

高等工科院校电子、信息类教材

可编程控制器技术及应用 第2版

The Technology and Application of Programmable Logic Controller
(2nd Edition)

夏辛明 黄 鸿 高 岩 编著

 北京理工大学出版社
BEIJING INSTITUTE OF TECHNOLOGY PRESS

可编程控制器技术及应用

(第2版)

夏辛明 黄 鸿 高 岩 编著



北京理工大学出版社

BEIJING INSTITUTE OF TECHNOLOGY PRESS

版权专有 侵权必究

图书在版编目(CIP)数据

可编程控制器技术及应用/夏辛明,黄鸿,高岩编著.2版.—北京:北京理工大学出版社,2005.10

高等工科院校电子、信息类教材

ISBN 7-81045-529-X

I. 可… II. ①夏… ②黄… ③高… III. 可编程控制器—高等学校—教材 IV. TP332.3

中国版本图书馆CIP数据核字(1999)第01810号

出版发行/北京理工大学出版社

社 址/北京市海淀区中关村南大街5号

邮 编/100081

电 话/(010)68914775(办公室) 68944990(发行部)

网 址/http://www.bitpress.com.cn

电子邮箱/chiefedit@bitpress.com.cn

经 销/全国各地新华书店

印 刷/北京圣瑞伦印刷厂

开 本/787毫米×1092毫米 1/16

印 张/15

字 数/359千字

版 次/2005年10月第2版 2005年10月第3次印刷

印 数/6001~10500册

责任校对/郑兴玉

定 价/23.00元

责任印制/吴皓云

图书出现印装质量问题,本社负责调换

前 言

可编程控制器(简称 PLC 或 PC)是一种工作可靠,编程简单,使用方便,功能完备的控制设备。它能在恶劣的工业环境下工作,容易实现“机电一体化”。可编程控制器把自动化技术、计算机技术、通信技术融为一体,有利于实现工厂自动化的集散式控制。因此,可编程控制器自诞生以来,得到了迅速发展,成为工业控制领域的主流。

我国许多引进的重大工程项目,例如宝钢、中原制药厂等都使用很多可编程控制器,取得了明显的经济效益。推广和应用可编程控制器技术是一项很有意义的工作。

为了适应 PLC 日益广泛应用的形势,全国各高等院校已相继将 PLC 引入教学。北京理工大学自控系自 1988 年起就开始将 PLC 技术应用到科研和教学中,并积累了多年的教学及应用经验。为了满足教学和更多科技人员的需要,我们在原讲义及资料的基础上进行整理,编写成本书。

本书写作的原则是尽量使读者系统地了解可编程控制器的作用、功能和基本原理。本书以松下电工生产的 FP1 系列 PLC 为具体机型进行介绍,通过学会一种机型,达到举一反三的作用。

本书内容共分八章。第一章概述。第二章介绍可编程控制器的结构原理。第三章介绍 FP1 可编程控制器的规格、性能和结构。第四章介绍 FP1 的指令系统;FP1 的 A/D、D/A 转换单元以及 FP1 的通信功能。第五章介绍 FP1 编程器。第六章介绍 NPSTGR(中文 3.1 版本)编程软件。第七章介绍可编程控制器应用实例。第八章为可编程控制器的实验。

本书由全国理工高校成教研究会电工学科委员会主任,北京市高校电工学研究会第五届理事长,北方交通大学电气工程系李守成教授审阅,并提出了许多宝贵意见。在编写过程中,得到了北京理工大学自控系许多同志的热情帮助和支持,在此一并致以衷心的感谢。

由于编者水平所限,书中错漏在所难免,恳请读者不吝指正。

再版前言

为了适应可编程控制器日益广泛的应用,国内各高校已相继将 PLC 引入教学,作者于 1999 年在北京理工大学的原讲义及资料的基础上,结合多年的教学经验和科研实践的成果,编写了第一版《可编程控制器技术及应用》,并于 1999 年 5 月由北京理工大学出版社出版,该书受到了广大师生的欢迎和好评。随着计算机技术的发展,可编程控制器技术也随之发展,本书再版是对初版中可编程控制器的硬件及编程软件的内容进行精简、升级及扩充,旨在使读者对当前的可编程控制器技术的现状和未来有新的进一步了解。

本书内容共分八章,以松下电工的 FP1 可编程控制器为模型机介绍了可编程控制器的结构原理,FP1 可编程控制器的规格、性能及结构,FP1 指令系统,编程器,编程软件,可编程控制器的应用举例以及实验。

本书再版主要更新的内容包括:增加了基于 Windows 操作系统的编程软件界面介绍;增加了习题及思考题;增加了部分应用实例;增加了近年发展的新知识、新概念。

本书再版与国内同类书籍相比具有以下特色:

1. 本书将可编程控制器与其应用有机地结合在一起,使学生能够更全面地学习和掌握可编程控制器的硬件结构、指令系统、编程器及编程软件。

2. 本教材包括可编程控制器的应用举例章节,使学生对可编程控制器如何进行信号采集、信号转换、信号处理及信号传输的整个过程有一个全面的认识,并通过相关实验提高学生的动手能力。

3. 紧密跟踪可编程控制器技术的最新发展,全面介绍这些领域的相关知识,以拓宽学生的眼界。

4. 本教材附有习题及思考题和相关实验,使学生更容易学习和掌握本课程的内容。

5. 本教材配有多媒教学课件,需要者可与作者联系,电话 010-68914506 转 20。本书内容新颖、丰富、全面,具有一定的深度和广度。叙述简明,深入浅出,可作为高等学校自动控制、检测技术、仪器仪表专业本科生和研究生的教材,也可供有关专业人员使用和参考。

本书由夏辛明、黄鸿、高岩编著。其中夏辛明负责统筹、统稿,黄鸿编写第 1、2、7、8 章,高岩编写第 3、4、5、6 章。这次再版得到了北京理工大学自动控制系许多同志的帮助和支持,得到了北京理工大学出版社领导和编辑的热情帮助,在此一并致以衷心的感谢。

由于编者水平所限,书中错漏之处,恳请读者指正。

目 录

第一章 概述	(1)
1.1 可编程控制器的产生	(1)
1.2 可编程控制器的发展	(2)
1.3 可编程控制器的特点及应用领域	(4)
1.4 可编程控制器的性能指标与分类	(5)
习题与思考题	(8)
第二章 可编程控制器的结构及原理	(9)
2.1 中央处理器	(9)
2.2 存储器	(11)
2.3 输入接口	(12)
2.4 输出接口	(13)
2.5 可编程控制器的工作原理	(14)
习题与思考题	(17)
第三章 FP1 可编程控制器的规格、性能及结构	(18)
3.1 FP1 的类型及规格	(18)
3.2 FP1 的技术性能	(24)
3.3 FP1 的内部寄存器及 I/O 配置	(26)
习题与思考题	(29)
第四章 FP1 的指令系统	(30)
4.1 FP1 的基本指令	(30)
4.2 FP1 的高级指令	(57)
4.3 FP1 的特殊功能及特殊指令	(77)
4.4 FP1 的 A/D 和 D/A 转换单元	(87)
4.5 FP1 的通信功能	(92)
第五章 编程器	(102)
5.1 FP 编程器的结构	(102)
5.2 指令的输入方式	(104)
5.3 继电器、寄存器和指令查找	(105)
5.4 FP 编程器的操作功能	(105)
习题与思考题	(110)
第六章 NAIS FPWIN GR2.0 可编程控制器软件	(111)
6.1 NAIS FPWIN GR2.0 概述	(111)
6.2 FPWIN GR2.0 的组成	(119)
6.3 程序的建立和编辑	(125)
6.4 程序的管理	(137)
6.5 程序的调试	(149)

习题与思考题	(164)
第七章 可编程控制器程序设计应用举例	(165)
7.1 程序设计	(165)
7.2 三相交流异步电机控制	(174)
7.3 机械手控制系统	(176)
7.4 自动售货机的控制	(178)
7.5 卸罐机控制系统	(180)
7.6 温度控制系统	(185)
习题与思考题	(193)
第八章 实验	(194)
实验一 上机操作练习	(194)
实验二 十字路口交通灯控制	(197)
实验三 乒乓球模拟比赛	(199)
实验四 三层楼电梯的控制	(201)
实验五 行车运行的自动控制	(203)
实验六 子程序调用	(204)
实验七 中断控制	(205)
实验八 寄存器的可调输入	(206)
附录	(208)
附录一 FP1 的 I/O 地址分配表	(208)
附录二 特殊内部继电器一览表	(209)
附录三 特殊数据寄存器一览表	(211)
附录四 系统寄存器一览表	(212)
附录五 OP 功能表	(214)
附录六 键盘指令表	(215)
附录七 非键盘指令表	(216)
附录八 高级指令表	(218)
附录九 输入规格表	(228)
附录十 晶体管输出规格表	(228)
附录十一 继电器输出规格表	(229)
参考文献	(230)

第一章 概 述

1.1 可编程控制器的产生

随着计算机科学技术的迅速发展和普及,无论是在科学计算,还是在企业管理及工业控制等方面,计算机技术都起着十分重要的作用,并已深入到国民经济的各个领域。在 20 世纪 60 年代,计算机技术开始应用到工业控制领域;然而,由于计算机的技术复杂,对于不熟悉计算机语言的工程技术人员来说,编程不易掌握,加之计算机价格昂贵等原因,限制了计算机在工业控制领域的广泛应用。

在市场经济的推动下,人们要求工业产品品种齐全、质量优越、性能稳定、运行可靠、使用方便等。为适应市场的需求,工业产品的品种和型号就要不断地更新换代,从而使产品的生产线及其控制系统不断地修改或再设计。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,其优点是简单易懂、操作方便、价格较低;缺点是硬设备多、接线复杂。修改一条生产线,要更换许多硬设备,进行复杂的接线,既浪费了许多硬设备又延长了施工周期,增加了产品的成本。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,使其保留继电器接触器控制系统的优点,吸收计算机技术的功能丰富、控制灵活、通用性强等优点。在修改或设计控制系统时,尽量减少硬设备,简化接线,缩短修改或设计周期,降低生产成本;把计算机的编程和程序的输入加以简化,使编程语言面向用户,面向工业控制;这种新型的通用控制设备要适于在工业环境下运行。根据上述要求,1968 年,美国通用汽车公司(GM)液压部,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) 可靠性高于继电器控制系统。
- (4) 设备体积要小于继电器控制柜。
- (5) 数据可以直接送给管理计算机。
- (6) 成本可与继电器控制系统相竞争。
- (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,称为可编程控制器,在通用汽车公司(GM)的汽车装配线上试验获得成功。由于这种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

触器控制系统,因此在短时间内可编程控制器的应用很快就扩展到其他工业领域。

美国电气制造商协会(NEMA)经过4年的调查,于1980年把这种控制器正式命名为可编程控制器(Programmable Controller),英文缩写为PC。为了与个人计算机PC(Personal Computer)相区别,往往在PC中加入L(Logical)而写成PLC。本书将可编程控制器称为PLC。

国际电工委员会(IEC)于1982年颁布了可编程控制器标准草案第一稿,1987年2月颁布了第三稿,对可编程控制器定义如下:

可编程控制器是一种实现数字运算操作的电子系统,专为在工业环境下应用而设计的。它采用可编程的存储器,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设备,都应按易于与工业控制系统形成一个整体,易于扩展其功能的原则设计。

可编程控制器的出现,立即引起了各国的注意。日本于1971年引进了可编程控制器技术;德国于1973年引进了可编程控制器技术。我国于1973年开始研制可编程控制器,1977年应用到工业生产线上。

1.2 可编程控制器的发展

可编程控制器经过二十多年的发展,现已形成了完整的工业控制器产品系列,从初期的仅有计时、计数及逻辑运算等简单功能,发展到目前的具有接近于计算机的强有力的软硬件功能,如浮点运算、数据传送和比较、文件传送、诊断、逻辑判断、中断控制、人机对话及网络通讯等功能。随着半导体工艺的进步,使PLC的产品外观尺寸日趋小型化、组合化,从而为机电一体化产品提供了基础。目前,PLC产品已成为控制领域中最常见、最重要的控制装置之一,它代表了当前电子程控技术的发展潮流,其应用已渗透到国民经济的各个领域,正发挥着日益明显的重要作用,因而在世界各国受到越来越高度的重视。根据日本电气自控机器工业协会(NECA)的调查表明,PLC技术、CAD/CAM和工业机器人将成为实现工业自动化的三大支柱,是控制领域中不可缺少的战略性产品,日本将发展和应用PLC技术作为基本国策之一。

美国权威杂志《控制工程》(Control Engineering)1989—1990年汇总了6640家工业企业的工业控制资料,进行了专项调查,结果表明,自1987年到1989年间,PLC的应用从73%增加到89%。调查还指出,今后PLC在生产过程控制中的应用还将大幅度地增加,其市场年增长率将保持在两位数。由此可见PLC在工业各领域中应用前景之广泛!

以美国GM公司为例,1987年其工业区安装了近2万台PLC,2千台工业机器人,若包括可编程智能设备,总数近4万台。至1990年上述设备增长了5倍达20万台之多,实现了工厂全面自动化。

目前,世界上各类PLC的生产厂家达二百余家,仅美国就有近百家,其中著名的厂家有A·B、GE、DEC、MODICON、GOULD等公司,仅A·B公司一家就占了美国国内市场总销售量的40%。日本的主要厂商有TI、西屋、三菱、富士、立石等公司。德国的主要厂商有SIEMENS、BBC、AEG等公司。

通常PLC机以输入输出点(I/O)的多少进行分类。I/O点在64个以下的称为超小型机;

I/O 点在 64 - 256 点的为小型机; I/O 点在 256 - 2 048 点的为中型机; I/O 点在 2 048 点以上的为大型机。PLC 的 I/O 点数越多, 其存储容量越大, 功能也越强。

1980 年, 美国可编程控制器年会曾指出, PLC 将朝着两个方向发展。一个发展方向是向着大型化、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, 并通过下级 PLC 控制执行机构; 操作台上可配备 Factory Master 数据采集系统和分析系统及 VieMaster 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发展方向是朝着小型化、超小型化方向发展。微处理器的出现, 标志着电子技术, 特别是集成电路技术的飞跃, 它为 PLC 的发展带来了深刻的影响; 为 PLC 机向小型化、超小型化发展提供了条件。PLC 的小型、超小型产品, 适合小型分散、低要求的市场, 以适应单机控制和机电一体化的要求, 机电一体化的关键是控制器的超小型化。根据调查, 美国机床行业采用的超小型机几乎占了 PLC 机市场的四分之一, 就范围和数量而言, 超小型机的常规应用还远未达到饱和, 今后还会有更大的应用市场。以日本松下电工公司的 FP1 小型机为例, 该产品有 C16 ~ C72 多种规格, 已形成系列化。虽然是小型机, 但性能价格比较高, 其硬件配置较齐全。除主机外, 可加扩展模块对 I/O 口进行扩展, I/O 点可以扩展到几百个点; 机内设有高速计数器, 输入频率可高达 1 kHz; 输出端可输出频率可调的脉冲信号; 有 8 个中断源可进行中断控制; 设有 RS - 232C 接口, 可以和微机进行通信; 并可通过 NPST 和 FPWIN 开发软件在微机上用梯形图或指令语句进行编程。

FP1 的指令较丰富, 多达 150 多条。除能进行一般的逻辑运算、算术运算、计时、计数外, 可进行 8 位、16 位、32 位数据的传输和变换。控制指令包括: 中断控制指令、子程序调用指令、跳转指令等等, 此外还有许多特殊功能指令, 如脉冲输出、高速计数、输入延时滤波、脉冲捕获、凸轮控制、步进控制等指令。丰富的指令为用户提供了极大的方便。

PLC 机在基本控制方面的编程语言采用梯形图编程。美国、英国、日本的梯形图都已标准化; 法国目前采用专用编程语言 GRA - FCET; 德国采用 DIN40719 标准编程语言。国际电工委员会(IEC)在规划 PLC 的编程语言时认为: 主要的程序组织语言是顺序执行功能表。功能表的每个动作和转换条件可以运用梯形图编程, 这种方法使用方便, 容易掌握, 很受电气技术人员的欢迎, 也是 PLC 能迅速推广使用的一个重要因素。然而, 它在处理一些较复杂的运算及通信和打印报表时显得效率低, 灵活性差, 尤其是用于通信时更显得笨拙, 因此, 在原来梯形图编程语言的基础上加入了高级语言, 如 BASIC、PASCAL、C、FORTRAN 等语言, 至于采用哪种语言则与特定的硬件有关。

PLC 的编程工具一般以三种类型来满足不同层次的需要: ①手持式或简易式编程器, 供电气技术人员使用; ②便携式图形编程器, 具有一定支持功能, 价格较适中; ③CRT 图形编程器, 具有良好的编辑功能和支持功能, 但价格较贵。目前多数 PLC 厂商都为自己的产品开发了梯形图编程软件, 可以在个人微机上对 PLC 进行编程。

1.3 可编程控制器的特点及应用领域

一、PLC 的特点

1. 可靠性高

可编程控制器采用了微电子技术,大量的开关动作由无触点的半导体集成电路完成。内部处理过程不依赖于机械触点,而是通过对存储器的内容进行读或写来完成,因此不会出现继电器接触器控制系统的接线老化、触点接触不良、触点电弧等现象。此外,在制造工艺上加强了抗干扰措施。如在输入、输出端口均采用了光电隔离,使外部电路与内部电路之间避免了直接电的联系,可有效地抑制外部电磁干扰。PLC 还具有完善的自诊断功能,检查判断故障方便,因而便于维修。PLC 特殊的外壳封装结构,使其具有良好的密封、防尘、抗振等作用,因此可以工作在环境恶劣的工业现场。由于 PLC 具有高可靠性,其平均故障时间约为 2~5 万小时。

2. 编程简单

PLC 的最大特点是采用了易学易懂的梯形语言。它是以计算机软件技术构成人们已习惯的继电器模型,形成一套独具风格的、以继电器线路图为基础的形象编程语言。梯形图语言的电路符号和表达方式与继电器接触器电路接线图相当接近,只用 PLC 的几十条开关量逻辑指令就可以实现继电器接触器电路的功能。只要通过如阅读 PLC 的使用手册或接收短期培训,电气操作人员就可以编制用户程序。正因为如此,PLC 才能够迅速普及。

梯形图语言实际是一种面向用户的高级语言。PLC 在执行梯形图程序时,通过解释程序将它“翻译”成汇编语言去执行。与直接用汇编语言编写相比,虽然执行时间要长一些,但对大多数自动控制系统来说是微不足道的。

3. 通用性好

PLC 是通过软件来实现控制的。同一台 PLC 可用于不同的控制对象,只需改变软件就可以实现不同的控制要求,充分体现了灵活性、通用性。

各种 PLC 都有各自的系列化产品。同一系列 PLC,不同机型功能基本相同,可以互换,可以根据控制要求进行扩展,包括容量扩展、功能扩展,可以进一步满足控制需要。

4. 功能强大

PLC 不仅可以完成逻辑运算、计数、定时功能,还可以完成算术运算以及 A/D、D/A 转换等。PLC 最广泛的应用场合是对开关量进行逻辑运算和顺序控制,同时还可以应用于对模拟量的控制。

PLC 可以控制一台单机,一条生产线,还可控制一个机群,多条生产线;可以现场控制,也可远距离控制;可控制简单系统,也可控制复杂系统。在大系统控制中,PLC 可以作为下位机与上位机或在同级的 PLC 之间进行通信,完成数据的处理和信息交换,实现对整个生产过程的信息控制和管理。

5. 体积小、功耗低

由于 PLC 采用半导体集成电路,因此具有体积小、质量轻、功耗低的特点,而且设计结构紧凑坚固,易于装入机械设备内部,是实现机电一体化的理想控制设备。

6. 设计施工周期短

使用 PLC 完成一项控制工程,在系统设计完成以后,现场控制柜(台)等硬件的设计及现场施工和 PLC 程序设计可以同时进行。PLC 的程序设计可以在实验室里进行模拟调试,输入信号可通过外接小开关送入;输出信号可通过观察 PLC 主机面板上相应的发光二极管获得。程序设计好后,再将 PLC 安装在现场进行统调。

由于 PLC 用软件取代继电器接触器控制系统中大量的中间继电器、时间继电器、计数器等低压电器,使整个的设计、安装、接线工作量大大减少。又由于 PLC 程序设计和硬件的现场施工可同时进行,因此大大缩短了施工周期。

二、PLC 的应用领域

随着微电子技术的快速发展,PLC 的制造成本不断下降,而功能却大大增强。目前,在先进工业国家中 PLC 已成为工业控制的标准设备,应用的领域已覆盖了所有工业企业。概括起来主要应用在以下几个方面。

1. 开关量的逻辑控制

开关量逻辑控制是工业控制中应用最多的控制,PLC 的输入和输出信号都是通/断的开关信号。对控制的输入、输出点数可以不受限制,从十几个到成千上万个点,可通过扩展实现。在开关量的逻辑控制中,PLC 是继电器接触器控制系统的替代产品。

用 PLC 进行开关量控制遍及许多行业,如机床控制、电机控制、电梯运行控制、冶金系统的高炉上料、汽车装配线、啤酒灌装生产线等。

2. 模拟量控制

PLC 能够实现对模拟量的控制。如果配上闭环控制(PLD)模块后,可对温度、压力、流量、液面高度等连续变化的模拟量进行闭环过程控制,如锅炉、反应堆、水处理、酿酒等。

3. 机械运动控制

PLC 可采用专用的运动控制模块,对伺服电机和步进电机的速度与位置进行控制,以实现对各种机械(如金属切削机床、数控机床、工业机器人等)的运动控制。

4. 通信、联网及集散控制

PLC 通过网络通信模块及远程 I/O 控制模块,可实现 PLC 与 PLC 之间的通信、联网和与上位计算机的通信、联网;实现 PLC 分散控制、计算机集中管理的集散控制(又称分布式控制),增加系统的控制模块,甚至可以使整个工厂实现生产自动化。

5. 数据处理

许多 PLC 具有很强的数学运算(包括逻辑运算、矩阵运算、函数运算),数据传送、转换、排序、检索等功能;还可以完成数据采集、分析和处理。这些数据可以与存储器中存储的参数相比较,也可以传送给其他智能装置或传送给打印机打印制表。较复杂的数据处理一般用大、中型控制系统实现。

1.4 可编程控制器的性能指标与分类

PLC 的性能通常是由一系列技术指标综合评价的。PLC 的品种繁多,型号和规格也不统一,功能也不尽相同。为了对 PLC 的性能指标能有一个全面了解,应对 PLC 进行类别划分。

一、PLC 的主要性能指标

1. I/O 点数

I/O 点数即输入、输出端子的个数。这些端子可通过螺钉与外部设备相连接。I/O 点数是 PLC 的重要指标, I/O 点数越多表明可以与外部相连接的设备越多, 控制规模越大。PLC 的 I/O 点数一般包括主机 I/O 点数和最大扩展 I/O 点数。一台主机 I/O 点数不够时, 可外接 I/O 扩展单元。一般扩展单元内只有 I/O 接口电路、驱动电路, 而没有 CPU。它通过总线电缆与主机相接, 由主机 CPU 进行寻址, 因此最大扩展能力受主机最大扩展点数的限制。例如, 松下电工的 FP1 - C40 型主机的 I/O 点数为 24/16 (输入 24 点, 输出 16 点), 可再扩展两个 40 点的 I/O 单元, 最大 I/O 点数为 120 点。

2. 程序容量

程序容量决定了存放用户程序的长短。在 PLC 中程序是按“步”存放的, 1 条指令少则 1 步, 多则十几步。1 步占用 1 个地址单元, 1 个地址单元占用 2B。例如, 一个程序容量为 1 000 步的 PLC, 可推知其容量为 2KB。一般中、小型 PLC 的程序容量为 8KB 以下; 大型 PLC 程序容量可达几 MB。

3. 扫描速度

如前所述, PLC 的基本工作原理是采用循环扫描方式, 扫描周期由输入采样、程序执行和输出刷新 3 个阶段构成, 主要与用户程序的长短有关。为了衡量 PLC 的扫描速度, 一般以执行 1 000 步指令所用的时间作为标准, 即 ms/千步, 也有时以执行 1 步所用的时间作为标准, 即 $\mu\text{s}/\text{步}$ 。如松下电工的 FP1 型 PLC 的扫描速度均为 $1.6 \mu\text{s}/\text{步}$ 。

4. 指令条数

不同的厂家生产的 PLC 指令条数是不同的。指令条数多少是衡量 PLC 软件功能强弱的重要指标。指令越多, 编程功能越强。一般分为基本指令和高级指令两部分。松下电工 FP1 系列 PLC 具有基本指令近 80 条, 高级指令 100 余条。其丰富的指令, 使编程更加简捷、容易, 给用户带来方便。

5. 内部继电器和寄存器

一个硬件功能较强的 PLC, 内部继电器和寄存器的种类比较多, 例如, 具有特殊功能的继电器可以为用户程序设计提供方便, 因此内部继电器、寄存器的配置是 PLC 的一个重要指标。

6. 特殊功能及高级模块

随着现代工业控制的发展, 对控制的方式和手段提出了更多、更新的要求。PLC 为扩大其应用范围, 开发出了品种繁多的特殊功能及高级模块。特殊功能如脉冲捕捉、高速计数、脉冲输出等; 高级模块, 如 A/D 和 D/A 转换模块、温度控制模块、高级语言编辑模块等。

二、PLC 的分类

PLC 的品种很多, 型号、规格也不统一, 结构形式、功能范围各不相同, 一般按外部特性进行分类如下。

(一) 按结构形式分类

1. 整体式结构

整体式 PLC 是将 I/O 接口电路、CPU、存储器、稳压电源封装在一个机壳内, 机壳两侧分装

有输入、输出接线端子和电源进线端,并在相应端子接有发光二极管以显示输入、输出状态。此外,还有编程器、扩展单元接口插座等。整体式结构的特点是结构紧凑、体积小、质量轻、价格低,便于装入设备内部。小型 PLC 常采用这种结构。

2. 模块结构

模块式 PLC 为总线结构,在总线板上有若干个总线插槽,每个插槽上可安装一个 PLC 模块。不同的模块实现不同的功能,可根据控制系统的要求配置相应的模块,如 CPU 模块(包括存储器)、电源模块、输入模块、输出模块以及其他高级模块、特殊功能模块等。模块式结构特点:系统配置灵活、对被控对象应变能力强、易于维修,一般大、中型 PLC 采用这种结构。

(二) 按 I/O 点数分类

按 I/O 点数可分为微型机、小型机、中型机和大型机 4 类。

1. 微型机

I/O 点数在 64 点以内,程序存储容量小于 1 KB。具有逻辑运算功能,并有定时、计数等功能。但随着微电子技术的发展,有的微型机功能也十分强大,如松下 FP0 - C10,最小点数为 10 点(输入 6 点,输出 4 点),通过扩展可达 58 点,体积很小,近似于香烟盒,但功能却十分强大,它所具有的一些特殊功能甚至小型机也没有。由于超小型机的尺寸可镶嵌在小型机器或控制机箱上,因此有着十分广泛的应用领域。

2. 小型机

I/O 点数在 64 ~ 256 点之间,程序存储容量小于 3.6 KB。它不但具有逻辑运算、定时、计数等基本功能,而且有少量模拟量 I/O、通信等功能;结构形式多为整体式。小型 PLC 是应用最多的产品。

3. 中型机

I/O 点数在 256 ~ 2 048 点之间,程序存储容量小于 13 KB。它可完成较为复杂的系统控制。结构形式多为模块式。

4. 大型机

I/O 点数在 2 048 点以上,程序存储容量大于 13 KB。强大的通信联网功能可与计算机构成集散型控制,以及更大规模的过程控制,形成整个工厂的自动化网络。大型机结构形式为模块式。

(三) 按功能分类

PLC 的功能各不相同,大致可分为低挡机、中挡机和高挡机。

1. 低挡机

低挡机主要以逻辑运算为主,可实现顺序控制、条件控制、定时和计数控制。有的具有少量的模拟量 I/O、数据传送及通信等功能。低挡机一般用于单机或小规模生产过程。

2. 中挡机

中挡机扩大了低挡机的定时、计数范围,加强了对开关量、模拟量的控制,提高了数字运算能力,如整数和浮点数运算、数制转换、中断控制等,而且加强了通信联网功能。可用于小型连续生产过程的复杂逻辑控制和闭环调节控制。

3. 高挡机

在中挡机基础上扩大了函数运算、数据管理、中断控制、智能控制、远程控制能力,进一步加强了通信联网功能。高挡机适用于大规模的过程控制。

进入 21 世纪以来,PLC 发展更加迅速,大型机的计算机化已成为当今的发展趋势。微型机、小型机的功能有的已达到大、中型机的水平。以上分类并不严格,仅供参考。

习题与思考题

- 1.1 PLC 的定义是什么?
- 1.2 PLC 发展至今经历了几个时期,每个时期的主要特点是什么?
- 1.3 PLC 的发展趋势如何?
- 1.4 PLC 的主要特点和应用领域是什么?
- 1.5 PLC 的主要性能指标是什么?
- 1.6 PLC 有哪几类?

第二章 可编程控制器的结构及原理

可编程控制器实质上是一种工业控制专用计算机,其系统的实际组成与微机基本相同,一般由以下五个部分组成:

- (1) 中央处理器。进行逻辑和数学运算,控制整个系统使之协调地工作。
- (2) 存储器。用于存放系统的监控程序、用户程序、逻辑变量和一些其他信息。
- (3) 接口电路。它是 PLC 与现场设备以及外围设备的联系通道,如输入/输出接口、键盘/显示接口、通信接口和扩展接口等等。
- (4) 输入/输出电路。输入电路用来对输入信号进行隔离和电平转换;输出电路用来对 PLC 的输出结果进行放大和电平转换,驱动现场设备。
- (5) 电源。包括系统电源、备用电源和掉电保护电源等。

PLC 的结构示意图,如图 2-1 所示。

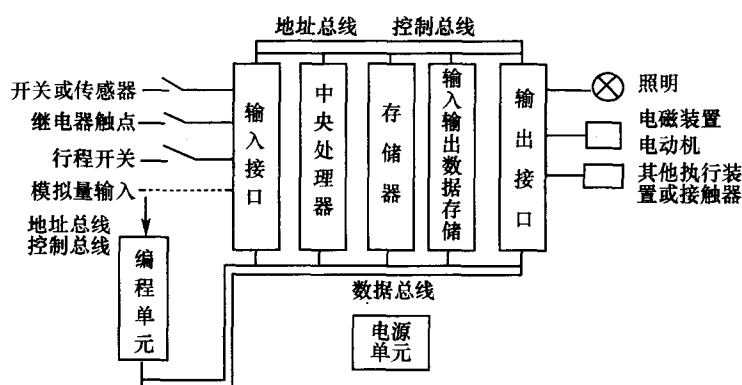


图 2-1 PLC 结构示意图

2.1 中央处理器

PLC 的中央处理器 CPU 和通用微机 CPU 一样,它在 PC 控制系统中的作用类似于人体的中枢神经,控制所有其他部件的操作。CPU 一般由运算器、控制电路和寄存器组成,这些电路都集成在一个电路芯片上,并通过地址总线、数据总线和控制总线与存储器、输入/输出接口电路相连接。

CPU 按照 PLC 中系统程序所赋予的功能工作:接收并存储从编程器或编程软件输入的用户程序和数据;用扫描方式接收现场输入设备的状态或数据,并将输入状态或数据存入输入状态表或数据寄存器中;诊断电源、PLC 内部电路的工作状态和编程过程中的语法错误等;PLC

在进入运行状态后,从存储器中逐条读取用户程序,经过指令解释后按指令规定的任务产生相应的控制信号,去启闭有关的控制门电路,分时、分渠道地去执行数据的存取、传送、组合、比较和变换等操作,完成用户程序中规定的逻辑或算术运算等任务;根据运算结果更新有关标志位的状态和输出状态寄存器的内容,然后根据输出状态寄存器或数据寄存器的内容,实现对输出的控制、制表打印或数据通信等功能。

PLC 常用的 CPU 主要采用通用的微处理器、单片机和双极型位片式微处理器。通用微处理器常用的是 8 位或 16 位机,如 Z80A、8085、8086、6502、M6800、M6809、M68000 等。单片机常用的有 8031、8039、8049、8051、8098 等。双极型位片式微处理器常用的有 AM2900、AM2901、AM2903 等。

小型 PLC 中,多采用 8 位微处理器和单片机;中型 PLC 中,多采用 16 位微处理器和单片机;大型 PLC 中,多采用高速位片机。

在低挡 PLC 机中,采用 Z80A 作为 CPU 较为普遍,Z80A 用于 PLC 中有以下优点:

(1) Z80(或 Z80A)CPU 及其配套芯片价廉、普及、通用,用此芯片制成的 PLC,给维修及推广普及带来了方便。

(2) Z80 有独立的 I/O 指令,且指令的格式较短,有利于缩短扫描周期。

(3) 由于 Z80 的 I/O 指令格式较短,相应的 I/O 设备编码也较短,因此,相应的译码电路较简单。

(4) 由于 Z80 的 I/O 地址采用存储器映射方式,因而在设计系统程序时,对 I/O 与存储器的寻址容易区别。

自 1976 年美国 Intel 公司推出单片机以来,已有不少 PLC 产品采用单片机作为 CPU。例如日本三菱公司 F 系列的 PLC 就是采用了 MCS-48 系列单片机 8039 和 8049 作为微处理器。1980 年,Intel 公司推出了 MCS-51 系列单片机,其集成度更高,功能更强。1983 年该公司又研制出字长为 16 位,运行速度比 MCS-51 系列更快的 MCS-96 系列单片机,为 PLC 的开发和应用带来了美好的前景。用单片机做 PLC 的 CPU 有以下特点:

(1) 高集成度。以 MCS-51 系列中的 8051 为例,其芯片中包含了 4 KB 的 ROM,128B 的 RAM,4 个 8 位并行口,1 个全双工串行口,2 个 16 位定时/计数器和 1 个功能很强的中央处理器。

(2) 高可靠性。单片机属于工业品,能在常温下工作;单片机的总线大多在芯片内部,不易受干扰,且单片机应用系统体积小,容易采取屏蔽等措施,故可靠性比较高。

(3) 高功能、高速度。在 MCS-51 系列单片机的指令系统中具有算术、逻辑运算指令,转移指令及位操作功能,时钟频率可达 12 MHz。

(4) 价格低。由于有以上优点,使其在销售市场上很受欢迎,因而产量大,价格也低廉。

在大型的 PLC 产品中,大多采用位片式微处理器,如 AB 公司的 PLC 2/20,GE 公司的 GE-VI,歌德公司的 MICRO984,西门子公司的 S5-150U 等等。位片式微处理器主要有以下优点:

(1) 速度快。位片式微处理器采用双极型工艺,所以比一般的 MOS 型微处理器在速度上快一个数量级。

(2) 灵活性强。单片机的字长、结构和指令系统是固定的,而位片机具有 CPU 一切必要的部件,位片的宽度有 2 位,4 位和 8 位等。用几个位片进行级联,可组成任意位长的微机。