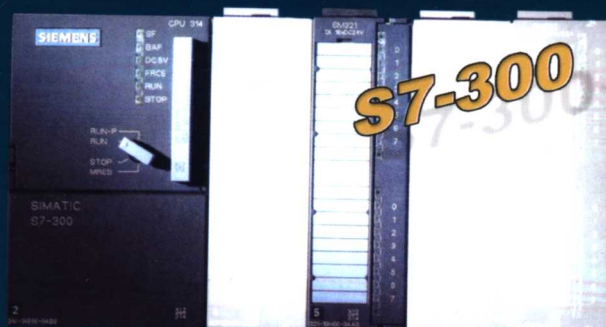




21 世 纪 高 等 院 校 电 气 信 息 类 系 列 教 材

大中型PLC应用教程

廖常初 主编



21 世纪高等院校电气信息类系列教材

大中型 PLC 应用教程

廖常初 主编



机械工业出版社

西门子的 S7-300/400 系列 PLC 是应用最广的大中型 PLC。本书全面介绍: S7-300/400 的硬件结构和硬件组态的方法, 指令系统、程序结构、编程软件 STEP 7 的使用方法, 用仿真软件在计算机上运行 PLC 用户程序的方法, 梯形图的经验设计法、继电器电路转换法和顺序控制设计法, 以及使用顺序功能图语言 S7 Graph 的设计方法。这些方法易学易用, 可以节约大量的设计时间。本书还介绍了 AS-i、工业以太网、MPI、PROFIBUS、点对点通信和 PRODAVE 通信软件的组态、参数设置和编程的方法, 以及使用功能块实现 PID 控制的方法。

本书可作为大专院校工业自动化、电气工程及其自动化、应用电子、计算机应用、机电一体化等专业的教材。各章配有习题, 附有实验指导书。

建议工程技术人员和 S7-300/400 的用户选用机械工业出版社出版的《S7-300/400 应用技术》(含 1CD), 本书是该书的教材版。

图书在版编目 (CIP) 数据

大中型 PLC 应用教程/廖常初主编. —北京: 机械工业出版社, 2005.2
(21 世纪高等院校电气信息类系列教材)

ISBN 7-111-15849-0

I. 大... II. 廖... 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 (2004) 第 133915 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: 胡毓坚 责任编辑: 李馨馨 版式设计: 霍永明

责任校对: 樊钟英 封面设计: 刘吉维 责任印制: 施 红

北京铭成印刷有限公司印刷·新华书店北京发行所发行

2005 年 2 月第 1 版·第 1 次印刷

787mm × 1092mm $1/16$ · 19.5 印张 · 479 千字

0 001—5 000 册

定价: 28.00 元

凡购本书, 如有缺页、倒页、脱页, 由本社发行部调换

本社购书热线电话 (010) 68993821、88379646

68326294、68320718

封面无防伪标均为盗版

前 言

可编程序控制器 (PLC) 是应用十分广泛的微机控制装置, 是自动控制系统的关键设备。西门子公司的 S7-300/400 是应用最广的大中型 PLC。

本书详细介绍了 S7-300/400 的硬件结构和硬件组态的方法、指令系统、程序结构和编程软件 STEP 7 的使用方法。介绍了设计梯形图的一整套先进完整的编程方法, 包括经验设计法、继电器电路转换法、顺序控制设计法和使用顺序功能图语言 S7 Graph 的设计方法, 这些方法易学易用, 可以节约大量的设计时间。书中还介绍了 MPI、PROFIBUS、点对点通信和 PRODAVE 通信软件的组态、参数设置和编程的方法, 以及 AS-i、工业以太网、使用功能块实现 PID 控制的方法。建议工程技术人员选用机械工业出版社出版的《S7-300/400 应用技术》, 本书是该书的教材版。该书的内容更为丰富, 配套光盘中有大量的中英文用户手册、软件和例程。

由于昂贵的硬件费用, 一般的学校很难配备齐全的硬件实验装置。但是如果使用本书介绍的基于 STEP 7 编程软件和 PLCSIM 仿真软件的实验方法, 只用计算机就可以完成实验指导书中的十多个实验。通过这些实验可以使学生掌握用编程软件生成和编辑用户程序的方法, 对硬件和通信网络组态的方法, 以及在计算机上模拟运行和监控 PLC 用户程序 (包括主要的中断处理程序) 的方法。

为了方便教学, 各章配有习题, 附有实验指导书。在附录中提供了指令一览表、组织块、系统功能与系统功能块一览表和常用缩写词。

本书的编写得到了西门子公司的的大力支持, 西门子 (中国) 有限公司的马笑潇经理和王东滨先生对本书的编写提供了大量的资料、编程软件和硬件, 在此表示衷心的感谢。

本书由廖常初主编, 陈晓东、王云杰、李远树、陈曾汉、范占华、关朝旺、余秋霞、廖亮、孙明渝、郑群英、万莉、唐世友、左源洁、孙剑、聂世珍参加了编写工作。

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 E-mail: liaosun@cqu.edu.cn。

重庆大学电气工程学院 廖常初

2004 年 9 月

目 录

前言

第 1 章 概述.....1

- 1.1 PLC 的基本概念.....1
 - 1.1.1 模块式 PLC 的基本结构.....1
 - 1.1.2 PLC 的特点.....2
 - 1.1.3 PLC 的应用领域.....3
 - 1.1.4 怎样下载西门子公司 PLC 的资料和软件.....4
- 1.2 PLC 的工作原理.....4
 - 1.2.1 逻辑运算.....4
 - 1.2.2 PLC 的循环处理过程.....5
 - 1.2.3 PLC 的工作原理.....7
- 1.3 习题.....9

第 2 章 S7-300/400 的硬件结构与性能指标.....10

- 2.1 S7-300 系列 PLC 简介.....10
 - 2.1.1 S7-300 的概况.....10
 - 2.1.2 S7-300 的系统结构.....11
 - 2.1.3 I/O 模块地址的确定.....13
 - 2.1.4 模块诊断与过程中断.....14
- 2.2 S7-300 的 CPU 模块.....15
 - 2.2.1 CPU 模块的元件.....15
 - 2.2.2 存储器.....17
 - 2.2.3 CPU 模块简介.....18
- 2.3 S7-300 的输入/输出模块.....19
 - 2.3.1 数字量输入模块.....19
 - 2.3.2 数字量输出模块.....20
 - 2.3.3 数字量输入/输出模块.....21
 - 2.3.4 模拟量输入模块.....21
 - 2.3.5 将模拟量输入模块的输出值转换为实际的物理量.....23

- 2.3.6 模拟量输出模块.....24
- 2.3.7 模拟量模块的诊断与中断.....25
- 2.3.8 EX 系列与 F 系列输入/输出模块.....26
- 2.4 S7-300 的其他模块.....26
- 2.5 S7-400 系列 PLC 的硬件组成.....28
 - 2.5.1 S7-400 的基本结构与特点.....28
 - 2.5.2 机架与接口模块.....30
 - 2.5.3 S7-400 的通信功能.....31
 - 2.5.4 冗余设计的容错自动化系统 S7-400H.....31
 - 2.5.5 安全型自动化系统 S7-400F/FH.....32
 - 2.5.6 多 CPU 处理.....33
 - 2.5.7 CPU 模块的元件.....33
 - 2.5.8 CPU 模块与电源模块.....34
 - 2.5.9 输入/输出模块.....35
 - 2.5.10 功能模块.....36
- 2.6 ET 200 分布式 I/O.....37
 - 2.6.1 ET 200 的特点.....37
 - 2.6.2 ET 200 的分类.....38
- 2.7 习题.....38

第 3 章 S7-300/400 的编程语言与指令系统.....40

- 3.1 S7-300/400 的编程语言.....40
 - 3.1.1 PLC 编程语言的国际标准.....40
 - 3.1.2 STEP 7 中的编程语言.....41
- 3.2 S7-300/400 CPU 的存储区.....43
 - 3.2.1 数制.....43
 - 3.2.2 基本数据类型.....44
 - 3.2.3 复合数据类型与参数类型.....46
 - 3.2.4 CPU 的存储区分布.....46
 - 3.2.5 系统存储器.....47
 - 3.2.6 CPU 中的寄存器.....49

3.3 位逻辑指令.....	51	4.2.4 数字量输入模块的参数设置.....	101
3.3.1 触点指令.....	52	4.2.5 数字量输出模块的参数设置.....	101
3.3.2 输出类指令.....	53	4.2.6 模拟量输入模块的参数设置.....	102
3.3.3 其他指令.....	54	4.2.7 模拟量输出模块的参数设置.....	104
3.4 定时器与计数器指令.....	56	4.3 符号表与逻辑块.....	104
3.4.1 定时器指令.....	56	4.3.1 符号表.....	104
3.4.2 计数器指令.....	61	4.3.2 逻辑块.....	105
3.5 数据处理指令.....	63	4.4 S7-PLCSIM 仿真软件在程序调试中的 应用.....	108
3.5.1 装入指令与传送指令.....	64	4.4.1 S7-PLCSIM 的主要功能.....	108
3.5.2 比较指令.....	67	4.4.2 使用 S7-PLCSIM 仿真软件调试程序 的步骤.....	108
3.5.3 数据转换指令.....	68	4.4.3 应用举例.....	109
3.6 数学运算指令.....	72	4.4.4 视图对象与仿真软件的设置与 存档.....	110
3.6.1 整数数学运算指令.....	72	4.5 STEP 7 与 PLC 的在线连接与在线操作.....	111
3.6.2 浮点数数学运算指令.....	74	4.5.1 装载存储器与工作存储器.....	111
3.6.3 移位与循环移位指令.....	77	4.5.2 在线连接的建立与在线操作.....	111
3.6.4 字逻辑运算指令.....	80	4.5.3 下载与上载.....	112
3.6.5 累加器指令.....	81	4.6 用变量表调试程序.....	113
3.7 逻辑控制指令.....	83	4.6.1 系统调试的基本步骤.....	113
3.7.1 跳转指令.....	83	4.6.2 变量表的基本功能.....	113
3.7.2 梯形图中的状态位触点指令.....	86	4.6.3 变量表的生成.....	114
3.7.3 循环指令.....	86	4.6.4 变量表的使用.....	115
3.8 程序控制指令.....	86	4.7 用程序状态功能调试程序.....	116
3.8.1 逻辑块指令.....	86	4.7.1 程序状态功能的启动与显示.....	116
3.8.2 主控继电器指令.....	89	4.7.2 单步与断点功能的使用.....	117
3.8.3 数据块指令.....	90	4.8 故障诊断.....	118
3.8.4 梯形图的编程规则.....	91	4.8.1 故障诊断的基本方法.....	119
3.9 习题.....	92	4.8.2 模块信息在故障诊断中的应用.....	119
		4.8.3 用快速视窗和诊断视窗诊断故障.....	120
第 4 章 STEP 7 编程软件的使用方法.....	94	4.9 显示参考数据.....	121
4.1 STEP 7 编程软件简介.....	94	4.9.1 参考数据的生成与显示.....	121
4.1.1 STEP 7 概述.....	94	4.9.2 交叉参考表.....	122
4.1.2 STEP 7 的硬件接口.....	94	4.9.3 程序结构.....	122
4.1.3 STEP 7 的授权.....	94	4.9.4 其他参考数据.....	123
4.1.4 STEP 7 的编程功能.....	95	4.10 习题.....	123
4.1.5 STEP 7 的硬件组态与诊断功能.....	95		
4.2 硬件组态与参数设置.....	96		
4.2.1 项目的创建与项目的结构.....	96		
4.2.2 硬件组态.....	97		
4.2.3 CPU 模块的参数设置.....	99		
		第 5 章 数字量控制系统梯形图	

设计方法	125
5.1 梯形图的经验设计法与继电器电路转换法	125
5.1.1 用经验法设计梯形图	125
5.1.2 根据继电器电路图设计梯形图	128
5.2 顺序控制设计法与顺序功能图	132
5.2.1 顺序控制设计法	132
5.2.2 步与动作	133
5.2.3 有向连线与转换	134
5.2.4 顺序功能图的基本结构	135
5.2.5 顺序功能图中转换实现的基本规则	137
5.2.6 顺序控制设计法的本质	139
5.3 使用起保停电路的顺序控制梯形图编程方法	139
5.3.1 设计顺序控制梯形图的一些基本问题	139
5.3.2 单序列的编程方法	141
5.3.3 选择序列与并行序列的编程方法	142
5.3.4 应用举例	144
5.4 使用置位复位指令的顺序控制梯形图编程方法	146
5.4.1 单序列的编程方法	146
5.4.2 选择序列与并行序列的编程方法	148
5.4.3 应用举例	149
5.5 具有多种工作方式的系统的顺序控制梯形图编程方法	150
5.5.1 机械手控制系统简介	150
5.5.2 使用起保停电路的编程方法	151
5.5.3 使用置位复位指令的编程方法	155
5.6 顺序功能图语言 S7 Graph 的应用	156
5.6.1 S7 Graph 语言概述	156
5.6.2 使用 S7 Graph 编程的例子	158
5.6.3 顺序控制器的运行模式与监控操作	162
5.6.4 顺序控制器中的动作	163
5.6.5 顺序控制器中的条件	165
5.6.6 用 S7 Graph 编写具有多种工作方式的控制程序	165

5.7 习题	169
--------	-----

第 6 章 S7-300/400 的用户程序结构 172

6.1 用户程序的基本结构	172
6.1.1 用户程序中的块	172
6.1.2 用户程序使用的堆栈	175
6.1.3 线性化编程与结构化编程	176
6.2 功能块与功能的生成与调用	177
6.2.1 发动机控制系统的用户程序结构	177
6.2.2 符号表与变量声明表	178
6.2.3 功能块与功能	181
6.2.4 功能块与功能的调用	181
6.2.5 时间标记冲突与一致性检查	183
6.3 数据块	184
6.3.1 数据块中的数据类型	184
6.3.2 数据块的生成与使用	185
6.4 多重背景	186
6.4.1 多重背景功能块与多重背景数据块	187
6.4.2 在 OB1 中调用多重背景	188
6.5 组织块与中断处理	189
6.5.1 中断的基本概念	189
6.5.2 组织块的变量声明表	190
6.5.3 日期时间中断组织块	191
6.5.4 延时中断组织块	193
6.5.5 循环中断组织块	195
6.5.6 硬件中断组织块	196
6.5.7 启动时使用的组织块	198
6.5.8 异步错误组织块	200
6.5.9 同步错误组织块	202
6.5.10 背景组织块	204
6.6 习题	205

第 7 章 计算机通信网络与 S7-300/400 的通信功能 206

7.1 计算机通信方式与串行通信接口	206
7.1.1 计算机的通信方式	206
7.1.2 串行通信接口的标准	207
7.2 计算机通信的国际标准	208

方法.....	279	A.7 延时中断实验.....	285
8.6 习题.....	280	A.8 循环中断实验.....	285
附录.....	282	A.9 硬件中断实验.....	285
附录 A 实验指导书.....	282	A.10 同步错误中断实验.....	286
A.1 STEP 7 编程软件与仿真软件应用		A.11 程序结构实验.....	286
实验.....	282	A.12 MPI 网络全局数据通信的组态	
A.2 顺序控制程序的编程实验.....	283	实验.....	287
A.3 复杂的顺序控制程序的编程实验.....	283	A.13 DP 网络主从通信的组态实验.....	287
A.4 具有多种工作方式的系统的顺序		附录 B S7-300/400 的指令一览表.....	287
控制程序的编程实验.....	283	附录 C 组织块、系统功能与系统功能块	
A.5 顺序功能图语言 S7 Graph 的编程		一览表.....	292
实验.....	284	附录 D 常用缩写词.....	298
A.6 日期时间中断实验.....	285	参考文献.....	301

第 1 章 概 述

1.1 PLC 的基本概念

随着微处理器、计算机和数字通信技术的飞速发展，计算机控制已经广泛地应用在所有工业领域。现代社会要求制造业对市场需求作出迅速的反应，生产出小批量、多品种、多规格、低成本和高质量的产品。为了满足这一要求，生产设备和自动生产线的控制系统必须具有极高的可靠性和灵活性。可编程控制器（Programmable Logic Controller）正是顺应这一要求出现的，它是以微处理器为基础的通用工业控制装置。

可编程序控制器简称为 PLC，它的应用面广、功能强大、使用方便，已经成为当代工业自动化的主要支柱之一。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，PLC 在其他领域，例如在民用和家庭自动化设备中的应用也得到了迅速的发展。

1.1.1 模块式 PLC 的基本结构

本书以西门子公司的 S7-300/400 系列大中型 PLC 为主要讲授对象。西门子的 PLC 以其极高的性能价格比，在国内占有很大的市场份额，在我国的各行各业得到了广泛的应用。S7-300/400 属于模块式 PLC，主要由机架、CPU 模块、信号模块、功能模块、接口模块、通信处理器、电源模块和编程设备组成（见图 1-1），各种模块安装在机架上。通过 CPU 模块或通信模块上的通信接口，PLC 被连接到通信网络上，可以与计算机、其他 PLC 或其他设备通信。

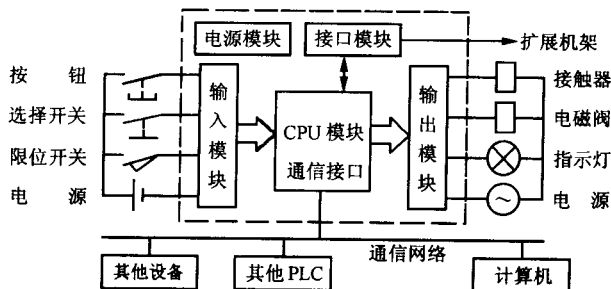


图 1-1 PLC 控制系统示意图

1. CPU 模块

CPU 模块主要由微处理器(CPU 芯片)和存储器组成，S7-300/400 将 CPU 模块简称为 CPU。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，模块中的存储器用来存储程序和数据。

2. 信号模块

输入（Input）模块和输出（Output）模块一般简称为 I/O 模块，开关量输入/输出模块简称为 DI 模块和 DO 模块，模拟量输入/输出模块简称为 AI 模块和 AO 模块，在 S7-300/400 中，它们被统称为信号模块。信号模块是系统的眼、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电动调节阀、变频器等执行器。

CPU 模块内部的工作电压一般是 DC 5V，而 PLC 的输入/输出信号电压一般较高，例如 DC 24V 或 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。在信号模块中，用光耦合器、光敏晶闸管、小型继电器等器件来隔离 PLC 的内部电路和外部的输入、输出电路。信号模块除了传递信号外，还有电平转换与隔离的作用。

3. 功能模块

为了增强 PLC 的功能，扩大其应用领域，减轻 CPU 的负担，PLC 厂家开发了各种各样的功能模块。它们主要用于完成某些对实时性和存储容量要求很高的控制任务。

4. 接口模块

CPU 模块所在的机架称为中央机架，如果一个机架不能容纳全部模块，可以增设一个或多个扩展机架。接口模块用来实现中央机架与扩展机架之间的通信，有的接口模块还可以为扩展机架供电。

5. 通信处理器

通信处理器用于 PLC 之间、PLC 与远程 I/O 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 MPI、PROFIBUS-DP、AS-i 和工业以太网，或者用于点对点通信。有的 S7-300/400 CPU 集成有 MPI 之外的通信接口，相当于 CPU 模块与通信处理器的组合。

6. 电源模块

PLC 一般使用 AC 220V 电源或 DC 24V 电源，电源模块用于将输入电压转换为 DC 24V 电压和背板总线上的 DC 5V 电压，供其他模块使用。

7. 编程设备

S7-300/400 使用安装了编程软件 STEP 7 的个人计算机作为编程设备，在计算机屏幕上直接生成和编辑各种文本程序或图形程序，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，可以实现远程编程。编程软件还具有对网络和硬件组态、参数设置、监控和故障诊断等功能。

1.1.2 PLC 的特点

1. 编程方法简单易学

梯形图是使用得最多的 PLC 的编程语言，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，易学易用，熟悉继电器电路图的电气技术人员只需花几天时间就可以熟悉梯形图语言，并用来编制用户程序。

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，可以实现非常复杂的控制功能。与相同功能的继电器系统相比，具有很高的性能价格比。PLC 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、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。

硬件配置确定后，通过修改用户程序，就可以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

PLC 用软件代替继电器控制系统中大量的中间继电器和时间继电器，接线可减少到继电器控制系统的十分之一以下，大大减少了因触点接触不良造成的故障。S7-300/400 有极强的故障诊断能力。

PLC 使用了一系列硬件和软件抗干扰措施，具有很强的抗干扰能力，可以直接用于有强烈干扰的工业生产现场，PLC 已被广大用户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 的梯形图程序可以用顺序控制设计法来设计。这种设计方法很有规律，很容易掌握。用这种方法设计梯形图的时间比设计继电器系统电路图的时间要少得多。

可以在实验室模拟调试 PLC 的用户程序，用小开关来模拟输入信号，通过各输出点对应的发光二极管的状态来观察输出信号的状态，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，并且有完善的故障诊断功能。PLC 或外部的输入装置和执行机构发生故障时，根据 PLC 上的发光二极管或编程软件提供的信息，可以很方便地查明故障的原因，用更换模块的方法可以迅速地排除故障。

7. 体积小，能耗低

对于复杂的控制系统，使用 PLC 后，由于减少了大量的中间继电器和时间继电器，开关柜的体积比继电器控制系统小得多。

1.1.3 PLC 的应用领域

在发达的工业国家，PLC 已经广泛应用在所有的工业部门，随着性能价格比的不断提高，其应用范围不断扩大，主要有以下几个方面：

1. 开关量逻辑控制

PLC 主要用于代替继电器进行组合逻辑控制、定时控制与顺序逻辑控制。开关量逻辑控制可以用于单台设备和自动生产线，其应用领域已遍及各行各业，甚至深入到民用和家庭中。

2. 运动控制

PLC 使用专用的指令或运动控制模块，对直线运动或圆周运动的位置、速度和加速度进行控制，可以实现单轴、双轴、3 轴和多轴联动的位置控制，使运动控制与顺序控制功能有机结合在一起。PLC 的运动控制功能广泛用于各种机械，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

闭环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 转换与 D/A 转换, 并对模拟量实行闭环 PID (比例-积分-微分) 控制。其闭环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 具有整数四则运算、矩阵运算、函数运算、字逻辑运算、求反、循环、移位、浮点数运算等运算功能, 和数据传送、转换、排序、查表、位操作等功能, 可以完成数据的采集、分析和处理。

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。

1.1.4 怎样下载西门子公司 PLC 的资料和软件

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

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中文网站 (www.ad.siemens.com.cn) 下载西门子的 PLC 资料。在该网站的主页中点击“中文下载目录”、“英文下载资料”或“软件下载目录”, 进入“下载中心”后, 可以下载各种工控产品的中英文说明书、使用手册、产品介绍和一些软件。也可以用网址 <http://www.ad.siemens.com.cn/download/> 直接进入下载中心。

如果需要更多的资料 and 软件, 可以访问西门子自动化与驱动集团在德国的网站, 网址为 <http://www.ad.siemens.de/>。点击“English”将语言由德文改为英文, 点击“Service & Support”, 在“Document type”下面点击“Manual”, 在“Please Type Your Question”下面的方框内输入要搜索的手册的关键字, 例如“CP 5511”, 点击[GO], 就会列出与 CP 5511 有关的手册。点击感兴趣的手册, 在出现的画面中点击“Download”, 可以下载该手册; 如果在计算机中安装了 Adobe 阅读器, 点击“Display”, 可以阅读 PDF 格式的手册。

从这两个网站还可以下载一些软件的补丁, 以及与某些模块配套的软件、例程和使用手册等。

1.2 PLC 的工作原理

1.2.1 逻辑运算

在数字量 (或称开关量) 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、触点的接通和断开, 可以分别用逻辑代数中的 1 和 0 来表

示这些状态，在波形图中，用高电平表示 1 状态，用低电平表示 0 状态。

使用继电器电路或 PLC 的梯形图都可以实现数字量的逻辑运算。图 1-2 的上面是 PLC 的梯形图，下面是对应的数字门电路。

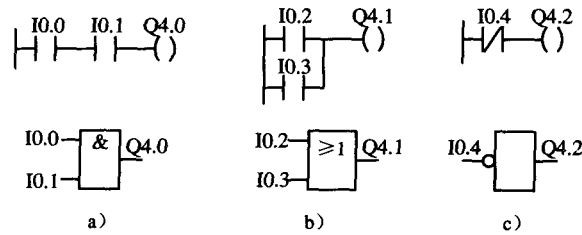


图 1-2 基本逻辑运算
a) 与 b) 或 c) 非

图 1-2 中的 I0.0~I0.4 为数字输入变量，Q4.0~Q4.2 为数字输出变量，它们之间的“与”、“或”、“非”逻辑运算关系如表 1-1 所示。用继电器电路或梯形图可以实现基本的逻辑运算，触点的串联可以实现“与”运算，触点的并联可以实现“或”运算，用常闭触点控制线圈可以实现“非”运算。多个触点的串、并联电路可以实现复杂的逻辑运算，例如图 1-3 中的继电器电路实现的逻辑运算可以用逻辑代数表达式表示为

$$KM = (SB1 + KM) \cdot \overline{SB2} \cdot \overline{FR}$$

式中的加号表示逻辑或，乘号（小圆点）表示逻辑与，变量上面的横线表示逻辑非运算。

表 1-1 逻辑运算关系表

与			或			非	
Q4.0 = I0.0 · I0.1			Q4.1 = I0.2 + I0.3			Q4.2 = $\overline{I0.4}$	
I0.0	I0.1	Q4.0	I0.2	I0.3	Q4.1	I0.4	Q4.2
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		

1.2.2 PLC 的循环处理过程

1. PLC 的循环处理过程

CPU 中的程序分为操作系统和用户程序。操作系统用来处理 PLC 的起动、刷新输入/输出过程映像区、调用用户程序、处理中断和错误、管理存储区和通信等任务。

用户程序由用户生成，用来实现用户要求的自动化任务。STEP 7 将用户编写的程序和程序所需的数据放置在块中，功能块 FB 和功能 FC 相当于用户编写的子程序，系统功能 SFC 和系统功能块 SFB 是操作系统提供给用户使用的标准子程序，这些块统称为逻辑块。

PLC 采用循环执行用户程序的方式，这种运行方式也称为扫描工作方式。OB1 是用于循环处理的组织块，相当于用户程序中的主程序，它可以调用别的逻辑块，或被中断程序（组织块）中断。

PLC 得电或由 STOP 模式切换到 RUN 模式时，CPU 执行启动操作，清除没有保持功能

```

graph TD
    Start(( )) --> OB100[执行OB100]
    OB100 --> LoopStart[启动循环时间监控]
    LoopStart --> WriteData[数据写入输出模块]
    WriteData --> ReadStatus[读取输入模块状态]
    ReadStatus --> ExecuteUser[执行用户程序]
    ExecuteUser --> ExecuteOther[执行其他任务]
    ExecuteOther --> LoopStart
  
```

图 1-4 扫描过程

- (5) 在循环结束时, 操作系统执行所有挂起的任务, 例如下载和删除块, 接收和发送全局数据等。

- 在启动完成后，不断地循环调用 OB1，在 OB1 中可以调用其他逻辑块（FB、SFB、FC 或 SFC）。

循环程序处理过程可以被某些事件中断。如果有中断事件出现，当前正在执行的块被暂停执行，并调用分配给该事件的组织块。该组织块被执行完后，被暂停执行的块将从被中断的地方开始继续执行。

在 PLC 的存储器中，设置了一片区域用来存放输入信号和输出信号的状态，它们分别称为输入过程映像区和输出过程映像区。PLC 梯形图中的其他编程元件也有对应的映像存储区。

在循环程序处理过程中, CPU 并不直接访问 I/O 模块中的输入地址区和输出地址区, 而是访问 CPU 内部的过程映像区。

在写输出模块阶段，CPU 将输出过程映像区的状态传送到输出模块。梯形图中某一输出位（例如 Q4.0）的线圈“通电”时，对应的输出过程映像位为 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。

若梯形图中输出位的线圈“断电”，对应的输出过程映像位为 0 状态，在写输出模块阶段之后，继电器型输出模块中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。

在读输入模块阶段，PLC 把所有外部输入电路的接通/断开状态读入输入过程映像区。

外部输入电路接通时，对应的输入过程映像位（例如 I0.0）为 1 状态，梯形图中对应的输入位的常开触点接通，常闭触点断开。外部输入触点电路断开时，对应的输入过程映像位

为 0 状态，梯形图中对应的输入位的常开触点断开，常闭触点接通。

某一编程元件对应的位为 1 时，称该编程元件为 ON，该位为 0 时，称该编程元件为 OFF。

在程序执行阶段，即使外部输入信号的状态发生了变化，输入过程映像位的状态也不会随之而变，输入信号变化了的状态只能在下一个循环扫描周期的读输入模块阶段被读入。

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。在没有跳转指令和块调用指令时，CPU 从第一条指令开始，逐条顺序地执行用户程序，直到用户程序结束之处。在执行指令时，从输入过程映像区或别的存储区中将有关编程元件的 0、1 状态读出来，并根据指令的要求执行相应的逻辑运算，运算的结果写入到对应的存储区中，因此，各编程元件的存储区（输入过程映像区除外）的内容随着程序的执行而变化。

2. 扫描循环时间

循环时间（Cycle Time）是指操作系统执行一次如图 1-4 所示的循环操作所需的时间，包括执行 OB1 中的程序段和中断该循环的系统操作的时间，循环时间又称为扫描循环时间（Scan Cycle Time）或扫描周期。循环时间与用户程序的长短、指令的种类和 CPU 执行指令的速度有很大的关系。当用户程序较长时，指令执行时间在循环时间中占相当大的比例。

在 PLC 处于运行模式时，利用编程软件的监控功能，在 OB1 的局域数据表中，可以获得最大循环时间、最小循环时间和上一次的循环时间。

循环时间会因为下述事件而延长：中断处理、诊断和故障处理、测试和调试功能、通信、传送和删除块、压缩用户程序存储器、读/写微存储器卡 MMC 等。

S7 400 CPU 和 CPU 318 可以直接访问 I/O 或者用系统功能 SFC 26(UPDAT_PI)和 SFC 27 (UPDAT_PO)刷新一个或多个过程映像的输入或输出部分。

1.2.3 PLC 的工作原理

1. PLC 的工作原理

下面用一个简单的例子来进一步说明 PLC 的循环工作过程，图 1-5 中的 PLC 控制系统与图 1-3 中的继电器控制电路的功能相同。

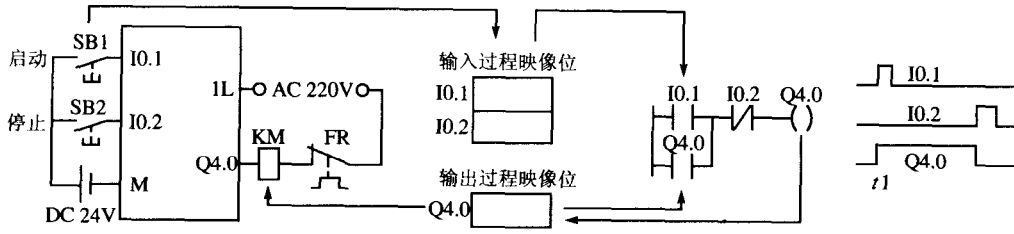


图 1-5 PLC 外部接线图与梯形图

假设 CPU 的型号为 CPU 313，插在 4 号槽的 8 点输入模块的地址为 I0.0~I0.7，插在 5 号槽的 8 点输出模块的地址为 Q4.0~Q4.7。启动按钮 SB1 和停止按钮 SB2 的常开触点分别接在输入模块上 I0.1 和 I0.2 对应的输入端，接触器 KM 的线圈接在输出模块上 Q4.0 对应的输出端。如果热继电器 FR 动作（其常闭触点断开）后需手动复位，可以将 FR 的常闭触点与接触器 KM 的线圈串联，这样可以少用一个 PLC 的输入点。

图 1-5 梯形图中的 I0.1 与 I0.2 是输入变量，Q4.0 是输出变量。梯形图中的 I0.1 与输入过

程映像位 I0.1 和接在对应的输入端子的 SB1 的常开触点相对应, 梯形图中的 Q4.0 与输出过程映像位 Q4.0 和接在对应的输出端子的输出模块内的输出电路相对应。

梯形图以指令的形式储存在 PLC 的用户程序存储器中, 图 1-5 中的梯形图与下面的 6 条指令相对应, “//” 之后是该指令的注释:

```
A (
O    I0.1    // 接在左侧母线上的 I0.1 的常开触点
O    Q4.0    // 与 I0.1 的常开触点并联的 Q4.0 的常开触点
)
AN   I0.2    // 与并联电路串联的 I0.2 的常闭触点
=    Q4.0    // Q4.0 的线圈
```

O (Or, 或) 指令表示常开触点并联, AN (And Not) 表示常闭触点串联, “=” 表示将逻辑运算的结果传送给输出过程映像位 Q4.0。图 1-5 中的梯形图完成的逻辑运算为

$$Q4.0 = (I0.1 + Q4.0) \cdot I0.2$$

在读取输入模块阶段, CPU 将 SB1、SB2 的常开触点的 ON/OFF 状态读入相应的输入过程映像位, 外部触点接通时将二进制数 1 存入输入过程映像位, 反之存入 0。

执行第一条 “O” 指令时, 从输入过程映像位 I0.1 中取出二进制数。

执行第二条 “O” 指令时, 从输出过程映像位 Q4.0 中取出二进制数, 并将两个二进制数相 “或”, 因为触点的并联对应 “或” 运算。

执行 AN 指令时, 取出输入过程映像位 I0.2 中的二进制数, 因为是常闭触点, 首先将它取反, 然后与前面 “或” 运算的结果相 “与”, 因为电路的串联对应 “与” 运算。

执行第 6 条指令时, 将前面的二进制数运算的结果送入 Q4.0 的输出过程映像位。

在数据写入输出模块阶段, CPU 将各输出过程映像位中的二进制数传送给输出模块, 并由后者将数据锁存起来。如果输出过程映像位 Q4.0 中存放的是二进制数 1, 外接的 KM 线圈将通电, 反之将断电。

图 1-5 中 I0.1、I0.2 和 Q4.0 的波形中的高电平表示按下按钮或 KM 线圈通电, 当 $t < t_1$ 时, 读入输入过程映像位 I0.1 和 I0.2 的均为二进制数 0, 此时输出过程映像位 Q4.0 中存放的亦为 0, 在程序执行阶段, 经过上述逻辑运算过程之后, 运算结果仍为 $Q4.0 = 0$, 所以 KM 的线圈处于断电状态。在 $t < t_1$ 区间, 虽然输入、输出信号的状态没有变化, 用户程序仍一直反复不断地执行着。 $t = t_1$ 时按下起动按钮 SB1, I0.1 变为 1 状态, 经逻辑运算后 Q4.0 也变为 1 状态, 在输出处理阶段, 将 Q4.0 对应的输出过程映像位中的 1 送到输出模块, 输出模块中与 Q4.0 对应的物理继电器的常开触点接通, 接触器 KM 的线圈通电。

2. 输入/输出滞后时间

输入/输出滞后时间又称为系统响应时间, 是指 PLC 的外部输入信号发生变化的时刻至它控制的外部输出信号发生变化的时刻之间的时间间隔, 它由输入电路滤波时间、输出电路的滞后时间和因扫描工作方式产生的滞后时间这三部分组成。

输入模块的 RC 滤波电路用来滤除由输入端引入的干扰噪声, 消除因外接输入触点动作时产生的抖动引起的不良影响, 滤波电路的时间常数决定了输入滤波时间的长短, 其典型值为 10ms 左右。

输出模块的滞后时间与模块的类型有关, 继电器型输出电路的滞后时间一般在 10ms 左