

可编程控制器技术与应用系统设计

主 编 周宏甫 匡洪文

副主编 杨 伟 江国龙 杨耀雄



中国电力出版社
CHINA ELECTRIC POWER PRESS

可编程控制器技术与应用系统设计

主 编 周宏甫 匡洪文

副主编 杨 伟 江国龙 杨耀雄

内 容 提 要

本书从 PLC 的基本理论出发,讲述 PLC 的基本工作原理、编程和应用。本书第一章是概述;第二章是 PLC 基本原理;第三章和第四章是 PLC 编程;第五章针对三菱 FX 系列 PLC 讲解 PLC 指令;第六章和第七章是 PLC 的应用和实例,包括交通信号灯 PLC 自动控制、步进电机的运行控制、搅拌器的 PLC 自动控制、五层电梯的 PLC 自动控制、艺术彩灯造型的 PLC 控制、交流电动机的自动控制、水塔水位远程 PLC 控制、机械手 PLC 控制;第八章是 PLC 的网络及通信;第九章是 PLC 安装应用与维护维修。

本书内容通俗易懂,理论联系实际,每一章都配有与该章学习相关的思考题和习题,便于学生理解 PLC 系统的基本原理和进行 PLC 的应用练习。

本书适合作为从事 PLC 应用和开发的工程技术人员的参考资料,也可作为大学本科、专科学校机械电子及相关专业的 PLC 教材。

图书在版编目(CIP)数据

可编程控制器技术与应用系统设计 / 周宏甫, 匡洪文主编. —北京: 中国电力出版社, 2009.9

ISBN 978-7-5083-9051-2

I. 可… II. ①周…②匡… III. ①可编程序控制器—理论②可编程序控制器—程序设计 IV. TM571.6

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2009)第 108603 号

中国电力出版社出版、发行

(北京市东城区北京站西街 19 号 100005 <http://www.cepp.sgcc.com.cn>)

航远印刷有限公司印刷

各地新华书店经售

*

2011 年 8 月第一版 2011 年 8 月北京第一次印刷
787 毫米×1092 毫米 16 开本 13.75 印张 333 千字
印数 0001—3000 册 定价 29.00 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

本书是由在大学和中专从事多年 PLC 课程教学和 PLC 应用工程项目开发的教师编写的。本书适合作为大学、大专院校及中专教学的 PLC 教材，也可作为从事 PLC 技术工作人员的参考资料。

本书从 PLC 的基本原理和工程应用出发，满足不同层次学生的 PLC 教学背景，并根据 PLC 教学的实际要求，采用循序渐进的学习方法，将 PLC 分为三个部分，即 PLC 的基本工作原理、PLC 的编程和 PLC 的应用。

本书不但对基本概念、基本理论进行了详细的介绍，而且坚持以能力为本位，重视实践能力的培养。在编程和应用方面，本书列举了大量典型的编程和应用实例，把理论知识和实际应用紧密结合起来，力求由浅入深、浅显易懂，使教材内容更加符合学生的认知规律，培养学生对 PLC 的实际应用能力。

本书主要是以三菱 FX 系列 PLC 的编程和应用进行介绍的，为提高学生的实践能力，第六～九章采用理论知识与技能训练相结合的教学形式。

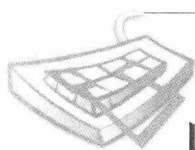
本书共分九章，参考学时数为 40 学时。其中，理论教学为 30 学时，实验教学为 10 学时。

本书第一章、第三章和第六章由华南理工大学的周宏甫教授编写；第二章、第四章和附录由河源理工学校的匡洪文老师编写；第五章由河源职业技术学院的杨伟老师编写；第八章、第九章由河源理工学校的江国龙老师编写；第七章由河源市技工学校的杨耀雄老师编写。

本书在编写过程中，一直得到华南理工大学机械与汽车工程学院、河源理工学校、河源职业技术学院、河源市技工学校的领导的大力支持，在此一并表示衷心的感谢。

由于编者水平所限，书中难免会存在不少缺点和错误，恳请读者批评指正。

编 者

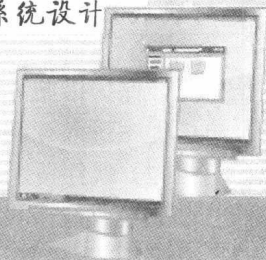
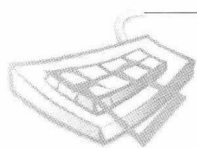


目 录

前言

第一章 概述	1
第一节 PLC 特点	1
第二节 PLC 分类	2
第三节 PLC 应用	4
第四节 PLC 生产厂家	4
第五节 PLC 发展趋势	7
习题与思考题	9
第二章 PLC 基本原理	10
第一节 PLC 内部结构	10
第二节 PLC 基本工作原理	24
第三节 FX 系列 PLC 基本部件与扩展部件	26
第四节 PLC 主要性能指标分析	32
习题与思考题	35
第三章 PLC 逻辑指令与梯形图编程	37
第一节 基本指令系统特点	37
第二节 编程语言的形式	37
第三节 基本指令	39
第四节 PLC 梯形图编程规则	49
第五节 PLC 逻辑指令与梯形图编程应用实例	55
习题与思考题	63
第四章 状态转移图及步进指令	65
第一节 顺序控制及状态转移图	65
第二节 步进指令	71
第三节 状态编程	74
习题与思考题	84
第五章 FX 系列 PLC 的功能指令	86
第一节 功能指令的基本格式	86
第二节 功能指令内的数据处理	88
第三节 数据传送指令	91
第四节 比较指令	94
第五节 数据算术运算指令	95
第六节 数据处理指令	97
第七节 输入/输出高速处理指令	100

第八节 高速计数器直接输出功能指令	102
第九节 模/数(A/D)转换器和数/模(D/A)转换功能指令	104
第十节 其他功能指令	110
习题与思考题	125
第六章 PLC 应用系统设计	127
第一节 PLC 控制系统总体设计	127
第二节 PLC 应用系统应用举例	130
习题与思考题	145
第七章 PLC 典型应用与设计	148
第一节 交通信号灯 PLC 自动控制	148
第二节 步进电动机的运行控制	150
第三节 搅拌器的 PLC 自动控制	155
第四节 五层电梯的 PLC 自动控制	157
第五节 艺术彩灯造型的 PLC 控制	162
第六节 交流电动机的自动控制	165
第七节 水塔水位控制	169
第八节 机械手 PLC 控制	171
习题与思考题	175
第八章 PLC 网络及通信	178
第一节 PLC 与计算机通信	178
第二节 PLC 网络与互联	183
习题与思考题	190
第九章 PLC 安装应用与维护维修	191
第一节 PLC 安装与应用	191
第二节 PLC 维护与维修	200
习题与思考题	204
附录 FX 系列 PLC 编程工具软件 GX Developer	205
参考文献	213



概 述

可编程序控制器又称可编程序逻辑控制器 (Programmable Logic Controller), 简称 PLC。它是在继电器、接触器控制和计算机技术的基础上, 运用自动控制技术、计算机和通信技术, 研制出来的一种工业控制装置。目前, PLC 已被广泛应用于各个行业或各种生产过程的自动生产线中, 其后又有以 PLC 为基础的分布式控制系统 (DCS)、监控和数据采集系统 (SCADA)、柔性制造系统 (FMS)、安全联锁保护系统 (ESD) 等, 全方位地提高了 PLC 的应用范围和水平。它被公认为现代工业自动化的三大支柱 (PLC、机器人、CAD/CAM) 之一。

国际电工委员会 (IEC) 于 1987 年颁布了可编程控制器标准草案第三稿, 并对可编程控制器作了如下定义: “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, 并通过数字式和模拟式的输入和输出, 控制各种类型的机械或生产过程。可编程控制器及其有关外围设备, 都应按易于与工业系统联成一个整体, 易于扩充其功能的原则设计。” PLC 是一种工业自动化控制的计算机, 必须具备抗干扰能力强、广泛的应用范围等特点。

20 世纪 90 年代, 随着可编程控制器的编程语言标准 IEC 61131—3:1993 的正式颁布, PLC 技术取得新的突破, 几乎每年都推出不少新系列产品, 其功能已远远超出了上述定义的范围。

第一节 PLC 特 点

随着工业自动化水平的不断提高, 不断进步, 新的科学技术不断的应用。PLC 技术得到了高速发展, 原因除了工业自动化发展的客观需要外, 还有它本身具有许多独特的优点。它具有通信联网能力强、可靠、安全、灵活、方便等特点。

1. 可靠性高、抗干扰能力强

因为工厂生产环境相对恶劣, 如噪声、灰尘等因素的影响, 因此对生产设备的可靠性要求比较高, 抗干扰能力比较强。PLC 本身很少发生故障, 一般来说, 可编程程序控制系统中发生的故障大多是由传感器、执行机构等外围部件造成的。PLC 之所以有这么高的可靠性, 是因为 PLC 采用了一系列的硬件和软件技术的抗干扰措施:

(1) 硬件技术。I/O 接口电路采用光电隔离技术, 抑制了外部干扰信号对 PLC 的影响; 对供电电源采用滤波、稳压、保护措施, 消除高频谐波干扰; 对 CPU 等重要部件进行屏蔽,

稳压, 保护措施, 以减少空间电磁干扰; 在 PLC 电路中设置了“看门狗”(watchdog) 电路, 防止程序进入死循环, 从而起到自动恢复的作用。

(2) 软件技术。由于 PLC 采用串行扫描工作方式, 减少了外界环境干扰引起的故障; 在 PLC 系统程序中设有故障检测和自诊断程序, 能对系统硬件电路等故障实现检测和判断; 一旦出错, 能自动报警, 能立即对当前用户程序和重要数据进行保存, 禁止任何读写操作, 当外界环境正常后, 便可读取故障发生前的数据, 继续执行原来的程序。

2. 编程简单

PLC 采用的编程语言通常是梯形图语言。梯形图与电气控制线路图相似, 形象、直观, 不需要掌握太多计算机知识, 很容易让广大工程技术人员在较短的时间内掌握, 学会编程。当生产流程改变时, 可以现场修改程序, 使用方便、灵活。同时, PLC 编程软件的操作和使用也很简单。PLC 还针对许多复杂的控制系统, 增加了功能指令和特殊功能模块, 在很大程度上简化了程序编写的难度。

3. 功能完善、接口多样

PLC 不仅具有算术和逻辑运算、定时和计数、顺序控制等功能, 还可以配上各种特殊的适配器, 具有 A/D 和 D/A 转换、数值运算、数据处理、PID 控制、网络通信和生产过程监控等许多功能。同时, 由于 PLC 产品的系列化、模块化, 可以满足各种生产要求的控制系统。

4. 安装简单、维护方便

PLC 安装方便, 采用 DIN 标准导轨卡扣安装。PLC 用软件代替了传统电气控制系统的硬件, 安装接线工作量大为减少。PLC 的用户程序大部分可在实验室进行模拟调试, 缩短了用户程序调试的时间。

在维修方面, 由于 PLC 发生故障概率低, 基本上不用维修; 而且 PLC 具有很强的自诊断功能, 如果出现故障, 可根据 PLC 上指示的故障信息, 迅速查明原因, 维修维护很方便。

5. 体积小、质量轻、能耗低

由于 PLC 采用了集成电路, 其结构紧凑、体积小、能耗低, 质量只有 400g 左右, 功率约为 20W, 是一种非常实用的控制设备。

6. 对环境要求低

PLC 可在较大的温度、湿度变化范围内正常工作, 抗震动、抗冲击的性能好, 对电源电压的稳定性要求低, 特别是抗电磁干扰能力强, 因此可用在较恶劣的工业环境中。

► 第二节 PLC 分 类

目前国内外各生产厂家生产的 PLC 产品种类繁多, 其规格和性能也各不相同。通常根据 PLC 的结构形式的不同、功能的不同和 I/O 点数的多少等进行分类。

一、按结构形式分类

根据 PLC 的结构形式, 可将 PLC 分为整体式和模块式两类。

(1) 整体式 PLC。整体式 PLC 是将 CPU、电源、I/O 接口、存储器等部件都集中装在一个塑料机壳的机箱内, 并配有指示输入输出状态的发光二极管, 具有结构紧凑、体积小、价格低等特点。小型 PLC 一般采用整体式结构。整体式结构的 PLC 由不同 I/O 点数的基本单元和扩展单元组成。扩展单元内只有 I/O 输入输出和电源等, 没有 CPU。基本单元和扩展单

元之间一般用扁平电缆连接。

(2) 模块式 PLC。模块式 PLC 是将 PLC 各组成部分分别制作成若干独立的模块, 各模块做成插件式如 CPU 模块、I/O 模块、电源模块, 以及各种功能模块。模块式 PLC 由框架或基板和各种模块组成, 模块装在框架或基板的插座上。这种模块式 PLC 的特点是配置灵活, 可以根据实际情况选择不同的 PLC 模块, 组装方便、使用灵活, 便于扩展和维修更换。大、中型 PLC 一般采用模块式结构。

二、按功能分类

根据 PLC 所具有的功能不同, 可将 PLC 分为低档、中档、高档三类。

(1) 低档 PLC。低档 PLC 具有逻辑运算、定时、计数、移位, 以及自诊断、监控等基本功能, 还有算术运算、通信等功能。它主要用于逻辑控制、顺序控制。

(2) 中档 PLC。中档 PLC 不仅具有低档 PLC 的功能, 而且增加有模拟量输入/输出、数制转换、远程 I/O、调用子程序、通信联网等功能。有些还具有中断控制、定位控制、PID 控制等功能, 实现较为复杂的控制系统。

(3) 高档 PLC。高档 PLC 除兼容中档 PLC 的功能外, 功能更加强大, 增加了带符号算术运算、矩阵运算、位逻辑运算及其他特殊功能函数的运算、制表及表格传送功能等。高档 PLC 具有更强的通信联网功能, 可用于大规模过程控制、工厂自动化等场合。

三、按 I/O 点数分类

根据 PLC 的 I/O 点数的多少, 可将 PLC 分为超小型、小型、中型和大型四类。

(1) 超小型 PLC。I/O 点数小于 64 点 PLC, 存储器容量小于 2KB。超小型 PLC 采用整体式结构, 如三菱 FX1S 系列、德国西门子公司公司的 LOGO。

(2) 小型 PLC。I/O 点数为 256 点以下的为小型 PLC。存储器容量一般为 2~4KB。

(3) 中型 PLC。I/O 点数为 256 点以上、2048 点以下的为中型 PLC。存储器容量为 4~16KB。

(4) 大型 PLC。I/O 点数为 2048 以上的为大型 PLC。存储器容量在 16~64KB。其中, I/O 点数超过 8192 点的为超大型 PLC。

四、软 PLC

软 PLC 实际就是在计算机的平台上, 在 Windows 操作环境下, 用软件实现 PLC 的功能。换句话说, 软 PLC 是一种基于计算机开发结构的控制系统。它具有硬 PLC 的功能、可靠性、速度、故障查找等方面的特点, 利用软件技术可以将标准的工业计算机转换为全功能的 PLC 过程控制器。软 PLC 综合了计算机和 PLC 的开关量控制、模拟量控制、数学运算、数值处理、网络通信等功能, 通过一个多任务控制内核, 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 系统以及网络的开放式结构。软 PLC 具有硬 PLC 的功能, 同时又提供了计算机环境的各种优点。GE Fanuc 公司推出了一种类似笔记本电脑, 以 Windows 为操作系统, 可实现 PLC 的 CPU 模块的功能, 通过以太网和 I/O 模块、通信模块用于工厂的现场控制。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 控制改为软件 PLC 控制。性能价格比高的软 PLC 将成为今后高档 PLC 的发展方向。

实际上, 一般 PLC 功能的强弱与其 I/O 点数的多少是相互关联的, 即 PLC 的功能越强, 其 I/O 点数越多。因此, 通常所说的小型、中型、大型 PLC, 除指其 I/O 点数不同外, 同时

也表示其对应功能为低档、中档、高档。

▶ 第三节 PLC 应用

目前, PLC 在工业领域的应用范围越来越多, PLC 已广泛应用于冶金钢铁、石油化工、数控机床、电力系统、汽车装配、环保及文化娱乐等行业, 随着 PLC 性能价格比的不断提高, 其应用领域不断扩大。PLC 的应用可归纳为以下几个方面:

1. 开关量逻辑控制

这是 PLC 最基本的应用。利用 PLC 最基本的逻辑运算、定时、计数等功能实现逻辑控制和顺序控制, 可以取代传统的继电器控制, 例如: 机床电气控制、装配生产线、食品生产线、电镀流水线及电梯的控制等。这是 PLC 最广泛的应用领域。

2. 运动控制

为了使 PLC 能用于圆周运动控制, 大多数 PLC 都配有运动控制模块来驱动步进电动机或伺服电动机的单轴或多轴运动。这一功能广泛用于各种机械设备, 如数控机床、电梯、机器人等进行运动控制。

3. 模拟量过程控制

大、中型 PLC 都能控制连续变化的模拟量, 通过多路模拟量 I/O 模块和 PID 控制功能, 有的小型 PLC 也具有模拟量输入输出, 如压力、流量、温度等模拟量。所以 PLC 可实现模拟量控制, 而且具有 PID 控制功能的 PLC 可构成闭环控制, 用于过程控制。这一功能已广泛用于锅炉、恒压供水, 以及闭环控制系统和速度控制等方面。

4. 数据采集处理

现在使用的 PLC 都具有数据传送、转换、查表、位操作等功能, 可进行数据的采集、分析和处理及显示, 同时可通过通信协议和通信接口将这些数据传送给其他智能装置。数据处理通常用于柔性制造系统、机器人等系统中。

5. 网络通信

PLC 的通信包括 PLC 与 PLC、PLC 与上位计算机、PLC 与触摸屏、PLC 与变频器、PLC 与其他智能设备之间的通信。采用专用通信模块、通信接口构成网络, 实现信息的交换。并可通过计算机与 PLC 构成“集中管理、分散控制”的多级分布式控制系统, 满足工厂自动化 (FA) 系统发展的需要。

▶ 第四节 PLC 生产厂家

世界上 PLC 产品可分成三大派别: 美国产品、欧洲产品和日本产品。自从美国数字设备公司 1969 年研制出第一台 PLC, 20 世纪 70 年代初, 日本、德国等国家从美国引进这项技术。而日本的 PLC 技术对美国的 PLC 产品有一定的继承性, 但日本的主推产品定位在小型 PLC 上。美国以大中型 PLC 而闻名, 而日本则以小型 PLC 著称。

一、美国产品

PLC 最先是美国研制和生产出来的, 有 100 多家 PLC 生产厂商, 著名的有 A-B 公司、通用电气 (GE) 公司、莫迪康 (MODICON) 公司等。其中 A-B 公司是美国最大的 PLC 制

造商。

A-B 公司产品规格齐全、种类多。大、中型 PLC 产品是模块式结构 PLC-5 系列, 该系列 CPU 模块为 PLC-5/10、PLC-5/25 等, 属于中型 PLC, I/O 点数配置范围为 256~1024 点。当 CPU 模块为 PLC-5/11、PLC-5/20、PLC-5/60、PLC-5/60L 等时, 属于大型 PLC, I/O 点数最多可配置到 3072 点。

GE 公司的代表产品是小型机 GE-1、GE-1/P 等。GE-1 用于开关量控制系统, 最多可配置到 112 个 I/O 点。GE-1/P 是 GE-1 的增强型产品, 增加了部分功能指令、功能模块 (A/D、D/A 等)、远程 I/O 功能等, 其 I/O 点最多可配置到 168 点。

莫迪康 (MODICON) 公司有 M84 系列 PLC。其中 M84 是小型机, 具有模拟量控制、较强的通信功能, 最多 I/O 点数为 112 点。M484 是中型机, 其运算功能较强, 可与上位机通信, 也可与多台 PLC 联网, 最多可扩展 I/O 点为 512 点。

二、欧洲产品

欧洲的 PLC 产品制造厂家主要有: 德国的西门子 (SIEMENS) 公司、AEG 公司、法国的 TE 公司。德国的西门子公司生产的中、大型 PLC 产品可以与美国的 A-B 公司生产的 PLC 相媲美, 德国西门子 PLC 在中国应用也很广泛。

西门子 PLC 主要产品是 S5、S7 系列。在 S5 系列中, S5-90U 属于微型整体式 PLC; S5-100U 是小型模块式 PLC, 最多可配置 256 个 I/O 点; S5-115U 是中型 PLC, 最多可配置到 1024 个 I/O 点。而 S7 系列是西门子公司在 S5 系列 PLC 基础上近年推出的新产品, 其性能价格比高。其中, S7-200 系列属于微型 PLC, S7-300 系列属于中小型 PLC, S7-400 系列属于中高性能的大型 PLC。

三、日本产品

日本的小型 PLC 功能最齐全, 在复杂的控制系统方面明显优于欧美的小型机, 所以使用非常广泛, 受用户欢迎。日本有许多 PLC 制造商, 如三菱、松下、欧姆龙等, 在世界小型 PLC 市场上, 日本产品占有 50% 以上的市场份额。

三菱公司的 PLC 进入我国的市场比较早, 市场占有比例也比较大。其小型机 F2 系列是 F 系列的升级产品。F2 系列增加了新的指令, 同时增加了特殊功能单元和通信功能, 比 F 系列有了更强的控制能力。20 世纪 80 年代末, 三菱公司又推出 FX 系列; 在容量、速度、特殊功能、网络功能等方面都有了全面的加强。FX2 系列是在 90 年代开发的整体式高功能小型机, 它配有各种通信适配器和特殊功能模块。FX2N 是近几年推出的高性能整体式小型机, 各种功能都在原有的基础得到加强, 使用效果更好。

三菱公司的大中型机有 A 系列、QnA 系列、Q 系列, 其网络功能非常强大, PLC 之间可以组成网络。其中 Q 系列具有超小的体积、灵活的安装方式、双 CPU 协同处理、多存储器、远程口令等特点, 是三菱公司现有 PLC 中最高性能的 PLC。

松下公司的 PLC 产品中, FP0 为微型机, FP1 为小型机, FP3 为中型机, FP20 为大型机。PLC 产品的主要特点是: 指令系统功能强, 智能模块多。FP 系列各种 PLC 都配置通信接口, 采用应用层通信协议, 这样给开发 PLC 网络应用程序带来了方便。

四、我国产品

国内开始研制 PLC 产品是 20 世纪 70 年代中期, 当时在上海、北京、广州、长春等有不少科研单位、工厂都在研制和生产 PLC。由北京机械工业自动化研究所负责研制开发的

MPC-10、MPC-85 型 PLC，其 PLC I/O 点数为 256~512，并可扩展到 1024 点，开创了国内研制大型 PLC 的先河，先后在注塑机、锅炉控制、汽车压力机生产线上获得了应用。其他厂家有中国科学院自动化研究所的 PLC-0088，北京联想计算机集团公司的 GK-40，上海自立电子设备厂的 KKI 系列，无锡华光电子工业有限公司（合资）的 SR-10、SR-20/21 等。

从 20 世纪 90 年代以来，PLC 的应用不断深入，国内掀起研制高潮，虽然仍是小型 PLC，批量仍不大，但其功能、质量和可靠性明显提高。其代表产品有：南京嘉华公司的 JH200 系列的 PLC，I/O 点数为 12~120 点，具有高速计数器和模拟量功能；兰州全志公司的 RD 系列小型 PLC 也很有特点，RD200 型 PLC 的 I/O 为 20~40 点，扩展功能有编码盘测速和模拟量 I/O，RD200 型 PLC 最多可以 32 台联网，并能与上位机进行实时通信。

为了尽快提升我国 PLC 的技术水平，引进 PLC 先进生产技术，中外合资或外商独资企业在国内开始批量生产 PLC。西门子公司首先在大连开办 PLC 生产企业；欧姆龙公司在上海生产的 PLC 远销海内外；中外合资、引进技术，使国产的 PLC 上了一个新台阶。

近几年，国产的 PLC 有了更新的产品，北京和利时公司推出新一代高性能的 HOLiAS-LEC G3 小型 PLC 的 I/O 点数有 14 点 (8/6)、24 点 (14/10)、40 点 (24/16) 三个规格。为方便用户选用，该公司开发了 19 种、35 个不同规格的 I/O 扩展模块，G3 型系列的 PLC 最多可扩展 7 个模块，I/O 点数最大可达 264 点。G3 系列的 PLC 有符合 IEC 1131-3:1993 的 5 种编程语言，编程软件具有超强的计算功能，如其他小型 PLC 不具备的 64 位浮点数运算、优化的 PID 可同时处理有十几个模拟量的多个闭环回路。它有极强的通信功能，有集于 CPU 模块的标准 Modbus 协议、专有协议和自由协议的通信接口。通过该接口可方便地挂到 PROFIBUS-DP 等总线上。该公司 FO PLC 中型机的 I/O 为 256 点，内置 TCP/IP 通信接口，很容易联网；配有 PROFIBUS-DP 现场总线的主站、从站和远程 I/O 都通过 ISO 9001 严格的质量保证体系认证。FO PLC 编程语言符合 IEC 61131-3:1993 标准。

2006 年 11 月在上海举行的中国国际工业博览会上，和利时公司又推出了 LK 大型 PLC，有 LK200、LK210、LK220 三个品种。这是一个高性能的大型 PLC 系列，其中 LK220PLC 的时钟频率为 533MHz，程序容量为 32MB，位指令的执行时间达到 0.013μs，最大 I/O 为 32768 点，模拟量可达 16384 点，而且 CPU 可以冗余配置，所有的模块可进行自检，带电插拔。LK 系列 PLC 有高速同步串行总线，双冗余的 PROFIBUS-DP 扩展，双冗余工业以太网通信。LK 系列 PLC 用 24V DC 供电，功率低，体积小，组装结构灵活，编程语言完全符合 IEC 61131-3:1993 标准，有支持中文和英文的 IEC 61131-3:1993 组态软件，给用户极大方便。

还有深圳德维森公司开发的基于计算机的软 PLC TOMC 系列。其特点是符合 IEC 61131-3:1993 的编程语言，允许梯形图、顺序功能图和功能块图混合编程；用户可开发基于内置 PC 资源的 C 语言和定义功能块，通过以太网、TCP/IP 与上位机联网。

北京安控科技发展有限公司推出了 ROCK32 系列小型 PLC。它采用了 32 位 ARM 芯片，实时多任务操作系统，编程语言符合 IEC 61131-3:1993，支持 LD、FBD、IL、ST、SFC 五种语言。ROCK32 支持 Modbus，具有 RS-232、RS-485、Ethernet 等通信接口；ROCK E20 采用 16 位微处理器，嵌入式实时多任务操作系统，I/O 可达 512 点。ROCK E40 采用 32 位 ARM 芯片，16 位分辨力的 A/D、D/A，I/O 可达 1024 点。

国外 PLC 产品占领国内 90% 的 PLC 市场的今天，国产 PLC 能脱颖而出，并具有和国外



同类产品进行竞争的能力,相信不久的将来,国产 PLC 将占有更大的市场份额。

第五节 PLC 发展趋势

一、PLC 的发展历史

在 PLC 诞生前,在电气控制领域是以继电器控制系统为主,所有生产线上的电气控制都是采用继电器控制。继电器控制系统存在体积大、线路复杂、容易出现故障,特别是其接线复杂、不易更改,很难适应生产工艺的变化。

1968 年,美国通用汽车公司(GM)为了增强其产品在市场竞争力,适应汽车工业不断更新、生产工艺不断变化的需要。希望能有一种新型工业控制装置,能不用重新设计电气控制系统和重新接线,以节约生产成本、缩短产品生产周期。结合当时计算机技术,设想将功能强大的计算机与电气控制系统联系在一起,制成一种通用控制装置。率先提出采用可编程序控制器取代硬件接线的控制电路设想,并对外公开招标。

1969 年,美国数字设备公司(DEC)根据美国通用汽车公司的这种要求,研制成功了世界上第一台可编程序逻辑控制器(Programmable Logic Controller, PLC),并在通用汽车公司的自动装配线上试用,取得很好的效果。PLC 最大的特点是将控制过程以程序方式存放在存储器内,只要修改存储器中的程序就能改变生产工艺的控制过程,而不需要对硬件连线作多大的改变,从此这项技术迅速发展起来。早期的可编程控制器仅有逻辑运算、定时、计数等顺序控制功能,只是用来取代传统的继电器控制系统,通常称为可编程逻辑控制器。随着微电子技术和计算机技术的发展,20 世纪 70 年代中期微处理器技术应用到 PLC 中,使 PLC 不仅具有逻辑控制功能,还增加了算术运算、数据传送和数据处理等功能。

20 世纪 80 年代以后,随着大规模、超大规模集成电路等微电子技术和计算机技术的迅速发展,16 位和 32 位微处理器广泛应用在 PLC 中。使 PLC 不仅控制功能增强,同时可靠性得到提高,而且具有通信和联网、数据处理等功能。

自从第一台 PLC 在美国研制成功后,日本、德国等国家也开始研制 PLC,并得到了快速的发展。目前,世界上有 100 多家 PLC 厂商,几百种的 PLC 产品。各种 PLC 产品都各具特色,如日本主要发展中小型 PLC,其小型 PLC 性能先进,价格便宜,在世界市场上占用重要地位。著名的 PLC 生产厂家主要有美国的 A-B(Allen-Bradly)公司、GE(General Electric)公司、日本的三菱(Mitsubishi Electric)公司、欧姆龙(OMRON)公司、德国的 AEG 公司、西门子(SIEMENS)公司、法国的 TE(Telemecanique)公司等。

我国的 PLC 开发、生产和应用也发展很快。在 20 世纪 70 年代末和 80 年代初,我国从国外引进了不少 PLC 产品。此后,在新设备设计中,PLC 的应用逐渐增多,并取得显著的经济效益,PLC 在我国的应用越来越广泛,市场占有率逐步提高,对提高我国的经济、工业自动化水平起到了巨大的推动作用。

二、PLC 的发展趋势

1. 提高通信联网能力

在信息时代的今天,几乎所有 PLC 制造商都加强通信联网能力。小型 PLC 都有通信接口,中、大型 PLC 都有专门的通信模块。随着计算机网络技术的发展,PLC 的通信联网能使

其与计算机和其他智能控制设备很方便地交换信息,实现分散控制和集中管理。例如,康泰克(CONTEC)与三菱电机公司合作,推出专门插在小Q系列PLC的机架上的计算机模块。该模块实际上就是一台可以在工厂现场环境下正常运行,而且可通过PLC的内部总线与PLC的CPU模块交换数据的计算机。其处理芯片采400M主频,系统内存128MB,cache128KB,支持外挂显示器。该模块内装Windows NT4.0或Windows 2000,支持的软件有三菱综合F4软件(包括PLC编程软件GX)、FA数据处理软件MX、人机界面画面设计软件GX、运动控制设计编程软件MT等。

目前,国外一些中、大型PLC制造商推出了一个机架上可以插接多个CPU模块的结构,将PC机模块与PLC的CPU模块、过程控制CPU模块或运动控制模块等同时插在一个机架上。实际上就是将原来PLC要通过工厂自动化(FA)用PC机与管理计算机通信的三层结构,改为PLC系统可直接与生产管理用的计算机的两层结构。这样可使生产管理更加方便。

小型PLC之间也实现了通信“傻瓜化”。小型PLC之间不再需要用户为通信编程,用户的工作只是在组成系统时做一些硬件或软件上的初始化设置,减少PLC用户在通信编程方面的工作量,使设备之间的通信周期性运行。如欧姆龙公司的两台CPM1A之间一对一连接通信,只需用RS-232C通信接口连在一起,将通信参数写入5个指定的数据存储器中即可。

2. 开放性

早期的PLC问题之一是它的软、硬件体系结构是封闭的,而不是开放的。如专用总线、通信网络及协议;I/O模块互不通用,甚至连机架、电源模块亦各不相同;梯形图名称虽一致,但组态、寻址、语言结构均不一致。因此,几乎各公司的PLC均互不兼容。目前,PLC在开放性方面已有实质性突破。不少大型PLC厂商在PLC系统结构上采用了各种工业标准,如IEC 61131-3:1993、IEEE 802.3以太网标准、TCP/IP、UDP/IP等。例如,施耐德公司已开发了以PLC为基础,在Windows平台下,符合IEC 61131-3:1993,实现高度分散控制,开放度高的全新一代开放体系结构的PLC。众多PLC厂商都开发了自己的模块型I/O或端子型I/O,而通信总线都符合IEC 61131-3:1993,这极大地增强了PLC的开放性。

创建开放的网络环境后,许多公司推出了能挂100Mbit/s的高速以太网的WEB服务器模块,如三菱电机公司小Q系列的QJ71WS96、横河电机FA-M3系列的F3WBM1-0T-S0。模块内的软件捆绑了目前常用的TCP/IP、UDP/IP等传输层和网络层规约,以及HTTP、FTP、SMTP、POP3等应用层规约,使PLC可直接进入因特网,成为不折不扣的WEB PLC。例如日本三菱电机公司的小Q系列PLC可以挂到以德国西门子公司为主导的工业以太网Profibus网络上。

3. 体积小型化,运算高速化

PLC小型化的好处是节省空间、降低成本、安装灵活。目前,一些大型PLC的外形尺寸比它们前一代的同类产品的安装空间要小50%左右。例如,三菱电机公司的小Q系列就比ANS系列的安装空间小60%。

运算速度高速化是PLC技术发展的重要特点。在硬件上,PLC的CPU模块采用32位的RISC芯片,运算速度大为提高,一条基本指令的运算速度达数十纳秒(ns)。三菱电机公司的AnA系列PLC最早使用32位CPU模块,当今它的Q02H系列PLC的CPU模块也用了32位的RISC芯片,基本指令的执行时间为34ns。富士电机MICREX-SX系列PLC的CPU

模块由于采用了 32 位 RISC 芯片后，一条基本指令的运算时间为 20ns。

PLC 主机运算速度大大提高，与外设的数据交换速度也呈高速化。PLC 的 CPU 模块通过系统总线与装插在基板上的各种 I/O 模块、特殊功能模块、通信模块等交换数据。基板上装的模块越多，PLC 的 CPU 模块与那些模块之间的数据交换的时间就会增加，在一定程度上会使 PLC 的扫描时间加长。为此，不少 PLC 厂商采用新技术，增加 PLC 系统的带宽，使一次传输的数据量增多；在系统总线数据存取方式上，采用连续成组传送技术，实现连续数据的高速批量传送，大大缩短了存取每个字所需的时间；通过向系统总线相连接的模块实现全局传送，即针对多个模块同时传送同一数据的技术，有效地用活系统总线。

4. 增强外部故障的检测与处理能力

根据统计资料表明：在 PLC 控制系统的故障中，20%的故障属于 PLC 的内部故障，可通过 PLC 本身的软、硬件实现检测、处理；而其余 80%的故障属于 PLC 的外部故障，包括 I/O 接口电路、输入输出设备和电力线路等。因此，PLC 生产厂家都致力于研制、发展用于检测外部故障的专用智能模块，进一步提高系统的可靠性。

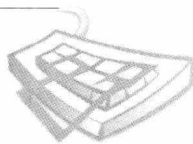
5. 编程语言多样化

PLC 硬件技术不断发展的同时，编程工具丰富多样，功能不断提高，编程语言趋向标准化。各种简单或复杂的编程器及编程软件，采用梯形图、功能图、语句表等编程语言，也有高档的 PLC 指令系统。



习题与思考题

- 1-1 PLC 有什么特点？
- 1-2 PLC 是如何分类的？按结构形式不同，PLC 可分为哪几类？各有什么特点？
- 1-3 PLC 有哪些主要应用？
- 1-4 PLC 有哪些发展趋势？



PLC 基本原理

PLC 是计算机技术和自动控制技术相结合的产物，是一种以微处理器为核心的用于工业控制的特殊计算机，是自动控制系统中的一个核心器件，因此 PLC 的基本结构与一般的微机系统类似。本章主要介绍 PLC 的组成、结构、工作原理等，并对 PLC 的编程语言、性能指标作简要介绍。

第一节 PLC 内部结构

PLC 的硬件主要由微处理器（CPU）、存储器、输入与输出接口电路、通信接口、扩展接口、编程器、电源等部分组成。其中，PLC 的核心部件是 CPU，输入与输出接口电路是连接输入输出设备与 CPU 之间的接口电路，通信接口用于与编程器、上位计算机、变频器、触摸屏等外部设备连接。

对整体式 PLC，所有部件都装在同一机壳内，其组成框图如图 2-1 所示；对于模块式 PLC，各模块独自安装，各模块通过电缆连接，安装在机架或导轨上，其组成框图如图 2-2 所示。

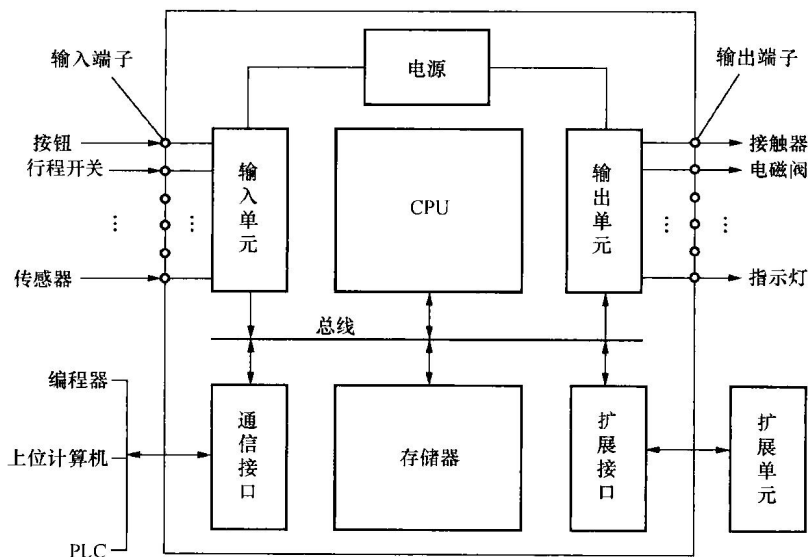


图 2-1 整体式 PLC 组成框图

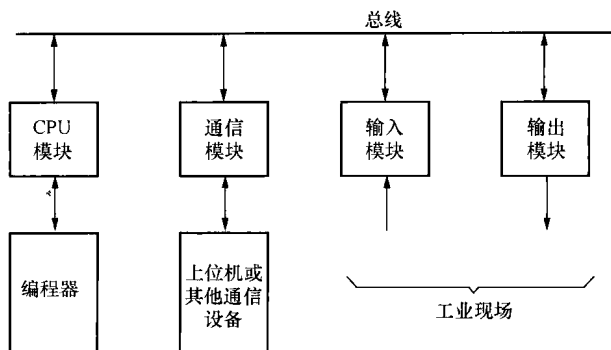


图 2-2 模块式 PLC 组成框图

对于 PLC 的硬件而言，整体式与模块式 PLC 的结构不一样，但各部分的功能是相同的，下面对 PLC 主要组成部分进行介绍。

一、PLC 的硬件组成

1. 微处理器 (CPU)

同一般的计算机一样，CPU 是 PLC 的核心。PLC 中所配置的 CPU 随机型不同而不同，常用的有 3 类：通用微处理器（如 8080、8086、80386 等）、单片微处理器（如 8031、8096 等）和位片式微处理器（如 AMD29W 等）。小型 PLC 大多采用 8 位、16 位通用微处理器和单片微处理器；中型 PLC 大多采用 32 位通用微处理器或单片微处理器；大型 PLC 大多采用位片式微处理器或双 CPU。所谓双 CPU 系统，是指一个 CPU 用于字处理器，另一个 CPU 用于位处理器。字处理器为主处理器，用于执行编程器接口功能，监视内部定时器，循环扫描周期时间，以及对系统总线和位处理器进行控制。位处理器为从处理器，主要用于处理位操作指令和实现 PLC 编程语言向机器语言的转换。

PLC 在工作过程中，CPU 按系统程序设计的功能进行工作，归纳起来主要有以下几个方面：

- (1) 接收从编程器或计算机编程软件输入的用户程序和数据。
- (2) 诊断电源、PLC 自动检测编程中的语法错误等。
- (3) 通过输入接口接收现场的数据信号，并存入输入映像寄存器中。
- (4) 从存储器中逐条读取用户程序，编译指令后执行输入操作，并将结果送到输出映像寄存器，通过输出单元实现输出控制。

2. 存储器

存储器是具有记忆功能的半导体电路。PLC 中存储器主要有两种：一种是可读/写操作的随机存储器 RAM，主要用于存放用户程序及工作数据；另一种是只读存储器 ROM、PROM、EPROM 和 EEPROM，主要用于存放系统程序或固化用户程序。

系统程序是由 PLC 的制造商设计编写，相当于计算机操作系统；和 PLC 的硬件组成有关，完成系统诊断、监控程序、命令编译、通信及各种参数设定等功能，直接影响到 PLC 的性能，而且在 PLC 使用过程中不会改变，所以是由制造商直接固化在只读存储器 ROM 或 EPROM 中，用户不能修改。

用户程序是由用户根据生产工艺的控制要求而编写的程序。用户程序一般存于 RAM 中，