

新编高等职业教育电子信息、机电类规划教材



机电一体化技术专业

PLC原理与应用技术

刘 爽 李鹏威 主 编
梁 亮 刘 伟 副主编
关 健 主 审

本书特色:

分为16个模块,每个模块包含若干任务;
任务实施过程中掌握知识与技能,做中学,学中做;
每个任务附有知识巩固,每章附有练习题。

主要内容:

西门子S7-200系列PLC的系统构成与指令系统;
NEZA系列PLC的系统构成与指令系统;
PLC控制系统的设计原则、步骤及工程应用。

在华信教育资源网上免费提供电子教案



中国工信出版集团



电子工业出版社
PUBLISHING HOUSE OF ELECTRONICS INDUSTRY

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

新编高等教育电子信息

一体化技术专业

PLC 原理与应用技术

刘 爽 李鹏威 主 编

梁 亮 刘 伟 副主编

关 健 主 审

電子工業出版社

Publishing House of Electronics Industry

北京·BEIJING

内 容 简 介

本书介绍了 PLC 的概述及结构、工作原理, 西门子 S7-200 系列 PLC 的系统构成与指令系统, NEZA 系列 PLC 的系统构成与指令系统, PLC 控制系统的设计原则、步骤及 PLC 的控制系统工程应用。

本书可作为电气自动化技术、机电一体化技术、过程控制技术等与自动化类相关专业的教学用书。也可作为相关工程技术人员培训和自修的参考书。

未经许可, 不得以任何方式复制或抄袭本书之部分或全部内容。

版权所有, 侵权必究。

图书在版编目 (CIP) 数据

PLC 原理与应用技术/刘爽, 李鹏威主编. —北京: 电子工业出版社, 2015. 8
ISBN 978-7-121-26604-1

I. ①P… II. ①刘… III. ①plc 技术—高等学校—教材 IV. ①TM571.6

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2015) 第 156342 号

策 划: 陈晓明

责任编辑: 郭乃明 特约编辑: 范 丽

印 刷: 三河市鑫金马印装有限公司

装 订: 三河市鑫金马印装有限公司

出版发行: 电子工业出版社

北京市海淀区万寿路 173 信箱 邮编 100036

开 本: 787×1092 1/16 印张: 19.25 字数: 493 千字

版 次: 2015 年 8 月第 1 版

印 次: 2015 年 8 月第 1 次印刷

印 数: 3 000 册 定价: 42.00 元

凡所购买电子工业出版社的图书, 如有缺损问题, 请向购买书店调换。若书店售缺, 请与本社发行部联系, 联系及邮购电话: (010) 88254888。

质量投诉请发邮件至 zltz@phei.com.cn, 盗版侵权举报请发邮件至 dbqq@phei.com.cn。

服务热线: (010) 88258888。

前 言

PLC (Programmable Logic Controller) 通常称为可编程序控制器,是以微处理器为基础,综合了计算机技术、自动控制技术和通信技术而发展起来的一种通用的自动控制装置。它具有体积小、重量轻、编程简单、功能强等优点,特别是可靠性高、抗干扰能力强,故称其为“专为适应恶劣环境而设计的计算机”,由于其在工业自动化控制领域中的广泛应用,被称为现代工业自动化三大支柱之一。

因此,了解和学好 PLC 技术,对自动化类、机电类专业的高职高专学生来说是极为重要的。

本教材适应高职高专教育人才培养模式的需要,依据高等职业教育培养高素质、高技能型专门人才的目标要求,以就业为导向,以工学结合为切入点,整合理论知识和实践知识、显性知识和默会知识,将陈述性知识穿插于典型工作任务中。

本书以任务为驱动,基于工作过程导向的项目化教学改革为方向,将行业企业中典型、实用、操作性强的项目任务引入课程中。任务设计以“典型、实用、可操作”为原则,将理论知识与实践技能融于一体,“教、学、做”一体化,工学结合。任务从工程实际出发,由易到难,由简单到综合,循序渐进,使读者在任务中理解 PLC 编程的技巧和方法,感悟实践渗透理论带来认知的快捷与方便。通过任务的实施,逐步掌握一般 PLC 控制系统的设计、安装、编程、调试和运行要领,充分体现了职业教育的应用特色和能力本位,突出了人才应用能力及创新素质的培养。

本书从内容上分为四大部分:第一部分主要介绍 PLC 相关的基础知识,包括 PLC 的特点、分类、结构、原理等基础知识。第二部分和第三部分分别介绍了西门子 S7-200 CPU 22X 系列 PLC 和施耐德 NEZA 系列 PLC 的各自基本构成、内部元器件、编程软件、基本指令、功能指令及其网络通信等。第四部分介绍了 PLC 控制系统的设计原则、步骤与应用实例等。

本书由刘爽、李鹏威主编,梁亮、刘伟为副主编。其中模块 3、5、6、15、16、附录 A 由刘爽编写;模块 1、2、10、12、附录 B 由李鹏威编写;模块 4、7、8 由梁亮编写;模块 9、11、13、14 由刘伟编写,全书由刘爽副教授统稿,关健教授主审了全书。

参加本书文字、图形处理等辅助性工作的还有王海浩、李颖、胡钢、杨欣慧、于秀娜、钱海月、梁玉文、马莹莹、张立娟、王佰红、田军、高艳春、李楠、高岩、朴圣良、罗新老,在此表示衷心感谢。

由于编者水平有限,书中难免存在缺点和不足之处,恳请读者批评指正。

编 者
2015 年 4 月

目 录

第一部分 PLC 基础知识

模块 1 PLC 概述	(1)
1.1 任务一 PLC 的定义	(1)
1.2 任务二 PLC 的历史及发展	(2)
1.3 任务三 PLC 的特点与应用	(4)
1.3.1 PLC 的特点	(4)
1.3.2 PLC 的应用	(6)
1.4 任务四 PLC 的分类与性能指标	(7)
1.4.1 PLC 的分类	(7)
1.4.2 PLC 的主要性能指标	(8)
习题 1	(9)
模块 2 认识 PLC 基本结构与工作原理	(10)
2.1 任务一 PLC 的基本结构	(10)
2.1.1 中央处理单元 CPU (Centre Processing Unit)	(11)
2.1.2 存储器 (ROM 和 RAM)	(11)
2.1.3 输入/输出接口	(12)
2.1.4 其他部分	(15)
2.2 任务二 PLC 的工作原理	(16)
2.2.1 PLC 的工作特点	(16)
2.2.2 PLC 扫描工作的过程	(17)
2.2.3 PLC 的工作原理	(17)
2.3 任务三 PLC 的编程语言与编程规则	(19)
2.3.1 梯形图语言及其编程规则	(19)
2.3.2 语句表语言 (STL)	(21)
2.3.3 功能块图 (FBD)	(22)
2.3.4 顺序功能图 (SFC)	(23)
习题 2	(23)

第二部分 S7-200 系列 PLC 的构成与指令系统

模块 3 S7-200 系列 PLC 的构成	(24)
3.1 任务一 S7-200 系列 PLC 的硬件	(24)
3.1.1 S7-200 系列 PLC 系统结构	(24)
3.1.2 S7-200 系列 PLC 的扩展模块	(28)
3.2 任务二 S7-200 系列 PLC 的性能	(29)
3.3 任务三 S7-200 系列 PLC 的编程元件及寻址方法	(30)

3.3.1	数据存储类型	(31)
3.3.2	数据的编址方式	(32)
3.3.3	PLC 内部元器件及编址	(32)
3.3.4	S7-200 CPU 存储器区域的寻址方式	(35)
3.4	任务四 STEP7-Micro/WIN 编程软件的应用	(38)
3.4.1	S7-200 PLC 编程系统概述	(38)
3.4.2	STEP 7-Micro/WIN V4.0 的功能	(41)
3.4.3	STEP 7-Micro/WIN V4.0 的窗口组件及其功能	(41)
3.4.4	系统模块的设置及系统块配置	(44)
3.4.5	程序编辑及运行	(46)
3.4.6	程序调试运行与监控	(51)
3.4.7	在 RUN 模式下编辑用户程序	(54)
3.4.8	使用系统块设置 PLC 的参数	(55)
3.4.9	梯形图程序状态的强制功能	(55)
3.4.10	程序的打印输出	(55)
	习题 3	(56)
模块 4	基本指令	(57)
4.1	任务一 电动机的基本控制	(57)
4.2	任务二 分支指令的应用	(65)
4.3	任务三 定时器指令应用	(67)
4.4	任务四 计数器指令应用	(71)
	习题 4	(76)
模块 5	顺序控制指令的应用	(78)
5.1	任务一 顺序功能图程序设计方法及其应用	(78)
5.1.1	顺序功能图简介	(79)
5.1.2	顺序功能图的基本结构形式	(80)
5.1.3	举例应用	(81)
5.2	任务二 顺控指令的应用	(84)
	习题 5	(90)
模块 6	数据处理指令的应用	(93)
6.1	任务一 数据的传送	(93)
6.1.1	单一数据传送指令	(93)
6.1.2	其他数据传送类指令	(94)
6.2	任务二 数据的比较	(96)
6.3	任务三 数据的移位	(98)
6.3.1	左、右移位指令	(98)
6.3.2	循环左、右移位	(100)
6.3.3	移位寄存器指令 SHRB	(101)
6.4	任务四 数据的运算	(103)
6.4.1	算术运算指令	(104)

6.4.2	函数运算指令	(105)
6.4.3	增1/减1运算指令	(107)
6.4.4	逻辑运算指令	(107)
6.5	任务五 数据的转换	(109)
6.5.1	数据类型转换指令	(109)
6.5.2	数据的编码和译码指令	(111)
6.6	任务六 表功能指令的使用	(116)
6.6.1	填表指令 ATT (Add To Table)	(117)
6.6.2	表中取数指令	(118)
6.6.3	表查找指令 TBL FIND (Table Find)	(119)
6.7	任务七 时钟指令的使用	(121)
习题6		(122)
模块7	其他指令的应用	(123)
7.1	任务一 程序控制指令的应用	(123)
7.2	任务二 子程序的使用	(128)
7.3	任务三 中断指令应用	(133)
7.3.1	中断事件	(133)
7.3.2	中断优先级	(134)
7.3.3	中断控制	(135)
7.4	任务四 高速计数器指令应用	(137)
7.5	任务五 高速脉冲输出指令应用	(143)
7.6	任务六 PID 指令应用	(149)
7.6.1	S7-200 系统 PLC 模拟量 I/O 模块	(149)
7.6.2	模拟量数据的处理	(152)
7.6.3	模拟量的 PID 控制	(154)
7.6.4	举例应用	(155)
习题7		(158)
模块8	S7-200 的通信与网络	(159)
8.1	任务一 认识通信网络	(159)
8.1.1	并行通信和串行通信	(159)
8.1.2	异步通信和同步通信	(160)
8.1.3	信息交互方式	(161)
8.2	任务二 S7-200 PLC 的通信协议与通信实现	(162)
8.2.1	S7-200 系列 PLC 支持的通信协议	(162)
8.2.2	系统通信的实现	(164)
8.3	任务三 S7-200 系列 PLC 通信指令的应用	(166)
8.3.1	网络读写指令的应用	(166)
8.3.2	自由端口模式	(170)
习题8		(177)

第三部分 NEZA 系列 PLC 的构成与指令系统

模块 9 NEZA 系列 PLC 的构成	(179)
9.1 任务一 NEZA 系列 PLC 的硬件	(179)
9.2 任务二 NEZA 系列 PLC 的性能	(180)
9.3 任务三 NEZA 系列 PLC 的内部资源分配及寻址方法	(182)
9.3.1 内存结构	(183)
9.3.2 寻址方式	(184)
9.4 任务四 PL707WIN 编程软件的应用	(186)
9.4.1 PL707WIN 编程软件的运行与退出	(186)
9.4.2 PL707WIN 编程软件操作菜单	(187)
9.4.3 程序编制	(188)
9.4.4 程序调试	(192)
习题 9	(193)
模块 10 NEZA 基本指令应用	(194)
10.1 任务一 布尔指令的应用	(194)
10.1.1 触点和线圈类指令	(195)
10.1.2 微分触点指令	(196)
10.1.3 置位/复位指令	(197)
10.1.4 电路块指令	(198)
10.1.5 堆栈指令	(199)
10.2 任务二 定时器功能块指令	(201)
10.3 任务三 计数器功能块指令	(205)
10.4 任务四 鼓形控制器功能块指令	(208)
10.5 任务五 移位寄存器功能块指令	(212)
10.6 任务六 步进计数器功能块指令	(216)
10.7 任务七 FIFO/LIFO 寄存器功能块指令	(218)
习题 10	(220)
模块 11 数据处理指令的应用	(221)
11.1 任务一 数据的传送	(221)
11.2 任务二 数据的比较	(225)
11.3 任务三 数据的运算	(227)
11.4 任务四 数据的移位	(231)
11.5 任务五 数据的转换	(233)
习题 11	(234)
模块 12 NEZA 特殊指令应用	(235)
12.1 任务一 程序控制指令	(235)
12.1.1 程序结束指令 END	(236)
12.1.2 跳转指令 %Li	(236)
12.1.3 子程序指令 %SRi	(237)

12.2 任务二 专用功能指令	(241)
12.2.1 脉冲宽度调制输出指令% PWM	(241)
12.2.2 脉冲发生器输出指令% PLS	(243)
12.2.3 高速计数器功能指令% FC	(244)
12.2.4 通信指令	(247)
12.2.5 调度模块 RTC	(254)
12.3 任务三 NEZA 系列 PLC 的扩展功能	(255)
12.3.1 数字量 I/O 的扩展	(255)
12.3.2 模拟量 I/O 的扩展	(255)
习题 12	(258)

第四部分 PLC 的工程应用与设计

模块 13 PLC 控制系统的总体设计	(260)
13.1 任务一 设计的基本原则	(260)
13.1.1 PLC 控制系统的类型	(260)
13.1.2 PLC 控制系统设计基本原则	(262)
13.2 任务二 设计的流程	(262)
习题 13	(264)
模块 14 PLC 控制系统的设计步骤	(265)
14.1 任务一 设计的依据	(265)
14.2 任务二 PLC 及其组件的选型	(266)
14.3 任务三 PLC 的硬件设计	(267)
14.4 任务四 PLC 的软件设计	(268)
14.5 任务五 PLC 供电系统设计	(268)
14.5.1 PLC 电源设计	(269)
14.5.2 I/O 装置外部电源	(270)
14.5.3 PLC 总供电系统	(270)
14.6 任务六 系统电缆、接地设计	(271)
14.7 任务七 总装统调	(272)
习题 14	(272)
模块 15 PLC 在自动控制系统中的应用	(273)
15.1 任务一 机械手控制系统的设计	(273)
15.2 任务二 带有夹轨器的塔架起重机大车行走控制系统的设计	(278)
15.2.1 大车行走控制系统	(279)
模块 16 PLC 的安装与维护	(284)
附录 A S7-200 PLC 快速参考信息	(287)
附录 B NEZA PLC 的系统位与系统字	(291)
参考文献	(297)

第一部分 PLC 基础知识

模块 1 PLC 概述

知识目标

- (1) 掌握 PLC 的定义, 了解 PLC 的由来及发展趋势;
- (2) 掌握 PLC 的主要特点及分类;
- (3) 理解 PLC 的主要技术指标。

能力目标

- (1) 能对 PLC 的功能、作用有一个整体认识;
- (2) 能依据系统控制要求完成的 PLC 的初步选型。

1.1 任务一 PLC 的定义

可编程序控制器是以微处理器为基础, 综合了计算机技术、自动控制技术和通信技术而发展起来的一种通用的自动控制装置。早期主要用于顺序逻辑控制, 故称 (Programmable Logic Controller) 简称 “PLC”; 20 世纪 80 年代后期, 伴随微电子技术和计算机技术的迅猛发展, 可编程序控制器不仅能完成顺序逻辑控制, 还能进行数值运算、数据处理, 具有中断、通信、故障自诊断等功能, 成为了真正的微型计算机工业控制装置, 故称其为 “PC”。但后期又出现了个人计算机 (Personal Computer), 也称 “PC”, 两者极易混淆, 故人们仍习惯地用 PLC 作为可编程控制器的缩写。

1985 年, 国际电工委员会 (IEC) 对可编程序控制器做了如下定义:

可编程序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; 它采用了可编程序的存储器, 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指令, 并通过数字式或模拟式的输入和输出, 控制各种类型的机械或生产过程。

在国际电工委员会对 PLC 的定义中, 有如下几点值得注意:

(1) PLC 是数字运算操作的电子系统, 带有可编程序的存储器, 并能进行 “逻辑运算、顺序控制、定时、计数和算术运算等操作”, 故 PLC 是一个名副其实的计算机系统。

(2) PLC 专为在工业环境下应用而设计。工业环境具有高噪声、高粉尘、强电磁干扰等特点, 这是普通计算机无法工作的环境。而 PLC 除了具有计算机的基本功能外, 还具备了适应工业环境的特殊构造, 使其能够在较为恶劣的工业环境下可靠工作。

(3) PLC 能够“控制各种类型的机械或生产过程”，并且“易于扩充其功能”。作为通用工业控制计算机，工程人员可根据被控对象的不同控制要求，方便地对 PLC 进行程序的编制或改进。当系统的控制精度要求特别高或系统需要大量复杂的科学计算时，不宜选用 PLC 作为控制器。

在控制领域中，PLC 与微型计算机相比较有以下几方面不同。

(1) 应用范围：PLC 用于工业控制；微型计算机除控制领域外，还可用于科学计算、数据处理、通信等。

(2) 使用环境：微型计算机要求高；而 PLC 可用于工业现场。

(3) 输入输出：微型计算机系统的 I/O 设备与主机间采用微机联系，一般无须电气隔离；而 PLC 一般控制强电设备，需要电气隔离，输入、输出均采用“光-电”耦合，输出还采用继电器、晶闸管或大功率晶体管进行功率放大。

(4) 程序设计：微型计算机采用汇编或 C 语言，较为复杂；而 PLC 采用梯形图编程语言，非常简单。

(5) 系统功能：微型计算机系统一般配有较强系统软件，如操作系统，能进行设备管理、文件存储管理，还配有许多应用软件供用户使用；而 PLC 一般只有简单的监控程序，能完成故障检查，用户程序输入、修改、执行与监视等。

1.2 任务二 PLC 的历史及发展

可编程控制器的起源可以追溯到 20 世纪 60 年代，当时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，所以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越来越短，这样继电器控制装置就需要经常地重新设计、安装，费工、费料，延长更新周期。

为改变这一现状，1968 年，美国通用汽车公司（GM）提出了研制新型逻辑顺序控制装置的十项招标指标。主要内容如下：

- (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竞争。
- (7) 输入可以是交流 115V。
- (8) 输出为交流 115V，容量要求在 2A 以上，可直接驱动接触器等。
- (9) 扩展时，原系统只需少量变更。
- (10) 用户存储器大于 4KB。

美国通用汽车公司期望找到一种新的方法，尽可能减少重新设计和接线工作，以降低成本。设想把计算机通用、灵活、功能完备等优点和继电器控制系统的简单易懂、价格便宜等优点结合起来，制成一种通用控制装置。而且，此装置需采用面向控制过程、面向问题的“自然语言”进行编程，使不熟悉计算机的人也能很快掌握使用方法。

针对上述 10 项指标, 1969 年, 美国数据设备公司 (DEC) 研制出第一台 PLC, 型号为 PDP-14, 并在通用汽车公司的自动装配线上试用, 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、体积小等一系列优点, 很快在美国其他工业领域推广应用, 如冶金、造纸、化工、食品等工业。这项新技术也受到了其他国家的高度重视。1971 年, 日本从美国引进这项技术, 很快研制出日本第一台 PLC, 型号为 DSC-18。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 年开始在工业领域推广应用。

从 PLC 产生至今, 大致分为四个阶段。

1. 第一阶段

从 1969 年到 20 世纪 70 年代中期, 为 PLC 发展的初级阶段。PLC 用于取代继电器, 故主要功能包括逻辑运算、定时、计数功能。本阶段已采用梯形图作为编程语言, 尽管有些枯燥, 但已形成了工厂的编程标准。

2. 第二阶段

从 20 世纪 70 年代中期到 70 年代末期, 是 PLC 发展的第二阶段。这一阶段, 为方便熟悉继电器控制系统的工程技术人员使用 PLC, PLC 采用和继电器电路图类似的梯形图作为主要编程语言, 并将运算及处理的计算机存储元器件均以继电器命名。此时, 微处理技术已被用于 PLC 中, 使其增加了数字运算、数据传送、处理等功能, 能实现模拟量的控制, 具备自诊断功能, 成为真正具有计算机特征的工业控制装置, 初步形成系列化, 如 MODICON 公司的 184、284、384 系列, 西门子的 SIMATIC3 系列。

3. 第三阶段

20 世纪 70 年代末期到 80 年代中期为 PLC 发展的第三个阶段。在此阶段, 计算机技术全面引入 PLC, 使其功能更加完备。如更快的运算速度、更可靠的工业抗干扰能力设计、模拟量运算、PID 控制, 并且 PLC 与计算机的通信形成了分布式通信网络。但因众多 PLC 制造商各自为政, 通信系统也随之各有其规范。这一阶段代表性产品有西门子公司公司的 SIMATIC6, 富士电机公司的 MICRO 系列和 GOULD 公司的 M84、884 系列。

4. 第四阶段

进入 20 世纪 80 年中期以来, 随着大规模和超大规模集成电路等微电子技术的迅猛发展, 以 16 位和少数 32 位微处理器构成的微机化 PLC 得到了惊人的发展, 使得 PLC 在设计、性能价格比、应用等方面都有了新的突破, 不仅控制功能增强, 功耗和体积减小, 成本下降, 可靠性提高, 编程和故障检测更为灵活方便, 具有远程 I/O 和通信网络及图像显示功能, 配套开发了方便的调试和测试工具、仿真工具, 而且各 PLC 制造厂商的通信协议及编程语言均得以标准化, 使得 PLC 广泛用于控制复杂的连续生产过程, 并将 PLC 技术确立为工业自动化的三大支柱 (PLC 技术、机器人、计算机辅助设计与制造技术) 之一。

目前, 世界上有 200 多家 PLC 厂商, 400 多个品种的 PLC 产品, 按地域可分成美国、欧洲、日本三个流派产品, 如美国的 GE、AB、TI、MODICON, 日本的三菱、欧姆龙、松下、富士, 法国的施耐德, 德国的西门子等, 各具特色。美国 AB 公司的 SLC500PLC 是一个基于机架的中型控制系统, 由控制器、离散量模块、模拟量模块和特殊输入、输出模块及外围设备组成, 可提供广泛的通信配置, AB 公司的产品约占美国 PLC 销售市场 50% 的份额。日本

三菱公司生产的 FX 系统 PLC，性能先进、结构紧凑、价格低廉，在世界小型 PLC 市场上约占有 70% 的份额。德国西门子公司的 S7 - 400PLC 具有极高的处理速度，其 CPU 资源非常强大，工作内存最高可达 20MB。

我国的上海东屋电气有限公司生产的 CF 系列、杭州机床电器厂生产的 DKK 及 D 系列、大连组合机床研究所生产的 S 系列、苏州电子计算机厂生产的 YZ 系列等多种产品已具备了一定的规模并在工业产品中获得了应用。此外，无锡华光公司、上海乡岛公司等中外合资企业也是我国比较著名的 PLC 生产厂家。

展望未来，PLC 的发展趋势将如计算机一样，运算处理速度更快、存储容量更大、组网能力更强。

在规模上，一方面是向体积更小、速度更快，功能更强和价格更低的超小型方面发展，发展超小型 PLC 更易于实现机电一体化。如三菱电机推出的 FX 系统小型 PLC 中，最新研发的 FX_{3U} 是其第三代小型化 PLC 产品，是 FX_{2N} 的升级版，它体积小、速度快、功能强；控制点可达 384 点；在定位控制方面，FX 内置了 6 点 3 轴独立最高 100kHz 的定位功能；可扩展模拟量输入输出、CC - LINK 通信、232 通信、以太网通信等。而 FX_{3UC} 是 FX_{3U} 的小型版，接线采用扁平线，更能节省空间。

另一方面是向超大型网络化、高性能、大存储容量和多功能方面发展，网络化与强大的通信能力是超大型 PLC 的一个重要发展趋势。为了满足各种特殊功能需求，智能模块层出不穷，如位置控制模块、高速计数模块、数控模块、模糊控制模块等。三菱公司的 QnU 系列即属于超大型 PLC，它能满足更高的质量管理要求，适用于复杂、大规模化设备或系统，能够高速高精度处理实时数据，基本指令扫描时间可达 9.5ns。

在产品配套上，PLC 的品种将会更加丰富、规格更齐全、界面更人性化、通信更完备。

1.3 任务三 PLC 的特点与应用

1.3.1 PLC 的特点

1. 可靠性高、抗干扰能力强

PLC 采用了集成度很高的微电子器件，大量的开关动作（0/1）都是由无触点的半导体电路完成的，其可靠程度是使用真实机械触点的继电器、接触器系统所无法比拟的。为了使 PLC 能在恶劣的工业环境下可靠工作，在其设计和制造过程中采取了一系列硬件和软件方面的抗干扰措施。

（1）硬件方面采取的主要措施有以下几方面：

① 在 PLC 内部对 CPU 供电电源采取屏蔽、稳压、保护等措施，防止干扰信号通过供电电源进入 PLC 内部，另外各个输入输出（I/O）接口电路的电源彼此独立，从而避免电源之间的互相干扰。

② 冗余。对于 PLC 的主要部件，如 CPU 等，采用冗余技术，即通过多重备份来增加系统的可靠性。

③ 隔离。PLC 的输入/输出接口电路一般都采用光电耦合器来隔离，这种光电隔离措施使外部电路与 PLC 内部之间完全避免了电的联系，有效地抑制了外部干扰源对 PLC 的影响，

还可防止外部强电窜入内部 CPU。

④ 滤波。在 PLC 电源电路和输入/输出 (I/O) 电路中设置多种滤波电路, 如 RC 电路, 可有效地抑制高频干扰信号。

⑤ 内部设置联锁、环境检测和诊断等电路, 一旦发生故障, 立即报警。

⑥ PLC 采用耐热、密封、防尘、抗震的外壳封装结构, 以适应恶劣的工作环境。

(2) 在软件方面采取的主要措施有以下几方面:

① 设置故障检测与诊断程序, 每次扫描都对系统状态、用户程序、工作环境和故障进行检测与诊断, 一旦发现出错, 立即自动做出相应的处理, 如报警、保护数据和封锁输出等。例如, 在公共处理阶段, 设置了监控定时器 T1 (看门狗 WATCH DOG TIMER, WDT), 能够完成死循环自诊断功能。每次执行程序前, 复位 T1; 执行程序开始, T1 计时, 完毕后立即复位 T1。当执行完用户程序所需的时间不超过 T1 时, 表示程序执行正常。若因某些原因, 程序进入死循环, 执行程序时间超出 T1 值, WDT 发出警告, 程序重新开始执行, 同时复位 T1。若是偶然因素, 则重新执行程序。否则, 系统自动停止执行用户程序, 切断外部负载, 并发出故障信号等待处理。

② 目前的 PLC 对用户程序和数据大多采用 EEPROM, 无须后备锂电池, 以保护断电后用户程序和数据不会因此而丢失。

采用以上抗干扰措施后, 一般 PLC 的抗电平干扰强度可达峰值 1000V, 脉宽为 $10\mu\text{s}$, 平均无故障时间可达 30 ~ 50 万小时, 例如, 三菱公司生产的 F 系列 PLC 平均无故障时间即为 30 万小时。一些使用冗余 CPU 的 PLC 的平均无故障工作时间则更长。故又称 PLC 为“专为适应恶劣环境而设计的计算机”。

2. 配套齐全, 用户使用方便, 适用性强

发展到今天, PLC 产品已经标准化、系列化、模块化。用户能灵活方便地进行系统配置, 组成不同功能、不同规模的系统。除了逻辑处理功能以外, 现代 PLC 大多具有完善的数据运算能力, 可用于各种数字控制领域。近年来 PLC 的功能单元大量涌现, 使 PLC 渗透到了位置控制、温度控制、CNC 等各种工业控制中。加上 PLC 通信能力的增强及人机界面技术的发展, 使用 PLC 组成各种控制系统变得非常容易。

3. 编程方法简单、易学

大多数 PLC 采用的编程语言是梯形图语言, 它是一种面向控制过程、面向问题的“自然语言”。梯形图与继电器控制线路图相似, 形象、直观, 并且, 只需用 PLC 的少量开关量逻辑控制指令就可以方便地实现继电器电路的功能; 不需要掌握计算机知识, 很容易让广大工程技术人员掌握; 当生产流程需要改变时, 可以在现场改变程序, 使用方便、灵活。许多 PLC 还针对具体问题, 设计了各种专用编程指令及编程方法, 进一步简化了编程工作。

4. 系统的安装、调试、维护方便

PLC 安装方便, 具有输入/输出端子排, 只要用螺丝刀就可以将 PLC 与输入/输出控制设备相连接。采用存储逻辑代替接线逻辑, 减少了外部设备的接线。改变一些生产过程, 只需要改变软件程序以及外部少量接线即可。

PLC 编写的程序可在实验室先进行模拟调试, 输入信号可用开关来模拟, 输出信号可以直接观察 PLC 面板上的发光二极管, 调试后再将程序下载于现场 PLC 进行安装调试。PLC

自身故障率就很低，并具有完善的自诊断功能和运行故障指示装置，便于维护。即使发生故障时，观察其面板上各种发光二极管的状态，便可迅速查明故障原因。

5. 体积小，重量轻，易于移植

由于 PLC 采用了半导体大规模集成电路，其结构紧凑、体积小、重量轻、能耗低，可以很容易地植于机械设备内部，是实现机电一体化的理想控制设备。以超小型 PLC 为例，新近出产的品种底部尺寸小于 100mm，重量小于 150g，能耗仅数瓦。

1.3.2 PLC 的应用

作为工业自动化三大支柱之一的 PLC，其应用范围极其广泛，经过几十年的发展，目前已经广泛应用于汽车制造、冶金、石油、化工、电力、矿山、机械制造、交通运输、轻纺、环保等行业。概括起来，PLC 的应用主要集中在以下 6 个方面。

1. 开关量的逻辑控制

这是 PLC 最基本、最广泛的应用领域。可用 PLC 取代传统的接触器 - 继电器控制系统，实现逻辑控制和顺序控制，在单机控制、多机群控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，电梯的控制，电机控制，包装机械的控制，家用电器自动装配线的控制，注塑机控制，饮料灌装流水线、造纸、汽车、轧钢自动生产线的控制等。

2. 模拟量的闭环控制

在工业现场中，输入信号及被控量多数为模拟量。目前，很多 PLC 都具有模拟量处理功能，通过模拟量 I/O 模块可对温度、压力、流量、速度等连续变化的模拟量进行控制，而且编程和使用都很方便。大、中型的 PLC 还具有 PID 闭环控制功能，运用 PID 指令或使用专用的 PID 模块，便可实现对模拟量的闭环控制，甚至能够组成较复杂的闭环控制系统。如炼钢炉温度控制，水处理、酿酒系统、连轧机的速度与位置的闭环控制等。

3. 运动控制

运动控制也称为位置控制，是指 PLC 对直线运动或圆周运动的控制。可将 PLC 与计算机数控装置（CNC）集成在一起，用于实现机床的运动控制，最为典型的应用即为数控机床。许多 PLC 生产厂家可提供控制步进电机或伺服电机的位置控制模块。目前，PLC 的运动控制功能广泛地应用于金属切削机床、机器人、电梯等机械设备上。

4. 数据处理

PLC 生产厂家提供了很多关于数据处理的指令，用以实现不同程序的数据处理功能，如逻辑运算类指令，算术运算类指令，数据传送、移位、转换指令以及查表指令等。利用这些指令，可以方便地对数据进行采集、分析和处理。常用于大、中型控制系统中，如机器人控制系统、柔性制造系统等。

5. 通信与联网功能

通信联网是指 PLC 与 PLC 之间、PLC 与上位计算机或其他智能设备间的通信，利用 PLC 和计算机的 RS232 或 RS-422 接口、PLC 的专用通信模块，用双绞线和同轴电缆或光缆将它们联成网络，可实现相互间的信息交换，构成“分散控制，集中管理”的多级分布式控制系统，用以完成较大规模的复杂控制，建立工厂的自动化网络。

6. 监控功能

PLC 配置了较强的监控功能, 它能记忆一些异常情况, 或当发生异常情况时, 自动停止运行。在控制系统中, 操作人员通过监控命令, 可以监视有关部分的运行状态, 甚至调整定时或计数设定值, 因而便于调试、使用和维护。

1.4 任务四 PLC 的分类与性能指标

1.4.1 PLC 的分类

PLC 的应用广泛, 目前, 国内外生产厂家众多, PLC 产品更是种类繁多, 其规格和性能也各不相同。但对 PLC 的分类, 通常都是根据其结构形式的不同、功能的差异和 I/O 点数的多少等进行分类。

1. 按结构形式分类

根据 PLC 的结构形式, 可将 PLC 分为整体式和模块式两类。

(1) 整体式。整体式 PLC 是将 CPU、存储器、I/O 接口、电源等组成部件都集中于一体, 很紧凑地安装在一个金属或塑料机壳内, 形成一个整体, 机壳上、下两侧是输入/输出接线端子, 并配有相应的发光二极管用来显示输入/输出状态。整体式 PLC 具有结构紧凑、体积小巧、价格低的特点, 易于嵌入控制设备的内部, 通常适合于单机控制。一般, 小型以下 PLC 采用这种整体式结构, 如施耐德的 NEZA 系列, 三菱的 FX_{2N}、FX_{3U} 系列, 西门子的 S7-200 等。图 1.1 所示为西门子 S7-200 系列 PLC。



图 1.1 西门子 S7-200 系列 PLC

(2) 模块式。模块式 PLC 是把各组成部分分开, 做成各自独立的、尺寸统一的模块, 如 CPU 模块、输入模块、输出模块、电源模块等。各模块做成插件式, 采用搭积木的方式将它们组装在一个具有标准尺寸并带有若干插槽的机架上。用户可以根据需要选用不同档次的 CPU 模块、I/O 模块和其他特殊模块, 组成不同功能的控制系统。模块式 PLC 具有配置灵活、组装与维修方便、易于扩展等优点, 其缺点是结构较复杂、造价较高。一般, 大、中型 PLC 采用这种结构, 如三菱的 Q 系列, 西门子的 S7-400 等。如图 1.2 所示为西门子 S7-300 系列的 PLC。

(3) 叠装式。叠装式 PLC 是整体式与模块式相结合的产物, 融合了以上两种结构的优点。整体式 PLC 易于与被控设备组成一体, 但有时系统所配置的输入输出点不能被充分利用, 且不同 PLC 的尺寸大小不一致, 不易安装整齐; 模块式 PLC 点数配置灵活, 但是尺寸较大, 很难与小型设备连成一体。叠装式 PLC 也是组成部分为各自独立模块, 但安装不用机架, 而用扁平电缆连接各个单元, 且各单元可以一层层地叠装, 这样, 系统既体积较小, 又可进行灵活配置。如图 1.3 所示为三菱 L 系列的 PLC。



图 1.2 西门子 S7-300 系列 PLC

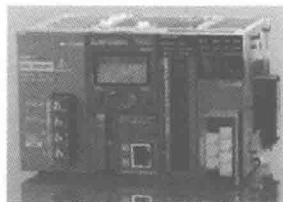


图 1.3 三菱 L 系列 PLC

2. 按 I/O 点数分类

根据 I/O 点数不同, PLC 可分为小型、中型和大型三类。

(1) 小型。小型 PLC 的输入/输出点数在 256 点以下, 用户程序存储容量在 4KB 以下。

(2) 中型。中型 PLC 的输入/输出点数在 256 ~ 2048 点之间, 用户程序存储容量在 8KB 左右。

(3) 大型。大型 PLC 的输入/输出点数在 2048 点以上, 用户程序存储容量在 16KB 以上。

3. 按功能不同分类

(1) 低档机。低档机以逻辑运算为主, 具有定时、计数、移位以及自诊断、监控等基本功能, 主要用于逻辑控制、顺序控制或少量模拟量控制的单机控制系统。

(2) 中档机。中档机除具有低档 PLC 的功能外, 还具有较强的模拟量输入/输出、整数和浮点运算、数制转换、远程 I/O、子程序、通信联网等功能。有些还可增设中断控制、PID 控制等功能, 适用于复杂的逻辑运算及闭环控制系统。

(3) 高档机。高档机除具有中档机的功能外, 还增加了带符号算术运算、矩阵运算、位逻辑运算、平方根运算及其他特殊功能函数的运算、制表及表格传送功能等能力; 同时, 具有很强的通信联网能力, 可用于大规模过程控制或构成分布式网络控制系统。

1.4.2 PLC 的主要性能指标

PLC 的主要性能指标是设计 PLC 控制系统时, 选择 PLC 产品的重要依据。

1. I/O 点数

输入/输出 (I/O) 点数是 PLC 可以接收的输入信号和输出信号的总和, 即输入与输出接线根数的总和, 是衡量 PLC 性能的重要指标。I/O 点数越多, 外部连接的输入设备和输出设备就越多, 控制规模就越大。

2. 存储容量

存储容量是指在 PLC 中的用户程序存储器的容量, 也就是用户 RAM 的存储容量。在 PLC 中程序指令是按“步”存放的 (一条指令往往不止一步), 一“步”占一个地址单元, 一个地址单元一般占两个字节 (16 位的 CPU), 如程序容量为 1000 步的 PLC, 可推知内存为 2KB, 此容量与 I/O 点数大体成正比。

3. 扫描速度

扫描速度是指 PLC 执行用户程序的速度。一般以扫描 1000 步用户指令所需的时间来衡