

普通高等教育“十三五”规划教材

微机原理及应用

王惠中 王强 李建海 编著



机械工业出版社
CHINA MACHINE PRESS

普通高等教育“十三五”规划教材

微机原理及应用

第 2 版

王惠中 王 强 李建海 编著

机械工业出版社

全书共分10章,第1章介绍了计算机的基础知识及计算机的发展历史;第2章介绍了8086和8088 CPU的结构及相应的总线操作时序;第3章介绍了微型计算机中的存储器系统,涉及存储器的基本原理,常用的一些存储器芯片介绍以及存储器与CPU的连接;第4章介绍了8086/8088的寻址方式和指令系统;第5章介绍了伪指令、DOS功能调用及汇编语言程序设计的方法;第6章介绍了微型计算机输入/输出接口的基本概念,讲述了I/O接口数据传送的控制方式,简单的I/O接口芯片应用,DMA的存取方式及8237的编程应用;第7章主要介绍了中断的基本概念和中断系统;第8章介绍了可编程接口芯片的基本概念,常用可编程接口芯片8255A和8253的应用;第9章介绍了数-模、模-数转换及应用;第10章主要讲述了串行通信概念及可编程串行接口芯片8251A的应用。

本书可作为高等院校电气类、自动化类、电子信息类等专业的教材。本书配有电子课件,欢迎选用本书作教材的教师索取,索取邮箱:jinacmp@163.com,或登录www.cmpedu.com注册下载。

图书在版编目(CIP)数据

微机原理及应用/王惠中,王强,李建海编著. —2版.
—北京:机械工业出版社,2016.4
普通高等教育“十三五”规划教材
ISBN 978-7-111-52436-6

I. ①微… II. ①王…②王…③李… III. ①微型计算机-理论-高等学校-教材 IV. ①TP36

中国版本图书馆CIP数据核字(2015)第300525号

机械工业出版社(北京市百万庄大街22号 邮政编码100037)
策划编辑:吉玲 责任编辑:吉玲 张利萍 刘丽敏
版式设计:赵颖喆 责任校对:陈秀丽 李锦莉
封面设计:张静 责任印制:常天培
北京京丰印刷厂印刷
2016年7月第2版·第1次印刷
184mm×260mm·22.5印张·616千字
标准书号:ISBN 978-7-111-52436-6
定价:47.00元

凡购本书,如有缺页、倒页、脱页,由本社发行部调换

电话服务

网络服务

服务咨询热线:010-88379833

机工官网:www.cmpbook.com

读者购书热线:010-88379649

机工官博:weibo.com/cmp1952

教育服务网:www.cmpedu.com

封面防伪标均为盗版

金书网:www.golden-book.com

前 言

随着工业自动化水平的不断提高,计算机已成为解决工程问题不可缺少的工具,工程应用型本科高等院校非电类专业的学生毕业以后,所面临的大量设计任务中许多地方都涉及计算机的知识。所以,工科院校的学生学习和掌握计算机的基本原理和应用技术,已成为几乎所有的工科专业培养计划的一个重要环节。因此,“微机原理及应用”是工科学生重要的技术基础课,在微型计算机技术飞速发展的情况下,如何使学生在有限的时间内做到既能掌握基本概念又能提高基本能力,是我们在教学中始终探索的问题。

经过多年的教学实践与探索,在总结多次试用讲稿和《微机原理及接口技术》一书的基础上,我们为工程应用型本科高等院校非电类专业编写了《微机原理及应用》一书。

“微机原理及应用”是工程应用型本科高等院校非电类专业的学生学习计算机原理与应用的入门课程。虽然计算机技术飞速发展,经历了8位、16位、32位、64位,但其基本的工作原理相同,而且8086/8088微处理器具有很好的兼容性。本书以8086/8088微处理器和微型计算机为主线,从工程应用的角度出发,讲述了微型计算机的基本工作原理、半导体存储器、8086/8088指令系统、汇编语言程序设计方法、输入/输出接口、中断、串行通信、模-数与数-模转换等内容。

在编写过程中,根据学生掌握知识的基本特点,在内容安排上遵循循序渐进、深入浅出、突出重点、通俗易懂、理论联系实际的原则,以便学生能够在较短的时间里理解基本概念,掌握基本设计方法。本书在吸取众多教材精华的同时,力求内容精练、例题丰富、形式多样、取材新颖,使学生能够较好地理解概念与原理,可提高学生分析问题和解决问题的能力。在编写中加入了作者多年从事教学、科研的经验和体会。本书可用作高等院校非电类专业本、专科教材,也可作为高等院校其他专业本、专科教材和相关工程技术人员的参考书。

本书由王惠中编写第2、4、9章并统稿,王强编写第6、8、10章,李建海编写第1、3、5、7章。王晓兰教授担任本书主审,提出了许多宝贵意见,在此表示衷心的感谢。肖利梅老师为本书做了不少的工作,在此表示感谢。

本书是由编者在多年从事“微机原理及应用”课程教学和科研工作的基础上,参考了国内同类教材内容编写而成的,在此特向有关作者致谢。由于编者能力有限,书中难免存在不当之处,恳请读者和专家提出宝贵意见。

编 者

目 录

前言

第1章 微型计算机概论 1

1.1 微型计算机概述 1

1.1.1 计算机的发展 1

1.1.2 微型计算机的分类及主要性能指标 1

1.1.3 微型计算机的发展 2

1.2 微型计算机的基本结构 3

1.2.1 微型计算机系统、微型计算机 4

1.2.2 微处理器 5

1.2.3 单片机、单板机、多板机 6

1.3 微型计算机的基础知识 7

1.3.1 计算机数制及其相互转换 7

1.3.2 计算机数值表示及其运算 10

1.3.3 数值运算 14

1.3.4 符号数的二进制算术运算 15

1.3.5 数的定点和浮点表示 16

1.3.6 溢出的概念及判断方法 17

1.4 常用编码及其表示 18

1.4.1 BCD 码 18

1.4.2 ASCII 码 19

习题 20

第2章 8086/8088 微处理器 21

2.1 8086/8088 CPU 概述 21

2.2 8086/8088 CPU 的基本结构 22

2.2.1 8086/8088 微处理器的内部结构 22

2.2.2 8086/8088 的内部寄存器 25

2.3 8086/8088 CPU 的引脚功能及其工作模式 29

2.3.1 8086/8088 CPU 在最小模式中引脚定义 30

2.3.2 8086/8088 CPU 在最大模式中引脚定义 34

2.4 8086 的存储器组织结构 35

2.4.1 存储器的分段管理 35

2.4.2 内存的物理地址形成 36

2.4.3 8086 存储器的分体结构 37

2.5 8086/8088 系统配置 39

2.5.1 8086/8088 最小模式 39

2.5.2 8086/8088 最大模式 42

2.6 8086/8088 CPU 的总线操作及时序 45

2.6.1 8086/8088 的工作周期 45

2.6.2 系统的复位及启动 46

2.6.3 8086 最小模式下的总线操作 46

习题 50

第3章 存储器 52

3.1 存储器的基本知识 52

3.1.1 存储器的概述 52

3.1.2 半导体存储器的分类 53

3.1.3 半导体存储器主要技术指标 54

3.1.4 半导体存储器的结构 55

3.2 随机存取存储器 (RAM) 56

3.2.1 静态随机存取存储器 (SRAM) 56

3.2.2 动态随机存取存储器 (DRAM) 59

3.2.3 集成随机存取存储器 (IRAM) 62

3.3 只读存储器 (ROM) 62

3.3.1 只读存储器 (ROM) 的结构及工作原理 63

3.3.2 只读存储器 (ROM) 典型芯片 66

3.4 存储器与 CPU 的连接 72

3.4.1 存储器与 CPU 连接时应注意的问题 72

3.4.2 存储器芯片的扩展 73

3.4.3 CPU 与存储器的连接	75	5.4.2 程序设计方法	161
3.4.4 CPU 与存储器的连接应用 举例	79	习题	177
习题	81	第6章 基本输入/输出接口	179
第4章 8086/8088 指令系统	82	6.1 I/O 接口的概述	179
4.1 概述	82	6.1.1 接口与端口的基本概念	179
4.1.1 机器语言	82	6.1.2 I/O 端口的编址方式	181
4.1.2 汇编语言	82	6.2 I/O 接口数据传送的控制方式	184
4.1.3 高级语言	83	6.2.1 程序控制方式	185
4.2 指令的编码格式与指令构成	84	6.2.2 中断控制方式	189
4.2.1 指令的构成	84	6.3 可编程接口芯片的概述	189
4.2.2 8086/8088 的指令编码 格式	84	6.3.1 并行接口技术	189
4.3 8086 的寻址方式	88	6.3.2 可编程通用接口芯片 简介	191
4.3.1 操作数寻址方式	88	6.4 简单的 I/O 接口芯片应用	192
4.3.2 程序转移地址的寻址 方式	94	6.4.1 常用芯片功能介绍	192
4.4 8086/8088 指令系统	98	6.4.2 简单的 I/O 接口设计 应用	194
4.4.1 数据传送指令	98	6.5 直接存储器存取 (DMA) 方式	202
4.4.2 算术运算类指令	106	6.5.1 DMA 概述	202
4.4.3 逻辑运算和移位指令	120	6.5.2 8237 内部结构及引脚 功能	204
4.4.4 串操作指令	126	6.5.3 8237 的编程及应用	212
4.4.5 控制转移指令	130	6.5.4 通道控制方式	218
4.4.6 处理器控制指令	138	习题	219
习题	140	第7章 中断系统	220
第5章 汇编语言程序设计	144	7.1 中断的基本概念	220
5.1 汇编语言语句的类型和组成	144	7.1.1 中断的用途	221
5.1.1 汇编语言语句的类型	144	7.1.2 中断源	221
5.1.2 汇编语言语句的组成	145	7.1.3 中断系统的功能	222
5.2 伪操作命令	150	7.2 中断处理过程及中断源识别	223
5.2.1 数据定义语句	150	7.2.1 中断请求	223
5.2.2 表达式赋值语句	151	7.2.2 中断响应	224
5.2.3 段定义语句	152	7.2.3 中断处理	224
5.2.4 段分配语句	152	7.2.4 中断返回	224
5.2.5 过程定义语句	153	7.2.5 中断响应的时序	225
5.2.6 程序模块定义语句	153	7.2.6 中断源的识别	225
5.3 DOS 功能调用和 BIOS 中断 调用	154	7.3 8086/8088 的中断系统	227
5.3.1 DOS 功能调用	155	7.3.1 外部中断	228
5.3.2 BIOS 中断调用	158	7.3.2 内部中断	228
5.4 汇编语言程序设计	160	7.3.3 中断优先级	229
5.4.1 概述	160	7.3.4 中断向量和中断向量表	229

7.3.5 中断向量的装入与修改	230	DAC0832	302
7.4 可编程中断控制器 8259A	232	9.2.4 DAC0832 应用举例	304
7.4.1 8259A 的内部结构和工作原理	232	9.3 模-数转换器及应用	308
7.4.2 8259A 的引脚功能	234	9.3.1 模-数转换器的工作原理	308
7.4.3 8259A 的主从级联方式	235	9.3.2 模-数转换器的主要性能指标	311
7.4.4 8259A 的工作方式	235	9.3.3 典型的模-数转换器芯片 ADC0809	312
7.5 8259A 的基本应用	237	9.3.4 模-数转换器应用举例	316
7.5.1 8259A 的编程	238	习题	319
7.5.2 8259A 内部寄存器的读写	242	第 10 章 串行通信	322
7.5.3 8259A 的应用实例	243	10.1 概述	322
习题	249	10.1.1 串行通信基本概念	322
第 8 章 常用可编程接口芯片及其应用	251	10.1.2 异步通信和同步通信方式	324
8.1 可编程并行接口芯片 8255A	251	10.1.3 串行通信的标准与传送速率	326
8.1.1 8255A 的结构和引脚功能	251	10.2 可编程串行接口芯片 8251A	328
8.1.2 8255A 的工作方式	254	10.2.1 8251A 的结构和引脚功能	328
8.1.3 8255A 的基本应用	260	10.2.2 8251A 的应用	332
8.2 可编程定时器 / 计数器 8253	272	10.3 RS-232、RS-485 串行接口标准	338
8.2.1 定时/计数概述	272	10.3.1 RS-232C 接口标准	338
8.2.2 8253 的结构和引脚功能	274	10.3.2 RS-485 接口标准	342
8.2.3 8253 的工作方式	277	习题	344
8.2.4 8253 的基本应用	283	附录	346
习题	291	附录 A ASCII 码表	346
第 9 章 模-数和数-模转换	295	附录 B BIOS 功能调用	346
9.1 概述	295	附录 C 常用 DOS 功能调用 (INT 21H) 一览表	347
9.2 数-模转换器及应用	298	参考文献	354
9.2.1 数-模转换器的工作原理	298		
9.2.2 数-模转换器的主要技术指标	302		
9.2.3 典型的数-模转换器芯片			

第1章 微型计算机概论

1.1 微型计算机概述

1.1.1 计算机的发展

电子计算机是由各种电子器件组成的能够自动、高速、精确地进行逻辑控制和信息处理的电子设备,其原理是模仿人的大脑进行工作,电子计算机是20世纪最伟大的发明之一。世界上第一台电子计算机是ABC(Atanasoff-Berry Computer,阿塔纳索夫-贝瑞计算机,1937年设计,不可编程,设计用于求解线性方程组,并在1942年成功进行了测试),而鼎鼎大名的ENIAC(埃尼阿克,Electronic Numerical Integrator and Computer,中文名:电子数字积分计算机)是世界上第二台电子计算机。自从计算机在美国问世以来,计算机科学与技术取得了飞速的发展。电子计算机的发展经历了电子管计算机(20世纪40年代末期至20世纪50年代末期),晶体管计算机(20世纪50年代末期至20世纪60年代末期)和集成电路计算机(20世纪60年代中期至今)的不同发展阶段。集成电路计算机经历了中小规模集成电路、大规模集成电路和超大规模集成电路计算机的发展历程。

1946年2月14日在美国宣告诞生的ENIAC是一台电子多用途计算机。ENIAC长30.48m,宽1m,造价48万美元,其内部共使用了17468个电子管,重30t,占地170m²,耗电150kW,每秒能完成5000次加法运算或400次乘法,这个速度相当于当时使用的继电器计算机的1000倍,是手工计算的20万倍。随着科学技术的发展,1960年出现了晶体管计算机,晶体管代替电子管大大降低了计算机的成本和体积,运算速度提高到每秒可完成几十万次加法运算。1965年中小规模集成电路成功应用于计算机,使得计算机的体积进一步减小,运算速度也提高到每秒几千万次。由于大规模集成电路和超大规模集成电路的出现和应用,目前为止(2015年)我国最新研制的超级计算机“天河二号”运算速度可达每秒33.86千万亿次浮点运算速度,成为全球最快的超级计算机。计算机几乎每2~4年就更新换代一次,现在计算机的更新换代时间越来越短。

1.1.2 微型计算机的分类及主要性能指标

计算机按规模和功能可分为巨型机、大型机、中型机、小型机和微型机,它们在系统结构和工作原理上没有本质区别。由于微型计算机采用了集成电路,使得它具有体积小、质量轻、可靠性高的特点。微型计算机使用环境要求低,结构灵活,集成度高,采用了部件标准化、系列化的接口芯片及总线,使得其易于组装及维修,并且价格低廉,从而获得了极快的发展,使用普及率非常高。本书主要讲述微型计算机的原理及应用。

1. 微型计算机的分类

微型计算机的分类方法很多,一般有以下几种分类方法:

(1) 按字长分类 字长是计算机一次处理的二进制数的位数。字长越长,计算机处理数据量越大,处理速度越快。字长与微处理器数据总线宽度不是同一个概念。如8088的字长为16位,但外部数据总线宽度仅为8位,而Pentium系列微机的字长为32位,但数据总线宽度为64位。

微型计算机按字长可分为 4 位机、8 位机、16 位机、32 位机和 64 位机。

(2) 按结构类型分类 可分为单片机、单板机、多板机(微型计算机)。

(3) 按用途分类 可分为个人计算机、工作站/服务器、网络计算机、嵌入式计算机。

(4) 按体积大小分类 可分为台式机、便携机(如笔记本式、商务通等)。

2. 微型计算机的主要性能指标

一台微型计算机的性能优劣不是由某项指标来决定的,而是由计算机系统的结构、指令系统、硬件组成、软件配置等多方面的因素综合决定的。但对一般计算机来说,可以从以下几个指标来大体评价计算机的性能。

(1) 主频 主频是指微型计算机中 CPU 的时钟频率,主频决定计算机的运行速度。目前, CPU 的时钟频率(主频)最高达到 3.5GHz 以上。

(2) 字长 字长是指微型计算机能够直接处理的二进制数的位数,字长越长,运算精度越高,功能越强,目前常用的微机都是 32 位,有些高档的微机已达到 64 位。

(3) 存储器的容量 存储器分为内存储器和外存储器两类。内存储器也简称内存或主存,是 CPU 可以直接访问的存储器,计算机需要执行的程序与需要处理的数据就是存放在主存中的。内存容量指微机存储器能存储信息的字节数,内存容量越大,能存储信息越多,信息处理能力越强。目前微机内存容量一般配置为 1~64GB(微机的最大内存容量由计算机主板决定)。外存储器通常是指硬盘(包括内置硬盘和移动硬盘)。外存储器容量越大,可存储的信息就越多。目前单个硬盘容量可以达到 4000GB。

(4) 存取周期 存取周期是指主存储器完成一次读写所需的时间,存取时间越短,存取速度越快,整机的运算速度越高。存取周期与主存储器指标有关。

(5) 运算速度 运算速度是衡量计算机性能的一项重要指标。运算速度是指微型计算机每秒所能执行的指令条数,单位用 MIPS(Million Instruction Per Second,即百万条指令/秒)。执行不同类型的指令所需时间不同,因此使用各种指令的平均执行时间及相应运行指令的比例计算,是作为衡量运算速度的标准。8086 是 0.8MIPS,目前高性能 64 位安腾处理器的运算速度已超过了 1000MIPS。

1.1.3 微型计算机的发展

微型计算机简称为 μC 或 MC(Micro Computer),它是由微处理器、存储器、输入/输出接口电路,通过总线(BUS)结构联系起来的。从 1971 年世界上第一台微型计算机诞生以来,在 40 多年的时间里,微型计算机随着微处理器的更新而不断发展。到目前为止微型计算机的发展已经历了五代。

第一代微型计算机(1971~1973 年)是以字长为 4 位和字长为 8 位低档微处理器为核心的计算机。1971 年 Intel 公司首先研制成功 4 位 4004 微处理器,1972 年 Intel 公司推出低档 8 位的 8008 微处理器。第一代微处理器芯片采用 PMOS 工艺,时钟频率小于 1MHz,集成度约为 2000 个晶体管/片。使用机器语言编制程序,平均指令执行时间为 10~15 μs 。其典型芯片有 Intel 公司的 Intel 4004 和 Intel 8008。

第二代微型计算机(1974~1977 年)是以字长为 8 位微处理器为核心的计算机。微处理器芯片工艺为 NMOS,时钟频率为 1~4 MHz,集成度为 9000 个晶体管/片,运算速度大大提高,平均指令执行时间为 1~2 μs 。第二代微处理器指令系统较为完善,软件可以使用汇编语言编写,也可以使用一些高级语言,如 BASIC、FORTRAN 等语言,出现了易用的操作系统。其典型芯片有 Intel 公司的 Intel 8080 和 Intel 8085, Motorola 公司的 MC6800, Zilog 公司的 Z80 微处理器。

第三代微型计算机(1978~1984年)是以字长为16位微处理器为核心的计算机。微处理器芯片工艺为HMOS,时钟频率为4~25MHz,集成度达到29000个晶体管/片,基本指令执行时间约为0.5 μ s。Intel 8086/8088的地址线达到20根,可以寻址1MB的存储空间。Intel 80286达到24根地址线,寻址能力达到16MB。而且Intel 8086和Intel 80286可以向上兼容,其典型芯片有Intel公司的Intel 8086/8088和Intel 80286、Motorola公司的MC68000和Zilog公司的Z8000微处理器。

第四代微型计算机(1985~1993年)是以字长为32位微处理器为核心的计算机。微处理器芯片工艺为CHMOS,时钟频率为16~40MHz,集成度达到15万~50万个晶体管/片,基本指令执行时间<0.1 μ s。Intel 80386 CPU数据线和地址线均为32根,寻址能力达到4GB。1990年Intel公司又研制出高性能32位微处理器芯片80486,片内增加了协处理器和高速缓冲存储器(Cache),时钟频率为16~40MHz,其集成度达到120万晶体管/片。由于80486采用了RISC(Reduced Instruction Set Computer,简化指令集合计算机)技术,降低了每条指令执行所需要的时间,使80486处理速度大幅度提高,在相同的时钟频率下运算速度比80386快30%。其典型芯片有Intel公司的Intel 80386和Intel 80486, Motorola公司的MC68020和MC68040, Zilog公司的Z80000微处理器。

第五代微型计算机(1993~2005年)是以CPU内部字长为32位,对外数据总线64位的微处理器为核心的计算机。微处理器芯片利用亚微米的CMOS技术进行设计,时钟频率为66MHz~3.2GHz,集成度达到300万~4200万个晶体管/片,基本指令执行时间90~3200MIPS。Intel 80586及以上微处理器的数据线和地址线均为64根,寻址能力达到64GB。其典型芯片有Intel公司研制的奔腾(PentiumPro)微处理器、Pentium II微处理器、Pentium III微处理器、Pentium IV微处理器、Itanium(安腾)。在推出Pentium IV的同时,Intel已经为市场准备了64位的新一代微处理器。与以往的64位RISC架构的CPU不同,Intel代号为“Mercer”的Itanium(安腾)引入了许多新概念和新技术,其目标是带领CPU市场跨入新型64位时代。

第六代微型计算机(2005年至今)是以字长为64位微处理器为核心的计算机,是酷睿(Core)等系列微处理器时代,通常称为第6代。“酷睿”是一款领先节能的新型微架构,设计的出发点是提供优良的性能和能效,提高每瓦特性能,也就是所谓的能效比。酷睿2(Core 2 Duo)是Intel在2006年推出的新一代基于Core微架构的产品体系系统称。Core i5是一款基于Nehalem架构的四核处理器,采用整合内存控制器,三级缓存模式,L3达到8MB,支持Turbo Boost等技术的新处理器计算机配置。它和Core i7(Bloomfield)的主要区别在于总线不采用QPI,采用的是成熟的DMI(Direct Media Interface),并且只支持双通道的DDR3内存。2013年6月4日Intel推出第四代CPU(Haswell),陆续替换现行的第三代CPU(Ivy Bridge)。

尽管发展很快,但是微机在其发展过程中具有技术上的连续性和兼容性。就Intel 86系列处理器来说,新一代产品都是在老一代产品的基础上更新发展,并且对老一代产品向下兼容的。另外与通用机不同的是,在微机的发展过程中,微机是多代产品共存,而不是新产品淘汰旧产品。微机的各代产品,以及单片机都有各自适用的领域。对工业控制来说,目前的16位机已能基本满足使用要求。在微机的体系结构上,都采用了系统总线结构。基于以上因素,并考虑到便于教学和组织实验,本书仍选择16位机作为主要机型。

1.2 微型计算机的基本结构

微型计算机系统、微型计算机、微处理器、单片微型计算机、单板微型计算机和多板微型计算机是不同的概念。为了更好地学习和应用微型计算机,有必要首先对这些基本概念加以说明。

1.2.1 微型计算机系统、微型计算机

1. 微型计算机系统

微型计算机系统包括硬件系统和软件系统两大部分，如图 1-1 所示。

(1) 硬件系统 硬件系统包括：微型计算机、外部设备、电源及其他辅助设备。外部设备(简称 I/O 设备)主要用来实现数据和信息的输入/输出，如果没有外部设备，数据及程序就无法输入，运算结果也无法显示或输出，计算机就不能正常工作。外部设备通过输入/输出接口和微处理器相连。外部设备包括：输入设备、输出设备、外部存储设备。常用输入设备有键盘、鼠标器、扫描仪、模-数转换器等；常用的输出设备有打印机、绘图仪、CRT 显示器、磁盘控制器、数-模转换器等。外部存储设备有软盘、硬盘、光盘、U 盘等。

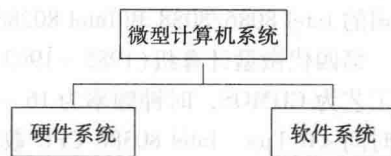


图 1-1 微型计算机系统的组成

(2) 软件系统 没有配置软件的计算机称为裸机，一台裸机就像一个肌肉十分发达却不接收外界任何信息，任何工作也不能完成的人。软件系统包括：系统软件和应用软件；系统软件主要包括操作系统软件、各种语言的汇编、编译软件、工具软件、数据库管理软件、故障检测、诊断软件等。应用软件包括为用户解决各种实际问题而编制的工程设计程序、数据处理程序等。目前，应用软件已逐步标准化、模块化和商品化。

2. 微型计算机

微型计算机也称为主机，主机包括微处理器、存储器、输入/输出(Input/Output)接口；微处理器通过系统总线和存储器、输入/输出接口进行连接。微型计算机的组成如图 1-2 所示。

其中存储器分为随机读写存储器(Random Access Memory, RAM)和只读存储器(Read Only Memory, ROM)。存储器是微型计算机的存储和记忆装置，用来存储数据、程序、中间结果和最终结果等数字信息。

系统总线分为地址总线(Address Bus, AB)、数据总线(Data Bus, DB)和控制总线(Control Bus, CB)。

存储器的每一个存储单元和输入/输出接口的每一个端口都有唯一的地址，这些地址是通过地址总线来确定的。地址总线是三态单向总线。地址总线的位数决定了 CPU 可直接寻址的内存容量。8 位微型机的地址总线为 16 位，最大寻址范围为 $2^{16} = 64\text{KB}$ 。16 位微型机的地址总线是 20 位，最大寻址范围为 $2^{20} = 1\text{MB}$ 。

数据总线是用来传输数据和信息的。一般数据总线的条数和所用微处理器的字长相等，但也有不相等的(如奔腾系列微机微处理器字长 32 位，数据总线 64 位)。数据总线是三态双向总线。

控制总线用于传送各类控制信号。控制总线条数因计算机不同而异，每条控制线最多传送两个控制信号。控制信号有两类：一类是 CPU 发出的控制命令，如读命令、写命令、中断响应信号等；另一类是存储器或外部设备的状态信息，

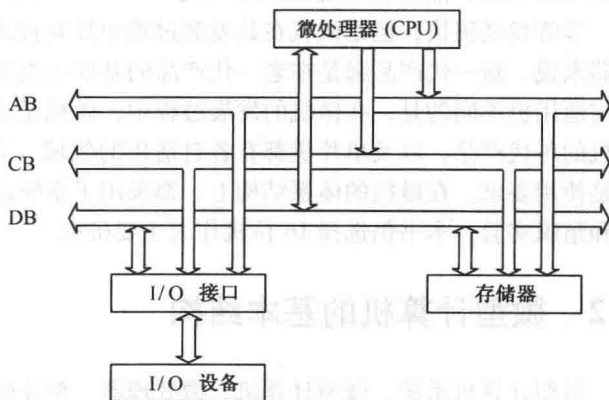


图 1-2 微型计算机的组成

如外部设备的中断请求、复位、地址有效信号、总线请求和中断请求等。控制总线宽度根据系统需要确定, 传送方向就具体控制信号而定。

1.2.2 微处理器

1. 微处理器的结构

微处理器(Microprocessor Unit, MPU 或者称为 MP), 它是一个中央控制器(Central Processing Unit, CPU)。CPU 是微型计算机的核心部件, 将运算器、控制器、寄存器通过内部总线连接在一起, 并集成在一个独立芯片上。它具有解释指令、执行指令和与外界交换数据的能力。

微处理器是构成微型计算机的核心部件, 不同型号的微型计算机, 其性能指标的差异首先在于其 CPU 性能的不同, 而 CPU 性能又与它的内部结构有关。每种 CPU 有其特有的指令系统。目前, 无论哪种 CPU, 其内部基本组成总是大同小异的。简化的微处理器内部结构框图如图 1-3 所示。

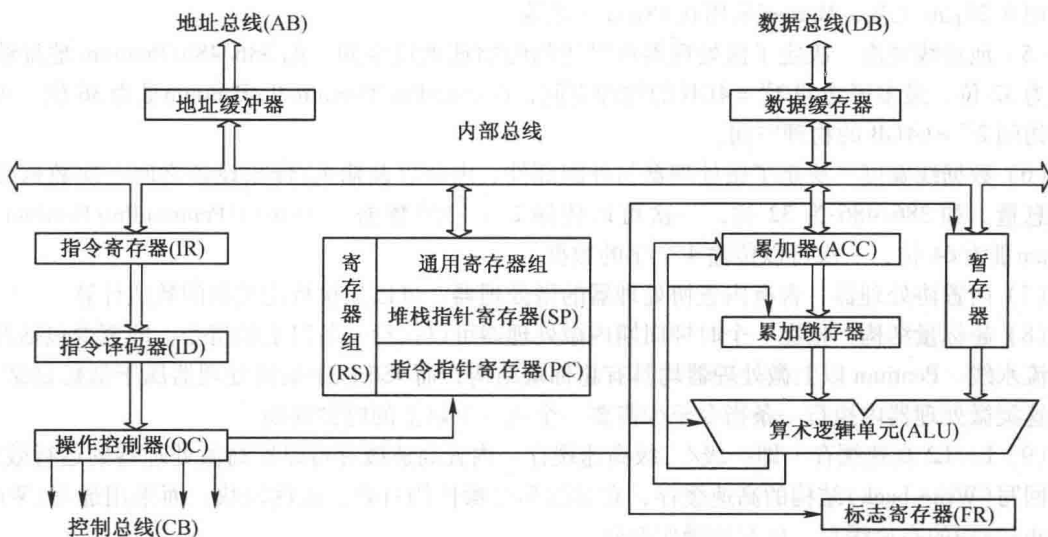


图 1-3 简化的微处理器内部结构框图

(1) 运算器 运算器由算术逻辑运算部件(Arithmetic Logical Unit, ALU)、累加器(Acc)、标志寄存器及相应控制逻辑组合而成, 在控制信号的作用下可完成对数据和信息的加、减、乘、除四则运算和各种逻辑运算, 包括与运算、或运算、非运算、异或运算以及求补运算等。

(2) 控制器(Control Unit) 控制器包括指令寄存器、指令译码器和操作控制器。控制器是微型计算机的指挥控制中心, 是整个计算机的控制中枢。它对指令进行分析、处理以及产生控制信号。同时它还产生控制部件所需的定时脉冲信号, 使微机各部件协调地工作, 从而完成对整个计算机系统的控制及数据运算处理等工作。

各种操作都是在控制器的控制下进行的。控制器的指挥是通过程序进行的, 程序放在存储器中, 它依次从存储器中取出指令, 控制器根据指令的要求, 对 CPU 内部和外部发出相应的控制信息。

(3) 寄存器 寄存器是由专用寄存器和通用寄存器组成, 用以存放参加处理和运算的操作数; 存放数据处理的中间结果和最终结果等。专用寄存器的作用是固定的, 例如 8086 CPU 的堆栈指针寄存器、标志寄存器、指令指针寄存器等。而通用寄存器则可由编程者依据需要规定其用

途。

2. 微处理器的主要性能指标

微处理器的主要性能指标如下:

(1) 主频 即微处理器的时钟频率。如 Pentium II -300, 主频为 300MHz。一般说来, 主频越高, 微处理器的速度越快。由于内部结构不同, 并非所有时钟频率相同的微处理器性能都一样。

(2) 外频 指微处理器外部总线工作频率。如 Pentium-133, 主频为 133MHz, 而外频(或称总线速度)为 66MHz; Pentium III -500, 主频为 500MHz, 外频为 100MHz/133MHz 等。

(3) 工作电压 指微处理器正常工作所需的电压。早期微处理器的工作电压一般为 5V, 随着微处理器主频的提高, 微处理器工作电压有逐步下降的趋势, 如 3.3V、2.8V 等, 以解决温度过高的问题。

(4) 制造工艺 制造工艺主要由晶体管之间的最小线距离来衡量微处理器的集成密度, 通常采用微米(μm)为单位。例如, 小于 350MHz 的 Pentium II 采用 $0.35\mu\text{m}$ 工艺, 500MHz 的 Pentium III 采用 $0.25\mu\text{m}$ 工艺, Mercer 采用 $0.18\mu\text{m}$ 工艺等。

(5) 地址线宽度 决定了微处理器可以访问的物理地址空间, 如 386/486/Pentium 地址线的宽度为 32 位, 最多可访问 $2^{32}=4\text{GB}$ 的物理空间, PentiumPro/Pentium II /Pentium III 为 36 位, 可以直接访问 $2^{36}=64\text{GB}$ 的物理空间。

(6) 数据线宽度 决定了微处理器与外围部件、内存以及输入/输出设备之间一次数据传输的信息量。如 386/486 为 32 位, 一次可以传输 2 个字的数据。Pentium/PentiumPro/Pentium II /Pentium III 为 64 位, 一次可以传输 4 个字的数据。

(7) 内置协处理器 含有内置协处理器的微处理器, 可以加快特定类型的数值计算。

(8) 超标量结构 指在一个时钟周期内微处理器可以执行一条以上的指令, 即至少包括两条指令流水线。Pentium 以上微处理器均具有超标量结构; 而 486 以下的微处理器属于低标量结构, 即在这类微处理器内执行一条指令至少需要一个或一个以上的时钟周期。

(9) L1/L2 高速缓存 即一级/二级高速缓存。内置高速缓存可以提高微处理器的运行效率。采用回写(Write-back)结构的高速缓存, 它对读和写操作均有效, 速度较快; 而采用通写(Write-through)结构的高速缓存, 仅对读操作有效。

1.2.3 单片机、单板机、多板机

1. 单片机

单片机(Single-chip Micro computer 或 Micro controller Unit)是将微处理器、存储器及 I/O 接口电路以及内部系统总线等全部集中在一块大规模集成电路芯片上。一个单片机就是一台具备基本功能的计算机。由于单片机体积小、指令系统简单、可靠性高、性能价格比高, 发展十分迅速。现在一些高档单片机还将 A-D、D-A 转换器、DMA 控制器及通信控制器集成在一块芯片上, 使单片机功能更强大, 使用更加方便。单片机朝着超低功耗、专业化、功能齐全方向发展。利用单片机可以较方便地构成一个控制系统。当前在智能仪器仪表、工业实时控制、智能终端及家用电器等众多领域应用非常广泛。目前国内较流行的单片机有 Intel 8051、Intel 8096、Microchip 的 PIC、TI 公司的 MSP430、STC 89C52 等产品。

2. 单板机

单板机(Single-board Micro Computer)是将微处理器芯片、存储器芯片、I/O 接口芯片及少量的输入/输出设备(键盘, 数码显示器)安装在一块印制电路板上构成的微型计算机。单板机功能一般比较简单, 但它具有结构紧凑、使用简单、成本低等特点, 通常应用于工业控制及教学实验

等领域。

3. 多板机

为了满足较高层次的需求,往往需要扩展单板机的功能。为此,许多公司设计了功能各异的扩展板供用户选用,以扩展应用系统的能力。这种由多块印制电路板构成的微型计算机称为多板机。

1.3 微型计算机的基础知识

1.3.1 计算机数制及其相互转换

1. 数制

数制是计算机重要的基础知识。电子计算机最基本的功能是进行数据的加工和处理,无论其表现形式是文本、字符、图形,还是声音、图像,都必须以数的形式加以储存。想要有效地储存这些数据就涉及数制的问题。对于机器来说,计数方法越简单,相应的电路就越简单,实现起来越容易,所以计算机都采用二进制来进行计数。但是由于人们在日常生活中习惯用十进制数,而二进制数在书写过程中过于繁琐且易出错,而在汇编语言和一些高级语言中人们则习惯使用十六进制、八进制和十进制数,所以,在这里对各种常用数制及它们之间的互相转换进行介绍。

首先,为了更好地学习计算机知识,先介绍以下基本概念:

(1) 数 数是衡量事物多少的一种表示方法。

(2) 数制 数制是按一定规律计数的规则,是人们表示数值所用的数字符号的个数来命名的。

(3) 基数 数制中各个数字符号的个数称为该数制的基数。

(4) 系数 系数是表示一个数的一组数字或符号中各个位数上的数字。

(5) 权 权是用数字或符号表示一个数时,它所具有的位值。

数制是人们利用符号计数的一种科学方法。各种常用进制各具有以下特点:

1) 十进制是逢十进一,有10个数0~9,一般用字母D(Decimal)或下标(₁₀)来标记十进制数。

2) 二进制是逢二进一,有2个数0和1,一般用字母B(Binary)或下标(₂)来标记二进制数。

3) 八进制是逢八进一,有8个数0~7,一般用字母O(Octal)、Q或下标(₈)来标记八进制数。

4) 十六进制是逢十六进一,有16个数0~9和A~F(A~F依次代表数值10~15),一般用字母H(Hexadecimal)或下标(₁₆)来标记十六进制数。

例如,一个数378的表示有以下几种:

十进制可表示为: $378 = 378D = (378)_{10} = 3 \times 10^2 + 7 \times 10^1 + 8 \times 10^0$

二进制可表示为: $378 = 101111010B = (101111010)_2$

$$= 1 \times 2^8 + 0 \times 2^7 + 1 \times 2^6 + 1 \times 2^5 + 1 \times 2^4 + 1 \times 2^3 + 0 \times 2^2 + 1 \times 2^1 + 0 \times 2^0$$

八进制可表示为: $378 = 572Q = (572)_8 = 5 \times 8^2 + 7 \times 8^1 + 2 \times 8^0$

十六进制可表示为: $378 = 17AH = (17A)_{16} = 1 \times 16^2 + 7 \times 16^1 + 10 \times 16^0$

数制的表示对小数同样适用,例如:

$$75.1875 = (75.1875)_{10} = 7 \times 10^1 + 5 \times 10^0 + 1 \times 10^{-1} + 8 \times 10^{-2} + 7 \times 10^{-3} + 5 \times 10^{-4}$$

$$75.1875 = (1001011.0011)_2$$

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

$$75.1875 = (113.14)_8 = 1 \times 8^2 + 1 \times 8^1 + 3 \times 8^0 + 1 \times 8^{-1} + 3 \times 8^{-2}$$

$$75.1875 = (4B.3)_{16} = 4 \times 16^1 + 11 \times 16^0 + 3 \times 16^{-1}$$

即一个数的值可用每位上的系数乘以该位的权而后相加得到,用公式可以表示为

$$N = \overbrace{K_n \times S^n + K_{n-1} \times S^{n-1} + \cdots + K_1 \times S^1 + K_0 \times S^0}^{\text{整数部分}} + \underbrace{K_{-1} \times S^{-1} + K_{-2} \times S^{-2} + \cdots + K_{-m} \times S^{-m}}_{\text{小数部分}} = \sum_{i=-m}^{n-1} K_i \times S^i \quad (1-1)$$

式中, S^i 称为各位的权; S 称为基数; K_i 称为系数。

2. 数制与数制之间的相互转换

(1) 二进制数、八进制数、十六进制数转换成十进制数 二进制数、八进制数、十六进制数转换成十进制数,采用加权法即可。如例 1-1 ~ 例 1-3。

例 1-1 $(1011101101.1011)_2 = 1 \times 2^9 + 0 \times 2^8 + 1 \times 2^7 + 1 \times 2^6 + 1 \times 2^5 + 0 \times 2^4 + 1 \times 2^3 + 1 \times 2^2 + 0 \times 2^1 + 1 \times 2^0 + 1 \times 2^{-1} + 0 \times 2^{-2} + 1 \times 2^{-3} + 1 \times 2^{-4}$

$$= 512 + 0 + 128 + 64 + 32 + 0 + 8 + 4 + 0 + 1 + 0.5 + 0 + 0.125 + 0.0625$$

$$= (749.6875)_{10}$$

$$= 749.6875D$$

例 1-2 $(306.42)_8 = 3 \times 8^2 + 0 \times 8^1 + 6 \times 8^0 + 4 \times 8^{-1} + 2 \times 8^{-2}$

$$= 192 + 0 + 6 + 0.5 + 0.0625$$

$$= (198.5625)_{10}$$

$$= 198.5625D$$

例 1-3 $(A01.48)_{16} = 10 \times 16^2 + 0 \times 16^1 + 1 \times 16^0 + 4 \times 16^{-1} + 8 \times 16^{-2}$

$$= 2560 + 0 + 1 + 0.25 + 0.03125$$

$$= (2561.253125)_{10}$$

$$= 2561.253125D$$

(2) 十进制数转换成二进制数、八进制数、十六进制数 十进制数转换成二进制数、八进制数、十六进制数时要对整数部分和小数部分分别转换,对于整数部分,用所转换的十进制数除以基数取余数的方法;对于小数,用所转换的十进制数乘基数取整数的方法。

例 1-4 将 $(27.5625)_{10}$ 转换为二进制数。

对于整数部分,用所转换的十进制数除以基数取余数的方法,即

$$\begin{array}{rcl} 2 \overline{) 27} & \cdots \cdots \cdots & \text{余 } 1 \quad (b_0) \\ 2 \overline{) 13} & \cdots \cdots \cdots & \text{余 } 1 \quad (b_1) \\ 2 \overline{) 6} & \cdots \cdots \cdots & \text{余 } 0 \quad (b_2) \\ 2 \overline{) 3} & \cdots \cdots \cdots & \text{余 } 1 \quad (b_3) \\ 1 & \cdots \cdots \cdots & \text{余 } 1 \quad (b_4) \end{array}$$

于是得到 $(27)_{10} = (11011)_2 = (b_4 b_3 b_2 b_1 b_0)_2$ (注意:每次取到的余数要逆序排列)。

对于小数,用所转换的十进制数乘基数取整数的方法,即

$$\begin{array}{rcl}
 0.5625 & & \\
 \times 2 & & \\
 \hline
 1.1250 & \cdots\cdots\cdots & \text{整数部分为 } 1 \quad (a_0) \\
 \times 2 & & \\
 \hline
 0.2500 & \cdots\cdots\cdots & \text{整数部分为 } 0 \quad (a_1) \\
 \times 2 & & \\
 \hline
 0.5000 & \cdots\cdots\cdots & \text{整数部分为 } 0 \quad (a_2) \\
 \times 2 & & \\
 \hline
 1.0 & \cdots\cdots\cdots & \text{整数部分为 } 1 \quad (a_3)
 \end{array}$$

可得到 $(0.5625)_{10} = (0.1001)_2 = (0.a_0 a_1 a_2 a_3)_2$ (注意:每次取到的整数部分要顺序排列)。

将两部分合起来,所以得到 $(27.5625)_{10} = (11011.1001)_2$ 。

例 1-5 将 $(6766.49)_{10}$ 转换为八进制数(精度取小数点后 4 位)。

对于整数部分,用所转换的十进制数除以基数取余数的方法(余数逆序排列),即

$$\begin{array}{rcl}
 8 \overline{) 676} & \cdots\cdots\cdots & \text{得余数 } 4 \quad (b_0) \\
 8 \overline{) 84} & \cdots\cdots\cdots & \text{得余数 } 4 \quad (b_1) \\
 8 \overline{) 10} & \cdots\cdots\cdots & \text{得余数 } 2 \quad (b_2) \\
 1 & \cdots\cdots\cdots & \text{得余数 } 1 \quad (b_3)
 \end{array}$$

于是得到 $(6766)_{10} = (1244)_8 = (b_3 b_2 b_1 b_0)_8$ 。

对于小数,用所转换的十进制数乘基数取整数的方法(整数顺序排列),即

$$\begin{array}{rcl}
 0.49 & & \\
 \times 8 & & \\
 \hline
 3.92 & \cdots\cdots\cdots & \text{整数部分为 } 3 \quad (a_0) \\
 0.92 & & \\
 \times 8 & & \\
 \hline
 7.36 & \cdots\cdots\cdots & \text{整数部分为 } 7 \quad (a_1) \\
 0.36 & & \\
 \times 8 & & \\
 \hline
 2.88 & \cdots\cdots\cdots & \text{整数部分为 } 2 \quad (a_2) \\
 0.88 & & \\
 \times 8 & & \\
 \hline
 7.04 & \cdots\cdots\cdots & \text{整数部分为 } 7 \quad (a_3)
 \end{array}$$

可得到 $(0.49)_{10} = (0.3727)_8 = (0.a_0 a_1 a_2 a_3)_8$ 。

将两部分合起来,就可得到 $(6766.49)_{10} = (1244.3727)_8$ 。

例 1-6 将 $(6766.49)_{10}$ 转换为十六进制数(取小数点后 3 位)。

对于整数部分,用所转换的十进制数除基数取余数的方法(余数逆序排列),即

$$\begin{array}{rcl}
 16 \overline{) 676} & \cdots\cdots\cdots & \text{得余数 } 4 \quad \text{写作 } 4 \quad (b_0) \\
 16 \overline{) 42} & \cdots\cdots\cdots & \text{得余数 } 10 \quad \text{写作 } A \quad (b_1) \\
 2 & \cdots\cdots\cdots & \text{得余数 } 2 \quad \text{写作 } 2 \quad (b_2)
 \end{array}$$

于是得到 $(6766)_{10} = (2A4)_{16} = (b_2 b_1 b_0)_{16}$ 。

对于小数，用所转换的十进制数乘基数取整数的方法(整数顺序排列)，即

$$\begin{array}{r}
 0.49 \\
 \times 16 \\
 \hline
 7.84 \cdots \cdots \text{整数部分为 } 7 \quad (a_0) \\
 0.84 \\
 \times 16 \\
 \hline
 13.44 \cdots \cdots \text{整数部分为 } D \quad (a_1) \\
 0.44 \\
 \times 16 \\
 \hline
 7.04 \cdots \cdots \text{整数部分为 } 7 \quad (a_2)
 \end{array}$$

可得到 $(0.49)_{10} = (0.7D7)_{16} = (0.a_0 a_1 a_2)_{16}$ 。

将两部分合起来，就可得到 $(6766.49)_{10} = (2A4.7D7)_{16}$ 。

(3) 二进制数转换成八进制数、十六进制数 由于二进制数的权值是 2^i 、八进制数的权值是 $(8^i = 2^{3i})$ 、十六进制数得权值是 $(16^i = 2^{4i})$ ，不难看出这三种进制之间具有整数倍数关系，即每一位八进制数相当于三位二进制数，每一位十六进制数相当于四位二进制数，故它们之间转换十分简单。

例 1-7 将二进制数 $(111001010.10011)_2$ 转换为八进制数、十六进制数。

二进制数转换为八进制数

$$\begin{array}{ccccccc}
 \overbrace{111}^1 & \overbrace{001}^1 & \overbrace{010}^2 & \cdot & \overbrace{100}^4 & \overbrace{110}^6 \\
 \hline
 \text{即 } (111001010.10011)_2 = (712.46)_8
 \end{array}$$

二进制数转换为十六进制数

$$\begin{array}{ccccccc}
 \overbrace{0001}^1 & \overbrace{1100}^4 & \overbrace{1010}^4 & \cdot & \overbrace{1001}^4 & \overbrace{1000}^4 \\
 \hline
 \text{即 } (111001010.10011)_2 = (1EA.98)_{16}
 \end{array}$$

在转换中，如果待转换的二进制数高位不足(如例 1-7 中第二个例子)，则需要在最高位之前补足够的 0，最低位不足需要在小数最低位后面补 0，要注意补完 0 之后原数不能扩大或缩小。

(4) 八进制数、十六进制数转换成二进制数 八进制数、十六进制数转换成二进制数是二进制数转换成八进制数、十六进制数的逆运算。

例 1-8 将十六进制数 $(165.516)_8$ 转换为二进制数。

$$\begin{array}{ccccccc}
 \overbrace{001}^1 & \overbrace{110}^6 & \overbrace{101}^5 & \cdot & \overbrace{101}^5 & \overbrace{001}^1 & \overbrace{110}^6 \\
 \hline
 \text{即 } (165.516)_8 = (1110101.10100111)_2
 \end{array}$$

例 1-9 将十六进制数 $(75.A7)_{16}$ 转换为二进制数。

$$\begin{array}{ccccccc}
 \overbrace{0111}^7 & \overbrace{0101}^5 & \cdot & \overbrace{1010}^A & \overbrace{0111}^7 \\
 \hline
 \text{即 } (75.A7)_{16} = (1110101.10100111)_2
 \end{array}$$

对于将八进制数转换成十六进制数或将十六进制数转换成八进制数，一般是先转换为二进制数再转换为十六进制数或八进制数。

1.3.2 计算机数值表示及其运算

在微型计算机处理的数字中，不仅要区分大小，有时还要考虑正负，即要考虑带符号数和无