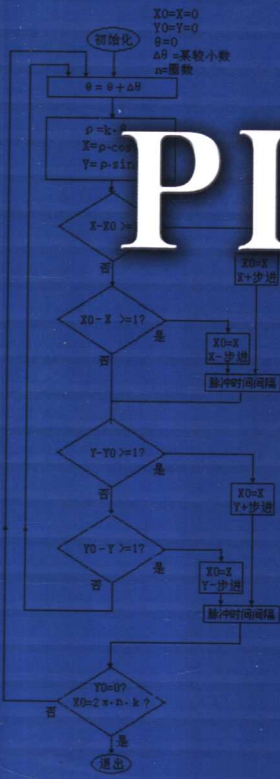




附光盘

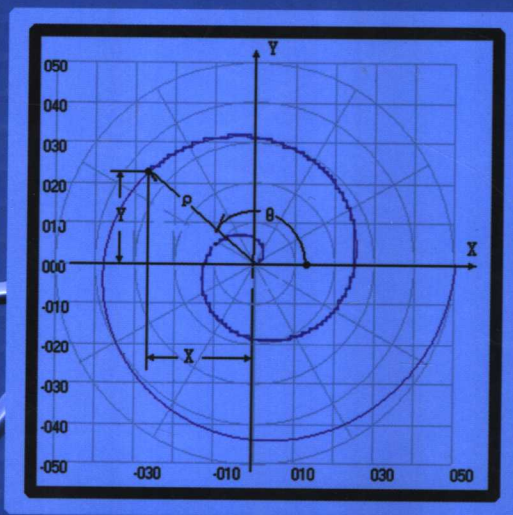
1982



PLC编程

实用指南

宋伯生 编著



PLC 编程实用指南

宋伯生 编著



机械工业出版社

本书突破单一 PLC 品牌的壁垒, 围绕 PLC 用于顺序控制、过程控制、运动控制、信息处理及远程控制 5 大主题, 对 OMRON、西门子及三菱等多个品牌 PLC 及其功能作了分析, 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、算法及其实现技巧。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。可帮助您尽快步入 PLC 编程殿堂, 进而成为精通多品牌 PLC 编程技术的编程高手。

本书主题是 PLC 应用编程。显然这个主题是不会因 PLC 的机型更迭而有太大的改变。所以, 尽管 PLC 日新月异, 但本书都将是您使用 PLC 的好帮手。

本书附有一张光盘, 其中有 OMRON、西门子及三菱 PLC 主流机型的使用说明文档, 可作为深入了解这 3 个品牌 PLC 资源及其功能的补充材料, 光盘还附有本书实例程序。

本书可作为有关培训班及高校进行 PLC 编程教学的参考教材, 也可作为全面学习 PLC 编程技术的自学用书, 还可作为 PLC 应用程序设计及有关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. —北京: 机械工业出版社,
2006.6

ISBN 7-111-19297-4

I. P... II. 宋... III. 可编程序控制器—程序设计—指南
IV. TP332.3-62

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2006) 第 060596 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: 牛新国 罗 莉

责任编辑: 罗 莉 版式设计: 霍永明 责任校对: 申春香

封面设计: 陈 沛 责任印制: 杨 曦

北京机工印刷厂印刷

2007 年 1 月第 1 版第 1 次印刷

184mm × 260mm · 37.5 印张 · 1003 千字

0 001—4 000 册

定价: 68.00 元 (含 1CD)

凡购本书, 如有缺页、倒页、脱页, 由本社发行部调换

本社购书热线电话 (010) 68326294

编辑热线电话 (010) 88379768

封面无防伪标均为盗版

前 言

从20世纪80年代以来,我国大量引进国外多种品牌的PLC,其中以西门子、三菱及OMRON的PLC居多。

在众多品牌的PLC中,西门子PLC以“博大精深”著称。其品种之全,类型之多,可控制的规模之大,堪称世界之最;三菱PLC则以“丰富多彩”为其特色,不仅类型很多,而且比较独特,不同机型间有不同特点,要都搞清它也不大容易;OMRON PLC则以“精巧实用”为典范,并不断有新品推出,要追踪它也需下一番功夫。总之,这3个品牌,哪家的PLC都不一般。再加上性价比高、进入中国市场早及技术服务好等原因,使得它们已成为国内的主流PLC品牌,占据了国内PLC市场大部分的份额。此外,AB公司、施耐德公司、GE公司也是世界级的PLC生产商,其产品在我国也占有一定份额。

虽然在不同品牌的PLC间有不少差别,在众多介绍PLC的书籍中也可以看到这些差别,但这些书籍所介绍的差别主要表现在硬件配置、指令系统及网络协议上。而从功能及应用角度看,各厂商生产的PLC都是相通的。在多数情况下,一家公司PLC能实现的功能,所能做的应用,使用另一家公司PLC也都能实现与完成。事实上,不少国内用户为了技术改造的需要,也曾在众多品牌的PLC间相互替代过,或对相同的控制用不同品牌的PLC实现过。

因而,不拘泥于某个具体品牌PLC的具体介绍,或突破品牌壁垒,从PLC应用的角度出发,弄清PLC的功能,进而系统地学习PLC的编程理论、算法及技巧,似乎不仅是必要的,而且也是可能的。这样从应用上、功能上把握PLC编程知识的全局,对拥有多个品牌PLC的用户,或需要选用多种品牌PLC进行系统集成的人员,特别是对将步入PLC殿堂的相关专业大专院校学生更具有实际意义。

正是出于这样的考虑,才决定在《PLC编程理论、算法及技巧》一书的基础上编写本书。本书是围绕PLC用于顺序控制、过程控制、运动控制、信息处理及远程控制(也叫联网通信)五大主题,以目前国内最常用的3大品牌PLC的应用编程为实例,更全面地介绍PLC编程的基础理论、算法设计及其实现技巧的基础教程,以帮助读者尽快步入PLC编程殿堂,进而成为PLC编程高手。

在本书编写中,尽力做到以下4点:

一、内容完整

既有编程基本知识的详细介绍,为读者学习PLC编程打好基础;又有深入的专题分析,为读者进一步提高指明方向。

尽力涵盖与PLC应用有关的所有编程内容。不仅有逻辑量控制、模拟量控制、脉冲量控制、信息处理及远程控制的编程介绍,还有编程基础知识介绍、程序组织、程序可靠性设计介绍。

在列举程序实例时,不仅有OMRON、西门子、三菱3家公司PLC的例子,而且,对这3种PLC作并行、对比的介绍。使国内目前大多数的PLC用户,都可从中受益。



二、概念清晰

正确与清晰的概念，是人们正确认识事物的标志，也是人们分析问题、解决问题的基础。本书尽力突出对有关概念的阐述，以使读者不仅能学会有关理论、算法及编程技巧，而且能建立起一系列与编程有关的正确清晰的概念。

具体地说，本书在以下4个环节上突出概念阐述：在论题开始时，清楚地交待概念；在算法分析中加深概念；在实例对比介绍中强化概念；在关键词及提示中提醒概念。

三、算法实用

编好 PLC 程序的关键是设计好算法，而程序只是算法的具体实现。所以，要编好程序，学会设计算法是非常重要的。

为此，本书除了介绍常用的算法以外，还介绍了作者在 10 多年 PLC 编程实践中积累的成果。这些算法都很实用。如本书提到的开关量控制 4 种算法、脉冲量开环两坐标运动控制时的目标跟踪算法等。相信读者在阅读本书过程，将会有更具体的了解。

四、独创求新

本书首先是结构新颖，请读者翻阅一下本书目录就可知晓。本书把多品牌 PLC 集成在一本书中介绍。可使不同品牌 PLC 的用户都能从中受益。这样的书，过去是未曾出现过的。其次是内容新颖，对当今 PLC 发展的最新成果，特别是 PLC 应用方面的最新成果都尽力给予介绍。

当然，以上这些也许只是作者的愿望。而到底如何，还有待读者检验、评说。

在具体的内容上，本书共分 8 章。此外还有开篇绪论。

绪论简要介绍 PLC 的原理、类型、特点、应用及其使用。可帮助读者，特别是初学者，建立起较完整的有关 PLC 的整体概念，便于后续章节的阅读。

第 1 章介绍编程基础知识。较详细地介绍了 OMRON、西门子及三菱 PLC 的编程语言、软器件、指令系统、编程工具及编程软件。同时介绍了编程算法概念。此外，还介绍了多个最常用而又较典型的 PLC 应用程序。

第 2 章介绍 PLC 用于顺序开关量控制设计的理论、算法及编程技巧。本章集中介绍了 3 种算法，即基本逻辑设计法、高级逻辑设计法及工程设计法。并针对 OMRON、西门子及三菱 3 种 PLC，列举了 10 多个设计实例。相信读者读了这一章，对弄通逻辑量控制程序设计理论、掌握有关程序设计方法是有帮助的。

第 3 章介绍 PLC 用于过程模拟量控制程序设计。过程模拟量控制是过程控制的主体，是 PLC 控制程序设计的难点。但如果弄清本章介绍的种种控制算法，特别是弄通本章分别说明的 OMRON、西门子及三菱 3 种 PLC PID 指令（或函数）的概念和用法，正确地选定控制参数，则有可能设计好相应的控制程序。

第 4 章介绍 PLC 用于运动脉冲量控制程序设计的理论及程序设计方法。脉冲量多在运动系统中使用，所以，对它的控制，多与运动控制有关。本章详细地介绍了开、闭环运动控制程序设计及实例。特别是所介绍的直接目标跟踪算法，是作者近期研究的，采用运算指令实现曲线运动插补控制的解决方案，是很有创意的。另外，运动控制所用到的脉冲量也可用于过程控制，对此，本章也有相应介绍。

第 5 章介绍 PLC 数据处理程序设计的理论、算法及其程序设计方法。在 PLC 实现控制的同时，多兼有数据终端功能。所以，设计这个数据处理程序也是 PLC 程序设计的基本功。本章的论述，将有助于掌握这个基本功。

第 6 章介绍 PLC 与 PLC、与计算机、与人机界面及智能装置通信的程序设计。联网，特别



是与计算机联网,是当今使用 PLC 的一个趋势。所以,通信的程序设计是不可缺少的。为此,本章详细介绍了各种通信程序设计,特别是多种计算机通信的程序设计,并列举程序实例。本章最后还介绍了 OMRON、西门子、三菱的通信协议,为用户编写通信程序提供方便。

第 7 章介绍 PLC 控制的可靠性设计。在当今要求进一步增强 PLC 控制可靠性的情况下,很需要弄通怎样通过编程提高 PLC 控制的可靠性。运用好它,对 PLC 控制的故障避免及其快速排除将有很大帮助。

第 8 章介绍 PLC 程序组织与调试。随着 PLC 功能的增强,工作要求的提高,PLC 程序日趋复杂,程序量也不断加大。再加上模块化编程方法的出现,多 CPU 系统的诞生,合理组织 PLC 程序更显必要。本章对这些都有所介绍。另外程序仿真、联机调试、现场调试及程序评价也是很重要的,本章对此也有相应说明。

此外,本书还附加一张光盘。它含有这 3 家 PLC 主要机型的软、硬件电子文档,一些演示软件及本书实例程序。阅读本书,并参考这些电子文档,将有助于读者逐步提升编程水平,进而成为编程高手。

当今我国 PLC 发展刚刚起步,国产的 PLC 品牌还用的不多。因而我所介绍的 PLC,只能是舶来品。这也是我的无奈!当年,鲁迅先生曾提倡拿来主义。而今,我介绍“舶来品”的目的也是先把它“拿来”,以做到“洋为中用”,或“为我所用”。如有机会,我一定会以最大的热情,介绍我们自有品牌的 PLC。

最后还想强调的是,本书介绍的编程知识,强调较多的是编程思想(Thinking)、思路(Idea),或说编程的算法(Algorithm)、方法(Methodology)。据我的体会,这是学会 PLC 编程的真谛。如果真是弄清了编程思路,掌握住编程方法,尽管 PLC 硬件的类型五花八门,其发展又千变万化,也仍可做到以不变去应万变,驾驭住编程技术。更何况硬件的细节也还可通过查阅有关说明书或下载厂家电子文档而得到了解。

由于本人条件、水平及精力有限,本书不足之处在所难免,恳望读者批评指正。

宋伯生

目 录

前言	
绪论	1
0.1 PLC的原理	1
0.1.1 PLC实现控制的要点	1
0.1.2 PLC实现控制的过程	2
0.1.3 PLC实现控制的方式	6
0.2 PLC的类型	7
0.3 PLC的特点	11
0.4 PLC的应用	15
0.5 PLC的编程	18
第1章 PLC编程技术基础	27
1.1 PLC编程语言	27
1.1.1 指令表	28
1.1.2 梯形图	28
1.1.3 功能块	30
1.1.4 结构化文本语言	31
1.1.5 顺序功能图语言	31
1.2 PLC软器件	32
1.2.1 入出软器件	33
1.2.2 内部软器件	36
1.3 PLC指令系统	43
1.3.1 PLC指令分类	44
1.3.2 PLC指令简介	47
1.4 PLC典型程序	79
1.4.1 起停程序	79
1.4.2 译码程序	86
1.4.3 状态转换程序	89
1.4.4 定时控制程序	90
1.4.5 动作控制程序	90
1.4.6 步进程序	93
1.4.7 转换程序	96
1.4.8 数据存储程序	98
1.4.9 连锁、互锁程序	99
1.5 PLC编程工具与编程软件	99
1.5.1 编程器	99
1.5.2 编程软件	101
1.6 PLC程序设计算法	124
1.6.1 算法概念	124
1.6.2 算法设计	125
1.6.3 算法表达	126
1.6.4 算法实现	126
结束语	128
请想想	129
请试试	129
第2章 顺序控制程序设计	130
2.1 概述	130
2.1.1 顺序控制类型	130
2.1.2 逻辑问题类型	131
2.1.3 逻辑量控制的编程方法	132
2.2 PLC逻辑问题理论基础	134
2.2.1 触点代数	134
2.2.2 梯形图逻辑	140
2.3 梯形图逻辑的分析与综合(1)	142
2.3.1 梯形图逻辑通电表	142
2.3.2 梯形图逻辑通电表法分析	144
2.3.3 梯形图逻辑通电表法综合	145
2.3.4 梯形图逻辑通电表法设计举例	149
2.4 PLC逻辑设计同步化	161
2.4.1 基本思路	161
2.4.2 产生脉冲的方法	162
2.4.3 前后逻辑条件一致的方法	163
2.4.4 同步化处理实例	165
2.5 梯形图逻辑的分析与综合(2)	165
2.5.1 时序逻辑状态图	166
2.5.2 梯形图逻辑状态图法分析	166
2.5.3 梯形图逻辑状态图法综合	166
2.5.4 梯形图逻辑状态图法设计实例	167
2.6 PLC逻辑标志值法逻辑设计	176
2.6.1 基本思路	176
2.6.2 实现方法	176
2.6.3 实际应用	176
2.7 PLC多位(字节或字)逻辑设计	180
2.7.1 用字逻辑指令处理	180
2.7.2 用子程序处理	186



2.8 PLC 逻辑量控制工程设计	193	3.7.1 S7-200 PID 指令格式	269
2.8.1 分散控制及其实现	193	3.7.2 S7-200 PID 指令要点	270
2.8.2 集中控制及其实现	201	3.7.3 S7-200 PID 指令使用	273
2.8.3 混合控制及其实现	210	3.7.4 PID 功能块 (FB)	274
结束语	217	3.7.5 PID 功能块 (FB) 应用	278
请想想	217	3.8 PID 控制高级应用	279
请试试	217	3.8.1 串级 PID 控制	279
第3章 模拟量控制程序设计	218	3.8.2 串级双辅助回路 PID 比例控制	280
3.1 概述	218	3.8.3 串级比例并交叉限幅双回路 PID	
3.1.1 PLC 模拟量控制过程	218	控制	281
3.1.2 PLC 模拟量输入、输出方法	220	3.8.4 前馈与 PID 混合控制	282
3.1.3 PLC 模拟量控制的目的	225	3.9 模拟量模糊控制程序设计	282
3.1.4 PLC 模拟量控制的类型	226	3.9.1 模糊控制原理	283
3.1.5 PLC 模拟量控制的特点	229	3.9.2 模糊控制算法	285
3.1.6 PLC 模拟量控制的要求	230	3.9.3 模糊算法实现	288
3.2 模拟量开环控制	232	3.10 其它高级算法	295
3.2.1 开环特性	232	3.10.1 最优控制	295
3.2.2 开环控制	234	3.10.2 自适应控制	297
3.3 模拟量简单闭环控制	239	3.10.3 预测控制	299
3.3.1 ON/OFF 输出控制	239	3.10.4 学习控制	301
3.3.2 负反馈控制	241	3.10.5 专家控制	303
3.3.3 偏差控制	242	3.11 模拟量硬件模块控制	309
3.3.4 无静差控制	243	3.11.1 专用控制模块	309
3.4 模拟量基本 PID 控制	245	3.11.2 回路控制模块	310
3.4.1 PID 控制基本公式	245	3.11.3 过程控制 CPU	312
3.4.2 PID 控制参数含义	246	结束语	312
3.4.3 PID 控制参数整定	247	请想想	313
3.4.4 PID 控制程序实现	248	请试试	313
3.5 用 OMRON PLC PID 指令实现 PID		第4章 脉冲量控制程序设计	314
控制	251	4.1 概述	314
3.5.1 PID 指令说明	251	4.1.1 脉冲量控制的类型	314
3.5.2 两个自由度 PID 控制	253	4.1.2 脉冲量控制的目的	316
3.5.3 PID 参数整定	253	4.1.3 脉冲量控制的特点	317
3.5.4 PID 指令执行	254	4.2 脉冲量控制硬件基础	318
3.5.5 使用 PID 指令有关细节	257	4.2.1 脉冲信号生成	318
3.6 用三菱 PLC PID 指令实现 PID 控制	258	4.2.2 脉冲信号采集	321
3.6.1 FX 机 PID 指令格式	258	4.2.3 脉冲信号输出	328
3.6.2 FX 机 PID 指令要点	259	4.2.4 脉冲信号执行	333
3.6.3 FX 机 PID 指令应用	263	4.3 高速计数比较控制	340
3.6.4 三菱中、大型机 PID 指令	265	4.3.1 内置高速计数器比较控制	340
3.7 用西门子 PLC PID 指令、函数块实现		4.3.2 高速计数模块比较控制	347
PID 控制	269	4.4 脉冲量闭环控制	349

4.4.1 脉冲量入模拟量出闭环控制·····	349	5.6.3 数据脉冲选通显示·····	416
4.4.2 模拟量入脉冲量出闭环控制·····	351	5.6.4 高档数据显示设施·····	417
4.4.3 脉冲量入脉冲量出闭环控制·····	352	5.7 PLC 数据传送·····	419
4.5 脉冲量开环控制·····	353	5.8 数表处理程序设计·····	420
4.5.1 独立运动控制·····	354	5.8.1 求最大、最小数·····	421
4.5.2 协调运动控制·····	359	5.8.2 排序·····	423
4.5.3 跟踪运动控制·····	374	5.8.3 求总数·····	425
4.6 硬件模块实现运动控制·····	375	5.8.4 求平均数·····	427
4.6.1 用位置控制、运动控制模块 实现·····	375	5.8.5 数据查询·····	427
4.6.2 用运动控制 CPU 实现·····	377	结束语·····	429
结束语·····	378	请想想·····	430
请想想·····	378	请试试·····	430
请试试·····	378	第 6 章 PLC 通信程序设计 ·····	431
第 5 章 PLC 数据处理程序设计 ·····	379	6.1 概述·····	431
5.1 数据终端是 PLC 的新角色·····	379	6.1.1 PLC 联网通信的目的·····	431
5.1.1 专职数据终端实例·····	379	6.1.2 PLC 联网通信的类型·····	433
5.1.2 兼职数据终端实例·····	381	6.1.3 PLC 通信程序的特点·····	439
5.2 数据终端条件及其使用·····	382	6.2 PLC 与 PLC 通信程序设计·····	441
5.2.1 OMRON PLC DM、EM 区及对其 访问·····	382	6.2.1 地址映射通信程序设计·····	441
5.2.2 西门子的 V 区、DB 块及对其 访问·····	384	6.2.2 地址链接通信程序设计·····	442
5.2.3 三菱的 D 区及对其访问·····	387	6.2.3 使用串口通信指令的通信程序 设计·····	445
5.3 数据采集程序设计·····	389	6.2.4 使用网络通信指令的通信程序 设计·····	449
5.3.1 开关量采集·····	389	6.3 PLC 与计算机通信程序设计 (一)·····	454
5.3.2 模拟量采集·····	390	6.3.1 PLC 与计算机通信内容·····	454
5.3.3 脉冲量采集·····	394	6.3.2 计算机方程式设计·····	455
5.3.4 脉冲选通采集·····	397	6.3.3 PLC 方程式设计·····	490
5.4 数据录入程序设计·····	398	6.4 PLC 与计算机通信程序设计 (二)·····	492
5.4.1 录入数据设备·····	399	6.4.1 组态软件概念·····	492
5.4.2 用通用指令录入·····	399	6.4.2 组态软件简介·····	494
5.4.3 用特殊指令录入·····	403	6.4.3 组态软件编程·····	507
5.4.4 用编码键盘录入·····	403	6.5 PLC 与人机界面通信程序设计·····	515
5.4.5 用模拟方法录入·····	404	6.5.1 常用的人机界面·····	516
5.5 数据存储程序设计·····	406	6.5.2 人机界面方程式设计·····	519
5.5.1 记录存储·····	406	6.5.3 PLC 方程式设计·····	521
5.5.2 压缩存储·····	411	6.6 PLC 与智能装置通信程序设计·····	521
5.5.3 安全存储·····	412	6.6.1 用通信指令通信·····	521
5.6 数据显示程序设计·····	413	6.6.2 用从站地址通信·····	523
5.6.1 数据数码管显示·····	413	6.7 PLC 与计算机通信协议·····	523
5.6.2 数据动态显示·····	414	6.7.1 OMRON C 系列机通信协议·····	524
		6.7.2 S-200 PPI 通信协议·····	527



6.7.3 三菱编程口通信协议·····	530	8.2.3 使用跳转指令模块化·····	562
结束语·····	533	8.2.4 使用步进指令模块化·····	563
请想想·····	533	8.3 多任务(程序、模块)程序组织·····	563
请试试·····	533	8.3.1 OMRON PLC 多任务组织·····	563
第7章 PLC控制可靠性程序设计 ·····	534	8.3.2 S7-300、400 多模块组织·····	566
7.1 概述·····	534	8.3.3 三菱 PLC 多程序组织·····	567
7.1.1 PLC 控制可靠性概念·····	534	8.3.4 多 CPU 系统程序组织·····	570
7.1.2 PLC 控制可靠性类型·····	535	8.4 PLC 程序柔性化·····	572
7.1.3 PLC 控制可靠性意义·····	536	8.4.1 程序使用柔性·····	572
7.2 PLC 自身工作可靠性·····	537	8.4.2 地址分配柔性·····	572
7.2.1 PLC 错误(故障)类型·····	537	8.4.3 参数设定柔性·····	573
7.2.2 系统错误记录·····	543	8.4.4 动作选择柔性·····	575
7.2.3 PLC 故障及其排除·····	543	8.4.5 信号反馈柔性·····	575
7.3 PLC 输入程序可靠性·····	544	8.5 PLC 程序调试·····	576
7.4 PLC 输出程序可靠性·····	548	8.5.1 PLC 程序调试概述·····	576
7.5 PLC 通信程序可靠性·····	550	8.5.2 PLC 程序仿真调试·····	577
7.6 PLC 异常处理程序·····	552	8.5.3 PLC 程序联机调试·····	582
结束语·····	555	8.5.4 PLC 工作模式及其改变·····	583
请想想·····	555	8.5.5 PLC 程序现场调试·····	584
请试试·····	556	8.5.6 PLC 程序文档·····	585
第8章 PLC程序组织 ·····	557	8.5.7 PLC 程序评价·····	585
8.1 PLC 程序组织重要性及方法·····	557	结束语·····	588
8.1.1 PLC 程序组织概念·····	557	请想想·····	588
8.1.2 PLC 程序组织任务·····	559	请试试·····	588
8.2 程序模块化组织·····	561	参考文献 ·····	589
8.2.1 程序模块化组织概念·····	561	后记 ·····	590
8.2.2 使用子程序法模块化·····	562		

绪 论

可编程序控制器，英文称 Programmable Controller，简称 PC。也有简称 PLC 的，以与个人计算机的 PC (Personal Computer) 相区别。本书用 PLC 作为它的简称。在本教程开篇将对 PLC 的原理、类型、特点、应用及使用作简单介绍。

0.1 PLC 的原理

PLC 是用于工业现场的电控制器。它源于继电器控制技术，但基于电子计算机。它通过运行存储在其内存中的程序，把经输入电路的物理过程得到的输入信息，变换为所要求的输出信息，进而再通过输出电路的物理过程去实现控制。

PLC 基于电子计算机，但并不等同于普通计算机。普通计算机进行入出信息变换时，大多只考虑信息本身，信息入出的物理过程一般是不考虑的。而 PLC 则要考虑信息入出的可靠性、实时性，以及信息的实际使用。特别要考虑怎么适应于工业环境，如便于安装，便于维修及抗干扰等问题。

PLC 不仅具有微处理器，入出电路，还有内存及外设。所以，它不仅可处理信息，进行入、出信息变换，还可存储信息、显示信息；不仅可通过输入、输出电路与它的控制对象交换信息，而且，还可通过它的外设或通信口与外界交换信息。其功能要比继电控制装置多得多、强得多。

由于 PLC 考虑了信息入出的可靠性、实时性，考虑了怎么适应于工业环境等，所以它比计算机体积要小得多，工作要可靠得多，使用也方便得多。

以下分 3 个方面介绍 PLC 的工作原理。

0.1.1 PLC 实现控制的要点

入出信息变换及可靠物理实现，可以说是 PLC 实现控制的两个基本要点。

入出信息变换通过运行存储于 PLC 内存中的程序实现。PLC 程序既有生产厂家开发的、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进行设计。有什么样的控制要求，就应有什么样的用户程序。

可靠物理实现主要靠输入（I，INPUT）及输出（O，OUTPUT）电路。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，以去掉高频干扰。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，从而足以带动一般的工业控制元器件，如电磁阀、接触器等等。

I/O 电路是很多的。一般讲，每一个输入点或输出点都要有一个 I 或 O 电路。有多少 I/O 点，一般也就有多少个这样的电路。而且，总是把若干个这些电路集成在一个模块（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，但由于它们都是由高度集成化的电路组成的，所以，PLC 的体积

还是不太大的。

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。它也有两个状态，即高、低电位状态。只要其控制输入没有新的改变，原有状态即可锁存。同时，它还有相应的物理电路，可把这个高、低电位的状态传送给输出点。每一个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 的 I/O 口的寄存器。它们与 PLC 内存交换信息通过 PLC 的 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，称为输入刷新。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）。这些位（bit）置成 1，表示触点通，置成 0 表示触点断。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 的 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。

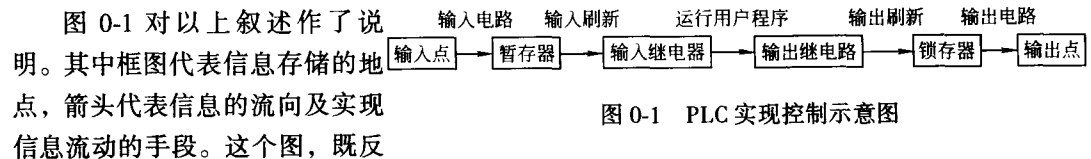


图 0-1 PLC 实现控制示意图

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。

0.1.2 PLC 实现控制的过程

简单地讲，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，可使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。

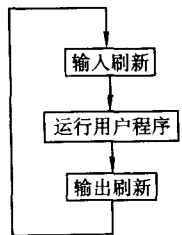


图 0-2 PLC 工作流程图



当然，这个滞后不宜太大，否则，所实现的控制不那么及时，也就失去了控制的意义。

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，少的才零点几微秒，甚至是零点零几微秒。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，还要做些其它的公共处理工作。公共处理工作有循环时间监视、外设服务及通信处理等。

监视循环时间的目的是避免用户程序“死循环”，保证 PLC 能正常工作。为避免用户程序“死循环”的办法是用“看门狗”（watching dog），这也是一般微机系统常用的做法。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、其它 PLC，或智能操作器、传感器进行信息交换的过程。这也是增强 PLC 控制能力的需要。

也就是说，实际的 PLC 工作过程总是公共处理→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。

到此，不妨举一个小例子，看看 PLC 是怎样工作并实现控制的。图 0-3 所示的是用 PLC 由起动按钮 A 及停止按钮 B 实现对电磁铁 YA 进行控制的例子。

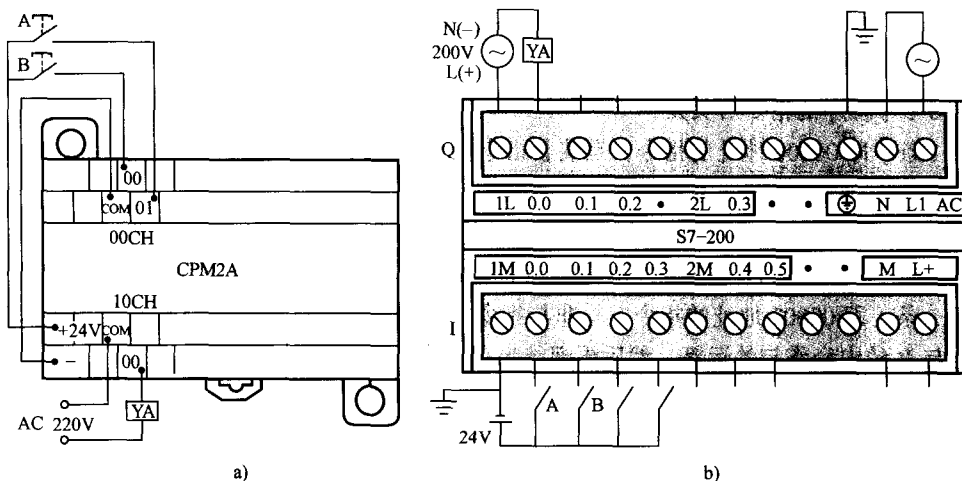


图 0-3 用 PLC 实现控制的例子

a) CPM2A 机 b) S7-200 机

从图 0-3a 可知，输入点 0000（00CH 的 00 点，图 0-3b 为 I 的 0.0，即 I0.0）接起动按钮 A（用常开触点），0001（00CH 的 01 点，图 0-3b 为 I 的 0.1，即 I0.1）接停止按钮 B（也用常开触点）。A、B 按钮的另一端接直流电源 +24V 端。而直流电源 0V 端接 COM（图 0-3b 为 1M）端，它是输入电路公共回路端。输入点到 COM（图 0-3b 为 1M）间的电路为内部输入电路，该图未示出。

提示：电器触点与 PLC 的输入点相接，一般都用常开触点。

从电路知，只要按钮合上，其相应的输入回路即成通路，这将产生约 8~10mA 的输入电流。这个状态将存入对应的输入寄存器，将其置为 1。当然，如果按钮未按下，回路不通，将不出现输入电流。这个状态也会存入对应的输入寄存器，只是把它置为 0。

图 0-3a 中 010.00、010.01 (10CH 的 00、01 点，图 0-3b 为 Q 的 0.0，即 Q0.0) 等为输出点。输出点与 COM 端间为输出电路的继电器触点 (若 PLC 为继电器输出)，或半导体、或晶闸管功放回路 (若 PLC 为半导体或晶闸管输出)。从输出锁存器到与其对应的输出点，为这里的 010.00、010.01 (图 0-3b 为 Q0.0) …… 的输出电路，该图也未示出。由于输出电路的存在，只要输出锁存器置成 1，则对应的输出点与 COM 间即可成为通路。置成 0，则这个通路不通。从图知，因为这里加上了电源，只要 1000 与 COM 构成通路，即可使电磁铁 YA 得电开始工作。

有了这样的硬件接线图 0-3a 工作电源接线未示出，再加上用户程序，按钮 A、B 对电磁铁 YA 进行控制就有可能了。表 0-1 为与图 0-3a 相应的程序。

表 0-1 图 0-3a 的程序

指令地址	指令码	操作数	指令地址	指令码	操作数
00000	LD	000.00	00003	OUT	010.00
00001	OR	010.00	00004	END	
00002	AND-NOT	000.01			

以上程序共有 5 条指令。

PLC 的指令一般由 3 部分组成；地址，总是从 0000 地址开始，而且程序一般也总是从 000.00 地址开始依次执行；操作码，规定指令要进行的操作；操作数，是指令操作的对象，实质就是内存中的地址代号。

表 0-1 中程序的指令含义是：

第 1 条，即 00000 地址的指令，是装载指令。它的含义是把 000.00 输入继电器的内容 (1 或 0) 存入 PLC 的结果寄存器 R 中。

第 2 条，即 00001 地址的指令，是或指令。它的含义是把 PLC 结果寄存器 R 的内容与 001.00 输出继电器的内容作或运算，然后再把结果存入结果寄存器 R 中。

第 3 条，即 00002 地址的指令，是非与指令。它的含义是 000.01 输入继电器内容取非 (反) 后，再与 R 的内容作与的运算，然后再把结果存于 R 中。

第 4 条，即 00003 地址的指令，是输出指令。它的含义是指 PLC 结果寄存器 R 的内容赋值给输出继电器 010.00。

第 5 条，即 00004 地址的指令，是结束指令。它的含义是程序执行到此为止，一个扫描周期的用户程序运行结束。

若把这个程序送入 PLC，并令 PLC 处于运行状态，则上述公共处理→I/O 刷新→执行用户程序将不断地进行着。

我们可看看 PLC 工作情况：

情况 1：若 A 按钮合上，B 按钮没合上。

经 I/O 刷新，则 000.00 继电器的内容必为 1，000.01 继电器的内容必为 0。这时：

执行第 1 条指令，为装载。把 000.00 的内容装载到结果寄存器 (R) 中，故 PLC 结果寄存器 (R) 的内容必为 1。

执行第 2 条指令，为或运算。因为这时 R 的内容已为 1，故不管 010.00 内容是什么，执行



它后，R 的内容还为 1。

执行第 3 条指令，为对操作数取非后，再作与的运算。这时，000.01 继电器的内容（操作数）为 0，它的非为 1。1 与 1 相与仍为 1。故执行它后，R 的内容也还为 1。

执行第 4 条指令，为输出。把结果寄存器（R）为 1 的值赋值给输出继电器 010.00，故执行它后，输出继电器的内容必为 1。

执行第 5 条指令，用户程序结束，开始 I/O 刷新。

010.00 的输出点的继电器为 1，可使与其对应的输出锁存器置成 1。进而输出电路的物理过程便可使 YA 工作。

显然，只要情况 1 继续保持，再经历一个新的周期时，只是 010.00 变为 1。它改变的只是第 2 条指令的操作数。在此，这个操作数的改变，并不改变原来的结果。

情况 2：若在经历情况 1 后，A 按钮松开，B 按钮也不合上。

经 I/O 刷新，则 000.00 继电器的内容为 0，000.01 继电器的内容为 0。这时：

执行第 1 条指令，把 000.00 的内容装载到结果寄存器（R）中，故 PLC 结果寄存器（R）的内容必为 0。

执行第 2 条指令，因为这时 010.00 的内容已为 1，故不管 R 的内容是什么，执行它后 R 的内容必为 1。

执行第 3 条指令，这时，000.01 继电器的内容（操作数）为 0，它的非为 1。1 与 1 相与仍为 1。故执行它后，R 的内容也还为 1。

执行第 4 条指令，把结果寄存器（R）为 1 的值，赋值给输出继电器 010.00，故执行它后，输出继电器的内容必为 1。

执行第 5 条指令，用户程序结束，则开始 I/O 刷新。

010.00 的输出点的继电器为 1，可使与它对应的输出锁存器置成 1。进而，输出电路的物理过程还是使 YA 保持工作。

显然，只要情况 2 继续保持，再经历一个新的周期，这个结果也将不变。

情况 3：若在经历情况 1、2 后，A 按钮不合上，B 按钮合上。

经 I/O 刷新，则 000.00 继电器的内容为 0，000.01 继电器的内容为 1。这时：

执行第 1 条指令，把 000.00 的内容装载到结果寄存器（R）中，故 PLC 结果寄存器（R）的内容必为 0。

执行第 2 条指令，因为这时 R 的内容已为 1，故不管 010.00 的内容是什么，执行它后，R 的内容必为 1。

执行第 3 条指令，000.01 继电器的内容（操作数）为 1，它的非为 0。1 与 0 相与为 0。故执行它后，R 的内容也为 0。

执行第 4 条指令，把结果寄存器（R）为 0 的值，赋值给输出继电器 010.00，故执行它后，输出继电器的内容必为 0。

执行第 5 条指令，用户程序结束，开始 I/O 刷新。

010.00 的输出点的继电器为 0，可使与它对应的输出锁存器置成 0。进而，输出电路的物理过程即可使 YA 停止工作。

显然，只要情况 3 继续保持，再经历一个新的周期时，只是 010.00 的内容变为 0。改变的只是第 2 条指令的操作数。这个操作数的改变并不改变原来的结果。

情况 4：若在经历情况 1、2、3 后，A 按钮不合上，B 按钮也松开。

经 I/O 刷新，则 000.00 继电器的内容为 0，000.01 继电器的内容为 0。这时：

执行第 1 条指令，把 0000 的内容装载到结果寄存器 (R) 中，故 PLC 结果寄存器 (R) 的内容为 0。

执行第 2 条指令，因为这时 R 的内容已为 0，0 与 0 或，结果还是 0，故执行它后，R 的内容还为 0。

执行第 3 条指令，000.01 继电器的内容 (操作数) 为 0，它的非为 1。0 与 1 相与为 0。故执行它后，R 的内容也为 0。

执行第 4 条指令，把结果寄存器 (R) 为 0 的值，赋值给输出继电器 010.00，故执行它后，输出继电器的内容必为 0。

执行第 5 条指令，用户程序结束，开始 I/O 刷新。

010.00 的输出点的继电器为 0，即可使与它对应的输出锁存器置成 0。进而，输出电路的物理过程仍使 YA 不工作。

显然，只要情况 4 继续保持，再经历一个新的周期，这个结果也不会改变。

不难想象，这里的情况 4 即为工作的初始状况。

总之，不停地交替运行系统程序 (操作系统) 及用户程序，并及时地使 I/O 状态予以物理实现，这就是 PLC 实现控制的过程。

表 0-2 为与图 0-3b 相应的程序。

表 0-2 图 0-3b 程序

指令码	操作数	指令码	操作数
LD	I0.0	AN	I0.1
O	Q0.0	=	Q0.0

从表 0-2 可知，它与表 0-1 基本相同。但西门子 PLC 地址编号省略。还有就是西门子 PLC END 指令是默认加入的，用户可不必写它。再次，这里讲的结果寄存器 R，西门子叫堆栈栈顶。最后是符号有的不同：O 相当于表 0-1 的 OR，AN 相当于表 0-1 的 AND NOT，= 相当于表 0-1 的 OUT，而 LD 则与表 0-1 的 LD 相同。做了以上说明，读者便可解释用 S7-200 所做的控制了。

图 0-4 为与表 0-1、表 0-2 对应的 PLC 梯形图程序。它很像继电器控制电路，有触点，也有输出线圈。电气人员很易接受。

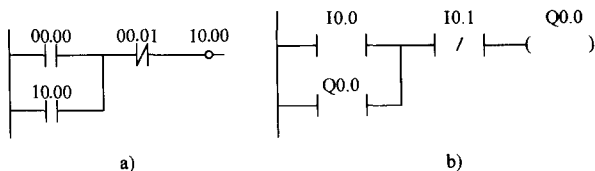


图 0-4 梯形图程序

a) CPM2A 机 b) S7-200 机

图 0-5 所示为用三菱 PLC 实现图 0-3 控制的情况。这里，A、B 分别接输入点 X000、X001，输出点 Y000 用以控制 YA 工作。该图程序与图 0-4 相同，但它更为形象地表示了 PLC 控制 YA 的具体过程。

提示：PLC 主要是运用信息进行工作的。而信息既便于处理与传送，又便于存储与重用。正是基于这一点，PLC 才有功能丰富、使用方便、工作可靠及经济合算的特点。

0.1.3 PLC 实现控制的方式

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，

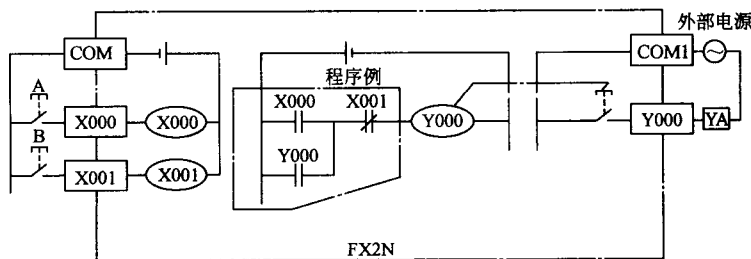


图 0-5 用三菱 PLC 实现图 0-3 控制

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；哪个不需处理，将不被理睬。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，便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，计算机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，既可照顾全局，又可应急处理个别紧急或重要的事件。目前，PLC 几乎都是采用这种方式。

由于 PLC 工作速度的不断提高，其操作系统的功能也大为增强，故新推出的 PLC 已越来越增强了这个中断功能，可实现的中断的事件已多到几十、甚至几百种。

除了中断，还可用立即 I/O 刷新的方法加速对输入信号的响应。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。事实上，中断往往与立即刷新并用，可使中断得到更快的输出反应。

提示：由于扫描加中断与立即刷新，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，检测到每秒几十、几百 K 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，分析其基本原理，也还有一些理论问题。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，扫描方式运行程序，并辅以中断、立即刷新。弄清了它，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，随着 PLC 技术的快速发展，PLC 的工作过程与方式也会有所变化的，也是与时俱进！

0.2 PLC 的类型

PLC 的类型很多，而且越来越多。生产 PLC 的厂家也较多。较有影响的，在中国市场占有较大份额的公司有德国的西门子以及日本的欧姆龙（OMRON）公司及三菱公司。此外还有