



手把手教你学系列丛书



# 手把手教你学 单片机C程序设计 (第2版)

周兴华 编著

周兴华单片机培训中心 策划



北京航空航天大学出版社  
BEIHANG UNIVERSITY PRESS



手把手教你学系列丛书

# 手把手教你学 单片机 C 程序设计 (第 2 版)

周兴华 编著  
周兴华单片机培训中心 策划

北京航空航天大学出版社

## 内 容 简 介

以实践为主线,以生动短小的实例为灵魂,穿插介绍C语言的语法及其针对单片机的特别定义,使理论与实践结合,使读者掌握单片机的C语言编程。内容包括:C语言的基础知识、Keil软件的使用、程序的编写与调试方法及其他相关知识。随书光盘提供了书中所有实验程序代码和多媒体教学例程,包括Keil C51安装演示、Keil C51实际操作演示和程序的下载实际操作演示动画等。

本书可作为中高等职业学校、电视大学等的教学用书,也可作为单片机爱好者自学单片机C语言的教材。

### 图书在版编目(CIP)数据

手把手教你学单片机C程序设计 / 周兴华编著. -- 2  
版. -- 北京:北京航空航天大学出版社,2014.3  
ISBN 978-7-5124-1367-2

I. ①手… II. ①周… III. ①单片微型计算机—C语言—程序设计 IV. ①TP368.1②TP312

中国版本图书馆CIP数据核字(2014)第026981号

版权所有,侵权必究。

### 手把手教你学单片机C程序设计(第2版)

周兴华 编著

周兴华单片机培训中心 策划

责任编辑 张楠 王松

\*

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(邮编100191) <http://www.buaapress.com.cn>

发行部电话:(010)82317024 传真:(010)82328026

读者信箱:emsbook@gmail.com 邮购电话:(010)82316936

涿州市新华印刷有限公司印装 各地书店经销

\*

开本:710×1 000 1/16 印张:27.25 字数:581千字

2014年3月第2版 2014年3月第1次印刷 印数:4 000册

ISBN 978-7-5124-1367-2 定价:59.00元(含光盘1张)

---

若本书有倒页、脱页、缺页等印装质量问题,请与本社发行部联系调换。联系电话:(010)82317024

# 第2版前言

作者从20世纪80年代初就开始了电子制作实践,从刚开始装收音机、耳塞机之类的,到后来的对讲机、电视机等,一直到最后搞自动化控制,由于采用的是晶体管分立件电路或集成电路与晶体管混合式电路,系统变得越来越复杂,调试、排错与修理也越来越麻烦。

自从单片机问世后,作者就知道了它的巨大作用。单片机——单片微型计算机,即单片微电脑!用它来取代经典电子控制电路,具有体积小、元件省、功能强、可靠性高、应用灵活等突出优点。有人曾戏称,一条软件指令可取代好几个晶体管或数字逻辑单元,其实一点也不为过。

作者较早接触单片机并将其应用于自动控制领域内,多年的实践经验是一笔宝贵的财富。因此,自从作者以实践为主的入门书籍《手把手教你学单片机》出版后,受到广大学生、工程技术人员、电子爱好者的热烈欢迎。该书教学方式新颖独特,入门难度也明显降低,结合边学边练的实训模式,很快有一大批读者入了单片机这扇门。该书上市仅一年多,就已重印多次,由此可知该书对单片机初学及入门有着巨大的帮助作用。该书使一大批读者从传统的电子技术领域步入了微型计算机领域,进入了一个崭新的天地。

《手把手教你学单片机》一书是以汇编语言为主进行讲解实验的,作为初学者必须掌握汇编语言的基本设计方法,因为汇编语言直接操作计算机的硬件,学习汇编语言对于了解单片机的硬件构造是有帮助的。但是许多读者发现,采用汇编语言编写单片机应用系统程序的周期长,而且调试和排错也比较困难。随着社会竞争的日益激烈,开发效率已成为商战制胜的重要法宝之一。

为了提高编制计算机系统和应用程序的效率,改善程序的可读性和可移植性,最好的办法是采用高级语言编程。目前,C语言逐渐成为国内外开发单片机的主流语言。用C语言来编写目标系统软件,会大大缩短开发周期,增加软件的可读性,且便于改进和扩充,从而研制出规模更大、性能更完备的系统;并且,采用C语言编写的程序能够很容易地在不同类型的计算机之间进行移植。因此,用C语言进行单片机程序设计是单片机开发与应用的必然趋势。

单片机是一门实践性极强的技术。实践与统计表明,如果不花费大量的时间进行实践、实验,那么很少有人能真正掌握单片机技术。《手把手教你学单片机C程序设计》教学方式同《手把手教你学单片机》如出一辙,主要也是通过具体的实践、实战,

一步步深入,使读者在无形中“天天有进步,年年有收获”。读者只要将每章的实验内容做了,理解了,吃透了,那么当学完了整本书之后,读者的能力将会提升到一个新的高度——可以独立、高效地研发复杂产品,其前途当然与从前相比不可同日而语。

学单片机切记:实践,实践,再实践!

考虑到有些读者初学 C 语言的接受能力与学习成本,学习时主要采用“程序完成后软件仿真(也可进行简易的在线仿真,见第 2 章中有关“51 MCU DEMO 试验板”的介绍)→单片机下载程序→试验板通电实验”的方法,这样,其实验器材(不包括 PC 机)的基本配置仅 200 多元。即使按照完全配置,也不到 400 元。对大部分的单片机爱好者来说都有这个经济承受能力。

参与本书编写工作的主要人员有周兴华、吕超亚、傅飞峰、周济华、沈惠莉、周渊、周国华、丁月妹、周晓琼、钱真、周桂华、刘卫平、周军、李德英、朱秀娟、刘君礼、毛雪琼、邱华锋、胡颖静、吴辉东、冯骏、孔雪莲等,全书由周兴华统稿并审校。

本书的编写工作得到了北京航空航天大学何立民教授的关注与鼓励,北京航空航天大学出版社的胡晓柏编辑也做了大量耐心细致的工作,使得本书得以顺利完成,在此表示衷心感谢。

由于作者水平有限,书中必定还存在不妥之处,诚挚欢迎广大读者提出意见并不吝赐教。

周兴华

2014 年 2 月

本书所配的实验器材如下:

- 51 MCU DEMO 试验板;
- USBasp 程序下载器;
- 16×2 字符型液晶显示模组(带背光照明);
- 128×64 点阵图形液晶显示模组(带背光照明);
- 5 V 高稳定专用稳压电源;
- 配套软件。

读者朋友如自制或购买以上实验器材有困难时,可与作者联系,咨询购买事宜。

联系方式如下:

地址:上海市闵行区莲花路 2151 弄 57 号 201 室

邮编:201103

联系人:周兴华

电话:021-64654216      13774280345

技术支持 E-mail: zxb2151@sohu.com

zxb2151@yahoo.com.cn

作者主页: <http://www.hlelectron.com>



## 第1章 概 述

- 1.1 高效率的 C 语言编程 ..... 1
- 1.2 C 语言具有突出的优点 ..... 2

## 第2章 单片机简史及实验器材简介

- 2.1 单片机的发展简史及特点 ..... 4
- 2.2 单片机 C 语言入门的有效途径 ..... 5
- 2.3 实验器材介绍 ..... 6

## 第3章 Keil C51 集成开发环境及并口下载软件介绍

- 3.1 Keil C51 集成开发平台安装 ..... 13
- 3.2 USBasp 程序下载软件的安装 ..... 15

## 第4章 单片机基本知识及第一个 C51 程序

- 4.1 MCS-51 单片机的基本结构 ..... 21
- 4.2 80C51 的基本特征及引脚定义 ..... 22
- 4.3 80C51 的内部结构 ..... 24
- 4.4 80C51 的存储器配置和寄存器 ..... 26
- 4.5 第一个 C51 演示程序及效果 ..... 29

## 第5章 C 语言程序的基本结构

- 5.1 函数调用实验 ..... 37
- 5.2 C 语言程序的组成结构 ..... 39
- 5.3 主函数实验 ..... 40
- 5.4 文件包含处理 ..... 42
- 5.5 通用的 C 语言程序组成结构 ..... 44
- 5.6 函数连接实验一 ..... 46
- 5.7 函数连接实验二 ..... 48

## 第6章 C 语言的标识符、关键字和数据类型

- 6.1 标识符和关键字 ..... 52
- 6.2 4 个 LED 数码管从左至右显示“1234” ..... 54
- 6.3 数据类型 ..... 57
- 6.4 8 个 LED 数码管从左至右扫描显示“00000000”(一) ..... 59
- 6.5 8 个 LED 数码管从左至右扫描显示“00000000”(二) ..... 62
- 6.6 变量的数据类型选择 ..... 62

|                             |                        |     |
|-----------------------------|------------------------|-----|
| 6.7                         | 数据类型之间的转换              | 63  |
| 6.8                         | 无符号字符型变量值与无符号整型变量值相乘实验 | 63  |
| 6.9                         | 无符号整型变量值与无符号整型变量值相乘实验  | 65  |
| <b>第 7 章 常量、变量及存储器类型</b>    |                        |     |
| 7.1                         | 常量                     | 68  |
| 7.2                         | 乘法运算:两个乘数分别为常量与变量      | 68  |
| 7.3                         | 变量                     | 70  |
| 7.4                         | 存储器类型                  | 70  |
| 7.5                         | 两个局部变量 val1、val2 的显示实验 | 73  |
| 7.6                         | 全局变量 globe_x 的显示实验     | 75  |
| <b>第 8 章 编译预处理及重新定义数据类型</b> |                        |     |
| 8.1                         | 宏定义                    | 79  |
| 8.2                         | 两数相加并输出结果实验            | 80  |
| 8.3                         | 使用带参数的宏定义进行运算          | 82  |
| 8.4                         | 文件包含                   | 84  |
| 8.5                         | 条件编译                   | 85  |
| 8.6                         | 重新定义数据类型               | 86  |
| 8.7                         | 8 个 LED 模拟彩灯闪烁实验       | 87  |
| <b>第 9 章 运算符与表达式</b>        |                        |     |
| 9.1                         | 算术运算符与表达式              | 89  |
| 9.2                         | 数学运算与显示实验              | 90  |
| 9.3                         | 关系运算符与表达式              | 92  |
| 9.4                         | 输入数的大小比较及判断实验          | 92  |
| 9.5                         | 逻辑运算符与表达式              | 95  |
| 9.6                         | 赋值运算符与表达式              | 96  |
| 9.7                         | 逻辑判断实验                 | 97  |
| 9.8                         | 自增和自减运算符与表达式           | 100 |
| 9.9                         | 自增运算 a++ 和 ++b 实验      | 100 |
| 9.10                        | 逗号运算符与表达式              | 102 |
| 9.11                        | 条件运算符与表达式              | 102 |
| 9.12                        | 位运算符与表达式               | 102 |
| 9.13                        | 两个变量 x、y 的位运算实验        | 103 |
| 9.14                        | 强制类型转换运算符与表达式          | 105 |
| 9.15                        | sizeof 运算符与表达式         | 106 |
| <b>第 10 章 表达式语句与复合语句</b>    |                        |     |
| 10.1                        | 表达式语句                  | 107 |
| 10.2                        | 复合语句实验                 | 108 |
| 10.3                        | 程序的结构化设计               | 111 |

|                                |                                |     |
|--------------------------------|--------------------------------|-----|
| 10.4                           | 条件语句与控制结构                      | 112 |
| 10.5                           | 条件语句实验一                        | 112 |
| 10.6                           | 条件语句实验二                        | 114 |
| <b>第 11 章 switch/case 开关语句</b> |                                |     |
| 11.1                           | switch/case 开关语句的组成形式          | 117 |
| 11.2                           | switch/case 开关语句实验             | 118 |
| 11.3                           | 循环语句                           | 123 |
| 11.4                           | while 语句实验                     | 125 |
| 11.5                           | for 语句实验                       | 127 |
| 11.6                           | goto 语句                        | 128 |
| 11.7                           | break 语句和 continue 语句          | 128 |
| 11.8                           | break 语句实验                     | 129 |
| 11.9                           | continue 语句实验                  | 131 |
| <b>第 12 章 函数的定义</b>            |                                |     |
| 12.1                           | 函数定义的一般形式                      | 133 |
| 12.2                           | 函数的参数和函数返回值                    | 134 |
| 12.3                           | 无参数函数、有参数函数及空函数                | 134 |
| 12.4                           | 函数调用的三种方式                      | 135 |
| 12.5                           | 对被调用函数的说明                      | 136 |
| 12.6                           | 参数传递的函数调用实验                    | 136 |
| 12.7                           | 三个数大小自动排列实验                    | 139 |
| 12.8                           | 华氏-摄氏温度转换的仪器实验                 | 141 |
| <b>第 13 章 数 组</b>              |                                |     |
| 13.1                           | 一维数组的定义                        | 147 |
| 13.2                           | 二维及多维数组的定义                     | 148 |
| 13.3                           | 字符数组                           | 149 |
| 13.4                           | 数组元素赋初值                        | 149 |
| 13.5                           | 数组作为函数的参数                      | 150 |
| 13.6                           | 数组显示实验                         | 150 |
| 13.7                           | 输入 10 个整数(0~999 之间),输出其中的最大数实验 | 156 |
| 13.8                           | 选择法数组排序显示实验                    | 162 |
| 13.9                           | 模拟花样广告灯显示实验                    | 165 |
| <b>第 14 章 指 针</b>              |                                |     |
| 14.1                           | 指针与地址                          | 168 |
| 14.2                           | 指针变量的定义                        | 169 |
| 14.3                           | 指针变量的引用                        | 169 |
| 14.4                           | 数组指针与指向数组的指针变量                 | 170 |
| 14.5                           | 指针变量的运算                        | 171 |

|                                 |                               |     |
|---------------------------------|-------------------------------|-----|
| 14.6                            | 指向多维数组的指针和指针变量                | 171 |
| 14.7                            | 直接引用变量和间接引用变量实验               | 172 |
| 14.8                            | 下标法和指针法引用数组元素实验               | 174 |
| 14.9                            | 地址传递的函数调用实验                   | 175 |
| 14.10                           | 用数组名作为函数的参数进行传递实验             | 178 |
| <b>第 15 章 结构体、共用体及枚举</b>        |                               |     |
| 15.1                            | 结构体的概念                        | 181 |
| 15.2                            | 结构体类型变量的定义                    | 181 |
| 15.3                            | 关于结构体类型有几点需要注意的地方             | 183 |
| 15.4                            | 结构体变量的引用                      | 183 |
| 15.5                            | 结构体变量的初始化                     | 184 |
| 15.6                            | 结构体数组                         | 184 |
| 15.7                            | 指向结构体类型数据的指针                  | 185 |
| 15.8                            | 用指向结构体变量的指针引用结构体成员            | 185 |
| 15.9                            | 指向结构体数组的指针                    | 186 |
| 15.10                           | 将结构体变量和指向结构体的指针作函数参数          | 186 |
| 15.11                           | 共用体的概念                        | 186 |
| 15.12                           | 共用体类型变量的定义                    | 186 |
| 15.13                           | 共用体变量的引用                      | 188 |
| 15.14                           | 枚举类型                          | 188 |
| 15.15                           | 计时器设计(待显时间存放于结构体变量中)实验        | 189 |
| 15.16                           | 跑表设计(计时时间存放于结构体变量中)实验         | 193 |
| 15.17                           | 计时器设计(计时时间存放于共用体变量中)实验        | 201 |
| 15.18                           | 枚举类型实验                        | 206 |
| <b>第 16 章 定时器/计数器控制及 C51 编程</b> |                               |     |
| 16.1                            | 定时器/计数器的结构及工作原理               | 209 |
| 16.2                            | 定时器/计数器方式寄存器 TMOD 和控制寄存器 TCON | 210 |
| 16.3                            | 定时器/计数器的工作方式                  | 212 |
| 16.4                            | 定时器/计数器的初始化                   | 215 |
| 16.5                            | 蜂鸣器发音实验                       | 215 |
| 16.6                            | 定时器 T1 以方式 1 计数实验             | 217 |
| 16.7                            | 定时器 T0 以方式 2 定时实验             | 220 |
| <b>第 17 章 串行接口及 C51 编程</b>      |                               |     |
| 17.1                            | 串行口的控制与状态寄存器 SCON             | 223 |
| 17.2                            | 特殊功能寄存器 PCON                  | 224 |
| 17.3                            | 串行口的工作方式                      | 226 |
| 17.4                            | 波特率选择                         | 227 |
| 17.5                            | 单片机与 PC 机的通信实验 1              | 228 |

|                                                    |                                                           |     |
|----------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------|-----|
| 17.6                                               | 单片机与 PC 机的通信实验 2 .....                                    | 232 |
| 17.7                                               | 在 51 MCU DEMO 试验板上,进行单片机与 PC 机(个人电脑)的模拟<br>485 通信试验 ..... | 238 |
| <b>第 18 章 中断控制及 C51 编程</b>                         |                                                           |     |
| 18.1                                               | 中断的种类 .....                                               | 246 |
| 18.2                                               | MCS-51 单片机的中断系统 .....                                     | 246 |
| 18.3                                               | 编写 80C51 单片机中断函数时应严格遵循的规则 .....                           | 251 |
| 18.4                                               | 外中断实验 .....                                               | 251 |
| 18.5                                               | 定时中断实验 .....                                              | 254 |
| 18.6                                               | 简易万年历实例 .....                                             | 256 |
| 18.7                                               | 单片机使用定时器及中断演奏音乐 .....                                     | 260 |
| 18.8                                               | 交通灯实验 .....                                               | 264 |
| <b>第 19 章 键盘接口技术及 C51 编程</b>                       |                                                           |     |
| 19.1                                               | 独立式键盘 .....                                               | 269 |
| 19.2                                               | 行列式键盘 .....                                               | 270 |
| 19.3                                               | 独立式键盘接口的编程模式 .....                                        | 270 |
| 19.4                                               | 行列式键盘接口的编程模式 .....                                        | 271 |
| 19.5                                               | 键盘工作方式 .....                                              | 271 |
| 19.6                                               | 独立式键盘输入实验 .....                                           | 272 |
| 19.7                                               | 行列式键盘输入实验 .....                                           | 274 |
| 19.8                                               | 扫描方式的键盘输入实验 .....                                         | 277 |
| 19.9                                               | 定时中断方式的键盘输入实验 .....                                       | 280 |
| <b>第 20 章 LED 显示器接口技术及 C51 编程</b>                  |                                                           |     |
| 20.1                                               | LED 数码显示器构造及特点 .....                                      | 285 |
| 20.2                                               | LED 数码显示器显示方法 .....                                       | 286 |
| 20.3                                               | 静态显示实验 .....                                              | 288 |
| 20.4                                               | 慢速扫描动态显示实验 .....                                          | 290 |
| 20.5                                               | 快速扫描动态显示实验 .....                                          | 292 |
| 20.6                                               | 实时时钟实验 .....                                              | 293 |
| <b>第 21 章 I<sup>2</sup>C 串行接口器件 24C01 及 C51 编程</b> |                                                           |     |
| 21.1                                               | EEPROM AT24CXX 的性能特点 .....                                | 298 |
| 21.2                                               | AT24CXX 系列 EEPROM 芯片的寻址 .....                             | 301 |
| 21.3                                               | 写操作方式 .....                                               | 302 |
| 21.4                                               | 读操作方式 .....                                               | 303 |
| 21.5                                               | 读写 AT24C01 的相关功能子函数 .....                                 | 304 |
| 21.6                                               | 读写 AT24C01 实验 .....                                       | 307 |
| 21.7                                               | 具有断电后记忆定时时间的实时时钟实验 .....                                  | 313 |

**第 22 章 16×2 点阵字符液晶模块及 C51 驱动**

|       |                                           |     |
|-------|-------------------------------------------|-----|
| 22.1  | 16×2 点阵字符液晶显示器概述 .....                    | 328 |
| 22.2  | 液晶显示器的突出优点 .....                          | 329 |
| 22.3  | 16×2 字符型液晶显示模块的特性 .....                   | 329 |
| 22.4  | 16×2 字符型液晶显示模块的引脚及功能 .....                | 329 |
| 22.5  | 16×2 字符型液晶显示模块的内部结构 .....                 | 330 |
| 22.6  | 液晶显示控制驱动集成电路 HD44780 的特点 .....            | 331 |
| 22.7  | HD44780 的工作原理 .....                       | 332 |
| 22.8  | LCD 控制器的指令 .....                          | 336 |
| 22.9  | LCM 工作时序 .....                            | 339 |
| 22.10 | 16×2 点阵字符液晶模块与单片机的连接方式 .....              | 340 |
| 22.11 | 16×2 点阵字符液晶模块及 C51 驱动子函数 .....            | 340 |
| 22.12 | 在 51 MCU DEMO 试验板上实现 16×2LCM 演示程序 1 ..... | 343 |
| 22.13 | 在 51 MCU DEMO 试验板上实现 16×2LCM 演示程序 2 ..... | 348 |
| 22.14 | 设计一个液晶显示的 4 位整数运算计算器 .....                | 353 |
| 22.15 | 液晶显示高精度温度测试仪的设计及实验 .....                  | 366 |

**第 23 章 点阵图形液晶模块及 C51 编程**

|       |                                  |     |
|-------|----------------------------------|-----|
| 23.1  | 128×64 点阵图形液晶模块的特性 .....         | 381 |
| 23.2  | 128×64 点阵图形液晶模块的引脚及功能 .....      | 381 |
| 23.3  | 128×64 点阵图形液晶模块的内部结构 .....       | 382 |
| 23.4  | HD61203 的特点 .....                | 384 |
| 23.5  | HD61202 的特点 .....                | 385 |
| 23.6  | HD61202 的工作原理 .....              | 386 |
| 23.7  | HD61202 的工作过程 .....              | 390 |
| 23.8  | 点阵图形液晶模块的控制器指令 .....             | 390 |
| 23.9  | HD61202 的操作时序图 .....             | 392 |
| 23.10 | 128×64 点阵图形液晶模块与单片机的连接方式 .....   | 393 |
| 23.11 | 128×64 点阵图形液晶模块及 C51 驱动子函数 ..... | 394 |
| 23.12 | 128×64LCM 演示程序 1 .....           | 396 |
| 23.13 | 128×64LCM 演示程序 2 .....           | 405 |

**第 24 章 AT89S51 看门狗定时器原理及应用**

|      |                       |     |
|------|-----------------------|-----|
| 24.1 | 看门狗定时器原理 .....        | 420 |
| 24.2 | 看门狗实验：“流水灯”实验 1 ..... | 421 |
| 24.3 | 看门狗实验：“流水灯”实验 2 ..... | 423 |

**参考文献**

# 第 1 章

## 概 述

自从出版了《手把手教你学单片机》一书后,由于其教学方式新颖独特,入门难度明显降低,结合边学边练的实训模式,很快有一大批读者入了单片机这扇门;使不少读者从传统的电子技术领域步入了微型计算机领域,进入了一个崭新的天地。

《手把手教你学单片机》一书是以汇编语言为主进行实验讲解的,作为初学者必须基本掌握汇编语言的设计方法,因为汇编语言直接操作计算机的硬件,学习汇编语言对于了解单片机的硬件构造是有帮助的。

从前,汇编语言是单片机工程师进行软件开发的唯一选择,但汇编语言程序的可读性和可移植性较差,采用汇编语言编写单片机应用系统程序的周期长,而且调试和排错也比较困难。许多读者发现,采用汇编语言设计一个大型复杂程序时,可读性较差,往往隔一段时间再看,又要花脑力从头再来。随着社会竞争的日益激烈,开发效率已成为商战制胜的重要法宝之一。

### 1.1 高效率的 C 语言编程

为了提高编制计算机系统和应用程序的效率,改善程序的可读性和可移植性,最好的办法是采用高级语言编程。目前,C 语言逐渐成为国内外开发单片机的主流语言。

C 语言是一种通用的编译型结构化计算机程序设计语言,在国际上十分流行,它兼顾了多种高级语言的特点,并具备汇编语言的功能。它支持当前程序设计中广泛采用的由顶向下的结构化程序设计技术。一般的高级语言难以实现汇编语言对于计算机硬件直接进行操作(如对内存地址的操作、移位操作等)的功能,而 C 语言既具有一般高级语言的特点,又能直接对计算机的硬件进行操作。C 语言有功能丰富的库函数,运算速度快,编译效率高,并且采用 C 语言编写的程序能够很容易地在不同类型的计算机之间进行移植。因此,C 语言的应用范围越来越广泛。

用 C 语言来编写目标系统软件,会大大缩短开发周期,增加软件的可读性,便于

改进和扩充,从而研制出规模更大、性能更完备的系统。

因此,用 C 语言进行单片机程序设计是单片机开发与应用的必然趋势。对汇编语言掌握到只要可以读懂程序,在时间要求比较严格的模块中进行程序的优化即可。采用 C 语言进行设计也不必对单片机和硬件接口的结构有很深入的了解,编译器可以自动完成变量存储单元的分配,编程者就可以专注于应用软件部分的设计,大大加快了软件的开发速度。采用 C 语言可以很容易地进行单片机的程序移植工作,有利于产品中的单片机重新选型。

C 语言的模块化程序结构特点,可以使程序模块共享,不断丰富。C 语言可读性的特点,使大家可以更容易地借鉴前人的开发经验,提高自己的软件设计水平。采用 C 语言,可针对单片机常用的接口芯片编制通用的驱动函数,可针对常用的功能模块、算法等编制相应的函数。这些函数经过归纳整理可形成专家库函数,供广大的工程技术人员和单片机爱好者使用和完善,这样可大大提高国内单片机软件设计水平。

过去长时间困扰人们的“高级语言产生代码太长,运行速度太慢,不适合单片机使用”的致命缺点已被大幅度地克服。目前,51 系列单片机的 C 语言代码长度,在未加入人工优化的条件下,已经做到了最优汇编程序水平的 1.2~1.5 倍。可以说,已超过中等程序员水平。51 系列单片机中,片上 ROM 空间做到 32/64 KB 的比比皆是,代码效率所差的 10%~20%已经不是重要问题。关于执行速度的问题,只要有仿真器的帮助,用人工优化关键代码就是很简单的事了。至于谈到开发速度、软件质量、结构严谨、程序坚固等方面,则 C 语言的完美绝非是汇编语言编程所能比拟的。

## 1.2 C 语言具有突出的优点

### 1. 语言简洁,使用方便灵活

C 语言是现有程序设计语言中规模最小的语言之一,而小的语言体系往往能设计出较好的程序。C 语言的关键字很少,ANSI C 标准一共只有 32 个关键字,9 种控制语句,压缩了一切不必要的成分。C 语言的书写形式比较自由,表达方法简洁,使用一些简单的方法就可以构造出相当复杂的数据类型和程序结构。

### 2. 可移植性好

用过汇编语言的读者都知道,即使是功能完全相同的一种程序,对于不同的单片机,必须采用不同的汇编语言来编写。这是因为汇编语言完全依赖于单片机硬件。C 语言是通过编译来得到可执行代码的,统计资料表明,不同机器上的 C 语言编译程序 80%的代码是公共的,C 语言的编译程序便于移植,因此在一种单片机上使用的 C 语言程序,可以不加修改或稍加修改即可方便地移植到另一种结构类型的单片机上去。

### 3. 表达能力强

C 语言具有丰富的数据结构类型,可以根据需要采用整型、实型、字符型、数组类

型、指针类型、结构类型、联合类型、枚举类型等多种数据类型来实现各种复杂数据结构的运算。C 语言还具有多种运算符,灵活使用各种运算符可以实现其他高级语言难以实现的运算。

#### 4. 表达方式灵活

利用 C 语言提供的多种运算符,可以组成各种表达式,还可采用多种方法来获得表达式的值,从而使用户在程序设计中具有更大的灵活性。C 语言的语法规则不太严格,程序设计的自由度比较大,程序的书写格式自由灵活。程序主要用小写字母来编写,而小写字母是比较容易阅读的。这些充分体现了 C 语言灵活、方便和实用的特点。

#### 5. 可进行结构化程序设计

C 语言是以函数作为程序设计的基本单位的,C 语言程序中的函数相当于汇编语言中的子程序。C 语言对于输入和输出的处理也是通过函数调用来实现的。各种 C 语言编译器都会提供一个函数库,其中包含许多标准函数,如各种数学函数、标准输入/输出函数等。此外 C 语言还具有自定义函数的功能,用户可以根据自己的需要编制满足某种特殊需要的自定义函数。实际上,C 语言程序就是由许多个函数组成的,一个函数相当于一个程序模块,因此 C 语言可以很容易地进行结构化程序设计。

#### 6. 可以直接操作计算机硬件

C 语言具有直接访问单片机物理地址的能力,可以直接访问片内或片外存储器,还可以进行各种位操作。

#### 7. 生成的目标代码质量高

众所周知,汇编语言程序目标代码的效率是最高的,这就是汇编语言仍是编写计算机系统软件的重要工具的原因。但是统计表明,对于同一个问题,用 C 语言编写的程序生成代码的效率仅比用汇编语言编写的程序低 10%~20%。目前,世界上最好的 51 系列单片机的 C 编译器之一——Keil C51,能够产生形式非常简洁、效率极高的程序代码,在代码质量上可以与汇编语言程序相媲美。

尽管 C 语言具有很多的优点,但和其他任何一种程序设计语言一样也有其自身的缺点,例如不能自动检查数组的边界,各种运算符的优先级别太多,某些运算符具有多种用途等。但总的来说,C 语言的优点远远超过了它的缺点。经验表明,程序设计人员一旦学会使用 C 语言之后,就会对它爱不释手,尤其是单片机应用系统的程序设计人员更是如此。

针对 51 系列单片机的 C 语言编程,俗称 C51,其编译器称 C51 编译器。目前,世界上 51 单片机中功能最先进、最强大的 C 编译器之一是德国 Keil 公司的 Keil C51。

## 第 2 章

# 单片机简史及实验器材简介

### 2.1 单片机的发展简史及特点

自从 1945 年世界上第一台电子管数字计算机 ENIAC 在美国宾夕法尼亚大学诞生至今,计算机技术取得了突飞猛进的发展。一方面,计算机向着高速、智能化的巨型超级机方向发展,运算速度已达数十万亿次每秒;另一方面,计算机则向着微型化的方向发展,一个纯单片的微型计算机的体积比人的指甲还小。一个典型的数字计算机系统,应包括运算器、控制器、数据与程序存储器、输入/输出接口四大部分。如果将它们集成在一小块硅片上,就构成了微型单片计算机,简称单片机。

1975 年,美国德州仪器公司(Texas Instruments)的第一个单片机 TMS-1000 问世。迄今为止,仅 30 多年的时间,单片机技术已成为计算机技术的一个重要分支,单片机的应用领域也越来越广泛,特别是在工业自动化控制和仪器仪表智能化中扮演着极其重要的角色。

单片机除了具备一般微型计算机的功能外,还增强实时控制能力,绝大部分单片机的芯片上集成有定时器/计数器,某些增强型单片机还带有 A/D 转换器、D/A 转换器、语音控制、WDT、PWM 等功能部件。单片机结构上的设计主要是面向控制的需要,因此,它在硬件结构、指令系统和 I/O 功能等方面均有独特之处,其显著特点之一就是具有非常有效的控制功能,为此,又称为微控制器 MCU(MicroController Unit)。所以,单片机不但与一般的微处理机一样,是一个有效的数据处理机,而且还是一个功能很强的过程控制机。

随着世界各大半导体厂商竞相研制和开发各种单片机,目前单片机的产品已达数百种系列,上千种型号,就字长而言,发展方向主要是 8 位和 32 位机,4 位机面临淘汰,16 位机形成不了气候。

单片机自诞生以来由于其固有的优点——低成本,小体积,高可靠性,具有高附加值,通过更改软件就可改变控制对象等,已越来越成为电子工程师设计产品时的首选器件之一。过去一个复杂电路才能完成的功能,也许现在用一个纯单片机芯片就能实现。目前,单片机控制系统正以空前的速度取代着经典电子控制系统。单片机的应用开发技术,已成为当代大学生、电子工程师、电子爱好者的必备技能。

## 2.2 单片机 C 语言入门的有效途径

对一个初学单片机 C 语言的人来说,学习的方法和途径非常重要。如果按教科书式的学法,上来就是一大堆语法、名词,学了半天还搞不清起什么作用,能够产生什么实际效果,那么也许用不了几天就会觉得枯燥乏味而半途而废。所以学习与实践相结合是一个好方法,边学习、边演练,这样用不了几次就能将所学的语法、语句理解、吃透、扎根于脑海。

单片机是一门实践性极强的技术,实践与统计表明,如果不花费大量的时间进行实践、实验,那么很少有人能真正掌握单片机技术,光看书不动手,等于是纸上谈兵!因此,《手把手教你学单片机 C 程序设计》主要是通过不断地实践、实战,一步步深入,使读者在无形中“天天有进步,年年有收获”。读者只要将每一章的实验内容做了、理解了、吃透了,那么等到把书学完了再回头看看,读者的能力会提升到一个新的高度,这时就可以快速高效地独立研发产品了。

学单片机切记:实践出真知!实践,实践,再实践!

目前单片机品种很多,但最具代表性的当属 Intel 公司的 MCS-51 单片机系列。MCS-51 以其典型的结构、完善的总线、SFR(特殊功能寄存器)的集中管理模式、位操作系统和面向控制功能的丰富指令系统,为单片机的发展奠定了良好的基础。凡是学过 MCS-51 单片机的人再去学习其他类型的单片机易如反掌,因此,目前学校的教学及初学者入门学习大多采用 MCS-51 教材。本书的学习内容也是 MCS-51 系列,实验时采用 Atmel 公司的 89S51(也可使用飞利浦公司的 P89C51、华邦公司的 W78E51B、Hyundai 公司的 GMS97C51 等)单片机,89S51 与 Intel 公司的 8031 引脚排列完全一致,内部具有 128 字节 RAM,5 个中断源,32 条 I/O 口线,2 个 16 位定时器,4 KB 可编程快闪存储器(可重复擦写 1000 次,数据保存达 10 年以上),三级程序加密锁定,工作电压 5 V,工作频率 0~33 MHz。

MCS-51 单片机的内部基本结构如图 2.1 所示。

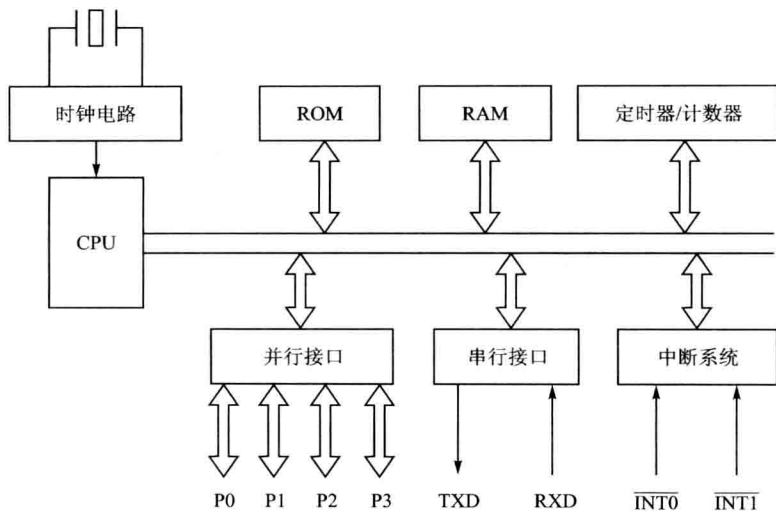


图 2.1 MCS-51 单片机的内部基本结构

## 2.3 实验器材介绍

初学单片机 C 语言时必须用到的实验器材如下：

- ① Keil C51 Windows 集成开发环境(已汉化)。
- ② 51 MCU DEMO 试验板。
- ③ USBasp 程序下载器。
- ④ 16×2 字符型液晶显示模组。
- ⑤ 128×64 点阵图形液晶显示模组。
- ⑥ 5 V 高稳定专用稳压电源。
- ⑦ 一台奔腾及以上的家用电脑(PC 机)。

下面简单介绍一下这些实验工具及器材。

### 1. Keil C51 Windows 集成开发环境

Keil C51 是目前世界上最优秀、最强大的 51 单片机开发应用平台之一,它集编辑、编译、仿真于一体,支持汇编、PL/M 语言和 C 语言的程序设计,界面友好,易学易用。它内嵌的仿真调试软件可以让用户采用模拟仿真和实时在线仿真两种方式对目标系统进行开发。软件仿真时,除了可以模拟单片机的 I/O 口、定时器、中断外,甚至可以仿真单片机的串行通信。图 2.2 为 Keil C51 的工作界面。

### 2. 51 MCU DEMO 试验板

51 MCU DEMO 试验板为多功能的 51 单片机开发试验板,对于入门实习特别有效,板上设计与 PC 机的通信电平转换电路驱动 16×2 字符液晶及 128×64 点