



21世纪普通高等教育规划教材

可编程 控制器教程

第2版

上海大学 王兆义 主编

KEBIANCHENG

KONGZHIQI JIAOCHENG



21 世纪普通高等教育规划教材

可 编 程 控 制 器 教 程

第 2 版

主编 王兆义
参编 陈治川 王生学
陈勇根 周法英
朱 敏



机 械 工 业 出 版 社

本书详细介绍了可编程序控制器 (PLC) 的产生、工作原理与应用技术。以三菱电机公司 FX_{2N} 系列 PLC 和通用电气 (GE) 公司小型 PLC 为背景机, 介绍其组成、指令系统、功能模块、编程工具、PLC 网络与通信, 以及系统设计与编程的基本方法, 给出了许多 PLC 应用实例和实训指导书。

该书着重于 PLC 的实际应用技术, 实用性强, 可作为普通高等工科院校电气工程及自动化、机电一体化、计算机应用、实用机电技术、工业自动化技术及其他相关专业的教材, 也可供高职高专的相关专业选用, 同时也可作为电气技术人员的培训教材和参考书。

图书在版编目 (CIP) 数据

可编程序控制器教程/王兆义主编. —2 版. —北京: 机械工业出版社, 2004.7 (2006.7 重印)

21 世纪普通高等教育规划教材

ISBN 7-111-03758-8

I. 可… II. 王… III. 可编程序控制器—高等学校—教材
IV. TP332.3

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2004) 第 041834 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: 贡克勤 版式设计: 冉晓华 责任校对: 姚培新

封面设计: 张 静 责任印制: 洪汉军

北京京丰印刷厂印刷

2006 年 7 月第 2 版·第 3 次印刷

184mm×260mm·24.5 印张·605 千字

定价: 34.00 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

编辑热线 (010) 88379711

封面无防伪标均为盗版

第 2 版前言

为适应可编程序控制器 (PLC) 及其应用技术的迅速发展, 编者在多年教学科研应用的基础上, 对《可编程序控制器教程》教材进行了大幅度的修改、充实和提高, 用三菱 FX_{2N} 机型代替了原教材的 F2 机型, 同时又增加了通用电气 (GE) 公司的小型机介绍。力求结合生产实践、突出应用, 吸取近年来教材的成功经验, 做到通俗易懂, 把实训指导归为一章, 便于实践和自学。

全书内容包括七章和四个附录。

第一章讲述可编程序控制器的产生背景、特点、分类及发展趋势。第二章阐明可编程序控制器的基本原理、硬件和软件构成, 并简要介绍可编程序控制器的多种编程语言。第三章讲解三菱小型可编程序控制器, 介绍三菱电机公司最新小型可编程序控制器 FX_{2N} 的硬件构成, 详细说明它的指令系统, 编程器和编程软件的使用、程序设计方法及特殊功能模块。第四章阐述通用电气公司可编程序控制器, 介绍 GE Fanuc 90 系列中小型可编程序控制器的硬件组成、指令系统, 并对编程软件进行了说明。第五章介绍可编程序控制器的网络及通信。由于目前生产的可编程序控制器几乎都可以联网通信, 本章以三菱电机公司产品为例简要介绍了一些可编程序控制器的典型网络。第六章讲解可编程序控制器的系统设计、选型和应用举例, 根据多年的教学科研积累, 系统地介绍可编程序控制器的工程设计方法和应用实例。第七章给出了三菱和通用电气小型可编程序控制器应用技术的实训指导书, 为读者的理解和自学创造了条件。

附录中列出了三菱小型可编程序控制器的功能指令汇总表、指令执行时间表和特殊软元件。

在此, 编者要特别感谢在《可编程序控制器教程》第 1 版编写过程中做出重要贡献的陈昌国高级工程师, 蔡德福副教授以及在本教材建设中提供很大帮助的马国琳教授、袁国华教授、方承远教授、魏炳贵教授、蒋洪瑶副教授、马立华副教授。

本书由王兆义教授任主编并编写第一、二、三章, 并和陈勇根老师编写了第四章, 和陈治川副教授编写了第六章。第五章由周法英高级工程师编写, 第七章由王生学老师编写, 附录由朱敏老师编写。全书由王兆义教授统稿。在编

IV

写本书过程中，上海理工大学方承远教授，上海大学马国琳教授，俞修海教授、杨新志副教授都给编者极大帮助，上海大学自动化系领导给予大力支持，在此表示衷心的感谢。

由于编者水平所限，书中难免存在错误和不妥之处，敬请读者批评指正。

编 者

2004年7月

第 1 版前言

可编程控制器 (Programmable Controller) 简称 PC, 正改变着工厂自动控制的面貌。继电器接触器式的传统控制正面临巨大挑战。推广和普及 PC 技术对我国广大工矿企业的技术改造、提高工业自动化水平和生产效率有十分重要的现实意义。为适应社会的需要, 上海大学工学院在 1987 年开设了《可编程控制器及应用》课程, 供电气技术专业的学生选学。

本书是作者近几年在开展可编程控制器的教学和科研基础上编写的。内容从应用角度出发, 尽量避免过多的计算机术语, 从 PC 的产生、发展、构成、工作原理、控制指令、编程方法、工程应用等几个方面进行了论述。众多的 PC 应用实例是该书的重要内容。PC 技术发展很快, 多数 PC 已能和计算机联网, 本书最后一章就是这方面的内容。本书注重工程实践, 对 PC 的使用和维护、故障查找和处理都有涉及。书中有较多编程实例、大量的习题和思考题, 书末附有 PC 的实验指导书, 以帮助读者尽快地掌握 PC 技术。

《可编程控制器教程》是按 40 学时编写的。本书可作为大专院校的电气技术、电气自动化、机电一体化等专业学生的教学用书, 教师可根据教学时数及专业要求对内容做适当取舍; 本书也可作为电大、职大相应专业的教学用书; 同样也可作为 PC 的培训教材; 对机电行业的广大工程技术人员、电工也是一本更新知识结构的参考读物。

本书由上海大学电气工程系王兆义副教授和陈昌国高级工程师编写。第一章到第五章由陈昌国执笔, 第六章到第十章由王兆义执笔, 全书由主编王兆义统稿。

本书由上海工程技术大学纺织学院蔡德福副教授主审, 参加审阅的还有上海工程技术大学纺织学院魏炳贵副教授, 同济大学袁国华教授, 上海工业大学蒋洪瑶副教授, 上海机械专科学校方承远副教授, 上海轻工业高等专科学校马立华讲师。编者在此谨表谢意。

在编写本书的过程中, 上海大学工学院马国琳教授给了我们热情帮助和指导, 在此谨致以衷心的感谢。

由于编写时间仓促, 水平又有限, 错误及不当之处在所难免, 殷切希望各院校师生及广大读者提出宝贵意见。

编 者

1992 年 9 月

目 录

第 2 版前言

第 1 版前言

第一章 可编程序控制器概述	1
第一节 可编程序控制器的产生.....	1
第二节 可编程序控制器的特点及应用.....	2
第三节 可编程序控制器的分类.....	5
第四节 可编程序控制器的发展.....	5
习题及思考题.....	7
第二章 可编程序控制器的结构和原理	8
第一节 可编程序控制器的基本结构.....	8
第二节 可编程序控制器的编程语言.....	13
第三节 可编程序控制器的工作原理.....	17
习题及思考题.....	21
第三章 三菱小型可编程序控制器	22
第一节 三菱小型可编程序控制器概述.....	22
第二节 三菱小型可编程序控制器的指令系统.....	30
第三节 三菱 FX 系列可编程序控制器特殊功能模块.....	156
第四节 三菱小型可编程序控制器的编程工具.....	173
习题及思考题.....	194
第四章 通用电气可编程序控制器	196
第一节 通用电气 (GE Fanuc) 可编程序控制器概述.....	196
第二节 通用电气 (GE Fanuc) 可编程序控制器的指令系统.....	201
第三节 通用电气 (GE Fanuc) 可编程序控制器编程软件.....	228
习题及思考题.....	240
第五章 可编程序控制器的网络及通信	241
第一节 可编程序控制器通信网络概述.....	241
第二节 可编程序控制器的典型网络.....	245
习题及思考题.....	267
第六章 可编程序控制器的应用	268
第一节 可编程序控制器的系统设计.....	268

第二节 可编程序控制器的选型	269
第三节 可编程序控制器应用程序的设计方法	271
第四节 可编程序控制器使用中的几个问题	275
第五节 可编程序控制器应用实例	278
习题及思考题	310
第七章 可编程序控制器的实训指导	312
第一节 FX _{2N} 系列可编程序控制器实训指导	312
第二节 通用电气 (GE Fanuc) 可编程序控制器实训指导	340
习题及思考题	351
附录	352
附录 A FX 系列可编程序控制器功能指令汇总表	352
附录 B FX 系列可编程序控制器指令执行时间一览表	356
附录 C FX 系列可编程序控制器的特殊软元件	363
附录 D GE Fanuc 90 系列可编程序控制器主要性能一览表	381
参考文献	383

第一章 可编程序控制器概述

第一节 可编程序控制器的产生

可编程序控制器 (Programmable Controller) 是计算机家族中的一员, 是为工业控制应用而设计的。早期的可编程序控制器称作可编程序逻辑控制器 (Programmable Logic Controller), 简称 PLC, 用它来代替继电器实现逻辑控制。随着技术的发展, 可编程序控制器的功能已大大超过了逻辑控制的范围, 所以, 目前人们都把这种装置称作可编程序控制器, 简称 PC。为了避免与目前应用十分广泛的个人计算机 (Personal Computer) 的简称 PC 相混淆, 本书仍将可编程序控制器简称 PLC。

PLC 产生在 20 世纪 60 年代末。提出 PLC 概念的是美国通用汽车公司。当时汽车生产流水线的自动控制系统基本上都是由继电器控制装置构成的, 汽车的每一次改型都直接导致继电器控制装置的重新设计和安装。随着生产的发展, 汽车型号更新的周期愈来愈短, 这样, 继电器控制装置就需要经常地重新设计和安装, 既费时、费工, 又费料。为了改变这一现状, 美国通用汽车公司在 1969 年公开招标, 要求用新的控制装置取代继电器控制装置, 并提出如下 10 项招标指标:

- 1) 编程简单, 可在现场修改程序。
- 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) 可将数据直接送入计算机。
- 6) 成本可与继电器控制装置竞争。
- 7) 可直接用 115V 交流输入 (美国市电为 115V)。
- 8) 输出为交流 115V、2A 以上, 能直接驱动电磁阀、接触器等。
- 9) 控制装置扩展时很方便。
- 10) 用户程序存储器容量至少为 4KB。

1969 年末, 美国数字设备公司 (DEC) 研制出了世界上第一台 PLC, 在美国通用汽车公司自动装配线上试用, 并获得了成功。这种新型的智能化工业控制装置很快在美国其他工业控制领域推广应用, 至 1971 年, 已成功地将 PLC 用于食品、饮料、冶金、造纸等行业。

PLC 的出现, 受到了世界各国工业控制界的高度重视。1971 年日本从美国引进这项新技术, 很快研制出了日本第一台 PLC。1973 年西欧国家也研制出了它们的第一台 PLC。我国的 PLC 研制始于 1974 年, 于 1977 年开始工业应用。

随着半导体技术, 尤其是微处理器和微型计算机技术的发展, 到 20 世纪 70 年代中期以后, PLC 已广泛地使用微处理器作为中央处理器, 输入输出模块和外围电路也都采用中、大规模甚至超大规模集成电路, 这时的 PLC 已不再是仅有逻辑 (Logic) 判断功能, 还同时具

有数据处理、PID 调节和数据通信功能。

国际电工委员会（IEC）1987 年颁布的可编程序控制器标准草案中对 PLC 作了如下的定义：“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。它采用了可以编制程序的存储器，用来在其内部存储程序、执行逻辑运算、顺序控制、定时、计数和算术运算等面向用户的指令，并通过数字和模拟式的输入和输出，控制各种类型的机械或生产过程。可编程序控制器及其有关外围设备，都按照易于与工业控制系统连成一个整体，易于扩展其功能的原则而设计。”

定义中有以下几点值得注意。首先 PLC 是“数字运算操作的电子系统”，它其中带有“可以编制程序的存储器”，可以进行“逻辑运算、顺序控制、定时、计数和算术运算”工作，所以看出，PLC 具有计算机的基本特征。事实上，PLC 无论从内部构造、功能及工作原理上看都是不折不扣的计算机。其次，PLC 是“为工业环境下应用”而设计的计算机。工业环境和一般办公环境有很大区别。PLC 具有特殊的构造，能在高粉尘、高噪声、强电磁干扰和温度变化剧烈环境下正常工作。为了能控制“机械或生产过程”，它又要能“易于与工业控制系统连成一个整体”，这些在个人计算机是不可能做到的。PLC 不是普通的计算机，它是工业现场用的一种工业控制计算机。还有 PLC 能控制“各种类型”的工业设备及生产过程。它“易于扩展其功能”，根据控制对象的不同要求，让用户“可以编制程序”的。也就是说，PLC 较其以前的工业控制计算机，如单片机工业控制系统，具有更大的灵活性，它可以方便地应用在各种场合，它是一种通用的工业控制计算机，从 PLC 制造商的角度看，PLC 是通用控制器，适于大批量生产。

第二节 可编程序控制器的特点及应用

一、PLC 的特点

PLC 是面向用户的工业控制计算机，具有许多明显的特点。

（一）可靠性高，抗干扰能力强

工业生产过程对控制设备的可靠性提出了很高的要求，因为工业生产过程往往是昼夜连续生产，一般的生产装置要几个月、甚至几年才大修一次。

工业现场的各种电磁干扰特别严重，针对这一情况，PLC 采取了一系列措施，使 PLC 能在恶劣的环境中可靠地工作，平均故障间隔时间（MTBF）高，故障恢复时间短，其中主要包括：

（1）屏蔽 对电源变压器、中央处理单元（Central Processing Unit，简称 CPU）、编程器等主要部件和模块，均采用导电、导磁良好的材料进行屏蔽，以防止辐射干扰。

（2）滤波 各输入端均采用 R-C 滤波器，滤波时间常数一般为 $10 \sim 20\text{ms}$ ，对于一些高速输入端则采用数字滤波，其滤波时间常数可以用指令设定。

（3）隔离 所有的输入/输出（以下均用简称 I/O）接口电路均采用光电隔离，使工业现场的外电路与 PLC 内部电路之间电气上隔离，减少故障和误动作。

（4）电源调整与保护 对于微处理器所需的 +5V 电源，采用性能良好的开关电源，多级滤波和调整，以适应交流电网的波动和过电压、欠电压的影响。

（5）元件筛选 PLC 所采用的元器件进行严格的老化和筛选。

(6) 模块化结构 PLC 模块化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,就能迅速更换,使系统恢复正常工作。同时也有助于加快查找故障原因。

(7) 自诊断功能 软件定期地检查外界环境,一旦发现异常情况,CPU 立即采取有效措施,以防止故障扩大。

(8) 信息保护和恢复 当偶发性故障条件出现时,不破坏 PLC 内部的信息;一旦故障条件消失,就可恢复正常,继续原来的工作,所以 PLC 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。一旦检测到外界环境正常后,便可恢复到故障发生前的状态,继续原来的程序工作。

(9) 双 CPU 冗余系统 大型 PLC 还可以采用由双 CPU 构成的冗余系统或由三 CPU 构成的表决式系统,使可靠性更进一步提高。

由于采取了上述一系列措施,PLC 的 MTBF 时间已达几十万小时。

(二) 丰富的 I/O 接口模块

由于 PLC 是工业生产过程自动控制系统中的一个控制中枢,要实现对工业生产过程的自动控制,它还必须与各种工业现场的设备相连接,才能完成控制任务。因此,PLC 除了具有计算机的基本部分外,还要有丰富的 I/O 接口模块。

PLC 针对不同的工业现场信号(如交流或直流、开关量或模拟量、电压或电流、强电或弱电等),有相应的 I/O 模块与工业现场的器件或设备(如按钮、行程开关、接近开关、光电开关、传感器及变送器、电磁线圈、控制阀等)直接连接。例如开关量输入模块就有交流和直流二类,每类又按电压等级分成十多种。

为了提高操作性能和直观性,它还有多种人一机对话的接口模块;为组成工业局部网络,它还有多种通信联网的接口模块等。

(三) 编程简单

PLC 的梯形图编程语言类似于继电器控制线路的梯形图,它继承了传统控制线路的清晰直观,又考虑到工程技术人员的读图习惯,易于接受,因此受到普遍欢迎。在最初的梯形图编程语言中,主要由人们熟悉的常开触点、常闭触点和线圈、定时、计数等符号组成,对于使用者来说,不需要具备计算机的专门知识,因此很容易被一般工程技术人员甚至技术工人理解和掌握。

现在,PLC 的功能大大增强,众多的功能指令也可以用梯形图编程语言来描述,也很容易使初用户接受。

(四) 安装简单、维修方便

PLC 不需要专门的机房,可以在各种工业环境下直接运行。使用时只需将现场的各种设备与 PLC 相应的 I/O 端相连接,系统便可投入运行。

PLC 的各种模块上均设有运行和故障指示装置,便于用户了解 PLC 的运行情况和查找故障。

为适应各种工业控制需要,除了单元式的小型 PLC 外,绝大多数 PLC 均采用模块化结构。PLC 的各部件都采用模块化设计,由机架或导轨及电缆将各模块连接起来。由于 PLC 采用了模块化结构,因此一旦某模块发生故障,用户可以通过更换模块的方法,使系统迅速恢复运行。

(五) 配套齐全、功能完善

PLC 发展到今天,已形成了大、中、小各种规模的系列化产品,可以适用于各种规模的工业控制场合。PLC 除了逻辑功能外,现代 PLC 几乎都有完善的数据运算能力,可用于各种数字控制领域。近年来,由于 PLC 智能化单元模块的大量涌现,使 PLC 的应用渗透到了位置控制、温度控制、CNC 等各种工业控制中,加上 PLC 通信能力的增强及人机界面技术的发展,使 PLC 组成各种控制系统变得非常容易。

(六) 体积小、重量轻、能耗低

目前的超小型 PLC,其底部尺寸小于 $100\text{mm} \times 100\text{mm}$,重量小于 150g,功耗仅数瓦。由于 PLC 体积小很容易装入机械内部,是实现机电一体化的理想控制设备。

(七) 系统设计、调试周期短

PLC 用存储逻辑代替接线逻辑,与传统的继电器控制方式比,大大地减少了控制设备的外接线;PLC 系统硬件设计任务仅仅是依据对象的要求配置适当的模块,使控制系统设计及建造周期大大缩短了。

二、PLC 的应用范围

经过 30 多年的工业运行,PLC 的上述特点越来越为广大工业控制界人士所认识和接受,使得 PLC 迅速渗透到工业控制的各个领域,从单机自动化到工厂自动化;从机器人、柔性制造系统到工业局部网络。

从 PLC 的功能应用来看,它的应用范围大致包括以下几个方面:

(一) 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电路,实现逻辑控制、顺序控制,既可用于单台设备控制,又可用于多机群控及自动化流水线。如组合机床、磨床、注塑机、印刷机、订书机、包装流水线等。

(二) 模拟量控制

在工业生产过程中,有许多连续变化的量,如温度、压力、流量、液位和速度等都是模拟量。为了使 PLC 处理模拟量,必须实现模拟量 (Analog) 和数字量 (Digital) 之间的 A/D 转换及 D/A 转换。PLC 制造厂商都有配套的 A/D 和 D/A 模块,使 PLC 可很方便地用于模拟量控制。

(三) 运动控制

PLC 可以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构,现在一般使用专用运动控制模块。如可驱动步进电动机或伺服电动机的单轴或多轴位置控制模块。几乎各主要 PLC 制造厂商的产品都有运动控制功能。广泛用于各种机床、机器人、电梯等场合。

(四) 过程控制

过程控制通常是指对温度、压力、流量等模拟量的闭环控制。作为工业控制计算机,PLC 能编制各种各样的控制算法程序,完成闭环控制。PID 控制功能是一般闭环控制系统中用得较多的调节方法。目前的大中型 PLC 都有 PID 模块,许多小型 PLC 也具有 PID 功能。PID 控制功能一般是运行专用的 PID 子程序。过程控制在钢铁冶金、精细化工、锅炉控制、热处理等场合有非常广泛的应用。

(五) 数据处理

现代 PLC 几乎都具有数学运算 (含逻辑运算、函数运算、矩阵运算)、数据传送、数据

转换、排序、查表、位操作等功能，可以完成数据的采集、分析、处理及显示。这些数据可以与储存在存储器中的参考值比较，完成一定的控制操作，也可以利用通信功能传送到别的智能装置，也可以将它们打印制表。数据处理一般用于较复杂的大型控制系统，如无人控制的柔性制造系统；也可用于过程控制系统，如造纸、冶金、化工、食品工业中的一些大型控制系统。

（六）通信和联网

目前生产的 PLC 几乎都具有通信功能，它既可以对远程的 I/O 进行控制，又能实现 PLC 和 PLC、PLC 和计算机之间的通信。因此，使用 PLC 可以很方便地构成集中管理、分散控制的分布式控制系统，是实现工厂自动化的理想设备。

21 世纪的 PLC 制造商十分重视 PLC 的通信功能，不仅所有 PLC 都具有通信接口，而且还纷纷推出各自的 PLC 网络系统。

第三节 可编程序控制器的分类

PLC 按照输入（Input）和输出（Output）即 I/O 的点数多少可分为表 1-1 所示的五种类型。

表 1-1 可编程控制器规模分类表

类 型	I/O 点数	存储器容量/KB	类 型	I/O 点数	存储器容量/KB
超小型	24 以下	1 ~ 2	大型	1024 ~ 8192	16 ~ 64
小型	24 ~ 256	2 ~ 8	超大型	大于 8192	64 ~ 256
中型	256 ~ 1024	8 ~ 16			

PLC 按结构形式分类可分为箱体式和模块式两种。箱体式又称为单元式或整体式。箱体式 PLC 将电源、CPU、I/O 等部件都集中装在一个机箱内，结构紧凑，体积小，价格低。一般超小型 PLC 都采用这种结构，小型 PLC 多数也属箱体式，它由不同 I/O 点数的基本单元和扩展单元组成。基本单元内有 CPU、I/O 和电源，扩展单元内没有 CPU。基本单元和扩展单元之间一般用扁平电缆连接。

模块式结构的 PLC 将各部分分成若干个单独的模块，如电源模块、CPU 模块，I/O 模块和各种功能模块。一般大中型 PLC 都采用模块式结构。有的小型 PLC 也采用这种结构，因为模块式结构的 PLC 配置灵活，安装方便，便于扩展和维修。

第四节 可编程序控制器的发展

PLC 的产生已有 30 余年的历史，其发展过程大致可分为三个阶段。

20 世纪 70 年代的 PLC，多少有点是继电器控制装置替代物的含义，其主要功能只是执行原先由继电器控制装置完成的顺序控制、定时、计数等。在硬件上以准计算机的形式出现，在 I/O 接口电路上作了改进以适应工业现场的要求。在软件编程上，采用广大电气工程人员所熟悉的梯形图。日本三菱电机公司的 F 系列 PLC 就属于这类产品小型机。

20 世纪 80 年代，由于超大规模集成电路技术的迅速发展，微处理器市场价格大幅度下

跌,使得各种类型的 PLC 所采用的微处理器的档次普遍提高。为了进一步提高 PLC 的处理速度,不少 PLC 制造商还纷纷研制开发出了专用逻辑处理芯片,使得 PLC 的功能发生了巨大变化。日本三菱电机公司其间推出的 F1、F2 系列小型 PLC 机,使 PLC 的功能比 F 系列上了一个档次。西门子公司推出的 S5-115U、S5-150U 是属于中型机和大型机系列的 PLC。

20 世纪 90 年代,PLC 的发展趋势有两大特点:其一是向体积更小、速度更快、功能更强、价格更便宜的微小型 PLC 方向发展;其二是向大型网络化、高可靠性、好的兼容性、编程向 IEC61131—3 标准化发展。在这一时期新一代的小型 PLC 机,保留了原小型 PLC 的 I/O 点数少、结构紧凑、整个硬件融为一体的特点外,由于其 CPU 采用了功能更强的 16 位微处理器和专用逻辑处理芯片,因此功能大大增强。除了开关量 I/O 外,它还可以连接模拟量 I/O 以及其他各种特殊功能模块。它能执行包括逻辑运算、计数、定时、算术运算、数据处理和传送、高速处理、中断、通信联网以及各种功能指令。扫描速度很快,甚至超过了 20 世纪 80 年代大型 PLC 的速度。而用户程序存储器容量增大,扩充容量时不必更换 CPU。日本三菱电机公司的 FX_{2N} 系列 PLC 就属于这一代的小型 PLC。FX_{1S} 系列属于这一代的超小型机。

20 世纪 90 年代日本三菱电机公司推出的 A 系列 PLC 及西门子公司推出的 S7-400 系列 PLC 都属于大型 PLC。A3A、Q3A 就属于这一类新产品,其中 CPU 采用该公司自行研制开发的专门用于 PLC 的 32 位微处理器 MSP (Mitsubishi Sequence Processor),它将 PLC 的部分软件硬件化,使该机的各项性能有质的变化,扫描速度更快,A3A 处理一条顺序指令仅为 0.15 μ s。A3A 其用户程序存储容量最高可达 448KB。该机自诊断功能极强,不仅能提示故障的原因,而且还能将故障发生的时间存储起来,以使用户事后查询。A3A 型 PLC 通信联网能力极强,有各种通信联网的模块,可构成三级通信网,实现工厂生产管理自动化。A 系列 PLC 还能构成三 CPU 表决式系统,使可靠性更高。也就是说,20 世纪末期,PLC 的发展特点更加适应现代工业控制的需要,从控制规模上来说,这个时期发展了大型机和超小型机;从控制能力来说,诞生了各种各样的特殊功能模块和单元,用于压力、温度、转速、流量、位移等各种各样的控制场合;从产品配套能力来说,生产了各种各样的人机界面单元,通信单元,使应用 PLC 的工业控制设备的配套更加容易。

21 世纪的 PLC 将向更加开放性的方向发展。从技术上看,计算机技术的新成果会更更多的应用于 PLC 的设计及制造上,会有运算速度更快、存储容量更大、智能化更强的产品出现。日本三菱电机公司推出的小型 PLC 机 FX_{2N} 执行一条逻辑指令仅用 0.08 μ s。从产品的品种上,会进一步向超小型及超大型方向发展,品种更丰富、规格更齐全。完美的人机界面、完备的通信功能会更好地适应各种工业控制的场合。从 PLC 的开放性上看,21 世纪的 PLC 编程系统都要符合 IEC61131—3 工业自动化系统的程序编制国际标准,不断为 PLC 开拓新市场。

世界上生产 PLC 的厂商有数百家,比较著名的如美国罗克韦尔 (Rockwell) 自动化公司所属的 A-B (Allen-Bradley) 公司生产的 PLC-5 系列 PLC、GE-Fanuc 公司生产的 90TM-30 系列和 90TM-70 系列的 PLC,德国西门子 (Siemens) 公司生产的 S5 系列 PLC 和 S7 系列 PLC,日本三菱电机公司生产的 FX 系列、A 系列、Q 系列 PLC、欧姆龙公司生产的 CS 系列、C200 系列、CPM 系列 PLC,还有法国的 TE (Telemecanique) 公司生产的 PLC,他们的产品已风行全世界,成为 PLC 的著名品牌。

我国 PLC 的研制和生产也有近 30 年的历史。最初是在引进设备中大量使用 PLC。通过技术引进,消化吸收,国产化 PLC 的生产厂家在 1990 年就有近 30 个,品种也有 20 余个。目前国产 PLC 已具相当规模。原中外合资光洋电子(无锡)有限公司生产的 PLC 有超小型机 PL 系列;小型机 SN 系列、SM 系列、SN 系列、SZ 系列、SR 系列;中型机 DL350、SU 系列。其中 SU-5M/6M 最大 I/O 可达 2048 点。大连组合机床研究所生产的 S 系列 PLC、杭州机床电器厂生产的 DKK 及 D 系列 PLC 等产品都具有一定规模并在工业控制中获得了广泛应用。可以预期,随着我国工业化、信息化进程的加快,PLC 在我国将有更广阔的应用。

习题及思考题

- 1-1 可编程序控制器是如何产生的?
- 1-2 为什么说可编程序控制器是通用的工业控制计算机?和一般的计算机相比,PLC 有哪些特点?
- 1-3 可编程序控制器的发展经历了哪几个阶段?
- 1-4 可编程序控制器有几种分类方法?
- 1-5 可编程序控制器主要应用在哪些领域?

第二章 可编程序控制器的结构和原理

第一节 可编程序控制器的基本结构

PLC 实质上是一种专门用于工业控制的通用计算机，其硬件结构基本上与微型计算机相同，主要有中央处理器（CPU）、存储器（RAM、ROM）、输入输出接口电路（I/O 接口）、电源及编程设备几大部分构成。PLC 的硬件结构框图如图 2-1 所示。

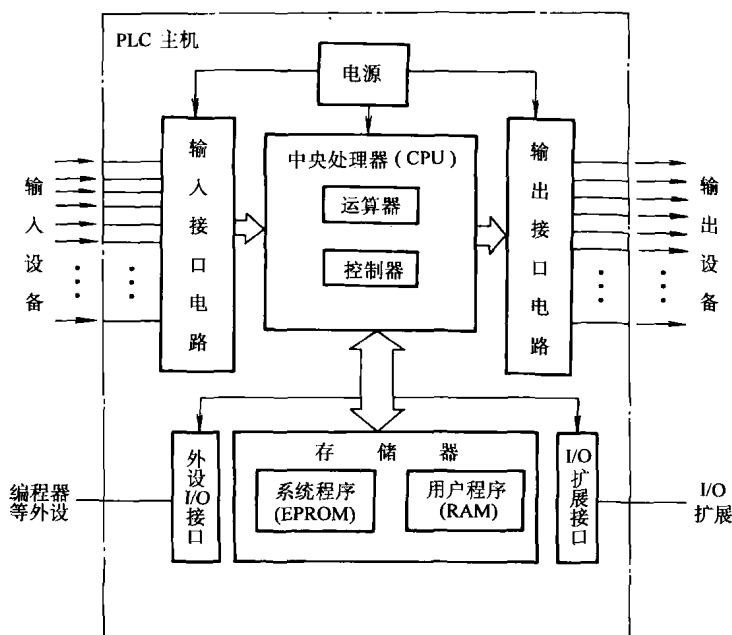


图 2-1 PLC 结构框图

一、中央处理器（CPU）

中央处理器（CPU）是 PLC 的控制中枢。PLC 的 CPU 按照系统程序赋予的功能接收并存储用户键入的应用程序和数据，检查电源、存储器、I/O 以及警戒定时器的状态，诊断用户程序的语法错误。当 PLC 运行时，CPU 首先以扫描的方式接收现场各输入装置的状态和数据，并分别存入 I/O 映像区，然后从用户程序存储器中逐条读取用户程序，经过命令解释后按指令的规定执行逻辑或算术运算，并将运算的结果送入 I/O 映像区或数据寄存器内，等所有的用户程序执行完毕后，最后将 I/O 映像区的各输出状态或输出寄存器内的数据传送到相应的输出装置，如此循环运行，直至停止。

早期的 PLC 中央处理器没有微处理器。自 20 世纪 70 年代中期以来，PLC 逐步使用微处理器作为 CPU。PLC 中采用的 CPU 一般有三类，一类为通用微处理器，如 80286、80386 等，一类为单片机芯片，如 8031、8096 等，另外还有位处理器，如 AMD2900、AMD2903 等。

一般来说, PLC 的档次越高, CPU 的位数也越多, 运算速度也越快, 指令功能越强。日本三菱电机公司 F 系列 PLC 的 CPU 采用 Intel 8039; F1、F2 系列 PLC 的 CPU 采用 Intel 8031; A 系列 PLC 的 CPU 采用 Intel 8086; A3H 系列 PLC 的 CPU 采用 Intel 80286 等。随着大规模及超大规模集成电路技术的进步和发展, 即使小型 PLC 也使用了功能强、速度快的高档微处理器作为它的 CPU; 三菱电机公司的 FX 系列 PLC, 其中 CPU 就是由一片 16 位微处理器和一片专用逻辑处理器构成, 某些性能甚至超过了早、中期的中、大型 PLC。美国 GE Fanuc 公司的 90™系列 PLC 也用了比较先进的 CPU。它的微型 PLC 的 CPU 型号是 H8; 90™-30 系列 PLC 的 CPU 是 Intel 80188 和 80386EX; 90™-70 系列 PLC 的 CPU 采用是 Intel 80486 DX4。为了提高 PLC 的性能, 也有一台 PLC 采用多个 CPU 的。

二、存储器

PLC 是工业控制计算机, 除了硬件以外, 还必须有软件才能正常工作。PLC 的软件分两部分: 系统软件和应用软件。存放系统软件的存储器称为系统程序存储器; 存放应用程序的存储器称为用户程序存储器。

(一) RLC 常用存储器的类型

1. RAM (Random Access Memory)

这是一种读写存储器或者称为随机存储器。它读写方便, 存取速度快, 由锂电池支持。用它来存储用户程序居多。

2. EPROM (Erasable Programmable Read Only Memory)

这是一种可擦除的只读存储器。在断电情况下存储器内的所有信息保持不变。在紫外线连续照射约 20min 后, 能清除存储器的所有内容。加高电平可以写入信息。需要永久保持的系统程序及需要永久保存的用户程序常常存储在这类存储器中。

3. EEPROM (Electrical Erasable Programmable Read Only Memory)

这是一种电可擦除的只读存储器。使用编程器就能很容易地对其所存储的内容进行修改。断电时, EEPROM 内的内容保持不变。

(二) PLC 存储器空间的分配

各种 PLC 的 CPU 的最大寻址空间各不相同, 但是根据 PLC 的工作原理, 其存储空间一般包括以下三个区域: 系统程序存储区、系统 RAM 存储区 (包括 I/O 映像区和系统软器件等) 和用户程序存储区。

1. 系统程序存储区

在系统程序存储区中存放着相当于计算机操作系统的系统程序。它包括监控程序、管理程序、功能子程序、命令解释程序、系统诊断子程序等。系统程序也叫系统软件, 由 PLC 制造商将其固化在 EPROM 存储器中, 用户不能直接存取, 它和硬件一起决定了该 PLC 的性能。

2. 系统 RAM 存储区

系统 RAM 存储区包括 I/O 映像区以及各种软器件存储区。这些软器件通常有逻辑线圈、定时器、计数器、数据寄存器、变址寄存器等。

(1) I/O 映像区 PLC 运行后, 只是在输入采样阶段才依次读入各输入点的状态和数据, 在输出刷新阶段才将输出点的状态和数据送至相应的被控设备。所以, 需要一定数量的存储单元 (RAM) 来存放 I/O 的状态和数据, 这些单元称作 I/O 映像区。