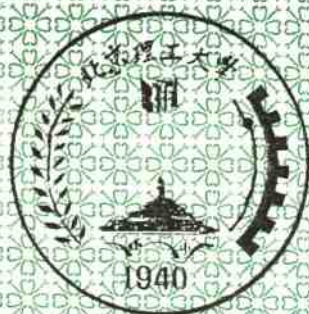


微型计算机原理与应用

徐德元编著



北京理工大学

一九九八年十二月

目 录

第一章 概述

第一节 引 言-----	1
一, 微型计算机的出现和发展-----	1
二, 微处理器与微型计算机系统-----	3
三, 微型计算机系统分类-----	4
四, 微型计算机特点与应用-----	5
第二节 计算机中的数制与编码-----	6
一, 进位计数制: -----	5
二, 各种进位制数间的转换-----	7
三, 二进制数的运算-----	9
四, 带符号数表示法-----	9
五, 数的定点和浮点表示-----	12
六, 二进制编码及汉字编码-----	15
A S C I I (美国标准信息交换码)表-----	17
第三节 微型计算机体系结构-----	20
一, 硬件-----	20
二, 软件-----	22
习题-----	25

第二章 8086 微处理器

第一节 8086 编程结构-----	26
一, 总线接口部件-----	27
二, 执行部件-----	27
三, 标志寄存器-----	28
四, 8086寄存器组总结-----	30
五, 总线接口部件和执行部件的动作管理-----	30
六, 8086的总线周期概念-----	31
七, 堆 栈-----	32
第二节 8086 的存储器组织和I / O组织-----	33
一, 存储器组织-----	33
二, 8086的I/O组织-----	35
第三节 8086 引脚和工作模式-----	36
一, 最小模式和最大模式概念-----	36
二, 8086/8088的引脚和功能-----	36
三, 最小模式-----	39
四, 最大模式-----	41

第四节 8086 的操作和时序-----	44
一, 系统的复位和启动操作-----	44
二, 总线操作-----	45
三, 中断操作-----	47
四, 最小模式下的总线请求与允许-----	47
五, 最大模式下的总线请求与允许-----	48
习题二-----	49

第三章 8086 的寻址方式和指令系统

第一节 8086 的寻址方式-----	50
一, 对操作数的寻址方式-----	50
二, 对程序转移地址的寻址方式-----	54
第二节 8086 指令系统的概况-----	56
一, 指令格式-----	56
二, 指令执行时间-----	60
第三节 8086 指令系统-----	61
一, 传送指令-----	61
二, 算术运算指令-----	66
三, 逻辑运算和移位指令-----	72
四, 串操作指令-----	74
五, 控制转移指令-----	76
六, 处理器控制指令-----	81
习题三-----	83

第四章 汇编语言程序格式

第一节 汇编程序功能-----	84
一, 基本概念-----	84
二, 编写汇编程序的步骤-----	84
三, 汇编程序的主要功能-----	84
第二节 伪操作-----	85
一, 数据定义和存储器分配伪操作-----	85
二, 表达式赋值伪操作-----	87
三, 段定义伪操作-----	88
四, 程序开始和结束伪操作-----	90
五, 对准伪操作-----	90
第三节 汇编语言程序格式-----	91

一, 名字项-----	92
二, 操作项-----	92
三, 操作数项-----	92
第四节 汇编语言程序的上机过程-----	96
一, 建立汇编语言的工作环境-----	96
二, 建立ASM文件-----	96
三, 用ASM(或MASM)程序产生OBJ文件-----	97
四, 用LINK程序产生EXE文件-----	97
五, 程序的执行-----	98
六, COM文件-----	99
习题四-----	100

第五章 微型计算机和外设的数据传输

第一节 接口电路的一般问题-----	101
一, 接口电路-----	101
二, CPU和输入/输出设备之间的信号-----	101
三, 接口部件的I/O端口-----	102
第二节 CPU和外设之间的数据传送方式-----	104
一, 程序方式:-----	104
二, 中断传送方式-----	108
三, 直接数据通道传送(DMA)方式-----	112
第三节 中断技术-----	113
一, 概述-----	113
二, 8086的中断结构-----	113
三, 8086的中断处理过程-----	115
四, 中断矢量表-----	115
五, INTR中断过程-----	115
习题五-----	117

第六章 串行通信和接口技术

第一节 接口的功能以及在系统中的连接-----	118
一, 接口的功能-----	118
二, 接口与系统的连接-----	118
第二节 串行接口和串行通信-----	119
一, 串行接口-----	119
二, 串行通信涉及的几个问题-----	119
三, 有关串行通信的物理标准-----	121

第三节 可编程串行通信接口8 2 5 1 A	125
一, 8 2 5 1 A 的基本性能	125
二, 8 2 5 1 A 的基本工作原理	125
三, 8 2 5 1 A 的编程	129
四, 8251A编程举例	132
习题六	133

第七章 并行通信和接口技术

第一节 并行通信和并行接口	134
一, 并行通信	134
二, 并行通信接口应具有的功能	134
三, 典型芯片示意	134
第二节 可编程并行通信接口	135
一, 8255A内部功能结构	135
二, 8255A的芯片引脚信号	136
三, 8255A的工作方式	137
四, 8255A的控制字	139
五, 8255A工作方式中的控制信号	140
六, 应用举例	142
习题七	142

第八章 计数器/ 定时器

第一节 概 述	142
一, 基本原理及功能	143
二, 典型的间隔计时器/ 事件计数器	143
第二节 8253可编程间隔定位器/ 事件计数器	143
一, 8253工作原理	143
二, 8253的工作方式	147
第三节 应用实例	150
习题八	151

第九章 可编程中断控制器(PIC)8 2 5 9 A

第一节 中断控制器工作原理及编程结构	152
一, 工作原理及编程结构	152

二, 8259A的引脚和功能-----	153
三, 工作方式-----	154
第二节 8259A初始化命令字和操作命令字-----	157
一, 初始化命令字-----	157
二, 初始化流程-----	160
三, 操作命令字-----	160
习题九-----	163

第十章 DMA 控制器

第一节DMA 控制器功能和一般结构-----	164
一, DMA 控制器基本功能:-----	164
二, 一般结构:-----	164
三, DMA 系统:-----	165
第二节 8237A 工作原理及编程结构-----	165
一, 主要性能及功能结构:-----	165
二, 编程结构:-----	167
三, 引脚和编程结构:-----	168
第三节 8237A 内部寄存器及编程命令-----	170
一, 内部寄存器:-----	170
习题十-----	174

第十一章 半导体存储器

第一节 存储器分类-----	175
一, 半导体存储器的主要类型-----	175
二, RAM的种类-----	176
三, ROM的种类-----	176
四, 主要性能指标-----	177
五, 存储器的组成结构-----	177
第二节 读写存储器RAM-----	178
一, 基本存储电路-----	178
二, RAM的结构-----	181
第三节 只读存储器ROM-----	185
一, 掩模只读存储器-----	185
二, 可编程的只读存储器PROM-----	185
三, 可擦除可编程的只读存储器EPROM-----	185
第四节 存储器与CPU接口-----	187

一, RAM与CPU的连接中应考虑的问题-----	187
二, CPU 总线的负载能力-----	187
三, 存储器容量选择和CPU与存储器间地址总线, 数据总线-----	188
四, 存储器地址分配与片选信号-----	188
五, 8086CPU与存储器接口-----	190

第十二章 微型计算机系统与总线

第一节 概 述-----	192
一, 微机系统的构成与发展-----	192
二, 微机系统的分类-----	192
三, 微机系统的硬件和软件-----	192
第二节 标 准 总 线-----	192
一, 概述-----	192
二: MULTIBUS 多总线-----	193
三: S-100 总线: (内总线) -----	195
四: STD 总线-----	196
五: 其它内总线-----	196
六: IEEE-488总线: (外总线) -----	197
第三节 几种微机总线标准-----	198
一: ISA 总线-----	198
二: MCA 总线-----	198
三: EISA 总线-----	198
四: VL-Bus (VES A) 总线-----	199
五: PCI 总线-----	200

附录(8086/8088指令系统)

一, 数据传送指令: -----	201
二, 算术操作指令: -----	205
三, 逻辑和移位指令: -----	211
四, 串操作指令: -----	214
五, 程序调用和控制转移指令: -----	216
六: 处理器控制指令: -----	222

第一章 概 述

第一节 引 言

一、微型计算机的出现和发展:

(一)、计算机发展进程:

把程序控制引入计算机的第一人是巴贝奇(Charles Babbage)。研究花费了近40年的时间。霍勒力斯(Herman Hollerith)发明了第一台实用的卡片程序控制计算机,用卡片存储大量数据并用卡片进行控制的数据处理机,1890年曾用于人口普查工作,对6200万人的数据进行记录,编辑和制表处理,共花了两年时间。

2: 计算工具的现代化和飞速发展是从本世纪开始的。1925年左右,布什(Vannever Bush)领导制造了第一台模拟式计算机。1937年艾肯(Howard Aiken)写了《自动计算机建议》并从1939年起经过5年努力制成了第一台数字式自动计算机Mark 1。1943年宾夕法尼亚大学开始研制的数字积分机和计算机ENIAC(Electronic Numerical Integrator and Calculator)是有史以来第一台数字式电子计算机。该机于1945年12月投入运行,1946年交付使用。ENIAC共用了18000多只电子管,1500个继电器,耗电150千瓦,占地170平方米,重130吨,运算速度每秒5000次加法运算。这台机器的出现,被誉为新的工业革命的开始。

3: 电子计算机一般分为模拟电子计算机和数字电子计算机。随着数字电子计算机的发展其功能目前已经取代模拟电子计算机。一般通称的计算机指的是数字计算机。计算机发展非常迅速从1946年第一台计算机到今年1995年经过了半个世纪的发展,速度不断提高体积不断减小,成本不断降低。

4: 早期计算机发展进程以器件划分大至分为五代。

第一代: 电子管计算机(1946年-1958年),逻辑元件是电子管,内存贮器为磁鼓,磁芯外存贮器采用磁带,软件以机器语言为主,后期采用汇编语言,应用于科学计算。

第二代: 晶体管计算机(1958年-1964年),逻辑元件是晶体管,内存贮器为磁芯外存贮器采用磁盘,软件出现高级语言及编译程序,应用于数据处理,开始用于工业控制。

第三代: 集成电路计算机(1964年-1971年),逻辑元件是中、小规模集成电路,SSI和MSI。软件出现分时操作系统,会话式语言等,小型机发展,多用于企业管理和工业控制。

第四代: 大规模集成电路计算机(1971年以后),逻辑元件是大规模集成电路,LSI,即单个硅片上集成1000-2万个管子的集成电路。发展趋势是向两极发展。一方面是研制运算速度极高,功能极强的大型和巨型计算机以适应军事和尖端科学的需要,另一方面研制价格低廉微型计算机。

第五代: 人工智能和超大规模集成电路(VLSI)计算机。

目前按器件划分时代的方法遇到问题,究竟什么是第五代(新一代)计算机?是不能简单用器件划分,涉及到器件结构,新材料,人工智能等众多领域,实际上很难以器件划分时代了。

5: 第二种以软件作为划分标准:

第一代: 机器语言。每条指令用二进制编码效率很低。

第二代：汇编语言。用助记符号编程，和机器指令有关，效率不高。

第三代：高级语言。从五十年代起，出现许多高级语言，如FORTRAN, ALGOL, COBOL, BASIC, PASCAL, C等，这些语言类似日常的数学和语言表达形式，得到广泛的应用。

第四代：集成模块化语言。在高级语言的基础上发展而来，具有更强的编程功能，如POWER, BUILDER, POWER HOURSE等。近来出现各种软件开发工具，即所谓CASE（计算机辅助软件工程），实际上CASE已超出语言范围，集语言，数据库等于一体，形成了所谓信息系统应用生成工具等等。从而以语言划分时代的标准也将结束。

6. 第三种按应用作为划分标准：

第一阶段：军事方面的应用。如弹道计算，核武器设计等。

第二阶段：科学计算，工程设计等应用。

第三阶段：管理方面的应用。

第四阶段：辅助设计（CAD），辅助制造（CAM）。

第五阶段：综合应用，包括CAD, CAM, CAPP, MIS, DSS, OA, BS等形成所谓计算机集成制造系统（CIMS）。

第六阶段：家庭应用。教学，日常生活等。

7. 第四种按“浪潮”作为划分标准：

第一次浪潮（50~60年代）：以IBM370为代表的所谓“大型机”浪潮。其特点是以批处理为主，主要用于大规模科学计算；

第二次浪潮（60~70年代）：小型机浪潮，典型是DEC公司的PDP和VAX的出现，其特点是以多用户分时处理为主；

第三次浪潮（70~80年代）：微型计算机出现（Micro Computer），迅速渗透到企业，机关，学校和家庭。

以上这些阶段划分都不十分严格，实际上所有应用都在继续发展。

(二)：微型计算机发展进程：

70年代初1971年诞生一代新型电子计算机——微型计算机（MICRO COMPUTER），采用大规模集成电路技术，把计算机的中央处理单元（CPU-CENTRAL PROCESSING UNIT），即计算机运算器，控制器集中在一个芯片上，称为微处理器（MICROPROCESSOR）。

微型计算机在十多年时间经历三代的演变：

第一代（1971-1973）是4位机与低档8位机，即数据线或运算器的位数为4位或8位，代表产品是四位微处理器INTEL 4004, 4040和八位微处理器8008，芯片集成度约1200-2000管/片，时钟频率为1MHz，平均指令执行时间约为20 μ s，运算速度较低。称为第一代微处理器。

第二代（1973-1977）是中，高档8位机，代表产品是INTEL 8080和8085，Motorola公司MC6800/6802，Zilog公司Z80，Rockwell公司的6502，芯片集成度约5000-10000管/片，时钟频率为2~4MHz，平均指令执行时间约为1~2 μ s，功能较强。称为第二代微处理器。在这个时期，微处理器的设计已经相当成熟，配套器件齐全。应用广泛。

第三代（1978-1981）是16位机，代表产品是INTEL 8086/8088，Motorola公司MC68000，Zilog公司Z8000，芯片集成度约20000-68000管/片，时钟频率为4~8MHz，平均指令执行时间约为0.5 μ s，功能很强。称为第一代超大规模集成电路微处理器。已达低档小型机水平。

此时代表产品是原装IBM-PC机与XT机中使用芯片是Intel 8088, 寻址范围是1M, 速度最慢。一些PC兼容机中使用芯片是Intel 8086, 速度稍快于Intel 8088。

1980年以后出现Intel公司 80286 Motorola公司 68010 集成度 1×10^5 管/片, 时钟频率10MHz, 平均指令执行时间约为 $0.2 \mu s$, 16位高性能微处理。

286是Intel 80286 的简称, IBM AT机及许多兼容机中使用的芯片, 速度快于PC机, 寻址16M内存空间, 使用DOS 仍局限1M内存空间。

第四代(1981-)是32位机, 代表产品是Intel公司 80386(1985年10月) Motorola公司 68020 iAPX432芯片集成度约15万~50万管/片, 时钟频率16~20MHz, 平均指令执行时间约为 $0.1 \mu s$, 已达到高档小型机水平。

386是Intel 80386 的简称, 在高速AT兼容机及PS/2系列机中使用的芯片, 寻址4G内存空间, 使用DOS 仍局限1M内存空间。Intel 80386DX 芯片中包括有处理扩充内存及其它内存管理电路。Intel 80386SX 芯片的廉价版本。Intel 80386SL 芯片是80386SX 中的低功能版本, 主要用于便携式微机中。

1990年推出Intel 80486 的简称, 将80386 芯片与一个数字同步处理器结合起来, 具有80386的全部内存定址功能, 但比80386 在复杂计算方面速度更快。

1993年推出Intel公司586 Pentium奔腾处理器64位机。时钟频率已达100MHz

P6 Intel公司 PentiumPro奔腾处理器64位机。时钟频率150MHz, 180MHz, 200MHz

发展过程每隔2~3年, 集成度与速度提高一倍, 成本降低一半, 销售增加几倍。

二、微处理器与微型计算机系统:

(一): 微处理器 μP 或MP (Microprocessor)

μP : 由一片或几片大规模集成电路组成的具有运算器与控制器功能的中央处理器部件CPU又称MP微处理机。有时为了区分大, 中, 小型中央处理器(CPU)与微处理器而称后者为MPU (Microprocessing Unit)。

(二): 微型计算机 μC 或MC (Microcomputer)

μC 是以微处理器为核心, 配上存储器与输入/输出接口电路后组成的完整的计算机。(简称微型机或微电脑)。

(三): 微型计算机系统 μCS 或MCS (Microcomputer System)

μC 是以微型计算机为中心, 配以相应的外围设备, 辅助电路及高性能的系统软件所组成的系统, 简称微型计算机系统。

(四): 单片机(Single chip Computer)

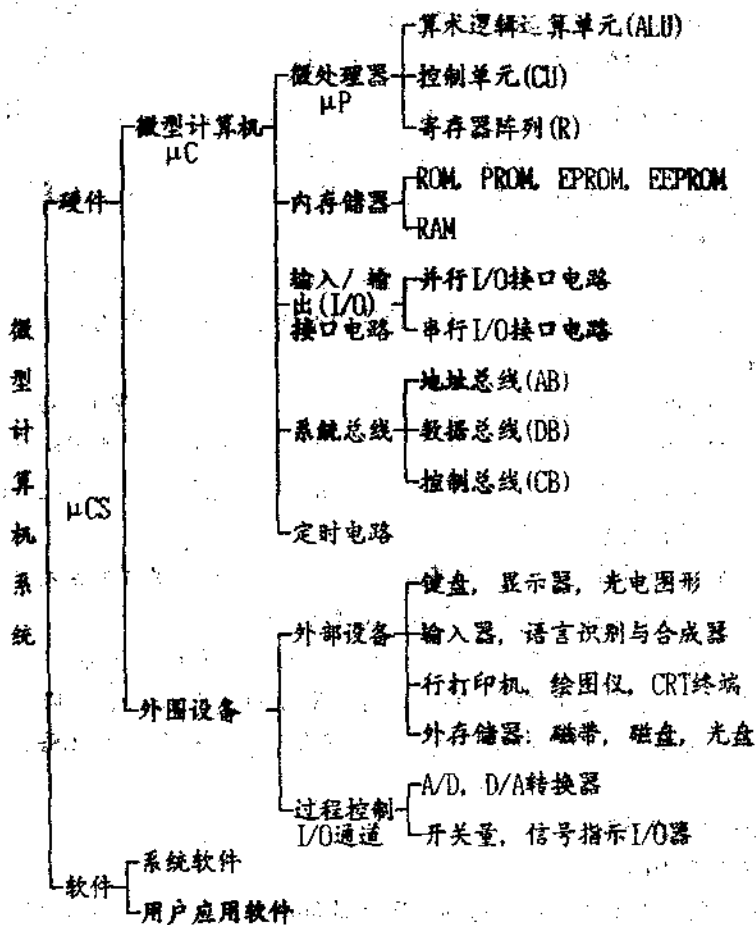
将CPU, 存储器, 输入/输出接口电路集成在一个芯片上, 单片计算机。功能较差使用方便灵活, 价格便宜, 适用于智能仪表等简单的控制与应用。

(五): 单板机(Single Board Computer)

将CPU, 存储器, 输入/输出接口电路组装在一块印刷电路板上, 单板计算机。

(六): 位片式微机(Bit Slice Microcomputer)

多个芯片按位组合成的微型计算机, 其中每个芯片仅处理1~4位二进制数。速度快几倍或十几倍, 制造困难, 集成度不高, 用于高速控制和军用系统中, 如Intel 3000系列。



三、计算机系统分类:

关于计算机的分类, 大至有以下几种分类方法:

(一): 按信息的表示形式和处理方式分类:

1: 分为数字计算机, 模拟计算机, 模拟和数字混合计算机。

信息两大类: 一类是数字信息, 这些信息的处理方式大多数属于数据处理。另一类是“模拟量”信息, 指连续变化的物理量, 如自动控制系统中的温度, 压力, 流量等。随着数字机的发展, 目前已经取代了模拟计算机, 模拟和数字混合计算机。

(二): 按计算机用途分类:

分通用计算机和专用计算机。

(三): 按计算机规模分类:

分巨型机, 大型机, 中型机, 小型机, 微型机等。由于计算机发展, 划分标准失去了意义, 例如过去认为是大型机或中型机的, 在某些方面已不如现代的高档微机, 如Pentium微机(以586为例)的芯片集成了310万只晶体管, 主频66-100MHz, 其性能已超过IBM4300等所谓大中型机了。

四、微型计算机特点与应用:

(一): 特点:

1.: 功能强: 运算速度快, 计算精度高, 具有逻辑运算判断能力; 而且每种微处理机都配有一整套支持软件。

2.: 可靠性高: 由于微处理器采用高集成度芯片, 大大提高了其工作的可靠性。据统计, 集成度每增加100倍, 可靠性也增加100倍。目前, 微处理器及其系列芯片的平均无故障时间可达 $10^7 \sim 10^8$ 小时。

3.: 价格低:

4.: 灵活, 适应性强:

5.: 开发时间短:

6.: 体积小, 重量轻, 耗电少。

7.: 维护方便:

(二): 应用:

1.: 在科学计算中的应用: 如飞行器中的弹道计算, 天气预报, 地震, 结构设计等等领域的复杂计算都需要高速计算机。

2.: 在实时控制中的应用: 在工业自动控制和测量方面应用非常广泛。

3.: 在数据处理中的应用: 数据处理是一切信息管理, 辅助决策的基础。管理信息系统(MIS), 决策支持系统(DSS), 专家系统(ES), 以及办公自动化系统(OA)都需要数据处理支持。

4.: 在联机检索中的应用: 计算机通讯网络, 及国家互联网络INTER NET, 实现全球范围的信息检索和传递。

5.: 在辅助设计和辅助制造中的应用: (CAD/CAM)系统, 提供设计, 制造业的现代化发展的可能性。

6.: 在办公自动化中的应用: 计算机支持一切办公业务, 如制定和管理日程, 通过网络实现电子邮件, 举行电子办公会议, 办公文档管理, 等等。知名办公软件有DG公司的CBO, DEC公司的ALL-ONE, IBM公司的POS (Professional Office System)等。

除此以外, 还在辅助教学, 模式识别, 人工智能等方面广泛应用。

第二节 计算机中的数制与编码

一、进位计数制:

凡是用数字符号排列成数位,按由低位到高位进位方式计数来表示数的方法叫进位计数制,简称计数制或进位制。

(一): 基数与位权:

数据无论采用哪种进位制,都包含两个基本要素,基数(Radix)与位权(Weight)。

1: 基数(Radix): 一种计数制允许选用基本数字符号的个数叫基数。

在基数为J的计数制中,包含J个不同的数字符号,每个数位计满J就向高位进位,即“逢J进一”。

2: 位权(Weight):

一个数字符号处在数的不同位时,它所代表的数值不同。每个数字符号所表示的数值等于该数字符号乘以一个数码所在位的有关常数,这个常数称“位权”简称“权”。位权的大小是以基数为底,数字符号所在位置序号为指数的整数次幂。如,十进制777.7,最高位是百位,这个位上的7代表的数值是数字符号7乘以常数100,……。百位的权是 10^3 。注意,整数部分的个位的位置序号是0。

(二): 几种进位计数制:

1: 十进制(Decimal): 0, 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9共十个不同的数,采用“逢十进一”的进位方法,即相邻位的“权”相差十倍,基数为10。(表示: D 或省略)

$$D = \sum_{i=-n}^{n-1} D_i \times 10^i = D_{n-1} \times 10^{n-1} + \dots + D_1 \times 10^1 + D_0$$

10为基数, $10^{n-1}, \dots, 10^{-n}$ 为该位的权。

2: 二进制(Binary): 计算机中常用的,仅有0, 1两个数码,采用“逢二进一”的进位方法(表示: B 或%)。

$$B = \sum_{i=-n}^{n-1} B_i \times 2^i = B_{n-1} \times 2^{n-1} + \dots + B_1 \times 2^1 + B_0$$

$$\text{例: } (1011.101)_2 = 1 \times 2^3 + 0 \times 2^2 + 1 \times 2^1 + 1 \times 2^0 + 1 \times 2^{-1} + 0 \times 2^{-2} + 1 \times 2^{-3}$$

2为基数, $2^{n-1}, \dots, 2^{-n}$ 为该位的权。

3: 十六进制(Hexadecimal): 计算机中分析用,有0, 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, A, B, C, D, E, F共十六个不同的数码,采用“逢十六进一”的进位方法,其中A-F分别等于十进制数10-15(表示: H 或\$) 即相邻位的“权”相差16倍,基数为16。

$$H = \sum_{i=-n}^{n-1} H_i \times 16^i = H_{n-1} \times 16^{n-1} + \dots + H_1 \times 16^1 + H_0$$

$$\text{例: } (2A3F)_{16} = 2 \times 16^3 + 10 \times 16^2 + 3 \times 16^1 + 15 \times 16^0 = (10815)_{10}$$

4: 八进制(Octal): 计算机中分析用,有0, 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 共八个不同的数码,采用“逢八进一”的进位方法,即相邻位的“权”相差八倍,基数为8。(表示: O 或Q)。

$$O = \sum_{i=-n}^{n-1} O_i \times 8^i = O_{n-1} \times 8^{n-1} + \dots + O_1 \times 8^1 + O_0$$

$$5: \text{一般情况: } K = \sum_{i=-n}^{n-1} K_i \times J^i$$

J为基数, K_i 为第i位数码,可取0~(J-1)中的任一值,取决于数K, J^i 为 K_i 的权; m, n 为正整数, n为小数点左边位数, m为小数点右边位数。

表1-1 进位计数制对照表 (整数)

十进制	八进制	十六进制	二进制数	十进制	八进制	十六进制	二进制数
0	0	0	0 0 0 0	9	11	9	1 0 0 1
1	1	1	0 0 0 1	10	12	A	1 0 1 0
2	2	2	0 0 1 0	11	13	B	1 0 1 1
3	3	3	0 0 1 1	12	14	C	1 1 0 0
4	4	4	0 1 0 0	13	15	D	1 1 0 1
5	5	5	0 1 0 1	14	16	E	1 1 1 0
6	6	6	0 1 1 0	15	17	F	1 1 1 1
7	7	7	0 1 1 1	16	20	10	1 0 0 0 0
8	10	8	1 0 0 0				

表1-2 进位计数制对照表 (小数)

二进制	十进制
0.1	$2^{-1}=0.5$
0.01	$2^{-2}=0.25$
0.001	$2^{-3}=0.125$
0.0001	$2^{-4}=0.0625$

表1-3 几种进位制的标识符

	标识字母	原 文	注 释
二进制数	B	Binary	O 误作数字0, 改用Q
八进制数	O	Octal	
十进制数	D	Decimal	
十六进制数	H	Hexidecimal	

通常不加标识符时默认是十进制数

二、各种进位制数间的转换:

(一): 二进制数转换为十进制数:

根据定义, 二进制数按权位展开成多项式和的表达式。

如: $(101.001)_2 = 1 \times 2^2 + 1 \times 2^0 + 1 \times 2^{-3} = (5.125)_{10}$

(二): 十进制数转换为二进制数:

1: 降幂法: 用转换的十进制减去相近的二进制权值, 够减相应位记1, 否则记0,

跳过此位, 反复至0。

例: 117D 二进制权位: 64 32 16 8 4 2 1

1 1 1 0 1 0 1

差值 53 21 5 1 0

2: 除基取余与乘基取整法: 十进制数整数除2 取余, 小数乘2 取整法。

除基取余法是十进制整数转换成二进制数的方法。需转换的整数除以基数2 取其商的余数就是二进制最低位的系数 B_0 , 将商的整数部分继续除以基数2, 取其商的余数就是二进制次低位的系数 B_1 , ..., 以次类推, 直到商为0, 即得到从低到高位余数序列便构成对应的二进制整数。

例: $N=117D$ $117/2=58$ ($a_0=1$) 最低位 $N=117D=(1110101)B$
 $58/2=29$ ($a_1=0$)
 $29/2=14$ ($a_2=1$)
 $14/2=7$ ($a_3=0$)
 $7/2=3$ ($a_4=1$)
 $3/2=1$ ($a_5=1$)
 $1/2=0$ ($a_6=1$) 最高位

乘基取整法是十进制小数转换成二进制数的方法。需转换的小数乘以基数2 取其积的整数就是二进制小数最高位的系数 B_{-1} , 将积的小数部分继续乘以基数2, 取其积的整数就是二进制小数次高位的系数 B_{-2} , ..., 以次类推, 得到从高到低位的积的序列, 便构成对应的二进制小数。

例: $N=0.8125D$ $0.8125 \times 2=1.625$ ($b_1=1$) 最高位 $N=0.8125D=(0.1101)B$
 $0.625 \times 2=1.25$ ($b_2=1$)
 $0.25 \times 2=0.50$ ($b_3=0$)
 $0.50 \times 2=1.00$ ($b_4=1$) 最低位

(三): 十六进制与十进制转换间的转换:

参照十进制与二进制转换方法得出下列情况。

1: 十六进制转换为十进制: 十六进制数按权位展开后相加。

如: $(F4)_{16}=F4H=15 \times 16^1 + 4 \times 16^0 = (244)_{10}=244D=244$

2: 十进制转换为十六进制:

(1): 降幂法: 用转换的十进制减去相近的十六进制权值的倍数, 够减相应位记1, 否则记0, 跳过此位, 反复至0。

2: 除基取余与乘基取整法: 十进制数整数除16取余, 小数乘16取整法。

例: $N=48956D$ $48956/16=3059$ ($a_0=12$) $N=48956D=BF3CH$
 $3059/16=191$ ($a_1=3$)
 $191/16=11$ ($a_2=15$)
 $11/16=0$ ($a_3=11$)

(四): 十六进制与二进制转换间的转换:

非常方便只是写法不同而已, $2^4=16$, 可用4位二进制数表示1位十六进制数。

例: $(04B2)_{16}=(0000\ 0100\ 1011\ 0010)_2=(10010110010)_2$

例: $(1110\ 0011.1010\ 0111)_2=(E3.A7)_{16}$

三、二进制数的运算:

(一): 加法规则:

(1): $0+0=0$ (2): $0+1=1+0=1$

(3): $1+1=10=0$ 及进位1 (4): $1+1+1=11=1$ 及进位1

(二): 减法规则:

(1): $0-0=0$ (2): $1-0=1$

(3): $1-1=0$ (4): $0-1=1$ 向相邻高位借1

(三): 乘法规则:

(1): $0 \times 0=0$ (2): $0 \times 1=0$

(3): $1 \times 0=0$ (4): $1 \times 1=1$

$$\begin{array}{r} \text{例:} \quad \begin{array}{r} 1111 \\ 1011 \\ + 1101 \\ \hline 11000 \end{array} \quad \begin{array}{l} \text{进位} \\ \text{被加数} \\ \text{加数} \\ \text{和} \end{array} \end{array}$$

$$\begin{array}{r} \text{例:} \quad \begin{array}{r} 1100 \\ - 0011 \\ \hline 1001 \end{array} \quad \begin{array}{l} \text{被减数} \\ \text{减数} \\ \text{差} \end{array} \end{array}$$

$$\begin{array}{r} \text{例:} \quad \begin{array}{r} 1101 \\ \times 1001 \\ \hline 1101 \\ 0000 \\ 0000 \\ + 1101 \\ \hline 1110101 \end{array} \quad \begin{array}{l} \text{被乘数} \\ \text{乘数} \\ \text{部分积} \\ \text{乘积} \end{array} \end{array}$$

(四): 除法规则: 由高位作减法运算。

$$\begin{array}{r} 110 \overline{) 1001110} \\ \underline{110} \\ 111 \\ \underline{110} \\ 110 \\ \underline{110} \\ 0 \end{array}$$

四、带符号数表示法:

(一): 机器数与真值:

1: 机器数: 数在计算机中的二进制表示形式称为机器数。其基本特点是:

(1). 数的符号数值化: 数的前面增设符号位, 正数的符号位为“0”, 负数的符号位为“1”。通常这个符号放在最高位, 称符号位。

例: $X_1=01010100B$ (正数) 这种数码化的带符号数称为机器数。

$Y_1=11010100B$ (负数)

(2): 计算机中通常只表示整数或纯小数, 约定小数隐含在一个固定位置上, 不在占用一个数位。

(3): 二进制数的位数受机器限制, 机器内部设备能表示的二进制位数叫机器的字长。一台机器的字长是固定的。字长8位称一个字节, 用Byte表示。现在机器字长一般都是字节的整数倍, 如字长8位 (一字节), 16位 (二字节), 32位 (四字节), 64位 (八字节)。

2: 真值: 因为数的前面增设符号位, 机器数的形式值不等于真正的数值。为区别, 这种带符号的机器数对应的数值称为机器数的真值。

如上例: $X_1=01010100B=+84$ (真值)

$Y_1=11010100B=-84$ (真值) 形式数=212

X_1 最高位是0, 为正数; Y_1 最高位是1, 为负数。

3: 无符号数: 当计算机字长所有二进位都用来表示数值时, 称为无符号数。分无符号整数和无符号小数。当一个无符号二进制数表示纯小数时, 则称为无符号小数。同样, 无符号小数最高位不代表符号位, 其位权是 2^{-1} 。无符号整数的小数点默认在最低位之后, 无符号小数的小数点默认在最低位之前, 且小数点的位置不占一位, 是默认的。二者都可以写成按权展开的多项式。

(二): 原码: 正数的符号位用“0”表示, 负数的符号位为“1”表示, 其余各位为数值位, 即为该数的绝对值, 又称符号-绝对值表示法。

$$X=+1010100B=+84, [X]_{\text{原}}=X_1=01010100B \quad \text{表示整数}$$

$$Y=-1010100B=-84, [Y]_{\text{原}}=Y_1=11010100B$$

|符号位

0的原码两种表示法(+0), (-0)

$$[+0]_{\text{原}}=000\dots00B$$

$$[-0]_{\text{原}}=100\dots00B$$

$$X=+101B=+0.625, [X]_{\text{原}}=X_1=0101B \quad \text{表示小数}$$

$$Y=-101B=-0.625, [Y]_{\text{原}}=Y_1=1101B$$

|符号位

原码表示直观, 与真值转换方便, 进行乘除法运算比较容易, 但是原码进行运算时, 符号位不能同数值一样参与运算, 运算规则复杂, 运算时间长。

(三): 反码: 正数的反码表示与原码相同, 最高位为符号位, 此位为0表示正数, 其余位为数值位。

$$X=+1010100B=+84, [X]_{\text{反}}=[X]_{\text{原}}=01010100B$$

负数的反码表示其符号位为1, 数值位取反。

$$X=-1010100B=-84, [X]_{\text{反}}=10101011B$$

0的反码两种表示法(+0), (-0)

$$[+0]_{\text{反}}=000\dots00B$$

$$[-0]_{\text{反}}=111\dots11B$$

八位二进制整数的反码表示范围为-127~+127

二进制小数与二进制整数表示法相同。

(四): 补码:

正数的补码表示与原码和反码相同, 而负数的补码表示其反码的最低位加1。

$$X=-1010100B=-84, [X]_{\text{反}}=10101011B$$

$$[X]_{\text{补}}=10101100B$$

0的补码只有一种(+0), (-0)

$$[+0]_{\text{补}}=[-0]_{\text{补}}=000\dots00B$$

八位二进制数的补码表示范围为-128~+127

通式: 模(modulo 简称mod); 系统的量程能表示的最大数,

$$9-5=9+7 \quad (\text{mod}=12) \quad -5 \text{ 与 } +7 \text{ 对模12互为补数}$$

一般式: X, Y, K 满足下式: $Y=nK+X$ (n 为整数), 则称 Y 与 X 对模 K 同余, 或互为补数

可写作: $Y \equiv X \pmod{K}$. 10.