

电子电气技术课程设计指导丛书

- PLC可编程控制器的基础知识
- S7-200 PLC的开发应用技术
- S7-200在生产实践中的16个开发案例

PLC

可编程控制器 技术开发与应用实践

方 强 李丽娜 孙宏昌 等编著



电子工业出版社

PUBLISHING HOUSE OF ELECTRONICS INDUSTRY

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

电子电气技术课程设计指导丛书

PLC 可编程控制器 技术开发与应用实践

方 强 李丽娜 孙宏昌 等编著

电子工业出版社

Publishing House of Electronics Industry

北京·BEIJING

内 容 简 介

本书从实际应用出发,以德国西门子公司 S7-200 系列可编程控制器为蓝本,以工程实践为平台,向读者介绍可编程控制器(PLC)系统开发的基本技术与实践案例。

在第一部分(基本技术部分)中,主要介绍了可编程控制器 S7-200 的基础知识,包括可编程控制器的指令系统、编程方法、硬件特点、项目开发流程等。

第二部分通过 16 个以 S7-200 为控制核心的工程实践案例,多角度、多层次地向读者介绍实际工程开发的过程与技术特点,内容涵盖了多个应用领域,包括工业生产、机电设备控制、日常生活、网络通信等多个方面。

全书以实用为宗旨,以系统的开发为目标,实例内容丰富,涉及范围广,具有较强的实用性和参考性。本书可作为大专院校电气工程及其自动化、自动化工程、测控技术、机电一体化、电子信息类专业及相近专业的 PLC 实践环节教材或理论教学参考书,也可用做相关工程技术人员的参考资料。

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

PLC 可编程控制器技术开发与应用实践 / 方强等编著. —北京: 电子工业出版社, 2009.8

(电子电气技术课程设计指导)

ISBN 978-7-121-09282-4

I. P… II. 方… III. 可编程序控制器 IV. TM571.6

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2009) 第 122706 号

策划编辑: 谭佩香

责任编辑: 陆伯雄

印 刷: 北京市天竺颖华印刷厂

装 订: 三河市鑫金马印装有限公司

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

开 本: 787×1092 1/16 印张: 18.5 字数: 450 千字

印 次: 2009 年 8 月第 1 次印刷

定 价: 35.00 元

凡所购买电子工业出版社图书有缺损问题, 请向购买书店调换。若书店售缺, 请与本社发行部联系, 联系及邮购电话: (010) 88254888。

质量投诉请发邮件至 zlts@phei.com.cn, 盗版侵权举报请发邮件至 dbqq@phei.com.cn。

服务热线: (010) 88258888。

前 言

随着科学技术的飞速发展, PLC (可编程控制器) 已经进入日常生活和生产领域的各个方面, PLC 的应用在各行各业中已成为必不可少的内容。如何以最快的速度, 在最短的时间内熟悉和掌握 PLC 的系统开发方法是广大技术开发人员最关心的问题。

本书以德国西门子公司生产的 S7-200 系列可编程控制器为对象, 以系统开发为目标, 从基础和实践两个方面来介绍基于 S7-200 PLC 的开发应用技术。全书分为两个部分。第一部分为基本技术部分, 由五章内容组成, 介绍了 PLC 应用的基础知识和基本技术, 作为第二部分实践模块的铺垫。在第 1 章中, 主要介绍了 PLC 控制的基本工作原理, 包括 PLC 的技术性能指标、PLC 技术开发中的梯形图设计方法步骤等。第 2 章主要介绍 S7-200 的硬件体系结构, 内容集中在西门子 S7 系列 PLC 的主要种类、基本硬件组成及安装方法。第 3 章的内容重点转移到 S7-200 的软件体系结构上来, 包括 S7-200 的存储系统结构、寻址方式等, 这些内容都是 PLC 用户程序开发的前提条件。第 4 章主要介绍 S7-200 PLC 的指令系统, 包括 S7-200 的指令类型、编程概念与规则等, 着重介绍的是 S7-200 基本指令、运算指令、程序控制指令和高级指令。在第 5 章中, S7-200 编程软件 STEP7-Micro/WIN 被列为重点介绍的对象, 主要包括软件的介绍与安装、计算机与 PLC 的通信、在线联调等。这些功能主要集中在 PLC 系统开发过程中需要使用的实际技术, 如 S7-200 中计算机与 PLC 的通信、用户程序开发前的相关设置等。

本书的第二部分主要介绍 PLC 的实践案例。通过 16 个实践案例, 深入浅出地介绍如何利用 S7-200 在工程实践中进行控制系统的开发。所选择的实例, 都以 S7-200 为控制核心, 从不同类型的开发角度来介绍系统的开发过程, 针对不同的控制对象与任务, 使用不同的控制方法与编程语言, 最终的目的都为了更高效可靠地完成系统的开发。通过实践案例的开发, 提高将基础知识应用到工程实践的能力与思路。实践案例部分所涉及的内容, 从第 6 章到第 17 章是一些在生产生活中常见的课程设计型的案例; 从第 18 章到第 21 章是工程生产中的全部或部分技术内容, 具有比较强的综合性, 借以扩展和提高读者的系统开发水平。

为了便于学习和借鉴, 16 个实践案例的源程序, 读者可从 <http://www.tqxbok.com> 中的相应书名的资源中下载。需要强调的是: 只有安装了 S7-200 相关软件才能打开源文件。

由于 S7-200 功能强大, 内容庞杂, 一般来说, 几百页的书籍不可能完整介绍它的功能和用法, 且功能的罗列只会让读者不知所措。本书编写的目的是通过对一些工程实例的介绍,

为读者在自动化领域进行项目开发打下一个坚实的基础。

编写本书的人员有方强、李丽娜、孙宏昌、孙印杰、何立军、夏跃伟、高翔、王保荣、张永梅、刘雪萍、蒋菊兰、汤世明、姚建仁、刘娟、许小荣、钟星海、王建华、杨俊、秦涛、靳栓柱、刘朝贵、李建华和谢吉容。在此全书即将付梓之时，特别感谢北京理工大学贾东永博士在整个编写过程中的大力支持与帮助。由于作者水平有限，难免存在一些错误和不足，希望广大读者批评与指正。

我们的 E-mail 地址: qiyuqin@phei.com.cn。

编著者

2009 年 5 月

目 录

第 1 章 PLC 技术开发基础	1
1.1 概述.....	1
1.2 PLC 控制与传统控制技术.....	2
1.3 PLC 技术开发特点及流程.....	3
1.4 PLC 控制的基本工作原理.....	5
1.5 PLC 的技术性能指标.....	8
1.6 PLC 的分类及应用场合.....	9
1.6.1 PLC 的分类.....	9
1.7 PLC 技术开发中的梯形图设计方法.....	12
1.7.1 梯形图常规设计方法	13
1.7.2 梯形图继电器设计方法	18
1.7.3 梯形图顺序设计方法	22
1.8 课后习题.....	32
第 2 章 S7-200 硬件体系结构.....	35
2.1 概述.....	35
2.2 西门子 S7 系列 PLC 的主要种类及应用软件.....	36
2.3 S7-200 系列的 PLC 的基本硬件组成及安装	38
2.3.1 硬件安装概述	39
2.3.2 安装接线和拆卸指南	40
2.4 S7-200 系列 PLC 的主要技术性能	43
2.5 本机 I/O 与扩展 I/O 性能指标	46
2.6 S7-200 与电源设计	47
2.7 课后习题.....	48

第 3 章 S7-200 软件体系结构	51
3.1 S7-200 的存储系统	51
3.2 S7-200 数据类型	55
3.3 S7-200 寻址方式	57
3.4 课后习题	64
第 4 章 S7-200 PLC 指令系统	65
4.1 指令的类型	65
4.2 S7-200 编程概念与规则	67
4.3 S7-200 基本指令	73
4.4 运算指令	83
4.5 顺序控制指令	91
4.6 S7-200 高级指令	110
4.7 课后习题	137
第 5 章 S7-200 技术开发软件使用指南	139
5.1 软件概述	139
5.2 编程软件介绍	142
5.2.1 软件界面介绍	142
5.2.2 项目及组件	145
5.2.3 定制 STEP 7-Micro/WIN 软件	148
5.2.4 使用帮助	152
5.3 计算机与 PLC 的通信	152
5.3.1 通信原理介绍	152
5.3.2 通信设置	153
5.3.3 PLC 信息	154
5.3.4 在线联调	154
5.4 开发软件的功能设置	154
5.4.1 数据保持区设置	154
5.4.2 CPU 密码保护设置	155
5.4.3 输出表设置	158
5.4.4 输入滤波器设置	160

5.4.5	脉冲捕捉功能设置	162
5.4.6	后台通信时间设置	163
5.4.7	用户自定义 LED 灯设置	164
5.4.8	增加程序存储区	164
5.5	课后习题	165
第 6 章	全自动洗衣机模型实例	167
6.1	工作原理及控制要求	167
6.2	硬件配置及 I/O 分配	169
6.3	程序开发	170
第 7 章	三相笼型异步电动机的 Y-Δ 降压启动控制	173
7.1	梯形图继电器设计基本方法	173
7.2	三相异步电动机启动控制要求	174
7.3	三相异步电动机启动控制设计注意事项	176
第 8 章	交通信号灯控制实例	177
8.1	控制要求	177
8.2	顺序功能图绘制	178
8.3	梯形图设计	181
第 9 章	液体混合装置控制实例	183
9.1	控制要求	183
9.2	I/O 分配	185
9.3	程序设计	186
第 10 章	S7-200 霓虹灯控制回路	189
10.1	控制原理	189
10.2	硬件接线	189
10.3	顺序功能图的设计	190
10.4	梯形图的设计	191

第 11 章 基于 PID 算法的 PLC 温度控制的实例	195
11.1 S7-200 PLC PID 算法介绍	195
11.2 控制要求	197
11.3 控制回路的硬件	198
11.4 程序设计	199
第 12 章 组合机床 PLC 自动控制实例	203
12.1 组合机床的控制原理	203
12.2 控制要求	204
12.3 硬件配置及 I/O 分配	205
12.4 程序设计	207
12.5 程序的调试和运行	210
第 13 章 机械手控制实例	211
13.1 控制要求	211
13.2 控制程序设计	212
第 14 章 矩阵式键盘设计实例	217
14.1 矩阵式键盘工作原理	217
14.2 矩阵式键盘硬件设计	218
14.3 键盘设定及程序设计	220
第 15 章 S7-200 基于调制解调器通信实例	225
15.1 TC35 调制解调器 AT 指令简介	225
15.2 设置 TC35	229
15.3 PLC 编程	229
第 16 章 步进电机定位控制实例	235
16.1 高速脉冲输出功能	235
16.2 脉冲输出指令	238
16.3 步进电机定位控制实例	239

第 17 章 除尘系统应用实例	243
17.1 控制原理	243
17.2 无尘车间工艺要求	244
17.3 程序设计	244
第 18 章 多台潜水泵自动控制应用实例	247
18.1 系统控制要求及思路	247
18.2 指令介绍	248
18.3 软件设计	252
第 19 章 变频供水控制实例	255
19.1 控制原理	255
19.2 程序设计	256
19.3 与变频器的通信	257
19.4 通信设计	265
第 20 章 全自动包装机应用实例	267
20.1 工作原理	267
20.2 控制系统硬件设计	268
20.3 程序开发	270
20.4 包装机 PLC 系统调试技术	271
第 21 章 起重机控制实例	273
21.1 塔式起重机的控制技术	273
21.2 设计流程	273
21.3 控制要求	274
21.4 塔式起重机 PLC 控制系统结构	275
21.5 系统硬件设计	275
21.6 PLC 点数的确定	277
21.7 系统软件设计	278
21.8 基于 PLC 的变频器控制	280
21.9 可靠性提高措施	284

附录 A 习题答案285

第 1 章	285
第 2 章	285
第 3 章	285
第 4 章	286
第 5 章	286

第 1 章	285
第 2 章	285
第 3 章	285
第 4 章	286
第 5 章	286
第 6 章	286
第 7 章	286
第 8 章	286
第 9 章	286
第 10 章	286
第 11 章	286
第 12 章	286
第 13 章	286
第 14 章	286
第 15 章	286
第 16 章	286
第 17 章	286
第 18 章	286
第 19 章	286
第 20 章	286
第 21 章	286
第 22 章	286
第 23 章	286
第 24 章	286
第 25 章	286
第 26 章	286
第 27 章	286
第 28 章	286
第 29 章	286
第 30 章	286
第 31 章	286
第 32 章	286
第 33 章	286
第 34 章	286
第 35 章	286
第 36 章	286
第 37 章	286
第 38 章	286
第 39 章	286
第 40 章	286
第 41 章	286
第 42 章	286
第 43 章	286
第 44 章	286
第 45 章	286
第 46 章	286
第 47 章	286
第 48 章	286
第 49 章	286
第 50 章	286
第 51 章	286
第 52 章	286
第 53 章	286
第 54 章	286
第 55 章	286
第 56 章	286
第 57 章	286
第 58 章	286
第 59 章	286
第 60 章	286
第 61 章	286
第 62 章	286
第 63 章	286
第 64 章	286
第 65 章	286
第 66 章	286
第 67 章	286
第 68 章	286
第 69 章	286
第 70 章	286
第 71 章	286
第 72 章	286
第 73 章	286
第 74 章	286
第 75 章	286
第 76 章	286
第 77 章	286
第 78 章	286
第 79 章	286
第 80 章	286
第 81 章	286
第 82 章	286
第 83 章	286
第 84 章	286
第 85 章	286
第 86 章	286
第 87 章	286
第 88 章	286
第 89 章	286
第 90 章	286
第 91 章	286
第 92 章	286
第 93 章	286
第 94 章	286
第 95 章	286
第 96 章	286
第 97 章	286
第 98 章	286
第 99 章	286
第 100 章	286

第 1 章 PLC 技术开发基础

可编程序控制器简称 PLC，是近年来发展极为迅速、应用面极广的工业控制装置。它是一种专为工业环境应用而设计的数字运行的电子系统，它采用可编程序的存储器，用来存储用户指令，通过数字或模拟的输入输出，完成确定的逻辑、顺序、定时、计数、运算和一些确定的功能，来控制各种类型的机械或生产过程。本章将介绍 PLC 及其相关的基础知识。

本章要点：

- PLC 控制技术的特点
- PLC 的基本工作原理
- PLC 的技术指标
- PLC 系统的分类及应用
- PLC 技术开发中的梯形图设计方法

1.1 概述

可编程序控制器是在继电器控制的基础上开发的产品，一种专为在工业环境下应用而设计的计算机控制系统。它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、数字技术和通信网络技术发展起来的一种通用工业自动控制装置，主要面向控制过程和用户。可编程序控制器采用可编程序的存储器，能够执行逻辑控制、顺序控制、计数、定时和算术运算等操作功能，并通过开关量、模拟量的输入和输出，完成各种机械或生产过程的控制。西门子 S7-300 PLC 主机如图 1-1 所示。

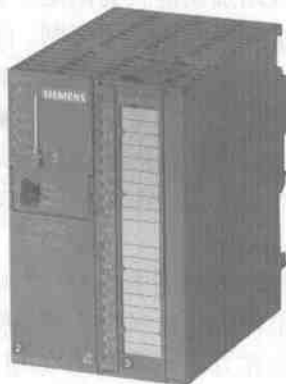


图 1-1 西门子 S7-300 PLC 主机

可编程序控制器的功能是不不断地变化的。最初,其产品名称为可编程序逻辑控制器(Programmable Logic Controller, PLC),主要用于顺序控制,替代传统的继电器接触控制系统。虽然它采用了计算机的设计思想,但是实际上只能进行逻辑运算。随着微处理器技术的发展,其功能不断完善和加强,现在的可编程序控制器已具备了算术运算、模拟量控制、过程控制,以及远程通信等强大功能,大大超越了早期的可编程序逻辑控制器的功能。所以,1980年,美国电气制造商协会 NEMA (National Electrical Manufacturers Association) 给它一个新的名称“可编程序控制器”(Programmable Controller, PC)。但是国内已将 PC 作为个人计算机(Personal Computer)的代名词,为加以区别,国内仍沿用 PLC 表示可编程序控制器。

国际电工委员会(IEC)于1987年2月颁布了可编程序控制器的标准草案第三稿,对 PLC 作出了如下定义:可编程序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、计数和算术运算的操作的指令。并通过数字式和模拟式的输入和输出,控制各种类型的机械或生产过程。PLC 及其有关外部设备,都应按易于与工业系统联成一个整体,易于扩充其功能的原则进行设计。

IEC 对 PLC 的定义,一是强调了可编程序控制器是“数字运算操作的电子系统”,它也是一种计算机;二是强调了可编程序控制器应直接应用于工业环境,它必须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。

1.2 PLC 控制与传统控制技术

PLC 控制是在继电器控制的基础上发展而来的一种控制技术,所以 PLC 控制系统与继电器控制系统相比,有许多相似之处,也有许多不同。不同之处主要在以下几个方面:

(1) 从控制方法上看,继电器控制系统控制逻辑采用硬件接线,利用继电器机械触点的串联或并联等组合成控制逻辑,只能完成既定的逻辑控制;其连线多且复杂、体积大、功耗大,系统构成后,想再改变或增加功能较为困难。另外,继电器的触点数量有限,所以继电器控制系统的灵活性和可扩展性受到很大限制。而 PLC 采用了计算机技术,其控制逻辑是以程序的方式存放在存储器中的,要改变控制逻辑只需改变程序,因而很容易改变或增加系统功能;系统连线少、体积小、功耗小;而且被称为“软继电器”的 PLC,实质上是存储器单元的状态,所以“软继电器”的触点数量是无限的,PLC 系统的灵活性和可扩展性好。PLC 采用存储逻辑,其控制逻辑是以程序方式存储在内存中,要改变控制逻辑,只需改变程序即可,称软接线。

(2) 从工作方式上看,在继电器控制电路中,当电源接通时,电路中所有继电器都处于受制约状态,即该吸合的继电器都同时吸合,不该吸合的继电器受某种条件限制而不能吸合,这种工作方式称为并行工作方式。而 PLC 的用户程序是按一定顺序循环执行的,所以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,这种工作方式称为串行工作方式。

(3) 从控制速度上看,继电器控制系统依靠机械触点的动作以实现控制,工作频率

低，为毫秒级，而且机械触点还会出现抖动问题。而 PLC 是通过程序指令控制半导体电路来实现控制的，速度快，程序指令执行时间在微秒级，且不会出现触点抖动问题。

(4) 从定时和计数控制上看，继电器控制系统采用时间继电器的延时动作进行时间控制，时间继电器的延时时间易受环境温度和湿度变化的影响，定时精度不高。而 PLC 采用半导体集成电路作定时器，时钟脉冲由晶体振荡器产生，精度高，定时范围宽，用户可根据需要在程序中设定定时值，修改方便，不受环境的影响。且 PLC 具有计数功能，而继电器控制系统一般不具备计数功能。

(5) 从可靠性和可维护性上看，由于继电器控制系统使用了大量的机械触点，其存在机械磨损、电弧烧伤等，寿命短，系统的连线多，所以可靠性和可维护性较差。而 PLC 大量的开关动作由无触点的半导体电路来完成，其寿命长、可靠性高。此外，PLC 还具有自诊断功能，能查出自身的故障，随时显示给操作人员，并能动态地监视控制程序的执行情况，为现场调试和维护提供了方便。

尽管 PLC 控制有许多的优点，但是值得我们注意的是，继电器逻辑控制在欧洲从上世纪 70 年代到现在从来没有停止研发和生产，PLC 和继电器在控制系统中是相辅相成的。直到现在继电器从来没有停止进一步的发展，包括西门子公司在内从来没有承诺普通 PLC 是安全的，如：设备的安全控制（停电、重启、人身防护）都是由专门安全继电器来保证的，所以至今欧洲还有许多专门生产商在生产、研发安全继电器。

1.3 PLC 技术开发特点及流程

在 PLC 发明之前，在工业控制的顺序控制领域内，常常采用诸如继电器、鼓式开关、纸带阅读器等机械、电气式器件作为控制元件，尤其是控制继电器，在离散制造过程控制领域内，成为“开关控制系统”中最广泛使用的器件。但是，随着工业现代化的发展，生产规模越来越大，劳动生产率及产品质量的要求在不断提高，对于控制系统的可靠性也提出了更高的要求，原有“继电器控制系统”已不适应需要，究其原因这是由于继电器控制系统存在动作缓慢、寿命短、可靠性差、体积大、耗电多等缺点。

到 20 世纪 60 年代，由于美国汽车工业需要进行大规模的技术改造和设备更新，由传统的继电器控制装置来进行控制，不仅体积庞大、故障率高、柔性差、不灵活、耗能，而且调试困难，可靠性也差。虽然小型计算机已日趋完善，应用领域也在不断扩大，但小型计算机用于开关控制系统，又显然存在着“大马拉小车”的情况，这是由于小型计算机的特点决定的：编程复杂，要求有较高水平的编程人员和操作人员；需要配套非标准的外部接口，对环境和现场条件的要求过高；功能过剩，机器资源未能充分利用；造价高昂。需要与可能性，促使人们寻求新的出路，PLC 应运而生。

1968 年美国通用汽车公司提出使用新一代控制器的设想。第二年（1969 年），美国数字公司研制出了基于集成电路和电子技术的控制装置 PDP-14，首次采用程序化的手段应用于电气控制，这就是第一代可编程序控制器。这时的 PLC 用固态（集成）电路来代替继电器逻辑电路，用存储器电路中的存储数位（程序）来代替继电器系统的布线，以程序来规定逻辑关系；用固态 I/O 电路来检测按钮和限位开关的信号，给出输出以控制电机和其他执行机构。这时的 PLC 系统只要改变系统中的程序即可改变控制“逻辑”，而无需改造或

更换控制硬件等。差不多同时,美国 MODICON 公司也研制出 084 控制器。它们的问世,引起了全世界的瞩目,美国的其他公司和西欧、日本等工业发达国家,也相继研究开发出类似的产品。

后来,随着电子科技的发展及产业应用的需要,其控制功能已经远远超出逻辑控制的范畴,PLC 的功能也日益强大,在 PLC 中加入了模拟量、位置控制及网路等功能,其名称定义为可编程序控制器 (Programmable Controller),简称 PC。但 PC 易与个人计算机 (Personal Computer) 的简称 PC 产生混淆,所以使用 PLC 这一简称,中文仍然称为“可编程序控制器”或“可编程控制器”。

自 1976 年以来,微处理器开始引入 PLC 领域,使当今 PLC 具有采集与处理大量数据、完成数学运算、与其他智能器件通信的能力,以及具有先进的人—机对话手段(如键盘、CRT 和语音对话),近年来由于现场总线理念的出现和相关标准的建立,以及产品的迅速发展,PLC 成为现场总线的一个重要组成部分,进一步扩大了 PLC 的应用领域。

由于 PLC 同时提高了功能和柔性度,使其应用迅速增长,并普及到许多其他离散零件制造工业领域。随后又扩展到与批量生产和连续生产过程有关的工业领域。随着 CIMS(计算机集成制造系统)的发展,PLC 当前还被人们应用于工厂通信网络、柔性制造系统、工业机器人到大型分散型控制系统。

总结起来从 1969 年第一台 PLC 问世至今,可编程控制器大约经历了三个阶段:

第一阶段:开发的 PLC 容量较小,I/O 点数小于 120 点。用户存储区容量在 2KB 左右,扫描速度为 20~50 ms/KB,指令较为简单,只有逻辑运算、计时、计数等,编程语言采用简单的指令表语言。使用上,主要用来作开关量控制。

第二阶段:PLC 的容量有所扩展,I/O 点数从 512 点至 1024 点,用户程序存储区扩展到 8KB 以上,速度也有提高,扫描速度达到 5~6 ms/KB,指令功能除了基本的逻辑运算、计时、计数外,还增加了算术运算指令、比较指令,以及模拟量处理指令等,输入/输出类型也由纯开关量 I/O,扩展为带模拟量的 I/O。编程语言除了使用指令表外,还可以使用梯形图编程语言。

第三阶段:进入 20 世纪 80 年代以来,随着大规模和超大规模集成电路等微电子技术的迅猛发展,以 16 位和 32 位微处理器构成的 PLC 得到惊人的发展,其功能远远超出了上述两阶段的产品。这一阶段是 PLC 发展最快的时期,PLC 在处理模拟量能力、数字运算能力、人机接口能力和网络能力得到大幅度提高,PLC 逐渐进入过程控制领域。

新一代 PLC 主要有以下两个方面的提升。

(1) 大型产品的 I/O 点数,超过 4 000 点,有些产品达到 8 000 个 I/O 点,用户存储区容量超过 32KB,配置有各种智能模块(例如温度控制模块、轴定位模块、过程控制模块等)和通信模块,扫描速率也大大提高,达到 0.47 ms/KB,指令功能除了基本的逻辑运算、计时、计数、顺序控制外,还有算术浮点运算指令、PID 调节功能指令、图形组态功能指令、网络和通信指令等。编程语言普遍采用梯形语言,同时也使用指令表和顺序功能图语言。

(2) 另一方面为了提高系统的可靠性,新一代的 PLC 向超小型化和加强型功能发展,有 16 点 I/O,24 点 I/O 的整体型小型 PLC,在小型 PLC 上配置模拟量 I/O、通信口、高速计数,指令上也设置有算术运算、比较指令以及 PID 调节指令。小型 PLC 使用的手握式编

程器使用大面积液晶显示器,也可以用梯形图和 GRAFCET 语言进行编程。

新型的 PLC 不仅在硬件上进行更新,在软件设计上也有很大改进,普遍实现了软件模块化设计。在 PLC 产品上提供大量的通用和专用软件功能模块,用户通过简单的功能调用就可实现复杂的控制任务,给使用带来极大的方便。使用的编程器越来越完善,专用编程器实际上已经是一台个人计算机,可以实现离线编程或在线编程及监控,程序打印以及程序固化,实现图形组态,可以联网(即挂在 PLC 网络上),有些编程器还可以使用高级语言。除了专用编程器外,很多 PLC 可以使用通用的笔记本电脑实现编程,开发一些专用软件,充分利用个人计算机的能力,完成各种高级的编程功能,省却了专用编程器,既便于推广又节省投资。随着技术的进步,PLC 的功能越来越强,应用范畴越来越广,与其他工业控制机,如分散型控制系统(DCS)的界限已经不十分明显,很多以往必须由分散型控制系统来完成的控制,现在用 PLC 都能实现,因此在应用上“交错”已经成为普遍现象。

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。PLC 在工业自动化控制特别是顺序控制中的地位,在可以预见的将来,是无法取代的。

1.4 PLC 控制的基本工作原理

PLC 具有计算机的许多特点,但是其工作方式却与其有着很大的不同。计算机在工作过程当中是使用中断的形式,而 PLC 采用的主要工作方式是“循环扫描”,这是 PLC 工作原理当中最重要的一个工作方式。

1. 扫描技术

当 PLC 投入运行后,其工作过程一般分为三个阶段,即输入采样、用户程序执行和输出刷新三个阶段。完成上述三个阶段称作一个扫描周期。在整个运行期间,PLC 的 CPU 以一定的扫描速度重复执行上述三个阶段,如图 1-2 所示。

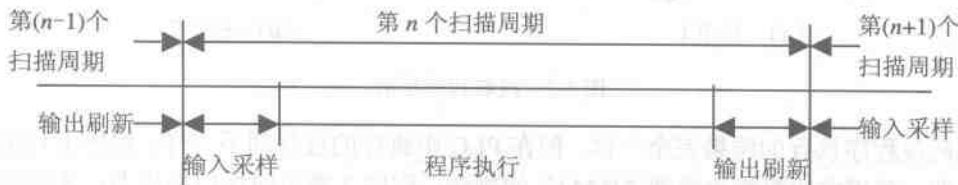


图 1-2 PLC 扫描周期时序图

(1) 输入采样阶段

在输入采样阶段,PLC 以扫描方式依次地读入所有输入状态和数据,并将它们存入 I/O 映像区中的相应的单元内。输入采样结束后,转入用户程序执行和输出刷新阶段。在这两个阶段中,即使输入状态和数据发生变化,I/O 映像区中的相应单元的状态和数据也不会改变。因此,如果输入是脉冲信号,则该脉冲信号的宽度必须大于一个扫描周期,才能保证在任何情况下,该输入均能被读入。

(2) 用户程序执行阶段

在用户程序执行阶段,PLC 总是按由上而下的顺序依次地扫描用户程序。在扫描每一

条梯形图时，又总是先扫描梯形图左边的由各触点构成的控制线路，并按先左后右、先上后下的顺序对由触点构成的控制线路进行逻辑运算，然后根据逻辑运算的结果，刷新该逻辑线圈在系统 RAM 存储区中对应位的状态；或者刷新该输出线圈在 I/O 映像区中对应位的状态；或者确定是否要执行该梯形图所规定的特殊功能指令。即，在用户程序执行过程中，只有输入点在 I/O 映像区内的状态和数据不会发生变化，而其他输出点和软设备在 I/O 映像区或系统 RAM 存储区内的状态和数据都有可能发生变化，而且排在上面的梯形图，其程序执行结果会对排在下面的凡是用到这些线圈或数据的梯形图起作用；相反，排在下面的梯形图，其被刷新的逻辑线圈的状态或数据只能到下一个扫描周期才能对排在其上面的程序起作用。

2. 输出刷新阶段

当扫描用户程序结束后，PLC 就进入输出刷新阶段。在此期间，CPU 按照 I/O 映像区内对应的状态和数据刷新所有的输出锁存电路，再经输出电路驱动相应的外设。这时，才是 PLC 的真正输出。比较以下二个程序的异同，程序如图 1-3 所示。

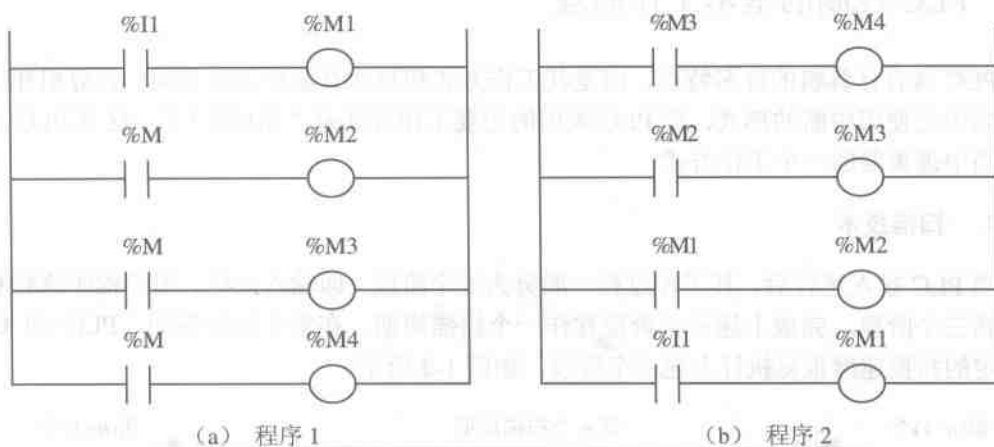


图 1-3 PLC 程序举例

这两段程序执行的结果完全一样，但在 PLC 中执行的过程却不一样。程序 1 只用一次扫描周期，就可完成对输出线圈“%M4”的刷新；程序 2 要用四次扫描周期，才能完成对输出线圈“%M4”的刷新。

这两个例子说明：同样的若干条梯形图，其排列次序不同，执行的结果也不同。另外，也可以看到：采用扫描用户程序的运行结果与继电器控制装置的硬逻辑并行运行的结果有所区别。当然，如果扫描周期所占用的时间对整个运行来说可以忽略，那么二者之间就没有什么区别了。

一般来说，PLC 的扫描周期包括自诊断、通信等，如图 1-4 所示，即一个扫描周期等于自诊断、通信、输入采样、用户程序执行、输出刷新等所有时间的总和。