

可编程序控制器(PC) 编程、应用和维修

杨士元 李美莺
栾永恒 葛孚明

清华大学出版社

(京)新登字 158 号

内 容 简 介

本书在概述了可编程控制器(PC)的发展概况和应用范围的基础上,以深入浅出的方式叙述了PC的基本原理和各功能模块的功能。系统地描述了PC的编程方法和若干编程技巧,结合应用实例,阐述了PC在工业控制中应用的设计方法。最后还详细地介绍了PC的日常维护和修理技巧,以及用于数字系统故障诊断的仪器和设备的基本原理和使用方法。

本书可作为大专以上的高等院校中学生学习可编程控制器技术的教材和技术人员的培训用书,是有关科技人员必备参考书。

版权所有,翻印必究。本书封面贴有清华大学出版社激光防伪标签,无标签者不得销售。

图书在版编目(CIP)数据

可编程序控制器(PC)编程、应用和维修/杨士元等著。—北京:清华大学出版社,1994
ISBN 7-302-01690-9

I. 可… II. 杨… III. 可编程序控制器-概论 IV. TP332.3

中国版本图书馆 CIP 数据核字(94)第 13937 号

出版者:清华大学出版社(北京清华大学校内,邮编 100084)

印刷者:北京密云胶印厂印刷

发行者:新华书店总店北京科技发行所

开 本:787×1092 1/16 印张:15.5 字数:365 千字

版 次:1995 年 2 月第 1 版 1995 年 2 月第 1 次印刷

书 号:ISBN 7-302-01690-9/TP·734

印 数:0001—8000

定 价:14.00 元

序

“科技是生产力”，我厂在生产线上普遍成功地应用可编程控制器，并取得了显著的经济效益和很好的社会效益，充分证实了这一论点的正确性。

清华大学的教师和我厂的技术人员在共同总结了我厂应用可编程控制器的经验的基础上，合作编写成此书，这是厂校联合结出的丰硕的科技成果，谨在此表示祝贺！

褚时健

一九九四年六月

注：褚时健高级经济师系云南玉溪卷烟厂厂长，全国劳动模范。

前 言

可编程控制器(简称 PC)因其具有工作极为可靠、编程十分简单、使用非常方便、设计和调试周期很短等优点,所以在工业过程控制中得到广泛的使用。尤其是在我国目前需对一大批原有设备加以改造,选用 PC 作为改造的主体方案是非常明智的。不少企业已因此取得了明显的社会效益和很大的经济效益。

在一次偶然的的机会,本人有幸到玉溪卷烟厂参观和联系工作。该厂生产的《红塔山》名牌香烟,不仅因其质量上乘而饮誉全国,而且产量在全国也居首位。1993 年该厂上缴国家的利税达 75 亿元之巨,人均上缴国家利税高达 2,000,000 元,也居全国之首。在与该厂领导座谈的时候,本人问起该厂在烟草行业异军突起的原因和经验时,得到的答案有两条:一是有严格的生产制度和人事管理制度,二是生产设备的先进性(具有国际上 80 年代水平)。在谈到设备改造时,无论是总工程师还是车间的技术人员,一致盛赞可编程控制器的优点和因此而取得的效益。在车间参观时,我也确实看到,控制飞速运转的生产线和各台单机运行的 PC 没有一台因故障而待修或停机。对该厂使用 PC 有如此之高的兴趣和应用水平,是我始料不及的,也是我所到厂中应用得最成功的。由此我萌生了希望能总结一下该厂使用 PC 的经验的念头。当我将此想法与该厂领导交换意见时,立即得到了厂长和总工程师的赞同和支持。我也迅即行动,两天之后,由清华大学自动化系与玉溪卷烟厂合作编写本书的协议已经盖上了鲜红的大印章。

编写本书的过程使我们体会到,要写好一本对指导实际应用有价值的书,厂校结合是一种最佳的形式。学校可发挥对 PC 系统的原理及电路分析等方面的优势,厂方具有丰富的实践经验和应用技巧,互相取长补短、共同提高。我们相信,无论是对在校学习的学生,还是从事多年实际工作的技术人员,都会从本书中获得裨益。我们也衷心希望有幸读到本书的读者对我们的初次尝试提出宝贵的意见。

全书共分 5 章,第 1 章概述了可编程控制器在国内外的的发展情况,介绍它的应用范畴;第 2 章阐述了 PC 的硬件结构,分析了它的各种基本模块的组成和功能;第 3 章详细叙述 PC 用梯形图方式编制程序的特点和方法,并对有关指令作了细致的说明;第 4 章结合卷烟行业应用 PC 的实例,详尽地介绍 PC 控制系统的设计方法,并列出了实用程序清单(包括程序说明,工作时序及流程),对从事实际工作的读者具有一定的参考价值;第 5 章讲述了 PC 系统的维护、保养和修理方法,其中不仅介绍了有关的测试理论,同时也介绍了有关仪器设备的机理和使用方法。这些在一般著作中不多见的的内容对于其它数字或模拟型的系统也是适用的。其中第 1,2 和 5 共 3 章由我编写,第 3 章由清华大学的副教授李美莺编写,第 4 章由玉溪卷烟厂的高级工程师葛孚明和工程师栾永恒合写。全书由我作审校,由李美莺副教授协助整稿。

在编写本书的过程中,自始至终得到玉溪卷烟厂领导的热情关怀和支持,尤其是厂副总工程师董建华和设备科科长刘德明为我们提供了各种方便,做了大量细致的组织工作,使本书能得以如期完成,在此表示我们衷心的感谢。更荣幸的是,厂长褚时健欣然命笔,为本书撰写了序,使本书增色添辉,在此也表示我们深深的谢意。

杨士元

清华大学自动化系

目 录

第 1 章 绪论	(1)
1.1 PC 的发展概况	(1)
1.1.1 PC 的由来与发展	(1)
1.1.2 PC 在我国的应用和研究	(3)
1.2 PC 的特点和主要功能	(5)
1.2.1 PC 的主要特点	(5)
1.2.2 PC 的主要功能与应用场合	(8)
1.3 PC 与微型计算机的关系	(9)
1.4 关于本书的内容和使用	(10)
第 2 章 PC 的结构和配置及工作原理	(12)
2.1 PC 的基本结构和组成	(12)
2.2 PC 的工作过程	(16)
2.3 中央处理模板	(19)
2.4 数字量输入模板	(22)
2.5 数字量输出模板	(24)
2.6 模拟量输入模板	(27)
2.7 模拟量输出模板	(31)
2.8 数据通信模板	(34)
2.9 高速计数模板	(39)
2.10 闭环控制模板	(41)
2.11 编程器	(44)
第 3 章 PC 机的指令系统及编程方法	(46)
3.1 PC 机常用的编程语言	(46)
3.1.1 梯形图语言	(46)
3.1.2 助记符语言编程特点	(47)
3.1.3 编程注意事项	(47)
3.2 三菱 PC 机的基本指令及编程方法	(48)
3.2.1 F ₁ 系列 PC 简介	(48)
3.2.2 F ₁ 系列 PC 的基本指令及编程方法	(53)
3.3 三菱 F ₁ 系列 PC 机的功能指令及编程方法	(76)
3.3.1 功能指令概述	(76)
3.3.2 功能指令介绍及编程方法	(77)
3.4 编程举例	(121)
3.4.1 用计数器实现定时功能	(121)

3.4.2	占空比可调的脉冲信号发生器	(122)
3.4.3	顺序脉冲发生器	(122)
3.4.4	分频器	(123)
3.4.5	小车运行控制	(124)
3.4.6	机械手自动操作控制	(126)
3.4.7	交通道口信号灯管理	(127)
3.4.8	功能指令编程示例	(133)
3.4.9	定位控制	(136)
第4章	PC 在工业控制中应用的实例介绍	(140)
4.1	PC 控制系统设计的基本原则和步骤	(140)
4.2	PC 在卷烟厂切丝机上的应用	(141)
4.2.1	应用“三菱”FX ₂ 系列 PC 改造 KTC 切丝机	(141)
4.2.2	应用“SIEMENS”PC 系列 S ₅ -95UB 改造 KTC 切丝机	(148)
4.3	“富士”PC 机在卷烟机上的应用	(152)
4.3.1	MK9-5 卷烟机组的基本结构	(153)
4.3.2	MK9-5 卷接机组控制系统的改造方案	(159)
4.3.3	软件流程及说明	(161)
4.4	PC 在 TURBOVAC 真空回潮机上的应用	(178)
第5章	PC 的维护与修理	(186)
5.1	PC 系统的试运行	(186)
5.2	PC 系统的维护和保养	(187)
5.3	PC 系统的模块级故障诊断	(189)
5.3.1	PC 系统的自诊断能力	(189)
5.3.2	模块级故障诊断步骤	(190)
5.4	PC 系统的维修和测试	(199)
5.4.1	维修前的准备工作	(199)
5.4.2	系统维修的一般步骤	(201)
5.5	短路故障的测试	(207)
5.5.1	短路测试的基本原理	(207)
5.5.2	“创能”CB2000 短路追踪仪介绍	(208)
5.5.3	短路故障点的定位	(212)
5.6	器件故障诊断与测试	(216)
5.6.1	电子元器件的测试原理	(216)
5.6.2	路内测试(In-Circuits Test)技术	(222)
5.6.3	“创能”BW4040 电路维修仪介绍	(222)
	参考文献	(236)
	附录 MK9-5 PC 外部接线及 I/O 分配	(237)

第 1 章 绪 论

1.1 PC 的发展概况

1.1.1 PC 的由来与发展

自本世纪 60 年代以来,可编程控制器(简称 PC——Programmable Controller)由于使用方便,可靠性极高,价格适中,在近 30 多年来得到了迅猛的发展,至今已成为工业生产自动化三大技术支柱(机器人技术、CAD/CAM 技术和 PC 技术)之一。

世界上第一台可编程控制器是在 1968 年由美国通用汽车公司(GE 公司)首先提出的,并于 1969 年委托美国数字设备公司(NEC 公司)研制成功。当时 GE 公司为适应世界上汽车型号不断更新的形势,以求在激烈竞争的汽车工业中取得优势,设想试制一种尽可能减少因汽车型号改变而需重新设计的汽车装配线上各种控制继电器线路的方法,以期减少生产成本和缩短新产品的开发周期。为此在国内提出 10 项招标指标:

- ① 用户编程方法简单易行,并在现场调试时可以很方便地修改程序;
 - ② 系统(装置)应是由插件或模块拼接而成的,以使用户维护和修理;
 - ③ 装置的可靠性应明显高于原继电器控制柜的可靠性;
 - ④ 装置的体积应显著地小于原继电器控制柜的体积;
 - ⑤ 装置的生产成本应与原继电器控制柜有较强的竞争能力,即它的性能价格比应高于原继电器控制柜;
 - ⑥ 可将数据直接输入到装置中的管理计算机中,以使用户操作;
 - ⑦ 输入的开关量信号应可以是高于交流 115V 的电压信号;
 - ⑧ 输出的驱动信号应具有交流 115V、2A 以上的容量,即可以直接驱动电磁阀等执行机构;
 - ⑨ 具有灵活的扩展能力,以便在制造新型汽车或改进制造工艺和流程时,不需对原装置的硬件作很大的改动;
 - ⑩ 用户程序的容量至少应在 4K 以上,这是根据当时汽车装配过程的要求提出来的。
- 这 10 项指标至今仍是可编程控制器的基本要求。

最后由美国 DEC 公司中标,并于 1969 年完成了该装置的研制,世界上第一台 PC 也由此而诞生。该装置安装在 GE 公司的汽车装配线上,使 GE 公司的汽车生产过程得到了很大的改善,并取得了明显的经济效益,因此立即引起世界各国的注意。日本首先向美国引进该项先进技术,并在 1971 年研制成日本第一台可编程控制器 DSC-8。随后西欧各国也开始开展这方面的研究,西德和法国在 1973 年~1974 年相继研制出自己的第一台可编程控制器。

70 年代中期以前,是可编程控制器的初创时期,它完成的主要功能仅限于逻辑运算、定时和计数等,其中 CPU(Central Process Unit)是采用中小规模的数字集成电路组成

的,存储器用的是磁芯存储器。因此这个时期的PC常称为可编程逻辑控制器(简称PLC——Programmable Logic Controller),其中典型产品有美国MODICON公司的084, DE公司的PDP-14和PDP-14/P和ALLEN-BRA-DLEY公司的PDQ-Ⅱ;日本富士机电公司的USC-4000,立石电机公司的SCY-022,北辰电机公司的HOSC-20和横河电机公司的YODIC'S等。

随着微型计算机的崛起和迅速发展,8位单片CPU和集成存储器芯片的出现,可编程控制器也得到迅速发展和完善,并逐渐趋向系列化和实用化。在工业生产过程控制中得到了普遍的应用。到70年代末,PC除完成逻辑运算、计数和定时功能外,又增加了数值计算、数据的传送和比较、模拟量处理等功能,因此基本上已可替代原来的模拟控制和小型机控制的DDC控制系统。可编程控制器的名称也由PLC正式改名为PC,但是当时的可编程控制器的规模比较小。这个时期的典型产品有美国MODICON公司的184、284和384,GE公司的LOGISTROT;西德STEMENS公司的SYMATIC S₃系列和S₄系列;日本富士电机公司的SC系列等。

从70年代末期到80年代中期,微型计算机行业已出现了16位CPU,MCS-51系列的单片机也由Intel公司推出,使PC也开始朝着大规模、高速度和高性能方向发展,PC的生产量在国际上每年以30%的递增量迅速增长。PC所能完成的功能又增加了浮点运算、平方、开方和三角函数运算、脉宽调制控制等,并已初步形成了分布式可编程控制器的网络系统,具有了远程I/O处理能力,编程语言已经比较规范化和标准化。此外容错技术已较普遍地应用于PC之中,使PC系统的可靠性得到了进一步的提高。这个时期的典型产品有:美国GOULD公司的M84,484,584,684和884;西德SIEMENS公司的SYMATIC S₆系列;美国TI公司的PM550,TI510,520和530;日本三菱公司的MELPLAC-50和550;日本富士电机公司的MICREX等。

从80年代后期开始,可编程控制器的规模更大,存储器的容量又提高了一个数量级(最高已达896K),有的PC已经采用32位微处理器(如NS16032)。多台PC可与大系统一起联成整体的分布式系统,在软件方面有的已与通用计算机系统兼容,增加了高级语言(如BASIC),有的行业已开发了专用的语言(如专用于机床控制的数控语言等)。在人机接口方面,采用了显示信息更多更直观的CRT,完全替代了原来的仪表盘,使用户的操作更为方便。这个时期PC发展的迅猛势头始终未减,据统计,平均每5年国际上各公司都要更新自己的一代产品。国际上专业生产PC的著名厂家目前已达65家,其中典型产品有:美国GOULD公司的A5900,MODULAR SYSTEMS RESEARCH公司的IAC系列等。

目前,可编程控制器正朝着两个不同的方向进一步发展:

一个方向是向简易、廉价和超小型发展,以占领小型、分散和简单功能的工业控制市场,同时也便于适应机电一体化的要求。因为机电一体化的核心问题是控制系统的微型化,因此首先要研究PC中所用器件的微型化。例如现在美国和日本正在研制或已研制成功的光控可控硅器件,MOS双基极管,逻辑—高压一体化的SMART POWER器件等。

另一个方向是向大型化、高速度、多功能和分散型、多层次的全自动化网络方向发展。这种系统不仅具有逻辑运算、计数、定时、数值计算、模拟量控制、监控、记录、显示和与计

算机接口并作数据传送等一般功能,同时还具有中断控制,智能控制,过程控制和远程控制等高级功能,此外 I/O 的点数进一步扩大,最多已达 32000 点;处理数据的速度进一步提高,最高的扫描速度已达 1ms/1K;PC 的通讯协议进一步规范化,由美国 GE 公司在 1982 年提出的制造自动化通讯协议(MAP-Manufacturing Automation Protocol)已得到包括美国一些 PC 的主要制造厂商(如 IBM 公司、DEC 公司、HP 公司和 MOTOROLA 公司)在内的世界各大公司的认可和使用,成为世界上比较通用的协议,为实现各种异种机的联络通信,为建立全自动化工厂生产系统提供了良好的基础。

1.1.2 PC 在我国的应用和研究

我国对可编程控制器的研究和应用始于 70 年代中期。在 1974 年我国首先仿制美国生产的第二代 PC,由于水平不高及器件的原因,未能推广应用。1977 年我国又采用了美国 MOTOROLA 公司的一位机 MC14500 集成芯片,研制成了我国第一台具有实用价值的可编程控制器,不仅有了批量的产品,而且开始应用于工业生产控制。在以后的几年里,我国仍以消化吸收和二次开发国外产品为主,同时也积极引进国外的 PC 生产线,建立一些合资企业,并开发我国自己的产品。如 1982 年天津自动化仪表厂与美国哥德公司签订了散件组装 PC 的协议;1986 年辽宁无线电二厂从德国 SIEMENS 公司引进了生产 S5-101U 和 S5-115U 系列可编程控制器的生产线;1988 年厦门经济特区的建设与开发公司、冶金部自动化所等与美国 AB 公司在厦门建立了生产 PC 的合资企业等。但由于受国内技术与设备的限制,仍以生产小型可编程控制器为主。最近由于受到国外新产品的强烈冲击,对国产 PC 的生产构成很大的威胁。因此我国研制新一代的 PC 是科技人员面临的急迫课题。

在 PC 的应用方面,我国已有不少单位取得良好的效果,据不完全统计,这些单位有:

① 水电部自动化研究所 该所用 GE 公司的 GE-VI 系列的 PC,研制成了 WDK-2 型单元自动化装置,该装置在监视长江葛洲坝的安全,尤其是对葛洲坝大江电厂的机组作 PID 参数调节控制,取得了满意的效果。

② 上海宝山钢铁总厂 该厂在第一期工程中已引进各类 PC 达 250 多台,主要用于传输带控制等方面,运行 10 年之久,一直正常运行,因此在第二期工程中又使用 PC 达 100 余台。

③ 首都钢铁公司 该公司于 1983 年在 4 号高炉上用一台 PC 实现了上料、加料和配料等 10 个系统的控制,使高炉的利用率在全国居首位。

④ 南京第二机床厂 该厂利用 PC 开发了全功能的 YWA4232 型剃齿机,明显提高了工厂的经济效益。现在该厂已将 PC 作为新产品开发,老产品更新的重要手段。

⑤ 云南玉溪卷烟厂 该厂在卷烟生产的全过程中,使用了大量的各种型号的 PC,使全厂生产的自动化程度大大提高,设备的利用率和完好率明显提高,并取得了显著的经济效益。

上面这些单位仅是我国成功地应用 PC 于工业生产的大型企业中的一部分,随着 PC 的普遍应用,我国已有很多中小型企业 PC 的应用方面都取得了很多成功的经验。

为了便于读者了解我国的 PC 市场,在表 1.1.1 中列出了一些国内目前已引进和经

销的 PC 一览表,在表 1.1.2 中列出了我国主要的 PC 生产厂家。

表 1.1.1 国内引进和经销的 PC 一览表

序号	型 号	生 产 公 司	引进或经销单位
1	M84	美国哥德公司	天津自动化仪表总厂
2	GE-1,Ⅲ,Ⅳ	美国通用电气公司	天津电器厂 上海电器科研所 天津电气传动设计所
3	PC-700,900,1100	美国西屋电气公司	上海调节器厂
4	5TI, TI100 510, PM550	美国德州仪器公司	中山大学 中国电子技术进出口公司广州分公司
5	SLC-100 PLC-2,3	美国 AB 公司	大连组合机床研究所
6	S5-101U S5-115U	德国西门子公司	上海起重电器厂 江西机床电器厂 辽宁无线电二厂
7	F,F ₁ ,F ₂ ,K,A	日本三菱电机公司	上海工业自动化仪表所 云南国防机电控制工程部 上海起重电器厂
8	C-20,500	日本立石电机公司	北京中科院计算中心 上海电气自动化所 上海实用机电科研公司
9	EX	日本东芝公司	大连计算机应用技术研究
10	E,H	日本日立公司	上海国际程序控制公司
11	UT,F30,50	日本富士公司	广州南洋电器厂
12	TNC-810	香港鹰达有限公司	上海电器技术研究所
13	TDC	美国霍尼韦尔公司	四川仪表公司

表 1.1.2 国内主要的 PC 生产厂

序号	型 号	生 产 单 位
1	SR-10,100,20/21,SG-8	无锡华光电子工业有限公司
2	ACM-S80,S256	上海香岛机电制造有限公司
3	SLC-100,PLC	厦门 A-B 有限公司
4	MPC-10,20	北京机械工业自动化所
5	ZHS-PC 01,02	大连组合机床研究所
6	CF-40MR,SPC-2	上海起重电器厂
7	PC-SG	北京首钢电子公司
8	NK-40	广州南洋电器厂
9	BCM-PIC	北京椿树电子仪表厂

续表

序号	型 号	生 产 单 位
10	PC-10	上海电器技术研究所
11	PC-80	陕西骊山公司
12	TCM-40	上海大华仪表厂
13	KC-1	广西大学
14	PC-700	上海调节器厂
15	MZB-256	上海自力电子设备厂
16	DTK-S-84	天津自动化仪表厂
17	TS-300,400	上海工业自动化仪表所

1.2 PC 的特点和主要功能

可编程控制器之所以能得到迅速发展,并在工业生产中得到广泛的应用,是由于它具有通用计算机所不及的各种显著的特点和很强的控制能力。

1.2.1 PC 的主要特点

PC 的设计思想是尽可能利用当前先进的计算机技术去满足工业生产用户的实际需要,因此它具有下述各种对用户至关重要的特点:

一、极高的可靠性

由于工业生产的环境条件远比通用计算机所处的环境(如计算机机房和办公室等)差,因此要求 PC 具有很强的抗干扰能力,并且应能在比较恶劣的运行环境中(如高温、过电压、强电磁干扰和高湿度等)长期可靠地运行。据美国 Frost & Sullzian 商业情报公司于 1982 年对美国石油化工、冶金、食品、制药、玻璃和机械制造等行业的 400 多个工厂企业的调查报告(见表 1.2.1)表明,绝大多数用户选用 PC 作控制器的原因是要求它有很高的可靠性,其次才是控制器的性能和维护方便等因素,而价格问题仅是第 12 位。

表 1.2.1 选用 PC 作控制器的调查统计

选 用 依 据	名 次	厂 家 数
可靠性	1	93 %
性能	2	77 %
维护	3	69 %
恶劣环境下可运行	4	53 %
使用方便	5	51 %
使用效果	6	47 %
编程方便	7	45 %
与原设备的兼容性	8	44 %
修改与扩充能力	9	38 %
诊断能力	10	35 %

续表

选用依据	名次	厂家数
接口容量的实用性	11	31%
价 格	12	28%
特殊功能	13	18%
联网能力	14	15%
运算速度	15	5%

在 PC 的设计过程中,提高可靠性的基本思想是:对可自动恢复的故障(即 PC 硬件没有故障),应使 PC 不受恶劣环境影响或使影响减少到尽可能小的范围内,而在外界恶劣条件(干扰)消失之后,又可自动恢复工作,以提高 PC 的平均无故障时间 MTBF (Mean Time Between Failue)。当 PC 产生自身的硬件故障(不可自动恢复)时,应能迅速定位故障区域,并使故障的影响限制在尽可能小的范围内,以利降低平均修理时间 MTTR (Mean Time to Repair)。

一般说来,为了提高 PC 的可靠性,可以从硬件和软件两个方面同时采取必要的措施来实现。目前在 PC 的硬件方面主要采取下述措施:

1. 屏蔽 屏蔽有两类,一类是如对变压器采取磁场和电场的双重屏蔽,此时要用既导磁又导电的材料作屏蔽层;另一类是如对 CPU 和编程器等模块只作电磁场的屏蔽,此时可用导电的金属材料作屏蔽层。

2. 滤波 在 PC 系统的 I/O 接口处,常会引入现场或空间的高频干扰信号,因此在 PC 的 I/O 模板上多采用 π 型 LC 滤波器,它不仅可滤去源自外界的高频干扰,同时也可以削弱各模块之间不必要的信号耦合。

3. 隔离 在 PC 系统中,CPU 与各 I/O 回路之间(主要指数字接口)几乎无一例外都设有光电耦合器作隔离,以防止外界的地线和其它干扰信号影响 CPU 的正常工作,或导致 CPU 损坏。

4. 电源 PC 中的电源,尤其是为 CPU 模板供电的 +5V 主电源,都具有很强的抗电网电压波动和高频扰动的能力,同时还具有过电压、过电流等保护措施,以防止 PC 的损毁可能导致的系统的混乱。

5. 模块式结构 PC 通常采用积木式的模块结构,这样做的目的之一是便于用户检修。同时在一块模板发生故障时,只需拆卸一块故障模板,然后用一块好模板替换它,就可使系统正常工作。同时在各模板上都设有故障检测电路,并用相应的指示器标志它的状态,使用户可迅速确定故障模板的位置。

6. 环境的检测和诊断电路 这部分电路负责对 PC 的运行环境(如电网电压,工作温度、环境的湿度等)作检测,同时也完成对 PC 中各模块的工作状况的监测。这部分电路往往是与软件相配合工作的,以实现故障自动诊断和预报。

7. 联锁功能 PC 中的输出模块都设有“使能”控制端,用以实现各输出通道之间的联锁和互锁作用,防止各被控对象之间误动作可能造成的事故。

8. Watchdog 电路 PC 中的 Watchdog 电路是专门监视 PC 运行进程是否按预定的

顺序进行的,如果 PC 中发生故障,或用户程序区受损,则因 CPU 不能按预定顺序(预定时间间隔)工作而报警。

在软件方面,在 PC 中采取的主要措施有:

1. 与硬件配合,定时对外界的工作环境作状态检测(如电网上掉电,负压或过压,强电磁干扰等),以便在有异常情况下可及时处理。

2. 工作信号的保护 PC 在受到强干扰而导致工作进程混乱甚至停止时,如果 PC 的硬件系统未受损,则在强干扰消失之后,PC 应能自行继续工作。因此 PC 在受到强干扰时,应迅速将当前的工作状况和有关的信息存放到磁性的或由其它电源(如电池)供电的存储器中去,以便在强干扰消失之后,PC 可自动从这种存储器中取出这些信息,从而可继续完成因强干扰中断的工作。

3. PC 是以扫描方式进行工作的,即 PC 对信号的输入、数据的处理和控制信号的输出分别在一个扫描周期的不同时间间隔里以批处理方式进行,因此不仅使用户编程简单、不易出错,而且不易使 PC 的工作受到外界干扰的影响;同时 PC 所处理的数据比较稳定,以减少处理上的错误;此外输入输出的控制比较简单,不容易产生因时序不合适而造成的问题。

由于 PC 在硬件和软件方面采取了上述各项措施,使 PC 的运行可靠性有大幅度的提高,尤其是对工业生产过程中最多见的瞬间强干扰具有很强的抑制和处理能力。如美国 GE 公司生产的 PC 控制模板的 MTBF 可高达 1,000,000 小时,用这种模板构成的具有双套 CPU 和 I/O 的 PC(GE-VI 系列)的 MTBF 可高达 40,000~50,000 小时,比一般控制器提高了一个数量级。

二、用户使用方便

1. 编程方便 PC 的设计是面向工业企业中一般电气工程技术人员的,因此在作 PC 的操作系统和编程语言设计时,充分考虑到他们已有的知识水平和领域以及计算机技术的素质,采用他们比较熟悉和易于接受的类似于继电器电路的梯形图编程方式。这种编程方法不仅具有对控制过程有清晰的直观感的优点,而且编程方法简单易学,不容易出错。尤其重要的是现在的工程技术人员对继电器控制电路已经相当熟悉,因此无论是在生产线的设计,还是原有设备的改造,他们都非常容易使用和推广 PC 的应用,这也是 PC 得以迅速发展和应用的重要原因之一。

采用梯形图编程方式的编程方法所付出的代价有两个方面,一是需要 PC 的设计者编制比较复杂的梯形图解释程序,这从当今计算机技术的发展水平看,对计算机专业人员来说不是一件十分困难的工作;二是由于 PC 在执行指令的过程中需要逐条予以解释,因此降低了程序执行的速度,但由于一般 PC 所控制的对象多数是机电控制设备,这些滞后的时间(μs 或 ms 数量级)是微不足道的,尤其现在 PC 的主频越来越高,这种解释的时间越来越短,这个问题越来越不突出。因此总的说来,付出这些代价是值得的,也是可行的。由此也可以看出,计算机专业人员与电气工程师既应密切配合,又可合理分工,各自发挥自己的特长,为 PC 的迅速发展提供良好的基础和条件。

2. 操作方便 使用方便的另一个方面是:在 PC 上编程时经常只使用数量有限的专用键,操作非常方便,一般编程人员不需要具有专门的计算机知识,只需要经过不长时间

的培训即可掌握编程方法。在 PC 运行过程中,PC 的面板(或显示器)上显示有生产过程中用户感兴趣的各种状态和数据,使操作人员作到心中有数。即使在出现故障甚至事故时,也能及时处理。

3. 维修方便 现在的 PC 一般都或多或少具有一定的故障自诊断能力和 PC 运行过程的监控功能,因此在系统出现故障时,维护人员往往可通过各种异常状态的指示或自诊断结果的显示,比较快地确定故障的位置,以便迅速处理和修复。比如 PC 都具有 I/O 通道的状态指示, RAM 后备电池的状态显示,存储器数据的奇偶检测结果指示,数据通信异常和 PC 中内部电路运行异常等显示。

为了进一步减轻 PC 维护人员的负担,现代的 PC 生产厂家又研制了一批专用于检测和诊断 PC 中故障率最高的外部故障的智能模板,以便维护人员能更迅速地诊断 PC 系统中的故障。例如 GE 公司的 GENIUS I/O 模板就是其中一个典型的产品,利用这块智能模板中的控制器,可以把 30 个以内的 I/O 部件与 PC 中的 CPU 通过串行通信方式连接起来,以便对这些 I/O 口作直接故障检测;与这块智能模板相配套的手持式监控器可按预先确定的地址依次检查对应 I/O 组件的工作状态,因此可以很快地确定它们的故障。随着这类智能模板的不断完善,用户的维护手段不断丰富和加强,维护人员的工作也就越来越方便。

三、易于实现机电一体化

由于微电子工业的迅速发展,集成电路的制造水平不断提高,使 PC 可以设计得非常紧凑,体积很小,抗震防潮和耐热能力增强,可靠性进一步提高,因此就有可能将 PC 安装到每个机械设备的内部,与机械设备有机地融合在一起,真正做到机电一体化。

1.2.2 PC 的主要功能与应用场合

一、开关逻辑控制

早期的 PC 主要用于替代继电器电路完成如顺序、联锁、计时和计数等一类的数字控制,也是现在目前 PC 的最基本的应用。PC 用于开关逻辑控制主要使用 PC 具有的逻辑运算、计数和定时,以及数据的输入和输出功能。例如自动电梯的控制,采矿企业中的皮带运输控制就是开关逻辑控制的典型应用场合。

二、闭环过程控制

中期的 PC 由于具有数值运算的能力和模拟信号量的功能,因此就有可能设计出各种 PID 控制器,所以 PC 可以应用于具有连续量控制的闭环控制系统。随着 PC 规模的扩大,PC 可控制的回路数已从几个增加到几十个甚至几百个,因此它已可以用于复杂的闭环控制系统。例如在锅炉运行控制,自动焊机控制,连轧机中的速度和位置控制等都是闭环过程控制的典型应用场合。

三、机械加工的数控

机械加工是机器制造业中的主要部门,也是 PC 应用得最普遍的领域之一。随着 PC 处理数据的速度不断提高,使数字处理几乎可达到实时化,因此可以将 PC 与 CNC (Computer Number Control) 技术有机地结合起来。此外由于 PC 中的 ROM 不断扩大,使 CNC 的软件不断丰富,用户对机械加工的编程越来越方便。因此 PC 在 CNC 系统

中的应用是非常普遍的。例如日本 FANUC 公司已推出的 System 10, 11 和 12, 日本东芝公司生产的 TOSNUC 600 都是这类应用的典型产品。

四、多级网络系统

由于近期的 PC 都具有通信功能, 因此它们都具有很强的联网能力。此外美国各大公司已就 PC 的通信规范和协议达成了比较一致的共识, 这种协议与通用计算机的通信协议是兼容的, 因此为各个分散的 PC 系统联网络提供了良好的基础, 进而为实现工厂的全自动化网络系统提供了必要的条件。例如美国 GOULD 公司的 MODBUS 工业通信系统, 不仅可实现各个 PC 之间的通信, 而且可以同上级计算机通过光缆或双绞线联网, 并遵守 MAP 协议, 利用这个系统来建立一个自动化工厂的网络系统已经不是一件困难的事情。

五、机器人控制

机器人是工业生产自动线中不可缺少的重要设备, 已成为未来工业生产自动化的三大支柱之一。由于人工视觉等高科技技术逐渐完善, 各种高性能的机器人也相继问世。现在不少机器人制造公司也选用 PC 作为机器人的控制器(控制它的各种机械动作), 使 PC 在机器人制造行业中占有一定的地位。随着 PC 体积的进一步缩小, 功能进一步增强, PC 在机器人中的应用必将更普遍, 成为 PC 的一个主要应用领域。

1.3 PC 与微型计算机的关系

一、PC 的定义

目前对可编程控制器的定义主要有两种, 一种是美国电气制造协会(NEMA)于 1980 年对 PC 下的定义是: “PC 是一种数字式电子装置, 它使用了可编程序的存储器用以存储程序指令, 能完成逻辑运算、计数、定时和算术运算等功能, 用以控制各种机械和生产过程。”另一种是美国国际电工委员会(IEC)于 1982 年(第一版)和 1985 年(修订版)对 PC 下的定义, 其中修订版的定义是: “PC 是一种专为在工业环境下应用而设计的数字运算操作的电子系统, 它采用一种可编程序的存储器, 用来在其内部存储执行逻辑运算、顺序控制、定时、计数和算术运算等操作的指令, 并通过数字式或模拟式的输入和输出, 控制各种类型的机械或生产过程。可编程控制器及其有关设备, 都应按易于与工业控制系统形成一个整体, 并易于扩充其功能的原则设计”。

事实上, 近年来由于 PC 的迅速发展, 它所能完成的功能均已超出上述两个定义所规定的内容, 因此对 PC 定义作进一步的修订已是十分必要的。

二、PC 与微型机的异同

从 PC 的定义可看出, PC 实质上就是一台专为工业生产控制设计的专用计算机, 许多用 PC 控制的系统都可以用微型计算机取而代之, 所以 PC 与微型机有很大的相似性, 它也是伴随着微型机的发展而发展的。随着计算机技术的发展, 许多新的技术很快在 PC 的设计中得到应用, 使 PC 的功能不断丰富和完善。但是, 由于 PC 毕竟是一种专用于工业控制的计算机, 它的设计思想和实施方法与通用型计算机还是有很大的差别, 这些差别主要表现在下述各个方面。

1. PC 具有大量的 I/O 接口

由于 PC 主要用于工业控制,所以它的输入和输出信号的数量比较大,因此 PC 的 I/O 接口是它的一个重要组成部分。PC 中的 CPU 不仅要统一协调好众多的 I/O 接口,同时还要求 PC 与由现场采集的信号和所控制的设备之间的接口应该比较方便和可靠。

2. PC 具有极高的可靠性

由于 PC 运行的环境是工业生产的现场,它比一般微型机运行所处的实验室环境要恶劣得多(如环境温度的差异,电源质量,电磁干扰和粉尘条件等),因此要求 PC 具有更强的抗干扰能力。此外 PC 在工业生产中起着决定性的控制作用,它的一次故障往往不仅影响生产过程,而且会危及设备和人身的安全,因此要求 PC 具有更高的可靠性和处理故障的能力。

3. PC 以扫描方式工作

为了进一步提高 PC 的可靠性,并考虑到 PC 所控制的机电设备通常都具有较大的惯性,因此 PC 可采用扫描方式进行工作,而不是象通用计算机那样严格按用户的程序指令逐条执行。

4. PC 用梯形图方式编程

在 PC 设计时,已充分考虑到用户所掌握的计算机知识(尤其是软件方面的知识)水平和已有的电气知识,因此在编程时采用易于用户理解、接受和使用的梯形图方式,而不是采用通用计算机所使用的汇编语言或其它高级语言来编程。

5. PC 的体积小,结构紧凑

由于 PC 经常是安装在工业控制现场,甚至是一个控制设备上,因此要求 PC 的体积尽可能小,结构比较紧凑,外壳比较坚固,同时便于现场的安装和拆卸。显然像现在常用于微型机的显示器(CRT)、大键盘和塑料机箱等零散结构是不能满足现场使用的要求。

1.4 关于本书的内容和使用

本书是由清华大学自动化系和云南玉溪卷烟厂合作编写的。近几年里,云南玉溪卷烟厂进口了大量自动化设备,其中许多设备都是用 PC 来控制的。此外厂里的工程技术人员与有关的大专院校和科研机构合作,对厂里的许多设备作了改造和完善,也使用了很多进口的 PC。这不仅大大提高了全厂的生产效率和卷烟的质量,取得了显著的经济效益(1992 年为国家上缴利税达 50 亿人民币,1993 年估计可达 70 亿人民币),而且为 PC 的应用和维护积累了丰富的经验,因此为本书的编写提供了一定的条件。

全书共分 5 章。第 1 章介绍了 PC 的发展概况和有关 PC 的一般情况。使读者对 PC 的概貌有一个全面的了解,也便于在作 PC 选型时参考。第 2 章介绍 PC 的硬件结构,对 PC 中的主 CPU 模板和主要的接口模板均在原理和应用方面作了比较详细的叙述,便于对计算机知识掌握较少的初学者理解和接受,为使用 PC 打下基础。第 3 章介绍 PC 的软件编制方法,这是本书的一个重点,因为用户在确定并购置了 PC 之后,主要的工作是用户程序的编制。虽然各种 PC 的编程方法和编程语言不完全相同,但基本的语句和编程的基本方法大致是相通的。本章选用了国内目前使用较多的日本三菱公司的 F₁ 系列 PC 机为例,介绍指令的含义和编程技巧。读者在掌握了一种指令系统之后再去学习其它指令系