

菜鸟进阶系列



AVR

单片机

菜鸟进阶

• 沈添国 主编

只要熟练掌握好一款单片机，其他都将是“纸老虎”

本书选用的是AVR类型单片机中的一款低功耗类型——ATmega88V

本书各个章节的工程实例都有针对性

如果你是一个刚入门的单片机爱好者或开发者，本书将是你的一个很好的选择

如果你是一个有一定基础的单片机高手，也可以将本书当做开发经验手册看待



电子工业出版社
PUBLISHING HOUSE OF ELECTRONICS INDUSTRY

<http://www.phei.com.cn>

菜鸟进阶系列

AVR 单片机菜鸟进阶

沈添国 主编

电子工业出版社

Publishing House of Electronics Industry

北京·BEIJING

内 容 简 介

本书从 AVR 单片机的开发使用软件到各个外围模块,再到运用其开发项目,由浅入深,系统地介绍了 AVR 单片机的硬件和软件及开发。为了帮助读者更快、更好地掌握 AVR 单片机,本书提供每个章节所用到的实例工程,详见前言。

全书共 20 章,分为 4 篇。基础认识篇介绍了单片机的种类及 AVR 单片机的特性,AVR 的开发软件,AVR 的 GPIO、USART、ADC、EEPROM;技能进阶篇介绍了开发中的一些常用软件及工具,如何设计 AVR 最小系统板,AVR 的中断、定时器、WDT、SPI、TWI;实战开发篇介绍了开发中运用到的一些外围模块,分别是 LCD1602、DS18B20、AT24C16 和 SD 卡;综合开发篇介绍了利用 AVR 单片机开发的一些具体项目,分别是 MP3 播放器、无线测温迷你系统和“菜鸟”手机。

如果你是一个刚入门的单片机爱好者或开发者,本书将是你的一个很好的选择;如果你是一个有一定基础的单片机高手,也可以将本书当做开发经验手册看待,和我一起分享开发中的一些经验和总结。

未经许可,不得以任何方式复制或抄袭本书之部分或全部内容。
版权所有,侵权必究。

图书在版编目(CIP)数据

AVR 单片机菜鸟进阶/沈添国主编. —北京:电子工业出版社,2013.5
(菜鸟进阶系列)

ISBN 978-7-121-20384-8

I. ①A… II. ①沈… III. ①单片微型计算机 IV. ①TP368.1

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2013)第 098246 号

策划编辑:王敬栋(wangjd@phei.com.cn)

责任编辑:谭丽莎

印 刷:北京中新伟业印刷有限公司

装 订:北京中新伟业印刷有限公司

出版发行:电子工业出版社

北京市海淀区万寿路 173 信箱 邮编 100036

开 本:787×1092 1/16 印张:18.25 字数:467 千字

印 次:2013 年 5 月第 1 次印刷

印 数:4 000 册 定价:48.00 元

凡所购买电子工业出版社图书有缺损问题,请向购买书店调换。若书店售缺,请与本社发行部联系,联系及邮购电话:(010) 88254888。

质量投诉请发邮件至 zlts@phei.com.cn, 盗版侵权举报请发邮件至 dbqq@phei.com.cn。

服务热线:(010) 88258888。

前 言

自从 1971 年美国德州仪器公司首次推出 4 位单片机至今，单片机的发展一直在继续。在本书中，我们只选用通用类型中的一款低功耗类型单片机——ATmega88V 来介绍单片机的基础，并简单运用到项目开发中。ATmega88V 凭借其优越的性能及便捷的开发工具赢得了市场认可。

市场上的单片机其实都是大同小异的，只要熟练掌握好一款单片机，其他都将是“纸老虎”。编写本书的目的，就是为了让读者熟练掌握好一款单片机。

本书从 AVR 单片机的开发使用软件到各个模块外设，再到运用其开发项目，由浅入深，系统地介绍了 AVR 单片机的硬件和软件及开发。

为了帮助读者更快、更好地掌握 AVR 单片机，本书给出每个章节所用到的实例工程，有需要的读者请登录华信教育资源网（hxedu@phei.com.cn）免费注册后再进行下载，有问题时请在网站留言或与电子工业出版社联系（E-mail: hxedu@phei.com.cn）。本书各个章节的例程都是有针对性的，并且本书还会将一些开发注意事项与读者分享，以让读者尽量站在前人的肩膀上进步。

本书的特点

1. 结构合理，内容全面、系统

本书详细介绍了对于 AVR 单片机从认识到熟识，从基础到开发运用的一个完整过程。本书的内容是按一个单片机开发人员刚开始接触单片机到一步一步开发项目的过程来分配的，是一个从简到繁，从易到难的过程。书中所有涉及的内容非常适合单片机开发人员学习。

2. 叙述翔实，例程丰富

本书有详细的例程，每个例程都有很强的针对性。本书的例程都有完整、简洁和高效的代码，便于读者学习和调试。读者也可以直接使用这些代码来解决自己的问题，或根据自己的风格修改后运用到实际工程中。

3. 结合实际，开发工具贯穿其中

在单片机开发中，很多地方都需要借助其他工具，本书中提到的几个开发中常用的工具可以让开发事半功倍。

4. 语言通俗，图文并茂

对于软件安装、流程图及程序的运行结果，本书给出了大量的图片。本书不但注重基础知识，而且更注重实践，使读者快速上手，迅速掌握 AVR 单片机及其他单片机。

本书的内容体系

本书共 20 章，分为 4 篇，各篇对应的章节和具体内容介绍如下。

第 1 篇包括第 1~6 章，主要介绍单片机的基础知识，讲解 AVR 开发软件的安装和基本操作，以及认识并运用 AVR 的一些内部模块（包含 GPIO、USART、ADC、EEPROM）。

第 2 篇包括第 7~13 章，主要介绍开发中运用到的一些开发工具，以及如何制作出自己的 AVR 最小系统板，如何认识并运用 AVR 的其他一些内部模块（包含中断、定时器、WDT、SPI、TWI）。

第 3 篇包括第 14~17 章，主要介绍运用 AVR 对一些外围模块进行驱动，外围模块有 LCD1602、DS18B20、AT24C16 和 SD 卡。

第 4 篇包括第 18~20 章，主要介绍如何开发一些 AVR 项目（MP3 播放器、无线测温迷你系统和“菜鸟”手机），以及了解其开发流程及步骤。

本书的读者对象

- AVR 单片机的初学者；
- 想全面、系统地学习单片机的人员；
- 单片机开发的爱好者；
- 利用单片机进行编程和开发的技术人员；
- 大中专院校的学生和老师；
- 相关培训学校的学员。

本书由沈添国主编，参加本书编写的还有王利锋、刘宏伟、郭栋锋、牛冬芳、程建兵、吕国锋、谭鹏超、祝意、边喜有、宋海涛、贾善静、范凤南、徐凤玉、师慧平。在此一并表示衷心的感谢。

由于作者水平有限，加上时间仓促，书中难免存在错误及疏漏之处，请广大读者批评指正。

编者

目 录

第 1 篇 基础认识篇——原来我是个菜鸟

第 1 章 初识单片机——与单片机第一次接触	3
1.1 什么是单片机	3
1.1.1 单片机发展的 4 个阶段	3
1.1.2 8 位单片机的特点	4
1.2 了解单片机	4
1.2.1 8051 单片机	5
1.2.2 FREESCALE (飞思卡尔) 单片机	6
1.2.3 其他单片机	8
1.3 接触 AVR 单片机.....	8
1.3.1 AVR 概述	8
1.3.2 AVR 的特性	9
1.3.3 AVR 的外设	9
1.4 小结.....	11
第 2 章 AVR 开发利器——菜鸟的装备	12
2.1 ICCAVR——AVR 软件开发工具一	12
2.1.1 ICCAVR 的简介	12
2.1.2 ICCAVR 的安装	12
2.1.3 ICCAVR 工程的建立.....	14
2.2 AVR Studio——AVR 软件开发工具二.....	16
2.2.1 AVR Studio 的简介及 AVR Studio 4 的安装.....	16
2.2.2 AVR Studio 4 的第一个工程	18
2.2.3 ICCAVR 过渡到 AVR Studio——不同平台的移植	20
2.3 Proteus——软件仿真工具.....	23
2.3.1 Proteus 的简介	23
2.3.2 Proteus 的安装	23
2.3.3 Proteus 的使用	25
2.4 小结.....	27
第 3 章 流水灯重现——第一次操刀	28
3.1 I/O 简述	28
3.1.1 I/O 寄存器	28
3.1.2 与 51 单片机的比较	29

3.2 让流水灯动起来	29
3.2.1 流水灯程序	29
3.2.2 流水灯重现	32
3.3 小结	34
第4章 HELLO WORLD——重现经典	35
4.1 USART 简述	35
4.1.1 USART 的寄存器	35
4.1.2 USART 的相关电路	36
4.2 在 Proteus 中显示“HELLO WORLD”	38
4.2.1 驱动 USART	38
4.2.2 显示“HELLO WORLD”	40
4.2.3 双机通信	42
4.2.4 USART 开发的用处	44
4.3 小结	45
第5章 ADC——模拟到数字的转换	46
5.1 ADC 简述	46
5.1.1 ADC 的寄存器	46
5.1.2 ADC 的参考电压	47
5.2 模拟到数字的转换	48
5.2.1 初始化 ADC	48
5.2.2 驱动 ADC	48
5.2.3 实现模拟到数字的转换	49
5.3 小结	52
第6章 AVR 内部的 EEPROM——存储菜鸟越来越多的信心	53
6.1 EEPROM 简述	53
6.1.1 EEPROM 的寄存器	53
6.1.2 EEPROM 的操作特点	53
6.2 存储菜鸟越来越多的信心	54
6.2.1 读/写 EEPROM	54
6.2.2 实现存储菜鸟的信心	56
6.3 小结	57

第2篇 技能进阶篇——菜鸟会飞了

第7章 菜鸟装备升级	61
7.1 Altium Designer (DXP)	61
7.1.1 Altium Designer 简介	61
7.1.2 Altium Designer 的安装	62
7.1.3 Altium Designer 的使用	65
7.2 AVR Studio 4 升级为 ATMEL Studio 6.0	67

7.2.1	ATMEL Studio 6.0 概述	67
7.2.2	AVR Studio 4 与 ATMEL Studio 6.0 的区别	68
7.3	其他工具简介	68
7.3.1	UEStudio——编辑工具 1	68
7.3.2	Source Insight——编辑工具 2	68
7.3.3	Beyond Compare ——编辑工具 3	69
7.4	小结	69
第 8 章	AVR 最小系统板——菜鸟动手玩硬件	70
8.1	AVR 最小系统板的作用	70
8.2	AVR 最小系统的原理图	70
8.2.1	原理图库制作	70
8.2.2	原理图的绘制	72
8.3	AVR 最小系统板的 PCB	76
8.3.1	PCB 封装的制作	76
8.3.2	PCB 的绘制	77
8.3.3	制作自己常用的器件库	80
8.4	小结	80
第 9 章	中断——处理“突发”	81
9.1	中断简述	81
9.1.1	中断定义	81
9.1.2	中断系统	81
9.2	处理“突发”	82
9.2.1	初始化中断	82
9.2.2	处理“突发”	84
9.3	小结	86
第 10 章	定时器——时间最重要	87
10.1	定时器简述	87
10.1.1	时钟系统	87
10.1.2	8 位定时器	90
10.1.3	16 位定时器	92
10.2	定时器的运用	94
10.2.1	初始化定时器	94
10.2.2	时间最重要	95
10.3	小结	102
第 11 章	WDT——学习“打狗棒法”	103
11.1	WDT 简述	103
11.1.1	WDT 寄存器	103
11.1.2	WDT 的注意事项	104
11.2	驱动 WDT	104

11.2.1	驱动 WDT	104
11.2.2	WDT 开发应用	111
11.3	小结	111
第 12 章	SPI (串行外设接口) ——沟通信息世界的桥梁之二	112
12.1	SPI 简述	112
12.1.1	SPI 寄存器	112
12.1.2	SPI 的相关电路	113
12.2	双机模式和模拟 SPI	114
12.2.1	双机模式	114
12.2.2	模拟 SPI	119
12.3	小结	122
第 13 章	TWI (两线接口) ——沟通信息世界的桥梁之三	123
13.1	TWI 简述	123
13.1.1	浅谈 I ² C 总线	123
13.1.2	TWI 寄存器	126
13.1.3	TWI 的相关电路	128
13.2	驱动 TWI 及相关应用	129
13.2.1	驱动 TWI	129
13.2.2	模拟 TWI	138
13.3	小结	142

第 3 篇 实战开发篇——菜鸟进化中

第 14 章	LCD1602——有屏有真相	145
14.1	LCD1602 简述	145
14.1.1	LCD1602 的特性及引脚定义	145
14.1.2	LCD1602 的操作时序	146
14.2	驱动 LCD1602	147
14.2.1	LCD1602 的指令集	147
14.2.2	LCD1602 的配置及驱动	150
14.2.3	有屏有真相	154
14.3	小结	157
第 15 章	DS18B20——温度采集	158
15.1	DS18B20 简述	158
15.1.1	浅谈单总线	158
15.1.2	DS18B20 的特性及引脚定义	159
15.1.3	DS18B20 的操作时序	160
15.2	驱动 DS18B20	161
15.2.1	DS18B20 的指令集	161
15.2.2	DS18B20 的驱动	162

15.2.3 温度采集	165
15.3 小结	167
第 16 章 AT24C16——存储更多经验	168
16.1 存储设备	168
16.1.1 内部存储设备	168
16.1.2 外部存储设备	169
16.2 AT24C16 简述	169
16.2.1 AT24C16 的特性及引脚定义	169
16.2.2 AT24C16 的操作时序	169
16.3 存储更多的“经验”	170
16.3.1 驱动 AT24C16	170
16.3.2 实现存储更多的“经验”	175
16.4 小结	178
第 17 章 SD 卡——存储更多信息	179
17.1 文件系统浅谈	179
17.1.1 文件系统	179
17.1.2 FAT 简介	179
17.2 SD 卡的总线方式及命令集	182
17.2.1 SD 卡的总线方式	182
17.2.2 SD 卡的命令集	184
17.3 存储更多的信息	185
17.3.1 驱动 SD 卡	185
17.3.2 实现存储更多信息	190
17.4 小结	193

第 4 篇 综合开发篇——菜鸟变凤凰

第 18 章 MP3 播放器——歌声飞扬	197
18.1 制作 MP3 播放器的目的与要求	197
18.1.1 制作目的	197
18.1.2 制作要求	197
18.2 MP3 播放器的硬件设计	197
18.2.1 总体设计的框图及说明	198
18.2.2 VS1003——MP3 处理器	200
18.3 MP3 播放器的软件设计	208
18.3.1 软件结构说明	209
18.3.2 软件流程图及部分程序	209
18.4 歌声飞扬	217
18.5 小结	222

第 19 章 无线测温迷你系统	223
19.1 制作无线测温迷你系统的目的	223
19.1.1 制作目的	224
19.1.2 制作要求	224
19.2 无线测温迷你系统的硬件设计	224
19.2.1 总体设计框图及说明	224
19.2.2 SI4432——无线管理器	227
19.3 无线测温迷你系统的软件设计	236
19.3.1 程序结构说明	236
19.3.2 程序流程图及部分程序	237
19.4 无线监控环境温度	250
19.5 小结	253
第 20 章 “菜鸟”手机	254
20.1 制作“菜鸟”手机的目的与要求	254
20.1.1 制作目的	254
20.1.2 制作要求	255
20.2 “菜鸟”手机的硬件设计	255
20.2.1 总体设计框图及说明	255
20.2.2 SIM900——GSM 模块	257
20.3 “菜鸟”手机的软件设计	259
20.3.1 矩阵键盘及程序	259
20.3.2 SIM900 模块的程序流程图及部分程序	265
20.4 用“菜鸟”手机打电话、接电话	276
20.5 小结	279



第 1 篇

基础认识篇——原来我是个菜鸟

对于我们不认识或认识不深的内容，我们要有自知自明：“原来我是个菜鸟！”。虽然我们目前是菜鸟，但我们不会是永远的菜鸟。

本篇包含 6 章，从认识什么是单片机到具体的单片机，从对单片机产生疑惑到解开该疑惑，不断地讲述单片机，带领菜鸟一步一步地走入单片机这个领域。本篇的具体内容为：第 1 章到第 6 章分别讲述单片机、单片机开发工具，AVR 的 I/O、USART（串口）、ADC（模数转换器）和 EEPROM；每章都给出了相应实验的代码及仿真结果。这 6 章都是使用仿真软件来完成实验的，从中也可以增加读者对相关软件的熟悉程度。

第①章

初识单片机——与单片机第一次接触

当你第一次接触单片机时，看着那些小的芯片，一定很好奇它们是如何工作的？它们是如何将我们设计好的程序烧录进去？又是如何运行起来的？诸如此类的问题萦绕在你的脑海中，你一定渴望得到答案。下面就为此类问题给出答案，揭开属于我们菜鸟自己的篇章。



1.1 什么是单片机

什么是单片机？单片机的全称是单片微型计算机，是典型的嵌入式微控制器（Microcontroller Unit），常用英文字母的缩写 MCU 表示它。单片机又称为单片微控制器，它不是完成某一个逻辑功能的芯片，而是把一个计算机系统集成到一个芯片上，相当于一个微型的计算机。和计算机相比，单片机只缺少了 I/O 的对应设备。概括来讲，一片单片机就构成了一台计算机。单片机的体积小、质量轻、价格便宜，为学习、应用和开发提供了便利条件。因此，学习使用单片机是了解计算机原理与结构的最佳选择。

1.1.1 单片机发展的 4 个阶段

单片机最早被用在工业控制领域。当今，单片机技术已成为计算机技术领域中的一个非常重要的分支。在不断地发展与完善中，单片机技术已经建立起属于自己的技术特征和应用环境等。按照单片机的生产技术水平，单片机的发展可分为以下 4 个过程。

1. 4 位单片机阶段

1971 年，美国德州仪器公司首次推出 4 位单片机 TMS1000 后，各个计算机生产公司也迅速推出了属于自己的 4 位单片机。例如，大家熟知的美国国家半导体公司（National Semiconductor, NS）的 COP4XX 系列就是 4 位单片机系列，日本电气公司（Nippon Electric Company, NEC）的 μ PD75XX 系列也是 4 位单片机系列。4 位单片机的控制能力比较弱，多用于家用电器、电子玩具等控制器。

2. 8 位单片机阶段

美国的 Inter 公司在 1976 年 9 月推出了 MCS-48 系列的 8 位单片机，将单片机技术引入了 8 位单片机时代。随着半导体集成工艺的提高，各个 MCU 生产商纷纷推出了一些高性能的 8 位单片机。该类单片机集成了 8 位 CPU、并行 I/O、全双工串口、8 位定时/计数器、

A/D 转换器，寻址范围超过 4KB，并且具有更大的片内 RAM 和 ROM 等。其实，各个生产商生产的 MCU 都大同小异，只是有的 MCU 增加了 D/A 转换器、EEPROM 及 DMA 传输功能等而已。8 位单片机的控制能力较为出色，因此在各个行业中得到了广泛的应用。

3. 16 位单片机

16 位单片机是在 1983 年以后发展起来的。顾名思义，此类单片机的 CPU 是 16 位的，其运算速度普遍高于 8 位单片机，并且外设接口更加丰富，支持高级语言等，多用于智能仪表等复杂的应用控制领域。典型的产品有美国得州仪器公司推出的 MSP430 系列单片机，它是一种 16 位超低功耗、具有精简指令集（RISC）的混合信号处理器（Mixed Signal Processor），称为混合信号处理器。

4. 32 位单片机

随着电子系统的迅速发展，32 位单片机的应用前景广泛。32 位单片机的字长为 32 位，为单片机中的顶端产品，具有极高的运算速度，其中部分产品还集成了内存管理单元（MMU），多用于嵌入式系统。美国微芯科技公司的 PIC32 系列，美国爱特梅尔半导体公司（ATMEL）的 AVR32 系列等都属于该类。

1.1.2 8 位单片机的特点

从市场的需要情况看，当前 8 位单片机的市场依然最大。因此，8 位单片机也有了新发展，主要体现在以下几个方面。

1. CPU 功能增强

CPU 的功能增强体现在 CPU 的运算速度和运算精度上。一般来说，旧的 megaAVR 系列单片机的最高频率为 16MHz，新的兼容型单片机的最高频率达到 20MHz，而 ATMEL 的 Xmage 系列单片机的最高频率可达到 32MHz。

2. 内部资源增加

在单片机硬件系统的设计中，都会考虑是否将资源集成到单片机内部，进而省去外部硬件开销，有效地减小产品的体积，提高产品的可靠性。现在已从集成一些总线的资源，如 I²C、SPI、CAN 发展到集成一些特定功能的资源，如 LCD 驱动、电能计量等。

3. 低电压、低功耗

当今社会一直都在提倡环保节能、降低能耗，在工业应用场合更注重这一方面。这对单片机系统的体积和功耗大小的要求是比较高的。单片机厂商改善工艺，纷纷推出了低功耗系列，其可用的最小电压在不断下降，并且提供了更多的模式来应对能耗的需求。



1.2 了解单片机

一般我们接触到的都是 8 位单片机，而且它是市面上最为常见的。下面介绍几种不同的 8 位单片机，并且给出一个例子来加以说明。

1.2.1 8051 单片机

说起单片机，大家第一时间就会想到 51 单片机，大部分菜鸟起初接触到或了解到的一定是该类单片机，而 8051 单片机又是其中的经典，学电子的朋友对此应该不陌生，很多书籍及教科书都以它为模板来讲述单片机这门课程。在 8051 单片机中，又以 Inter 公司的 MCS-51 系列单片机较为有名。其以稳定的性能、高性价比及良好的兼容性，在各个领域得到了最为广泛的应用。

8051 单片机由于生产厂商和型号的不同，在片内存储器容量、外围功能模块、最高时钟频率及处理器速度等方面有很大的不同，但其内部结构基本相同，均包括算术逻辑单元 ALU、片内 RAM、片内 ROM、I/O 端口、定时系统、中断系统等基本的功能单元。如图 1.1 所示为 8051 单片机的内部结构。

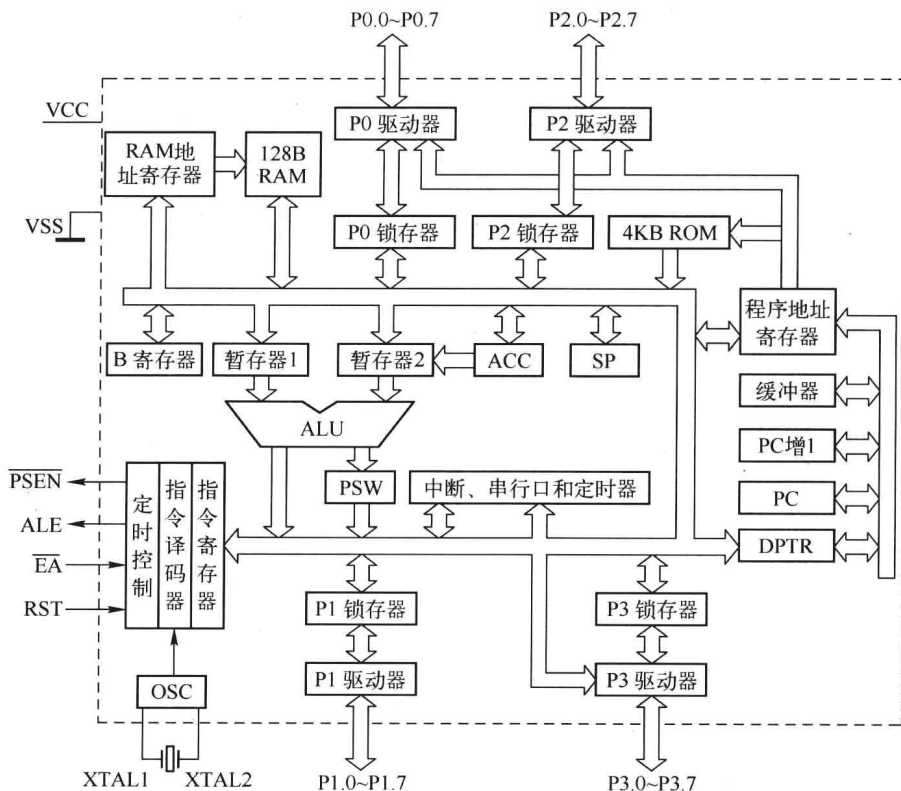


图 1.1 8051 单片机的内部结构

1. 算术逻辑单元 ALU

8051 单片机内部包含一个 8 位的算术逻辑单元 ALU，用于处理各种算术运算和逻辑运算，并且能够完成数据传送、移位、判断和程序转移等操作。

2. 片内 RAM/ROM

8051 单片机提供了 128B 的片内 RAM 和至少 4KB 的片内 ROM。RAM 的地址空间为

00H~7FH, 其中 00H~1FH 为 4 组通用工作存储器区, 每个区包含 8 个编号为 R0~R7 的 8 位寄存器。此外, 1FH~2FH 为位寻址空间。而 ROM 用于保存用户的程序指令。

3. I/O 端口

8051 单片机共有 32 个 I/O, 即 4 组并行 8 位接口, 分别为 P0、P1、P2 和 P3。

4. 定时系统

8051 单片机包含两个 16 位的定时/计数器, 支持 4 种工作方式。

5. 中断系统

8051 单片机的中断系统包含 5 个中断源, 两级中断优先级, 其中每个中断源的优先级是可编程的。

1.2.2 FREESCALE (飞思卡尔) 单片机

接下来了解另一种单片机——FREESCALE (飞思卡尔) 单片机。

飞思卡尔半导体已经成为全球最大的半导体公司之一, 其主要的产品有 8 位微控制器、16 位微控制器、32 位微控制器与处理器、PowerArchitecture™/PowerQUICC™、高性能网络处理器、高性能多媒体处理器、高性能工业控制处理器、模拟和混合信号、ASIC、手机平台、CodeWarrior™ 开发工具、数字信号处理器与控制器、电源管理、RF 射频功率放大器、高性能线性功率放大器 GPA、音视频家电射频多媒体处理器、传感器。在这里了解一下其生产的 8 位微控制器 (以 MC9S08AC 系列为例进行介绍)。

MC9S08AC 系列微控制器采用的是 8 位 HCS08 中央处理器, 其 CPU 频率可达到 40MHz, 内部总线频率可达到 20MHz, 并且使用的是 HC08 的指令集。如图 1.2 所示是 MC9S08AC 系列 MCU 的模块结构图。

从图 1.2 可以看出, 与 51 单片机相比, 飞思卡尔单片机提供的外设是相当丰富的, 除了一般的定时器、A/D 转换器等外, 还增加了串行通信接口模块、8 位键盘中断模块及循环冗余校验模块。另外, 其 Flash 与 RAM 更大了。这里具体介绍以下几个模块。

1. 内部时钟发生器

内部时钟发生器提供多种时钟源, 这使得用户能够非常灵活地根据成本、精确度、电流消耗及性能要求进行选择。该发生器包含四个功能子模块, 分别是振荡器子模块、内部参考发生器、锁相环和时钟功能选择子模块。在实际开发中, 不同产品对时钟的要求是不同的, 不一定时钟高的就是好的。

2. IIC 模块

IIC 模块提供了接口给不同器件间通信的方法。该模块接口可以在最大的总线负载和时序下, 支持最高 100kbps 的传输速率。器件也可以在较低总线负载下以更高的波特率 (最高时钟/20) 在该模块接口上运行。IIC 模块的最大通信长度和可以连接的器件数量受 400pF 的最高总线电容限制。IIC 模块的实际运用非常广泛, 在后面的章节有详细的讲解。

3. 串行通信接口模块

串行通信接口 (SCI) 也被称为通用异步收发器 (UART)。该接口是全双工类型的, 其