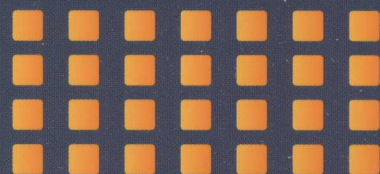


西门子S7-300/400系列

PLC

自学手册



陈忠平 编著

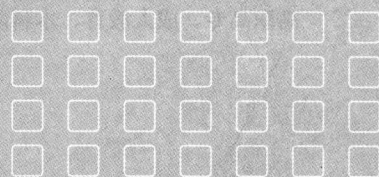


人民邮电出版社
POSTS & TELECOM PRESS

西门子S7-300/400系列

PLC

自学手册



陈忠平 编著

人民邮电出版社

北京

图书在版编目(CIP)数据

西门子S7-300/400系列PLC自学手册 / 陈忠平编著

— 北京: 人民邮电出版社, 2010.1

ISBN 978-7-115-21710-3

I. ①西… II. ①陈… III. ①可编程序控制器—手册
IV. ①TP332.3-62

中国版本图书馆CIP数据核字(2009)第198179号

内 容 提 要

本书从实际工程应用出发,以国内广泛使用的西门子S7-300/400系列PLC为对象,讲解大中型PLC的基础与实际应用等方面的内容。本书介绍了PLC的工作原理,PLC软件编程,西门子S7-300/400硬件系统、指令系统、程序结构、顺序控制与S7 Graph编程、特殊功能模块、工业通信网络等内容,并在此基础上介绍了S7-300/400系列PLC控制系统的设计原则、设计步骤、硬件系统设计、软件系统设计和S7-300/400系列PLC的安装与维护。

本书通俗易懂,实例的实用性和针对性强。本书既可作为电气控制领域技术人员的自学用书,也可作为高职高专、成人教育、本科院校的电气工程、自动化、机电一体化、计算机控制等专业的参考教材。

西门子 S7-300/400 系列 PLC 自学手册

- ◆ 编 著 陈忠平
责任编辑 张 伟
- ◆ 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>
北京铭成印刷有限公司印刷
- ◆ 开本: 787×1092 1/16
印张: 37
字数: 936千字 2010年1月第1版
印数: 1—4000册 2010年1月北京第1次印刷

ISBN 978-7-115-21710-3

定价: 78.00 元

读者服务热线: (010)67129264 印装质量热线: (010)67129223
反盗版热线: (010)67171154

前 言

随着科学技术的发展,电气控制技术在各领域,特别是在自动控制领域取得了长足的发展,有了越来越多的应用。PLC 以其可靠性高、灵活性强、易于扩展、通用性强、使用方便等优点,在国民经济建设中得到了广泛应用。近年来 PLC 又与现场总线技术结合,使其在各个控制领域中显示了较强的应用潜力和良好的应用前景。

在以往的 PLC 教学与培训过程中,学员经常会提出这样的问题:“我知道这门技术很有用,但是我没有什么基础知识,不知道该怎么学习这门技术。”还有的学员问:“别人以前是怎样学习这门技术的?有没有什么捷径能让我们在极短的时间内学会这门技术?”

对于这些问题,综合起来就是:如何以最快的速度,使初学者在最短的时间内学会并掌握 PLC 的编程及维护方法。那么到底如何学习这门技术呢?回想起来方法也较简单:看程序→仿程序→编写程序,也就是“实践、实践、再实践”。为使电气控制技术人员在自学过程中少走弯路,能尽快掌握 PLC 的编程及维护方法,编者专门编写了本书。

本书从实际出发,以功能强大、应用最广的西门子 S7-300/400 系列 PLC 为对象,讲述了大中型 PLC 的基础与应用等方面的内容。在编写过程中注重题材的取舍,使本书具有以下特点。

1. 充分考虑初学者的自学要求,讲解细致。如:对于指令的讲解,不是泛泛而谈,而都辅以简单的实例,使读者更易于掌握。

2. 工程实例丰富,由简到繁、循序渐进地引导读者,着重培养读者的动手能力,使读者容易跟上新技术的发展。本书的大部分实例取材于实际工程项目或其中的某个环节,对读者从事 PLC 应用和工程设计具有较大的实践指导意义。

3. 由于昂贵的培训费用和硬件价格,一般人很难通过大量的 PLC 硬件进行 S7-300/400 系列 PLC 的实际操作学习,所以书中大部分实例都是基于 STEP 7 编程软件和 S7-PLCSIM 仿真软件相结合的方式进行讲解,使读者能够在尽量少花钱的情况下快速学好这门技术。

全书共分 10 章,第 1 章讲述了 PLC 的组成、工作原理、PLC 与其他顺序逻辑控制系统的比较;第 2 章讲述了 S7-300/400 的硬件组成、结构、相应模块及分布式 I/O;第 3 章以软件编程为主,讲述了功能强大的 S7-300/400 编程软件 STEP 7 V5.4 以及 S7-PLCSIM 仿真软件的使用;第 4 章分别以语句表(STL)和梯形图(LAD)两种不同的编程方式讲述了 S7-300/400 系列 PLC 的指令系统;第 5 章讲述了 S7-300/400 的程序结构(组织块、功能、功能块和数据块等);第 6 章通过实例讲述了西门子 S7-300/400 顺序控制与 S7 Graph 编程方法;第 7 章讲述了常用的几种特殊功能模块的相关知识;第 8 章主要讲述了 MPI 网络、PROFIBUS、AS-I 总线和工业以太网与 PROFINET,并通过实例详尽介绍各种网络的构建及操作步骤;第 9 章讲述 PLC 系统设计,如 PLC 系统总体设计、硬件系统设计和软件系统设计;第 10 章讲述了 PLC 的安装与维护。

由于编者水平有限,书中难免有不妥及错漏之处,在此恳请广大读者批评指正。

编 者

目 录

第1章 PLC 基础知识	1	2.2.1 S7-300 的 CPU 模块	30
1.1 PLC 的产生与发展	1	2.2.2 S7-400 的 CPU 模块	34
1.1.1 PLC 的产生	1	2.2.3 S7-400H 和 S7-400F/FH 的 CPU 模块	37
1.1.2 PLC 的发展	2	2.3 西门子 S7-300/400 PLC 的 I/O 模块	38
1.1.3 西门子 PLC 的发展	3	2.3.1 S7-300 PLC 的 I/O 模块	38
1.2 PLC 的分类、特点与应用	3	2.3.2 S7-400 PLC 的 I/O 模块	52
1.2.1 PLC 的分类	3	2.4 ET200 分布式 I/O	53
1.2.2 西门子 PLC 的产品类型	5	2.4.1 ET200 分布式 I/O 的功能	54
1.2.3 PLC 的特点	5	2.4.2 ET200 分布式 I/O 的分类	55
1.3 PLC 的组成及工作原理	6	2.5 西门子 S7-300/400 PLC 存储区、 数据类型与寻址方式	57
1.3.1 PLC 的组成	6	2.5.1 数制	57
1.3.2 PLC 的工作原理	12	2.5.2 数据类型	58
1.4 PLC 与其他顺序逻辑控制 系统的比较	13	2.5.3 CPU 存储区	62
1.4.1 PLC 与继电器控制 系统的比较	13	2.5.4 系统存储区	63
1.4.2 PLC 与微型计算机控制 系统的比较	14	2.5.5 寻址方式	67
1.4.3 PLC 与单片机控制 系统的比较	15	第3章 PLC 软件编程	73
1.4.4 PLC 与 DCS 的比较	16	3.1 PLC 编程语言简介	73
第2章 西门子 S7-300/400 硬件系统	18	3.1.1 梯形图编程语言	73
2.1 西门子 S7-300/400 PLC 硬件 系统	18	3.1.2 语句表	76
2.1.1 S7-300 系列 PLC 的组成	18	3.1.3 顺序功能图语言	76
2.1.2 S7-400 系列 PLC 的组成	21	3.1.4 功能块图语言	76
2.1.3 S7-300 系列 PLC 的结构	25	3.1.5 结构化控制语言	77
2.1.4 S7-400 系列 PLC 的结构	27	3.1.6 S7 HiGraph 编程语言	78
2.1.5 S7-400H 系列 PLC 的硬件 系统	28	3.1.7 S7 CFC 编程语言	78
2.1.6 S7-400F/FH 系列 PLC 的硬件 系统	30	3.2 西门子 STEP 7 V5.4 编程 软件简介	78
2.2 西门子 S7-300/400 PLC 的 CPU 模块	30	3.2.1 STEP 7 软件的安装	79
		3.2.2 STEP 7 标准软件包	83
		3.2.3 STEP 7 标准软件包的扩展	85

3.2.4 STEP 7 设置	87	指令	208
3.3 西门子 STEP 7 V5.4 编程		4.5.3 梯形图中的 MOVE 赋值	
软件的使用	90	指令	213
3.3.1 启动 SIMATIC Manager	90	4.6 转换指令	214
3.3.2 创建与编辑项目	91	4.6.1 语句表中的转换指令	214
3.3.3 硬件组态	97	4.6.2 梯形图中的转换指令	220
3.3.4 CPU 参数配置	101	4.7 整数算术运算指令	232
3.3.5 I/O 模块参数配置及模块		4.7.1 整数算术运算指令概述	233
地址的查看	109	4.7.2 语句表中的整数算术运算	
3.3.6 定义符号	110	指令	233
3.3.7 在逻辑块中创建程序	115	4.7.3 梯形图中的整数算术运算	
3.3.8 生成参考数据	126	指令	236
3.3.9 下载和上传	133	4.8 浮点数算术运算指令	241
3.3.10 用变量表调试程序	140	4.8.1 浮点数算术运算指令概述	242
3.3.11 用程序状态功能调试程序	145	4.8.2 语句表中的浮点数算术运算	
3.3.12 打印与归档	149	指令	242
3.4 西门子 S7-PLCSIM 仿真软件	151	4.8.3 梯形图中的浮点数算术运算	
3.4.1 S7-PLCSIM 的特性简介	151	指令	246
3.4.2 S7-PLCSIM 的使用方法	153	4.9 字逻辑运算指令	253
3.4.3 S7-PLCSIM 与真实 PLC 的		4.9.1 语句表中的字逻辑运算	
差别	158	指令	253
第 4 章 西门子 S7-300/400 指令		4.9.2 梯形图中的字逻辑运算	
系统	160	指令	255
4.1 位逻辑指令	160	4.10 移位指令	259
4.1.1 语句表中的位逻辑指令	160	4.10.1 语句表中的移位指令	259
4.1.2 梯形图中的位逻辑指令	166	4.10.2 梯形图中的移位指令	263
4.2 定时器指令	175	4.11 逻辑控制指令	269
4.2.1 定时器指令概述	176	4.11.1 语句表中的逻辑控制	
4.2.2 语句表中的定时器指令	178	指令	269
4.2.3 梯形图中的定时器指令	184	4.11.2 梯形图中的逻辑控制	
4.3 计数器指令	194	指令	275
4.3.1 计数器指令概述	194	4.12 程序控制指令	277
4.3.2 语句表中的计数器指令	195	4.12.1 语句表中的程序控制	
4.3.3 梯形图中的计数器指令	197	指令	277
4.4 比较指令	203	4.12.2 梯形图中的程序控制	
4.4.1 语句表中的比较指令	203	指令	286
4.4.2 梯形图中的比较指令	204	4.13 数据块指令	288
4.5 装入与传送指令	208	4.13.1 语句表中的数据块指令	288
4.5.1 装入与传送指令概述	208	4.13.2 梯形图中的数据块指令	290
4.5.2 语句表中的装入与传送		4.14 累加器操作指令	290

4.15 状态位指令	294	5.4.2 生成背景 DI	373
第 5 章 西门子 S7-300/400 的程序结构	302	第 6 章 西门子 S7-300/400 顺序控制与 S7 Graph 编程	374
5.1 西门子 S7-300/400 CPU 中的程序及块结构	302	6.1 顺序控制	374
5.1.1 S7-300/400 CPU 中的程序	302	6.1.1 顺序控制有关名词	374
5.1.2 STEP 7 的 3 种设计程序方法	302	6.1.2 顺序控制功能图结构	375
5.1.3 S7-300/400 的块结构	303	6.2 S7 Graph 编程	376
5.2 组织块	304	6.2.1 顺序控制程序的结构	377
5.2.1 OB 的组成及分类	304	6.2.2 初识 S7 Graph	377
5.2.2 主程序循环组织块 OB1	307	6.2.3 使用 S7 Graph 编写单序列程序	380
5.2.3 日期-时间中断组织块 OB10~OB17	308	6.2.4 S7 Graph 的运行“Control Sequencer”工具调试	386
5.2.4 时间延时中断组织块 OB20~OB23	316	6.2.5 使用 S7 Graph 编写选择序列程序	388
5.2.5 循环中断组织块 B30~OB38	320	6.2.6 使用 S7 Graph 编写并行序列程序	393
5.2.6 硬件中断组织块 OB40~OB47	324	6.2.7 S7 Graph 中的动作	399
5.2.7 DPV1 中断组织块 OB55~OB57	330	6.2.8 S7 Graph FB 的参数设置	400
5.2.8 多处理器中断组织块 OB60	331	第 7 章 西门子 S7-300/400 特殊功能模块	405
5.2.9 同步循环中断组织块 OB61~OB65	332	7.1 高速计数模块	405
5.2.10 异步错误中断组织块 OB70~OB88	334	7.1.1 FM350-1 高速计数模块	405
5.2.11 背景循环组织块 OB90	349	7.1.2 FM350-2 高速计数模块	418
5.2.12 启动组织块 OB100~OB102	349	7.1.3 FM450-1 高速计数模块	426
5.2.13 同步错误组织块 OB121、OB122	352	7.2 温度控制模块	432
5.3 功能和功能块	355	7.2.1 PID 控制	432
5.3.1 局部变量	355	7.2.2 FM355/FM355-2 温度控制	439
5.3.2 FC 的调用	356	7.2.3 FM455/FM455-2 温度控制	455
5.3.3 FB 的调用	361	7.3 定位模块	460
5.3.4 系统功能块、系统功能和系统数据块	366	7.3.1 FM351 定位模块	460
5.4 数据块	372	7.3.2 FM451 定位模块	463
5.4.1 生成共享 OB	373	第 8 章 西门子 S7-300/400 工业通信网络	466
		8.1 计算机通信基本知识	466
		8.1.1 数据传输方式	466
		8.1.2 串行通信的分类	466
		8.1.3 串行通信的数据通路形式	468
		8.1.4 串行通信的接口标准	469
		8.1.5 通信介质	473

8.1.6 计算机通信的国际标准	473	9.2.2 I/O 模块的选择	534
8.2 西门子 S7-300/400 工业通信网络		9.2.3 I/O 点的选择	535
概述	476	9.2.4 PLC 控制系统的可靠性	
8.2.1 西门子 S7-300/400 的网络		设计	535
层次	476	9.3 PLC 软件系统设计	536
8.2.2 西门子 S7-300/400 的通信		9.3.1 PLC 软件系统设计的方法	536
网络	478	9.3.2 PLC 软件系统设计的步骤	537
8.3 MPI 网络	479	第 10 章 西门子 S7-300/400 系列	
8.3.1 MPI 网络概述	479	PLC 的安装与维护	539
8.3.2 MPI 网络参数设定	480	10.1 PLC 的安装	539
8.3.3 MPI 网络通信	481	10.1.1 PLC 的安装注意事项	539
8.4 PROFIBUS	496	10.1.2 S7-300/400 系列 PLC 的安装	
8.4.1 PROFIBUS 概述	496	步骤	539
8.4.2 PROFIBUS 网络组成及配置		10.1.3 S7-300 系列 PLC 的安装	
方案	498	与接线	540
8.4.3 PROFIBUS 网络参数设定	500	10.1.4 S7-400 系列 PLC 的安装	
8.4.4 PROFIBUS 网络通信	501	与接线	547
8.5 AS-I 总线	512	10.2 西门子 S7-300 系列 PLC 的维护	
8.5.1 AS-I 总线概述	512	和检修	554
8.5.2 AS-I 主站模板 CP343-2 简介	514	10.2.1 S7-300 系列 PLC 的维护	554
8.5.3 AS-I 网络通信	516	10.2.2 S7-300 系列 PLC 的故障	
8.6 工业以太网与 PROFINET	517	诊断与排除	557
8.6.1 工业以太网	518	10.3 西门子 S7-400 系列 PLC 的	
8.6.2 PROFINET	521	维护和检修	560
8.6.3 工业以太网通信	523	10.3.1 S7-400 系列 PLC 的维护	560
第 9 章 PLC 系统设计	530	10.3.2 S7-400 系列 PLC 的故障	
9.1 PLC 系统总体设计	530	诊断与排除	564
9.1.1 PLC 控制系统设计的基本		附录 1 组织块、系统功能与系统功	
原则	530	能块	569
9.1.2 PLC 系统设计的基本内容	530	附录 2 STEP 7 指令集速查表	575
9.1.3 PLC 系统设计的基本步骤	531	参考文献	584
9.2 PLC 硬件系统设计	532		
9.2.1 PLC 型号选择	532		

第 1 章 PLC 基础知识

自 20 世纪 60 年代末期世界上第一台 PLC（可编程控制器）问世以来，PLC 发展十分迅速，特别是近些年来，随着微电子技术和计算机技术的不断发展，PLC 在处理速度、控制功能、通信能力及控制领域等方面都有新的突破。PLC 将传统的继电-接触器的控制技术和现代计算机信息处理技术的优点有机结合起来，成为工业自动化领域中最重要、应用最广的控制设备之一，并已成为现代工业生产自动化的重要支柱。

1.1 PLC 的产生与发展

可编程控制器（即 PLC）是在继电器控制和计算机控制的基础上开发出来的，并逐渐发展成以微处理器为基础，综合计算机技术、自动控制技术和通信技术等现代技术于一体的新型工业自动控制装置。

因早期的可编程控制器主要用于代替继电器实现逻辑控制，所以将它称为可编程逻辑控制器（Programmable Logic Controller），简称 PLC。近年来，随着微电子技术和计算机技术的迅猛发展，可编程逻辑控制器不仅能实现逻辑控制，还具有数据处理及通信等功能，故称为可编程控制器，简称 PC（Programmable Controller）。由于个人计算机（Personal Computer）也简称为 PC，为了不使两者混淆，人们仍习惯地用 PLC 作为可编程控制器的缩写，并沿用至今。

PLC 是在继电-接触器技术和计算机控制技术的基础上开发出来，并逐步发展成为以微处理器为核心，集计算机技术、自动控制技术、通信技术等于一体的一种新型的工业控制装置。国际电工委员会（IEC）在 1985 年颁布的标准中，对 PLC 如下定义：“PLC 是一种专为工业环境下应用而设计的数字运算操作的电子系统。它采用可编程的存储器，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，控制各种机械或生产过程。PLC 及其有关设备，都应按易于与工业控制系统形成一个整体，易于扩展其功能的原则设计。”由此可见，PLC 是一种由用户自己编程的通用的控制装置，用户可根据不同的使用场合，不同的控制需要，对它编制不同的控制程序。

1.1.1 PLC 的产生

20 世纪 20 年代起，人们把各种继电器、定时器、接触器及其触点按一定的逻辑关系连接起来组成传统的继电-接触器控制系统，来控制各种机械设备。由于其结构简单，在一定范围内能满足控制要求，所以使用面广，在工业控制领域中一直占有主导地位。

20 世纪 60 年代，工业生产流水线的自动控制系统基本上都由传统的继电-接触器构成。当时，汽车的每一次改型都直接导致继电器控制装置的重新设计和安装。随着生产的发展，汽车型号更新的周期越来越短，这样，继电器控制装置就需要经常地重新设计和安装，下载

费时、费工、费料，影响了更新周期的缩短。为了应对这一现状，美国通用汽车（GM）公司期望找到一种新的方法，尽可能减少重新设计继电器控制系统和重新接线的工作，以降低成本、缩短周期，设想将计算机通用、灵活、功能完备等优点和继电器控制系统的简单易懂、价格便宜等优点结合起来，制成一种通用控制装置。该装置要求具有以下 10 项技术指标。

- ① 编程简单，可在现场修改程序。
- ② 维护方便，采用模拟化结构。
- ③ 可靠性高于继电-接触器控制装置。
- ④ 体积小于继电-接触器控制装置。
- ⑤ 成本可与继电-接触器控制装置竞争。
- ⑥ 可将数据直接输入计算机。
- ⑦ 输入是交流 115V（美国标准系列电压值）。
- ⑧ 输出为交流 115V、2A 以上，能直接驱动电磁阀、交流接触器、小功率电动机等。
- ⑨ 通用性强，能扩展。
- ⑩ 能存储程序，存储器容量至少能扩展到 4KB。

美国数字设备（DEC）公司根据 GM 公司招标的技术要求，于 1969 年成功研制出世界上第一台型号为 PDP-14 的 PLC，用它代替传统的继电器控制系统，并在美国 GE 公司的汽车自动装配线上试用成功。其后，日本、德国等相继引入这项新技术，PLC 由此而迅速发展起来。

1.1.2 PLC 的发展

PLC 从 1969 年问世至今已有 40 年的发展历史，大致经历了五次更新换代。目前 PLC 已成为一种最重要、最普及、应用场合最广的工业控制器。

（1）第一代：1969～1972 年

第一代的 PLC 称为可编程逻辑控制器，主要是作为继电-接触器控制装置的替代物而出现的。其功能单一，只是执行原先由继电器完成的顺序控制、定时、计数等功能，将继电器的“硬接线”控制方式改为“软接线”方式。CPU 由中、小规模集成电路组成，存储器为磁芯存储器。典型的产品有 DE 公司的 PDP-14、PDP14/L，美国哥德公司的 MODICON 084，日本富士电机公司的 USC-4000，日本立石电机（OMRON）公司的 SCY-022，北辰电机公司的 HOSC-20，横河电机公司的 YODIC'S 等。

（2）第二代：1973～1975 年

第二代的 PLC 已开始使用微处理器作为 CPU，存储器采用 EPROM 半导体技术，功能有所增加，能够实现数字运算、传送、比较等功能，并初步具备自诊断功能，可靠性也有一定的提高。典型产品有美国哥德公司的 MODICON 184、284、384，美国 GE 公司的 LOGISTROT，原西德西门子（Siemens）公司的 SIMATIC S3、S4 系列，日本富士电机公司的 SC 系列等。

第一代和第二代的 PLC 又称为早期 PLC，在这一时期采用了广大电气工程技术人员所熟悉的继电-接触器控制线路方式，即梯形图，并作为 PLC 特有的编程语言一直沿用至今。

（3）第三代：1976～1983 年

第三代 PLC 又称为中期 PLC，在这一时期 PLC 进入了大发展阶段，美国、原西德、日本各有多个厂家生产 PLC。这个时期的产品中 CPU 已采用 8 位和 16 位微处理器，部分产品的 CPU 还采用多个微处理器结构，使 PLC 的功能增强，工作速度加快，能进行多种复杂的

数学运算, 体积减小, 可靠性提高, 成本下降。

在硬件方面, PLC 除保持原有的开关模块外, 还增加模拟量模块、远程 I/O 控制模块, 扩大存储容量、增加各种逻辑线圈的数量; 在软件方面除保持原有的逻辑运算、计时、计数功能外, 还增加了算术运算、数据处理和传送、通信、自诊断等功能。

这一时期的典型产品有美国哥德公司的 MODICON 84、484、584、684、884, TI 公司的 PM550、510、520、530, 原西德西门子公司的 SYMATIC S5 系列, 日本三菱公司的 MELPLAC-50、550, 富士电机公司的 MICREX 等。

(4) 第四代: 1983 年到 20 世纪 90 年代中期

在这一时期, 由于超大规模集成电路技术的迅速发展, CPU 采用了 16 位微处理器, 内存容量更大。为了进一步提高 PLC 的处理速度, 各制造商还研制了专用逻辑处理芯片, 这样 PLC 在软、硬件功能上都有巨大变化。PLC 的联网通信能力增强, 可将多台 PLC 链接起来, 可构成功能完善的分布式控制系统, 实现资源共享; 外设多样化, 可配置 CRT 和打印机等。

(5) 第五代: 20 世纪 90 年代中期至今

近期 PLC 使用 16 位和 32 位微处理器, 运算速度更快, 功能更强, 具有更强的数学运算和大批量的数据处理能力; 出现了智能化模块, 可以实现各种复杂系统的控制; 编程语言除了可使用传统的梯形图、流程图外, 还可使用高级编程语言。

1.1.3 西门子 PLC 的发展

在全球 PLC 制造商中, 根据美国 Automation Research Corp (ARC) 的调查, 世界 PLC 的五大生产厂家分别为西门子公司、Allen-Bradley (A-B) 公司、施耐德 (Schneider) 公司、三菱 (Mitsubishi) 公司、欧姆龙 (Omron) 公司, 他们的销售额约占全球总销售额的 2/3。

S7-200 是西门子的产品之一, 其注册商标为 SIMATIC。西门子的产品最早是 1975 年投放市场的 SIMATIC S3, 它实际上是带有简单操作接口的二进制控制器。在 1979 年, S3 系统被 SIMATIC S5 所取代, 该系统广泛使用微处理器。20 世纪 80 年代初, S5 系统进一步升级产生 U 系列 PLC, 较常用的机型有 S5-90U、95U、100U、115U、135U、155U。1994 年 4 月, S7 系列诞生, 它具有更国际化、更高性能等级、安装空间更小、更良好的 Windows 用户界面等优势, 它包括小型 PLC S7-200、中型 PLC S7-300 和大型 PLC S7-400。1996 年, 在过程控制领域, 西门子公司又提出 PCS7 (过程控制系统 7) 的概念, 将其具有优势的 WINCC (与 Windows 兼容的操作界面)、PROFIBUS (工业现场总线)、COROS (监控系统)、SINEC (西门子工业网络) 及控制技术融为一体。现在, 西门子公司又提出 TIA (Totally Integrated Automation) 概念, 即全集成自动化系统, 将 PLC 技术融于全部自动化领域。2004 年西门子公司举行了新一代 S7-200 产品发布会, 推出了升级产品 CPU224 和 CPU226, 全新产品 CPU224XP 和 TD200C, 以及编程软件 STEP7-Micro/WIN4.0 和 OPC 服务器软件 PC Access V1.0。

1.2 PLC 的分类、特点与应用

1.2.1 PLC 的分类

目前, PLC 的品种繁多, 其功能、内存容量、控制规模、外形等方面都存在较大差异,

且还没有一个权威的统一分类标准,准确分类比较困难。通常只能根据控制规格、结构形式和实现功能进行大致分类。

1. 按控制规模进行分类

为了适应不同工业生产过程的应用要求,PLC 能够处理的输入/输出(I/O)信号数是不一样的。一般一个信号称为一个点,将输入点数和输出点数的总和称为 PLC 的 I/O 总点数。PLC 根据控制器的 I/O 总点数的多少可分为小型机、中型机和大型机。

(1) 小型机

I/O 总点数在 256 点以下的 PLC 称为小型机,如 S7-200 系列 PLC。小型 PLC 通常用来代替传统继电-接触器控制,在单机或小规模生产过程中使用,它能执行逻辑运算、定时、计数、算术运算、数据处理和传送、高速处理、中断、联网通信及各种应用指令。I/O 总点数等于或小于 64 点的 PLC 称为超小型或微型 PLC。

(2) 中型机

I/O 总点数在 256~2048 点的 PLC 称为中型机,如 S7-300 系列 PLC。中型 PLC 采用模块化结构,根据实际需求,用户将相应的特殊功能模块组合在一起,使其具有数字计算、PID 调节、查表等功能,同时相应的辅助继电器增多,定时、计数范围扩大,功能更强,扫描速度更快,适用于较复杂系统的逻辑控制和闭环过程控制。

(3) 大型机

I/O 总点数在 2048 以上的 PLC 称为大型机,如 S7-400 系列 PLC,其中 I/O 总点数超过 8192 的称为超大型 PLC 机。大型 PLC 具有逻辑和算术运算、模拟调节、联网通信、监视、记录、打印、中断控制、远程控制及智能控制等功能。目前有些大型 PLC 使用 32 位处理器,多 CPU 并行工作,具有大容量的存储器,使其扫描高速化,存储容量大大加强。

2. 按结构形式进行分类

PLC 发展很快,目前,全世界有几百家工厂正在生产几千种不同型号的 PLC。为了便于在工业现场安装,便于扩展,方便接线,PLC 的结构与普通计算机有很大区别。根据 PLC 的硬件结构形式,将 PLC 分为整体式、模块式和混合式三类。

(1) 整体式 PLC

整体式 PLC 是将电源、CPU、I/O 接口等部件集中配置装在一个箱体内,形成一个整体,通常将其称为主机或基本单元。采用这种结构的 PLC 具有结构紧凑、体积小、重量轻、价格较低、安装方便等特点,但主机的 I/O 点数固定,使用不太灵活。一般小型或超小型的 PLC 通常采用整体式结构。

(2) 模块式 PLC

模块式结构 PLC 又称为积木式结构 PLC,它是将 PLC 各组成部分以独立模块的形式分开,如 CPU 模块、输入模块、输出模块、电源模块,有各种功能模块。模块式 PLC 由框架或基板和各种模块组成,将模块插在带有插槽的基板上,组装在一个机架内。采用这种结构的 PLC 配置灵活、装配方便、便于扩展和维修。大、中型 PLC 一般采用模块式结构。

(3) 混合式 PLC

混合式结构 PLC 是将整体式的结构紧凑、体积小、安装方便和模块式的配置灵活、装配方便等优点结合起来的一种新型结构 PLC。例如西门子公司生产的 S7-200 系列 PLC 就是采用这种结构的小型 PLC,西门子公司生产的 S7-300 系列 PLC 是采用这种结构的中型 PLC。

3. 按功能进行分类

根据 PLC 功能的强弱, 将 PLC 分为低档 PLC、中档 PLC 和高档 PLC 3 种。

(1) 低档 PLC

低档 PLC 具有基本控制和一般逻辑运算、计时、计数等基本功能, 有的还具有少量模拟量 I/O、算术运算、数据传送和比较、通信等功能。这类 PLC 只适合于小规模简单控制, 在联网中一般作为从机使用。

(2) 中档 PLC

中档 PLC 有较强的控制功能和运算能力, 它不仅能完成一般的逻辑运算, 也能完成比较复杂的三角函数、指数和 PID 运算, 工作速度比较快, 能控制多个 I/O 模块。中档 PLC 可完成小型和较大规模的控制任务, 在联网中不仅可作从机, 也可作主机, 如 S7-300 就属于中档 PLC。

(3) 高档 PLC

高档 PLC 有强大的控制和运算能力, 不仅能完成逻辑运算、三角函数、指数、PID 运算, 还能进行复杂的矩阵运算、制表和表格传送操作。高档 PLC 可完成中型和大规模的控制任务, 在联网中一般作主机, 如西门子公司生产的 S7-400 就属于高档 PLC。

1.2.2 西门子 PLC 的产品类型

西门子公司 PLC 产品有 SIMATIC S7、M7 和 C7 等几大系列。

SIMATIC S7 系列 PLC 是德国西门子公司在 S5 系列 PLC 基础上于 1995 年陆续推出的性价比较高的 PLC 系统。其中, 微型的有 SIMATIC S7-200 系列, 最小配置为 8DI/6DO, 可扩展 2~7 个模块, 最大 I/O 点数为 64 DI/DO、12 AI/4 AO; 中型的有 SIMATIC S7-300 系列, 最多可以扩展 32 个模块; 中高档性能的有 S7-400 系列, 可以扩展 300 多个模块。SIMATIC S7 系列 PLC 都采用了模块化、无排风扇结构, 且具有易于用户掌握等特点, 使得 S7 系列 PLC 成为各种从小规模到中等性能要求以及大规模应用的首选产品。S7-300/400 可以组成 MPI、PROFIBUS 和工业以太网等。

M7-300/400 采用与 S7-300/400 相同的结构, 它可以作为 CPU 或功能模块使用。其显著特点是具有 AT 兼容计算机功能, 使用 S7-300/400 的编程软件 STEP 7 和可选的 M7 软件包, 可以用 C、C++ 或 CFC (连续功能图) 等语言来编程。M7 适合于需要处理数据量大, 对数据管理、显示和实时性有较高要求的系统使用。

C7 由 S7-300 PLC、HMI (人机接口) 操作面板、I/O、通信和过程监控系统组成。整个控制系统结构紧凑, 面向用户配置/编程、数据管理与通信集成于一体, 具有很高的性价比。

WinAC 基于 Windows 操作系统和标准的接口 (ActiveX, OPC), 提供软件 PLC 或插槽 PLC。WinAC 基本型用于常规控制系统; WinAC 实时型用于实时性、确定性要求非常高的控制场合 (比如运动控制和快速控制等); WinAC 插槽型具有硬件 PLC 的所有特性, 适用于实时性、安全性、可靠性要求较高的场合。

1.2.3 PLC 的特点

PLC 能如此迅速发展的原因, 除了工业自动化的客观需要外, 还因为其有许多独特的优点。它能较好地解决工业控制领域中用户普遍关心的可靠、安全、灵活、方便、经济等问题。它具有以下主要特点。

1. 可靠性高, 抗干扰能力强

继电-接触器控制系统使用大量的机械触点, 连接线路比较繁杂, 且触点通断时有可能产生电弧和机械磨损, 影响其寿命, 可靠性差。PLC 中采用现代大规模集成电路, 比机械触点继电器的可靠性要高。在硬件和软件设计中都采用了先进技术以提高可靠性和抗干扰能力。比如, 用软件代替传统继电-接触器控制系统中的中间继电器和时间继电器, 只剩下少量的 I/O 硬件, 将触点因接触不良造成的故障大大减小, 提高了可靠性; 所有 I/O 接口电路都采用光电隔离, 使工业现场的外电路与 PLC 内部电路进行电气隔离; 增加自诊断、纠错等功能, 使其在恶劣工业生产现场的可靠性、抗干扰能力提高了。

2. 灵活性好, 扩展性强

继电-接触器控制系统由继电器等低压电器采用硬件接线实现, 连接线路比较繁杂, 而且每个继电器的触点数目有限, 当控制系统功能改变时, 需改变线路的连接, 所以继电-接触器控制系统的灵活性、扩展性差; 而由 PLC 构成的控制系统, 只需在 PLC 的端子上接入相应的控制线即可, 减少了接线, 当控制系统功能改变时, 有时只需编程器在线或离线修改程序, 就能实现其控制要求。PLC 内部有现成大量的编程元件, 能进行逻辑判断、数据处理、PID 调节和数据通信功能, 可以实现非常复杂的控制功能, 若元件不够时, 只需加上相应的扩展单元即可, 因此 PLC 控制系统的灵活性好, 扩展性强。

3. 控制速度快, 稳定性强

继电-接触器控制系统是依靠触点的机械动作来实现控制的, 其触点的动断速度一般在几十毫秒, 影响控制速度, 有时还会出现抖动现象。PLC 控制系统由程序指令控制半导体电路来实现, 响应速度快, 一般执行一条用户指令只需几微秒, PLC 内部有严格的同步, 不会出现抖动现象。

4. 延时调整方便, 精度较高

继电-接触器控制系统的延时控制是通过时间继电器来完成的, 而时间继电器的延时调整不方便, 且易受环境温度和湿度的影响, 延时精度不高。PLC 控制系统的延时是通过内部时间元件来完成的, 不受环境温度和湿度的影响, 定时元件的延时时间只需改变定时参数即可调整, 因此其定时精度较高。

5. 系统设计安装快, 维修方便

继电-接触器实现一项控制工程, 其设计、施工、调试必须依次进行, 周期长, 维修比较麻烦。PLC 使用软件编程取代继电-接触器中的硬件接线而实现相应功能, 使安装接线工作量减小, 现场施工与控制程序的设计还可同时进行, 周期短、调试快。PLC 具有完善的自诊断、数据存储及监视功能, 对于其内部工作状态、通信状态、异常状态和 I/O 点的状态均有显示, 若控制系统有故障时, 工作人员通过它即可迅速查出故障原因, 及时排除故障。

1.3 PLC 的组成及工作原理

1.3.1 PLC 的组成

用 PLC 实施控制, 其实质是按一定算法进行 I/O 变换, 并将这个变换予以物理实现。I/O 变换、物理变换是 PLC 实施控制的两个基本点。而 I/O 变换实际上是信息处理, 信息处理通常采用通用计算机技术。物理实现要求 PLC 的输入应当排除干扰信号适应于工业现场。输出

应放大到工业控制的水平，能为实现控制系统方便使用。而通用计算机只考虑信息本身，别的不多考虑。因此 PLC 是微型计算机技术与机电控制技术相结合的产物，是一种以微处理器为核心，用于电气控制的特殊计算机，它采用典型计算机结构，主要由中央处理器（CPU）、存储器、I/O 接口、电源、通信接口、扩展接口等单元部件组成，这些单元部件都是通过内部总线进行连接的，如图 1-1 和图 1-2 所示。

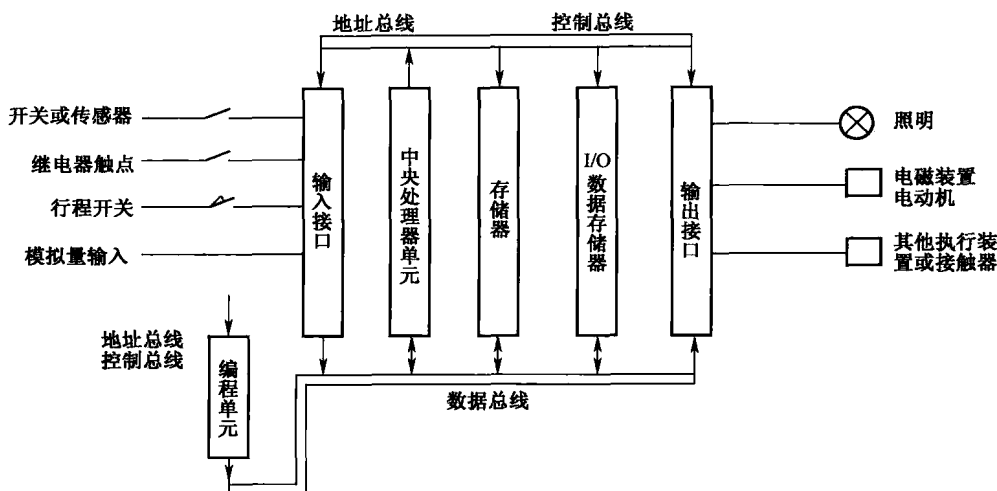


图 1-1 PLC 的硬件系统结构图

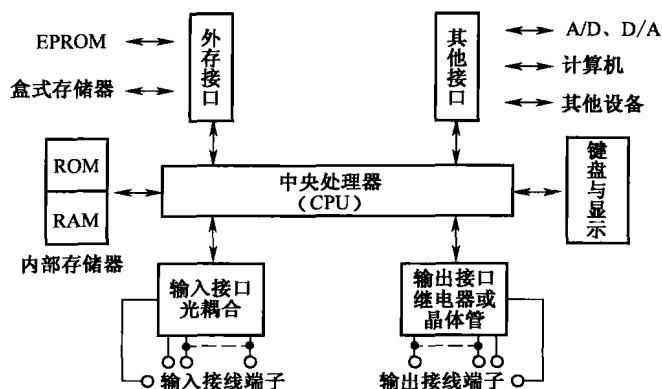


图 1-2 PLC 的逻辑结构图

1. CPU

PLC 的 CPU 与一般的计算机控制系统一样，由运算器和控制器构成，是整个系统的核心，类似于人类的大脑和神经中枢。它是 PLC 的运算、控制中心，用来实现逻辑和算术运算，并对全机进行控制，按 PLC 中系统程序赋予的功能，有条不紊地指挥 PLC 进行工作，主要完成以下任务。

- ① 控制从编程器、上位计算机和其他外部设备键入的用户程序数据的接收和存储。
- ② 用扫描方式通过输入单元接收现场输入信号，并存入指定的映像寄存器或数据寄存器。
- ③ 诊断电源和 PLC 内部电路的工作故障和编程中的语法错误等。

④ PLC 进入运行状态后, 执行相应工作: 从存储器逐条读取用户指令, 经过命令解释后, 按指令规定的任务产生相应的控制信号去启闭相关控制电路, 通俗讲就是执行用户程序, 产生相应的控制信号; 进行数据处理, 分时、分渠道执行数据存取、传送、组合、比较、变换等动作, 完成用户程序中规定的逻辑运算或算术运算等任务; 根据运算结果, 更新有关标志位的状态和输出寄存器的内容, 再由输入映像寄存器或数据寄存器的内容, 实现输出控制、制表、打印、数据通信等。

2. 存储器

PLC 中的存储器与普通微机系统的存储器的结构类似, 它由系统程序存储器和用户程序存储器等部分构成。

(1) 系统程序存储器

系统程序存储器是用 EPROM 或 EEPROM 来存储厂家编写的系统程序。系统程序是指控制和完成 PLC 各种功能的程序, 相当于单片机的监控程序或微机的操作系统, 在很大程度上它决定该系列 PLC 的性能与质量, 用户无法更改或调用。系统程序有系统管理程序、用户程序编辑和指令解释程序、标准子程序和调用管理程序这 3 种类型。

① 系统管理程序: 由它决定系统的工作节拍, 包括 PLC 运行管理 (各种操作的时间分配安排)、存储空间管理 (生成用户数据区) 和系统自诊断管理 (如电源、系统出错, 程序语法、句法检验等)。

② 用户程序编辑和指令解释程序: 编辑程序能将用户程序变为内码形式以便于程序的修改、调试, 解释程序能将编程语言变为机器语言便于 CPU 操作运行。

③ 标准子程序和调用管理程序: 为了提高运行速度, 在程序执行中某些信息处理 (I/O 处理) 或特殊运算等都是通过调用标准子程序来完成的。

(2) 用户程序存储器

用户程序存储器用来存放用户的应用程序和数据, 它包括用户程序存储器 (程序区) 和用户数据存储器 (数据区) 两种。

程序存储器用以存储用户程序, 数据存储器用来存储输入、输出以及内部接点和线圈的状态以及特殊功能要求的数据。

用户存储器的内容由用户根据控制需要可读、可写、可任意修改和增删。常用的用户存储器形式有高密度、低功耗的 CMOS RAM、EPROM 和 EEPROM 3 种。

3. I/O 单元

I/O 单元又称为 I/O 模块, 它是 PLC 与工业生产设备或工业过程连接的接口。现场的输入信号, 如按钮开关、行程开关、限位开关以及各传感器输出的开关量或模拟量等, 都要通过输入模块送到 PLC 中。由于这些信号电平各式各样, 而 PLC 的 CPU 所处理的信息只能是标准电平, 所以输入模块还需要将这些信号转换成 CPU 能够接收和处理的数字信号。输出模块的作用是接收 CPU 处理过的数字信号, 并把它转换成现场的执行部件所能接收的控制信号, 以驱动负载, 如电磁阀、电动机、灯光显示等。

PLC 的 I/O 模块上通常都有接线端子, PLC 类型不同, 其 I/O 模块的接线方式也不同, 通常分为汇点式、分组式和隔离式这 3 种接线方式, 如图 1-3 所示。

I/O 模块分别只有一个公共端 (COM) 的称为汇点式, 其输入或输出点共用一个电源; 分组式是指将 I/O 端子分为若干组, 每组的 I/O 电路有一个公共点并共用一个电源, 组与组之间的电路隔开; 隔离式是指具有公共端的各组 I/O 点之间互相隔离, 可各自使用独立的电源。

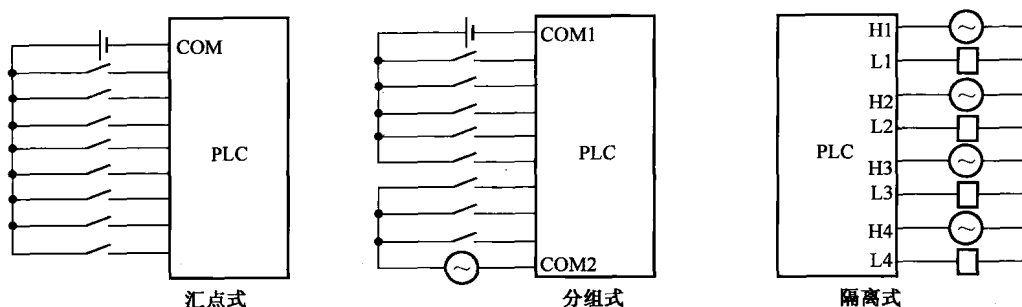


图 1-3 I/O 模块 3 种接线方式

PLC 提供了各种操作电平和驱动能力的 I/O 模块供用户选择，如数字量 I/O 模块、模拟量 I/O 模块。这些模块又分为直流与交流、电压与电流等类型。

(1) 数字量输入模块

数字量输入模块又称为开关量输入模块，它将工业现场的开关量信号转换为标准信号传送给 CPU，并保证信息的正确和控制器不受其干扰。它一般是采用光电耦合电路与现场输入信号相连，这样可以防止使用环境中的强电干扰进入 PLC。光电耦合电路的核心是光电耦合器，其结构由发光二极管和光敏晶体管构成。现场输入信号的电源可由用户提供，直流输入信号的电源也可由 PLC 自身提供。数字量输入模块根据使用电源的不同分为直流输入（直流 12V 或 24V）模块和交流输入（交流 100~120V 或 200~240V）模块两种。

① 直流输入模块。

当外部检测开关接点接入的是直流电压时，需使用直流输入模块对信号进行检测。下面以某一输入点的直流输入模块进行讲解。

直流输入模块的原理电路如图 1-4 所示。外部检测开关 S 的一端接外部直流电源（直流 12V 或 24V），S 的另一端与 PLC 的输入模块的一个信号输入端子相连，外部直流电源的另一端接 PLC 输入模块的公共端 COM。虚线框内是 PLC 内部输入电路，R1 为限流电阻；R2 和 C 构成滤波电路，抑制输入信号中的高频干扰；LED 为发光二极管。当 S 闭合后，直流电源经 R1、R2、C 的分压和滤波后形成 3V 左右的稳定电压供给光电耦合器 VLC，LED 显示某一输入点是否有信号输入。光电耦合器 VLC 另一侧的光敏晶体管接通，此时 A 点为高电平，内部+5V 电压经 R3 和滤波器形成适合 CPU 所需的标准信号送入内部电路中。

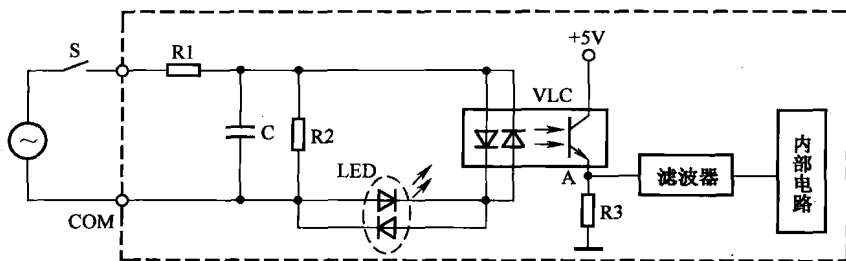


图 1-4 直流输入模块原理电路