

21世纪
高职高专规划教材系列



S7-200 PLC

基础教程

廖常初 主编

第2版



免费提供电子教案

<http://www.cmpedu.com>



机械工业出版社
CHINA MACHINE PRESS



21 世纪高职高专规划教材系列

S7-200 PLC 基础教程

第2版

廖常初 主编



机械工业出版社

本书以国内广泛使用的西门子公司的 S7-200 系列 PLC 为例,介绍了 PLC 的工作原理、硬件结构、指令系统、编程软件和仿真软件的使用方法;介绍了数字量控制系统梯形图的一整套先进完整的设计方法,这些方法易学易用,可以节约大量的设计时间;全面介绍了 S7-200 的通信功能。介绍了模拟量模块的使用方法,子程序和中断程序的设计方法,高速计数器和高速输出的应用,PLC 在 PID 闭环控制和变频器控制中的应用,触摸屏的组态与应用,提高 PLC 控制系统可靠性的措施,以及常用的编程向导的使用方法。各章配有习题,实训多达 28 个。

本书可作为高职高专院校电类专业和机电一体化专业的教材,也可供工程技术人员自学。

图书在版编目(CIP)数据

S7-200 PLC 基础教程 / 廖常初主编. —2 版. —北京:机械工业出版社, 2009.2 (2012.8重印)

(21 世纪高职高专规划教材系列)

ISBN 978-7-111-17947-4

I. S… II. 廖… 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 002986 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:吴鸣飞

责任印制:乔宇

北京汇林印务有限公司印刷

2012 年 8 月第 2 版·第 5 次印刷

184mm×260mm·15.25 印张·373 千字

48001—54000 册

标准书号:ISBN 978-7-111-17947-4

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 门户网:<http://www.cmpbook.com>

销售一部:(010) 68326294 教材网:<http://www.cmpedu.com>

销售二部:(010) 88379649

读者购书热线:(010) 88379203 封面无防伪标均为盗版

前 言

本书以西门子的 S7-200 为例,介绍了 PLC 的工作原理、硬件结构、指令系统、通信功能、编程软件和仿真软件的使用方法。

本书根据 V4.0.6 版编程软件、V2.0 版仿真软件和 S7-200 最新的技术资料,对本书第 1 版作了全面的修订,对 S7-200 的通信功能作了全面的介绍。

本书的第 1~5 章是基础部分,介绍了 PLC 的硬件结构、工作原理,编程软件和仿真软件的使用方法。通过大量的编程实例,深入浅出地介绍了数字量控制系统梯形图的一整套先进完整的设计方法,包括经验设计法、继电器电路转换法和顺序控制设计法,这些方法易学易用,可以节约大量的设计时间。第 6 章介绍了 S7-200 的功能指令、子程序和中断程序的设计方法,高速计数器和高速输出在开环位置控制中的应用等问题。第 7 章介绍了计算机通信的国际标准、工业控制网络和 S7-200 的通信功能。第 8 章介绍了 PLC 控制系统的设计与调试步骤,提高控制系统可靠性的措施,PLC 在 PID 闭环控制中的应用,增加了 PLC 在变频器控制中的应用和触摸屏的组态与应用。

本书介绍了用编程向导设计 PID 控制、通信、高速计数、高速输出和位置控制程序的方法,只需要输入一些参数,就可以自动生成用户程序。

针对高职高专教学的特点,实训增加到 28 个。实训的重点是软件操作、指令功能和编程方法。每个实训都给出了详细的实验步骤。实训内容贴近工程实践,有验证性的内容,也有需要学生编程的内容。各章配有习题。本书配有电子教案和部分习题答案,读者可到机械工业出版社网站(www.cmpedu.com)免费下载。

本书的姊妹篇《PLC 编程及应用》荣获中国书刊发行业协会“年度全行业优秀畅销品种”称号,是西门子公司重点推荐图书。该书对 S7-200 的介绍更全面和深入,配套的光盘中有 S7-200 的中文编程软件和中英文系统手册、产品目录和作者编写的例程等。感兴趣的读者可参考该书。

本书可作为高职高专院校电类和机电一体化专业的教材,也可供工程技术人员自学。

本书由廖常初主编,陈晓东、王云杰、李远树、陈曾汉、廖亮、孙明渝、杨太平、刘道芳、左源洁、杨斌、漆巨冰、万莉、孙明秀、左渊林、唐永红参加了编写工作。

因作者水平有限,书中难免有错漏之处,恳请读者批评指正。

作 者

目 录

前言

第 1 章 概述..... 1

1.1 PLC 的基本概念与基本结构..... 1

1.1.1 PLC 的基本概念..... 1

1.1.2 PLC 的基本结构..... 1

1.1.3 怎样下载 PLC 的资料和软件..... 2

1.2 PLC 的特点与应用领域..... 3

1.2.1 PLC 的特点..... 3

1.2.2 PLC 的应用领域..... 4

1.3 习题..... 5

第 2 章 PLC 的硬件与编程软件使用

方法..... 6

2.1 PLC 的硬件..... 6

2.1.1 PLC 的物理结构..... 6

2.1.2 CPU 模块中的存储器..... 7

2.1.3 I/O 模块..... 8

2.2 PLC 的工作原理..... 9

2.2.1 用触点和线圈实现逻辑运算..... 9

2.2.2 PLC 的操作模式..... 10

2.2.3 PLC 的工作原理..... 10

2.3 S7-200 系列 PLC..... 13

2.3.1 CPU 模块..... 13

2.3.2 数字量扩展模块..... 15

2.3.3 模拟量扩展模块与热电偶热

电阻扩展模块..... 16

2.4 I/O 点的地址分配与接线..... 18

2.4.1 本机 I/O 与扩展 I/O 的地址

分配..... 18

2.4.2 S7-200 的外部接线..... 18

2.5 STEP 7-Micro/WIN 编程软件

概述..... 20

2.5.1 编程软件的安装与项目的

组成..... 20

2.5.2 通信参数的设置与在线连

接的建立..... 22

2.5.3 帮助功能的使用与出错处理..... 23

2.6 程序的编写与传送..... 24

2.6.1 编程的准备工作..... 24

2.6.2 程序的编写与传送举例..... 25

2.6.3 数据块的使用..... 29

2.7 用编程软件监视与调试程序..... 29

2.7.1 基于程序编辑器的状态

监控..... 29

2.7.2 用状态表监视与调试程序..... 31

2.7.3 用状态表强制改变数值..... 33

2.7.4 调试用户程序的其他方法..... 34

2.8 使用系统块设置 PLC 的参数..... 35

2.8.1 S7-200 保存程序和数据

方法与有关的设置..... 35

2.8.2 创建 CPU 的密码..... 37

2.8.3 输出表与输入滤波器的

设置..... 38

2.8.4 其他参数的设置..... 39

2.9 S7-200 仿真软件的使用..... 39

2.10 实训..... 42

2.10.1 编程软件的使用练习..... 42

2.10.2 仿真软件的使用练习..... 45

2.11 习题..... 46

第 3 章 PLC 程序设计基础..... 48

3.1 PLC 的编程语言与程序结构..... 48

3.1.1 PLC 编程语言的国际标准..... 48

3.1.2 S7-200 的程序结构..... 50

3.2 存储器的数据类型与寻址

方式..... 50

3.2.1 数据在存储器中存取的

方式..... 50

3.2.2 CPU 的存储区..... 52

3.2.3 直接寻址与间接寻址..... 55

3.3 位逻辑指令..... 56

3.3.1 触点指令与赋值指令..... 56

3.3.2 输出类指令与其他指令·····	60	梯形图设计方法·····	99
3.4 定时器与计数器指令·····	62	5.2.1 单序列的编程方法·····	99
3.4.1 定时器指令·····	62	5.2.2 选择序列与并行序列的编程方法·····	100
3.4.2 计数器指令·····	64	5.3 使用 SCR 指令的顺序控制梯形图设计方法·····	103
3.5 实训·····	65	5.3.1 顺序控制继电器指令·····	103
3.5.1 位逻辑指令的功能与应用·····	65	5.3.2 单序列的编程方法·····	104
3.5.2 定时器计数器的功能与应用·····	67	5.3.3 选择序列与并行序列的编程方法·····	105
3.5.3 断电保持功能的设置与应用·····	69	5.4 具有多种工作方式的系统的顺序控制梯形图设计方法·····	107
3.6 习题·····	71	5.4.1 系统的硬件结构与工作方式·····	107
第 4 章 数字量控制系统梯形图程序设计方法·····	74	5.4.2 公用程序与手动程序·····	109
4.1 梯形图的经验设计法与继电器电路转换法·····	74	5.4.3 自动程序·····	110
4.1.1 梯形图中的基本电路·····	74	5.4.4 自动回原点程序·····	112
4.1.2 经验设计法·····	75	5.5 实训·····	113
4.1.3 根据继电器电路图设计梯形图的方法·····	77	5.5.1 使用起保停电路的小车控制·····	113
4.1.4 设计中应注意的问题·····	79	5.5.2 人行横道交通信号灯控制·····	114
4.2 顺序控制设计法与顺序功能图·····	81	5.5.3 使用置位复位指令的运输带控制·····	115
4.2.1 顺序控制设计法·····	81	5.5.4 液体混合控制·····	116
4.2.2 步与动作·····	82	5.5.5 使用顺序控制继电器指令的运输带控制·····	118
4.2.3 有向连线与转换条件·····	84	5.5.6 剪板机控制·····	118
4.2.4 顺序功能图的基本结构·····	85	5.5.7 具有多种工作方式的机械手控制·····	119
4.2.5 顺序功能图中转换实现的基本规则·····	87	5.6 习题·····	121
4.3 实训·····	88	第 6 章 PLC 的功能指令·····	123
4.3.1 运输带控制·····	88	6.1 功能指令概述·····	123
4.3.2 小车控制·····	90	6.1.1 功能指令的学习方法·····	123
4.3.3 异步电动机自耦减压起动控制·····	90	6.1.2 使能输入与使能输出·····	123
4.4 习题·····	91	6.1.3 梯形图中的网络与指令·····	124
第 5 章 顺序控制梯形图的设计方法·····	94	6.2 程序控制指令·····	125
5.1 使用起保停电路的顺序控制梯形图设计方法·····	94	6.3 局部变量表与子程序·····	127
5.1.1 单序列的编程方法·····	94	6.3.1 局部变量表·····	127
5.1.2 选择序列与并行序列的编程方法·····	96	6.3.2 子程序的编写与调用·····	128
5.2 以转换为顺序控制			

6.4	数据处理指令	131
6.4.1	比较指令	131
6.4.2	数据传送指令	132
6.4.3	移位与循环指令	132
6.4.4	数据转换指令	134
6.4.5	表功能指令	136
6.4.6	读写实时时钟指令	137
6.4.7	字符串指令	138
6.5	数学运算指令与逻辑运算指令	138
6.5.1	数学运算指令	138
6.5.2	浮点数函数运算指令	140
6.5.3	逻辑运算指令	141
6.6	中断程序与中断指令	142
6.6.1	中断程序	142
6.6.2	中断事件与中断指令	143
6.6.3	中断优先级与中断队列溢出	144
6.7	高速计数器与高速脉冲输出指令	146
6.7.1	编码器	146
6.7.2	高速计数器的工作模式与外部输入信号	147
6.7.3	高速计数器指令与应用	149
6.7.4	高速脉冲输出与开环位置控制	150
6.8	实训	153
6.8.1	跳转指令的应用	153
6.8.2	比较指令与循环指令的应用	154
6.8.3	子程序的编程实验	155
6.8.4	移位循环指令的应用	157
6.8.5	数据转换指令的应用	158
6.8.6	实时时钟指令的应用	160
6.8.7	数学运算指令的应用	161
6.8.8	修改定时器的设定值	162
6.8.9	逻辑运算指令的应用	164
6.8.10	中断程序的编程实验	165
6.8.11	高速计数器与高速输出的	

编程实验	166
------	-----

6.9	习题	169
-----	----	-----

第7章 PLC的通信与自动化通信

网络	171
----	-----

7.1	计算机通信概述	171
-----	---------	-----

7.1.1	串行通信的基本概念	171
-------	-----------	-----

7.1.2	串行通信的接口标准	172
-------	-----------	-----

7.2	计算机通信的国际标准	173
-----	------------	-----

7.2.1	开放系统互连模型	173
-------	----------	-----

7.2.2	IEEE 802 通信标准	174
-------	---------------	-----

7.2.3	现场总线及其标准	176
-------	----------	-----

7.3	西门子的工业自动化通信	
-----	-------------	--

网络	177
----	-----

7.3.1	全集成自动化	177
-------	--------	-----

7.3.2	工业以太网	177
-------	-------	-----

7.3.3	现场总线 PROFIBUS	178
-------	---------------	-----

7.3.4	现场总线 AS-i	179
-------	-----------	-----

7.4	S7-200 的通信协议与通信	
-----	-----------------	--

功能	179
----	-----

7.4.1	S7-200 的网络通信协议	179
-------	----------------	-----

7.4.2	S7-200 的通信功能	180
-------	--------------	-----

7.4.3	PPI 网络的硬件接口与网络配置	181
-------	------------------	-----

7.4.4	在编程软件中设置通信接口的参数	182
-------	-----------------	-----

7.5	S7-200 的其他通信功能	184
-----	----------------	-----

7.5.1	网络读写指令与 S7-200 CPU 之间的通信	184
-------	--------------------------	-----

7.5.2	使用 Modbus 协议的通信	186
-------	-----------------	-----

7.5.3	使用自由端口模式的计算机与 S7-200 的通信	187
-------	--------------------------	-----

7.5.4	使用 USS 协议库的 S7-200 与变频器的通信	187
-------	----------------------------	-----

7.5.5	调制解调器模块 EM 241 简介	188
-------	-------------------	-----

7.6	实训——两台 PLC 之间的通信实验	188
-----	--------------------	-----

7.7	习题	189
-----	----	-----

第8章	PLC 应用中的一些问题	190
-----	--------------	-----

8.1	PLC 控制系统的设计与调试 步骤	190	8.4.1	变频器的输出频率控制	206
8.1.1	系统设计	190	8.4.2	用顺序控制设计法设计变 频器控制程序	209
8.1.2	PLC 硬件的选型	191	8.4.3	用 PLC 切换电动机的变频 电源和工频电源	212
8.1.3	硬件软件设计与调试	192	8.5	触摸屏的组态与应用简介	214
8.2	PLC 控制系统的可靠性措施	193	8.5.1	人机界面与触摸屏	214
8.2.1	电源的抗干扰措施	194	8.5.2	触摸屏的画面组态	215
8.2.2	输入/输出的抗干扰措施	194	8.5.3	触摸屏的模拟运行	220
8.2.3	故障检测与诊断	196	8.5.4	触摸屏的运行	222
8.3	PLC 在模拟量闭环控制中的 应用	197	8.6	实训——PID 闭环控制实验	223
8.3.1	模拟量闭环控制系统	197	8.7	习题	224
8.3.2	PID 控制器	199	附录		226
8.3.3	PID 指令向导的应用	200	附录 A	S7-200 的特殊存储器 (SM) 标志位	226
8.3.4	PID 参数的整定方法	202	附录 B	S7-200 的 SIMATIC 指令 集简表	228
8.3.5	PID 参数自整定简介	205	参考文献		233
8.4	PLC 在变频器控制中的 应用	206			

第1章 概述

1.1 PLC 的基本概念与基本结构

1.1.1 PLC 的基本概念

可编程序控制器简称 PLC (Programmable Logic Controller)，它是基于微处理器的通用工业控制装置。PLC 能执行各种形式和各种级别的复杂控制任务，它的应用面广、功能强大、使用方便，是当代工业自动化的主要支柱之一。PLC 对用户友好，不熟悉计算机但是熟悉继电器系统的人能很快学会用 PLC 来编程和操作。PLC 已经广泛地应用在各种机械设备和生产过程的自动控制系统中，在其他领域的应用也得到了迅速的发展。

国际电工委员会 (IEC) 在 1985 年的 PLC 标准草案第 3 稿中，对 PLC 作了以下的定义：“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，都应按易于使工业控制系统形成一个整体，易于扩充其功能的原則设计。”从上述定义可以看出，PLC 是一种用程序来改变控制功能的工业控制计算机，除了能完成各种各样的控制功能外，还有与其他计算机通信联网的功能。

本书以西门子公司的 S7-200 系列小型 PLC 为主要讲授对象。S7-200 具有极高的可靠性、强大的通信能力和丰富的扩展模块，可以用梯形图、语句表和功能块图 3 种语言来编程。它的指令丰富，指令功能强，易于掌握，操作方便，集成有高速计数器、高速输出、PID 控制器和 RS-485 通信/编程接口，由于它有极强的通信功能，在网络控制系统中也能充分发挥其作用。S7-200 以其极高的性能价格比，在国内占有很大的市场份额。

1.1.2 PLC 的基本结构

PLC 主要由 CPU 模块、输入模块、输出模块和编程装置组成 (见图 1-1)。PLC 的特殊功能模块用来完成某些特殊的任务。

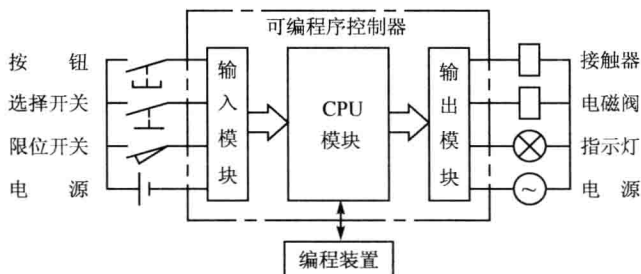


图 1-1 PLC 控制系统示意图

1. CPU 模块

CPU 模块主要由微处理器（CPU 芯片）和存储器组成。在 PLC 控制系统中，CPU 模块相当于人的大脑和心脏，它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。

2. I/O 模块

输入（Input）模块和输出（Output）模块简称为 I/O 模块，它们是系统的眼、耳、手、脚，是联系外部现场设备和 CPU 模块的桥梁。

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、限位开关、接近开关、光电开关、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。开关量输出模块用来控制接触器、电磁阀、电磁铁、指示灯、数字显示装置和报警装置等输出设备，模拟量输出模块用来控制调节阀、变频器等执行装置。

CPU 模块的工作电压一般是 5V，而 PLC 的输入/输出信号电压较高，例如 DC 24V 和 AC 220V。从外部引入的尖峰电压和干扰噪声可能损坏 CPU 模块中的元器件，或使 PLC 不能正常工作。在 I/O 模块中，用光耦合器、光电晶闸管、小型继电器等器件来隔离 PLC 的内部电路和外部的 I/O 电路，I/O 模块除了传递信号外，还有电平转换与隔离的作用。

3. 编程装置

在对 S7-200 编程时，应配备一台安装有 STEP 7-MicroWIN 编程软件的计算机、一根连接计算机和 PLC 的 RS-232/PPI 通信电缆或 USB/PPI 电缆。用它来编辑、检查、修改用户程序，并监视用户程序的执行情况。

使用编程软件，可以在计算机的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 中的程序上载到计算机，程序可以存盘或打印。

4. 电源

S7-200 有 AC 220V 电源型和 DC 24V 电源型两种，小型 PLC 可以为输入电路和外部的电子传感器（例如接近开关）提供 DC 24V 电源，驱动 PLC 负载的直流电源一般由用户提供。

1.1.3 怎样下载 PLC 的资料和软件

我国有不少厂家研制和生产过 PLC，但是还没有出现有较大影响力和较大市场占有率的品牌，目前我国使用的 PLC 主要是国外品牌的产品。

在全世界上百个 PLC 制造厂中，有几家举足轻重的公司。它们是德国的西门子（Siemens）公司，美国 Rockwell 自动化公司所属的 A-B（Allen & Bradley）公司，GE-Fanuc 公司，法国的施耐德（Schneider）公司，日本的三菱公司和欧姆龙（OMRON）公司。

可以在西门子自动化与驱动集团的网站 www.ad.siemens.com.cn 下载西门子工控产品的中英文资料和部分软件。也可以在网站 www.f108.com 下载西门子 PLC 更多的资料和软件。

可以在三菱电机自动化（上海）有限公司的资料下载网页（<http://www.mitsubishielectric-automation.cn/download/download.asp>）下载三菱 PLC 和其他工控产品的大量资料。

可以在上海欧姆龙自动化系统有限公司的网站（<http://www.omronservice.com>）的“下载中心”下载 PLC 的资料和某些软件。

可以在 <https://www.rockwellautomation.com.cn/> 下载 Rockwell PLC 的中文资料。

<http://www.plcs.net/> 是一个 PLC 专业网站，在其“learn PLCs”栏目中双击“Link”，可以链接全世界主要的 PLC 厂家的网站，和致力于 PLC 标准化的组织 PLCopen 的网站。

工控资料一般为 PDF 文件，需要用 Adobe 阅读器阅读，该阅读器可以在互联网下载。

1.2 PLC 的特点与应用领域

1.2.1 PLC 的特点

1. 编程方法简单易学

梯形图是使用得最广的 PLC 编程语言，其电路符号和表达方式与继电器电路原理图相似，梯形图语言形象直观，易学易懂。

梯形图语言实际上是一种面向用户的高级语言，编程软件将它编译成数字代码，然后下载到 PLC 去执行。

2. 功能强，性能价格比高

一台小型 PLC 内有成百上千个可供用户使用的编程元件，有很强的功能，可以实现非常复杂的控制功能。与功能相同的继电器系统相比，具有很高的性能价格比。PLC 还可以通过通信联网，实现分散控制，集中管理。

3. 硬件配套齐全，用户使用方便，适应性强

PLC 产品已经标准化、系列化、模块化，配备有品种齐全的各种硬件装置供用户选用，用户能灵活方便地进行系统配置，组成不同功能和不同规模的系统。PLC 的安装接线也很方便，一般用接线端子连接外部接线。PLC 有较强的带负载能力，可以直接驱动小型电磁阀和小型交流接触器。硬件配置确定后，可以通过修改用户程序，方便快速地适应工艺条件的变化。

4. 可靠性高，抗干扰能力强

传统的继电器控制系统使用了大量的中间继电器、时间继电器。由于触点接触不良，容易出现故障。PLC 用软件代替大量的中间继电器和时间继电器，仅剩下与输入和输出有关的少量硬件元件，硬件接线比继电器控制系统少得多，因触点接触不良造成的故障大为减少。

PLC 采取了一系列硬件和软件抗干扰措施，具有很强的抗干扰能力，平均无故障时间达到数万小时以上，可以直接用于有强烈干扰的工业生产现场，PLC 已被公认为最可靠的工业控制设备之一。

5. 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控制系统中大量的中间继电器、时间继电器、计数器等器件，使控制柜的设计、安装、接线工作量大大减少。

PLC 的梯形图程序一般用顺序控制设计法来设计。这种编程方法很有规律，很容易掌握。对于复杂的控制系统，设计梯形图的时间比设计相同功能的继电器系统电路图的时间要少得多。

PLC 的用户程序可以在实验室模拟调试，输入信号用小开关来模拟，通过 PLC 上的发光

二极管可以观察输出信号的状态。完成了系统的安装和接线后，在现场的统调过程中发现的问题一般通过修改程序就可以解决，系统的调试时间比继电器系统少得多。

6. 维修工作量小，维修方便

PLC 的故障率很低，且有完善的自诊断和显示功能。PLC 或外部的输入装置和执行机构发生故障时，可以根据 PLC 上的发光二极管或编程器提供的信息迅速地查明故障的原因，用更换模块的方法可以迅速地排除故障。

7. 体积小，能耗低

复杂的控制系统使用 PLC 后，可以减少大量的中间继电器和时间继电器，小型 PLC 的体积仅相当于几个继电器的大小，因此可将开关柜的体积缩小到原来的 $1/10 \sim 1/2$ 。

PLC 的配线比继电器控制系统的配线少得多，故可以省下大量的配线和附件，减少安装接线工时，加上开关柜体积的缩小，可以节省大量的费用。

1.2.2 PLC 的应用领域

在国内外，PLC 已经广泛地应用在各种工业部门，随着其性能价格比的不断提高，应用范围不断扩大，主要有以下几个方面：

1. 数字量逻辑控制

PLC 用“与”、“或”、“非”等位逻辑指令来实现触点和电路的串、并联，代替继电器进行组合逻辑控制、定时控制与顺序逻辑控制。数字量逻辑控制可以用于单台设备，也可以用于自动生产线，其应用领域已遍及各行各业，甚至深入到家庭。

2. 运动控制

PLC 使用位置控制指令或专用的运动控制模块，对直线运动或圆周运动的位置、速度和加速度进行控制，有的可以实现单轴、双轴、3 轴和多轴位置控制，使运动控制与顺序控制功能有机地结合在一起。PLC 的运动控制功能广泛地用于各种机械设备，例如金属切削机床、金属成形机械、装配机械、机器人、电梯等场合。

3. 闭环过程控制

过程控制是指对温度、压力、流量等连续变化的模拟量的闭环控制。PLC 通过模拟量 I/O 模块，实现模拟量（Analog）和数字量（Digital）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。其 PID 控制功能已经广泛地应用于塑料挤压成形机、加热炉、热处理炉、锅炉等设备，以及轻工、化工、机械、冶金、电力、建材等行业。

4. 数据处理

现代的 PLC 具有数学运算（包括四则运算、矩阵运算、函数运算、字逻辑运算、循环、移位、浮点数运算等）、数据传送、转换、排序和查表、位操作等功能，可以完成数据的采集、分析和处理。这些数据可以与储存在存储器中的参考值比较，也可以用通信功能传送到别的智能装置上，或者将它们打印制表。

5. 通信联网

PLC 的通信包括 PLC 与远程 I/O 之间的通信、多台 PLC 之间的通信、PLC 与其他智能控制设备（例如计算机、变频器、数控装置）之间的通信。PLC 与其他智能控制设备一起，可以组成“集中管理、分散控制”的分布式控制系统。

1.3 习题

1. 简述 PLC 的定义。
2. PLC 有哪些主要特点?
3. 与一般的计算机控制系统相比, PLC 有哪些优点?
4. 与继电器控制系统相比, PLC 有哪些优点?
5. PLC 可以用在哪些领域?

第2章 PLC的硬件与编程软件使用方法

2.1 PLC的硬件

2.1.1 PLC的物理结构

根据硬件结构的不同,可以将 PLC 分为整体式和模块式。

1. 整体式 PLC

整体式又叫做单元式或箱体式,它的体积小、价格低,小型 PLC 一般采用整体式结构。整体式 PLC 将 CPU 模块、I/O 模块和电源装在一个箱型机壳内, S7-200 称为 CPU 模块(见图 2-1)。图中的前盖下面有操作模式选择开关、模拟量电位器和扩展模块连接器。 S7-200 系列 PLC 提供多种具有不同 I/O 点数的 CPU 模块和数字量、模拟量 I/O 扩展模块供用户选用。 CPU 模块和扩展模块用扁平电缆连接,可以选用全输入型或全输出型的数字量 I/O 扩展模块来改变输入/输出点的比例。

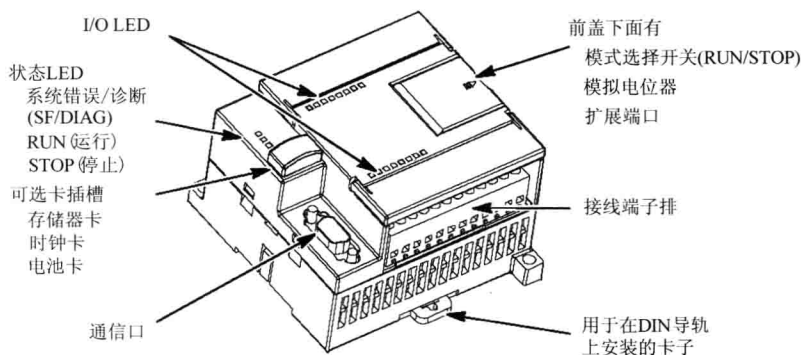


图 2-1 S7-200 CPU 模块的外形图

整体式 PLC 还配备有许多专用的特殊功能模块,例如模拟量输入/输出模块、热电偶模块、热电阻模块和通信模块等,使 PLC 的功能得到扩展。

2. 模块式 PLC

大、中型 PLC 一般采用模块式结构,图 2-2 是西门子的 S7-400 系列 PLC,它由机架和模块组成。模块插在模块插座上,后者焊在机架中的总线连接板上,有不同槽数的机架供用户选用。如果一个机架容纳不下选用的模块,可以增设一个或数个扩展机架,各机架之间用接口模块和电缆相连。用户可以选用不同档次的 CPU 模块、品种繁多的 I/O 模块和特殊功能模块,对硬件配置的选择余地较大,维修时更换模块也很方便。

整体式 PLC 每一 I/O 点的平均价格比模块式的便宜,小型控制系统一般采用整体式结

构。但是模块式 PLC 的硬件组态方便灵活, I/O 点数的多少、输入点数与输出点数的比例、I/O 模块的种类和块数、特殊 I/O 模块的使用等方面的选择余地都比整体式 PLC 大得多, 维修时更换模块、判断故障范围也很方便, 因此较复杂的、要求较高的系统一般选用模块式 PLC。

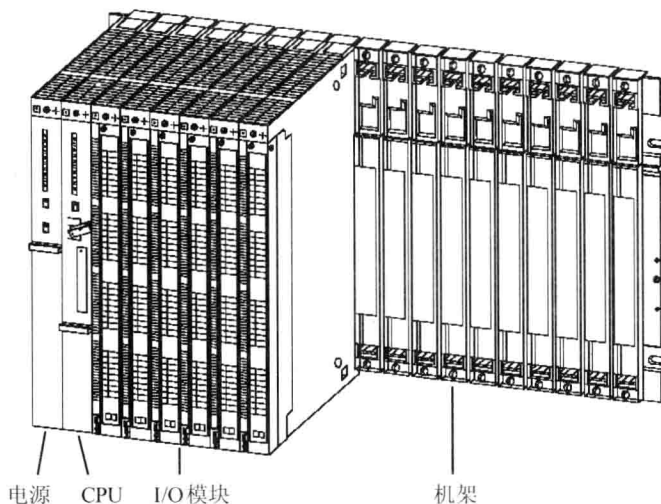


图 2-2 S7-400 PLC

2.1.2 CPU 模块中的存储器

存储器分为系统程序存储器和用户程序存储器。系统程序相当于个人计算机的操作系统, 它使 PLC 具有基本的智能, 能够完成 PLC 设计者规定的各种工作。系统程序由 PLC 生产厂家设计并固化在 ROM (只读存储器) 中, 用户不能读取。用户程序由用户设计, 它使 PLC 能完成用户要求的特定任务。

PLC 使用以下几种物理存储器:

1. 随机存取存储器 (RAM)

用户可以用编程装置读出 RAM 中的内容, 也可以将用户程序写入 RAM, 因此 RAM 又叫读/写存储器。它是易失性的存储器, 它的电源中断后, 储存的信息将会丢失。

RAM 的工作速度快、价格便宜、改写方便。在关断 PLC 的外部电源后, 可以用锂电池保存 RAM 中的用户程序和某些数据。锂电池可以用 1~3 年, 需要更换锂电池时, 由 PLC 发出信号, 通知用户。现在部分 PLC 仍用 RAM 来储存用户程序。

2. 只读存储器 (ROM)

ROM 的内容只能读出, 不能写入。它是非易失性的, 它的电源消失后, 仍能保持储存的内容。ROM 用来存放 PLC 的系统程序。

3. 可以电擦除可编程的只读存储器 (EEPROM)

EEPROM 是非易失性的, 可以用编程装置对它进行访问, 兼有 ROM 的非易失性和 RAM 的随机存取优点, 但是写入数据所需的时间比 RAM 长得多。S7-200 用 EEPROM 来储存用户程序和需要长期保存的重要数据。

2.1.3 I/O 模块

各 I/O 点的通/断状态用发光二极管（LED）显示，外部接线一般接在模块面板的接线端子上。某些模块使用可以拆卸的插座型端子板，不用断开端子板上的外部接线，就可以迅速地更换模块。

1. 输入模块

图 2-3 是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。输入回路可以使用外接的 DC 24V 电源，也可以使用 CPU 模块提供的 DC 24V 电源，后者还可以作接近开关等传感器的电源。

当图 2-3 中的外部触点接通时，光耦合器中两个反并联的发光二极管中的一个亮，光敏三极管饱和导通；外接触点断开时，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。显然，可以改变图 2-3 中输入回路的电源极性。

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

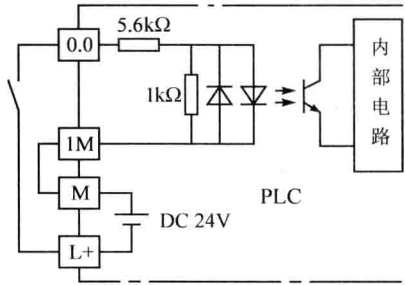


图 2-3 输入电路

2. 输出模块

S7-200 的 CPU 模块的数字量输出电路的功率元件有驱动直流负载的场效应管和小型继电器，后者既可以驱动交流负载，也可以驱动直流负载，负载电源由外部提供。

输出电流的额定值与负载的性质有关，例如 S7-200 的继电器输出电路可以驱动 2A 的电阻性负载，但是只能驱动 200W 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 2-4 是继电器输出电路，继电器同时起隔离和功率放大作用，每一路只有一对常开触点。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 2-5 是使用场效应管（MOSFET）的输出电路。输出信号送给内部电路中的输出锁存器，再经光耦合器送给场效应管，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。图中的稳压管用来抑制关断过电压和外部的浪涌电压，以保护场效应管，场效应管输出电路的工作频率可达 20~100 kHz。

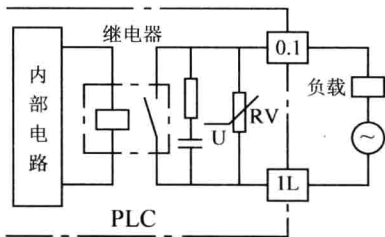


图 2-4 继电器输出电路

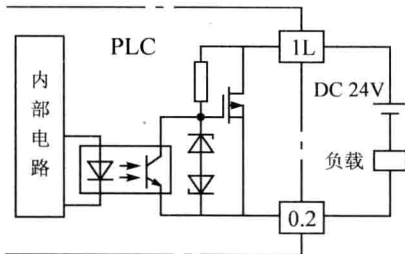


图 2-5 场效应管输出电路

S7-200 的数字量扩展模块中还有一种用双向晶闸管作输出元件的 AC 230V 的输出模块。每点额定输出电流为 0.5A，灯负载为 60W，最大漏电流为 1.8mA，接通到断开的最大时间为 0.2ms 加上工频电源的半周期（10ms）。

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。

场效应管型模块用于直流负载，它的可靠性高、反应速度快、寿命长，过载能力稍差。

2.2 PLC 的工作原理

2.2.1 用触点和线圈实现逻辑运算

数字量控制系统中，变量仅有两种相反的工作状态，例如高电平和低电平、继电器线圈的通电和断电、常开触点的接通和断开，可以分别用逻辑代数中的 1 和 0 来表示它们，在波形图中，用高电平表示 1 状态，用低电平表示 0 状态。

“与”、“或”、“非”逻辑运算的输入/输出关系如表 2-1 所示，用继电器电路或梯形图可以实现“与”、“或”、“非”逻辑运算（见图 2-6）。用多个触点的串、并联电路可以实现复杂的逻辑运算。

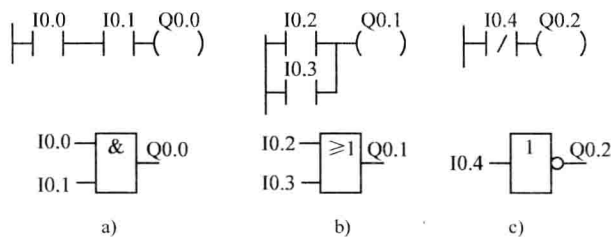


图 2-6 基本逻辑运算
a) 与 b) 或 c) 非

表 2-1 逻辑运算关系表

与			或			非	
$Q0.0 = I0.0 \cdot I0.1$			$Q0.1 = I0.2 + I0.3$			$Q0.2 = \overline{I0.4}$	
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		

物理继电器的线圈通电时，其常开触点接通，常闭触点断开；线圈断电时，其常开触点断开，常闭触点闭合。梯形图中的位元件（例如 PLC 的输出 Q）的触点和线圈也有类似的关系。

图 2-7 是用交流接触器控制异步电动机的主电路、控制电路和有关的波形图。接触器 KM 的结构和工作原理与继电器的基本相同，区别仅在于继电器触点的额定电流较小（例如几十毫安），而接触器是用来控制大电流负载的，例如它可以控制额定电流为几十安甚至上千安的异步电动机。按下起动按钮 SB1，它的常开触点接通，电流经过 SB1 的常开触点和停止按钮

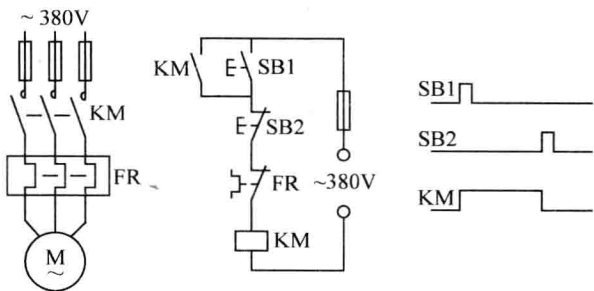


图 2-7 异步电动机控制电路