

● 张华宇 谢凤芹 李跃辉◎编著

AVR

单片机基础 与实例进阶

- 从零开始，轻松入门
- 图解案例，清晰直观
- 图文并茂，操作简单
- 实例引导，专业经典
- 学以致用，注重实践

清华大学出版社

AVR 单片机基础与实例进阶

张华宇 谢凤芹 李跃辉 编著

清华大学出版社

北 京

内 容 简 介

本书以常用的 ATmega128 单片机为主线,介绍和讲述 AVR 单片机的组成及其在嵌入式系统中的应用。全书包括 16 章,第 1~5 章主要讲解 ATmega128 单片机的硬件结构及其采用的编程语言;第 6~10 章主要讲解 ATmega128 单片机各个功能模块的应用,包括基本的 I/O 口、定时/计数器、中断、串行通信、模数转换等内容;第 11~16 章在内容上具有综合性,涉及外部常用的温度传感器和时钟芯片以及点阵屏等控制实例,在讲解每个实例时,对相应的外围器件都进行了详细地介绍,方便读者触类旁通地应用该类传感器。

本书中讲解的实例程序都在实际电路板中调试通过。在讲解实例时,各个功能模块分开讲解,并配以详细注释,大部分程序还采用算法流程图的形式以加深读者的理解。

本书内容完整,系统全面,简单实用,适合作为大中专院校自动化、计算机、电子等学科的专业教材及培训教材,亦可作为工程技术人员的实用参考书。

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

AVR 单片机基础与实例进阶/张华宇,谢凤芹,李跃辉编著. —北京:清华大学出版社,2012.1

ISBN 978-7-302-26161-2

I. ①A… II. ①张… ②谢… ③李… III. ①单片微型计算机-教材 IV. ①TP368.1

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2011)第 135645 号

责任编辑:钟志芳

封面设计:刘 超

版式设计:文森时代

责任校对:柴 燕

责任印制:

出版发行:清华大学出版社

网 址: <http://www.tup.com.cn>, <http://www.wqbook.com>

地 址:北京清华大学学研大厦 A 座 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 刷 者:

装 订 者:

经 销:全国新华书店

开 本:185mm×260mm 印 张:28.25 字 数:650 千字

版 次:2012 年 1 月第 1 版 印 次:2012 年 1 月第 1 次印刷

印 数:1~4000

定 价:54.00 元

产品编号:040503-01

前言

基本内容

随着电子技术的不断发展，微控制器的功能越来越强，速度也越来越快。同时，微控制器入门的门槛也逐渐降低，这使它可以成为一种很好的教学设备。此外，随着微控制器价格的降低，部分学校可以要求学生自己购买相应的开发板作为整个课程的配件，这样，每个学生都可以拥有自己的开发板。有的课程需要读者具备 C 语言的基础，有的课程则把 C 语言和单片机课程综合起来。本书结合了上述两种特点以达到读者的阅读需求。

本书中所有的编程应用实例都在实际调试过程中得到了验证，采用的微控制器为 ATmega128 单片机。AVR 系列微控制器的一大优点是，它们的结构以及设备的编程方式都很相似。因此，本书提供的示例也可以在其他 Atmel AVR 系列微控制器上运行，另外，本书中的程序还可以移植到具有相应的外设和资源的其他 AVR 系列的微控制器中。因此，本书也适用于其他 AVR 系列的微控制器。本书涵盖了几乎所有的单片机实验所需要的外设，当遇到 AVR 系列其他成员的特殊外设时，本书的代码可以作为参考模板。

针对市场上同类型入门书籍的不足，为了使读者迅速掌握使用 AVR 系列单片机入门的要点与难点，本书对 AVR 单片机每个功能模块都通过一到两个典型的应用实例来说明其功能和用法，在不易理解的实例中给出程序编制的算法流程图，在具体程序的说明中给出详细的注释，这都是为了方便读者理解和快速入门。本书根据作者多年使用 AVR 单片机进行产品开发和教学的实践经验，按照循序渐进的教学模式，由浅入深地全面剖析了 AVR 单片机的功能及其应用。

全书内容共分为 16 章，各章具体内容如下。

- ✧ 第 1 章：主要介绍了单片机嵌入式系统的发展历史和结构及应用，总结了单片机的应用领域，在此基础上详细地介绍了 AVR 系列单片机的特点和应用。
- ✧ 第 2 章：主要讲解了 ATmega128 单片机的内核、时钟、电源管理、内部资源，并对一些内容做了适当的取舍。还对 ATmega128 的复位及中断、ATmega128 单片机开发过程以及如何制作简易 AVR ISP 下载线等内容做了详细的描述。
- ✧ 第 3 章：主要讲解了 ATmega128 的指令系统，首先分析 ATmega128 的指令特点、分类和寻址方式，并详细介绍了指令系统的每条指令，最后介绍了 ATmega128 汇编语言的一些基本知识。
- ✧ 第 4 章：主要讲解了 AVR 单片机的软件开发平台——ICCAVR 所构建的软件环境，以及 ICCAVR 中的 C 启动文件与库函数。

- ✧ 第 5 章：主要讲解了 AVR 单片机的 C 语言开发基础知识，首先介绍 ANSI C 语言的组成与特点，接着介绍了 ANSI C 在 AVR 单片机中的应用。
- ✧ 第 6 章：本章通过 5 个实例来讲述 AVR 单片机 I/O 端口操作的问题。主要包括 ATmega128 控制 8 个发光管实现流水灯、控制数码管显示数字、控制 LCD1602 显示字符、控制 12864 汉字显示屏显示部分汉字和控制诺基亚 5510 液晶显示屏显示图文信息。
- ✧ 第 7 章：重点对 AVR 的 8 位定时/计数器的结构、功能和应用进行讲解，并介绍基本的设计使用方法。
- ✧ 第 8 章：本章讲解的主要内容包括单片机使用中断的优势、中断处理的一般过程、中断服务程序的编写、外部中断的使用方法和外部中断应用实例。
- ✧ 第 9 章：本章主要介绍模拟比较器和模数转换的原理和应用及其设计方法。
- ✧ 第 10 章：本章主要讲解如何利用 ATmega128 单片机的通用同步/异步接收和发送器（USART、SPI、TWI）进行通信的方法，并给出实例，通过学习本章内容，读者能够掌握使用单片机进行 RS-232 串行通信、TWI 通信、SPI 通信以及多机通信等方面的接口设计和软件编程知识。
- ✧ 第 11 章：本章主要介绍如何使用 ATmega128 单片机来实现对直流电机、步进电机、继电器、PS/2 键盘和独立/矩阵键盘的控制。
- ✧ 第 12 章：本章主要讲解 LED 点阵屏驱动原理、点阵屏汉字显示原理和点阵 LED 屏控制实例。
- ✧ 第 13 章：本章详细介绍了利用红外线遥控器和一体化红外接收头来实现红外遥控键值解码。
- ✧ 第 14 章：本章主要介绍温度传感器 DS18B20 的应用，并以该传感器为主要的检测器件，以 ATmega128 单片机为主控芯片对外界温度进行检测，检测结果在数码管显示器或者液晶屏上显示。
- ✧ 第 15 章：本章主要向读者展示如何设计一个电子时钟，该电子时钟需用到时钟芯片 DS1302 和液晶显示器 5510。
- ✧ 第 16 章：本章结合 SD 卡、ATmega128（L）和 VS1003 向读者展示 MP3 播放器核心部分的设计。主要内容包括 MP3 硬件电路设计和软件设计。

主要特点

本书作者均为长期使用 AVR 单片机进行教学、科研和实际生产工作的教师和工程师，有着丰富的教学和实践经验。在内容编排上，按照读者的一般学习规律，结合大量实例讲解单片机的控制方法，能够使读者快速、全面地掌握 AVR 系列单片机的应用和开发。

具体地讲，本书具有如下鲜明特点：

- ✧ 从零开始，轻松入门
- ✧ 案例精讲，加深理解
- ✧ 内容详实，方便查阅

- ◇ 实例引导，专业经典
- ◇ 学以致用，注重实践

读者对象

- ◇ 学习 AVR 系列单片机的入门读者。
- ◇ 具有一定单片机基础知识、希望进一步深入掌握 AVR 系列单片机的中级读者。
- ◇ 大中专院校电子技术相关专业的学生。
- ◇ 从事嵌入式技术开发、单片机控制工程的工程技术人员。

本书既可作为高等院校电子专业的教材，也可作为读者自学的教程，同时也非常适合作为专业人员的参考手册。

本书由张华宇、谢凤芹、李跃辉主编，参加本书编写工作的还有李亮亮、郭晓建、管殿柱、宋一兵、赵景波、张忠林、王献红、李文秋、初航、王桐、段群杰、谈世哲等。

感谢您选择本书，希望我们的努力对您的工作和学习有所帮助，也希望您把对本书的意见和建议告诉我们。

零点工作室网站地址：www.zerobook.net。

零点工作室联系信箱：gdz_zero@126.com。

零点工作室
2011 年 12 月

目 录

第 1 章 AVR 单片机概述.....	1
1.1 AVR 与 51 单片机.....	1
1.2 AVR 单片机及其发展.....	3
1.2.1 AVR 单片机简介	3
1.2.2 AVR 单片机的特点	4
1.2.3 AVR 单片机的分类	5
1.2.4 AVR 单片机应用领域	6
1.3 AVR 单片机开发产品的优势.....	7
1.4 ATmega128 (L) 单片机.....	8
1.4.1 ATmega128 (L) 的结构和特点	9
1.4.2 ATmega128 (L) 的主要性能	10
1.4.3 ATmega128 (L) 的封装与引脚	12
思考与练习	16
第 2 章 ATmega128 单片机硬件结构	17
2.1 ATmega128 的内核	17
2.1.1 ATmega128 的中央处理器.....	18
2.1.2 通用工作寄存器组.....	19
2.1.3 I/O 寄存器	20
2.1.4 状态寄存器和堆栈指针寄存器.....	21
2.1.5 CPU 的工作时序.....	23
2.2 ATmega128 存储器	24
2.2.1 系统内可编程的 Flash 程序存储器	24
2.2.2 数据存储 SRAM	25
2.2.3 E ² PROM 数据存储器	27
2.3 ATmega128 的系统时钟及电源管理	30
2.3.1 系统时钟	30
2.3.2 晶体振荡器	32
2.3.3 低频晶体振荡器.....	33
2.3.4 外部 RC 振荡器	33

2.3.5	标定的片内 RC 振荡器	34
2.3.6	外部时钟	35
2.4	电源管理与休眠模式	37
2.4.1	空闲模式	38
2.4.2	掉电模式	38
2.4.3	省电模式	38
2.4.4	Standby 模式	39
2.4.5	最小化功耗	39
2.5	ATmega128 的复位	40
2.6	ATmega128 单片机开发起步	44
2.6.1	ATmega128 单片机系统设计	45
2.6.2	AVR 的程序下载	46
2.6.3	ATmega128 的熔丝位配置	47
2.6.4	AVR 单片机 ISP 下载线制作	49
	思考与练习	51
第 3 章	ATmega128 的指令系统	52
3.1	ATmega128 的指令系统概述	52
3.2	AVR 指令格式和约定符号	52
3.3	算术和逻辑指令	54
3.3.1	算术运算指令	54
3.3.2	比较指令	58
3.3.3	逻辑运算指令	58
3.4	跳转指令	60
3.4.1	无条件跳转指令	60
3.4.2	条件跳转指令	61
3.4.3	子程序调用和返回指令	66
3.5	数据传送指令	67
3.5.1	直接寻址数据传送指令	68
3.5.2	间接寻址数据传送指令	68
3.5.3	从程序存储器中取数装入寄存器指令	70
3.5.4	写程序存储器指令	71
3.5.5	I/O 口数据传送	71
3.5.6	堆栈操作指令	72
3.6	位操作和位测试指令	72
3.6.1	带进位逻辑操作指令	72
3.6.2	位变量传送指令	73
3.6.3	位变量修改指令	74

3.7 MCU 控制指令	77
3.8 AVR 汇编语言格式	77
思考与练习	79
第 4 章 AVR 单片机的开发环境	80
4.1 AVR 单片机硬件开发环境	80
4.2 AVR 单片机软件开发环境	80
4.3 ICCAVR 集成开发环境	81
4.3.1 ICCAVR 功能介绍	82
4.3.2 ICCAVR 的 IDE 环境	83
4.3.3 菜单	86
4.3.4 ICCAVR 中常用库函数介绍	92
4.4 AVR 访问硬件编程	93
4.4.1 AVR 硬件操作	93
4.4.2 位操作	93
4.4.3 在线汇编	94
4.4.4 I/O 寄存器	94
4.4.5 中断操作	95
4.4.6 访问 UART	96
4.4.7 访问 E ² PROM	96
4.5 AVR Studio 开发环境的使用	96
4.5.1 安装 AVR Studio 开发环境	96
4.5.2 AVR Studio 的应用	97
4.5.3 使用软件仿真调试程序	99
思考与练习	102
第 5 章 AVR 单片机 C 语言编程基础	103
5.1 C 语言的组成及特点	103
5.2 运算符和表达式	105
5.3 C 程序语句及程序结构	107
5.3.1 顺序结构程序设计	107
5.3.2 选择结构的基本形式	107
5.3.3 循环结构的基本形式	111
5.4 数组	114
5.4.1 一维数组	115
5.4.2 数组的初始化	115
5.5 指针变量和指针运算符	116
5.5.1 指针变量定义及指针运算	116

5.5.2 指针变量的引用.....	118
5.6 函数与参数传递.....	118
5.6.1 函数定义的一般形式.....	118
5.6.2 形式参数与实际参数.....	119
5.6.3 函数的返回值	120
5.6.4 函数的调用	120
5.6.5 函数的声明	121
5.7 编译预处理.....	121
5.7.1 宏定义	122
5.7.2 文件包含	122
5.7.3 条件编译	123
5.8 结构体与链表.....	126
5.8.1 结构体的定义和引用.....	126
5.8.2 结构体类型定义.....	126
5.8.3 结构体类型变量的定义.....	127
5.8.4 结构体变量的初始化和成员引用.....	128
5.9 位运算符.....	129
思考与练习	130
第 6 章 I/O 口的应用.....	131
6.1 通用 I/O 口的基本结构与特性.....	131
6.1.1 I/O 端口概述	131
6.1.2 I/O 端口寄存器	132
6.1.3 通用数字 I/O 口的设置与编程	134
6.2 I/O 口控制流水灯实例.....	136
6.2.1 典型器件发光二极管介绍.....	137
6.2.2 硬件设计	137
6.2.3 程序设计详解	139
6.3 I/O 口控制数码管显示实例.....	142
6.3.1 数码管介绍	142
6.3.2 硬件设计	145
6.3.3 程序设计详解	147
6.4 I/O 口控制诺基亚 5510 液晶显示屏实例.....	149
6.4.1 诺基亚 5510 液晶屏控制器 PCD8544 介绍.....	149
6.4.2 硬件设计	156
6.4.3 程序设计详解	157
6.5 I/O 口控制 1602 液晶显示实例.....	164
6.5.1 1602 字符型 LCD.....	164

6.5.2	LCD 的基本参数及引脚功能.....	164
6.5.3	1602LCD 的指令说明及时序.....	165
6.5.4	1602LCD 的 RAM 地址映射及标准字库表.....	167
6.5.5	1602LCD 的一般初始化（复位）过程.....	167
6.5.6	硬件设计	169
6.5.7	程序设计详解	169
6.6	I/O 口控制 12864 中文液晶显示实例	173
6.6.1	概述	173
6.6.2	模块引脚说明	174
6.6.3	接口时序	175
6.6.4	用户指令集	176
6.6.5	显示坐标	181
6.6.6	显示 RAM	182
6.6.7	汉字取模	184
6.6.8	硬件设计	185
6.6.9	程序设计详解	185
	思考与练习	189
第 7 章	定时/计数器的结构与应用	190
7.1	定时/计数器概述	190
7.2	8 位定时/计数器的结构与寄存器配置	190
7.2.1	T/C0 的组成结构	191
7.2.2	与 T/C0 相关的寄存器	196
7.2.3	8 位 T/C0 的工作模式	201
7.2.4	8 位 T/C0 的计数工作时序	204
7.3	16 位定时/计数器 T/C1 的应用	206
7.3.1	16 位定时/计数器功能介绍.....	207
7.3.2	T/C1 的控制寄存器说明	209
7.4	利用定时器实现秒表	215
7.4.1	硬件连接	216
7.4.2	程序设计详解	217
7.5	利用定时器 0 实现 PWM 输出.....	220
7.5.1	硬件连接	221
7.5.2	程序设计详解	221
	思考与练习	223
第 8 章	中断系统基本应用	224
8.1	为什么要用中断	224

8.2	ATmega128 的中断系统	225
8.2.1	ATmega128 的中断源和中断向量	225
8.2.2	ATmega128 的中断控制	227
8.2.3	AVR 的中断响应过程	229
8.3	中断服务程序的编写	230
8.4	ATmega128 的外部中断	235
8.4.1	外部中断控制寄存器 A——EICRA	236
8.4.2	外部中断控制寄存器 B——EICRB	237
8.4.3	外部中断屏蔽寄存器——EIMSK	237
8.4.4	外部中断标志寄存器——EIFR	238
8.5	外部中断应用实例	238
8.5.1	硬件连接	238
8.5.2	程序设计详解	239
	思考与练习	241
第 9 章	模拟比较器和 ADC 接口	242
9.1	模拟比较器	242
9.2	模数转换器 ADC	245
9.2.1	10 位 ADC 结构	245
9.2.2	ADC 相关的 I/O 寄存器	246
9.2.3	ADC 应用设计要点	250
9.3	ADC 的应用实例 1	252
9.3.1	硬件电路	253
9.3.2	程序设计详解	253
9.4	ADC 的应用实例 2	256
9.4.1	硬件电路	256
9.4.2	程序设计详解	257
	思考与练习	265
第 10 章	串行接口及应用接口	266
10.1	同步串行接口 SPI	266
10.1.1	SPI 简介	266
10.1.2	ATmega128 的 SPI 接口的特点	267
10.1.3	SS 引脚的功能	270
10.1.4	与 SPI 相关的寄存器	271
10.1.5	数据模式	273
10.1.6	SPI 应用实例	274
10.2	USART	275

10.2.1	时钟产生	277
10.2.2	USART 的初始化	280
10.2.3	数据发送——USART 发送器	281
10.2.4	数据接收——USART 接收器	283
10.2.5	异步数据接收	286
10.2.6	访问 UBRRH/UCSRC 寄存器	289
10.2.7	USART 寄存器描述	290
10.3	串口通信应用实例	294
10.3.1	器件介绍	294
10.3.2	硬件设计	298
10.3.3	程序设计详解	298
10.4	两线串行接口 TWI	301
10.4.1	两线串行接口总线定义	301
10.4.2	电气连接	302
10.4.3	数据传输和帧格式	302
10.4.4	TWI 模块综述	305
10.4.5	TWI 寄存器说明	307
10.4.6	使用 TWI	310
10.4.7	数据传输模式	313
10.5	TWI 应用实例	317
10.5.1	器件介绍	318
10.5.2	硬件设计	319
10.5.3	程序设计详解	319
	思考与练习	323
第 11 章	电机、继电器和键盘输入的控制	324
11.1	直流电机简介	324
11.2	直流电机常用驱动方案	326
11.3	直流电机控制实例	335
11.4	步进电机控制实例	336
11.5	继电器控制	339
11.6	PS/2 键盘控制	340
11.7	独立按键和矩阵键盘的识别	347
11.7.1	按键的分类	347
11.7.2	矩阵式键盘的结构与工作原理	348
11.7.3	矩阵式键盘的按键识别方法	348
11.7.4	独立式按键的结构和工作原理	348
11.7.5	键盘的扫描工作方式	349

11.7.6 独立按键和矩阵按键识别应用实例	350
思考与练习	357
第 12 章 点阵 LED 屏的控制	358
12.1 LED 点阵屏驱动电路	358
12.2 字模数据	360
12.3 点阵字库	361
12.4 几种常用的字符动态编码显示方案	361
12.5 点阵屏控制实例	362
12.5.1 硬件设计	362
12.5.2 程序设计详解	362
思考与练习	373
第 13 章 红外遥控器的解码	374
13.1 红外遥控简介	374
13.1.1 红外光的利用	374
13.1.2 红外光的调制	375
13.1.3 发射器	375
13.1.4 接收器	376
13.1.5 常用的 HT6221 遥控器芯片简介	376
13.1.6 HT6221 编码特征	378
13.1.7 遥控器解码方法及软件说明	379
13.2 红外遥控解码实例	379
13.2.1 硬件设计	379
13.2.2 软件设计及详解	380
思考与练习	384
第 14 章 DS18B20 温度传感器的应用	385
14.1 DS18B20 温度传感器概述	385
14.2 DS18B20 芯片封装结构及引脚功能	385
14.3 DS18B20 工作原理及应用	386
14.4 DS18B20 芯片与单片机的接口	388
14.5 DS18B20 芯片 ROM 指令和存储器操作指令	388
14.6 DS18B20 复位及应答关系	390
14.7 应用实例——温度检测和显示	391
14.7.1 硬件设计	391
14.7.2 程序设计详解	391
14.7.3 设计过程	392
思考与练习	397

第 15 章 时钟芯片 DS1302 的应用	398
15.1 DS1302 使用介绍	398
15.1.1 概述	398
15.1.2 DS1302 的结构及性能	398
15.1.3 DS1302 管脚描述	399
15.1.4 DS1302 内部寄存器	400
15.1.5 DS1302 与微控制器的接口软件及功能应用	403
15.2 时钟芯片 DS1302 应用实例	403
15.2.1 程序设计详解	404
15.2.2 设计过程	405
思考与练习	411
第 16 章 MP3 播放器的设计	412
16.1 MP3 播放器设计简介	412
16.2 典型器件 VS1003 介绍	413
16.2.1 VS1003 的特性	413
16.2.2 VS1003 的引脚定义	414
16.2.3 VS1003 的功能寄存器	416
16.2.4 VS1003 的驱动注意事项	419
16.3 FAT 格式文件数据的读取	427
16.4 主程序的编写	432

第 1 章 AVR 单片机概述

AVR 单片机是 Atmel 公司于 20 世纪 90 年代中后期开发出的一种 8 位单片机。这种单片机采用 RISC 内核，具有使用灵活、高性能、低功耗等特点。此外，在某些情况下，AVR 处理器甚至可以独自成为一种片上系统，完成极其复杂的功能。目前，该型号单片机已经展示出极其强大的生命力，在国防、工业、农业、企业管理、交通运输、日常生活各个领域得到了广泛应用。

本章主要介绍 AVR 单片机的发展历史及其主要应用，围绕 ATmega128 (L) 单片机，分析其结构、主要特点、性能封装和引脚定义。

1.1 AVR 与 51 单片机

单片机嵌入式系统的硬件基本构成分为两大部分：单片微控制器芯片和外围的接口电路。其中，单片微控制器是构成单片机嵌入式系统的核心。

为了强调其控制属性，也可以把单片机称为微控制器 MCU。在国际上，“微控制器”的叫法似乎更通用一些，而我国比较习惯使用“单片机”这一名称。单片机因将计算机的主要组成部分集成在一个芯片上而得名，具体地说就是把中央处理单元 CPU、随机存储器 RAM、只读存储器 ROM、中断系统、定时器/计数器以及 I/O 接口电路等主要微型机部件集成在一块芯片上。因此，一片芯片构成了一个基本的微型计算机系统。

由于单片机芯片的微小体积，极低的成本和面向控制的设计，使得它作为智能控制的核心器件被广泛地应用于嵌入到工业控制、智能仪器仪表、家用电器、电子通信产品等各个领域中的电子设备和电子产品中。可以说由单片机为核心构成的单片机嵌入式系统已成为现代电子系统中最重要的组成部分。

早期的单片机都是 8 位或 4 位的，其中最成功的是 Intel 的 8031，因为其简单可靠而性能不错获得了很大的好评。此后，在 8031 上发展出了 MCS-51 系列单片机系统。基于这一系统的单片机系统直到现在还在广泛使用。随着工业控制领域要求的提高，开始出现了 16 位单片机，但因为性价比不理想并未得到很广泛的应用。20 世纪 90 年代后随着消费电子产品的大发展，单片机技术得到了巨大的提高。随着 Intel i960 系列特别是后来的 ARM 系列的广泛应用，32 位单片机迅速取代 16 位单片机的高端地位，并且进入主流市场。而传统的 8 位单片机的性能也得到了飞速提高，因此，8 位单片机将在未来很长时间里继续发展。

目前，高校单片机教学中大都以 MCS-51 为首选机型进行讲解，MCS-51 单片机作为目前最具代表性的主流机型。然而，随着单片机的应用进入 SOC 时代，其不足和缺陷也显而易见。这些缺陷和不足表现在以下几个方面：

(1) 片上资源不够丰富。

(2) 系统开发调试不足。

- ✧ 连接问题：设计系统的 PCB 板时要考虑在线仿真器与其的连接，否则无法进行总线调试。
- ✧ 时序限制：指目标系统在设计时要求在处理器、目标内存或目标系统中的其他存储器映射 FO 设备之间有非常陡的时序边缘，使用在线仿真器就可能会产生问题。
- ✧ 在线调试时工作频率受限：在仿真调试中的工作频率不高于 20MHz。

(3) 功耗问题的限制。MCS-51 是 5V 供电的，功耗较大，难以满足许多系统低功耗的要求。

AVR 单片机是美国 Atmel 公司设计的，AVR 单片机对原 51 单片机内核进行了较大改造，采用精简指令集 RISC (Reduced Instruction Set CPU) 的 AVR 结构，废除了原 51 单片机中的机器周期，由原来 12 个时钟执行一条指令改进为一个时钟执行一条单周期指令，大多数指令执行所需的时钟周期数与指令的字节数相同，使得 AVR 单片机的运行速度大大提高。

AVR 单片机的设计者除了改造 51 内核外，还将 Flash、E²PROM、A/D、RTC、Watchdog、定时器、I²C、SPI、PWM 和片内振荡器等集合为一体，可以真正做到单片。AVR 单片机兼容 51 指令集，能够沿用过去开发的 51 应用程序，使得一直用 51 单片机教学的高校和从事 51 单片机开发应用者可以继往开来。

AVR 技术创新主要体现在以下几个方面：

- ✧ 高性能，采用精简指令集 CPU (RISC) 和哈佛 (Harvard) 结构的流水线技术，拥有 32 个通用工作寄存器。
- ✧ 片内集成了非易失性程序和数据存储器以及工作存储器。
- ✧ 丰富的外设，如 I²C、SPI、E²PROM、RTC、看门狗定时器、A/D 转换器、PWM 和片内振荡器等。
- ✧ 宽工作电压：1.8~6V 之间。
- ✧ 低功耗，具有 6 种休眠模式，能够从低功耗模式迅速唤醒。
- ✧ 编译好的目标文件可通过在线编程 (ISP) 直接写入程序存储器，实现芯片在系统编程调试，无须购买昂贵的仿真器和编程器，从而节省了系统开发成本。
- ✧ 输入/输出资源丰富，设计灵活，驱动力强。
- ✧ 具有多复位源、多中断源方式。
- ✧ 串口通信不占用定时器，采用独特的波特率发生器。
- ✧ 保密性强，Flash 程序存储器具有保密锁死功能。

由于 AVR 单片机具有上述这些优点，给用户带来了前所未有的好处。越来越多的设计人员把目光转向 AVR 单片机，把 AVR 单片机作为 8 位单片机的最佳选择，从而使 AVR 单片机进入大批量的应用领域。

ATmega 系列单片机属于 AVR 中的高档产品，它具有 AVR 单片机所具有的特点，并在此基础上增加了更多的接口功能，提供更充足的程序和数据存储器，而且在省电性能、稳定性、抗干扰性以及灵活性方面考虑得更加周全和完善。本书采用 ATmega128 单片机，它属于 ATmega 系列单片机的一个子集 (ATmega32/64/128)，指令系统完全兼容，所以学会