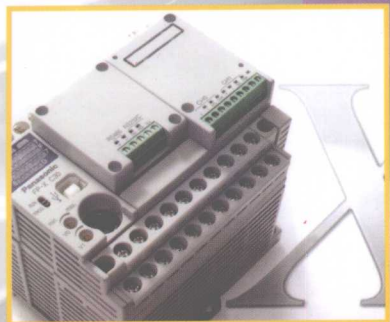


深入浅出自动化技术系列书

深入浅出 PLC

技术及应用设计

郭丙君 黄旭峰 编著



- 通俗易懂地讲解自动化技术原理
- 使读者将硬件和软件结合在一起，循序渐进掌握知识
- 注重理论与实际操作相结合，结合具体案例进行讲解
- 使读者尽快掌握自动化技术，了解最新的产品及技术，并将其应用到实践中去



中国电力出版社
www.cepp.com.cn

深入浅出自动化技术系列书

深入浅出 PLC 技术及应用设计

郭丙君 黄旭峰 编著



中国电力出版社

www.cepp.com.cn

内 容 提 要

本书系统介绍了 PLC 的工作原理、特点与硬件结构,并以新型有代表性系列 PLC 为例介绍其编程元件与指令系统,以及程序设计、调试等内容。本书内容共分八章,包括 PLC 控制系统的基本知识、硬件系统配置、指令系统、编程工具、通信与网络、软件设计与应用系统设计、PLC 的应用实例和系统设计实训。

本书内容通俗易懂,循序渐进,既可供从事相关领域技术工作的工程技术人员参考使用,也可作为大专院校自动化、机电一体化、电子技术、测控技术与仪器、电气技术、机械设计制造及自动化等专业的教材,或作为信息类的本科、专科及函授用教材。

图书在版编目 (CIP) 数据

深入浅出 PLC 技术及应用设计/郭丙君,黄旭峰编著. —北京:
中国电力出版社, 2008

ISBN 978 - 7 - 5083 - 6757 - 6

I. 深… II. ①郭…②黄… III. 可编程序控制器 IV. TP332.3

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2008) 第 019200 号

中国电力出版社出版、发行

(北京三里河路 6 号 100044 <http://www.cepp.com.cn>)

北京市同江印刷厂印刷

各地新华书店经售

*

2008 年 6 月第一版 2008 年 6 月北京第一次印刷

787 毫米×1092 毫米 16 开本 22.125 印张 543 千字

印数 0001—3000 册 定价 36.00 元

敬告读者

本书封面贴有防伪标签,加热后中心图案消失
本书如有印装质量问题,我社发行部负责退换

版权专有 翻印必究

前言

可程序控制器 (PLC) 自 20 世纪 70 年代诞生以来, 得到了极其高速的发展, 在各行各业都得到了广泛应用。它综合了计算机技术、自动控制技术和通信技术, 是一种新型的、通用的自动控制装置。它以功能强、可靠性高、使用灵活方便、易于编程和适应在工业环境下应用等一系列优点, 成为现代工业控制的三大支柱之一。目前 PLC 在我国的应用相当广泛, 尤其是小型 PLC, 采用类似继电器逻辑的过程操作语言, 使用十分方便, 备受电气工程技术人员的欢迎。

近年来, PLC 的新产品、新技术不断涌现, 为了适应这种情况, 使读者尽快地了解并掌握这些新技术, 并将其应用于实践中去。本书系统地介绍了 PLC 的工作原理、特点与硬件结构, 以较新型和目前最广泛使用的三菱公司的 FX_{2N} 系列、欧姆龙公司的 CQM1 系列和西门子公司 S7-200 系列 PLC 为例, 介绍 PLC 的编程元件与指令系统、各种 PLC 程序设计方法, 给出大量的常用基本环节编程, PLC 的联网通信、PLC 控制系统的设计与调试方法, PLC 的应用实例, 另外还介绍了 PLC 与触摸屏、步进电动机以及伺服电动机构成的控制系统等内容, 最后讲述了课程设计要求、设计方法及 10 个课程设计参考题选, 以利于读者进行设计训练。书中基本环节和实例等分别用三种机型讲解编程, 有利于读者参考比较, 以求事半功倍的学习效果。

本书通俗易懂, 由浅入深; 从单台 PLC 过渡到 PLC 网络; 从指令学习过渡到利用计算机编制 PLC 应用软件, 使得读者将硬件和软件结合在一起, 循序渐进。

本书可作为本科电气工程类、机电一体化类和应用电子类等相关专业的教材, 也可作为各类成人高校 PLC 课程教材。对于从事 PLC 应用的工程技术人员也是一本实用的参考书。

本书编者具体分工如下: 郭丙君执笔第一、二章, 第三章的第五~十节、第四~八章和附录; 黄旭峰执笔第三章的第一~四节。全书由郭丙君统稿。

由于编者水平有限, 加之时间仓促, 书中难免存在不当和谬误之处, 恳请有关专家和广大读者不吝赐教。

编者

2008 年 5 月

目 录

前 言	
第一章 概述	1
第一节 PLC 的产生与发展	1
第二节 PLC 的主要功能和特点	2
第三节 PLC 与其他工业控制系统的比较	5
第四节 PLC 控制系统的组成	7
第五节 PLC 的性能指标、分类和主要机型	10
第二章 PLC 硬件系统配置	13
第一节 PLC 模块介绍	13
第二节 PLC 的硬件系统构成与配置	22
第三节 S7-200 系列 PLC 内的元器件	24
第四节 FX _{2N} 系列 PLC 内的元器件	28
第五节 欧姆龙 CQM1 系列 PLC 内的元器件	31
第三章 PLC 的指令系统	34
第一节 PLC 的编程语言	34
第二节 西门子 S7-200 系列 PLC 指令系统	34
第三节 欧姆龙 CQM1 系列 PLC 指令系统	43
第四节 三菱 FX _{2N} 系列 PLC 指令系统	51
第五节 S7-200 系列 PLC 功能图及步进控制指令	60
第六节 S7-200 系列 PLC 功能指令及其应用	74
第七节 FX _{2N} 系列 PLC 功能图及步进控制指令	85
第八节 FX _{2N} 系列 PLC 常用功能指令及其应用	93
第九节 欧姆龙 CQM1 系列 PLC 的步进控制指令	103
第十节 欧姆龙 CQM1 系列 PLC 常用指令及其应用	107
第四章 PLC 的编程工具	115
第一节 三菱 FX 系列 PLC 的指令编程器	115
第二节 欧姆龙 CQM1 系列 PLC 的指令编程器	129
第三节 西门子 STEP7-MICRO/WIN 编程软件	139
第四节 欧姆龙 CX-Programmer 编程软件	142
第五节 三菱 GX Developer 编程软件	148
第五章 PLC 的通信与网络	154
第一节 欧姆龙 CQM1 系列 PLC 网络通信	154

第二节	西门子 S7-200 系列 PLC 网络通信	170
第三节	FX _{2N} 系列 PLC 网络通信	182
第六章	PLC 软件设计与应用系统设计	195
第一节	PLC 应用系统软件设计与开发的过程	195
第二节	应用软件设计的内容	196
第三节	PLC 程序设计的常用方法	199
第四节	PLC 程序设计步骤	205
第五节	常用基本环节编程	207
第六节	PLC 应用系统设计的内容和步骤	215
第七节	PLC 应用系统的硬件设计	217
第七章	PLC 应用实例	225
第一节	三菱 FX _{2N} 系列 PLC 在运料小车控制系统中的应用	225
第二节	西门子 S7-200 系列 PLC 在全自动洗衣机控制系统中的应用	230
第三节	欧姆龙 CQM1 系列 PLC 在十字路口交通灯控制系统中的应用	235
第四节	三菱 FX 系列 PLC 在自动焊接线中的应用	246
第八章	PLC 系统设计实训	254
第一节	概述	254
第二节	PLC 系统设计的目的和要求	254
第三节	PLC 系统设计任务、工作量与设计方法	255
第四节	PLC 系统设计举例	256
第五节	课程设计参考题选	269
附录 A	西门子 S7-200 系列 STL 指令表	280
附录 B	欧姆龙 CQM1 系列指令表	307
附录 C	三菱 FX _{2N} 系列 PLC 指令表	339
参考文献		347

概述

第一节 PLC的产生与发展

一、产生

可编程控制器因早期主要应用于开关量的逻辑控制,故其最初被称为可编程逻辑控制器(Programmable Logic Controller, PLC)。现代的可编程控制器已发展到以微处理器为基础高度集成化的工业控制装置,它是计算机技术与工业控制技术相结合的控制设备。

在20世纪60年代初期,顺序控制器还主要是由继电器组成,由此构成的控制系统都是按预先规定的时间或条件顺序地工作,若要改变控制顺序就必须改变控制器的硬件接线,这不仅阻碍了产品更新换代的周期,而且对于比较复杂的控制来说,不但设计制造困难,其可靠性不高,查找和排除故障也往往是费时和困难的。

1969年,美国数字设备公司(DEC)研制成功第一台PLC,应用于美国通用汽车自动装配线上,取得了极大的成功。这种新型的工业控制装置以其简单易懂、操作方便、可靠性高、体积小、适于在工业化的环境下运行、使用寿命长等一系列优点,迅速地在各工业领域广泛使用。1971年,日本从美国引进了这项新技术。1973年,西欧国家也相继研制成功了可编程控制器。我国从1974年开始研制、引进,1977年开始生产并投入使用。目前,可编程控制器已成为增长速度最快的工业控制设备。

国际电工委员会(IEC)于1985年在其颁布的可编程序控制器标准草案第二稿中,给出了PLC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,用于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、模拟式的输入/输出控制各种类型的机械或生产过程。可编程控制器及其有关外部设备,都按易于与工业控制系统联成一个整体,易于扩充其功能的原则设计。”这就是说,PLC是一种特别适合于工业环境的,面向工程技术人员的“蓝领计算机”。有人甚至说,未来的现代化工厂将是这样一幅情景,工人左腰别着螺丝刀,右腰别着编程器。

二、PLC控制系统的发展趋势

PLC从诞生至今,虽然只有30多年的历史,但其发展势头迅猛。如今,在工业自动化领域的新技术层出不穷,如:PC、IPC(工业控制计算机)、DCS(计算机集散控制系统)、PCC(可编程计算机控制器)、PCS(过程控制系统)、FCS(现场总线控制系统)等。若用PC来表述当今的可编程控制系统已不再合适,这是因为其中已溶入了工业计算机和计算机集散系统的特点。贝加莱公司已于1994年提出了“可编程计算机控制器——PCC(PROGRAMMABLE COMPUTER CONTROLLER)”的概念,SIEMENS公司提出了“过程控制系统——PCS(PROCESS CONTROL SYSTEM)”的概念。今后,PLC主要发展方向如下:

2 ■ 深入浅出 PLC 技术及应用设计

1. 大型网络化

今后的 PLC 将具有 DCS 系统的功能。网络化和强化通信能力是 PLC 一个重要发展趋势。PLC 构成的网络将有多个 PLC、多个 I/O 模块相连, 并可与工业计算机、以太网等相连构成整个工厂的自动控制系统。现场总线技术(如 PROFIBUS)在工业控制中将会得到越来越广泛地应用。

2. 模块种类将丰富多彩

为了适应各种特殊功能的需要, 各种智能模块将层出不穷。智能模块是以微处理器为基础的功能部件, 它们的 CPU 与 PLC 的 CPU 并行工作, 占用主机的 CPU 时间很少, 有利于提高 PLC 的扫描速度和完成特殊的控制要求。

3. 高可靠性

一些特定的环境和条件要求自动化系统有很高的可靠性, 因而自诊断技术、冗余技术、容错技术在 PLC 中得到广泛地应用。如贝加莱的产品可方便地实现三重或多重冗余, 其电源冗余可直接由并行插电源模块来实现, 其 I/O 模块在运行中还可热插拔。

4. 良好的兼容性

PLC 产品的优劣除了要看其内在技术是否优良外, 还需考察其满足国际标准化程度和水平。标准化一方面保证了产品的出厂质量, 另一方面也保证了各厂家产品的相互兼容。

5. 小型化、低成本

小型 PLC 的基本特点是价格低、简单可靠, 适用于回路或设备的单机控制, 便于机电一体化。除此而外, 小型 PLC 有灵活的组态特性, 能与其他机型连用。

6. 编程语言的高级化

除了梯形图、语句表、流程图外, 一些 PLC 增加了 BASIC、C 等编程语言。另外, 还将出现通用的、功能更强的组态软件, 以进一步改善开发环境, 提高开发效率。

总的来说, PLC 的发展趋势主要有两方面, 即网络化方向发展和小型化发展。现在, 各 PLC 生产厂家在增强 PLC 自身功能以外, 纷纷通过各种技术手段拓展通信及其他各种接口, 增强 PLC 的开放性, 推动了 PLC 网络化的进一步发展。与此同时, PLC 还与 DCS 相互渗透、相互融合, 取长补短。当今几乎各发达国家都生产这种以 PLC 为基础的 DCS 系统及其系统软件。

第二节 PLC 的主要功能和特点 ■■■

一、主要功能

随着 PLC 的不断发展, 它与 3C (Computer、Control、Communication) 技术逐渐融为一体。目前 PLC 已从小规模的单机顺序控制, 发展到包括过程控制、位置控制等场合的所有控制领域, 能组成工厂自动化的 PLC 综合控制系统。PLC 的主要功能如表 1-1 所示。

表 1-1

可编程序控制器的主要功能

序号	功能	解 释	应用举例
1	开关量的逻辑控制	这是 PLC 最常用的功能, PLC 设置了与 (AND)、或 (OR)、非 (NOT) 等逻辑指令, 能取代传统的继电器控制系统, 实现逻辑控制、顺序控制	可用于单机控制、多机群控、自动化生产线的控制
2	定时控制	PLC 能为用户提供几十个甚至几千个计时器。计时器的计时值既可由用户在编制程序时设定, 也可由操作人员在工业现场通过人机对话装置实时地设定。计时器的实际计时值也可以通过人机对话装置实时地读出和修改	电动机空载启动运行数秒后再加入额定负载, 注塑机合模后经数分钟再开模等
3	计数控制	PLC 为用户提供了几十个甚至几千个计数器, 其计数设定值的设定方式类似于计时器。一般计数器的计数频率较低, 如需对频率较高的信号进行计数, 则需选用高速计数模块, 其最高计数频率可达 50kHz (如贝加莱公司的高速计数模块), 或者选用具有内部高速计数模块的 PLC (如三菱公司的 FX 系列的 PLC, 它可提供计数率达 10kHz 的内部高速计数器)	
4	过程控制	有些 PLC 具有模/数 (A/D) 转换和数/模 (D/A) 转换功能, 能完成对模拟量的检测、控制和调节, 例如对温度、压力、流量等连续变化的模拟量的闭环 PID 控制。现代的大、中型可编程控制器都有 PID 控制模块, 为了既能完成对模拟量的 PID 控制, 又不加重可编程控制器内的 CPU 负担, 一般选用专门的 PID 模块	
5	位置控制	目前多数 PLC 制造商都提供拖动步进电动机或伺服电动机的单轴或多轴控制模块	可广泛地应用于各种机械, 如金属切削机床、金属成型机床、装配机械、机器人和电梯等
6	步序控制	PLC 为用户提供了若干个移位寄存器, 可用于步序控制, 即一道工序完成后, 再进行下一道工序	高炉上料系统、供电保护系统、货物存放与提取等
7	数据处理	现代的 PLC 具有数据处理功能, 它能进行数学运算 (矩阵运算、函数运算、逻辑运算等)、数据传递、数据转换、排序和查表、位操作等功能, 还能完成数据采集、分析、处理。这些数据可通过通信接口传送到其他智能装置	
8	通信和联网	新一代的 PLC 都具有通信功能。PLC 的通信包括 PLC 相互之间、PLC 与上位计算机、PLC 与其他智能设备间的通信。PLC 系统与通用计算机可以直接或通过通信处理单元、通信转接器相连构成网络, 从而实现信息的交换, 并可构成“集中管理, 分散控制”的分布式控制系统, 满足了工厂自动化系统的发展要求	

续表

序号	功能	解 释	应用举例
9	监控功能	PLC 能对系统异常情况进行识别、记忆,或在发生异常情况时自动终止运行。操作人员可以通过监控命令监视有关部分的运行状态,可以调整定时、定数等设定值	
10	其他功能	PLC 还具有显示、打印、报警、对数据和程序硬拷贝	

二、特点

PLC 之所以能成为当今增长速度最快的工业自动控制设备,是由于它具备了许多独特的优点。它可以较好地解决工业控制领域普遍关心的可靠、安全、灵活、方便、经济等问题。PLC 的主要特点及原因如表 1-2 所示。

表 1-2 可编程序控制器的特点及原因

序号	特点	原 因
1	可靠性高、抗干扰能力强	其主要方法是对所有输入/输出(I/O)接口电路均采用光电隔离,有效地抑制了外部干扰源对 PLC 影响。 (1) 各输入端均采用 R-C 滤波器,其滤波时间常数一般为 10~20ms,对于一些高速输入端则采用数字滤波,其滤波时间常数可用指令设定。 (2) 各模块均采用屏蔽措施,防止辐射干扰。 (3) 采用优良的开关电源。 (4) 对器件进行严格筛选。 (5) 具有自诊断功能,一旦电源或软件、硬件发生异常情况,CPU 立即采取措施防止故障扩大。 (6) 大型 PLC 还采取双 CPU 构成冗余结构或由三 CPU 构成表决系统,使可靠性进一步提高。目前的 PLC 可以承受幅值为 1000V、上升时间为 1ns、脉冲宽度为 1μs 的干扰脉冲。由于 PLC 可以连续工作几十万小时无故障,工业界称之为无故障设备
2	编程简单易学	PLC 编程大多采用类似于继电器控制线路的梯形图。对于企业中一般的电气技术人员和技术工人,这种面向生产、面向用户的编程方式,与常用的微机语言相比更容易被接受,故梯形图被称为面向“蓝领的编程语言”,PLC 也被称为“蓝领计算机”。尽管现代的 PLC 也可用高级语言编制复杂的程序,但梯形图仍广泛地被使用
3	设计、安装容易,调试用期短,维护简单	PLC 已实现了产品的系列化、标准化、通用化,设计者可在规格繁多、品种齐全的 PLC 产品中选用高性价比的产品。PLC 用软件功能取代了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,从而使控制柜的设计、安装接线工作量大为减少。用户程序的大部分可以在实验室模拟进行,调试好后再将 PLC 控制系统放到生产现场联机调试,这样既快速又安全方便,从而大大缩短了设计和调试周期。在用户维修方面,由于 PLC 本身的故障率极低,维修的工作量很小,而且各种模块上均有运行状态和故障状态指示灯,便于用户了解运行情况和查找故障。又由于许多 PLC 采用模块式结构,因此一旦某模块发生故障,用户可通过更换模块的办法,使系统迅速恢复运行。有些 PLC 如贝加莱的产品还允许带电插拔 I/O 模块

续表

序号	特点	原因
4	模块品种丰富、通用性好、功能强大	除了单元式小型 PLC 外，多数 PLC 均采用模块式结构，并形成大、中、小系列产品。常见的模块有各类电源模块、CPU 模块、直流 I/O 模块、交流 I/O 模块、温度模块、数字量混合模块、模拟量混合模块、网络模块、接口模块、定位模块、PID 模块、空模块、高速计数模块等。现代的 PLC 具有工业控制所要求的各种控制功能，它既可控制单台设备，又可控制一条生产线或全部生产工艺过程。PLC 具有通信联网功能，可与相同或不同厂家和类型的 PLC 联网，并可与上位机通信构成分布式控制系统
5	体积小、能耗低	以奥地利贝加莱公司 2005 系列的 PCC 机为例，若选用电源模块 PS794，开关量模块 DI477（32 路输入，功耗 1.5W），DO479（16 路输出，功耗 1W），模拟量模块 AI350（8 路输入，功耗 5W），AO350（8 路输出，功耗 5W）。整个外形尺寸为 165mm×360mm×123mm。由于体积小，质量轻，很容易装入机械设备内部，是实现机电一体化的理想控制设备

第三节 PLC 与其他工业控制系统的比较

一、PLC 与继电器控制系统的比较

PLC 取代传统的继电器控制系统已成必然趋势。PLC 与继电器控制系统的比较如表 1-3 所示。

表 1-3

PLC 与继电器控制系统的比较

序号	比较点	PLC	继电器控制系统
1	控制方式	采用存储逻辑，其控制逻辑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，故称“软接线”。 连线少，体积小，且 PLC 中每只软继电器的触点理论上可使用无限次，因而灵活性和扩展性极佳。 由于 PLC 是由大规模集成电路组成，所以功耗很小	采用硬件接线实现控制，它是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，只能完成既定的逻辑控制。 连线多而复杂，且体积大，功耗大，一旦系统设计制造完成后，再想改变或增加功能将十分困难。 继电器触点数目有限，其灵活性和扩展性也很差
2	控制速度	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数量级。PLC 内部还有严格的同步，不会出现抖动问题	继电器控制逻辑是依赖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
3	延时控制	用半导体集成电路作定时器，时基脉冲由晶体振荡器产生，精度高，用户可根据需要在程序中设定定时值，定时精度小于 10ms，定时时间不受环境影响	继电器控制系统是靠时间继电器的滞后动作实现延时控制，而时间继电器定时精度不高，易受环境温度 and 湿度的影响，调整时间困难

续表

序号	比较点	PLC	继电器控制系统
4	其他控制方式	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	继电器控制系统一般只能进行开关量的逻辑控制，且没有计数功能
5	设计与施工	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，周期短，且调试和修改都很方便	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。周期长，且修改困难，工程越大，这一点就越突出
6	可靠性和可维护性	PLC 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 PLC 的自检和监测功能，为现场调试和维护提供了方便	继电器控制系统使用了大量的机械触点，连线也多。触点的开闭会受到电弧的损坏，还有机械磨损，寿命短，可靠性和维护性都差
7	价格	较高	便宜

二、PLC 与微型计算机的比较

PLC 与微型计算机（微机）的比较如表 1-4 所示。

表 1-4 PLC 与微型计算机的比较

序号	比较点	PLC	微型计算机
1	应用范围	工业控制	科学计算，数据管理等
2	使用环境	工程现场环境	对环境要求较高，一般要在干扰小、具有一定温度和湿度要求的机房内使用
3	输入和输出	一般可控制强电设备，无需再做 A/D、D/A 转换接口，且其内部有光耦合电路进行电气隔离，输出采用继电器、晶闸管或大功率晶体管进行功率放大	I/O 设备与主机之间采用微电联系，一般不需要电气隔离，但外部控制信号需经 A/D、D/A 转换后方可与微机相连
4	程序设计	有面向工程技术人员的梯形图语言和语句表，一些高级 PLC 也具有高级编程语言	具有丰富的程序设计语言，要求使用者具有一定的计算机硬件和软件知识
5	系统功能	软件相对简单	一般配有较强的系统软件，并有丰富的应用软件
6	运算速度和存储容量	接口响应速度慢，影响数据处理速度。软件少，编程短，内存容量小	运算速度快，一般为微秒级。为适应大的系统软件和丰富的应用软件，其存储容量很大

三、PLC 与单板机的比较

单板机结构简单、价格便宜，一般用于数据采集、数据处理和工业控制，它在数据处理方面优于 PLC。但与 PLC 相比，它存在以下一些缺点：

(1) 不容易掌握。单板机一般用机器指令或助记符编程，要求设计者具有计算机硬件

和软件知识。

(2) 使用复杂。用单板机来实现自动控制,一般要在输入、输出接口上做大量的工作。例如要考虑现场与单板机的连接、接口的扩展、输入/输出信号的处理、接口的工作方式等。其调试也比较麻烦。

(3) 可靠性低。用单板机进行工业控制,其突出问题在于抗干扰能力差,可靠性低。

四、PLC 与集散控制系统比较

PLC 是由继电器逻辑控制发展而来的,而集散控制系统(DCS)是由回路仪表控制发展而来,两者的发展均与计算机控制技术有关。

早期的 PLC 在开关量控制、顺序控制方面有一定优势,而集散系统在回路调节、模拟量控制方面有一定的优势。

今天,二者相互渗透,互为补充。PLC 与 DCS 的差别已不明显,它们都能构成复杂的分级控制,从趋势来看,二者的统一将组成全分布式计算机控制系统。

第四节 PLC 控制系统的组成

一、基本组成

从广义上来说,PLC 也是一种计算机控制系统。但它比一般的计算机具有更强的与工业过程相连接的接口和更直接的适用于控制要求的编程语言。PLC 与计算机控制系统的组成十分相似,具有中央处理器(CPU)、存储器、输入/输出(I/O)部件、电源等,如图1-1所示。

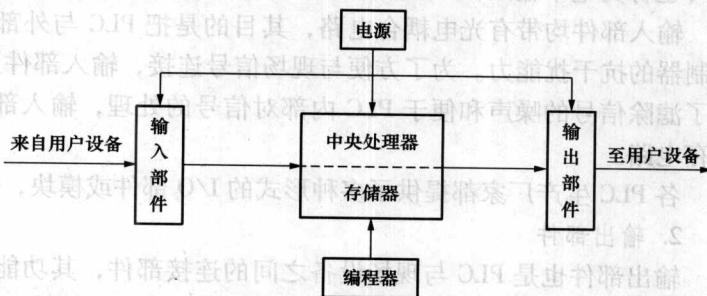


图 1-1 PLC 的基本组成

PLC 的中央处理器由微处理器、单片机或位片式计算机组成,存储器及 I/O 部件的形式也多种多样,因此,也可将 PLC 的组成以微型计算机控制系统常用的总线结构形式表示,如图 1-2 所示。

二、PLC 各组成部分的作用

下面结合图 1-1 和图 1-2 说明各组成部分的功能。

(一) 基本组成各部分的作用

1. 输入部件

输入部件是 PLC 与工业生产现场被控对象之间的连接部件,是现场信号进入 PLC 的桥梁。该部件接收由主令元件、检测元件传来的信号。

主令元件是指用户在控制键盘(控制台)上操作的一切功能键,如开机、关机、调试或紧急停车等按键。主令元件给出的信号称为主令信号。检测元件的功能是检测一些物理量(如行程距离、速度、位置、压力、流量、液位、温度、电压、电流等)在设备工作进程中的状态,并通过输入部件送入 PLC 以控制工作程序的转换等,常见的检测元件有行程开关、限位开关、光电检测开关、继电器触点及其他各类传感器等。

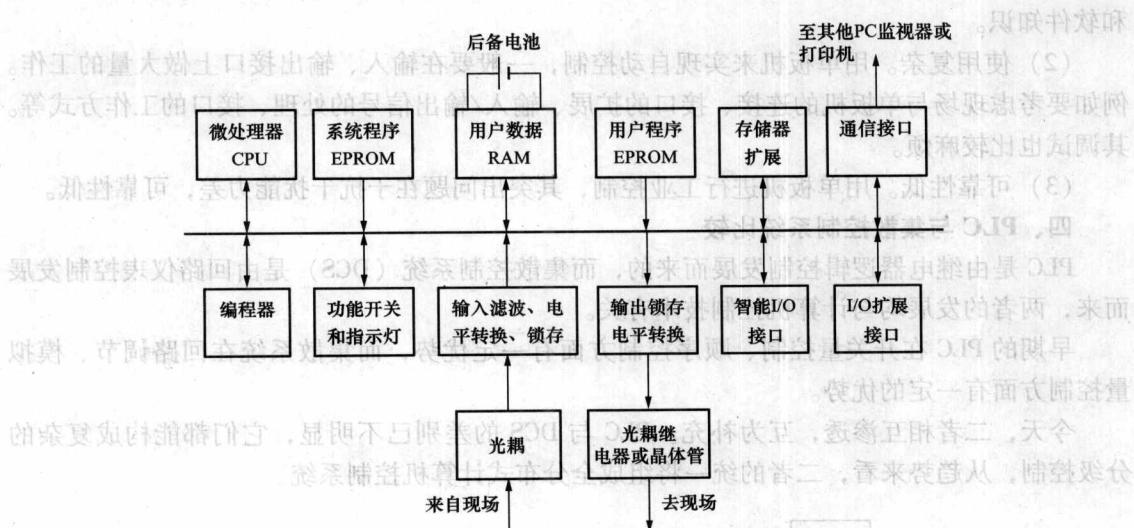


图 1-2 PLC 的单总线结构框图

输入方式有两种：一种是数字量输入（也称为开关量或触点输入），另一种是模拟量输入（也称为电平输入）。后者要经过模/数变换部件进入 PLC。

输入部件均带有光电耦合电路，其目的是把 PLC 与外部电路隔离开来，以提高可编程控制器的抗干扰能力。为了方便与现场信号连接，输入部件上设有输入接线端子排。同时，为了滤除信号的噪声和便于 PLC 内部对信号的处理，输入部件还有滤波、电平转换、信号锁存电路。

各 PLC 生产厂家都提供了多种形式的 I/O 部件或模块，供用户选用。

2. 输出部件

输出部件也是 PLC 与现场设备之间的连接部件，其功能是控制现场设备进行工作（如电动机的启停、正转、反转；阀门的开和关，设备的转动、移动、升降等）。对于 PLC，希望它能直接驱动执行元件。如电磁阀、微电动机、接触器、灯和音响等，因此，输出部件通常有一些大功率器件，如机械触点式的继电器、无触点的交流开关（如双向晶闸管）及直流开关（如晶体三极管）等。

与输入部件类似，输出部件上也有输出锁存器，显示、电平转换和输出接线端子排。输出部件或模块也有多种类型供选用。

3. 中央处理器（CPU）

与微机控制系统一样，CPU 是整个 PLC 系统的核心，它按 PLC 中系统程序赋予的功能、指挥 PLC 有条不紊地进行工作。其主要任务有：控制从编程器键入的用户程序和数据接收与存储，用扫描的方式通过 I/O 部件接收现场的状态或数据，并存入输入状态表或数据存储器中，诊断电源、PLC 内部电路的工作故障和编程中的语法错误等；PLC 进入运行状态后从存储器逐条读取用户指令，经过命令解释后按指令规定的任务进行数据传送、逻辑运算或算术运算等；根据运算结果，更新有关标志位的状态和输出寄存器表的内容，再经由输出部件实现输出控制、制表打印或数据通信等功能。

与微机不同的是，PLC 具有面向电气技术人员的开发语言。通常以虚拟的输入继电器、

输出继电器、中间辅助继电器、时间继电器、计数器等交给用户使用,这些虚拟的继电器也称为“软继电器”或“软元件”,理论上具有无限的动合、动断触点,可在且只能在 PLC 编程时使用,其具体结构也对用户透明。

目前,小型 PLC 为单 CPU 系统,而中型及大型 PLC 则为双 CPU 甚至多 CPU 系统。双 CPU 一般具有一个位处理器和一个字处理器,字处理器 CPU 是核心之核心,通常由通用的 8、16 或 32 位微处理器担任,如 $\alpha 80$ 、8085、MCS-51 等。字处理器执行所有的编程器接口功能,监视内部定时器和扫描时间,处理字节指令以及对系统总线和位处理器进行控制等。位处理器在有的系统中也称为布尔处理器,如美国 TI 公司的 TI-530 等,其位处理器采用半用户设计的专用芯片来实现,不仅使 PLC 增加了功能,提高了速度,也加强了 PLC 的保密性能。PLC 中位处理器的主要作用有两个:一是直接处理一些位指令,从而提高了位指令的处理速度,减少了位指令对字处理器的压力;二是将 PLC 的面向工程技术人员的编程语言(梯形图、控制系统流程图等)转换成机器语言。

4. 存储器

与普通微机系统的存储器功能相似,PLC 的存储器也是用来存储系统和用户的程序与数据。系统程序存储器是指用来存放系统管理、用户指令解释、标准程序模块、系统调用等程序的存储器,常用 EPROM (或称重写只读存储器)构成。用户存储器用来存储用户编制的程序或用户数据。存储用户程序的称为用户程序存储器,通常采用 EPROM。存储用户数据的称为用户数据存储器,通常采用 RAM。为防止掉电时信息的丢失,存储器有后备电池作保护。

由于 PLC 系统的存储器关系到 PLC 的性能,不能由用户直接存取,因而,PLC 产品样本或使用手册中所列存储器形式及其容量是指用户存储器而言。

PLC 中已提供一定容量的存储器供用户使用,但对有些用户可能还不够用,因此大部分 PLC 都提供了存储器扩展功能,用户可以将新增的存储器扩展模板直接插入 CPU 模板中,也有一些 PLC 是要求将扩展模板插入中央基板中。

(二) 单点线结构各部分的作用

1. 通信接口

为了实现“人—机”或“机—机”之间的对话,PLC 配有多种通信接口,PLC 通过这些通信接口可以与监视器、打印机、其他的 PLC 或计算机相连。

当 PLC 与打印机相连时,可将过程信息、系统参数等输出打印。当与监视器(CRT)相连时,可将过程图像显示出来。当与其他 PLC 相连时,可以组成多机系统或连成网络,实现更大规模的控制。当与计算机相连时,可以组成多级控制系统,实现控制与管理相结合的综合系统。

2. 智能 I/O 接口

为了满足更加复杂控制功能的需要,PLC 配有多种智能 I/O 接口。如满足位置调节需要的位置闭环控制模块,对高速脉冲进行计数和处理的高速计数模块等。这类智能模块都有其自身的处理器系统。

3. I/O 扩展接口

当一个 PLC 中心单元的 I/O 点数不够用时,就要对系统进行扩展,扩展接口用于连接中心基本单元与扩展单元。

4. 功能开关与指示灯

功能开关是用来控制 PLC 的工作状态的,如编程、监视、运行开关等。指示灯有 PLC 工作状态指示、电源指示、电压过低指示等。

5. 编程器

编程器的作用是供用户进行程序的编制、编辑、调试和监视。有的编程器还可与打印机或磁带机相连,以将用户和有关信息打印出来或存放在磁带上,磁带上的信息可以重新装入 PLC。

编程器有简易型和智能型两类。简易型编程器只能联机编程,且往往需要将梯形图转化为机器语言助记符后,才能送入,简易编程器一般由简易键盘和发光二极管矩阵或其他显示器件组成。智能编程器又称图形编程器,可联机或脱机编程,具有 LCD(液晶显示器)或 CRT 图形显示功能,且能直接输入梯形图和通过屏幕对话。

也可以利用微机(如 IBM-PC)作为编程器,这时微机应配有相应的软件包,若要直接与可编程控制器通信,微机还要配有相应的通信接口。

6. 其他部件

PLC 还可配有盒式磁带机、EPROM 写入器等其他外部设备。

第五节 PLC 的性能指标、分类和主要机型

一、PLC 的性能指标

1. I/O 点数

I/O 点数即输入、输出端子的个数,0 点数越多,PLC 可外接的输入开关器件和输出控制器件就越多,控制规模也就越大。因此 I/O 点数是衡量 PLC 的一个重要指标。

2. 用户程序存储器容量

用户程序存储器容量决定了 PLC 可以容纳用户程序的长短,一般以字节(B)为单位来计算。每 1024 个字节为 1KB。中、小型 PLC 的存储容量一般在 8KB 以下,大型 PC 的存储容量达到 256KB~2MB。

3. 扫描速度

扫描速度是指 PLC 执行程序的速度,是衡量 PLC 控制速度的重要指标。以 ms/KB 为单位表示,例如 20ms/KB,表示扫描 1KB 的用户程序所需要的时间为 20ms。

4. 指令种类及条数

指令种类及条数是衡量 PLC 编程能力强弱的主要指标。指令种类及条数越多,其编程功能就越强,处理能力、控制能力也就越强。

5. 内部器件的种类和数量

内部器件包括辅助继电器、定时器、计数器、保持继电器、特殊辅助继电器、数据存储器等,其种类和数量越多,其控制功能越强。

在描述 PLC 的内部器件时,经常用到以下术语:位(bit)、数字(digit)、字节(Byte)及字(Word)或通道(Channel)。位是二进制数的一位,仅 0、1 两个取值,分别对应继电器线圈得电(ON)或失电(OFF)及继电器触点的通(ON)或断(OFF)。4 个二进制数构成一个数字。这个数字可以是 0~9(用于十进制数的表示),也可是 0~F(用于十六进制数的表示)。2 个数字、或 8 个二进制位构成一个字节。2 个字节构成一个字。字也可称

为通道，一个通道含 16 位，或说含 16 个继电器。

中 PLC 的数字表示以及与上述术语之间的关系如图 1-3 所示。

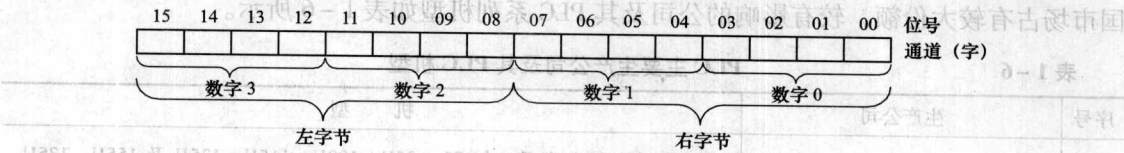


图 1-3 PLC 数字表示以及与术语之间的关系

6. 智能单元

PLC 不仅能完成开关量的逻辑控制，而且可利用智能单元完成模拟量控制、位置和速度控制以及通信联网等。智能单元种类和功能的强弱是衡量 PLC 产品水平高低的一个重要指标。各个 PLC 生产厂家都非常重视智能单元的开发，近年来智能单元发展很快，种类日益增多，功能越来越强。

二、PLC 的分类

PLC 的种类很多，其功能、内存容量、控制规模、外型等方面均存在较大差异，因此，PLC 的分类没有严格统一的标准，一般按照结构形式、控制规模、实现的功能进行大致地分类。PLC 的分类、特点及产品如表 1-5 所示。

表 1-5 PLC 的分类、特点及产品

序号	分类	类型	特点	产品
1	按结构分类	整体式	整体式 PLC 外观上是一个长方形箱体，又称箱体式 PLC	三菱 FX _{2N} 系列
		组合式	其模块可以像积木似的进行组合，构成具有不同控制规模和功能的 PLC，因此这种 PLC 又称为模块式或积木式 PLC	西门子 S7 系列
2	按控制规模分类	微型机	控制点数仅几十点	欧姆龙 SR 系列，松下电工的 FP0 系列
		小型机	控制点数 100 ~ 500 点左右	欧姆龙 CPM1A、CQM1、CQM1H 系列，松下电工的 FP1 系列
		中型机	控制点数 500 ~ 1000 点左右	欧姆龙的 C200H 机，普通配置最多可达 700 多点；西门子公司的 S7-300 机最多可达 512 点
		大型机	控制点数 1000 点以上	欧姆龙的 C1000H、CV1000 的本地配置可达 1024 点，C2000、CV2000 的本地配置可达 2048 点；松下公司的 FP2 本地配置可达 1600 点，FP3、FP10、FP10SH 使用远程 I/O 可达 2048 点
		超大型机	控制点数可达上万点，甚至于几万点	美国 GE 公司的 90-70 机，其点数可达 24000 点，另外还有 8000 路的模拟量