



单片机应用系统开发典型实例系列

51单片机

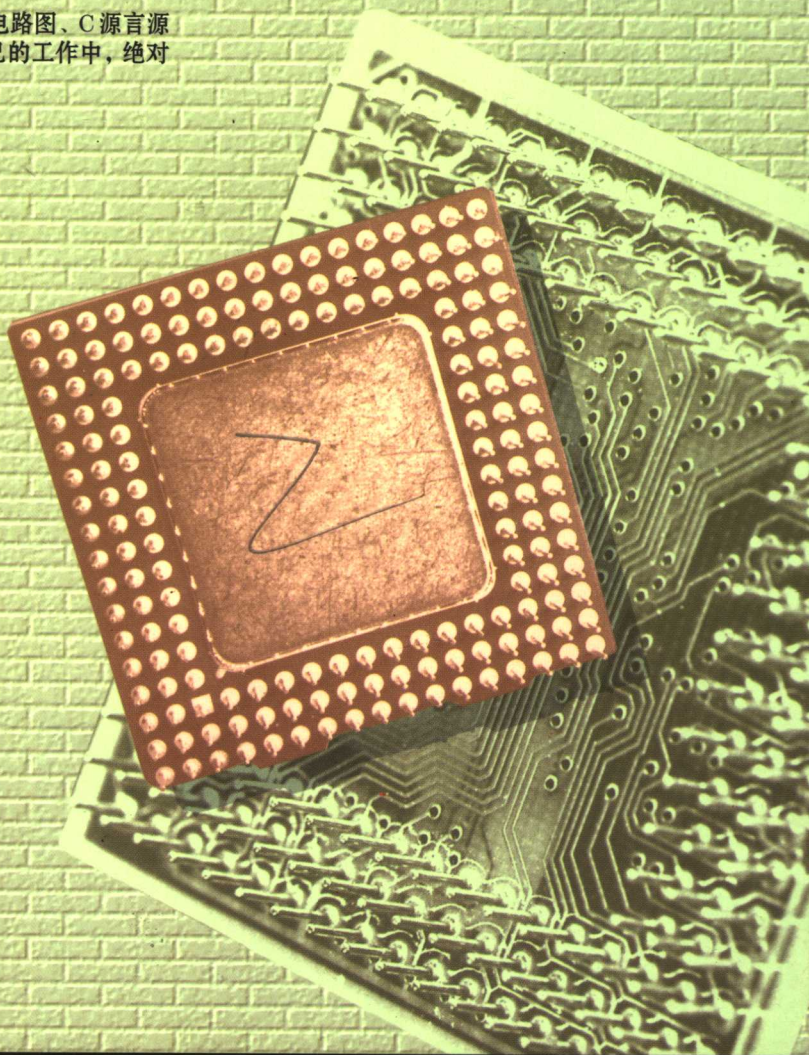
应用系统开发典型实例

戴佳 苗龙 陈斌 编著



随书附赠1CD，内含书中7个实例的电路图、C语言源程序，读者稍加修改，便可应用于自己的工作中，绝对物超所值！

- 红外数据通信系统
- 可编程光纤延迟线系统
- 汽车行驶状态记录仪
- SDH光端机支路单元盘
- 继电保护测试仪
- 远程监控采集系统从设备
- 基于简单Shell的命令调试系统



中国电力出版社
www.infopower.com.cn



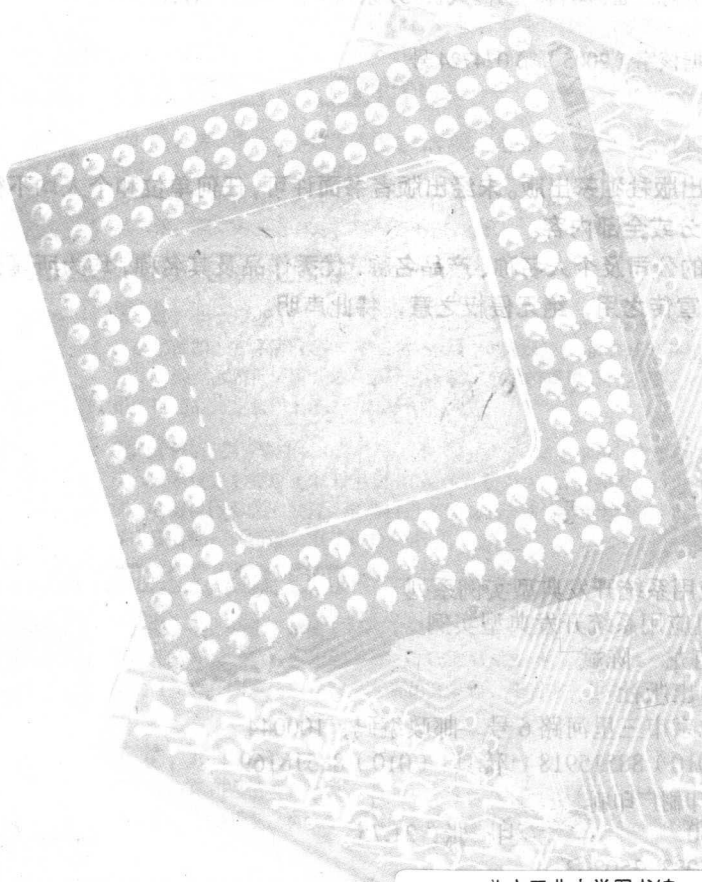
重点计算机普及出版物规划项目

应用系统开发典型实例系列

51单片机

应用系统开发典型实例

戴佳苗 龙陈斌 编著



中国电力出版社

www.infopower.com.cn

内 容 简 介

本书针对目前最通用流行的单片机51系列,介绍了单片机开发的基本知识,工作中的常用功能模块和大量的实际应用案例。分为10章,前3章讲述了51单片机开发的基本知识、常用功能模块以及KEIL 8051 C编译器;第4章到第10章,重点介绍了7个实际的应用案例,内容涉及红外数据通信系统开发、光纤延迟线系统开发、车辆行驶状态记录仪开发、SDH光端机支路单元盘开发、用单片机实现简单的Web服务器、基于Keil RTX51 Tiny的远程监控采集系统开发、Shell调试系统开发等。本书语言简洁,层次清晰,以大型实例介绍为主线,遵照51单片机应用系统开发的基本步骤和思路,进行详细讲解,并穿插介绍了经验、技巧与注意事项,有很强的工程性、实用性和指导性。光盘中附有丰富的实例硬件原图文件和程序源代码,读者稍加修改,便可应用于自己的工作和课题设计中去。

本书适合于初中级读者使用,特别适合于高校计算机、自动化、电子及硬件相关专业在校学生,以及从事51单片机开发的科研设计人员使用。

图书在版编目(CIP)数据

51单片机应用系统开发典型实例/戴佳,苗龙,陈斌编著.北京:中国电力出版社,2005.7
(单片机应用系统开发典型实例系列)
ISBN 7-5083-3502-3

I.5... II.①戴...②苗...③陈... III.单片微型计算机,51系列-程序设计 IV.TP368.1

中国版本图书馆CIP数据核字(2005)第074724号

版权声明

本书由中国电力出版社独家出版。未经出版者书面许可,任何单位和个人不得以任何形式复制或传播本书的部分或全部内容。

本书内容所提及的公司及个人名称、产品名称、优秀作品及其名称,均为所属公司或者个人所有,本书引用仅为宣传之用,绝无侵权之意,特此声明。

策 划:裴红义

姚贵胜

责任编辑:姚贵胜

责任校对:崔燕菊

责任印制:李志强

丛 书 名:单片机应用系统开发典型实例系列

书 名:51单片机应用系统开发典型实例

编 著:戴佳 苗龙 陈斌

出版发行:中国电力出版社

地址:北京市三里河路6号 邮政编码:100044

电话:(010)88515918 传真:(010)88518169

印 刷:北京同江印刷厂印刷

开本尺寸:185×260

印 张:21.75

书 号:ISBN 7-5083-3502-3

版 次:2005年9月北京第1版

印 次:2005年9月第1次印刷

印 数:1~4000

定 价:39.00元(含1CD)

《单片机 / 嵌入式应用系统开发典型实例系列》
丛书编委会名单

专家顾问: 韦 岗

主 编: 裴红义 赵 汶

副主 编: 姚贵胜 于先军 温振宁

委 员: 季 昱 林俊超 宋 飞 余本喜 张发林 秦 龙

戴 佳 苗 龙 叶淦华 李永超 张宏伟 罗 翼

魏 鸣 张 军 黄雅眉

丛 书 序

中国加入 WTO 之后,越来越多的国际著名 IT 企业都将其生产部门转到中国,部分企业将研究、开发部门也逐步转到中国。同时,中国的企业也正越来越多地参与全球市场竞争。经济全球化越加剧,产品的竞争就越激烈,而产品的竞争最终是人才的竞争。中国能否培养出更多的优秀工程师,已经成为中国电子行业能否迅猛发展的一个必不可少的决定因素了。

市场决定技术的发展。在这样的环境下,电子类产品的开发已经成为当今的热点。本套丛书就是在这种条件下为满足广大读者的需要应运而生的。

首先声明一点:下面的意见仅仅是我个人对该套图书的内容与质量的理解和看法,读者完全可以在阅读本套丛书之后,提出不同的意见。

1. 丛书覆盖范围

本套丛书覆盖了 ARM 编程、FPGA 开发、DSP 开发、单片机编程、USB 接口等多种技术。

2. 基本形式

(1) 内容结构:首先简要介绍基础知识(例如硬件基本内部结构、开发工具和方法、基本指令、开发流程等),然后对应用系统项目开发实例进行详细的讲解。

(2) 表现形式:以技术性强的热门实例介绍为主线,全书基本遵照电子系统开发的基本步骤和思路进行详细讲解,讲解中穿插了经验、小技巧与注意事项。

3. 实例的安排

在本套丛书中,每本书都以案例为核心向读者介绍和传递相关的技术,所选用的大多数案例都具有代表性、技术领先性以及应用广泛性,是每一位作者多年开发经验的推广与总结。

每本书附带一张光盘,内容包括书上所介绍的案例的源程序和电路图。这样安排的目的是方便读者在实际工作中充分借鉴并进一步加深对该项电子技术的理解,提高读者应用开发的能力。

4. 本书作者的优势

本套丛书的作者全部都具有多年的电子产品开发和编程经验,有的在全国电子设计大赛中获过奖,在公司中为项目开发部经理或技术骨干;有的是大学实验室的指导老师,从事过许多科研项目的设计、开发,在专业报刊上发表过许多学术论文,在学术和实际开发中都积累了很多经验。正是这些作者高水平的实际开发能力与丰富的经验积累,保证了本套丛书的质量。

5. 读者对象

本套丛书面向高校计算机、电子、自动化及相关硬件专业的在校大学生以及从事电子开发的科研人员。

科研人员通过学习本书，可以提高工作中的开发能力，解决和完善实际工作方案；对于在校大学生，光盘中附有丰富的实例硬件原图文件和程序源代码，只要稍加修改，便可应用于自己的学习中，或者完成自己的课题（毕业设计），物超所值。

6. 个人对本套丛书的期望和评价

本套丛书偏重于实用性，具有很强的工程实践指导性。所有的例子都是作者本人独自或主要负责完成调试通过，并且大部分已进入商品化。衷心地希望本套丛书能够使广大读者有所获益，并受到广大科研人员以及相关专业大学生的青睐。

韦 岗

2005 年 4 月

韦岗简历：

1963 年 1 月出生，现任华南理工大学电子与信息学院院长。历任副教授、教授、博士生导师，享受国务院政府特殊津贴。

他长期从事电子信息领域的教学与研究。研究领域包括：数字无线通信、多媒体信息处理等。先后主持过国家部委、广东省、广州市及企业各级科研项目等 30 多项。获得国家专利 9 项，在国内外著名刊物上发表论文 50 多篇，包括 4 篇 IEEE 汇刊全文论文，被三大索引收录 30 多篇次。获得国家教委、广东省及广州市各级科研多项奖励。1999 年获广东省“五一”劳动奖章及首届广东省“五四”青年奖章。

担任职务：被聘为国家自然科学基金电子与信息学科评委、国际学术刊物“Real Time Systems”（美国）、国家一级学报《电子学报》、《通信学报》、“Control Theory and Applications”及《控制理论与应用》编委、中国电子学会集成电路系统设计委员会副主任等。被聘为广东省电子政务专家组成员、广东省产业政策咨询委员会委员、广东省电子类正高级职称评审委员会委员、广州市发展信息产业专家组组长、广州市天河软件园（国家火炬计划软件产业基地）专家组组长、广州市电子行业协会副会长。

前 言

单片机体积小、重量轻，具有很强的灵活性而且价格便宜，得到越来越广泛的应用。51 单片机在小到中型的应用场合极为常见，已经成为单片机领域的实际标准。20 世纪 80 年代中期，Intel 公司将 8051 内核使用权以专利互换或出售的形式转给世界许多著名 IC 制造厂商，这样 8051 就变成有众多制造厂商支持的、发展出上百个品种的大家族。到目前为止，其他任何一个单片机系列均未发展到如此的规模。

单片机系统的开发是一个硬件、软件结合的过程，学习它比一般编程要困难的地方在于：要完成一个单片机系统的开发，不仅需要掌握编程技术，还需要针对实际应用选择合理的单片机芯片和外围器件，并以此为基础，设计硬件电路。作者根据多年积累的单片机开发经验编写此书，旨在通过介绍若干典型的单片机系统的开发实例来为读者提供开发较大型单片机系统的一条“捷径”。

本书的章节安排如下：

第 1 章是入门章节，主要介绍了单片机的内部结构、基本功能以及指令系统。

第 2 章主要介绍了单片机系统开发过程中常用的一些模块单元：键盘输入、数码显示、液晶显示、串行通信以及数学运算单元。

第 3 章介绍了如何使用 Keil 工具来进行单片机系统的开发和调试。Keil 是一种目前十分流行的用于单片机开发的编译器工具。

第 4 章介绍了小型红外数据通信系统的设计思路以及具体的软、硬件设计。

第 5 章介绍了用单片机实现可编程光纤延迟线系统的设计思路以及具体的软、硬件设计。

第 6 章介绍了用单片机实现汽车行驶状态记录仪的设计思路以及具体的软、硬件设计。

第 7 章介绍了用单片机实现 SDH 光端机支路单元盘的设计思路以及具体的软、硬件设计。

第 8 章介绍了用单片机实现继电保护测试仪的设计思路以及具体的软、硬件设计。

第 9 章介绍了 Keil RTX51 Tiny 实时操作系统在 51 单片机中的应用，内容包括 Keil RTX51 Tiny 的使用概述以及基于它的远程监控采集系统从设备的开发过程。

第 10 章介绍了一种自编单片机调试工具——Shell 命令调试系统的设计思路以及其软件设计。此系统可方便地为读者所移植。

第 11 章介绍了单片机系统开发过程中的电磁兼容性设计，即如何抑制电磁干扰。

附录 A 介绍了单片机开发过程中汇编语言与 C 语言的混合使用问题。

附录 B 详细介绍了典型的实时多任务操作系统 RTX51，这可作为用户使用此小型操作系统的开发指南。

本书具有以下一些特点：

(1) 以实例为主，详细介绍了实际系统的开发全过程，包括设计思路、硬件电路、软件设计以及程序代码分析，对于单片机的实际开发具有一定的参考价值。

(2) 本书提供的典型实例覆盖领域很广, 包括了红外通信、仪表设计、光通信、继电保护、实时操作系统等领域。

(3) 本书盘书结合, 光盘中附有丰富的实例硬件原图文件和程序源代码, 读者稍加修改, 便可应用于自己的工作中去。光盘的使用方法可参见光盘根目录下的使用说明文件。

本书由戴佳主编, 苗龙、戴卫恒、陈斌同志参与了部分章节的编写。另外, 冒俊峰、桑晓宇、胡莹、高玲、秦龙、王海燕、经继松、李建华、郑晨、宋晶晶、李永超、徐振华、曾德攀、唐清善、邱宝良、周克足、刘斌、李亚捷、李永怀、周卫东、廖日坤、金镇、李宁宇、黄小惠、廖济林、庞丽梅、邱远彬、黄桂群等在资料收集、整理和技术支持方面做了大量的工作, 在此一并向他们表示感谢!

由于时间仓促, 再加之作者的水平有限, 书中难免存在一些不足之处, 欢迎广大读者批评和指正。

作 者

目 录

丛书序

前 言

第 1 章 51 单片机概述

1.1 51 单片机系列特点	1
1.2 51 单片机的应用领域	2
1.3 硬件结构和指令系统	3
1.3.1 51 单片机的内部结构	3
1.3.2 51 单片机的引脚说明	6
1.3.3 51 单片机的工作方式	7
1.3.4 51 单片机的指令系统	8
1.4 51 单片机的应用系统	11
1.4.1 应用系统结构	11
1.4.2 应用系统开发过程	12

第 2 章 开发过程中的常用单元

2.1 单片机的键盘输入单元	15
2.1.1 行列式键盘	15
2.1.2 键识别方法	15
2.1.3 键识别法举例	16
2.1.4 程序代码	19
2.2 单片机数码显示单元	20
2.2.1 如何驱动 8 段数码管	21
2.2.2 8 段数码管动态显示举例	21
2.2.3 程序代码	24
2.3 单片机液晶显示单元	25
2.3.1 液晶模块	25
2.3.2 液晶模块的电源设计	26
2.3.3 如何显示液晶模块	28
2.3.4 液晶显示模块举例	30
2.3.5 程序代码	31
2.4 单片机串行通信单元	38
2.4.1 单片机串行通信的原理	39
2.4.2 单片机串行通信举例	41

2.4.3 程序代码	43
2.5 数学运算	45
2.5.1 限幅滤波算法	45
2.5.2 中值滤波算法	46
2.5.3 算术平均滤波算法	46
2.5.4 加权平均滤波算法	47
2.5.5 滑动平均滤波算法	47

第 3 章 Keil 8051 C 编译器

3.1 Keil 编译器简介	49
3.2 如何使用 Keil 开发	50
3.2.1 建立工程	50
3.2.2 工程的设置	53
3.2.3 编译与连接	55
3.3 dScope for Windows 的使用	56
3.3.1 如何启动	56
3.3.2 如何调试	57
3.3.3 调试窗口	58

第 4 章 红外数据通信系统开发

4.1 红外数据通信	61
4.2 设计思路	62
4.2.1 如何实现红外通信	62
4.2.2 红外通信相关器件	63
4.2.3 设计注意事项	65
4.3 硬件设计	66
4.3.1 芯片的选取	66
4.3.2 看门狗电路	68
4.3.3 单片机部分电路	69
4.3.4 串口电平转换电路	69
4.3.5 红外通信电路	70
4.4 软件设计	71
4.4.1 软件工作流程	71
4.4.2 程序分析及代码	72
4.5 分析与总结	75

第5章 可编程光纤延迟线系统开发

5.1 系统介绍	77
5.1.1 光纤延迟线	77
5.1.2 可编程光纤延迟线系统	77
5.2 设计思路	78
5.2.1 总体结构	78
5.2.2 设计重点	79
5.3 硬件设计	79
5.3.1 供电模块	80
5.3.2 单片机模块	81
5.3.3 光纤延迟线光开关矩阵	85
5.3.4 可编程逻辑器件模块	88
5.4 软件设计	93
5.4.1 软件流程	93
5.4.2 串行通信的设计	93
5.4.3 子程序分析	95
5.5 分析与总结	100

第6章 汽车行驶状态记录仪开发

6.1 系统介绍	103
6.1.1 功能和技术指标	103
6.1.2 面板介绍和使用方法	104
6.2 设计思路	105
6.2.1 如何获取行驶状态信息	105
6.2.2 系统的总体结构	105
6.3 硬件设计	106
6.3.1 记录仪的供电	106
6.3.2 信号采集模块	107
6.3.3 单片机模块	108
6.3.4 可编程逻辑器件	111
6.3.5 日历时钟芯片	114
6.3.6 液晶显示模块 LCD	117
6.3.7 信息的存储	119
6.4 软件设计	121
6.4.1 软件流程	121
6.4.2 中断子程序	122
6.4.3 获取状态信息	124
6.4.4 时间信息的设置和获取	124

6.4.5 键盘输入	125
6.4.6 液晶显示	127
6.4.7 IC卡操作	130
6.5 分析与总结	134

第7章 SDH 光端机支路单元盘开发

7.1 SDH 光端机介绍	135
7.1.1 什么是 SDH 光端机	135
7.1.2 功能介绍	136
7.2 系统设计思路	137
7.2.1 专用芯片的选取	137
7.2.2 可编程芯片的使用	138
7.2.3 51 单片机的使用	139
7.3 硬件设计	139
7.3.1 系统的总体结构	140
7.3.2 供电模块	140
7.3.3 单片机电路	142
7.3.4 专用芯片电路	145
7.3.5 可编程逻辑器件	151
7.3.6 单片机与双口 RAM 的通信	155
7.4 软件设计	156
7.4.1 软件流程	157
7.4.2 中断处理	158
7.4.3 与双口 RAM 的通信	159
7.4.4 配置模块	162
7.4.5 告警上报模块	164
7.4.6 性能收集模块	167
7.5 分析与总结	172

第8章 继电保护测试仪开发

8.1 继电保护测试仪介绍	175
8.1.1 微型继电保护设备	175
8.1.2 继电保护测试仪	175
8.2 设计思路	176
8.2.1 系统需求分析	176
8.2.2 芯片的选取	177
8.3 硬件设计	178
8.3.1 总体结构	178
8.3.2 P89C51 单片机电路	178

8.3.3	存储扩展电路	180
8.3.4	串行口扩展电路	183
8.3.5	实时时钟电路	189
8.3.6	可编程逻辑器件	191
8.4	软件设计	193
8.4.1	软件流程	193
8.4.2	键盘处理模块	194
8.4.3	显示处理模块	196
8.4.4	实时时钟管理模块	199
8.4.5	串口通信模块	202
8.5	分析与总结	205

第9章 基于 Keil RTX51 Tiny 的远程 监控采集系统从设备开发

9.1	Keil RTX51 Tiny	207
9.1.1	RTX51 简介	207
9.1.2	RTX51 的任务、事件和中断	208
9.1.3	应用 RTX51 Tiny	209
9.2	设计思路	212
9.2.1	如何实现远程监控与采集	212
9.2.2	Modbus 协议简介	212
9.2.3	传输方式	214
9.2.4	协议内容	215
9.3	硬件设计	218
9.3.1	总体硬件框图	218
9.3.2	单片机电路设计	218
9.3.3	从设备地址配置电路设计	219
9.3.4	485 接口设计	219
9.3.5	状态量采集电路	221
9.3.6	模拟量采集电路	221
9.4	软件设计	223
9.4.1	软件流程	223
9.4.2	初始化任务	224
9.4.3	定时采集任务	225
9.4.4	测试帧任务	226
9.4.5	轮询处理任务	227
9.4.6	状态量采集子程序	228
9.4.7	模拟量采集子程序	228
9.4.8	485 发送、接收子程序	229

9.4.9	CRC 校验	230
9.4.10	串口发送接收模块	231

9.5	分析与总结	234
-----	-------	-----

第10章 简单 Shell 命令调试系统开发

10.1	系统功能介绍	235
10.1.1	为什么要使用调试系统	235
10.1.2	功能介绍	236
10.2	硬件环境	236
10.3	软件设计	236
10.3.1	工作流程	237
10.3.2	基本模块和数据结构	238
10.3.3	串口人机界面模块设计	238
10.3.4	命令解释程序模块设计	241
10.3.5	调试命令执行函数设计	243
10.4	简单 Shell 的调试应用实例	246
10.4.1	命令输入示例	246
10.4.2	调试命令 debug 示例	247
10.4.3	控制命令示例	250
10.5	分析与总结	251

第11章 单片机系统的电磁兼容性设计

11.1	电磁兼容概述及电磁干扰模型	253
11.2	单片机系统的电磁兼容问题	255
11.3	噪声来源与传输	256
11.3.1	信号线间交叉干扰	257
11.3.2	来自电源的噪声	258
11.4	元件的选择和电路设计	259
11.4.1	元件组	259
11.4.2	集成电路	263
11.5	印制电路板的 EMC 设计	267
11.5.1	高速单片机电路	267
11.5.2	布局与布线	268
11.5.3	电源线和地线的处理	270
11.5.4	多层板设计	271
11.6	常用抗干扰器件	273
11.6.1	去耦电容	273
11.6.2	磁性元件	273
11.6.3	瞬变干扰吸收器件	274

11.7	单片机自身的抗干扰措施	274
11.7.1	降低外时钟的频率	275
11.7.2	时钟监控电路	275
11.7.3	打开“看门狗”电路	275
11.7.4	电源电压监控	276
11.7.5	非法指令中断和剩余程序区 处理	276
11.8	印制电路板 EMC 设计经验总结	276
11.8.1	控制噪声源	276
11.8.2	减小噪声的耦合	277
11.8.3	减小噪声接收	277
11.9	本章小结	278

附录 A 51 单片机开发中汇编语言与 C 语言的混合使用

A.1	段和局部变量	279
A.2	设置变量地址	280
A.3	汇编语言和 C 语言的结合	282
A.4	内联汇编语言代码	285
A.5	提高编译器的汇编能力	288
A.6	仿真多级中断	291
A.7	时序问题	293
A.8	混合编程需要注意的几点	297

附录 B RTX51 实时多任务操作系统用户指南

B.1	RTX51 的概述	299
B.1.1	RTX51 入门知识	299
B.1.2	单任务程序	300
B.1.3	时间片轮转程序	300

B.1.4	用 RTX51 进行循环调度	300
B.1.5	RTX51 事件	301
B.1.6	编译和连接	303
B.2	要求和定义	306
B.2.1	开发工具	306
B.2.2	目标系统需求	306
B.2.3	中断处理	306
B.2.4	可重入功能	307
B.2.5	C51 库函数和寄存器段	307
B.2.6	多数据指针和数学单元的用法	307
B.2.7	任务定义	307
B.2.8	任务管理	308
B.2.9	任务切换	308
B.2.10	事件	309
B.3	建立 RTX51 Tiny 应用程序	309
B.3.1	RTX51 Tiny 配置	309
B.3.2	RTX51 Tiny 程序的编译和 连接	311
B.3.3	优化 RTX51 Tiny 程序	311
B.4	RTX51 Tiny 系统函数	311
B.5	系统调试	317
B.5.1	堆栈管理	317
B.5.2	用 dScope-51 进行调试	318
B.6	应用程序例子	319
B.6.1	RTX_EX1: 第一个 RTX51 程序	319
B.6.2	RTX_EX2: 一个简单的 RTX51 应用程序	321
B.6.3	TRAFFIC: 交通灯控制器	323

第 1 章 51 单片机概述

单片机是在一块硅片上集成了各种部件的微型计算机。随着大规模集成电路技术的发展,可以将中央处理器(CPU)、数据存储器(RAM)、程序存储器(ROM)、定时器/计数器以及输入/输出(I/O)接口电路等主要计算机部件,集成在一块电路芯片上。虽然单片机只是一个芯片,但从组成和功能上,它已具有了微机系统的含义。由于单片机能独立执行内部程序,所以又称它为微型控制器(Microcontroller)。

Intel 公司在 20 世纪 80 年代初发布了 MCS-51 系列的单片机,用于取代先前功能简单的 8048 和 8049 微控制器,其代表的芯片包括 8051、8052、8751、8752 等,这些统称为 51 系列单片机。

单片机的发展历史大致可分为下面三个阶段。

第一阶段(1976 年~1978 年):初级单片机微处理阶段。以 Intel 公司的 MCS-48 为代表,此系列的单片机具有 8 位 CPU、并行 I/O 端口、8 位时序同步计数器,寻址范围不大于 4KB,但是没有串行口。

第二阶段(1978 年~1982 年):高性能单片机微处理阶段,如 Intel 公司的 MCS-51、Motorola 公司的 6801 和 Zilog 公司的 Z8 等。该类型单片机具有串行 I/O 端口,有多级中断处理系统,16 位时序同步计数器,RAM、ROM 容量加大,寻址范围可达 64KB,有的芯片甚至还带有 A/D 转换接口。由于该系列单片机应用领域极其广泛,各公司正大力改进其结构与性能。

第三阶段(1982 年~现在):8 位单片机微处理改良型及 16 位单片机微处理阶段。

1.1 51 单片机系列特点

作为 MCS-51 系列单片机最早的生产厂家,截止到 2003 年初,Intel 公司已推出多个不同型号的 51 系列单片机。其中在我国广泛应用的主要有 8051 子系列、8052 子系列、80C51 子系列及 80C52 子系列等。

MCS-51 系列单片机是针对控制优化设计的,适用于低功耗、高集成度和高性能要求的控制应用场合。

MCS-51 系列单片机具有以下特点:

- 集成了对事件控制专门优化过的 8 位 CPU,可方便地用于需要事件控制的场合。
- 均具有布尔处理能力,使工业现场经常需要的位运算和位操作变得非常简单。
- 片上集成有最高达 32KB 的程序存储器,使实现真正的“单片”控制成为可能。
- 片上集成有多种外设,例如定时/计数器、串行口、可编程计数器阵列(PCA)等,为低成本、低芯片数、低连线数设计提供了可能。

Intel 公司生产的 MCS-251 系列单片机比 MCS-51 系列单片机更高级。该系列的单片机

在引脚和代码上与 MCS-51 系列单片机完全兼容,但速度更快,使用更方便,性能更高,此外还提供了多种附加功能与资源,而且型号众多,方便用户根据具体应用进行选型。

MCS-51 系列单片机可粗略地分为两大类:经典系列和扩展系列。

MCS-51 经典系列单片机包括以 12MHz、16MHz 为典型主频的低频传统系列,和在此基础上发展起来的以 24MHz、33MHz 为典型主频的高速系列。

高速系列单片机同样基于 MCS-51 结构,在代码和引脚上与原有 MCS-51 单片机完全兼容,因此在实际应用中,可直接用高速系列单片机替换原有的低速单片机。高速系列单片机提供了升级的最简便方法,使用高速的 24MHz 或 33MHz 单片机代替原有的 12MHz 或 16MHz 单片机,可方便地将运行速度提高一倍。

MCS-51 扩展系列单片机是在经典系列单片机基础上的进一步发展。这类单片机主要是 Intel 公司新推出的 8XC51RA/RB/RC 系列,与经典的 MCS-51 系列相比,它们显著的特点如下:

- 片内又增加了 256B 的 RAM 存储器,使总的片内 RAM 达到 512B,更加适合使用高级语言编程、需要较大内部 RAM 空间的应用场合;
- 增加了硬件看门狗定时器,使硬件设计更加方便可靠,更符合规范;
- 与经典单片机功能兼容,可直接代替原有设计中的单片机。

1.2 51 单片机的应用领域

下面大致介绍一些 51 单片机典型的应用领域和应用特点。

1. 家用电器领域

目前国内各种家用电器已普遍采用单片机控制取代传统的控制电路,如洗衣机、电冰箱、空调机、微波炉、电饭煲、电视机、录像机及其他视频音像设备的控制器。

2. 办公自动化领域

现代办公室中所使用的大量通信、信息产品多数都采用了单片机,如通用计算机系统键盘、磁盘驱动器、打印机、绘图仪、复印机、电话、传真机及考勤机等。

3. 智能产品领域

单片机微处理器与传统的机械产品相结合,使传统机械产品结构简化、控制智能化,构成新一代的机电一体化的产品。例如传真打字机采用单片机,可以取代近千个机械器件;缝纫机采用单片机控制,可执行多功能自动操作、自动调速,控制缝纫花样的选择。51 单片机还可以应用于智能仪表,用单片机微处理器改良原有的测量、控制仪表,能使仪表数字化、智能化、多功能化、综合化,而测量仪器中的误差修正、线性化等问题也可迎刃而解。

4. 测控系统

使用单片机微处理器可以设计各种工业控制系统、环境控制系统、数据控制系统,例如温室人工气候控制、水闸自动控制、电镀生产线自动控制、汽轮机电液调节系统等。在目前数字控制系统的简易控制机中,采用单片机可提高可靠性,增强其功能,降低成本。

5. 智能接口

微电脑系统,特别是较大型的工业测控系统中,除外围装置(打印机、键盘、磁盘、CRT)外,还有许多外部通信、采集、多路分配管理、驱动控制等接口。这些外围装置与接口如果完全由主机进行管理,势必造成主机负担过重,降低执行速度,而如果采用单片机进行接口的控制和管理,单片机微处理器与主机可以并行工作,这样就大大地提高了系统的执行速度。在大型数据采集系统中,用单片机对模拟/数字转换接口进行控制不仅可提高采集速度,还可对数据进行预先处理,如数字滤波、线性化处理、误差修正等。在通信接口中采用单片机可对数据进行编码译码、分配管理、接收/发送控制等。

6. 商业营销领域

在商业营销系统中广泛使用的电子秤、收款机、条形码阅读器、仓储安全监测系统、商场保安系统、空气调节系统、冷冻保鲜系统等,目前已纷纷采用单片机构成专用系统,主要由于这种系统有明显的抗病菌侵害、抗电磁干扰等高性能的保证。

7. 工业自动化

工业过程控制、过程监测、工业控制器及机电一体化控制系统等;这些系统除一些小型工控机外,许多都是以单片机为核心的单机或多机网络系统,如工业机器人的控制系统就是由中央控制器、感觉系统、行走系统、擒拿系统等节点构成的多机网络系统。

8. 汽车电子与航空航天电子系统

通常这些电子系统中的集中显示系统、动力监测控制系统、自动驾驶系统、通信系统以及运行监视器等,都要构成冗余的网络系统。

单片机的应用意义绝不限于它的功能以及所带来的经济效益上,更重要的意义在于,它从根本上改变了传统的控制系统设计思想和设计方法。从前必须由模拟电路或数字电路实现的大部分控制功能,现在已能使用单片机通过软件方法实现了。这种以软件取代硬件,并能提高系统性能的控制技术,称之为微控制技术。这标志着一种全新概念的建立。随着单片机应用技术的推广普及,微控制技术必将不断发展、日益完善、更加充实。

1.3 硬件结构和指令系统

MCS-51 系列单片机结构是 8048 的延伸,改进了 8048 的一些不足。

1.3.1 51 单片机的内部结构

MCS-51 单片机内部的基本功能块如图 1-1 所示。

图中最为核心的是 51 单片机的中央处理器 CPU,它由运算器和控制逻辑构成,其中包括若干特殊功能寄存器(SFR)。运算器以算术逻辑单元 ALU 为中心,ALU 可以对数据进行加、减、乘、除等算术运算,“与”、“或”、“异或”等逻辑运算,以及位操作运算。运算的操作数可以事先存放到累加器 ACC 或暂存器 TMP 中,运算结果可以送回 ACC 或通用寄存器或存储单元中。B 寄存器在乘法指令中用来存放一个乘数,在除法指令中用来存放除数,运算后 B 中为部分运算结果。程序状态字 PSW 是个 8 位寄存器,用来寄存本次运算的

特征信息。控制逻辑主要包括定时和控制逻辑、指令寄存器、译码器以及地址指针 DPTR 和程序计数器 PC 等。

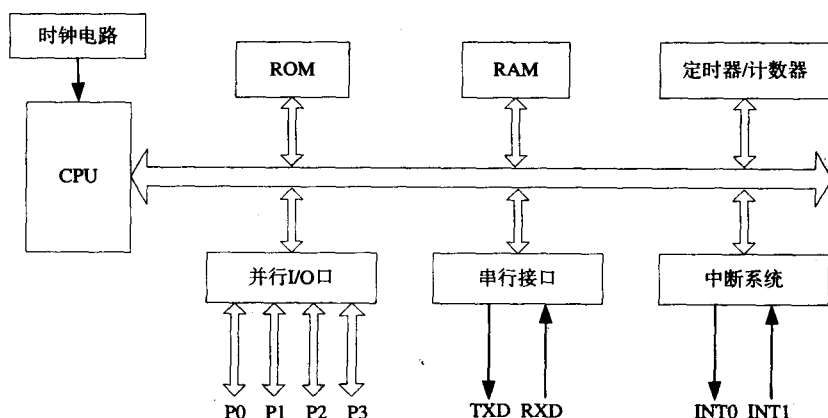


图 1-1 MCS-51 单片机的内部功能模块

时钟是时序的基础，51 单片机的时钟信号产生有两种方式：内部方式和外部方式。8051 内部有晶体振荡电路，只要在外加石英振荡晶体，即可产生频率非常稳定的振荡信号，这种称为内部方式；而外部方式是指通过 XTAL1 和 XTAL2 脚直接接入外部时钟。时钟是单片机工作的时序来源，所有 8051 单片机的时钟序列都以此时钟为基准。MCS-51 的 1 个机器周期含有 6 个时钟周期，而每个时钟周期是振荡周期的两倍，因此一个机器周期共有 12 个振荡周期。振荡周期指的是振荡源的周期，若为内部产生方式时，即为石英晶体的振荡周期。比如振荡器的频率为 12MHz，那么 1 个振荡器周期为 $1/12\mu\text{s}$ ，而 1 个机器周期则为 $1\mu\text{s}$ 。51 单片机的指令周期是指完成 1 条指令占用的全部时间，指令周期含 1~4 个机器周期，其中多数为单周期指令，还有 2 周期和 4 周期指令。

RAM 是 51 单片机内部的数据存储器 (data memory)，当程序在运行时，有些数据是经常变化的，比如一些变量，它们就暂时存放在 RAM 中，RAM 区域是可以随时读写的。8051 系列单片机提供 128B 可读写的数据存储单元。这个数据区域中有一段区域 (16B，共 128 位) 是可以进行位寻址的，MCS-51 系列单片机有相当强的位处理指令，可以有效地运用该数据存储器来进行位操作。

ROM 是 51 单片机内部的程序存储器 (program memory)，这段区域用于存放应用程序。8051 系列单片机内部提供 4KB 的程序存储器，而 8031 和 8032 则不含此单元，这时就需要外部提供程序存储器。此单元可以使 CPU 选择由内部的程序区启动或由外部的程序区启动，内部的程序区启动具有保护功能。在 8051 系统中特地将程序区和数据区分隔开，两者最大的差异是后者可以读取和写入。

MCS-51 系列单片机在需要时可以扩充外部存储器，外部扩充数据存储器 RAM 容量可到 64KB (不含内部 RAM)，外部扩充程序存储器 ROM 容量可到 64KB (含内部 ROM)。

51 系列的单片机有两个 16 位可编程定时/计数器，记为 T0 和 T1。16 位是指它们均由

16 个触发器构成, 所以最大计数值为 $2^{16}-1$ 。可编程是指它们的工作方式由指令来设定, 或者当计数器或者作定时器用, 并且计数或定时的范围也可以由指令来设置。

单片机内部具有 4 个 8 位的并行端口: P0、P1、P2 和 P3, 共 32 根 I/O 线, 实际上它们就是特殊功能寄存器 SFR 中的 4 个。每个端口主要由四部分构成: 端口锁存器、输入缓冲器、输出驱动器和引至芯片外的端口引脚。它们都是双向通道, 每一条 I/O 线都能独立地用作输入或输出。作为输出时数据可以锁存, 作为输入时数据可以缓冲。但这 4 个通道的功能不完全相同。4 个 P 端口在以 I/O 方式工作时, 特性基本相同:

- 作为输出端口用时, 内部带锁存器, 故可以直接和外设相连, 不必外加锁存器。
- 作为输入端口用时, 有两种工作方式, 即所谓读端口和读引脚。
- 在端口作为外部输入线 (也就是读引脚) 时, 要先通过指令, 把端口锁存器置“1”, 然后再实行读引脚操作, 否则就可能读入出错。由于在输入操作时还必须附加一个准备动作, 所以这类 I/O 端口被称为“准双向”端口。

P1 端口只能用作 I/O 端口, 而 P0、P2 和 P3 端口都还具有其他的功能。8051 芯片引脚中没有专门的数据和地址总线, 在向外扩展存储器和接口时, 由它的 P2 端口输出地址总线的高 8 位 A15~A8, 由 P0 端口输出地址总线的低 8 位 A7~A0, 同时对 P0 端口采用了总线复用技术, P0 端口兼作 8 位双向数据总线 D7~D0。P3 端口的每一位都有自己的第二功能, 如表 1-1 所示。

表 1-1 P3 端口的第二功能

P3 端口	第二功能	注 释
P30	RXD	串行输入端口
P31	TXD	串行输出端口
P32	INT0	外部中断 0 输入 (低电平有效)
P33	INT1	外部中断 1 输入 (低电平有效)
P34	T0	计数器 0 计数输入
P35	T1	计数器 1 计数输入
P36	WR	外部数据 RAM 写选通 (低电平有效)
P37	RD	外部数据 RAM 读选通 (低电平有效)

4 个端口的负载能力也不相同。P1、P2、P3 端口都能驱动 4 个 LS TTL 门, 并且不需要外加电阻就能直接驱动 MOS 电路。P0 端口在驱动 LS TTL 电路时能带 8 个 LS TTL 门, 若作为地址/数据总线, 可以直接驱动 CMOS 电路, 而作为 I/O 端口时, 需外接上拉电阻 (电阻接 VCC), 才能驱动 CMOS 电路。

8051 单片机内部有一个可编程的全双工串行端口, 串行收发存储在 SBUF (串行数据缓冲器) 中的数据。SBUF 是特殊功能寄存器 SFR 的一种, 它占用的内部 RAM 地址为 99H。实际上在机器内部有两个数据缓冲器: 发送缓冲器和接收缓冲器, 因此可以同时保留收/发数据, 进行收/发操作, 但收/发操作都是对同一地址 99H 进行的。

8051 的中断系统允许接收 5 个独立的中断源, 即两个外部中断、两个定时器/计数器中断以及一个串行端口中断。外部中断申请通过 INT0 和 INT1 (即 P32 和 P33) 输入, 输入方