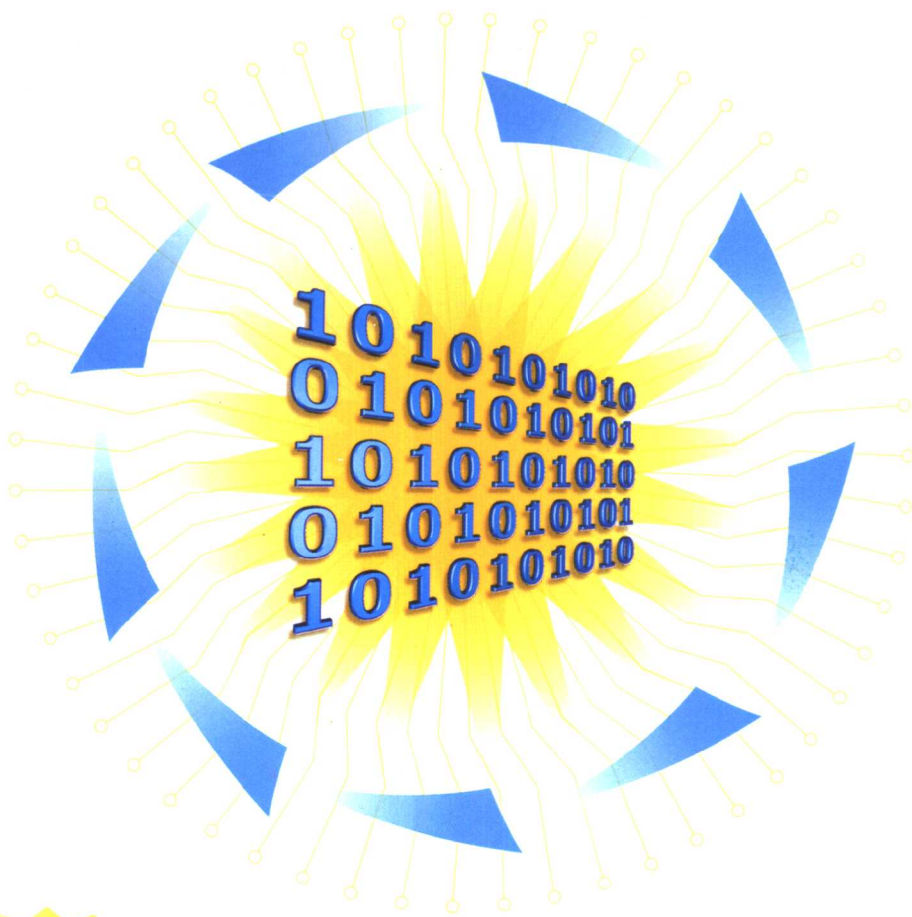


中国高等职业技术教育研究会推荐

高职系列教材

# 单片机应用技术

■ 主编 刘守义 副主编 杨宏丽 王静霞



面向

21 世纪

高级应用型人才



西安电子科技大学出版社

[http:// www.xduph.com](http://www.xduph.com)

□中国高等职业技术教育研究会推荐

---

高职系列教材

# 单片机应用技术

主 编 刘守义

副主编 杨宏丽 王静霞

西安电子科技大学出版社

2002

## 内 容 简 介

本书是中国高等职业技术教育研究会与西安电子科技大学出版社联合策划、组织编写的高职高专应用电子技术系列教材之一,适用于高职、高专层次应用电子技术专业的师生。

本书采用教、学、做相结合的教学模式,以理论够用、着眼应用的观点,通过实训引入、不断拓宽思路的方法讲述掌握单片机应用技术所需的基础知识和基本技能。本书内容包括:单片机硬件系统、单片机开发系统、指令系统、程序设计、定时与中断、系统扩展、接口技术、串行口通信等。

本书选材合理,文字叙述清楚,可作为高职、高专、成人教育机电类相关专业单片机技术课程理论与实践教学的教材。

## 图书在版编目(CIP)数据

单片机应用技术/刘守义主编. —西安:西安电子科技大学出版社, 2002.8

高职系列教材

ISBN 7 - 5606 - 1146 - X

I. 单... II. 刘... III. 单片微型计算机 - 高等学校: 技术学校 - 教材 IV. TP368.1

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2002) 第 043684 号

策 划 马乐惠

责任编辑 马晓娟

出版发行 西安电子科技大学出版社(西安市太白南路 2 号)

电 话 (029)8227828 邮 编 710071

http: //www.xduph.com E-mail: [xdupfxb@pub.xaonline.com](mailto:xdupfxb@pub.xaonline.com)

经 销 新华书店

印 刷 西安文化彩印厂

版 次 2002 年 8 月第 1 版 2002 年 8 月第 1 次印刷

开 本 787 毫米×1092 毫米 1/16 印张 19.625 插页 1

字 数 481 千字

印 数 1~4 000 册

定 价 20.00 元

ISBN 7 - 5606 - 1146 - X/TP · 0581 (课)

**XDUP 1417001-1**

\*\*\*如有印装问题可调换\*\*\*

本书封面贴有西安电子科技大学出版社的激光防伪标志, 无标志者不得销售

## 序

在即将跨入 21 世纪的前夕,中共中央、国务院召开了第三次全国教育工作会议,并颁发了《中共中央、国务院关于深化教育改革全面推进素质教育的决定》,进一步明确了高等职业教育的重要地位,指出“高等职业教育是高等教育的重要组成部分。要大力发展高等职业教育。”在这一方针的指引下,我国高等职业教育取得了空前规模的发展。至 1999 年,从事高等职业教育的高等职业学校、高等专科学校和独立设置的成人高校已达 1345 所,占全国高校总数的 69.2%;专科层次的在校生占全国高校在校生的 55.37%,毕业生占高校毕业生总数的 68.5%。这些数字表明,高等职业教育在我国高等教育事业中占有极其重要的地位,在我国社会主义现代化建设事业中发挥着极其重要的作用。随着社会的发展、科技的进步,以及我国高等教育逐步走向大众化,我国的高等职业教育必将进一步发展壮大。

在高等职业教育大发展的同时,也有着许多亟待解决的问题。其中最主要的是按照高等职业教育培养目标的要求,培养一批“双师型”的中青年骨干教师;编写出一批有特色的基础课和专业主干课教材;创建一批教学工作优秀学校。

为解决当前高职教材严重匮乏的问题,西安电子科技大学出版社与中国高等职业技术教育研究会联合策划、组织编写了计算机及应用电子技术两个专业的教材,现已出版。本系列教材,从策划到主编、主审的遴选,从成立专家组反复讨论大纲,研讨职业教材特色到书稿的字斟句酌,每走一步都比较扎实、十分精心。作者在编写中紧密联系实际,尽可能地吸收新理论、新技术、新工艺,并按照案例引入、改造拓宽、课题综合(通过一个大型的课题,综合运用所学内容)的思路,进行编写,努力突出高职教材的特点。本系列教材内容取材新颖、实用;层次清楚,结构合理;文笔流畅,装帧上乘。这套教材比较适合高等职业学校、高等专科学校和成人高校等高等职业教育的需要。

教材建设是高等职业院校基本建设的主要工作之一,是教学内容改革的重要基础。为此,有关高职院校都十分重视教材建设,组织教师积极参加教材编写,为高职教材从无到有,从有到优而辛勤工作。但高职教材的建设还刚刚起步,还需要做艰苦的工作,我们殷切地希望广大从事高等职业教育的教师,在教书育人的同时,组织起来,共同努力,编写出一批高职教材的精品,为推出一批有特色的、高质量的高职教材作出积极的贡献。

中国高等职业技术教育研究会会长

李宗光

# 高等职业技术教育“计算机及应用电子技术专业” 教材编审专家委员会

主 任：闵光太(中国高等职业技术教育研究会副会长，  
金陵职业大学校长，教授)

副主任：俞克新(中国高等职业技术教育研究会秘书长，研究员)

孙建京(北京联合大学教务长，副教授)

余苏宁(深圳职业技术学院计算机应用工程系副主任，副教授)

李荣才(西安电子科技大学出版社总编辑，教授)

## 计算机组

组 长：余苏宁(兼)

成 员：(按姓氏笔画排列)

丁桂芝(天津职业大学计算机工程系主任，副教授)

朱振元(长沙大学高级工程师)

张 燕(金陵职业大学计算机系讲师)

唐连章(广州大学副教授)

韩伟忠(金陵职业大学计算机系主任，副教授)

樊月华(北京联合大学应用技术学院副教授)

颜 彬(江汉大学副教授)

## 应用电子技术组

组 长：孙建京(兼)

成 员：(按姓氏笔画排列)

付植桐(天津职业大学副教授)

刘守义(深圳职业技术学院电子通信工程系副主任，高工)

李建民(江汉大学应用物理系副主任，副教授)

高泽涵(广州大学机电工程系副主任，高级实验师)

鲁宇红(金陵职业大学副校长，副教授)

熊幸明(长沙大学工程系主任，副教授)

总策划：梁家新

策 划：马乐惠 徐德源 云立实

# 前 言

本书是中国高等职业技术教育研究会与西安电子科技大学出版社联合策划、组织编写的高职高专应用电子技术系列教材之一。深圳职业技术学院在组织编写了《应用电路分析》、《数字电子技术》两本教材后，又承担了本书与《电子技术实训教程》的编写工作。在本书编写过程中，作者总结了几年来不同院校、不同专业单片机技术课程的教学经验，力求在内容、结构、理论教学与实践教学的衔接方面充分体现高职教育的特点。

单片机技术是一门应用性很强的专业课，其理论与实践技能是从事机电类专业技术工作的人员所不可缺少的，理论与实践的密切结合，是本课程的重要特点。几年来，我们在单片机技术课程的教学过程中，一直采用教、学、做相结合的教学模式，效果令人满意。本书将这种经验在内容的编排上充分体现出来，完全按照理论教学与实践教学的实际进程编写教材。书中，每章均从最基本的应用系统出发，由实际问题入手，通过技能训练引入相关知识和理论，由实训引出相关概念、硬件设计与编程技巧。实践部分有理论分析，理论部分以实践作为依托，理论与实践融于一体，互相补充，循环深入。这种按照人们的认识规律，用实际应用系统，通过问题引导而不是靠理论体系的逻辑关系引导的叙述体系，是本书的最大特点。

全书共安排了 8 个实训项目和 2 个课程设计，插于不同章节。为保证教材的通用性，书中设计的实训、实验项目一般院校都有条件完成。

本教材十分适合边教、边做、边学的教学方法，书中设计的实训内容，在可能的情况下应尽量完成。因条件所限不能进行的实训可以通过其他手段完成。理论教学与实训教学应有机结合，也可以分开，但内容上应尽可能衔接。

本书参考学时数在 72~90 之间（含实训），具体安排如下。第 1 章：6~8 学时；第 2 章：8~10 学时；第 3 章：8~10 学时；第 4 章：8~10 学时；第 5 章：8~10 学时，第 6 章：8~10 学时，第 7 章：8~10 学时，第 8 章：8~10 学时；第 9 章：10~12 学时。使用者可根据具体情况增减学时。

刘守义对本书的编写思路与大纲进行了总体策划，指导全书的编写，并对全书统稿。杨宏丽与王静霞协助刘守义完成上述工作，并分别编写了第 6、8 两章与第 3、4 两章，韩秀清编写了第 1、2 两章与第 7 章的部分内容，张博夫编写了第 5 章与第 7 章的部分内容，毛丰江编写了第 9 章。

深圳职业技术学院邹波高级工程师、郑州经济管理学院王修武副教授审核并校对了全书，深圳职业技术学院工业中心电子技术实验室也为本书的编写提供了很大的帮助。在此

向为本书出版做出贡献的朋友表示感谢。

由于时间紧迫和编者水平的限制，书中的错误和缺点在所难免，热忱欢迎使用者对本书提出批评与建议。

深圳职业技术学院为本教材配备了全套实训所需的电路板与器件，使用本教材的院校如自己准备电路板与器件有困难，可与深圳职业技术学院电子通信工程系联系。

编者

2002 年 4 月

于深圳职业技术学院

# 目 录

|                                      |                                  |
|--------------------------------------|----------------------------------|
| <b>第 1 章 单片机硬件系统</b> .....1          | <b>第 3 章 MCS-51 指令系统</b> .....35 |
| 实训 1 信号灯的控制 1.....1                  | 实训 3 指令的应用.....35                |
| 1.1 概述.....3                         | 3.1 简介.....38                    |
| 1.1.1 单片机及单片机应用系统.....3              | 3.1.1 指令概述.....38                |
| 1.1.2 MCS-51 单片机系列.....6             | 3.1.2 指令格式.....39                |
| 1.2 MCS-51 单片机结构和原理.....7            | 3.2 寻址方式.....39                  |
| 1.2.1 MCS-51 单片机的内部组成及<br>信号引脚.....7 | 3.3 指令系统.....43                  |
| 1.2.2 MCS-51 内部数据存储器.....10          | 3.3.1 指令系统中的符号说明.....43          |
| 1.2.3 MCS-51 内部程序存储器.....15          | 3.3.2 数据传送类指令.....44             |
| 1.3 并行输入/输出口电路结构.....15              | 3.3.3 算术运算类指令.....48             |
| 1.3.1 P0 口.....16                    | 3.3.4 逻辑运算及移位类指令.....51          |
| 1.3.2 P1 口.....17                    | 3.3.5 控制转移类指令.....53             |
| 1.3.3 P2 口.....17                    | 3.3.6 位操作类指令.....54              |
| 1.3.4 P3 口.....18                    | 3.3.7 常用伪指令.....58               |
| 1.4 时钟电路与复位电路.....19                 | 本章小结.....59                      |
| 1.4.1 时钟电路与时序.....19                 | 习题 3.....60                      |
| 1.4.2 单片机的复位电路.....21                | <b>第 4 章 汇编语言程序设计</b> .....62    |
| 1.5 单片机的工作过程.....22                  | 实训 4 信号灯的控制 2.....62             |
| 本章小结.....23                          | 4.1 概述.....65                    |
| 习题 1.....24                          | 4.2 简单程序设计.....65                |
| <b>第 2 章 单片机开发系统</b> .....25         | 4.3 分支程序设计.....67                |
| 实训 2 单片机开发系统及使用.....25               | 4.3.1 分支程序实例.....67              |
| 2.1 单片机开发系统.....27                   | 4.3.2 分支程序结构.....73              |
| 2.2 单片机开发系统的功能.....27                | 4.4 循环程序设计.....75                |
| 2.2.1 在线仿真功能.....27                  | 4.4.1 循环程序实例.....75              |
| 2.2.2 调试功能.....28                    | 4.4.2 循环程序结构.....79              |
| 2.2.3 辅助设计功能.....29                  | 4.5 查表程序.....81                  |
| 2.2.4 程序固化功能.....30                  | 4.6 子程序设计与堆栈技术.....81            |
| 2.3 单片机应用系统的调试.....30                | 4.6.1 子程序实例.....82               |
| 2.3.1 硬件调试方法.....30                  | 4.6.2 堆栈结构.....86                |
| 2.3.2 软件调试方法.....31                  | 4.6.3 子程序结构.....87               |
| 2.4 单片机开发系统举例.....32                 | 4.7 实用汇编子程序举例.....88             |
| 本章小结.....34                          | 4.7.1 代码转换程序.....88              |
| 习题 2.....34                          | 4.7.2 算术运算子程序.....91             |
|                                      | 4.7.3 查找、排序程序.....96             |

|                                  |     |                                   |     |
|----------------------------------|-----|-----------------------------------|-----|
| 本章小结.....                        | 100 | 7.1.2 独立式按键.....                  | 174 |
| 习题 4.....                        | 101 | 7.1.3 矩阵式按键.....                  | 175 |
| <b>第 5 章 定时与中断系统</b> .....       | 106 | <b>7.2 单片机与显示器接口</b> .....        | 179 |
| 实训 5 信号灯的控制 3.....               | 106 | 7.2.1 LED 显示和接口.....              | 179 |
| 5.1 定时/计数器.....                  | 108 | 7.2.2 可编程键盘/显示器接口                 |     |
| 5.1.1 单片机定时/计数器的结构.....          | 108 | ——INTEL 8279.....                 | 190 |
| 5.1.2 定时/计数器的工作方式.....           | 112 | 7.2.3 LED 大屏幕显示.....              | 199 |
| 5.1.3 定时/计数器的编程和应用.....          | 117 | 7.2.4 LCD 液晶显示和接口.....            | 202 |
| 5.2 中断系统.....                    | 118 | <b>7.3 D/A 转换器接口</b> .....        | 211 |
| 5.2.1 MCS-51 的中断系统.....          | 118 | 7.3.1 D/A 转换器概述.....              | 212 |
| 5.2.2 中断源和中断标志.....              | 120 | 7.3.2 典型 D/A 转换器芯片 DAC0832.....   | 212 |
| 5.2.3 中断处理过程.....                | 122 | 7.3.3 单缓冲方式的接口与应用.....            | 214 |
| 5.2.4 外部中断源的扩展.....              | 127 | 7.3.4 双缓冲方式的接口与应用.....            | 215 |
| 5.2.5 中断系统的应用.....               | 129 | <b>7.4 A/D 转换器接口</b> .....        | 217 |
| 本章小结.....                        | 134 | 7.4.1 A/D 转换器概述.....              | 217 |
| 习题 5.....                        | 134 | 7.4.2 典型 A/D 转换器芯片 ADC0809.....   | 218 |
| <b>第 6 章 单片机系统扩展</b> .....       | 135 | 7.4.3 MCS-51 单片机与 ADC0809 接口..... | 220 |
| 实训 6 片外 RAM 对信号灯的控制及             |     | 7.4.4 应用举例.....                   | 221 |
| 可编程 I/O 口的应用.....                | 135 | 本章小结.....                         | 223 |
| 6.1 程序存储器扩展.....                 | 138 | 习题 7.....                         | 224 |
| 6.1.1 单片机程序存储器概述.....            | 138 | <b>第 8 章 串行口通信技术</b> .....        | 226 |
| 6.1.2 EPROM 程序存储器扩展实例.....       | 139 | 实训 8 单片机之间的双机通信.....              | 226 |
| 6.1.3 EEPROM 扩展实例.....           | 141 | 8.1 串行通信基础.....                   | 228 |
| 6.1.4 常用程序存储器芯片.....             | 144 | 8.1.1 串行通信的分类.....                | 229 |
| 6.2 数据存储器扩展.....                 | 148 | 8.1.2 串行通信的制式.....                | 230 |
| 6.2.1 单片机 RAM 概述.....            | 148 | 8.1.3 串行通信的接口电路.....              | 231 |
| 6.2.2 SRAM 扩展实例.....             | 148 | <b>8.2 串行通信总线标准及其接口</b> .....     | 231 |
| 6.2.3 新型存储器简介.....               | 151 | 8.2.1 RS-232C 接口.....             | 231 |
| 6.3 并行 I/O 口扩展.....              | 152 | 8.2.2 RS-449、RS-422A、RS-423A      |     |
| 6.3.1 MCS-51 内部并行 I/O 口及其作用..... | 152 | 标准接口.....                         | 233 |
| 6.3.2 简单的 I/O 口扩展.....           | 153 | 8.2.3 20 mA 电流环路串行接口.....         | 234 |
| 6.3.3 采用 8255 扩展 I/O 口.....      | 154 | <b>8.3 MCS-51 的串行接口</b> .....     | 235 |
| 6.3.4 采用 8155 扩展 I/O 口.....      | 159 | 8.3.1 MCS-51 串行口结构.....           | 236 |
| 本章小结.....                        | 164 | 8.3.2 MCS-51 串行的工作方式.....         | 238 |
| 习题 6.....                        | 165 | 8.3.3 MCS-51 串行口的波特率.....         | 240 |
| <b>第 7 章 单片机接口技术</b> .....       | 166 | <b>8.4 MCS-51 单片机之间的通信</b> .....  | 241 |
| 实训 7 简易秒表的制作.....                | 166 | 8.4.1 双机通信硬件电路.....               | 241 |
| 7.1 单片机与键盘接口.....                | 172 | 8.4.2 双机通信软件编程.....               | 242 |
| 7.1.1 键盘工作原理.....                | 172 | 8.4.3 多机通信.....                   | 247 |

|                                 |            |                            |            |
|---------------------------------|------------|----------------------------|------------|
| 8.5 PC 机和单片机之间的通信.....          | 248        | 9.3.1 确定任务.....            | 280        |
| 8.5.1 接口设计 .....                | 248        | 9.3.2 总体设计.....            | 280        |
| 8.5.2 软件编程 .....                | 249        | 9.3.3 硬件设计.....            | 282        |
| 本章小结.....                       | 251        | 9.3.4 软件设计.....            | 282        |
| 习题 8.....                       | 252        | 9.3.5 系统调试.....            | 283        |
| <b>第 9 章 单片机应用系统的设计与开发.....</b> | <b>253</b> | 9.4 单片机应用系统实用技术.....       | 283        |
| 9.1 课程设计——电脑钟的设计与制作 .....       | 253        | 9.4.1 低功耗设计.....           | 283        |
| 9.1.1 设计要求 .....                | 253        | 9.4.2 加密技术.....            | 285        |
| 9.1.2 总体方案 .....                | 253        | 9.5 抗干扰设计.....             | 288        |
| 9.1.3 硬件设计 .....                | 254        | 9.5.1 电源、地线、传输干扰及其对策 ..... | 289        |
| 9.1.4 软件设计 .....                | 256        | 9.5.2 硬件抗干扰措施.....         | 290        |
| 9.1.5 系统调试与脱机运行 .....           | 267        | 9.5.3 软件抗干扰措施.....         | 294        |
| 9.2 应用系统设计实例——                  |            | 本章小结.....                  | 296        |
| 单片机温度控制系统 .....                 | 268        | 习题 9.....                  | 297        |
| 9.2.1 技术指标 .....                | 269        | <b>附录</b> .....            | <b>298</b> |
| 9.2.2 控制方案 .....                | 269        | 附录 1 实训用单片机系统电路图           |            |
| 9.2.3 硬件设计 .....                | 269        | (见书末) .....                | 298        |
| 9.2.4 软件设计 .....                | 271        | 附录 2 MCS-51 指令表.....       | 298        |
| 9.3 单片机应用系统开发的一般方法 .....        | 280        | <b>参考文献</b> .....          | <b>303</b> |



# 第1章 单片机硬件系统

本章从单片机的概念入手，简单介绍了单片机实验系统的基本组成及功能，以最简单的信号灯控制应用实验让读者对单片机及其应用系统有一个感性的认识，并大致了解单片机的基本工作过程，同时也指出了学习单片机的两个基本方面：硬件接口和软件编程。

## 实训1 信号灯的控制1

### 1. 实训目的

- (1) 了解单片机实验系统的基本组成及功能。
- (2) 通过最简应用系统实例了解单片机的基本工作过程。

### 2. 实训设备与器件

实训设备：单片机开发系统，程序固化器。

实训电路：参见附录1原理图。

### 3. 实训步骤及要求

(1) 分析附录1所示的原理图，了解以8031为基础的单片机实验系统的基本组成及功能。本实训系统的核心器件是8031单片机芯片，同时外部还扩展了一片EPROM2764、一片RAM6264、一片EEPROM2864A、一片8155、一片ADC0809和MAX232等。下面首先将这些主要芯片的功能简单介绍如下：

(1) EPROM2764：紫外线可擦除、电可编程的只读存储器，通常用于存放编制好的程序和常数表格。

(2) RAM6264：静态随机存储器，通常用于存放采集到的原始数据、处理中的数据及最后的结果。

(3) EEPROM2864A：电可擦除、电可编程的只读存储器。它是近年来广泛被使用的一种只读存储器。其主要优点是能在应用系统中进行在线改写，并能在断电情况下保存数据而不需要保护电源。它兼有程序存储器与数据存储器的特点。

关于上述三种存储器以及与单片机的连接、使用将在第6章详细介绍。

(4) 8155：一种可编程的RAM和I/O接口芯片，本实训系统主要用它来作扩展键盘和数码管显示的接口。详细内容将在第6、7章介绍。

(5) ADC0809：一种8路模拟输入的8位逐次逼近式A/D转换器件。详细内容将在第7章介绍。

(6) MAX232：标准的串行口电平转换器，用来将单片机和PC机联系起来，将在第8章介绍。

此外,本系统还扩展了一片 74LS245 (8 总线接收/发送器),一片 74LS373 (8D 三态输出锁存器),一片 74LS138 (3-8 线译码器)和一片 74LS240 (8 位反码三态输出驱动器)。

本书将以此实训实验系统电路为基础开展 8 个实训项目和课程设计,从而使读者掌握单片机的硬件结构、软件编程及调试。

## 2) 向 EPROM2764 写入程序机器码

通过程序固化器将下列程序中对应的机器码依次写入到 EPROM2764 的 0000H~0015H 地址单元中:

| 机器码      | 地址    | 程序                            |
|----------|-------|-------------------------------|
|          |       | ORG 0000H ; 表示程序从地址 0000H 存放  |
| 75 90 00 | 0000H | START: MOV P1,#00H            |
| 11 17    | 0003H | ACALL DELAY ; 延时一段时间,便于观察     |
| 75 90 FF | 0005H | MOV P1,#0FFH                  |
| 11 17    | 0008H | ACALL DELAY ; 延时              |
| 80 E9    | 000AH | SJMP START ; 返回,从 START 开始重复  |
| 7B FF    | 000CH | DELAY: MOV R3,#0FFH ; 一段延时子程序 |
| 7C FF    | 000EH | DEL2: MOV R4,#0FFH            |
| 00       | 0010H | DEL1: NOP                     |
| DC FD    | 0011H | DJNZ R4,DEL1                  |
| DB F9    | 0013H | DJNZ R3, DEL2                 |
| 22       | 0015H | RET ; 子程序返回                   |
|          |       | END ; 表示程序结束                  |

上列程序表由几部分组成。左边所列的一组十六进制数是机器码,以及机器码在存储器中的存贮地址 (0000H~0015H)。机器码是计算机可以识别的语言,例如 75, 90, 00 等。这些是我们写入 2764 的内容,它们是一段程序。

中间所列的是和机器码对应的源程序 (一系列指令),例如: MOV P1, #00H。关于单片机的指令以及程序设计将在第 3、4 章详细介绍,在第 4 章的实训 4 中也会重点讨论上述程序。

最右边所列的是对程序的简单说明,以便于阅读。

程序固化器的具体操作过程可参见相应的说明书。

## 3) 运行程序

将写好的 EPROM 插入实训电路板相应位置,再接上电源,启动运行,观察 8 个发光二极管的亮灭状态。

## 4. 实训分析与总结

(1) 实训结果是:实训电路板中的 8 个发光二极管按照全亮、全灭的规律不停地循环变化。

(2) 本实训所涉及的电路可参见附录 1 原理图的左上角:单片机的 1~8 引脚通过集成芯片 74LS240 (8 个非门)接到 8 个发光二极管上。8 个发光二极管的阳极通过一个限流电阻接+5 V 电源,8 个阴极连在一起接地。单片机的这 8 个引脚对应其内部的一个并行 I/O 口——P1 口 (有关 P1 口的具体结构在本章正文中介绍)。这些是本实训所涉及的硬件部分。



从附录原理图可见,当 P1 口的某个引脚为低电平时,相应的发光二极管变亮;当 P1 口的某个引脚为高电平时,相应的发光二极管熄灭。这样,我们可以通过向 P1 口写入一个 8 位二进制数来改变每个管脚的电平状态。通过相应指令可以向 P1 口写入数据。

实训程序中的第一条指令 MOV P1, #00H (其中 # 表示其后面为常数, H 表示其前面的常数为十六进制数,写成二进制形式为 #00000000B, B 表示二进制数)对应的机器码为 75H 90H 00H,表示将数据 00H 送给 P1 口。这样, P1 口的 8 个管脚状态与写入数据之间的关系如下:

|             |      |      |      |      |      |      |      |      |
|-------------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| 写入数据位       | D7   | D6   | D5   | D4   | D3   | D2   | D1   | D0   |
|             | 0    | 0    | 0    | 0    | 0    | 0    | 0    | 0    |
| 对应 P1 口管脚名称 | P1.7 | P1.6 | P1.5 | P1.4 | P1.3 | P1.2 | P1.1 | P1.0 |
| 管脚电平状态      | 低    | 低    | 低    | 低    | 低    | 低    | 低    | 低    |
| 发光二极管状态     | 亮    | 亮    | 亮    | 亮    | 亮    | 亮    | 亮    | 亮    |

所以,在通电运行后,发光二极管会出现全亮的状态。

同理,当执行程序中的第三条指令 MOV P1, # FFH (即 #11111111B) 时,发光二极管会全灭。

由此可见,我们可以通过软件——程序来完成对硬件电路的控制。

(3) 实训中,我们事先将程序(机器码)正确地固化到程序存储器 EPROM 2764 芯片中,然后把 2764 芯片插入实验板,并与单片机(例如 8031)通过一定的方式连接起来,接上电源后,发光二极管按照既定的规律亮灭。这说明,2764 中的写入内容能够依次读出,并且送入到单片机内部完成相应的功能,而这一切工作都是在单片机的控制下来实现的,也就是说,单片机在执行机器码。

我们知道,存储器 2764 有三类总线:数据线、地址线和控制线。在单片机应用系统中,这三类总线都是由单片机芯片提供的,并且由单片机控制数据的读取。关于单片机的具体工作过程将在 1.5 节介绍。

(4) 本实训中,机器码写在了单片机之外的一片 EPROM 中,该 EPROM 是用来存储编好的程序的,所以可以称之为程序存储器。实际上,有的单片机内部也具有一定容量的片内程序存储器,当内部存储器容量够用,就不必外接 EPROM 了。

## 1.1 概 述

单片微型计算机(Single Chip Microcomputer)简称单片机,是指集成在一块芯片上的计算机,它具有结构简单、控制功能强、可靠性高、体积小、价格低等优点,在许多行业都得到了广泛的应用。在航天航空、地质石油、冶金采矿、机械电子等许多领域单片机都发挥了巨大作用。

### 1.1.1 单片机及单片机应用系统

#### 1. 微型计算机及微型计算机系统

微型计算机(Microcomputer)简称微机,是计算机的一个重要分类。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。微型计算机不但具有其它计算机快速、精确、程序控制等特点,最突出的是它还具有体积小、重量轻、功耗低、价格便宜等优点。个人计算机简称 PC (Personal Computer) 机,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 机在性能和价格方面适合个人用户购买和使用,目前,它已经像普通家电一样深入到了家庭和社会生活的各个方面。

微型计算机系统由硬件系统和软件系统两大部分组成。

硬件系统是指构成微机系统的实体和装置,通常由运算器、控制器、存储器、输入接口电路和输入设备、输出接口电路和输出设备等组成。其中,运算器和控制器一般做在一个集成芯片上,统称中央处理单元 (Central Processing Unit),简称 CPU,是微机的核心部件。CPU 配上存放程序和数据的存储器、输入/输出 (Input/Output, 简称 I/O) 接口电路以及外部设备即构成微机的硬件系统。

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。

软件系统与硬件系统共同构成完整的微机系统,两者相辅相成,缺一不可。

微型计算机系统组成示意图如图 1.1 所示。

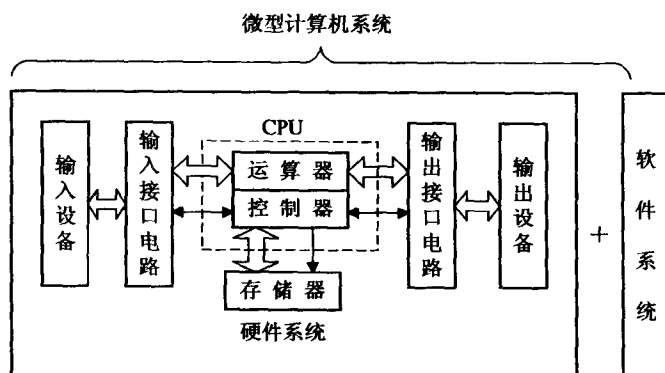


图1.1 微型计算机系统组成示意图

下面把组成计算机的 5 个基本部件作简单说明。

### 1) 运算器

运算器是计算机的运算部件,用于实现算术和逻辑运算。计算机的数据运算和处理都在这里进行。

### 2) 控制器

控制器是计算机的指挥控制部件,它控制计算机各部分自动、协调地工作。运算器和控制器是计算机的核心部分,常把它们合在一起称之为中央处理器,简称 CPU。

### 3) 存储器

存储器是计算机的记忆部件,用于存放程序和数据。存储器又分为内存储器 and 外存储器。实训中使用的 EPROM2764 便是存储器。

#### 4) 输入设备

输入设备用于将程序和数据输入到计算机中，如键盘等。

#### 5) 输出设备

输出设备用于把计算机数据计算或加工的结果，以用户需要的形式显示或打印出来，如显示器、打印机等。

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”。

### 2. 单片微型计算机

单片微型计算机是指集成在一个芯片上的微型计算机，也就是把组成微型计算机的各种功能部件，包括 CPU（Central Processing Unit）、随机存取存储器 RAM（Random Access Memory）、只读存储器 ROM（Read-only Memory）、基本输入/输出（Input/Output）接口电路、定时器/计数器等部件都制作在一块集成芯片上，构成一个完整的微型计算机，从而实现微型计算机的基本功能。单片机内部结构示意图如图 1.2 所示。

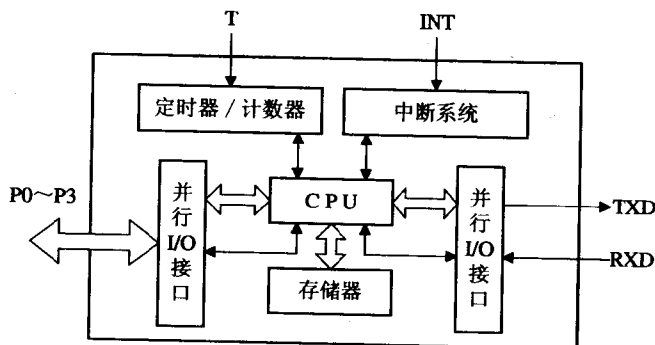


图 1.2 单片机内部结构示意图

单片机实质上是一个芯片。在实际应用中，通常很难将单片机直接和被控对象进行电气连接，必须外加各种扩展接口电路、外部设备、被控对象等硬件和软件，才能构成一个单片机应用系统。

### 3. 单片机应用系统及组成

单片机应用系统是以单片机为核心，配以输入、输出、显示、控制等外围电路和软件，能实现一种或多种功能的实用系统。本书的实训电路板也是一个单片机的应用系统，它除了有单片机芯片以外，还有许多的外围电路，如果再配以后续章节所讲的一系列的实训程序，便可以完成很多功能。所以说，单片机应用系统是由硬件和软件组成的，硬件是应用系统的基础，软件则在硬件的基础上对其资源进行合理调配和使用，从而完成应用系统所要求的任务，二者相互依赖，缺一不可。单片机应用系统的组成如图 1.3 所示。

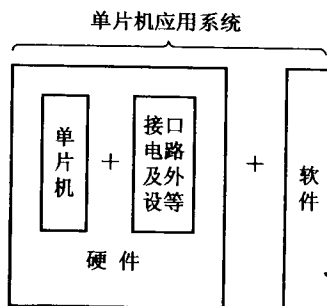


图 1.3 单片机应用系统的组成

由此可见,单片机应用系统的设计人员必须从硬件和软件两个角度来深入了解单片机并能够将二者有机结合起来,才能形成具有特定功能的应用系统或整机产品。

自从 1974 年美国 Fairchild 公司研制出第一台单片机 F8 之后,迄今为止,单片机经历了由 4 位机到 8 位机再到 16 位机的发展过程。单片机制造商很多,主要有美国的 Intel、Motorola、Zilog 等公司。目前,单片机正朝着高性能、多品种方向发展。近年来,32 位单片机已进入了实用阶段,但是由于 8 位单片机在性能价格比上占有优势,而且 8 位增强型单片机在速度和功能上向现在的 16 位单片机挑战,因此在未来相当长的时期内,8 位单片机仍是单片机的主流机型。

### 1.1.2 MCS-51 单片机系列

尽管各类单片机很多,但无论是从世界范围或是从全国范围来看,使用最为广泛的应属 MCS-51 单片机。基于这一事实,本书以应用最为广泛的 MCS-51 系列 8 位单片机(8031、8051、8751 等)为研究对象,介绍单片机的硬件结构、工作原理及应用系统的设计。

MCS-51 单片机系列共有十几种芯片,如表 1.1 所示。

表 1.1 MCS-51 系列单片机分类表

| 子<br>系<br>列       | 片内 ROM 形式 |       |       | 片内<br>ROM<br>容量 | 片内<br>RAM<br>容量 | 寻址<br>范围 | I/O 特性  |         |         | 中断源 |
|-------------------|-----------|-------|-------|-----------------|-----------------|----------|---------|---------|---------|-----|
|                   | 无         | ROM   | EPROM |                 |                 |          | 计数<br>器 | 并行<br>口 | 串行<br>口 |     |
| 51<br>子<br>系<br>列 | 8031      | 8051  | 8751  | 4 KB            | 128 B           | 2×64 KB  | 2×16    | 4×8     | 1       | 5   |
|                   | 80C31     | 80C51 | 87C51 | 4 KB            | 128 B           | 2×64 KB  | 2×16    | 4×8     | 1       | 5   |
| 52<br>子<br>系<br>列 | 8032      | 8052  | 8752  | 8 KB            | 256 B           | 2×64 KB  | 3×16    | 4×8     | 1       | 6   |
|                   | 80C32     | 80C52 | 87C52 | 8 KB            | 256 B           | 2×64 KB  | 3×16    | 4×8     | 1       | 6   |

表中列出了 MCS-51 单片机系列的芯片型号,以及它们的技术性能指标,使我们对它们的基本情况有了一个概括的了解。下面我们在这个表的基础上对 MCS-51 系列单片机作进一步说明。

#### 1. 51 子系列和 52 子系列

MCS-51 系列又分为 51 和 52 两个子系列,并以芯片型号的最末位数字作为标志。其中,51 子系列是基本型,而 52 子系列则属增强型。52 子系列功能增强的具体方面,从表 1.1 所列内容中可以看出:

- (1) 片内 ROM 从 4 KB 增加到 8 KB。
- (2) 片内 RAM 从 128 B 增加到 256 B。
- (3) 定时/计数器从 2 个增加到 3 个。
- (4) 中断源从 5 个增加到 6 个。



在 52 子系列的内部 ROM 中, 以掩膜方式集成有 8 KB BASIC 解释程序, 这就是通常所说的 8052-BASIC。这意味着单片机已可以使用高级语言。该 BASIC 与基本 BASIC 相比, 增加了一些控制语句, 以满足单片机作为控制机的需要。

## 2. 单片机芯片半导体工艺

MCS-51 系列单片机采用两种半导体工艺生产。一种是 HMOS 工艺, 即高速度、高密度、短沟道 MOS 工艺。另外一种 CHMOS 工艺, 即互补金属氧化物的 HMOS 工艺。表 1.1 中, 芯片型号中带有字母“C”的, 为 CHMOS 芯片, 其余均为一般的 HMOS 芯片。

CHMOS 是 CMOS 和 HMOS 的结合, 除保持了 HMOS 高速度和高密度的特点之外, 还具有 CMOS 低功耗的特点。例如 8051 的功耗为 630 mW, 而 80C51 的功耗只有 120 mW。在便携式、手提式或野外作业仪器设备上, 低功耗是非常有意义的, 因此, 在这些产品中必须使用 CHMOS 的单片机芯片。

## 3. 片内 ROM 存储器配置形式

MCS-51 单片机片内程序存储器有三种配置形式, 即掩膜 ROM、EPROM 和无 ROM。这三种配置形式对应三种不同的单片机芯片, 它们各有特点, 也各有其适用场合, 在使用时应根据需要进行选择。一般情况下, 片内带掩膜型 ROM 适用于定型大批量应用产品的生产; 片内带 EPROM 适合于研制产品样机; 外接 EPROM 的方式适用于研制新产品。最近, Intel 公司又推出片内带 EEPROM 型的单片机, 可以在线写入程序。

# 1.2 MCS-51 单片机结构和原理

尽管单片机比较简单, 但要按 5 个基本组成部件来讲单片机的硬件结构和原理, 也将是一件十分复杂的事 (其实也没有这种必要), 因此, 通常讲述单片机结构原理时, 总是从实际需要出发, 只介绍与程序设计和系统扩展应用有关的内容。

## 1.2.1 MCS-51 单片机的内部组成及信号引脚

MCS-51 单片机的典型芯片是 8031、8051、8751。8051 内部有 4 KB ROM, 8751 内部有 4 KB EPROM, 8031 内部无 ROM; 除此之外, 三者的内部结构及引脚完全相同。因此, 以 8051 为例, 说明本系列单片机的内部组成及信号引脚。

### 1. 8051 单片机的基本组成

8051 单片机的基本组成请参见图 1.4。下面介绍各部分的基本情况。

#### 1) 中央处理器 (CPU)

中央处理器是单片机的核心, 完成运算和控制功能。MCS-51 的 CPU 能处理 8 位二进制数或代码。

#### 2) 内部数据存储器 (内部 RAM)

8051 芯片中共有 256 个 RAM 单元, 但其中后 128 单元被专用寄存器占用, 能作为寄存器供用户使用的只是前 128 单元, 用于存放可读写的数。因此通常所说的内部数据存储器就是指前 128 单元, 简称内部 RAM。