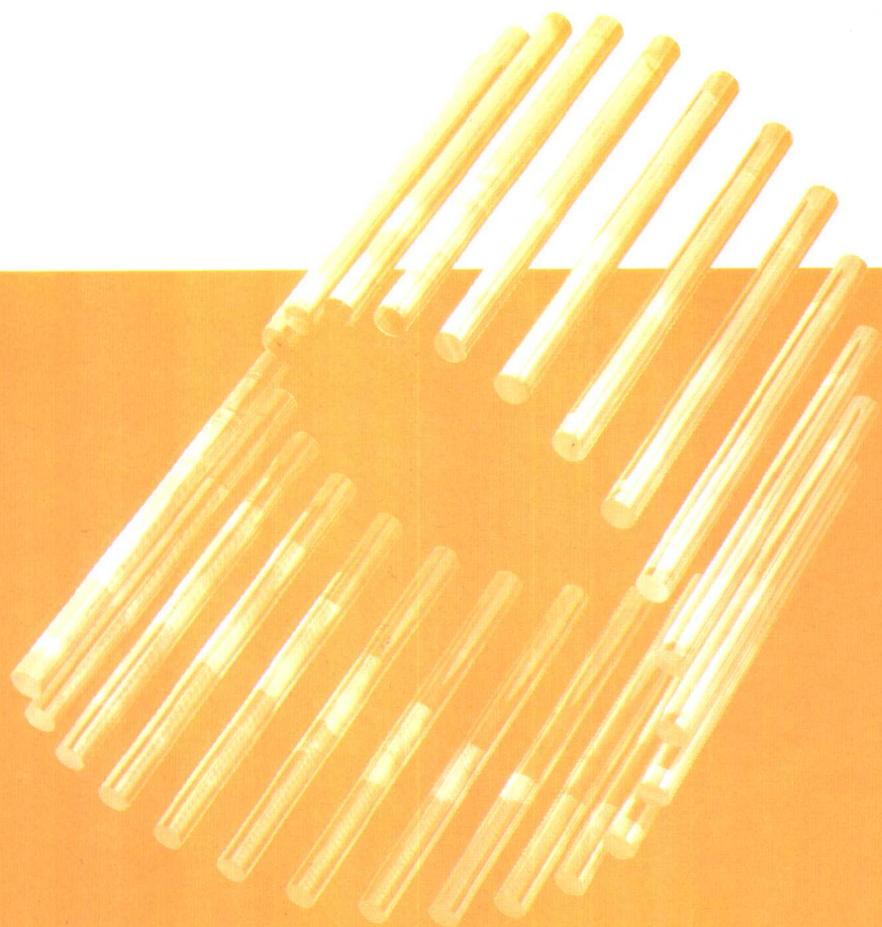


新世纪高等院校电类专业计算机应用教材 (3)

# 单片机原理与应用

徐安 陈耀 李玲玲 编著  
白英彩 审



北京希望电子出版社  
Beijing Hope Electronic Press  
[www.bhp.com.cn](http://www.bhp.com.cn)

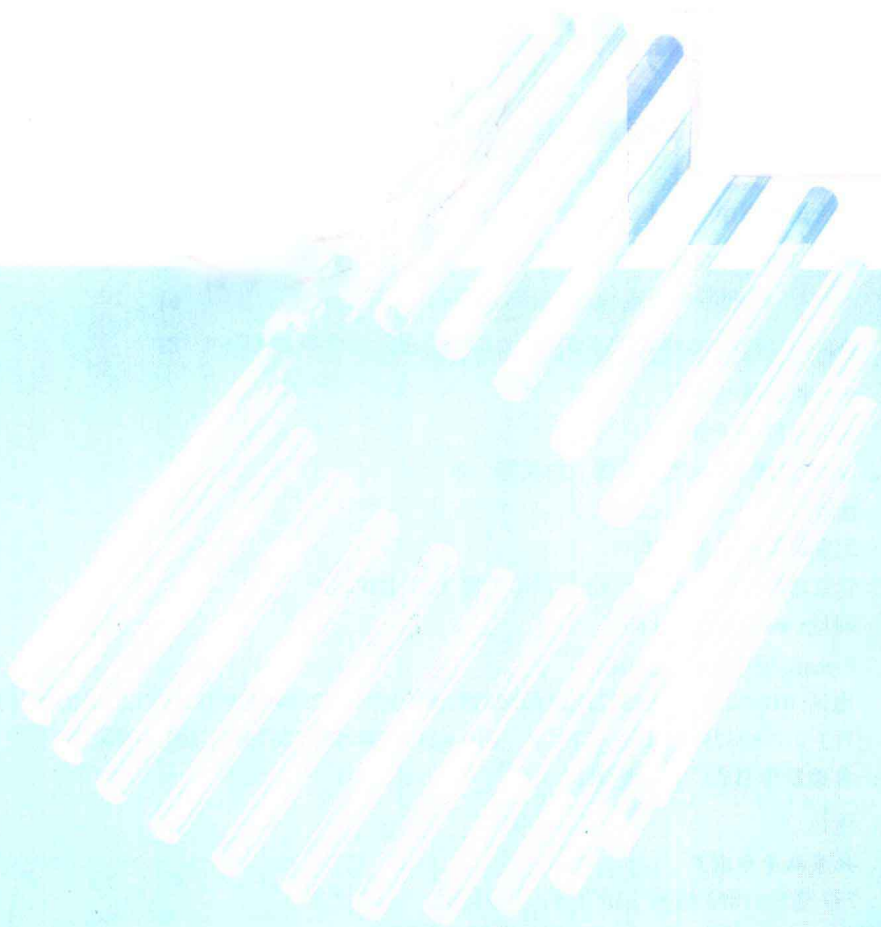
新世纪高等院校电类专业计算机应用教材 (3)

|  |  |  |  |
|--|--|--|--|
|  |  |  |  |
|  |  |  |  |
|  |  |  |  |
|  |  |  |  |

TP368.1  
28

# 单片机原理与应用

徐安 陈耀 李玲玲 编著  
白英彩 审



北京希望电子出版社  
Beijing Hope Electronic Press  
[www.bhp.com.cn](http://www.bhp.com.cn)

## 内 容 简 介

本书作为工科院校计算机应用课程链的教材之一,以 MCS-51 为模型机,全面讲述了单片机的各方面的内容,并根据单片机个性化、多功能化、网络化的普遍发展趋势,以 80C51 基核的单片机系列为典型,介绍了多种单片机功能的增强与扩展、I<sup>2</sup>C、USB、CAN 等数据总线接口和 C 语言程序设计。

全书语言流畅,结构合理,力求从单片机的共性出发,对单片机的学习和应用提供切实的指导和帮助。全书共分 10 章,第 1 章是关于单片机的概述,第 2、3 章讲述 MCS-51 单片机的结构、时序和指令系统,第 4 章讲述汇编语言程序设计,第 5~10 章主要讲述单片机基本系统与扩展、中断及通信系统与扩展、资源扩展与功能增强、总线接口、C 语言程序设计以及应用系统的研制等。此外,每章后还附有习题,以供课后练习。

本书既可作为高等院校单片机课程的教材,也可作为相关电子技术人员的参考书。

系 列 书 名 : 新世纪高等院校电类专业计算机应用教材 (3)

书 名 : 单片机原理与应用

总 策 划 : 北京希望电子出版社

文本著作者 : 徐安 陈耀 李玲玲 编著 白英彩 审

责 任 编 辑 : 杨敏

出版、发行者 : 北京希望电子出版社

地 址 : 北京市海淀区知春路甲 63 号卫星大厦 3 层 100080

网址: [www.bhp.com.cn](http://www.bhp.com.cn)

E-mail: [lxr@bhp.com.cn](mailto:lxr@bhp.com.cn)

电话: 010-62520290, 62521724, 62528991, 62630301, 62524940, 62521921, 82610344 (发

行) 010-82675588-202 (门市) 010-82675588-501, 82675588-201 (编辑部)

经 销 : 各地新华书店、软件连锁店

排 版 : 马君

文本印刷者 : 北京双青印刷厂

开本 / 规格 : 787 毫米×1092 毫米 16 开本 19 印张 140 千字

版次 / 印次 : 2003 年 2 月第 1 版 2003 年 2 月第 1 次印刷

印 数 : 0001 ~ 5000 册

本 版 号 : ISBN 7-900101-67-5

定 价 : 25.00 元

说明: 凡我社产品如有残缺, 可执相关凭证与本社调换。

# 新世纪高等院校电类专业计算机应用教材

## 编委会成员名单

(按姓氏笔划排序)

|        |           |     |    |        |
|--------|-----------|-----|----|--------|
| 主<br>委 | 顾 问 编 委 : | 白英彩 | 教授 | 上海交通大学 |
|        |           | 刘 璟 | 教授 | 南开大学   |
|        |           | 陶树平 | 教授 | 同济大学   |
|        | 任 员 :     | 左孝凌 | 教授 | 上海交通大学 |
|        |           | 王汝传 | 教授 | 南京邮电大学 |
|        |           | 宋国新 | 教授 | 华东理工大学 |
|        |           | 余雪丽 | 教授 | 太原理工大学 |
|        |           | 岳继光 | 教授 | 同济大学   |
|        |           | 徐汀荣 | 教授 | 苏州大学   |
|        |           | 徐良贤 | 教授 | 上海交通大学 |
|        |           | 顾训穰 | 教授 | 上海大学   |

## 前言

单片机即单片微型计算机，是典型的嵌入式微控制器。随着数字化技术的迅猛发展，单片机已成为使经典电子系统迅速进化为全盘智能化的现代电子系统的有力工具，其应用已经广泛渗透到了国民经济各个领域，已经无时无处不在影响每个现代人的生活。

我国高等工科院校中，普遍开设了单片机及其相关课程。本书以单片机经典体系结构的 MCS-51 系列为模型机，全面讲述了单片机的原理、结构、指令、汇编语言程序设计、基本系统、中断和通信系统；并根据单片机个性化、多功能化、网络化的普遍发展趋势，以 80C51 基核的单片机系列为典型，介绍了多种单片机资源的扩展与功能的增强、I2C、USB、CAN 等数据总线接口和 C 语言程序设计。

作为工科院校计算机应用课程链的重要一环，本书注意了与其他相关课程的协调、衔接及内容的取舍更新，力求从单片机的共性出发，对单片机的学习和应用提供切实的指导和帮助。可作为高等院校有关专业的单片机课程教材，也可作为广大科学技术人员的参考书。

实验和实践对学习和掌握单片机系统的设计与应用极为重要，本书限于篇幅未能更多涉及，将在其他配套教材中另行介绍。

多年来，张友德、涂时亮、何立民、胡汉才、邵贝贝、马忠梅、周航慈、阮家栋等等教授和周立功网站在单片机教育的园地里辛勤耕耘，本书多处引用了他们的研究成果，谨在此表示衷心的感谢。

担任本书主审的上海交通大学白英彩教授认真审阅了全书，提出了指导性的建议和中肯的意见；编写过程中得到了科菱机电（上海）有限公司宋高升先生的大力支持，研究生胡飞凰、刘军等为图文制作输入和程序校核付出了辛勤劳动，在此谨致以深切的谢意。

本书由徐安执笔主编，陈耀、李玲玲根据多年的授课经验，对全书各章提出了修正意见。限于编者水平，书中错误和不妥之处在所难免，恳请读者批评指正。

编者

2002.11

# 目 录

|                      |    |
|----------------------|----|
| 第1章 概论               | 1  |
| 1.1 单片机概述            | 1  |
| 1.2 单片机和微处理器         | 1  |
| 1.3 单片机和嵌入式系统        | 2  |
| 1.4 单片机的应用开发         | 2  |
| 1.4.1 硬件和软件的协同设计     | 2  |
| 1.4.2 单片机系统的设计方法     | 3  |
| 1.5 单片机的历史与发展        | 4  |
| 习题1                  | 5  |
| 第2章 MCS-51 单片机结构和时序  | 6  |
| 2.1 MCS-51 单片机结构     | 6  |
| 2.1.1 封装与引脚          | 6  |
| 2.1.2 CPU            | 9  |
| 2.1.3 存储器            | 12 |
| 2.1.4 I/O 端口         | 14 |
| 2.1.5 定时器/计数器        | 15 |
| 2.1.6 中断系统           | 15 |
| 2.2 MCS-51 单片机时序     | 15 |
| 2.2.1 时钟周期、机器周期和指令周期 | 15 |
| 2.2.2 取指令和执行指令时序     | 16 |
| 2.2.3 片外存储器访问指令时序    | 17 |
| 2.3 MCS-51 单片机工作方式   | 19 |
| 2.3.1 复位方式           | 19 |
| 2.3.2 程序执行方式         | 20 |
| 2.3.3 节电工作方式         | 21 |
| 2.3.4 程序的写入、校验和擦除    | 22 |
| 习题2                  | 23 |
| 第3章 MCS-51 单片机指令系统   | 24 |
| 3.1 指令的表示与字节         | 24 |
| 3.1.1 指令表示形式         | 24 |
| 3.1.2 指令的字节          | 24 |
| 3.2 寻址方式             | 25 |
| 3.2.1 寄存器寻址          | 25 |
| 3.2.2 直接寻址           | 26 |
| 3.2.3 立即寻址           | 27 |
| 3.2.4 寄存器间接寻址        | 28 |
| 3.2.5 变址寻址           | 28 |
| 3.2.6 相对寻址           | 29 |
| 3.2.7 位寻址            | 29 |
| 3.3 数据传送指令           | 30 |

|                               |            |
|-------------------------------|------------|
| 3.3.1 内部数据传送指令.....           | 30         |
| 3.3.2 外部数据传送指令.....           | 32         |
| 3.3.3 堆栈存取指令.....             | 33         |
| 3.3.4 数据交换指令.....             | 34         |
| 3.4 运算与移位指令.....              | 34         |
| 3.4.1 算术运算指令.....             | 34         |
| 3.4.2 逻辑运算指令.....             | 39         |
| 3.4.3 移位指令.....               | 40         |
| 3.5 位操作指令与控制转移指令.....         | 41         |
| 3.5.1 位操作指令.....              | 41         |
| 3.5.2 控制转移指令.....             | 44         |
| 习题3.....                      | 48         |
| <b>第4章 汇编语言程序设计.....</b>      | <b>49</b>  |
| 4.1 汇编语言的格式与构成.....           | 49         |
| 4.1.1 汇编语言的格式.....            | 49         |
| 4.1.2 伪指令.....                | 50         |
| 4.1.3 源程序的汇编.....             | 52         |
| 4.2 汇编语言程序设计方法.....           | 52         |
| 4.2.1 分支结构.....               | 53         |
| 4.2.2 循环结构.....               | 54         |
| 4.2.3 子程序调用.....              | 59         |
| 习题4.....                      | 62         |
| <b>第5章 单片机基本系统与扩展.....</b>    | <b>63</b>  |
| 5.1 存储器的扩展.....               | 63         |
| 5.2 I/O 端口与数据传送.....          | 66         |
| 5.2.1 I/O 数据传送方式.....         | 66         |
| 5.2.2 I/O 端口编址.....           | 68         |
| 5.2.3 I/O 端口类型.....           | 69         |
| 5.3 并行 I/O 口及其扩展.....         | 70         |
| 5.3.1 内部并行 I/O 口与应用.....      | 70         |
| 5.3.2 Intel 8255A.....        | 71         |
| 5.4 定时器/计数器及其扩展.....          | 78         |
| 5.4.1 单片机内部定时器/计数器.....       | 78         |
| 5.4.2 Intel 8253.....         | 82         |
| 5.4.3 Intel 8155.....         | 94         |
| 5.5 显示与键盘.....                | 99         |
| 5.5.1 LED 显示器.....            | 99         |
| 5.5.2 显示器工作方式.....            | 100        |
| 5.5.3 键盘输入.....               | 103        |
| 习题5.....                      | 108        |
| <b>第6章 单片机中断、通信系统与扩展.....</b> | <b>109</b> |
| 6.1 中断.....                   | 109        |
| 6.1.1 单片机的中断.....             | 109        |

|              |                               |            |
|--------------|-------------------------------|------------|
| 6.1.2        | MCS-51 的中断系统 .....            | 111        |
| 6.2          | 串行接口与扩展 .....                 | 115        |
| 6.2.1        | 串行通信基础 .....                  | 115        |
| 6.2.2        | 单片机内部串行口 .....                | 118        |
| 6.2.3        | Intel 8251A .....             | 137        |
| 习题 6         | .....                         | 144        |
| <b>第 7 章</b> | <b>单片机的资源扩展与功能增强 .....</b>    | <b>145</b> |
| 7.1          | 单片机的键盘中断功能 .....              | 149        |
| 7.1.1        | 实现键盘中断的硬件电路 .....             | 149        |
| 7.1.2        | 键盘中断的软件设计 .....               | 149        |
| 7.1.3        | 典型应用程序 .....                  | 150        |
| 7.2          | 模拟比较器 .....                   | 151        |
| 7.2.1        | 模拟比较器用于超限监测 .....             | 152        |
| 7.2.2        | 模拟比较器用于构成 A/D 转换器 .....       | 153        |
| 7.2.3        | P87LPC76X 中模拟比较器的应用 .....     | 155        |
| 7.3          | 定时/计数器 T2 与可编程计数器阵列 PCA ..... | 163        |
| 7.3.1        | 定时 / 计数器 T2 .....             | 163        |
| 7.3.2        | 可编程计数器阵列 PCA .....            | 165        |
| 7.4          | 监视定时器与电源监控 .....              | 171        |
| 7.4.1        | 监视定时器原理 .....                 | 171        |
| 7.4.2        | P87LPC76X 中的监视定时器 .....       | 172        |
| 7.4.3        | 电源监控 .....                    | 173        |
| 7.5          | 数/模转换 .....                   | 173        |
| 7.5.1        | 数 / 模转换器技术性能 .....            | 174        |
| 7.5.2        | 脉宽调制型数模转换器 .....              | 174        |
| 7.5.3        | T 型电阻网络型数模转换器 .....           | 177        |
| 7.6          | 模/数转换 .....                   | 185        |
| 7.6.1        | 模/数转换器技术性能 .....              | 186        |
| 7.6.2        | ADC0809 .....                 | 186        |
| 7.6.3        | AD574A .....                  | 192        |
| 7.6.4        | 内置 A/D 转换的单片机 .....           | 195        |
| 7.6.5        | 应用中减小 A/D 误差的措施 .....         | 198        |
| 习题 7         | .....                         | 200        |
| <b>第 8 章</b> | <b>单片机总线接口 .....</b>          | <b>201</b> |
| 8.1          | 总线概述 .....                    | 201        |
| 8.1.1        | 内总线 .....                     | 201        |
| 8.1.2        | 通信总线 .....                    | 209        |
| 8.2          | I <sup>2</sup> C 总线 .....     | 213        |
| 8.2.1        | 结构与数据传输 .....                 | 213        |
| 8.2.2        | 寻址约定与仲裁 .....                 | 216        |
| 8.2.3        | 电气规范 .....                    | 218        |
| 8.2.4        | I <sup>2</sup> C 总线的应用 .....  | 220        |
| 8.3          | USB 总线 .....                  | 223        |

|                                  |                            |            |
|----------------------------------|----------------------------|------------|
| 8.3.1                            | 接口特点 .....                 | 224        |
| 8.3.2                            | 结构和数据流 .....               | 225        |
| 8.3.3                            | 接口芯片和单片机 .....             | 228        |
| 8.3.4                            | USB 系统的典型应用 .....          | 232        |
| 8.4                              | CAN 总线 .....               | 233        |
| 8.4.1                            | 特点 .....                   | 233        |
| 8.4.2                            | 数据传送 .....                 | 234        |
| 8.4.3                            | 物理层设计 .....                | 235        |
| 8.4.4                            | CAN 总线的通信芯片与单片机 .....      | 235        |
| 习题 8 .....                       |                            | 244        |
| <b>第 9 章 单片机的 C 语言程序设计 .....</b> |                            | <b>246</b> |
| 9.1                              | C 语言与 MCS-51 .....         | 246        |
| 9.1.1                            | MCS-51 的编程语言 .....         | 246        |
| 9.1.2                            | C51 编译器与程序开发过程 .....       | 246        |
| 9.1.3                            | C51 程序结构 .....             | 247        |
| 9.2                              | C51 数据与运算 .....            | 248        |
| 9.2.1                            | 数据类型 .....                 | 248        |
| 9.2.2                            | 数据的存储 .....                | 250        |
| 9.2.3                            | MCS-51 结构的 C51 定义 .....    | 251        |
| 9.2.4                            | C51 的指针类型 .....            | 253        |
| 9.3                              | 程序设计 .....                 | 254        |
| 9.3.1                            | 模块化开发 .....                | 254        |
| 9.3.2                            | 覆盖、共享和连接 .....             | 254        |
| 9.3.3                            | 混合编程 .....                 | 257        |
| 9.3.4                            | 程序优化 .....                 | 259        |
| 9.4                              | MCS-51 的 C 编程 .....        | 260        |
| 9.4.1                            | 8051 内部资源的 C 编程 .....      | 260        |
| 9.4.2                            | 8051 扩展资源的 C 编程 .....      | 262        |
| 习题 9 .....                       |                            | 267        |
| <b>第 10 章 单片机应用系统的研制 .....</b>   |                            | <b>268</b> |
| 10.1                             | 单片机应用系统研制过程 .....          | 268        |
| 10.1.1                           | 总体设计 .....                 | 269        |
| 10.1.2                           | 硬件设计 .....                 | 269        |
| 10.1.3                           | 软件设计 .....                 | 269        |
| 10.1.4                           | 可靠性设计 .....                | 272        |
| 10.2                             | 单片机应用系统的开发 .....           | 273        |
| 10.2.1                           | 开发工具 .....                 | 273        |
| 10.2.2                           | 单片机开发系统应具有的功能 .....        | 274        |
| 10.3                             | 应用实例——T-40 型机车速度表检验仪 ..... | 275        |
| 10.3.1                           | 配置与工作过程 .....              | 276        |
| 10.3.2                           | 系统构成 .....                 | 276        |
| 10.3.3                           | 语音合成技术的应用 .....            | 277        |
| 习题 10 .....                      |                            | 280        |

|                                   |     |
|-----------------------------------|-----|
| 附录 A PHILIPS 公司 80C51 系列单片机 ..... | 281 |
| 附录 B ATMIL 公司 80C51 结构单片机 .....   | 282 |
| 附录 C MCS-51 指令表 .....             | 283 |
| 参考文献 .....                        | 291 |

# 第1章

## 概 论

### 1.1 单片机概述

单片机一词源于 Single Chip Micro Computer, 意为单片微型计算机, 即在一片集成电路芯片上集成了计算机的三大部分: 中央处理器 (CPU)、存储器 (RAM 和 ROM) 和输入输出端口 (I/O Ports)。由于单片机特别适用于控制目的, 所以 20 世纪 80 年代以后, 国际上已普遍称之为微控制器 (MicroController Unit, MCU); 又因为它完全作嵌入式应用, 所以又称为嵌入式微控制器 (Embedded Microcontroller)。

单片机已成为电气工程师和各行各业的技术人员实现检测和控制技术目的的有力工具, 使经典电子系统迅速进化为全盘智能化的现代电子系统。

单片机应用的实例已是举不胜举, 从家用电器到航天飞机, 一切现代化领域都离不开单片机。毫不夸张地说, 单片机已经广泛渗透到了国民经济各个领域, 已经无时无处不在影响每个现代人的生活。

### 1.2 单片机和微处理器

微计算机技术的发展, 形成了两大分支: 单片机和微处理器。

微处理器 MPU (Micro Processor Unit) 是计算机的核心部件, 计算机系统的主要用途是科学计算、数据处理、图象分析、数据库管理、人工智能、数字模拟和仿真等。

单片机主要用于控制目的。要求构成的检测控制系统有实时、快速的外部响应, 能迅速采集到大量数据, 做出逻辑判断与推理后实现对被控制对象的参数调整与控制。

随着计算机科学与微电子技术的高速发展, 这两大分支都得到了突飞猛进的发展。

由于人类对海量数值运算的无限需求, 8 位、16 位的 MPU 都已经被淘汰, 32 位机也以每两三年换代一次的速度发展。计算机系统速度越来越快, 功能越来越强, 而用户的操作则越来越简单。

单片机的发展直接利用了 MPU 的成果, 也发展了 16 位、32 位及 64 位机型, 但看来现阶段的发展方向仍将以 8 位为主, 32 位为辅, 目标是高性能、高可靠性、低电压、低功耗、低噪声和低成本。目前, 8 位单片机的世界年产量已经数以十亿计。

为了满足多种多样检测控制对象的要求, 构成各种专用控制器与多机控制系统, 单片机的发展还表现在接口及其性能上, 例如: 各种传感器接口、工业对象的电气接口、伺服驱动的功率接口、人机对话接口、通信网络接口等; 接口的高速互用能力、中断处理能力; 模/数、数/模转换的速度和精度、位操作能力、功率驱动能力、程序运行监控能力和信号实

时处理能力等。

## 1.3 单片机和嵌入式系统

近代电子计算机进入了微型机时代后,微型计算机在信息处理、逻辑分析、决策判断和输入输出管理等自动控制领域表现出无与伦比的优势,并以其可接受的小型体积和现场可靠性嵌入到各种对象体系,如机车、舰船、生产线、大型机床和微型机器人中去,构成了形形色色的自动化系统。

面向检测控制对象,嵌入到应用系统中的计算机系统称为嵌入式系统。实时性是其主要特征,在可靠性、物理尺寸、重启动和故障恢复方面也有特殊要求,因而相对于通常的计算机应用设计更为复杂,涉及面也更为广泛。由于被嵌入对象的体系结构、应用环境要求不同,所以嵌入式系统也有各种类型。

单片机是典型的嵌入式系统。它应嵌入式计算机系统应用的要求而生、并以嵌入式应用为唯一目的。单片机从体系结构到指令系统都是按照嵌入式应用特点专门设计的,在其基本体系结构上,衍生出了能满足各种应用要求的兼容系统,能最好地满足面对控制对象、应用系统的嵌入、现场的可靠运行及控制品质的各种要求。因此,单片机是发展最快、品种最多、数量最大的嵌入式系统。

从形式上可将嵌入式系统分为系统级、板级和器件级:

系统级为各种类型的工控机,包括通用机改装的工控机、各种总线方式的工控机或模块组成的工控机如 PC104 等。

板级有各种类型的带 CPU 的主板及 OEM 产品。

器件级则以单片机最为经典。其 IC 器件的体积和现场运行环境的可靠性满足了许多小型对象的嵌入式应用要求。不少半导体厂商还在以嵌入式应用为目标,将通用 CPU 改造成嵌入式微处理器 (Embedded MicroProcessor Unit ,EMPU),形成了有良好的开发环境与操作系统支持的器件级嵌入式系统,例如由 80386 改造成的 386EX。

## 1.4 单片机的应用开发

### 1.4.1 硬件和软件的协同设计

硬件和软件的协同设计在单片机的应用开发中占有重要地位。

单片机系统将硬件和软件结合起来,构成一个专门的计算装置,完成特定的功能或任务。它是一个大系统或大的电子设备中的一部分,工作在一个与外界发生交互并受到时间约束的环境中,在没有人工干预的情况下进行实时控制。其中,软件用以实现有关功能并使系统具有适应性和灵活性;硬件(处理器、ASIC、存储器等)用以满足性能乃至安全的需要。

单片机系统的设计与硬件提供的支持(包括开发手段)及软件技术的发展紧密相关。应用先进的硬件设计和开发技术,不但可以获得所需的性能(如速度、电源、低成本和可靠性等),而且还能取代部分软件,完成特定的功能。软件的设计也离不开硬件的支持(如处理器、高级缓冲和并行能力等),高性能、多功能的硬件可以提高软件开发和设计效率,

保证了软件质量。而软件设计技术和开发手段,也可以充分发挥硬件的作用,提高系统的性能。在保证系统性能的前提下,单片机系统的设计要综合考虑硬件和软件的任务分工(包括考虑用硬件代替软件,或用软件置换硬件);硬件设计和软件设计的并行、交替和协同;以及硬件和软件的合成。

### 1.4.2 单片机系统的设计方法

通常,设计单片机系统的方法有以下三种:

#### 1. 以印制板计算机辅助设计软件和在线仿真器为主要工具

根据单片机应用系统的功能要求,划分功能模块后,再对模块进行硬件和软件功能实现的分配。

硬件设计主要是根据性能参数要求对各功能模块所需要使用的元器件进行选择 and 组合,选择的基本原则就是选购性价比最高的通用元器件。从模块到系统找到相对优化的方案,画出电路原理图。硬件设计的关键是利用印刷电路板(PCB,以下简称印制板)计算机辅助设计(CAD)软件对系统的元器件进行布局和布线,然后加工印制板、装配和硬件调试。

软件设计贯穿整个系统的设计过程,主要包括任务分析、资源分配、模块划分、流程设计和细化、编码调试等。软件设计的工作量主要集中在程序调试,在线仿真器(In-Circuit Emulator, ICE)对软件调试的作用非常重要。

#### 2. 以嵌入式操作系统和电子设计自动化综合开发平台为主要工具

嵌入式操作系统(Embedded Operating System, EOS)和高性能的电子设计自动化(EDA)综合开发平台的推出,为开发复杂的单片机系统应用软件提供了底层支持和高效率开发平台。EOS是一种功能强大、应用广泛的实时多任务系统软件,与通用系统机中的OS相比,内核短小精悍、开销小、实时性强和可靠性高,还提供各种设备的驱动程序和TCP/IP协议支持。用户可以通过应用程序接口(API)调用函数形式来实现各种资源管理,用户程序可以在EOS的基础上开发并运行。

随着微电子工艺技术的发展,硬件设计师可以利用各种通用的可编程半定制逻辑器件逐步把原先要通过印制板线路互连的若干标准逻辑器件设计制作成专用集成电路(ASIC),把印制板布局和布线的复杂性转换成半定制器件内配置的复杂性,增加了可编程应用的灵活性;大大减少了印制板的面积和接插件的数量,使印制板上互连器件的线路、装配和调试费用越来越少,降低了系统综合成本;更重要的是降低了系统功耗,提高了系统工作速度,大大提高了系统的可靠性和安全性。

设计人员从过去选择和使用标准通用集成电路器件,逐步转向利用各种EDA工具和标准的半定制逻辑器件,如复杂可编程逻辑器件(CPLD)和现场可编程门阵列(FPGA)等,自己设计和制作部分专用的集成电路器件,然后把用户定义的集成电路CSIC(Customer Specified Integrated Circuit)、可编程外围器件、所选择的ASIC与嵌入式微处理器或微控制器在印制板上布局、布线构成系统。

#### 3. 以IP(Intellectual Property)内核库为设计基础,软硬件协同设计单片系统

目前,集成设计已进入单片系统(System on a chip, SOC)设计阶段,并开始实用。单片系统设计从整个系统性能要求出发,把微处理器、模型算法、芯片结构、外围器件各层

次电路直至器件的设计紧密结合起来,并通过建立在全新理念上的系统软件和硬件的协同设计,在单个芯片上完成整个系统的功能。达到高密度、高速度、高性能、小体积和低电压等指标,特别是低功耗要求。

Philips, Atmel 和 TI 等厂商就是利用 Intel MCS-51 的 IP 内核模块,开发出了各具特长的与 Intel MCS-51 兼容的单片机。

常用的 IP 内核模块有各种不同的 CPU(32/64 位 CPU 或 8/16 位微控制器/单片机)、32/64 位 DSP、DRAM、RAM、EEPROM、Flashmemory、A/D、D/A、MPEG/JPEG、LJSB、PCI、标准接口、网络单元、编译器、编码/解码器和模拟器件模块等。丰富的 IP 内核模块库是快速设计 ASIC 和 SOC 从而尽快占领市场的基本保证。

上述三种单片机系统设计方法将会长期并存,各有各的应用范围。

大多数应用开发人员在相当长的一段时间内,都会采用前两种方法。第一种设计方法目前仍为电子系统设计人员广泛采用,并且比较适合于初级应用设计人员和小规模应用,可以根据需要,逐步向第二种方法过渡和发展。

第三种设计方法实现的 SOC,只可能是具有一定规模、广泛使用的应用系统。复杂的 SOC 需要大的半导体厂商才能设计和实现,对应用人员来说主要是选用问题。

### 1.5 单片机的历史与发展

20 世纪 70 年代后期,4 位逻辑控制器件发展到 8 位。第一代单片机的代表产品是 Intel 8048,它将 CPU、串并行口、定时器和 128 字节 RAM 集成在一个芯片内。使用的是 NMOS 工艺。

第二代单片机中,Intel MCS-51 系列微控制器进入中国市场最早,过渡到 CMOS 工艺的 80C51 相对晚些。1982 年以后,NMOS 工艺逐渐被高速低功耗的 CHMOS(高速互补型金属氧化膜半导体)工艺代替。不少公司开始生产与 80C51 兼容的单片机,并扩展了其功能。

近 10 年来,出现了具有许多新特点的单片机,可称之为第三代单片机。

纯单片型单片机由于内存容量已做得相当大,I/O 功能已足够丰富,不需要外加扩展芯片,整机成本降低又可以防伪。目前绝大多数单片机系列都提供可由用户编程的 OTPROM 型式,其价格逐渐逼近掩膜 ROM;掩膜产品可接受的价格起点也已经大大降低;FlashROM 的可靠性虽然目前稍差,但可以系统内在线编程和多次编程,在系统开发阶段和小批量应用系统中已广泛使用。

随着单片机程序空间的扩大,在空余空间可嵌入实时操作系统(RTOS)等软件,将大大提高产品开发效率,提高单片机性能。

扩展方式从并行总线型发展出各种串行总线,并被工业界接受,形成一些工业标准,如 I<sup>2</sup>C 总线、USB 接口;甚至集成了网络的低层协议,如控制器局域网总线 CAN(Controller Area Network)。

不少单片机集成了多个 CPU,例如将三个 CPU 集成到一个芯片中,分别用于 I/O 控制、通信和总体协调。随着超大规模集成电路技术(VLSI)的快速发展,将数字信号处理器(DSP),精简指令计算机(RISC)等集成到单片机中的产品不断出现。

在实现全面功耗管理、提高可靠性、降低工作电压、抗噪声和抗干扰等各方面，新技术也不断涌现。

许多原来是单片机用户的电气厂商也结合产品形成自己的单片机体系，不断推出自己的单片机产品。由于用户的介入，单片机世界百花齐放，竞争日趋激烈。

单片机功能的飞速发展，已经远远超出了计算机科学的领域。小到信用卡、玩具，大到航天器、机器人，实现数据采集、过程控制、模糊控制等智能系统，几乎是所有的应用领域中，都有着单片机的用武之地。

## 习题 1

- 1-1 单片机（MCU）和微处理器（MPU）有何不同？为什么说单片机是典型的嵌入式系统？
- 1-2 简述单片机的发展历史和主要技术发展方向。
- 1-3 单片机的应用开发有什么特点？
- 1-4 为什么在未来较长一段时期内，8 位单片机仍将是主流机型？
- 1-5 你的身边有哪些设施应用了嵌入式控制技术？分析单片机在其中的作用。
- 1-6 你认为在哪个领域中单片机的应用将得到较大发展？简述该领域的现状和技术发展趋势。

# 第2章

## MCS-51 单片机结构和时序

### 2.1 MCS-51 单片机结构

Intel 公司的 MCS-51 系列单片机在我国被广泛应用。该系列的核心电路是 8051。在此基础上发展了制造工艺和性能特点各不相同的多种型号，其基本产品见表 2-1。其他公司也开发了各种功能的 8051 衍生产品。Philips 和 Atmel 公司的 8051 系列产品见附录 A。

表 2-1 MCS-51 系列基本产品

| ROM 型   | 无 ROM 型 | EPROM 型 | 片内 ROM | 片内 RAM | 16 位定时器 | 制造工艺  |
|---------|---------|---------|--------|--------|---------|-------|
| 8051    | 8031    | 8751    | 4KB    | 128B   | 2       | HMOS  |
| 8051AH  | 8031AH  | 8751H   | 4KB    | 128B   | 2       | HMOS  |
| 8052AH  | 8032AH  | 8752BH  | 8KB    | 256B   | 3       | HMOS  |
| 80C51BH | 80C31BH | 87C51   | 4KB    | 128B   | 2       | CHMOS |

#### 2.1.1 封装与引脚

MCS-51 系列通常有两种封装：HMOS 型器件常用的双列直插式 40 脚封装和 CHMOS 型器件常用的方形 44 脚封装（其中 4 个 NC 为空引脚），如图 2-1 所示。

8051 的 40 条引脚，可分为端口、控制和电源三类：

##### 1. 端口线（32 条）

8051 共有 4 个双向 8 位 I/O 端口，可以将它的每一位分别定义为输入线或输出线。每一位口锁存器都是一个 D 触发器，但输入、输出驱动器结构不同。写操作时，CPU 通过内部总线把数据写入口锁存器。读操作有两种：一种是 CPU 读取口锁存器的状态；另一种是读取口引脚上的外部输入信息，此时应使相应的口锁存器保持为“1”。

P1、P2 和 P3 口内部有拉高电路，称为准双向口，可以驱动 4 个 LSTTL 电路；P0 口是开漏输出，内部没有拉高电路，是三态双向 I/O 端口，可以驱动 8 个 LSTTL 电路。

##### （1）P0.7~P0.0:

P0 口的第一功能是 8051 不带片外存储器时作为通用 I/O 口，CPU 传送输入/输出数据时，输出数据可以锁存，输入数据可以缓冲。第二功能是 8051 带片外存储器时，P0 口先传送要访问的片外存储器的低 8 位地址，再传送对片外存储器的读写数据。

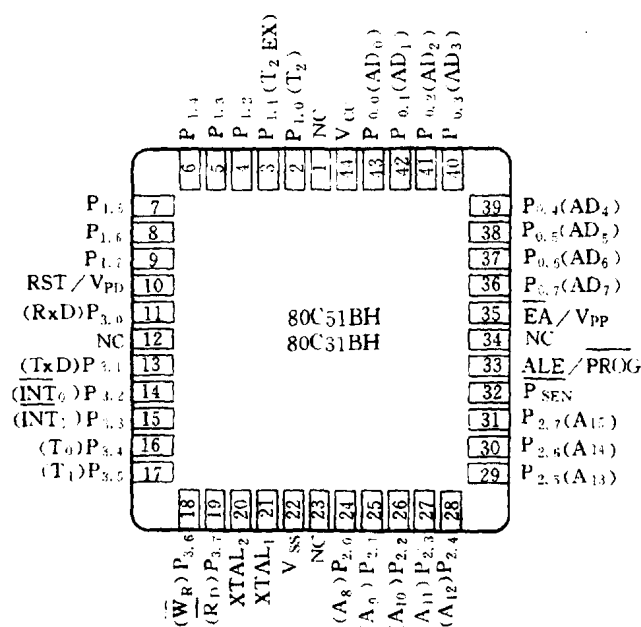
8751 的 P0 口还有第三种功能：对 8751 片内 EPROM 写入编程机器码或读出校验码。

##### （2）P1.7~P1.0:

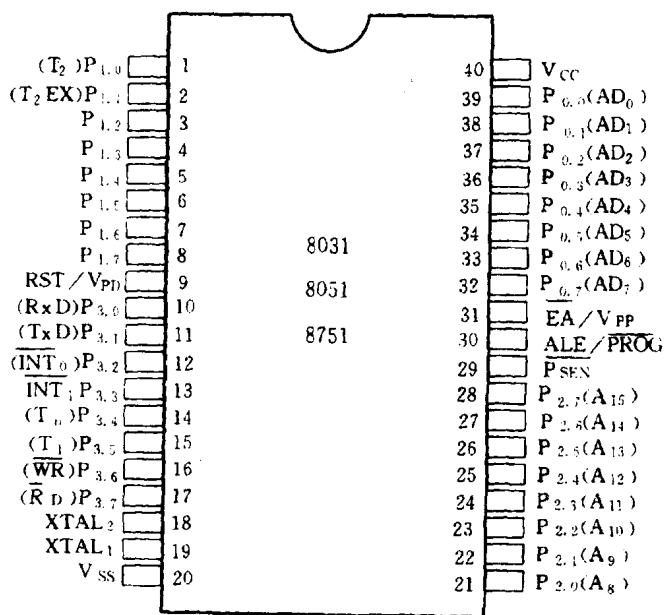
P1 口一般作为通用 I/O 口使用，用于传送用户的输入/输出数据。

8751 的 P1 口还有第二功能，即在 8751 编程或校验时输入片内 EPROM 的低 8 位地址。

(P1.0、P1.1 的 T2、T2EX 功能仅用于有第三个定时/计数器的 8052/8032)。



(a) 方形封装



(b) 双列直插式封装

图 2-1 MCS-51 封装和引脚分配

### (3) P2.7~P2.0:

P2 口第一功能和 P0 口一样, 当 8051 不带片外存储器时, 作为通用 I/O 口, 第二功能是 8051 带片外存储器时, 与 P0 口配合, 传送片外存储器的高 8 位地址, 共同选中片外存储器单元。