



21世纪高等院校电气信息类系列教材

Electrical Information  
Science and Technology

# S7-200 SMART PLC 编程及应用

廖常初 主编



附赠电子教案

<http://www.cmpedu.com>



- STEP 7-Micro/WIN SMART编程软件
- 27个免费的多媒体视频教程
- 丰富的中文用户手册和样本
- 40多个与正文配套的例程



机械工业出版社  
CHINA MACHINE PRESS

013048505

TM571.6  
172

21 世纪高等院校电气信息类系列教材

# S7-200 SMART PLC 编程 及应用

廖常初 主编



机械工业出版社



北航

C1656548

TM 571.6

172

P

013048202

S7-200 SMART 是国内广泛使用的 S7-200 的更新换代产品。本书全面介绍了 S7-200 SMART 的工作原理、硬件组成、指令系统和编程软件的使用方法；介绍了数字量控制系统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 PLC 之间、PLC 与计算机和变频器之间通信的编程方法；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、触摸屏的组态和实现 PLC 与触摸屏通信的方法。实验指导书有 30 多个实验。功能指令是 PLC 学习的难点，本书通过大量的例程，介绍了功能指令的使用方法。

随书光盘提供了 S7-200 SMART 的编程软件、有关产品的用户手册和样本、40 多个例程和 20 多个视频教程。

本书可以作为大专院校电类与机电一体化专业的教材，也适合工程技术人员使用。

### 图书在版编目 (CIP) 数据

S7-200 SMART PLC 编程及应用/廖常初主编. —北京: 机械工业出版社, 2013. 4

21 世纪高等院校电气信息类系列教材

ISBN 978 - 7 - 111 - 42027 - 9

I. ①S… II. ①廖… 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 (2013) 第 066588 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: 乔 宇

北京瑞德印刷有限公司印刷 (三河市胜利装订厂装订)

2013 年 6 月第 1 版·第 1 次印刷

184mm×260mm·16.5 印张·409 千字

0001—3500 册

标准书号: ISBN 978 - 7 - 111 - 42027 - 9

ISBN 978 - 7 - 89433 - 916 - 4 (光盘)

定价: 42.00 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

# 出版说明

随着科学技术的不断进步，整个国家自动化水平和信息化水平的长足发展，社会对电气信息类人才的需求日益迫切、要求也更加严格。在教育部颁布的“普通高等学校本科专业目录”中，电气信息类（Electrical and Information Science and Technology）包括电气工程及其自动化、自动化、电子信息工程、通信工程、计算机科学与技术、电子科学与技术、生物医学工程等子专业。这些子专业的人才培养对社会需求、经济发展都有着非常重要的意义。

在电气信息类专业及学科迅速发展的同时，也给高等教育工作带来了许多新课题和新任务。在此情况下，只有将新知识、新技术、新领域逐渐融合到教学、实践环节中去，才能培养出优秀的科技人才。为了配合高等院校教学的需要，机械工业出版社组织了这套“21世纪高等院校电气信息类系列教材”。

本套教材是在对电气信息类专业教学情况和教材情况调研与分析的基础上组织编写的，期间，与高等院校相关课程的主讲教师进行了广泛的交流和探讨，旨在构建体系完善、内容全面新颖、适合教学的专业教材。

本套教材涵盖多层面专业课程，定位准确，注重理论与实践、教学与教辅的结合，在语言描述上力求准确、清晰，适合各高等院校电气信息类专业学生使用。

机械工业出版社

# 前 言

S7-200 SMART 是国内广泛使用的 S7-200 的更新换代产品,其指令系统与 S7-200 基本上相同。CPU 模块集成的最大 I/O 点数增加到 60 点,增加了一块安装在 CPU 内的信号板。CPU 模块集成了以太网端口和 RS-485 端口,有的 CPU 集成了 3 个 100 kHz 的高速脉冲输出和位置控制功能。编程软件使用直观方便,经济型 CPU 模块的价格很低。

本书是在作者编写 S7-200 教材的基础和经验上,结合新硬件编写而成的。目前,作者编写的 S7-200 的教材已印刷了近 30 万册。其中,《PLC 编程及应用》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),《S7-200 PLC 编程及应用》被列入普通高等教育“十一五”国家级规划教材。

本书的第 1 章介绍了 PLC 的工作原理和 S7-200 SMART 的硬件组成。

第 2 章通过实例详细介绍了编程软件的使用方法,包括参数设置、用户程序的生成、下载和调试的方法,符号表和帮助功能的使用等。

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 章介绍了功能指令的学习方法,通过大量的例程,介绍了功能指令的使用方法,包括子程序和中断程序的编程方法。

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 章介绍了 S7-200 SMART 使用自由端口模式、Modbus RTU 协议和 USS 协议,与计算机、其他 PLC、变频器通信的编程、组态和实验的方法。

第 7 章介绍了 PID 闭环控制系统的组成和 PID 参数的整定方法。使用作者编写的用于模拟被控对象的子程序和例程,只需要一个 CPU 模块就可以做 PID 闭环实验。通过实例详细地介绍了 PID 整定控制面板的使用方法、PID 参数的手动整定方法和自动整定的方法。

第 8 章介绍了系统的可靠性措施,触摸屏的画面组态和实现 PLC 与触摸屏通信的方法。

本书各章配有习题,附录 A 为包含 30 多个实验的指导书。随书光盘有 S7-200 SMART 的编程软件、有关产品的中文用户手册和样本。光盘中还有与正文配套的 40 多个例程、20 多个视频教程和作者编写的 PLC 串口通信调试软件。

本书的编写得到了西门子公司的大力支持,西门子(中国)有限公司的陈中川先生对本书的编写提供了很大的帮助,在此深表感谢。

本书可以作为大专院校电类与机电一体化专业的教材，也适合工程技术人员使用。

本书由廖常初主编，陈曾汉、范占华、关朝旺、余秋霞、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: 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

2013 年 2 月

# 目 录

出版说明	
前言	
第 1 章 PLC 的硬件与工作原理	1
1.1 S7-200 SMART 系列 PLC	1
1.1.1 PLC 的基本结构	1
1.1.2 S7-200 SMART 的特点	2
1.1.3 CPU 模块	4
1.1.4 数字量扩展模块与信号板	6
1.1.5 模拟量扩展模块与热电阻扩展 模块	8
1.1.6 I/O 的地址分配与外部接线	9
1.2 PLC 的逻辑运算与工作原理	11
1.2.1 用触点和线圈实现逻辑运算	11
1.2.2 PLC 的工作原理	12
1.3 习题	15
第 2 章 STEP 7-Micro/WIN SMART 编程软件使用指南	16
2.1 编程软件概述	16
2.1.1 编程软件的界面	16
2.1.2 窗口操作与帮助功能	18
2.2 入门指南	20
2.2.1 创建项目	20
2.2.2 生成用户程序	21
2.2.3 以太网基础知识	24
2.2.4 组态以太网地址	26
2.2.5 下载与调试用户程序	29
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	34
2.4.1 用程序状态监控与调试程序	34
2.4.2 用状态图表监控与调试程序	37
2.4.3 写人与强制数值	39
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	41
2.5.1 组态 PLC 的参数	41
2.5.2 组态输入输出参数	43
2.6 习题	46
第 3 章 S7-200 SMART 编程基础	47
3.1 PLC 的编程语言与程序结构	47
3.1.1 PLC 编程语言的国际标准	47
3.1.2 S7-200 SMART 的程序结构	48
3.2 数据类型与寻址方式	49
3.2.1 数制	49
3.2.2 数据类型	51
3.2.3 CPU 的存储区	53
3.2.4 直接寻址与间接寻址	55
3.3 位逻辑指令	56
3.3.1 触点指令与堆栈指令	56
3.3.2 输出类指令与其他指令	61
3.4 定时器与计数器指令	63
3.4.1 定时器指令	63
3.4.2 计数器指令	67
3.5 习题	68
第 4 章 S7-200 SMART 的功能指令	72
4.1 功能指令概述	72
4.1.1 怎样学习功能指令	72
4.1.2 S7-200 SMART 的指令规约	73
4.2 数据处理指令	74
4.2.1 比较指令与数据传送指令	74
4.2.2 移位与循环移位指令	77
4.2.3 数据转换指令	78
4.2.4 表格指令	80
4.2.5 实时时钟指令	82
4.3 数学运算指令	83
4.3.1 四则运算指令与递增递减指令	83
4.3.2 浮点数函数运算指令	85

4.3.3	逻辑运算指令	86	5.3.3	应用举例	132
4.4	程序控制指令	88	5.4	使用 SCR 指令的顺序控制梯形图设计方法	134
4.4.1	跳转指令	88	5.4.1	顺序控制继电器指令	134
4.4.2	循环指令	89	5.4.2	选择序列与并行序列的编程方法	136
4.4.3	其他指令	90	5.4.3	应用举例	137
4.5	局部变量与子程序	91	5.5	具有多种工作方式的系统的顺序控制梯形图设计方法	139
4.5.1	局部变量	91	5.5.1	系统的硬件结构与工作方式	139
4.5.2	子程序的编写与调用	93	5.5.2	公用程序与手动程序	141
4.6	中断程序与中断指令	97	5.5.3	自动程序	142
4.6.1	中断的基本概念	97	5.6	习题	145
4.6.2	中断事件与中断指令	98	<b>第 6 章 PLC 的通信与自动化通信网络</b>		148
4.6.3	中断程序举例	100	6.1	计算机通信概述	148
4.7	高速计数器与高速脉冲输出指令	102	6.1.1	串行通信	148
4.7.1	高速计数器的工作模式与外部输入信号	102	6.1.2	串行通信的端口标准	149
4.7.2	高速计数器的程序设计	104	6.2	计算机通信的国际标准	150
4.7.3	高速脉冲输出与开环位置控制	107	6.2.1	开放系统互连模型	150
4.8	数据块应用与字符串指令	110	6.2.2	IEEE 802 通信标准	151
4.8.1	数据块应用	110	6.2.3	现场总线及其国际标准	153
4.8.2	字符、字符串与数据的转换指令	111	6.3	PPI 网络	154
4.8.3	字符串指令	114	6.4	S7-200 SMART 的通信指令	157
4.9	习题	116	6.5	使用自由端口模式的计算机与 PLC 的通信	161
<b>第 5 章 数字量控制系统梯形图程序设计方法</b>		118	6.5.1	自由端口模式的串行通信程序设计	161
5.1	梯形图的经验设计法	118	6.5.2	使用接收完成中断的通信程序设计	162
5.2	顺序控制设计法与顺序功能图	121	6.5.3	串口通信参数的设置	164
5.2.1	步与动作	121	6.5.4	串口通信调试软件的应用	165
5.2.2	有向连线与转换条件	123	6.5.5	使用字符中断的通信程序设计	168
5.2.3	顺序功能图的基本结构	124	6.5.6	使用信号板 CM01 的自由端口通信	170
5.2.4	顺序功能图中转换实现的基本规则	127	6.6	Modbus 协议在通信中的应用	171
5.3	使用置位复位指令的顺序控制梯形图设计方法	128	6.6.1	Modbus RTU 从站协议	171
5.3.1	单序列的编程方法	129	6.6.2	基于 Modbus RTU 从站协议通信的	
5.3.2	选择序列与并行序列的编程方法	130			



编程 .....	172	过程 .....	204
6.6.3 基于 Modbus RTU 从站协议通信的 实验 .....	174	7.3.2 PID 参数自整定实验 .....	205
6.6.4 基于 Modbus RTU 主站协议的 通信 .....	177	7.4 习题 .....	207
6.7 S7-200 SMART 与变频器的 USS 协议 通信 .....	179	<b>第 8 章 PLC 应用中的一些问题</b> .....	208
6.7.1 硬件接线与变频器参数设置 .....	179	8.1 PLC 控制系统的可靠性措施 .....	208
6.7.2 S7-200 SMART 的组态与编程 .....	181	8.1.1 硬件的可靠性措施 .....	208
6.7.3 S7-200 SMART 与变频器通信的 实验 .....	183	8.1.2 故障的检测与诊断的编程 .....	211
6.7.4 用 PLC 读/写变频器的参数 .....	185	8.2 触摸屏的组态与应用 .....	212
6.8 习题 .....	186	8.2.1 人机界面与触摸屏 .....	212
<b>第 7 章 PLC 在模拟量闭环控制中的     应用</b> .....	187	8.2.2 生成项目与组态变量 .....	214
7.1 闭环控制与 PID 控制器 .....	187	8.2.3 组态指示灯 .....	216
7.1.1 模拟量闭环控制系统 .....	187	8.2.4 组态按钮 .....	217
7.1.2 PID 控制器的数字化 .....	190	8.2.5 组态文本域与 IO 域 .....	219
7.1.3 PID 指令向导的应用 .....	192	8.2.6 用运行模拟器模拟触摸屏 .....	221
7.2 PID 控制器的参数整定方法 .....	194	8.2.7 用控制面板设置触摸屏的参数 .....	222
7.2.1 PID 参数的物理意义 .....	194	8.2.8 PLC 与触摸屏通信的实验 .....	223
7.2.2 PID 参数的整定方法 .....	197	8.3 习题 .....	226
7.2.3 PID 控制器参数整定的实验 .....	198	<b>附录</b> .....	227
7.3 PID 参数自整定 .....	203	附录 A 实验指导书 .....	227
7.3.1 自整定的基本方法与自整定		附录 B 常用特殊存储器位 .....	252
		附录 C S7-200 SMART 指令表索引 .....	253
		附录 D 配套光盘说明 .....	253
		<b>参考文献</b> .....	256

# 第 1 章 PLC 的硬件与工作原理

## 1.1 S7-200 SMART 系列 PLC

现代社会要求制造业对市场需求做出迅速的反应，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 SMART 系列小型 PLC 为主要讲授对象。与 S7-200 相比，S7-200 SMART 保留了 S7-200 的诸多优点，增加了以太网端口和信号板，保留了 RS-485 端口，增加了 CPU 的 I/O 点数，CPU 分为经济型和标准型，指令与 S7-200 基本上相同。编程软件 STEP 7-Micro/WIN SMART 的界面友好，更为人性化。

### 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。

#### 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 SMART 将 CPU 模块简称为 CPU。

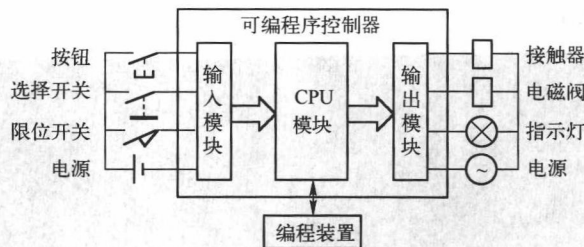


图 1-1 PLC 控制系统示意图

#### 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，数字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、压力继电器等来的数字量输入信号；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。数字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、光电晶闸管、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，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，可以将 PLC 中的程序上传到计算机，还可以用编程软件监控 PLC。

本书的随书光盘附有 S7-200 SMART 的编程软件 STEP 7-Micro/WIN SMART。S7-200 SMART 有集成的以太网端口，下载和监控时只需要一根普通的网线，下载的速度比 S7-200 快得多。

### 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。CPU 模块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 S7-200 SMART 的特点

SIMATIC S7-200 SMART 是西门子公司经过大量的市场调研，为中国客户量身定制的一款高性价比的小型 PLC 产品。

### 1. S7-200 SMART 的亮点

1) S7-200 SMART 有 6 种 CPU 模块，最多可以配置 4 个扩展模块（见图 1-2），CPU 模块集成的最大 I/O 点数由 S7-200 的 40 点增加到 60 点。因为配备了西门子的专用高速处理器芯片，基本指令执行时间达  $0.15\mu\text{s}$ 。CPU 模块分为标准型和经济型，产品配置更加灵活，可以最大限度地控制成本。



图 1-2 S7-200 SMART

2) 增加了安装在 CPU 内的信号板, 使配置更为灵活。

3) CPU 集成了以太网端口 (见图 1-3) 和强大的以太网通信功能。用普通的网线就可以实现程序的下载和监控。

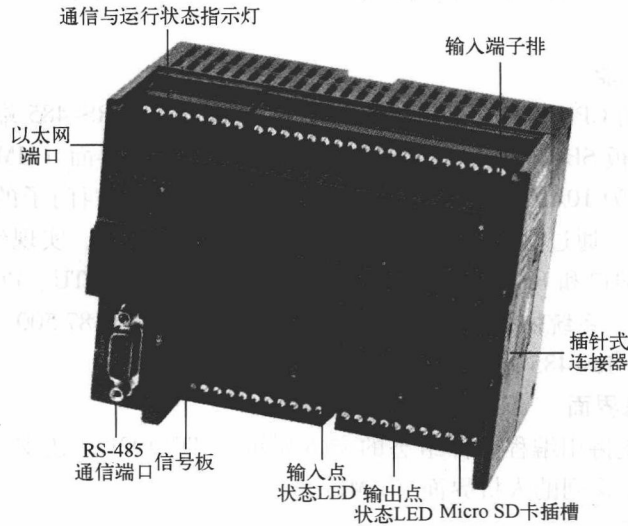


图 1-3 CPU 模块

4) 场效应晶体管输出的 CPU 集成了 3 路高速脉冲输出, 频率高达 100 kHz, 支持 PWM/PTO 输出方式以及多种运动模式, 可以自由设置运动曲线, 相当于集成了 S7-200 的位置控制模块的功能。有方便易用的运动控制向导功能, 可以快速实现设备调速、定位等功能。

5) CPU 集成了 Micro SD 卡插槽, 使用市面上通用的价格便宜 Micro SD 卡, 就可以实现程序的更新和 PLC 固件升级。

6) 编程软件 STEP 7-Micro/WIN SMART 的界面友好, 编程高效, 融入了更多的人性化设计, 如新颖的带状式菜单、全移动式界面窗口、方便的程序注释功能、强大的密码保护等。可以用 3 种编程语言监控程序的执行情况, 用状态图表监视、修改和强制变量。用系统块设置参数方便直观。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等使编程软件的使用非常方便。

7) S7-200 SMART PLC、SMART LINE 触摸屏、V2Q 变频器和 V80/V60 伺服系统完美整合, 无缝集成, 为 OEM 客户带来高性价比的小型自动化解决方案, 可以满足客户对人机交互、控制、驱动等功能的全方位需求。

## 2. 先进的程序结构

S7-200 SMART 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。

## 3. 灵活方便的寻址方法

S7-200 SMART 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. 简化复杂编程任务的向导功能

运动控制、高速计数器、PID 控制、高速输出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烦琐又容易出错。S7-200 SMART 的编程软件为此提供了各种编程向导,只需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。

#### 5. 强大的通信功能

S7-200 SMART 的 CPU 模块集成了一个以太网端口,一个 RS-485 端口。可以选装一块 RS-232/RS-485 信号板 SB CM01。每个端口可以连接 4 个人机界面 (HMI)。

以太网传输速率为 10/100 Mbit/s,采用变压器隔离。支持西门子的 S7 协议、TCP/IP,用普通网线下程序。通过交换机可与多台以太网设备进行通信,实现数据的快速交互。

集成的 RS-485 端口和 RS-232/RS-485 信号板支持 Modbus-RTU、PPI、USS 协议,还可以实现自由端口通信。系统协议的传输速率为 9 600、19 200 和 187 500 bit/s,自由端口时为 1 200 ~ 115 200 bit/s。RS-485 端口没有隔离。

#### 6. 支持多种人机界面

S7-200 SMART 支持用编程软件组态的文本显示器 TD 400C,还支持西门子的 Comfort、SMART LINE 和 Basic 系列的人机界面 (HMI)。

#### 7. 运动控制功能

标准型场效应晶体管输出的 CPU 模块 ST40/ST60 提供 3 轴 100 kHz 高速脉冲输出,支持 PWM (脉宽调制) 和 PTO 脉冲输出。在 PWM 方式中,输出脉冲的宽度或占空比可由程序来调节。

在 PTO 方式 (运动控制) 中,输出脉冲可以组态为多种工作模式,包括自动寻找原点,可实现对步进电动机或伺服电动机的控制,达到调速和定位的目的。

CPU 上的 Q0.0、Q0.1 和 Q0.3 可组态为 PWM 输出或高速脉冲输出,可以通过向导设置完成上述功能。

运动控制既可以使用工程单位 (如英寸或厘米),也可以使用脉冲数。提供可组态的螺距误差补偿,支持绝对、相对和手动位控模式,支持连续操作。提供多达 32 组运动曲线,每组曲线最多可以设置 16 种速度。提供 4 种不同的参考点寻找模式,每种模式都可以对起始的寻找方向和最终的接近方向进行选择。

为了帮助用户开发运动控制方案,STEP 7-Micro/WIN SMART 提供了运动控制面板,使用户在开发过程的启动和测试阶段就能轻松监控运动控制功能的操作。使用运动控制面板可以验证运动控制功能接线是否正确,可以调整组态数据并测试每个移动曲线。显示位控操作的当前速度、当前位置和当前方向,还可以看到输入和输出 LED (脉冲 LED 除外) 的状态。可以查看和修改存储在 CPU 模块中的位控操作的组态设置。

### 1.1.3 CPU 模块

#### 1. CPU 模块的技术规范

S7-200 SMART 各 CPU 模块的简要技术规范见表 1-1。经济型 CPU CR40 的价格便宜,无扩展功能。其余的 CPU 为标准型,有扩展功能。

最大脉冲输出频率仅适用于带晶体管输出的 CPU,传感器电源可用电流为 300 mA。

可断电保持的存储区为 10KB (B 是字节的简称), 各 CPU 的过程映像输入 (I) 和过程映像输出 (Q) 分别为 256 点, 位存储器 (M) 256 点, 主程序、每个子程序和中断程序的临时局部变量为 64B。有 2 个分辨率为 1 ms 的定时中断, 4 个上升沿中断和 4 个下降沿中断, 使用可选信号板时各为 6 个。可使用 8 个 PID 回路。

表 1-1 S7-200 SMART CPU 简要技术规范

特 性	CPU CR 40	CPU SR20	CPU SR40/ST40	CPU SR60/ST60
外形尺寸	125 × 100 × 81 mm	90 × 100 × 81 mm	125 × 100 × 81 mm	170 × 100 × 81 mm
本机数字量 I/O 点数	24DI/16DO	12DI/8DO	24DI/16DO	36DI/24DO
用户程序区	12 KB	12 KB	24 KB	30 KB
用户数据区	8 KB	8 KB	16 KB	20 KB
扩展模块数量	—	4	4	4
最大数字量 I/O 点数	40	148	168	188
最大可扩展模拟量点数	—	24	24	24
信号板	—	1	1	1
高速计数器	共 4 个	共 4 个	共 4 个	共 4 个
单相高速计数器	4 个单相 30 kHz	4 个单相 60 kHz	4 个单相 60 kHz	4 个单相 60 kHz
双相高速计数器	2 个 A/B 相 20 kHz	2 个 A/B 相 40 kHz	2 个 A/B 相 40 kHz	2 个 A/B 相 40 kHz
最大脉冲输出频率	—	—	3 个 100 kHz (仅 ST40)	3 个 100 kHz (仅 ST60)
实时时钟, 保持时间 7 天	—	有	有	有
脉冲捕捉输入点数	14	12	14	14

布尔运算指令执行时间为 0.15 μs, 实数数学运算指令执行时间为 3.6 μs。子程序和中断程序最多分别 128 个。有 4 个累加器, 256 个定时器和 256 个计数器。

实时时钟精度为 ±120 s/月, 保持时间通常为 7 天, 25℃ 时最少为 6 天。

CPU 和扩展模块各数字量 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。

## 2. CPU 模块中的存储器

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。S7-200 SMART 不使用锂电池。

## (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 的随机存取的优点, 但是写入数据所需的时间比 RAM 长得多。S7-200 SMART 用 EEPROM 来存储用户程序和需长期保存的重要数据。

### 1.1.4 数字量扩展模块与信号板

#### 1. 数字量输入模块

数字量扩展模块的种类见表 1-2。数字量输入模块的输入电路中的 RC 滤波电路用来防止由于输入触点抖动或外部干扰脉冲引起的错误的输入信号。CPU 的部分输入点和数字量扩展模块的输入点的输入延迟时间可以用编程软件的系统块设置。

图 1-4 是 S7-200 SMART 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 4mA, 1M 是输入点各内部输入电路的公共点。S7-200 SMART 可以用 CPU 模块提供的 DC 24V 电源作为输入回路的电源, 该电源还可以用于接近开关、光电开关之类的传感器。

表 1-2 数字量扩展模块

仅输入/输出	输入/输出组合
8 点直流输入	8 点直流输入/8 点直流输出
8 点直流输出	8 点直流输入/8 点继电器输出
8 点继电器输出	16 点直流输入/16 点直流输出
	16 点直流输入/16 点继电器输出

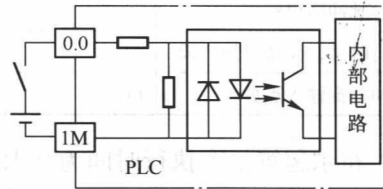


图 1-4 输入电路

当图 1-4 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, 光敏晶体管饱和导通; 外接触点断开时, 光耦合器中的发光二极管熄灭, 光敏晶体管截止, 信号经内部电路传送给 CPU 模块。可以改变图 1-4 中输入回路的电源极性。

CPU 模块的数字量输入和数字量输出的技术指标见表 1-3 和表 1-4。

表 1-3 CPU 数字量输入技术指标

项 目	技术指标
输入类型	漏型/源型 IEC 类型 1 (CPU ST40/ST60 的 IO.0 ~ IO.3 除外)
输入电压电流额定值	DC 24 V, 4 mA
输入电压浪涌值	35 V, 0.5 s
逻辑 1 信号 (最小)	仅 CPU ST40/SR40/ST60/SR60 的 IO.0 ~ IO.3 为 DC 4 V, 8 mA; 其余的为 DC 15 V, 2.5 mA
逻辑 0 信号 (最大)	仅 CPU ST40/ST60 的 IO.0 ~ IO.3 为 DC 1 V, 1 mA, 其余的为 DC 5 V, 1 mA
输入滤波时间	0.2 ~ 12.8 μs, 0.2 ~ 12.8 ms, 各点可单独组态 (仅 CPU 开始的 14 点输入)
光电隔离	AC 500 V, 1 min
电缆长度	非屏蔽 300 m, 屏蔽电缆 500 m, 高速计数器 50 m

表 1-4 CPU 数字量输出技术指标

技术数据	DC 24 V 输出	继电器输出
类型	MOSFET 场效应晶体管	继电器触点
输出电压额定值	DC 24 V	DC 24 V 或 AC 250 V
输出电压允许范围	DC 20.4 ~ 28.8 V	DC 5 ~ 30 V, AC 5 ~ 250 V
逻辑 1 输出电压	DC 20 V, 最大电流时	—
逻辑 0 输出电压	DC 0.1 V, 10 kΩ 负载	—
逻辑 1 最大输出电流	0.5 A	2 A
每个公共端的额定电流	6 A	10 A
逻辑 0 最大漏电流	10 μA	—
灯负载	5 W	DC 30 W/AC 200 W
接通状态电阻	最大 0.6 Ω	新的时候最大 0.2 Ω
感性箝位电压	L+ - DC 48 V, 1 W 功耗	—
从断开到接通最大延时	Qa. 0 ~ Qa. 3 最长 1 μs, 其余的最长为 50 μs	最长 10 ms
从接通到断开最大延时	Qa. 0 ~ Qa. 3 最长 3 μs, 其余的最长为 200 μs	最长 10 ms

## 2. 数字量输出模块

S7-200 SMART 的数字量输出电路的功率元件有驱动直流负载的 MOSFET (场效应晶体管), 和既可以驱动交流负载又可以驱动直流负载的继电器, 负载电源由外部提供。

输出电路一般分为若干组, 对每一组的总电流也有限制。

图 1-5 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 1-6 是场效应晶体管输出电路。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 ~ 100 kHz。

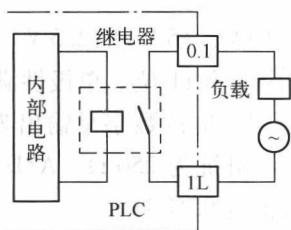


图 1-5 继电器输出电路

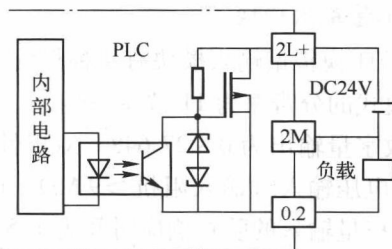


图 1-6 场效应晶体管输出电路

继电器输出模块的使用电压范围广, 导通压降小, 承受瞬时过电压和瞬时过电流的能力较强, 但是动作速度较慢。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。继电器输出的开关延时最大 10 ms, 无负载时触点的机械寿命 10 000 000 次, 额定负载时触点寿命 100 000 次。非屏蔽电缆最大长度 300 m, 屏蔽电缆 500 m。

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。



普通的白炽灯的工作温度在千度以上，冷态电阻比工作时的电阻小得多，其浪涌电流是工作电流的 10 多倍。可以驱动 AC 220V、2A 电阻负载的继电器输出点只能驱动 200W 的白炽灯。频繁切换的灯负载应使用浪涌抑制器。

### 3. 信号板

S7-200 SMART 有 3 种信号板。1 点模拟量输出信号板 SB AQ01 的输出量程为  $\pm 10\text{ V}$  和  $0 \sim 20\text{ mA}$ ，对应的数字量为  $\pm 27\,648$  和  $0 \sim 27\,648$ 。

SB DT04 为 2 点数字量直流输入/2 点数字量直流输出信号板，用 MOSFET 场效应晶体管输出。

SB CM01 为 RS485/RS232 信号板，可以组态为 RS-485 或 RS-232 通信端口。

## 1.1.5 模拟量扩展模块与热电阻扩展模块

### 1. PLC 对模拟量的处理

在工业控制中，某些输入量（例如压力、温度、流量、转速等）是模拟量，某些执行机构（例如电动调节阀和变频器等）要求 PLC 输出模拟量信号，而 PLC 的 CPU 只能处理数字量。模拟量首先被传感器和变送器转换为标准量程的电流或电压，例如  $4 \sim 20\text{ mA}$ ， $1 \sim 5\text{ V}$ ， $0 \sim 10\text{ V}$ ，模拟量输入模块的 A/D 转换器将它们转换成数字量。带正、负号的电流或电压在 A/D 转换后用二进制补码表示。

模拟量输出模块的 D/A 转换器将 PLC 中的数字量转换为模拟量电压或电流，再去控制执行机构。

表 1-5 模拟量扩展模块

A/D 转换器和 D/A 转换器的二进制位数反映了它们的分辨率，位数越多，分辨率越高。模拟量输入/输出模块的另一个重要指标是转换时间。

型 号	描 述
EM AE04	4 点模拟量输入
EM AR02	2 点热电阻输入
EM AQ02	2 点模拟量输出
EM AM06	4 点模拟量输入/2 点模拟量输出

S7-200 SMART 有 4 种模拟量扩展模块（见表 1-5）。

### 2. 模拟量输入模块

EM AE04 模拟量输入模块有 4 种量程（ $0 \sim 20\text{ mA}$ 、 $\pm 10\text{ V}$ 、 $\pm 5\text{ V}$  和  $\pm 2.5\text{ V}$ ）。

电压模式的分辨率为 11 位 + 符号位，电流模式的分辨率为 11 位。单极性满量程输入范围对应的数字量输出为  $0 \sim 27\,648$ 。双极性满量程输入范围对应的数字量输出为  $-27\,648 \sim +27\,648$ 。电压输入时输入阻抗  $\geq 9\text{ M}\Omega$ ，电流输入时输入阻抗为  $250\ \Omega$ 。A/D 转换时间为  $625\ \mu\text{s}$ ，模拟量输入的阶跃响应时间为  $1.5\text{ ms}$ （达到稳态值的 95% 时）。

### 3. 将模拟量输入模块的输出值转换为实际的物理量

转换时应考虑变送器的输入/输出量程和模拟量输入模块的量程，找出被测物理量与 A/D 转换后的数字值之间的比例关系。

【例 2-1】 量程为  $0 \sim 10\text{ MPa}$  的压力变送器的输出信号为 DC  $4 \sim 20\text{ mA}$ ，模拟量输入模块将  $0 \sim 20\text{ mA}$  转换为  $0 \sim 27\,648$  的数字量，设转换后得到的数字为  $N$ ，试求以 kPa 为单位的压力值。

解：  $4 \sim 20\text{ mA}$  的模拟量对应于数字量  $5\,530 \sim 27\,648$ ，即  $0 \sim 10\,000\text{ kPa}$  对应于数字量  $5\,530 \sim 27\,648$ ，压力的计算公式为