

949093

TM571.6
0093

廖常初 编著 • 重庆大学出版社

KEBIAN

CHENGXU KONGZHIQI

YINGYONG JISHU

可编程序控制器
应用技术

571.6
03

可编程序控制器应用技术

廖常初 编著

重庆大学出版社

内 容 简 介

本书从工程应用的角度出发,介绍了可编程序控制器(PC)的工作原理、特点、硬件结构、三菱公司的 F、F1、FX2 和 A 系列 PC 的性能指标和硬件组成,以及 F、F1、FX2 系列的编程元件和指令系统,还介绍了梯形图设计方法、PC 控制系统的设计和调试方法、PC 的通讯、位置控制、提高 PC 控制系统可靠性和降低系统硬件费用的方法等。书中附有习题和实验指导书。

本书介绍的以功能表图为基础的梯形图顺序控制设计法和 6 种编程方式,很容易被初学者掌握。用它们可以得心应手地设计出任意复杂的开关量控制系统的梯形图。大多数编程方式可以用于任意型号的 PC。

本书主要作为大学本科、专科电气技术、工业自动化及其它有关专业的教材,也可以供工程技术人员自学和作为培训教材。

可编程序控制器应用技术

廖常初 编著

责任编辑 李淑芳

*

重庆大学出版社出版发行

新华书店经销

重庆大学出版社印刷厂印刷

*

开本:787×1092 1/16 印张:7.75 字数:193 千

1992 年 7 月第 1 版 1992 年 9 月第 2 次印刷

印数:4001—12000

ISBN7—5624—0509—3/TP·33 定价:3.95 元

(川)新登字 020 号

前 言

可编程序控制器(PC)是以计算机为核心的通用自动控制装置。它的功能强、可靠性极高、编程简单、使用方便、体积小巧,近年来在工业生产中得到了广泛的应用,被誉为当代工业自动化的三大支柱之一。学习和掌握 PC 应用技术,已经成为电气技术人员和大专院校有关专业学生的紧迫任务。

本书从工程应用的角度出发,用较少的篇幅系统地介绍了 PC 应用中的各种问题。比较详细地介绍了国内使用得很多的三菱公司的 F、F1、A 系列和最近推出的 FX2 系列 PC 的性能指标、硬件组成。并着重介绍了 F、F1、FX2 系列的基本逻辑指令和步进梯形指令。对 F1、FX2 系列的功能指令也作了适当的介绍。

本书的重点(也是 PC 应用的难点)是开关量控制系统的梯形图设计方法。第五章介绍了两种梯形图设计方法,重点是以功能表图为基础的顺序控制设计法。第 6 章介绍了 6 种根据功能表图设计梯形图的方法,即顺序控制梯形图的编程方式。有的编程方式是编者总结和开发的。教学实践表明,它们很容易被初学者接受和掌握。用它们可以得心应手地设计出任意复杂的控制系统(包括有多种工作方式的系统)的梯形图。大多数编程方式可以用于任意型号的 PC。本书功能表图的画法符合国家标准。

本书还介绍了许多 PC 应用的实际问题,如选择 PC 的型号和确定 PC 硬件配置的原则,PC 控制系统的设计调试步骤,提高 PC 控制系统可靠性的措施,降低 PC 控制系统硬件费用的方法,PC 与工厂自动化通讯网络和位置控制等。

本书的初稿(油印本)已经在大学本科、专科和工厂电气技术人员中使用过多次,并根据作者的教学实践和 PC 的工程应用实践作了多次修改。

为了方便教学和读者自学,各章配有适量的习题,并附有 6 个实验的实验指导书。

自学本书的读者第一步可以按以下顺序学习:第一、二章;F、F1 系列的性能简介、编程元件和基本逻辑指令;第五、六章、§ 7-1、§ 7-4。有条件的读者可以在自学四、五、六章时做一些上机实验。

本书承蒙华东工学院朱绍祥教授审阅并提出了许多宝贵的意见。本书的编写得到了四川仪表十五厂的大力支持和帮助。劳东川、蒋助勤同志提供了大量的 PC 技术资料 and PC 发展动态的资料。无锡华光电子工业有限公司、上海起重电器厂、上海大华仪表厂、上海调节器厂、天津自动化仪表厂等单位也提供了 PC 技术资料。在此一并表示衷心的感谢。

因作者水平有限,书中难免有错漏之处,恳请读者批评指正。

作者

1992 年 2 月于重庆大学

EA003/07

目 录

第一章 概述	(1)
§ 1-1 可编程序控制器的历史	(1)
§ 1-2 可编程序控制器的基本结构与工作原理	(3)
§ 1-3 可编程序控制器的特点与应用领域	(7)
§ 1-4 可编程序控制器的发展趋势	(9)
习题	(11)
第二章 可编程序控制器的硬件	(12)
§ 2-1 可编程序控制器的结构特点	(12)
§ 2-2 CPU 模块	(13)
§ 2-3 开关量 I/O 模块	(15)
§ 2-4 模拟量 I/O 模块	(17)
§ 2-5 特殊 I/O 模块	(18)
§ 2-6 编程器	(21)
§ 2-7 外部设备	(23)
习题	(24)
第三章 常见可编程序控制器性能简介	(25)
§ 3-1 一些常见的可编程序控制器性能一览表	(25)
§ 3-2 F、F1、F2 系列 PC 性能简介	(26)
§ 3-3 FX2 系列 PC 性能简介	(32)
§ 3-4 A 系列 PC 性能简介	(33)
第四章 可编程序控制器的编程语言与指令系统	(36)
§ 4-1 编程语言概述	(36)
§ 4-2 F 系列 PC 梯形图中的编程元件	(37)
§ 4-3 F 系列 PC 的指令系统	(41)
§ 4-4 F-20P 简易编程器的使用方法	(48)
§ 4-5 F1、F2 系列 PC 指令系统简介	(51)
§ 4-6 FX2 系列 PC 指令系统简介	(53)
习题	(58)

第五章 梯形图程序的设计方法	(61)
§ 5-1 梯形图的基本电路	(61)
§ 5-2 梯形图的经验设计法	(64)
§ 5-3 梯形图的顺序控制设计法	(65)
§ 5-4 顺序控制设计法中的功能表图绘制	(66)
§ 5-5 顺序控制设计法中的状态表绘制	(70)
习题	(70)
第六章 顺序控制梯形图的编程方式	(72)
§ 6-1 使用通用逻辑指令的编程方式	(72)
§ 6-2 使用步进梯形指令的编程方式	(73)
§ 6-3 使用置位、复位指令的三种编程方式	(75)
§ 6-4 使用移位寄存器的编程方式	(77)
§ 6-5 复杂系统的编程方式	(78)
§ 6-6 具有多种工作方式的系统的编程方式	(88)
习题	(92)
第七章 可编程序控制器在工业应用中的若干问题	(94)
§ 7-1 PC 的型号选择与硬件配置的确定	(94)
§ 7-2 降低 PC 控制系统硬件费用的方法	(96)
§ 7-3 提高 PC 控制系统可靠性的措施	(98)
§ 7-4 PC 控制系统的设计调试步骤	(100)
§ 7-5 PC 的维护与故障诊断	(102)
§ 7-6 PC 与工厂自动化通讯网络	(102)
§ 7-7 PC 在位置控制中的应用	(105)
习题	(107)
附录 实验指导书	(108)
实验一 F-20P 简易编程器的键盘操作练习	(108)
实验二 抢答显示程序的编程实验	(109)
实验三 彩灯控制程序的编程实验	(111)
实验四 人行道按钮控制交通灯的编程实验	(112)
实验五 简单的顺序控制程序的编程实验	(113)
实验六 复杂的顺序控制程序的编程实验	(114)
参考文献	(115)

第一章 概 述

可编程序控制器(Programmable Controller)简称 PC。为了不与也简称为 PC 的个人计算机(Personal Computer)混淆,国外和国内的某些杂志将可编程序控制器简称为 PLC(Programmable Logic Controller)。本书将可编程序控制器简称为 PC。现代的可编程序控制器是以微处理器为基础的新型工业控制装置,是将计算机技术应用于工业控制领域的崭新产品。

1985 年 1 月,国际电工委员会(IEC)的可编程序控制器标准草案第二稿对 PC 作了如下定义:“可编程序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。它采用可编程序的存贮器,用来在其内部存贮执行逻辑运算、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、模拟式的输入和输出,控制各种类型的机械或生产过程。可编程序控制器及其有关设备,都应按易于使工业控制系统形成一个整体,易于扩充其功能的原则设计。”

PC 从诞生至今,仅有 20 来年的历史,但是得到了异常迅猛的发展,已经成为当代工业自动化的主要支柱之一。

§ 1—1 可编程序控制器的历史

多年来,人们用电磁继电器控制顺序型的设备和生产过程。复杂的系统可能使用成百上千个各式各样的继电器。它们由密如蛛网的成千上万根导线用很复杂的方式连接起来,执行相当复杂的控制任务。作为单台装置,继电器本身是比较可靠的。但是对于复杂的控制系统,如果某一个继电器损坏,甚至某一个继电器的某一对触点接触不良,都会影响整个系统的正常运行。查找和排除故障往往是非常困难的,有时可能会花费大量的时间。继电器本身并不太贵,但是控制柜内部的安装、接线工作量极大,因此整个控制柜的价格是相当高的。如果工艺要求发生变化,控制柜内的元件和接线也需要作相应的变动。但是这种改造的工期长、费用高,以至于有的用户宁愿扔掉旧的控制柜,另外制作一台新的控制柜。

现代社会要求制造业对市场需求作出迅速的反应,生产出小批量、多品种、多规格、低成本和高质量的产品。老式的继电器控制系统已经成为实现这一目标的巨大障碍。

显然,需要寻求一种新的控制装置来取代老式的继电器控制系统,使电气控制系统工作更可靠、更容易维修、更能适应经常变动的工艺条件。

1968 年,美国最大的汽车制造厂家——通用汽车公司(GM)提出了研制 PC 的基本设想,即

- (1)能用于工业现场。
- (2)能改变其控制“逻辑”,而不需要变动组成它的元件和修改内部接线。
- (3)出现故障时易于诊断和维修。

1969 年,美国数字设备公司(DEC)研制出了世界上第一台可编程序控制器。

限于当时的元器件条件和计算机技术的发展水平,早期的可编程序控制器主要由分立元

件和中小规模集成电路组成。它简化了计算机的内部电路,为了适应工业现场环境,对接口电路作了一些改进。

70年代初期出现了微处理器。它的体积小、功能强、价格便宜,很快被用于PC,使PC的功能增强、工作速度加快、体积减小、可靠性提高、成本下降。PC还借鉴微型计算机的高级语言,采用极易为工厂电气人员掌握的梯形图编程语言。现代PC不仅能实现对开关量的逻辑控制,还具有数学运算、数据处理、运动控制、模拟量PID控制、联网通讯等功能。在发达的工业化国家,PC已经广泛地应用在所有工业部门。

美国在PC的研制开发方面居领先地位。著名的PC生产厂商有A-B(Allen & Bradley)公司、通用电气(GE)公司、歌德(Gould)公司、德州仪器(TI)公司和西屋公司(Westing house)等。

日本著名的PC厂家有三菱、立石(Omron)、东芝、日立、富士等公司。日本的厂家长于小型整体式PC的研制和生产。

欧洲著名的厂家有德国的西门子公司和法国的Alsthom Telemecanique公司等。

我国近年来引进的设备中有很大一部份都是PC控制的。国外厂家的PC产品也打入了我国的市场。我国不少厂家引进或研制了一批PC,为PC的推广应用提供了良好的物质条件。各行各业也涌现出了一批应用PC改造设备的成果。机械行业的一些机械产品也开始用PC作控制装置。

国内的一些PC生产厂家和他们的产品如下表所示:

表 1-1 国内的一些PC生产厂家

PC 的 型 号	生 产 单 位
CF-40MR	上海起重电器厂
TS-300	四川仪表十五厂(重庆)
TCM-40	上海大华仪表厂
NK-40	广州南洋电器厂
KOYO 系列	无锡华光电子工业有限公司
DTK-S-84	天津自动化仪表厂
PC-700,PC-900	上海调节器厂
MPC,KB-40	机电部北京机械工业自动化研究所
ZHS-PC	机电部大连组合机床研究所
ACMY-S256	上海香岛机电制造有限公司
MZB-256,KKI-IC	上海自力电子设备厂
BCM-PIC	北京椿树电子仪表厂
PC-SG	北京首钢电子公司
PC-10	上海电器技术研究所
PC-80	陕西骊山电子公司
DKK02	杭州机床电器厂
SIMATIC S5	辽宁无线电二厂
SLC-100,PLC-2,PLC-5	厦门艾伦-布拉德利有限公司
E、EM、H 系列	上海国际程序控制公司

§ 1-2 可编程控制器的基本结构与工作原理

一、可编程控制器的基本结构

PC 主要由 CPU 模块、输入模块、输出模块和编程器组成(见图 1-1)。

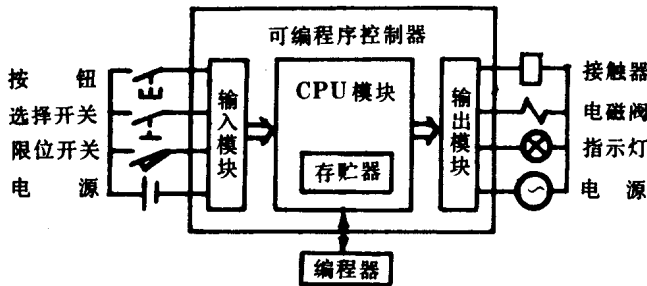


图 1-1 PC 控制系统示意图

(CPU)和存贮器组成。

PC 实际上是一种工业控制计算机。它的硬件结构与一般微机控制系统相似,甚至与之无异。日本三菱公司的 F 系列 PC 的硬件方框图如图 1-2 所示。可见 PC 主要由 CPU(中央处理单元)、存贮器、输入/输出模块(简称 I/O 模块)、编程器和电源五大部分组成。

1. CPU 模块

CPU 模块又叫中央处理单元或控制器。它主要由微处理器

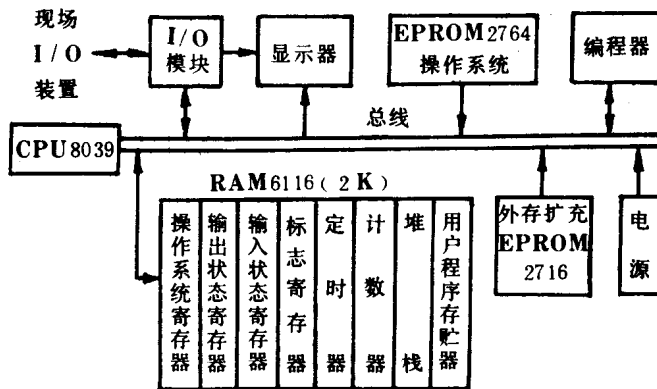


图 1-2 F 系列 PC 硬件结构图

CPU 的作用类似于人的大脑和心脏。它采用扫描方式工作,每一次扫描要完成以下工作:

- (1)将现场的开关量输入信号和数据分别读入输入映像寄存器和数据寄存器。
- (2)逐条读入和解释用户程序,产生相应的控制信号去控制有关的电路,完成数据的存取、传送和处理工作。并根据运算结果更新各有关寄存器的内容。
- (3)将输出映像寄存器的内容送给输出模块,去控制外部负载。

PC 的存贮器分为系统程序存贮器和用户程序存贮器。系统程序相当于单板机的监控程序或个人计算机的操作系统。它使 PC 具有基本的智能,能够完成 PC 设计者规定的各种工作。系统程序由 PC 生产厂家固化在 ROM 内,用户不能直接存取。PC 的用户程序由用户设计,它决定了 PC 的输入信号与输出信号之间的具体关系。用户程序存贮器的容量一般以字(每个字包括二进制的 16 位)为单位。有的 PC 将字称为步。

2. I/O 模块

I/O 模块是系统的眼、耳、手、脚,是联系外部现场和 CPU 模块的桥梁。输入模块用来接收和采集两种类型的输入信号。一种是从按钮、选择开关、数字拨码开关、限位开关、接近开关、光电开关、压力继电器等来的开关量输入信号,另一类是由电位器、热电偶、测速发电机、各种变送器提供的连续变化的模拟量输入信号。

PC 通过输出模块控制接触器、电磁阀、电磁铁、调节阀、调速装置等执行器。PC 控制的另一类外部负载是指示灯、数字显示装置和报警装置等。

CPU 模块的工作电压一般是 5V,而 PC 的输入/输出信号电压一般较高,如直流 24V 和交流 220V。从外部引入的尖峰电压和干扰噪声可能损坏 CPU 模块中的元器件,或使 PC 不能正常工作。所以 CPU 模块不能直接与外部输入/输出装置相连。I/O 模块除了传递信号外,还有电平转换与噪声隔离的作用。

3. 编程器

编程器除了用来输入和编辑用户程序外,还可以用来监视 PC 运行时梯形图中各种编程元件的工作状态。

编程器可以永久地连接在 PC 上,将它取下来后 PC 也可以运行。一般只在程序输入、调试阶段和检修时使用它,所以一台编程器可供多台 PC 公用。

4. 电源

PC 一般使用 220V 交流电源。它内部的直流稳压电源为各模块内的元件提供直流电压。某些 PC 可以为输入电路和少量的外部电子检测装置(如接近开关)提供 24V 直流电源。驱动现场执行机构的直流电源一般由用户提供。

二、可编程序控制器的工作原理

与其它计算机系统一样,PC 的 CPU 以分时操作方式处理各项任务。由于运算速度极高,从外部输入—输出关系来看,处理过程似乎是同时完成的。

PC 的用户程序由若干条指令组成。指令在存储器中按步序号顺序排列。用户程序的执行是用扫描工作方式完成的。在没有跳转指令的情况下,CPU 从第一条指令开始,顺序逐条地执行用户程序,直到用户程序结束之处。然后返回第一条指令开始新一轮扫描。PC 就是这样周而复始地重复上述的扫描循环。

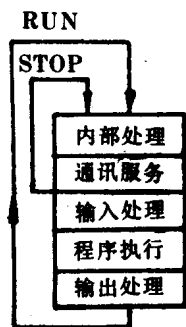


图 1-3 扫描过程示意图

除了执行用户程序之外,在每次扫描过程中还要完成输入、输出处理等工作。典型的扫描过程如图 1-3 所示。扫描一次所花的时间称为扫描周期。扫描周期与用户程序的长短和扫描速度有关,典型值为 1~100ms。

在内部处理阶段,PC 检查 CPU 模块内部的硬件是否正常,将监控定时器复位,以及完成别的一些内部工作。

在通讯服务阶段,PC 与别的带微处理器的智能装置通讯,响应编程器键入的命令,更新编程器的显示内容。

当 PC 处于停止运行(STOP)状态,只执行以上的操作。PC 处于运行(RUN)状态时,还要完成以下的操作。

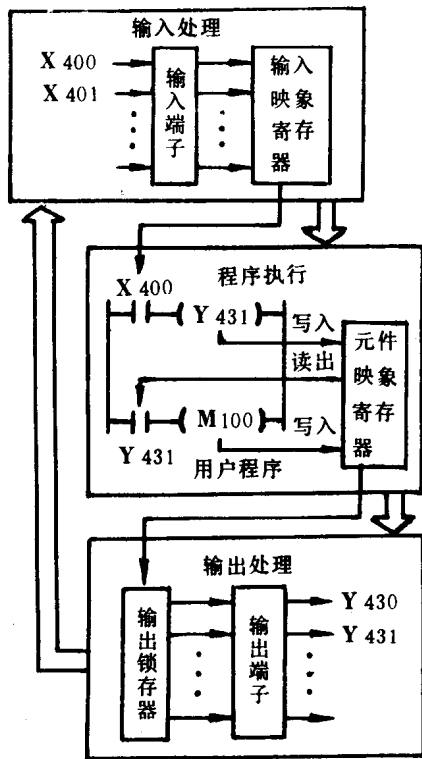


图 1-4 扫描过程示意图

图 1-5 梯形图中的 X400 是输入继电器,用来接收外部的输入信号。Y430、Y431 和 Y432 是输出继电器,用来将输出信号传送给外部负载。图 1-5 的下部是输入信号和内部编程元件状态的波形图。高电平代表各编程元件对应的映像寄存器的“1”状态,相当于继电器被接通;低电平代表“0”状态。

在第一个扫描周期的输入处理阶段之后,外部输入触点才接通,所以在第一个扫描周期内各映像寄存器均为“0”状态。

在第二个扫描周期的输入处理阶段,X400 的映像寄存器变为“1”状态。在程序执行阶段,梯形图中 Y431 的线圈被 X400 的触点接通,它的触点又使 Y432 的线圈接通。它们对应的映像寄存器都变为“1”状态。

在第三个扫描周期的程序执行阶段,Y431 的触点将 Y430 的线圈接通,Y430 的映像寄存器变为“1”状态。在输出处理阶段,Y430 对应的外部负载被接通。可见从外部输入触点接通到 Y430 驱动的外部负载接通,响应延迟最长达两个多扫描周期。

在输入处理阶段,PC 把所有外部输入信号的接通/断开(ON/OFF)状态读入到它的输入映像寄存器(见图 1-4)。在程序执行阶段,即使外部输入信号的状态发生了变化,输入映像寄存器的状态也不会随之而变。输入信号变化了的状态只能在下一个扫描周期的输入处理阶段被读入。

在程序执行阶段,PC 逐条解释和执行用户程序。PC 用户程序中的每一个编程元件对应于存储器中的一个元件映像寄存器。编程元件的 ON/OFF 状态对应于该寄存器的“1”状态和“0”状态。PC 从各映像寄存器中读出编程元件的 ON/OFF 状态,根据用户程序给定的逻辑关系进行逻辑运算,运算结果写入元件映像寄存器中相应的单元。

用户程序执行完后,将输出映像寄存器的 ON/OFF 状态传送到输出锁存器,经输出模块隔离和功率放大后,驱动外部的负载。

三、可编程序控制器的输入/输出滞后现象

除了输入滤波器和硬件输出继电器触点机械运动引起的响应延迟外,还存在着由于 PC 扫描工作方式引起的输入/输出响应延迟。

图 1-5 梯形图中的 X400 是输入继电器,用来接收外部的输入信号。Y430、Y431 和 Y432 是输出继电器

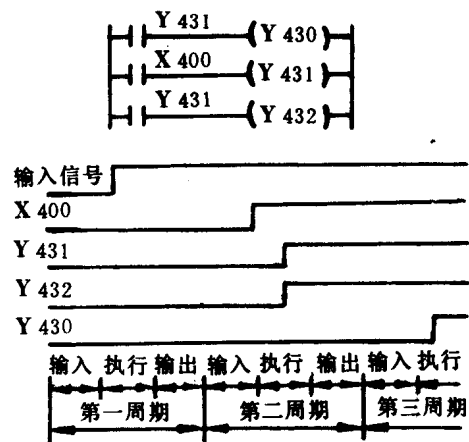


图 1-5 PC 的输入-输出延迟

交换图 1-5 中第一、二行的位置, Y430 的延迟时间将减少一个扫描周期。所以这种延迟时间与程序的优化设计有关。

PC 总的响应延迟时间一般只有几十 ms。对于一般的系统是无关紧要的。要求输入—输出信号之间的滞后时间尽量短的系统, 可以选用扫描速度快的 PC 或采取其它措施。

四、可编程序控制器的可靠性措施

PC 的故障分为永久性故障和可以恢复的故障。由于外部或内部的原因, 系统的某些硬件损坏或失效引起的故障称为永久性故障。PC 在扫描过程的内部处理期间检测系统的硬件, 发现永久性故障时, 查明故障的种类, 并自动采取相应的措施, 尽可能减轻故障对系统的影响, 并同时通知操作人员。

在内部处理期间, PC 还要检查锂电池电压是否过低, 外部环境是否正常。如交流电源是否掉电, 输入电路电源电压是否超过允许值。PC 还要检查正在写入的用户程序的语法错误。发现问题后, PC 自动作出相应的反应, 如报警、封锁输出等。

分析表明, PC 控制系统的大部份故障由 PC 外部的传感器和执行器引起。最新的诊断技术不但可以诊断出 PC 本身的故障, 还可以诊断出与 PC 的 I/O 模块相连的传感器和执行器的故障。诊断时给每一个执行器分别发送一个电压脉冲, 然后测量流过执行器的电流。对于大多数执行器, 该电流应在某一范围内。如果超出这一范围, 就可以判断出执行器处于开路或短路故障状态。所送的电压脉冲应足够窄, 以保证执行器不会真正动作。传感器也可以用类似的方法检查。

可以恢复的故障由电磁干扰引起。干扰往往以窄脉冲的形式从电源线或 I/O 引线进入 PC 内部。瞬时出现的干扰脉冲可能使 PC 偏离正常的程序执行路线, 将内存空间中某一随机的区域中的内容当作程序来执行, 一般不能自动返回正常的程序执行路线。从外部看, 系统处于瘫痪状态。

为了削弱和消除干扰对系统的影响, PC 采取了很多硬件措施, 以切断干扰进入 PC 的途径。滤波是最主要的措施之一。在电源电路和 I/O 模块中设置了大量的滤波电路, 如 RC、RL 和 π 形滤波电路。它们对高频干扰信号有良好的抑制作用。电源是干扰进入 PC 的主要途径之一。对于微处理器用的直流 5V 电源, 采取了多级滤波和稳压的措施。

隔离是抗干扰的另一主要措施。PC 的输入、输出电路一般用光电耦合器来传递信号, 继电器型输出模块则用继电器来实现隔离。以上隔离措施使外部电路与 CPU 模块之间完全没有电路上的联系, 有效地抑制了外部干扰源对 PC 的影响, 还可以避免外部电路的高电压窜入 CPU 模块。

在工业环境中, 往往存在着强烈的空间电磁干扰。为了消除其影响, 用导电导磁材料屏蔽 PC 的电源变压器, 并用良好的导电材料屏蔽易受空间电磁波干扰影响的 CPU 模块。

即使采取了以上措施, 强干扰仍然可能进入 PC 的 CPU 模块, 使 PC 偏离正常的程序运行路线。作为一种补救措施, 用监控定时器 (Watch dog) 使 PC 自动恢复正常的工作状况。监控定时器是一种硬件定时器。它的定时时间大于 PC 的最大扫描周期。PC 在正常工作时, 每一次扫描都将它复位, 使它从零开始定时。它不会因定时时间到而动作。如果干扰使 PC 不再执行正常的扫描程序, 监控定时器不再被周期性地复位。当它的定时时间到时, 它产生的输出脉冲重新启动系统, 使 PC 恢复正常工作。这一自恢复过程所用的时间是很短的 (约为 0.1~0.2 秒), 对系统的正常工作不会有什么影响。

干扰有可能使 PC 中的用户程序遭到破坏。求和检查(Sum check)可以诊断这种故障。在 PC 运行时,CPU 周期性地将用户存储器各字节中的“1”的个数相加,并与运行开始时的值相比较。如果“1”的总数变化,可以断定用户程序遭到破坏,CPU 自动作出相应的处理。

PC 与别的设备通讯时,用奇偶校验来检查传送的信息是否出错。所谓奇偶校验,是预先约定传送的每一字节信息中“1”的个数是奇数或是偶数,并在通讯时检查接收到的信息是否符合规定。

由于采取了以上抗干扰措施,PC 具有用户完全可以信赖的极高的可靠性。

§ 1—3 可编程序控制器的特点与应用领域

一、可编程序控制器的特点

1. 编程方法简单易学

考虑到企业中一般电气技术人员和技术工人的传统读图习惯和应用微机的实际水平,PC 配备有他们最容易接受和掌握的梯形图语言。梯形图语言的电路符号和表达方式与继电器电路原理图相当接近。某些仅有开关量逻辑控制功能的 PC 只有十几条指令。通过阅读 PC 的使用手册或短期培训,电气技术人员或技术工人只要几天的时间就可以熟悉梯形图语言,并用来编制用户程序。简易编程器的操作和使用也很简单。这一特点是 PC 近年来获得迅速普及的原因之一。

这种编程语言的出现,促进了一次新的社会分工,即由计算机专业人员研制 PC 的硬件和编程语言,并用汇编语言设计 PC 的系统程序,使 PC 成为一种通用的控制装置。而工厂的自控和电气人员根据被控设备的具体情况,用最易掌握的梯形图语言编制用户程序。这样即使不熟悉电子线路、不懂计算机原理和汇编语言的人,在自动化领域也有用武之地,在计算机时代也可以大显身手。

梯形图语言实际上是一种面向用户的高级语言。PC 在执行梯形图程序时,用解释程序将它“翻译”成汇编语言后再去执行。与直接用汇编语言编写的用户程序相比,执行时间要长一些,但是对于大多数控制设备来说,这是微不足道的。

2. 硬件配套齐全,用户使用方便

PC 配备有品种齐全的各种硬件装置供用户选用,用户不必自己设计和制作硬件装置。用户在硬件方面的设计工作只是确定 PC 的硬件配置和外部接线而已。PC 的安装接线也很方便,各种外部接线都有相应的接线端子。

3. 通用性强,适应性强

由于 PC 的系列化和模块化,硬件配置相当灵活,可以组成能满足各种控制要求的控制系统。硬件配置确定后,可以通过修改用户程序,方便快速地适应工艺条件的变化。

4. 可靠性高,抗干扰能力强

绝大多数用户都将可靠性作为选择控制装置的首要条件。PC 采取了一系列硬件和软件抗干扰措施,可以直接用于有强烈干扰的工业生产现场。例如 F 系列 PC 在幅度为 1000V,宽度 1 μ s 的脉冲干扰下能可靠地工作。其工作环境温度 0~55℃,不需要强迫风冷。从实际的使用情况来看,用户对 PC 的可靠性都相当满意。

5. 系统的设计、安装、调试工作量少

PC 用软件功能取代了继电器控制系统中大量的中间继电器、时间继电器、计数器等器件,控制柜的设计、安装、接线工作量大大减少。

PC 的梯形图程序一般采用顺序控制设计法。这种编程方法很有规律,很容易掌握。对于复杂的控制系统,设计梯形图所花的时间比设计继电器系统电路图花的时间要少得多。

PC 的用户程序可以在实验室模拟调试。输入信号用小开关来模拟,输出信号的状态可以观察 PC 上有关的发光二极管。调试好后再将 PC 安装在现场统调。调试过程中发现的问题一般通过修改程序就可以解决,调试花的时间比继电器系统少得多。

6. 维修工作小,维修方便

PC 的故障率很低,并且有完善的诊断和显示功能。PC 或外部的输入装置和执行机构发生故障时,可以根据 PC 上的发光二极管或编程器提供的信息迅速地查明故障的原因。用更换模块的方法可以迅速地排除 PC 的故障。

7. 体积小,能耗低

以 F-40M 型 PC 为例,其外形尺寸为 $305 \times 110 \times 110\text{mm}$,功耗小于 25VA。由于体积小,PC 很容易装入机械设备内部,是实现机电一体化的理想的控制设备。

二、可编程序控制器与其它计算机控制装置的比较

个人计算机(IBM-PC/AT)有很强的数据处理功能。但是它们对环境的要求很高,抗干扰能力不强,一般不适用于在工业现场使用。如果用于控制,还需要附加专用的 I/O 接口电路。

单板机的开发能力弱、功能有限,不能满足工业环境的要求,并且必须由用户加设 I/O 接口电路。

单片机的 CPU 只是一片集成电路。要将它用于工业控制,还要附加一些配套的集成电路和 I/O 接口电路。用户必须完成大量的硬件设计和制作工作。

工业控制计算机也是为工业控制专门设计的。它的功能很强,但是价格很高。用于开关量控制有些大材小用。随着高档 PC 的数字处理和模拟量闭环控制功能的不断增强,高档 PC 与工业控制计算机越来越难以区分。

以上各种计算机用于控制的程序都是用汇编语言编写的,工厂的电气工程师和工人很难掌握。

PC 实际上也是一种计算机系统,它是专门为工业控制设计的,是一种通用的控制产品。PC 由于具有前面所述的各种优点,在工业控制领域具有不可比拟的竞争力。

三、可编程序控制器的应用领域

在发达的工业国家,PC 已经广泛地应用在不同的工业部门。随着 PC 的性能价格比的不断提高,过去许多使用专用计算机的场合也可以使用 PC,PC 的应用范围不断扩大。

1. 开关量逻辑控制

这是 PC 最基本最广泛的应用。PC 的输入信号和输出信号都是只有通/断状态的开关量信号,这种控制与继电器控制最为接近。可以用价格较低、仅有开关量控制功能的 PC 作为继电器控制系统的替代物。开关量逻辑控制可以用于单台设备,也可以用于自动生产线,如机床电气控制、冲压、铸造机械、运输带、包装机械的控制,电梯的控制,化工系统中各种泵和电磁阀的控制,冶金系统的高炉上料系统、轧机、连铸机、飞剪的控制,电镀生产线、啤酒灌装生产线、汽车装配生产线、电视机和收音机生产线的控制等等。

2. 运动控制

PC 可以用于对直线运动或圆周运动的控制。早期直接用开关量 I/O 模块连接位置传感器和执行机构,现在一般使用专用的运动控制模块。世界上各主要的 PC 生产厂家生产的 PC 几乎都有运动控制功能。PC 的运动控制功能广泛地用于各种机械,如金属切削机床、金属成形机械、装配机械、机器人、电梯等。

3. 闭环过程控制

过程控制是指对温度、压力、流量等连续变化的模拟量的闭环控制。PC 通过模拟量 I/O 模块,实现模拟量(Analog)和数字量(Digital)之间的 A/D 转换和 D/A 转换,并对模拟量实行闭环 PID 控制。现代的大中型 PC 一般都有 PID 闭环控制功能。这一功能可以用 PID 子程序来实现,更多的是使用专用的智能 PID 模块。PC 的模拟量 PID 控制功能已经广泛地应用在塑料挤压成形机、加热炉、热处理炉、锅炉等设备,和轻工、化工、机械、冶金、电力、建材等行业。

4. 数据处理

现代的 PC 具有数学运算(包括矩阵运算、函数运算、逻辑运算)、数据传送、转换、排序和查表、位操作等功能。可以完成数据的采集、分析和处理。这些数据可以与贮存在存储器中的参考值比较,也可以用通讯功能传送到别的智能装置,或者将它们打印制表。数据处理一般用在大型控制系统,如无人柔性制造系统;或过程控制系统,如造纸、冶金、食品工业中的一些大型控制系统。

5. 通讯

PC 的通讯包括 PC 之间的通讯、PC 和其它智能控制设备之间的通讯。随着计算机控制的发展,近年来国外工厂自动化通讯网络发展得很快,各著名的 PC 生产厂商都推出了自己的网络系统。

并不是所有的 PC 都有上述的全部功能。有的小型 PC 只有上述的部份功能,但是价格较低。

§ 1—4 可编程序控制器的发展趋势

一、发展迅速,更新换代快

近年来,PC 的结构和功能不断改进,应用范围迅速扩大。PC 生产厂家不断推出功能更强的新产品,更新换代的周期大约为 3~5 年。如三菱公司在小型 PC 方面先后推出了 F、F1、F2、FX2 四种系列。它们的性能价格比越来越高。例如 FX2 系列有很强的数学运算功能,有大量的供用户使用的编程元件,用户程序存储器容量为 8K 步。它具有转移、循环、子程序调用、多层嵌套主控等许多过去大型 PC 才有的功能。它的扫描速度高达 0.75 μ s/步,超过了许多大型 PC。

微型 PC 的发展速度比大、中型 PC 更快。近年来各主要厂家纷纷推出他们的价廉物美的微型 PC。如西门子的 S5 90U 和 95U,MODICON 的 Micro 984,GE 公司的 90 系列。有的微型 PC 体积很小。如 Keyence 公司的 KX-10 型有 10 个 I/O 点,尺寸仅为 70 $\times$ 90 $\times$ 43mm。这些微型 PC 价格便宜,可以用于单机控制,也可以连接到 PC 通讯网络。

大型 PC 不断向高速、大容量和高性能方面发展。某些大型 PC 可以处理几万个开关量 I/O 信号和几千个模拟量 I/O 信号,用户程序存储器容量最大的达十几 M 字节。有的 PC 的扫描速度高达 0.1ms/K 字。

二、不断增强过程控制功能

在 PC 发展的初期,它只能完成开关量逻辑控制。随着 PC 技术的发展,出现了模拟量 I/O 模块和专门用于模拟量闭环控制(过程控制)的智能 PID 模块。PID 控制也可以用软件实现。某些 PC 的过程控制还具有自适应、参数自整定功能,使调试时间减少,控制精度提高。使用个人计算机的操作员接口与 PC 网络相结合,使系统具有屏幕显示、数据采集、记录打印等功能。某些 PC 的模拟量控制功能非常强,以致于很难分清 PC 与工业控制计算机和分散控制系统的界限。

四川仪表十五厂引进的美国霍尼威尔(Honeywell)公司的 9000 系列回路与逻辑控制器,将模拟量闭环 PID 控制(回路控制)和开关量逻辑控制有机地结合在一起。控制器内有两个 CPU,分别处理模拟量和开关量控制。用于梯形图的存贮器容量可达 16K。一个系统可以由 1~6 个控制器组成,每一个控制器旁边可以设置一个 CRT 操作员接口。系统可以设置 1~2 个监控站,作为上位计算机。监控站与 IBM PC/AT 兼容。它可以提供回路显示、开关量显示、回路设定程序显示等画面,可以提供实时流程图显示、历史趋势记录显示,还可以抽点打印和打印报表。

操作员 CRT 接口只能提供数字显示,如回路监视、开关量和报警监视、回路设定程序运行显示。

9000 系列最多可以控制 32 个回路和 960 点开关量。回路控制具有 PID 调节参数自整定功能。它可以提供回路的斜坡/保持设定程序控制。最多可以贮存 9 条给定值曲线程序,还可以提供 50 个参数处方选择。

9000 系列可以通过数据总线接口模块与 Honeywell 公司的 TDC3000 集散型控制系统连接,也能与其它非专利的网络进行通讯。

9000 系列的程序用监控站或 IBM PC/AT 兼容机编制。逻辑控制用梯形图编程,回路控制用连续流程图编程。连续流程图是一种图形编程组态工具。编程时只需要用鼠标器将一些现成的软件功能块调出来,在监控器的屏幕上排好,根据系统的要求,用光标把它们连接起来,并在各功能块的定义表格中填入相应的数据,如名称、单位、参数等。编程时屏幕左上角有菜单提示。每个功能块有相应的帮助菜单。

连续流程图的软件功能块分回路调节、数字运算、设定程序运行、梯形图操作、逻辑运算、报警、记录等,共 52 种。每个控制器组态时最多可以调用 250 个/次功能块。

三、可编程序控制器与个人计算机相结合

个人计算机(IBM-PC/AT)的价格便宜,有很强的数据运算、处理和分析能力。目前个人计算机主要用作可编程序控制器的编程器、操作站或人/机接口终端。如果用于工业控制现场,必须使用加固型的工业个人计算机。可以将可编程序控制器与个人计算机连在同一网络上。这种网络的价格低、用途广,深受小型工厂用户的欢迎。

可编程序控制器计算机化,大型可编程序控制器具备个人计算机的功能,是另一发展趋势。这类可编程序控制器采用功能强大的微处理器和大容量的存贮器,将逻辑控制、模拟量控制、数学运算和通讯功能紧密结合在一起。可编程序控制器与个人计算机、工业控制计算机、分散控制系统在功能和应用方面互相渗透,互相融合,使控制系统的性能价格比不断提高。

四、采用标准总线,增强通讯联网能力

在同一系统中采用多种控制技术,对于解决复杂的工业控制问题,是一种很有吸引力的方

法。一些 PC 生产厂家研制了采用工业标准总线的产品。他们采用的标准总线有很多种。其中引人注目的是 VME 总线(VME bus)。

VME bus 是 80 年代中期随着 32 位微处理器出现的。它包括 32 位数据线和地址线、复杂的多处理器支持、可靠的插头连接,性能比原有的总线高得多。VME bus 是一种通用的计算机技术,PC 是一种使用方便的控制产品。这二者相结合,综合了他们的优势,使系统在功能、可靠性、可维护性及适应性等方面,更能满足工业控制的要求。

有的公司(如 TI 公司)在 PC 内部采用 VME bus 结构,另一些公司(如 A-B 公司)的 PC 还允许用户利用 VME bus 的开放结构。

在 VME bus 上可以连接不同的控制设备,分别执行不同的任务。例如 PC 用于逻辑控制;IBM-PC/AT 用于数据记录、操作员接口、过程控制和通讯;68000 系列微处理器用于高速实时数据采集的控制;专用微处理器用于数字信号处理、数据通讯及高速 I/O 处理。系统还可以采用冗余处理机结构,实现容错和故障自动恢复,使系统有极高的可靠性。

PC 的通讯联网功能使 PC 与 PC 之间、PC 与其它智能控制设备之间能交换数字信息,形成一个统一的整体,实现分散控制或集中控制。现在几乎所有的 PC 产品都有通讯联网功能。通过双绞线、同轴电缆或光纤,信息可以传送到几十公里远的地方。PC 与 PC 之间的网络是各厂家专用的,但是它们可以通过主机,与遵循标准通讯协议(如 MAP)的大网络联网。

在网络中,个人计算机、图形工作站、小型机等可以作为监控站或工作站。它们能够提供屏幕显示、数据采集、分析整理、记录保持和回路面板显示等功能。

五、大力开发智能 I/O 模块

智能 I/O 模块是以微处理器为基础的功能部件。它们的 CPU 与 PC 的主 CPU 并行工作,占用主 CPU 的时间很少,有利于提高 PC 的扫描速度。它们本身就是一个小的微型计算机系统,有很强的信息处理能力和控制功能。有的模块甚至可以自成系统,单独工作。它们能完成许多 PC 本身无法完成的任务,使 PC 的功能大为增强。例如三菱公司的 A 系列 PC 配备有 26 种智能专用功能模块,如高速计数模块、中断输入模块、定位控制模块、模拟量 I/O 模块、PID 控制模块、通讯模块等。智能 I/O 模块简化了某些控制领域的系统设计和编程,提高了 PC 的适应性和可靠性。

习 题

- 1-1 PC 由哪几部分组成,各有什么作用?
- 1-2 模块式 PC 与整体式 PC 各有什么特点?
- 1-3 简述 PC 的扫描工作过程。
- 1-4 PC 由于扫描工作方式引起的输入—输出滞后是怎样产生的?
- 1-5 PC 有哪些主要特点?
- 1-6 与一般的计算机控制系统相比,PC 有些什么优点?
- 1-7 与继电器控制系统相比,PC 有些什么优点?
- 1-8 PC 可以用在哪些领域?
- 1-9 PC 为什么会有很高的可靠性?为了保证 PC 的可靠性,采取了哪些抗干扰措施?