



高职高专“十一五”规划教材

XIMENZI PLC YINGYONG JICHU YU SHIXUN

西门子PLC 应用基础与实训

吴 丽 主编
胡 健 副主编



化学工业出版社

高职高专“十一五”规划教材

西门子 PLC 应用基础与实训

吴 丽 主 编

胡 健 副主编



YZLI0890127394



化学工业出版社

· 北 京 ·

元 00.56 (含 税)

本书以工作过程为导向按项目对内容进行优化,从实际工程应用和便于教学需要出发,以西门子 S7 系列可编程序控制器为蓝本,主要介绍可编程序控制器的特点、结构组成、工作原理、内部存储区、指令系统、程序结构、编程软件使用、编程规则与技巧、控制系统设计与应用技术等。全书尽可能做到语言简洁、通俗易懂、内容丰富、实用性强、理论联系实际,共有两个项目 12 个任务,详细介绍了 S7-200 PLC、S7-300/400 PLC 的有关知识和应用技术,并通过大量工程实例介绍 PLC 的设计方法和安装技巧,每章有相关技能训练项目,以突出实践技能和应用能力的培养。

本书适用于电气自动化、自动化、楼宇自动化、机电一体化、机械设计与制造及其相关专业 PLC 应用系统设计与安装课程的教学用书,也可作为电气技术人员的参考书和培训教材。

图书在版编目(CIP)数据

西门子 PLC 应用基础与实训 / 吴丽主编. —北京: 化学工业出版社, 2010.5

高职高专“十一五”规划教材

ISBN 978-7-122-07879-7

I. 西… II. 吴… III. 可编程序控制器—高等学校: 技术学院—教材 IV. TM571.6

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2010) 第 035234 号

责任编辑: 王听讲

文字编辑: 徐卿华

责任校对: 郑捷

装帧设计: 韩飞

出版发行: 化学工业出版社 (北京市东城区青年湖南街 13 号 邮政编码 100011)

印装: 大厂聚鑫印刷有限责任公司

787mm×1092mm 1/16 印张 17 字数 450 千字 2010 年 6 月北京第 1 版第 1 次印刷

购书咨询: 010-64518888 (传真: 010-64519686)

售后服务: 010-64518899

网 址: <http://www.cip.com.cn>

凡购买本书, 如有缺损质量问题, 本社销售中心负责调换。

定 价: 32.00 元

版权所有 违者必究

前言

可编程控制器（简称 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新型、通用工业自动控制装置。它具有适用于各种工业自动控制所必需的高可靠性、配置扩充的灵活性等特点，且具有易于编程、使用维护方便等优点，在工业自动控制的各个领域得到广泛应用，代表着控制技术的发展方向，被业界称为现代工业自动化的三大支柱之一。

近年来，PLC 发展的势头有增无减，新产品、新技术不断涌现，尤其是德国西门子公司的 SIMATIC S7 系列 PLC，由于其功能强、性能价格比高，为自动控制应用提供了安全可靠和比较完善的解决方案，而深受国内用户的欢迎，特别适合于当前工业企业对自动化的需要。

本书从实际工程应用和便于教学需要出发，以西门子 S7 系列可编程控制器为样机，以“黄河水利职业技术学院——SIEMENS 先进自动化技术实训室”实训设备为平台，以工作过程为导向按项目对教学内容进行优化，以基于工作过程的思想对教材内容进行组织与编写，注重过程性知识讲解，适度介绍概念和原理，使教材能够适用于“教、学、练、做”一体化的教学需要。

全书由 2 个大项目 12 个任务组成：项目 1 由任务 1~6 组成，主要在介绍 PLC 的产生、特点、定义、发展、工作原理、结构组成、西门子 S7 PLC 系列分类等预备知识的基础上，介绍 S7-200 PLC 的内部存储区、指令系统、程序结构、编程软件使用、编程规则与技巧、控制系统设计安装与应用技术等。

项目 2 由任务 7~12 组成，任务 7 在介绍 S7-300/400 PLC 的硬件知识及 STEP7 编程软件的基础上，以电动机的控制为教学案例，用逻辑分析的方法介绍如何用 PLC 实现简单逻辑控制；任务 8 在介绍基本逻辑指令、边沿检测指令、定时器及 CPU 时钟存储器等预备知识的基础上，以人行横道的控制为案例，用时序分析的方法介绍如何用 PLC 实现时序控制；任务 9 在介绍置位指令和复位指令等预备知识的基础上，以多级传送带的控制为案例，分析如何实现类似物流传送（加工）系统的顺序启/停控制；任务 10 在介绍计数器、比较指令、移位指令等预备知识的基础上，以多台电动机的单按钮控制为案例，分析如何实现输入点的复用；任务 11 在介绍模拟量信号模块、模拟信号的处理、数据装入与传输指令、转换指令、算数运算指令、字逻辑指令等预备知识的基础上，以搅拌器系统的控制为案例，介绍如何实现模拟量的采集与控制；任务 12 在介绍顺控系统、顺序功能图的结构、顺序功能图的梯形图编程方法、S7 GRAPH 语言等预备知识的基础上，分 3 个任务，通过洗车控制系统设计、饮料灌装线控制系统设计，介绍如何用梯形图实现选择性分支、并进分支流程的控制，以钻铣加工生产线控制为案例，介绍如何用 S7 GRAPH 语言编写并调试顺序功能图。

本书语言简洁、通俗易懂、内容丰富、实用性强、理论联系实际，详细叙述了 PLC 的应用技术，并通过大量工程实例介绍 PLC 的设计方法和安装技巧，每章有相关技能训练项目，以突出实践技能和应用能力的培养。

本书适用于电气自动化、自动化、楼宇自动化、机电一体化、机械设计与制造及其相关专业 PLC 应用系统设计与安装课程的示范性建设教学用书，也可作为电气技术人员的参考书和培训教材。

本书由黄河水利职业技术学院吴丽担任主编，并编写任务 6 和 11，胡健担任副主编，并

编写任务 4、10 和 12, 李小雄编写任务 2 和 7, 杨箐编写任务 5 和 9, 朱海编写任务 1, 张慧宁编写任务 3, 董新法编写任务 8。在编写过程中得到了西门子(中国)有限公司自动化与驱动集团的帮助和支持, 在此向他们表示衷心的感谢。

由于编者水平有限, 书中难免有不妥之处, 恳请广大读者不吝指正。

编 者

2010 年 1 月

目 录

项目 1 S7-200 PLC 应用系统设计与安装	1
---------------------------	---

任务 1 S7-200 PLC 系统规划及

设备选型

1.1 知识准备	1
1.1.1 PLC 概述	1
1.1.2 西门子 PLC 系列	7
1.1.3 S7-200PLC 的硬件组成	9
1.1.4 S7-200 的数据类型和寻址方式	15
1.1.5 S7-200 的编程语言和程序结构	20
1.2 任务描述	21
1.2.1 任务要求	21
1.2.2 任务实施	22
1.3 总结分析	22
1.4 训练任务	22

任务 2 STEP 7-Micro/WIN 编程

软件的应用

2.1 知识准备	24
2.1.1 编程软件的概述	24
2.1.2 编程软件的使用	26
2.2 任务描述	30
2.2.1 任务要求	30
2.2.2 任务实施	30
2.2.3 S7-200 仿真软件的使用	31
2.3 总结分析	31

任务 3 逻辑指令应用

3.1 知识准备	32
3.1.1 基本位逻辑指令	32
3.1.2 定时器和计数器指令	36
3.2 任务描述	39
3.2.1 任务要求	39
3.2.2 任务实施	39
3.2.3 任务调试	41
3.3 总结分析	42
3.4 训练任务	44

任务 4 数字指令应用

4.1 知识准备	46
4.1.1 使能输入与使能输出	46
4.1.2 数据传送指令	47
4.1.3 比较指令	47
4.1.4 移位与循环移位指令	48
4.1.5 转换指令	49
4.1.6 数学运算指令	49
4.1.7 程序控制指令	50
4.1.8 子程序的编写与调用	51
4.1.9 查表指令	52
4.2 任务描述	55
4.2.1 脉冲发生器	55
4.2.2 逻辑运算指令的应用	55
4.2.3 读写实时钟指令应用	56
4.3 总结分析	56
4.4 训练任务	56

任务 5 顺序控制系统设计

5.1 知识准备	57
5.1.1 顺序控制指令	57
5.1.2 顺序功能图的结构	58
5.1.3 顺序功能图的类型	58
5.2 任务描述	61
5.3 总结分析	63
5.4 训练任务	63

任务 6 控制系统程序设计与调试

6.1 知识准备	67
6.1.1 PLC 控制系统设计	67
6.1.2 PLC 控制系统硬件设计	68
6.1.3 PLC 的软件设计	69
6.1.4 系统调试	69
6.2 任务描述	70
6.3 训练任务	72
6.3.1 自动门控制装置	72
6.3.2 汽车自动清洗装置 PLC 控制	74

任务7 电动机的基本控制	75	9.1.1 置位与复位指令	140
7.1 知识准备	75	9.1.2 RS 与 SR 触发器指令	141
7.1.1 SIMATIC S7-300/400 系列 PLC 的系统构成	75	9.1.3 STEP 编程语言的程序结构	142
7.1.2 CPU 的操作模式	78	9.2 控制任务 多级传送带的控制	143
7.1.3 SIMATIC S7-300/400 系列 PLC 的工作过程	79	9.2.1 控制要求	144
7.1.4 S7-300/400 系列 PLC 的模块安装	80	9.2.2 任务分析	144
7.1.5 S7-300 数字量信号模块的系统默认地址	82	9.2.3 任务实施	145
7.1.6 STEP7 软件安装	83	9.2.4 方案调试	149
7.1.7 SIMATIC 管理器	90	9.3 总结分析	151
7.2 控制任务 三相交流异步电动机启停控制	93	9.4 训练任务一 抢答器的控制	152
7.2.1 控制要求	93	9.4.1 控制要求	152
7.2.2 任务分析	93	9.4.2 任务分析	152
7.2.3 任务实施	93	9.4.3 任务实施	152
7.2.4 方案调试	105	9.5 训练任务二 烟草薄片生产线的控制	155
7.3 总结分析	107	9.5.1 控制要求	155
7.3.1 PLC 系统的设计步骤	107	9.5.2 任务分析	155
7.3.2 PLC 设计项目的下载	107	9.5.3 任务实施	156
7.3.3 仿真 PLC 与实际 PLC 的区别	108	9.5.4 方案调试	165
7.4 训练任务	108	任务10 多台电动机的单按钮控制	170
任务8 人行横道的控制	110	10.1 知识准备	170
8.1 知识准备	110	10.1.1 计数器指令	170
8.1.1 指令基础	110	10.1.2 数据传送指令	173
8.1.2 触点与线圈	117	10.1.3 比较指令	174
8.1.3 基本逻辑指令	118	10.1.4 移位指令	177
8.1.4 边沿检测指令	120	10.2 控制任务 多台电动机的单按钮控制	179
8.1.5 定时器指令	123	10.2.1 控制要求	179
8.1.6 CPU 的时钟存储器 (Clock Memory)	131	10.2.2 任务分析	179
8.2 控制任务 人行横道控制	132	10.2.3 任务实施	179
8.2.1 控制要求	132	10.3 总结分析	183
8.2.2 任务分析	133	10.4 训练任务	184
8.2.3 任务实施	133	10.4.1 电动机的单按钮启/停控制	184
8.2.4 方案调试	137	10.4.2 信号灯的单按钮控制	185
8.3 总结分析	138	任务11 搅拌器的控制	186
8.4 训练任务	139	11.1 知识准备	186
任务9 多级传送带的控制	140	11.1.1 模拟量的处理	186
9.1 知识准备	140	11.1.2 数据装入和传输指令	195
		11.1.3 转换指令	198
		11.1.4 算术运算指令	202
		11.1.5 字逻辑运算指令	205
		11.2 控制任务 搅拌器系统的控制	206

11.2.1 控制要求	206	12.2.2 任务分析	243
11.2.2 任务分析	207	12.2.3 任务实施	244
11.2.3 任务实施	207	12.2.4 方案调试	247
11.3 总结分析	216	12.3 控制任务二 饮料灌装线控制	
11.4 训练任务一 精密滚柱直径筛选		系统设计	247
系统的控制	216	12.3.1 控制要求	247
11.4.1 控制要求	216	12.3.2 任务分析	248
11.4.2 任务分析	217	12.3.3 任务实施	249
11.4.3 任务实施	218	12.3.4 方案调试	251
11.4.4 方案调试	225	12.4 控制任务三 钻铣加工生产线控制	251
11.5 训练任务二 物品分选系统		12.4.1 控制要求	251
设计及调试	227	12.4.2 任务分析	252
任务 12 顺序控制系统设计	228	12.4.3 任务实施	252
12.1 知识准备	228	12.4.4 方案调试	258
12.1.1 顺序控制系统	228	12.5 总结分析	260
12.1.2 顺序功能图的结构	229	12.6 训练任务	260
12.1.3 顺序功能图的梯形图编程方法	231	12.6.1 孔加工控制系统设计	260
12.1.4 S7 GRAPH 语言	234	12.6.2 机械手的控制设计	261
12.2 控制任务一 洗车控制系统设计	243	参考文献	262
12.2.1 控制要求	243		

项目1 S7-200 PLC 应用系统设计与安装

任务1 S7-200 PLC 系统规划及设备选型

【学习目标】

通过本项目的学习与训练，使学生学会以下知识。

- 了解 PLC 的产生、发展、定义和特点，知道西门子 PLC 的几种系列产品，知道 PLC 控制系统与继电器控制系统的区别。
- 理解 PLC 的工作原理，熟悉 S7-200 PLC 的各种模块的功能，以及对 S7-200 PLC 进行系统规划及设备选型的方法。
- 能从书籍、网络获取 S7-200 PLC 硬件的手册和相关资料，能选取 S7-200 PLC 的各种模块，独立进行 S7-200 PLC 的硬件组态。

1.1 知识准备

PLC (Programmable Logic Controller, 可编程控制器) 是以微处理器为基础的通用工业控制装置，它综合了现代计算机技术、自动控制技术和通信技术，具有功能强大、使用方便、可靠性高、通用灵活和易于扩充等优点，特别适于在恶劣的工业环境中使用，是为了顺应现代社会对制造业生产出小批量、多品种、多规格、低成本和高质量的要求而出现的。在交通、冶金、化工、制造、建筑、造纸、食品等行业得到了广泛应用。目前，可编程控制器已成为现代工业自动化技术的三大支柱之一。

1.1.1 PLC 概述

1.1.1.1 PLC 的产生与定义

20 世纪 60 年代，在世界性技术改造浪潮的冲击下，要求寻找一种比继电器更可靠、功能更齐全、响应速度更快的新型工业控制器。1968 年，美国通用汽车公司提出了新一代控制器应具备的十项指标，设想把计算机功能完备、灵活、通用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。1969 年，美国数字设备公司 (DEC 公司) 研制出第一台 PLC，从此，这项新技术就迅速发展起来。

进入 20 世纪 80 年代，随着微电子技术的迅猛发展，PLC 在设计、性能价格比以及应用方面都有了新的突破，不仅控制功能增强，功耗和体积减小，可靠性提高，成本降低，编程灵活方便，具有远程 I/O、通信网络、数据处理以及图像显示功能，使 PLC 普遍用于控制复杂的连续生产过程，成为现代工业自动化技术的主要支柱之一。

1987 年国际电工委员会 (IEC) 对可编程控制器作如下定义：“可编程控制器是一种数字

运算操作的电子系统,专为在工业环境下应用而设计。它采用了可程序的存储器,用来在其内部存储执行逻辑运算、顺序控制、定时、计数和算术运算等面向用户的指令,并通过数字式和模拟式的输入和输出,控制各种类型的机械或生产过程。可编程控制器及其有关外围设备,都按易于与工业系统联成一个整体、易于扩充其功能的原则设计。”

从上述定义可以看出,PLC 是一种用程序来改变控制功能的工业控制计算机,不但可以完成各种各样的控制功能,还可以实现与计算机通信联网的功能。但是 PLC 产品并不针对某一具体工业应用,实际应用时,其硬件结构根据实际需要进行配置,其软件根据控制要求进行设计编程。

本书以西门子公司 PLC 为主要讲述对象。西门子公司 PLC 具有极高的可靠性、丰富的扩展功能和强大的通信能力,指令丰富,功能强,易于掌握,操作方便,以极高的性能价格比,在国内市场占有极大的市场份额,在我国的各行各业得到了广泛的应用。

西门子公司 PLC 产品是 SIMATIC M7、C7 和 S7 三个系列。M7 系列 PLC 是嵌入式、高档机,目前国内引入的比较少;C7 系列 PLC 往往在一个单元中集成一个 PLC 和一个控制操作面板(OP),使控制系统最小,工程造价最经济;S7 系列 PLC 又分为 S7-200、S7-300 和 S7-400 几个子系列,分别为小型、中型和大型 PLC。

1.1.1.2 PLC 的特点与应用领域

(1) PLC 的特点

PLC 之所以应用广泛,是因为具有以下特点。

① 可靠性高,抗干扰能力强 传统的继电器控制系统中,使用了大量的中间继电器和时间继电器等硬件,由于接触不良、电弧、器件老化等现象,大大降低了系统的可靠性。而 PLC 控制系统中,用软件替代了中间继电器和时间继电器,使故障大为减少。

另外,PLC 在软件和硬件方面采取了强有力的措施,来提高其可靠性。软件方面,PLC 具有良好的自诊断功能,一旦电源或其他软、硬件出现异常现象,CPU 立即采取有效措施,以防止故障扩大。硬件方面,对所有的 I/O 接口电路均采用光电隔离,实现现场外电路与 PLC 内部电路的电气隔离;各模块采用屏蔽措施,防止辐射干扰;输入电路采用多种形式的滤波,以消除或抑制高频干扰。

② 编程方法简单易学 大多数 PLC 梯形图编程方式,既继承了传统控制线路的清晰直观,又考虑到大多数电气技术人员的读图习惯和微机应用水平,易于接受,因此受到普遍欢迎。这种面向生产的编程方式与目前微机控制生产对象中常用的汇编语言相比,更容易被操作人员所接受。为了进一步简化编程,PLC 还开发了步进梯形指令、顺序功能图及功能指令等。

③ 丰富的 I/O 接口模块 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、弱电或强电等信号,都能选择到相应的 I/O 模块与之匹配。对于工业现场的器件或设备,如按钮、限位开关、接近开关、传感器、控制阀等设备,都能选择到相应的 I/O 模块与之相连接。此外还有多种人机对话的接口模块和通信联网的接口模块。

④ 系统的设计、调试周期短 由于 PLC 是采用软件编程来达到控制功能,而不同于继电器控制采用硬接线来达到控制功能,因此,减少了系统的设计及施工工作量。同时,又能事先进行模拟调试,减少了现场的工作量。并且,PLC 监视功能很强,功能模块化大大减少了维修量。

⑤ 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安装和运行。使用时只需将现场的各种设备与 PLC 相应的 I/O 端相连,就可以投入运行。当 PLC、输入装置和执行机构发生故障时,可以根据 PLC 各模块上的运行和故障显示、编程软件提供的信息,方便地查出故障的原因,用户可以通过更换模块的方法,使系统迅速恢复正常运行。

⑥ 体积小、重量轻,是“机电一体化”特有的产品 PLC 结构紧密、坚固、体积小巧,并具备很强的抗干扰能力,使之易于装入机械设备内部,成为实现“机电一体化”较理想的控制设备。

(2) PLC 的应用领域

随着 PLC 的成本下降和功能大大增强,应用面也日益增大。目前,PLC 已广泛应用于钢铁、采矿、水泥、石油、化工、电力、机械制造、汽车、装卸、造纸、纺织、环保、娱乐等各行各业。PLC 的应用范围可分为以下几个方面。

① 逻辑顺序控制 PLC 用“与”、“或”、“非”等逻辑控制指令实现触点和电路的串、并联,取代传统继电器进行组合逻辑控制、顺序控制和定时控制。PLC 应用于单机控制、多机群控制、生产自动线控制。例如注塑机、印刷机械、订书机械、切纸机械、组合机床、磨床、装配生产线、包装生产线、电镀流水线及电梯控制等。

② 运动控制 PLC 使用运动控制模块,对直线运动或圆周运动的位置、速度和加速度进行控制,实现单轴或多轴位置控制,使运动控制与顺序控制有机地结合起来。PLC 的运动控制功能广泛地应用于各种机械,如机床、电梯和机器人等。

③ 过程控制 PLC 通过模拟量 I/O 模块,实现模拟量和数字量之间的 A/D 转换和 D/A 转换,并对模拟量实行闭环 PID (Proportional-Integral-Derivative) 控制,达到对温度、压力、速度和流量等连续变化的模拟量的闭环过程控制。

④ 数据处理 现代的 PLC 具有数学运算、数据处理、数据转换、排序和查表、位操作等功能,可以完成数据的采集、分析和处理。

⑤ 通信联网 为了适应工厂自动化 (FA) 系统发展的需要,PLC 具有 PLC 之间、PLC 和上位计算机之间、PLC 与远程 I/O 之间、PLC 与其他智能控制设备 (变频器、数控装置) 之间的通信功能。

1.1.1.3 PLC 的基本结构和工作原理

(1) PLC 的基本结构

PLC 由中央处理单元 (CPU)、存储器、输入单元、输出单元、通信单元、电源、扩展单元有机结合而成,如图 1-1 所示。根据结构形式不同,可以分为整体式和模块式两类。

整体式 PLC 又称为单元式或箱体式,体积小、价格低,结构紧凑,一般小型 PLC 采用整体式,如 S7-200。整体式 PLC 将 CPU 模块、I/O 模块和电源装在一个箱体内构成主机。需要时还提供许多数字量、模拟量 I/O 扩展模块供用户选用,另外配备许多专用的特殊功能模块,使 PLC 的功能得到扩展。

模块式 PLC 又称为组合式,由机架和模块组成,配置灵活,中、大型 PLC 常采用模块式,如 S7-300 和 S7-400。模块式 PLC 将组成 PLC 的多个单元分别做成相应的模块,各单独模块可以灵活安插在机架上,通过总线相互联系,进行广泛组合和扩展。

① CPU 模块 CPU (Central Process Unit) 模块是 PLC 的核心部分,主要由微处理器 (CPU 芯片) 和存储器组成。CPU 模块在 PLC 系统中的作用类似于人的大脑和心脏,其主要任务是:接收输入的用户程序和数据,送入存储器存储;采集现场的输入信号,存入相应的数据区;监控和诊断电源、电路的工作状态和用户程序中的语法错误;执行用户程序,从存储器逐条读取用户指令并完成其功能;根据数据处理的结果刷新系统的输出。PLC 中所采用的 CPU 芯片随机型不同而异,芯片的性能决定了 PLC 处理信号的能力和速度。

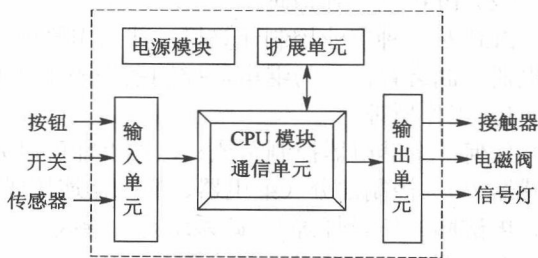


图 1-1 PLC 系统的基本结构

存储器主要用来存储程序和数据。分为系统程序存储器、用户程序存储器和系统 RAM 存储区。系统程序存储器用来存放系统管理程序、用户指令解释程序和标准程序模块与系统调用程序,是由生产厂家编写并固化在 ROM 内,用户不能直接更改;用户程序存储器用来存放用户根据控制任务编写的控制程序,可以是 RAM、EPROM 或 E²PROM 存储器,其内容可以由用户任意修改或删减;系统 RAM 存储区包括 I/O 映像区和系统软设备存储区,如逻辑线圈、定时器、计数器、数据寄存器、累加器等。

② 电源模块 电源模块将输入交流电源转换为 CPU、存储器和 I/O 模块等所需要的 DC 5V 工作电源,是整个 PLC 的能源供给中心,直接影响到 PLC 的功能和可靠性。电源模块还向外部提供 DC 24V 稳压电源,用于传感器和其他模块的供电。

③ 信号模块 信号模块是 PLC 与工业现场连接的接口。有输入 (Input) 模块和输出 (Output) 模块,简称为 I/O 模块,其中开关量输入/输出模块称为 DI 模块和 DO 模块,模拟量输入/输出模块称为 AI 模块和 AO 模块。输入模块用来接收和采集现场的输入信号,输出模块用来控制输出负载,同时它们还有电平转换和隔离作用,使不同的过程信号电平和 PLC 内部的信号电平相匹配。

开关量输入模块用来接收从按钮、数字开关、接近开关、限位开关、各种继电器等来的开关量输入信号,模拟量输入模块用来接收从电位器、测速发电机和各种变送器提供的连续变化的模拟量电压和电流信号。

开关量输出模块用来控制接触器、电磁阀、电磁铁、指示灯、显示和报警装置等输出设备,模拟量输出模块用来控制变频器、电动调节阀等执行器。

④ 功能模块 功能模块主要用于对实时性和存储容量要求高的控制任务,如计数器模块、电动机定位模块、闭环控制模块等。

⑤ 通信处理模块 通信处理模块用于 PLC 之间、PLC 与计算机和其他智能设备之间的通信,可以将 PLC 接入 PROFIBUS-DP、As-i 和工业以太网,或用于实现点对点连接等。

⑥ 编程设备 编程设备包括编程器和编程软件两类。使用编程器可以进行程序的编制、编辑、调试和监控。简易型编程器只能联机编程,并且需要把梯形图转换成指令表才能输入。智能型编程器可以联机也可以脱机编程,可以直接输入梯形图和通过屏幕对话。

使用编程软件可以在计算机屏幕上直接生成和编辑用户程序,并且可以实现不同编程语言之间的相互转换。程序被编译后下载到 PLC,也可以将 PLC 中的程序上传到计算机。

S7-200 常用的编程软件为 STEP 7-Micro/WIN, S7-300 常用的编程软件为 STEP 7。

(2) PLC 的工作原理

PLC 是一种工业控制计算机,其工作原理却与计算机有所不同。最初是为了替代传统的继电器控制装置,但与继电器控制系统的工作原理也有很大区别。

1) 工作原理

任何一个继电器控制系统从功能上都可以分为三个部分:输入部分(来自按钮、开关、传感器等)、控制部分(继电器、接触器连接成的控制电路)、输出部分(被控对象,如电动机、电磁阀、信号灯等)。此系统是由导线硬连接起来实现控制程序的,称为硬程序。

PLC 控制系统也分为三个部分:输入部分、控制部分和输出部分,见图 1-2。输入部分的作用是将现场输入信号送入 PLC,再变成 CPU 能够接收的信号存入输入映像寄存器等待 CPU 输入采样,然后进入控制部分进行运算;输出部分的作用是将 PLC 的输出信号转存到输出映像寄存器等待输出刷新,才能驱动被控对象;与继电器控制系统不同的关键是控制部分。内部控制电路是由用户程序形成的,是按照程序规定的逻辑关系,对输入、输出信号的状态进行计算、处理和判断,然后得到相应的输出。PLC 在执行用户程序时,根据程序从首地址开始按自上而下、从左到右逐行扫描执行,并分别从输入映像寄存器、输出映像寄存器

中读出有关元件的状态, 根据指令执行相应的逻辑运算, 运算的结果写入对应的元件映像寄存器中保存, 同时输出状态写入对应的输出映像寄存器中保存。

用户程序用触点和线圈实现逻辑运算, 如图 1-3 所示, 其逻辑关系如表 1-1 所示。

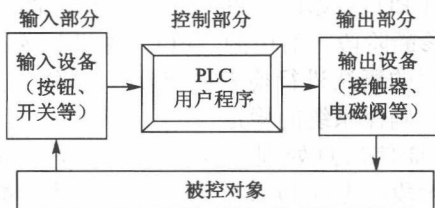


图 1-2 PLC 的控制系统图

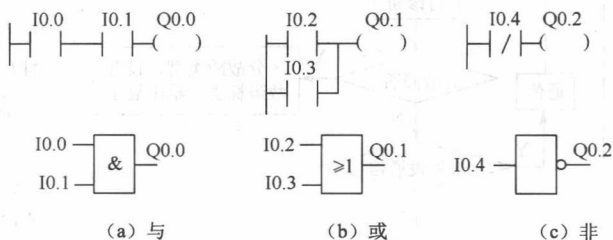


图 1-3 基本逻辑电路

2) 工作方式

PLC 的工作方式是从 0000 号存储地址所存放的第一条用户程序开始, 在无中断或跳转的情况下, 按存储地址号递增的方向顺序逐条执行用户程序, 直到 END 指令结束。然后再从头执行, 并周而复始地重复, 直到停机或从运行 (RUN) 切换为停止 (STOP) 工作状态。这种执行程序的工作方式称为周期循环扫描工作方式。扫描过程见图 1-4。

表 1-1 逻辑运算关系表

与			或			非	
Q0.0=I0.0*I0.1			Q0.1=I0.2+I0.3			Q0.2=I0.4	
I0.0	I0.1	Q0.0	I0.2	I0.3	Q0.1	I0.4	Q0.2
0	0	0	0	0	0	0	1
0	1	0	0	1	1	1	0
1	0	0	1	0	1		
1	1	1	1	1	1		

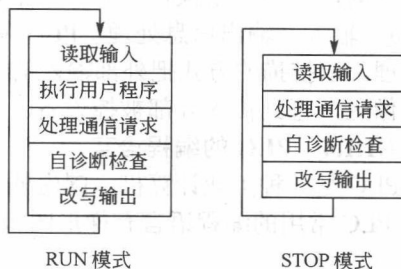


图 1-4 扫描过程

3) PLC 的操作模式

PLC 有两种工作状态, 即运行 (RUN) 状态和停止 (STOP) 状态。运行状态是执行程序的状态, 停止状态一般用于程序的编制和修改, 不执行用户程序。显然两个不同的工作状态中要完成的扫描任务是不同的。

RUN 模式执行用户程序, “RUN” LED 亮。CPU 模块上的模式开关在 RUN 位置时, 上电自动进入 RUN 模式。

PC-PLC 之间建立起通信连接后, 若模式开关在 RUN 或 TERM 位置, 可用编程软件中的命令改变 CPU 的工作模式。

PLC 在 RUN 工作状态时, 每扫描一次程序所需要的时间为扫描周期, 一般为 100ms。指令执行所需要的时间与用户程序的长短、指令的种类和 CPU 执行速度有很大关系, PLC 厂家会给出执行每条基本逻辑指令所需要的时间。

STOP 模式不执行用户程序, 可将用户程序和硬件设置信息下载到 PLC。TERM (终端) 模式与通信有关。

4) 工作过程

图 1-5 所示为 PLC 的工作过程图。PLC 上电或从 STOP 状态切换到 RUN 状态后, 在系统程序的监控下, 周而复始地按一定的顺序对系统内部的各种任务进行查询、判断和执行,

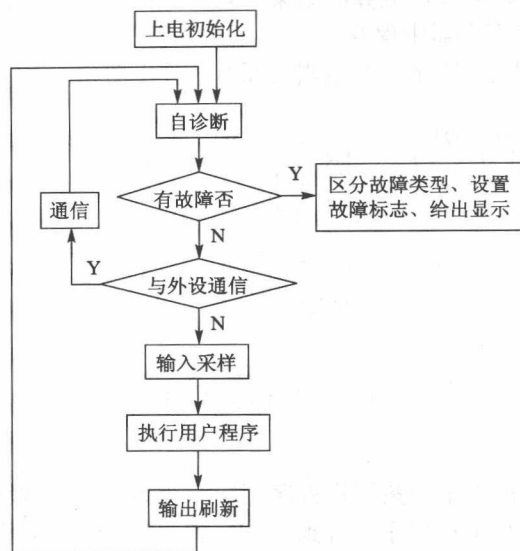


图 1-5 PLC 的工作过程

扫描处理的，扫描一条执行一条，并把运算处理结果存入输出映像区对应的位中。

⑥ 输入、输出信息处理 PLC 在运行状态下，每一个扫描周期都要进行输入、输出信息处理。以扫描的方式把外部输入信号的状态存入输入映像区；将运算处理后的结果存入输出映像区，直到传入外部被控设备。

1.1.1.4 PLC 的编程语言

PLC 是一种工业计算机，国内外不同厂家，甚至不同型号的 PLC 都有自己的编程语言。目前 PLC 常用的编程语言有梯形图编程语言、指令（语句）表编程语言、顺序功能图编程语言等。

（1）梯形图

梯形图编程语言简称梯形图。梯形图与继电器控制电路图很相似，很容易被工厂熟悉继电器控制的电气人员掌握，特别适合数字量逻辑控制系统，是在电气控制系统中常用的继电器、接触器逻辑控制基础上简化了符号演变而来的，是用程序来代替继电器硬件逻辑连接。

梯形图由触点、线圈或指令框组成。触点代表逻辑输入条件，如外部的开关、按钮、传感器和内部条件等输入信号。线圈代表逻辑运算的结果，常用来控制外部的输出信号（如指示灯、交流接触器和电磁阀等）和内部的标志位等。指令框用来表示定时器、计数器和数学运算等功能指令。

梯形图左、右的垂直线称为左、右母线，梯形图从左母线开始，经过触点和线圈，终止于右母线。可以把左母线看作是提供能量的母线。触点闭合可以使能量流过到下一个元件；触点断开将阻止能量流过，这种能量流称为能流。实际上，梯形图是 CPU 效仿继电器控制电路图，使来自“电源”的“电流”通过一系列的逻辑控制元件，根据运算结果决定逻辑输出的模拟过程。

梯形图中，每个输出元素可以构成一个梯级，每个梯级由一个或多个支路组成，但右边的元件只能是输出元件且只能有一个。每个梯形图由一个或多个梯级组成。

梯形图编程语言形象、直观、实用，逻辑关系明确，是使用最多的 PLC 编程语言。

虽然 PLC 的梯形图与继电器控制电路图很相似，但是两种控制系统却有本质的区别，主要表现在以下几点。

这个过程就是按顺序循环扫描的过程。

① 初始化 PLC 上电后首先进行系统初始化，清除内部继电器区，复位定时器等。

② CPU 自诊断 在每个扫描周期都要进入自诊断阶段，对电源、PLC 内部电路、用户程序的语法进行检查；定期复位监控定时器等，确保系统的稳定。

③ 通信信息处理 在每个通信信息处理扫描阶段，进行 PLC 之间、PLC 与计算机之间的信息交换。

④ 与外部设备交换信息 PLC 与外部设备连接时，在每个扫描周期都要与外部设备交换信息。这些外部设备有编程器、终端设备、彩色显示器和打印机等。

⑤ 执行用户程序 PLC 在运行状态下，每一个扫描周期都要执行用户程序。在执行用户程序时，是以扫描的方式按顺序逐句扫

① 组成器件不同 继电器控制系统是由许多硬件继电器组成的，而梯形图是由许多所谓的“软继电器”组成。这些“软继电器”实质上是存储器的触发器，“软继电器”的“通”和“断”状态也就是触发器的置“0”或置“1”状态，因此不存在电弧、磨损和接触不良等故障。

② 触点数量不同 硬继电器的触点数量是有限的，而梯形图中的“软继电器”触点的通断是由对应的触发器的状态决定的，所以每只“软继电器”供编程使用的触点数是无限制的。

③ 控制方法不同 在继电器控制系统中，实现各种逻辑控制关系和联锁关系是通过硬接线来解决的。而 PLC 是通过梯形图即软件编程解决的。

④ 工作方式不同 继电器控制系统采用硬逻辑并行运行的方式，如果某个继电器的线圈通电或断电，该继电器的所有触点都会立即同时动作，无论该触点在控制系统的哪个位置，也无论是常开触点还是常闭触点。PLC 的 CPU 则采用顺序逻辑扫描用户程序的运行方式，如果一个输出线圈和逻辑线圈被接通或断开，该线圈的所有触点不会立即动作，必须等扫描到该触点时才会动作。

(2) 指令表

指令表编程语言又称为语句表编程语言，是用一系列操作指令（即指令助记符）组成的指令表将控制流程描述出来，不同 PLC 厂家指令表所使用的指令助记符并不相同。

指令表是由若干条指令组成的程序，指令是程序的最小独立单元。每个操作功能由一条或几条指令来执行。PLC 的指令表达形式与计算机的指令表达形式很相似，也是由操作码和操作数两部分组成。操作码用指令助记符表示，用来说明要执行的功能，告诉 CPU 应该进行什么操作。如与、或、非等逻辑运算；加、减、乘、除等算术运算；计时、计数、移位等控制功能。操作数一般由标识符和参数组成。标识符表示操作数的类别，如表明输入继电器、输出继电器、定时器、计数器、数据寄存器等。参数表明操作数的地址或一个预先设定值。

(3) 顺序功能图

用梯形图或指令表对一个复杂的控制系统编程，尤其是顺序控制程序，由于内部的联锁、互动关系极其复杂，其梯形图往往数百行，如果在梯形图上不加注释，则梯形图的可读性将会大大降低。

顺序功能图常用来编制复杂的顺序控制类程序，这种程序也为调试、试运行带来许多方便。它包含步、动作和转换三个要素。先把一个复杂的控制过程分解为一些小的工作状态，即划分为若干个顺序出现的步，步中包含控制输出的动作，根据一步到另一步的转换条件，再依照一定的顺序控制要求连接成整体的控制程序。

顺序功能图所表达的顺序控制过程非常清晰，用于编程和故障诊断更为有效，使 PLC 程序的结构更加易懂，特别适合于生产制造过程。

1.1.2 西门子 PLC 系列

德国西门子公司的 PLC 在国际和国内具有较高的市场占有率，其主要产品有 S5、S7、C7、M7 及 WinAC 等几个系列。其中，S7 系列 PLC 于 1994 年面世，是目前 PLC 市场的主流产品，分为 SIMATIC S7-200、SIMATIC S7-300 和 SIMATIC S7-400 几个子系列。

(1) SIMATIC S7-200 系列 PLC

SIMATIC S7-200 系列 PLC 是针对简单控制系统而设计的小型 PLC，采用集成式、紧凑型结构，一般适用于 I/O 点数为 100 点左右的单机设备或小型应用系统。S7-200CN 是在 SIMATIC S7-200 的优良品质和卓越性能基础上专为中国用户而开发的本土化产品，具有与 SIMATIC S7-200 相同的功能及技术指标。典型 SIMATIC S7-200 系列 PLC 如图 1-6 所示。

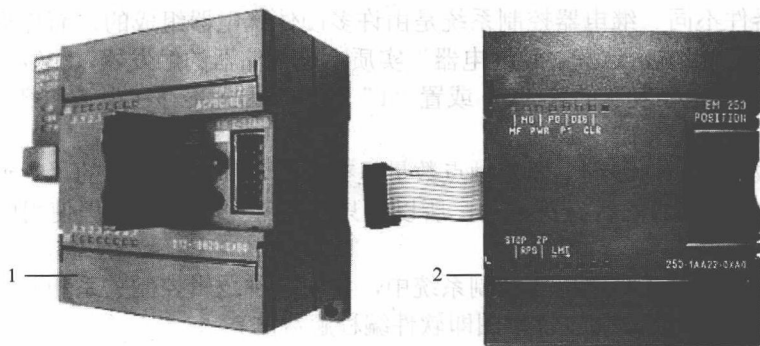


图 1-6 典型 SIMATIC S7-200 系列 PLC

1—基本模块；2—扩展模块

SIMATIC S7-200 系列 PLC 的编程软件为 STEP7-Micro/WIN，截止到 2008 年 2 月，其最新版本为 STEP7-Micro/WIN V4.0 SP6。STEP7-Micro/WIN 从 V4.0 SP6 版本开始支持 Vista 系统，从 V3.2 开始即为多语言版本，可以通过 Option 直接选择中文界面。

(2) SIMATIC S7-300 系列 PLC

SIMATIC S7-300 PLC 是针对中小型控制系统而设计的中型 PLC，采用模块化、无风扇结构，一般适用于 I/O 点数为 1000 点左右的集中或分布式的中小型控制系统。典型 SIMATIC S7-300 系列 PLC 系统如图 1-7 所示。

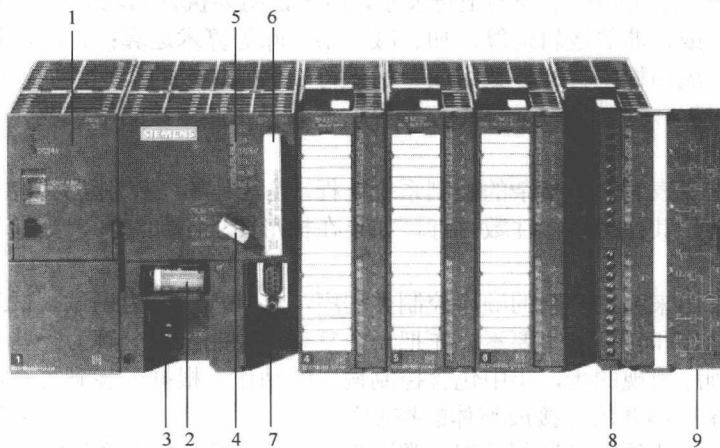


图 1-7 典型 SIMATIC S7-300 系列 PLC

1—负载电源（选项）；2—后备电池（CPU 313 以上）；3—24V DC 连接；4—模式开关；

5—状态和故障指示灯；6—存储器卡（CPU 313 以上）；7—MPI 多点接口；8—前连接器；9—前门

(3) SIMATIC S7-400 系列 PLC

SIMATIC S7-400 PLC 是针对大中型控制系统而设计的大型 PLC，采用模块化、无风扇结构，一般适用于 I/O 点数为 10000 点左右的自动化控制系统。SIMATIC S7-400 系列还包括 H（冗余）系统和 F（故障安全）系统，如 S7-400H、S7-400F 等。典型 SIMATIC S7-400 系列 PLC 系统如图 1-8 所示。

SIMATIC S7-300/400 系列 PLC 的编程软件为 STEP7，其中文版本有 STEP7 V5.4 SP3，英文版（多语言版）本有 STEP7 V5.4 SP4 及 STEP7 2006 Professional SR4。从 STEP7 V5.4 SP3 开始提供了对 Vista 系统的支持。

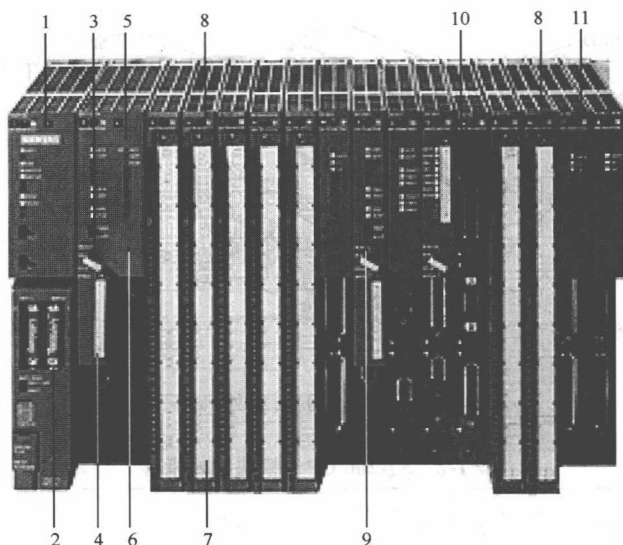


图 1-8 典型 SIMATIC S7-400 系列 PLC

- 1—电源模块；2—后备电池；3—模式开关（钥匙操作）；4—存储器卡（MMC）；
5—状态和故障 LED；6—CPU 模块 1；7—有选项卡区的前连接器；
8—信号模块；9—CPU 模块 2；10—IM 接口模块；11—通信处理器

1.1.3 S7-200PLC 的硬件组成

S7-200 系列为小型一体化 PLC，既适用于代替传统继电器控制的简单控制场合，又适用于复杂的自动检测、监测及控制系统，无论在独立运行的控制系统中，还是组成网络控制系统，都能实现复杂的控制功能。它具有丰富的指令系统，可以用梯形图、语句表和功能块图三种编程语言，最大可以扩展到 248 点数字量 I/O 或者 35 路模拟量 I/O，最多有 30 多种 KB 程序和数据存取空间。

S7-200 系列 PLC 为整体式结构，将 CPU 模块、I/O 模块和电源装在一个箱壳内，另外配备许多特殊功能模块，如模拟量输入/输出模块、数字量输入/输出模块、热电偶模块和通信模块等，使 PLC 的功能得到扩展。

1.1.3.1 CPU 模块

S7-200 的 CPU 第一代产品为 CPU21X 型，包括 CPU212、CPU214、CPU215 和 CPU216，其中每种都可以进行扩展，如今第一代产品已经停止生产。第二代产品为 CPU22X 型，分别为 CPU221、CPU222、CPU224、CPU224XP、CPU226、CPU226XM。图 1-9 为 CPU22X 型的外形图，其技术指标见表 1-2 所示。

CPU221 无扩展功能，适于作小点数的微型控制器。CPU222 有扩展功能，CPU224 具有较强的控制功能。新型 CPU224XP 集成有 2 路模拟量输入、1 路模拟量输出，有两个 RS-484 通信接口，有 PID 自整定功能，增强了 S7-200 在运动控制、过程控制、位置控制、数据监视、采集和通信方面的功能。CPU226 和 CPU226XM 适用于复杂的中小型控制系统，可扩展到 248 点数字量和 35 路模拟量，有两个 RS-484 通信接口。

S7-200 CPU 的指令功能强，采用主程序、最多 8 级子程序和中断程序的程序结构，用户可以使用 1~255ms 的定时器中断，监视定时器（看门狗）的定时时间为 300ms。

S7-200 CPU 主机提供的数字量 I/O 映像区区域为：128 个输入映像寄存器（I0.0~I15.7）和 128 个输出映像寄存器（Q0.0~Q15.7），最大 I/O 配置不能超过此区域。