

51 单片机应用 从零开始

杨 欣 Xin Yang

王玉凤 Yufeng Wang 编著

刘湘黔 Xiangqian Liu

- 这是一本像“讲故事”一样介绍单片机的书；
- 这是一本读起来不费劲、学起来不枯燥、用起来得心应手的书。



清华大学出版社

51 单片机应用从零开始

杨 欣 王玉凤 刘湘黔 编著

清华大学出版社

北 京

内 容 简 介

8051单片机不仅是国内用得最多的单片机之一,同时也是最适合初学者入门学习的一款单片机。一旦用户对它的应用上手之后,即能开发电子玩具、对讲机、报警器、自动灯、数字锁等小型电子系统,以及洗衣机、电冰箱、空调机等家用电器。但关键的问题在于初学者往往不知道从何入手和更有效地掌握单片机的基本原理及应用的基础知识。

本书在分析初学者认知规律的基础上,结合国内重点大学一线教师的教学经验以及借鉴国外经典教材的写作手法,对51单片机的应用基础知识进行系统而翔实的介绍。读者学习每一章之后,“实例点拨”环节除了可以巩固所学的内容外,还开辟了单片机应用的视野;再加上“器件介绍”环节,又充实了对单片机从基础到应用所需要的知识。本书丰富的附录可以作为读者对单片机学习和应用中的参考内容。

本书尽可能降低理论学习的枯燥性,力求阐述得平实、通俗、易懂,适合作为电类本科学生的参考用书及高职高专学生的单片机应用技术教材,也可作为无线电爱好者学习单片机的入门读本。

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 13501256678 13801310933

图书在版编目(CIP)数据

51 单片机应用从零开始/杨欣,王玉凤,刘湘黔编著. —北京:清华大学出版社,2008.1

ISBN 978-7-302-16247-6

I. 5… II. ①杨… ②王… ③刘… III. 单片微型计算机-基本知识 IV. TP368.1

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2007)第 154182 号

责任编辑:钟志芳 张丽萍

封面设计:范华明

版式设计:赵丽娜

责任校对:王 云

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

c-service@tup.tsinghua.edu.cn

社 总 机:010-62770175 邮购热线:010-62786544

投稿咨询:010-62772015 客户服务:010-62776969

印 刷 者:清华大学印刷厂

装 订 者:北京市密云县京文制本装订厂

经 销:全国新华书店

开 本:185×260 印张:28.75 字数:638 千字

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

印 数:1~5000

定 价:39.80 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:026173-01

本书编写及网络教学互动平台建设委员会

主任委员：

杨 欣 王玉凤 刘湘黔

委员：

刘 杰 刘 文 张延强 刘长焕

张铠麟 徐媛媛 燕臣颖 杨子龙

支瑞聪

前 言

展现在大家面前的是一本中学生都读得懂的单片机基础和应用教程。这本教程凝结了国内几所重点大学中站在科研、教学第一线教师们的心血，也得到了英国剑桥大学、牛津大学、伦敦帝国理工大学、伦敦大学、加的夫大学等世界著名大学多位博士生导师的指导意见。经过多位学者的精心裁剪，本书的脉络、线索、内容才真正符合读者学习单片机的需要。

本书的读者群

对于学习单片机已经失去信心的人。有的朋友身陷在一些单片机教程的学习中，但是却无法学懂。原因是其中的概念苦涩难懂，缺乏形象化的语言，无法从学习中找到与生活的结合点。

即将要学习单片机的人。单片机教程琳琅满目，如何得到一本真正读起来不费劲、学起来不枯燥、用起来得心应手的参考书，这对于学习的效率和成败至关重要。

广大的学生朋友。不管您的手里是否有了单片机的教程，如果您想真正高效地、深刻地、扎实地学习单片机，不妨选择本书读一读。本书既可以单独作教程，也可以作一本参考书，讲述课堂内外与单片机有关的故事。

老师们。如果能在课堂上与学生一起生动有趣地畅谈单片机，而不是学生忙于记下晦涩的一条一条的指令和单片机的知识点，这不正是事半功倍、皆大欢喜吗？

具备一定单片机知识的人。可能您会突然被老板安排一个单片机项目的开发，而原来学习过的单片机知识已经有不同程度的忘记，本书就会帮您把原本属于自己的知识迅速地拾掇起来。

单片机爱好者。可能您只是想偶尔看一下单片机的内容，不希望全面地掌握，那可以考虑把本书放在书架上，任何时候翻开都会有所收获。

正在苦于课程设计而没有思路的人。在学习电子技术、单片机之后，总需要做出点实际的东西来，但仅靠考试的本领是不行的，本书中丰富的实例设计将带给您设计的灵感。

其他人（门外汉）。如果感觉将来的某一天电子技术会与自己或身边的人发生关系，也可以看看本书，或许对您有所帮助。

本书的特点

以生动活泼、平实易懂的语言讲述。尽量让单片机学习过程中不断涌现的专业词汇，在您不知不觉的情况下通过多方面的使用而掌握。本书没有用专业的描述方法来叙述知识点，取而代之的是以“讲故事”的形式把应该了解的内容和盘托出。

十分注重基础知识的铺垫。不得不承认您在单片机学习之前，需要对计算机原理和电子技术有一定的了解。本书考虑到不同读者的知识背景不同，把这两个基础理论融入到了单片机的讲解当中，使您阅读起来感觉不到有什么障碍。

构建了全面的学习支撑体系。每章最后的“实例点拨”除了巩固每章的学习知识外，

更重要的是开辟单片机应用的视野；再加上“器件介绍”环节，补足单片机从基础到应用所需要的知识；以及丰富的附录内容可作为您学习和应用单片机的强力参考。这便构建了一个完整学习单片机的支撑体系。

既授人以鱼，也授人以渔。书中有充足的实例应用，可以用在单片机实验、单片机课程设计当中。但更重要的是，这些实例前后都伴随着仔细的讲解，一个例子下来就能摸清来龙去脉。

叙述的内容全面、新颖、权威。严格按照单片机官方的技术参考对其进行讲解，包括所有 51 单片机学习与应用需要的基础知识。无论叙述的内容或是实例，都是目前世界上单片机应用的主流。

全书浑然一体。虽然每章各具标题，实际上互有联系。而这种联系如果在书中忽略不谈，则会对理解和记忆产生障碍。本书在正文中多次有知识点的相互映射，这不但能加深前后内容的联系，而且能深化理解与记忆。

本书的内容结构

每一章都设置了引言，在随后的每小节中，都可以使用设置的思考题来检验和巩固所学内容。每章最后是一个“实例点拨”，既紧扣每章的内容，又升华每章的知识点，还提供了许多单片机应用的思路。有的章节还设置有“器件介绍”，它涵盖了大部分与单片机系统有关的电子器件的知识。具体到每一章的内容如下。

第 1 章从一台全自动洗衣机开始，揭开单片机神秘的面纱，并描绘出 51 单片机的器件结构，从总体上把握单片机控制魅力之所在。

第 2、3 章讨论的是单片机如何一步步地构成一个实际的应用系统，又如何一步步地让这个系统运转起来。从单片机控制一支发光二极管的例子开始，把单片机的硬件、软件知识逐步展开。其中还全面引导单片机应用开发的步骤，同时辅以开发软件的使用方法、硬件的连接来全面解决刚开始遇到的种种问题。

第 4 章讲述单片机的输入/输出端口控制，这是单片机应用中最基础的内容。通过几个新颖的实例把端口技术展现出来。

第 5、6 章讲述的是存储器。为了使您对单片机中的存储器更容易理解，在第 5 章先介绍了几种常用的存储器的知识，特别是第 5.5 节，揭示了文字、图像等数据究竟是怎样被存储起来的。第 6 章“解剖”单片机的存储器结构，只有深入地掌握方可对单片机的应用打下扎实的基础。

第 7、8 章是汇编语言与指令的介绍。通过尽可能多的例子和比喻，把这部分相对枯燥的内容解释清楚。

第 9、10、11 章是 51 单片机 3 个重要的功能模块。定时/计数器能帮助制作出许多精彩的单片机系统，例如第 9.10 节详细介绍的超声测距仪，完整展示了一个实际的单片机应用系统。第 10 章是单片机颇具特色的功能——串行口通信，其中有单片机与外围设备、单片机之间、单片机与计算机之间的通信介绍。这些内容使得单片机的应用方式更加发散。第 11 章是利用引言中的一个有趣的比喻，把不易理解的中断内容解释得通俗易懂。第 11.6 节的旋转时钟可谓一个点睛之笔，它不但融合了本书大部分的知识而制作出一个新颖的单片机产品，而且还扩展了单片机设计的思维空间。

本书的帮助系统

在学习过程中如果遇到什么问题,可以访问电路飞翔网(<http://www.circuitfly.com>),从中能找到大量翔实的帮助和实验指导。网站还介绍了一些学习工具如 STK 0707 型单片机学习板,它能对本书大部分实例进行实验,快速帮助掌握单片机。

由于笔者水平有限,书中难免有介绍不清楚或错误的地方,欢迎读者给笔者发电子邮件(E-mail: EEdesign@163.com)来共同探讨问题和提供关于写作的意见,也欢迎企业界的朋友向我们推荐好的学习产品作为今后写作中的实例。

学完本书后,如有兴趣深入了解单片机应用方法和系统开发的朋友,可以参考本书的续集——《51 单片机应用实例详解》和《跟我学用 51 单片机——多功能 MP3 播放器设计全攻略》,其中有液晶屏等显示器的控制、模拟/数字转换、单片机串行通信网络、片外数据存储扩展、信号采集、传感器、电机控制、打印机控制、红外和射频通信、MP3 播放器制作等高级应用实例的精彩介绍。

特别感谢

本书的完成,最要感谢的是北京交通大学的王玉凤和刘湘黔两位老师,他们多年来持续不断的关怀、支持、鼓励,使得书中的点点滴滴最终得以沉淀。无论何时何地,他们都会把学生摆在最前面,都会把全部的精力投入到教书育人当中。其次,还要感谢刘杰、刘文两位老师,他们在生物医学工程领域给予的精心指导,使笔者能够迅速成长起来。同时也要感谢于亚光、邓新华、王莹等老师的不懈帮助。

另外,感谢英国帝国理工大学的 Roy Clements,他浑身散发的传统英国绅士的严谨、细致、热心的魅力伴随着笔者解决了无数的问题。其次是感谢加的夫大学的 Len Nokes,他对笔者在软组织超声成像的课题中帮助极大。还要衷心地感谢伦敦大学玛丽女皇学院的 Deric Jones 和 Hazel Screen,他们总能微笑地和笔者一起排除种种难题。还需要感谢剑桥大学的 Adrian Travis 关于新技术的讨论和对本书部分手稿的建议。也感谢牛津大学的 Stephen Payne 和伦敦大学学院的 Royle Gary 对我写作工作的充分肯定。还感谢南昌大学的弓晓峰、河海大学的唐洪武老师对我写作过程中的关怀。

接着,对张延强通读全书并提供许多宝贵的修改意见和结构建议表示由衷的感谢;同时感谢张铠麟与笔者多年并肩作战给予的鼓励;感谢刘长焕、徐媛媛亲身实践了书中大部分的实例和所给予的意见;也感谢燕臣颖、杨子龙对写作的帮助。

最后,还要感谢挚友崔捷多年来的无私帮助和鼎力支持;感谢曹延鹏热情支持和不断鼓励;感谢亲爱的 Chilen Chan、Allan Chan、Banlee Too、Wei Xu 在异国给予的帮助。

令我万分悲痛的是,在本书出版之际,我的爷爷——一位优秀的党员干部不幸离开了人世。

谨以此书纪念我的爷爷!

杨 欣

2007 年 7 月于英国加的夫大学

目 录

第 1 章 身边的单片机.....	1
1.1 单片机在哪里.....	1
1.2 单片机是什么样子的.....	5
1.3 单片机如何控制其他器件.....	9
1.4 如何使用单片机.....	12
1.4.1 利用编程器烧写单片机.....	12
1.4.2 利用下载线烧写单片机.....	13
1.5 有哪些单片机.....	15
1.6 实例点拨——电子万年历.....	16
第 2 章 第一个单片机系统.....	20
2.1 什么是单片机系统.....	20
2.1.1 单片机本身.....	20
2.1.2 构成单片机系统——单片机+外围器件.....	21
2.2 如何控制一个发光二极管.....	23
2.2.1 硬件设计.....	23
2.2.2 软件设计.....	26
2.3 单片机系统开发过程.....	29
2.3.1 明确系统功能.....	29
2.3.2 硬件设计.....	30
2.3.3 搭建硬件平台.....	31
2.3.4 软件设计.....	32
2.3.5 下载程序到单片机并调试.....	33
2.4 实例点拨——闪烁 5 次的发光二极管.....	33
2.4.1 明确系统功能.....	33
2.4.2 硬件设计.....	34
2.4.3 搭建硬件平台.....	35
2.4.4 软件设计.....	35
2.4.5 下载程序到单片机并调试.....	37
第 3 章 一开始遇到的问题.....	40
3.1 μ Vision 软件的使用.....	40

3.1.1	我们准备好了吗	40
3.1.2	新建和保存工程	41
3.1.3	往“蛋壳”中添加文件	44
3.1.4	“翻译”汇编程序	47
3.1.5	生成下载到单片机中的文件	48
3.1.6	下载代码到单片机中	49
3.2	开发的线索小结与软件仿真方法	52
3.3	单片机最简(小)系统分析	56
3.3.1	电源端(Vcc, GND)	57
3.3.2	时钟信号(XTAL1、XTAL2)	57
3.3.3	复位(RST)	57
3.3.4	外部程序存储器访问控制端($\overline{EA}/VPP$)	58
3.4	实例点拨——流水灯	60
3.4.1	明确系统功能	60
3.4.2	硬件设计	60
3.4.3	搭建硬件平台	61
3.4.4	软件设计	62
3.4.5	下载程序到单片机并调试	69
第4章	单片机的“触角”——I/O口	70
4.1	解读 AT89S51 的 I/O 口	71
4.1.1	I/O 口的整体印象	71
4.1.2	深入观察 I/O 口的结构	73
4.2	I/O 口作输入端口使用——流水控制灯	75
4.2.1	明确系统功能	75
4.2.2	硬件设计	76
4.2.3	搭建硬件平台	80
4.2.4	软件设计	80
4.3	七段数码管的控制——秒表	83
4.3.1	七段数码管介绍	83
4.3.2	明确系统功能	85
4.3.3	硬件设计	85
4.3.4	软件设计前奏	86
4.3.5	软件设计	89
4.4	小键盘的控制	93
4.5	实例点拨——计时提醒器	96
4.5.1	明确系统功能	96
4.5.2	硬件设计	96

4.5.3 软件设计	101
第 5 章 解剖单片机——观察存储器	117
5.1 从 I/O 口到单片机的“解剖结构”	117
5.1.1 I/O 口的“解剖图”	117
5.1.2 单片机的“解剖结构”	119
5.1.3 深入“解剖”——算术逻辑单元 ALU	122
5.2 存储器家族	123
5.3 随机访问存储器——RAM	124
5.3.1 DRAM	126
5.3.2 SRAM	132
5.3.3 NVRAM	139
5.4 只读存储器——ROM	141
5.4.1 Mask ROM	142
5.4.2 PROM	144
5.4.3 EPROM	146
5.4.4 EEPROM (E ² PROM)	148
5.4.5 FLASH 存储器	149
5.5 实例点拨——数据是如何保存在存储器中的	153
5.5.1 文字数据与存储器	154
5.5.2 图像数据与存储器	155
第 6 章 探寻单片机内部——存储器组织	159
6.1 单片机的程序存储器	160
6.1.1 单片机的程序下载到哪里	160
6.1.2 AT89S51 单片机的程序存储器	162
6.1.3 是片内还是片外程序存储器	164
6.2 单片机的数据存储器	166
6.2.1 数据存储器用来作什么	166
6.2.2 片内和片外数据存储器	166
6.2.3 00H~1FH——工作寄存器区	167
6.2.4 20H~2FH——位寻址区	169
6.2.5 30H~7FH——开放区	169
6.3 单片机的特殊功能寄存器 SFR	171
6.3.1 特殊功能寄存器 SFR 分布图	171
6.3.2 特殊功能寄存器的操作方法——字节操作与位操作	172
6.3.3 特殊功能寄存器简介	174
6.4 实例点拨——用取表方式控制流水灯	176

6.4.1	流水灯的显示数据转换	176
6.4.2	取表法	178
6.4.3	方法总结	180
第 7 章	单片机“起舞”——指令的执行	182
7.1	汇编语言详谈	182
7.1.1	汇编器	183
7.1.2	汇编程序书写格式	184
7.1.3	伪指令	185
7.2	时钟与指令的执行	187
7.2.1	时钟究竟是什么	187
7.2.2	程序计数器 PC 的角色	189
7.2.3	指令的执行	190
7.3	寻址方式	191
7.3.1	直接寻址	191
7.3.2	间接寻址	192
7.3.3	寄存器寻址	192
7.3.4	寄存器特征寻址	193
7.3.5	立即寻址	193
7.3.6	变址寻址	193
7.4	实例点拨——程序存储器和数据存储器的寻址	194
7.4.1	把程序存储器中的数据载入工作寄存器中	194
7.4.2	把程序存储器中的数据载入数据存储器中	195
第 8 章	给单片机下命令——指令畅谈	197
8.1	指令概述	197
8.1.1	指令的长度	198
8.1.2	影响程序状态字 PSW 的指令	198
8.2	算术指令	200
8.2.1	加法指令——ADD A, <src-byte>	200
8.2.2	带进位的加法指令——ADDC A, <src-byte>	201
8.2.3	带借位的减法指令——SUBB A, <src-byte>	202
8.2.4	自增/自减指令——INC <byte> / DEC <byte>	202
8.2.5	乘法指令——MUL AB	203
8.2.6	除法指令——DIV AB	204
8.2.7	十进制调整指令——DA A	204
8.3	逻辑指令	205
8.3.1	AND 操作——ANL <dest-byte>, <src-byte>	205

8.3.2	OR 操作——ORL <dest-byte>,<src-byte>	206
8.3.3	XOR 操作——XRL <dest-byte>,<src-byte>	207
8.3.4	清 0 操作——CLR A	208
8.3.5	取反操作——CPL A	208
8.3.6	位移动操作——RL、RLC、RR、RRC	208
8.3.7	累加器高低位交换操作——SWAP A	209
8.4	片内数据装载指令	210
8.4.1	数据装载指令——MOV <dest>,<src>	211
8.4.2	数据指针寄存器装载指令——MOV DPTR,#data16	212
8.4.3	堆栈指令——PUSH 和 POP	213
8.4.4	数据交换指令——XCH 和 XCHD	216
8.5	片外数据装载指令	216
8.6	查表指令	218
8.7	布尔指令	219
8.7.1	清 0、置 1 与取反操作——CLR、SETB、CPL	220
8.7.2	布尔逻辑指令——ANL、ORL	221
8.7.3	位数据装载指令——MOV <dest-bit>,<src-bit>	221
8.7.4	布尔跳转指令——JC、JNC、JB、JNB、JBC	222
8.8	调用子程序指令	223
8.8.1	长调用指令——LCALL	223
8.8.2	绝对调用指令——ACALL	224
8.8.3	返回指令——RET 和 RETI	225
8.9	跳转与循环指令	225
8.9.1	无条件跳转指令——LJMP、AJMP、SJMP、JMP	225
8.9.2	条件跳转指令——JZ 和 JNZ	226
8.9.3	比较跳转指令——CJNE <dest-byte>,<src-byte>, rel	227
8.9.4	循环指令——DJNZ <byte>,<rel-addr>	228
8.9.5	无操作指令——NOP	229
8.10	单片机对于带符号数的处理和溢出问题	230
8.10.1	无符号数与带符号数	230
8.10.2	二进制的二补数	231
8.10.3	带符号数操作中的溢出问题	232
8.10.4	什么时候会溢出	232
8.10.5	如何防止进位或溢出产生的错误	233
8.11	实例点拨——指令应用（程序）实例	234
8.11.1	数据求和	234
8.11.2	减法与二进制的二补数	235
8.11.3	XRL 指令应用于比较寄存器数值	236

8.11.4	位数据的串行输出	236
8.11.5	利用布尔指令产生矩形波信号	237
8.11.6	布尔指令应用于控制	238
第 9 章	对第四维的测量——定时/计数器	240
9.1	定时与计数	241
9.2	单片机的定时/计数器	242
9.2.1	定时/计数器的实质	242
9.2.2	时间单位脉冲	243
9.2.3	Timer 应用一例——延时子程序	244
9.3	定时/计数器的控制者	245
9.3.1	Timer 寄存器	246
9.3.2	定时/计数器模式控制寄存器 TMOD	246
9.3.3	定时/计数器控制寄存器 TCON	248
9.3.4	Timer 的时钟源	249
9.3.5	如何使用 Windows 计算器	249
9.4	模式 1	251
9.4.1	模式 1 下的 Timer 特点	251
9.4.2	模式 1 的设置步骤	252
9.4.3	Timer 的计数时间与计数初始值	253
9.4.4	如何选取 Timer 的计数初始值	254
9.4.5	如何利用 Timer 进行长时间定时	255
9.5	模式 0	257
9.6	模式 2	258
9.6.1	模式 2 下的 Timer 特点	258
9.6.2	模式 2 的设置步骤	259
9.6.3	如何设置计数初始值	260
9.7	模式 3	261
9.8	计数器	264
9.8.1	Timer 作计数器	264
9.8.2	计数器的使用	265
9.8.3	计数器的计数初始值设定	268
9.8.4	计数器的 4 种工作模式	268
9.8.5	外部事件的信号要求	272
9.8.6	TMOD 中的门控位 GATE=1 时	272
9.9	看门狗	273
9.9.1	什么是看门狗	273
9.9.2	外置看门狗	274

9.9.3 内置看门狗.....	275
9.10 实例点拨——超声测距仪.....	278
9.10.1 什么是超声测距仪.....	278
9.10.2 明确单片机系统功能.....	279
9.10.3 硬件设计.....	280
9.10.4 软件设计.....	285
第 10 章 与外界的沟通——串行口通信.....	293
10.1 串行与并行通信.....	294
10.1.1 串行与并行通信的比喻.....	294
10.1.2 串行与并行存储器.....	295
10.1.3 单工、半双工和全双工.....	296
10.2 单片机串行口如何发送与接收数据.....	297
10.2.1 串行发送数据.....	298
10.2.2 串行接收数据.....	300
10.3 单片机串行口的控制者.....	302
10.3.1 UART 与波特率.....	302
10.3.2 串行口缓冲区 SBUF.....	303
10.3.3 串行口控制寄存器 SCON.....	303
10.4 串行口工作模式及波特率.....	305
10.4.1 模式 0.....	305
10.4.2 模式 1.....	305
10.4.3 模式 2.....	307
10.4.4 模式 3.....	308
10.5 单片机之间的通信.....	308
10.5.1 排队呼叫器——两个单片机之间的通信.....	308
10.5.2 远距离通信的解决方案.....	312
10.6 计算机的串行口与控制.....	314
10.6.1 从 RS-232 标准到计算机串行口.....	314
10.6.2 计算机串口通信实验——硬件连接.....	317
10.6.3 计算机串口通信实验——软件操作.....	318
10.6.4 用 Visual Basic 编写一个串口通信程序.....	319
10.7 单片机与计算机之间的通信.....	325
10.7.1 单片机与计算机通信中的接口芯片.....	325
10.7.2 单片机与计算机的串行通信.....	328
10.8 实例点拨——智能交通灯.....	330

第 11 章 程序设计的魅力——中断控制	335
11.1 中断实例及中断的控制者	336
11.1.1 什么是中断	336
11.1.2 中断服务的指挥官——中断向量表	338
11.1.3 中断响应与处理过程	339
11.1.4 中断的控制者——中断使能寄存器 IE	341
11.2 邮递员和朋友——外部中断	342
11.2.1 外部中断 $\overline{\text{INT0}}$ 和 $\overline{\text{INT1}}$	342
11.2.2 外部中断的电平触发	343
11.2.3 外部中断的边沿触发	343
11.3 小狗和烧水壶——Timer 0 和 Timer 1 中断	346
11.4 电话铃响——串行通信中断	347
11.5 中断的魅力和优先级控制	350
11.5.1 中断的魅力——轮询与中断的比较	350
11.5.2 中断的优先级控制	351
11.6 实例点拨——旋转的时钟	354
11.6.1 原理分析	355
11.6.2 明确系统功能	357
11.6.3 硬件设计	357
11.6.4 软件设计	360
附录 1 51 单片机指令集	366
附录 2 指令的执行代码表	370
附录 3 使用实验板、仿真机和编程器开发单片机系统	377
附录 4 AT89S51 单片机的 DC 特性	383
附录 5 AT89S51 单片机的 AC 特性	384
附录 6 ASCII 码表	385
附录 7 常见封装形式	389
附录 8 如何使用器件手册	392
附录 9 数制转换	402
附录 10 自制下载线 (ATMEL 官方并口型)	406

附录 11 下载线软件 (ATMEL MCU ISP) 的使用	409
附录 12 单片机系统开发的电源解决方案	413
附录 13 基础逻辑门及常用数字电路芯片	417
附录 14 AT89S51 单片机特殊功能寄存器一览表	421
附录 15 硬件消除开关抖动的方法	429
附录 16 51 单片机比较表	431
附录 17 常用低容量存储器器件表 (RAM、ROM)	433
附录 18 51 单片机汇编程序保留字	435
附录 19 快速掌握单片机的助手——STK 0707 型单片机学习板	438
参考文献	441

第 1 章 身边的单片机

如果大家第一次接触单片机，一定会对许多概念感到模糊，甚至对单片机是什么，它是怎样工作的，在系统中发挥怎样的作用等这类基本的问题都弄不清楚。因此在第 1 章，有必要来“生动地”看一看单片机的基础知识，掌握一些基本的概念，并对单片机的应用留下一个清晰的第一印象，以便后面的深入学习。本章的学习不需要记忆什么具体内容，而是感受一下单片机存在的地方、发挥的作用、外形等。如果大家以前接触电子技术的机会比较少，可能会在学习的过程中遇到一些不认识的电子元器件，在章节的最后器件介绍中有本章涉及的电子元器件的介绍以供参考。本章的内容如下。

- ◇ 单片机在哪里
- ◇ 单片机是什么样子的
- ◇ 单片机如何控制其他器件
- ◇ 如何使用单片机
- ◇ 有哪些单片机
- ◇ 实例点拨——电子万年历
- ◇ 器件介绍：电阻器、发光二极管、开关

1.1 单片机在哪里

抛开一些复杂的概念，先来寻找单片机（microcontroller）的踪影。应该不难想象在家用电器中，有很多电子元器件组合成若干个功能模块来实现这台电器的功能。例如，在一台空调中，电子器件构成它的制冷功能模块、温度监控功能模块、遥控器接收功能模块等，这些功能模块之间相互控制、相互影响。遥控器接收功能模块接收到用户发出的温度设置命令，则温度监控功能模块启动检测室内的温度，如果室内温度高于用户设置的温度，则制冷功能模块工作，从空调出气口放出冷气以降低室内温度。这里的问题是，功能模块与功能模块之间是如何协调工作的呢？它们是怎样互相联系在一起实现空调机的总体功能呢？

在人的身上，还有类似的相互影响、相互控制的过程。例如，在过马路时，我们首先看人行红绿灯的状态：如果是红灯就等待，如果是绿灯就通过。这里的功能模块有：人眼——接收红绿灯的状态，腿脚——驱动人的身体向前行走。可见与空调机类似，这些功能模块之间具有相互影响、相互控制的关系。在这个关系的背后，全靠人类的大脑控制着身体各个功能模块的协调工作。其中，空调机中也有一颗“大脑”——这就是单片机。换句话说，空调机中的单片机控制着各个功能模块协调工作。

为了更清晰、详细地描述单片机这颗“大脑”，可通过另一个实例——一台全自动洗衣机的系统构造和工作过程来看单片机究竟发挥着什么样的作用。如图 1-1 所示是一台全自