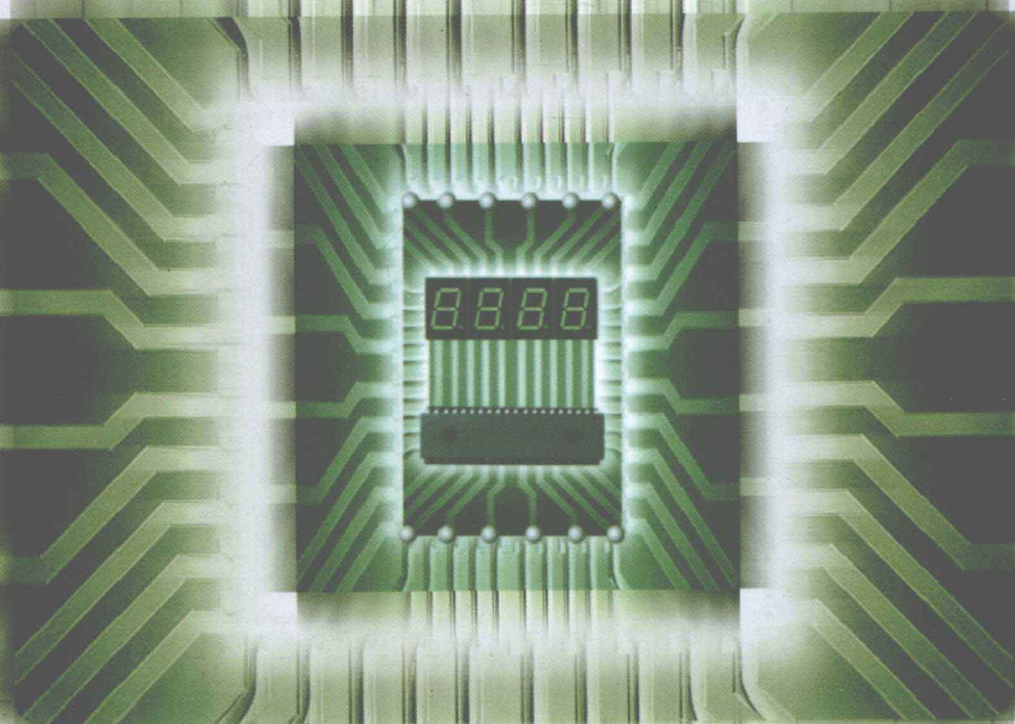


单片机 (A51版) 原理、应用与实验

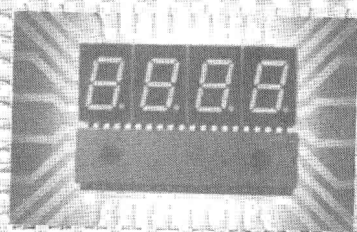
张友德 涂时亮 赵志英·编著



复旦大学出版社

单片微型机 (A51版) 原理、应用与实验

张友德 涂时亮 赵志英·编著



复旦大学出版社

图书在版编目(CIP)数据

单片微型机原理、应用与实验(A51 版)/张友德,涂时亮,赵志英编著.

—上海:复旦大学出版社,2012.3

ISBN 978-7-309-08693-5

I. 单… II. ①张…②涂…③赵… III. 单片微型计算机 IV. TP368.1

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2012)第 007087 号

单片微型机原理、应用与实验(A51 版)

张友德 涂时亮 赵志英 编著

责任编辑/梁 玲

复旦大学出版社有限公司出版发行

上海市国权路 579 号 邮编:200433

网址:fupnet@fudanpress.com http://www.fudanpress.com

门市零售:86-21-65642857 团体订购:86-21-65118853

外埠邮购:86-21-65109143

江苏省句容市排印厂

开本 787×1092 1/16 印张 22 字数 496 千

2012 年 3 月第 1 版第 1 次印刷

ISBN 978-7-309-08693-5/T·441

定价:36.00 元

如有印装质量问题,请向复旦大学出版社有限公司发行部调换。

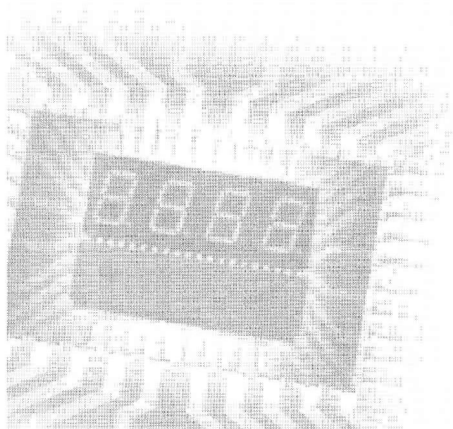
版权所有 侵权必究

内容提要

本书是在《单片微型机原理、应用与实验（第五版）》基础上，根据教学要求和单片机发展重新修订而成。主要包括以下内容：单片机的基础知识和基本概念；51系统结构、引脚、片上资源、相关电路设计原理；中断系统结构和工作原理；51指令系统分析；汇编语言程序结构、设计步骤与方法；常用子程序设计原理与方法；汇编语言程序在Keil-C51平台上的调试方法；单片机片上外围模块结构、功能、典型应用与编程方法；51单片机系统扩展原理；典型扩展器件、模块的功能特性、接口技术、应用及编程方法；单片机应用系统的研制过程、典型应用实例的软硬件设计与系统调试方法。

本书具有如下特点：结构紧凑，将原理和相关硬件、程序设计放在一起阐述；例题、习题、实验紧密结合；使课堂教学与实验内容相联系，学与用能并举；含有大量经验证的例题，绝大多数都可以上机实习；兼顾教学的循序性、内容的系统性和先进性，各章节具有相对独立性，作为不同对象的教材使用时在内容上可以根据课时来增删。同时本书向相关任课教师赠送教学辅助光盘，该光盘含有本书所有例题、习题和实验题目的程序和调试现场文件。

本书可以作为本科、大专、高职等电子类专业的单片机基础教材，也可作为相关科技人员的参考书。



前 言

单片机是指在一个芯片上集成了中央处理器(CPU)、存储器(MEMORY)和各种输入输出接口(I/O)的微型计算机(MCU),它主要面向控制性应用领域,因此又称为嵌入式微控制器(Embedded Microcontroller)。单片机诞生 30 多年来,其品种、功能、应用技术、应用领域和应用系统开发工具都得到飞速发展。

培养电子产品设计工程师的各大专院校电子类专业,已将“单片机”作为一门必修课程。《单片微型机原理、应用与实验》一书作为教材已沿用了近 20 年,为了适应单片机技术的飞速发展和教学上的与时俱进,我们已对它进行了多次修订改版,也推出了 C51 版本。本书是对第五版重新改编的汇编语言版本,在内容、结构上和 C51 版本相似。

本版仍以 ATME1 公司的 89C52 作为典型产品来阐明单片机的一般原理和应用技术,但不局限于该产品,内容上反映单片机的新部件、新技术,原理与软硬件设计方法上具有普遍性。本书具有如下特点:

1. 结构紧凑,将原理和相关硬件、程序设计放在一起阐述;
2. 例题多且绝大多数可以在 Keil C51 平台上进行模拟或在线仿真实验;
3. 将实验编排在各章节的习题之后,使课堂教学、习题训练与实验内容相联系,学与用能并举;
4. 兼顾循序性、系统性和先进性,各章节具有相对独立性,可以根据具体课时数来增删;
5. 向教师提供例题、习题、实验题在 Keil C51 平台上的调试现场文件;
6. 可根据实验安排,灵活选择有关在 Keil C51 平台上的在线仿真实验模块。

全书共分 7 章:第 1 章介绍单片机的基础知识、基本概念和典型的单片机产品;第 2 章介绍 51 系统的结构、引脚、片上资源、相关电路设计原理、中断系统结构和工作原理;第 3 章详细分析了 51 指令系统的功能和使用方法;第 4 章讨论汇编语言程序的结构、设计方法,常用子程序设计原理、算法、流程图和程序,并介绍在 Keil C51 平台上程序的调试方法;第 5 章综合论述单片机典型的片上外围模块的功能、结构、工作原理、典型应用电路与程序的设计方法;第 6 章论述单片机的扩展原理、典型扩展芯片、器件、模块、设备的功能、结构、接口技术、应用电路与程序设计方法;第 7 章概括介绍单片机应用系统的研制过程与方法,典型应用系统电路与程序的设计,并介绍开发工具的类型、功能、选择和应用系统的调试方法。

本书由张友德主编,涂时亮、赵志英参与了部分章节的编写和全书的审核。编写过程中得到陈章龙教授、唐志强博士、梁玲博士的指导和帮助,也采纳了有关师生和读者的建设性意见,上海联慧电子公司提供了程序验证的在线仿真实验模块。在此向他们深表谢意,也衷心希望读者指出本书还存在的错误和不当之处。

编 者
2011 年 6 月

目 录

第 1 章 单片机基础知识	1
§ 1.1 概述	1
1.1.1 计算机	1
1.1.2 微型计算机	2
1.1.3 单片机	2
1.1.4 嵌入式系统	3
§ 1.2 单片机中数的表示方法	3
1.2.1 数制及其转换	3
1.2.2 BCD 码	6
1.2.3 ASCII 码	6
1.2.4 单片机中数的表示方法	7
§ 1.3 单片机的内部结构	11
1.3.1 中央处理器 CPU	11
1.3.2 单片机中的数据运算	12
1.3.3 单片机的存储器	16
1.3.4 单片机的输入/输出接口(I/O)	17
§ 1.4 典型单片机产品	18
1.4.1 单片机的类型和特性	18
1.4.2 典型的单片机产品	18
§ 1.5 单片机的应用和应用系统结构	21
1.5.1 单片机的应用	21
1.5.2 单片机应用系统的结构	22
小结	23
习题	24
 第 2 章 51 系列单片机系统结构	 25
§ 2.1 总体结构	25
2.1.1 51 系列单片机一般的总体结构	25
2.1.2 89C52 的总体结构	26
§ 2.2 存储器组织	28
2.2.1 程序存储器	29



2.2.2	内部 RAM 数据存储器	30
2.2.3	特殊功能寄存器	31
2.2.4	位地址空间	32
2.2.5	外部 RAM 和 I/O 口	34
§ 2.3	时钟、时钟电路、CPU 定时	34
§ 2.4	复位和复位电路	37
2.4.1	外部复位	38
* 2.4.2	内部复位	39
* 2.4.3	系统复位	39
§ 2.5	中断系统	40
2.5.1	中断概念	40
2.5.2	89C52 中断系统	40
2.5.3	外部中断触发方式选择	44
* 2.5.4	51 系列其他单片机的中断系统	44
小结		44
习题		45
第 3 章	51 系列指令系统	46
§ 3.1	指令格式和常用的伪指令	46
§ 3.2	寻址方式	48
§ 3.3	程序状态字和指令类型	50
§ 3.4	数据传送指令	51
3.4.1	内部数据传送指令	51
3.4.2	累加器 A 与外部数据存储器传送指令	55
3.4.3	查表指令	55
§ 3.5	算术运算指令	56
3.5.1	加法指令	56
3.5.2	减法指令	59
3.5.3	乘法指令	60
3.5.4	除法指令	61
§ 3.6	逻辑运算指令	61
3.6.1	累加器 A 的逻辑操作指令	61
3.6.2	两个操作数的逻辑操作指令	63
§ 3.7	位操作指令	65
3.7.1	位变量传送指令	65
3.7.2	位变量修改指令	66



3.7.3 位变量逻辑操作指令.....	66
§ 3.8 控制转移指令.....	67
3.8.1 无条件转移指令.....	67
3.8.2 条件转移指令.....	69
3.8.3 调用和返回指令.....	71
小结	74
习题	74
 第4章 汇编语言程序的设计和调试	78
§ 4.1 汇编语言程序设计方法.....	78
4.1.1 程序设计步骤.....	78
4.1.2 程序框图和程序结构.....	78
4.1.3 循环程序设计方法.....	80
4.1.4 子程序设计方法.....	84
§ 4.2 常用子程序的设计.....	90
4.2.1 定点数四则运算程序.....	90
4.2.2 常用数制转换子程序	102
4.2.3 主程序和中断程序设计	106
§ 4.3 Keil C51 平台上的汇编语言程序调试	107
4.3.1 A51 程序文件的生成	107
4.3.2 A51 程序的调试	110
4.3.3 实验的步骤与方法	116
小结.....	117
习题.....	118
实验.....	118
 第5章 51 系列单片机的外围模块及其应用	121
§ 5.1 并行口的功能及其应用	121
5.1.1 并行口的功能和方法	121
5.1.2 并行口的应用——2 位七段显示器的接口和编程	126
5.1.3 并行口的应用——4×4 键盘的接口和编程	129
5.1.4 并行口的应用——拨码盘的接口和编程	133
§ 5.2 定时器及其应用	136
5.2.1 定时器的一般结构和工作原理	136
5.2.2 定时器 T0、T1 的功能和使用方法	138
5.2.3 定时器 T0 方式 1 应用——多路低频方波发生器	143



* 5.2.4	定时器 T0 方式 1 应用——定时扫描显示器、键盘	146
5.2.5	定时器 T0 方式 2 应用——时钟计数	150
5.2.6	定时器 T2 的功能和使用方法	152
5.2.7	定时器 T2 应用——顺序控制器	155
* 5.2.8	定时器 T2 应用——脉冲频率的测量与计算	158
* 5.2.9	可编程计数器阵列(PCA)的功能和使用方法	162
* 5.2.10	PCA 应用——高速输出和 PWM 输出	169
* 5.2.11	PCA 模块综合应用——软件双积分 A/D	171
§ 5.3	串行口 UART	171
5.3.1	串行口的组成和特性	172
5.3.2	串行口的工作方式	173
5.3.3	波特率	176
5.3.4	多机通信原理	178
5.3.5	串行口的应用和编程	179
5.3.6	串行总线	180
5.3.7	串行口方式 0 应用——8 位静态显示器的接口和编程	182
5.3.8	串行口方式 1 应用——字符输入、输出	185
5.3.9	串行口方式 1 应用——单字符命令通信	185
5.3.10	串行口方式 1 应用——字符串命令通信	189
* § 5.4	8XC552 的 A/D 转换器	194
5.4.1	A/D 转换器功能和使用方法	194
5.4.2	A/D 的应用和编程	198
* § 5.5	其他外围模块简介	200
* 5.5.1	液晶显示器(LCD)驱动器	200
* 5.5.2	串行外围接口 SPI	201
* 5.5.3	I ² C 串行总线口	202
* 5.5.4	控制器局域网(CAN)接口	203
* 5.5.5	其他	203
小结		203
习题		203
实验		205
第 6 章	单片机接口技术	211
§ 6.1	51 系列单片机并行扩展原理	211
6.1.1	大系统的扩展总线和扩展原理	211
6.1.2	紧凑系统的扩展总线和扩展原理	214



6.1.3 海量存储器系统地址译码方法	216
§ 6.2 存储器扩展	216
6.2.1 程序存储器扩展	216
6.2.2 数据存储器 RAM 的扩展	219
§ 6.3 RAM/IO 扩展器 8155 的接口技术和应用	221
6.3.1 RAM/IO 扩展器 8155 的接口技术	221
6.3.2 8155 的应用——6 位共阴极显示器、3×8 键盘的接口和编程	226
§ 6.4 并行接口 8255A 的接口技术和应用	234
6.4.1 8255A 的功能和接口技术	234
* 6.4.2 8255 的应用——点阵式发光显示器的接口和编程	241
§ 6.5 74 系列器件接口技术	254
6.5.1 用 74HC245 扩展并行输入/输出	255
6.5.2 用 74HC377 扩展并行输入/输出	255
* § 6.6 A/D 器件接口技术	255
6.6.1 8 路 8 位 A/D ADC0809/0808 的接口和编程	255
6.6.2 12 位 A/D AD574 的接口和编程	258
* § 6.7 液晶显示模块 LCM 的接口和编程	260
6.7.1 GY1206 LKSCY7G 液晶显示模块简介	260
6.7.2 GY1206 LKSCY7G 的接口和编程	265
* § 6.8 模拟串行扩展技术	276
6.8.1 I ² C 时序模拟	276
6.8.2 SPI 时序模拟	279
小结	280
习题	281
实验	281
第 7 章 应用系统的设计与调试	286
§ 7.1 应用系统设计	286
7.1.1 总体设计	287
7.1.2 硬件设计	287
7.1.3 软件设计	289
§ 7.2 单片机应用系统设计举例	292
7.2.1 4 相 8 拍步进电机控制器	292
* 7.2.2 直流电机控制器	298
* 7.2.3 十字路口交通控制器	309
§ 7.3 开发工具与系统调试	318
7.3.1 单片机开发工具	318



7.3.2 应用系统调试	319
7.3.3 调试举例	320
小结	322
习题	322
实验	322
 附录	 326
附录 1 51 指令表	326
附录 2 教学光盘内容和使用说明	331
附录 3 实验仿真模块简介	331
 参考文献	 339

第1章 单片机基础知识

本章首先阐述了计算机的类型和基本结构,硬件、软件、指令、地址等基本概念;接着介绍了二进制数、八进制数、十六进制数、ASCII 码的形式和相互转换方法,单片机内数据格式;最后介绍单片机的内部结构、一些典型产品的功能特性,单片机的应用和应用系统结构。

§ 1.1 概 述

1.1.1 计算机

电子计算机是一种高速而精确地进行各种数据处理的机器,俗称电脑,这是人类生产和科学技术发展的产物,它的出现又有力地推动了生产力的发展。

世界上第一台电子计算机是在 1946 年由美国宾夕法尼亚大学的 J. W. Mauchly 和 J. P. Eckert 研制成的 ENIAC 计算机,这台计算机重 30t,占地 150m²,加法每秒 5000 次,乘法每秒 56 次。现在看来性能并不好,但正是它开创了一个全新的计算机时代。当代社会、家庭已离不开计算机。

自从计算机诞生以来,经历了电子管、晶体管、集成电路、大规模集成电路、超大规模集成电路的发展历程,但计算机组成的基本架构没有太大变化。一个计算机系统由硬件和软件组成。硬件包括运算器、控制器、存储器和输入/输出设备。图 1-1 为电子计算机硬件结构示意图。

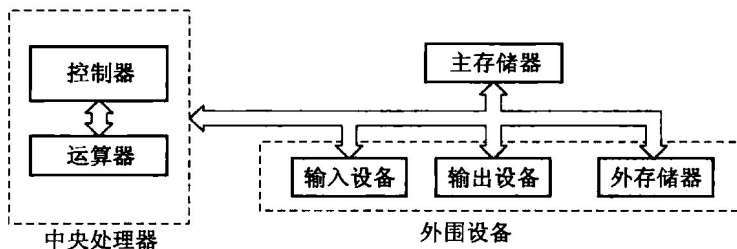


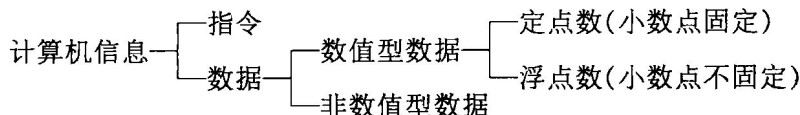
图 1-1 电子计算机硬件结构示意图

图 1-1 中的运算器是数据处理部件,控制器是协调整个计算机操作的部件,运算器和控制器是计算机硬件的核心,称为中央处理器 CPU(Central Processing Unit)。存储器是存放程序、原始数据和计算结果的部件,输入输出设备是将原始数据和程序输入到计算机和给出数据处理结果的部件。

计算机系统中的各类程序及文件统称为软件。它包括使系统自动工作或提高计算机工

作效率的系统软件和实现某一应用目标的应用软件。软件是计算机系统工作的“灵魂”。

计算机的工作也可以认为是信息加工过程。计算机中的信息是指数据或指令,它们是以一定的编码形式表示的,其意义各不相同,大致可分为:



1.1.2 微型计算机

随着半导体技术的发展,20 世纪 70 年代出现了由一个大规模集成电路组成的中央处理器,称为微处理器(uP),同时出现了多种类型的大容量半导体存储器、各种 I/O 接口

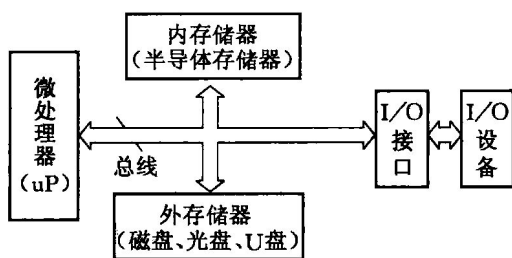


图 1-2 微型计算机结构

电路,输入输出设备的种类、功能、体积也发生了根本性变化,由微处理器、半导体存储器和新型的 I/O 接口和设备组成的各种微型计算机相继出现。图 1-2 给出了微型计算机的一般结构。

微型计算机中的微处理器通过总线和外部的存储器、I/O 接口相连,可以由多块印板组成(主机板和显示卡、声卡等各种 I/O 接口板),也可以由一块印板组成(所有器件安装

在一块印板上),外形有柜式机、台式机和笔记本电脑。微型计算机的出现极大地推动了计算机的普及。

1.1.3 单片机

在微处理器问世后不久,便出现了以一个大规模集成电路为主组成的微型计算机——单片微型计算机(Micro Computer Unit,简称 MCU 或单片机)。由于单片机面向控制性应用领域,嵌入到各种产品之中,以提高产品的智能化,因此单片机又称为嵌入式微控制器(Embedded Microcontroller)。在单片机内部含有计算机的基本功能部件:CPU、存储器、各种外围接口电路。给单片机配上适当的外围设备和软件,便构成单片机的应用系统。单片机的发展经历 3 个阶段。

一、20 世纪 70 年代为单片机的初级阶段

这个阶段以 Intel 公司的 MCS-48 系列单片机为典型代表。因受工艺和集成度限制,单片机中的 CPU 功能低、存储器容量小、I/O 接口的种类和数量少,只能用在简单场合。

二、20 世纪 80 年代为单片机的成熟阶段

这个阶段以 Intel 的 MCS-51、MCS-96 系列单片机为典型代表。出现了性能较高的

8 位和 16 位单片机。提高了 CPU 的功能、扩大了存储器的容量、增加了 I/O 接口种类和数量,单片机内包含了异步串行口、A/D、多功能定时器等特殊 I/O 电路。单片机应用也得到了推广。

三、20 世纪 90 年代至今为单片机高速发展阶段

世界上著名半导体厂商不断推出各种新型的 8 位、16 位和 32 位单片机,单片机的性能不断完善,品种大量增加,在功能、功耗、体积、价格等方面能满足各种复杂的或简单的应用场合需求,单片机的应用已深入到各行业和消费类的电子产品中。

1.1.4 嵌入式系统

嵌入式系统(Embedded System)是一种新型的以产品为对象的结构特殊的计算机系统,是将计算机嵌入到应用产品之中的系统。它将计算机的硬件技术、软件技术、通信技术、微电子技术等先进技术和具体应用对象相结合,达到提升产品功能的目的。

嵌入式系统硬件由嵌入式处理器和适应应用对象的 I/O 接口和设备组成。对于高档的嵌入式系统(如手机、机顶盒等),要求处理速度快、存储器容量大、I/O 功能强,一般选用 32 位处理器或单片机。对于大量低端嵌入式系统主要选用 8 位单片机。因此 8 位单片机应用系统为低档的嵌入式系统。

§ 1.2 单片机中数的表示方法

1.2.1 数制及其转换

一、进位计数制

进位计数制可概括如下:

- 有一个固定的基数 r , 数的每一位只能取 r 个不同的数字, 即符号集是 $\{0, 1, 2, \dots, r-1\}$;

- 逢 r 进位, 它的第 i 个数位对应于一个固定的值 r^i , r^i 称为该位的“权”。小数点左面各位的权是基数 r 的正次幂, 依次为 $0, 1, 2, \dots, m$ 次幂, 小数点右面各位的权是基数 r 的负次幂, 依次为 $-1, -2, \dots, -n$ 次幂。

以下我们用 $(\quad)_r$ 表示括号内的数是 r 进制数。将 r 进制数 $(a_m a_{m-1} \dots a_1 a_0 \cdot a_{-1} a_{-2} \dots a_{-n})$ 按权展开, 表达式为:

$$a_m \times r^m + a_{m-1} \times r^{m-1} + \dots + a_1 \times r^1 + a_0 \times r^0 + a_{-1} \times r^{-1} + a_{-2} \times r^{-2} + \dots + a_{-n} r^{-n}$$

1. 十进制数

十进制数的基数 $r=10$, 符号集为 $\{0, 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9\}$, 其权为: $\dots, 10^2, 10^1, 10^0, 10^{-1}, 10^{-2}, \dots$ 。



例 1.1 $(987.32)_{10} = 9 \times 10^2 + 8 \times 10^1 + 7 \times 10^0 + 3 \times 10^{-1} + 2 \times 10^{-2}$

2. 八进制数

八进制数的基数 $r = 8$, 符号集为 $\{0, 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7\}$, 其权为: $\dots, 8^2, 8^1, 8^0, 8^{-1}, 8^{-2}, \dots$ 。

例 1.2 $(7061.304)_8 = 7 \times 8^3 + 0 \times 8^2 + 6 \times 8^1 + 1 \times 8^0 + 3 \times 8^{-1} + 0 \times 8^{-2} + 4 \times 8^{-3}$

3. 十六进制数

十六进制数的基数 $r = 16$, 符号集为 $\{0, 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, A, B, C, D, E, F\}$, 其中 ABCDEF 也可以是小写字母, 其权为: $\dots, 16^2, 16^1, 16^0, 16^{-1}, 16^{-2}, \dots$ 。十六进制数有 2 种表示方法: 一是以 0 开头 H 结尾形式表示, 如 0C8H; 另一种是以 0X 开头的形式, 如 0XC8。

例 1.3 $(-A0.8F)_{16} = -(10 \times 16^1 + 0 \times 16^0 + 8 \times 16^{-1} + 15 \times 16^{-2})$

4. 二进制数

二进制数的基数 $r = 2$, 符号集为 $\{0, 1\}$, 权为 $\dots, 2^2, 2^1, 2^0, 2^{-1}, 2^{-2}, \dots$ 。

例 1.4 $(1011.101)_2 = 1 \times 2^3 + 0 \times 2^2 + 1 \times 2^1 + 1 \times 2^0 + 1 \times 2^{-1} + 0 \times 2^{-2} + 1 \times 2^{-3}$

十进制、二进制、八进制和十六进制数码对照见表 1-1, 二进制与十进制小数对照见表 1-2。

表 1-1 十进制、二进制、八进制、十六进制数码对照表

十进制	二进制	八进制	十六进制	十进制	二进制	八进制	十六进制
0	0000	00	0	8	1000	10	8
1	0001	01	1	9	1001	11	9
2	0010	02	2	10	1010	12	A
3	0011	03	3	11	1011	13	B
4	0100	04	4	12	1100	14	C
5	0101	05	5	13	1101	15	D
6	0110	06	6	14	1110	16	E
7	0111	07	7	15	1111	17	F

表 1-2 二进制与十进制小数对照表

二进制小数	十进制小数	二进制小数	十进制小数
0.1	0.5	0.00001	0.03125
0.01	0.25	0.000001	0.015625
0.001	0.125	⋮	⋮
0.0001	0.0625		

二、进位计数制之间的转换

不同基的进位计数制之间数的转换, 一般有下列几种方法。



1. 直接相乘法

r 进制数的 M 转换为 t 进制数。将基数 r 用基数 t 来表示, M 的各位数字用 t 进制的数系来表示, 然后作乘法和加法, 结果便是 t 进制数。

例 1.5 把十进制数 725 转换为二进制数。

$$\begin{aligned}(725)_{10} &= 7 \times 10^2 + 2 \times 10^1 + 5 \times 10^0 \\ &= 111 \times 1010^2 + 10 \times 1010^1 + 101 \times 1010^0 \\ &= (1011010101)_2\end{aligned}$$

2. 余数法(适合于整数部分转换)

r 进制的整数 M 转换为 t 进制数的整数。采用将 M 除以 t 取余数的方法。

例 1.6 把十进制数 62 转换为二进制数。

2	62	……余数=0	↑ 低位 ↓ 高位
2	31	……余数=1	
2	15	……余数=1	
2	7	……余数=1	
2	3	……余数=1	
1		……余数=1	

结果: $(62)_{10} = (111110)_2$

3. 取整法(适用于小数部分转换)

r 进制数的小数 M 转换为 t 进制的小数。采用将 M 乘 t 取整数的方法。

例 1.7 把十进制小数 0.375 转换为二进制数。

$0.375 \times 2 = 0.750$	…… 整数 = 0	↑ 高位 ↓ 低位
$0.75 \times 2 = 1.50$	…… 整数 = 1	
$0.50 \times 2 = 1.00$	整数 = 1	
$(0.375)_{10} = (0.011)_2$		

注意: 将 r 进制小数转换为 t 进制小数时, 有时会是无限循环小数, 这时可根据误差要求进行取舍。

4. 递归法(适合于计算机转换)

r 进制数 M 转换为 t 进制数。其方法是将 M 拆成整数和小数两个部分, 然后把用递归算法产生的已转换成 t 进制数的整数和小数部分拼起来。

例 1.8 将十进制数 4827.625 转换为二进制数。

$$\begin{aligned}(4827)_{10} &= (((4 \times 10 + 8) \times 10 + 2) \times 10 + 7) \times 10^0 \\ &= ((100 \times 1010 + 1000) \times 1010 + 10) \times 1010 + 111 \\ &= (1001011011011)_2 \\ (0.625)_{10} &= (6 + (2 + 5 \times 10^{-1}) \times 10^{-1}) \times 10^{-1}\end{aligned}$$



$$= (110 + (10 + 101 \times 1010^{-1}) \times 1010^{-1}) \times 1010^{-1}$$

$$\approx (0.101)_2$$

$$\text{结果: } (4827.625)_{10} = (1001011011011)_2 + (0.101)_2$$

$$= (1001011011011.101)_2$$

1.2.2 BCD 码

一、BCD 码

用二进制编码表示的十进制数有 8421BCD 码(简称 BCD 码)、2421 码、5211 码和余 3 码。其中 2421 码和 5211 码表示的十进制数不是唯一的,BCD 码和余 3 码唯一地表示一位十进制数,表 1-3 给出了这 4 种编码的关系。单片机中常用 BCD 码表示十进制数。

表 1-3 4 种编码的关系

8421BCD 码	2421 码	5211 码	余 3 码
0000	0000(或 0000)	0000(或 0000)	0011
0001	0001(或 0001)	0001(或 0010)	0100
0010	0010(或 1000)	0011(或 0100)	0101
0011	0011(或 1001)	0101(或 0110)	0110
0100	0100(或 1010)	0111(或 0111)	0111
0101	1011(或 0101)	1000(或 1000)	1000
0110	1100(或 0110)	1010(或 1001)	1001
0111	1101(或 0111)	1100(或 1011)	1010
1000	1110(或 1110)	1110(或 1101)	1011
1001	1111(或 1111)	1111(或 1111)	1100

二、BCD 码存储方式

● 单字节 BCD 码

能存放 8 位二进制数的存储单元(字节)只存储 1 位 BCD 码,高 4 位为 0,低 4 位为 1 位 BCD 码,这种存储方式称为单字节 BCD 码,常用在输入输出场合。如 4 的单字节 BCD 码形式为 00000100。

● 压缩 BCD 码

8 位存储单元存放 2 位 BCD 码,高 4 位存放高位 BCD 码,低 4 位存放低位 BCD 码,称为压缩 BCD 码,常用在计算场合。例如 65 的存储格式为 01100101。

1.2.3 ASCII 码

在计算机中,除了数字运算外,还需字符处理。例如在通信中需要识别很多特殊符号。