

电气信息工程丛书

SIEMENS 西门子公司重点推荐图书



联袂推介

S7-1200/1500 PLC 应用技术

廖常初 主编



赠送两张超值 DVD 光盘：

- STEP 7 专业版 V13 SP1+博途 V13 SP1 UPD9
- S7-PLCSIM V13 SP1 及其 UPD1
- 50 个多媒体视频教程与 80 个例程
- 40 多本中文用户手册



机械工业出版社
CHINA MACHINE PRESS



电气信息工程丛书

S7-1200/1500 PLC 应用技术

廖常初 主编



机械工业出版社

本书全面深入地介绍了西门子 S7-1200/1500 PLC 的硬件结构和硬件组态、指令、程序结构、PID 闭环控制、编程软件和仿真软件的使用方法，以及一整套易学易用的开关量控制系统的编程方法。介绍了各种通信网络和通信服务的组态编程和仿真的方法、网络控制系统的多种故障诊断方法、精简系列面板的组态与仿真的方法，以及 PID 参数整定的纯软件仿真方法。

随书光盘提供了 V13 SP1 版的编程软件和仿真软件、大量的中文用户手册、80 个例程和 50 个多媒体视频教程。

本书注重实际，强调应用，可供工程技术人员自学和作为培训教材，对 S7-1200/1500 的用户也有很大的参考价值。

图书在版编目 (CIP) 数据

S7-1200/1500 PLC 应用技术 / 廖常初主编. —北京: 机械工业出版社, 2017.11
(2018.7 重印)

(电气信息工程丛书)

ISBN 978-7-111-58719-4

I. ①S… II. ①廖… III. ①plc 技术 IV. ①TM571.6

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2017) 第 307914 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

责任校对: 张艳霞 责任印制: 常天培

唐山三艺印务有限公司印刷

2018 年 7 月第 1 版 · 第 2 次印刷

184mm×260mm · 22.25 印张 · 540 千字

4001-10000 册

标准书号: ISBN 978-7-111-58719-4

ISBN 978-7-89386-156-7 (光盘)

定价: 79.00 元 (含 2DVD)

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

服务咨询热线: (010) 88379833

机工官网: www.cmpbook.com

读者购书热线: (010) 88379649

机工官博: weibo.com/cmp1952

教育服务网: www.cmpedu.com

封面防伪标均为盗版

金 书 网: www.golden-book.com

前 言

S7-1200/1500 是西门子公司的新一代 PLC, 本书根据 S7-1200/1500 当前最新的硬件和 TIA 博途 V13 SP1 编写。通过正文、随书光盘中大量的视频教程和例程, 对 S7-1200/1500 的硬件结构与硬件组态、编程软件的安装和使用、编程语言、指令、程序结构、各种通信网络和通信服务的组态与编程方法、故障诊断的多种方法、精简系列面板的组态方法、PID 闭环控制等都做了全面深入的介绍。同时还介绍了作者总结的设计数字量控制梯形图的一整套易学易用的编程方法。

本书通过大量的实例, 详细介绍了用仿真软件在计算机上模拟运行和监控 PLC 用户程序的方法, 包括多种通信的仿真方法。读者可以通过随书光盘中的例程和纯软件仿真, 来学习 PID 参数的整定方法。还可以通过例程来学习 PLC 和触摸屏控制系统的纯软件仿真的方法。

网络故障诊断是现场维护的难点, 本书详细介绍了用 TIA 博途、S7-1500 的系统诊断功能和人机界面、CPU 的 Web 服务器、S7-1500 CPU 的显示屏诊断故障的方法, 以及用程序诊断故障的方法。

本书的随书光盘提供了基于 TIA 博途的编程软件 STEP 7 V13 SP1 和仿真软件 S7-PLCSIM V13 SP1、TIA 博途 V13 SP1 UPD9、PLCSIM V13 SP1 UPD1、几十本中文用户手册、与正文配套的 80 个例程和 50 个多媒体视频教程。

作者主编的《S7-1200 PLC 编程及应用 第 3 版》和高职高专教材《S7-1200 PLC 应用教程》根据 S7-1200 当前最新的硬件和 STEP 7 V13 SP1 编写。为了方便教学, 各章附有习题, 附录中有 20 多个实验的指导书。

本书注重实际, 强调应用, 可供工程技术人员自学和作为培训教材, 对 S7-1200/1500 的用户也有很大的参考价值。

本书由廖常初主编, 李运树、范占华、廖亮、孙明渝、文家学参加了编写工作。

因作者水平有限, 书中难免有错漏之处, 恳请读者批评指正。

重庆大学 廖常初

目 录

前言

第 1 章 S7-1200/1500 的硬件与硬件组态	1
1.1 S7-1200 的硬件.....	1
1.1.1 S7-1200 的硬件结构.....	1
1.1.2 CPU 模块.....	2
1.1.3 信号板与信号模块.....	5
1.1.4 集成的通信接口与通信模块.....	6
1.2 S7-1500 的硬件.....	8
1.2.1 CPU 模块.....	8
1.2.2 CPU 模块的前面板.....	12
1.2.3 信号模块.....	13
1.2.4 工艺模块与通信模块.....	15
1.3 分布式 I/O.....	16
1.3.1 ET 200SP 分布式 I/O.....	16
1.3.2 其他分布式 I/O.....	18
1.4 TIA 博途的安装与升级.....	19
1.5 TIA 博途使用入门.....	22
1.6 S7-1200/1500 CPU 的参数设置.....	26
1.6.1 硬件组态的基本方法.....	26
1.6.2 组态 PROFINET 接口.....	28
1.6.3 组态 CPU 的其他参数.....	32
1.6.4 S7-1500 的硬件组态.....	37
1.7 S7-1200/1500 信号模块的组态.....	40
1.7.1 S7-1200 输入/输出点的参数设置.....	40
1.7.2 S7-1500 信号模块的参数设置.....	44
第 2 章 S7-1200/1500 程序设计基础	49
2.1 S7-1200/1500 的编程语言.....	49
2.2 PLC 的工作原理与用户程序结构.....	51
2.2.1 逻辑运算.....	51
2.2.2 PLC 的工作过程.....	52
2.2.3 用户程序结构简介.....	55
2.3 物理存储器与系统存储区.....	57
2.3.1 物理存储器.....	57
2.3.2 系统存储区.....	59

2.4	数制、编码与数据类型	61
2.4.1	数制与编码	61
2.4.2	基本数据类型	63
2.4.3	全局数据块与复杂数据类型	67
2.4.4	参数类型	69
2.4.5	其他数据类型	72
2.5	编写用户程序与使用变量表	73
2.5.1	编写用户程序	73
2.5.2	使用变量表与帮助功能	77
2.6	用户程序的下载与仿真	79
2.6.1	下载与上传用户程序	79
2.6.2	用户程序的仿真调试	83
2.7	用 STEP 7 调试程序	86
2.7.1	用程序状态功能调试程序	86
2.7.2	用监控表监控与强制变量	87
第 3 章	S7-1200/1500 的指令	92
3.1	位逻辑指令	92
3.2	定时器指令与计数器指令	96
3.2.1	定时器指令	97
3.2.2	计数器指令	102
3.3	数据处理指令	104
3.3.1	比较器操作指令	104
3.3.2	使能输入与使能输出	106
3.3.3	转换操作指令	107
3.3.4	移动操作指令	110
3.3.5	移位与循环移位指令	113
3.4	数学运算指令	114
3.4.1	数学函数指令	114
3.4.2	字逻辑运算指令	118
3.5	程序控制操作指令与“原有”指令	119
3.6	日期和时间指令	122
3.7	字符串与字符指令	124
3.7.1	字符串转换指令	124
3.7.2	字符指令	126
3.8	S7-1200 的高速脉冲输出与高速计数器	128
3.8.1	高速脉冲输出	128
3.8.2	高速计数器	129
3.8.3	高速脉冲输出与高速计数器实验	132
3.8.4	用高速计数器测量频率的实验	135

第 4 章 S7-1200/1500 的用户程序结构	137
4.1 函数与函数块	137
4.1.1 生成与调用函数	137
4.1.2 生成与调用函数块	140
4.1.3 复杂数据类型作块的输入参数	143
4.1.4 多重背景	144
4.2 操作数寻址	147
4.2.1 对变量的组成部分寻址	147
4.2.2 间接寻址	148
4.3 中断事件与中断组织块	154
4.3.1 事件与组织块	154
4.3.2 初始化组织块与循环中断组织块	156
4.3.3 时间中断组织块	159
4.3.4 硬件中断组织块	160
4.3.5 中断连接指令与中断分离指令	162
4.3.6 延时中断组织块	163
4.4 交叉引用表与程序信息	165
4.4.1 交叉引用表	165
4.4.2 分配列表	167
4.4.3 调用结构、从属性结构与资源	169
第 5 章 顺序控制编程方法与 SCL 编程语言	171
5.1 梯形图的经验设计法	171
5.2 顺序控制设计法与顺序功能图	175
5.2.1 顺序功能图的基本元件	176
5.2.2 顺序功能图的基本结构	178
5.2.3 顺序功能图中转换实现的基本规则	180
5.3 使用置位复位指令的顺序控制梯形图设计方法	181
5.3.1 单序列的编程方法	181
5.3.2 选择序列与并行序列的编程方法	184
5.3.3 专用钻床的顺序控制程序设计	186
5.4 顺序功能图语言 S7-Graph	189
5.4.1 S7-Graph 语言概述	189
5.4.2 使用 S7-Graph 编程的例子	190
5.4.3 顺控器中的动作与条件	196
5.5 SCL 编程语言	199
5.5.1 SCL 程序编辑器	199
5.5.2 SCL 基础知识	200
5.5.3 SCL 程序控制指令	202
5.5.4 SCL 的间接寻址	208

第 6 章 S7-1200/1500 的通信功能	212
6.1 网络通信基础	212
6.1.1 计算机通信的国际标准	212
6.1.2 SIMATIC 通信网络	214
6.1.3 工业以太网概述	217
6.2 PROFINET IO 系统组态	220
6.2.1 S7-1200 作 IO 控制器	220
6.2.2 S7-1500 CPU 和 ET 200SP CPU 作 IO 控制器	222
6.2.3 S7-1200 作智能 IO 设备	223
6.3 基于以太网的开放式用户通信	226
6.3.1 S7-1200/S7-1500 之间使用 TSEND_C/TRCV_C 指令的通信	226
6.3.2 S7-1200 之间使用 TSEND/TRCV 指令的通信	231
6.3.3 S7-1200/1500 之间的 UDP 协议通信	232
6.3.4 S7-1200/1500 与 S7-300/400 之间的开放式用户通信	234
6.4 S7 协议通信	237
6.4.1 S7-1200/1500 之间的单向 S7 通信	237
6.4.2 S7-1500 之间的双向 S7 通信	241
6.4.3 S7-1200/1500 与其他 S7 PLC 之间的 S7 单向通信	243
6.5 点对点通信与 Modbus RTU 协议通信	245
6.5.1 串行通信概述	245
6.5.2 点对点通信的组态与编程	247
6.5.3 Modbus RTU 协议通信	250
6.6 PROFIBUS-DP 与 AS-i 网络通信	254
6.6.1 PROFIBUS 的物理层	254
6.6.2 DP 主站与标准 DP 从站通信的组态	255
6.6.3 安装 GSD 文件	258
6.6.4 DP 主站与智能从站通信的组态	261
6.6.5 DP 网络中数据的一致性传输	262
6.6.6 AS-i 通信	264
6.7 S7-1200 与变频器的 USS 协议通信	266
6.7.1 硬件接线与变频器参数设置	266
6.7.2 S7-1200 的组态与编程	268
6.7.3 S7-1200 与变频器通信的实验	270
6.8 S7-1500 与 G120 变频器的通信	271
6.8.1 S7-1500 通过通信监控变频器	271
6.8.2 S7-1500 通过周期性通信读写变频器参数	277
第 7 章 S7-1200/1500 的故障诊断	281
7.1 与故障诊断有关的中断组织块	281
7.1.1 与硬件故障有关的中断组织块	281

7.1.2	时间错误中断组织块	282
7.2	用 TIA 博途诊断故障	283
7.2.1	用在线和诊断视图诊断故障	283
7.2.2	用网络视图和设备视图诊断故障	287
7.2.3	编程错误的诊断	290
7.2.4	项目的上传	292
7.3	用系统诊断功能和 HMI 诊断故障	294
7.3.1	组态系统诊断功能	294
7.3.2	HMI 组态与测试	295
7.4	用 S7-1500 CPU 的 Web 服务器诊断故障	298
7.5	用 S7-1500 CPU 的 LED 和显示屏诊断故障	301
7.6	用程序诊断故障	303
7.6.1	通过编写程序诊断故障	303
7.6.2	通过用户自定义报警诊断故障	306
7.6.3	用模块的值状态功能检测故障	308
第 8 章	精简系列面板的组态与应用	310
8.1	精简系列面板	310
8.2	精简系列面板的画面组态	312
8.2.1	HMI 的基本操作	312
8.2.2	组态指示灯与按钮	314
8.2.3	组态文本域与 I/O 域	317
8.3	精简系列面板的仿真与运行	319
8.3.1	PLC 与 HMI 的集成仿真	319
8.3.2	HMI 与 PLC 通信的组态与操作	322
第 9 章	S7-1200/1500 在 PID 闭环控制中的应用	325
9.1	模拟量闭环控制系统与 PID_Compact 指令	325
9.1.1	模拟量闭环控制系统	325
9.1.2	PID_Compact 指令的算法与参数	328
9.1.3	PID_Compact 指令的组态与调试	331
9.2	PID 参数的物理意义与手动整定方法	333
9.2.1	PID 参数与系统动静态性能的关系	333
9.2.2	PID 参数的手动整定方法	337
9.2.3	PID 参数的手动整定实验	338
9.3	PID 参数自整定	341
附录	随书光盘简介	344
参考文献	346

第 1 章 S7-1200/1500 的硬件与硬件组态

1.1 S7-1200 的硬件

1.1.1 S7-1200 的硬件结构

本书以西门子新一代 PLC S7-1200 和 S7-1500 为主要讲授对象。S7-1200 是小型 PLC，它主要由 CPU 模块（简称为 CPU）、信号板、信号模块、通信模块和编程软件组成，各种模块安装在标准 DIN 导轨上。S7-1200 的硬件组成具有高度的灵活性，用户可以根据自身需求确定 PLC 的结构，系统扩展十分方便。

1. CPU 模块

S7-1200 的 CPU 模块（见图 1-1）将微处理器、电源、数字量输入/输出电路、模拟量输入/输出电路、PROFINET 以太网接口、高速运动控制功能组合到一个设计紧凑的外壳中。每块 CPU 内可以安装一块信号板（见图 1-2），安装以后不会改变 CPU 的外形和体积。

微处理器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。

S7-1200 集成的 PROFINET 接口用于与编程计算机、HMI（人机界面）、其他 PLC 或其他设备通信。此外它还通过开放的以太网协议支持与第三方设备的通信。

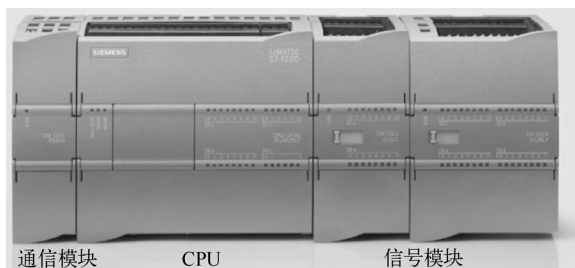


图 1-1 S7-1200 PLC

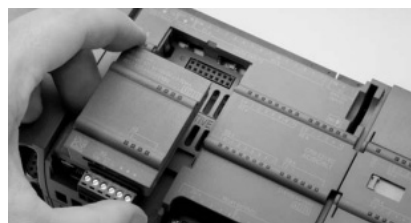


图 1-2 安装信号板

2. 信号模块

输入（Input）模块和输出（Output）模块简称为 I/O 模块，数字量（又称为开关量）输入模块和数字量输出模块简称为 DI 模块和 DQ 模块，模拟量输入模块和模拟量输出模块简称为 AI 模块和 AQ 模块，它们统称为信号模块，简称为 SM。

信号模块安装在 CPU 模块的右边，扩展能力最强的 CPU 可以扩展 8 个信号模块，以增加数字量和模拟量输入、输出点。

信号模块是系统的眼、耳、手、脚，是联系外部现场设备和 CPU 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，或者直接接收热电阻、热电偶提供的温度信号。

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电动调节阀、变频器等执行器。

CPU 模块内部的工作电压一般是 DC 5V，而 PLC 的外部输入/输出信号电压一般较高，例如 DC 24V 或 AC 220V。从外部引入的尖峰电压和干扰噪声可能损坏 CPU 中的元器件，或使 PLC 不能正常工作。在信号模块中，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输入、输出电路。信号模块除了传递信号外，还有电平转换与隔离的作用。

3. 通信模块

通信模块安装在 CPU 模块的左边，最多可以添加 3 块通信模块，可以使用点对点通信模块、PROFIBUS 模块、工业远程通信模块、AS-i 接口模块和 IO-Link 模块。

4. 精简系列面板

第二代精简系列面板主要与 S7-1200 配套，64K 色高分辨率宽屏显示器的尺寸为 4.3in、7in、9in 和 12in，支持垂直安装，用 TIA 博途中的 WinCC 组态。它们有一个 RS-422/RS-485 接口或一个 RJ45 以太网接口，还有一个 USB 2.0 接口。USB 接口可连接键盘、鼠标或条形码扫描仪，可用优盘实现数据记录。

5. 编程软件

TIA 是 Totally Integrated Automation（全集成自动化）的简称，TIA 博途（TIA Portal）是西门子自动化的全新工程设计软件平台。S7-1200 可以用 TIA 博途中的 STEP 7 Basic（基本版）编程。S7-300/400/1200/1500 可以用 TIA 博途中的 STEP 7 Professional（专业版）编程。

1.1.2 CPU 模块

1. CPU 的共性

1) S7-1200 可以使用梯形图（LAD）、函数块图（FDB）和结构化控制语言（SCL）这 3 种编程语言。每条布尔运算指令、字传送指令和浮点数数学运算指令的执行时间分别为 0.08 μ s、1.7 μ s 和 2.3 μ s。

2) 集成了最大 150KB（B 是字节的缩写）的工作存储器、最大 4MB 的装载存储器和 10KB 的保持性存储器。CPU 1211C 和 CPU 1212C 的位存储器（M）为 4096B，其他 CPU 为 8192B。可以用可选的 SIMATIC 存储卡扩展存储器的容量和更新 PLC 的固件。还可以用存储卡将程序传输到其他 CPU。

3) 过程映像输入、过程映像输出各 1024B。集成的数字量输入电路的输入类型为漏型/源型，电压额定值为 DC 24V，输入电流为 4mA。1 状态允许的最小电压/电流为 DC 15V/2.5mA，0 状态允许的最大电压/电流为 DC 5V/1mA。输入延迟时间可以组态为 0.1 μ s~20ms，有脉冲捕获功能。在过程输入信号的上升沿或下降沿可以产生快速响应的硬件中断。

继电器输出的电压范围为 DC 5~30V 或 AC 5~250V。最大电流 2A，白炽灯负载为 DC 30W 或 AC 200W。DC/DC/DC 型 CPU 的 MOSFET（场效应管）的 1 状态最小输出电压为 DC 20V，0 状态最大输出电压为 DC 0.1V，输出电流 0.5A。最大白炽灯负载为 5W。

脉冲输出最多 4 路，CPU 1217 支持最高 1MHz 的脉冲输出，其他 DC/DC/DC 型的 CPU 本机最高 100kHz，通过信号板可以输出 200kHz 的脉冲。

4) 有 2 点集成的模拟量输入 (0~10V)，10 位分辨率，输入电阻大于等于 100kΩ。

5) 集成的 DC 24V 电源可供传感器和编码器使用，也可以用来做输入回路的电源。

6) CPU 1215C 和 CPU 1217C 有两个带隔离的 PROFINET 以太网端口，其他 CPU 有一个以太网端口，传输速率为 10M/100Mbit/s。

7) 实时时钟的保存时间通常为 20 天，40℃时最少为 12 天，最大误差为 ±60s/月。

2. CPU 的技术规范

S7-1200 现在有 5 种型号的 CPU 模块（简称为 CPU，见表 1-1），此外还有故障安全型 CPU。CPU 可以扩展 1 块信号板，左侧可以扩展 3 块通信模块。

表 1-1 S7-1200 CPU 技术规范

特 性	CPU 1211C	CPU 1212C	CPU 1214C	CPU 1215C	CPU 1217C
本机数字量 I/O 点数	6 入/4 出	8 入/6 出	14 入/10 出	14 入/10 出	14 入/10 出
本机模拟量 I/O 点数	2 入	2 入	2 入	2 入/2 出	2 入/2 出
工作存储器/装载存储器	50KB/1MB	75KB/2MB	100KB/4MB	125KB/4MB	150KB/4MB
信号模块扩展个数	无	2	8	8	8
最大本地数字量 I/O 点数	14	82	284	284	284
最大本地模拟量 I/O 点数	13	19	67	69	69
高速计数器	最多可以组态 6 个使用任意内置或信号板输入的高速计数器				
脉冲输出（最多 4 点）	100kHz	100kHz 或 30kHz	100kHz 或 30kHz		1MHz 或 100kHz
上升沿/下降沿中断点数	6/6	8/8	12/12		
脉冲捕获输入点数	6	8	14		
传感器电源输出电流/mA	300	300	400		
外形尺寸/mm	90×100×75	90×100×75	110×100×75	130×100×75	150×100×75

图 1-3 中的①是集成的 I/O（输入/输出）的状态 LED（发光二极管）。②是 3 个指示 CPU 运行状态的 LED，③是 PROFINET 以太网接口的 RJ45 连接器，④是存储卡插槽（在盖板下面），⑤是可拆卸的接线端子板。

每种 CPU 有 3 种具有不同电源电压和输入、输出电压的版本（见表 1-2）。

3. CPU 的外部接线图

CPU 1214C AC/DC/Rly（继电器）型的外部接线

图见图 1-4。输入回路一般使用图中标有①的 CPU 内置的 DC 24V 传感器电源，漏型输入时需要去除图 1-4 中标有②的外接 DC 电源，将输入回路的 1M 端子与 DC 24V 传感器电源的 M 端子连接起来，将内置的 24V 电源的 L+端子接到外接触点的公共端。源型输入时将 DC 24V 传感器电源的 L+端子连接到 1M 端子。

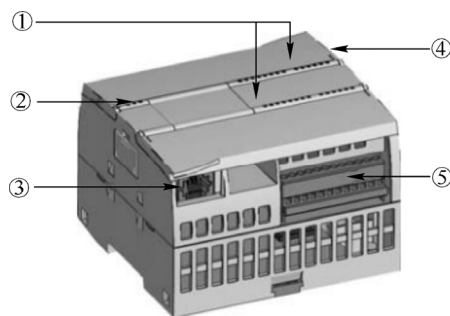


图 1-3 CPU 模块

表 1-2 S7-1200 CPU 的 3 种版本

版 本	电 源 电 压	DI 输入电压	DQ 输出电压	DQ 输出电流
DC/DC/DC	DC 24V	DC 24V	DC 24V	0.5 A, MOSFET
DC/DC/Relay	DC 24V	DC 24V	DC 5~30V, AC 5~250V	2A, DC 30W / AC 200W
AC/DC/Relay	AC 85~264V	DC 24V	DC 5~30V, AC 5~250V	2A, DC 30W / AC 200W

CPU 1214C DC/DC/Relay 的接线图与图 1-4 的区别在于前者的电源电压为 DC 24V。

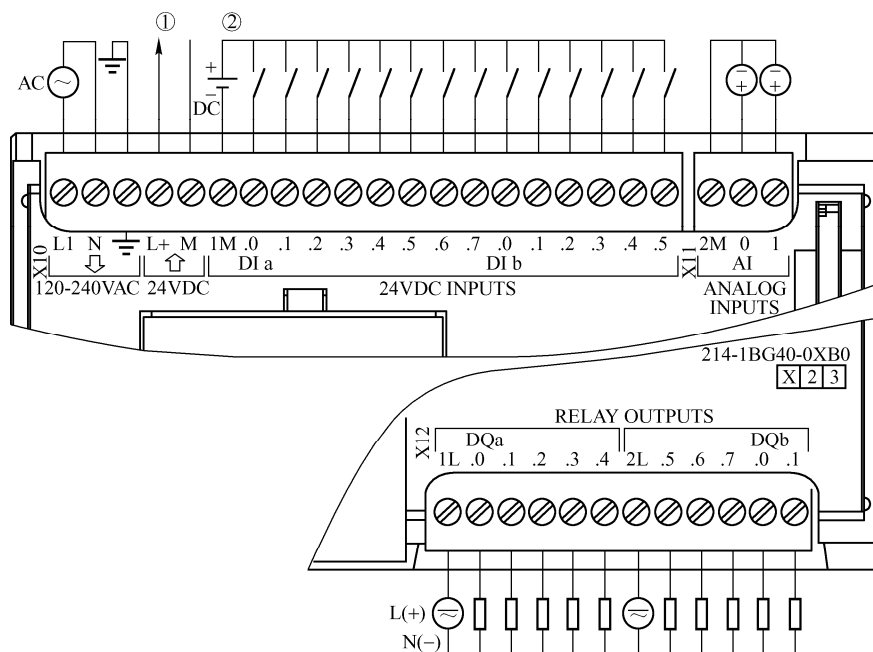


图 1-4 CPU 1214C AC/DC/Relay 的外部接线图

CPU 1214C DC/DC/DC 的电源电压、输入回路电压和输出回路电压均为 DC 24V。输入回路也可以使用内置的 DC 24V 电源。

4. CPU 集成的工艺功能

S7-1200 集成的工艺功能包括高速计数与频率测量、高速脉冲输出、PWM 控制、运动控制和 PID 控制。

(1) 高速计数器

最多可组态 6 个使用 CPU 内置或信号板输入的高速计数器，CPU 1217C 有 4 点最高频率为 1MHz 的高速计数器。其他 CPU 可组态 100kHz（单相）/80kHz（正交相位）或 30kHz（单相）/20kHz（正交相位）的高速计数器（与输入点地址有关）。如果使用信号板，最高计数频率为 200kHz（单相）/160kHz（正交相位）。

(2) 高速输出

各种型号的 CPU 最多 4 点高速脉冲输出（包括信号板的 DQ 输出）。CPU 1217C 的高速脉冲输出最高频率为 1MHz，其他 CPU 100kHz，信号板 200kHz。

(3) 运动控制

S7-1200 的高速输出可以用于步进电机或伺服电机的速度和位置控制。通过一个轴工艺对象和 PLCopen 运动控制指令，它们可以输出脉冲信号来控制步进电机速度、阀位置或加热元件的占空比。除了返回原点和点动功能以外，还支持绝对位置控制、相对位置控制和速度控制。轴工艺对象有专用的组态窗口、调试窗口和诊断窗口。

(4) 用于闭环控制的 PID 功能

PID 功能用于对闭环过程进行控制，建议 PID 控制回路的个数不要超过 16 个。STEP 7 中的 PID 调试窗口提供用于参数调节的形象直观的曲线图，支持 PID 参数自整定功能。

1.1.3 信号板与信号模块

各种 CPU 的正面都可以增加一块信号板。信号模块连接到 CPU 的右侧，以扩展其数字量或模拟量 I/O 的点数。CPU 1211C 不能扩展信号模块，CPU 1212C 只能连接两个信号模块，其他 CPU 可以连接 8 个信号模块。所有的 S7-1200 CPU 都可以在 CPU 的左侧安装最多 3 个通信模块。

1. 信号板

S7-1200 所有的 CPU 模块的正面都可以安装一块信号板，并且不会增加安装的空间。有时添加一块信号板，就可以增加需要的功能。例如数字量输出信号板使继电器输出的 CPU 具有高速输出的功能。

安装时首先取下端子盖板，然后将信号板直接插入 S7-1200 CPU 正面的槽内（见图 1-2）。信号板有可拆卸的端子，因此可以很容易地更换信号板。有下列信号板和电池板：

1) SB 1221 数字量 4 输入信号板，最高计数频率为 200kHz。数字量输入、数字量输出信号板的额定电压有 DC 24V 和 DC 5V 两种。

2) SB 1222 数字量输出信号板，4 点固态 MOSFET 输出的最高计数频率为 200kHz。

3) SB 1223 数字量输入/输出信号板，2 点输入和 2 点输出的最高频率均为 200kHz。

4) SB 1231 热电偶信号板和 RTD（热电阻）信号板，它们可选多种量程的传感器，分辨率为 0.1 °C/0.1 °F，15 位+符号位。

5) SB 1231 模拟量输入信号板，有一路 12 位的输入，可测量电压和电流。

6) SB 1232 模拟量输出信号板，一路输出，可输出分辨率为 12 位的电压和 11 位的电流。

7) CB 1241 RS485 信号板，提供一个 RS-485 接口。

8) BB 1297 电池板，适用于实时时钟的长期备份。

各种 CPU、信号板和信号模块的技术规范见随书光盘中的手册《S7-1200 产品样本》和《S7-1200 系统手册》。

2. 数字量 I/O 模块

数字量输入/数字量输出（DI/DQ）模块和模拟量输入/模拟量输出（AI/AQ）模块统称为信号模块。可以选用 8 点、16 点和 32 点的数字量输入/数字量输出模块（见表 1-3），来满足不同的控制需要。8 继电器输出（双态）的 DQ 模块的每一点，可以通过有公共端子的一个常闭触点和一个常开触点，在输出值为 0 和 1 时，分别控制两个负载。

所有的模块都能方便地安装在标准的 35mm DIN 导轨上。所有的硬件都配备了可拆卸的端子板，不用重新接线，就能迅速地更换组件。

表 1-3 数字量输入/输出模块

型 号	型 号
SM 1221, 8 输入 DC 24V	SM 1222, 8 继电器输出 (双态), 2A
SM 1221, 16 输入 DC 24V	SM 1223, 8 输入 DC 24V/8 继电器输出, 2A
SM 1222, 8 继电器输出, 2A	SM 1223, 16 输入 DC 24V/16 继电器输出, 2A
SM 1222, 16 继电器输出, 2A	SM 1223, 8 输入 DC 24V/8 输出 DC 24V, 0.5A
S M 1222, 8 输出 DC 24V, 0.5A	SM 1223, 16 输入 DC 24V/16 输出 DC 24V, 0.5A
SM 1222, 16 输出 DC 24V, 0.5A	SM 1223, 8 输入 AC 230V/8 继电器输出, 2A

3. 模拟量 I/O 模块

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 4~20mA,±0~10V,PLC 用模拟量输入模块的 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来表示。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。模拟量 I/O 模块的主要任务就是实现 A-D 转换(模拟量输入)和 D-A 转换(模拟量输出)。

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/模拟量输出模块的另一个重要指标是转换时间。

(1) SM 1231 模拟量输入模块

有 4 路、8 路的 13 位模块和 4 路的 16 位模块。模拟量输入可选 ±10V、±5V 和 0~20mA、4~20mA 等多种量程。电压输入的输入电阻大于等于 9MΩ,电流输入的输入电阻为 280Ω。双极性和单极性模拟量满量程转换后对应的数字分别为 -27648~27648 和 0~27648。

(2) SM1231 热电偶和热电阻模拟量输入模块

有 4 路、8 路的热电偶(TC)模块和 4 路、8 路的热电阻(RTD)模块。可选多种量程的传感器,分辨率为 0.1℃/0.1°F,15 位+符号位。

(3) SM 1232 模拟量输出模块

有 2 路和 4 路的模拟量输出模块,-10~+10V 电压输出为 14 位,最小负载阻抗 1000Ω。0~20mA 或 4~20mA 电流输出为 13 位,最大负载阻抗 600Ω。-27648~27648 对应满量程电压,0~27648 对应满量程电流。

电压输出负载为电阻时转换时间为 300μs,负载为 1μF 电容时转换时间为 750μs。

电流输出负载为 1mH 电感时转换时间为 600μs,负载为 10mH 电感时为 2ms。

(4) SM1234 4 路模拟量输入/2 路模拟量输出模块

SM 1234 模块的模拟量输入和模拟量输出通道的性能指标分别与 SM 1231 AI 4 x 13bit 模块和 SM 1232 AQ 2 x 14bit 模块的相同,相当于这两种模块的组合。

1.1.4 集成的通信接口与通信模块

S7-1200 具有非常强大的通信功能,提供下列的通信选项: I-Device (智能设备)、PROFINET、PROFIBUS、远距离控制通信、点对点(PtP)通信、USS 通信、Modbus RTU、

AS-i 和 I/O Link MASTER。

1. 集成的 PROFINET 接口

实时工业以太网是现场总线发展的方向，PROFINET 是基于工业以太网的现场总线（IEC 61158 现场总线标准的类型 10），是开放式的工业以太网标准，它使工业以太网的应用扩展到了控制网络最底层的现场设备。

S7-1200 CPU 集成的 PROFINET 接口可以与下列设备通信：计算机、其他 S7 CPU、PROFINET I/O 设备（例如 ET 200 远程 I/O 和 SINAMICS 驱动器），以及使用标准的 TCP 通信协议的设备。它支持 TCP/IP、ISO-on-TCP、UDP 和 S7 通信协议。

该接口使用具有自动交叉网线（auto-cross-over）功能的 RJ45 连接器，用直通网线或者交叉网线都可以连接 CPU 和其他以太网设备或交换机，数据传输速率为 10M/100 Mbit/s。支持最多 23 个以太网连接，其中 3 个连接用于与 HMI 的通信；1 个连接用于与编程设备（PG）的通信；8 个连接用于开放式用户通信；3 个连接用于使用 GET/PUT 指令的 S7 通信的服务器；8 个连接用于使用 GET/PUT 指令的 S7 通信的客户端。

CSM 1277 是紧凑型交换机模块，有 4 个具有自检测和交叉自适应功能的 RJ45 连接器，能以线型、树型或星型拓扑结构，将 S7-1200 连接到工业以太网。它安装在 S7-1200 的安装导轨上，不需要组态。

2. PROFIBUS 通信与通信模块

S7-1200 最多可以增加 3 个通信模块，它们安装在 CPU 模块的左边。

PROFIBUS 是目前国际上通用的现场总线标准之一，已被纳入现场总线的国际标准 IEC 61158。S7-1200 CPU 从固件版本 V2.0 开始，组态软件 STEP 7 从版本 V11.0 开始，支持 PROFIBUS-DP 通信。

通过使用 PROFIBUS-DP 主站模块 CM 1243-5，S7-1200 可以和其他 CPU、编程设备、人机界面和 PROFIBUS-DP 从站设备（例如 ET 200 和 SINAMICS 驱动设备）通信。CM 1243-5 可以做 S7 通信的客户机或服务器。

通过使用 PROFIBUS-DP 从站模块 CM 1242-5，S7-1200 可以作为一个智能 DP 从站设备与 PROFIBUS-DP 主站设备通信。

3. 点对点（PtP）通信与通信模块

通过点对点通信，S7-1200 可以直接发送信息到外部设备，例如打印机；从其他设备接收信息，例如条形码阅读器、RFID（射频识别）读写器和视觉系统；可以与 GPS 装置、无线电调制解调器以及其他类型的设备交换信息。

CM 1241 是点对点高速串行通信模块，可执行的协议有 ASCII、USS 驱动协议、Modbus RTU 主站协议和从站协议，可以装载其他协议。3 种模块分别有 RS-232、RS-485 和 RS-422/485 通信接口。

通过 CM 1241 通信模块或者 CB 1241 RS485 通信板，可以与支持 Modbus RTU 协议和 USS 协议的设备进行通信。S7-1200 可以作 Modbus 主站或从站。

4. AS-i 通信与通信模块

AS-i 是执行器传感器接口（Actuator Sensor Interface）的缩写，它是用于现场自动化设备的双向数据通信网络，位于工厂自动化网络的最底层。AS-i 已被列入 IEC 62026 标准。

AS-i 是单主站主从式网络，支持总线供电，即两根电缆同时作信号线和电源线。

S7-1200 的 AS-i 主站模块为 CM 1243-2，其主站协议版本为 V3.0，可配置 31 个标准开关量/模拟量从站或 62 个 A/B 类开关量/模拟量从站。

5. 远程控制通信与通信模块

通过使用 GPRS 通信处理器 CP 1242-7，S7-1200 CPU 可以与下列设备进行无线通信：中央控制站、其他远程站、移动设备（SMS 短消息）、编程设备（远程服务）和使用开放式用户通信（UDP）的其他通信设备。通过 GPRS 可以实现简单的远程监控。

6. IO-Link 主站模块

IO-Link 是 IEC 61131-9 中定义的用于传感器/执行器领域的点对点通信接口，使用非屏蔽的 3 线制标准电缆。IO-Link 主站模块 SM 1278 用于连接 S7-1200 CPU 和 IO-Link 设备，它有 4 个 IO-Link 端口，同时具有信号模块功能和通信模块功能。

1.2 S7-1500 的硬件

S7-1500 自动化系统是在 S7-300/400 的基础上开发的自动化系统。提高了系统功能，集成了运动控制功能和 PROFINET IRT 通信功能。通过集成式屏蔽保证信号检测的质量。

1.2.1 CPU 模块

1. S7-1500 CPU 模块的特点

S7-1500 的 CPU 模块的响应时间快速，位指令执行时间最短可达 1ns。集成有可用于调试和诊断的 CPU 显示面板、最多 128 轴的运动控制功能、标准以太网接口、PROFINET 接口和 Web 服务器，可以通过网页浏览器快速浏览诊断信息。支持高达 2GB 的存储卡，可存储项目数据、归档、配方和相关文档。优化存储的程序块可以提高处理器的访问速度。

CPU 具有优化的诊断机制和高效的故障分析能力，可用 STEP 7、HMI、Web 服务器和 CPU 的显示面板显示统一的诊断数据。集成了系统诊断功能，CPU 即使处于停止模式，也不会丢失系统故障和报警消息。

S7-1500 可以使用 LAD、FBD、STL、SCL、GRAPH 这几种编程语言。有标准型、工艺型、紧凑型、高防护等级型、分布式和开放式、故障安全型 CPU，和基于 PC 的软控制器。额定电源电压为 DC 24V。

2. 标准型 CPU 模块的技术规范

S7-1500 现在有 6 种型号的标准型 CPU 模块（见表 1-4 和图 1-5），中央机架可以安装 32 块模块。插槽式装载存储器（SIMATIC 存储卡）最大 32GB。各 CPU 集成了一个带 2 端口交换机的 PROFINET 接口。此外，有的 CPU 还集成了以太网接口和 PROFIBUS-DP 接口。输入、输出的 I/O 最大地址范围各 32KB，所有输入/输出均在过程映像中。

随书光盘中的《S7-1500_ET200MP 自动化系统手册集》包含了 S7-1500/ET200MP 系统产品系列的所有手册。