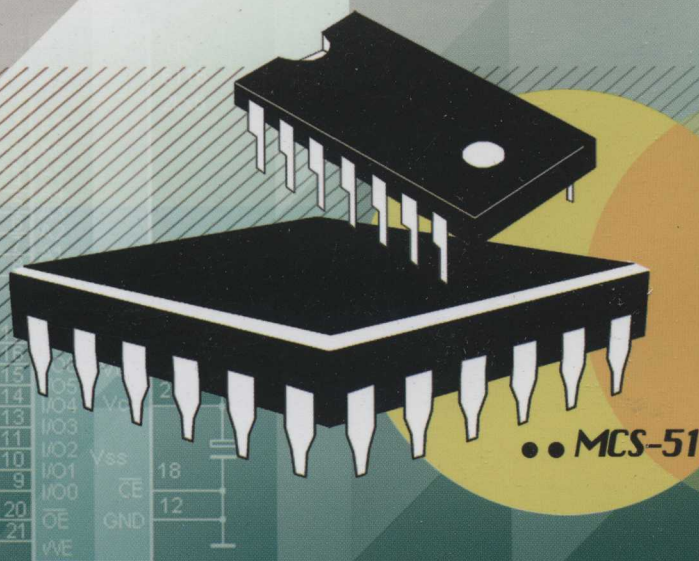


MCS-51^{系列}

单片机原理及系统设计

刘岩川 主编
董玉华 刘忠富 韩志敏 副主编



电子工业出版社

PUBLISHING HOUSE OF ELECTRONICS INDUSTRY

<http://www.phei.com.cn>

MCS-51 系列单片机原理 及系统设计

刘岩川 主 编
董玉华 刘忠富 韩志敏 副主编

浙江工业大学
图书馆藏书

浙江工业大学图书馆



72014197

电子工业出版社

Publishing House of Electronics Industry

北京·BEIJING

内 容 简 介

本书系统地介绍了 MCS-51 单片机的组成结构、工作原理、指令系统、汇编语言程序设计、中断系统、定时器/计数器及串行接口等内容,并在键盘及显示接口、模数与数模转换接口及常用传感器接口方面做了较为详细的介绍。本书最后简要地介绍了单片机系统可靠性方面的知识和常用的处理手段。本书在较为重要的知识点上都配有应用系统实例,且每章都配有一定量的习题与思考题,可帮助读者更好地理解和消化所讲授的内容。

本书可作为大专院校电气信息类专业单片机课程的教材,也可作为从事单片机应用各类技术人员的参考书。

未经许可,不得以任何方式复制或抄袭本书之部分或全部内容。
版权所有,侵权必究。

图书在版编目(CIP)数据

MCS-51 系列单片机原理及系统设计/刘岩川主编. —北京:电子工业出版社,2014.1
ISBN 978-7-121-22021-0

I. ①M… II. ①刘… III. ①单片微型计算机—程序设计 IV. ①TP368.1

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2013)第 283334 号

责任编辑:康 霞

印 刷:三河市鑫金马印装有限公司

装 订:三河市鑫金马印装有限公司

出版发行:电子工业出版社

北京市海淀区万寿路 173 信箱 邮编 100036

开 本:787×1092 1/16 印张:19 字数:486.4 千字

印 次:2014 年 1 月第 1 次印刷

定 价:39.80 元

凡所购买电子工业出版社图书有缺损问题,请向购买书店调换。若书店售缺,请与本社发行部联系,联系及邮购电话:(010) 88254888。

质量投诉请发邮件至 zlts@phei.com.cn,盗版侵权举报请发邮件至 dbqq@phei.com.cn。

服务热线:(010) 88258888。

前言

与半个世纪前相比,当今社会无论是在工业生产还是日常生活方面都发生了巨大的变化,而带来这一变化的众多因素之一便是计算机技术。功能强大的计算机系统使信息处理进入智能化时代,这让工业控制更加精准,使人们的日常生活更加便捷。作为计算机的一个重要分支——单片机在这场巨变中发挥了重要作用。由于单片机具有成本低、体积小、功能强等特点,使其在生产生活的方方面面得到了广泛的应用。在嵌入式系统中,单片机发挥着极其重要的作用。在工业生产装置、办公自动化设备和家用电器等领域,随处可见单片机的身影。单片机已经成为智能装置的核心部件。

随着微电子技术的飞速发展,单片机的各项性能指标得到了极大的提高。Intel 公司第一代单片机 MCS-8048 使用 6MHz 晶振,具有 16bit 通用 I/O 和 1KB ROM,以及 64B RAM。今天的单片机,其晶振已经达到几十兆赫兹,通用 I/O 达到六七十位。有些厂家生产的单片机还集成了高速高精度 A/D 和 D/A 转换器、可编程放大器及包括 USB 接口在内的各种通信接口。

目前的单片机市场林林总总,性能价格各不相同,但 MCS-51 系列兼容机型仍然占有相当大的市场。尽管单片机的变化非常大,但是其结构和原理万变不离其宗。考虑到读者理解程度及单片机课时的限制,本书仍选择结构较为简单的 MCS-51 单片机芯片作为样机来介绍 51 系列单片机的结构及工作原理、汇编语言程序设计及常用接口电路等。对于初学者来讲,MCS-51 仍是一个非常好的教学模型,而且学好 MCS-51 可以达到举一反三、触类旁通的效果。

本书分为两篇,原理篇主要讲述单片机原理,应用篇主要介绍单片机相关的接口及应用技术。为了能使读者快速入门,本书专门设置了微型计算机基础一章来介绍计算机相关的基本概念和基础知识,以降低初学者的学习难度。书中每章都附有例题及习题与思考题,特别是在应用篇,尽量安排实际系统加以分析讲解,以帮助读者尽快进入系统学习。目前国内很多高校的信息与控制类专业对单片机技术非常重视,除单片机原理课程以外,很多学校还辅以独立设置的单片机实验及单片机课程设计,以强化学生对该技术的掌握。为满足各种教学环节的需求,除了单片机原理和汇编语言部分以外,本书利用一定的篇幅较为详细地介绍了单片机系统的应用,以满足实验和课程设计等实践环节的教学需求。本书适合作为大专院校电气信息类专业单片机课程的教科书及课程设计参考书,同时对于那些对单片机技术感兴趣的自学读者也是一本很好的参考教材。

本书共 15 章。第 1 章由李绍民编写,第 2 章由李厚杰编写,第 3、4 章由张秀峰编写,第 5 章由郭金来编写,第 6 章由刘忠富编写,第 7 章由陈晓云编写,第 8 章由付立

军编写,第9、10章由刘岩川编写,第11章由韩志敏编写,第12章由赵凤强编写,第13章由丁纪峰编写,第14章由董玉华和刘忠富编写,第15章由谢春利编写。全书由刘岩川统稿。

由于作者水平有限,书中难免有不当之处,敬请读者批评指正。

编者

目 录

原 理 篇

第 1 章 微型计算机基础	2
1.1 计算机中的数制	2
1.1.1 计算机中常用的数制	2
1.1.2 各种数制之间的转换	4
1.2 计算机中的码制和编码	6
1.2.1 有符号数的表示方法	6
1.2.2 小数的表示方法	8
1.2.3 微型计算机中常用的信息编码	9
1.2.4 数据在计算机内部的存储模式	10
1.3 微型计算机硬件基础	11
1.3.1 微型计算机硬件的基本结构	11
1.3.2 计算机的基本工作原理	12
1.3.3 数据的输入/输出	15
1.4 单片微型计算机	15
1.4.1 单片机的概念	16
1.4.2 单片机的分类	16
1.4.3 单片机产品简介	17
习题与思考题	18
第 2 章 51 系列单片机的硬件结构	19
2.1 51 系列单片机的内部结构	19
2.2 51 单片机的引脚功能	22
2.2.1 电源引脚及时钟引脚	22
2.2.2 控制引脚	22
2.2.3 端口 (I/O) 引脚	23
2.3 51 单片机的存储器结构	24
2.3.1 存储器地址分配	24
2.3.2 程序存储器	24
2.3.3 数据存储器	25
2.3.4 特殊功能寄存器区	27
2.4 51 单片机并行接口结构	28
2.4.1 P0 三态双向口	28

2.4.2	P1 准双向口	30
2.4.3	P2 准双向口	30
2.4.4	P3 多功能口	31
2.5	51 单片机的时序与复位	32
2.5.1	时钟电路	32
2.5.2	时钟周期、机器周期和指令周期	32
2.5.3	CPU 时序	33
2.5.4	复位电路	36
	习题与思考题	37
第 3 章	51 系列单片机的指令系统	38
3.1	计算机编程语言概述	38
3.2	51 单片机指令系统的基础	39
3.2.1	指令系统的分类	39
3.2.2	指令的格式	39
3.2.3	常用的描述符号	40
3.3	51 单片机指令的寻址方式	40
3.3.1	立即寻址	41
3.3.2	直接寻址	41
3.3.3	寄存器寻址	42
3.3.4	寄存器间接寻址	42
3.3.5	变址寻址	43
3.3.6	相对寻址	44
3.3.7	位寻址	45
3.3.8	寄存器隐含寻址	45
3.4	数据传送类指令	45
3.4.1	内部数据传送指令	46
3.4.2	累加器 A 与外部数据存储器传送指令	47
3.4.3	查表指令	48
3.4.4	堆栈操作指令	49
3.4.5	交换指令	50
3.5	算术运算类指令	51
3.5.1	不带进位加法指令	51
3.5.2	带进位加法指令	52
3.5.3	带借位减法指令	53
3.5.4	乘法指令	54
3.5.5	除法指令	55
3.5.6	加 1 和减 1 指令	55
3.5.7	十进制调整指令	56
3.6	逻辑运算指令	57

3.6.1	清零指令	57
3.6.2	求反指令	57
3.6.3	循环移位指令	58
3.6.4	逻辑“与”操作指令	59
3.6.5	逻辑“或”操作指令	60
3.6.6	逻辑“异或”操作指令	60
3.7	控制转移类指令	61
3.7.1	无条件转移指令	61
3.7.2	条件转移指令	63
3.7.3	子程序调用及返回指令	65
3.7.4	空操作指令	67
3.8	位操作指令	67
	习题与思考题	69
第4章	汇编语言程序设计	71
4.1	汇编语言程序设计概述	71
4.1.1	汇编语言的概念	71
4.1.2	汇编语言的特点	71
4.2	汇编语言的伪指令与汇编	71
4.2.1	常用伪指令语句	72
4.2.2	汇编语言的运算符	74
4.2.3	汇编语言的汇编	75
4.3	汇编语言程序设计方法	75
4.4	汇编语言程序的基本结构	76
4.4.1	顺序程序设计	76
4.4.2	分支程序设计	79
4.4.3	循环程序设计	81
4.4.4	子程序设计	82
4.5	汇编语言程序设计举例	85
4.5.1	算术运算程序	85
4.5.2	数制转换程序	85
4.5.3	定时程序	87
4.5.4	多分支及查表程序	89
4.5.5	数值比较排序程序	90
	习题与思考题	93
第5章	51系列单片机中断系统	95
5.1	中断概述	95
5.1.1	中断的基本概念	95
5.1.2	中断系统的功能	95
5.2	51系列单片机中断系统结构	97

5.2.1	中断系统结构	97
5.2.2	中断的控制	99
5.3	中断的响应	101
5.3.1	中断响应条件	101
5.3.2	中断的响应及中断处理	101
5.3.3	系统的复位	102
5.4	中断系统的应用	103
5.4.1	中断程序的初始化	103
5.4.2	外部中断编程举例	104
	习题与思考题	106
第 6 章	51 单片机的定时器/计数器	108
6.1	定时器/计数器的结构及控制字	108
6.1.1	定时器/计数器的结构	108
6.1.2	定时器/计数器的控制字	109
6.2	定时器/计数器的工作模式	110
6.2.1	模式 0	110
6.2.2	模式 1	111
6.2.3	模式 2	111
6.2.4	模式 3	112
6.3	定时器/计数器应用举例	113
6.3.1	模式 0 及模式 1 的应用	113
6.3.2	模式 2 的应用	114
6.3.3	门控位 GATE 的使用	115
6.3.4	定时器/计数器中断响应延迟的处理	116
	习题与思考题	116
第 7 章	51 单片机的串行接口	118
7.1	串行通信基本知识	118
7.1.1	通信的概念	118
7.1.2	通信的传送方式	119
7.1.3	异步通信和同步通信	119
7.1.4	波特率和发送接收时钟	121
7.1.5	常用的串行通信协议	121
7.2	51 单片机串行口结构	123
7.2.1	基本结构	124
7.2.2	控制寄存器	124
7.3	串行口工作方式	126
7.3.1	方式 0	126
7.3.2	方式 1	128
7.3.3	方式 2 和方式 3	129

7.4 串行通信波特率的设置	130
7.4.1 方式 0 的波特率	130
7.4.2 方式 2 的波特率	130
7.4.3 方式 1 和方式 3 的波特率	131
7.5 串行通信应用举例	132
7.5.1 串行口方式 0 的应用	132
7.5.2 串行口方式 1 的应用	133
7.5.3 串行口方式 2 和方式 3 的应用	135
习题与思考题	135
第 8 章 单片机系统的扩展	137
8.1 51 单片机的外部三总线	137
8.1.1 系统总线	137
8.1.2 P0 口地址信息的锁存	138
8.1.3 地址译码方式	139
8.2 外部存储器的扩展	139
8.2.1 外部数据存储器的扩展	139
8.2.2 外部程序存储器的扩展	141
8.3 并行 I/O 接口的扩展	143
8.3.1 并行 I/O 接口的简单扩展	144
8.3.2 可编程并行 I/O 接口芯片 8155	145
习题与思考题	152
第 9 章 C51 简介	153
9.1 C51 程序结构	153
9.2 C51 的数据	154
9.2.1 C51 的数据类型	154
9.2.2 C51 的数据存储	156
9.3 C51 的函数	157
9.4 C51 的指针	159
9.4.1 指针的基本概念	159
9.4.2 C51 指针变量的定义	159
9.5 C51 编程举例	160
习题与思考题	162

应 用 篇

第 10 章 键盘及显示接口	164
10.1 键盘接口	164
10.1.1 键盘接线的两种形式及其识别	164
10.1.2 键盘管理的几个问题	166

10.1.3	键盘识别程序举例	166
10.2	LED 数码管显示接口	169
10.2.1	静态数码管显示	170
10.2.2	动态数码管显示	172
10.2.3	数码管显示中小数点的处理	173
10.2.4	多位数码管动态显示编程	175
10.3	点阵显示接口	177
10.4	液晶显示接口	179
10.4.1	液晶显示工作原理简介	179
10.4.2	液晶显示器的应用	180
10.5	键盘管理程序设计举例	188
10.5.1	通用键盘管理程序流程图	189
10.5.2	简易计算器键盘管理程序设计举例	189
	习题与思考题	192
第 11 章	单片机模拟接口技术	193
11.1	数模转换接口技术	193
11.1.1	数模转换原理	193
11.1.2	单片机与 8 位 D/A 转换器	195
11.1.3	单片机与 12 位 D/A 转换器接口	200
11.2	模数转换器接口技术	202
11.2.1	模数转换器简介	202
11.2.2	单片机与 8 位 A/D 转换器的接口	205
11.2.3	单片机与 12 位 A/D 转换器的接口	209
	习题与思考题	212
第 12 章	定时器及中断系统的应用	213
12.1	定时器的应用	213
12.2	外部中断的应用	217
12.3	中断系统的扩展	219
12.3.1	用定时器/计数器扩展外部中断源	219
12.3.2	中断和查询相结合的外部中断源扩展	220
	习题与思考题	221
第 13 章	串行通信应用	222
13.1	单片机的点对点通信	222
13.1.1	TTL/CMOS 电平接口	222
13.1.2	RS-232C 通信接口	222
13.1.3	RS-485 通信接口	223
13.2	单片机多机通信	224
13.2.1	多机通信系统的构成	224

13.2.2 多机通信过程	224
13.3 简易 485 网络举例	225
13.3.1 单片机的网络构成	225
13.3.2 通信协议	225
13.3.3 多机通信软件编程	226
13.4 其他串行通信方式	228
13.4.1 SPI 总线	228
13.4.2 I ² C 总线	229
13.4.3 单总线	232
习题与思考题	235
第 14 章 51 单片机其他接口电路	236
14.1 时钟电路芯片	236
14.1.1 DS1302 的原理与应用	236
14.1.2 DS12887 的原理与应用	241
14.2 超声波检测接口	247
14.2.1 超声波检测的基本原理	247
14.2.2 超声波测距系统的设计	247
14.3 温度测量接口 DS18B20	250
14.3.1 DS18B20 的结构及工作原理	250
14.3.2 DS18B20 的寄存器及命令集	251
14.3.3 DS18B20 的温度计算	251
14.3.4 应用程序设计	251
14.4 红外线检测接口	253
14.4.1 红外遥控的基本原理	253
14.4.2 红外器件及其应用电路	254
14.5 声光检测	256
14.5.1 声音传感器的原理与应用	256
14.5.2 光电传感器	258
14.6 信号转换 (V/I、V/F)	259
14.6.1 V/I 转换接口电路	259
14.6.2 V/F 转换和 F/V 转换及其接口	261
习题与思考题	264
第 15 章 单片机抗干扰技术	265
15.1 单片机硬件抗干扰技术	265
15.1.1 电源抗干扰	265
15.1.2 隔离技术	265
15.1.3 接地技术	267
15.1.4 硬件看门狗及掉电保护	268
15.2 单片机软件抗干扰技术	269

15.2.1	指令冗余技术	270
15.2.2	软件陷阱技术	270
15.2.3	软件看门狗技术	272
15.2.4	故障自动恢复处理程序	272
	习题与思考题	274
附录 A	Keil C51 软件的使用	275
A.1	简单程序的调试	276
A.2	Keil 程序调试窗口	282
A.2.1	程序调试时的常用窗口	282
A.2.2	各窗口在程序调试时的使用	284
附录 B	51 单片机指令汇总	287
参考文献		291

原理篇

原 理 篇

第 1 章 微型计算机基础

计算机由于其运算精度高、速度快、存储量大及成本低等特点使其在各领域的应用得到快速发展。目前,作为一种高速的信息处理设备,计算机几乎渗透到人类社会的每个环节,从现代化的工业生产到人们日常的工作和生活,计算机都扮演者非常重要的角色。

计算机可分为巨型机、大型机、小型机和微型机。巨型机具有极高的运算速度和极大的容量,用于国防尖端技术研究、空间技术、天气预报、石油勘探等海量的数据处理。大型机具有极强的综合处理能力,可同时支持上万个用户、几十个大型数据库,主要应用在政府部门、银行、大公司、大企业等。与巨型机和大型机相比,小型机规模小,结构简单,广泛应用于工业自动控制、大型分析仪器、测量设备、企业管理、大学和科研机构等。微型机技术在近十年内发展速度迅猛,平均每 2~3 个月就有新产品出现,1~2 年产品就更新换代一次,平均每两年芯片的集成度可提高一倍,性能也随之提高一倍。微型机应用于办公自动化、数据库管理、图像识别、语音识别、专家系统及多媒体技术等领域,目前已经成为城镇家庭的一种常规电器。在微型计算机家族中,单片机已经成为一个独特的分支。本章将简要介绍计算机的工作原理和单片机的发展概况及其主要产品 and 特点等。

1.1 计算机中的数制

数制是数的制式,是人们利用符号进行计数的一种方法。由于计算机使用只有两个状态的数字电路来记忆和处理信息,所以计算机内部最终都要转换成二进制数或者二进制的编码。为了方便读写和记忆,在撰写计算机文本时还经常用到十六进制、十进制等。本节介绍计算机常用数制的表示形式及各种数制之间相互转换的方法,并简要介绍常用信息编码。

1.1.1 计算机中常用的数制

1. 十进制

十进制是在日常生活最中常使用的数制。在书写十制数时,只有数字本身即可,如 169。有时为了避免和其他进制混淆,在数字后加下标 10 或者加后缀 D,如 $(169)_{10}$ 或 169D。十进制共有 10 个基本数码:0、1、2、3、4、5、6、7、8、9,它的基数是 10,即逢 10 进位。

任何一个十进制数都可以写成以 10 为基数的按权展开的多项式,即

$$S=A_1 \times 10^{n-1}+A_2 \times 10^{n-2}+\cdots+A_n \times 10^0+A_{-1} \times 10^{-1}+A_{-2} \times 10^{-2}+\cdots+A_{-m} \times 10^{-m}$$

式中, A_1 、 A_2 、 $A_3 \cdots$ 表示各位上的数字; 10^i 为该位的权。

2. 二进制

二进制数在书写时在数字后加下标 2 或者后缀 B, 如 $(1001010)_2$ 或 1001010 B。二进制共有 2 个基本数码: 0、1, 它的基数是 2, 即逢 2 进位。

任何一个二进制数都可以写成以 2 为基数的按权展开的多项式, 即

$$S=A_1 \times 2^{n-1}+A_2 \times 2^{n-2}+\cdots+A_n \times 2^0+A_{-1} \times 2^{-1}+A_{-2} \times 2^{-2}+\cdots+A_{-m} \times 2^{-m}$$

式中, A_1 、 A_2 、 $A_3 \cdots$ 表示各位上的数字; 2^i 为该位的权。

3. 十六进制

十六进制数在书写时在数字后加下标 16 或者后缀 H, 如 $(1A05)_{16}$ 或 1A05H。十六进制共有 16 个基本数码: 0、1、2、3、4、5、6、7、8、9、A、B、C、D、E、F。十六进制数的基数是 16, 即逢 16 进位。

任何一个十六进制数都可以写成以 16 为基数的按权展开的多项式, 即:

$$S=A_1 \times 16^{n-1}+A_2 \times 16^{n-2}+\cdots+A_n \times 16^0+A_{-1} \times 16^{-1}+A_{-2} \times 16^{-2}+\cdots+A_{-m} \times 16^{-m}$$

式中, A_1 、 A_2 、 $A_3 \cdots$ 表示各位上的数字; 16^i 为该位的权。

为方便起见, 现将十进制、二进制和十六进制的对照表列于表 1.1 中。

表 1.1 常用数字用不同数制表示对照表

整 数			小 数		
十进制	二进制	十六进制	十进制	二进制	十六进制
0	0000	0	0	0	0
1	0001	1	0.5	0.1	0.8
2	0010	2	0.25	0.01	0.4
3	0011	3	0.125	0.001	0.2
4	0100	4	0.0625	0.0001	0.1
5	0101	5	0.03125	0.00001	0.08
6	0110	6	0.015625	0.000001	0.04
7	0111	7			
8	1000	8			
9	1001	9			
10	1010	A			
11	1011	B			
12	1100	C			
13	1101	D			
14	1110	E			
15	1111	F			

由表 1.1 可以看出, 4 位二进制数刚好对应 1 位十六进制数, 由于十六进制读写简单, 所以在读写时经常用十六进制来代替二进制。

1.1.2 各种数制之间的转换

1. 二进制数和十进制数之间的相互转换

(1) 二进制数转换成十进制数

要把二进制数转换成十进制数，只要把二进制数写成基数为 2 的按权展开多项式之后进行计算即可。例如：

$$(1101)_2 = 1 \times 2^3 + 1 \times 2^2 + 0 \times 2^1 + 1 \times 2^0 = 8 + 4 + 0 + 1 = (13)_{10}$$

$$\begin{aligned} (10110.101)_2 &= 1 \times 2^4 + 0 \times 2^3 + 1 \times 2^2 + 1 \times 2^1 + 0 \times 2^0 + 1 \times 2^{-1} + 0 \times 2^{-2} + 1 \times 2^{-3} \\ &= 16 + 0 + 4 + 2 + 0 + 0.5 + 0 + 0.125 = (22.625)_{10} \end{aligned}$$

(2) 十进制数转换成二进制数

十进制数转换成二进制数时需将整数和小数分开进行转换。

整数部分采用除以 2 取余法，即用 2 连续去除要转换的十进制数，直到商小于 2 为止。然后，将余数按照最后得到的为最高位，最先得到的为最低位的方式排列起来即可。

例如，将十进制数 100 转换成二进制数，采用短除法：

2 100	余数
2 50	0 (最低位)
2 25	0
2 12	0
2 6	0
2 3	0
2 1	1
0	1 (最高位)

即 $100D = 1100100B$

观察二进制数按权展开式： $1100100B = 1 \times 2^6 + 1 \times 2^5 + 0 \times 2^4 + 0 \times 2^3 + 1 \times 2^2 + 0 \times 2^1 + 0 \times 2^0$

如果将等号右侧每次除以 2 时，最低位二进制数便是余数。

小数部分采用乘 2 取整法，即用 2 连续去乘要转换的十进制小数，直到所得积的小数部分为 0 或满足所需精度为止。然后，把每次乘 2 后得到的整数按照最先得到的为最高位、最后得到的为最低位的方式排列起来，便得到我们要转换的二进制数。例如，将十进制数 0.625 转换成二进制数：

乘 2 取整：	整数部分
0.625	
$\times 2$	
1.250	1 (最高位)
0.25	
$\times 2$	
0.50	0
$\times 2$	
1.0	1 (最低位)