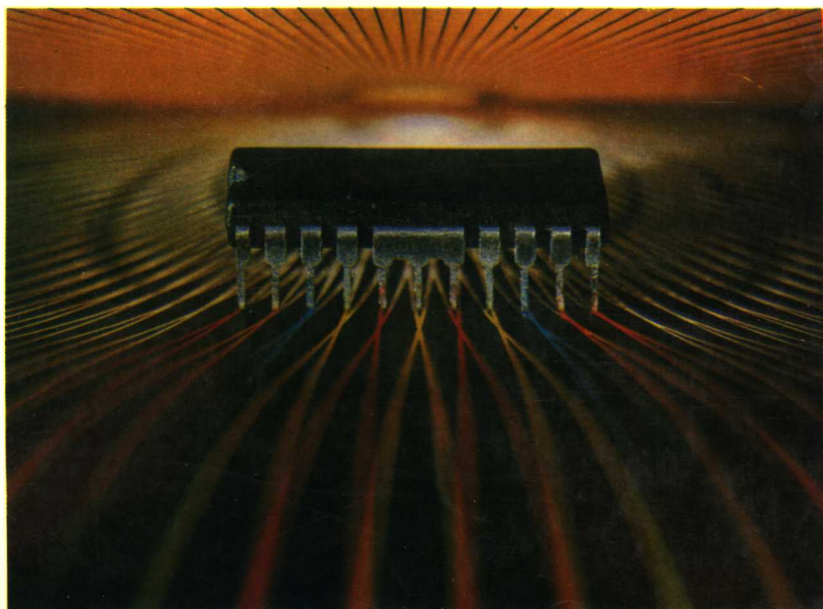




万福君 等编著

单片微机原理 系统设计与开发应用

中国科学技术大学出版社

图书在版编目(CIP)数据

单片微机原理 系统设计与开发应用/万福君等编著。

—— 合肥:中国科学技术大学出版社,1995年11月

ISBN 7-312-00659-0

- I 单片机原理……
- Ⅱ 万福君 凌文玉等
- Ⅲ ①微机原理 ②系统设计 ③开发应用
- Ⅳ TP

中国科学技术大学出版社出版发行

(安徽省合肥市金寨路96号,邮编:230026)

中国科学技术大学印刷厂印刷

全国新华书店经销

开本:787×1092/16

印张:27.25 字数:660千

1995年11月第1版 1995年11月第1次印刷

印数:1—10000册

ISBN 7-312-00659-0/TP·101 定价:20.00元

内 容 简 介

本书以 MCS-51 单片机为核心,从计算机基本逻辑与编码系统入手,阐明了计算机的基本概念,介绍了 MCS-51 单片机的硬件结构、工作原理、面向用户的特性、指令系统、程序设计以及常用外围芯片。同时以较大的篇幅叙述了单片机存储器系统设计、输入/输出接口设计、A/D、D/A 转换技术和中断系统的设计与应用;列举了大量的应用实例,详细讨论了单片机用户系统软硬件设计方法,剖析了仿真机的监控功能。

本书附有习题与思考和单片机程序设计与系统设计实验,适合作为高等院校非计算机专业微机原理或单片机原理课的教材(40~60 学时),也适合作继续工程教育和高级培训班的教材,也是工程技术人员有益的科研参考书。

前 言

单片微型计算机(简称单片机)在工业自动化控制、智能仪器仪表、数据采集系统、通讯、高级机器人、通用测控模块,特别是超精密加工、数控机床以及机电一体化技术等领域中,得到日益广泛的应用,并扮演了一个极其重要的角色,已引起科技界、工业界的极大关注,展现出广阔的前景。目前,虽然有性能更好的16位、32位单片机,但8位机,特别是8位高档单片机MCS-51系列,由于其体积小、速度快、功能强、价格廉、可靠性高、外围芯片配套、构成系统简单、应用软件丰富、技术上成熟、开发应用方便等优点,在今后的单片机应用中仍有极强的竞争力和生命力。这就是我们着力写这本书的目的。

作者在教学工作中发现,即使对原理部分掌握得很好的人,在实际应用中仍会感到有困难,如怎样构成系统,如何进行应用系统的软硬件设计等,常有无从下手之感。除了因为他们缺乏实践经验外,另一个很重要的原因是教材的原理部分与应用部分脱节。作者在科研工作中还发现,搞单片机开发应用的人在设计系统时,往往要查阅很多教科书和资料,要花费大量时间。如果有一本书能博采众长,综合对开发应用有价值的资料,集原理性、系统性和实用性为一统,将会大大提高科研人员的工作效率,缩短研制周期,会使使用者获益匪浅。为此,我们在写本书时,认真总结了我们的多年来从事单片机教学、科研与开发应用的成果;同时对国内外有关单片机的原理、系统设计和开发应用的大量资料进行了综合与提炼。力求做到:

1. 从教学角度出发,做到深入浅出,条理清楚,重点突出,系统性好,以利于读者学习,并在较短的时间内进入单片机的应用领域。

2. 从科研角度出发,使内容丰富而实用,系统而全面,注重引入一些科研中有实用价值的系统设计实例,融汇单片机原理、系统设计与开发应用的全部内容。

本书由万福君同志主持编写,凌文玉同志编写了第七、九、十章,王乃厚同志与王秀梅同志、涂阳虎同志编写了第一、四章,王秀梅同志还编写了第十一章,其余由万福君同志编写。国防科技大学机电工程与仪器系博士导师李圣怡教授担任主审。

本书在编写过程中,得到了国防科技大学机电工程与仪器系主任杨昂悦教授以及802教研室领导和教师们的支持和帮助,吴学忠同志和谢良谱同志参与了校对,在此一并表示谢意!

书中的错误和不足之处,恳请读者批评指正。

编 者

1994年11月于国防科技大学

目 录

前言	I
绪论	1
第一章 计算机基础知识	4
1-1 数制与代码及计算机中数的表示法	4
一、数制与代码	4
二、数制转换	5
三、二进制数的算术运算	7
四、机器数与真值	8
五、计算机中数的表示法	10
六、数据格式与数的表示范围	14
1-2 计算机中的编码系统	15
一、二-十进制编码	15
二、ASCII 码	16
三、汉字编码	16
1-3 计算机的基本工作原理	18
一、计算机的功能部件	18
二、计算机软件	20
三、衡量计算机性能的主要技术指标	21
1-4 微型机与单片机	22
一、微处理器	22
二、微型计算机的构成	24
三、单片微型计算机	27
1-5 半导体存储器	27
一、存储器分类	27
二、随机存储器	27
三、静态 RAM 的基本结构	29
四、只读存储器	30
五、存储器系统	32
1-6 计算机的输入/输出	36
一、I/O 接口的编址方式	36
二、CPU 与外设间传送信息的方式	37
1-7 中断技术	38
一、中断系统及其功能	38
二、中断源	39

三、中断分类	39
四、中断处理过程	39
五、多重中断	41
习题与思考	42
第二章 MCS-51 单片机硬件结构	43
2-1 MCS-51 单片机主要功能特点	43
2-2 MCS-51 单片机内部结构分析	44
2-3 MCS-51 单片机的引脚功能	46
一、时钟电路	46
二、控制信号	46
三、I/O 口	49
四、MCS-51 单片机管脚的应用特性	52
2-4 MCS-51 的存储器组织	53
一、程序存储器	55
二、数据存储器	56
三、专用寄存器	59
四、外部数据存储器	62
2-5 MCS-51 CPU 时序	62
一、机器周期、状态、相位	62
二、典型指令的取指和执行时序	62
2-6 MCS-51 低功耗运行方式	64
一、HMOS 型单片机掉电运行方式	64
二、CHMOS 型单片机的掉电运行方式与待机方式	64
2-7 MCS-51 内部程序存储器的写入校验和加密	66
一、8751 片内 EPROM 的写入和擦除	66
二、8751/8051 内部程序校验	67
三、内部程序存储器的加密位	67
习题与思考	68
第三章 MCS-51 指令系统	70
3-1 指令系统概述	70
一、指令与指令系统	70
二、程序与程序设计	70
三、汇编语言	70
四、伪指令	72
五、MCS-51 指令系统的特点	75
3-2 MCS-51 指令的寻址方式	77
一、立即寻址	77
二、直接寻址	78
三、寄存器寻址	78

四、寄存器间接寻址	79
五、基址寄存器加变址寄存器间接寻址	80
六、相对寻址	80
七、位寻址	81
3-3 MCS-51 指令系统介绍	82
一、数据传送指令(共 29 条)	82
二、算术运算指令(共 24 条)	91
三、逻辑运算指令(共 24 条)	100
四、控制转移指令(共 17 条)	106
五、布尔处理类指令	112
习题与思考	117
第四章 汇编语言程序设计	121
4-1 概述	121
一、采用汇编语言的优点	121
二、汇编语言程序设计步骤	121
三、评价程序质量的标准	122
4-2 简单程序	122
4-3 分支程序	125
一、简单分支程序	125
二、多重分支程序	127
三、N 路分支程序	129
4-4 循环程序	133
一、循环程序的导出	133
二、多重循环	137
三、编写循环程序应注意的问题	141
4-5 查表程序	141
4-6 子程序的设计及其调用	145
一、子程序的概念	145
二、调用子程序的要点	146
三、子程序的调用及嵌套	149
4-7 程序设计举例	152
一、算术运算程序	153
二、代码转换程序	160
习题与思考	164
第五章 MCS-51 定时/计数器、串行口及中断系统	167
5-1 MCS-51 定时/计数器	167
一、定时/计数器结构与工作原理	167
二、定时/计数器方式寄存器和控制寄存器	168
三、定时/计数器的 4 种工作方式	169

四、定时/计数器 T2	171
五、定时/计数器的初始化	173
六、定时/计数器应用举例	174
5-2 MCS-51 串行口	177
一、串行通信的两种基本方式	178
二、MCS-51 串行口结构	179
三、串行口工作方式	180
四、波特率的设计	182
五、串行口的应用	184
5-3 MCS-51 单片机中断系统	188
一、中断的一般功能	188
二、中断请求源	189
三、中断控制	190
四、中断响应过程	193
五、外部中断的响应时序与触发方式	193
六、多外部中断源的设计	194
七、用软件模拟第三个中断优先级	197
习题与思考	197
第六章 存储器系统设计	199
6-1 MCS-51 存储器系统配置	199
一、程序存储器 ROM	199
二、数据存储器 RAM	199
三、MCS-51 系统扩展功能	199
6-2 程序存储器扩展设计	200
一、外部程序存储器操作时序	200
二、常用芯片介绍	202
三、程序存储器扩展设计	207
6-3 数据存储器扩展设计	211
一、外部数据存储器操作时序	211
二、常用 RAM 芯片介绍	211
三、数据存储器扩展设计	213
6-4 存储器系统扩展设计	214
一、扩展 4KB EPROM 和 4KB RAM	214
二、扩展 16KB EPROM 和 16KB RAM	215
三、程序存储器空间和数据存储器空间合并	216
四、扩展 64KB EPROM 和 64KB RAM	217
6-5 程序存储器 EEPROM 介绍及扩展接口电路	218
一、2817A EPROM	218
二、扩展 2817A EEPROM 接口电路	219

习题与思考	220
第七章 并行 I/O 接口电路扩展设计及应用	222
7-1 概述	222
7-2 可编程并行 I/O 口 8255A	222
一、8255A 的结构	222
二、8255A 的操作说明	224
三、应用举例	232
7-3 8155/8156 可编程 RAM/I/O 扩展器	237
一、8155 芯片的结构	237
二、RAM 和 I/O 端口寻址方式及应用	238
三、命令寄存器及状态寄存器	240
四、8155 内部定时器	243
五、MCS-51 与 8155 的接口方法和应用实例	244
7-4 用 TTL 芯片扩展简单的 I/O 接口	245
一、用 74LS377 扩展一个并行输出口	245
二、用 74LS373 扩展一个 8 位并行输入口	245
三、用 74LS273 和 74LS244 扩展输入/输出口	247
7-5 显示器键盘接口	247
一、显示器接口	248
二、键盘接口	252
三、可编程键盘/显示接口 8279	254
四、MCS-51 与 8279 的连接应用举例	263
7-6 打印机接口	266
一、PP40 的接口信号	266
二、PP40 的工作方式	266
三、8051 与 PP40 的接口方法	270
四、打印程序设计举例	270
习题与思考	276
第八章 单片机与数模(D/A)及模数(A/D)转换器接口	277
8-1 D/A 转换器	277
一、R-2RT 型解码网络 D/A 转换器	277
二、描述 D/A 转换器的性能参数	278
8-2 MCS-51 单片机与 8 位 D/A 转换器接口技术	279
一、DAC0832 的技术指标	279
二、DAC0832 的结构及原理	279
三、DAC0832 管脚功能	280
四、8 位 D/A 转换器输入端的接口方法	281
五、D/A 转换器的输出方式	283
8-3 MCS-51 单片机与 12 位 D/A 转换器接口技术	285

一、DAC1208 的技术指标	285
二、DAC1208 的结构与原理	286
三、8031 与 DAC1208 转换器接口技术	288
8-4 D/A 转换器接口技术举例	289
一、单极性输出接口系统设计	289
二、双极性输出接口系统设计	291
三、双路 D/A 同步控制系统设计	293
8-5 A/D 转换器	294
一、双积分 A/D 转换器原理	295
二、逐位逼近式 A/D 转换器原理	295
三、描述 A/D 转换器的性能参数	296
8-6 MCS-51 单片机与 8 位 A/D 转换器接口技术	297
一、ADC0808、0809 的主要功能	297
二、ADC0808、0809 的组成及工作原理	297
三、ADC0808、0809 的管脚功能	298
四、8031 与 ADC0808、0809 接口设计	299
8-7 MCS-51 单片机与 12 位 A/D 转换器接口技术	303
一、AD574 的技术指标	303
二、AD574 结构及工作原理	303
三、AD574 转换器的应用	305
四、AD574 与单片机的接口及程序设计	306
8-8 A/D 转换器在测控系统中的应用问题	308
一、模拟量输入通道的连接	308
二、多通道模拟开关	310
三、多通道模拟开关的扩展应用	313
四、采样/保持电路	314
8-9 A/D 转换中数字滤波程序设计	317
一、算术平均值法滤波	318
二、中值法滤波	318
三、滑动平均值法滤波	318
四、程序判断法滤波	318
五、复合法数字滤波	318
习题与思考	319
第九章 MCS-51 单片机开发原理及开发系统	322
9-1 开发系统的概念	322
一、为什么要用开发系统	322
二、开发系统的原理与基本功能	322
9-2 DVCC-51-ED 仿真器的功能与使用	323
一、ED 仿真器的功能	323

二、ED 机的使用	325
9-3 ED 仿真器的基本工作原理	327
一、存贮器	328
二、键盘显示器接口	329
三、EPROM 写入原理	333
第十章 单片机在机电一体化技术和智能仪表中的应用	338
10-1 磁头 STEP CORE 厚度尺寸磨削检测与控制	338
一、误差分析	338
二、系统构成及原理	339
三、两点式压电陶瓷微位移机构	340
四、微机控制器	340
五、几个主要软件模块	342
10-2 异形外圆车削中的单片机控制系统	345
一、加工的基本原理	345
二、活塞加工的新方案	345
三、微控制器	346
四、软件控制功能	347
10-3 刚度测量仪	349
一、系统构成及测量原理	349
二、传感器的选择及工作原理	350
三、微控制器	351
四、系统软件	352
10-4 多功能智能感应同步器数显表	354
10-5 程控扫频仪	356
一、幅值控制电路	356
二、跟踪滤波器	356
三、D/A 输出电路	358
第十一章 MCS-51 单片机实验	362
11-1 DVCC-51-ED 机简介	362
一、使用说明	362
二、键盘概况	363
11-2 键盘监控程序简介	365
一、键盘监控程序工作状态	365
二、键盘监控特点	368
11-3 键盘监控操作说明	369
11-4 基本编程实验	380
实验一、DVCC-51-ED 机键盘操作	380
实验二、MCS-51 指令系统应用	383
实验三、程序设计(一)	385

实验四、程序设计(二)	387
实验五、定时/计数器实验	391
11-5 MCS-51 系统设计实验台使用说明	393
11-6 MCS-51 应用系统设计实验	395
实验六、MCS-51 存储器系统设计	395
实验七、MCS-51 并行 I/O 接口设计与应用	397
实验八、D/A 转换实验	398
实验九、MCS-51 中断系统实验	399
实验十、A/D 转换实验	400
11-7 表格、监控及附图	401
一、DVCC-51-ED 表格集	401
二、DVCC-51-ED DEBUG 子程序	404
三、附图	404
附录一 MCS-51 指令表	407
一、按功能排列的指令表	407
二、按编码排列的指令表	412
附录二 常用芯片引脚图	416
一、74LS 系列芯片	416
二、存储器芯片	417
三、二进制逻辑单元图形符号对照表	418
附录三 常用 EPROM 固化电压参考表	419
参考文献	423

绪 论

自 1946 年世界上诞生了第一台电子计算机至今,在短短的 50 年时间里,计算机技术取得了日新月异的发展。计算机在工业、农业、国防、交通等领域得到广泛的应用,成为现代工业水平的重要标志之一。

随着大规模集成电路的飞速发展和计算机应用的推广普及,70 年代诞生了一种新型的电子计算机——微型计算机(Microcomputer)。它利用大规模集成电路技术把计算机的中央处理单元 CPU(Central Processing Unit)即计算机的运算器和控制器集成在一个芯片上,称为微处理器(Microprocessor)。作为微型计算机的一个重要分支,单片微型计算机的发展和应用越来越引起人们的重视。那么究竟什么是单片微型计算机呢?

所谓单片微型计算机(Single chip Microcomputer or One chip Microcomputer)简称单片机,它是将 CPU、数据存储器 RAM、程序存储器 ROM 或 EPROM、定时/计数器及各种输入输出接口等多个功能部件集成在一块芯片上而得名。由于单片机面向控制,因而又称微控制器(Microcontroller)。

一、单片机的发展概况

单片机发展到今天,经历了五个发展阶段:

第一阶段(1974~1976),单片机的初级阶段。由于工艺水平和集成度的限制,单片机采用双片形式,且功能比较简单。如 Fairchild 公司 1974 年推出的 8 位单片机 F8,它只包含 8 位 CPU、64 字节 RAM 和 2 个并行输入输出接口,必须外加一片 3851(包含 1KROM、1 个定时/计数器和 2 个并行 I/O 口)才能构成一个完整的微型计算机。

第二阶段(1976~1979),为低性能单片机阶段。此时的单片机是真正的 8 位单片微型计算机,虽然体积小,但功能全。如 1976 年 Intel 公司以符合世界标准的 MCS-48 系列为先导,将单片机推向市场,促进了单片机的变革。

第三阶段(1979~1982),为高性能单片机阶段。此时的单片机品种多、功能强,一般片内 RAM、ROM 都相对增大,寻址可达 64K,并有串行输入输出接口,还可进行多级中断处理。如 Intel 公司的 MCS-51 系列、Motorola 公司的 6801 等,使单片机应用跃上一个新的台阶。

第四阶段(1982~1990),16 位单片机阶段。其最大特点是实时处理的能力更强。如 Intel 公司的 MCS-96 系列,集成度达 12 万个晶体管/片,主频 12MHz,片内 RAM 有 232 字节,ROM 有 8K 字节,有 8 个中断源的处理功能,而且有多通道 10 位 A/D 转换和高速输入输出部件(High Speed Input/Output,HSIO),特别适用于实时控制。

第五阶段(1990 至今),1990 年 2 月美国推出的 i80860 超级单片机轰动了整个计算机界,它的运算速度为 1.2 亿次/秒,可进行 32 位整数运算、64 位浮点运算,同时片内具有一个三维图形处理器,可构成超级图形工作站。随着半导体技术的发展,巨型计算机单片化将成为现实。

目前,8 位单片机由于它具有价格低廉、应用软件齐全、开发应用方便等特点,在应用中已

处于主导地位,16 位单片机和专用单片机也开始进入普及应用阶段。

二、单片机的特点

1. 体积小、功能全、价格低、面向控制。
2. 电源单一、功耗低。
3. 运算速度快,抗干扰性强,可靠性高。
4. 开发应用方便,研制周期短。

三、单片机的应用

单片机的应用大致可分为以下几个方面:

1. 单片机在智能仪器仪表及家电中的应用

单片机小巧、功耗低、控制功能强,将其嵌入仪器仪表内部取代部分老式机械零件或电子元器件,可以大大缩小产品体积、增强产品功能;在工业控制器、家电、仪器装备、医疗器械、高性能工作站中引入单片机,可使这些仪器仪表数字化、微型化、智能化。例如精密电子秤、电脑缝纫机、全自动洗衣机和电子游戏机等。

2. 单片机用于机、电、仪一体化的智能产品

机电一体化是机械工业发展的方向。机电一体化产品是指集机械、微电子技术、机电转换技术、自动控制技术与计算机技术于一体、具有智能化特征的机电产品。采用单片机作为机电产品的控制器,可以充分发挥其体积小、功能强、可靠性高、安装灵活方便等优点,提高产品的自动化、智能化水平。

3. 单片机在实时控制中的应用

单片机输入/输出接口多,中断功能灵活,其内部特有的布尔处理机使其具有较强的逻辑操作能力,因而特别适用于实时控制。将测量技术、自动控制技术和单片机技术结合起来,充分发挥其数据处理速度快和实时控制功能,可以使系统处于最佳工作状态,以提高系统的生产效率和产品质量。如温室人工气候控制、电镀生产线自动控制和一些通用测控系统等。

4. 单片机的多机应用

为了满足控制系统的功能要求,常利用若干单片机组成多机分布系统,每个单片机独立承担其中的一项功能。这样就可以使系统整体的智能化程度提高,并可实现并行数据采集与处理,以满足控制系统的速度要求。如一个加工中心的计算机控制系统,就可由几个单片机去分别控制,实现对刀、坐标指示、刀库管理、状态监控、伺服驱动、走刀、加工进给等多项功能,使整个加工中心表现出很高的智能水平。

四、单片机的发展趋势

近些年来,单片机的发展速度很快,就其整体的发展趋势而言,应该说是大容量高性能化、小容量低价格化和外围电路内装化。

所谓大容量高性能是指 CPU 的功能强、内存容量大,多用于复杂控制的场合。目前单片机片内 ROM 可达 6~8K 字节, RAM 可达 128~256 字节。CPU 的功能强,主要体现在其数据处理速度快、精度高和系统控制的可靠性好等方面。如 Intel 公司的 MCS-51 系列单片机增加了一个布尔处理机,位处理功能特别强,输入输出的速度更快。

小容量低价格化是指数字逻辑集成电路组成的控制电路单片化。这类单片机产品,CPU 多为 4 位,ROM 容量只有 0.5~1K 字节,它借助于软件的灵活编程来实现单片机的多功能性,是目前单片机发展的又一方向。

外围电路内装化旨在增加单片机的内部资源,以降低成本,提高系统的可靠性。如多路 8~10 位 A/D 转换器、DMA 通道、D/A 输出电路及系统故障监视器等都可封装在片内。

随着半导体集成工艺的进步,外围电路也将是大规模的,这样在应用时,可把所需要的外围电路全部装入单片机内。可以预言,未来的单片机将会使系统单片化。

综上所述,随着社会的进步和科学技术的发展,对单片微型计算机的需求和它在各个领域中的应用将得到进一步扩大。

第一章 计算机基础知识

1-1 数制与代码及计算机中数的表示法

一、数制与代码

计算机最基本的功能是对数进行加工处理。数在机器中是以器件的物理状态来表示的,一个具有两种不同的稳定状态而且能互相转换的器件可以用一位二进制数表示。因而二进制数的表示简单可靠。目前在计算机中,几乎全部采用二进制计数制。

人们在使用计算机时,常使用的是十进制、二进制和十六进制。

1. 十进制数(Decimal)

人们习惯用十进制计数,不难归纳出十进制的特点:

- ①有十个元素符号:0~9,最大元素比10小1;
- ②计数原则“逢十进一”,所以基数为10;
- ③十进制数真值,要按位权相加。

例如: $555.5 = 5 \times 10^2 + 5 \times 10^1 + 5 \times 10^0 + 5 \times 10^{-1}$

虽然四个元素全是5,但它们的真值是不同的,最高位的5的权是 10^2 ,最低位的5的权是 10^{-1} 。

2. 二进制数(Binary)

二进制数是一种最简单的数,也是计算机中最基本的数。其特点如下:

- ①有两个元素符号,即0和1;
- ②逢二进一,基数为2;
- ③其真值,按位权相加。

例如: $(1101.101)_2 = 1 \times 2^3 + 1 \times 2^2 + 1 \times 2^0 + 1 \times 2^{-1} + 1 \times 2^{-2} = (13.625)_{10}$

$(110101)_2 = 1 \times 2^5 + 1 \times 2^4 + 1 \times 2^2 + 1 \times 2^0 = (53)_{10}$

任意一个二进制数可以表示为:

$$\begin{aligned}(B)_2 &= B_{n-1} \times 2^{n-1} + B_{n-2} \times 2^{n-2} + \cdots + B_0 \times 2^0 + B_{-1} \times 2^{-1} + B_{-2} \times 2^{-2} + \cdots + B_{-m} \times 2^{-m} \\ &= \sum_{i=-m}^{n-1} B_i \times 2^i\end{aligned}$$

其中n为整数部分的位数,m为小数部分的位数, B_i 的值取决于一个具体的数。

3. 十六进制(Hexadecimal)的特点

- ①有0~9、A、B、C、D、E、F16个元素;
- ②逢十六进一,基数为16;
- ③其真值,按位权相加。

例如: $(28)_{16} = 2 \times 16^1 + 8 \times 16^0 = (40)_{10}$

$(3E8.11)_{16} = 3 \times 16^2 + 14 \times 16^1 + 8 \times 16^0 + 1 \times 16^{-1} + 1 \times 16^{-2} = (1000.0664)_{10}$

任意一个十六进制数可表示为：

$$(H)_{16} = H_{n-1} \times 16^{n-1} + H_{n-2} \times 16^{n-2} + \cdots + H_0 \times 16^0 + H_{-1} \times 16^{-1} + \cdots + H_{-m} \times 16^{-m}$$

$$= \sum_{i=-m}^{n-1} H_i \times 16^i$$

其中 n 为整数部分的位数, m 为小数部分的位数, H_i 的值在 $0 \sim 9$ 、 $A \sim F$ 范围内。

由于在计算机中,数是用器件的物理状态来表示的,因而计算机中数仍是用二进制表示。为什么还要用十六进制呢?因为二进制和十六进制数有一种特殊的关系: $2^4=16$ 。于是,四位二进制可以用一位十六进制数表示,它们之间存在直接而又唯一的对应关系,如表 1-1 所示。

表 1-1 二进制、十进制、十六进制数码对照表

十进制	十六进制	二进制	十进制	十六进制	二进制
0	0	0000	8	8	1000
1	1	0001	9	9	1001
2	2	0010	10	A	1010
3	3	0011	11	B	1011
4	4	0100	12	C	1100
5	5	0101	13	D	1101
6	6	0110	14	E	1110
7	7	0111	15	F	1111

因此,二进制数和十六进制数之间的转换是十分方便的。

4. 任意进制计数的三个主要特点

- ①元素的个数等于基数;
- ②最大元素比基数小 1;
- ③其真值,按位权相加。

任一 M 进制数 N ,均可表示为:

$$N = \sum_{i=-m}^{n-1} N_i \times M^i$$

其中 n 为整数部分位数, m 为小数部分位数, N_i 取决一个 M 进制的具体数。

使用数制与代码,即要考虑计算机的特点,又要顾及到人们的习惯,通常在微机中输入/输出数据时,多采用二进制数,如:1101B(Binary),十进制数 555D(Decimal),十六进制数 3E8H(Hexadecimal),用英文大写字头结尾,以示区别。

二、数制转换

1. 十六进制与二进制数相互转换

每一位十六进制数都可以用相应的四位二进制数表示,反之亦然。

例如:(5EA)H

5	E	A
↓	↓	↓
0101	1110	1010