

◆ 以实践为特色，以基本知识为依托



卓越工程师培养计划

▪ PLC ▪

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

孙宏昌 杨后川 主编



西门子

S7-200PLC

应用完全精通



电子工业出版社

PUBLISHING HOUSE OF ELECTRONICS INDUSTRY

卓越工程师培养计划 · PLC

内容简介

西门子 S7-200 PLC 应用 完全精通

孙宏昌 杨后川 主编

电子工业出版社

Publishing House of Electronics Industry

北京·BEIJING

内 容 简 介

本书从实际应用的角度出发,以德国西门子公司 S7-200 系列可编程控制器为蓝本,按照 PLC 开发技术所需要掌握的知识结构,以工程实践为平台,向读者介绍了 PLC 系统开发的理论基础及实践知识,形成以实践为特色,以基本知识为依托的基本知识体系结构。

本书由基本技术(1-5 章)和应用实践案例(6-21 章)两部分组成。在基本技术部分中,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、硬件特点和项目开发流程等。这些内容都为第二部分的实践应用奠定了理论基础。

第二部分的应用实践案例由 16 章内容组成,每一章都会介绍一个典型案例。在此部分中介绍的案例都是以 S7-200 为控制核心的工程实践案例。其内容涵盖了多个应用领域,包括工业生产、机电设备控制、日常生活和网络通信等多个方面,从多个角度、多个层次向读者介绍了实际工程开发的过程与技术特点。

全书以实用为宗旨,以系统开发为思想,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自动化、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,也可作为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

西门子 S7-200PLC 应用完全精通 / 孙宏昌, 杨后川主编. —北京: 电子工业出版社, 2015. 1

(卓越工程师培养计划)

ISBN 978-7-121-24983-9

I. ①西… II. ①孙… ②杨… III. ①plc 技术 IV. ①TM571.6

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2014)第 276297 号

策划编辑: 王敬栋 (wangjd@phei.com.cn)

责任编辑: 谭丽莎

印 刷: 北京京科印刷有限公司

装 订: 三河市鹏成印业有限公司

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: 17.25 字数: 442 千字

版 次: 2015 年 1 月第 1 版

印 次: 2015 年 1 月第 1 次印刷

印 数: 3 000 册 定价: 49.80 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,作为三大工业支柱之一的 PLC 已经进入了日常生产生活的各个方面,PLC 的应用在各行各业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 5 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、PLC 的技术性能指标、PLC 技术开发中的梯形图设计方法等;第 2 章主要介绍了 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;在第 3 章中,内容的重点转移到 S7-200 的软件体系结构上来,包括 S7-200 的存储系统和寻址方式等,这些内容都是 PLC 用户程序开发的前提条件;在第 4 章中,主要介绍的是 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 的基本指令、运算指令、顺序控制指令和高级指令等;在第 5 章中,S7-200 编程软件 STEP 7-Micro/WIN 的编程软件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中,如计算机与 PLC 的通信和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,最终的目的都是为了更高效、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案例,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。

由于 S7-200 功能强大,内容庞杂,一般来说,几百页的介绍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,所以本书的编写是通过对一些工程实例的术语介绍,为读者在自动化领域进行项目开发打下一个坚实的基础。

本书由孙宏昌和杨后川主编。在全书即将付梓之时,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。另外,刘娟、张丽、梁香莲、王保荣、张永梅、刘雪萍、蒋菊兰、汤世明、姚建仁、李国兴、钟星海、王建华、杨俊、秦涛、靳栓柱、刘朝贵和李建华等同志也参与了本书的编写和修改。在此,编者对以上人员致以诚挚的谢意!

由于作者的水平有限,书中难免存在一些错误和不足,希望广大读者、同人在使用本教材时给予批评与指正。

编者
2014 年

目 录

第1部分 基本技术

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	7
1.6 PLC 的分类及应用场合	8
1.6.1 PLC 的分类	8
1.6.2 PLC 的应用场合	11
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	12
1.7.2 继电器的梯形图设计方法	17
1.7.3 梯形图顺序设计方法	20
1.8 课后习题	28
第2章 S7-200 的硬件体系结构	31
2.1 概述	31
2.2 西门子 S7 系列 PLC 的主要种类及应用软件	32
2.3 S7-200 系列 PLC 的基本硬件组成及安装	34
2.3.1 硬件安装概述	34
2.3.2 安装接线和拆卸指南	36
2.4 S7-200 系列 PLC 的主要技术性能	38
2.5 本机 I/O 与扩展 I/O 性能指标	41
2.6 S7-200 与电源设计	42
2.7 课后习题	44
第3章 S7-200 的软件体系结构	45
3.1 S7-200 的存储系统	45
3.2 S7-200 的数据类型	49
3.3 S7-200 的寻址方式	51
3.4 课后习题	57
第4章 S7-200 PLC 指令系统	59
4.1 指令的类型	59

4.2	S7-200 的编程概念与规则	61
4.3	S7-200 的基本指令	66
4.4	S7-200 的运算指令	75
4.5	S7-200 的顺序控制指令	82
4.6	S7-200 的高级指令	96
4.7	课后习题	122
第 5 章	S7-200 技术开发软件使用指南	124
5.1	软件概述	124
5.2	编程软件介绍	127
5.2.1	软件界面介绍	127
5.2.2	项目及组件	130
5.2.3	定制 STEP 7-Micro/WIN 软件	132
5.2.4	使用帮助	136
5.3	计算机与 PLC 的通信	136
5.3.1	通信原理介绍	136
5.3.2	通信设置	137
5.3.3	PLC 信息	138
5.3.4	在线联调	138
5.4	开发软件的功能设置	139
5.4.1	数据保持区设置	139
5.4.2	CPU 密码保护设置	140
5.4.3	输出表设置	143
5.4.4	输入滤波器设置	144
5.4.5	脉冲捕捉功能设置	146
5.4.6	后台通信时间设置	147
5.4.7	用户自定义 LED 灯设置	148
5.4.8	增加程序存储区	149
5.5	课后习题	149

第 2 部分 应用实践案例

第 6 章	全自动洗衣机模型实例	152
6.1	工作原理及控制要求	152
6.2	硬件配置及 I/O 分配	153
6.3	程序开发	155
第 7 章	三相笼型异步电动机的 Y-Δ 降压启动控制实例	158
7.1	梯形图继电器设计的基本方法	158
7.2	三相异步电动机启动控制要求	159
7.3	三相异步电动机启动控制设计注意事项	161

第 8 章 交通信号灯控制实例	162
8.1 控制要求	162
8.2 顺序功能图绘制	163
8.3 梯形图设计	165
第 9 章 液体混合装置控制实例	168
9.1 控制要求	168
9.2 I/O 分配	169
9.3 程序设计	170
第 10 章 S7-200 霓虹灯控制回路实例	173
10.1 控制原理	173
10.2 硬件接线	173
10.3 顺序功能图的设计	174
10.4 梯形图的设计	175
第 11 章 基于 PID 算法的 PLC 温度控制实例	179
11.1 S7-200 PLC PID 算法介绍	179
11.2 控制要求	181
11.3 控制回路的硬件	182
11.4 程序设计	182
第 12 章 组合机床 PLC 自动控制实例	186
12.1 组合机床的控制原理	186
12.2 控制要求	186
12.3 硬件配置及 I/O 分配	188
12.4 程序设计	189
12.5 程序的调试和运行	193
第 13 章 机械手控制实例	194
13.1 控制要求	194
13.2 控制程序设计	195
第 14 章 矩阵式键盘设计实例	199
14.1 矩阵式键盘的工作原理	199
14.2 矩阵式键盘的硬件设计	200
14.3 键盘设定及程序设计	201
第 15 章 S7-200 基于调制解调器的通信实例	206
15.1 TC35 调制解调器 AT 指令简介	206
15.2 设置 TC35	210
15.3 PLC 编程	211

第 16 章 步进电机定位控制实例	217
16.1 高速脉冲输出功能	217
16.2 脉冲输出指令	220
16.3 步进电机定位控制	221
第 17 章 除尘器应用实例	225
17.1 控制原理	225
17.2 无尘车间工艺要求	226
17.3 程序设计	226
第 18 章 多台潜水泵自动控制应用实例	228
18.1 系统控制要求及思路	228
18.2 指令介绍	229
18.3 软件设计	232
第 19 章 变频供水控制实例	235
19.1 控制原理	235
19.2 程序设计	236
19.3 与变频器的通信	237
19.4 通信设计	242
第 20 章 包装机械应用实例	246
20.1 工作原理	246
20.2 控制系统的硬件设计	248
20.3 程序开发	249
20.4 包装机 PLC 系统调试技术	250
第 21 章 起重机控制实例	252
21.1 塔式起重机的控制技术	252
21.2 设计流程	252
21.3 控制要求	253
21.4 塔式起重机 PLC 控制系统结构	254
21.5 系统的硬件设计	255
21.6 PLC 点数的确定	256
21.7 系统的软件设计	257
21.8 基于 PLC 的变频器控制	260
21.9 可靠性的提高措施	263
习题答案	265

第1部分 基本技术

第1章 PLC 技术开发基础

可编程控制器简称 PLC，是近年来发展极为迅速，应用范围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电子系统，它采用可编程的存储器来存储用户指令，通过数字的或模拟的输入/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。本章通过对一些 PLC 基本知识的介绍，使读者逐渐了解 PLC。

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

可编程控制器是在继电器控制的基础上开发出的产品，是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等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。可编程控制器采用可编程的存储器，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，并能通过开关量、模拟量的输入和输出完成对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。

可编程控制器的功能是不不断变化的。最初，其产品名称为可编程逻辑控制器（Programmable Logic Controller，PLC），主要用于顺序控制，替代传统的继电接触控制系统。虽然它采用了计算机的设计思想，但是实际上它只能进行逻辑运算。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

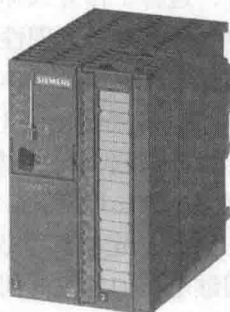


图 1-1 西门子 S7-300 PLC 主机

大功能。因为早期的可编程序逻辑控制器已不能描述其多功能的特点，所以 1980 年，美国电气制造商协会 NEMA（National Electrical Manufacturers Association）给它起了一个新的名称“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，因此国内仍沿用 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 做出了如下定义：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连成一个整体，易于扩充其功能的原则来设计。

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，因此 PLC 控制系统与电器控制系统相比，有许多相似之处，但也有许多不同，不同之处主要体现在以下几个方面。

(1) 从控制方法上看，电器控制系统的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，因此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。又由于其系统连线少、体积小、功耗小，而且 PLC 所谓的“软继电器”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。

(2) 从工作方式上看，在继电器控制电路中，当电源接通时，电路中的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，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，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，时间为 ms 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 μs 级，且不会出现触点抖动问题。

(4) 从定时和计数控制上看，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温度变化的影响，定时精度不高。而 PLC 采用半导体集成电路作为定时器，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, 由于电器控制系统使用了大量的机械触点, 存在机械磨损、电弧烧伤等, 寿命短, 系统的连线多, 所以其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。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, 但值得我们注意的是, PLC 和继电器逻辑控制在欧洲从 20 世纪 70 年代到现在从来没有抵触过。而且 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 SIEMENS 在内也从来没有承诺普通 PLC 是安全的, 例如, 设备的安全控制 (停电、重起、人身防护) 都是由专门安全继电器来保证的, 因此至今欧洲还有许多专门生产商在生产、研发继电器。



1.3 PLC 技术开发特点及流程

PLC 发明之前, 在工业控制的顺序控制领域内, 常采用诸如继电器、鼓式开关、纸带阅读器机械、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, 原有的“继电器控制系统”已不适应需要, 究其原因是它存在动作缓慢、寿命短、可靠性差、体积大和耗电多等缺点。

到 20 世纪 60 年代, 美国汽车工业需要进行大规模的技术改造和设备更新, 但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“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了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, 给出输出以控制电动机和其他执行机构。这时的 PLC 系统只要改变系统中的程序即可改变控制“逻辑”, 而无须改造或更换控制硬件等。差不多同时, 美国 MODICON 公司也研制出了 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、位置控制及网络等功能, 其名称定义为可编程序控制器 (Programmable Controller), 简称 PC。但由于 PC 易与个人计算机 (Personal Computer) 的简称 PC 产生混淆, 所以现在仍使用 PLC 这一简称, 而中文仍然称为“可编程序控制器”。

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、工业机器人和大型分散型控制系统。

总结起来,从 1969 年第一台 PLC 问世至今,可编程序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 20~50ms/KB,指令较为简单,只有逻辑运算、计时和计数等,编程语言采用简单的语句表语言,主要用于开关量控制。

第二阶段:PLC 的容量有所扩展,I/O 点数从 512 点扩至 1024 点,用户程序存储区容量扩展到 8KB 以上,速度也有提高,扫描速度达到 5~6ms/KB,指令功能除了基本的逻辑运算、计时和计数外,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,编程语言除了使用语句表外,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上得到大幅度提高,PLC 逐渐进入过程控制领域,新一代 PLC 主要向以下两个方面进行发展。

(1) 大型产品的 I/O 点数超过 4000 点,有些产品达到 8000 个 I/O 点,用户存储区容量超过 32KB,配置有各种智能模块(如温度控制模块、轴定位模块和过程控制模块等)和通信模块,扫描速率也大大提高,达到 0.47ms/KB,指令功能除了基本的逻辑运算、计时、计数和顺序控制外,还增加了算术浮点运算指令、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图编程语言,同时也使用语句表和顺序功能图语言。

(2) 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、比较指令及 PID 调节指令等。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 不仅在硬件上进行了更新,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 产品上提供了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,这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,程序打印及程序固化,可以实现图形组态及联网(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,充分利用了个人计算机的能力,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 的功能也越来越强,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、抗干扰能力强和编程简单等特点。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计算机有着很大的不同。计算机在工作过程中使用的是中断的形式,而 PLC 采用的主要工作方式是“循环扫描”,这是 PLC 工作原理中最重要的一个工作形式。

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。

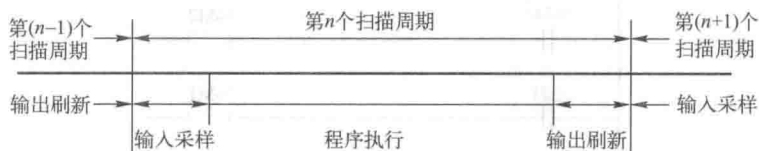


图 1-2 PLC 扫描周期时序图

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。

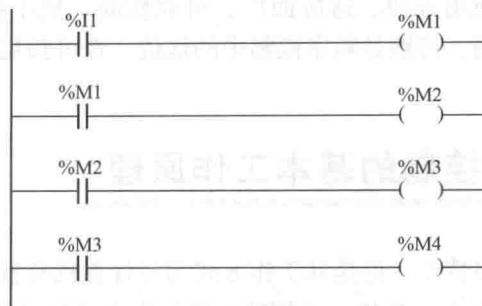
2) 用户程序执行阶段

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。扫描每一个梯形图时,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时才能对排在其上面的程序起作用。

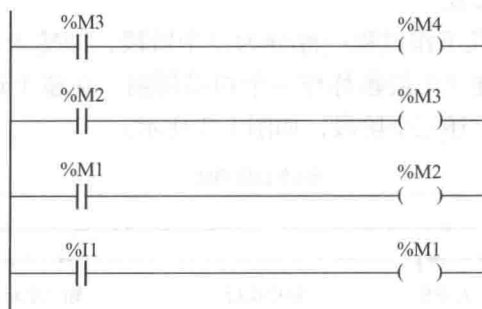
3) 输出刷新阶段

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。比较图 1-3 所示两个程序的异同。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；而程序 2 要用四次扫描周期，才能完成对输出线圈“%M4”的刷新。



(a) 程序1



(b) 程序2

图 1-3 PLC 程序举例

这两个例子说明：同样的若干梯形图，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，那么两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和通信等，如图 1-4 所示，即一个扫描周期等于自诊断、通信、输入采样、用户程序执行和输出刷新等所有时间的总和。

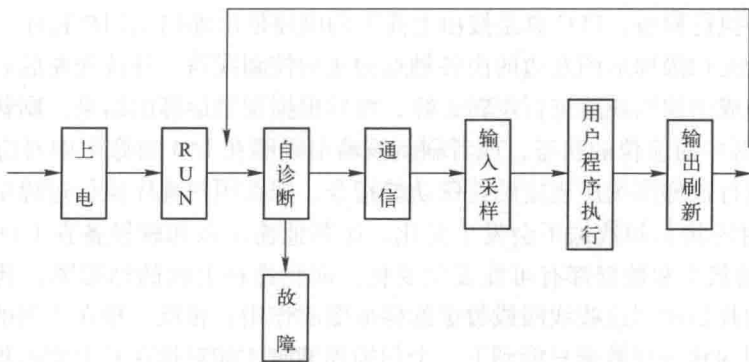


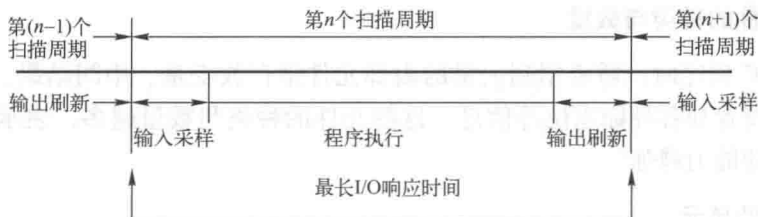
图 1-4 扫描周期示例

为了增强 PLC 的抗干扰能力，提高其可靠性，PLC 的每个开关量输入端都采用光电隔离技术。

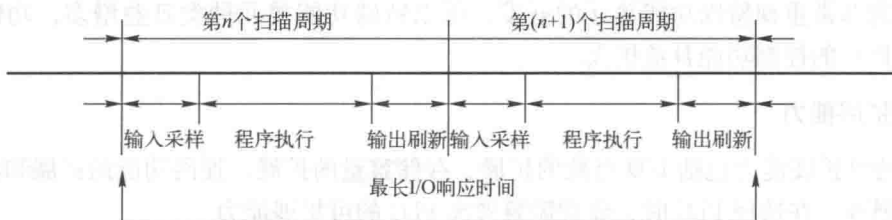
为了能够实现继电器控制线路的硬逻辑并行控制，PLC 采用了不同于一般微型计算机的运

行方式（扫描技术）。

以上两个主要原因，使得 PLC 的 I/O 响应比一般微型计算机构成的工业控制系统慢得多，其响应时间至少等于一个扫描周期，一般均大于一个扫描周期甚至更长。所谓 I/O 响应时间是指从 PLC 的某一输入信号变化开始到系统有关输出端信号的改变所需的时间。其最短 I/O 响应与最长 I/O 响应如图 1-5（a）、（b）所示。



（a）最短 I/O 响应



（b）最长 I/O 响应

图 1-5 PLC 扫描周期时序对比



1.5 PLC 的技术性能指标

由于各厂家的 PLC 技术性能各不相同，且各有特色，所以这里不可能一一介绍，只能介绍一些基本的、常见的技术指标。

1. 存储容量

存储容量是指用户程序存储器的容量。用户程序存储器的容量大，可以编制出复杂的程序。一般来说，小型 PLC 的用户存储器容量为几千字，而大型机的用户存储器容量为几万字。

2. I/O 点数

输入/输出（I/O）点数是 PLC 可以接受的输入信号和输出信号的总和，是衡量 PLC 性能的重要指标。I/O 点数越多，外部可接的输入设备和输出设备就越多，控制规模就越大。

3. 扫描速度

扫描速度是指 PLC 执行用户程序的速度，是衡量 PLC 性能的重要指标。一般以扫描 1K 字节用户程序所需的时间来衡量扫描速度，通常以 ms/K 字节为单位。PLC 用户手册一般给出执行各条指令所用的时间，可以通过比较各种 PLC 执行相同的操作所用的时间来衡量扫描速度的快慢。

4. 指令的功能与数量

指令功能的强弱,数量的多少也是衡量 PLC 性能的重要指标。编程指令的功能越强、数量越多,PLC 的处理能力和控制能力也越强,用户编程也越简单和方便,越容易完成复杂的控制任务。

5. 内部元件的种类与数量

在编制 PLC 程序时,需要用到大量的内部元件来存放变量、中间结果、保持数据、定时计数、模块设置和各种标志位等信息。这些元件的种类与数量越多,表示 PLC 的存储和处理各种信息的能力越强。

6. 特殊功能单元

特殊功能单元种类的多少与功能的强弱是衡量 PLC 产品的一个重要指标。近年来由于各 PLC 厂商非常重视特殊功能单元的开发,所以特殊功能单元种类日益增多,功能越来越强,使得 PLC 的控制功能日益扩大。

7. 可扩展能力

PLC 的可扩展能力包括 I/O 点数的扩展、存储容量的扩展、连网功能的扩展和各种功能模块的扩展等。在选择 PLC 时,经常需要考虑 PLC 的可扩展能力。

8. 辅助参数

辅助参数包括 PLC 工作的环境温度,输入/输出接口允许流过的电流、电压等。



1.6 PLC 的分类及应用场合

1.6.1 PLC 的分类

PLC 在业内有着不尽相同的分类原则,但是对于 PLC 的分类认识大致都可以从两个方面来进行界定。一方面可以根据 PLC 不同的发展历史所形成的技术特色进行划分,另一方面也可以根据 PLC 在工业现场中的应用范围及 PLC 本身的硬件条件进行区别,因此本书将从以上两个方面对 PLC 的分类进行介绍。

1. 按流派分

追溯 PLC 的发展历史可以看到,世界上 200 多家 PLC 厂商,400 多种 PLC 产品大体可以按地域分成三个流派:一个流派是美国产品,一个流派是欧洲产品,还有一个流派是日本产品。美国和欧洲的 PLC 技术是在相互隔离的情况下独立研究开发的,因此美国和欧洲的 PLC 产品有明显的差异性。而日本的 PLC 技术是由美国引进的,对美国的 PLC 产品有一定的继承性,但日本的主推产品定位在小型 PLC 上。美国和欧洲以大中型 PLC 而闻名,而日本则以小型 PLC 著称。同一地区的产品相互借鉴的比较多,相互影响比较大,技术参透比较深,面临的主要市场相同,用户要求接近,这就使得同一地域的 PLC 产品表现出比较多

的相似性。下面就根据 PLC 三大技术派别分别介绍以上三种 PLC 技术概况。

1) 美国的 PLC 产品

美国是 PLC 生产大国,有 100 多家 PLC 厂商,著名的有 A-B 公司、通用电气 (GE) 公司、莫迪康 (MODICON) 公司、德州仪器 (TI) 公司和西屋公司等。其中 A-B 公司是美国最大的 PLC 制造商,其产品约占美国 PLC 市场的一半。

A-B 公司的产品规格齐全、种类丰富,其主推的大、中型 PLC 产品是 PLC-5 系列。该系列为模块式结构,当 CPU 模块为 PLC-5/10、PLC-5/12、PLC-5/15 或 PLC-5/25 时,属于中型 PLC, I/O 点配置范围为 256 ~ 1024 点;当 CPU 模块为 PLC-5/11、PLC-5/20、PLC-5/30、PLC-5/40、PLC-5/60、PLC-5/40L 或 PLC-5/60L 时,属于大型 PLC, I/O 点最多可配置到 3072 点。该系列中的 PLC-5/250 功能最强,最多可配置到 4096 个 I/O 点,具有强大的控制和信息管理功能。大型机 PLC-3 最多可配置到 8096 个 I/O 点。A-B 公司的小型 PLC 产品有 SLC500 系列等。

GE 公司的代表产品是小型机 GE-1、GE-1/J 和 GE-1/P 等,除 GE-1/J 外,均采用模块结构。GE-1 用于开关量控制系统,最多可配置到 112 个 I/O 点;GE-1/J 是更小型化的产品,其 I/O 点最多可配置到 96 点;GE-1/P 是 GE-1 的增强型产品,增加了部分功能指令 (数据操作指令)、功能模块 (A/D、D/A 等) 和远程 I/O 功能等,其 I/O 点最多可配置到 168 点;中型机 GE-III,它比 GE-1/P 增加了中断和故障诊断等功能,最多可配置到 400 个 I/O 点;大型机 GE-V,它比 GE-III 增加了部分数据处理、表格处理和子程序控制等功能,并具有较强的通信功能,最多可配置到 2048 个 I/O 点;GE-VI/P 最多可配置到 4000 个 I/O 点。

德州仪器 (TI) 公司的小型 PLC 新产品有 510、520 和 TI100 等,中型 PLC 新产品有 TI300 和 5TI 等,大型 PLC 新产品有 PM550、530、560 和 565 等系列。除 TI100 和 TI300 无连网功能外,其他 PLC 都可实现通信,构成分布式控制系统。

莫迪康 (MODICON) 公司有 M84 系列 PLC。其中 M84 是小型机,具有模拟量控制及与上位机通信功能,最多 I/O 点为 112 点;M484 是中型机,其运算功能较强,可与上位机通信,也可与多台连网,最多可扩展 I/O 点为 512 点;M584 是大型机,其容量大、数据处理和网络能力强,最多可扩展 I/O 点为 8192 点;M884 增强型中型机,具有小型机的结构,大型机的控制功能,主机模块配置 2 个 RS-232C 接口,可方便地进行组网通信。

2) 欧洲的 PLC 产品

德国的西门子 (SIEMENS) 公司、AEG 公司和法国的 TE 公司是欧洲著名的 PLC 制造商。德国西门子的电子产品以性能精良而久负盛名,在中、大型 PLC 产品领域与美国的 A-B 公司齐名。

西门子 PLC 的主要产品是 S5 和 S7 系列。在 S5 系列中,S5-90U、S-95U 是微型整体式 PLC;S5-100U 是小型模块式 PLC,最多可配置到 256 个 I/O 点;S5-115U 是中型 PLC,最多可配置到 1024 个 I/O 点;S5-115UH 是中型机,它是由两台 SS-115U 组成的双机冗余系统;S5-155U 为大型机,最多可配置到 4096 个 I/O 点,模拟量可达 300 多路;SS-155H 是大型机,它是由两台 S5-155U 组成的双机冗余系统。而 S7 系列是西门子公司在 S5 系列 PLC 基础上近年推出的新产品,其性能价格比高,其中 S7-200 系列属于微型 PLC;S7-300 系列属于中小型 PLC;S7-400 系列属于中高性能的大型 PLC。主书主要介绍 S7-300 系列 PLC。

3) 日本的 PLC 产品

日本的小型 PLC 最具特色,在小型机领域中颇具盛名,某些用欧美的中型机或大型机