

面向21世纪高等院校教材

可编程序控制器

原理及应用

● 吴仲阳 主编

哈尔滨地图出版社

面向 21 世纪高等院校教材

可编程序控制器原理及应用

KEBIANCHENGXU KONGZHIQI YUANLI JI YINGYONG

主 编 吴仲阳

主 审 陈志学

副主编 张 锐 赵承滨 周力波

王新伟 薛 楠 马振忠

哈尔滨地图出版社

• 哈尔滨 •

内 容 简 介

本书在概述了可编程序控制器(PC)发展概况和应用范围的基础上,介绍了PC的基本原理和各种功能模块。介绍了AB、西门子、三菱和欧姆龙等公司常用PC的特性、系统构成、编程指令和编程方法。本书从实际出发,重点介绍了PC的应用基础知识,并通过大量的程序设计实例,使读者尽快掌握PC的应用技术。

图书在版编目(CIP)数据

可编程序控制器原理及应用/吴仲阳主编.—2版. 哈尔滨: 哈尔滨地图出版社, 2006. 1
ISBN 7-80529-726-6

I. 可… II. 吴… III. 可编程序控制器—高等学校—教材 IV. TP332. 3.

中国版本图书馆CIP数据核字(2004)第002931号

哈尔滨地图出版社出版、发行

(地址: 哈尔滨市南岗区测绘路2号 邮政编码: 150086)

黑龙江龙科印刷厂印刷

开本: 787mm×1092mm 1/32 印张: 24.375 字数: 608千字

2006年1月第2版 2006年1月第2次印刷

印数: 2001-3000 定价: 35.80元

前 言

目前,国内外大专院校机械、电气、机电一体化等专业普遍开设可编程序控制器课程,因为工业和科技发展迫切需要这方面的知识。为此,编者根据多年来在教学、科研中应用PC技术的实践和经验,在参考大量相关资料的基础上编写了此书。

本书第1版自2004年1月问世以来,受到了广大读者的一致好评,先后被哈尔滨理工大学、黑龙江科技学院和深圳信息职业技术学院等院校选作教材,这无疑是对编者的莫大鼓舞与鞭策。在此,编者向使用过这本教材的各高等院校的同行及广大读者表示衷心的感谢。

本书第1、2章和§8.2由哈尔滨理工大学的张锐同志撰写;第3、4章由黑龙江科技学院的赵承滨同志撰写;第5章由哈尔滨理工大学的周力波(P117~P195)和深圳信息职业技术学院的王新伟(P195~P272)同志撰写;第6、7章和第8章的其余部分由哈尔滨理工大学的薛楠同志撰写;第9章由哈尔滨理工大学的马振忠同志撰写;全书由哈尔滨理工大学的吴仲阳同志任主编,由205所(陕西)的陈志学同志任主审。参加本教材校对、绘图、文字录入等工作的研究生有何银吉、王虎、何邢廷等。

本书编写过程中,得到哈尔滨理工大学、黑龙江科技学院和深圳信息职业技术学院的各级领导和同事的大力支持和帮助,在此,一并表示感谢。

感谢出版社的领导和有关同志,正是他们的支持和辛勤劳动,才使本教材以很高的出版质量奉献给读者,

由于编者的水平和编写时间的限制,教材中难免有这样或那样的问题,敬请读者批评指正。

编 者

2006年1月

目 录

第1章 概述	1
§ 1.1 可编程序控制器的发展概况	1
§ 1.2 PC 的特点和主要功能	3
§ 1.3 PC 的分类与应用场合	7
第2章 PC 的组成与基本工作原理	11
§ 2.1 PC 系统的组成	11
§ 2.2 PC 的常用模板	14
§ 2.3 PC 的基本工作原理	34
§ 2.4 PC 程序的表达式	37
第3章 西门子可编程序控制器	41
§ 3.1 概述	41
§ 3.2 编程语言基础	41
§ 3.3 程序结构	48
§ 3.4 S5-100U 的系统构成与特性	50
§ 3.5 S5-115U 简介	52
§ 3.6 S5-155U 简介	57
§ 3.7 SIMATIC 目前与发展	60
第4章 美国可编程序控制器	71
§ 4.1 美国通用电气(GE)公司 PC	71
§ 4.2 美国 AB 公司 PC	95
§ 4.3 MODICON 和 QUANTUM 系列 PC	110
第5章 日本可编程序控制器	117
§ 5.1 三菱可编程序控制器	117
§ 5.2 欧姆龙可编程序控制器	221
第6章 特殊功能模块	272
§ 6.1 高速计数模块	272
§ 6.2 定位控制模块	277
§ 6.3 通信与联网模块	287
§ 6.4 其他特殊功能模块	297
第7章 PC 控制系统的设计	300
§ 7.1 PC 控制系统设计的基本内容和步骤	300
§ 7.2 PC 的选择	301
§ 7.3 PC 控制系统的类型	304
§ 7.4 PC 控制系统设计举例	305
第8章 多机系统	316
§ 8.1 分布式控制系统是典型的多机系统	316

§ 8.2 网络通信	318
§ 8.3 应用举例	334
第 9 章 PC 的应用	339
§ 9.1 基本应用	339
§ 9.2 PC 系统的可靠性	340
§ 9.3 实际应用举例	357
主要参考文献	383

第 1 章 概述

§ 1.1 可编程序控制器的发展概况

一、PC 的由来

可编程序控制器(Programmable Controller), 简称 PC。它是专门为工业控制而设计的一种微型计算机装置, 故称工业计算机。

近年来, PC 以其安装简单、使用方便、可靠性高和价格适中等特点, 迅速成为国内外工业很多领域中, 应用广泛, 发展趋势很好的产品。它不仅占领了继电器系统和常规电子系统的广大市场, 而且, 与现代的各种微型计算机系统展开了激烈的竞争。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。因此, 国外有些技术刊物称之为“控制设备的革命”。

20 世纪 60 年代末, 世界汽车市场竞争更加激烈。1968 年美国最大的汽车制造商通用汽车公司(GM), 为了适应汽车型号不断更新的需要, 想寻找一种方法, 尽可能减少重新设计继电器控制系统和接线的工作量, 降低成本, 缩短新产品的开发周期, 于是设想把计算机功能完备、灵活性、通用性好等优点和继电器控制系统简单易懂、操作方便、价格便宜等优点结合起来, 制造一种新型的工业控制装置。为此, GM 公司于 1968 年公开招标, 招标指标如下:

- 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装置的体积应显著地小于原继电器控制柜的体积;
- ③装置的可靠性应明显高于原继电器控制柜的可靠性;
- ④系统(装置)应是由插件或模块拼接而成的, 以便用户维修;
- 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, 以便用户操作;
- ⑦输入的开关量信号应可以是高于交流 115 V 的电压信号;
- ⑧输出的驱动信号应具有交流 115 V、2 A 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 4 K 以上, 这是根据当时汽车装配过程的要求提出来的。

最后, 由美国数字设备公司(DEC)中标, 并于 1969 年完成了该装置的研制, 世界上第一台 PC 诞生。该装置在 GE 公司汽车自动装配线上首次应用成功, 并取得了明显的经济效益, 因此立即引起世界各国的注意。当时人们把它称为可编程序逻辑控制器(Programmable Logic Controller), 简称 PLC, 只是因为它取代继电器控制, 仅具备逻辑控制、计数、定时

等功能。

随着微电子技术的发展,20世纪70年代中期出现了微处理器和微型计算机。微机技术被用到PLC中,使得PLC不仅具有逻辑控制功能,而且还增加了运算、数据传送和处理等功能,成为具有计算机功能的工业控制装置。1980年美国电气制造协会(NEMA)正式将其命名为可编程控制器,即PC。

国际电工委员会(IEC),于1982年11月(第1版)和1985年1月(修订版),对PC作了如下定义:“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命令,并通过数字式、模拟式的输入和输出,控制各种类型的机械或生产过程。PC及其有关设备,都应按易于与工业控制系统联成一个整体,易于扩充功能的原则而设计”。

事实上,近三十几年由于PC的迅猛发展,它所能完成的功能均已超出上述定义所规定的内容。

二、PC的国内外状态

自从1969年美国研制出世界上第一台PC机,并取得了明显的经济效益之后,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PC 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PC。PC机的生产已成为发达国家工业生产的热点之一。1982年美国Frost & Sullzian商业情报公司对美国石油化工、冶金、机械等行业400多家企业调查了各种工业自控设备使用情况,结果如表1-1所示。从此表可以看出,PC在工业企业中应用已相当普及,在各种自动化设备中占首位。

表 1-1 各种工业自控设备使用情况

工厂自动化设备	名次
PC	1
过程控制(自动化仪表)	2
计算机控制	3
专用控制器	4
数据采集系统	5
能源管理系统	6
材料自动化处理系统	7
分布式控制系统	8
自动检索、自动测试	9
数控(DWC和CNC)	10

美国PC发展得最快,1984年有48家PC制造厂,生产各类PC 150多种,年销售额6亿多美元。1987年有63家,生产243种,销售量38.3万台,销售额超过10亿美元。美国生产PC的著名厂家有AB公司、GE公司等。日本自1971年开始研制PC,其发展十分迅速。1984年PC的生产厂家有30多个,产品60多种。

日本主要发展中小型PC、超小型PC、微型PC。日本的小型PC产品性能先进、结构紧凑、价格便宜,因而在世界市场上占有重要地位。其中著名的厂家有三菱电机、欧姆龙、富士等公司。

西欧德、英、法等国家 PC 发展也很快。著名的公司有德国的 AEG、西门子和法国的 TE 公司等。

我国对 PC 的研制起始于 1974 年。1977 年研制成功我国第一台 PC 机,并有批量生产,而且开始于工业控制。在以后的 20 多年里,一方面引进国外的 PC 生产线,带有 PC 的成套设备、专用设备。如在宝钢工程中,引进了十几种机型近 200 台 PC,另一方面,我国一些科研单位和工厂也在研制和生产 PC。如无锡华光电子公司生产的 SR-20, SG-8 等,辽宁无线电二厂生产的 S5-101U, S5-115U 等。

三、PC 的未来

1. 向小型化、专用化、廉价方向发展

20 世纪 80 年代初,小型 PC 在价格上还高于小型系统用的继电器控制装置、随着微电子技术的发展,新型器件大幅度地提高功能和降低价格,使 PC 的结构更为紧凑,操作使用十分简便。PC 的功能不断增加,将原来大、中型 PC 才有的功能移植到小型 PC 上,如模拟量处理、数据通信等,但价格不断下降,真正成为继电器—接触器控制的理想代替物。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。

2. 向大型化、高速度、多功能、分散型、多层次的全自动化网络方向发展

大型 PC 采用多微处理器系统,有的还采用了 32 位微处理器,可同时进行多任务操作,处理速度提高,存储容量大大增加;采用多种多功能编程语言和先进指令系统。可使用 BASIC 等高级语言,特别是增加了过程控制和数据处理的功能,如多 PID 回路和用户组态模拟报警编程,数据文件传送,浮点运算等功能;提高了组网和通信能力,能实现 PC 之间和 PC 与管理计算机之间的通信网络,形成多层分布控制系统,或整个工厂的自动化网络。还值得提及的是:PC 的高级功能不断增加,如中断控制、智能控制、远程控制等;另外, I/O 的点数进一步扩大,最多已达到 32 000 点;此外,处理数据的速度进一步提高,最高的扫描速度已达 $0.15 \mu\text{s}/\text{步}$ (A3A);存储容量进一步提高,如最大的存储容量已达 2M 字节;PC 的通信协议进一步规范化,如由美国 GM 公司在 1982 年提出的自动化通信协议,已得到世界各大公司的认可和使用。总之,PC 不断扬长避短,不断吸取数字计算机的长处来完善自己,随着微电子技术的迅猛发展,PC 如工业中的一支劲旅愈来愈显示它的威力和优越性。

§ 1.2 PC 的特点和主要功能

PC 之所以能得到迅猛发展,并在工业生产中得到广泛的应用,是由于它具有显著的特点及很强的控制能力。

一、PC 的主要特点

PC 作为用于工业环境控制的专用计算机,与通常在实验室环境下使用的微机不同。由于控制对象的复杂性,使用环境的特殊性和运行的长期连续性,使 PC 具有如下特点:

1. 可靠性高

这是工业控制机的首要问题,必须高度重视。PC经常工作在非常恶劣的工业现场,要求具有很长的平均无故障时间。为此,PC在设计时,除了对器件的严格筛选和老化处理外,在硬件和软件两个方面同时采取必要的措施,目前在硬件方面采取的措施有:

(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他干扰信号影响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中各模块的工作状态的监测。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)故障检测 软件定期地检测外界环境,如电网掉电、强电磁干扰等,以便有异常情况,可及时处理。

(2)信息保护和恢复 对偶发性故障,只要故障条件出现时,对PC内部的信息没有破坏,一旦故障条件消失,就可恢复正常工作。所以,PC在检测到故障条件时,立即把状态存入存储器,通过软件对存储器暂行封闭,禁止对存储器进行任何操作,以防止存储器内容被破坏。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,继续原来的处理。

(3)扫描 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、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,不易产生因时序不

合适而造成的问题。

(4)CPU 诊断指示 PC 工作时,经常执行一段程序,使硬件产生一个规定的信号,如使特定指示灯亮等,用这个信号来标志 CPU 是否处于正常工作状态。

由此可见,从硬件、软件两个方面所采取的措施,在提高 PC 的可靠性和保障 PC 的安全,防止偶发性故障,提高诊断永久性故障水平方面均有重要作用,尤其在防止偶发性故障方面,软件所起的作用是不可低估的。

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,组成系统后,可靠性虽有所下降,但在 GE—VI 系列中又推出 RPU 系统,它配备有两套 CPU 和 I/O,从而保证了 RPU 系统具有很高的可靠性,该系统的 MTBF 可高达 50 000 小时,比一般控制器提高了一个数量级。

2. 用户使用方便

(1)编程方便

由于 PC 的设计宗旨是方便使用,使微机控制技术能得到推广和普及。因此,目前大多数 PC,均采用继电控制形式的“梯形图”编程方式。

采用继电器线路形式编程,既继承了传统控制线路的清晰直观感,又考虑到大多数工矿企业电气工程技术人员读图习惯及应用微机的水平,因此,这种编程方式,很容易被电气工程技术人員所接受,易于编程,易于应用,非常受欢迎。

(2)操作方便

使用方便的另一个方面是:在 PC 上编程经常只使用数量有限的专用键,操作很方便,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 都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 通道的状态显示,RAM 后备电池的状态显示,存储器数据的奇偶检测结果显示,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 GENIVS 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。

3. 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、坚固、体积小,很容易装入机械设备的内部;同时,它又具备很高的抗干扰能力,如一般 PC 均能承受峰值 1 000 V,脉宽 1 μ s 的矩形脉冲串的尖峰干扰,具有很强的抗震、

防潮和耐热能力。因此,它是实现机电一体化的较理想的控制设备。

当然,PC还具有其他特点:①通用性、灵活性强,程序易于修改;②功能完善;③体积小,安装方便;④设计、安装、调试周期短。目前,PC已实现了产品系列化,并正朝着模块的标准化和通用化方面发展。

二、PC 主要功能

PC的诞生虽然仅32年的历史,但由于微电子技术的迅猛发展,由于设计思想合理,加之在实践中不断地完善,PC已具备了比较理想的功能,可以满足很多控制领域的需要。目前,典型的PC功能有如下10种。

1. 开关量控制

PC可以取代传统的继电器,完成开关量控制。PC中软继电器及其触点很多,可以实现各种简单和复杂的逻辑控制。

2. 模拟量控制

在工业生产过程中,有许多连续变化的量,如温度、压力、流量、液位和速度等,称之为模拟量。而PC中的微处理器CPU,只能处理数字量。所以PC中配置了A/D和D/A转换模块,把现场输入的模拟量经A/D转换后送微处理器处理。而微处理器处理结果的数字量,经D/A转换后,变换成模拟量去控制被控设备,以完成对模拟量的控制。

3. 定时控制

PC为用户提供了若干计时器(定时器),并设置了计时指令。计时器的计时值可以由用户在编程时设定,也可以用拨盘开关来设定。计时器的计时值可以在运行中被读出,也可以在运行中被修改,使用灵活,操作方便。程序投入运行后,PC将根据用户设定的计时值对某个操作进行限时控制和延时控制,以满足生产工艺的要求。

4. 计数控制

PC为用户提供了若干个计数器,并设置了计数指令。计数器的计数值可以由用户在编程时设定,也可以用拨盘开关设定。计数器的计数值可以在运行中被读出,也可以在运行中修改,使用灵活,操作方便。程序投入运行后,PC将根据用户设定的计数值,对某个输入信号计数,并对某个操作进行计数控制,以满足生产工艺的要求。

5. 步进控制

PC为用户提供了若干个移位寄存器,可以用于步进控制,即在一道工序完成以后,再进行下一步工序。有些型号的PC,还专门设置了用于步进控制的步进指令和鼓形控制操作指令,编程和使用极为方便,因此更容易实现步进控制的要求。

6. 数据处理

除了较简单的PC外,一般PC都具有数据处理的功能,它具有并行运算指令,能进行数据并行传送,BCD的加、减、乘、除、开方等运算,还能进行字与、字或、求反、逻辑移位、算术移位、检索数据、比较、数制转换、16-4编码、4-16编码、译码等操作,还可以对数据存储器进行间接寻址等。

7. 自诊断功能

PC能对电源、程序语法、运行状态等作自诊断,并用代码显示诊断结果,在发生异常时能自动终止运行。

8. 定位控制

PC 配置的轴定位模块可以组成开环或闭环定位控制系统,以控制机械加工时的定位运动、可变速定位运动、强制定位运动、调整运动和自动找原点等。

9. 通讯联网功能

某些控制系统需要多台 PC 连接起来使用或由一台计算机与多台 PC 组成分布式控制系统,PC 配置的通信模块可以满足这些通信联网要求。

10. 显示、打印功能

PC 可通过接口模块,连接显示终端和打印机等外部设备,从而实现显示和打印功能。

§ 1.3 PC 的分类与应用场合

一、PC 的分类

由于 PC 的品种、型号、规格、功能繁多且无统一规定,要进行详细地分类十分困难。通常只能根据结构形式、I/O 点数以及功能范围三个方面进行大致分类。

1. 按结构形式分类

按结构形式不同,可分为整体式和模块式两类。

(1)整体式 PC 把 CPU、存储器及 I/O 等基本单元装在少数几块印刷电路板上,并连同电源一起装在一个机体内,形成一个整体,通常把它称为主机。整体式 PC 由不同 I/O 点数的基本单元和扩展单元组成。基本单元内有 CPU、I/O 和电源,扩展单元内只有 I/O 和电源。基本单元和扩展单元之间一般用扁平电缆连接。整体式 PC 一般配备有特殊功能单元,如模拟量单元、位置控制单元等,使 PC 的功能得以扩展。

这种结构的优点是结构简单、节省材料、体积较小。缺点是主机的 I/O 点数固定,使用不够灵活;另外维修也比较麻烦。

(2)模块式 PC 模块式 PC 有的又称为积木式 PC。它把 CPU(包括存储器)和输入、输出单元做成独立的模块,即 CPU 模块、输入模块、输出模块,然后组装在一个电源框架(机架)内,模块插在插座上。有的 PC 没有框架,各种模块安装在底板上。

这种结构的优点是 I/O 模块及 I/O 点数可根据用户需要方便灵活地组合,对现场的应变能力较强,同时还便于维修。缺点是结构较复杂、插件较多、增加了造价。

2. 按 I/O 点数分类

按 I/O 点数不同,可分为小型、中型、大型三类。

(1)小型 PC I/O 点数为 256 点以下(包括 256 点),其中小于 64 点为超小型或微型 PC。

(2)中型 PC I/O 点数为 256 点以上,2048 点以下。

(3)大型 PC I/O 点数为 2048 点以上(包括 2048 点)。

3. 按功能分类

按功能范围不同,可分为低档、中档、高档机三类。

(1)低档机 具有逻辑运算、计时、计数、移位以及自诊断、监控等基本功能。还可能增加少量模拟量输入/输出(即 A/D、D/A 转换)、算术运算、数据转送、远程 I/O、通讯

等功能。

(2) 中档机 除具有低档机的功能外, 还具有较强的模拟量输入/输出、算术运算、数据传送和比较、数制转换、远程 I/O、子程序、通讯联网等功能。还可能增设中断控制、PID 回路控制等功能。

(3) 高档机 除具有中档机的功能外, 还增设有带符号算术运算(32 位双精度加、减、乘、除和比较)、矩阵运算、位逻辑运算(位置位、位清除、右移、左移)、平方根运算以及其他特殊功能函数的运算、表格传送及表格功能等。高档机具有更强的通讯联网功能, 可用于大规模的远程控制, 构成全 PC 的分布式控制系统, 或整个工厂的自动化网络。

二、PC 与微型机的关系

请注意: 可编程控制器, 简称 PC, 但不要与个人计算机(Personal Computer)的简称 PC 相混淆。有时为了区别两者, 将可编程序控制器简称为 PLC(虽然是早期的名称)。目前, PC 和 PLC 这两个简称都在用, 本书基本使用 PC。前已提及, PC 是一种专门用于工业自动控制的计算机, 在工业上, 许多用微型计算机的地方可用 PC 取而代之, 这是因为 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微型计算机还是有很大的差别, 这些差别主要表现在下述几个方面。

1. 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(如粉尘条件、环境温度、电磁干扰、电源质量等)。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。

2. 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 与现场采集的信号和所控制的设备之间的接口, 应该是方便和可靠的。

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, 而不是像微型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, PC 是为工业生产的自动控制服务的, 主要取代继电器—接触器控制。考虑到原有继电器触点梯形图编程语言与电气控制原理图有一定相似之处, 它形象、直观、实用, 为广大电气工程技术人員所熟知。这种编程语言继承了传统继电器控制逻辑中使用的框架结构, 逻辑运算方式和输入输出形式, 使得程序直观易读。因此, 当今世界各国的 PC 制造厂家所生产的 PC 大都采用梯形图编程。

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。

三、PC 的性能指标

PC 的性能, 通常是用以下多种指标来综合表述的。

1. 编辑语言

编辑语言常用的有梯形图、语句表、控制系统流程图三种编辑语言。不同的 PC 可能采用不同的编程语言, 或综合使用上述几种语言。

2. 存储容量

用户程序存储器用以存储通过编程器输入的用户程序, 其存储容量通常是以字为单位来计算。约定 16 位二进制数为一个字, 每 1 024 个字为 K 字。中、小型的 PC 存储容量一般在 8K 以下, 大型的 PC 存储量有的已达到 256 K 及 2 M。

在编程时, 每一条指令所占的存储容量是一个字、二个字等。

也有的 PC, 用户程序的存储量是用编程的步数来表示, 每编一条语句为一步。

3. I/O 总数

PC 的输入、输出量有开关量和模拟量两种。对于开关量 I/O, 其 I/O 总数用最大 I/O 点数来表示; 对于模拟量 I/O, 其 I/O 总数用最大 I/O 通道数来表示。

4. 扫描速度

它是用每执行一千条指令所需要的时间来估算的, 单位用 ms/k 字。例如 20ms/k 字, 表示扫描 1K 字的用户程序所需时间为 20 ms。它只是一个粗略的指标, 因为不同的指令其执行时间是不同的, 甚至差异较大。为了保证生产系统的正常运行, 必须做到最长的扫描周期小于系统电器改变状态的时间。

但要注意和扫描周期的区别。扫描周期是指, PC 在扫描工作过程中, 反复一个周期称为扫描周期。

5. 指令种数

用以表示 PC 的编程功能。

6. 内部继电器的种数和点数

包括辅助继电器、计时器、计数器、移位寄存器、特殊继电器等。

7. 其他

除上述基本的性能指标以外, 对于不同的 PC, 还可能列出其他一些指标, 如输入/输出方式、特殊功能模块、自诊断功能、通讯联网功能、远程 I/O 能力、监控功能, 还可能列出一些主要硬件 (如 CPU、存储器) 的型号以及 PC 的环境适应性等。

四、PC 的应用场合

1. 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。

2. 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。

3. 机械加工中的数字控制

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 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, 用户对机械加工程序编制越来越方便。因此 PC 在 CNC 系统中的应用是非常普遍的。例如日本东芝公司生产的 TOSNVC600 就是这类应用的典型产品。

4. 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, 不仅可以实现各个 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。

5. 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。

习 题

- 1-1 PC 的定义是什么? 为什么说 PC 是一种数字运算的电子系统?
- 1-2 PC 有哪些主要特点?
- 1-3 PC 为什么会有很高的可靠性?
- 1-4 PC 是如何分类的?
- 1-5 PC 与微型机的异同?
- 1-6 PC 的发展趋势如何?
- 1-7 PC 可以应用在哪些领域?
- 1-8 PC 有哪几种结构形式? 各有什么特点? 如何根据不同的要求来选择 PC 的结构形式?

第 2 章 PC 的组成与基本工作原理

§ 2.1 PC 系统的组成

PC 系统是由硬件系统和软件系统两大部分组成。

一、PC 的硬件系统

PC 的硬件系统是指构成 PC 的物理实体或称物理装置，也就是它的各个结构部件。图 2-1 是 PC 的硬件系统简化框图。其中：虚线框 A 称为主机；虚线框 B 称为扩展机；虚线框 C 称为外部设备。即 PC 的硬件系统是由主机、I/O 扩展机及外部设备所组成。主机和扩展机采用微机的结构形式，其内部由运算器、控制器、输入单元、输出单元以及接口等部分组成。运算器和控制器集成在一片或几片大规模集成电路中，称之为微处理器(或微处理机、中央处理单元)，简称 CPU。

1. CPU

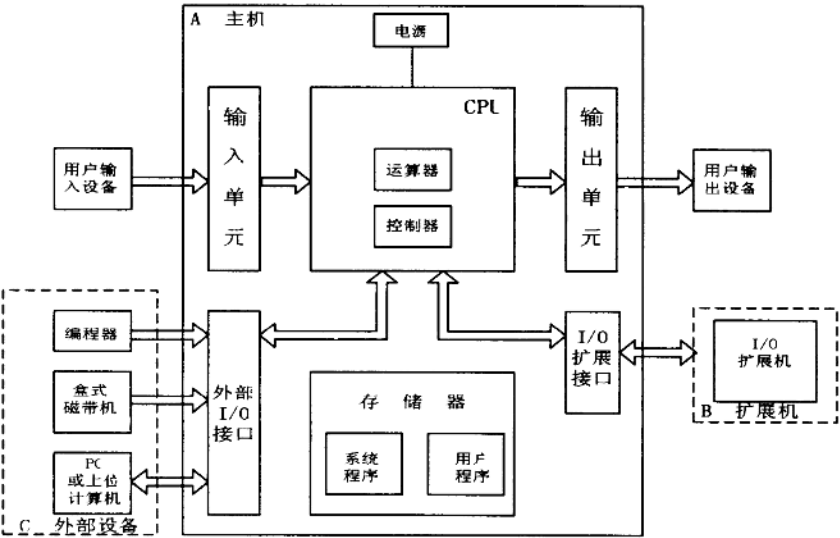


图 2-1 PC 硬件系统简化框图

主机内各部分之间均通过总线连接。总线分电源总线、控制总线、地址总线和数据总线。

以下介绍各部件的作用：

CPU 在 PC 控制系统中的作用类似于人体的神经中枢。它是 PC 的运算、控制中心，用来实现逻辑运算、算术运算，并对全机进行控制。它按照 PC 中系统程序所赋予的功能，