



普通高等教育“十五”国家级规划教材

(高职高专教育)

可编程控制器 技术教程

(第2版)

吕景泉 主编



高等教育出版社

普通高等教育“十五”国家级规划教材
(高职高专教育)

可编程控制器技术教程

第2版

吕景泉 主编

高等教育出版社

内容提要

本书是普通高等教育“十五”国家级规划教材(高职高专教育),也是国家级精品课程可编程序控制技术的应用教材之一。

本书借鉴了德国高职教材特点,注重技能培养,增加了程序设计指导和项目练习单元,给出了一些深入浅出的工程实例。本书具有全套的国家级精品课程可编程序控制技术网上资源支撑,读者可以通过网上资源进行学习。

本书共6章:可编程控制器概述、西门子公司可编程控制器的系统特性与硬件组成、S7-200的编程与程序设计、S7-300的编程与程序设计、可编程控制器控制系统的设计与现场维护、可编程控制器技术的展望。

本书可作为高职高专院校的电气工程类、机电一体化类、机械自动化类的学生用书,也可作为工程技术人员参考读物。

图书在版编目(CIP)数据

可编程控制器技术教程/吕景泉主编.—2版.—北京:高等教育出版社,2006.1

ISBN 7-04-018103-7

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

中国版本图书馆CIP数据核字(2005)第132965号

策划编辑 孙杰 责任编辑 贺玲 封面设计 王凌波 责任绘图 宗小梅
版式设计 王艳红 责任校对 胡晓琪 责任印制 杨明

出版发行 高等教育出版社

社址 北京市西城区德外大街4号

邮政编码 100011

总机 010-58581000

经销 蓝色畅想图书发行有限公司

印刷 北京北苑印刷有限责任公司

购书热线 010-58581118

免费咨询 800-810-0598

网址 <http://www.hep.edu.cn>

<http://www.hep.com.cn>

网上订购 <http://www.landaco.com>

<http://www.landaco.com.cn>

畅想教育 <http://www.widedu.com>

开本 787×1092 1/16

印张 13.75

字数 330 000

版次 2001年8月第1版

2006年1月第2版

印次 2006年1月第1次印刷

定价 17.60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 18103-00

出版说明

为加强高职高专教育的教材建设工作,2000年教育部高等教育司颁发了《关于加强高职高专教育教材建设的若干意见》(教高司[2000]19号),提出了“力争经过5年的努力,编写、出版500本左右高职高专教育规划教材”的目标,并将高职高专教育规划教材的建设工作分为两步实施:先用2至3年时间,在继承原有教材建设成果的基础上,充分汲取近年来高职高专院校在探索培养高等技术应用性专门人才和教材建设方面取得的成功经验,解决好高职高专教育教材的有无问题;然后,再用2至3年的时间,在实施《新世纪高职高专教育人才培养模式和教学内容体系改革与建设项目计划》立项研究的基础上,推出一批特色鲜明的高质量的高职高专教育教材。根据这一精神,有关院校和出版社从2000年秋季开始,积极组织编写和出版了一批“教育部高职高专规划教材”。这些高职高专规划教材是依据1999年教育部组织制定的《高职高专教育基础课程教学基本要求》(草案)和《高职高专教育专业人才培养目标及规格》(草案)编写的,随着这些教材的陆续出版,基本上解决了高职高专教材的有无问题,完成了教育部高职高专规划教材建设工作的第一步。

2002年教育部确定了普通高等教育“十五”国家级教材规划选题,将高职高专教育规划教材纳入其中。“十五”国家级规划教材的建设将以“实施精品战略,抓好重点规划”为指导方针,重点抓好公共基础课、专业基础课和专业主干课教材的建设,特别要注意选择一部分原来基础较好的优秀教材进行修订使其逐步形成精品教材;同时还要扩大教材品种,实现教材系列配套,并处理好教材的统一性与多样化、基本教材与辅助教材、文字教材与软件教材的关系,在此基础上形成特色鲜明、一纲多本、优化配套的高职高专教育教材体系。

普通高等教育“十五”国家级规划教材(高职高专教育)适用于高等职业学校、高等专科学校、成人高校及本科院校举办的二级职业技术学院、继续教育学院和民办高校使用。

教育部高等教育司

2002年11月30日

前言

本书是普通高等教育“十五”国家级规划教材(高职高专教育),也是国家级精品课程可编程序控制技术的教材,为高等职业技术教育工科类教学用书。本书是在多年从事可编程序控制技术的教学、培训及科研的基础上编写而成的。

本书以技术技能应用型人才培养目标为依据,同时吸收了德国高职教材的优点,注重技能培养。

本书的另一个特色是针对当前市场上众多的 PLC 产品型号,选取了应用广泛的世界著名 PLC 厂商 SIEMENS 的最新产品为重点介绍机型,同时在编写中增加了程序设计指导和项目练习单元,使读者不仅能掌握指令,而且还能够利用指令完成实际控制中的任务,并给出程序设计的思路,打破了此类书籍的纯技术手册的模式。同时,本书结合编者多年的工程实际经验,给出了一些深入浅出的工程实例,让读者更好地开阔眼界,了解 PLC 技术的综合应用。

本书的最大特色是具有全套的国家级精品课程可编程序控制技术的网上资源支撑,读者可以通过网上资源的学习和辅导,更加全面地掌握该技术的各种应用,教师和读者可以通过网上电子教案、网上教学录像、网上教学课件、网上试卷丰富教学内容,提高教学效果(精品课程的网址: www.zdtj.cn; 点击国家级精品课栏目)。

本书作为第 2 版,在修改完善内容和编排的基础上,将 2004 年精品课制作过程取得的经验和成果纳入了本次修订之中,使本书作为高等职业教育工科类教学和培训用书的特色更加鲜明,更加注重技能培养。

全书共 6 章,总课时为 80 学时,各院校可依据实际情况决定内容的取舍。

本书由天津中德职业技术学院的老师编写,具体分工为吕景泉(第 1、2、5、6 章)、刘宝玖(第 4 章)、孙海维和姚吉(第 3 章)。吕景泉任主编,刘宝玖任副主编,全书由吕景泉统稿。

本书适应面广,技术针对性强,图文并茂,可作为高职高专、高等工科院校以及电大、职大的电气工程类、机电一体化类、机械自动化类学生用书,也可作为工程技术人员的参考读物。

本书修订版承蒙北京工商大学郭兴朴教授审阅,他对书稿进行了仔细审阅,并提出了不少宝贵意见和建议,天津中德职业技术学院(中德培训中心)的领导对本书的修订给予了大力支持,在此一并表示衷心的感谢。

限于作者水平,书中难免有缺点和不当之处,敬请专家、同仁和广大读者给予批评指正。

编者

目 录

第 1 章 可编程控制器概述	1
1.1 引言	1
1.2 可编程控制器的分类及特点	3
1.2.1 可编程控制器的分类	3
1.2.2 可编程控制器的特点	4
1.3 可编程控制器的结构与工作原理	7
1.3.1 可编程控制器的基本组成	7
1.3.2 可编程控制器的循环扫描工作 原理	8
1.3.3 可编程控制器的 I/O 滞后现象	11
1.4 可编程控制器与其他控制系统的 比较	11
1.4.1 可编程控制器与继电器控制系 统的比较	11
1.4.2 可编程控制器与集散控制系 统的比较	12
1.4.3 可编程控制器与工业控制计 算机的比较	12
1.5 可编程控制器的应用	13
1.6 可编程控制器的发展趋势	14
思考与练习	15
第 2 章 西门子可编程控制器的 系统特性与硬件组成	16
2.1 西门子 SIMATIC S5 系列	16
2.1.1 西门子 S5-90U 与 S5-95U	16
2.1.2 西门子 S5-100U	16
2.1.3 西门子 S5-115U	17
2.1.4 西门子 S5-135U 和 S5-155U	19
2.1.5 西门子 STEP 5 语言	20
2.1.6 西门子 SIMATIC S5 程序结构	20
2.1.7 西门子 SIMATIC S5 编程器	22
2.2 西门子 SIMATIC S7 系列	23
2.2.1 西门子 SIMATIC S7-200	24
2.2.2 西门子 SIMATIC S7-300	28
2.2.3 西门子 SIMATIC S7-400	40
2.2.4 西门子 SIMATIC S7 的编程 软件	42
2.2.5 西门子 STEP 7 的程序结构	43
2.2.6 西门子 SIMATIC S7 的编程器	45
思考与练习	45
第 3 章 S7-200 的编程与程序设计	46
3.1 编址	46
3.1.1 SIMATIC S7-200 输入/输 出点	46
3.1.2 SIMATIC S7-200 输入/输出 编址	47
3.2 S7-200 指令系统	53
3.2.1 二进制逻辑操作	53
3.2.2 定时、计数及算术运算指令	58
3.2.3 其他常用指令	60
3.3 SIMATIC S7-200 应用举例	64
3.3.1 交流电动机正向/反向运行控制 程序	64
3.3.2 交流绕线异步电动机 Y/Δ 启动 运行控制程序	66
3.4 S7-200 的编程器操作	69
思考与练习	72
第 4 章 S7-300 的编程与程序设计	73
4.1 S7-300 PLC 指令的基本结构	73
4.1.1 S7-300 PLC 的寄存器结构	73
4.1.2 S7-300 PLC 的指令结构	75
4.1.3 S7-300 PLC 指令中操作数 的结构	76
4.1.4 S7-300 PLC 中数据的类型	78
4.1.5 S7-300 PLC 的编址	80
4.2 基本位逻辑指令	82
4.2.1 位逻辑运算指令	83
4.2.2 位逻辑运算指令编程指导	92
4.2.3 定时器指令	97
4.2.4 定时器编程指导	103

4.2.5 计数器指令	104	设计原则	173
4.2.6 计数器编程指导	107	5.2 可编程控制器控制系统的可靠性设计	175
4.3 数字指令	107	5.3 可编程控制器控制系统的故障特性及故障诊断	179
4.3.1 装入和传送指令	108	5.3.1 故障特性	179
4.3.2 比较指令	112	5.3.2 故障诊断	180
4.3.3 转换指令	114	5.3.3 S7-300 的中断和故障处理	182
4.3.4 算术运算指令	117	5.4 可编程控制器控制系统故障诊断实例	183
4.3.5 字逻辑运算指令	119	5.4.1 故障跟踪与检测的程序设计	183
4.4 控制指令	120	5.4.2 故障信息处理的程序设计	185
4.4.1 逻辑控制指令	120	5.5 可编程控制器控制量输出方法	189
4.4.2 程序控制指令	122	5.5.1 控制量输出的一般方法	189
4.5 S7-300 程序的基本结构	123	5.5.2 模拟量输出信号的量值整定	190
4.5.1 用户程序中的块	123	5.5.3 S7-300 模拟量的处理	191
4.5.2 组织块和程序结构	124	思考与练习	193
4.5.3 用户程序中调用的分层结构	127	第 6 章 可编程控制器技术的展望	195
4.5.4 块类型和循环程序执行	128	6.1 可编程控制器的发展趋势	195
4.5.5 用于中断程序处理的组织块	133	6.2 可编程控制器的新技术	196
4.6 STEP 7 程序设计	140	6.2.1 西门子可编程控制器的网络	196
4.6.1 程序结构设计	140	6.2.2 S7-300 的 MPI 网与通信模板	199
4.6.2 数据结构设计	147	6.2.3 S7 系列可编程控制器与计算机设备的通信	201
4.6.3 STEP 7 应用程序的编制	147	6.2.4 PROFIBUS 现场总线	204
4.7 STEP 7 编程软件使用介绍	149	6.2.5 可编程控制器的操作与监视系统	207
思考与练习	163	思考与练习	212
第 5 章 可编程控制器控制系统的 设计与现场维护	165	参考文献	213
5.1 可编程控制器控制系统的总体设计	165		
5.1.1 可编程控制器的选型问题	165		
5.1.2 用可编程控制器构成控制系统的一般设计步骤	168		
5.1.3 可编程控制器控制系统的总体			

第1章

可编程控制器概述

1.1 引言

可编程控制器的起源可以追溯到 20 世纪 60 年代。20 世纪 60 年代末,由于市场的需要,工业生产开始从大批量、少品种的生产方式转变为小批量、多品种的生产方式。这种生产方式在汽车生产中得到充分的体现,而当时汽车组装生产线的控制是采用继电器控制系统的,这种控制系统体积大,耗电多,特别是改变生产程序很困难。为了改变这种状况,1968 年,美国通用汽车 (GM) 公司对外公开招标,要求用新的电气控制装置取代继电器控制系统,以便适应迅速改变生产程序的要求。该公司为新的控制系统提出 10 项指标:

- 1) 编程方便,可现场修改程序。
- 2) 维修方便,采用插件式结构。
- 3) 可靠性高于继电器控制装置。
- 4) 体积小于继电器控制盘。
- 5) 数据可直接送入管理计算机。
- 6) 成本可与继电器控制盘竞争。
- 7) 输入可为市电。
- 8) 输出可为市电,容量要求在 2 A 以上,可直接驱动接触器等。
- 9) 扩展时原系统改变最少。
- 10) 用户存储器大于 4 KB。

这 10 项指标实际上就是现在可编程控制器的最基本的功能。

核心思想:

- 用计算机代替继电器控制盘
- 用程序代替硬接线
- 输入/输出电平可与外部装置直接相连
- 结构易于扩展

1969 年,美国 DEC 公司研制出第一台可编程控制器 PDP-14,运用在 GM 公司生产线上获得成功,并立即引起了开发热潮,其后日本、德国等相继加入。1971 年,日本从美国引进了这项新技术,很快研制成了日本第一台可编程控制器 DCS-8。1973 年,德国也研制出自己的第一台

可编程控制器。我国从 1974 年开始研制,1977 年开始工业应用。可编程控制器迅速发展起来。但这一时期它主要用于顺序控制,虽然也采用了计算机的设计思路,但实际只能进行逻辑运算,故称为可编程逻辑控制器,简称 PLC(Programmable Logic Controller)。

可编程控制器的诞生:

- 1969 年,美国研制出世界第一台 PDP-14
- 1971 年,日本研制出第一台 DCS-8
- 1973 年,德国研制出第一台可编程控制器
- 1974 年,中国研制出第一台可编程控制器

Programmable Logic Controller→PLC

进入 20 世纪 80 年代,随着微电子技术和计算机技术的迅猛发展,可编程控制器有了突飞猛进的发展。其功能已远远超出逻辑控制、顺序控制的范围,故称为可编程控制器简称 PC(Programmable Controller)。但由于 PC 容易和个人计算机(Personal Computer)混淆,故人们仍习惯地用 PLC 作为可编程控制器的缩写。

可编程控制器是一种数字运算操作的电子系统,专为工业环境下应用而设计。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、记数和算术运算等操作的指令,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连成一个整体、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,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,其灵活标准的配置能够适应工业上的各种控制。在实际应用时,其硬件可根据实际需要选用配置,其软件则需要根据控制要求进行设计。

目前,为了适应大中小型企业不同需要,进一步扩大 PLC 在工业自动化领域的应用范围,PLC 正朝着以下两个方向发展:

1) 低档 PLC 向小型、简易、廉价方向发展,能更加广泛地取代功能简单的继电器控制。例如,LOGO(图 1-1)是西门子公司开发的通用逻辑控制器,其尺寸仅为 72 mm×90 mm×55 mm,可提供 6 个输入和 4 个输出,具有时间、计数、加减等各种程序功能和 PC 电缆接口。

2) 中、高档 PLC 向大型、高速、多功能方向发展,能取代工业控制微机的部分功能,对大规模、复杂系统进行综合性的自动控制。例如西门子 S7-400 PLC 系列(图 1-2)。

从 PLC 的发展趋势看,PLC 控制技术将成为今后工业自动化的主要手段。在未来的工业生产中,PLC 技术、机器人技术、CAD/CAM 和数控技术将成为实现工业自动化化的四大支柱技术。

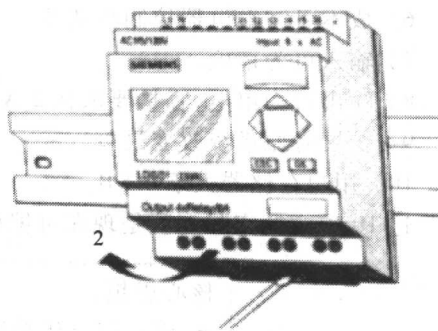


图 1-1 西门子 LOGO PLC

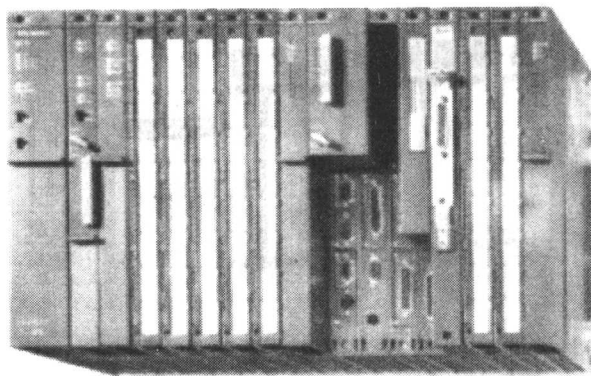


图 1-2 西门子 S7-400 PLC

1.2 可编程控制器的分类及特点

1.2.1 可编程控制器的分类

可编程控制器发展很快,全世界有几百家工厂正在生产几千种不同型号的 PLC。从组成结构形式上可以将这些 PLC 分为两类:一类是一体化整体式的 PLC(图 1-3),另一类是标准模板式的 PLC(图 1-4)。OMRON 公司的 C20P、C40P、C60P,三菱公司的 F1 系列,东芝公司的 EX20/40 系列和 AB 公司的 SLC500 等都属于前者,其特点是电源、CPU 中央处理系统、I/O 接口都集成在一个机壳内。OMRON 公司的 C200H、C1000H、C2000H,AB 公司的 PLC5 系列产品,MODICON984 系列产品,西门子的 S5-100U、S5-115U、S7-300、S7-400 PLC

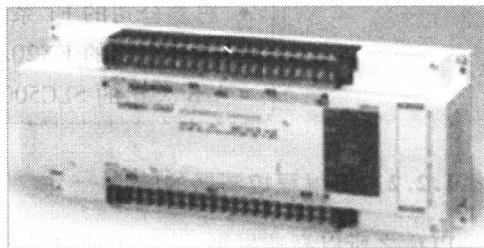


图 1-3 一体化整体式 PLC

机则都属于后者,它们的电源模板、CPU 模板、开关量 I/O 模板、模拟量 I/O 模板等在结构上是相互独立的,可根据具体的应用要求选择合适的模板,安装在固定的机架或导轨上,构成一个完整的 PLC 应用系统。

按 I/O 点数及内存容量可将 PLC 分为以下几类:

- 1) 超小型 PLC:I/O 点数小于 64 点,内存容量在 256 B ~ 1 KB。
- 2) 小型 PLC:I/O 点数在 65 ~ 128 点,内存容量在 1 ~ 3.6 KB。

小型及超小型 PLC 在结构上一般是一体化整体式的,主要用于中等容量的开关量控制,具有逻辑计算、定时、计数、顺序控制、通信等功能。

- 3) 中型 PLC:I/O 点数范围在 129 ~ 512 点,内存容量在 3.6 ~ 13 KB。

中型 PLC 除具有小型、超小型 PLC 的功能外,还增加了数据处理能力,适用于小规模的综合

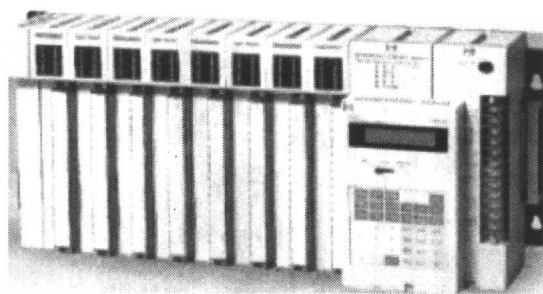


图 1-4 标准模板式 PLC

控制系统。

4) 大型 PLC: I/O 点数范围在 513 ~ 896 点, 内存容量在 13 KB 以上。

5) 超大型 PLC: I/O 点数在 896 点以上, 内存容量在 13 KB 以上。

大型和超大型 PLC 除具有中、小型 PLC 的功能外, 还增强了编程终端的处理能力和通信能力, 适用于多级自动控制和大型分散控制系统。

PLC 的分类:

整体式 PLC

- OMRON 的 C20P
- 三菱公司的 F1 系列
- 东芝公司的 EX20/40
- AB 公司的 SLC500

标准式 PLC

- OMRON 的 C200H
- AB 公司的 PLC5
- SIEMENS 的 S5 - 100U
- SIEMENS 的 S7 - 300

1.2.2 可编程控制器的特点

PLC 之所以高速发展, 除了工业自动化的客观需要外, 还有许多适合工业控制的独特优点, 它较好地解决了工业控制领域中普遍关心的可靠、安全、灵活、方便、经济等问题, 其主要特点如下。

(1) 可靠性高、抗干扰能力强

PLC 是专为工业控制而设计的, 可靠性高、抗干扰能力强是它的最重要的特点之一。PLC 的平均故障间隔时间可达几十万小时。

一般由程序控制的数字电子设备产生的故障常有两种。一种是由于外界恶劣环境, 如电磁干扰、超高温、超低温、过电压、欠电压等引起的未损坏系统硬件的暂时性故障, 称为软故障, 另一种是由多种因素而导致元器件损坏引起的故障, 称为硬故障。

PLC 的循环扫描工作方式能在很大程度上减少软故障的发生。一些高档 PLC 采用双 CPU 模板并行工作, 即使有一个 CPU 模板出现故障, 系统也能正常工作, 同时故障 CPU 模板还可修复或更换。例如, OMRON C2000H PLC (图 1-5) 的双机系统在环境极为苛刻而又非常重要的控制中, 提供了完全的热备冗余。双机系统中的第二个 CPU 与一个可靠的切换单元连在一起, 而

这个切换单元能完成真正的无扰动切换,使控制可平缓地转到第二个 CPU 上。西门子 S5 - 115H PLC 不仅 CPU 模板是冗余的,系统中用的所有模板也都可以是冗余的,这样就极大地增加了应用系统的整体可靠性。除此之外,PLC 还采用了一系列的硬件和软件的抗干扰措施。

硬件方面:隔离是抗干扰的主要手段之一。在微处理器与 I/O 电路之间,采用光电隔离措施,有效地抑制了外部干扰源对 PLC 的影响,同时还可以防止外部高电压进入 CPU 模板。滤波是抗干扰的又一主要措施。对供电系统及输入线路采用多种形式的滤波,可消除或抑制高频干扰。用良好的导电、导磁材料屏蔽 CPU 等主要部件可减弱空间电磁干扰。此外,对有些模板还设置了联锁保护、自诊断电路等。

软件方面:一是设置故障检测与诊断程序。PLC 在每一次循环扫描过程的内部处理期间,检测系统硬件是否正常,锂电池电压是否过低,外部环境是否正常,如掉电、欠电压等。二是状态信息保护功能。当软故障条件出现时,立即把现状态重要信息存入指定存储器,软硬件配合封闭存储器,禁止对存储器进行任何不稳定的读写操作,以防存储信息被冲掉。这样,一旦外界环境正常后,便可恢复到故障发生前的状态,继续原来的程序工作。

由于采取了以上抗干扰措施,PLC 的可靠性、抗干扰能力大大提高,可以承受幅值为 1 000 V、上升时间为 1 ns、脉冲宽度为 1 μ s 的干扰脉冲。

(2) 编程简单、使用方便

这是 PLC 的又一重要特点。考虑到企业中一般电气技术人员和技术工人的读图习惯和应用微机的实际水平,目前大多数的 PLC 采用继电器控制形式的梯形图编程方式,这是一种面向生产、面向用户的编程方式,与常用的微机语言相比更容易被操作人员接受和掌握。通过阅读 PLC 的使用手册或短期培训,电气技术人员可以很快熟悉梯形图语言,并可编制一般的用户程序。配套的简易编程器的操作和使用也很简单。另外,随着个人计算机的普及,各生产厂家都开发了可在通用计算机上运行的编程软件,可方便地实现通用计算机与 PLC 之间的通信。这也是 PLC 近年来获得迅速普及和推广的原因之一。

针对具体问题,设计者可采用梯形图(图 1 - 6)语言、语句表(图 1 - 7)语言、功能图(图 1 - 8)语言等进行编程工作。

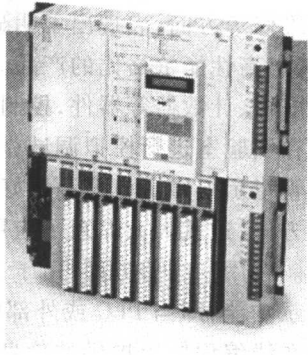


图 1 - 5 具有冗余功能的 OMRON C2000H PLC

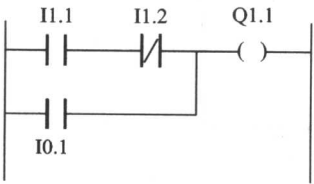


图 1 - 6 PLC 梯形图语言

A	I1.1
AN	I1.2
O	
A	I0.1
=	Q1.1

图 1 - 7 PLC 语句表语言

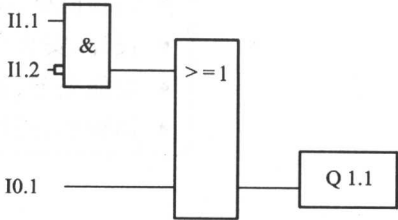


图 1 - 8 PLC 功能图语言

(3) 设计、安装容易,维护工作量少

由于 PLC 已实现了产品的系列化、标准化和通用化,用 PLC 组成控制系统,在设计、安装、调试和维修等方面,表现出了明显的优越性。设计部门能在规格繁多、品种齐全的 PLC 系列产品中,选出高性能价格比的产品。PLC 用软件功能取代了继电器控制系统中大量的中间继电器、时间继电器、计数器等器件,控制柜的设计、安装接线工作量大为减少。PLC 的用户程序大部分也可以在实验室进行模拟调试,用模拟试验开关代替输入信号,其输出状态可通过 PLC 上的发光二极管指示得知。模拟调试好后再将 PLC 控制系统安装到生产现场,进行联机调试,既安全,又快捷方便,这就大大缩短了应用设计和调试周期,特别是在老厂控制系统的技术改造中更能发挥优点。在用户维修方面,由于 PLC 本身的故障率极低,维修工作量很小;并且 PLC 有完善的诊断和显示功能,即当 PLC 或外部的输入装置和执行机构发生故障时,可以根据 PLC 上的发光二极管或在线编程器上提供的信息,迅速地查明原因,如果是 PLC 本身的故障,可以用更换模板的方法迅速排除,因此维修极为方便。

(4) 功能完善、通用性强

现代 PLC 不仅具有逻辑运算、定时、计数、顺序控制等功能,而且还具有 A/D、D/A 转换,数值运算和数据处理等功能。因此,它既可对开关量进行控制,也可对模拟量进行控制;既可以控制单台设备,也可以控制一条生产线或全部生产工艺过程。PLC 还具有通信联网功能,可与相同或不同类型的 PLC 联网,并可与上位机通信构成分布式的控制系统。由于 PLC 产品的系列化和模板化,PLC 配备有品种齐全的多种硬件装置供用户选用,能满足各种控制系统的要求和适应各种生产过程多变的工艺流程。

(5) 体积小、能耗低

以西门子中型 PLC S7-300 为例,CPU314 模板可以扩展为 512 点开关量,64 路模拟量,其外形尺寸为 80 mm × 125 mm × 130 mm,重量仅 0.53 kg,消耗功率 8 W。通过图 1-9 可以想像到 PLC 的体积有多小。由于体积小,PLC 很容易装入机械设备内部,是实现机电一体化的理想控制设备。

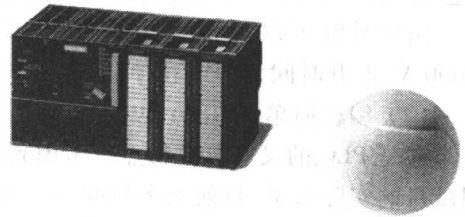


图 1-9 网球与 PLC

PLC 的优越性:

- 可靠性高,抗干扰能力强
- 编程简单、使用方便
- 设计、安装容易,维护工作量少
- 功能完善、通用性强
- 体积小、能耗低

1.3 可编程控制器的结构与工作原理

通过前面的讨论可以知道 PLC 实质上是一种专用于工业控制的计算机,它的硬件结构基本上与微型计算机(PC)相同,但其工作过程却与 PC 有些差异。

1.3.1 可编程控制器的基本组成

可编程控制器的基本控制系统硬件构成简图如图 1-10 所示。其中,可编程控制器的基本组成由虚线框内的四部分组成。

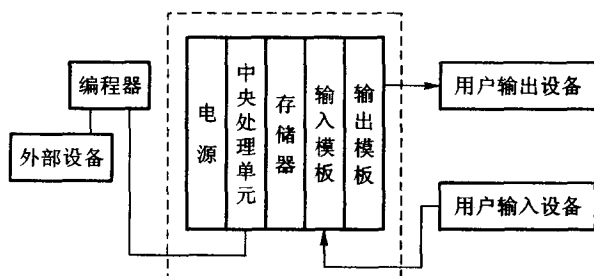


图 1-10 PLC 控制系统结构简图

1. 中央处理单元(CPU)

它是可编程控制器的神经中枢,是系统的运算、控制中心。它按照系统程序所赋予的功能,完成以下任务:

- 1) 接收并存储用户程序和数据。
- 2) 用扫描的方式接收现场输入设备的状态和数据。
- 3) 诊断电源、PLC 内部电路工作状态和编程过程中的语法错误。
- 4) 完成用户程序中规定的逻辑运算和算术运算任务。
- 5) 更新有关标志位的状态和输出状态寄存器的内容,实现输出控制、制表打印或数据通信等功能。

2. 存储器

存储器用来存储数据或程序,它包括随机存取的存储器 RAM 和在工作中只能读出、不能写入的存储器 EPROM。RAM 中的用户程序可以用 EPROM 写入器写入到 EPROM 芯片中。写入了用户程序的 EPROM 又可以通过外部接口与主机连接,然后让主机按 EPROM 中的程序运行。EPROM 是可擦写可编程的只读存储器,如果存储的内容不需要时,可以用紫外线擦除器擦除,重新写入新的程序。

由于 PLC 的软件由系统软件和应用软件构成,因此 PLC 的存储器可分为系统程序存储器和用户程序存储器。存放应用程序的存储器称为用户程序存储器。不同类型的 PLC 其存储容量各不相同,但根据工作原理,存储空间一般包括以下三个区域:

(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。它包括监视程序、管理程序、命令解释程序、功能子程序、系统诊断程序等。由制造商将其固化在 EPROM 中,用户不能直接存取。

(2) 系统 RAM 存储区

系统 RAM 存储区包括 I/O 映象区以及各类软设备(如各种逻辑线圈、数据存储器、计时器、累加器、变址寄存器等)存储区。

(3) 用户程序存储区

用户程序存储区存放用户编制的应用控制程序。不同类型的 PLC,其存储容量各不相同。有些 PLC 的存储容量可以根据用户的需要加以改变,如三菱公司的 FX2 系列 PLC,其用户程序存储器除了主机单元已有的 2 KB 的 RAM 以外,用户还可以根据需要使用 4 KB 或 8 KB 的 RAM、EPROM 加以扩展。

3. 输入/输出(I/O)模板

它是 CPU 与现场 I/O 设备或其他外设的桥梁。PLC 提供了具有各种操作电平与输出驱动能力的 I/O 模板和各种用途的功能模板供用户选用。

一般 PLC 均配置 I/O 电平转换及电气隔离。输入电平转换是用来将输入端的不同电压或电流信号源转换成微处理器所能接收的低电平信号;输出电平转换是用来将微处理器控制的低电平信号转换为控制设备所需的电压或电流信号;电气隔离是在微处理器与 I/O 回路之间采用的防干扰措施。

I/O 模板既可以与 CPU 放置在一起,又可远程放置。一般 I/O 模板具有 I/O 状态显示和接线端子排。另外,有些 PLC 还具有一些其他功能的 I/O 模板,如串/并行变换、数据传递、A/D 或 D/A 转换及其他功能控制等模板。

4. 电源

PLC 配有开关式稳压电源模板,用来对 PLC 的内部电路供电。

1.3.2 可编程控制器的循环扫描工作原理

PLC 运行时,内部要进行一系列操作,大致可分为四大类:以故障诊断、通信处理为主的公共操作,联系工业现场的数据输入和输出操作,执行用户程序的操作以及服务于外部设备的操作(如果外部设备有中断请求)。

与其他计算机系统一样,PLC 的 CPU 是采用分时操作的原理,每一时刻执行一个操作,随着时间的延伸一个动作接一个动作顺序地进行,这种分时操作过程称为 CPU 对程序的扫描。PLC 的用户程序由若干条指令组成,指令在存储器中按序号顺序排列。CPU 从第一条指令开始,顺序逐条地执行用户程序,直到用户程序结束,然后返回第一条指令开始新一轮的扫描。PLC 就是这样周而复始地重复上述的扫描循环。

除了执行用户程序之外,在每次扫描过程中还要完成输入、输出处理等工作。扫描一次所用的时间称为扫描周期。扫描周期与用户程序的长短和扫描速度有关,典型值为 1 ~ 100 ms。

PLC 接通电源后,在进行循环扫描之前,PLC 首先确定自身的完好性,这是起始操作的主要工作。PLC 进行清零或复位处理,消除各元件状态的随机性;检查 I/O 单元连接是否正确;启动监控定时器 T0,执行一段涉及到各种指令和内存单元的程序,如果所用的时间不超过 T0,则可证

实自身完好,否则系统关闭。此后,将监控定时器 T0 复位,允许扫描用户程序。

下面根据图 1-11,看一看 PLC 在系统程序管理下是如何进行公共操作、数据 I/O 操作、执行用户程序操作、处理外设请求操作的。

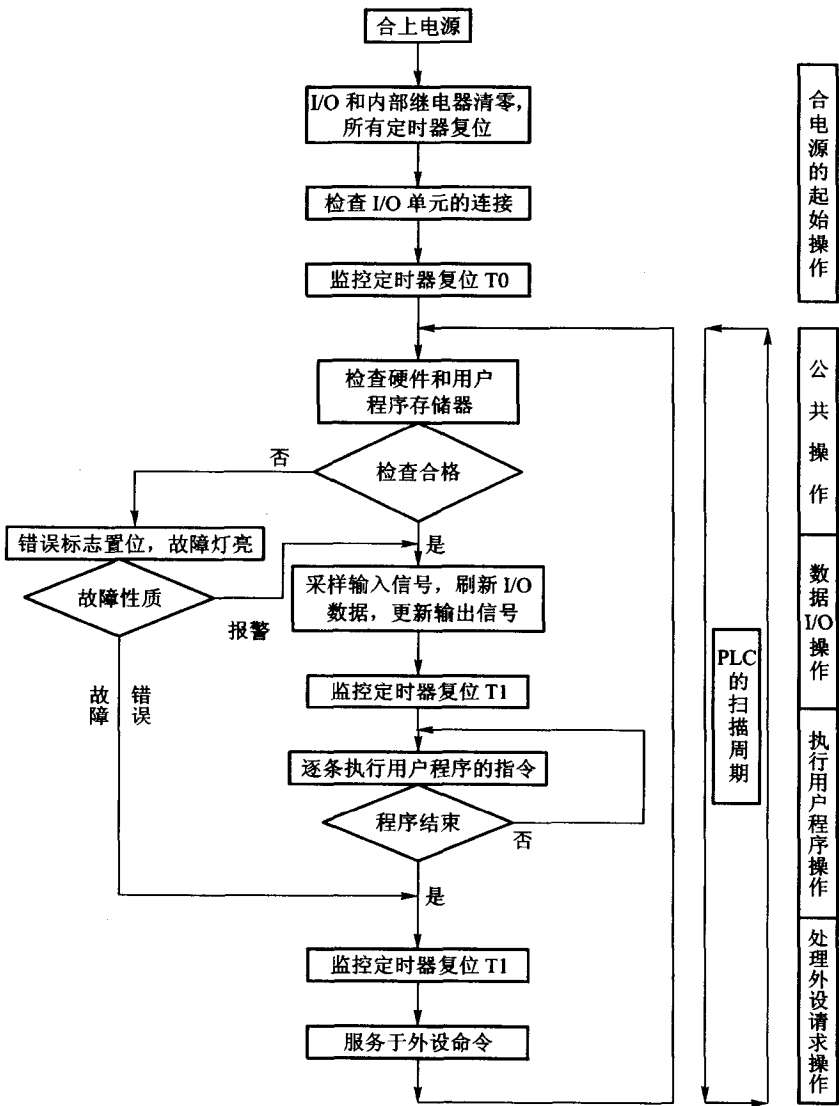


图 1-11 PLC 的工作过程

1. 公共操作

公共操作是在每次扫描程序前进行的自检,若发现故障,除了故障灯亮之外,还可判断故障性质。一般性故障,只报警不停机,等待处理;严重故障,则停止运行用户程序,此时 PLC 切断一切输出联系。

2. 数据 I/O 操作

数据 I/O 操作也称为 I/O 状态刷新。它包括两种操作,一是采样输入信号,即刷新输入状态表的内容;二是送出处理结果,即用输出状态表的内容刷新输出电路。

为了更清楚地理解这类操作,我们再观察一下 PLC 处理 I/O 信号的过程,如图 1-12 所示。

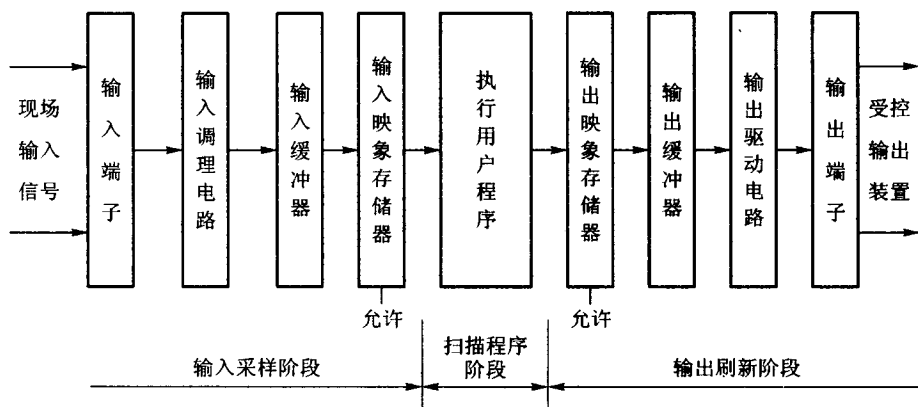


图 1-12 PLC 扫描过程示意图

(1) 输入映像存储器及其刷新

PLC 的神经中枢 CPU 不能直接与外部接线端子打交道。送入到 PLC 端子上的输入信号,经过调理电路(包括电平转换、光电隔离、滤波处理等)进入缓冲器等待采样,没有 CPU 采样“允许”,外界输入信号不能进入内存。在 PLC 的存储器中,有一个专门存放 I/O 的数据区,其中对应于输入端子的数据区,称为输入映像存储器。当 CPU 采样时输入信号由缓冲区进入映象区,这就是数据输入状态刷新。

只有在采样时刻,输入映像存储器中的内容才与输入信号一致,其他时间范围内输入信号变化不会影响输入映像存储器的内容。由于 PLC 扫描周期一般只有几十毫秒,所以两次采样间隔很短,对一般开关量来说,可以认为没有因间断采样引起的误差,即认为输入信号一旦变化,就能立即进入输入映像存储器内。但对于实时性很强的应用,由于循环扫描而造成的输入延迟就必须考虑。

(2) 输出映像存储器及输出状态刷新

同样道理,CPU 不能直接驱动负载。当前处理的结果放在输出映像存储器内。在程序执行结果后(或下次扫描用户程序前),才将输出映象区的内容通过锁存器输出到端子上。这步操作称为输出状态刷新。

扫描后的输出状态,要保持到下次刷新为止。同时,对于变化较慢的控制过程来说,因为两次刷新的时间间隔和输出电路的惯性时间常数一般才几十毫秒,可以近似认为输出信号是即时的。但在某些场合下,应考虑输出的滞后现象。

(3) I/O 状态表

I/O 映象存储器中的内容构成 I/O 状态表。状态表中的内容就是执行用户程序计算处理的依据。其中,输入状态由采样时刷新;输出状态根据扫描执行用户程序逐个更新。每一逻辑或算术计算,都以当前的 I/O 状态表中的内容为依据,计算的结果送至相应的输出状态表中,中间结