

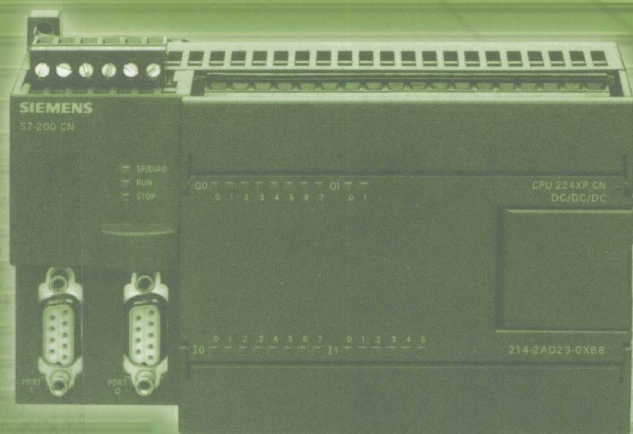
中国书刊发行业协会年度全行业优秀畅销品种
西门子公司重点推荐图书

PLC编程及应用

第3版

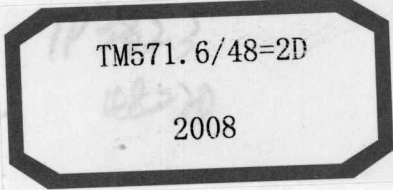
廖常初 主编

 附光盘



 机械工业出版社
CHINA MACHINE PRESS





TM571.6/48=2D

2008

PLC 编程及应用

第3版

廖常初 主编

- [1] 廖常初. PLC 应用案例解密 [M]. 北京: 机械工业出版社, 2007.
- [2] 廖常初. PLC 应用案例解密 [M]. 北京: 机械工业出版社, 2007.
- [3] 廖常初. PLC 应用案例解密 [M]. 北京: 机械工业出版社, 2007.
- [4] 廖常初. PLC 应用案例解密 [M]. 北京: 机械工业出版社, 2007.
- [5] 廖常初. PLC 应用案例解密 [M]. 北京: 机械工业出版社, 2007.
- [6] 廖常初. PLC 应用案例解密 [M]. 北京: 机械工业出版社, 2007.
- [7] 廖常初. PLC 应用案例解密 [M]. 北京: 机械工业出版社, 2007.
- [8] 廖常初. PLC 应用案例解密 [M]. 北京: 机械工业出版社, 2007.
- [9] 廖常初. PLC 应用案例解密 [M]. 北京: 机械工业出版社, 2007.
- [10] 廖常初. PLC 应用案例解密 [M]. 北京: 机械工业出版社, 2007.
- [11] 廖常初. PLC 应用案例解密 [M]. 北京: 机械工业出版社, 2007.
- [12] 廖常初. S7-300/400 PLC 应用技术 [M]. 北京: 机械工业出版社, 2005.
- [13] 廖常初. 大中小型 PLC 应用教程 [M]. 北京: 机械工业出版社, 2005.
- [14] 廖常初. FX 系列 PLC 编程及应用 [M]. 北京: 机械工业出版社, 2005.
- [15] 廖常初. PLC 应用技术问答 [M]. 北京: 机械工业出版社, 2005.
- [16] 廖常初. S7-200 PLC 基础教程 [M]. 北京: 机械工业出版社, 2005.
- [17] 廖常初, 陈晓东. 西门子人机界面 (HMI) 应用案例解密 [M]. 北京: 机械工业出版社, 2007.

图书在版编目 (CIP) 数据

PLC 编程及应用 / 廖常初主编. — 3 版. — 北京: 机械工业出版社, 2008.1 (2008.2 重印)
ISBN 978-7-111-10877-1

I. P... II. 廖... III. 可编程控制器—教材
IV. TP325.3

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2007) 第 182249 号

机械工业出版社 (北京市百万庄大街 22 号 邮政编码 100037)

责任编辑: 李蓉蓉 责任校对: 魏俊云

封面设计: 李蓉蓉

北京丰源印刷厂印刷

2008 年 2 月第 3 版

184mm × 260mm

2 001—13 000 册

标准书号: ISBN

ISBN

定价: 32.00 元

本书由李蓉蓉

封面设计: 李蓉蓉

机械工业出版社

封面设计: 李蓉蓉

本书以西门子公司的 S7-200 PLC 为例,介绍了 PLC 的工作原理、硬件结构、指令系统、最新版编程软件和仿真软件的使用方法;介绍了数字量控制梯形图的一整套先进完整的设计方法,这些方法易学易用,可以节约大量的设计时间;介绍了 S7-200 的通信网络、通信功能和通信程序的设计方法;介绍了配方、数据记录、PLC 在模拟量闭环控制和变频器控制中的应用、文本显示器与组态软件的应用等内容;还介绍了用编程向导自动生成 PLC 的高级应用的用户程序的方法。各章均有习题,并配有部分习题的参考答案。

本书配套的光盘有 S7-200 编程软件和 OPC 服务器软件 PC Access、与 S7-200 有关的中英文用户手册和资料、应用例程等。

本书主要供工程技术人员自学和参考。本书的教材版《S7-200 PLC 编程及应用》已列入普通高等教育“十一五”国家级规划教材。

图书在版编目 (CIP) 数据

PLC 编程及应用/廖常初主编. —3 版. —北京:机械工业出版社, 2008. 1 (2008. 2 重印)

ISBN 978 - 7 - 111 - 10877 - 1

I. P… II. 廖… III. 可编程序控制器 - 程序设计
IV. TP332. 3

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2007) 第 185249 号

机械工业出版社 (北京市百万庄大街 22 号 邮政编码 100037)

责任编辑:李馨馨 责任校对:魏俊云

责任印制:邓博

北京京丰印刷厂印刷

2008 年 2 月第 3 版 · 第 2 次印刷

184mm × 260mm · 19.75 印张 · 484 千字

5 001—13 000 册

标准书号: ISBN 978 - 7 - 111 - 10877 - 1

ISBN 978 - 7 - 900119 - 51 - 3 (光盘)

定价: 37.00 元 (含 1CD)

凡购本书,如有缺页、倒页、脱页,由本社发行部调换

销售服务热线电话:(010) 68326294

购书热线电话:(010) 88379639 88379641 88379643

编辑热线电话:(010) 88379739

封面无防伪标均为盗版

前 言

本书介绍了国内广泛使用的西门子 S7-200 小型 PLC，主要供工程技术人员自学和参考。本书的教材版《S7-200 PLC 编程及应用》(书号为 ISBN 978-7-111-21650-6) 已列入普通高等教育“十一五”国家级规划教材。本书第 2 版被中国书刊发行业协会评为“2006 年度全行业优秀畅销品种”(科技类)。

本书根据 V4.0.5.08 版编程软件和最新的技术资料作了全面修订，对 S7-200 的通信功能作了全面介绍，增加了对 PROFIBUS-DP 从站模块 EM 277、ET 200CN IM 177 模块、PC Access OPC 服务器软件、Modbus 主站协议应用的介绍。还增加了 PLC 在变频器控制中的应用、文本显示器与组态软件的应用、称重模块、项目和单个程序的加密方法等内容。

S7-200 的编程软件为 PLC 的高级应用设计了大量的编程向导，只需要输入一些参数，就可以自动生成用户程序。本书详细介绍了常用的编程向导的使用方法。

本书的第 1~5 章是基础部分，通过大量的编程实例，深入浅出地介绍了设计数字量控制梯形图的一整套先进完整的方法，包括经验设计法、继电器电路转换法和顺序控制设计法，这些方法易学易用，可以节约大量的设计时间。第 6 章介绍了 S7-200 的功能指令、子程序和中断程序的设计方法。第 7 章介绍了 S7-200 的通信功能和通信程序的设计方法。第 8 章介绍了 PID 闭环控制和 PID 参数自整定功能。第 9 章介绍了 PLC 应用中的若干问题。第 10 章介绍了编程软件和仿真软件的使用方法。第 11 章介绍了文本显示器 TD 400C 的组态与应用。第 12 章通过实例介绍了组态软件在系统监控和被控对象仿真中的应用，仿真可以用于程序调试和教学。随书光盘提供了用于监控和仿真的组态王工程文件和 S7-200 的例程。

为了便于自学，各章配有习题，附录中有部分习题的参考答案。

本书的配套光盘提供了 V4.0 版编程软件及其升级包 SP5、OPC 服务器软件 PC Access 的演示版，S7-200 有关的中英文用户手册、产品目录和应用实例，文本显示器和触摸屏的用户手册等，还有教材中的例程和本书作者编写的 PLC 串口通信调试软件。

本书的编写得到了西门子公司的全力支持，西门子(中国)有限公司的李四光、宋柏青先生对本书的编写提供了很大的帮助。西华大学郑萍教授审阅了本书，提出了很多宝贵的意见，谨在此表示衷心的感谢。

本书由廖常初主编，范占华、陈晓东、周林、侯世英、李远树、郑连清、王云杰、关朝旺、郑群英、余秋霞、张学锋、申敏、罗盛波、孙明渝、廖亮、万莉参加了编写工作。

因作者水平有限，书中难免有错漏之处，恳请读者批评指正。

作者邮箱地址：liaosun@cqu.edu.cn。

廖常初

重庆大学电气工程学院

2007年9月

目 录

前言	1	3.1.2 S7-200 的程序结构	29
第1章 概述	1	3.2 存储器的数据类型与寻址方式	29
1.1 PLC的基本概念与基本结构	1	3.2.1 数据在存储器中存取的方式	29
1.1.1 PLC的基本概念	1	3.2.2 CPU的存储区	31
1.1.2 PLC的基本结构	1	3.2.3 直接寻址与间接寻址	35
1.1.3 怎样下载PLC的资料和软件	3	3.3 位逻辑指令	36
1.2 PLC的特点与应用领域	3	3.3.1 触点指令	36
1.2.1 PLC的特点	3	3.3.2 输出指令与其他指令	40
1.2.2 PLC的应用领域	4	3.4 定时器与计数器指令	42
1.3 习题	5	3.4.1 定时器指令	42
第2章 PLC的硬件与工作原理	6	3.4.2 计数器指令	44
2.1 PLC的硬件	6	3.5 习题	45
2.1.1 PLC的物理结构	6	第4章 数字量控制系统梯形图程序	
2.1.2 CPU模块中的存储器	7	设计方法	47
2.1.3 I/O模块	8	4.1 梯形图的经验设计法	47
2.2 PLC的工作原理	9	4.1.1 有记忆功能的电路	47
2.2.1 用触点和线圈实现逻辑运算	9	4.1.2 定时器应用电路	47
2.2.2 PLC的操作模式	10	4.1.3 经验设计法举例	49
2.2.3 PLC的工作原理	11	4.1.4 常闭触点输入信号的处理	50
2.3 S7-200系列PLC	14	4.2 根据继电器电路图设计梯形图	
2.3.1 S7-200的特点	14	的方法	51
2.3.2 CPU模块	16	4.2.1 基本方法	51
2.3.3 数字量扩展模块	19	4.2.2 注意事项	52
2.3.4 模拟量扩展模块与热电偶热电阻		4.3 顺序控制设计法与顺序功能图	53
扩展模块	19	4.3.1 顺序控制设计法	53
2.3.5 称重模块	22	4.3.2 步与动作	54
2.3.6 位置控制模块	22	4.3.3 有向连线与转换条件	56
2.3.7 STEP 7-Micro/WIN编程软件与显		4.3.4 顺序功能图的基本结构	57
示面板简介	23	4.3.5 顺序功能图中转换实现的	
2.4 I/O地址分配与外部接线	24	基本规则	58
2.4.1 本机I/O与扩展I/O的		4.4 习题	60
地址分配	24	第5章 顺序控制梯形图的设计方法	63
2.4.2 S7-200的外部接线	24	5.1 使用起保停电路的顺序控制梯形图	
2.5 习题	26	设计方法	63
第3章 PLC程序设计基础	27	5.1.1 单序列的编程方法	63
3.1 PLC的编程语言与程序结构	27	5.1.2 选择序列与并行序列的	
3.1.1 PLC编程语言的国际标准	27	编程方法	65

5.1.3 应用举例	67	6.6.2 中断事件与中断指令	109
5.2 以转换为中心的顺序控制梯形图设计方法	69	6.6.3 中断优先级与中断队列溢出	110
5.2.1 单序列的编程方法	69	6.7 高速计数器与高速脉冲输出指令	112
5.2.2 选择序列的编程方法	70	6.7.1 编码器	112
5.2.3 并行序列的编程方法	71	6.7.2 高速计数器的工作模式与外部输入信号	113
5.2.4 应用举例	71	6.7.3 高速计数器的程序设计	115
5.3 使用 SCR 指令的顺序控制梯形图设计方法	72	6.7.4 高速脉冲输出与开环位置控制	117
5.3.1 顺序控制继电器指令	72	6.8 习题	120
5.3.2 单序列的编程方法	73	第 7 章 PLC 的通信与自动化	
5.3.3 选择序列与并行序列的编程方法	74	通信网络	121
5.3.4 应用举例	75	7.1 计算机通信概述	121
5.4 具有多种工作方式的系统的顺序控制梯形图设计方法	76	7.1.1 串行通信的基本概念	121
5.4.1 系统的硬件结构与工作方式	76	7.1.2 串行通信的接口标准	122
5.4.2 使用起保停电路的编程方法	78	7.2 计算机通信的国际标准	123
5.4.3 以转换为中心的编程方法	82	7.2.1 开放系统互连模型	123
5.5 习题	83	7.2.2 IEEE 802 通信标准	124
第 6 章 PLC 的功能指令	85	7.2.3 现场总线及其国际标准	126
6.1 S7-200 的指令规约	85	7.3 西门子的工业自动化通信网络	127
6.1.1 使能输入与使能输出	85	7.3.1 全集成自动化	127
6.1.2 梯形图中的网络与指令	86	7.3.2 工业以太网	127
6.1.3 其他规约	86	7.3.3 现场总线 PROFIBUS	129
6.2 程序控制指令	87	7.3.4 现场总线 AS-i	130
6.3 局部变量表与子程序	89	7.4 S7-200 的通信功能	131
6.3.1 局部变量表	89	7.4.1 S7-200 的网络通信协议	131
6.3.2 子程序的编写与调用	90	7.4.2 S7-200 的通信功能	133
6.4 数据处理指令	93	7.4.3 S7-200 的通信距离	135
6.4.1 比较指令	93	7.5 S7-200 的串行通信网络	135
6.4.2 数据传送指令	95	7.5.1 PPI 网络的硬件接口与网络配置	135
6.4.3 移位与循环指令	95	7.5.2 PPI 多主站电缆	136
6.4.4 数据转换指令	97	7.5.3 在编程软件中设置通信参数	138
6.4.5 表功能指令	100	7.5.4 网络的建立	140
6.4.6 读写实时时钟指令	102	7.5.5 网络通信的高级议题	142
6.4.7 字符串指令	103	7.6 S7-200 的通信指令	143
6.5 数学运算指令	104	7.6.1 网络读写指令	143
6.5.1 数学运算指令	104	7.6.2 发送指令与接收指令	144
6.5.2 浮点数函数运算指令	106	7.7 使用自由端口模式的计算机与 PLC 的通信	147
6.5.3 逻辑运算指令	107	7.7.1 自由端口模式下 PLC 的串行通信程序设计	148
6.6 中断程序与中断指令	108		
6.6.1 中断程序	108		

7.7.2 使用接收完成中断的 PLC 通信程序举例	149	8.1.1 模拟量闭环控制系统	182
7.7.3 使用字符接收中断的 PLC 通信程序举例	151	8.1.2 PID 控制器	184
7.7.4 基于 VB 的计算机通信程序设计	152	8.1.3 PID 指令向导的应用	186
7.8 Modbus 协议在通信中的应用	155	8.1.4 PID 参数的整定方法	187
7.8.1 Modbus 从站协议	155	8.2 PID 参数自整定与 PID 调节控制面板	190
7.8.2 Modbus 从站协议指令	158	8.2.1 自整定的基本方法与自整定过程	190
7.8.3 使用 Modbus 从站协议的 PLC 程序设计	159	8.2.2 扩展的回路表	192
7.8.4 Modbus RTU 通信帧的结构	160	8.2.3 PID 调节控制面板	192
7.8.5 循环冗余校验码的计算	162	8.2.4 PID 参数自整定实例	194
7.8.6 Modbus 主站协议指令	163	8.3 习题	196
7.9 使用 USS 协议库的 S7-200 与变频器的通信	164	第 9 章 PLC 应用中的一些问题	197
7.9.1 MicroMaster 440/420 变频器简介	165	9.1 PLC 控制系统的设计与调试步骤	197
7.9.2 USS 通信协议	165	9.1.1 系统设计	197
7.9.3 USS 协议指令	166	9.1.2 PLC 硬件选型	198
7.9.4 MicroMaster 440 变频器的参数设置	170	9.1.3 硬件软件设计与调试	199
7.10 S7-200 通信模块的应用	170	9.2 节省 PLC 输入输出点数的方法	200
7.10.1 PROFIBUS-DP 从站模块 EM 277 的应用	170	9.2.1 减少所需输入点数的方法	201
7.10.2 ET 200CN IM 177 模块的应用	172	9.2.2 减少所需输出点数的方法	201
7.10.3 调制解调器模块 EM 241 简介	173	9.3 PLC 控制系统的可靠性措施	202
7.11 PC Access OPC 服务器软件	175	9.3.1 电源的抗干扰措施	202
7.11.1 PC Access 简介	175	9.3.2 安装的抗干扰措施	203
7.11.2 用 PC Access 和 PPI 监视 S7-200 中的数据	176	9.3.3 故障的检测与诊断	204
7.11.3 在 Excel 应用程序中读写 S7-200 的变量	177	9.4 配方	205
7.12 PLC 串口通信调试软件的应用	179	9.4.1 配方的基本概念	205
7.12.1 串口通信调试软件的功能与使用方法	179	9.4.2 用配方向导生成配方集	206
7.12.2 串口通信调试软件应用实例	180	9.4.3 在用户程序中读出和修改配方	207
7.13 习题	181	9.5 数据记录	208
第 8 章 PLC 在模拟量闭环控制中的应用	182	9.5.1 数据记录的定义与组态	208
8.1 闭环控制与 PID 控制器	182	9.5.2 使用 S7-200 资源管理器上载数据记录	209
		9.5.3 使用数据记录向导创建的指令	210
		9.6 PLC 在变频器控制中的应用	210
		9.6.1 变频器的输出频率控制	211
		9.6.2 用顺序控制设计法设计变频器转速控制程序	214
		9.6.3 用 PLC 切换电动机的变频电源和工频电源	216
		9.6.4 用变频器实现泵站恒压供水控制	218

9.7 习题	220	11.2.1 用文本显示向导组态 TD 设备	249
第 10 章 STEP 7-Micro/WIN 编程软 件与仿真软件使用指南	221	11.2.2 组态用户菜单和屏幕	253
10.1 编程软件概述	221	11.2.3 组态报警信息	255
10.1.1 编程软件的安装与项目的 组成	221	11.3 TD 200C 与 TD 400C 的操作	259
10.1.2 通信参数的设置与在线连接 的建立	223	11.3.1 TD 200C 与 TD 400C 的菜单 与显示	259
10.1.3 帮助功能的使用与 S7-200 的出错处理	224	11.3.2 操作员菜单	263
10.2 程序的编写与传送	225	11.3.3 诊断菜单	263
10.2.1 编程的准备工作	225	11.4 习题	266
10.2.2 编写与传送用户程序	226	第 12 章 组态软件在 PLC 控制系统 中的应用	267
10.2.3 数据块的使用	229	12.1 组态软件简介	267
10.3 用编程软件监控与调试程序	230	12.1.1 组态软件的特点	267
10.3.1 基于程序编辑器的程序 状态监控	230	12.1.2 组态王的安装与通信 参数设置	268
10.3.2 用状态表监控与调试程序	232	12.2 组态王在 PLC 控制系统监控 中的应用	270
10.3.3 用状态表强制改变数值	233	12.2.1 新建工程与组态变量	270
10.3.4 在 RUN 模式下编辑用户 程序	235	12.2.2 组态画面	272
10.3.5 调试用户程序的其他方法	235	12.2.3 PLC 程序的设计与下载	277
10.4 使用系统块设置 PLC 的参数	236	12.2.4 用组态软件监控 PLC 控制 系统	277
10.4.1 断电数据保持的设置	236	12.3 组态软件在 PLC 被控对象仿真 中的应用	278
10.4.2 创建 CPU 密码	238	12.3.1 小车控制系统仿真	278
10.4.3 输出表与输入滤波器的 设置	240	12.3.2 液体混合控制系统仿真	282
10.4.4 脉冲捕捉功能与后台通信 时间的设置	241	12.3.3 机械手控制系统仿真	285
10.5 S7-200 仿真软件的使用	242	12.4 习题	288
10.6 习题	245	附录	289
第 11 章 文本显示器的组态与应用	246	附录 A 部分习题参考答案	289
11.1 TD 200C 与 TD 400C 概述	246	附录 B S7-200 的特殊存储器 (SM) 标志位	295
11.1.1 TD 200C 与 TD 400C 的功能	246	附录 C S7-200 的 SIMATIC 指令集 简表	298
11.1.2 TD 200C 与 TD 400C 的硬件 与连接	247	附录 D 配套光盘说明	302
11.2 使用文本显示向导	248	参考文献	305

第 1 章 概 述

1.1 PLC 的基本概念与基本结构

1.1.1 PLC 的基本概念

现代社会要求制造业对市场需求作出迅速的反应，生产出小批量、多品种、多规格、低成本和高质量的产品，为了满足这一要求，生产设备和自动生产线的控制系统必须具有极高的可靠性和灵活性，可编程序控制器（Programmable Logic Controller, PLC）正是顺应这一要求出现的，它是以微处理器为基础的通用工业控制装置。

PLC 的应用面广、功能强大、使用方便，已经广泛地应用在各种机械设备和生产过程的自动控制系统中，PLC 在其他领域，例如民用和家庭自动化的应用也得到了迅速的发展。PLC 仍然处于不断的发展之中，其功能不断增强，更为开放，它不但是单机自动化中应用最广的控制设备，在大型工业网络控制系统中也占有不可动摇的地位。PLC 应用面之广、普及程度之高，是其他计算机控制设备无法比拟的。

国际电工委员会（IEC）在 1985 年的 PLC 标准草案第 3 稿中，对 PLC 作了如下定义：“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，都应按易于使工业控制系统形成一个整体，易于扩充其功能的原则设计。”从上述定义可以看出，PLC 是一种用程序来改变控制功能的工业控制计算机，除了能完成各种各样的控制功能外，还有与其他计算机通信联网的功能。

本书以西门子公司的 S7-200 系列小型 PLC 为主要讲授对象。S7-200 具有极高的可靠性、丰富的指令集和内置的集成功能、强大的通信能力和品种丰富的扩展模块。S7-200 可以单机运行，用于代替继电器控制系统，也可以用于复杂的自动化控制系统。由于它有极强的通信功能，在网络控制系统中也能充分发挥其作用。S7-200 以其极高的性能价格比，在我国占有很大的市场份额。

1.1.2 PLC 的基本结构

PLC 主要由 CPU 模块、输入模块、输出模块和编程器组成（见图 1-1）。PLC 的特殊功能模块用来完成某些特殊的任务。

1. CPU 模块

CPU 模块主要由微处理器（CPU 芯片）和存储器组成。在 PLC 控制系统中，CPU 模块相当于人的大脑和心脏，它不断地采集输入信号，执行用户程序，刷新系统的输出；存储器用来储存程序和数据。S7-200 将 CPU 模块简称为 CPU。

2. I/O 模块

输入 (Input) 模块和输出 (Output) 模块简称为 I/O 模块, 它们相当于人的眼、耳、手、脚, 是联系外部现场设备和 CPU 模块的桥梁。

输入模块用来接收和采集输入信号, 开关量输入模块用来接收从按钮、选择开关、数字拨码开关、限位开关、接近开关、光电开关、压力继电器等来的开关量输入信号; 模拟量输入模块用来接收电位器、测速发电机和各种变送器提供的连续变化的模拟量电流电压信号。开关量输出模块用来控制接触器

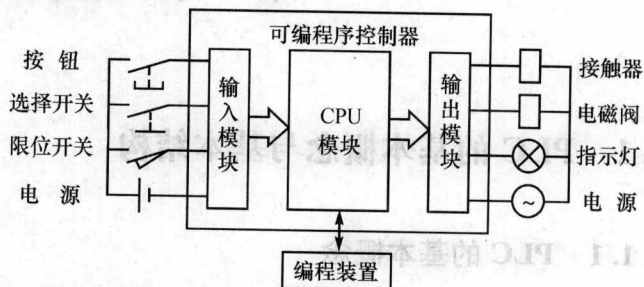


图 1-1 PLC 控制系统示意图

器、电磁阀、电磁铁、指示灯、数字显示装置和报警装置等输出设备; 模拟量输出模块用来控制调节阀、变频器等执行装置。

CPU 模块的工作电压一般是 5V, 而 PLC 外部的输入/输出电路的电源电压较高, 例如 DC 24V 和 AC 220V。从外部引入的尖峰电压和干扰噪声可能损坏 CPU 模块中的元器件, 或使 PLC 不能正常工作。在 I/O 模块中, 用光耦合器、光敏晶闸管、小型继电器等器件来隔离 PLC 的内部电路和外部的 I/O 电路。I/O 模块除了传递信号外, 还有电平转换与隔离的作用。

3. 编程器

编程器用来生成用户程序, 并用它来编辑、检查、修改用户程序, 监视用户程序的执行情况。手持式编程器不能直接输入和编辑梯形图, 只能输入和编辑指令表程序, 因此又叫做指令编程器。它的体积小, 价格便宜, 一般用来给小型 PLC 编程, 或者用于现场调试和维护。

使用编程软件可以在计算机屏幕上直接生成和编辑梯形图或指令表程序, 并且可以实现不同编程语言之间的相互转换。程序被编译后下载到 PLC, 也可以将 PLC 中的程序上传到计算机。程序可以存盘或打印, 通过网络或电话线, 还可以实现远程编程和传送。

现在的发展趋势是用编程软件取代手持式编程器, 西门子 PLC 只用编程软件编程。本书的随书光盘附有 S7-200 的编程软件 STEP 7-Micro/WIN V4.0 版的演示版和它的升级包 STEP 7-Micro/WIN V4.0 SP5。安装好 STEP 7-Micro/WIN V4.0 后, 再安装升级包。演示版的功能与正式版相同, 只是有 60 天使用时间和使用次数的限制, 超过期限后需要重新安装计算机的操作系统才能再次安装和使用编程软件。为了免除重新安装操作系统和安装计算机硬件的驱动程序带来的不便, 可以在安装好编程软件后, 用软件 Ghost 将 C 盘备份, 在需要的时候用 Ghost 将 C 盘复原。

给 S7-200 编程时, 应配备一台安装有 STEP 7-Micro/WIN 编程软件的计算机, 和一根连接计算机和 PLC 的 PC/PPI 通信电缆或 PPI 多主站电缆。现在的笔记本电脑一般都没有 RS-232C 通信接口, 可以选用 USB/PPI 电缆, 用 USB 接口与 PLC 通信。

4. 电源

PLC 使用 AC 220V 电源或 DC 24V 电源。内部的开关电源为各模块提供不同电压等级的

直流电源。小型 PLC 可以为输入电路和外部的电子传感器（例如接近开关）提供 DC 24V 电源，驱动 PLC 负载的直流电源一般由用户提供。

1.1.3 怎样下载 PLC 的资料和软件

我国有不少厂家研制和生产过 PLC，但是还没有出现有较大影响力和较大市场占有率的品牌，目前我国使用的 PLC 基本上是国外品牌的产品。

在全世界上百个 PLC 制造厂中，有几家举足轻重的公司。它们是德国的西门子（SIEMENS）公司，美国罗克韦尔（Rockwell）自动化公司所属的 A-B（Allen & Bradley）公司，GE-Fanuc 公司，法国的施耐德（Schneider）公司，日本的三菱（MITSUBISHI）公司和欧姆龙（OMRON）公司。

西门子自动化与驱动集团的中文网站地址为 www.ad.siemens.com.cn，可以下载西门子各种工控产品的中英文资料和部分软件。也可以在网站 www.f108.com 下载西门子 PLC 的资料和软件。

<http://www.mitsubishielectric-automation.cn/download/download.asp> 是三菱电机自动化（上海）有限公司的资料下载网页，可以下载三菱 PLC 和其他工控产品的大量资料。

可以在欧姆龙工业自动化网站 <http://www.omronservice.com> 的“下载中心”下载欧姆龙 PLC 的资料和某些软件。

在 <https://www.rockwellautomation.com.cn/> 可以下载罗克韦尔 PLC 的中文资料。

<http://www.plcs.net/> 是一个 PLC 专业网站，在其“learn PLCs”栏目中双击“Link”，可以链接全世界主要的 PLC 厂家的网站和致力于 PLC 标准化的组织 The PLCopen 的网站。

工控资料的文件后缀一般为 PDF，需要用 Adobe 阅读器阅读。

1.2 PLC 的特点与应用领域

1.2.1 PLC 的特点

1. 编程方法简单易学

梯形图是使用最多的 PLC 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。

2. 功能强，性能价格比高

一台小型 PLC 内有成百上千个可供用户使用的编程元件，有很强的功能，可以实现非常复杂的控制功能。与相同功能的继电器控制系统相比，具有很高的性能价格比。PLC 可以通过通信联网，实现分散控制、集中管理。

3. 硬件配套齐全，用户使用方便，适应性强

PLC 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。PLC 的安装接线也很方便，一般用接线端子连接外部接线。PLC 有较强的带负载能力，可以直接驱动一般的电磁阀和小型交流接触器。

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。PLC 用软件代替大量的中间继电器和时间继电器，PLC 外部只剩下与输入和输出有关的少量硬件元件，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。

PLC 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，可以直接用于有强烈干扰的工业生产现场，PLC 已被广大用户公认为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

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，使控制柜的设计、安装、接线工作量大大减少。

PLC 的梯形图程序一般用顺序控制设计法来设计。这种编程方法很有规律，很容易掌握。对于复杂的控制系统，设计梯形图的时间比设计相同功能的继电器控制系统电路图的时间要少得多。

PLC 的用户程序可以在实验室模拟调试，输入信号用小开关来模拟，通过 PLC 上的发光二极管可观察输出信号的状态。完成了系统的安装和接线后，在现场的统调过程中发现的问题一般通过修改程序就可以解决，系统的调试时间比继电器系统少得多。

6. 维修工作量小，维修方便

PLC 的故障率很低，且有完善的自诊断和显示功能。PLC 或外部的输入装置和执行机构发生故障时，可以根据 PLC 上的发光二极管或编程器提供的信息迅速地查明故障的原因，用更换模块的方法可以迅速地排除故障。

7. 体积小，能耗低

复杂的控制系统使用 PLC 后，可以减少大量的中间继电器和时间继电器，小型 PLC 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 $1/2 \sim 1/10$ 。

PLC 的配线比继电器控制系统的配线少得多，故可以节省大量的配线和附件，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。

1.2.2 PLC 的应用领域

PLC 已经广泛地应用在很多的工业部门，随着其性能价格比的不断提高，PLC 的应用范围不断扩大，主要有以下几个方面：

1. 数字量逻辑控制

PLC 用“与”、“或”、“非”等逻辑控制指令来实现触点和电路的串、并联，代替继电器进行组合逻辑控制、定时控制与顺序逻辑控制。数字量逻辑控制可以用于单台设备，也可以用于自动生产线，其应用领域已遍及各行各业，甚至深入到家庭。

2. 运动控制

PLC 使用专用的运动控制模块，对直线运动或圆周运动的位置、速度和加速度进行控制，可以实现单轴、双轴、三轴和多轴位置控制，使运动控制与顺序控制有机地结合在一起。PLC 的运动控制功能广泛地用于各种机械，例如金属切削机床、金属成形机械、装配机械、机器人、电梯等场合。

3. 闭环过程控制

过程控制是指对温度、压力、流量等连续变化的模拟量的闭环控制。PLC 通过模拟量 I/O 模块, 实现模拟量 (Analog) 和数字量 (Digital) 之间的 A/D 转换和 D/A 转换, 并对模拟量实行闭环 PID (比例-积分-微分) 控制。小型 PLC 用 PID 指令实现 PID 闭环控制。PID 闭环控制功能已经广泛地应用于塑料挤压成形机、加热炉、热处理炉、锅炉等设备, 以及轻工、化工、机械、冶金、电力、建材等行业。

4. 数据处理

现代的 PLC 具有数学运算 (包括整数运算、浮点数运算、函数运算、逻辑运算, 以及求反、求补、循环和移位等)、数据传送、转换、排序和查表、位操作等功能, 可以完成数据的采集、分析和处理。这些数据可以与储存在存储器中的参考值进行比较, 也可以用通信功能传送到别的智能装置, 或者将它们打印制表。

5. 通信联网

PLC 的通信包括主机与远程 I/O 之间的通信、多台 PLC 之间的通信、PLC 与其他智能控制设备 (例如计算机、变频器、数控装置) 之间的通信。PLC 与其他智能控制设备一起, 可以组成“集中管理、分散控制”的分布式控制系统。

1.3 习题

1. 简述 PLC 的定义。
2. PLC 有哪些主要特点?
3. 与一般的计算机控制系统相比, PLC 有哪些优点?
4. 与继电器控制系统相比, PLC 有哪些优点?
5. PLC 可以用在哪些领域?



图 2-1 27-300 CPU 模块的外观图

第2章 PLC的硬件与工作原理

2.1 PLC的硬件

2.1.1 PLC的物理结构

根据硬件结构的不同,可以将PLC分为整体式、模块式和混合式。

1. 整体式 PLC

整体式又叫做单元式或箱体式,它的体积小、价格低,小型PLC一般采用整体式结构。整体式PLC将CPU模块、I/O模块和电源装在一个箱型塑料机壳内,S7-200称为CPU模块(见图2-1)。图2-1中的前盖下面有模式选择开关、模拟量电位器和扩展模块连接器。S7-200系列PLC提供多种具有不同I/O点数的CPU模块和数字量、模拟量I/O扩展模块供用户选用。CPU模块和扩展模块用扁平电缆连接,可以选用全输入型或全输出型的数字量I/O扩展模块来改变输入/输出点的比例。

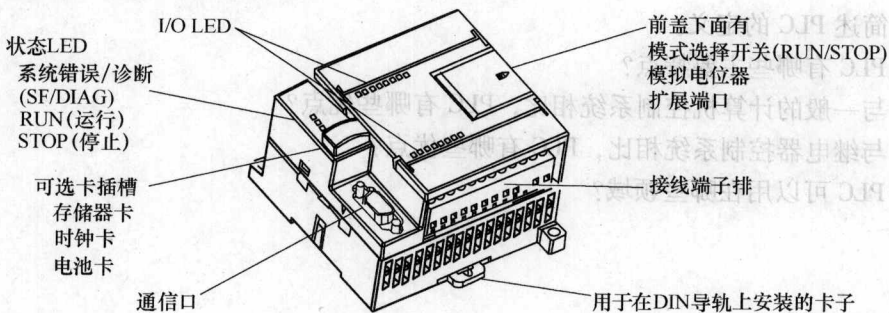


图 2-1 S7-200 CPU 模块的外形图

整体式PLC还配备有许多专用的特殊功能模块,例如模拟量输入/输出模块、热电偶模块、热电阻模块、位置控制模块和通信模块等,使PLC的功能得到扩展。

2. 模块式 PLC

大、中型PLC一般采用模块式结构,图2-2是西门子的S7-400系列PLC,它由机架和模块组成。模块插在模块插座上,后者焊在机架中的总线连接板上,有不同槽数的机架供用户选用,如果一个机架容纳不下选用的模块,可以增设一个或数个扩展机架,各机架之间用接口模块和电缆相连。

用户可以选用不同档次的CPU模块、品种繁多的I/O模块和特殊功能模块,对硬件配置的选择余地较大,维修时更换模块也很方便。

整体式PLC每一I/O点的平均价格比模块式的便宜,小型控制系统一般采用整体式

PLC。但是模块式 PLC 的硬件组态方便灵活，I/O 点数的多少、输入点数与输出点数的比例、I/O 模块的种类和块数、特殊 I/O 模块的使用等方面的选择余地都比整体式 PLC 大得多，维修时更换模块、判断故障范围也很方便，因此较复杂的、要求较高的系统一般选用模块式 PLC。

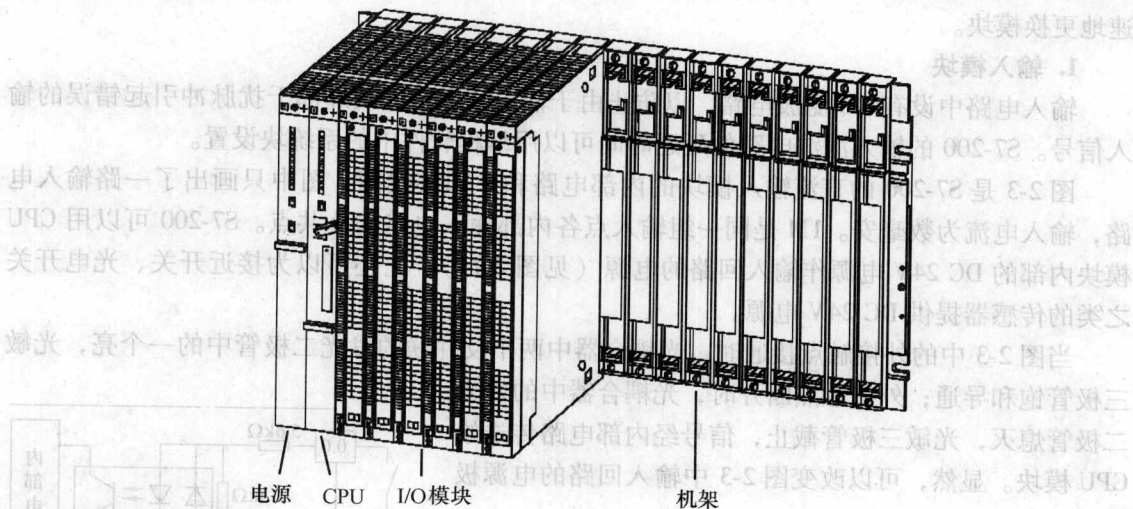


图 2-2 S7-400 PLC

2.1.2 CPU 模块中的存储器

存储器分为系统程序存储器和用户程序存储器。系统程序相当于个人计算机的操作系统，它使 PLC 具有基本的智能，能够完成 PLC 设计者规定的各种工作。系统程序由 PLC 生产厂家设计并固化在 ROM（只读存储器）中，用户不能读取。用户程序由用户设计，它使 PLC 能完成用户要求的特定功能。用户程序存储器的容量以字节（B）为单位。

PLC 使用以下几种物理存储器：

1. 随机存取存储器（RAM）

用户可以用编程装置读出 RAM 中的内容，也可以将用户程序写入 RAM，因此 RAM 又叫读/写存储器。它是易失性的存储器，它的电源中断后，储存的信息将会丢失。

RAM 的工作速度快、价格便宜、改写方便。在关断 PLC 的外部电源后，可以用锂电池保存 RAM 中的用户程序和某些数据。锂电池可以用 1~3 年，需要更换锂电池时，由 PLC 发出信号，通知用户。现在部分 PLC 仍然用 RAM 来储存用户程序。

2. 只读存储器（ROM）

ROM 的内容只能读出，不能写入。它是非易失性的，它的电源消失后，仍能保存储存的内容。ROM 用来存放 PLC 的系统程序。

3. 可以电擦除可编程的只读存储器（EEPROM）

EEPROM 是非易失性的，但是可以用编程装置对它编程，兼有 ROM 的非易失性和 RAM 的随机存取优点，但是写入数据所需的时间比 RAM 长得多。S7-200 用 EEPROM 来存储用户程序和需长期保存的重要数据。

2.1.3 I/O 模块

各 I/O 点的通/断状态用发光二极管 (LED) 显示, PLC 与外部接线的连接一般采用接线端子。某些模块使用可以拆卸的插座型端子板, 不需断开端子板上的外部连线, 就可以迅速地更换模块。

1. 输入模块

输入电路中设有 RC 滤波电路, 以防止由于输入触点抖动或外部干扰脉冲引起错误的输入信号。S7-200 的输入滤波电路的延迟时间可以用编程软件中的系统块设置。

图 2-3 是 S7-200 的直流输入模块的内部电路和外部接线图, 图中只画出了一路输入电路, 输入电流为数毫安。1M 是同一组输入点各内部输入电路的公共点。S7-200 可以用 CPU 模块内部的 DC 24V 电源作输入回路的电源 (见图 2-14), 它还可以为接近开关、光电开关之类的传感器提供 DC 24V 电源。

当图 2-3 中的外接触点接通时, 光耦合器中两个反并联的发光二极管中的一个亮, 光敏三极管饱和导通; 外接触点断开时, 光耦合器中的发光二极管熄灭, 光敏三极管截止, 信号经内部电路传送给 CPU 模块。显然, 可以改变图 2-3 中输入回路的电源极性。

交流输入方式适合于在有油雾、粉尘的恶劣环境下使用。S7-200 有 AC 120V/230V 输入模块。直流输入电路的延迟时间较短, 可以直接与接近开关、光电开关等电子输入装置连接。

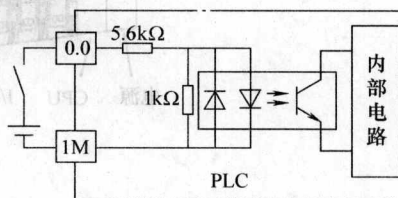


图 2-3 输入电路

2. 输出模块

S7-200 的 CPU 模块的数字量输出电路的功率器件有驱动直流负载的场效应晶体管和小继电器, 后者既可以驱动交流负载又可以驱动直流负载, 负载电源由外部提供。

输出电流的额定值与负载的性质有关, 例如 S7-200 的继电器输出电路可以驱动 2A 的电阻性负载, 但是只能驱动 200W 的白炽灯。输出电路一般分为若干组, 对每一组的总电流也有限制。

图 2-4 是继电器输出电路, 继电器同时起隔离和功率放大作用, 每一路只给用户提供一个常开触点。与触点并联的 RC 电路和压敏电阻用来消除触点断开时产生的电弧。

图 2-5 是使用场效应晶体管 (MOSFET) 的输出电路。输出信号送给内部电路中的输出锁存器, 再经光耦合器送给场效应晶体管, 后者的饱和导通状态和截止状态相当于触点的接通和断开。图中的稳压管用来抑制关断过电压和外部的浪涌电压, 以保护场效应晶体管, 场效应晶体管输出电路的工作频率可达 20 ~ 100kHz。

S7-200 的数字量扩展模块中还有一种用双向晶闸管作为输出元件的 AC 230V 的输出模块。每点的额定输出电流为 0.5A, 灯负载为 60W, 最大漏电流为 1.8mA, 由接通到断开的最大时间为 0.2ms 与工频半周期之和。

继电器输出模块的使用电压范围广, 导通压降小, 承受瞬时过电压和过电流的能力较强, 但是动作速度较慢, 寿命 (动作次数) 有一定的限制。如果系统输出量的变化不是很频繁, 建议优先选用继电器型的输出模块。

场效应晶体管型输出模块用于直流负载，它的反应速度快、寿命长，过载能力稍差。

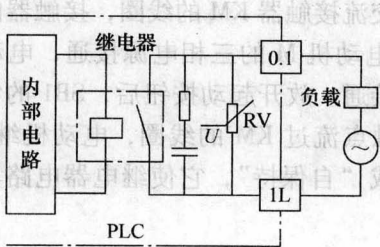


图 2-4 继电器输出电路

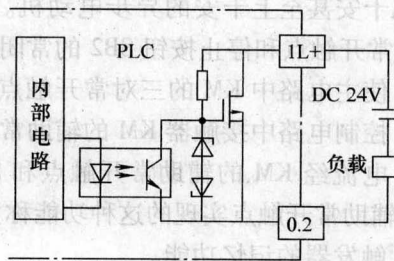


图 2-5 场效应晶体管输出电路

2.2 PLC 的工作原理

2.2.1 用触点和线圈实现逻辑运算

在数字量控制系统中，变量仅有两种相反的工作状态，例如高电平和低电平、继电器线圈的通电和断电、触点的接通和断开，可以用逻辑代数中的 1 和 0 来表示，在波形图中，用高电平表示 1 状态，用低电平表示 0 状态。

“与”、“或”、“非”逻辑运算的输入/输出关系如表 2-1 所示，用继电器电路或梯形图可以实现“与”、“或”、“非”逻辑运算（见图 2-6）。用多个触点的串、并联电路可以实现复杂的逻辑运算。

表 2-1 逻辑运算关系表

与			或			非	
$Q0.0 = I0.0 \cdot I0.1$			$Q0.1 = I0.2 + I0.3$			$Q0.2 = \overline{I0.4}$	
I0.0	I0.1	Q0.0	I0.2	I0.3	Q0.1	I0.4	Q0.2
0	0	0	0	0	0	0	1
0	1	0	0	1	1	1	0
1	0	0	1	0	1		
1	1	1	1	1	1		

继电器的线圈通电时，其常开触点接通，常闭触点断开；线圈断电时，其常开触点断开，常闭触点闭合。梯形图中的位元件（例如 PLC 的输出点 Q）的触点和线圈也有类似的关系。

图 2-7 是用交流接触器控制异步电动机的主电路、控制电路和波形图。接触器 KM 的结构和工作原理与继电器的基本相同，区别仅在于继电器触点的额

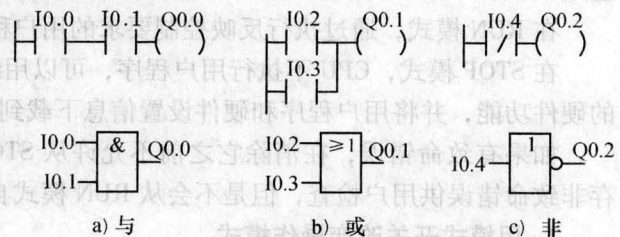


图 2-6 基本逻辑运算