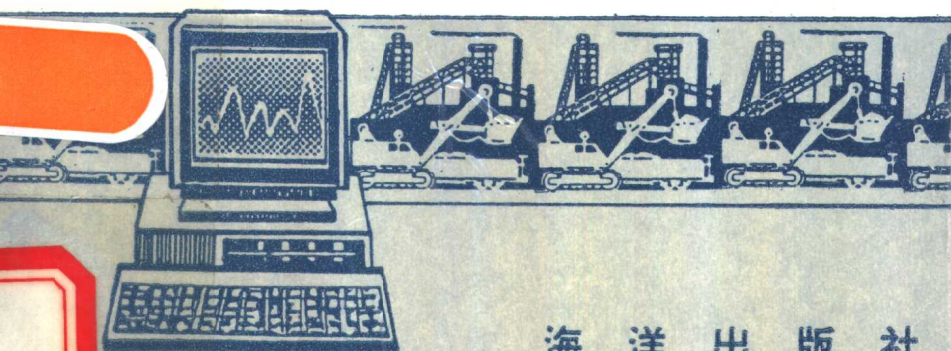


可编程序控制器(PC)的 抗干扰技术

杨公训 编著



海 洋 出 版 社

可编程序控制器(PC) 的抗干扰技术

杨公训 编著

海洋出版社
1995年·北京

内 容 简 介

本书在简要地介绍可编程序控制器(PC)的特点、结构原理等的基础上,依据工业抗干扰理论,结合PC的应用实践,对PC的电磁兼容性概况、影响PC系统的干扰源和干扰形式以及干扰的传递方式和耦合机理进行了讨论和分析;并对目前国内外PC本身采取的抗干扰措施及PC用户采取的抗干扰措施等进行了系统地论述。

本书可作为高等工科院校工业自动化、电气工程、机电一体化等专业的教学参考书,亦可供从事工业控制和机电行业的工程技术人员设计系统时参考。

可编程序控制器(PC)的抗干扰技术

杨公训 编著

*

海洋出版社出版(北京市复兴门外大街1号)

新华书店北京发行所发行

北京第二外国语学院印刷厂印刷

开本:787×1092 1/32 印张:5.25 字数:120千字

1995年9月第一版 1995年9月第一次印刷

印数:1—1000册

*

ISBN 7-5027-1573-8/TP·256

定价:9.80元

前 言

可编程序控制器(简称 PC),是一种以微处理器为核心的工业控制计算机。在控制功能方面,PC 与通用微型计算机相比,具有工作可靠,编程简单,使用方便,应用设计和调试周期短等优点,且又能在恶劣的工业环境下同强电设备在一起工作,很容易实现“机电一体化”,因而深受人们的重视。由于 PC 把自动化技术、计算机技术和通信技术融为一体,有利于实现工业控制领域全面自动化,因此,近年来 PC 技术在世界各国迅猛发展。PC 与工业机器人、CAD/CAM 已成为当今工业自动化领域的三大支柱。在技术先进的国家,PC 的应用已经普及。在我国,PC 已在许多行业得到推广和应用,其中以冶金、能源、交通运输、机械制造、轻工等部门应用更为广泛。

由于电子技术的飞速发展,在现代工业控制设备中,广泛采用大、中、小功率电子器件及其组合装置——模拟控制及数字控制设备,使强电技术和弱电技术紧密地结合在一起,它们的功率、电平和工作频率均相差极大。随之而来的问题就是干扰现象严重了。强电部分对弱电部分的干扰日益强烈,弱电部分对干扰的感受也愈加灵敏,同时弱电部分自身也产生一些干扰。而且这一装置产生的干扰不但影响自身的正常工作,也会妨碍其他装置的正常工作。这种干扰现象,不仅在工业控制设备中有,而且在独立的检测仪表中、在数字计算设备中都不

可避免地存在着。因此,干扰问题已成为自动控制、自动化仪表、计算技术等各个专业的设计、研究、制造人员和工程技术人员所面临的重要问题。

PC 是一种复杂的工业控制用电子设备,使用环境对其工作可靠性影响很大。早在 60 年代中期,当人们开始使用电子控制装置时,就已注意到使用现场的电磁环境与电子设备的干扰故障情况有密切关系。当时就提出了必须在设备制造、现场施工、使用维护三个方面都采取一定的措施,才能使成套设备具有满意的电磁兼容性,才能使之正常、可靠地运转。对于 PC 来说,本身所具有的电磁兼容性,在 PC 设计和制造时就已决定了,用户对它是不能改变的。然而作为 PC 用户,无论是使用 PC 构成控制设备,或是采用 PC 来设计构成一个控制系统时,总是要遇到使用现场的电磁环境和电磁干扰问题。因而,为了保证 PC 可靠地运行,用户就需要具备必要的电磁兼容性方面的知识,对 PC 本身的电磁兼容性要有正确的认识 and 了解,并能采取一些必要的抗干扰技术措施。

实践证明,PC 控制设备的故障约有 80% 发生在外围,影响 PC 运行可靠性的主要因素是系统总体设计和对环境的适应性。尽管 PC 本身的抗干扰能力较强,但由于用户对由 PC 组成控制系统后相互干扰问题和生产现场电磁环境问题重视不够,造成一些系统因电磁干扰的影响而不能正常工作。因此,国外许多 PC 用户对 PC 应用中的电磁兼容性问题十分重视,他们大多有自己内部规定的 PC 选型和安装规范,在应用软件方面也有各自的技术诀窍和方法以保证 PC 运行的可靠性。但是,在国内往往只注意功能的实现,而忽视电磁环境对设备正常运行的影响。

为此,本书从应用角度出发,在对 PC 概述的基础上,按照电磁兼容性的基本原则,系统地分析了干扰的来源、形式和特点。彩用直观、简洁的模型描述了干扰的传播途径、耦合机理;对 PC 本身的抗干扰措施和能力进行了分析;并结合 PC 的应用实践,对 PC 用户需要采取的抗干扰技术措施进行了系统地介绍和论述;提出了以抑制干扰源为主,采取系统的电磁兼容性设计和软件、硬件抗干扰措施相结合等手段来提高 PC 设备对环境的适应性。

在本书的编写过程中,作者得到了中国煤炭科学研究总院王安山高级工程师和张秀萍工程师提供的部分技术资料及热情帮助。该书完稿后,中国矿业大学北京研究生部高绶麟教授对全书进行了审阅。在此谨致衷心的感谢。

作者

1995 年 5 月

目次

第一章 PC 概论	(1)
一、发展历史及现状	(1)
二、PC 的应用	(6)
三、PC 的结构原理	(8)
四、PC 的编程语言	(16)
第二章 PC 的电磁兼容性	(19)
一、基本概念	(19)
二、电磁兼容性概述	(22)
三、影响 PC 系统的干扰源及干扰形式	(23)
四、干扰的传递方式和耦合机理	(36)
五、PC(受干扰对象)的抗干扰能力	(53)
第三章 PC 本身采取的抗干扰措施	(58)
一、PC 抗干扰措施概述	(58)
二、PC 故障位置及原因	(60)
三、I/O 接口的抗干扰措施	(61)
第四章 PC 用户的抗干扰措施	(80)
一、抑制干扰源措施	(80)
二、切断或衰减干扰耦合途径的措施	(108)
三、软件抗干扰措施	(131)
四、抗干扰系统的设计	(137)

附录一	PC 系统和独立外设的抗电干扰要求	(149)
附录二	PC 系统的抗干扰试验	(151)
附录三	PC 系统正常工作验证程序	(154)
附录四	一些公司 PC 特性及 I/O 种类	(157)
参考文献		(160)

第一章 PC 概论

可编程序控制器(Programmable Controller)简称 PC。

国际电工委员会(IEC)对可编程序控制器做了如下的规定:

“可编程序控制器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来控制各种类型的机械设备或生产过程。可编程序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、易于扩充其功能的原则来设计。”

一、 发展历史及现状

本世纪 60 年代后期,美国基于通用集成电路和小型计算机技术,研制出世界第一台 PC。从此,这项新技术就迅速发展起来。在美国 PC 技术的影响下,日本和欧洲国家也相继投入了一定的力量,于 70 年代初期分别研制成了 PC。

70 年代中期,PC 进入了实用化发展阶段。随着多种 8 位微处理器和位片处理器的相继问世,PC 技术产生了飞跃。在逻辑运算功能的基础上,增加了数值运算、闭环调节功能,提高了运算速度,扩大了输入输出规模,并开始与网络 and 小型机

相连,构成了以 PC 为重要部件的初级分散控制系统。此时 PC 在轻工、冶金、石化、能源等工业生产中得到了广泛的应用。

70 年代末期,PC 技术进入了成熟阶段。16 位微处理器和 51 系列单片微型机的相继问世,使 PC 向大规模、高速度、高性能方面继续发展,形成了多种系列化产品,出现了紧凑型、低价格的新一代产品和多种不同性能的分布网络系统。此时,面向工程技术人员的编程语言也发展成熟了,出现了工艺人员使用的图形语言。在功能上,PC 已经可以完全取代传统的逻辑控制装置、模拟控制装置和小型机的 DDC 控制系统。随着应用领域的扩大,到 80 年代中期,世界上已有近百个厂家,生产出多种 PC 机型和系列。此时,PC 已作为一个独立的工业设备被列入生产体系中,其产值和销量也在迅速递增。

90 年代,PC 仍在迅速发展。世界各大公司都在进一步完善自己原有的产品,并继续开发新的系列与局部网络连成整体分布系统。在软件方面,也在不断发展并与计算机系统兼容。

国外 PC 的迅速发展,引起了国内工程技术界的极大兴趣,许多部门引进了 PC 技术装备,进行消化移植和开发研究。70 年代末,80 年代初,我国开始引进使用 PC 的自动生产线,先后在冶金、石油、化工、建材、轻工、能源等工业生产线中使用 PC 代替原有的继电器逻辑控制系统。在引进整套设备的同时,许多单位也相继引进 PC 单机并自己组成控制系统。引进的 PC 机型包括美国、日本以及欧洲各公司的产品。与此同时,我国工程技术人员应用 PC 的能力也逐步提高。在应用研究中取得了比较成熟的经验,已能成功地应用于国民经济

各部门的工业生产过程中。80年代后期,国内一些部门对PC一方面进行二次开发和应用研究,一方面引进PC的生产线,积极开发国内自己的产品。但由于技术和工艺装备上的差距,国内自己开发的PC产品还局限于小型的系统。

目前国外生产PC的厂家很多,它们遍及美国、日本和欧洲各国,且PC产品类型繁多。但就PC技术而言都大同小异。对于现代PC,概括有如下特点:

1. 系列化

国外生产PC的各大公司不断推出新系列产品。新系列PC产品大体上都有小、中、大三种机型。表1-1给出了各种机型的规模和特性。

2. 多处理器

一般的小型机是单处理器系统;中型机多为双处理器系统,包括字处理器和位处理器;大型机则为多处理器系统,由字处理器、位处理器和浮点处理器组成。

3. 较大的存储能力

用CMOS器件和磁泡存储器,容量可从数千字节到数兆字节,作为直接工业控制装置的程序存储和数据存储。系统掉电时,备有电池保护,可保存部分实时信息。

4. 很强的输入输出接口

考虑到工业过程的需要,常用的数字量输入输出接口有交流110V、220V和直流5V、24V、48V、60V。负载能力可以从0.5A到5A。模拟量的输入输出由 $\pm 50\text{mV}$ 到 $\pm 10\text{V}$,电流有0~10mA或4~20mA多种规格。为保证安全运行,提高可靠性,输入输出接口都采取了隔离措施。

表 1-1 各机型的规模 and 性能

机 型 性 能	小 型	中 型	大 型
I/O 能力	256 点以下 (无模拟量)	256~2048 点 (模拟量 64~128 路)	2048 点以上 (模拟量 128~512 路)
CPU	单 CPU 8 位处理器	双 CPU 8 位字处理器和 位处理器	多 CPU 16 位字处理器, 位处 理器和浮点处理器
扫描速度	20~60ms/K 字	5~20ms/K 字	1.5~5ms/K 字
存储器	0.5~2K 字	22~64K 字	64~上兆字节
智能 I/O	无	有	有
连网能力	有	有	有
指 令 及 功 能	逻辑运算	逻辑运算	逻辑运算
	计时器 8~64 个	计时器 64~128 个	计时器 128~512 个以上
	计数器 8~64 个	计数器 64~128 个	计数器 128~512 个以上
	标志位 8~64 个 其中 1/2 可记忆	标志位 64~2408 个 其中 1/2 可记忆	标志位 2048 个以上 其中 1/2 可记忆
	具有寄存器 和触发器功能	具有寄存器 和触发器功能	具有寄存器 和触发器功能
		算术运算、比较、 数制转换、三角函 数、开方、乘方、微 分、积分、中断	算术运算、比较、数制转 换、三角函数、开方、乘 方、微分、积分、PID、实时 中断、过程监控
编程语言	梯形图	梯形图、流程图、 语句表	梯形图、流程图、语句表 图形语言、BASIC 等高级 语言

5. 智能外围接口

新型 PC 具有许多智能外围接口。这些接口具有独立的处理器和存储器, 作为专用的工业外围接口, 它们可完成特殊功能, 独立进行闭环调节; 可作为温度控制、位置控制; 也可用

于联接显示终端、打印机等。有了智能外围接口,可以大大地增强单机的功能。

6. 网络化

PC 可连成功能很强的网络系统。一般有两类网络。一类是低速网络,采用主从方式通信,传输速率为几千波特到上万波特,传输距离为 500~2500m。另一类是高速网络,采用令牌传送方式通信,传输速率由 1 兆波特到 10 兆波特,传输距离为 500~1000m,网上结点可达 1024 个。这两类网络可级联,网上可兼容不同类型的 PC 和计算机,从而组成控制范围很大的局部网络。

7. 紧凑型、高可靠性和保密性

80 年代初,单片微型机的出现促进了 PC 向紧凑型发展。近年来,由于大规模集成电路技术的发展,大大促进了 PC 的小型化,同时也增加了 PC 的技术保密性。在小型化的同时,可靠性也在不断提高,一般 PC 无故障间隔时间可保证 3 万到 5 万小时,有些新型 PC 平均无故障时间可达 30 万小时或更长。

8. 通俗化的编程语言

为了适应更多的工程技术人员的需要,PC 具有多种形式的面向工程技术人员的语言:有顺序控制的梯形图,用软结点、软触发器、软件计时器和计数器来代表相应的物理部件,以进行逻辑运算,完成时间上的顺序控制;有适用于数值控制的系统流程图,具备算术运算、比较、滤波等功能,对工业生产过程可方便地作出系统方块图并对控制过程进行跟踪。在一些机型中,还具有类似于汇编语言的语句表等编程语言。在大型 PC 中还具有 BASIC 等高级编程语言,从而可满足各种不

同控制对象和不同使用人员的需要。

二、PC 的应用

PC 的应用领域极其广阔,对于早期的 PC,凡是有继电器的地方就需要 PC;对于当今的 PC,几乎可以说凡是需要控制系统的地方就需要 PC。目前,PC 已广泛用于模拟量与数字量控制系统方面。小型 PC 主要用于单机自动化;而大型 PC 则已成为自动化生产线上必不可少的核心控制部件,并向多层分布式工厂全自动网络化方向发展。如果按应用类型划分,PC 的应用大致分为如下几种:

1. 用于开关逻辑控制

这是 PC 最基本的控制范围,可用 PC 来取代继电器控制装置,如机床电气控制、马达控制中心等;以及用来取代顺序控制和程序控制,如高炉上料系统、电梯控制、港口码头的货物存放与提取、采矿业的提升与皮带运输等。总之,用于对单机控制、多机群控制以及自动生产线的控制等。

2. 用于闭环过程控制

现代的大型 PC 都配有 PID 子程序(或装在软盘内,由用户调用),也有的厂家把 PID 功能独立出来。PC 的 PID 调节控制已广泛用于各行各业的过程控制。PC 亦可用于闭环的位置控制和速度控制。

3. 用于机械加工的数控控制

PC 能和机械加工中的数字控制(NC)及计算机数控(CNC)组成一体,实现数值控制。为了实现 PC 和 CNC 设备之间内部数据自由传递,通过窗口软件,用户可以独自编程,

由 PC 送至 CNC 使用。有人预言,今后几年 CNC 系统将变成以 PC 为主体的控制和管理系统。

4. 用于机器人控制

随着工厂自动化网络的形成,使用机器人工作的地方将越来越多。对于机器人,许多工厂也选用 PC 来进行控制。机器人控制所需的控制容量、控制和执行元件以及智能 I/O 随机器人的类型、响应速度和动作精度而异。具有简单动作的机器人只需用一台小型 PC 控制即可。较复杂的机器人要求较高级的控制器、操作诊断、人机接口功能和网络通信,应恰当地选择与 PC 机连接的伺服电动机或步进电动机的驱动系统。PC 一般适用于机器人系统,这种系统涉及到大量的动作互锁、使用多台控制器以及同生产计划和监视系统的通信。机器人和 PC 系统的联合,可使操作更灵活,便于无人看管操作和防止故障。因此,PC 在机器人和机器人系统中的应用越来越广泛。

5. 用于组成多级控制系统

近年来,一些发达国家推出了工厂全自动化(FA)网络系统。它不仅具有逻辑运算、计时、计数等功能,还具有数值运算、模拟调节、监控、记录、显示、计算机接口和数据传送等功能,而且还能进行中断控制、智能控制、过程控制和远程控制等。该系统向上能与计算机系统数据进行通信,向下不仅能直接控制计算机数控(CNC)、机器人,还可以通过下级 PC 去控制执行机构。如果配备数据采集和分析系统、彩色图像图解系统,则管理和控制整个工厂是十分方便的。

在国外,一些著名 PC 制造厂分别建立了自己的多层控制系统,并纷纷同意遵守由美国 GM 公司提出的“制造自动

化通信协议 MAP (Manufacturing Automation Protocol)", 这就为异机通信, 真正实现工厂自动化铺平了道路。

总之, 多级分布式控制系统是发展的必然趋势, 它一般分为下几级:

第一级是实时控制, 主要是顺序控制;

第二级是协调控制, 协调各种机构的配合;

第三级是 PC 程序的装入, 管理数据采集和维护调度;

第四级是数据处理, 即与计算机之间的通信, 还有对全厂安全生产的考虑和把各种信号传输给各级操作人员, 形成一个复杂的通信关系。

PC 与计算机之间的联网能进一步实现工厂的自动化, 实现计算机辅助制造 (CAM) 和计算机辅助设计 (CAD)。

三、PC 的结构原理

从广义上说, PC 也是一种计算机控制系统, 只不过它具有比计算机更强的与工业过程相连的接口, 具有更适用于控制要求的编程语言。下面对 PC 的硬件、软件及工作过程做简单介绍。

(一) PC 的硬件

PC 与一般计算机系统一样, 由中央处理器、存储器、I/O 接口及一些其他电路组成。图 1-1 为 PC 的结构框图。下面根据图 1-1 概述 PC 各部分的功能和特点。

1. 中央处理器 (CPU)

CPU 是 PC 的核心部件。CPU 由控制电路、运算器和

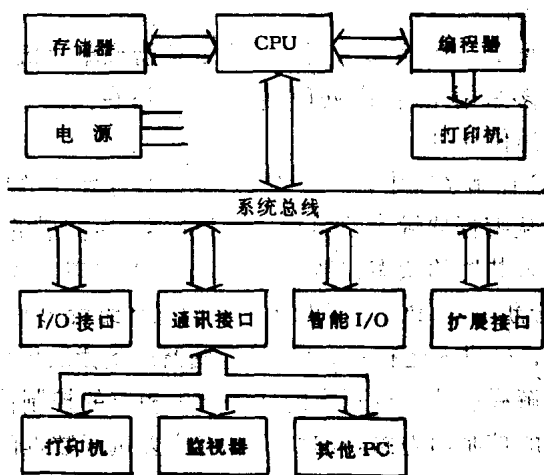


图 1-1 PC 的结构框图

寄存器组成。这些电路都集成在一个电路芯片上。CPU 通过地址总线、数据总线和控制总线与存储单元、输入输出(I/O)接口电路连接。

目前，一般的小型 PC 采用单处理器(单 CPU)系统；中型 PC 多为双处理器(双 CPU)系统，包括字处理器和位处理器；大型 PC 则为多处理器(多 CPU)系统，由字处理器、位处理器和浮点处理器等组成。

PC 常用的 CPU 主要采用通用微处理器、单片机或双极型位片式处理器。

通用微处理器常用的是 8 位和 16 位机，如 Z80、8085、8086、M6800、M68000 等。

单片机常用的有 8051、8751、8031 等。

双极型位片式处理器常用的有 AM2900、AM2901、