

教育科学“十五”国家规划课题研究成果

微机原理及应用

徐晨 陈继红 王春明 徐慧 编著

高等教育出版社

内容提要

本书是教育科学“十五”国家规划课题研究成果。全书共 13 章,包括:基础知识,微型计算机概论,8086/8088指令系统与寻址方式,汇编语言程序设计,8086的总线操作和时序,半导体存储器,基本输入输出接口,中断,可编程接口芯片及应用,串行通信,模数、数模转换,高性能微处理器,总线标准与微型计算机。

本书内容全面、实用性强,讲述有特点和新意,同时,配以较多的程序设计实例和接口电路实例。

本书适用于工科各专业本专科生“微机原理”课程,同时可供有关工程技术人员参考使用。

图书在版编目(CIP)数据

微机原理及应用 徐晨等编著. —北京:高等教育出版社,2004.7

ISBN 7 - 04 - 014564 - 2

.微... .徐... .微型计算机 - 高等学校 - 教材 . TP36

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2004) 第 053388 号

出版发行	高等教育出版社	购书热线	010 - 64054588
社 址	北京市西城区德外大街 4 号	免费咨询	800 - 810 - 0598
邮政编码	100011	网 址	http://www.hep.edu.cn
总 机	010 - 82028899		http://www.hep.com.cn
经 销	新华书店北京发行所		
印 刷			
开 本	787 × 960 1/16	版 次	年 月第 1 版
印 张	31.5	印 次	年 月第 次印刷
字 数	580 000	定 价	38.90 元

本书如有缺页、倒页、脱页等质量问题,请到所购图书销售部门联系调换。

版权所有 侵权必究

策划编辑 李 慧
责任编辑 陈大力
封面设计 李卫青
责任绘图 朱 静
版式设计 范晓红
责任校对 尤 静
责任印制

总 序

为了更好地适应当前我国高等教育跨越式发展需要,满足我国高校从精英教育向大众化教育的重大转移阶段中社会对高校应用型人才培养的各类要求,探索和建立我国高等学校应用型人才培养体系,全国高等学校教学研究中心(以下简称“教研中心”)在承担全国教育科学“十五”国家规划课题——“21世纪中国高等教育人才培养体系的创新与实践”研究工作的基础上,组织全国100余所培养应用型人才为主的高等院校,进行其子项目课题——“21世纪中国高等学校应用型人才培养体系的创新与实践”的研究与探索,在高等院校应用型人才培养的教学内容、课程体系研究等方面取得了标志性成果,并在高等教育出版社的支持和配合下,推出了一批适应应用型人才培养需要的立体化教材,冠以“教育科学‘十五’国家规划课题研究成果”。

2002年11月,教研中心在南京工程学院组织召开了“21世纪中国高等学校应用型人才培养体系的创新与实践”课题立项研讨会。会议确定由教研中心组织国家级课题立项,为参加立项研究的高等院校搭建高起点的研究平台,整体设计立项研究计划,明确目标。课题立项采用整体规划、分步实施、滚动立项的方式,分期分批启动立项研究计划。为了确保课题立项目标的实现,组建了“21世纪中国高等学校应用型人才培养体系的创新与实践”课题领导小组(亦为高校应用型人才立体化教材建设领导小组)。会后,教研中心组织了首批课题立项申报,有63所高校申报了近450项课题。2003年1月,在黑龙江工程学院进行了项目评审,经过课题领导小组严格的把关,确定了首批9项子课题的牵头学校、主持学校和参加学校。2003年3月至4月,各子课题相继召开了工作会议,交流了各校教学改革的情况和面临的具体问题,确定了项目分工,并全面开始研究工作。计划先集中力量,用两年时间形成一批有关人才培养模式、培养目标、教学内容和课程体系等理论研究成果报告和研究报告基础上同步组织建设的反映应用型人才特色的立体化系列教材。

与过去立项研究不同的是,“21世纪中国高等学校应用型人才培养体系的创新与实践”课题研究在审视、选择、消化与吸收多年来已有应用型人才探索与实践成果基础上,紧密结合经济全球化时代高校应用型人才工作的实

际需要,努力实践,大胆创新,采取边研究、边探索、边实践的方式,推进高校应用型人才培养工作,突出重点目标,并不断取得标志性的阶段成果。

教材建设作为保证和提高教学质量的重要支柱和基础,作为体现教学内容和教学方法的知识载体,在当前培养应用型人才中的作用是显而易见的。探索、建设适应新世纪我国高校应用型人才培养体系需要的教材体系已成为当前我国高校教学改革和教材建设工作面临的十分重要的任务。因此,在课题研究过程中,各课题组充分吸收已有的优秀教学改革成果,并和教学实际结合起来,认真讨论和研究教学内容和课程体系的改革,组织一批学术水平较高、教学经验较丰富、实践能力较强的教师,编写出一批以公共基础课和专业、技术基础课为主的有特色、适用性强的教材及相应的教学辅导书、电子教案,以满足高等学校应用型人才培养的需要。

我们相信,随着我国高等教育的发展和高校教学改革的不断深入,特别是随着教育部“高等学校教学质量和教学改革工程”的启动和实施,具有示范性和适应应用型人才培养的精品课程教材必将进一步促进我国高校教学质量的提高。

全国高等学校教学研究中心
2003年 4月

前 言

由于计算机技术的飞速发展,微机原理与接口技术课程作为电类本科专业的一门重要的专业基础课,如何做到既有利于基本概念的掌握和基本能力的培养,又做到推陈出新、紧跟时代、学以致用,同时还要具有系统性和完整性,这是教学中一直在探索的问题。

虽然在 8086 微处理器制成之后,微处理器技术已有了巨大的发展,但由于它的典型性和以后的微处理器对它的兼容性,使 8086 对于初学者来说仍是必要的。本教材以 80X86 为背景,讲述了微型计算机的基本工作原理,8086 指令系统及其汇编语言程序设计,半导体存储器,输入输出接口,中断,串行通信,模数、数模转换,最后对高性能微处理器、总线标准和微型计算机作了介绍。

在编写过程中,注重深入浅出、循序渐进,让读者加快基本概念的建立。配以较多的程序设计实例和接口电路实例,使读者易于接受。本教材力求内容精练,取材新颖,还介绍了一些新的芯片及其接口技术,具有一定的参考价值和实用价值。

本课程具有实践性强的特点,程序设计能力只能在程序设计的过程中学会。学习者应多上机调试程序,水平才能得到提高。在每一章后面附以适当的习题、思考题,有利于读者尽快掌握程序设计方法和计算机接口技术。

本教材的参考教学课时为 80 ~ 96 学时。教材中的部分内容可选讲(如第 10 章中,可根据实验条件选讲 8250 和 8251A 中的一种),部分内容可由学生自学。

本教材由徐晨编写第 6、10、11、13 章并统稿,陈继红编写第 7、8、9 章,王春明编写第 2、5、12 章,徐慧编写第 1、3、4 章。东南大学黄清教授担任本教材主审,提出了许多宝贵意见,在此表示衷心的感谢。

由于编者水平有限,书中难免存在错误和不当之处,敬请批评指正。

编者

2004 年 2 月

目 录

第 1 章 基础知识	1
1.1 数制及其相互转换	1
1.1.1 常用计数制	1
1.1.2 不同数制之间的转换	4
1.1.3 二进制编码的十进制数 (BCD 码)	6
1.2 符号数的表示及运算	8
1.2.1 符号数的表示	8
1.2.2 码制转换	10
1.2.3 补码的运算	11
1.3 定点数和浮点数	13
1.3.1 数的定点表示法	13
1.3.2 数的浮点表示	14
1.4 字符编码	16
1.4.1 ASCII 码	16
1.4.2 汉字编码	16
思考题与习题	17
第 2 章 微型计算机概论	19
2.1 计算机概论	19
2.1.1 计算机硬件基本结构	20
2.1.2 计算机工作原理	20
2.1.3 计算机的性能指标	21
2.1.4 CISC 和 RISC	23
2.2 微型计算机	23
2.2.1 微处理器、微型计算机和微型计算机系统	24
2.2.2 微处理器的发展	24
2.2.3 微型计算机的分类	26
2.2.4 微型计算机的结构	27
2.3 8086 微处理器	28
2.3.1 8086 的编程结构	29

2.3.2 8086的存储器组织	35
思考题与习题	40
第 3章 8086 /8088 指令系统与寻址方式	41
3.1 概述	41
3.2 数据寻址方式	42
3.3 指令格式及指令执行时间	49
3.3.1 指令格式	49
3.3.2 指令执行时间	53
3.4 8086 /8088指令系统	54
3.4.1 数据传送指令	55
3.4.2 算术运算指令	63
3.4.3 位操作指令	78
3.4.4 串操作指令	82
3.4.5 控制转移指令	90
3.4.6 处理器控制指令	97
思考题与习题	99
第 4章 汇编语言程序设计	102
4.1 汇编语言语法	102
4.1.1 源程序的结构及组成	102
4.1.2 汇编语言伪指令	105
4.1.3 汇编语句	112
4.2 汇编语言程序实现	119
4.2.1 汇编语言程序实现步骤	119
4.2.2 COM 文件的生成	120
4.2.3 可执行程序的装入	121
4.2.4 汇编语言和操作系统 MS - DOS的接口	124
4.3 汇编语言程序设计方法及应用	125
4.3.1 概述	125
4.3.2 顺序结构程序设计	129
4.3.3 分支程序设计	130
4.3.4 循环结构程序设计	137
4.3.5 子程序设计	145
4.3.6 宏	155
4.3.7 系统功能调用	159
4.4 汇编语言程序设计举例	168
4.4.1 数制和代码转换	168

4.4.2	BCD数的算术运算	176
4.4.3	表格处理与应用	183
4.4.4	功能调用	189
	思考题与习题	198
第 5 章	8086的总线操作和时序	201
5.1	概述	201
5.1.1	时钟周期 (T状态)、总线周期和指令周期	201
5.1.2	8086 /8088的引脚信号	203
5.2	8086的两种模式	205
5.2.1	最小模式和最大模式的概念	205
5.2.2	8086 CPU 引脚功能	206
5.3	最小模式下的 8086 时序分析	212
5.3.1	最小模式下的读周期时序	212
5.3.2	最小模式下的写周期时序	214
5.3.3	中断响应周期时序	215
5.3.4	8086的复位时序	216
5.3.5	总线保持请求与保持响应时序	217
5.4	最大模式下的 8086 时序分析	218
5.4.1	总线控制器 8288	218
5.4.2	最大模式下的读周期时序	221
5.4.3	最大模式下的写周期时序	223
5.4.4	最大模式下的总线请求、允许、释放操作	224
	思考题与习题	225
第 6 章	半导体存储器	227
6.1	内存和外存	227
6.2	半导体存储器	228
6.2.1	半导体存储器的分类	228
6.2.2	半导体存储器的主要技术指标	230
6.3	随机存储器 RAM	231
6.3.1	基本结构	231
6.3.2	典型 SRAM 芯片	233
6.3.3	典型 DRAM 芯片	235
6.4	只读存储器	239
6.4.1	EPROM	239
6.4.2	E ² PROM	242
6.4.3	Flash Memory	245

6.5 存储器与系统的连接	249
6.5.1 8位微机系统中存储器与系统的连接	249
6.5.2 16位微机系统中存储器与系统的连接	254
6.5.3 32位微机系统中存储器与系统的连接	257
思考题与习题	258
第7章 基本输入输出接口	260
7.1 I/O接口概述	260
7.1.1 输入 输出信息	260
7.1.2 I/O接口的主要功能	261
7.1.3 I/O接口的结构	262
7.1.4 I/O的寻址方式	262
7.2 简单 I/O接口芯片	263
7.3 CPU与外设之间的数据传输方式	265
7.3.1 程序方式	266
7.3.2 中断方式	269
7.3.3 直接存储器存取 (DMA)方式	269
7.4 DMA控制器 8237A	270
7.4.1 8237A的内部结构和引脚	271
7.4.2 8237A的工作周期和时序	274
7.4.3 8237A的工作方式和传送类型	276
7.4.4 8237A的寄存器	277
7.4.5 8237A的软件命令	281
7.4.6 8237A的应用	282
思考题与习题	283
第8章 中断	285
8.1 概述	285
8.1.1 中断的基本概念	285
8.1.2 中断处理过程	286
8.1.3 中断优先级 (优先权)	287
8.2 80X86中断系统	289
8.2.1 外部中断 (硬件中断)	290
8.2.2 内部中断 (软件中断)	291
8.2.3 中断向量表	292
8.2.4 80X86中断响应过程	293
8.3 中断控制器 8259A	295
8.3.1 8259A的功能	295

8.3.2	8259A的内部结构和引脚功能.....	295
8.3.3	8259A的工作方式.....	297
8.3.4	8259A的编程.....	300
8.3.5	8259A的级联.....	307
	思考题与习题.....	308
第 9 章	可编程接口芯片及应用.....	310
9.1	可编程接口芯片概述.....	310
9.2	可编程计数器 定时器 8253.....	311
9.2.1	8253功能及结构.....	311
9.2.2	8253控制字.....	313
9.2.3	8253工作方式与工作时序.....	314
9.2.4	8253的初始化编程.....	321
9.2.5	8253应用.....	321
9.3	可编程并行接口芯片 8255A.....	327
9.3.1	8255A内部结构及引脚功能.....	327
9.3.2	8255A控制字.....	329
9.3.3	8255A工作方式.....	331
9.3.4	8255A应用.....	334
	思考题与习题.....	345
第 10 章	串行通信.....	347
10.1	基本概念.....	347
10.1.1	串行通信与并行通信.....	347
10.1.2	异步串行通信.....	348
10.1.3	同步串行通信.....	349
10.1.4	串行通信中的数据传送模式.....	350
10.1.5	信号的调制和解调.....	351
10.1.6	串行接口标准 RS - 232C.....	352
10.2	通用可编程串行通信接口芯片 NS8250.....	356
10.2.1	NS 8250概述.....	357
10.2.2	NS 8250的寄存器.....	362
10.2.3	IBM PC /XT的串行异步通信适配器.....	366
10.2.4	8250的应用举例.....	368
10.3	通用可编程串行通信接口芯片 8251A.....	371
10.3.1	8251A的基本功能.....	371
10.3.2	8251A的结构.....	372
10.3.3	8251的编程命令.....	377

10.3.4	8251A 初始化的步骤	380
10.3.5	8251 的应用举例	381
	思考题与习题	384
第 11 章	模数、数模转换	385
11.1	A/D 转换器及其接口	385
11.1.1	A/D 转换器的基本概念	385
11.1.2	典型 A/D 转换器介绍	388
11.1.3	应用举例	393
11.2	D/A 转换器及其应用	400
11.2.1	D/A 转换的主要性能参数	400
11.2.2	典型 D/A 转换器介绍	400
11.2.3	应用举例	407
	思考题与习题	409
第 12 章	高性能微处理器	411
12.1	80286 微处理器	411
12.1.1	80286 的内部结构	411
12.1.2	80286 的寄存器	413
12.1.3	80286 的存储器组织	414
12.2	80386 微处理器	415
12.2.1	80386 的内部结构	415
12.2.2	80386 的寄存器	417
12.2.3	80386 的工作方式	419
12.2.4	80386 的存储器管理	420
12.3	80486 微处理器	423
12.3.1	80486 的内部结构	423
12.3.2	80486 的技术特点	424
12.4	Pentium 处理器	425
12.4.1	Pentium 处理器的内部结构	426
12.4.2	Pentium 处理器的技术特点	427
12.4.3	Pentium 处理器的发展	429
	思考题与习题	433
第 13 章	总线标准与微型计算机	434
13.1	微型计算机系统总线	434
13.1.1	总线和总线规范	434
13.1.2	系统总线 ISA 和 EISA	435
13.1.3	PCI 总线	437

目 录

13.1.4	AGP	439
13.1.5	通用串行总线 USB	441
13.1.6	IEEE1394	443
13.2	Pentium 微型计算机	444
13.2.1	主板	444
13.2.2	440BX 芯片组	445
13.2.3	采用 440BX 芯片组的 PC 结构	446
	思考题与习题	447
附录 1	ASC II 码表	448
附录 2	8088 /8086 指令系统	450
附录 3	IBM PC /AT 中断功能表	455
附录 4	常用 DOS 功能调用 (INT 21H)	457
附录 5	BIOS 功能调用	462
附录 6	DEBUG 命令	467
附录 7	汇编语言程序上机过程	468
附录 8	键盘扫描码	475
索引	476
参考文献	486

第1章

基础知识

1.1 数制及其相互转换

1.1.1 常用计数制

1. 计数制

计数制是指用一组固定的数字符号和统一的规则表示数的方法。一般， r 进制数可以用下式表示：

$$\sum_{i=-m}^n a_i r^i = a_{-m} r^{-m} + \dots + a_{-2} r^{-2} + a_{-1} r^{-1} + a_0 r^0 + a_1 r^1 + \dots + a_n r^n$$

其中， r 称为数制的基数， r^i 称为数制的权， i 为整数。

基数的含义为：(1)基数为 r 的数制称为 r 进制数；(2)该数制数由 r 个不同的数字符号表示；(3)确定了算术运算时的进位或借位规则，即加法时逢 r 进一，减法时借一当 r 。

权的含义为：(1)表示数字在不同的位置代表的数值是不一样的。每个数字所表示的数值等于它本身乘以该数位对应的权；(2)权是基数的幂。

以十进制为例，十进制数具有下列属性：

- (1) $r=10$ ，由 $0 \sim 9$ 共 10个不同的阿拉伯数字表示；
- (2) i 位置上的权为 10^i ；

(3) 加法运算时逢十进一,减法运算时借一当十。

十进制数 $579.43 = 5 \times 10^2 + 7 \times 10^1 + 9 \times 10^0 + 4 \times 10^{-1} + 3 \times 10^{-2}$

2. 计算机中常用计数制

计算机常用的计数制除上述十进制数外,还有二进制数、八进制数、十六进制数等。它们的部分属性见表 1.1。

表 1.1 计算机中常用计数制

数制	基数	数 码	运算规则	举例
二进制	2	0,1	逢二进一,借一当二	1011.11
八进制	8	0,1,2,3,4,5,6,7	逢八进一,借一当八	745.64
十进制	10	0,1,2,3,4,5,6,7,8,9	逢十进一,借一当十	9999.99
十六进制	16	0,1,2,3,4,5,6,7,8,9, A,B,C,D,E,F	逢十六进一,借一当十六	0A45.B

说明:为了便于计算机识别,当十六进制数的首字符为字母时,前面加数字 Q。

(1) 不同数制数的区别表示

为了区分不同的数制,书写上有两种方法:

方法一:用后缀区分。

二进制、十进制、八进制数、十六进制数的后缀分别为字母: B、D、Q、H。

【例】

1) 123D 表示十进制数 $123 = 1 \times 10^2 + 2 \times 10^1 + 3 \times 10^0$

2) 123Q 表示八进制数 $123 = 1 \times 8^2 + 2 \times 8^1 + 3 \times 8^0$

3) 123H 表示十六进制数 $123 = 1 \times 16^2 + 2 \times 16^1 + 3 \times 16^0$

方法二:用括号将数字括起,加以下标标注。

【例】

1) 十进制数 123 表示为 $(123)_{10}$

2) 八进制数 123 表示为 $(123)_8$

(2) 二进制数

1) 二进制数的属性

二进制数基数为 2,由 0、1 组成,它的各个位置上的权为 2^k ,小数点左边从右至左其各位的位权依次是: 2^0 、 2^1 、 2^2 、 2^3 、..., 小数点右边从左至右其各位的位权依次是: 2^{-1} 、 2^{-2} 、 2^{-3} 、...

【例】 $1011.11B = 1 \times 2^3 + 0 \times 2^2 + 1 \times 2^1 + 1 \times 2^0 + 1 \times 2^{-1} + 1 \times 2^{-2}$

2) 二进制正整数的表示范围

二进制正整数的表示范围由其位数决定。n位二进制数可以表示 2^n 个正整数。例如 $n=3$,可以表示 8个不同的正整数 ; $n=4$,可以表示 16个不同的正整数。见表 1.2、表 1.3。

表 1.2 3位二进制数能表示的数

二进制数	000	001	010	011	100	101	110	111
对应的十进制数	0	1	2	3	4	5	6	7

表 1.3 4位二进制数能表示的数

二进制数	0000	0001	0010	0011	0100	0101	0110	0111
对应的十进制数	0	1	2	3	4	5	6	7
二进制数	1000	1001	1010	1011	1100	1101	1110	1111
对应的十进制数	8	9	10	11	12	13	14	15

3) 二进制数算术运算

加法规则 逢二进一。即：

$$0 + 0 = 0; \quad 0 + 1 = 1; \quad 1 + 0 = 1; \quad 1 + 1 = 10$$

【例】 $1101 + 1011 = 11000$

减法规则 借一当二。即：

$$0 - 0 = 0; \quad 1 - 0 = 1; \quad 0 - 1 = 1; \quad 1 - 1 = 0$$

【例】 $1101 - 1011 = 0010$

乘法规则 任何数乘以 0 得 0,1 乘以任何数得该数。即：

$$0 \times 0 = 0; \quad 0 \times 1 = 0; \quad 1 \times 0 = 0; \quad 1 \times 1 = 1$$

【例】 $1101 \times 101 = 1000001$

除法规则 :0 除以任何数得 0,任何数除以 1 得该数 除数不得为 0。即：

$$0 \div 1 = 0; \quad 1 \div 1 = 1$$

【例】 $110 \div 10 = 11$

4) 二进制数逻辑运算

与 : $0 \ 0 = 0; \ 0 \ 1 = 0; \ 1 \ 0 = 0; \ 1 \ 1 = 1;$

或 : $0 \ 0 = 0; \ 0 \ 1 = 1; \ 1 \ 0 = 1; \ 1 \ 1 = 1;$

非 : $\bar{0} = 1, \bar{1} = 0$

异或 : $0 \ 0 = 0; \ 0 \ 1 = 1; \ 1 \ 0 = 1; \ 1 \ 1 = 0;$

这里分别用符号 “ ”、“ ”、“-”、“ ”表示与、或、否、异或运算符。

由于二进制数书写长而且不易阅读 ,因此在计算机中经常使用与二进制之

间转换方便的八进制和十六进制数。

(3) 八进制数

八进制数基数为 8,由 0~7 共 8 个数字组成,它的各个位置上的权为 8^k ,小数点左边从右至左其各位的位权依次是: 8^0 、 8^1 、 8^2 、 8^3 、...,小数点右边从左至右其各位的位权依次是: 8^{-1} 、 8^{-2} 、 8^{-3} 、...

$$\text{【例】 } 753.45\text{Q} = 7 \times 8^2 + 5 \times 8^1 + 3 \times 8^0 + 4 \times 8^{-1} + 5 \times 8^{-2}$$

$$\text{【例】 } 34\text{Q} + 44\text{Q} = 100\text{Q}$$

(4) 十六进制数

十六进制数基数为 16,由 0~9,A~F 共 16 个符号组成,它的各个位置上的权为 16^k ,小数点左边从右至左其各位的位权依次是: 16^0 、 16^1 、 16^2 、 16^3 、...,小数点右边从左至右其各位的位权依次是: 16^{-1} 、 16^{-2} 、 16^{-3} 、...

$$\text{【例】 } 0\text{FA}3.3\text{BH} = 15 \times 16^2 + 10 \times 16^1 + 3 \times 16^0 + 3 \times 16^{-1} + 11 \times 16^{-2}$$

$$\text{【例】 } 0\text{FFH} + 1 = 100\text{H}$$

1.1.2 不同数制之间的转换

1. 其他数制数转换为十进制数

其他数制数转换为十进制数的方法是“按权展开”。

【例】

$$1) 1011.11\text{B} = 1 \times 2^3 + 0 \times 2^2 + 1 \times 2^1 + 1 \times 2^0 + 1 \times 2^{-1} + 1 \times 2^{-2} = 11.75\text{D}$$

$$2) 753.4\text{Q} = 7 \times 8^2 + 5 \times 8^1 + 3 \times 8^0 + 4 \times 8^{-1} = 491.5\text{D}$$

$$3) 0\text{FA}3.4\text{H} = 15 \times 16^2 + 10 \times 16^1 + 3 \times 16^0 + 4 \times 16^{-1} = 4003.25\text{D}$$

2. 十进制数转换为其他数制数

把十进制数转换为其他数制数的方法很多,通常采用的方法有降幂法及乘法。下面以十进制数转换为二进制数为例加以说明,十进制数转换为八进制数、十六进制数从此类推。

(1) 降幂法

步骤:

- 1) 写出所有小于此数的各位二进制权;
- 2) 用要转换的十进制数减去与它值最近的二进制权值;
- 3) 如够减,相应位记为 1;如不够减,相应位记 0,并恢复该减法实施之前的数;
- 4) 重复 2)、3),直至该数为 0 或达到所需精度。

【例】把十进制数 117.75 转换成二进制数