



普通高等教育“十二五”机电类规划教材



微机原理及应用

杨 杰 王亭岭 主编

- 针对非计算机专业，基础性强，实例与习题丰富
- 以初学者的最佳首选8086/8088微处理器为基础
- 同时扼要讲述32位微机系统的基本工作原理



电子工业出版社
PUBLISHING HOUSE OF ELECTRONICS INDUSTRY

<http://www.phei.com.cn>

013070911

普通高等教育“十二五”机电类规划教材

微机原理及应用

杨 杰 王亭岭 主编

李素萍 张晋华 许兰贵 胡铁红 副主编

郝用兴 主审



北航

C1680088

电子工业出版社

Publishing House of Electronics Industry

北京·BEIJING

TP36-43
219

内 容 简 介

本书从微型计算机应用需求出发,以 Intel 8086/8088 CPU 为基础,全面系统地介绍了微型计算机内部结构、工作原理和微型计算机接口技术等相关知识。

全书共分为 9 章,主要介绍微型计算机系统的发展历史、计算机的数制、微型计算机的组成; Intel 8086/8088 内部结构、外部引脚;微型计算机常见寻址方式、微机指令系统;汇编语言源程序结构、汇编语言语句组成、汇编程序的编写;存储器分类及工作原理;接口的概念、分类及数据传送方式;中断的概念、分类、执行过程及典型中断控制芯片 Intel 8259A 的应用;常见输入/输出接口芯片 Intel 8253、Intel 8255 等的内部结构、工作原理及应用;常见模拟输入/输出芯片的工作原理及应用。本书最后还附了附录 A~附录 F,内容包括 ASCII 字符集、8086/8088 指令系统一览表、通用汇编程序伪指令、常用 DOS 功能调用 (INT 21H)、常用 ROM-BIOS 功能调用,以及汇编程序的开发过程。

本书内容科学、结构完善,便于教学和自学,可以作为普通高等院校工科类非计算机专业的本科通用教材,也可以作为普通高等院校非计算机专业研究生或者成人高等院校工科类本科与大专相关专业的自学教材和培训教材,同时还可供从事微机应用与开发的科技人员参考。

未经许可,不得以任何方式复制或抄袭本书之部分或全部内容。
版权所有,侵权必究。

图书在版编目 (CIP) 数据

微机原理及应用/杨杰,王亭岭主编. —北京:电子工业出版社,2013.8

(普通高等教育“十二五”机电类规划教材)

ISBN 978-7-121-20927-7

I. ①微… II. ①杨…②王… III. ①微型计算机—高等学校—教材 IV. ①TP36

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2013) 第 146158 号

策划编辑:郭穗娟

责任编辑:康霞

印刷:三河市鑫金马印装有限公司

装订:三河市鑫金马印装有限公司

出版发行:电子工业出版社

北京市海淀区万寿路 173 信箱 邮编 100036

开本:787×1092 1/16 印张:16.5 字数:416 千字

印次:2013 年 8 月第 1 次印刷

定价:39.80 元

凡所购买电子工业出版社图书有缺损问题,请向购买书店调换。若书店售缺,请与本社发行部联系,联系及邮购电话:(010)88254888。

质量投诉请发邮件至 zltz@phei.com.cn, 盗版侵权举报请发邮件至 dbqq@phei.com.cn。

服务热线:(010)88258888。

前 言

每当主讲“微机原理及应用”时，都有学生要问：“现在使用的通用计算机中大部分是 Pentium 4 或多处理器内核的 CPU，为什么还要学 20 世纪 70 年代的 8086/8088 微处理器呢？”如今虽然高性能的 32 位或 64 位微型计算机被大量使用，但由于 8086 的典型性和后来的 80x86 系列微处理器对它的兼容性，都使得 8086 微机系统成为初学者的最佳首选。所以本书仍以 16 位的 8086 为主线，系统介绍有关微处理器的结构、指令系统概念、程序设计方法、存储器接口、各类可编程接口芯片和总线等相关知识。同时，扼要讲述 32 位微机系统的基本工作原理。尽管目前所使用的计算机中分立的接口芯片已很难找到，但在主板的芯片组中都有对应功能的实现，因此本书仍然分章独立讲述各接口知识及接口芯片。

“微机原理及应用”是高等院校理工科非计算机专业必修的一门计算机基础课程，是提高学生微型计算机应用与开发能力的重要课程。本书基础性强，实例丰富，既便于课堂讲授，又方便自学。学习者应多上机调试程序，“一看、二改、三调试”才能体会编程的乐趣。

参加本书编写的有华北水利水电大学杨杰、王亭岭、李素萍、张晋华、许兰贵和胡铁红。杨杰、王亭岭任主编，李素萍、张晋华、许兰贵、胡铁红任副主编。杨杰编写了第 1 章、第 3 章和第 6 章，王亭岭编写了第 2 章、第 4 章和第 8 章 8.3 节，李素萍编写了第 5 章，张晋华编写了第 7 章和附录，许兰贵编写了第 8 章其余部分和第 9 章，胡铁红参与了教学大纲的制定，李大佳老师参与了课后习题的审定。全书由杨杰和王亭岭老师统稿、定稿，由郝用兴教授审阅。

本书得到了“河南省高等学校实验教学示范中心（教高〔2010〕1047 号-25）”的资助。

在本书的编写过程中，参考了国内外大量的文献，在此对有关作者表示真挚的感谢！限于作者水平，书中不当之处在所难免，敬请同行专家和读者朋友批评指正。

编 者
2013 年 6 月

目 录

第1章 微型计算机基础知识	1
1.1 微处理器的发展	1
1.1.1 计算机的诞生	1
1.1.2 微处理器的发展历程	2
1.1.3 未来微处理器的发展方向	4
1.2 计算机中数的表示方法	5
1.2.1 数制	5
1.2.2 无符号数的表示及运算	5
1.2.3 数制的转换	5
1.2.4 带符号数的表示及运算	7
1.2.5 计算机中数的定点表示法和浮点表示法	9
1.2.6 计算机中的编码	10
1.3 微型计算机系统的组成及分类	11
1.3.1 微型计算机系统的组成	11
1.3.2 微型计算机分类	12
1.3.3 PC 配置及系统主板	13
思考与练习	16
第2章 80x86 微处理器及其系统	18
2.1 8086 微处理器	18
2.1.1 8086 微处理器的逻辑结构	18
2.1.2 8086/8088 的内部寄存器	21
2.1.3 8086/8088 的引脚信号	24
2.1.4 8086/8088 的工作方式	25
2.2 80386 微处理器	26
2.2.1 80386 的内部结构	26
2.2.2 80386 的寄存器	27
2.2.3 80386 的工作方式	29
2.2.4 80386 的存储器管理	29
2.3 高性能微处理器	32
2.3.1 Pentium 微处理器	32
2.3.2 Pentium 微处理器的技术特点	33
2.3.3 Pentium 微处理器的发展	34
2.3.4 多核微处理器	35
思考与练习	36



第3章 微机指令系统	37
3.1 微机指令与指令格式	37
3.2 寻址方式	38
3.3 8086/8088 指令系统	44
3.3.1 数据传送指令	44
3.3.2 算术运算指令	51
3.3.3 逻辑运算和移位指令	57
3.3.4 串操作指令	61
3.3.5 控制转移指令	64
3.3.6 处理器控制指令	69
思考与练习	70
第4章 汇编语言程序设计	72
4.1 汇编语言概述	72
4.2 汇编语言源程序的结构及组成	72
4.2.1 源程序的基本结构	72
4.2.2 汇编语言语句的类型和组成	74
4.3 伪操作指令	78
4.3.1 处理器方式伪指令	79
4.3.2 数据定义伪指令	79
4.3.3 符号定义伪指令	80
4.3.4 段定义伪指令	81
4.3.5 过程定义伪指令	82
4.3.6 模块定义和结束伪指令	82
4.3.7 宏处理伪指令	83
4.3.8 模块连接伪指令	84
4.4 汇编程序的功能及汇编过程	84
4.4.1 汇编程序的功能	84
4.4.2 程序的编辑、汇编及连接过程	85
4.5 汇编程序设计方法及应用	87
4.5.1 概述	87
4.5.2 顺序结构程序设计	88
4.5.3 分支程序设计	88
4.5.4 循环结构程序设计	90
4.5.5 子程序设计	92
4.5.6 宏定义与使用	95
4.5.7 系统功能调用	96
思考与练习	104



第 5 章 存储器	105
5.1 概述	105
5.1.1 存储器的分类	105
5.1.2 存储器芯片的主要技术指标	108
5.2 随机存取存储器	109
5.2.1 存储器的系统结构	109
5.2.2 静态随机存储器	110
5.2.3 动态随机存储器	114
5.3 只读存储器	119
5.3.1 掩膜式只读存储器	119
5.3.2 可编程只读存储器	120
5.3.3 可擦除、可再编程的只读存储器	121
5.3.4 闪存	124
5.4 存储器与系统的连接	125
5.4.1 存储器的扩展	125
5.4.2 存储器与系统的连线	128
5.4.3 片选信号的产生方法	128
5.4.4 存储器连接应用举例	132
5.5 存储器的分级体系	136
5.5.1 存储器的分级结构	136
5.5.2 高速缓存系统	137
思考与练习	141
第 6 章 接口技术	142
6.1 概述	142
6.1.1 I/O 接口	142
6.1.2 I/O 接口的类型	144
6.1.3 I/O 端口的编址方式	144
6.2 CPU 与外设之间的数据传输方式	145
6.2.1 无条件传输方式(同步传输方式)	145
6.2.2 查询传输方式(条件传输方式)	145
6.2.3 中断方式	146
6.2.4 DMA 方式(直接存储器存取方式)	146
6.3 微型计算机中的系统总线	147
6.3.1 总线定义	147
6.3.2 总线分类	147
6.3.3 总线周期	148
6.3.4 总线的操作过程	149
6.3.5 系统总线标准	149



6.4 DMA 控制器 8237A	152
6.4.1 DMA 的基本原理	152
6.4.2 8237A 的内部结构和引脚	154
6.4.3 8237A 的工作方式和传输类型	159
6.4.4 8237A 的初始化编程及应用	160
思考与练习	161
第 7 章 中断系统	162
7.1 中断的基本概念	162
7.1.1 中断、中断源及中断系统	162
7.1.2 中断处理过程	163
7.1.3 中断嵌套	164
7.2 80x86 中断系统	165
7.2.1 外部中断	165
7.2.2 内部中断	167
7.2.3 中断向量和中断向量表	168
7.2.4 80x86 中断响应过程	169
7.3 可编程中断控制器 Intel 8259A	171
7.3.1 8259A 的功能	171
7.3.2 8259A 的内部结构和引脚功能	171
7.3.3 Intel 8259A 的引脚及功能	173
7.3.4 8259A 的工作方式	174
7.3.5 8259A 的级联	175
7.3.6 8259A 的编程	175
7.3.7 8259A 在微机系统中的应用	181
思考与练习	183
第 8 章 常用可编程接口技术及应用	185
8.1 可编程定时器/计数器 8253	185
8.1.1 8253 的功能与结构	185
8.1.2 8253 的控制字	187
8.1.3 8253 的工作方式与工作时序	188
8.1.4 8253 的初始化编程及应用	193
8.2 可编程并行接口芯片 8255A	195
8.2.1 8255A 的内部结构与引脚功能	195
8.2.2 8255A 的控制字	197
8.2.3 8255A 的工作方式	198
8.2.4 8255A 的应用——键盘设计	200
8.3 可编程串行通信接口芯片 8251A	202
8.3.1 串行通信的基本概念	202
8.3.2 8251A 的功能及结构	207



8.3.3 8251A 的控制命令	210
8.3.4 8251A 的初始化编程与应用	211
思考与练习	215
第 9 章 模数、数模转换通道	217
9.1 微机系统的 A/D、D/A 通道	217
9.1.1 模拟量输入通道的组成	217
9.1.2 模拟量输出通道的组成	218
9.2 A/D 转换器及其接口	218
9.2.1 A/D 转换器的基本概念	218
9.2.2 模数 (A/D) 转换器的工作原理	220
9.2.3 典型 A/D 转换器介绍	222
9.3 D/A 转换器及其应用	225
9.3.1 D/A 转换器的主要性能参数	225
9.3.2 D/A 转换器的输入/输出特性	225
9.3.3 D/A 转换器的工作原理	226
9.3.4 D/A 转换器芯片	228
思考与练习	231
附录 A ASCII 字符集	232
附录 B 8086/8088 指令系统一览表	234
附录 C 通用汇编程序伪指令	238
附录 D 常用 DOS 功能调用 (INT 21H)	240
附录 E 常用 ROM-BIOS 功能调用	243
附录 F 汇编程序的开发过程	246
参考文献	252

第1章 微型计算机基础知识

【教学提示】

本章是学习微机原理及应用课程的基础。主要介绍微处理器的发展,微型计算机中数的表示方法及微机系统的组成。

本章的重点学习内容为微处理器的性能评价指标,计算机中数制间的转换,正数、负数原码、反码、补码间的转换,计算机系统的组成,以及内存地址与内存内容间的区别。

1.1 微处理器的发展

1.1.1 计算机的诞生

1945年,冯·诺依曼第一次提出了计算机组成和工作方式的基本思想。

(1) 计算机由运算器、控制器、存储器、输入和输出设备五大部分组成。

(2) 数据和指令以二进制代码形式不加区别地存放在存储器中,地址码也是二进制形式的,计算机能自动区别指令和数据。

(3) 编写好的程序事先存入存储器。控制器根据存放在存储器中的指令序列(即程序)来工作,由程序计数器(PC, Program Counter)控制指令的执行顺序。控制器具有判断能力,能根据计算结果选择不同的动作流程。

1946年,世界上第一台电子数字计算机 ENIAC (Electronic Numerical Integrator and Computer)在美国宾州宾夕法尼亚大学诞生。ENIAC 占地面积 150m^2 ,质量为 30t ($30\,000\text{kg}$),使用了 18000 多个电子管,功率为 150kW ,运算速度为 5000 次每秒。该计算机体积庞大,运行效率不高,但是它在微型计算机的历史上有着重要的意义。

1947年,贝尔实验室 Shockley 博士发明了被誉为“20 世纪最伟大发明”的晶体管。晶体管与电子管相比体积小、功耗低、载流子运行速度快,它开辟了电子时代的新纪元。

1949年,英国剑桥大学数学实验室率先制成电子离散时序自动计算机 EDSAC (Electronic Discrete Sequential Automatic Computer);美国则于 1950 年制成东部标准自动计算机 SEAC (Standard Eastern Automatic Computer)。至此,电子计算机发展的萌芽时期基本结束,进入现代计算机的发展时期。

从 1958 年开始,计算机用晶体管取代了电子管,这也使得计算机体积缩小、功耗降低、性能提高。

微处理器出现于 20 世纪 70 年代,是大规模集成电路发展的产物。在这之前,计算机的发展经历了电子计算机时期、晶体管计算机时期、中小规模集成电路计算机时期。

将计算机中的运算器和控制器集成在一片硅片上制成的集成电路作为微型计算机的中央处理部件(CPU, Central Processing Unit),称为微处理器。

微型计算机以微处理器为核心,再配上适量内存和接口电路组成。



微处理器的品质决定了微型计算机的性能,因此微处理器的发展历程也是微型计算机的发展历史。

1.1.2 微处理器的发展历程

美国 Intel 公司于 1971 年成功开发出全球第一块微处理器 4004 芯片,这一芯片最初被应用于一种计算器中。这一创举也开始了人类将智能内嵌于无生命设备的历程。

1. 全球第一块微处理器——4004

4004 主要用于处理算术运算,它集成了 2300 多个晶体管,具有 4 位带宽,工作频率为 108kHz,指令平均执行速度仅为 0.06MIPS,这些参数与当今流行的双核、四核微处理器无法相比,但它对微处理器领域的影响却远在后者之上。Intel 公司于 1972 年又推出 8008 芯片,8008 芯片是 4004 的翻版,但数据总线是 8 位的,代表了 8 位机时代的开始。

2. 新一代微处理器——8080

微处理器问世以后,众多公司开始着手研制微处理器,相继形成了以 Intel、Motorola、Zilog 三家公司为代表。继 4004 和 8008 之后,Intel 加大了在微处理器上开发的研制力度。在 1974 年又推出新一代微处理器 8080。8080 集成了 6000 个晶体管,其时钟频率为 2MHz。8080 是一个划时代的产品,它的诞生使得 Intel 有了真正意义上的 CPU。与此同时,Motorola 研制出了 MC6800,Zilog 公司研制出了 Z80,其内部集成了 9000 个晶体管,时钟频率达到 2MHz,它们是高性能的 8 位微处理器。

3. 第三代微处理器——16 位的 8086

Intel 于 1978 年推出 16 位的 CPU——8086,它的出现成为 20 世纪 70 年代微处理器发展史上的里程碑。与此同时,Motorola 公司推出了 MC68000,Zilog 公司推出了 Z8000。

Intel 8086 是真正意义上的 16 位微处理器,其内部集成了 29000 个晶体管,主频速率分别是 5MHz/8MHz/10MHz,寻址空间达到 1MB。MC68000 内部集成了 68000 个晶体管,Z8000 内部集成了 17500 个晶体管。这些微处理器的性能比第二代微处理器性能得到较大提高,这些微处理器的指令系统更加丰富。以这些微处理器为核心的微机系统采用了多处理器系统、中断技术和存储器分段管理等技术,使得微处理器的发展迈向一个新台阶。

为了方便原来 8 位机用户的习惯,Intel 推出了 8086 后不久便又推出了 8088,8088 是 8086 的一个简化版本,其内部结构仍为 16 位的,但外部数据线是 8 位的。1979 年,Intel 公司的这两款 CPU 得到了蓝色巨人——IBM 的青睐,IBM 采用 Intel 的 8086 与 8088 作为个人计算机 IBM PC 的 CPU,个人计算机时代从此诞生。

4. 第三代微处理器——16 位的 80286

80286 芯片于 1982 年 2 月 1 日正式发布,总线带宽为 16 位,集成了约 13 万个晶体管,因此性能有了很大提高,主频达到 20MHz,指令平均执行速度为 1.5MIPS,该处理器内部采用存储管理部件,使得系统的有限资源能用于多任务软件。而 80286 的 24 位地址总线使得它可以访问到 16MB 的地址空间。IBM PC/AT 采用 80286 作为微处理器,并采用支持 16 位数据传输的 ISA 总线标准。



5. 第四代微处理器——32 位的 80386

为了支持图形用户接口(GUI),1985 年 10 月,Intel 推出了第四代微处理器 80386。80386 是一块集成了 27.5 万个晶体管的全 32 位微处理器,其时钟频率为 33MHz,数据总线与地址总线均是 32 位的,具有 4GB 的物理寻址能力。为了加快浮点操作速度,与此同时,还成功推出了数值协同处理器 80387(也称浮点运算部件)。

6. 第四代微处理器——32 位的 80486

80486 处理器于 1989 年 4 月正式发布,这是一款在一个芯片内集成了 120 万个晶体管的 CPU。它使 Intel 第一次将微处理器晶体管的集成数目突破 100 万个,它不仅将浮点运算部件集成到芯片之内,同时还把大小为 8KB 的一级高缓冲存储器 Cache 也集成在 CPU 芯片内(在 CPU 与内存之间设计一个容量较小、速度很快的高速缓存,平时存放的是最频繁使用的指令和数据)。这种集成大大地加快了指令执行的速度,使指令平均执行时间由 80386 的 4.5 个时钟周期,降低到 80486 的 1.8 个时钟周期。80486 引进了时钟倍频技术(即用一种特殊电路使得大多数内部部件以输入时钟的倍频工作),但外部总线仍以外部时钟频率工作,使得 80486 可以和低速器件相接,同时使主频超过 100MHz 变为可能,倍频技术在后继 CPU 中一直沿用。

7. 第五代微处理器——64 位的 Pentium

Intel 于 1993 年推出了全新一代的高性能微处理器 Pentium, Pentium 是由拉丁文“五”Pente 和元素周期表公用后缀——IUM 组合而成的。其定义是 Pentium 为该公司的第五代产品,人们给它起了个好听的名字“奔腾”。Pentium 芯片内部集成了 310 万个晶体管,单是最初版本 66MHz 的奔腾运算性能就比 33MHz 的 80486DX 快 6~8 倍。较后继的奔腾,这种奔腾又叫经典奔腾(Classic Pentium)。

作为世界上第一个 586 微处理器, Pentium 也是第一个超频最多的微处理器,由于 Pentium 的制造工艺优良,所以整个系列的 CPU 浮点性能也是 CPU 中最强的,可超频性能最高。Pentium 家族中芯片的频率为 60MHz、66MHz、75MHz、90MHz、100MHz、120MHz、133MHz、150MHz、166MHz、200MHz。Pentium 内部配置了大小为 16KB 的一级高速缓冲存储器 Cache,使得 Pentium 的处理能力更加强大。

8. 第五代高性能奔腾——Pentium Pro

Intel 于 1996 年推出了新 X86 系列 CPU——Pentium Pro。Pentium Pro 内部集成了 550 万个晶体管,内部时钟频率为 133MHz。Pentium Pro 内的一级(片内)缓存 Cache 大小也只有 16KB。但在 Pentium 的封装中,除 Pentium Pro 芯片外,还包括了一个 256KB 的二级缓存。两个芯片间用高频宽的内部通信线互连,处理器与高速缓冲存储器 Cache 的连接线路也被安置于该封装中,使得高速缓冲存储器能更容易地运行在更高的频率上。

9. 第五代多能奔腾

Intel 于 1996 年底又推出了 Pentium 的改进版本,也就是通常说的 Pentium MMX(多能奔腾)。MMX 技术是 Intel 发明的一项多媒体增强指令技术,它的英文全称可译成“多媒体



扩展指令集”。MMX 是 Intel 公司在 1996 年为增强 Pentium CPU 在音像图形和通信方面而采用的新技术，它除增加了 57 条 MMX 指令外，还将 CPU 芯片内的一级高速缓存由原来的 16KB 增加到 32KB，因此带有 MMX 指令功能的 CPU 比普通 CPU 在运行含 MMX 指令的程序时，处理多媒体能力提高了 60% 左右。MMX 技术不但是一个创新，而且开创了 CPU 开发的新纪元。在 1999 年被评为最受欢迎的 CPU。Pentium MMX 系列主频有 3 种：166MHz、200MHz、233MHz。

10. 二代奔腾——Pentium II

1997 年 5 月，Intel 推出了与 Pentium Pro 同一档次的 Pentium II。Pentium II 中集成了 750 万个晶体管。Pentium II 采用与 Pentium Pro 相同的核心结构。Pentium II 比 Pentium Pro 增加了 MMX 指令，采用了 $0.28\mu\text{m}$ 的制造工艺，因此加快了这些晶体管的操作速度。一级缓存由 16KB 增加为 32KB，二级缓存增加到 512KB，在 Windows NT 下性能比 Pentium Pro（配有 256KB 的二级缓存）超出大约 25%。Pentium II 首次采用了 Slot 1 接口标准。

11. Pentium III

Pentium III 被称为“多能奔腾二代微处理器”，Intel 公司于 1999 年 2 月发布了 Pentium III 芯片。Pentium III 作为专为提高用户互联网计算体验而设计的微处理器，使用户尽享丰富的音频、视频、动画和栩栩如生的三维效果。1999 年 10 月，Intel 公司率先采用了 $0.18\mu\text{m}$ 的工艺技术，主频达到 733MHz，芯片内部集成了 2800 万个晶体管，体积变小，耗能更低，而性能更强，大幅提高了浮点运算的能力，Pentium III 由于增加了 MMX 指令，其在浮点运算和三维处理方面的能力明显增强。

Pentium III 所带来的主要技术创新是增加了 70 条互联网指令，SSE (Streaming SIMD Extensions, 数据流单指令多数据扩展) 指令和处理器序列号。SIMD 意为单指令多数据操作，它是高效率运算得以实现的基础。简单地说，SIMD 技术就是让 Pentium III 用一条指令完成以往需 4 条指令才能完成的任务，即在相同时间周期内，Pentium III 可以处理 4 倍于原来浮点运算的数据，Pentium III 一级缓存仍是 32KB，二级缓存是 512KB。

12. Pentium 4

2000 年 7 月，Intel 公司发布了代号为 Willamette 的 Pentium 4 微处理器，采用的是 NetBurst 新式处理机结构。Pentium 4 在数据加密、视频压缩和对等网络等方面的性能有了较大幅度的提高，主频从 1.4GHz 起步，外频为 400MHz，使用 SSE2 指令集，新增加 144 条指令（主要用来增强微处理器视频和音频方面的多媒体性能）。

1.1.3 未来微处理器的发展方向

在计算机发展的初期，处理器性能的提高主要是为了满足科学和工程计算的需求，非常重视浮点运算能力；而且主频不是很高，功耗的问题不是很突出。随着互联网和媒体技术的迅猛发展，网络服务和移动计算逐渐成为一种非常重要的计算模式，这一新的计算模式迫切要求微处理器具有响应实时性、处理流式数据类型的能力，支持数据级和线程级并行性，更高的存储和 I/O 带宽，低功耗，设计的可伸缩性及缩短芯片进入和退出市场的周期等。这就需要对处理器的微体系结构进行突破性的变革，这场变革应该是一场由复杂到简



单的变革,应该面向网络服务和媒体的应用,应该考虑低功耗的要求,应该采用层次的结构来简化物理设计的复杂度。目前,片内多处理器及多线程技术正在成为处理器体系结构设计热点。

计算机的诞生和发展使得人类的生存方式发生了巨变,微处理器作为计算机的核心,它会继续向高性能、智能化、网络化的方向发展。

1.2 计算机中数的表示方法

1.2.1 数制

数制是人们利用符号来计数的科学方法。数制有很多种,但在计算机的设计和使用中通常使用的计数方法有二进制、十进制、八进制和十六进制。由于用电子器件表示两种状态容易实现,所以电子计算机中一般采用二进制计数。但人们又习惯于使用十进制数。因此在掌握计算机原理之前,需要了解二进制、十进制、十六进制的表示方法及其相互转换。

1.2.2 无符号数的表示及运算

1) 十进制数的表示法

特点:①以10为底,逢10进位;

②需要10个数字符号0, 1, 2, 3, ..., 9。

任何一个十进制数 N_D 可表示为:

$$N_D = \sum_{i=-m}^{n-1} D_i \times 10^i \quad (1-1)$$

其中, m 表示小数位的位数; n 表示整数位的位数; D_i 为十进制数字符号0~9。

2) 二进制数的表示法

特点:①以2为底,逢2进位;

②需要两个数字符号0, 1。

一个二进制数可以表示为如下形式:

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

3) 十六进制数的表示法

特点:①以16为底,逢16进位;

②需16个数字符号0, 1, 2, ..., E, F。

一个十六进制数可以表示为:

$$N_H = \sum_{i=-m}^{n-1} H_i \times 16^i \quad (1-3)$$

1.2.3 数制的转换

1. 任意进制数转换为十进制数

二进制数、十六进制数,以至任意进制数转换为十进制数的方法很简单,可按式(1-2)和式(1-3)展开求和即可。



2. 十进制数转换成二进制数

1) 十进制整数转化为二进制整数

【例 1.1】 $13D=1101B$

2	13	
2	6	商6余1…… B_0
2	3	商3余0…… B_1
2	1	商1余1…… B_2
	0	商0余1…… B_3

十进制整数转化为二进制整数的方法是：用 2 连续去除十进制数，直至商为零为止，逆序排列余数，便是与该十进制数相对应的二进制数各位的数值。

2) 十进制小数转化为二进制小数

【例 1.2】 $0.8125D=0.1101B$

$$0.8125D \times 2 = 1.625 \quad \dots\dots B_{-1}=1$$

$$0.625D \times 2 = 1.25 \quad \dots\dots B_{-2}=1$$

$$0.25D \times 2 = 0.5 \quad \dots\dots B_{-3}=0$$

$$0.5D \times 2 = 1.0 \quad \dots\dots B_{-4}=1$$

所以， $0.8125D=0.1101B$

由上可见，十进制小数转换为二进制小数的方法是：连续用 2 去乘十进制小数，直至乘积的小数部分等于 0。顺序排列每次乘积的整数部分，便得到二进制小数相应各位的系数。

3. 二进制数的运算

二进制数的运算分为算术运算和逻辑运算。

1) 二进制数的算术运算

(1) 二进制数加法。

运算规则：

$$0+0=0$$

$$0+1=1$$

$$1+0=1$$

$$1+1=0 \text{ (向高位进 1)}$$

(2) 二进制数减法。

运算规则：

$$0-0=0$$

$$1-1=0$$

$$1-0=1$$

$$0-1=1 \text{ (向高位借 1)}$$

(3) 二进制数乘法。

运算规则：

$$0 \times 0 = 0 \times 1 = 1 \times 0 = 0$$

$$1 \times 1 = 1$$



(4) 二进制数除法。

二进制数除法是二进制乘法的逆运算，其计算方法与十进制数除法类似，也由减法、上商等操作分步完成。但是要求要用一个16位的二进制数除以一个8位的二进制数，或者用一个32位的二进制数除以一个16位的二进制数。

2) 二进制数的逻辑运算

(1) “与”运算 (AND)。

“与”运算可以用符号“ $\cdot$ ”或者“ $\wedge$ ”表示。

运算规则： $1 \cdot 1 = 1$

$$1 \cdot 0 = 0$$

$$0 \cdot 1 = 0$$

$$0 \cdot 0 = 0$$

(2) “或”运算 (OR)。

“或”运算可以用符号“ $+$ ”或者“ $\vee$ ”表示。

运算规则： $1 + 1 = 1$

$$1 + 0 = 1$$

$$0 + 1 = 1$$

$$0 + 0 = 0$$

(3) “非”运算 (NOT)。

设变量为A，“非”运算的结果用 $\bar{A}$ 表示。

规则如下： $\bar{0} = 1$

$$\bar{1} = 0$$

(4) “异或”运算 (XOR)。

“异或”运算用“ ∇ ”表示。

规则如下： $1 \nabla 1 = 0$

$$0 \nabla 0 = 0$$

$$1 \nabla 0 = 1$$

$$0 \nabla 1 = 1$$

1.2.4 带符号数的表示及运算

1. 带符号数的表示法

日常生活中遇到的数，除了上述无符号数外，还有大量的带符号数。数的符号在计算机中也用二进制数表示，通常二进制数的最高位表示数的符号。用数码“0”表示正数，符号“+”，用数码“1”表示负数，符号“-”。

有符号数在机器中的表示形式(8位)如下。



介绍一个概念——机器数。

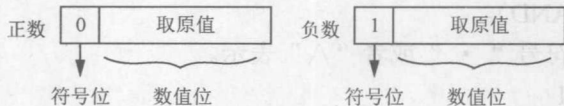
把一个数及其符号在机器中的表示加以数值化，这样的数称为机器数。而机器数所代



表的数称为该机器数的真值。机器数可以用不同的方法表示，常用的有原码、反码、补码表示法。

1) 原码

在用二进制原码表示的数中，符号位为“0”表示正数，符号位为“1”表示负数，其他各数值取原值不变。有符号的这种表示法称为原码表示法，在机器中的表示形式如下。



原码的表示范围为： $-(2^{n-1}-1) \sim +(2^{n-1}-1)$

8 位的原码表示范围为： $-127 \sim +127$

16 位的原码表示范围为： $-32767 \sim +32767$

原码简单易懂，且与真值转换方便，但使用两个原码将两个异号数相加或两个同号数相减就要做减法。这样计算机中就需要加一个符号比较电路和一个减法电路，增加了运算电路的复杂性。为了把上述运算转换成加法运算，简化计算机运算电路的结构，在计算机中引入了反码和补码。

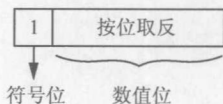
2) 反码

(1) 对于正数（字长=8）。

反码的表示与原码相同，即 $[X]_{\text{原}}=[X]_{\text{反}}$ 。

(2) 对于负数（字长=8）。

负数的反码表示，除符号位仍为“1”外，其余各位数值位按位取反，形式如下。



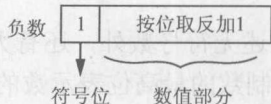
3) 补码

(1) 正数的补码。

正数的补码与它的原码和反码均相同。

(2) 负数的补码。

负数的补码表示，除符号位仍为“1”外，其余各数值位按位取反再加 1，即 $[X]_{\text{补}}=[X]_{\text{反}}+1$



对于 8 位二进制补码的数值范围为： $-128 \sim +127$

对于 16 位二进制补码的数值范围为： $-32768 \sim +32767$

(3) “0” 的原、反、补码 (8 位)。

$[+0]_{\text{原}}=00000000$

$[-0]_{\text{原}}=10000000$

$[+0]_{\text{反}}=00000000$

$[-0]_{\text{反}}=11111111$

$[+0]_{\text{补}}=00000000$

$[-0]_{\text{补}}=00000000$