

(第3版)

三大品牌 欧姆龙 · 西门子 · 三菱

PLC 编程 实用指南

宋伯生◎编著

五大主题 顺序控制 脉冲量控制
模拟量控制 通信 数据处理

- ▶ 助您快速步入PLC殿堂
- ▶ 成为精通多品牌PLC的编程高手



机械工业出版社
CHINA MACHINE PRESS

PLC 编程实用指南

第 3 版

宋伯生 编著

机械工业出版社

本书围绕 PLC 用于顺序控制、脉冲量控制、模拟量控制、通信及数据处理五大主题,对欧姆龙、西门子、三菱及部分和利时(含 ABB)、AB、施耐德、GE PLC 的资源及其功能做了分析,并以这 5 大主题的应用程序设计为实例,系统介绍了 PLC 应用程序设计的理论、算法及技巧,具有理论的完整性和实际的可操作性。本书内容完整、概念清晰、算法实用、独创求新、涉及面广、信息量大,是 PLC 编程的实用指南。它可帮助您尽快步入 PLC 编程殿堂,进而成为精通多品牌 PLC 编程技术的高手。

本书主题是 PLC 应用编程。显然这个主题是不会因 PLC 机型更迭而有大的改变。所以,尽管 PLC 日新月异,但本书将始终会是您使用 PLC 的好帮手。

本书可作为学习 PLC 编程的自学用书,也可作为有关培训班及高校 PLC 编程教学的参考教材,还可作为 PLC 程序设计及论文撰写的参考文献。

图书在版编目(CIP)数据

PLC 编程实用指南/宋伯生编著. —3 版. —北京:机械工业出版社, 2017.5

ISBN 978-7-111-56641-0

I. ①P… II. ①宋… III. ①PLC 技术-程序设计-指南 IV. ①
TM571.6-62

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2017)第 080512 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:罗莉 责任编辑:罗莉 责任校对:刘志文

封面设计:马精明 责任印制:李飞

北京铭成印刷有限公司印刷

2017 年 6 月第 3 版第 1 次印刷

184mm×260mm·36.75 印张·902 千字

0001—4000 册

标准书号:ISBN 978-7-111-56641-0

定价:119.00 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

服务咨询热线:010-88361066

读者购书热线:010-68326294

010-88379203

封面无防伪标均为盗版

网络服务

机工官网:www.cmpbook.com

机工官博:weibo.com/cmp1952

金书网:www.golden-book.com

教育服务网:www.cmpedu.com

前言

PREFACE

本书于2006年1月发行了第1版，再版于2013年。其所介绍的PLC编程指南是作者近30年来工程实践及PLC应用研究的总结。有的算法，如顺序控制中的工程设计法、异步时序逻辑正常工作原则及设计方法、PLC时序逻辑同步化设计、运动控制目标追踪法等，则是作者在有关学术论文、出版其它专著及本书时提出的。本书不像其它大多数PLC专著那样只是单纯地介绍某个品牌PLC的应用，而是围绕PLC用于顺序控制、脉冲量控制、模拟量控制、通信及数据处理五大主题，以应用程序设计为实例，详细地介绍了PLC编程理论、算法及技巧，具有完整的理论性和实际的可操作性。以PLC应用程序设计为主题的另一个好处是，不会因PLC机型的更迭而需要改变。尽管PLC日新月异，但本书始终会是您使用PLC的好帮手。十多年来，令作者欣慰的是这些编程理论、算法及技巧多数都得到广大读者的肯定，在互联网上也深受好评，有的还在相关著作中予以引用。

本书此次再版只是对旧版的修订，原有的风格、特点，以及得到读者肯定的优点还保留着。当初为了推广PLC的使用，总想尽可能多地介绍一些PLC的基础及相关知识。为此，作者结合工程实践经验的积累及PLC应用研究的深入，曾先后出版了10本相关专著，其篇幅大体上是一本比一本“厚”，本书第2版算是最厚的一本。如今PLC应用已很广泛，有关专著已到了应该缩减篇幅、提炼精华、从“厚”变“薄”的时候了。所以此次本书改版主要是针对之前第2版篇幅较大、不够精炼的不足，在加强针对性、少而精上下了较多功夫。摆在读者面前的第3版与前两版相比有如下几点变动：

1. 删减了不必要的基础、硬件及资料性知识；删减了不常用及重复的内容；突出了PLC编程思想，即编程理论、算法及技巧的探讨；
2. 调整了章节结构，使本书的主题更加鲜明，系统性也有所增强；
3. 对标准化编程知识及对未来发展做了简要说明，并继续保留有关编程新算法讨论；
4. 精简文字，力争精益求精。同时，还对个别文字及例图错误做了改正，弥补了当时的遗憾。

最后，我在第2版前言中讲的：“一本专著，与其它事物成长一样，也要有个过程”。正所谓众人拾柴火焰高，有那么多热心读者的热情呵护和具体帮助，加上我自己的努力，相信会缩短这个成长过程，会让读者更加满意！然而，尽管我的决心再大，但个人能力、水平、精力有限，所以，也还可能留下遗憾，在此还恳望读者一如既往，不吝赐教！

宋伯生

目 录

CONTENTS

前言

绪论 1

- 0.1 PLC 原理 1
- 0.2 PLC 类型 4
- 0.3 PLC 性能 6
- 0.4 PLC 应用 8
- 0.5 PLC 使用 9

第 1 章 PLC 编程技术基础 16

- 1.1 PLC 程序概念 16
 - 1.1.1 PLC 指令 16
 - 1.1.2 PLC 功能 (Function) 17
 - 1.1.3 PLC 功能块 (Function block) 17
 - 1.1.4 PLC 程序块 (POU) 18
 - 1.1.5 PLC 任务 (Task) 18
 - 1.1.6 PLC 工程 (Project) 19
- 1.2 PLC 程序语言 19
 - 1.2.1 指令表 (Instruction List, IL) 20
 - 1.2.2 结构化文本语言 (Structured Text, ST) 20
 - 1.2.3 梯形图 (Ladder Diagram, LD) 22
 - 1.2.4 功能块图 (Function Block Diagram, FBD) 23
 - 1.2.5 连续功能图 (Continuous Function Chart, CFC) 24
 - 1.2.6 顺序功能图 (Sequential Function Chart, SFC) 24
- 1.3 PLC 程序数据 25
 - 1.3.1 地址 26
 - 1.3.2 变量 34
 - 1.3.3 常量 36
 - 1.3.4 其它变量 36
- 1.4 PLC 指令系统 36
 - 1.4.1 基本逻辑类指令 36
 - 1.4.2 定时、计数指令 43
 - 1.4.3 应用指令 49

- 1.4.4 功能、功能块 65

1.5 PLC 编程软件 66

- 1.5.1 概述 66
- 1.5.2 组成 69
- 1.5.3 使用 73

1.6 PLC 程序实例 78

- 1.6.1 控制输出程序 79
- 1.6.2 单按钮起停程序 80
- 1.6.3 求公因数程序 84

结语 86

第 2 章 PLC 顺序控制程序设计 88

- 2.1 PLC 顺序控制概述 88
 - 2.1.1 顺序控制类型 88
 - 2.1.2 顺序控制编程方法 90
- 2.2 组合逻辑编程 92
 - 2.2.1 组合逻辑表达式与真值表 92
 - 2.2.2 组合逻辑分析 93
 - 2.2.3 组合逻辑综合 93
 - 2.2.4 组合逻辑综合实例 94
- 2.3 异步时序逻辑编程 96
 - 2.3.1 异步时序逻辑表达式与通电表 96
 - 2.3.2 异步时序逻辑分析 98
 - 2.3.3 异步时序逻辑综合 99
 - 2.3.4 异步时序逻辑综合举例 103
- 2.4 同步时序逻辑编程 110
 - 2.4.1 异步时序逻辑同步化 110
 - 2.4.2 同步时序逻辑表达式与状态图 111
 - 2.4.3 同步时序逻辑分析 112
 - 2.4.4 同步时序逻辑综合 113
 - 2.4.5 同步时序逻辑综合实例 114
- 2.5 标志值法编程 123
 - 2.5.1 基本思路 123
 - 2.5.2 实现方法 123
 - 2.5.3 实际应用 123
- 2.6 高级指令编程 128

2.6.1 用字逻辑指令处理	128	第4章 模拟量控制程序设计	256
2.6.2 用子程序处理	132	4.1 模拟量控制概述	256
2.6.3 用宏处理	135	4.1.1 PLC 模拟量控制过程	256
2.6.4 用功能块处理	137	4.1.2 PLC 模拟量控制目的	257
2.7 图解法编程	139	4.1.3 PLC 模拟量控制类型	258
2.7.1 时序图法编程	139	4.1.4 PLC 模拟量控制特点	261
2.7.2 流程图法编程	141	4.1.5 PLC 模拟量控制要求及性能 指标	262
2.7.3 Petri 网法编程	145	4.2 PLC 模拟量输入及输出	263
2.8 工程方法编程	152	4.2.1 模拟量输入	263
2.8.1 分散控制及其应用	152	4.2.2 模拟量输出	264
2.8.2 集中控制及其应用	155	4.2.3 模拟量模块访问与数据处理	266
2.8.3 混合控制及其应用	161	4.3 模拟量开环控制	268
2.8.4 工程方法编程再思考	172	4.3.1 程序控制	268
2.9 线性链表控制编程	173	4.3.2 比例控制	270
2.9.1 简单线性链表程序实现及实例	173	4.3.3 补偿控制	271
2.9.2 分支线性链表算法要点及程序 实现	180	4.4 模拟量简单闭环控制	273
结语	190	4.4.1 ON/OFF 闭环控制	273
第3章 脉冲量控制程序设计	191	4.4.2 负反馈控制	275
3.1 脉冲量控制概述	191	4.5 模拟量 PID 控制	276
3.1.1 脉冲量控制的目的	191	4.5.1 PID 控制算法	276
3.1.2 脉冲量控制的特点	192	4.5.2 PID 控制输出及参数	278
3.2 脉冲量控制硬件基础	193	4.5.3 PID 控制算法程序实现	279
3.2.1 脉冲信号采集	193	4.5.4 PID 控制改进算法	281
3.2.2 脉冲信号输出	204	4.5.5 PID 控制参数整定	283
3.3 高速计数比较控制编程	211	4.6 用 PID 指令实现 PID 控制	284
3.3.1 内置高速计数器比较控制	211	4.6.1 PLC PID 指令	284
3.3.2 高速计数模块比较控制	216	4.6.2 PLC PID 指令应用实例	287
3.4 脉冲量开环控制编程	220	4.7 用 PLC PID 功能块 (FB) 实现 PID 控制	291
3.4.1 独立运动控制	220	4.7.1 西门子 PLC PID 功能块 (FB)	291
3.4.2 两轴协调运动控制	225	4.7.2 PID 功能块 (FB) 应用	294
3.4.3 多轴协调运动控制	247	4.8 PID 控制高级应用及其改进算法	295
3.4.4 运动控制细节处理	248	4.8.1 串级 PID 控制	295
3.5 同步运动控制编程	249	4.8.2 串级双辅助回路 PID 比例控制	296
3.5.1 同步开环控制	249	4.8.3 串级比例并交叉限幅双辅回路 PID 控制	297
3.5.2 跟随同步控制	251	4.8.4 前馈与 PID 混合控制	297
3.6 硬件模块实现运动控制	252	4.9 模拟量模糊控制程序设计	298
3.6.1 用位置控制、运动控制模块 实现	252	4.9.1 模糊控制原理	298
3.6.2 用运动控制 CPU 实现运动 控制	253	4.9.2 模糊控制算法	301
3.6.3 专用于运动控制的 PLC 网络	254	4.9.3 模糊算法实现	304
结语	255	4.10 模拟量控制其它高级算法	311



4.10.1 最优控制	311	5.4.2 计算机用 Winsock 控件通信 编程	441
4.10.2 适应控制	314	5.4.3 互联网通信编程	445
4.10.3 预测控制	316	5.4.4 PLC 方程程序设计	447
4.10.4 学习控制	318	5.5 PLC 与计算机组态软件通信编程	450
4.10.5 专家控制	320	5.5.1 组态软件概念	450
4.11 模拟量硬件模块控制	326	5.5.2 组态软件简介	451
4.11.1 专用控制模块	326	5.5.3 组态软件编程	457
4.11.2 回路控制模块	327	5.6 PLC 与人机界面通信程序设计	464
4.11.3 过程控制 CPU	329	5.6.1 常用的人机界面	464
结语	330	5.6.2 人机界面方程程序设计	467
第5章 PLC 通信程序设计	331	5.6.3 PLC 方程程序设计	469
5.1 概述	331	5.7 PLC 与智能装置通信程序设计	469
5.1.1 PLC 连网通信目的	331	5.7.1 用通信指令通信	469
5.1.2 PLC 连网通信平台	333	5.7.2 用从站地址通信	471
5.1.3 PLC 连网通信方法	344	结语	471
5.1.4 PLC 通信程序特点	352	第6章 PLC 数据处理程序设计	472
5.2 PLC 与 PLC 通信程序设计	354	6.1 数据终端是 PLC 的新角色	472
5.2.1 PLC 与 PLC 地址映射通信程序 设计	354	6.1.1 专职数据终端实例	472
5.2.2 PLC 与 PLC 地址链接通信程序 设计	357	6.1.2 兼职数据终端实例	473
5.2.3 PLC 与 PLC 用串口指令通信 程序设计	372	6.2 数据采集程序设计	474
5.2.4 PLC 与 PLC 串口协议通信 编程	382	6.2.1 开关量采集	475
5.2.5 PLC 与 PLC 网络指令通信程序 设计	384	6.2.2 模拟量采集	476
5.3 PLC 与计算机串口通信编程	394	6.2.3 脉冲量采集	481
5.3.1 计算机方程设计要点	395	6.2.4 脉冲选通采集	484
5.3.2 计算机用微软控件通信编程	397	6.3 数据录入程序设计	486
5.3.3 计算机用微软应用程序接口通信 编程	416	6.3.1 录入数据设备	486
5.3.4 计算机用 PLC 厂商通信控件 编程	424	6.3.2 用通用指令录入	486
5.3.5 计算机用 PLC 厂商通信函数 编程	427	6.3.3 用模拟方法录入	490
5.3.6 计算机用 OPC 编程	427	6.3.4 用特殊指令录入	492
5.3.7 计算机与 PLC 用公网平台通信 编程	437	6.3.5 用编码键盘录入	492
5.3.8 PLC 方程程序设计	438	6.4 数据存储程序设计	494
5.4 PLC 与计算机以太网通信编程	440	6.4.1 记录存储	494
5.4.1 计算机用 Winsock Api 函数通信 编程	441	6.4.2 压缩存储	500
		6.4.3 安全存储	501
		6.5 数据显示程序设计	502
		6.5.1 数据数码管显示	502
		6.5.2 数据动态显示	503
		6.5.3 数据脉冲选通显示	506
		6.5.4 高档数据显示设施	507
		6.6 PLC 数据传送程序设计	509
		6.7 数表处理程序设计	509
		6.7.1 排序	510

6.7.2 求总数	513	组织	538
6.7.3 求平均数	515	8.3.1 欧姆龙 PLC 多任务组织	538
第 7 章 PLC 控制可靠性程序设计	516	8.3.2 S7-300、400 机多模块组织	541
7.1 PLC 控制可靠性概述	516	8.3.3 三菱 PLC 多程序组织	543
7.1.1 PLC 控制可靠性概念	516	8.3.4 多 CPU 系统程序组织	544
7.1.2 PLC 控制可靠性类型	517	8.4 PLC 程序柔性化	547
7.2 PLC 自身工作可靠性	518	8.4.1 程序使用柔性	547
7.2.1 PLC 错误 (故障) 类型	518	8.4.2 地址分配柔性	548
7.2.2 系统错误记录	518	8.4.3 参数设定柔性	548
7.2.3 PLC 故障及其排除	519	8.4.4 动作选择柔性	551
7.3 PLC 输入程序可靠性	519	8.4.5 信号反馈柔性	551
7.4 PLC 输出程序可靠性	524	8.5 PLC 程序调试	551
7.5 PLC 通信程序可靠性	526	8.5.1 PLC 程序调试概述	551
7.6 PLC 异常处理程序	527	8.5.2 PLC 程序仿真调试	552
结语	531	8.5.3 PLC 工作模式及其改变	552
第 8 章 PLC 程序组织	532	8.5.4 PLC 程序联机调试	554
8.1 PLC 程序组织概述	532	8.5.5 PLC 程序现场调试	554
8.1.1 PLC 程序组织步骤	532	8.5.6 PLC 程序文档	555
8.1.2 PLC 程序组织简例	535	结语	555
8.2 程序模块化组织	536	附录 PLC 与计算机通信协议	556
8.2.1 程序模块化组织概念	536	附录 A 欧姆龙 HostLink 协议	556
8.2.2 使用子程序法模块化	537	附录 B 欧姆龙 FINS 协议	561
8.2.3 使用跳转指令模块化	537	附录 C S-200 PPI 通信协议	565
8.2.4 使用步进指令模块化	537	附录 D 三菱 PLC 编程口通信协议	568
8.2.5 用 SFC 语言编程	537	附录 E Modbus 串口通信协议	572
8.2.6 用程序块、功能块及函数编程	538	附录 F Modbus TCP 协议	577
8.3 多 PLC、多任务 (程序、模块) 程序		参考文献	578

绪 论

PLC 于 20 世纪 70 年代诞生于美国。1987 年 2 月, 国际电工委员会 (IEC) 通过了对它的定义: 可编程序控制器是一种数字运算操作的电子系统, 是专为在工业环境应用而设计的。它采用可编程的存储器, 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。可编程序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。

可知, PLC 这个电子系统, 也是靠存储程序、执行指令、进行信息处理、实现输入到输出的变换。其功用主要是控制各种类型机械或相关生产过程。

它与普通计算机主要的不同是: 它没有键盘, 代之为一个个输入触点或模块, 并用其获取控制命令或现场信号; 它没有显示器, 代之为一个个输出触点或模块, 并用其进行控制输出; 它没有硬盘, 只有内存; 它的结构为模块化、体积小、安装方便、比较坚固, 具有很强的抗干扰、抗冲击、抗震动特性。

要指出的是, 随着技术进步, PLC 的性能在不断提高, 应用在不断扩展, 类型在不断增多。所以, 它的概念也在不断更新。目前, 它已发展成为当今方方面面自动化、信息化的重要支柱。

在本书开篇, 将对 PLC 的原理、类型、性能、应用及使用做简要介绍。

0.1 PLC 原理

1. PLC 实现控制要点

入出信息变换和可靠物理实现, 可以说是 PLC 实现控制的两个基本要点。

入出信息变换是把所检测到的输入量转换为输出量, 以实现系统的控制。办法是通过运行存储于 PLC 内存中的程序。PLC 程序既有生产厂商开发的、内装在 PLC 中的系统程序 (这程序又称监控程序, 或操作系统), 又有用户自行开发的、后装入 PLC 中的应用 (用户) 程序。系统程序为用户程序提供编辑与运行平台, 同时, 还进行必要的公共处理, 如自检、I/O 刷新、与外设、上位计算机或其它 PLC 通信等处理。用户程序由用户按照控制的要求设计。什么样的控制要求, 就应有什么样的用户程序。

可靠物理实现主要靠输入 (I, INPUT) 电路检测输入量, 靠输出 (O, OUTPUT) 电路输出控制量。PLC 的 I/O 电路都是专门设计的。输入电路要对输入信号进行滤波, 以去掉干扰, 而且与内部微处理器电路是电隔离的, 通过光的耦合建立联系。输出电路与内部也是电隔离的, 用光或磁的耦合建立联系。输出电路还要进行功率放大, 以足以带动一般的工业控制元器件, 如电磁阀、接触器等。I/O 电路是很多的。一般讲, 每一输入点或输出点都要有



1个I或O电路。有多少I/O点,也就有多少个这样电路。而且,总是把若干个这些电路集成在1个模块(或箱体)中,然后再由若干个模块(或箱体)集成为PLC完整的I/O系统(电路)。尽管这些模块相当多,占了PLC体积的大部分,但由于它们都是高度集成化的,所以,PLC的体积还是不大的。

输入电路时刻监视着输入点的状态(通、ON或断、OFF),并将此状态暂存于它的输入暂存器中。每一输入点都有一个与其对应的输入暂存器。

输出电路有输出锁存器。只要其控制输出没有新的改变,原有状态可锁存。同时,它还有相应的物理电路,可把这个状态传送给输出点。每一输出点都有一个与其对应的输出锁存器。

这里的输入暂存器及输出锁存器实际是PLC I/O口的寄存器。它们与PLC内存交换信息通过PLC I/O总线及运行PLC的系统程序实现。

把输入暂存器的信息读到PLC的内存中,称输入刷新。PLC内存有专门开辟的存放输入信息的映射区。这个区的每一对应位(bit)称为输入继电器,或称软触点,或称为过程映射输入寄存器(the process-image input register)。由于它的状态是由输入刷新得到的,所以,它反映的就是输入点的状态。

输出锁存器与PLC内存中的输出映射区也是对应的。一个输出锁存器也有一个内存位(bit)与其对应,这个位称为输出继电器,或称输出线圈,或称为过程映射输出寄存器(the process-image output register)。通过PLC I/O总线及运行系统程序,输出继电器的状态将映射给输出锁存器。这个映射的完成也称输出刷新。

PLC除了有可接收开关信号的输入电路,有时,还有可接收模拟信号的输入电路(称模拟量输入单元或模块)。只是后者先要进行模、数转换,然后,再把转换后的数据存入PLC相应的内存单元中。

如要产生模拟量输出,则要配有模拟输出电路(称模拟量输出模块或单元)。靠它对PLC相应的内存单元的内容进行数、模转换,并产生输出。

这样,用户所要编的程序只是PLC输入有关的内存区到输出有关的内存区的变换。特别是怎么按输入的时序变换成输出的时序。这是一个数据及逻辑处理问题。由于PLC有强大的指令系统,编写出满足这个要求的程序是完全可能的。

图0-1对以上叙述做了说明。其中框图代表信息存储的地点,箭头代表信息的流向及实现信息流动的手段。此图既反映了PLC实现控制的两个基本要点,同时也反映了信息在PLC中的空间关系。



图 0-1 PLC 实现控制示意图

2. PLC 实现控制过程

简单地说,PLC实现控制的过程一般是:输入刷新→运行用户程序→输出刷新,再输入刷新→再运行用户程序→再输出刷新……永不停止地循环反复地进行着。

图0-2所示的流程图反映的就是上述过程。它也反映了信息间的时间关系。



有了上述过程,用 PLC 实现控制显然是可能的。因为:有了输入刷新,可把输入电路监视得到的输入信息存入 PLC 的输入映射区;经运行用户程序,输出映射区将得到变换后的信息;再经输出刷新,输出锁存器将反映输出映射区的状态,并通过输出电路产生相应的输出。又由于这个过程是永不停止地循环反复地进行着,所以,输出总是反映输入的变化,只是在响应的时间上略有滞后。当然,这个滞后不宜太大,否则,所实现的控制会不那么及时,也就失去了控制的意义。

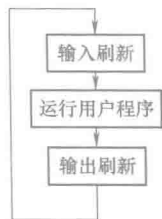


图 0-2 PLC 工作流程图

提示:速度快、执行指令时间短,是 PLC 实现控制的基础。没有高速度也就没有 PLC。

事实上,它的速度是很快的,执行一条指令,多的几微秒、几十微秒,少的才零点几或零零几微秒。而且这个速度还在不断提高中。

图 0-2 所示的是简化的过程,实际的 PLC 工作过程还要复杂些。除了 I/O 刷新及运行用户程序外,还要做些公共处理工作,即循环时间监视、外设服务及通信处理等。

循环时间监视的目的是避免用户程序“死循环”,保证 PLC 能正常工作。避免用户程序“死循环”的办法是用“看门狗”(Watching dog),这也是一般微处理器系统常用的做法。具体的是设一个定时器,监测用户程序的运行时间,只要循环超时,即报警,或作相应处理。

外设服务是让 PLC 可接受编程器对它的操作,或通过接口向输出设备输出数据。

通信处理是实现与计算机或其它 PLC 或与智能操作器、传感器进行信息交换。这也是增强 PLC 控制能力的需要。

也就是说,实际的 PLC 工作过程是:公共处理——I/O 刷新——运行用户程序——再公共处理——……反复不停地重复着。

此外,如同普通计算机,PLC 上电后,也要进行系统自检及内存的初始化工作,为 PLC 的正常运行提供保证。

3. PLC 实现控制方式

用这种不断地重复运行程序实现控制,称扫描方式。此外,还有中断方式。在中断方式下,需处理的控制先请求中断,被响应后,PLC 的 CPU 停止正在运行的程序,转而去处理有关的中断请求,运行有关的中断服务程序。待处理完中断,又返回运行原来程序。哪个控制需要处理,哪个控制就去请求中断。显然,中断方式与扫描方式是不同的。

中断方式也可称为事件触发方式。有了事件发生,即去处理有关的事件处理程序。否则,PLC 处于待机状态。

在中断方式下工作,PLC 的硬件资源能得到充分利用,紧急的任务也能得到及时处理。但是,如果在一个时间内同时有若干个中断触发,怎么办?为此,就要对中断划分等级。根据任务紧急或重要程度的不同,赋予不同的等级。显然,这就复杂了。特别是完全都用中断方式工作,就更复杂了。

较好的办法是用扫描加中断,在扫描方式为主的情况下,加对紧急任务的中断。即大量控制都用扫描方式处理,个别急需的用中断处理。这样,既可做到照顾全局,又可应急处理个别紧急或重要的事件。目前,PLC 用的几乎都是这种方式。

此外,计算机操作系统的多任务机理目前也已在 PLC 中有所应用。这样的 PLC 可分时



并行运行多个程序，而且不同的程序可赋以不同的循环运行时间间隔。这将提高 PLC 应对复杂工作控制的能力。

再就是还出现有多 CPU 的 PLC。主控与工作协调由主 CPU 管理；专门工作，如通信、信息处理、运动控制等，由专门 CPU 管理。这样的 PLC，其功能及性能都可全方位得以增强与提升。

除了中断、多任务、多 CPU，还可利用立即 I/O 刷新或主动 I/O 刷新的方法加速或主动实现信号响应。立即 I/O 刷新含义是：PLC 在执行程序时，对个别需要即时读入的信号，及时读入，并把结果即时向外输出，不一定非等到 I/O 刷新时才作这种入、出转换。主动 I/O 刷新是指，如 AB 公司的 PLC 有的输入、输出可以设置为生产者或消费者，可按所设定时间间隔或条件变化由 I/O 模块主动刷新 I/O 数据。立即刷新往往与中断并用，可使输出得以更快响应输入；而主动刷新则是全新的 I/O 刷新机制，既可改善 I/O 刷新效果，还可减轻 PLC CPU 的负担。

提示：由于扫描加中断、多任务、多 CPU 与 I/O 刷新的进步，加上 PLC 工作速度的提高，当今较先进的 PLC 在毫秒内实现对外部信号的响应，检测与输出每秒几十、几百 k 甚至更高频率的脉冲信号，已是可能了。

PLC 的实际工作过程比这里讲的还要复杂一些，但简单地讲，大体上就是：在空间上，由 I/O 电路进行入出变换、物理实现；在时间上，用扫描方式运行程序，并辅以中断、多任务、多 CPU 及立即或主动刷新。弄清楚这些问题，也就好理解 PLC 是怎样去实现控制的，也就好把握住 PLC 基本原理的要点了。

当然，由于 PLC 技术的快速发展，PLC 的工作过程与方式也会有所变化，也是与时俱进！

0.2 PLC 类型

PLC 的类型很多，而且越来越多。可从不同的角度对 PLC 分类。弄清 PLC 类型是为了便于选用与配置 PLC。

1. 按控制规模分

1) 微型机控制的仅几点、十几点、几十点。如欧姆龙公司的 SP10、SP16、SP20PLC，分别只能控制 10、16、20 点；欧姆龙的 ZEN 机，主机有 8 点、10 点两种，加上扩展，最多可扩到 34 点。这个机型，有的还内嵌有简易的编程工具，便于编程。由于它的价格低廉、使用方便、工作可靠、体积很小，而且，它的可输出电流比其它 PLC 都大，有的可达 8A。因而，可以成为继电器控制的替代品，也因此，有的则称其为可编程继电器（PLR）。

2) 小型机控制点可达 100 多点，甚至更多。如和利时的 G3 机，控制点数可达 256 点。再如欧姆龙公司的 CP1H、CP1L 及 CJ1M，最大 I/O 点数可分别达到 320、160 和 640 点机。

3) 中型机控制点数可达近 500 点，甚至千点。如欧姆龙的 C200H α（最大 I/O 点数为 1184 点）、CJ1/CJ1H（最大 I/O 点数为 2560 点）。

4) 大型机控制点数一般在 1000 点以上。如欧姆龙的 C2000H（可热备）、CV2000 当地配置可达 2048 点。CS1（最大 I/O 点数为 5120 点）、CS1D（可热备、最大 I/O 点数为 5120 点）机。



5) 超大型机控制点数可达万点, 甚至几万点、十几万点、几十万点。有的 PLC 在主机架上可安装多个 CPU 单元, 还可用全新的控制方式工作, 其控制点数几乎不受什么限制。

2. 按结构特点分

1) 一体化 PLC: 或称之为箱体式 PLC。它把电源、CPU、内存、I/O 系统都集成在一个小箱体内。一个主机箱体就是一台完整的 PLC, 就可用以实现控制。微型、小型机多为箱体式。主箱体也称 CPU 模块。

此外, 还有扩展箱体(模块)。扩展箱体外观与主箱体类似, 但一般只有 I/O 系统及电源(有的没有, 其电源可由主箱体提供)。有的另有其它功能。如果主箱体控制点数不符合需要或功能不足, 可再接若干个扩展箱体。

2) 模块式的 PLC: 它由具有不同功能的模块组成。其主要模块有 CPU 模块、输入模块、输出模块、电源模块、通信模块和机架等。超大、大、中型机都是模块式的。

从结构上讲, 由模块组合成系统有 3 种方法, 即无底板、底板及机架。后者最结实, 大型机多用它。

3) 内插板式: 也有 CPU、输入点、输出点, 还有通信口、扩展口及编程器口。普通 PLC 有的功能它都有, 但只是一个控制板, 可很方便地镶嵌到有关装置中。如数控控制机, 多使用内插板式 PLC 用于它的某些工作的顺序控制。

3. 按生产厂商分

1) 欧美产 PLC 主要有: 德国的西门子、美国的 AB (Allen-Bradley, 现已被美国的 Rockwell 公司收购)、美国 GE (与日本 FANUC 合资的 GE FANUC)、法国的施耐德(原美国 MODICON 公司已被其收购)及瑞士 ABB 等公司的 PLC 产品。

2) 日产 PLC 主要有: 日本的欧姆龙、三菱、松下、东芝、富士、光洋、日立等公司的 PLC 产品。

欧美日产品都经过多年、多代的发展。品种齐全、性能高、质量稳定, 但价格很高。特别是欧美产品价格更高。

3) 韩国产 PLC: 品种不太全、性能不太高、质量有待考验, 但价格较低。

4) 国产 PLC 主要有: 和利时与特维森等公司的 PLC 产品。国产 PLC 的开发起步较晚, 但采用了正确的迎头赶上的战略。此外, 国产 PLC 还有明显的价格、服务及可定制等方面的优势。因而, 在我国的 PLC 市场中, 国产 PLC 的份额也必将逐步增加。我国台湾产 PLC 主要有: 台达(也称中达)、永宏等公司的 PLC 产品。

提示: 由于经济全球化, 上述的种种“产”的含义也有所变化。如 S7-200, 虽是西门子产品, 但在我国也有生产线。特别是它的 S7-200CN, 更是专门为中国市场而打造。其它产品不少也有类似情况。

4. 按其它特点划分

1) 按电源分有: 用直流 24V 的和用交流 220/110V 的。交流还有宽幅, 有的称任意的(从 80~240V 均可)与非宽幅(220、110V 可选)。

2) 按内存分有: RAM 加电池的、ROM 的、闪存的; 有另加内存卡的, 也有不加的。

3) 按功能分有: 普通顺序控制功能的; 过程控制功能的, 即 PPC (Programmable Process Controller); 运动控制功能的, 即 PMC (Programmable Motion Controller) 以及可编程自动控制器, 即 PAC (Programmable Automation Controller)。



4) 按使用环境分有: 普通使用环境的和环境扩展型的。

5) 按可靠性分有: 普通的、冗余的及安全型 PLC (Guard PLC)。

6) 按是否为标准产品分有: 标准产品和定制产品。所谓定制产品是指用户可根据特殊需要单独定制, 这样更能达到使用的要求。一般来讲, 国外的 PLC 是没有定制产品的, 但和利时等国产 PLC 多有此类产品, 这也是国产 PLC 的一个大优势。

0.3 PLC 性能

PLC 的性能可归纳为以下 9 个方面。弄清它会便于选用与配置 PLC。

1. 工作速度

工作速度指 PLC 的 CPU 执行指令的速度、对急需处理的输入信号的响应速度及通信接口的数据传送速度, 但主要是指 CPU 执行指令的速度。

PLC 工作速度高, 在允许的扫描周期 (一般不大于 100ms) 内, 可增加运行指令条数, 提升处理数据的能力, 进而增加 PLC 的控制点数, 增强 PLC 的功能。所以, 厂商在开发 PLC 时, 首先考虑的是提高它的工作速度。

PLC 指令不同, 执行的时间也不同。但各种 PLC 大体都有相同的基本指令, 故常以执行一条基本指令的时间来衡量这个速度。这个时间短, 说明具体的 PLC 性能好。目前, 这个时间已缩短到零点零几微秒。随着 PLC 技术的进步, 这个时间还在缩短。

有的还用每秒能执行多少条基本与传送指令, 即 PMX 值, 作为它的衡量指标。

在同等条件下, 最好选用速度快的 PLC。

2. 控制规模

控制规模代表 PLC 的控制能力, 一般是看其能对多少输入、输出点 (指开关量) 及对多少路模拟量进行控制。有时还要看其能扩展多少模块、多少机架、多少站点等。

控制规模是对 PLC 其它性能指标起着制约作用的指标, 是划分高低档 PLC, 划分为微、小、中、大和超大型机的唯一标准, 也是选用 PLC 重要的依据。所选的 PLC 的规模应满足实际需要。

3. 组成模块

PLC 的结构虽有箱体 (一体化的) 及模块式之分, 但从本质上看, 箱体也是模块, 只是它集成了更多的功能。组成 PLC 的模块是 PLC 的硬件基础, 反映了 PLC 的控制能力和可能的用途。模块的类型越多, 规格越全、功能越强、性能越好, PLC 也才越容易配置成各种各样的系统, 才可能满足各种不同的需要。

一般讲, 所有知名品牌的 PLC 组成模块的类型和规格都较多、功能都较强、性能都较好, 都可较方便地用其配置成各种各样的系统, 满足各种不同的需要。

4. 内存容量

PLC 内存有系统用内存与用户用内存。系统内存要存储监控程序, 提供内部器件及参数设定; 用户用内存提供用户程序与各种数据存贮。

PLC 内存大, 内部器件种类越多, 数量越多, 越便于 PLC 进行各种控制与数据处理。用户内存大, 可存贮的用户程序量也大, 也就可进行更为复杂的控制。

5. 指令系统

PLC 有多少条指令 (含函数、功能块, 存于系统软件库中), 各个指令 (或函数、功能



块)又具有什么功能,是了解与使用 PLC 的重要方面。指令的多少及功能将影响着 PLC 的性能。

除了指令,为了进行通信,PLC 还有相应的协议与通信指令或命令,这些也反映了 PLC 的性能。

关于指令(指函数、功能块)的新趋势是可运用库文件,并且按需要生成。这样,它的指令系统就可无限扩充了。所受的限制只是 PLC 的内存容量。目前和利时的 LEC G3 机就可以这么做。

6. 支持软件

为了便于编写 PLC 程序,多数 PLC 厂商都开发了相应的编程支持软件,为 PLC 运用多种编程语言进行编程、监控提供平台。同时它还是 PLC 硬件组态或软设定的工具。

为了用好各种高功能的智能硬件模块,PLC 厂商都开发了与其配套配置和使用软件。所以,这类软件好用与否,也是 PLC 支持软件好坏的一个指标。

高性能的编程软件还具有编辑视图的功能。这些画面与组态软件编辑的画面类似,也可含有动画及数表,也可用以监控 PLC 的工作系统。和利时公司的编程软件 PowerPro 就具有这个功能。

7. 工作可靠

正是 PLC 在软、硬件诸方面有强有力的可靠性措施,才确保了 PLC 具有工作可靠的特点。工作可靠的主要指标是平均无故障时间及故障平均修复时间。目前,前者可达几万小时以上;后者很短,几小时以至于几分钟即可。

此外就是 PLC 的使用条件的规定。如 PLC 保存与使用的温度、湿度,耐电压及绝缘指标和抗干扰指标、抗机械振动和冲击指标、工作电源类型、电压允许的波动范围等。这些在选用 PLC 也要考虑。

有时必须在特殊环境下,如零下或高温的情况下进行工作,或要求 PLC 特殊可靠,则需配备环境特性更好的 PLC,或可对 PLC 作特殊配置,如热备份、冗余等。显然,有此类特性或配置的 PLC,则性能也更好些。

8. 连网通信

主要指 PLC 与其它 PLC、计算机、人机界面及其它智能设备连网通信的能力。主要有可连接的网络类型、网络规模(连网节点的多少)、网络覆盖范围(数据传送距离)、网络连接介质、网络的互联及网络的兼容性。目前,有多到几十、几百个节点,覆盖范围大到达几十、几百千米,用双绞线、同轴电缆、光缆以及无线介质,多个网络互联,而且不同厂商的 PLC 同在一个网络上或进行网络互联,都已成为现实了。

再就是网络的数据传送能力,这当然也是 PLC 连网能力的重要方面。数据传送能力是指在不受干扰的前提下,所传送数据帧的大小及数据传送的波特率。目前,PLC 数据传送帧,已从几十字发展到几百、几千个字,传送波特率也已从几千发展到几万、几十万,几百万,甚至出现了千兆级的工业以太网。

9. 经济指标

经济指标最简单的就是看价格。一般来讲,同样技术性能的 PLC,价格低其经济指标就好。此外,还要看售后服务。选用 PLC 当然要选用价格合适售后服务好的 PLC。



0.4 PLC 应用

PLC 主要用于顺序控制、运动控制、过程控制、远程控制及信息处理。最终目的是实现系统工作自动化、网络化、信息化及智能化。

1. PLC 用于系统控制自动化

系统控制自动化是指不用或很少用人为干预,系统能自行工作、实现系统自身的功能。这是人们设计与使用系统所追求的目标,也越来越多地变成了现实。而自动化则要通过有效的控制才能实现。当今,有效控制主要是指顺序控制、过程控制及运动控制。

(1) 顺序控制

顺序控制是使系统按设定的顺序有序的工作,是系统工作最基本的控制。也是离散生产过程最常用的控制。顺序控制是 PLC 的初衷,也是 PLC 的强项。在顺序控制领域,至今还没有别的控制器能够取代。

(2) 运动控制

PLC 用于运动控制的优点是价格低。在进行运动控制的同时,还可进行其它控制。再加上新的运动控制模块的开发,以及相关软件的推出,用 PLC 进行运动控制已变得很容易。所以,目前有的厂商 PLC 用于运动控制的产值份额与日俱增;有的厂商还开发有专门用于运动控制的控制器,在相当程度上,可以代替价格比其昂贵的数控系统。

(3) 过程控制

PLC 用于过程控制的优点也是价格低,在进行过程控制的同时,还可进行其它控制。再加上它的种种模拟量控制模块的开发,以及相关软件的推出,用 PLC 进行不太复杂的过程控制已变得很容易。所以,目前有的厂商 PLC 用于过程控制的产值份额,已超过用于顺序控制。

2. PLC 用于系统控制网络化

系统控制网络化是指系统各个分布站点的行为及其效果可以相互或一方对另一方实施控制与检测。它既是自动化发展的趋势,也是一些远程系统,如不宜人们接近的系统,或像自来水公司这样,本来就是分布工作的系统控制的需要。同时,网络化还可做到单个站点的故障不至于波及其它站点,因而可降低整个系统控制的风险。

网络化的基础是连网与通信技术。目前,PLC 多已具有这个技术,所以 PLC 用于系统控制网络化已是就便之举。

在系统控制网络化中,PLC 处于关键的位置。下,它可对现场设备实施控制,或从中采集数据;上,它可向上位机传送数据,或接受控制信息;中,可与其它 PLC 相互控制或交换数据。在此,PLC 扮演着承上启下、左右贯通的重要角色,发挥着重要的作用。

3. PLC 用于系统控制信息化

系统控制信息化是指系统的行为与行为效果量(数字)化、检测、采集、处理、存储、显示与传送。用 PLC 控制这些信息是很方便的,而且还可确保信息的实时、准确与可靠。

信息化的效果是明显的。如一个工厂实现信息化,可把工厂的生产与原料管理、产品销售结合,做到供、产、销无缝链接。进而实现按市场需求生产,按生产需要进料。这样的工厂,可运用零库存管理。工厂的资源、资金将得到充分利用,其效益当然会是很高的。也是

当今管理工作追求的目标。

自动化与信息化结合，或说在信息化基础上的实现自动化，是当代自动化与传统自动化的重大区别。

4. PLC 用于系统控制智能化

系统控制智能化是指使系统具有一定的智能，能自动初始化系统、能自整定系统工作参数、自调整系统工况、自调整工作模式、自诊断、自修复。能记录、判断、应对非正常情况，或能对非正常情况的处理提供必要的信息。

随着系统自动化、远程化、信息化的推进，系统也越来越复杂。这时，如果系统不是智能的，既不利于系统的使用，又难以发挥系统效能。出现故障，维修之难也是可以想象的。所以，系统控制智能化既是实现系统控制自动化、网络化及信息化的要求，也是系统控制自动化、网络化及信息化技术进步的必然趋势。

用 PLC 实现系统控制智能化要做的工作还很多。目前仅仅是开始。相信随着 PLC 应用的普及与提高，这个目标是会实现的。

0.5 PLC 使用

使用 PLC，实际也就是使 PLC 能在系统自动化、网络化、信息化及智能化上有所应用。这里的关键是要做两个工作：一是进行 PLC 系统配置；二是进行 PLC 应用编程。这涉及 PLC 使用的硬件与软件两大方面。

1. 系统配置

PLC 系统配置就是根据现场需要选用性能合适的 PLC，确定 PLC 硬件系统的构成。

(1) 系统配置类型

主要有如下几种类型：

1) 基本配置。对箱体式 PLC，则仅用一个 CPU 箱体。CPU 箱体含有电源、内装 CPU 板、I/O 板及接线器、显示面板、内存块等，是一台完整的 PLC。

CPU 箱体依 CPU 性能分成若干型号，并依 I/O 点数，在型号下又有若干规格。基本配置就是选择一种满足实际要求的箱体。

对模块式 PLC，基本配置选择的项目要多些。要选的内容如下：

CPU 模块：它确定了可进行控制的规模、工作速度、内存容量等。选的合适与否至关重要，是系统配置中首先要进行的。

内存模块：它可在 CPU 规定的范围内选择，以满足存储用户程序的容量及其它性能的要求。

电源模块：有的 PLC 是与 CPU 模块合二而一的，有的是分开的。但这两者选的原则相同，都是依 PLC 用的工作电源种类、规格，和要否为 I/O 模块提供工作及信号电源，以及容量需要作选择。

I/O 模块：依 I/O 点数确定模块规格及数量。I/O 模块数量可多可少，但其最大数受 CPU 所能管理的基本配置所限制。

底板或机架：基本配置仅用一个底板或机架。但底板也有不同规格。所以，还要依 I/O 模块数作不同选择。有的 PLC，如欧姆龙公司的 CJ1 机，无底板。这样的 PLC 就没有什么底板或机架可选择了。