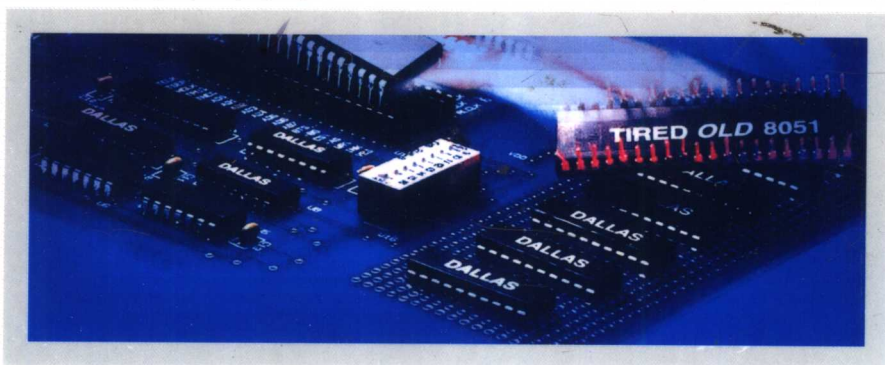


中国高等职业技术教育研究会推荐
21世纪高等职业教育规划教材

单片机原理与接口技术

耿文静 钱珊珠 主编

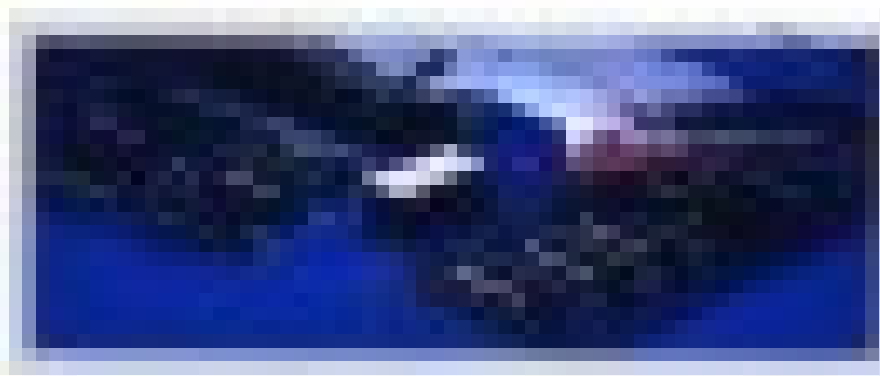


国防工业出版社
National Defense Industry Press

教育部高等学校计算机专业类教学指导委员会
《单片机原理与接口技术》课程教学大纲编写组

单片机原理与接口技术

—— 第2版 ——



中国高等职业技术教育研究会推荐

21 世纪高等职业教育规划教材

单片机原理与接口技术

耿文静 钱珊珠 主编

国防工业出版社

· 北京 ·

内 容 简 介

本书以 MCS-51 系列单片机中的 8051 为例,本着通俗易懂、深入浅出、循序渐进的原则,系统讲述了单片机的原理、结构、指令、汇编语言程序设计、定时和中断系统、串行接口,并介绍了多种单片机资源的扩展和接口技术。为使非计算机专业读者更方便地学习单片机以及提高实验和实践能力,在第 1 章加入了计算机运算基础这部分内容,在第 10 章介绍了单片机系统开发和设计的一些技巧和实例。每章都附有习题,供读者课后练习。

本书既可作为普通高等院校及高等职业院校非计算机专业的单片机课程教材(包括各电子类和机电类专业的专业课教材以及其他机械类专业的选修课教材),也可作为自学参考书。

图书在版编目(CIP)数据

单片机原理与接口技术 / 耿文静, 钱珊珠主编. —北京:国防工业出版社, 2007. 1

21 世纪高等职业教育规划教材

ISBN 7-118-04658-2

I. 单... II. ①耿... ②钱... III. ①单片微型计算机—基础理论 ②单片微型计算机—接口 IV. TP368. 1

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2006)第 081841 号

※

国防工业出版社 出版发行

(北京市海淀区紫竹院南路 23 号 邮政编码 100044)

天利华印刷装订有限公司印刷

新华书店经售

*

开本 787×1092 1/16 印张 14 字数 310 千字

2007 年 1 月第 1 版第 1 次印刷 印数 1—4000 册 定价 21.00 元

(本书如有印装错误,我社负责调换)

国防书店:(010)68428422

发行邮购:(010)68414474

发行传真:(010)68411535

发行业务:(010)68472764

21 世纪高等职业教育机电类规划教材 编审专家委员会名单

- 主任委员** 方 新(北京联合大学教授)
刘跃南(深圳职业技术学院教授)
- 委 员** (按姓氏笔画排列)
- 付文博(烟台南山学院副教授)
刘 炯(国防工业出版社副编审)
刘克旺(青岛职业技术学院副教授)
刘建超(成都航空职业技术学院教授)
闫大建(北京科技职业学院副教授)
杨 威(西安航空技术高等专科学校副教授)
李景仲(辽宁省交通高等专科学校副教授)
辛再甫(国防工业出版社副编审)
徐政坤(张家界航空工业职业技术学院副教授)
蒋敦斌(天津职业大学教授)
韩玉勇(枣庄科技职业学院副教授)
颜培钦(广东交通职业技术学院副教授)

总 策 划 江洪湖 刘 炯

总 序

在我国高等教育从精英教育走向大众化教育的过程中,作为高等教育重要组成部分的高等职业教育快速发展,已进入提高质量的时期。在高等职业教育的发展过程中,各高校在专业设置、实训基地建设、双师型师资的培养、专业培养方案的制定等方面不断进行教学改革。高等职业教育的人才培养还有一个重点就是课程建设,包括课程体系的科学合理设置、理论课程与实践课程的开发、课件的编制、教材的编写等。这些工作需要每一位高职教师付出大量的心血,高职教材就是这些心血的结晶。

高等职业教育机电类专业赶上了我国现代制造业崛起的时代,中国的制造业要从制造大国走向制造强国,需要一大批高素质的、工作在生产一线的技术应用型人才,这就要求我们高等职业教育机电类专业的教师们担负起这个重任。

高等职业教育机电类专业的教材一要反映制造业的最新技术,因为高职学生毕业后马上要去现代制造业企业的生产一线顶岗,我国现代制造业企业使用的技术更新很快;二要反映某项技术的方方面面,使高职学生能对该项技术有全面的了解;三要深入某项需要高职学生具体掌握的技术,便于教师组织教学时切实使学生掌握该项技术或技能;四要适合高职学生的学习特点,便于教师组织教学时因材施教。要编写出高质量的高职教材,还需要我们高职教师的艰苦工作。

国防工业出版社组织了一批具有丰富教学经验的高职教师所编写的数控、模具、汽车、自动化、机电设备等方面的教材反映了这些专业的教学成果,相信这些专业的成功经验又必将随着本系列教材这个载体进一步推动其他院校的教学改革。

方新

《单片机原理与接口技术》

编委会名单

主 编 耿文静 钱珊珠

编 委 耿文静 钱珊珠 闫大建 曲 辉
张 巍

前 言

单片机即单片微型计算机,是典型的嵌入式微控制器。近年来电子行业发展迅猛,单片机的应用已经广泛渗透到工业、民用、电信、军备等各个领域,无处不在影响着现代人的生活。为此,我国大中专院校相关电子类、机电类专业都普遍开设了“单片机原理与接口技术”这门课程。

本书以目前应用最广泛的单片机——Intel 公司开发的 MCS-51 系列单片机——为范例进行学习;是一本面向应用、具有较强实践性与综合性的书籍。通过学习,使学生获得单片机的有关知识和在相应专业领域内应用单片机的初步能力。

本书以 MCS-51 系列单片机中的 8051 单片机为例,本着通俗易懂、深入浅出、循序渐进的原则,系统讲述了单片机的原理、结构、指令、汇编语言程序设计、定时和中断系统、串行接口,并介绍了多种单片机资源的扩展和接口技术。为使非计算机专业读者更方便地学习和理解单片机,本书在第 1 章加入了计算机运算基础这一部分内容。

实验和实践对学习和掌握单片机系统的设计和应用极为重要,为此,第 10 章介绍了单片机系统开发和设计的一些技巧和实例。本书每章都附有习题,供读者课后练习。

本书既可作为普通高等学校及高等职业院校非计算机专业的单片机课程教材(包括各电子类和机电类专业的专业课教材以及其他机械类专业的选修课教材),也可作为自学参考书。

本书由耿文静、钱珊珠主编。第 1 章、第 2 章由耿文静编写;第 3 章、第 4 章由曲辉编写;第 5 章、第 6 章、第 7 章由钱珊珠编写;第 8 章、第 9 章、第 10 章由张巍编写。参加本书编写工作的还有闫大建等。

限于编者水平,书中错误和不妥之处在所难免,敬请读者批评指正。

编 者

目 录

第 1 章 单片机概论	1
1.1 计算机发展简史	1
1.1.1 第一台电子计算机的出现	1
1.1.2 现代计算机的分类	1
1.2 单片机的发展及应用	1
1.2.1 单片机的发展	2
1.2.2 单片机的应用	2
1.3 计算机运算基础	3
1.3.1 数制	3
1.3.2 各种数制的相互转换	3
1.3.3 二进制数的运算	6
1.3.4 数的表示方法及运算	8
习题	10
第 2 章 MCS-51 系列单片机的结构	12
2.1 MCS-51 系列单片机简介	12
2.1.1 MCS-51 系列单片机的特点	12
2.1.2 MCS-51 系列单片机的种类	12
2.2 MCS-51 系列单片机的信号引脚与结构	13
2.2.1 封装与引脚	13
2.2.2 内部逻辑结构	16
2.3 MCS-51 系列单片机的存储器结构	18
2.3.1 程序存储器	18
2.3.2 外部数据存储器	20
2.3.3 内部数据存储器	20
2.4 MCS-51 系列单片机的并行端口	24
2.4.1 P0 口	24
2.4.2 P1 口	25
2.4.3 P2 口	26
2.4.4 P3 口	26
2.4.5 口电路小结	26

2.5	MCS-51 系列单片机的时序	27
2.5.1	时钟电路	27
2.5.2	时序定时单位	28
2.5.3	典型指令的时序	29
2.6	MCS-51 系列单片机的工作方式	30
2.6.1	复位方式	30
2.6.2	程序执行方式	32
2.6.3	掉电保护方式	32
2.6.4	低功耗方式	33
	习题	34
第3章	MCS-51 系列单片机指令系统	35
3.1	指令系统概述	35
3.1.1	单片机的汇编语言	35
3.1.2	指令格式	35
3.1.3	指令中常用符号	36
3.2	寻址方式	37
3.3	MCS-51 系列单片机指令系统	40
3.3.1	数据传送类指令	40
3.3.2	算术运算类指令	46
3.3.3	逻辑运算及移位类指令	53
3.3.4	布尔变量操作类指令	57
3.3.5	控制转移类指令	60
	习题	68
第4章	MCS-51 系列单片机程序设计	70
4.1	汇编语言概述	70
4.1.1	机器语言、汇编语言和高级语言	70
4.1.2	汇编语言程序设计	71
4.1.3	汇编语言的伪指令	72
4.2	基本程序设计方法	74
4.2.1	顺序结构程序设计	74
4.2.2	分支(选择)结构程序设计	75
4.2.3	循环结构程序设计	77
4.2.4	子程序设计	80
4.3	程序设计举例	82
4.3.1	代码转换程序设计	82
4.3.2	算术运算程序设计	84
4.3.3	逻辑运算程序设计	86

4.3.4	查表程序设计	87
4.3.5	数据检索程序设计	89
4.3.6	数据排序程序设计	90
习题		91
第5章	中断系统	93
5.1	中断系统概述	93
5.1.1	中断的概念	93
5.1.2	中断的功能	94
5.1.3	中断源与中断优先级	94
5.2	中断控制	95
5.2.1	中断源请求标志与请求方式控制	96
5.2.2	中断允许控制寄存器系列	97
5.2.3	中断优先级控制	97
5.3	中断处理过程	98
5.3.1	中断响应	99
5.3.2	中断程序设计	100
5.4	中断系统应用实例	102
5.4.1	CPU 与外部设备的数据传送方式	102
5.4.2	中断源的扩展	103
5.4.3	键盘控制 LED 显示电路	107
5.4.4	MCS-51 系列单片机的单步工作方式及断点工作方式	109
习题		110
第6章	单片机定时器/计数器	111
6.1	定时器/计数器结构与控制	111
6.1.1	定时器/计数器的结构及工作原理	111
6.1.2	定时器/计数器的控制寄存器	112
6.2	定时器/计数器的工作方式	113
6.2.1	工作方式 0	113
6.2.2	工作方式 1	114
6.2.3	工作方式 2	120
6.2.4	工作方式 3	122
6.2.5	用定时器/计数器进行外部中断扩展	123
6.3	定时器/计数器应用实例	124
习题		126
第7章	串行接口	128
7.1	串行通信的基本概念	128
7.1.1	串行通信与并行通信	128

7.1.2	串行通信方式	128
7.1.3	串行通信的传送速率	130
7.2	MCS-51 系列单片机串行接口及控制寄存器	130
7.2.1	MCS-51 系列单片机串行接口结构	130
7.2.2	串行接口控制	131
7.3	MCS-51 系列单片机串行接口的工作方式	132
7.3.1	串行工作方式 0	133
7.3.2	串行工作方式 1	134
7.3.3	串行工作方式 2	135
7.3.4	串行工作方式 3	136
7.4	单片机串行通信	137
7.4.1	双机串行通信	137
7.4.2	多机串行通信	137
7.4.3	MCS-51 系列单片机与 PC 的串行通信	138
习题		139
第 8 章	并行 I/O 接口	140
8.1	概述	140
8.1.1	I/O 接口的作用	141
8.1.2	外部设备的编址	141
8.1.3	I/O 数据的 4 种数据传送方式	143
8.1.4	I/O 接口的类型	145
8.2	MCS-51 系列单片机内部并行 I/O 端口及其应用	145
8.2.1	MCS-51 系列单片机内部并行 I/O 端口	145
8.2.2	MCS-51 系列单片机内部并行 I/O 端口的应用	147
8.3	并行 I/O 口的扩展	151
8.3.1	借用外部 RAM 地址扩展 I/O 口	151
8.3.2	用 8255 芯片扩展 I/O 口	153
8.3.3	用 8155 芯片扩展 I/O 口	159
习题		163
第 9 章	MCS-51 系列单片机的存储器扩展及接口技术	165
9.1	存储器的扩展	165
9.1.1	程序存储器的扩展	165
9.1.2	数据存储器的扩展	166
9.2	键盘接口	167
9.2.1	键盘工作原理	167
9.2.2	中断扫描方式	172
9.3	显示器接口	172

9.3.1	显示器的结构	172
9.3.2	显示器的工作方式和显示程序设计	173
9.4	A/D 转换接口和 D/A 转换接口	175
9.4.1	A/D 转换接口	176
9.4.2	D/A 转换接口	178
习题		183
第 10 章	单片机系统设计与开发	185
10.1	应用系统研制过程	185
10.1.1	确定任务	185
10.1.2	总体设计	185
10.1.3	硬件设计	186
10.1.4	软件设计	187
10.2	开发工具和开发方法	188
10.2.1	DVCC 单片机开发系统	188
10.2.2	系统调试	191
10.3	应用系统举例(一)——排水灌溉系统的单片机控制	192
10.3.1	概述	192
10.3.2	技术要求	192
10.3.3	数学模式	192
10.3.4	系统总体设计	192
10.3.5	部件选择和设计	193
10.3.6	防干扰措施	196
10.3.7	程序设计	196
10.3.8	研制调试过程	196
10.4	应用系统举例(二)——学校作息时间表单片机控制	198
10.4.1	控制任务与控制原理	199
10.4.2	系统硬件设计	200
10.4.3	系统软件设计	200
习题		208
参考文献		209

第 1 章 单片机概论

本章要点:

本章着重介绍单片机的一些相关基础知识,如概念、发展简史、运算基础等,为其他各章的学习打下基础。本章重点是单片机的发展以及运算基础。

1.1 计算机发展简史

1.1.1 第一台电子计算机的出现

1946 年 2 月,世界上第一台电子计算机在美国宾夕法尼亚大学研制成功,称为 ENIAC(Electronic Numerical Integrator and Calculator)。它由 18000 只电子管组成,重 30t,占地约 150m²,功率 150kW,价值 40 万美元,运算速度仅为 5000 次/s。正是这台今天看来既贵且重、运算速度慢、位数短、耗电大的电子管计算机成了现代各种先进计算机的先驱,开创了计算机科学技术的新纪元。

在此之后,就其组成来看,计算机共发展了 5 代:电子管计算机、晶体管计算机、集成电路计算机、大规模集成电路计算机及超大规模集成电路计算机。

1.1.2 现代计算机的分类

现代计算机又可分为以下 2 种。

1. 大型、巨型计算机

此类计算机是运算速度快和容量极大的高科技产品。我国的银河 II 就是每秒 10 亿次的巨型计算机。巨型计算机是一个国家科技实力的象征。

2. 小型、微型计算机

随着科学技术的发展和人民生活质量的提高,设备庞大、价格昂贵的巨型计算机已不足以满足社会需求。1971 年 1 月,体积小、运算速度较快、价格便宜的微型计算机在美国 Intel 公司研制成功。它主要有 3 个集成电路芯片组成:数据存储器芯片、程序存储器芯片及中央处理器芯片。中央处理器芯片是采用大规模集成电路技术把计算机的运算器、控制器、时序电路和控制逻辑电路集成在一个集成电路芯片上,大大缩小了计算机的体积。这片集成电路芯片称为微处理器,配上存储器、输入/输出(I/O)接口就成了微型计算机。

现在常用的微型计算机有 Pentium IV、IBM PC/XT 等。

1.2 单片机的发展及应用

单片微型计算机(Single Chip Microcomputer,SCMC)(简称单片机)是微型计算机的

一个分支,它是把微型计算机的主要部件,即中央处理器(CPU)、随机存储器(RAM)、只读存储器(ROM)、中断系统、定时/计数器以及 I/O 接口等,集成在一个芯片上,它虽然只有一个芯片,但已具有计算机系统的属性。

由于单片机在应用时通常处于被控系统的核心地位并融入其中,即以嵌入的方式使用,因此也常常将单片机称为嵌入式微控制器(Embedded Microcontroller Unit, EM-CU)。在单片机的电路和结构中有许多嵌入式应用的特点。

1.2.1 单片机的发展

继 1971 年微处理器研制成功不久,就出现了单片机,但最早的单片机只有 1 位,也就是说,这种单片机每次只能对一个二进制数进行运算处理。

1976 年,Intel 公司推出了 8 位的 MCS-48 系列单片机,它体积小、控制功能全、价格低,得到了广泛的应用并赢得了好评,为单片机的发展奠定了坚实的基础,成为单片机发展史上的一个重要阶段。其后,许多半导体生产厂商竞相研制和开发自己的单片机系列,到 20 世纪 80 年代末,世界各地已相继研制出大约 50 个系列 300 多个品种的单片机产品。其中有 Motorola 公司的 6801、6802, Zilog 公司的 Z-8 系列, Rockwell 公司的 6501、6502 等。

1980 年,Intel 公司在 MCS-48 系列单片机的基础上推出了 MCS-51 系列单片机,它虽然仍是 8 位的,但相比于 MCS-48 系列具有功能强、品种全、兼容性强、软硬件资源丰富等特点,因此应用愈加广泛,成为比 MCS-48 系列单片机更重要的单片机品种。直到今天, MCS-51 系列单片机仍是单片机的主流系列之一。而我国应用最广泛的单片机品种也是 MCS-51 系列单片机。

1983 年,Intel 公司推出 16 位的 MCS-96 系列单片机,是当时出现的 16 位单片机的典型代表,与 MCS-51 系列单片机相比, MCS-96 系列单片机不但字长增加了 1 倍,在其他性能方面也有很大提高,特别是芯片内还增加了一个 4 路或 8 路的 10 位 A/D 转换器,使其具有 A/D 转换功能。

从单片机 30 多年的发展历程来看,单片机今后将向多功能、高性能、高速度、低电压、低功耗、低价格、外围电路内装化以及片内存储器容量增加的方向发展,但位数不一定增加。此外,专用化也是单片机的一个发展方向,针对单一用途的专用单片机将越来越多。

1.2.2 单片机的应用

由于单片机超小型化、结构紧凑、功能完善、可靠性高、价格低廉,其应用越来越广泛。

- (1) 工业方面:电机控制、工业机器人、过程控制、数字控制等。
- (2) 仪器仪表方面:智能仪器、医疗器械、光谱仪、示波器等。
- (3) 民用方面:电子玩具、家用电器、游戏机等。
- (4) 电子通信方面:调制解调器、移动电话、传真机、电话机等。
- (5) 导航与控制方面:导弹控制、鱼雷制导控制、智能武器装置、航天导航系统等。
- (6) 数据处理方面:复印机、打印机、图形终端等。
- (7) 汽车方面:点火控制、变速器控制、防滑刹车、排气控制等。
- (8) 军事装备方面:飞机、军舰、坦克、大炮、雷达等。

1.3 计算机运算基础

日常生活中,人们使用各种进制来表示数,如二进制、八进制、十进制、十六进制等。由于用电子器件表示两种状态比较容易实现,因此,计算机中一般使用二进制数。但人们生活中又习惯于使用十进制数,因此在学习和掌握计算机的原理和应用之前,需要了解二进制、十进制、十六进制等表示法,及其相互关系和转换。

1.3.1 数制

常见的数制及其数码有:

(1)二进制 0,1;

(2)八进制 0,1,2,3,4,5,6,7;

(3)十进制 0,1,2,3,4,5,6,7,8,9;

(4)十六进制 0,1,2,3,4,5,6,7,8,9,A,B,C,D,E,F,其中 A,B,C,D,E,F 分别表示十进制数 10,11,12,13,14,15。

在进位计数制中,所使用的数码的个数称为“基”(如十进制的基是 10),基在相应位上的相应位次幂称为该位的“位权”(如十进制在第 0 位、第 1 位、第 2 位、第 3 位……上的位权相应的是 $10^0, 10^1, 10^2, 10^3, \dots$),具体为:

(1)二进制数(Binary) 基为 2,逢 2 进 1,位权是 $2^0, 2^1, 2^2, 2^3, \dots$ 表示为 2^i 。

(2)八进制数(Octave) 基为 8,逢 8 进 1,位权是 $8^0, 8^1, 8^2, 8^3, \dots$ 表示为 8^i 。

(3)十进制数(Decimal) 基为 10,逢 10 进 1,位权是 $10^0, 10^1, 10^2, 10^3, \dots$ 表示为 10^i 。

(4)十六进制数(Hexadecimal) 基为 16,逢 16 进 1,位权是 $16^0, 16^1, 16^2, 16^3, \dots$ 表示为 16^i 。

1.3.2 各种数制的相互转换

1. 任意进制数转换为十进制数

二进制、十六进制以及任意进制的数转换成十进制数的方法简单,表示为各位数码本身的值与其位权的乘积之和,下面举例说明。

例 1.1 将二进制数 1010.101 转换成十进制数。

解: $(1010.101)_2 = 1 \times 2^3 + 0 \times 2^2 + 1 \times 2^1 + 0 \times 2^0 + 1 \times 2^{-1} + 0 \times 2^{-2} + 1 \times 2^{-3}$
 $= (10.625)_{10}$

例 1.2 将八进制数 777 转换成十进制数。

解: $(777)_8 = 7 \times 8^2 + 7 \times 8^1 + 7 \times 8^0 = (511)_{10}$

例 1.3 将十六进制数 2BA 转换成十进制数。

解: $(2BA)_{16} = 2 \times 16^2 + 11 \times 16^1 + 10 \times 16^0 = (693)_{10}$

各种数制的数表示方法中,其后缀可以用一个大写英文缩写字母表示,如 $(1010.101)_2$ 表示为 $(1010.101)_B$, $(777)_8$ 表示为 $(777)_O$, $(10.625)_{10}$ 表示为 $(10.625)_D$, $(2BA)_{16}$ 表示为 $(2BA)_H$,其中,B 表示二进制数,D 表示十进制数,O 表示八进制数,H 表示十六进制数。

2. 十进制数转换成二进制数

通常一个十进制数包含整数和小数两部分,由于对整数部分和小数部分处理方法不同,下面分别讨论。

1) 整数部分的转换

采用“除 2 取余”法。具体步骤是:把十进制数除以 2 得到一个商和一个余数;再将所得的商除以 2,又得到一个商和一个余数;这样不断地用 2 去除所得的商,直到商为 0 止。每次相除得到的余数便是对应的二进制数的各位数码。第一次得到的余数为最低位,最后一次得到的余数为最高位。

例 1.4 把十进制数 215 转换成二进制数。

解:
$$\begin{array}{r} 2 \overline{) 215} \\ 2 \overline{) 107} \cdots 1 \quad \text{最低位} \\ 2 \overline{) 53} \cdots 1 \\ 2 \overline{) 26} \cdots 1 \\ 2 \overline{) 13} \cdots 0 \\ 2 \overline{) 6} \cdots 1 \\ 2 \overline{) 3} \cdots 0 \\ 2 \overline{) 1} \cdots 1 \\ 0 \cdots 1 \quad \text{最高位} \end{array}$$

所以, $(215)_{10} = (11010111)_2$ 。

2) 小数部分的转换

采用“乘 2 取整”法。具体步骤是:把十进制小数乘以 2 得一整数部分和一小数部分;再用 2 乘所得的小数部分,又得到一整数部分和一小数部分;这样不断用 2 去乘所得小数部分,直到小数部分为 0 或者达到要求的精度为止。每次相乘后所得乘积的整数部分就是相应的二进制小数的各位数字,第一次乘积所得的整数部分为最高有效位,最后一次得到的为最低有效位。

注意:每次乘法后,取得的整数部分是 1 或 0,0 是整数部分也应取。

例 1.5 把十进制小数 0.6875 转换成二进制小数。

解:
$$\begin{array}{r} 0.6875 \\ \times 2 \\ \hline \text{最高位} \cdots 1 | .3750 \\ \times 2 \\ \hline 0 | .7500 \\ \times 2 \\ \hline 1 | .5000 \\ \times 2 \\ \hline \end{array}$$

最低位 $\cdots 1 | .0000$

所以, $(0.6875)_{10} = (0.1011)_2$ 。

例 1.6 把十进制小数 0.1 转换成二进制小数,取小数点后 5 位。