



可编程控制器

原理及应用

李国勇 卫明社 编著



国防工业出版社
National Defense Industry Press

可编程控制器原理及应用

李国勇 卫明社 编著

国防工业出版社

· 北京 ·

内 容 简 介

本书首先介绍了 PLC 的组成及工作原理;然后以西门子公司的 S7-300/400 为样机,详细介绍了 S7-300/400 的硬件配置、指令系统、结构化程序的设计方法和用于中断处理的组织块的编程方法,以及编程软件 STEP 7 和仿真软件 S7-PLCSIM 的使用方法;最后讲述了 MPI、PROFIBUS-DP 的组态与参数设置和编程的方法及 S7-300/400 在控制系统中的应用。为了便于学习,各章均有相应的例题,并在每章后面给出相应的习题帮助读者练习使用。

本书可作为自动控制、电气控制、机电一体化等相关专业的学习用书,也可供相关领域的工程技术人员参考使用。

图书在版编目(CIP)数据

可编程控制器原理及应用/李国勇,卫明社编著. —北京:
国防工业出版社,2009.3
ISBN 978-7-118-06220-5

I. 可... II. ①李...②卫... 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 023785 号

※

国防工业出版社 出版发行

(北京市海淀区紫竹院南路 23 号 邮政编码 100048)

新艺印刷厂印刷

新华书店经售

*

开本 787×1092 1/16 印张 17¼ 字数 408 千字

2009 年 3 月第 1 版第 1 次印刷 印数 1—4000 册 定价 29.00 元

(本书如有印装错误,我社负责调换)

国防书店: (010)68428422

发行邮购: (010)68414474

发行传真: (010)68411535

发行业务: (010)68472764

前 言

可编程控制器(PLC)是一种新型的具有极高可靠性的通用工业自动化控制装置。它以微处理器为核心,有机地将微型计算机技术、自动化控制技术及通信技术融为一体,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,是当今及今后工业控制的主要手段和重要的自动化设备。PLC 与计算机辅助设计与加工(CAD/CAM)、机器人(ROBOT)一起并称为当代工业自动化的三大支柱。

近年来,德国西门子公司的 SIMATIC S7 系列 PLC,在我国已广泛应用于各行各业的生产过程的自动控制中,尤其是其中的 S7 - 300/400 系列 PLC 有着最广泛的应用和最高的市场占有率。

本书以 SIMATIC S7 - 300/400 为样机,全书共分为 9 章。第 1 章讲述了 PLC 的定义、分类、应用领域及发展趋势;第 2 章介绍了 PLC 的组成和工作原理,包括 PLC 的硬件组成、系统程序、用户程序、等效电路及工作方式等内容;第 3 章讲述的是 S7 - 300/400 的硬件配置,包括 CPU 模块、信号模块以及其他功能模块的介绍,另外还介绍了 S7 - 300/400 I/O 模块地址的组态方法以及 CPU 的存储区等内容;第 4 章介绍了 S7 - 300/400 的指令系统、多种编程指令的含义及用法;第 5 章介绍的是编程软件和仿真软件,包括编程软件 STEP 7 和仿真软件 S7 - PLCSIM 的使用方法、下载和上传的方法以及程序调试的方法;第 6 章介绍结构化程序的设计,包括 FB 与 FC 的编程及调用、多重背景功能块的编程方法、数据块及其数据结构等内容;第 7 章介绍的是用于中断处理的组织块的编程及应用;第 8 章介绍了计算机通信网络与 S7 - 300/400 的通信功能,包括计算机通信网络的基础知识、MPI 网络与全局数据通信的组态、现场总线 PROFIBUS - DP 技术及其应用等内容;第 9 章介绍了 S7 - 300/400 在控制系统中的应用,包括 PLC 控制系统与 PID 控制规律的简介、利用系统功能块实现 PID 控制的方法等;另外,在附录中提供了 S7 - 300/400 的指令一览表供读者参考。

为了方便教学,本书各章均有相应的例题,并在每章后面给出相应的习题帮助读者练习使用。

本书可作为高等院校自动控制、电气控制、机电一体化、计算机应用等相关专业的教材,也可供广大电气工程技术人員自学和参考。

由于编者水平有限,错误和不妥之处在所难免,恳请读者不吝指正。

编 者

2008. 11

目 录

第 1 章 PLC 概述	1
1.1 PLC 的定义及其特点	1
1.2 PLC 的分类	2
1.3 PLC 的应用领域	5
1.4 PLC 的发展趋势	6
习题	7
第 2 章 PLC 的组成和工作原理	8
2.1 PLC 的组成	8
2.1.1 PLC 的硬件	8
2.1.2 PLC 的软件	13
2.2 PLC 的工作原理	19
2.2.1 PLC 控制系统的等效电路	19
2.2.2 PLC 的工作方式	21
2.2.3 PLC 的扫描周期	23
2.2.4 PLC 的输入/输出滞后时间	23
习题	24
第 3 章 S7-300/400 的硬件配置	25
3.1 S7 系列 PLC 简介	25
3.2 S7-300 系列 PLC 的硬件配置	26
3.2.1 S7-300 的基本结构	26
3.2.2 S7-300 的 CPU 模块	28
3.2.3 S7-300 的信号模块	31
3.2.4 S7-300 的其他模块	44
3.3 S7-400 系列 PLC 的硬件配置	46
3.3.1 S7-400 的基本结构	46
3.3.2 S7-400 的 CPU 模块	47
3.3.3 S7-400 的信号模块	50
3.3.4 S7-400 的其他模块	52
3.3.5 S7-400H 和 S7-400F/FH	53
3.4 S7-300/400 CPU 的存储区	55

3.4.1 CPU 的存储器	55
3.4.2 CPU 的寄存器	58
习题	59
第 4 章 S7-300/400 的指令系统	61
4.1 数据类型	61
4.2 逻辑运算指令	64
4.2.1 位逻辑运算指令	64
4.2.2 字逻辑运算指令	70
4.3 定时器和计数器指令	72
4.3.1 定时器指令	72
4.3.2 计数器指令	77
4.4 数据处理指令	81
4.4.1 装入与传送指令	81
4.4.2 比较指令	85
4.4.3 数据转换指令	86
4.5 数学运算指令	91
4.5.1 整数运算指令	91
4.5.2 浮点数运算指令	93
4.6 移位和循环移位指令	96
4.6.1 移位指令	98
4.6.2 循环移位指令	99
4.7 累加器指令	99
4.8 控制指令	102
4.8.1 逻辑控制指令	102
4.8.2 程序控制指令	105
习题	110
第 5 章 S7-300/400 的编程软件和仿真软件	112
5.1 编程软件 STEP 7	112
5.1.1 简介	112
5.1.2 创建项目	114
5.1.3 硬件组态	115
5.1.4 软件编程	121
5.1.5 下载与上传	126
5.2 仿真软件 S7-PLCSIM	127
5.3 程序调试	130
5.3.1 用变量表调试程序	130
5.3.2 用程序状态功能调试程序	132

5.3.3 利用 LED 指示灯调试	135
5.3.4 故障诊断	135
5.3.5 参考数据	136
习题	138
第 6 章 S7-300/400 的结构化程序设计	139
6.1 功能块与功能的编辑及调用	139
6.1.1 功能块与功能的生成	139
6.1.2 功能块与功能的编辑	140
6.1.3 功能块与功能的调用	142
6.2 多重背景	147
6.3 数据块及其数据结构	150
6.3.1 数据块	150
6.3.2 数据块的数据结构	151
6.4 系统功能块和系统功能	156
习题	162
第 7 章 S7-300/400 的组织块及中断处理	164
7.1 概述	164
7.2 循环执行的组织块	166
7.3 定期执行的组织块及中断处理	167
7.3.1 日期—时间中断组织块及中断处理	167
7.3.2 循环中断组织块及中断处理	171
7.4 事件驱动的组织块及中断处理	173
7.4.1 延时中断组织块及中断处理	173
7.4.2 硬件中断组织块及中断处理	175
7.4.3 异步错误中断组织块及中断处理	178
7.4.4 同步错误中断组织块及中断处理	185
7.5 启动组织块	189
7.6 背景组织块	191
习题	191
第 8 章 S7-300/400 的通信功能	192
8.1 数据通信的基本知识	192
8.2 计算机通信的国际标准及网络互连	196
8.3 S7-300/400 的通信网络	203
8.4 MPI 网络与全局数据通信的组态	208
8.5 现场总线 PROFIBUS-DP 技术及其应用	214
习题	242
第 9 章 S7-300/400 在控制系统中的应用	243

9.1 PLC 控制系统概述	243
9.2 S7 - 300/400 在控制系统中的应用	247
9.2.1 S7 - 300/400 实现闭环控制的方法	247
9.2.2 连续 PID 控制器 SFB41	248
9.2.3 步进 PI 控制器 SFB42	251
9.2.4 脉冲发生器 SFB43	255
9.3 PID 控制器 FB41 在控制中的应用	260
习题	269
附录 S7 - 300/400 的指令一览表	270
参考文献	275

第 1 章 PLC 概述

可编程控制器是一种新型控制器。它以微处理器为核心，综合了计算机技术、控制技术、通信技术等高新技术，是一种在近年来发展极为迅速、应用极为广泛的工业控制装置。可编程控制器、计算机辅助设计与加工(CAD/CAM)、机器人(ROBOT)一起被称为当代工业自动化的三大支柱。

可编程控制器是计算机技术与传统的继电接触控制技术相结合的产物，它克服了继电接触控制系统中的机械触点的接线复杂、可靠性低、功耗高、通用性和灵活性差的缺点，充分利用了微处理器的优点，又照顾到现场电气操作维修人员的技能与习惯，特别是可编程控制器的程序编制，不需要专门的计算机编程语言知识，而是采用了一套以继电器控制电路图为基础的简单指令形式，使用户程序的编制形象、直观、方便易学，调试与查错也都很方便。用户在购到所需的可编程控制器后，只需按说明书的提示，做少量的接线和简易的用户程序的编制工作，就可灵活、方便地将可编程控制器应用于生产实践。

自 1969 年美国出现第一台可编程控制器以来，经过多年的发展，可编程控制器已经成为一种最重要、最普及、应用场合最多的工业控制器，国民经济的各个部门都大量应用可编程控制器。在产生初期，可编程控制器只是用于逻辑控制的场合，用于代替继电控制盘，但现在可编程控制器已进入包括过程控制、位置控制等场合的所有控制领域。

1.1 PLC 的定义及其特点

1. PLC 的定义

可编程控制器(Programmable Controller)简称 PC，为了与个人计算机的简称 PC(Personal Computer)相区别，在 PC 中人为地增加了 L(Logical)而写成 PLC(Programmable Logic Controller)。

国际电工委员会(IEC)在 1987 年对 PLC 作了如下的定义：“可编程控制器是一类专门为在工业环境下应用而设计的数字式电子系统。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、计数和算术运算等功能的面向用户的指令，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者生产过程。可编程控制器及其相关的外部设备，都应按照易于使工业控制系统联成一个整体，易于扩展其功能的原则设计”。PLC 的定义可总结为以下几点。

(1) PLC 是一种工业控制机，它既可以控制单机，也可以很容易地扩展控制整个生产过程。

(2) PLC 能完成各种数字运算和逻辑运算，还可以处理各种开关量及模拟量。

(3) PLC 有较强的可以编程的存储功能, 存储容量为几千字节至几兆字节, 能满足不同用户的需求。

2. PLC 的特点

PLC 从诞生发展到今天, 其诸多优点已被广大使用者认同。PLC 的硬件配套完善; 用户使用方便; 各种功能齐全(包括条件控制、时间控制、计数控制、步进控制、运动控制、A/D 转换、D/A 转换、数据处理、通信和联网等)。PLC 编程易于掌握, 体积小、功耗低、抗干扰能力强、可靠性高等。

PLC 的特点主要概括为以下几点。

1) 高可靠性

由于 PLC 在硬件和软件两个方面都采取了严格的措施, 使得 PLC 的平均无故障时间为 2 万 h~5 万 h, 某些优秀产品可高达 10 万 h 以上。这是任何其他工控设备或计算机无法比拟的。

2) 高抗干扰性

PLC 的抗干扰能力极强, 它可以在 0℃~60℃的温度范围, 90%以下的相对湿度下工作; 也可以在电网电压波动、频率变化、机械振动和冲击、电磁干扰等恶劣环境下正常工作, 而不必采取另外的抗干扰措施。还有一点是普通计算机无法比拟的——它不易受病毒的侵扰而造成系统瘫痪。

3) 高灵活性

由于 PLC 无触点、免配线的特点, 因此其运行维修量极少。梯形图程序的编程方法易于学习和掌握, 减少了系统的设计、安装、调试的工作量, 尤其是 PLC 的在线修改能力更为突出, 使用者可在主机无需断电的情况下, 在很短的时间内, 按实际需求修改参数, 增删程序, 监控运行, 有效地节省维修工作量, 甚至做到边设计、边调试。

4) 高通信联网功能

PLC 不仅可以实现主机与远程 I/O 之间的通信、多台 PLC 之间的通信, 还可以与其他智能设备(如计算机、变频器、数控装置)之间实现通信, 连成功能很强的网络系统, 即最上面一层是信息网(Ethernet, 以太网)、中间一层是控制网络(Control Net)、最下面一层是设备网络(Device Net)的三层网络系统。其中低速网络为主从方式, 传输速率从几千比特/秒到几兆比特/秒, 传输距离为 500m~2500m; 而高速网络采用令牌传送方式通信, 传输速率可达 10Mb/s, 传输距离为 500m~1000m。高速网络和低速网络可以级联, 组成控制范围很大的局域管理网络。

1.2 PLC 的分类

1. 按生产的厂家分

当今国际上生产 PLC 的主要厂家有德国的西门子(Siemens)公司、美国的 AB(Allen-Bradley)公司(现已被美国的 Rockwell 公司收购)、美国的 GE 公司与日本的 FANAC 公司合资的 GE_FANAC 公司、法国的施耐德(Schneider)公司以及日本的欧姆龙(OMRON)公司与三菱公司等。

德国西门子公司: 主流产品为 S7-200(小型)、S7-300(中型)及 S7-400(大型), 此外还

推出微型机 LOGO!。西门子公司的 PLC 产品有 SIMATIC S7、M7 和 C7 等几大系列。S7 系列是传统意义的 PLC 产品，其中的 S7-200 是针对低性能要求的小型 PLC；S7-300 是针对低性能要求的模块式中小型 PLC；S7-400 是用于中高级性能要求的大型 PLC。S7-300/400 可以组成 MPI(多点接口)、PROFIBUS 网络和工业以太网等。

日本欧姆龙公司：主流产品为 CS1H、CS1D(可双机设备)、CJ1H、CQM1H、CP1H、CPM2A 及 ZEN 微型机。

日本三菱公司：主流产品为 FX 系列机、Q 系列机及 Alpha 微型机。此外，在三菱公司 Q 系列高档机中，除了有常规的顺序控制 CPU 外，还推出了运动控制 CPU、过程控制 CPU 及 PC(计算机)CPU，分别可进行运动控制、过程控制及信息处理。

美国的 AB(Allen-Bradley)公司：主要为 Logix 系列机，如 ControlLogix、FlexLogix、CompactLogix、MicroLogix 及 PicoLogix 微型机。此外，还有软 PLC(SoftLogix5 Controller)、过程控制 PLC(Programable Process Controller, PPC)、安全型 PLC(GuildPLC)。

GE-FANAC 公司：主要有 90-70 机、90-30 机，最近还推出了控制与信息处理能力有很大提升的可编程自动化控制器，即 PAC。

法国施耐德公司：主要有 Quantun(大、超大型机)、Premiun(中型机)、Compact(中、小型机，可用于较大的工作温度范围及有腐蚀气氛的场合)、Momentun(中型机)、Micro(小型机)、Naza(微型机)。

目前，国内市场上的三种主流机型是西门子公司的 PLC、欧姆龙公司的 PLC 以及三菱公司的 PLC，国内也有一些正在发展中的 PLC 厂家，相信在不久的将来，在世界 PLC 之林中一定有其位置。

2. 按控制规模分

PLC 按控制规模大致可分为微型机、小型机、中型机及大型机、超大型机。大型机、超大型机功能强，性能高，价格也高；而微型机、小型机功能差一些，性能低一些，但价格便宜。这里划分的唯一依据是控制规模。

1) 微型机

微型机控制点仅几点、十几点、几十点，如欧姆龙公司新推出的 ZEN 机，主机有 8 点、10 点两种，如需扩展，则最多可扩展到 34 点。再如西门子公司的 LOGO!机，小的也仅能控制 10 点。还如三菱公司的 Alpha 机，I/O 点数分别有 6 点、10 点及 20 点等几种规格，而 AlphaXL 的 I/O 点数分别有 14 点、24 点两种规格。这些机型，有的还内嵌有简易的编程工具，很便于编程。由于它的价格低廉、使用方便、工作可靠、体积小，而且它的可输出电流比其他 PLC 大，有的可达 8A，因而可成为继电器控制的替代品，有时也可称其为可编程继电器(PLR)。

2) 小型机

小型机控制点可达 100 多点，也可稍多。如欧姆龙公司的 CPM2A、CP1H、CQM1H 分别可达到 120 点、320 点、512 点。西门子公司的 S7-200 也可达 100 多点。新推出的 S7-200 CN 为中国版机型，当最大配置时，控制点数可达 248 点。三菱公司的 FX2N 最多点数也可达 256 点，而 FX3UC 机可达 300 多点。

3) 中型机

中型机的控制点数可达近 500 点，甚至以千点计。如欧姆龙公司的 CJ1H 机可超过

2000 点。德国西门子公司的 S7-300 机最多可达 512 点(开关量),新推出的 CPU 318-2 也可超过 1000 点(开关量);此外,还可另加 128 路模拟量输入或输出。三菱公司的 Q 系列的基本机型,控制点数也可达 2048 点。

4) 大型机

大型机控制点数一般在 1000 点以上。如欧姆龙公司的 CS1H 机最大配置可达 5000 多点。三菱公司的 Q 系列的高档机,控制点数也可达 8192 点。

5) 超大型机

控制点数可达万点,甚至几万点、十几万点、几十万点。如美国 GE_FANUC 公司的 90-70 机,其点数可达 24000 点,另外还可有 8000 路的模拟量。西门子公司的 S7-417-4 机,控制点数可达 128000 点开关量输入、128000 点开关量输出或 8000 路的模拟量输入和模拟量输出。

3. 按结构特点分

按结构特点可将 PLC 分为整体式和模块式,另外,近期还出现了内插板式。

1) 整体式 PLC

整体式 PLC 的特点是把电源、CPU、内存、I/O 系统都集成在一个小的箱体内。一个主机箱体就是一台完整的 PLC,就可以用于实现控制。微型、小型机多为整体式。为了系统配置方便,有的主箱体还可增加内插选件,如通信接口选件、内存选件、模拟量输入/输出选件等,为需要增强主箱体功能的用户提供了方便。如主箱体的控制点数不能满足需要或功能不足,可再接若干个扩展箱体。扩展箱体外观与主箱体类似,但一般只有 I/O 系统及电源,有的另有其他的功能。

2) 模块式 PLC

模块式 PLC 由具有不同功能的模块组成。主要模块有 CPU 模块、I/O 模块、电源模块、通信模块、机架等。超大、大、中型机都是模块式的。

从结构上讲,可用三种方法由模块组合成系统。

(1) 无母板。靠模块间的接口直接相连,然后再固定到相应的导轨上。欧姆龙公司的 CQM1、CJ1 机就是这种结构,比较紧凑,本书介绍的西门子公司的 S7-300 也是如此,只是它还要用接线插头连接,如要单独固定时,还要另外购买固定支架。

(2) 有母板。所有模块都固定在母板上,比较紧凑,但母板的槽数固定,如槽数为 3、5、8、10 等。母板的槽数与实际的模块数不一定相等,所以配置时难免有空槽,这样既浪费又多占空间,甚至有时还得用占空单元,把多余的槽覆盖好。

(3) 用机架代替母板。所有模块都固定在机架上,这种结构比母板式的复杂,但更牢靠。用这种组合时,它的模块不用外壳,但有小面板,用来组合后密封或信号显示。

3) 内插板式

为了适应机电一体化的需要,有的 PLC 制造成内插式的,可嵌入到有关装置中。如有的数控系统,其逻辑量控制用的内置 PLC,就可用这个内插板式的 PLC 代替。它有输入点、输出点,还有通信口、扩展口及编程器口。PLC 有的功能它都有,但它只是一个控制板,可以很方便地镶嵌到有关装置中。

1.3 PLC 的应用领域

PLC 不仅广泛应用于机械制造、化工、冶金、交通、电子、电力、纺织、印刷、建筑、食品加工、轻工机械、包装机械等众多的工业领域之中，同时，PLC 的控制技术也大量应用在与人们的日常生活有着密切联系的方方面面。

1. PLC 在工业领域中的应用

1) 电力系统

变电站(110kV, 35kV)综合自动化系统，将保护、监控、通信及网络技术融为一体，在管理监控、设备控制、现场设备的三层网络中，控制层由数台 PLC 通过现场总线连接，完成运行监控及实时运行功能，并将系统运行时的各种信息(如调节、操作及报警)显示出来。

企业总降压变电站的继电保护系统可实现对变压器的差动保护、过电流保护、气体保护、温度保护，对各路出线 and 母线的断路器过电流保护，以及备用电源自动投入装置；对发电机组的电压、电流、相位、频率、功率因数、绕组温度等参数，通过现场总线组成与 PLC 相结合的集散控制系统(Distributed Control System, DCS)进行监控。

2) 冶金系统

在高炉生产中对矿石、焦炭等原料进行配料、称重及上料的自动控制系统以及在轧钢厂中对各种线材、板材的连轧机组的自控系统中，都使用大量的 PLC。

3) 建筑及建材系统

水泥生产的工艺过程控制系统，包括原料的矿采、生料制造、熟料制造、水泥成品及包装五大部分，这些均有数台 PLC 进行控制。又如商品混凝土搅拌站的自动系统，包含对骨料的精确称量、多配比的自动流程、自动测试、修正落差以及对塌落度进行控制，都用到大量的 PLC。

4) 轻工系统

轻工系统中，如对加碘盐、鲜牛奶、乳酸饮料等袋装食品及罐装饮料的生产过程中的称重、装料、封口、检验和计数进行控制；硬盒香烟包装机以及啤酒酿造中发酵工艺的过程控制等，都可用 PLC 进行控制。

5) 机械制造系统

各种金属切削机床及组合机床的控制系统，金属成形机械、装配机械、机器人以及汽车、电冰箱、洗衣机自动生产线，数控机床中的位置控制等都可采用 PLC 实现控制。

此外，交通运输部门的隧道监控系统，立体运输线和物流仓储自动化系统，聚乙烯、聚丙烯等化工原料生产的过程控制等也可用 PLC 来完成。

2. PLC 在生活领域中的应用

PLC 可广泛应用于城市水厂供水系统、城市工业污水处理系统；PLC 还应用于公共场所的自动电梯和扶梯，如电梯轿厢运行中对楼层的外呼、内选、加减速、平层、安全保护、各层显示以及对各种紧急情况的报警进行监控。PLC 与变频器相结合使得普通交流异步电动机在电梯、扶梯的拖动系统中得到越来越广泛的应用。

在农田灌溉系统中，利用一个小型的 LOGO! 系列 PLC 通过三个电磁阀就可以控制三

个不同的地块，实现手动/自动定时灌溉，大大节约了人力和水资源。

PLC 的其他应用包括交通道口的红绿灯、街头自动售货柜、计算机自动洗衣机、广告箱、霓虹灯等。

1.4 PLC 的发展趋势

1. 硬件系统通信化

在一个机架上安装多个 CPU 模块，可分别用于逻辑控制、顺序控制、运动控制以及过程控制等。每个 CPU 模块执行某一种控制任务，监控与其相关的 I/O 点的信息。而各 CPU 之间的连锁和协调是通过同一个 PLC 系统的总线进行交换，使速度更快、可靠性更高。

2. 单元结构小型化

PLC 一方面向着大型化方向发展，另一方面又向着小型化方向发展。

从 PLC 出现以来，小型机的发展速度大大高于大、中型 PLC。随着微电子技术的进一步发展，PLC 的结构必将更为紧凑、体积更小，而安装和使用更为方便。有的小型机只有手掌大小，很容易用其制成机电一体化产品。有的小型机的 I/O 可以以点为单位由用户配置、更换或维修。很多小型机不仅有开关量 I/O，还有模拟量 I/O、高速计数器、高速直接输出、PWM 输出等。

3. 运算与数据交换高速化

高速化是 PLC 系统追求的一个重要目标。其一是运算速度；其二是与外部设备的数据交换速度，它直接影响着 PLC 的扫描周期。解决的方法之一是增加系统总线带宽，使一次传输的数据增多；解决的方法之二是采用连续成组的数据传送技术，以达到高速批量传送。

4. PLC 与 IT 的结合

PLC 与 IT 技术结合的方式可以有两种：一种是让以 Windows 操作系统为基础的 PC 嵌入 PLC；另一种是在 100Mb/s 的高速以太网的 Web 服务模块中捆绑目前的 TCP/IP 以及 HTTP、SMTP，这样就可以使 PLC 直接进入互联网。

5. 应用软件的标准化

国际电工委员会推出的编程语言标准 IEC 61131-3 第 2 版已于 2000 年下半年进行了修订和表决，目的在于提高程序组织单元的可读性和实用性。

总之，小型、超小型 PLC 的迅速发展、PLC 控制与 PC 技术互相渗入融合、PLC 与 DCS 的硬件平台合二为一都是令人瞩目的发展趋势。美国有人给 PLC 提出一个新的名词——PAC，即 Programmable Automatic Controller。还有一种取代 DCS 系统的软 PLC，其实就是一台微型计算机。它直接集成了操作系统、带显示器的接口、以太网口，可通过 IE 访问 PLC，这叫做 PCLC，即基于 PC 逻辑控制的 PLC。

PLC 总的发展趋势是功能越来越强、内存越来越大、用户使用越来越简单。当前已进入信息时代，在信息化的大潮中，信息技术成为推动生产力发展的主力军，而电气自动化与信息技术相结合将会逐渐推动管理控制一体化的发展。

习 题

1. 简述 PLC 产生的背景。
2. 什么是 PLC？它的主要特点是什么？
3. 试说明 PLC 在国民经济中的应用。
4. 简述 PLC 的分类方法。
5. 简述整体式 PLC 与模块式 PLC 的特点。
6. 简述 PLC 的特点。
7. 简述 PLC 的发展趋势。

第 2 章 PLC 的组成和工作原理

2.1 PLC 的组成

2.1.1 PLC 的硬件

PLC 主要由 CPU 模块、输入/输出模块、电源以及编程装置组成，如图 2-1 所示。

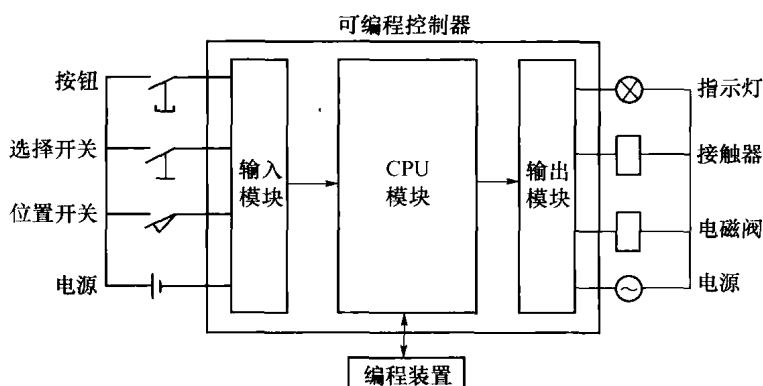


图 2-1 可编程控制器的硬件组成

1. CPU 模块

CPU 模块是 PLC 的核心部件，主要由微处理器和存储器组成。

1) 微处理器

微处理器（CPU 芯片）一般是由控制电路、运算器和寄存器组成。控制电路主要用于指令的读取、解释和执行；运算器主要用来进行数字或逻辑运算；寄存器用来存储参与运算的数据，并存储运算的中间结果。

CPU 芯片主要完成以下任务。

- (1) 接收并存储从编程装置输入的用户程序和数据。
- (2) 检查编程过程中的语法错误，诊断电源及 PLC 内部工作故障。
- (3) 用扫描方式接收来自现场的输入信号，并输入到输入映像寄存器中。
- (4) 从用户程序首地址到最后的指令不停地周期性扫描，每扫描一次，用户程序就被执行一次。
- (5) 在进入运行方式后，从存储器中逐条读取并执行用户程序，完成用户程序所规定的逻辑运算、算术运算及数据处理等操作。
- (6) 根据运算结果更新有关标志位的状态，刷新输出映像寄存器的内容，通过输出部件控制输出设备。

随着大规模集成电路的发展, PLC 中的微处理器多用 8 位~32 位字长的单片机。

2) 存储器

存储器分为系统程序存储器和用户程序存储器。

系统程序存储器用来存放系统程序。系统程序相当于个人计算机的操作系统, 是由 PLC 生产厂家编写的系统监控程序, 主要由系统管理、解释命令、标准程序及系统调用等程序组成。系统程序使 PLC 具有基本的智能, 能够完成 PLC 设计者规定的各种工作。系统程序存储器一般由 ROM 组成, 用户不能改写其中的内容。

用户程序存储器用来存放用户程序。用户程序由用户编写, 它使 PLC 完成用户要求的特定功能。用户程序存储器的容量以字(16 位二进制数)为单位。

PLC 使用以下几种物理存储器。

(1) 随机存储器。随机存储器(RAM)又叫读写存储器, 由一系列寄存器阵组成, 每位寄存器代表一个二进制数, 主要用来存储输入输出状态和计数器、定时器以及系统组态的参数。用户可以由编程装置读出 RAM 中的内容, 也可以将用户程序写入 RAM。RAM 是易失性存储器, 它的电源中断后, 存储的信息会丢失。

RAM 的工作速度高、价格便宜、改写方便, 在关断 PLC 的外部电源后, 可以用锂电池保存 RAM 中的用户程序和某些数据。锂电池可用 1 年~3 年, 需要更换锂电池时, 由 PLC 发出信号通知用户。

(2) 只读存储器。只读存储器(ROM)只能写入一次, 不能改写。这种存储器是非易失性的, 即电源切断后, 仍能保存存储的内容。只读存储器可用来存放 PLC 的系统程序。

(3) 可擦除 ROM。可擦除 ROM 的特点是: 经过擦除以后还可以重写, 且可以用编程装置对它编程, 兼有 ROM 的非易失性和 RAM 的随机存取的优点, 但是将信息写入它时需要的时间比 RAM 长得多。可擦除 ROM 包括: 快闪存储器 Flash EPROM(可简称为 FEPROM); 只能用紫外线擦除内部信息的 EPROM; 可以用电擦除内部信息的 EEPROM。这几种存储器的信息可保留 10 年左右。

2. 输入/输出模块

输入输出(I/O)模块由输入模块、输出模块和功能模块构成, 是 PLC 与现场输入输出设备或其他外部设备之间的连接部件。I/O 模块各 I/O 点的通/断状态可以用发光二极管(LED)显示。某些模块使用可以拆卸的插座型端子板, 不需要断开端子板的外部连线, 就可以迅速更换模块。

1) 输入模块

输入模块可分为开关量输入模块和模拟量输入模块, 其作用都是用来接收和采集输入信号, 将从现场传来的外部信号电平转换为 PLC 内部的信号电平。

(1) 开关量输入模块。开关量输入模块用来接收从按钮、选择开关、数字拨码开关、限位开关、接近开关、光电开关、压力继电器等传来的开关输入信号。开关量输入模块可分为直流输入模块和交流输入模块。图 2-2 和图 2-3 是直流输入模块和交流输入模块的原理图, 图中只画出一路输入电路。

直流输入模块有+24V 和+48V 两种形式。图 2-2 中, 当外接触点接通时, 光耦合器的发光二极管点亮, 光敏三极管饱和导通; 外接触点断开时, 光耦合器的发光二极管熄灭, 光敏三极管截止, 信号经内部电路传送给 CPU 模块。图 2-2 和图 2-3 中的“内部电