

单片微型计算机技术

主编：瞿星志

湖南大学出版社

单片微型计算机技术

主 编 瞿星志
副主编 谢胜曙 叶章光

湖南大学出版社

内 容 简 介

本书从培养应用单片机能力的角度,阐述单片机硬件、软件和应用技术。全书分为十章,首先讲述微型计算机基础,作为从微型机过渡到单片机的入门内容;然后以 MCS-51 单片机为主线,适当联系其他机种,讲述单片机的结构原理、指令系统、汇编语言程序设计、输入输出和中断、系统扩展和接口技术、应用系统设计、应用实例、开发系统和实用子程序集。为便于教学,配有单独成册的实验习题学习指导。

本书体例独特,实用性强。全书注意处理微型机和单片机两者的异同,使读者不必先修微型机课程即可直接进入单片机的学习。书中明显加强开发使用技术和应用系统整体组成技术,并扩展其他同类书中没有的 I/O 过程通道结构和抗干扰措施设计等内容。

本书可作为工科院校各专业单片机课程教材,也可作为科技人员自学用书或参考书。

单片微型计算机技术

Danpian Weixin Jisuanji Jishu

主 编 瞿星志

责任编辑 夏艾生

☆

湖南大学出版社出版发行

(长沙岳麓山 邮政编码 410082)

湖南省新华书店经销 湖南大学印刷厂印装

☆

787×1092 16 开 20.5 印张 474 千字

1996 年 6 月第 1 版 1996 年 6 月第 1 次印刷

印数:1—5000

ISBN 7-81053-028-3/TP·4

定价:25.00 元

(湖南大学版图书凡有印装差错,请向承印厂调换)

前 言

当代计算机技术飞速发展,单片机技术渗透到各个领域。为适应新技术发展的需要,面向 21 世纪,赶超世界先进水平,我们在总结多年来微型计算机和单片机教学经验的基础上,编写了本书。

全书分为十章。首先阐述了微型计算机基础,作为从微型机过渡到单片机的入门内容;然后贯穿以 MCS-51 单片机为主线,并联系其他机种,讲述单片机的结构原理、指令系统、汇编语言程序设计、输入输出和中断、系统扩展和接口技术、应用系统设计、应用实例、开发系统和实用子程序集。

本书在内容取舍和处理上,具有以下特点:

1. 考虑到工科专业的实际和特点,编写时注意立足应用,做到内容具体,适用性强。加强开发使用技术和应用系统整体组成技术。这样有利于课程设计、毕业设计应用教学和提高用机能力。

2. 在全书和章节安排上,注意突出重点、讲清难点和疑点。例如,输入输出和中断系统,单独设置为一章,较详细地展开讲述,使学生对中断概念和中断程序结构及设计有一个比较明确的认识。

3. 注意从硬件和软件的共性与个性方面,说明微型机与单片机两者的异同,使读者不需先修微型机课程就可直接进入单片机课程的学习。

4. 注意教学时数安排上的灵活性,使内容“剪裁”方便。对于要求较高的多学时专业,可讲第一至第十章全部内容;对于一般少学时专业,可只讲第一至第六章内容,加上 1~2 个应用实例。

本书由瞿星志担任主编,谢胜曙、叶章光担任副主编。绪论、第一章、第七章及附录由瞿星志编写;第二章、第九章由黄曼兰编写;第三章、第四章由黄玉龙编写;第五章、第十章由谢胜曙编写;第六章由方厚辉编写;第八章由叶章光编写。

湖南大学章兢教授主审了本书,并提出了许多宝贵的意见,使本书大为增色。本书的出版还得到湖南大学许新民副教授的帮助、支持和指导。陈燕同志为本书描绘了插图。在此编者对他们均表示衷心感谢。

编写本书时,在内容、体系的安排和处理上,试图有一个独到之处的尝试,但由于编者水平有限,书中不妥或错误之处在所难免,敬希广大读者和同仁批评指正。

编 者

1995 年 11 月

目 次

前言

绪论	(1)
----------	-----

第一章 微型计算机概论

1.1 微型计算机的组成和分类	(3)
1.1.1 微型计算机的组成	(3)
1.1.2 微型计算机的分类	(4)
1.1.3 微型计算机的主要性能指标	(6)
1.2 微型计算机的运算基础	(8)
1.2.1 数制	(8)
1.2.2 数制之间的转换	(9)
1.2.3 二进制数的运算规则	(12)
1.2.4 二进制编码	(14)
1.2.5 带符号数的表示法	(16)
1.2.6 数的定点和浮点表示法	(19)
1.3 微型计算机的基本结构	(20)
1.3.1 微型计算机的结构特点	(20)
1.3.2 微处理器 CPU 的结构	(21)
1.3.3 存贮器的结构	(26)
1.3.4 输入输出(I/O)接口的结构	(35)
1.4 微型计算机的工作原理	(38)
1.4.1 基本操作	(38)
1.4.2 程序的执行过程	(40)

第二章 单片微型计算机的硬件结构

2.1 概述	(46)
2.1.1 从微型计算机到单片微型计算机	(46)
2.1.2 Intel 公司单片机系列简介	(46)
2.1.3 Zilog 公司单片机系列简介	(46)
2.2 MCS-51 系列单片微型计算机的结构原理	(47)
2.2.1 MCS-51 系列单片机产品说明	(47)
2.2.2 内部结构特点	(47)
2.2.3 外部引脚功能	(50)
2.2.4 存贮器	(51)
2.2.5 时钟	(55)

2.2.6 定时器/计数器	(57)
2.2.7 并行 I/O 接口	(59)
2.2.8 串行 I/O 接口	(60)
2.2.9 中断系统	(64)
2.3 MCS-51 系列单片机的 工作方式	(65)
2.3.1 复位方式	(65)
2.3.2 程序连续执行方式	(66)
2.3.3 单步操作方式	(66)
2.3.4 掉电操作方式	(67)
2.3.5 芯片 EPROM 编程/校验方式	(68)
2.4 MCS-96 系列单片微型 计算机简介	(69)
2.4.1 概述	(69)
2.4.2 MCS-96 的基本结构	(69)
2.4.3 输入和输出接口	(74)

第三章 单片微型计算机的指令系统

3.1 概述	(76)
3.1.1 指令和指令系统	(76)
3.1.2 机器码和助记符	(76)
3.1.3 指令的基本格式	(77)
3.2 指令的寻址方式	(77)
3.2.1 什么是寻址方式	(77)
3.2.2 MCS-51 寻址方式分析	(77)
3.3 数据传送类指令	(80)
3.3.1 内部 RAM 单元之间的数据 传送指令	(81)
3.3.2 外部存贮器的数据传送指令	(83)
3.3.3 堆栈操作指令	(84)
3.3.4 数据交换指令	(85)
3.4 算术运算类指令	(85)
3.4.1 加法指令	(85)
3.4.2 带进位加法指令	(86)
3.4.3 十进制调整指令	(87)
3.4.4 加 1 指令	(88)
3.4.5 带借位减法指令	(88)

3.4.6	减1指令	(89)
3.4.7	乘、除指令	(89)
3.5	逻辑运算及移位类指令	(89)
3.5.1	逻辑与操作指令	(90)
3.5.2	逻辑或操作指令	(90)
3.5.3	逻辑异或操作指令	(90)
3.5.4	累加器清零及取反指令	(91)
3.5.5	移位指令	(91)
3.6	控制转移类指令	(92)
3.6.1	无条件转移指令	(92)
3.6.2	条件转移指令	(93)
3.6.3	子程序调用及返回指令	(95)
3.6.4	空操作指令	(96)
3.7	位操作类指令	(96)
3.7.1	位传送指令	(97)
3.7.2	位复位、置位指令	(97)
3.7.3	位运算指令	(97)
3.7.4	判位转移指令	(98)
3.8	Intel 公司 MCS 系列单片机指令系统比较	(98)
3.8.1	MCS-48 和 MCS-51 系列单片机指令系统比较	(99)
3.8.2	MCS-96 系列单片机指令系统的特点	(100)
第四章 单片微型计算机汇编语言程序设计		
4.1	程序设计语言	(101)
4.1.1	机器语言	(101)
4.1.2	汇编语言	(101)
4.1.3	高级语言	(102)
4.2	汇编语言源程序格式及伪指令	(103)
4.2.1	源程序格式	(103)
4.2.2	伪指令	(104)
4.3	汇编方式	(106)
4.3.1	人工汇编	(106)
4.3.2	机器汇编	(107)
4.4	汇编语言程序设计	(108)
4.4.1	程序设计概述	(108)
4.4.2	简单程序设计	(108)

4.4.3	分支程序设计	(110)
4.4.4	循环程序设计	(112)
4.4.5	子程序设计	(116)
4.5	综合程序举例	(121)
4.5.1	算术运算程序	(121)
4.5.2	数码转换程序	(123)
4.5.3	数据排序程序	(126)
4.5.4	查表程序	(127)
4.5.5	散转程序	(130)

第五章 单片微型计算机输入输出和中断

5.1	概述	(134)
5.1.1	输入和输出概念	(134)
5.1.2	输入输出信息种类	(134)
5.1.3	CPU 寻址外部设备的两种方式	(135)
5.2	CPU 与外设之间数据传送方式	(136)
5.2.1	程序查询方式	(136)
5.2.2	软件延时方式	(138)
5.2.3	中断传送方式	(140)
5.2.4	MCS-51 单片机准双向口及其数据传送	(140)
5.3	中断概念	(141)
5.3.1	什么是中断	(141)
5.3.2	实现中断的好处	(141)
5.3.3	中断源的种类	(142)
5.4	中断处理过程	(142)
5.4.1	中断请求	(142)
5.4.2	中断允许控制	(144)
5.4.3	中断优先级	(145)
5.4.4	中断响应与处理	(149)
5.5	中断控制与中断服务程序设计	(153)
5.5.1	中断程序结构	(153)
5.5.2	中断控制程序	(154)
5.5.3	中断服务程序	(154)

第六章 单片微型计算机系统扩展和接口技术

6.1	概述	(160)
-----	----	-------

6.1.1	接口和接口技术	(160)
6.1.2	接口的基本类型	(160)
6.1.3	系统扩展和外设连接的接口 ..	(161)
6.2	单片微型计算机系统的扩展方法	(161)
6.2.1	系统扩展的必要性、内容和途径	(161)
6.2.2	常用扩展芯片	(162)
6.2.3	程序存贮器的扩展方法	(171)
6.2.4	数据存贮器的扩展方法	(173)
6.2.5	I/O 接口的扩展方法	(173)
6.3	键盘与单片机的接口	(175)
6.3.1	键盘的工作原理	(175)
6.3.2	键盘信号的识别	(175)
6.3.3	键盘输入接口电路	(176)
6.4	显示器与单片机的接口	(177)
6.4.1	LED 发光二极管与单片机的接口	(177)
6.4.2	LED 数码管与单片机的接口 ..	(177)
6.5	打印机与单片机的接口	(181)
6.5.1	单片机应用系统中常用打印机概述	(181)
6.5.2	GP16 打印机的结构原理	(181)
6.5.3	GP16 打印机与单片机的接口	(182)
6.6	开关器件与单片机的接口	(182)
6.6.1	与单片机输入端的接口	(182)
6.6.2	与单片机输出端的接口	(183)
6.7	A/D、D/A 转换器与单片机的接口	(184)
6.7.1	A/D 转换器与单片机接口	(184)
6.7.2	D/A 转换器与单片机接口	(188)
6.8	串行通讯	(191)
6.8.1	串行通讯的基本概念	(191)
6.8.2	串行通讯的应用实例	(192)
第七章 单片微型计算机应用系统设计		
7.1	单片微型计算机应用系统的组成与分类	(194)
7.1.1	硬件系统的组成	(194)

7.1.2	软件系统的组成	(194)
7.1.3	单片机应用系统的分类	(194)
7.2	单片微型计算机应用系统设计的一般步骤	(197)
7.2.1	确定设计任务,明确设计准则	(197)
7.2.2	总体设计方案的确定	(198)
7.2.3	进行硬件设计	(202)
7.2.4	进行软件设计	(203)
7.2.5	系统综合调试	(203)
7.3	单片微型计算机应用系统硬件设计	(203)
7.3.1	信号检测与转换通道设计	(203)
7.3.2	接口电路设计	(211)
7.3.3	抗干扰措施设计	(217)
7.3.4	存贮器和 I/O 接口地址空间分配设计	(221)
7.4	单片微型计算机应用系统软件设计	(224)
7.4.1	应用软件的设计步骤	(224)
7.4.2	程序设计方法	(226)
7.4.3	程序调试方法	(226)
7.4.4	软件的固化	(228)
第八章 单片微型计算机应用实例		
8.1	单片机工业过程控制器	(229)
8.1.1	传送带控制系统的组成原理 ..	(229)
8.1.2	单片机系统硬件电路设计	(230)
8.1.3	程序设计	(232)
8.1.4	程序清单	(232)
8.2	单片机控制测温仪	(234)
8.2.1	设计要求	(234)
8.2.2	硬件结构设计	(234)
8.2.3	软件设计	(236)
8.2.4	程序清单	(237)
8.3	橡胶硫化机单片机控制系统	(239)
8.3.1	橡胶硫化的基本原理	(239)
8.3.2	设计思想	(240)
8.3.3	硬件设计	(240)
8.3.4	软件设计	(242)
8.3.5	程序清单	(242)

8.4 单片机控制上置式 齿形仪.....	(246)	10.1.2 一字节 ASCII 码转换为十六 进制数	(288)
8.4.1 设计要求	(246)	10.1.3 一字节压缩 BCD 码转换为二 进制数	(289)
8.4.2 硬件设计	(247)	10.1.4 双字节二进制数转换为 BCD 码	(289)
8.4.3 软件设计	(250)	10.1.5 一字节压缩 BCD 码转换为 ASCII 码	(290)
8.5 单片机控制线切割机.....	(251)	10.1.6 双字节 ASCII 码转换为 BCD 码	(290)
8.5.1 线切割机的基本组成	(252)	10.2 数据变换子程序	(291)
8.5.2 线切割机的工作原理	(252)	10.2.1 双字节二进制数左移一位	(291)
8.5.3 硬件设计	(256)	10.2.2 双字节补码右移一位	(291)
8.5.4 软件设计	(258)	10.2.3 多字节 BCD 码循环左移 一位	(291)
8.6 单片微机在皮革表面粗糙度在线 检测中的应用.....	(261)	10.2.4 多字节二进制数循环右移 一位	(292)
8.6.1 “相对比值法”的检测原理	(261)	10.2.5 多字节二进制数求补	(292)
8.6.2 系统的结构	(262)	10.3 算术运算子程序	(293)
8.6.3 检测过程及程序流程图	(263)	10.3.1 多字节无符号数加法	(293)
8.7 发酶缸生产过程的微机 PID 控制.....	(264)	10.3.2 多字节有符号数(补码) 加法	(293)
8.7.1 设计要求	(264)	10.3.3 多字节 BCD 码加法	(294)
8.7.2 发酶缸 DDC 控制框图及 PID 算式的建立	(264)	10.3.4 多字节无符号数减法	(294)
8.7.3 硬件系统的设计	(267)	10.3.5 多字节有符号数减法	(295)
8.7.4 控制程序设计	(268)	10.3.6 多字节 BCD 码减法	(296)
8.7.5 增量型 PID 程序设计	(269)	10.3.7 单字节有符号数乘法	(296)
第九章 单片微型计算机的开发系统		10.3.8 单字节压缩 BCD 码乘法	(297)
9.1 开发系统概述.....	(274)	10.3.9 双字节无符号数除法	(298)
9.1.1 什么叫开发系统	(274)	10.3.10 单字节有符号数除法	(300)
9.1.2 开发系统的组成与分类	(274)	10.4 其他子程序	(301)
9.1.3 开发系统的功能和使用步骤	(275)	10.4.1 顺序检索	(301)
9.2 单片微型计算机应用系统的 开发与开发工具.....	(276)	10.4.2 在有序表中插入一个字节	(301)
9.2.1 单片机开发的特点	(276)	10.4.3 多个双字节无符号数求平 均值	(303)
9.2.2 单片机开发的方法	(277)	10.4.4 软件计数器	(304)
9.2.3 DICE-51-EDK 仿真型开发 系统	(279)		
9.2.4 HU-51 开发型单片机	(284)	附录 1 MCS-48 单片机指令系统表 ...	(305)
第十章 MCS-51 单片机实用子程序		附录 2 MCS-51 单片机指令系统表 ...	(309)
10.1 代码转换子程序	(288)	附录 3 MCS-96 单片机指令系统表 ...	(315)
10.1.1 一位十六进制转换为 ASCII 码	(288)		

绪 论

随着大规模集成电路的飞速发展,70年代初诞生了一代新型电子数字计算机——微型计算机。

1. 从微型计算机到单片微型计算机的发展简史

微型计算机发展到今天,已经历了“四代”:

(1)1971年到1973年为第一代,是4位和低档8位微型计算机发展阶段。芯片和集成度达到每片2000个晶体管。

(2)1974年到1977年为第二代,是中档8位微型计算机发展阶段。芯片集成度达到每片有9000个晶体管。

(3)1978年至1981年为第三代,是16位微型计算机发展阶段。芯片集成度达到每片68000个晶体管。

(4)1982年起为第四代,是32位和64位微型计算机发展阶段。芯片集成度更高,如1989年Intel公司推出的80486芯片,有120万个晶体管;1993年推出的“奔腾”P₅芯片,有300万个晶体管,使微型机体积更小,可靠性更高,速度更快,其功能足以同小型和中型计算机相匹敌。

单片微型计算机,简称为单片机,又称微型控制器。它是在一块半导体芯片上,集成制造成一台完整的电子数字计算机。它伴随着微型计算机的发展而迅速发展。也可分为“四代”即四个阶段:

(1)1971年至1976年为第一阶段,为4位机发展阶段。多用于家用电器、计算器和高级玩具。

(2)1976年至1980年为第二阶段,为初级8位机发展阶段。可用于一般工业控制和智能化仪表等。制造了各种中、低档8位单片机。

(3)1980年至1983年为第三阶段,为高级8位机发展阶段。能用于智能终端、局部网络接口和个人计算机。制造了高性能8位单片机。

(4)1984年以后至现在为第四阶段,为16位机、32位机发展阶段。功能很强,价格却与原4位机相差不大,网络通信能力提高,可用于高速控制系统。

2. 单片微型计算机的特点

与一般微型计算机相比,单片微型计算机的集成度更高,将微型计算机的部件都集成在一块称之为大规模集成电路的芯片上。其特点为:

(1)体积小、质量轻、功耗低、价格便宜。

(2)可靠性高,抗干扰能力强。因为许多功能部件都集成在芯片内部,故信号通道受外界环境影响小。

(3)控制功能强,运行速度快。因单片机的结构组成和指令系统,在研制时都着重满足控制要求,指令系统中有很多的条件分支转移指令,有很强的I/O逻辑操作功能和位处

理功能。

(4)在片内存贮器容量虽不可能很大,引脚也较少,但存贮器和 I/O 接口都便于扩展。

(5)应用组装灵活,适用性强。

3. 单片微型计算机的应用领域和发展趋势

单片机的应用领域十分广泛,应用实例不胜枚举,但概括起来主要有以下几个方面:

(1)适用于“电脑型产品”的制造。因为单片机体积小、质量轻、功耗小、价格便宜,所以在家用电器、高级玩具、声像设备、小型电子秤、办公设备及日常生活用具等许多“电脑型产品”中广泛应用。

(2)适用于仪器、仪表的测量、处理、监控和实现数字化、智能化。

(3)适用于一般的工业控制,有利于促进“机械电子”技术的发展。

(4)适用于计算机外围设备,如打印机、绘图机和智能终端等,可减轻主机负担。

(5)适宜于多机系统的应用。如中心控制室的主机只负责统管、协调,其各种功能可分别由各个单片机子控制系统完成。

展望未来,单片微型计算机的发展趋势是:进一步缩小体积,降低成本;扩展字长,加强功能;与各类仪表、机械设备相结合,生产各种各样的智能化仪表和工业控制机;实现硬件和软件产品的标准化、系列化、外部设备的多样化及网络化。

4. 本课程的性质、地位、目的与任务

本课程是高等工科院各专业一门技术基础课。当今计算机技术发展非常迅速,单片微型计算机日益渗透到各专业领域,促进其发展。工科专业学生掌握单片机基本技术,是提高教学质量、培养创造性新型人才、赶超世界先进水平的需要。所以,本课程在各专业教学中占有重要地位。它的目的与任务是:使学生通过本课程的学习,获得单片微型计算机必要的基本知识、基本原理和基本技能,掌握基本应用技术,为学习后续课、从事与本专业有关的工程技术和科学研究打下一定的基础。这对培养面向 21 世纪的人才具有重要意义。

学好本课程首先要有正确的学习目的,端正学习态度,树立辩证唯物主义和爱国主义的观点。其次要有刻苦钻研、脚踏实地、循序渐进的精神。在学习中还要注意以下几点:

(1)要搞清基本概念、基本原理和有关名词术语。

(2)要抓住重点,立足应用。讲硬件系统时从应用角度出发,讲软件系统时着重应用程序的设计和系统软件的操作使用。

(3)要注意突破接口技术和中断系统学习中的难点,解决好应用系统设计中的关键问题。

(4)要注意通过实验掌握机器的操作和开发仿真器使用,培养系统开发能力。

(5)要认真完成习题作业,以加深对所学理论知识的理解。

第一章 微型计算机概论

单片微型计算机,就是在一块半导体芯片上集成了一台微型计算机的几乎全部的功能部件——微处理器(CPU)、内存贮器(RAM 和 ROM)、输入/输出(I/O)接口电路、定时器/计数器、中断系统等。因此,本书在讨论单片微型计算机之前,我们自然要先介绍微型计算机基本概念,以作为全书的概论。

1.1 微型计算机的组成和分类

1.1.1 微型计算机的组成

1.1.1.1 电子计算机的组成 一台电子计算机主要由运算器、控制器、存贮器、输入设备、输出设备等五个基本部件组成。它们之间的联系如图 1-1 所示。图中有两类信息流:一类是数据信息流,即各种原始数据、中间结果、程序等,要由输入设备输入至运算器,再存于存贮器中;在运算处理过程中,数据从存贮器中读入运算器进行运算,运算的中间结果要存入存贮器中,或最后由运算器经输出设备输出。人给计算机的各种命令(即程序),也以数据的形式由存贮器送入控制器,由控制器经过译码后变为各种控制信号。另一种是控制信息流,由控制器控制输入设备的启动或停止,控制运算器按规定步骤进行各种运算和处理,控制存贮器的读或写,控制输出设备输出运算结果。

上述组成电子计算机的五个基本部件,统称为硬件。其中把运算器、控制器和存贮器合称为主机;把运算器和控制器合称为中央处理器(CPU);把除主机以外的各种输入输出设备(I/O 设备)和外存贮器(计算机外部的存贮器)等称为外部设备。若要实现生产过程控制,还应包括过程输入输出通道。所以,围绕主机而设置的各种设备,包括外部设备和过程输入输出通道,统称为外围设备,简称外设。

一个完整的电子计算机系统包括硬件和软件两大部分。硬件系统又称机器系统,包括所有电子的、机械的、磁性的装置和部件。软件系统又称程序系统,包括方便用户和发挥机器效能的各种程序。

1.1.1.2 微型计算机的组成 微型计算机也由硬件和软件两大部分组成,但与一般大、中、小型电子计算机相比,既有许多共性,也有其特殊性。它们之间在结构形式上主要有两点差别:一是微型机把运算器和控制器集成在大规模集成电路芯片上;二是微型机使整个系统各部件间的相互关系转化为面向总线的单一关系。

1.1.1.3 微处理器、微型计算机和微型计算机系统解释 (1)微处理器。微处理器是把具

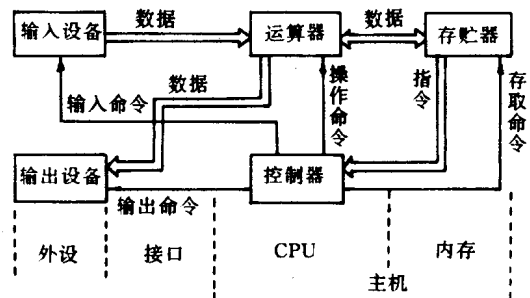


图 1-1 电子计算机组成

有运算器和控制器功能的中央处理器集成在一个芯片上,又称做微处理机。微处理器只是微型计算机的中央处理器(CPU),本身并不等于微型计算机。有时为了区别大、中、小型计算机的中央处理器与微处理器,前者用 CPU(Central Processing Unit)表示,后者用 MPU(Microprocessing Unit)表示,但一般情况下微处理器也用 CPU 表示。

(2)微型计算机。微型计算机是以微处理器为核心,配上由大规模集成电路制作的存储器、输入输出接口电路(I/O 接口电路)和系统总线所组成的。微型计算机又称微型电脑。

(3)微型计算机系统。一个完整的微型计算机系统,与一般大、中、小型电子计算机系统一样,也应包括硬件系统和软件系统。微型计算机系统的组成如图 1-2 所示。

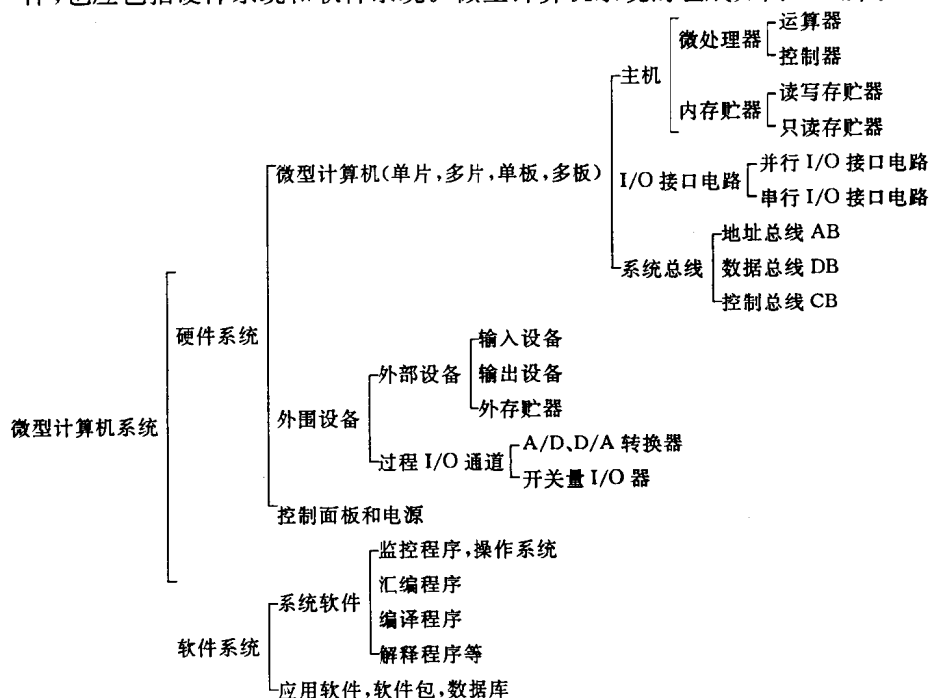


图 1-2 微型计算机系统的组成图

1.1.2 微型计算机的分类

微型计算机的系列、品种尽管很多,但我们可以按其字长、组成形式和用途把它们划分为几大类。

1.1.2.1 按字长分类 字长是随着大规模集成电路工艺的发展而增加的。目前已研制成的微型计算机按字长可分为下列几种主要类型:

(1)4 位微型计算机。这类微型计算机的核心部件微处理器的字长是 4 位。目前 4 位机一般都是单片机。典型的 CPU 芯片产品有 Intel 公司的 4004、4040 系列等。由于 4 位机品种多,价格低,多用于小型“电脑化产品”。

(2)8 位微型计算机。其核心部件微处理器字长是 8 位。典型的 CPU 芯片产品有 Intel 公司的 8080、8085,Zilog 公司的 Z80,Motorola 公司的 6800 系列等。利用 8 位 CPU 制成的微型计算机如 APPLE- I (苹果机)、中华学习机及兼容机等。APPLE- I 是美国早期产

品,70年代末到80年初曾一度畅销全球;中华学习机是我国自行开发的,增加了汉字处理功能,但性能较低,已逐步淘汰。8位机广泛用于工业控制、事务处理或智能终端等,被称为微型计算机发展的第一个里程碑。

(3)16位微型计算机。其核心部件微处理器字长是16位。它比8位机具有更大的优越性。由于字长、数据总线位数增加和集成度提高,所以功能增强、可靠性提高。典型的CPU芯片产品有Intel 8086、8088、80286,Zilog公司的Z8000,Motrola公司的M68000。利用16位CPU芯片制成的微型计算机,我国使用较多的IBM-PC/XT、IBM-PC/AT、各种286机及其兼容机等。IBM-PC/XT属于低档微机,速度较慢,内存容量较小,CPU为8086/8088;IBM-PC/AT属中低档微机,功能较强,速度较快,内存容量较大,CPU为80286。16位机弥补了8位机由于字长和速度的局限性而造成的缺陷,使之在实时数据处理和实时控制领域中广泛应用,被认为是微型计算机发展的第二个里程碑。

(4)32位微型计算机。其核心部件微处理器字长是32位。典型CPU芯片产品有Intel公司的80386、80486、80586,Motorola公司的M68020等。32位字长芯片是超大规模集成电路技术发展的新成果。Intel公司最新一代CPU芯片型号就是80586,名字叫“奔腾”(Pentium)。32位机比16位机功能更强,速度更快,内存容量更大。利用32位CPU芯片制成的微型计算机可达到超过高档的小型计算机的使用功能。其中386机属中档微机,486、586机属高档微机。

(5)64位微型计算机。其核心部件微处理器字长是64位。典型芯片产品有Intel公司已推出的基于RISC结构的“奔腾”二代P₆。

在这里对RISC结构作一简单介绍:在普通微处理器芯片中,目前主要存在两种不同风格的体系结构,即CISC结构与RISC结构。CISC结构为复杂指令集电脑,其代表厂商为Intel公司;RISC结构为精简指令集电脑,主要代表厂商是推出Power PC芯片的IBM、Apple和Motorola公司。1994年是国际上芯片大战白热化的一年,以IBM、Apple和Motorola公司为首的Power PC联盟高举“CISC不如RISC”的口号,一方面掀起庞大的宣传攻势,一方面加紧扩展Power PC的软件支持面,并决定共同分担移植主要操作系统的任务,以达到在声势上和实力上瓜分Intel市场的目的。Intel公司在市场严重挑战面前毫不示弱,采取有力措施保护自己的市场利益,在80486和Pentium处理器中,已采用了超标量、超流水线等RISC核心技术,继奔腾一代P₅后,又推出奔腾二代P₆,以回击Power PC的进攻。

1.1.2.2 按组成形式分类

(1)微型计算机。这类微型计算机把CPU、内存贮器、I/O接口电路、控制面板、电源等组装在一个机箱内的完整的微型计算机系统。还配合键盘、显示终端(CRT)、软磁盘驱动器、硬盘驱动器、行打印机等外部设备和系统软件。

(2)单板微型计算机和双板微型计算机。单板微型计算机是把微处理器CPU、一定容量的内存贮器和I/O接口电路等芯片组装在一块印刷电路板上而得名。在这块板上还配有小型键盘和显示器装置。由于所用的CPU功能有所不同,所配的存贮器容量和I/O接口电路数量种类也各有不同。这就形成由低档到高档的不同性能的单板机系列。这种单板机在设计上具有较强的扩充能力以及较强的与外部设备接口能力。可方便地配上电传

打字机、显示器和盒式磁带机等。双板机的组成与单板机基本是一致的,区别仅在于双板机是由主板和辅板两块印刷板而组成的。微处理器(CPU)、内存贮器(RAM 和 ROM)等主要部件安装在主板上,而键盘、显示器和与其相关的驱动器件安装在辅板上。

不论是单板机还是双板机,其容量总是有限的。为了满足更复杂的处理和控制在应用场合,往往需要扩展单板机的功能,因而又设计出了各种不同控制功能的扩展板。常用的扩展板有:内存贮器扩展板、I/O 扩展板、外存控制器扩展板、高速 A/D、D/A 组件扩展板、通讯控制扩展板等。所以,目前品种丰富的单板机和扩展板构成一个完整的单板机系列。选用这个系列的若干组件,用户可方便地“裁剪”出适合自己的应用系统。这就构成所谓多板微型计算机系统。

(3)单片微型计算机和双片微型计算机。单片微型计算机,如本章开头所述,就是在一片半导体芯片上集成一台微型计算机的几乎全部的功能部件。典型代表产品有:8 位机有 Intel 8048、8051 系列,Z-8 和 Motorola 6801、6805 系列;16 位机有 Intel 8096 系列等。双片微型计算机是把内存贮器、I/O 接口电路集成在一个芯片上,再与微处理器 CPU 这块芯片连接起来而构成的。单片机结构紧凑,体积小,功耗低,功能强,抗干扰能力也强,稍加一定的外围设备,就可以方便地构成各种应用系统。

(4)位片式微型计算机。这类微型计算机的核心元件位片微处理器是采用双极型半导体工艺制造而成的。运算器和控制器是分别在两块芯片上。“位片”实质上是一个完整的运算器再加上多路转换器。常用的“位片”字长为 4 位。把“位片”、控制器所组成的微处理器再配上存贮器、I/O 接口电路就构成了位片式微型计算机。位片式微型计算机的一大优点就是利用“位片”的级联,可以构成不同字长的位片式微处理器,从而构成不同字长的微型计算机。

1.1.2.3 按用途分类

(1)过程控制微型计算机和数据处理微型计算机。微型计算机从应用角度来分类,可分为过程控制和数据处理两类。过程控制微型计算机通常是对一个物理过程或生产过程进行控制,通过对被控对象及时地进行数据采集或检测,来按最佳状态对被控对象进行控制。数据处理微型计算机则对大量的数据进行计算或分析、比较,从而完成对情报资料的检索或事务管理等。

(2)通用微型计算机和专用微型计算机。微型计算机从应用面的宽窄角度来分类,还可分为通用的和专用的两类。例如,用于科学计算的通用微型机,既可进行各种数学方程的解算,也可进行结构分析计算,还可进行应力分析计算等许多方面。而专用于储蓄的微型机,只能完成记帐、利率等有限的计算。还有,对于通用的工业控制机,可以广泛地用于各个生产部门的典型过程控制,从而完成数据的采集、处理和显示;而专用的工业控制机,则仅能对某一生产部门的某个过程进行控制,没有广泛的通用性。

1.1.2.4 按外形分类 有台式、塔式、笔记本型、膝上型和笔入式微型计算机。例如,笔记本电脑,大小如一本书,重量只 0.5 公斤左右,配置较简单,具有文字处理、单词翻译等功能,多用于学校和家庭中。

1.1.3 微型计算机的主要性能指标

为了合理地选择、使用微型计算机,必须明确微型计算机的主要性能指标。

1.1.3.1 字长 在计算机中用一组二进制数码表示一个信息,这组数码称为计算机的“字”。组成字的二进制数码的位数,称为“字长”。或者说,字长是指一次并行处理的二进制数码的位数,即微型机的内存贮器或寄存器用多少位存贮一个字。微型计算机的字长有1位、4位、8位、16位、32位、64位。每8位字长称为一个“字节”。依其字长称为某位机,例如8位机、16位机等。字长直接影响计算机运算的精度。虽然也可以利用软件以多倍字长的运算来实现高精度,但是这种精度是牺牲运算速度换来的。从这一点上来看,好象字长愈长愈好;但是字长愈长,计算机需要的器件愈多,造价就愈高。所以,计算机字长的选用,一般是根据任务要求和实际条件来选定。为了能使用户按需要选取字长,有些机器可以进行半字长、双倍字长和多倍字长运算。

1.1.3.2 运算速度 运算速度是反映计算机结构性能的综合表现的一个技术指标。目前,对这个指标的表示方法有多种,但通常以每秒钟执行定点加法指令的条数为标准来衡量,即运算速度单位是次/s。运算速度愈高,其结构就愈复杂,造价也就愈昂贵。因此,在使用和购买计算机时,一般以满足实际需要为宜,不可脱离应用实际去片面选购过高运算速度的机器。

1.1.3.3 内存容量 微型机内存贮器中能存贮的字节数称为容量。每8位字长称为一个字节(Byte),每1024个字节称为1K字节(KB),每1024K字节称为1M字节(MB)。微型机的内存容量大小随机型而异,通常有2K、4K、8K、16K、32K、64K、128K、256K、512K、640K、1M等,高档微型机可达4~32M字节。为了便于对存贮器中数进行读(取出)、写(存入)操作,就要对存贮器所有存贮单元进行编号,这种编号就是存贮单元的地址。每个单元都有相应的唯一地址。地址用二进制数表示,地址的二进制数的位数(N)与存贮容量(Q)的关系是: $Q=2^N$ 。例如, $N=10, Q=2^{10}=1024$ 个存贮单元(每单元为1个字节,即1024个字节),称为1K字节。

1.1.3.4 允许配置的外设数量 它反映微型计算机的可扩充性。允许配置的外设数量多,功能就愈强,适用范围也就愈大。但是,一台微型机允许配置的外设数量总是有限的。

1.1.3.5 时钟频率 时钟频率高,运算速度快。使用时应按照实际需要,选择机型,确定相应的时钟频率。不同机型有不同的时钟频率范围。如Intel 8086/8088为4~8MHZ,Intel 80286为10~20MHZ,Intel 80386为20~40MHZ,Intel 80486为33~100MHZ等。

1.1.3.6 软件配置 配用的操作系统是否先进,必要的系统软件是否齐全,支持软件是否丰富。

1.1.3.7 兼容性 常用“兼容度”来表示。例如选用的某台计算机与IBM-PC/XT机的兼容度为80%,说明IBM-PC/XT机的80%的功能可以在该机上运行通过。我们选择国产组装的兼容机时,总是希望兼容性要好,即兼容度要高。

1.1.3.8 可连接的网络和多媒体技术的使用 计算机应用发展趋势是连网,即把多个计算机系统相互连接起来,实现资源共享。所以是否允许连网以及方便程度,也是微型机一个重要性能。另外,多媒体技术的发展促进了电脑的应用和进入家庭,而多媒体产品只有在386以上的微型机上才能应用。

1.2 微型计算机的运算基础

计算机最基本的功能是对数字进行计算和处理。在计算机中,数字是以一串“0”和“1”的二进制代码来表示的,这是计算机唯一能够识别的机器语言。所有需要计算机加以处理的数、字母、符号都必须采用二进制编码来表示,它有一整套运算规则,是计算机的运算基础。

本章主要介绍数制及其转换、运算规则、二进制编码、数的正负和整数小数的表示法。

1.2.1 数制

数制是人们利用符号来计数的科学方法。按进位的方法进行计数称为进位计数制。计算机中常涉及到的有十进制数、二进制数和十六进制数。下面分析这些数制的特点,然后说明不同数制之间的相互转换关系。

1.2.1.1 十进制数 十进制数是大家都熟悉的,它的主要特点是:

(1)有十个不同的数字符号(又称数码),即 0、1、2、3、4、5、6、7、8、9。一种数制采用的数字符号的个数称为基数。十进制数的基数是“10”。

(2)它是逢“10”进 1 的。

数字“1”在某一数位上表示的数值叫做这一位的“权”。十进制数各位的“权”是以“10”为底的幂。小数点左边从低位到高位权依次为“ 10^0 、 10^1 、 10^2 、 10^3 …… 10^{n-1} ”;小数点右边从左到右各位的权依次为: 10^{-1} 、 10^{-2} 、 10^{-3} …… 10^{-m} 。 m 、 n 为正整数, n 为小数点左边的位数, m 为小数点右边的位数。

对于任意一个十进制数 N ,其按权展开式为:

$$N = D_{n-1} \times 10^{n-1} + \dots + D_0 \times 10^0 + D_{-1} \times 10^{-1} + \dots + D_{-m} \times 10^{-m}$$

$$= \sum_{i=n-1}^{-m} D_i \cdot 10^i$$

式中 D_i 表示第 i 位的数码,它可以是从 0~9 中的任一个,由具体的数 D 确定。

【例 1-1】 将十进制数 $(3406.35)_{10}$ 展开

$$N = (3406.35)_{10} = 3406.35D$$

$$= 3 \times 10^3 + 4 \times 10^2 + 0 \times 10^1 + 6 \times 10^0 + 3 \times 10^{-1} + 5 \times 10^{-2}$$

1.2.1.2 二进制数 二进制数主要特点是:

(1)只有两个不同的数码,即“0”和“1”。由于二进制数只有“0”和“1”两个数码,所以在制造与之对应的、具有两个状态的电子器件(硬件)比较容易,节省设备,减少造价,并且运算规则简单,有利于提高速度。故在计算机内部均采用二进制数。

(2)它是“逢 2 进 1”。其基数为“2”。二进制整数各位的“权”从低位到高位依次为: 2^0 、 2^1 、 2^2 、 2^3 …… 2^{n-1} ;二进制小数各位的“权”从左到右依次为: 2^{-1} 、 2^{-2} 、 2^{-3} …… 2^{-m} 。 m 、 n 为正整数, n 为小数点左边的位数, m 为小数点右边的位数。

对于任一个二进制数 N 的按权展开式为:

$$N = B_{n-1} \times 2^{n-1} + \dots + B_0 \times 2^0 + B_{-1} \times 2^{-1} + \dots + B_{-m} \times 2^{-m}$$

$$= \sum_{i=n-1}^{-m} B_i \cdot 2^i$$

式中 B_i 表示第 i 位数码, 只能取“0”或“1”由具体的数 B 确定。

[例 1-2] 将二进制数 $(1011.101)_2$ 展开

$$\begin{aligned} N &= (1011.101)_2 = 1011.101B \\ &= 1 \times 2^3 + 0 \times 2^2 + 1 \times 2^1 + 1 \times 2^0 + 1 \times 2^{-1} + 0 \times 2^{-2} + 1 \times 2^{-3} \\ &= 8 + 0 + 2 + 1 + 0.5 + 0 + 0.125 \\ &= (11.625)_{10} \end{aligned}$$

可见, 二进制数 $(1011.101)_2$ 等于十进制数 $(11.625)_{10}$ 。

1.2.1.3 十六进制数 由于二进制数书写起来太长, 又容易写错, 所以人们经常使用二进制数的所谓缩写形式——十六进制数。

十六进制数也有两个主要特点:

(1) 有 0、1、2、3、4、5、6、7、8、9、A、B、C、D、E、F 共十六个数码。其基数为“16”。

(2) 逢 16 进 1。十六进制整数各位的“权”从低位到高位依次为: 16^0 、 16^1 、 16^2 、 16^3 …… 16^{n-1} ; 小数部分各位的“权”从左到右依次为: 16^{-1} 、 16^{-2} 、 16^{-3} …… 16^{-m} 。 m 、 n 为正整数, n 为小数点左边的位数, m 为小数点右边的位数。

任意一个十六进制数 N 的按权展开式为:

$$\begin{aligned} N &= H_{n-1} \times 16^{n-1} + \dots + H_0 \times 16^0 + H_{-1} \times 16^{-1} + \dots + H_{-m} \times 16^{-m} \\ &= \sum_{i=n-1}^{-m} H_i \cdot 16^i \end{aligned}$$

式中 H_i 表示第 i 位数码, 它可以是 0~9~A~F 中的任一个, 由具体的数 H 确定。

[例 1-3] 将十六进制数 $(F3D.1A)_{16}$ 按权展开

$$\begin{aligned} N &= (F3D.1A)_{16} = F3D.1AH \\ &= F \times 16^2 + 3 \times 16^1 + D \times 16^0 + 1 \times 16^{-1} + A \times 16^{-2} \\ &= 15 \times 16^2 + 3 \times 16^1 + 13 \times 16^0 + 1 \times 16^{-1} + 10 \times 16^{-2} \\ &= 3840 + 48 + 13 + 0.0625 + 0.0390625 \\ &= (3901.1015)_{10} = 3901.1015D = 3901.1015 \end{aligned}$$

可见十六进制数 $(F3D.1A)_{16}$ 等于十进制数 $(3901.1015)_{10}$, 即 3901.1015。

此外, 计算机用到的还有八进制数, 它有 0~7 八个数码, 基数为“8”, 八进制各位的权是以基数 8 为底的幂。

1.2.2 数制之间的转换

1.2.2.1 二进制数与十进制数之间的转换

(1) 二进制数转换为十进制数 二进制数转换为十进制数的方法是:

把二进制数码各位与该位的权相乘, 然后把各个乘积项相加, 其和便是相应的十进制数, 这种方法简称为“按权相加”法。

[例 1-4] 把二进制数 $(110111.1001)_2$ 转换为十进制数。

$$\begin{aligned} (110111.1001)_2 &= 110111.1001B \\ &= 1 \times 2^5 + 1 \times 2^4 + 0 \times 2^3 + 1 \times 2^2 + 1 \times 2^1 + 1 \times 2^0 + 1 \times 2^{-1} \\ &\quad + 0 \times 2^{-2} + 0 \times 2^{-3} + 1 \times 2^{-4} \\ &= 32 + 16 + 0 + 4 + 2 + 1 + 0.5 + 0 + 0 + 0.0625 \\ &= (55.5625)_{10} = 55.5625D = 55.5625 \end{aligned}$$

(2) 十进制数转换为二进制数 十进制数转换为二进制数的方法要比二进制数转换