

303

TP362.1
L3/a(2)

高等学校电子信息类教材

微型机应用系统设计

(第二版)

李伯成 侯伯亨 裘雪红 编著



A0988665

西安电子科技大学出版社

2001

内 容 简 介

本书是《IBM PC 微机应用系统设计》的修订版,现易名为《微型机应用系统设计(第二版)》。此次修订,删除了那些内容陈旧及工程上应用少的章节,并增加了一些新的内容。本书系统地介绍了微型机应用系统开发的全部工作过程及开发时应注意的一些实际工程问题。全书主要内容有:应用系统设计的基本内容和步骤,微型机应用系统的总线,存贮系统设计,微型机应用系统常用接口,用户程序开发及混合编程,系统的可靠性设计,系统调试与维修。最后以一个具体的微型机应用系统设计实例对本书做了概括总结。

本书最大的特点是从工程设计出发来介绍系统设计中的有关问题,全书所附有的大量工程应用实例,大部分都取自于历年来作者的科研成果。因此,读者只要通读全书,就可以按本书叙述的线索来自行设计微型机应用系统。书中的许多实例都可以直接移植。

本书简明扼要,深入浅出,内容系统,概念清楚,既可作为高等学校计算机专业教材,也可作为从事微型机开发应用工程技术人员的参考书。

微型机应用系统设计(第二版)

李伯成 侯伯亨 裘雪红 编著

责任编辑 夏大平 马晓娟

出版发行 西安电子科技大学出版社(西安市太白南路2号)

电 话 (029)8227828

邮 编: 710071

<http://www.xduph.com>

E-mail: xdupfxb@pub.xaonline.com

经 销 新华书店

印 刷 陕西画报社印刷厂

版 次 1994年3月第1版 2001年8月第2版 2001年8月第7次印刷

开 本 787毫米×1092毫米 1/16 印张 20.25

字 数 488千字

印 数 30001~34000册

定 价 21.00元

ISBN 7-5606-0305-X/TP·0110

*** 如有印装问题可调换 ***

本书封面贴有西安电子科技大学出版社的激光防伪标志,无标志者不得销售。

前 言

随着微型计算机的迅速发展,微型机应用系统开始渗透到社会的各个部门及行业。所谓微型机应用系统,是指那些满足用户对特定功能要求而且在硬件、软件,可靠性、安全性,体积、功耗、重量等某些方面具有严格要求的专用计算机系统。实际上,用于工业企业、国防乃至家庭的用来实现对现场进行监测、控制的微型机系统都可以归到我们所说的微型机应用系统中来。在新的世纪里,各行各业对微型机应用系统的需求会大大增加。

本书的目的是全面地介绍微型机应用系统设计。全书共分八章。第1章对微型机应用系统的组成及设计过程进行扼要概述(后面的章节再对构成系统的各部分的设计进行详细说明);第2章介绍有关总线的设计;第3章是存贮系统设计;第4章介绍目前常用外设的接口及接口技术;第5章为软件设计;第6章介绍微型机应用系统的可靠性设计,提出工程上常用的可靠性措施;第7章为微型机应用系统的调试;第8章给出一个具体的工程实例。

本书是在微型机(或单片机)原理的基础上来阐述上面所提到的内容的,因此,要求读者在掌握微型机(或单片机)原理的情况下再来学习本书。同时,书中的内容尽量做到适应面尽可能地宽一些,也就是说,书中介绍的设计方法和实际的电路能用在任何微型机系统中。还有一点,就是书中所涉及到的内容大多都是编者在过去的教学和多项科研课题中所采用的原理及方法,有较大的实用价值。

本书是《IBM PC 微机应用系统设计》的修订版,现易名为《微型机应用系统设计(第二版)》。本次修订工作由李伯成完成。在修订过程中删除了那些内容陈旧及工程上应用少的章节,增加了一些新的内容。同时,力求做到简明扼要、深入浅出、突出重点、面向实用。但由于编者水平所限,错误不当之处在所难免,敬请读者批评指正。

编 者

2000年9月

第一版前言

我国微型计算机的应用近年来发展非常迅速，相应地对微型计算机的档次要求也在不断提高，由80年代中期的以8位微型计算机为主流，演变到目前的以16位微型机为主流。受这种微型机应用技术发展潮流的影响，许多从事微型机应用系统开发的工程技术人员，也面临需要进一步更新知识，了解和掌握16位机的有关技术知识和应用技术，以适应当前16位微型计算机应用技术的发展。

IBM PC 机系列及与其相应的国产微型计算机是我国优选的机种，它们在我国已装备了几十万台。对这些微机系统的应用和开发是当前微型机应用领域的一个重要课题。为此，我们在几年前的《微处理机应用系统工程设计及其实例》一书的教学实践及历年科研实践的基础上，编写了《IBM PC 系列微机开发与应用》。现在，为适应科技人员自学及大专院校教学的需要，特对《IBM PC 系列微机开发与应用》进行缩编，改正一些印刷错误，精减部分内容，以使缩编重点更突出，内容更加简明扼要、深入浅出，更便于读者的学习和理解。

全书共分八章。第一章对一般微型机应用系统的构成及其设计进行了扼要的概述。第二章介绍了各种总线标准及构成和扩展总线时应注意的一些具体问题。第三章介绍了存贮系统的设计及系统的瞬时掉电保护。第四章详细论述了目前常用的接口及接口技术。第五章叙述了用户程序开发及混合编程的基本步骤和方法。第六章概述了系统的可靠性设计。第七章详细地介绍了微型机应用系统的调度和维修。第八章是一个微型机应用系统的设计实例。

在本书编写过程中得到了校科研处、出版社的领导及有关同志的关心和支持，在这里向他们表示衷心的感谢。

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

1993年8月于西安

第1章

微型机应用系统设计概述

微型机应用系统，由于应用场合不同，其规模大小和形式也各不相同，如有的要用80386、80486微型计算机作为主机来构成系统；而有的却只要以单片机为主控制器来构成系统。功能强的系统，要求配备的接口和外围设备就多；而功能弱的系统，所带的接口和外围设备可以很少。尽管如此，从总体上来说，要设计一个实用的微型机应用系统，所面临的技术问题及设计步骤大体上是相同的。在这一章里，我们首先介绍应用系统的一般概念和设计应用系统时应考虑的基本问题，以及大致的系统设计步骤，以图使读者在阅读本书的其他章节以前，能对微型机应用系统的设计过程和要涉及的问题，有一基本的了解。

1.1 微型机应用系统的一般构成

正如前言中所提到的，我们书中所涉及到的系统是用于满足用户特定功能，在硬、软件，可靠性，体积重量，耗电及使用环境等某些方面都有严格要求的专用微型机系统。在军事、工业企业乃至民用中实现监测与控制的微型机系统就属于我们所说的应用系统范畴。

既然微型机应用系统是一个专用的微型机系统，那么，它必然具有微型机系统组成的共性。因此，一提到微型机应用系统的构成，读者应当立即反应出它由两大部分(硬件和软件)组成。

1.1.1 应用系统的硬件构成

微型机应用系统硬件的一般构成框图如图1.1所示。由图1.1可知，该系统除微型机(微处理机)以外，还包含常规外围设备、接口设备、监视及报警设备、操作控制台等几大部分。下面我们对各部分作一简要说明。

1. 微型机

微型机即微型处理机，它是整个系统的核心，其他所有设备都要在它的指挥下进行工作，因此称它为主机。

在系统控制或监测过程中，主机能自动接收被控或被测对象送来的各种信息。在微型机内，按人们事先安排好的程序，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，以信息形式再回送给被控或被测的对象，从而实现对被控或被测对象的自动控制。

微型机中的程序和有关的初始数据，是人们事先编排好的。在操作前，通过输入设备

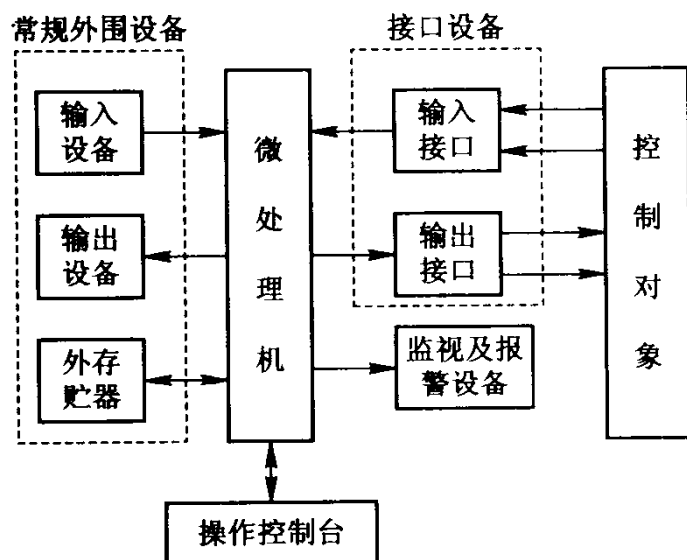


图 1.1 微型机应用系统的硬件构成

输入或事前将其固化在 ROM 中。一旦系统被引导启动，微型机就会按顺序取出一条条所存贮的指令，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系统的控制和监测过程。

用于控制和监测的微型机与用于科学计算及其他用途的计算机相比，应考虑以下几个特殊要求：

① 由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。对微型机的可靠性要求相应地也要高一些。

② 微型机在系统中要及时处理各种各样的控制请求并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 要具有完备的中断系统，以便对多个对象实现并行控制和监测。

④ 在多媒体信息应用中，尤其是三维动态图像的处理系统，通常要求微型机有较高的处理速度。而对一般的温度、压力、液面、流量等信息测控中，对微型机的速度要求不是很高。

⑤ 在实际工程中，往往对微型机的环境，如工作温度、压力、腐蚀、粉尘、烟雾、振动、湿度，以及周围环境的电磁干扰、供电电源的稳定性及干扰等方面提出特别严格的要求。

⑥ 在体积、重量、价格、耗电等方面提出特定的要求。

从上述要求来看，只要选择得当，众多类型的微型机是完全可以满足这些要求的。

2. 常规外围设备

常规外围设备是微型机应用系统中必不可少的一些设备，按其功能可以分成三类：输入设备、输出设备和外存贮器。

输入设备主要用于程序和数据的输入，常见的有纸带阅读机、键盘、鼠标器和光笔等。

输出设备主要用于输出程序及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、图形)提供给操作人员，以便使操作人员能及时了解微型机内部及整个应用系统的工作情况。常见的输出设备有打印机、X-Y 记录仪和显示器等。

常规外围设备还包括外存贮器，如磁带机、磁盘(硬盘和软盘)、光盘等。它主要用来存贮程序及有关的数据。

3. 接口设备

接口设备是应用系统与受控或被测对象之间进行信息变换和信息传递的设备。它应包括输入接口和输出接口。接口设备通常应具备以下几个功能：

- ① 它能为微型机提供一个输入和输出的通道。
- 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—串转换及信息格式的转换等。
- ③ 输入、输出电平匹配。微型机的输入、输出电平往往是 TTL 电平，而受控对象所要求的输入、输出电平，其规格较多。为此，接口应具备电平转换功能。
- ④ 负载匹配。微型机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受控对象，接口也应具备驱动和功率放大的能力。
- ⑤ 同步。微型机的工作速度是比较高的，而一般受控对象所要求的控制速率却较低。这样，为了使微型机的工作速度和外界受控对象所要求的控制速率相匹配，就要由接口设备的同步机构来实现内、外的速率同步。

尽管对微型机接口设备要求较多，但并不是每种接口都应具备上述功能，要求的多少往往视接口的对象而定。目前各器件生产厂家都生产了配套的输入、输出接口芯片，因此使接口设计已变得比较容易，通常只要作少量的硬件工作就可以将微型机与受控或被测对象连接起来。

4. 操作控制台与监视及报警设备

微型机应用系统在正常工作时，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状态进行监视。在系统发生故障时，必须能自动报警，而后，操作人员通过控制台上的按键进行干预。另外，当需要修改控制程序和控制参数时，同样也要通过控制台上的键盘或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。在某些系统中，为了调试和工作方便，在控制台上还装有手动转换装置，以便在人工方式时，对受控对象进行操纵。

1.1.2 应用系统的软件构成

要使微型机应用系统能正常进行工作，就必须在微型机内存中存在一定的程序。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，微型机应用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型机，我们称它为物理机或裸机。它和刚诞生的婴儿一样，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。与此比喻相同，一台微型机，如给它配备简单的软件，它只能作简单的工作；如给它配上功能强的软件，它就可以完成复杂的工作。用户在设计微型机应用系统时，总会有一个基本设想，使它具有某种控制或监测功能。用户根据这种设想，配上相应的软件，就能实现满足用户特定要求的系统。在目前，随着大规模集成电路

的发展，微型机应用系统的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。

不同的控制对象和不同的控制任务，在系统软件构成上会有很大区别。一般来说，只有系统硬件确定以后，才能完全确定如何配置系统的软件。但是，这并不意味着系统的软件构成是不可捉摸的。一般根据其功能，系统软件大体可以分成以下几个部分。

1. 用户程序

在微型机应用系统中，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目的(控制、监测等)而编制的程序为应用程序或用户程序。

编写应用程序的工作，一般都由用户自己开发完成。用户可以根据微型机应用系统的资源配备情况，确定使用何种语言来编写用户程序，既可以用高级语言也可以用汇编语言。高级语言功能强，且比较近似于人们日常生活用语习惯，因此比较容易编写；而用汇编语言编写的程序则具有执行速度快，对端口操作灵活的特点。这样，在当前，人们通常用高级语言和汇编语言混合编程的方法来编写用户程序。

在微型机应用系统中，用户程序是一个用于对被控对象进行直接控制的程序。因此，它将对控制对象产生决定性的影响，即用户程序的优劣，会给系统的精度、可靠性及工作效率带来重大的影响。

在这里要特别强调，由于用户及其要求的多样性，繁简程度差别很大等原因，目前尚未有通用的用户程序生成软件。所以，用户程序都是系统设计者根据用户的具体要求自行开发的。

2. 操作系统

一般从市场上买来的微型机是一种通用的微型机系统，这种微型机中都配有操作系统，如人们常见的 DOS、Windows、Unix、Linux 等等。这些操作系统以自己的方式管理通用微型机系统的所有硬件和软件资源，使它们有条不紊地工作，为用户提供最大的方便。

微型机应用系统是专用的微型机系统，并且在大多数情况下，它们是一个实时系统。系统由多个任务，多个程序模块构成，并且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，而且还有运行的并行性，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型机资源的竞争。在这种情况下，系统必须实时地响应这些请求，根据轻重缓急，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。除此之外，操作系统还要对其他资源，如外围设备、内存等实施管理；还要对人—机通信进行管理。

因此，在较复杂、规模较大的微型机应用系统中，经常配置实时操作系统。而这些操作系统很少自己从头研制，这是因为开发一个实时操作系统所付出的时间和价格比研制开发微型机应用系统本身还要高昂。因此，一般情况下可以买现成的实时操作系统。例如，Vxwork、pSOS、Windows CE等。将用户程序模块(任务)挂在实时操作系统之下，由实时操作系统管理这些任务，实现系统的功能。

在一些小的微型机应用系统中并不配置实时操作系统。有时只是配置一个简单的实时监控程序，由此监控程序对系统的硬、软件资源进行管理。

在一些非常小的应用系统中，只有用户程序。这样的系统是通过用户程序的控制流程来实现用户功能的。

3. 子程序库

在通用微型机系统中配置的软件是应用程序，例如，各种语言、数据库开发软件及各种应用软件，它们支持用户开发用户程序。

由于微型机应用系统是一个专用系统，其通常配有子程序库或个别高级语言。

一个微型机应用系统的基本功能受到硬件结构和拥有的资源所限制，例如，一般不能用硬件进行数制变换和数据采集等，而这样一些功能是应用系统要经常用到的。为此，我们采用子程序的方式来满足系统用户程序的要求，即将这样一些功能，编成一个个子程序，放在子程序库中，系统需要时，可以随意调用。

子程序库中的子程序都编成标准的形式，一般都要规定入口参数、入口地址、出口参数等。只要按其规定，即可在主程序中随意调用。

1.2 应用系统设计的基本原则和要求

微型机应用系统的基本设计原则和要求，在不同规模和要求系统中大体是相同的，因此，这些共同的原则和要求在设计前或设计过程中都必须予以认真考虑。

1. 操作性能好

对一个微型机应用系统来说，所谓操作性能好，就是系统的人—机界面友好，操作起来方便且便于维护。为此，我们在设计整个系统的硬件和软件时，都应处处想到这一点。例如，我们在考虑系统软件时，就应该考虑配什么样的软件和环境，能降低操作人员对某些专业知识的要求。前面已经提到，系统中的某些用户程序是要由用户自己编写的。例如，在数控设备中，加工切削程序往往要由操作人员来编写或进行修改。如果这样的用户程序是用汇编语言写成的，那么对操作人员来说，就必须熟悉相应微型机的汇编指令和程序设计的基本知识，否则是难于胜任的。这种软件设计方案必然会限制微型机应用系统的推广和应用。事实上，如果我们在系统上配上高级语言，特别是配上像工业控制中常用的数控语言，那么加工程序的编制就非常容易，一般操作人员就能很快掌握。这样就有利于微型机应用系统的推广和应用。对硬件方面的要求也一样，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，尽管微型机应用系统的可靠性较高，但是总不能想象它不会发生故障。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，系统应配置自检或诊断程序，以便在故障发生时，能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。如控制台要便于操作人员工作，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。

2. 通用性好，便于扩展

一般来说，一个微型机应用系统，在工作时能同时控制几台设备工作。但是，在大多

数情况下,各设备的控制要求往往是有区别的。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。

微型机应用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,像采用 STD 总线、AT 总线、MULTIBUS 总线等。在需要扩充时,只要加一些相应的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替代。这样在改变被控设备时,就可以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,也是可扩充的首要条件。例如,微型机的工作速度如果在设计时不留有一定余量,那么要想再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的余量。

3. 可靠性高

对任何微型机应用系统来说,尽管各种各样的要求很多,但是,可靠性是最突出和最重要的一个基本要求。因为一个系统能否长期地正常工作,将要影响到整个装置、整个车间,乃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型机,其可靠性要求则更高。

在小型计算机时代,由于硬件价格较高,因此,一个应用系统一般只配备一台计算机。这样一旦小型计算机出现故障,整个系统将处于瘫痪。随着价格低廉的微型机出现,人们通常采用多微机系统形式来构成一个应用系统。即将应用系统分成若干个功能模块,每个功能模块由一个微型机来进行控制,并将各个微型机用网络连接起来,构成一个有机的多机系统。这样,功能分布了,危险也相应分散了。即使工作过程中某一台微型机发生了故障,也不至于使整个系统瘫痪。当前常见的形式有:

(1) 双机系统

在这种系统中,用两台微型机作为系统的核心控制器。由于两台微型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。双机系统中两台微型机的工作方式,常见的有以下几种。

① 备份机工作方式:在这种方式中,一台微型机投入系统运行,另一台虽然也同样处于运行状态,但它是脱离系统的,只是作为系统的一台备份机。当投入系统运行的那一台微型机出现故障时,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。被替换下来的微型机经修复后,就变成系统的备份机,这样可使系统不因主机故障而影响系统正常工作。

② 主—从工作方式:这种方式是两台微型机同时投入系统运行。在正常情况下,这两台微型机分别执行不同任务。如一台微型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,另一台微型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型机同时投入系统运行,但是它不同于主—从

工作方式。两台微型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 1.2 所示。如果两台微型机输出经核对后符合，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。如果两个结果不符，则说明其中一台工作出错。此时，一方面封锁结果输出，另一方面两台主机对前一步工作重新再执行一次，再对结果进行核对。这样做可以排除占很大比例的各种随机错误，如果经几次核对后，结果仍不符，则足以证明其中有一台微型机发生了故障，然后各自进行故障诊断，把故障机从系统中撤下来。

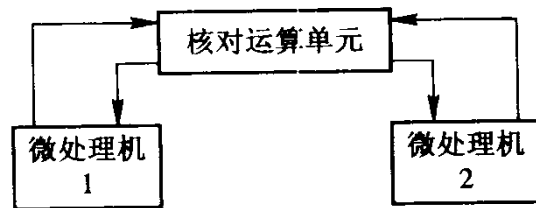


图 1.2 双工系统示意图

(2) 集散控制系统

这种系统结构是目前提高系统可靠性的一个重要发展趋势。在过去，如上面已提到的那样，计算机控制主要倾向于采用集中控制的方案，即根据系统的控制任务和要求，选择一台适当功能的计算机来承担系统的全部任务。这样做，一旦主机发生故障就会影响整个系统。随着微型机的出现，以及它的硬件价格不断地下降，已有可能把系统的所有控制任务，分散地由多台微型机来承担。为了保持整个系统的完整性，再用一台适当功能的微型机作为上一级的管理主机，对多台分散的下一级微型机进行监督和管理。这就组成了一个两级多机分散的应用系统，即集散系统，如图 1.3 所示。图中第一级有多台微型机分别对各被控对象进行控制，而上一级的微型机通过总线与下一级的微型机相连接，并对它们实施管理和监督。

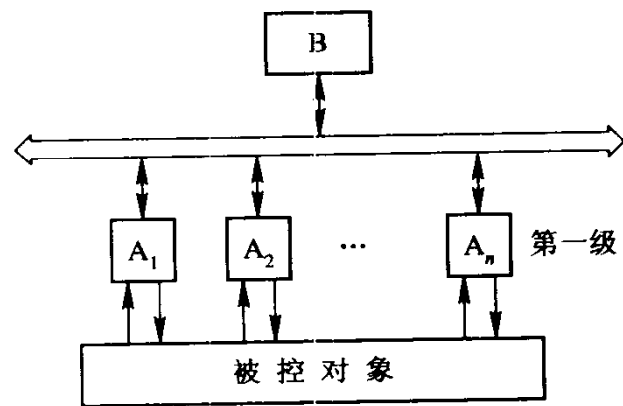


图 1.3 集散控制系统示意图

在图 1.3 中，通常称第一级的微型机为下位机（或前端机）；而称上一级微型机（B）为主控机（或上位机）。在当前微型机控制系统中，这种结构经常使用。

集散系统可使微型机的故障对系统所产生的影响减到最小。例如，若上位机出现故障，则下位机仍可按照事先加载的程序，独立地维持控制对象的工作；而当某一下位机出现故障时，其所承担的任务可由上位机替代完成，也可由邻近的下位机来替代完成，从而保证了系统工作的正确。如某集散系统采用一个高可靠主机和 53 个下位机构成，而且下位机采用冗余设计方式，即某一下位机故障，则相邻下位机代替其工作。这样一来可使整个系统的可靠性达到 30 万小时的平均无故障时间。

4. 设计周期短、价格便宜

在研制一个微型机应用系统时，应考虑的一个重要要求是，设计周期短、价格便宜。目前科学技术的发展是很迅速的，各种新的技术和产品不断出现，这就要求所设计的微型机应用系统能跟上形势的发展。如果研制周期太长，会使产品失去竞争能力和实用价值。所以，微型机应用系统不能搞大而全，应根据实际情况来确定系统的设计规模。这样既可以缩短设计周期，又可以降低系统的设计费用。

总之，上述四点是微型机应用系统设计时应考虑的几个基本要求。除此之外，如精度、速度、重量、监视手段、抗干扰能力等，也都是必须认真考虑的。

1.3 应用系统设计的基本内容和步骤

微型机应用系统设计的内容和步骤，虽然受系统规模、控制对象、主机选择等不同而有所差异，但设计的主要内容及大致步骤一般是类同的。

1.3.1 微型机引入的必要性分析

在设计微型机应用系统以前，首先要估价一下引入微型机以后，会给经济效益和社会效益带来什么好处。

从经济效益上主要是看采用了微型机应用系统后，根据产量增加、质量提高、成本及能耗降低等诸方面因素所产生的收益。如果采用了微型机应用系统后，所获得的经济效益在二三年内可收回建造系统所投入的成本，则采用微型机是必要的。若二三年时间尚不能收回成本，则认为没有必要。

在有些情况下，采用微型机可能没有多大的经济效益。但是，采用微型机可以使工作在危险、高温、噪声、腐蚀、粉尘、烟雾等恶劣的环境下的工作人员解放出来，能很好的改善工作人员的工作和生活条件。这就可以收到很好的社会效益，在这种情况下，采用微型机应用系统也是十分必要的。

1.3.2 需求调查与分析

接下来的重要工作就是对用户的需求调查与分析。这一步之所以特别重要，就在于在此后的系统设计的所有工作都是以用户的需求为依据的。如果用户的需求没有调查清楚或者用户的需求在理解上与用户不一致，则必然会对后面的系统设计带来严重的影响，甚至完全背离了用户的要求，造成设计失败或与用户造成矛盾。

对用户需求要仔细进行调查。通常要组织技术人员——系统设计人员深入用户现场，同用户认真协商，弄清楚用户每项要求的细节。例如，对于监控系统来说，要弄清用户进行测量的参数有多少个，每种参数要求的精度，参数变化的速率，用户对传感器有何要求及传感器输出电信号的变化范围，采用什么样的放大器、滤波器，控制参数用什么样的执行机构，控制执行机构要用的电流、电压等信号，执行机构所需功率，执行机构前需要什么样的驱动放大器及对放大器的要求等等细节。

一般地，应对用户对微型机应用系统的响应时间，系统精度、可靠性、安全性、可维护性、可操作性等各种要求进行详细调查。

同时，要对用户使用应用系统的环境，包括供电电源的稳定性及干扰情况、温度、湿度、粉尘、腐蚀、振动及周围环境的电磁干扰情况进行仔细调查。

对用户的调查情况进行综合分析，最终提出文字档案形式的用户需求调查报告。该报告必须征得用户认可。设计者与用户对需求调查在解释上不能有二义性。在双方认可的前提下，需求调查报告将作为后面系统设计的依据。

1.3.3 选择应用系统的核心部件——处理机

依据用户的需求,首先选择微型机应用系统的核心部件——处理机。

1. 处理机的选择原则

根据用户需求,选择能实现用户系统各个方面要求的处理机。

(1) 微处理器的字长

微处理器的字长会直接对系统的精度、指令的多少、寻址的能力、处理速度等产生影响,由此必然导致应用领域的不同。一般来说,微处理器的字长愈长,对数据处理愈有利,处理速度也可进一步提高。但是,并不是字长愈长愈好,在选择时,应根据应用实际情况及性能价格比综合考虑。

(2) 微处理器的工作速度

微处理器的工作速度一般取决于系统的主频,目前常见的是几兆赫到几十兆赫。速度的选择应使其与被控对象的要求相适应或稍留一点余量。过高的要求会给系统的安装和调试带来不必要的困难。因为在高速工作时,引线之间的串扰及信号延时是非常令人头痛的问题。

(3) 系统结构对环境的适应性

不同的基本微型机系统对环境的适应能力是不同的。例如,市面出售的一般 IBM-PC 机,通常只能适用于办公室或实验室这样的室内环境。如果将它用于工业控制环境就会产生诸多问题。在工业控制领域中,最好选用具有工业控制总线(STD 总线)的工控机。因为它具有抗震、抗干扰等优良性能,能较好地适应工业领域的较恶劣的环境。

(4) 尽量选用有较多软件支持的机型

开发一个微型机应用系统,其很重要的一部分工作是开发软件。如果所选择的基本微型机系统有较多的软件支持,这无疑会对应用系统的软件开发带来很大的好处,这样可以节省大量的人力、物力和开发时间。

(5) 其他要求

以需求为依据,在选择处理器时还应考虑所选处理器的体积、重量、功耗、价格、安装方式等其他诸多因素。有的是对其中一项,有的可能对其中许多项均有特殊要求。其中,尤其是由于功耗、价格等因素,会对一些工作在特定环境下的小的微型机应用系统有特别的要求。

2. 具体选择方法

在具体选择处理器时,可有较大的选择余地。

(1) 选择 CPU

选择 CPU,再以其为核心构成微型计算机。从当前常见的 CPU 来看,分为 8 位、16 位、32 位、64 位。从制造厂家来看,又有 Intel、Motorola 等多个厂家、多种系列,供设计者选择。选择时应依据上面的原则和用户的需求灵活进行。

(2) 选择单片机

单片机将 CPU、RAM、ROM 及接口集成在一块芯片中,构成一个简单的微型计算机。在小的应用系统设计时,采用单片机是十分方便的,而且其可靠性也会更好。

目前常见的单片机有 8 位、16 位及 32 位的。国内流行使用的不下 10 种。主要是 Intel

单片机系列、Motorola 单片机系列、Microchip 公司及其他欧洲、韩国乃至中国台湾的单片机产品。总之，单片机有不同的位数的多个系列可供选择。

(3) 选择 DSP

数字信号处理器(DSP)也是一种单片机。但因其运行速度快、数学运算指令功能强且速度快而把它们叫做 DSP。当用户需求要求大量高速运算时，例如，要处理数据非常巨大的，速率要求很高的语音、图像等多媒体信号时，采用 DSP 将是十分方便的。

DSP 目前有 16 位和 32 位两类。生产厂家有德州仪器公司、模拟数字公司、Motorola 公司及 AT&T 公司等。像德州仪器的 TMS320××××系列在我国国内有广泛的市场。

(4) 选择 PLC

可编程逻辑控制器(PLC)是由厂家做好的独立控制单元。每个单元内均有由 CPU 及其他部件构成的一个独立的自动控制单元，可用来控制一路或几路参数。而且，PLC 一般都配有编程十分简单的数控语言。利用这种语言编写控制程序非常方便。当一个独立的控制单元不够用时，可将多个单元合在一起使用。利用 PLC 作为前端机，再选一个性能更好的主机构成集散控制系统，是常用的设计方案。

从美国到欧洲，从日本到中国台湾以及其他许多国家，都生产型号繁多的 PLC 供我们选择使用。当用户的需求是一套微型机自动控制系统时，可以考虑使用 PLC。

(5) 选择 CPLD

复杂的可编程逻辑器件(CPLD)发展十分迅速。其最大的特点就是厂家生产出毛坯，由用户根据自己的需要通过编程来指定 CPLD 的功能。而且可多次编程，即当其原先编程的功能不合适时，可擦除重写。目前已制做出 100 万门/片的 CPLD 供用户选用。可以想像，通过编程可以将其设计成一片简单的 CPU 或单片机。

目前，有一些外国公司提供 CPLD 产品，其容量从几千门/片到上百万门/片的均有。在那些硬件保密性强的需求场合，利用 CPLD 是比较理想的。

(6) 选择专用芯片

现在许多半导体公司生产一些专用的集成电路芯片。它们是专门针对某种特殊应用的。如果用户需求刚好是某种特殊应用时，可检索一下有无这样的专用芯片。若有，选用这样的芯片必然会事半功倍。例如，数字电度表专用芯片、语音信号处理专用芯片等等，在实际中有许多种。应用系统设计者应注意到这一选择思路。

(7) 自行设计处理器

就当前技术来说，设计者在 VHDL(硬件描述语言)的支持下，完全有可能自行设计一片 CPU 或单片机。而且可以在不长的时间里加工制造出来。当然，自行设计，让工厂进行加工需要付出较高的代价。

1.3.4 确定整个应用系统的方案

1. 硬件方案

在作为应用系统的核心部件——微处理器选定以后，根据用户的需求可以确定系统的硬件结构。

(1) 选择总线

在选择了 CPU 或其他处理器之后，要考虑系统采用的总线，包括内总线和外总线。在

选用单片机或 DSP 时，通常也需要对总线进行扩展。在选择总线时，可采用前人制定的标准。采用标准总线会给系统在通用性、扩展性等许多方面带来好处。当然，作为专用的计算机系统，当系统规模很小时，也可以采用自己定义的专用总线。

(2) 决定内存

根据用户的需求，确定系统的规模。初步可以估计系统需要多大的 RAM。在估计时留有一定的裕量。例如，估计 RAM 有 10 KB 左右就够了，不妨选择 RAM 为 16 KB。

在微型机应用系统中，经常将软件固化在 ROM 中，以便提高系统的可靠性。不只是用户程序需要固化，甚至连操作系统(或监控程序)也要固化在 ROM 中。同时，还要考虑到系统中有多少常量及不变的数据需要固化在 ROM 中。统一考虑这些要求，估计系统的 ROM 需要多大，并且要留有充分的裕量。

在 RAM 和 ROM 的大小估计下来后，就要根据应用系统的结构，分别分配内存地址。地址分配还要考虑到实现译码方便，系统工作简单。

(3) 常规外设及其接口

根据需求，选择合适的常规外部设备及其相应的接口。例如，采用多少键的、什么方式工作的键盘；采用什么样的显示器：CRT、数码管、液晶还是别的；是否需要外部存储器；用不用打印机，用什么样的打印机；还需要什么样的常规外设，这些外设采用什么样的接口，给这些接口分配的接口地址是多少等等。所有这些都必须明确地决定下来。

(4) 专用外设及其接口

根据用户需求，决定应用系统所采用的专用外设——输入信息和输出信息所用的外设，以及与这些外设相连接的接口设备及其地址。

根据被控对象所要求的输入、输出参数的数目，就可以确定整个系统应该有几个输入、输出通道。当然，有的通道可以由几个被控设备共用，由硬件(或软件)来选择切换。另外，根据被控对象要求，确定采用哪一种输入、输出方式。一般说来，中断方式处理器效率较高，但硬件费用稍高一些；而询问方式硬件价格较低，但处理器效率比较低，速度较慢。在一般小型的应用系统中，由于速度要求不高，控制的对象也较少，此时，大多采用询问方式。

(5) 其他硬件

构成应用系统尚需确定采用的操作控制台的类型，控制台上需放置的设备及其按钮，以及控制台的接口及其地址。

对于报警设备，是采用声光报警还是语音报警，以及它们的接口及其地址。

整个系统的电源设备。系统需要几组电源，这些电源的主要指标，诸如电压多少伏，每组电流容量多少安培以及波纹、稳定度，等等。

系统的机箱、机架、引线端子排法、输入输出电缆如何走，等等。

以上所有硬件系统的设计方案都要形成文档，包括电路框图、文字的详细说明及采用此种硬件的理由。将文字档案详细记叙清楚将是十分重要的。

2. 软件方案

在制定硬件方案的同时，要根据硬件的结构制定软件方案。硬、软件是相辅相成的，若硬件实现比较困难的问题用软件较容易时就用软件来解决；反之，软件实现太复杂的时候若硬件实现简单就让硬件来实现。

(1) 操作系统

根据用户需求来决定是否需要配操作系统。较大的复杂的系统经常购买现成的实时操作系统来用。若对实时性要求不是太高时，也可配现在常见的通用微型机上的操作系统。

中小的应用系统有时只配自行研制的小的实时监控程序。小的实时监控程序的研制花费较小的代价就可完成。

小的应用系统经常不配操作系统而只有用户程序。其利用用户程序直接控制系统的工作流程。

(2) 用户程序

用户程序应包括用户程序的主程序流程框图及其细节的说明，子程序及其说明，以及中断服务程序及其说明。

将用户程序的主程序、各子程序及中断服务程序的源程序详细说明、常数内存区及各种变量的内存分配以文档的形式确定下来，形成软件方案的文字依据。

3. 评审设计方案

在应用系统方案制订出来之后，通常需请一些在这方面有造诣的专家进行评审。请有关专家提出对系统设计方案的意见。首先是评定该方案有没有重大错误或缺陷，看系统的设计方案是否经过努力就可以实现；再来评定系统设计方案中哪些细节部分存在问题，如何解决为好。

经过上述努力，一定要保证方案是合理的、可行的，经过艰苦努力是可以实现的。如果方案本身就是错的，是不可实现的，而在方案设计与评审中又未能发现，则后面经过很多工作，付出了人力、物力、财力的许多代价后才发现方案是错误的、不可行的，那么其损失将是非常重大的。方案确定后就可以接着进行下一步工作。

1.3.5 硬件和软件的具体设计

1. 硬件设计

如上所述，一般的系统设计，总是在已选择的基本微型机上进行扩展而完成的。因此，系统硬件设计的难点主要集中在输入、输出接口的设计上，这是由于不同的系统需要连接的被控对象是不同的。而且，即使在同一个系统中，所控制的设备也不一样，其输入、输出接口的功能也有较大差异，这给系统设计带来了许多麻烦。另外，输入、输出接口设计通常还和相应的驱动程序的设计有关，在系统设计中应互相照应。有关具体设计将在以后章节中详述。

系统硬件设计的一般顺序如图 1.4 左边所示。

2. 软件设计

软件的设计过程概况如图 1.4 右边所示。首先根据系统框图和系统需要配备的软件情况，用高级语言或汇编语言编制各用户源程序。然后经编译程序或汇编程序对源程序进行编译或汇编而形成目的文件，再经系统连接程序连接，最后形成可执行的用户程序。一段可执行文件需进行多次调试和查错才能改正编程中存在的逻辑错误。有关软件设计的具体问题，也将在后面章节中叙述。

一个具有一定规模的应用系统，通常需要若干人年才能完成。因为计算机发展非常迅速，不可能由一个人花许多年去完成系统的设计工作。即使一个人花很多年设计出来了，

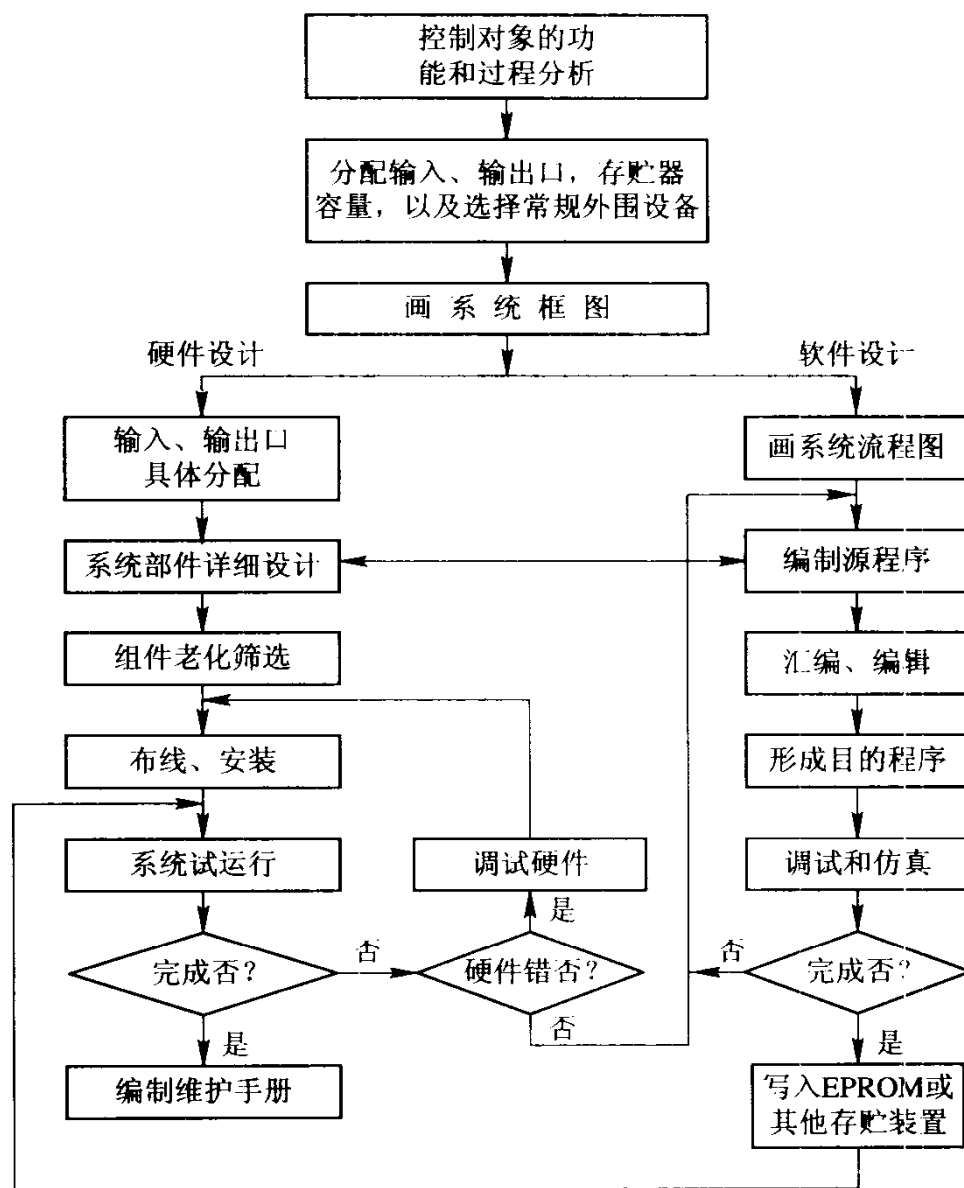


图 1.4 应用系统设计步骤示意图

则那个系统恐怕早已属于该淘汰的系统。

因此，一般是由若干人参与，每人分配硬件或软件中的一个或几个模块，分头进行设计。并且限定时间，在规定的时间内把各自所承担的模块设计并调试成功。

1.3.6 实验室联调

在实验室里把各自分别设计的硬件逐个模块联接到微型机的总线上，逐个模块进行调试。直到将所有的硬件全部联成硬件系统并调试证明系统的各部分硬件工作是正常的。

在调试好的硬件上加上软件。对软件的每一部分逐块调试，使之正常工作。最终将软件全部调通。

在上述硬、软件正常工作的基础上，在实验室中进行模拟试运行。实验室中很可能不具备专用外设和它的运行环境。通常可以模拟专用外设进行运行。例如，传感器输出电压 $4\text{ mV} \sim 20\text{ mV}$ 。我们没有传感器，但我们还是可以产生出这个电压来的。再如，执行机构需要 $0\text{ V} \sim 15\text{ V}$ 的连续可变的电压，实验室中没有相应的执行机构。但我们用万用表就可以测量出正在调试的应用系统接口设备能否输出 $0\text{ V} \sim 15\text{ V}$ 的连续电压。

经模拟调试，就可以知道整个应用系统的工作是不是正常的。调试中出现问题可很快加以解决。