

高等学校教材

可编程控制器原理 及其应用

吴建强 主编

高等教育出版社

内容提要

本书重点突出, 浅显易懂, 与国内的一些同类书相比, 本书中精心组织了一些短小、易读、实用、有趣的工程应用实例, 对反映可编程控制器自身优势和特点的高级指令也深入浅出地进行介绍, 并通过实例广泛使用, 既开阔了读者的眼界, 也拓宽了读者的思路。本书主要内容包括: 概述、可编程控制器的硬件结构和工作原理、松下电工可编程控制器产品——FP1 介绍、指令系统、可编程控制器的应用编程、附录等。本教材的主要读者对象是本科电气信息类各专业以及本科非电类各专业学生。

图书在版编目(CIP)数据

可编程控制器原理及其应用 / 吴建强主编. —北京:
高等教育出版社, 2004.1 (2005 重印)

ISBN 7 - 04 - 013038 - 6

I. 可… II. 吴… 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 (2003) 第 100546 号

出版发行	高等教育出版社	购书热线	010 - 58581118
社 址	北京市西城区德外大街 4 号	免费咨询	800 - 810 - 0598
邮政编码	100011	网 址	http://www.hep.edu.cn
总 机	010 - 58581000		http://www.hep.com.cn
		网上订购	http://www.landaco.com
经 销	北京蓝色畅想图书发行有限公司		http://www.landaco.com.cn
印 刷	北京铭成印刷有限公司		
开 本	787 × 960 1/16	版 次	2004 年 1 月第 1 版
印 张	14.75	印 次	2005 年 3 月第 2 次印刷
字 数	270 000	定 价	18.80 元

本书如有缺页、倒页、脱页等质量问题, 请到所购图书销售部门联系调换。

版权所有 侵权必究

物料号 13038 - 00

前 言

可编程控制器 (Programmable Logic Controller) 作为一种通用的工业自动化装置, 具有体积小、编程简单、抗干扰能力强、可靠性高等特点, 目前在工业控制各领域已得到广泛的应用。可编程控制器是机电一体化技术的核心技术, 是现代工业控制的四大支柱 (可编程控制器技术、机器人技术、CAD/CAM 和数控技术) 之一。

可编程控制器是自动控制技术、计算机技术和通信技术三者结合的高科技产品, 现已被国内外广大工程技术人员所重视。国内的高等学校已普遍将可编程控制器引入电工教学。现在已经有许多可编程控制器方面的技术图书出版, 但大多数是以工程技术开发为目的编写的, 举例的规模大, 篇幅长, 初学者很难读懂。这便给一些技术人员, 尤其对于一些急于掌握可编程控制器的非电类专业的技术人员尽快入门带来一定困难。

哈尔滨工业大学电工学教研室从 1995 年开始面向全校的本科非电类各专业开出可编程控制器方面的课程, 并于 1998 年出版了“可编程控制器原理及其应用”一书。通过几年的教学实践, 对可编程控制器教学有了新的认识, 充实了一些新的内容, 我们又重新编写了这本教材。

本教材适合本科非电类各专业的教学使用, 也可作为机械、化工、动力类等专业的技术人员参考。本书的特点是重点突出, 浅显易懂。通过一些短小、易读、实用、有趣的工程应用实例, 详细介绍了可编程控制器的编程及应用。本书以日本松下电工的 FP1 小型可编程控制器为主讲机型, 并兼顾各种类型可编程控制器的一般结构、工作原理和编程特点。读了本书之后, 能够触类旁通, 对使用其他类型的可编程控制器也能够很快上手。

参加本书编写工作的有哈尔滨工业大学电工学教研室吴建强 (第五章)、李浩昱 (第六章和附录)、吴辉 (第二章和第三章)、马秀娟 (第一章、第四章) 4 位教师, 全书最后由主编吴建强统稿、定稿。

在编写过程中, 哈尔滨工业大学电气工程系贾洪奇老师进行了认真的审阅, 哈尔滨工业大学电工学教研室韩明武老师对本书提出了许多宝贵意见, 日本松下电工公司驻华办事处提供了许多资料, 在此一并表示衷心感谢。

由于编者水平有限, 书中难免存在疏漏和错误, 恳请读者批评指正。

作者

2003 年 8 月

于哈尔滨工业大学

目 录

第一章 概述	1
1.1 什么是可编程控制器	1
1.1.1 可编程控制器的产生及发展进程	1
1.1.2 可编程控制器的定义	2
1.2 可编程控制器的主要控制功能和工作特点	3
1.2.1 可编程控制器的主要控制功能	3
1.2.2 可编程控制器的工作特点	4
1.3 可编程控制器的分类	5
1.4 可编程控制器的应用领域	6
1.5 可编程控制器的发展趋势	7
第二章 可编程控制器的硬件结构和工作原理	9
2.1 可编程控制器的硬件结构	9
2.1.1 中央处理器 (CPU) 部分	9
2.1.2 存储器部分	10
2.1.3 输入、输出接口部分	11
2.2 可编程控制器的工作原理	14
2.2.1 可编程控制器的工作方式和工作过程	14
2.2.2 可编程控制器的编程语言和编程方式	16
2.3 可编程控制器的性能指标	23
第三章 可编程控制器产品 FP1 简介	25
3.1 FP1 系列产品的构成	25
3.2 FP1 系列可编程控制器的技术性能	28
3.2.1 控制特性	28
3.2.2 输入特性	29
3.2.3 输出特性	29
3.3 FP1I/O 的分配及内部继电器 (寄存器)	30

3.3.1	FP1 的 I/O 分配	30
3.3.2	特殊功能继电器	33
3.4	FP1 的特殊功能	36
3.4.1	控制功能	36
3.4.2	通信功能	41
3.5	编程工具	43
3.5.1	FP 编程器 II	43
3.5.2	FPWIN GR 编程软件	48
3.6	FP 系列其他小型机产品简介	50
3.6.1	微型 PLC 产品 FP0 特色介绍	50
3.6.2	FP-M 板式 PLC 产品介绍	52
第四章	指令系统	53
4.1	基本指令	53
4.1.1	基本顺序指令	54
4.1.2	基本功能指令	60
4.1.3	控制指令	64
4.1.4	比较指令	69
4.2	高级指令	73
4.2.1	高级指令的构成方式	73
4.2.2	高级指令	74
第五章	可编程控制器的应用编程	81
5.1	PLC 应用编程特点和梯形图语言编程的基本要求	81
5.1.1	可编程控制器的应用编程特点	81
5.1.2	梯形图语言编程的基本要求	83
5.2	基本应用程序和编程技巧	86
5.2.1	自锁、联锁控制	86
5.2.2	时间控制	91
5.2.3	顺序控制	93
5.3	可编程控制器系统设计方法	97
5.3.1	可编程控制器应用系统的硬件设计	100
5.3.2	可编程控制器应用系统的软件设计	105
5.3.3	关于编程中的一些实际问题	131
5.3.4	应用编程实例	137

第六章 FPWIN GR 编程软件的使用	166
6.1 FPWIN GR 软件简介及安装	166
6.1.1 FPWIN GR 的基本功能	166
6.1.2 FPWIN GR 的安装	167
6.2 FPWIN GR 起动及窗口界面简介	169
6.2.1 FPWIN GR 程序的起动	169
6.2.2 FPWIN GR 编程软件窗口界面简介	172
6.3 FPWIN GR 的基本操作和设置	176
6.3.1 基本操作	176
6.3.2 FPWIN GR 系统设置	178
6.3.3 PLC 设置	180
6.3.4 程序管理	182
6.4 程序的建立和编辑	184
6.4.1 建立新程序	186
6.4.2 用非功能键栏指令和高级指令编程	193
6.4.3 指令的删除、插入和修改	195
6.4.4 添加注释	196
6.5 FPWIN GR 的程序监控功能	198
6.5.1 监控功能的起动和停止	199
6.5.2 列表监控	200
6.5.3 动态时序图监控	203
附录	206
附录一 指令表	206
附录二 特殊内部继电器表	217
附录三 特殊数据寄存器表	220
附录四 非键盘指令表 (SC 键调出)	223
附录五 OP 功能表	225
参考文献	226

第一章

概述

可编程控制器是以微处理器技术、电子技术和先进可靠的工艺为基础，综合了计算机、通信、自动化控制理论，结合工业生产的特定要求而发展起来的，用于生产过程自动化和电气传动自动化操作的工业装置。近年来，随着计算机在操作系统、应用软件、通信能力上的发展，大大加强了可编程控制器的通信能力，丰富了它的编程软件和编程技巧，增强了可编程控制器的控制能力。因此，无论是单机控制还是多机网络控制，可编程控制器在电气传动、生产流水线以及过程控制等领域都得到了广泛的应用。

1.1 什么是可编程控制器

1.1.1 可编程控制器的产生及发展进程

在 20 世纪 60 年代，生产线的控制系统多采用继电器接触器控制系统。其优点是简单易懂、操作方便，价格低廉；缺点是硬设备多，接线复杂。有时因生产的需要，需对一条生产线进行修改，就要更换许多硬设备，并重新进行大量的接线工作，既浪费了许多设备又延长了施工周期，除了感到不便之外，还因此增加了产品的成本。随着对机电设备和各种工业过程控制自动化要求水平的不断提高，于是人们寻求研制一种新型的通用控制设备，取代原来的继电器接触器控制系统。

1968 年，美国通用汽车公司公开招标，要求研制一种将计算机技术溶入其中的新的控制装置，取代继电器接触器控制装置，并提出了十项招标指标：

- ① 编程简单，可在现场修改和调试程序。
- ② 维护方便。各部件最好采用插件方式。
- ③ 可靠性高于继电器接触器控制系统。
- ④ 设备体积要小于继电器接触器控制柜。
- ⑤ 数据可以直接传送给管理计算机。

- ⑥ 成本可与继电器接触器控制系统相竞争。
- ⑦ 输入量是 115 V 交流电压。
- ⑧ 输出量为 115 V 交流电压, 输出电流在 2 A 以上, 能直接驱动电磁阀。
- ⑨ 系统扩展时, 原系统只需作很小的变动。
- ⑩ 用户程序存储器容量能扩展到 4 KB。

美国数字设备公司 (DEC) 中标, 于 1969 年研制成功了一台符合要求的控制器, 并把该控制器称为“可编程控制器”, 后在通用汽车公司 (GM) 的汽车装配线上试验获得成功, 至此, 开创了可编程控制器技术的纪元。

由于可编程控制器适于工业环境, 便于安装, 占用空间小, 可以重复使用, 通过编程来改变控制规律, 完全可以取代继电器接触器控制系统, 因此在短时间内可编程控制器这项新技术就迅速发展起来。美国多个公司相继对可编程控制器的实用化技术进行了大量的研究, 并推动了欧洲各国、日本以及我国对可编程控制器的研制和发展。

除了 20 世纪 60 年代末至 70 年代初的产生阶段外, 可编程控制器后来发展经历了以下几个重要阶段:

第一阶段 (20 世纪 70 年代中后期): 由于大规模集成电路的出现, 微处理器和 EPROM、E²ROM、CMOSROM 等大规模集成电路使用在可编程控制器中, 使可编程控制器的功能和处理速度大大增强。在逻辑运算功能基础上, 增加了数值运算, 提高了运算速度, 扩大了输入、输出规模, 并可与网络和小型机相连, 构成了以可编程控制器为重要部件的初级分散控制系统。

第二阶段 (20 世纪 80 年代): 由于超大规模集成电路的出现, 16 bit 微处理器和 51 单片机相继问世, 使可编程控制器向大规模、高速度、高性能方向发展。这样就形成了多种系列化产品, 出现了紧凑型、低价格的新一代产品和多种不同性能的分布网络系统。这时, 面向工程技术人员的编程语言发展成熟。在功能上, 可编程控制器可以完全取代传统的逻辑控制装置、模拟控制装置和小型机的 DDC 控制系统。该阶段为可编程控制器技术的成熟阶段。

第三阶段 (20 世纪 90 年代至现在): 在这一发展阶段, 世界各国、各公司进一步完善原有产品并不断开发出新的产品系列。现代的可编程控制器具有数据处理、运动控制、模拟量 PID 控制、联网通信等功能, 还能与局部网络连成整体分布系统。在软件方面, 也不断向上发展并与计算机系统兼容。可编程控制器现在已成为工业自动化的主要手段。可编程控制器技术、机器人技术、CAD/CAM 和数控技术是现代工业生产自动化的四大支柱技术。

1.1.2 可编程控制器的定义

可编程控制器是一种面向生产过程控制的数字电子装置, 它具有控制能力

强、操作方便灵活、价格便宜、可靠性高等特点。它不仅可以取代传统的继电器接触器控制系统,还可构成复杂的工业过程控制网络,是一种适应现代工业发展的新型控制器。可编程控制器简称 PLC,是英文 Programmable Logic Controller 的缩写。

国际电工委员会(IEC)1985 年对可编程控制器做过如下定义:“可编程控制器是一种数字运算的电子系统,专为在工业环境下应用而设计。它采用可编程的存储器,用来在内部存储执行逻辑运算、程序控制、定时、计数和算术运算等操作指令,通过数字式、模拟式的输入和输出,控制各种类型的机械生产过程。可编程控制器及其有关设备,都应按易于与工业控制系统联成一个整体、易于扩展功能的原则设计。”

1.2 可编程控制器的主要控制功能和工作特点

1.2.1 可编程控制器的主要控制功能

随着计算机技术、工业控制技术、电子技术和通信技术的发展,可编程控制器的各种控制功能不断完善,现在可编程控制器一般具有如下功能:

1. 条件控制功能

条件控制,又称逻辑控制或顺序控制。它的功能是指用 PLC 的与、或、非指令取代继电器接触器触点串联、并联及其他各种逻辑连接,进行开关控制。

2. 定时/计数控制功能

定时/计数(TIM/CNT)控制功能是指利用 PLC 提供的定时器、计数器指令实现对某种操作的定时或计数控制,以取代时间继电器和计数继电器。

3. 数据处理功能

数据处理功能是指 PLC 能进行数据传送、数据比较、数据移位、数制转换、算术运算与逻辑运算以及编码和译码等操作。

4. 监控功能

监控功能是指 PLC 能监视系统各部分运行状态和进程,对系统中出现的异常情况进行报警和记录,甚至自动终止运行;也可用于在线调整和修改控制程序中的定时器、计数器的设定值或强制置 I/O 的状态。

5. 步进控制功能

步进控制功能是用步进指令来实现有多道工序的控制,只有前一道工序完成后,才能进行下一道工序操作的控制,以取代由硬件构成的步进控制器。

6. 数/模转换功能

A/D 与 D/A 转换功能是通过 A/D、D/A 模块完成模拟量和数字量之间的

转换。

7. 运动控制功能

运动控制功能是指通过高速计数模块和位置控制模块等对机械运动系统进行单轴或多轴控制。

8. 过程控制功能

过程控制功能是指通过 PLC 的智能 PID 控制模块实现对温度、压力、速度、流量等物理参数进行的闭环控制。

9. 扩展功能

扩展功能是指通过连接输入/输出扩展单元(即 I/O 扩展单元)模块来增加输入/输出点数,也可通过附加各种智能单元及特殊功能单元来提高 PLC 的控制能力。

10. 远程输入/输出功能

远程 I/O 功能是指通过远程 I/O 单元将分散在远距离的各种输入、输出设备与 PLC 主机相连接,进行远程控制,接收输入信号、传出输出信号。

11. 通信联网功能

通信联网功能是指通过 PLC 之间的联网、PLC 与上位计算机的连接,接受计算机的命令,并将执行结果传送给计算机。由一台计算机和若干台 PLC 可以组成“集中管理,分散控制”的分布式控制网络,实现远程 I/O 控制或数据交换,以完成系统规模较大的复杂控制。

1.2.2 可编程控制器的工作特点

1. 编程方法简单

可编程控制器采用面向用户的工作方式,充分考虑了工程技术人员的技能与习惯,采用了易于理解和掌握的梯形图编程语言。梯形图与继电接触器控制原理图类似,由于这种编程语言形象直观,容易掌握,不需要专门的计算机知识和语言,只要掌握一定的电工技术和继电接触器控制系统理论的人员都可在短期内学会,用来编制用户程序。

可编程控制器的梯形图语言程序一般采用顺序控制设计法。这种编程方法很有规律,容易掌握。对于复杂的控制系统,设计梯形图语言程序和调试程序比设计和调试继电接触器控制系统所花的时间要少得多。

2. 控制系统构成简单,通用性强

尽管现在世界各地有很多生产可编程控制器的厂家和公司,有着多种品牌和种类,但其基本结构和工作原理都大致相同。配以各种组件(如 I/O 模块、通信模块、人机界面等)就可灵活地组成各种规模和不同要求的控制系统。

3. 抗干扰能力强

可编程控制器采取了一系列硬件和软件的抗干扰措施,如滤波、隔离、屏蔽、自诊断、自恢复等,使之具有很强的抗干扰能力。一般无故障时间达到数万小时以上,可直接应用于有强烈干扰的工业生产现场。现在可编程控制器已被公认为最可靠的工业控制设备之一。

4. 可靠性高

继电器接触器控制系统使用了大量的机械触点,连线复杂,各触点在吸合和断开时容易受到电弧的损害,寿命较短,且工作起来可靠性较差。而可编程控制器以软件代替硬件,许多继电器的触点及繁杂的连线可用程序来实现,大量的开关动作可用无触点的电子电路完成,因此寿命长,可靠性大大提高。

5. 体积小、结构紧凑,安装、维护方便

可编程控制器体积小、质量小,便于安装。通常可编程控制器都有自诊断、故障报警、故障显示等功能,便于操作和维修人员检查,可以较容易通过更换模块插件来迅速排除故障。它的结构紧凑,与被控对象的硬件连线方式简单,接线少,易于维护。

6. 控制系统的设计、开发周期短

可编程控制器用软件功能取代了继电器接触器控制系统中的大量中间继电器、时间继电器、计数器等,使控制系统的设计、安装、接线工作量大大减少。

1.3 可编程控制器的分类

目前,国内外可编程控制器的生产厂家很多,所生产的 PLC 更是多种多样,一般按可编程控制器 I/O(输入/输出端子)总点数、存储器容量和功能,可将其分为:超小型机、小型机、中型机、大型机和超大型机。

若 I/O 总点数小于 64 点,用户存储器容量一般在 300~2 000 步之间(一步就是执行一条指令),则为超小型机。其特点是体积小、功能简单,如日本松下电工的 FP0 超小型可编程控制器,控制单元采用小型单体结构,配置灵活,是实现家庭自动化、小型机械自动化的理想控制器。

若 I/O 总点数在 65~128 点,用户程序存储器容量小于 5 000 步,则为小型 PLC,一般控制单元采用单体结构。它能执行包括逻辑运算、定时、计数、算术运算、数据处理和传送、高速处理、中断、通信联网以及各种应用指令。小型 PLC 通常用来代替继电器接触器控制系统,在单机或小规模生产过程中使用。由于用途广泛,小型 PLC 产品是 PLC 机中用得最多的产品。本书重点介绍的松下电工 FP1 型 PLC 就属于这类产品。

中型 PLC 的 I/O 点数一般在 129~512 点之间,用户程序存储器容量为 2 000~8 000 步,采用模块化结构,能连接各种特殊功能模块,具有数字计算、

过程参数调节(如比例、积分、微分调节)、模拟定标、查表等功能。同时,辅助继电器数量增多,定时计数范围扩大,功能更强,扫描速度更快。因此,中型 PLC 适用于较为复杂的开关量控制,如大型注塑机控制、配料及称重等小型连续生产过程控制等场合。

I/O 总点数在 513~8 192 点之间的为大型 PLC。其用户存储器容量在 8 000 步以上,具有逻辑运算、算术运算、模拟调节、联网通信、监视、记录、打印、中断控制、智能控制及远程控制等功能,扫描速度极快。大型 PLC 机用于大规模过程控制、分布式控制系统和工厂自动化网络。松下电工 FP2/FP3/FP10 系列就是大型 PLC 机型。

I/O 总点数超过 8 192 点的为超大型可编程控制器。其应用已由逻辑控制扩展到过程控制、数字控制及集散控制等广阔的领域中。目前有超大型 PLC 的 I/O 点数达到 14 336 点,使用 32 bit 微处理器,多 CPU 并行工作,并具有大容量存储器,存储容量达数兆字节,使 PLC 的扫描速度高速化。三菱公司最新推出的 A2A 和 A3A 就是超大型可编程控制器的代表之一。

可编程控制器生产厂家及种类很多,国际上生产可编程控制器的几个主要厂家是:

AB 公司(美国),主要产品系列是 PLC-2、PLC-2/20、PLC-3 等;

GE 公司(美国),主要产品系列是 GE-I、GE-III、GE-VI 等;

MODICON 公司(美国),主要产品系列是 MICRO484、MICRO884、MICRO 984 等;

西门子公司(德国),主要产品系列是 S5-150U、S5-135U、S5-115U、S5-100U 等;

松下电工(日本),主要产品系列是 FP0、FP1、FP2、FP3 等;

三菱公司(日本),主要产品系列是 F1-40M、FOJ、K2、K3 等;

立石电机公司(日本),OMRON-20、OMRON-120、OMRON-250、OMRON-500、OMRON-2000 等。

1.4 可编程控制器的应用领域

随着可编程控制器的性能价格比的不断提高,其应用越来越广泛。目前已广泛用于机械、电力、纺织、汽车制造和化学等各工业领域,在这些领域,PLC 主要发挥以下几个方面的作用:

1. 开关量逻辑控制

这是 PLC 最基本、最广泛的应用领域。它完全取代了传统的继电接触器控制等顺序控制装置。开关量逻辑控制可以代替继电器完成组合逻辑、定时与顺

序逻辑控制。它既能实现单机控制，又可用于多机群控。广泛地应用于机床电气、冲压、铸造机械、包装机械、运输带、电梯的控制；化工系统中各种泵和电磁阀的控制；冶金领域的高炉上料系统、轧机、连铸机、飞剪的控制；此外，还用于电镀生产线、饮料灌装生产线、汽车装配生产线等控制。

2. 运动控制

利用配合 PLC 使用的专用智能模块，可以对步进电机或伺服电机的单轴或多轴系统实现位置控制。在多数情况下，PLC 把描述目标位置的数据传送给模块，模块驱动轴系到目标位置。当每个轴转动时，位置控制模块使其保持适当的速度和加速度，确保运动平滑。

3. 过程控制

过程控制是指对温度、压力、流量等连续变化的模拟量实现的闭环控制。现代的 PLC 一般都有 PID 闭环控制功能。当控制过程中某一个输出变量出现偏差时，PLC 按照 PID 控制算法计算出正确的输出，使输出变量保持在设定值上。PLC 的过程控制功能已经广泛地应用在化工、机械、轻工、冶金、电力、建材等行业。

4. 机械加工机床的数字控制

PLC 和计算机数控 (CNC) 装置组合成一体，可以实现数值控制，组成数控机床。现代的 PLC 具有数字运算、数据传送、转换、排序、查表和位操作等功能。可以完成数据的采集、分析和处理。预计今后几年 CNC 系统将变成以 PLC 为主体的控制和管理系统。

5. 机器人控制

随着工厂自动化网络的形成，使用机器人的领域将越来越广泛，应用 PLC 同样可对机器人进行控制。德国西门子公司制造的机器人就采用该公司生产的 16 bit PLC 组成的控制装置进行控制，一台控制设备可对具有 3~6 轴的机器人进行控制；自动地处理它的机械运作。

6. 通信联网

近些年来，随着计算机网络和计算机控制技术的发展，工厂自动化 (FA) 网络系统正在兴起。通过网络系统，可编程控制器可和远程 I/O 进行通信，多台可编程控制器之间，以及可编程控制器和其他智能设备（如计算机、变频器、数控装置等）间也可相互通信，从而构成多级分布式控制系统。

1.5 可编程控制器的发展趋势

PLC 将朝着两个方向发展：一个方向是向着大型化、复杂化、高功能化、多层分布式工厂全自动网络化方向发展。以美国 GE 公司的 GENETTWO 工厂

全自动化网络系统为代表,它具有逻辑运算、计时、计数、数值运算、模拟调节、监控、记录显示、计算机接口、数据传送、中断控制、智能控制、过程控制、远程控制等功能。该系统配备 GE / BASIC, 向上能与上位机进行通信, 向下能直接控制 CNC 数控系统和机器人以及下级 PLC 控制执行机构。操作台上可配备 Factory Master 数据采集系统、分析系统及 Vie—Master 彩色图像图解系统, 实现了整个工厂的管理与控制的自动化。

可编程控制器的另一个方向是朝着小型化, 微型化方向发展。微型可编程控制器是指 I/O 点数少和体积较小的可编程控制器。微型可编程控制器的体积虽小, 功能却很强。有的微型可编程控制器移植了大型可编程控制器的高级功能, 如 PID 回路调节、中断、高速计数器、PWM 脉宽调制、温度控制、双精度数学运算等。日本松下电工生产的微型可编程控制器 FP0, 外形尺寸小巧, 有如一个香烟盒大小, 但功能却很强大。它的编程接口为标准的 RS232 接口, 可以直接同计算机通信。

超小型化的可编程控制器主要应用在楼宇自动化、家庭自动化、商业领域、公共场所、游乐场所、农场温室、动物饲养以及工业自动化等场合。

此外, 在具体技术上, 可编程控制器朝着高性能、高速度、大容量发展, 产品和编程语言更加规范化、标准化, 注重与其他工业控制产品相互融合, 大力发展与其配套的智能模块以及增强通信联网的能力。

第二章

可编程控制器的硬件结构和工作原理

2.1 可编程控制器的硬件结构

可编程控制器实质上是一种专门为工业控制而设计的专用计算机，因此它的硬件结构同计算机十分类似。但由于可编程控制器是面向工业上的应用，必须适应恶劣的工业环境，如温度、湿度、噪声干扰等，所以它的操作系统和一些接口部件与计算机有所不同。

小型可编程控制器大都采用单元式结构，单元式结构的特点是其硬件结构非常紧凑。它把可编程控制器的各组成部分都装在一个金属或塑料外壳中，将所有的电路都装入到一块电路板上，构成一个整体。这样，体积小，成本低，安装方便。在一个单元内集中了 CPU 模块、输入、输出接口模块、电源模块等。

一个可编程控制器的硬件结构如图 2-1 所示。下面分别介绍可编程控制器的各组成部分。

2.1.1 中央处理器（CPU）部分

中央处理器同一般计算机的中央处理器相同，由控制器、运算器和寄存器组成，这些电路都集成在一块芯片上。CPU 通过地址总线、数据总线和控制总线与存储单元、输入、输出（I/O）接口电路连接。

中央处理器相当于 PLC 的大脑和心脏，它不断地采集输入信号，执行用户和 PLC 自身的管理程序，刷新系统的输出。

可编程控制器中使用的 CPU 部件主要采用通用微处理器、单片机和双极型电路位片式微处理器 3 种类型。

不同厂家的可编程控制器可能使用不同的 CPU 部件，使用该种 CPU 的指令系统编写系统程序，并固化到只读存储器 ROM 中。CPU 运行系统程序，将编程器键入的用户程序和数据，存入随机存储器 RAM 中，并按扫描方式工作，从 0000H 首址存放的第一条用户程序开始，到用户程序的最后一个地址，不停地周期性地扫描，每扫描一次，用户程序就被执行一次。

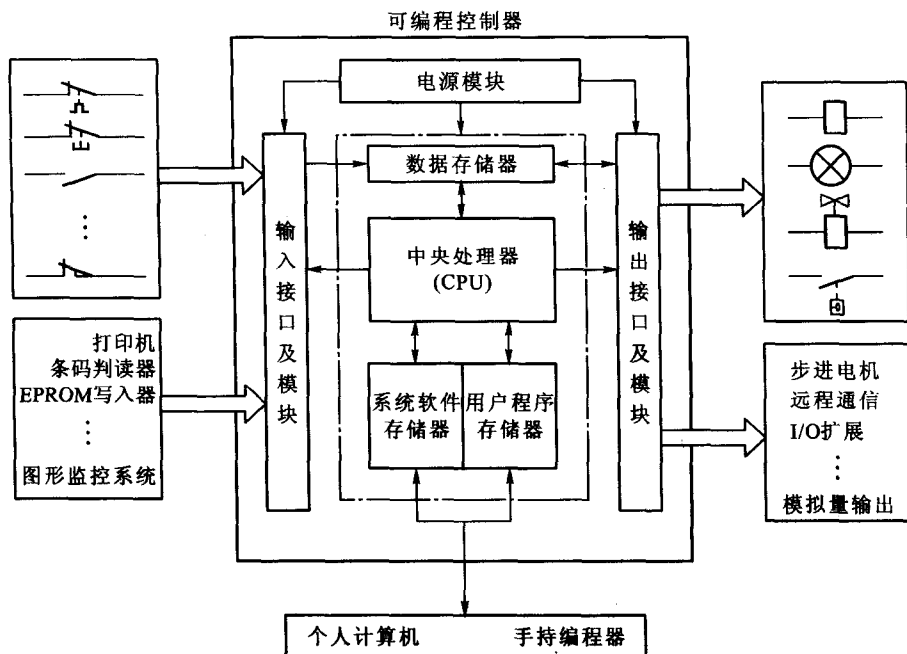


图 2-1 可编程控制器硬件组成结构

CPU 工作过程如下：

- ① 从存储器中读取指令。CPU 从地址总线上给出存储地址，从控制总线给出读命令，从数据总线上得到读出的指令，并存入 CPU 内的指令寄存器中。
- ② 执行指令。对存放在指令寄存器中的指令操作码进行译码，执行指令规定的操作，如读取输入信号数据、取操作数、进行逻辑运算或算术运算、将结果输出有关部分。
- ③ 准备取下一条指令。CPU 执行完一条指令后，能够根据条件产生下一条指令的地址，以便取出和执行下一条指令，在 CPU 的控制下。程序指令即可顺序执行，也可以分支和跳转。
- ④ 中断处理。CPU 除了顺序执行程序外，还能接收输入、输出接口发来的中断请求，中断处理完后，再返回原址，继续顺序执行程序。

2.1.2 存储器部分

可编程控制器存储器有两种类型 3 个区域，存储器的两种类型是：只读存储器 ROM 和随机存储器 RAM；3 个区域是：系统软件存储器区、用户软件存储器区和数据存储器区。

1. 只读存储器 ROM

ROM 中的内容是由 PLC 制造厂家写入的系统程序，并固化在 ROM 中。系统程序是用来控制和完成 PLC 各种功能的程序，主要包括检查程序、翻译程序、监控程序等。

2. 随机存储器 RAM

RAM 是可读可写存储器，读出时，RAM 中的内容不被破坏；写入时，刚写入的信息就会取代原来的信息。RAM 一般存放以下内容：用户程序、运算数据、逻辑变量和输入、输出数据等。

小型可编程控制器用户存储器的容量是固定的，大、中型可编程控制器用户存储器的容量可以由用户选择。

2.1.3 输入、输出接口部分

为实现对工业设备或生产过程的检测与控制，要求 PLC 输入和输出部分必须能直接与现场相连，这也是 PLC 的重要特点之一。然而与 PLC 输入部分和输出部分相连的器件的电压都很高，一般在直流 24 V 或交流 240 V 之间，电流达几个安培。PLC 的输入、输出接口部分是 PLC 的内部弱电与外部强电相连的部分，因此，输入、输出接口部分必须具有电平转换和隔离功能，这样不需中间继电器，PLC 就能直接与传感器或执行器件相连。

1. 输入接口电路

一种典型的可编程控制器的一路输入接口电路如图 2-2 所示。

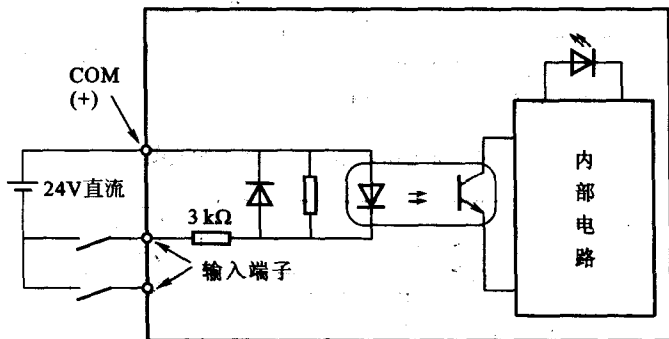


图 2-2 PLC 的输入接口电路

从图中可以看出，可编程控制器的内部电路同外部输入电路是用光耦合器进行隔离的，这样不但对内部电路起到保护作用，同时也减轻了外部电路的干扰信号对可编程控制器内部电路的影响。