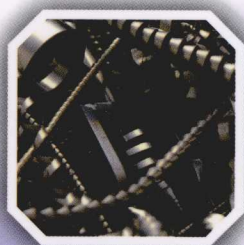


高职高专机电类规划教材

# S7-200 西门子 PLC 基础教程

■ 王淑英 主编



人民邮电出版社  
POSTS & TELECOM PRESS

高职高专机电类规划教材

# S7-200 西门子 PLC 基础教程

王淑英 主 编

人民邮电出版社  
北 京

## 图书在版编目 (CIP) 数据

S7-200 西门子 PLC 基础教程 / 王淑英主编. — 北京: 人民邮电出版社, 2009.4 (2010.8 重印)  
高职高专机电类规划教材  
ISBN 978-7-115-19392-6

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

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2009) 第 017138 号

## 内 容 提 要

本书以能力培养为目标,力求突出 PLC 技术的实用性,从实际应用角度出发组织教材内容。

本书共分 9 章,以 S7-200 系列 PLC 为例,介绍了 PLC 的结构及编程软件的使用、PLC 的基本指令、PLC 程序设计方法、顺序控制设计中梯形图的编程方法、PLC 的应用指令、PLC 应用系统的设计、PLC 在逻辑控制系统中的应用举例、可编程序控制器网络及通信等内容。

本书可作为高职高专机电类专业教材,也可供相关人员参考使用。

高职高专机电类规划教材

## S7-200 西门子 PLC 基础教程

- 
- ◆ 主 编 王淑英  
责任编辑 潘春燕  
执行编辑 赵慧君
  - ◆ 人民邮电出版社出版发行 北京市崇文区夕照寺街 14 号  
邮编 100061 电子函件 315@ptpress.com.cn  
网址 <http://www.ptpress.com.cn>  
大厂聚鑫印刷有限责任公司印刷
  - ◆ 开本: 787×1092 1/16  
印张: 10 2009 年 4 月第 1 版  
字数: 237 千字 2010 年 8 月河北第 3 次印刷

ISBN 978-7-115-19392-6/TN

定价: 19.00 元

读者服务热线: (010)67170985 印装质量热线: (010)67129223  
反盗版热线: (010) 67171154

# 前 言

可编程序控制器 (PLC) 作为现代化的自动控制装置, 具有控制功能强, 可靠性高, 使用方便等一系列优点, 已基本普遍应用于工业企业的各个领域, 是生产过程自动化必不可少的智能控制设备。因此掌握 PLC 的结构、工作原理以及编程、设计等方法, 是每位机电类工程技术人员必须具备的能力之一。

本书以能力培养为目标, 在注重基础理论教学的同时, 力求突出 PLC 技术的实用性。在本书编写过程中, 吸取了部分 PLC 教材的优点, 从实际应用角度出发重新组织教材内容, 形成了独特的内容体系。

本书以 S7-200 系列 PLC 为例, 介绍了小型可编程序控制器的构成、工作原理、基本指令、应用指令、程序设计、应用设计以及 PLC 的通信等内容。

全书共分 9 章, 第 1 章、第 2 章主要介绍了 PLC 的基本知识、结构及编程软件的使用。第 3 章介绍了 PLC 的基本指令, 并通过列举大量实例帮助学生掌握和理解指令系统。第 4 章介绍了 PLC 程序设计方法, 包括经验设计法、继电器电路转换法和顺序控制设计法, 这些方法易学、易懂、易用, 可以节省大量的设计时间。第 5 章介绍了顺序控制设计方法中梯形图的 3 种编程方式, 如起保停电路的编程方法、以转换为中心的编程方法以及使用 SCR 指令的编程方法, 应用这些方法可以迅速地设计出复杂的数字量控制系统的梯形图。第 6 章介绍了 S7-200 的应用指令、子程序和中断程序的编程方法, 为了便于理解, 每一种指令的应用都配有实例。第 7 章介绍了 PLC 应用系统设计的内容和步骤、PLC 的选择及 PLC 应用中的若干问题。第 8 章主要介绍 PLC 在逻辑控制系统中的应用实例, 并通过这些实例讲解程序设计、调试方法与步骤。第 9 章介绍了 PLC 的通信功能, 并通过 PLC 的通信协议及举例, 介绍 PLC 通信连网的方法, 实现局部网络的控制。

本书由河北机电职业技术学院王淑英、方红彬、谢青海编写。其中, 第 1 章、第 2 章、第 3 章由谢青海编写, 第 4 章、第 5 章、第 6 章由王淑英编写, 第 7 章、第 8 章、第 9 章由方红彬编写。

由于编者水平有限, 书中难免有错漏之处, 恳请读者批评指正。

编 者

2008 年 10 月

# 高职高专机电类规划教材

## 编审委员会

主 任: 郭建尊

副主任: 赵小平 孙小撈 马国亮

编 委 (以姓氏拼音为序)

毕建平	陈建环	陈桂芳	陈 静	程东风	杜可可
巩运强	霍苏萍	郝 屏	黄健龙	孔云龙	李大成
李俊松	娄 琳	李新德	李秀忠	李银玉	李 英
李龙根	马春峰	宁玉伟	瞿彩萍	施振金	申辉阳
申晓龙	田光辉	童桂英	王 浩	王宇平	王金花
解金榜	于保敏	杨 伟	曾和兰	张伟林	张景耀
张月楼	章志芳	张 薇	赵晓东	周 兰	

# 丛书前言

目前, 高职高专教育已成为我国普通高等教育的重要组成部分。“十一五”期间, 国家将安排 20 亿元专项资金用来支持 100 所高水平示范院校的建设, 如此大规模的建设计划在我国职业教育发展历史上还是第一次, 这充分表明国家正在深化高职高专教育的深层次的重大改革, 加大力度推动生产、服务第一线真正需要的应用型人才的培养。

为适应当前我国高职高专教育如火如荼的发展形势, 配合高职高专院校的教学和教材改革, 进一步提高我国高职高专教育质量, 人民邮电出版社在相关教育、行政主管部门的大力支持下, 组织专家、高职高专院校的骨干教师及相关行业的工程师, 共同策划编写了一套符合当前职业教育改革精神的高质量实用型教材——“高职高专机电类规划教材”。

本系列教材充分体现了高职高专教育的特点, 突出了理论和实践的紧密结合, 本着“易学, 易用”的编写原则, 强调学生创造能力、创新精神和解决实际问题能力的培养, 使学生在 2~3 年的时间内充分掌握基本技术技能和必要的基本知识。

本系列教材按照如下的原则组织、策划和编写, 以尽可能地适应当今高职高专教育领域教学改革和教材建设的新需求和新特点。

1. 着重突出“实用”特色。概念理论取舍得当, 够用为度, 降低难度。对概念和基本理论, 尽量用具体事物或案例自然引出。
2. 基本操作环节讲述具体详细, 可操作性强, 使学生很容易掌握基本技能。
3. 内容紧随新技术发展, 将新技术、新工艺、新设备、新材料引入教材。
4. 尽可能将实物图和原理图相结合, 便于学生将书本知识与生产实践紧密联系起来。
5. 每本书配备全面的教学服务内容, 包括电子教案、习题答案等。

本系列教材第一批共有 22 本, 涵盖了高职高专机电类各专业的专业基础课和数控、模具、CAD/CAM 专业的大部分专业课, 将在 2007 年年底出版。

为方便高职高专老师授课和学生学习, 本系列教材将提供完善的教学服务体系, 包括多媒体教学课件或电子教案、习题答案等教学辅助资料, 欢迎访问人民邮电出版社网站 <http://www.ptpress.com.cn/download/>, 进行资料下载。

我们期望, 本系列教材的编写和推广应用, 能够进一步推动我国机电类职业技术教育的教学模式、课程体系和教学方法的改革, 使我国机电类职业技术教育日臻成熟和完善。欢迎更多的老师参与到本系列教材的建设中来。对本系列教材有任何的意见和建议, 或有意向参与本系列教材后续的编审工作, 请与人民邮电出版社教材图书出版分社联系, 联系方式: 010-67145004, [panxinwen@ptpress.com.cn](mailto:panxinwen@ptpress.com.cn)。

“高职高专机电类规划教材”丛书编委会

2007.5

# 目 录

<b>第 1 章 PLC 概述</b> .....	1
1.1 PLC 的产生、发展及应用领域 .....	1
1.1.1 PLC 的产生 .....	1
1.1.2 PLC 的发展 .....	1
1.1.3 PLC 的应用领域 .....	2
1.2 PLC 的组成和基本工作原理 .....	3
1.2.1 PLC 的组成 .....	3
1.2.2 PLC 的操作模式 .....	5
1.2.3 PLC 的基本工作原理 .....	6
1.3 PLC 的性能、分类及特点 .....	7
1.3.1 PLC 的性能指标 .....	7
1.3.2 PLC 的分类 .....	8
1.3.3 PLC 的主要特点 .....	8
小结 .....	9
习题 .....	9
<b>第 2 章 PLC 的结构及编程软件的使用</b> .....	10
2.1 S7-200 系列 PLC 的外部结构 .....	10
2.1.1 PLC 各部件的功能 .....	10
2.1.2 输入/输出接线 .....	11
2.2 S7-200 系列 PLC 的性能 .....	11
2.2.1 CPU 模块性能 .....	11
2.2.2 I/O 模块性能 .....	12
2.3 PLC 的编程语言与程序结构 .....	13
2.3.1 PLC 的编程语言 .....	13
2.3.2 S7-200 的程序结构 .....	15
2.4 S7-200 系列 PLC 的内存结构及寻址方式 .....	15
2.4.1 内存结构 .....	15
2.4.2 寻址方式 .....	17
2.5 STEP7-Micro/WIN 编程软件介绍 .....	20
2.5.1 编程软件的安装与项目的组成 .....	20
2.5.2 STEP 7-Micro/WIN 主界面 .....	21
2.5.3 STEP 7-Micro/WIN 程序的编写与传送 .....	24
小结 .....	27
习题 .....	28
<b>第 3 章 S7-200 PLC 的基本指令</b> .....	29
3.1 PLC 的基本逻辑指令 .....	29
3.1.1 基本位操作指令 .....	29
3.1.2 置位与复位指令 .....	33
3.1.3 其他指令 .....	33
3.2 定时器与计数器指令 .....	35
3.2.1 定时器指令 .....	35
3.2.2 计数器指令 .....	37
3.3 算术、逻辑运算指令 .....	39
3.3.1 算术运算指令 .....	39
3.3.2 加 1/减 1 指令 .....	42
3.3.3 逻辑运算指令 .....	43
3.4 程序控制指令 .....	45
3.4.1 系统控制指令 .....	45
3.4.2 跳转、循环指令 .....	46
小结 .....	49
习题 .....	49
<b>第 4 章 PLC 程序设计方法</b> .....	51
4.1 梯形图的经验设计法 .....	51
4.1.1 起动、保持、停止控制电路 .....	51
4.1.2 电动机正、反转控制电路 .....	51
4.1.3 定时器和计数器的应用电路 .....	52

4.1.4 经验设计法举例	53	方式	80
4.2 根据继电器电路图设计 梯形图的方法	56	5.4.2 使用起保停电路的编程 方法	82
4.2.1 改型设计的基本方法	56	小结	87
4.2.2 设计应注意事项	57	习题	87
4.3 顺序设计法与顺序功能图的 绘制	58	<b>第 6 章 PLC 的应用指令</b>	89
4.3.1 顺序设计法	58	6.1 数据传送指令及应用	89
4.3.2 顺序功能图的组成	59	6.1.1 字节、字、双字和实数的 单个传送指令	89
4.3.3 顺序功能图的基本结构	60	6.1.2 字节、字、双字的块传送 指令	90
4.3.4 顺序功能图中转换 实现的基本原则	61	6.1.3 字节交换/填充指令	90
小结	63	6.1.4 传送指令的应用举例	91
习题	63	6.2 数据比较指令	92
<b>第 5 章 顺序设计方法中梯形图的 编程方法</b>	65	6.2.1 数据比较指令	92
5.1 使用起保停电路的顺序控制 梯形图的编程方法	65	6.2.2 数据比较指令的应用	93
5.1.1 单序列的编程方法	65	6.3 数据移位与循环指令	94
5.1.2 选择序列的编程方法	67	6.3.1 数据左移位和右移位 指令	94
5.1.3 并行序列的编程方法	68	6.3.2 循环左移位和循环 右移位指令	94
5.1.4 应用设计举例	68	6.3.3 移位寄存器指令	95
5.2 以转换为顺序控制的 梯形图的编程方法	70	6.3.4 数据移位指令的应用	96
5.2.1 单序列的编程方法	70	6.4 数据表功能指令	97
5.2.2 选择序列的编程方法	71	6.4.1 填表指令	97
5.2.3 并行序列的编程方法	73	6.4.2 查表指令	98
5.2.4 应用设计举例	73	6.4.3 先入先出指令	98
5.3 使用 SCR 指令的顺序控制 梯形图的编程方法	74	6.4.4 后入先出指令	99
5.3.1 顺序控制继电器指令	74	6.5 译码、编码、段码指令	99
5.3.2 单序列的编程方法	75	6.5.1 译码指令	100
5.3.3 选择序列与并行序列的 编程方法	76	6.5.2 编码指令	100
5.3.4 应用设计举例	78	6.5.3 段译码指令	100
5.4 具有多种工作方式系统的顺序 控制梯形图的编程方法	80	小结	100
5.4.1 系统的硬件结构与工作		习题	101
		<b>第 7 章 PLC 应用系统的设计</b>	102
		7.1 PLC 应用系统设计的内容和 步骤	102



7.1.1 PLC 应用系统设计的基本原则 .....	102	9.1.1 连网目的 .....	131
7.1.2 PLC 应用系统设计的一般步骤 .....	102	9.1.2 网络结构和通信协议 .....	131
7.2 PLC 的选择 .....	103	9.1.3 通信方式 .....	132
7.2.1 PLC 的机型选择 .....	103	9.1.4 网络配置 .....	133
7.2.2 PLC 的容量选择 .....	104	9.2 S7-200 系列 CPU 与计算机设备的通信 .....	133
7.2.3 I/O 模块的选择 .....	105	9.2.1 S7-200 系列 CPU 的通信性能 .....	133
7.3 节省 PLC 输入/输出点数的方法 .....	106	9.2.2 PC 与 S7-200 CPU 之间的连网通信 .....	136
7.3.1 减少输入点数的方法 .....	107	9.3 S7-200 系列 PLC 自由口通信 .....	137
7.3.2 减少输出点数的方法 .....	108	9.3.1 相关的特殊功能寄存器 .....	137
7.4 PLC 应用中的若干问题 .....	109	9.3.2 自由口发送与接收指令 .....	138
7.4.1 对 PLC 的某些输入信号的处理 .....	109	9.3.3 应用举例 .....	139
7.4.2 PLC 的安全保护 .....	110	9.4 网络通信运行 .....	140
小结 .....	110	9.4.1 控制寄存器和传送数据表 .....	140
习题 .....	111	9.4.2 网络运行指令 .....	141
<b>第 8 章 PLC 在逻辑控制系统中的应用实例 .....</b>	<b>112</b>	9.4.3 网络读写举例 .....	141
8.1 PLC 在工业自动生产线中的应用 .....	112	9.5 S7-200 CPU 的 PROFIBUS-DP 通信 .....	143
8.1.1 输送机分检大小球的 PLC 控制装置 .....	112	9.5.1 PROFIBUS 组成 .....	144
8.1.2 PLC 在皮带运输机控制系统中的应用 .....	114	9.5.2 PROFIBUS-DP 的标准通信协议 .....	144
8.2 PLC 在交通灯控制中的应用 .....	116	9.5.3 用 SIMATIC EM 277 模块将 S7-200 CPU 构成 DP 网络系统 .....	144
8.3 PLC 在电镀生产线控制系统中的应用 .....	117	9.5.4 PROFIBUS-DP 通信的应用实例 .....	146
8.4 PLC 在灯光装饰系统中的应用 .....	119	小结 .....	147
8.5 PLC 在自动门控制中的应用 .....	121	习题 .....	147
8.6 PLC 在全自动洗衣机中的应用 .....	123	附录 .....	148
小结 .....	125	参考文献 .....	151
习题 .....	126		
<b>第 9 章 可编程序控制器网络及通信 .....</b>	<b>131</b>		
9.1 网络概述 .....	131		

# 第 1 章 PLC 概述

## 1.1 PLC 的产生、发展及应用领域

### 1.1.1 PLC 的产生

曾一度在控制领域占主导地位的继电器—接触器控制系统，虽然具有结构简单、价格便宜、容易操作、技术难度较小等优点，但也存在着控制能力弱，可靠性低，而且设备控制的固定接线越来越不能满足现代化生产的控制要求，特别是当产品更新换代时，生产加工线的改变迫使对旧的继电器—接触器控制系统进行改造，为此所带来的经济损失是相当大的。20 世纪 60 年代末期，美国汽车制造工业竞争十分激烈，为了适应市场从少品种大批量生产向多品种小批量生产的转变，为了尽可能减少转变过程中控制系统的设计制造时间，减少经济成本，1968 年美国通用汽车公司（General Motors Corporation, GM）公开招标，要求用新的控制装置取代生产线上的继电器—接触器控制系统，其具体要求如下。

- ① 编程简单，可在现场修改和调试程序。
- ② 维护方便，采用插入式模块结构。
- ③ 可靠性高于继电器—接触器控制系统。
- ④ 与继电器—接触器控制系统相比体积小，能耗低。
- ⑤ 能与管理中心计算机系统通信。
- ⑥ 购买、安装成本可与继电器控制柜相竞争。
- ⑦ 采用市电输入（美国标准系列电压值 AC 115 V），可接受现场的开关信号。
- ⑧ 采用市电输出（美国标准系列电压值 AC 115 V），具有驱动接触器线圈、电磁阀和小功率电动机的能力。
- ⑨ 系统扩展时，原系统只需做很小的改动。
- ⑩ 用户程序存储器容量至少 4 KB。

1969 年美国数字设备公司根据上述要求，首先研制出了世界上第 1 台可编程序控制器 PDP-14，并在通用汽车公司的自动生产线上试用获得成功。从此以后，这项研究技术迅速发展，从美国、日本、欧洲普及到全世界。

因为这种新型工业控制装置可以通过编程改变控制方案，且专门用于逻辑控制，所以人们称这种新型工业控制装置为可编程序逻辑控制器（Programmable Logic Controller, PLC）。

### 1.1.2 PLC 的发展

自从 PLC 在汽车生产线上首次成功应用以来，引起了世界各国的普遍重视。日本日立公

司从美国引进了 PLC 技术以后,于 1971 年试制成功了日本第 1 台 PLC;1973 年德国西门子公司独立研制成功了欧洲第 1 台 PLC;我国从 1974 年开始研制,1977 年开始用于工业。

从 PLC 产生到现在,已发展到第 4 代产品。

第 1 代 PLC (1969—1972 年):大多数用一位机开发,用磁心存储器存储,只具有单一的逻辑控制功能,机种单一,没有形成系列化。

第 2 代 PLC (1973—1975 年):采用了 8 位微处理器及半导体存储器,增加了数字运算、传送、比较等功能,能实现模拟量的控制,开始具备自诊断功能,初步形成系列化。

第 3 代 PLC (1976—1983 年):随着高性能微处理器及位片式 CPU 在 PLC 中大量的使用,PLC 的处理速度大大提高,从而促使它向多功能及连网通信方向发展,增加了多种特殊功能,如浮点数的运算、三角函数、表处理、脉宽调制输出等,自诊断功能及容错技术发展迅速。

第 4 代 PLC (1984 年至现在):不仅全面使用 16 位、32 位高性能微处理器,高性能位片式微处理器,精简指令系统 (Reduced Instruction Set Computer, RISC) CPU 等高级 CPU,而且在一台 PLC 中配置多个微处理器,进行多通道处理,同时产生了大量内含微处理器的智能模块,使得第 4 代 PLC 产品成为具有逻辑控制功能、过程控制功能、运动控制功能、数据处理功能、连网通信功能的真正名副其实的多功能控制器。

正是 PLC 具有多种功能,使得 PLC 在工厂中备受欢迎,用量高居首位,成为现代工业自动化的 3 大支柱 (PLC、机器人、CAD/CAM) 之一。

从 20 世纪 70 年代初开始,在不到 40 年的时间里,PLC 生产发展成为一个巨大的产业。据不完全统计,世界上生产 PLC 的厂家已有 200 多家,生产大约 400 多个品种的 PLC 产品。

从 PLC 的发展来看,有向小型化和大型化两个方向发展的趋势。

小型 PLC 有两个发展方向,即小(微)型化和专业化。随着数字电路集成度的提高,元器件体积的减小,PLC 的结构更加紧凑,设计制造水平也在不断提高。微型化的 PLC 不仅体积小,功能也大有提高。过去一些大中型 PLC 具有的功能(如模拟量的处理、通信、PID 调节运算等)在现在的小型 PLC 上也具备。随着 PLC 的价格不断下降,它将成为继电器—接触器控制系统的替代产品。

大型化指的是大中型 PLC 向着大容量、智能化和网络化方向发展,使它能与计算机组成集成控制系统,对大规模、复杂系统进行综合性的自动控制。

### 1.1.3 PLC 的应用领域

目前 PLC 已经广泛地应用于交通、冶金、电力、机械制造、汽车、矿山等各行各业。随着其性能价格比的不断提高,PLC 的应用范围不断扩大,主要有以下几个方面。

#### 1. 开关量控制

这是 PLC 最基本的应用领域,它取代了传统的继电器—接触器控制系统,实现了逻辑控制和顺序控制。在单机控制、自动生产线控制方面都有很多应用实例,如电梯的控制、机床的电气控制、包装机械及带运输机的控制等。

#### 2. 模拟量控制

模拟量控制是指对温度、速度、压力等连续变化的模拟量进行控制。PLC 通过模拟量 I/O 模块,实现模拟量和数字量之间的 A/D 转换和 D/A 转换,并对模拟量实行闭环 PID (比例—

积分—微分)控制。小型 PLC 用 PID 指令实现 PID 闭环控制。PLC 模拟量控制已广泛应用于工业生产各个行业,如加热炉、热处理炉以及经工、化工、机械、冶金等行业。

### 3. 运动控制

运动控制是指 PLC 对直线运动或圆周运动的控制,也称为位置控制。早期 PLC 通过开关量 I/O 模块与位置传感器和执行机构的连接来实现这一功能,现在一般都使用专用的运动控制模块来完成。这种控制广泛应用在金属切削机床、电梯、机器人等各种机械设备上。

### 4. 数据处理

现代的 PLC 都具有不同程度的数据处理功能,能够完成数学运算、数据的移位、比较、传递以及数值的转换和查表等操作,对数据进行采集、分析和处理。

### 5. 通信连网

通信连网是指 PLC 与 PLC 之间、PLC 与上位计算机或其他智能设备的通信。利用 PLC 和计算机的 RS-232 或 RS-422 接口、PLC 的专用通信模块等可实现相互间的信息交换,构成“集中管理、分散控制”的分布式控制系统,建立工厂的自动化网络。

## 1.2 PLC 的组成和基本工作原理

PLC 是以微处理器为核心的计算机控制系统,虽然各厂家产品类型繁多,功能和指令系统各不相同,但其组成和基本工作原理大同小异。

### 1.2.1 PLC 的组成

PLC 主要由 CPU 模块、输入模块、输出模块和编程器组成,如图 1-1 所示。

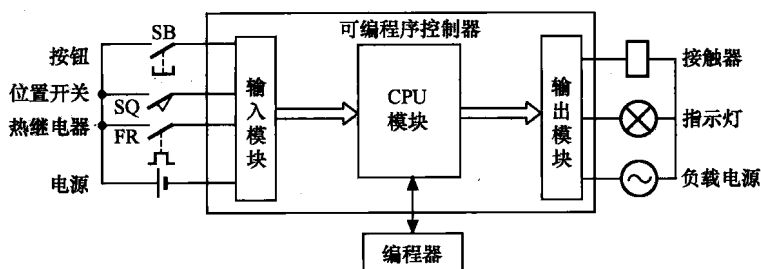


图 1-1 PLC 控制系统示意图

#### 1. CPU 模块

CPU 模块主要由微处理器 (CPU) 和存储器组成。在 PLC 控制系统中, CPU 模块不断地采集输入信号, 执行用户程序, 刷新系统的输出, 存储器用来储存程序和数据。PLC 的存储器有两种, 一种是可进行读/写操作的随机存储器 RAM; 另一种为只读存储器 ROM、PROM、EPROM、EEPROM。PLC 中的 RAM 用来存放用户编制的程序或用户数据, 存于 RAM 中的程序可随意修改。

PLC 的系统程序是由 PLC 生产厂家设计提供的, 出厂时已固化在各种只读存储器中, 不能由用户直接修改。

## 2. I/O 模块

输入模块和输出模块简称为 I/O 模块，这是 PLC 与被控设备相连接的接口电路，是联系外部现场设备和 CPU 模块的桥梁。

### (1) 输入模块

输入模块用来接收和采集输入信号。开关量输入模块用来接收从按钮、选择开关、数字拨码开关、接近开关、光电开关、限位开关、压力继电器等来的开关量输入信号。模拟量输入模块用来接收电位器、测速发电机和各种变送器提供的连续变化的模拟量电流电压信号。图 1-2 所示为某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，输入电流为数毫安；1M 是同一组输入点各内部输入电路的公共点。S7-200 PLC 可以用 CPU 模块输出的 DC 24 V 电源作输入回路的电源，它还可以为接近开关、光电开关之类的传感器提供 DC 24 V 电源。

当图 1-2 中外部连接的触点接通时，光电耦合器中两个反并联的发光二极管亮、光敏三极管导通；外部连接触点断开时，光耦合器中的发光二极管熄灭，光敏三极管截止，信号经内部电路传送给 CPU 模块。

交流输入方式适合于有油雾、粉尘的恶劣环境下使用，输入电压有 110 V、220 V 两种。直流输入电路的延时时间较短，可以直接与接近开关、光电开关等电子输入装置连接。

### (2) 输出模块

输出模块用来控制接触器、电磁铁、指示灯、电磁阀、数字显示装置、报警装置等输出设备。模拟输出模块用来控制调节阀、变频器等执行装置。

S7-200 PLC 的 CPU 模块的数字量输出电路的功率组件有驱动直流负载的场效应晶体管和小继电器，后者既可以驱动交流负载又可以驱动直流负载，负载电源由外部提供。

输出电路的额定电流值与负载的性质有关，如 S7-200 PLC 的继电器输出电路可以驱动 2 A 的电阻负载，但是只能驱动 200 W 的白炽灯。输出电路一般分为若干组，对每一组的总电流也有限制。

图 1-3 所示为继电器输出模块电路，继电器同时起隔离和功率放大作用。每一路只给用户一对常开触点。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。

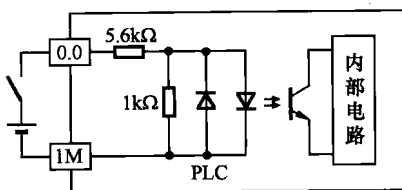


图 1-2 直流输入模块电路

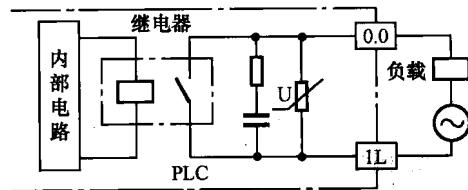


图 1-3 继电器输出模块电路

图 1-4 所示为使用场效应晶体管的输出电路。输出信号送给内部电路中的输出锁存器，再经光电耦合器送给场效应晶体管，后者的饱和导通状态和截止状态相当于触点的接通和断开。图中稳压管用来抑制判断过电压和外部的浪涌电压，以保护场效应晶体管，场效应晶体管输出电路的工作频率可达 20~100 kHz。

继电器输出模块的使用电压范围广，导通压降小，承受瞬时过电压和过电流的能力较

强,但是动作速度较慢,寿命(动作次数)有一定的限制。如果系统输出量的变化不是很频繁,建议优先选用继电器型的输出模块。

场效应晶体管型输出模块用于直流负载,它的可靠性高、反应速度快、寿命长,但是过载能力稍差些。

### 3. 编程器

编程器用来生成用户程序,并用它进行编辑、检查、修改和监视用户程序的执行情况。手持式编程器不能直接输入和编辑梯形图,只能输入和编辑指令表程序,因此又叫做指令编程器。它的体积小,价格便宜,一般用来给小型 PLC 编程,或者用于现场调试和维护。

使用编程软件可以在计算机屏幕上直接生成和编辑梯形图或指令表程序,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。程序可以存盘或打印,通过网络还可以实现远程编程和传送。

### 4. 电源

PLC 一般使用 AC 220 V 电源或 DC 24 V 电源。内部的开关电源为各模块提供不同电压等级的直流电源。小型 PLC 可以为输入电路和外部的电子传感器提供 DC 24 V 电源,驱动 PLC 负载的直流电源一般由用户提供。

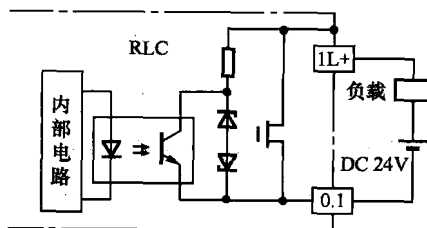


图 1-4 场效应管输出电路

## 1.2.2 PLC 的操作模式

### 1. 操作模式

PLC 有两种操作模式,即 RUN (运行) 模式与 STOP (停止) 模式。在 CPU 模块的面板上用“RUN”和“STOP”LED (发光二极管) 显示当前的操作模式。

在 RUN 模式下,通过执行反映控制要求的用户程序来实现控制功能。

在 STOP 模式下,CPU 不执行用户程序,可以用编程软件创建和编辑用户程序,设置 PLC 的硬件功能,并将用户程序和硬件设置信息下载到 PLC。

若有致命错误,在消除它之前不允许从 STOP 模式进入 RUN 模式。PLC 操作系统储存非致命错误供用户检查,但是不会从 RUN 模式自动进入 STOP 模式。

### 2. 用模式开关改变操作模式

CPU 模块上的模式开关在 STOP 位置时,将停止用户程序的运行;在 RUN 位置时,将启动用户程序的运行。模式开关在 STOP 或 TERM (Terminal, 终端) 位置时,电源通电后 CPU 自动进入 STOP 模式;在 RUN 位置时,电源通电后自动进入 RUN 模式。

### 3. STEP 7-Micro/WIN 编程软件改变操作模式

用编程软件控制 CPU 的模式必须满足下面的两个条件。

- ① 在编程软件与 PLC 之间建立起通信连接。
- ② 将 PLC 的模式开关放置在 STOP 或 TERM 模式。

在编程软件中单击工具条上的运行按钮,或执行菜单命令“PLC”→“RUN”,将进入 RUN 模式;单击停止按钮或执行菜单命令“PLC”→“STOP”,将进入 STOP 模式。

### 4. 在程序中改变操作模式

在程序中插入 STOP 指令,可以使 CPU 由 RUN 模式进入 STOP 模式。

### 1.2.3 PLC 的基本工作原理

PLC 是按照集中采样、集中扫描的工作方式工作的。整个工作过程可分为 5 个阶段：自诊断，通信处理，读取输入，执行程序，改写输出，其工作过程如图 1-5 所示。这种周而复始的循环工作模式称为扫描工作模式。

#### 1. 自诊断

每次扫描用户程序之前，都先执行自诊断测试。自诊断测试包括定期检查 CPU 模块的操作和扩展模块的状态是否正常，将监控定时器复位，以及完成一些其他的内部工作。若发现异常停机，则显示出错；若自诊断正常，则继续向下扫描。

#### 2. 通信处理

在通信处理阶段，CPU 处理从通信接口和智能模块接收到的信息，如读取智能的信息并存放在缓冲区中，在适当的时候将信息传送给通信请求方。

#### 3. 读取输入

在 PLC 的存储器中，设置了一片区域来存放输入信号和输出信号的状态，它们分别称为输入映像寄存器和输出映像寄存器。CPU 以字节（8 位）为单位来读写输入/输出映像寄存器。在读取输入阶段，PLC 把所有外部数字量输入电路的 ON/OFF 状态，读入输入映像寄存器。外部的输入电路闭合时，对应的输入映像寄存器为 1 状态，梯形图中对应的输入点的常开触点接通，常闭触点断开。外接的输入电路断开时，对应的输入映像寄存器为 0 状态，梯形图中对应的输入点的常开触点断开，常闭触点闭合。

#### 4. 执行程序

PLC 的用户程序由若干条指令组成，指令在存储器中顺序排列。在 RUN 工作模式的程序执行阶段，在没有跳转指令时，CPU 从第 1 条指令开始，逐条顺序地执行用户程序。

在执行指令时，从 I/O 映像寄存器读出其 I/O 状态，并根据指令的要求执行相应的逻辑运算，运算的结果写入到相应映像寄存器中，因此，各映像寄存器（只读的输入映像寄存器除外）的内容随着程序的执行而变化。

在程序执行阶段，即使外部输入信号的状态发生了变化，输入映像寄存器的状态也不会随之改变，输入信号变化了的状态只能在下一个扫描周期的读取输入阶段被读入。执行程序时，对输入/输出的存取通常是通过映像寄存器，而不是实际的 I/O 点，这样做有以下好处。

① 程序执行阶段的输入值是固定的，程序执行完后再用输出映像寄存器的值更新输出点，使系统的运行稳定。

② 用户程序读写 I/O 映像寄存器比读写 I/O 点快得多，这样可以提高程序的执行速度。

#### 5. 改写输出

CPU 执行完用户程序后，将输出映像寄存器的二进制数 0/1 状态，传送到输出模块并锁存起来。梯形图中某一输出位的线圈通电时，对应的映像寄存器的二进制数为 1 状态。信号经输出模块隔离和功率放大后，继电器型输出模块中对应的硬件继电器的线圈通电，其常开触点闭合，使外部负载通电工作。若梯形图中输出点的线圈断电，对应的输出映像寄存器中

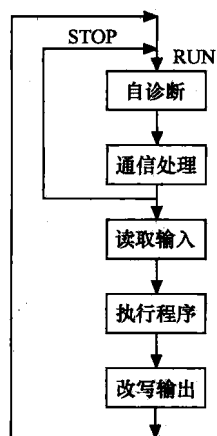


图 1-5 PLC 扫描工作过程

存放的二进制数为0状态，将它送到继电器型输出模块，对应的硬件继电器的线圈断电，其常开触点断开，外部负载断电，停止工作。

PLC经过这5个阶段的工作过程，称为1个扫描周期，完成1个扫描周期后，又重新执行上述过程，扫描周而复始地进行。在不考虑通信处理时，扫描周期T的大小为

$$T = (\text{输入/点时间} \times \text{输入点数}) + (\text{运算速度} \times \text{程序步数}) + (\text{输出/点时间} \times \text{输出点数}) + \text{故障诊断时间}$$

显然扫描周期主要取决于程序的长短，一般每秒钟可扫描数十次以上，这对于工业设备通常没有什么影响。但对控制时间要求较严格，响应速度要求快的系统，就应该精确计算响应时间，细心编制程序，合理安排指令的顺序，以尽可能减少扫描周期造成的响应延时等不良因素。

## 1.3 PLC的性能、分类及特点

### 1.3.1 PLC的性能指标

#### 1. I/O总点数

I/O总点数是衡量PLC输入信号和输出信号的总数量，PLC输入/输出有开关量和模拟量两种。其中开关量用最大I/O点数表示，模拟量用最大I/O通道数表示。

#### 2. 存储器容量

存储器容量是衡量PLC可存储用户应用程序多少的指标，通常以字或千字为单位，约定16位二进制数为1个字（即两个8位的字节），每1024个字为1千字。PLC通常以字为单位来存储指令和数据，一般的逻辑操作指令每条占1个字，定时器、计数器、移位操作等指令占2个字，而数据操作指令占2~4个字。有些PLC的用户程序存储器容量用编程的步数来表示，每一条语句占一步长。

#### 3. 编程语言

编程语言是PLC厂家为用户设计的用于实现各种控制功能的编程工具，常用的编程语言有：梯形图、语句表、顺序功能图、功能块图、结构文本等。一般指令的种类和数量越多，其功能就越强。

#### 4. 扫描时间

扫描时间是执行1000条指令所需要的时间，一般为10ms左右，小型PLC可能大于40ms。

#### 5. 内部寄存器的种类和数量

内部寄存器的种类和数量是衡量PLC硬件功能的一个指标。它主要用于存放变量的状态、中间结果、数据等，还提供大量的辅助寄存器、定时器、计数器、移位寄存器和状态寄存器等，供用户编程使用。

#### 6. 通信能力

通信能力是指PLC与PLC、PLC与计算机之间的数据传送及交换能力，它是工厂自动化的必备基础。目前生产的PLC不论是小型的还是中型的，都配有1~2个，甚至多个通信



端口。

### 1.3.2 PLC 的分类

按 I/O 点数、功能和存储器功能不同，PLC 可分为小型、中型和大型 3 类。

#### (1) 小型 PLC

小型 PLC 又称为低档 PLC。这类 PLC 的规模较小，它的输入/输出点数一般在 20~128 点。其中 I/O 点数小于 64 点的 PLC 又称超小型 PLC。用户存储器容量小于 2 KB，具有逻辑运算、定时、计数、移位、自诊断、监控等基本功能，有些还有少量的模拟量 I/O、算术运算、数据传送、远程 I/O、通信等功能，通常用来代替继电器—接触器控制，在单机或小规模生产过程中使用。

#### (2) 中型 PLC

中型 PLC 的 I/O 点数通常在 128~512 点之间，用户程序存储器的容量为 2 KB~8 KB。除具有小型机的功能外，还具有较强的模拟量 I/O、数字计算、过程参数调节、数据传送与比较、数制转换、中断控制、远程 I/O 及通信连网功能。

#### (3) 大型 PLC

大型 PLC 又称高档 PLC，I/O 点数在 512 点以上，其中 I/O 点数大于 8192 点的又称为超大型 PLC，用户程序存储器容量在 8 KB 以上，除具有中型机的功能外，还具有较强的数据处理、模拟调节、特殊功能函数运算、监视、记录、打印等功能以及强大的通信连网、中断控制、智能控制、远程控制等功能。一般用于大规模过程控制、分布式控制系统和工厂自动化网络等场合。

### 1.3.3 PLC 的主要特点

#### 1. 操作方便

PLC 提供了多种编程语言，可针对不同的应用场合，供不同的开发和应用人员选择使用。PLC 最大的一个特点之一就是采用了易学易懂的梯形图语言，它是计算机软件技术构成人们惯用的继电器模型，直观、易懂，易于被广大电气工程技术人员掌握，为 PLC 的推广应用创造了条件。

#### 2. 可靠性高

可靠性是指 PLC 平均无故障运行的时间。PLC 在设计、制作、元器件的选择上，采用了精选、高度集成化、冗余量大等一系列措施，从而延长了元器件的使用寿命，提高了系统的可靠性。在抗干扰性上，采取了软、硬件多重抗干扰措施，使其能安全工作在恶劣的环境中。

目前，各生产厂家的 PLC 平均无故障安全运行时间都远大于国际电工委员会（IEC）规定的 10 万小时的标准。

#### 3. 控制功能强

PLC 不但具有对开关量和模拟量的控制能力，还具有位置控制、数据采集及监控、多 PLC 分布式控制等功能。PLC 还具有功能的可组合性，如运动控制模块可以对伺服电机和步进电机速度与位置进行控制，实现对数控机床和工业机器人的控制。

#### 4. 系统的设计、安装、调试工作量少

PLC 用软件功能取代了继电器—接触器控制系统中大量的中间继电器、时间继电器、计