


免费提供实例程序和电子教案 

21 世纪高等院校电气信息类系列教材

西门子 S7-300 PLC 应用教程

胡健 主编



 机械工业出版社
CHINA MACHINE PRESS

西门子 S7-300 系列 PLC, 是国内应用范围最为广泛, 市场占有率最高的可编程序控制器产品。本书系统阐述了 S7-300 系列 PLC 的工作原理、硬件结构、指令系统和 STEP 7 V5.3 专业软件包的使用方法。本书从工程实际出发, 列举了大量应用实例, 分类介绍了各种结构的程序设计方法, 以及基于 S7 GRAPH 语言的顺序功能图设计方法。最后还介绍了基于西门子 PLC 通信网络的相关知识, 并结合 STEP 7 详细介绍了 MPI 多点接口通信网络和 PROFIBUS DP 总线网络的组态及通信程序的编写方法。为方便教学和自学, 各章均配有实例程序及多媒体教学课件。

本书是一本工程性较强的应用类教程, 可作为高等院校电气工程及其自动化、工业自动化、机电一体化、生产过程自动化、电力系统自动化、工业网络技术等专业教材, 也可供工程技术人员自学和作为培训教材使用, 对 S7-300 系列 PLC 的用户也有很大的参考价值。

图书在版编目 (CIP) 数据

西门子 S7-300 PLC 应用教程/胡健主编. —北京: 机械工业出版社, 2007.2
21 世纪高等院校电气信息类系列教材
ISBN 978-7-111-20816-7

I. 西… II. 胡… 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 (2007) 第 011459 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: 李馨馨 版式设计: 张世琴 责任校对: 程俊巧
责任印制: 洪汉军
北京京丰印刷厂印刷
2007 年 3 月第 1 版 · 第 1 次印刷
184mm × 260mm · 19.25 印张 · 474 千字
0 001—5 000 册
标准书号: ISBN 978-7-111-20816-7
定价: 29.00 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) 88379739
封面无防伪标均为盗版

出版说明

随着科学技术的不断进步，整个国家自动化水平和信息化水平的长足发展，社会对电气信息类人才的需求日益迫切、要求也更加严格。在教育部颁布的“普通高等学校本科专业目录”中，电气信息类（Electrical and Information Science and Technology）包括电气工程及其自动化、自动化、电子信息工程、通信工程、计算机科学与技术、电子科学与技术、生物医学工程等子专业。这些子专业的人才培养对社会需求、经济发展都有着非常重要的意义。

在电气信息类专业及学科迅速发展的同时，也给高等教育工作带来了许多新课题和新任务。在此情况下，只有将新知识、新技术、新领域逐渐融合到教学、实践环节中去，才能培养出优秀的科技人才。为了配合高等院校教学的需要，机械工业出版社组织了这套“21世纪高等院校电气信息类系列教材”。

本套教材是在对电气信息类专业教育情况和教材情况调研与分析的基础上组织编写的，期间，与高等院校相关课程的主进教师进行了广泛的交流和探讨，旨在构建体系完善、内容全面新颖、适合教学的专业材料。

本套教材涵盖多层面专业课程，定位准确，注重理论与实践、教学与教辅的结合，在语言描述上力求准确、清晰，适合各高等院校电气信息类专业学生使用。

机械工业出版社

前 言

可编程序控制器 (Programmable Logic Controller, PLC) 是以微处理器为基础, 综合了计算机技术、自动控制技术和通信技术而发展起来的一种通用工业自动控制装置。

近年来, 以西门子 S7-300 为代表的 PLC 已成为我国工业控制领域中最主要的工业自动控制装置之一, 为工业自动化提供了安全可靠和比较完善的解决方案。

全书共分 7 章, 系统阐述了 S7-300 系列 PLC 的工作原理、硬件结构、指令系统和 STEP 7 V5.3 专业软件包的使用方法。本书从工程实际出发, 列举了大量应用实例, 分类介绍了各种结构的程序设计方法, 以及基于 S7 GRAPH 语言的顺序功能图设计方法。最后还介绍了基于西门子 PLC 通信网络的相关知识, 并结合 STEP 7 详细介绍了 MPI 多点接口通信网络和 PROFIBUS DP 总线网络的组态及通信程序的编写方法。为方便教学和自学, 各章均配有实例程序及多媒体教学课件。

本书注重实际, 强调应用, 是一本工程性较强的应用类教程, 可作为高等学校电气工程及其自动化、工业自动化、机电一体化、生产过程自动化、电力系统自动化、工业网络技术等专业教材, 也可供工程技术人员自学和作为培训教材使用, 对 S7-300 系列 PLC 的用户也有很大的参考价值。

本书由胡健主编, 刘玉宾、杜广朝、范文军、何瑞、吴丽、牛双国、张宏敏、闫巧枝、黄颖辉、宋海军、刘光民、姚丽英、陈刚、武平丽、杨箐、葛云萍、郭红山、王建国、李智编写。在编写过程中得到了许多同行的帮助和支持, 在此向他们表示感谢。

由于编者水平有限, 书中错误与不妥之处, 请读者批评指正。

编 者

目 录

出版说明

前言

第 1 章 PLC 概述	1
1.1 PLC 的产生	1
1.2 PLC 的定义和分类	2
1.2.1 PLC 的定义	2
1.2.2 PLC 的分类	2
1.3 PLC 的功能和特点	4
1.3.1 PLC 的功能	4
1.3.2 PLC 的特点	5
1.4 PLC 的结构与工作过程	6
1.4.1 PLC 的基本结构	7
1.4.2 PLC 的工作原理	9
1.4.3 PLC 的中断处理过程	11
1.4.4 PLC 的 I/O 系统	12
1.5 习题	13
第 2 章 S7-300 PLC 的系统特性	15
2.1 S7-300 PLC 的系统结构	15
2.1.1 S7-300 PLC 的系统组成	15
2.1.2 S7-300 PLC 的系统结构	17
2.2 S7-300 CPU 模块	17
2.2.1 S7-300 CPU 模块的分类	18
2.2.2 S7-300 CPU 模块的操作	23
2.3 信号模块	24
2.3.1 数字量信号模块	24
2.3.2 模拟量信号模块	30
2.4 电源模块	39
2.5 接口模块	41
2.6 其他模块	42
2.6.1 通信处理器模块	42
2.6.2 功能模块	43
2.7 S7-300 PLC 的硬件组态	46
2.7.1 单机架组态	46
2.7.2 多机架组态	47
2.7.3 S7-300 PLC 模块地址的确定	48

2.7.4 S7-300PLC 的电流耗量和功耗	49
2.8 习题	53
第 3 章 STEP 7 使用初步	54
3.1 STEP 7 软件安装	55
3.1.1 STEP 7 系统需求	55
3.1.2 安装 STEP 7 软件包	55
3.1.3 STEP 7 软件在安装使用过程中的注意事项	59
3.1.4 STEP 7 软件的硬件更新与版本升级	62
3.2 SIMATIC 管理器	63
3.2.1 STEP 7 项目结构	64
3.2.2 SIMATIC 管理器自定义选项设置	65
3.2.3 PG/PC 接口设置	66
3.3 STEP 7 快速入门	67
3.3.1 创建 S7 项目	68
3.3.2 插入 SIMATIC 300 工作站	71
3.3.3 硬件组态	72
3.3.4 编辑符号表	77
3.3.5 程序编辑窗口	78
3.3.6 在 OB1 中创建程序	78
3.4 下载和调试程序	84
3.4.1 下载程序及模块信息	84
3.4.2 用 S7-PLCSIM 调试程序	85
3.5 习题	87
第 4 章 S7-300 PLC 的编程语言与指令系统	88
4.1 STEP 7 编程语言	88
4.1.1 语句表	88
4.1.2 梯形图	88
4.1.3 功能块图	89
4.1.4 顺序控制	89
4.1.5 图形编程语言	90
4.1.6 结构化控制语言	91
4.1.7 连续功能图	92
4.2 数据类型	92
4.2.1 基本数据类型	93
4.2.2 复杂数据类型	93
4.2.3 参数数据类型	95
4.3 S7-300 指令基础	95
4.3.1 PLC 用户存储区的分类及功能	95
4.3.2 指令操作数	96
4.3.3 寻址方式	96
4.3.4 状态字	99

4.4 位逻辑指令	101
4.4.1 触点与线圈	101
4.4.2 基本逻辑指令	102
4.4.3 置位和复位指令	106
4.4.4 RS 和 SR 触发器	108
4.4.5 跳变沿检测指令	110
4.5 定时器和计数器指令	115
4.5.1 定时器指令	115
4.5.2 计数器指令	128
4.5.3 访问 CPU 的时钟存储器	132
4.6 数字指令	133
4.6.1 装入和传送指令	133
4.6.2 转换指令	137
4.6.3 比较指令	141
4.6.4 算术运算指令	144
4.6.5 字逻辑运算指令	148
4.6.6 移位指令	149
4.6.7 数字指令综合应用	150
4.7 控制指令	153
4.7.1 逻辑控制指令	153
4.7.2 程序控制指令	157
4.7.3 主控继电器指令	158
4.8 习题	159
第 5 章 S7 程序结构与程序设计	162
5.1 S7 CPU 中的程序	162
5.1.1 用户程序中的块结构	162
5.1.2 用户程序结构	169
5.1.3 I/O 过程映像	170
5.1.4 程序循环执行	171
5.2 数据块中的数据存储	171
5.2.1 数据存储区	171
5.2.2 数据块	172
5.2.3 数据块的数据结构	172
5.2.4 建立数据块	175
5.2.5 访问数据块	178
5.3 逻辑块的结构及编程	179
5.3.1 逻辑块的结构	179
5.3.2 逻辑块的编程	184
5.4 编辑并调用无参功能——分部程序设计	188
5.4.1 编辑无参功能	189
5.4.2 在 OB1 中调用无参功能	190
5.5 编辑并调用有参功能——结构化程序设计	192

5.5.1	编辑有参功能	193
5.5.2	在 OB1 中调用有参功能	194
5.6	编辑并调用无静态参数的功能块	196
5.6.1	编辑无静态参数的功能块	196
5.6.2	在 OB1 中调用无静态参数的功能块	199
5.6.3	同时调用功能和功能块	200
5.7	编辑并调用有静态参数的功能块	206
5.7.1	编辑有静态参数的功能块	207
5.7.2	在 OB1 中调用有静态参数的功能块	210
5.8	使用多重背景——结构化程序设计	211
5.8.1	创建多重背景的 S7 项目	211
5.8.2	编辑功能	213
5.8.3	编辑共享数据块	213
5.8.4	编辑功能块	214
5.8.5	生成多重背景数据块 DB10	217
5.8.6	在 OB1 中调用功能及上层功能块	218
5.9	习题	218
第 6 章	顺序控制与 S7 GRAPH 编程	221
6.1	顺序控制与顺序功能图	221
6.1.1	顺序控制	221
6.1.2	顺序功能图	223
6.2	顺控器设计举例	225
6.2.1	单流程设计	225
6.2.2	选择性分支流程设计	226
6.2.3	并进分支流程设计	228
6.3	S7 GRAPH 的应用	235
6.3.1	创建 S7 GRAPH 项目	235
6.3.2	了解 S7 GRAPH 编辑器	236
6.3.3	编辑 S7 GRAPH 功能块	245
6.3.4	在 OB1 中调用 S7 GRAPH 功能块	247
6.4	习题	248
第 7 章	西门子 PLC 通信技术	250
7.1	西门子 PLC 网络	250
7.1.1	西门子 PLC 网络概述	250
7.1.2	网络通信方法	251
7.2	MPI 网络通信	251
7.2.1	MPI 网络组建	252
7.2.2	全局数据包通信方式	254
7.2.3	无组态连接的 MPI 通信方式	260
7.2.4	有组态连接的 MPI 通信方式	263
7.3	PROFIBUS 现场总线通信技术	266

7.3.1	PROFIBUS 介绍	266
7.3.2	PROFIBUS DP 设备分类	272
7.3.3	CPU31x-2DP 之间的 DP 主从通信	273
7.3.4	CPU31x-2DP 通过 DP 接口连接远程 I/O 站	280
7.3.5	CP342-5 作主站的 PROFIBUS-DP 组态应用	284
7.3.6	CP342-5 作从站的 PROFIBUS-DP 组态应用	288
7.3.7	PROFIBUS-DP 从站之间的 DX 方式通信	291
7.4	习题	297

第 1 章 PLC 概述

PLC (Programmable Logic Controller, 可编程序控制器) 是以微处理器为核心, 综合了计算机技术、自动控制技术和通信技术而发展起来的一种通用工业自动控制装置。它具有体积小、功能强、灵活通用及维护方便等一系列优点。特别是它的高可靠性和较强的适应恶劣环境的能力, 倍受用户的青睐。在冶金、化工、交通、电力等领域获得了广泛的应用, 被称为现代工业技术的三大支柱之一。

1.1 PLC 的产生

传统的生产机械自动控制装置多采用继电器、接触器控制, 我们称这些系统为继电器控制系统。继电器控制系统具有结构简单、价格低廉、容易操作等优点; 同时又具有体积庞大, 生产周期长, 接线复杂, 故障率高, 可靠性及灵活性差等缺点。比较适用于工作模式固定, 控制逻辑简单的工业应用场合。

随着工业生产的迅速发展, 市场竞争日益激烈, 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。于是, 在 1968 年, 美国通用汽车公司 (GM) 便提出一种设想: 把计算机的功能完善、通用、灵活等优点和继电器控制系统的简单易懂、操作方便、价格便宜等优点结合起来, 制成一种通用控制装置。这种通用控制装置把计算机的编程方法和程序输入方式加以简化, 采用面向控制过程、面向对象的语言编程。

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 PDP-14, 并在汽车自动装配线上成功试用。该设备用计算机作为核心设备。其控制功能是通过存储在计算机中的程序来实现的, 这就是人们常说的存储程序控制。由于当时主要用于顺序控制, 只能进行逻辑运算, 故称为可编程逻辑控制器 (Programmable Logic Controller, PLC)。

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、通用灵活、体积小、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、造纸等工业。

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新技术, 很快研制出了第一台 PLC (DSC-8)。1973 年, 西欧国家也研制出了 PLC。

有决定意义的进步还是在 1975 年到 1976 年之间。这两年, 美国、日本、西德等一些国家把微处理器用作 PLC 的中央处理单元, 用半导体存储器代替磁介质存储器, 使 PLC 实现了更大规模的集成化, 控制更加灵活, 功能更加完善, 工作更为可靠, 更能适应工业环境, 成本有了大幅度下降, 从而使 PLC 真正进入实用阶段。

我国从 1974 年开始研制 PLC, 1977 年开始工业应用。

1.2 PLC 的定义和分类

1.2.1 PLC 的定义

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, 美国电气制造商协会 (National Electrical Manufactory Association, NEMA) 于 1980 年开始, 经过 4 年的调查工作, 于 1984 年首次将其命名为 PC (Programmable Controller), 并给 PC 作了如下定义: “PC 是一个数字式的电子装置, 它使用了可程序的记忆体储存指令, 用来执行诸如逻辑、顺序、计时、计数与演算等功能。并通过数字或类似的输入/输出模块, 以控制各种机械或工作程序。一部数字电子计算机若是用来执行 PC 的功能, 亦被视为 PC, 但不包括鼓式或类似的机械式顺序控制器。”

国际电工委员会 (IEC) 于 1982 年 11 月颁布了可编程控制器标准草案第一稿, 1985 年 1 月颁布了第二稿, 并在 1987 年 2 月颁布的第三稿中通过了对它的定义: “可编程控制器是一种数字运算操作的电子系统, 专为在工业环境中应用而设计的。它采用一类可编程的存储器, 用于其内部存储程序, 执行逻辑运算、顺序控制、定时、计数与算术操作等面向用户的指令, 并通过数字或模拟式输入/输出控制各种类型的机械或生产过程。可编程控制器及其有关外部设备, 都按易于与工业控制系统联成一个整体, 易于扩充其功能的原则设计。”

可编程逻辑控制器 (Programmable Logic Controller) 在初期只是用来取代继电器实现逻辑控制, 因此其所提供及定义的功能, 大多为逻辑电路、计数器、定时器等组件, 因此在其名字中才会有“逻辑”这两个字。进入 20 世纪 80 年代, 随着微电子技术和计算机技术的迅猛发展, 也使得可编程序控制器逐步形成了具有特色的多种系列产品。系统中不仅使用了大量的开关量, 也使用了模拟量, 其功能已经远远超出逻辑控制、顺序控制的应用范围, 故称为可编程序控制器 (Programmable Controller, PC)。但由于 PC 容易和个人计算机 (Personal Computer) 的英文缩写词混淆, 所以人们还沿用 PLC 作为可编程序控制器的英文缩写名字。

总之, 可编程控制器是一台计算机, 它是专为工业环境应用而设计制造的计算机。它具有丰富的输入/输出接口, 并且具有较强的驱动能力。但可编程控制器产品并不针对某一具体工业应用, 在实际应用时, 其硬件需根据实际需要进行选用配置, 其软件需根据控制要求进行设计编制。

1.2.2 PLC 的分类

PLC 发展至今已经有多种形式, 其功能也不尽相同。分类时, 一般按以下原则进行:

1. 按结构形式分

按结构形式可以将 PLC 分为两类:

(1) 一体化紧凑型 PLC

其特点是电源、CPU、I/O 接口都集成在一个机壳内。如: 西门子公司的 S7-200 系列, OMRON 公司的 C 系列, 三菱公司的 F1、F2、FX₀ 系列, 东芝公司的 EX20/40 系列和 AB 公司的 SLC500 等。

(2) 标准模块式结构化 PLC

其特点是电源模板、CPU 模板、开关量 I/O 模板、模拟量 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，选择合适的模板，安装在固定的机架（或导轨）上，构成一个完整的 PLC 应用系统。如：西门子公司的 S7-300/400 系列，OMRON 公司的 C200H 系列，三菱公司的 FX₂、FX_{2N}、FX_{0N}、A 系列，AB 公司的 SLC5/05 系列，松下电工的 FP₃ 系列等。

2. 按 I/O 点数及内存容量分

按 I/O 点数及内存容量可将 PLC 分为以下几类：

(1) 小型 PLC

小型 PLC 的 I/O 点数一般在 256 点以下，内存容量在 4k 字以下，一般采用紧凑型结构，以开关量控制为主，还可以连接模拟量 I/O 以及其他各种特殊功能模块。它能执行包括逻辑运算、计时、计数、算术运算、数据处理和传送、通信联网以及各种应用指令。适合于单机控制或小型系统的控制。

如：OMRON 公司的 CQM1 系列 PLC，其处理速度为 0.5 ~ 10ms/1k 字，存储器为 3.2k ~ 7.2k 字，数字量 192 点，模拟量 44 路；西门子公司的 S7-200 系列 PLC，其处理速度为 0.8 ~ 1.2ms/1k，存储器为 2k 字，数字量 248 点，模拟量 35 路。

(2) 中型 PLC

中型 PLC 的 I/O 点数一般不大于 2048 点，内存容量达到 2 ~ 8k 字，采用模块化结构。中型 PLC 的 I/O 处理方式除采用一般 PLC 通用的扫描处理方式外，还能采用直接处理方式，即在扫描用户程序的过程中，直接读输入，刷新输出。它能连接各种特殊功能模块，通信联网功能更强，指令系统更丰富，扫描速度更快，可用于对设备进行直接控制，还可以对多个下一级的可编程序控制器进行监控，比较适合中型或大型控制系统的控制。

如：OMRON 公司的 C200HG 系列 PLC，其处理速度为 0.15 ~ 0.6ms/1k 字，存储器为 15.2k ~ 31.2k 字，数字量 1184 点；西门子公司的 S7-300 系列 PLC，其处理速度为 0.8 ~ 1.2ms/1k 字，存储器为 2k 字，数字量 1024 点，模拟量 128 路，支持 PROFIBUS、工业以太网、MPI 等网络。

(3) 大型 PLC

大型 PLC 的 I/O 点数在 2048 点以上，内存容量达到 8 ~ 16k 字，采用模块化结构。软、硬件功能极强，如具有极强的自诊断功能，通信联网功能强，它不仅可用于对设备进行直接控制，还可以对多个下一级的可编程序控制器进行监控。不仅能完成较复杂的算术运算，还能进行复杂的矩阵运算。有各种通信联网模块，可以构成三级通信网，实现工厂生产管理自动化。大型 PLC 还可以采用三 CPU 构成表决式系统，使机器的可靠性更高。

如：富士公司的 F200 系列 PLC，其处理速度为 2.5ms/1k 字，存储器为 32k 字，数字量 I/O 达 3200 点；OMRON 的 CV2000 系列 PLC，其处理速度为 0.125ms/1k 字，存储器为 62k 字，数字量 I/O 达 2048 点；西门子公司的 S7-400 系列 PLC，其处理速度为 0.3ms/1k 字，存储器为 512k 字，数字量 I/O 达 12672 点；德国 AEG 公司的 A500 系列 PLC，其处理速度为 1.3ms/1k 字，存储器为 64k 字，数字量 I/O 达 5088 点。

3. 按控制性能分类

可编程序控制器可以分为高档、中档和低档 PLC。

(1) 低档 PLC

这类 PLC 具有基本的控制功能和一般的运算能力。工作速度比较低，能带的输入和输出模块的数量比较少。如 OMRON 公司的 C60P 就属于这一类。

(2) 中档 PLC

这类 PLC 具有较强的控制功能和较强的运算能力。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，能带的输入输出模块的数量及种类也比较多。如西门子公司的 S7-300 就属于这一类。

(3) 高档 PLC

这类 PLC 具有强大的控制功能和极强的运算能力。它不仅能完成逻辑运算、三角函数运算、指数运算和 PID 运算，还能进行复杂的矩阵运算。工作速度很快，能带的输入输出模块的数量很多，输入和输出模块的种类也很全面。这类可编程序控制器可以完成规模很大的控制任务。在联网中一般做主站使用。如西门子公司的 S7-400 就属于这一类。

1.3 PLC 的功能和特点

1.3.1 PLC 的功能

PLC 是应用面很广，发展非常迅速的工业自动化装置，在工厂自动化 (FA) 和计算机集成制造系统 (CIMS) 中占重要地位。现在 PLC 的功能远不仅是替代传统的继电器逻辑，还应具有以下功能：

1. 控制功能

(1) 逻辑控制

PLC 具有“与”、“或”、“非”、“异或”和触发器等逻辑运算功能，可以代替继电器进行开关量控制。

(2) 定时控制

PLC 为用户提供了若干个电子定时器，用户可自行设定接通延时、关断延时和定时脉冲等方式。

(3) 计数控制

用脉冲控制可以实现加、减计数模式，可以连接码盘进行位置检测。

(4) 顺序控制

在前道工序完成之后，自动转入下一道工序，使一台 PLC 可作为多部步进控制器使用。

2. 数据采集、存储与处理功能

(1) 数学运算功能

能完成加、减、乘、除等基本算术运算；完成平方根、三角函数、浮点运算等算术扩展运算；完成大于、小于、等于等比较功能。

(2) 数据处理

选择、组织、规格化、移动和先入先出。

(3) 模拟数据处理

PID、积分和滤波。

3. 输入/输出接口调理功能

具有 A/D、D/A 转换功能，通过 I/O 模块完成对模拟量的控制和调节。位数和精度可以根据用户要求选择。具有温度测量接口，直接连接各种热敏电阻或热电偶。

4. 通信、联网功能

现代 PLC 大多数都采用了通信、网络技术，有 RS-232 或 RS-485 接口，可进行远程 I/O 控制，多台 PLC 可彼此间联网、通信，外部器件与一台或多台 PLC 的信号处理单元之间，能够实现程序和数据交换，如程序转移、数据文档转移、监视和诊断。

通信接口或通信处理器按标准的硬件接口或专有的通信协议完成程序 and 数据的转移。如西门子 S7-300/400 的 PROFIBUS 现场总线接口，其通信速率可以达到 12Mbit/s。

在系统构成时，可由一台计算机与多台 PLC 构成“集中管理、分散控制”的分布式控制网络，以便完成较大规模的复杂控制。

5. 人机界面功能

提供操作者以监视机器/过程工作必需的信息。允许操作者和 PC 系统与其应用程序相互作用，以便作决策和调整。实现人机界面功能的手段：从基层的操作者屏幕文字显示，到单机的 CRT 显示与键盘操作和用通信处理器、专用处理器、个人计算机、工业计算机的分散和集中操作与监视系统。

6. 编程、调试

使用复杂程度不同的手持、便携和桌面式编程器、工作站和操作屏，进行编程、调试、监视、试验和记录，并通过打印机打印出程序文件。

1.3.2 PLC 的特点

为了适应在工业环境中的应用，PLC 一般具备以下特点：

1. 高可靠性

所有的 I/O 接口电路均采用光电隔离措施，使工业现场的外电路与 PLC 内部电路之间电气上隔离；各输入端均采用 RC 滤波器，其滤波时间常数一般为 10 ~ 20ms；各模块均采用屏蔽措施，以防止辐射干扰；采用性能优良的开关电源；对采用的器件进行严格的筛选；良好的自诊断功能，一旦电源或其他软、硬件发生异常情况，CPU 立即采取有效措施，以防止故障扩大；大型 PLC 还可以采用由双 CPU 构成的冗余系统或由三 CPU 构成的表决系统，使可靠性更进一步提高。

据有关资料提供数据表明：一般中小型 PLC，如日立、西门子、IPM，平均无故障时间高达 10 万小时。即使大型 PLC 平均无故障时间也在 4 ~ 5 万小时之间。大大优于继电器-接触器控制。

2. 丰富的 I/O 接口模块

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、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、控制阀等）直接连接。另外为了提高操作性，还有多种人机对话的接口模块；为了组成工业局部网络，还有多种通信连网的接口模块。

3. 采用模块化结构

为了适应各种工业控制的需要，除单元式的小型 PLC 以外，绝大多数 PLC 均采用模块化结构。PLC 的各个部件，包括 CPU、电源、I/O 等均采用模块化设计，由机架及电缆将各模块连接起来，系统的规模和功能可根据用户的需要自行配置。

4. 运行速度快

随着微处理器的应用，PLC 的运行速度也越来越快，使它更适合处理高速、复杂的控制任务。

5. 功能完善

PLC 应用微电子和微计算机技术，简单型 PLC 都具有逻辑、定时、计数等顺序控制功能。基本型 PLC 还具有模拟 I/O、基本算术运算、通信能力等。复杂型 PLC 除了具有基本型 PLC 的功能外，还具有扩展的计算能力、多级终端机制、智能 I/O、PID 调节、过程监视、网络通信能力、远程 I/O、多处理器和高速数据处理能力。

6. 编程简单，易于使用

PLC 的编程可采用与继电器电路极为相似的梯形图语言，直观易懂，深受现场电气技术人员的欢迎。近年来又发展了适应不同对象要求的更多种类的编程语言。如梯形图 (LAD)、语句表 (STL)、功能块图 (FBD)、顺序功能图 (SFC)、连续功能图 (CFC)、结构化控制语言 (SCL)、顺序控制图形编程语言 (S7-Graph)、状态图编程语言 (S7-HiGraph)、用于 S7 系统的 C 语言 (C for S7) 等，使编程更简单方便。

7. 系统设计、安装、调试方便

PLC 中含有大量的相当于中间继电器、时间继电器、计数器等“软元件”。又用程序 (软接线) 代替硬接线，安装接线工作量少。设计人员只要有 PLC 就可以进行控制系统的设计，并可在实验室进行模拟调试。

8. 维修方便，维修工作量小

PLC 有完善的自诊断、履历情报存储及监视功能。PLC 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。工作人员通过它可以查出故障原因，便于迅速处理。

由于采用模块化结构，因此一旦某模块发生故障，用户可以通过更换模块的方法，使系统迅速恢复运行。

9. 总价格低

PLC 的重量、体积、功耗和硬件价格一直在降低，虽然软件价格所占的比重有所增加，但是各厂商为了竞争也相应地降低了价格。另外，采用 PLC 还可以大大缩短设计、编程和投产周期，使总价格进一步降低。

PLC 系统与工业总线计算机和 DCS 相互渗透，互为借鉴，相互竞争而发展，并促进工业的进步。

1.4 PLC 的结构与工作过程

尽管 PLC 类型繁多，但其结构和工作原理大同小异，了解 PLC 的基本结构，有助于理解 PLC 的工作原理及用户程序的编制。

1.4.1 PLC 的基本结构

PLC 实质上是一种工业计算机，只不过它比一般的计算机具有更强的与工业过程相连接的接口和更直接的适应于控制要求的编程语言，故 PLC 与计算机的组成十分相似，如图 1-1 所示。

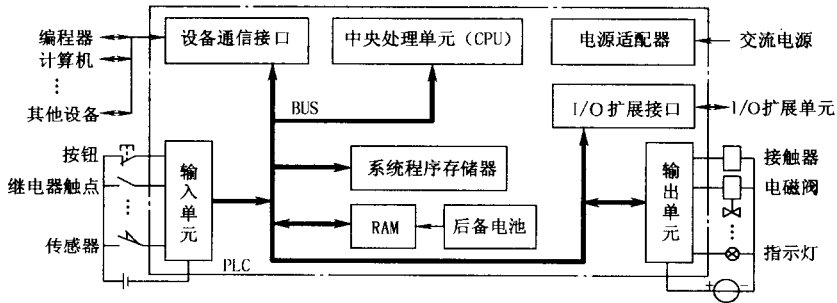


图 1-1 PLC 结构框图

从硬件结构看，PLC 由中央处理单元 (CPU)、存储器 (ROM/RAM)、输入/输出单元 (I/O 单元)、编程器、电源等部件组成。

1. 中央处理单元

与一般计算机一样，中央处理单元 (CPU) 是 PLC 的核心，它按 PLC 系统程序赋予的功能指挥 PLC 有条不紊地进行工作，其主要任务有：

1) 接收、存储由编程工具输入的用户程序和数据，并通过显示器显示出程序的内容和存储地址。

2) 检查、校验用户程序。对正在输入的用户程序进行检查，发现语法错误立即报警，并停止输入；在程序运行过程中若发现错误，则立即报警或停止程序的执行。

3) 执行用户程序。当 PLC 投入运行时，首先它以扫描的方式接收现场各输入装置的状态和数据，并分别存入 I/O 映像区，然后从用户程序存储器中逐条读取用户程序，经过命令解释后按指令的规定执行逻辑或算术运算，并将运算结果送入 I/O 映像区或数据寄存器内。等所有的用户程序执行完毕之后，最后将 I/O 映像区的各输出状态或输出寄存器内的数据传送到相应的输出装置，如此循环运行，直到停止运行。

4) 故障诊断。诊断电源、PLC 内部电路的故障，根据故障或错误的类型，通过显示器显示出相应的信息，以提示用户及时排除故障或纠正错误。

不同型号 PLC 的 CPU 芯片是不同的，有的采用通用 CPU 芯片，如 8031、8051、8086、80826 等，大部分采用厂家自行设计的专用 CPU 芯片（如西门子公司的 S7-300/400 PLC 均采用其自行研制的专用芯片），CPU 芯片的性能关系到 PLC 处理控制信号的能力与速度，CPU 位数越高，系统处理的信息量越大，运算速度也就越快。随着 CPU 芯片技术的不断发展，PLC 所用的 CPU 芯片也越来越高档。

为了进一步提高 PLC 的可靠性，近年来对大型 PLC 还采用双 CPU 构成冗余系统，或采用三 CPU 的表决式系统。这样，即使某个 CPU 出现故障，整个系统仍能正常运行。

2. 存储器

PLC 的存储器可以分为系统程序存储器、用户程序存储器及系统 RAM 存储区等三种。

(1) 系统程序存储器

系统程序存储器用来存放由 PLC 生产厂家编写的系统程序，并固化在 ROM 内，用户不能直接更改。它使 PLC 具有基本的智能功能，能够完成 PLC 设计者规定的各项工作。系统程序的质量，很大程度上决定了 PLC 的性能，其内容主要包括三部分：

- 系统管理程序：主要控制 PLC 的运行，使整个 PLC 按部就班地工作。

- 用户指令解释程序：通过用户指令解释程序，将 PLC 的编程语言变为机器语言指令，再由 CPU 执行这些指令。

- 标准程序模块与系统调用程序：包括许多不同功能的子程序及其调用管理程序，如完成输入、输出及特殊运算等的子程序，PLC 的具体工作都是由这部分程序来完成的，这部分程序的功能决定了 PLC 的性能。

(2) 用户程序存储器

根据控制要求而编制的应用程序称为用户程序。用户程序存储器用来存放用户针对具体控制任务，用规定的 PLC 编程语言编写的各种用户程序。用户程序存储器根据所选用的存储器单元类型的不同，可以是 RAM（用锂电池进行掉电保护）、EPROM 或 E²PROM 存储器，其内容可以由用户任意修改或增删。目前较先进的 PLC 采用可随时读写的快闪存储器（Flash）作为用户程序存储器。快闪存储器不需后备电池，掉电时数据也不会丢失。

(3) 系统 RAM 存储区

系统 RAM 存储区包括 I/O 映像区以及各类软设备，如：逻辑线圈、数据寄存器、计时器、计数器、变址寄存器、累加器等存储器。

1) I/O 映像区。由于 PLC 投入运行后，只是在输入采样阶段才依次读入各输入状态和数据，在输出刷新阶段才将输出的状态和数据送至相应的外设。因此，它需要一定数量的存储单元（RAM）以存放 I/O 的状态和数据，这些单元称作 I/O 映像区。一个开关量 I/O 占用存储单元中的一位（bit），一个模拟量 I/O 占用存储单元中的一个字（16bit）。因此整个 I/O 映像区可看作两个组成部分：开关量 I/O 映像区、模拟量 I/O 映像区。

2) 系统软设备存储区。除了 I/O 映像区以外，系统 RAM 存储区还包括 PLC 内部各类软设备（逻辑线圈、计时器、计数器、数据寄存器和累加器等）的存储区。该存储区又分为具有失电保持的存储区域和无失电保持的存储区域，前者在 PLC 断电时，由内部的锂电池供电，数据不会遗失；后者当 PLC 断电时，数据被清除。

- 逻辑线圈。与开关输出一样，每个逻辑线圈占用系统 RAM 存储区中的一位，但不能直接驱动外设，只供用户在编程时使用，其作用类似于继电器控制线路中的中间继电器。另外，不同的 PLC 还提供数量不等的特殊逻辑线圈，具有不同的功能。

- 数据寄存器。与模拟量 I/O 一样，每个数据寄存器占用系统 RAM 存储区中的一个字（16bit）。另外，PLC 还提供数量不等的特殊数据寄存器，具有不同的功能。

3. 输入/输出单元

输入/输出单元是 PLC 与工业现场连接的接口。

输入单元用来接收和采集两种类型的输入信号，一类是由按钮、选择开关、行程开关、继电器触点、接近开关、光电开关、数字拨码开关等发出的开关量输入信号；另一类是由电