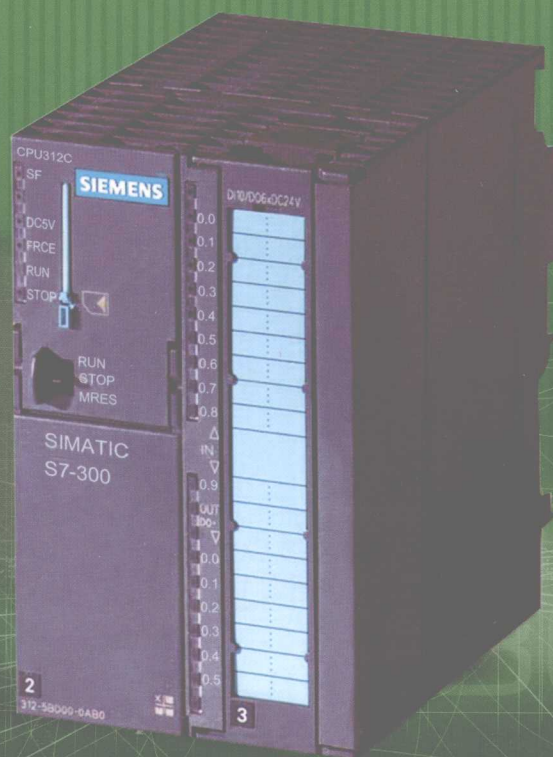
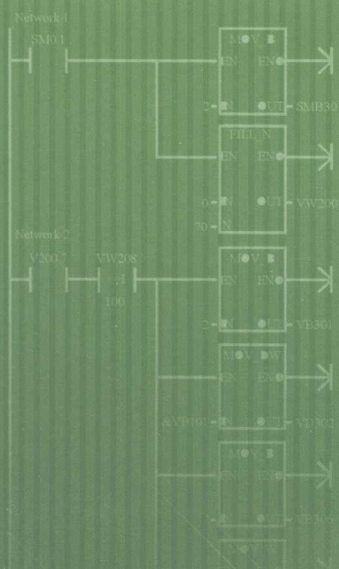




# PLC 原理与实践

殷洪义 吴建华 主编



清华大学出版社

第2版 机械工业出版社

# PLC原理与实践

张毅刚 张耀华 主编



ISBN 978-7-111-50000-0

内容简介

本书以目前应用最广泛的三菱FX系列PLC为对象，系统地介绍了PLC的基本组成、工作原理、指令系统、编程方法、应用及故障排除等。全书共分10章，第1章介绍PLC的发展概况、分类及应用；第2章介绍PLC的组成、工作原理及指令系统；第3章介绍PLC的编程方法；第4章介绍PLC的I/O接口及扩展；第5章介绍PLC的通信及联网；第6章介绍PLC在工业控制中的应用；第7章介绍PLC在运动控制中的应用；第8章介绍PLC在过程控制中的应用；第9章介绍PLC的故障排除；第10章介绍PLC的选型及安装调试。本书可作为高等院校电气自动化专业及相关专业的教材，也可供从事PLC工作的工程技术人员参考。

# PLC 原理与实践

殷洪义 吴建华 主编

本书封面贴有清华大学出版社防伪标签，无标签者不得销售。  
版权所有，侵权必究。侵权举报电话：010-62782989 13701121933

图书在版编目(CIP)数据

PLC原理与实践/殷洪义，吴建华主编. —北京：清华大学出版社，2010.10

ISBN 978-7-302-18100-8

I. P… II. ①殷… ②吴… III. ①可编程序控制器—教材 IV. TP332.7

中国版本图书馆CIP数据核字(2009)第130432号

责任编辑：孙志江  
封面设计：李 强  
版式设计：王 静  
责任校对：王 静  
责任印制：刘 静  
出版发行：清华大学出版社

http://www.tup.tsinghua.edu.cn  
社 址：北京清华大学学研大厦A座  
社 址：010-62770175  
邮 政 编 码：100084  
邮 政 编 码：100084  
邮 政 编 码：100084

印 刷：北京鑫鑫印刷有限公司

装 订：北京鑫鑫印刷有限公司

经 销：全国新华书店

开 本：185mm×260mm 1/16 字 数：212千字

清华大学出版社

北 京

## 内 容 简 介

本书以当前我国使用较多的西门子 S7 系列 PLC 的 S7-200 和 S7-300 为对象,主要介绍 PLC 在硬件配置、软件编程、通信网络组态、系统设计和人机界面设计等方面的实用技术。

本书在硬件、软件和网络设计上都是以实际应用为主要内容,无论是控制设计还是界面设计都尽量以实际工程为背景,尽力把 PLC 设计的自主权交给读者,强调如何自主设计这些控制系统,包括 PLC 人机界面的设计。本书会在 PLC 的普及、应用和提高上起到积极的作用。

本书在内容的安排上由浅入深、层次分明、具体系统,可以作为高等学校自动化、电气工程、机电类和其他相关专业学员学习的教材,也可以作为相关专业的工程技术人员培训、自学和现场使用的参考书。

本书配套完整的 PPT 讲稿,这部分内容可以从清华大学出版社网站 ([www.tup.tsinghua.edu.cn](http://www.tup.tsinghua.edu.cn)) 下载。

本书封面贴有清华大学出版社防伪标签,无标签者不得销售。

版权所有,侵权必究。侵权举报电话:010-62782989 13701121933

### 图书在版编目(CIP)数据

PLC 原理与实践/殷洪义,吴建华主编. —北京:清华大学出版社,2008.10

ISBN 978-7-302-18306-8

I. P… II. ①殷… ②吴… III. 可编程序控制器 IV. TP332.3

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2008)第 117045 号

责任编辑:钟志芳 朱 俊

封面设计:张 岩

版式设计:王世情

责任校对:王 云

责任印制:何 芊

出版发行:清华大学出版社

<http://www.tup.com.cn>

社 总 机:010-62770175

投稿与读者服务:010-62776969, [c-service@tup.tsinghua.edu.cn](mailto:c-service@tup.tsinghua.edu.cn)

质 量 反 馈:010-62772015, [zhiliang@tup.tsinghua.edu.cn](mailto:zhiliang@tup.tsinghua.edu.cn)

地 址:北京清华大学学研大厦 A 座

邮 编:100084

邮 购:010-62786544

印 刷 者:北京鑫海金澳胶印有限公司

装 订 者:三河市溧源装订厂

经 销:全国新华书店

开 本:185×260 印 张:24.75 字 数:557 千字

版 次:2008 年 10 月第 1 版 印 次:2008 年 10 月第 1 次印刷

印 数:1~5000

定 价:39.00 元

本书如存在文字不清、漏印、缺页、倒页、脱页等印装质量问题,请与清华大学出版社出版部联系调换。联系电话:(010)62770177 转 3103 产品编号:024840-01

# 前 言

PLC 广泛应用于工业控制, 具有稳定、可靠和实时处理能力强的优点。PLC 为工业自动化提供了几乎完美的现代化自动控制装置。为了进一步普及、渗入和推广这一先进的自动化控制技术, 我们编写了本书。

本书以当前我国使用较多的西门子 S7-200 和 S7-300 系列 PLC 为主要内容, 介绍了 PLC 的配置、编程和设计方面的知识。第 1 章介绍了 PLC 基本概念、基础知识和基本原理; 第 2 章介绍了 S7-200 的硬件组成和硬件配置的基础知识; 第 3 章介绍了 S7-200 的数据区、寻址方式和指令系统等软件基础知识; 第 4 章介绍了 S7-200 的通信功能和通信方式等通信基础知识; 第 5 章介绍了 S7-200 的编程环境及使用方法; 第 6 章介绍了 S7-300 的硬件基础知识、软件基础知识和网络基础知识; 第 7 章介绍了 PLC 人机界面的基础知识和设计知识; 第 8 章介绍了 PLC 控制系统的分析及设计方法。附录为 S7-200 的指令一览表、S7-200 的特殊存储器、S7-200 错误代码和 STEP 7 的组织块、系统功能和系统功能块一览表。

其中, 第 1 章和第 2 章由吴建华编写, 第 3 章由廖嘉编写, 第 4 章和附录由李新宇编写, 第 5 章和第 7 章由殷明明编写, 第 6 章由殷洪义编写, 第 8 章由王虎编写, 全书由殷洪义和吴建华主编。

本书系统、全面地介绍了 PLC 实际应用设计的全过程, 由浅入深、由简到繁、循序渐进地给读者展现出一个完美的、实用的 PLC 应用技术。在介绍 PLC 的组成原理中, 作者比较详细地介绍了 S7-200 和 S7-300 系列 PLC 的各种 CPU 的性能和指标, 以及它们的各种接口模块的性能和指标, 这些内容不仅是学习 PLC 所必需的, 而且也是 PLC 选型和系统配置的重要资料。在系统设计上, 不仅研究了开关量控制系统和模拟量控制系统, 还研究了系统的人机界面和用 VB 进行人机界面设计的方法。在控制方法上, 不仅研究了单机控制, 而且还研究了由工控机与 PLC 构成的计算机-PLC 控制系统和由多台 PLC 构成的 PLC-PLC 控制系统。在程序设计上, 力求完美、实用。作者最终呈献给读者的将是完整的、系统的 PLC 知识。

本书不仅适用于初学者了解、掌握 PLC 的原理和应用知识, 也能满足一些对 PLC 控制和联网有更高要求的读者深入研究的需要。

由于水平所限, 加之时间仓促, 书中难免有错误和不妥之处, 衷心希望得到读者的批评指正。

作 者  
2008 年 7 月

# 目 录

|                          |     |
|--------------------------|-----|
| 第 1 章 PLC 概述 .....       | 1   |
| 1.1 PLC 的特点 .....        | 1   |
| 1.2 PLC 的分类 .....        | 2   |
| 1.3 PLC 的组成 .....        | 4   |
| 1.4 PLC 的工作原理 .....      | 6   |
| 1.5 PLC 的接口模块 .....      | 8   |
| 1.6 PLC 的系统配置 .....      | 12  |
| 1.7 PLC 的通信网络 .....      | 16  |
| 1.8 PLC 的编程环境 .....      | 18  |
| 练习题 1 .....              | 21  |
| 第 2 章 S7-200 硬件基础 .....  | 22  |
| 2.1 S7-200 的中央处理单元 ..... | 22  |
| 2.2 S7-200 的数字量模块 .....  | 24  |
| 2.3 S7-200 的模拟量模块 .....  | 27  |
| 2.4 S7-200 的通信模块 .....   | 29  |
| 2.5 S7-200 的硬件配置 .....   | 31  |
| 练习题 2 .....              | 34  |
| 第 3 章 S7-200 软件基础 .....  | 35  |
| 3.1 S7-200 的数据区 .....    | 35  |
| 3.2 S7-200 的寻址方式 .....   | 42  |
| 3.3 位逻辑指令 .....          | 45  |
| 3.4 计时器和计数器指令 .....      | 53  |
| 3.5 传送和比较指令 .....        | 61  |
| 3.6 运算指令 .....           | 64  |
| 3.7 数据转换指令 .....         | 74  |
| 3.8 程序控制指令 .....         | 81  |
| 3.9 功能指令 .....           | 92  |
| 3.10 堆栈指令 .....          | 127 |
| 练习题 3 .....              | 129 |
| 第 4 章 S7-200 通信基础 .....  | 131 |
| 4.1 S7-200 的通信功能 .....   | 131 |

|                                    |            |
|------------------------------------|------------|
| 4.2 S7-200 的通信方式 .....             | 134        |
| 4.3 PPI 通信与自由口通信基础 .....           | 141        |
| 4.4 S7-200 的 PPI 通信 .....          | 144        |
| 4.5 S7-200 的自由口通信 .....            | 148        |
| 练习题 4 .....                        | 153        |
| <b>第 5 章 S7-200 编程环境 .....</b>     | <b>154</b> |
| 5.1 STEP 7-Micro/WIN 32 窗口组件 ..... | 154        |
| 5.2 菜单栏 .....                      | 156        |
| 5.3 工具栏 .....                      | 159        |
| 5.4 程序编辑器 .....                    | 163        |
| 5.5 局部变量表 .....                    | 166        |
| 5.6 交叉参考窗口 .....                   | 168        |
| 5.7 数据块和数据初始化程序窗口 .....            | 169        |
| 5.8 符号表和全局变量表窗口 .....              | 170        |
| 5.9 状态图表窗口 .....                   | 172        |
| 5.10 编程指南 .....                    | 174        |
| 练习题 5 .....                        | 180        |
| <b>第 6 章 S7-300 的应用基础 .....</b>    | <b>181</b> |
| 6.1 S7-300 的硬件基础 .....             | 181        |
| 6.1.1 S7-300 的中央处理单元 .....         | 181        |
| 6.1.2 S7-300 的数字量模块 .....          | 187        |
| 6.1.3 S7-300 的模拟量模块 .....          | 191        |
| 6.1.4 S7-300 的功能模块 .....           | 199        |
| 6.1.5 S7-300 的接口模块 .....           | 203        |
| 6.1.6 S7-300 的电源模块 .....           | 205        |
| 6.1.7 S7-300 的分布式 I/O 模块 .....     | 206        |
| 6.1.8 S7-300 的配置 .....             | 208        |
| 6.2 S7-300 的软件基础 .....             | 210        |
| 6.2.1 S7-300 的数据区 .....            | 210        |
| 6.2.2 S7-300 的基本指令 .....           | 215        |
| 6.2.3 STEP 7 的块 .....              | 232        |
| 6.2.4 STEP 7 的程序结构 .....           | 242        |
| 6.2.5 STEP 7 编程软件简介 .....          | 242        |
| 6.3 S7-300 的网络基础 .....             | 248        |
| 6.3.1 S7-300 的通信网络 .....           | 248        |
| 6.3.2 MPI 通信技术 .....               | 249        |
| 6.3.3 PROFIBUS 通信技术 .....          | 255        |
| 练习题 6 .....                        | 263        |

|                                     |     |
|-------------------------------------|-----|
| 第 7 章 PLC 界面设计基础.....               | 264 |
| 7.1 TD 200 文本显示和操作界面.....           | 264 |
| 7.1.1 TD 200 概述.....                | 264 |
| 7.1.2 TD 200 的组态基础.....             | 267 |
| 7.1.3 TD 200 的操作.....               | 273 |
| 7.1.4 TD 200 应用举例.....              | 279 |
| 7.2 高级语言用于人机界面设计.....               | 281 |
| 7.2.1 人机界面设计的基本要求.....              | 281 |
| 7.2.2 VB 概述.....                    | 282 |
| 7.2.3 VB 用于人机界面设计举例.....            | 286 |
| 练习题 7.....                          | 290 |
| 第 8 章 PLC 控制基础及设计.....              | 291 |
| 8.1 系统设计基础.....                     | 291 |
| 8.1.1 系统设计的原则.....                  | 291 |
| 8.1.2 PLC 系统硬件设计.....               | 291 |
| 8.1.3 S7-200 程序设计方法.....            | 296 |
| 8.2 S7-200 用于开关量控制系统设计.....         | 299 |
| 8.2.1 关于开关量控制系统.....                | 299 |
| 8.2.2 机械手的顺序控制系统设计.....             | 299 |
| 8.2.3 十字路口交通指挥灯时序控制系统设计.....        | 309 |
| 8.2.4 电梯控制系统设计.....                 | 312 |
| 8.3 S7-200 用于模拟量控制系统设计.....         | 323 |
| 8.3.1 关于模拟量控制系统.....                | 323 |
| 8.3.2 乒乓控制的系统设计.....                | 324 |
| 8.3.3 PWM 控制的系统设计.....              | 331 |
| 8.3.4 PID 控制的系统设计.....              | 338 |
| 8.4 PLC 用于集散控制系统的设计.....            | 344 |
| 8.4.1 关于集散控制系统.....                 | 344 |
| 8.4.2 微机-PLC 网络控制系统的设计.....         | 344 |
| 8.4.3 PLC-PLC 网络控制系统的设计.....        | 351 |
| 练习题 8.....                          | 366 |
| 附录.....                             | 367 |
| 附录 A S7-200 指令一览表.....              | 367 |
| 附录 B S7-200 的特殊存储器 (SM).....        | 370 |
| 附录 C S7-200 错误代码.....               | 378 |
| 附录 D STEP 7 组织块、系统功能和系统 功能块一览表..... | 381 |
| 参考文献.....                           | 386 |

# 第 1 章 PLC 概述

自 1969 年第一台 PLC（可编程序控制器）问世以来，经历了近 40 年的发展，PLC 的种类在不断地更新，应用领域也在不断地扩大。目前，PLC 的应用已经成为现代化设备的象征，并且 PLC 已经成为工业控制的主要手段和重要的基础控制设备之一。

## 1.1 PLC 的特点

国际电工委员会（IEC）对 PLC 作了规定：“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与工业控制系统形成一个整体、易于扩充其功能的原则设计。”这段话道出了 PLC 的特点和应用领域。PLC 之所以被广泛使用，是和它的突出特点以及优越的性能分不开的。归纳起来，PLC 主要具有以下特点。

### 1. 可靠性高

为了满足工业生产对控制设备安全性和可靠性的要求，PLC 采用了微电子技术，大量的开关动作由无触点的半导体电路来完成。PLC 选用的电子器件一般是工业级的，有的甚至是军用级的，平均无故障时间很长。例如，三菱 F 系列 PLC 平均无故障时间可以达到 30 万小时（约 34 年）。可以毫不夸张地说，到目前为止，没有任何一种工业控制设备可以有 PLC 这样高的可靠性。随着器件水平的提高，PLC 的可靠性还在继续提高，尤其是近来开发出的多机冗余系统和表决系统更进一步提高了 PLC 的可靠性。PLC 完善的自诊断功能，保证了 PLC 控制系统工作的安全性。由于 PLC 是用存储在其内部的程序来实现控制的，其控制程序设计本身就从各个方面考虑了 PLC 工作的可靠性、安全性和稳定性，这又进一步提高了可编程序控制器的可靠性。

### 2. 环境适应性强

PLC 具有良好的环境适应性，可应用于十分恶劣的工业现场。在电源瞬间断电的情况下，仍可正常工作；具有很强的抗空间电磁干扰能力，可以抗峰值 1000V，脉宽 10 $\mu$ s 的矩形波空间电磁干扰；具有良好的抗振能力和抗冲击能力。一般对环境温度要求不高，在环境温度为 -20℃~65℃，相对湿度为 35%~85% 的情况下可正常工作。

### 3. 灵活通用

在完成一个控制任务时，PLC 具有很高的灵活性。首先，PLC 产品已经系列化，结构

形式多种多样,在机型上有很大的选择余地;其次,同一机型的 PLC 的硬件构成具有很大的灵活性,用户可以根据不同任务的要求,选择不同类型的输入和输出模块或特殊功能模块组成不同硬件结构的控制装置;最后,PLC 是利用应用程序实现控制的,在应用程序编制上有较大的灵活性。在实现不同的控制任务时,PLC 具有良好的通用性,相同硬件构成的 PLC 用不同的软件可以完成不同的控制任务。在被控对象的控制逻辑需要改变时,利用 PLC 可以很方便地实现新的控制要求,这在一般继电器控制中是很难做到的。

#### 4. 使用方便、维护简单

PLC 控制的输入模块、输出模块和特殊功能模块都具有即插即用功能,连接十分容易。对于逻辑信号,输入和输出采用开关方式,不需要进行电平转换和驱动放大;对于模拟信号,输入和输出采用传感器、仪表和驱动设备的标准信号。各个输入和输出模块与外部设备的连接十分简单。

PLC 的用户界面十分友好,给使用者带来很大的方便。PLC 提供标准通信接口,可以方便地构成 PLC-PLC 网络或计算机-PLC 网络。

PLC 应用程序的编制和调试非常方便。PLC 的基本编程语言有 3 种,其中梯形图语言与继电器控制线路图相似,即使没有计算机基础的人也很容易掌握。

PLC 具有监控功能,利用编程器或监视器可以对 PLC 的运行状态和内部数据进行监视或修改。PLC 控制系统的维护非常简单,利用 PLC 的诊断功能和监控功能,可以迅速查找故障点,对大多数故障都可以及时予以排除。

当然,PLC 由于其工作方式是扫描方式,因此,扫描周期的长短决定了 PLC 的工作速度。一般来说,PLC 的速度与单片机等计算机相比相对较低,其计算能力一般都比微机要差。PLC 的这些缺点随着科学技术的发展正在逐渐地被克服。

## 1.2 PLC 的分类

PLC 是根据现代化大生产的需要而产生的,PLC 的分类也必然要符合现代化生产的需求。可以从下面 3 个角度粗略地对 PLC 进行分类。

### 1. 按 PLC 的控制规模分类

PLC 按控制规模分,可以分为小型机、中型机和大型机 3 类。

#### (1) 小型机

小型机的控制点数一般在 256 点以内,如日本 OMRON 公司生产的 CQM1、三菱公司生产的 FX2 和德国西门子公司生产的 S7-200。这类 PLC 由于控制点数不多,控制功能有一定局限性。但它价格低廉,并且小巧、灵活,可以直接安装在电气控制柜内,很适用于单机控制或小型系统的控制。

#### (2) 中型机

中型机的控制点数一般在 500~2048 点之间,如日本 OMRON 公司生产的 C200H、日

本富士公司生产的 HDC-100 和德国西门子公司生产的 S7-300。这类 PLC 由于控制点数较多, 控制功能较强, 有些 PLC 还有较强的计算能力, 不仅可用于对设备进行直接控制, 也可以对多个下一级的 PLC 进行监控, 适用于中型或大型控制系统的控制。

### (3) 大型机

大型机的控制点数一般大于 2048 点, 如日本 OMRON 公司生产的 C2000H、日本富士公司生产的 F200 和德国西门子公司生产的 S7-400。这类 PLC 控制点数多, 控制功能很强, 有很强的计算能力。同时, 这类 PLC 运行速度很高, 不仅能完成较复杂的算术运算, 还能进行复杂的矩阵运算, 它不仅可用于对设备进行直接控制, 可以对多个下一级的 PLC 进行监控, 还可以完成现代化工厂的全面管理和控制任务。

## 2. 按 PLC 的结构分类

PLC 按结构分, 可以分为整体式和模块式两大类。

### (1) 整体式

整体式结构的 PLC 把电源、CPU、存储器和 I/O 系统都集成在一个单元内, 该单元叫做基本单元。一个基本单元就是一台完整的 PLC。控制点数不满足需要时, 可再接扩展单元, 扩展单元不带 CPU, 在安装时不用基板, 仅用电缆进行单元间的连接, 由基本单元和若干扩展单元组成较大的系统。整体式结构的特点是紧凑、体积小、成本低、安装方便, 其缺点是各个单元输入与输出点数有确定的比例, 使 PLC 的配置缺少灵活性, 有些 I/O 资源不能充分利用。早期的小型机多为整体式结构。

### (2) 模块式

PLC 的模块式结构通常也叫做组合式结构。模块式结构的 PLC 是把 PLC 系统的各个组成部分按功能分成若干个模块, 如 CPU 模块、输入模块、输出模块和电源模块等, 其中各模块功能比较单一, 模块的种类却日趋丰富。例如, 一些 PLC 除了一些基本的 I/O 模块外, 还有一些特殊功能模块, 如温度检测模块、位置检测模块、PID 控制模块和通信模块等。模块式结构的 PLC 采用搭积木的方式, 在一块基板插槽上插上所需模块组成控制系统 (又叫做组合式结构)。有的 PLC 没有基板而是采用电缆把模块连接起来组成控制系统 (又叫做叠装式结构)。模块式结构的 PLC 特点是 CPU、输入和输出均为独立的模块。模块尺寸统一、安装整齐、I/O 点选型自由, 并且安装调试、扩展和维修方便。中型机和大型机多为模块式结构。

## 3. 按 PLC 的功能分类

PLC 按功能分, 可以分为低档机、中档机和高档机 3 类。

### (1) 低档机

低档机具有基本的控制功能和一般的运算能力。工作速度比较低, 能带的输入/输出模块的数量比较少, 种类也比较少。这类可编程序控制器只适合于小规模简单控制, 在联网中一般适合做从站使用。如日本 OMRON 公司生产的 C60P 就属于低档机。

### (2) 中档机

中档机具有较强的控制功能和较强的运算能力, 它不仅能完成一般的逻辑运算, 也能

完成比较复杂的三角函数、指数运算和 PID 运算。工作速度比较快，能带的输入/输出模块的数量和种类也比较多。这类可编程序控制器不仅能完成小型系统的控制，也可以完成较大规模的控制任务。在联网中可以做从站，也可以做主站。如德国西门子公司生产的 S7-300 就属于中档机。

### (3) 高档机

高档机具有强大的控制功能和强大的运算能力，它不仅能完成逻辑运算、三角函数运算、指数运算和 PID 运算，还能进行复杂的矩阵运算。工作速度很快，能配带的输入/输出模块的数量很多，种类也很全面。这类可编程序控制器不仅能完成中等规模的控制工程，也可以完成规模很大的控制任务。在联网中一般做主站使用。如德国西门子公司生产的 S7-400 就属于高档机。

## 1.3 PLC 的组成

PLC 本身就是一台适合工业现场使用的专用计算机，其硬件组成有下面 7 个部分，如图 1-1 所示。

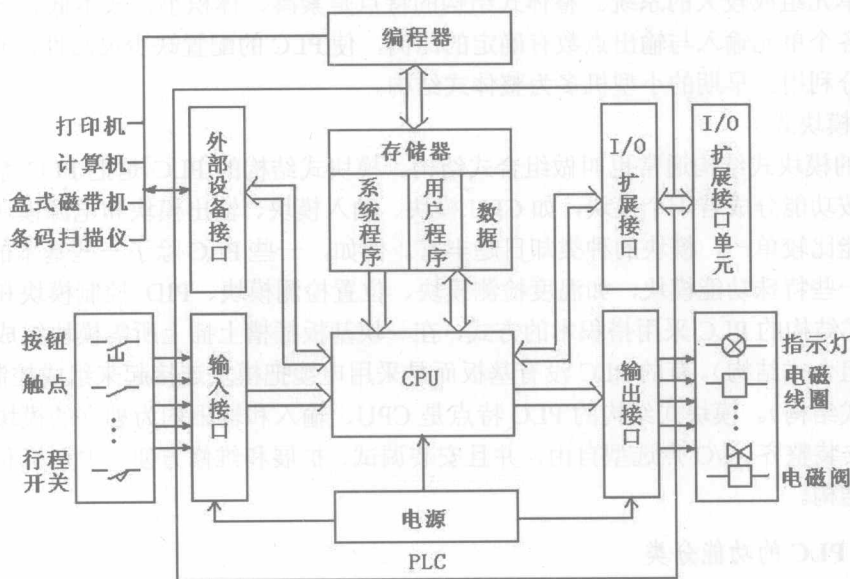


图 1-1 PLC 的组成

### 1. 中央处理器 (CPU)

CPU 是 PLC 的核心部件，主要用来运行用户程序、监控输入/输出接口状态以及进行逻辑判断和数据处理。CPU 用扫描的方式读取输入装置的状态或数据，从内存逐条读取用户程序，通过解释后按指令的规定产生控制信号，然后分时、分渠道地执行数据的存取、传送、比较和变换等处理过程，完成用户程序所设计的逻辑或算术运算任务，并根据运算

结果控制输出设备响应外部设备的请求以及进行各种内部诊断。

### 2. 存储器

PLC 的存储器可以分为两类，一类是系统程序存储器，主要存放系统管理、监控程序和用户程序编译程序，这类程序已由厂家固定，用户不能更改；另一类是用户程序及数据存储器，主要用于存放用户编制的应用程序和各种数据。

### 3. 电源

PLC 的电源是指为 CPU、存储器和 I/O 接口等内部电子电路工作所配备的直流开关电源。电源的交流输入端一般都有脉冲吸收电路，交流输入电压范围一般都比较宽，抗干扰能力比较强。电源的直流输出电压多为直流 5V 和直流 24V。直流 5V 电源供 PLC 内部使用，直流 24V 电源除供内部使用外还可以供输入/输出单元和各种传感器使用。

### 4. 输入/输出接口

输入/输出接口是 PLC 与现场输入/输出设备或其他外部设备之间的连接部件。PLC 通过输入接口把工业设备或生产过程的状态或信息（如按钮、各种继电器触点、行程开关和各种传感器等）读入中央处理单元。输出接口是将 CPU 处理的结果通过输出电路驱动输出设备（如指示灯、电磁阀、继电器和接触器等）。

### 5. 外部设备接口

PLC 的外部设备主要有编程器、操作面板、文本显示器和打印机等。

编程器接口是用来连接编程器的，PLC 本身通常是不带编程器的，为了能对 PLC 编程及监控，PLC 上专门设置有编程器接口，通过这个接口可以连接各种形式的编程装置，还可以利用此接口做通信和监控工作。操作面板和文本显示器不仅是用于显示系统信息的显示器，还是操作控制单元，它们可以在执行程序的过程中修改某个量的数值，也可直接设置输入或输出量，以便立即启动或停止一台外部设备的运行。打印机可以把过程参数和运行结果以文字形式输出。

外部设备接口可以把上述外部设备与 CPU 连接，以完成相应的操作。

除上述一些外部设备接口以外，PLC 还设置了存储器接口和通信接口。存储器接口是为扩展存储区而设置的，用于扩展用户程序存储区和用户数据参数存储区，可以根据使用的需要扩展存储器。通信接口是为在微机与 PLC、PLC 与 PLC 之间建立通信网络而设立的接口。

### 6. I/O 扩展接口

扩展接口用于扩展输入/输出单元，它使 PLC 的控制规模配置更加灵活，这种扩展接口实际上为总线形式，可以配置开关量的 I/O 单元，也可配置模拟量和高速计数等特殊 I/O 单元及通信适配器等。

## 1.4 PLC 的工作原理

PLC 是一种工业控制用的计算机，它的外形不像个人计算机，工作方式也与计算机差别很大。编程语言甚至工作原理都与个人计算机有所不同。

### 1. PLC 的扫描工作过程

PLC 的工作方式有周期扫描方式、定时中断方式、输入中断方式和通信方式等，最主要的方式是周期扫描方式。周期扫描方式大致可以分为 7 个过程，如图 1-2 所示。

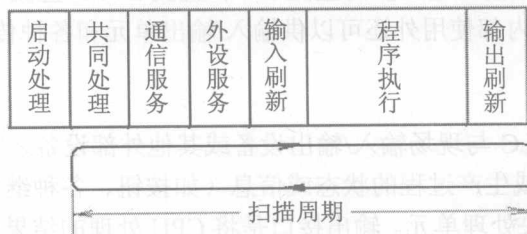


图 1-2 PLC 的工作过程

#### (1) 启动处理过程

PLC 启动后，要进行第一次启动的初始化处理。CPU 进行的初始化工作包括清除内部继电器区、复位所有的计时器和检查 I/O 单元的连接等。该过程所占用的时间为  $T_0$ 。

#### (2) 共同处理过程

在启动处理过程通过以后，要进到共同处理过程。共同处理的主要任务是复位监视计时器、检查 I/O 总线是否正常、检查扫描周期是否过长和检查程序存储器是否有异常等，如果有异常，则根据错误情况发出报警，输出或者停止 PLC 的运行。该过程所占用的时间为  $T_1$ 。

#### (3) 通信服务过程

当 PLC 和微机构成通信网络或由 PLC 构成分散系统时，需要有通信服务过程，该过程所占用的时间为  $T_2$ 。

#### (4) 外设服务过程

当 PLC 接有外部设备时，如编程器、打印机等，则需要进行外设服务过程。该过程所占用的时间为  $T_3$ 。

#### (5) 输入信号刷新过程

输入信号刷新过程为输入处理过程。输入处理过程将 PLC 全部输入端的通/断状态读进输入映像寄存器。在程序执行中，即使输入状态变化，输入映像寄存器的内容也不改变，直到下一扫描周期的输入处理阶段才读入这一变化。

输入信号刷新过程占用时间为  $T_4$ 。 $T_4$  和 PLC 所带的输入模块的种类和点数的多少有关。

### (6) 程序执行过程

程序执行过程用于执行用户程序，这个过程先从输入映像区读入输入端的信息，然后根据用户程序进行运算操作，并向输出映像区送出控制信息。

该过程执行用户程序存储器所存的指令，从输入映像寄存器和其他元件的映像寄存器中将有关元件的通/断状态读出后，从程序的第 0 步开始顺序的运算，每次结果都写入对应的映像寄存器中。因此，各元件的映像寄存器的内容随着程序的执行在不断变化（输入元件除外）。输出继电器的内部触点的动作由输出映像寄存器的内容决定。显然，程序执行的时间和 PLC 的速度、用户程序所用指令多少和指令种类有关。该过程占用的时间为  $T_5$ 。

### (7) 输出信号刷新过程

输出信号刷新过程为输出处理过程。输出处理过程将输出映像寄存器的通/断状态向输出锁存寄存器传送，成为 PLC 的实际输出。PLC 内的外部输出触点对输出元件的动作有一个响应时间，要一个延迟才能动作。

输出信号刷新过程占用的时间为  $T_6$ 。 $T_6$  和 PLC 所带的输出模块的种类和点数的多少有关。

可以看出，PLC 的扫描周期  $T$  和上述各个过程的关系为：

$$T = T_1 + T_2 + T_3 + T_4 + T_5 + T_6$$

扫描周期  $T$  在控制过程中是一个比较重要的技术指标。一般来说  $T$  越大表明扫描一次所需要的时间就越长，要求输入信号的宽度就应该越大，控制的周期就越长，控制的速度就要降低。

图 1-3 展示了 S7-300 系列 PLC 周期扫描方式的工作过程。上电后系统监控程序依次进行上电处理（由组织块 OB100 执行）、共同处理、通信服务和外设服务等查询和处理，然后启动循环监视时钟并启动循环扫描过程。

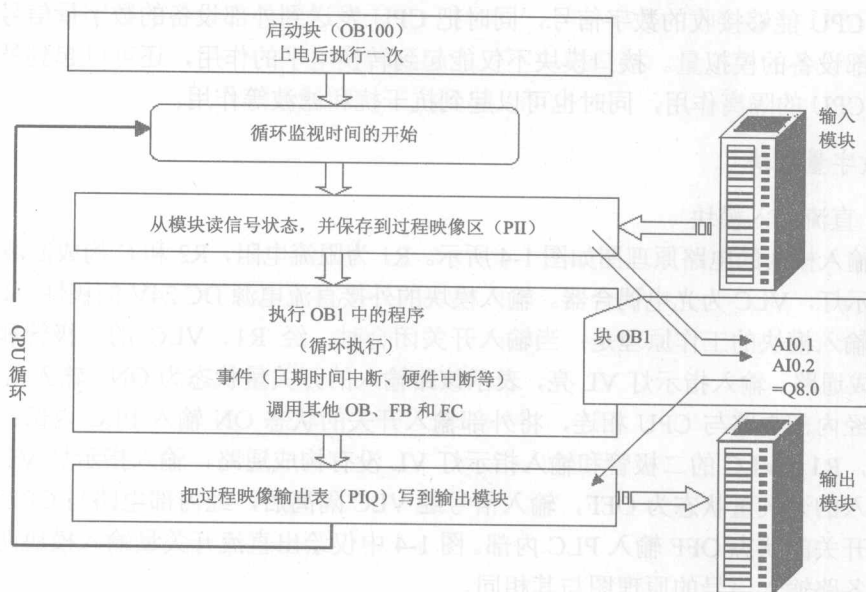


图 1-3 S7-300 系列 PLC 的工作过程

循环扫描过程开始, 首先进行输入刷新, 把输入模块送到输入映像区的信号读到 CPU, 然后调用循环扫描程序 OB1, 扫描并执行用户程序, 如把 I0.0 和 I0.1 的与赋给 Q8.0, 并把结果写到输出映像区。在输出刷新时, 把输出映像区写到输出模块。一次扫描结束后返回, 进行下一个循环。

## 2. PLC 的中断和子程序调用过程

PLC 除了循环扫描工作方式外, 还有中断和子程序调用工作方式, 这些方式的内容将在后面章节介绍。

# 1.5 PLC 的接口模块

输入模块用于处理输入信号, 对输入信号进行滤波、隔离和电平转换等, 把输入信号的逻辑值安全可靠地传递到 PLC 内部。输入模块有直流输入模块、交流输入模块和交直流输入模块。

输出模块用于把用户程序的逻辑运算结果输出到 PLC 外部, 输出模块具有隔离 PLC 内部电路和外部执行元件的作用, 还具有功率放大的作用。输出模块有晶体管输出模块、可控硅输出模块和继电器输出模块。

功能模块是一些智能化的输入/输出模块。如温度检测模块、位置检测模块、位置控制模块和 PID 控制模块等。

中央处理单元与输入/输出模块的连接是由输入接口和输出接口完成的。

PLC 的模拟量模块也是 CPU 和外部设备的连接器件, 其作用是把外部设备的模拟量信息转换成 CPU 能够接收的数字信号, 同时把 CPU 发送到外部设备的数字量信号转换成能够驱动外部设备的模拟量。接口模块不仅能起到转换电平的作用, 还可以起到外部设备的电信号与 CPU 的隔离作用, 同时也可以起到抗干扰和滤波等作用。

## 1. 数字量模块

### (1) 直流输入模块

直流输入模块的电路原理图如图 1-4 所示。R1 为限流电阻, R2 和 C 构成滤波电路, VL 为输入指示灯, VLC 为光电耦合器。输入模块的外接直流电源 DC 24V 的极性可以任意。

直流输入模块的工作原理是: 当输入开关闭合时, 经 R1、VLC 的二极管和输入指示灯 VL 构成通路, 输入指示灯 VL 亮, 表示该路输入的开关量状态为 ON, 输入信号经 VLC 隔离后, 经内部电路与 CPU 相连, 将外部输入开关的状态 ON 输入 PLC 内部; 当输入开关断开时, R1、VLC 的二极管和输入指示灯 VL 没有构成通路, 输入指示灯 VL 不亮, 表示该路输入的开关量状态为 OFF, 输入信号经 VLC 隔离后, 经内部电路与 CPU 相连, 将外部输入开关的状态 OFF 输入 PLC 内部。图 1-4 中仅绘出直流开关量输入模块两路输入信号, 其他各路输入信号的原理图与其相同。

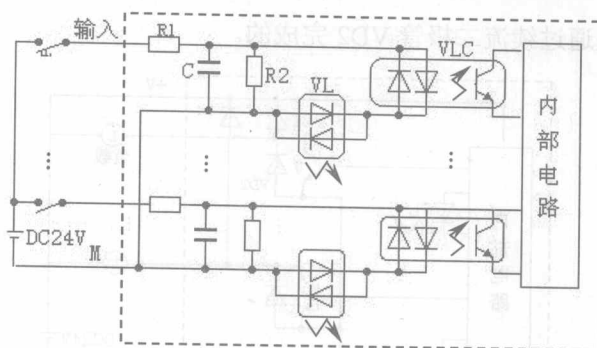


图 1-4 直流输入模块原理图

### (2) 交流输入模块

交流输入模块的电路原理图如图 1-5 所示。R1 为取样电阻，同时具有吸收浪涌的作用；C 为电容，具有隔离直流、接通交流的作用；R2 和 R3 对交流电压起到分压作用；VL 为输入指示灯，指示灯 VL 亮，表示该路输入的开关量的状态为 ON；VLC 为光电耦合器。

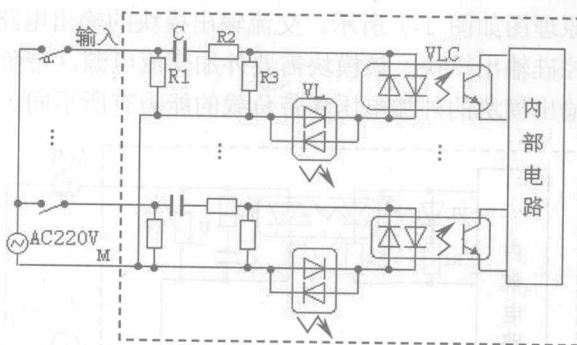


图 1-5 交流输入模块原理图

交流输入模块的工作原理是：当输入开关闭合时，光电耦合器的二极管导通，使光电耦合器的三极管也导通，输入信号经 VLC 隔离后，经内部电路与 CPU 相连，将外部输入开关的状态 ON 输入至 PLC 内部；当输入开关断开时，光电耦合器的二极管不发光，这时光电耦合器的三极管截止，输入信号经 VLC 隔离后，经内部电路与 CPU 相连，将外部输入开关的状态 OFF 输入至 PLC 内部。

### (3) 直流输出模块

直流输出模块原理图如图 1-6 所示。直流输出模块的输出电路采用晶体管驱动，所以也叫做晶体管输出模块。其输出方式一般为集电极输出，外加直流电源。其带负载的能力一般为每一个输出点为 0.5A 左右。晶体管输出模块开关速度比较快，使用寿命比较长。

直流输出模块的工作原理是：当 CPU 根据用户程序的运算把输出信号送入 PLC 的输出映像区后，通过内部电路把输出信号送出，输出位为 1 时，其对应的晶体管 V 导通，晶体管 V 导通，DC 24V 电源使负载 L 获得电流，二极管 VL 发光指示该位的输出为 ON 状态；输出位为 0 时，其对应的晶体管 V 截止，使负载 L 不会获得电流，二极管 VL 不发光指示该位的输出为 OFF 状态，当晶体管由导通变为截止时，如果负载中含有电感，电感中