



全国高等职业教育规划教材

S7-300 PLC基础教程

牛百齐 张邦凤 主编

- 系统介绍S7-300PLC的硬件知识、指令系统及编程技术。
- 结合实际，突出应用，列举了大量实用典型案例。
- 内容阐述简明扼要、通俗易懂，方便教学。



电子课件下载网址 www.cmpedu.com

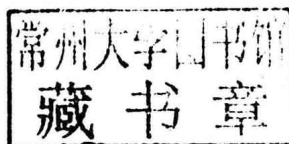


机械工业出版社
CHINA MACHINE PRESS

全国高等职业教育规划教

S7-300 PLC 基础教程

牛百齐 张邦凤 主 编



机械工业出版社

本书立足基础知识,重视方法训练,以培养学生职业能力为主线,将理论教学与技能训练紧密结合,系统地介绍了 S7-300 PLC 的硬件知识、指令系统及编程技术;知识编排由易到难、循序渐进;内容阐述力求简明扼要、通俗易懂;通过分析典型实例,提高学习者的应用能力。

本书共分为 8 章,第 1、2 章主要介绍了 PLC 基础知识与 S7-300 PLC 的硬件系统、STEP7 编程软件与仿真软件;第 3~7 章介绍了 S7-300 PLC 的基本指令和功能指令系统、编程方法及控制系统的设计方法;第 8 章介绍了 S7-300 PLC 的通信与网络。

本书可作为高职、高专院校电气自动化、机电一体化及相关专业的教材,也可作为控制领域初学者、爱好者、工程技术人员的学习参考书。

本书配有授课电子课件,需要的教师可登录 www.cmpedu.com 免费注册,审核通过后下载,或联系编辑索取(QQ: 1239258369, 电话: 010-88379739)。

图书在版编目(CIP)数据

S7-300 PLC 基础教程 / 牛百齐, 张邦凤主编. —北京: 机械工业出版社, 2015.12

全国高等职业教育规划教材

ISBN 978-7-111-53296-5

I. ①S… II. ①牛… ②张… III. ①plc 技术—高等职业教育—教材
IV. ①TM571.6

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2016)第 058299 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: 王 颖 责任编辑: 王 颖

责任校对: 张艳霞 责任印制: 乔 宇

唐山丰电印务有限公司印刷

2016 年 5 月第 1 版·第 1 次印刷

184mm×260mm·17.75 印张·435 千字

0001—3000 册

标准书号: ISBN 978-7-111-53296-5

定价: 43.00 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) 88379833

机工官网: www.cmpbook.com

读者购书热线: (010) 88379649

机工官博: weibo.com/cmp1952

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

随着科学技术的迅猛发展,可编程序控制器(简称为 PLC)技术已广泛应用于自动化控制领域。PLC 以微处理器为核心,将计算机技术、自动控制技术及通信技术融为一体。它具有控制能力强、可靠性高、配置灵活、编程简单、使用方便、易于扩展等优点,已经成为工业控制领域的主流设备,并与 CAD/CAM、机器人技术一起,被誉为当代工业自动化的三大支柱。

西门子公司是世界上较早生产 PLC 的厂家之一,其产品 S7-300 PLC 能为工业自动化提供安全可靠和比较完善的解决方案,有较高的市场占有率,已成为我国工业控制领域中最主要的工业控制装置之一。

本书与同类书籍相比较,有以下特点:

1) 内容新颖,符合认知规律。在编排上由易到难、循序渐进;内容阐述力求简明扼要、通俗易懂。

2) 立足基础,重视方法训练。在分析 S7-300 PLC 指令的基础上,介绍编程方法及 PLC 控制系统的设计方法,有利于学习者快速掌握 PLC 的编程技术。

3) 结合实际,突出应用。将理论教学与技能训练紧密结合,列举了大量的典型应用实例,并附有习题,以提高学习者的应用能力。

4) 知识系统、连贯,重点突出,方便教学。

本书共分为 8 章,第 1、2 章主要介绍了 PLC 基础知识与 S7-300 PLC 的硬件系统、STEP7 编程软件与仿真软件;第 3~7 章介绍了 S7-300 PLC 的基本指令和功能指令系统、编程方法及控制系统的设计方法;第 8 章介绍了 S7-300 PLC 的通信与网络。

本书参考学时数为 60~90 学时,教学时可结合具体专业实际,对教学内容和学时数进行适当调整。

本书可作为高职高专院校电气自动化、机电一体化及相关专业的教材,也可作为控制领域初学者、爱好者、工程技术人员的学习参考书。

本书由牛百齐、张邦凤主编,参加编写的还有曹秀海、梁海霞、康健、辛勤、孙尧、孙萌、李汉挺、毛立云。

在编写过程中,编者参考了许多专家、同行的文献和资料,在此谨致诚挚的谢意。

由于编者水平有限,书中不妥、疏漏或错误之处在所难免,恳请专家、同行批评指正,也希望得到广大读者的意见和建议。

编 者

目 录

前言

第 1 章	PLC 基础知识与 S7-300 PLC	1
1.1	PLC 的定义和分类	1
1.1.1	PLC 的定义	1
1.1.2	PLC 的分类	2
1.2	PLC 的特点与应用	3
1.2.1	PLC 的特点	3
1.2.2	PLC 的应用	4
1.3	PLC 的基本结构与工作原理	5
1.3.1	PLC 的基本结构	5
1.3.2	PLC 的工作原理	8
1.4	S7-300 PLC 的硬件系统	10
1.4.1	S7-300 系列 PLC 的硬件组成	10
1.4.2	电源模块	11
1.4.3	CPU 模块	12
1.4.4	S7-300 PLC 的信号模块	14
1.4.5	其他模块	17
1.5	PLC 的硬件组态	19
1.5.1	PLC 的硬件组态方法	19
1.5.2	S7-300 PLC 信号模块地址的确定	22
1.6	技能训练 S7-300 PLC 模块的安装	23
1.7	习题	26
第 2 章	STEP 7 编程软件与仿真软件	27
2.1	STEP 7 概述	27
2.1.1	STEP 7 的组成	27
2.1.2	创建项目	31
2.1.3	项目的硬件组态	36
2.1.4	参数设置	40
2.2	S7-PLCSIM 介绍	46
2.2.1	S7-PLCSIM 仿真软件的功能	46
2.2.2	用 S7-PLCSIM 调试程序	47
2.3	技能训练 电动机起/停控制系统的硬件组态与仿真	49
2.4	习题	55

第3章 S7-300 PLC 的基本指令及应用	56
3.1 S7-300 PLC 的数据类型和指令基础	56
3.1.1 S7-300 PLC 的数据类型	56
3.1.2 S7-300 PLC 的存储区	59
3.1.3 指令的构成与寻址方式	63
3.2 位逻辑指令	65
3.2.1 触点与线圈指令	65
3.2.2 位逻辑运算指令	66
3.2.3 置位/复位指令	68
3.2.4 触发器指令	70
3.2.5 边沿检测指令	71
3.2.6 位逻辑指令的应用实例	73
3.3 定时器	76
3.3.1 定时器概述	76
3.3.2 脉冲定时器 (S_PULSE)	77
3.3.3 扩展脉冲 S5 定时器	78
3.3.4 接通延时 S5 定时器	79
3.3.5 保持型接通延时 S5 定时器	81
3.3.6 断开延时 S5 定时器 S_OFFDT	82
3.3.7 定时器指令应用实例	83
3.4 计数器	84
3.4.1 加计数器 S_CU	84
3.4.2 减计数器 S_CD	85
3.4.3 加减计数器 S_CUD	86
3.4.4 计数器应用实例	88
3.5 技能训练	90
3.5.1 技能训练 1 电动机顺序起、停控制	90
3.5.2 技能训练 2 停车场车位计数 PLC 控制	91
3.6 习题	93
第4章 数据处理、运算指令及应用	95
4.1 数据处理指令	95
4.1.1 装入指令与传送指令	95
4.1.2 数据转换指令	98
4.1.3 比较指令	101
4.1.4 移位指令与循环移位指令	104
4.2 运算指令	109
4.2.1 整数与双整数算术运算指令	109
4.2.2 浮点数算术运算指令	111
4.2.3 扩展的实数(浮点数)运算指令	112

4.2.4	字逻辑运算指令	114
4.2.5	运算指令综合应用	116
4.3	技能训练 灌装生产线包装的 PLC 控制	119
4.4	习题	122
第 5 章	控制指令与顺序控制	124
5.1	控制指令	124
5.1.1	逻辑控制指令	124
5.1.2	程序控制指令	127
5.1.3	主控继电器指令	128
5.2	顺序控制	129
5.2.1	顺序控制系统的结构	129
5.2.2	顺序功能图	130
5.2.3	顺序功能图的结构形式	132
5.2.4	顺序功能图的编程	133
5.3	S7 GRAPH 语言	139
5.3.1	S7 GRAPH 语言的功能	139
5.3.2	S7 GRAPH 编辑器	140
5.3.3	S7 GRAPH 的应用	144
5.4	技能训练 物料混合装置 PLC 控制	150
5.5	习题	155
第 6 章	S7 系列的程序结构	157
6.1	用户程序的基本结构	157
6.1.1	用户程序的结构	157
6.1.2	用户程序中的块	158
6.2	组织块	159
6.2.1	组织块的组成与分类	159
6.2.2	组织块的优先级	160
6.2.3	起动组织块与循环执行的组织块	162
6.2.4	定期执行的组织块	163
6.3	数据块	167
6.3.1	数据块的分类及数据结构	167
6.3.2	建立数据块	169
6.3.3	访问数据块	171
6.4	逻辑块的结构及编程	173
6.4.1	逻辑块的结构	173
6.4.2	逻辑块 (FC 和 FB) 的编程	177
6.5	技能训练	180
6.5.1	技能训练 1 无参数 FC 的搅拌控制系统程序设计	180
6.5.2	技能训练 2 带参数 FC 的星三角起动的控制系统设计	184

6.5.3	技能训练 3 无静态参数 FB 的水位控制系统程序设计	187
6.5.4	技能训练 4 有静态参数 FB 的交通信号灯控制系统程序设计	193
6.5.5	技能训练 5 使用多重背景的发动机组控制系统设计	198
6.6	习题	205
第 7 章	PLC 控制系统设计	207
7.1	控制系统设计的原则与步骤	207
7.2	PLC 应用系统的硬件设计	209
7.2.1	PLC 选型与容量估算	209
7.2.2	I/O 模块的选择与分配	211
7.2.3	PLC 控制系统控制设计实例	212
7.3	PLC 控制系统的软件设计	216
7.3.1	PLC 控制系统的软件设计内容、步骤	216
7.3.2	开关量控制系统的设计	217
7.3.3	模拟量控制系统的设计	219
7.3.4	PID 闭环控制系统设计	224
7.4	技能训练 循环池液位的 PID 控制	228
7.5	习题	232
第 8 章	S7-300 PLC 的通信与网络	233
8.1	S7-300 PLC 的通信	233
8.2	MPI 网络通信	234
8.2.1	MPI 网络	234
8.2.2	MPI 的通信方式	237
8.3	技能训练 MPI 通信	240
8.3.1	技能训练 1 S7-300 PLC 之间的全局数据通信	240
8.3.2	技能训练 2 无组态连接的 MPI 通信	243
8.3.3	技能训练 3 有组态连接的 MPI 单向通信	246
8.4	PROFIBUS 网络通信	247
8.4.1	PROFIBUS 介绍	247
8.4.2	PROFIBUS-DP 设备	253
8.5	技能训练 PROFIBUS 通信	254
8.5.1	技能训练 4 主站与智能从站主从通信方式的组态	254
8.5.2	技能训练 5 CPU 集成 DP 接口连接远程 I/O 站	262
8.5.3	技能训练 6 通过 CP 342-5 实现 PROFIBUS 通信	265
8.6	习题	272
	参考文献	274

第1章 PLC 基础知识与 S7-300 PLC

可编程序控制器 (Programmable Logic Controller, PLC) 是以微处理器为核心的工业自动化控制装置。随着计算机技术、电子技术和通信技术的发展, 可编程序控制器作为通用的工业控制计算机, 其功能日益强大, 性价比越来越高, 已经成为工业控制领域的主流设备, 并与 CAD/CAM、机器人技术一起, 被誉为当代工业自动化的三大支柱, 广泛应用于电气控制、网络通信及数据采集等多个领域。

1.1 PLC 的定义和分类

1.1.1 PLC 的定义

在 PLC 出现之前, 工业自动控制装置多采用继电器控制系统。但是继电器控制系统存在体积大、可靠性低、查找和排除故障困难等缺点, 特别是其接线复杂、不易更改, 对生产工艺变化的适应性差。随着工业生产的迅速发展, 产品更新换代的周期不断缩短, 传统的继电器控制系统越来越不适应现代工业发展的需要, 迫切需要设计一种先进的自动控制装置。

1968 年, 美国通用汽车公司 (GM) 为了适应汽车型号不断更新、生产工艺不断变化的需要, 提出了一种设想: 将计算机功能强大、灵活、通用性好等优点与继电器控制系统简单易懂、价格便宜等优点结合起来, 制成一种通用控制装置, 而且这种装置采用面向控制过程、面向问题的“自然语言”进行编程, 使不熟悉计算机的人也能很快掌握并使用。

美国数字设备公司 (DEC) 根据这一设想, 于 1969 年研制成功了第一台可编程序控制器。由于当时主要用于顺序控制, 只能进行逻辑运算, 故称为可编程序逻辑控制器。

这种新型的工业控制装置以其简单易懂、操作方便、可靠性高、体积小以及使用寿命长等一系列优点, 很快在美国其他工业领域得到推广应用, 到 1971 年, 已经成功地应用于食品、饮料、冶金及造纸等工业领域。

PLC 的出现也受到了世界其他国家的高度重视。1971 年, 日本从美国引进了这项技术, 很快研制出了一台 PLC; 1973 年, 西欧国家也研制出了 PLC; 我国从 1974 年开始研制 PLC, 1977 年开始工业应用。

PLC 问世以来, 尽管时间不长, 但发展迅速, 为了使其生产和发展标准化, 国际电工委员会 (IEC) 在 1987 年颁布的 PLC 标准草案第 3 稿中, 对 PLC 作了以下定义: “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指令, 并通过数字式或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的外围设备, 都应按易于与工业控制系统连成一个整体、易于扩充其功能的原则设计。”

从上述定义可以看出, PLC 有以下特征:

1) 定义强调了 PLC 应直接应用于工业环境, 它必须具有很强的抗干扰能力、广泛的适应能力和应用范围, 这是区别于一般微型计算机控制系统的重要特征。

2) 定义强调了 PLC 是一种“数字运算操作的电子系统”, 也是一种计算机, 它是“专为在工业环境下应用而设计”的工业计算机。通过程序控制各种类型的机械或生产过程, 除了完成各种各样的控制功能外, 还具有与其他计算机通信联网的功能。

需要强调的是, PLC 与以往所讲的继电器控制装置在“可编程序”方面有着质的区别, 后者是通过硬件或硬接线的变更来改变程序, 而 PLC 引入了微处理半导体存储器等新一代的微电子器件, 用规定的指令进行编程, 能灵活地修改, 即用软件方式达到“可编程序”的目的。

早期的可编程序控制器仅有逻辑运算、定时、计数等顺序控制功能, 通常称为可编程序逻辑控制器。随着微电子技术和计算机技术的发展, 20 世纪 70 年代中期微处理器技术应用到 PLC 中, 使 PLC 不仅具有逻辑控制功能, 还增加了算术运算、数据传送和数据处理等功能, 使其功能已远远超出了上述定义的范围。

1.1.2 PLC 的分类

PLC 产品种类繁多, 其规格和性能也各不相同。PLC 通常根据其结构形式的不同、功能的差异和输入/输出 (I/O) 点数的多少等进行分类。

(1) 按结构形式分类

根据 PLC 结构形式的不同, 可分为整体式 PLC 和模块式 PLC 两类。

1) 整体式 PLC 是将电源、CPU、存储器和 I/O 安装在一个标准机壳内, 组成一个 PLC 的基本单元 (主机)。基本单元上设有 I/O 扩展单元接口、通信接口等, 可以和扩展单元模块相连接。小型机系统还提供许多特殊功能模块, 如 I/O 模块、热电偶模块、定位模块及通信模块等。通过不同的配置, 可完成不同的控制任务。

整体式 PLC 的特点: 结构紧凑、体积小、价格低及容易装配在工业控制设备的内部, 适合生产机械的单机控制。

2) 模块式 PLC 是将 PLC 各组成部分, 分别做成若干个单独的模块, 如 CPU 模块、I/O 模块、电源模块 (有的含在 CPU 模块中) 以及各种功能模块。模块式 PLC 由机架和各种模块组成, 模块安装在机架上。大、中型 PLC 一般采用模块式结构。

模块式 PLC 的特点: 配置灵活, 可根据需要选配不同规模的系统, 而且装配方便, 便于扩展和维修。

还有一些 PLC 将整体式和模块式的特点结合起来, 形成叠装式 PLC。叠装式 PLC 的 CPU、电源、I/O 接口等也是各自独立的模块, 但它们之间是靠电缆进行连接的, 并且各个模块间可以一层层的叠装。这样, 不但系统可以灵活配置, 还可做得体积小巧。

(2) 按功能分类

根据 PLC 所具有功能的不同, 可分为低档 PLC、中档 PLC 和高档 PLC 三类。

1) 低档 PLC。具有逻辑运算、定时、计数、移位以及自诊断、监控等基本功能, 还可有少量模拟量 I/O、算术运算、数据传送和比较、通信等功能。主要用于逻辑控制、顺序控制或少量模拟量控制的单机控制系统。

2) 中档 PLC。除具有低档 PLC 的功能外, 还具有较强的模拟量 I/O、算术运算、数据传送和比较、数制转换、远程 I/O、子程序以及通信联网等功能。有些还可增设中断控制、PID 控制等功能, 适用于复杂控制系统。

3) 高档 PLC。除具有中档 PLC 的功能外, 还增加了带符号算术运算、矩阵运算、位逻辑运算、平方根运算及其他特殊功能函数的运算、制表及表格传送功能等。高档 PLC 具有更强的通信联网功能, 可用于大规模过程控制或构成分布式网络控制系统, 实现工厂自动化。

(3) 按 I/O 点数分类

根据 PLC 的 I/O 点数的多少, 可将 PLC 分为微型机、小型机、中型机、大型机和超大型机五类。

1) 微型机的 I/O 点数为 64 点以内, 单 CPU, 内存容量为 256~1000B, 如中国台湾广成公司的 SPLC。

2) 小型机的 I/O 点数为 64~256 点之间, 单 CPU, 内存容量为 1~3.6KB, 如西门子公司的 S7-200。

3) 中型机的 I/O 点数为 256~2048 点之间, 双 CPU, 内存容量为 3.6~13KB, 如西门子公司的 S7-300。

4) 大型机的 I/O 点数为 2048 点以上, 多 CPU, 内存容量为 13KB 以上, 如西门子公司的 S7-400。I/O 点数超过 8192 点的为超大型 PLC。

在实际中, 一般 PLC 的功能强弱与其 I/O 点数是相互关联的, 即 PLC 的功能越强, 其可配置的 I/O 点数越多。因此, 通常所说的小型、中型、大型 PLC, 除指其 I/O 点数不同外, 也表示其对应功能为低档、中档、高档。

1.2 PLC 的特点与应用

1.2.1 PLC 的特点

PLC 技术之所以迅速发展, 除了工业自动化领域的客观需要外, 主要原因在于与现有的各种控制方式相比, PLC 具有一系列深受用户欢迎的特点。它较好地解决了工业领域中普遍关注的可靠、安全、灵活、方便及经济等问题。PLC 主要有以下特点:

1) 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和时间继电器。由于接触不良, 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, 因此因触点接触不良造成的故障大为减少。

PLC 为保证在恶劣的工业环境下可靠地工作, 采用了一系列硬件和软件的抗干扰措施, 具有很强的抗干扰能力, 平均无故障时间可达几十万个小时, PLC 已被公认为最可靠的工业控制设备之一。

2) 编程简单、使用方便。

目前, 大多数 PLC 采用的编程语言是梯形图语言, 它是一种面向生产、面向用户的编

程语言。梯形图与电气控制线路图相似，形象、直观，不需要掌握计算机知识，就很容易掌握。当生产流程需要改变时，可以现场改变程序，使用方便、灵活。同时，PLC 编程器的操作和使用也很简单。这也是 PLC 获得普及和推广的主要原因之一。

许多 PLC 上还针对具体问题，设计了各种专用编程指令及编程方法，进一步简化了编程过程。

3) 采用模块化结构，组合灵活、使用方便。

PLC 的各个部件均采用模块化设计，各模块之间可由机架和电缆连接。规模可根据用户的实际需求自行组合，使系统的性能、价格更趋于合理。

4) 功能完善、通用性强。

现代 PLC 不仅具有逻辑运算、定时、计数及顺序控制等功能，而且还具有模/数 (A-D) 和数/模 (D-A) 转换、数值运算、数据处理、PID 控制以及通信联网等功能。同时，由于 PLC 产品的系列化、模块化，有品种齐全的各种硬件装置供用户选用，可以组成满足各种要求的控制系统。

5) 设计安装简单、维护方便。

由于 PLC 用软件代替了传统电气控制系统的硬件，因而控制柜的设计、安装和接线的工作量大为减少。PLC 的用户程序大部分可在实验室进行模拟调试，从而缩短了应用设计和调试周期。

在维修方面，由于 PLC 的故障率极低，所以维修工作量很小；而且 PLC 具有很强的自诊断功能。如果出现故障，可根据 PLC 上的指示或编程器上提供的故障信息，迅速查明原因，维修极为方便。

6) 体积小、重量轻、能耗低。

由于 PLC 采用了半导体集成电路，其结构紧凑、体积小及能耗低，因而是实现机电一体化的理想控制设备。

1.2.2 PLC 的应用

从应用类型看，PLC 的应用大致可归纳为以下几个方面：

(1) 开关量逻辑控制

PLC 具有强大的逻辑运算功能，可以实现各种简单或复杂的逻辑控制；利用 PLC 最基本的逻辑运算、定时、计数等功能实现逻辑控制，可以取代传统的继电器控制；PLC 在单机控制、多机群控制和自动生产线控制等领域广泛应用。

(2) 运动控制

大多数 PLC 都有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。广泛用于各种机械设备，如对各种机床、装配机械及机器人等进行运动控制。

(3) 模拟量控制

PLC 中配置有 A-D 和 D-A 转换模块。其中 A-D 模块能将现场的温度、压力、流量和速度等模拟量经过 A-D 转换变为数字量，再经 PLC 中的微处理器处理来进行控制或者经 D-A 模块转换后，变成模拟量去控制被控对象，这样就可以实现 PLC 对模拟量的控制。

(4) 过程控制

现代大、中型 PLC 都具有多路模拟量 I/O 模块和 PID 控制功能，有的小型 PLC 也具有

模拟量 I/O。所以 PLC 可实现模拟量控制，而且具有 PID 控制功能的 PLC 可构成闭环控制，用于过程控制。这一功能已广泛应用于锅炉、反应堆、水处理、酿酒以及闭环位置控制和速度控制等方面。

(5) 数据处理

现代 PLC 都具有数学运算、数据传送、转换、排序和查表等功能，可进行数据的采集、分析和处理，同时可通过通信接口将这些数据传送给其他智能装置（如计算机数值控制设备）进行处理。

(6) 通信联网

现代 PLC 一般都有通信功能，PLC 的通信功能包括：PLC 与 PLC、PLC 与上位计算机、PLC 与其他智能设备之间的通信，PLC 系统与通用计算机可直接或通过通信处理单元、通信转换单元相联构成网络，以实现信息的交换，并可构成“集中管理、分散控制”的多级分布式控制系统，满足工厂自动化系统发展的需要。

1.3 PLC 的基本结构与工作原理

1.3.1 PLC 的基本结构

PLC 是微型计算机技术和控制技术相结合的产物，是一种以微处理器为核心的用于控制的特殊计算机，因此 PLC 的基本组成与一般的微型计算机系统类似。

PLC 的硬件主要由中央处理器（CPU）、存储器（EPROM、RAM）、输入单元、输出单元、通信接口、扩展接口和电源等部分组成。其中，CPU 是 PLC 的核心，输入单元与输出单元是连接现场 I/O 设备与 CPU 之间的接口电路，通信接口用于与编程器、上位计算机等外设连接。

对于整体式 PLC，所有部件都装在同一个机壳内，整体式 PLC 组成框图如图 1-1 所示；对于模块式 PLC，各部件独立封装成模块，各模块通过总线连接，安装在机架或导轨上，模块式 PLC 组成框图如图 1-2 所示。无论是哪种结构类型的 PLC，都可根据用户需要进行配置与组合。

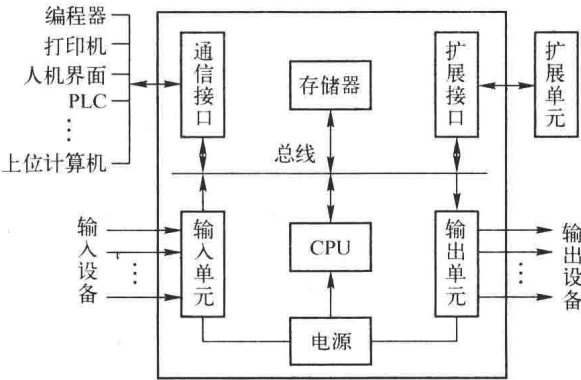


图 1-1 整体式 PLC 组成框图

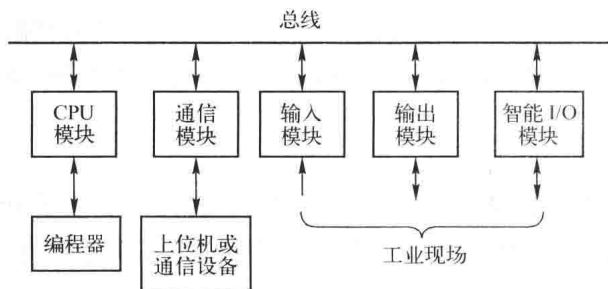


图 1-2 模块式 PLC 组成框图

尽管整体式 PLC 与模块式 PLC 的结构不大一样，但各部分的功能作用是相同的，下面对 PLC 的主要组成部分进行简单介绍。

(1) 中央处理单元 (CPU)

CPU 是可程序控制器的控制中枢。CPU 一般由控制电路、运算器和寄存器组成。PLC 的工作过程都是在 CPU 的统一指挥和协调下进行的。CPU 的功能是在系统监控程序的控制下工作，通过扫描方式将外部输入信号的状态写入输入映像寄存器，PLC 进入运行状态后，从存储器逐条读取用户指令，按指令规定的任务进行数据的传送、逻辑运算、算术运算等，然后将结果送到输出映像寄存器。简单地说，CPU 的功能就是读输入、执行程序及写输出。

CPU 常用的微处理器有通用型微处理器、单片机和位片式微处理器等。通用型微处理器常见的如 Intel 公司的 8086、80186、Pentium 系列芯片；单片机型的微处理器如 Intel 公司的 MCS-96 系列单片机；位片式微处理器如 AMD 2900 系列的微处理器。小型 PLC 的 CPU 多采用单片机或专用 CPU，中型 PLC 的 CPU 大多采用 16 位微处理器或单片机，大型 PLC 的 CPU 多用高速位片式处理器，具有高速处理能力。

(2) 存储器单元

PLC 的存储器主要有两种：一种是可读/写操作的随机存储器 RAM，另一种是只读存储器 ROM、PROM、EPROM 和 E²PROM。在 PLC 中，存储器主要用于存放系统程序、用户程序及工作数据。

存放系统软件的存储器称为系统程序存储器。系统程序是由 PLC 的制造厂家编写的，与 PLC 的硬件组成有关。系统程序主要完成系统诊断、命令解释、功能子程序调用管理、逻辑运算、通信及各种参数设定等功能，提供 PLC 运行的平台。系统程序关系到 PLC 的性能，而且在 PLC 使用过程中不会改变，所以是由制造厂家直接固化在只读存储器 ROM、PROM 或 EPROM 中，用户不能访问和修改。

存放应用软件的存储器称为用户程序存储器。用户程序是随 PLC 的控制对象而定的，由用户根据对象生产工艺的控制要求而编制的应用程序。为了便于读出、检查修改，用户程序一般存于 CMOS 静态 RAM 中，用锂电池作为后备电源，以确保掉电时不会丢失信息。为防止干扰对 RAM 中程序的破坏，当用户程序运行正常，不需要改变时，可将其固化在只读存储器 EPROM 中。现在有许多 PLC 直接采用 E²PROM 作为用户存储器。

(3) I/O 单元

I/O 单元通常也称为 I/O 模块，是 PLC 与工业生产现场之间的连接部件。PLC 通过输入

接口可以检测被控制对象的各种数据，以这些数据作为 PLC 对被控制对象进行控制的依据；同时，PLC 又通过输出接口将处理结果输送给被控制对象，以实现控制目的。

由于外部输入设备和输出设备所需的信号电平是多种多样的，而 PLC 内部 CPU 处理的信息只能是标准电平，所以要靠 I/O 接口实现转换。I/O 接口一般都有光电隔离和滤波功能，以提高 PLC 的抗干扰能力。另外，I/O 接口上通常还有状态指示，工作状态直观，便于维护。

PLC 提供了多种操作电平和驱动能力的 I/O 接口，有各种功能的 I/O 接口供用户选用。PLC 接口的主要类型有数字量（开关量）输入、数字量（开关量）输出、模拟量输入和模拟量输出等。

1) 常用的开关量输入接口。按其使用的电源不同它可分为三种类型：直流输入接口、交流输入接口和交 / 直流输入接口。某直流输入接口电路如图 1-3 所示，输入接口采用光耦合电路，它可以大大减少强电和电磁干扰。

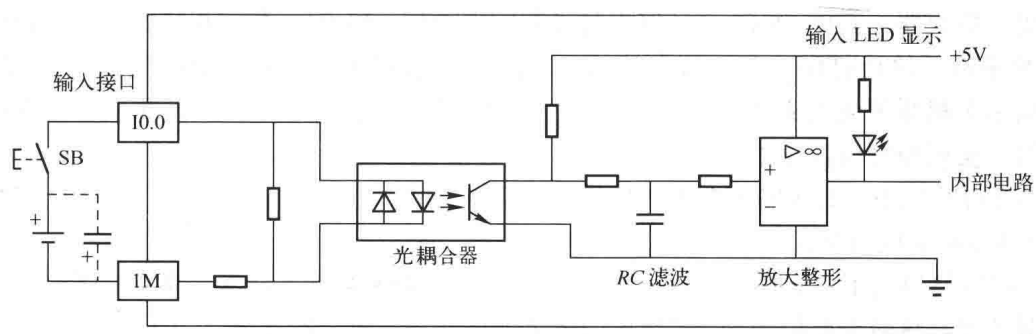


图 1-3 直流输入接口电路

2) 常用的开关量输出接口。按输出开关器件不同，它可分为三种类型：继电器输出、晶体管输出和双向晶闸管输出，输出接口电路如图 1-4 所示。继电器输出接口最常用，可驱动交流或直流负载，其特点是带负载能力强，但其响应时间长，动作频率低；晶体管输出接口只能用于驱动直流负载，其特点是响应速度快，动作频率高，但带负载能力弱；双向晶闸管输出接口只能用于交流负载，响应速度快，动作频率高，但带负载能力不强。

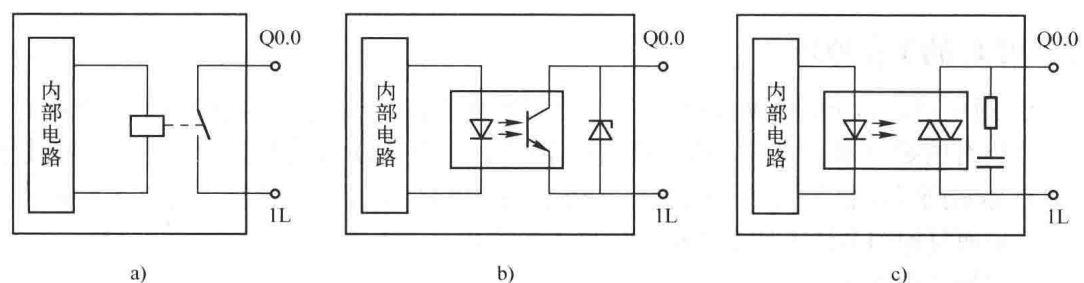


图 1-4 输出接口电路

a) 继电器输出 b) 晶体管输出 c) 双向晶闸管输出

PLC 的 I/O 接口所能接收的输入信号个数和输出信号个数称为 PLC 的 I/O 点数。I/O 点数是选择 PLC 的重要依据之一，当系统的 I/O 点数不够时，可通过 PLC 的 I/O 扩展接口对

系统进行扩展。

3) 模拟量输入单元: PLC 的模拟量输入单元将连续变化的模拟量转换成数字量后, CPU 可对其进行处理。模拟量输入单元的核心部件是 A-D 转换器, 对于多路输入的模块, 由多路开关加以切换。常见的输入范围有 DC $\pm 10\text{V}$, $0\sim 10\text{V}$, $\pm 20\text{mA}$, $4\sim 20\text{mA}$ 等, 转换精度有 8 位、10 位、12 位和 16 位等几种。

4) 模拟量输出单元: 模拟量输出过程与输入相反, 将 PLC 处理过的数字量转换成相应的电量 (如 $0\sim 10\text{V}$, $4\sim 20\text{mA}$ 等), 输出至现场的执行机构。模拟量输出单元的核心部件是 D-A 转换器。

模拟量输出单元的主要指标有: 输出信号形式 (电压或电流)、输出信号范围 (如 $0\sim 10\text{V}$, $4\sim 20\text{mA}$ 等) 及接线形式等。

(4) 通信接口单元

PLC 配有各种通信接口, 这些通信接口一般带有通信处理器。PLC 通过这些通信接口可与打印机、监视器、其他 PLC 及计算机等设备实现通信。PLC 与打印机连接, 可将过程信息和系统参数等输出打印; 与监视器连接, 可将控制过程图像显示出来; 与其他 PLC 连接, 可组成多机系统或连成网络, 实现更大规模的控制; 与计算机连接, 可组成多级分布式控制系统, 实现控制与管理相结合。

远程 I/O 系统也必须配备相应的通信接口模块。

(5) I/O 扩展接口单元

I/O 扩展接口用于扩展输入 / 输出点数, 当主机的 I/O 数量不能满足系统要求时, 需要增加扩展单元, 这时需要用到 I/O 扩展接口将扩展单元与主机连接起来。

(6) 电源单元

PLC 内部配有专门的直流开关电源, 以供内部电路使用。与普通电源相比, PLC 内部直流开关电源的稳定性好、抗干扰能力强, 对电网提供的电源稳定度要求不高, 一般允许电源电压在其额定值的 $\pm 15\%$ 的范围内波动。许多 PLC 还向外提供直流 24V 稳压电源, 用于对外部传感器供电。

为了保护 and 防止掉电后 RAM 中的用户程序或数据丢失, PLC 还配有备用直流电源。一般备用电源采用锂电池, 其使用寿命为 3~5 年。

1.3.2 PLC 的工作原理

PLC 通电后, 首先对硬件和软件作一些初始化操作, 这一过程包括对工作内存的初始化, 复位所有的定时器, 将输入/输出继电器清零, 检查 I/O 单元配置和系统通信参数配置等, 如有异常则发出报警信号。初始化完成之后, PLC 反复不停地分步处理各种不同的任务, 这种周而复始的循环工作方式称为扫描工作方式。

(1) 扫描工作方式

PLC 运行时, 以扫描工作方式执行用户程序, 扫描是从第一条程序开始, 在无中断或跳转控制的情况下, 按程序存储顺序的先后, 逐条执行用户程序, 直到程序结束。然后再从头开始扫描执行, 这种周而复始的循环工作方式, 称为周期性顺序扫描工作方式, 也称为串行工作方式。

PLC 的扫描工作方式与电气控制的工作原理明显不同。电气控制装置采用硬逻辑的并行

工作方式，如果某个继电器的线圈通电或断电，那么该继电器的所有常开和常闭触点无论在控制电路的哪个位置上，都会立即同时动作。PLC 采用的扫描工作方式是串行工作方式，如果某个软继电器的线圈被接通或断开，其所有的触点不会立即动作，必须等扫描到该触点时才会动作。但由于 PLC 的扫描速度快，通常 PLC 与电气控制装置在 I/O 的处理结果上并没有什么差别。

(2) 扫描工作过程

PLC 完成初始化过程后，开始扫描工作程序。PLC 执行程序的过程分为三个阶段，即输入采样阶段、程序执行阶段、输出刷新阶段，PLC 执行程序过程示意图如图 1-5 所示。

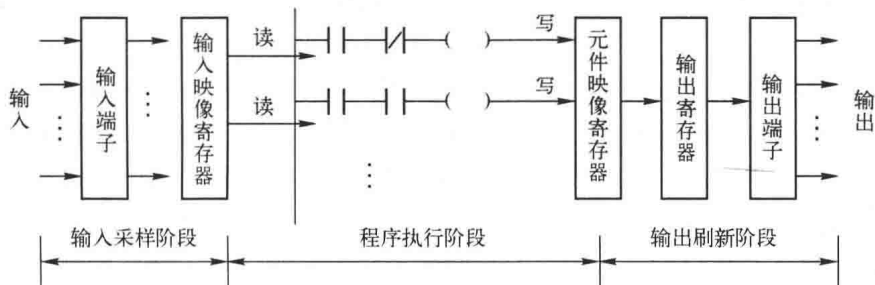


图 1-5 PLC 执行程序过程示意图

1) 输入采样阶段。

在输入采样阶段，PLC 首先按顺序扫描所有输入端子，并将输入状态采样，存入相应的输入映像寄存器中，此时输入映像寄存器被刷新。接着进入程序执行阶段，在程序执行阶段或其他阶段，即使输入状态发生变化，输入映像寄存器的内容也不会改变。输入状态的变化只有在下一个扫描周期的输入采样阶段才能被读取。

2) 程序执行阶段。

在程序执行阶段，PLC 对程序按顺序进行扫描执行。若程序用梯形图来表示，则总是按先上后下，先左后右的顺序进行。当遇到程序跳转指令时，则根据跳转条件是否满足来决定程序是否跳转。当指令中涉及输入、输出状态时，PLC 从输入映像寄存器和元件映像寄存器中读出元件状态，根据用户程序进行运算，运算的结果再存入元件映像寄存器中。对于元件映像寄存器来说，其内容会随程序执行的过程而变化。

3) 输出刷新阶段。

当所有程序执行完毕后，进入输出处理阶段。在这一阶段，PLC 将输出映像寄存器与输出有关的状态（输出继电器状态）转存到输出锁存器中，并通过一定方式输出，驱动外部负载。

到此，PLC 完成了从输入采样到输出刷新的一个扫描周期，CPU 自动进入下一个扫描周期。

PLC 运行过程中，执行一个扫描周期所用的时间称为扫描时间，又称为工作周期。其典型值为 1~100ms。扫描周期的长短与 CPU 执行指令的速度、执行每条指令占用的时间和程序指令的多少有关。用户程序较长时，指令执行时间在扫描周期中占相当大的比例。

PLC 在一个扫描周期内，对输入状态的采样只在输入采样阶段进行。当 PLC 进入程序执行阶段后，输入端将被封锁，直到下一个扫描周期的输入采样阶段才对输入状态进行重新