



高职高专“十一五”规划教材

机械电子类

可编程控制器 应用技术（西门子）

程龙泉 主编



冶金工业出版社
www.cnmp.com.cn

高职高专“十一五”规划教材·机械电子类

可编程控制器应用技术 (西门子)

主 编 程龙泉
副主编 满海波 王文杰
主 审 许志军

北 京
冶金工业出版社
2009

内 容 简 介

本书以目前国内应用范围最广、市场占有率最高的西门子 S7-300/400 大中型 PLC 为参考机型,系统地阐述了西门子 S7-300/400 PLC 的组成、特点、工作原理及性能指标;S7-300/400 PLC 的硬件系统、模板特性及硬件组态;编程软件 STEP 7 的使用方法、STEP 7 指令系统及程序结构;PLC 控制系统的设计方法、典型应用设计案例。还介绍了基于 S7-300/400 PLC 通信网络的相关知识,并结合 STEP 7 详细介绍了工业以太网、MPI 多点接口通信网络、PROFIBUS DP 总线网络的组态及通信程序的编写方法。

本书介绍了基于 STEP 7 编程软件和 PLCSIM 仿真软件的学习和程序调试方法,通过这种方法,即使没有 PLC 也可以较快地掌握 S7-300/400 的使用方法。

本书结合作者多年的教学经验,根据当前高职学生的特点,以“必须”、“够用”为原则,培养技能为核心,理论联系实际,注重使用、强调实践。

本书可作为高职院校电气自动化技术、机电一体化技术及相关专业学生的教学用书,也可作为成人教育、函授培训的教材,还可作为工厂企业从事 PLC 设计开发及现场维护的工程技术人员参考资料。

图书在版编目(CIP)数据

可编程控制器应用技术. 西门子/程龙泉主编. —北京:冶金工业出版社, 2009.2

ISBN 978-7-5024-4863-9

I. 可… II. 程… III. 可编程序控制器 IV. TP332.3

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2009)第 014904 号

出 版 人 曹胜利

地 址 北京北河沿大街嵩祝院北巷 39 号, 邮编 100009

电 话 (010)64027926 电子信箱 postmaster@cnmip.com.cn

责任编辑 刘 源

ISBN 978-7-5024-4863-9

北京天正元印务有限公司印刷;冶金工业出版社发行;各地新华书店经销

2009 年 2 月第 1 版, 2009 年 2 月第 1 次印刷

787mm×1092mm 1/16; 16.75 印张; 395 千字; 260 页; 1-3000 册

29.00 元

(本书如有印装质量问题, 本社发行部负责退换)

前 言

高等职业教育作为高等教育发展中的一个类型,肩负着培养面向生产、建设、服务和管理第一线需要的高素质技能型人才的使命,在我国加快推进社会主义现代化建设进程中具有不可替代的作用。在高等职业教育事业的发展中,教材建设工作是一个极其重要的基础性工作。但在目前的高职高专使用的教材中,符合高职高专教育特色的教材仍严重不足,普遍存在内容偏多、理论偏深、实践性内容严重不足等问题。改变上述问题,是编写本教材的宗旨。

可编程序控制器(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通用工业自动控制装置。目前,以西门子 S7-300/400 大中型 PLC 为代表的 PLC 在我国工业控制领域得到了广泛的应用。

本书在编写过程中,坚持科学性、实用性、综合性和新颖性的原则,从高职教育的特点出发,结合本课程的实际工作技能要求,注重理论联系实际,理论知识的深度以必须、够用为度,突出应用能力的培养,力求通俗易懂、深入浅出。在内容选取上,注重理论简化,列举了大量的应用实例。

本书是编者在多年从事可编程序控制技术的教学、培训及科研基础上编写的,知识内容、应用技能针对性较强,可作为高职院校电气自动化技术、机电一体化技术及相关专业学生的教学用书,也可作为成人教育、函授培训的教材,还可作为工厂企业从事 PLC 设计开发及现场维护的工程技术人员参考资料。

本书的突出特色是:选取了当前在我国工业控制领域应用最广、最具代表性的产品作为参考机型,编写了 PLC 控制系统典型应用设计指导,使读者不仅能掌握 PLC 的理论知识,而且还能完成实际的控制任务。本书介绍了基于 STEP 7 编程软件和 PLCSIM 仿真软件的学习、程序调试及实验方法,通过这种方法可以较快地掌握 STEP 7 对 S7-300/400 的硬件和通信网络进行组态和设置参数的方法,用 PLCSIM 在计算机上可以模拟运行和监控 PLC 的用户程序,使读者在没有 PLC 的情况下也可以较快地掌握 S7-300/400 的使用方法。

全书共 7 章,总课时为 80 学时,各院校可根据实际情况选取内容组织教学。

本书由程龙泉任主编,满海波、王文杰任副主编,宋立中、王琼芳、陈虎、张敬参加编写。全书由许志军主审。

由于编者水平所限,书中如有不足之处敬请使用本书的师生与读者批评指正,以便修订时改进。如读者在使用本书的过程中有其他意见或建议,恳请向编者(bjzhangxf@126.com)踊跃提出宝贵意见。

编 者

目 录

第 1 章 PLC 概述	1	2.2.1 S7-400 系列 PLC 简介	24
1.1 PLC 的发展过程、基本功能及分类	1	2.2.2 S7-400 的模块地址分配	25
1.1.1 PLC 的发展过程	1	2.2.3 S7-400 的 CPU 模块	25
1.1.2 PLC 的基本功能	2	2.2.4 S7-400 的数字量模块	27
1.1.3 PLC 的分类	3	2.2.5 S7-400 的模拟量模块	28
1.2 PLC 的特点及性能指标	4	2.2.6 S7-400 的电源模块	31
1.2.1 PLC 的特点	4	2.2.7 S7-400 的接口模块	33
1.2.2 PLC 的性能指标	5	习题	37
1.3 PLC 的结构及工作过程	5	第 3 章 STEP 7 指令系统及应用	38
1.3.1 PLC 的基本结构	6	3.1 PLC 编程基础	38
1.3.2 PLC 的工作过程	7	3.1.1 数据类型及寻址方式	38
1.4 PLC 的编程语言	9	3.1.2 S7-300/400 CPU 的存储区	41
1.4.1 梯形图语言	10	3.1.3 PLC 编程的基本原则	44
1.4.2 指令表语言	10	3.2 位逻辑指令及应用	44
1.4.3 功能块图语言	10	3.2.1 位逻辑指令	45
1.5 PLC 与其他工业控制装置的比较	10	3.2.2 位逻辑指令的应用	53
1.5.1 PLC 与继电器控制系统		3.3 定时器指令及应用	57
的比较	10	3.3.1 定时器指令	57
1.5.2 PLC 与集散控制系统的		3.3.2 定时器指令的应用	69
比较	10	3.4 计数器指令及应用	74
1.5.3 PLC 与工业控制计算机		3.4.1 计数器指令	74
的比较	11	3.4.2 计数器指令的应用	78
习题	11	3.5 传送指令及应用	79
第 2 章 S7-300/400 PLC 的硬件系统	13	3.5.1 传送指令	79
2.1 S7-300 PLC 的硬件系统	13	3.5.2 传送指令的应用	80
2.1.1 S7-300 系列 PLC 简介	13	3.6 比较指令及应用	81
2.1.2 S7-300 的模块地址分配	16	3.6.1 比较指令	81
2.1.3 S7-300 的 CPU 模块	18	3.6.2 比较指令的应用	84
2.1.4 S7-300 的数字量模块	20	3.7 数学运算指令及应用	86
2.1.5 S7-300 的模拟量模块	22	3.7.1 数学运算指令	86
2.1.6 S7-300 的电源模块	23	3.7.2 数学运算指令的应用	89
2.1.7 S7-300 的接口模块	24	3.8 转换指令、字逻辑指令及应用	91
2.2 S7-400 PLC 的硬件系统	24	3.8.1 转换指令	91

3.8.2 字逻辑指令	96	4.4.8 逻辑块的结构及编程	149
3.8.3 字逻辑指令的应用	97	4.4.9 程序的下载与上载	160
3.9 移位、循环指令及应用	98	4.5 程序调试	165
3.9.1 移位、循环指令	98	4.5.1 用变量表调试程序	165
3.9.2 移位指令的应用	101	4.5.2 用程序状态功能调试程序	168
3.10 主控、跳转指令及应用	103	4.5.3 S7-PLC SIM 仿真软件在 程序调试中的应用	170
3.10.1 主控、跳转指令	103	习题	174
3.10.2 跳转指令的应用	105		
习题	107		
第 4 章 STEP 7 软件的使用和 编程技术	108	第 5 章 PLC 控制系统的设计	176
4.1 STEP 7 编程软件简介	108	5.1 PLC 控制系统的总体设计方法	176
4.1.1 STEP 7 概述	108	5.1.1 设计的基本原则	176
4.1.2 STEP 7 的硬件接口	109	5.1.2 设计的基本内容	177
4.1.3 STEP 7 的编程功能	109	5.1.3 设计步骤	178
4.1.4 SIMATIC 管理器简介	110	5.2 PLC 控制系统的硬件设计方法	179
4.2 创建并编辑项目	113	5.2.1 总体方案设计	179
4.2.1 项目结构与项目创建	113	5.2.2 系统设计依据	181
4.2.2 PG/PC 接口设置	117	5.2.3 PLC 的机型、容量及 模板选择	181
4.3 硬件组态	118	5.2.4 系统硬件设计文件	184
4.3.1 STEP 7 的组态与诊断 功能	118	5.2.5 PLC 的供电系统设计	185
4.3.2 模块排列规则和中央机 架的配置	119	5.2.6 系统电缆、接地设计	187
4.3.3 硬件组态举例	122	5.3 PLC 顺序控制设计方法	188
4.3.4 CPU 及 I/O 模块参数设置	124	5.3.1 顺序控制设计法	188
4.3.5 PLC 的 I/O 扩展	127	5.3.2 顺序功能图的基本结构	188
4.4 S7 CPU 中的程序	128	5.3.3 顺序功能图中转换实现 的基本规则	189
4.4.1 组织块、功能及功能块	129	5.3.4 绘制顺序功能图的注意 事项	190
4.4.2 数据块	135	5.3.5 顺序控制设计法的本质	190
4.4.3 用户程序中使用的堆栈 和临时局域数据	141	习题	190
4.4.4 STEP 7 的程序结构和 编程语言	142	第 6 章 S7-300/400 通信及网络技术	191
4.4.5 程序编辑器	144	6.1 PLC 通信的基本概念	191
4.4.6 符号编程	145	6.1.1 PLC 通信的基本概念及 方式	191
4.4.7 变量声明表和局域变量 的类型	147	6.1.2 计算机通信的国际标准	193
		6.1.3 S7-300/400 通信网络	196
		6.1.4 S7-300/400 通信方式	198

6.2 MPI 网络通信	199	7.2.1 自动停车场控制系统 实现目标	241
6.2.1 MPI 简介	199	7.2.2 控制要求分析与硬件设计	242
6.2.2 MPI 网络组建	202	7.2.3 逻辑分析与软件设计	242
6.3 现场总线 PROFIBUS 简介	209	7.3 物流线仓库控制系统	244
6.3.1 PROFIBUS 介绍	209	7.3.1 物流线仓库控制系统 实现目标	244
6.3.2 PROFIBUS-DP 系统设备 分类及组态举例	215	7.3.2 控制要求分析与硬件设计	244
6.4 工业以太网	230	7.3.3 逻辑分析与软件设计	245
6.4.1 工业以太网简介	230	7.4 液压送料机控制系统	246
6.4.2 工业以太网的网卡及 通信	233	7.4.1 液压送料机控制系统 实现目标	246
习题	236	7.4.2 控制要求分析与硬件设计	247
第 7 章 PLC 控制系统典型应用设计	237	7.4.3 逻辑分析与软件设计	248
7.1 液体混合控制系统	237	7.5 自动生产线包装单元控制系统	251
7.1.1 液体混合控制系统实现 目标	237	7.5.1 自动生产线包装单元 控制系统实现目标	251
7.1.2 控制要求分析与硬件 设计	238	7.5.2 控制要求分析与硬件设计	252
7.1.3 逻辑分析与软件设计	238	7.5.3 逻辑分析与软件设计	253
7.2 自动停车场控制系统	241	习题	258
		参考文献	260

第 1 章 PLC 概 述

目前, 工业生产自动化控制技术发生了深刻的变化。无论是从国外引进的自动化生产线, 还是自行设计的自动控制系统, 普遍把可编程控制器(PLC)作为控制系统的核心器件, 在自动化领域已形成了一种工业控制趋势。

可编程控制器是一种专为在工业环境下应用而设计的计算机控制系统, 它采用可编程序的存储器, 能够执行逻辑控制、顺序控制、定时、计数和算术运算等操作功能, 并通过开关量、模拟量的输入和输出完成各种机械或生产过程的控制。它具有丰富的输入、输出接口, 并且具有较强的驱动能力, 其硬件需根据实际需要选配, 其软件则需根据控制要求进行设计。

早期的可编程控制器只能进行逻辑控制, 简称 PLC (Programmable Logic Controller), 现在的可编程控制器不仅可以进行逻辑控制, 也可以对模拟量进行控制。后来美国电气制造协会将它命名为可编程控制器(Programmable Controller), 简称 PC。但 PC 这个名称已成为个人计算机(Personal Computer)的专称, 所以现在仍然把可编程控制器简称为 PLC。

国际电工委员会(IEC)对可编程控制器的定义为: “可编程控制器是一种数字运算操作的电子系统, 是专为在工业环境下应用而设计的。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。”

1.1 PLC 的发展过程、基本功能及分类

1.1.1 PLC 的发展过程

世界上公认的第一台 PLC 是 1969 年美国数字设备公司(DEC)研制的。1968 年, 美国 GM(通用汽车)公司提出取代继电器控制装置的要求。第二年, 美国数字公司研制出了基于集成电路和电子技术的控制装置, 首次采用程序化的手段应用于电气控制, 这就是第一代可编程控制器。限于当时的元器件条件及计算机发展水平, 早期的 PLC 主要由分立元件和中小规模集成电路组成, 可以完成简单的逻辑控制及定时、计数功能。此后这项新技术迅速发展, 并推动世界各国对可编程控制器的研制和应用。日本和德国等先后研制出自己的可编程控制器, 其发展过程大致分为以下几个阶段:

第一阶段——初级阶段(1969 年至 20 世纪 70 年代中期)。主要是逻辑运算、定时和计数功能, 没有形成系列。与继电器控制相比, 可靠性有一定提高。CPU 由中小规模集成电路组成, 存储器为磁芯存储器。目前此类产品已无人问津。

第二阶段——扩展阶段(20 世纪 70 年代中期至末期)。该阶段 PLC 产品的控制功能得到很大扩展。扩展的功能包括数据的传送、数据的比较和运算、模拟量的运算等功能。增加

了数字运算功能,能完成模拟量的控制。开始具备自诊断功能,存储器采用 EPROM。此类 PLC 已退出市场。

第三阶段——通信阶段(20 世纪 70 年代末期至 20 世纪 80 年代中期)。该阶段产品与计算机通信的发展有关,形成了分布式通信网络。但是,由于各制造商各自为政,所以通信系统也是各有各的规范。在很短的时间内,PLC 就已经从汽车行业迅速扩展到其他行业,作为继电器的替代品进入了食品、饮料、金属加工、制造和造纸等行业。产品功能得到了很大的发展。同时,可靠性进一步提高。这一阶段的产品有西门子公司的 SIMATIC S5 系列,GOULD 公司的 M84、884 等,富士电机的 MICRO 和 TI 公司的 TI530 等,这类 PLC 仍在部分使用。

第四阶段——开放阶段(20 世纪 80 年代中期至今)。该阶段主要表现为通信系统的开放,使各制造厂商的产品可以通信,通信协议开始标准化,使用户得益。此外,PLC 开始采用标准化软件系统,编程语言除了传统的梯形图、流程图和语句表以外,还有用于算术运算的 BASIC 语言、用于顺序控制的 GRAPH 语言,用于机床控制的数控语言等高级语言,并完成了编程语言的标准化工作。这一阶段的产品有西门子公司的 S7 系列,AB 公司的 PLC-5、SLC500,德维森的 V80 和 PPC11 等。

目前,为了适应大、中、小型企业的不同需要,扩大 PLC 在工业自动化领域的应用范围,PLC 正朝着以下两个方向发展:

(1) 低档 PLC 向小型化、简易廉价方向发展,使之能更加广泛地取代继电器控制。

(2) 中高档 PLC 向大型、高速、多功能方向发展,使之能取代工业控制机的部分功能,对复杂系统进行综合性自动控制。

1.1.2 PLC 的基本功能

1.1.2.1 控制功能

PLC 的控制功能有逻辑控制、定时与计数控制和顺序控制。

1. 逻辑控制

PLC 具有逻辑运算功能,它设置有“与”、“或”、“非”等逻辑指令,具有逻辑运算功能,能够描述继电器触点的串联、并联和串并联等各种连接,因此,它可以代替继电器进行组合逻辑与顺序逻辑控制。

2. 定时与计数控制

PLC 具有定时、计数功能。它为用户提供了若干个电子定时器、计数器,并设置了定时、计数指令。定时值、计数值可由用户在编程时设定,并能读出与修改,使用灵活,操作方便。程序投入运行后,PLC 将根据用户设定的定时值、计数值对某个操作进行定时、计数控制。用户可自行设定接通延时、关断延时和定时脉冲等方式。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。

3. 顺序控制

在前道工序完成后,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。

1.1.2.2 数据采集、存储与处理功能

有的 PLC 还具有数据处理能力及并行运算指令,能进行数据并行传送、比较和逻辑运

算, BCD 码的加、减、乘、除等运算, 还能进行字“与”、字“或”、字“异或”、求反、逻辑移位、算术移位、数据检索、比较及数制转换等操作。

1.1.2.3 A/D、D/A 转换功能

PLC 还具有“模/数”转换(A/D)和“数/模”转换(D/A)功能, 能完成对模拟量的控制与调节。位数和精度可以根据用户要求选择。具有温度测量接口, 直接连接各种热电阻或热电偶。

1.1.2.4 通信与联网功能

现代 PLC 采用了通信技术, 可以进行远程 I/O 控制, 多台 PLC 之间可以进行同位连接, 还可以与计算机进行上位连接, 接收计算机的命令, 并将执行结果通知计算机。由一台计算机和若干台 PLC 可以组成“集中管理、分散控制”的分布式控制网络, 以完成较大规模的复杂控制。

1.1.2.5 控制系统监控功能

PLC 配置有较强的监控功能, 它能记忆某些异常情况, 或当发生异常情况时自动终止运行。在控制系统中, 操作人员通过监控命令可以监视有关部分的运行状态, 可以调整定时或计数等设定值, 因而调试、使用和维护方便。

1.1.2.6 编程、调试功能

PLC 可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。

1.1.3 PLC 的分类

1.1.3.1 按 I/O 点数及内存容量分类

按 I/O 点数和内存容量来分, PLC 大致可分为大、中、小型 3 种。

小型 PLC 的 I/O 点数在 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。适合于单机控制或小型系统的控制。

中型 PLC 的 I/O 点数在 256~2 048 点之间, 内存容量一般为 2~8K 字, 采用模块化结构, 比较适合中型或大型控制系统的控制。

大型 PLC 的 I/O 点数在 2 048 点以上, 内存容量在 8~16K 字以上, 采用模块化结构, 软、硬件功能较强。

1.1.3.2 按结构形式分类

按结构形式来分, PLC 可分为整体式和模块式两种。

整体式 PLC 是将其电源、中央处理器和输入/输出部件等集中配置在一起, 有的甚至全部安装在一块印刷电路板上。集中式 PLC 结构紧凑、体积小、质量轻、价格低、I/O 点数固定、使用不灵活。小型 PLC 常采用这种结构。如西门子 S7-200 系列。

模块式 PLC 是把 PLC 的各部分以模块形式分开。如电源模块、CPU 模块、输入模块和输出模块等, 把这些模块插入机架底板上, 组装在一个机架内。这种结构配置灵活、装

配方便、便于扩展。一般中型和大型 PLC 常采用这种结构。

1.1.3.3 按控制功能分类

按控制功能强弱来分, PLC 可分为低档机、中档机和高档机 3 种。

低档 PLC 具有逻辑运算、定时和计数等功能。有的还增设模拟量处理、算术运算和数据传送等功能。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 I/O 模块的数量比较少。

中档 PLC 除具有低档机的功能外, 还具有较强的模拟量输入、输出、算术运算和数据传送等功能, 可完成既有开关量又有模拟量控制的任务, 如西门子公司的 S7-300。

高档 PLC 增设带有符号算术运算及矩阵运算等, 使运算能力更强。还具有模拟调节、联网通信、监视、记录和打印等功能, 使 PLC 的功能更多、更强。能进行远程控制, 构成分布式控制系统, 成为整个工厂的自动化网络。在联网中一般作主站使用, 如西门子公司的 S7-400。

1.2 PLC 的特点及性能指标

1.2.1 PLC 的特点

(1) 高可靠性。由于工业生产过程是昼夜连续的, 一般的生产装置要几个月, 甚至几年才大修一次, 这就要求 PLC 具有较高的可靠性, 高可靠性是 PLC 最突出的特点之一。PLC 之所以具有较高的可靠性是因为它采用了微电子技术, 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 内部电路之间在电气上隔离。大量的开关动作由无触点的半导体电路来完成, 另外还采取了屏蔽和滤波等抗干扰措施。它的平均故障间隔时间为 3~5 万小时。大型 PLC 还采用由双 CPU 构成的冗余系统, 或由三 CPU 构成的表决系统。

(2) 丰富的 I/O 接口。由于工业控制机只是整个工业生产过程自动控制系统中的一个控制中枢, 为了实现对工业生产过程的控制, 它还必须与各种工业现场的设备相连接才能完成控制任务。因此, PLC 除了具有计算机的基本部分(如 CPU 和存储器等)以外, 还有丰富的 I/O 接口模块。对不同的工业现场信号(如交流、直流、电压、电流、开关量、模拟量和脉冲等), 都有相应的 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、电动机启动器和控制阀等)直接连接。有些 PLC 还有通信模块和特殊功能模块等。

(3) 灵活性。有了 PLC, 电气工程师不必为每套设备配置专用控制装置。可使控制系统的硬件设备采用相同的 PLC, 只需编写不同的应用软件即可, 而且可以用一台 PLC 控制几台操作方式完全不同的设备。

(4) 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 外, 绝大多数 PLC 均采用模块化结构。PLC 的各个部件均采用模块化设计, 由机架及电缆将各模块连接起来。

(5) 便于改进和修正。相对于传统的电气控制线路, PLC 为改进和修正原设计提供了极其方便的手段。以前也许要花费几周的时间, 而现在用 PLC 也许只用几分钟就可以完成。

(6) 节点利用率提高。传统电路中一个继电器只能提供几个节点用于连锁, 在 PLC 中, 一个输入中的开关量或程序中的一个“线圈”可提供用户所需要的任意个连锁节点, 也就是说, 节点在程序中可不受限制地使用。

(7) 模拟调试。PLC 能对所控功能在实验室内进行模拟调试, 缩短现场的调试时间。

(8) 对现场进行监视。在 PLC 系统中, 操作人员能通过显示器观测到所控每一个节点的运行情况, 随时监视事故发生点。

(9) 快速动作。PLC 里的节点反应很快, 内部是微秒级的, 外部是毫秒级的。

(10) 体积小、质量轻、功耗低。由于采用半导体集成电路, 与传统控制系统相比较, 其体积小、质量轻、功耗低。

(11) 编程简单、使用方便。PLC 采用面向控制过程、面向问题的“自然语言”编程, 容易掌握。

1.2.2 PLC 的性能指标

PLC 的性能指标可分为硬件指标和软件指标两大类, 是 PLC 控制系统应用设计时选择 PLC 产品的重要依据。PLC 的性能指标有以下几个方面:

(1) 编程语言。PLC 常用的编程语言有梯形图、指令表、流程图及某些高级语言等。目前使用最多的是梯形图和指令表。不同的 PLC 可能采用不同的语言。

(2) I/O 总点数。PLC 的输入和输出量有开关量和模拟量两种。开关量 I/O 点数用最大 I/O 点数表示, 模拟量 I/O 点数则用最大 I/O 通道数表示。

(3) 内部继电器的种类和数目。内部继电器包括普通继电器、保持继电器和特殊继电器等。

(4) 用户程序存储量。用户程序存储器用于存储通过编程器输入的用户程序, 其存储量通常是以字/字节为单位来计算。16 位二进制数为一个字, 8 位为一个字节, 每 1 024 个字为 1K 字。中小型 PLC 的存储容量一般在 8K 字以下, 大型 PLC 的存储容量有的已达 96K 字以上。通常, 一般的逻辑操作指令每条占一个字, 数字操作指令占两个字。

(5) 扫描速度。扫描速度以 ms/K 字为单位来表示。

(6) 工作环境。温度为 0~55℃, 湿度小于 80%。

1.3 PLC 的结构及工作过程

PLC 的类型繁多, 但其结构和工作原理大都相同。PLC 控制系统是通过修改 PLC 的程序来完成的, PLC 控制系统也称为“软接线”程序控制系统, 与微型计算机控制系统基本相似, 它由硬件和软件两大部分组成。PLC 实质上是一种用于工业控制的专用计算机, 但对硬件各部分的定义及工作过程则与 PC 有很大差异。

1.3.1 PLC 的基本结构

本书以西门子公司的 S7-300/400 系列大中型 PLC 为主要讲授对象。S7-300/400 属于模块式 PLC，主要由机架、CPU 模块、信号模块、功能模块、接口模块、通信处理器、电源模块和编程设备组成，如图 1-1 所示。各种模块安装在机架上，通过 CPU 模块或通信模块上的通信接口，将 PLC 连接到通信网络上，可以与计算机、其他 PLC 或其他设备通信。

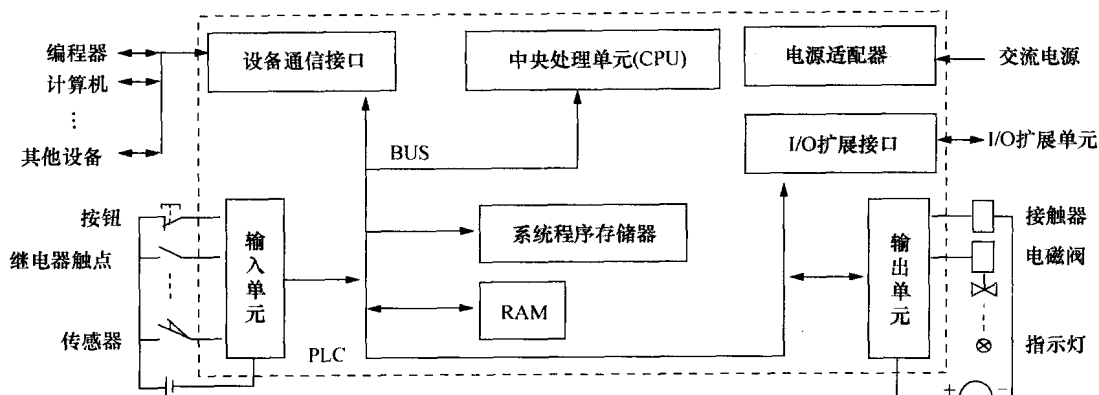


图 1-1 PLC 结构框图

1.3.1.1 DIN 导轨(机架)

S7-300 系列 PLC 采用背板总线结构，直接将总线集成在每个模块上，导轨是安装 PLC 各类模块的机架，可根据实际需要选择。

1.3.1.2 电源模块

电源模块用于对 PLC 内部电路供电。PLC 一般使用 AC 220V 电源或 DC 24V 电源，电源模块用于将输入电压转换为 DC 24V 电压和背板总线上的 DC 5V 电压，供其他模块使用。

1.3.1.3 CPU 模块

CPU 模块有多种型号，它是 PLC 的核心部件，CPU 模块主要由微处理器(CPU 芯片)和存储器组成。在 PLC 控制系统中，CPU 模块相当于人的大脑和心脏，是系统的运算控制核心。其主要任务有：接收并存储用户程序和数据，接收现场输入设备的状态和数据，检查、校验编程过程中的语法错误；执行用户程序，完成用户程序规定的运算任务，更新有关标志位的状态和输出状态寄存器的内容，实现输出控制或数据通信等功能；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。

S7-300/400 将 CPU 模块简称为 CPU。

1.3.1.4 信号模块

输入/输出模块简称为 I/O 模块，开关量输入、输出模块简称为 DI 模块和 DO 模块。模拟量输入、输出模块简称为 AI 模块和 AO 模块，它们统称为信号模块。

输入模块用来接收和采集输入信号，开关量输入模块用来接收按钮、选择开关、数字拨码开关、限位开关、接近开关、光电开关和压力继电器等的开关量输入信号；模拟量输

入模块用来接收电位器、测速发电机和各种变送器提供的连续变化的模拟量电流电压信号。开关量输出模块用来控制接触器、电磁阀、电磁铁、指示灯、数字显示装置和报警装置等输出设备,模拟量输出模块用来控制电动调节阀和变频器等执行器。

CPU 模块内部的工作电压一般是 DC 5V,而 PLC 的输入/输出信号电压一般较高,如 DC 24V 或 AC 220V。从外部引入的尖峰电压和干扰噪声可能损坏 CPU 模块中的元器件,或使 PLC 不能正常工作。在信号模块中,用光耦合器、光敏晶闸管和小型继电器等器件来隔离 PLC 的内部电路和外部的输入、输出电路。信号模块除了传递信号外,还有电平转换与隔离的作用。

信号模块是系统的眼、耳、手、脚,是联系外部现场设备和 CPU 模块的桥梁。用户可根据现场输入/输出元件选择各种用途的 I/O 模板。一般 PLC 均配置 I/O 电平转换及电气隔离。输入电压转换是用来将输入端不同的电压或电流信号,转换成微处理器所能接收的低电平信号,输出电平转换是用来将微处理器控制的低电平信号,转换为控制设备所需的电压或电流信号。输出电路还要进行功率放大,以带动一般的工业控制元器件,如电磁阀和接触器等。电气隔离是在微处理器与 I/O 回路之间采用的防干扰措施,I/O 出模块既可以与 CPU 模块放置在一起,又可远程安装。一般,I/O 模块都有 I/O 状态显示和接线端子排,有些 PLC 还具有一些其他功能的 I/O 模块。

1.3.1.5 接口模块

CPU 模块所在的机架称为中央机架,如果一个机架不能容纳全部模块,可以增设一个或多个扩展机架。接口模块用来实现中央机架与扩展机架之间的通信,有的接口模块还可以为扩展机架供电。

1.3.1.6 通信处理器

通信处理器用于 PLC 之间、PLC 与远程 I/O 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 MPI、PROFIBUS-DP、AS-i 和工业以太网,或者用于实现点对点通信等。CPU 模块集成有 MPI 通信接口,有的还集成了其他通信接口。

1.3.1.7 编程设备

S7-300/400 使用安装了编程软件 STEP 7 的个人计算机作为编程设备,在计算机屏幕上直接生成和编辑各种文本程序或图形程序,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。程序可以存盘或打印,通过网络可以实现远程编程和传送。

1.3.2 PLC 的工作过程

PLC 可视为一种特殊的工业控制计算机,但 PLC 具有比计算机更强的工业过程接口,编程语言和工作原理与计算机相比也有一定的差别,与继电器控制逻辑的工作过程有很大差别。

可以把 PLC 的工作过程简单地分为输入采样、执行用户程序和输出刷新 3 个阶段,如图 1-2 所示。

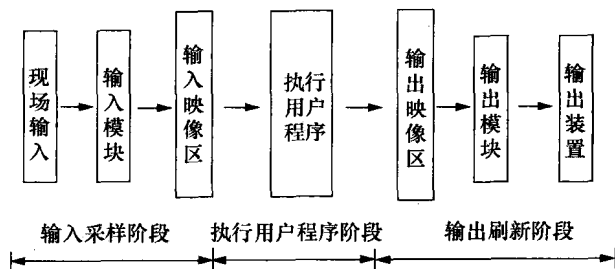


图 1-2 PLC 的一般工作过程

PLC 采用循环执行用户程序的方式，这种运行方式也称为扫描工作方式。OB1 是用于循环处理的组织块，相当于用户程序中的主程序，它可以调用别的逻辑块，或被中断程序(组织块)中断。

1.3.2.1 输入采样阶段

PLC 以扫描方式进行工作，输入电路时刻监视着输入状况，并将其暂存于输入暂存器中。每一个输入点都有一个对应的存储其信息的暂存器。按顺序将所有信号读入到寄存输入状态的输入映像区中存储，一般将此过程称为采样。在整个工作周期内，这个采样结果的内容不会改变，而且这个采样结果将在 PLC 执行程序时被使用。

1.3.2.2 执行用户程序阶段

PLC 按顺序对程序进行扫描，即从上到下、从左到右地扫描每条指令，并分别从输入映像区和输出映像区中获得所需的数据进行运算、处理，再将程序执行的结果写入寄存执行结果的输出映像区中保存。这个结果在程序执行期间可能发生变化，但在整个程序未执行完毕之前不会送到输出端口。

1.3.2.3 输出刷新阶段

在执行完用户所有程序后，PLC 将输出映像区中的内容送到寄存输出状态的输出锁存器中，这一过程称为输出刷新。输出锁存器与输出点也是一一对应的关系，输出电路要把输出锁存器的信息传送给输出点，再去驱动用户设备。

当 PLC 投入运行后，重复完成以上 3 个阶段的工作，即采用循环扫描工作过程。PLC 工作的主要特点是输入输出采样、程序执行、输出刷新“串行”工作方式，这样既可避免继电器、接触器控制系统中的触点竞争和时序失配，又可提高 PLC 的运算速度，这是 PLC 系统可靠性高、响应快的原因。但是，这也会导致输出对输入在时间上的滞后。为此，PLC 的工作速度要快。速度快、执行指令时间短是 PLC 实现控制的基础。事实上，它的速度是很快，执行一条指令，多的几微秒、几十微秒，少的才零点几或零点零几微秒，而且这个速度还在不断提高中。

如图 1-2 所示是简化的 PLC 的工作流程，实际的 PLC 工作流程还要复杂些。除了 I/O 刷新及运行用户程序，还要做些公共处理工作。公共处理工作有：循环时间监控、外设服务及通信处理等。

PLC 的开机流程要经过上电初始化、系统自检、运行程序、循环时间计算、I/O 刷新、外设及通信服务几个阶段，如图 1-3 所示。

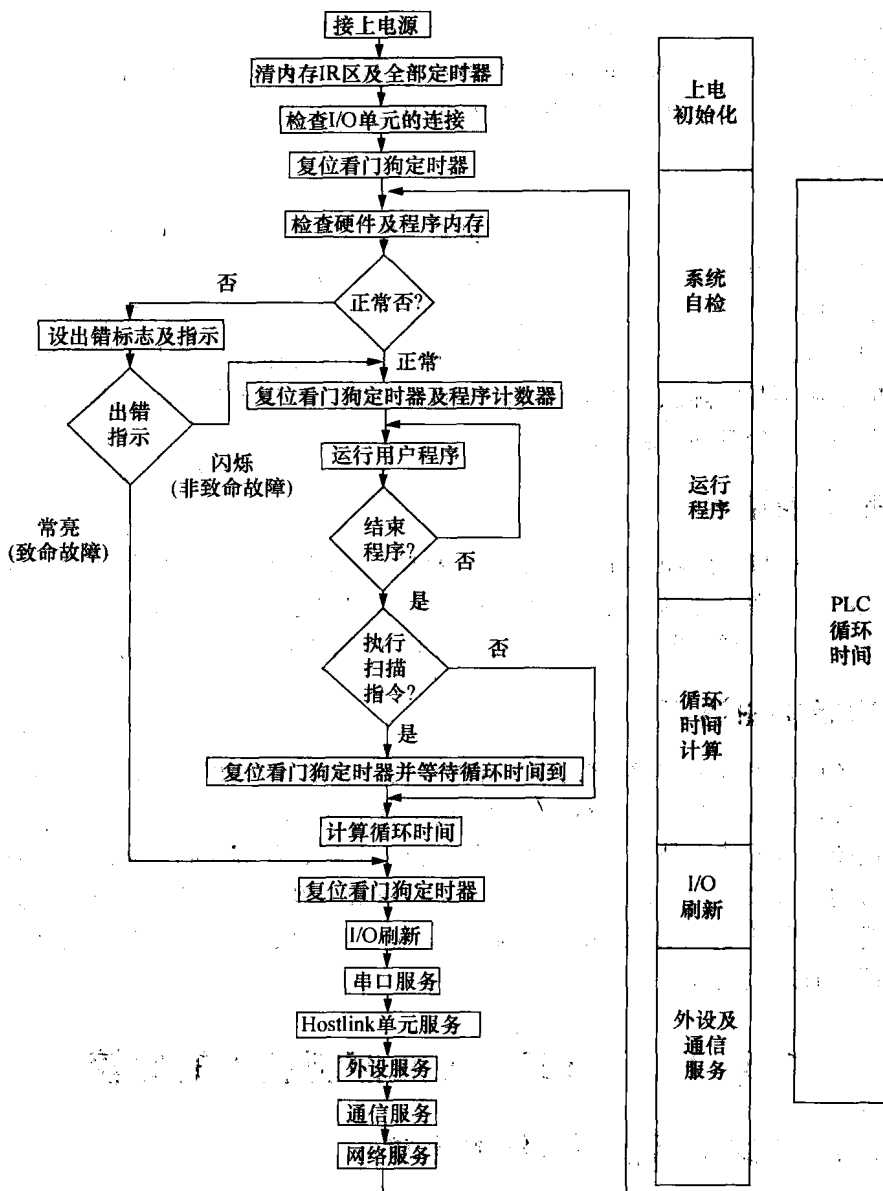


图 1-3 PLC 的开机流程

1.4 PLC 的编程语言

PLC 的用户程序是设计人员根据控制系统的工艺控制要求，通过 PLC 编程语言的编制设计的。根据国际电工委员会制定的工业控制编程语言标准(IEC1131-3)，定义了 5 种编程语言。

- (1) 指令表 IL(Instruction List)：西门子称为语句表(STL)。
- (2) 结构文本 ST(Structured Text)：西门子称为结构化控制语言(SCL)。

- (3) 梯形图 LD(Ladder Diagram): 西门子简称为 LAD。
- (4) 功能块图 FBD (Function Block Diagram): 标准中称为功能方框图语言。
- (5) 顺序功能图 SFC(Sequential function chart): 对应于西门子的 S7 Graph。

1.4.1 梯形图语言

梯形图语言(LAD)是 PLC 程序设计中最常用的编程语言。它是与继电器线路类似的一种编程语言。由于电气设计人员对继电器控制较为熟悉,因此,梯形图语言得到了广泛的应用。梯形图语言的特点是:与电气操作原理图相对应,具有直观性和对应性;与原有继电器控制相一致,电气设计人员易于掌握。梯形图语言与原有的继电器控制的不同点是:梯形图中的电流不是实际意义的电流,内部的继电器也不是实际存在的继电器,应用时,需要与原有继电器控制的概念区别对待。

1.4.2 指令表语言

指令表语言(STL)是与汇编语言类似的一种助记符编程语言,和汇编语言一样,由操作码和操作数组成。在无计算机的情况下,适合采用 PLC 手持编程器对用户程序进行编制。同时,指令表语言与梯形图语言一一对应,在 PLC 编程软件下可以相互转换。

1.4.3 功能块图语言

功能块图语言(FBD)是与数字逻辑电路类似的一种 PLC 编程语言,采用功能模块图的形式来表示模块所具有的功能,不同的功能模块有不同的功能。

功能块图语言的特点是:以功能模块为单位,分析、理解控制方案简单容易;功能模块是用图形的形式表达功能,直观性强,对于具有数字逻辑电路基础的设计人员很容易掌握;对规模大、控制逻辑关系复杂的控制系统,由于功能模块图能够清楚的表达功能关系,可使编程调试时间大大减少。

1.5 PLC 与其他工业控制装置的比较

1.5.1 PLC 与继电器控制系统的比较

继电器控制系统是针对一定的生产机械、固定的生产工艺设计的,采用硬接线方式装配而成,只能完成既定的逻辑控制、定时和计数等功能。一旦生产工艺过程改变,则控制柜必须重新设计,重新配线。传统的继电器控制系统被 PLC 所取代已是必然趋势。PLC 由于应用了微电子技术和计算机技术,所以各种控制功能都是通过软件来实现的,只要改变程序并改动少量的接线端子,就可适应生产工艺的改变。从适应性、可靠性和安装维护等各方面比较,PLC 都有显著的优势。因此,PLC 控制系统将取代大多数传统的继电器控制系统。

1.5.2 PLC 与集散控制系统的比较

PLC 与集散控制系统在发展过程中,始终是互相渗透、互为补充的,它们分别由两个