

计算机接口技术系列

PLC

可编程控制器系统开发实例导航

◆ 汪晓平等 编著



人民邮电出版社
POSTS & TELECOM PRESS

计算机接口技术系列

PLC

可编程控制器系统开发实例导航

◆ 汪晓平等 编著

人民邮电出版社

图书在版编目 (CIP) 数据

PLC 可编程控制器系统开发实例导航 / 汪晓平等编著.

—北京: 人民邮电出版社, 2004.7

ISBN 7-115-12378-0

I. P... II. 汪... III. 可编程序控制器—系统开发

IV. TP332.3

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2004) 第 065581 号

内容提要

本书先向读者介绍了 PLC 的基础知识, 包括 PLC 的产生、发展, 常用 PLC 介绍及 PLC 通信的一些必备知识。然后介绍了 PLC 在工业控制领域中的一些应用, 包括定位自动控制系统、啤酒发酵自动控制系统、织机自动控制系统、锅炉燃烧自动控制系统、水处理控制系统、小功率金卤石英吹泡机控制系统、曳引式电梯单控系统等。

本书思路清晰、内容详实、通过本书的学习, 可以让读者了解开发 PLC 系统的全过程, 包括总体设计、PLC 的选型及配置和程序设计等。

本书可作为 PLC 初学者的学习资料, 也可作为 PLC 应用工程人员的参考手册。

计算机接口技术系列

PLC 可编程控制器系统开发实例导航

◆ 编 著 汪晓平 等
责任编辑 张立科

◆ 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>
读者热线 010-67132692
北京汉魂图文设计有限公司制作
北京密云春雷印刷厂印刷
新华书店总店北京发行所经销

◆ 开本: 787×1092 1/16
印张: 24.25
字数: 588 千字
印数: 1-6 000 册
2004 年 7 月第 1 版
2004 年 7 月北京第 1 次印刷

ISBN7-115-12378-0/TP·4046

定价: 39.00 元

本书如有印装质量问题, 请与本社联系 电话: (010) 67129223

前 言

PLC 的英文全称是 Programmable Logic Controller, 中文全称为可编程逻辑控制器, 它是一种数字运算操作的电子系统, 专为工业环境的应用而设计。它采用一类可编程的存储器, 用于其内部存储程序, 执行逻辑运算、顺序控制、定时、计数与算术操作等面向用户的指令, 并通过数字或模拟式输入/输出控制各种类型的机械或生产过程。

PLC 是微电子技术 with 自动控制技术相结合的产物, 它的应用非常广泛, 能方便地直接用于机械制造、冶金、化工、电力、交通、采矿、建材、轻工、环保、食品等各行各业。既可用于老设备的技术改造, 也可用于新产品的开发和机电一体化。近年来, 可编程序控制器的发展非常快, 不仅应用普及非常快, 而且新产品的开发速度也是非常快的。

但是, 对可编程序控制器技术的教育还很落后的, 许多相关专业的高校毕业生对此知之甚少, 许多人到了工作岗位后不得不进一步补充这方面的知识。同时, 不少现场工程技术人员对可编程序控制器的知识也相当缺乏, 所有这些都给现场维护和技术革新带来困难。

本书从推广、应用的角度出发, 尽可能深入浅出地讲述 PLC 应用的一些基本知识, 力求为广大初学者使用 PLC 提供有效的帮助, 争取在 PLC 推广应用中起到积极的作用。

本书共分 11 章。分为 2 个部分, 第 1 部分是第 1 章~第 3 章, 主要介绍 PLC 的基本知识。第 2 部分从第 4 章~第 11 章, 主要以实例的形式介绍工业现场的应用, 在介绍实例的过程中还详细地介绍了与实例相关的设备的工作原理。关于本书的代码, 读者可登录 <http://www.ucbook.com/plc.rar> 下载。

PLC 应用的领域很广泛, 现场条件千差万别, 控制方案多种多样, 只有掌握好基本知识, 配合丰富现场经验才能真正将 PLC 用熟用透, 做出高质量的工程。

在本书的编写过程中得到了人民邮电出版社张立科编辑的大力支持, 另外李向萍、冀树德、张卫平、王瑜、杨毅峰、张国文、储胜利、刘骏、汪洁、白露、王占全、顾强、刘冰、胡雷、张固、钟军、李建华、刘绍英、叶曙光、徐钰、张晨、胡蓉、杨茂林、王文科等参加了本书的编写或资料整理工作, 在此一并表示感谢。

由于时间仓促, 加之水平有限, 书中的缺点和不足之处在所难免, 敬请读者批评指正。欢迎提出您宝贵的意见和建议。对于您遇到的任何问题, 可以发送邮件到 liuht78@163.com 或 busywxp@163.com 咨询, 我们将尽快予以解答。

编者

2004 年 8 月

目 录

第 1 章 可编程控制器概述	1
1.1 PLC 的产生和发展	1
1.1.1 PLC 的由来	1
1.1.2 PLC 的发展	2
1.2 PLC 的应用介绍	2
1.2.1 PLC 基本应用介绍	2
1.2.2 PLC 的优点	4
1.3 PLC 的组成及工作原理	4
1.3.1 PLC 的组成	4
1.3.2 PLC 的工作原理	5
1.4 PLC 控制系统的一般设计步骤	7
1.4.1 输入回路的设计	8
1.4.2 输出回路的设计	8
1.4.3 扩展模块的选用	9
1.4.4 PLC 的网络设计	9
1.4.5 软件编制	9
第 2 章 常用 PLC 介绍	10
2.1 西门子 S7-200 系列 PLC	10
2.1.1 PLC 系统结构	10
2.1.2 软件编程	14
2.1.3 S7-200 指令介绍	23
2.2 Omron C200H PLC	29
2.2.1 简介	29
2.2.2 OMRON C200H PLC 指令系统	30
2.3 松下 PLC 介绍	48
2.3.1 功能简介	48
2.3.2 CPU 单元指令系统	49
第 3 章 PLC 通信知识	56
3.1 通信基本知识 (硬件原理篇)	56
3.2 通信基本知识 (软件协议篇)	68
3.3 几种常用的 PLC 的通信方式	71
3.3.1 西门子 S7-200 系列	71

3.3.2 三菱 FX 系列 PLC	76
3.3.3 松下 FP 系列 PLC	84
第 4 章 定位自动控制系统	92
4.1 定位自控系统总体设计	92
4.1.1 功能分析	92
4.1.2 控制原理分析	92
4.2 定位自控系统工艺流程	94
4.3 定位自控系统 PLC 选型和资源配置	94
4.3.1 PLC 选型	94
4.3.2 PLC 的 I/O 资源配置	95
4.3.3 其他资源的配置	96
4.4 控制系统 PLC 程序流程	97
4.5 定位自控系统 PLC 程序说明	97
4.6 设计小结	108
第 5 章 啤酒发酵自动控制系统	109
5.1 啤酒发酵自控系统总体设计	109
5.1.1 功能分析	109
5.1.2 控制原理分析	110
5.2 啤酒发酵自控系统工艺流程	110
5.3 啤酒发酵自控系统 PLC 选型和资源配置	111
5.3.1 PLC 选型	111
5.3.2 PLC 的 I/O 资源配置	112
5.3.3 PLC 其他资源配置	112
5.4 自控系统 PLC 程序设计	112
5.4.1 程序流程图设计	112
5.4.2 PLC 功能模块程序设计	112
5.5 啤酒发酵自控系统 PLC 程序说明	113
5.6 设计小结	126
第 6 章 纺织机自动控制系统	127
6.1 剑杆织机控制系统总体设计	127
6.2 纺织机控制系统工艺流程	127
6.2.1 纺织机分类	127
6.2.2 纺织机工作原理分析	129
6.3 纺织机自控系统 PLC 选型和资源配置	134
6.3.1 PLC 资源配置	134
6.3.2 其他资源配置	135
6.4 控制系统 PLC 程序设计	136

6.5	自控系统 PLC 程序说明	137
6.5.1	初始化程序的说明	137
6.5.2	纬纱选色程序说明	143
6.5.3	剑杆织机的程式	146
6.5.4	剑杆织机故障判断处理	149
6.6	设计小结	155
第 7 章	锅炉燃烧自动控制系统	156
7.1	锅炉燃烧控制系统总体设计	156
7.2	锅炉控制的基本理论	156
7.2.1	锅炉燃烧基本控制系统	156
7.2.2	工业锅炉控制系统	159
7.2.3	循环流化床锅炉控制	159
7.2.4	循环流化床的几种炉型	163
7.2.5	循环流化床锅炉原理简述	165
7.3	锅炉控制系统工艺流程	167
7.4	锅炉燃烧自控系统 PLC 选型和资源配置	167
7.5	自控系统 PLC 程序设计	168
7.6	小结	215
第 8 章	水处理控制系统	216
8.1	水处理控制系统总体设计	216
8.1.1	工业废水的特点	216
8.1.2	污染水质的物质	217
8.2	水的处理工艺	217
8.2.1	废水的一级处理	219
8.2.2	废水的二级处理	220
8.2.3	废水的三级处理(深度处理)	223
8.2.4	废水的过滤	224
8.3	程序流程简介	225
8.4	自控系统 PLC 选型和资源配置	226
8.5	自控系统 PLC 程序设计	230
8.6	设计小结	244
第 9 章	小功率金卤石英吹泡机控制系统	245
9.1	小功率金卤石英吹泡机控制系统总体设计	245
9.1.1	功能分析	245
9.1.2	原理分析	247
9.2	小功率金卤灯吹泡机控制系统的工艺流程及气路图	247
9.2.1	工艺流程	247

9.2.2	吹泡机的控制气路图	248
9.3	吹泡机控制系统 PLC 选型和资源配置	249
9.3.1	模块构成图	249
9.3.2	特殊模块功能概述	249
9.3.3	各个模块的具体功能及特性简介	249
9.4	吹泡机控制系统程序设计与调试	252
9.4.1	所用编程语言 STEP-7 的特点	252
9.4.2	工艺功能表图	252
9.4.3	主程序流程图、规格选择及相关设置	255
9.5	吹泡机控制系统 PLC 程序	259
9.5.1	程序的构成	259
9.5.2	系统资源分配	259
9.5.3	主程序	263
9.6	设计小结	278
第 10 章	曳引式电梯单控系统	279
10.1	电梯的相关知识	279
10.1.1	曳引式电梯的基本结构	279
10.1.2	依照操纵方式的电梯分类	281
10.1.3	电梯的控制功能	282
10.2	集选控制电梯的总体设计	283
10.2.1	模型的总体介绍	283
10.2.2	电梯曳引机部分	285
10.2.3	限位器和传感器部分	286
10.2.4	轿厢和开关门电动机部分	287
10.2.5	变频器部分	287
10.2.6	控制器部分	289
10.2.7	其他组成部分	290
10.3	集选电梯的工艺流程	291
10.4	集选电梯的资源配置	291
10.5	集选电梯 PLC 程序设计	293
10.5.1	所要实现的功能介绍	293
10.5.2	功能实现流程	293
10.5.3	编程思想	295
10.5.4	编程牵涉的部分语句	295
10.6	集选电梯 PLC 程序说明	299
10.6.1	电梯的启动复位	299
10.6.2	电梯参数初始化程序	301
10.6.3	用户输入程序部分	303
10.6.4	系统状态确定程序	304

10.6.5	电梯开关门子程序	306
10.6.6	检测故障子程序	308
10.6.7	检测按键程序段	311
10.6.8	清除标记子程序	312
10.6.9	电梯空闲状态处理程序	314
10.6.10	确定上行最近目标层子程序	316
10.6.11	电梯上行主程序	319
10.6.12	确定下行最近目标层子程序	320
10.6.13	电梯下行主程序	322
10.6.14	顶楼底楼所有厢内按钮消除程序	323
10.7	设计小结	324
第 11 章	PLC 与 DCS	325
11.1	PLC 与 DCS 的比较	325
11.1.1	小型控制系统	325
11.1.2	小型控制系统结构	326
11.2	小型控制器系统常用数据交换协议	327
11.2.1	多设备互联注意事项	327
11.2.2	影响通信速率的因素	328
11.2.3	智能设备互联的常用方法	328
11.2.4	IFIX 采用 I/O 驱动集成 Modicon PLC	334
11.3	DDE 动态数据交换技术	337
11.3.1	概述	337
11.3.2	IFIX 中的 DDE 技术	338
11.3.3	组态王支持的 DDE 连接	339
11.4	OPC 标准	351
11.4.1	OPC 介绍	351
11.4.2	OPC 设备的使用	353
11.5	ODBC 数据库	356
11.5.1	ODBC 的基本概念	356
11.5.2	IFIX 和 Kingview 中的 ODBC 数据库	356
11.6	应用实例	365
11.6.1	IFX 与 ODBC 连接	365
11.6.2	组态王与 ODBC 连接	367
11.7	小结	376

第 1 章 可编程控制器概述

可编程控制器 (Programmable Controller) 是计算机家族中的一员, 是为工业控制应用而设计制造的。早期的可编程控制器称作可编程逻辑控制器 (Programmable Logic Controller), 简称 PLC, 它主要用来代替继电器实现逻辑控制。随着技术的发展, 这种装置的功能已经大大超过了逻辑控制的范围, 因此, 今天这种装置称作可编程控制器, 简称 PC。但是为了避免与个人计算机 (Personal Computer) 的简称混淆, 所以将可编程控制器简称为 PLC。

国际电工委员会 (IEC) 对 PLC 的定义是这样的:

可编程控制器是一种数字运算操作的电子系统, 专为在工业环境应用而设计。它采用一类可编程的存储器, 用于其内部存储程序、执行逻辑运算、顺序控制、定时、计数与算术操作等面向用户的指令, 并通过数字或模拟式输入/输出控制各种类型的机械或生产过程。可编程控制器及其有关外部设备, 都按易于与工业控制系统联成一个整体、易于扩充其功能的原则设计。

1.1 PLC 的产生和发展

1.1.1 PLC 的由来

在 20 世纪 60 年代, 汽车生产流水线的自动控制系统基本上都是由继电器控制装置构成的。当时汽车的每一次改型都直接导致继电器控制装置的重新设计和安装。随着生产的发展, 汽车型号更新的周期愈来愈短, 这样, 继电器控制装置就需要经常地重新设计和安装, 十分费时、费工、费料, 甚至阻碍了更新周期的缩短。为了改变这一现状, 美国通用汽车公司在 1969 年公开招标, 要求用新的控制装置取代继电器控制装置, 并提出了 10 项招标指标, 即:

- (1) 编程方便, 现场可修改程序;
- (2) 维修方便, 采用模块化结构;
- (3) 可靠性高于继电器控制装置;
- (4) 体积小于继电器控制装置;
- (5) 数据可直接送入管理计算机;
- (6) 成本可与继电器控制装置竞争;
- (7) 输入可以是交流 115V;
- (8) 输出为交流 115V, 2A 以上, 能直接驱动电磁阀、接触器等;
- (9) 在扩展时, 原系统只要很小变更;
- (10) 用户程序存储器容量至少能扩展到 4KB。

1969 年, 美国数字设备公司 (DEC) 研制出第一台 PLC, 在美国通用汽车自动装配线上试用, 获得了成功。这种新型的工业控制装置以其简单易懂、操作方便、可靠性高、通用灵

活、体积小、使用寿命长等一系列优点，很快地在美国其他工业领域推广应用。到 1971 年，已经成功地应用于食品、饮料、冶金、造纸等工业。

这一新型工业控制装置的出现，也受到了世界其他国家的高度重视。1971 日本从美国引进了这项新技术，很快研制出了日本第一台 PLC。1973 年，西欧国家也研制出它们的第一台 PLC。我国从 1974 年开始研制，1977 年开始应用于工业。

1.1.2 PLC 的发展

早期的 PLC 一般称为可编程逻辑控制器。这时的 PLC 多少有点继电器控制装置的替代物的含义，其主要功能只是执行原先由继电器完成的顺序控制、定时等。它在硬件上以准计算机的形式出现，在 I/O 接口电路上作了改进以适应工业控制现场的要求。装置中的器件主要采用分立元件和中小规模集成电路，存储器采用磁芯存储器。另外还采取了一些措施，以提高其抗干扰的能力。在软件编程上，采用广大电气工程技术人員所熟悉的继电器控制线路的方式——梯形图。因此，早期的 PLC 的性能要优于继电器控制装置，其优点是简单易懂、便于安装、体积小、能耗低、有故障显示，能重复使用等。其中 PLC 特有的编程语言——梯形图一直沿用至今。

20 世纪 70 年代，微处理器的出现使 PLC 发生了巨大的变化。美国、日本、德国等一些厂家先后开始采用微处理器作为 PLC 的中央处理单元 (CPU)，这样使 PLC 的功能大大增强。在软件方面，除了保持其原有的逻辑运算、计时、计数等功能以外，还增加了算术运算、数据处理和传送、通信、自诊断等功能。在硬件方面，除了保持其原有的开关模块以外，还增加了模拟量模块、远程 I/O 模块、各种特殊功能模块并扩大了存储器的容量，使各种逻辑线圈的数量增加。除此以外，还提供了一定数量的数据寄存器。

进入 20 世纪 80 年代中、后期，由于超大规模集成电路技术的迅速发展，微处理器的市场价格大幅度下跌，使得各种类型的 PLC 所采用的微处理器的档次普遍提高。而且，为了进一步提高 PLC 的处理速度，各制造厂商还纷纷研制开发了专用逻辑处理芯片。这样使得 PLC 软、硬件功能发生了巨大变化。

1.2 PLC 的应用介绍

1.2.1 PLC 基本应用介绍

PLC 是应用面很广、发展非常迅速的工业自动化装置，在工厂自动化 (FA) 和计算机集成制造系统 (CIMS) 内占重要地位。

PLC 系统一般由以下基本功能构成：

- (1) 多种控制功能；
- (2) 数据采集、存储与处理功能；
- (3) 通信联网功能；
- (4) 输入/输出接口调理功能；
- (5) 人机界面功能；

(6) 编程、调试功能。

下面详细介绍这些功能。

1. 控制功能

逻辑控制: PLC 具有与、或、非、异或和触发器等逻辑运算功能, 可以代替继电器进行开关量控制。

定时控制: 它为用户提供了若干个电子定时器, 用户可自行设定为接通延时、关断延时和定时脉冲等方式。

计数控制: 用脉冲控制可以实现加、减计数模式, 可以连接码盘进行位置检测。

顺序控制: 在前道工序完成之后, 就转入下一道工序, 使一台 PLC 可作为多部步进控制器使用。

2. 数据采集、存储与处理功能

基本算术: 加、减、乘、除。

扩展算术: 平方根、三角函数和浮点运算。

比较: 大于、小于和等于。

数据处理: 选择、组织、规格化、移动和先入先出。

模拟数据处理: PID、积分和滤波。

3. 通信、联网功能

现代 PLC 大多数都采用了通信、网络技术, 有 RS-232 或 RS-485 接口, 可进行远程 I/O 控制, 多台 PLC 可彼此间联网、通信, 外部器件与一台或多台可编程控制器的信号处理单元之间, 可以实现程序和数据交换, 如程序转移、数据文档转移、监视和诊断。

通信接口或通信处理器按标准的硬件接口或专有的通信协议完成程序 and 数据的转移。如西门子 S7-200 的 Profibus 现场总线接口, 其通信速率可以达到 12Mbit/s。

在系统构成时, 可由一台计算机与多台 PLC 构成“集中管理、分散控制”的分布式控制网络, 以便完成较大规模的复杂控制。通常所说的 SCADA 系统的现场端和远程端也可以采用 PLC 作现场机。

4. 输入/输出接口调理功能

具有 A/D、D/A 转换功能, 通过 I/O 模块完成对模拟量的控制和调节。位数和精度可以根据用户要求选择。

具有温度测量接口, 直接连接各种电阻或电偶。

5. 人机界面功能

人机界面能够提供给操作者一些工业系统运行过程中的重要信息。允许操作者和 PC 系统与其应用程序相互作用, 以便作决策和调整。

目前, 实现人机界面功能的手段主要有: 操作界面的文字显示; 单机的 CRT 显示与键盘操作; 使用通信处理器、专用处理器、个人计算机、工业计算机的集中操作与监视系统。

6. 编程、调试等

使用复杂程度不同的手持、便携和桌面式编程器、工作站和操作屏, 进行编程、调试、监视、试验和记录, 并通过打印机打印出程序文件。

1.2.2 PLC 的优点

(1) 灵活性：不同类型的硬件设备采用相同的可编程序控制器，编写不同应用软件就可以了，并且可以用一台可编程序控制器控制几台操作方式完全不同的设备。

(2) 便于改进和修正：可编程序控制器为改进和修订原设计提供了极其方便的手段，以前也许要花费几周的时间才能完成的工作使用可编程序控制器只用几分钟就行了。

(3) 节点利用率高：在可编程序控制器中，一个输入中的开关量或程序中的一个“线圈”可提供用户所需用的任意的连锁节点，即节点在程序中可不受限制地使用。

(4) 成本低：可编程序控制器提供的继电器节点、计时器、计数器、顺控器的数量比采用继电器、计时器、计数器、顺控器等实际元器件要便宜得多。

(5) 模拟调试：可编程序控制器能对所控功能在实验室内进行模拟调试，缩短现场的调试，而古典电气线路是无法在实验室进行调试的，只能花费现场大量时间。

(6) 能对现场进行微观监视：在可编程序控制器系统中，操作人员能通过显示器观测到所控每一个节点的运行情况，随时监视事故发生点。

(7) 快速动作：传统继电器节点的响应时间一般要几百毫秒，而可编程序控制器里的节点反应很快，内部是微秒级的，外部是毫秒级的。

(8) 可靠性：可编程序控制器由集成电路元件构成，因此可靠性大大高于机械和电器继电器。

(9) 系统购置的简化：可编程序控制器是一个完整的系统，购置了一台可编程序控制器，就相当于购买了系统所需要的所有继电器、计数器、计时器等器件。

(10) 图纸简化：传统控制电路要靠画蓝图，而蓝图是不能随设计的不同阶段不断更新的，采用可编程序控制器很容易做到随时打印出更新后的电路图。

(11) 易于系统的变化：可编程序控制器可以重新编程序，所以能满足所控生产流程频繁变化的要求。

1.3 PLC 的组成及工作原理

1.3.1 PLC 的组成

PLC 实质是一种专用于工业控制的计算机，如图 1-1 所示。

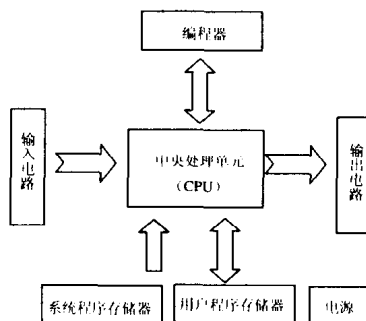


图 1-1 PLC 硬件结构组成框图

(1) 中央处理单元 (CPU)

中央处理单元 (CPU) 是 PLC 的控制中枢。它按照 PLC 系统程序赋予的功能接收并存储从编程器键入的用户程序和数据；检查电源、存储器、I/O 以及警戒定时器的状态，并能诊断用户程序中的语法错误。当 PLC 投入运行时，首先它以扫描的方式接收现场各输入装置的状态和数据，并分别存入 I/O 映像区，然后从用户程序存储器中逐条读取用户程序，经过命令解释后按指令的规定将逻辑或算术运算的结果送入 I/O 映像区或数据寄存器内。等所有的用户程序执行完毕之后，最后将 I/O 映像区的各输出状态或输出寄存器内的数据传送到相应的输出装置，如此循环运行，直到停止运行。

为了进一步提高 PLC 的可靠性，近年来对大型 PLC 还采用双 CPU 构成冗余系统，或采用三 CPU 的表决式系统。这样，即使某个 CPU 出现故障，整个系统仍能正常运行。

(2) 存储器

存放系统软件的存储器称为系统程序存储器，存放应用程序的存储器称为用户程序存储器。

1.3.2 PLC 的工作原理

最初研制生产的 PLC 主要用于代替传统的由继电器接触器构成的控制装置，但这两者的运行方式有如下的区别。

(1) 继电器控制装置采用硬逻辑并行运行的方式，即如果这个继电器的线圈通电或断电，该继电器所有的触点（包括其常开或常闭触点）在继电器控制线路的任何位置上都会立即同时动作。

(2) PLC 的 CPU 则采用顺序逻辑扫描用户程序的运行方式，即如果一个输出线圈或逻辑线圈被接通或断开，该线圈的所有触点（包括其常开或常闭触点）不会立即动作，必须等扫描到该触点时才会动作。

为了消除两者之间由于运行方式不同而造成的差异，考虑到继电器控制装置各类触点的动作时间一般在 100ms 以上，而 PLC 扫描用户程序的时间一般均小于 100ms，因此，PLC 采用了一种不同于一般微型计算机的运行方式——扫描技术。这样在对于 I/O 响应要求不高的场合，PLC 与继电器控制装置在处理结果上就没有什么区别了。

1. 扫描技术

当 PLC 投入运行后，其工作是以循环扫描的方式来完成的，一般分为 3 个阶段，即输入采样、用户程序执行和输出刷新 3 个阶段。完成上述 3 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 3 个阶段，具体的时序如图 1-2 所示。

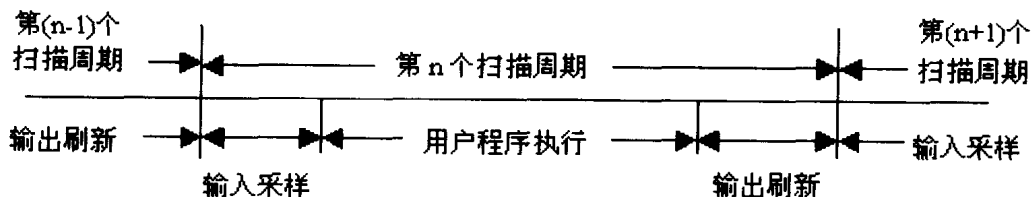


图 1-2 PLC 程序扫描工作时序图

(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 (梯形图)。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。

(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 映象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。

一般来说, 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, 如图 1-3 所示。

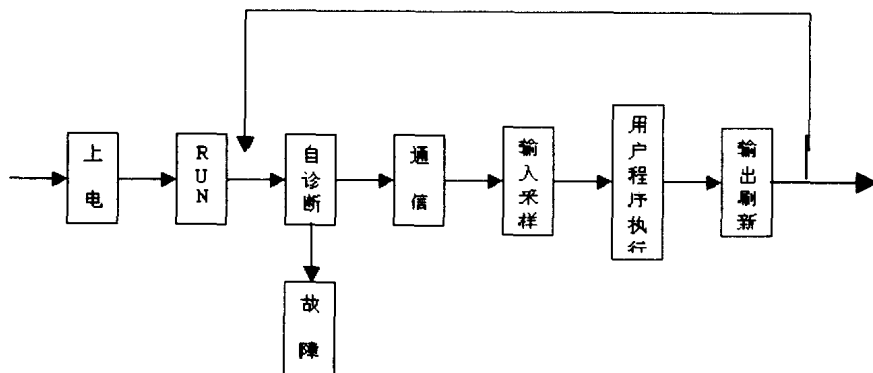


图 1-3 PLC 程序一个扫描周期工作过程

2. PLC 的 I/O 响应时间

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等技术。

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。其最短的 I/O 响应时间与最长的 I/O 响应时间分别如图 1-4 和图 1-5 所示。

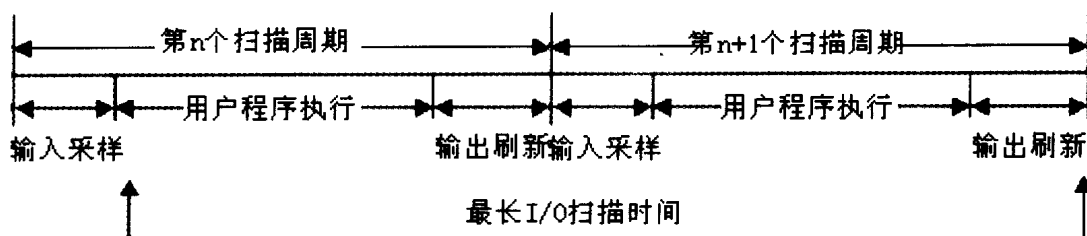


图 1-4 最短 I/O 响应时间

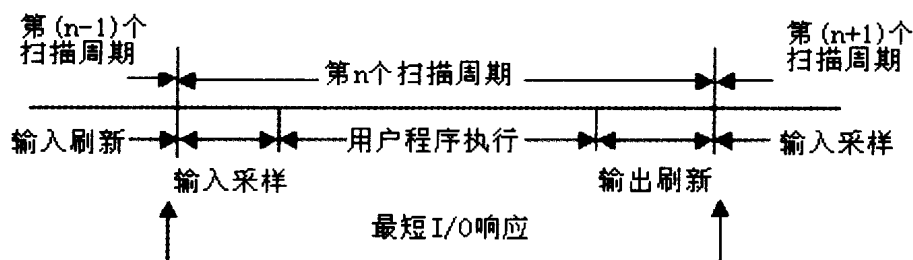


图 1-5 最长 I/O 响应时间

1.4 PLC 控制系统的一般设计步骤

(1) 确定系统规模。首先应确定系统用 PLC 单机控制，还是用 PLC 形成网络，由此计算 PLC 输入、输出点数，并且在选购 PLC 时要在实际需要点数的基础上留有一定余量(10%)。

(2) 确定负载类型。根据 PLC 输出端所带的负载是直流型还是交流型，是大电流还是小电流，以及 PLC 输出点动作的频率等，从而确定输出端采用继电器输出，还是晶体管输出，或晶闸管输出。不同的负载选用不同的输出方式，对系统的稳定运行是很重要的。

(3) 确定存储容量与速度。尽管国外各厂家的 PLC 产品大体相同，但也有一定的区别。目前还未发现各公司之间完全兼容的产品。各个公司的开发软件都不相同，而用户程序的存储容量和指令的执行速度是两个重要指标。一般存储容量越大、速度越快的 PLC 价格就越高，应该根据系统的大小合理选用 PLC 产品。

(4) 编程器的选购。PLC 编程可采用 3 种方式：

① 用一般的手持编程器编程，它只能用商家规定语句表中的语句编程。这种方式效率低，但对于系统容量小、用量小的产品比较适宜，并且体积小，易于现场调试，造价也较低。

② 用图形编程器编程，该编程器采用梯形图编程，方便直观，一般的技术人员短期内就可应用自如，但该编程器价格较高。

③ 用 IBM 个人计算机加 PLC 软件包编程，这种方式是效率最高的一种方式，但大部分公司的 PLC 开发软件包价格昂贵，并且该方式不易于现场调试。因此，应根据系统的大小与难易、开发周期的长短以及资金的情况合理选购 PLC 产品。

需要注意的是：应该尽量选用大公司的产品，其质量有保障，且技术支持好，一般售后

服务也较好, 还有利于产品扩展与软件升级。

1.4.1 输入回路的设计

(1) 电源回路。PLC 供电电源一般为 AC 85~240V (也有 DC 24V), 适应电源范围较宽, 但为了抗干扰, 应加装电源净化元件 (如电源滤波器、1:1 隔离变压器等)。

(2) PLC 上 DC 24V 电源的使用。各公司 PLC 产品上一般都有 DC 24V 电源, 但该电源容量小, 为几十毫安至几百毫安, 用其带负载时要注意容量, 同时作好防短路措施 (因为该电源的过载或短路都将影响 PLC 的运行)。

(3) 外部 DC 24V 电源。若输入回路有 DC 24V 供电的接近开关、光电开关等, 而 PLC 上 DC 24V 电源容量不够时, 要使用外部提供的 DC 24V 电源, 但该电源的“-”端不要与 PLC 的 DC 24V 的“-”端以及“COM”端相连, 否则会影响 PLC 的运行。

(4) 输入的灵敏度。各厂家对 PLC 的输入端电压和电流都有规定, 如日本三菱公司 F7n 系列 PLC 的输入值为: DC 24V、7mA, 启动电流为 4.5mA, 关断电流小于 1.5mA, 因此, 当输入回路串有二极管或电阻 (不能完全启动), 或者有并联电阻或有漏电流时 (不能完全切断), 就会有误动作, 使灵敏度下降, 对此应采取措施。另一方面, 当输入器件的输入电流大于 PLC 的最大输入电流时, 也会引起误动作, 应采用弱电流的输入器件, 并且选用输入为共漏型输入的 PLC, 输入元件的公共点电位相对为负。

1.4.2 输出回路的设计

1. 各种输出方式之间的比较

(1) 继电器输出

优点是不同公共点之间可带不同的交、直流负载, 且电压也可不同, 带负载电流可达 2A/点。但继电器输出方式不适用于高频动作的负载, 这是由继电器的寿命决定的。其寿命随带负载电流的增加而减少, 一般在几十万次至几百万次之间, 有的公司产品可达 1000 万次以上, 响应时间为 10ms。

(2) 晶闸管输出

带负载能力为 0.2A/点, 只能带交流负载, 可适应高频动作, 响应时间为 1ms。

(3) 晶体管输出

最大优点是适应于高频动作, 响应时间短, 一般为 0.2ms 左右, 但它只能带 DC 5~30V 的负载, 最大输出负载电流为 0.5A/点, 但每 4 点不得大于 0.8A。

当系统输出频率为每分钟 6 次以下时, 应首选继电器输出, 因其电路设计简单、抗干扰和带负载能力强。当频率为 10 次/min 以下时, 既可采用继电器输出方式。也可采用 PLC 输出驱动达林顿三极管 (5~10A), 再驱动负载。

2. 抗干扰与外部互锁当 PLC 输出带感性负载

负载断电时会对 PLC 的输出造成浪涌电流的冲击, 为此, 对直流感性负载应在其旁边并接续流二极管, 对交流感性负载应并接浪涌吸收电路, 以有效保护 PLC。当两个物理量的输出在 PLC 内部已进行软件互锁后, 在 PLC 的外部也应进行互锁, 以加强系统的可靠性。