

中国书刊发行协会年度全行业优秀畅销品种

SIEMENS 西门子公司重点推荐图书

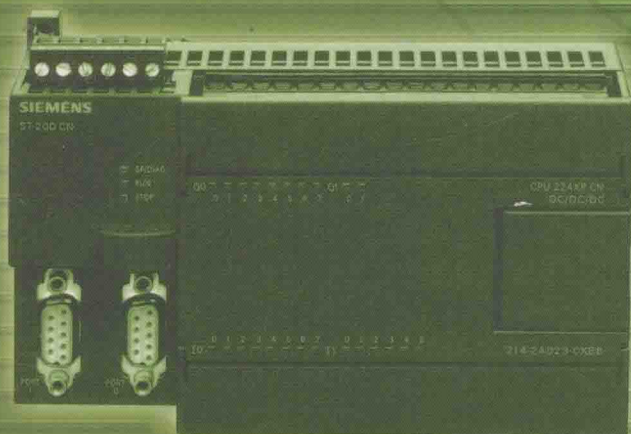


联袂推介

# PLC 编程及应用


## 第4版

廖常初 主编



# S7-200



 赠送超值 DVD 光盘：

-  STEP 7-Micro\_WIN SP9 完整版 + S7-200 PC Access
-  30 多个免费多媒体视频教程
-  中英文软件手册、硬件手册、通信手册
-  60 多个配套例程

 机械工业出版社  
CHINA MACHINE PRESS

中国书刊发行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 4 版

廖常初 主编



机械工业出版社

本书全面介绍了 S7-200 的硬件结构、指令系统和编程软件的使用方法；通过大量的例程，介绍了功能指令的使用方法；介绍了一整套先进完整的数字量控制梯形图的设计方法，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，PLC 与计算机、其他 PLC 和变频器之间的通信的编程和实现的方法；还介绍了 PID 控制和 PID 参数的整定方法、提高系统可靠性的措施、数据记录、触摸屏的组态和应用、组态软件在系统监控和被控对象仿真中的应用。各章均配有习题，附录 A 为 39 个实验的实验指导书。

本书的配套光盘有最新版的 S7-200 的编程软件和 OPC 服务器软件 PC Access、用户手册和产品样本、30 多个免费视频教程和 60 多个例程。

本书可以作为大专院校的电类和机电一体化专业的教材，也可以供工程技术人员自学。

本书配套授课电子课件，需要的教师可登录 [www.cmpedu.com](http://www.cmpedu.com) 免费注册、审核通过后下载，或联系编辑索取（QQ：2399929378，电话：010-88379753）。

## 图书在版编目（CIP）数据

PLC 编程及应用/廖常初主编. —4 版. —北京：机械工业出版社，2013.11  
(2014.2 重印)  
ISBN 978-7-111-44670-5

I. ① P… II. ① 廖… III. ① plc 技术—程序设计 IV. ① TM571.6

中国版本图书馆 CIP 数据核字（2013）第 261465 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：时 静

责任编辑：时 静

责任印制：张 楠

北京诚信伟业印刷有限公司印刷

2014 年 2 月第 4 版·第 2 次印刷

184mm×260mm·19.25 印张·474 千字

5001—13000 册

标准书号：ISBN 978-7-111-44670-5

ISBN 978-7-89405-161-5（光盘）

定价：49.00 元（含 1DVD）

凡购本书，如有缺页、倒页、脱页，由本社发行部调换

电话服务

网络服务

社服务中心：(010) 88361066

教材网：<http://www.cmpedu.com>

销售一部：(010) 68326294

机工官网：<http://www.cmpbook.com>

销售二部：(010) 88379649

机工官博：<http://weibo.com/cmp1952>

读者购书热线：(010) 88379203

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。本书是普通高等教育“十一五”国家级规划教材，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）。根据最新版编程软件和最新的技术资料，做了全面修订：删除了已停产的文本显示器的章节和一些普通用户很少使用的内容；增加了包含 39 个实验的实验指导书，以及广泛使用的高性价比的 SMART 700 IE 触摸屏的使用方法。

本书的第 1 章介绍了 PLC 的工作原理和 S7-200 的硬件组成。第 2 章通过实例详细介绍了编程软件和仿真软件的使用方法。第 3 章介绍了 PLC 编程的基础知识、位逻辑指令、定时器和计数器指令的应用。第 4 章增加了大量的例程，全面介绍了功能指令的使用方法。第 5 章通过大量的编程实例，深入浅出地介绍了设计数字量控制系统梯形图的一整套先进完整的方法，这些方法易学易用，可以节约大量的设计时间。第 6 章详细介绍了 S7-200 的通信功能，以及使用各种通信网络和通信协议，实现 S7-200 与计算机、其他 PLC 和变频器通信的编程、组态和实验的方法。第 7 章介绍了 PID 闭环控制、PID 参数的物理意义和整定方法；介绍了用作者编写的模拟被控对象的子程序和例程做 PID 闭环实验，手动整定 PID 参数和 PID 参数自整定的方法。第 8 章介绍了系统的可靠性措施，触摸屏的画面组态和应用，以及实现数据记录的方法。第 9 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。

S7-200 的编程软件为 PLC 的高级应用提供了大量的编程向导，只需输入一些参数，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。

本书各章均配有习题，配套光盘提供了最新版的编程软件、OPC 服务器软件 PC Access、指令库和本书作者编写的 PLC 串口通信调试软件、用户手册和产品样本、30 多个视频教程和 60 多个例程。

本书的编写得到了西门子（中国）有限公司的大力支持，该公司的姚驰、韩振华先生和杨静梅女士对本书的编写提供了很大的帮助，谨在此表示衷心的感谢。

本书由廖常初主编，范占华、关朝旺、余秋霞、陈曾汉、陈晓东、万莉、左源洁、郑群英、文家学、孙剑、唐世友、孙明渝、廖亮、王云杰、李远树参加了编写工作。

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 E-mail 地址：liaosun@cqu.edu.cn。欢迎读者访问作者在中华工控网的博客。

重庆大学电气工程学院 廖常初

# 目 录

## 前言

<b>第 1 章 PLC 的硬件与工作原理</b> .....	1
1.1 概述.....	1
1.1.1 PLC 的基本结构.....	1
1.1.2 PLC 的特点与应用领域.....	3
1.2 S7-200 系列 PLC.....	4
1.2.1 S7-200 的特点.....	4
1.2.2 CPU 模块.....	6
1.2.3 数字量输入与数字量输出.....	7
1.2.4 数字量扩展模块与模拟量扩展模块.....	10
1.2.5 称重模块与位置控制模块.....	12
1.3 I/O 地址分配与外部接线.....	13
1.4 逻辑运算与 PLC 的工作原理.....	14
1.4.1 用触点和线圈实现逻辑运算.....	14
1.4.2 PLC 的工作原理.....	16
1.5 习题.....	19
<b>第 2 章 STEP 7-Micro/WIN 编程软件与仿真软件使用指南</b> .....	20
2.1 编程软件概述.....	20
2.1.1 编程软件的安装与项目的组成.....	20
2.1.2 帮助功能的使用与 S7-200 的出错处理.....	22
2.2 程序的编写与传送.....	23
2.2.1 生成用户程序.....	23
2.2.2 下载与调试用户程序.....	27
2.3 符号表与符号地址的使用.....	31
2.4 用编程软件监控与调试程序.....	33
2.4.1 用程序状态监控与调试程序.....	33
2.4.2 用状态表监控与调试程序.....	36
2.4.3 写入与强制数值.....	38
2.4.4 调试用户程序的其他方法.....	40
2.5 使用系统块设置 PLC 的参数.....	40
2.5.1 断电数据保持的设置与编程.....	41
2.5.2 创建与使用密码.....	43
2.5.3 组态输入输出参数.....	44

2.6	S7-200 仿真软件的使用 .....	46
2.7	习题 .....	49
<b>第 3 章</b>	<b>S7-200 编程基础</b> .....	<b>50</b>
3.1	PLC 的编程语言与程序结构 .....	50
3.1.1	PLC 编程语言的国际标准 .....	50
3.1.2	S7-200 的程序结构 .....	52
3.2	数据类型与寻址方式 .....	52
3.2.1	数制 .....	52
3.2.2	数据类型 .....	54
3.2.3	CPU 的存储区 .....	56
3.2.4	直接寻址与间接寻址 .....	58
3.3	位逻辑指令 .....	60
3.3.1	触点指令与堆栈指令 .....	60
3.3.2	输出类指令与其他指令 .....	64
3.4	定时器与计数器指令 .....	66
3.4.1	定时器指令 .....	66
3.4.2	计数器指令 .....	69
3.5	习题 .....	70
<b>第 4 章</b>	<b>S7-200 的功能指令</b> .....	<b>73</b>
4.1	功能指令概述 .....	73
4.1.1	怎样学习功能指令 .....	73
4.1.2	S7-200 的指令规约 .....	74
4.2	数据处理指令 .....	75
4.2.1	比较指令与数据传送指令 .....	75
4.2.2	移位与循环移位指令 .....	77
4.2.3	数据转换指令 .....	79
4.2.4	表格指令 .....	81
4.2.5	实时时钟指令 .....	83
4.3	数学运算指令 .....	84
4.3.1	整数运算指令 .....	84
4.3.2	浮点数函数运算指令 .....	86
4.3.3	逻辑运算指令 .....	87
4.4	程序控制指令 .....	89
4.4.1	跳转指令 .....	89
4.4.2	循环指令 .....	90
4.4.3	其他指令 .....	91
4.5	局部变量与子程序 .....	93
4.5.1	局部变量 .....	93
4.5.2	子程序的编写与调用 .....	94

4.6	中断程序与中断指令	98
4.6.1	中断的基本概念与中断事件	98
4.6.2	中断指令	99
4.6.3	中断程序举例	101
4.7	高速计数器与高速脉冲输出指令	103
4.7.1	高速计数器的工作模式与外部输入信号	103
4.7.2	高速计数器的程序设计	106
4.7.3	高速脉冲输出与开环位置控制	108
4.8	数据块应用与字符串指令	111
4.8.1	数据块概述	111
4.8.2	字符、字符串与数据的转换指令	112
4.8.3	字符串指令	116
4.9	习题	117
<b>第5章</b>	<b>数字量控制系统梯形图程序设计方法</b>	<b>119</b>
5.1	梯形图的经验设计法	119
5.2	根据继电器电路图设计梯形图的方法	124
5.2.1	基本方法	124
5.2.2	注意事项	125
5.3	顺序控制设计法与顺序功能图	126
5.3.1	步与动作	127
5.3.2	有向连线与转换条件	129
5.3.3	顺序功能图的基本结构	130
5.3.4	顺序功能图中转换实现的基本规则	131
5.4	使用置位复位指令的顺序控制梯形图设计方法	133
5.4.1	单序列的编程方法	133
5.4.2	选择序列与并行序列的编程方法	135
5.4.3	应用举例	136
5.5	使用SCR指令的顺序控制梯形图设计方法	139
5.5.1	顺序控制继电器指令的应用	139
5.5.2	选择序列与并行序列的编程方法	140
5.5.3	应用举例	142
5.6	具有多种工作方式的系统的顺序控制梯形图设计方法	144
5.6.1	系统的硬件结构与工作方式	144
5.6.2	公用程序与手动程序	146
5.6.3	自动程序	148
5.7	习题	151
<b>第6章</b>	<b>PLC的通信与自动化通信网络</b>	<b>155</b>
6.1	计算机通信概述	155
6.1.1	串行通信	155

6.1.2	串行通信的端口标准 .....	156
6.2	计算机通信的国际标准 .....	157
6.2.1	开放系统互连模型 .....	157
6.2.2	IEEE 802 通信标准 .....	158
6.2.3	现场总线及其国际标准 .....	160
6.3	西门子的工业自动化通信网络 .....	161
6.4	S7-200 的通信功能与串行通信网络 .....	162
6.4.1	S7-200 的网络通信协议 .....	162
6.4.2	S7-200 的通信功能 .....	164
6.4.3	S7-200 的串行通信网络 .....	166
6.5	S7-200 的通信指令 .....	167
6.5.1	网络读写指令 .....	167
6.5.2	发送指令与接收指令 .....	170
6.6	使用自由端口模式的计算机与 PLC 的通信 .....	174
6.6.1	使用接收完成中断的通信程序设计 .....	174
6.6.2	串口通信调试软件的应用 .....	176
6.6.3	使用字符中断的通信程序设计 .....	179
6.7	Modbus 协议在通信中的应用 .....	181
6.7.1	Modbus RTU 通信协议 .....	181
6.7.2	基于 Modbus RTU 主站协议的通信 .....	181
6.7.3	基于 Modbus RTU 从站协议的通信 .....	185
6.7.4	计算机作主站的 Modbus RTU 通信 .....	187
6.8	S7-200 与变频器的 USS 协议和 Modbus 协议通信 .....	189
6.8.1	V20 变频器 USS 通信的硬件接线和参数设置 .....	189
6.8.2	USS 通信的编程 .....	192
6.8.3	S7-200 与 V20 变频器 USS 通信的实验 .....	194
6.8.4	S7-200 与 V20 的 Modbus RTU 通信 .....	196
6.9	基于 PC Access 的 OPC 通信 .....	199
6.9.1	OPC 通信与 PC Access .....	199
6.9.2	组态软件与 S7-200 的 OPC 通信 .....	201
6.9.3	在 Excel 应用程序中读写 S7-200 的变量 .....	203
6.10	S7-200 与 S7-300/400 的 MPI 通信 .....	204
6.11	S7-200 通信模块的应用 .....	207
6.11.1	PROFIBUS-DP 从站模块 EM 277 的应用 .....	207
6.11.2	S7-200 与 S7-300/400 和 S7-1200 的以太网通信 .....	209
6.12	习题 .....	213
<b>第 7 章</b>	<b>PLC 在模拟量闭环控制中的应用 .....</b>	<b>214</b>
7.1	闭环控制与 PID 控制器 .....	214
7.1.1	模拟量闭环控制系统 .....	214



7.1.2	PID 控制器的数字化	217
7.1.3	PID 指令向导的应用	219
7.2	PID 参数的整定方法	221
7.2.1	PID 参数的物理意义	221
7.2.2	PID 参数整定的规则	224
7.2.3	PID 参数整定的实验	225
7.3	PID 参数自整定	230
7.3.1	自整定的基本方法与自整定过程	231
7.3.2	PID 参数自整定实验	231
7.4	习题	234
<b>第 8 章</b>	<b>PLC 应用中的一些问题</b>	<b>235</b>
8.1	PLC 控制系统的可靠性措施	235
8.2	触摸屏的组态与应用	238
8.2.1	人机界面与触摸屏	238
8.2.2	生成项目与组态变量	240
8.2.3	组态指示灯与按钮	241
8.2.4	组态文本域与 IO 域	244
8.2.5	用控制面板设置触摸屏的参数	245
8.2.6	PLC 与触摸屏通信的实验	246
8.3	数据记录与存储卡的应用	248
8.4	习题	251
<b>第 9 章</b>	<b>组态软件在 PLC 控制系统中的应用</b>	<b>252</b>
9.1	组态软件概述	252
9.2	组态软件在 PLC 控制系统监控中的应用	253
9.2.1	新建工程与组态变量	253
9.2.2	组态画面	254
9.2.3	用组态软件监控 PLC 控制系统	259
9.3	组态软件在 PLC 被控对象仿真中的应用	260
9.3.1	小车控制系统仿真	261
9.3.2	液体混合控制系统仿真	263
9.3.3	机械手控制系统仿真	266
9.4	思考题	268
<b>附录</b>		<b>269</b>
<b>附录 A</b>	<b>实验指导书</b>	<b>269</b>
A.1	编程软件使用练习	269
A.2	符号表应用实验	270
A.3	用编程软件调试程序的实验	271
A.4	位逻辑指令的功能与应用实验	272
A.5	定时器应用实验	273

A.6	计数器应用实验	274
A.7	比较指令与传送指令应用实验	274
A.8	移位与循环移位指令应用实验	275
A.9	数据转换指令应用实验	276
A.10	实时时钟指令应用实验	277
A.11	数学运算指令应用实验	277
A.12	逻辑运算指令应用实验	278
A.13	跳转指令应用实验	279
A.14	循环指令与看门狗复位指令实验	280
A.15	子程序的编程实验	280
A.16	中断程序的编程实验	281
A.17	高速计数器与高速输出应用实验	281
A.18	数据块与字符串指令应用实验	282
A.19	定时器计数器应用的编程实验	283
A.20	自动往返的小车控制系统的编程实验	283
A.21	使用置位复位指令的顺序控制程序的编程实验	284
A.22	液体混合控制与剪板机控制程序的编程实验	285
A.23	使用 SCR 指令的顺序控制程序的编程实验	285
A.24	内胎硫化机与专用钻床控制程序的编程实验	286
A.25	具有多种工作方式的系统的控制程序调试实验	286
A.26	使用网络读写指令的通信实验	287
A.27	使用接收完成中断的通信实验	288
A.28	使用字符中断的通信实验	288
A.29	使用 Modbus RTU 主站协议的通信实验	289
A.30	使用 Modbus RTU 从站协议的通信实验	289
A.31	PLC 与变频器的 USS 协议通信实验	290
A.32	PLC 与变频器的 Modbus 协议通信实验	290
A.33	OPC 通信实验	290
A.34	PID 控制器参数整定实验	291
A.35	PID 控制器参数自整定实验	291
A.36	触摸屏的组态与通信实验	292
A.37	组态软件在控制系统监控和被控对象仿真中的应用	292
A.38	用组态软件对 4 限位开关的小车控制系统仿真	293
A.39	用组态软件对机械手控制系统仿真	293
附录 B	常用特殊存储器位	293
附录 C	S7-200 指令表索引	294
附录 D	配套光盘说明	294
参考文献		297

# 第 1 章 PLC 的硬件与工作原理

## 1.1 概述

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中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不可比拟的。

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。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，在国内占有很大的市场份额。

### 1.1.1 PLC 的基本结构

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

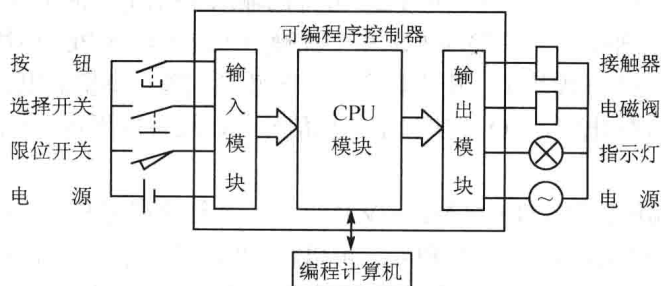


图 1-1 PLC 控制系统示意图

#### 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。

PLC 的程序分为操作系统和用户程序。操作系统使 PLC 具有基本的智能，能够完成 PLC 设计者规定的各种工作。操作系统由 PLC 生产厂家设计并固化在 ROM（只读存储器）中，用户不能直接读取。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（Byte，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）

用户程序和编程软件可以读出 RAM 中的内容，也可以改写 RAM 中的数据。它是易失性的存储器，RAM 芯片电源中断后，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，仍能保持储存的内容。ROM 用来存放 PLC 的操作系统。

#### （3）可以电擦除可编程的只读存储器（EEPROM）

EEPROM 是非易失性的，掉电后它保存的数据不会丢失。PLC 运行时可以读写它，它兼有 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，改写的次数有限制。S7-200 用 EEPROM 来存储用户程序和需要长期保存的重要数据。

## 2. I/O 模块

输入（Input）模块和输出（Output）模块简称为 I/O 模块，它们是系统的眼、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、压力继电器等提供的开关量输入信号；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、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电动调节阀、变频器等执行器。

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. 编程软件

使用 S7-200 的编程软件 STEP 7-Micro/WIN，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，程序被编译后下载到 PLC。可以将 PLC 中的程序上载到计算机，还可以用 STEP 7-Micro/WIN 监控 PLC。一般用 USB/PPI 编程电缆来实现编程计算机与 PLC 的通信。

本书的随书光盘提供了包含升级包 SP9 的编程软件 STEP 7-Micro/WIN V4.0。

## 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。

## 1.1.2 PLC 的特点与应用领域

### 1. 编程方法简单易学

梯形图是使用得最多的 PLC 的编程语言，其电路符号和表达方式与继电器控制电路原理图相似，梯形图语言形象直观，易学易懂，熟悉继电器控制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，并用来编写用户程序。

### 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，接线比继电器控制系统少得多，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，可节省大量的设计时间。

PLC 的用户程序可以在实验室模拟调试，输入信号用小开关或按钮来模拟，通过 PLC 上的发光二极管可观察输入、输出信号的状态。系统的调试时间比继电器控制系统少得多。

### 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软件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。

PLC 已经广泛地应用在所有的工业部门，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，可以实现单轴和多轴的位置控制，使运动控制与顺序控制有机地结合在一起。

### 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。

### 4. 数据处理

现代的 PLC 具有数学运算、数据传送、转换、排序和查表等功能，可以完成数据的采集、分析和处理。

### 5. 通信联网

PLC 的通信包括 PLC 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。

## 1.2 S7-200 系列 PLC

西门子公司具有品种非常丰富的 PLC 产品。S7-200、S7-1200 和 S7-200 SMART 是小型 PLC。S7-300/S7-400 和 S7-1500 是模块式大中型 PLC。WinAC 是在 PC (个人计算机) 上实现 PLC 功能的“软 PLC”。

### 1.2.1 S7-200 的特点

#### 1. 功能强

1) S7-200 有 6 种 CPU 模块，最多可以扩展 7 个扩展模块，扩展到 256 点数字量 I/O 或 45 路模拟量 I/O，最多有 24KB 程序存储空间和 10KB 用户数据存储空间。

2) 集成了 6 个有 13 种工作模式的高速计数器，以及两点高速脉冲发生器/脉冲宽度调制器。CPU 224XP 的高速计数器的最高计数频率为 200kHz，高速输出的最高频率为 100kHz。

3) 直接读、写模拟量 I/O 模块，不需要复杂的编程。CPU 224XP 集成有 2 路模拟量输入，1 路模拟量输出。

4) 使用 PID 调节控制面板，可以实现 PID 参数自整定。

5) S7-200 的 CPU 模块集成了很强的位置控制功能，此外还有位置控制模块 EM 253。使用位置控制向导可以方便地实现位置控制的编程。

6) 有配方和数据记录功能，以及相应的编程向导，配方数据和数据记录用存储卡保存。

7) 称重模块 SIWAREX MS 可以用来作电子秤、料斗秤、台秤、吊车秤，或监测输送带张力、测量工业货梯或轧制生产线的负荷。

8) 普通 PLC 的温度适用范围为 0~55℃, 宽温型 S7-200 SIPLUS 的温度适用范围为 -25~+70℃。

## 2. 先进的程序结构

S7-200 的程序结构简单清晰, 在编程软件中, 主程序、子程序和中断程序分页存放。使用各程序块中的局部变量, 易于将程序块移植到别的项目。子程序用输入、输出参数作软件接口, 便于实现结构化编程。S7-200 的指令功能强, 易于掌握。

## 3. 灵活方便的存储器结构

S7-200 的输入 (I)、输出 (Q)、位存储器 (M)、顺序控制继电器 (S)、变量存储器 (V) 和局部变量 (L) 均可以按位 (bit)、字节、字和双字读写。

## 4. 功能强大、使用方便的编程软件

编程软件 STEP 7-Micro/WIN 可以使用包括中文在内的多种语言。有梯形图、语句表和功能块图编程语言, 以及 SIMATIC、IEC 61131-3 两种编程模式。

STEP 7-Micro/WIN 的监控功能形象直观、使用方便。可以用 3 种编程语言监控程序的执行情况, 用状态表监视、修改和强制变量, 用趋势图监视变量的波形。用系统块设置参数方便直观。STEP 7-Micro/WIN 具有强大的中文帮助功能, 在线帮助、右键快捷菜单、指令和子程序的拖放功能使编程软件的使用非常方便。

S7-200 有 4 种加密级别, 此外还可以对单独的程序块和项目文件加密。

STEP 7-Micro/WIN 提供包含时间标记和事件标志的事件记录, 以“后进先出”的原则存储在缓冲区中。

## 5. 简化复杂编程任务的向导功能

PID 控制、网络通信、高速输入、高速输出、位置控制、数据记录、配方和文本显示器等编程和应用是 PLC 程序设计中的难点, 用普通的方法对它们编程既繁琐又容易出错。STEP 7-Micro/WIN 为此提供了大量的编程向导, 只需要在向导的对话框中输入一些参数, 就可以自动生成包括中断程序在内的用户程序。

## 6. 强大的通信功能

S7-200 的 CPU 模块有 1 个或 2 个标准的 RS-485 端口, 可用于编程或通信, 不需增加硬件就可以与别的 S7-200、S7-300/400 PLC、变频器和计算机通信。S7-200 可以使用 PPI、MPI、Modbus RTU 从站、Modbus RTU 主站和 USS 等通信协议, 以及自由端口通信模式。

通过不同的通信模块, S7-200 可以连接到以太网、互联网和现场总线 PROFIBUS-DP、AS-i, 可以使用 S7 协议、USS 协议和 TCP/IP。通过 Modem 模块 EM 241, 可以用模拟电话线实现与远程设备的通信。STEP 7-Micro/WIN 提供多种与通信有关的向导。

PC Access V1.0 是专门为 S7-200 设计的 OPC 服务器, 支持所有的 S7-200 数据形式和所有的 S7-200 协议, 支持多 PLC 连接及标准的 OPC 客户机, 并具有内置的客户机测试功能。

## 7. 品种丰富的配套人机界面

S7-200 有品种丰富的配套人机界面, KP 300 Basic mono PN 用于替换文本显示器 TD 400C 和面板 OP 73micro。S7-200 可以使用 Smart 700 IE、Smart 1000 IE、K-TP 178micro 和 TP 177micro 等触摸屏。

## 8. 有竞争力的价格

为了更好地贴近并服务于中国用户, S7-200 CN 系列在国内生产, 其售价比国外生产的

产品显著降低。S7-200 CN 只限于在中国销售和使用，与 STEP 7-Micro/WIN 4.0 SP3 及以上版本配合使用，语言应设置为“中文”。

### 9. 完善的网上技术支持

在西门子公司的网站可以下载 S7-200 的软件和手册，S7-200 有专门的子网站。可以在技术论坛与网友切磋技艺、交流经验，在网上向西门子的工程师提交问题或咨询硬件方案。在“找答案”网页可以提出问题，或回答别人的问题。

## 1.2.2 CPU 模块

S7-200 有 6 种 CPU 模块（见图 1-2），各 CPU 模块的技术指标见表 1-1。

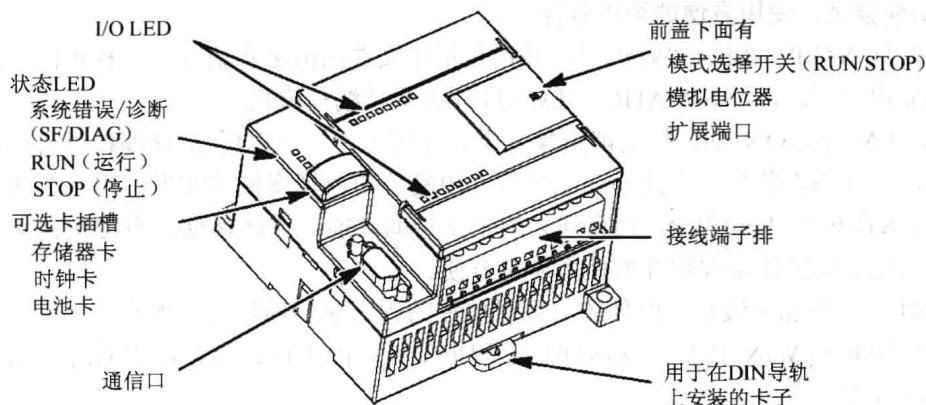


图 1-2 S7-200 CPU 模块的外形图

表 1-1 S7-200 CN CPU 技术规范

特 性	CPU 221	CPU 222	CPU 224	CPU 224XP/ CPU 224XPsi	CPU 226
本机数字量 I/O	6DI/4DO	8DI/6DO	14DI/10DO	14DI/10DO	24DI/16DO
本机模拟量 I/O	—	—	—	2AI/1AO	—
扩展模块数量	—	2	7	7	7
最大数字量点数	6DI/4DO	48DI/46DO	114DI/110DO	114DI/110DO	128DI/128DO
AI/AO/最大模拟量点数	—	16/8/16	32/28/44	32/29/45, 集成 2AI/1AO	32/28/44
掉电保持时间 (电容) /h	50	50	100	100	100
用户程序存储器/KB	4	4	12	16	24
用户数据存储器/KB	2	2	8	10	10
单相高速计数器	4 路 30kHz	—	6 路 30kHz	4 路 30kHz, 2 路 200kHz	6 路 30kHz
A/B 相高速计数器	其中 2 路 20kHz	—	其中 4 路 20kHz	其中 3 路 20kHz, 1 路 100kHz	其中 4 路 20kHz
高速脉冲输出	2 路 20kHz	—	2 路 20kHz	2 路 100kHz	2 路 20kHz
模拟量调节电位器	一个, 8 位分辨率		2 个, 8 位分辨率		
RS-485 通信口/个	1	1	1	2	2
实时时钟	有 (时钟卡)	有 (时钟卡)	有	有	有
可选卡件	存储卡、电池卡和实时时钟卡		存储卡和电池卡		
脉冲捕捉输入/个	6	8	14	—	24
外形尺寸/mm	90×80×62	90×80×62	120.5×80×62	140×80×62	196×80×62
DC 24V 传感器电流/mA	180	180	280	280	400



CPU 的用户存储器使用 EEPROM，后备电池（选件）可使用 200 天，布尔量运算指令执行时间为  $0.22\mu\text{s}$ /指令，存储器位（M）、顺序控制继电器各有 256 点，计数器和定时器各有 256 个；有两点定时中断，最大时间间隔为 255ms；有 4 点外部硬件输入中断。

CPU 221 无扩展功能，适于作小点数的微型控制器。CPU 222 有扩展功能，CPU 224 是具有较强控制功能的控制器。

CPU 224XP 集成有 2 路模拟量输入（10 位  $\text{DC}\pm 10\text{V}$ ），1 路模拟量输出（10 位， $\text{DC } 0\sim 10\text{V}$  或  $0\sim 20\text{mA}$ ），有两个 RS-485 通信端口，高速脉冲输出频率提高到 100kHz，高速计数器频率提高到 200kHz。

CPU 226 适用于复杂的中小型控制系统，可扩展到 256 点数字量和 44 路模拟量，有两个 RS-485 通信端口。

S7-200 采用主程序、最多 8 级子程序和中断程序的程序结构。监控定时器（看门狗）的定时时间为 500ms，最多可使用 8 个 PID 控制器。

数字量输入中有 4 点用作硬件中断，6 点用于高速计数功能。除了 CPU 224XP 外，32 位高速加/减计数器的最高计数频率为 30kHz，可以对增量式编码器的两个互差  $90^\circ$  的脉冲列计数，计数值等于设定值或计数方向改变时产生中断，在中断程序中可以及时地对输出进行操作。DC 输出型的两个高速输出可以输出频率和宽度可调的脉冲列。

RS-485 串行通信端口的外部信号与逻辑电路之间没有隔离，支持 PPI、自由通信口协议和点对点 PPI 主站模式，可以作 MPI 从站。

通信端口可以用于与运行 STEP 7-Micro/WIN 的计算机通信，与文本显示器和操作员界面的通信，以及 S7-200 CPU 之间的通信；通过自由端口模式、Modbus 和 USS 协议，可以与其他设备进行串行通信。通过 AS-i 通信接口模块，可以接入 496 个远程数字量输入/输出点。

可选的存储卡可以永久保存用户程序、数据记录、配方和文档记录，或用来传输程序。可选的电池卡保存数据的时间典型值为 200 天。用于断电保存数据的超级电容器充电 20min，可以充 60% 的电量。

宽温型 PLC S7-200 SIPLUS 的温度适用范围为  $-25\sim +70^\circ\text{C}$ ，可用于腐蚀性凝露环境。

### 1.2.3 数字量输入与数字量输出

各数字量 I/O 点的通/断状态用发光二极管（LED）显示，PLC 与外部接线的连接采用接线端子。大多数 CPU 和扩展模块有可拆卸的端子排，不需断开端子排上的外部连线，就可以迅速地更换模块。

#### 1. 数字量输入电路

图 1-3 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 1-9），它还可以为接近开关、光电开关之类的传感器提供电源。

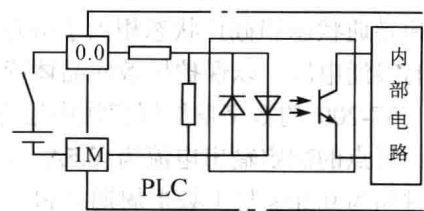


图 1-3 输入电路

当图 1-3 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