

单片微型计算机应用系统设计与实现

孙 育 才 编著
苏 学 成

东南大学出版社

(苏)新登字第012号

内 容 提 要

本书系作者总结多年从事微型计算机应用教学及科研的实践,并结合国内外新颖微机及其应用技术编写而成。全书共分11章,以单片微机为主机,全面论述微机在工业测控、仪器仪表、信号处理、家用电器等领域应用的理论与技术,注重应用系统的具体设计与实现,内容翔实、通俗易懂、通用性强、实用面广。

本书可供大专院校微机应用、自动化及电类各专业师生及各类中、高级微机应用技术培训班学员选作教材、亦可供从事微机应用的各类科技工作者阅读。

责任编辑 张 克

单片微型计算机应用系统设计与实现

孙育才 苏学成 编著

东南大学出版社出版

南京四牌楼2号

江苏省新华书店发行 武进县第三印刷厂印刷

开本787×1092毫米1/16 印张26.5 字数607千字

1990年5月第1版 1992年5月第3次印刷

印数: 6001—11000册

ISBN 7—81023—308—1

TP·23

定价: 7.90元

前 言

随着电子计算机、微电子、超大规模集成技术的飞速发展,各种高性能、低价格的微型计算机相继问世,发展日新月异,应用领域越来越广泛。特别是单片微机的诞生,更引起了实时应用领域的极大反响!大大推进了工业自动化的进程。

由于单片微机的诸多独特优点,已成为我国进行传统工业的技术改造,产品更新换代,实现小型化、自动化、智能化的理想机种。为适应广大读者实际应用的需要,结合我们多年的科研、教学实践,特编著本书,奉献给广大科技读者阅读、参考。

本书以单片微机为典型主机,较详细而具体地论述微型计算机在工业测控系统、仪器仪表、信号处理、机电产品、家用电器、军用装置等各个领域应用时,所必须考虑和研究的理论与技术问题,并侧重于各应用系统的具体设计和实现。其主要内容为:(1)从应用角度简要介绍目前应用最广、功能极强的 MCS-51 系列单片微机的结构原理和指令系统;(2)具体论述单片微机构成应用系统所必须的硬件功能扩展及其实际设计;(3)详细阐述微机应用系统软件设计方法、步骤和编程、调试技巧;(4)详细分析应用系统模拟 I/O 通道的构成、设计与实现;(5)论述和分析微机测控系统的几种设计方法;(6)详细分析应用系统的具体实现(控制算法的结构编排、量化效应及其对系统的影响、采样周期的选择等);(7)简要分析和介绍应用系统的可靠性和干扰(干扰产生的机理分析和抗干扰设计)等。

由于本书着重以理论与实际应用相结合为主导,以单片微机在实际应用系统设计中带共性的理论与技术问题为重点,进行分析、研究和设计。因此,本书结构紧凑、文句简练、通俗易懂,具有通用性强,实用性好的特点,且论述系统、全面、由浅入深,每章均设有一定量的思考题与习题,供读者练习与思考。

本书第四、五章中作者主要介绍了单片微机硬软件总体设计和相应部件设计的方案与具体方法;第七章中作者对数字 PID 控制算法提出了一种简单方便而使指标得以提高的新方法。这些新的设计计算算法方法都是经过实验行之有效的。

本书由孙育才和苏学成共同编写(其中 1~5 章由孙育才执笔,6~11 章由苏学成执笔),全书由孙育才统稿。在编写过程中,承蒙东南大学计算机系和山东矿业学院领导及启东计算厂和启东电子仪器厂的大力支持与帮助,东南大学计算机系沈再福副教授为编写本书做了大量工作,东南大学自动控制系屠念祖教授全面详细地审阅了全部书稿,并提出了宝贵意见,特此致以最衷心的感谢!

限于作者学识水平和实际经验,加上时间仓促,缺点、错误和不妥之处,敬请专家、读者批评指正。

作者 1989年12月于南京

目 录

第一章 绪 言

§ 1.1 单片微型计算机发展概况	(1)
§ 1.2 单片微机与自动化技术	(4)
§ 1.3 单片微机工业产品(IGP)概念	(8)
思考题与习题	(9)

第二章 单片微机的组成结构

§ 2.1 单片微机的基本结构	(10)
§ 2.2 Intel单片微机系列	(12)
§ 2.3 MCS-91的基本结构及其功能原理	(13)
§ 2.4 MCS-51存贮器	(36)
§ 2.5 布尔(位)处理器	(39)
思考题与习题	(40)

第三章 指令系统

§ 3.1 数据传送类指令	(43)
§ 3.2 算术运算类指令	(47)
§ 3.3 逻辑运算类指令	(52)
§ 3.4 控制转移类指令	(55)
§ 3.5 布尔(位)处理类指令	(64)
思考题与习题	(68)

第四章 单片微机应用系统硬件设计

§ 4.1 单片微机应用概述	(73)
§ 4.2 外部存贮器的配置与设计	(77)
§ 4.3 并行I/O口的配置与设计	(91)
§ 4.4 D/A和A/D的配置与设计	(113)
§ 4.5 外部中断源的扩展	(135)
思考题与习题	(137)

第五章 单片微机应用系统软件设计

§ 5.1 程序设计概述	(138)
--------------	---------

§ 5.2 结构化程序设计·····	(148)
§ 5.3 单片微机软件的开发与调试·····	(186)
思考题与习题·····	(192)

第六章 过程通道和数据采集系统

§ 6.1 模拟量输入/输出通道的组成·····	(193)
§ 6.2 信号变换中的采样、量化和保持·····	(194)
§ 6.3 多路转换开关的原理与参数·····	(199)
§ 6.4 测量放大器·····	(203)
§ 6.5 采样与恢复过程的数学处理及误差分析·····	(210)
§ 6.6 信号的传输·····	(227)
§ 6.7 模拟输入/输出通道的设计方法·····	(229)
§ 6.8 设计举例·····	(236)
思考题与习题·····	(242)

第七章 数字控制系统的连续设计方法

§ 7.1 连续设计方法·····	(244)
§ 7.2 模拟控制器的离散化方法·····	(245)
§ 7.3 各种离散方法的比较·····	(256)
§ 7.4 频率变换法·····	(257)
§ 7.5 频率特性拟合法·····	(258)
§ 7.6 设计举例·····	(261)
§ 7.7 数字PID控制算法·····	(267)
§ 7.8 改进的PID控制算法·····	(275)
§ 7.9 大纯滞后补偿法(Smith预估器)·····	(280)
§ 7.10 PID 控制器参数的选择·····	(281)
思考题与习题·····	(282)

第八章 数字控制系统设计的状态空间法

§ 8.1 利用状态反馈的极点配置设计法·····	(283)
§ 8.2 同时应用状态反馈和输出动态反馈的数字控制系统的设计方法·····	(289)
§ 8.3 用二次型性能指标最优准则的数字控制系统设计方法·····	(293)
§ 8.4 状态观测器设计·····	(298)
思考题与习题·····	(307)

第九章 控制算法的实现和量比效应

§ 9.1 控制算法的实现方法·····	(310)
----------------------	---------

§ 9.2 量化误差·····	(320)
§ 9.3 量化噪声的产生·····	(324)
§ 9.4 控制器变量量化噪声的传播·····	(326)
§ 9.5 控制器系数的量化效应·····	(332)
§ 9.6 由量化引起的控制器非线性特性·····	(336)
§ 9.7 闭环数字控制系统的非线性特性·····	(349)
§ 9.8 控制器的动态范围和量化误差的补偿·····	(354)
思考题与习题·····	(355)

第十章 微机控制系统的实现

§ 10.1 微机及ADC、DAC字长的确定·····	(356)
§ 10.2 采样周期的选择·····	(360)
§ 10.3 比例因子的配置与溢出保护·····	(364)
§ 10.4 控制算法的计算机实现·····	(371)
§ 10.5 多采样频率系统的实现·····	(379)
思考题与习题·····	(384)

第十一章 微机控制系统中的干扰及其抑制

§ 11.1 干扰的来源和分类·····	(385)
§ 11.2 电感性负载切投产生干扰的机理·····	(388)
§ 11.3 干扰的传播·····	(397)
§ 11.4 位移电流与等位屏蔽·····	(402)
§ 11.5 干扰的抑制·····	(406)
思考题与习题·····	(414)
参考文献·····	(414)

第一章 绪 言

§ 1.1 单片微型计算机发展概况

单片微型计算机,作为微型计算机发展中的一个分支正以日新月异之势飞速发展,以其独特的结构和优点,越来越深受各个应用领域广大用户的欢迎和重视。

国内近几年来,已将 Intel MCS-48 系列单片微型计算机广泛应用于工业测控、机电设备、仪器仪表、军事装置、家用电器等方面的自动化、智能化,并取得了可喜的成效。为单片微型计算机的推广应用开拓了良好前景。为适应我国四化建设的迫切需要,现已开始广泛应用功能更强、更完善的 8 位高档 MCS-51 系列单片微型计算机,它不仅能构成较简单的应用系统,更适用于各类复杂的要求较高的实时应用系统,还可组成价廉而实时性较强的分布式控制系统,应用范围极广。16 位的 MCS-96 系列单片微型计算机也在部分领域中开始应用。单片微型计算机的广泛应用,将大大促进我国各个领域的技术更新,向自动化、小型化、智能化方向迈进。

70 年代中期是 8 位微型计算机的极盛时期,为了适应更广泛的需要,而提出了打破典型微型计算机按逻辑功能划分集成芯片的传统概念,并以不求规模大,力争小而全为宗旨,实现了在一块芯片上集成了构成一台计算机的基本部件:中央处理器 CPU, 存储器 RAM/ROM, I/O 接口, 以及其它有关部件。因此,一块芯片就是一台计算机,故称为单晶片微型计算机,简称单片微机。

单片微型计算机的概念,最初是由美国仙童公司(Fairchild)提出,并率先研制出 F8 双片微型计算机。由于它结构奇特,具有与众不同的指令集,而很受民用电器类领域的欢迎和重视。

Mostek 公司在 F8 的基础上加以改进,研制成由一块芯片集成的单片微型计算机“3870”,其指令集和 F8 相同,但功能有了较大的扩充:片内设有 2K×8 的掩膜 ROM, 4 个 8 位的双向 I/O 接口及定时器/计数器等,为用户提供了强而灵活的控制功能。其缺点是无外部功能扩展。

1976 年 9 月,美国 Intel 公司的 MCS-48 单片微机问世,它成为单片微型计算机划时代的里程碑。标志着大规模集成技术的巨大成就——在一块微小的晶片上生成一台具有相当功能的计算机。随之针对不同用户的需要,很快又研制成各种不同类型的产品,形成了 MCS-48 系列单片微型计算机。从此,单片微机作为微型计算机领域的一支生力军,生机勃勃地向前飞速发展。

随后,1978 年 Motorola 公司推出了 6801 系列单片微机,接着各种 8 位单片微机也纷纷应运而生。

1978 年以前,这阶段各厂家生产的 8 位单片微机,由于受集成度的限制,从性能上看属中,低档产品。其存储器寻址范围较小(一般不超过 4k 字节),片内存储器容量较

小(内部ROM容量小于2K字节, RAM小于128字节), 只有并行I/O口。这就限制了它们的应用范围。

随着集成技术和工艺水平的提高, 单片微机的性能不断提高。因此, 一些高性能的单片微机相继问世。

1980年, Intel公司在总结了MCS-48的基础上推出了新的8位高档MCS-51系列单片微机。它与MCS-48相比, 硅片面积为原来的1.4倍, 而在功能上, 内部程序存储器容量为原来的4倍, 数据存储器容量增加了1倍, 而寻址范围则分别扩大到64K字节; 设有2(或3)个16位的定时器/计数器; 32线并行I/O口, 新增设一个全双工串行I/O口; 中断源为5(或6)个; 设有+、-、 $\times$ 、 $\div$ 、比较等指令共111条, 指令的执行时间缩短了2.5~10倍等。可见其功能增强了很多。

由于单片微机一问世即深受广大用户的欢迎和关注。销售量飞速增长。因此, 各家公司纷纷争相推出自己的高档8位单片微机。典型的产品有:

1979年Motorla公司推出了8位高档MC6801系列单片微机。片内设有改进型6800 CPU, 2K字节的ROM, 128字节的RAM, 寻址空间为64K字节。一个全双工串行通讯接口, 29线并行I/O口和一个可编程的三功能定时器/计数器等。

Zilog公司推出Z8系列单片微机。其品种很多, 按封装可分为Z8-1、Z8-2、Z8-3等三种类型。Z8-1型为40引脚封装, 片内带掩膜式ROM型; Z8-2型为64引脚封装, 外接ROM的开发型; Z8-3型为40引脚封装、背负式外接ROM型(即在芯片背上带有24引脚插座、可外接一片EPROM——Z8603外接2716、Z8616外接2732EPROM)。内部结构的特点是具有三个独立的存储空间: 第一空间为程序存储器, 可寻址64K字节, 其中低2K字节空间为片内ROM区, 其余为外部ROM区; 第二空间为内部数据存储器区, 可寻址256字节; 第三空间为外部RAM扩展区, 可寻址62K字节(或60K字节), 因地址上的2K(或4K)字节区不能寻址。Z8的指令功能与Z-80很类似, 但由于两者内部结构不同, 因此指令并不兼容, Z8的主频为4MHZ时, 指令的执行时间为 $1.5\mu s \sim 4.5\mu s$ 。

日本国日立公司生产的HD6301/HD6305型单片微机与MC6801/MC6805兼容。最近开发的3V CMOS 8位单片微机HD63L05很有特色。在400KHZ钟频和3V电源电压下, 运行时功耗为0.3mW, 暂停状态的功耗为0.1 μ W, 等待状态时的功耗为6 μ W, 是一种可用电池供电的8位单片微机。

TI公司的TMS7000系列单片微机, 在开发中采用了一种条带式结构工艺, 简称SCAT, 它是把运算控制单元、寄存器、存储器、各种功能的I/O口等做成独立的条带式硅片功能模块, 然后再按要求把不同模块封装在一块芯片内。它吸取了其它8位机的优点, 并加上自有的特点, 是一种功能较完善的单片微机。

此外, 还有Rockwell公司的R6500/1; NS公司的8070; GI公司的PIC1600系列; 日本松下下的MN6800等等。

这阶段的单片微机功能与前阶段相比, 扩大了存储器容量和寻址范围; 扩充了中断源、并行I/O口、定时器/计数器功能, 新增设全双工串行通信接口; 部分机种增设A/D转换。在软件方面, 普遍增设了乘法、除法、比较等指令, 部分产品可以进行微程序化

设计, 设置了专用BASIC, Forth等高级语言。可见, 8位高档单片微机功能有了很大的增强。可运用于智能终端, 局部网络等较复杂的各类应用系统中。

1983年Intel公司又推出了新的16位MCS-96系列单片微机, 工艺上采用条带式结构, 在一块芯片上集成了12万只以上管子, 有48引脚双列直插式和64引脚扁平式两种封装结构。片内设置8K字节的ROM, 232字节的RAM, 8路(或4路)10位的A/D转换, 一个全双工UART, 8级优先级中断, 脉宽调制输出, 4个16位软件定时器, 5个8位并行I/O口和1个监视时钟。I/O口具有高速脉冲式传送能力, 可同时有8种高速脉冲输出启动外部事件, 主频可达12MHz。

在软件方面, 它的指令可支持位、字节、字、双倍字以及8位或16位带符号和不带符号数的运算, 执行一条加法指令只需 $1\mu\text{s}$, 完成 16×16 位或 $32/16$ 位的乘除法指令的运算只需 $6.5\mu\text{s}$ (当主频为12MHz时)。

与16位的8086微处理器不同, 8096单片微机将使用面向工业控制的语言: PL/M语言、PLUS C语言和Forth语言等。

Mostek公司推出的MK68200是第一个公布于世的16位单片微机。它与MC68000 CPU相兼容, 但已由法国的Thomson公司接管, 并于1986年末推出CMOS型68HC200单片微机。

其余如: TI公司推出的TMS-9900、NEC公司推出的 $783 \times \times$ 、NS公司推出的HPC 16040等均属16位单片微机。日本国三菱公司新近研制出第一台16位CMOS单片微机。它的功能可以和一台多片机系统相媲美。

从目前情况看, 由于16位单片微机销售量小, 价格较贵, 以及大量应用领域普遍需要的是高性能单片微机。因而自1986年以来, 各家公司均在自己的8位高档单片微机的基础上形成高性能、大容量、多功能的新型8位单片微机, 并陆续推出。例如:

Intel公司的8044, 具有SDLC/HDLC通信功能。它在8051的基础上增设了SIU部分, 双CPU工作, 可构成复杂的分布式控制系统或局部网络; 8XC52具有快速I/O(HSIO)功能; 83C152不但具有2个DMA通道, 而且还有HDLC/SDLC和CSMA/CD通道协议; UPI-452具有DMA和128字节的FIFO缓冲器功能。它们的主机均为80C52单片微机。

Zilog公司推出的Super 8单片微机, 在结构上比Z8有很大改进, 在功能上设有DMA通道等功能。所以一改Z8的局面而较受用户欢迎。

Motorola公司推出的MC68CH11单片微机具有极强的功能, 在片内设有E²PROM和A/D转换, 加强型NRZ串行通信接口(SCI)和串行外设接口(SPI)。硬件自检电路, 以防止系统发生错误。在软件上设有操作保护监视和时钟监视系统, 对软件运行和时钟频率进行监视。由于它采用H-CMOS工艺, 因而与其它同类产品相比更具有体积小、速度快、功耗小、可靠性高等特点。

WDC公司推出的65C124单片微机具有token-passing网络接口功能。

这些新型单片微机大多采用CMOS低功耗工艺, 并开始采用E²PROM, 普遍增强串行I/O口的通信功能, DMA通道和A/D转换, 放宽对电源的要求。以提高可靠性等。

8位单片微机的性能不断增强、品种不断增多、售价不断下降、应用范围不断扩大,

已成为当前单片机中的主流。

由上可见,十余年来,单片机作为微型计算机的一个分支,发展迅猛,各家公司都竞相不断扩充单片机的性能:高集成度、高性能、高速、高可靠性、大容量、低功耗、低价格等,以满足各应用领域的需要。

单片机的诸多独特优点,很适合我国工业发展的迫切需要。单片机的开发与应用已在许多领域中取得了明显成效。单片机已成为我国对传统工业的技术改造,新设备、新产品更新换代,实现自动化、智能化的理想机种。广泛开展以单片机开发与应用为特征的技术革新热潮已经来临。

§ 1.2 单片机与自动化技术

自第二次世界大战后,计算机技术和自动化技术被认为是世界科学技术中发展最快的两个领域。这两个领域互相交叉、互相促进。特别是70年代初微型计算的出现,为自动化技术带来革命性的变革。于是,以计算机为手段,以控制论为指导,与传感技术和数据通讯技术相结合,形成了一个相对独立的学科领域——微型计算机控制技术。

单片微型计算机的诞生,使计算机的应用又产生了一个新的飞跃,为微型计算机在工业测控、仪器仪表和人们的日常生活用品中被广泛应用,提供了物质基础和技术保障。由于单片机具有诸多独特的优点,除特别适用于工业测控外,还是智能仪表、数据采集和处理、机电一体化等的理想机型。因此,在短短的几年里,单片机的实际应用已在全国各个领域迅速推广和普及。

目前国内大批从事自动化、仪器仪表和检测技术工作的有关工程技术人员,对采用常规逻辑器件设计控制系统或仪器仪表、检测装置是很熟悉的,而对采用新颖的单片机进行设计,则感到有一定的困难;还有一大批具有微机原理基础知识的各类科技工作者,也希望采用单片机作为应用系统的主机。这些同志都迫切希望掌握有关单片机应用系统设计与实现的基础理论和技术。基于这种需要,本书着重从应用角度出发,重点论述单片机应用系统的设计与实现。我们设想读者已基本了解检测、控制理论和微机原理为基点,侧重讨论单片机应用系统的硬件结构、元器件的选取、控制算法的综合、软件编制、与模拟测控系统的异同等,特别是深入讨论控制理论和系统与单片机之间的“结合部”,解答实际应用系统设计中必然遇到而且常见的理论和实践问题。以期达到对微机应用系统综合设计和实现基本阐述清楚为目的。

1.2.1 计算机控制的一般概念

众所周知,自动控制系统随控制对象、控制规律和组成的控制器结构不同而有很大差别。一般,控制系统最基本的形式如图1-1所示。其中图(a)称为闭环系统,图(b)称为开环系统。控制系统的性能,主要由控制器决定。

如果把上图中控制器由计算机代替,就构成了计算机控制系统。其基本结构如图1-2所示。计算机控制系统同样分开环和闭环两种。

计算机控制系统从本质上看,它的控制过程可归纳为三步:(1)实时数据采集,对被控参数值进行检测并输入;(2)实时决策,对采集到的表征被控参数的状态量进行分

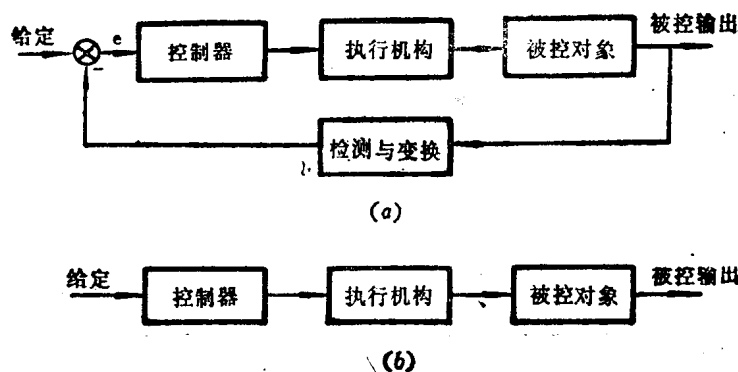


图 1 1 控制系统的基本形式

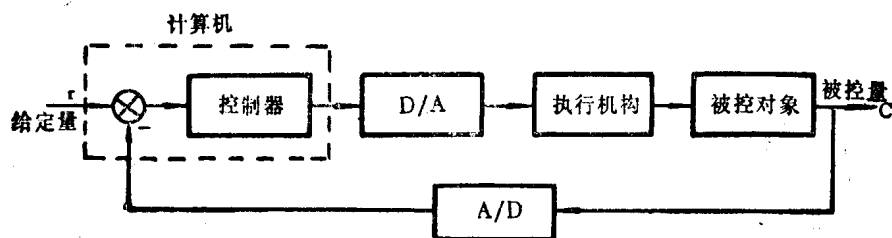


图 1 2 计算机控制系统基本结构

析,并按选定的控制规律、决定下一步的控制过程;(3)实时控制,根据决策,适时地对控制机构发出控制信号。

所谓“实时”,是指信号的输入、分析、处理和输出均需在一定的时间范围内完成。超出了这个时间范围,就失去了控制时机,也就失去了控制意义。

下面简要介绍几个常用的术语:

“控制算法”。在计算机控制系统中,反映控制规律的数学模型或表达式称为控制算法,有时也称为“控制算式”。控制算法是由计算机实现和完成的。

“在线(或联机)”方式。生产过程或设备直接与计算机连接的方式,称为“在线(或联机)”方式。

“离线(或脱机)”方式。生产过程或设备不直接受计算机控制,而是通过中间记录介质(如磁带、磁盘、CRT或其他设备),靠人工进行联系并做出相应操作的方式,称为“离线(或脱机)”方式。这种方式不能实时地对系统进行控制。

由此可见,实时,一定是在线的,但在线并不一定是实时的。

1.2.2 计算机控制系统的典型形式

计算机控制系统的方案与控制对象和对控制的要求密切相关,也和技术发展水平有关。这里介绍几种典型的形式。

一、数据采集和数据处理

这是单片微机实际应用的一个重要方面。在数据采集和处理时,主要是对大量的过程

参数进行巡回检测、记录、计算、统计和整理、越限报警,对大量数据进行积累和实时分析。在这种应用方式中,微机不直接参与过程控制。这种应用的典型结构框图如图1-3所示。

二、直接数字控制系统(DDC)

直接数字控制DDC(Direct Digital Control)是微机在工业控制应用中最为普遍的一种方式。在这种方式中,微机作为系统的一个组成部分或环节,直接参与控制过程。其结构框图如图1-4所示。

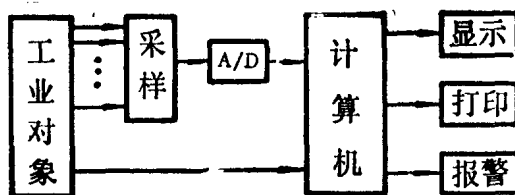


图 1-3 数据采集、数据处理组成示意图

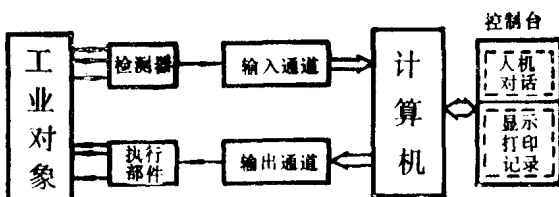
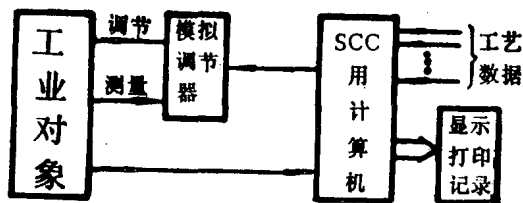


图 1-4 DDC系统组成结构图

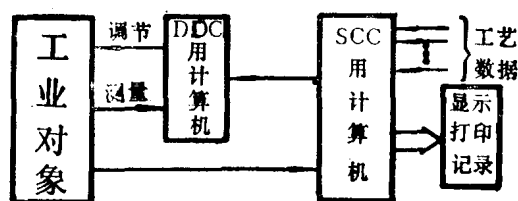
三、监督控制系统SCC

监督控制系统SCC(Supervisory Computer Control)中,计算机根据原始工艺信息和其它参数,按照描述生产过程的数学模型或其它方法,自动地改变控制器(包括模拟的和数字的)给定值,从而使生产过程始终处于最优状态。从这个角度说,它的作用是改变给定值,所以又称为设定值控制SPC(Set Point Computer Control)。

监督控制系统有两种不同的结构形式: SCC加模拟调节器的控制系统; SCC加DDC的分级控制系统。它们的组成结构如图1-5所示。



(a) SCC + 模拟调节器



(b) SCC + DDC

图 1-5 监督控制系统的结构形式

在上图(a)中,当SCC的微机出现故障时,可由模拟调节器独立完成操作。

SCC + DDC系统实际上是个二级控制系统。SCC可采用高档微机,而DDC采用单片微机一般说来是比较合适的。当DDC级的某个微机出现故障时,可由SCC的微机完成DDC的控制功能。

四、集散控制系统

对于一个规模庞大、结构复杂、功能综合、因素众多的工程大系统,要解决的不是一个局部最优化问题,而是一个整体的总目标函数最优化问题,即综合自动化问题,整

体最优化可以分为动态最优化和静态最优化两个方面，前者解决生产进行过程的最优化，后者则解决生产的规划、决策、管理的最优化。

为实现工程大系统的最优控制，大系统控制理论引入了“分解”和“协调”的设计原则。所谓分解，就是在设计过程中，将高阶对象大系统划分为若干低阶小系统，并解除小系统之间的耦合，使它们互相独立，以便应用一般最优控制理论设计局部控制器，分别控制各个小系统，使之最优化。所谓协调，就是在局部最优化的基础上考虑各子系统之间的相互影响和耦合作用，设计协调控制器，使各局部控制器之间协调起来，达到整个系统的最优化。这种采用集中和分散相结合的控制系统中，每个控制器所处理的信息比集中控制时大大减少，从而简化了控制器。

递阶分级控制方案被认为是目前实现大系统综合控制的理想方案。递阶控制有几种不同的形式：

1. 分层控制：它是一种按控制任务进行分解的结构方案。把控制任务分成几个不同的层次，由各层控制器分别完成。

2. 分级控制：它是按对象结构进行分解的结构方案。它把对象分成若干子系统，由各局部控制器完成现场控制任务，协调控制器通过控制几阶递阶控制器完成局部控制器之间的协调。

3. 分段控制：它是按控制过程的时序进行分解的结构方案。它是把控制过程分成几段，在每段时间内由不同控制器完成对现场的控制，协调切换器则按衔接条件进行各段控制器的切换控制。

实际上这三种控制形式的划分并不是绝对的。在一个大系统的控制结构中，往往同时具有三种控制形式。图1-6给出了一种典型的控制结构。

由右图可知，它同时具有两层和分级两种形式，而实用中直接控制层的控制器往往在不同时刻具有不同形式，由上层递阶控制器控制切换时间。象这种同时具有多种控制形式的控制结构，有时称为分级分布式控制。

70年代中期出现的集散控制系统，是计算机(Computer)、控制器(Controller)、通信(Communication)和CRT显示器等所谓“4C”技术相结合的产物。它以微机为核心，把微型计算机、工业控制计算机、数据通讯系统、显示装置、过程通道、模拟仪表等有机地结合起来，采用组合组装式结构组成系统，

为实现工程大系统综合自动化创造了条件。集散控制系统的开发时间并不长，但推广相当快。目前，在国外过程控制领域里已得到了广泛应用。

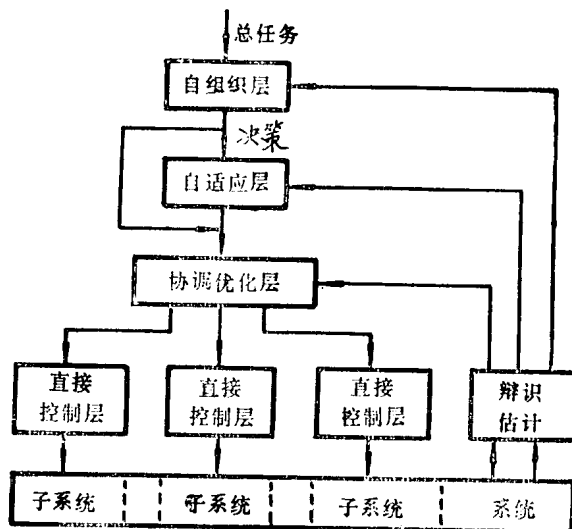


图 1-6 大系统控制的一种典型结构

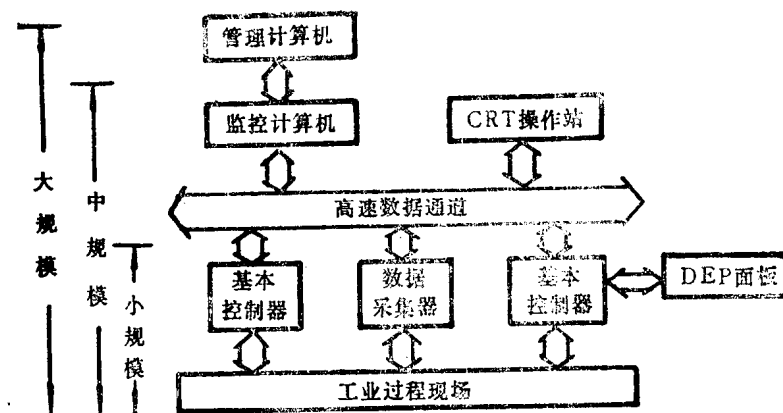


图 1-7 集散控制系统的组成框图

图1-7为集散控制系统的组成框图。它是一种典型的分级分布式控制结构，管理计算机完成制定生产计划、产品管理、财务管理、人员管理、工艺流程管理等功能，以实现生产过程的静态最优化。监控计算机通过协调各基本控制器的工作，达到过程的动态最优化。基本控制器完成过程的现场控制任务，数据采集器用来收集现场控制信息和过程变化的信息。这样，系统中的现场控制任务，不但可以由带有通讯装置的基本控制器来完成，而且可以由一般仪表或逻辑箱来完成。数据采集器和基本控制器在现场进行预处理后，经数据高速通道送入上一级计算机，这不但减少了上一级计算机的负荷，而且减少了现场电缆的铺设。

由于单片微机不仅具有集成度高、体积小、功能强、工作可靠、价格低廉等优点，更重要的是因为面向控制，因此，它具有应用于控制系统的诸多独特优点，所以被广泛应用于各类实时测控系统。随着计算机技术和集成工艺水平的提高，单片微机的功能日益增强，它的应用已扩大到复杂的分布式多层、多级以及工业控制局部通信网络，以实现如分散型(4C)、集成型这类高技术自动化控制系统。另外，单片微机在仪器仪表、家用电器、机电设备等方面也极为适用，是我国当前工业自动化、智能化较为理想的机种。本书将以当前应用最广泛的MOS-51系列单片微机为典型主机，对其组成计算机及其应用系统的设计和实现，作系统的、详尽的论述。

§ 1.3 单片微机工业产品(IGP)概念

微处理器及其各有关元、器件，以往按质量指标分军用和民用两级。民用级产品主要适用于机房、办公室或实验室环境，一般环境温度在 $0^{\circ}\sim 70^{\circ}\text{C}$ 范围内，工作稳定可靠(例如，Z-80CPU实际只在 $0^{\circ}\sim 40^{\circ}\text{C}$ 范围内工作可靠)。军用级可在较恶劣的环境下可靠工作，其环境温度为 $-65^{\circ}\sim +122^{\circ}\text{C}$ 范围内。工业级应用环境介于两者之间，其环境温度为 $-40^{\circ}\sim 85^{\circ}\text{C}$ 范围内，因此，工业级产品的可靠性比民用级高，售价则比军用级低。

工业级产品在生产流程上具有:

- * 采用密封式封装。
- * 在工业级规定的温度范围内进行电气特性测试。
- * 产品经过125℃温度下44个小时的老化处理。
- * 老化处理后100%进行电气测试及最终质量检验。

单片微机的应用特点是“面向控制”。因而必须满足工业环境的要求,对产品的可靠性要求较高,同时又需考虑售价低廉。选用工业级单片微机(例如Intel TP8031 AH 型单片微机)时,对构成系统的其它元、器件,亦应满足相应的技术指标要求,以提高整个系统的可靠性和一致性。

思考题与习题

1. 目前微型计算机正沿着哪两个分支迅速发展?为什么会产生单片微型计算机分支?
2. 什么是单片微型计算机?它与典型微型计算机在结构上有什么区别?
3. 简述单片微型计算机在各个发展阶段的功能特点。单片微型计算机具有哪些独特优点。
4. 为什么说单片微机是当前工业测控等应用系统的理想机型?当前、控制系统的基本形式有哪几种?何谓“实时”控制?
5. 简述计算控制系统各典型形式的特点。

第二章 单片微机的组成结构

§ 2.1 单片微机的基本结构

单片微机（又称微控制器）的结构特征是将组成计算机的基本部件集成在一块晶体芯片上，构成一台功能独特的单晶片微型计算机。一台典型单片微机的基本组成结构，如下图2-1所示。下面分别对各组成部分予以简要介绍。

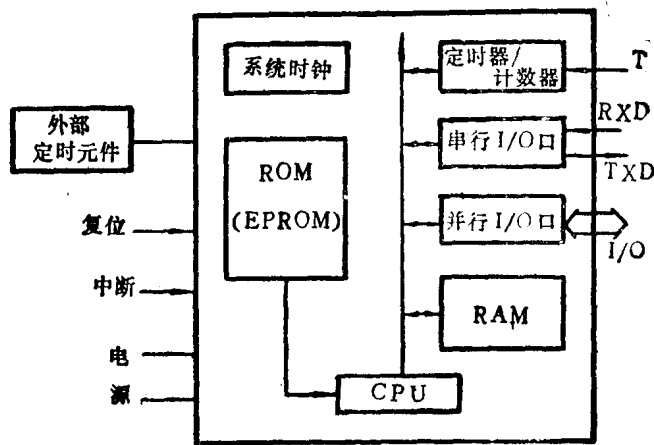


图 2-1 典型单片微机基本组成结构

一、存储器

单片微机的存储器有两种基本结构：一种是将程序存储器和数据存储器截然分开，分别寻址的结构；另一种是在通用微型计算机中广泛采用的将程序和数据合用一个存储器混合寻址的结构。根据单片微机实际应用的特点，目前的单片微机均采用程序存储器和数据存储器截然分开的结构。

1. 程序存储器

由于单片微机的应用系统，一般开发调试成功后的应用程序不再需要改变，常永久性地存储在程序存储器中，故单片微机的程序存储器都采用只读存储器。为方便不同用户的需要，目前单片微机的程序存储器有以下三种结构形式：

(1) 片内掩膜ROM只读存储器

片内掩膜ROM的特点是程序必须在单片微机制造时写入，一次性固化，用户不能修改。因此，这种结构形式只适用于程序已成熟、定型，且批量很大的场合。这种单片微机的价格便宜。

(2) 片内EPROM只读存储器

片内掩膜ROM型单片微机在应用上有诸多不便，特别在我国，更感不便。而片内

EPROM型可直接由用户进行编程,且可多次固化,因而使用户在实际应用中甚感方便。但这类单片微机价格较贵。应有选择采用。

EPROM不能在线改写,必须脱机固化。随着微电子技术的发展,新型单片微机已开始采用电可擦除型只读存储器E²PROM。这给用户带来了更大的方便,特别是应用系统的现场调试。但由于目前价格昂贵,尚不被普遍采用。

(3) 片外EPROM只读存储器

上述二种型式的单片微机,由于受集成度的限制,一般存储容量较小(2KB至8KB)。且存在着不方便和价格较贵的缺点。而片外EPROM型单片微机则克服了上述之不足,为国内普遍采用。

2. 数据存储

在单片微机中,随机存取存储器(RAM)只用于存储程序在运行期间的工作变量和数据,所以称为数据存储。一般,在单片微机内部设置一定容量(64B至256B)的RAM。对某些应用系统,还可外部扩展。单片微机常把寄存器(如工作寄存器、特殊功能寄存器,堆栈等)在逻辑上划分在片内RAM空间中,所以可将单片微机内部RAM看成是寄存器堆。因而可称为数据寄存器。

二、中央处理器(CPU)

单片微机中的中央处理器(CPU)和通用微处理器基本相同,只是增设了“面向控制”的处理功能。例如:位处理、查表、多种跳转、乘除法运算,状态检测、中断处理等,增强了实时性。

三、并行I/O口

为了满足“面向控制”实际应用的需要,单片微机提供了数量多、功能强、灵活的并行I/O口。不同单片微机的并行I/O电路在结构上稍有差异。有些单片微机的并行I/O口,不仅可灵活地选作输入或输出,而且还具有多功能:例如,既是I/O口,又是系统总线,或是控制信号线等,从而为扩展外部存储器和I/O接口提供了方便,大大拓宽了单片微机的应用范围。

四、串行I/O口

高档8位单片微机均增设了全双工串行I/O口,从而提供了与某些终端设备进行串行通讯,或者和一些特殊功能的器件相连,或者和多单片微机相连构成多机系统,使单片微机的功能更强和应用更广。

五、定时器/计数器

在单片微机的实际应用中,往往需要精确的定时,或者需对外部事件进行计数。为了减少软件开销和提高单片微机的实时控制能力,因而均在单片微机内部设置定时器/计数器电路,通过中断,实现定时/计数的自动处理。

六、定时电路及元件

计算机的整个工作是在时钟信号的驱动下,按照严格的时序有规律地一个节拍一个节拍地执行各种操作。各种计算机均有自己的定时电路和固定的时序。同样,单片微机内部设有定时电路,只需外接振荡元件即可工作,对于高性能的单片微机应用系统,多