



普通高等教育“十一五”国家级规划教材
高等职业技术教育机电类专业规划教材

PLC 应用技术

徐国林 主编

赠电子教案、试题库和实验仿真软件等



 机械工业出版社
CHINA MACHINE PRESS

普通高等教育“十一五”国家级规划教材
高等职业技术教育机电类专业规划教材

PLC 应用技术

主 编 徐国林
副主编 王 芹 贾代平
参 编 钟苏丽 孙丽君



机械工业出版社

TP332-3/99

本书是普通高等教育“十一五”国家级规划教材。全书共分12章,第1章介绍了PLC的硬软件组成及基本工作原理;第2章至第8章以西门子公司生产的S7-200系列PLC为样机,介绍了PLC的内外部结构、指令类型及其寻址方式,PLC的基本控制功能、数据处理功能、中断处理功能、模拟量处理功能、高速处理功能、通信功能等知识及应用;第9章介绍了PLC控制系统硬件电路的设计及软件程序的编程要点;第10章介绍了PLC控制系统故障诊断与维护知识;第11章介绍了施耐德电气生产的Twido系列PLC的各种功能;第12章介绍用组态软件开发的PLC模拟实验系统,用于从一个侧面帮助读者解决PLC的应用问题。

本书可作为高职高专院校机电类专业教材,也可作为成人教育有关专业的教材,还可作为拟从事PLC技术工作的工程技术人员的自学用书。

图书在版编目(CIP)数据

PLC应用技术/徐国林主编. —北京:机械工业出版社,2007.1(2007.7重印)
普通高等教育“十一五”国家级规划教材. 高等职业技术教育机电类专业规划教材

ISBN 978-7-111-20702-3

I. P... II. 徐... III. 可编程控制器—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(2007)第001972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:于宁 版式设计:霍永明 责任校对:刘志文

封面设计:鞠杨 责任印制:李妍

北京中兴印刷有限公司印刷

2007年7月第1版第2次印刷

184mm×260mm·21.25印张·524千字

4 001—8 000册

标准书号:ISBN 978-7-111-20702-3

定价:30.00元

凡购本书,如有缺页、倒页、脱页,由本社发行部调换

销售服务热线电话:(010)68326294

购书热线电话:(010)88379639 88379641 88379643

编辑热线电话:(010)68327259

封面防伪标均为盗版

前 言

可编程序控制器 (PLC) 作为现代化的自动控制装置已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。掌握 PLC 的组成原理及编程方法, 熟悉 PLC 的应用技巧, 是每一位机电类专业技术人员必须具备的基本能力之一。

本书以能力培养为目标, 力求突出 PLC 技术的实用性。在编写过程中吸取了大量已出版 PLC 技术教科书的优点, 从实际应用角度出发组织教材内容, 形成了独特的内容体系, 现分述如下:

第 1 章首先向读者介绍 PLC 的硬软件组成及基本工作原理, 为读者了解 PLC、进一步学习 PLC 进行必要的准备。

第 2 章以西门子公司生产的 S7-200 系列 PLC 为样机, 介绍了 PLC 输入输出接线、内部存储器 (软元件) 分配、指令类型及其寻址方式等知识, 为进一步深入学习第 3~8 章提供基础。

第 3 章在了解 PLC 内外部结构的基础上, 特别是在掌握存储器寻址方式的基础上介绍了 PLC 的基本控制功能, 并通过大量的举例及上机实践, 使读者对 PLC 在逻辑控制方面的应用有所认识和理解, 并能够初步使用 PLC 解决实际问题。

第 4 章介绍了 PLC 的数据处理功能, 包括各种数据处理指令及其应用举例和上机实践。读者通过对这一章的学习, 可进一步提升驾驭 PLC 的能力。

第 5 章介绍了 PLC 的中断处理功能, 使读者了解 PLC 在实时控制中的作用。

第 6 章介绍了 PLC 的模拟量控制功能, 包括模拟量模块的使用知识及 PID 指令的应用知识。读者通过本章学习, 对采用 PLC 实施的模拟量范围控制及闭环 PID 控制将有较全面的理解。

第 7 章介绍了 PLC 的高速处理功能, 包括 PLC 接受高速脉冲信号及输出高速脉冲信号的应用, 并就 PLC 的位置控制模块作了简明扼要的介绍。

第 8 章介绍了 PLC 的通信功能, 通过讲授 PLC 的通信协议及举例, 使读者掌握 PLC 通信联网的方法, 实现局部的网络控制。

第 9 章介绍了 PLC 控制系统硬件电路的设计及软件程序的编程要点。为读者提供了 PLC 控制系统的整体解决方案。

第10章介绍了PLC控制系统的故障诊断与维护知识,为提高PLC控制系统的可靠性及使用寿命,为读者了解故障发生的根源,有目的地诊断排除故障提供技术指导。

第11章介绍了目前国内推出不久的施耐德电气生产的Twido系列PLC,为读者从另一个角度认识PLC,拓展了思路,可起到举一反三的作用。

第12章介绍了编者开发的组态软件PLC模拟实验界面,并期望通过读者的上机实践,提高其应用PLC技术解决实际生产问题的能力。

本教材知识结构清晰,各章(模块)相对独立,举例充分,并配有上机实践课题,在理论与实践的结合上进行了有效的探索,力求为初学PLC的读者提供一本有价值的学习资料,同时也为广大同仁提供一本与生产实践紧密结合的又便于实际操作的实用教材。

本书由烟台职业学院徐国林主编并统稿,威海职业学院王芹、山东工商学院贾代平任副主编。其中第5、8、10、11、12章由徐国林编写,第2、3、7章由王芹编写,第1、9章由贾代平编写,第4章由孙丽君编写,第6章由钟苏丽编写。

本书编写过程中得到了烟台职业学院电气工程系、威海职业学院机电工程系领导的大力支持及烟台职业学院王莹、方宝义老师和烟台工程职业技术学院李江老师多方面的帮助,在此一并表示感谢。

为方便教学,本书配有免费电子教案等教参资料,凡选用本书作为教材的学校,均可来电索取,咨询电话:010-88379758。

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。作者电子邮箱: xgl04@163.com。

编 者

目 录

前言

第1章 PLC基本工作原理 1

- 1.1 PLC的产生和发展 1
 - 1.1.1 PLC的产生 1
 - 1.1.2 PLC的发展 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的基本工作原理 7
- 1.3 PLC的性能、特点及分类 8
 - 1.3.1 PLC的性能指标 8
 - 1.3.2 PLC的特点 9
 - 1.3.3 PLC的分类 9
- 1.4 PLC的应用领域 11
- 本章小结 12
- 思考与练习题 12

第2章 PLC内外部结构及编程软件的使用 13

- 2.1 S7-200系列PLC的外部结构 13
 - 2.1.1 各部件的作用 13
 - 2.1.2 输入输出接线 14
- 2.2 S7-200系列PLC的性能 16
 - 2.2.1 CPU性能 16
 - 2.2.2 I/O性能 16
- 2.3 S7-200系列PLC的内存结构及寻址方法 17
 - 2.3.1 内存结构 17
 - 2.3.2 指令寻址方式 19
- 2.4 S7-200系列PLC指令系统的类型 22
- 2.5 STEP7-Micro/WIN编程软件介绍 22
 - 2.5.1 STEP7-Micro/WIN窗口组件 23
 - 2.5.2 STEP7-Micro/WIN主要编程功能 26
 - 2.5.3 编程软件使用上机实践 28
- 本章小结 30
- 思考与练习题 30

第3章 PLC的基本控制功能及应用 31

- 3.1 布尔指令及应用 31
 - 3.1.1 触点线圈指令 31
 - 3.1.2 置位复位指令与触发器指令 36
 - 3.1.3 正负跃变指令 38
 - 3.1.4 布尔指令上机实践 39
- 3.2 定时器/计数器指令及应用 41
 - 3.2.1 定时器指令 41
 - 3.2.2 计数器指令 44
 - 3.2.3 定时器/计数器指令上机实践 47
- 3.3 位移寄存器指令及应用 51
 - 3.3.1 位移寄存器指令 51
 - 3.3.2 位移寄存器指令上机实践 52
- 3.4 程序控制指令及应用 54
 - 3.4.1 跳转与跳转标号指令 54
 - 3.4.2 子程序调用与子程序标号、子程序返回指令 55
 - 3.4.3 顺序控制继电器指令 56
 - 3.4.4 程序控制指令上机实践 59
- 本章小结 62
- 思考与练习题 62

第4章 PLC的数据处理功能及应用 65

- 4.1 数据传送指令及应用 65
 - 4.1.1 数据传送指令 65
 - 4.1.2 块传送指令 66
 - 4.1.3 字节交换指令 67
 - 4.1.4 数据传送指令上机实践 67
- 4.2 数据比较指令及应用 70
 - 4.2.1 数据比较指令 70
 - 4.2.2 数据比较指令上机实践 71
- 4.3 数据移位指令及应用 74
 - 4.3.1 数据左右移位指令 74
 - 4.3.2 数据循环左右移位指令 75

4.3.3 数据移位指令上机实践	76	6.2.2 模拟量输出信号的整定	125
4.4 数据运算指令及应用	77	6.3 模拟量 PID 调节功能	126
4.4.1 整数运算指令	77	6.3.1 PID 算法	126
4.4.2 实数运算指令	81	6.3.2 PID 调节指令	128
4.4.3 逻辑运算指令	84	6.4 模拟量控制功能上机实践	134
4.4.4 数据运算指令上机实践	87	本章小结	137
4.5 数据转换指令及应用	90	思考与练习题	138
4.5.1 整数与双字整数、双字整数 与实数互换指令	90	第7章 PLC 高速处理功能及应用	139
4.5.2 BCD 码与整数互换指令	92	7.1 高速计数器指令及应用	139
4.5.3 ASCII 码与十六进制数互 换指令	93	7.1.1 高速计数器的工作模式	139
4.5.4 译码、编码、段码指令	94	7.1.2 高速计数器指令	142
4.5.5 数据转换指令上机实践	96	7.2 高速输出指令及应用	145
4.6 数据表指令及应用	98	7.2.1 高速脉冲输出方式	145
4.6.1 填表指令	98	7.2.2 高速脉冲输出指令	147
4.6.2 查表指令	99	7.3 位置控制模块 EM253 简介	150
4.6.3 存储器填充指令	100	7.4 高速处理指令上机实践	152
4.6.4 先进先出/后进先出指令	101	本章小结	160
4.6.5 数据表指令上机实践	102	思考与练习题	160
本章小结	103	第8章 PLC 通信功能及应用	161
思考与练习题	103	8.1 S7-200 系列 PLC 的通信协议 及通信指令	161
第5章 PLC 中断处理功能及应用	105	8.1.1 S7-200 系列 PLC 的自由 端口通信	161
5.1 中断事件及优先级	105	8.1.2 S7-200 系列 PLC 的网络 通信	167
5.1.1 中断事件	105	8.2 PLC 与变频器之间的通信	172
5.1.2 中断的优先级	107	8.3 计算机/文本显示器/人机界面在 PLC 网络中的作用	178
5.2 中断指令及应用	107	8.4 通信功能上机实践	179
5.3 中断指令上机实践	108	本章小结	185
本章小结	111	思考与练习题	185
思考与练习题	111	第9章 PLC 控制系统的设计	187
第6章 PLC 模拟量处理功能及 应用	112	9.1 PLC 控制系统设计的基本原则 及步骤	187
6.1 S7-200 系列 PLC 模拟量 I/O 模块	112	9.1.1 PLC 控制系统设计的基本原则	187
6.1.1 模拟量输入模块	112	9.1.2 PLC 控制系统设计的一般步骤	187
6.1.2 模拟量输出模块	115	9.2 PLC 的选择	190
6.1.3 EM235 模拟量输入输出 混合模块	116	9.2.1 机型的选择	190
6.2 模拟量数据的处理	118	9.2.2 输入/输出的选择	191
6.2.1 模拟量输入信号的整定	118		

9.2.3 内存估计	192	11.4.7 表处理指令	268
9.3 PLC控制系统的硬件设计	193	11.4.8 专用功能块指令	270
9.3.1 PLC输入/输出电路的设计	193	11.5 Twido系列PLC中断功能	278
9.3.2 PLC供电系统的设计	195	11.5.1 Twido系列PLC的中断源	278
9.3.3 电气柜结构设计	196	11.5.2 输入中断功能	278
9.3.4 现场布线图设计	196	11.5.3 超高速计数器中断功能	279
9.4 PLC控制系统的软件设计	197	11.5.4 定时周期中断功能	280
9.4.1 梯形图的经验设计法	198	11.6 Twido系列PLC的模拟量控制功能	282
9.4.2 梯形图的功能图设计法	200	11.6.1 Twido系列PLC的模拟量 I/O模块	282
本章小结	211	11.6.2 Twido系列PLC的模拟量 PID调节功能	285
思考与练习题	211	11.7 Twido系列PLC的通信功能	288
第10章 PLC控制系统的故障诊断 与维护	216	11.7.1 远程连接通信	288
10.1 PLC控制系统故障特性与分析	216	11.7.2 Modbus通信	290
10.1.1 PLC控制系统故障特性	216	本章小结	301
10.1.2 PLC控制系统故障分析	217	思考与练习题	302
10.2 PLC控制系统故障诊断	217	第12章 PLC程序设计训练	303
10.2.1 PLC故障诊断	217	12.1 计算机监控PLC模拟实验系统简介	303
10.2.2 输入输出设备故障诊断	218	12.1.1 计算机监控PLC模拟实验系统 的基本配置	303
10.2.3 PLC控制系统故障软件诊断	218	12.1.2 计算机监控PLC模拟实验系统 的使用说明	304
10.3 PLC控制系统的维护	222	12.2 电动机的正反转控制及小车的 自动往返控制	305
本章小结	223	12.2.1 电动机的正反转控制	305
思考与练习题	223	12.2.2 小车自动往返控制	306
第11章 Schneider Twido系列 PLC	224	12.3 Y- Δ 降压起动控制	308
11.1 Twido系列PLC的外形结构及各 部位的作用	224	12.4 料斗方向自动控制	309
11.2 Twido系列PLC的性能	225	12.5 抢答器控制	311
11.2.1 Twido系列PLC的CPU性能	225	12.6 废品自动剔除控制	312
11.2.2 Twido系列PLC的输入 输出性能	226	12.7 舞台艺术彩灯控制	314
11.3 Twido系列PLC的内部资源分配	228	12.8 单工位三面加工组合机床控制	315
11.4 Twido系列PLC指令系统	230	12.9 机械手控制	317
11.4.1 Twido系列PLC指令的形式	230	12.10 水位自动控制	320
11.4.2 Twido系列PLC指令的 寻址方法	232	12.11 交通指挥灯控制	321
11.4.3 布尔指令	235	12.12 过程控制	324
11.4.4 常用功能块指令	239	12.12.1 恒压供水控制系统	324
11.4.5 程序控制指令	249	12.12.2 温度控制系统	326
11.4.6 数据处理指令	252	12.13 3层楼宇电梯控制	328
		参考文献	331

PLC 基本工作原理

学习目标

了解 PLC 的产生及发展状况；理解 PLC 的性能规格、结构类型及控制功能；掌握 PLC 的基本组成及工作原理。

1.1 PLC 的产生和发展

1.1.1 PLC 的产生

传统的继电器接触器控制系统具有结构简单、价格低廉、容易操作、技术难度较小等优点，被长期广泛地使用在工业控制的各种领域中。由于这种系统存在着如下缺点：

- 1) 继电器接点间、接点与线圈间存在着大量的连接导线，因而使控制功能单一，更改困难。
- 2) 大量的继电器元器件需集中安装在控制柜内，因而使设备体积庞大，不宜搬运。
- 3) 继电器接点的接触不良、导线的连接不牢等会导致设备故障的大量存在，且查找、排除故障困难，使系统的可靠性降低。
- 4) 继电器动作时固有的电磁时间，使系统的动作速度较慢。

因此继电器接触器控制系统越来越不能满足现代化生产的控制要求，特别当产品更新换代时，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可观的。

20 世纪 60 年代末期，美国汽车制造业竞争十分激烈，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, 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，其具体要求是：

- 1) 程序编制、修改简单，采用工程技术语言。
- 2) 系统组成简单、维护方便。
- 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、能耗小。
- 5) 购买、安装成本可与继电器控制柜相竞争。
- 6) 能与中央数据收集处理系统进行数据交换，以便监视系统运行状态及运行情况。
- 7) 采用市电输入（美国标准系列电压值 AC 115V），可接受现场的按钮、行程开关

信号。

8) 采用市电输出 (美国标准系列电压值 AC 115V), 具有驱动电磁阀、交流接触器、小功率电动机的能力。

9) 能以最小的变动及在最短的停机时间内, 从系统的最小配置扩展到系统的最大配置。

10) 程序可存储, 存储器容量至少能扩展到 4000B。

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一台可编程序控制器 PDP—14, 用于通用汽车公司的生产线, 取得了满意的效果。由于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, 所以人们称这种新的工业控制装置为可编程序逻辑控制器 (Programmable Logic Controller), 简称为 PLC。

1.1.2 PLC 的发展

PLC 的出现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 技术并加以消化后, 于 1971 年试制成功了日本第一台 PLC, 1973 年德国西门子公司独立研制成功了欧洲第一台 PLC, 我国从 1974 年开始研制, 1977 年开始工业应用。

从 PLC 产生到现在, 已发展到第四代产品。其过程基本可分为:

第一代 PLC (1969~1972 年): 大多用一位机开发, 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。

第二代 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。

第三代 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联网通信方向发展, 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。

第四代 PLC (1983 年~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, RISC (Reduced Instruction Set Computer) 精简指令系统 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, 同时生产了大量内含微处理器的智能模块, 使得第四代 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、联网通信功能的真正名符其实的多功能控制器。

正是由于 PLC 具有多种功能, 并集三电 (电控装置、电仪装置、电气传动控制装置) 于一体, 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三大支柱 (PLC、机器人、CAD/CAM) 之一。

由于 PLC 的发展, 使其功能已经远远超出了逻辑控制的范围, 因而用 “PLC” 已不能描述其多功能的特点。1980 年, 国际电气制造业协会 (NEMA) 给它起了一个新的名称, 叫 “Programmable Controller”, 简称 PC。由于 PC 这一缩写在我国早已成为个人计算机 (Personal Computer) 的代名词, 为避免造成名词术语混乱, 因此在我国仍沿用 PLC 表示可编程序控制器。

从 20 世纪 70 年代初开始, 在不到 30 年的时间里, PLC 生产发展成了一个巨大的产业, 据不完全统计, 现在世界上生产 PLC 的厂家有 200 多家, 生产大约 400 多个品种的 PLC 产品。其中在美国注册的厂商超过 100 多家, 生产大约 200 多个品种的 PLC; 日本有 70 家左

右的 PLC 厂商，生产 200 多个品种；欧洲注册的厂家有十几个，生产几十个品种的 PLC。在世界范围内，PLC 产品的产量、销量、用量高居各种工业控制装置榜首，而且市场需求量一直按每年 15% 的比例上升。

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，虽然各厂家产品种类繁多，功能和指令系统存在差异，但其组成和基本工作原理大同小异。

1.2.1 PLC 的组成

由于 PLC 的核心是微处理器，因此它的组成也就同计算机有些相似，由硬件系统和软件系统组成。

1. PLC 的硬件系统

PLC 的硬件系统一般主要由中央处理单元、输入/输出接口、I/O 扩展接口、编程器接口、编程器和电源等几个部分组成，如图 1-1 所示。

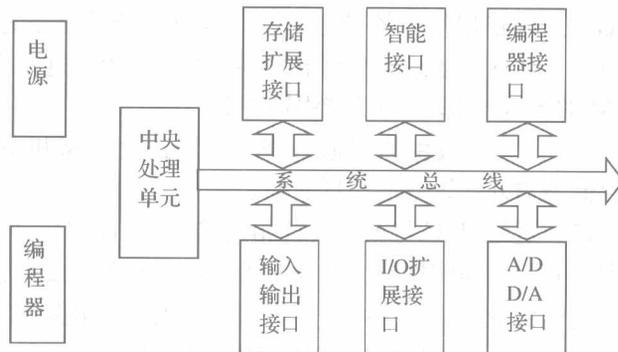


图 1-1 PLC 的一般结构

(1) 中央处理单元 PLC 的中央处理单元主要由微处理器 CPU、存储器 ROM/RAM 和微处理器 I/O 接口组成。

1) 微处理器 CPU。CPU 作为整个 PLC 的核心起着总指挥的作用，是 PLC 的运算和控制中心。它的主要任务是：

- ① 诊断 PLC 电源、内部电路的工作状态及编制程序中的语法错误。
- ② 用扫描方式采集由现场输入装置送来的状态或数据，并存入输入映像寄存器或数据寄存器中。
- ③ 在运行状态时，按用户程序存储器中存放的先后顺序逐条读取指令，经编译解释后，按指令规定的任务完成各种运算和操作，根据运算结果存储相应数据，并更新有关标志位的状态和输出映像寄存器的内容。
- ④ 将存于数据寄存器中的数据处理结果和输出映像寄存器的内容送至输出电路。
- ⑤ 按照 PLC 中系统程序所赋予的功能接收并存储从编程器输入的用户程序和数据，响应各种外部设备（如编程器、打印机、上位计算机、图形监控系统和条码判读器等）的工作请求。

2) 存储器 ROM/RAM。存储器是具有记忆功能的半导体电路，用来存放系统程序、用户程序、逻辑变量和其它一些信息。在 PLC 中使用的存储器有两种类型，它们分别是只读存储器 ROM 和随机存储器 RAM，现简述如下。

只读存储器 ROM（又称系统程序存储器），用以存放系统程序（包括系统管理程序、监控程序、模块化应用功能子程序以及对用户程序做编译处理的编译解释程序等）。系统程序根据 PLC 功能的不同而不同，生产厂家在 PLC 出厂前已将其固化在只读存储器 ROM 或 PROM 中，用户不能更改。

随机存储器 RAM（又称用户存储器），包括用户程序存储区及工作数据存储区。RAM 是可读可写存储器，读出时，RAM 中的内容不被破坏；写入时，刚写入的信息就会消除原来的信息。RAM 中一般存放以下内容：用户程序存储区主要存放用户已编制好或正在调试的应用程序；数据存储区则存储包括各输入端状态采样结果和各输出端状态运算结果的输入/输出映像寄存器区（或称输入输出状态寄存器区）、定时器/计数器的设定值和现行值存储区、各种内部编程元件（内部辅助继电器、计数器、定时器等）状态及特殊标志位存储区、存放暂存数据和中间运算结果的数据寄存器区等等。

不同型号的 PLC 存储器的容量是不相同的，在技术说明书中，一般都给出与用户编程和使用有关的指标，如输入、输出继电器的数量；内辅继电器数量；定时器和计数器的数量；允许用户程序的最大长度（一般给出允许的最多指令字）等。这些指标都间接地反映了 RAM 的容量，而 ROM 的容量与 PLC 的功能强弱有关。

3) 微处理器 I/O 接口。它一般由数据输入寄存器、选通电路和中断请求逻辑电路构成，负责微处理器及存储器与外部设备的信息交换。

(2) 输入、输出接口 这是 PLC 与被控设备相连接的接口电路。用户设备需输入 PLC 的各种控制信号，如限位开关、操作按钮、选择开关、行程开关以及其它一些传感器输出的开关量或模拟量（要通过模数变换进入机内）等，通过输入接口电路将这些信号转换成中央处理单元能够接收和处理的信号。输出接口电路将中央处理单元送出的弱电控制信号转换成现场需要的强电信号输出，以驱动电磁阀、接触器等被控设备的执行元件。

1) 输入接口电路。输入接口通过 PLC 的输入端子接受现场输入设备（如限位开关、操作按钮、光电开关和温度开关等）的控制信号，并将这些信号转换成中央处理单元 CPU 所能接受和处理的数字信号。输入接口电路通常有两类，一类为直流输入型，如图 1-2a 所示；另一类是交流输入型，如图 1-2b 所示。从图中可以看到，不论是直流输入电路还是交流输入电路，输入信号最后都是通过光耦合器件传送给内部电路的，采用光耦合电路与现场输入信号相连是为防止现场的强电干扰进入 PLC。光耦合电路的关键器件是光耦合器，一般由发光二极管和光敏晶体管组成。光耦合器的信号传感原理是：在光耦合器的输入端加上变化的电信号，发光二极管就产生与输入信号变化规律相同的光信号。光敏晶体管在光信号的照射下导通，导通程度与光信号的强弱有关。在光耦合器的线性工作区，输出信号与输入信号有线性关系。光耦合器的抗干扰性能：由于输入和输出端是靠光信号耦合的，在电气上是完全隔离的，因此输出端的信号不会反馈到输入端，也不会产生地线干扰或其它串扰。由于发光二极管的正向阻抗值较低，而外界干扰源的内阻一般较高，根据分压原理可知，干扰源能馈送到输入端的干扰噪声很小。正是由于 PLC 在现场信号的输入环节采用了光耦合，才增强了抗干扰能力。

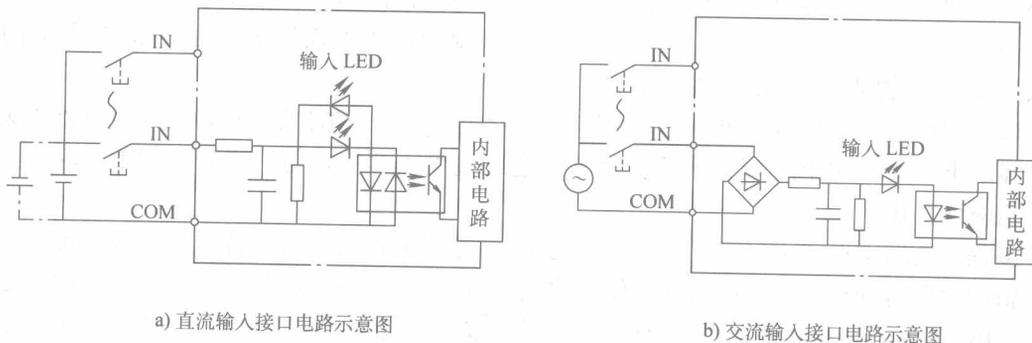


图 1-2 输入接口电路示意图

2) 输出接口电路。输出接口将经中央处理单元 CPU 处理过的输出数字信号 (1 或 0) 传送给输出端的电路元件, 以控制其接通或断开, 从而驱动接触器、电磁阀、指示灯等输出设备获得或失去工作所需的电压或电流。

为适应不同类型的输出设备负载, PLC 的输出接口类型有继电器输出型、双向晶闸管输出型和晶体管输出型 3 种, 分别如图 1-3、图 1-4 和图 1-5 所示。其中继电器输出型为有触点输出方式, 可用于接通或断开开关频率较低的直流负载或交流负载回路, 这种方式存在继电器触点的电气寿命和机械寿命问题; 双向晶闸管输出型和晶体管输出型皆为无触点输出方式, 开关动作快、寿命长, 可用于接通或断开开关频率较高的负载回路, 其中双向晶闸管输出型只用于带交流电源负载, 晶体管输出型则只用于带直流电源负载。

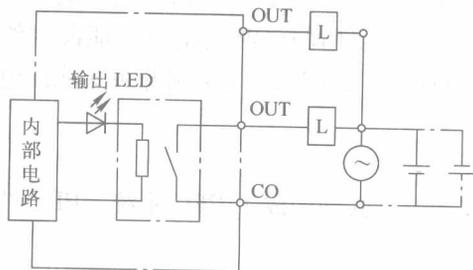


图 1-3 继电器输出接口电路示意图

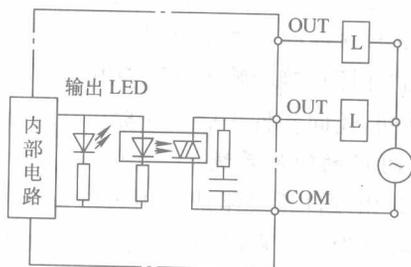


图 1-4 双向晶闸管输出接口电路示意图

从 3 种类型的输出电路可以看出, 继电器、双向晶闸管和晶体管作为输出端的开关元件受 PLC 的输出指令控制, 完成接通或断开与相应输出端相连的负载回路的任务, 它们并不向负载提供工作电源。

负载工作电源的类型、电压等级和极性应该根据负载要求以及 PLC 输出接口电路的技术性能指标确定。

(3) I/O 扩展接口 小型的 PLC 输入输出接口都是与中央处理单元 CPU 制造在一起的, 为了满足被控设备输入输出点数较多的要求, 常需要扩展数字量输入输出模块; 为了满足模拟量控制的需要, 常需要扩展模拟量输入输出模块,

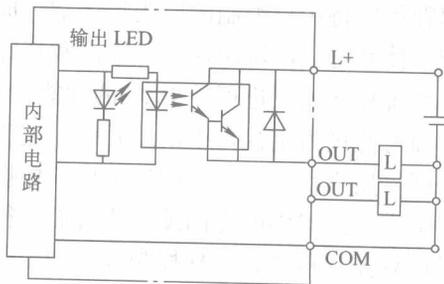


图 1-5 晶体管输出接口电路示意图

如 A/D、D/A 转换模块等；I/O 扩展接口就是为连接各种扩展模块而设计的。

(4) 通信接口 用于 PLC 与计算机、PLC、变频器和触摸屏等智能设备之间的连接，以实现 PLC 与智能设备之间的数据传送。

(5) 编程器 编程器作用户程序的编制、编辑、调试和监视，还可以通过其键盘去调用和显示 PLC 的一些内部状态和系统参数，它经过编程器接口与中央处理器单元联系，完成人机对话操作。

编程器的结构形式主要有两种。一种是 PLC 专用编程器，由手持式或台式等形式，具有编辑程序所需的显示器、键盘及工作方式设置开关，编程器通过电缆与 PLC 的中央处理单元 CPU 相连。编程器具备程序编辑、编译和程序存储管理等功能。一些手持式的小型 PLC 编程器，本身无法独立工作，需和 PLC 的 CPU 连起来后才能使用。另一种 PLC 编程器是基于个人计算机系统的编程系统。在通用计算机系统中，配置 PLC 的编程及监控软件，通过 RS232 串行接口与 PLC 的 CPU 相连。PLC 语言的编译软件已包含在编程软件系统中。目前许多 PLC 产品都有自己的个人计算机 PLC 编程软件系统，如用于西门子 S7-200 系列 PLC 的编程软件 STEP 7 MicroWIN SP2、松下电工 EP 系列 PLC 的编程软件 EPWIN GR 和 OMRON 公司 C 系列 PLC 的编程软件 CX-Programmer 等等。

编程器的程序输入输出界面一般有两种形式。一种是图形编辑界面，另一种是字符编辑界面。梯形图语言、功能图语言等直观的图形编辑语言程序，通过 PLC 编程器的图形编辑界面定义。语句表语言编辑的程序，可直接用简易的字符型编程器编辑操作，这种字符型编程器小巧实用、成本低。

(6) 电源 电源部件将交流电源转换成供 PLC 的中央处理器、存储器等电子电路工作所需要的直流电源，使 PLC 能正常工作，PLC 内部电路使用的电源是整机的能源供给中心，它的好坏直接影响 PLC 的功能和可靠性，因此目前大部分 PLC 均采用开关式稳压电源供电，同时还向各种扩展模块提供 24V 直流电源。

2. PLC 的软件系统

PLC 由硬件系统组成，由软件系统支持，硬件和软件共同构成了 PLC 系统。PLC 的软件系统可分为系统程序和用户程序两大部分。

(1) 系统程序 系统程序是用来控制和完成 PLC 各种功能的程序，这些程序是由 PLC 制造厂家用相应 CPU 的指令系统编写的，并固化到 ROM 中。它包括系统管理程序、用户指令解释程序和供系统调用的标准程序模块等。

系统管理程序主要功能是运行时序分配管理、存储空间分配管理和系统自检等；用户指令解释程序将用户编制的应用程序翻译成机器指令供 CPU 执行；标准程序模块具有独立的功能，使系统只需调用输入、输出和特殊运算等程序模块即可完成相应的具体工作。

系统程序的改进可使 PLC 的性能在不改变硬件的情况下得到很大的改善，所以 PLC 制造厂商对此极为重视，不断地升级和完善产品的系统程序。

(2) 用户程序 用户程序是用户根据工程现场的生产过程和工艺要求、使用可编程序控制器生产厂家提供的专门编程语言而自行编制的应用程序。它包括开关量逻辑控制程序、模拟量运算控制程序、闭环控制程序和工作站初始化程序等。

开关量逻辑控制程序是 PLC 用户程序中最重要的一部分，是将 PLC 用于开关量逻辑控制的软件，一般采用 PLC 生产厂商提供的如梯形图、语句表等编程语言编制。模拟量运算

控制和闭环控制程序是大中型 PLC 系统的高级应用程序，通常采用 PLC 厂商提供的相应程序模块及主机的汇编语言或高级语言编制。工作站初始化程序是用户为 PLC 系统网络进行数据交换和信息管理而编制的初始化程序，在 PLC 厂商提供的通信程序的基础上进行参数设定，一般采用高级语言实现。

1.2.2 PLC 的基本工作原理

PLC 虽具有微机的许多特点但它的工作方式却与微机有很大不同。微机一般采用等待命令的工作方式。如常见的键盘扫描方式或 I/O 扫描方式，有键按下或 I/O 动作则转入相应的子程序，无键按下则继续扫描。PLC 则采用循环扫描工作方式，在 PLC 中，用户程序按先后顺序存放，如：CPU 从第一条指令开始执行程序，直至遇到结束符后又返回第一条。如此周而复始不断循环。这种工作方式是在系统软件控制下，顺次扫描各输入点的状态，按用户程序进行运算处理，然后顺序向输出点发出相应的控制信号。整个工作过程可分为 5 个阶段：自诊断，通信处理，扫描输入，执行程序，刷新输出，其工作过程示意图如图 1-6 所示。

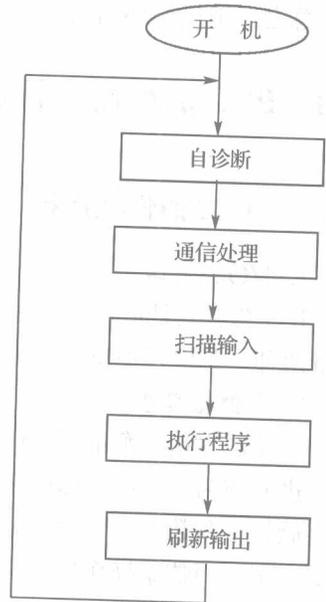


图 1-6 PLC 工作过程

1) 每次扫描用户程序之前，都先执行故障自诊断程序。自诊断内容为 I/O 部分、存储器、CPU 等，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) PLC 检查是否有与编程器、计算机等的通信请求，若有则进行相应处理，如接收由编程器送来的程序、命令和各种数据，并把要显示的状态、数据、出错信息等发送给编程器进行显示。如果有与计算机等的通信请求，也在这段时间完成数据的接受和发送任务。

3) PLC 的中央处理器对各个输入端进行扫描，将所有输入端的状态送到输入映像寄存器。

4) 中央处理器 (CPU) 将逐条执行用户指令程序，即按程序要求对数据进行逻辑、算术运算，再将正确的结果送到输出状态寄存器中。

5) 当所有的指令执行完毕时，集中把输出映像寄存器的状态通过输出部件转换成被控设备所能接受的电压或电流信号，以驱动被控设备。

PLC 经过这 5 个阶段的工作过程，称为一个扫描周期，完成一个扫描周期后，又重新执行上述过程，扫描周而复始地进行。在不考虑第二个因素（通信处理）时，扫描周期 T 的大小为

$$T = (\text{读入一点时间} \times \text{输入点数}) + (\text{运算速度} \times \text{程序步数}) + (\text{输出一点时间} \times \text{输出点数}) + \text{故障诊断时间}$$

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，就应该精确地计算

响应时间, 细心编排程序, 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影响。

PLC 与继电器控制的重要区别之一就是工作方式不同。继电器是按“并行”方式工作的, 也就是说是按同时执行的方式工作的, 只要形成电流通路, 就可能有几个电器同时动作。而 PLC 是以反复扫描的方式工作的, 它是循环地连续逐条执行程序, 任一时刻它只能执行一条指令, 这就是说 PLC 是以“串行”方式工作的。这种串行工作方式可以避免继电器控制的触点竞争和时序失配问题。

总之, 采用循环扫描的工作方式也是 PLC 区别于微机的最大特点, 使用者应特别注意。

1.3 PLC 的性能、特点及分类

1.3.1 PLC 的性能指标

1. I/O 总点数

I/O 总点数是衡量 PLC 接入信号和可输出信号的数量。PLC 的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 位二进制数为一个字 (即两个 8 位的字节), 每 1024 个字为 1 千字。PLC 中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, 它有多种形式, 常见的是梯形图编程语言及语句表编程语言, 另还有逻辑图编程语言、布尔代数编程语言等, 它的功能强否主要取决于该机型指令系统的功能强否。一般来讲, 指令的种类和数量越多, 功能越强。

4. 扫描时间

扫描时间是指执行 1000 条指令所需要的时间。一般为 10ms 左右, 小型机可能大于 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、中间结果和数据等, 还提供大量的辅助寄存器如定时器/计数器、移位寄存器和状态寄存器等, 以使用户编程使用。

6. 通信能力

通信能力是指可编程序控制器与可编程序控制器、可编程序控制器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。目前生产的可编程序控制器不论是小型机还是中大型机, 都配有一至两个、甚至多个通信端口。

7. 智能模块

智能模块是指具有自己的 CPU 和系统的模块。它作为 PLC 中央处理单元的下位机, 不参与 PLC 的循环处理过程, 但接受 PLC 的指挥, 可独立完成某些特殊的操作。如常见的位置控制模块、温度控制模块、PID 控制模块和模糊控制模块等等。

1.3.2 PLC 的特点

PLC 是一种工业控制系统, 在结构、性能、功能及编程手段等方面有独到的特点。

在构成上, 具有模块结构特点。其基本的控制输入、输出和特殊功能处理模块等均可按积木式组合, 有利于维护, 并且使功能扩充很方便。其体积小, 重量轻, 结构紧凑, 便于安装。

在性能上, 可靠性高。PLC 的平均无故障时间一般可达 3~5 万小时, 通过良好的整机结构设计、元器件选择、抗干扰技术的使用、先进电源技术的采用, 以及监控、故障诊断、冗余等技术的采用, 同时配以严格的制造工艺, 使 PLC 在工业环境中能够可靠地工作。

在功能上, 可进行开关逻辑控制、闭环过程控制、位置控制、数据采集及监控、多 PLC 分布式控制等功能。适用于机械、冶金、化工、轻工、服务和汽车等行业的工程领域, 通用性强。

在编程手段上, 直观、简单、方便, 易于各行业工程技术人员掌握。编程语言可有多种形式, 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。其中最常用的是从继电器原理图引伸出来的梯形图语言。另一种是顺序功能图语言, 特别适合于描述顺序控制问题。第三种是模仿过程流程的功能块语言。每一种语言都适合一定的应用领域。语言编辑及编译处理由 PLC 专用编程器或基于通用个人计算机的 PC 编程系统完成。编程语言的多样化使 PLC 的使用更方便。

1.3.3 PLC 的分类

1. 根据其外形和安装结构分

(1) 单元式结构(整体式) 单元式结构的特点是结构非常紧凑。它把可编程序控制器的 3 大组成部分都装在一个金属或塑料外壳之中, 即它将所有的电路都装入一个模块内, 构成一个整体。这样, 体积小, 成本低, 安装方便。为了达到输入/输出点数灵活配置及易于扩展的目的, 某一系列的产品通常都由不同点数的基本单元和扩展单元构成。其中的某些单元为全输入或全输出型。单元的品种越丰富, 其配置就越灵活。西门子的 S7-200 系列 PLC、三菱的 F1、F2 系列 PLC、欧姆龙的 CPM1A、CPM2A 系列 PLC 就属于这种形式, 它们都属于小型可编程序控制器。必须指出, 小型可编程序控制器结构的最新发展也开始吸收模块式结构的特点。各种不同点数的可编程序控制器都做成同宽、同高、不同长度的模块, 几个模块装起来后就成了一个整齐的长方体结构。

单元式的可编程序控制器可以直接装入机床或电控柜中。现在, 可编程序控制器还有许多专用的特殊功能单元。在小型可编程序控制器中, 也可以根据需配置各种特殊功能单元。例如, 西门子 S7-200 系列产品就可配置热电阻、热电偶、模拟量输入输出模块等, 三菱 F1、F2 系列产品就可配置模拟量 I/O 单元、高速计数单元、位置控制单元、凸轮控制单元、数据输入/输出单元等。大多数单元都是通过主单元的扩展口与可编程序控制器主机相