



21 世纪 高 等 院 校 电 气 信 息 类 系 列 教 材

# S7-200 PLC

## 原理与应用系统设计

张 扬 蔡春伟 孙明健 编著  
曲延滨 审



机械工业出版社  
CHINA MACHINE PRESS



21 世纪高等院校电气信息类系列教材

# S7-200 PLC 原理与应用 系统设计

张 扬 蔡春伟 孙明健 编著  
曲延滨 审



机械工业出版社

本书以西门子公司的 S7-200 系列 PLC 为例,介绍了 PLC 应用系统的硬件部分和软件部分。主要包括 PLC 模块和硬件系统配置(包括外围设备),指令系统、软件设计基础、应用软件设计等。通过应用系统设计实例,使读者尽快地学会并掌握 PLC 应用系统的设计方法。

本书可作为高等学校自动化、电气工程、电子信息、机电一体化专业的教材,也可供工程技术人员自学或作为培训教材使用。

## 图书在版编目(CIP)数据

S7-200 PLC 原理与应用系统设计/张扬等编著. —北京:机械工业出版社, 2007. 7

(21 世纪高等院校电气信息类系列教材)

ISBN 978-7-111-21657-5

I. S… II. 张… III. 可编程序控制器—高等学校—教材 IV. TP332.3

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2007)第 088183 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:李馨馨 版式设计:冉晓华

责任校对:陈延翔 责任印制:杨 曦

北京四季青印刷厂印刷 (三河市兴旺装订厂装订)

2007 年 10 月第 1 版第 1 次印刷

184mm × 260mm · 24 印张 · 596 千字

0001—5000 册

标准书号:ISBN 978-7-111-21657-5

定价:35.00 元

凡购本书,如有缺页、倒页、脱页,由本社发行部调换  
销售服务热线电话:(010) 68326294

购书热线电话:(010) 88379639 88379641 88379643

编辑热线电话:(010) 88379739

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育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、适合教学的专业材料。

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师生使用。

机械工业出版社

# 前 言

可编程控制器 (PLC) 是以微处理器为核心的通用工业自动控制装置。它具有控制功能强、可靠性高、使用灵活方便、易于扩展、通用性强等一系列优点, 不仅可以取代继电器控制系统, 还可以进行复杂的生产过程控制和应用干工厂自动化网络。因此, 学习和掌握 PLC 应用技术已成为工程技术人员的迫切要求。

目前市面上 PLC 的品种繁多, 但其应用系统的工作原理、基本结构和设计思想基本相似, 所以本书仅介绍一种典型产品——西门子 S7-200 系列 PLC, 书中的所有内容都围绕一系列的 PLC 展开。通过对典型产品的分析, 使读者对该系列的 PLC 有一个深入的了解, 这样读者在应用其他系列或厂家的 PLC 时, 基于各种 PLC 本质上的同一性, 就可以明显缩短学习过程。

本书内容安排始终贯穿建立 PLC 应用系统的思想, 将内容分解成硬件和软件两大部分, 其中包括了 PLC 通信网络的建立, 内容范围涵盖了建立 PLC 应用系统所必需的 PLC 控制系统原理、PLC 模块、硬件系统配置 (包括外围设备)、指令系统、软件设计基础、应用系统设计等各个方面, 最后通过实例向读者说明了如何建立一个完整的 PLC 应用系统。

书中内容按照化整为零的思想进行编排, 由浅入深, 由分散到集中, 从单台 PLC 到 PLC 网络, 从指令学习、简单编程到利用计算机编制 PLC 应用软件, 能够比较容易地使初学者将硬件和软件结合起来, 最终学会设计一个可用于实际的 PLC 应用系统。

全书共分 8 章。第 1 章简单比较了继电器控制系统与 PLC 控制系统, 并介绍了 PLC 控制系统的组成。第 2 章介绍了 PLC 控制系统的硬件配置。第 3 章详细介绍了 S7-200 系列 PLC 的指令系统。第 4 章介绍了编程软件和仿真软件的使用方法。第 5 章介绍了 PLC 应用系统的软件设计方法。第 6 章介绍了 PLC 的通信网络。第 7 章综合介绍了 PLC 应用系统设计、安装与维护。第 8 章给出了 PLC 应用系统的设计实例。

本书第 1~3 章以及附录 A 由蔡春伟编写, 第 4~6 章以及附录 B、附录 C 由张扬编写, 第 7~8 章由孙明健编写, 全书由张扬统稿, 曲延滨审稿。

本书在编写的过程中参阅了西门子公司和其他同仁的大量资料, 在此表示衷心的感谢。

由于编者水平有限, 书中不足之处请读者批评指正。

编 者

# 目 录

## 出版说明

## 前言

|                                                       |     |
|-------------------------------------------------------|-----|
| <b>第 1 章 绪论</b> .....                                 | 1   |
| 1.1 从继电器控制系统到 PLC 控制系统 .....                          | 1   |
| 1.2 PLC 控制系统的组成 .....                                 | 2   |
| 1.2.1 硬件组成 .....                                      | 3   |
| 1.2.2 软件组成 .....                                      | 5   |
| <b>第 2 章 PLC 硬件系统配置</b> .....                         | 7   |
| 2.1 PLC 基本模块介绍 .....                                  | 7   |
| 2.1.1 主控模块 .....                                      | 7   |
| 2.1.2 数字量 I/O 模块 .....                                | 11  |
| 2.1.3 模拟量 I/O 模块 .....                                | 12  |
| 2.1.4 智能模块 .....                                      | 12  |
| 2.1.5 模块间的连接方法 .....                                  | 13  |
| 2.2 PLC 模块选取的基本原则 .....                               | 13  |
| 2.2.1 主控模块的选择 (CPU) .....                             | 14  |
| 2.2.2 数字量 I/O 模块的选择 .....                             | 16  |
| 2.2.3 模拟量 I/O 模块的选择 .....                             | 18  |
| 2.3 I/O 地址的分配 .....                                   | 19  |
| 2.3.1 S7-200 PLC 的 I/O 地址的分配<br>方法 .....              | 19  |
| 2.3.2 I/O 地址分配举例 .....                                | 19  |
| <b>第 3 章 PLC 的编程语言与指令系统</b> .....                     | 21  |
| 3.1 PLC 的编程语言 .....                                   | 21  |
| 3.2 存储器的数据类型与寻址格式 .....                               | 22  |
| 3.2.1 数据类型 .....                                      | 22  |
| 3.2.2 寻址方式 .....                                      | 23  |
| 3.3 S7-200 PLC 指令系统的基本概念与<br>约定 .....                 | 26  |
| 3.4 基本逻辑指令 .....                                      | 29  |
| 3.4.1 位逻辑指令 .....                                     | 29  |
| 3.4.2 定时器指令 .....                                     | 37  |
| 3.4.3 计数器指令 .....                                     | 41  |
| 3.5 S7-200 系列 PLC 基本功能指令 .....                        | 43  |
| 3.5.1 传送类指令 .....                                     | 45  |
| 3.5.2 比较指令 .....                                      | 48  |
| 3.5.3 数字运算类指令 .....                                   | 50  |
| 3.5.4 逻辑操作指令 .....                                    | 55  |
| 3.5.5 移位与循环移位指令 .....                                 | 58  |
| 3.5.6 表指令 .....                                       | 62  |
| 3.5.7 转换指令 .....                                      | 68  |
| 3.5.8 时钟指令 .....                                      | 73  |
| 3.5.9 功能指令的编程思路 .....                                 | 74  |
| 3.6 程序控制类指令及应用 .....                                  | 74  |
| 3.6.1 循环指令 .....                                      | 75  |
| 3.6.2 跳转指令 .....                                      | 76  |
| 3.6.3 子程序指令 .....                                     | 77  |
| 3.6.4 中断指令 .....                                      | 80  |
| 3.7 高速计数及脉冲输出指令 .....                                 | 86  |
| 3.7.1 高速计数器的模式、输入端口 .....                             | 87  |
| 3.7.2 高速计数器指令 .....                                   | 90  |
| 3.7.3 高速计数器的编程操作 .....                                | 90  |
| 3.7.4 高速计数器应用举例 .....                                 | 92  |
| 3.7.5 高速脉冲输出 .....                                    | 93  |
| 3.8 比例/积分/微分 (PID) 回路控制<br>指令 .....                   | 102 |
| <b>第 4 章 STEP 7-Micro/WIN 编程软件的<br/>  使用与仿真</b> ..... | 107 |
| 4.1 编程软件的安装、功能与窗口组件 .....                             | 107 |
| 4.2 通信参数的设置与在线连接的建立 .....                             | 110 |
| 4.3 STEP 7-Micro/WIN 中帮助功能的使用与<br>出错信息处理 .....        | 111 |
| 4.4 STEP 7-Micro/WIN 编程软件的<br>使用 .....                | 115 |
| 4.5 程序的状态监控与调试 .....                                  | 117 |
| 4.5.1 基于程序编辑器的状态监视 .....                              | 117 |
| 4.5.2 用状态表监视与调试程序 .....                               | 119 |
| 4.6 在 RUN 模式下编辑用户程序 .....                             | 120 |
| 4.7 使用系统块配置 S7-200 CPU 的<br>参数 .....                  | 121 |
| 4.8 STEP 7-Micro/WIN V4.0 的软件<br>仿真 .....             | 125 |

## 第5章 PLC应用系统的软件设计与

### 开发 ..... 128

#### 5.1 PLC应用系统软件设计与开发的过程 ..... 128

##### 5.1.1 应用系统软件设计的基本要求和基本原则 ..... 128

##### 5.1.2 软件设计与开发的一般过程 ..... 129

#### 5.2 应用系统的软件设计 ..... 130

##### 5.2.1 功能分析与设计 ..... 130

##### 5.2.2 I/O信号及数据结构分析与设计 ..... 131

##### 5.2.3 应用系统软件设计的内容 ..... 132

#### 5.3 PLC应用程序的设计方法与步骤 ..... 133

##### 5.3.1 常用的程序设计方法 ..... 133

##### 5.3.2 PLC程序设计的步骤与流程图 ..... 157

#### 5.4 PLC应用系统中的基本电路 ..... 160

##### 5.4.1 定时器应用电路 ..... 160

##### 5.4.2 计数器应用电路 ..... 165

##### 5.4.3 自锁与互锁电路 ..... 167

##### 5.4.4 其他典型应用电路 ..... 169

## 第6章 PLC的通信网络 ..... 172

### 6.1 通信网络基础 ..... 172

#### 6.1.1 数据的传输与通信方式 ..... 172

#### 6.1.2 传输介质 ..... 175

#### 6.1.3 差错控制技术 ..... 177

#### 6.1.4 串行通信接口标准 ..... 178

### 6.2 西门子PLC网络 ..... 181

#### 6.2.1 西门子PLC网络概述 ..... 181

#### 6.2.2 S7-200与西门子PLC网络的连接 ..... 184

### 6.3 S7-200的通信网络 ..... 186

#### 6.3.1 S7-200系列PLC支持的通信协议 ..... 186

#### 6.3.2 S7-200系列PLC组网的硬件支持及性能参数 ..... 189

#### 6.3.3 PPI通信网络的配置 ..... 190

#### 6.3.4 自由口通信的配置 ..... 196

#### 6.3.5 S7-200系列PLC与PLC之间的通信例程 ..... 204

#### 6.4 S7-200系列PLC与计算机之间的通信 ..... 218

#### 6.5 S7-200PLC与人机界面的通信 ..... 224

##### 6.5.1 概述 ..... 224

##### 6.5.2 适用于S7-200的人机界面 ..... 225

##### 6.5.3 TD200文本显示器 ..... 227

##### 6.5.4 文本显示向导的使用 ..... 229

##### 6.5.5 OPC Server软件——PC Access ..... 236

### 6.6 USS和Modbus从站指令库 ..... 243

#### 6.6.1 使用USS协议库控制MicroMaster变频器 ..... 243

#### 6.6.2 Modbus协议库的使用 ..... 251

### 6.7 调制解调器模块EM241 ..... 256

## 第7章 PLC应用系统设计、安装与

### 维护 ..... 259

#### 7.1 PLC应用系统设计的基本原则和步骤 ..... 259

##### 7.1.1 PLC应用系统设计的基本原则 ..... 259

##### 7.1.2 系统设计和调试的主要步骤 ..... 260

#### 7.2 PLC应用系统的硬件设计 ..... 262

##### 7.2.1 PLC型号的选择 ..... 262

##### 7.2.2 I/O模块的选择 ..... 266

##### 7.2.3 输入/输出点的配置 ..... 269

#### 7.3 PLC应用系统的软件设计方法及实例 ..... 273

##### 7.3.1 PLC应用系统的软件设计 ..... 273

##### 7.3.2 设计举例 ..... 274

#### 7.4 PLC的安装 ..... 286

##### 7.4.1 安装应遵守的技术规范 ..... 286

##### 7.4.2 S7-200安装的一般要求 ..... 287

##### 7.4.3 S7-200的安装工艺 ..... 289

##### 7.4.4 通信网络元器件的安装 ..... 291

#### 7.5 PLC应用系统的维护与故障诊断 ..... 292

#### 7.6 提高PLC应用系统可靠性的措施 ..... 296

## 第8章 PLC应用系统设计实例 ..... 300

#### 8.1 PLC在全自动洗衣机控制系统中的应用 ..... 300

#### 8.2 大小球分选机控制 ..... 307

#### 8.3 双恒压无塔供水控制系统设计 ..... 315

#### 8.4 薄刀式分切压痕机控制系统 ..... 330

## 附录 ..... 342

### 附录A 常用的PLC的外围装置、设备与接口 ..... 342

### 附录B S7-200的SIMATIC指令集简表 ..... 360

### 附录C S7-200系列PLC的特殊存储器(SM)标志位 ..... 365

## 参考文献 ..... 378

# 第 1 章 绪 论

## 1.1 从继电器控制系统到 PLC 控制系统

在可编程序控制器诞生之前,继电器控制系统已广泛地应用于工业生产的各个领域。继电器控制系统通常可以看成是由输入电路、继电器控制电路、输出电路和生产现场这 4 部分组成的。其中输入电路部分是由按钮、行程开关、限位开关、传感器等构成,用以向系统送入控制信号。输出电路部分是由接触器、电磁阀等执行元器件构成,用以控制各种被控制对象,如电动机、电炉、阀门等。继电器控制电路部分是控制系统的核心部分,它通过导线将各个分立的继电器、电子元件连接起来对工业现场实施控制。生产现场是指被控制的对象(如电动机等)或生产过程。继电器控制系统的结构框图如图 1-1 所示。

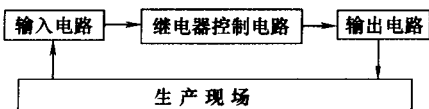


图 1-1 继电器控制系统的结构框图

继电器控制系统在传统的工业生产中曾起着不可替代的重要作用,随着生产规模的逐步扩大,继电器控制系统已愈来愈难以适应现代工业生产的控制要求。因为继电器控制电路通常是针对某一固定的动作顺序或生产工艺而设计的。它的控制功能也仅仅局限于逻辑控制、定时、计数等一些简单的控制,一旦动作顺序或生产工艺发生变化,就必须重新进行设计、布线、装配和调试。显然,这样的控制系统已无法满足竞争日益激烈的市场需要。这就迫使人们放弃原来已占统治地位的继电器控制系统,研制可以替代继电器控制系统的新型工业控制系统。

出于上述的考虑,美国通用汽车公司(GM)于 1968 年提出了公开招标研制新型的工业控制器设想,第二年,即 1969 年美国数字设备公司(DEC)就研制出了世界上第一台可编程序控制器。在这一时期,可编程序控制器虽然采用了计算机的设计思想,但实际上只能完成顺序控制,仅有逻辑运算、定时、计数等顺序控制功能。所以人们将可编程序控制器称为 PLC(Programmable Logical Controller),也称为可编程序逻辑控制器。

20 世纪 70 年代末至 80 年代初,微处理器技术日趋成熟,使可编程序控制器的处理速度大大提高,增加了许多特殊功能,如浮点运算、函数运算、查表等。这样可编程序控制器不仅可以进行逻辑控制,还可以对模拟量进行控制。因此,美国电气制造协会(NEMA, National Electrical Manufacturers Association)将之正式命名为 PC(Programmable Controller)。值得注意的是,因为个人计算机的简称也是 PC(Personal Computer),有时为了避免混淆,人们习惯上仍将可编程序控制器简称为 PLC(尽管这是早期的名称)。

20 世纪 80 年代后,随着大规模和超大规模集成电路的迅猛发展,以 16 位和 32 位微处理器构成的微机化可编程序控制器得到了惊人的发展,使之在概念、设计、性能价格比等方面有了重大的突破。可编程序控制器具有了高速计数、终端技术, PID 控制等功能,同时联网通信能力也得到了加强,这些都使得可编程序控制器的应用范围和领域不断扩大。为使这



一新型的工业控制装置的生产和发展规范化，国际电工委员会（IEC）制定了 PLC 的标准，并给出了它的定义：

“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命令，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的设备，都应按易于与工业控制系统联成一个整体，易于扩充功能的原则而设计。”

综上所述，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通用工业自动控制装置。这种装置具有体积小、功能强、程序设计简单、灵活通用、维护方便等优点，特别是它的高可靠性和较强的适应恶劣工业环境的能力，得到了用户的公认和好评。经过短短的几十年发展，现已成为现代工业控制的三大支柱（PLC、机器人和 CAD/CAM）之一，被广泛地应用于机械、冶金、化工、交通、电力等领域中。

以 PLC 作为控制器的 PLC 控制系统从根本上改变了传统的继电器控制系统的工作原理和方式。继电器控制系统的控制功能是通过采用硬件接线的方式来实现的。而 PLC 控制系统的控制功能是通过存储程序来实现的，不仅可以实现开关量控制，还可以进行模拟量控制、顺序控制。另外，它的定时和计数的功能也远比继电器控制系统强，一般可以为用户提供几十个甚至上百个定时器、计数器。随着计算机和通信技术的发展，现代的 PLC 控制系统已远不是几十年前的那个样子，PLC 的控制从早期的单机控制发展到多机控制，实现了工厂自动化。尽管现代的 PLC 控制系统已发生了很大的变化，但是从自动控制的角度来看，PLC 控制系统与传统的继电器控制系统在结构上仍有相似之处，现以集中型的 PLC 控制系统为例说明集中型 PLC 控制系统与继电器控制系统在结构上的相同之处和不同之处。这对于初学者理解 PLC 控制系统的工作原理是有帮助的，集中型 PLC 控制系统的结构如图 1-2 所示。

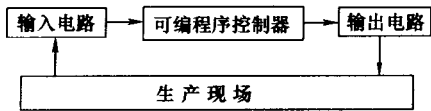


图 1-2 集中型 PLC 控制系统的结构框图

将图 1-2 与图 1-1 相比，就会发现 PLC 控制系统与继电器控制系统的输入、输出部分基本相同，输入电路也都是由按钮、开关、传感器构成的，输出电路也都是由接触器、执行器、电磁阀构成的。不同的是继电器控制系统的控制线路被 PLC 中的程序所替代，这样一旦生产工艺发生变化，只需修改程序就可以了。正是上述原因，PLC 控制系统除了可以完成传统继电器控制系统所具有的全部功能外，还可以实现模拟量控制、开环或闭环过程控制，甚至多级分布式控制。随着微电子技术的进一步发展，PLC 的成本也在降低，传统的继电器控制系统被 PLC 控制系统所代替已是必然趋势。

## 1.2 PLC 控制系统的组成

PLC 控制系统同一般的计算机控制系统一样，也是由硬件和软件两大部分组成的，硬

件是指 PLC 本身及其外围设备, 软件是指管理 PLC 的系统软件、PLC 的应用程序。

### 1.2.1 硬件组成

PLC 控制系统的硬件是由 PLC、输入/输出 (I/O) 电路及外围设备等组成的。系统规模的大小可根据实际应用的需要而定。下面对构成控制系统的主要部分进行简要介绍。

#### 1. PLC 系统 (简称 PLC)

##### (1) 主控模块

除了早期生产的整体式 PLC (PLC 的各个部件都在同一个机壳内) 外, 目前市场上多数的 PLC 都已采用模块化的结构 (PLC 的各个部件独立封装, 称之为模块)。在 PLC 中各个模块均通过系统总线相互连接起来构成一个系统, 在这个系统中最核心的模块是主控模块 (也称 CPU 模块), 它包括: CPU、存储器、通信接口等部分。

1) CPU: CPU 是 PLC 的控制中枢, 它由控制器和运算器组成。其中, 控制器是用来统一指挥和控制 PLC 工作的部件。运算器则是运行逻辑、算术等运算的部件。PLC 在 CPU 的控制下使整个机器有条不紊地协调工作, 以实现对现场各个设备的控制。

CPU 的具体作用如下:

- ① 执行、接收、存储用户程序的操作指令。
- ② 以扫描方式接收来自输入单元的数据和状态信息, 并存入相应的数据存储区。
- ③ 执行监控程序和用户程序。完成数据和信息的处理, 产生相应的内部控制信号, 完成用户指令规定的各种操作。
- ④ 响应外部设备 (如编程器、打印机) 的请求。

PLC 中所采用的 CPU 随机型的不同而不同, 通常有三种: 通用微处理器 (如 8086、80286、80386 等)、单片机芯片、位片式微处理器。

一般说来, 小型 PLC 大多采用 8 位微处理器或单片机作为 CPU, 如 Z80A、8085、8031 等, 具有价格低、普及通用性好等优点。

对于中型的 PLC, 大多采用 16 位微处理器或单片机作为 CPU, 如, Intel 8086、Intel 96 系列单片机, 具有集成度高、运算速度快、可靠性高等优点。

对于大型 PLC, 大多采用高速位片式微处理器, 具有灵活性强、速度快、效率高的优点。

目前, 一些厂家生产的 PLC 中, 还采用了冗余技术, 即采用双 CPU 或三 CPU 工作, 进一步提高了系统的可靠性。采用冗余技术可使 PLC 的平均无故障工作的时间达几十万小时以上。

2) 存储器: PLC 系统中的存储器主要用于存放系统程序、用户程序和工作状态数据。

① 系统程序存储区: 采用 PROM 或 EPROM 芯片存储器。它是由生产厂家直接存放的, 用户不能随意访问和修改这部分存储器的程序。

② 存储器区: 工作数据是 PLC 运行过程中经常变化的、需要随机存取的一些数据。这些数据一般不需要长久保存, 因此采用随机存储器 RAM。数据存储区包括输入、输出数据映像区, 定时器/计数器预置数和当前值的数据。

③ 用户程序存储区: 用于存放用户经编程器或计算机输入的应用程序。一般采用 EPROM 或 EEPROM 存储器, 用户可擦除重新编程。用户程序存储器的容量一般就代表 PLC

的标称容量。通常，小型机小于 8KB，中型机小于 50KB，而大型机可以在 50KB 以上。

3) 通信接口：主控模块通常有一个或一个以上的通信接口（简称通信口），用以与计算机、编程器相连，实现编程、调试、运行、监视等功能。

(2) 输入/输出模块

PLC 的控制对象是工业生产过程，它与工业生产过程的联系是通过 I/O 模块实现的。生产过程有许多控制变量，如温度、压力、液位、速度、电压、开关量、继电器状态等。因此，需要有相应的 I/O 模块作为 CPU 与工业生产现场的桥梁，且这些模块应具有较好的抗干扰能力。

输入/输出模块包括开关量输入/输出模块、模拟量输入/输出模块、交流信号输入/输出模块、220V 交流输入/输出模块，还有智能模块。智能模块本身带有 CPU、存储器和监控系统，可独立完成各种运算。智能模块的种类很多，如高速计数模块、PID 调节的模拟量控制模块、阀门控制模块、智能存储模块和智能 I/O 模块。

下面仅举两个例子来说明 I/O 模块与 CPU 的连接方式。

1) 开关量输入模块：PLC 中的 CPU 和一般微机一样，所能接收、存储和传送的只是 TTL 标准电平的二进制信号。开关量输入设备类型很多，如无源触点、传感器的晶体管集电极开路信号等，其信号可能是交流电压、直流电压等。因此，输入模块要能将生产现场的信号进行电平和格式的转换。开关量输入电路如图 1-3 所示。

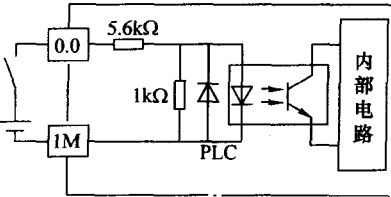


图 1-3 开关量输入电路

图 1-3 是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，输入电路电流为数毫安，1M 是同一组输入点内部输入电路的公共点。当外接触点接通时，光耦器中两个反并联的发光二极管一个亮，光敏三极管导通；外接触点断开时，光耦器的发光二极管熄灭，光敏三极管截止，信号经内部电路传送给 CPU 模块。

2) 开关量输出模块：输出模块的任务是将 CPU 输出的 TTL 二进制控制信息转化为生产现场所需的，能驱动各种特定设备的控制信号，以驱动各执行机构动作。

通常，PLC 输出有三种形式：一种是继电器输出型，CPU 输出时接通或断开继电器的线圈，继电器的触点闭合或断开，通过继电器触点控制外电路的通断；另一种是晶体管输出型，通过光耦合使开关晶体管截至或饱和导通以控制外部电路；第 3 种是双向晶闸管输出型，采用的是光触发型双向晶闸管。继电器信号输出电路如图 1-4 所示。

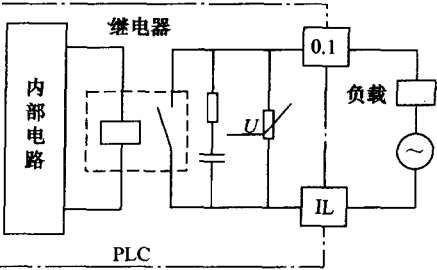


图 1-4 继电器信号输出电路

继电器同时起着隔离和功率放大的作用，每一路只给用户提供一对常开触点。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。

(3) 电源模块

该模块将交流电源转换成 CPU 存储器等所需的直流电源，是整个 PLC 系统的能源供给中心，它直接影响到 PLC 的功能和可靠性。目前，大多数 PLC 采用高质量的开关式稳压电源，与普通电源相比，PLC 的电源工作稳定性好，抗干扰能力也强。有些机器的电源除了

供内部电路使用外，还向外提供 DC 24V 的稳压电源，用于外部传感器的需要，这样就避免了因外部电源不合格而引起的外部故障。

## **2. I/O 电路**

PLC 的基本功能就是控制，它采集被控制对象的各种信号，经过 PLC 处理后，通过执行装置实现控制。输入电路就是对被控制对象（需要进行控制的机器、设备或生产过程）进行检测、采集、转换和输入。另外，安装在控制台上的按钮、开关等也可以向 PLC 传送控制指令。输出电路的功能就是接受 PLC 输出的控制信号，对被控对象执行控制任务。

## **3. PLC 外围设备**

PLC 的外围设备很多，基本功能是对信息和数据的处理。常用的有编程器、可编程终端、打印机、条码读入机等。编程器是 PLC 的重要外围设备之一，它可以将用户编写的程序送到 PLC 的用户程序存储器。因此，它的主要任务是输入程序、调试程序和监控程序的执行过程。可编程终端是兼有 I/O 功能的 PLC 人机界面产品，它可以通过触摸屏将信息输入到 PLC 中，也可以将 PLC 的输出数据和信息显示在屏幕上。

### **1.2.2 软件组成**

PLC 控制系统的软件主要包括系统软件、应用软件。系统软件由 PLC 制造商固化在机内，用于控制 PLC 的运作；用户程序由使用者编制并输入，用于控制外部对象的运行。

#### **1. 系统软件**

系统软件主要包括三部分。第一部分为系统管理程序，它控制 PLC 的运行，使整个 PLC 按部就班地工作。第二部分为用户指令解释程序，通过用户指令解释程序，将 PLC 的编程语言变为机器语言指令，再由 CPU 执行这些指令。第三部分为标准程序模块与系统调用，包括许多不同功能的子程序及其调用管理程序，如完成输入、输出及特殊运算等的子程序。

##### **(1) 系统管理程序**

系统管理程序是系统软件中最重要的部分，主管控制 PLC 的运作。其作用包括三个方面：一是运行管理，控制 PLC 何时输入、何时输出、何时计算、何时自检、何时通信等时间上的分配管理；二是存储空间管理，即生成用户环境，用于规定各种参数、程序的存放地址，将用户使用的数据参数、存储地址转换为实际的数据格式及物理存放地址，将有限的资源变为用户很方便的可直接使用的元件，例如，它可将有限个 CTC 扩展为上百个用户时钟和计数器，通过这部分程序，用户看到的就不是实际机器存储地址和 CTC 的地址了，而是按照用户数据结构排列的元件空间和程序存储空间；三是系统自检程序，它包括各种系统出错检验、用户程序语法检验、句法检验、警戒时钟运行等。

##### **(2) 用户指令解释程序**

用户指令解释程序是联系高级程序语言和机器码的桥梁。众所周知，任何计算机最终执行的都是机器语言指令，但用机器语言编程却是非常复杂的事情。PLC 可用梯形图语言编程，把使用者直观易懂的梯形图变成机器语言，这就是解释程序的任务。解释程序将梯形图逐条翻译成相应的机器语言指令，再由 CPU 执行这些指令。

##### **(3) 标准程序模块及系统调用**

标准程序模块和系统调用由许多独立的程序块组成，各程序块具有不同的功能，有些完

成输入、输出处理，有些完成特殊运算等。PLC 的各种具体工作都是由这部分程序来完成的。这部分程序的多少决定了 PLC 性能的强弱。

整个系统软件是一个整体，其质量很大程度上影响了 PLC 的性能。很多情况下，通过改进系统软件就可在不增加任何设备的条件下大大改善 PLC 的性能，例如，S7-200 系列 PLC 在推出后，西门子公司不断地将其系统软件进行改进完善，使其功能越来越强。

## **2. 用户程序**

用户程序即应用程序，是 PLC 的使用者针对具体控制对象编制的程序。根据不同的控制要求编制不同的程序，这相当于改变 PLC 的用途，相当于设计和改变继电器控制设备的硬接线线路，也就是所谓的“可编程序”。程序既可由编程器方便地送入到 PLC 内部的存储器中，也能方便地通过编程器读出、检查与修改。

## 第 2 章 PLC 硬件系统配置

### 2.1 PLC 基本模块介绍

PLC 的大多数产品采用先进的模块化结构,大致可以分为主控模块、电源模块、扩展存储模块、开关量模块、模拟量模块、温度模块、高速计数模块、位置控制模块、通信模块等。在进行系统配置时,只需根据用户的实际需要选取所需的模块进行组合,便可实现用户的要求。

本章介绍 S7-200 及其各种模块,在此基础上介绍硬件系统的配置原则、模块的选取及地址的分配,为读者在实际应用中进行正确的选型提供参考。

#### 2.1.1 主控模块

主控模块就是人们通常所说的 CPU 模块,在 PLC 控制系统中,主控模块是系统中最重要模块,PLC 程序的输入、运行和输出都离不开该模块。

S7-200 CPU 模块将一个微处理器、一个集成电源和数字量 I/O 点集成在一个紧凑的封装中,从而形成了一个功能强大的微型 PLC,参见图 2-1。

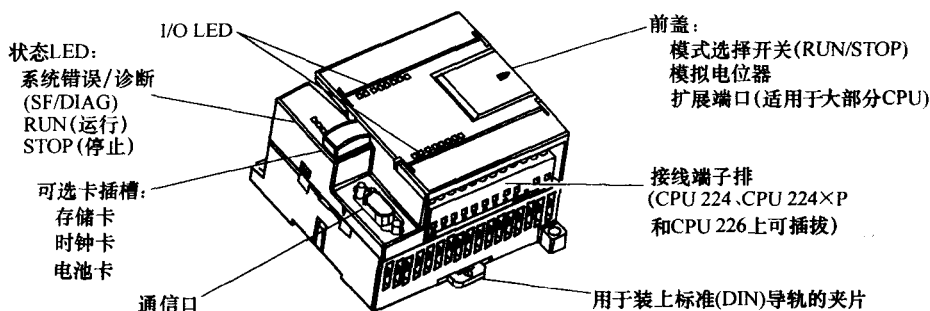


图 2-1 S7-200 CPU 模块

S7-22X 系列 PLC 有 5 种 CPU 模块, CPU 模块共有的技术指标和各 CPU 模块特有的技术指标分别见表 2-1 和表 2-2。表 2-3、表 2-4 和表 2-5 分别为电源、数字量输出和数字量输入的技术指标。

CPU221 无扩展功能,适用于小点数的微型控制器。CPU222 有扩展功能, CPU224 是具有较强控制功能的控制器, CPU224XP 和 CPU226 适用于复杂的中小型控制系统。

S7-200 CPU 的指令功能强,有传送、比较、移位、循环移位、产生补码、调用子程序、脉冲宽度调制、脉冲序列输出、跳转、数制转换、算术运算、字逻辑运算、浮点数运算、开平方、三角函数和 PID 控制指令等,采用主程序、最多 8 级子程序和中断程序的程序结构,用户可使用 1~255ms 的定时中断。用户程序可设三级口令保护,监控定时器(看门狗)的定时时间为 300ms。

表 2-1 S7-200 CPU 模块共同的技术指标

|                   |                      |
|-------------------|----------------------|
| 用户存储器类型           | EEPROM               |
| 最大数字量 I/O 映像区     | 128 点入, 128 点出       |
| 最大模拟量 I/O 映像区     | 32 点入, 32 点出         |
| 内部标志位 (M 寄存器)     | 256 位                |
| 掉电永久保存            | 112 位                |
| 超级电容或电池保存         | 256 位                |
| 定时器总数             | 256 个                |
| 1ms 定时器           | 4 个                  |
| 10ms 定时器          | 16 个                 |
| 100ms 定时器         | 236 个                |
| 计数器总数 (超级电容或电池保存) | 256 个                |
| 布尔量运算执行速度         | 0.37 $\mu$ s/指令      |
| 字传送指令执行速度         | 34 $\mu$ s/指令        |
| 定时器/计数器执行速度       | 50 ~ 64 $\mu$ s/指令   |
| 单精度数学运算执行速度       | 46 $\mu$ s/指令        |
| 实数运算执行速度          | 100 ~ 400 $\mu$ s/指令 |
| 顺序控制继电器           | 256 点                |
| 定时中断              | 2 个, 1ms 分辨率         |
| 硬件输入边沿中断          | 4 个                  |
| 可选滤波时间输入          | 7 个, 0.2 ~ 12.8ms    |

数字量输入中有 4 个用于硬件中断, 6 个用于高速功能。32 位高速加/减计数器的最高计数频率为 30kHz, 可对增量式编码器的两个互差 90°的脉冲列计数, 计数值等于设定值或计数方向改变时产生中断, 在中断程序中可及时对输出进行操作。两个高速输出可输出最高 20kHz、频率和宽度可调的脉冲列。

RS-485 串行通信口的外部信号与逻辑电路之间不隔离, 支持 PPI、DP/T、自由通信口协议和点对点 PPI 主站模式, 可作 MPI 从站。PPI/MPI 的波特率为 9.6Kbit/s、19.2Kbit/s 和 187.5Kbit/s; 自由口协议的波特率为 0.3Kbit/s、0.6Kbit/s、1.2Kbit/s、2.4Kbit/s、4.8Kbit/s、9.6Kbit/s、19.2Kbit/s 和 38.4Kbit/s。单段网络最大电缆长度: 38.4Kbit/s 时为 1200m, 187.5Kbit/s 时为 1000m。每个网络最多 126 个站, 最多 32 个主站。MPI 共有 4 个连接, 2 个分别保留给编程器 (PG) 和操作员面板 (OP)。通信接口可用于与运行编程软件的计算机通信, 与人机接口 TD 200 和 OP 通信, 以及 S7-200 CPU 之间的通信。通过自由通信口协议, 可与其他设备进行串行通信。通过 AS-I 通信接口模块, 可接入 496 个远程数字量输入/输出点。

表 2-2 S7-200 CPU 模块的主要技术指标

| 特    性                   | CPU221            | CPU222      | CPU224         | CPU224XP               | CPU226       |
|--------------------------|-------------------|-------------|----------------|------------------------|--------------|
| 外形尺寸/mm                  | 90×80×62          | 90×80×62    | 120.5×80×62    | 120.5×80×62            | 190×80×62    |
| 用户程序大小                   |                   |             |                |                        |              |
| 可以在运行模式下编辑               | 4096              | 4096        | 8192           | 12288                  | 16384        |
| 非运行模式下编辑                 | 4096              | 4096        | 12288          | 16384                  | 24576        |
| 数据存储区                    | 2048              | 2048        | 8192           | 10240                  | 10240        |
| 掉电保持时间/h                 | 50                | 50          | 100            | 100                    | 100          |
| 本机数字量 I/O                | 6 入/4 出           | 8 入/6 出     | 14 入/10 出      | 24 入/10 出              | 24 入/16 出    |
| 本机模拟量 I/O                | 无                 | 无           | 无              | 2 入/1 出                | 无            |
| 数字量 I/O 映像区              | 256 (128 入/128 出) |             |                |                        |              |
| 模拟量 I/O 映像区              | 无                 | 16 入/16 出   | 32 入/32 出      |                        |              |
| 扩展模块数量                   | —                 | 2 个         | 7 个            |                        |              |
| 高速脉冲输出                   | 2 个 (20kHz)       | 2 个 (20kHz) | 2 个 (20kHz)    | 2 个 (10kHz)            | 2 个 (20kHz)  |
| 高速计数器                    | 4 个               |             | 6 个 (每个 30kHz) | 6 个                    | 6 个          |
| 单相                       | 4 个 30kHz         |             | 6 个 30kHz      | 4 个 30kHz 或 2 个 200kHz | 6 个 30kHz    |
| 双相                       | 2 个 20kHz         |             | 4 个 20kHz      | 3 个 30kHz 或 1 个 200kHz | 2 个 20kHz    |
| 模拟量调节电位器                 | 1 个, 8 位分辨率       |             | 2 个, 8 位分辨率    |                        |              |
| 脉冲捕捉                     | 6                 | 8           | 14             |                        | 24           |
| 实时时钟                     | 有 (时钟卡)           | 有 (时钟卡)     | 有              | 有                      | 有            |
| RS-485 通信口               | 1                 | 1           | 1              | 2                      | 2            |
| DC 24V 电源 CPU 输入电流/最大负载  | 80mA/450mA        | 86mA/500mA  | 110mA/700mA    | 120mA/900mA            | 150mA/1050mA |
| AC 240V 电源 CPU 输入电流/最大负载 | 15mA/60mA         | 20mA/70mA   | 30mA/100mA     | 35mA/100mA             | 40mA/160mA   |

注: CPU224 ~ CPU226 的 7 个扩展模块中, 最多只能有 2 个智能扩展模块 EM227。

表 2-3 电源的技术指标

| 特    性            | 24V 电源         | AC 电源                |
|-------------------|----------------|----------------------|
| 电源电压允许范围/V        | 20.4 ~ 28.8    | 85 ~ 264V, 47 ~ 63Hz |
| 冲击电流/A            | 10 (28.8V)     | 20, 254              |
| 隔离 (输入电源到逻辑电路)    | 不隔离            | 耐压 1500V             |
| 断开电源后的保持时间/ms     | 10 (24V)       | 80 (240V)            |
| DC 24V 传感器电源输出    | 不隔离            | 不隔离                  |
| 电压范围/V            | 15.4 ~ 28.8    | 20.4 ~ 28.8          |
| 纹波噪声              | 来自输入电源         | 峰峰值 < 1V             |
| 电源的内部熔断器 (用户不能更换) | 3A, 250V, 慢速熔断 | 2A, 250V, 慢速熔断       |



表 2-4 S7-200 数字量输出技术指标

| 特 性                                                               | DC 24V 输出<br>(不包括 CPU224XP)                                                               | DC 24V 输出<br>(CPU224XP)                                                                      | 继电器型输出                                                                   |
|-------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------|
| 输出电压额定值<br>输出电压允许范围                                               | DC 24V<br>DC 20.4 ~ 28.8V                                                                 | DC 24V<br>DC 20.4 ~ 28.8V (Q0.0 ~ Q0.4)<br>DC 5 ~ 28.8V (Q0.0 ~ Q0.4)                        | DC 24V 或 AC 250V<br>DC 5 ~ 30V, AC 5 ~ 250V                              |
| 输出逻辑 1 信号的电压<br>逻辑 0 信号                                           | 最小电流, DC 20V<br>DC 0.1V (10k $\Omega$ 负载时)                                                | L + 减 0.4V, 最大电流<br>DC 0.1V, 10k $\Omega$ 负载                                                 | —                                                                        |
| 逻辑 1 信号最大电流<br>逻辑 0 信号最大电流<br>灯负载<br>接通状态电阻<br>浪涌电流<br>每个公共端的额定电流 | 0.75A (电阻负载)<br>10 $\mu$ A<br>5W<br>0.3 $\Omega$ , 最大 0.6 $\Omega$<br>最大 8A (100ms)<br>6A | 0.75A (电阻负载)<br>10 $\mu$ A<br>5W<br>0.3 $\Omega$ , 最大 0.6 $\Omega$<br>最大 8A (100ms)<br>3.75A | 2A (电阻)<br>—<br>DC 30W/AC 200W<br>新品最大 0.002 $\Omega$<br>触点闭合时 7A<br>10A |
| 光隔离<br>隔离电阻<br>电阻 (逻辑到接点)                                         | AC 500V (1min)<br>—<br>—                                                                  | AC 500V (1min)<br>—<br>—                                                                     | —<br>新品最小 100M $\Omega$<br>AC 1500V (1min)                               |
| 感性嵌位电压                                                            | L + 减 DC 48V (1W 功耗)                                                                      | —                                                                                            | —                                                                        |
| 从关断到接通最大延时<br>从接通到关断最大延时<br>切换最大延时                                | Q0.0 和 Q0.1 为 2 $\mu$ s, 其他 15 $\mu$ s<br>Q0.0 和 Q0.1 为 10 $\mu$ s, 其他 130 $\mu$ s<br>—   | Q0.0 和 Q0.1 为 0.5 $\mu$ s, 其他 15 $\mu$ s<br>Q0.0 和 Q0.1 为 1.5 $\mu$ s, 其他 130 $\mu$ s<br>—   | —<br>—<br>10ms                                                           |
| 非屏蔽电缆长度<br>屏蔽电缆长度                                                 | 150m<br>500m                                                                              |                                                                                              |                                                                          |
| DC 5V 电能消耗<br>从 L + 端的电能消耗<br>L + 线圈电压范围                          | 50mA<br>—<br>—                                                                            | 50mA<br>—<br>—                                                                               | 40mA<br>接通时每点 9mA<br>DC 20.4 ~ 28.8V                                     |
| 继电器输出开关延时<br>触点机械寿命<br>额定负载时触点寿命                                  | —<br>—<br>—                                                                               | —<br>—<br>—                                                                                  | 最大 10ms<br>1000000 次, 无负载<br>100000 次, 额定负载                              |

用户数据存储器可永久保存, 或用超级电容器和电池保持。超级电容器充电 20min, 可充 60% 的电量。可选的存储器可永久保存程序、数据和组态信息, 可选的电池卡保存数据的时间典型值为 200 天。

DC 输出型有高速脉冲输出, 边沿中断为 4 个上升沿或 4 个下降沿。

S7-200 的 DC 输出型电路用场效应晶体管 (MOSFET) 作为功率放大元件, 继电器输出型用继电器触点控制外部负载。