

21天学通 51单片机开发 (第2版)

• 陆彬 编著 •

16
小时多媒体
语音视频教学
DVD

本书特色

- 基础知识→核心技术→典型实例→综合练习→项目案例
- 216个典型实例、29个综合练习、50个简答题、168个上机操作题
- 一线开发人员全程贴心讲解，上手毫不费力

超值DVD

- 16小时多媒体语音视频教学
- 本书源代码
- 本书电子教案 (PPT)

21天学编程系列

21天学通 51单片机开发

(第2版)

• 陆彬 编著 •

电子工业出版社

Publishing House of Electronics Industry

北京·BEIJING

内 容 简 介

本书系统地介绍了 51 系列单片机的基本概念、程序设计语言及硬件编程，并给出了一些常用的典型案例。本书言简意赅、通俗易懂，知识点覆盖全面，详细讲述了每个指令及功能的编程指南和实例，使读者能够更好地掌握 51 系列单片机的知识。

本书分 25 章，全面详细地讲述了单片机的原理、程序设计方法、编程指南及应用案例。首先介绍了 51 系列单片机的基础知识及基本结构，接着介绍了单片机的程序设计语言，包括汇编语言和单片机 C51 语言，其中 C51 语言是重点内容。然后结合单片机的各个功能部件详细讲解了单片机的硬件编程方法。最后还给出了在各个领域中常用到的一些典型案例，供读者在学习和工作中参考。

本书知识点覆盖全面、结构安排紧凑、讲解详细、实例丰富。51 系列单片机的初学者通过本书可以快速掌握单片机的程序设计技术。本书对具有一定开发经验的设计人员，也有很高的参考价值。

本书附赠 DVD 光盘 1 张，内容包括超大容量手把手教学视频、电子教案（PPT）。

未经许可，不得以任何方式复制或抄袭本书之部分或全部内容。
版权所有，侵权必究。

图书在版编目（CIP）数据

21 天学通 51 单片机开发 / 陆彬编著. —2 版. —北京：电子工业出版社，2011.9
(21 天学编程系列)
ISBN 978-7-121-14160-7

I. ①2… II. ①陆… III. ①单片微型计算机 IV. ①TP368.1

中国版本图书馆 CIP 数据核字（2011）第 146586 号

责任编辑：高洪霞

印 刷：

装 订：三河市鑫金马印装有限公司

出版发行：电子工业出版社

北京市海淀区万寿路 173 信箱 邮编 100036

开 本：787×1092 1/16 印张：26 字数：672 千字

印 次：2011 年 9 月第 1 次印刷

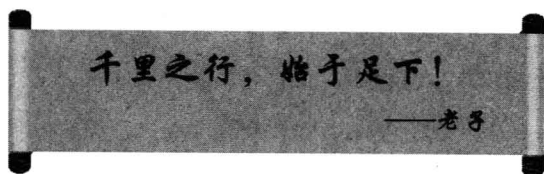
印 数：5000 册 定价：49.80 元（含 DVD 光盘 1 张）

凡所购买电子工业出版社图书有缺损问题，请向购买书店调换。若书店售缺，请与本社发行部联系，联系及邮购电话：（010）88254888。

质量投诉请发邮件至 zlts@phei.com.cn，盗版侵权举报请发邮件至 dbqq@phei.com.cn。

服务热线：（010）88258888。

本书特点



为什么要写这样一本书

单片机凭借其强大的可编程能力及高性价比，在现代电子设计领域中具有重要的地位。在越来越多的产品中可以看到单片机的身影。其中，51 系列单片机是市场上应用最广泛、性价比最高的单片机之一，使用 51 系列单片机进行设计的项目和开发人员都非常多。目前市面上关于单片机开发的书籍非常多，但是这些书有些过于技术化，入门者根本无法入手，有些书籍内容不全，无法让初学者对该技术得到全面的认识。

为了能让初次接触 51 系列单片机开发的爱好者快速而又轻松地学会单片机及其程序开发，笔者总结了自己学习单片机程序设计的经验，并结合多年实际开发的经验，编写了这本 51 系列单片机的基础教程。在本书中，笔者从最基础的概念入手，循序渐进地将 51 系列单片机开发和程序设计中的每个技术点展现在读者面前，力求让读者在最短的时间内高效地掌握 51 系列单片机开发的基础概念及技术要点。

本书有何特色

1. 细致体贴的讲解

为了让读者更快地上手，本书特别设计了适合初学者的学习方式，用准确的语言总结概念 \Rightarrow 用直观的图示演示过程 \Rightarrow 用详细的注释解释代码 \Rightarrow 用形象的比方帮助记忆。效果如下：

① **知识点介绍** 准确、清晰是其显著特点，一般放在每一节开始位置，让零基础的读者了解相关概念，顺利入门。

② **范例** 书中出现的完整实例，以章节顺序编号，便于检索和循序渐进地学习、实践，放在每节知识点介绍之后。

③ **范例代码** 与范例编号对应，层次清楚、语句简洁、注释丰富，体现了代码优美的原则，有利于读者养成良好的代码编写习惯。对于大段程序，均在每行代码前设定编号，便于学习。

④ **运行结果** 对范例给出运行结果和对应图示，帮助读者更直观地理解范例代码。

⑤ **代码解析** 将范例代码中的关键代码行逐一解释，有助于读者掌握相关概念和知识。

⑥ **综合练习** 为了便于读者巩固所学内容，本书每章中均提供了综合练习，并给出了操作提示和结果，配合读者自己动手实践。

⑦ **习题** 每章最后提供专门的测试习题，供读者检验所学知识是否牢固掌握，题目的提示或答案放在光盘中。

21 天学通 51 单片机开发 (第2版) 第 6 章 C51 的数组

数组是把相同数据类型的变量,按照顺序组织起来的一个集合,就像汽车上所有的座位构成一个座位一样。数组中的单个元素称为数组元素,这些数组元素可以是前面介绍的任何基本数据类型。数组从结构上来说是一种构造类型或者复合类型。广义地说,数组中的元素也可以是另一种复合类型。

6.4.4 二维字符串数组

多维数组用于字节数的计算,跟数组一样,为各个维度的乘积表示数组类型的字节数。例如,大小为 (10, 3, 9, 4) 的四维字符串数组需要 10×3×9×4 即 1080 字节的存储空间。如果数组大小为 (10, 3, 9, 4) 的四维整型数组,则需要占用 2160 字节。

这里,二维字符串数组中对字符串的使用跟从符合二维字符串数组的使用规则。这里举一个具体的例子程序,来讲解二维字符串数组的使用。

【例题 6-7】 示例代码 6-7 是一个二维字符串数组的示例程序。

示例代码 6-7

```

01 #include <stdio.h>           //头文件
02 #include <string.h>         //字符串函数
03 void main()                 //主函数
04 {
05     char str1[3][11]="He looks ",str2[3][11]="a good man"; //声明并初始化
06     char str2[2][14]="He looks ",str3[2][14]="a good man"; //声明并初始化
07     //char str2[2][11]="Good","morning!"; //错误,没有指定数组大小
08     int i,j;                 //定义整型变量
09     for(i=0;i<2;i++)        //循环遍历全部str1字符串元素
10     {
11         for(j=0;j<3;j++)    //循环遍历全部str2字符串元素
12             printf("%s",num1[i][j]);
13     }
14     for(i=0;i<2;i++)        //循环遍历全部str3字符串元素
15     {
16         for(j=0;j<3;j++)    //循环遍历全部str4字符串元素
17             printf("%s",num1[i][j]);
18     }
19 }

```

【注释】 例 6-7 使用 Keil uVision3 编译程序可以完成该程序的编译和仿真操作。该程序运行时的输出结果如下:

```

He looks a good man
He looks a good man

```

【代码解析】 在示例程序中,采用了两种字符串数组初始化的方法。第一种是进行赋值,特点是简单明了,而且可以省略字符串末尾的空字符,数组 str 的赋值便是采用的这种方法;第二种方法是逐个赋值,arr2 的赋值便是采用的这种方法,比较麻烦,而且需要手工添加空字符,因此不推荐使用。

6.6 综合练习

- 编写一个 2 维整型数组读写的程序。

【提示】

```

01 #include <stdio.h>
02 void main()
03 {
04     int i,j;                //声明变量
05     int num[3][3];          //声明 2 维数组
06     for(i=0;i<3;i++)        //数组初始化
07         for(j=0;j<3;j++)
08             printf("%d",num[i][j]);
09 }

```

2. 编写一个 2 维整型数组读写的程序。

【提示】

```

01 #include <stdio.h>
02 void main()
03 {
04     int i,j,k;              //声明变量
05     int num[3][3][3];       //声明 3 维数组
06     for(i=0;i<3;i++)        //数组初始化
07         for(j=0;j<3;j++)
08             for(k=0;k<3;k++)
09                 num[i][j][k]=j+k;
10     for(i=0;i<3;i++)        //输出数组元素
11         for(j=0;j<3;j++)
12             for(k=0;k<3;k++)
13                 printf("%d",num[i][j][k]);
14 }

```

6.7 小结

本章介绍了 C51 中常用的 3 种基本数据类型,即整型、浮点型和字符型。若结合前面章节的声明、标识及数组元素的初始化、访问,分别对 1 维数组、2 维数组和字符串数组进行了详细的讨论。另外,对特殊的字符串数组也进行了详细讲解。数组的概念涵盖了标准 C 语言的特点,又有其自身的特色,读者应该熟练掌握本章内容。

6.8 习题

- 填空题
 - 数组在声明的时候,_____表示了数组元素的数据类型,可以为_____,也可以为_____。
 - 在一维数组声明的初始化时,可以省略_____,而此时需要列出全部的数组元素的初始值。
- 选择题
 - 对于语句 int num[3] 声明的数组,下列哪个不是其中的元素()。
 - num[0]
 - num[1]
 - num[2]
 - num[3]

- 1
- 2
- 3
- 4
- 5
- 6

- 7
- 8

⑧ 贴心的提示 为了便于读者阅读,全书还穿插着一些技巧、提示等小贴士,体例约定如下:

- **提示:** 通常是一些贴心的提醒,让读者加深印象或提供建议,或者解决问题的方法。
- **注意:** 提出学习过程中需要特别注意的一些知识点和内容,或者相关信息。
- **警告:** 对操作不当或理解偏差将会造成的灾难性后果做警示,以加深读者印象。

经作者多年的培训和授课证明,以上讲解方式是最适合初学者学习的方式,读者按照这种方式,会非常轻松、顺利地掌握本书知识。

2. 实用超值的 DVD 光盘

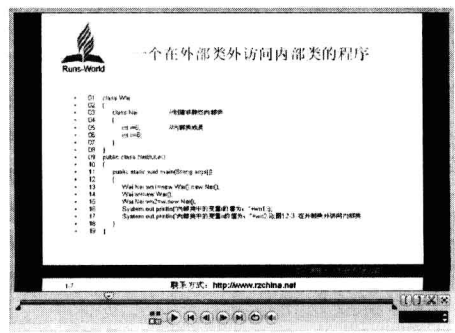
为了帮助读者比较直观地学习,本书附赠 DVD 光盘,内容包括多媒体视频、电子教案(PPT)、各章习题答案和实例源代码等。

14160 21天学通51单片机开发(第2版)

- 📁 电子教案(PPT)
- 📁 多媒体视频
- 📁 习题答案
- 📁 源文件

● 多媒体视频

配有长达 16 小时手把手教学视频,讲解关键知识点界面操作和书中的一些综合练习题。作者亲自配音、演示,手把手教会读者使用。



● 电子教案 (PPT)

本书可以作为高校相关课程的教材或课外辅导书, 所以笔者特别为本书制作了电子教案 (PPT), 以方便老师教学使用。



3. 提供完善的技术支持

本书提供了论坛: <http://www.rzchina.net>, 读者可以在上面提问交流。另外, 论坛上还有一些小的教程、视频动画和各种技术文章, 可帮助读者提高开发水平。

推荐的学习计划

本书作者在长期从事相关培训或教学实践过程中, 归纳了最适合初学者的学习模式, 并参考了多位专家的意见, 为读者总结了合理的学习时间分配方式, 列表如下:

推荐时间安排	自学目标 (框内打钩表示已掌握)	难度指数	
第 1 周	第 1 天	了解单片机发展历史、应用领域和发展方向 <input type="checkbox"/> 熟悉典型的 51 系列单片机引脚结构和功能 <input type="checkbox"/> 掌握 51 系列单片机的内部结构 <input type="checkbox"/> 了解 51 系列单片机的中央处理器结构 <input type="checkbox"/> 熟悉 51 系列单片机的存储器结构 <input type="checkbox"/> 掌握 51 系列单片机的指令时序 <input type="checkbox"/> 了解 51 系列单片机的掉电保护和低功耗模式 <input type="checkbox"/>	★
	第 2 天	能够根据自己的需要进行单片机的选型 <input type="checkbox"/> 能够顺利地搭建一个 51 单片机的硬件最小电路 <input type="checkbox"/> 能够顺利地搭建一个 Keil C51 软件开发环境 <input type="checkbox"/> 熟悉 Keil C51 软件的集成开发环境 <input type="checkbox"/>	★★
	第 3 天	熟悉和掌握汇编语言伪指令 <input type="checkbox"/> 掌握单片机汇编语言程序的格式 <input type="checkbox"/> 了解典型的汇编程序结构 <input type="checkbox"/> 能够在 Keil μ Vision3 集成开发环境中使用汇编语言 <input type="checkbox"/>	★★★
	第 4 天	了解单片机 C51 语言的标识符和关键字 <input type="checkbox"/> 熟悉单片机 C51 语言的数据类型和变量作用域 <input type="checkbox"/> 掌握各种常用的运算符和表达式 <input type="checkbox"/>	★★★★
	第 5 天	熟练掌握 C51 语言中的各种语句结构 <input type="checkbox"/> 熟悉 C51 不同语句的程序设计方法和功能用途 <input type="checkbox"/> 了解 C51 语言中常用的控制流程结构 <input type="checkbox"/>	★★★★★

续表

推荐时间安排		自学目标（框内打钩表示已掌握）	难度指数
第1周	第6天	了解数组的声明和表示 <input type="checkbox"/> 掌握数组元素的初始化方法 <input type="checkbox"/> 掌握和熟练运用一维数组和二维数组的使用 <input type="checkbox"/> 掌握和熟练运用字符串数组的使用 <input type="checkbox"/> 熟悉多维数组的使用 <input type="checkbox"/>	★★★★★
	第7天	了解地址和指针的基本概念 <input type="checkbox"/> 掌握和熟悉指针变量的使用 <input type="checkbox"/> 掌握和熟悉数组指针和指针数组的区别及使用 <input type="checkbox"/> 掌握和熟练运用字符指针的使用 <input type="checkbox"/>	★★★★
第2周	第8天	了解结构的声明和初始化 <input type="checkbox"/> 掌握和熟练运用结构数组的使用 <input type="checkbox"/> 掌握和熟练运用结构指针的使用 <input type="checkbox"/> 掌握嵌套结构的使用 <input type="checkbox"/> 掌握位结构的使用 <input type="checkbox"/>	★★★★
	第9天	掌握和熟悉联合类型的使用及其与结构的区别 <input type="checkbox"/> 掌握枚举类型的使用 <input type="checkbox"/> 了解类型声明的使用 <input type="checkbox"/> 了解位域的使用 <input type="checkbox"/>	★★★★★
	第10天	了解函数的概念及函数的声明 <input type="checkbox"/> 了解函数的参数、返回值 <input type="checkbox"/> 掌握函数的调用方法 <input type="checkbox"/> 了解函数的作用域 <input type="checkbox"/>	★★★★
	第11天	掌握和熟练运用各种常用的库函数 <input type="checkbox"/>	★★
	第12天	了解和掌握宏定义指令 <input type="checkbox"/> 掌握和熟悉文件包含指令 <input type="checkbox"/> 了解条件编译指令 <input type="checkbox"/>	★★
	第13天	了解51单片机的存储结构 <input type="checkbox"/> 掌握和熟练C51的各种存储类型 <input type="checkbox"/> 了解存储模式 <input type="checkbox"/> 掌握C51的存储器指针 <input type="checkbox"/>	★★★★★
	第14天	了解单片机定时器/计数器的结构 <input type="checkbox"/> 掌握定时器/计数器的功能及控制寄存器 <input type="checkbox"/> 掌握和熟练运用定时器/计数器的各种工作模式及程序设计 <input type="checkbox"/>	★★★★★
	第3周	第15天	了解单片机的中断系统 <input type="checkbox"/> 掌握中断的类型、程序访问和响应过程 <input type="checkbox"/> 掌握和熟练运用外部中断源及其程序设计 <input type="checkbox"/> 掌握和熟练运用定时中断源及其程序设计 <input type="checkbox"/> 掌握和熟练运用串行中断源及其程序设计 <input type="checkbox"/>

续表




推荐时间安排	自学目标 (框内打钩表示已掌握)	难度指数	
第3周	第16天	了解基本的串行通信概念 <input type="checkbox"/> 掌握 51 系列单片机串行接口的程序控制 <input type="checkbox"/> 掌握和熟练运用各种串口工作模式的原理 <input type="checkbox"/> 掌握和熟练运用各种串口工作模式的程序设计思路 <input type="checkbox"/>	★★★★
	第17天	了解键盘的种类 <input type="checkbox"/> 掌握键盘的基本原理 <input type="checkbox"/> 掌握和熟练运用阵列式键盘的使用 <input type="checkbox"/>	★★★★
	第18天	掌握 LED 数码管的基本原理 <input type="checkbox"/> 掌握和熟练运用单个 LED 数码管的直接驱动 <input type="checkbox"/> 掌握和熟练运用静态驱动多个 LED 数码管的方法 <input type="checkbox"/> 掌握和熟练运用 LED 驱动器的使用方法 <input type="checkbox"/>	★★★★
	第19天	了解 I ² C 总线的工作原理 <input type="checkbox"/> 掌握 I ² C 总线的寻址方式 <input type="checkbox"/> 掌握和熟练运用 I ² C 总线的协议 <input type="checkbox"/> 掌握 I ² C 总线接口的 EEPROM <input type="checkbox"/> 掌握和熟练运用 I ² C 总线的程序设计方法 <input type="checkbox"/>	★★★★
	第20天	了解各种常用的串行通信接口 <input type="checkbox"/> 掌握串行通信接口芯片的使用 <input type="checkbox"/> 掌握和熟练运用单片机与 PC 之间的串行通信方法 <input type="checkbox"/>	★★★★
	第21天	了解 RTX-51 实时多任务操作系统 <input type="checkbox"/> 了解 RTX-51 Tiny 的任务管理 <input type="checkbox"/> 掌握和熟练运用 RTX-51 Tiny 的系统函数 <input type="checkbox"/> 掌握 RTX-51 多任务程序与单任务程序的区别 <input type="checkbox"/> 掌握和熟练运用 RTX-51 Tiny 的程序设计 <input type="checkbox"/>	★★★★




本书适合哪些读者阅读

本书非常适合以下人员阅读：

- 从未接触过 51 单片机开发技术的人员；
- 有一定硬件开发技术基础，但还需要进一步学习的人员；
- 想学习单片机 C51 语言的开发人员；
- 其他编程爱好者。

目 录


第 1 章 51 系列单片机基础知识 ( 教学视频: 33 分钟)	15
1.1 51 系列单片机概述	15
1.1.1 单片机的发展历史	15
1.1.2 51 系列单片机简介	16
1.1.3 51 系列单片机的应用领域	16
1.1.4 51 系列单片机的发展方向	17
1.2 典型引脚结构	17
1.2.1 电源引脚	18
1.2.2 时钟引脚	18
1.2.3 并行 I/O 引脚	19
1.2.4 复位引脚	22
1.2.5 ALE/PROG 引脚	23
1.2.6 PSEN 引脚	23
1.2.7 EA/VPP 引脚	23
1.3 51 系列单片机内部结构	24
1.4 中央处理器结构	26
1.4.1 算术逻辑部件 (ALU)	26
1.4.2 控制器	26
1.4.3 通用寄存器	26
1.4.4 专用寄存器	27
1.4.5 特殊功能寄存器	29
1.5 存储器结构	30
1.5.1 程序存储器	30
1.5.2 扩展外部程序存储器	31
1.5.3 数据存储器	31
1.5.4 扩展外部数据存储器	33
1.6 单片机指令时序	34
1.6.1 几个基本概念	34
1.6.2 指令执行的时序	35
1.6.3 访问外部 ROM 的操作时序	37
1.6.4 访问外部 RAM 的操作时序	38
1.7 掉电保护	38
1.8 低功耗模式	39
1.8.1 省电保持模式	39
1.8.2 休眠运行模式	39
1.9 小结	40
1.10 习题	40
第 2 章 搭建 51 单片机开发环境 ( 教学视频: 29 分钟)	42
2.1 搭建 51 单片机硬件开发系统	42
2.1.1 单片机选型	42
2.1.2 一个单片机最小开发系统	43
2.2 搭建 Keil C51 软件开发环境	44
2.2.1 Keil μ Vision3 简介	44
2.2.2 Keil μ Vision3 系统安装需求	45
2.2.3 Keil μ Vision 3 的安装	45
2.2.4 Keil μ Vision3 集成开发环境 总揽	46
2.2.5 Keil μ Vision3 的菜单栏	47
2.2.6 Keil μ Vision3 的工具栏	50
2.2.7 Keil μ Vision3 的快捷键	53
2.3 小结	53
2.4 习题	54
第 3 章 单片机汇编语言 ( 教学视频: 46 分钟)	56
3.1 单片机汇编语言概述	56
3.1.1 单片机汇编语言简介	56
3.1.2 简单的单片机汇编语言程序	57
3.2 伪指令	57
3.2.1 起始伪指令 ORG	57
3.2.2 结束伪指令 END	58
3.2.3 等值伪指令 EQU	58
3.2.4 地址赋值伪指令 DATA	58
3.2.5 字节保存伪指令 DB	58
3.2.6 字保存伪指令 DW	59
3.2.7 空间预留伪指令 DS	59
3.2.8 位变量伪指令 BIT	59
3.3 单片机的指令	60
3.3.1 单片机指令系统简介	60
3.3.2 单片机指令格式	60
3.3.3 单片机指令的寻址方式	61
3.3.4 51 系列单片机指令集	64

3.5 单片机汇编语言的程序结构	69	4.8 表达式	106
3.5.1 顺序结构	69	4.8.1 算术表达式	107
3.5.2 分支结构	70	4.8.2 赋值表达式	107
3.5.3 循环结构	71	4.8.3 逗号表达式	108
3.5.4 子程序结构	72	4.8.4 关系和逻辑表达式	108
3.5.5 查表程序结构	73	4.9 综合练习	109
3.6 Keil μ Vision3 使用单片机汇编程序	74	4.10 小结	110
3.6.1 创建项目	74	4.11 习题	110
3.6.2 编辑源文件	76	第 5 章 C51 的语句	
3.6.3 编译项目	76	( 教学视频: 32 分钟)	112
3.6.4 仿真调试	77	5.1 声明语句	112
3.7 综合练习	77	5.2 表达式语句	112
3.8 小结	79	5.3 复合语句	113
3.9 习题	79	5.4 循环语句	114
第 4 章 单片机 C51 语言基础		5.4.1 for 语句	114
( 教学视频: 69 分钟)	82	5.4.2 while 语句	115
4.1 单片机 C51 语言概述	82	5.4.3 do-while 语句	116
4.1.1 单片机 C51 语言的主要特点	82	5.5 条件语句	117
4.1.2 “Hello world” 程序	82	5.5.1 单分支 if 语句	117
4.1.3 良好的编程规范	83	5.5.2 双分支 if 语句	118
4.2 标识符和关键字	84	5.5.3 多分支 if 语句	119
4.2.1 标识符	84	5.6 开关语句	120
4.2.2 关键字	84	5.7 跳转语句	121
4.3 数据类型	86	5.7.1 goto 语句	121
4.3.1 变量和常量	86	5.7.2 break 语句	122
4.3.2 整型数据	87	5.7.3 continue 语句	123
4.3.3 字符型数据	88	5.8 函数调用语句	123
4.3.4 浮点型数据	90	5.9 空语句	124
4.4 分隔符	91	5.10 返回语句	124
4.5 const 修饰符	91	5.11 综合练习	125
4.6 变量作用域	92	5.12 小结	126
4.6.1 一般规则	92	5.13 习题	126
4.6.2 不同存储类型变量的作用域	93	第 6 章 C51 的数组	
4.7 运算符	95	( 教学视频: 48 分钟)	129
4.7.1 算术运算符	95	6.1 数组的声明和表示	129
4.7.2 逻辑运算符	97	6.2 初始化数组元素	131
4.7.3 关系运算符	98	6.2.1 在声明数组时初始化	131
4.7.4 位运算符	99	6.2.2 动态初始化	132
4.7.5 特殊运算符	102	6.3 一维数组	132
4.7.6 运算符的优先级	106	6.3.1 一维数组的内存分配	132
4.7.7 运算符的结合性	106	6.3.2 一维数组的引用	133

6.3.3	一维字符串数组	134
6.4	二维数组	135
6.4.1	二维数组的声明	135
6.4.2	二维数组的初始化	136
6.4.3	二维数组的内存分配	137
6.4.4	二维字符串数组	138
6.5	多维数组	139
6.6	综合练习	140
6.7	小结	141
6.8	习题	141
第7章 C51的指针		
(教学视频: 71分钟)		
7.1	地址和指针概述	143
7.2	指针变量的声明	143
7.3	指针变量的赋值	144
7.3.1	在声明时赋值	144
7.3.2	动态赋值	144
7.3.3	指针变量之间传递	145
7.3.4	特殊的指针变量赋值—— 数组	145
7.3.5	特殊的指针变量赋值—— 字符串	145
7.3.6	特殊的指针变量赋值—— 函数入口	146
7.4	指针变量的运算符	146
7.4.1	取地址运算符&	146
7.4.2	取值运算符*	146
7.4.3	指针变量的运算	147
7.5	特殊的指针类型——数组 指针	148
7.5.1	指向一维数组的指针	149
7.5.2	指向二维数组的指针	150
7.5.3	指向一个由n个元素所 组成的数组指针	151
7.5.4	指针和数组的关系总结	152
7.5.5	数组指针和指针数组	153
7.6	特殊的指针类型——字符 指针	154
7.7	综合练习	155
7.8	小结	156
7.9	习题	156


第8章 C51的结构		
(教学视频: 35分钟)		158
8.1	结构的声明	158
8.1.1	定义结构	158
8.1.2	声明结构变量	159
8.2	结构变量的初始化	160
8.3	结构变量的使用	162
8.4	结构数组	163
8.4.1	定义结构数组	163
8.4.2	初始化结构数组	164
8.5	结构指针	165
8.5.1	定义结构指针	165
8.5.2	使用结构指针	166
8.5.3	指向结构数组的结构指针	167
8.6	嵌套结构	168
8.7	位结构	169
8.8	综合练习	170
8.9	小结	171
8.10	习题	172
第9章 C51的聚合类型		
(教学视频: 46分钟)		173
9.1	联合类型	173
9.1.1	联合的定义	173
9.1.2	联合变量的声明	173
9.1.3	联合变量成员的引用	175
9.1.4	联合变量数组	175
9.1.5	联合变量指针	176
9.1.6	联合和结构的嵌套与区别	177
9.2	枚举类型	178
9.2.1	定义枚举类型	179
9.2.2	声明枚举变量	179
9.2.3	枚举变量的赋值和引用	180
9.3	类型声明	181
9.4	位域	182
9.4.1	定义位域	183
9.4.2	声明位域变量	184
9.4.3	位域变量的引用	184
9.4.4	位域指针	185
9.5	综合练习	186
9.6	小结	187
9.7	习题	187

第 10 章 C51 的函数

( 教学视频: 56 分钟) · 189

10.1 函数	189
10.1.1 函数概述	189
10.1.2 函数的分类	189
10.1.3 main 函数	191
10.2 函数的声明	191
10.2.1 函数声明一	191
10.2.2 函数声明二	192
10.2.3 函数声明三	193
10.3 函数的参数和返回值	194
10.3.1 形参和实参	194
10.3.2 数组元素作为函数参数	195
10.3.3 数组名作为函数参数	196
10.3.4 二维数组作为函数参数	196
10.3.5 指针变量作为函数参数	197
10.3.6 函数的返回值	198
10.4 函数的调用	198
10.4.1 函数调用的方式	198
10.4.2 赋值调用	199
10.4.3 引用调用	199
10.4.4 递归调用	200
10.4.5 嵌套调用	201
10.5 作用域	202
10.5.1 函数的作用域	202
10.5.2 函数代码的作用域	203
10.5.3 函数内部变量的作用域	203
10.6 C51 常用库函数	203
10.6.1 字符函数库	204
10.6.2 字符串函数库	216
10.6.3 输入/输出函数库	231
10.6.4 数学函数库	241
10.6.5 标准函数库	246
10.6.6 内部函数库	253
10.7 综合练习	256
10.8 小结	257
10.9 习题	257


第 11 章 C51 的预处理

( 教学视频: 36 分钟) · 260




11.1 预处理命令概述	260
11.2 宏定义指令	261





11.2.1 #define 指令	261
11.2.2 带参数的#define 指令	262
11.2.3 #undef 指令	263
11.3 文件包含指令	264
11.3.1 #include 指令	264
11.3.2 常用的头文件	265
11.4 条件编译指令	266
11.4.1 双分支条件编译指令	266
11.4.2 多分支条件编译指令	267
11.4.3 宏名判断指令	267
11.5 其他预处理指令	268
11.5.1 #line 指令	269
11.5.2 #error 指令	269
11.5.3 #pragma 指令	270
11.6 综合练习	270
11.7 小结	271
11.8 习题	271

第 12 章 C51 的存储结构

( 教学视频: 40 分钟) · 273

12.1 单片机存储结构	273
12.1.1 51 系列单片机的存储区域	273
12.1.2 片内低 128 字节 RAM 区	273
12.1.3 特殊功能寄存器区 (SFR)	274
12.2 存储类型	274
12.2.1 data 存储类型	274
12.2.2 bdata 存储类型	275
12.2.3 idata 存储类型	275
12.2.4 pdata 存储类型	276
12.2.5 xdata 存储类型	276
12.2.6 code 存储类型	276
12.2.7 sfr 存储类型	277
12.2.8 sfr16 存储类型	277
12.2.9 sbit 存储类型	277
12.2.10 bit 型变量	278
12.3 存储模式	278
12.3.1 Small 模式	279
12.3.2 Compact 模式	279
12.3.3 Large 模式	279
12.3.4 存储模式的选择	279
12.4 存储器指针	280
12.4.1 指针存储类型	280
12.4.2 存储器指针	281

12.5	综合练习	282	14.4.4	中断撤离	310
12.6	小结	283	14.5	外部中断源及其程序设计	310
12.7	习题	284	14.6	定时中断源及其程序设计	311
第 13 章	51 系列单片机的定时器/计数器		14.7	串行中断源及其程序设计	312
	( 教学视频: 53 分钟)	286	14.8	综合练习	313
13.1	单片机的定时器/计数器	286	14.9	小结	314
13.1.1	定时器/计数器的概述	286	14.10	习题	315
13.1.2	定时器/计数器的控制寄存器	287	第 15 章	51 系列单片机的串行接口	
13.1.3	定时器/计数器的初始化	290		( 教学视频: 66 分钟)	317
13.2	定时器/计数器工作模式 0 及其程序设计	290	15.1	串行通信概述	317
13.3	定时器/计数器工作模式 1 及其程序设计	292	15.1.1	串行通信与并行通信	317
13.4	定时器/计数器工作模式 2 及其程序设计	294	15.1.2	异步串行通信与同步串行通信	318
13.5	定时器/计数器工作模式 3 及其程序设计	295	15.1.3	异步串行通信的波特率	319
13.6	综合练习	297	15.1.4	串行通信的数据传送方式	319
13.7	小结	299	15.2	51 系列单片机的串行接口	320
13.8	习题	299	15.2.1	单片机串行接口的内部结构	320
第 14 章	51 系列单片机的中断系统		15.2.2	串行接口控制寄存器 SCON	321
	( 教学视频: 62 分钟)	302	15.2.3	波特率选择寄存器 PCON	323
14.1	中断系统概述	302	15.2.4	波特率的程序设计	324
14.1.1	中断概述	302	15.3	串行接口工作模式 0 及其程序设计	326
14.1.2	中断的典型概念	303	15.4	串行接口工作模式 1 及其程序设计	327
14.2	单片机中断的类型	304	15.5	串行接口工作模式 2 及其程序设计	329
14.2.1	外部中断源	304	15.6	串行接口工作模式 3 及其程序设计	330
14.2.2	定时中断源	304	15.7	综合练习	331
14.2.3	串行中断源	304	15.8	小结	332
14.3	中断系统的程序访问	305	15.9	习题	332
14.3.1	中断标志控制寄存器 TCON	305	第 16 章	51 系列单片机扩展键盘	
14.3.2	中断标志控制寄存器 SCON	306		( 教学视频: 41 分钟)	335
14.3.3	中断允许标志寄存器 IE	306	16.1	键盘的种类	335
14.3.4	中断优先级标志寄存器 IP	307	16.1.1	直接式按键键盘	335
14.4	中断的响应过程	308	16.1.2	阵列式按键键盘	336
14.4.1	中断识别	308	16.2	键盘的基本原理	337
14.4.2	中断响应	309	16.2.1	按键编码	337
14.4.3	中断处理	310	16.2.2	按键确认	337
			16.2.3	按键消抖	338

16.2.4	读取键值	340	18.3.2	终止信号	373
16.2.5	避免重复响应	340	18.3.3	应答信号	373
16.2.6	多按键响应	340	18.3.4	非应答信号	373
16.3	键盘程序设计	340	18.3.5	总线数据位	373
16.3.1	直接式按键键盘的查询方式	340	18.3.6	数据写入	374
16.3.2	阵列式按键键盘的扫描方式	341	18.3.7	数据读出	374
16.3.3	阵列式按键键盘的线反转方式	344	18.4	I ² C 总线接口的 EEPROM	375
16.3.4	阵列式按键键盘的中断方式	346	18.5	I ² C 总线扩展实例——硬件加密	375
16.4	单片机扩展键盘实例	348	18.6	综合练习	379
16.4.1	电路原理图	348	18.7	小结	382
16.4.2	程序设计	349	18.8	习题	382
16.5	综合练习	351	第 19 章 51 系列单片机与 PC 的串行通信 ( 教学视频: 44 分钟) ... 384		
16.6	小结	352	19.1	串行通信接口概述	384
16.7	习题	353	19.1.1	RS-232C 串行通信接口标准	384
第 17 章 51 系列单片机的显示接口 ( 教学视频: 45 分钟) ... 354			19.1.2	RS-449 串行通信接口标准	387
17.1	LED 数码管的基本原理	354	19.1.3	RS-423A 串行通信接口标准	388
17.2	单个 LED 数码管的直接驱动实例	356	19.1.4	RS-422A 串行通信接口标准	388
17.3	静态驱动多个 LED 数码管实例	358	19.1.5	RS-485 串行通信接口标准	389
17.4	使用 LED 驱动器驱动多个 LED 数码管实例	360	19.1.6	20mA 电流环串行通信接口	389
17.4.1	LED 驱动器功能简介	360	19.2	串行通信接口芯片	390
17.4.2	LED 驱动器的数据传输方式	361	19.3	单片机与 PC 的串行通信实例	391
17.4.3	LED 驱动器的控制寄存器	361	19.3.1	电路图	391
17.4.4	使用 LED 驱动器的电路图	364	19.3.2	程序设计	392
17.4.5	程序设计	365	19.4	综合练习	394
17.5	综合练习	368	19.5	小结	396
17.6	小结	368	19.6	习题	396
17.7	习题	369	第 20 章 51 系列单片机的多任务操作系统 ( 教学视频: 62 分钟) ... 398		
第 18 章 51 系列单片机扩展 I²C 接口 ( 教学视频: 46 分钟) ... 371			20.1	RTX-51 实时多任务操作系统简介	398
18.1	I ² C 总线的工作原理	371	20.1.1	多任务系统简介	398
18.2	I ² C 总线的寻址方式	372	20.1.2	RTX-51 实时多任务系统	399
18.3	I ² C 总线的协议	372			
18.3.1	起始信号	373			

20.1.3	RTX-51 实时多任务系统	
	特点	399
20.2	RTX-51 Tiny 的任务管理	400
20.3	RTX-51 Tiny 的系统函数	401
20.3.1	信号发送函数 <code>isr_send_</code>	
	<code>signal</code>	401
20.3.2	信号标志清除函数	
	<code>os_clear_signal</code>	402
20.3.3	任务启动函数 <code>os_create_</code>	
	<code>task</code>	402
20.3.4	任务删除函数 <code>os_delete_</code>	
	<code>task</code>	403
20.3.5	当前任务号函数	
	<code>os_running_task_id</code>	403
20.3.6	信号发送函数	
	<code>os_send_signal</code>	403
20.3.7	等待函数 <code>os_wait</code>	404
20.3.8	等待函数 <code>os_wait1</code>	405
20.3.9	等待函数 <code>os_wait2</code>	405
20.4	RTX-51 与单任务程序的比较	406
20.4.1	简单的单任务 C51 程序	406
20.4.2	多任务循环 C51 程序	407
20.4.3	多任务 RTX-51 程序	408
20.5	RTX-51 循环任务调度程序	
	设计	409
20.6	RTX-51 事件任务调度程序	
	设计	410
20.7	RTX-51 信号任务调度程序	
	设计	411
20.8	RTX-51 优先级及抢先任务	
	切换程序设计	412
20.9	综合练习	414
20.10	小结	414
20.11	习题	415

第 1 章 51 系列单片机基础知识

单片机是一种广泛应用的微处理器技术。单片机具有种类繁多、价格低、功能强大和扩展能力强等优点。目前单片机已经应用到各类控制系统中，包括智能玩具、家电、数控系统等。单片机技术是最受广大工程师和电子设计爱好者欢迎的技术。本章将对单片机及典型的 51 系列单片机的基本结构进行讲解。通过本章的学习，读者可以实现如下几个目标。

- 了解单片机发展历史、应用领域和发展方向。
- 熟悉典型的 51 系列单片机引脚结构和功能。
- 掌握 51 系列单片机的内部结构。
- 了解 51 系列单片机的中央处理器结构。
- 熟悉 51 系列单片机的存储器结构。
- 掌握 51 系列单片机的指令时序。
- 了解 51 系列单片机的掉电保护和低功耗模式。



1.1 51 系列单片机概述

单片机的命名比较杂乱，但基本的意思就是单片微型计算机（Single-Chip Microcomputer）的简称。形象地说，单片机是一种简化了的计算机，其主要针对于各种小型设备和便携式设备等嵌入式系统。1946 年，世界上第一台电子数字计算机 ENIAC 在美国宾夕法尼亚大学研制成功。随后，计算机技术便突飞猛进，很难想象其在短短的几十年的时间居然发展得如此神速，普及得如此广泛。

在计算机技术中，单片微型计算机，也就是单片机，也是异军突起，发展十分迅速，已成为电子工程师必备的技术。单片机内部集成了中央处理器（Central Processing Unit, CPU）、只读存储器（Read Only Memory, ROM）、随机存取存储器（Random Access Memory, RAM）、定时器/计数器及 I/O（Input/Output）接口等部件。这些部件使单片机具有了和计算机同样强大的功能。

1.1.1 单片机的发展历史

单片机大概可以追溯到 20 世纪 70 年代。1970—1974 年之间，诞生了第一代 4 位单片机。这类单片机已经具有了并行 I/O 接口及一些常用的 A/D 和 D/A 等资源。这在当时来说是非常强大的，通过灵活的控制能力，使其应用于电视机、收音机和电子玩具。

随后，潘多拉的盒子便打开。人们认识到单片机的潜在能力和市场价值，各个公司便投入了大量的研究力量。在 1974—1978 年，单片机进入 8 位时代。这个时期以 Intel 公司的 MCS-48 系列单片机最具代表性。此时的单片机内部集成了更为强大的 8 位 CPU 内核、多个并行 I/O 接口，同时增加了定时器/计数器及小容量的 RAM 和 ROM 等。

1978—1983 年，Intel 公司的 MCS-51 系列为代表，标志着进入高档 8 位单片机时代。这个时期的单片机工作频率、硬件资源和 RAM/ROM 容量等都有极大的突破，创新地加入了串口通信接口及多级中断处理系统。我们现在所广泛使用的单片机都仍以该内核为基础，因此，



也常称为 51 系列单片机。

随后, 单片机市场便进入百花齐放、百家争鸣时代。各个厂商不仅在增强单片机的性能, 还推出了不同类型的单片机, 例如 PIC 系列单片机、ARM 系列单片机、AVR 系列单片、C8051F 系列单片机, 以及 Cypress 的 PSoC 系列等。这便是我们现在看到的单片机领域的纷繁复杂格局。

总的来说, 现在的单片机产品线非常丰富, 4 位、8 位、16 位单片机乃至 32 位单片机均有其各自的应用领域。单片机的技术已经深入人心, 现在如果不会单片机, 便很难跟上技术的发展。

1.1.2 51 系列单片机简介

51 系列单片机是单片机领域中的一类, 也是影响最为深远, 使用最为广泛的单片机系列。51 系列单片机是指 Intel 的 MCS-51 系列及和其具有兼容内核的单片机。51 系列单片机最早由 Intel 公司发展起来, 随后将 51 内核授权给其他各个厂商。

因此, 现在 MCS-51 兼容的单片机种类繁多, 例如 Atmel 公司的 AT89C 系列、AT89S 系列, Silicon Laboratories 公司的 C8051F 系列, 还有 Philips 公司的 8XC552 系列等。有些厂商还进一步发展了增强型的 51 内核, 例如 Cypress 公司的带 USB 接口的单片机、MAXIM 公司 DS80/83/87/89 系列高速单片机等。这些兼容的或者增强的 51 内核单片机有着十分接近的指令系统和硬件结构。这给开发人员带来的好处是, 一方面有丰富的产品线可供选择, 另一方面方便程序和设计的移植。

到目前为止, 51 系列单片机仍然占据了绝大多数的单片机市场。因此学习和掌握 51 系列单片机是最有前途的技术。其他类型单片机只在特定领域或者高端应用场合使用。读者只要掌握了 51 系列单片机的开发技术, 便很容易学习其他的单片机技术。

1.1.3 51 系列单片机的应用领域

51 系列单片机以其强大的可重复编程能力和高的性价比等优点而得到广泛应用。目前, 到处都可以看到 51 系列单片机的身影。51 系列单片机主要应用于如下几个领域:

家电产品, 例如电视、电话、冰箱、空调、洗衣机、家用防盗报警器等。在这类设备中, 单片机主要用于功能控制。

- 随身影音设备, 例如 MP3、MP4、录音笔等。在这些设备中, 单片机用于系统控制和功能管理。
- 电子玩具, 例如各种电动玩具、发声玩具、玩具机器人、遥控电动车、遥控航模等。在这类设备中, 单片机实现了核心功能的控制和智能人机接口。
- 机电一体化设备, 例如车床、铣床、数控机床等。在这类设备中, 单片机作为机电一体化设备的控制器, 可以简化机械产品的结构设计, 实现智能的生产和操作控制, 并扩展原有设备的功能。
- 数据通信, 例如无线数传、大容量存储设备等。在这类设备中, 单片机依靠串口、并口或者高速 USB 接口等, 实现计算机之间、计算机与外围设备之间的控制和数据传输等。
- 测控设备, 例如数据采集系统、示波器、智能仪表等。在这类设备中, 依靠单片机强大控制和通信能力, 实现测试、测量和控制等功能。

上面这几个领域基本涵盖了电子设备的各个方面。因此, 总的来说, 需要控制、通信和智能的领域, 便可以找到单片机的身影和应用市场。