

西门子 PLC、变频器、 触摸屏工程应用及故障诊断

向晓汉 主编



本书配有60个源代码和8个视频文件 < << >

下载网址为 www.cmpbook.com



机械工业出版社
CHINA MACHINE PRESS



电气信息工程丛书

西门子 PLC、变频器、触摸屏 工程应用及故障诊断

主 编 向晓汉
副主编 曹英强
主 审 胡俊平



机械工业出版社

本书从基础和实用出发, 主要内容包括 S7-300/400 可编程序控制器、变频器和触摸屏。全书分两个部分, 第一部分(第 1~7 章)为入门学习, 主要介绍 S7-300/400 的硬件和接线、STEP 7 软件的使用、PLC 的编程语言、编程方法与调试; 第二部分(第 8~13 章)为工程应用, 包括 PLC 的通信、PID 技术、HMI 技术、变频器调速、故障诊断和工程应用。

本书内容丰富, 重点突出, 强调知识的实用性, 几乎每章中都配有大量实用的例题, 便于读者模仿学习。大部分实例都有详细的软件、硬件配置清单, 并配有接线图和程序。本书的资源中有重点内容的程序和操作视频资料。

本书可供学习 S7-300/400 入门和提高级的工程技术人员使用, 也可以作为大中专院校的机电类、信息类专业的教材。

图书在版编目 (CIP) 数据

西门子 PLC、变频器、触摸屏工程应用及故障诊断/向晓汉主编. —北京: 机械工业出版社, 2017. 7

(电气信息工程丛书)

ISBN 978-7-111-58358-5

I. ①西… II. ①向… III. ①PLC 技术②变频器③触摸屏
IV. ①TM571. 61 ②TN773 ③TP334. 1

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2017) 第 263068 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: 时 静

责任校对: 张艳霞 责任印制: 孙 炜

保定市中华美凯印刷有限公司印刷

2018 年 1 月第 1 版·第 1 次印刷

184mm×260mm·37. 75 印张·930 千字

0001-2500 册

标准书号: ISBN 978-7-111-58358-5

定价: 129. 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

服务咨询热线: (010) 88361066

机工官网: www.cmpbook.com

读者购书热线: (010) 68326294

机工官博: weibo.com/cmp1952

(010) 88379203

教育服务网: www.cmpedu.com

封面无防伪标均为盗版

金书网: www.golden-book.com

前 言

可编程序控制器（PLC）、变频器和触摸屏（HMI）被称为“工控三大件”，已经广泛应用于工业控制。目前市面上，关于可编程序控制器应用技术、变频器应用和触摸屏都分别有对应的图书。我们考虑到“工控三大件”通常应用于同一个控制系统，是一个有机的系统，不宜人为分割，所以将可编程序控制器、变频器和触摸屏合并成一本书，这种做法更加切合工程实际。

由于西门子 PLC、变频器和触摸屏具有卓越的性能，因此在工控市场占有非常大的份额，应用十分广泛。虽然 S7 - 300/400 系列 PLC 被大多数技术人员接受，但长期以来，S7 - 300/400 系列 PLC 一直公认是比较难入门的。故本书力求简单、详细，用较多的例子引领读者入门，让读者读完入门部分后，能完成简单的工程。应用部分精选工程的实际案例，供读者模仿学习，以提高读者解决实际问题的能力。为了使读者能更好地掌握相关知识，我们在总结长期的教学经验和工程实践的基础上，联合相关企业人员，共同编写了本书，力争使读者通过“看书”就能学会 S7 - 300/400 系列 PLC、变频器和触摸屏。

PLC 控制系统的故障是难点，本书除了讲解常用的故障诊断的方法，还列举了 30 个常见的例子，便于读者学习、分析。

在编写过程中，本书融入了一些生动的操作实例，提升了读者的学习兴趣。本书与其他相关书籍相比，具有以下特点：

1) 用实例引导读者学习。本书的大部分章节用精选的例子讲解。例如，用例子说明现场总线通信的实现的全过程。

2) 重点的例子都包含软硬件的配置方案图、接线图和程序，而且为确保程序的正确性，程序已经在 PLC 上运行通过。

3) 对于比较复杂的例子，配有录像资料。如工业以太网通信的硬件组态较复杂，就配有组态过程的录像资料，便于读者学习。

4) 实用性强，本书的实例易于进行工程移植。

本书由向晓汉任主编，曹英强任副主编。无锡职业技术学院的胡俊平任主审。

全书共分 13 章。第 4、5、8 及 12 章由无锡职业技术学院的向晓汉编写；第 1 章由四川省华蓥市经济和信息化局唐克彬编写；第 2 章由无锡雷华科技有限公司的欧阳思惠和陆彬编写；第 9 章由无锡雪浪环保科技有限公司的王飞飞编写；第 6 章由无锡职业技术学院的林伟编写；第 3 章由无锡雪浪环保科技有限公司的刘摇摇编写；第 7、10 章由桂林电子科技大学的向定汉编写；第 11、13 章由无锡雪浪环保科技有限公司的曹英强编写。参与编写的还有李润海、苏高峰等。由于编者水平有限，书中不妥之处在所难免，敬请读者批评指正，编者将万分感激！

作 者
2017. 1

目 录

前言

第 1 章 可编程序控制器 (PLC)

基础..... 1

1.1 概述..... 1

1.1.1 PLC 的发展历史..... 1

1.1.2 PLC 的主要特点..... 2

1.1.3 PLC 的应用范围..... 3

1.1.4 PLC 的分类与性能指标..... 3

1.1.5 PLC 与继电器系统的比较..... 4

1.1.6 PLC 与微机的比较..... 4

1.1.7 PLC 的发展趋势..... 5

1.1.8 PLC 在我国..... 5

1.2 PLC 的结构和工作原理..... 6

1.2.1 PLC 的硬件组成..... 6

1.2.2 PLC 的工作模式..... 10

1.2.3 PLC 的工作原理..... 10

1.2.4 PLC 的立即输入、 输出功能..... 12

1.3 PLC 前导知识..... 12

1.3.1 低压电器简介..... 12

1.3.2 传感器和变送器..... 13

1.3.3 隔离器..... 19

1.3.4 浪涌保护器..... 19

1.3.5 安全栅..... 20

第 2 章 S7-300/400 PLC 的硬件

介绍..... 22

2.1 S7-300 PLC 概述..... 22

2.1.1 西门子 PLC 简介..... 22

2.1.2 S7-300 的基本结构..... 23

2.2 S7-300 的 CPU 模块及其 接线..... 24

2.2.1 CPU 模块的技术规范..... 24

2.2.2 紧凑型 CPU 的接线..... 27

2.3 S7-300 数字量模块 及其接线..... 30

2.3.1 数字量输入模块 SM321..... 30

2.3.2 数字量输出模块 SM322..... 31

2.4 S7-300 模拟量模块及接线..... 34

2.4.1 模拟量输入模块 SM331 连接..... 34

2.4.2 模拟量输出模块 SM332 连接..... 37

2.4.3 模拟量输入/输出模块 SM334 连接..... 37

2.5 S7-300 的其他模块简介..... 40

2.5.1 S7-300 系列 PLC 的通信 处理模块..... 40

2.5.2 S7-300 系列 PLC 的 功能模块..... 41

2.5.3 ET-200 的模块..... 41

2.5.4 电源模块..... 42

2.5.5 接口模块..... 42

2.5.6 导轨..... 43

2.6 S7-400 PLC 概述..... 43

2.6.1 S7-400 的结构..... 43

2.6.2 S7-400 的特点..... 44

2.7 S7-400 CPU 模块..... 44

2.7.1 S7-400 CPU 模块的基本结构..... 45

2.7.2 S7-400 CPU 模块的分类和 技术规范..... 45

2.8 S7-400 PLC 的机架..... 47

2.8.1 S7-400 PLC 的机架简介..... 47

2.8.2 UR1 和 UR2 机架 (通用 机架)..... 48

2.8.3 CR2 和 CR3 机架..... 48

2.8.4 UR2-H 机架..... 48

2.9 S7-400 数字量模块 及其连接..... 48

2.9.1	数字量输入模块 SM421 及其连接	49	3.8.1	查找关键字或者功能	79
2.9.2	数字量输出模块 SM422 及其 连接	50	3.8.2	了解某个逻辑块 FB/SFB/FC/SFC 的 功能及引脚的定义	80
2.10	S7-400 模拟量模块及其 连接	52	第 4 章 S7-300/400 PLC 的编程 语言		81
2.10.1	模拟量输入模块 SM431 及其连接	52	4.1	S7-300/400 PLC 的编程 基础知识	81
2.10.2	模拟量输出模块 SM432 及其连接	54	4.1.1	编程元件	81
2.11	S7-400 的其他模块	55	4.1.2	数制和数据类型	82
2.11.1	电源模块	55	4.1.3	寻址方式	86
2.11.2	通信处理模块	55	4.1.4	编程语言	90
2.11.3	功能模块	55	4.2	CPU 中的寄存器	91
2.11.4	接口模块	55	4.3	位逻辑指令	94
第 3 章 STEP 7 软件使用入门		56	4.4	定时器与计数器指令	102
3.1	STEP 7 简介	56	4.4.1	定时器	102
3.1.1	初识 STEP 7	56	4.4.2	IEC 定时器	112
3.1.2	安装 STEP 7 的软硬件条件	57	4.4.3	计数器	112
3.1.3	安装 STEP 7 注意事项	57	4.4.4	IEC 计数器	116
3.1.4	安装 STEP 7 的过程	57	4.5	数据处理与运算指令	117
3.1.5	卸载 STEP 7 的过程	59	4.5.1	装载与传送指令	117
3.2	编程界面的 SIMATIC 管理器	59	4.5.2	比较指令	122
3.2.1	创建项目	59	4.5.3	转换指令	125
3.2.2	编辑项目	60	4.5.4	移位与循环指令	130
3.3	硬件组态与参数设置	62	4.5.5	算术运算指令	136
3.3.1	硬件组态	62	4.5.6	逻辑控制指令	144
3.3.2	参数设定	63	4.5.7	字逻辑运算指令	146
3.3.3	硬件的更新和 GSD 文件安装	69	4.5.8	其他指令	147
3.4	下载和上传	71	4.6	实例	148
3.4.1	下载	71	4.6.1	电动机的控制	149
3.4.2	上传	73	4.6.2	定时器和计数器应用	151
3.5	软件编程	75	第 5 章 S7-300/400 PLC 的程序 结构		154
3.6	打印和归档	76	5.1	STEP 7 编程方法简介	154
3.6.1	打印	76	5.2	功能、数据块和功能块	154
3.6.2	归档	76	5.2.1	块的概述	154
3.7	用 STEP 7 V5.5 建立一个 完整的项目	77	5.2.2	功能 (FC) 及其应用	156
3.8	使用帮助	79	5.2.3	共享数据块 (DB) 及其 应用	159
			5.2.4	自定义数据类型 (UDT) 及其	

应用	161	7.1.2 S7-SCL 的软件包安装	243
5.2.5 功能块 (FB) 及其应用	163	7.1.3 S7-SCL 源文件编辑器	244
5.2.6 系统功能 (SFC) 及其应用	166	7.1.4 S7-SCL 编程语言	245
5.3 多重背景	168	7.1.5 S7-SCL 应用举例	259
5.3.1 多重背景的简介	168	7.2 西门子 PLC 的 GRAPH 编程	262
5.3.2 多重背景的应用	168	7.2.1 S7-GRAPH 简介	262
5.4 库的应用	170	7.2.2 S7-GRAPH 的安装与 兼容性	263
5.4.1 库的介绍	170	7.2.3 S7-GRAPH 的应用基础	263
5.4.2 库的应用介绍	171	7.2.4 S7-GRAPH 的应用举例	270
5.5 组织块 (OB) 及其应用	173	第 8 章 S7-300/400 PLC 的通信	
5.5.1 中断的概述	173	及其应用	275
5.5.2 主程序 (OB1)	175	8.1 通信基础知识	275
5.5.3 日期时钟中断组织块及其 应用	175	8.1.1 通信的基本概念	275
5.5.4 循环中断组织块及其应用	176	8.1.2 PLC 网络的术语解释	276
5.5.5 硬件中断组织块及其应用	178	8.1.3 RS-485 标准串行接口	278
5.5.6 错误处理组织块及其应用	179	8.1.4 OSI 参考模型	279
5.5.7 背景组织块	193	8.1.5 SIMATIC NET 工业网络	280
5.5.8 启动组织块及其应用	194	8.2 现场总线概述	281
5.6 实例	195	8.2.1 现场总线的概念	281
第 6 章 S7-300/400 PLC 的编程		8.2.2 主流现场总线的简介	282
方法与调试	207	8.2.3 现场总线的特点	282
6.1 功能图	207	8.2.4 现场总线的现状	283
6.1.1 功能图的画法	207	8.2.5 现场总线的发展	283
6.1.2 梯形图编程的原则	213	8.3 MPI 通信及其应用	283
6.2 逻辑控制的梯形图编程方法	215	8.3.1 MPI 通信简介	283
6.2.1 经验设计法	215	8.3.2 S7-200 与 S7-300 间的 MPI 通信	284
6.2.2 功能图设计法	216	8.3.3 S7-300 与 S7-300 间的 MPI 通信	290
6.3 S7-300/400 PLC 的调试		8.3.4 S7-300/400 与 S7-400 间的 MPI 通信	297
方法	226	8.4 PROFIBUS 通信及其应用	300
6.3.1 用变量监控表进行调试	226	8.4.1 PROFIBUS 通信概述	300
6.3.2 使用 PLCSIM 软件进行调试	230	8.4.2 PROFIBUS 总线拓扑结构	302
6.3.3 使用“断点”调试程序	233	8.4.3 S7-300 与 ET200M 的 PROFIBUS- DP 通信	305
6.3.4 使用参考数据调试程序	234	8.4.4 S7-300 与 S7-200 间的 PROFIBUS- DP 通信	310
6.4 实例	237		
第 7 章 西门子 PLC 的 SCL 和			
GRAPH 编程	243		
7.1 西门子 PLC 的 SCL 编程	243		
7.1.1 S7-SCL 简介	243		

8.4.5	S7-300 与 S7-300 间的 PROFIBUS - DP 通信	318	10.4.2	IO 域组态	393
8.4.6	CP342-5 作主站的 PROFIBUS - DP 通信	327	10.4.3	开关组态	394
8.4.7	CP342-5 作从站的 PROFIBUS - DP 通信	331	10.4.4	图形输入/输出对象组态	396
8.4.8	DP/DP Coupler 的 PROFIBUS - DP 通信	337	10.4.5	时钟和日期的组态	398
8.5	以太网通信及其应用	345	10.4.6	间接寻址和符号 IO 域组态	399
8.5.1	以太网通信基础	345	10.4.7	图形 IO 域组态	401
8.5.2	S7-300 间的以太网通信	348	10.4.8	画面的切换	402
8.5.3	S7-400 与远程 IO 模块 ET200 间的 PROFINET 通信	356	10.5	用户管理	404
8.5.4	S7-400 与 S7-200 SMART 间的以太网通信	362	10.5.1	用户管理的基本概念	404
8.6	网络路由功能	367	10.5.2	用户管理编辑器	404
8.6.1	网络路由功能概述	367	10.5.3	访问保护	405
8.6.2	网络路由功能应用	367	10.6	创建一个简单的触摸屏的工程	406
第 9 章	S7-300/400 PLC 的 PID 控制技术	373	第 11 章	S7-300 PLC 在变频调速系统中的应用	414
9.1	PID 控制简介	373	11.1	变频器的概述	414
9.1.1	PID 控制原理简介	373	11.1.1	变频器的发展历史	414
9.1.2	PID 控制的算法和图解	374	11.1.2	变频器的分类	417
9.1.3	PID 控制器的参数整定	377	11.2	西门子 MM440 变频器使用简介	418
9.2	利用 S7-300 进行电炉的温度控制	379	11.2.1	认识变频器	418
第 10 章	西门子人机界面 (HMI) 应用	388	11.2.2	西门子低压变频器简介	420
10.1	人机界面简介	388	11.2.3	西门子 MM440 变频器使用简介	421
10.1.1	认识人机界面	388	11.3	变频器多段频率给定	424
10.1.2	触摸屏的通信连接	388	11.4	变频器的模拟量频率给定	429
10.2	WinCC flexible 软件简介	389	11.5	变频器的通信频率给定	433
10.2.1	认识 WinCC flexible 软件	389	11.5.1	MM440 变频器通信的基本知识	433
10.2.2	安装 WinCC flexible 软件	390	11.5.2	实例	436
10.3	变量组态	390	11.5.3	S7-300 通过 PROFIBUS 现场总线修改 MM440 变频器的参数	443
10.3.1	变量类型	390	11.5.4	S7-300 通过 PROFIBUS 现场总线控制 S120	449
10.3.2	函数	391	11.6	变频器的调试	458
10.4	画面组态	392	11.6.1	STARTER 软件与传动装置常用通信连接方式	458
10.4.1	按钮组态	392	11.6.2	用 STARTER 软件调试 MM440 实例	459

第 12 章 西门子 S7 - 300/400 PLC 的故障诊断技术	469	故障	517
12.1 PLC 控制系统的故障诊断概述	469	12.2.8 用 CP5611/CP5511/CP342 - 5 等通信处理器诊断通信故障	520
12.1.1 引发 PLC 故障的外部因素	469	12.2.9 用软件 Amprolyzer 诊断故障	526
12.1.2 PLC 的故障类型和故障信息	470	12.3 各种故障诊断的比较	529
12.1.3 PLC 故障诊断方法	471	12.4 故障诊断的显示	530
12.1.4 PLC 外部故障诊断方法	471	12.4.1 位发送故障显示	530
12.2 S7 - 300/400 故障诊断技术	475	12.4.2 消息号发送故障显示	532
12.2.1 使用状态和出错 LED 进行故障诊断	475	12.4.3 用 S7 - PDIAG 软件组态过程诊断	540
12.2.2 用 STEP 7 诊断视图进行故障诊断	478	12.5 工程常见调试和故障诊断 30 例	547
12.2.3 用通信块 (如 SFB15) 的输出参数/返回值 (RET_VAL) 诊断故障	486	第 13 章 S7 - 300/400 PLC 工程应用	557
12.2.4 用组织块进行故障诊断	488	13.1 啤酒灌装线系统的 PLC 控制	557
12.2.5 用 SFC13/SFC51/FC10/FB10/FC3 进行故障诊断	497	13.1.1 系统软硬件配置	557
12.2.6 用 BT200 PROFIBUS 总线物理测试工具诊断故障	514	13.1.2 编写程序	558
12.2.7 用 PC 网卡/CP443 - 1/CP343 - 1 等通信处理器诊断以太网		13.2 干粉喷射系统的 PLC 控制	564
		13.2.1 硬件系统集成	564
		13.2.2 编写程序	572
		13.2.3 完成触摸屏 HMI 项目	593
		参考文献	596

第 1 章 可编程序控制器 (PLC) 基础

本章介绍可编程序控制器的历史、功能、特点、应用范围、发展趋势、在我国的使用情况、结构和工作原理等知识,使读者初步了解可编程序控制器,这是学习本书后续内容的必要准备。

1.1 概述

可编程序控制器 (Programmable Logic Controller) 简称 PLC,国际电工委员会 (IEC) 于 1985 年对可编程序控制器作了如下定义: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、模拟的输入和输出,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,都应按易于与工业控制系统连成一个整体,易于扩充功能的原则设计。PLC 是一种工业计算机,其种类繁多,不同厂家的产品有各自的特点,但作为工业标准设备,可编程序控制器又有一定的共性。

1.1.1 PLC 的发展历史

20 世纪 60 年代以前,汽车生产线的自动控制系统基本上都是由继电器控制装置构成的。当时每次改型都直接导致继电器控制装置的重新设计和安装,福特汽车公司的老板曾经说:“无论顾客需要什么样的汽车,福特的汽车永远是黑色的”。从侧面反映汽车改型和升级换代比较困难。为了改变这一现状,1969 年,美国的通用汽车公司 (GM) 公开招标,要求用新的装置取代继电器控制装置,并提出十项招标指标,要求编程方便、现场可修改程序、维修方便、采用模块化设计、体积小以及可与计算机通信等。同一年,美国数字设备公司 (DEC) 研制出了世界上第一台可编程序控制器 PDP-14,在美国通用汽车公司的生产线上试用成功,并取得了满意的效果,可编程序控制器从此诞生。由于当时的 PLC 只能取代继电器接触器控制,功能仅限于逻辑运算、计时及计数等,所以称为“可编程逻辑控制器”。伴随着微电子技术、控制技术与信息技术的不断发展,可编程序控制器的功能不断增强。美国电气制造商协会 (NEMA) 于 1980 年正式将其命名为“可编程序控制器”,简称 PC,由于这个名称和个人计算机的简称相同,容易混淆,因此在我国,很多人习惯称可编程序控制器为 PLC。

由于 PLC 具有易学易用、操作方便、可靠性高、体积小、通用灵活和使用寿命长等一系列优点,因此,很快就在工业中得到了广泛应用。同时,这一新技术也受到其他国家的重视。1971 年日本引进这项技术,很快研制出日本第一台 PLC;欧洲于 1973 年研制出第一台 PLC;我国从 1974 年开始研制,1977 年国产 PLC 正式投入工业应用。

进入 20 世纪 80 年代以来,随着电子技术的迅猛发展,以 16 位和 32 位微处理器构成的微机化 PLC 得到快速发展,(例如 GE 的 RX7i,使用的是赛扬 CPU,其主频达 1 GHz,其信

息处理能力几乎和个人电脑相当)使得 PLC 在设计、性能价格比以及应用方面有了突破,不仅控制功能增强、功耗和体积减小、成本下降、可靠性提高以及编程和故障检测更为灵活方便,而且随着远程 I/O 和通信网络、数据处理和图像显示的发展,PLC 普遍应用于控制复杂的生产过程。PLC 已经成为工厂自动化的三大支柱之一。

1.1.2 PLC 的主要特点

PLC 之所以高速发展,除了工业自动化的客观需要外,还有许多适合工业控制的独特优点,它较好地解决了工业控制领域中普遍关心的可靠、安全、灵活、方便以及经济等问题,其主要特点如下:

1. 抗干扰能力强,可靠性高

在传统的继电器控制系统中,使用了大量的中间继电器、时间继电器,由于器件的固有缺点,如器件老化、接触不良及触点抖动等现象,大大降低了系统的可靠性。而在 PLC 控制系统中大量的开关动作由无触点的半导体电路完成,因此故障大大减少。

此外,PLC 的硬件和软件方面采取了措施,提高了其可靠性。在硬件方面,所有的 I/O 接口都采用了光电隔离,使得外部电路与 PLC 内部电路实现了物理隔离。各模块均采用屏蔽措施,以防止辐射干扰。电路中采用了滤波技术,以防止或抑制高频干扰。在软件方面,PLC 具有良好的自诊断功能,一旦系统的软硬件发生异常情况,CPU 会立即采取有效措施,以防止故障扩大。通常 PLC 具有看门狗功能。

对于大型的 PLC 系统,还可以采用双 CPU 构成冗余系统或者三 CPU 构成表决系统,使系统的可靠性进一步提高。

2. 程序简单易学,系统的设计调试周期短

PLC 是面向用户的设备。PLC 的生产厂家充分考虑到现场技术人员的技能和习惯,可采用梯形图或面向工业控制的简单指令形式。梯形图与继电器原理图很相似,直观、易懂、易掌握,不需要学习专门的计算机知识和语言。设计人员可以在设计室设计、修改和模拟调试程序,非常方便。

3. 安装简单,维修方便

PLC 不需要专门的机房,可以在各种工业环境下直接运行,使用时只需将现场的各种设备与 PLC 相应的 I/O 端相连接,即可投入运行。各种模块上均有运行和故障指示装置,便于用户了解运行情况和查找故障。

4. 采用模块化结构,体积小,重量轻

为了适应工业控制需求,除整体式 PLC 外,绝大多数 PLC 采用模块化结构。PLC 的各部件,包括 CPU、电源以及 I/O 等都采用模块化设计。此外,PLC 相对于通用工控机,其体积和重量要小得多。

5. 丰富的 I/O 接口模块,扩展能力强

PLC 针对不同的工业现场信号(如交流或直流、开关量或模拟量、电压或电流、脉冲或电位以及强电或弱电等)有相应的 I/O 模块与工业现场的器件或设备(如按钮、行程开关、接近开关、传感器及变送器、电磁线圈及控制阀等)直接连接。另外,为了提高操作性能,有多种人-机对话的接口模块;为了组成工业局部网络,有多种通信联网的接口模块等。

1.1.3 PLC 的应用范围

目前，PLC 在国内外已广泛应用于专用机床、机床、控制系统、自动化楼宇、钢铁、石油、化工、电力、建材、汽车、纺织机械、交通运输、环保以及文化娱乐等各行各业。随着 PLC 性能价格比的不断提高，其应用范围还将不断扩大，其应用场合可以说是无处不在，具体应用大致可归纳为如下几类：

1. 顺序控制

顺序控制是 PLC 最基本、最广泛应用的领域，它取代传统的继电器顺序控制，PLC 用于单机控制、多机群控制及自动化生产线的控制。例如数控机床、注塑机、印刷机械、电梯控制和纺织机械等。

2. 计数和定时控制

PLC 为用户提供了足够的定时器和计数器，并设置相关的定时和计数指令，PLC 的计数器和定时器准确度高、使用方便，可以取代继电器系统中的时间继电器和计数器。

3. 位置控制

目前大多数的 PLC 制造商都提供拖动步进电动机或伺服电动机的单轴或多轴位置控制模块，这一功能可广泛用于各种机械，如金属切削机床、装配机械等。

4. 模拟量处理

PLC 通过模拟量的输入/输出模块，实现模拟量与数字量的转换，并对模拟量进行控制，有的还具有 PID 控制功能。例如用于锅炉的水位、压力和温度控制。

5. 数据处理

现代的 PLC 具有数学运算、数据传递、转换、排序和查表等功能，也能完成数据的采集、分析和处理。

6. 通信联网

PLC 的通信包括 PLC 相互之间、PLC 与上位计算机以及 PLC 和其他智能设备之间的通信。PLC 系统与通用计算机可以直接或通过通信处理单元、通信转接器相连构成网络，以实现信息的交换，并可构成“集中管理、分散控制”的分布式控制系统，满足工厂自动化系统的需要。

1.1.4 PLC 的分类与性能指标

1. PLC 的分类

(1) 从组成结构形式分类

可以将 PLC 分为两类：一类是整体式 PLC（也称单元式），其特点是电源、中央处理单元和 I/O 接口都集成在一个机壳内；另一类是标准模板式结构化的 PLC（也称组合式），其特点是电源模板、中央处理单元模板和 I/O 模板等在结构上是相互独立的，可根据具体的应用要求，选择合适的模块，安装在固定的机架或导轨上，构成一个完整的 PLC 应用系统。

(2) 按 I/O 点容量分类

1) 小型 PLC。小型 PLC 的 I/O 点数一般在 128 点以下。

2) 中型 PLC。中型 PLC 采用模块化结构，其 I/O 点数一般在 256 ~ 1024 点之间。

3) 大型 PLC。一般 I/O 点数在 1024 点以上的称为大型 PLC。

2. PLC 的性能指标

各厂家的 PLC 虽然各有特色，但其主要性能指标是相同的。

(1) 输入/输出 (I/O) 点数

输入/输出 (I/O) 点数是最重要的一项技术指标，是指 PLC 面板上连接外部输入、输出的端子数，常称为“点数”，用输入与输出点数的和表示。点数越多表示 PLC 可接入的输入器件和输出器件越多，控制规模越大。点数是 PLC 选型时最重要的指标之一。

(2) 扫描速度

扫描速度是指 PLC 执行程序的速度。以 ms/K 为单位，即执行 1 K 步指令所需的时间。1 步占 1 个地址单元。

(3) 存储容量

存储容量通常用 K 字 (KW) 或 K 字节 (KB)、K 位来表示。这里 1 K = 1024。有的 PLC 用“步”来衡量，一步占用一个地址单元。存储容量表示 PLC 能存放多少用户程序。例如，三菱型号为 FX2N-48MR 的 PLC 存储容量为 8000 步。有的 PLC 的存储容量可以根据需要配置，有的 PLC 的存储器可以扩展。

(4) 指令系统

指令系统表示该 PLC 软件功能的强弱。指令越多，编程功能就越强。

(5) 内部寄存器 (继电器)

PLC 内部有许多寄存器用来存放变量、中间结果、数据等，还有许多辅助寄存器可供用户使用。因此寄存器的配置也是衡量 PLC 功能的一项指标。

(6) 扩展能力

扩展能力是反映 PLC 性能的重要指标之一。PLC 除了主控模块外，还可配置实现各种特殊功能的高功能模块。例如 A-D 模块、D-A 模块、高速计数模块及远程通信模块等。

1.1.5 PLC 与继电器系统的比较

在 PLC 出现以前，继电器硬接线电路是逻辑、顺序控制的唯一执行者，它结构简单、价格低廉，一直被广泛应用。PLC 出现后，几乎所有的方面都超过继电器控制系统，两者的性能比较见表 1-1。

表 1-1 可编程序控制器与继电器控制系统的比较

序号	比较项目	继电器控制	可编程序控制器控制
1	控制逻辑	硬接线多、体积大、连线多	软逻辑、体积小、接线少、控制灵活
2	控制速度	通过触点开关实现控制，动作受继电器硬件限制，通常超过 10 ms	由半导体电路实现控制，指令执行时间段，一般为微秒级
3	定时控制	由时间继电器控制，准确度差	由集成电路的定时器完成，准确度高
4	设计与施工	设计、施工及调试必须按照顺序进行，周期长	系统设计完成后，施工与程序设计同时进行，周期短
5	可靠性与维护	继电器的触点寿命短，可靠性和维护性差	无触点、寿命长、可靠性高，有自诊断功能
6	价格	价格低	价格高

1.1.6 PLC 与微机的比较

采用微电子技术制造的 PLC 与微机一样，也由 CPU、ROM (或者 FLASH)、RAM 以及

I/O 接口等组成，但又不同于一般的微机，PLC 采用了特殊的抗干扰技术，是一种特殊的工业控制计算机，更加适合工业控制。两者的性能比较见表 1-2。

表 1-2 PLC 与微机的比较

序 号	比 较 项 目	PLC 控制	微 机 控 制
1	应用范围	工业控制	科学计算、数据处理、计算机通信
2	使用环境	工业现场	具有一定温度和湿度的机房
3	输入/输出	控制强电设备，需要隔离	与主机弱电联系，不隔离
4	程序设计	一般使用梯形图语言，易学易用	编程语言丰富，如 C、BASIC 等
5	系统功能	自诊断、监控	使用操作系统
6	工作方式	循环扫描方式和中断方式	中断方式

1.1.7 PLC 的发展趋势

PLC 的发展趋势主要有以下几个方面：

- 1) 向高性能、高速度、大容量发展。
- 2) 网络化。强化通信能力和网络化，向下将多个 PLC 或者多个 I/O 框架相连；向上与工业计算机、以太网等相连，构成整个工厂的自动化控制系统。即便是微型的 S7-200 系列 PLC 也能组成多种网络，通信功能十分强大。
- 3) 小型化、低成本、简单易用。目前，有的小型 PLC 的价格只需几百元人民币。
- 4) 不断提高编程软件的功能。编程软件可以对 PLC 控制系统的硬件组态，在屏幕上可以直接生成和编辑梯形图、指令表、功能块图和顺序功能图程序，并可以实现不同编程语言的相互转换。程序可以下载、存盘和打印，通过网络或电话线，还可以实现远程编程。
- 5) 适合 PLC 应用的新模块。随着科技的发展，对工业控制领域将提出更高的、更特殊的要求，因此，必须开发特殊功能模块来满足这些要求。
- 6) PLC 的软件化与 PC 化。目前已有多家厂商推出了在 PC 上运行的可实现 PLC 功能的软件包，也称为“软 PLC”，“软 PLC”的性能价格比比传统的“硬 PLC”更高，是 PLC 的一个发展方向。PC 化的 PLC 类似于 PLC，但它采用了 PC 的 CPU，功能十分强大，如 GE 的 Rx7i 和 Rx3i 使用的就是工控机用的赛扬 CPU，主频已经达到 1 GHz。

1.1.8 PLC 在我国

1. 国外 PLC 品牌

目前 PLC 在我国得到了广泛的应用，很多知名厂家的 PLC 在我国都有应用。

1) 美国是 PLC 生产大国，有 100 多家 PLC 生产厂家。其中 A-B 公司的 PLC 产品规格比较齐全，主推大中型 PLC，主要产品系列是 PLC-5。通用电气也是知名 PLC 生产厂商，大中型 PLC 产品系列有 RX3i 和 RX7i 等。德州仪器也生产大、中、小全系列 PLC 产品。

2) 欧洲的 PLC 产品也久负盛名。德国的西门子公司、AEG 公司和法国的 TE（施耐德）公司都是欧洲著名的 PLC 制造商。其中西门子的 PLC 产品与美国的 A-B 的 PLC 产品齐名。

3) 日本的小型 PLC 具有一定的特色，性价比高，知名的品牌有三菱、欧姆龙、松下、

富士、日立和东芝等，在小型机市场，日系 PLC 的市场份额曾经高达 70%。

2. 国产 PLC 品牌

我国自主品牌的 PLC 生产厂家有近 30 余家。在目前已经上市的众多 PLC 产品中，还没有形成规模化的生产和名牌产品，甚至还有一部分是以仿制、来件组装或“贴牌”方式生产。单从技术角度来看，国产小型 PLC 与国际知名品牌小型 PLC 差距正在缩小，使用越来越多。例如和利时、深圳汇川和无锡信捷等公司生产的微型 PLC 已经比较成熟，其可靠性在许多低端应用中得到了验证，逐渐被用户认可，但其知名度与世界先进水平还有一定的差距。

总的来说，我国使用的小型 PLC 主要以日本和国产品牌为主，而大中型 PLC 主要以欧美品牌为主。目前 95% 以上的 PLC 市场被国外品牌所占领。

1.2 PLC 的结构和工作原理

1.2.1 PLC 的硬件组成

PLC 种类繁多，但其基本结构和工作原理相同。PLC 的功能结构区由 CPU（中央处理器）、存储器和输入/输出接口三部分组成，如图 1-1 所示。

1. CPU（中央处理器）

CPU 的功能是完成 PLC 内所有的控制和监视操作。中央处理器一般由控制器、运算器和寄存器组成。CPU 通过数据总线、地址总线和控制总线与存储器、输入/输出接口电路连接。

2. 存储器

在 PLC 中使用两种类型的存储器：一种是只读类型的存储器，如 EPROM 和 EEPROM，另一种是可读/写的随机存储器 RAM。PLC 的存储器分为 5 个区域，如图 1-2 所示。

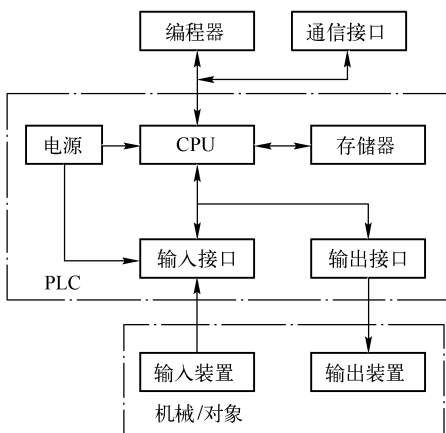


图 1-1 PLC 结构框图

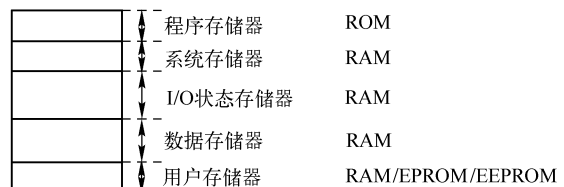


图 1-2 存储器的区域划分

程序存储器的类型是只读存储器（ROM），PLC 的操作系统存放在这里，程序由制造商固化，通常不能修改。存储器中的程序负责解释和编译用户编写的程序、监控 I/O 口的状

态、对 PLC 进行自诊断以及扫描 PLC 中的程序等。系统存储器属于随机存储器（RAM），主要用于存储中间计算结果和数据、系统管理，有的 PLC 厂家用系统存储器存储一些系统信息如错误代码等，系统存储器不对用户开放。I/O 状态存储器属于随机存储器，用于存储 I/O 装置的状态信息，每个输入模块和输出模块都在 I/O 映像表中分配一个地址，而且这个地址是唯一的。数据存储器属于随机存储器，主要用于数据处理功能，为计数器、定时器、算术计算和过程参数提供数据存储。有的厂家将数据存储器细分为固定数据存储器 and 可变数据存储器。用户编程存储器，其类型可以是随机存储器、可擦除存储器（EPROM）和电擦除存储器（EEPROM），高档的 PLC 还可以用 FLASH。用户编程存储器主要用于存放用户编写的程序。存储器的关系如图 1-3 所示。

只读存储器可以用来存放系统程序，PLC 断电后再上电，系统内容不变且重新执行。只读存储器也可用来固化用户程序和一些重要参数，以免因偶然操作失误而造成程序和数据的破坏或丢失。随机存储器中一般存放用户程序和系统参数。当 PLC 处于编程工作时，CPU 从 RAM 中取指令并执行。用户程序执行过程中产生的中间结果也在 RAM 中暂时存放。RAM 通常由 CMOS 型集成电路组成，功耗小，但断电时内容消失，所以一般使用大电容或后备锂电池保证掉电后 PLC 的内容在一定时间内不丢失。

3. 输入/输出接口

PLC 的输入和输出信号可以是开关量或模拟量。输入/输出接口是 PLC 内部弱电（low power）信号和工业现场强电（high power）信号联系的桥梁。输入/输出接口主要有两个作用，一是利用内部的电隔离电路将工业现场和 PLC 内部进行隔离，起保护作用；二是调理信号，可以把不同的信号（如强电、弱电信号）调理成 CPU 可以处理的信号（5 V、3.3 V 或 2.7 V 等），如图 1-4 所示。

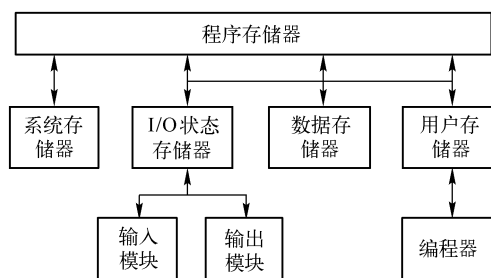


图 1-3 存储器的关系

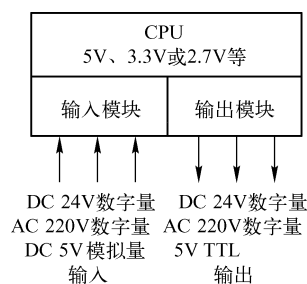


图 1-4 输入/输出接口

输入/输出接口模块是 PLC 系统中最大的部分，输入/输出接口模块通常需要电源，输入电路的电源可以由外部提供，对于模块化的 PLC 还需要背板（安装机架）。

(1) 输入接口电路

1) 输入接口电路的组成和作用。输入接口电路由接线端子、输入调理和电平转换电路、模块状态显示、电隔离电路和多路选择开关模块组成，如图 1-5 所示。现场的信号必须连接在输入端子才可能将信号输入到 CPU 中，它提供了外部信号输入的物理接口；调理和电平转换电路十分重要，可以将工业现场的信号（如强电 AC 220 V 信号）转化成电信号（CPU 可以识别的弱电信号）；电隔离电路主要是利用电隔离器件将工业现场的机械或者电输入信号和 PLC 的 CPU 的信号隔开，它能确保过高的电干扰信号和浪涌不串入 PLC 的微处

理器，起保护作用。有三种隔离方式，用得最多的是光电隔离，其次是变压器隔离和干簧继电器隔离；当外部有信号输入时，输入模块上有指示灯显示，这个电路比较简单，当线路中有故障时，它帮助用户查找故障，由于氖灯或 LED 灯的寿命比较长，所以这个灯通常是氖灯或 LED 灯；多路选择开关接受调理完成的输入信号，并存储在多路开关模块中，当输入循环扫描时，多路开关模块中信号输送到 I/O 状态寄存器中。

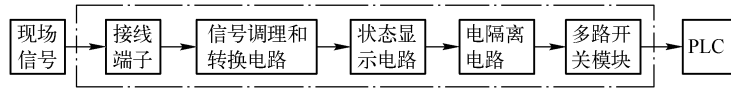


图 1-5 输入接口的结构

2) 输入信号的设备的种类。输入信号可以是离散信号和模拟信号。当输入端是离散信号时，输入端的设备类型可以是限位开关、按钮、压力继电器、继电器触点、接近开关、选择开关及光电开关等，如图 1-6 所示。当输入为模拟量输入时，输入设备的类型可以是压力传感器、温度传感器、流量传感器、电压传感器、电流传感器及力传感器等。

(2) 输出接口电路

1) 输出接口电路的组成和作用。输出接口电路由多路选择开关模块、信号锁存器、电隔离电路、模块状态显示、输出电平转换电路和接线端子组成，如图 1-7 所示。在输出扫描期间，多路选择开关模块接受来自映像表中的输出信号，并对这个信号的状态和目标地址进行译码，最后将信息送给锁存器；信号锁存器是将多路选择开关模块的信号保存起来，直到下一次更新；输出接口的电隔离电路作用和输入模块的一样，但是由于输出模块输出的信号比输入信号要强得多，因此要求隔离电磁干扰和浪涌的能力更高；输出电平转换电路将隔离电路送来的信号放大成可以足够驱动现场设备的信号，放大器件可以是双向晶闸管、晶体管和干簧继电器等；输出的接线端子用于将输出模块与现场设备相连接。

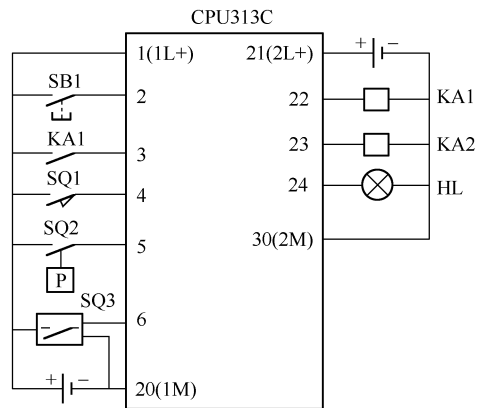


图 1-6 输入/输出接口

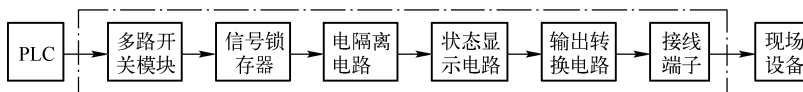


图 1-7 输出接口的结构

PLC 有三种输出接口形式，继电器输出、晶体管输出和晶闸管输出形式。继电器输出形式的 PLC 的负载电源可以是直流电源或交流电源，但其输出响应频率较慢，其内部电路如图 1-8 所示。晶体管输出的 PLC 负载电源是直流电源，其输出响应频率较快，其内部电路如图 1-9 所示。晶闸管输出形式的 PLC 的负载电源是交流电源，西门子 S7-200 系列 PLC 的 CPU 模块暂时还没有晶闸管输出形式的产品出售，但三菱 FX 系列有这种产品。选型时要