

原创经典，中科院一线研发工程师倾力打造

深入介绍51单片机编程语言，透析单片机硬件编程操作

通过大量典型应用案例，引领读者迅速掌握51单片机开发技术

Broadview
www.broadview.com.cn

51单片机

开发与应用技术详解

51 MCU Development & Application Internals

赵建领 薛园园 等编著



● 详细介绍常用的单片机C语言以及汇编语言编程

● 深入讲解AT89S52、NH12864M、AT89S8253、DS18B20等几十款芯片的应用

● 借助Keil uVision3，揭示单片机硬件资源仿真分析技术

● 对RTK-51实时多任务操作系统进行了详细的讲解

● 重点介绍LED、CPLD、静态RAM、EEPROM、IC卡、锂电池等16个案例



CD-ROM



电子工业出版社
PUBLISHING HOUSE OF ELECTRONICS INDUSTRY
http://www.phei.com.cn

51单片机

开发与应用技术详解

51 MCU Development & Application Internals

赵建领 薛园园 等编著

电子工业出版社

Publishing House of Electronics Industry

北京·BEIJING

内 容 简 介

本书全面详细地讲述了单片机的原理、编程指南及应用案例,其中 51 系列单片机的编程部分是本书的重点。全书分为 5 篇 38 章。首先介绍了 51 系列单片机的开发概述及单片机的基本结构,接着介绍了单片机的汇编程序设计语言,然后介绍了单片机 C51 语言的程序设计,随后结合单片机的指令系统及各个功能部件详细讲解了单片机的编程操作,以及单片机硬件资源的仿真和程序调试。本书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。对于 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。本书对具有一定开发经验的设计人员,也有很好的参考价值。

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

51 单片机开发与应用技术详解 / 赵建领等编著. —北京: 电子工业出版社, 2009.1
ISBN 978-7-121-07920-7

I. 5… II. 赵… III. 单片微型计算机 IV. TP368.1

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2008)第 188134 号

责任编辑: 高洪霞

印 刷: 北京东光印刷厂

装 订: 三河市皇庄路通装订厂

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: 44 字数: 1235 千字

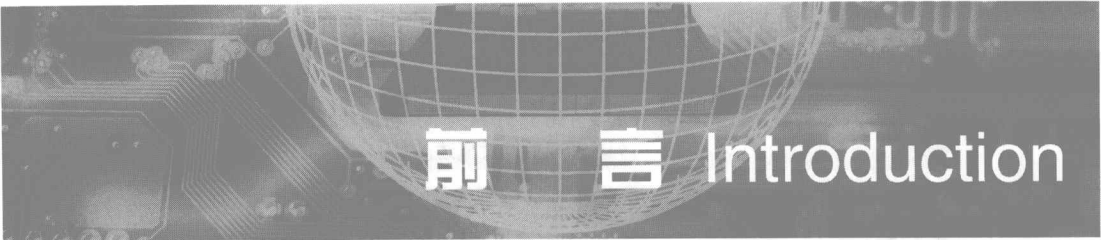
印 次: 2009 年 1 月第 1 次印刷

印 数: 4000 册 定价: 79.00 元(含光盘 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。



前言 Introduction

51 系列单片机是目前应用最为广泛的一类微处理器，它以低廉的价格和强大的功能，受到广大电子设计爱好者和工程师的欢迎。51 系列单片机内部具有丰富的硬件资源，例如定时器/计数器、中断系统、串行接口，并且它还提供了详尽的指令操作系统，可以供程序员很方便地进行程序设计。在 51 系列单片机的开发过程中，程序设计是重点也是难点。初学者往往很难快速掌握单片机指令的应用、各个功能部件的编程方法及程序设计思路。本书重点针对 51 系列单片机的编程进行阐述，详细讲解各个指令及功能部件的编程方法，并给出大量的程序示例供读者学习参考。除此之外，本书同样系统地介绍了 51 系列单片机的结构和原理，最后还给出了一些典型的应用案例。

和其他书籍相比，本书有如下优点

- ① 本书首先详细介绍了 51 系列单片机的基础知识，然后对单片机的编程语言及程序设计方式进行了详细的讲解，接着还介绍了很多具有代表性的案例。
- ② 本书在讲解每个知识点的同时，均给出了其在程序设计中的应用实例，每个实例都可以仿真执行，读者可以快速掌握对应知识点在程序设计中的应用。
- ③ 本书不局限于一种编程语言，对汇编语言和流行的单片机 C 语言都做了详细介绍，其中以应用最为广泛的单片机 C 语言作为重点，而且在绝大部分的知识点讲解中给出了汇编语言和单片机 C 语言的程序示例，部分知识点则根据程序本身的需要，选择一种更为方便的实现方式。
- ④ 本书不仅介绍了基本的程序设计方式，还介绍了应用于 51 系列单片机的 RTX-51 实时多任务操作系统。
- ⑤ 本书案例丰富，基本上涵盖了电子设计的各个领域，如键盘接口、LED、LCD 液晶显示、CPLD、I2C 总线、实时时钟、音乐播放、RAM 存储器读写、RTX-51 实时多任务操作系统、温度传感器、打印机、A/D 转换和 D/A 转换等。
- ⑥ 本书对每一个案例都详细介绍了知识背景、硬件及软件设计流程，并对程序代码进行了详细的注释，对开始的案例几乎是逐行注释，使之更加容易理解。

本书的内容

本书把实用性、系统性和完整性作为重点，详细介绍了 51 系列单片机的原理和功能，对于每一个知识点均给出了详细的程序设计方法和编程示例，最后还提供了一些典型的应用案例。本书内容分为 5 篇，共 38 章。

第一篇是 51 系列单片机基础，共分为三章，详细介绍了 51 系列单片机的发展、开发流程、基本结构和 Keil C51 开发工具等。

第一篇	第 1 章 51 系列单片机概述	主要介绍了 51 系列单片机的发展、最新 51 内核单片机和 51 系列单片机的开发概述。
	第 2 章 51 系列单片机基本结构	主要介绍了 51 系列单片机基本结构、引脚功能、存储器结构、复位及时序，以及掉电保护和低功耗设计等。
	第 3 章 Keil C51 开发工具简介	主要介绍了 Keil μ Vision3 的安装及集成开发环境。

第二篇是编程篇——汇编语言，共分为两章，详细介绍了单片机汇编语言的程序设计和程序结构。

第二篇	第 4 章 汇编语言程序设计	主要介绍了汇编语言指令和格式，并给出了 Keil μ Vision3 集成开发环境中运行汇编语言程序的实例。
	第 5 章 汇编语言程序结构	主要介绍了汇编语言的各种程序结构。

第三篇是编程篇——C51，共分为 10 章，重点介绍了单片机 C51 语言的程序设计。

第三篇	第 6 章 单片机 C 语言程序设计基础	主要介绍了 C51 语言的标识符、数据类型、变量作用域、运算符、表达式等。
	第 7 章 数组	主要介绍了 C51 中的数组，包括数组的声明表示，一维数组、二维数组和多维数组的使用。
	第 8 章 指针	主要介绍了 C51 中的指针，包括指针的声明使用及指针变量，并介绍了其他一些特殊用途的指针。
	第 9 章 结构	主要介绍了 C51 中的结构，包括结构及结构变量的使用。
	第 10 章 联合、枚举、类型说明和位域	主要介绍了 C51 语言中的联合、枚举、类型说明和位域等特殊数据类型的使用。
	第 11 章 C51 语言的函数	主要介绍了函数的定义、调用和 main 函数。
	第 12 章 C51 语言的常用库函数详解	主要对 Keil μ Vision3 集成开发环境下常用的库函数进行了详细的介绍。
	第 13 章 C51 语句和流程	主要介绍了 C51 语言中的说明语句、表达式语句、复合语句、条件语句、开关判断语句，以及循环语句和函数调用语句，并介绍了用 C51 语言进行程序设计的常用流程控制结构。
	第 14 章 预处理及用户配置文件	主要介绍了 C51 中的各种预处理指令和控制参数，并介绍了 C51 的常用配置文件，包括启动代码文件、基本 I/O 函数文件等。
	第 15 章 C51 语言的存储结构	主要介绍了 51 系列单片机的存储单元，C51 中的存储类型、基于存储器的指针、动态存储分配等。

第四篇是 51 系列单片机编程指南篇，共分为 7 章，详细讲解了单片机的指令系统、定时器/计数器、串行接口、中断及 RTX-51 实时多任务操作系统。在讲解的过程中，对每一个知识点都提供了详细的程序设计方法和程序示例。最后还对 Keil μ Vision3 集成开发环境下的单片机仿真和调试进行了介绍。

第四篇

- | | | |
|---------------------------------------|---|---|
| 第 16 章 51 系列单片机的指令系统 | → | 主要介绍了指令的各种寻址方式，以及数据传送指令、算术运算指令、逻辑运算及移位指令、控制转移指令和位操作指令等，对于每个指令都给出了详细的程序示例。 |
| 第 17 章 51 系列单片机的定时器/计数器 | → | 主要介绍了定时器/计数器的内部结构、控制寄存器，以及各种工作模式及其程序设计方法等。 |
| 第 18 章 51 系列单片机中断系统及其程序设计 | → | 主要介绍了中断的类型、中断系统的控制寄存器及其程序访问、中断的处理过程，以及外部中断源的扩展等。 |
| 第 19 章 51 系列单片机的串行接口 | → | 主要介绍了串行接口的通信方式、单片机的串行口结构及程序控制，并详细介绍了串行口的 4 种工作模式及其程序示例。 |
| 第 20 章 C51 下的 RTX-51 实时多任务操作系统 | → | 主要介绍了 RTX-51 的任务调度、系统函数及任务管理等。 |
| 第 21 章 Keil μ Vision3 中的单片机硬件资源仿真 | → | 主要介绍了如何在 Keil μ Vision3 集成开发环境下，仿真单片机各种片上资源。 |
| 第 22 章 Keil μ Vision3 中的程序调试 | → | 主要介绍了如何在 Keil μ Vision3 集成开发环境下进行程序调试及常用的命令调试。 |

第五篇是典型案例篇，共分为 16 章，详细介绍了单片机在一些常用领域中的应用，对每一个应用均给出了完整的电路图和程序分析。

第五篇

- | | | |
|--------------------------|---|--|
| 第 23 章 键盘程序设计 | → | 主要介绍了常用的键盘结构、单片机与矩阵式键盘的编程接口，并给出了具体的实例。 |
| 第 24 章 LED 数码管显示 | → | 主要介绍了 LED 数码管的种类和结构、数码管的静态和动态驱动方式，并给出了具体的设计实例。 |
| 第 25 章 LCD 液晶显示模块 | → | 主要介绍了液晶的类型、液晶的驱动器，并通过一个常用的液晶显示器介绍了如何使用单片机来实现汉字和图形的显示。 |
| 第 26 章 D/A 转换实例 | → | 主要介绍了 D/A 转换器的类型结构，并给出了一个性能优秀的 D/A 转换器及其程序操作实例。 |
| 第 27 章 可编程逻辑器件 CPLD | → | 主要介绍了可编程逻辑器件 CPLD 和 FPGA 的结构、VHDL 程序设计语言，并通过设计实例，介绍了如何使用 CPLD 来扩展单片机的接口。 |
| 第 28 章 51 系列单片机读写 I2C 总线 | → | 主要介绍了 I2C 总线的工作原理、I2C 总线的传输协议及程序实现，最后通过具体的实例介绍了单片机读写 I2C 器件的操作。 |
| 第 29 章 单片机音乐播放 | → | 主要介绍了单片机发音的原理，并给出了一个单片机实现音乐播放实例。 |

第 30 章 实时时钟芯片应用

主要介绍了常用的实时时钟芯片原理及数据传输方式，并给出了单片机实现时钟操作的实例。

第 31 章 静态 RAM 存储器应用

主要介绍了静态 RAM 存储器的读写，并通过一个实例实现了单片机读写外部 RAM 存储器，程序中还用到了单片机与计算机之间的串行通信。

第 32 章 道路交通灯控制系统

主要介绍了交通灯控制系统的原理，并通过 RTX-51 实时多任务操作系统来实现了道路交通的模拟控制。

第 33 章 单总线温度传感器 DS18S20

主要介绍了 1-Wire 单总线的传输协议及单总线接口温度传感器 DS18S20，最后给出了一个单片机模拟单总线读写 DS18S20 的实例。

第 34 章 Microware 串行总线 EEPROM 的应用

主要介绍了 Microware 串行总线，以及 Microware 串行总线接口的 EEPROM 存储器，最后给出了一个单片机模拟 Microware 串行总线来读写 EEPROM 的实例。

第 35 章 单片机控制打印机实例

主要介绍了打印机及其接口，并通过一个实例介绍了如何使用单片机控制打印机。

第 36 章 A/D 转换实例

主要介绍了 A/D 转换器的类型结构，并给出了一个 8 通道的 A/D 转换器及其程序操作实例。

第 37 章 单片机读写智能 IC 卡

主要介绍了智能 IC 卡，以及典型的智能 IC 卡芯片，最后通过一个实例介绍了如何使用单片机读写智能 IC 卡。

第 38 章 单片机智能锂电池充电管理

主要介绍了锂电池及其充电的特性，并介绍了一款高性能的锂电池充电管理芯片，最后通过一个实例介绍了如何使用单片机来实现锂电池智能充电。

本书结构紧凑，知识点涉及全面，内容翔实，案例丰富。由于本书内容较多，编写时间较仓促，所以书中难免有遗漏和不足之处，恳请广大读者提出宝贵意见，以便于笔者做进一步改进。

适合的读者

- 单片机的初学者
- 电子设计爱好者
- 电子工程师
- 系统开发人员
- 大学、大专等电子相关专业的学生及教师

编 者

目 录 Contents

第一篇 51 系列单片机基础

第 1 章 51 系列单片机概述 35

本章主要介绍了单片机的发展历程、51 系列单片机的简介和 51 系列单片机的应用领域；接着介绍了一下实际常用的一些主流半导体厂商的单片机型号，以供读者参考；最后，详细介绍了开发 51 系列单片机应用系统的整个流程及主要注意事项。

1.1 单片机的产生与发展	35
1.2 51 系列单片机介绍	36
1.2.1 51 系列单片机简介	36
1.2.2 51 系列单片机的应用领域	36
1.3 最新 51 内核单片机介绍	37
1.3.1 Atmel 单片机介绍	37
1.3.2 Cypress 单片机介绍	37
1.3.3 Infineon 单片机介绍	38
1.3.4 Silicon 单片机介绍	38
1.3.5 Maxim 单片机介绍	38
1.3.6 NXP 单片机介绍	39
1.3.7 Winbond 单片机介绍	39
1.3.8 Analog Devices 单片机介绍	39
1.3.9 TI 单片机介绍	40
1.3.10 其他单片机介绍	40
1.4 51 系列单片机开发概述	40
1.4.1 分析测控系统	41
1.4.2 单片机选型	41
1.4.3 硬件资源分配	41
1.4.4 程序设计	42
1.4.5 仿真测试	42
1.4.6 实际硬件测试	42
1.5 小结	42

本章详细介绍了 51 系列单片机的基本结构,包括单片机的内部结构、引脚功能、中央处理器 CPU、存储器的结构、单片机的复位、单片机工作的时钟和时序、并行 I/O 端口的结构和性能,以及单片机系统的掉电保护和低功耗设计。最后,还给出了一个典型的单片机最小系统。本章在讲述的时候,不仅对基本的 8051 进行了介绍,还介绍了目前新推出的高性能单片机 AT89S52。这样读者在学习基础知识的同时,还可以了解最新单片机的性能和使用。

2.1	51 系列单片机的内部结构	43
2.1.1	内部结构的主要组成部分	43
2.1.2	单片机结构的类型	44
2.2	51 系列单片机的引脚功能	45
2.2.1	51 系列单片机的引脚封装	45
2.2.2	51 系列单片机引脚功能	45
2.3	中央处理器 (CPU)	47
2.3.1	算术逻辑部件 (ALU)	47
2.3.2	控制器	47
2.3.3	通用寄存器	48
2.3.4	专用寄存器	48
2.4	存储器结构	50
2.4.1	程序存储器及其扩展	50
2.4.2	数据存储器及其扩展	51
2.5	51 系列单片机的复位	55
2.5.1	单片机的复位状态	55
2.5.2	单片机的复位电路	55
2.6	51 系列单片机的时钟和时序	56
2.6.1	振荡器和时钟电路	57
2.6.2	CPU 的时序	58
2.6.3	指令执行的时序	58
2.6.4	访问外部 ROM/RAM 的操作时序	60
2.7	51 系列单片机的并行 I/O 口	61
2.7.1	并行 I/O 口	61
2.7.2	并行 I/O 口的应用	64
2.7.3	并行 I/O 口的扩展	64
2.8	系统掉电保护和低功耗设计	66
2.8.1	掉电保护	66
2.8.2	低功耗设计	67
2.9	51 系列单片机的最小系统	68
2.10	小结	69

第3章 Keil C51 开发工具简介

70

本章详细介绍了 Keil μ Vision3 的集成开发环境 μ Vision3, 包括安装过程、项目管理窗口、菜单栏、工具栏, 以及 μ Vision3 的管理配置和各种常用的窗口。 μ Vision3 是一个十分优秀的单片机开发软件, 应用得十分广泛, 熟练掌握 μ Vision3 集成开发环境的使用是单片机设计的基础。

3.1 Keil μ Vision3 简介	70
3.2 μ Vision3 安装	70
3.3 μ Vision3 集成开发环境	71
3.3.1 μ Vision3 项目管理窗口	72
3.3.2 μ Vision3 的菜单栏	72
3.3.3 μ Vision3 的工具栏	77
3.3.4 μ Vision3 的管理配置	79
3.3.5 μ Vision3 的各种常用窗口	81
3.4 小结	84

第二篇 编程篇——汇编语言

第4章 汇编语言程序设计

85

本章主要讲述了汇编语言的伪指令、汇编语言的程序格式及源程序的编译。本章最后还通过一个具体的实例, 介绍了如何在 Keil μ Vision3 集成开发环境中进行单片机的汇编程序设计及仿真。汇编语言是最早应用于单片机开发的程序语言。相比其他程序设计语言, 汇编语言指令的执行速度快、代码短小精悍, 且具有确定的指令执行周期。熟练掌握本章内容是后续汇编语言程序学习的基础。

4.1 汇编语言程序概述	85
4.1.1 汇编语言简介	85
4.1.2 汇编语言程序设计步骤	86
4.1.3 汇编语言程序实例	86
4.2 伪指令	87
4.2.1 汇编程序起始伪指令 ORG	87
4.2.2 汇编程序结束伪指令 END	87
4.2.3 等值伪指令 EQU (或=)	87
4.2.4 数据地址赋值伪指令 DATA	88
4.2.5 定义字节伪指令 DB	88
4.2.6 定义字伪指令 DW	88
4.2.7 定义空间伪指令 DS	89
4.2.8 位地址符号伪指令 BIT	89
4.3 汇编语言程序的格式	89
4.4 源程序的汇编	90
4.5 Keil μ Vision3 中运行汇编语言实例	90

4.5.1 创建项目	90
4.5.2 创建源文件	91
4.5.3 编译项目	92
4.5.4 仿真调试	92
4.6 小结	93

第5章 汇编语言程序结构

94

本章主要介绍了利用汇编语言进行单片机设计的各种程序结构，包括顺序结构、分支结构、循环结构和子程序结构。本章还介绍了两类比较常用的程序设计类型，即查表程序和运算类的程序。对于比较复杂的问题可以根据设计的要求，选用不同的程序结构来进行设计。因此，熟练掌握本章内容，对读者以后的设计工作会很有帮助。

5.1 顺序结构程序	94
5.2 分支结构程序	95
5.2.1 双分支结构	95
5.2.2 多分支结构	96
5.3 循环结构程序	97
5.3.1 循环程序的结构和组成	97
5.3.2 循环程序示例	98
5.3.3 多重循环程序结构	99
5.4 子程序结构	100
5.4.1 子程序的结构	100
5.4.2 子程序的调用与返回	100
5.4.3 子程序设计实例	101
5.5 查表结构程序	102
5.6 运算类程序	103
5.6.1 8位带符号整数的乘法子程序	103
5.6.2 8位带符号整数的除法子程序	104
5.7 小结	106

第三篇 编程篇——C51

第6章 单片机C语言程序设计基础

107

单片机C语言是目前单片机系统设计所广泛采用的程序语言。本章首先介绍了单片机C语言（C51语言）的特点，然后分别介绍了C51语言的标识符、关键字、数据类型、运算符和表达式等，并对每一个知识点都提供了完整详细的实例分析。本章是单片机C51语言的基础，熟练掌握本章知识，对以后章节的学习会有很大的帮助。

6.1 单片机C语言概述	107
6.1.1 单片机C语言和汇编语言对比	107

6.1.2	C51 语言的主要特点	107
6.2	单片机 C 语言在 Keil μ Vision3 中应用实例	108
6.2.1	创建项目	108
6.2.2	创建源文件	109
6.2.3	编译项目	109
6.2.4	仿真调试	110
6.3	C51 的标识符与关键字	111
6.3.1	标识符	111
6.3.2	关键字	111
6.4	C51 的数据类型	113
6.4.1	常量与变量	114
6.4.2	整型数据	114
6.4.3	浮点型数据	115
6.4.4	字符型数据	116
6.4.5	指针型数据	119
6.4.6	无值型数据	120
6.5	C51 的变量作用域	120
6.5.1	基本规则	120
6.5.2	自动变量	121
6.5.3	外部变量	122
6.5.4	静态变量	123
6.5.5	寄存器变量	123
6.6	分隔符与 const 修饰符	123
6.6.1	C51 分隔符	123
6.6.2	const 修饰符	124
6.7	运算符	125
6.7.1	算术运算符	125
6.7.2	逻辑运算符和关系运算符	126
6.7.3	位运算符	128
6.7.4	特殊运算符	130
6.7.5	运算符优先级和结合性	133
6.8	表达式	134
6.8.1	算术表达式	134
6.8.2	赋值表达式	135
6.8.3	逗号表达式	136
6.8.4	关系和逻辑表达式	137
6.9	小结	138

第7章 数组

139

本章首先介绍了 C51 语言中的数组的使用, 主要包括数组类型的说明、数组元素的表示及初始化赋值。接着, 本章分别对一维数组、二维数组及多维数组的使用进行了详细的讲解。数组是重要数据结构, 广泛应用于 C51 语言的程序设计中。因此, 熟练掌握本章内容是学习 C51 语言的基础。

7.1 数组类型说明	139
7.2 数组元素的表示	140
7.3 数组元素的初始化赋值	140
7.4 一维数组	141
7.4.1 一维数组声明	142
7.4.2 向函数传递一维数组	142
7.4.3 一维字符串数组	142
7.5 二维数组	143
7.5.1 二维数组声明	144
7.5.2 二维数组初始化	145
7.5.3 二维字符串数组	146
7.6 多维数组	147
7.7 小结	147

第8章 指针

148

本章首先介绍了 C51 语言中指针的使用, 主要包括指针的概念、指针变量的声明和赋值。接着, 本章详细讲解了指针变量的引用及运算规则。最后, 本章还对几种特殊的指针进行了详细的介绍, 主要包括数组指针、字符指针及指针数组。指针的概念来源于 C 语言, 在程序设计中灵活使用指针可以优化程序设计。因此, 熟练掌握本章内容是学习 C51 语言的基础, 同时对读者以后的 C51 语言程序设计工作会有大有帮助。

8.1 地址、指针和指针变量的概念	148
8.2 指针变量的声明	148
8.3 指针变量的赋值	149
8.3.1 初始化赋值	149
8.3.2 取地址赋值	149
8.3.3 指针之间赋值	149
8.3.4 数组赋值	150
8.3.5 字符串赋值	150
8.3.6 函数入口赋值	150
8.4 指针变量的引用	150
8.4.1 取地址运算符 “&”	150
8.4.2 取内容运算符 “*”	151
8.5 指针变量的运算	152
8.5.1 关系运算	152

8.5.2 算术运算	152
8.6 数组指针	153
8.6.1 指向一维数组的指针	153
8.6.2 指向二维数组的指针	154
8.6.3 指向一个由 n 个元素所组成的数组指针	156
8.6.4 指针和数组的关系	156
8.7 字符指针	157
8.8 指针数组	158
8.9 小结	159

第 9 章 结构 160

本章首先介绍了 C51 语言中的结构的使用，主要包括结构的定义、结构变量的定义和赋值。接着，本章详细讲解了结构数组及结构指针的使用。最后，本章还对几种特殊的指针进行了详细的介绍，主要包括嵌套结构和位结构。结构是 C51 语言中重要的数据类型，其与 C 语言中的结构非常类似。熟练掌握本章内容是学习 C51 语言的基础，同时对读者以后的 C51 程序设计工作会有很大帮助。

9.1 结构的定义	160
9.2 结构变量的定义	161
9.2.1 先定义结构，再定义结构变量	161
9.2.2 在定义结构的同时，定义结构变量	161
9.2.3 直接说明结构变量	161
9.3 结构变量的使用	162
9.4 多重结构变量的赋值	163
9.5 结构变量的初始化	163
9.6 结构数组	164
9.6.1 结构数组的定义	164
9.6.2 结构数组的初始化赋值	165
9.7 结构指针	166
9.8 特殊结构	168
9.8.1 嵌套结构	168
9.8.2 位结构	169
9.9 小结	170

第 10 章 联合、枚举、类型说明和位域 171

本章主要介绍了几种特殊形式的聚合数据类型，包括联合类型、枚举类型，还介绍了类型说明及位域。这些特殊的数据类型是对基本数据类型的有效扩充。灵活运用这些特殊数据类型，可以方便单片机的程序设计。因此，熟练掌握本章内容是单片机程序设计的基础。

10.1 联合类型	171
10.1.1 联合和联合变量的定义	171

10.1.2 联合变量成员的引用	172
10.2 结构和联合的区别	174
10.3 枚举类型	175
10.3.1 枚举的定义	175
10.3.2 枚举变量的声明	175
10.3.3 枚举类型变量的赋值	176
10.4 类型说明	178
10.5 位域	179
10.5.1 位域的定义和位域变量的声明	179
10.5.2 位域变量的使用	180
10.6 小结	181

第 11 章 C51 语言的函数

182

本章详细介绍了 C51 语言中函数的使用，包括函数的定义、形参和实参、函数的返回值、函数的调用、函数及其变量的作用域。本章还结合单片机程序设计的特点，介绍了 C51 程序中的 main 函数。函数是 C51 语言中的重要概念，灵活运用函数可以实现程序的模块化设计。因此，熟练掌握本章内容，是 C51 语言程序设计的基础。

11.1 函数的概念和分类	182
11.1.1 从函数定义角度	182
11.1.2 从有无返回值角度	183
11.1.3 从数据传送角度	183
11.2 函数的定义	183
11.3 函数的参数	185
11.3.1 形参和实参	185
11.3.2 数组作为函数参数	186
11.3.3 多维数组作为函数参数	188
11.3.4 指针作为函数参数	188
11.4 函数的返回值	189
11.5 函数调用	189
11.5.1 赋值调用与引用调用	190
11.5.2 递归调用	190
11.5.3 嵌套调用	192
11.6 函数及其变量的作用域	193
11.6.1 函数的作用域	193
11.6.2 函数的变量作用域	193
11.7 main 函数	194
11.8 小结	194

本章详细讲解了 C51 语言中常用的库函数,主要包括字符函数、字符串函数、I/O 函数、数学函数、标准函数、内部函数、绝对地址访问函数、变量参数表函数、全程跳转函数及偏移量函数。这些库函数涵盖了常见的字符、字符串、数学计算、I/O 控制等功能,读者在进行程序设计时可以直接调用使用。因此,熟练掌握和运用本章内容,可以大大减轻程序设计的负担,方便单片机的程序设计。

12.1 字符函数	195
12.1.1 检查英文字母函数	195
12.1.2 检查字母数字函数	196
12.1.3 检查控制字符函数	196
12.1.4 十进制数字检查函数	197
12.1.5 可打印字符检查函数	197
12.1.6 包含空格的可打印字符检查函数	198
12.1.7 格式字符检查函数	199
12.1.8 小写英文字母检查函数	199
12.1.9 大写英文字母检查函数	200
12.1.10 控制字符检查函数	200
12.1.11 十六进制数字检查函数	201
12.1.12 十六进制数字转换函数	202
12.1.13 大写字符转换函数	202
12.1.14 小写字符转换函数	203
12.1.15 ASCII 字符转换函数	204
12.1.16 大写字符宏转换函数	204
12.1.17 小写字符宏转换函数	205
12.2 字符串函数	206
12.2.1 字符查找函数	206
12.2.2 指定长度的字符串比较函数	206
12.2.3 字符串复制函数	207
12.2.4 带终止字符的字符串复制函数	208
12.2.5 字符串移动函数	209
12.2.6 字符串填充函数	209
12.2.7 字符串追加函数	210
12.2.8 指定长度的字符串追加函数	210
12.2.9 字符串比较函数	211
12.2.10 包含结束符的字符串比较函数	212
12.2.11 字符串覆盖函数	213
12.2.12 指定长度的字符串覆盖函数	213
12.2.13 获取字符串个数函数	214
12.2.14 搜索字符串函数	214

12.2.15	搜索字符函数	215
12.2.16	返回位置值的字符搜索函数	216
12.2.17	字符包含函数	216
12.2.18	返回位置值的字符包含函数	217
12.2.19	在指定字符集中查找不包含字符函数	218
12.2.20	在指定字符集中查找包含字符函数	218
12.2.21	查找第一个包含字符函数	219
12.2.22	查找最后一个包含字符函数	219
12.3	I/O 函数	220
12.3.1	字符读入函数	220
12.3.2	字符读入输出函数	221
12.3.3	字符串读入函数	222
12.3.4	字符回送函数	222
12.3.5	字符输出函数	223
12.3.6	格式化输出函数	223
12.3.7	格式化内存缓冲区输出函数	225
12.3.8	字符串输出函数	226
12.3.9	格式化输入函数	227
12.3.10	格式化内存缓冲区输入函数	228
12.3.11	字符串内存输出函数	229
12.3.12	指向缓冲区的输出函数	230
12.4	数学函数	231
12.4.1	绝对值函数	231
12.4.2	指数及对数函数	232
12.4.3	三角函数	232
12.4.4	取整函数	234
12.4.5	浮点型分离函数	234
12.4.6	幂函数	235
12.5	标准函数	235
12.5.1	字符串转换函数	236
12.5.2	带返回指针的字符串转换函数	237
12.5.3	随机函数	238
12.5.4	数组内存分配函数	238
12.5.5	释放内存函数	239
12.5.6	初始化内存函数	240
12.5.7	内存分配函数	240
12.5.8	调整内存大小函数	241