

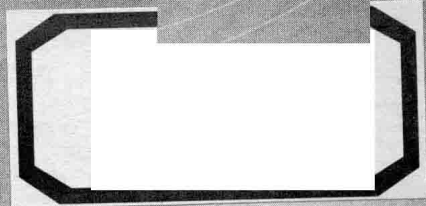


# S7-1200 PLC 编程设计与应用

朱文杰 编著

 **机械工业出版社**  
CHINA MACHINE PRESS





# 57-1200 PLC 编程 设计与应用

朱文杰 编 著

机械工业出版社

本书详细介绍了西门子公司 S7-1200 PLC 的组成和使用。第 1 章综述了 PLC 的基本结构和工作原理, 以及 S7-1200 PLC 的概况; 第 2 章讲述了 S7-1200 PLC 各组成模块的特性; 第 3 章介绍了编程软件 STEP 7 Basic 的使用与设备配置; 第 4 章详解了 S7-1200 PLC 编程的基本、扩展和全局指令; 第 5 章讨论了 S7-1200 PLC 的程序结构、诊断及 PID 控制; 第 6 章讲述了 PROFINET 通信网络; 第 7 章给出了一些 S7-1200 PLC 控制水轮发电机组的程序设计, 供读者参考。

本书深入浅出, 概念准确, 可作为各种自动化及相关专业学生的课程教材及毕业设计指导教材, 也可供相关工程技术人员、工程师阅读。

### 图书在版编目 (CIP) 数据

S7-1200 PLC 编程设计与应用/朱文杰编著. —2 版.  
—北京: 机械工业出版社, 2017. 1  
ISBN 978-7-111-55588-9

I. ①S… II. ①朱… III. ①PLC 技术—程序设计  
IV. ①TM571. 6

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2016) 第 294851 号

机械工业出版社 (北京市百万庄大街 22 号 邮政编码 100037)

策划编辑: 任 鑫 责任编辑: 任 鑫

责任校对: 刘秀芝 刘 岚 封面设计: 路恩中

责任印制: 常天培

中教科 (保定) 印刷股份有限公司印刷

2017 年 3 月第 2 版第 1 次印刷

184mm × 260mm · 15.75 印张 · 382 千字

0001—3000 册

标准书号: ISBN 978-7-111-55588-9

定价: 49.00 元

凡购本书, 如有缺页、倒页、脱页, 由本社发行部调换

电话服务

网络服务

服务咨询热线: 010-88361066

机工官网: [www.cmpbook.com](http://www.cmpbook.com)

读者购书热线: 010-68326294


机工官博: [weibo.com/cmp1952](http://weibo.com/cmp1952)

010-88379203

金书网: [www.golden-book.com](http://www.golden-book.com)

封面防伪标均为盗版

教育服务网: [www.cmpedu.com](http://www.cmpedu.com)



# 前言

随着科学技术的进步和微电子技术的迅猛发展，可编程序控制器（PLC）技术已广泛应用于电力、水利、热网、汽车制造、矿产、钢铁、化工、食品饮料等行业，在现代工业企业的生产、加工与制造过程中起着十分重要的作用。PLC 功能不断提升，并以可靠性高、操作简便等特点成为一种工业趋势，特别是具有网络功能的 PLC 更具优势。

2009 年 5 月西门子公司推出了 S7-1200 PLC，它是一款全新的、小型的、控制中低端设备的、极具竞争力的控制器，灵活且易于扩展，并集成有 PROFINET 接口，可进行高速计数、脉冲输出、运动控制，与编程软件 STEP 7 Basic、KTP 精简系列面板构成了统一工程控制系统，为自动化领域中小型紧凑、纷繁复杂的自动化任务提供了整体解决方案。

本书以西门子 S7-1200 PLC 为叙述对象，对其工作原理、结构硬件、编程软件、指令系统等进行了细致入微的解析，最后在作者多年教学与科研工作的基础上，设计了一些控制水轮发电机组的程序，供读者参考。

由于作者水平有限，本书难免存在不足之处，希望广大读者批评指正。

朱文杰 于长沙

2016 年 10 月

# 目 录

## 前言

第 1 章	PLC 原理与 S7-1200 PLC 概述 .....	1
1.1	PLC 的基本结构与工作原理 .....	1
1.1.1	PLC 的基本结构和各部分作用 .....	1
1.1.2	PLC 的工作原理 .....	4
1.1.3	PLC 的编程语言 .....	6
1.2	S7-1200 PLC 简介 .....	8
1.2.1	S7-1200 PLC 的 CPU .....	8
1.2.2	S7-1200 PLC 的扩展能力 .....	9
1.2.3	HMI 显示面板 .....	11
1.2.4	改进的硬件 .....	11
第 2 章	S7-1200 PLC 的硬件 .....	15
2.1	S7-1200 CPU .....	15
2.1.1	S7-1200 CPU 的技术规范 .....	15
2.1.2	S7-1200 CPU 的接线图 .....	19
2.1.3	S7-1200 CPU 的比较 .....	21
2.1.4	信号板 .....	24
2.1.5	信号模块 .....	27
2.2	S7-1200 PLC 的通信接口和通信模块 .....	32
2.2.1	PROFINET 接口 .....	32
2.2.2	通信扩展模块 .....	34
2.3	附件与精简系列面板 .....	37
2.3.1	存储卡 .....	37
2.3.2	输入仿真器 SIM 1274 .....	38
2.3.3	电源模块 .....	39
2.3.4	精简系列面板 .....	40



<b>第3章</b>	<b>57-1200 PLC 的编程软件</b> .....	<b>43</b>
	<b>3.1 编程软件 STEP 7 Basic 综述</b> .....	<b>43</b>
	<b>3.2 编程软件 STEP 7 Basic 的安装与使用</b> .....	<b>44</b>
	3.2.1 对计算机的软硬件要求 .....	44
	3.2.2 安装说明 .....	44
	3.2.3 编程软件 STEP 7 Basic 的使用 .....	46
<b>第4章</b>	<b>57-1200 PLC 的编程指令</b> .....	<b>63</b>
	<b>4.1 位逻辑指令</b> .....	<b>63</b>
	4.1.1 触点和线圈等基本元素指令 .....	63
	4.1.2 置位和复位指令 .....	65
	4.1.3 上升沿和下降沿指令 .....	67
	<b>4.2 定时器与计数器指令</b> .....	<b>69</b>
	4.2.1 定时器指令 .....	69
	4.2.2 计数器指令 .....	71
	<b>4.3 比较指令</b> .....	<b>78</b>
	4.3.1 大小比较指令 .....	78
	4.3.2 范围内和范围外指令 .....	79
	4.3.3 OK 和 Not_OK 指令 .....	79
	<b>4.4 数学运算指令与逻辑运算指令</b> .....	<b>80</b>
	4.4.1 数学运算指令 .....	80
	4.4.2 逻辑运算指令 .....	85
	<b>4.5 移动指令与转换指令</b> .....	<b>88</b>
	4.5.1 移动指令 .....	88
	4.5.2 转换指令 .....	91
	<b>4.6 程序控制指令和移位/循环指令</b> .....	<b>93</b>
	4.6.1 程序控制指令 .....	93
	4.6.2 移位/循环指令 .....	95
	<b>4.7 日历和时钟指令</b> .....	<b>96</b>
	4.7.1 日期和时间指令 .....	96
	4.7.2 时钟指令 .....	98
	<b>4.8 字符串转换和字符串操作指令</b> .....	<b>100</b>
	4.8.1 String 数据概述 .....	100
	4.8.2 字符串转换指令 .....	101
	4.8.3 字符串操作指令 .....	106
	<b>4.9 扩展的程序控制指令和通信指令</b> .....	<b>112</b>
	4.9.1 扩展的程序控制指令 .....	112

	4.9.2 开放式以太网通信指令	115
	4.9.3 点对点通信指令	123
	<b>4.10 中断、PID、脉冲、运动控制和全局库指令</b>	<b>131</b>
	4.10.1 中断指令	131
	4.10.2 PID 控制和脉冲指令	136
	4.10.3 运动控制指令	141
	4.10.4 全局库指令	144
<b>第5章</b>	<b>S7-1200 PLC 的程序结构、诊断和 PID 控制</b>	<b>148</b>
	<b>5.1 存储区、寻址、数据类型和用户程序</b>	<b>148</b>
	5.1.1 S7-1200 PLC 的存储区与寻址	148
	5.1.2 S7-1200 PLC 支持的数据类型	149
	5.1.3 用户程序的结构设计与执行	154
	<b>5.2 故障诊断</b>	<b>159</b>
	5.2.1 在线功能与故障诊断	159
	5.2.2 使用状态 LED 诊断故障	160
	<b>5.3 S7-1200 PLC 变量表</b>	<b>161</b>
	5.3.1 添加并修改 PLC 变量表	161
	5.3.2 设置 PLC 变量	164
	5.3.3 强制 PLC 变量	165
	<b>5.4 创建 PID 控制</b>	<b>166</b>
	5.4.1 定义 PID 控制器及其回路	166
	5.4.2 创建 PID 控制器的组织块	167
	5.4.3 创建工艺对象 PID 控制器	168
	5.4.4 组态 PID 控制器	170
	5.4.5 在线模式下激活 PID 控制器	173
<b>第6章</b>	<b>S7-1200 PLC 的通信网络</b>	<b>176</b>
	<b>6.1 西门子通信网络与 S7-1200 PLC 的以太网通信</b>	<b>176</b>
	6.1.1 工业以太网与 PROFINET	176
	6.1.2 S7-1200 PLC 的以太网通信	181
	<b>6.2 S7-1200 PLC 与编程设备、HMI 间的通信</b>	<b>190</b>
	6.2.1 与编程设备通信	190
	6.2.2 与 HMI 通信	192
	<b>6.3 与 S7-200、300 PLC 通信</b>	<b>194</b>
	6.3.1 与 S7-200 PLC 通过 S7 协议实现通信	194
	6.3.2 与 S7-300 PLC 通过 S7 协议实现通信	199

第7章	S7-1200 PLC 控制系统的应用设计 .....	208
7.1	S7-1200 PLC 控制润滑、冷却、制动及调相压水系统的设计 .....	208
7.1.1	机组润滑和冷却系统的自动化 .....	208
7.1.2	机组制动系统的自动化 .....	210
7.1.3	机组调相压水系统的自动化 .....	214
7.2	S7-1200 PLC 治理抬机并与控制调相压水综合化 .....	216
7.2.1	甩负荷抬机的深层机理 .....	216
7.2.2	治理水轮机组甩负荷抬机的 S7-1200 PLC 控制系统设计 .....	218
7.2.3	治理甩负荷抬机与控制调相压水综合化 .....	222
7.3	S7-1200 PLC 控制水轮发电机组 .....	225
7.3.1	水轮发电机组自动操作输入/输出配置 .....	225
7.3.2	水轮机组顺序操作程序设计的考虑 .....	228
7.3.3	机组自动控制程序的拟定 .....	229
7.3.4	机组自动控制程序的解析 .....	233
7.3.5	机组事故保护机故障信号系统 .....	240
参考文献	.....	243



## PLC原理与S7-1200 PLC概述

可编程序控制器 (Programmable Logic Controller, PLC) 是以传统顺序控制器为基础, 综合了计算机技术、微电子技术、自动控制技术、数字技术和通信网络技术而形成的新型通用工业自动控制装置, 用以取代继电器, 执行逻辑、定时、计数等顺序控制功能, 建造柔性的程控系统, 是现代工业控制的重要支柱。

### 1.1 PLC 的基本结构与工作原理

#### 1.1.1 PLC 的基本结构和各部分作用

PLC 是微机技术和继电器控制概念相结合的产物, 结构与一般微型计算机系统基本相同, 具有更强的 I/O 接口、更适于控制的编程语言、更抗干扰的性能。它由 CPU、存储器、电源、输入/输出模块、接口模块、外部设备等硬件及软件组成, 如图 1-1 所示。

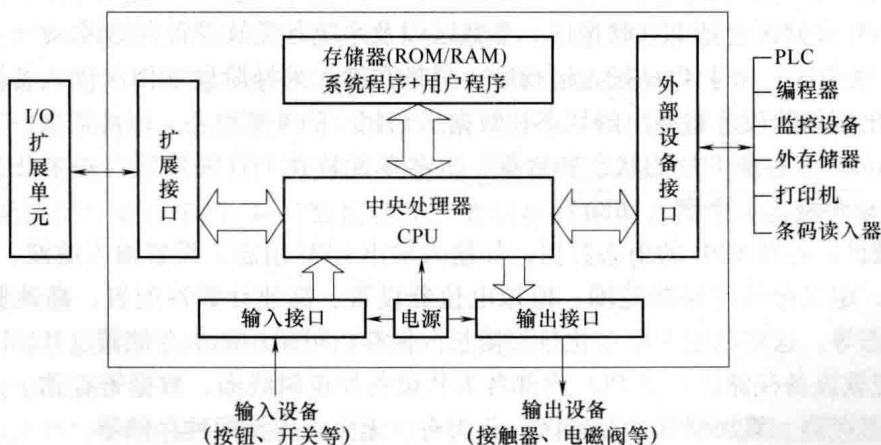


图 1-1 PLC 的组成

#### 1. 中央处理单元

类似于通用微机, 中央处理单元 (Central Processing Unit, CPU) 是 PLC 的核心部分、控制中枢, 由微处理器和控制接口电路组成。

微处理器由大规模集成电路的微处理芯片构成，包括逻辑运算和控制单元，以及一些用于 CPU 处理数据过程中暂时保存数据的寄存器，共同完成运算和控制任务。

微处理器能实现逻辑运算，协调控制系统内部各部分的工作，分时、分渠道地执行数据的存取、传送、比较和变换，完成用户程序所设计的任务，并根据运算结果控制输出设备。

控制接口电路是微处理器与主机内部其他单元进行联系的部件，主要有数据缓冲、单元选择、信号匹配、中断管理等功能。微处理器通过它来实现与各个内部单元之间可靠的信息交换和最佳的时序配合。

## 2. 存储器单元

内存一般采用半导体存储器单元 (Memory Unit)，有存储容量、存取时间等参数，按物理性能分为随机存储器 (Random Access Memory, RAM) 和只读存储器 (Read Only Memory, ROM)。

随机存储器 (RAM) 很重要，又称读/写存储器，要求存取速度快，主要用来存储 I/O 状态和计数器、定时器以及系统组态的参数。RAM 由一系列寄存器阵列组成，每位寄存器代表一个二进制数，开始工作时的状态是随机的，置位后状态确定。为防止断电后数据丢失，由锂电池支持数据保护，电池电压降低时由欠电压指示灯来提醒用户及时更换。

只读存储器是一种只读取、不写入的记忆体，存放基本程序和永久数据，掉电后数据不丢失，数据能保留约 10 年。ROM 有两种：一是不可擦除的，只能写入一次、不能改写；二是可擦除的，如 EPROM 能用紫外线擦除芯片内容、可重写；EEPROM 能电擦除、可重写。

铁电存储器在 RAM 和 ROM 间搭起一座跨越沟壑的桥梁，能兼容 RAM 的一切功能，并和 ROM 一样具有非易失性。各种 PLC 的最大存储空间不同，但按用途都分为三个区域：

### (1) 系统程序存储区

系统程序存储区用于存放系统程序，包括监控、管理、命令解释等程序，还有功能、诊断等子程序以及各种系统参数，它们固化在 EPROM 中。

### (2) 系统 RAM 存储区

系统 RAM 存储区包括 I/O 映像区、参数区以及系统各类软设备存储区。

1) I/O 映像区：由于 PLC 投入运行后，只是在输入采样阶段才依次读入各输入状态和数据，在输出刷新阶段才将输出的状态和数据送至相应的外部设备。因此需要一定数量的存储单元 (RAM) 以存放 I/O 的状态和数据，这些单元称作 I/O 映像区。一个开关量占一位 (bit)，一个模拟量占一个字 (16bit)。

2) 参数区：存放 CPU 的组态数据，如输入输出 CPU 组态、设置输入滤波、脉冲捕捉、输出表配置、定义存储区保持范围、模拟电位器设置、高速计数器配置、高速脉冲输出配置、通信组态等。这些数据不断变化且不需长久保存，可采用随机存储器 (RAM)。

3) 系统软设备存储区：是 PLC 内部各类软设备如逻辑线圈、数据寄存器、定时器、计数器、变址寄存器、累加器等存储区。分为有、无失电保持两种存储器。

逻辑线圈与开关输出一样，占用系统 RAM 存储区中的一位，不能直接驱动外设，供用户在编程中使用。数据寄存器与模拟量 I/O 一样，占用系统 RAM 存储区中的一个字 (16bit)。

### (3) 用户程序存储区

用户程序存储区存放用户编写的应用程序，为调试、修改方便，先把用户程序存放在随机存储器 (RAM) 中，经运行考核、修改完善，达到设计要求后，再固化到 EPROM 中。

### 3. 电源单元

电源单元 (Supply Unit) 把外部供应的电源转换成 PLC 系统内部各单元所需的电源。交流输入端一般都设有脉冲 RC 吸收电路或二极管吸收电路, 允许交流输入电压范围比较宽, 抗干扰能力比较强, 一般直接连接交流电网。

直流输出端 DC 5V 供 PLC 内部使用, DC 24V 供给 I/O 端和各种传感器使用, 有的还向开关量输入单元连接的现场无源开关提供直流电源, 设计选型时应保证直流不过载。

PLC 电源一般采用开关电源, 配有大容量电容作为掉电保护电路, 并设有后备电池, 使 RAM 在外部电源断电后存储内容还能保持 50h。

### 4. 输入/输出单元

输入/输出单元 (Input/Output Unit) 是 I/O 模块和功能模块统称, 是 PLC 与现场被控装置或其他外部设备间的连接部件。I/O 模块可与 CPU 放在一起, 也可远程放置, 通常 I/O 模块上具有状态显示和 I/O 接线端子排。I/O 模块主要有数字量输入、数字量输出、模拟量输入、模拟量输出等, 能在电力系统远程操作中分别实现遥信、遥控、遥测、遥调。

输入模块将现场输入信号, 经滤波、光耦合隔离、电平转换、信号锁存电路等, 变换为 CPU 能识别的低电压信号, 交由 CPU 处理。带有锁存器的输出模块则将 CPU 输出的低电压信号变换、放大为被控器件能接受的电压、电流信号, 以驱动信号灯、电磁阀、电磁开关等。I/O 电压一般为 1.6~5V, 解决了耗电过大和发热过高的问题, 是节能降耗的本质所在。

PLC 输入模块类型有直流、交流、交直流三种, 输出模块类型有继电器 (交直流)、晶体管 (直流)、双向晶闸管 (交流) 三种。

功能模块实际上是一些智能 I/O 模块, 如温度检测、位置检测/控制、PID 控制、高速计数、运动控制、中断控制等, 有自己独立的 CPU、系统程序和存储器, 通过总线连接。

### 5. 接口单元

接口单元包括扩展接口、存储器接口、编程与通信接口。

扩展接口用于扩展 I/O 模块, 使 PLC 控制规模增大, 为总线形式。可配置数字量 I/O 模块, 也可配置模拟量、高速计数等特殊 I/O 模块和通信适配器等。

存储器接口用于扩展用户程序存储区和用户数据参数存储区。

编程接口用于连接编程器或 PC, 实现编程、监控, PLC 上专门设有编程接口。

通信接口可使 PLC 与 PLC、PC 或其他智能设备间建立通信, 一般使用 RS-232C 或 RS-422A 串行通信接口进行串行/并行数据转换、通信格式识别、数据传输检验、信号电平转换等。

### 6. 外部设备

外部设备已发展成为 PLC 系统的不可缺少的部分。

#### (1) 编程设备

编程器或 PC 用来编辑、调试 PLC 用户程序, 监控 PLC 以及 PLC 控制系统的工作状况等。

简易编程器多为助记符编程, 个别的可进行图形编程 (如东芝 EX 型), 稍复杂的可梯形图编程。目前 S7-1200 PLC 的 STEP 7 Basic/Professional、FX 型的 GX Developer、CP1H 型的 CX-Programmer 等编程软件, 用于 PC 上编程、调试, 以及设定系统控制方式。

#### (2) 监控设备

小的监控设备有数据监视器, 可监视数据; 大的监控设备有图形监视器, 可通过画面监

视数据。除了不能改变 PLC 的用户程序，编程器能做的它都能做。

### (3) 存储设备

存储设备用于长久存储用户数据、用户程序，有存储卡、存储磁带、软磁盘或只读存储器等。此外还有相应的存卡器、磁带机、软驱或 ROM 写入器及其接口部件。

### (4) 输入输出设备

输入设备有条码读入器、输入模拟量的电位器等；输出设备有打印机、文本显示器等。

## 7. PLC 的软件系统

PLC 软件系统包括系统程序和用户程序，与硬件系统相辅相成、缺一不可。

### (1) 系统程序

系统程序由厂家编制，固化于 EPROM 或 EEPROM 中，安装在 PLC 上，包括监控、管理、输入处理、编译、命令解释、信息传送、功能及诊断等程序。

### (2) 用户程序

用户程序是用户根据生产过程控制的要求，运用专门的编程语言，自行编制的应用程序，包括开关量逻辑控制程序、模拟量运算程序、闭环控制程序和操作站系统应用程序等。

## 1.1.2 PLC 的工作原理

PLC 是一种专用工业控制计算机，工作原理与计算机控制系统基本相同。PLC 采用周期循环扫描的工作方式，CPU 连续执行用户程序、任务的循环序列称为扫描。

### 1. PLC 对继电器控制系统的仿真

开辟 I/O 映像区，用存储程序控制替代接线程序控制，是包括水力发电生产在内的所有工业控制领域的新纪元。

#### (1) 仿真或模拟继电器控制的编程方法

电气控制系统可明显划分出主电路和辅助电路，应用 PLC 是指替代辅助电路中的起控制、保护、信号作用的部分，而主电路基本不变。

电气控制系统可分解为如图 1-2 所示的输入、控制、输出三部分。

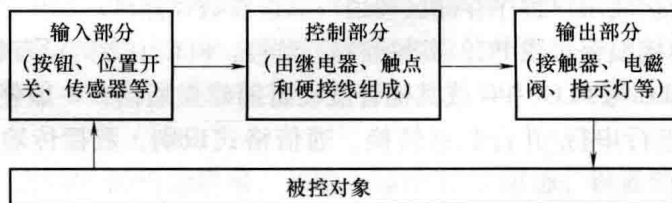


图 1-2 电气控制系统的组成

电气逻辑控制部分由主令电器、继电器、接触器等及其触点用导线连接成，这种固化程序不能灵活改变且故障点多。而 PLC 控制系统克服了这些缺点，分为如图 1-3 所示的输入、控制、输出等三部分。

PLC 的逻辑部分由微处理器、存储器组成，由软件替代继电器电路，可以灵活编程，是对继电器控制系统的超越，是 PLC 节能降耗之外又一亮点。

#### (2) 接线程序控制、存储程序控制与建立 PLC 的 I/O 映像区

接线程序控制就是按电气控制电路接线的程序反复不断地依次检查各个输入开关的状

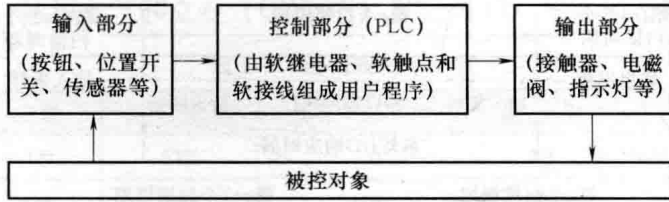


图 1-3 PLC控制系统的组成

态，根据接线的程序进行逻辑推算，把结果赋值给输出。1946年“计算机之父”美籍匈牙利数学家冯·诺依曼（John Von Neumann, 1903—1957）提出了“存储程序控制”原理，奠定了现代电子计算机的基本结构和工作方式，开创了程序设计的新时代。

PLC的工作原理与“接线程序控制”十分相近，但由“存储程序控制”来实现。PLC存储器开辟有I/O映像区，大小与控制规模有关，系统每一个I/O点的编址号与I/O映像区的映像寄存器地址号（位）相对应。PLC工作时，将采集到的输入信号状态存放在输入映像区对应位上，供用户程序执行时采用，而后再将程序运算结果存放到输出映像区对应位上，作为输出。这种不与外界直接联系的隔离方式加速了程序的执行，提高了PLC的抗干扰能力。

2. PLC 循环扫描的工作方式

PLC循环扫描工作方式有周期扫描方式、定时中断方式、输入中断方式、通信方式等，最主要的工作方式是周期扫描方式。如图1-4所示，PLC采用“顺序扫描、不断循环”的工作方式，每次循环都对输入信号及输出状态刷新。完成自诊断、通信处理、外设服务、执行用户程序、I/O刷新等一个循环扫描过程所需的时间称为扫描周期，一般为0.1~100ms。

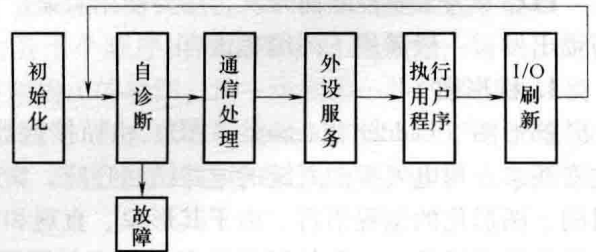


图 1-4 PLC的工作过程

PLC对用户程序进行循环扫描可划分为三个阶段，即输入采样阶段、程序执行阶段和输出刷新阶段，如图1-5所示。

如果PLC在一个扫描周期结束之前收到一个输入信号，在下一个扫描周期进入输入采样阶段，这个输入信号就被采样，使输入更新，这时响应时间最短。

最短响应时间 = 输入延迟时间 + 1个扫描周期 + 输出延迟时间（见图1-6）。

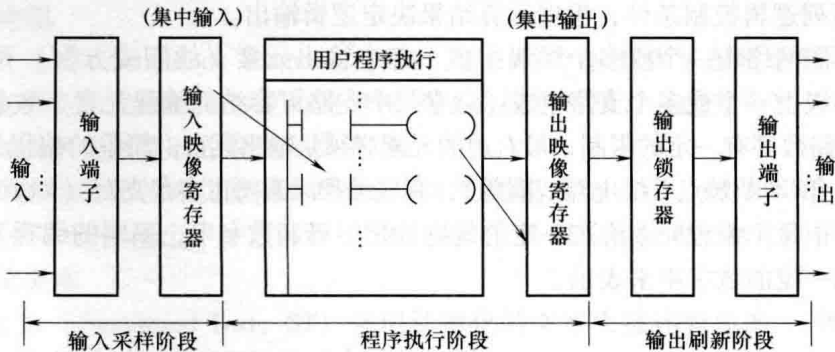


图 1-5 PLC用户程序的工作过程



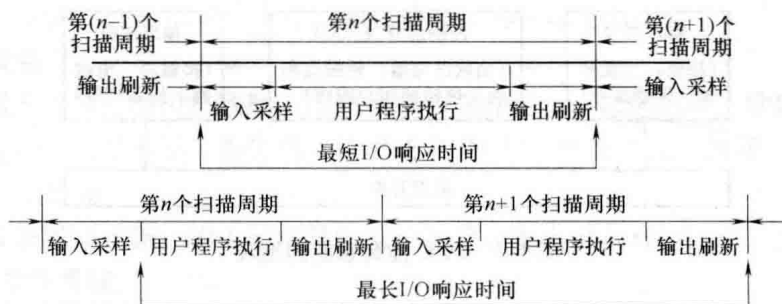


图 1-6 最短、最长 I/O 响应时间

如果收到一个输入信号经输入延迟后，刚好错过 I/O 刷新时间，在该扫描周期内这个输入信号无效，要等下一个扫描周期输入采样阶段才会被读入，使输入更新，这时响应时间最长。

最长响应时间 = 输入延迟时间 + 2 个扫描周期 + 输出延迟时间（见图 1-6）。

一般微机在每条指令执行结束时都要查询有无中断申请，而 PLC 对中断的响应则是在相关的程序块结束后，或在执行用户程序时查询有无中断申请。PLC 的中断源信息通过输入点而进入系统，多中断源有优先顺序，但无嵌套关系。

### 1.1.3 PLC 的编程语言

PLC 专为工业控制而开发，主要使用者是广大工业领域的电气科技工作人员。从其传统习惯出发，一般采用下列编程语言。

#### 1. 梯形图

梯形图（Ladder Diagram, LAD）由原接触器、继电器构成的电气控制系统二次展开图演变而来，与电气控制系统的电路图相呼应，集逻辑操作、控制于一体，是面向对象的、实时的、图形化的编程语言。由于其形象、直观和实用，为广大电气工程人员所熟知，特别适合数字量逻辑控制，是使用得最多的 PLC 编程语言，但不适合于编写大型控制程序。

梯形图是 PLC 仿真或模拟继电器控制系统的编程方法，由触点（逻辑控制条件）、线圈（逻辑输出结果）或功能方框（特定功能指令）等基本编程元素构成。左、右垂线类似继电器控制电路图中的电源线，称为左、右母线（Bus Bar）。左母线可看成能量提供者，触点闭合则能量流过，触点断开则能量阻断。这种能量流，称为“能流”。来自“能源”的“能流”通过一系列逻辑控制条件，根据运算结果决定逻辑输出。

每个梯形图网络由一个或多个梯级组成，每个输出元素（线圈或方框）可以构成一个梯级，每个梯级由一个或多个支路组成。通常每个支路可容纳的编程元素个数和每个网络最多允许的分支路数都有一定的限制，最右边的元素必须是输出元素，简单的编程元素只占用一条支路（如动合/动断触点、继电器线圈等），有些编程元素要占多条支路（如矩阵功能）。

在梯形图中每个编程元素应按一定的规则加标字母和数字串，不同的编程元素常用不同的字母符号和一定的数字串来表示。

#### 2. 语句表

语句表（Statement List, STL）是一种类似于微机汇编语言的助记符编程表达式，是一种文本编程语言，由多条语句组成一个程序段。不同厂家有不同的语句表符号集。表 1-1 所

示为西门子、三菱、通用电气和立石（OMRON）等公司 PLC 的语句表操作码举例。

表 1-1 语句表程序举例

序 号	西门子	三菱	通用电气	立石 (OMRON)	参 数	注 释
000	A	LD	STR	LD	X0	梯级开始, 输入动合触点 X0
001	O	OR	OR	OR	Y1	并联自保持触点 Y1
002	AN	ANI	AND NOT	AND NOT	X1	串联动断触点 X1
003	=	OUT	OUT	OUT	Y1	输出 Y1, 本梯级结束
004	A	LD	STR	LD	X2	梯级开始, 输入动合触点 X2
005	=	OUT	OUT	OUT	Y2	输出 Y2, 本梯级结束

语句是用户程序的基础单元, 每个控制功能由一条或多条语句组成的用户程序来完成, 每条语句是规定 CPU 如何动作的指令, 它的作用和微机的指令一样。PLC 的语句和微机指令类似, 即操作码 + 操作数。

操作码用来指定要执行的功能, 告诉 CPU 进行什么操作; 操作数内包含为执行该操作所必需的信息, 告诉 CPU 用什么地方的数据来执行此操作。操作数给 CPU 指明为执行某一操作所需信息的所在地。

### 3. 顺序功能图

顺序功能图 (Sequential Function Chart, SFC) 是位于其他编程语言之上的真正的图形化编程语言, 又称状态转移图, 能满足顺序逻辑控制的编程。编写时, 应将生产过程 (或称工艺过程、生产流程、工艺流程) 划分为若干个顺序出现的步和转换条件, 每一步代表一个功能任务, 用方框表示, 每步中包括控制输出的动作, 从一步到另一步的转换由转换条件来控制。这样程序结构清晰, 易于阅读及维护, 大大减轻了编程工作量, 利于系统规模较大、程序关系较复杂的场合, 特别适于生产、制造过程的顺控程序, 但不适用于非顺序的控制。

SFC 主要由状态、转移、动作和有向线段等元素组成, 用“流程”的方式来描述控制系统工作过程、功能和特性。以功能为主线, 按照功能流程的顺序分配, 条理清楚, 便于对用户程序理解; 同时大大缩短了用户程序扫描时间。

西门子 STEP 7 中的该编程语言是 S7 Graph。基于 GX Developer 可进行 FX 型 PLC 顺序功能图的开发。

### 4. 功能块图

功能块图 (Function Block Diagram, FBD) 是一种类似于数字逻辑电路结构的编程语言, 是一种使用布尔代数的图形逻辑符号来表示的控制逻辑, 一些复杂的功能用指令框表示, 适合于有数字电路基础的编程人员使用。

有基本功能模块和特殊功能模块两类。基本功能模块如 AND、OR、XOR 等, 特殊功能模块如 ON 延时、脉冲输出、计数器等。FBD 在大中型 PLC 和分散控制系统中应用广泛。

### 5. 结构化文本

结构化文本 (Structured Text, ST) 是用结构化的文本来描述程序的一种专用的高级编程语言, 编写的程序简洁、紧凑。其采用计算机的方式来描述控制系统中各种变量之间的各种运算关系, 实现复杂的数学运算, 完成所需的功能或操作。

## 1.2 S7-1200 PLC 简介

1872 年以来西门子公司的产品一直相伴我国自动化的前行之路，将电气化、自动化、数字化的力量融入各行各业。S7-1200 PLC 设计紧凑、组态灵活、成本低廉、指令丰富，这些优势组合使它成为控制各种中小型应用的完美解决方案，如图 1-7 所示。

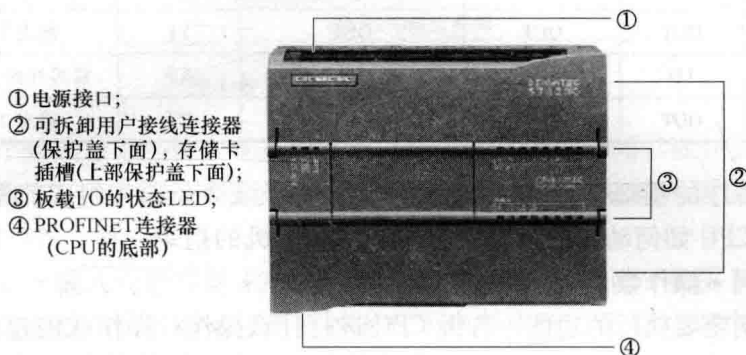


图 1-7 S7-1200 PLC 实物图

CPU 将微处理器、集成电源、I/O 电路、内置 PROFINET、高速运动控制 I/O 以及板载模拟量输入组合到一个设计紧凑的外壳中以形成功能强大的 PLC。CPU 内置 PROFINET 端口可与编程设备通信；借助 PROFINET 网络，CPU 可与 HMI 面板或其他 CPU 通信；还可使用通信模块通过 RS-485 或 RS-232 接口进行网络通信。

为了确保应用程序安全，每个 S7-1200 CPU 都提供密码保护功能，可组态对 CPU 功能的访问，还可使用“专有技术保护”隐藏特定块中的代码。

### 1.2.1 S7-1200 PLC 的 CPU

表 1-2 所示为 S7-1200 PLC 不同的 CPU 型号的特征与功能，这些特征和功能可帮助我们针对不同的应用创建有效的解决方案。

表 1-2 S7-1200 PLC 不同 CPU 型号的特征与功能

型号	CPU 1211C	CPU 1212C	CPU 1214C	CPU 1215C
物理尺寸/mm	90 × 100 × 75	90 × 100 × 75	110 × 100 × 75	130 × 100 × 75
用户存储器 · 工作存储器 · 装载存储器 · 保持存储器	· 30KB (原为 25) · 1MB · 2KB	· 50KB (原为 25) · 1MB · 2KB	· 75KB (原为 50) · 4MB (原为 2) · 2KB	· 100KB · 4MB · 10KB
本地板载 I/O · 数字量 · 模拟量	· 6DI/4DQ · 2AI	· 8DI/6DQ · 2AI	· 14DI/10DQ · 2AI	· 14DI/10DQ · 2AI/2AQ
过程映像大小 · 输入 · 输出	· 1024B · 1024B	· 1024B · 1024B	· 1024B · 1024B	· 1024B · 1024B

(续)

位存储器 (M)	4096B	4096B	8192B	8192B
信号模块扩展	无	2	8	8
信号板	1	1	1	1
通信模块	3	3	3	3
高速计数器 · 单相 · 正交相位	3 内置 I/O, SB 为 5 · 3 × 100kHz SB: 2 × 30kHz · 3 × 80kHz SB: 2 × 20kHz	4 内置 I/O, SB 为 6 · 3 × 100kHz 1 × 30kHz; 2 × SB · 3 × 80kHz 1 × 20kHz; 2 × SB	6 · 3 × 100kHz 3 × 30kHz · 3 × 80kHz 3 × 20kHz	6 · 3 × 100kHz 3 × 30kHz · 3 × 80kHz 3 × 20kHz
脉冲输出 (仅 DC 输出型或非继电器型)	4 (原为 2)	4 (原为 2)	4 (原为 2)	4
存储卡 (选件)	有	有	有	有
实时时钟保持时间	通常为 20 天 (原 10 天), 40℃ 时最少为 12 天 (原 6 天)			
实数运算执行速度	2.3 μs/指令 (原为 18)			2.3 μs/指令
布尔运算执行速度	0.08 μs/指令 (原为 0.1)			0.08 μs/指令

## 1.2.2 S7-1200 PLC 的扩展能力

S7-1200 PLC 拥有表 1-3 所示的各种信号板和信号模块 (见图 1-8), 还可以安装附加的通信模块以支持其他通信协议。

表 1-3 S7-1200 PLC 的各种信号板和信号模块

模 块		仅 输 入	仅 输 出	输 入/输 出 组 合
信号板 (SB)	数字量	4 × 24VDC 输入 4 × 5VDC 输入	4 × 24VDC 输出 4 × 5VDC 输出	2 × 24VDC 输入/2 × 24VDC 输出 2 × 5VDC 输入/2 × 5VDC 输出
	模拟量	1 × 12 位输入 1 × 16 位 RTD 1 × 16 位热电偶	1 × 模拟量输出	
信号模块 (SM)	数字量	8 × 24VDC 输入	8 × 24VDC 输出 8 × 继电器输出 8 × 继电器输出	8 × 24VDC 输入/8 × 24VDC 输出 8 × 24VDC 输入/8 × 继电器输出 8 × 230VAC 输入/8 × 继电器输出
	模拟量	4 × 模拟量输入 8 × 模拟量输入 热电偶、RTD	2 × 模拟量输出 4 × 模拟量输出	4 × 模拟量输入/2 × 模拟量输出
通信 CM、CP、CB		RS-232、RS-422/485、PROFIBUS、AS-i、调制解调器、RS-485、TS 适配器		

### 1. 信号板

如图 1-9 所示, SB 连接在 CPU 的前端。通过信号板 (Signal Board, SB) 可以给 CPU 增加 I/O, 可以添加一个具有数字量或模拟量 I/O 的 SB。