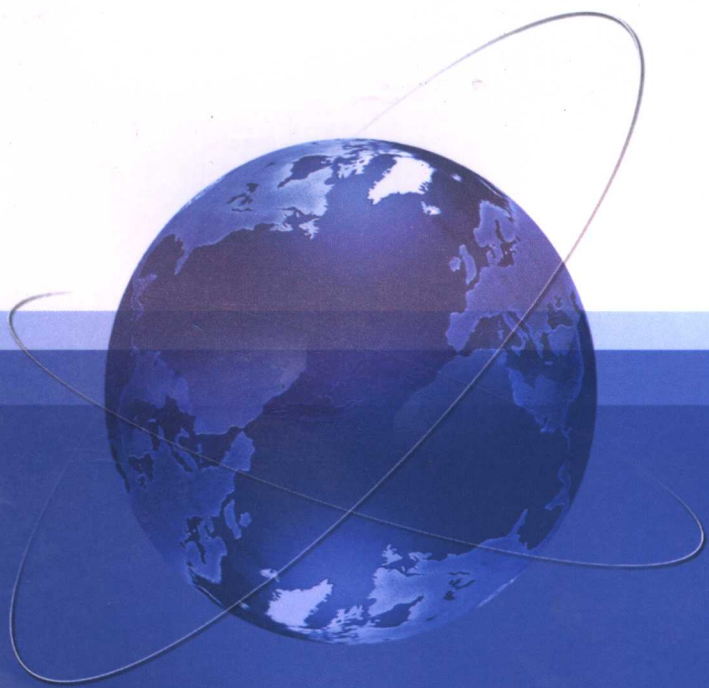





21世纪高职高专规划教材

(电工电子类)

可编程序控制器 及其应用



王成福 主编

 机械工业出版社
CHINA MACHINE PRESS



配多媒体课件



21世纪高职高专规划教材
(电工电子类)

可编程序控制器及其应用

主 编 王成福
副主编 任俊杰 邵 杰
参 编 黄 敏 庄晓龙



机械工业出版社

本书从工程应用出发,重点以 OMRON 公司 CPM2A 系列可编程序控制器为例,介绍 PLC 的工作原理和编程方法,强调软件和硬件的有机结合,突出 PLC 应用能力的培养。本书由浅入深,循序渐进地介绍了 PLC 概述、CPM2A/CPM1A 系列 PLC 的构成、CPM2A 的基本指令、编程器和编程软件的使用、CPM2A 的常用应用指令、PLC 控制系统设计、梯形图程序设计方法、CPM2A 组网通信、指令编程练习、综合性设计训练、西门子 S7—200 系列 PLC 简介。本书力求做到对 CPM2A 应用知识介绍的全面性,并将理论教学与实验、实训相结合,达到举一反三的目的,使学生全面掌握 PLC 的应用。

本书可作为高职高专院校应用电子、自动化、机电一体化专业的教材,也可作为相关专业师生和工程技术人员的参考用书。

本书配有多媒体课件,凡一次性购书 30 本以上者免费赠送一份多媒体课件。请与本书责任编辑余茂祚联系(联系电话 010—88379759)。

图书在版编目(CIP)数据

可编程序控制器及其应用/王成福主编. —北京:机械工业出版社,2006.5
21 世纪高职高专规划教材(电工电子类)
ISBN 7-111-19062-9

I. 可… II. 王… 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(2006)第 041667 号

机械工业出版社(北京市百万庄大街 22 号 邮政编码 100037)
策划编辑:余茂祚
责任编辑:余茂祚 版式设计:冉晓华 责任校对:程俊巧
封面设计:饶薇 责任印制:洪汉军
北京京丰印刷厂印刷
2006 年 7 月第 1 版·第 1 次印刷
184mm×260mm·13.75 印张·339 千字
0 001—3 000 册
定价:21.00 元

凡购本书,如有缺页、倒页、脱页,由本社发行部调换
本社购书热线电话(010)68326294
编辑热线电话(010)68354423
封面无防伪标均为盗版

21 世纪高职高专规划教材

编委会名单

编委会主任 王文斌

编委会副主任 (按姓氏笔画为序)

王建明	王明耀	王胜利	王寅仓	王锡铭
刘义	刘晶磷	刘锡奇	杜建根	李向东
李兴旺	李居参	李麟书	杨国祥	余党军
张建华	茆有柏	秦建华	唐汝元	谈向群
符宁平	蒋国良	薛世山	储克森	

编委会委员 (按姓氏笔画为序, 黑体字为常务编委)

王若明	田建敏	成运花	曲昭仲	朱强
刘莹	刘学应	许展	严安云	李连邨
李学锋	李选芒	李超群	杨飒	杨群祥
杨翠明	吴锐	何志祥	何宝文	余元冠
沈国良	张波	张锋	张福臣	陈月波
陈向平	陈江伟	武友德	林钢	周国良
宗序炎	赵建武	恽达明	俞庆生	晏初宏
倪依纯	徐炳亭	徐铮颖	韩学军	崔平
崔景茂	焦斌			

总策划 余茂祚

前 言

本书是根据教育部教高〔2000〕2号文件精神，由中国机械工业教育协会和机械工业出版社组织全国80多所院校编写的高职高专规划教材之一。

本书是由多年从事PLC应用工程项目开发和PLC课程教学的老师编写的。从高职学生的接收能力、课程的易学性和PLC工程应用出发，选择了OMRON公司近年推出的国内广泛应用的高性能、小型机CPM2A为主要教学背景，同时对西门子S7—200系列PLC进行简单介绍。本书力求做到对CPM2A应用知识介绍的全面性，以便使学生掌握关键技术，达到举一反三的目的。其中，重点介绍了PLC的组成、工作原理、内部器件、指令系统和编程方法；深入浅出地介绍了PLC I/O单元的内部电路特点、接口电路的设计、通信参数设置与组网、控制程序设计与调试方法等；在方法上，将继电器电路控制和PLC梯形图程序设计相对照，将理论教学、实验操作和综合性设计训练有机结合，将硬件设计与软件设计相结合，将使用方法介绍和计算机编程操作相结合，并列举了大量典型应用实例，有利于培养学生对PLC的实际应用能力。本书可作为高等职业技术教育工科类教学用书。

本书参考学时数为60学时，其中，理论教学为50学时，实验教学为10学时。另外，各院校还可根据需要安排1~2周时间进行综合性设计训练。

本书共分11章。第1、5、6、8、11章及附录由金华职业技术学院王成福编写，第2、7、9章由北京联合大学任俊杰编写，第3章由芜湖教育学院邵杰编写，第4章由金华职业技术学院黄敏编写，第10章由金华职业技术学院庄晓龙编写。

本书由王成福副教授任主编并统稿，他提出了全书的总体构思及编写的指导思想，任俊杰副教授和邵杰副教授任副主编。

在本书的编写过程中，先后得到中国机械工业教育协会、机械工业出版社和金华职业技术学院领导的大力支持，在此表示感谢。

由于编者水平有限，书中难免存在错误和不妥之处，恳请读者批评指正。

编 者

目 录

前言

第 1 章 PLC 概述 1

1.1 PLC 的产生与发展 1

1.2 PLC 的特点与应用领域 2

1.3 PLC 的基本组成 5

1.4 PLC 的编程语言 8

1.5 PLC 的工作方式 9

1.6 PLC 的主要性能指标 10

1.7 国内外主要 PLC 产品概况 10

复习思考题 11

第 2 章 CPM2A/CPM1A 系列

PLC 的构成 12

2.1 CPM2A 系列 PLC 的
基本组成 12

2.2 CPM2A 的继电器区
及数据区 16

2.3 CPM2A 功能简介 26

2.4 CPM1A 主机类型 40

2.5 CPM1A 的继电器区及
数据区 42

2.6 CPM1A 系列 PLC 功能简介 42

复习思考题 46

第 3 章 CPM2A 的基本指令 47

3.1 概述 47

3.2 常用基本指令 48

3.3 编程规则和编程方法 51

3.4 顺序控制和暂存指令 52

3.5 定时器和计数器指令 54

复习思考题 57

第 4 章 编程器和编程软件的使用 59

4.1 CQM1—PRO01 编程器
及其使用 59

4.2 计算机辅助编程 65
复习思考题 76

第 5 章 CPM2A 的常用应用指令 77

5.1 数据传送指令 77

5.2 数据比较指令 81

5.3 数据移位指令 84

5.4 数据转换指令 88

5.5 数据运算指令 91

5.6 子程序和中断控制指令 95

5.7 高速计数器指令 100

5.8 脉冲输出控制指令 104

5.9 步进控制指令 109

5.10 编程举例 110

复习思考题 113

第 6 章 PLC 控制系统设计 115

6.1 常用低压电器 115

6.2 PLC 机型的选择 120

6.3 减少 PLC 硬件投资的措施 121

6.4 PLC 与 I/O 设备的连接 124

6.5 提高 PLC 控制系统可靠性
的措施 125

复习思考题 128

第 7 章 梯形图程序设计方法 129

7.1 逻辑设计法 129

7.2 时序图设计法 132

7.3 经验设计法 134

7.4 顺序控制设计法 137

7.5 继电器控制电路图转换

设计法	151	10.4 PLC 用于园林植物灌溉控制 系统设计	177
7.6 具有多种工作方式的控制 程序设计	153	10.5 PLC 用于全自动洗衣机控制 系统设计	178
复习思考题	156	10.6 基于 PLC 的石料生产线控制 系统设计	178
第 8 章 CPM2A 组网通信	158	10.7 PLC 用于 2 种液体混料控制 系统设计	179
8.1 网络通信的基础知识	158	10.8 PLC 用于带式输送机集中控制 系统设计	179
8.2 CPM2A 的通信功能	161	10.9 基于 PLC 的智力竞赛抢答控制 器设计	180
8.3 CPM2A 的上位机链接 通信模式	164	第 11 章 西门子 S7—200 系列 PLC 简介	181
8.4 CPM2A 的 RS—232C 通 信模式	165	11.1 S7—200 系列 PLC 的 基本组成	181
8.5 IBM—PC 机和 CPM2A 通信举例	167	11.2 S7—200 系列 PLC 内部 器件	186
复习思考题	170	11.3 S7—200 系列 PLC 基本 指令	191
第 9 章 指令编程练习	171	11.4 STEP7—Micro/WIN32 编程软件 的使用	200
9.1 编程器和编程软件的 使用练习	171	复习思考题	203
9.2 基本指令编程练习	172	附录	204
9.3 定时器和计数器指令练习	173	附录 A CPM1A 的技术规格	204
9.4 移位寄存器指令练习	174	附录 B CPM2A 的技术规格	206
9.5 微分指令和锁存器指令 练习	174	附录 C OMRON 小型机指令表	209
第 10 章 综合性设计训练	176	参考文献	213
10.1 时序振打控制功能的电动机 控制系统设计	176		
10.2 十字路口交通灯控制 系统设计	176		
10.3 电梯控制系统设计	177		

第 1 章 PLC 概述

PLC 是一种集计算机技术、自动控制技术、通信技术于一体的新型自动控制装置。其功能强大、可靠性高、编程简单、使用方便、体积小、近年来在工业生产中得到了广泛应用，被誉为当代工业自动化的三大支柱（PLC、工业机器人、CAD/CAM）之一。

1.1 PLC 的产生与发展

1. PLC 的含义 早期的 PLC 只能进行开关量的逻辑控制，故称为可编程序逻辑控制器（Programmable Logic Controller），简称 PLC。后来的 PLC，其控制功能已经远远超出逻辑控制的范畴，于是人们把它称为 Programmable Controller，简称 PC。但个人计算机（Personal Computer）常简称为 PC（机），为了避免混淆，在大多数期刊和书籍上仍把可编程序控制器简称为 PLC。

2. PLC 的定义 对于 PLC 的定义，国际电工委员会（IEC——International Electrotechnical Commission）于 1982 年 11 月对 PLC 作出第 1 稿的标准草案，于 1985 年 1 月对 PLC 作出第 2 稿标准草案，又于 1987 年 2 月对 PLC 作出第 3 稿标准草案。IEC 频繁地对 PLC 修订标准草案，说明 PLC 发展迅速，功能不断增强。IEC 在可编程序控制器国际标准草案第 3 稿中对 PLC 的定义为：PLC 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。可编程序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。

3. PLC 概念的提出 1968 年，美国通用汽车公司（GM——General Motors）提出用一种新型控制装置替代继电器控制系统的设想，这种装置要把计算机的通用、灵活、功能完备与继电器控制的简单、易懂相结合。这种新型控制装置就是 PLC。

4. PLC 的发展 根据 GM 提出的设想，1969 年，美国数字设备公司（DEC——Digital Equipment Corporation）研制出世界上第 1 台 PLC，并在 GM 公司的汽车自动装配生产线上试用成功。1971 年，日本引进这项技术并开始生产 PLC。1973 年，德国和法国也研制出 PLC。1977 年，我国研制成功第 1 台 PLC。

20 世纪 80 年代、90 年代，随着微电子技术的发展，PLC 的处理速度和可靠性不断提高，控制功能不断增强，体积进一步缩小，成本大幅度下降。近几年生产的 PLC，不仅能进行逻辑控制，而且在模拟量的闭环控制、数字量的智能控制、数据采集、监控、通信联网及集散控制等方面都得到了广泛的应用。

目前，全世界生产 PLC 的公司约有 200 家，生产 300 多种产品。但有 7 家公司是举足轻重的，它们是美国 ROCKWELL 所属的 A-B 公司、GE-FANUC 公司，德国西门子公司（SIMENS），施耐德（Schneider）所属的美国 MODICON 公司、法国 TE 公司，日本的三菱公司（MITSUBISHI）、欧姆龙公司（OMRON）。

在中高端工业控制领域里一直存在着“四大名旦”之说，它们是西门子、罗克韦尔、施

耐德和通用电气 (GE—General Electric)。美国 MODICON 公司于 1997 年并入德国施耐德公司, 中国 TCL 于 2002 年以 820 万欧元收购了德国施耐德公司。据报导, 施耐德公司决定停止 MODICON 的 PLC 品牌的研发, 把原先的 MODICON 品牌全部改成 TE 品牌。

5. OMRON 公司 PLC 的发展情况 OMRON 公司的 PLC 在中国市场上的占有率位居前列, 下面简单介绍一下 OMRON 公司 PLC 的发展情况。20 世纪 80 年代初期, OMRON 的大、中、小型 PLC 分别是 C 系列的 C2000、C1000、C500、C120、C20。20 世纪 80 年代后期, OMRON 开发出 H 型 PLC, 大、中、小型对应应有 C2000H/C1000H、C200H、C60H/C40H/C28H/C20H; 20 世纪 90 年代初期, 推出了 CQM1 型 PLC; 1997 年推出了小型 CPM1A 机; 1998 年推出了 CVM1D 双机热备系统; 1999 年推出了小型机 CPM2A/CPM2C/CPM2AE 和 CQM1H 等。

1.2 PLC 的特点与应用领域

1.2.1 PLC 的主要特点

1. 灵活性和通用性强 只要通过修改程序, PLC 外部接线改动极少, 甚至不改动, 就能实现新的控制功能。

2. 抗干扰能力强、可靠性高 PLC 在软硬件方面采取了许多措施来提高其可靠性。

(1) 硬件方面采取的措施

1) 采用严格的屏蔽措施, 以防外界干扰。

2) 对供电系统采用多种形式的滤波, 以消除或抑制高频干扰。

3) 采用光电隔离措施, 有效地隔离了内部与外部电路间的直接联系。

4) 大中型 PLC 采用模块化结构, 一旦某一模块发生故障, 就可迅速更换, 以缩短系统故障的停机时间。

(2) 软件方面采取的措施

1) 监控程序检测到故障时, 立即把当前状态保存起来, 并禁止对程序的任何操作。故障排除后, 立即恢复故障前的状态, 继续执行程序。

2) PLC 设置了监视定时器, 如果程序执行时间超过设定值, 表明程序已进入死循环, 则立即报警。

3. 编程语言简单易学 PLC 采用梯形图语言编程, 简单易学, 使用者无需掌握计算机的软硬件知识。

4. 与外设连接简单 输入接口可直接与按钮、传感器相连, 输出接口可直接驱动继电器、接触器和电磁阀等。

5. PLC 功能强、扩展方便 不仅具有条件控制、计数、定时和步进等控制功能, 而且还能完成 A/D、D/A 转换, 数字运算和数据处理及运动控制等, 还具有联网通信功能。PLC 的功能扩展极为方便, 可根据需要灵活配置硬件模块。

6. 控制系统设计、调试时间短。

7. 体积小、重量轻, 易于实现机电一体化。

1.2.2 PLC 与其他工业控制装置的比较

1. PLC 与继电器控制逻辑的比较 继电器控制逻辑是针对一定的生产机械、固定的生产工艺设计的, 利用继电器机械触点的串联或并联及延时继电器的滞后动作等组合成控制逻辑, 其连线多而复杂, 存在体积大、功耗大的问题; 机械触点动作时间较长, 一般需要几十

毫秒,还存在机械抖动问题;触点开闭时会受到电弧的损坏,并有机机械磨损,存在寿命短、可靠性差的问题。一旦继电器控制系统构成后,想再改变或者增加控制功能都很困难,通常需要重新设计、重新配线,但具有价格比较便宜的优点。而 PLC 由于应用了微电子技术和计算机技术,各种控制功能都是通过软件来实现的,只要改变程序并改动少量外部接线,就可适应生产工艺的改变。从适应性、可靠性、方便性及设计、安装、调试、维护、体积和功耗等方面比较,PLC 都有显著优势。因此,除了某些非常简单的控制场合外,传统的继电器控制逻辑必将被 PLC 所取代。

2. PLC 与单片机系统的比较 单片机具有结构简单、价格便宜、响应速度快和适应范围较广等优点,一般用于工作环境较好的数字采集和工业控制领域。但由于单片机不是专门针对工业现场控制而设计,与 PLC 相比有以下缺点:

1) 不如 PLC 容易掌握。单片机用于控制系统必须进行硬件电路设计和专用指令编程,这就要求设计人员具有一定的计算机硬件和软件的知识,对于只熟悉机电控制的技术人员来说,需要相当一段时间的学习才能掌握。而 PLC 本身是专为工业现场控制设计的微机应用系统,提供给用户使用的是接口端子和电控人员所熟悉的梯形图语言,对于使用者来说,不必去关心微机的一些技术问题,只要用较短时间去熟悉 PLC 的指令系统、接口连接与操作方法,就能应用到工业控制现场。

2) 不如 PLC 使用简单。单片机用于现场控制,必须考虑现场设备与主机的连接、接口的扩展、输入输出信号的处理和接口工作方式等问题,除了要设计控制程序外,还要在外围做很多软件和硬件方面的工作,系统调试工作也比较麻烦。而 PLC 的 I/O 接口已经做好,输入接口可以直接和某些输入设备相连,输出接口具有一定的驱动能力,可以直接驱动某些负载。

3) 不如 PLC 可靠。用单片机进行工业控制,突出问题就是抗干扰能力差,设计者必须具有一定的现场控制和抗干扰处理经验,才能处理好单片机系统的抗干扰问题,否则在运行过程中容易出现死机现象。而 PLC 在硬件和软件上都采取了抗干扰措施,如光电耦合、自诊断、多个 CPU 并行操作和冗余控制技术等,使用者一般不需要专门考虑抗干扰措施,就可以直接在工业环境中使用。

3. PLC 与工业控制计算机的比较 工业控制计算机是通用微机为了适应工业生产控制要求而发展起来的一种控制设备,简称工业 PC,目前主要有 IPC 工控机和 Compact PCI 工控机 2 种类型。工业 PC 在硬件结构方面具有总线标准化程度高、兼容性强的优点,且软件资源丰富,特别是有实时操作系统的支持,故对要求快速、实时性强、模型复杂、计算工作量大的工业对象的控制占优势。但是,使用工业 PC 控制生产工艺过程,要求开发人员具有较高的计算机专业知识和微机编程能力。另外,工业 PC 毕竟是由通用微机发展而来的,若完全适应恶劣的生产现场,还必须在软件和硬件方面进行抗干扰处理。而 PLC 最初是针对工业顺序控制应用发展而来的,硬件结构专用性强、通用性差,很多优秀软件也不能直接应用,必须经过二次开发。但是,PLC 因其易学、易懂、工作可靠性高、控制通用性强而得到广泛应用。尽管现代 PLC 在模拟信号处理、数值运算和实时控制等方面均有较大提高,但在模型复杂、计算量大、实时性要求较高的应用场合,工业控制计算机则更能发挥其专长。

4. PLC 与集散控制系统的比较 集散控制系统(DCS——Distributed Control System)是利用计算机技术对生产过程进行集中监测、操作、管理和分散控制的一种新型控制技术。DCS

是由仪表回路控制系统发展而来的，所以它在模拟量处理、回路调节方面具有一定优势，初期主要侧重于回路调节功能。而 PLC 是由继电器控制逻辑发展而来的，所以它在数字处理、顺序控制方面具有一定优势，初期主要侧重于开关量的顺序控制。这两种设备都随着微电子技术、计算机技术、信号处理技术、测量控制技术和通信网络技术等的不断发展而发展，同时都向对方扩展自己的技术功能。现代 PLC 的模拟量控制功能很强，配备各种智能模块以适应生产现场的多种特殊要求，具有 PID (Proportional-Integral-Differential) 调节功能和组网分级控制功能以及 DCS 所完成的控制功能。而新一代 DCS 具有通用性强、系统组态灵活、控制功能完善、数据处理方便、显示操作集中、人机界面友好、安装简单规范化、调试方便、运行安全可靠的特点，适用于石油、化工、冶金、轻工和造纸等各种行业过程，能提高生产自动化水平和管理水平，提高产品质量，降低能源消耗和原材料消耗，提高劳动生产率，保证生产的安全，促进工业技术发展，创造最佳的经济效益和社会效益。

到目前为止，PLC 和 DCS 的发展越来越接近，很多工业生产过程既可以用 PLC 控制，也可以用 DCS 控制。综合 PLC 和 DCS 的各自优势，把两者有机结合起来，可以形成一种全分布式的计算机控制系统。

5. PLC 与现场总线控制系统的比较 现场总线的概念是随着微电子技术的发展、数字通信网络延伸到工业过程现场成为可能后，于 1984 年左右提出的。现场总线是一种用于智能化现场设备和自动化系统的开放式、数字化、双向串行、多节点的通信总线。现场总线控制系统 (FCS——Fieldbus Control System) 是一种基于现场总线的、全分散、全数字化、全开放和可互操作的分布式控制系统。FCS 是由 DCS 与 PLC 发展而来，不仅具备 DCS 和 PLC 的特点，而且还具有开放性，打破了 DCS 大型厂家的垄断；可互操作性实现了控制产品的“即插即用”功能；彻底的分散性具有更高的可靠性和灵活性，容易重组、扩建与维护等；低成本性，即 FCS 的总体成本低于 DCS 的成本等优点。而 PLC 已经过 30 多年的发展，在技术上已十分成熟与完善，在处理开关量方面具有很强的优势，并开发了模拟量控制功能，所以 PLC 可以作为一个站点挂在高速的现场总线上，成为 FCS 的一个组成部分。

计算机控制系统的发展在经历了模拟仪表控制系统、集中式数字控制系统 (采用单片机、PLC 和 SLC 等) 以及 DCS 后，将朝着 FCS 的方向发展。虽然以现场总线为基础的 FCS 发展很快，但 FCS 发展还有很多工作要做，如统一标准和仪表智能化等。另外，传统控制系统的维护和改造还需要 DCS，因此 FCS 完全取代传统的 DCS 还需要一个较长的过程，同时 DCS 本身也在不断的发展与完善。DCS 和 FCS 2 种控制策略各具优势，DCS 适用于较慢的数据传输速率，FCS 则更适用于较快的数据传输速率以及更灵活的处理数据。

综上所述，在过程控制领域中，随着 FCS 的出现，DCS 并不会消亡，就如 DCS 和 PLC 之间不会互相替换一样，而只是将过去处于控制系统中心地位的 DCS 移到现场总线的的一个站点上去，将控制系统中心地位让给 FCS，于是就出现了 PLC、工业 PC、DCS、FCS 共同瓜分市场，并朝着互相渗透、互相融合的方向发展。

1.2.3 PLC 的应用领域

目前，PLC 已广泛应用于钢铁、石油、化工、电力、建材、机械制造、汽车、轻纺、交通运输、环保及文化娱乐等行业。例如，在电力工业中，用于电厂输煤系统、锅炉燃烧系统、汽轮机和锅炉的起动及停车系统、废水处理系统、发电机和变压器监控系统等；在冶金工业中，用于轧机、高炉冶炼、配料、钢板卷取控制，包装、进出料场控制等；在机械工业

中，用于数控机床、机器人、自动仓库控制，电镀生产线控制和热处理控制等；在汽车工业中，用于自动焊接控制、装配生产线和涂装漆流水线控制等；在食品工业中，用于制罐机控制、饮料灌装生产线控制和产品包装控制等；在化学工业中，用于化学反应槽控制、橡胶硫化机控制和自动配料控制等；在公共事业中，用于电梯控制、大楼防灾系统控制和交通灯控制等。如果按应用类型来划分，PLC 的应用可分为以下几类：

1. 开关逻辑和顺序控制 这是 PLC 最基本、最广泛的应用领域，它取代传统的继电器控制系统，实现逻辑控制、顺序控制，可用于单机控制、多机群控和自动化生产线的控制等。例如，注塑机、印刷机械、订书机械、切纸机械、组合机床和石料加工生产线的控制等。

2. 位置控制 大多数 PLC 制造商目前都能提供驱动步进电动机或伺服电动机的单轴或多轴位置控制模块。这一功能可广泛用于各种机械，如金属切削机床、金属成形机床、装配机械、机器人和电梯控制等。

3. 过程控制 过程控制是指对温度、压力和流量等连续变化的模拟量进行闭环控制。PLC 通过模拟量 I/O 模块，实现模拟量与数字量之间的 A/D、D/A 转换，并对模拟量进行 PID 闭环控制。PID 闭环控制功能可用 PID 子程序来实现，也可用智能 PID 模块来实现。

4. 多级控制网络系统 PLC 之间、PLC 和上位计算机之间、PLC 和其他智能设备之间可以联网通信，实现远程数据处理和信息共享，从而构成工厂计算机集成制造系统 CIMS (Computer Integrated Manufacturing System)。CIMS 能促使企业缩短新产品投放市场的时间 (Time to Market)、改善质量 (Quality)、降低成本 (Cost) 以及完善服务体系 (Service)，以适应激烈的全球市场竞争要求。

1.3 PLC 的基本组成

根据结构形式的不同，PLC 可分为整体式和模块组合式 2 类。

1. 整体式 PLC 的基本组成 整体式 PLC 是由输入单元、电源、CPU、输出单元、外设接口、存储器和 I/O 扩展端口等组成，如图 1-1 所示。

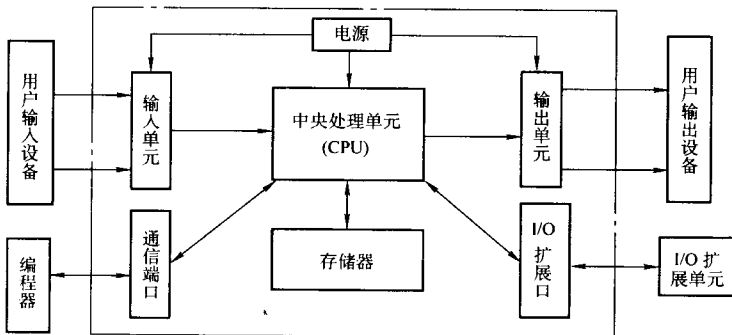


图 1-1 整体式 PLC 组成示意图

2. 模块组合式 PLC 的组成 模块组合式 PLC 是由系统总线（电源及框架）、通信单元、智能 I/O 单元、输出单元、输入单元和 CPU 单元等组成，如图 1-2 所示。

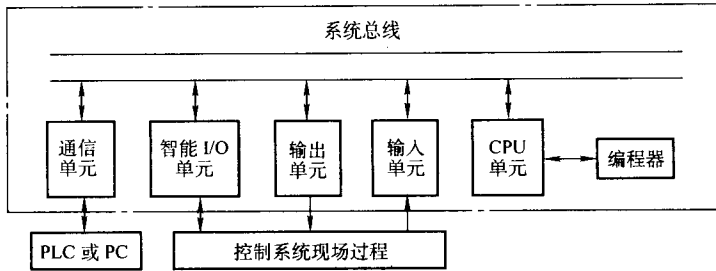


图 1-2 组合式 PLC 组成示意图

1.3.1 CPU

CPU 的作用是按照预先编好的系统程序完成各种控制任务，具体来说有以下几点：

- 1) 接收、存储由编程器输入的用户程序和数据，并可通过显示器显示出程序的内容和存储地址。
- 2) 检查、校验用户程序。
- 3) 接收、调用现场信息。
- 4) 执行用户程序。
- 5) 故障诊断。

1.3.2 存储器

PLC 的存储器分为以下 3 种：

- 1) 系统程序存储器。用于存储监控程序，为只读存储器（ROM）。
- 2) 用户程序存储器。用于存放用户程序。对于不同的 PLC，其存储器类型可能不同。有的 PLC 的用户存储器采用锂电池或大电容后备的 RAM；有些 PLC 采用快闪存储器（FLASH MEMORY）；有些 PLC 采用 EPROM。
- 3) 数据存储器。数据存储器一般选用 RAM。

1.3.3 I/O 单元

I/O 单元是 PLC 与外设联系的桥梁。

1. 开关量输入单元 按照输入电源类型的不同，PLC 的开关量输入单元可分为开关量直流输入单元和开关量交流输入单元。

(1) 开关量直流输入单元：开关量直流输入单元的电路如图 1-3 所示。虚线框内部为直流输入单元的内部电路。虚线框左边部分为 PLC 的 1 个输入点的外部接线，外接直流电源的极性可任意（对于 OMRON 公司生产的 PLC）。其工作原理是：当 S 闭合时，LED 点亮，对应的输入寄存器状态置 1；当 S 断开时，LED 不亮，对应输入寄存器状态置 0。

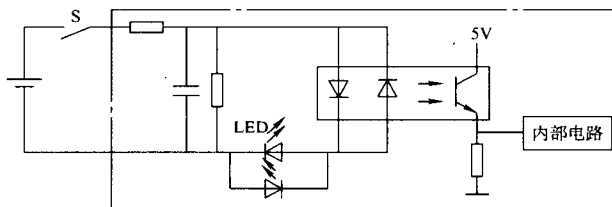


图 1-3 直流输入单元电路图

有的 PLC (如三菱公司的 F1 系列 PLC) 输入单元内部提供 24V 直流电源, 这时直流输入单元无需外接电源, 用户只需将开关接在输入端子和公共端子 (COM) 之间即可。所以, 在使用 PLC 之前, 必须熟悉随机的使用手册。

(2) 开关量交流输入单元: 开关量交流输入单元的电路如图 1-4 所示。其工作原理和直流输入单元类似。外接交流电压的大小应参阅随机使用手册。另外, PLC 的输入电路有共点式 (整个输入单元只有 1 个公共端 COM)、分组式 (几个输入端共用 1 组, 每组共用 1 个 COM) 和隔离式 (每个输入点都有 1 个独立的 COM) 3 种。

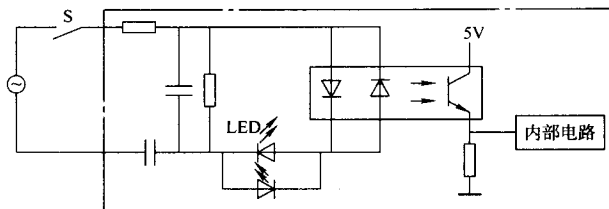


图 1-4 交流输入单元的电路图

2. 开关量输出单元 按输出电路所用开关器件的不同, PLC 的开关量输出单元可分为晶体管输出单元、双向晶闸管输出单元和继电器输出单元。

(1) 晶体管输出单元: 晶体管输出单元有汇流 (宿/NPN 型) 和源流 (信源/PNP 型) 2 种, 这两种输出单元的外加直流电压极性不同, 图 1-5 给出汇流型晶体管输出单元的外部接线和内部电路。当内部输出锁存器为 1 时, LED 点亮, 晶体管 T 饱和导通, 负载得电; 当内部输出锁存器为 0 时, LED 熄灭, T 截止, 负载失电。如果是感性负载 (如接触器), 则必须与负载并接续流二极管 (图中虚线所示), 以提供能量释放通路。晶体管输出单元主要用于输出脉冲信号。

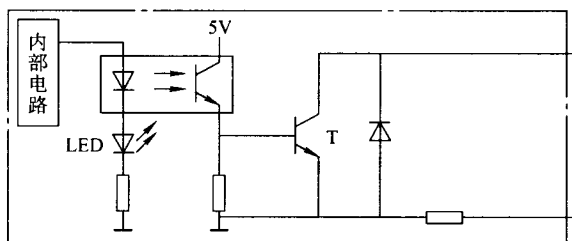


图 1-5 汇流型晶体管输出单元电路图

(2) 双向晶闸管输出单元: 双向晶闸管输出单元的电路图如图 1-6 所示, 它只能使用交流电源。如果外加直流电源, 当双向晶闸管导通后, 则无法使之关断。其工作原理为: 当输出锁存器状态为 1 时, LED 点亮, 双向晶闸管 T 导通, 负载得电; 当输出锁存器状态为 0 时, LED 熄灭, 双向晶闸管 T 截止, 负载失电。

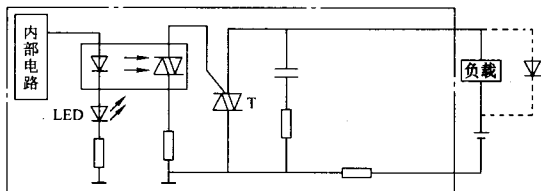


图 1-6 双向晶闸管输出单元电路图

(3) 继电器输出单元: 继电器输出单元的电路图如图 1-7 所示, 它可根据负载需要, 选择直流电源或交流电源。其工作原理为: 当输出锁存器状态为 1 时, 继电器的常开触点闭合, 负载得电, LED 点亮; 当输出锁

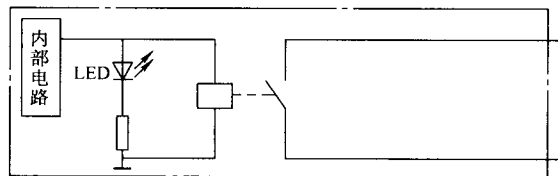


图 1-7 继电器输出单元电路图

存器状态为 0 时，继电器的常开触点断开，负载失电，LED 熄灭。

继电器触点的电气寿命一般为 10 ~ 30 万次，因此在需要输出点频繁通断的场合，应选用晶体管（直流负载）或晶闸管（交流负载）输出型的 PLC。

PLC 的输出单元也有共点式、分组式和隔离式之别，应参阅随机使用手册。

1.3.4 电源部分

PLC 一般配有开关式稳压电源，向内部电路供电，外加 AC 220V/110V 输入电源。有的 PLC 能向外部提供 DC 24V 电源，请参阅随机手册。

1.3.5 I/O 扩展端口

当主机上的 I/O 点数或类型不能满足用户需要时，可通过 I/O 扩展口连接 I/O 扩展单元来增加 I/O 点数。

1.3.6 外设端口

PLC 通过外设端口可与编程器、PC 机和另一台 PLC 等相连。

1.3.7 编程工具

PLC 的编程工具主要有专用编程器和计算机辅助编程 2 类。

1. 专用编程器 专用编程器由 PLC 制造厂提供，可分为简易（手持式）编程器和图形编程器。简易编程器只能输入语句表程序，而图形编程器可直接输入梯形图程序。

2. 计算机辅助编程 由 PLC 制造厂提供计算机辅助编程软件，在 PC 机上完成编程工作，然后通过通信电缆将程序下载到 PLC。

1.3.8 智能单元

智能单元是一个具有自己的 CPU、存储器、系统程序和外设端口的计算机系统，如 A/D 单元、D/A 单元、PID 单元和温度控制单元等。

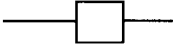
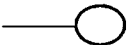
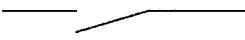
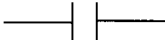
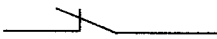
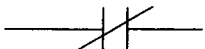
1.4 PLC 的编程语言

IEC 于 1994 年 5 月公布了 PLC 标准 (IEC1131)，规定了 PLC 的 5 种编程语言，它们是梯形图 (LADDER DIAGRAM)、语句表 (INSTRUCTION LIST)、顺序功能图 (SEQUENTIAL FUNCTION CHART)、逻辑功能图 (FUNCTION BLOCK DIAGRAM) 和结构文本 (STRUCTURED TEXT)。其中，最常用的是梯形图和语句表编程语言。

1.4.1 梯形图编程语言

梯形图编程语言是一种图形语言，是若干图形符号的组合。不同厂家的 PLC，其梯形图符号是不一样的。表 1-1 列出了物理继电器与 OMRON 公司 CPM2A 系列 PLC 继电器的图形符号。

表 1-1 物理继电器 PLC 的图形和符号对照

		物理继电器	PLC 继电器
线圈			
触 点	常 开		
	常 闭		

物理继电器和 PLC 继电器的区别:

1) 继电器控制电路中使用的都是物理继电器, 必须通过硬接线来连接。PLC 中的继电器是“软继电器”, 具有物理继电器的特点(如通电线圈、常开触点、常闭触点), 但实际上是内部寄存器的一个位, 互相之间的连接通过编程来实现。

2) PLC 的继电器有无数个常开触点和常闭触点供用户使用。而物理继电器的触点数是有限的。

3) PLC 的输入继电器是由外部信号驱动的, 而物理继电器的状态是由通过它的线圈电流确定的。

1.4.2 语句表编程语言

语句表编程语言是一种类似于计算机的汇编语言, 用助记符来表示各种指令的功能。不同厂家的 PLC, 其助记符一般不同。

语句表编程语言不如梯形图形象、直观, 但是当使用手持式编程器输入用户程序时, 必须把梯形图程序转换成语句表程序才能输入。

1.5 PLC 的工作方式

PLC 采用循环扫描的工作方式, 即 PLC 接通电源, 进行系统初始化处理后, 不管用户程序执行条件如何, 都周而复始地进行循环扫描, 并执行系统程序规定的任务, 如图 1-8 所示。1 次循环所经历的时间称为 1 个扫描周期, 每个扫描周期又可分为 5 个工作阶段, 即公共处理阶段、执行用户程序阶段、扫描周期计算处理阶段、I/O 刷新阶段和外设端口服务阶段。

1.5.1 每个扫描周期的 5 个工作阶段

1. 公共处理阶段 在这个阶段, CPU 要复位监视定时器, 进行硬件和用户程序内存检查。若发现一般性故障, 则只报警不停机; 若发现严重故障, 则停止运行。

2. 执行用户程序阶段 按从左到右、从上到下的顺序执行用户程序。程序执行结果写入元件映像寄存器中。

3. 扫描周期计算处理阶段 若预先设定扫描周期为固定值(用户设定 $DM6619 = 0001 \sim 9999$, 单位为 ms), 则进入等待状态, 直至达到该设定值时扫描才往下进行; 若用户设定 $DM6619 = 0000$, 则扫描周期由用户程序长短确定, 并进行扫描周期的计算。

4. I/O 刷新阶段 在这个阶段, CPU 要做 2 件事。其一, 从输入电路读取各输入点的状态, 并将此状态写入输入映像寄存器中; 其二, 将所有输出继电器的元件映像寄存器的状态传送到相应的输出锁存器中, 再经输出电路隔离和功率放大后传送到 PLC 的输出端。

5. 外设端口服务阶段 在这一阶段, CPU 完成与外设的通信处理。

1.5.2 PLC 控制的执行过程

图 1-9 所示为 PLC 控制执行过程, 它描述了信号从输入端子到输出端子的传递过程。其主要过程是:

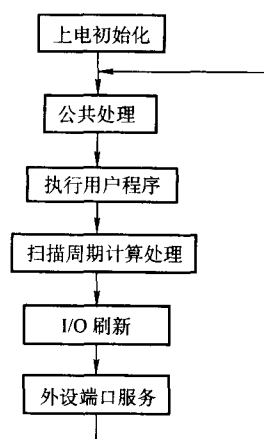


图 1-8 PLC 扫描工作流程图

1) 在第 1 个 I/O 刷新阶段, CPU 从输入端子读出各输入点的状态, 并写入输入映像寄存器中。

2) 在紧接着下一个扫描周期的用户程序执行阶段, CPU 从输入映像寄存器和元件寄存器读出各继电器的状态, 并根据此状态执行用户程序, 再将执行结果写入元件映像寄存器中。

3) 在紧接着的 I/O 刷新阶段, 将元件映像寄存器的状态写入输出锁存器, 再经输出端子传送到输出设备。

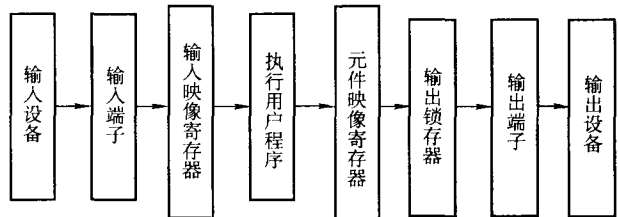


图 1-9 PLC 控制的信号传递过程

1.5.3 PLC 的 I/O 滞后现象

由于 PLC 采用循环扫描的工作方式, 而且对输入信号和输出信号只

在每个扫描周期的 I/O 刷新阶段集中输入与集中输出, 所以必然会产生输出信号相对输入信号的滞后现象。扫描时间越长, 滞后现象越严重。但扫描周期一般只有十几毫秒, 最多几十毫秒, 因此在慢速控制系统中是没有问题的, 但在要求快速响应的控制系统中就成了需要解决的问题。

PLC 的 I/O 滞后现象, 除了上述原因外, 还与下面因素有关:

- 1) 输入滤波器对信号的延迟作用。
- 2) 输出继电器的动作延迟 (对于继电器输出型的 PLC)。
- 3) 用户程序的设计。

1.6 PLC 的主要性能指标

衡量 PLC 性能好坏的主要指标有以下 7 个方面:

- 1) 用户程序存储器的容量 (一般以字为单位)。
- 2) I/O 点数。
- 3) 扫描速度 (一般以扫描 1K 字所需时间来衡量)。
- 4) 编程指令的种类和条数。
- 5) 内部器件的种类和数量。
- 6) 扩展能力。
- 7) 智能单元的数量。

1.7 国内外主要 PLC 产品概况

目前, 世界上能生产 PLC 的厂家较多, 主要厂商集中在一些欧美国家和日本。在中国市场上占有较大份额、有较大影响的公司和 PLC 机型有:

美国 ROCKWELL 公司所属的 A-B (Allen-Bragley) 公司是美国最大的 PLC 制造商, 其产品约占美国市场 50% 的份额。在我国引进的大型 PLC 中, A-B 公司的产品几乎占一半。A-B 的大中型 PLC 产品是 PLC—5 系列, 它最多可配置 4096 个 I/O 点, 具有强大的控制和信息管理功能。A-B 公司的大型机 PLC—3 最多可配置到 8096 个 I/O 点。SLC—500 系列是 A-B 公司的中小型机。