

普通高校“十一五”规划教材

# 单片微型计算机原理与 接口技术教程

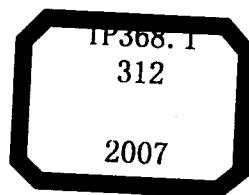
祁伟 主编

郑巍 庄志惠 副主编

DANPIAN WEIXINGJISUANJI YUANLI YU  
JIEKOU JISHU JIAOCHENG



北京航空航天大学出版社



普通高校“十一五”规划教材

# 单片微型计算机原理与 接口技术教程

祁 伟 主 编  
郑 巍 庄志惠 副主编



北京航空航天大学出版社

## 内 容 简 介

本书是以 51 单片机为样机的单片微型计算机原理与接口技术教程,是单片机 C51 程序设计的基础篇。

全书由原理及接口两部分组成,共 10 章。介绍 51 单片微型计算机硬件结构、汇编语言程序设计方法、输入/输出接口应用、可编程定时/计数器设计、串行接口应用、单片机系统扩展、可编程接口芯片、单片机人机接口技术和模数技术,以达到学习了解微机原理的目的。为了配合教学在附录部分添加了实验指导,以加深学习者对相关概念的理解。

书中内容由浅入深、循序渐进,特别适用于微机原理的初学者。

本书是大学电类专业单片微型计算机原理与接口技术教程,供相关专业学生学习,也可供非电类技术人员参考。本书与先前北京航空航天大学出版社出版的《单片机 C51 程序设计教程与实验》相配套。

### 图书在版编目(CIP)数据

单片微型计算机原理与接口技术教程/祁伟主编.

北京:北京航空航天大学出版社,2007.3

ISBN 978-7-81077-966-1

I. 单… II. 祁… III. ①单片微型计算机—理论—高等学校—教材②单片微型计算机—接口—高等学校—教材  
IV. TP368.1

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2007)第 007082 号

### 单片微型计算机原理与接口技术教程

祁 伟 主 编

郑 巍 庄志惠 副主编

责任编辑 金友泉

\*

北京航空航天大学出版社出版发行

北京市海淀区学院路 37 号(100083) 发行部电话:010-82317024 传真:010-82328026

<http://www.buaapress.com.cn> E-mail: bhpress@263.net

涿州市新华印刷有限公司印装 各地书店经销

\*

开本:787×960 1/16 印张:19.25 字数:431 千字

2007 年 3 月第 1 版 2007 年 3 月第 1 次印刷 印数:5 000 册

ISBN 978-7-81077-966-1 定价:25.00 元

# 前 言

本书是单片机 C51 程序设计教程与实验的基础篇,主要以单片机内部结构及部分接口电路设计为主线,而程序的设计则通过汇编语言实现。书中单片机原理部分的程序设计采用万利电子有限公司 MedWin 软件调试通过,接口部分采用自主开发的实验板设计实现。对于单片机设计工作者来说,用汇编语言编程也好,不用也好,通过汇编语言学习和理解单片机硬件结构是非常必要的。考虑到学生和初学者的情况,本教程至少在以下几个方面做了大量工作:

(1) 本书提供了大量的通过调试的程序设计模块,而且对这些代码作了详尽的解释,这有助于帮助学生和初学者了解单片机的结构原理及程序设计的编程思想。

(2) 书中的程序代码均用 MCS-51 系列汇编语言编写,而且通过相应软件调试通过,学习者可以边读书,边上机实践,以加快对单片机原理及接口电路的理解。

(3) 本书将一套实验板的各个硬件电路都作了硬件电路分析并通过软件编程实践,学习者可以通过实验板的实际运行效果达到对理论认识的升华。

本书共 10 章,第 1~第 4 章讲述单片微型计算机原理和应用。通过对 1~4 章的学习,读者应该了解单片微型计算机的发展,掌握单片微型计算机结构组成,熟练使用 MCS-51 系列单片机指令系统,彻底掌握汇编语言程序设计方法及编程技巧。第 5~第 9 章阐述接口技术,主要讲述接口部分的作用、片内定时/计数器、串行口、单片机资源扩展(并行 I/O 扩展、单片机人机接口扩展、模数技术扩展)及典型接口部分硬件设计及软件编程方法。第 10 章为附录,附录共计 7 个,内容包括单片机实验内容;实验部分以培养学生的学习兴趣为主要出发点,整个实验通过所学即所见的理念,不论通过 MedWin 集成开发软件模拟调试或通过仿真器调试均可直接观察实验效果。附录中还包括 ASCII 码、指令表、AT89 系列单片机和实验板原理图。同时,为了便于学习者巩固学习效果,每章均安排了总结和习题,便于教学和自学。

本书以 MCS-51 单片机为样机教学,目的使学习者掌握微机原理及部分接口硬件结构,奠定面向结构设计的编程基础,为学习单片机 C51 程序设计搭建学习平台。本书适用于电类专业学生,教学学时数 70~90 学时(其中实验 20~24 学时)。

本书选用了自动化系工控实验室单片机实验板,书中所举实例清晰、实用,所例程序均调试通过。本书由祁伟老师编写了第 4.4 节、4.5 节、第 5~第 9 章和附录中部分实验并任主编;郑巍老师编写了第 1~第 3 章,第 4 章的 4.1~4.3 节;庄志惠老师完成了实验板的设计和部分内容调试工作。在本书的编写和实验调试过程中,得到了广东技术师范学院自动化系领导、测控教研室全体教师及实验室人员的大力配合,在此,深表谢意。尽管努力做好,但仍可能存在错误及不妥之处,恳请读者批评指正。

本书配有用 PowerPoint 制作的电子教案可以任意修改,同时配有实验板原理图、元件清单和调试通过的程序代码,使用本教材的学校及有关人员可与作者网上联系。邮箱:qw1\_a@163.com。

广东技术师范学院自动化系

编者

2006.12

# 目 录

<b>第 1 章 单片微型计算机概述</b> .....	1
1.1 单片微型计算机发展历史及发展趋势 .....	1
1.1.1 单片微型计算机发展历史 .....	1
1.1.2 单片微型计算机发展趋势 .....	2
1.2 单片微型计算机特点及应用概况 .....	3
1.2.1 单片微型计算机特点 .....	3
1.2.2 单片微型计算机应用概况 .....	4
1.3 单片微型计算机常用的几种码制 .....	5
1.3.1 数的几种常用进制 .....	5
1.3.2 带符号数的表示方法 .....	7
1.3.3 单片微型计算机中常用的码制.....	11
1.4 总结与思考练习.....	12
1.4.1 主要内容总结.....	12
1.4.2 思考与练习.....	13
<b>第 2 章 MCS-51 单片微型计算机结构</b> .....	14
2.1 单片微型计算机的基本结构分析.....	14
2.1.1 单片微型计算机的基本组成.....	14
2.1.2 8051 单片机的结构 .....	17
2.2 8051 单片机内部结构分析 .....	17
2.2.1 中央处理器(CPU) .....	17
2.2.2 8051 单片微型计算机的存储器配置 .....	19
2.3 8051 单片微型计算机的引脚组成及总线结构 .....	23
2.3.1 8051 单片微型计算机的引脚组成 .....	23
2.3.2 MCS-51 单片微型计算机的三总线结构 .....	28
2.4 8051 单片微型计算机的取指和执行时序 .....	29
2.4.1 8051 单片机的几种周期及相互关系 .....	29
2.4.2 8051 单片机指令的取指和执行时序 .....	30
2.4.3 8051 单片机访问外部 ROM 和 RAM 的时序.....	32

2.5	8051 单片机的工作方式 .....	33
2.5.1	8051 单片机的程序执行方式 .....	33
2.5.2	8051 单片机的低功耗工作方式 .....	33
2.6	总结与思考练习 .....	35
2.6.1	主要内容总结 .....	35
2.6.2	思考与练习 .....	36
<b>第 3 章</b>	<b>MCS-51 单片机指令系统 .....</b>	<b>37</b>
3.1	MCS-51 单片机指令系统概述 .....	37
3.1.1	MCS-51 单片机的指令格式 .....	38
3.1.2	MCS-51 单片机的符号标识 .....	40
3.2	汇编语言程序设计基础 .....	41
3.2.1	MCS-51 单片微型计算机的寻址方式 .....	41
3.2.2	汇编语言伪指令介绍 .....	45
3.2.3	MCS-51 单片机的传送、算术、逻辑、移位指令介绍 .....	49
3.2.4	汇编语言顺序程序设计 .....	63
3.3	总结与思考练习 .....	67
3.3.1	主要内容总结 .....	67
3.3.2	思考与练习 .....	68
<b>第 4 章</b>	<b>汇编语言程序设计 .....</b>	<b>72</b>
4.1	汇编语言程序设计概述 .....	72
4.1.1	汇编语言的语句格式 .....	72
4.1.2	汇编语言程序设计步骤 .....	73
4.1.3	算法的建立 .....	73
4.1.4	绘制流程图 .....	73
4.2	分支程序设计 .....	76
4.2.1	分支结构程序设计概述 .....	76
4.2.2	分支程序的设计要点 .....	76
4.2.3	分支程序涉及的转移类指令 .....	76
4.2.4	分支程序设计编程 .....	80
4.3	循环程序设计 .....	83
4.3.1	循环程序设计概述 .....	83
4.3.2	循环程序结构 .....	83
4.3.3	循环程序设计 .....	84

4.3.4 循环程序涉及的条件转移指令	84
4.3.5 循环程序设计的编程方法	85
4.4 子程序设计	89
4.4.1 子程序设计概述	89
4.4.2 堆 栈	90
4.4.3 子程序设计用到的指令	91
4.4.4 子程序设计的编程方法	92
4.5 汇编语言程序设计应用	96
4.5.1 多字节加法编程	96
4.5.2 多字节乘法编程	99
4.5.3 查表散转编程	102
4.5.4 数制转换编程	104
4.5.5 数据拼拆编程	107
4.5.6 位操作编程	109
4.6 总结与思考练习	111
4.6.1 主要内容总结	111
4.6.2 思考与练习	112
<b>第 5 章 MCS-51 单片微型计算机的输入/输出和中断系统</b>	<b>114</b>
5.1 计算机基本输入/输出接口概述	114
5.2 输入/输出的编址方式	115
5.3 输入/输出的工作方式	116
5.4 MCS-51 系列单片机输入/输出端口控制设计编程	118
5.5 中 断	121
5.5.1 计算机中的中断	121
5.5.2 MCS-51 单片机中断系统	121
5.5.3 MCS-51 中断所涉及的寄存器	124
5.6 中断源应用编程	126
5.7 总结与思考练习	129
5.7.1 主要内容总结	129
5.7.2 思考与练习	130
<b>第 6 章 MCS-51 单片微型计算机定时/计数器原理</b>	<b>131</b>
6.1 MCS-51 单片机定时/计数器结构组成和工作原理	131
6.2 MCS-51 单片机定时/计数器工作方式	133



6.3	MCS-51 单片机定时/计数器典型应用举例 .....	138
6.4	MCS-51 单片机定时/计数器程序设计 .....	145
6.5	总结与思考练习 .....	146
6.5.1	主要内容总结 .....	146
6.5.2	思考与练习 .....	147
<b>第 7 章</b>	<b>MCS-51 单片机串行通信接口 .....</b>	<b>148</b>
7.1	微型计算机串行口通信的概念 .....	148
7.2	MCS-51 单片微型计算机串行口结构组成及工作原理 .....	150
7.3	串行口有关的寄存器 .....	151
7.4	MCS-51 单片微型计算机串行口工作方式介绍及工作原理分析 .....	152
7.5	波特率计算 .....	154
7.6	MCS-51 单片微型计算机串行口程序设计 .....	155
7.5	总结与思考练习 .....	163
7.5.1	主要内容总结 .....	163
7.5.2	思考与练习 .....	163
<b>第 8 章</b>	<b>MCS-51 单片微型计算机系统扩展应用 .....</b>	<b>164</b>
8.1	MCS-51 单片微型计算机最小系统 .....	164
8.2	单片机的外部资源并行扩展 .....	165
8.3	MCS-51 单片微型计算机扩展 8255 可编程接口设计 .....	174
8.4	MCS-51 单片微型计算机数模/模数接口设计 .....	182
8.5	总结与思考练习 .....	190
8.5.1	主要内容总结 .....	190
8.5.2	思考与练习 .....	191
<b>第 9 章</b>	<b>MCS-51 单片微型计算机人机接口技术 .....</b>	<b>192</b>
9.1	MCS-51 单片微型计算机显示接口设计 .....	192
9.2	MCS-51 单片微型计算机键盘接口设计 .....	197
9.3	总结与思考练习 .....	202
9.3.1	主要内容总结 .....	202
9.3.2	思考与练习 .....	202
<b>第 10 章</b>	<b>附 录 .....</b>	<b>203</b>
附录 1	单片微型计算机实验教学开发系统 .....	203

---

附录 1.1 实验教学开发系统介绍 .....	203
附录 1.2 实验教学硬件系统 .....	205
附录 2 MedWin 软件应用 .....	213
附录 3 单片微型计算机学习实验 .....	222
附录 3.1 单片微型计算机学习应用基础实验 .....	222
实验一 数据传送及算术运算指令实验 .....	222
实验二 减法、逻辑及布尔操作指令实验 .....	225
实验三 多字节 BCD 加法实验 .....	227
实验四 数制转换实验 .....	230
实验五 多字节乘法实验 .....	234
实验六 查表散转实验 .....	237
实验七 数据拼拆实验 .....	239
实验八 指令综合实验 .....	241
附录 3.2 单片微型计算机 I/O 接口控制实验 .....	247
实验一 存储器实验 .....	247
实验二 I/O 端口实验 .....	249
实验三 定时/计数实验 .....	252
实验四 中断实验 .....	254
实验五 串口通信实验 .....	256
实验六 数码显示实验 .....	261
实验七 键盘处理实验 .....	264
实验八 A/D 转换实验 .....	269
附录 3.3 单片微型计算机综合实验 .....	274
实验一 实验教学开发实验板测试程序 .....	274
实验二 电子时钟实验 .....	278
附录 4 ASCII(美国标准信息交换码)表 .....	282
附录 5 MCS-51 指令表 .....	284
附录 6 AT89 系列单片机 .....	289
附录 7 实验板原理图 .....	292
参考文献 .....	293

# 第 1 章 单片微型计算机概述

在当今的工作和生活环境中,有越来越多的单片机在为人们服务,但人们却不去注意它。如:当用遥控操纵电视或 VCD 机享受多彩的画面时,人们并没有意识到这是单片机在接受遥控指令;当人们在享受全自动洗衣机的先进功能时,并不知道这是单片机在代替人工控制洗衣机运作;单片机在 Call 机和手机等现代通信设备中亦发挥着重要的作用;就连曾一度令许多青少年着迷的电子宠物,也是单片机在大显神威。总之,处处都有单片机的身影。为什么人们意识不到单片机的存在呢?因为单片机只是一小块集成电路,而且是计算机。要了解它,不仅需要硬件知识,而且还要软件知识,这一般人是难以做到的。

本章主要从单片微型计算机的发展及应用角度入手,叙述单片微型计算机所需的基础知识,使读者对单片微型计算机的学习产生感性认识,有助于学习者的后续各章节学习。

通过本章学习应达到下列目标:

- (1) 理解单片机的作用;
- (2) 掌握微型计算机常用的几种码制及相互间的转换;
- (3) 掌握有符号数在微型计算机中的使用;
- (4) 单片机的发展趋势。

## 1.1 单片微型计算机发展历史及发展趋势

### 1.1.1 单片微型计算机发展历史

#### 1. 单片机的概念

单片机就是将计算机的中央处理器(CPU)、随机存取存储器(RAM)、只读存储器(ROM)、定时/计数器和多种输入/输出接口(I/O)以及相互连接的总线(BUS)等集成在一块芯片上,形成了芯片级的计算机,有时称为单片微型计算机,又叫单片机(single chip micro-computer)或微控制器(microcontroller),或称微处理单元,缩写为 MCU(microcontroller unit)。实际上,单片机是微机的一个分支。鉴于此,一般微机也叫多片微型计算机。

#### 2. 单片机的发展历史

单片微型计算机经历了 4 位机、8 位机、16 位机和 32 位机几个阶段。自第一台单片机问世以来,单片机的发展特别迅速,各种新、高性能单片机不断推陈出新并投放市场。迄今为止已有 30 多年历史,经历了五个发展阶段。

(1) 第一阶段(1971~1974):单片机萌芽阶段。1971年11月美国 Intel 公司设计成集成度为 2 000 只晶体管/片的 4 位微处理器 Intel4004,并且配有随机存储器 RAM、只读存储器 ROM 和移位寄存器等芯片,构成第一台 MCS-48 微型计算机。随后又研制成了 8 位微处理器 Intel8008。在此期间,Fairchild 公司也研制成了 8 位微处理器 F8。这些微处理器虽然还不是真正的单片机,但从此拉开了研制单片机的序幕。

(2) 第二阶段(1974~1978):初级单片机阶段。以 Intel 公司为代表的 MCS-48 将 8 位 CPU、并行 I/O 口、8 位定时/计数器和 28 字节的 RAM 集成在一个芯片内。寻址范围不大于 4 KB,且无串行口。该芯片使用的是 NMOS 工艺。

(3) 第三阶段(1978~1983):高性能单片机阶段。这一阶段单片机和前阶段相比,不仅存储容量和寻址范围大,而且中断源、并行 I/O 口和定时/计数器个数有了增加,集成了全双工串行通信接口。在指令系统方面,普遍增设了乘除法和比较指令。这类单片机代表产品有 Intel 公司的 MCS-51 系列机、Motorola 公司的 MC6801 系列机、Zilog 公司的 Z8 系列机和 TI 公司的 TMS7000 系列机等。此外,Rockwell、NS、GI 和日本松下公司也先后生产了自己的单片机系列。由于这类单片机应用领域极其广泛,各大公司都大力改进其结构与性能。所以,这个系列的各类产品目前仍是国内外产品的主流。

(4) 第四阶段(1983~):8 位单片机巩固发展及 16 位单片机推出阶段。16 位单片机工艺先进、集成度高、内部功能强,加法运算速度每条指令可达 1 s 以上,而且允许用户采用面向工业控制的专用语言。代表产品有 Intel 公司的 MCS-96 系列、TI 公司的 TMS9900、NEC 公司的 783××系列和 NS 公司的 HPC16040 等。

(5) 现阶段:32 位单片微机系列。16 位单片机出现后不久,几大公司先后推出了代表当前最高性能和技术水平的 32 位单片微机系列。32 位单片机具有极高的集成度,内部采用新颖的 RISC(精简指令系统计算机)结构;CPU 可与其他微控制器兼容,主频频率可达 33 MHz 以上,指令系统进一步优化,运算速度可动态改变,设有高级语言编译器,具有性能强大的中断控制系统、定时/事件控制系统、同步/异步通信控制系统。代表产品有 Intel 公司的 MCS-80960 系列、Motorola 公司的 M68300 系列、Hitachi 公司的 SuperH(简称 SH)系列等。这类单片机主要应用于汽车、航空航天、高级机器人和军事装备等方面。它代表着单片机发展中的高、新技术水平。

### 1.1.2 单片微型计算机发展趋势

单片机从 8 位、16 位到 32 位,型号数不胜数,种类繁多;有与主流 C51 系列兼容的,也有不兼容的,但它们各具特色,互成互补,为单片机的应用提供广阔的天地。纵观单片机的发展过程,可以预示单片机的发展趋势,大致有:

#### 1. 低功耗 CMOS 化

MCS-51 系列的 8031 推出时的功耗达 630 mW,而现在的单片机普遍都在 100 mW 左

右。随着对单片机功耗性能越来越高,即功耗值越来越低,现在的各个单片机制造商基本都采用了CMOS(互补金属氧化物半导体工艺)。像80C51就采用了HMOS(即高密度金属氧化物半导体)和CHMOS(互补高密度金属氧化物半导体)工艺。CMOS虽然功耗较低,但由于其物理特征决定其工作速度不够高;而CHMOS则具备了高速和低功耗的特点。这些特征,更适合于要求低功耗(像电池供电)的应用场合。所以,这种工艺将是今后一段时期单片机发展的主要途径。

## 2. 微型单片化

现在常规的单片机普遍都是将中央处理器(CPU)、随机存取数据存储(RAM)、只读存储器(ROM)、并行和串行通信接口、中断系统、定时电路、时钟电路集成在一块单一的芯片上;而增强型的单片机集成了如A/D转换器、PMW(脉宽调制电路)、WDT(看门狗);更有些单片机将LCD(液晶)驱动电路都集成在单一的芯片上。这样单片机包含的单元电路就更多,功能就更强大。甚至单片机厂商还可以根据用户的要求量身定做,制造出具有自己特色的单片机芯片。

此外,现在的产品普遍要求体积小、质量轻,这就要求单片机除了功能强和功耗低外,也要求体积小。现在的许多单片机都具有多种封装形式,其中SMD(表面封装)越来越受欢迎,使得由单片机构成的系统正朝微型化方向发展。

## 3. 主流与多品种共存

现在虽然单片机的品种繁多,各具特色,但仍以80C51为核心的单片机占主流,兼容其结构和指令系统的有Philips公司的产品、Atmel公司的产品和中国台湾的Winbond系列单片机。所以,80C51为核心的单片机占据了半壁江山。而Microchip公司的PIC精简指令集(RISC)也有着强劲的发展势头;中国台湾的Holtek公司近年的单片机产量与日俱增,以其价低质优的优势,占据了一定的市场份额。此外还有Motorola公司的产品,日本几大公司的专用单片机。在一定的历史时期内,这种情形将得以延续,将不存在某个单片机一统天下的垄断局面,走的是依存互补,相辅相成、共同发展的道路。

# 1.2 单片微型计算机特点及应用概况

## 1.2.1 单片微型计算机特点

一块单片机芯片就是一台计算机。由于单片机特殊的结构形式,在某些应用领域中承担了大中型计算机和通用微型计算机无法完成的一些工作。由于其具有很多显著的优点和特点,因此在各个领域中都得到了迅猛的发展。单片机的特点归纳起来有以下几个方面:

(1) 具有优异的性能价格比 单片机尽可能地把应用所需的存储器、各种功能的I/O接口集成在一块芯片内,因而其性能很高,而价格却相对低廉,即性能价格比很高。

(2) 集成度高、体积小、可靠性高 单片机把各种功能部件集成在一块芯片上,形成了集

成度高的大规模或超大规模集成电路。又内部采用总线结构,减少了芯片之间的连线,大大提高了单片机的可靠性与抗干扰能力。同时,由于体积小,对于强磁场环境易于采取屏蔽措施,适合于在恶劣环境下工作。

(3) 控制功能强 单片机体积小,但“五脏俱全”,它非常适用于专门的控制用途。为了满足工业控制要求,一般单片机的指令系统中有极丰富的转移指令——I/O口的逻辑操作指令和位操作指令。其逻辑控制功能及运行速度均高于同一档次的微机。

(4) 低电压、低功耗 由于单片机大量用于携带式产品和家用消费类等小型产品,因此,低电压和低功耗尤为重要。目前,许多单片机已可在2.2V电压下运行,有的已能在1.2V或0.9V下工作,功耗降至微安量级,一粒纽扣电池就可以长期使用。

## 1.2.2 单片微型计算机应用概况

单片机的特点决定其应用领域非常宽广。无论是工业部门、国防部门、民用部门乃至事业部门,到处都有其身影。现将单片机的应用大致归纳为以下几个方面:

(1) 在智能仪器仪表中的应用 这是单片机应用最多、最活跃的领域之一。在各类仪器仪表中引入单片机,使其智能化,提高测试的自动化程度和精度,简化仪器仪表的硬件结构,提高其性价比,同时便于使用、维修和改进。如用MCS-51系列单片机控制的“汽车发动机综合测试仪”、“烟叶水分测试仪”和“智能超声波测试仪”等。

(2) 在机电一体化中的应用 机电一体化是指集机械技术、微电子技术、自动化技术和计算机技术于一体,具有智能化特征的机电产品。这是机械工业发展的方向。单片机的出现促进了机电一体化的发展。它作为机电产品中的控制器,能充分发挥其体积小、可靠性高、功能强和安装方便等特点,大大强化了机器的功能,提高了机器的自动化、智能化程度。

(3) 在实时过程控制中的应用 单片机也广泛地应用于各种实时控制系统中,例如对工业上的各种窑炉,锅炉的温度、酸度、化学成分的测量和控制。将测量技术、自动控制技术和单片机技术相结合,充分发挥其数据处理和实时控制功能,使系统工作于最佳状态,提高系统的生产效率和产品的质量。在航空航天、通信、遥控、遥测等各种实时控制系统中都可以用单片机作为控制器。

(4) 在分布式多机系统中的应用 分布式多机系统具有功能强、可靠性高的特点,在比较复杂的系统中,都采用分布式多机系统。系统中有若干台功能各异的计算机,各自完成特定的任务;它们又通过通信线路相互联系、协调工作。单片机在这种多机系统中,往往作为一个终端机,安装在系统的某些节点上,对现场信息进行实时的测量和控制。高档的单片机多机通信(并行或串行)功能很强,因此,在分布式多机系统中能发挥很大作用。

(5) 在家用电器中的应用 家用电器涉及千家万户,生产规模大。目前国内外各种家用电器都已普遍采用单片机代替传统的控制电路。如洗衣机、电冰箱、空调、电饭煲、收音机、功放机、电风扇、电视机、VCD、DVD及许许多多的电子玩具等都配上了单片机。从而提高了自

动化程度,增强了功能,深受用户的欢迎。

(6) 在其他方面的应用 除以上之外,单片机还广泛用于办公自动化、商业营销、汽车及通信系统、计算机外设和模糊控制等各种领域中。

## 1.3 单片微型计算机常用的几种码制

### 1.3.1 数的几种常用进制

数制是人们利用符号来计数的方法。数制有很多种,人们熟悉的是十进制。但由于数在机器中是以器件的物理状态来表示的,所以,一个具有两种稳定状态且能相互转换的器件,就可以用来表示一位二进制数。二进制数的表示是最简单而且是最可靠的,另外二进制的运算规则也是最简单的。因此,迄今为止,所有计算机都是以二进制进行算术运算和逻辑运算的。但是在使用二进制编写程序时既烦琐又容易出错,所以,人们在编写程序时又经常用到十进制和十六进制。

任何一种数制都有两个要素,即基数和权。基数为数制中所使用的数码的个数。当基数为  $R$  时,该数制可使用的数码为  $0 \sim (R-1)$ 。例如在二进制中基数为 2,可使用 0 和 1 两个数码。在进行运算时按“逢  $R$  进 1,借 1 当  $R$ ”的规则进行。权是数制中某一数位上单位数的大小,它是一个指数,底是基数  $R$ ,幂是数码的位置号,数码的位置号从 0 开始。将一个数中某一位的数码与该位的权相乘,即为该位数码的数值。

#### 1. 十进制(decimal)

十进制是以 10 为基数,且逢十进一、借一当十的计数体制。计数符号共有 10 个,分别为: 0、1、2、3、4、5、6、7、8、9。十进制数常用下标 D 或 10 表示。加权系数表示:

$$[M]_D = \sum_{i=-\infty}^{\infty} K_i \times 10^i$$

式中,  $K_i$  为第  $i$  位的系数,可取 0~9 十个数字符号中的任一个;  $10^i$  为第  $i$  位的权。显然各位的权是 10 的幂。

例如:  $(42.51)_{10} = 4 \times 10^1 + 2 \times 10^0 + 5 \times 10^{-1} + 1 \times 10^{-2}$ 。

#### 2. 二进制(binary)

(1) 有关二进制的几个概念:

① 位(bit) 一位二进制信息,只能是 0 或 1。

② 字节(byte) 计算机中将 8 位二进制数称为一个字节,由低四位字节和高四位字节表示,如图 1-1 所示。

D7	D6	D5	D4	D3	D2	D1	D0

图 1-1 字节表示法

图中, D7~D0 分别为一个字节中的 8 位。在计算机中, 一个 8 位数值, 无论是二进制、十进制(BCD 码)、十六进制等均用一个字节表示。D3~D0 为低四字节, D7~D4 为高四字节。如 20D, 用 8 位的二进制数表示为 00010100B; 用 BCD 码表示 00001000BCD; 用十六进制表示为 14H。同理, 若是 16 位数值, 要用二字节表示一个数值。仍以 20D 为例, 20 的二进制为 0000000000010100B; 十进制(BCD 码)为 000000000100000; 十六进制为 0014H。

为了表示大容量存储器的需要, 人们还定义了千字节(KB)、兆字节(MB)、G 字节(GB)等 3 个单位。它们的关系为:

1 KB=2<sup>10</sup> byte=1 024 byte; 1 MB=2<sup>10</sup> KB=1 024 KB=2<sup>20</sup> byte; 1 GB=2<sup>10</sup> MB=1 024 MB=2<sup>30</sup> byte。

③ 字(word) 计算机一次能处理的二进制数称为一个字, 字是计算机中参加运算的基本单位。由于目前微型计算机通常是 16 位的, 所以通常认为一个字为 16 位二进制数, 即 1 word=2 byte。

(2) 二进制(binary): 二进制是以 2 为基数, 且逢二进一、借一当二的计数体制。计数符号共有 2 个, 分别为 0、1。计数规则是逢二进一、借一当二。二进制数常用下标 B 或 2 表示。运算规则: 0+0=0, 0+1=1+0=1, 1+1=10(读“壹零”)、0×0=0, 1×0=0×1=0 和 1×1=1。加权系数表示:

$$[M]_B = \sum_{i=-\infty}^{\infty} K_i \times 2^i$$

式中,  $K_i$  为第  $i$  位的系数, 可取 0 或 1;  $2^i$  为第  $i$  位的权, 即各位的权是 2 的幂。

例如:  $[1101.01]_{10} = 1 \times 2^3 + 1 \times 2^2 + 0 \times 2^1 + 1 \times 2^0 + 0 \times 2^{-1} + 1 \times 2^{-2}$ 。

### 3. 十六进制(hexadecimal)

十六进制是以 16 为基数, 且逢十六进一、借一当十六的计数体制。计数符号共有 16 个, 分别为 0、1、2、3、4、5、6、7、8、9、A、B、C、D、E、F。计数规则是逢十六进一、借一当十六。十六进制数常用下标 H 或 16 表示。加权系数表示:

$$[M]_H = \sum_{i=-\infty}^{\infty} K_i \times 16^i$$

式中,  $K_i$  为第  $i$  位的系数, 可取 0~F 十六个数字符号中的任一个;  $16^i$  为第  $i$  位的权。显然各位的权是 16 的幂。

例如:  $[4E6]_H = 4 \times 16^2 + 14 \times 16^1 + 6 \times 16^0$ 。

对十六进制数有一个重要特点, 那就是每位十六进制数可用四位二进制数表示。

例如:  $[E]_{16} = [1110]_2$ 。

### 4. 数的不同进制数之间的相互转换

(1) 任意进制数转为十进制数: 方法是按权展开求和。例如:



$$[1101.01]_2 = 1 \times 2^3 + 1 \times 2^2 + 0 \times 2^1 + 1 \times 2^0 + 0 \times 2^{-1} + 1 \times 2^{-2} = 8 + 4 + 0 + 1 + 0 + 0.25 = [13.25]_{10}$$

$$[C2]_{16} = 12 \times 16^1 + 2 \times 16^0 = [192]_{10}$$

(2) 十进制数转换为二进制数：其方法是对整数部分，连续除2取余反排列，直到商为0；对小数部分，连续乘2取整正排列，直到乘积的小数部分为0，或满足误差要求。

例如： $[25.706]_{10} = [11001.10111]_{2}$  (保留5位小数)。

由于最后舍弃的数0.592大于0.5，所以按“四舍五入”原则小数最低位0加1。

推广：十进制数转换为任意进制数。整数部分，连续除基数取余反排列，直到商为0；小数部分，连续乘基数取整正排列，直到乘积的小数部分为0，或满足误差要求。其计算方法为：

$\begin{array}{r} 2 \overline{) 25} \quad \dots \text{余} 1 \quad \text{整数最低位} \\ 2 \overline{) 12} \quad \dots \text{余} 0 \\ 2 \overline{) 6} \quad \dots \text{余} 0 \\ 2 \overline{) 3} \quad \dots \text{余} 1 \\ 2 \overline{) 1} \quad \dots \text{余} 1 \quad \text{整数最高位} \\ 0 \end{array}$	$\uparrow$	$\begin{array}{r} 0.706 \\ \times 2 \\ \hline 1.412 \quad \dots \text{取整} 1 \quad \text{小数最高位} \\ 0.412 \\ \times 2 \\ \hline 0.824 \quad \dots \text{取整} 0 \\ 0.824 \\ \times 2 \\ \hline 1.648 \quad \dots \text{取整} 1 \\ 0.648 \\ \times 2 \\ \hline 1.296 \quad \dots \text{取整} 1 \\ 0.296 \\ \times 2 \\ \hline 0.592 \quad \dots \text{取整} 0 \quad \text{小数最低位} \end{array}$	$\downarrow$
---	------------	--	--------------

(3) 十六进制数与二进制数之间的相互转换：

① 二进制转换为十六进制的方法是：

整数部分，从最低位开始四位分组，不足四位的前面补零；

小数部分，则从最高位开始四位分组，不足四位的后面补零；然后每组以其对应的十六进制数代替，排列顺序不变。

② 十六进制转换为二进制的的方法是：将每位十六进制数写成对应的四位二进制数，再按原来的顺序排列起来即可。

例如： $[11110100010]_2 = [7A2]_{16}$ ； $[B59]_{16} = [101101011001]_2$ 。

## 1.3.2 带符号数的表示方法

### 1. 带符号数的表示方法

前面提到的二进制数，没有涉及符号问题，是一种无符号数，数的表示范围为0~256。图1-2是带符号数的表示法。

D7~D0的取值范围为11111111~00000000。但在实际应用中，一个数显然还有正、负之分，那么符号在计算机中是怎么表示的呢？计算机中采用二进制数码，对于数的符号“+”或