



全国高等职业教育规划教材

# 西门子S7-300 PLC 基础与应用

主 编 吴 丽

副主编 刘玉宾



电子课件下载网址 [www.cmpedu.com](http://www.cmpedu.com)



机械工业出版社  
CHINA MACHINE PRESS

全国高等职业教育规划教材

# 西门子 S7-300 PLC 基础与应用

主 编 吴 丽

副主编 刘玉宾



机械工业出版社

本书以实际工程应用和便于教学使用为出发点,以西门子 S7-300 系列可编程序控制器(简称 PLC)为蓝本,主要介绍可编程序控制器的特点、结构组成、工作原理、内部存储区、指令系统、程序结构、编程软件使用、编程规则与技巧、控制系统设计与应用技术等。

本书以工作过程为导向安排内容,尽可能做到语言简捷、内容丰富、实用性强、理论联系实际,详细叙述了 PLC 的应用技术,并通过大量工程案例介绍 PLC 的设计方法和安装技巧。大部分章节都有相关技能训练,以突出实践技能和应用能力的培养。

本书适合作为电气自动化、楼宇智能化、机电一体化、机械设计与制造及相关专业“PLC 基础与应用”课程的教学用书,也可作为电气技术人员的参考书和培训教材。

本书配有授课电子教案,读者可以登录机械工业出版社教材服务网 [www.cmpedu.com](http://www.cmpedu.com) 注册后免费下载,或联系编辑索取(QQ: 81922385, 电话: (010) 88379739)。

## 图书在版编目(CIP)数据

西门子 S7-300 PLC 基础与应用 / 吴丽主编. —北京:机械工业出版社, 2011.3  
全国高等职业教育规划教材

ISBN 978-7-111-33160-5

I. ①西… II. ①吴… III. ①可编程序控制器—高等学校: 技术学校—教材 IV. ①TM571.6

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2011)第 010869 号

机械工业出版社(北京市百万庄大街 22 号 邮政编码 100037)

责任编辑: 石陇辉

责任印制: 李 妍

北京振兴源印务有限公司印刷

2011 年 3 月·第 1 版第 1 次印刷

184mm×260mm·14.75 印张·363 千字

0001—4000 册

标准书号: ISBN 978-7-111-33160-5

定价: 25.00 元

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

销售一部: (010) 68326294

门户网: <http://www.cmpbook.com>

销售二部: (010) 88379649

教材网: <http://www.cmpedu.com>

读者服务部: (010) 68993821

封面无防伪标均为盗版

# 全国高等职业教育规划教材

## 机电类专业编委会成员名单

主 任 吴家礼

副 主 任 任建伟 张 华 陈剑鹤 韩全立 盛靖琪 谭胜富

委 员 （按姓氏笔画排序）

|     |     |     |     |     |     |
|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
| 王启洋 | 王国玉 | 王晓东 | 代礼前 | 史新民 | 田林红 |
| 龙光涛 | 任艳君 | 刘靖华 | 刘 震 | 吕 汀 | 纪静波 |
| 何 伟 | 吴元凯 | 张 伟 | 李长胜 | 李 宏 | 李柏青 |
| 李晓宏 | 李益民 | 杨士伟 | 杨华明 | 杨 欣 | 杨显宏 |
| 陈文杰 | 陈志刚 | 陈黎敏 | 苑喜军 | 金卫国 | 奚小网 |
| 徐 宁 | 陶亦亦 | 曹 凤 | 盛定高 | 程时甘 | 韩满林 |

秘 书 长 胡毓坚

副秘书长 郝秀凯

## 出版说明

根据“教育部关于以就业为导向深化高等职业教育改革的若干意见”中提出的高等职业院校必须把培养学生动手能力、实践能力和可持续发展能力放在突出的地位,促进学生技能的培养,以及教材内容要紧密结合生产实际,并注意及时跟踪先进技术的发展等指导精神,机械工业出版社组织全国近 60 所高等职业院校的骨干教师对在 2001 年出版的“面向 21 世纪高职高专系列教材”进行了全面的修订和增补,并更名为“全国高等职业教育规划教材”。

本系列教材是由高职高专计算机专业、电子技术专业和机电专业教材编委会分别会同各高职高专院校的一线骨干教师,针对相关专业的课程设置,融合教学中的实践经验,同时吸收高等职业教育改革的成果而编写完成的,具有“定位准确、注重能力、内容创新、结构合理和叙述通俗”的编写特色。在几年的教学实践中,本系列教材获得了较高的评价,并有多品种被评为普通高等教育“十一五”国家级规划教材。在修订和增补过程中,除了保持原有特色外,针对课程的不同性质采取了不同的优化措施。其中,核心基础课程的教材在保持扎实的理论基础的同时,增加实训和习题;实践性较强的课程强调理论与实训紧密结合;涉及实用技术的课程则在教材中引入了最新的知识、技术、工艺和方法。同时,根据实际教学的需要对部分课程进行了整合。

归纳起来,本系列教材具有以下特点:

- 1) 围绕培养学生的职业技能这条主线来设计教材的结构、内容和形式。
- 2) 合理安排基础知识和实践知识的比例。基础知识以“必需、够用”为度,强调专业技术应用能力的训练,适当增加实训环节。
- 3) 符合高职学生的学习特点和认知规律。对基本理论和方法的论述容易理解、清晰简洁,多用图表来表达信息;增加相关技术在生产中的应用实例,引导学生主动学习。
- 4) 教材内容紧随技术和经济的发展而更新,及时将新知识、新技术、新工艺和新案例等引入教材。同时注重吸收最新的教学理念,并积极支持新专业的教材建设。
- 5) 注重立体化教材建设。通过主教材、电子教案、配套素材光盘、实训指导和习题及解答等教学资源的有机结合,提高教学服务水平,为高素质技能型人才的培养创造良好的条件。

由于我国高等职业教育改革和发展的速度很快,加之我们的水平和经验有限,因此在教材的编写和出版过程中难免出现问题和错误。我们恳请使用这套教材的师生及时向我们反馈质量信息,以利于我们今后不断提高教材的出版质量,为广大师生提供更多、更适用的教材。

机械工业出版社

# 前 言

可编程序控制器（简称 PLC）是以微处理器为基础，综合了计算机技术、自动控制技术和通信技术发展起来的一种新型、通用的工业自动控制装置。它具有高可靠性、配置扩充的灵活性等特点，且具有易于编程、使用维护方便等优点，在工业自动化控制的各个领域得到了广泛应用，它代表着控制技术的发展方向，被业界称为现代工业自动化的三大支柱之一。

近年来，PLC 的发展势头有增无减，新产品、新技术不断涌现，尤其是德国西门子的 SIMATIC S7 系列 PLC，具有功能强、性价比高等优点，能为自动化控制应用提供安全可靠和比较完善的解决方案，深受用户的欢迎，特别适合当前工业企业对自动化的需要。

本书以实际工程应用和便于教学使用为出发点，以西门子 S7-300 系列 PLC 为蓝本，以工作任务为导向安排内容，以基于工作过程的思想组织与编写内容，注重过程性知识讲解，适度介绍概念和原理，突出技能训练和能力培养，力争使本书满足“教、学、练、做”一体化的教学需要。

全书共 10 章，第 1 章介绍 PLC 的定义、基本结构、基本原理，西门子 S7 系列 PLC 的分类、S7-300 PLC 的工作过程、模块安装及默认地址；第 2 章介绍 STEP 7 编程软件的使用、编程规则与方法，以电动机控制为案例，用逻辑分析的方法介绍如何用 PLC 实现简单逻辑控制；第 3 章介绍基本逻辑指令、边沿检测指令的基本应用；第 4 章在介绍 S7-300 PLC 的定时器及 CPU 时钟存储器等预备知识的基础上，以人行横道的控制为案例，用时序分析的方法介绍如何用 PLC 实现时序控制；第 5 章在介绍置位指令和复位指令等预备知识的基础上，以抢答器和多级传送带控制为案例，分析如何实现类似物流传送（加工）系统的顺序起停控制；第 6 章在介绍计数器、比较指令、移位指令等预备知识的基础上，以多台电动机的单个按钮控制为案例，分析如何实现输入点的复用；第 7 章介绍转换指令、算术运算指令、字逻辑运算等功能指令的应用；第 8 章在介绍模拟量信号模块、模拟信号的处理等预备知识的基础上，以搅拌器系统的控制为案例，介绍如何实现对模拟量的采集与控制；第 9 章在介绍顺序控制系统、顺序功能图的结构、顺序功能图的梯形图编程方法、S7 GRAPH 语言等预备知识的基础上，分别以洗车控制系统设计、饮料灌装生产线控制系统设计为案例，介绍如何用梯形图实现选择性分支、并进分支流程的控制；第 10 章介绍 S7-300 PLC 的通信知识，说明如何运用 PROFIBUS 总线技术实现主站与从站之间的数据交换与传送。

本书尽可能做到语言简捷、内容丰富、实用性强、理论联系实际，详细叙述了 PLC 的应用技术，并通过大量工程案例介绍 PLC 的设计方法和安装技巧，大部分章节都有相关技能训练，以突出实践技能和应用能力的培养。

本书适合作为电气自动化、楼宇智能化、机电一体化、机械设计与制造及相关专业“PLC 基础与应用”课程的教学用书，也可作为电气技术人员的参考书和培训教材。

本书由黄河水利职业技术学院吴丽担任主编，并编写第 5~7 章，刘玉宾担任副主编，并编写第 2 章和第 3 章，胡健编写第 1 章、第 4 章和第 10 章，杜广朝编写第 8 章和第 9 章。

由于编者水平有限，书中难免存在错误和不妥之处，恳请广大读者批评指正。

编 者

# 目 录

出版说明

前言

|                                           |    |                                         |    |
|-------------------------------------------|----|-----------------------------------------|----|
| 第 1 章 PLC 的基本知识 .....                     | 1  | 2.3.3 PLC 系统的硬件组态及<br>程序编制 .....        | 33 |
| 1.1 PLC 概述 .....                          | 1  | 2.3.4 方案调试 .....                        | 42 |
| 1.1.1 PLC 的定义和基本结构 .....                  | 1  | 2.4 总结分析 .....                          | 44 |
| 1.1.2 PLC 的基本原理 .....                     | 3  | 2.4.1 PLC 控制与继电器-接触器<br>控制的区别 .....     | 44 |
| 1.2 S7-300 PLC 概述 .....                   | 7  | 2.4.2 PLC 系统的设计步骤 .....                 | 45 |
| 1.2.1 西门子 PLC 系列 .....                    | 7  | 2.4.3 PLC 设计项目的下载 .....                 | 46 |
| 1.2.2 S7-300 PLC 的组成 .....                | 9  | 2.4.4 仿真 PLC 与实际 PLC 的<br>区别 .....      | 46 |
| 1.2.3 CPU 的操作模式 .....                     | 11 | 2.5 习题 .....                            | 47 |
| 1.2.4 S7-300 PLC 的工作过程 .....              | 12 | 第 3 章 基本逻辑指令的应用 .....                   | 48 |
| 1.2.5 S7-300 PLC 的模块安装 .....              | 13 | 3.1 指令基础 .....                          | 48 |
| 1.2.6 S7-300 PLC 数字量信号模<br>块的系统默认地址 ..... | 17 | 3.1.1 指令的基本知识 .....                     | 48 |
| 1.3 习题 .....                              | 18 | 3.1.2 寻址方式和状态字 .....                    | 51 |
| 第 2 章 STEP 7 编程软件 .....                   | 19 | 3.2 触点与线圈 .....                         | 55 |
| 2.1 STEP 7 软件安装 .....                     | 19 | 3.3 基本逻辑指令 .....                        | 56 |
| 2.1.1 安装需求 .....                          | 19 | 3.3.1 逻辑“与”指令 .....                     | 56 |
| 2.1.2 安装 STEP 7 软件包 .....                 | 19 | 3.3.2 逻辑“或”指令 .....                     | 57 |
| 2.1.3 STEP 7 的授权管理 .....                  | 21 | 3.3.3 逻辑“异或”指令 .....                    | 58 |
| 2.1.4 STEP 7 软件在安装及使用<br>过程中的注意事项 .....   | 23 | 3.3.4 逻辑块的操作 .....                      | 58 |
| 2.1.5 STEP 7 软件的硬件更新与<br>版本升级 .....       | 25 | 3.3.5 信号流取反指令 .....                     | 59 |
| 2.2 SIMATIC 管理器 .....                     | 26 | 3.4 边沿检测指令 .....                        | 59 |
| 2.2.1 SIMATIC 管理器概述 .....                 | 26 | 3.4.1 RLO 的上升沿检测指令 .....                | 59 |
| 2.2.2 STEP 7 项目结构 .....                   | 27 | 3.4.2 RLO 的下降沿检测指令 .....                | 60 |
| 2.2.3 SIMATIC Manager 自定义<br>选项设置 .....   | 27 | 3.4.3 触点信号的上升沿检测指令 .....                | 61 |
| 2.2.4 PG/PC 接口设置 .....                    | 29 | 3.4.4 触点信号的下降沿检测指令 .....                | 61 |
| 2.3 技能训练 电动机起/停控制 .....                   | 30 | 3.5 技能训练 电动机的基本控制 .....                 | 62 |
| 2.3.1 用继电器-接触器控制三相<br>交流异步电动机起/停 .....    | 30 | 3.5.1 控制要求 .....                        | 62 |
| 2.3.2 用 PLC 控制三相交流异步<br>电动机起/停 .....      | 31 | 3.5.2 用 PLC 实现三相交流异步<br>电动机可逆旋转控制 ..... | 62 |
|                                           |    | 3.5.3 PLC 系统的硬件组态及程序<br>编制 .....        | 65 |

|              |                              |            |              |                              |            |
|--------------|------------------------------|------------|--------------|------------------------------|------------|
| 3.5.4        | 方案调试 .....                   | 69         | 6.2          | 数据传送指令 .....                 | 115        |
| 3.6          | 习题 .....                     | 70         | 6.3          | 比较指令 .....                   | 115        |
| <b>第 4 章</b> | <b>定时器的应用 .....</b>          | <b>72</b>  | 6.3.1        | 整数比较指令 .....                 | 115        |
| 4.1          | 定时器 .....                    | 72         | 6.3.2        | 双整数比较指令 .....                | 116        |
| 4.1.1        | 定时器指令 .....                  | 72         | 6.3.3        | 实数比较指令 .....                 | 117        |
| 4.1.2        | CPU 的时钟存储器 .....             | 80         | 6.4          | 移位指令 .....                   | 118        |
| 4.2          | 技能训练 人行横道控制 .....            | 81         | 6.4.1        | 基本移位指令 .....                 | 118        |
| 4.2.1        | 控制要求 .....                   | 81         | 6.4.2        | 循环移位指令 .....                 | 119        |
| 4.2.2        | 任务实施 .....                   | 82         | 6.5          | 技能训练 多台电动机单个<br>按钮控制 .....   | 120        |
| 4.2.3        | 方案调试 .....                   | 87         | 6.5.1        | 控制要求 .....                   | 120        |
| 4.3          | 总结分析 .....                   | 89         | 6.5.2        | 任务分析 .....                   | 120        |
| 4.3.1        | 常闭输入触点的处理 .....              | 89         | 6.5.3        | 任务实施 .....                   | 120        |
| 4.3.2        | 定时器扩展 .....                  | 90         | 6.6          | 总结分析 .....                   | 125        |
| 4.3.3        | 注意事项 .....                   | 90         | 6.6.1        | 顺序循环扫描方式带来的<br>问题及解决办法 ..... | 125        |
| 4.4          | 习题 .....                     | 91         | 6.6.2        | 启动组织块的应用 .....               | 126        |
| <b>第 5 章</b> | <b>置位与复位指令的应用 .....</b>      | <b>93</b>  | 6.6.3        | 计数器与定时器配合使用 .....            | 127        |
| 5.1          | 置位与复位 .....                  | 93         | 6.6.4        | 计数器的扩充 .....                 | 127        |
| 5.1.1        | 置位与复位指令 .....                | 93         | 6.7          | 习题 .....                     | 130        |
| 5.1.2        | RS 触发器指令与 SR 触发器<br>指令 ..... | 94         | <b>第 7 章</b> | <b>功能指令 .....</b>            | <b>132</b> |
| 5.2          | STEP 7 的程序结构 .....           | 96         | 7.1          | 数据装入、传输和转换<br>指令 .....       | 132        |
| 5.3          | 技能训练 1 抢答器的控制 .....          | 97         | 7.1.1        | 数据装入指令和传输指令 .....            | 132        |
| 5.3.1        | 控制要求 .....                   | 97         | 7.1.2        | 转换指令 .....                   | 136        |
| 5.3.2        | 任务分析 .....                   | 97         | 7.2          | 算术运算指令 .....                 | 139        |
| 5.3.3        | 任务实施 .....                   | 97         | 7.2.1        | 基本算术运算指令 .....               | 139        |
| 5.4          | 技能训练 2 多级传送带<br>控制 .....     | 101        | 7.2.2        | 扩展算术运算指令 .....               | 142        |
| 5.4.1        | 控制要求 .....                   | 101        | 7.3          | 字逻辑运算指令 .....                | 143        |
| 5.4.2        | 任务分析 .....                   | 101        | 7.4          | 技能训练 1 功能指令的<br>应用 .....     | 144        |
| 5.4.3        | 任务实施 .....                   | 102        | 7.4.1        | 转换指令的应用 .....                | 144        |
| 5.4.4        | 方案调试 .....                   | 108        | 7.4.2        | 求补指令的应用 .....                | 144        |
| 5.4.5        | 总结分析 .....                   | 109        | 7.4.3        | 运算指令的应用 .....                | 145        |
| 5.5          | 习题 .....                     | 110        | 7.4.4        | 移位指令的应用 .....                | 146        |
| <b>第 6 章</b> | <b>计数器的应用 .....</b>          | <b>111</b> | 7.4.5        | 循环指令的应用 .....                | 146        |
| 6.1          | 计数器指令 .....                  | 111        | 7.5          | 技能训练 2 节日彩灯控制 .....          | 147        |
| 6.1.1        | 加/减计数器 (S_CUD) .....         | 111        | 7.5.1        | 控制要求 .....                   | 147        |
| 6.1.2        | 加计数器 (S_CU) .....            | 112        | 7.5.2        | 任务分析 .....                   | 147        |
| 6.1.3        | 减计数器 (S_CD) .....            | 113        |              |                              |            |
| 6.1.4        | 线圈形式的计数器 .....               | 114        |              |                              |            |

|              |                                 |            |
|--------------|---------------------------------|------------|
| 7.5.3        | 任务实施 .....                      | 147        |
| 7.5.4        | 方案调试 .....                      | 150        |
| 7.6          | 习题 .....                        | 151        |
| <b>第 8 章</b> | <b>模拟量的控制 .....</b>             | <b>152</b> |
| 8.1          | 模拟量的处理 .....                    | 152        |
| 8.1.1        | 模拟量输入通道的量程<br>调节 .....          | 152        |
| 8.1.2        | 模拟量输入模块的接线 .....                | 153        |
| 8.1.3        | 模拟量输出模块的接线 .....                | 157        |
| 8.1.4        | 模拟量模块的系统默认<br>地址 .....          | 159        |
| 8.1.5        | 模拟量的表达方式及测量<br>值的分辨率 .....      | 159        |
| 8.1.6        | 在不同测量范围下模拟量<br>的表达式 .....       | 160        |
| 8.1.7        | 模拟量的规范化读入 .....                 | 160        |
| 8.1.8        | 模拟量的规范化输出 .....                 | 161        |
| 8.2          | 技能训练 搅拌器控制 .....                | 162        |
| 8.2.1        | 控制要求 .....                      | 162        |
| 8.2.2        | 任务分析 .....                      | 163        |
| 8.2.3        | 任务实施 .....                      | 163        |
| 8.2.4        | 调试运行 .....                      | 171        |
| 8.2.5        | 总结分析 .....                      | 173        |
| 8.3          | 习题 .....                        | 173        |
| <b>第 9 章</b> | <b>顺序控制系统控制方法的<br/>设计 .....</b> | <b>175</b> |
| 9.1          | 顺序控制系统 .....                    | 175        |
| 9.1.1        | 顺序控制 .....                      | 175        |
| 9.1.2        | 顺序控制系统的结构 .....                 | 176        |
| 9.2          | 顺序功能图 .....                     | 177        |
| 9.2.1        | 顺序功能图的结构 .....                  | 177        |
| 9.2.2        | 顺序功能图的类型 .....                  | 178        |
| 9.3          | 顺序功能图的梯形图编程<br>方法 .....         | 179        |
| 9.3.1        | 简单流程的编程 .....                   | 179        |
| 9.3.2        | 选择分支流程的编程 .....                 | 180        |
| 9.3.3        | 并进分支流程的编程 .....                 | 181        |
| 9.4          | S7 GRAPH 语言 .....               | 183        |

|               |                                    |            |
|---------------|------------------------------------|------------|
| 9.4.1         | 认识 S7 GRAPH 的语言<br>环境 .....        | 183        |
| 9.4.2         | 步与步的动作命令 .....                     | 186        |
| 9.4.3         | 在主程序中调用 S7 GRAPH<br>功能块 .....      | 190        |
| 9.5           | 技能训练 1 洗车控制 .....                  | 194        |
| 9.5.1         | 控制要求 .....                         | 194        |
| 9.5.2         | 任务分析 .....                         | 194        |
| 9.5.3         | 任务实施 .....                         | 195        |
| 9.5.4         | 方案调试 .....                         | 198        |
| 9.6           | 技能训练 2 饮料灌装生产线<br>控制 .....         | 199        |
| 9.6.1         | 控制要求 .....                         | 199        |
| 9.6.2         | 任务分析 .....                         | 200        |
| 9.6.3         | 任务实施 .....                         | 200        |
| 9.6.4         | 方案调试 .....                         | 202        |
| 9.7           | 习题 .....                           | 203        |
| <b>第 10 章</b> | <b>PLC 通信 .....</b>                | <b>205</b> |
| 10.1          | 西门子 PLC 网络 .....                   | 205        |
| 10.2          | PROFIBUS 总线技术 .....                | 206        |
| 10.2.1        | PROFIBUS 的组成 .....                 | 206        |
| 10.2.2        | PROFIBUS 协议结构 .....                | 207        |
| 10.2.3        | 传输技术 .....                         | 208        |
| 10.2.4        | PROFIBUS 总线连接器 .....               | 209        |
| 10.2.5        | PROFIBUS 介质存取<br>协议 .....          | 210        |
| 10.3          | PROFIBUS DP 设备分类 .....             | 211        |
| 10.4          | CPU 31x-2DP 之间的 DP<br>主从通信 .....   | 213        |
| 10.4.1        | PROFIBUS DP 系统结构 .....             | 213        |
| 10.4.2        | 组态智能从站 .....                       | 213        |
| 10.4.3        | 组态主站 .....                         | 216        |
| 10.4.4        | 连接从站 .....                         | 217        |
| 10.4.5        | 编辑通信接口区 .....                      | 217        |
| 10.4.6        | 简单编程 .....                         | 219        |
| 10.5          | PROFIBUS-DP 从站之间的<br>DX 方式通信 ..... | 219        |
| 10.5.1        | PROFIBUS 系统结构 .....                | 219        |
| 10.5.2        | 建立工作站 .....                        | 220        |

|        |                 |     |        |               |     |
|--------|-----------------|-----|--------|---------------|-----|
| 10.5.3 | 组态发送数据的从站 ..... | 220 | 10.5.7 | 编写读/写程序 ..... | 223 |
| 10.5.4 | 组态 DP 主站 .....  | 221 | 10.6   | 习题 .....      | 225 |
| 10.5.5 | 连接从站 .....      | 222 | 参考文献   | .....         | 226 |
| 10.5.6 | 组态接收数据的从站 ..... | 222 |        |               |     |

# 第1章 PLC 的基本知识

可编程序控制器（Programmable Logic Controller, PLC）是以微处理器为基础的通用工业控制装置，它综合了现代计算机技术、自动控制技术和通信技术，具有功能强大、使用方便、可靠性高、通用灵活和易于扩充等优点，特别适于在恶劣的工业环境中使用，是为了顺应现代制造业生产出小批量、多品种、多规格、低成本和高质量的产品要求而出现的，在交通、冶金、化工、制造、建筑、造纸、食品等行业得到了广泛应用。目前，可编程序控制器已成为现代工业自动化技术的三大支柱之一。

## 1.1 PLC 概述

### 1.1.1 PLC 的定义和基本结构

#### 1. PLC 的定义

自 1969 年美国数字设备公司（DEC）成功研制了第一台可编程序控制器 PDP-14 以来，随着计算机技术、自动控制技术和通信技术的发展，PLC 大致经历了 4 次更新换代，已经渗透到工业控制的各个领域。因此 PLC 的应用成为高职高专院校电气自动化专业和机电一体化专业的一门专业核心技能课程。

1987 年国际电工委员会（IEC）对可编程序控制器定义如下：“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。它采用了可编程序的存储器，用来在其内部存储执行逻辑运算、顺序控制、定时、计数和算术运算等面向用户的指令，并通过数字式和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的外围设备，都按易于与工业系统连成一个整体、易于扩充其功能的原则设计。”

#### 2. PLC 的基本结构

PLC 由中央处理单元（CPU）、存储器、输入单元、输出单元、通信单元、电源、扩展单元有机结合而成，如图 1-1 所示。根据结构形式不同，PLC 可以分为整体式和模块式两类。

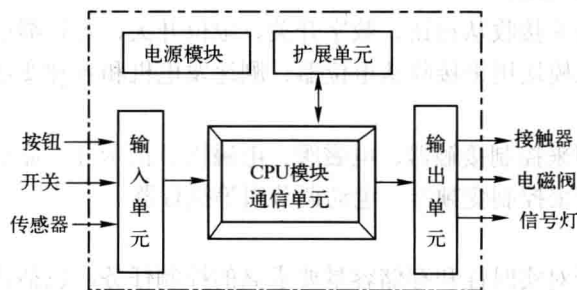


图 1-1 PLC 的基本结构

整体式 PLC 又称为单元式或箱体式，体积小、价格低、结构紧凑。一般小型 PLC 采用整体式，如西门子的 S7-200 系列 PLC。整体式 PLC 将 CPU 模块、I/O 模块和电源装在一个箱体内构成主机。需要时还提供许多 I/O 扩展模块供用户选用，另外配备许多专用的特殊功能模块，使 PLC 的功能得到扩展。

模块式 PLC 又称为组合式 PLC，由机架和模块组成，配置灵活。中、大型 PLC 常采用模块式，如西门子的 S7-300 和 S7-400 系列 PLC。模块式 PLC 将组成 PLC 的多个单元分别做成相应的模块，各模块可以灵活安插在机架上，通过总线相互联系，进行广泛地组合和扩展。

### (1) CPU 模块

CPU (Central Process Unit) 模块是 PLC 的核心部分，主要由微处理器 (CPU 芯片) 和存储器组成。CPU 模块在 PLC 系统中的作用类似于人的大脑和心脏，其主要任务是：接收输入的用户程序和数据，送入存储器存储；采集现场的输入信号，存入相应的数据区；监控和诊断电源、电路的工作状态和用户程序中的语法错误；执行用户程序，从存储器逐条读取用户指令并完成其功能；根据数据处理的结果刷新系统的输出。PLC 采用的 CPU 芯片随机型不同而异，芯片的性能决定了 PLC 处理信号的能力和速度。

存储器主要用来存储程序和数据，分为系统程序存储器、用户程序存储器和系统 RAM 存储区。系统程序存储器用来存放系统管理程序、用户指令解释程序和标准程序模块与系统调用程序，是由生产厂家编写并固化在 ROM 内的，用户不能直接更改；用户程序存储器用来存放用户根据控制任务编写的控制程序，可以是 RAM、EPROM 或 E<sup>2</sup>PROM 存储器，其内容可以由用户任意修改或删减；系统 RAM 存储区包括 I/O 映像区和系统软设备存储区，如逻辑线圈、定时器、计数器、数据寄存器、累加器等。

### (2) 电源模块

电源模块将输入的交流电转换为 CPU、存储器和 I/O 模块等需要的 DC 5V 工作电源，是整个 PLC 的能源供给中心，直接影响到 PLC 的功能和可靠性。电源模块还向外部提供 DC 24V 稳压电源，向传感器和其他模块供电。

### (3) 信号模块

信号模块是 PLC 与工业现场连接的接口，包括输入 (Input) 模块和输出 (Output) 模块，简称为 I/O 模块。其中开关量输入、输出模块分别称为 DI 模块和 DO 模块，模拟量输入、输出模块分别称为 AI 模块和 AO 模块。输入模块用来接收和采集现场的输入信号，输出模块用来控制输出负载，同时它们还有电平转换和隔离作用，使不同的过程信号电平和 PLC 内部的信号电平相匹配。

开关量输入模块用来接收从按钮、数字开关、限位开关、各种继电器等传送来的开关量输入信号，模拟量输入模块用来接收从电位器、测速发电机和各种变送器提供的连续变化的模拟量电压电流信号。

开关量输出模块用来控制接触器、电磁阀、电磁铁、指示灯、显示和报警装置等输出设备，模拟量输出模块用来控制变频器、电动调节阀等执行器。

### (4) 功能模块

功能模块主要用于对实时性和存储容量要求高的控制任务，包括计数器模块、电动机定位模块、闭环控制模块等。

### (5) 通信处理模块

通信处理模块用于 PLC 之间、PLC 与计算机和其他智能设备之间的通信, 可以将 PLC 接入 PROFIBUS-DP、As-i 和工业以太网, 或用于实现点对点连接等。

### (6) 编程设备

编程设备包括编程器和编程软件两类。使用编程器可以进行程序的编制、编辑、调试和监控。简易型编程器只能联机编程, 并且需要把梯形图转换成指令表才能输入。智能型编程器可以联机也可以脱机编程, 可以直接输入梯形图, 而且能通过屏幕对话。

使用编程软件可以在计算机上直接生成和编辑用户程序, 并且可以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, 也可以将 PLC 中的程序上传到计算机。

## 1.1.2 PLC 的基本原理

PLC 是一种工业控制计算机, 其工作原理却与计算机有所不同。PLC 最初是用于替代传统的继电器控制装置, 但与继电器控制系统的工作原理也有很大区别。

### 1. PLC 的工作原理

任何一个继电器控制系统从功能上都可以分为 3 部分: 输入部分 (按钮、开关、传感器等)、控制部分 (继电器、接触器连接成的控制电路)、输出部分 (被控对象, 如电动机、电磁阀、信号灯等)。这种系统是由导线硬连接起来实现控制程序的, 称为硬程序。

PLC 控制系统也分为 3 部分: 输入部分、控制部分和输出部分, 如图 1-2 所示。输入部分的作用是将现场输入信号送入 PLC, 再变成 CPU 能够接收的信号存入输入映像寄存器等待 CPU 输入采样, 然后进入控制部分进行运算; 输出部分的作用是将 PLC 的输出信号转存到输出映像寄存器等待输出刷新, 才能驱动被控对象。PLC 控制系统与继电器控制系统不同的地方主要是控制部分。

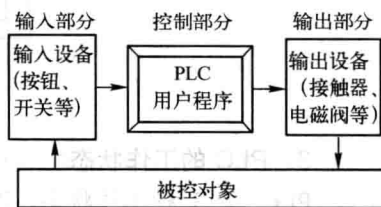


图 1-2 PLC 的控制系统图

PLC 控制系统的内部控制电路是由用户程序形成的, 是按照程序规定的逻辑关系, 对输入、输出信号的状态进行计算、处理和判断, 然后得到相应的输出。PLC 在执行用户程序时, 根据程序从首地址开始自上而下、从左到右逐行扫描执行, 并分别从输入映像寄存器、输出映像寄存器中读出有关元件的状态, 根据指令执行相应的逻辑运算, 把运算的结果写入对应的元件映像寄存器中保存, 同时把输出状态写入对应的输出映像寄存器中保存。

用户程序用触点和线圈实现逻辑运算, 如图 1-3 所示, 其逻辑关系如表 1-1 所示。

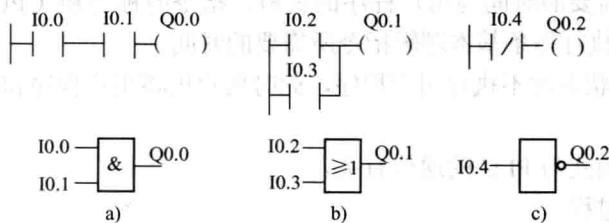


图 1-3 基本逻辑电路

a) 逻辑与 b) 逻辑或 c) 逻辑非

表 1-1 逻辑运算关系表

| 逻辑与            |      |      | 逻辑或            |      |      | 逻辑非                     |      |
|----------------|------|------|----------------|------|------|-------------------------|------|
| Q0.0=I0.0*I0.1 |      |      | Q0.1=I0.2+I0.3 |      |      | Q0.2= $\overline{I0.4}$ |      |
| I0.0           | I0.1 | Q0.0 | I0.2           | I0.3 | Q0.1 | I0.4                    | Q0.2 |
| 0              | 0    | 0    | 0              | 0    | 0    | 0                       | 1    |
| 0              | 1    | 0    | 0              | 1    | 1    | 1                       | 0    |
| 1              | 0    | 0    | 1              | 0    | 1    |                         |      |
| 1              | 1    | 1    | 1              | 1    | 1    |                         |      |

## 2. PLC 的工作方式

PLC 的工作方式是从 0000 号存储地址存放的第一条用户程序开始，在无中断或跳转的情况下，按存储地址号递增的方向顺序逐条执行用户程序，直到 END 指令结束；然后再从头开始，并周而复始地执行整个用户程序，直到停机或从运行（RUN）工作状态切换为停止（STOP）工作状态，这种执行程序的工作方式称为周期循环扫描工作方式。扫描过程如图 1-4 所示。

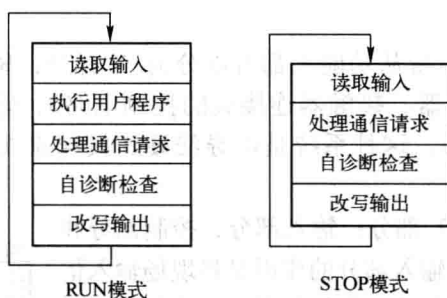


图 1-4 扫描过程

## 3. PLC 的工作状态

PLC 有 3 种工作状态，即运行（RUN）状态、停止（STOP）状态和终端（TERM）状态。运行状态是执行应用程序的状态，停止状态一般用于程序的编制和修改，不执行用户程序。显然两个不同的工作状态中要完成的扫描任务是不同的。

PLC 处于 RUN 状态时执行用户程序，“RUN”LED 亮。将 CPU 模块上的模式开关置于 RUN 位置时，PLC 上电后自动进入 RUN 模式。

PC 与 PLC 之间建立起通信连接后，若模式开关在 RUN 或 TERM 位置，可用编程软件中的命令改变 CPU 的工作模式。

PLC 在 RUN 工作状态时，每扫描一次程序所需要的时间称为扫描周期，一般不超过 100ms。指令执行所需要的时间与用户程序的长短、指令的种类和 CPU 执行速度有很大关系。PLC 厂家会给出执行每条基本逻辑指令所需要的时间。

PLC 处于 STOP 状态时不执行用户程序，此时用户可将用户程序和硬件设置信息下载到 PLC。

终端（TERM）模式与 PLC 的通信有关。

## 4. PLC 的工作过程

图 1-5 为 PLC 的工作过程图。PLC 上电或从 STOP 状态切换到 RUN 状态后，在系统程序的监控下，周而复始地按一定的顺序对系统内部的各种任务进行查询、判断和执行，这个

过程就是按顺序循环扫描的过程。

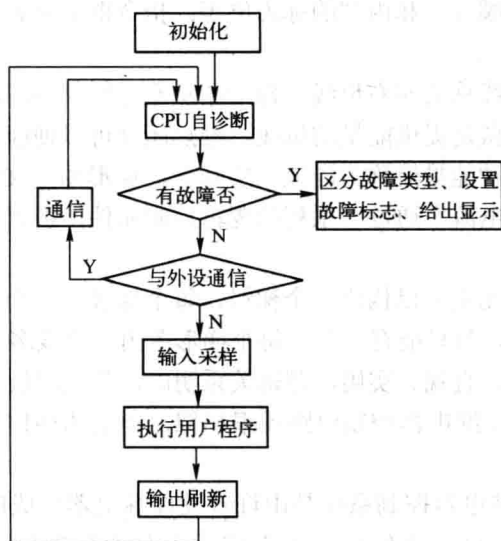


图 1-5 PLC 的工作过程

1) 初始化。PLC 上电后首先进行系统初始化，包括清除内部存储区、复位定时器等。

2) CPU 自诊断。PLC 在每个扫描周期都要进入自诊断阶段，对电源、PLC 内部电路、用户程序的语法进行检查；定期复位监控定时器等，确保系统的稳定。

3) 通信信息处理。在每个通信信息处理扫描阶段，PLC 进行 PLC 之间、PLC 与计算机之间的信息交换。

4) 与外部设备交换信息。PLC 与外部设备连接时，在每个扫描周期都要与外部设备交换信息。这些外部设备有编程器、终端设备、彩色显示器和打印机等。

5) 执行用户程序。PLC 在运行状态下，每一个扫描周期都要执行用户程序。在执行用户程序时，是以扫描的方式按顺序逐句处理的，扫描一条执行一条，并把运算处理结果存入输出映像区对应的位中。

6) 输入、输出信息处理。PLC 在运行状态下，每一个扫描周期都要进行输入、输出信息处理，以扫描的方式把外部输入信号的状态存入输入映像区，将运算处理后的结果存入输出映像区，直到传入外部被控设备。

## 5. PLC 的编程语言

PLC 是一种工业计算机，国内外不同厂家，甚至不同型号的 PLC 都有自己的编程语言。目前，PLC 常用的编程语言有梯形图编程语言、指令（语句）表编程语言、顺序功能图编程语言等。

### (1) 梯形图

梯形图编程语言简称梯形图。梯形图与继电器控制电路图很相似，很容易被工厂熟悉继电器控制的电气人员掌握，特别适合数字量逻辑控制系统，是在电气控制系统中常用的继电器、接触器逻辑控制基础上简化了符号演变而来的，用程序来代替继电器硬件逻辑连接。

梯形图由触点、线圈或指令框组成。触点代表逻辑输入条件，如外部的开关、按钮、传

传感器和内部条件等输入信号；线圈代表逻辑运算的结果，常用来控制外部的输出信号（如指示灯、交流接触器和电磁阀等）和内部的标志位等；指令框用来表示定时器、计数器和数学运算等功能指令。

梯形图左、右的竖直线称为左右母线。梯形图从左母线开始，经过触点和线圈，终止于右母线。可以把左母线看做是提供能量的母线。触点闭合可以使能量流到下一个元件；触点断开将阻止能量流过，这种能量流称为能流。实际上，梯形图是 CPU 效仿继电器控制电路图，使来自“电源”的“电流”通过一系列的逻辑控制元件，根据运算结果决定逻辑输出的模拟过程。

梯形图中，每个输出元素可以构成一个梯级，每个梯级由一个或多个支路组成，但最右边的元件只能是输出元件，且只能有一个。每个梯形图由一个或多个梯级组成。

梯形图编程语言形象、直观、实用，逻辑关系明确，是使用最多的 PLC 编程语言。

虽然 PLC 的梯形图与继电器控制电路图很相似，但是两种控制系统却有本质的区别，主要表现在以下几点。

1) 组成器件不同。继电器控制系统是由许多硬件继电器组成的，而梯形图是由许多所谓的“软继电器”组成。这些“软继电器”实质上是存储器的触发器，“软继电器”的“通”和“断”状态也就是触发器置“0”或置“1”的状态，因此不存在电弧、磨损和接触不良等故障。

2) 触点数量不同。硬继电器的触点数量是有限的，而梯形图中“软继电器”触点的通断是由对应的触发器的状态决定的，所以每只“软继电器”供编程使用的触点数是无限制的。

3) 控制方法不同。在继电器控制系统中，实现各种逻辑控制关系和连锁关系是通过硬接线来解决的；而 PLC 是通过梯形图即软件编程解决的。

4) 工作方式不同。继电器控制系统采用硬逻辑并行运行的方式，如果某个继电器的线圈通电或断电，无论该继电器的触点在控制系统的哪个位置，也无论是常开触点还是常闭触点，该继电器的所有触点都会立即同时动作。PLC 的 CPU 则采用顺序逻辑扫描用户程序的运行方式，如果一个输出线圈和逻辑线圈被接通或断开，该线圈的所有触点不会立即动作，必须等扫描到该触点时才会动作。

## (2) 指令表

指令表编程语言又称为语句表编程语言，它用一系列操作指令（即指令助记符）组成的指令表将控制流程描述出来。不同 PLC 厂家指令表所使用的指令助记符并不相同。

指令表是由若干条指令组成的程序，指令是程序的最小独立单元。每个操作功能由一条或几条指令来执行。PLC 的指令表达形式与计算机的指令表达形式很相似，也是由操作码和操作数两部分组成的。操作码用指令助记符表示，用来说明要执行的功能，告诉 CPU 应该进行什么操作，如与、或、非等逻辑运算，加、减、乘、除等算术运算，计时、计数、移位等控制功能。操作数一般由标识符和参数组成，标识符表示操纵数的类别，如表明输入继电器、输出继电器、定时器、计数器、数据寄存器等；参数表明操作数的地址或一个预先设定值。

## (3) 顺序功能图

对于一个复杂的控制系统，尤其是顺序控制系统，由于内部的连锁、互动关系极其复杂，用梯形图或指令表编程时梯形图往往数百行。如果在梯形图上不加注释，则梯形图的可

读性将会大大降低。

顺序功能图常用来编制复杂的顺序控制类程序，这种功能图也为调试、试运行带来许多方便，它包含步、动作和转换 3 个要素。先把一个复杂的控制过程分解为一些小的工作状态，即划分为以若干个顺序出现的步；步中包含控制输出的动作，根据一步到另一步的转换条件，再依照一定的顺序控制要求连接成整体的控制程序。

顺序功能图表达的顺序控制过程非常清晰，用于编程和故障诊断时更为有效，使 PLC 程序的结构更加易懂，特别适合生产制造过程。

## 1.2 S7-300 PLC 概述

### 1.2.1 西门子 PLC 系列

德国西门子公司的 PLC 在国内外具有较高的市场占有率，其主要产品有 S5、S7、C7、M7 及 WinAC 等几个系列。其中，S7 系列 PLC 于 1994 年面世，是西门子公司 PLC 市场的主流产品，分为 SIMATIC S7-200、SIMATIC S7-300 和 SIMATIC S7-400 几个子系列。

#### 1. SIMATIC S7-200 系列 PLC

SIMATIC S7-200 系列 PLC 是针对简单控制系统而设计的小型 PLC，采用集成式、紧凑型结构，一般适用于 I/O 点数为 100 点左右的单机设备或小型应用系统。S7-200CN PLC 是在 SIMATIC S7-200 PLC 的优良品质和卓越性能基础上专为中国用户开发的产品，于 2005 年 12 月 16 日在中国正式发布，具有与 SIMATIC S7-200 PLC 相同的功能及技术指标。典型的 SIMATIC S7-200 系列 PLC 如图 1-6 所示。

SIMATIC S7-200 系列 PLC 的编程软件为 STEP 7 MicroWin，截止到 2008 年 2 月，其最新版本为 STEP 7 MicroWin V4.0 SP6。STEP 7 MicroWin 从 V4.0 SP6 版本开始支持 Vista 系统，从 V3.2 开始即为多语言版本，可以通过“Option”选项直接选择中文界面。

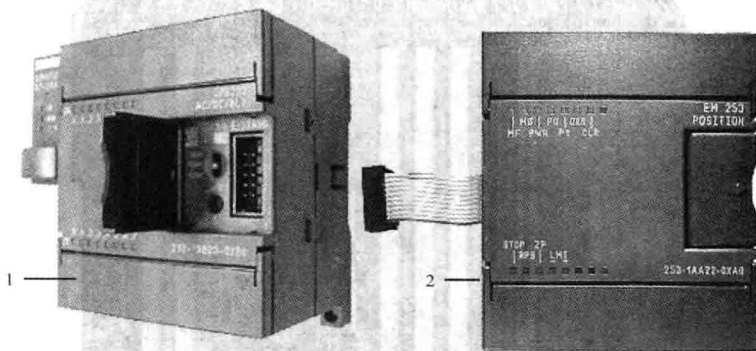


图 1-6 典型 SIMATIC S7-200 系列 PLC

1—基本模块 2—扩展模块

#### 2. SIMATIC S7-300 系列 PLC

SIMATIC S7-300 系列 PLC 是针对中小型控制系统而设计的中型 PLC，采用模块化、无风扇结构，一般适用于 I/O 点数为 1000 点左右的集中或分布式中小型控制系统。典型 SIMATIC S7-300 系列 PLC 系统如图 1-7 所示。