

# PLC 入门

严盈富 主编

人民邮电出版社

## 图书在版编目 ( CIP ) 数据

PLC 入门 / 严盈富主编 . —北京 : 人民邮电出版社 , 2005.8

ISBN 7-115-13485-5

. P... . 严... . 可程序控制器 . TP332.3

中国版本图书馆 CIP 数据核字 ( 2005 ) 第 060159 号

## 内 容 提 要

本书以 S7-200 系列 PLC 为例 , 简要介绍了 PLC 的工作原理、基本指令系统、编程软件 STEP7-Micro/WIN32 的安装、编程、调试及运行 , 并在此基础上详细介绍了 PLC 控制系统的软、硬件设计 , 用举例的方法、图形的形式由浅入深地介绍 PLC 的应用实例 , 最后介绍了 PLC 网络通信方面的知识。

本书可作为希望自学 PLC 的工程人员的入门读物 , 也可供大中专院校自动化、机电一体化专业类学生参考 , 同时还可作为职业培训学校 PLC 的培训教材。

## PLC 入门

---

- ◆ 主 编 严盈富  
责任编辑 张 伟
- ◆ 人民邮电出版社出版发行 北京市崇文区夕照寺街 14 号  
邮编 100061 电子函件 315@ptpress.com.cn  
网址 <http://www.ptpress.com.cn>  
北京艺辉印刷有限公司印刷  
新华书店总店北京发行所经销
- ◆ 开本 : 787×1092 1/16  
印张 : 10.25  
字数 : 250 千字 2005 年 8 月第 1 版  
印数 : 1 - 5 000 册 2005 年 8 月北京第 1 次印刷

---

ISBN 7-115-13485-5/TN · 2513

---

定价 : 17.00 元

读者服务热线 : (010)67129264 印装质量热线 : (010)67129223

# 前 言

可编程序控制器（简称 PLC）是综合了计算机技术、自动控制技术和通信技术的一种新型的、实用的自动控制装置。它被广泛地用于工业控制领域，具有可靠性好、稳定性高、实时处理能力强、使用灵活方便、编程容易等特点。

目前，PLC 主要有西门子（SIMATIC）、欧姆龙（OMRON）和三菱（MITSUBISHI）等公司的产品。本书以西门子（SIMATIC）公司的 S7-200 系列小型 PLC 为例，不仅介绍了软件的安装、应用，编程指令，而且以翔实的编程实例介绍了 PLC 的应用，真正达到了理论与实际的有机结合。

本书是 PLC 的入门类读物，以希望自学 PLC 的工程技术人员为主要的读者对象，读者可以在自己的电脑前对照着本书学习软件的安装，并设计和调试简单的程序，从而逐步掌握 PLC 应用技术。无论您是从事 PLC 开发应用的工程技术人员，还是大中专院校学习 PLC 软件编程的师生，相信本书对您都有裨益。

本书中所有的内容都是编者多年从事自动化控制工作与研究的实践经验与心得体会的细致总结，并增添了许多最新的控制方法和内容，力求使编者多年的设计经验贯穿于整本书中，使读者如亲临工程设计的现场，学会工程设计的一般方法，实际应用效果好。

全书共分六章。第一章介绍了 PLC 的基础知识，由彭登峰编写；第二章介绍了 S7-200 的组成，由杨声云编写；第三章系统地介绍了可编程序控制器编程软件 STEP7-Micro/WIN32 的安装、功能、编程、调试及运行，以图示法、按操作步骤进行介绍，由严盈富编写；第四章对 S7-200 的编程指令和程序语言作了详细的介绍，并结合简单的程序实例，使读者尽快掌握编程指令的应用，由葛卫清编写；第五章介绍了 PLC 的系统设计方法，采用多个应用实例，使读者对工程的设计方法、步骤、必须遵循的原则都了解熟悉，其中第二节由彭登峰编写，其余由严盈富编写；第六章介绍 S7-200 系列的网络通信知识，由杨声云编写；全书由严盈富统稿。

本书在编写过程中参考了有关资料（见参考文献），在此我们对编写这些文献的同志表示衷心的感谢！同时对负责书中部分插图编辑绘制工作的王军、吴泽华先生表示感谢！

由于编者水平有限，加之时间急促，书中难免有不足之处，恳请广大读者予以批评指正。

编 者

# 目 录

第一章 PLC 的基础知识	1
第一节 概述	1
第二节 PLC 的由来	1
第三节 PLC 的定义	2
第四节 PLC 的工作原理	3
一、循环扫描	3
二、PLC 与微机 (MC) 的区别	4
三、PLC 控制与继电器控制的区别	4
第五节 PLC 的结构	5
一、硬件组成	5
二、软件基础	7
第六节 现代 PLC 的发展趋势	8
第二章 S7-200 的组成	10
第一节 S7-200 的技术指标	10
第二节 I/O 接口	12
第三节 S7-200 的配置	13
第四节 S7-200 系列 PLC 的编程软元件	14
一、类型及功用	14
二、寻址方式	16
第三章 PLC 的编程软件	21
第一节 编程软件的安装	21
一、系统要求	21
二、软件安装	22
三、硬件连接	24
四、参数设置	24
五、在线联系	26
六、建立修改 PLC 通信参数	27
第二节 编程软件的功能	28
一、基本功能	28
二、界面	29
三、各部分功能	29
四、系统组态	32
第三节 软件的编程	32

一、程序文件操作 .....	33
二、编辑程序 .....	35
<b>第四节 调试及运行</b> .....	45
一、选择扫描次数 .....	45
二、状态图表监控 .....	45
三、运行模式下编辑 .....	48
四、程序监视 .....	50
<b>第四章 PLC 的基本指令及程序设计</b> .....	53
<b>第一节 概述</b> .....	53
<b>第二节 逻辑指令</b> .....	54
一、逻辑取和线圈驱动指令 .....	54
二、触点串联指令 .....	57
三、触点并联指令 .....	58
四、串联电路块的并联连接指令 .....	58
五、并联电路块的串联连接指令 .....	58
六、置位、复位指令 .....	59
七、RS 触发器指令 .....	60
八、立即指令 .....	60
九、边沿脉冲指令 .....	62
十、逻辑堆栈操作指令 .....	62
十一、定时器 .....	64
十二、计数器 .....	67
十三、比较指令 .....	70
<b>第三节 程序控制指令</b> .....	71
一、结束及暂停指令 .....	71
二、看门狗指令 .....	72
三、跳转及标号指令 .....	72
四、循环指令 .....	73
五、子程序 .....	74
<b>第五章 PLC 控制系统设计</b> .....	87
<b>第一节 PLC 控制系统软件设计</b> .....	87
一、系统设计的基本步骤 .....	87
二、PLC 软件系统设计的方法 .....	88
<b>第二节 PLC 硬件系统设计</b> .....	90
一、PLC 的基本性能指标 .....	90
二、PLC 的分类 .....	91
三、PLC 的选型 .....	91
四、三种典型系列 PLC 简介 .....	93

五、选型举例 .....	94
第三节 PLC 软件编程实例 .....	94
一、电动机控制系统 .....	94
二、交通灯控制系统 .....	100
三、闪光报警系统 .....	104
四、混料罐控制 .....	106
五、造粒机摇振的控制 .....	110
六、包装机系统编程 .....	115
第六章 S7-200 系列 PLC 网络通信 .....	143
第一节 网络通信的基本概念 .....	143
一、自动化系统对 PLC 控制网络的要求 .....	143
二、PLC 的通信功能 .....	143
三、西门子 PLC 网络系统 .....	144
第二节 PLC 的通信协议 .....	144
一、S7-200 系列 PLC 支持的通信协议 .....	144
二、S7-200 系列 PLC 组网的硬件 .....	145
三、通信接口的安装和设置 .....	147
四、参数的选择与修改 .....	148
第三节 通信模式的配置 .....	150
一、PPI 通信的配置 .....	150
二、自由口通信的配置 .....	153
参考文献 .....	155

# 第一章 PLC 的基础知识

## 第一节 概 述

从可编程控制器发展历史可知,可编程控制器功能不断变化,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,主要替代传统的继电器接触控制系统,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 是在传统的顺序控制器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,其用途是取代继电器,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、编程简单等特点。可以预料,在工业控制领域中,PLC 控制技术的应用必将形成世界潮流。

## 第二节 PLC 的由来

在 PLC 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地工作,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。这十大条件主要是:

- 编程方便,可现场修改程序;
- 维修方便,采用插件式;
- 可靠性高于继电器控制柜;
- 体积小于继电器控制柜;
- 数据可直接送入管理计算机;

- 成本与继电器控制柜相当；
- 输入可为交流 115 V；
- 输出可为交流 115 V、2 A 以上，可直接驱动接触器、电磁阀等；
- 扩展时原系统改变最少；
- 用户存储器大于 4 KB。

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 PLC（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，PLC 自此诞生。

PLC 自问世以来，发展极为迅速。1971 年，日本开始生产 PLC。1973 年，欧洲开始生产 PLC。我国从 1974 年也开始研制 PLC，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 PLC 装置。PLC 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。

PLC 从诞生到现在，经历了三次换代，如表 1-1 所示。

表 1-1 PLC 的三次换代

代 次	器 件	功 能	应用范围
第一代 1969 ~ 1972	1 位微处理器	逻辑运算、定时、计数	替代传统的继电器控制
第二代 1973 ~ 1975	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 ~ 1983	高性能 8 位微处理器及位片式微处理器	处理速度提高，向多功能及联网通信发展	复杂控制系统及联网通信
第四代 1983 ~ 至今	16 位、32 位微处理器及高性能位片式微处理器	逻辑、运动、数据处理、联网功能的名副其实的多功能	分级网络控制系统

### 第三节 PLC 的定义

美国电气制造商协会 NEMA 在 1980 年给 PLC 作了如下的定义：“可编程控制器是一个数字式的电子装置，它使用了可编程序的记忆以存储指令，用来执行诸如逻辑、顺序、计时、计数和演算等功能，并通过数字或模拟的输入和输出，以控制各种机械或生产过程。一部数字电子计算机若是用来执行 PLC 的功能，亦被视同为 PLC，但不包括鼓式或机械式顺序控制器。”

国际电工委员会（IEC）曾于 1982 年 11 月颁发了 PLC 标准草案第一稿，1985 年 1 月又颁发了第二稿，1987 年 2 月颁发了第三稿。草案中对 PLC 的定义是：“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、计数和算术操作等面向用户的指令，并通过数字式或模拟式的输入/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

围设备，都按易于工业系统联成一个整体，易于扩充其功能的原则设计。”

此定义强调了 PLC 是“数字运算操作的电子系统”，即它也是一种计算机。它是“专为工业环境下应用而设计”的计算机。这种工业计算机采用“面向用户的指令”，因此编程方便。它能完成逻辑运算、顺序控制、定时、计数和算术操作，它还具有“数字量或模拟量的输入/输出控制”的能力，并且非常容易与“工业控制系统联成一体”，易于“扩充”。

定义还强调了 PLC 直接应用于工业环境，它需具有很强的抗干扰能力，广泛的适应能力和应用范围。这也是区别于一般微机控制系统的一个重要特征。应该强调的是，PLC 与以往所讲的鼓式、机械式的顺序控制器在“可编程”方面有质的区别。由于 PLC 引入了微处理器及半导体存储器等新一代电子器件，并用规定的指令进行编程，能灵活地修改，即用软件方式来实现“可编程”的目的。

## 第四节 PLC 的工作原理

### 一、循环扫描

PLC 采用循环扫描工作方式，这个工作过程一般包括 5 个阶段：内部处理、与编程器等的通信处理、输入扫描、执行用户程序、输出处理，其工作过程如图 1-1 所示。图 1-1 中当 PLC 方式开关置于 RUN（运行）时，执行所有阶段；当方式开关置于 STOP（停止）时，不执行后 3 个阶段，此时可进行通信处理，如对 PLC 联机或离线编程。

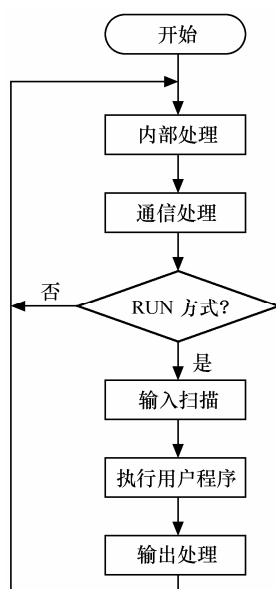


图 1-1 工作原理图

PLC 的输入处理、执行用户程序和输出处理过程的原理如图 1-2 所示。PLC 执行的 5 个阶段，称为一个扫描周期，PLC 完成一个周期后，又重新执行上述过程，扫描周而复始地进行。

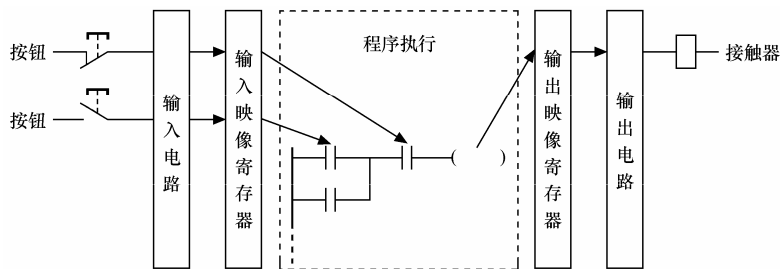


图 1-2 程序执行原理图

简而言之，PLC 是采用周期循环扫描、集中输入与输出的工作方式。这种工作方法的显著特点是：可靠性高、抗干扰能力强，但响应滞后、速度较慢。也就是说 PLC 以降低速度求得高可靠性。

## 二、PLC 与微机 (MC) 的区别

简而言之，MC 是通用的专用机，而 PLC 则是专用的通用机。

从微型计算机的应用范围来说，MC 是通用机，而 PLC 是专用机。微型计算机是在以往计算机与大规模集成电路的基础上发展起来的，其最大特征是运算速度快、功能强、应用范围广。例如近代科学计算、科学管理和工业控制等都离不开它，所以说 MC 是通用计算机。而 PLC 是一种为适应工业控制环境而设计的专用计算机。但从工业控制角度来看，PLC 则又是一种通用机，选对应的模块便可适用于各种工业控制系统，而用户只需改变用户程序即可满足工业控制系统的具体控制要求。如果采用 MC 作为某一设备的控制器，就必须根据实际需要考虑抗干扰问题和硬件软件设计，以适应设备控制的专门需要。这样，势必把通用的 MC 转化成具有特殊功能的控制器，而成为一台专用机。

PLC 与 MC 的主要差异及各自的特点如下。

PLC 抗干扰性能比 MC 强；

PLC 编程比 MC 简单；

PLC 设计调试周期短；

PLC 的输入/输出响应速度慢，有较大的滞后现象（一般为 ms 级），而 MC 的响应速度快（为  $\mu\text{s}$  级）；

PLC 易于操作，操作人员培训时间短，而 MC 则较难，操作人员培训时间长；

PLC 易于维修，MC 则较困难。

随着 PLC 越来越多地采用微机技术，其功能不断增强；同时 MC 也为了适应用户需要，向提高可靠性、耐用性与便于维修方向发展。两者相互间渗透，使 PLC 与 MC 的差异越来越小，两者之间的界线也越来越模糊。

今后 PLC 与 MC 将继续共存。在一个控制系统中，PLC 集中在功能控制上，MC 集中在信息处理上，两者相辅相成，共同发展。

## 三、PLC 控制与继电器控制的区别

在 PLC 的编程语言中，梯形图是最为广泛使用的语言。PLC 的梯形图与继电器控制线路图十分相似，主要原因是 PLC 梯形图的编写大致上沿用了继电器控制电路元件符号，仅个别处有些不同。同时，信号的输入/输出形式及控制功能也是相同的，但 PLC 的控制与继电器

的控制也有不同之处，主要表现在以下几方面。

### 1. 组成器件不同

继电器控制线路由许多真正的硬件继电器组成，而梯形图则由许多所谓“软继电器”组成。这些“软继电器”实质上是存储器中的每一位触发器，可以置“0”或置“1”。硬件继电器易磨损，而“软继电器”则无磨损现象。

### 2. 触点数量不同

硬继电器的触点数量有限，用于控制的继电器的触点数一般只有 4~8 对；而梯形图中每只“软继电器”供编程使用的触点数有无限对。因为在存储器中的触发器状态(电平)可取用任意次数。

### 3. 实施控制的方法不同

在继电器控制线路中，要实现某种控制是通过各种继电器之间硬接线解决的。由于其控制功能已包含在固定线路之间，因此它的功能专一，不灵活。而 PLC 控制是通过梯形图即软件编程解决的，所以其灵活多变。

另外，在继电器控制线路中，为了达到某种控制目的，而又要安全可靠，同时还要节约使用继电器接点，因此设置了许多制约关系的联锁电路；而在梯形图中，因它是扫描工作方式，不存在几个支路并列同时动作的因素，同时在软件编程中也可将联锁条件编制进去，因而 PLC 的电路控制设计比继电器控制设计大大简化了。

### 4. 工作方式不同

在继电器控制线路中，当电源接通时，线路中各继电器都处于受制约状态，即该吸合的继电器都同时吸合，不应吸合的继电器都因受某种条件限制不能吸合。这种工作方式有时称为并行工作方式；而在梯形图的控制线路中，图中各软继电器都处于周期性循环扫描接通中，受同一条件制约的各个继电器的动作次序决定于程序扫描顺序。这种工作方式有时称为串行工作方式。

## 第五节 PLC 的结构

### 一、硬件组成

一般讲，PLC 分为箱体式和模块式两种，但它们的组成是相同的。箱体式 PLC 中有 CPU 板、I/O 板、显示面板、内存块、电源等，所有的电路都装入一个模块内，构成一个整体。可以按 CPU 性能分成若干型号，并按 I/O 点数又有若干规格。模块式 PLC 中有 CPU 模块、I/O 模块、内存、电源模块、底板或机架，模块拼装起来后就成了一个整齐的长方体结构。无论哪种结构类型的 PLC，都属于总线式开放型结构，其 I/O 能力可按用户需要进行扩展与组合。PLC 的基本结构框图如图 1-3 所示。

#### 1. CPU 的构成

CPU 是 PLC 的核心，起神经中枢的作用，每台 PLC 至少有一个 CPU，它按 PLC 的系统程序赋予的功能接收并存储用户程序和数据，用扫描的方式采集由现场输入装置送来的状态或数据，并存入规定的寄存器中，同时，诊断

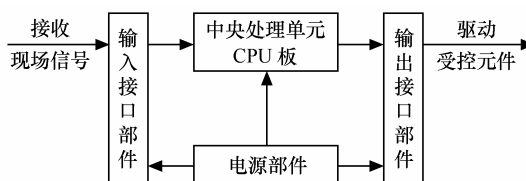


图 1-3 PLC 的基本结构框图

电源和 PLC 内部电路的工作状态和编程过程中的语法错误等。进入运行状态后,从用户程序存储器中逐条读取指令,经分析后再按指令规定的任务产生相应的控制信号,去指挥有关的控制电路。

与通用计算机一样,PLC 中的 CPU 主要由运算器、控制器、寄存器及实现它们之间联系的数据、控制及状态总线构成,还有外围芯片、总线接口及有关电路。

CPU 的控制器控制 CPU 工作,由它读取指令、解释指令及执行指令。但工作节奏由振荡信号控制。

CPU 的运算器用于进行数字或逻辑运算,在控制器指挥下工作。

CPU 的寄存器参与运算,并存储运算的中间结果,它也在控制器指挥下工作。

CPU 虽然划分为以上几个部分,但 PLC 中的 CPU 芯片实际上就是微处理器,由于电路的高度集成,对 CPU 内部的详细分析已无必要,我们只要弄清它在 PLC 中的功能与性能,能正确地使用它就足够了。

CPU 模块的外部表现就是它的工作状态的显示、各种接口及设定开关。一般讲,CPU 模块总要有相应的状态指示灯,如电源显示、运行显示、故障显示等。箱体式 PLC 的主箱体也有这些显示。它的总线接口,用于接 I/O 模板或底板;内存接口,用于安装内存;外设口,用于接外部设备;有的还有通信口,用于进行通信。CPU 模块上还有许多设定开关,用于对 PLC 进行设定,如设定起始工作方式、内存区等。

## 2. I/O 模块

PLC 主要是通过各种 I/O 接口模块与外界联系的,按 I/O 点数确定模块规格及数量,I/O 模块可多可少,但其最大数受 CPU 所能管理的基本配置的能力,即受最大的底板或机架槽数限制。I/O 模块集成了 PLC 的 I/O 电路,其输入暂存器反映输入信号状态,输出点反映输出锁存器状态。

根据现场执行部件的不同需要,输出接口分为继电器型、晶闸管型和晶体管型 3 种类型:继电器型输出接口为有触点输出,外加负载电源既可以是交流的、也可以是直流的,响应时间为 ms 量级;晶闸管型接口只能带交流负载,响应时间为  $\mu\text{s}$  量级;晶体管型接口只能带直流负载,响应时间最短,为 ns 量级。

## 3. 电源模块

有些 PLC 中的电源是与 CPU 模块合二为一的,有些是分开的,其主要用途是为 PLC 各模块的集成电路提供工作电源。同时,有的还为输入电路提供 24 V 的工作电源。电源以其输入类型分有:交流电源,常用的为 220 V 或 110 V;直流电源,常用的为 24 V。

## 4. 底板或机架

大多数模块式 PLC 使用底板或机架,其作用是:电气上,实现各模块间的联系,使 CPU 能访问底板上的所有模块;机械上,实现各模块间的连接,使各模块构成一个整体。

## 5. PLC 的外部设备

外部设备是 PLC 系统不可分割的一部分,它有如下 4 大类。

编程设备:有简易编程器和智能图形编程器,用于编程、对系统作一些设定、监控 PLC 及 PLC 所控制的系统的工作状况。编程器是 PLC 开发应用、监测运行、检查维护不可缺少的器件,但它不直接参与现场控制运行。

监控设备:有数据监视器和图形监视器。直接监视数据或通过画面监视数据。

存储设备:有存储卡、存储磁带、软磁盘或只读存储器,用于存储用户数据,使用

户程序不丢失。

输入输出设备：用于接收信号或输出信号，一般有条码读入器、输入模拟量的电位器、打印机等。

## 6. PLC 的通信联网

PLC 具有通信联网的功能，它使 PLC 与 PLC 之间、PLC 与上位计算机以及其他智能设备之间能够交换信息，形成一个统一的整体，实现分散集中控制。现在几乎所有的 PLC 新产品都有通信联网功能，它和计算机一样具有 RS-232 接口，通过双绞线、同轴电缆或光缆，可以在几公里甚至几十公里的范围内交换信息。

当然，PLC 之间的通信网络是各厂家专用的，一些生产厂家在 PLC 与计算机之间的通信上采用工业标准总线，并向标准通信协议靠拢，这将使不同机型的 PLC 之间、PLC 与计算机之间可以方便地进行通信与联网。

## 二、软件基础

### 1. 编程语言特点

PLC 的编程语言与一般计算机语言相比，具有明显的特点，它既不同于一般高级语言，也不同于一般的汇编语言，它既要满足易于编写，又要满足易于调试的要求。目前，还没有一种对各厂家产品都能兼容的编程语言。如三菱公司的产品有它自己的编程语言，OMRON 公司的产品也有它自己的语言。但不管什么型号的 PLC，其编程语言都具有以下特点。

#### (1) 形式指令结构

程序由图形方式表达，指令由不同的图形符号组成，易于理解和记忆。系统的软件开发者已把工业控制中所需的独立运算功能编制成象征性图形，用户根据自己的需要把这些图形进行组合，并填入适当的参数。在逻辑运算部分，几乎所有的厂家都采用类似于继电器控制电路的梯形图，很容易被接受。西门子公司还采用控制系统流程图，它沿用二进制逻辑元件图形符号来表达控制关系，很直观易懂。较复杂的算术运算、定时计数等，一般也参照梯形图或逻辑元件图来表示，虽然象征性不如逻辑运算部分，也受到用户欢迎。

#### (2) 明确的变量常数

图形符号相当于操作码，规定了运算功能，操作数由用户填入，如：K400，T120 等。PLC 中的变量和常数以及其取值范围有明确规定，由产品型号决定，可查阅产品目录手册。

#### (3) 简化的程序结构

PLC 的程序结构通常很简单，典型的为块式结构，不同块完成不同的功能，使程序的调试者对整个程序的控制功能和控制顺序有清晰的概念。

#### (4) 简化应用软件生成过程

使用汇编语言和高级语言编写程序，要完成编辑、编译和连接 3 个过程；而使用编程语言，只需要编辑一个过程，其余由系统软件自动完成，整个编辑过程都是在人机对话下进行的，不要求用户有高深的软件设计能力。

#### (5) 强化调试手段

无论是汇编程序还是高级语言程序调试，都是令编程人员头疼的事，而 PLC 的程序调试为人们提供了完备的条件，使用编程器，利用编程器上的按键、显示和内部编辑、调试、监控等功能，并在软件支持下，诊断和调试操作都很简单。

总之, PLC 的编程语言是面向用户的, 对使用者不要求具备高深的知识、不需要长时间的专门训练。

## 2. 编程语言的形式

本书采用最常用的两种编程语言: 梯形图语言和助记符语言。采用梯形图编程, 直观易懂; 采用助记符形式便于实验, 因为它的编程输入只需要一台简易编程器, 而不必用昂贵的图形编程器或计算机来编程。虽然一些高档的 PLC 还具有与计算机兼容的 C 语言、BASIC 语言、专用的高级语言(如西门子公司的 GRAPH5、三菱公司的 MELSAP), 还有用布尔逻辑语言、通用计算机兼容的汇编语言等。不管怎么样, 各厂家的编程语言都只能适用于本厂的产品。

梯形图是通过连线把 PLC 指令的梯形图符号连接在一起的连通图, 用以表达所使用的 PLC 指令及其前后顺序, 它与电气原理图很相似。它的连线有两种: 一种为母线, 另一种为内部横竖线。内部横竖线把一个个梯形图符号指令连成一个指令组, 这个指令组一般总是从装载(LD)指令开始, 必要时再继以若干个输入指令, 以建立逻辑条件, 最后为输出类指令, 实现输出控制或为数据控制、流程控制、通信处理、监控工作等指令, 以进行相应的工作。母线是用来连接指令组的。

助记符指令与梯形图指令有严格的对应关系, 而梯形图的连线又可体现指令的顺序。一般讲, 其顺序为: 先输入, 后输出(含其他处理); 先上, 后下; 先左, 后右。有了梯形图就可将其翻译成助记符程序。反之, 根据助记符, 也可画出与其对应的梯形图。

如果仅考虑逻辑控制, 梯形图与电气原理图也可建立起一定的对应关系。如梯形图的输出指令, 对应于继电器的线圈, 而输入指令对应于接点。这样, 原有的继电控制逻辑, 经转换即可变成梯形图, 再进一步转换, 即可变成助记符程序。有了这个对应关系, 用 PLC 程序代表继电逻辑是很容易的。这也是 PLC 技术对传统继电控制技术的继承。

## 3. 编程元件

PLC 内部的编程元件, 也就是支持该机型编程语言的软元件, 按通俗叫法分别称为继电器、定时器、计数器等, 但它们与真实元件有很大的差别, 一般称它们为“软继电器”。这些编程用的继电器, 它的工作线圈没有工作电压等级、功耗大小和电磁惯性等问题; 触点没有数量限制、没有机械磨损和电蚀等问题。它在不同的指令操作下, 其工作状态可以无记忆, 也可以有记忆, 还可以作脉冲数字元件使用。一般情况下, 有输入继电器、输出继电器、辅助继电器、专用辅助继电器、定时器、计数器、状态继电器、数据寄存器等。

# 第六节 现代 PLC 的发展趋势

近年来, 随着技术的发展和市场需求增加, PLC 的结构和功能正在不断改进, 各个生产厂家不断推出 PLC 新产品, 平均 3~5 年更新换代一次, 有些新型中小型 PLC 的功能甚至达到或超过了过去大型 PLC 的功能。现代 PLC 有两个方面的发展趋势。

发展微小型 PLC, 使其体积更小、速度更快、功能更强、价格更低、配置更加灵活。由于自动控制系统规模的不同, 小型化、低成本的 PLC 将广泛应用于各行各业, 其组成由整体结构向小型模块化结构发展, 增加了配置的灵活性, 例如 SIEMENS 公司的 S7-200 的最小配置为 CPU221, 主机有 6 DI/4 DO(数字量输入/数字量输出), 而 CPU224 主机可扩展 7 个

模块，最大达 94 DI/74 DO，16 AI/16 AO（模拟量输入/模拟量输出），可满足比较复杂的控制系统的要求。

发展大型 PLC，使其具有大型网络化、高可靠、多功能、兼容性好等特点。网络化和强化通信能力是 PLC 发展的重要方面，向上与以太网、MAP 网等相连，向下通过现场总线（如 PROFIBUS）将多个 PLC 或远程 I/O 等相连，构成整个工厂的自动化控制系统。近年来各公司陆续推出各种智能模块，大大增强了 PLC 的控制功能。智能模块是以微处理器为基础的功能部件，其 CPU 与 PLC 的 CPU 并行工作，能够独立完成某些控制功能，如通信控制、高速计数、模拟量输入输出等，使系统设计和调试时间减少，控制精度提高。好的兼容性是 PLC 深层次应用的重要保证，SIEMENS 公司的 S7 系列 PLC 与通用微机兼容，可运行 DOS/Windows 程序，PLC 的编程语言 STEP7 可运行在 Windows 环境下，提供了很强的梯形图、助记符的编程、调试和诊断等功能，体现了现代 PLC 的特点。

## 第二章 S7-200 的组成

SIMATIC S7 系列的 PLC 是德国 SIEMENS 公司 1996 年推出的产品，它包括小型 PLC S7-200，中型 PLC S7-300 和大型 PLC S7-400。S7 系列 PLC 产品的性能和使用范围各不相同，但具有如下共同特点。

CPU 芯片已升级到 Intel 80486，甚至采用 Pentium 处理器。

采用模块化设计，能按搭积木方式进行系统配置，功能扩展灵活方便。

有极快的处理速度，如 S7-200 和 S7-300 的扫描速度为  $0.37 \mu\text{s}$ /指令。

有很强的网络功能，可用多个 PLC 连接成工业网络，构成完整的过程控制系统，既可实现总线联网，也可实现点到点通信。

允许使用相关的程序软件包及工业通信网络软件，编程工具更为开放，人机界面十分友好。

S7-200 系列是一类小型 PLC，由于其具有紧凑的设计、良好的扩展性、低廉的价格和强大的指令系统，使得它能近乎完美地满足小规模的控制要求。另外，丰富的 CPU 类型和电压等级使其在解决用户的自动化问题时，具有很强的适应性。本章将主要介绍 S7-200 的组成、技术指标、I/O 接口及 S7-200 的配置等内容。

### 第一节 S7-200 的技术指标

S7-200 系列 PLC 是西门子公司推出的整体式小型可编程控制器，开始的产品称为 CPU21X，其后的改进型称为 CPU22X，21X 及 22X 各有 4、5 个型号。由于其结构紧凑、功能强，并具有很高的性能价格比，在中小规模控制系统中应用广泛。一台 S7-200 小型 PLC 的主要组成部分包括一个单独的 S7-200 CPU，还可带有各种各样可选择的扩展模块。其外观图如图 2-1 所示。

SIMATIC S7-200 系列 PLC 适用于各行各业、各种场合中的检测、监测及控制的自动化。S7-200 系列的强大功能使其无论在独立运行中，还是相连成网络皆能实现复杂控制功能。S7-200 系列出色表现在以下几个方面：

- 极高的可靠性；
- 极丰富的指令集；
- 易于掌握；
- 便捷的操作；
- 丰富的内置集成功能；
- 实时特性；
- 强大的通信能力；
- 丰富的扩展模块。

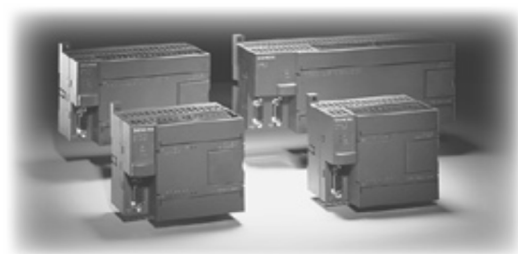


图 2-1 S7-200 系列 PLC 外观图

S7-200 系列在集散自动化系统中充分发挥了其强大功能，使用范围可覆盖从替代继电器的简单控制到更复杂的自动化控制。其应用领域极为广泛，覆盖了所有与自动检测、自动化控制有关的工业及民用领域，包括各种机床、机械、电力设施、民用设施、环境保护设备等，如：冲压机床、磨床、印刷机械、橡胶化工机械、中央空调、电梯控制、运动系统等。

S7-200 CPU 模块包括一个中央处理单元（CPU）、数字量 I/O 点及电源，它们都被集成在一个紧凑独立的设备中。

S7-200 CPU 模块提供了一定数量的本机 I/O，扩展模块提供了附加的输入输出点。

S7-200 系列包括多种 CPU，每种 S7-200 CPU 的主要技术指标如表 2-1 所示。和一般微机一样，中央处理器 CPU 是 PLC 的运算和控制核心，控制其他所有部件的运行，CPU 由运算器、控制器和寄存器等组成，通过地址总线、数据总线及控制总线与存储器、I/O 接口电路连接。CPU 主要完成从存储器中读取指令、执行指令、处理中断及自诊断等功能。输入输出 I/O 是系统的控制点，输入部分从现场设备（如传感器和开关）中采集信号，输出部分则控制泵、电动机及工业过程中的其他设备；通信端口允许将 S7-200 CPU 同编程器或其他一些设备连接起来；扩展模块可增加 CPU 的 I/O 点数（CPU221 不可扩展）；电源向 CPU 及其所连接的任何模块提供电能。

表 2-1 多种 S7-200 CPU 的主要技术指标

S7-200 PLC	CPU221	CPU222	CPU224	CPU226
集成数字量输入/输出	6 入/4 出	8 入/6 出	14 入/10 出	24 入/16 出
可连接的扩展模块数量（最大）	不可扩展	2 个	7 个	7 个
最大可扩展的数字量输入/输出范围	不可扩展	78 点	168 点	248 点
最大可扩展的模拟量输入/输出范围	不可扩展	10 点	35 点	35 点
用户程序区	4 K	4 K	8 K	8 K
数据存储区	2 K	2 K	5 K	5 K
数据后备时间（电容）	50 h	50 h	50 h	50 h
后备电池（选件）	200 h	200 h	200 h	200 h
编程软件	STEP 7-Micro/WIN	STEP 7-Micro/WIN	STEP 7-Micro/WIN	STEP 7-Micro/WIN
每条二进制语句执行时间	0.37μs	0.37μs	0.37μs	0.37μs
标志寄存器/计数器/定时器	256/256/256	256/256/256	256/256/256	256/256/256
高速计数器	4 个 30 kHz	4 个 30 kHz	6 个 30 kHz	6 个 30 kHz
高速脉冲输出	2 个 20 kHz	2 个 20 kHz	2 个 20 kHz	2 个 20 kHz
通信接口	1 个 RS-485 接口	1 个 RS-485 接口	1 个 RS-485 接口	2 个 RS-485 接口
外部硬件中断	4	4	4	4
支持的通信协议	PPI, MPI, 自由口	PPI, MPI, 自由口, PROFIBUS DP	PPI, MPI, 自由口, PROFIBUS DP	PPI, MPI, 自由口, PROFIBUS DP
模拟电位器	1 个 8 位分辨率	1 个 8 位分辨率	2 个 8 位分辨率	2 个 8 位分辨率
实时时钟	外置时钟卡（选件）	外置时钟卡（选件）	内置时钟卡	内置时钟卡
外形尺寸（W × H × D）mm	90 × 80 × 62	90 × 80 × 62	120 × 80 × 62	196 × 80 × 62

其中，CPU221 集成 6 输入/4 输出共 10 个数字量 I/O 点，无 I/O 扩展能力。它包括 6K