

高等院校计算机基础
教育系列课程教材

微型计算机原理与应用

田瑞庭 主编



中国科学技术出版社

高等院校计算机基础教育系列课程教材

微型计算机原理与应用

田瑞庭 主编

中国科学技术出版社

·北 京·

图书在版编目 (CIP) 数据

微型计算机原理与应用/田瑞庭主编. —北京: 中国科学技术出版社, 1997. 10

高等院校计算机基础教育系列课程教材

ISBN 7-5046-2199-4

I. 微… II. 田… III. 微型计算机—基本知识—高等学校—教材 IV. TP36

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (97) 第 18384 号

中国科学技术出版社出版

北京海淀区白石桥路 32 号 邮政编码: 100081

新华书店北京发行所发行 各地新华书店经售

中国文联印刷厂印刷

*

开本 787 毫米×1092 毫米 1/16 印张: 17.875 字数: 420 千字

1997 年 10 月第 1 版 1997 年 10 月第 1 次印刷

印数: 1—5000 册 定价: 22.00 元

内 容 提 要

本书是计算机基础系列课程教材之一。本书以 16 位 8086 微处理器的微机系统为主,同时适当地介绍 386/486、Pentium、Pentium Pro 等 32 位微处理器及其高档微机系统。系统地介绍了计算机的基础知识,8086 微处理及其系统结构,指令系统,汇编语言程序设计,存储器与存储系统,中断技术,输入输出与接口芯片,高性能微处理器及高档 PC 系统。全书共 10 章,每章附有习题。

本书除适用于高等院校工科各专业本科生、专科生外,也可作为成人教育的教学用书,还可供企事业单位从事计算机应用的科技人员参考。

2006/06/27

机械工业部部属高校计算机基础教育
系列课程教材编审委员会

主任委员	张奠成		
副主任委员	袁鹤龄	王杰臣	张明毫
委	郝忠孝	梁文林	朱逸芬
员	贝嘉祥	王肇荣	田瑞庭
	陈金华		

机械工业部部属高校计算机基础 教育系列课程教材出版说明

《中国教育改革和发展纲要》指出：“要按照现代科学技术文化发展的新成果和社会主义现代化建设实际需要，更新教学内容，调整课程结构。”人类即将进入的 21 世纪，将是高度信息化的社会，作为这种社会的重要基础的计算机，将渗透到社会各个角落。计算机不仅作为一种工具来使用，而且作为一种文化来普及；计算机科学技术不仅是一门独立的学科，而且是所有学科知识结构中的重要组成部分。

在我国，多年来数、理、化及外语等基础教育在高等技术人才的素质培养中发挥了十分重要的作用。面对新的形势，加强高校非计算机专业计算机基础教育，将是促进高校教育质量提高的必要措施。在这方面，除了设备配置、师资培养、计划安排和课程设置等工作外，教材是加强计算机基础教育的基本建设。为此，机械工业部部属高校在总结多年来实施非计算机专业计算机基础教育的教学经验基础上，发挥知识群体优势，组织编写本系列教材，供有关专业选择使用。

根据目前各专业课程设置，本系列教材包括三个层次：即计算机基础及高级程序设计语言，微型计算机原理及应用，软件技术基础及计算机网络概论。考虑到不同专业对计算机知识要求的差异，部分教材将按不同学时编写。由于计算机技术发展迅速，教材内容将不断更新，因此第一轮教材安排在 1996 年秋季全部出齐，以便在使用过程中修改完善，使第二轮教材以更新和更好的面目问世。

本系列教材除适合于高校非计算机专业本科生、大专生使用外，也可用于成人教育及自学教育教学，同时也可作为工程技术人员自修计算机技术的参考用书。

**机械工业部部属高校计算机基础
教育系列课程教材编审委员会**
1995 年 6 月 5 日

前 言

随着计算机技术的发展,目前大专院校工科各专业已普遍开设“微型计算机原理与应用”课程。本书是计算机基础系列课程教材之一,其内容以16位8086微处理器的微机系统为主,同时适当地介绍386/486、Pentium、Pentium Pro等32位微处理器及其高档微机系统。全书共十章。第一章计算机基础知识,主要介绍计算机的概况,计算机中数的表示方法,微型计算机的组成与基本工作原理。第二章8086微处理器及其系统结构,主要介绍8086微处理器,存储器与输入输出结构,最小/最大模式系统总线的形成和CPU时序。第三章8086 CPU指令系统。第四章汇编语言程序设计,主要介绍8086汇编语言内容及程序设计方法。第五章存储器与存储器系统,主要介绍存储器的分类,半导体存储器的基本结构、工作原理及CPU的连接方法。第六章输入和输出,主要介绍外设接口的一般结构,编址方式及数据输入输出的传递方式(程序控制、中断和DMA方式)。第七章中断技术,主要介绍中断的基本概念,可编程中断控制器8259及8086中断系统。第八章输入/输出接口芯片,主要介绍可编程接口芯片的基本概念,可编程接口芯片8255、8253、8251、模拟接口芯片DAC0832、ADC0809的工作原理及应用。第九章高性能微处理器,主要介绍386/486微处理器的结构、存储器管理功能,Pentium、Pentium Pro的结构及其所采用的新技术。第十章高档PC系统概述,从选用PC机的角度,简要介绍高档PC系统的组成及相应的部件。

在教学安排上,对学时较少(60学时左右)的专业,可讲授第一章至第八章;对学时稍多(76学时左右)的专业,可讲授第一章至第八章和第九章部分内容;对学时较多(95学时左右)的专业,可讲授第一章至第九章。第十章供自学。

本书由湖北汽车工业学院田瑞庭主编,程良鸿任副主编。参加编写的有田瑞庭(编写第一、二、九、十章和附录)、程良鸿(编写第三、四、五章)和史旅华(编写第六、七、八章)。

由于编者水平有限,书中难免存在缺点和错误,恳请读者批评指正。

编 者

1997年8月

目 录

第一章 计算机基础知识	1
1.1 计算机概况	1
1.1.1 计算机的发展过程	1
1.1.2 计算机的类型	2
1.1.3 计算机的发展趋势	2
1.1.4 计算机的应用	3
1.2 计算机中数的表示方法	4
1.2.1 数的各种进位制	4
1.2.2 不同进制数之间转换	5
1.2.3 二进制数运算	8
1.2.4 带符号数的表示方法及溢出	9
1.2.5 数的定点和浮点表示	15
1.2.6 数据的二进制编码	16
1.2.7 数据的单位	17
1.3 微型计算机的组成与基本原理	17
1.3.1 一般的计算机结构	17
1.3.2 微型计算机的组成	18
1.3.3 微型计算机的工作原理	19
小结	23
习题一	24
第二章 8086 微处理器及其系统结构	25
2.1 8086 微处理器结构	25
2.1.1 8086 CPU 内部结构	25
2.1.2 8086 CPU 寄存器结构	26
2.1.3 8086 CPU 引脚及其功能	29
2.2 8086 存储器结构	32
2.2.1 存储器地址空间与数据存储格式	32
2.2.2 存储器的组成	33
2.2.3 存储器的分段	34
2.2.4 逻辑地址与物理地址	34
2.2.5 堆栈段	35
2.3 8086 输入/输出结构	36
2.4 8086 最小/最大模式系统总线的形成	36
2.4.1 8086 最小模式系统总线的形成	37
2.4.2 8086 最大模式系统总线的形成	38
2.5 8086 CPU 时序	40
2.5.1 8086 总线周期	40

2.5.2 最小模式系统中 8086 CPU 的读/写周期	41
2.5.3 最大模式系统中 8086 CPU 读/写总线周期	43
小结	44
习题二	44
第三章 8086 CPU 指令系统	45
3.1 概述	45
3.2 8086 指令编码格式	45
3.3 8086 寻址方式	48
3.3.1 立即寻址	48
3.3.2 寄存器寻址	48
3.3.3 存储器寻址	48
3.4 8086 指令系统	50
3.4.1 数据传送类指令	50
3.4.2 算术运算指令	53
3.4.3 位操作指令	58
3.4.4 程序控制指令	60
3.4.5 串操作指令	64
3.4.6 处理器控制指令	66
小结	67
习题三	67
第四章 汇编语言程序设计	69
4.1 概述	69
4.2 汇编语言的结构	69
4.2.1 汇编语言的语句结构	71
4.2.2 汇编语言的源程序结构	72
4.3 汇编语言中的表达式	73
4.3.1 表达式中的常量、变量和标号	73
4.3.2 表达式中的各类运算符	74
4.4 伪指令语句	78
4.4.1 符号定义伪指令	79
4.4.2 变量定义伪指令	80
4.4.3 段定义伪指令	81
4.4.4 过程定义伪指令	86
4.4.5 模块定义与通信伪指令	87
4.5 宏指令语句	89
4.5.1 宏指令的使用	89
4.5.2 用于宏定义的其他伪指令	91
4.5.3 重复块宏指令	93
4.5.4 宏指令与过程的比较	93
4.6 DOS 功能调用简介	93

4.6.1 基本的输入与输出	94
4.6.2 文件管理	95
4.6.3 其他	98
4.7 汇编语言程序设计举例	99
4.7.1 顺序结构程序设计	99
4.7.2 分支结构程序设计	100
4.7.3 循环结构程序设计	102
4.7.4 子程序设计	104
4.7.5 多模块程序设计	106
小结	111
习题四	112
第五章 存储器与存储器系统	113
5.1 概述	113
5.1.1 存储器的分类	113
5.1.2 存储器的性能指标	114
5.1.3 存储器系统的多层结构	114
5.2 半导体存储器	115
5.2.1 读写存储器 RAM	115
5.2.2 只读存储器 ROM	119
5.3 存储器与微处理器的连接	121
5.3.1 存储器容量的形成与寻址	121
5.3.2 8086 与存储器的连接	123
小结	126
习题五	126
第六章 输入和输出	127
6.1 概述	127
6.1.1 外设接口的功能	127
6.1.2 外设接口的一般结构	128
6.1.3 I/O 端口的编址方式	128
6.1.4 I/O 端口地址的形成	129
6.2 输入/输出传送方式	130
6.2.1 程序控制传送方式	130
6.2.2 中断传送方式	134
6.2.3 DMA 方式	135
6.3 8086 CPU 的输入/输出	137
小结	138
习题六	138
第七章 中断技术	139
7.1 概述	139
7.1.1 中断的基本概念	139

7.1.2	中断的处理过程	140
7.1.3	中断源的识别	142
7.1.4	中断优先权的确定	143
7.2	8086 CPU 的中断结构	145
7.2.1	外部中断	145
7.2.2	内部中断	146
7.2.3	中断向量表	147
7.2.4	中断类型码的获得	149
7.2.5	8086 CPU 的中断响应和处理过程	150
7.3	可编程中断控制器 8259A 及其应用	152
7.3.1	8259A 的功能与结构	152
7.3.2	8259A 的中断响应过程	154
7.3.3	8259A 的中断管理方式	155
7.3.4	8259A 的编程	157
	小结	165
	习题七	165
第八章	输入/输出接口芯片	167
8.1	可编程并行接口芯片 8255A	167
8.1.1	8255A 的内部结构	167
8.1.2	8255A 的引脚功能	168
8.1.3	8255A 的工作方式	169
8.1.4	8255A 的初始化编程	172
8.1.5	8255A 应用举例	174
8.2	可编程定时器/计数器接口芯片 8253	177
8.2.1	8253 的内部结构	177
8.2.2	8253 的引脚功能	179
8.2.3	8253 的工作方式	179
8.2.4	8253 的编程	185
8.2.5	8253 的读操作	186
8.2.6	8253 的应用举例	186
8.3	可编程串行通信接口芯片 8251A	189
8.3.1	串行通信概述	189
8.3.2	可编程串行接口芯片 8251A 的基本性能	194
8.3.3	8251A 的内部结构	195
8.3.4	8251A 的引脚功能	196
8.3.5	8251A 的编程	198
8.3.6	8251A 的应用举例	201
8.4	D/A 与 A/D 转换器接口	202
8.4.1	概述	202
8.4.2	D/A 转换器接口	203

8.4.3 A/D 转换器接口	205
小结	209
习题八	210
第九章 高性能微处理器	211
9.1 386/486 微处理器	211
9.1.1 概述	211
9.1.2 386CPU 内部结构	211
9.1.3 486CPU 内部结构	213
9.1.4 386/486 工作模式	214
9.1.5 386/486CPU 寄存器结构	214
9.2 386/486 存储器管理功能	218
9.2.1 概述	218
9.2.2 段选择字	220
9.2.3 描述符	221
9.2.4 描述符表	224
9.2.5 描述符表寄存器	225
9.2.6 段描述符寄存器	226
9.2.7 保护模式下的地址变换过程	226
9.2.8 保护模式下地址变换举例	227
9.2.9 特权级与保护	228
9.2.10 分页管理功能	230
9.2.11 存储器管理中应注意的若干问题	232
9.3 Pentium 微处理器	234
9.3.1 概述	234
9.3.2 Pentium 的内部结构	234
9.4 PentiumPro 微处理器	236
9.4.1 概述	236
9.4.2 PentiumPro 的内部结构	237
9.5 PentiumPro 之后的微处理器	241
小结	242
习题九	242
第十章 高档 PC 系统概述	243
10.1 PC 硬件系统的组成	243
10.2 主板	243
10.2.1 微处理器	243
10.2.2 内存与高速缓存	244
10.2.3 芯片组	245
10.2.4 总线	246
10.2.5 外设总线与输入/输出接口	248
10.2.6 BIOS	248

10.2.7 主板结构·····	249
10.2.8 主板实例·····	249
10.3 显示器与显示卡·····	250
10.3.1 显示器·····	250
10.3.2 显示卡·····	252
10.4 硬盘、软盘驱动器、CD-ROM 驱动器·····	253
10.4.1 硬盘·····	253
10.4.2 软盘驱动器·····	254
10.4.3 CD-ROM 驱动器·····	254
10.5 多媒体部件·····	255
10.5.1 声卡·····	255
10.5.2 视频卡·····	255
小结·····	255
习题十·····	256
附录·····	257
附录一 ASCII 字符表 (7 位码)·····	257
附录二 80X86 指令系统·····	258
参考文献·····	271

第一章 计算机基础知识

本章主要介绍计算机的概况、数制与编码、微型计算机的组成与基本工作原理。

1.1 计算机概况

1.1.1 计算机的发展过程

自从1946年世界上第一台电子计算机ENIAC问世以来,它的发展经历了四代,目前正在向第五代过渡。第一代是电子管计算机(1946~1958),第二代是晶体管计算机(1958~1964),第三代是集成电路计算机(1964~1972),第四代是大规模和超大规模集成电路计算机(1972~)。第五代是以人工智能为主要特征的新一代计算机。

计算机的一个重要分支是以大规模和超大规模集成电路为基础发展起来的微型计算机。微型计算机是以微处理器为核心,配以存储器、输入输出接口电路和必要的外设所组成。微处理器和微型计算机也经历了四代,目前已发展到第五代。

第一代是4位或低档8位微处理器和微型计算机(1971~1973)。Intel公司1971年推出4位的4004微处理器。4004是世界上第一个微处理器,当初是Intel公司为Busicom公司一个高性能可编程计算器而设计的芯片(当时并未称作“微处理器”),后来用在计算机中,开创了微型计算机的新时代。Intel公司1972年又推出8位的8008微处理器和由它组成的MCS-8微型计算机。

第二代是8位微处理器和微型计算机(1972~1977)。1974年Intel公司推出微处理器8080, Motorola公司推出6800。此后Intel和Zilog公司在8080的基础上分别推出8085和Z-80微处理器。此期间产生各种类型的8位微型计算机。

第三代是16位微处理器和微型计算机(1978~1984)。在70年代末大规模集成电路迅速发展, Intel公司1978年推出16位微处理器8086。1979年推出微处理器8088(准16位), 1982年推出微处理器80286。1981年IBM公司推出基于8088微处理器的IBM PC(Personal Computer, 个人计算机), 1983年推出扩充型的IBM PC/XT, 1984年推出基于80286微处理器的增强型IBM PC/AT。

第四代是32位微处理器和微型计算机(1985~1992)。Intel公司1985年推出32位微处理器80386, 1989年推出性能更高的32位微处理器80486。此后, IBM、COMPAQ、AST等公司推出一系列386和486微型计算机。

第五代是新一代微处理器和微型计算机(1993~)。1993年Intel公司推出Pentium(P5, 奔腾)微处理器, 其数据总线为64位, 内部寄存器为32位, 它在结构和性能上较486有很大改进。1995年Intel公司又推出性能更高更强的Pentium Pro(P6, 高能奔腾)。1997年1月和5月Intel相继推出具有MMX(多媒体扩展)功能的Pentium和Pentium II(在Pentium Pro中引入MMX)。目前的PC机已普遍采用Pentium、Pentium Pro和具有MMX功能的各类微处理器。

1.1.2 计算机的类型

计算机的类型一般是按性能指标（如运算速度、存储容量、规模大小等）和应用对象来分。目前的分类不是很统一，比较流行的看法，分为巨型机、小巨型机、大型机、小型机、工作站和微型机几类。

巨型机又称超级计算机。这类计算机运算速度最快（每秒几亿次至几百亿次），存储容量大，功能强。如美国克雷公司的 Cary 系列和我国研制的银河计算机。小巨型机是新发展起来的小型超级计算机，又称桌上超级计算机。巨型机和小巨型机主要用于国防技术、尖端科学和国民经济重要部门。

大型机的特点是通用性强，具有极强的综合处理能力，如美国的 IBM360、370、4300、3090 和 9000 系列，主要面向银行、政府部门和大中型企业。

小型机的特点是规模小、结构简单，如美国 DEC 公司的 VAX 系列，主要面向中小型企业。

工作站主要面向特殊专业领域，如图形处理和计算机辅助设计等方面的应用。最有代表性的是美国 Sun 公司的 Sun 工作站。

微型机通常是指个人计算机（PC），它的特点是体积小、价格便宜、便于操作。主要面向个人和家庭，我国的企事业单位、政府部门的办公自动化大量采用 PC 机。

计算机发展到今天，工作站和高档微机之间，高档工作站、小型机和大型机之间已经没有什么明显区别。应当指出，随着计算技术的迅速发展，不论哪种分类方法，都是相对的。今天的巨型机可能就是明天的大型机，明天的微型机就可能代替今天的工作站。

1.1.3 计算机的发展趋势

当前，计算机的发展趋势是向巨型化、微型化、网络化和智能化方向发展。

1. 巨型化

巨型化是指为了适应尖端科学技术的需要，发展高速度、大存储容量和强功能的巨型计算机。巨型机的发展，集中体现了计算机科学的发展水平，推动了计算机系统结构、硬件与软件技术以及计算机应用等多个学科的发展。

2. 微型化

随着超大规模集成电路的发展以及计算机新技术的应用，微处理器的集成度越来越高，功能越来越强。这样，现在高档微型机可以利用过去大型机的技术，使其达到或超过以前大型机的性能。此外，微型机小型化，出现了便携机（膝上型、笔记本型和掌上型），并在 90 年代有了很大发展。还有一种单片微机（简称单片机或微控制器），是集成在一片芯片上，在仪器仪表和机电控制中获得广泛的应用。

3. 网络化

计算机发展到今天，计算机网络是计算机应用的一个非常活跃领域，它是计算机技术和通信技术相结合的产物。所谓计算机网络，就是按照约定的协议，将若干独立的计算机通过通信线路相互连接起来，形成彼此能够互相通信的一组相关的或独立的计算机系统。计算机网络具有数据传输功能，并且可以实现数据、软件和硬件资源共享以及均衡系统负荷等。可

使用户在同一时间、不同地点使用同一个计算机网络系统，从而大大提高了计算机系统的使用效率。目前在世界上应用最广泛的计算机网络是国际互连网络（Internet），发展非常迅速。Internet 的发展，使全世界范围内信息资源得到共享，使人们的生活方式发生重大变化。

4. 智能化

智能化就是使计算机具有人工智能，这也是第五代计算机要实现的重要目标。当前，很多国家均在大力开发具有视觉、听觉、思维、推理、学习和理解人的自然语言等功能的人工智能型计算机。

1.1.4 计算机的应用

计算机的应用范围几乎涉及到各行各业以至家庭。下面介绍几个主要方面。

1. 科学计算

计算机广泛应用于科学和工程方面的计算，如有人造卫星、导弹发射、建筑、地震和地质等方面的计算。利用计算机的高速度、大存储容量和连续运算能力，可实现人工难以实现的各种科学和工程计算。

2. 数据处理

计算机应用最广泛的领域是数据处理。所谓数据处理是计算机用于处理生产、经营和科学研究等活动中的大量信息。例如，机关办公文件的处理，银行的电子化，图书资料检索系统，飞机订票系统，企业生成经营管理系统等。

3. 实时控制

计算机控制是计算机应用的一个重要方面。利用计算机对生产过程进行实时控制，不仅可以大大提高自动化水平、提高劳动生产率、改善工作条件，而且还能提高控制准确性、提高产品质量、节省原材料消耗、降低生产成本。因此，近年来在机械、冶金、石油化工、电力、建筑以及轻工业等各个部门得到了广泛的应用。用于生产过程的计算机，一般采用工业控制机，它应符合工业标准和生产环境的要求。

4. 计算机辅助设计和辅助制造（CAD/CAM）

所谓计算机辅助设计（CAD，Computer Aided Design），就是利用计算机帮助设计人员进行设计。它可以缩短设计周期，降低成本，节省人力和物力，提高产品质量。广泛用于飞机、汽车、船舶等行业的设计中。

所谓计算机辅助制造（CAM，Computer Aided Manufacture），就是利用计算机进行生产加工管理、工艺设计、控制和操作的过程。它可以提高产品质量、降低成本、缩短生产周期和改善劳动条件。

CAD/CAM 也称为设计与制造集成化或一体化。它是利用计算机对产品从设计到制造整个过程的集成。除具有 CAD 和 CAM 的功能外，还包括计算机辅助材料管理、调度及工艺控制等生产管理功能。

5. 人工智能

人工智能是计算机科学研究的一个重要领域。它研究用计算机模仿人的某些智能行为，如感知、学习、推理、理解等。它包括：建立大脑中枢神经系统的“神经网络”模型、“神经元”模型和自动模型；用计算机进行原理论证、博弈、制定策略等；对文字、声音、图形自动识别；用自然语言和计算机进行人一机联系；研究具有识别、分析与综合等功能的系统

等。目的在于实现部分脑力劳动自动化并进而延伸扩展人的器官功能。

1.2 计算机中数的表示方法

1.2.1 数的各种进位制

在人们应用各种数字符号表示事物个数的长期过程中形成了数的各种进位制。如十进制、二进制、八进制、十六进制等。在日常生活中常用十进制。在计算机中采用二进制，但编写程序可以采用十六进制、八进制和十进制。

1. 十进制 (Decimal Notation)

十进制，它有 10 个数字符号，0, 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9，把这些数字符号称为数码，它的计数规则是逢十进一。各种数制中数字符号的个数称为该数制的基数。十进制有 10 个数字符号，所以它的基数是 10。数的表示方法，一般采用位置计数法。每一个数码的位置决定该数的大小，即每一个数码的位置赋予不同的位值，称为“权”。每个位置的权用基数的某次幂表示。对于十进制，个位、十位、百位的权分别为 10^0 , 10^1 , 10^2 ，十分位、百分位的权分别为 10^{-1} , 10^{-2} 。每个数位上的数值是这个数码与该数位权的乘积。这样，任意一个十进制数可以写成按权展开的多项式和的形式。

例如： $486.32 = 4 \times 10^2 + 8 \times 10^1 + 6 \times 10^0 + 3 \times 10^{-1} + 2 \times 10^{-2}$

对于 n 位整数 m 位小数的任意十进制数 N_{10} ，可表示为：

$$N_{10} = K_{n-1}10^{n-1} + K_{n-2}10^{n-2} + \cdots + K_110^1 + K_010^0 + K_{-1}10^{-1} + K_{-2}10^{-2} + \cdots +$$

$$K_{-(m-1)}10^{-(m-1)} + K_{-m}10^{-m} = \sum_{i=-m}^{n-1} K_i 10^i$$

其中 i 表示数的某一位； K_i 表示第 i 位的数码，它可以是 0~9 中的任一个； n 和 m 为正整数。

2. 二进制 (Binary Notation)

二进制有两个数字符号 0 和 1，计数规则是逢二进一。它的基数是 2。

对于 n 位整数 m 位小数的任意二进制数 N_2 ，可表示为：

$$N_2 = \sum_{i=-m}^{n-1} K_i 2^i, \quad K_i = 0 \text{ 或 } 1$$

例如： $1101.11B = 1 \times 2^3 + 1 \times 2^2 + 0 \times 2^1 + 1 \times 2^0 + 1 \times 2^{-1} + 1 \times 2^{-2} = 13.75D$

这里的 B 表示二进制数，D 表示十进制数（通常 D 可以省略）。

二进制数容易用表示两个状态的电路实现，且运算简单，所以在计算机中采用二进制数。

3. 八进制 (Octal Notation)

八进制有 8 个数字符号 0, 1, ..., 7，计数规则是逢八进一。它的基数是 8。

对于 n 位整数 m 位小数的任意八进制数 N_8 ，可表示为：

$$N_8 = \sum_{i=-m}^{n-1} K_i 8^i, \quad K_i = 0, 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7 \text{ 任意一个}$$

例如： $46.72Q = 4 \times 8^1 + 6 \times 8^0 + 7 \times 8^{-1} + 2 \times 8^{-2}$

这里字母 Q 表示八进制数（注意用 Q 而不用 O，是为避免把字母 O 误作数字 0）。