

侯伯亨 李伯成 编著

微处理器应用系统 工程设计及其实例

西北电讯工程学院出版社

微 处 理 机 应 用 系 统 工 程 设 计 及 其 实 例

侯伯亨 李伯成 编著

西北电讯工程学院出版社

1987

内 容 简 介

本书比较系统地介绍了微处理机应用系统的设计和工程实例。内容包括：总线、存储器系统、各种常见的接口等硬件的设计方法，软件设计方法、技巧；系统的总体设计方法；可靠性设计方法以及系统的调试、检修技术；并结合应用系统实例深入介绍从部件到整个系统的设计方法，最后讨论了多微处理机系统的有关问题。

本书可作为一般工程技术人员的自学用书，也可作为大专院校师生的教学参考书。

微处理机应用系统工程设计及其实例

侯伯亨 李伯成 编著

西北电讯工程学院出版社出版发行

西北电讯工程学院印刷厂印刷

开本 787×1092 1/16 印张 18 12/16 字数 456千字

1987年4月第1版 1987年4月第1次印刷 印数 1—5 000

ISBN7-5606-0012-3/TP·0006

统一书号：15322·84

定价：3.15元

前 言

随着微处理器及大规模集成电路的飞速发展,国民经济各部门应用微处理机的热潮已经兴起,并获得了初步成效。可以预见,在社会主义现代化建设过程中,微处理机必将得到更加广泛的应用,其发展前景将不可估量。

本书是在《微处理机应用系统》的教学实践和多年科研实践的基础上编写而成的。其内容着眼于解决微处理机应用中的工程实践问题,并对工程上可能遇到的实际问题,逐个地作了系统的论述,最后通过实例进行了综合运用和总结。书中所列举的例子,多数是在科研实践中已得到了应用和考验的。本书在编写过程中力求简明扼要,深入浅出,使它既能为具有一般微处理机基础的工程技术人员所使用,也可作为大专院校教师、学生的教科书或参考书使用。

全书共分十二章。第一,第二章对一般微处理机工业控制系统及其设计进行了简要的概述。第三章介绍了总线标准及构成总线时应注意的问题。第四章介绍了存贮器系统的设计。第五章论述了目前常用的接口及接口技术。第六章介绍了微处理机工业控制系统的软件,特别介绍了多任务实时监控程序。第七章介绍了软件开发及软件设计技巧。第八章讲述系统的可靠性设计。第九章详细叙述了应用系统的调试与检修技术。第十章举例说明系统的设计过程。第十一章是工业控制系统的应用实例介绍。第十二章介绍了多微处理机系统的有关问题。

本书第一、二、四、五、六、七、十二章由侯伯亨执笔编写,第三、八、九、十、十一章由李伯成执笔编写。

由于编者水平有限,错误及不当之处在所难免,敬请广大读者批评指正。

编 者

1986年7月于西安

目 录

第一章 微处理机工业控制系统概述

- § 1-1 微处理机工业控制系统的一般构成……1
 - 一、微处理机工业控制系统的硬件组成……1
 - 二、微处理机工业控制系统的软件组成……3
- § 1-2 微处理机工业控制系统的几种应用……5
 - 一、工业数据采集与处理……5
 - 二、直接数字控制……6
 - 三、监督控制……7
 - 四、群控……7

第二章 微处理机工业控制系统设计概述

- § 2-1 微处理机工业控制系统设计的基本原则和要求……9
 - 一、操作性能要好……9
 - 二、通用性好便于扩充……9
 - 三、可靠性高……10
 - 四、设计周期短, 价格便宜……11
- § 2-2 微处理机工业控制系统设计的基本内容和步骤……12
 - 一、估价控制系统引入微处理机的必要性……12
 - 二、分析被控对象的要求……12
 - 三、选择微处理器和相应的外围设备……12
 - 四、确定整个控制系统的大体结构……13
 - 五、硬件和软件的具体设计……14

第三章 微处理机应用系统中常用的标准总线

- § 3-1 总线的一般概念……16
 - 一、系统总线的分类……16
 - 二、总线结构的优点……17
- § 3-2 内总线……18
 - 一、S-100 总线……18
 - 二、STD 总线……20
- § 3-3 外总线……22
 - 一、IEEE-488 总线……22
 - 二、RS232C 总线……26
 - 三、CENTRONIC 总线……28
- § 3-4 工程上的一些实际问题……30
 - 一、总线中的交叉串扰……30
 - 二、总线的驱动与总线负载……31
 - 三、总线的延时、反射与终端匹配网络……32

- 四、总线的扩展……34

第四章 存贮系统设计

- § 4-1 概述……36
 - 一、常用存贮器分类及各类的应用场合……36
 - 二、存贮系统的几个主要技术指标……37
 - 三、存贮系统设计的主要步骤……38
- § 4-2 存贮器地址空间的选择方式……39
 - 一、线性选择方式……39
 - 二、全译码选择方式……40
 - 三、局部译码选择方式……41
- § 4-3 随机存贮器与微处理器的连接……42
 - 一、RAM 与微处理器总线的连接……42
 - 二、随机存贮器连接中常见故障及其判别方法……46
- § 4-4 EPROM 与微处理器的连接……48
 - 一、EPROM 的外部特性及编程步骤……48
 - 二、EPROM 编程电路及其注意事项……49
- § 4-5 随机存贮器的瞬时掉电保护……52
 - 一、概述……52
 - 二、瞬时掉电保护电路实例……53

第五章 工业控制系统中常用的接口

- § 5-1 键盘接口……55
 - 一、键盘的基本结构……55
 - 二、键值的确定……56
 - 三、键盘接口……58
 - 四、键盘扫描及译码程序……58
- § 5-2 音频盒式磁带机接口……60
 - 一、音频盒式磁带机的记录格式……60
 - 二、音频盒式磁带机的接口电路……62
- § 5-3 打印机接口……69
 - 一、打印机接口总线……69
 - 二、打印机串行接口……70
 - 三、打印机并行接口……72
- § 5-4 CRT 显示器接口……74
 - 一、概述……74
 - 二、CRT 显示器的显示格式……75
 - 三、CRT 显示控制器 (CRTC)……76
 - 四、CPU 与 CRT 的接口电路……79

五、CRT 接口驱动程序	80	二、超时检测	182
§ 5-5 光电隔离输入输出接口	85	三、检错及纠错编码	184
一、光电隔离器件	86	§ 8-3 硬件可靠性设计	189
二、光电隔离输入接口电路	86	一、影响硬件可靠性的主要因素	189
三、光电隔离输出接口电路	86	二、硬件可靠性措施	194
四、光电隔离输入输出接口使用中应注意的几个问题	87	§ 8-4 软件的可靠性设计	199
§ 5-6 数/模(D/A)和模/数(A/D)变换接口	88	一、软件故障及减少故障的方法	199
一、CPU与D/A的接口	88	二、利用软件手段提高系统可靠性	201
二、CPU与A/D的接口	94	§ 8-5 系统主要干扰来源及抗干扰措施	203
§ 5-7 步进电机接口	103	一、主要干扰来源	203
一、步进电机的工作原理	103	二、系统的抗干扰措施	203
二、脉冲分配器及驱动放大电路	104	§ 8-6 可靠性的总体考虑	207
三、CPU与步进电机的接口	105	一、设计过程	207
四、步进电机的加减速	107	二、可靠性的分配	208
五、步进电机加减速驱动程序实例	109	第九章 系统的调试与检修	
第六章 小型工业控制机的软件系统		§ 9-1 概述	211
§ 6-1 驻留监控程序	115	§ 9-2 测试仪器简介	211
一、概述	115	一、静态测试仪器	211
二、驻留监控程序的一般结构	115	二、动态测试仪器	212
三、驻留监控程序各层次包含的主要内容	116	§ 9-3 微处理机系统的开发过程	219
四、驻留监控程序实例	116	一、静态测试	219
§ 6-2 实时监控程序	119	二、动态调试	220
一、概述	119	三、系统扩展的调试	224
二、实时监控程序的一般介绍	122	§ 9-4 系统的检修	224
三、实时监控程序的基本结构	125	一、指导思想	225
四、实时监控程序实例	131	二、判断故障的部位	226
第七章 用户程序开发及程序设计技巧		第十章 微处理机工业控制系统设计举例	
§ 7-1 用户程序的基本要求和开发过程	147	§ 10-1 元件级上的系统设计	228
一、用户程序的基本要求	147	一、分析设计任务	228
二、用户程序的主要开发步骤	148	二、设计方案的确定	228
§ 7-2 程序设计技巧	161	三、硬件电路设计	229
一、伪指令及宏指令的使用	161	四、软件设计	233
二、子程序及子程序的再入	164	五、系统调试	233
三、高级语言与汇编语言的接口	164	§ 10-2 系统级上的扩展系统设计	235
第八章 系统的可靠性设计		一、系统的构成	235
§ 8-1 概述	172	二、硬件设计与开发	237
一、可靠性的基本概念	172	三、软件设计与开发	242
二、故障来源	174	第十一章 微处理机工业控制系统实例	
§ 8-2 故障检测技术	175	§ 11-1 微处理机控制激光加工系统	243
一、系统的自检与诊断	175	一、系统的组成	243
		二、系统硬件说明	245
		三、系统的软件结构	249

四、系统的可靠性措施	254	一、多微处理器的连接方式	273
§ 11-2 微处理机控制加料系统	256	二、多微处理器的连接网络	275
一、系统的硬件构成及其功能	256	三、多微处理机的应用形态	277
二、系统的软件构成	259	四、多微处理机系统的构成	278
三、系统调试	264	§ 12-3 多微处理机系统的共享资源控制	280
四、系统的可靠性措施	264	一、采用公共总线的方法	280
第十二章 多微处理机系统		二、采用多端口存储器方法	285
§ 12-1 概述	266	三、利用软件来控制共享资源	287
一、什么是多微处理机系统	266	§ 12-4 多微处理机系统的软件	288
二、多微处理机系统的分类	266	一、端口对端口的通讯软件	289
三、多微处理机系统的发展史	268	二、共享存储器通讯软件	289
四、引入多微处理机系统的目的	270	三、多微处理机系统的操作系统	291
§ 12-2 多微处理器的连接方式与系统构成	273	主要参考文献	292

第一章 微处理机工业控制系统概述

微处理机的应用是七十年代兴起的一门新兴的科学技术，它打破了过去传统的观念，使计算机技术渗透到了各行各业的每一个角落。

从1946年第一台计算机问世至七十年代，这段时间，大多数计算机都只局限于进行科学计算和一些大企业的大规模的系统控制。这主要是由于计算机的硬件价格相当昂贵，一般的民用部门无力应用这样的计算机。尽管如此，计算机技术还是渗透到了一些民用工业部门，其中有代表性的如数控机床等。其中实施控制的实际上是一部小型的专用计算机，价格相对来说要低一些。但是，由于这种设备从逻辑电路设计到整机安装都必须由设计者直接参与，所用元件大多是分立元件和小规模集成电路，因而工作量非常浩大。就我们国内来说，这种应用也是相当有限的。

七十年代微处理机的出现，冲破了限制计算机技术应用的种种障碍。首先是微处理机价格低廉，过去一台计算机至少要几十万~几百万美元，而现在，由一块微处理器构成的微处理机只要几十至几百美元。而且随着加工工艺的不断改进，价格还可进一步下降。其次是微处理器能组成灵活的，大小不一的控制系统。小的可以用一块单片机控制一台电动机工作；大的可以组成一个功能可与小型计算机控制系统相比拟的控制系统。还有一个优点是系统设计方便。由于生产微处理机器件的各厂家能够提供与微处理器配套的支援器件，如并行输入输出接口、串行输入输出接口、时钟、中断控制部件、DMA控制器等大规模集成电路功能块，设计者只要根据需要，选择某些功能块进行适当的连接，就能组成符合要求的控制系统。这样就使研制周期大大缩短，人力、物力及技术难度也有了大幅度下降。当然，微处理机的优点还不只是上述几点。象体积小、功耗低、可靠性高等，也都是众所周知的。正因为如此，目前在国外，微处理机已广泛地用于工业控制领域。

另外，微处理机在工业控制领域的应用，必将会大大提高工作效率和生产效率，并对提高产品产量和产品质量、节约原料、降低成本和改善工人劳动条件等方面均会发挥愈来愈大的影响。

§ 1-1 微处理机工业控制系统的一般构成

一、微处理机工业控制系统的硬件组成

微处理机工业控制系统的一般框图如图1-1所示。由图1-1可知，该系统除微处理机主机以外，还应包含以下几个部分：常规外围设备、接口设备、监视设备及操作控制台等。下面我们对各部分作一简单说明。

1. 微处理机

微处理机是整个系统的核心，其他设备要在它的指挥下进行工作，因此又称为主机。

在系统控制或监测过程中，主机能自动接收控制或监测对象所反映的各种信息。在微处理机内，按人们事先安排的程序对这些信息进行加工、运算、判别及分析，并作出相应的控制和处理决策，以信息形式送给被控或监测的对象，实现对控制或监测对象的控制。微处理

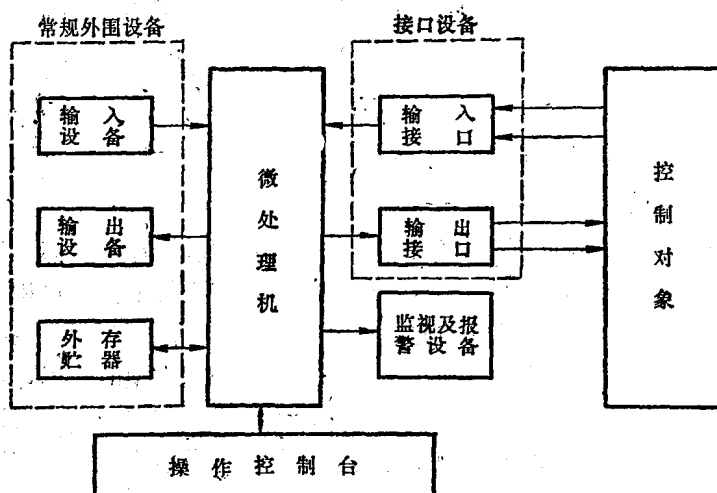


图 1-1 微处理器工业控制系统硬件构成框图

机中的程序和控制数据是人们预先编排好的。在操作前，通过键盘或纸带阅读机等输入设备送入微处理器内。一旦系统被启动，微处理器就会逐条取出程序中的指令，并执行之。这样，系统就会按人们原先设想的规律一步一步地完成整个控制或监测工作。

用于控制或监测的微处理器与以科学计算为主的计算机相比，应考虑以下几个特殊要求：

① 对于控制或监测过程是需要连续不断进行的，因而对系统的可靠性要求较高。所以对微处理器的可靠性要求相应地也较高。对于精度及速度要求则可以稍低一些。

② 微处理器在系统中要及时处理各种各样的控制请求及管理系统所属的设备。所以要求它具有丰富的指令功能，灵活的输入输出操作和较强的计算和控制能力。

③ 要有完备的中断系统，以便对多个对象实现实时并行控制和监测。

④ 价格要便宜，体积要小，抗干扰性能要好。

从上述要求来看，微处理器能完全满足这些要求。微处理器大部分器件都是由中、大规模集成电路构成，可靠性高、指令也很丰富。例如，8080 有 78 条基本指令；M6800 有 72 条基本指令；Z80 有 158 条基本指令。十六位微处理器 M68000、Z8000 等具有更丰富的指令。这些指令非常适用于控制操作。另外，中断系统完备，不仅有多个中断入口，而且有配套的中断控制部件。尽管目前工业控制中常用的微处理器的字长较短(8 位)，但可通过双字长运算来弥补。当然，这样会降低微处理器的信息处理速度，这对一般工业控制来说问题是不大的。微处理器最大的优点莫过于价格低廉了，它使一般用户都能购买，从而为微处理器在工业领域的推广和使用敞开了大门。

2. 常规外围设备

常规外围设备是微处理器系统必不可少的设备，按其功能它可以分成三类：输入设备、输出设备和外存贮器。

输入设备主要用于输入程序和数据，常见的有纸带阅读机，键盘等。

输出设备主要用于输出处理以后的信息或数据。它把各种处理过的信息和数据，以人们能够直观接受的形式(如字符、数字、曲线)提供给操作人员，以便使操作人员能及时了解微处理器内部及整个控制系统的情况。输出设备常见的有打印机、X-Y 记录仪、纸带穿孔机、显

示器(包括数码显示和 CRT 显示器)等。

在一般小型的微处理机工业控制系统中,通常有一台电传机也就够了,它是一个输入和输出设备的组合体。

常规外围设备中还常配有外存贮器,如磁带装置、磁盘装置等。它主要用来存贮系统程序及有关数据。

3. 接口设备

接口设备是微处理机与被控对象和被监测对象之间进行信息变换和信息传递的设备。它应包括输入接口设备和输出接口设备。接口设备应具备以下几个功能:

① 它能为微处理机系统提供一个输入输出的信息通道。

② 它对输入输出信息进行信息形式的匹配。如 A/D、D/A 转换,串-并、并-串转换,信息格式转换等。

③ 输入输出电平匹配。微处理机系统的输入输出电平往往是 TTL 电平,而控制对象所要求的输入输出电平则规格较多。为此,接口设备必须有电平转换功能。

④ 负载匹配。微处理机系统的输出负载能力是比较小的,为了使系统能够控制大功率的控制对象,一定要进行功率放大和驱动。

⑤ 同步。微处理机的工作速度是比较高的,而一般工业控制对象所要求的控制速率却较低。这样为了使微处理机的工作速度和外界控制对象的控制速度相匹配,就要由接口设备的同步机构来实现内外的同步。

尽管对微处理机接口设备的要求较多,但是目前各器件生产厂家都生产了配套的输入输出接口片子,因此接口设备的设计已变得非常容易,通常只要作少量硬件工作就可以将微处理机与被控或被监测的对象相连接。

4. 操作控制台

微处理机工业控制系统在正常工作时,并不需要人直接参与。但是无论如何必须使人-机保持密切的联系。这是因为,系统在运行过程中,操作人员需要对运行参数进行监视。在系统发生故障时,必须由系统自动报警。而后,操作人员通过面板的控制按键进行干预。另外,当需要修改控制程序和控制参数时,同样也要用键盘和控制按键对系统的工作进行干预。

根据上述要求,操作控制台应包含控制按键、面板显示和报警显示器等。在某些控制系统中,为了调试检查方便,在控制台上还装有手动操纵杆,以便在人工方式时,对被控对象进行操纵。

二、微处理机工业控制系统的软件组成

要使微处理机工业控制系统正常进行工作,就必须在微处理机的内存中存放一定的程序。系统管理需要程序,对某些对象进行控制和监测也需要程序。可以这么说,微处理机工业控制系统的硬件是系统的躯体,而软件(即各种程序的集合)是整个系统的灵魂。不配备任何软件的微处理机系统,我们称它为物理机或裸机。它和刚诞生的小孩一样,只能具有有限的基本功能。一个小孩将来可以成为一个伟大的科学家,也可以成为一个无所事事的人。这主要取决于他本人和社会如何对他进行灌输。也就是说,在他的脑子中给他配置怎样的知识。与此比喻相同,一台微处理机裸机如给它配备简单的软件,它就能作简单的工作;如给它配上复杂的软件,它就可以完成复杂的工作。用户在拿到一台微处理机以后,总会有一个基本设

想,使它具有某种控制或监测功能,这种设想的微处理机就是虚拟机,如图 1-2 所示。虚拟机如配上相应的软件就成为现实的,满足用户特定要求的系统。例如 M6800 微处理机如配上操作系统和各种高级语言的编译程序等,就可以组成一个开发系统;

如果配上激光打孔程序,就可以构成激光打孔机(当然,在这里应配上相应的硬件)。系统程序(或称系统软件)是微处理机系统的一个很重要的组成部分。在目前,微处理机硬件价格正在不断下降,而与此形成鲜明对照的是,软件价格愈来愈高。从这个意义上来看,今后软件的重要性将会进一步提高。

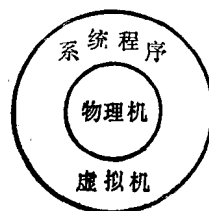


图 1-2 虚拟机

不同的控制对象和不同的控制任务,在系统软件组成上有很大的区别。一般来说,只有系统硬件确定以后,才能确定如何配置系统软件。但是,这并不意味着系统的软件结构是不可捉摸的。一般根据功能,系统软件可以由以下几部分组成。

1. 用户程序

在微处理机工业控制系统中,对每个控制对象或控制任务都一定配有相应的控制程序,这些程序用来完成对各被控对象的不同控制。例如,我们要控制一台机床对构件进行切削加工,就必须配备一个切削加工程序。通常称这种为了各种应用(控制、监测等)目的而编制的程序为用户程序。

编写用户程序的工作,一般由用户自己来完成。用户可以用微处理机的机器指令编写,也可以用汇编语言编写。更高一级的可以用某种高级语言编写。到底采用哪一种形式编写用户程序,这主要取决于微处理机工业控制系统的软件配置情况。如果系统配有汇编程序或某种高级语言的编译程序,那么用户程序就可以用汇编语言或某种高级语言编写。否则只能用微处理机的机器指令编写。

在微处理机工业控制系统中,用户程序是一个直接的控制程序,它对控制对象将产生决定性的影响,即用户程序编制的优劣会给系统的精度和工作效率产生直接影响。

2. 常用子程序库

一台微处理机的基本功能受到本身硬件结构的限制,例如一般的微处理机都不配备乘法硬件。这样,乘除法运算通常用一个乘法和除法子程序来实现。其他如二至十六进制变换,二进制至 BCD 码变换,双字长运算等都可以由相应的子程序来实现。

在系统控制过程中,往往要涉及到这种变换和运算。为了节约编制程序的时间,常常把这些子程序编成标准形式,汇集在一起,形成所谓子程序库。例如,8080 纸带软件就有这样的数学子程序库。只要将这样的子程序库存入微处理机系统中,一旦需要即可随时调用。

3. 编译程序

直接用微处理机的机器代码编制程序称为手编目的程序。手编目的程序是一件极其繁琐的工作,不仅要花费很多的人力和时间,而且编出的程序容易出错,发现了错误也不易修改。而且微处理机的指令随机种不同而不同,且二进制码又难于记忆,因此编程人员一定要受过专门训练才能熟悉这种指令。这使编制程序成为一件非常繁重,而又使人望而生畏的工作,从而影响微处理机的推广和应用。

为了解决这一矛盾,微处理机都配有汇编语言。它用特定的英文字母作助记符,用这些助记符来代表各种指令。这样,在一定程度上解决了编制程序的困难。但是,随着微处理机的推广和应用,给微处理机提出了一个新的课题,这就是如何使一般的操作人员也能编写用

户程序，而无须更多的专门计算机知识。目前常用的一些高级语言如 BASIC、FORTRAN、PASCAL 等，它们都很接近于人们常用的自然语言，因而易学易懂，又不容易出错。这些语言的开发对微处理机的推广和应用有很大的促进作用。

用汇编语言或某种高级语言编写的程序在微处理器中是不能直接执行的。必须有一个“翻译员”，将汇编语言或某种高级语言的源程序编译成微处理器能认识的机器代码，这样才能执行。这个翻译员就是编译程序。在功能强的系统中，通常配有多种语言的编译程序或解释程序。

4. 监控程序(或称管理程序)

系统程序是由多个不同功能和作用的程序模块所组成的一个整体。在这个整体中，各程序模块之间存在着复杂的逻辑关系和时间关系。它们之间不仅有运行的独立性，而且有运行的并行性。即随着系统控制过程的发展，在某一时刻可能出现多个任务的不同请求，这就形成了几个程序同时要求运行的情况。这种情况称为任务对微处理机资源的竞争。在这些情况下，系统必须能实时地响应这些请求，并妥善地处理好这种竞争，使对系统的所有请求都得到相应的满足。这是一件很复杂的管理工作。除此之外，系统还要作许多管理工作，如要管理所有的外围设备。这样一些繁重的工作，其本身的复杂性和要求的快速性是不可能直接由操作人员来承担的，必须要设计一个专门的程序来完成这些工作。这样的程序称为监控程序或管理程序。监控程序是系统程序中最重要的重要组成部分，它除承担上述这些工作之外，往往还附加一些系统辅助的功能。如人-机通讯的处理工作；对系统本身进行监视的工作等。

监控程序的职能可大可小，这主要决定于系统的规模。大的可以对几十个任务进行管理，小的可以只对几个任务进行管理，甚至可以只配备查错监控程序。究竟多大，要视具体系统的硬件配备和功能要求而定。

从上面叙述可知，为了使系统正常工作，即使是最小规模的微处理机工业控制系统，其系统程序至少应包括最起码规模的查错监控程序和一个对被控对象进行控制的用户程序。

§ 1-2 微处理机工业控制系统的几种应用

微处理机工业控制系统可以提高工业自动控制的准确性，实现各种生产过程的集中控制(或集中分散控制)，以及实现复杂生产过程的自动化。特别有意义的是，微处理机工业控制系统可以在恶劣的环境下，代替人实现自动操作，并可实现最优控制和整个生产过程的综合控制，这是其他自动化装置所不能比拟的。

近年来国内微处理机工业控制系统的应用正在逐步增加，其应用方式大致可以分为以下几种。

一、工业数据采集与处理

微处理机工业控制系统用于工业数据采集与处理时，其主要任务是对生产过程的大量过程参数进行巡回检测，数据记录，数据计算，数据比较和整理，数据超限报警以及对大量数据进行积累和实时分析，以达到对生产过程进行各种趋势分析等。这种应用方式的主要特点是微处理机系统不直接参与过程控制，所以对生产过程不会直接产生影响。图 1-3 就是这种应用方式的典型框图。

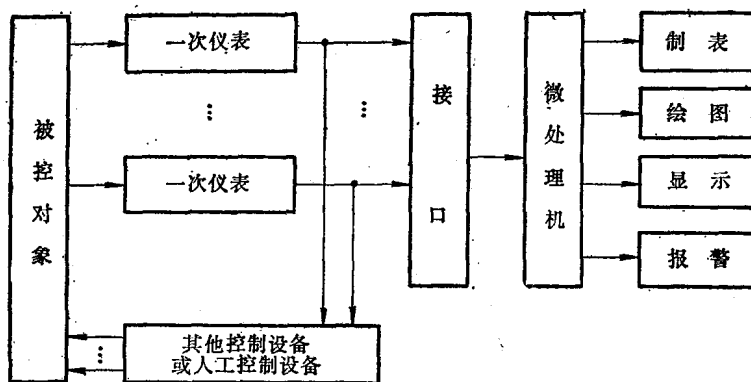


图 1-3 微处理机工业数据采集与处理系统框图

在这种应用方式中，虽然微处理机不直接对生产过程进行控制，但是其作用仍然是很大的。首先，由于微处理机速度快，精度高等特点，在过程参数的测量和记录中可以代替大量的常规显示和记录仪表，对整个生产过程进行集中监视。同时，由于微处理机具有运算和逻辑判断能力，因此可以对大量的输入数据进行必要的集中、加工和处理，并用有利于指导生产过程控制的方式表示出来，这对指导生产过程控制具有积极的作用。另外，微处理机具有存贮信息的能力。所以，可以预先存入各种工艺参数的限值和极限值，在处理过程中如发现实时参数超越这些限值和极限值时，就会向操作人员进行声光报警。当生产过程出现异常时，还可以预先进行趋势显示和趋势报警，以确保生产过程的安全。由上述这些功能可知，在工业部门引入微处理机工业数据采集与处理系统，可以达到下列目的：

- ① 便于操作人员随时了解各生产环节的工作情况，掌握整个生产过程的全貌。
- ② 由于能进行越限报警和趋势分析，所以能确保生产安全，进一步提高生产效率。
- ③ 可以代替大量抄表整理工作，节约人力和物力，降低投资费用。

此外，应用这种系统进行数据采集与处理，可以得到生产过程的大量统计数据。从而有利于从中抽象出较理想的过程生产的数学模型。

二、直接数字控制

直接数字控制是微处理机工业控制系统中最普遍的一种方式。其控制原理沿用了常规调节仪表的方法。直接数字控制系统的框图如图 1-4 所示。

由于微处理机的工作速度相对于过程参数的变化来说要快得多，所以一般的微处理机直接数字控制系统可以按时间分割方法对多台设备实现控制。被控对象的被控参数 $x_1 \sim x_m$ 同时送到系统的输入接口，利用软件或硬件的方法按时间顺序将它们送到微处理机内，当反馈量 x_i 送入后，就与微处理机内存放的给定量 y_i 进行比较，得到差值 Δp_i 作为修正值（调节量）再经输出接口输出，去控制被控对象进行误差修正。

从系统结构和基本原理上来看，直接数字控制系统和一般的常规模拟调节系统没有很大差别，只不过是用微处理机代替了这些模拟调节器。但是，由于微处理机有运算、逻辑判断能力，因此它能实现多种形式的控制，并能进一步提高控制质量。

直接数字控制同数据采集与处理相比，主机的作用已有了本质区别。在这种方式中，主

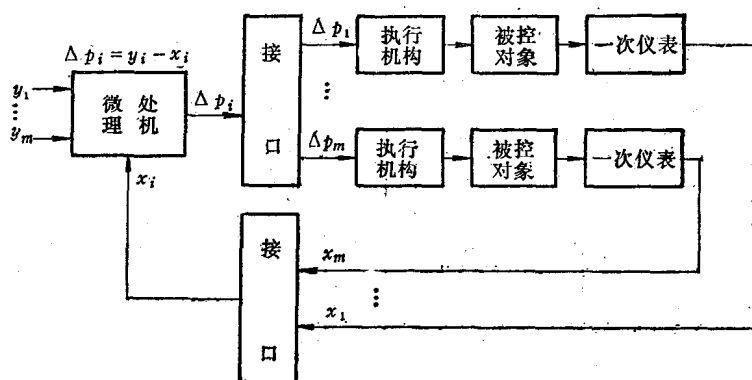


图 1-4 直接数字控制系统框图

机已参与控制过程。在应用这种方式时，如主机发生故障，就会使整个生产过程陷于失控和混乱状态，这是不允许的。所以在要求较高的生产过程控制中，必须配置备份机，作为对现行工作的微处理机在出现故障时的一种补充控制手段，以确保生产过程的安全。

三、监督控制

在直接数字控制系统中，计算机仅仅取代了常规调节器的调节职能或数字控制的职能，而对生产过程直接产生影响的被控参数的给定值还是由人来设定的。它不能根据过程条件的变化而及时地修改这些给定值，使生产过程处于最佳状态。在监督控制系统中，微处理机根据原始的工艺参数和其他信息，按照描述生产过程的数学模型或者采用其他方法，找到工艺参数的最佳值。并自动地改变事先的给定值，使生产处于由数学模型所确定的最佳情况。所以监督控制的控制效果主要取决于这一数学模型的优劣。任何一个数学模型都是针对某一个目标函数(如产量最高，质量最好，成本最低等)而设计的。如果这一数学模型能使目标函数达到最佳状态，则监督控制系统能实现生产过程的最佳控制。否则，当没有理想的数学模型时，这种系统的控制效果也是不理想的。

监督控制系统不直接参与调节控制，而只完成对最优控制模型的计算。当然也可以结合监督控制和直接数字控制的不同特点，使微处理机在执行监督控制的同时，兼作直接数字控制，将两种类型的系统合而为一。

四、群控

群控是利用微处理机的快速性和其他特点，对生产过程中同类型的多台设备进行集群控制。从微处理机工业控制系统以时分方式为多台设备服务这一点来看，群控与直接数字控制系统有其相似的地方，即微处理机在群控系统中取代了所有被控对象的单机控制设备。但是，在直接数字控制系统中，所有被控对象一般来说都是互有关联的，因为它们围绕着同一产品的流程进行控制。而在群控系统中，被控对象都是一些独立进行生产的设备。如针织机，注塑机，制瓶机，制砖机等。这些设备的生产过程不属于模拟调节控制方式，一般都采用开关控制方式，这一点与计算机的工作方式是很接近的。从控制原理来说多属于开环控制。

在群控系统中，根据被控对象生产工艺的不同，群控的工作方式基本上可分为“时钟”和

“应答”两种方式，如图 1-5 所示。图 (a) 是应答工作方式。主机在每次控制输出后，随时查询被控设备是否产生回答，若有回答则再进行一次控制输出，然后再等待回答。如此循环

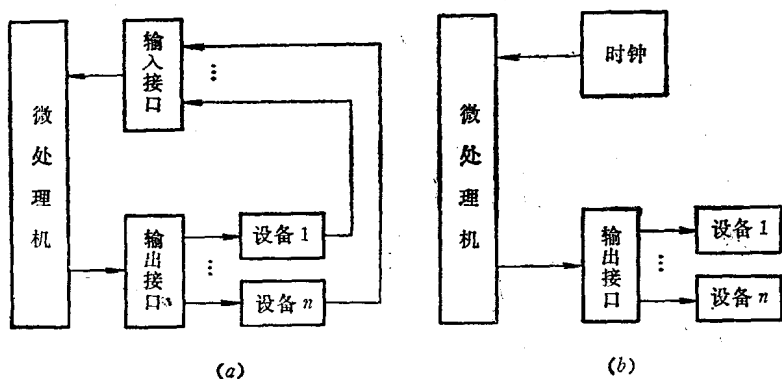


图 1-5 群控系统框图
(a) “应答”方式；(b) “时钟”方式

工作使被控设备按顺序完成各工艺步骤。图 (b) 是时钟工作方式。时钟发生器按工艺要求向微处理器发送时标信号，当微处理器收到这种时标信号时，就依次查询所有被控设备，对定时已到的设备进行一次控制。

群控是目前微处理器工业控制系统中较为普遍采用的一种方式，利用它可以大大提高工作效率、减少操作人员、进一步提高生产的自动化程度。

第二章 微处理机工业控制系统设计概述

本章根据微处理机本身的特点, 概略地叙述一下微处理机工业控制系统的基本设计原则和要求, 以及在设计中应包含的内容和步骤。

§ 2-1 微处理机工业控制系统设计的基本原则和要求

一个微处理机工业控制系统设计的基本原则和要求, 对于各个不同的控制对象是稍有区别的。但是, 它们有许多共同之处, 这些共同的原则和要求在设计过程中是必须予以很好考虑的。

一、操作性能要好

对于一个微处理机工业控制系统来说, 所谓操作性能好应该包含以下两个含义, 即使用方便和便于维护。这两条要求对于所有控制设备来说都是非常重要的。所以我们在设计整个系统的软件和硬件时, 都要处处想到这一点。例如, 我们在考虑系统软件时, 就应该考虑配什么样的系统软件可以降低操作人员对某些专业知识的要求。前面已经提到, 系统的用户程序是需要由操作人员自己编写或进行修改的。如果系统的用户程序是用机器代码直接编写成的, 那么对操作人员来说, 就必须熟悉微处理机的指令和程序设计的基本知识, 否则是难于胜任的。这样的要求就我国实际情况而言实在是太高了。这种软件设计方案必然会限制微处理机工业控制系统的推广和应用。如果我们在系统中配上高级语言, 特别是工业控制中常用的数控语言, 那么用户程序的编制就非常容易, 也便于一般操作人员能很快掌握。这样就有利于微处理机工业控制系统的推广和应用。对硬件方面的要求也同样, 例如系统的控制开关不能太多, 太复杂; 操作顺序要简单等。

另外, 尽管微处理机工业控制系统的可靠性相对常规调节仪表来说要高一些, 但是总不能想象它不发生故障。一旦故障发生, 如何能尽快地排除, 这也是系统设计时要考虑的问题。从软件角度来说, 系统应配备查错程序或诊断程序。以便在故障发生时, 用程序来查找故障发生的部位, 以缩短排除故障的时间。从硬件角度来说, 零部件的配置应便于操作人员检修。

当然, 还有一些其他要求, 如控制台要适于操作人员工作, 显示器的颜色要和谐等等, 凡是涉及人-机工程的一切问题都应逐一加以考虑。

二、通用性好便于扩充

一般地说, 一个微处理机工业控制系统都能同时控制几台设备工作, 但是各设备的控制要求往往是不一样的。另外, 所控制的设备也不是一成不变的, 而要经常不断地进行更新。这样就要求系统不仅能适应各种不同设备的要求, 而且也要考虑在设备更新时, 整个系统不需要大改就能马上适应新的情况。这就要求系统的通用性要好, 在必要时能灵活地进行扩充。

微处理机工业控制系统要达到这样的要求, 就必须尽可能地标准化。例如, 尽可能采用通用的系统总线结构, 象采用 S-100 总线、GPIB 总线、STD 总线等。在需要扩充时, 只

要加一块接口插件板就能实现对所扩充的设备进行控制。另外，接口部件尽量采用标准通用的大规模集成电路接口芯片。在考虑软件时，只要速度允许就尽可能把接口硬件部分的操作功能用软件来代替。这样在改变被控设备时，就无须变动或少变动硬件，只要改变软件就行了。

系统的各项设计指标留有一定余量，这也是可扩充的首要条件。例如，微处理机的工作速度如果在设计时不留有一定余量，那么要想进行系统扩充是完全不可能的。其他如电源功率、内存容量、输入输出通道等也应留有一定余量。

三、可靠性高

对任何工业用的控制系统来说，要求是很多的。但是可靠性是最突出和最重要的一个基本要求，因为一个系统正常与否要影响到整个装置，整个车间，甚至整个工厂的正常生产。一旦故障发生会造成整个生产过程的全面混乱，从而引起严重后果。所以对可靠性有很高的要求。特别是作为控制核心的微处理机，其可靠性要求更高。

在一般小型计算机控制系统中，由于硬件价格较高，所以除计算机控制系统之外，通常还配备一些重要的常规控制装置作为控制后备设备。一旦计算机控制系统发生故障，就可以把这些后备控制装置切换到控制回路中去，使这些重要的被控对象不会出现失控状态，以维持生产过程的正常进行。然而，随着价格低廉的微处理机的出现，上述措施就显得在人力和物力上太不合算了，通常用多微处理机控制系统的形式来提高系统的可靠性。

1. 采用双机系统

在这种系统中，用两台微处理机作为系统的核心控制器。由于两台微处理机同时发生故障的概率很小，从而大大提高了系统的可靠性。双机系统中两台微处理机的工作方式常见的有以下几种：

① 备份机工作方式：在这种方式中，一台微处理机投入系统运行，另一台虽然也同样处于运行状态，但是它是脱离系统的，只是作为系统的一台备份机。当投入系统运行的那台微处理机出现故障时，通过专门的程序和切换装置自动地把备份机切入系统，以保持系统正常运行。被替换下来的微处理机修复后，就变成系统的备份机，这样可使系统不因主机故障而影响其运行。

② 主-从工作方式：这种方式是两台微处理机同时投入系统运行。在正常情况下，这两台机器分别执行不同的任务。如一台微处理机可以承担系统的主要控制工作，而另一台可以执行诸如数据处理或系统某些设备的控制等一般性的工作。当其中一台发生故障时，故障机能自动地脱离系统，另一台微处理机就自动地承担起系统的所有任务，以保证系统的正常工作。

③ 双工工作方式：这种方式也是两台微处理机同时投入系统运行，但是它不同于主-从工作方式。两台微处理机在任何时刻都是同步执行一个任务，并把结果送到一个专门装置去核对，如图2-1所示。如果两台微处理机输出结果

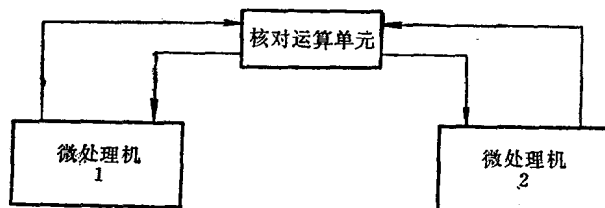


图 2-1 双工系统框图

经核对后符合，则说明两台都处于正常工作状态，可以把核对的结果输出至被控对象或设备。