



国家示范性高职院校建设项目成果

高等职业教育教学改革系列规划教材·电子信息类

西门子S7-200系列 PLC应用技术

祝 福 陈贵银 编 著
肖颜直 主 审

 任务驱动

 行动导向

 工学结合

 学生主体

 过程考核

随书有配套的教学资源，获取多媒体电子课件可登录

www.hxedu.com.cn 免费下载



电子工业出版社
PUBLISHING HOUSE OF ELECTRONICS INDUSTRY

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

国家示范性高职院校建设项目成果
高等职业教育教学改革系列规划教材·电子信息类

西门子 S7-200 系列 PLC 应用技术

祝 福 陈贵银 编 著

肖颜直 主 审

電子工業出版社

Publishing House of Electronics Industry

北京·BEIJING

内 容 简 介

本书从实用角度出发,分模块介绍了西门子 S7-200 系列 PLC 的应用。它吸收了大量 PLC 教科书的优点,内容翔实,案例丰富,习题配有答案,适合初学者学习。全书共有 7 个模块,模块 1 介绍了 PLC 的初步认识,包括 PLC 基础知识、硬件配置和 STEP 7-Micro/WIN 软件的使用;模块 2 介绍了 S7-200 的数据区、寻址方式和指令系统等位指令知识和应用;模块 3 介绍了数据处理功能指令的功能和应用;模块 4 介绍了程序转移类指令、顺序控制指令和高速计数器指令的功能和应用;模块 5 介绍了模拟量处理功能及应用;模块 6 介绍了 PLC 应用系统的设计步骤和程序设计方法;模块 7 介绍了 S7-200 的通信基础知识、通信协议和通信功能指令, PPI 通信、PLC 和变频器之间通信的应用。

本书可作为高职高专电气工程及其自动化、应用电子技术、机电一体化等相关专业的教材,也可作为成人教育及企业培训的教材,还可作为从事 PLC 技术工作的工程技术人员自学用书。

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

西门子 S7-200 系列 PLC 应用技术 / 祝福, 陈贵银编著. —北京: 电子工业出版社, 2011.4

高等职业教育教学改革系列规划教材·电子信息类

ISBN 978-7-121-13099-1

I. ①西… II. ①祝… ②陈… III. ①可程序控制器—高等职业教育—教材 IV. ①TP332.3

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2011)第 041924 号

策划编辑: 田领红

责任编辑: 谭丽莎 文字编辑: 王凌燕

印 刷: 北京季峰印刷有限公司

装 订: 三河市鹏成印业有限公司

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: 20.25 字数: 518.4 千字

印 次: 2011 年 4 月第 1 次印刷

印 数: 4 000 册 定价: 34.00 元

凡所购买电子工业出版社图书有缺损问题, 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 zlt@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

可编程控制器简称 PLC，是专门为工业控制应用而设计的一种通用控制器，是一种以微处理器为基础，综合了计算机技术、自动控制技术、通信技术和传统的继电器控制技术而发展起来的新型工业控制装置，具有结构简单、编程容易、体积小、使用灵活方便、抗干扰能力强、可靠性高等一系列优点。它在工业生产的许多领域，如冶金、机械、电力、石油、煤炭、化工、轻纺、交通、食品、环保、轻工、建材等工业部门得到了广泛的应用，已经成为工业自动化的三大支柱之一。它是生产过程自动化必不可少的智能设备，掌握 PLC 的编程方法和应用技巧，是每一位机电类技术人员必须具备的基本能力之一。

本书突出职业教育的特点，以能力培养为目标，注重 PLC 的实际应用，以项目驱动构建教材内容，注重理论—实践一体化。在编写过程中吸收了大量 PLC 教科书的优点，从实际出发组织教材内容，书中案例丰富，习题配有答案，力求为初学者提供一本有价值的学习资料，同时也为广大师生提供一本实用的能进行“教—学—做”一体化的教材。

本书以当前我国使用较多的西门子 S7-200 系列 PLC 为主要内容，介绍了 PLC 的配置、编程和设计方面的知识。模块 1 介绍了 PLC 的初步认识，包括 PLC 基础知识、硬件配置和 STEP 7-Micro/WIN 软件的使用；模块 2 介绍了 S7-200 的数据区、寻址方式和指令系统等位指令知识和应用；模块 3 介绍了数据处理功能指令的功能和应用；模块 4 介绍了程序转移类指令、顺序控制指令和高速计数器指令的功能和应用；模块 5 介绍了模拟量处理功能及应用；模块 6 介绍了 PLC 应用系统的设计步骤和程序设计方法；模块 7 介绍了 S7-200 的通信基础知识、通信协议和通信功能指令，PPI 通信、PLC 和变频器之间通信的应用。

本书由祝福和陈贵银共同编写，其中，模块 2、模块 3、模块 4、模块 5 和模块 7 由祝福编写，陈贵银编写了模块 1 和模块 6，并对部分程序进行了调试。全书由 709 研究所的肖颜直高级工程师主审。

由于作者水平所限，加之时间仓促，书中难免有错误和不妥之处，衷心希望得到读者的批评指正。对本书的意见和建议请发电子邮件至 zf99188@163.com。

作 者
2010 年 11 月

目 录

模块 1 PLC 的认知初步	(1)
项目 单灯双开关的多逻辑 PLC 控制系统	(1)
1.1 可编程控制器概述	(1)
1.1.1 PLC 的由来	(1)
1.1.2 可编程控制器的定义、分类及特点	(2)
1.1.3 可编程控制器的功能和应用	(4)
1.1.4 可编程控制器的发展趋势	(5)
1.1.5 PLC 的组成与基本结构	(6)
1.2 S7-200 系列 PLC 介绍	(9)
1.2.1 S7-200 系列 PLC 系统	(9)
1.2.2 可编程控制器的工作原理	(16)
1.3 STEP 7-Micro/WIN 编程软件的使用	(22)
1.3.1 STEP 7-Micro/WIN V4.0 编程软件介绍	(22)
1.3.2 STEP 7-Micro/WIN V4.0 主要编程功能	(23)
1.3.3 程序的状态监控与调试	(27)
任务 设计单灯双开关的多逻辑 PLC 控制系统	(28)
思考与练习题	(29)
模块 2 PLC 基本指令的应用	(31)
项目 1 三相异步电动机的单向启、停控制	(31)
2.1 PLC 的编程语言与程序结构	(31)
2.1.1 PLC 程序设计语言	(31)
2.1.2 S7-200 PLC 的程序结构	(34)
2.2 S7-200 PLC 的内部元件	(35)
2.2.1 数据存储类型	(35)
2.2.2 编址方式	(36)
2.2.3 寻址方式	(37)
2.2.4 元件功能及地址分配	(38)
2.3 基本位逻辑指令及应用	(41)
任务 1.1 设计一个单台电动机的启、停的 PLC 控制系统	(50)
任务 1.2 设计一个单台电动机两地控制的 PLC 控制系统	(52)
任务 1.3 采用一个按钮控制两台电动机的依次顺序启动	(53)
项目 2 三相异步电动机的正/反转控制	(54)
2.4 编程注意事项及编程技巧	(55)
2.4.1 梯形图语言中的语法规则	(55)

2.4.2 编程技巧	(56)
2.5 PLC 程序设计常用的方法	(57)
任务 2.1 设计一个单台电动机的正/反转互锁 PLC 控制系统	(57)
任务 2.2 设计一个工作台自动往复的 PLC 控制系统	(59)
任务 2.3 设计一个抢答器的 PLC 控制系统	(60)
项目 3 三相异步电动机的定时运动控制	(62)
2.6 定时器指令及应用	(62)
2.6.1 定时器指令	(62)
2.6.2 定时器指令应用举例	(65)
任务 3.1 设计一个三相异步电动机的 Y/△降压启动的 PLC 控制系统	(67)
任务 3.2 设计小车送料的 PLC 控制系统	(69)
任务 3.3 设计三相异步电动机自耦变压器降压启动的 PLC 控制系统	(70)
项目 4 皮带运输机的顺序控制	(71)
2.7 计数器指令及应用	(72)
任务 4.1 设计一个皮带运输机的 PLC 控制系统	(75)
任务 4.2 设计一个运料小车的 PLC 控制系统	(75)
项目 5 复杂的定时器/计数器的控制系统	(79)
2.8 定时器/计数器的应用举例	(79)
2.8.1 计数器的扩展	(79)
2.8.2 定时器的扩展	(80)
2.8.3 闪烁计数控制	(81)
任务 5.1 多级皮带运输机循环延时顺序启、停的 PLC 控制系统	(81)
任务 5.2 交通信号灯的 PLC 控制系统	(82)
任务 5.3 液体搅拌机的 PLC 控制系统	(85)
思考与练习题	(87)
模块 3 数据处理功能指令的应用	(90)
项目 1 彩灯的 PLC 控制	(90)
3.1 数据传送指令简介	(90)
3.1.1 数据传送指令	(90)
3.1.2 数据块传送指令	(92)
3.1.3 字节交换和字节立即读、写指令	(93)
3.2 移位和循环移位指令	(94)
3.2.1 右移位指令 SHR	(94)
3.2.2 左移位指令 SHL	(95)
3.2.3 循环右移位指令 ROR	(96)
3.2.4 循环左移位指令 ROL	(96)
3.2.5 移位寄存器指令 (SHRB)	(98)
任务 1.1 设计一个按钮控制的 8 个彩灯依次点亮的 PLC 控制系统	(100)
任务 1.2 设计霓虹灯闪烁的 PLC 控制系统	(101)

任务 1.3 设计天塔之光的模拟控制系统	(103)
项目 2 数据处理的 PLC 控制系统	(105)
3.3 数据比较指令及应用	(105)
3.4 数据转换指令及应用	(107)
3.4.1 字节与字整数之间的转换	(108)
3.4.2 字整数与双字整数之间的转换	(108)
3.4.3 双整数与实数之间的转换	(108)
3.4.4 BCD 码与整数的转换	(109)
3.4.5 译码和编码指令	(109)
3.4.6 七段显示译码指令	(110)
3.4.7 ASCII 码与十六进制数的转换	(111)
3.5 算术运算、逻辑运算指令	(112)
3.5.1 整数与双整数加减法指令	(112)
3.5.2 整数与双整数乘除法指令	(113)
3.5.3 实数加、减、乘、除法指令	(114)
3.5.4 数学函数变换指令	(115)
3.5.5 逻辑运算指令	(116)
3.5.6 递增、递减指令	(117)
3.5.7 数据表指令	(118)
任务 2.1 小车定位的 PLC 控制系统	(122)
任务 2.2 抢答器的 PLC 控制系统	(123)
任务 2.3 饮料自动售货机控制系统	(125)
任务 2.4 停车场数码显示 PLC 控制系统	(129)
思考与练习题	(130)
模块 4 特殊功能指令的应用	(133)
项目 1 机电一体化设备的 PLC 控制	(133)
4.1 程序控制类指令	(133)
4.1.1 有条件结束 (END) 指令	(133)
4.1.2 暂停 (STOP) 指令	(134)
4.1.3 监视计时器复位 (WDR) 指令	(134)
4.1.4 跳转 (JMP) 与标号 (LBL) 指令	(135)
4.1.5 循环指令 (FOR、NEXT)	(135)
4.1.6 子程序指令	(137)
4.2 步进顺序控制指令	(141)
4.2.1 功能流程图简介	(141)
4.2.2 顺序控制指令	(142)
4.2.3 顺序功能图的基本结构	(143)
4.2.4 顺序控制系统的编程方法	(143)
任务 1.1 专用钻床的 PLC 控制系统	(149)

任务 1.2 传送机分拣大小球的控制系统	(152)
任务 1.3 组合机床的 PLC 控制系统	(155)
项目 2 PLC 高速处理指令的应用	(159)
4.3 中断处理指令	(159)
4.3.1 中断事件	(159)
4.3.2 中断指令	(161)
4.3.3 中断程序的调用原则	(162)
4.3.4 中断指令应用举例	(163)
4.4 高速处理指令	(164)
4.4.1 占用输入/输出端子	(164)
4.4.2 高速计数器的工作方式	(165)
4.4.3 高速计数器指令	(168)
4.4.4 高速输出指令及应用	(176)
4.5 时钟指令及应用	(181)
任务 2.1 电动机高速转速的测量的 PLC 控制系统	(182)
任务 2.2 步进电动机的 PLC 控制系统	(184)
思考与练习题	(187)
模块 5 模拟量处理功能的应用	(190)
项目 恒压供水的 PLC 控制系统	(190)
5.1 模拟量输入/输出模块	(190)
5.1.1 模拟量输入模块	(191)
5.1.2 模拟量输出模块	(196)
5.1.3 EM235 模拟量输入/输出模块的使用	(198)
5.2 模拟数据的处理	(199)
5.2.1 模拟量输入信号的整定	(199)
5.2.2 模拟量输出信号的整定	(201)
5.3 PLC 的 PID 控制	(202)
5.3.1 PID 算法	(202)
5.3.2 PID 控制回路选项	(203)
5.3.3 PID 指令	(204)
5.3.4 PID 控制功能的应用	(204)
5.3.5 PID 指令向导的应用	(207)
任务 设计一个恒压供水的 PLC 控制系统	(212)
思考与练习题	(218)
模块 6 PLC 应用系统设计	(220)
项目 1 PLC 在顺序控制系统中的应用	(220)
6.1 PLC 系统设计的主要内容	(220)
6.1.1 PLC 控制系统设计的基本原则	(220)

6.1.2 PLC 控制系统设计的主要内容	(221)
6.1.3 程序设计的步骤	(222)
6.1.4 系统调试	(222)
6.2 PLC 程序设计的方法	(223)
6.2.1 经验设计法	(223)
6.2.2 顺序控制设计法	(224)
6.3 PLC 应用中的若干问题	(230)
6.3.1 对 PLC 某些输入信号的处理	(230)
6.3.2 PLC 的安全保护	(231)
任务 1.1 PLC 在自动门控制中的应用	(231)
任务 1.2 全自动洗衣机 PLC 控制系统	(233)
任务 1.3 多种工作方式机械手的 PLC 控制	(235)
项目 2 PLC 在逻辑控制系统中的应用	(239)
任务 2.1 PLC 在步进电动机控制中的应用	(240)
任务 2.2 四层楼电梯的 PLC 控制系统	(242)
思考与练习题	(250)
模块 7 PLC 通信与网络功能应用	(253)
项目 1 PLC 与远程 PC 的通信	(253)
7.1 通信的基本知识	(253)
7.1.1 基本概念	(253)
7.1.2 差错控制	(255)
7.1.3 传输介质	(256)
7.1.4 串行通信接口标准	(256)
7.2 工业局域网基础	(258)
7.3 S7-200 网络通信部件	(259)
7.3.1 通信端口	(259)
7.3.2 PC/PPI 电缆	(260)
7.3.3 网络连接器	(261)
7.3.4 PROFIBUS 网络电缆	(262)
7.3.5 网络中继器	(262)
7.3.6 EM277 PROFIBUS-DP 模块	(263)
7.4 S7-200 系列 PLC 的自由端口通信	(264)
7.4.1 自由端口通信模式	(264)
7.4.2 自由端口通信发送/接收指令	(265)
任务 设计一台 PLC 与远程 PC 的通信系统	(269)
项目 2 两台以上 PLC 的主从通信	(270)
7.5 S7-200 系列 PLC 网络通信	(271)
7.5.1 概述	(271)
7.5.2 通信协议	(273)

7.5.3 网络读与网络写指令	(274)
任务 设计 4 台包装机 (PLC 控制) 的主从通信系统	(285)
项目 3 PLC 与变频器之间的通信	(287)
7.6 USS 通信协议简介	(287)
7.6.1 USS 协议指令	(288)
7.6.2 控制指令 USS_CTRL	(289)
7.6.3 USS_RPM_x (USS_WPM_x) 读取 (写入) 变频器参数指令	(291)
7.6.4 USS 的编程顺序	(292)
7.6.5 通信电缆连接	(293)
任务 3.1 基于端子控制的 PLC 与变频器之间的通信	(295)
任务 3.2 基于 USS 协议的 PLC 与变频器之间的通信	(296)
思考与练习题	(297)
附录一 部分练习题参考答案	(299)
附录二 S7-200 PLC 指令集	(310)
参考文献	(312)

模块 1 PLC 的认知初步

项目 单灯双开关的多逻辑 PLC 控制系统



教学目标

◇ 能力目标

1. 掌握绘制 PLC 硬件接线图的方法并能正确接线;
2. 学会 I/O 端口分配表的设置;
3. 学会编程软件的基本操作。

◇ 知识目标

1. 了解 PLC 的由来与发展及使用场合;
2. 掌握 PLC 的主要特点、分类方法;
3. 熟悉 PLC 的基本构成和外形特征;
4. 掌握编程软件的基本操作。



项目任务

通过实施该项目认知西门子 S7-200 系列 PLC 的硬件结构, 使用编程软件 STEP 7-Micro/WIN V4.0 能正确完成 PLC 端子与开关、指示灯接线端子之间的接线操作及 PLC 控制指示灯正确显示。



知识链接

1.1 可编程控制器概述

1.1.1 PLC 的由来

在可编程控制器问世以前, 工业控制领域中是以继电器控制占主导地位的。这种由继电器构成的控制系统的缺点是: 体积大、耗电多、可靠性差、寿命短、运行速度不高, 尤其是对生产工艺多变的系统适应性更差, 一旦生产任务和工艺发生变化, 就必须重新设计, 并改



变硬件结构，造成了时间和资金的严重浪费。

1968 年，美国通用汽车公司（GM 公司）为了在每次汽车改型或改变工艺流程时不改动原有继电器柜内的接线，以便降低生产成本，缩短新产品的开发周期，而提出了研制新型逻辑顺序控制装置，并提出了该装置的研制指标要求，即 10 项招标技术指标，这 10 项指标实际上就是当今可编程控制器最基本的功能。将它们归纳一下，其核心为以下 4 点：

- （1）用计算机代替继电器控制盘。
- （2）用程序代替硬件接线。
- （3）输入/输出电平可与外部装置直接连接。
- （4）结构易于扩展。

美国数字设备公司（DEC）中标并于 1969 年研制出了世界上第一台可编程控制器，应用于通用汽车公司的生产线上。当时叫可编程逻辑控制器 PLC（Programmable Logic Controller），目的是用来取代继电器，以执行逻辑判断、计时、计数等顺序控制功能。紧接着，美国 MODICON 公司也开发出同名的控制器，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。1973 年，西欧国家也研制出他们的第一台可编程控制器。

1.1.2 可编程控制器的定义、分类及特点

1. 可编程控制器的定义

由于 PLC 在不断发展，因此，对它进行确切的定义是比较困难的。1982 年，国际电工委员会（International Electrical Committee, IEC）颁布了 PLC 标准草案，1985 年提交了第 2 版，并在 1987 年的第 3 版中对 PLC 作了如下的定义：PLC 是一种专门为在工业环境下应用而设计的进行数字运算操作的电子装置。它采用可以编制程序的存储器，用来在其内部存储执行逻辑运算、顺序运算、定时、计数和算术运算等操作的指令，并能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。PLC 及其有关的外围设备都应按照易于与工业控制系统形成一个整体和易于扩展其功能的原则而设计。

上述的定义表明，PLC 是一种能直接应用于工业环境的数字电子装置，是以微处理器为基础，结合计算机技术、自动控制技术和通信技术，用面向控制过程、面向用户的“自然语言”编程的一种简单易懂、操作方便、可靠性高的新一代通用工业控制装置。

2. 可编程控制器的分类

1) PLC 硬件结构的类型

可编程控制器发展很快，目前，全世界有几百家工厂正在生产几千种不同型号的 PLC。为了便于在工业现场安装，便于扩展，方便接线，其结构与普通计算机有很大区别。通常从组成结构形式上将这些 PLC 分为两类：一类是一体化整体式 PLC，另一类是结构化模块式 PLC。

（1）整体式结构。从结构上看，早期的可编程控制器是把 CPU、RAM、ROM、I/O 接口及与编程器或 EPROM 写入器相连的接口、输入/输出端子、电源、指示灯等都装配在一起的整体装置。一个箱体就是一个完整的 PLC。它的特点是结构紧凑、体积小、成本低、安装方便，缺点是输入/输出点数是固定的，不一定能适合具体的控制现场的需要。这类产品有 OMRON 公司的 C20P、C40P、C60P，三菱公司的 FX 系列，西门子公司的 S7-200 系列，东芝公司的 EX20/40 系列等。



(2) 模块式结构。模块式结构又叫积木式。这种结构形式的特点是把 PLC 的每个工作单元都制成独立的模块，如 CPU 模块、输入模块、输出模块、电源模块、通信模块等。另外，机器上有一块带有插槽的母板，实质上就是计算机总线。把这些模块按控制系统需要选取后，都插到母板上，就构成了一个完整的 PLC。这种结构的 PLC 的特点是系统构成非常灵活，安装、扩展、维修都很方便，缺点是体积比较大。常见产品有 OMRON 公司的 C200H、C1000H、C2000H，西门子公司的 S5-115U、S7-300、S7-400 系列等。

2) PLC 的分类

为了适应不同工业生产过程的应用要求，可编程控制器能够处理的输入/输出信号数是不一样的。一般将一路信号叫做一个点，将输入点数和输出点数的总和称为机器的点。按照 I/O 点数的多少，可将 PLC 分为超小（微）、小、中、大、超大 5 种类型，如表 1-1 所示。

表 1-1 按 I/O 点数分类

分 类	超 小 型	小 型	中 型	大 型	超 大 型
I/O 点数	64 点以下	64~128 点	128~512 点	512~8192 点	8192 点以上

按功能分类可分为低档机、中档机、高档机，如表 1-2 所示。

表 1-2 按功能分类

分 类	主 要 功 能	应 用 场 合
低档机	具有逻辑运算、定时、计数、移位、按功能自诊断、监控等基本功能，有的还具备 AI/AO、数据传送、运算、通信等	开关量控制、顺序控制、定时/计数控制、少量模拟量控制等
中档机	除上述低档机的功能外，还有数制转换、子程序调用、通信联网功能，有的还具备中断控制、PID 回路控制等	过程控制、位置控制等
高档机	除上述中档机的功能外，还有较强的数据处理功能、模拟量调节、函数运算、监控、智能控制等	大规模过程控制系统，构成分布式控制系统，实现全局自动化网络

3. 可编程控制器的特点

PLC 能如此迅速发展的原因，除了工业自动化的客观需要外，还有许多独特的优点。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) 编程方法简单易学。梯形图是可编程控制器使用最多的编程语言，其电路符号和表达方式与继电器电路原理图相似。梯形图语言形象直观，易学易懂，熟悉继电器电路图的电气技术人员只要花几天时间就可以熟悉梯形图语言，并用来编制用户程序。梯形图语言实际上是一种面向用户的高级语言，可编程控制器在执行梯形图程序时，应先用解释程序将它“翻译”成汇编语言后再去执行。

(2) 功能强，性能价格比高。一台小型可编程控制器内有成百上千个可供用户使用的编程元件，可以实现非常复杂的控制功能。与相同功能的继电器系统相比，它具有很高的性能价格比。可编程控制器可以通过通信联网，实现分散控制与集中管理。

(3) 硬件配套齐全，用户使用方便，适应性强。可编程控制器产品已经标准化、系列化、模块化，配备有品种齐全的各种硬件装置供用户选用，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。可编程控制器的安装接线也很方便，一般用接线端子连接外



部接线。可编程控制器有较强的带负载能力，可以直接驱动一般的电磁阀和交流接触器。硬件配置确定后，可以通过修改用户程序，方便快速地适应工艺条件的变化。

(4) 可靠性高，抗干扰能力强。传统的继电器控制系统中使用了大量的中间继电器、时间继电器。由于触点接触不良，容易出现故障。可编程控制器用软件代替大量的中间继电器和时间继电器，仅剩下与输入和输出有关的少量硬件，接线可减少到继电器控制系统的 $1/10 \sim 1/100$ ，因触点接触不良造成的故障大为减少。可编程控制器采取了一系列硬件和软件抗干扰措施，具有很强的抗干扰能力，平均无故障时间达到数万小时以上，可以直接用于有强烈干扰的工业生产现场。可编程控制器已被广大用户公认为是最可靠的工业控制设备之一。

(5) 系统的设计、安装、调试工作量少。可编程控制器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，使控制柜的设计、安装、接线工作量大大减少。

可编程控制器的梯形图程序一般采用顺序控制设计法。这种编程方法很有规律，容易掌握。对于复杂的控制系统，梯形图的设计时间比继电器系统电路图的设计时间要少得多。

(6) 维修工作量小，维修方便。可编程控制器的故障率很低，且有完善的自诊断和显示功能。可编程控制器或外部的输入装置和执行机构发生故障时，可以根据可编程控制器上的发光二极管或编程器提供的信息迅速地查明产生故障的原因，用更换模块的方法迅速地排除故障。

(7) 体积小，能耗低。对于复杂的控制系统，使用可编程控制器后，可以减少大量的中间继电器和时间继电器，小型可编程控制器的体积仅相当于几个继电器的大小，因此可将开关柜的体积缩小到原来的 $1/10 \sim 1/2$ 。

可编程控制器的配线比继电器控制系统的配线少得多，故可以省下大量的配线和附件，减少大量的安装接线工时，加上开关柜体积的缩小，可以节省大量的费用。

1.1.3 可编程控制器的功能和应用

1. 开关逻辑和顺序控制

这是 PLC 应用最广泛、最基本的场合。它的主要功能是完成开关逻辑运算和进行顺序逻辑控制，从而可以实现各种简单或十分复杂的控制要求。

2. 模拟控制

在工业生产过程中，许多需要进行连续变化控制的物理量，如温度、压力、流量、液位等，这些都属于模拟量。为了实现工业领域对模拟量控制的广泛要求，目前大部分 PLC 产品都具备处理这类模拟量的功能。特别是当系统中模拟量控制点数不多，同时混有较多的开关量时，PLC 具有其他控制装置所无法比拟的优势。另外，某些 PLC 产品还提供了典型控制策略模块，如 PID 模块，从而可实现对系统的 PID 等反馈或其他模拟量的控制运算。

3. 定时控制

PLC 具有很强的定时、计数功能，它可以为用户提供数十甚至上百个定时器与计数器。对于定时器，其定时间隔可以由用户加以设定。对于计数器，如果需要对频率较高的信号进行计数，则可以选择高速计数器。



4. 数据处理

新型 PLC 都具有数据处理的能力,它不仅能进行算术运算、数据传送,而且还能进行数据比较、数据转换、数据显示打印等功能,有些 PLC 还可以进行浮点运算和函数运算。

5. 信号联锁系统

信号联锁是安全生产所必需的。在信号联锁系统中,采用高可靠性的 PLC 是安全生产的要求。对安全要求高的系统还可采用多重的检出元件和联锁系统,而对其中的逻辑运算等,可采用冗余的 PLC 实现。

6. 通信联网

把 PLC 作为下位机,与上位机或同级的可编程控制器进行通信,可完成数据的处理和信息的交换,实现对整个生产过程的信息控制和管理,因此 PLC 是实现工厂自动化的理想工业控制器。

1.1.4 可编程控制器的发展趋势

1. 增强网络通信功能

PLC 具有计算机集散控制系统(DCS)的功能。网络化和增强通信能力是 PLC 的一个重要发展趋势。

2. 发展智能模块

智能模块是以微处理器为基础的功能部件,其 CPU 和 PLC 的 CPU 并行工作,占用 PLC 的机时很少,有利于提高 PLC 扫描速度和特殊控制要求。这些不断出现的新智能 I/O 模块,使 PLC 在实时精度、分辨率、人机对话等方面得到进一步的改善和提高。

3. 外部诊断功能

在 PLC 控制系统中,80%的故障发生在外围,能快速准确地诊断故障将极大地减少维护时间。因此,研制了智能可编程 I/O 系统,开发了故障诊断程序并发展了公共回路远距离诊断和网络诊断技术,供用户了解 I/O 组件状态和监测系统的故障。

4. 编程语言、编程工具标准化、高级化

随着 PLC 功能的增强,梯形图语言的一统局面将被打破,而符合 IEC 1131 标准的顺序功能图(SFC)标准化语言、高级语言将会更多地得到应用。高级语言更有利于通信、运算、打印和报表等。

手持式编程器也为计算机所取代,并将会出现通用的、功能更强的组态软件,以进一步改善开发环境,提高开发效率。

5. 软件、硬件的标准化

PLC 的各生产厂商在硬件和软件系统设计中互不兼容,差异很大,这给 PLC 的进一步发



展带来了诸多不便。国际电工委员会（IEC）对 PLC 未来的发展制定出了一个方向或框架，并先后颁布了 IEC1131-1~IEC1131-5 五项包括一般信息、设备特性与测试、编程语言、用户导则、制造信息规范伴随标准等 PLC 标准。

6. 组态软件的迅速发展

个人计算机具有很强的数字运算、数据处理、通信和人机交互的功能，使得很多 PLC 生产厂商推出了在计算机上运行的可实现 PLC 功能的软件包。这些组态软件使编程更加简单，极大地方便了 PLC 控制系统的开发和使用。

1.1.5 PLC 的组成与基本结构

世界各国生产的可编程控制器外观各异，但作为工业控制计算机，其硬件系统都大体相同，主要由中央处理器模块、存储器模块、输入/输出模块、编程器和电源等几部分构成，如图 1-1 所示。

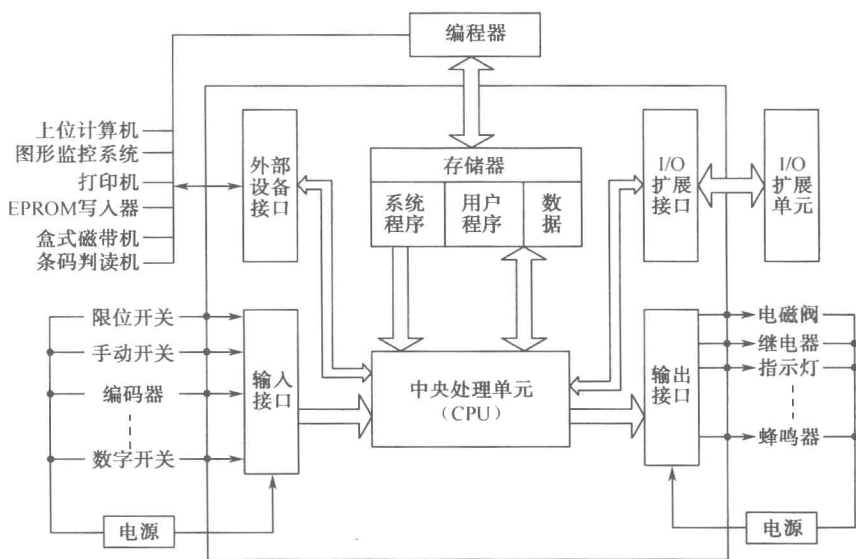


图 1-1 PLC 系统结构

1. 中央处理器 (CPU)

CPU 是 PLC 的核心部件，主要用来运行用户程序、监控输入/输出接口状态及进行逻辑判断和数据处理。CPU 用扫描的方式读取输入装置的状态或数据，从内存逐条读取用户程序，通过解释后按指令的规定产生控制信号，然后分时、分渠道地执行数据的存取、传送、比较和变换等处理过程，完成用户程序所设计的逻辑或算术运算任务，并根据运算结果控制输出设备响应外部设备的请求及进行各种内部诊断。

2. 存储器

可编程控制器的存储器由只读存储器 ROM、随机存储器 RAM 和可电擦写的存储器 EEPROM 三大部分构成，主要用于存放系统程序、用户程序及工作数据。



只读存储器 ROM 用以存放系统程序, 可编程控制器在生产过程中将系统程序固化在 ROM 中, 用户是不可改变的。用户程序和中间运算数据存放在随机存储器 RAM 中, RAM 存储器是一种高密度、低功耗、价格便宜的半导体存储器, 可用锂电池做备用电源。它存储的内容是易失的, 掉电后内容丢失; 当系统掉电时, 用户程序可以保存在只读存储器 EEPROM 或由高能电池支持的 RAM 中。EEPROM 兼有 ROM 的非易失性和 RAM 的随机存取优点, 用来存放需要长期保存的重要数据。

3. 电源

PLC 的电源是指为 CPU、存储器和 I/O 接口等内部电子电路工作所配备的直流开关电源。电源的交流输入端一般都有脉冲吸收电路, 交流输入电压范围一般都比较宽, 抗干扰能力比较强。电源的直流输出电压多为直流 5V 和直流 24V。直流 5V 电源供 PLC 内部使用, 直流 24V 电源除供内部使用外还可以供输入/输出单元和各种传感器使用。

4. 输入/输出接口单元

输入/输出接口单元即 I/O 单元(输入/输出接口电路)。PLC 内部输入电路的作用是将 PLC 外部电路(如行程开关、按钮、传感器等)提供的符合 PLC 输入电路要求的电压信号, 通过光电耦合电路送至 PLC 内部电路。输入电路有直流输入电路、交流输入电路和交直流输入电路。输入电路通常以光电隔离和阻容滤波的方式提高抗干扰能力, 输入响应时间一般在 0.1~15ms。根据输入信号形式的不同, 可分为模拟量 I/O 单元、数字量 I/O 单元两大类。根据输入单元形式的不同, 可分为基本 I/O 单元、扩展 I/O 单元两大类。PLC 内部输出电路的作用是将输出映像寄存器的结果通过输出接口电路驱动外部的负载(如接触器线圈、电磁阀、指示灯等), 输出电路还具有隔离 PLC 内部电路和外部执行元件的作用, 以及功率放大的作用。输出电路有晶体管输出型、可控硅输出型和继电器输出型 3 种。功能模块是一些智能化的输入/输出电路, 如温度检测模块、位置检测模块、位置控制模块和 PID 控制模块等。

1) 输入接口电路

由于生产过程中使用的各种开关、按钮、传感器等输入器件直接接到 PLC 输入接口电路上, 为防止由于触点抖动或干扰脉冲引起错误的输入信号, 输入接口电路必须有很强抗干扰能力。以直流输入电路为例, 如图 1-2 所示, 输入接口电路提高抗干扰能力的方法主要有利用光耦合器提高抗干扰能力和利用滤波电路提高抗干扰能力。

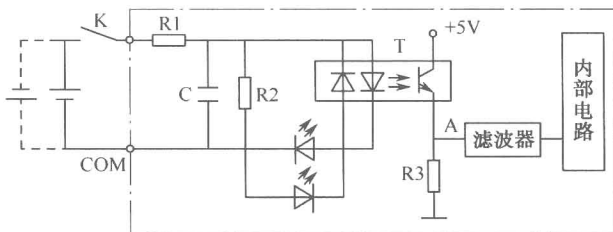


图 1-2 直流输入电路

2) 输出接口电路

根据驱动负载元件不同可将输出接口电路分以下为 3 种。

(1) 小型继电器输出形式, 如图 1-3 所示。这种输出形式既可驱动交流负载, 又可驱动