

51单片机 C语言应用 开发技术大全 (第2版)

刘坤 赵红波 张宪栋 编著



人民邮电出版社
POSTS & TELECOM PRESS

51单片机 C语言应用 开发技术大全 (第2版)

刘坤 赵红波 张宪栋 编著

人民邮电出版社
北京

图书在版编目 (C I P) 数据

51单片机C语言应用开发技术大全 / 刘坤, 赵红波,
张宪栋编著. -- 2版. -- 北京: 人民邮电出版社,
2012.3

ISBN 978-7-115-27168-6

I. ①5… II. ①刘… ②赵… ③张… 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(2011)第256722号

内 容 提 要

本书针对目前最常用的 51 系列单片机进行了全面讲解。全书分为 5 篇, 共 33 章, 内容涵盖 51 单片机基础知识、51 单片机 C 语言程序设计、51 单片机常用外围模块以及 51 单片机综合应用实例。

本书通俗易懂、条理清晰、实例丰富、图文并茂, 循序渐进地讲解了单片机的所有功能及其典型应用, 并对每项功能都给出了电路原理图和 C51 实例代码。在综合实例部分, 详细地讲解了系统开发的思路, 使读者进一步掌握单片机系统开发的一般方法, 在实际应用中加深对单片机基础知识及其外围模块的理解。

本书可作为高等院校学生学习单片机 C 语言程序设计, 或进行单片机课程设计、毕业设计和大学生电子设计竞赛的参考用书, 也可以供广大单片机应用开发技术人员参考。

51 单片机 C 语言应用开发技术大全 (第 2 版)

- ◆ 编 著 刘 坤 赵红波 张宪栋
责任编辑 蒋 佳
- ◆ 人民邮电出版社出版发行 北京市崇文区夕照寺街 14 号
邮编 100061 电子邮件 315@ptpress.com.cn
网址 <http://www.ptpress.com.cn>
三河市潮河印业有限公司印刷
- ◆ 开本: 787×1092 1/16
印张: 39
字数: 974 千字 2012 年 3 月第 2 版
印数: 1-3 000 册 2012 年 3 月河北第 1 次印刷

ISBN 978-7-115-27168-6

定价: 79.00 元

读者服务热线: (010)67132692 印装质量热线: (010)67129223

反盗版热线: (010)67171154

前言

第2版说明

本书第1版《51单片机C语言应用开发技术大全》自2008年9月出版以来,受到了广大读者的一致好评,并收到了读者提出的宝贵的意见和中肯的建议。许多高等院校、职业学校和培训机构也将本书作为单片机课程的教材。

第2版图书在第1版的基础上进行了内容勘误:对书中的文字差错和技术疏漏进行更正和修改,对书中正文过时的内容进行了升级,对图表进行了大量的替换。

行业背景

单片机的全称是单片微型计算机(Single Chip Microcomputer),国际上统称为微控制器(Micro Controller Unit, MCU)。它具有体积小、功能强、价格低的特点。在工业控制、数据采集、智能仪表、机电一体化、家用电器等领域有着广泛的应用。单片机的应用可以大大提高人们生产、生活的自动化水平。近年来,随着单片机C语言的应用越来越广泛,单片机的开发变得更加灵活。单片机的开发和应用已经成为工程应用领域的一个重大课题。

关于本书

本书从单片机的基础知识讲起,对开发完整的单片机系统所需要的软硬件知识做了详细的介绍。本书的各章内容结合大量的软硬件实例进行讲解,并在第5篇通过多个综合实例的讲解,使读者提高项目开发能力。

本书内容及组织方式

本书分为5篇,共33章,具体安排如下。

第1篇 51单片机快速入门篇,包括第1章至第3章。

第1章主要讲解单片机的发展历史、现状与趋势,单片机开发工具。

第2章主要讲解51单片机系统的体系结构、I/O端口、中断系统、定时/计数器及串行口。

第3章主要讲解单片机系统功能定义。

第2篇 硬件系统制作篇,包括第4章至第9章。

第4章主要讲解电子元件、半导体分立器件、开关、继电器等器件的准备。

第5章主要讲解Protel 电路图设计基础、设计电路原理图、印刷电路板设计。

第6章主要讲解制作电路板、焊接工具的使用方法。

第7章主要讲解硬件静态调试和联机仿真调试。

第8章主要讲解自制编程器,主要内容包括编程器硬件设计、编程器软件设计和编程器的使用。

第9章主要讲解自制仿真器,主要内容包括仿真器硬件设计、仿真器软件设计和仿真器的使用。

第3篇 51单片机C语言篇,包括第10章和第11章。

第10章主要讲解单片机C51基础,主要内容包括C51语言的基本语法和C51语言的基本

结构。

第 11 章主要讲解 Keil C51 开发环境，主要内容包括 Keil μ Vision 环境介绍和编程技巧。

第 4 篇 51 单片机应用开发典型模块篇，包括第 12 章至第 25 章。

第 12 章主要讲解单片机系统电源模块，主要内容包括单片机系统电源模块的结构框图、单片机系统电源模块的设计以及单片机系统电源模块的抗干扰措施。

第 13 章主要讲解单片机系统外部 RAM 模块，主要内容包括单片机系统 RAM 模块基础知识简介、随机存取数据存储器 (RAM) 6264、单片机系统 RAM 模块设计、单片机与外部 RAM 的连接方法、单片机系统扩展外部 RAM 应用实例。

第 14 章主要讲解单片机系统并行接口，主要内容包括可编程并行接口芯片 8255 简介、可编程并行接口芯片 8155 简介、8255 与 51 单片机的接口设计、8155 与 51 单片机的接口设计。

第 15 章主要讲解单片机系统 D/A 转换模块，主要内容包括 D/A 转换的原理、并行 D/A 转换器芯片 DAC0832、串行 D/A 转换器芯片 TLC5617、DAC0832 与 51 单片机的接口设计、TLC5617 与 51 单片机的接口设计。

第 16 章主要讲解单片机系统 A/D 转换模块，主要内容包括 A/D 转换器工作原理、双积分式 A/D 转换器芯片 MC14433、并行 A/D 转换器芯片 ADC0809、串行 A/D 转换器芯片 TLC0832、MC14433 与 51 单片机的接口设计、ADC0809 与 51 单片机的接口设计、TLC0832 与 51 单片机的接口设计。

第 17 章主要讲解单片机系统实时时钟模块，主要内容包括典型串行实时时钟芯片 DS1302、典型并行实时时钟芯片 DS12C887、DS1302 与 51 单片机的接口设计、DS12C887 与 51 单片机的接口设计。

第 18 章主要讲解单片机系统 EEPROM 模块，主要内容包括 EEPROM AT24C64 芯片简介、串行口 I²C 简介、AT24C64 与 51 单片机的接口设计。

第 19 章主要讲解单片机系统硬件看门狗模块，主要内容包括单片机系统硬件看门狗简介、计数器构成的看门狗电路、定时器构成的看门狗电路和专用芯片构成的看门狗电路。

第 20 章主要讲解单片机系统温度模块，主要内容包括温度测量的相关概念、利用单线总线实现 DS18B20 的温度测量、基于 DS18B20 的温度测量系统的设计、利用热电阻传感器 Pt100 实现温度测量、基于 Pt100 的温度测量系统的设计。

第 21 章主要讲解单片机远距离通信模块，主要内容包括基于 RS-485 的单片机远距离通信模块的设计、RS-485 接口标准、基于 RS-485 的远程通信模块的硬件电路设计、单片机与 PC 机通信模块程序设计、基于 CAN 总线远距离通信模块的设计、CAN 总线简介、基于 CAN 总线远距离通信模块硬件电路设计、基于 SJA1000 的 CAN 总线通信模块程序设计。

第 22 章主要讲解单片机系统键盘输入模块，主要内容包括键盘的设计基础、利用单片机的串行口实现键盘接口、硬件电路的设计、利用 8279 可编程芯片实现键盘接口。

第 23 章主要讲解单片机系统显示输出模块，主要内容包括 LED 显示器输出接口、LCD 液晶显示器输出接口。

第 24 章主要讲解单片机系统打印输出模块，主要内容包括微型打印机简介、WH-A7 接口时序、WH-A7 热敏微型打印机打印命令、并行 WH-A7 与 51 单片机的接口设计、串行 WH-A7 与

51 单片机的接口设计。

第 25 章主要讲解单片机系统驱动隔离模块，主要包括单片机驱动模块设计和单片机隔离模块设计。

第 5 篇 51 单片机 C 语言开发综合实例篇，包括第 26 章至第 33 章。

第 26 章主要讲解单片机实现密码锁，主要包括单片机实现密码锁实例设计思路、设计流程、硬件电路设计和软件设计。

第 27 章主要讲解单片机实现音乐发生器，主要包括单片机实现音乐发生器实例设计流程、设计思路、硬件电路设计和软件设计。

第 28 章主要讲解单片机实现数字温度计，主要包括单片机实现数字温度计实例设计流程、设计思路、硬件电路设计和软件设计。

第 29 章主要讲解单片机实现 IC 卡读卡器，主要包括单片机实现 IC 卡读卡器实例设计流程、设计思路、硬件电路设计和软件设计。

第 30 章主要讲解单片机实现远程监控系统，主要包括单片机实现远程监控系统实例设计流程、设计思路、硬件电路设计和软件设计。

第 31 章主要讲解单片机实现电子钟，主要包括单片机实现电子钟实例设计流程、设计思路、硬件电路设计和软件设计。

第 32 章主要讲解单片机实现网络通信，主要包括单片机实现网络通信实例设计流程、设计思路、硬件电路设计和软件设计。

第 33 章主要讲解单片机实现温度巡回检测系统，主要包括单片机实现温度巡回检测系统实例设计流程、设计思路、硬件电路设计和软件设计。

本书所有实例的代码和电路图的下载地址为 <http://www.coronabook.com/download/>。

编 者

2011 年 12 月

第 1 篇 单片机快速入门篇

第 1 章 初识单片机	3
1.1 单片机的发展历史、现状与趋势	3
1.2 单片机的硬软件系统及种类	5
1.2.1 单片机的硬件系统	5
1.2.2 单片机的软件系统	6
1.2.3 单片机的种类	6
1.3 单片机开发工具	8
1.3.1 编程器	8
1.3.2 仿真器	8
1.3.3 其他工具	9
1.4 单片机的应用领域	10
第 2 章 单片机应用系统开发基础	11
2.1 51 单片机的体系结构	11
2.1.1 总体结构	11
2.1.2 中央处理器 CPU	14
2.1.3 存储器	20
2.1.4 振荡器	27
2.1.5 工作模式	28
2.2 51 单片机的指令系统	31
2.2.1 指令格式	31
2.2.2 寻址方式	32
2.2.3 指令系统	35
2.3 I/O 端口	47
2.3.1 P0 端口	47
2.3.2 P1 端口	48
2.3.3 P2 端口	49
2.3.4 P3 端口	50
2.4 中断系统	50
2.4.1 中断系统的结构	51
2.4.2 中断请求源	51
2.4.3 外部中断	53
2.4.4 中断控制	54

2.4.5	中断过程	56
2.5	定时/计数器及串行口	57
2.5.1	定时/计数器的结构	58
2.5.2	定时器的方式寄存器 TMOD	58
2.5.3	定时器/计数器控制寄存器 TCON	59
2.5.4	定时/计数器的工作方式	60
2.5.5	定时器/计数器的初始化	62
2.5.6	UART 串行口的结构	64
2.5.7	串行口的特殊功能寄存器	65
2.5.8	串行口的工作方式	66
2.6	单片机应用系统开发流程	74
第 3 章	单片机系统功能定义	76
3.1	概述	76
3.2	单片机应用系统的硬件组成	77
3.2.1	外围接口模块功能分析定义	77
3.2.2	输入输出模块功能分析定义	80

第 2 篇 硬件系统制作篇

第 4 章	准备元器件	85
4.1	概述	85
4.2	电子元件	85
4.2.1	电阻器	85
4.2.2	电容器	87
4.2.3	电感器	90
4.3	半导体分离器件	93
4.3.1	型号及命名方法	93
4.3.2	二极管	94
4.3.3	三极管	97
4.3.4	场效应晶体管	98
4.3.5	晶闸管	99
4.4	开关	100
4.4.1	常用开关的种类	100
4.4.2	常用开关的主要参数	103
4.5	继电器	104
4.6	接插件	105

第 5 章 单片机 PCB 设计	108
5.1 Protel 电路图设计基础	108
5.1.1 Protel 集成开发环境	108
5.1.2 Protel 管理器	109
5.2 设计电路原理图	110
5.2.1 原理图设计基础与技巧	110
5.2.2 设计单片机系统原理图	113
5.3 印刷电路板设计	119
5.3.1 概述	119
5.3.2 印刷电路板的设计流程	120
5.3.3 设计原则	121
5.3.4 设计单片机系统 PCB 图	122
5.4 印刷电路板设计技巧和注意事项	128
第 6 章 单片机制版与焊接	130
6.1 制作电路板	130
6.1.1 准备	130
6.1.2 曝光	131
6.1.3 显影	131
6.1.4 蚀刻	131
6.2 焊接工具	132
6.2.1 普通电烙铁	133
6.2.2 恒温电烙铁	133
6.2.3 吸锡电烙铁	134
6.2.4 几种实用的烙铁头	134
6.2.5 电烙铁的保养	135
6.3 焊接方法和技巧	135
6.4 焊接单片机系统实验板	136
第 7 章 单片机硬件系统的调试	138
7.1 单片机硬件系统调试概述	138
7.2 硬件静态调试	138
7.2.1 排除逻辑故障	138
7.2.2 排除元器件故障	139
7.2.3 排除电源故障	139
7.3 联机仿真调试	139

第 8 章	自制编程器	142
8.1	概述	142
8.2	编程器硬件设计	142
8.2.1	编程器硬件需求	142
8.2.2	装配要点	144
8.2.3	应用要点与故障排除	145
8.2.4	编程器电路图	145
8.3	编程器软件的使用	147
8.4	编程器使用方法	150
8.5	小结	152
第 9 章	自制仿真器	153
9.1	概述	153
9.2	仿真器硬件设计	153
9.2.1	硬件需求	154
9.2.2	仿真器电路图及其工作原理	154
9.3	仿真器软件设计	158
9.4	仿真器的使用	159
9.4.1	软件环境设置	159
9.4.2	调试运行	163
9.5	小结	165

第 3 篇 51 单片机 C 语言篇

第 10 章	单片机 C51 基础	169
10.1	C51 语言的基本语法	169
10.1.1	数据类型	169
10.1.2	运算符和表达式	171
10.2	C51 语言的基本结构	176
10.2.1	C51 控制流	176
10.2.2	C51 函数	184
10.2.3	C51 数组和指针	196
10.2.4	C51 结构、联合和枚举	199
10.3	C51 语言使用技巧	205

第 11 章	Keil C51 开发环境	207
11.1	Keil μ Vision3 环境介绍	207
11.1.1	Keil μ Vision3 菜单	208
11.1.2	Keil μ Vision3 编写代码流程	213
11.2	利用 Keil μ Vision3 编写 C51 程序	213
11.2.1	建立新项目	213
11.2.2	常用环境配置	216
11.3	Keil μ Vision3 编程技巧	222

第 4 篇 51 单片机应用开发典型模块

第 12 章	单片机系统电源模块	229
12.1	单片机系统电源模块的结构框图	229
12.2	单片机系统电源模块的设计	229
12.3	单片机系统电源模块的抗干扰措施	231
12.3.1	电源模块工作的稳定性	231
12.3.2	切断电源模块产生的干扰	232
第 13 章	单片机系统外部 RAM 模块	233
13.1	单片机系统 RAM 模块基础知识简介	233
13.1.1	8D 锁存器 74LS373	233
13.1.2	3-8 译码器 74LS138	234
13.1.3	随机存取数据存储器 (RAM) 6264	235
13.2	单片机系统 RAM 模块设计	236
13.2.1	单片机与外部 RAM 的连接方法	236
13.2.2	单片机系统扩展外部 RAM 应用实例	239
13.3	单片机系统 RAM 模块调试技巧	240
第 14 章	单片机系统并行接口	241
14.1	单片机系统并行接口芯片简介	241
14.1.1	可编程并行接口芯片 8255 简介	241
14.1.2	可编程并行接口芯片 8155 简介	247
14.2	单片机系统并行接口设计	252
14.2.1	8255 与 51 单片机的接口设计	252
14.2.2	8155 与 51 单片机的接口设计	253
14.3	单片机系统并行接口调试技巧	263

第 15 章	单片机系统 D/A 转换模块	264
15.1	D/A 转换器概述	264
15.1.1	D/A 转换的原理	264
15.1.2	D/A 转换器的技术指标	266
15.2	单片机系统 D/A 模块芯片简介	267
15.2.1	并行 D/A 转换器芯片 DAC0832	267
15.2.2	串行 D/A 转换器芯片 TLC5617	268
15.3	单片机系统 D/A 模块接口设计	270
15.3.1	DAC0832 与 51 单片机的接口设计	270
15.3.2	TLC5617 与 51 单片机的接口设计	275
15.4	单片机系统 D/A 模块调试技巧	278
第 16 章	单片机系统 A/D 转换模块	279
16.1	A/D 转换器工作原理	279
16.1.1	双积分式 A/D 转换器的工作原理	279
16.1.2	逐次逼近式 A/D 转换器的工作原理	280
16.2	单片机系统 A/D 模块芯片简介	280
16.2.1	双积分式 A/D 转换器芯片 MC14433	280
16.2.2	并行 A/D 转换器芯片 ADC0809	282
16.2.3	串行 A/D 转换器芯片 TLC0832	284
16.3	单片机系统 A/D 模块接口设计	286
16.3.1	MC14433 与 51 单片机的接口设计	286
16.3.2	ADC0809 与 51 单片机的接口设计	287
16.3.3	TLC0832 与 51 单片机的接口设计	291
16.4	单片机系统 A/D 模块调试技巧	292
第 17 章	单片机系统实时时钟模块	293
17.1	单片机系统实时时钟模块芯片简介	293
17.1.1	典型串行实时时钟芯片 DS1302	293
17.1.2	典型并行实时时钟芯片 DS12C887	296
17.2	单片机系统实时时钟模块设计	300
17.2.1	DS1302 与 51 单片机的接口设计	300
17.2.2	DS12C887 与 51 单片机的接口设计	304
17.3	单片机系统实时时钟模块调试技巧	308

第 18 章	单片机系统 EEPROM 模块	309
18.1	单片机系统 EEPROM 模块芯片简介	309
18.1.1	EEPROM AT24C64 芯片简介	309
18.1.2	串行口 I ² C 简介	310
18.2	AT24C64 与 51 单片机的接口设计	313
18.3	单片机系统 EEPROM 模块调试技巧	321
第 19 章	单片机系统硬件看门狗模块	322
19.1	单片机系统硬件看门狗简介	322
19.2	硬件看门狗模块与 51 单片机接口设计	322
19.2.1	计数器构成的看门狗电路	323
19.2.2	定时器构成的看门狗电路	323
19.2.3	专用芯片构成的看门狗电路	324
19.3	单片机系统硬件看门狗调试技巧	325
第 20 章	单片机系统温度模块	327
20.1	温度测量相关概念	327
20.1.1	温度和温标的定义	327
20.1.2	温度测量方法	327
20.1.3	温度传感器	328
20.2	利用单线总线实现 DS18B20 的温度测量	329
20.2.1	DS18B20 数字传感器	329
20.2.2	DS18B20 的单线总线结构	332
20.2.3	基于 DS18B20 的温度测量系统的设计	336
20.3	利用热电阻传感器 Pt100 实现温度测量	340
20.3.1	热电阻传感器	340
20.3.2	铂热电阻 Pt100	340
20.3.3	基于 Pt100 的温度测量系统的设计	341
第 21 章	单片机远距离通信模块	345
21.1	单片机的通信简介	345
21.1.1	单片机的通信方式	345
21.1.2	串行通信的传输方式	346
21.2	基于 RS-485 的单片机远距离通信模块的设计	346
21.2.1	RS-485 接口标准	346
21.2.2	基于 RS-485 的远程通信模块的硬件电路的设计	347

21.2.3	单片机与 PC 机通信模块的程序设计	349
21.2.4	程序的调试技巧	353
21.3	基于 CAN 总线远距离通信模块的设计	354
21.3.1	CAN 总线简介	354
21.3.2	基于 CAN 总线远距离通信模块硬件电路的设计	356
21.3.3	基于 SJA1000 的 CAN 总线通信模块的程序的的设计	361
21.3.4	程序调试技巧	364
第 22 章	单片机系统键盘输入模块	366
22.1	键盘的设计基础	366
22.1.1	键盘的分类和按键去抖	366
22.1.2	键盘的基本组成形式	367
22.2	利用单片机的串行口实现键盘接口	374
22.2.1	硬件电路的设计	374
22.2.2	程序设计	376
22.3	利用 8279 可编程芯片实现键盘接口	378
22.3.1	8279 可编程芯片简介	378
22.3.2	8279 的键盘接口电路设计	382
22.3.3	程序设计	383
第 23 章	单片机系统显示输出模块	385
23.1	LED 显示器输出接口	385
23.1.1	LED 显示器的结构	385
23.1.2	LED 显示器的工作方式	387
23.2	LCD 液晶显示器输出接口	392
23.2.1	LCD 液晶显示器结构	393
23.2.2	LCD 液晶显示器分类	393
23.2.3	LCD 显示模块 LCM	393
23.2.4	利用 HT1621 实现段式 LCD 液晶显示	395
第 24 章	单片机系统打印输出模块	401
24.1	微型打印机简介	401
24.2	WH-A7 接口时序	402
24.2.1	WH-A7 并行接口时序	402
24.2.2	WH-A7 串行接口时序	403
24.3	WH-A7 热敏微型打印机打印命令	404
24.4	与单片机接口及程序	407

24.4.1 并行 WH-A7 与 51 单片机的接口设计	407
24.4.2 串行 WH-A7 与 51 单片机的接口设计	408

第 25 章 单片机系统驱动隔离模块	411
25.1 单片机驱动模块设计	411
25.1.1 单片机 I/O 口的驱动	411
25.1.2 板内总线的驱动	414
25.1.3 继电器的驱动	416
25.1.4 其他驱动器件介绍	418
25.1.5 单片机驱直流动电机	419
25.2 单片机隔离模块设计	424
25.2.1 开关量的隔离	424
25.2.2 单片机模拟信号隔离设计	426
25.2.3 专用 RS-485 总线的隔离芯片	430

第 5 篇 单片机 C 语言开发综合实例篇

第 26 章 单片机实现密码锁	435
26.1 概述	435
26.2 设计思路及流程	435
26.3 硬件电路设计	436
26.3.1 电源电路设计	436
26.3.2 键盘电路	436
26.3.3 显示器电路	437
26.3.4 报警电路	438
26.3.5 电子锁控制电路	438
26.3.6 单片机电路	438
26.4 软件设计	439
26.4.1 常量、变量说明	440
26.4.2 显示子程序	440
26.4.3 报警子程序	443
26.4.4 键盘子程序	443
26.4.5 系统其他程序	448
26.5 小结	450
第 27 章 单片机实现音乐发生器	451
27.1 概述	451

27.2	设计流程及思路	451
27.2.1	音乐基础	451
27.2.2	音频脉冲和音乐节拍的实现	452
27.2.3	音频功放	454
27.3	硬件电路设计	456
27.3.1	主要器件	456
27.3.2	电路原理图及其工作原理	457
27.4	软件设计	459
27.5	小结	464
第 28 章	单片机实现数字温度计	465
28.1	概述	465
28.2	设计思路及流程	465
28.3	硬件电路设计	466
28.3.1	主要器件	466
28.3.2	电路原理图	469
28.4	软件设计	473
28.4.1	常量、变量说明	473
28.4.2	按键子程序	474
28.4.3	显示子程序	475
28.4.4	温度采集子程序	478
28.4.5	报警子程序	479
28.4.6	系统其他程序	479
28.5	小结	483
第 29 章	单片机实现 IC 卡读卡器	484
29.1	概述	484
29.2	设计思路及流程	484
29.3	硬件电路设计	485
29.3.1	主要器件	485
29.3.2	电路原理图	489
29.4	软件设计	492
29.4.1	常量、变量说明	492
29.4.2	显示子程序	493
29.4.3	读卡子程序	494
29.4.4	报警子程序	500
29.4.5	系统其他子程序	501

29.5	小结	503
第 30 章	单片机实现远程监控系统	504
30.1	概述	504
30.1.1	下位机系统功能	504
30.1.2	上位机系统功能	504
30.2	设计思路及流程	504
30.2.1	下位机系统总体设计	505
30.2.2	上位机系统总体设计	505
30.3	硬件电路设计	506
30.3.1	主要器件	506
30.3.2	电路原理图	508
30.4	软件设计	513
30.4.1	通信协议	513
30.4.2	下位机程序设计	514
30.4.3	上位机程序设计	522
30.5	小结	529
第 31 章	单片机实现电子钟	530
31.1	概述	530
31.2	设计思路及流程	530
31.3	硬件电路设计	531
31.3.1	主要器件	531
31.3.2	电路原理图	536
31.4	软件设计	539
31.4.1	常量、变量说明	540
31.4.2	显示子程序	541
31.4.3	键盘子程序	543
31.4.4	时钟子程序	545
31.4.5	设置子程序	548
31.4.6	闹铃子程序	554
31.4.7	系统其他子程序	555
31.5	小结	558
第 32 章	单片机实现网络通信	559
32.1	概述	559
32.2	设计思路及流程	559