

高等学校计算机基础教育教材精选

Computer



冯博琴 主编

吴 宁 陈文革 程向前 编著

微型计算机原理 与接口技术



清华大学出版社

<http://www.tup.tsinghua.edu.cn>



高等学校计算机基础教育教材精选

微型计算机原理与接口技术

冯博琴 主编
吴 宁 陈文革 程向前 编著

清华大学出版社

(京)新登字 158 号

内 容 简 介

本书主要以 8086/8088 CPU 为例,全面剖析微处理器的基本结构、指令系统、存储系统与接口电路,介绍了新型 CPU 技术、主板技术和总线及存储技术。

本书例题丰富,形式多样,全部实例都有详细的分析和注释;并根据作者多年从事教学、科研的经验和体会,突出重点,循序渐进,力求通俗易懂,尤其针对学生学习时普遍反映的难点问题进行了详细讨论,收到了很好的课堂效果。

本书是普通高等院校非计算机专业本科学生的教材,也可作为成人高等教育的培训教材,还可供广大科技人员自学参考。

版权所有,翻印必究。

本书封面贴有清华大学出版社激光防伪标签,无标签者不得销售。

书 名: 微型计算机原理与接口技术

作 者: 冯博琴 主编

出版者: 清华大学出版社(北京清华大学学研大厦,邮编 100084)

<http://www.tup.tsinghua.edu.cn>

印刷者: 北京市清华园胶印厂

发行者: 新华书店总店北京发行所

开 本: 787×1092 1/16 印张: 27 字数: 635 千字

版 次: 2002 年 2 月第 1 版 2002 年 7 月第 2 次印刷

书 号: ISBN 7-302-05272-7/TP·3098

印 数: 8001~16000

定 价: 29.00 元

出版说明

高等学校计算机基础教育教材精选

在教育部关于高等学校计算机基础教育三层次方案的指导下,我国高等学校的计算机基础教育事业蓬勃发展。经过多年的教学改革与实践,全国很多学校在计算机基础教育这一领域中积累了大量宝贵的经验,取得了许多可喜的成果。

随着科教兴国战略的实施以及社会信息化进程的加快,目前我国的高等教育事业正面临着新的发展机遇,但同时也必须面对新的挑战。这些都对高等学校的计算机基础教育提出了更高的要求。为了适应教学改革的需要,进一步推动我国高等学校计算机基础教育事业的发展,我们在全国各高等学校精心挖掘和遴选了一批经过教学实践检验的优秀教学成果,编辑出版了这套教材。教材的选题范围涵盖了计算机基础教育的三个层次,面向各高校开设的计算机必修课、选修课,以及与各类专业相结合的计算机课程。

为了保证出版质量,同时更好地适应教学需求,本套教材将采取开放的体系和滚动出版的方式(即成熟一本、出版一本,并保持不断更新)。坚持宁缺勿滥的原则,力求反映我国高等学校计算机基础教育的最新成果,使本套丛书无论在技术质量上还是文字质量上均成为真正的“精选”。

清华大学出版社一直致力于计算机教育用书的出版工作,在计算机基础教育领域出版了许多优秀的教材。本套教材的出版将进一步丰富和扩大我社在这一领域的选题范围、层次和深度,以适应高校计算机基础教育课程层次化、多样化的趋势,从而更好地满足各学校由于师资和生源水平、专业领域等的差异而产生的不同需求。我们热切期望全国广大教师能够积极参与到本套丛书的编写工作中来,把自己的教学成果与全国的同行们分享;同时也欢迎广大读者对本套教材提出宝贵意见,以便我们改进工作,为读者提供更好的服务。

我们的联系地址是:jiaoh@tup.tsinghua.edu.cn(E-mail);联系人:焦虹。

清华大学出版社
2001年8月

前言

——微型计算机原理与接口技术——

本书是非计算机专业学生学习“微型计算机原理与接口技术”课程的通用教材,主要以 8086/8088CPU 为例,分析了微处理器的基本结构、指令系统、存储系统及输入输出接口电路。同时,为适应形势的发展,还介绍了部分新型 CPU 技术、主板技术和总线构成等。本书主要特点是:

(1) 对所举全部实例都有详细的分析和注释。例如在汇编语言程序设计部分,读者经常反映入门困难,本书通过对每段程序添加详细解释,使读者能够较为容易地理解和掌握汇编语言程序设计的思想。

(2) 内容新颖。如本书在第 2 章中专门介绍了当前部分新型微处理机的性能,使读者能够对 8086/8088 以后的 CPU 技术的发展和概况有一定的了解。另外,用一定篇幅介绍了总线的概念、分类常用系统总线标准,以及多媒体技术。在存储系统部分,增加了高速缓存(cache)、虚拟存储的基本概念和存储原理。

(3) 例题丰富,形式多样。本书以面向应用为主,在例题、接口电路等的选择上,尽量考虑与实际的工程应用相结合,插入了大量的电路连接图、结构图、时序图和详细的分析说明。

(4) 常用外设介绍。较为系统地介绍了微型机常用的外部设备。

(5) 循序渐进,易于理解。考虑到本书读者主要为非计算机专业学生,在进入这门课的学习之前并不具备计算机组成和结构方面的知识,是初次涉及计算机的内部结构,所以本书在内容次序的安排上注意由浅入深,突出重点;在文字叙述上,力求通俗易懂。同时,在编写中加入了作者多年从事教学、科研的经验和体会。

通过本书的学习并结合上机实践,可使读者对微型计算机系统的组成和工作原理有初步了解,具备一定的汇编语言程序设计能力,并能够开发简单外部设备的应用控制系统。因此,本书不仅作为课堂用教材,还能对学生以后的工作有一定指导作用。

本书由冯博琴教授策划并任主编,由吴宁、陈文革、程向前编写。其中第 1、3、4、6 以及第 5 章的第 1、2、3、4、6 节由吴宁编写,第 2 章和第 5 章部分内容由陈文革编写,第 7 章由程向前编写。

由于计算机技术的发展日新月异,新技术层出不穷,加之时间仓促,编者水平有限,错误和不当之处在所难免,敬请各位读者和专家批评指正,以便再版时及时修正。

编者

2001 年 12 月于西安

目录

第 1 章 基础知识	1
1.1 概述	1
1.2 计算机中的数制	5
1.2.1 常用记数制	5
1.2.2 各种数制之间的转换	7
1.3 无符号二进制数的算术运算和逻辑运算	9
1.3.1 二进制的算术运算	9
1.3.2 无符号数的表示范围	11
1.3.3 二进制数的逻辑运算	11
1.3.4 基本逻辑门及常用逻辑部件	13
1.4 带符号二进制数的表示及运算	16
1.4.1 带符号数的表示方法	16
1.4.2 真值与补码之间的转换	18
1.4.3 补码的运算	19
1.4.4 带符号数运算时的溢出问题	20
1.5 二进制编码	22
1.6 常用术语解释	24
1.6.1 数据单位	24
1.6.2 计算机通信速率单位	25
1.6.3 兼容性	25
习题	25
第 2 章 微型计算机基础	27
2.1 微型计算机基本结构	27
2.1.1 微型计算机的概念结构	27
2.1.2 微型计算机的工作过程	32
2.2 8088/8086 微处理器	39
2.2.1 8088/8086 微处理器概述	40
2.2.2 8088/8086 的指令流水线	40

2.2.3	8088 的外部引脚及其功能	41
2.2.4	8088/8086 的功能结构	45
2.2.5	8088/8086 的存储器组织	49
2.2.6	8088/8086 的工作时序	51
2.3	系统总线	53
2.3.1	概述	53
2.3.2	总线技术	56
2.3.3	常见系统总线简介	61
2.3.4	8088 系统总线	64
2.4	新型 CPU 简介	68
	习题	91
第 3 章	指令系统及汇编语言程序设计	93
3.1	概述	93
3.1.1	指令的基本构成	94
3.1.2	指令的执行时间	96
3.2	8086 的寻址方式	98
3.2.1	立即寻址	99
3.2.2	直接寻址	99
3.2.3	寄存器寻址	100
3.2.4	寄存器间接寻址	101
3.2.5	寄存器相对寻址	102
3.2.6	基址-变址寻址	103
3.2.7	基址-变址-相对寻址	104
3.2.8	隐含寻址	105
3.3	8086 指令系统	105
3.3.1	数据传送类指令	105
3.3.2	算术运算指令	117
3.3.3	逻辑运算和移位指令	127
3.3.4	串操作指令	134
3.3.5	程序控制指令	139
3.3.6	处理器控制指令	150
	习题	152
第 4 章	汇编语言程序设计	154
4.1	汇编语言源程序	154
4.1.1	汇编语言源程序的结构	155
4.1.2	汇编语言语句类型及格式	156

4.1.3	数据项及表达式	157
4.2	伪指令	160
4.2.1	数据定义伪指令	161
4.2.2	符号定义伪指令	162
4.2.3	段定义伪指令	162
4.2.4	设定段寄存器伪指令	165
4.2.5	过程定义伪指令	166
4.2.6	宏命令伪指令	167
4.2.7	模块定义与连接伪指令	168
4.3	DOS 功能调用	170
4.4	汇编语言程序设计基础	173
4.4.1	程序设计概述	173
4.4.2	顺序程序	175
4.4.3	分支程序设计	176
4.4.4	循环程序	179
4.4.5	子程序设计	180
4.5	常见程序设计举例	185
	习题	193
第 5 章	存储器系统	196
5.1	概述	196
5.1.1	存储器的一般概念	196
5.1.2	存储器的分类	196
5.1.3	存储器芯片的主要技术指标	198
5.2	随机存储器	199
5.2.1	静态随机存储器	199
5.2.2	动态随机存储器	207
5.2.3	存储器扩展技术	210
5.3	只读存储器	214
5.3.1	EPROM	214
5.3.2	EEPROM	217
5.3.3	闪存	221
5.4	高速缓冲存储器(cache)	224
5.4.1	cache 的工作原理	225
5.4.2	高速缓存与主存的存取一致性	226
5.4.3	cache 的分级体系结构	228
5.5	存储器管理	229
5.5.1	IBM PC/XT 中的存储空间分配	229

5.5.2	扩展存储器及其管理	230
5.5.3	DOS 环境下的内存管理	233
5.6	外存储器简介	236
5.6.1	硬盘及硬盘驱动器	237
5.6.2	软盘及软盘驱动器	240
5.6.3	光盘	242
	习题	244
第 6 章	输入输出和中断技术	246
6.1	输入输出接口	246
6.1.1	概述	246
6.1.2	I/O 接口的编址方式	247
6.1.3	I/O 端口地址的译码	249
6.1.4	I/O 数据的传送方式	250
6.2	简单接口电路	250
6.2.1	接口电路的基本构成	250
6.2.2	三态门接口	251
6.2.3	锁存器接口芯片	253
6.2.4	简单接口的应用举例	255
6.3	输入输出的控制方式	256
6.3.1	无条件传送方式	257
6.3.2	查询方式	258
6.3.3	中断方式	260
6.3.4	直接存储器存取方式	260
6.4	中断技术	263
6.4.1	中断的基本概念	263
6.4.2	8086/8088 的中断系统	268
6.5	可编程中断控制器 8259A	274
6.5.1	8259A 的引线及内部结构	275
6.5.2	8259A 的工作过程	276
6.5.3	8259A 的工作方式	277
6.5.4	8259A 的初始化编程	282
6.5.5	中断程序设计	289
	习题	292
第 7 章	常用数字接口电路	293
7.1	接口电路概述	293
7.2	可编程定时计数器 8253	294

7.2.1	8253 的外部引线及内部结构	294
7.2.2	8253 的工作方式	297
7.2.3	8253 的控制字	301
7.2.4	8253 的应用	302
7.3	可编程并行接口 8255	307
7.3.1	8255 的引线及结构	307
7.3.2	8255 的工作方式	309
7.3.3	方式控制字及状态字	315
7.3.4	8255 的应用	316
7.4	可编程串行通信接口 8250	324
7.4.1	串行通信基本概念	324
7.4.2	串行通信的接口标准	328
7.4.3	可编程串行通信接口 8250	330
	习题	342
第 8 章	模拟量的输入输出	344
8.1	模拟量输入输出通道的组成	344
8.1.1	模拟量的输入通道	345
8.1.2	模拟量的输出通道	346
8.2	数/模(D/A)转换器	346
8.2.1	数/模(D/A)转换器的基本原理及技术指标	346
8.2.2	典型的 D/A 转换器芯片及其与系统的连接	350
8.3	模/数(A/D)转换器	356
8.3.1	A/D 转换器的工作原理及技术指标	356
	习题	364
第 9 章	常用外设及多媒体技术	366
9.1	常用外部设备	366
9.1.1	键盘	366
9.1.2	鼠标	370
9.1.3	显示器	372
9.1.4	打印机	376
9.1.5	网卡	380
9.1.6	调制解调器	383
9.2	多媒体技术	386
9.2.1	多媒体技术概述	386
9.2.2	多媒体的质量度量和带宽问题	391
9.2.3	解压缩技术	392

9.2.4 多媒体系统的数据和文件格式.....	394
9.2.5 多媒体计算机及其标准.....	397
9.2.6 声卡.....	398
9.2.7 视频捕捉卡.....	402
9.2.8 数码相机.....	404
习题.....	405
附录 A ASCII 码表	406
附录 B 8086/8088 指令简表	407
附录 C 8086/8088 微机的中断	410
参考文献	418

1.1 概 述

计算机技术是 20 世纪发展最快的技术之一,自 1946 年第一台计算机问世以来,它的发展可谓一日千里。在五十多年的历史中,已经历了由电子管计算机、晶体管计算机、集成电路计算机到大规模、超大规模集成电路计算机这样四代的更替。而目前,已有了第五代“非冯·诺依曼”计算机和第六代“神经”计算机的研制计划。

计算机按其性能、价格和体积等的不同,可分为巨型机、大型机、中型机、小型机、微型机和单片机六大类。

微型计算机诞生于 20 世纪 70 年代,由于它体积小,价格低,尤其是日益提高的性能价格比,使其迅速在各行各业乃至家庭得到了广泛的应用。现在一台微型机的处理能力,不仅早已超过了 20 世纪 50 年代初期占地上百平方米、重量数千吨、功耗几十千瓦的电子管计算机,而且大大超过了 20 多年前、造价数十万美元的晶体管数字计算机系统。

微处理器是微型机的核心芯片,简称 μP 或 MP(micro processor)。它将计算机中的运算器和控制器集成在一片硅片上,也称为中央处理单元,即 CPU(central processing unit)。它是 20 世纪 70 年代人类重要的创新之一,在不到 30 年的时间中,获得了极快的发展,其集成度和性能,几乎每两年就提高一倍。

微处理器和微型计算机的发展历史是和大规模集成电路的发展分不开的。20 世纪 60 年代初期的硅平面管工艺和二极管晶体管逻辑电路的发展,使得在 1963 年、1964 年有了小规模集成电路(small scale integration, SSI)的出现,之后的金属氧化物半导体(metal oxide semiconductor, MOS)工艺,又使集成度提高了一大步。到 60 年代后期,在一片几平方毫米的硅片上,已可集成几千个晶体管,这就出现了大规模集成电路(large scale integration, LSI)。LSI 器件体积小、功耗低、可靠性高,为微处理器的生产打下了基础。现代最新型的集成电路已可在单个芯片上集成上千万个晶体管,线宽小于 $0.13\mu\text{m}$,工作频率超过 2GHz。

到目前为止,微处理器的发展过程大致可分为六代。

1. 第一代微处理器

第一代微处理器为 4 位或低档 8 位微处理器,其发展大约从 1971 到 1973 年。其主

要代表是美国 Intel 公司在 1971 年研制成功的 4004 微处理器和于次年推出的 8008 微处理器。

4004 是一种 4 位微处理器,可进行 4 位二进制的并行运算,拥有 45 条指令,速度为 0.05MIPS(million instructions per second,每秒百万条指令)。4004 的功能极其有限,主要用于计算器、电动打字机、照相机、台秤、电视机等家用电器上,使这些电器设备具有智能化,从而提高它们的性能。4004 本来是作为高级袖珍计算器而设计的,一般不适用于通用计算机,后经改进,成为可用于微型机的 8008 型微处理器。

8008 是世界上第一种 8 位的微处理器,与 4004 相比,它可一次处理 8 位二进制数据,其寻址空间扩大为 16K 字节,并且扩充了指令系统(达到 48 条)。

第一代微处理器的指令系统比较简单,运算能力较弱,速度也比较慢(基本指令执行时间为 10 到 20 μ s),但价格低廉。其软件主要使用机器语言和简单的汇编语言。

2. 第二代 8 位微处理器

1973 至 1978 年间,各公司开始推出了第二代微处理器。首先在 1973 年,Intel 公司在 8008 的基础上推出了另一种 8 位微处理器 Intel 8080。这是一个划时代的产品,因为它是第一个真正实用的微处理器。它的存储器寻址空间增加到 64K 字节,并扩充了指令集,指令执行速度达到 0.5MIPS,比 8008 快 10 倍。另外,它使 CPU 外部电路的设计变得更加容易且成本降低。

这个时期推出的微处理器除了 Intel 公司的 8080 外,还有 Intel 公司的 8085, Motorola 公司的 MC6800 系列,以及 Zilog 公司的 Z80 等。第二代微处理器与第一代相比,其集成度提高了 1~4 倍,运算速度提高了 10~15 倍,指令系统相对比较完善,已具备典型的计算机体系结构及中断、直接存储器存取(DMA)等功能。软件方面除汇编语言外,还可使用如 BASIC、FORTRAN 等高级语言。至于后期的以 8080A/8085A、Z80、MC6502 等 CPU 芯片为核心的具有磁盘和各种外设的微型计算机,还可配上简单的操作系统,如 CP/M(control program/monitor)。

3. 第三代 16 位微处理器

1977 年前后,超大规模集成电路(VLSI)研制成功,在一片硅片上可集成 1 万个以上的晶体管,这为研制 16 位微处理器创造了必要的条件。1978 年,Intel 公司率先推出 16 位微处理器 8086,这是第一种第三代微处理器。同时,为了方便原 8 位机用户,Intel 公司又很快推出了一种准 16 位微处理器 8088。它的内部结构为 16 位,但外部数据总线是 8 位,其指令系统与 8086 完全兼容。采用 8088 的 IBM PC、PC/XT 准 16 位计算机,以其体系结构的开放性和较高的性能价格比而很快占领了市场。

在 Intel 公司推出 8086、8088 CPU 之后,各公司也相继推出了同类的产品,有 Motorola 公司的 MC68000 和 Zilog 公司的 Z8000 等。

16 位微处理器比 8 位微处理器的集成度提高了约一个数量级,功能也大大增强,这表现在如下几个方面:

- 数据总线的位数由 8 位增加到 16 位,大幅度提高数据处理能力。

- 地址总线的位数由 16 位增加到 20 位以上。增强了计算机的存储器寻址范围。
- 时钟频率提高到 5MHz~40MHz。使系统运算速度大为提高,基本指令执行时间约 0.15 μ s。同时 CPU 的内部结构也有很大的改进,如 Intel 8086 内部采用流水线结构,设置了 6 字节的指令预取队列。因此,处理速度明显加快。CPU 内部的通用寄存器增多,从而减少了对存储器的访问频度。而且大多数通用寄存器都可以在算术运算指令中作为累加器使用。
- 扩充了指令系统,并且指令功能也大大增强。如指令系统中增加了乘法和除法指令,各种指令数量达上万条。寻址方式也丰富了,如 MC68000 具有多达 14 种寻址方式。由于指令系统中指令的数量多,复杂程度高,这类微处理器通常被称为 CISC(complex instruction set computer,复杂指令系统计算机)结构的微处理器。
- 可处理多种数据类型。有二进制位、压缩 BCD 码、非压缩 BCD 码、字节、字、双字、字串等。
- 中断功能增强。
- 具有构成多微处理器系统的能力。
- 配备有较强的系统软件。

16 位微处理器比 8 位微处理器有更大的寻址空间、更强的运算能力、更快的处理速度和更完善的指令系统。所以,16 位微处理器已能够替代部分小型机的功能。特别是在单任务、单用户的系统中,8086 等 16 位微处理器更是得到了广泛的应用。

1982 年,Intel 公司又推出 16 位高级微处理器 80286。它具有多任务系统所必需的任务转换功能、存储器管理能力和多种保护功能。同一年,Motorola 公司也推出了同类型的 MC68010。这两种微处理器的数据总线虽然仍是 16 位的,但地址总线增加到 24 位,其存储器直接寻址能力可达 16MB。时钟频率提高到 5MHz~25MHz。在 20 世纪 80 年代中、后期至 1991 年初,80286 一直是个人计算机的主流 CPU。

4. 第四代 32 位高档微处理器

1985 年,Intel 公司推出第四代微处理器 80386。它是一种与 8086 向上兼容的 32 位超级微处理器,具有 32 位的数据线,32 位的地址线,存储器直接寻址能力可达 4GB,每一个任务具有 64TB 的逻辑存储空间。其执行速度达到 3~4MIPS。同一时期推出的 32 位微处理器中,还有 Motorola 公司的 MC68020、贝尔实验室的 Bellmac-32A, National Semiconductor 公司的 16032 和 NEC 的 V70 等。32 位微处理器的出现,使微处理器开始进入一个崭新的时代。32 位微处理器无论从结构、功能、应用范围等方面看,可以说是小型机的微型化。这时 32 位微处理器组成的微型机已接近 20 世纪 80 年代小型机的水平。

随着集成电路工艺水平的进一步提高,1989 年,Intel 公司又推出性能更高的 32 位微处理器 80486,它在芯片上集成约 120 万个晶体管,是 80386 的 4 倍。80486 由 3 个部件组成:一个 80386 体系结构的主处理器,64 位的内部数据总线,一个与 80387 兼容的数字协处理器和一个 8KB 容量的高速缓冲存储器,并采用了 RISC(reduction instruction set computer,精简指令系统计算机)技术、与 RAM 进行高速数据交换的突发总线等先进技术。这些新技术的采用,使 80486 在同等时钟频率下的处理速度要比 80386 快 2 到 4 倍。

同期推出的产品还有 Motorola 公司的 MC68030 的后继换代产品 MC68040, NEC 公司的 V70 的后继换代产品 V80。这是 3 种典型的 CISC 体系结构的 32 位高档微处理器。

5. 第五代 32 位高档微处理器

1993 年, Intel 公司推出了 32 位微处理器 Pentium(中文译名为奔腾)。它集成了 330 万个晶体管, 内部采用 4 级超标量结构, 数据线 64 位, 地址线 36 位。工作频率为 60/66MHz, 处理速度达 110MIPS。由于第一代 Pentium 采用 0.8 μ m 工艺技术和 5V 电源驱动, 使得芯片尺寸较大, 成本过高; 另外其功耗达 15W, 使系统散热成为问题。在 1994 年 3 月, Intel 推出了第二代 Pentium(以 P54C 代称), P54C 采用 0.6 μ m 工艺和 3.3V 电源, 功耗仅为 4W, 而且可在不需要时自动关闭浮点单元, 散热问题基本得以解决。P54C 的主时钟为 100MHz 和 90MHz 两种。在常规配置下, P54C 系统的处理能力比原奔腾系统高出了 40%, 是 486DX/66MHz 系统性能的两倍。在体系结构上, Pentium 在内核中采用了 RISC 技术, 可以说它是 CISC 与 RISC 技术相结合的产物。

同时期推出的第五代微处理器还有 IBM、Apple 和 Motorola 3 家联盟的 PowerPC (这是一种完全的 RISC 微处理器), 以及 AMD 公司的 K5 和 Cyrix 公司的 M1 等。

表 1-1 Intel 主要 CPU 芯片一览表

代	发表年份	字长(位)	型号	线宽(μ m)	晶体管数(万个)	时钟频率(MHz)	速度(MIPS)
一	1971	4	4004	50	0.2	<1	0.05
	1972	8	8008		0.3		
二	1974	8	8080	20	0.5	2~4	0.5
三	1978	16	8086	2~3	2.9	4.77~10	<1
	1982		80286		13.4	8~16	1~2
四	1985	32	80386	1~2	27.5	16~33	6~12
	1989		80486		120	25~66	20~40
五	1993	32	Pentium	0.6~0.8	330	60~200	100~200
六	1995	32	Pentium Pro	0.6	550	133~200	>300
	1996		Pentium MMX	0.6	450	166~233	
	1997		Pentium II	0.35	750	233~450	
	1999		Pentium III	0.13~0.25	850	450~1200	
	2001		Pentium IV	0.13~0.18	1000	1300~2400	
七	有计划未发表	64	Itanium	0.13	CPU:2.5K cache:30K	800(20 条指令/ 时钟周期)	>3000

注: Pentium 具有 64 位数据总线, 但仅有 32 位地址总线, 所以它仍称其为 32 位的微处理器。

6. 第六代 Pentium 微处理器

1996 年 Intel 公司将它的第六代微处理器正式命名为 Pentium Pro, 该处理器的集成电路采用了 $0.35\mu\text{m}$ 的工艺, 时钟频率为 200MHz, 运算速度达 200MIPS。

1998 年到 2001 年, Intel 又进一步推出了一系列 Pentium Pro 的改进型微处理器, Pentium II 和 Pentium III。其他公司类似的产品还有 AMD 的 K7。这些 CPU 的集成度已高达近 1 千万个晶体管, 时钟频率也达到了 1GHz 以上。目前正在进入市场的是 Pentium 4 系列, 其 CPU 集成度达 2 千 5 百万个晶体管, 工作频率达 2GHz 以上。

表 1-1 列出了 Intel 公司第一代到第六代 CPU 的发展情况(表中也列出了即将上市的 Itanium 新一代微处理器)。

1.2 计算机中的数制

在日常生活中, 人们习惯于使用十进制数来进行记数和计算。但对计算机来说, 它只能识别由“0”和“1”构成的二进制代码, 也就是说计算机中的数是用二进制表示的。但用二进制数表示一个较大的数时, 既冗长又难以记忆, 为了阅读和书写方便, 或适应某些特殊场合的需要, 在计算机中有时也采用十六进制数和十进制数。所以, 在学习计算机原理之前, 首先需要了解和掌握这 3 种常用记数制及其相互间的转换。

1.2.1 常用记数制

1. 十进制数

十进制数中有 0~9 十个数字符号, 无论数的大小, 都可用这十个符号的组合来表示。任何一个十进制数 D , 都可用权展开式表示为

$$\begin{aligned}(D)_{10} &= D_{n-1} \times 10^{n-1} + D_{n-2} \times 10^{n-2} + \cdots + D_1 \times 10^1 + D_0 \times 10^0 + D_{-1} \times 10^{-1} \\ &\quad + \cdots + D_{-m} \times 10^{-m} \\ &= \sum_{i=-m}^{n-1} D_i \times 10^i\end{aligned}\quad (1.1)$$

其中, D_i 是 D 的第 i 位的数码, 可以是 0~9 十个符号中的任何一个, n 和 m 为正整数, n 表示小数点左边的位数, m 表示小数点右边的位数, 10 为基数, 10^i 称为十进制的权。

【例 1-1】 十进制数 3256.87 可表示为

$$(3256.87)_{10} = 3 \times 10^3 + 2 \times 10^2 + 5 \times 10^1 + 6 \times 10^0 + 8 \times 10^{-1} + 7 \times 10^{-2}$$

2. 二进制数

二进制数的每一位只取 0 和 1 两个数字符号, 其计数规律遵循逢二进一的法则。一个二进制数 B 可用其权展开式表示为

$$(B)_2 = B_{n-1} \times 2^{n-1} + B_{n-2} \times 2^{n-2} + \dots + B_0 \times 2^0 + B_{-1} \times 2^{-1} + \dots + B_{-m} \times 2^{-m}$$

$$= \sum_{i=-m}^{n-1} B_i \times 2^i \quad (1.2)$$

其中, B_i 只能取 1 或 0, 2 为基数, 2^i 为二进制的权, m, n 的含义与十进制表达式相同。为与其他进位记数制相区别, 一个二进制数通常用下标 2 表示。

【例 1-2】 二进制数 1010.11 可表示为

$$(1010.11)_2 = 1 \times 2^3 + 0 \times 2^2 + 1 \times 2^1 + 0 \times 2^0 + 1 \times 2^{-1} + 1 \times 2^{-2}$$

3. 十六进制数

十六进制数共有 16 个数字符号, 0~9 及 A~F, 逢十六进一。一个十六进制数 H 也可用权展开式表示为

$$(H)_{16} = H_{n-1} \times 16^{n-1} + H_{n-2} \times 16^{n-2} + \dots + H_0 \times 16^0 + H_{-1} \times 16^{-1} + \dots + H_{-m} \times 16^{-m}$$

$$= \sum_{i=-m}^{n-1} H_i \times 16^i \quad (1.3)$$

这里, H_i 的取值在 0~F 的范围内, 16 为基数, 16^i 为十六进制数的权; m, n 的含义与上相同。十六进制数通常用下标 16 表示。

【例 1-3】 十六进制数 2AE.4H 可表示为

$$(2AE.4)_{16} = 2 \times 16^2 + A \times 16^1 + E \times 16^0 + 4 \times 16^{-1}$$

二进制数与十六进制数之间存在有一种特殊关系, 即 $2^4 = 16$, 也就是说一位十六进制数恰好可用四位二进制数来表示, 且它们之间的关系是惟一的。所以, 在计算机应用中, 虽然机器只能识别二进制数, 但在数字的表达上更广泛地采用十六进制数。

计算机中常用的二进制数、十六进制数和十进制数之间的关系如表 1-2 所示。

表 1-2 数制对照表

十进制数	二进制数	十六进制数
0	0000	0
1	0001	1
2	0010	2
3	0011	3
4	0100	4
5	0101	5
6	0110	6
7	0111	7
8	1000	8
9	1001	9
10	1010	A
11	1011	B
12	1100	C
13	1101	D
14	1110	E
15	1111	F