

高等学校电子类系列教材

微型计算机原理 与接口技术

何小海 刘嘉勇 等编著

四川大学出版社



微型计算机原理与接口技术

何小海 刘嘉勇
严 华 宁 芊 宋翠家 编著
刘新民 陈文静

四川大学出版社

责任编辑：周树琴
封面设计：罗 光
责任校对：贾朝辉
责任印制：李 平
组稿策划：周树琴

图书在版编目 (CIP) 数据

微型计算机原理与接口技术 / 何小海等编著. — 成都：
四川大学出版社，2003.1

ISBN 7-5614-2520-1

I. 微... II. 何... III. ①微型计算机—基础理论
—高等学校—教学参考资料②微型计算机—接口—高等
学校—教学参考资料 IV. TP36

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2003) 第 002705 号

书名 微型计算机原理与接口技术

作者 何小海 刘嘉勇 等编著
出版 四川大学出版社
地址 成都市一环路南一段 24 号 (610065)
印刷 郫县犀浦印刷厂
发行 四川大学出版社
开本 787 mm × 1 092 mm 1/16
印张 30
字数 730 千字
版次 2003 年 1 月第 1 版
印次 2003 年 12 月第 2 次印刷
印数 2 001 ~ 5 000 册
定价 45.00 元

◆读者邮购本书，请与本社发行科
联系。电 话：85408408/85401670/
85408023 邮政编码：610065

◆本社图书如有印装质量问题，请
寄回出版社调换。

◆网址：www.scupress.com.cn

版权所有 ◆ 侵权必究

前 言

微机原理与接口技术是国家教育部规定的综合性大学电子信息类专业的专业基础课与专业主干课,也是信息与通信工程、电气工程、控制科学与工程、计算机科学与技术等各类专业必修的专业基础课和专业主干课。近十多年来,我们一直开设微机原理、接口技术这两门课程,根据国家教育部 1998 年新专业的基本要求和学分制教学改革的需要,我们将这两门课程合并为一门课程,即微机原理与接口技术。为了适应教学的需要,特编写了本书。

本书的主要内容有:微型计算机基础知识和计算机系统知识(第 1 章、第 2 章、第 6 课),80X86 汇编指令及程序设计(第 3 章、第 4 章),8086/8088 CPU 的总线操作与时序,存储器系统(第 5 章、第 7 章),输入输出接口与技术(第 8 章、第 11 章、第 12 章、第 13 章),中断与 DMA 技术,定时与计数技术(第 9 章、第 10 章)。

本书充分考虑了内容的精选与组织,在保证有较大信息量与较新内容的基础上,较好地体现了电子信息类专业的特点和要求。

本书有三个主要特点:

1. 将微机原理与接口技术两大部分有机地结合在一起,避免了这两部分独立设课,造成学时过多、交叉重复的问题。书中既重视基本概念的阐述,又突出了工程应用,使之在系统性和实用性上有较好的结合。

2. 重视基础知识的讲解,比如在 CPU 芯片方面,就着重以 8088/8086 为主,有利于在学习中掌握主要的内容,形成较为清晰的概念;同时书中也介绍了计算机系统的新的发展情况和趋势,便于读者的学习和应用。

3. 注意培养学生的实际动手能力,书中提供了丰富的例题和较为典型的习题,并附上了实验内容,这有利于学生的学习和提高。

本书可作为电子信息、电气信息、计算机技术专业的本科生教材;也可作为其他非电类专业的本科生教材(将部分章节作为选讲内容);也可供研究生和工程技术人员参考。

本书是由参加编写的教师集体讨论、分工编写、交叉修改后完成的,参加编写的主要人员有何小海、刘嘉勇、严华、刘新民、宁芊、陈文静、宋翠家等。

本书由何小海、刘嘉勇担任主编，并负责大纲拟定、组织编著与统稿工作。

四川大学电子信息学院无线电系电子二教研室的全体同仁对本书的编写和出版给予了许多关心和支 持，滕奇志、蔡锦成等老师对于编写工作提出了宝贵的意见，蔡锦成老师还对实验部分的编写给予了帮助。电子信息学院也将本课程列为全院 5 个专业的专业基础平台课，院领导对本课程的建设给予了大力的支持，借本书出版之机，向他们表示最诚挚的感谢！

在本书的出版过程中，得到了四川大学出版社领导及周树琴老师的诸多帮助，在此表示诚挚的谢意！

由于编著者水平所限，加之编写工作的时间较为紧张，书中难免有错误和不当之处，恳请读者批评指正。

编著者

2003 年 1 月 6 日于四川大学

目 录

第 1 章 微型计算机基础知识	(1)
1.1 微型计算机发展概况	(1)
1.2 计算机中的数的表示方法	(3)
1.2.1 计算机中的数制	(3)
1.2.2 计算机中常用的编码	(6)
1.2.3 计算机中有符号数的表示方法	(9)
1.3 微型计算机系统的组成	(16)
1.3.1 微型计算机硬件系统的组成	(16)
1.3.2 微型计算机软件系统的组成	(20)
1.4 微型计算机的工作过程	(23)
思考题与习题	(28)
第 2 章 80X86/Pentium 微处理器内部结构	(30)
2.1 8086/8088 微处理器	(30)
2.1.1 8086/8088CPU 的结构与特点	(30)
2.1.2 寄存器配置	(34)
2.2 80X86/Pentium 微处理器的结构与特点	(38)
2.2.1 80286	(38)
2.2.2 80386	(39)
2.2.3 80486	(40)
2.2.4 Pentium 系列	(41)
思考题与习题	(46)
第 3 章 指令系统	(47)
3.1 基本概念	(47)
3.1.1 指令与指令系统	(47)
3.1.2 CISC 和 RISC	(47)
3.1.3 指令的基本格式	(48)
3.2 指令的寻址方式	(48)
3.2.1 寻址与寻址方式	(48)
3.2.2 8086/8088 寻址方式	(49)

3.3 8086/8088 指令系统	(57)
3.3.1 数据传送指令	(57)
3.3.2 算术运算指令	(66)
3.3.3 逻辑运算、移位指令和循环移位指令	(75)
3.3.4 控制转移指令	(80)
3.3.5 串操作指令	(88)
3.3.6 处理器控制指令	(92)
3.4 8086/8088 指令格式及执行时间	(94)
3.4.1 指令的基本构成	(94)
3.4.2 指令的执行时间	(97)
3.5 Intel 32 位微处理器寻址方式及指令系统	(98)
3.5.1 寻址方式	(98)
3.5.2 指令系统	(100)
思考题与习题	(109)
第 4 章 汇编语言程序设计	(113)
4.1 概述	(113)
4.2 汇编语言基本语法	(114)
4.2.1 汇编语言源程序格式	(114)
4.2.2 汇编语言语句类型及组成	(115)
4.2.3 数据项及表达式	(116)
4.3 指示性语句	(120)
4.3.1 符号定义语句	(120)
4.3.2 数据定义语句	(121)
4.3.3 段定义语句	(123)
4.3.4 过程定义语句	(125)
4.3.5 其他指示性语句	(126)
4.4 汇编语言程序设计概述	(127)
4.4.1 程序的质量标准	(127)
4.4.2 编写汇编语言程序的步骤	(127)
4.4.3 程序流程图	(128)
4.4.4 有关 I/O 的 DOS 功能调用	(128)
4.5 顺序程序设计	(130)
4.6 分支程序设计	(132)
4.7 循环程序设计	(135)
4.8 子程序设计	(137)
4.8.1 寄存器传送参数	(138)
4.8.2 利用存储单元传送参数	(140)

4.8.3 利用堆栈传送参数	(141)
4.9 汇编语言程序设计举例	(142)
4.10 高级语言调用汇编语言程序	(150)
4.10.1 C 语言调用汇编语言程序	(150)
4.10.2 举例	(152)
思考题与习题	(153)
第 5 章 8086/8088 CPU 的总线操作与时序	(156)
5.1 总线结构与总线标准概述	(156)
5.2 8086/8088 引脚及功能	(157)
5.2.1 8088CPU 引脚功能	(158)
5.2.2 8086CPU 引脚功能	(163)
5.3 8086/8088 支持芯片	(163)
5.3.1 8284 时钟发生器	(164)
5.3.2 8282/8283 8 位三态输出锁存器	(165)
5.3.3 8286/8287 并行双向总线驱动器	(165)
5.3.4 8288 总线控制器	(167)
5.4 8088 的工作模式	(168)
5.4.1 最小模式系统	(168)
5.4.2 最大模式系统	(169)
5.5 8086/8088CPU 时序	(170)
5.5.1 时序概述	(170)
5.5.2 8086/8088 典型时序分析	(171)
5.5.3 最大模式系统的时序简介	(175)
思考题与习题	(175)
第 6 章 微型计算机系统结构	(176)
6.1 80X86/Pentium 系列微机硬件系统	(176)
6.1.1 微型计算机体系结构概述	(177)
6.1.2 IBM PC/XT 微机硬件系统	(177)
6.1.3 IBM PC/AT 微机硬件系统	(181)
6.1.4 386、486 微机的硬件特点	(183)
6.1.5 Pentium 以上微机系列的硬件特点	(184)
6.1.6 芯片组简介	(184)
6.2 微机系统的内存结构	(185)
6.2.1 内存分层	(185)
6.2.2 高速缓存 Cache	(186)
6.2.3 虚拟存储器	(188)

6.3 微机系统常用的总线标准介绍	(190)
6.3.1 系统总线	(191)
6.3.2 PCI 局部总线	(195)
6.3.3 通信总线	(199)
思考题与习题	(200)
第 7 章 半导体存储器	(202)
7.1 概述	(202)
7.1.1 存储器的分类	(202)
7.1.2 半导体存储器的性能指标	(205)
7.2 读写存储器 RAM	(206)
7.2.1 静态 RAM (SRAM)	(206)
7.2.2 动态 RAM (DRAM)	(208)
7.3 只读存储器 ROM	(211)
7.3.1 掩膜只读存储器 ROM	(211)
7.3.2 可编程 ROM (PROM)	(212)
7.3.3 紫外光擦除可编程 ROM (EPROM)	(213)
7.3.4 电可擦除的可编程 ROM (E ² PROM)	(215)
7.3.5 闪速存储器 (Flash Memory)	(217)
7.4 存储器与微处理器的连接	(219)
7.4.1 存储器的工作时序	(219)
7.4.2 存储器组织结构的确定	(220)
7.4.3 存储器地址分配与译码电路	(222)
7.4.4 存储器与微处理器的连接	(224)
7.4.5 存储器扩展寻址	(227)
思考题与习题	(229)
第 8 章 输入输出接口技术	(231)
8.1 接口技术基本概念	(231)
8.1.1 接口的必要性	(231)
8.1.2 接口的功能	(232)
8.1.3 分析与设计接口电路的基本方法	(234)
8.1.4 CPU 与 I/O 设备之间的接口信息	(235)
8.1.5 I/O 端口的编址方式	(237)
8.2 输入输出传送方式	(238)
8.2.1 无条件传送方式	(238)
8.2.2 查询传送方式 (条件传送方式)	(238)
8.2.3 中断传送方式	(242)

8.2.4 直接存储器存取 (DMA) 传送方式	(243)
8.3 I/O 端口地址分配与地址译码	(245)
8.4 I/O 端口地址译码与读写控制	(246)
8.4.1 I/O 地址译码方法	(246)
8.4.2 I/O 地址译码电路的几种方式	(246)
8.5 用 GAL 实现端口地址译码和读写控制	(248)
思考题与习题	(251)
第 9 章 中断与 DMA 技术	(253)
9.1 中断的基本概念	(253)
9.1.1 中断	(253)
9.1.2 中断处理过程	(254)
9.2 PC 系列机的中断结构	(256)
9.2.1 内部中断	(256)
9.2.2 外部中断	(257)
9.2.3 中断矢量和中断矢量表	(258)
9.2.4 中断矢量的装入	(261)
9.3 8259A 可编程中断控制器	(262)
9.3.1 8259A 可编程中断控制器的特点	(262)
9.3.2 8259A 的框图和引脚	(262)
9.3.3 中断触发方式和中断响应过程	(265)
9.3.4 8259A 的编程控制	(266)
9.3.5 8259A 的工作方式	(274)
9.4 PC 系列微机的中断	(277)
9.4.1 PC/XT 系统中的中断	(277)
9.4.2 在 PC/AT 系统中的中断	(278)
9.5 可编程 DMA 控制器	(280)
9.5.1 DMA 传送过程及工作状态	(280)
9.5.2 可编程 DMA 控制器 8237A - 5	(281)
9.5.3 PC 机的 DMA 电路简介	(291)
思考题与习题	(294)
第 10 章 定时与计数技术	(295)
10.1 概述	(295)
10.2 可编程定时器/计数器 8253	(296)
10.2.1 外部特性与内部逻辑	(296)
10.2.2 读写操作及编程命令	(298)
10.2.3 工作方式及特点	(299)

10.3 定时/计数器 8253 的应用举例	(304)
10.3.1. 8253 在发声系统中的应用	(304)
10.3.2. 8253 在数据采集系统中的应用	(305)
思考题与习题	(307)
第 11 章 并行接口与串行接口	(308)
11.1 概述	(308)
11.2 可编程并行接口芯片 8255A	(308)
11.2.1 8255A 的基本特性	(308)
11.2.2 8255A 的外部引线与内部结构	(309)
11.2.3 8255A 的编程命令	(311)
11.2.4 8255A 的工作方式	(312)
11.2.5 8255A 应用举例	(318)
11.3 串行通信的基本概念	(324)
11.3.1 串行通信的特点	(324)
11.3.2 串行通信传输方式	(325)
11.3.3 信息的检错与纠错	(327)
11.3.4 传输速率与传送距离	(328)
11.4 串行通信协议	(328)
11.4.1 异步通信协议	(329)
11.4.2 同步通信协议	(330)
11.5 串行接口标准简述	(334)
11.5.1 EIA RS-232C 接口标准	(334)
11.5.2 RS422, RS423, RS485 接口标准	(335)
11.6 串行通信接口设计	(336)
11.6.1 串行通信接口的基本任务	(336)
11.6.2 串行接口电路的组成	(336)
11.7 可编程串行接口芯片 8251A	(337)
11.7.1 8251A 的基本性能	(337)
11.7.2 8251A 的内部逻辑与外部引脚	(338)
11.7.3 8251A 的控制字与状态字	(341)
11.7.4 应用举例	(345)
思考题与习题	(347)
第 12 章 人机交互接口	(348)
12.1 键盘接口	(348)
12.1.1 键盘与键盘接口原理	(348)
12.1.2 PC 系列机键盘及接口	(351)

12.2 LED 显示器接口	(354)
12.2.1 LED 显示器及显示原理	(354)
12.2.2 一位 LED 显示器接口	(355)
12.2.3 多位 LED 显示器接口	(356)
12.3 CRT 显示器接口	(359)
12.3.1 概述	(359)
12.3.2 CRT 显示器及显示原理	(360)
12.4 打印机接口	(366)
12.4.1 打印控制原理	(366)
12.4.2 打印机接口方法	(367)
12.5 鼠标器接口	(372)
12.6 触摸屏接口	(373)
思考题与习题	(374)
第 13 章 模拟量输入输出接口	(376)
13.1 概述	(376)
13.2 模拟量输出接口	(377)
13.2.1 数模转换器 (DAC) 的基本原理	(377)
13.2.2 DAC 的主要参数指标	(378)
13.2.3 D/A 转换器的选择要点	(379)
13.2.4 D/A 转换器与微机系统的连接	(380)
13.3 模拟量输入接口	(389)
13.3.1 A/D 转换的方法和原理	(389)
13.3.2 ADC 的主要参数指标	(393)
13.3.3 ADC 与系统的连接	(395)
13.3.4 典型 8 位 A/D 转换芯片: ADC0809	(397)
13.3.5 典型 12 位 A/D 转换芯片: AD574	(401)
13.4 采用 DMA 方式的 A/D 转换器接口电路	(405)
13.4.1 电路分析与设计	(406)
13.4.2 DMAC 初始化程序	(407)
13.5 微机中的模拟输入输出通道	(408)
13.5.1 模拟通道的电路组成	(408)
13.5.2 模拟通道的结构形式	(409)
思考题与习题	(410)
附录一 实验指导书	(413)
实验一 汇编语言源程序的建立及执行程序的主成	(413)
实验二 多字节十进制数加法/减法	(414)

实验三 码制转换	(415)
实验四 字符显示	(417)
实验五 字符串的输入/输出	(418)
实验六 电子表实验	(421)
实验七 8255 并行输入输出接口	(421)
实验八 825A 中断控制器实验	(422)
实验九 8253 计数/定器	(424)
实验十 0809A/D 转换器实验	(426)
实验十一 LED 显示实验	(428)
附录二 8086/8088 指令系统表	(432)
附录三 DOS 中断调用表	(447)
附录四 DOS 系统功能调用表	(450)
附录五 BIOS 中断功能调用表	(460)
参考文献	(467)

第1章 微型计算机基础知识

1.1 微型计算机发展概况

电子计算机是20世纪最伟大的科技成就之一。时至今日,计算机已成为人们生活、工作中必不可少的工具或设备之一,并且在一定程度上标志着生产力水平的高低。计算机是人类高科技发展最快的、影响最为远大的科学技术之一。自从1945年世界上第一台电子计算机问世以来,随着计算机逻辑元器件的不断更新,它已经历了电子管、晶体管、中小规模集成电路以及大规模和超大规模集成电路等四代发展时期。

微型计算机(MC)是建立在大规模和超大规模集成电路的技术基础上的第四代计算机的总称,它有体积小、重量轻、功能日益强大、更新发展迅速、应用面广等特点。构成微机的最重要的部件是中央处理器(也称微处理器),即通常所说的CPU(Central Processing Unit)。CPU是一台计算机的核心所在,相当于人的大脑。CPU通常包括计算机的控制器和运算器。从486开始已经把Cache(高速缓冲器)集成到CPU内部了。是否采用微处理器作为计算机的CPU,这是微型机和大、中、小型计算机的主要区别,并且CPU作为整个微机系统的核心,也就成了各种档次微机的代名词,如286,386,486,Pentium II,Pentium III等。下面就微处理器的发展历程作简单介绍。

1971年,美国Intel公司成功地研制出Intel 4004微处理器,这不但是第一个用于计算器的4位微处理器,也是第一款个人有能力买得起的电脑微处理器。4004含有2300个晶体管,功能相当有限,速度也很慢,当时的蓝色巨人IBM以及大部分商业用户对它不屑一顾。但是,毕竟是划时代的产品。从此以后,Intel公司便与微处理器结下了不解之缘。可以这么说,近年来CPU的发展历程也就是Intel公司的X86系列的发展历程。

从Intel 4004微处理器开始,微型计算机技术便获得了飞速发展,微处理器及微型计算机的发展正日新月异。纵观其发展历史,仅仅20多年的时间,已经推出了4代微处理器产品。

第一代(1971年至1972年):这一时期微处理器是以Intel公司推出的4位微处理器4004和8008作为典型代表,其集成度为每片两千多只晶体管,时钟频率为2MHz。

第二代(1973年至1977年):这一时期微处理器的代表产品是美国Intel公司的8080/8085、MOTOROLA公司的6800和ZILOG公司研制的Z80,其集成度为每片9000只晶体管,时钟频率为5MHz,而且它们的CPU总线已扩展至8位,是高性能的8位微处理器。

第三代(1978年至1981年):1978年,Intel公司首次生产出16位的微处理器8086/8088,这一时期的代表产品是美国Intel公司的8086/8088,ZILOG公司的Z8000和

MOTOROLA 公司的 68000, 它们均为 16 位微处理器, 又称为第一代超大规模集成电路的微处理器, 其集成度为每片 2.9 万只晶体管, 时钟频率为 8MHz。它们采用 HMOS 高密度工艺, 运算速度比 8 位机快 2~5 倍, 赶上或超过了 20 世纪 70 年代小型机的水平。1981 年 8088 芯片首次用于 IBM PC 机中, 开创了全新的微机时代。也正是从 8088 开始, PC 机 (个人电脑) 成为全新的概念在全世界范围内流行起来。

第四代 (1981 年以后): 20 世纪 80 年代以后, 微处理器进入第四代产品, 向系列化方向发展。1982 年, Intel 公司推出了划时代的最新产品——80286 芯片, 该芯片比 8086 和 8088 都有了飞跃的发展。虽然它仍然是 16 位的结构, 但在 CPU 内部集成有 13.4 万只晶体管, 时钟频率由最初的 6MHz 提高到 20MHz。其内部和外部数据总线均为 16 位, 地址总线是 24 位, 可寻址 16MB 内存。从 80286 开始, CPU 的工作方式也演变出两种来: 实模式和保护模式。到 1985 年以后 Intel 公司又相继推出了性能更高、功能更强的 80386 和 80486 微处理器。它们与 8086 向上兼容, 是 32 位微处理器。80386 的内部和外部数据总线都是 32 位, 地址总线也是 32 位, 可寻址达 4GB 内存。当时在国内, 能用上 386 (简称) 那是非常了不起的事, 尽管现在看来它是又贵又慢。

进入 90 年代以来, Intel 公司在开发新一代微处理器技术方面继续领先。1993 年 3 月, Intel 发布了它的全新的微处理器 Pentium 系列产品, 中文称之为奔腾系列。从此 CPU 进入奔腾时代。到目前, 奔腾系列微处理器和奔腾系列计算机的集成度越来越高, 工作频率、基本指令的工作速度也越来越高。这些高档次微机的出现使计算机在多媒体、网络、科学计算、智能化发展等领域的应用越来越深入和普遍。

在介绍各部分内容之前, 先简单介绍几个重要的概念。

1. 位 (Bit)

位是计算机所能表示的最基本、最小的数据单元。计算机采用的是二进制数据, 每一个“位”只能有两种状态: 0 或 1。

2. 字和字长

字 (Word) 是计算机内部进行数据处理的基本单位。每一个字所包含的二进制数的位数称为字长。通常它与计算机内部的寄存器、运算装置、总线的宽度一致, 也是计算机的性能的一个重要的表现。字长越长, 代表计算机的性能越高。目前各种字长的微机, 从 8 位、16 位、32 位到 64 位都有。主流计算机的字长为 64 位, 而 128 位计算机为其发展方向。20 世纪 70 年代通用微型机的字长为 8 位。

3. 字节 (Byte)

为了表达上的方便, 把相邻的 8 位二进制数称为一个字节, 即 1byte = 8bit。可见, 字节的长度是固定的, 是人为约定的, 这和字长是不同的。比如: 8 位机的字长等于一个字节, 16 位机的字长等于 2 个字节, 64 位微机的字长等于 8 个字节等。

4. 单板机

单板机是一种功能简单, 价格低廉, 专为特殊应用 (如简单的控制) 而将 CPU、ROM、RAM、I/O 口及其他辅助电路全部印刷在一块电路板上的低档微机。

5. 单片机

单片机是将 CPU、ROM、RAM、I/O 口电路全部集成在一块芯片上, 具有基本功能的特

殊的计算机。它具有体积小（高度集成为一块芯片）、可靠性高、价格低、可开发等优点，被广泛地用于智能仪器仪表、工业实时控制、智能终端、家电、汽车等，目前发展势头迅猛。

6. 微机

微机即我们常用的计算机的简称。其发展最为迅速，功能最为强大，应用最为广泛，也是我们这本书将要讨论的对象。

1.2 计算机中数的表示方法

我们把计算机能够处理的信息，如文字、数据、声音、图形图像等统称为数据。具有数值大小和正负特征的数据称为数值数据，文字、图形图像、声音之类的数据称为非数值数据。所有这些数据在计算机中如何表示和处理呢？下面详细讨论。

1.2.1 计算机中的数制

数制是人们利用符号来计数的科学方法。数制有很多种，我们日常生活中常用的是十进制数，包含 10 个基数 0~9。而计算机是由电子元器件组成的硬件，它的数制是以电子元器件的物理状态来表示的，比如电路中开关的开、关两种状态，或者电压的高、低两种状态，分别用“1”和“0”两个数来表示，这就构成了计算机中的二进制数。为了书写和阅读的方便，还采用了八进制和十六进制数。它们都有共同的特点：均为进位计数制而且相互之间可以转换。我们一定要熟练地掌握各种进制数的表示方法、进位方法以及各种进制数之间的转换方法。

下面我们将详细讨论数制的问题。

一、数制的基与权

在一种记数制中，表示每个数位上可用字符的个数称为该记数制的基数。例如，十进制记数制中有 0~9 共 10 个字符，基数为 10；二进制记数制中只有“0”和“1”两个字符，基数为 2。一个数值中的每一个数码表示的值不仅取决于该数码本身的值，还取决于它所处的位置，如十进制中的个、十、百、千、万等位，每一位都有自己的权。

例如： $(3428)_{10} = 3 \times 10^3 + 4 \times 10^2 + 2 \times 10^1 + 8 \times 10^0$ ，其中 10^n 为相应各位的权。

又如： $(10011)_2 = 1 \times 2^4 + 0 \times 2^3 + 0 \times 2^2 + 1 \times 2^1 + 1 \times 2^0$ ，其中 2^n 为相应各位的权。

以此类推，八进制（Octave System）的基数为 8，使用的数为 0, 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7，共 8 个数；各位的权是以 8 为底的幂，即 $8^0, 8^1, 8^2, 8^3 \dots$

十六进制（Hexadecimal System）的基数为 16，使用的数为 0, 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, A, B, C, D, E, F，共 16 个数；各位的权是以 16 为底的幂，即 $16^0, 16^1, 16^2, 16^3 \dots$ 。在十六进制中，A, B, C, D, E, F 分别代表 10 进制数中的 10, 11, 12, 13, 14, 15。

二、二进制的特点

计算机中采用的是二进制数，那么与其他数制相比，二进制数有什么特点呢？

1. 数制简单、容易表示

二进制数只有“0”和“1”两种数码，任何具有两个不同稳定状态的元件，都可以用来表示二进制数的每一位。而制造具有两个稳定状态要比制造多稳定状态（如10个稳定状态）的元件容易得多，如晶体管的导通和截止，开关的开和关，电容的充电和放电，电压的高与低，磁芯两个不同状态的磁化等。在计算机中通常采用电平的“高”“低”或脉冲的“有”“无”来分别表示“1”和“0”。这种简单的工作状态稳定可靠，抗干扰能力强。

2. 节省设备

若采用十进制数，则有0~9共10个数码，表示一个数位共需10个完全不同的设备状态。如果用二进制数来表示十进制数，则一位十进制数可用4位二进制数来表示。二进制数的每一位只有两个状态，4位总共16个状态，其表示范围为0000~1111，即0~15。这说明采用二进制数，可以节省设备。这在相关的脉冲电路、数字电路等的书籍中也有阐述，读者可自己阅读以加深理解。

3. 运算规则简单

二进制运算的规则非常简单，所以在计算机中实现二进制运算的线路也大为简化。有关运算规则将在后面介绍。

三、数制之间的转换

任一记数制中的一个数都可按它的权展开表示，即

$$S = \sum_{i=-m}^{n-1} r_i R^i$$

式中， r 为该记数制中的任一个数字， R 为基数，如十进制中 $R=10$ ，二进制中 $R=2$ ，以此类推。

将某种进制数按权展开，算得的值就是该数转换为十进制的等价值，亦即任意进制数转换成十进制数的方法。下面我们分别将各种转换作详细介绍。

1. 十进制转换成二进制

整数用“除2取余”的方法，小数部分用“乘2取整”的方法，如 $(25.78)_{10}$ 的转换成二进制的方法如下：

2	25	取余数	低位	0.78	取整数	高位
				$\times 2$		
				1.56	1	
				$\times 2$		
2	12	1	高位	1.12	1	低位
2	6	0		$\times 2$		
2	3	0		0.24	0	
				$\times 2$		
				0.48	0	
				$\times 2$		
				0.96	0	

$$(25.78)_{10} = (11001.11000)_2$$