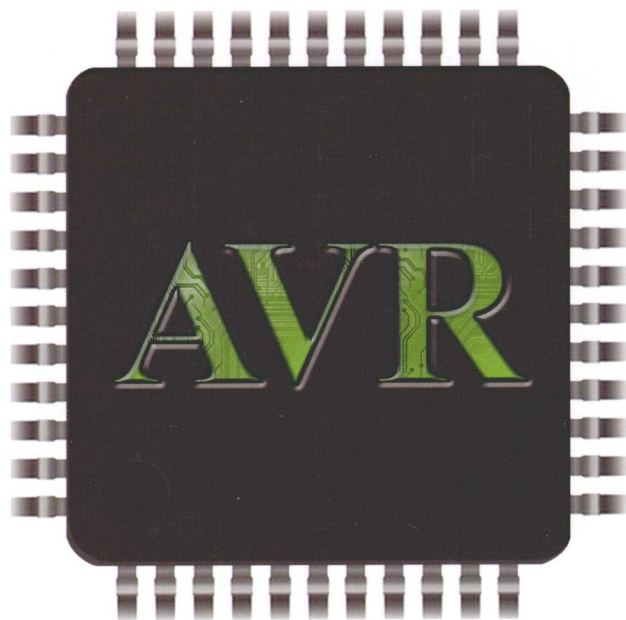




入门卷

AVR单片机 入门与速成攻略

高显生 编著



机械工业出版社
China Machine Press



单片机与嵌入式



入门卷

AVR单片机 入门与速成攻略

高显生 编著



机械工业出版社
China Machine Press

图书在版编目(CIP)数据

AVR 单片机入门与速成攻略 / 高显生著. —北京: 机械工业出版社, 2014.5

(电子与嵌入式系统设计丛书)

ISBN 978-7-111-46155-5

I. A… II. 高… III. 单片微型计算机 IV. TP368.1

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2014) 第 050886 号

本书是介绍 AVR 单片机 C 语言开发的入门书。全书共三篇, 计 22 章。所有章节都配有实践环节, 每一个模块都给出了相应的实验电路和 C 语言代码。第一篇 (第 1 ~ 6 章), 主要介绍的是 AVR 单片机的片内资源配置及开发 AVR 单片机所需的软硬件环境; 第二篇 (第 7 ~ 15 章), 从介绍 AVR 单片机的单元模块入手, 详细介绍了 AVR 单片机的中断、定时器、ADC 模块、模拟比较器及 USART 模块的内容, 同时介绍了如何使用 AVR 单片机面向字节的高速硬件串行接口 TWI、SPI 实现与 DS1307 实时时钟和存储器 93C46 的通信; 第三篇 (第 16 ~ 22 章), 主要介绍了 AVR 单片机的扩展应用, 主要包括如何使用 AVR 单片机驱动步进电机、实现红外线的解码和发射、与单一总线的数字温度传感器 DS18B20 和湿度传感器 DHT11 的通信, 以及如何使用 AVR 单片机驱动 1602 液晶显示器和基于 COG 技术的新型 12864 点阵型液晶显示器。

AVR 单片机入门与速成攻略

高显生 著

出版发行: 机械工业出版社 (北京市西城区百万庄大街 22 号 邮政编码: 100037)

责任编辑: 陈佳媛

责任校对: 董纪丽

印刷: 北京市荣盛彩色印刷有限公司

版次: 2014 年 5 月第 1 版第 1 次印刷

开本: 186mm × 240mm 1/16

印张: 20

书号: ISBN 978-7-111-46155-5

定价: 59.00 元

凡购本书, 如有缺页、倒页、脱页, 由本社发行部调换

客服热线: (010) 88378991 88361066

投稿热线: (010) 88379604

购书热线: (010) 68326294 88379649 68995259

读者信箱: hzsj@hzbook.com

版权所有·侵权必究

封底无防伪标均为盗版

本书法律顾问: 北京大成律师事务所 韩光 / 邹晓东

前言

AVR 单片机是美国 ATMEL 公司推出的增强型 8 位单片机, 相对于 51 内核的单片机, AVR 系列做出了重大的改进, 它取消了机器周期的概念, 采用精简指令集 (RISC), 指令长度以字为单位, 使大部分的指令代码可以单周期完成。其改进的 I/O 口结构使引脚具有强大的驱动能力, 这些改进都使 AVR 单片机在运算速度、功耗以及适用性方面有非常出色的表现, 一经推出便在市场上获得了巨大的成功, 在国内单片机市场上有着很高的占有率。近年来, ATMEL 公司不断丰富自己的产品线, 推出了配备有 USB 接口、CAN 总线等新的型号, 并且融合了物联网的全新理念, 使其 AVR 系列产品在市场上始终保持着很强的竞争力。

相对于芯片优异的性能, AVR 系列单片机在开发环境上也有不俗的表现。ATMEL 公司于近期推出了经全新设计的 Atmel Studio 6 集成开发环境, 软件内部集成了 AVR GCC 编译器, 使 AVR 单片机的开发可以只用一个软件完成 C 语言代码编写、编译、仿真调试及烧写的全过程, 大大降低了 AVR 系列单片机的开发复杂度。

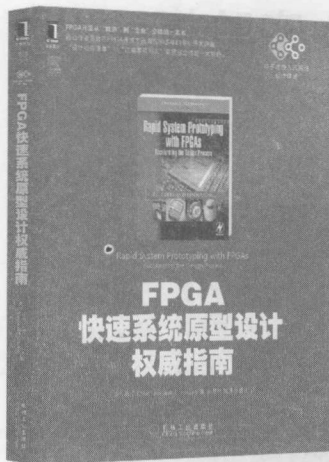
本书是一本介绍如何使用 ATMEL 公司的集成开发环境 Atmel Studio 6 软件, 配合 AVR 硬件开发工具 AVRISP MKII, 完成 AVR 系列单片机开发的书籍。全书以 ATmega32 单片机为目标芯片, 对 AVR 系列单片机的片内功能、开发环境、单元模块以及接口电路等方面作全面的介绍。本书同样也是一本零基础学习单片机和 C 语言的入门教程, 附有专门章节对 C 语言的知识点进行归纳和整理, 是学习 C 语言开发的实践指导书。本书不拘泥于概念和原理, 内容力求简洁生动, 立足实际, 从 DIY 制作 AVR 系统板开始, 一章一练习、一段一总结、一个模块一套代码, 低成本地完成 AVR 芯片所有模块的代码开发和测试任务, 带领你快速入门 AVR 的开发。学习本书没有学历、基础知识等方面的限制, 只要快乐阅读、勤于动手, 读者都可以在短时间内成为 AVR 单片机开发的行家里手。

本书相关的视频教程是《迷人的 AVR 单片机》, 读者可登录优酷网观看。本书在原有视频教程的基础上, 进行了归纳和整理, 是视频教程的凝练和升华。由于作者本人水平所限, 加之交稿时间仓促, 书中难免有诸多错误和不足, 在此恳请有识之士给予批评斧正, 也欢迎大家通过互联网与我分享 AVR 的开发经验。作者 QQ:710878209。本书配套开发板可以关注睿芯美微淘宝网店, 网址: <http://shop59521455.taobao.com>。

本书得以出版，要特别感谢的是机械工业出版社华章公司的策划编辑张国强，对本书的选题、立意和编纂给予了大力的支持和指导。另外要感谢我的哥哥高显功，作为高级工程师的他，出于浓厚的亲情，在百忙的研发工作中，抽出了宝贵的时间，担任了本书初稿的审校工作，并对本书的编写提出了很多有价值的指导意见。最后要感谢的是我的家人，在我奋笔疾书的日日夜夜，照顾了我的生活起居，使我能更加专注于本书的创作。

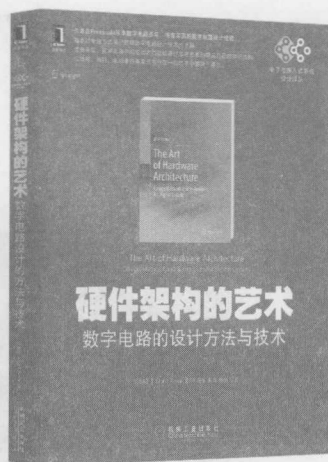
通过本书的阅读和实践，相信可以把你头脑中萌发出的关于电子的新奇想法变为现实，这也许就是你走上研发道路的起点，慢慢地你会发现你的人生也会因此而变得更加精彩。

推荐阅读



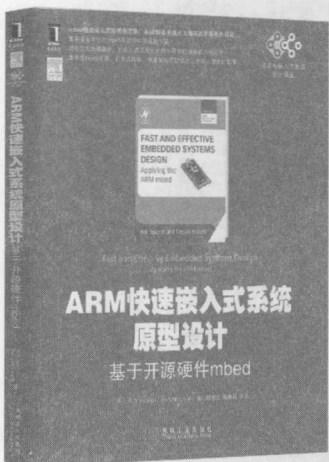
FPGA快速系统原型设计权威指南

作者: R.C. Cofer 等 ISBN: 978-7-111-44851-8 定价: 69.00元



硬件架构的艺术: 数字电路的设计方法与技术

作者: Mohit Arora ISBN: 978-7-111-44939-3 定价: 59.00元



ARM快速嵌入式系统原型设计: 基于开源硬件mbed

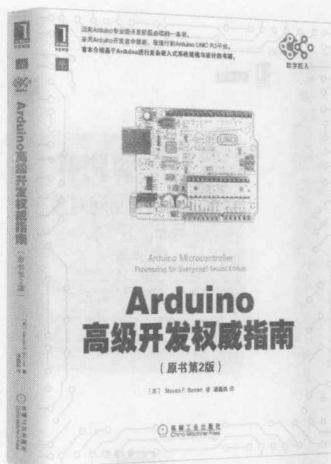
作者: Rob Toulson 等 ISBN: 978-7-111-46019-0 定价: 69.00元



嵌入式软件开发精解

作者: Colin Walls ISBN: 978-7-111-44952-2 定价: 79.00元

推荐阅读



Arduino高级开发权威指南 (原书第2版)

作者: Steven F. Barrett ISBN: 978-7-111-45246-1 定价: 59.00元



例说XBee无线模块开发

作者: Jonathan A. Titus ISBN: 978-7-111-45681-0 定价: 59.00元



Arduino与LabVIEW开发实战

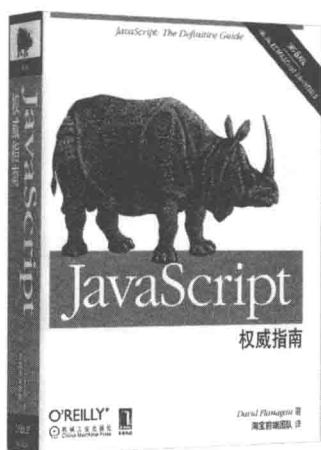
作者: 沈金鑫 ISBN: 978-7-111-45839-5 定价: 59.00元



Arduino开发实战指南: STM32篇

作者: 姚汉 ISBN: 978-7-111-44582-1 定价: 59.00元

推荐阅读



JavaScript权威指南（原书第6版）

从1996年以来，本书已经成为 JavaScript 程序员的《圣经》。

第6版涵盖HTML5和ECMAScript 5。很多章节完全重写，以便跟上当今的最佳Web开发实践。该版本的新增章节描述了jQuery和服务器端JavaScript。

对于那些希望学习Web编程语言的有经验的程序员和希望精通JavaScript的当前JavaScript程序员，本书最适合不过了。

深入理解PHP：高级技巧、面向对象与核心技术（原书第3版）

国际知名Web开发专家和技术畅销书作家最新力作，PHP领域经典著作。

从编程技巧、面向对象和扩展三个角度系统讲解和总结了成为中高级PHP程序员应该具备的技术和技能，包含大量实用案例，极具实践指导意义。

如果你已经具备一定的PHP编程基础，想使开发效率更高，想把应用做得更好，那么这本书应该就是你需要的。本书旨在为想修炼成为高级PHP程序员的中初级PHP程序员提供实用的方法和建议。

目 录

前言

第一篇 片上功能和开发环境

第1章 认识AVR 2

1.1 AVR系列单片机 2

1.1.1 系出名门的 AVR 2

1.1.2 AVR 系列产品家族 3

1.1.3 AVR 的特色功能 3

1.1.4 AVR 的产品型号 5

1.2 ATmega32单片机简介 6

1.2.1 片内资源配置 6

1.2.2 ATmega32 的内部结构 7

1.2.3 ATmega32 的封装 8

1.2.4 I/O 端口的构成 11

第2章 C语言入门 13

2.1 数据和运算 13

2.1.1 数的进制 13

2.1.2 码制 14

2.1.3 数据类型 14

2.1.4 常量 15

2.1.5 变量 15

2.1.6 运算符 16

2.1.7 复合赋值运算符 18

2.2 语句 19

2.2.1 控制语句 19

2.2.2 其他语句 24

2.3 函数 24

2.3.1 自定义函数 25

2.3.2 函数的声明和调用 26

2.4 程序 26

2.4.1 程序的构成 26

2.4.2 程序的注释 27

2.4.3 局部变量和全局变量 28

2.4.4 变量修饰关键词 29

2.5 预处理命令 30

2.5.1 宏定义 30

2.5.2 文件包含 30

2.6 构造类型数据 31

2.6.1 数组 31

2.6.2 结构体 32

2.6.3 共用体 32

第3章 AVR的开发环境 34

3.1 AVR的硬件资源 34

3.1.1 搭建 AVR 系统板 34

3.1.2 AVR 单片机的编程 35

3.1.3 编程 / 仿真接口设计 37

3.2 Atmel Studio 6集成开发环境 37

3.2.1 Atmel Studio 6 的功能 38

3.2.2 Atmel Studio 6 的安装 38

3.3 第一个AVR程序	45
3.3.1 新建AVR项目	45
3.3.2 程序的编辑和编译	49
3.3.3 连接编程器和系统板	51
3.3.4 编程目标单片机	52

第4章 AVR的仿真

4.1 AVR的位操作	59
4.1.1 打开已有的项目	59
4.1.2 位操作	61
4.2 AVR CPU模拟器	65
4.2.1 程序的调试	66
4.2.2 设立观察窗口	69
4.2.3 添加断点	71
4.2.4 更改模拟CPU的时钟频率	72

第5章 系统控制与复位

5.1 熔丝位	74
5.1.1 熔丝位的功能	74
5.1.2 熔丝位的设定	76
5.1.3 熔丝位的错误设置	78
5.2 锁定位	80
5.2.1 锁定位的功能	80
5.2.2 锁定位的应用	81
5.3 复位	83
5.3.1 复位源	83
5.3.2 复位的相关寄存器	86
5.4 看门狗定时器	87
5.4.1 看门狗定时器的结构	87
5.4.2 看门狗定时器的控制	88

第6章 时钟和电源管理

6.1 时钟源	89
6.1.1 时钟的来源	89

6.1.2 时钟的分布	90
-------------------	----

6.1.3 时钟的设置	91
-------------------	----

6.2 睡眠模式	93
----------------	----

6.2.1 睡眠模式的分类	93
---------------------	----

6.2.2 睡眠模式的应用	94
---------------------	----

6.3 片内存储器	95
-----------------	----

6.3.1 存储器的结构	95
--------------------	----

6.3.2 E ² PROM 数据存储器	96
---------------------------------------	----

6.3.3 E ² PROM 的读写实例	98
---------------------------------------	----

第二篇 单元模块

第7章 外部中断

7.1 中断系统	102
7.1.1 中断的类型	102
7.1.2 中断的控制	103
7.1.3 中断的处理	103
7.2 外部中断	104
7.2.1 外部中断的控制寄存器	105
7.2.2 外部中断的编程应用	107

第8章 定时/计数器0

8.1 认识T/C0	112
8.1.1 T/C0的内部结构	112
8.1.2 认识PWM	113
8.1.3 T/C0的工作模式	114
8.2 T/C0的控制	117
8.2.1 T/C0的相关寄存器	117
8.2.2 T/C0的预分频器	119
8.3 T/C0的编程应用	120
8.3.1 基于T/C0的时钟	120
8.3.2 基于T/C0的PWM 调光灯	123

第9章 定时/计数器1 127

9.1 认识T/C1 127

9.1.1 T/C1 的内部结构 127

9.1.2 T/C1 的工作模式 129

9.1.3 捕捉模式的应用 133

9.2 T/C1的控制 134

9.2.1 T/C1 的16位读写方式 134

9.2.2 T/C1 的控制寄存器 134

9.3 T/C1的编程应用 139

9.3.1 基于T/C1的秒计时器 139

9.3.2 基于T/C1的2路快速

PWM 调光 143

9.3.3 基于T/C1的频率计 146

第10章 定时/计数器2 150

10.1 认识T/C2 150

10.1.1 T/C2 的内部结构 150

10.1.2 T/C2 的工作模式 151

10.2 T/C2的控制 154

10.2.1 T/C2 的相关寄存器 154

10.2.2 T/C2 的预分频器 157

10.3 T/C2的编程应用 158

第11章 ADC 模块 161

11.1 ADC 模块的功能 161

11.1.1 逐次逼近型 A/D 转换器 161

11.1.2 ADC 模块的内部结构 162

11.1.3 ADC 模块的基准电压 163

11.1.4 ADC 模块的转换结果 164

11.1.5 模拟通道的等效电路 165

11.1.6 A/D 转换的时钟 165

11.2 ADC 模块的控制 167

11.2.1 ADC 模块的工作方式 167

11.2.2 ADC 模块的控制寄存器 167

11.3 ADC模块的编程应用 170

第12章 模拟比较器 174

12.1 模拟比较器 174

12.1.1 比较器的功能 174

12.1.2 比较器模块的工作原理 174

12.1.3 比较器模块的相关

寄存器 175

12.1.4 配置比较器输入引脚 176

12.2 比较器模块的编程应用 177

第13章 SPI模块 179

13.1 SPI模块 179

13.1.1 SPI 总线接口 179

13.1.2 SPI 模块的功能 179

13.2 SPI模块的设置 181

13.2.1 SPI 模块的引脚配置 181

13.2.2 SPI 模块的控制寄存器 181

13.2.3 SPI 的数据传输时序 183

13.2.4 SPI 模块设置向导 184

13.3 存储器93C46 184

13.3.1 93C46 的引脚功能 184

13.3.2 93C46 的操作指令 185

13.3.3 93C46 的数据传输时序 187

13.4 SPI模块的编程应用 187

第14章 TWI模块 191

14.1 TWI模块介绍 191

14.1.1 TWI 总线 191

14.1.2 TWI 总线的数据传输

格式 192

14.1.3 TWI 模块的内部结构 194

14.2 TWI模块的应用 196

14.2.1 TWI 模块的控制寄存器 196

14.2.2	TWI 模块的编程向导·····	198
14.3	DS1307实时时钟·····	200
14.3.1	DS1307 的功能·····	200
14.3.2	DS1307 的寄存器·····	201
14.3.3	DS1307 的数据格式·····	202
14.3.4	TWI 模块编程实例·····	203

第15章 USART模块····· 209

15.1	USART模块介绍·····	209
15.1.1	串行通信方式·····	209
15.1.2	USART 模块的功能特点·····	210
15.1.3	串行通信的数据帧格式·····	211
15.1.4	接收器 FIFO 队列·····	211
15.2	USART模块的控制·····	212
15.2.1	波特率发生器·····	212
15.2.2	USART 模块的控制 寄存器·····	213
15.3	USART模块的应用·····	217
15.3.1	USART 模块的应用 向导·····	217
15.3.2	USART 模块自收自发 实验·····	218
15.3.3	USART 模块与 PC 的 通信·····	221

第三篇 扩展应用实例

第16章 步进电机的驱动····· 228

16.1	步进电机的特点·····	228
16.1.1	步进电机的分类·····	228
16.1.2	步进电机的工作原理·····	229
16.1.3	步距角的计算方法·····	229
16.2	28BYJ48型步进电机·····	230
16.2.1	28BYJ48 电机性能指标·····	230

16.2.2	28BYJ48 电机绕组结构·····	230
16.3	步进电机的驱动·····	231
16.3.1	步进电机的励磁方式·····	231
16.3.2	步进电机的驱动电路·····	231
16.3.3	步进电机编程实例·····	232

第17章 DS1302实时时钟····· 235

17.1	DS1302的功能·····	235
17.1.1	DS1302 的引脚·····	235
17.1.2	BCD 码·····	236
17.1.3	DS1302 的内部结构·····	237
17.1.4	DS1302 的寄存器·····	238
17.1.5	DS1302 的控制指令·····	239
17.1.6	DS1302 数据传输格式·····	240
17.2	DS1302的应用实例·····	240
17.2.1	DS1302 初始化·····	240
17.2.2	DS1302 数显时钟·····	241

第18章 红外线解码及发射····· 246

18.1	红外线遥控的编码方式·····	246
18.1.1	编码的帧结构·····	246
18.1.2	编码的方式·····	246
18.1.3	编码的调制与解调·····	247
18.2	红外线解码与发射·····	248
18.2.1	红外线解码的方法·····	248
18.2.2	红外线发射的方法·····	249
18.3	红外线遥控编程实例·····	249
18.3.1	红外线解码器·····	249
18.3.2	红外线发射器·····	253

第19章 DS18B20数字温度 传感器····· 257

19.1	DS18B20的功能介绍·····	257
19.1.1	DS18B20 的特点·····	257

19.1.2	DS18B20 的引脚定义	258
19.1.3	DS18B20 的内部结构	258
19.1.4	温度值的存储方式	260
19.2	DS18B20 的读写方式	260
19.2.1	DS18B20 的初始化时序	260
19.2.2	DS18B20 的写时序	261
19.2.3	DS18B20 的读时序	262
19.3	DS18B20 的通信协议	262
19.3.1	ROM 指令	262
19.3.2	RAM 指令	263
19.4	DS18B20 的应用	263
19.4.1	DS18B20 的供电方式	263
19.4.2	DS18B20 的编程向导	265
19.4.3	DS18B20 的使用要点	265
19.4.4	DS18B20 编程实例	266

第20章 DHT11数字温湿度 传感器 271

20.1	DHT11数字温湿度传感器的 功能	271
20.1.1	DHT11 的性能指标	271
20.1.2	DHT11 的典型应用	272
20.1.3	DHT11 的通信时序	272
20.2	DHT11的编程应用	273

第21章 1602字符型液晶 显示器 277

21.1	1602液晶概述	277
21.1.1	1602 液晶的特点	277
21.1.2	1602 液晶的引脚功能	277
21.1.3	1602 液晶与单片机的 接口	278
21.2	1602液晶的功能	278
21.2.1	1602 液晶的显示数据 RAM	278

21.2.2	1602 液晶的字符发生器	278
21.2.3	1602 液晶的操作时序	280
21.2.4	1602 液晶的操作指令	281
21.2.5	1602 液晶的初始化	283
21.3	1602液晶编程实例	283

第22章 12864点阵型液晶 显示器 287

22.1	12864点阵型液晶介绍	287
22.1.1	JLX12864G-086 液晶的 特点	287
22.1.2	JLX12864G-086 液晶的 引脚功能	288
22.2	12864点阵型液晶显示方式	289
22.2.1	显示屏与显存的对应 关系	289
22.2.2	显存的组织结构	289
22.2.3	读写时序	290
22.2.4	UC1701X 指令集	291
22.3	12864点阵型液晶应用实例	292
22.3.1	液晶显示器的接口电路	292
22.3.2	汉字的取模方法	292
22.3.3	图像的取模方法	293
22.3.4	汉字和图形显示	294

附录A ATmega32单片机系统 板原理图 303

附录B 搭建系统板所需材料 清单 304

附录C 时钟源及启动时间 选择 305

附录D AVR_bronco实验板 307

第一章 AVR 单片机

第一篇

片上功能和开发环境

在目前这个物联网备受关注的时期，微控制器已无处不在，它已经从各个方面融入了我们的生活，并在悄悄地改变着我们的生活。美国 ATMEL 公司的微控制器因为融合了高效集成的设计、成熟可靠的技术和突破性的创新方案，成为现代智能互连产品领域的理想之选。如果你也想让你的产品更加智能、可靠、小巧、低碳而且经济实惠，选用 ATMEL 的处理器开发你的产品无疑是一个明智的决定。本书将以 ATMEL 公司的主流 8 位 AVR 系列单片机为例，配合全新推出的 Atmel Studio 6.1 集成开发环境，使你在充分了解 AVR 单片机强大功能的同时，在短时间内掌握 AVR 单片机的开发和使用。

全书共 3 篇 22 章，本篇主要讲述的是 AVR 单片机片内功能、使用 C 语言开发单片机程序的方法以及如何使用 Atmel Studio 6.1 集成开发环境，完成 AVR 单片机代码编写、编译、调试以及烧写全过程。

第 1 章

认 识 AVR

早在 1997 年, 由 ATMEL 公司挪威设计中心的 A 先生与 V 先生利用 ATMEL 公司的 Flash 新技术, 共同研发出 RISC 精简指令集的高速 8 位单片机, 并将其命名为 AVR。相对于早期的 51 系列单片机, AVR 单片机的推出, 彻底打破了传统单片机设计的格局, 它废除了机器周期的概念, 抛弃了复杂指令集 (CISC), 提高了指令执行速度, 克服了数据处理的瓶颈现象, 配以功能强大的 I/O 接口和丰富的片上资源, 一经推出, 便在市场上获得了巨大的成功。经过多年的发展, AVR 系列单片机已经形成了完整的产品线, 并广泛应用于计算机外部设备、工业实时控制、仪器仪表、通信设备、家用电器等各个领域。为了能让你感受到 ATMEL 的无穷魅力, 我们就从认识 AVR 系列开始。

1.1 AVR 系列单片机

所谓单片机, 就是在一个芯片上集成了构成一个计算机系统最基本的单元, 如 CPU、程序存储器、数据存储器、各种类型的功能模块和输入 / 输出接口等, 使其具有一台计算机的基本属性。由于单片机主要用于逻辑运算和系统控制, 因此也称其为微型控制单元, 即 MCU (Micro Control Unit)。

1.1.1 系出名门的 AVR

美国 ATMEL (爱特梅尔) 公司是全球领先的半导体产品设计、制造和行销企业, 其产品线涵盖工业、消费、安全、通信、计算和汽车等多个应用领域。在微处理器产品中, ATMEL 公司有基于 8051 内核、AVR 内核和 ARM 内核的三大系列多款单片机产品。

ATMEL 公司把 8051 内核与其擅长的 Flash 存储器技术相结合, 最早推出了片内集成可重复擦写 1000 次以上 Flash 程序存储器、采用低功耗 CMOS 工艺的 8051 兼容单片机。例如, 家喻户晓的 AT89C51、AT89C52、AT89C2051 都是 ATMEL 公司基于 8051 内核的典型产品。在此基础上, ATMEL 公司又推出了基于 ISP 在线编程技术的 AT89SXX 系列产品和低功耗、单周期的 AT89LPXX 系列产品。ATMEL 基于 8051 内核的系列产品, 对我国的单片机市场影响巨大, 并且在市场上占有相当的份额。

由于 8051 内核结构的单片机采用的是复杂指令系统 CISC (Complex Instruction Set

Computer) 体系, 基于 CISC 结构的单片机存在着指令系统不等长、指令数多、CPU 工作效率低、代码执行速度慢等诸多缺点, 随着时代的发展, 它已经不能满足高档消费类电子产品和嵌入式系统的应用需求。为此, ATMELE 公司又创新地推出了全新配置的采用精简指令集 RISC(Reduced Instruction Set CPU) 结构的单片机, 简称 AVR 系列单片机。

AVR 系列单片机对 C 语言和汇编语言代码进行了优化, 大大提高了代码的执行效率, 使其在执行指令和数据吞吐能力方面比传统 CISC 结构的单片机要快很多倍。此外, AVR 系列单片机还具有丰富的片内模拟和数字外设, 具备系统内可编程的 E²PROM 和 FLASH 存储器, 从而大大提高了其灵活性和适用性。

1.1.2 AVR 系列产品家族

AVR 系列的 8 位单片机产品结构如图 1-1 所示。

从图中我们不难看出 AVR 单片机可以分为三个系列:

1) tinyAVR 系列。此系列单片机产品定位于小型化低成本应用, 芯片内部资源配置相对少一些, 引脚数目也较少, 适用于小型家用电器、简单的逻辑控制等低成本方面的应用。

2) megaAVR 系列。megaAVR 系列是目前 ATMELE 公司 8 位机的主打产品, 也是备受市场青睐的一类单片机。该系列单片机产品线丰富, 用户可根据实际需要在存储器、管脚数和外设方面选择不同型号的产品。megaAVR 系列不仅具有强大的运算和处理能力, 而且片上配置了如闪存、E²PROM、SPI、TWI、USART、USB、CAN、看门狗定时器以及片内振荡器等诸多资源。所有的 megaAVR 系列产品都具有自我编程能力, 可以实现快速、安全的在线升级功能。使用 megaAVR 系列单片机开发产品, 既可以简化设计, 又可有效地降低成本, 是性价比很高的一类产品。

3) XMEGA 系列。XMEGA 系列单片机是 ATMELE 近年来发布的又一种新型单片机, 其特点是高实时性、高集成度和超低功耗。它采用了 ATMELE 的第二代 picoPower 技术, 使其真正可以在 1.6V 的低电压下运行。XMEGA 系列具有快速 12 位 A/D 和 D/A 转换器、DMA 控制器、创新的事件系统以及加密引擎, 而且所有 XMEGA 单片机均兼容 16 位架构, 是 ATMELE 公司 8 位单片机产品的领先之作, 使用 XMEGA 系列开发产品能够大幅降低功耗并提高系统性能, 是高端应用的首选。

以上介绍的 tinyAVR 系列、megaAVR 系列和 XMEGA 系列单片机, 除了外设功能和资源配置不同外, 所有三个系列的单片机产品都具有相同的 CPU 内核, 这可以最大限度地方使用户重复使用现有的开发工具和软硬件设计, 以节省成本并缩短开发周期。

1.1.3 AVR 的特色功能

在使用单片机开发产品时, 为了使产品更有竞争力, 必须在单片机的性能和价格上做

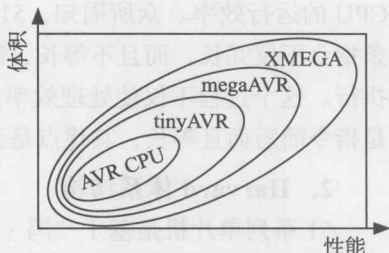


图 1-1 AVR 系列单片机产品结构

出平衡的考虑。使用 AVR 系列的单片机就是一个好的选择，它不仅自身成本低，而且开发工具更是“随手可得”。如果你不考虑芯片的仿真，那么一个成本不足 10 元的 ISP 下载器即可完成 megaAVR 系列单片机的烧写任务，可以说 AVR 开发的硬件门槛很低。

低成本不代表低性能。AVR 系列单片机是 8 位单片机中第一个真正的 RISC 结构单片机，它采用了大型快速存取寄存器组、快速的单周期指令系统以及单级流水线等诸多先进技术，使得 AVR 单片机具备了高达 1MIPS / MHz 的运行处理能力，在市场上同类单片机产品中具有很强的竞争力。归纳起来，AVR 系列单片机具有以下八大特点：

1. RISC 精简指令集

精简指令集 RISC 结构是为了提高软件性能而推出的新型处理器结构，可以大幅提高 CPU 的运行效率。众所周知，51 系列单片机采用的是复杂指令集 CISC 结构，CISC 的每一条指令不仅冗长，而且不等长，需要指令译码器对每条指令的起止位置进行判断，然后才能执行。这个过程不仅使处理效率大大降低，而且会使功耗相应提高。而 RISC 结构的特点则是指令简短而且等长，其优点是无需对指令的起止位置进行判断，提高了代码的执行效率。

2. Harvard 体系结构

51 系列单片机是基于“冯·诺依曼”（Von-Neumann）结构设计的，这种内核结构的单片机典型特点是程序存储器和数据存储器都挂接在同一条 8 位的数据总线上，CPU 也通过该总线对程序和数据存储器进行访问，在同一时间内，CPU 要么从程序存储器中存取指令，要么从数据存储器中存取数据，这样就难免出现总线竞争的情况，从而影响单片机的工作效率。基于“冯·诺依曼”结构的单片机内部结构如图 1-2 所示。

AVR 系列单片机采用的是“哈佛”（Harvard）结构。这种结构的特点是采用分开的指令和数据总线，CPU 对数据存储器的访问是通过 8 位的数据总线来完成的，而对程序存储器的访问则是通过独立的 16 位指令总线来完成的。“哈佛”结构的优点是指令和数据空间完全分开，可以实现对程序和数据的同时访问，提高了 CPU 的执行速度和数据的吞吐率。采用“哈佛”结构的单片机内部结构如图 1-3 所示。



图 1-2 “冯·诺依曼”结构的单片机内部结构

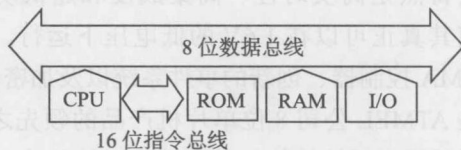


图 1-3 “哈佛”结构的单片机内部结构

3. 指令流水线

指令的执行需要两个步骤，即取指和执行。AVR 单片机采用了指令流水线操作，在前一条指令执行时，就对下一条指令进行预读，这种方式的好处在于一条指令的执行可以在一个时钟周期内完成。AVR 系列单片机指令的读取和执行方式如图 1-4 所示。

早期单片机由于制造工艺等原因，为确保系统的稳定，采用较高的分频系数对时钟分