



零点起步 系列丛书



零点起步 · AVR单片机 开发入门与典型实例

◎ 张华宇 谢凤芹 王立滨 等编著

- 从零开始，轻松入门
- 案例精讲，加深理解
- 内容翔实，方便查阅
- 实例引导，专业经典
- 学以致用，注重实践



实例源文件、电子
教案和扩展资源



机械工业出版社
CHINA MACHINE PRESS



零点起步系列丛书

零点起步——AVR 单片机 开发入门与典型实例

张华宇 谢凤芹 王立滨 等编著



机械工业出版社

本书以常用的 ATmega16 单片机为主线,主要讲解 ATmega16 单片机的硬件结构和采用的编程语言;ATmega16 单片机的各个功能模块的应用;单片机与温度传感器、时钟芯片和点阵屏等进行连接控制的实例。在讲解每个实例时,都对相应的外围器件进行了详细介绍,方便读者应用该类传感器,起到触类旁通的效果。

本书可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,也可作为工程技术人员的实用参考书。

图书在版编目(CIP)数据

零点起步——AVR 单片机开发入门与典型实例/张华宇 等编著. —北京:机械工业出版社,2011.7

(零点起步系列丛书)

ISBN 978-7-111-35161-0

I. ① 零… II. ① 张… III. ① 单片微型计算机 IV. ① TP368.1

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2011)第 124038 号

机械工业出版社(北京市百万庄大街 22 号 邮政编码 100037)

责任编辑:郝建伟

责任印制:杨 曦

保定市中国画美凯印刷有限公司印刷

2011 年 7 月第 1 版·第 1 次印刷

184mm×260mm·24.5 印张·605 千字

0001-3500 册

标准书号:ISBN 978-7-111-35161-0

ISBN 978-7-89433-044-4(光盘)

定价:58.00 元(含 1CD)

凡购本书,如有缺页、倒页、脱页,由本社发行部调换

电话服务

网络服务

社服 务 中 心:(010)88361066

门户网:<http://www.cmpbook.com>

销 售 一 部:(010)68326294

教材网:<http://www.cmpedu.com>

销 售 二 部:(010)88379649

读者购书热线:(010)88379203

封面无防伪标均为盗版

前言

基本内容

随着电子技术的不断发展,微控制器的功能和速度也越来越强大。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,随着微控制器价格降低到了一个可以接受的水平,部分学校可以要求学生自己购买相应的开发/学习板作为整个课程的配件,这样每个学生就可以拥有自己的开发/学习板了。

本书中所有的编程应用实例都是编者们在 AVR-51 开发/学习板上开发的,采用的微控制器为 ATmega16 单片机。这一开发/学习板很适合教学使用,也是一种很好的通用开发/学习板,不需要编程器就可以下载调试程序。本书的例子已经在 AVR-51 开发/学习板上测试通过。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,本书提供的例子可以在其他 Atmel AVR 系列微控制器上运行,只要它上面有相应的外设和资源则本书中的程序就可以移植到 AVR 系列其他微控制器中。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。

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,本书中对 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,在不好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的理解和快速入门。

本书共分为 15 章。

- 第 1 章主要介绍了单片机嵌入式系统的发展历史、结构及应用,介绍了单片机的应用领域、AVR 系列单片机的特点和应用。
- 第 2 章主要讲解了 ATmega16 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取舍。
- 第 3 章主要对 ATmega16 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地描述。
- 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 ICC AVR 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,ANSI C 语言的组成与特点,ANSI C 在 AVR 单片机中的应用。
- 第 6 章通过 7 个实例来讲述 AVR 单片机 I/O 端口操作的问题。主要包括 ATmega16 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 汉字显示屏显示几个汉字、控制诺基亚 5510 液晶显示屏显示图文信息和控制 8×8 点



阵屏显示一个心形图案。

- 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,并介绍基本的使用设计方法。
- 第8章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章主要介绍模拟比较器和模数转换的原理和应用设计方法。
- 第10章主要讲解如何利用 ATmega16 单片机的通用同步/异步接受和发送器(USART、SPI、TWI)进行通信的方法,并给出实例。
- 第11章主要介绍如何使用 ATmega16 单片机来实现对直流电机、步进电机、继电器、PS/2 键盘、独立/矩阵键盘的控制。
- 第12章主要讲解 LED 点阵屏驱动原理、点阵屏汉字显示原理、点阵 LED 屏控制实例。
- 第13章详细介绍利用红外线遥控器和一体化红外接收头来进行红外遥控键值的解码。
- 第14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 ATmega16 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章主要介绍如何设计一个电子时钟,该电子钟需用到时钟芯片 DS1302 和液晶显示器 5510。

主要特点

本书编者长期使用 AVR 单片机进行教学、科研和实际生产工作,有着丰富的教学和实践经验。在内容编排上,按照学习的一般规律,结合大量实例讲解单片机的控制方法,能够使读者快速掌握 AVR 系列单片机的应用和开发。

本书的特点为:

- 从零开始,轻松入门。
- 案例精讲,加深理解。
- 内容翔实,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。
- 大中专院校电子计数相关专业的学生。
- 从事嵌入式技术开发、单片机控制工程的工程技术人员。

本书既可以作为院校电子专业的教材,也可以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。

配套光盘简介

为了方便读者学习,本书配套提供了教学资料光盘,其中包含本书应用实例源文件和每个



章节的 PPT 教学课件,这些文件都被保存在与章节相对应的文件夹中。同时,主要实例在单片机开发/学习板中的控制过程都被采集成视频录像。

本书由张华宇、谢凤芹、王立滨完成主要编写工作,参加本书编写的还有管殿柱、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。

由于编者水平有限,加上时间仓促,书中错误和不妥之处在所难免,敬请广大读者不吝指正。网站地址:www. zerobook. net,联系信箱:gdz_zero@ 126. com。

编 者

目 录

前言

第 1 章 绪论	1
1.1 AVR 与 MCS-51 单片机	1
1.2 通用计算机系统与嵌入式计算机系统	3
1.3 单片机嵌入式系统	4
1.3.1 单片机及其发展	5
1.3.2 单片机的发展趋势	6
1.3.3 单片机嵌入式系统结构	8
1.3.4 单片机嵌入式系统的应用领域	9
1.4 AVR 系列单片机	10
1.4.1 AVR 单片机的发展及开发产品的优势	10
1.4.2 AVR 单片机的主要特点	11
1.5 ATmega16 单片机	12
1.5.1 ATmega16 单片机的结构和主要特点	12
1.5.2 ATmega16 单片机的封装与引脚	15
1.6 AVR 教学实验板的总体结构和实验项目	17
1.7 思考与练习	20
第 2 章 ATmega16 单片机硬件结构	21
2.1 ATmega16 单片机的内核	21
2.1.1 ATmega16 单片机的中央处理器概述	22
2.1.2 算术逻辑单元(ALU)	22
2.1.3 状态寄存器和堆栈指针寄存器	23
2.1.4 通用工作寄存器组	24
2.1.5 I/O 寄存器	25
2.1.6 堆栈指针寄存器(SP)	27
2.2 CPU 的工作时序	28
2.3 ATmega16 单片机存储器	29
2.3.1 系统内可编程的 Flash 程序存储器	29
2.3.2 SRAM 数据存储器	29
2.3.3 EEPROM 数据存储器	31



2.4 ATmega16 的系统时钟及电源管理	31
2.4.1 晶体振荡器	33
2.4.2 低频晶体振荡器	34
2.4.3 外部 RC 振荡器	34
2.4.4 标定的片内 RC 振荡器	35
2.4.5 外部时钟	36
2.5 电源管理及睡眠模式	37
2.5.1 空闲模式	38
2.5.2 ADC 噪声抑制模式	38
2.5.3 掉电模式	38
2.5.4 省电模式	39
2.5.5 Standby 模式	39
2.5.6 最小化功耗	39
2.6 ATmega16 单片机系统的控制和复位	40
2.6.1 复位源	40
2.6.2 MCU 控制和状态寄存器(MCUCSR)	43
2.6.3 片内基准电压	44
2.6.4 看门狗定时器	44
2.7 思考与练习	47
第3章 ATmega16 单片机最小系统	48
3.1 ATmega16 单片机最小系统设计	48
3.2 AVR 的程序下载	48
3.3 ATmega16 的熔丝位配置概述	50
3.4 AVR 单片机的工作状态	52
3.5 支持 ISP 编程的最小系统设计	54
3.6 AVR 单片机程序下载实例	54
3.7 思考与练习	58
第4章 AVR 单片机的开发环境	59
4.1 ICCAVR 集成开发环境	59
4.1.1 ICCAVR 编译器的安装	59
4.1.2 对安装完成的软件进行注册	60
4.1.3 ICCAVR 功能介绍	61
4.1.4 ICCAVR 的 IDE 环境	62
4.1.5 菜单解释	66
4.2 ICCAVR 中的 C 启动文件与库函数	73
4.2.1 启动文件	73
4.2.2 ICCAVR 中常用库函数介绍	74



4.2.3	字符类型库	75
4.2.4	浮点运算库	75
4.2.5	标准输入输出库	76
4.2.6	标准库和内存分配函数	77
4.2.7	字符串函数	78
4.2.8	变量参数函数	79
4.2.9	堆栈检查函数	79
4.3	AVR 访问硬件编程	80
4.3.1	AVR 硬件操作	80
4.3.2	位操作	81
4.3.3	程序存储器和常量数据	81
4.3.4	堆栈	82
4.3.5	在线汇编	83
4.3.6	I/O 寄存器	83
4.3.7	C 任务 Tasks	84
4.3.8	中断操作	84
4.3.9	访问 UART	85
4.3.10	访问 EEPROM	85
4.3.11	相对转移/调用的地址范围	85
4.4	思考与练习	85
第5章	C 语言编程基础	86
5.1	C 语言的组成及特点	86
5.2	运算符和表达式	88
5.2.1	算术运算符	88
5.2.2	赋值运算符	88
5.2.3	关系运算符和关系表达式	89
5.2.4	逻辑运算符和逻辑表达式	89
5.3	C 程序语句及程序结构	90
5.3.1	顺序结构程序设计	90
5.3.2	选择结构的基本形式	90
5.3.3	简单分支结构	90
5.3.4	双分支结构	91
5.3.5	多分支结构	91
5.3.6	switch...case 分支结构	92
5.3.7	循环结构的基本形式	93
5.3.8	if...goto... 构成的循环	93
5.3.9	while 循环	94
5.3.10	do...while 循环	94



5.3.11 for 循环	94
5.3.12 循环控制语句	95
5.4 数组	96
5.4.1 一维数组	96
5.4.2 数组的定义	96
5.4.3 数组元素的引用	96
5.4.4 数组的初始化	96
5.5 指针变量和指针运算符	97
5.5.1 指针变量定义及指针运算	97
5.5.2 指针变量的引用	99
5.6 函数与参数传递	99
5.6.1 函数定义的一般形式	99
5.6.2 形式参数与实际参数	100
5.6.3 函数的返回值	101
5.6.4 函数的调用	101
5.6.5 函数的声明	101
5.7 编译预处理	102
5.7.1 宏定义	102
5.7.2 无参宏定义	103
5.7.3 带参宏定义	103
5.7.4 文件包含	103
5.7.5 条件编译	104
5.8 结构体与链表	106
5.8.1 结构体的定义和引用	106
5.8.2 结构体类型定义	107
5.8.3 结构体类型变量的定义	107
5.8.4 结构体变量的初始化和成员引用	108
5.9 位运算符	109
5.10 思考与练习	110
第6章 I/O 口的应用	111
6.1 通用 I/O 口的基本结构与特性	111
6.1.1 I/O 端口概述	111
6.1.2 I/O 口的基本结构	112
6.1.3 I/O 端口寄存器	114
6.1.4 通用数字 I/O 口的设置与编程	115
6.2 I/O 口控制流水灯实例	117
6.2.1 典型器件介绍	118
6.2.2 硬件设计	118



6.2.3 程序设计及详解	119
6.3 I/O 口控制数码管显示实例	122
6.3.1 数码管介绍	123
6.3.2 硬件设计	125
6.3.3 程序设计及详解	128
6.4 I/O 口控制诺基亚 5510 液晶显示屏实例	129
6.4.1 诺基亚 5510 液晶屏控制器 PCD8544 介绍	129
6.4.2 硬件设计	135
6.5 I/O 口控制 1602 液晶显示实例	141
6.5.1 1602 字符型 LCD	141
6.5.2 LCD 的基本参数及引脚功能	141
6.5.3 1602LCD 的指令说明及时序	142
6.5.4 1602LCD 的 RAM 地址映射及标准字库表	144
6.5.5 1602LCD 的一般初始化(复位)过程	144
6.5.6 硬件设计	145
6.5.7 程序详解	145
6.6 I/O 口控制 12864 中文液晶显示实例	150
6.6.1 概述	150
6.6.2 模块引脚说明	151
6.6.3 接口时序	151
6.6.4 用户指令集	153
6.6.5 显示坐标	156
6.6.6 显示 RAM	158
6.6.7 汉字取模	158
6.6.8 硬件设计	160
6.6.9 程序设计详解	160
6.7 8×8 点阵 LED 显示控制实例	164
6.7.1 8×8 点阵 LED 工作原理说明	164
6.7.2 硬件设计	165
6.7.3 程序设计详解	165
6.8 思考与练习	166
第 7 章 定时计数器的结构与应用	167
7.1 定时/计数器 T/C0	167
7.1.1 T/C0 的组成结构	167
7.1.2 与 T/C0 相关的寄存器	171
7.1.3 8 位 T/C0 的工作模式	174
7.1.4 8 位 T/C0 的计数工作时序	178
7.2 16 位定时计数器 T/C1 的应用	179



7.2.1 16 位定时器计数器功能介绍	181
7.2.2 T/Cl 的控制寄存器说明	183
7.3 利用定时器实现发光管闪烁的实例	188
7.3.1 硬件连接	188
7.3.2 程序设计详解	189
7.4 利用定时器 0 实现 PWM 输出实例	191
7.4.1 硬件连接	191
7.4.2 程序设计详解	192
7.5 思考与练习	193
第 8 章 中断系统的基本应用	194
8.1 为什么要用中断	194
8.2 中断相关概念	195
8.3 ATmega16 的中断系统	195
8.4 ATmega16 典型的复位和中断设置	197
8.5 ATmega16 的外部中断	200
8.6 外部中断应用实例	202
8.6.1 硬件连接	202
8.6.2 程序设计详解	203
8.7 思考与练习	205
第 9 章 模拟比较器和 ADC 接口	206
9.1 模拟比较器简介	206
9.1.1 与模拟比较器相关的寄存器和标志位	207
9.1.2 模拟比较器的应用设计	208
9.2 模数转换器 ADC 概述	209
9.2.1 10 位 ADC 结构	209
9.2.2 ADC 相关的 I/O 寄存器	211
9.2.3 ADC 应用预分频与转换时间	215
9.2.4 ADC 输入通道和参考电源的选择	216
9.2.5 ADC 转换结果	217
9.3 ADC 的应用实例	218
9.3.1 实例功能	218
9.3.2 硬件电路	218
9.3.3 程序设计详解	218
9.4 ADC 的应用实例 2	221
9.4.1 硬件电路	221
9.4.2 程序设计详解	221
9.5 思考与练习	221



第 10 章 串行接口及应用接口	222
10.1 同步串行接口 SPI	222
10.1.1 SPI 简介	222
10.1.2 ATmega16 的 SPI 接口的特点	223
10.1.3 SS 引脚的功能	226
10.1.4 与 SPI 相关的寄存器	227
10.1.5 数据模式	229
10.1.6 SPI 应用实例	229
10.2 异步传输接口 USART	230
10.2.1 时钟产生	231
10.2.2 USART 的初始化	236
10.2.3 数据发送——USART 发送器	237
10.2.4 数据接收——USART 接收器	239
10.2.5 异步数据接收	241
10.2.6 访问 UBRRH/UCSRC 寄存器	244
10.2.7 USART 寄存器描述	245
10.3 串口通信应用实例	249
10.3.1 器件介绍	249
10.3.2 硬件设计	251
10.3.3 程序设计详解	252
10.4 两线串行接口 TWI	253
10.4.1 两线串行接口总线定义	253
10.4.2 电气连接	254
10.4.3 数据传输和帧格式	254
10.4.4 TWI 模块综述	257
10.4.5 TWI 寄存器说明	259
10.4.6 使用 TWI	262
10.4.7 数据传输模式	264
10.5 TWI 应用实例	270
10.5.1 器件介绍	270
10.5.2 硬件设计	271
10.5.3 程序设计详解	271
10.6 思考与练习	274
第 11 章 电机、继电器和键盘输入的控制	275
11.1 直流电机简介	275
11.2 直流电机常用驱动方案	277
11.3 直流电机控制实例	285



11.4	步进电机控制实例	286
11.5	继电器控制	289
11.6	PS/2 键盘控制	290
11.7	独立按键和矩阵键盘的识别	294
11.7.1	按键的分类	294
11.7.2	矩阵式键盘的结构与工作原理	295
11.7.3	矩阵式键盘的按键识别方法	295
11.7.4	独立式按键的结构和工作原理	296
11.7.5	键盘的扫描工作方式	296
11.7.6	独立按键和矩阵按键识别应用实例	297
11.8	思考与练习	301
第 12 章	点阵 LED 屏的控制	302
12.1	LED 点阵屏驱动电路	302
12.2	字模数据	304
12.3	点阵字库	305
12.4	在计算机中显示一个字符	305
12.5	几种常用的字符动态编码显示方案	307
12.6	点阵屏控制实例	308
12.6.1	硬件设计	308
12.6.2	程序设计及详解	308
12.7	思考与练习	316
第 13 章	红外遥控器的解码	317
13.1	红外遥控简介	317
13.1.1	红外光的利用	317
13.1.2	红外光的调制	318
13.1.3	发射器	318
13.1.4	接收器	319
13.1.5	常用的 HT6221 遥控器芯片简介	319
13.1.6	HT6221 编码特征	321
13.1.7	遥控器解码方法及软件说明	322
13.2	红外遥控解码实例	322
13.2.1	硬件设计	322
13.2.2	软件设计及详解	322
13.3	红外遥控解码液晶(LCD1602)显示	327
13.4	思考与练习	333



第 14 章 DS18B20 温度传感器的应用	334
14.1 DS18B20 温度传感器概述	334
14.2 DS18B20 芯片封装结构及引脚功能	334
14.3 DS18B20 工作原理及应用	335
14.4 DS18B20 芯片与单片机的接口	337
14.5 DS28B20 芯片 ROM 指令和存储器操作指令	337
14.6 DS18B20 复位及应答关系	339
14.7 DS18B20 温度传感器应用实例 1	340
14.7.1 硬件设计	340
14.7.2 程序设计及详解	340
14.8 DS18B20 温度传感器应用实例 2	346
14.8.1 硬件设计	347
14.8.2 程序设计及详解	347
14.9 思考与练习	353
第 15 章 时钟芯片 DS1302 的应用	354
15.1 DS1302 使用介绍	354
15.1.1 概述	354
15.1.2 DS1302 的结构及性能	354
15.1.3 DS1302 管脚描述	355
15.1.4 DS1302 内部寄存器	356
15.1.5 DS1302 与微控制器的接口软件及功能应用	359
15.2 时钟芯片 DS1302 应用实例 1	359
15.3 时钟芯片 DS1302 应用实例 2	366
15.4 思考与练习	373
附录	374
附录 A C 语言运算符的优先级	374
附录 B 常用字符与 ASCII 代码对照表	375
参考文献	376

第 1 章

绪 论

本章介绍单片机嵌入式系统的发展历史、结构及应用领域；AVR 系列单片机的主要特点及 AVR 单片机如何选型等相关内容；ATmega16 单片机的结构、主要特点、封装和引脚定义等。

本章包括以下主要内容：

- AVR 单片机与 MCS-51 单片机的区别。
- 单片机嵌入式系统的结构。
- 单片机嵌入式系统的应用领域。
- AVR 单片机的选型。
- AVR 单片机的特点。
- AVR 单片机与传统的 MCS-51 单片机的比较。
- ATmega16 单片机的结构和主要特点。
- ATmega16 的封装与引脚。

1.1 AVR 与 MCS-51 单片机

单片机嵌入式系统的硬件部分包括单片机（或单片微控制器）和外围的接口电路。其中单片机是构成单片机嵌入式系统的核心。

为了强调单片机控制属性，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。单片机由于将计算机的主要组成部分集成在一个芯片上而得名，具体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。

由于单片机芯片体积小、成本低和面向控制设计等特点，从而被广泛应用于工业控制、智能仪器仪表、家用电器、电子通信产品等领域。可以说以单片机为核心的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，因为简单可靠且性能不错，获得了广泛的好评。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 ARM 系列的广泛应



用, 32 位单片机迅速取代了 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 (System On Chip) 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方面。

1) 单片机上资源不够丰富。

2) 系统开发调试不足。

- 连接问题: 设计系统的 PCB 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: 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 20 MHz。

3) 功耗较大。

MCS-51 是由 5V 电源供电的, 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 MCS-51 单片机内核进行了较大改造, 采用精简指令集 RISC (Reduced Instruction Set Computing) 的 AVR 结构, 废除了原 MCS-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 MCS-51 内核外, 还将 Flash、EEPROM、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 MCS-51 指令集, 能够沿用过去开发的 MCS-51 应用程序, 使得一直用 MCS-51 单片机教学的高校和从事 MCS-51 单片机开发应用者可以在原有基础上继续工作。

AVR 技术创新主要体现在以下方面。

- 高性能, 采用精简指令集 (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、数据存储器, 以及工作存储器。
- 丰富的外设, 如 I²C、SPI、EEPROM、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。
- 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, 无需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