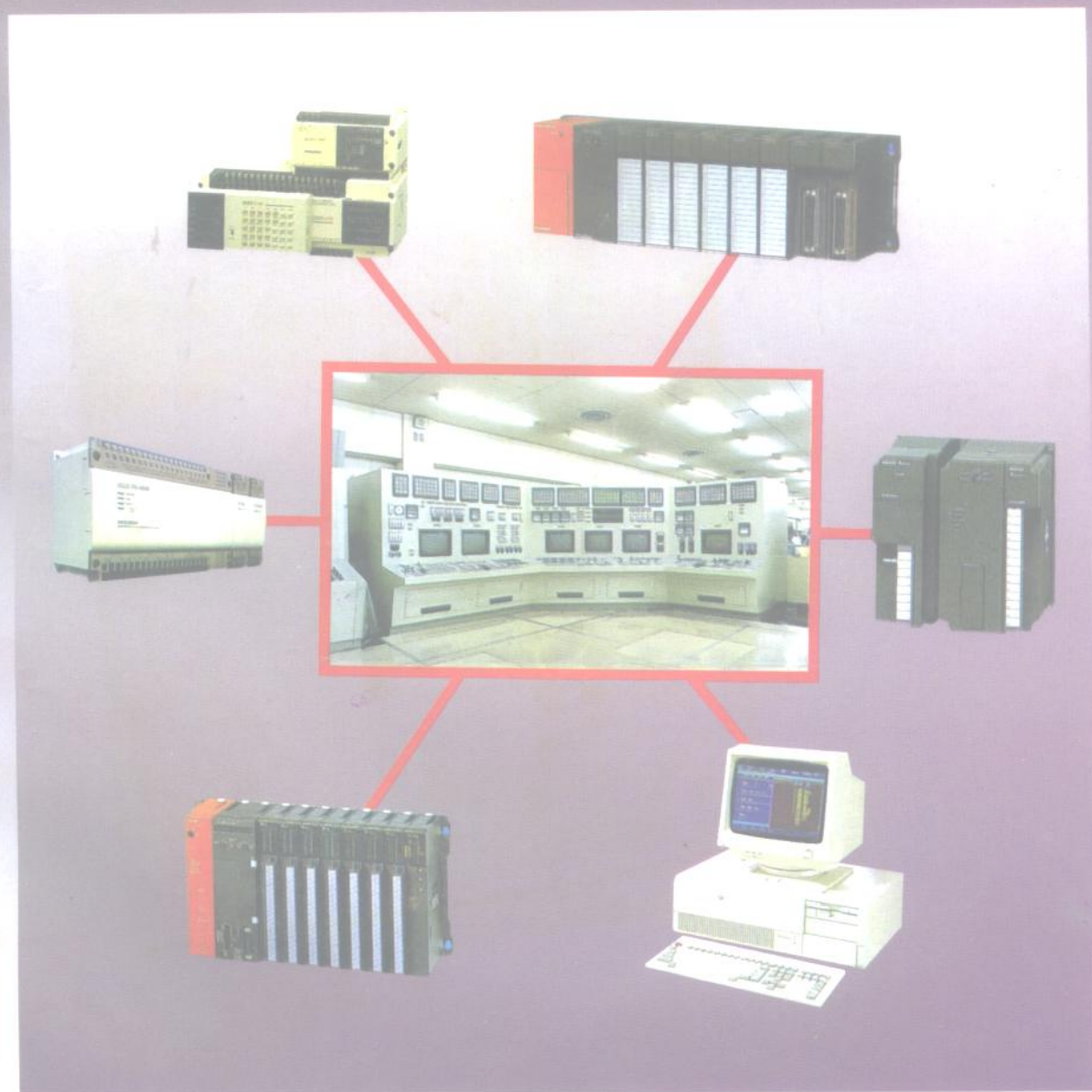


可编程控制器原理与应用

顾战松 陈铁年 编著



国防工业出版社

TP332.3
G66

385715

可编程控制器原理与应用

顾战松 陈铁年 编著



TP332.3
G66

国防工业出版社

·北京·

JS164/21

图书在版编目(CIP)数据
可编程控制器原理与应用/顾战松,陈铁年编著,北京:国防工业出版社,1996.1
ISBN 7-118-01511-3

I. 可... I. ①顾... ②陈... III. 可编程序控制器 IV. TP332.2

中国版本图书馆 CIP 数据核字(95)第 12673 号



国防工业出版社出版发行
(北京市海淀区紫竹院南路 23 号)
(邮政编码 100044)
国防工业出版社印刷厂印刷
新华书店经售

开本 787×1092 1/16 印张 14 3/4 341 千字
1996 年 1 月第 1 版 1996 年 1 月北京第 1 次印刷
印数:1-6000 册 定价:20.20 元

(本书如有印装错误,我社负责调换)

前 言

可编程控制器(Programmable Controller)是计算机家族中的一员,是专门为工业控制应用而设计制造的通用控制器。它将传统的继电器控制技术与计算机技术和通信技术融为一体,具有可靠性高、功能强、应用灵活、编程简单、使用方便等一系列优点,因此,在冶金、机械、能源(电力、石油、煤炭)、化工、轻纺、交通、港口、食品等工业部门得到了广泛的应用。

学习和掌握可编程控制器原理与应用已成为从事工业自动化的广大科技工作者以及大专院校工业自动化等有关专业学生的一项迫切任务。为了满足他们的需要,我们在参阅、整理国内外大量文献资料和总结多年教学、科研工作的基础上,编写了这本书。

本书共分七章。第一章介绍 PLC 的由来、定义、特点和应用范围、发展的各个阶段及其发展趋势。第二章从应用的角度出发简要介绍 PLC 的硬件结构和工作原理,分析了 PLC 的 I/O 响应时间,并对 PLC 的计时器和计数器进行了较深入地讨论。第三章介绍 PLC 的开关量和模拟量 I/O 系统,并介绍了几种常见的 I/O 寻址方式。第四、五、六章以日本三菱公司 FX₂ 系列 PLC 为背景机进行介绍。第四章介绍 PLC 的编程语言和编程方法,包括常见的梯形图和语句表,以及 SFC 编程语言。第五章介绍便携式编程器和采用三菱公司的编程软件 MEDOC 和个人计算机构成的编程器。第六章介绍几种常用的特殊功能 I/O 模块,包括高速计数器模块、定位控制模块以及通信与联网模块。第七章是在上述各章内容的基础上,介绍 PLC 控制系统的设计方法,并通过一个系统应用实例,使读者对整个系统设计有一个较完整、较深入的了解。本章还介绍了三个应用实例。

全书由顾战松主编,陈铁年教授对书稿进行了修改和润色。

本书在编写过程中,上海交通大学范懋基教授提出了许多宝贵意见。另外,得到了上海工业自动化仪表研究所彭瑜高级工程师、上海电气自动化研究所姚文高级工程师、上海电器科学研究所靳怀玲工程师、上海东屋电器有限公司陈永强工程师、旅美电气工程师郁方明先生等的支持和帮助。在此对他们表示诚挚的感谢。

由于编者水平有限,书中难免还存在一些缺点和错误,殷切希望广大读者批评指正。

编 者

一九九四年九月

内 容 简 介

本书从工程应用出发,系统地介绍了可编程控制器(PLC)的硬件、软件及应用技术。全书共分七章。第一章为 PLC 概述;第二章介绍了 PLC 的基本结构和工作原理,分析了 PLC 的 I/O 响应时间,并对 PLC 的计时器和计数器进行了较深入的讨论;第三章介绍了 PLC 的开关量和模拟量 I/O 系统,并介绍了几种常见的 I/O 寻址方式;第四章介绍 PLC 的编程语言和编程方法;第五章介绍 PLC 的编程器;第六章介绍几种常用的特殊功能 I/O 模块,包括高速计数器模块、定位控制模块以及通信与联网模块;第七章介绍由 PLC 构成的控制系统的设计方法以及应用举例。

本书可供从事 PLC 应用的工程技术人员参阅,也可作为大专院校工业自动化等有关专业的教材。

目 录

第一章 可编程控制器引论	1
§ 1-1 PLC 的由来	1
§ 1-2 PLC 的定义	2
§ 1-3 PLC 的特点和应用范围	2
§ 1-4 PLC 的发展阶段	5
§ 1-5 PLC 的发展趋势	8
第二章 PLC 的基本结构和工作原理	10
§ 2-1 PLC 的基本结构	10
§ 2-2 PLC 的工作原理(扫描技术)	16
§ 2-3 PLC 的 I/O 响应时间	21
§ 2-4 PLC 的计时器和计数器	27
第三章 PLC 的 I/O 系统	40
§ 3-1 I/O 寻址方式	40
§ 3-2 开关量 I/O 系统	44
§ 3-3 模拟量 I/O 系统	48
第四章 PLC 的编程语言	53
§ 4-1 PLC 的编程语言及其格式	53
§ 4-2 基本逻辑运算指令	59
§ 4-3 基本控制指令	65
§ 4-4 算术运算指令	77
§ 4-5 数据处理与数据传送指令	83
§ 4-6 应用功能指令	95
§ 4-7 SFC 编程语言	124
第五章 编程器	134
§ 5-1 便携式编程器	134
§ 5-2 带 CRT 的编程器	150
第六章 特殊功能 I/O 模块	160
§ 6-1 高速计数器模块	160
§ 6-2 定位控制模块	167
§ 6-3 通信与联网模块	180
第七章 PLC 控制系统的设计与应用	198
§ 7-1 PLC 控制系统的设计	198
§ 7-2 PLC 应用举例	213
附录一 基本逻辑指令及执行时间一览表	225
附录二 特殊功能指令及执行时间一览表	226
参考文献	229

第一章 可编程控制器引论

可编程控制器(Programmable Controller)是计算机家族中的一员,是为工业控制应用而设计制造的。早期的可编程控制器称作可编程逻辑控制器(Programmable Logic Controller),简称PLC,它主要用来代替继电器实现逻辑控制。随着技术的发展,这种装置的功能已经大大超过了逻辑控制的范围,因此,今天这种装置称作可编程控制器,简称PC。但是为了避免与个人计算机(Personal Computer)的简称PC混淆,所以将可编程控制器简称为PLC(以下均用简称PLC)。

§ 1-1 PLC的由来

在60年代,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。当时,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,十分费时、费工、费料,甚至阻碍了更新周期的缩短。为了改变这一现状,美国通用汽车公司在1968年公开招标,要求用新的控制装置取代继电器控制装置,并提出了十项招标指标,即:

- (1) 编程方便,现场可修改程序;
- (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) 数据可直接送入管理计算机;
- (6) 成本可与继电器控制装置竞争;
- (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、接触器等;
- (9) 在扩展时,原有系统只要很小变更;
- (10) 用户程序存储器容量至少能扩展到4K。

1969年,美国数字设备公司(DEC)研制出第一台PLC,在美国通用汽车自动装配线上试用,获得了成功。

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、通用灵活、体积小、使用寿命长等一系列优点,很快地在美国其他工业领域推广应用。到1971年,已经成功地应用于食品、饮料、冶金、造纸等工业。

这一新型工业控制装置的出现,也受到了世界其他国家的高度重视。1971年,日本从美国引进了这项新技术,很快研制出了日本第一台PLC。1973年,西欧国家也研制出它们的第一台PLC。我国从1974年开始研制。于1977年开始工业应用。

§ 1-2 PLC 的定义

PLC 问世以来, 尽管时间不长, 但是它的发展十分迅速。为了使这一新型工业控制装置的生产和发展标准化, 美国电气制造商协会 NEMA (National Electrical Manufacture Association) 经过四年的调查工作, 于 1980 年首先将其正式命名为 PC (Programmable Controller), 并给 PC 作了如下的定义:

“PC 是一个数字式的电子装置, 它使用了可程序的记忆体以储存指令。用来执行诸如逻辑、顺序、计时、计数与演算等功能, 并通过数字或类似的输入/输出模块, 以控制各种机械或工作程序。一部数字电子计算机若是用来从事执行 PC 之功能者, 亦被视为 PC, 但不包括鼓式或类似的机械式顺序控制器。”

以后国际电工委员会 (IEC) 又先后颁布了 PLC 标准的草案第一稿、第二稿, 并在 1987 年 2 月通过了对它的定义:

“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, 它采用一类可编程的存储器, 用于其内部存储程序, 执行逻辑运算、顺序控制、定时、计数与算术操作等面向用户的指令, 并通过数字或模拟式输入/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。”

总之, 可编程控制器是一台计算机, 它是专为工业环境应用而设计制造的计算机, 它具有丰富的输入/输出接口, 并且具有较强的驱动能力。但可编程控制器产品并不针对某一具体工业应用, 在实际应用时, 其硬件需根据实际需要进行选用配置, 其软件则需根据控制要求进行设计编制。

§ 1-3 PLC 的特点和应用范围

一、PLC 的主要特点

(一) 高可靠性

高可靠性是 PLC 的最突出的特点之一。

由于工业生产过程是昼夜连续的, 一般的生产装置要几个月、甚至几年才大修一次。因此, 对用于工业生产过程的控制器提出了可靠性尽可能高的要求。

而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, 其中主要包括:

(1) 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。

(2) 各输入端均采用 R-C 滤波器, 其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) 各模块均采用屏蔽措施, 以防止辐射干扰。

(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) 良好的自诊断功能,一旦电源或其它软、硬件发生异常情况,CPU立即采取有效措施,以防止故障扩大。

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

由于采取了上述一系列措施,使中期 PLC 的平均无故障运行时间,又称为平均故障间隔时间 MTBF (Mean Time Between Failures) 已经高达几十万小时。例如日本三菱公司的 F1、F2 系列 PLC 的平均无故障运行时间可达 30 万小时。

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

(二)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分如 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二类,每类又按电压等级分成十多种。

另外,为了提高操作性能,它还有多种人-机对话的接口模块;为了组成工业局部网络,它还有多种通信联网的接口模块,等等。

(三)采用模块化结构

为了适应各种工业控制需要,除了单元式的小型 PLC 以外,绝大多数 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用户需要自行组合。

(四)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。在最初的梯形图中,主要由人们熟悉的常开触点、常闭触点和线圈、计时、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,除了顺序控制以外,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它各种控制功能。

(五)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查找故障。

由于采用模块式结构,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。有些 PLC 还允许带电插卸 I/O 模块。

(六)系统设计、调试周期短

由于系统硬件的设计任务仅仅是依据对象的要求配置适当的模块,因此大大地简化了系统的硬件设计工作,从而缩短了整个系统的设计、调试周期。

二、PLC 的应用范围

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,使得 PLC 迅速渗透到工业控制的各个领域,包括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 的功能来看,它的应用范围大致包括以下几个方面:

(一)逻辑控制

PLC 具有逻辑运算功能,可以实现各种通断控制。

(二)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计时器,其计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,完成定时或延时控制。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或修改。

(三)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计时器计时时间设定值的一样。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,则需要选用高速计数器模块,其最高计数频率可达 50 kHz;或者选用具有内部高速计数器的 PLC,例如日本三菱公司的 FX 系列 PLC,它可以提供计数频率最高达 10 kHz 的内部高速计数器。计数器的实际计数值也可以通过人-机对话装置实时地读出或修改。

(四)步进(顺序)控制

PLC 具有步进(顺序)控制功能。在新一代的 PLC 中,还可以采用 IEC 规定的用于顺序控制的标准化语言——顺序功能图(Sequential Function Chart, 以下均用简称 SFC)编制用户程序,使得 PLC 在实现按照事件或输入状态的顺序控制相应输出的场合显得更简便。

(五)PID 控制

PLC 具有 PID 控制功能。PLC 可以接模拟量输入和输出模拟量信号。为了既能完成对模拟量的 PID 控制,又不加重 PLC 的 CPU 负担,因此,一般选用专门的 PID 控制模块实现 PID 的控制。

(六)数据处理

PLC 具有数据处理能力。它能进行算术运算、数据比较、数据传送、数制转换、数据显示和打印、数据通信等功能。新一代的大、中型 PLC 还能进行函数运算、浮点运算等。

(七)通信和联网

新一代的各类 PLC 都具有通信功能。它既可以对远程 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控制器。

(八)其它

PLC 还有许多特殊功能模块,适用于各种特殊控制的要求,例如:定位控制模块、CRT 模块等。

§ 1-4 PLC 的发展阶段

虽然 PLC 问世时间不长,但是随着微处理器的出现,大规模、超大规模集成电路技术的迅速发展和数据通信技术的不断进步,PLC 也迅速发展,其发展过程大致可分三个阶段:

一、早期的 PLC(60 年代末—70 年代中期)

早期的 PLC 一般称为可编程逻辑控制器。这时的 PLC 多少有点继电器控制装置的替代物的含义,其主要功能只是执行原先由继电器完成的顺序控制、定时等。它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控制现场的要求。装置中的器件主要采用分立元件和中小规模集成电路,存储器采用磁芯存储器。另外还采取了一些措施,以提高其抗干扰的能力,例如输入电路的 R-C 滤波器、高品质的电源等。在软件编程上,它吸取了广大电气工程技术人员所熟悉的继电器控制线路的特点,形成了其特有的编程语言——梯形图。因此,早期的 PLC 的性能要优于继电器控制装置,其优点包括简单易懂、便于安装、体积小、能耗低、有故障指示、能重复使用等。

其中 PLC 特有的编程语言——梯型图一直沿用至今。

二、中期的 PLC(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。美国、日本、德国等一些厂家先后开始采用微处理器作为 PLC 的中央处理单元(Central Processing Unit,简称 CPU)。

这样,使 PLC 的功能大大增强。在软件方面,除了保持其原有的逻辑运算、计时、计数等功能以外,还增加了算术运算、数据处理和传送、通信、自诊断等功能。在硬件方面,除了保持其原有的开关量 I/O 以外,还增加了模拟量 I/O、远程 I/O、各种特殊功能模块,例如:高速计数器模块、PID 模块、定位控制模块、通信模块等。并扩大了存储器的容量,使各种逻辑线圈的数量增加,包括计时器、计数器、内部逻辑线圈等,还提供了一定数量的数据寄存器,使 PLC 的应用范围得以扩大。

为了适应不同的控制要求,在发展过程中,PLC 逐步形成了小、中、大的系列产品。

(一)小型 PLC

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,是实现“机电一体化”的理想控制器。但是,其 I/O 点数少,功能简单,只有逻辑运算、计时、计数等功能,扫描速度较慢,用户程序存储器容量小,而且不能扩展。因此,主要用于替代简单的继电器控制装置。例如,三菱公司的 F 系列 PLC 就属于这类产品。

(二)中型 PLC

中型 PLC 的 I/O 点数一般在 256~1024 点之间,这种 PLC 采用模块式的结构,用

户可以根据需要增加 I/O 点数。它除了开关量 I/O 模块以外,还有模拟量 I/O 模块、远程 I/O 模块以及各种特殊功能的 I/O 模块,例如:高速计数器模块、PID 模块、定位控制模块、通信模块等。这些特殊功能模块中大多数有自己的微处理器来完成各自的任务,从而减轻了 PLC 的 CPU 的负担,提高了运行速度。中型 PLC 的功能较强,有逻辑运算、计时、计数、算术运算、数据处理和传送、通信、自诊断等功能。其用户程序存储器容量增大,并且有不同的存储器容量可供用户选择。不过,一旦 CPU 选定,其内存容量也就确定,若要改变内存容量,则必须同时更换 CPU。它还有一定数量的数据寄存器供存放数据之用,数据寄存器的数目等于存储器容量减去用户程序所占用的内存容量,但最多不得超过其允许的最大值。另外还有一定数量的各种内部逻辑线圈供用户编制用户程序时使用。扫描速度比小型 PLC 要快。

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,梯形图能直接显示在屏幕上。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地了解用户程序运行中的各种信息。

因此,这类 PLC 可以用于较复杂的工业生产过程的自动控制。例如:美国西屋公司的 PC-700 型 PLC 就属于这类产品。

(三)大型 PLC

大型 PLC 的 I/O 点数一般在 1024 点以上,最多可达一万点。这类 PLC 的结构也采用模块化,它有丰富的 I/O 模块,能适应各种不同控制的需要。它的软件功能强,除了能用梯形图编制用户程序以外,还能采用高级语言编制用户程序,例如: BASIC、C 语言等。其用户程序存储器容量大,可达 100K。它的扫描速度快,可靠性高,还可以扩展成容错(冗余)系统,从而更进一步地提高系统的可靠性。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 就属于这类产品。

中期各类型的 PLC 已经普遍采用微处理器作为其 CPU,各厂家还不断地研制开发并推出新产品。例如:在这期间,日本三菱公司在其小型 PLC 产品方面就先后推出了 F 系列、F1 系列、F2 系列等。这样,使 PLC 的功能越来越强,应用范围越来越广。

但是,在这期间,由于受微处理器价格等因素的限制,PLC 的 CPU 基本上都采用 8 位微处理器或位片式逻辑器件级联构成。使中期大、中、小型 PLC 的区别不仅表现在其 I/O 的点数上,而且还表现在 PLC 的软、硬件功能以及扫描速度等方面。

三、近期的 PLC(80 年代中、后期至今)

进入 80 年代中、后期,由于超大规模集成电路技术的迅速发展,微处理器的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。而且,为了提高 PLC 的处理速度,各制造厂家还纷纷研制开发了专用逻辑处理芯片。这样,使得 PLC 软、硬件功能发生了巨大变化,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了中期大型 PLC 的功能。

(一)小型 PLC

新一代的小型 PLC 尽管保留了原小型 PLC 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,由于其 CPU 采用了功能强的 16 位微处理器和专用逻辑处

理芯片,因此其功能大大增强。除了开关量 I/O 以外,它还可以联接模拟量 I/O 以及其它各种特殊功能模块。它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。其扫描速度很快,甚至超过了中期大型 PLC 的速度。其用户程序存储器容量增大,扩充容量时不必更换 CPU。它提供的逻辑线圈、数据寄存器、计时器和计数器等软设备的数量大大地超过了中期中、小型 PLC 所提供的,甚至与中期大型 PLC 所提供的某些软设备(例如:计时器、计数器等)的数量相同。

由于小型 PLC 主要用于工厂自动化中的基础层,它直接对生产机械或者生产过程进行控制,而有些控制对象对实时性和分辨率都有比较高的要求,因此,为了扩大 PLC 的应用范围,有些小型 PLC 还提供一些特殊功能的应用指令、计时单位为 1 ms 甚至为 0.1 ms 的计时器以及计数频率高达 10 kHz 的内部高速计数器等。

另外,为了适应某些特殊场合的需要,还有体积更小的微小型 PLC,其体积仅为几个肥皂盒一般大小。这种微小型 PLC 除了 I/O 点数较少以外,其它功能类似于小型 PLC,是实现家庭自动化、小型机械自动化的理想控制器。例如:日本三菱公司的 FX₂ 系列 PLC 就属于这一代的小型 PLC,FX₀ 系列就属于这一代的微小型 PLC。

(二)中型 PLC

新一代的中型 PLC 采用模块化结构,其 I/O 点数一般在 256 ~ 1024 点之间。I/O 的处理方式除了采用一般 PLC 通用的扫描处理方式外,还能采用直接处理方式,即在扫描用户程序的过程中,直接读输入、刷新输出。它能联接各种特殊功能模块,通信联网功能更强,可以采用国际标准化的总线型 RS-485 组成局域网。其指令系统更丰富,除了用于顺序控制的指令以外,还有功能指令和应用指令各上百条。提供数量更多的逻辑线圈、数据寄存器、计时器、计数器、外部中断、指针、变址寄存器以及累加器等软设备。其用户程序存储器容量更大,扫描速度更快。例如:日本三菱公司的 A1S 系列 PLC 就属于这一类产品。

(三)大型 PLC

一般 I/O 点数在 1024 点以上的称为大型 PLC。新一代大型 PLC 的软、硬件功能极强。日本三菱公司在 90 年代初推出的 A2A、A3A 系列 PLC 就属于这一代产品,其 CPU 采用该公司自行研制开发的世界上第一个专门用于 PLC 的 32 位处理器 MSP(Mitsubishi Sequence Processor),它将 PLC 的部分软件硬件化,使该机的各项性能比中期大型 PLC 有质的变化。其扫描速度极快,A3A 处理一条顺序指令仅为 0.15 μs,特别是在处理功能指令和应用指令方面,其扫描速度提高得更显著,例如:同样处理一条算术运算指令,前一代的 A3N 系列 PLC 需时 54 μs,而 A3A 仅用 0.9 μs。A3A 处理 END 指令只需 327 μs。该机的指令系统极为丰富,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共 439 条,例如:其功能指令还包括浮点运算、三角函数等运算指令;有 PID 指令,可处理多达 32 个回路控制;生产工艺流程的图形显示,只要调用 CRT 的功能指令就可以实现,等等。其用户程序存储器容量最高可达 448 K。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。通信联网功能强,有各种通信联网的模块,可以构成三级通信网,实现工厂生产管理自动化。AnU CPU 模块还可以采用该公司 1993 年推出的 MELSECNET/10 网,该网络采用 32 位的专用通信处理器 MDP(Mitsubishi Data link Processor),使其通信联网功能更强。A 系列

PLC 还可以采用三 CPU 构成表决式系统, 使该机的可靠性更高。另外, 日本立石(OMRON)公司新推出的 CV500 和 CV1000 系列 PLC 也属于这一代产品, CV 系列 PLC 采用了双总线结构和多微处理器的设计。它的第一条总线是 I/O 总线, 用于控制与 CPU 进行的一般 I/O 通信。第二条总线是 CPU 总线, 它采用新颖的总线结构, 无需 CPU 控制及交互操作就可以在 PLC 的 CPU、协处理器及通信模块之间进行高速的、点对点的总线通信。这种分离的总线结构和多微处理器的设计不但可以在最小的扫描周期内进行大量的透明的多层的数据通信, 而且还极大地提高了它的扫描速度, CV500 处理一条基本指令为 $0.15 \sim 0.45 \mu\text{s}$, 处理一条功能指令也只需 $0.60 \sim 9.90 \mu\text{s}$, CV1000 的扫描速度还要快, 它处理一条基本指令为 $0.125 \sim 0.375 \mu\text{s}$, 处理一条功能指令也只需 $0.50 \sim 8.25 \mu\text{s}$ 。它们提供的软设备数量也十分多, 例如: CV1000 提供的数据寄存器有 24576 个, 而且根据用户需要还可以进行扩展, 最多可以扩展到 256K。CV 系列 PLC 内装有 OMRON 公司的最新产品 FINS(Flexible Intelligent Network Service), 它不需要特殊的编程, 只要使用三条功能指令, 就可以实现多层通信网中任意结点上的数据存取和通信。

§ 1-5 PLC 的发展趋势

20 多年来, 随着大规模、超大规模集成电路技术和数字通信技术的进步和发展, PLC 的发展十分迅速, 而且这种发展还在继续。

一、缩小与工业控制计算机之间的差距

随着超大规模集成电路技术的发展, 产生了一系列高性能器件, 其中包括专用的集成电路 ASIC(Application Specific Integrated Circuit)芯片, 使得 PLC 也能采用高性能的微处理器作为其 CPU, 例如前面提到的三菱公司的 A3APLC 就采用了专用集成电路 MSP 作为其 CPU, 使得该机功能大大增强。

由此可以预见, 随着超大规模集成电路技术的进一步发展, 将会有更多的中、小型 PLC 也能采用这类专用微处理器作为其 CPU, 从而使未来的各类 PLC 的功能越来越强, 逐步缩小与工业控制计算机之间的差距。

二、采用表面安装技术

由于超大规模集成电路技术的发展, 双列直插式封装结构已不再适应最新型的超大规模集成电路芯片, 表面安装的扁平封装电路和表面安装技术因此而迅速发展起来。

扁平封装电路可以直接安装在印刷电路板表面, 而不需要插入印刷板插孔。这样, 不仅降低成本, 减小体积, 而且使系统性能得到改进。这是因为无源和有源器件表面安装于印刷电路板时, 其引线长度已被切短, 因此减少了电路板的寄生电容和电感, 结果提高了系统的工作速度, 并且使系统更加稳定、可靠。而且, 采用了专用集成电路和表面安装技术以后, 可以使 PLC 在保持原有性能和功能的同时, 体积进一步变小。

三、丰富 I/O 模块

为了适应更多的工业控制要求, 在增强 PLC 的 CPU 功能的同时, 还将进一步丰富

I/O 模块,例如:数控模块、计算模块、语音处理模块等,使 PLC 在实时性、精度、分辨率、人-机对话等性能方面进一步得到改善和提高。

四、编程语言

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,梯形图一统天下的局面将被打破。

新一代的 PLC 除了采用梯形图编制用户程序以外,还可以采用 IEC 规定的用于顺序控制的标准化语言——SFC。另外,有些 PLC 还采用与计算机兼容的 BASIC、C 以及汇编语言等编制用户程序。

多种语言并存、互补不足将是今后 PLC 编程语言发展的趋势。

五、网络功能

由于现代工业生产过程对控制系统的要求已经不再局限于某些生产过程的自动化,还要求工业生产过程能长期在最佳状态下运行。这就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信联网,同时也要求 PLC 相互之间通信联网。尽管近期各公司推出的新一代 PLC 都具有上述的功能,但是不同公司的 PLC 之间还无法通信联网,因此,今后一方面会进一步增强 PLC 的通信联网的功能,另一方面也将为实现不同公司 PLC 之间的通信联网作出努力。

第二章 PLC 的基本结构和工作原理

§ 2-1 PLC 的基本结构

PLC 实质上是一种专用于工业控制的计算机，其硬件结构基本上与微型计算机相同，如图 2-1 所示。

一、中央处理单元(CPU)

中央处理单元(CPU)是 PLC 的控制中枢。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；检查电源、存储器、I/O 以及警戒定时器的状态，并能诊断用户程序中的语法错误。当 PLC 投入运行时，首先它以扫描的方式接收现场各输入装置的状态或数据，并分别存入 I/O 映象区，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等

任务，并将逻辑或算术运算的结果送入 I/O 映象区或数据寄存器内。等所有的用户程序执行完毕之后，最后将 I/O 映象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，直至停止运行为止。

早期 PLC 的中央处理单元没有微处理器。

自从 70 年代中期以来，PLC 逐步使用微处理器作为其 CPU。其中有采用单个微处理器作为 CPU 的，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 型 PLC 采用 Intel 80286 等；也有采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 PLC，美国 AB 公司的 PLC-3 型 PLC，西屋公司的 HPPC-1500 型 PLC 等采用 AMD-2900 系列位片式微处理器级联构成 CPU。由于这一期间大、中、小型 PLC 的 CPU 所采用的微处理器芯片的档次相差很大，因此，不同类型的 PLC，其功能、扫描速度、用户程序存储器容量、I/O 点数、软设备(例如：逻辑线圈、计时器、计数器、数据寄存器等)数量等都有较大差别。

随着超大规模集成电路技术的进步和发展，微处理器价格下跌，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其 CPU。因此，在 80 年代末 90 年代初，各 PLC 制造厂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，外加专用逻辑处理芯片构成 PLC 的 CPU，前者处理普通指令，后者处理高速指令、中断等，

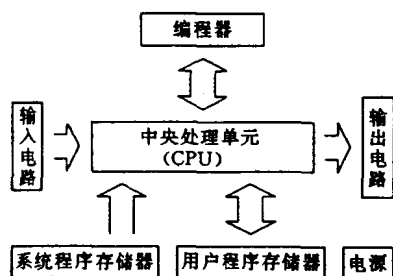


图 2-1 PLC 的简化框图

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。

近二年,有些制造厂商还根据 PLC 对 CPU 的要求,自行研制开发了专用的 CPU 芯片。这种芯片将 PLC 的功能集成在一个芯片中,其中还包括一些原来由软件实现的功能改由硬件完成,使其体积更小,可靠性更高,功能更强。例如:三菱公司的 A2A、A3A 型 PLC 采用的就是该公司自行研制开发的专用芯片 MSP(Mitsubishi Sequential Processor)。

为了进一步提高 PLC 的可靠性,近年来对大型 PLC 还采用双 CPU 构成冗余系统,例如立石公司的 C-2000H 系列 PLC 中的冗余系统;或采用三 CPU 的表决式系统,例如三菱公司的 A 系列 PLC 中的三 CPU 表决式系统。这样,即使某个 CPU 出现故障,整个系统仍能正常运行。

二、存储器

与微型计算机一样,除了硬件以外,还必须有软件,才能够构成一台完整的 PLC。

PLC 的软件分二部分: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。

存放应用软件的存储器称为用户程序存储器。

(一)PLC 常用的存储器类型

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,与另外二种常用的存储器相比较,其存取速度最快,由锂电池支持的 RAM 可以满足各种应用的需要。

2. EPROM(Erasable Programmable Read Only Memory)

这是一种可擦除的只读存储器。在紫外线连续照射约 20 min 后,即能将存储器内的所有内容清除。加高电平(12.5V 或 24V 等)可以写入程序。在断电情况下,存储器内的所有内容保持不变。因此,系统程序以及需要永久保存的用户程序都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。它兼有 RAM 和 EPROM 的优点。但是它也有不足之处,主要有以下二点:

(1)必须先擦除该存储单元的内容后才能写入,读/写过程约需 10 ~15 ms。

(2)执行读/写操作的次数有限,约 10000 次。

(二)PLC 存储空间的分配

虽然大、中、小型 PLC 的 CPU 的最大可寻址存储空间各不相同,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 映象区和系统软设备等)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、命令解释程序、功能子程序、系统诊断程序等。由制造厂商将其固化在 EPROM 中,用户不能够直接存取。它和硬件一起决定了该 PLC 的各项性能。