

PLC自动化工程应用系列培训教材

# 西门子PLC 编程与工程应用

何军红 吴旭光 牛云 编著



化学工业出版社

PLC 自动化工程应用系列培训教材

# 西门子 PLC 编程与工程应用

何军红 吴旭光 牛云 编著



化学工业出版社

· 北 京 ·

本书以西门子公司的 SIMATIC S7-300/400 系列 PLC 技术为主要内容,以 STEP7 作为西门子公司自动化的应用基础平台,详细介绍了 STEP7 硬件配置、网络配置、编程和调试应用。同时介绍了上位组态软件 WinCC V6.2 的基本功能,以及如何实现与 PLC 的通信。

本书编写注重条理性,从 PLC 的硬件组成、程序结构基础、STEP7 编程指令、网络通信、PID 控制、WinCC 应用等几个方面,按实际控制系统设计流程,系统地分析和讲述了 PLC 控制系统开发和应用过程。

本书内容条理清晰、深入浅出,结合了作者多年的 PLC 控制系统工程开发应用经验。本书可作为高等工院校自动化、电气工程及其自动化等相关专业课程教材和企业工程技术人员的培训用书。

## 图书在版编目(CIP)数据

西门子 PLC 编程与工程应用/何军红,吴旭光,牛云编  
著. —北京:化学工业出版社,2011.6  
PLC 自动化工程应用系列培训教材  
ISBN 978-7-122-11352-8

I. 西… II. ①何… ②吴… ③牛… III. 可编程序控制  
器—程序设计—技术培训—教材 IV. TM571.6

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2011)第 094819 号

责任编辑:郝英华 唐旭华  
责任校对:王素芹

装帧设计:史利平



出版发行:化学工业出版社(北京市东城区青年湖南街 13 号 邮政编码 100011)  
印 装:三河市延风印装厂  
787mm×1092mm 1/16 印张 12¼ 字数 296 千字 2011 年 8 月北京第 1 版第 1 次印刷

购书咨询:010-64518888(传真:010-64519686) 售后服务:010-64518899

网 址: <http://www.cip.com.cn>

凡购买本书,如有缺损质量问题,本社销售中心负责调换。

定 价:29.00 元

版权所有 违者必究

# 前 言

随着我国信息化和工业化的快速发展,PLC 技术在我国工业过程控制中的应用已经成为工业控制装置的重要组成部分。由于 PLC 的高可靠性、强大的网络功能、丰富的编程语言、优良的性能,已广泛地应用于机械、冶金、化工、石油、电力、交通等各个领域。

目前,国内外有众多的 PLC 生产厂家。西门子公司的 SIMATIC S7 可编程控制器系列产品是目前众多品牌 PLC 产品中的佼佼者,它在国内外市场上占有很大的份额。作为西门子全集成自动化系统的控制核心,S7 系列 PLC 集先进的控制技术、计算机技术和现代通信技术于一体,以其灵活的配置、丰富的编程方法、易于扩展的通信方式,在各个工业领域得到了成功应用。

本书重点介绍 SIMATIC STEP7 编程系统平台。STEP7 作为一个平台可以集成各种控制设备软件,具有统一的数据库,所有设备的配置、编程、调试以及通信等都可以在 STEP7 中完成,是西门子公司自动化的基础。

作者根据多年的 S7 系列 PLC 工程应用经验,以及给国内大中型机械、能源、电力、冶金等企业的工程技术人员技术培训和讲座,总结了 PLC 控制系统项目实现的开发流程,深入浅出地介绍了 S7 系列 PLC 的硬件系统、程序结构、硬件配置、编程指令、网络通信以及仿真调试等完成项目所需的各个方面内容。最后以某电厂水处理 PLC 控制系统为应用实例,详细介绍了 PLC 控制和 WinCC 监控的开发流程,并提供部分编程实例,帮助高等工科院校学生和工程技术人员掌握 PLC 应用技术和工程实现过程。

本书共分 10 章。主要内容如下。

第 1 章对 PLC 系统的功能、特点进行了概述,并对西门子的 SIMATIC S7 系列 PLC 系统进行了介绍。

第 2 章重点介绍了 SIMATIC S7-300/400 系列 PLC 的硬件系统。详细讨论了 PLC 机架、CPU、各类 I/O 模块、通信模块 CP、功能模块 FM 等,以及 PLC 的集中式扩展和分布式扩展。

第 3 章分析了 PLC 的程序结构,PLC 的操作系统和用户程序。重点论述了用户程序中的块,如 OB 组织块、功能 FC、功能块 FB、数据块 DB 等概念,及各 PLC 程序块之间的关系。

第 4 章介绍了 PLC 的编程系统 STEP7,包括软件的安装、组成及 STEP7 的基本指令集,每种指令都列举了基本使用方法。

第 5 章重点讲述 STEP7 创建项目的基本流程,以及 STEP7 编程系统的基本功能。

第 6 章介绍了 PLC 的通信网络,包括 MPI、PROFIBUS、工业以太网、串行通信等内容。

第 7 章讲述了程序的在线和模拟调试,给出了程序的下载、上传和基本的调试过程。

第 8 章介绍了 PID 控制算法及 PLC 的编程应用,适合简单的过程控制 PID 回路调节。

第 9 章介绍了 WinCC 组态软件的基本功能,以及项目上位监控软件开发的基本过程。

第 10 章以某电厂水处理 PLC 控制项目为实例,详细介绍了项目 PLC 控制系统设计和

WinCC 的开发应用实现过程。

本书的电子课件及主要应用案例的源程序代码可免费提供给采用本书作为教材的大专院校使用，如有需要可联系：[cipedu@163.com](mailto:cipedu@163.com)。

在本书编写过程中，得到了许多同事和朋友的帮助，在此表示深深的谢意。

书中内容不妥之处在所难免，敬请读者给予批评指正。

**编著者**

**2011 年 5 月于西北工业大学**

# 目

# 录

|                                    |    |
|------------------------------------|----|
| <b>第 1 章 PLC 系统概述</b> .....        | 1  |
| 1.1 PLC 的主要功能 .....                | 1  |
| 1.2 PLC 的主要特点 .....                | 2  |
| 1.3 西门子 PLC 系统 .....               | 3  |
| 1.3.1 S7-200 系列 PLC .....          | 3  |
| 1.3.2 S7-300 系列 PLC .....          | 4  |
| 1.3.3 S7-400 系列 PLC .....          | 4  |
| 1.4 全集成自动化系统 .....                 | 5  |
| 思考题 .....                          | 6  |
| <b>第 2 章 西门子 S7-300/400 系列 PLC</b> |    |
| <b>硬件系统</b> .....                  | 7  |
| 2.1 S7-300/400 PLC 硬件系统 .....      | 7  |
| 2.1.1 系统机架 .....                   | 7  |
| 2.1.2 系统电源模块 .....                 | 8  |
| 2.1.3 CPU 系统 .....                 | 9  |
| 2.1.4 信号模块 (SM) .....              | 14 |
| 2.1.5 通信模块 (CP) .....              | 17 |
| 2.1.6 功能模块 (FM) .....              | 18 |
| 2.1.7 接口模块 (IM) .....              | 19 |
| 2.2 PLC 集中式系统扩展 .....              | 20 |
| 2.3 PLC 分布式系统扩展 .....              | 21 |
| 思考题 .....                          | 23 |
| <b>第 3 章 西门子 S7-300/400 系列 PLC</b> |    |
| <b>程序结构基础</b> .....                | 24 |
| 3.1 用户程序中的块 .....                  | 24 |
| 3.2 程序结构和组织块 .....                 | 25 |
| 3.2.1 程序结构 .....                   | 25 |
| 3.2.2 组织块 .....                    | 27 |
| 3.3 功能 (FC)、功能块 (FB) .....         | 28 |
| 3.3.1 功能 (FC) .....                | 28 |
| 3.3.2 功能块 (FB) .....               | 29 |
| 3.4 数据块 .....                      | 30 |
| 3.4.1 背景数据块 (Instance DB) .....    | 30 |
| 3.4.2 共享数据块 (DB) .....             | 31 |
| 3.4.3 基于 UDT 的数据块 .....            | 32 |

|                                    |    |
|------------------------------------|----|
| 3.5 系统功能 (SFC) 和系统                 |    |
| 功能块 (SFB) .....                    | 32 |
| 3.6 系统集成库函数 .....                  | 33 |
| 思考题 .....                          | 33 |
| <b>第 4 章 西门子 S7-300/400 系列 PLC</b> |    |
| <b>编程系统</b> .....                  | 34 |
| 4.1 STEP7 编程软件组件 .....             | 34 |
| 4.2 STEP7 编程软件版本 .....             | 35 |
| 4.3 STEP7 编程软件的安装 .....            | 36 |
| 4.3.1 硬件要求 .....                   | 36 |
| 4.3.2 软件要求 .....                   | 36 |
| 4.3.3 软件安装步骤 .....                 | 36 |
| 4.4 STEP7 的指令结构 .....              | 37 |
| 4.5 S7-300/400 PLC 地址区 .....       | 39 |
| 4.5.1 CPU 地址区的划分 .....             | 39 |
| 4.5.2 程序变量 .....                   | 42 |
| 4.6 编程指令简介 .....                   | 42 |
| 4.6.1 位逻辑指令 .....                  | 42 |
| 4.6.2 比较指令 .....                   | 43 |
| 4.6.3 转换指令 .....                   | 44 |
| 4.6.4 计数器指令 .....                  | 45 |
| 4.6.5 数据块指令 .....                  | 47 |
| 4.6.6 逻辑控制指令 .....                 | 47 |
| 4.6.7 整数数学运算指令 .....               | 48 |
| 4.6.8 浮点运算指令 .....                 | 48 |
| 4.6.9 赋值指令 .....                   | 49 |
| 4.6.10 程序控制指令 .....                | 50 |
| 4.6.11 移位和循环指令 .....               | 51 |
| 4.6.12 状态位指令 .....                 | 52 |
| 4.6.13 定时器指令 .....                 | 54 |
| 4.6.14 字逻辑指令 .....                 | 58 |
| 思考题 .....                          | 59 |
| <b>第 5 章 创建和编辑项目</b> .....         | 60 |
| 5.1 STEP7 创建项目的基本流程 .....          | 60 |



|                                |    |                                      |     |
|--------------------------------|----|--------------------------------------|-----|
| 5.2 创建新项目 .....                | 61 | 6.2 MPI 网络 .....                     | 96  |
| 5.2.1 通过向导功能创建新项目 .....        | 61 | 6.2.1 MPI 网络接口 .....                 | 96  |
| 5.2.2 直接创建新项目 .....            | 63 | 6.2.2 MPI 网络通信速率 .....               | 97  |
| 5.3 系统硬件配置 .....               | 64 | 6.2.3 MPI 网络拓扑结构 .....               | 97  |
| 5.4 系统硬件配置实例 .....             | 66 | 6.2.4 MPI 网络通信应用 .....               | 98  |
| 5.5 CPU 参数配置 .....             | 68 | 6.3 PROFIBUS 网络 .....                | 99  |
| 5.5.1 常规界面 .....               | 68 | 6.3.1 PROFIBUS 网络接口 .....            | 99  |
| 5.5.2 启动界面 .....               | 68 | 6.3.2 PROFIBUS 网络通信行规 .....          | 99  |
| 5.5.3 循环/时钟寄存器界面 .....         | 69 | 6.3.3 PROFIBUS 网络硬件 .....            | 101 |
| 5.5.4 保持存储器界面 .....            | 70 | 6.3.4 PROFIBUS 网络拓扑规则 .....          | 107 |
| 5.5.5 诊断/时钟界面 .....            | 71 | 6.3.5 PROFIBUS 通信协议 .....            | 107 |
| 5.5.6 程序保护界面 .....             | 72 | 6.4 工业以太网 .....                      | 108 |
| 5.5.7 通信设置界面 .....             | 73 | 6.4.1 工业以太网网络接口 .....                | 108 |
| 5.5.8 中断设置界面 .....             | 73 | 6.4.2 工业以太网通信介质和<br>交换机 .....        | 108 |
| 5.5.9 日期中断设置界面 .....           | 74 | 6.4.3 工业以太网拓扑结构 .....                | 111 |
| 5.5.10 循环中断设置界面 .....          | 75 | 6.4.4 工业以太网支持的通信<br>协议和服务 .....      | 113 |
| 5.6 信号模块参数配置 .....             | 76 | 6.5 串行通信 .....                       | 114 |
| 5.6.1 数字量 I/O 模块参数配置 .....     | 76 | 6.5.1 串行通信物理接口 .....                 | 114 |
| 5.6.2 模拟量模块参数化设置 .....         | 78 | 6.5.2 串行通信支持的通信协议和<br>处理器 .....      | 116 |
| 5.7 分布式 I/O 扩展 .....           | 80 | 思考题 .....                            | 116 |
| 5.7.1 配置 PROFIBUS-DP 远程站 ..... | 80 | <b>第 7 章 程序在线和模拟调试</b> .....         | 117 |
| 5.7.2 远程 I/O 站的诊断 .....        | 82 | 7.1 设置 PG/PC 接口 .....                | 117 |
| 5.7.3 添加第三方设备从站 .....          | 82 | 7.2 在线连接及诊断 .....                    | 118 |
| 5.8 符号地址寻址 .....               | 82 | 7.3 程序的在线下载、上传操作 .....               | 119 |
| 5.8.1 共享符号名 .....              | 83 | 7.3.1 程序的在线下载 .....                  | 119 |
| 5.8.2 局域符号名 .....              | 84 | 7.3.2 程序的在线上传 .....                  | 119 |
| 5.8.3 共享和局域符号名区分 .....         | 85 | 7.3.3 删除 CPU 中程序块 .....              | 120 |
| 5.8.4 导入/导出符号表 .....           | 85 | 7.4 程序的在线调试 .....                    | 120 |
| 5.9 用户程序的生产 .....              | 86 | 7.4.1 变量表应用 .....                    | 120 |
| 5.9.1 建立系统数据块 (SDB) .....      | 86 | 7.4.2 强制变量 .....                     | 122 |
| 5.9.2 建立逻辑程序块 .....            | 87 | 7.4.3 用程序编辑器调试程序 .....               | 122 |
| 5.9.3 块和段的标题与注释 .....          | 88 | 7.5 S7-PLCSIM 简介 .....               | 123 |
| 5.9.4 块比较 .....                | 89 | 7.5.1 S7-PLCSIM 与真实<br>PLC 的区别 ..... | 123 |
| 5.9.5 再接线 .....                | 89 | 7.5.2 S7-PLCSIM 特性 .....             | 124 |
| 5.9.6 生成程序库函数 .....            | 90 | 7.5.3 S7-PLCSIM 应用 .....             | 124 |
| 5.9.7 程序块一致性检查 .....           | 91 | 思考题 .....                            | 126 |
| 5.9.8 变量监控表 .....              | 91 |                                      |     |
| 5.9.9 显示参考数据 .....             | 93 |                                      |     |
| 思考题 .....                      | 95 |                                      |     |
| <b>第 6 章 通信网络</b> .....        | 96 |                                      |     |
| 6.1 网络概述 .....                 | 96 |                                      |     |

|                                         |     |                                        |     |
|-----------------------------------------|-----|----------------------------------------|-----|
| <b>第 8 章 PID 控制算法及其应用</b> .....         | 127 | 9.4.1 WinCC 与 S7 PLC 的通信<br>通道单元 ..... | 154 |
| 8.1 PID 控制概述 .....                      | 127 | 9.4.2 用 TCP/IP 连接 PLC 通信 .....         | 155 |
| 8.2 PID 控制算法 .....                      | 128 | 9.4.3 OPC 通信技术 .....                   | 158 |
| 8.3 PID 控制算法 PLC 应用 .....               | 128 | 9.5 WinCC 智能工具 .....                   | 162 |
| 8.3.1 增量式 PID 算法编程 .....                | 128 | 思考题 .....                              | 163 |
| 8.3.2 编写功能块 .....                       | 129 | <b>第 10 章 电厂水处理控制工程应用</b> .....        | 164 |
| 8.3.3 功能块的调用及参数给定 .....                 | 132 | 10.1 水处理工艺系统 .....                     | 164 |
| 8.4 用 STEP7 中系统功能块实现<br>PID 控制 .....    | 133 | 10.2 控制系统 I/O 点统计分析 .....              | 166 |
| 8.4.1 参数赋值工具 .....                      | 134 | 10.3 控制系统设计 .....                      | 169 |
| 8.4.2 功能块介绍 .....                       | 134 | 10.4 系统操作功能 .....                      | 170 |
| 8.4.3 功能块调用 .....                       | 139 | 10.5 系统程序控制表设计 .....                   | 170 |
| 思考题 .....                               | 141 | 10.6 PLC 系统程序设计 .....                  | 171 |
| <b>第 9 章 WinCC 监控和数据<br/>采集系统</b> ..... | 142 | 10.6.1 PLC 硬件配置 .....                  | 171 |
| 9.1 组态软件基本功能 .....                      | 142 | 10.6.2 程序块功能划分 .....                   | 171 |
| 9.2 WinCC 组态软件简介 .....                  | 142 | 10.6.3 存储器资源分配 .....                   | 171 |
| 9.2.1 WinCC 基本特点 .....                  | 142 | 10.6.4 程序块设计 .....                     | 172 |
| 9.2.2 WinCC V6.2 系统构成 .....             | 143 | 10.7 WinCC 上位程序设计 .....                | 179 |
| 9.3 WinCC 组态软件应用 .....                  | 144 | 10.7.1 建立变量 .....                      | 179 |
| 9.3.1 建立单用户项目 .....                     | 144 | 10.7.2 组态画面 .....                      | 179 |
| 9.3.2 组态变量 .....                        | 144 | 10.7.3 脚本控制编程 .....                    | 180 |
| 9.3.3 组态过程画面 .....                      | 148 | 思考题 .....                              | 184 |
| 9.3.4 画面切换和画中画 .....                    | 150 | <b>参考文献</b> .....                      | 185 |
| 9.4 WinCC 通信技术 .....                    | 154 |                                        |     |



# 第 1 章 PLC 系统概述

可编程逻辑控制器 (Programmable Logic Controller, PLC), 早期主要用于开关量的逻辑控制。随着技术的发展, 现在的可编程控制器已经发展到了以微处理器 (MPU) 作为中央处理单元 (CPU), 不仅可以处理逻辑控制, 还可以对模拟量进行控制, 成为一种新型的工业控制装置。1976 年美国电气制造商协会 (NEMA) 经过四年的调查工作, 于 1980 年正式命名可编程控制器为 PC (Programmable Controller), 但大家还习惯简称为 PLC。

可编程控制器是一种进行数字运算操作的电子系统, 是专门为在工业环境下的应用而设计的工业控制器。它采用了可程序的存储器, 用于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指令, 并通过数字式、模拟式的输入和输出, 控制各种类型机械或生产过程。可编程控制器及其有关外部设备, 都按易于与工业系统联成一个整体、易于扩充其功能的原则设计。

## 1.1 PLC 的主要功能

随着现代通信技术、计算机技术和自动控制技术的迅猛发展, 目前的 PLC 已经从小规模的单机顺序控制, 发展到了过程控制、位置控制等所有控制领域, 在 CPU 运算速度、程序执行效率、故障自诊断、网络通信、面向工艺和运动控制功能上有了质的飞跃, 并能组成整个工厂自动化的综合控制系统。

PLC 的主要功能如下。

### (1) 开关量逻辑控制

该功能是 PLC 最基本最常用的功能。通过逻辑指令与 (AND)、或 (OR)、非 (NOT)、异或 (XOR)、取反 (NOT) 等逻辑操作, 可以取代传统的继电器控制系统, 实现逻辑控制、顺序控制。

### (2) 位置控制

高性能 PLC 系统能提供步进电机、伺服电机的单轴或多轴控制功能模块, 集成了固定的控制算法, 可以完成位置和速度的控制, 应用于各种机床、机器人、皮带传输等电机拖动系统。

### (3) 过程控制

由于具有高性能的模拟量转换处理通道, 模数 A/D 和数模 D/A 转换, 能完成对模拟量的数据采集、运算、控制和调节。部分 PLC 还具有软件 PID 功能模块, 或硬件 PID 功能模块, 广泛应用于对温度、压力、流量等连续控制系统。

### (4) 数据处理

现代 PLC 采用强大的微处理器作为中央处理单元, 具有数据处理功能。包括数学运算 (逻辑运算、函数运算、矩阵运算等)、数据传递、数据转换、位操作等功能, 能完成数据采集、数据分析和处理。

### (5) 通信联网

通信网络已经成为 PLC 的基本功能。各种 PLC 按不同规模和应用情况, 分别集成有串

口、各种现场总线、工业以太网等，实现 PLC 之间、PLC 同上位计算机之间、PLC 和各类智能仪表、驱动设备之间的通信。

组网方式可以有单层网络、网络冗余、环网等，实现“分散控制，集中管理”等分布式控制控制系统。

### （6）计数控制

PLC 为用户提供了几十个到几百个，甚至几千个计数器，可以满足大多数工业生产计数应用。如设备运行次数、灌装线计数等。如果计数频率较高，输入频率超出最高计数频率，PLC 需要使用高速计数器模块完成计数任务。高速计数器模块自带处理器，不占用 CPU 的处理时间，最高可达 500kHz。

### （7）定时控制

PLC 为用户提供了几十个到几百个，甚至几千个定时器。定时器的值可由用户编程设定，也可由操作人员通过人机接口设定和修改，实现工艺生产过程中的步序时间或设备运行时间的控制，满足实际工业生产过程应用。

### （8）故障自诊断

高性能 PLC 具有故障自诊断功能，如硬件中断、网络故障、模块故障、冗余错误故障、异步故障中断、同步故障中断等，通过事件触发机制，调用相应的处理程序。

## 1.2 PLC 的主要特点

作为专用的工业控制装置，PLC 具备了许多独特的优点。

### （1）可靠性高、抗干扰能力强

针对工业现场恶劣的环境，PLC 设计过程采用了抗干扰，防电磁屏蔽，光电隔离、数字滤波等技术和措施，使得其具有高可靠性和高可用性，PLC 的平均无故障时间（MTBF）可达到几十万个小时。

### （2）编程简单、使用方便

PLC 编程都采用可编程逻辑控制组态和编程的标准软件包，符合 EN 61131—3 或 IEC 1131—3 标准。其中梯形逻辑图（Ladder Logic）、语句表（Statement List）和功能块图（Function Block Diagram）是最基本的编程语言。随着控制系统工艺要求的不断提高，还可以扩展使用结构化编程语言（SCL）、连续功能图（CFC）等，高级编程语言如 Basic、C 语言等也被应用。

### （3）功能完善、通用性强

小型 PLC 一般采用紧凑型单元设计，集成有 I/O 点，可以单独使用。大中型 PLC 基本采用模块式结构，易于扩展。基本的模块包括电源、CPU 模块、I/O 模块、通信模块、接口模块、特殊功能模块等。根据工业控制对象的规模大小、工艺要求等，可以按需选择模块，配置硬件系统，非常灵活。

PLC 通信功能强大，具备联网功能，可以组成分布式控制系统。

### （4）体积小、能耗低，性能价格比高

PLC 一般由 I/O 输入输出点，通信接口以及执行指令的 CPU 和存放指令数据的存储器等组成。其设计体积小，重量轻，能耗低，简单易用，已经大规模生产应用，具有很高的性价比。

## 1.3 西门子 PLC 系统

国内外有众多的 PLC 生产厂家。西门子公司的 SIMATIC 可编程控制器系列产品是目前众多品牌 PLC 产品中的佼佼者，它在国内外市场上占有很大的份额。

1979 年西门子公司推出了 S5 系列 PLC，由于其系统的高可靠性、高稳定性，在不同行业得到广泛的成功应用。1996 年西门子公司推出了 S7 系列 PLC，在 CPU 的运算速度、程序执行效率、通络通信、故障诊断、运动控制等方面有了质的飞跃。

SIMATIC S7 系列 PLC 产品包括：微型系列（S7-200）、中低性能系列（S7-300）和中高性能系列（S7-400）。

S7-200 系列 PLC，计算机使用 STEP7-Micro/WIN 32 编程软件，编写用户程序。计算机与 PLC 连接通信使用 PC/PPI 编程电缆。

S7-300/400 系列 PLC，计算机使用 STEP7-V5.X 编程软件，编写用户程序。计算机与 PLC 连接通信可以使用 PC/MPI 编程电缆或通过 DP 接口卡（CP5611、CP5613 等）或以太网等多种方式。

### 1.3.1 S7-200 系列 PLC

S7-200 系列是微型 PLC 系统，能够控制各类设备以满足自动化控制要求。S7-200 系列 PLC 用户程序中包括位逻辑、计数器、定时器、复杂数学运算以及和其他智能模块的通信指令，从而可以采集监视输入状态，改变输出状态实现控制目的，如图 1-1 所示。

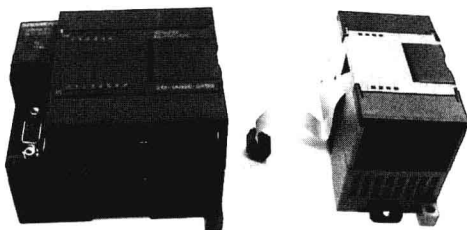


图 1-1 S7-200 系列 PLC

S7-200 系列 PLC 设计紧凑，适合最大输入、输出 100 点左右的小型控制和 OEM 应用，其性能如下。

- ① 具有串行连接的模块化扩展功能；
- ② 高速处理能力（每条二进制指令执行速度  $0.22\ \mu\text{s}$ ）；
- ③ CPU 内置最多六路高速计数器（30kHz），CPU224XP 高达 100kHz；
- ④ CPU 内置两路高速脉冲输出（20kHz），CPU224XP 高达 100kHz；
- ⑤ 通过扩展各类通信模块，具有强大灵活的通信功能（PPI、MPI、自由口、以太网、Modem、Profibus-DP 和 ASI 接口）；
- ⑥ CPU 内置有脉冲捕捉功能；
- ⑦ 立即输入/输出功能；
- ⑧ 高速中断响应（中断触发后  $200\ \mu\text{s}$ ）；
- ⑨ 8 路 PID 回路控制；

- ⑩ 配方功能和数据记录功能;
- ⑪ 自整定的 PID 回路。

### 1.3.2 S7-300 系列 PLC

S7-300 系列 PLC 是中型 PLC 系统, 具有模块化扩展功能, 适合最大输入、输出 1000 点左右的中小型控制应用。采用组态编程工具 STEP7 进行编程, 是 S7 系列 PLC 的主流产品。如图 1-2 所示。

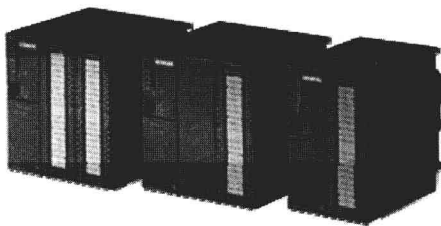


图 1-2 S7-300 系列 PLC

S7-300 系列 PLC 中集成了各种中断处理能力, 如时间中断、循环中断、报警中断等。其具有强大的通信功能, 在现场总线 PROFIBUS 的应用中完全支持各种通信方式和服务, S7-300 系列 PLC 既可以作为 PROFIBUS-DP 的主站, 也可以作为从站; 通过工业以太网, S7-300 系列 PLC 之间或与上位 PC 机的 HMI (Human-Machine Interface) 可以进行大量的数据通信; 利用基于以太网的 PROFINET 总线技术, 可以实现数据的实时通信。

通过扩展具有独立处理能力的特殊模块, S7-300 系列 PLC 可以实现高速计数、单轴定位、具有插补功能的 4 轴路径控制, 而不会影响 CPU 的处理速度。

S7-300 系列 PLC 的指令执行周期短, 最快指令执行时间仅为 50ns (10ns)。采用 MMC 微存储卡, 无需后备电池。MMC 可以用作装载存储器和可移动数据存储媒体。由于新一代 CPU 没有集成的装载存储器时, MMC 对 CPU 的运行是必不可少的。

S7-300 系列 PLC 可分为标准型、紧凑型、故障安全型、技术功能型、PROFINET 型。

### 1.3.3 S7-400 系列 PLC

S7-400 系列 PLC 是大型的 PLC 系统, 具有模块化扩展功能, 最多可以连接数万个输入输出点。采用组态编程工具 STEP7 进行编程, 是 S7 系列 PLC 的主流产品, 如图 1-3 所示。

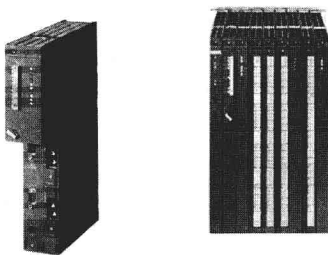


图 1-3 S7-400 系列标准型 PLC

S7-400 系列 PLC CPU 中集成了更强大的中断处理能力, 如数量和种类更多的时间中断、

循环中断、报警中断等，即使同一中断类型中还可以选择不同触发事件的中断。完全覆盖了 S7-300 系列 PLC 通信服务和通信协议，在现场总线 PROFIBUS-DP 上实现等时数据通信，保证各个从站的输入信号在 CPU 中同时处理，CPU 的输出命令在各个从站中同时响应；并有连接更多通信设备的能力和更多的通信资源。

通过扩展具有独立处理能力的特殊模块，S7-400 系列 PLC 可以实现高速计数、单轴定位等复杂的工艺控制，而不会影响 CPU 的处理速度。S7-400 系列 PLC 具有更强的实时处理能力，最多可以在一个站上插入 4 个 CPU 完成同一个控制任务，各 CPU 通过背板总线进行非常高速的数据交换。

S7-400 系列 PLC 广泛适用于离散自动化及过程自动化，用于构建高可用性的自动化系统。

S7-400 系列 PLC 可分为 S7-400 标准型、S7-400H 硬件冗余系统、S7-400F 故障安全型系统。如图 1-4 所示。

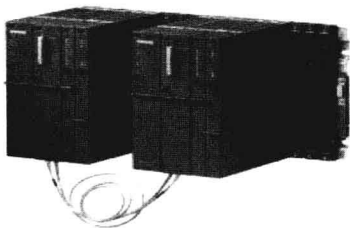


图 1-4 S7-400 系列冗余型 PLC

S7-400H 硬件冗余系统具有冗余电源、CPU、通信处理器、现场总线、通信接口、输入和输出信号通道等，单一设备故障不会造成整个控制系统的停机，提高了控制系统的可用性。S7-400F 故障安全系统通过对程序、现场总线、输入和输出信号的再次校验，保证了整个控制系统的可靠性，从而保证了人身和设备的安全。

在很多实际应用中，可以将冗余系统和故障安全系统结合使用，构成 S7-400H/F 系统，虽然不能提高系统的可靠性，却可以提高系统的可用性。组态编程工具 STEP7 V5.3 以上版本中已经集成了冗余系统的配置软件，但故障安全系统软件需要另购。

## 1.4 全集成自动化系统

在工业控制系统中，不同的控制系统或设备有不同的软件 and 用户接口，每个独立的系统和设备需要单独配置、编程、调试，需要工程师花费大量的时间和专门的知识去整合不同的系统。而西门子公司的 STEP7 系统，作为一个平台集成了各种控制设备软件。

西门子公司在 1996 年提出了“全集成自动化 (Totally Integrated Automation, TIA)”概念，通过 SIMATIC PLC 系统集成，以 STEP7 为软件平台，实现了共同组态和编程、共同通信和共同的数据库管理，为生产自动化提供整体解决方案。STEP7 实现了 PLC 硬件组态和编程，还可以实现不同系统的组态和编程，使得整个控制系统，包括 PLC、HMI、仪表、驱动、通信等具有相同的控制平台和数据库。

全集成自动化主要的特点如下。

### （1）共同的组态和编程

在 STEP7 软件平台下，通过 SIMATIC Manager 项目管理器，实现对 SIMATIC PLC 系统的组态和编程，并可在 STEP7 中直接调用其他软件，实现对整个控制系统的组态和编程。

### （2）共同的数据管理

以 STEP7 为软件平台，以项目为中心，具有相同的数据库。

① 统一的符号表 SIMATIC 的任一配置软件，都可以通过全局数据库共享一个统一的符号表。

② 变量名自动映射 在 STEP7 符号表中定义的变量，通过内部传送，可以将其直接上传到 HMI（如 WINCC）软件使用。

③ 多用户功能 通过多用户功能，实现了多人同时创建小项目编程，并可将这些不同的小项目整合为一个完整的大项目的功能。

④ 诊断功能 通过 PLC 可以将系统或设备诊断、报警信息发送到 HMI 系统中，并可以在 HMI 中观测触发报警信息的条件，实现了统一的信息诊断功能，报警信息全局化。

### （3）共同的通信

在 STEP7 软件平台下，系统和设备之间只需要通过软件的配置和指定通信接口，就可以实现数据通信。集成的路由功能可以使编程和维护人员在整个网络中任何一个点实现跨网络的下载、诊断和通信等功能。

## 思 考 题

1-1 PLC 的主要功能和特点是什么？

1-2 西门子 SIMATIC S7-200 系统和 S7-300/400 系统编程软件一样吗？

1-3 西门全集成自动化系统的主要特点体现在哪几个方面？



# 第2章 西门子 S7-300/400 系列 PLC 硬件系统

## 2.1 S7-300/400 PLC 硬件系统

### 2.1.1 系统机架

#### (1) S7-300 系列 PLC 系统机架

S7-300 系列 PLC 系统采用 DIN 导轨作为 PLC 的主机架和中央扩展机架 (rack)，机架没有背板总线。DIN 导轨尺寸可以裁减，以便于安装。CPU 与 I/O 模块通过 U 型背板总线连接器连接，所以在 S7-300 系列 PLC 的主机架和中央扩展机架中不能带电插拔 I/O 模块。通过现场总线 PROFIBUS-DP 连接的分布式远程扩展 ET200M，可以使用“有源”背板总线实现模块带电插拔功能。每个 S7-300 系列 PLC 的主机架，除 CPU 和接口模块外，最多可以插入 8 个模块，每个模块只占用一个槽号，与模块的宽厚大小无关。如图 2-1 所示。

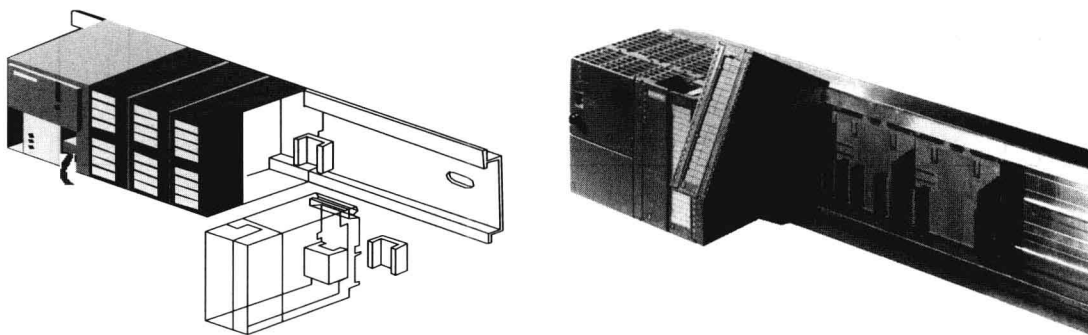


图 2-1 S7-300 系列 PLC 常规机架和有源背板总线机架

#### (2) S7-400 系列 PLC 系统机架

S7-400 系列 PLC 系统的机架带有背板总线，按槽数可划分 4 槽、9 槽、18 槽机架。模块的宽度决定占用机架的槽数。如图 2-2 所示。

S7-400 系列 PLC 系统的机架按功能主要分以下几类。

① 中央机架 用于中央扩展的主机架，机架带有 K 总线（串行通信总线）和 P 总线（并行 I/O 总线），可以插入 FM（功能模块）和 CP（通信处理器）等需要 K 总线通信的模块。

② 扩展机架 扩展机架要与中央机架结合使用。一个主机架通过接口模块可以带多个扩展机架。扩展机架只有 P 总线，只能插入输入、输出信号模块，不能插入需要 K 总线通信

的模块。

③ 通用机架 通用机架带有 K 总线和 P 总线，既可以作中央机架也可以作扩展机架用。与中央机架和扩展机架相比，模块在通用机架上安装没有槽位的限制，使用灵活。

④ 特殊机架 指具有特殊功能的机架，如 UR2-H 18 槽机架，在机架中央处物理分开（9+9），适合将 S7-400H 冗余系统中两个 CPU 插入同一机架上构成紧凑安装。UR2 18 槽中央机架，分为两段（10+8），可以使两个 S7-400 系列 PLC 站共用一个机架和电源，适合于两个 PLC 站的紧凑型安装。

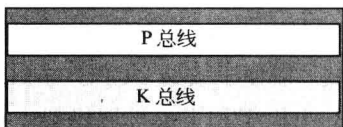
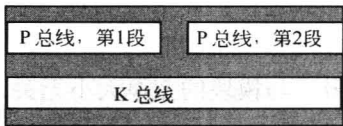
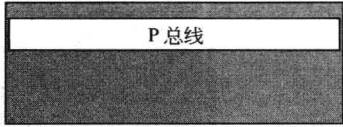
| 机架及其扩展连接          |                                                                                    |                |
|-------------------|------------------------------------------------------------------------------------|----------------|
| 机架型号              |                                                                                    | 可用             |
|                   |                                                                                    | 中央机架      扩展机架 |
| UR1/UR2<br>(通用机架) |   | Yes      Yes   |
| CR2<br>(中央机架)     |   | Yes      No    |
| ER1/ER2<br>(扩展机架) |  | No      Yes    |

图 2-2 S7-400 系列 PLC 机架

## 2.1.2 系统电源模块

### (1) S7-300 系列 PLC 电源模块

S7-300 系列 PLC 的 PS307 电源模块(PS)，向 CPU 或扩展接口模块提供 24V 电源。CPU 或扩展接口模块再将 24V 电源转换为 5V 电源，向背板总线供电，通过背板总线，CPU 监控所有与背板总线连接的 I/O 模块。CPU 或扩展接口模块后面最多可以连接 8 个模块，8 个模块消耗的背板总线的总电流不能超过 CPU 或扩展接口模块输出的电流。

PS307 电源模块按输出容量可分为 2A、5A 和 10A，输入电源可以选择 AC220V 或 DC24V。电源模块具有电源滤波和输出短路保护功能，除向 CPU 供电外，还可以给 24V 控制回路供电。

PS307 电源模块与 S7-300 系列 PLC 背板总线之间没有连接，可以与 CPU 机架分离安装，因此 CPU 不能对电源模块进行诊断。

在实际控制系统中，只要满足 CPU 的输出功能、滤波等供电要求，用户可以选用西门子

SITOP 电源,也可以单独购买其他品牌的 24V 电源模块。

### (2) S7-400 系列 PLC 电源模块

S7-400 系列 PLC 电源模块,直接向背板总线提供 5V 和 24V 电源 (CPU 和以太网模块需要消耗 24V 电源)。

电源模块按输出容量可分为 2A、5A、10A 和 20A,输入电源可以选择交流 120V/230V,或直流 24V。所有安装于一个机架上的模块消耗 5V 和 24V 电流总数不能超出电源模块的输出总量。

与 S7-300 系列 PLC 电源模块不同,S7-400 系列 PLC 电源模块必须安装在机架背板上,不能和 CPU 机架分离安装,CPU 可以对其状态进行诊断。电源模块上安装备份电池,即使电源断电,CPU 中的程序和过程数据也不会丢失。

S7-400 系列 PLC 电源模块分为标准和冗余两个类型。一个机架上只能安装一块标准类型电源。如果选择冗余类型电源,一个机架上可以安装两块电源互为备份。

## 2.1.3 CPU 系统

### (1) CPU 类型

PLC CPU 具有负责对外部信号的扫描、计算和逻辑处理、信号输出等处理功能。

① S7-300 系列 PLC CPU CPU 从 CPU312~CPU319 有多个型号,序号由低到高,其功能逐渐增强。技术指标主要区别于 CPU 的内存空间、计算速度、通信资源和编程资源。

② S7-400 系列 PLC CPU CPU 从 CPU412~CPU417 有多个型号,序号由低到高,其功能逐渐增强。S7-400 系列 PLC 比 S7-300 系列 PLC 性能更优异,除了 CPU 的内存空间、计算速度、通信资源和编程资源更优外,还具有更强的程序中断处理能力,可以选择将 I/O 映像区分区管理等功能。

按功能划分主要有以下几种 CPU 类型。

#### ① 普通型 CPU

实现计算、逻辑处理、定时、通信等 CPU 的基本功能,如 S7-300 系列 PLC 的 CPU312、S7-400 系列 PLC 的 CPU412 等。

#### ② 集成特殊功能型 CPU

CPU 集成高速计数器、简单定位和脉冲输出等功能,如 S7-300 系列 PLC 的 CPU314C 等。不过 S7-400 系列 PLC 的 CPU 不具有集成的特殊功能。

#### ③ 冗余功能型 CPU

S7-400 系列 PLC 有三种 CPU 具有支持 CPU 冗余功能,如 412-3H, CPU414-H, CPU417-H,主 CPU 发生故障后可以自动切换到备份 CPU 上执行程序。冗余 CPU 间的数据交换采用西门子专利的事件同步技术,保证 CPU 故障切换后系统过程数据和报警记录的完整性。

#### ④ 故障安全功能型 CPU

S7-300 系列 PLC 的 CPU315F、317F, S7-400 系列 PLC 的 CPU416F、CPU414H/F 等,在系统发生故障时,确保控制系统切换到安全模式 (典型为停机状态)。故障安全系统 (F) 为独立的控制系统,除 CPU 具有故障安全功能外,输入、输出模块以及通信总线都要具有故障安全功能。

S7-300/400 系列 PLC 的主要 CPU 如表 2-1、表 2-2 所示。