

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

精通51单片机 开发技术与应用实例

赵建领 崔昭霞 编著

畅销书
升级版

- ◎ 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、DS1302等几十款芯片的应用
- ◎ 借助Keil μ Vision3，揭示单片机硬件资源仿真分析技术
- ◎ 对RTX-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、E PROM、IC卡、锂充电器等16个案例

精通51单片机 开发技术与应用实例

赵建领 崔昭霞 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 篇共 38 章。首先介绍 51 系列单片机的开发概述及单片机的基本结构，接着介绍单片机的汇编程序设计语言，然后介绍单片机 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

精通 51 单片机开发技术与应用实例 / 赵建领，崔昭霞编著. —北京：电子工业出版社，2012.6
ISBN 978-7-121-16888-8

I. ①精… II. ①赵… ②崔… III. ①单片微型计算机—系统开发 IV. ①TP368.1

中国版本图书馆 CIP 数据核字（2012）第 080227 号

策划编辑：胡辛征

责任编辑：李利健

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：41 字数：1050 千字

印 次：2012 年 6 月第 1 次印刷

印 数：4000 册 定价：89.00 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 zltz@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，本书也系统地介绍了 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。

本书特色

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 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 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 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 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 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 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 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 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 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 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 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 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 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 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 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 I ² C 总线	→	主要介绍 I ² C 总线的工作原理、I ² C 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 I ² C 器件的操作。
	第 29 章 单片机音乐播放	→	主要介绍单片机发音的原理，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 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 E²PROM 的应用

主要介绍 Microware 串行总线，以及 Microware 串行总线接口的 E²PROM 存储器，最后给出了一个单片机模拟 Microware 串行总线来读写 E²PROM 的实例。

第 35 章 单片机控制打印机实例

主要介绍打印机及其接口，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 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 19

- 1.1 单片机的产生与发展.....19
- 1.2 51 系列单片机介绍.....20
 - 1.2.1 51 系列单片机简介.....20
 - 1.2.2 51 系列单片机的应用领域.....20
- 1.3 最新 51 内核单片机介绍.....21
 - 1.3.1 Atmel 单片机介绍.....21
 - 1.3.2 Cypress 单片机介绍.....21
 - 1.3.3 Infineon 单片机介绍.....22
 - 1.3.4 Silicon 单片机介绍.....22
 - 1.3.5 Maxim 单片机介绍.....22
 - 1.3.6 NXP 单片机介绍.....23
 - 1.3.7 Winbond 单片机介绍.....23
 - 1.3.8 Analog Devices 单片机介绍.....23
 - 1.3.9 TI 单片机介绍.....24
 - 1.3.10 其他单片机介绍.....24
- 1.4 51 系列单片机开发概述.....24
 - 1.4.1 分析测控系统.....25
 - 1.4.2 单片机选型.....25
 - 1.4.3 硬件资源分配.....25
 - 1.4.4 程序设计.....26
 - 1.4.5 仿真测试.....26
 - 1.4.6 实际硬件测试.....26
- 1.5 小结.....26

第 2 章 51 系列单片机基本结构 27

- 2.1 51 系列单片机的内部结构.....27
 - 2.1.1 内部结构的主要组成部分.....27
 - 2.1.2 单片机结构的类型.....28
- 2.2 51 系列单片机的引脚功能.....29

- 2.2.1 51 系列单片机的引脚封装.....29
- 2.2.2 51 系列单片机引脚功能.....29
- 2.3 中央处理器 (CPU).....31
 - 2.3.1 算术逻辑部件 (ALU).....31
 - 2.3.2 控制器.....31
 - 2.3.3 通用寄存器.....31
 - 2.3.4 专用寄存器.....32
- 2.4 存储器结构.....33
 - 2.4.1 程序存储器及其扩展.....34
 - 2.4.2 数据存储器及其扩展.....35
- 2.5 51 系列单片机的复位.....38
 - 2.5.1 单片机的复位状态.....38
 - 2.5.2 单片机的复位电路.....39
- 2.6 51 系列单片机的时钟和时序.....40
 - 2.6.1 振荡器和时钟电路.....40
 - 2.6.2 CPU 的时序.....41
 - 2.6.3 指令执行的时序.....42
 - 2.6.4 访问外部 ROM/RAM 的操作时序.....43
- 2.7 51 系列单片机的并行 I/O 口.....45
 - 2.7.1 并行 I/O 口.....45
 - 2.7.2 并行 I/O 口的应用.....48
 - 2.7.3 并行 I/O 口的扩展.....48
- 2.8 系统掉电保护和低功耗设计.....50
 - 2.8.1 掉电保护.....50
 - 2.8.2 低功耗设计.....51
- 2.9 51 系列单片机的最小系统.....52
- 2.10 小结.....52

第 3 章 Keil C51 开发工具简介 53

- 3.1 Keil μ Vision3 简介.....53
- 3.2 μ Vision3 安装.....53
- 3.3 μ Vision3 集成开发环境.....54

3.3.1	μVision3 项目管理窗口	54	3.3.4	μVision3 的管理配置	61
3.3.2	μVision3 的菜单栏	55	3.3.5	μVision3 的各种常用窗口	64
3.3.3	μVision3 的工具栏	59	3.4	小结	66

第二篇 编程篇——汇编语言

第 4 章	汇编语言程序设计	67	4.6	小结	74
4.1	汇编语言程序概述	67	第 5 章	汇编语言程序结构	75
4.1.1	汇编语言简介	67	5.1	顺序结构程序	75
4.1.2	汇编语言程序设计步骤	68	5.2	分支结构程序	76
4.1.3	汇编语言程序实例	68	5.2.1	双分支结构	76
4.2	伪指令	68	5.2.2	多分支结构	77
4.2.1	汇编程序起始伪指令 ORG	69	5.3	循环结构程序	78
4.2.2	汇编程序结束伪指令 END	69	5.3.1	循环程序的结构和组成	78
4.2.3	等值伪指令 EQU (或=)	69	5.3.2	循环程序示例	79
4.2.4	数据地址赋值伪指令 DATA	70	5.3.3	多重循环程序结构	80
4.2.5	定义字节伪指令 DB	70	5.4	子程序结构	81
4.2.6	定义字伪指令 DW	70	5.4.1	子程序的结构	81
4.2.7	定义空间伪指令 DS	71	5.4.2	子程序的调用与返回	81
4.2.8	位地址符号伪指令 BIT	71	5.4.3	子程序设计实例	82
4.3	汇编语言程序的格式	71	5.5	查表结构程序	83
4.4	源程序的汇编	72	5.6	运算类程序	84
4.5	Keil μVision3 中运行汇编语言实例	72	5.6.1	8 位带符号整数的乘法子程序	84
4.5.1	创建项目	72	5.6.2	8 位带符号整数的除法子程序	85
4.5.2	创建源文件	72	5.7	小结	86
4.5.3	编译项目	74			
4.5.4	仿真调试	74			

第三篇 编程篇——C51

第 6 章	单片机 C 语言程序设计基础	87	6.3	C51 的标识符与关键字	90
6.1	单片机 C 语言概述	87	6.3.1	标识符	90
6.1.1	单片机 C 语言和汇编语言对比	87	6.3.2	关键字	91
6.1.2	C51 语言的主要特点	87	6.4	C51 的数据类型	92
6.2	单片机 C 语言在 Keil μVision3 中应用实例	88	6.4.1	常量与变量	93
6.2.1	创建项目	88	6.4.2	整型数据	94
6.2.2	创建源文件	89	6.4.3	浮点型数据	95
6.2.3	编译项目	89	6.4.4	字符型数据	96
6.2.4	仿真调试	90	6.4.5	指针型数据	98
			6.4.6	无值型数据	99
			6.5	C51 的变量作用域	99
			6.5.1	基本规则	99

6.5.2	自动变量	100
6.5.3	外部变量	101
6.5.4	静态变量	102
6.5.5	寄存器变量	102
6.6	分隔符与 const 修饰符	103
6.6.1	C51 分隔符	103
6.6.2	const 修饰符	103
6.7	运算符	104
6.7.1	算术运算符	104
6.7.2	逻辑运算符和关系运算符	106
6.7.3	位运算符	107
6.7.4	特殊运算符	109
6.7.5	运算符优先级和结合性	111
6.8	表达式	113
6.8.1	算术表达式	113
6.8.2	赋值表达式	113
6.8.3	逗号表达式	114
6.8.4	关系和逻辑表达式	115
6.9	小结	116

第 7 章 数组 117

7.1	数组类型说明	117
7.2	数组元素的表示	118
7.3	数组元素的初始化赋值	118
7.4	一维数组	119
7.4.1	一维数组声明	120
7.4.2	向函数传递一维数组	120
7.4.3	一维字符串数组	120
7.5	二维数组	121
7.5.1	二维数组声明	121
7.5.2	二维数组初始化	122
7.5.3	二维字符串数组	124
7.6	多维数组	124
7.7	小结	125

第 8 章 指针 126

8.1	地址、指针和指针变量的概念	126
8.2	指针变量的声明	126
8.3	指针变量的赋值	126
8.4	指针变量的引用	128
8.4.1	取地址运算符“&”	128
8.4.2	取内容运算符“*”	128

8.5	指针变量的运算	129
8.5.1	关系运算	129
8.5.2	算术运算	130
8.6	数组指针	130
8.6.1	指向一维数组的指针	130
8.6.2	指向二维数组的指针	131
8.6.3	指向一个由 n 个元素组成的 数组指针	133
8.6.4	指针和数组的关系	134
8.7	字符指针	134
8.8	指针数组	135
8.9	小结	136

第 9 章 结构 137

9.1	结构的定义	137
9.2	结构变量的定义	138
9.2.1	先定义结构，再定义结构变量	138
9.2.2	在定义结构的同时，定义 结构变量	138
9.2.3	直接说明结构变量	138
9.3	结构变量的使用	139
9.4	多重结构变量的赋值	139
9.5	结构变量的初始化	140
9.6	结构数组	141
9.6.1	结构数组的定义	141
9.6.2	结构数组的初始化赋值	142
9.7	结构指针	143
9.8	特殊结构	145
9.8.1	嵌套结构	145
9.8.2	位结构	145
9.9	小结	146

第 10 章 联合、枚举、类型说明和位域 147

10.1	联合类型	147
10.1.1	联合和联合变量的定义	147
10.1.2	联合变量成员的引用	148
10.2	结构和联合的区别	150
10.3	枚举类型	150
10.3.1	枚举的定义	151
10.3.2	枚举变量的声明	151
10.3.3	枚举类型变量的赋值	152

10.4	类型说明	153
10.5	位域	154
10.5.1	位域的定义和位域变量的 声明	154
10.5.2	位域变量的使用	155
10.6	小结	156

第 11 章 C51 语言的函数 157

11.1	函数的概念和分类	157
11.1.1	从函数定义角度分类	157
11.1.2	从有无返回值角度分类	158
11.1.3	从数据传送角度分类	158
11.2	函数的定义	158
11.3	函数的参数	160
11.3.1	形参和实参	160
11.3.2	数组作为函数参数	161
11.3.3	多维数组作为函数参数	162
11.3.4	指针作为函数参数	163
11.4	函数的返回值	164
11.5	函数调用	164
11.5.1	赋值调用与引用调用	164
11.5.2	递归调用	165
11.5.3	嵌套调用	166
11.6	函数及其变量的作用域	167
11.6.1	函数的作用域	167
11.6.2	函数的变量作用域	168
11.7	main 函数	168
11.8	小结	169

第 12 章 C51 语言的常用库函数详解 170

12.1	字符函数	170
12.1.1	检查英文字母函数	170
12.1.2	检查字母数字函数	171
12.1.3	检查控制字符函数	171
12.1.4	十进制数字检查函数	172
12.1.5	可打印字符检查函数	172
12.1.6	包含空格的可打印字符 检查函数	173
12.1.7	格式字符检查函数	173
12.1.8	小写英文字母检查函数	174
12.1.9	大写英文字母检查函数	175

12.1.10	控制字符检查函数	175
12.1.11	十六进制数字检查函数	176
12.1.12	十六进制数字转换函数	176
12.1.13	大写字符转换函数	177
12.1.14	小写字符转换函数	178
12.1.15	ASCII 字符转换函数	178
12.1.16	大写字符宏转换函数	179
12.1.17	小写字符宏转换函数	180
12.2	字符串函数	180
12.2.1	字符查找函数	180
12.2.2	指定长度的字符串比较函数	181
12.2.3	字符串复制函数	182
12.2.4	带终止字符的字符串复制 函数	182
12.2.5	字符串移动函数	183
12.2.6	字符串填充函数	184
12.2.7	字符串追加函数	184
12.2.8	指定长度的字符串追加函数	185
12.2.9	字符串比较函数	185
12.2.10	包含结束符的字符串比较 函数	186
12.2.11	字符串覆盖函数	187
12.2.12	指定长度的字符串覆盖函数	187
12.2.13	获取字符串个数函数	188
12.2.14	搜索字符串函数	189
12.2.15	搜索字符函数	189
12.2.16	返回位置值的字符搜索函数	190
12.2.17	字符包含函数	190
12.2.18	返回位置值的字符包含函数	191
12.2.19	在指定字符集中查找 不包含字符函数	192
12.2.20	在指定字符集中查找包含 字符函数	192
12.2.21	查找第一个包含字符函数	193
12.2.22	查找最后一个包含字符函数	194
12.3	I/O 函数	194
12.3.1	字符读入函数	194
12.3.2	字符读入输出函数	195
12.3.3	字符串读入函数	196
12.3.4	字符回送函数	196
12.3.5	字符输出函数	197
12.3.6	格式化输出函数	197

12.3.7	格式化内存缓冲区输出函数	199
12.3.8	字符串输出函数	200
12.3.9	格式化输入函数	200
12.3.10	格式化内存缓冲区输入函数	202
12.3.11	字符串内存输出函数	203
12.3.12	指向缓冲区的输出函数	204
12.4	数学函数	205
12.4.1	绝对值函数	205
12.4.2	指数函数及对数函数	205
12.4.3	三角函数	206
12.4.4	取整函数	207
12.4.5	浮点型分离函数	208
12.4.6	幂函数	208
12.5	标准函数	209
12.5.1	字符串转换函数	209
12.5.2	带返回指针的字符串转换函数	210
12.5.3	随机函数	211
12.5.4	数组内存分配函数	212
12.5.5	释放内存函数	212
12.5.6	初始化内存函数	213
12.5.7	内存分配函数	214
12.5.8	调整内存大小函数	214
12.6	内部函数	215
12.6.1	循环左移函数	215
12.6.2	循环右移函数	216
12.6.3	延时函数	217
12.6.4	位测试函数	217
12.7	绝对地址访问函数	218
12.7.1	BYTE 型存储空间访问函数	218
12.7.2	WORD 型存储空间访问函数	219
12.7.3	far 存储区访问函数	219
12.7.4	far 存储区数组访问函数	220
12.8	变量参数表函数	220
12.9	全程跳转函数	221
12.10	计算结构体成员的偏移量函数	222
12.11	小结	223

第 13 章 C51 语句和流程 224

13.1	说明语句	224
------	------	-----

13.2	表达式语句	224
13.3	复合语句	225
13.4	循环语句	226
13.4.1	while 语句	226
13.4.2	do-while 语句	226
13.4.3	for 语句	227
13.5	条件语句	228
13.5.1	单分支结构	228
13.5.2	双分支结构	228
13.5.3	阶梯式 if-else-if 结构	229
13.6	开关语句	231
13.7	跳转语句	232
13.7.1	goto 语句	232
13.7.2	break 语句	232
13.7.3	continue 语句	233
13.8	函数调用语句	233
13.9	空语句	234
13.10	返回语句	235
13.11	C51 语言的流程控制结构	235
13.12	小结	236

第 14 章 预处理及用户配置文件 237

14.1	预处理命令概述	237
14.2	宏定义指令	237
14.2.1	#define 命令	237
14.2.2	#undef 命令	239
14.3	文件包含指令	240
14.4	条件编译指令	241
14.4.1	#if、#else、#endif 命令	241
14.4.2	#elif 命令	241
14.4.3	#ifdef、#ifndef 命令	242
14.5	其他编译指令	243
14.5.1	#line 命令	243
14.5.2	#error	243
14.5.3	#pragma	244
14.6	C51 语言编译器的控制指令	245
14.6.1	源文件控制类	245
14.6.2	目标文件 (Object) 控制类	245
14.6.3	列表文件 (Listing) 控制类	245
14.7	C51 语言的用户配置文件	245
14.7.1	C51 语言启动代码文件	245

14.7.2	C51 语言启动代码分析	249	15.3	扩展数据类型	255
14.7.3	变量初始化文件	250	15.3.1	sfr 和 sfr16	255
14.7.4	基本 I/O 函数文件	251	15.3.2	sbit	255
14.7.5	分组配置文件	251	15.3.3	bit 型变量	256
14.8	小结	251	15.4	存储模式	256
第 15 章 C51 语言的存储结构 252			15.4.1	Small 模式	256
15.1	存储器结构	252	15.4.2	Compact 模式	256
15.1.1	51 系列单片机的存储区域	252	15.4.3	Large 模式	257
15.1.2	片内数据存储器 (RAM) 的结构	252	15.4.4	存储模式的选择	257
15.2	存储类型	253	15.5	C51 语言的存储器指针	257
15.2.1	data 存储类型	253	15.5.1	一般指针	257
15.2.2	bdata 存储类型	253	15.5.2	存储器指针	258
15.2.3	idata 存储类型	254	15.5.3	指针存储类型与指针所指向的数据的存储类型的关系	258
15.2.4	pdata 存储类型	254	15.6	动态内存分配	259
15.2.5	xdata 存储类型	254	15.6.1	C51 语言的动态分配函数	259
15.2.6	code 存储类型	254	15.6.2	malloc 和 calloc 函数	260
			15.7	小结	260

第四篇 51 系列单片机编程指南篇

第 16 章 51 系列单片机的指令系统 261

16.1	指令系统简介	261	16.4.2	带进位的加法指令	280
16.1.1	指令格式	261	16.4.3	带借位的减法指令	282
16.1.2	指令符号	262	16.4.4	加 1 指令	283
16.2	寻址方式	263	16.4.5	减 1 指令	284
16.2.1	立即寻址	263	16.4.6	乘法指令	285
16.2.2	直接寻址	264	16.4.7	十进制调整指令	286
16.2.3	寄存器寻址	265	16.5	逻辑运算及移位指令	287
16.2.4	寄存器间接寻址	266	16.5.1	逻辑与指令	288
16.2.5	变址寻址	267	16.5.2	逻辑或指令	289
16.2.6	相对寻址	268	16.5.3	逻辑异或指令	290
16.2.7	位寻址	270	16.5.4	累加器清零指令	291
16.3	数据传送指令	271	16.5.5	累加器取反指令	292
16.3.1	内部 RAM 数据传送指令	271	16.5.6	组合逻辑电路的实现	292
16.3.2	外部 RAM 数据传送指令	274	16.5.7	循环移位指令	293
16.3.3	程序存储器数据传送指令	275	16.6	控制转移指令	294
16.3.4	数据交换指令	277	16.6.1	无条件转移指令	295
16.3.5	堆栈操作指令	278	16.6.2	条件转移指令	299
16.4	算术运算指令	279	16.6.3	子程序调用及返回指令	302
16.4.1	加法指令	279	16.7	位操作指令	305
			16.7.1	位变量传送指令	305
			16.7.2	置位与清零指令	306

16.7.3	位逻辑运算指令	306
16.7.4	位控制转移指令	307
16.8	空操作指令	309
16.9	51 系列单片机指令汇总	310
16.10	小结	314

第 17 章 51 系列单片机的 定时器/计数器 315

17.1	定时器/计数器 0 和 1	315
17.1.1	定时器/计数器的结构	315
17.1.2	定时器/计数器的功能	316
17.1.3	T0 和 T1 的控制寄存器	316
17.2	定时器/计数器 0 和 1 的工作 模式	319
17.2.1	工作模式 0 及其程序设计	319
17.2.2	工作模式 1 及其程序设计	321
17.2.3	工作模式 2 及其程序设计	322
17.2.4	工作模式 3 及其程序设计	325
17.3	定时器/计数器 2	327
17.3.1	T2 的控制寄存器 T2CON 和 T2MOD 及其程序访问	327
17.3.2	定时器/计数器 2 的工作模式	329
17.4	小结	333

第 18 章 51 系列单片机中断 系统及其程序设计 334

18.1	中断系统概述	334
18.1.1	什么是中断	334
18.1.2	中断的用途	334
18.1.3	中断需要解决的问题	335
18.2	51 系列单片机的中断类型	336
18.2.1	外部中断源	336
18.2.2	定时中断源	337
18.2.3	串行中断源	337
18.3	51 系列单片机的中断系统	337
18.3.1	中断请求标志及其访问	337
18.3.2	中断允许标志及其访问	339
18.3.3	中断优先级标志及其访问	340
18.4	中断的处理过程	341
18.4.1	中断响应	341
18.4.2	中断处理	342
18.4.3	中断返回	343

18.4.4	中断请求的撤离	343
18.5	中断源的程序设计	344
18.5.1	外部中断源的程序设计	344
18.5.2	定时中断源的程序设计	345
18.5.3	串行中断源的程序设计	346
18.6	外部中断源的扩展	347
18.6.1	定时器/计数器扩展外部 中断源	347
18.6.2	查询方式扩展外部中断源	350
18.7	小结	351

第 19 章 51 系列单片机的 串行接口 352

19.1	串行通信概述	352
19.1.1	串行通信简介	352
19.1.2	串行通信的数据传送方式	354
19.2	51 系列单片机的串行接口	355
19.2.1	单片机串行接口的内部结构	355
19.2.2	单片机串行接口的程序控制	356
19.2.3	波特率的程序设计	358
19.3	串行口的工作模式 0	361
19.3.1	模式 0 的发送及扩展输出 端口	361
19.3.2	模式 0 的接收及扩展输入 端口	362
19.4	串行口的工作模式 1	364
19.4.1	模式 1 的发送	364
19.4.2	模式 1 的接收	365
19.5	串行口的工作模式 2	367
19.5.1	模式 2 的发送	367
19.5.2	模式 2 的接收	368
19.6	串行口的工作模式 3	369
19.6.1	模式 3 的发送	369
19.6.2	模式 3 的接收	370
19.7	双机通信程序设计	371
19.7.1	查询方式	371
19.7.2	中断方式	372
19.8	多机通信程序设计	374
19.8.1	多机通信原理	374
19.8.2	多机通信协议约定	375
19.8.3	多机通信程序设计	375
19.9	小结	380

第 20 章 C51 下的 RTX-51 实时多任务操作系统 381

20.1 RTX-51 实时多任务操作系统简介	381
20.1.1 RTX-51 种类	381
20.1.2 RTX-51 与单任务程序的比较	382
20.2 RTX-51 的任务调度	383
20.2.1 RTX-51 循环任务调度	383
20.2.2 RTX-51 事件任务调度	384
20.2.3 RTX-51 信号任务调度	384
20.2.4 优先级及抢先任务切换	385
20.2.5 RTX-51 的其他特性	386
20.3 RTX-51 Tiny 的系统函数	387
20.3.1 发送信号函数 <code>isr_send_signal</code>	387
20.3.2 清除信号标志函数 <code>os_clear_signal</code>	387
20.3.3 启动任务函数 <code>os_create_task</code>	388
20.3.4 删除任务函数 <code>os_delete_task</code>	388
20.3.5 当前任务号函数 <code>os_running_task_id</code>	389
20.3.6 发送信号函数 <code>os_send_signal</code>	389
20.3.7 等待函数 <code>os_wait</code>	389
20.3.8 等待函数 <code>os_wait1</code>	390
20.3.9 等待函数 <code>os_wait2</code>	391
20.4 RTX-51 Tiny 的任务管理	392
20.4.1 RTX-51 Tiny 的任务状态	392
20.4.2 RTX-51 Tiny 的事件	392
20.4.3 RTX-51 Tiny 的任务切换	392
20.5 RTX-51 Tiny 的配置文件	392
20.6 RTX-51 Tiny 的要求及限定	395
20.6.1 使用 RTX-51 Tiny 的要求	395
20.6.2 RTX-51 Tiny 的注意事项	396
20.7 RTX-51 FULL 的系统函数及技术参数	397
20.7.1 RTX-51 FULL 函数一览	397
20.7.2 RTX-51 的技术参数	398
20.8 小结	398

第 21 章 Keil μ Vision3 中的单片机硬件资源仿真 399

21.1 仿真概述	399
-----------------	-----

21.2 并行 I/O 端口的仿真	399
21.3 定时器/计数器的仿真	401
21.3.1 定时器/计数器 T0 和 T1 的仿真界面	401
21.3.2 定时器/计数器 T2 的仿真界面	402
21.3.3 定时器/计数器的仿真操作	402
21.4 串行接口的仿真	405
21.4.1 串行接口的仿真界面	405
21.4.2 串行接口的仿真操作	406
21.4.3 字符串输入/输出的仿真操作	407
21.5 中断仿真	408
21.5.1 中断系统的仿真界面	408
21.5.2 中断系统的仿真操作	409
21.6 看门狗定时器的仿真	410
21.6.1 看门狗定时器的仿真界面	410
21.6.2 看门狗定时器的仿真操作	411
21.7 A/D 仿真	412
21.7.1 A/D 转换器的仿真界面	412
21.7.2 A/D 转换器的仿真操作	413
21.8 D/A 仿真	414
21.8.1 D/A 转换器的仿真界面	414
21.8.2 D/A 转换器的仿真操作	415
21.9 寄存器仿真	417
21.9.1 寄存器的仿真界面	417
21.9.2 寄存器的仿真操作	417
21.10 低功耗仿真	418
21.11 小结	420

第 22 章 Keil μ Vision3 中的程序调试 421

22.1 Keil μ Vision3 的程序调试器概述	421
22.2 性能分析器	421
22.3 代码覆盖分析器	422
22.4 断点	423
22.5 Keil μ Vision3 调试命令	423
22.5.1 通用命令	424
22.5.2 程序命令	427
22.5.3 断点命令	429
22.5.4 存储器命令	431
22.6 小结	433

第五篇 典型案例篇

第 23 章 键盘程序设计 434

- 23.1 键盘接口概述.....434
 - 23.1.1 按键编码.....434
 - 23.1.2 输入的可靠性.....434
 - 23.1.3 程序检测及响应.....435
- 23.2 独立式按键及其编程接口.....435
 - 23.2.1 独立式按键结构.....435
 - 23.2.2 独立式按键程序设计.....436
- 23.3 4×4 矩阵式键盘及其编程接口.....437
 - 23.3.1 扫描法及其程序设计.....437
 - 23.3.2 线反转法及其程序设计.....439
 - 23.3.3 中断法及其程序设计.....440
- 23.4 矩阵式键盘的接口实例.....441
 - 23.4.1 电路图.....442
 - 23.4.2 程序设计.....443
 - 23.4.3 程序仿真.....445
- 23.5 小结.....446

第 24 章 LED 数码管显示 447

- 24.1 LED 数码管概述.....447
 - 24.1.1 7 段共阳极 LED 结构及显示段码.....447
 - 24.1.2 7 段共阴极 LED 结构及显示段码.....448
- 24.2 单个 LED 驱动实例.....449
 - 24.2.1 电路图.....449
 - 24.2.2 程序设计.....451
- 24.3 多个 LED 驱动方式.....453
 - 24.3.1 静态驱动显示.....454
 - 24.3.2 动态驱动显示.....457
 - 24.3.3 LED 驱动器.....459
- 24.4 多个 LED 驱动实例.....463
 - 24.4.1 LED 驱动器电路图.....463
 - 24.4.2 程序设计.....464
- 24.5 小结.....467

第 25 章 LCD 液晶显示模块 468

- 25.1 LCD 液晶显示概述.....468
 - 25.1.1 液晶的来源.....468

- 25.1.2 LCD 液晶显示器结构及原理.....468
- 25.1.3 液晶显示模块的种类.....469
- 25.1.4 液晶显示模块的优点.....470
- 25.2 液晶显示模块控制接口.....470
 - 25.2.1 LCD 控制驱动器 ST7920 概述.....470
 - 25.2.2 ST7920 功能说明.....471
 - 25.2.3 ST7920 基本指令集.....474
 - 25.2.4 ST7920 扩充指令集.....477
 - 25.2.5 ST7920 的操作方式.....478
 - 25.2.6 图形点阵式液晶显示模块.....479
 - 25.2.7 图形点阵式液晶读写子函数.....480
- 25.3 汉字及图形显示实例.....483
 - 25.3.1 电路设计.....483
 - 25.3.2 建立项目.....484
 - 25.3.3 汉字显示实例.....484
 - 25.3.4 图形显示实例.....486
 - 25.3.5 任意位置图形显示实例.....488
- 25.4 小结.....490

第 26 章 D/A 转换实例 491

- 26.1 D/A 转换概述.....491
 - 26.1.1 D/A 转换原理.....491
 - 26.1.2 D/A 转换器的类型.....492
 - 26.1.3 D/A 转换器的技术参数.....493
- 26.2 高速 D/A 转换芯片 AD558.....494
 - 26.2.1 AD558 简介.....494
 - 26.2.2 AD558 电压输出模式.....495
 - 26.2.3 AD558 的数据锁存.....496
- 26.3 光通信电压调制电路实例——电路部分.....497
 - 26.3.1 相位调制的原理.....497
 - 26.3.2 电压调制系统.....498
 - 26.3.3 电路图.....499
- 26.4 光通信电压调制电路实例——程序部分.....501
 - 26.4.1 系统状态编码.....502
 - 26.4.2 建立项目.....502
 - 26.4.3 主程序.....502

26.4.4	无调制模式函数	504	28.1.2	I ² C 总线的电气结构和 负载能力	526
26.4.5	调制模式 1 函数	504	28.1.3	I ² C 总线器件的寻址方式	526
26.4.6	调制模式 2 函数	504	28.2	I ² C 总线数据传输协议及其 程序详解	527
26.4.7	调制模式 3 函数	505	28.2.1	起始信号	527
26.4.8	调制模式 4 函数	505	28.2.2	终止信号	528
26.5	光通信电压调制电路实例 ——仿真部分	505	28.2.3	应答信号	528
26.5.1	程序仿真	505	28.2.4	非应答信号	529
26.5.2	运行效果	506	28.2.5	应答位检查	530
26.6	小结	506	28.2.6	总线数据位	530
第 27 章	可编程逻辑器件 CPLD	507	28.2.7	写数据	530
27.1	可编程逻辑器件概述	507	28.2.8	读数据	533
27.1.1	可编程逻辑器件的发展	507	28.3	51 单片机读写 E ² PROM	536
27.1.2	CPLD 的结构及其逻辑实现	507	28.3.1	串行 E ² PROM 存储器简介	536
27.1.3	FPGA 的结构及其逻辑实现	509	28.3.2	电路设计	537
27.2	硬件描述语言简述	510	28.3.3	程序设计	537
27.2.1	硬件描述语言 VHDL 概述	511	28.3.4	仿真分析	539
27.2.2	VHDL 程序结构	511	28.4	小结	540
27.3	Altera 常用 CPLD 芯片介绍	513	第 29 章	单片机音乐播放	541
27.4	使用 CPLD 扩展 51 单片机 I/O 接口	515	29.1	单片机发音概述	541
27.4.1	CPLD 扩展单片机 I/O 接口原理	515	29.1.1	音调	541
27.4.2	电路图	516	29.1.2	节拍	543
27.5	单片机程序设计	517	29.1.3	单片机音乐播放的方法及 音乐示例	543
27.5.1	项目建立	517	29.2	单片机音乐播放实例——电路图	547
27.5.2	主程序	517	29.3	单片机音乐播放实例 ——程序设计	547
27.6	VHDL 程序设计	518	29.3.1	建立项目	547
27.6.1	项目建立	518	29.3.2	程序设计	548
27.6.2	程序设计	519	29.4	小结	550
27.7	程序仿真	521	第 30 章	实时时钟芯片应用	551
27.7.1	设计 CPLD 引脚	521	30.1	实时时钟芯片 DS1302 概述	551
27.7.2	仿真操作	522	30.1.1	实时时钟芯片 DS1302 概述	551
27.8	程序下载	523	30.1.2	实时时钟芯片 DS1302 命令字节	552
27.9	小结	524	30.1.3	实时时钟芯片 DS1302 数据格式	552
第 28 章	51 系列单片机读写 I²C 总线	525	30.1.4	实时时钟芯片 DS1302 数据 传输方式	553
28.1	I ² C 总线概述	525			
28.1.1	I ² C 总线工作原理	525			