

高职高专“十二五”规划教材

KEBIANCHENG KONGZHIQI YINGYONG JISHU
XIANGMUHUA JIAOCHENG

可编程控制器应用技术 (项目化教程)

祝红芳 主编 熊必诚 副主编



化学工业出版社

高职高专“十二五”规划教材

可编程控制器应用技术

(项目化教程)

祝红芳 主 编

熊必诚 副主编



化学工业出版社

· 北 京 ·

本书依据高职教育的教学要求和办学特点,以机电类专业高技能型人才的职业岗位能力要求为依据,采用项目导向、任务驱动的模式编写,突出 PLC 的实际应用,结合工程案例,主要介绍了西门子 S7—200 PLC 和三菱 FX_{2N} 系列 PLC 的应用技术。全书包括 7 个项目:PLC 基础、PLC 基本逻辑指令应用、PLC 顺序控制指令应用、PLC 功能指令应用、PLC 特殊功能模块应用、三菱 FX_{2N} 系列 PLC 的基本应用、PLC 综合设计及课程实训。每个项目都包含有若干个任务,按照任务驱动、实践指导、能力拓展、教学做一体化的思路进行介绍。

本书可作为高等职业技术学院和各类职业学校的机电一体化技术、电气自动化、数控技术、机械设计与制造、楼宇自动化及相关专业的教材,也可作为相关工程技术人员的参考用书。

图书在版编目 (CIP) 数据

可编程控制器应用技术:项目化教程/祝红芳主编

北京:化学工业出版社,2012.11

高职高专“十二五”规划教材

ISBN 978-7-122-15408-8

I. ①可… II. ①祝… III. ①可编程序控制器-高等职业教育-教材 IV. ①TM571.6

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2012) 第 231582 号

责任编辑:王听讲
责任校对:王素芹

装帧设计:韩 飞

出版发行:化学工业出版社(北京市东城区青年湖南街 13 号 邮政编码 100011)

印 刷:北京市振南印刷有限责任公司

装 订:三河市宇新装订厂

787mm×1092mm 1/16 印张 13 1/4 字数 339 千字 2012 年 11 月北京第 1 版第 1 次印刷

购书咨询:010-64518888 (传真:010-64519686) 售后服务:010-64518899

网 址: <http://www.cip.com.cn>

凡购买本书,如有缺损质量问题,本社销售中心负责调换。

定 价:28.00 元

版权所有 违者必究

前言

为了提高高等职业教育人才的培养质量,充分体现基于工作过程的教学理念,我们联合泰豪科技股份有限公司电力电气分公司、江西洪都钢厂有限公司的技术专家共同编写了本书。本书按照“教学做一体化”的授课模式来组织内容,是在经过教学实践后,对原有讲义补充完善的基础上编写而成的。

本书共有7个项目,主要内容包括PLC基础、PLC基本逻辑指令应用、PLC顺序控制指令应用、PLC功能指令应用、PLC特殊功能模块应用、三菱FX_{2N}系列PLC的基本应用、PLC综合设计及课程实训。本书从实际工业控制中的具体案例中提炼出24个工作任务和5个实训项目,从项目二开始的每个任务都包含任务导入和分析、相关知识、任务实施和知识拓展,在任务实施中有I/O设备的选择、I/O接线图、程序设计及调试。本书在内容上注重精选案例、结合实际、突出应用,在编排上循序渐进、由浅入深,在阐述上力求简明扼要、图文并茂、通俗易懂,便于教学和自学。每个项目后面均有项目小结和练习题。

本书非常适合作为高职高专院校电类、机电类各专业的教材,也可作为工程技术人员学习PLC的参考书。

我们将为使用本书的教师免费提供电子教案和教学资源,需要者可以到化学工业出版社教学资源网站<http://www.cipedu.com.cn>免费下载使用。本书还配有网络教学资源,请登录:<http://wljx.jxgzy.cn/portal/portalView.do>。

本书由江西工业职业技术学院祝红芳教授主编,江西工业职业技术学院熊必诚高级工程师担任副主编,项目一~项目三、项目六、项目七及课程实训由祝红芳编写,项目四由熊必诚编写,项目五由锡林郭勒职业学院张宏明编写,附录A由胡伟华编写,附录B由魏全盛编写,附录C由熊媛编写。唐山职业技术学院陈亮参与了全书编写。全书由祝红芳统稿。

由于编者的水平和经验有限,书中难免有不妥之处。敬请广大读者予以批评指正。

编者
2012年9月

目 录

项目一 PLC 基础	1
任务一 认识 PLC	1
一、可编程控制器的产生和发展	1
二、PLC 的特点和应用	2
三、PLC 的分类及技术性能指标	4
任务二 了解 PLC 的编程语言	5
一、梯形图	6
二、语句表	6
三、功能块图	6
四、顺序功能图	6
五、高级语言	7
任务三 熟悉 PLC 系统的组成及原理	7
一、PLC 的系统组成	7
二、PLC 的工作原理	10
任务四 了解 S7—200 系列 PLC	12
一、S7—200 PLC 的构成	12
二、S7—200 CPU 的主要性能指标	12
三、扩展模块	14
四、S7—200 PLC 编程元件	14
本项目小结	16
习题	17
项目二 PLC 的基本逻辑指令应用	18
任务一 三相电动机的直接启停控制	18
一、任务导入和分析	18
二、相关知识 I/O、串/并联指令	19
三、任务实施	20
四、知识拓展 置位 (S) /复位 (R) 指令	21
任务二 三相电动机的正反转控制	22
一、任务导入和分析	22
二、相关知识 电路块连接指令	22
三、任务实施	23
四、知识拓展 逻辑堆栈指令	25
任务三 三相电动机的 Y— Δ 换接启动控制	26

一、任务导入和分析	26
二、相关知识 定时器 TON	27
三、任务实施	28
四、知识拓展 定时器 TONR 及 TOF	30
任务四 水塔水位的控制	32
一、任务导入和分析	32
二、相关知识 边沿触发 EU/ED 指令	32
三、任务实施	32
四、知识拓展 立即指令与特殊标志寄存器 SM	34
任务五 进库货物的数量统计控制	36
一、任务导入和分析	36
二、相关知识 计数器	36
三、任务实施	37
四、知识拓展 减计数器、可逆计数器和梯形图设计规则及优化	39
本项目小结	41
习题	42

项目三 PLC 顺序控制指令应用

任务一 自动运料小车的控制	45
一、任务导入和分析	45
二、相关知识 顺序控制指令	45
三、任务实施	48
四、知识拓展 用 S/R 指令编制顺序控制程序	52
任务二 两种液体的混合装置控制	52
一、任务导入和分析	52
二、相关知识 顺序控制指令编程要点	53
三、任务实施	53
四、知识拓展 跳转和循环控制	55
任务三 按钮式人行横道交通灯控制	56
一、任务导入和分析	56
二、相关知识 多流程顺序控制	57
三、任务实施	59
四、知识拓展 程序控制类指令	63
本项目小结	65
习题	65

项目四 PLC 功能指令应用

任务一 除尘室的控制	67
一、任务导入和分析	67
二、相关知识 比较、传送及加 1 指令	67

三、任务实施	70
四、知识拓展 算术运算指令	71
任务二 装配流水线控制	74
一、任务导入和分析	74
二、相关知识 移位和循环移位指令	75
三、任务实施	77
四、知识拓展 移位寄存器指令	77
任务三 彩灯控制	80
一、任务导入和分析	80
二、相关知识 子程序	80
三、任务实施	83
四、知识拓展 中断指令	85
本项目小结	88
习题	88
项目五 PLC 特殊功能模块应用	90
任务一 配置 PPI 网络通信	90
一、任务导入和分析	90
二、相关知识 S7—200PLC 的通信与网络	90
三、任务实施	95
四、知识拓展 TD200 使用说明	97
任务二 窑温模糊控制设计	100
一、任务导入和分析	100
二、相关知识 模拟量扩展模块	100
三、任务实施	101
四、知识拓展 转换指令	103
任务三 PID 指令应用	108
一、任务导入和分析	108
二、相关知识 PID 指令	109
三、任务实施	113
四、知识拓展 PLC 的日常维护	113
任务四 步进电动机的定位控制	116
一、任务导入和分析	116
二、相关知识 高速计数器	117
三、任务实施	120
四、知识拓展 高速脉冲输出	129
本项目小结	137
习题	138

项目六 三菱 FX_{2N} 系列 PLC 的基本应用	139
任务一 轧钢机控制系统模拟	139
一、任务导入和分析	139
二、相关知识 FX _{2N} 系列 PLC 基本指令	140
三、任务实施	142
四、知识拓展 FX _{2N} 系列 PLC 基本指令汇总	144
任务二 天塔之光的控制	144
一、任务导入和分析	144
二、相关知识 位左移和区间复位指令	144
三、任务实施	145
四、知识拓展 FX _{2N} 系列 PLC 的功能指令	148
任务三 组合机床动力头的运动控制	153
一、任务导入和分析	153
二、相关知识 步进梯形指令	154
三、任务实施	154
四、知识拓展 步进梯形指令应用注意事项	158
本项目小结	158
习题	158
项目七 PLC 综合设计	160
任务一 电动运输车呼车控制	160
一、任务导入和分析	160
二、相关知识 PLC 控制系统的设计步骤	160
三、任务实施	163
四、知识拓展 PLC 的安装	165
任务二 商业广告灯闪烁控制	168
一、任务导入和分析	168
二、相关知识 PLC 中各类继电器的驱动方式	169
三、任务实施	169
四、知识拓展 PLC 的故障诊断与排除	178
本项目小结	182
习题	182
课程实训	184
实训一 竞赛抢答器控制系统设计	184
实训二 自动洗衣机控制系统设计	185
实训三 机械手控制系统设计	185
实训四 直线运动位置检测、定位控制系统设计	186
实训五 步进电动机控制系统设计	188

附录 190

附录 A S7—200PLC 编程软件 190

附录 B FX 系列 PLC 编程软件 202

附录 C S7—200 的 SIMATIC 指令集简表 208

参考文献 212

项目一 PLC 基础

任务一 认识 PLC

一、可编程控制器的产生和发展

1. 可编程控制器的产生

在现代工农业生产中,已经广泛使用各种生产机械,而现代生产机械大多用电动机来拖动。为了满足生产过程和加工工艺的要求,必须配备一定的控制设备组成控制电路,对电动机进行控制。如控制电动机的启动、停止、正反转、制动、行程、运行时间和工作顺序等。在可编程控制器出现以前,继电器接触器控制系统在工业控制领域中占主导地位。

在工业生产中使用的继电器接触器控制系统具有结构简单、易于掌握、价格便宜等优点,但是,这类控制装置的体积大、动作速度较慢、功能少,尤其是由于它靠硬件接线构成系统,接线繁杂,当生产工艺或控制对象改变时,原有的接线和控制柜就必须进行相应的改变或更换,而且这种变动的工作量很大,工期长,费用高。可见,继电器接触器系统的通用性和灵活性差,只适应于工作模式固定、控制要求较简单的场合。

随着工业生产的迅速发展,市场竞争越来越激烈,工业产品更新换代的周期也日趋缩短,新产品不断涌现,传统的继电器接触器控制系统难以满足现代社会小批量、多品种、低成本、高质量生产方式的生产控制要求,因此,迫切需要一种更可靠、通用、依靠用户程序实现逻辑控制的新型自动控制装置来取代继电器接触器控制系统。

1968年,美国最大的汽车制造商——通用汽车公司(GM)为了适应汽车型号不断翻新的要求,提出了这样的设想:将计算机的功能完善、通用灵活等优点与继电器接触器控制简单易懂、操作方便、价格低廉等优点结合起来,将继电器接触器控制的硬接线逻辑转变为计算机的软件逻辑编程,形成一种新型的通用控制装置取代继电器接触器控制系统。为此,GM公司提出了10条要求,向制造商公开招标。新型的控制装置要达到以下10项指标:

- (1) 编程简单,可在现场修改程序;
- (2) 维修方便,最好是插件式结构;
- (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) 输入可为市电;
- (8) 输出可为市电,负载电流要求2A以上,能直接驱动电磁阀、接触器等负载元件;
- (9) 通用灵活,易于扩展,扩展时原系统只需很小变更;
- (10) 用户程序存储器容量至少能扩展到4KB。

1969年,美国数字设备公司(DEC)根据以上设想和要求研制出世界上第一台可编程序

控制器,型号为 PDP—14,并在通用汽车公司的自动装配线上试用成功。随后,日本、西德、法国等国家相继开发出各自的 PLC。1974 年,我国开始研制可编程控制器。由于当时只是用来替代继电器接触器控制,可编程控制器的功能较为简单,只能进行开关量逻辑控制,所以将该控制装置称为可编程逻辑控制器 (Programmable Logic Controller),简称 PLC。新型的工业控制装置 PLC 的问世,适应了市场竞争的需要,很快就在工业领域得到了广泛应用。随着微电子技术和大规模集成电路的发展,20 世纪 70 年代后期,微处理器被应用到 PLC 中,从而极大扩展了其功能,不仅能进行开关量逻辑控制,还具有模拟量控制、数据处理、网络通信等多种功能,并且使 PLC 的体积大大缩小。这种采用了微处理器技术的 PLC 于 1980 年由美国电气制造商协会正式将其命名为可编程序控制器 (Programmable Controller),简称 PC。国际电工委员会在 1987 年 2 月颁布的可编程序控制器标准草案中将其定义为:可编程序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,控制各种类型的机械或生产过程。可编程序控制器及其有关设备,都应按易于与工业控制器系统连成一个整体、易于扩充其功能的原则设计。

由于可编程序控制器的缩写 PC 容易与个人计算机 (Personal Computer) 的简称 PC 相混淆,故人们通常仍把可编程控制器简称为 PLC。

2. 可编程控制器的发展

PLC 问世以来,其发展极为迅速。由最初的 1 位机发展为 8 位机,现在的大型 PLC 已采用了 32 位微处理器,可同时进行多任务操作,其技术已经相当成熟。

目前,世界上有 PLC 生产厂 200 多家,比较著名的有美国的 A—B 公司、通用电气公司,日本的三菱、松下电工、欧姆龙公司,德国的西门子公司,法国的施耐德公司等。生产的可编程控制器品种非常繁多,产品的更新换代也极快,著名的生产公司几乎每 1~2 年即可推出一种新产品。PLC 的结构不断改进,功能日益增强,性能价格比越来越高。展望未来,PLC 在规模和功能上正朝着两个方向发展。大型 PLC 不断向大容量、高速度、多功能的方向发展,使之能取代工业控制微机对大规模复杂系统进行综合性的自动控制。另一方面,小型 PLC 向超小型、简易、廉价方向发展,使之能真正完全取代最小的继电器接触器系统,适应单机、数控机床和工业机器人等领域的控制要求。另外,不断增强 PLC 的联网通信功能,便于分散控制与集中控制的实现;大力开发智能 I/O 模块,极大地增强 PLC 的过程控制能力,提高其适应性和可靠性;不断使 PLC 的编程语言与编程工具向标准化和高级化发展。

二、PLC 的特点和应用

1. PLC 的主要特点

(1) 可靠性高

这是用户选择控制装置的首要条件。由于 PLC 是专为工业控制设计的,在设计和制造过程中采取了诸如屏蔽、隔离、滤波、联锁等安全保护措施,有效地抑制了外部干扰、防止误动作。另外,PLC 是集成电路为基本元件的电子设备,内部处理过程不依赖于机械触点。此外在软件方面还有故障诊断与处理功能。目前,PLC 单块模块的平均无故障时间可达百万小时,组成控制系统后其平均无故障时间也可达 4 万~5 万小时。

(2) 使用方便,通用性强

PLC 控制系统的构成简单方便。PLC 的 I/O 设备与继电器接触器控制系统类似,但它们

可以直接连在 PLC 的 I/O 端。如只需将产生输入信号的设备（按钮、开关等）与 PLC 的输入端子连接；将接收输出信号的被控设备（接触器、电磁阀等）与 PLC 的输出端子连接，仅用螺钉旋具就可完成全部的接线工作。

PLC 用程序代替了继电接触器控制中的硬接线，其控制功能是通过软件来完成的，当控制要求改变时只需修改软件程序而不必改变 PLC 的硬件设备。可见，PLC 具有极好的通用性。

（3）功能完善，组合方便

由于 PLC 的产品已经标准化、系列化和模块化，不仅具有逻辑运算、定时、计数、步进等功能，而且还能完成 A/D、D/A 转换，数字运算和数据处理、通信联网、生产过程控制等。PLC 产品具有各种扩展单元，它能根据实际需要，方便地适应各种工业控制中不同输入、输出点数及不同输入、输出方式的系统：既可用于开关量控制，又可用于模拟量控制；既可控制单机、一条生产线，又可控制一个机群、多条生产线；既可用于现场控制，又可用于远程控制。

（4）编程简单，维护方便

目前 PLC 的编程语言以梯形图应用最广。梯形图编程沿用了继电接触器控制线路中的一些图形符号和定义，十分直观清晰，对于具有一定电工和工艺知识的人来说极易掌握。

PLC 具有完善的故障检测、自诊断等功能。一旦发生故障，能及时地查出自身故障并通过 PLC 上的各种发光二极管报警显示，使操作人员能迅速地检查、判断、排除故障。PLC 还具有较强的在线编程能力，使用维护非常方便。

（5）体积小、重量轻、功耗低

由于 PLC 采用了大规模集成电路，因此整个产品结构紧凑、体积小、重量轻、功耗低，可以很方便地将其装入机械设备内部，是一种实现机电一体化较理想的控制设备。

2. PLC 的应用

自世界上第一台 PLC 诞生至今，PLC 的技术得到了迅猛发展，获得了极其广泛的应用。早期的 PLC 仅仅是取代继电接触器控制，而现在可以说，凡有控制系统存在的就有 PLC。其应用范围几乎覆盖了机械、冶金、矿山、石油化工、轻工、电力、建筑、交通运输等各行各业，成为工业自动化领域中最重要、应用最多的控制设备，并已跃居现代工业自动化三大支柱（PLC、机器人、CAD/CAM）的首位。

在我国，近年来 PLC 的研制、生产、应用也发展迅速。尤其是在应用方面，一些大中型现代化工厂在引进成套设备的同时，也配套引进了不少 PLC。如上海宝钢第一、二期工程共使用了数百台 PLC。又如秦川核电站、北京吉普车生产线、西安的彩电和冰箱生产线、首都钢铁厂、天津化纤厂等都采用了 PLC 进行自动化控制，并取得了显著的经济效益，对我国工业生产自动化水平的提高起到了非常巨大的作用。

按 PLC 的控制类型，其应用可分为以下几个方面。

（1）开关量控制

这是 PLC 最基本、最广泛的应用方面，用 PLC 取代继电器控制和顺序控制器控制。在单机控制、群机控制和自动生产线控制方面都有很多成功的应用实例。如机床电气控制，纺织机械、注塑机、包装机械、食品机械的控制，汽车、轧钢自动生产线的控制，家用电器（电视机、电冰箱等）自动装配线的控制，电梯、带运输机的控制等。

（2）模拟量控制

PLC 通过模拟量 I/O 模块，可以实现模拟量和数字量之间的转换，并对模拟量进行控制。具有 PID 闭环控制功能的 PLC，可用于闭环系统的过程控制、位置控制和速度控制等。

如典型的闭环过程控制有锅炉运行控制、连轧机的速度和位置控制等。

(3) 机械加工中的数字控制

PLC 能和机械加工中的数字控制 (NC) 及计算机数控 (CNC) 紧密结合, 组成先进的数控机床, 实现数字控制。

(4) 工业机器人控制

PLC 作为一种通用的自动控制装置, 也适用于工业机器人。如在自动生产线上有多自由度的机器人, 大多数都是选用 PLC 来控制, 用以完成人工难以完成的机械动作。

(5) 多层分布式控制系统

高功能的 PLC 具有较强的通信联网功能, 可实现 PLC 与 PLC 之间、PLC 与上位计算机或其他智能设备之间的通信, 从而可形成多层分布式控制系统或工厂自动化网络。通常采用多台 PLC 分散控制, 由上位计算机集中管理。

三、PLC 的分类及技术性能指标

1. PLC 的分类

PLC 的产品繁多, 各厂家生产的型号、规格和性能也各不相同, 通常可按以下两种情况分类。

(1) 按 I/O 点数、存储容量分类

按 PLC 的 I/O 点数、功能及存储器容量的不同分为小型、中型、大型 3 类。

小型 PLC 又称低挡机。其 I/O 点数少于 256 点, 如 I/O 点数小于 64 点则称为超小型或微型 PLC, 用户程序存储器容量为 2KB 以下, 具有逻辑运算、定时、计数、移位、自诊断、监控等基本功能, 通常用来替代继电器接触器控制, 在单机或小规模生产过程中使用。也有些小型 PLC 增加了模拟量 I/O 功能、算术运算功能等, 使其应用面变得更广。如德国西门子公司的 S7—200 系列 PLC、日本三菱公司的 FX 系列 PLC、美国 AB 公司的 SLC500 系列 PLC 等是典型的小型 PLC 产品。

中型 PLC。其 I/O 点数在 256~2048 之间, 用户程序存储器容量为 2~8KB, 除具有小型 PLC 的功能外, 还具有较强的模拟量 I/O 功能、算术运算、数据比较、数据传送, 远程 I/O 通信联网等功能。适应于既有开关量又有模拟量的比较复杂的控制系统。如西门子公司的 S7—300 PLC、日本 OMRON 公司的 C200H 系列 PLC 等是典型的中型 PLC 产品。

大型 PLC。其 I/O 点数大于 2048 点, 用户程序存储器容量达到 8KB 以上。除具有中型 PLC 的功能外, 还具有较强的数据处理功能和模拟调节、特殊功能函数运算、监视、记录、打印等功能, 以及更强的通信联网功能, 能进行中断控制、智能控制、远程控制等。适用于大规模过程控制、分布式控制系统和整个工厂的自动化网络等场合。如西门子公司的 S7—400 系列 PLC、AB 公司的 SLC5/05 系列 PLC 等是典型的大型 PLC 产品。

随着 PLC 技术的飞速发展, 某些小型 PLC 也具有中型或大型 PLC 的功能, 所以 PLC 的分类没有严格的界限。

(2) 按结构形式分类

整体式 PLC。将组成 PLC 的各个部分 (CPU、存储器、I/O 部件等) 集中于一体, 安装在少数几块印制电路板上, 并连同电源一起装配在一个机壳内形成一个整体, 这个整体通常称为主机或基本单元。这种结构具有简单紧凑、体积小、重量轻、价格低等优点, 易于安装在工业设备的内部, 适合于单机控制。一般小型和超小型 PLC 采用整体式结构。

模块式 PLC。将 PLC 划分为相对独立的几部分制成标准尺寸的插件式模块, 主要有

CPU 模块、输入模块、输出模块、电源模块等，然后用搭积木的方式将其组装在一个电源机架内。PLC 厂家备有不同槽数的机架供用户选用。用户可根据需要进行方便灵活地组合，构成不同功能的 PLC 控制系统。这种结构的 PLC 配置灵活、装配和维修方便、功能易于扩展，缺点是结构复杂、价格较高。一般大、中型 PLC 采用模块式结构。

2. PLC 的技术性能指标

技术性能指标是用户选择使用 PLC 产品的重要依据。PLC 的制造厂家为了反映其产品详细的技术指标，一般都会列出其所生产的 PLC 的系统规格，它包括硬件指标（一般规格）和软件指标（性能规格）。为了综合表达 PLC 的性能，通常用下列指标加以表述。

(1) I/O 点数

I/O 点数是 PLC 的外部输入、输出端子数量，表明 PLC 可接收的输入信号和输出信号的数量。PLC 的输入、输出信号分开关量和模拟量。对于开关量，其 I/O 总点数用最大 I/O 点数表示；对于模拟量，I/O 总点数用最大 I/O 通道数表示。

(2) 程序存储容量

用户程序存储容量是衡量 PLC 存储用户程序的一项指标，通常以字为单位计算。约定每 16 位相邻的二进制数为一个字，1024 个字为 1KB 字。一般中小型的 PLC 用户程序存储容量为 8KB 以下，大型有的可达数兆。

在编程时，每一条指令所占内存为若干个字，如一般逻辑操作指令每条占 1 个字。有的 PLC 用户程序存储器容量是用步数来表示的，一条指令包含若干步，一步占用一个地址单元，一个地址单元为 2B。如某 PLC 的内存容量为 4000 步，则可推知其内存为 8KB。

(3) 指令总数

指令总数用以表示 PLC 软件功能强弱的主要指标。PLC 的指令条数越多，表明其软件功能越强。

(4) 扫描速度

扫描速度反映 PLC 执行用户程序的快慢。可以用执行 1000 步指令所需时间来表示 (ms/千步)，也可以用执行一条指令的时间来表示 ($\mu\text{s}/\text{步}$)。

(5) 内部寄存器

内部寄存器的配置及容量是衡量 PLC 硬件功能的重要指标。PLC 内部有许多寄存器用以存放变量状态、中间结果、定时计数等数据，其数量的多少、容量的大小，直接关系到用户编程时的方便灵活与否。

(6) 特殊功能模块

PLC 特殊功能模块的多少及功能的强弱是衡量其技术水平高低的一个重要的指标。PLC 除了基本功能模块外，还配有各种特殊功能模块。基本功能模块实现基本控制功能，特殊功能模块实现某一种特殊的功能。PLC 的特殊功能越多，其系统配置、软件开发就越灵活方便，适应性也就越强。目前已开发出的常用特殊功能模块有：模/数转换 (A/D) 模块、数/模转换 (D/A) 模块、高速计数模块、位置控制模块、速度控制模块、温度控制模块、轴定位模块、远程通信模块及高级语言编程模块等。

任务二 了解 PLC 的编程语言

PLC 的控制功能是通过执行程序来实现的，因此，用户要根据实际控制系统的需要编

写出相应的程序。由于各厂家生产的 PLC 其硬件结构不尽相同, 所以程序表达方式也有差异。现代 PLC 一般都有多种编程语言供用户选用, 常用的有下面几种。

一、梯形图

梯形图 LAD (Ladder Diagram, LAD) 是一种图形语言, 非常接近继电器控制系统中的电气控制原理图。在梯形图中沿用了继电器、线圈、常开触点、常闭触点、串联、并联等继电器线路中的术语。梯形图直观、易学, 是目前应用最多的一种 PLC 编程语言。

梯形图的编程规则:

- ① 梯形图按照从上到下, 从左到右的顺序绘制。
- ② 每一个逻辑行必须从左母线画起。
- ③ 线圈和功能指令不能直接接在左母线上; 线圈的右边也不能再有触点。
- ④ 几个串联线路并联时, 应将串联触点多的线路画在上方; 几个并联线路串联时, 应将并联触点多的线路画在左方。
- ⑤ 梯形图必须按照计算机执行程序时的顺序依次画出。

二、语句表

语句表 STL (Statement List, STL) 又称指令表 IL (Instruction List, IL), 类似于计算机汇编语言。它是用指令助记符来编程, 属于面向机器硬件的语言。由若干条指令组成的程序称为语句表程序 (或指令表程序), 其优点是: 语句表程序生成的源程序机器代码最短、执行速度最快; 语句表可以编写出用梯形图无法实现的程序。

如图 1-1 所示是一个简单的 PLC 程序, (a) 是语句表程序, (b) 是对应的梯形图程序。

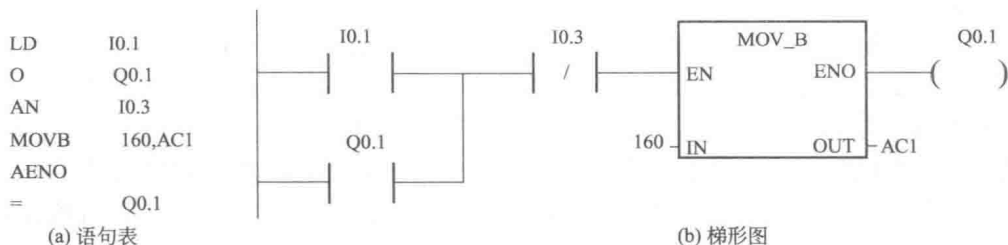


图 1-1 语句表与梯形图举例

三、功能块图

功能块图 FBD (Function block diagram, FBD) 是一种图形编程语言, 用规定的与、或、非等逻辑图符号连接而成。功能图块中模块之间的连接方式与电路的连接方式大致相同。有数字电路基础的人很容易掌握。

四、顺序功能图

顺序功能图 SFC (Sequential function chart, SFC) 又称流程图, 是用来描述控制系统的控制过程、功能和特性的一种图形。流程图用约定的几何图形、有向线和简单的文字说明来描述 PLC 的处理过程和程序的执行步骤。其特点是: 描述控制过程详尽具体, 包括每框

前的输入信号,框内的工作内容,框后的输出状态,框与框之间的转换条件等。顺序功能图是设计 PLC 顺序控制程序的一种很好的工具。

五、高级语言

随着 PLC 的应用越来越广泛,尤其是 PLC 在一些复杂的大规模的控制系统以及通信联网方面的应用,仅靠梯形图等编程已经不能满足需要,因此,近年来在 PLC 的编程中使用了高级语言,如将 BASIC、Pascal、C、FORTRAN 等用于 PLC 的程序设计。另外,各厂家自行开发的高级编程语言(或称编程软件)使用简单方便,应用日益广泛。如西门子公司专为 SIMATIC S7—200 系统 PLC 开发的 STEP 7—Micro/WIN 32(德国西门子公司已于 2004 年至 2005 年推出的 STEP 7—Micro/WIN V4.0)编程软件。

任务三 熟悉 PLC 系统的组成及原理

一、PLC 的系统组成

PLC 其实质上是一台工业控制用的专用计算机,因此,其组成与微型计算机基本相同,也是由硬件系统和软件系统两大部分组成。

1. PLC 的硬件系统

如图 1-2 所示为一般小型 PLC 的硬件系统简化框图。PLC 的基本单元主要由微处理器(CPU)、存储器、输入和输出模块、电源模块、I/O 扩展接口、外设 I/O 接口以及编程器等部分组成。

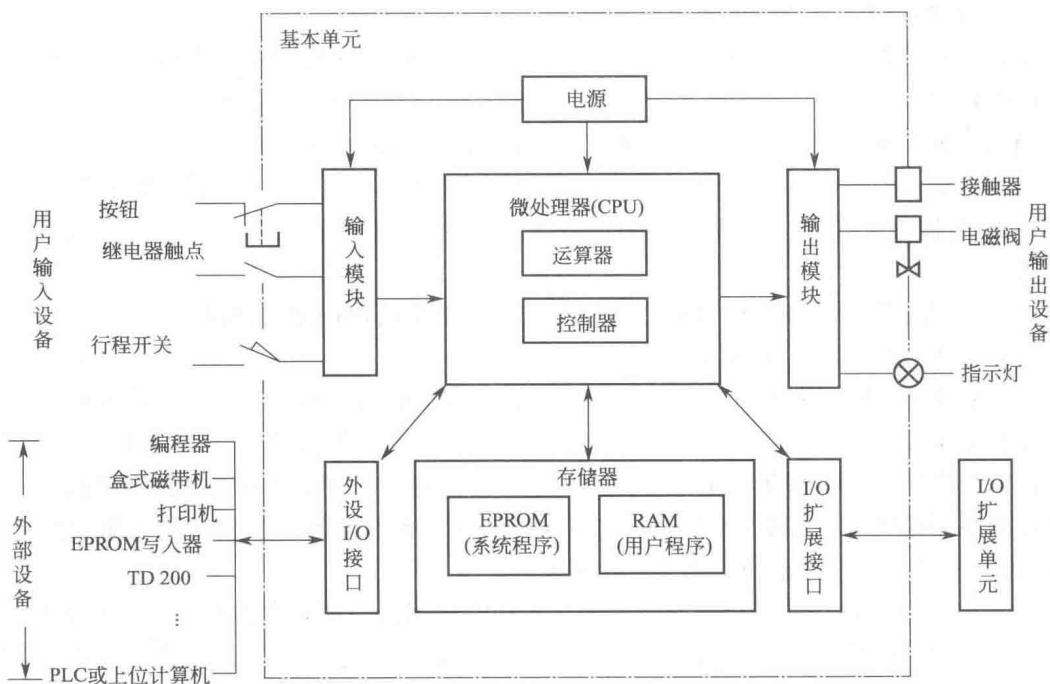


图 1-2 PLC 硬件系统简化框图

(1) 微处理器 (CPU)

CPU 是整个 PLC 控制的核心, 它指挥、协调整个 PLC 的工作。它主要由控制器、运算器、寄存器等组成, 其中控制器控制 CPU 的工作, 由它读取指令、解释指令及执行指令; 运算器用于进行数字或逻辑运算, 在控制器指挥下工作; 寄存器参与运算, 并存储运算的中间结果, 它也是在控制器指挥下工作。CPU 完成的主要功能如下。

① 接收并存储从编程器输入的用户程序和数据。

② 用循环扫描的方式采集由现场输入设备送来的状态信号或数据, 并存入规定的寄存器中。

③ 诊断电源和 PLC 内部电路的工作状态和编程过程中的语法错误等。

④ PLC 进入运行后, 从用户程序存储器中逐条读取指令, 经分析后再按指令规定的任务产生相应的控制信号, 去指挥有关的控制电路。

⑤ 可以接受 I/O 接口发来的中断请求, 并进行中断处理, 中断处理完毕再返回原址继续执行原来的程序。

PLC 中常用的 CPU 有通用微处理器 (如 Z80、8086)、单片机 (如 8031、8051) 和位片式微处理器 (如 AMD2901、AMD2903)。

(2) 存储器

存储器是 PLC 记忆或暂存数据的部件, 一般由存储体、地址译码电路、读写控制电路和数据寄存器组成, 用来存放系统程序、用户程序、逻辑变量及其他一些信息。PLC 的存储器分为系统存储器和用户程序存储器。

系统存储器用来存放系统程序。系统程序由 PLC 生产厂家编写并固化在 ROM 内, 使 PLC 具有基本的智能, 能够完成 PLC 设计者规定的各种工作, 系统程序质量的好坏, 在很大程度上影响了 PLC 的性能。

用户程序存储器存放用户编制的控制程序。

常用的存储器类型有 CMOS RAM、ROM、PROM、EPROM、EEPROM。

CMOS RAM 是可读写的随机存储器, 一般存放用户程序和系统参数, 断电时存储内容立即消失。通常用锂电池作为备用电源, 失电时保持 RAM 中的内容。

只读存储器有 ROM、PROM (用户可编程)、EPROM (紫外线可擦除可编程) EEPROM (电可擦除可编程), 一般存放系统程序和需要长久保存的用户程序等, 断电时存储内容不丢失。

PLC 产品说明书中所列的存储器类型及容量, 系指用户程序存储器。

(3) 输入/输出 (I/O) 模块

I/O 模块是 CPU 与现场用户输入、输出设备之间联系的桥梁。PLC 的输入模块用以接收和采集外部设备各类输入信号 (如按钮、各种开关、继电器触点等送来的开关量; 或电位器、测速发电机、传感器等送来的模拟量), 并将其转换成 CPU 能接受和处理的数据。PLC 的输出模块则是将 CPU 输出的控制信息转换成外部设备所需要的控制信号去驱动控制元件 (如接触器、指示灯、电磁阀、调节阀、调速装置等)。

PLC 提供多种用途和功能的 I/O 模块, 供用户根据具体情况来选择。如开关量 I/O、模拟量 I/O、I/O 电平转换、电气隔离、A/D 或 D/A 变换、串/并行变换、数据传送、高速计数器、远程 I/O 控制等模块。其中开关量 I/O 模块是 PLC 中最基本、最常用的接口模块, 在图 1-2 中绘出的就是这种 I/O 模块。