

中等专业学校教学用书

可编程控制器原理 与应用

吴秀凤 主编

ZHONGDENG
ZHUANYE
XUEXIAO
JIAOXUE
YONGSHU

冶金工业出版社

中等专业学校教学用书

可编程控制器原理与应用

安徽省冶金工业学校 吴秀凤 主编

北京
冶金工业出版社
1999

图书在版编目(CIP)数据

可编程控制器原理与应用/吴秀凤主编. -北京:冶金工业出版社,1999.9
中等专业学校教学用书
ISBN 7-5024-2336-2

I. 可… II. 吴… III. 可编程序控制器-专业学校-教材 IV. TP332.3

中国版本图书馆 CIP 数据核字(1999)第 32855 号

出版人 卿启云(北京沙滩嵩祝院北巷 39 号,邮编 100009)

责任编辑 许广兴 责任校对 李文彦

北京源海印刷厂印刷;冶金工业出版社发行;各地新华书店经销

1999 年 9 月第 1 版, 1999 年 9 月第 1 次印刷

787mm×1092mm 1/16; 15 印张; 362 千字; 231 页; 1-6000 册

20.00 元

冶金工业出版社发行部 电话:(010)64044283 传真:(010)64013877

冶金书店 地址:北京东四西大街 46 号(100711) 电话:(010)65289081

(本社图书如有印装质量问题,本社发行部负责退换)

前 言

可编程序控制技术在单板机、单片机、微机控制技术发展的继续和延伸,传统的继电器接触器控制逐步被可编程控制器所取代。特别是进入 90 年代,我国各大、中型企业大规模推进技术改造,引进先进技术和装备,改造旧设备,大大提高了自动化水平和生产效益。在这些先进技术中,可编程控制器技术占有相当大的比重。可编程控制器技术、机器人、CAD/CAM 被称之为工业生产自动化的三大支柱,这就对从事电气化、自动化技术服务的专业人员提出了新的要求。

本书是根据原冶金工业部 1996 年 6 月下达的中等专业学校冶金电气化专业教学计划确定的《可编程控制器原理与应用》教学大纲编写的,是为适应生产第一线技能型人员的知识结构及培养目标要求,并结合教学成果编成的,力求全面贯彻国家规定实施的新标准,具有精、广、实用的特点。

精:本书重点叙述的是 PLC 的指令系统、编程应用,力求精练、通俗。

广:本书在选择机型时,注重选择在我国应用较广的、学校较多选用作实验机型的三菱 F_1 系列、欧姆龙 C 系列 PLC。同时考虑到我国工业生产中西门子的 S5 系列用得较多。所以,本书较详细地介绍了这三种机型的指令系统和编程应用。

实用:新技术突出于应用。本书所选例题均有很好的实用价值,对实际工作有一定的参考和借鉴作用。

全书共六章:第一、二章介绍可编程控制器产生、发展、硬件组成、编程语言及性能分析;第三章较详细地介绍了三菱公司 F_1 系列可编程控制器的指令系统、编程使用及安装调试;第四章以欧姆龙 C 系列可编程控制器为例,分析了系统配置、指令系统、编程应用,第三、四章可任选一章进行学习;第五章以西门子公司的 S5 系列可编程控制器为例,简要地介绍了它的指令系统以及在工业控制上的应用;第六章结合实例介绍可编程控制器控制系统的设计方法,并介绍了可编程控制器在冶金、机械、家电产品等行业上的应用实例,供读者应用时参考。书末附录了六个 PLC 实验的实验指导书,供选用。

本书第一章、第二章、第六章第八节及附录由安徽省冶金工业学校吴秀凤编写;第三章、第六章第七节由攀枝花钢铁(集团)公司职业技术教育中心邬明俊编写章;第四章、第六章第四、五、六节由山东省冶金工业学校刘万强编写;第五章由内蒙古工业学校王金旺编写;第六章第一、二、三节由河北省冶金工业学校的袁维义编写。全书由吴秀凤主编,邬明俊任副主编。

本书由华东冶金学院自动化系副教授李明河同志主审,并提出了许多宝贵意见,在此表示衷心感谢。

由于编者水平有限,错漏之处在所难免,殷切希望广大教师和读者批评指正。

编 者

1999 年 2 月

目 录

第一章 概 论	1
第一节 可编程控制器的产生	1
第二节 可编程控制器的特点	2
第三节 可编程控制器的应用	4
第四节 可编程控制器的发展	5
第五节 可编程控制器与微机及继电器控制的区别	8
思考题与习题	9
第二章 可编程控制器的工作原理	10
第一节 可编程控制器的硬件组成	10
第二节 可编程控制器的编程语言	21
第三节 可编程控制器的工作过程	25
第四节 可编程控制器的性能指标分析	29
思考题与习题	32
第三章 F ₁ 可编程控制器	33
第一节 三菱可编程控制器简介	33
第二节 F ₁ 可编程控制器的器件和器件编号	35
第三节 基本逻辑指令及步进指令	40
第四节 基本应用与编程	52
第五节 多流程步进顺序控制	60
第六节 简易编程器的使用方法	64
第七节 F ₁ 可编程控制器的安装运行和维护	68
思考题与习题	74
第四章 C 系列可编程控制器	76
第一节 C 系列 P 型机的系统配置	76
第二节 C 系列 PLC 的指令系统	80
第三节 C 系列 PLC 编程应用	109
第四节 C 系列 PLC 简易编程器的使用	125
* 第五节 C 系列 PLC 的安装与调试	130
思考题与习题	139
第五章 S5 系列可编程控制器	145
第一节 S5 可编程控制器概述	145
第二节 S5 可编程控制器的硬件结构	146
第三节 S5 可编程控制器编程语言	154
第四节 S5 可编程控制器编程应用	165

思考题与习题·····	166
第六章 可编程控制器的应用设计与应用举例·····	167
第一节 梯形图的设计原则·····	169
第二节 PLC 程序设计的基本步骤 ·····	171
第三节 PLC 控制系统的设计举例 ·····	175
第四节 PLC 在型钢车间精整工段的应用 ·····	188
第五节 PLC 在电收尘振打控制系统中的应用 ·····	192
第六节 PLC 在自动机械手搬运系统中的应用 ·····	197
第七节 PLC 在白灰煅烧竖窑上料控制中的应用 ·····	202
第八节 PLC 在自动洗衣机控制系统中的应用 ·····	209
思考题与习题·····	212
附录 可编程控制器实验指导书·····	215
实验一 编程器的使用·····	215
实验二 验机程序、计时程序及计数程序 ·····	217
实验三 彩灯控制程序·····	220
实验四 三相异步电动机的正反停控制及星形/三角形降压起动控制 ·····	222
实验五 步进电机控制程序·····	225
实验六 三层楼电梯控制程序·····	229
参考文献·····	231

第一章 概 论

第一节 可编程控制器的产生

20 世纪 60 年代末，在世界性技术改造浪潮的冲击下，西方发达国家各工业财团为了追求更大的利润，寻求一种比继电器更可靠，功能更齐全，响应速度更快的新型工业控制器。1968 年美国通用汽车公司（简称 GM 公司）向社会招标，提出了新一代工业控制器应具备的十项条件，这十项条件是：

- (1) 编程简单，可在现场修改程序；
- (2) 维护方便，最好是插件式；
- (3) 可靠性高于继电器控制柜；
- (4) 体积小于继电器控制柜；
- (5) 可向中央数据采集系统送出数据；
- (6) 价格不高于继电器控制柜；
- (7) 输入可以是交流 115V；
- (8) 输出为交流 115V，2A 以上，能直接驱动电磁阀；
- (9) 基本单元可扩展，而系统不需作大的改动；
- (10) 用户程序存储器容量至少能扩展到 4K 字节。

GM 公司十大条件一公布，立即引起了世界性的开发热潮。

1969 年，美国数字设备公司（DEC 公司）研制出第一台可编程控制器，并在美国通用汽车公司的自动装配线上安装调试成功。它标志着控制技术进入了一个新阶段。

1971 年，日本从美国引进了这项技术，很快研制出了日本第一台可编程控制器。

1973 年，西欧国家也研制出他们的第一台可编程控制器。

我国从 1974 年开始研制，1977 年开始工业应用。

早期的可编程控制器是为了取代继电器控制，采用存储程序指令的方法来完成一般的顺序控制。它功能有限，仅有逻辑运算、计时、计数等顺序控制功能，常常被用于对开关量的控制。所以早期的可编程控制器被称之为可编程逻辑控制器，简称为 PLC（Programmable Logic Controller）。

进入 70 年代，随着微电子技术的发展，可编程控制器采用通用微处理器之后，功能得到了大大增强，不仅仅局限于逻辑控制。所以，1980 年被正式命名为可编程控制器（Programmable Controller），可以把它简称为 PC。但是 PC 已成为个人计算机（Personal Computer）的简称，为了加以区别，本书中仍把可编程控制器简称为 PLC。

进入 80 年代以来，随着大规模和超大规模集成电路等微电子技术的迅猛发展，以 16 位和 32 位微处理器构成的 PLC 得到了惊人的发展，体积不断缩小，功能不断增强，价格不断降低，而且编程和故障检测更为方便，远程 I/O 和通讯网络、数据处理以及图像显示，已使 PLC 用于连续生产过程控制，成为实现工厂自动化的一大支柱。

PLC 是一个什么样的装备呢？

国际电工委员会（IEC）曾于 1987 年 2 月颁布了 PLC 标准草案第三稿，对 PLC 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。它采用了可程序的存储器，用来在其内部存储执行逻辑运算、顺序控制、定时、计数及运算等操作的指令，并通过数字式模拟式的输入和输出，控制各种类型机械的生产过程。可编程控制器及其外围设备，都按易于工业系统联成一个整体、易于扩充其功能的原则设计。”

定义强调了 PLC 是“数字运算操作的电子系统”，“为在工业环境下应用而设计”的工业计算机。PLC 的核心是用计算机代替继电器控制盘，用程序代替硬件接线，从根本上改变了继电器控制装置体积大、耗电多、可靠性低、更改生产程序困难的局面。它的出现，立即引起世界性的开发热潮，大大地推动了工业自动化的进程。

第二节 可编程控制器的特点

从上一节 PLC 的定义可以看出，可编程控制器是一种不同于计算机，也不同于继电器控制系统的新型控制设备。它获得飞速发展，是因为它有如下特点：

一、可靠性高，抗干扰能力强

高可靠性是 PLC 最突出的特点之一。

由于工业生产过程是昼夜连续进行的，一般的生产装置要经过几个月、甚至更长时间才大修一次。因此，为了生产正常进行，对用于工业生产过程的控制装置，其可靠性的要求是尽可能要高一些。

在生产现场，工业生产环境恶劣，各种电磁干扰特别严重，为了达到较高地可靠性的要求，PLC 在硬件、软件方面采取了一系列措施。

1. 硬件方面

(1) PLC 的所有输入输出电路一律采用光电隔离，做到电浮空。这项措施无论对于抗干扰还是方便接地都大有好处。

(2) 各 I/O 端子除了采用常规模拟量滤波以外，还加上数字滤波。

(3) 内部采用电磁屏蔽，防止辐射干扰。

(4) 采用性能优良的开关电源。

(5) 对采用的器件进行严格的筛选。

(6) 采用合理的电路结构，一旦某模块有故障，在线插拔、调试时不会影响整机的正常运行。

2. 软件方面

(1) 设置了警戒时钟 WDT。可编程控制器运行时对 WDT 定时刷新。如果程序运行时间超过了 WDT，则立即报警并重新启动。

(2) 为避免由于程序出错而错误运行，每次扫描都对程序进行检查和校验，一旦程序出错立即报警并停止运行。

(3) 对程序及动态数据进行电池后备。停电后，运行停止，但有关状态及信息不会因停电而丢失。

(4) 随时对 CPU 等内部电路进行检测,一旦出错,立即报警。程序中还设置了对用户程序电路查错报错的程序,错误的程序或参数是不能运行的。

由于采取了上述一系列措施,使 PLC 的平均无故障运行时间,也称为平均故障间隔时间 MTBF 高达几十万小时。如日本三菱公司的 F1、F2 系列 PLC 平均故障间隔时间长达 30 万小时。A 系列的可编程控制器的 MTBF 更长。

事实上,如果一个控制装置连续运行几十万小时不出故障,工业界就会将其称为无故障设备。所以,现在 PLC 的技术指标中一般不再列出 MTBF 这一指标了。

PLC 在出厂时有一项检验,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。大量的工程实践也证明了 PLC 工作时可靠性和稳定性极高。

二、编程简单易学

PLC 的编程大多采用类似于继电器控制线路的梯形图进行。最初的梯形图,主要由人们熟悉的常开触点、常闭触点和线圈、计时器、计数器等符号组成,对于初学者来说,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所理解和掌握。

现在,尽管 PLC 的软、硬件功能大大增强,除了顺序控制之外,PLC 还能进行算术运算、数据处理和传送、通信等。但是梯形图仍被普遍使用,只是在原来的基础上增加了许多特殊功能指令,以完成除了顺序控制以外的其他各种控制功能。

三、丰富的 I/O 接口模块

由于工业控制机只是整个工业生产过程自动控制系统中的一个控制中枢,为了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件如 CPU、存储器以外,还有丰富的 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、脉冲或电位、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、传感器及变送器、电磁线圈、电机启动器、控制阀等)直接连接。例如开关量输入模块就有交流和直流两类,每类又按电压等级分为十几种。

另外,为了提高操作性能,它还有多种人-机对话的接口模块;为了方便地组成工业局部网络,它还提供了多种通信联网的接口模块等。

四、采用模块化结构

为了适应各种工业控制需要,绝大部分 PLC 均采用模块化结构。PLC 的各个部件,包括 CPU、直流电源、I/O(含特殊功能的 I/O)等均采用模块设计,由机架及电缆将各模块连接起来,系统的规模和功能可根据实际控制需要自行组合。

五、安装、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 的相应的 I/O 端相连接,系统便可以投入运行。

各种模块上均设有运行和故障指示装置,便于用户了解运行情况和检查故障。

由于采用模块化结构,因此一旦某个模块发生故障,用户可以通过更换模块的方法,使系统迅速恢复运行。大部分 PLC 还允许带电插拔 I/O 模块。

六、系统设计、调试周期短

PLC 控制功能主要是通过软件编程来实现,因为硬件的设计任务仅仅是根据控制对

象的要求，选配适当的模块，因而大大的简化了系统的硬件设计工作，缩短了整个系统的设计、调试周期。同时，PLC 还能事先进行模拟调试，减少了现场调试的工作量。

七、体积小、重量轻、功耗低

一台体积很小的 PLC 具有相当于三个 1.8m 高的继电器柜的控制功能，一般节电可达 50% 以上。

PLC 是专为工业控制而设计的专用计算机，特别是小型机，其结构紧凑、坚固、体积小，易于装入机械内部，是“机电一体化”较理想的控制设备。

由于 PLC 具备了以上特点，它把微计算机技术与继电器控制技术很好地融合在一起。最新发展的 PLC 产品，还把 DDC（直接数字控制）技术加进去，并具有与监控计算机联网的功能，因而它的应用几乎覆盖了所有工业企业，既能改造传统机械产品成为“机电一体化”的新一代产品，又适用于生产过程控制，实现工业生产的优质、高产、节能与降低成本。

总之，PLC 技术代表了当前电气程序控制的世界先进水平，它与数控技术和工业机器人已成为自动化的三大支柱。

第三节 可编程控制器的应用

经过二十多年的工业运行，PLC 的上述特点越来越为广大工业界人士所认识和接受。另外，近年来 PLC 的价格下降，功能增强，使得 PLC 迅速渗透到工业控制的各个领域，包括从单机控制到工厂自动化；从机器人、柔性制造系统到工业局部网络。

从 PLC 的功能来看，它的应用范围大致可分为以下几个大类：

1. 逻辑控制

PLC 具有逻辑控制功能，特别适用于开关量控制系统、本书将重点介绍这方面的控制与应用，它可以实现各种通断控制。

2. 定时控制

PLC 具有定时控制功能。它为用户提供几十个甚至上千个定时器，其定时时间设定值既可以由用户在编制用户程序时设定，也可以由操作人员在工业现场通过人-机对话装置实时地设定，完成定时和延时控制。定时器的实际定时值也可以通过人-机对话装置实时地读出和修改。

3. 计数控制

PLC 具有计数控制功能。它为用户提供几十个甚至上千个计数器，其计数设定值的设定方式同定时器的定时时间设定值一样。一般计数器的计数频率较低，为了能对频率较高的信号进行计数，可选用小型 PLC 的内部高速计数器或选用大型 PLC 的高速计数器模块进行计数。计数器的实际计数值也可以通过人-机对话装置实时的读出和修改。

4. 顺序（步进）控制

这是 PLC 应用最广泛的一个领域，它取代传统的继电器顺序控制。PLC 可应用于单机控制，多机群控制，或生产自动线控制。例如：注塑机，组合机床，装配、包装流水线，电梯控制等。在步进控制的应用中，PLC 广泛使用的一种标准化语言——顺序功能图（Sequential Function Chart，以下简称为 SFC）来编制用户程序。使得程序设计更简捷、方便。

5. 过程 (PID) 控制

PLC 具有 PID 控制功能。PLC 可以接收模拟量输入和输出模拟量信号。如：温度、速度、压力和流量。在过程控制中 PLC 可以使用专用的 PID 模块实现对模拟量的控制。当某个被控变量出现偏差时，PID 能计算出正确的输出，自动调整系统把被控变量稳定在设定值上。

6. 数据处理

PLC 有较强的数据处理能力。它能进行算术运算、数据比较、数据传送、数据转换；且具有数据显示和打印等功能。新一代的大、中型 PLC 还可以进行函数运算、浮点运算等。

7. 通信与联网

为了适应工厂自动化 (FA) 系统发展的需要，PLC 还具有与 PLC 之间、PLC 与上级计算机之间的通信功能。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，因此，PLC 是实现工厂自动化的理想控制器。

当前，PLC 已广泛用于冶金、机械、汽车制造、电力、石油、化工、交通、运输、纺织、建材、采矿以及家用电器等领域，并取得了明显的技术经济效益。

第四节 可编程控制器的发展

由于 PLC 所具有的独特功能和在生产现场的广泛适应性，故从 PLC 产生开始，就引起各工业发达国家的极大关注。各电气控制制造商纷纷研制开发，新型 PLC 不断涌现。随着大规模集成电路、微处理器等计算机技术的发展，PLC 的功能大大增强，有力地推动着 PLC 技术迅猛发展。

一、国外 PLC 的发展

从 PLC 诞生至今的近三十年里，PLC 技术的发展过程大约可划分为三个阶段：

1. 早期阶段 (60 年代末~70 年代中期)

早期的 PLC 为可编程逻辑控制器。这时的 PLC 采用一位计算机，装置中器件主要是分立元件和中小规模集成电路，存储器采用磁芯体。为了提高抗干扰能力，在输入/输出电路上采取了措施，如输入电路的 R-C 滤波器；在电源上采用了高品质电源等。在软件编程上，吸取了继电器控制线路的特点，形成了其特有编程语言——梯形图。此阶段的 PLC，其主要功能是执行顺序控制、定时等。但它体积小、能耗低，用程序代替了硬件接线，简单易懂，便于安装。特别是编程语言——梯形图一直沿用至今。

2. 中期阶段 (70 年代中期~80 年代中、后期)

在 70 年代，微处理器的出现使 PLC 发生了巨大的变化。各 PLC 制造商先后采用微处理器作为 PLC 的中央处理部件，使 PLC 的处理能力大大增强。

在软件方面，除了保持早期 PLC 的逻辑运算、计时、计数等功能以外，还增加了算术运算、数据处理和传送、通讯、自诊断等功能。

在硬件方面，增加了模拟量 I/O、远程 I/O、各种特殊功能模块，例如高速计数器模块、过程控制的 PID 模块、通讯模块、定位控制模块等，使 PLC 的应用范围得以扩大。

在中期发展阶段，为了适应不同的控制场合，PLC 逐步形成了小、中、大的系列产品，以满足不同的用户需求。

小型 PLC 的 I/O 点数一般在 128 点以下。其特点是体积小、结构紧凑，整个硬件融为一体。如三菱公司的 F₁、F₂ 系列 PLC，立石公司的 C20P、C28P 等都属于这类产品。

中型 PLC 的 I/O 点数一般在 128~512 点之间。这种 PLC 采用模块化结构，用户可根据需要增加 I/O 点数，还可以增加模拟量 I/O 模块、远程 I/O 模块以及各种特殊功能模块，例如 PID 模块、高速计数器模块等。这些特殊功能模块自身带有 CPU，可大大提高整个 PLC 的运行速度。西屋公司的 PC-700 型 PLC、西门子公司 S5-115U 型 PLC 都属于这类产品。

这类 PLC 的编程器有便携式或带有 CRT 的编程器供用户选择。后者为用户提供了更直观的编程工具，梯形图可直接显示在屏幕上。这样，既方便了用户程序的编制和修改，又提供了良好的监控环境，用户可以在屏幕上直观的了解用户程序运行时的各种信息的变化情况。

大型 PLC 的 I/O 点数一般在 512 点以上。这类 PLC 也采用模块化结构，它有丰富的 I/O 模块，能适应各种不同的控制需要。它除了能用梯形图编制用户程序之外，还能采用高级语言编制用户程序。它有较强的通信联网功能，可以作为分布式控制系统中的上位机。例如西门子公司 S5-150U 型 PLC 都属于这类产品。

3. 近期的 PLC (80 年代中、后期至今)

由于超大规模集成电路的迅速发展，微处理器的价格大幅下跌，PLC 使用的微处理器的档次提高，使得 PLC 的软、硬件功能发生了巨大的变化。即使是小型 PLC，其功能也大大增强，在有些方面甚至赶上和超过中期大型机的功能。

新一代的小型 PLC 尽管保留了原小型机的 I/O 点数少、体积小、结构紧凑、整个硬件融为一体的特点，但是，由于采用了功能强大的 16 位微处理器和专用的逻辑处理芯片，因此其功能大大增强。能执行包括逻辑运算、计时、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。例如日本三菱公司的 FX₂ 系列 PLC 就属于这一代的小型 PLC。

为了适应某些小型机械自动化的需要，此阶段还设计了超小型的 PLC，除了 I/O 点数较少以外，其功能类似于以前的小型机。代表产品为三菱公司的 FX₀ 系列超小型 PLC。

新一代的大、中型 PLC 采用了更先进的微处理器，采取了更先进的软、硬件设计，其速度更快，功能更强。I/O 的处理方式除了能进行通用的扫描处理方式之外，还可以采用直接处理方式，即在执行用户程序的过程中，直接读输入、刷新输出。新一代的大、中型 PLC 指令系统极为丰富，除了用于顺序控制的指令以外，还有各种功能指令和应用指令。例如，功能指令有浮点运算指令、三角函数运算指令、PID 指令等等。新一代 PLC 指令的执行速度极快，处理一条功能指令仅需 0.5μs 左右。同时，通信功能得到了极大地加强，有各种通信联网的模块，可以构成三级通信网，实现工厂生产、管理的自动化。

二、国内 PLC 的发展

70 年代初，受世界性电子革命的影响，我国一些高校、科研单位开始研制并少量生产晶体管式顺序控制器。这类 PLC 大多采用 TTL 及分立元件、磁芯存储器。I/O 点数一般在 256 点以下。但当时国产 TTL、HTL、CMOS 中，小规模集成电路质量较差，可靠性较低；且功能板块多，连线多，产品体积大。

从 1979 年开始，我国进行带微处理器的 PLC 的研制和生产。使用一位微处理器 MC

-14500B 以及程序存储器、计数器、输入选择和输出锁存器等芯片，再配以相应的 I/O 接口。I/O 点数在 32~512 点之间。到 1985 年累计生产这类 PLC 近 3000 台。由于 PLC 是高科技产品，国内电子技术尚无力与外竞争，国内试制产品很少，主要靠引进技术，或者与国外厂家技术合作，散件组装。90 年代我国有 PLC 生产厂家 30 多个。产品品种达 20 多个，产品大多为中、小型 PLC。PLC 国产化的发展前景是令人鼓舞的，但目前是远不能满足国内市场需要。特别是在大范围普及应用方面，缺少宣传，缺少 PLC 专业技术人材。

我国目前应用较多的 PLC 是从日、美、德等国进口的产品。典型机型是日本三菱 F₁、F₂、FX 系列；立石公司的 OMRON C 系列；美国 AB 公司的 PLC-5 系列、德国西门子公司公司的 S5 系列等。

三、PLC 技术发展动向

1. 产品规模向大、小两个方向发展

最近出现了 I/O 点数达 14336 点的超大型 PLC 产品，使用 32 位微处理器，多 CPU 并行处理和大容量存储器。PLC 的扫描速度加快，顺序指令执行速度可达 0.24 μ s。不少 PLC 每毫秒可扫描 1024 点，比许多 DCS（分散型控制系统）快 10~20 倍，为 PLC 增加刀具精确定位、机床速度控制、阀门位置控制以及 PID 过程控制等功能创造了条件。

小型 PLC 由整体结构向小型模块化结构发展，增加了配置的灵活性。最小配置的 I/O 点为 8~16 点，可以用来代替最小的继电器系统，例如日本三菱公司 FX 系列中的 FX₀ PLC。

2. PLC 向全过程控制渗透与发展

微电子技术迅速发展，大大加强了 PLC 的数学运算、数据处理、图形显示、联网通信等功能，使 PLC 得以向过程控制渗透和发展。

美国一家炼金公司用一台 PLC，控制由矿石到炼金的全过程。该系统共有 30 个 PID 模拟调节回路，450 个模拟量，1000 个开关量。所有的报警功能、PID 调节功能和顺序控制功能都由 PLC 完成。全部采用 PLC 控制方案比采用分散控制系统（DCS）加 PLC 的控制方案节省投资近 50%，而且金的回收率由原设计的 92% 提高到 96%。

3. PLC 加强了通信功能

为了满足柔性制造单元（FMC）、柔性制造系统（FMS）和工厂自动化（FA）的要求，近年来对 PLC 的通信功能提出了更高的要求。最小点数的 PLC 也要求具备与上位 PLC 或计算机通信联网的功能。

现代化大生产要求将工业生产过程自动化和信息管理自动化结合起来。PLC 作为实现生产过程自动化的控制器必须能与实现工厂信息管理自动化的上位计算机进行通讯，同时也要求 PLC 相互之间通讯联网。目前，各公司生产的新一代 PLC 通讯功能比较强，但不同公司的 PLC 之间还无法通讯联网。实现不同公司的 PLC 产品之间通讯联网将是一个发展方向。

4. 编程语言趋向标准化

目前 PLC 普遍采用的编程语言——梯形图，以其直观、形象、简单等特点为广大用户所熟悉和接受。但是，随着 PLC 功能不断增强，梯形图以外的编程语言将不断涌现。新一代的 PLC 除了采用梯形图编制用户程序之外，还广泛采用顺序控制的标准化语言

——SFC。另外，随着计算机普及，PLC 还将普遍采用与计算机兼容的 BASIC 语言、C 语言以及汇编语言编制用户程序。

多种语言并存、互补并不断走向标准化是今后 PLC 编程语言的发展趋势。

第五节 可编程控制器与微机及继电器控制的区别

为了进一步了解 PLC 的基本概念，为今后系统学习 PLC 打下良好基础，弄清 PLC 与微机和继电器控制装置之间的关系是很有必要的。

一、PLC 与微机 (MC) 的区别

这里所说的微机是指通用的计算机，它最大的特点是运算速度快，功能强，应用范围广。目前科学计算，办公自动化，工厂自动化等各行各业均广泛地使用微机 (MC)。从应用范围角度看，微机是通用机。而 PLC 是专为适应工业自动化生产控制而设计的，适用于工业控制领域的特定生产环境。所以从工业控制角度来看，PLC 是工业控制范围内的通用机。选对应应的模块便可适用于各种工业控制系统。用户只需改变控制程序即可满足某个工业控制系统的具体控制要求。如果采用微机作为某个控制系统的控制器，就必须要根据生产环境考虑抗干扰问题和硬件、软件的设计，以适应某系统的控制需要。这样，一台通用的微机就成为该系统的专用计算机。

所以从大的应用范围看，微机是通用机，PLC 是专用机。从工业控制的应用范围看，PLC 是通用机，而微机是专用机。

1. PLC 与微机的相同点

- (1) 控制核心部件均采用微处理器及计算机技术。
- (2) 硬件基本结构、工作的基本原理也大体相同。
- (3) 控制程序可编，都不必修改硬接线即可改变控制内容。但 PLC 在这方面更灵活、更方便。

2. PLC 与微机的不同点

(1) PLC 的可靠性高。这是由于 PLC 在设计制造时已充分考虑到工业现场环境恶劣的因素，采取了一系列抗干扰措施，用户应用 PLC 时不必另外考虑抗干扰问题。在选用微机设计控制系统时，除了系统的软、硬件要满足控制要求外，还需要另外采取措施解决生产环境的抗干扰问题。

(2) PLC 编程简单。PLC 为了适应工业现场，考虑现场维修人员熟悉继电器线路图，采用简单易懂的梯形图等符号式语言，避免了计算机的汇编语言，以及高级编程语言，这给 PLC 的普及应用创造了条件。

(3) PLC 易于维护，而微机控制系统维护工作量大。

(4) PLC 的输入/输出响应速度慢，有较大的滞后现象（一般为 ms 级），而微机系统的输入/输出响应速度快，一般为 μs 级。

微机控制系统为了适应用户需要，也向高可靠性、耐用性以及便于维修的方向发展，两者相互渗透，使 PLC 与 MC 的差别越来越小。

今后 PLC 与 MC 将继续共存。在一个控制系统中，使 PLC 集中在功能控制上，使 MC 集中在信息处理上，PLC 处于生产前沿，MC 处于后级，两者相辅相成，共同发展。

二、PLC 与继电器控制装置的区别

1. PLC 与继电器控制装置的相同点

均能大量地应用于顺序控制领域；均能在恶劣的环境下，对生产机械、生产过程进行控制；PLC 的梯形图与继电器控制线路图基本相同，易懂。

2. PLC 与继电器控制装置的不同点

(1) 组成器件不同

继电器控制线路是由许多真正的“硬”继电器组成，而 PLC 大量使用“软”继电器。这些“软”继电器实质是 PLC 内部存储器中的某一位触发器，它可以被置“0”或置“1”。“硬”继电器易磨损，而“软”继电器则无磨损现象。

(2) 触点数目不同

“硬”继电器的触点数目有限，用于控制的触点一般只有几个；而“软”继电器供编程使用的触点数有无数多个。因为“软”继电器的触点是指存储器中的某一位，它可以被控制程序无限次的读取。

(3) 实施控制的方法不同

在继电器控制线路中，实现某种控制功能是通过各继电器间的硬接线来解决，其功能固定。而 PLC 控制是通过软件编程来实现，外部接线简单，且灵活多变。特别是当要改变生产过程，修改控制内容时 PLC 就极为方便，只要修改一下程序就可以了，硬接线基本不须改动。

另外，PLC 采用积木式结构，易扩充，易维护，同时占地面积小，工期短。但 PLC 使用了计算机，一方面价格高，另一方面要求操作人员进行知识更新，需经短期培训。

综上所述，PLC 是介于计算机、继电器控制装置的中间产物，是对它们取其所长，弃其所短而成的新型控制器。

思考题与习题

1. 什么叫 PLC? 什么叫 PC? 它们有什么区别?
2. PLC 有哪些主要特点?
3. 为什么 PLC 能在短时期内获得飞速发展?
4. PLC 与一般计算机有什么不同? 与继电器盘有什么不同?
5. 列举 PLC 可能应用的场合，并简述理由。
6. 用卡诺图化简下列逻辑式，并画出逻辑电路图。

$$F = AD + BCD + ABD$$

$$F = BC + AB + AC$$

7. 画出接触器常开、常闭主触点、辅助触点。画出继电器、热继电器、时间继电器的常开、常闭触点。

第二章 可编程控制器的工作原理

第一节 可编程控制器的硬件组成

PLC是专为工业控制而设计的控制装置。它根据用户程序存储器里用户指令，通过输入接口采入现场相关信息，执行某种逻辑运算或数值运算，再通过输出接口去控制各种执行机构，以达到对生产过程的控制的目的。

一、PLC主要部件及功能

PLC的硬件组成原理与微型计算机相类似，主要由CPU、存储器、I/O接口、程序输入器（编程器）几部分组成。其框图如图2-1所示。

（一）中央处理单元（CPU）

CPU是PLC的控制中枢，其作用类似人的大脑，是整个控制系统的核心。它按照PLC系统程序赋予的功能，接收并存储从编程器键入的用户程序和数据。在PLC投入运行时，它首先能按照用户的程序指令序列用扫描的方式接收现场输入装置的状态或数据，并存入用户存储器的输入状态表或数据寄存器。然后从存储器逐条读取用户程序，经过命令解释后按指令规定的任务产生相应的控制信号，去控制有关的控制门电路，分时、分渠道地去执行数据的存取、传送、组合、比较和变换等，以完成用户程序中规定的运算任务，能根据运算的结果更新有关标志位和输出状态寄存器表的内容。最后根据输出状态寄存器表的内容，实现输出控制、打印或数据通信等外部功能，如此循环运行，直至停止运行为止。

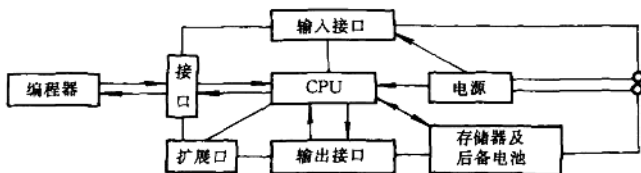


图 2-1 PLC 硬件框图

PLC中常用的CPU主要采用通用微处理器、单片机或双极型位片式微处理器。例如，日本三菱公司F系列PLC采用Intel 8039，F1、F2系列PLC采用Intel 8031，A系列PLC采用Intel 8086，A3H系列PLC采用Intel 80286等；也有用多片位片式微处理器级联构成CPU的，例如，德国西门子公司的S5-150U型、美AB公司的PLC-2、PLC-3等均采用AMD-2900系列位片式微处理器级联构成CPU。

随着超大规模集成电路技术的进步和发展，微处理器价格下选，使得即使是小型PLC也能使用功能强、速度快的高档微处理器作为CPU。因此，在80年代末90年代初，各PLC制造商纷纷推出新一代的产品，其特点是普遍采用高档的微处理器，外加专用

辑处理芯片构成 PLC 的 CPU。前者处理普通指令，后者处理高速指令、中断等，使得 PLC 的处理速度加快，功能增强。例如，三菱公司新推出的 FX 系列小型 PLC，其中 CPU 就由一片 16 位微处理器和一片专用逻辑处理器构成。该机的某些性能甚至超过了 80 年代中期的大型 PLC。

(二) 存储器

存储器是具有记忆功能的电子电路，用来存放程序、数据等信息。

1. 存储器的结构

PLC 中使用的存储器均由大规模集成电路构成，一般有存储体、地址译码电路、读写控制电路和数据寄存器这几部分组成，见图 2-2。

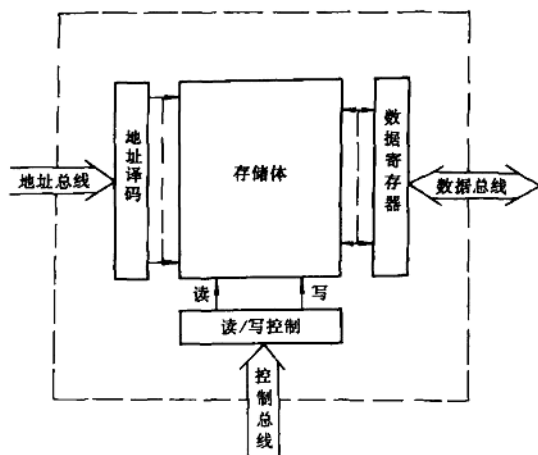


图 2-2 存储器结构示意图

(1) 存储体 存储体由若干个存储单元构成，每个存储单元存储一个二进制数据。所以，存储体是存储数据的存储单元的集合。存储单元的数量叫存储器的容量。为了区分这众多的存储单元，每个存储单元都给出一个编号，这个编号叫做存储器的单元地址。

存储单元中存放的二进制数据，叫做该单元的内容。

(2) 地址译码电路 根据从地址总线上给出的地址码选择相应的存储单元。

(3) 读/写控制电路 将选定的存储单元的内容读到数据寄存器，或将数据寄存器的内容写到选定的存储单元中。

(4) 数据寄存器 存放从存储单元中读出的内容，或存放准备写入到存储单元中去的数据。

2. 存储器的工作过程

存储器的工作过程可以归结为两种操作：写入和读出。

(1) 写入 首先将要写入的信息通过数据总线送到数据寄存器，再通过地址总线给出存储单元的地址，地址译码电路选中相应的单元。然后控制总线上发出“写”命令，这时数据寄存器中的信息就写入到地址译码电路选中的单元中去了。