

西门子S7-200

PLC

入门和应用分析

主 编 梁德成
副主编 郝玉东 鲁改凤



中国电力出版社

www.cepp.com.cn

西门子S7-200 PLC 入门和应用分析



中国电力出版社

www.cepp.com.cn

内 容 提 要

本书注重实践性和实用性,除了介绍了 S7-200 的常用指令和应用之外,还提供了一些实用性很强的课程设计实例,可帮助读者巩固所学知识,加强综合应用能力,提高系统设计水平。

本书第一章简单介绍了 PLC 的基础知识,使大家对 PLC 的基本结构、特点、工作原理、技术指标、发展方向有一定的了解。第二~第七章以西门子公司的 S7-200 小型 PLC 为目标机型,对 PLC 系统的组成、指令系统、程序结构、顺序控制图、通信与网络、STEP7 编程软件等内容进行介绍。第八章简单介绍了 PLC 系统的综合设计思路方法。

本书可作为高等学校和高职高专学校的工业自动化、电气工程及其自动化、计算机应用、机电一体化等有关专业的教学教材,也可供有关工程技术人员参考。

图书在版编目 (CIP) 数据

西门子 S7-200 PLC 入门和应用分析 / 梁德成主编. —北京:
中国电力出版社, 2010.4

ISBN 978-7-5123-0198-6

I. ①西… II. ①梁… III. ①可编程序控制器 IV. ①TM571.6

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2010) 第 039431 号

中国电力出版社出版、发行

(北京三里河路 6 号 100044 <http://www.cepp.com.cn>)

汇鑫印务有限公司印刷

各地新华书店经售

*

2010 年 6 月第一版 2010 年 6 月北京第一次印刷

787 毫米 × 1092 毫米 16 开本 14.75 印张 346 千字

印数 0001—3000 册 定价 28.00 元

敬 告 读 者

本书封面贴有防伪标签,加热后中心图案消失

本书如有印装质量问题,我社发行部负责退换

版 权 专 有 翻 印 必 究



前 言

随着科学技术的不断发展,电气控制技术在各个领域中得到越来越广泛的应用。可编程控制器(PLC)的应用使得电气控制发生了根本性的变化。PLC是以微处理器为基础,综合了计算机技术、半导体技术、自动控制技术、数字技术和网络通信技术发展起来的一种通用工业自动化控制装置。PLC以其可靠性高、灵活性强、使用方便的优点,迅速占领了工业控制领域。从运动控制到过程控制,从单机自动化到生产线自动化乃至工厂自动化,从工业机器人、数控设备到柔性制造技术(FMS),从集中控制系统到大型集散系统,PLC均充当着重要角色,并展现出了强劲的态势。PLC作为先进的、应用势头最强的工业机器而风靡全球。PLC技术、CAD/CAM技术和工业机器人成为现代工业控制的三大支柱。

PLC技术是电气控制技术的一朵奇葩。经过30多年的发展,PLC已形成了完整的工业控制器产品系列,其功能从最初的主要替代继电器—接触器控制的简单功能,发展到目前的具有接近于计算机的强有力的软硬件功能。PLC常用于具有包括逻辑运算、数值运算、数据传送、过程控制、位置控制、高速计数、中断控制、人机对话、网络通信等功能的控制领域。

本书第一章简单介绍了PLC的基础知识,使大家对PLC的基本结构、特点、工作原理、技术指标、发展方向有了一定的了解。第二章~第七章以西门子公司的S7-200小型PLC为例,对PLC系统的组成、指令系统、程序结构、顺序控制图、通信与网络、STEP7编程软件等内容进行介绍。第八章简单介绍了PLC系统综合设计的思路和方法。

本书可作为高等学校和高职高专等学校的工业自动化、电气工程及其自动化、计算机应用、机电一体化等有关专业的教学教材,也可供有关工程技术人员参考。

本书由梁德成担任主编,郝玉东、鲁改凤担任副主编。其中,第一章、第二章由张廷武编写,第三章的第一节~第四节以及第五章由郝玉东编写,第三章的第五节~第七节由鲁改凤编写,第四章由梁德成编写,第六章和第七章由段爱霞编写,第八章和附录部分由张云鹏编写。

本书由邱道尹教授和陈建明教授主审,并提出了许多宝贵意见,在此表示真挚的感谢。

河南科锐特科技发展有限公司、郑州德凯电气有限公司、河南金科自动化有限公司为本书的编写提供了大量的资料,并给与大力的支持和帮助。在编写过程中还得到了朱学军、罗山林、张英超、王山松等同志的关心和支持,在此表示衷心的感谢。

限于作者水平,且加之成书时间仓促,书中难免有错误和不妥之处,敬请广大读者批评指正。

作 者

2009年12月

目 录

前 言

第一章 PLC 的基础知识	1
第一节 可编程控制器的产生过程	1
第二节 可编程控制器的特点及控制形式	2
第三节 可编程控制器的分类	4
第四节 可编程控制器组成及工作原理	5
第五节 可编程控制器的发展方向	11
思考题	12
第二章 S7-200 PLC 的组成	13
第一节 S7-200 PLC 的硬件结构	13
第二节 S7-200 PLC 的寻址方式及数据区的分配	19
第三节 PLC 系统的硬件组成	25
思考题	28
第三章 S7-200 PLC 程序指令系统	29
第一节 S7-200 PLC 的编程语言	29
第二节 S7-200 PLC 位逻辑操作指令	30
第三节 定时器指令	38
第四节 计数器指令	42
第五节 程序控制指令	47
第六节 数据处理指令	56
第七节 数据运算指令	82
思考题	96
第四章 S7-200 PLC 的程序结构	98
第一节 S7-200 PLC 的程序结构	98
第二节 子程序	98
第三节 中断程序	101
第四节 全局变量和局部变量	106
第五节 高速计数器	110
第六节 高速脉冲输出	120
第七节 闭环系统的 PID 控制	127
思考题	134

第五章 顺序控制梯形图的设计方法	136
第一节 顺序控制设计法	136
第二节 顺序功能图	138
第三节 使用位存储器的顺序控制设计法	140
第四节 使用 SCR 指令的顺序编程方式	143
思考题	147
第六章 S7-200 PLC 的通信与网络	148
第一节 计算机通信概述	148
第二节 西门子工业通信网络	153
第三节 S7-200 PLC 串行通信网络配置	156
第四节 S7-200 PLC 的通信指令	164
第五节 S7-200 PLC 的自由端口通信	170
思考题	174
第七章 S7-200 PLC 编程软件及仿真	175
第一节 编程软件的安装	175
第二节 编程软件的功能	178
第三节 软件编程应用	186
第四节 程序调试与 PLC 的运行	191
第五节 S7-200 PLC 仿真软件	194
思考题	196
第八章 S7-200 PLC 编程实例	197
第一节 PLC 控制系统设计步骤及其内容	197
第二节 三相异步电动机 Y/ Δ 启动控制	200
第三节 电机顺序控制系统	204
第四节 机械手控制	205
附录 A 特殊寄存器 (SM) 标志位	208
附录 B 错误代码信息	212
附录 C S7-200 PLC 指令集	215
附录 D 实验指导书	219
附录 E 课程设计指导书	226
参考文献	227

PLC 的基础知识

第一节 可编程控制器的产生过程

从可编程控制器发展的历史可知,可编程控制器的功能也在不断变化,其名称演变经历了如下过程:早期产品名称为 Programmable Logic Controller (可编程逻辑控制器),简称 PLC,主要是为了替代传统的继电器接触器控制系统。随着微处理器技术的发展,可编程控制器的功能也不断地增加,因而可编程逻辑控制器(PLC)已不能描述其多功能的特点。1980年,美国电气制造商协会 NEMA (National Electrical Manufacturers Association) 给它一个新的名称 Programmable Controller,简称 PC,然而 PC 这一简写名称在国内早已成为个人计算机(Personal Computer)的代名词,为了避免造成名词术语混乱,因此国内仍沿用早期的简写名称 PLC 表示可编程控制器,但此 PLC 并不意味只具有逻辑功能。

PLC 是在传统的继电控制的基础上引入了微电子技术、计算机技术、自动控制技术和通信技术而形成的一代新型工业控制装置,其目的是用来取代继电器,执行逻辑、计时、计数等顺序控制功能,建立柔性的程控系统。

PLC 具有通用性强、使用方便、适应面广、可靠性高、抗干扰能力强及编程简单等特点。

在可编程控制器出现以前,继电器控制在工业控制领域占主导地位,由此构成的控制系统都是按预先设定好的时间或条件顺序工作的,若要改变控制的顺序就必须改变控制系统的硬件接线,因此,其通用性和灵活性较差。

20 世纪 60 年代,计算机技术开始应用于工业控制领域,由于其价格高、输入输出电路不匹配、编程难度大,以及难于适应恶劣工业环境等原因,未能在工业控制领域获得推广。

1968 年,美国最大的汽车制造商——通用汽车公司(GM)为了适应生产工艺不断更新的需要,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,并从用户角度提出了新一代控制器应具备的十大条件,立即引起了开发热潮。这十大条件是:

- (1) 编程方便,可现场修改程序。
- (2) 维修方便,采用插件式。
- (3) 可靠性高于继电器控制柜。
- (4) 体积小于继电器控制柜。
- (5) 数据可直接送入管理计算机。
- (6) 成本可与继电器控制柜竞争。
- (7) 输入可为交流 115V。
- (8) 输出可为交流 115V、2A 以上,可直接驱动接触器、电磁阀等。

(9) 扩展时原系统改变最少。

(10) 用户存储器大于 4KB。

这些条件实际上提出将继电器控制的简单易懂、使用方便、价格低的优点与计算机的功能完善、灵活性、通用性好的优点结合起来，将继电器控制的硬接线逻辑转变为计算机的软件逻辑编程的设想。1969 年，美国数字设备公司（DEC 公司）研制出了第一台可编程控制器 PDP-14，在美国通用汽车公司的生产线上试用成功，并取得了满意的效果，可编程控制器自此诞生。

可编程控制器自问世以来，发展极为迅速。1971 年，日本开始生产可编程控制器。1973 年，欧洲开始生产可编程控制器。我国从 1974 年也开始研制，1977 年开始工业应用。到现在，世界各国的一些著名的电气工厂几乎都在生产可编程控制器装置。可编程控制器已作为一个独立的工业设备被列入生产中，成为当代电控装置的主导。

可编程控制器从诞生到现在，经历了三次换代，如表 1-1 所示。

表 1-1 可编程控制器的发展过程

代 次	器 件	功 能 特 点	应 用 范 围
第一代 1969 年~1972 年	1 位微处理器	逻辑运算、定时、计数	替代传统继电控制
第二代 1973 年~1975 年	8 位微处理器及存储器	数据的传送和比较、模拟量的运算，产品系列化	能同时完成逻辑控制、模拟量控制
第三代 1976 年~1983 年	高性能 8 位微处理器及存储器	处理速度提高，向多功能及联网通信功能发展	复杂控制系统及联网通信
第四代 1983 年~至今	16 位、32 位微处理器及存储器	逻辑、运动、数据处理、联网功能的复杂多功能	分级网络控制系统

第二节 可编程控制器的特点及控制形式

一、可编程控制器的特点

现代工业生产是复杂多样的，它们对控制的要求也各不相同。可编程控制器由于具有以下特点而深受工程技术人员的欢迎。

(1) 可靠性高，抗干扰能力强。这往往是用户选择控制装置的首要条件。PLC 生产厂家在硬件和软件上采取了一系列抗干扰措施，使它可以直接安装于工业现场而稳定可靠的工作。目前各生产厂家生产的 PLC，其平均无故障运行时间都大大超过了 IEC 规定的 10 万小时。而且为了适应特殊场合的需要，有的 PLC 生产厂商还采用冗余设计和差异设计（如德国 Pilz 公司的 PLC），进一步提高了其可靠性。

(2) 适应性强，应用灵活。由于 PLC 产品均成系列化生产，品种齐全，多数采用模块式的硬件结构，组合和扩展方便，用户可根据自己的需要灵活选用，以满足系统大小不同及功能繁简各异的控制系统要求。

(3) 编程方便, 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。近年来又发展了面向对象的顺控流程图语言 (Sequential Function Chart), 也称功能图, 使编程更简单方便。

(4) 控制系统设计、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 就可进行控制系统设计并可在实验室进行模拟调试。

(5) 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。

(6) 功能完善。除基本的逻辑控制、定时、计数、算术运算等功能外, 配合特殊功能模块还可以实现点位控制、PID 运算、过程控制、数字控制等功能, 为方便工厂管理又可与上位机通信, 通过远程模块还可以控制远方设备。

由于具有上述特点, 使得 PLC 的应用范围极为广泛, 可以说只要有控制要求, 就会有 PLC 的应用。

二、可编程控制器的控制形式

1. 单机控制

单机控制即用一台可编程控制器控制一台被控设备, 如图 1-1 (a) 所示。

2. 集中控制

集中控制即用一台可编程控制器控制多台被控设备。该控制多用于各控制对象所处的地理位置较近、相互之间的动作有一定联系的场合, 如图 1-1 (b) 所示。

3. 分散控制

分散控制即每一个控制对象设置一台可编程控制器, 各控制器之间可通过信号传递进行内部连锁、响应或发令等, 或由上位机通过数据通信总线进行通信, 如图 1-1 (c) 所示。

4. 远程 I/O 控制

远程 I/O 控制是将 I/O 模块与控制器分开, 将其远距离地放在被控设备附近。远程 I/O 通道与控制器之间通过同轴电缆连接传递信息, 如图 1-1 (d) 所示。图中使用 3 个远程 I/O 通道 (A、B、C) 和一个本地 I/O 通道。

5. 就地控制

就地控制即用一台控制器代替远程 I/O 通道, 这就构成了就地控制系统, 如图 1-1 (e) 所示。

6. 网络控制

如果用管理计算机作为主控制器, 用高速数据通信通道作为各就地控制器连接线路, 则就地控制器控制就变成了网络控制。

7. 冗余控制

冗余控制是用两台完全相同的可编程控制器, 构成同一控制系统。其中一台用作主系统, 另一台用作备用系统。当主系统发生故障时, 由热备处理器自动进行切换, 使备用系统开始对外部实现控制。

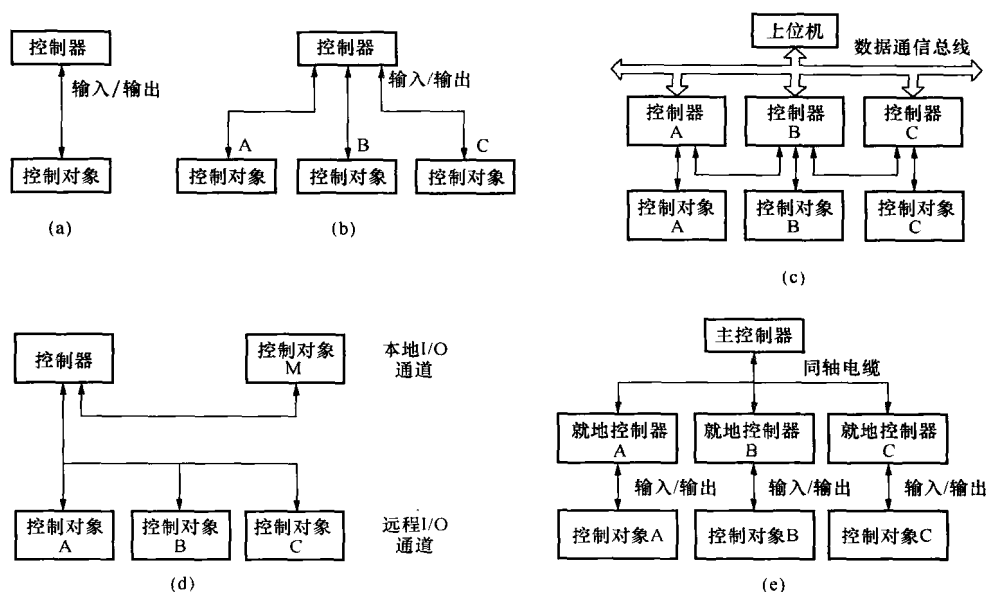


图 1-1 可编程控制器的控制形式

第三节 可编程控制器的分类

一、可编程控制器的控制规模分类

按 PLC 的控制规模分类，PLC 可分为小型机、中型机和大型机。

1. 小型机

通常小型机的控制点数少于 256 点，用户程序存储器的容量小于 8KB。小型机常用于单机控制和小型控制场合，在通信网络中常作从站。例如，西门子公司的 S7-200 PLC 就属于小型机。小型机中，控制点数小于 64 点的为超小型机或微型机。

2. 中型机

通常中型机的控制点数一般在 256~2048 点范围内，用户程序存储器的容量小于 50KB。中型机控制点数较多、控制功能强。常用于中型控制场合，在通信网络中既做主站也可做从站。例如，西门子公司的 S7-300 PLC 就属于中型机。

3. 大型机

大型机的控制点数都在 2048 点以上，用户程序存储器的容量达 50KB 以上。大型机控制点数多、功能很强、运算速度很快，常用于大型控制场合，在通信网络中常用作主站。例如，西门子公司的 S7-400 PLC 就属于大型机。以上分类没有十分严格的界限，随着 PLC 技术的快速发展，这些界限随时会发生变更。

二、可编程控制器的结构分类

PLC 按结构形式可分为整体式、模块式以及叠装式三种。

1. 整体式

整体式 PLC 是将电源、CPU、I/O 部件都集中在一个机箱内。其结构紧凑、体积小、

价格低。一般小型 PLC 采用这种结构。整体式 PLC 有不同 I/O 点数的基本单元和扩展单元组成。基本单元内有 CPU、I/O 和电源，扩展单元内只有 I/O 和电源。整体式 PLC 一般配备有特殊功能单元，如模拟量单元、位置控制单元等，可使 PLC 的功能得以扩展。例如，美国 GE 公司的 GE-1/1 系列 PLC 为整体式结构，日本三菱公司的 FX 系列 PLC 为整体式结构等。

2. 模块式

PLC 模块式结构是将 PLC 各部分分成若干个单独的模块，如电源模块、CPU 模块、I/O 模块和各种功能模块。模块式 PLC 由机架和各种模块组成。模块插在机架内的插座上。模块式 PLC 配置灵活，装配方便，便于扩展和维修。一般大、中型 PLC 宜采用模块式结构。例如，西门子公司的 S7-300/400 PLC 采用模块式结构形式，有的小型 PLC 也采用这种结构。

3. 叠装式

将整体式和模块式结合起来，称为叠装式 PLC。它除了基本单元外还有扩展模块和特殊功能模块，配置比较方便。叠装式 PLC 集整体式 PLC 与模块式 PLC 优点于一身，它结构紧凑、体积小、配置灵活、安装方便。西门子公司的 S7-200 PLC 就是叠装式结构形式。

第四节 可编程控制器组成及工作原理

一、可编程控制器的基本结构

可编程控制器是一种以微处理器为核心的、用于工程自动控制的工业控制机，其本质是一台工业控制专用计算机。它的软、硬件配置与计算机极为类似。PLC 硬件主要由中央处理器（CPU）、存储器、输入单元、输出单元以及编程器、电源和智能输入、输出单元等构成，如图 1-2 所示。

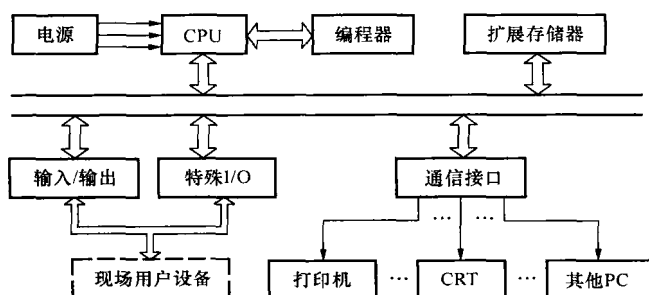


图 1-2 PLC 系统配置结构图

1. 中央处理器（CPU）

CPU 是 PLC 的核心部件、控制着所有其他部件的操作。常用的 CPU 通用微处理器，如 MOTOROLA 6800，MOTOROLA 68000；单片机有 8031、8051 和双极型位式微处理器，如 AMD 2901，AMD 2903。

小型 PLC 中大多采用 8 位微处理器或单片机，中型 PLC 中大多采用 16 位微处理器或

单片机, 大型 PLC 中大多采用高速微处理器。

中央处理器的功能如下:

- (1) CPU 按系统程序所赋予的功能接收并存储从编程器输入的用户程序和数据。
- (2) CPU 按扫描方式工作。从存储器中逐条读取指令, 并存入 CPU 内的指令寄存器中。
- (3) CPU 将指令寄存器中的指令操作码进行译码, 执行指令规定的任务, 产生相应的控制信号, 启闭有关控制门电路, 并根据运算结果刷新有关标志寄存器和输出映像寄存器的内容, 以实现输出控制、制表、打印或数据通信等工作任务。
- (4) 执行系统诊断程序, 诊断电源、PC 机内部电路工作状态和编程过程中的语法错误等。

2. 存储器

编程控制器中存储器主要用于存放系统程序、用户程序和数据。常用的存储器形式有 CMOS RAM、EPROM 和 EEPROM。

(1) 系统存储器。系统存储器用以存储厂家编写的系统程序。所谓系统程序, 是指控制和完成 PLC 系统各种功能的程序, 如控制器的监控程序、基本指令、功能指令、翻译程序、系统诊断程序、通信管理程序等。机器出厂时, 厂家把这些程序存入 EPROM 存储器或 EEPROM 存储器。用户不能访问和修改存储器这部分的内容。

(2) 用户存储器。用户存储器主要用来存放用户的应用程序。所谓用户程序是指使用者根据工程现场的生产过程和工艺要求编写的控制程序。此程序由使用者通过编程器输入到 PLC 的 CMOS RAM 存储器中, 以便于用户随时修改, 也可将用户程序存放在 EEPROM 中。为确保 PLC 控制系统的可靠性, CMOS RAM 存储器有预防电源掉电故障的锂电池, 以防电源掉电后丢失它的存储内容。

(3) 数据存储器。数据存储器用来存放 PLC 的数据, 它包括输入、输出、辅助继电器状态的映像区, 定时器、计数器、移位寄存器、状态寄存器、数据寄存器和特殊功能寄存器等状态的映像寄存器。由于数据在控制器应用中是经常变化、经常存取的。因此数据存储器一般选用 CMOS RAM, 以满足随机存取的要求。

3. 输入/输出模块

输入/输出模块是可编程控制器与工业生产设备或工业生产过程连接的接口。现场的输入信号, 如按钮开关、行程开关、限位开关以及传感器输出的开关量或模拟量等, 都要通过输入模块送到 PLC。由于这些信号电平各式各样, 而可编程控制器 CPU 所处理的信息只能是标准电平, 所以输入模块还需将这些信号转换成 CPU 能够接收和处理的数字量信号。输出模块的作用是接收中央处理器处理过的数字信号, 并把它转换成现场的执行部件所能接收的控制信号, 以驱动如电磁阀、灯光显示、电动机等执行机构。

可编程控制器有多种输入/输出模块, 其类型有数字量输入/输出模块和模拟量输入/输出模块。上述模块又分直流及交流、电压和电流类型。每种类型又有不同的参数等级。

(1) 数字量输入/输出模块。数字量输入模块采用光电耦合电路与现场输入信号相连, 这样可以防止使用环境中的强电干扰进入 PLC 系统。光电耦合电路的核心是光电耦合器, 其结构由发光二极管和光电三极管构成。由于光电耦合器具有很强的抗干扰性能, 从而增强

了 PLC 的抗干扰能力。

数字量输出模块可分为继电器输出方式、晶体管输出方式和可控硅输出方式等。

(2) 模拟量输入/输出模块。模拟量输入/输出模块主要用来实现模拟量、数字量之间相互的转换。由于实际控制系统中的传感器或执行机构有一类信号是连续变化的模拟量,因此这些模拟量必须通过模拟量输入/输出模块与 PLC 的中央处理器连接。

模拟量输入模块 A/D 转换后的二进制数字量,经光电耦合器和输入锁存缓冲器与 PLC 的 I/O 总线连接。

模拟量输出模块 D/A 转换前的二进制数字量,经光电耦合器和输出锁存缓冲器与 PLC 的 I/O 总线连接。

现场的模拟量信号必须经过传感器以及其他的变送器件转换为系统可以接收的电信号,而传感器和其他的变送器件的输出量程又各不相同,为此我国规定标准量程的模拟量电压有 0~5V 和 0~10V 两种,模拟量电流有 0~20mA 和 4~20mA 两种。有些 PLC 模拟量输入、输出模块与我国标准量程不同,如 1~5V、1~10V、-5~+5V、-10~+10V、0~10mA 等。模拟量输入模块接收到标准量程的模拟电压或电流后,把它转换成 8 位、16 位或 32 位的二进制数字信号,送给中央处理器进行处理。模拟量输出模块将中央处理器的二进制数字信号转换成标准量程的电压或电流输出信号,以提供给执行机构。

4. 智能接口模块

随着可编程控制器在工业控制中的广泛应用和发展,可编程控制器制造厂家已经开发出一系列的智能接口模块,使可编程控制器的功能更加完善,从而扩展了它的应用范围。

智能接口模块种类很多,例如,高速计数模块、PLD 控制模块、数字位置译码模块、阀门控制模块、中断控制模块、智能存储模块以及智能 I/O 模块等。

5. 编程装置

由于 PLC 本身没有键盘,为了将用户程序传送给 PLC,编程装置是可编程控制器不可缺少的外部设备。编程装置不仅能对程序进行输入、读出、检验、修改,还能对可编程控制器的工作状态进行监控。

(1) 编程装置的类型。

1) 便携式编程器。便携式编程器也叫简易编程器。它直接与可编程控制器的专用插座相连,由可编程控制器提供电源。它具有体积小、便于携带的特点。一般只能用指令形式编程,通过按键输入指令,然后用数码管或液晶显示器加以显示。这种编程器适合小型 PLC 的编程要求。

2) 图形编程器。图形编程器以液晶显示器 (LCD) 或阴极射线管 (CRT) 作屏幕。用来显示编程内容和提供存储空间的占用情况、程序容量等各种信息,还可在线调试程序、检查程序执行时显示各种信号状态、出错提示等。使用图形编程器可以用多种编程语言编程,梯形图显示在屏幕上十分直观。图形编程器还可与打印机、录音机、绘画仪等设备连接,有较强的监控功能。但它的价格高,适用于中、大型可编程控制器的编程要求。

3) 用于 PC 机及其工控机的编程器。随着个人计算机的广泛应用,近年来可编程控制器生产厂家为满足用户希望能把个人计算机和可编程控制器连接起来的要求,相继推出了以 PC 机或其工控机为基础的编程软件和开发系统。用个人计算机加上适当的硬件接口和软件

包作为编程器，也可直接编制梯形图，其监控功能也很强。

(2) 编程器的工作方式。编程器主要的工作方式有两种，即编程和监控两种工作方式。

1) 编程工作方式。编程器在 PC 机处于停机状态时可以进行编程。它的功能主要是输入新的程序，或者对已有的程序予以编辑和修改。输入新程序就是将用户程序按步号次序逐条输入到控制器的存储器中，对已有程序的编辑就是按步号顺序查找待修改的指令或者按搜索方式输入指令代码和元件号后，编程器自动显示符合搜索要求的第一个指令的步号、指令代码和元件号。在查找到待修改指令的情况下，便可以利用屏幕编辑键对程序内容进行增添、更改、插入和删除。

2) 监控工作方式。编程器在 PC 机处于运行 (RUN) 状态时，并与主控单元联机的情况下，可以对运行中的控制器工作状态进行监控。监控包括监视和控制。监视是对某一线圈或触点的工作状态进行监视，也可以对成组器件的工作状态进行监视。还可以跟踪用户程序的运行，对故障进行监视。控制是通过编程器的各种操作向 PLC 的主控单元发出命令，参与 PLC 的控制运行。

各种型号的 PC 机都有自己配套的编程器。编程器是一种专用的外部设备，不能通用，有关它们的使用方法请参阅各种编程器的使用说明。

(3) 编程器的结构。编程器的结构一般包括显示部分与键盘部分。

1) 显示部分。一般用液晶显示器，主要显示的内容包括地址、数据、工作方式、指令执行情况及系统工作状态等。

2) 键盘部分。有单功能键和双功能键。在使用双功能键时，键盘中有一个选择键以选择其中一种工作方式。

二、可编程控制器的工作原理

1. PLC 的工作方式和工作过程

PLC 虽然以微处理器为核心，具有微机的许多特点，但它的工作方式却与微机有很大不同。微机一般采用等待命令和中断的工作方式，如常见的键盘扫描方式或 I/O 扫描方式，当有键按下或 I/O 动作时，则转入相应的子程序或中断服务程序；当无键按下时，则继续扫描等待。

PLC 则是采用“顺序扫描、不断循环”的方式进行工作的。当 PLC 运行时，CPU 根据用户按控制要求编制好并存于用户存储器中的程序，按指令步序号作周期性的程序循环扫描，如果无跳转指令，则从第一条指令开始逐条顺序执行用户程序，直到程序结束，然后重新返回第一条指令，开始新一轮新的扫描。在每次扫描过程中，还要完成对输入信号的采样和对输出状态的刷新等工作，如此周而复始。

PLC 的工作过程大体可分为输入刷新、程序执行、输出刷新三个阶段，并进行周期性循环，如图 1-3 所示。

(1) 输入刷新阶段。PLC 在输入刷新阶段，首先以扫描方式按顺序从输入锁存器中读入所有输入端子的通断状态或输入数据，并将其存入（写入）内存中各对应的输入状态映像寄存器中，这一过程称为输入采样或输入刷新。随后关闭输入端口，进入程序执行阶段。在程序执行阶段，即使输入端状态有变化，输入状态映像寄存器中的内容也不会改变。变化了的输入信号状态只能在下一个扫描周期的输入刷新阶段被读入输入状态映像寄存器中。

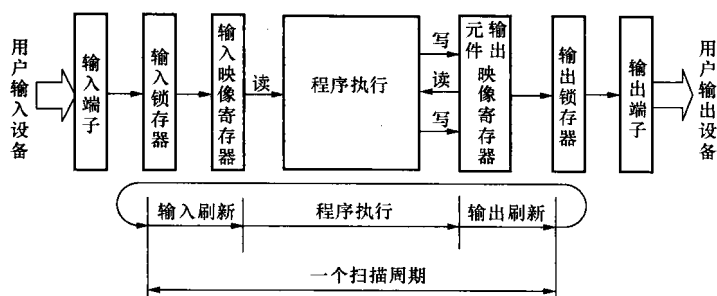


图 1-3 PLC 的扫描工作过程

(2) 程序执行阶段。PLC 在程序执行阶段，按用户程序顺序扫描执行每条指令，所需的执行条件可从输入状态映像寄存器中和元件状态寄存器（存有辅助继电器、定时器、计数器、输出继电器等 PLC 各种内部元件的状态）中读入，经过相应的运算处理后，将结果再写入元件状态映像寄存器中。因此，对于每个元件来说，元件状态映像寄存器中所存的内容会随着程序的执行进程而改变。

(3) 输出刷新阶段。当程序所有指令执行完毕，输出状态映像寄存器（元件状态映像寄存器中对应输出继电器的部分）的通断状态在 CPU 的控制下被一次集中送至输出锁存器中，并通过一定输出方式输出，推动外部相应执行元件工作，这就是 PLC 的输出刷新。

经过输入刷新、程序执行和输出刷新这三个阶段，完成一个扫描周期。这个过程以同一方式反复重复称为循环扫描工作方式。在循环扫描工作方式中，由于输入刷新过程是在输出刷新过程后马上进行的，有时为了简便起见，将输入刷新和输出刷新过程统称为 I/O 刷新。实际上，除了执行程序 and I/O 刷新外，可编程控制器还要进行各种错误检测（自诊断功能）和与编程工具等外部设备通信，这些操作称为“监视服务”，在程序执行后进行。

由于扫描时间定义为完成一次扫描所需的时间，故一个扫描周期的长短主要取决于三个因素：一是 CPU 执行指令的速度；二是每条指令占用的时间；三是执行指令条数的多少，即用户程序的长短。

由于采用这种集中采样、集中输出的方式，使得在每一个扫描周期中，PLC 只对输入状态采样一次，对输出状态更新一次，在一定程度上降低了系统的响应速度，即存在输入滞后输出的现象。

实际上输入/输出滞后现象除与上面所说 PLC 的集中输入/输出刷新、程序循环扫描执行方式有关外，还与输入电路滤波器的时间常数以及继电器输出方式中输出继电器的机械滞后有关。一般来说，PLC 几毫秒乃至几十毫秒的响应延迟，对响应速度要求不高的普通工业系统的控制来讲是无关紧要的，或者说，这些滞后现象是完全允许的。但在那些需要输出对输入做出快速反应的高速系统或设备的控制中则不能忽视，必须通过合理选择机型（如应考虑选用具有快速响应、高速计数及中断处理功能，而且指令执行速度高的 PLC）和精心设计程序加以解决。

虽然 PLC 的扫描工作方式使系统的响应速度受到一定的影响，但从另外一个角度却大大提高了系统的抗干扰能力，使可靠性增强。这也是 PLC 的一个特殊的优点。

2. PLC 对输入、输出的处理规则

PLC 与继电器控制系统对信息处理的方式是不同的：继电器控制系统是“并行”处理方式，只要电流形成通路，可能有几个电器同时动作；而 PLC 则是以扫描的方式处理信息，它是顺序地、连续地、循环地逐条执行程序，在任何时刻它只能执行一条指令，即以“串行”处理方式进行工作。因而在考虑 PLC 的输入、输出之间的关系时，应充分注意它的周期扫描工作方式。在用户程序执行阶段 PLC 对输入、输出的处理必须遵守以下规则：

- (1) 输入映像寄存器的内容，由上一个扫描周期输入端子的状态决定。
- (2) 输出映像寄存器的状态，由程序执行期间输出指令的执行结果决定。
- (3) 输出锁存器的状态，由上次输出刷新期间输出映像寄存器的状态决定。
- (4) 输出端子上各输出端的状态，由输出锁存器来确定。
- (5) 执行程序时所用的输入、输出状态值，取用于输入、输出映像寄存器的状态。

尽管 PLC 采用周期循环扫描的工作方式，而产生输入、输出响应滞后的现象，但只要使其一个扫描周期足够短，采样频率足够高，足以保证输入变量条件不变，即如果在第一个扫描周期内对某输入变量的状态没有捕捉到，保证在第 2 个扫描周期执行程序时使其存在。这样完全符合实际系统的工作状态。从宏观上讲，我们认为 PLC 恢复了系统对输出变量控制的并行性。

扫描周期的长短和程序的长短有关，和每条指令执行时间长短有关。而后者又和指令的类型和 CPU 的主频即时钟有关。一般 PLC 的扫描周期均小于 50~60ms。

三、可编程控制器的技术指标

PLC 的主要性能，通常可用以下各种指标进行描述。

1. I/O 总点数

I/O 总点数是衡量 PLC 可接收输入信号和输出信号的数量。PLC 的输入、输出有开关量和模拟量两种。其中开关量用最大 I/O 点数表示，模拟量用最大 I/O 通道数表示。

2. 用户程序存储容量

用户程序存储容量是衡量可存储用户应用程序多少的指标，通常以 B 或 KB 为单位。约定 16 位二进制数为一个字（即两个 8 位的字节），每 1024 个字为 1KB。PLC 中通常以字为单位来存储指令和数据，一般的逻辑操作指令每条占 1 个字。定时、计数、移位等指令占 2 个字，而数据操作指令占 2~4 个字。也有的 PLC，其用户程序存储容量以编程的步数来表示，每一条语句占一步。

3. 编程语言

编程语言一般有梯形图、语句表、控制系统流程图等几种，因 PLC 不同而异。

4. 编程手段

手持编程器、CRT 编程器、计算机编程分别为小型、中型及大型 PLC 的编程装置。

5. 指令执行时间

指令执行时间是指 CPU 执行基本指令所需的时间，一般为每步几至几十微秒。

6. 扫描速度

扫描速度是指扫描 1K 字用户程序所需的时间，通常以 ms/K 字为单位。

7. 指令系统

指令系统的指令种类和数量是衡量 PLC 的软件功能强弱的重要指标。PLC 的指令一般

可分为基本指令和高级指令两部分。

8. 内部继电器的种类和数量

PLC 的内部继电器是指内部辅助继电器、定时器、计数器、移位寄存器、特殊功能继电器等，其数量的多少关系到编程是否方便灵活。

9. 其他

除以上基本性能外，不同 PLC 还有一些其他指标，如输入/输出方式、特殊功能模块种类、自诊断、通信联网、远程 I/O、监控、主要硬件型号、工作环境及电源等级等。

第五节 可编程控制器的发展方向

1. PLC 产品向小型化方向发展

在 20 世纪 80 年代初期，超小型与小型机相继问世，并迅速发展。20 世纪 80 年代末、90 年代初推出的小型 PLC，在元件选择上大都采用表面封装元件，进一步提高了产品的可靠性，而体积趋于超小型化。

除此以外，最新推出的小型 PLC 机配置更加灵活，柔性更大。

2. PLC 产品向高档化方向发展

高档 PLC 的发展方向实际上就是 PLC 的高速度化、大容量化和多功能化。要提高速度，既可采用高速的微处理机芯片，也可采用超大规模芯片。PLC 的存储容量在不断扩大，目前有的 PLC 已达数兆字节的内存容量。西门子公司的磁泡存储器存储容量达 256 KB，硬盘也已用作 PLC 的外部存储器。可编程控制器的存储容量还会扩大。

可编程控制器的指令功能不断增强，大大丰富了 PLC 指令的内涵。另外，各种功能模块不断推出，如高速计数模块、温度控制模块、远程 I/O 模块、通信模块和人机接口模块等。这不仅提高了功能和系统扩充的灵活性，而且大大地扩大了 PLC 的应用范围。

3. PLC 的编程工具与编程语言的多样化、高级化、标准化

PLC 的编程工具主要有 3 种。一是便携式编程器，它具有体积小、重量轻、价格低等特点，广泛用于小型 PLC 的用户程序编制和各种 PLC 的现场调试和监控。二是 CRT 图形编程器，它可以直接用梯形图编制和监控用户程序，而且具有很强的文件管理功能。三是个人微机广泛用于 PLC 的编程，可直接编制梯形图及各种编程语言，监控功能很强。

目前，编程的方式主要是用电脑编程软件进行编程。

PC 机的编程语言正在朝着三个方向发展。一是向多种编程语言发展；二是向高级语言发展，如 BASIC、C、FORTRAN 语言等；三是朝着 PLC 编程语言的标准化方向发展，这就使得不同 PLC 用户控制程序有可能可以相互兼容，使得 PLC 得以迅速推广。

4. 向网络化方向发展

加强 PLC 的联网能力成为 PLC 的发展趋势。PLC 的联网包括有 PLC 之间的联网和 PLC 与计算机之间的联网通信。各个公司都在使自己的产品与制造自动化通信协议标准 (MAP) 兼容，以使不同厂家的机器能互相通信。PLC 与计算机之间的联网进一步实现全工厂的自动化，实现计算机辅助制造 (CAM) 和计算机辅助设计 (CAD)。

5. 发展容错技术和故障诊断

鉴于有些系统要求其有极高的可靠性和安全性，大部分 PLC 制造商发展了容错技术。