



单片机教学和项目开发的资深专家精心编写
17个专业案例阐释模块设计与接口技术

51 单片机 技术与应用系统开发 案例精选

江志红 编著



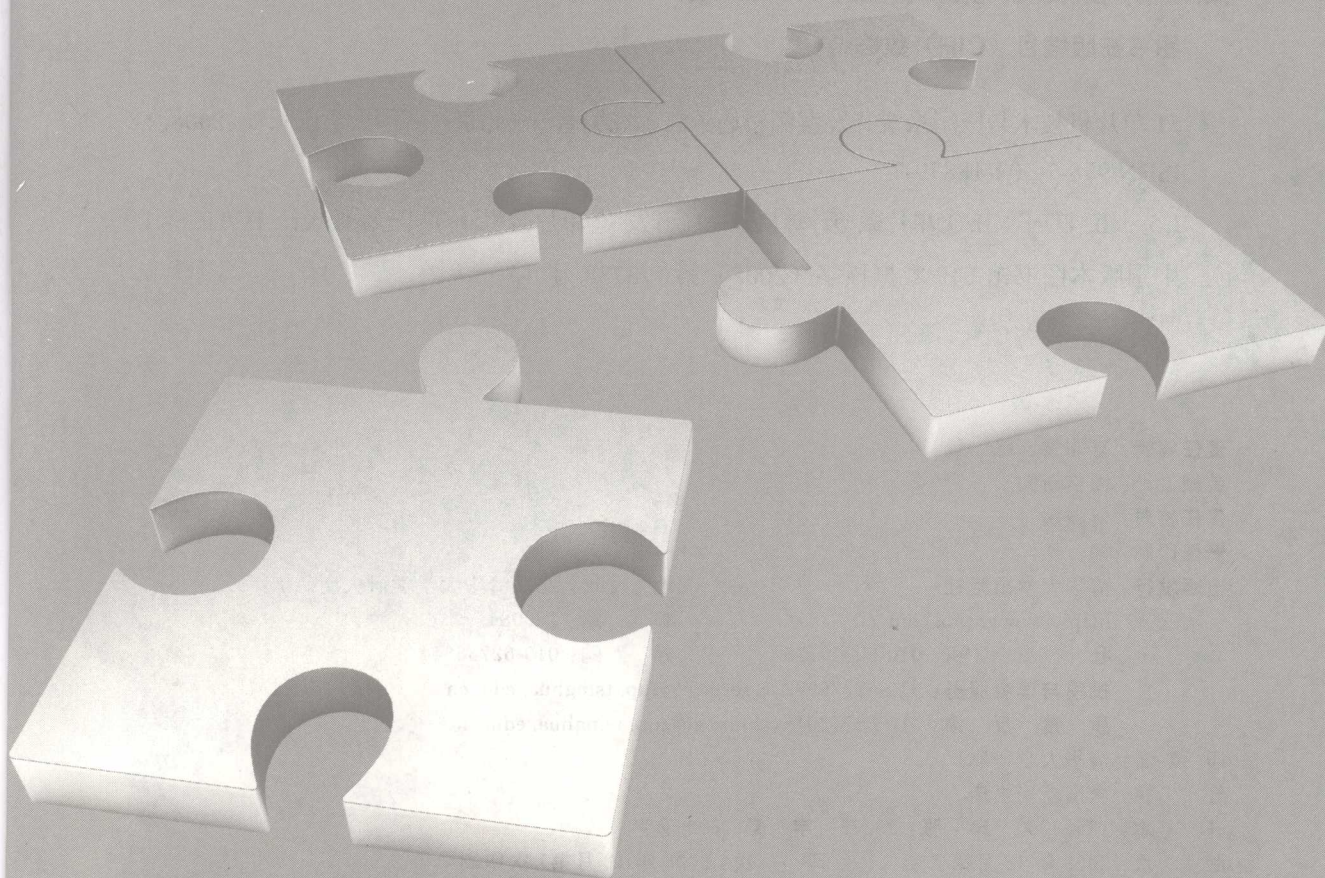
- ✓ 涵盖单片机基础知识、软硬件开发工具、编程语言及应用系统开发流程
- ✓ 14个案例专题，阐释单片机模块设计与接口开发技术及其应用
- ✓ 3个系统开发综合案例，体验开发过程，获取项目经验



清华大学出版社

51单片机 技术与应用系统开发 案例精选

江志红 编著



清华大学出版社

北 京

内 容 简 介

本书以 17 个实际项目中的应用案例,详细介绍了 51 单片机开发的相关技术、工具、常见模块设计和接口技术。

全书共 22 章,前 5 章为单片机系统开发基础,内容涉及单片机的硬件结构、指令系统、硬件开发工具 Protel、软件开发工具 Keil、程序设计语言(汇编、C51)、单片机应用系统设计流程。第 6~19 章通过范例介绍 14 个单片机应用开发专题,涉及 I/O 口、定时器计数器、串口通信、中断应用、存储器扩展、键盘接口、LED 显示接口、LCD 显示接口、AD 接口、DA 接口、USB 接口、I²C 接口、SPI 接口、CAN 总线接口等,每一个专题都按“开发技术→案例说明→硬件电路设计→软件开发”的流程进行讲解,让读者掌握技术,学会应用;最后 3 章通过软件抗干扰应用系统、电厂温度实时监控系统、智能玩具小车等三个案例,具体演示应用多种技术开发单片机系统的思路和方法。

本书技术讲解全面,案例覆盖各种常见单片机模块设计和接口技术,具有很强的代表性和实用性,可作为高等院校学生学习单片机技术的实践型教材,也可供相关专业学生课程设计、毕业设计参考,还可以供单片机开发技术人员及爱好者阅读参考。

本书封面贴有清华大学出版社防伪标签,无标签者不得销售。

版权所有,侵权必究。侵权举报电话:010-62782989 13701121933

图书在版编目(CIP)数据

51 单片机技术与应用系统开发案例精选 / 江志红编著. —北京:清华大学出版社,2008.12
ISBN 978-7-302-18879-7

I.5… II. 江… III. ①单片微型计算机—系统开发 ②单片微型计算机—系统设计 IV.TP368.1

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2008)第 173738 号

责任编辑:夏非彼 陈 晨

装帧设计:图格新知

责任校对:贾淑媛

责任印制:杨 艳

出版发行:清华大学出版社

地 址:北京清华大学学研大厦 A 座

<http://www.tup.com.cn>

邮 编:100084

社 总 机:010-62770175

邮 购:010-62786544

投稿与读者服务:010-62776969, c-service@tup.tsinghua.edu.cn

质 量 反 馈:010-62772015, zhiliang@tup.tsinghua.edu.cn

印 装 者:清华大学印刷厂

经 销:全国新华书店

开 本:185×260 印 张:28.75 字 数:699 千字

版 次:2008 年 12 月第 1 版 印 次:2008 年 12 月第 1 次印刷

印 数:1~4000

定 价:52.00 元

本书如存在文字不清、漏印、缺页、倒页、脱页等印装质量问题,请与清华大学出版社出版部联系调换。联系电话:(010)62770177 转 3103 产品编号:031830-01

前 言

单片机作为微型计算机的一个重要分支,应用面很广,发展很快。自20世纪70年代诞生以来,目前世界上单片机有几十家,单片机的型号有数百种。从各种新型单片机的性能上看,单片机正朝着面向多层次用户的多品种、多规格发展。单片机具有集成度高、体积小、功能强、使用灵活、价格低廉、稳定可靠等特点,在家用电器、智能仪器、数控机床、数据处理、自动检测、工业控制、火箭制导等许多领域都发挥着十分重要的作用。

本书是一本以实践为主,全面介绍单片机技术应用的图书,书中实用型案例多达17个。全书可分为3部分,第1部分(第1~5章)介绍单片机相关技术,第2部分(第6~19章)通过具体案例介绍51单片机常见接口模块的开发方法,第3部分(第20~22章)通过3个综合性的案例给读者介绍了单片机应用系统的开发方法。各章内容如下:

第1章给读者详细介绍了单片机的发展历史、应用范围,以及单片机的硬件结构和指令系统,使得读者对于单片机的原理有一个初步的认识。

第2章介绍Protel 99 SE软件的使用环境、基本操作方法,以及硬件设计的基本流程,同时还介绍Protel绘制原理图和印制电路板图的基本方法和技巧。

第3章介绍单片机软件开发工具Keil软件包的使用,内容包括集成工作环境 μ Vision2的工作界面和Keil软件项目开发的完整过程,在本章的最后还给出了几个使用Keil的有用技巧。

第4章讨论了单片机的程序设计问题,分别给读者介绍了单片机汇编语言程序设计和C语言程序设计的相关基础,并通过一个简单的模拟节能路灯的实例,直观地比较了C51语言和汇编语言在编程上的特点,最后讨论了C51与汇编混合编程问题。

第5章主要介绍了单片机应用系统设计的一些基本原则和方法。在进行单片机应用系统开发之前,必须要先进行可行性调研,然后才能进行总体方案的设计。在系统设计阶段,无论是硬件系统还是软件系统的设计,除了要考虑基本的功能之外,还必须考虑系统的可靠性设计问题。

第6章以芯片AT89C51为例,介绍了51系列单片机的I/O口的工作原理、具体设计方法以及复杂I/O口的可扩展应用,并且对元件的选用、电路的调试、程序的设计等方面给出了一些参考和技巧。

第7章介绍了MCS-51芯片中定时器/计数器电路的应用,介绍了其基本功能、工作方式,并通过一个电子时钟的实现演示了定时器/计数器的使用方法。

第8章介绍了串口通信的工作方式、状态寄存器、波特率选择等,通过与PC机连接,从而实现上、下位机之间的人机对话的实例,给读者演示了串口通信的使用。

第9章介绍了51单片机的中断系统结构、中断源及控制、外部中断的发出方式选择等,通过一个利用光线的通断来统计进入实验室人数的光电计数电路,详细地介绍C51单片机中断系统的应用。

第10章介绍了外部总线结构、外部系统扩展的实现、外部程序存储器设计、外部数据存储器设计等技术,并通过Atmel公司的FLASH存储器AT49HF010与AT89C51单片机接口实现ISP功能的例子,介绍了存储器的扩展应用。

第11章介绍了键盘接口的原理以及实际操作,对键盘的分类、特点以及实现进行了详细

的介绍,并对键盘防抖以及键盘扫描做了深入的分析 and 概括。

第 12 章介绍了 7 段数码管工作原理,并通过一款简易的电子密码锁设计来对 LED 动态显示方式进行了具体说明。

第 13 章介绍了 LCD 显示工作原理,并通过电子温度计的设计,帮助读者掌握单片机液晶显示的软、硬件设计和实现。

第 14 章介绍了 A/D 转换接口的基本概念,包括 A/D 转换器的原理与动态指标等,并以基于 DAC0809 的简易数字电压表为例介绍了 A/D 转换器与 51 单片机的接口。

第 15 章介绍了 D/A 转换接口的基本概念,包括 D/A 转换器的原理与动态指标等,并以波形发生器为例介绍了 D/A 转换器与 51 单片机的接口。

第 16 章介绍了 USB 结构的系统构成和软硬件结构,通过简易的 USB 键盘实例对 USB 接口设计和应用进行了具体说明。

第 17 章介绍了 I²C 串行总线协议及其寻址方式,通过基于单片机 AT89C2051 和 AT24C64 的简易 IC 卡读/写器帮助读者掌握 I²C 接口设计的软、硬件设计和实现。

第 18 章介绍了 SPI 总线的工作原理,并介绍了基于单片机 AT89S52、X5045、PT2262/PT2272 等的无线呼叫器用接收器设计。

第 19 章从 CAN 总线的特点、CAN 总线的信息协议格式和 CAN 总线的分层结构等三个方面介绍了 CAN 总线的基本概念,通过一个电脑打铃系统主控机单元的设计实例,介绍了 CAN 总线的应用。

第 20 章介绍了 CRC 编码技术的基本原理以及计算 CRC 码的基本算法,并通过一个实例对 CRC 编码技术如何运用到实际的软件设计中进行了展示。

第 21 章介绍了电厂温度实时监控系统的设计和实现,利用热电阻 Pt100 对温度进行测量,该方案对其他热电阻方案同样成立。

第 22 章通过智能玩具小车的实现,介绍了单片机多技术在同—个系统中的实现,包括利用红外线进行远程遥控操作,利用脉冲宽度调制 PWM 的方法实现对小车速度的控制,利用步进电机实现转向控制,利用超声波进行前方障碍检测,利用蜂鸣器完成声音报警和音乐鸣奏,用字符型液晶显示器作为显示输出等。

本书技术讲解完全按照单片机系统的开发流程展开,选自社会生产和生活中常见的案例,涵盖了常见的各种单片机模块和接口,具有非常强的实用性,读者可从中学习开发单片机系统的具体思路和方法。

本书可作为高等院校学生学习单片机技术的案例教材,同时也可作为学生进行单片机课程设计、毕业设计的参考用书,同时还可供广大单片机爱好者以及开发技术人员阅读参考。

本书由江志红编写,另外,刘雪萍、蒋菊兰、汤世明、姚建仁、李国兴、钟星海、王建华、杨俊、秦涛、靳栓柱、刘朝贵、李建华、谢吉容、刘天惠、李昕、李志、杨阿立、黄贵珍、李玲等同志参与了稿件和资料的整理,在此,致以诚挚的谢意!

由于作者水平有限,难免存在一些错误和不足。希望广大读者同仁在使用本教材时给予批评与指正。

编者

2008 年 9 月

目 录

第 1 章 单片机基础	1
1.1 单片机的发展与应用	1
1.1.1 发展概况	1
1.1.2 发展趋势	2
1.1.3 应用领域	3
1.2 单片机的硬件结构	3
1.2.1 基本组成	4
1.2.2 引脚功能	5
1.2.3 核心部件	9
1.2.4 存储结构	11
1.2.5 控制电路	16
1.3 单片机的指令系统	18
1.3.1 指令概述	18
1.3.2 寻址方式	21
1.3.3 指令介绍	22
第 2 章 单片机硬件开发工具 Protel	30
2.1 Protel 99 SE 概述	30
2.1.1 操作环境	30
2.1.2 文件管理	31
2.1.3 Protel 硬件设计流程	33
2.2 原理图设计	34
2.2.1 基本操作	34
2.2.2 设计流程	41
2.3 PCB 图设计	44
2.3.1 基本操作	45
2.3.2 设计流程	53
2.4 本章小结	57
第 3 章 单片机软件开发工具 Keil	58
3.1 Keil 软件包功能简介	58
3.2 集成工作环境	60
3.2.1 工作界面	60
3.2.2 菜单命令	62

3.3 项目开发流程	67
3.3.1 工程项目的创建	67
3.3.2 项目文件的设置	70
3.3.3 软件编译与连接	75
3.3.4 软件调试	76
3.4 软件应用技巧	85
3.4.1 添加新器件	85
3.4.2 文件管理	86
3.4.3 代码优化	87
3.5 本章小结	89
第4章 单片机程序设计语言	90
4.1 汇编语言程序设计	90
4.1.1 汇编语言程序设计步骤	90
4.1.2 汇编语言程序结构	91
4.1.3 汇编语言程序设计方法	94
4.1.4 汇编语言编程规范	99
4.2 C 语言程序设计	101
4.2.1 C51 程序结构	101
4.2.2 C51 基本语法规则	103
4.2.3 C51 编程技巧	123
4.3 C 语言与汇编语言的对照	123
4.3.1 实例描述	123
4.3.2 硬件电路	124
4.3.3 程序设计	124
4.3.4 汇编语言编写的代码	125
4.3.5 C 语言编写的代码	125
4.3.6 实例小结	126
4.4 汇编语言与 C 语言的混合编程	127
4.4.1 C51 和 A51 接口所涉及的几个主要问题	127
4.4.2 C51 程序中嵌入汇编	129
4.4.3 C51 与汇编函数的相互调用	130
4.5 本章小结	133
第5章 单片机应用系统设计基础	134
5.1 应用系统研制概述	134
5.2 总体方案的确定	135
5.2.1 可行性调研	135
5.2.2 元器件选型	136
5.2.3 方案设计	136
5.3 系统设计	137

5.3.1	硬件设计	137
5.3.2	软件设计	141
5.4	系统调试	143
5.4.1	硬件调试	143
5.4.2	软件调试	144
5.4.3	系统联调	145
5.5	本章小结	145
第 6 章	I/O 口应用——电子琴设计	146
6.1	概述	146
6.2	实例说明	149
6.3	硬件电路	150
6.3.1	元器件的选择	150
6.3.2	硬件电路图	151
6.3.3	电路各部分简要分析	151
6.4	软件流程	152
6.4.1	设计思路与流程图	152
6.4.2	示例程序	153
6.5	本章小结	157
第 7 章	定时器/计数器口应用——电子时钟	158
7.1	概述	158
7.1.1	定时器/计数器基本功能和结构	158
7.1.2	定时器/计数器的工作方式	160
7.1.3	定时器/计数器的初始化	162
7.2	实例说明	163
7.2.1	电子钟的功能介绍	163
7.2.2	电子钟设计基本方案	164
7.3	硬件电路	165
7.4	软件流程	166
7.4.1	主程序流程框图	166
7.4.2	键扫描子程序流程框图	166
7.4.3	中断服务程序流程框图	167
7.4.4	“P.”点显示子程序流程框图	168
7.4.5	显示子程序流程框图	168
7.4.6	加一子程序流程框图	169
7.4.7	电子钟总程序清单	169
7.5	使用及调试	174
7.5.1	操作说明	174
7.5.2	电子钟运行结果	174
7.6	本章小结	174

第 8 章 串口通信应用——人机对话	176
8.1 概述	176
8.1.1 MCS-51 串口的结构	176
8.1.2 串行通信的方式	177
8.1.3 串行通信方向	178
8.1.4 串口的控制与状态寄存器	178
8.1.5 串口的工作方式	179
8.1.6 MCS-51 串行通信的波特率选择	182
8.2 实例说明	183
8.3 硬件电路	183
8.3.1 元器件的选择	183
8.3.2 硬件电路图	184
8.3.3 电路各部分简要分析	184
8.4 软件流程	184
8.4.1 设计思路与流程图	184
8.4.2 示例程序	186
8.4.3 运行结果	189
8.5 本章小结	190
第 9 章 中断应用——光电计数器	191
9.1 概述	191
9.1.1 中断的基本概念	191
9.1.2 MCS-51 单片机的中断系统结构	192
9.1.3 MCS-51 单片机的中断源及控制	192
9.1.4 外部中断响应时间	195
9.1.5 外部中断的触发方式选择	195
9.2 实例说明	196
9.3 硬件电路	197
9.4 软件流程	197
9.4.1 设计思路与流程图	197
9.4.2 示例程序	198
9.5 本章小结	201
第 10 章 存储器扩展应用——实现 ISP 功能	202
10.1 概述	202
10.1.1 外部总线结构	202
10.1.2 外部系统扩展的实现	203
10.1.3 外扩芯片片选和地址分配方法	204
10.1.4 外部程序存储器设计	206
10.1.5 外部数据存储器设计	206

10.2	ISP 简介与实例说明	207
10.2.1	ISP 简介	207
10.2.2	实例说明	207
10.3	硬件电路	207
10.3.1	元器件的选择	207
10.3.2	硬件电路图	209
10.4	软件流程	209
10.4.1	设计思路与流程图	209
10.4.2	示例程序	211
10.4.3	运行结果	220
10.5	本章小结	220
第 11 章	键盘接口应用——计算器	221
11.1	概述	221
11.1.1	键盘实现方法	221
11.1.2	键盘扫描方法	222
11.1.3	键盘设计原理	223
11.2	实例说明	225
11.3	硬件电路	226
11.3.1	矩阵式键盘电路	226
11.3.2	LED 数字显示电路	226
11.4	软件流程	227
11.4.1	主程序流程图	227
11.4.2	按键扫描程序框图	228
11.4.3	LED 数字显示程序框图	228
11.4.4	示例程序	229
11.5	本章小结	235
第 12 章	LED 显示接口应用——电子密码锁	236
12.1	概述	236
12.1.1	7 段数码管工作原理	236
12.1.2	如何驱动 7 段数码管	238
12.2	实例说明	239
12.3	硬件电路	240
12.3.1	元器件的选择	240
12.3.2	电路原理图	240
12.4	软件流程	242
12.4.1	设计思路与流程图	242
12.4.2	示例程序	243
12.5	本章小结	250

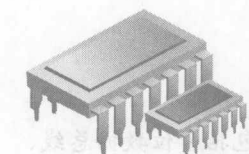
第 13 章 LCD 显示接口应用——电子温度计	251
13.1 概述	251
13.1.1 LCD 显示的优点	251
13.1.2 LCD 显示模块分类	252
13.1.3 LCD 显示工作原理	252
13.2 实例说明	253
13.3 硬件电路	253
13.3.1 元器件的选择	253
13.3.2 电路原理图	253
13.4 软件流程	255
13.4.1 设计思路与流程图	255
13.4.2 示例程序	258
13.5 本章小结	268
第 14 章 A/D 接口应用——电压表	269
14.1 概述	269
14.1.1 A/D 转换器技术指标	269
14.1.2 A/D 转换器工作原理	270
14.1.3 典型 A/D 转换器芯片 ADC0809	271
14.1.4 ADC0809 的典型接口方式	272
14.2 实例说明	273
14.3 硬件电路	274
14.3.1 单片机主控电路	274
14.3.2 A/D 转换电路	274
14.3.3 显示电路	275
14.4 软件流程	276
14.4.1 主程序流程图	276
14.4.2 电压采集程序流程图	276
14.4.3 数据处理程序流程图	277
14.4.4 显示程序流程图	278
14.4.5 示例程序	278
14.5 本章小结	282
第 15 章 D/A 接口应用——波形发生器	283
15.1 概述	283
15.1.1 D/A 转换器动态指标	283
15.1.2 D/A 转换器工作原理	284
15.1.3 典型 D/A 转换器芯片 DAC0832	284
15.1.4 DAC0832 的典型接口方式	286
15.2 实例说明	287

15.3	硬件电路	287
15.3.1	单片机电路	288
15.3.2	D/A 转换电路	288
15.3.3	按键及波形指示电路	289
15.4	软件流程	289
15.4.1	主程序流程图	290
15.4.2	锯齿波程序流程图	290
15.4.3	三角波程序流程图	291
15.4.4	正弦波程序流程图	291
15.4.5	方波程序流程图	291
15.4.6	示例程序	292
15.5	本章小结	295
第 16 章	USB 接口应用——简易 USB 键盘	296
16.1	概述	296
16.1.1	USB 系统构成	297
16.1.2	USB 的硬件结构	297
16.1.3	USB 的软件结构	298
16.2	实例说明	299
16.3	硬件电路	299
16.3.1	元器件的选择	299
16.3.2	电路原理图	299
16.4	软件流程	301
16.4.1	设计思路与流程图	301
16.4.2	示例程序	303
16.5	本章小结	318
第 17 章	I²C 接口应用——IC 卡读/写器	319
17.1	概述	319
17.1.1	I ² C 串行总线协议	320
17.1.2	I ² C 串行总线的寻址方式	320
17.2	实例说明	321
17.3	硬件电路	322
17.3.1	元器件的选择	322
17.3.2	电路原理图	322
17.4	软件流程	324
17.4.1	设计思路与流程图	324
17.4.2	示例程序	327
17.5	本章小结	335

第 18 章 SPI 总线接口应用——无线呼叫器用接收器	336
18.1 概述	336
18.1.1 SPI 串行总线的组成	336
18.1.2 SPI 串行总线的工作原理	337
18.2 实例说明	338
18.3 硬件电路	338
18.3.1 元器件的选择	338
18.3.2 电路原理图	339
18.4 软件流程	341
18.4.1 设计思路与流程图	341
18.4.2 示例程序	343
18.5 本章小结	354
第 19 章 CAN 总线接口应用——电脑打铃系统	355
19.1 概述	355
19.1.1 CAN 总线的特点	355
19.1.2 CAN 总线的信息协议格式	356
19.1.3 CAN 总线的分层结构	358
19.2 实例说明	359
19.3 硬件电路	361
19.3.1 单片机电路	361
19.3.2 CAN 通信接口电路	362
19.3.3 时钟功能电路	362
19.3.4 键盘及显示电路	363
19.3.5 RS-232 通信接口电路	364
19.4 软件流程	364
19.4.1 主程序流程框图	365
19.4.2 CAN 通信程序模块	366
19.4.3 单片机程序清单	368
19.5 本章小结	378
第 20 章 软件抗干扰应用	379
20.1 概述	379
20.1.1 CRC 校验的基本原理	379
20.1.2 CRC 校验码的算法	381
20.2 实例说明	383
20.3 硬件电路	384
20.3.1 元器件选择	384
20.3.2 电路原理图	385
20.4 软件流程	386

20.4.1	设计思路及流程图	386
20.4.2	示例程序	388
20.5	本章小结	393
第 21 章	电厂温度实时监控系統	394
21.1	引言	394
21.2	系统设计	394
21.2.1	系統组成	394
21.2.2	热电阻測量	395
21.2.3	温度信号測量方案	396
21.2.4	采样数据处理	397
21.2.5	数据传输方案	397
21.3	硬件设计	399
21.4	软件设计	401
21.4.1	软件框图	401
21.4.2	数据采集模块软件设计	402
21.4.3	队列的软件设计与实现	406
21.4.4	数据处理模块软件设计	410
21.4.5	通信模块软件设计	411
21.4.6	主函数	420
21.5	系統联调	420
21.6	本章小结	421
第 22 章	智能玩具小车	422
22.1	引言	422
22.2	系统设计	422
22.2.1	系統组成	423
22.2.2	速度控制系统	423
22.2.3	转向控制系统	424
22.2.4	检测系統	425
22.2.5	语音系統	426
22.2.6	显示系統	427
22.2.7	遥控系統	428
22.2.8	“看門狗”设计	429
22.3	硬件设计	430
22.3.1	直流电机驱动	430
22.3.2	转向控制系统	430
22.3.3	检测系統硬件设计	431
22.3.4	语音系統	432
22.3.5	显示系統	432
22.3.6	遥控系統	432

22.3.7	“看门狗”硬件设计	434
22.4	软件设计	435
22.4.1	软件框图	435
22.4.2	电机控制软件	436
22.4.3	语音软件	438
22.4.4	显示软件	440
22.4.5	红外接收软件	442
22.4.6	“看门狗”软件设计	444
22.4.7	软件抗干扰技术	444
22.5	本章小结	446



第 1 章

单片机基础

简单的说，单片机就是在一片硅芯片上集成了中央处理器（CPU），它把中央处理器（CPU）、随机访问存储器（RAM）、只读存储器（ROM）、中断系统、定时器和输入输出端口（I/O）等主要部件集成到一个不带外部设备的微型计算机。它具有集成度高、体积小、功能强、使用灵活、价格低廉、稳定可靠等特点。在家用电器、智能仪器、数控机床、数据处理、自动检测、工业控制、火箭制导等领域发挥着十分重要的作用。

本章主要介绍单片机的基础知识和学习要点，以国内应用最为广泛的 51 系列单片机为主线，介绍单片机的历史发展、应用领域、硬件结构和指令系统等内容。

1.1 单片机的发展与应用

单片机作为微型计算机的一个重要分支，应用面很广，发展也很快。自 20 世纪 70 年代诞生以来，目前世界上单片机的生产厂商有几十家，型号也有数百种。从各种新型单片机的性能上看，单片机正朝着面向多层次用户的多品种、多规格发展。

1.1.1 发展概况

单片机自问世以来，性能在不断的提高和完善，它不仅能满足很多应用场合的需要，而且具有集成度高、功能强、速度快、体积小、功耗低、使用方便、性能可靠、价格低廉等特点，因此，在工业控制、智能仪器仪表、数据采集和处理、通信系统、网络系统、汽车工业、国防工业、高级计算器具、家用电器等领域的应用日益广泛，并且正在逐步取代现有的多片微机应用系统。单片机的潜力越来越被人们所重视，特别是当前用 CMOS 工艺制成的各种单片机，由于功耗低，使用的温度范围广、抗干扰能力强，能满足一些特殊要求的应用场合，所以更扩大了单片机的应用范围，也进一步促进了单片机技术的发展。如果将 8 位单片机的推出作为起点，那么单片机的发展历史大致可分为以下 4 个阶段：

第一阶段（1976-1978）：单片机的探索阶段。以 Intel 公司的 MCS-48 为代表。MCS-48 的推出是在工控领域的探索，参与这一探索的公司还有 Motorola、Zilog 等，都取得了满意的效果。这就是 SCM 的诞生年代，“单片机”一词即由此而来。

第二阶段（1978-1982）：单片机的完善阶段。Intel 公司在 MCS-48 基础上推出了完善的、典型的单片机系列 MCS-51。它在以下几个方面奠定了典型的通用总线型单片机体系结构：

- 完善的外部总线。MCS-51 设置了经典的 8 位单片机的总线结构, 包括 8 位数据总线、16 位地址总线、控制总线及具有很多机通信功能的串行通信接口。
- CPU 外围功能单元的集中管理模式。
- 体现工控特性的位地址空间及位操作方式。
- 指令系统趋于丰富和完善, 并且增加了许多突出控制功能的指令。

第三阶段(1982-1990): 8 位单片机的巩固发展及 16 位单片机的推出阶段, 也是单片机向微控制器发展的阶段。Intel 公司推出的 MCS-96 系列单片机, 将一些用于测控系统的模数转换器、程序运行监视器、脉宽调制器等纳入芯片中, 体现了单片机的微控制器特征。随着 MCS-51 系列的广泛应用, 许多电气厂商竞相使用 80C51 作为内核, 将许多测控系统中使用的电路技术、接口技术、多通道 A/D 转换部件、可靠性技术等应用到单片机中, 增强了外围电路功能, 强化了智能控制的特征。

第四阶段(1990-至今): 微控制器的全面发展阶段。随着单片机在各个领域全面深入地发展和应用, 出现了高速、大寻址范围、强运算能力的 8 位/16 位/32 位通用型单片机, 以及小型廉价的专用型单片机。

尽管目前单片机种类繁多, 但其中最为典型、销量最多的仍属 Intel 公司的 MCS-51 系列单片机, 它的功能强大、兼容性强、软硬件资料丰富。国内也以此系列的单片机应用最为广泛。在没有特别指明的情况下, 本书中的单片机仅指基于 MCS-51 内核的系列单片机。

1.1.2 发展趋势

单片机从 8 位、16 位到 32 位, 数不胜数, 应有尽有, 有与主流 C51 系列兼容的, 也有不兼容的, 但它们各具特色, 互成互补, 为单片机的应用提供广阔的天地。纵观单片机的发展过程, 可以预示单片机的发展趋势, 大致有以下 3 种。

1. 低功耗 CMOS 化

MCS-51 系列的 8031 推出时的功耗达 630mW, 而现在的单片机普遍都在 100mW 左右, 随着对单片机功耗要求越来越低, 现在的各单片机制造商基本都采用了 CMOS (互补金属氧化物半导体工艺)。例如, 80C51 就采用了 HMOS (即高密度金属氧化物半导体工艺) 和 CHMOS (互补高密度金属氧化物半导体工艺)。CMOS 虽然功耗较低, 但由于其物理特征决定其工作速度不够高, 而 CHMOS 则具备了高速和低功耗的特点, 这些特征更适合于在要求低功耗的场合应用, 例如, 电池供电电路等。所以这种工艺在今后一段时期将是单片机发展的主要途径。

2. 微型单片化

现在常规的单片机普遍都是将中央处理器 (CPU)、随机访问存储器 (RAM)、只读存储器 (ROM)、并行和串行通信接口、中断系统、定时电路、时钟电路集成在一块单一的芯片上。增强型的单片机集成了如 A/D 转换器、PMW (脉宽调制电路)、WDT (看门狗) 等, 有些单片机将 LCD (液晶) 驱动电路都集成在单一的芯片上, 这样单片机包含的单元电路就更多, 功能就越强大。甚至单片机厂商还可以根据用户的要求量身定做, 制造出具有自己特色的单片机芯片。此外, 现在的产品普遍要求体积小、重量轻, 这就要求单片机除了功能强和功耗低外, 还要求其体积小。现在的许多单片机都具有多种封装形式, 其中 SMD (表面封