

高等学校教材

可编程控制器教程

主 编 上海大学工学院 王兆义
副主编 上海大学工学院 陈昌国
主 审 上海工程技术大学 蔡德福



机械工业出版社

(京) 新登字 054 号

可编程控制器 (PC) 是一种采用微机技术的通用控制器。本书系统地介绍了 PC 的产生、工作原理、控制指令、编程方法、系统设计及众多的工程应用实例。书中涉及的 PC 机型有三菱、欧姆龙、香岛等公司的产品。

该书可作为高等工科院校电气工程类、机电一体化类专业及电大、职大电类学生的教学用书; 也可作为工程技术人员、电工学习 PC 的参考读物。

可编程控制器教程

主 编 上海大学工学院 王兆义

副主编 上海大学工学院 陈昌国

主 审 上海工程技术大学 蔡德福

*

责任编辑: 贡克勤 版式设计: 王 颖

封面设计: 郭景云 责任校对: 李秋荣

责任印制: 路 琳

*

机械工业出版社出版 (北京阜成门外百万庄南街一号)

邮政编码: 100037

(北京市书刊出版业营业许可证出字第 117 号)

机械工业出版社印刷厂印刷

新华书店北京发行所发行·新华书店经售

*

开本 $787 \times 1092^{1/16}$ · 印张 19 · 字数 462 千字

1993 年 7 月北京第 1 版 · 1993 年 7 月北京第 1 次印刷

印数 00 001-10 000 · 定价: 12.00 元

*

ISBN 7-111-03758-8/TP · 185

前 言

可编程控制器 (Programmable Controller) 简称 PC, 正改变着工厂自动控制的面貌。继电器接触器式的传统控制正面临巨大挑战。推广和普及 PC 技术对我国广大工矿企业的技术改造、提高工业自动化水平和生产效率有十分重要的现实意义。为适应社会的需要, 上海大学工学院在 1987 年开设了《可编程控制器及应用》课程, 供电气技术专业的学生选学。

本书是作者近几年在开展可编程控制器的教学和科研基础上编写的。内容从应用角度出发, 尽量避免过多的计算机术语, 从 PC 的产生、发展、构成、工作原理、控制指令、编程方法、工程应用等几个方面进行了论述。众多的 PC 应用实例是该书的重要内容。PC 技术发展很快, 多数 PC 已能和计算机联网, 本书最后一章就是这方面的内容。本书注重工程实践, 对 PC 的使用和维护、故障查找和处理都有涉及。书中有较多编程实例、大量的习题和思考题, 书末附有 PC 的实验指导书, 以帮助读者尽快地掌握 PC 技术。

《可编程控制器教程》是按 40 学时编写的。本书可作为大专院校的电气技术、电气自动化、机电一体化等专业学生的教学用书, 教师可根据教学时数及专业要求对内容做适当取舍; 本书也可作为电大、职大相应专业的教学用书; 同样也可作为 PC 的培训教材; 对机电行业的广大工程技术人员、电工也是一本更新知识结构的参考读物。

本书由上海大学工学院电气工程系王兆义副教授和陈昌国高级工程师编写。第一章到第五章由陈昌国执笔, 第六章到第十章由王兆义执笔, 全书由主编王兆义统稿。

本书由上海工程技术大学纺织学院蔡德福副教授主审, 参加审阅的还有上海工程技术大学纺织分院魏炳贵副教授, 同济大学袁国华教授, 上海工业大学蒋洪瑶副教授, 上海机械专科学校方承远副教授, 上海轻工业高等专科学校马立华讲师。编者在此谨表谢意。

在编写本书的过程中, 上海大学工学院马国琳教授给了我们热情帮助和指导, 在此谨致以衷心的感谢。

由于编写时间仓促, 水平又有限, 错误及不当之处在所难免, 殷切希望各院校师生及广大读者提出宝贵意见。

编 者

1992.9

目 录

前 言	
第一章 概论	1
第一节 可编程控制器的产生	1
第二节 可编程控制器的定义	2
第三节 可编程控制器的特点	2
第四节 可编程控制器的应用	5
第五节 可编程控制器的发展	6
习题及思考题	9
第二章 可编程控制器的基本原理	10
第一节 可编程控制器的基本控制原理 ...	10
第二节 可编程控制器内部的硬件框图及 各部分作用	17
第三节 可编程控制器系统控制软件框图 及其特点	22
第四节 编程器的键盘输入及显示电路 ...	25
第五节 可编程控制器与微机及继电器控 制的区别	27
习题及思考题	30
第三章 超小型可编程控制器	31
第一节 概述	31
第二节 F1 系列可编程控制器内的元 器件	36
习题及思考题	44
第四章 可编程控制器的逻辑指令	45
第一节 可编程控制器的逻辑指令简介 ...	45
第二节 可编程控制器梯形图编程规则 ...	53
第三节 可编程控制器逻辑指令应用 实例	56
习题	62
第五章 功能图及步进梯形指令	65
第一节 功能图实例	65
第二节 步进梯形图及步进梯形指令	67
第三节 步进梯形指令的特点	68
第四节 功能图主要类型	69
第五节 功能图及步进梯形指令应用 实例	70
习题及思考题	73
第六章 功能指令	74
第一节 数据处理	74
第二节 功能指令的基本格式	75
第三节 输入/输出高速处理指令	76
第四节 复位指令	82
第五节 数据传送指令	87
第六节 比较指令	101
第七节 数据算术运算指令	112
第八节 计数器对的自动再装入功能 指令	133
第九节 高速计数器直接输出功能 指令	136
第十节 其它功能指令	142
习题及思考题	147
第七章 编程器及其使用	148
第一节 编程器概述	148
第二节 便携式编程器	149
第三节 便携式编程器的使用	150
第四节 监控操作	157
习题及思考题	160
第八章 可编程控制器的应用	161
第一节 可编程控制器的系统设计	161
第二节 可编程控制器取代继电器逻辑 控制的应用实例	166
第三节 可编程控制器用于模拟量 控制	197
习题及思考题	212
第九章 可编程控制器的安装与维护 ...	215
第一节 可编程控制器的安装	215
第二节 ROM 写入器的使用	222
第三节 可编程控制器的维护和故障	

诊断	225	及型号表(部分)	260
习题及思考题	228	附录 D FX 系列微型可编程控制器	
第十章 可编程控制器网络及通信	229	简介	268
第一节 可编程控制器与计算机通信 ...	229	附录 E 三菱 A 系列可编程控制器设备	
第二节 可编程控制器网络	232	清单	273
第三节 MAP 简介	248	附录 F 国产化 ACMY-S80 可编程控制器	
附录	251	-5D 系列可编程控制器简介	282
附录 A 实验指导书	251	附录 G 可编程控制器常用中、英文术语	
附录 B 国内可编程控制器生产单位表		对照	286
(部分)	258	参考文献	295
附录 C 国外可编程控制器主要制造厂家			

第一章 概 论

第一节 可编程控制器的产生

本世纪 60 年代,在世界性技术改造浪潮的冲击下,要求寻找一种比继电器更可靠、功能更齐全、响应速度更快的新型工业控制器。1968 年,美国最大的汽车制造商——通用汽车公司从用户角度提出了新一代控制器应具备的十大条件后,立即引起了开发热潮。这十大条件是:

- ① 编程简单,可在现场修改程序;
- ② 维护方便,最好是插件式;
- ③ 可靠性高于继电器控制柜;
- ④ 体积小于继电器控制柜;
- ⑤ 可将数据直接送入管理计算机;
- ⑥ 在成本上可与继电器控制柜竞争;
- 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;
- ⑨ 在扩展时,原有系统只要很小变更;
- ⑩ 用户程序存储器容量至少能扩展到 4K 字节。

从这十大条件中可以看到,美国通用汽车公司是在寻找一种新型工业控制器,它应尽可能减少重新设计和更换继电器控制系统及接线,减少时间,降低成本。设想把计算机功能完备、灵活、通用等优点和继电器控制系统的简单易懂、操作方便、价格便宜等优点结合起来,制成一种通用控制装置。并把计算机的编程方法和程序送入方式加以简化,用面向控制过程、面向问题的“自然语言”进行编程,使得对于不熟悉计算机的人也能方便地使用。

1969 年,美国数字设备公司(DEC 公司)首先研制成功第一台可编程控制器 PDP-14。接着,美国 MODICON 公司也开发出同名的控制器 084。

从此,这项新技术就迅速发展起来。1971 年,日本从美国引进了这项新技术,很快研制成了日本第一台可编程控制器 DSC-8。1973 年,西欧国家也研制出他们的第一台可编程控制器。我国从 1974 年也开始研制,1977 年开始工业应用。

早期的可编程控制器是为取代继电器控制线路,采用存储程序指令完成顺序控制而设计的。它仅有逻辑运算、计时、计数等顺序控制功能,用于开关量控制。所以通常将可编程控制器简称为 PLC(Programmable Logic Controller)即可编程逻辑控制器。

进入 70 年代,随着微电子技术的发展,PLC 采用通用微处理器之后,这种控制器就不限于当初的逻辑运算了,功能不断增强。因此,目前被称为 PC 可编程控制器(Programmable Controller)。

进入 80 年代以来,随着大规模和超大规模集成电路等微电子技术的迅猛发展,以 16 位

和少数 32 位微处理器构成的微机化 PC 得到了惊人的发展,使 PC 在概念、设计、性能价格比以及应用方面都有了新的突破。不仅控制功能增强,功耗、体积减小,成本下降,可靠性提高,编程和故障检测更为灵活方便,而且远程 I/O 和通信网络、数据处理以及图象显示的发展,已经使 PC 向用于连续生产过程控制发展,成为实现工厂自动化的一大支柱。

第二节 可编程控制器的定义

可编程控制器一直在发展中,因此直到目前为止,还未能对其下最后的定义。

美国电气制造商协会 NEMA (National Electrical Manufacturers Association) 在 1980 年给 PC 作了如下的定义:

“PC 是一个数字式的电子装置,它使用了可编程序的记忆体以储存指令,用来执行诸如逻辑、顺序、计时、计数与演算等功能,并通过数字或模拟的输入和输出,以控制各种机械或生产过程。一部数字电子计算机若是用来执行 PC 之功能者,亦被视同为 PC,但不包括鼓式或机械式顺序控制器。”

国际电工委员会 (IEC) 曾于 1982 年 11 月颁发了可编程控制器标准草案第一稿,1985 年 1 月又发表了第二稿,1987 年 2 月颁布了第三稿。该草案中对可编程控制器的定义是:

“可编程控制器是一种数字运算操作的电子系统,专为在工业环境下应用而设计。它采用了可编程序的存储器,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,并通过数字式和模拟式的输入和输出,控制各种类型机械的生产过程。可编程控制器及其有关外围设备,都按易于与工业系统联成一个整体、易于扩充其功能的原则设计。”

定义强调了可编程控制器是“数字运算操作的电子系统”,它也是一种计算机。它是“专为在工业环境下应用而设计”的工业计算机。这种工业计算机采用“面向用户的指令”,因此编程方便。它能完成逻辑运算、顺序控制、定时计算和算术操作”,它还具有“数字量或模拟量输入输出控制”的能力,并且非常容易与“工业控制系统联成一体”,易于“扩充”。

定义强调了可编程控制器应直接应用于工业环境,它须具有很强的抗干扰能力、广泛的适应能力和应用范围。这也是区别于一般微机控制系统的一个重要特征。

应该强调的是,可编程控制器与以往所讲的鼓式、机械式的顺序控制器在“可编程”方面有质的区别。由于 PC 引入了微处理机及半导体存储器等新一代电子器件,并用规定的指令进行编程,能灵活地修改,即用软件方式来实现“可编程”的目的。

第三节 可编程控制器的特点

可编程控制器为了适应在工业环境中使用,有如下的特点:

一、可靠性高,抗干扰能力强

工业生产一般对控制设备的可靠性提出很高的要求,应具有很强的抗干扰能力,能在恶劣的环境中可靠地工作,平均故障间隔时间 (MTBF) 高,故障修复时间短。这是 PC 控制优于微机控制的一大特点。例如日本三菱公司 F1, F2 系列平均故障间隔时间长达 30 万 h,而 A 系列的可靠性比 F1、F2 系列更高。

任何电子设备产生的故障通常有两种：一种是偶发性故障，即由于外界恶劣环境，如电磁干扰、超高温、超低温、过电压、欠电压等引起的故障。这类故障只要不引起系统部件的损坏，一旦环境条件恢复正常，系统也随之恢复正常。但对 PC 而言，PC 受外界影响后，内部存储的信息被破坏，必须从初始状态重新启动；另一种是由于元器件不可恢复的破坏而引起的故障，称为永久性故障。

如果能限制偶发性故障的发生条件，使 PC 能承受较恶劣的环境而不受影响或把影响的后果限制在最小范围之内，以便 PC 在恶劣条件消失后能够恢复正常，这样就有可能提高平均故障间隔时间。此外，如果在 PC 上增加一些诊断措施和适当的保护手段，在永久性故障出现时，能很快查出哪一部分出现了不可恢复的故障，并将故障限制在局部，就能降低 PC 的平均修复时间。

PC 本身具有较强的自诊断功能，保证在“硬核”（如 CPU，RAM，I/O 总线等）都正常的情况下执行用户的控制程序。一旦出现 CPU 故障、RAM 故障或 I/O 总线故障则立即给出 CPU 出错信号，并停止用户程序的执行，切断所有输出信号，等待修复。有些高档的 PC 具有 CPU 并行操作，（如 C2000 型 PC），一旦某个 CPU 出现故障，系统仍能正常工作，并给出“带病工作信号”，要求修复出现故障的 CPU（两个 CPU 同时发生故障的概率极低），这就增加了 PC 的可靠性。其它在硬件、软件上采取提高可靠性的主要措施是：

（一）硬件措施

1. 屏蔽 对电源变压器、CPU、编程器等主要部件，采用导电、导磁良好的材料进行屏蔽，以防外界干扰。

2. 滤波 对供电系统及输入线路采用多种形式的滤波，如 LC 或 Π 型滤波网络，以消除或抑制高频干扰，也削弱了各种模块之间的相互影响。

3. 电源调整与保护 对微处理器这个核心部件所需的+5V 电源，采用多级滤波，并用集成电压调整器进行调整，以适应交流电网的波动和过电压、欠电压的影响。

4. 隔离 在微处理器与 I/O 电路之间，采用光电隔离措施，有效地隔离 I/O 间电的联系，减少故障和误动作。

5. 采用模块式结构 这种结构有助于在故障情况下短时修复。因为一旦查出某一模块出现故障，就能迅速更换，使系统恢复正常工作。同时也有助于加快查找故障原因。

（二）软件措施

1. 故障检测 软件定期地检测外界环境，如掉电、欠电压、锂电池电压过低及强干扰信号等，以便及时进行处理。

2. 信息保护和恢复 当偶发性故障条件出现时，不破坏 PC 内部的信息，一旦故障条件消失，就可恢复正常，继续原来的工作。所以，PC 在检测到故障条件时，立即把现状态存入存储器，软件配合对存储器进行封闭，禁止对存储器的任何操作，以防存储信息被冲掉。这样，一旦检测到外界环境正常后，便可恢复到故障发生前的状态，继续原来的程序工作。

3. 设置了警戒时钟 WDT 如果程序每循环执行时间超过了 WDT 规定时间，预示了程序进入死循环，立即报警。

4. 加强对程序的检查和校验 一旦程序有错，立即报警，并停止执行。

5. 对程序及动态数据进行电池后备 停电后，利用后备电池供电有关状态及信息就不

会因此而丢失。

在硬件、软件方面采取了各种措施后, PC 的可靠性、抗干扰能力大大提高。

PC 的出厂试验项目中有一项是抗干扰试验, 它要求能承受幅值为 1000V、上升时间为 1ns、脉冲宽度为 1 μ s 的干扰脉冲。实践也证明了 PC 工作的可靠性和稳定性。

二、控制程序可变, 具有很好的柔性

在生产工艺流程改变或生产线设备更新的情况下, 不必改变 PC 的硬设备, 只需改编程序就可以满足要求。所以 PC 可以取代传统的继电器控制, 而且具有继电器控制所不具备和无可比拟的优点。因此, PC 除应用于单机控制外, 在柔性制造单元 (FMC)、柔性制造系统 (FMS), 以至工厂自动化 (FA) 中也被大量采用。

三、编程简单, 使用方便

这是 PC 优于微机的另一特点。目前大多数 PC 均采用继电控制形式的“梯形图编程方式”, 既继承了传统控制线路的清晰直观, 又考虑到大多数工矿企业电气技术人员的读图习惯和微机应用水平, 易于接受, 因此受到普遍欢迎。这种面向生产的编程方式, 与目前微机控制生产对象中常用的汇编语言相比, 更容易被操作人员所接受。虽然, 由于在 PC 内部增加了解释程序, 从而增加了执行程序的时间, 但对大多数的机电控制设备来说, 是微不足道的。

为了进一步简化编程, 当今的 PC 还针对具体问题设计了诸如步进梯形指令、功能图及功能指令等。

PC 是为车间操作人员而设计的, 一般只要提供为期五、六天的训练课程即能学会编程和使用。而微电脑控制系统则要求具有一定计算机知识的人员操作。当然, PC 的功能开发, 需要有软件专家的帮助。

四、功能完善

现代 PC 具有数字和模拟量输入输出、逻辑和算术运算、定时、计数、顺序控制、功率驱动、通信、人机对话、自检、记录和显示等功能, 使设备控制水平大大提高。

五、扩充方便, 组合灵活

PC 产品具有各种扩展单元, 可以方便地适应不同工业控制需要的不同输入输出点数及不同输入输出方式的系统。

六、减少了控制系统设计及施工的工作量

由于 PC 是采用软件编程来达到控制功能, 而不同于继电器控制采用硬接线来达到控制功能, 因此, 减少了设计及施工工作量。同时, PC 又能事先进行模拟调试, 更减少了现场的工作量。并且, PC 监视功能很强, 模块功能化大大减少了维修量。

七、体积小、重量轻、是“机电一体化”特有的产品

一台收录机大小的 PC 具有相当于三个 1.8m 高的继电器柜的功能, 一般节电 50% 以上。

由于 PC 是专为工业控制而设计的专用计算机, 其结构紧密、坚固、体积小巧, 并由于具备很强的抗干扰能力, 使之易于装入机械设备内部, 因而成为实现“机电一体化”较理想的控制设备。

由于 PC 具备了以上特点, 它把微计算机技术与继电器控制技术很好地融合在一起。最新发展的 PC 产品, 还把 DDC (直接数字控制) 技术加进去, 并具有与监控计算机联网的

功能,因而它的应用几乎覆盖了所有工业企业,既能改造传统机械产品成为机电一体化的新一代产品,又适用于生产过程控制,实现工业生产的优质、高产、节能与降低成本。

总之,PC 技术代表了当前电气程序控制的世界先进水平,PC 与数控技术和工业机器人已成为机械工业自动化的三大支柱。

第四节 可编程控制器的应用

PC 的初期由于其价格高于继电器控制装置,使得其应用受到限制。但最近几年来,PC 的应用面越来越扩大,其主要原因是:一方面由于微处理机芯片及有关元件的价格大大下降,由此 PC 的成本下降(即每 I/O 点的成本下降);另一方面 PC 的功能大大增强,它也能解决复杂的计算和通信问题,PC 的应用面也日益增大。目前,PC 在国内外已广泛应用于钢铁、采矿、水泥、石油、化工、电力、机械制造、汽车、装卸、造纸、纺织、环保、娱乐等各行各业。PC 的应用范围通常可分成五种类型,现说明如下。

一、顺序控制

这是今日 PC 最广泛应用的领域,它取代传统的继电器顺序控制。PC 应用于单机控制、多机群控制、生产自动线控制,例如:注塑机、印刷机械、订书机械、切纸机械、组合机床、磨床、装配生产线、包装生产线、电镀流水线及电梯控制等等。

二、运动控制

PC 制造商目前已提供了拖动步进电机或伺服电机的单轴或多轴位置控制模块。在多数情况下,PC 把描述目标位置的数据送给模块,模块移动一轴或数轴到目标位置。当每个轴移动时,位置控制模块保持适当的速度和加速度,确保运动平滑。

运动的编程可用 PC 的语言完成,通过编程器输入。操作员用手动方式把轴移动到每个目标位置,模块就得知了位置和运动参数。之后可以编辑程序来改变速度和加速度等运动参数,使运动平滑。

相对来说,位置控制模块比 CNC 装置体积更小,价格更低,速度更快,操作更方便。

三、过程控制

PC 能控制大量的物理参数,例如:温度、压力、速度和流量。PID (Proportional-Integral-Derivative) 模块的提供使 PC 具有了闭环控制的功能,即一个具有 PID 控制能力的 PC 可用于过程控制。当由于控制过程中某个变量出现偏差时,PID 控制算法会计算出正确的输出,把变量保持在设定值上。PID 算法一旦适应了工艺,就不管工艺混乱而保持设定值。

四、数据处理

在机械加工中,出现了把支持顺序控制的 PC 和计算机数值控制 (CNC) 设备紧密结合的趋向。著名的日本 FANUC 公司推出的 System10、11、12 系列,已将 CNC 控制功能作为 PC 的一部分。为了实现 PC 和 CNC 设备之间内部数据自由传递,该公司采用了窗口软件。通过窗口软件用户可以独自编程,由 PC 送至 CNC 设备使用。同样,美国 GE 公司的 NC 设备新机种也使用了具有数值处理的 PC。东芝的 TOSNUC 600 也将 CNC 和 PC 组合在一起。预计今后几年 CNC 系统将变成以 PC 为主体的控制和管理系统。

五、通信

为了适应国外近几年来兴起的工厂自动化 (FA) 系统发展的需要, 首先, 必须发展 PC 之间、PC 和上级计算机之间的通信功能。作为实时控制系统, PC 数据通信速率要求高, 而且要考虑出现停电、故障时的对策等。日本富士电机公司开发的 MICREX-F 系列就是一例。其中处理器多达 16 台, 输入输出点 3200 个之多。PC 之间、PC 和上级计算机之间都采用光纤通信多级传递。I/O 模块按功能各自放置在生产现场分散控制, 然后采用网络联结构成集中管理信息的分布式网络系统。

第五节 可编程控制器的发展

一、国外 PC 及其发展概况

(一) 国外 PC 产业发展概况

PC 自问世以来, 经过 20 多年的发展, 在美国、德国、日本等工业发达国家已形成为重要产业。

据不完全统计, 世界 PC 的总销售额, 1987 年为 25 亿美元, 1988 年为 31 亿美元, 比前一年增大 24%。1989 年为 36 亿美元, 比上一年增长 16%。

在一些工业发达国家, 新的 PC 生产厂家不断涌现, 品种几年翻一番, 产量产值大幅度增长, 价格普遍下降。

以美国为例, 1988 年有 70 多个 PC 生产厂, 共有 300 多个品种, 与 1983 年的 37 个生产厂和 100 多个品种相比, 六年厂家增加了一倍, 品种增加了两倍。PC 的销售额, 1987 年为 10.2 亿美元, 1988 年为 13.9 亿美元, 增长了 36.2%。

美国在 1982~1986 年间, 小型 PC (I/O 点 < 128) 每年降价 30% 左右, 1989~1990 两年, 每年降低 10%; 中型 PC (I/O 点 128~896) 每年降低 10%~13%; 大型 PC (I/O 点 896 以上) 每年降价 10%。

据美国《控制工程》杂志统计, 1984 年美国注册生产 PC 的厂家有 48 家, 其中著名的有 AB (Allen Bradley) 公司、GM (Gould Modicon) 公司、TI 仪器 (Texas Instruments) 公司、GE (General Electric) 公司、西屋 (Westinghouse) 电气公司等。

据日本《自动化》杂志统计, 1982 年日本有 40 家工厂生产 PC, 其中著名的有三菱、日立、立石、夏普、安川、东芝、富士等公司。

据德国《工业电气电子》杂志统计, 1984 年欧洲有 60 家工厂生产 PC, 其中著名的有德国西门子公司、BBC 公司、AEG 公司、法国 TE 公司等。

当前, PC 在国际市场上已成为倍受欢迎的畅销产品。今后仍将维持增长势头, 用 PC 设计自动控制系统已成为世界潮流。

(二) 国外 PC 应用概况

在 PC 应用初期, 即 1970~1974 年间, 只有较大型的工厂有选择地使用 PC, 以代替继电器式顺控器, 规模很小。

进入实用化阶段, 即 1975~1980 年, 开始用于大型冶金、化工设备和组合机床生产线。PC 的需求量急剧增加。特别是 1977~1980 年出现的小型低成本的通用 PC 可用于控制普通机械, 如机床、搬运装置等, 使用范围进一步扩大。

到了 80 年代前期, PC 迅速普及, 除用于加工和装配线的控制外, 还可控制高功能自

动机械,如塑料成型机、食品包装机械、清扫机、游戏机等。

1985年以后,随着FMS、FA和CIMS的发展,带有网络通信功能的PC,作为进一步的智能控制器,正式投入使用。

从市场需求看,小型PC的需求量最多。例如日本1987年程序容量为1K字以下的小型PC为40万台,占总销售量的68.24%。

当前PC已广泛用于机械、汽车、电力、冶金、石油、化工、交通、运输、轻工、纺织、建材、采矿以及家用电器等领域,取得了明显的技术经济效益。

(三) PC技术发展动向

1. 产品规模向大、小两个方向发展 出现了I/O点数达14336点的超大型PC,使用32位微处理器,多CPU并行工作和大容量存储器,使PC的扫描速度高速化。如日本三菱公司的A3H的顺序指令执行速度达 $0.2\sim 0.4\mu\text{s}$ 。不少PC每毫秒可扫描1024点,比许多DCS(分散型控制系统)快10~20倍,为PC增加刀具精确定位、机床速度控制、阀门位置控制以及PID过程控制等功能创造了条件。

小型PC由整体结构向小型模块化结构发展,增加了配置的灵活性。最小配置的I/O点为8~16点,可以用来代替最小的继电器系统,例如日本三菱公司FX系列PC。

2. PC向过程控制渗透与发展 微电子技术迅速发展,大大加强了PC的数学运算、数据处理、图形显示、联网通信等功能,使PC得以向过程控制渗透和发展。

美国一家炼金公司用一台双机热备用的PC,控制由矿石到炼金的全部过程。该系统有30个PID模拟调节回路,450个模拟量,1000个开关量。所有的报警功能、PID调节功能和顺序控制功能都由PC完成。该公司一反常规不采用功能强的分散控制系统(DCS),而采用PC,是因为整个系统有许多电控功能(如电机的联锁)。如果采用DCS,只能解决PID调节功能,而电控还要用PC,不如选用PC系统解决所需的全部功能。结果,选用PC系统方案使投资降为DCS加PC的1/2左右,其控制质量不但不逊于DCS加PC的方案,而且由于使用一种控制装置便于解决顺序控制、PID调节、联锁保护的协调配合,使金的回收率由原设计的92%提高到96%。

3. PC加强了通信功能 为了满足柔性制造单元(FMC)、柔性制造系统(FMS)和工厂自动化(FA)的要求,近年来开发的PC都加强了通信功能。系列中最小的PC也具备了与上位PC及其它计算机通信联网的功能。如著名的日本FANUC公司的PC-J型,用于FANUC系统中作FMC控制器,它可以顺序控制和协调CNC机床、装料系统、机器人的动作以及与主计算机通信。

4. 新器件和模块不断推出 为满足工业自动化各种控制系统的需要,近年来一些工业发达国家,利用微电子学、LSI等新技术成果,先后开发了不少新器件和模块。高档的PC一般都采用多CPU以提高处理速度,用32位微处理器为CPU,使每条指令处理速度达 $0.5\mu\text{s}$ 的PC产品已不是少数,如日立公司HITAC-H系列、富士公司的MICREX-F200型等。西门子公司的磁泡存储器,存储数据达256K字节。一些带处理器、EPROM或RAM的智能I/O模块,既扩展了功能又灵活方便。功能模块不断推出,如高速计数模块、温度控制模块、远程I/O模块、通信和人机接口模块等。这些模块的开发和应用,不仅提高了功能,减少了体积,而且大大地扩大了PC应用范围。

5. 编程工具丰富多样,功能不断提高,编程语言趋向标准化 近年来用IBM-PC个人

计算机配置相应软件, 作为编程器。1984 年西屋公司首先推出以 IBM 便携式计算机改装成的 NLPL-150 型程序输入器, 用来为该公司的 Nema-Logic 系列 PC 编程。1985 年 6 月英国首届 PC 会议上, 展出了世界上第一台光笔编程器。它可以在屏幕上画出标准的继电器电路图, 从屏下部的菜单中选出元件, 再把它移到屏的适当部位, 画好后程序就编成了, 并可转存到可编程控制器中。此外, 不少厂家近几年来先后开发了各种特色的智能编程器, 可进行在线或离线编程。

采用梯形图、功能块、语句表等常用的编程语言编程, 因其简单易懂, 故仍然在广泛地使用。尽管一些高档的 PC 指令系统十分丰富, 如哥德公司 984 型 PC, 其标准指令就有: 继电器逻辑、算术运算、数据传送、位指令、矩阵运算等, 但因其兼容性差, 给用户带来诸多不便, 因而国外各大厂商十分注意向 MAP (制造自动化协议) 靠拢。

6. 发展容错技术 一些国外公司为了推出高度或绝对可靠的系统, 发展容错技术, 采用双重二重和双/双重冗余结构, 以及采用热备用或并行工作、多数表决的工作方式。

7. 追求软硬件的标准化 IEC 和 TC65 技术委员会已完成了 PC 标准草案, 即将通过成为正式标准。

二、国内 PC 发展及其应用概况

(一) 国内 PC 发展概况

我国 PC 产品的研制、生产, 大体上经历了: 顺序控制器—1 位处理机为主体的工业控制器—8 位微处理机为主体的可编程控制器三个发展阶段。

自 1973 年开始, 国内一些高校、科研单位开始研制并少量生产顺序控制器。当时, 大多使用 TTL 及分立元件、磁芯存储器。I/O 点数一般在 256 点左右。由于元件使用量大 (约 2000~3000 片芯片), 功能板多, 连线多, 产品体积大, 可靠性差, 加之价格高, 因而发展受到限制。

从 1979 年开始, 我国进入带微处理器的 PC 的研制工作。使用单片 1 位微处理器 MC-14500B 及程序存储器、计数器、输入选择和输出锁存器等芯片, 再配以相应的 I/O 接口组成。有 16 条基本指令, 主要用来完成开关量的逻辑运算与控制。具有计时、计数、程序转移、分支程序、变址及数值运算等功能。当时, 由于 1 位机具有结构简单、易于编程、工作可靠、抗干扰性能强、通用性好、便于掌握等优点, PC 在我国的生产应用很快开展起来。到 1985 年, 全国研制生产 1 位处理器 PC 单位有 30 多个, 累计生产近 3000 台。I/O 点数从 32 点至 512 点。在机械、化工、煤炭、冶金、轻工、建材、交通等部门得到了应用, 其主要用于开关量程序控制。

在对外开放政策的推动下, 国外 PC 大量进入我国市场。有一部分随成套设备进口, 主要是大中型 PC, 累计 1000 多套。如宝钢一、二期工程就引进了 500 多套。还有咸阳显象管厂, 淄县铝制品厂, 平朔煤矿, 秦皇岛煤码头二、三期工程等等。此外, 1984~1987 年间直接从国外引进中小型 PC 产品, 大多为美国哥德和 GE 公司、西门子公司, 日本的三菱、立石、东芝、富士等公司产品, 总价值约 3000 万美元。1 位微处理器的 PC 逐渐被以 8 位微处理器为核心的 PC 所取代。

通过技术引进、消化吸收、仿制和国产化工作, 近年来, 我国的 PC 产品有了一定的发展。通过 1990 年 PC 生产厂家调查, 我国有 PC 生产厂家 30 多个, 产品品种 20 多个, 其中年产量超过 1000 台的只有 1~2 家。产品大多为 I/O 点 128 点以下的小型 PC, 中档 PC

只有少数单位在研制, 大型 PC 在国内还是空白。

为了促进国产化 PC 的发展、提高产品质量, 机械电子工业部 (简称机电部) 受原国务院电子振兴领导小组的委托, 于 1988 年组织了包括 PC 产品在内的工业控制计算机机型优选工作。机电部北京机械工业自动化研究所承担了 PC 产品的评优测试, 他们参照 IEC 有关标准要求, 经过严格测试试验, 评出 6 个产品荣获首届优选 PC 机型的称号。这 6 个产品是: 天津中环自动化仪表公司生产的 DJK-S-84 PC, 无锡市电器厂生产的 KCK-1 型 PC, 上海起重电器厂生产的 CF-40MR PC, 北京椿树电子仪表厂生产的 BCM-PIC PC, 杭州机床电器厂生产的 DKK02 PC 和上海自力电子设备厂生产的 KK1-IC PC。国产化 PC 的发展前景是令人鼓舞的, 但目前是远不能满足国内市场需要。

(二) 国内 PC 应用概况

国内 PC 已经在机电、冶金、轻工、纺织、建材、化工、煤炭、铁道、交通等行业得到了应用, 并取得了明显的效益。在应用方面的特点是:

① 低档小型 PC 用得较多, 中、高档大型 PC 用得较少。其主要原因是低档小型 PC 使用方便, 且应用面广。

② 用国外进口的 PC 多, 用国产 PC 的少。这主要是因为国产 PC 发展时间短, 产品质量不稳定, 产量不高之缘故。

③ 用于现有设备技术改造 (大部分是机械加工设备) 或单个设备和生产线试点应用的多, 用于大批量产品配套 (如无锡机床厂生产的磨床年配套超过 1000 台以上) 的少。主要因为大批量产品配套要求货源有充分可靠的保证, 并且性能 / 价格比要高, 这一点目前国内外 PC 都难于满足要求。

④ 大的厂矿、企业和工业发达地区应用 PC 的多, 小的工厂企业和不发达或边远地区应用 PC 的少。

总之, 在 PC 应用方面取得了很大成绩, 但尚未达到大面积的应用和普及。

为了加速 PC 的开发和应用, 必须加快 PC 国产化步伐, 进一步宣传推广 PC 应用技术, 努力培养 PC 专业技术人材。

习题及思考题

1. 可编程控制器主要特点有哪些?
2. 说明当代可编程控制器技术发展动向是什么?
3. 列举可编程控制器可能应用的场合, 并说明理由。
4. 对我国发展可编程控制器提出几点建议。

第二章 可编程控制器的基本原理

第一节 可编程控制器的基本控制原理

一、PC 的基本组成

任何一种继电器控制系统是由三个基本部分组成，即输入部分，逻辑部分和输出部分。其中，输入部分是指各类按钮、行程开关、接近开关、转换开关等；逻辑部分是指由各种继电器及其触点组成的实现一定逻辑功能的控制线路；输出部分是指各种电磁阀线圈、接通电动机的各种接触器以及信号指示灯等执行电器。图 2-1 是一个很简单的继电器控制系统，它控制指示灯的接通和断开。

图中，X1、X2 是两个按钮开关，Y1、Y2 是两个继电器，T1 是 6 个时间继电器。它的工作过程是：当 X1 或 X2 任何一个按钮按下后，继电器线圈 Y1 接通，继电器 Y1 的常开触点闭合，指示灯红灯点亮。此时，时间继电器线圈 T1 同时接通。时间继电器开始计时，时间继电器的整定值是 20s。当时间继电器线圈接通 20s 后，继电器线圈 Y2 接通，继电器 Y2 的常开触点接通指示灯绿灯。

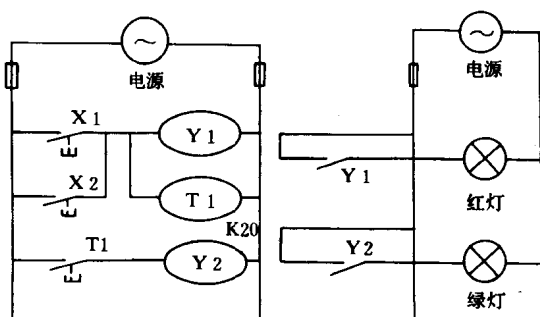


图 2-1 指示灯控制线路

从上面这个简单指示灯的继电器控制线路中可以知道，继电器控制系统是根据各种输入条件（例如按下按钮或扳动开关，或来自被控制对象上的各种开关信息如上图中的定时继电器的触点、现场的限位开关、光电信号等）去执行逻辑控制线路。逻辑线路是一种按被控制对象实际需要的动作要求而设计，并由许多继电器按某种固定方式接好的控制线路。由于是固定接好的控制线路，所以不能灵活变更逻辑控制功能。由逻辑线路的动作结果去驱动执行电器。

和继电器控制系统类似，PC 也是由输入部分、逻辑部分和输出部分组成，如图 2-2 所示。

各部分的主要作用是：

输入部分：它收集并保存被控对象实际运行的数据和信息。例如，它收集来自被控制对象上的各种开关信息或操作台上的操作命令等。

逻辑部分：处理输入部分所取得的信息，并按照被控对象实际的动作要求作出反映。

输出部分：提供正在被控制的许多装置中，哪几个设备需要实时操作处理。

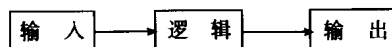


图 2-2 PC 的组成形式

PC 控制系统见图 2-3。

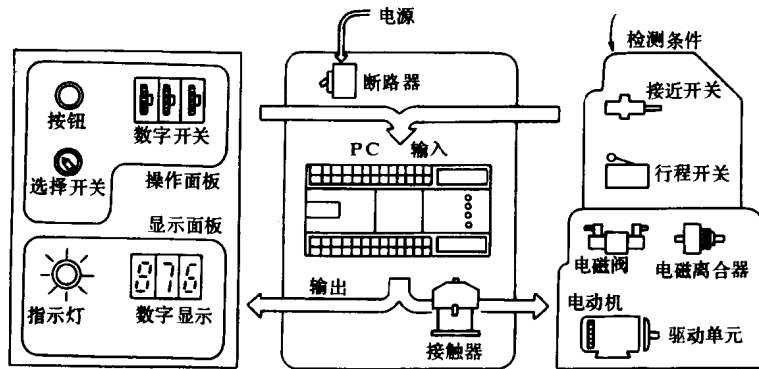


图 2-3 PC 控制系统图

PC 采用由大规模集成电路构成的微处理器和存储器来组成逻辑部分。PC 的制造厂家对微处理机进行了软件硬件的开发，为用户提供了许多适用于电气控制的逻辑部件。例如：继电器逻辑（与、或、非运算）、定时器、计数器、移位寄存器、触发器和寄存器等。同时也提供了描述这些逻辑部件的符号和语句，即编程语言。

PC 通过编程器编制控制程序，即将 PC 内部的各种逻辑部件按照控制工艺进行组合以达到一定的逻辑功能。PC 将输入信息采入 PC 内部，之后执行逻辑部件组合后所达到的逻辑功能，最后输出达到控制要求。这就是 PC 基本控制原理。

下面将对 PC 所提供的逻辑部件及其编程语言作一论述，以深入了解 PC 是如何实现其控制功能的。

二、PC 的主要逻辑部件

（一）继电器逻辑

为了适应电气控制的需要，PC 为用户提供继电器逻辑。用逻辑与、逻辑或、逻辑非等逻辑运算来处理各种继电器的连接。

PC 内部存储器中存储单元有两种状态“1”和“0”。这两种状态对应于继电器的“ON”（接通）和“OFF”（断开）状态。因此，在 PC 中所说的继电器是一个逻辑概念，有时称为“软继电器”。这些“软继电器”与通常的物理继电器相比有以下几个特点：

- ① 体积小、功耗低。
- ② 无触点、速度快、寿命长。
- ③ 有无数多个常开、常闭接点供程序使用，在使用中不必考虑接点的容量。

PC 一般为用户提供以下几种继电器：

- ① 输入继电器。输入给 PC 的现场信号。
- ② 输出继电器。具备一对物理接点，可以串接在负载回路中，对应的物理元件有继电器、晶闸管和晶体管。

③ 内部继电器。与外界没有联系，仅作运算的中间结果使用。有时也称作辅助继电器或中间继电器。它们又分为掉电不保护的继电器和掉电保护的继电器（所谓掉电不保护，就是指在掉电期间，该继电器状态为 OFF。掉电保护，就是指在掉电期间，该继电器的状态

由内装电池维持，维持它在掉电前的状态)。

以欧姆龙 (OMRON) 公司 C20 为例，它为用户提供了 80 个输入继电器，即允许输入 80 个开关量信号；60 个输出继电器，即可以控制 60 个执行机构；136 个掉电不保护的内部继电器和 160 个掉电保护的内部继电器。

(二) 定时器逻辑

PC 一般采用硬件定时中断、软件计数的方法来实现定时逻辑功能。定时器一般包括：

- ① 定时条件。控制定时器操作。
- ② 定时语句。指定所使用的定时器，给出定时设定值。
- ③ 定时器的当前值。记录定时时间。
- ④ 定时继电器。定时器到达设定的定时值时为 ON，未开始定时或未达到定时设定值时为 OFF。

以 C 系列 PC 为例，C20 为用户提供 48 个定时器，C120 和 C500 为用户提供了 128 个定时器。定时时间为 0.1~999.9s 或 0.01~99.99s。

定时器的逻辑功能如表 2-1 所示。

表 2-1 定时器逻辑功能

定时条件	定 时 器		定时继电器
	当前值	操作	
OFF	等于设定值	不操作	OFF
ON	≠0	计时	OFF
ON	=0	不操作	ON

(三) 计数器逻辑

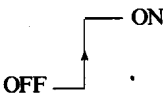
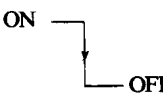
PC 为用户提供了若干个计数器。该计数器是由软件来实现的，一般采用递减计数。一个计数器有以下几个内容：

- ① 计数器的复位信号。
- ② 计数器的计数信号。
- ③ 计数器设定值的记忆单元。
- ④ 计数器当前计数值单元。
- ⑤ 计数继电器。计数达到设定值时为 ON、复位或未到达计数设定值时为 OFF。

以 C 系列 PC 为例，C20 为用户提供了 48 个计数器，C120，C500 为用户提供了 128 个计数器。计数器的计数范围是 1~9999。计数器有复位输入和计数脉冲输入。

计数器的逻辑功能见表 2-2。

表 2-2 计数器逻辑功能

复位信号 R	计数信号 CP	计 数 器		计数继电器
		当前值	操作	
ON	X	等于设定值	不计数	OFF
OFF		≠ 0	“-1”	OFF
		=0	不计数	ON
		不变	不计数	不变