

 面向21世纪高等院校课程规划教材

 本书配套多媒体教学课件

# 单片机 原理与应用

靳孝峰 王 艳 主编

 北京航空航天大学出版社



面向 21 世纪高等院校课程规划教材

# 单片机原理与应用

靳孝峰 张 艳 主编

北京航空航天大学出版社

## 内 容 简 介

依据高等院校单片机课程教学内容的基本要求和实际需要编写了本书。以 51 系列单片机为主要对象,从系统组成和工程实践的角度出发,详细介绍了 51 系列单片机的结构、指令系统、程序设计、系统扩展以及单片机各功能部件的组成,并对应用系统设计、开发、调试以及开发工具的使用作了较深入的讨论。主要内容包括单片机基础知识、单片机的基本结构及工作原理、单片机指令系统、汇编语言程序设计、定时器/计数器原理及应用、中断系统、单片机串行接口及应用、单片机系统扩展技术、单片机与键盘显示接口技术、A/D 及 D/A 转换器的接口技术、单片机应用系统设计技术和 C51 语言应用基础,共 12 章。书中给出了大量的例题和习题,书后给出了附录,以便于学生自学。

本书适合普通高等院校本专科电子、电气、信息技术及自动化等专业作为“单片机原理与应用”课程教材使用,也适合高职高专相关专业作为教材以及工程技术人员作为技术参考书使用。

## 图书在版编目(CIP)数据

单片机原理与应用/靳孝峰,张艳主编. —北京:北京  
航空航天大学出版社,2009.5  
ISBN 978-7-81124-584-4

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

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2009)第 056512 号

©2009,北京航空航天大学出版社,版权所有。

未经本书出版者书面许可,任何单位和个人不得以任何形式或手段复制本书内容。侵权必究。

## 单片机原理与应用

靳孝峰 张 艳 主编

责任编辑 李宗华 李开先 刘秉和

\*

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(100191) 发行部电话:010-82317024 传真:010-82328026

<http://www.buaapress.com.cn> E-mail:emsbook@gmail.com

涿州市新华印刷有限公司印装 各地书店经销

\*

开本:787×1092 1/16 印张:23.5 字数:602 千字

2009 年 5 月第 1 版 2009 年 5 月第 1 次印刷 印数:4 000 册

ISBN 978-7-81124-584-4 定价:39.00 元

# 前 言

---

单片机应用日益广泛,已成为现代电子系统中最重要的智能化核心部件。为了尽快推广单片机应用技术,为科技人员在单片机软件、硬件的开发与应用方面打下良好的基础,特编写此书作为教材和自学参考书。本书依据高等院校单片机课程教学内容的基本要求而编写,编写时充分考虑到单片机技术的飞速发展,加强了单片机技术新理论、新技术和新器件及其应用的介绍。本书既有严密完整的理论体系,又具有较强的实用性。本书的编写原则是知识面宽、知识点新、应用性强,利于理解和自学。

本书是高等院校规划教材之一。本教材参考教学学时为 64~72 学时,可以根据教学要求适当调整教学学时。本教材具有以下特点:

- ① 反映了单片机技术的新发展,在讲解常用机型时,适当介绍新机型的发展和应用;
- ② 以汇编语言为主进行讲解,考虑到 C 语言的应用越来越广泛,适当介绍了 C 语言的应用;
- ③ 内容编排上,顺序合理,逻辑性强,力求简明扼要、深入浅出、通俗易懂,可读性强,读者更易学习和掌握;
- ④ 教材正文与例题、习题紧密配合。例题是正文的补充,某些内容则是有意让读者通过习题来掌握,以调节教学节律,利于理解深化。

在品种众多的单片机中,51 系列单片机具有独特的优点,仍是单片机中的主流机型,因此,本书以 51 系列单片机作为主线来进行单片机介绍。在详细介绍 51 系列单片机的结构、工作原理、指令系统、接口电路、单片机各功能部件的组成及应用和开发等内容的基础上,以大量的典型电路及应用实例,侧重于介绍单片机的外部特性和单片机应用与开发的基本方法和技巧。

参加本书编写的人员均为长期从事单片机技术教学的一线教师,具有丰富的教学经验。本书以编者多年来从事单片机课程教学和应用系统开发的经验与体会为基础,并参阅大量的同类书籍编写而成。大量的实例简单易懂,适应性强,软、硬件齐全,使读者能够在软件和硬件两个方面相结合的基础上更加深入地掌握其技术,以达到举一反三的目的,为掌握 51 硬软件使用的技巧、单片机的开发和应用以及学习其他单片机打下坚实的基础。

本书由靳孝峰、张艳担任主编,负责制定编写要求和详细的内容编写目录,并对全书进行统稿和定稿。杨际峰、邢文生、李玉魁、程坦担任副主编,负责协助主编工作。第 1 章、第 2 章

由靳孝峰编写;第3章、附录C由张艳编写;第4章、第12章由邢文生编写;第5章、附录A由梁超编写;第6章、附录B由刘豪、柏春岚共同编写;第7章、第10章由李玉魁编写;第8章由杨际峰编写;第9章由刘云朋、赵锋共同编写;第11章由程坦、王明杰共同编写。

本书由郑州大学张德辉副教授负责审阅,张德辉老师在百忙中认真细致地审阅了全部书稿,并提出了宝贵建议。本书的编写得到了北京航空航天大学、郑州大学、河南理工大学、焦作大学、中原工学院、黄淮学院、河南城建学院、三门峡职业技术学院等兄弟院校的大力支持和热情帮助,北京航空航天大学出版社的工作人员为本书的成功出版付出了艰辛的劳动。李鸿征、李蒙、武超、郝文龄、张琦、刘晓莉、郑文杰、王保华、王春霞、彭成章、钟楚扬老师绘制了部分电路图,并对全文及书中程序进行了调试。编者在此对为本书成功出版作出贡献的所有工作人员表示衷心的感谢。同时对本书所用参考文献的作者表示诚挚的谢意。

由于编者水平有限,书中的错漏和不妥之处在所难免,敬请读者批评指正,以便不断改进。有兴趣的读者,可以发送邮件到 [jxfeng369@163.com](mailto:jxfeng369@163.com) 与作者进一步交流;也可发送邮件到 [buaafy@sina.com](mailto:buaafy@sina.com) 与本书策划编辑进行交流。

编 者

2009年1月

本教材还配有教学课件。需要用于教学的教师,请与北京航空航天大学出版社联系。北京航空航天大学出版社联系方式如下:

通信地址:北京海淀区学院路37号北京航空航天大学出版社教材推广部

邮 编:100191

电 话:010-82317027

传 真:010-82328026

E-mail: [zhujunwei\\_218@163.com](mailto:zhujunwei_218@163.com)

# 目 录

|                                          |    |
|------------------------------------------|----|
| 第 1 章 单片机基础知识                            | 1  |
| 1.1 微型机概述                                | 1  |
| 1.1.1 微处理器和微型计算机                         | 1  |
| 1.1.2 微型计算机系统 MCS(Micro Computer System) | 2  |
| 1.1.3 计算机中数值的表示                          | 3  |
| 1.1.4 非数值数据信息的表示                         | 6  |
| 1.2 单片机和单片机系统                            | 9  |
| 1.2.1 单片机的基本概念                           | 9  |
| 1.2.2 单片机的基本结构                           | 9  |
| 1.2.3 单片机的特点                             | 10 |
| 1.2.4 单片机应用系统                            | 10 |
| 1.3 单片机技术的发展和應用                          | 11 |
| 1.3.1 单片机的产生与发展过程                        | 12 |
| 1.3.2 单片机技术的发展方向                         | 14 |
| 1.3.3 单片机的应用领域                           | 17 |
| 1.4 单片机的分类                               | 19 |
| 1.4.1 4 位单片机                             | 19 |
| 1.4.2 8 位单片机                             | 20 |
| 1.4.3 16 位单片机                            | 21 |
| 1.4.4 32 位单片机                            | 21 |
| 1.4.5 模糊单片机                              | 22 |
| 1.5 典型单片机产品介绍                            | 22 |
| 1.5.1 Intel 公司的 MCS-51 系列单片机             | 23 |
| 1.5.2 AT89 系列单片机                         | 24 |
| 1.5.3 学习 51 系列单片机的原因及单片机系统的开发介绍          | 27 |
| 思考与练习                                    | 27 |
| 第 2 章 51 单片机的基本结构及工作原理                   | 29 |
| 2.1 51 单片机的内部结构和信号引脚                     | 29 |
| 2.1.1 51 单片机内部组成                         | 29 |
| 2.1.2 51 的 CPU 结构                        | 31 |
| 2.1.3 MCS-51 单片机引脚及功能                    | 32 |
| 2.2 51 单片机的定时控制部件与时序                     | 34 |
| 2.2.1 振荡器和时钟电路                           | 34 |

|                               |            |
|-------------------------------|------------|
| 2.2.3 单片机的工作过程                | 38         |
| 2.3 51 单片机的并行输入/输出端口          | 39         |
| 2.3.1 I/O 端口的结构               | 39         |
| 2.3.2 I/O 端口的功能               | 40         |
| 2.3.3 I/O 端口的负载能力和接口要求        | 42         |
| 2.4 51 单片机的存储器结构及寄存器          | 43         |
| 2.4.1 51 单片机存储器的分类及配置         | 43         |
| 2.4.2 程序存储器                   | 44         |
| 2.4.3 数据存储器                   | 45         |
| 2.4.4 专用功能寄存器 SFR             | 47         |
| 2.5 51 单片机的工作方式               | 51         |
| 2.5.1 单片机复位方式                 | 52         |
| 2.5.2 掉电操作方式                  | 54         |
| 2.5.3 CHMOS 低功耗工作方式           | 55         |
| 2.6 51 单片机的最小应用系统             | 56         |
| 思考与练习                         | 58         |
| <b>第 3 章 MCS-51 系列单片机指令系统</b> | <b>60</b>  |
| 3.1 指令系统概述                    | 60         |
| 3.1.1 指令的表达形式                 | 60         |
| 3.1.2 指令格式                    | 61         |
| 3.2 MCS-51 单片机的寻址方式           | 62         |
| 3.2.1 立即寻址                    | 62         |
| 3.2.2 直接寻址                    | 63         |
| 3.2.3 寄存器寻址                   | 63         |
| 3.2.4 寄存器间接寻址                 | 64         |
| 3.2.5 变址寻址                    | 64         |
| 3.2.6 相对寻址                    | 65         |
| 3.2.7 位寻址                     | 66         |
| 3.3 常用指令系统及应用举例               | 67         |
| 3.3.1 指令的符号说明                 | 67         |
| 3.3.2 数据传送类指令                 | 68         |
| 3.3.3 算术运算类指令                 | 75         |
| 3.3.4 逻辑运算类指令                 | 82         |
| 3.3.5 位操作类指令                  | 86         |
| 3.3.6 控制转移类指令                 | 89         |
| 3.3.7 伪指令                     | 94         |
| 思考与练习                         | 97         |
| <b>第 4 章 汇编语言程序设计</b>         | <b>100</b> |
| 计算机程序设计语言概述                   | 100        |

|                                         |            |
|-----------------------------------------|------------|
| 4.2 汇编程序设计方法 .....                      | 101        |
| 4.3 顺序结构程序设计 .....                      | 103        |
| 4.4 分支程序设计 .....                        | 104        |
| 4.5 循环程序设计 .....                        | 110        |
| 4.6 子程序 .....                           | 115        |
| 思考与练习 .....                             | 120        |
| <b>第5章 定时器/计数器原理及应用 .....</b>           | <b>121</b> |
| 5.1 定时器/计数器的结构和工作原理 .....               | 121        |
| 5.1.1 单片机定时器/计数器的结构 .....               | 121        |
| 5.1.2 定时器/计数器工作原理 .....                 | 122        |
| 5.2 定时器/计数器的控制 .....                    | 123        |
| 5.3 定时器/计数器的工作方式 .....                  | 126        |
| 5.4 定时器/计数器的编程和应用 .....                 | 131        |
| 思考与练习 .....                             | 132        |
| <b>第6章 中断系统 .....</b>                   | <b>134</b> |
| 6.1 中断系统概述 .....                        | 134        |
| 6.2 MCS-51 单片机的中断系统 .....               | 135        |
| 6.3 MCS-51 单片机中断控制 .....                | 137        |
| 6.3.1 中断请求标志寄存器 .....                   | 137        |
| 6.3.2 中断开放和屏蔽 .....                     | 138        |
| 6.3.3 中断优先级设定 .....                     | 138        |
| 6.3.4 中断管理 .....                        | 139        |
| 6.3.5 中断处理过程 .....                      | 140        |
| 6.4 外部中断扩充方法 .....                      | 142        |
| 6.4.1 利用定时器扩充外部中断源法 .....               | 142        |
| 6.4.2 中断和查询结合法 .....                    | 143        |
| 6.4.3 矢量中断扩充法 .....                     | 144        |
| 6.5 中断系统的应用举例 .....                     | 147        |
| 思考与练习 .....                             | 150        |
| <b>第7章 51 单片机串行接口及应用 .....</b>          | <b>151</b> |
| 7.1 串行通信概述 .....                        | 151        |
| 7.1.1 串行通信的分类 .....                     | 152        |
| 7.1.2 串行通信的制式 .....                     | 154        |
| 7.1.3 信号的调制和解调 .....                    | 155        |
| 7.1.4 串行通信的接口电路 .....                   | 155        |
| 7.2 串行通信总线标准及其接口 .....                  | 155        |
| 7.2.1 RS-232C 接口 .....                  | 156        |
| 7.2.2 RS-449、RS-422A、RS-423A 标准接口 ..... | 157        |
| 7.2.3 20 mA 电流环路串行接口 .....              | 159        |

|                                          |     |
|------------------------------------------|-----|
| 7.3 51 单片机的串行接口 .....                    | 160 |
| 7.3.1 串行接口的结构 .....                      | 160 |
| 7.3.2 串行接口的工作方式 .....                    | 163 |
| 7.3.3 各种方式波特率的设置 .....                   | 168 |
| 7.4 单片机串行接口的应用 .....                     | 169 |
| 7.4.1 方式 0 的 I/O 端口扩展应用 .....            | 169 |
| 7.4.2 串行接口在双机通信中的应用 .....                | 170 |
| 7.4.3 串行接口在多机通信中的应用 .....                | 175 |
| 7.4.4 单片机和 PC 机之间的通信 .....               | 176 |
| 思考与练习 .....                              | 180 |
| <b>第 8 章 51 单片机系统扩展技术</b> .....          | 181 |
| 8.1 51 单片机系统扩展概述 .....                   | 181 |
| 8.1.1 系统总线及其结构 .....                     | 181 |
| 8.1.2 MCS-51 系列单片机的扩展规则 .....            | 183 |
| 8.1.3 MCS-51 系列单片机扩展时的地址译码方法 .....       | 183 |
| 8.1.4 常用的扩展器件 .....                      | 186 |
| 8.1.5 半导体存储器简介 .....                     | 189 |
| 8.2 51 单片机程序存储器的扩展技术 .....               | 191 |
| 8.2.1 访问外部程序存储器的时序 .....                 | 192 |
| 8.2.2 EPROM 程序存储器的扩展 .....               | 193 |
| 8.2.3 E <sup>2</sup> PROM 程序存储器的扩展 ..... | 201 |
| 8.3 51 单片机数据存储器的扩展技术 .....               | 207 |
| 8.3.1 典型 SRAM 介绍 .....                   | 208 |
| 8.3.2 片外数据存储器单元的访问指令及扩展时的读、写操作时序 .....   | 209 |
| 8.3.3 数据存储器的扩展方法 .....                   | 211 |
| 8.3.4 存储器综合扩展 .....                      | 214 |
| 8.4 51 单片机 I/O 端口的扩展技术 .....             | 216 |
| 8.4.1 I/O 端口的扩展概述 .....                  | 216 |
| 8.4.2 简单的 I/O 端口扩展 .....                 | 217 |
| 8.4.3 并行 I/O 接口 8255A 的扩展 .....          | 219 |
| 8.4.4 并行 I/O 接口 RAM 8155 的扩展 .....       | 226 |
| 思考与练习 .....                              | 236 |
| <b>第 9 章 单片机与键盘显示接口技术</b> .....          | 238 |
| 9.1 键盘接口技术 .....                         | 238 |
| 9.1.1 键盘工作原理 .....                       | 238 |
| 9.1.2 独立式按键 .....                        | 241 |
| 9.1.3 矩阵式键盘 .....                        | 242 |
| 9.2 显示接口技术 .....                         | 249 |
| 9.2.1 LED 接口技术 .....                     | 249 |

|                                        |     |
|----------------------------------------|-----|
| 9.2.2 LCD 接口技术 .....                   | 259 |
| 9.2.3 LED 大屏幕显示技术 .....                | 263 |
| 思考与练习 .....                            | 266 |
| <b>第 10 章 A/D 及 D/A 转换器的接口技术</b> ..... | 267 |
| 10.1 A/D 转换器的接口技术 .....                | 267 |
| 10.1.1 A/D 转换器概述 .....                 | 267 |
| 10.1.2 ADC0809 的接口及应用 .....            | 268 |
| 10.1.3 AD574A 接口及应用 .....              | 271 |
| 10.1.4 MCI4433 接口及应用 .....             | 274 |
| 10.2 D/A 转换器的接口技术 .....                | 276 |
| 10.2.1 D/A 转换器概述 .....                 | 276 |
| 10.2.2 DAC0832 的接口及应用 .....            | 277 |
| 思考与练习 .....                            | 282 |
| <b>第 11 章 单片机应用系统设计技术</b> .....        | 283 |
| 11.1 单片机应用系统设计的基本原则 .....              | 283 |
| 11.2 单片机应用系统设计的一般过程 .....              | 284 |
| 11.2.1 确定任务 .....                      | 284 |
| 11.2.2 总体设计 .....                      | 285 |
| 11.2.3 硬件设计 .....                      | 286 |
| 11.2.4 软件设计 .....                      | 289 |
| 11.2.5 单片机应用系统的调试 .....                | 290 |
| 11.2.6 程序固化 .....                      | 292 |
| 11.3 模块化软件设计 .....                     | 292 |
| 11.3.1 模块化结构的基本组成 .....                | 292 |
| 11.3.2 各模块数据缓冲区的建立 .....               | 293 |
| 11.3.3 模块化程序设计方法 .....                 | 294 |
| 11.3.4 系统监控程序设计 .....                  | 295 |
| 11.4 单片机开发系统 .....                     | 296 |
| 11.4.1 单片机开发系统的类型和组成 .....             | 296 |
| 11.4.2 单片机开发系统的功能 .....                | 297 |
| 11.4.3 开发软件简介 .....                    | 300 |
| 11.5 单片机应用系统设计举例 .....                 | 301 |
| 11.5.1 音乐门铃的设计 .....                   | 301 |
| 11.5.2 数据采集与显示电路的设计 .....              | 308 |
| 11.6 单片机应用系统的抗干扰技术 .....               | 314 |
| 11.6.1 干扰及其危害 .....                    | 314 |
| 11.6.2 硬件抗干扰措施 .....                   | 315 |
| 11.6.3 软件抗干扰措施 .....                   | 318 |
| 思考与练习 .....                            | 321 |

|                                          |     |
|------------------------------------------|-----|
| <b>第 12 章 C51 语言应用基础</b> .....           | 322 |
| 12.1 C51 程序设计基础及 Keil C51 编译器的使用 .....   | 322 |
| 12.1.1 Keil C51 对标准 C 语言的扩展 .....        | 322 |
| 12.1.2 C51 的数据类型 .....                   | 322 |
| 12.1.3 存储器类型及存储区 .....                   | 323 |
| 12.1.4 C51 对 51 单片机特殊功能寄存器(SFR)的定义 ..... | 325 |
| 12.1.5 Keil C51 函数 .....                 | 326 |
| 12.1.6 绝对地址访问 .....                      | 327 |
| 12.1.7 Keil C51 与汇编的接口 .....             | 327 |
| 12.1.8 几类重要库函数简介 .....                   | 327 |
| 12.1.9 一个简单的 C51 例子 .....                | 328 |
| 12.2 Keil $\mu$ Vision2 集成开发编程环境 .....   | 328 |
| 12.3 C 语言编程的应用 .....                     | 332 |
| 12.3.1 读写 I/O 端口 C 语言编程的应用 .....         | 332 |
| 12.3.2 中断系统 C 语言编程的应用 .....              | 334 |
| 12.3.3 定时器/计数器 C 语言编程的应用 .....           | 335 |
| 12.3.4 串行接口通信 C 语言编程的应用 .....            | 337 |
| 12.3.5 访问外部数据存储器 C 语言编程的应用 .....         | 340 |
| 思考与练习 .....                              | 341 |
| <b>附录 A 常用集成芯片型号</b> .....               | 342 |
| <b>附录 B MCS-51 指令表</b> .....             | 346 |
| <b>附录 C 常用实验程序</b> .....                 | 350 |
| <b>参考文献</b> .....                        | 363 |

# 第 1 章

## 单片机基础知识

单片机伴随着微电子技术的发展而产生,它是一个将计算机各主要功能部件集成在一块半导体芯片上的完整的数字处理系统,习惯上称为单片微型计算机,简称单片机。随着单片机技术的发展,单片机早已突破了计算机的一般结构体系,但人们仍习惯称作单片机。单片机类型繁多,具有优良的特性,用途极为广泛。

### 1.1 微型机概述

电子数字计算机俗称电脑,是近代最重大科学成就之一,是人类制造的用于信息处理的机器,它能按人的意志将信息进行存储、分类、整理、判断、计算、决策和处理等操作。自从 1946 年第一台电子计算机问世以来,电子数字计算机经历了电子管、晶体管、集成电路和大规模、超大规模集成电路等几个发展阶段,出现了各种档次、各种类型及各种用途的计算机。人们通常按照计算机的体积、性能和应用范围等条件,将计算机分为巨型机、大型机、中型机、小型机和微型机等。

#### 1.1.1 微处理器和微型计算机

微电子技术和超大规模集成电路技术的发展,诞生了以微处理器为核心的微型计算机 MC(Micro Computer)。

微处理器 MPU(Micro Processing Unit)就是微型计算机的中央处理器 CPU(Central Processing Unit),它采用了超大规模集成电路技术,将中央处理器中的各功能部件集成在同一块芯片上,这也是它和其他计算机的主要区别。它的微处理器包含计算机体系结构中的运算器和控制器,是构成微型计算机的核心部件。随着超大规模集成电路技术的发展和应用,微处理器中所集成的部件越来越多,除运算器、控制器外,还有协处理器、高速缓冲存储器、接口和控制部件等。

以微处理器为核心,再配上存储器、I/O 接口和中断系统等构成的整体,称为微型计算机。微型计算机简称微机,它们可集中装在同一块或数块印刷电路板上,一般不包括外设和软件。

微型计算机的发展是以微处理器的发展为特征的。微处理器自 1970 年问世以来,在短短几十年的时间里以极快的速度发展,初期每隔 2~3 年就要更新一代,现在则不到一年更新一次。但无论怎样更新,从工作原理和基本功能上看,微型计算机与大型、中型和小型计算机没有本质的区别。微型计算机具有运算速度快、计算精度高、程序控制,具有“记忆”能力、逻辑判

断能力、可自动连续工作等基本特点。此外,微型计算机还具有体积小、重量轻、功耗低、结构灵活,可靠性高和价格便宜等突出特点。

个人计算机,简称 PC(Personal Computer),是微型计算机中应用最为广泛的一种,也是近年来计算机领域中发展最快的一个分支。由于 PC 在性能和价格方面适合个人用户购买和使用,目前,它已经深入到家庭和社会的各个领域。

### 1.1.2 微型计算机系统 MCS(Micro Computer System)

微型机是计算机的一个重要分支。微型机系统是指以微型计算机为核心,配上外围设备、电源和软件等,构成能独立工作的完整计算机系统。微型机系统由硬件系统和软件系统两大部分组成。硬件系统由构成微机系统的实体和装置组成。软件系统是微机系统所使用的各种程序的总称。人们通过它对整机进行控制并与微机系统进行信息交换,使微机按照人的意图完成预定的任务。硬件系统和软件系统共同构成完整的微机系统,两者相辅相成,缺一不可。

#### 1. 硬件系统

微型机硬件系统组成示意图如图 1-1 所示。微型机硬件系统通常包括中央处理器、存储器、输入/输出接口电路、总线以及外部设备 5 大部分。其中,中央处理器 CPU(Central Processing Unit)是计算机的核心部件,它主要由运算器和控制器组成,完成计算机的运算和控制功能。CPU 配上存放程序和数据的存储器、输入/输出 I/O(Input/Output)接口电路以及外部设备构成微机的硬件系统。

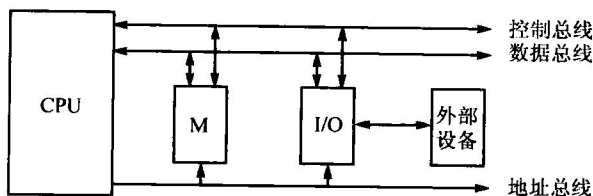


图 1-1 微型计算机的基本组成

下面把组成微型计算机的 5 个基本部件作简单说明。

#### (1) 中央处理器 CPU

CPU 是计算机的核心部件,它主要由运算器和控制器组成,完成计算机的运算和控制功能。运算部分包括算术逻辑单元 ALU(Arithmetic Logic Unit)、累加器 Acc(Accumulator)、状态寄存器 FR(Flag Register)和寄存器组 RS(Register Set)。主要完成对数据的算术运算和逻辑运算。

控制器(Controller)是整个计算机的指挥中心,它负责从内部存储器中取出指令并对指令进行分析、判断,并根据指令发出控制信号,使计算机的有关部件及设备有条不紊地协调工作,保证计算机能自动、连续地运行。控制部分应包括程序计数器 PC(Program Counter)、指令寄存器 IR(Instructional Register)、指令译码器 ID 以及控制信号发生电路等。微型计算机的 CPU 做在一个集成芯片上,被称为微处理器。

#### (2) 存储器

存储器(Memory)是具有记忆功能的部件,用来存储数据和程序。存储器根据其位置不

同可分为两类：内存储器和外存储器。内存储器(简称内存)和 CPU 直接相连,存放当前要运行的程序和数据,故也称主存储器(简称主存);它的特点是存取速度快,基本上可与 CPU 处理速度相匹配,能存储的信息量较少。外存储器(简称外存)又称辅助存储器,主要用于保存暂时不用但又需长期保留的程序和数据。存放在外存的程序必须调入内存才能运行。外存的存取速度相对较慢,但保存的信息量大。

### (3) 输入/输出接口(I/O 接口)

输入/输出(Input/Output)接口由大规模集成电路组成的 I/O 器件构成,用来连接主机和相应的 I/O 设备(如:键盘、鼠标、显示器、打印机等),使得这些设备和主机之间传送的数据、信息在形式上和速度上都能匹配。不同的 I/O 设备必须配置与其相适应的 I/O 接口。

### (4) 外部设备

通常把外存储器、输入设备和输出设备合在一起称之为计算机的外部设备,简称外设。输入设备用于将程序和数据输入到计算机中,如键盘、鼠标等;输出设备用于把计算机计算或处理的结果,以用户需要的形式显示或打印出来,如显示器、打印机等。

### (5) 总线

总线(BUS)实际上是一组导线,是各种信息线的集合,是计算机各部件之间传送信息的公共通道。图 1-1 中的有向线为微型机总线。微机中有内部总线和外部总线两类。内部总线是 CPU 内部之间的连线。外部总线是指 CPU 与其他部件之间的连线。外部总线有三种:数据总线 DB(Data Bus)、地址总线 AB(Address Bus)和控制总线 CB(Control Bus)。

数据总线用来传输数据,通常包括 CPU 与内存储器或输入/输出设备之间、内存储器与输入/输出设备或外存储器之间交换数据的双向传输线路。地址总线用来传送地址,它一般是从 CPU 送地址至内存储器、输入/输出设备,或从外存储器传送地址至内存储器等。控制总线用来传送控制信号、时序信号和状态信息等。

## 2. 软件系统

软件可分为系统软件和应用软件两大类。系统软件包括操作系统、实用程序和语言处理程序。用来对构成微型计算机的各部分硬件,如 CPU、内存、各种外设进行管理和协调,使它们有条不紊、高效率地工作,系统软件支持应用软件的开发与运行。

应用软件是针对不同应用,实现用户要求的功能软件及有关的文件和资料。例如,Internet 网点上的 WEB 页、各部门的 MIS 程序、CIMS 中的应用软件以及生产过程中的监测控制程序等。

### 1.1.3 计算机中数值的表示

通常意义下的数字、文字、图画、声音和活动图像都可以认为是数据。计算机中的数据是以二进制编码形式出现的,在计算机内部把数据分为数值型数据和非数值型数据。

#### 1. 数值的定点表示和浮点表示

数值型数据是指日常生活中接触到的数字类数据,主要用来表示数量的多少,可以比较大。计算机中的数都是以二进制形式表示的,计算机中运算的数有整数也有小数,常用的表示方法有定点表示和浮点表示两种。

### (1) 机器数和真值

计算机中运算的数有正数也有负数,数学中用正负号表示数的正负,而计算机不能识别正负号,因此应将正、负等符号数字化,以便运算时识别。通常,在数的前面加一位,用作符号位,符号位为 0 表示正数,为 1 表示负数。对于整数,最高位为符号位;对于纯小数,小数点前为符号位。连同符号位一起表示的数称为机器数,机器数的数值称为真值。可见,在机器中数的符号被数字化了,符号和数值都是二进制数码。

例如:用 8 位二进制数(一个字节)来表示 +1001 和 -1001。+1001 和 -1001 的机器数分别为 00001001 和 10001001,其中,最高位为符号位,后 7 位为数值位;+0.1001 和 -0.1001 的机器数分别为 0.1001000 和 1.1001000,其中,小数点前为符号位,后 7 位为数值位。

### (2) 数的定点表示法

规定小数点的位置固定不变,这时的机器数称为定点数。在定点数中,通常把小数点设置在最高位前面。当小数点固定在最高有效位的前面时,定点数为纯小数,定点运算在一般的数控装置和微型计算机中较常使用。

### (3) 数的浮点表示法

浮点表示法就是小数点在数中的位置是浮动的,这时的机器数称为浮点数。很明显,浮点数的表示不是唯一的,可以用多种形式来表示同一数。在同样字长的情况下,浮点数能够表示的数的范围远比定点数大。当计算机中的数值范围很大时,就要采用浮点表示法。

一个二进制浮点数的表示形式为  $2^E \times F$ ,其中  $E$  称为阶码, $F$  叫作尾数。阶码  $E$  的位数取决于数值的表示范围,一般取一个字节,阶码通常为带符号的整数,而尾数  $F$  则根据计算所需要的精度,取 2~4 个字节,尾数为带符号的纯小数。阶码和尾数中,有一位专门用来表示数的符号,称为阶符和数符。浮点数就是用阶码和尾数表示的数,这种表示数的方法称为浮点表示法。机器中的定点数和浮点数常用原码和补码表示。

## 2. 机器数的原码、反码和补码

一个带符号的数在计算机中可以有原码、反码和补码三种表示方法。

### (1) 机器中数的原码

正数的符号位用 0 表示,负数的符号位用 1 表示,数值部分用真值的绝对值来表示的二进制机器数称为原码。例如,+105 和 -105 在计算机中(设机器数的位数是 8)其原码可分别表示为:

$$[(+105)_{10}]_{\text{原}} = 01101001\text{B}$$

$$[(-105)_{10}]_{\text{原}} = 11101001\text{B}$$

0 的原码有两种形式,即  $[+0]_{\text{原}} = 00000000\text{B}$ ,  $[-0]_{\text{原}} = 10000000\text{B}$ ,所以数 0 的原码不唯一。

$[+127]_{\text{原}} = 01111111\text{B}$ ,  $[-127]_{\text{原}} = 11111111\text{B}$ ,8 位(一个字节)二进制原码能表示数值的范围为 -127~+127。

原码的优点是它与真值的转换非常方便,只要将真值中的符号位数字化即可得到原码。而且用原码作乘法运算也是非常方便的,这时乘积的数值就等于两个乘数的数值部分(不包括符号位)相乘,乘积的符号可以按同号相乘为正、异号相乘为负的原则来决定,这在逻辑上是很容易实现的。

但在使用原码作两数相加时,计算机必须对两个数的符号是否相同作出判断。当两数符号相同时,则进行加法运算;否则就要作减法运算。而且对于减法运算要比较出两个数的绝对值大小,然后从绝对值大的数中减去绝对值小的数而得其差值,差值的符号取决于绝对值大的数的符号。为了完成这些操作,计算机的结构,特别是控制电路随之复杂化,而且运算速度也变得较低。为此在单片机中一般不采用原码形式表示数。

## (2) 机器中数的反码和补码

正数的反码表示与原码相同,也就是说正数用符号位与数值凑到一起来表示。对于负数,用相应正数的原码各位取反来表示,包括将符号位取反,取反的含义就是将0变为1,将1变为0。

例如:  $(+31)_{10} \rightarrow [+31]_{\text{原}} = 00011111\text{B} \rightarrow [+31]_{\text{反}} = 00011111\text{B}$   
 $(+127)_{10} \rightarrow [+127]_{\text{原}} = 01111111\text{B} \rightarrow [+127]_{\text{反}} = 01111111\text{B}$

若要写出 $(-31)_{10}$ 、 $(-127)_{10}$ 的反码,则可按下列步骤完成,即:

$[+31]_{\text{原}} = 00011111\text{B} \rightarrow [-31]_{\text{反}} = 11100000\text{B}$   
 $[+127]_{\text{原}} = 01111111\text{B} \rightarrow [-127]_{\text{反}} = 10000000\text{B}$

一个字节所表示的反码数值的范围为 $-127 \sim +127$ 。对于正数,它相应的反码的符号位为0,其余7位为数值;而当符号位为1时,则代表的是负数,其余7位并非为真实数值,而是数值的反码,为求其真值,则必须对反码再求反。例如 $[X]_{\text{反}} = 10000000\text{B}$ ,由符号位确定它为负数,则应将反码的其余7位求反得 $1111111\text{B} = (127)_{10}$ ,即真值为 $(-127)_{10}$ 。反码的作用是用来求补码。

在单片机中,符号数是用补码(对2的补码)来表示的。用补码法表示带符号数的规则是:正数的表示方法与原码法和反码法一样;负数的表示方法为该负数的反码加1。数0的补码表示是唯一的。

例如: $(+4)_{10}$ 的补码表示为 $(00000100)_2$ ,而 $(-4)_{10}$ 用补码表示时,可先求其反码表示 $(11111011)_2$ ,而后再在其最低位加1,变为 $(11111100)_2$ ,这就是 $(-4)_{10}$ 的补码表示。即 $[(-4)_{10}]_{\text{补}} = (11111100)_2$ 。

由补码求取反码非常简单。例如: $[X]_{\text{补}} = 11111111$ ,则 $[X]_{\text{反}} = 11111110$ , $[X]_{\text{原}} = 10000001$ ,即 $X = -1$ 。

**【例 1.1】** 写出 $+127$ 、 $-127$ 、 $+0$ 、 $-0$ 的原码、反码和补码。

|                                |                                |
|--------------------------------|--------------------------------|
| $[+127]_{\text{原}} = 01111111$ | $[-127]_{\text{原}} = 11111111$ |
| $[+127]_{\text{反}} = 01111111$ | $[-127]_{\text{反}} = 10000000$ |
| $[+127]_{\text{补}} = 01111111$ | $[-127]_{\text{补}} = 10000001$ |
| $[+0]_{\text{原}} = 00000000$   | $[-0]_{\text{原}} = 10000000$   |
| $[+0]_{\text{反}} = 00000000$   | $[-0]_{\text{反}} = 11111111$   |
| $[+0]_{\text{补}} = 00000000$   | $[-0]_{\text{补}} = 00000000$   |

可见,数0的补码表示是唯一的。

8位二进制补码所能表示的数值范围是 $-128 \sim +127$ 。对于微型计算机,如果运算结果超过了它所能表示的数值范围,称为溢出,计算机中,设置有溢出判别电路。引入补码可以将减法运算化成加法运算,从而简化机器的控制线路,提高运算速度。在微处理器中,一般都不设置专门的减法电路。遇到两个数相减时,处理器就自动地将减数取补,而后将被减数和减数

的补码相加来完成减法运算。

### 1.1.4 非数值数据信息的表示

非数值型数据中最常用的数据是字符型数据,它可以方便地表示文字信息,供人们直接阅读和理解。其他的非数值型数据主要用来表示图画、声音和活动图像等。计算机中的非数值数据信息也是以二进制形式表示的,这时一个二进制组合不代表数值的大小,而是代表一个特定的信息。

#### 1. 西文信息的表示

西文包括拉丁字母、数字、标点符号以及一些特殊符号,它们统称为字符。众所周知,人们在使用计算机时,一般通过键盘与计算机打交道。从键盘上输入的数据和命令是一个个英文字母、标点符号和某些特殊字符。而计算机只能处理二进制代码数字,这就要用二进制数字0和1对各种字符进行编码。输入的字符由计算机自动编码,以二进制形式存入计算机中。例如在键盘上输入字母A,存入计算机中A的编码为01000001,它不代表数字值,而是一个文字信息。

目前国际上使用的字母、数字和符号的信息编码系统种类很多。经常采用的是美国国家信息交换标准代码ASCII(American Standard Code for Information Interchange)。该标准制定于1963年,后来,国际标准化组织ISO和国际电报电话咨询委员会CCITT以它为基础制定了相应的国际标准。目前,微型计算机的字符编码都采用ASCII码。

ASCII码是一种8位代码,一般用一个字节中的7位对字符进行编码,最高位是奇偶校验位,用以判别数码传送是否正确。用7位码来代表字符信息,共可表示128个字符。它包括32个起控制作用的通用控制符号,称为功能码;10个十进制数码0~9;52个英文大、小写字母以及34个供书写程序和描述命令之用的专用符号\$、+、-、=等,称为信息码。ASCII码如表1-1所列。

表 1-1 ASCII 码表

| 位 654→<br>↓ 3210 | 000 | 001 | 010 | 011 | 100 | 101 | 110 | 111 |
|------------------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
| 0000             | NUL | DLE | SP  | 0   | .   | P   | ,   | p   |
| 0001             | SOH | DC1 | !   | 1   | A   | Q   | a   | q   |
| 0010             | STX | DC2 | "   | 2   | B   | R   | b   | r   |
| 0011             | ETX | DC3 | #   | 3   | C   | S   | c   | s   |
| 0100             | EOT | DC4 | \$  | 4   | D   | T   | d   | t   |
| 0101             | ENQ | NAK | %   | 5   | E   | U   | e   | u   |
| 0110             | ACK | SYN | &   | 6   | F   | V   | f   | v   |
| 0111             | EBL | ETB | '   | 7   | G   | W   | g   | w   |
| 1000             | BS  | CAN | (   | 8   | H   | X   | h   | x   |
| 1001             | HT  | EM  | )   | 9   | I   | Y   | i   | y   |