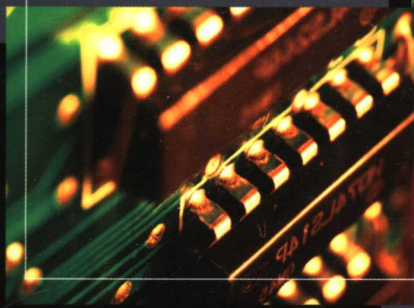


# 西门子PLC

## 与工业控制网络应用

高鸿斌 孔美静 赫孟合 编著



电子工业出版社

PUBLISHING HOUSE OF ELECTRONICS INDUSTRY

<http://www.phei.com.cn>

# 西门子 PLC 与工业 控制网络应用

高鸿斌 孔美静 赫孟合 编著

电子工业出版社

Publishing House of Electronics Industry

北京·BEIJING

## 内 容 简 介

本书从实际工程应用出发,系统地阐述了西门子可编程控制器(PLC)的工作原理、功能和发展过程,以及PLC控制系统的结构、设计方法和实际应用,对控制系统中与PLC配套的常用外部设备和工业控制网络结构、通信等进行了重点介绍,提出了实际应用中应注意的若干问题并给出了处理方法。

本书可作为大专院校电气工程、工业自动化、机电一体化等专业及其他相关专业的教材,也可供相关专业工程技术人员阅读参考。

未经许可,不得以任何方式复制或抄袭本书之部分或全部内容。

版权所有,侵权必究。

## 图书在版编目(CIP)数据

西门子PLC与工业控制网络应用/高鸿斌,孔美静,赫孟合编著.—北京:电子工业出版社,2006.3

ISBN 7-121-02336-9

I.西… II.①高… ②孔… ③赫… III.①可编程序控制器 ②生产过程—自动控制系统 IV.TP332.3

② TP278

中国版本图书馆CIP数据核字(2006)第015012号

责任编辑:张 榕(zr@phei.com.cn 010-88254455)

特约编辑:刘汉斌

印 刷:北京市海淀区四季青印刷厂

出版发行:电子工业出版社

北京市海淀区万寿路173信箱 邮编 100036

经 销:各地新华书店

开 本:787×1092 1/16 印张:17.75 字数:454.4千字

印 次:2006年3月第1次印刷

印 数:5000册 定价:28.00元

凡购买电子工业出版社的图书,如有缺损问题,请向购买书店调换。若书店售缺,请与本社发行部联系。联系电话:(010)68279077。质量投诉请发邮件至 zltz@phei.com.cn,盗版侵权举报请发邮件至 dbqq@phei.com.cn。

# 前 言

可编程序控制器（PLC）是综合了计算机技术、自动控制技术和通信技术的新型的、通用的自动控制装置。它具有功能强、可靠性高、使用灵活方便、易于编程及适应工业环境下应用等一系列优点。近年来，它在工业自动化、机电一体化、传统产业技术等方面的应用越来越广，成为现代工业控制三大支柱之一。PLC的最终目标是用于实践，提高生产力。PLC已经在自动控制领域成为一个世界潮流，将在我国得到更全面的推广和应用。

目前，PLC产品大致可分为美国、欧洲国家、日本三大流派。由于PLC产品在不断地更新换代，因此编写反映新机型、新技术的书籍十分必要。本书以现在流行的有较高性价比的西门子PLC为背景，使读者接触到最新的PLC产品。

全书共分为8章。第1章简要介绍了PLC的定义、性能指标和所使用的编程语言。第2章以S7系列为背景对PLC组成形式，由PLC构成的典型控制系统的形式，工程中实际用到的功能模块及可能遇到的问题进行了介绍，并将PLC控制系统与其他常用控制系统进行了比较，还介绍了一种PLC的性能。第3章对PLC的内部功能结构和提供给用户的编程资源进行了介绍，对PLC中的程序结构和组织进行了说明，为指令的学习和程序设计打下了基础。第4章通过梯形图和助记符语言详细介绍了指令系统，并给出了简单例子。第5章介绍了通信基础知识，着重对西门子公司的PLC通信及网络系统进行介绍，对工业控制网络进行了较详细的讲解，使读者能够通过有关的技术手册对PLC网络进行设计和应用。第6章介绍了适用于S7系列PLC的STEP 7开发环境。第7章介绍了PLC对电机的典型控制，阐述了变频器和触摸屏的工作原理。第8章介绍PLC应用系统的总体设计方法、步骤、遵循的原则及人机界面设计的方法，给出了PLC控制系统的一些典型应用。在编写过程中，编者力求做到语言流畅、叙述清楚、讲解细致，所有内容都立足便于实际应用和教学，并融进编者的经验和成果。

高鸿斌担任本书主编，负责全书的组织、统稿。孔美静、赫孟合担任副主编。第5章由高鸿斌编写。第1章由孔美静编写。第2章由赫孟合编写。第6章由孔美静、葛文军编写。第7章由孔美静、郑广编写。第3、4、8章由许云峰、张妍、李媛、阮冬茹、武卫东、马红霞、倪素红、王建霞、高鸿斌编写。周万珍担任本书的主审，他在百忙中认真地审阅了全书并提出了宝贵的意见。在编写本书部分章节时，我们参考了有关资料，在此对参考文献的作者表示衷心的感谢。

由于编者水平有限，错误和疏漏在所难免，敬请读者批评指正。

编著者

# 目 录

<b>第 1 章 PLC 概述</b> .....	1
1.1 PLC 的一般组成 .....	1
1.2 PLC 的定义及工作原理 .....	3
1.2.1 PLC 的定义 .....	3
1.2.2 PLC 工作原理 .....	3
1.3 PLC 的特点及发展趋势 .....	6
1.3.1 PLC 的特点 .....	6
1.3.2 PLC 的分类 .....	7
1.3.3 PLC 的发展趋势 .....	7
1.3.4 PLC 应用领域 .....	8
1.4 PLC 的性能指标 .....	9
1.5 PLC 的编程语言 .....	10
1.5.1 梯形图 (Ladder Diagram) .....	10
1.5.2 语句表 (Statement List) .....	12
1.5.3 功能块图 (Function Block Diagram) .....	13
1.5.4 顺序功能图 (Sequential Function Chart) .....	13
1.5.5 结构文本 (Structured Text) .....	13
习题 .....	14
<b>第 2 章 PLC 控制基础</b> .....	15
2.1 PLC 控制系统的基本组成形式 .....	15
2.1.1 PLC 的基本结构 .....	15
2.1.2 PLC 控制系统的结构 .....	16
2.2 可编程控制器与其他工业控制系统的比较 .....	20
2.2.1 现代工业控制的发展 .....	20
2.2.2 基于微处理器的工业控制系统 .....	22
2.2.3 PLC 控制系统与其他系统的区别 .....	24
2.3 PLC 对继电器控制系统的仿真 .....	25
2.4 输入/输出的编址 .....	26
2.4.1 绝对编址和符号编址 .....	26
2.4.2 I/O 地址分配 .....	27
2.5 接口模块 .....	28
2.5.1 模块的种类及安装 .....	28
2.5.2 S7-300 的常用模块 .....	29
2.5.3 I/O 模块工作原理 .....	31

2.5.4 I/O 的一般问题 .....	35
2.6 组态 .....	37
2.6.1 组态与集成 .....	37
2.6.2 组态的实现 .....	38
2.7 S7-300 的 CPU .....	39
2.7.1 S7-315 简介 .....	39
2.7.2 编程器 .....	41
习题 .....	41
<b>第 3 章 PLC 编程基础</b> .....	<b>43</b>
3.1 指令执行原理 .....	43
3.1.1 STL 使用的逻辑堆栈 .....	43
3.1.2 梯形图的能流概念 .....	45
3.1.3 梯形图的特点 .....	45
3.1.4 基本编程技巧 .....	47
3.1.5 循环处理过程 .....	47
3.2 存储器的划分 .....	49
3.2.1 存储器 .....	49
3.2.2 S7-300 的 CPU 中的存储器 .....	49
3.2.3 S7-300 中的系统存储器 .....	50
3.3 S7-300 CPU 中的程序组织 .....	52
3.3.1 程序组织 .....	52
3.3.2 指令格式 .....	54
3.4 用户程序结构 .....	56
3.4.1 结构化程序 .....	56
3.4.2 块的种类 .....	56
3.5 CPU 内部功能结构与周期扫描 .....	58
3.5.1 实时性能 .....	58
3.5.2 CPU 中的寄存器 .....	60
3.6 数据类型及寻址方式 .....	61
3.6.1 数据类型 .....	61
3.6.2 寻址方式 .....	64
3.7 S7-315-2DP 的技术性能指标 .....	66
习题 .....	71
<b>第 4 章 S7-300 指令系统</b> .....	<b>72</b>
4.1 概述 .....	72
4.2 位逻辑指令 .....	73
4.3 比较指令 .....	81
4.4 字逻辑指令 .....	83
4.5 定时器指令 .....	84

4.6	计数器指令 .....	89
4.7	数据块指令 .....	92
4.8	浮点算术运算指令 .....	93
4.9	整数算术运算指令 .....	94
4.10	赋值和转换指令 .....	96
4.11	移位和循环指令 .....	99
4.12	状态位指令 .....	101
4.13	逻辑控制指令 .....	103
4.14	程序控制指令 .....	104
	习题 .....	107
<b>第 5 章</b>	<b>通信及网络技术 .....</b>	<b>108</b>
5.1	通信基础知识 .....	108
5.1.1	基本概念和术语 .....	108
5.1.2	差错控制 .....	111
5.1.3	传输介质 .....	113
5.1.4	串行通信接口标准 .....	113
5.2	网络基础知识 .....	115
5.2.1	局域网 4 大要素 .....	116
5.2.2	网络协议和体系结构 .....	118
5.2.3	现场总线 .....	120
5.3	工厂企业自动化系统网络 .....	123
5.3.1	系统网络模型 .....	123
5.3.2	PLC 网络的通信方式 .....	125
5.4	自动化系统网络协议 .....	129
5.4.1	ModBus 协议 .....	129
5.4.2	As-i 协议 .....	136
5.4.3	MPI 通信介绍 .....	138
5.4.4	利用 PROFIBUS 协议进行网络通信 .....	139
5.4.5	工业以太网 .....	149
5.4.6	点对点通信 .....	154
5.5	通信部件介绍 .....	157
5.5.1	通信端口 .....	157
5.5.2	PC/PPI 电缆 .....	158
5.5.3	网络连接器 .....	160
5.5.4	PROFIBUS 网络电缆 .....	160
5.5.5	网络中继器 .....	161
5.5.6	EM277 PROFIBUS-DP 模块 .....	161
5.6	智能设备互联 .....	162

<b>第 6 章 STEP 7 开发环境简介</b> .....	166
6.1 STEP 7 概述 .....	166
6.1.1 STEP 7 的安装 .....	166
6.1.2 STEP 7 的授权 .....	166
6.1.3 SIMATIC 管理器 .....	166
6.1.4 使用帮助 .....	167
6.1.5 卸载 STEP 7 .....	167
6.2 项目结构 .....	168
6.2.1 新项目的创建 .....	168
6.2.2 项目结构 .....	170
6.3 硬件组态 .....	170
6.3.1 硬件组态窗口 .....	171
6.3.2 主机架的配置 .....	172
6.3.3 CPU 参数设置 .....	173
6.3.4 I/O 模块参数设置 .....	175
6.3.5 机架扩展 .....	176
6.4 STEP 7 编程 .....	177
6.4.1 程序结构 .....	177
6.4.2 编程语言 .....	178
6.4.3 程序编辑器 .....	179
6.4.4 符号编程 .....	180
6.4.5 用 LAD 编写程序逻辑块 .....	182
6.5 下载与测试 .....	182
6.5.1 建立在线连接 .....	182
6.5.2 下载 .....	183
6.5.3 上载 .....	183
6.5.4 测试程序 .....	183
习题 .....	184
<b>第 7 章 PLC 的典型配套外设</b> .....	185
7.1 异步电机控制 .....	185
7.1.1 启动、停车和点动 .....	185
7.1.2 电机正、反转控制 .....	188
7.1.3 基本联锁控制 .....	190
7.1.4 多地点控制 .....	191
7.2 电动机的启动 .....	192
7.2.1 全压启动 .....	192
7.2.2 星—三角降压启动 .....	192
7.2.3 自耦降压启动 .....	193
7.2.4 串电阻降压启动 .....	194



7.2.5	延边三角形降压启动 .....	196
7.2.6	软启动 .....	197
7.3	变频器的工作原理 .....	198
7.3.1	变频器的工作原理 .....	198
7.3.2	通用变频器的基本结构和类型 .....	199
7.3.3	使用变频器时的注意事项 .....	200
7.4	变频器在 PLC 控制系统中的应用 .....	200
7.4.1	变频器的选型 .....	202
7.4.2	变频器的安装与连线 .....	203
7.4.3	变频器的技术参数 .....	204
7.4.4	系统的硬件构成 .....	204
7.4.5	系统的软件结构 .....	205
7.5	触摸屏及其编程 .....	205
7.5.1	触摸屏的主要类型 .....	205
7.5.2	触摸屏的主要技术指标比较 .....	206
7.5.3	触摸屏的编程 .....	207
	习题 .....	212
<b>第 8 章</b>	<b>PLC 应用系统的设计与应用</b> .....	<b>214</b>
8.1	系统设计概述 .....	214
8.2	PLC 控制系统的设计 .....	215
8.2.1	PLC 控制系统的设计内容及设计步骤 .....	215
8.2.2	PLC 控制系统的硬件设计 .....	217
8.2.3	PLC 控制系统的软件设计 .....	221
8.2.4	PLC 程序设计的常用方法 .....	226
8.2.5	PLC 程序设计步骤 .....	239
8.3	人机界面的设计 .....	242
8.3.1	PLC 应用系统的人机界面 .....	242
8.3.2	人机界面设计时应考虑的几个问题 .....	242
8.3.3	人机界面设计的方法和步骤 .....	244
8.3.4	人机界面设计过程 .....	245
8.3.5	人机界面设计原则 .....	246
8.4	自动化项目解决方案 .....	247
8.4.1	将过程分割为任务和区域 .....	247
8.4.2	各个功能区域说明 .....	248
8.4.3	建立安全要求 .....	251
8.4.4	描述所需要的操作员显示和控制 .....	251
8.4.5	生成一个组态图 .....	252
8.5	典型应用设计 .....	253
8.5.1	PLC 在细纱机上的应用 .....	253

8.5.2 PLC 在水泥厂煤预均化过程中的应用 .....	259
8.5.3 工业搅拌过程的 PLC 控制系统的程序设计 .....	261
习题 .....	272
参考文献 .....	274

# 第 1 章 PLC 概述

工业自动控制中使用的可编程控制器的种类很多，不同类型的产品各有特点，但可编程控制器在组成、工作原理及编程方法等许多方面是基本相同的。本章主要介绍了可编程控制器的一般组成及工作原理，给出了可编程控制器的定义，阐述了可编程控制器的特点和发展趋势，并对可编程控制器的技术指标和编程语言进行了介绍。

## 1.1 PLC 的一般组成

可编程序控制器（Programmable Logic Controller）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新型、通用的自动控制装置。其硬件组成与微型计算机相似。一般地，PLC 主要由中央处理单元（CPU）、存储器、I/O 接口、电源及其他可选组件构成。前三大部分是 PLC 完成各种控制任务所必需的，一般称为 PLC 的基本组成部分，如图 1-1 所示。其他可选组件包括编程器、外存储器、I/O 模块及通信接口等。

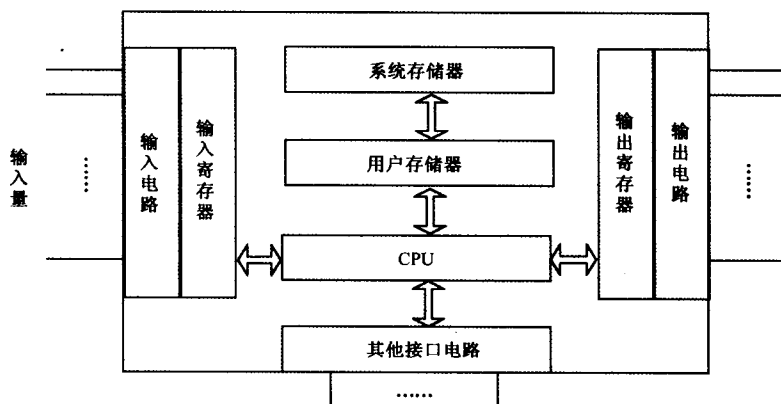


图 1-1 PLC 的基本组成

### 1. 中央处理单元（简称 CPU）

中央处理单元是 PLC 的控制中枢，其性能决定了 PLC 的性能。CPU 由控制器、运算器和寄存器组成。这些电路都集成在一块芯片上。PLC 通过地址总线、数据总线、控制总线与存储器和输入/输出接口电路相连。PLC 主要具有以下作用：

- (1) 接收并存储用户程序和数据，用扫描方式通过输入/输出部件接收现场信号信息，并将输入状态或数据存入输入映像区或数据寄存器中。
- (2) 检查电源、存储器及 PLC 内部电路的工作状态，并诊断用户程序中的语法错误。

(3) PLC 进入运行状态后, 从存储器逐条读取用户指令, 经过命令解释后, 按指令规定的任务进行数据传送, 完成用户程序中规定的逻辑或算术运算, 产生相应的控制信号去启动或关闭有关的控制电路以完成规定的操作。

(4) 根据运算结果, 更新状态标志位和数据寄存器的内容, 经输出部件实现输出控制。

## 2. 存储器

存储器是具有记忆功能的半导体电路, 主要用于存放系统程序、用户程序和工作数据等。存储器由存储体、地址译码电路、读/写控制电路及数据寄存器组成。PLC 中使用的存储器由只读存储器 ROM、随机存储器 RAM 及可擦除的只读存储器 EPROM 组成。存储器容量是衡量 PLC 性能的一个重要指标。

PLC 中的存储器按用途分为系统程序存储器、用户程序存储器和工作数据存储器三种。

(1) 系统程序存储器中存放的是厂家编写的系统程序, 固化在 ROM 内, 它决定了 PLC 的功能, 用户不能更改其内容。

(2) 用户程序存储器用来存放用户根据控制要求用 PLC 编程语言编写的各种用户应用程序, 用户可以根据需要对其内容进行修改。

(3) 工作数据存储器用来存储工作数据。工作数据是经常变化、经常存取的, 它包括输出映像寄存器和程序执行过程中的参数等。PLC 的种类很多, 无论用户使用哪一种类型, 要想编制正确的程序, 必须对存储器的划分非常清楚。

## 3. 输入/输出模块

PLC 的输入/输出信号分为开关量、模拟量和数字量三种。输入/输出模块是 PLC 与工业生产现场设备相连的桥梁。

输入接口模块接收来自现场检测部件或其他部件传来的各种状态控制信号, 由接口电路将这些信号转换为 CPU 能识别和处理的信号, 并存入输入映像寄存器。

输入接口采用光电耦合电路将 PLC 与现场设备隔离起来, 以提高 PLC 的抗干扰能力。接口电路内部有滤波、电平转移及信号锁存电路等。各 PLC 生产厂家都提供了多种形式的 I/O 部件或模块供用户选用。

输出接口模块是 PLC 与现场设备之间的连接部件, 用来将输出信号送给控制对象的输出接口。其作用是将中央处理器送出的弱电信号转换成现场需要的功率信号, 驱动被控设备的执行元件。开关量输出接口电路有继电器输出型、晶体管输出型和晶闸管输出型三种类型。

输出接口电路也使用了光电耦合技术, 每一点输出都有一个内部电路, 由指示电路、隔离电路和继电器组成。输出接口电路具有输出状态锁存、显示、电平转移和输出接线端子排, 有多种类型的输出部件或模块供用户选用。

## 4. 电源模块

电源模块可将交流电转换成 PLC 内部所需的直流电。目前, 大部分 PLC 采用可靠性较高、性能稳定的开关式稳压电源供电。

PLC 除上述基本的组成部分外, 根据控制要求的不同还有多种外部设备可供选择, 其作用是帮助编程、实现监控及网络通信等。

## 1.2 PLC 的定义及工作原理

### 1.2.1 PLC 的定义

早期的可编程控制器称为可编程逻辑控制器 (Programmable Logic Controller), 简称 PLC, 主要用来代替继电器实现逻辑控制。随着计算机技术的发展, 可编程逻辑控制器的功能不断扩展和完善, 其功能远远超出了逻辑控制的范围, 具有了 PID、A/D、D/A、算术运算、数字量智能控制、监控及通信联网等多方面的功能, 且已变成了实际意义上的一种工业控制计算机。于是, 美国电器制造商协会 (NEMA) 将其正式命名为可编程序控制器 (Programmable Controller), 简称 PC。由于它与个人计算机 (Personal Computer) 的简称 PC 相同, 所以人们习惯仍将其称为 PLC。

1987 年 2 月, 国际电工委员会 (IEC) 对可编程序控制器的定义是: 可编程序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的应用而设计的。它采用一类可编程序的存储器, 用于其内部存储程序、执行逻辑运算、顺序控制、定时、计数和算术操作等面向用户的指令, 并通过数字式或模拟式输入/输出, 控制各种类型的机械或生产过程。可编程序控制器及其有关外部设备, 都按易于与工业控制系统连成一个整体、易于扩充功能的原则设计。

### 1.2.2 PLC 工作原理

#### 1. 循环扫描

CPU 连续执行用户程序、任务的循环序列称为扫描。如图 1-2 所示, CPU 的扫描周期包括读输入、执行程序、处理通信请求、执行 CPU 自诊断测试及写输出等内容。

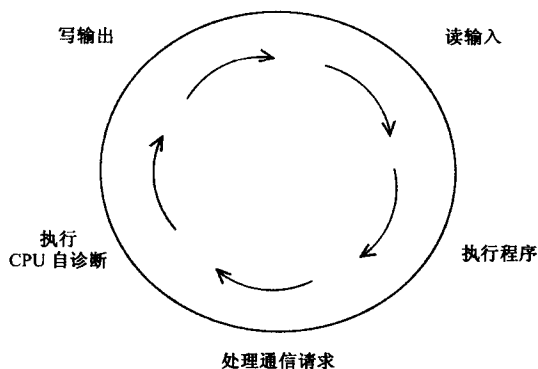


图 1-2 循环扫描周期

PLC 可被看成是在系统软件支持下的一种扫描设备。它一直周而复始地循环扫描并执行由系统软件规定好的任务。用户程序只是扫描周期的一个组成部分, 用户程序不运行时, PLC 也在扫描, 只不过在一个周期中去除了用户程序和读输入、写输出这几部分内容。典

型的 PLC 在一个周期中完成以下 5 个扫描过程。

(1) 自诊断测试扫描过程。为保证设备的可靠性，及时反映所出现的故障，PLC 都具有自监视功能。自监视功能主要由时间监视器 (Watchdog Timer, WDT) 完成。WDT 是一个硬件定时器，每一个扫描周期开始前都被复位。WDT 的定时可由用户修改，一般在 100~200ms 之间。其他的执行结果错误可由程序设计者通过标志位进行处理。

(2) 与网络进行通信的扫描过程。一般小型系统没有这一扫描过程，配有网络的 PLC 系统才有通信扫描过程，这一过程用于 PLC 之间及 PLC 与上位计算机或终端设备之间的通信。

(3) 用户程序扫描过程。机器处于正常运行状态下，每一个扫描周期内都包含该扫描过程。该过程在机器运行中是否执行是可控的。用户程序的长短，会影响过程所用的时间。

(4) 读输入、写输出扫描过程。机器在正常运行状态下，每一个扫描周期内都包含这个扫描过程。该过程在机器运行中是否被执行是可控的。CPU 在处理用户程序时，使用的输入值不是直接从输入点读取的，运算的结果也不直接送到实际输出点，而是在内存中设置了两个映像寄存器：一个为输入映像寄存器；另一个为输出映像寄存器。用户程序中所用的输入值是输入映像寄存器的值，运算结果放在输出映像寄存器中。在输入扫描过程中，CPU 把实际输入点的状态锁存到输入映像寄存器；在输出扫描过程中，CPU 把输出映像寄存器的值锁定到实际输出点。为了现场调试方便，PLC 具有 I/O 控制功能，用户可以通过编程器封锁或开放 I/O。封锁 I/O 就是关闭 I/O 扫描过程。

图 1-3 描述了信号从输入端子到输出端子的传递过程。

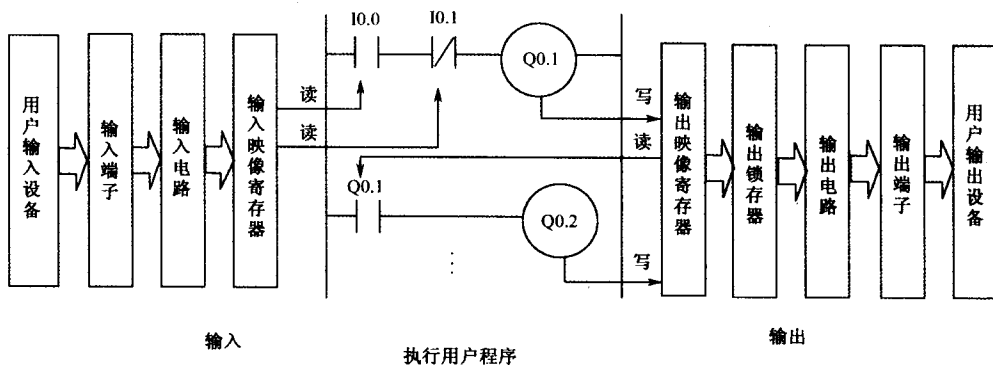


图 1-3 PLC 信号的传递过程

在读输入阶段，CPU 对各个输入端子进行扫描，通过输入电路将各输入点的状态锁入输入映像寄存器中。紧接着转入用户程序执行阶段，CPU 按照先左后右、先上后下的顺序对每条指令进行扫描，根据输入映像寄存器和输出映像寄存器的状态执行用户程序，同时将执行结果写入输出映像寄存器中。在程序执行期间，即使输入端子状态发生变化，输入映像寄存器的内容也不会改变，输入端子状态变化只能在下一个工作周期的输入阶段才被集中读入。在写输出阶段，将输出映像寄存器的状态集中锁定到输出锁存器，再经输出电路传递到输出端子。

由上述分析得出循环扫描有如下特点：

(1) 扫描过程周而复始地进行，读输入、写输出和用户程序是否执行是可控的。

(2) 输入映像寄存器的内容是由设备驱动的, 在程序执行过程中的一个工作周期内, 输入映像寄存器的值保持不变, CPU 采用集中输入的控制思想, 只能使用输入映像寄存器的值来控制程序的执行。

(3) 程序执行的输出映像寄存器的值决定了下一个扫描周期的输出物理端子的输出值, 而在程序执行阶段, 输出映像寄存器的值既可以作为控制程序执行的条件, 同时又可以被程序修改用来存储中间结果或下一个扫描周期的输出结果。此时的修改不会影响输出锁存器的现在输出值, 这是与输入映像寄存器完全不同的。

(4) 对同一个输出单元的多次使用、修改次序会造成不同的执行结果。由于输出映像寄存器的值可以作为程序执行的条件, 所以程序的下一个扫描周期的集中输出结果是与编程顺序有关的, 最后一次的修改决定了下一个周期的输出值, 这是编程人员要注意的问题。

(5) 各个电路和不同的扫描阶段会造成输入和输出的延迟, 这是 PLC 的主要缺点。各 PLC 厂家为了缩小延迟采取了很多措施, 编程人员应对所使用型号的 PLC 的延迟时间的长短很清楚, 它是进行 PLC 选型时的重要指标。

输入/输出采用映像寄存器结构的优点:

(1) 集中采样 I/O, 程序扫描期间输入值固定不变, 程序执行完后, 统一输出。这种集中 I/O 的方法保证了程序的顺序执行与外部电路乱序执行的统一, 使系统更加稳定可靠。

(2) 程序执行时, 存取映像寄存器要比直接读取 I/O 端点快得多, 这样可以加快程序的执行速度。

(3) I/O 点必须按位存取, 而映像寄存器可按位、字节、字、双字灵活地存取, 增加了程序的灵活性。

从以上对扫描周期的分析可知, 扫描周期的时间变化基本上可分为三部分, 即保证系统正常运行的公共操作、系统与外部设备信息的交换和用户程序的执行。第一部分的扫描时间基本上是固定的, 因机器类型而有所不同; 第二部分并不是每个系统或系统的每次扫描都有, 占用的扫描时间也是变化的; 第三部分随控制对象工艺的复杂程度和用户控制程序而变化。因此这部分占用的扫描时间不仅对不同系统其长短不同, 而且对同一系统的不同执行条件也占用着不同的扫描时间。所以, 系统扫描周期的长短, 除了因是否运行用户程序而有较大的差别外, 在运行用户程序时也不是完全固定不变的。这是由于在执行程序中, 随变量状态的不同, 一部分程序段可能不执行而形成的。用户程序的扫描时间主要由 CPU 的运算速度和程序的长短决定。

## 2. I/O 响应时间

由于 PLC 采用循环扫描的工作方式, 而且对输入和输出信号只在每个扫描周期的固定时间集中输入/输出, 所以必然会产生输出信号相对输入信号滞后的现象。扫描周期越长, 滞后现象越严重。对慢速控制系统这是允许的, 当控制系统对实时性要求较高时, 这就成了必须面对的问题, 所以编程者应对滞后时间有一个具体数量上的了解。

从 PLC 输入端信号发生变化到输出端对输入变化做出反应, 需要一段时间, 这段时间就称为 PLC 的响应时间或滞后时间。

响应时间由输入延迟、输出延迟和程序执行时间三部分决定。

(1) PLC 输入电路中设置了滤波器, 滤波器的常数越大, 对输入信号的延迟作用就越

强。输入延迟是由硬件决定的，有些 PLC 滤波器时间常数可调。

(2) 从输出锁存器到输出端子所经历的时间称为输出延迟，对各种不同的输出形式，其值大小不同。它也是由硬件决定的，对于不同型号的 PLC，其具体数值可通过查表得到。

(3) 程序执行时间主要由程序的长短来决定，对一个实际的控制程序，编程人员须对此部分进行现场测算，使 PLC 的响应时间控制在系统允许的范围内。

在最有利的情况下，输入状态经过一个扫描周期在输出得到响应的的时间，称为最小 I/O 响应时间。在最不利的情况下，输入点的状态恰好错过了输入的锁入时刻，造成在下一个输出锁定时才能被响应，这就需要两个扫描周期时间，称为最大 I/O 响应时间。它们是由 PLC 的扫描执行方式决定的，与编程方法无关。

对一般的工业控制系统，这种滞后现象是完全允许的。同时可以看出，输入状态要想得到响应，开关量信号宽度至少要大于一个扫描周期才能保证被 PLC 采集到。当然，现在的 PLC 加强了快速响应和输入脉冲捕捉的功能，保证了各种宽度的开关量都能被准确地采集到。

## 1.3 PLC 的特点及发展趋势

### 1.3.1 PLC 的特点

#### 1) 可靠性高，抗干扰能力强

在 I/O 环节，PLC 采用了光电隔离、滤波等多种措施。系统程序和大部分的用户程序都采用 E<sup>2</sup>PROM，一般 PLC 的平均无故障工作时间可达几万小时以上。

#### 2) 控制功能强

PLC 所采用的 CPU 一般是具有较强位处理功能的位处理机，为了增强其复杂的控制功能和联网通信等管理功能，可以采用双 CPU 的运行方式，使其功能得到极大的加强。

#### 3) 编程方便易学

第一编程语言（梯形图）是一种图形编程语言，与多年来工业现场使用的电器控制图非常相似，理解方式也相同，非常适合现场人员的学习。

#### 4) 适用于恶劣的工业环境

采用封装的方式，适合于各种震动、腐蚀及有毒气体等的应用场合。

#### 5) 与外部设备连接方便

采用统一接线方式的可拆装的活动的端子排，提供不同的端子能适合于多种电气规格。

#### 6) 体积小、重量轻、功耗低

#### 7) 性价比高

与其他控制方式相比，性能价格比较高。

#### 8) 模块化结构，扩展能力强

根据现场需要可进行不同功能的扩展和组装，一种型号的 PLC 可用于控制从几个 I/O 点到几百个 I/O 点的控制系统。

#### 9) 维修方便，功能更改灵活

程序的修改就意味着控制功能的修改，因此功能的改变非常灵活。



## 1.3.2 PLC 的分类

从不同的角度, 可将 PLC 分成不同的类型, PLC 常用的分类方法有如下两种。

### 1. 按容量分类

PLC 的容量主要是指其输入/输出点数。按其 I/O 点数, 一般分为微型 (32 点以下)、小型 (128 点以下)、中型 (1024 点以下)、大型 (2048 点以下)、超大型 (可达 8192 点及以上) 五种。

### 2. 按硬件结构形式分类

按硬件的结构形式, PLC 分为以下三种。

#### 1) 整体式 PLC

从结构上看, 早期的可编程控制器是把 CPU、I/O 接口、电源等都集成在一起的整体装置。一个箱体就是一个完整的 PLC。其特点是结构紧凑、体积小、成本低及安装方便, 但输入/输出点数是固定的, 不能适合具体的控制现场的需要。

#### 2) 模块式 PLC

模块式 PLC 的特点是把 PLC 的每个组成部分都制成独立的模块, 如 CPU 模块、输入模块、输出模块、电源模块及通信模块等, 所有的模块都通过一块带有插槽的母板 (实质上就是计算机总线) 连接。把这些模块按控制系统的需要进行选取后, 插到母板上, 就构成了一个完整的 PLC。这种结构的 PLC 的优点是配制非常灵活, 安装、扩展、维修都很方便; 缺点是体积比较大, 结构复杂, 价格较高。西门子公司的 S7-300 系列机属于模块式 PLC。

#### 3) 叠装式 PLC

叠装式结构是整体式和模块式相结合的产物, 其吸收了整体式和模块式 PLC 的优点, 叠装式 PLC 的工作单元外形尺寸一致, CPU、I/O 接口及电源做成独立的单元, 不使用模块式 PLC 中的母板, 采用电缆连接各个单元, 在控制设备中安装时可以一层层地叠装, 叠装式由此而得名。其输入/输出点数的配置相当灵活。西门子公司的 S7-200 系列机属于叠装式 PLC。

整体式 PLC 一般用于规模较小、输入/输出点数固定及少有扩展的场合; 模块式 PLC 一般用于规模较大、输入/输出点数较多、输入/输出点数比例比较灵活的场合; 叠装式 PLC 具有二者的优点。

## 1.3.3 PLC 的发展趋势

PLC 通常在两个方向上发展: 一是朝体积更小、速度更快、功能更强、价格更低的方向发展, 使 PLC 的使用范围不断扩大, 达到了遍地开花的程度; 二是朝大型化、网络化、多功能方向发展, 不断提高其功能, 以便与现代网络相连接, 组建大型的控制系统。

在具体技术方面, PLC 在以下几个方面得到了发展。

### 1) 在 PLC 编程语言方面

为了完成复杂的控制功能, 发展了功能块流程图语言、与计算机兼容的高级语言及专用 PLC 语言等多种语言。现在, 大多数 PLC 公司已开发了图形化编程组态软件。该软件提供了简捷、直观的图形符号及注释信息, 使得用户控制逻辑的表示更加直观明了, 操作和使用也更加方便。