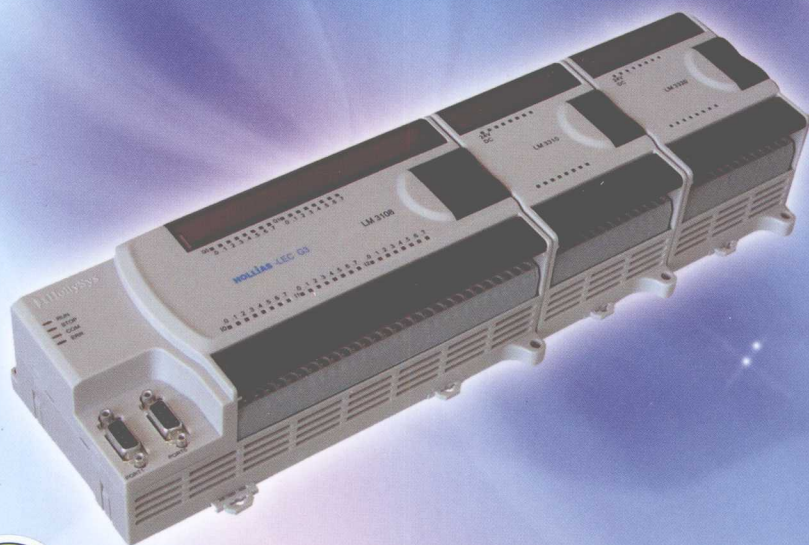


PLC

系统配置及 软件编程

宋伯生 编著



中国电力出版社
www.cepp.com.cn

PLC

系统配置及 软件编程

宋伯生 编著



中国电力出版社

www.cepp.com.cn

内 容 提 要

本书分为硬件篇、软件篇及实验篇。主要以新生代国产 PLC 为实例,对 PLC 的硬件配置及软件编程做了全面介绍。

硬件篇先是介绍 PLC 硬件配置原理,接着分别对 PLC 硬件的基本配置、扩展配置及网络配置做了详细介绍,最后还对冗余配置的原理及解决方案做了叙述。

软件篇先是介绍新生代国产 PLC 编程资源及软件平台,接着围绕 PLC 的顺序控制、过程控制、运动控制、数据处理及连网通信,介绍编程理论、算法及技巧,最后还对新生代 PLC 程序组织做了全面论述。

实际操作是真正了解、熟悉 PLC 所不可缺少的环节。所以,本书也另辟实验篇对其做了介绍,其内容也可以作为熟悉 PLC 编程的程序实例。

本书可作为 PLC 工程技术人员参考用书,也可作为有关培训班以及高等院校相关专业教学用书。

图书在版编目(CIP)数据

PLC 系统配置及软件编程 / 宋伯生编著. —北京: 中国电力出版社, 2008

ISBN 978-7-5083-6135-2

I. P… II. 宋… III. 可编程序控制器 IV. TP332.3

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2007) 第 160282 号

中国电力出版社出版、发行
(北京三里河路 6 号 100044 <http://www.cepp.com.cn>)
汇鑫印务有限公司印刷
各地新华书店经售

*

2008 年 1 月第一版 2008 年 1 月北京第一次印刷
787 毫米×1092 毫米 16 开本 37.5 印张 920 千字
印数 0001—4000 册 定价 59.80 元

敬告读者

本书封面贴有防伪标签,加热后中心图案消失
本书如有印装质量问题,我社发行部负责退换

版权专有 翻印必究

前言

这是我的第 7 本关于 PLC 应用技术的专著,也许还是一部国内不多见的全面介绍国产 PLC 应用技术的专著。

20 多年来,国产 PLC 经历了“上马”、“下马”及“再上马”这样反反复复的曲折过程。在 20 世纪 90 年代初期,在市场上也能见到一些国产机型。如作为较早经销 PLC 产品的沈阳鹭岛公司,除了经销 OMRON、三菱等国外品牌的 PLC,也经销过国产的 PLC。我在 1990 年出版的《机床控制电器及电控制器》一书的第 4 章,所介绍的 PLC 就是国产机,即河北省微机中心开发部研制的 MC-1 机型。

相比较而言国产 PLC 虽然价格较低,但是质量、特别是工作可靠方面,都存在不少欠缺,并且后续产品的开发也跟不上。所以,随着国外 PLC 的大量引进,国产 PLC 很快就纷纷退出了市场。

因此,我后来的几本 PLC 专著,如 1993 年出版的《可编程控制器》等,只好全部介绍“舶来品”了。正如我在 2007 年一月出版的《PLC 编程实用指南》一书的前言中说的:“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,介绍我们自有的 PLC。”

时过境迁,今非昔比。经过 20 多年的改革开放,如今中国的经济总量已跃居世界第四。资金积累、技术进步、人才成长和丰富经验等,使得我们一些多年从事自动化系统开发与应用、实力雄厚的公司,完全可以投身于研制和生产国产 PLC。其中和利时、德维森等公司就是这些公司的杰出代表。

经过这些公司的多年不懈努力,进入 21 世纪后,终于有我们自己的 PLC 了。如和利时的 LEC G3 机、德维森的 V80 机等。

以前总以为国产机不行,所以,直到 2006 年末,和利时公司副总经理徐昌荣博士,赠送给我们公司的 PLC 之前,我的目光还没有投向国产 PLC。然而,经过几个月对该公司 PLC 的接触、熟悉、测试与试用,我惊讶的发现,我们自己国产的 PLC 也很好。最近,对德维森的 V80 机作了测试,感觉也类似!

难能可贵的是,和利时的 LEC G3 机开发的起点高,计算机技术得到充分利用,与新一代 PLC 的发展趋势完全吻合。具体来讲,它有如下 6 个特点:

程序语言标准化:在 20 世纪 90 年代中后期,IEC 发布了自动化行业程序语言的国际标准。首先是 IEC1131-3 标准,后来修订为 IEC61131-3 标准。以帮助 PLC、NC 及 DCS 等自动化行业统一编程语言,促进编程技术的进步。后来,多数 DCS 系统的程序语言都使用了这个标准。但多数 PLC 的程序语言没有使用这个标准,而和利时 PLC 却使用了这个标准。标准中规定的 5 种语言均可使用。这不仅为熟悉 PLC 的人员,也为熟悉其他自动化系统和计算机,但不大熟悉 PLC 的人员进行 PLC 编程提供了很大方便。

内部器件变量化:和利时 PLC 没有常规 PLC 那么多的内部器件。如定时器、计数器就

没有，而代之以变量。这些变量按需要声明，使用多少就声明多少；变量名可以按其功用命名，比起器件编号更便于辨认；变量还可分为全局的与局部的、掉电保持的与不保持的、与内部器件关联的与不关联的，都可用变量声明选定。同时，变量的类型还很多，计算机系统有的，以至于结构、枚举、数组和指针，它都具有。这些，不仅可为编程提供方便，也使 PLC 内存得到充分的利用。同时，还可做到程序代码与数据紧密结合，从而确保程序的安全。

指令系统组合化：和利时 PLC 的指令系统是由基本指令、函数及功能块组合而成的。后两者是由库文件提供，可根据需要加载到程序中，用多少就加载多少。PLC 的程序内存也因此得到更有效地利用。和利时公司提供了各种功能丰富的库文件，而用户自己也可生成。因而从某种意义上讲，它的指令系统是无限大的。只要 PLC 的内存允许，要什么指令就可生成什么指令，要多少指令就有多少指令。

模块设定软件化：早期，PLC 的硬件设定都是使用硬件开关（DIP 开关）。20 世纪 90 年代中期，GE 公司的 GE 90 系列机，提出“Good by hard setting!”，改为软设定，采用系统内存区设定。其后，其他 PLC 也都这么做了，这是 PLC 设定的一大进步。但是，随着 PLC 硬件模块的增多，PLC 用于这个设定的系统区也越来越庞大，给设定带来很大麻烦。所以，又都推出通过编程软件。通过设定窗口对这些系统内存区进行读写，有的还可利用向导进行设定。

和利时 PLC 则更进了一步。它没有庞大的系统设定区，也没有复杂的 PLC 设置窗口。它的设定主要用软件功能块。有一种硬件功能，就有与其对应的软件功能块。调用这些功能块就相当于传统 PLC 的设定。如串口通信参数的设定，可调用串口参数设定功能块；如果要回到系统默认设定，可调用恢复系统默认参数的功能块，使用非常方便。

程序组织模块化：和利时 PLC 程序使用了程序、函数和功能块，并分单元组织。而且，这些程序、函数、功能块的代码与变量紧密结合的，从而实现了程序模块化。这既便于多人参与编程，又便于程序重用、阅读、调试，还可节省内存，并确保程序安全。

编程监控一体化：PLC 编程软件与 DCS 不同，多是与监控软件分开的。而和利时 PLC 的编程软件则与监控（即稍加简化的组态软件）软件结合在一起，一并提供。在编程的同时，可编辑监控画面。直到今天，像这样编程与监控一体化的软件，在 PLC 业界是很少的。即使像西门子、三菱、OMRON，以至 AB、GE、施耐德这样大公司的 PLC 编程软件也都没有这么作的。

新生代国产 PLC 的这些独特之点，国人真该对其另眼相看！

德维森 PLC 则另有特点。它虽然不像和利时那样，实施高起点，迎头赶上的战略，而是在自身多年累积的经验基础上，自主开发，稳扎稳打，也有其好处。

其他国产 PLC 也多都有其独到之处。出现这样多花齐放的局面是好事。只是目前这花还不够多，但愿在我们伟大祖国自动化的绚丽花园中，有更多国产 PLC 之花绽开。

作为技术，PLC 技术也有两个内涵：一是开发技术，一是应用技术。开发技术就是要利用当今科技的最新成果，研制、生产出功能更强，性能更好，价格更合宜，品种、规格更齐全的 PLC 产品。应用技术则是要充分利用 PLC 产品的功能、性能，尽量扩展 PLC 的应用，充分发挥 PLC 的作用。

开发要考虑应用，应用也要研究开发。两者相辅相成才能相互促进，进而才能使 PLC 技术得以全面推进。过去我们研究 PLC 只能停留在应用的层面上。现在好了，我们拥有自己的 PLC 了。所以，对 PLC 技术的研究可以全方位展开。研究的目光既可投向“舶来品”，也应投向国产品。随着这样研究的推进及其成果的发表，与更多国产 PLC 产品的问世一样，都将

推进我国 PLC 技术的全面进步。这样,以“Made in China”身份耸立于世界 PLC 之林的年代,也许会很快到来!

当然,作为新生事物,新生代国产 PLC 还有一个成长、成熟与完善的过程。作为商品,新生代国产 PLC 也还有一个推向市场、宣传市场、得到市场认可,直到获得经济与社会效益的过程。

随着技术不断进步,完成第一个过程,现在看来似乎已不太难了,难的是第二个过程。特别是当今,大量“舶来品”充斥国内 PLC 市场,国人对国产 PLC 又不大了解。

可喜的是,也真有一些“愿意第一个吃螃蟹”的,如沈阳旭风电子等公司。看到国产新生代 PLC 的上述特色,看到它的功能、性能、服务及价位的优势,要力推国产机。“众人拾柴火焰高!”要是大家都伸手,也许很快,PLC 也会像家电一样,国内市场也不再是“舶来品”一统天下的局面。

这里的关键当然是质量与效益了。质量一定要过关,要确保能用得住;效益也要有保证,要做到使用它的投入能有更多的回报。赔本的生意是没有人做的,特别是改革开放的今天。令人高兴的是,新生代国产 PLC 的上述优势,将会在质量与效益上得到显现。正如当今,一般家庭买彩电,谁还会花大价钱去买进口的。未来的 PLC 难道不会是这样吗?

本书写了几个月,也是我学习国产 PLC 的几个月。“学无止境!”我原以为我很懂 PLC,而越学越感到我懂得不多。真是“学,然后知不足!”PLC 新的东西太多,国产 PLC 的新东西也太多。本书只是我边学边做的一些累积,也算是这几个月学习 PLC 的读书笔记吧。我的理解是否正确?我的说明是否清楚?还望和利时的专家们、广大和利时 PLC 的使用者们多加指正!

在编写本书过程中,本人还对过去几本书的个别理论的表述做了调整、补充与完善,以使其能更严密、更准确、更清晰。同时,还增加了一些新的算法,也算是我的“与时俱进”吧!

我的过去几本书曾得到广大读者厚爱。早期的书,如 1998 年出版《可编程控制器配置·编程·联网》等,市场上早就没有了,但至今,有的读者还在互连网上苦苦索要,这令我十分感动!2005 年出版的《PLC 编程理论、算法及技巧》一书,还荣幸地被“金书网”誉为“经典图书”。所以,本书也沿用这些书的风格,分硬件配置与软件编程两部分(把网络分为硬、软两部分,分置其中)。如果见不到我过去的书的话,读这本书也许也会有相同的启发。

具体地讲,本书分硬件篇、软件篇和实验篇。硬件篇是按基本配置、扩展配置、网络配置及冗余配置分章介绍。软件篇则按照 PLC 实现控制的功能分章介绍。实验篇介绍 PLC 的基本实验与选做实验。实践一再证明,学习 PLC 应用技术,不动手操作,不做些必要的实验是难以奏效的。

本书虽然以新生代国产 PLC 为实例,但它所阐明 PLC 硬件配置原理与方法,软件编程理论、算法及技巧却都适用任何 PLC。因而,任何 PLC 产品的使用者都将从本书得到益处。

历史在前进,时尚在变化。听说,当今“7”这个数字,和“6”、“8”一样,也是一个吉祥的数字。“7 上 8 下”,7 还在 8 之上嘛!每周有 7 天,所以 7 也代表圆满。愿“7”这个新吉祥数字能给 LEC G3 机带来好运!能给和利时公司带来好运!能给新生代国产 PLC 带来好运!

由于时间仓促,精力及水平所限,本书难免有这样那样不足,恳请读者不吝赐教!

宋伯生

目 录

前 言 绪 论

1	1
---	---

硬件篇 PLC 系统配置

第一章 PLC 类型、组成及系统配置概述	13
第一节 PLC 类型	13
第二节 PLC 典型组成	15
第三节 PLC 系统配置概述	20
第二章 PLC 基本配置	28
第一节 基本配置的特点	28
第二节 基本配置解决方案	28
第三节 LEC G3 机 CPU 模块简介	30
第四节 基本配置举例	34
结束语	36
第三章 扩展配置	37
第一节 一体机扩展配置	37
第二节 模块式 PLC 扩展配置	49
结束语	58
第四章 PLC 网络配置	59
第一节 PLC 连网目的	59
第二节 PLC 连网类型	61
第三节 PLC 网络模型、标准及协议	69
第四节 PLC 串口连网配置	79
第五节 LEC G3 机以太网配置	85
第六节 LEC G3 机 Profibus 网配置	87
第七节 PLC 网络应用实例	90
第五章 冗余配置	94
第一节 冗余配置概述	94
第二节 冗余配置的类型	96
第三节 冗余配置解决方案	98

软件篇 PLC 编程

第六章 PLC 编程基础	105
第一节 PLC 程序概念	105

第二节	PLC 程序语言	107
第三节	PLC 编程软件	112
第四节	PLC 程序数据	120
第五节	PLC 基本指令	135
第六节	PLC 扩展指令	156
第七节	PLC 编程算法	163
第八节	PLC 编程举例	170
	结束语	184
第七章	PLC 用于顺序控制编程	185
第一节	顺序控制概述	185
第二节	组合逻辑设计法编程	190
第三节	异步时序逻辑设计法编程	201
第四节	同步时序逻辑设计法编程	220
第五节	高级逻辑设计法编程	235
第六节	工程设计法编程	248
	结束语	277
第八章	PLC 用于过程控制编程	278
第一节	过程控制概述	278
第二节	模拟量输出方法	283
第三节	模拟量输入方法	286
第四节	过程控制类型	289
第五节	模拟量开环控制	293
第六节	模拟量闭环基本控制	297
第七节	模拟量闭环 PID 控制	305
第八节	模拟量闭环高级控制	327
	结束语	345
第九章	PLC 用于运动控制编程	346
第一节	概述	347
第二节	脉冲信号生成及脉冲信号采集	351
第三节	脉冲信号输出及脉冲信号执行	361
第四节	脉冲量闭环控制	375
第五节	脉冲量开环控制	383
	结束语	401
第十章	PLC 用作数据终端编程	402
第一节	数据录入	402
第二节	数据采集	407
第三节	数据存储	414
第四节	数据显示	421
第五节	数据传送	426
第六节	数表处理	427

结束语	437
第十一章 PLC 连网通信编程	438
第一节 PLC 连网通信程序概述	438
第二节 PowerPro 视图监控编程	444
第三节 串口自由协议通信编程	449
第四节 串口 Modbus 协议通信编程	460
第五节 以太网通信编程	478
第六节 计算机方通信程序设计	489
第七节 人机界面监控编程	512
第八节 Profibus 网通信编程	517
结束语	520
第十二章 PLC 程序组织	521
第一节 PLC 程序组织概述	521
第二节 PLC 程序多模块组织	530
第三节 PLC 程序多任务组织	534
第四节 PLC 程序柔性化	538
第五节 PLC 面向对象编程	541
第六节 PLC 程序可靠性设计	546
第七节 PLC 程序调试	558
第八节 PLC 程序评价	561
结束语	564

实 验 篇

实验篇一 基本实验及其参考程序	565
实验 1 基本逻辑指令实验	565
实验 2 微分信号生成、锁存器功能块实验	567
实验 3 定时器功能块实验	572
实验 4 计数器功能块实验	576
实验 5 位移指令实验	579
实验篇二 选做实验	583
选做实验 1 传输线控制实验	583
选做实验 2 模拟量入、模拟量出温度闭环控制实验	583
选做实验 3 脉冲量入、模拟量出直流电动机速度闭环控制实验	584
选做实验 4 脉冲入、脉冲出直流电动机闭环速度控制实验	585
后记	586
参考文献	587

绪 论

PLC 是可编程控制器的英文缩写,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。但其目的是用以控制各种类型机械或生产过程。所以,从实质上讲,它是一台工业环境应用的、满足实时控制要求的专用计算机。与普通计算机所不同的主要是:

它没有键盘,代之为一个个输入电路,并用其获取控制命令或现场信号。同时,此输入电路具有滤波能力,与内部电路为电隔离的,但可通过光耦合建立联系。

它没有显示器,代之为一个个输出电路,并用其产生控制输出。由于此电路具有驱动能力,故可以驱动一般的工业控制元器件,如电磁阀、接触器等。同时,此电路与内部电路也是电隔离的,用光或磁耦合建立联系。

它没有硬盘,只有内存。但可配备存储卡,以为程序与数据建立备份。

它配置有外设或通信接口,可用以编程或下载程序、监控及连网通信。

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。

总之,PLC 只是一台没有键盘、没有显示器、没有硬盘,但有很多输入、输出电路、配有接口,可在工业现场实时使用的、模块化、小型化的特殊计算机。与个人计算机一样,它的核心也是 CPU(中央处理器)。

需要指出的是,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。毫无疑问的是,它已发展成为当今自动化与信息化的重要支柱。

一、PLC 工作要点

它的工作有两个要点:入出信息变换、可靠物理实现。

入出信息变换主要由运行存储于 PLC 内存中的程序实现。这类程序既有系统的(这程序又称监控程序,或操作系统),又有用户的。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、上位计算机或其他 PLC 通信等处理。用户程序由用户按照控制的要求进行设计。什么样的控制,就有什么样的用户程序。

可靠物理实现主要通过 I (INPUT, 输入) 及 O (OUTPUT, 输出) 电路。每一输入点或输出点就有一个 I 或 O 电路。而且,总是把若干个这样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,所以,PLC 的体积还是不太大的。

输入电路时刻监视着各个输入点（通、ON 或断、OFF）状态，并将此状态暂存于它的输入暂存器（还可能有的称谓）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，高、低电位状态，并可锁存。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上是 PLC 的 I/O 电路的寄存器。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）称为输入通道，有的称输入继电器，或称输入点，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 为触点断。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，这个位称为通道，有的称输出继电器，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，则要配有模拟量输出电路（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，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。

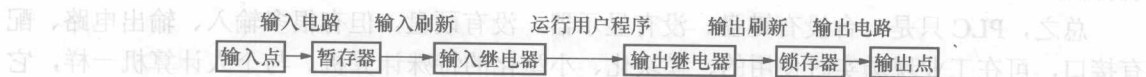


图 0-1 PLC 实现控制示意图

图 0-1 对以上叙述作了说明。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。这个图，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。

一般来讲，PLC 工作的过程是：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（a）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。但由于 PLC 的工作速度很快，所以，这个“略有滞后”的时间是很短的，一般也就是几毫秒、几十毫秒，最多也不会超过 100~200ms。

图 0-2 (a) 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, 还要做些其他的公共处理工作。公共处理工作有: 循环时间监视、外设服务及通信处理等。

(1) 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”的办法是使用“看门狗”(Watching dog), 即设一个定时器, 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。

(2) 外设服务是让 PLC 可接受编程器对它的操作, 或向编程器输出数据。

(3) 通信处理是实现与计算机, 或与其他 PLC,

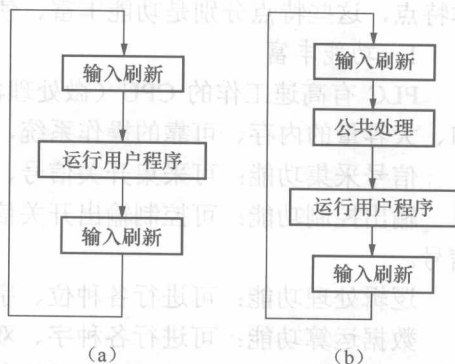


图 0-2 PLC 工作流程图

(a) 简化工作流程图; (b) 实际工作流程图

或与智能操作器、传感器进行信息交换的。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。图 0-2 (b) 所示的是实际的过程。此外, PLC 上电后, 也要进行系统自检及内存的初始化工作, 为 PLC 的正常运行做好准备。

用这种不断地重复运行程序以实现控制, 称扫描方式工作, 是 PLC 基本的工作方式。此外, 为了应对紧急任务, PLC 还有中断工作方式。在中断方式下, 需处理的任務先申请中断, 被响应后停止正运行的程序, 转而去处理中断工作 (运行有关中断的服务程序)。待处理完中断, 又返回运行原来程序。

PLC 的中断方式的任務, 或称事件, 是分等级的。同时出现两个或多个中断事件, 则优先级高的先处理, 继而处理低的。直到全部处理完中断任务, 再转为执行扫描程序。

PLC 对大量控制都用扫描方式工作, 而对个别急需的处理, 则用中断方式。这样, 既可做到所有的控制都能照顾到, 而个别应急的任务也能及时进行处理。

当然, PLC 的实际工作过程比这里讲的还要复杂一些。以和利时的 LEC G3 机为例, 它可用一个默认名为 PLC-PRG 主程序周而复始的执行; 也可指定“任务”, 再由“任务”去调用。而它的“任务”有自由运行、循环、事件触发及外部事件触发 4 种, 并且分为 32 个等级 (0~31), 等级号越低, 执行的优先权越高。

循环 (cyclic) 任务, 规定有循环间隔时间。到了间隔时间才执行。

自由运行 (freewheeling) 任务, 也是周而复始地运行, 但周期不固定。

事件触发 (triggered by event) 及外部事件触发 (triggered by external event) 任务, 与这里讲的中断相同, 目的是使 PLC 能实现控制及时性与可靠性。

LEC G3 是和利时首推的国产小型 PLC。它这样用任务去调用程序, 目的是使其具有更强的控制能力。而这个机制是传统 PLC 及当前很多其他小型 PLC 所没有的。

二、PLC 特点

从讨论 PLC 的工作原理知, PLC 的输入与输出在物理上是彼此隔开的, 其间的联系主要不是靠物理过程, 也不是用线路, 而主要靠变换信息的程序实现。输入输出主要为软联系, 而不是硬联系。它的工作基础是信息流, 而不是物流或能量流。

信息不同于物质与能量, 有自身的规律。信息便于处理、便于传递、便于存储; 信息还可反复重用。重用后, 原来的信息还不消失等。正是由于信息的这些特点, 决定了 PLC 的基

本特点, 这些特点分别是功能丰富、使用方便、工作可靠及经济合算。

1. 功能丰富

PLC 有高速工作的 CPU (微处理器)、丰富的指令系统、各种各样的 I/O 接口和通信接口、大容量的内存、可靠的操作系统, 因而具有丰富的功能。

信号采集功能: 可采集开关信号、模拟信号及脉冲信号。

输出控制功能: 可控制输出开关信号、模拟信号及脉冲 (脉冲链或脉宽可调制的脉冲) 信号。

逻辑处理功能: 可进行各种位、字节、字、双字逻辑运算。

数据运算功能: 可进行各种字、双字整数运算, 有的还可进行浮点运算。

定时功能: 可进行延时或定时控制, 时间可精确到毫秒。有的还有内置实时时钟。

计数功能: 可进行计数, 高速计数频率可高达几百 kHz。

中断处理功能: 可实现各种内外中断, 以提高对输入的响应速度与精度。

程序与数据存储功能: 可存储系统设定、程序及数据, 并可保证这些数据在掉电时不丢失。

此外, 还有连网通信、自检测、自诊断等功能。

丰富的功能为 PLC 的广泛应用提供了可能, 同时也为工业系统的自动化、远程化、信息化及智能化创造了条件。

2. 使用方便

用 PLC 实现对系统的控制是非常方便的。这是因为:

首先 PLC 控制逻辑的建立是程序, 用程序代替硬件接线。编程序比接线, 更改程序比更改接线, 当然要方便得多。

其次 PLC 的硬件是高度集成化的, 已集成为各种小型化的箱体或模块。而且, 这些箱体或模块是配套的, 已实现了系列化与规格化。PLC 厂家多有现货供应。

正因如此, 用可编程序控制器才有这个“可”字。对软件讲, 它的程序可编, 也有办法编; 对硬件讲, 它的配置可变, 而且也易于改变。

具体地讲, PLC 有五个方面的方便:

(1) 配置方便。可按控制系统的需要确定要使用哪个公司的、哪种类型的 PLC, 以及用什么箱体或模块, 要多少箱体或模块。

(2) 安装方便。PLC 硬件安装简单, 组装容易。外部接线有接线器, 接线简单, 而且一次接好后, 更换模块时, 把接线器安装到新模块上即可, 可不必再接线。内部什么线都不要接, 只要做些必要的 DIP 开关设定或软件设定就可工作。

(3) 编程方便。可用编程软件编程。和利时 PLC 还有计算机仿真软件, 为程序设计也提供了很大的方便。程序也便于存储、移植及再使用。定型产品用的 PLC 的程序完善之后, 凡这种产品都可使用。这比起继电器电路台台设备都要接线、调试, 要省事及简单得多。

由于有以上三个方面的方便, PLC 控制系统的开发过程比过去用继电器要快得多。

(4) 维修方便。这是因为:

① PLC 工作可靠, 出现故障的情况不多, 这大大减轻了维修的工作量。这在讲述 PLC 的可靠特点时, 还将进一步介绍。

② 即使 PLC 出现故障, 维修也很方便。这是因为 PLC 都设有很多故障提示信号。而且, PLC 可作故障情况记录。所以, PLC 出了故障, 很易查找与诊断。同时, 诊断出故障后排除

故障也很简单。可按箱体或模块排除故障,进行简单的更换就可以。至于软件,调试好后是不会出现故障的。最多也只是依据使用经验进行调整,使之完善。

(5) 改用方便。PLC 用于某设备,若这个设备不再使用了,其所用的 PLC 还可给别的设备使用,只要改编一下程序,就可办到。如果原设备与新设备差别较大,它的一些箱体或模块也还可重用。

3. 工作可靠

用 PLC 实现对系统的控制是非常可靠的,这是因为 PLC 在硬件与软件两个方面都采取了很多非常有效的根本性措施。

(1) 硬件方面。对输入信号多作了滤波,而且输入输出电路与内部 CPU 是电隔离。其信息靠光耦器件或电磁器件传递。同时, CPU 板还具有抗电磁干扰的屏蔽措施,可确保 PLC 程序的运行不受外界的电与磁干扰。

有很多这样的实例,原来是用计算机的采集卡采集数据,由于干扰大而无法正常工作,而改换用 PLC 后,则立即可正常工作。

PLC 使用的元器件多为无触点的,而且为高度集成的,数量并不太多,也为其可靠工作提供了物质基础。所用的元器件都经严格检测与筛选,质量是有可靠保证的。其输出用的继电器虽为触点的,但它的触点是在密封的真空条件下,故其寿命也可达几十万次。

在机械结构设计与制造工艺上,为使 PLC 能安全可靠地工作,也采取了很多措施,可确保 PLC 耐振动、耐冲击。使用环境温度可高达 50℃ 多,有的 PLC 可高达 100℃。有的在低到零下 40℃ 或 50℃ 情况下,还可以正常工作。

有的 PLC 的模块可热备份,一个模块工作,另一个模块也运转,但不参与控制,仅作备份。一旦工作模块出现故障,热备份的可自动接替其工作。

还有更进一步冗余的,采用三取一的设计, CPU、I/O 模块、电源模块都冗余或其中的部分冗余。三套同时工作,最终输出取决于三者中的多数决定的结果。这可使系统出故障的机率几乎为零,能做到万无一失。当然,这样的系统成本是很高的,只用于特别重要的场合,如铁路车站的道叉控制系统。

(2) 软件方面。PLC 的工作方式一般为扫描加中断,这既可保证它能有序地工作,其控制总是确定的;而且又能应急处理急于处理的控制,保证了 PLC 对应急情况的及时响应,使 PLC 能可靠地工作。

为监控 PLC 运行程序是否正常, PLC 系统都设置了“看门狗”(Watching dog) 监控程序。运行用户程序开始时,先清“看门狗”定时器,并开始计时。当用户程序一个循环运行完了,则查看定时器的计时值。若超时(可设定,一般不超过 100ms),则报警。严重超时,还可使 PLC 停止工作。用户可依据报警信号采取相应的应急措施。若定时器的计时值不超时,则重复起始的过程, PLC 将正常工作。显然,有了这个“看门狗”监控程序,可保证 PLC 用户程序的正常运行,避免出现“死循环”而影响其工作的可靠性。

PLC 还有很多防止及检测故障的指令,以产生各重要模块工作正常与否的提示信号。可通过编制相应的用户程序,对 PLC 的工作状况,以及 PLC 所控制的系统进行监控,以确保其可靠工作。

PLC 每次上电后,还都要运行自检程序及对系统进行初始化。这是系统程序(操作系统)配置的,用户可不干预。出现故障时有相应的出错信号提示。

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 具有可靠工作的特

点。它的平均无故障时间可达几万小时以上；出了故障平均修复时间也很短，几小时甚至于几分钟即可。

曾经有人做过为什么要使用 PLC 的问卷调查。在回答中，多数用户都把 PLC 工作可靠作为选用它的主要原因，即把 PLC 能可靠工作作为它的首选指标。

多年使用 PLC 的经验也说明，PLC 工作是非常可靠的。正使用的 PLC 往往不是由于用坏而被淘汰，而往往是由于 PLC 技术发展太快，由于技术落后而被淘汰。

LECG3 系列 PLC 之所以能在竞争激烈的市场上立住脚跟，获得较大的发展，与其良好的可靠性是分不开的。其可靠性主要表现在以下方面：

(1) 在 PLC 的运行和存储环境上，LECG3 系列 PLC 的运行环境为 $0\sim 55^{\circ}\text{C}$ ，达到了目前市场上主流 PLC 的上限。存储温度为 $-40\sim 70^{\circ}\text{C}$ ，远远大于目前国际流行的最低 -20°C 的标准。宽温度的存储和运行条件为 LECG3 系列 PLC 在特殊环境下应用提供了保障。

(2) 在电源容忍性方面，LECG3 系列 PLC 的电源波动允许范围为上下 15%，为在一些供电不稳的场合下工作提供了方便。在电压暂降和中断的允许度方面，LECG3 系列 PLC 的电源中断允许时间为 10ms，符合 IEC61000 的标准。

(3) 在电磁兼容性方面，LECG3 系列 PLC 可以容纳高达 2kV 的快速瞬变脉冲群的干扰，符合 IEC61000 的标准。在防浪涌冲击方面，能够防止线对线 1kV、线对地 2kV 的浪涌干扰。这些特性保证了 LECG3 系列 PLC 足以应用于几乎所有电磁干扰十分强烈的场合。

(4) 在模块本身可靠性方面，模块具有良好的通风性能，保护 PLC 能在正常温度范围内工作。交流输出线圈和触点间可以忍受高达 3000V、50Hz 交流电压，持续时间一分钟以内，很好地保护了 PLC 内部电路的正常工作；触点间或触点与线圈间的隔离电阻在 500V DC 时高达 100M Ω 。

(5) 在机械特性方面，机械防护等级为 IP20，可以承受高达 15 倍重力加速度的冲击，优越的抗冲击性能满足一些特殊行业的要求。

4. 经济合算

高新技术的使用必将带来巨大的社会效益与经济效益，这是“科技是第一生产力”的体现，也是高新技术生命力之所在。PLC 也是如此。

尽管使用 PLC 比起继电器，首次投资要大些，但从全面及长远看，使用 PLC 还是经济的。这是因为：使用 PLC 的投资虽大，但它的体积小、所占空间小，辅助设施的投入少；使用时省电，运行费少；工作可靠，停工损失少；维修简单，维修费少；还可再次使用以及能带来附加价值等，从中可得更大的回报。所以，在多数情况下，它的效益是可观的。使用 PLC 的效益计算见下式：

式中 V ——使用 PLC 可能带来的效益；

C ——使用 PLC 所能带来种种产出；

T ——使用 PLC 所需增加的投入。

这里的 T 由两项组成，即

$$T = T_1 + T_2$$

式中 T_1 ——使用 PLC 时一次性多投入的资金（注意这里的多字，它突出了相对数）；

T_2 ——多投入资金的占用费。

T_2 可由下式计算：

$$T_2 = T_1 \cdot k \cdot n$$

式中 T_1 ——含义同上；

k ——占用资金的年利率；

n ——PLC 使用寿命，以年为单位。

而 C 可由下式计算：

$$C = C_1 + C_2 + C_3 + C_4 + C_5 + C_6$$

式中 C_1 ——使用 PLC 后控制系统安装费的节省（包括材料费、占地费及工时的节省）；

C_2 ——使用 PLC 后维修费的节省（包括备件费及维修工时的节省）；

C_3 ——使用 PLC 后运行费的节省；

C_4 ——使用 PLC 后系统停工损失的减少（由停工工时的减少与单位时间系统所能创造效益的乘积确定）；

C_5 ——使用 PLC 后所能带来的附加值；

C_6 ——PLC 到寿命后可回收的残值。

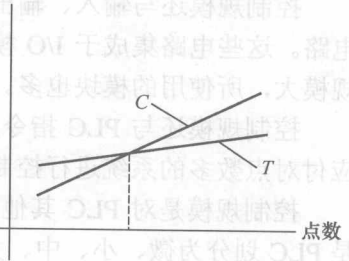
显然，经计算或估算后，若 V 为正值，则使用 PLC 是合算的。

V 为正值的关键在于 C_4 、 C_5 。特别是随着控制系统的复杂程度的增加，使用 PLC 不仅出于方便与可靠的需要，而且带来的经济效益也是明显的。

图 0-3 为 T 与 C 随系统复杂程度（以控制点数计）变化的情况。由图可知，在相当的控制点数之后，由于 C 增加要比 T 增加快得多，所以 V 输出将出现正值。

使用 PLC 与使用其他高新控制系统在经济效益上也具有优势。有人做过分析，一个相当规模控制系统，同样用 GE FANUC 的产品，一个为 PLC，一个为 DCS（集散控制系统），前者可比后者节省三分之一的投入。

图 0-3 T 、 C 与控制点数关系图



总之，PLC 除了功能丰富，还具有使用方便、工作可靠及经济合算的特点，使得它非常有用、好用、耐用和省用，有无限的发展生命力和非常广阔的应用前景。短短 30 多年，它从诞生、生长、成熟及不断完善与一代又一代的发展，已成为工业自动化的支柱产品，并发展成为强大的高科技产业。可以这么说，在当代，一个工业控制系统，或较先进的工业产品，其控制装置若不使用 PLC，那是不可想象的。

三、PLC 性能

PLC 性能指标有两种：一般指标与特定指标。

一般指标规定一些 PLC 的使用条件。如 PLC 保存与使用的温度、湿度，耐电压及绝缘指标，抗干扰指标，抗机械振动、冲击指标，等等。

特定指标规定一些具体型号 PLC 的具体性能。如某型 CPU 模块，则要指出它的工作方式，指令条数、类型，执行一条指令的时间，可处理的输入、输出点数，内部器件的类型、数量，工作电源类型、电压允许的波动范围，等等。

从共性的角度，可它归纳为以下 10 个方面。

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,厂家在开发 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。

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。

控制规模与速度有关。因为规模大了,用户程序也长,执行指令的速度不快,势必延长 PLC 循环的时间,也必然会延长 PLC 对输入信号的响应。为了避免这个情况,PLC 的工作速度就要快。所以,大型 PLC 的工作速度总是比小的要快。

控制规模还与内存区的大小有关。规模大,用户程序长,要求有更大的用户存储区。同时点数多,系统的存储器输入、输出的信号区(输入、输出继电器区或称输入、输出映射区)也大。这个区大,相应的内部器件也要增多,这些都要要求有更大的系统存储区。

控制规模还与输入、输出电路数量有关。如控制规模为 1024 点,那就得有 1024 条 I/O 电路。这些电路集成于 I/O 模块中,而每个模块有多少路的 I/O 点,总是有数量的。所以,规模大,所使用的模块也多。

控制规模还与 PLC 指令系统有关。规模大的 PLC 指令条数多,指令的功能也强,才能应付对点数多的系统进行控制的需要。

控制规模是对 PLC 其他性能指标起着制约作用的指标,是高低档 PLC 区别之所在,也是 PLC 划分为微、小、中、大和超大型机的唯一依据。

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。在此,不妨把 PLC 的组成模块当作所有 PLC 的结构性能。因此,这个性能含义是指某型号 PLC 具有多少种模块,各种模块都有什么规格,并各具什么特点。

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。

早期 PLC 模块的种类不太多,仅有开关量、模拟量输入、输出模块,高速计数模块等,现在则增多了很多,如温度模块、流量模块、模糊控制模块、PID 控制模块、回路控制器、称重模块、凸轮模块、遥感模块、定位模块、运动模块……。可处理相应的模拟量、脉冲量等。

此外,还出现了具有很强的信息处理能力的智能单元,如 ASCII 单元、BASIC 单元,以及计算机单元、硬盘单元、软驱单元等等。

不仅类型增多,性能也在提高。如同样功能的模块,有的还带电隔离的,以提高抗干扰能力;有的还可实现故障自诊断,提高工作的可靠性;还有的可实现智能化,不是靠 CPU I/O 刷新,而是自身的 CPU,主动与内存交换数据等等。

一般来讲,所有知名品牌的 PLC,组成模块的类型、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。这也是知名品牌 PLC