


ATmega128单片机

入门与提高

沈建良 赵文宏 贾玉坤 王华东 胡克佳 编著

 北京航空航天大学出版社

 CD-ROM INCLUDED

ATmega128 单片机入门与提高

沈建良 赵文宏 贾玉坤 王华东 胡克佳 编著

北京航空航天大学出版社

内 容 简 介

本书以引导读者快速掌握对 ATmega128/128L 单片机的编程为目的,详细介绍了涉及编程的 ATmega128/128L 单片机内部结构和外围接口的特点、性能及其指令系统。在此基础上,又介绍了 ICCAVR 6.31A、GCCAVR、CodeVision AVR、IAR 等集成开发环境编译器使用 C 语言的相关知识以及 AVR Studio 调试环境。书中穿插大量的实用程序,并在最后一章给出了许多综合实例;实例程序全部用 C 语言编写,且已全部在 ICCAVR 6.31A 开发环境中编译通过。本书配光盘 1 张,包含书中全部实例程序的源代码以及一些相关的学习资料。

本书适合于 ATmega128 单片机的初学者以及有一定单片机与嵌入式系统应用基础的电子工程技术人员阅读,也可作为高等院校电子信息、自动控制等专业教学和科研开发的参考书。

图书在版编目(CIP)数据

ATmega128 单片机入门与提高/沈建良等编著. —北京:
北京航空航天大学出版社,2009.7

ISBN 978-7-81124-513-4

I. A… II. 沈… III. 单片微型计算机, ATmega128
IV. TP 368.1

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2009)第 099233 号

© 2009,北京航空航天大学出版社,版权所有。

未经本书出版者书面许可,任何单位和个人不得以任何形式或手段复制本书及其所附光盘内容。

侵权必究。

ATmega128 单片机入门与提高

沈建良 赵文宏 贾玉坤 王华东 胡克佳 编著

责任编辑 董立娟

*

北京航空航天大学出版社出版发行

北京市海淀区学院路 37 号(100191) 发行部电话:010-82317024 传真:010-82328026

<http://www.buaapress.com.cn> E-mail:emsbook@gmail.com

北京时代华都印刷有限公司印装 各地书店经销

*

开本:787 mm×1 092 mm 1/16 印张:38.75 字数:992 千字

2009 年 7 月第 1 版 2009 年 7 月第 1 次印刷 印数:5 000 册

ISBN 978-7-81124-513-4 定价:65.00 元(含光盘 1 张)

前言

单片机又称单片微控制器,其实质是把一个微型计算机系统集成到一个芯片上。它的优点是体积小,重量轻,价格便宜;现在通用的单片机按位数可分为4位机、8位机、16位机和32位机等。ATmega128/128L是Atmel公司推出的一款采用低功耗CMOS工艺生产的新型AVR高档8位单片机,是基于RISC(Reduced Instruction Set Computer)架构的新的单片机,芯片内部集成了128KB Flash的存储器和丰富的硬件接口电路,是AVR高档单片机MEGA系列中资源最丰富、性能最强大的单片机;再加上AVR单片机的系统内可编程特性,从而无须购买昂贵的仿真器和编程器也可进行单片机嵌入式系统的设计和开发,同时也为单片机的初学者提供了非常方便、简捷的学习开发环境。另外,掌握了ATmega128单片机的性能和使用技巧,就可以很容易地了解 and 掌握其他AVR高档单片机。

本书以引导读者快速掌握ATmega128/128L单片机的编程为目的,详细介绍了涉及编程的ATmega128/128L单片机内部结构和外围接口的特点、性能及其指令系统。在此基础上,又介绍了ICCAVR 6.31A、GCCAVR、CodeVision AVR、IAR等集成开发环境编译器使用C语言的相关知识,以及AVR Studio调试环境。书中穿插大量的实用程序,并在最后一章给出了许多综合实例,该实例程序全部为C语言编写,且已全部在ICCAVR 6.31A开发环境上编译通过。

本书分为7章。第1章介绍了单片机的一般应用,并简单介绍了ATmega128单片机的性能和特点。第2章详细介绍了涉及编程的ATmega128/128L单片机内部结构和外围接口的特点和性能,以帮助读者理解和掌握(本章参考了ATmega128/128L单片机的芯片手册)。第3章详细介绍了ATmega128单片机的汇编语言指令系统。第4章和第5章介绍了几款主流的ATmega128单片机C语言集成开发环境,并详细介绍ICCAVR的C语言基础知识。第6章和第7章是ATmega128的基础实例和高级实例部分,也是本书的重点所在;该部分的一些设计思路和代码,读者可以直接使用,但是更希望它们能对读者起到抛砖引玉的作用,使读者能更深入地理解和掌握ATmega128单片机及其他AVR单片机的特性,举一反三,从而设计出更灵活、更

可靠的系统和方案。

本书非常适合于 ATmega128 单片机的初学者及有一定单片机与嵌入式系统应用基础的电子工程技术人员阅读,也可作为高等院校电子信息、自动控制等专业教学和科研的参考书。本书配光盘 1 张,包含书中全部实例程序的源代码以及一些相关的学习资料。本书实例程序也可以到 www.zjarm.com 下载。

本书第 1、6 章由沈建良主笔;第 2 章由胡克佳主笔;第 3 章由王华东主笔;第 4、5 章由贾玉坤主笔;第 7 章由赵文宏、沈建良、贾玉坤、王华东、胡克佳共同完成。全书由赵文宏审阅,李志强、杭伟、赵婷婷、赵雅萍、赵蓉、楼一兵、杨碧波、陈硕、余国玲、叶春强、贾海锋、章纪明、周海平、徐彬、骆寿亮、杨刚校订,在此表示深深的感谢!

由于作者的经验和水平有限,书中难免有错误和不足之处,敬请广大读者批评指正。有兴趣的读者,可以发送电子邮件到 98dian@163.com,与作者进一步交流;也可以发送电子邮件到 hxbpress@gmail.com,与本书策划编辑进行交流。

赵文宏

2009 年 6 月

目 录

第 1 章 单片机概述

1.1 单片机发展概述	1
1.2 嵌入式系统与单片机	3
1.3 AVR 单片机概述	4
1.4 AVR 单片机的主要特点	8
1.5 AVR 单片机最小系统	9
1.6 AVR 单片机实验系统概述	10

第 2 章 ATmega128 硬件结构

2.1 概 述	13
2.1.1 结构和主要特点	13
2.1.2 主要性能	14
2.1.3 封装和引脚	16
2.1.4 指令系统	18
2.2 内 核	18
2.2.1 结构概述	18
2.2.2 微控制器 MCU	19
2.2.3 指令执行时序	22
2.2.4 复位和中断处理	23
2.3 存储器结构	24
2.3.1 系统内可编程的 Flash 程序存储器	24
2.3.2 SRAM 数据存储器	24
2.3.3 I/O 寄存器	25
2.4 I/O 端口描述	26
2.4.1 作为通用数字 I/O 的端口	26
2.4.2 数字输入使能和睡眠模式	31
2.4.3 端口的第 2 功能	32
2.5 时钟系统	39
2.5.1 时钟系统和时钟分配	39
2.5.2 时钟源	40
2.5.3 外部晶振	40
2.5.4 外部低频晶振	41
2.5.5 外部 RC 振荡器	42
2.5.6 可校准的片内 RC 振荡器	42
2.5.7 外部时钟源	44

2.5.8	定时器/计时器振荡器	44
2.5.9	系统时钟分频控制寄存器 XDIV	44
2.6	定时器/计数器	45
2.6.1	定时器/计数器预分频器	45
2.6.2	8 位定时器/计数器 T/C0	47
2.6.3	16 位定时器/计数器	59
2.6.4	8 位定时器/计时器 T/C2	80
2.6.5	输出比较调制器	90
2.7	中断系统	91
2.7.1	复位和中断向量表的移动	92
2.7.2	在应用区和 Boot 区之间移动中断	95
2.8	同步串行通信 SPI	96
2.8.1	SPI 接口控制与数据传输过程	96
2.8.2	与 SPI 接口相关的寄存器	101
2.9	通用同步和异步串行接收器和转发器	102
2.9.1	概述	103
2.9.2	串行时钟发生	104
2.9.3	数据帧格式	106
2.9.4	USART 的初始化	107
2.9.5	发送数据	108
2.9.6	数据接收	110
2.9.7	异步串行数据的硬件扫描检测和接收时序	112
2.9.8	多处理器通信模式	115
2.9.9	USART 寄存器	116
2.9.10	设置波特率与偏差	119
2.10	TWI 总线接口	121
2.10.1	两线串行接口总线	122
2.10.2	TWI 模块	122
2.10.3	TWI 寄存器	124
2.10.4	使用 TWI 总线	126
2.10.5	多主机系统和仲裁	129
2.11	模拟比较器	130
2.12	模/数转换器 ADC 接口	133
2.12.1	特点	133
2.12.2	操作过程	133
2.12.3	启动 ADC 转换	135
2.12.4	预分频和转换时序	135
2.12.5	差分增益通道	137
2.12.6	输入通道和基准电源的选择	137

2.12.7	ADC 噪声抑制器	138
2.12.8	ADC 转换结果	140
2.12.9	有关的 I/O 寄存器	142
2.13	电源管理和休眠模式	145
2.13.1	MCU 控制寄存器——MCUCR	146
2.13.2	功耗最小化	147
2.14	调试端口	148
2.14.1	JTAG 接口	149
2.14.2	JTAG 在线仿真调试	152
2.14.3	JTAG 程序下载功能	153
2.14.4	JTAG 边界扫描	153
2.14.5	ATmega128 边界扫描次序	157
2.15	系统复位与看门狗	161
2.15.1	复位源	162
2.15.2	MCU 控制和状态寄存器——MCUCSR	164
2.15.3	片内基准电压	165
2.15.4	看门狗定时器	165
2.16	M103 模式	168
2.16.1	ATmega103 与 ATmega128 的兼容性	168
2.16.2	ATmega103 兼容模式	168
2.17	熔丝位	168
2.18	引导加载及自编程	169
2.18.1	引导加载的过程	170
2.18.2	相关 I/O 寄存器	173
2.18.3	Flash 的自编程	176
2.18.4	一个简单的引导程序汇编代码	179
2.19	数据存储器读/写访问	181
2.19.1	EEPROM 读/写访问	181
2.19.2	寄存器描述	181
第 3 章 指令系统		
3.1	概 述	185
3.1.1	指令表	185
3.1.2	指令中使用的符号	191
3.1.3	寻址方式和寻址空间	191
3.2	算术和逻辑指令	198
3.2.1	加法指令	198
3.2.2	减法指令	199
3.2.3	取反码指令	201
3.2.4	取补指令	201

3.2.5 比较指令	202
3.2.6 逻辑“与”指令	203
3.2.7 逻辑“或”指令	204
3.2.8 逻辑“异或”指令	205
3.2.9 乘法指令	206
3.3 跳转指令	209
3.3.1 无条件跳转指令	209
3.3.2 条件跳转指令	209
3.3.3 测试条件符合跳行跳转指令	216
3.3.4 子程序调用和返回指令	217
3.4 数据传送指令	219
3.4.1 直接数据传送指令	219
3.4.2 间接数据传送指令	220
3.4.3 从程序存储器直接取数据指令	225
3.4.4 写程序存储器指令	226
3.4.5 I/O 口数据传送	227
3.4.6 堆栈操作指令	227
3.5 位指令和位测试指令	228
3.5.1 带进位逻辑操作指令	228
3.5.2 位变量传送指令	230
3.5.3 位变量修改指令	230
3.6 MCU 控制指令	235
3.7 AVR 汇编语言系统	236
3.7.1 汇编语言语句格式	236
3.7.2 汇编器伪指令	237
3.7.3 表达式	241
第 4 章 AVR 单片机开发工具	
4.1 AVR Studio 集成开发环境	243
4.1.1 汇编程序编译器 AVR Assembler	244
4.1.2 仿真调试	248
4.1.3 程序下载	253
4.2 ICCAVR 集成开发环境	255
4.2.1 安装 ICCAVR 编译器	256
4.2.2 ICCAVR 介绍	260
4.2.3 ICCAVR 导游	265
4.2.4 C 库函数与启动文件	268
4.2.5 访问 AVR 硬件的编程	270
4.3 其他主流 AVR 单片机开发环境	271
4.3.1 GCCAVR 开发环境	271

4.3.2 CodeVision AVR 集成开发环境	276
4.3.3 IAR 集成开发环境	281
第 5 章 ICCAVR 的 C 语言基础	
5.1 C 语言概述	290
5.1.1 发展过程	290
5.1.2 特 点	290
5.1.3 C 源程序的结构特点	291
5.1.4 字符集	294
5.1.5 C 语言词汇	295
5.2 C 语言基础	297
5.2.1 数据类型	297
5.2.2 算术运算符和算术表达式	309
5.2.3 关系运算符和表达式	312
5.2.4 逻辑运算符和表达式	313
5.3 控制语句	314
5.3.1 if 语句	315
5.3.2 条件运算符和条件表达式	318
5.3.3 switch 语句	318
5.3.4 goto 语句和 goto 语句构成循环	320
5.3.5 while 语句	321
5.3.6 do - while 语句	322
5.3.7 for 语句	323
5.3.8 循环的嵌套和几种循环的比较	325
5.3.9 break 和 continue 语句	326
5.4 数 组	328
5.4.1 一维数组的定义和引用	328
5.4.2 二维数组的定义和引用	330
5.4.3 字符数组	332
5.5 函 数	334
5.5.1 概 述	334
5.5.2 函数定义的一般形式	336
5.5.3 函数的参数和函数的值	338
5.5.4 函数的调用	340
5.5.5 函数的嵌套调用	341
5.5.6 函数的递归调用	342
5.5.7 数组作为函数参数	342
5.5.8 局部变量和全局变量	343
5.5.9 变量的存储类别	345
5.5.10 中断服务函数	346

5.6 指 针	347
5.6.1 地址指针的基本概念	347
5.6.2 变量的指针和指向变量的指针变量	347
5.6.3 数组指针和指向数组的指针变量	351
5.6.4 字符串的指针指向字符串的指针变量	353
5.6.5 函数指针变量	354
5.6.6 指针数组和指向指针的指针	356
5.6.7 有关指针的数据类型和指针运算的小结	356
5.7 结构体与共用体	357
5.7.1 定义结构的一般形式	357
5.7.2 结构类型变量的说明	358
5.7.3 结构变量成员的表示方法	360
5.7.4 结构变量的初始化	360
5.7.5 结构数组的定义	361
5.7.6 结构指针变量的说明和使用	361
5.7.7 共用体	363
5.7.8 枚举类型	364
5.7.9 类型定义符 typedef	365
5.8 位运算	366
5.8.1 位运算符	366
5.8.2 位 域	368
5.9 编译预处理	369
5.9.1 概 述	369
5.9.2 宏定义	369
5.9.3 文件包含	371
5.9.4 条件编译	372
5.10 ICCAVR 附注与扩充	373
第 6 章 ATmega128 基础实例	
6.1 发光二极管应用实验	375
6.1.1 实例功能	375
6.1.2 器件和原理	375
6.1.3 硬件电路	376
6.1.4 程序设计	376
6.2 键盘电路应用实例	382
6.2.1 实例功能	383
6.2.2 器件和原理	384
6.2.3 程序设计	384
6.3 LED 数码管应用实例	394
6.3.1 实例功能	394

6.3.2	器件和原理	394
6.3.3	硬件电路	396
6.3.4	程序设计	397
6.4	片内 EEPROM 应用实例	399
6.4.1	实例功能	399
6.4.2	ATmega128 片内 EEPROM 内部寄存器	399
6.4.3	硬件原理图	401
6.5	PWM 应用实例	405
6.5.1	脉冲宽度控制 PWM 的工作原理	405
6.5.2	ATmega128 内部 PWM 模块	405
6.5.3	利用 T/C0 的 PWM 模块产生锯齿波	406
6.6	ADC 应用实例	409
6.6.1	实例功能	409
6.6.2	ATmega128 片内 ADC 内部寄存器	409
6.6.3	硬件原理图	413
6.6.4	程序设计	415
6.7	串行口应用实例	417
6.7.1	实例功能	417
6.7.2	硬件电路	422
6.7.3	程序设计	424
6.8	定时器应用实例	426
6.8.1	实例功能	426
6.8.2	硬件原理图	428
6.8.3	程序设计	428
第 7 章 ATmega128 高级应用实例		
7.1	LCD 显示屏应用实例	431
7.1.1	液晶显示概述	431
7.1.2	1602 字符型 LCD 概述	432
7.1.3	1602 LCD 的软硬件设计	437
7.1.4	128×64 点阵型 LCD 应用实例	442
7.2	单总线数字温度传感器 DS18B20 应用实例	460
7.2.1	单总线技术概述	460
7.2.2	单总线温度传感器 DS18B20 概述	461
7.2.3	DS18B20 的软/硬件设计	466
7.3	I ² C 总线软/硬件设计实例	472
7.3.1	I ² C 串行总线概述	472
7.3.2	I ² C 总线器件工作原理及时序	474
7.3.3	AT24C 系列存储器的软/硬件设计	478
7.4	93CXX 系列存储器应用实例	491

7.4.1	SPI 总线概述	491
7.4.2	93C46 存储器的软/硬件设计	494
7.5	DS1302 时钟芯片应用实例	502
7.5.1	实时时钟概述	502
7.5.2	DS1302 的软/硬件设计实例	506
7.6	红外遥控软件解码应用实例	514
7.6.1	红外遥控概述	514
7.6.2	SAA3010 红外接收的软件解码应用实例	520
7.7	步进电动机应用软/硬件设计实例	530
7.7.1	步进电动机概述	530
7.7.2	步进电动机的控制	537
7.7.3	步进电动机的应用设计	540
7.8	U 盘存储器应用实例	542
7.8.1	USB 概述	542
7.8.2	USB 总线接口芯片 CH375	551
7.8.3	U 盘存储器的应用设计	557
7.9	GSM 模块应用实例	562
7.9.1	GSM 概述	562
7.9.2	西门子 TC35 模块概述	562
7.10	D/A 软硬件设计实例	577
7.10.1	D/A 转换原理及主要技术指标	577
7.10.2	DAC0832 芯片及与单片机的接口实例	579
7.11	GPS 模块应用实例	587
7.11.1	GPS 概述	587
7.11.2	u-blox LEA-4S 模块概述	589
7.11.3	GPS 的应用设计	596
7.12	LED 点阵显示屏的应用实例	599
7.12.1	LED 点阵的种类及结构	599
7.12.2	8×8 单色点阵 LED 的工作原理	599
7.12.3	LED 点阵显示屏的系统设计	601
参考文献		605

第 1 章

单片机概述

单片机(Single Chip Microcomputer)也称为单片微电脑或单片微型计算机,国际上统称为微控制器(Microcontroller,MCU 或 μC),是一类内部集成了计算机核心技术的智能芯片。在单片机产生之前,完成一项稍复杂的功能往往需要一块大而复杂的模拟电路,要花费巨大的精力去调试、完善。随着科技的不断进步,现在只要一块几厘米见方的单片机,写入简单的程序,就可以使电路简单很多。相信读者在使用并掌握了单片机技术后,不管在今后开发或是工作上,一定会带来意想不到的惊喜。

1.1 单片机发展概述

单片机诞生于 20 世纪 70 年代末,经历了 SCM、MCU、SoC 这 3 大阶段:

① SCM 即单片微型计算机(Single Chip Microcomputer)阶段,主要是寻求最佳的单片形态嵌入式系统的最佳体系结构。“创新模式”获得成功,奠定了 SCM 与通用计算机完全不同的发展道路。在开创嵌入式系统独立发展道路上,Intel 公司功不可没。

② MCU 即微控制器(Micro Controller Unit)阶段,主要的技术发展方向是:不断扩展满足嵌入式应用时,对象系统要求的各种外围电路与接口电路,突显其对象的智能化控制能力。它所涉及的领域都与对象系统相关,因此,发展 MCU 的重任不可避免地落在电气、电子技术厂家。从这一角度来看,Intel 逐渐淡出 MCU 的发展也有其客观因素。在发展 MCU 方面,最著名的厂家当数前 Philips 公司半导体部(现称 NXP 公司)。前 Philips 公司以其在嵌入式应用方面的巨大优势,将 MCS-51 从单片微型计算机迅速发展到了微控制器。因此,当我们回顾嵌入式系统发展道路时,不要忘记 Intel 和前 Philips 的历史功绩。

③ 单片机是嵌入式系统的独立发展之路,向 MCU 阶段发展的重要因素就是寻求应用系统在芯片上的最大化解决,因此,专用单片机的发展自然形成了 SoC 化趋势。随着微电子技术、IC 设计、EDA 工具的发展,基于 SoC 的单片机应用系统设计会有较大的发展。因此,对单片机的理解可以从单片微型计算机、单片微控制器延伸到单片应用系统。

单片机作为微型计算机的一个重要分支,应用面很广,发展很快;自单片机诞生至今,已发展为上百种系列的近千个机种。如果将 8 位单片机的推出作为起点,那么单片机的发展历史大致可分为以下几个阶段:

① 第 1 阶段(1976—1978):单片机的探索阶段。以 Intel 公司的 MCS-48 为代表。MCS-48 的推出是在工控领域的探索,参与这一探索的公司还有 Motorola、Zilog 等,都取得了满意的效果。

这就是 SCM 的诞生年代,“单片机”一词即由此而来。

② 第 2 阶段(1978—1982):单片机的完善阶段。Intel 公司在 MCS-48 基础上推出了完善的、典型的单片机系列 MCS-51。它在外总线完善、外围功能单元的集中管理、位地址空间及位操作方式、丰富和完善指令系统几个方面奠定了典型的通用总线型单片机体系结构。

③ 第 3 阶段(1982—1990):8 位单片机的巩固发展及 16 位单片机的推出阶段,也是单片机向微控制器发展的阶段。Intel 公司推出的 MCS-96 系列单片机将一些用于测控系统的模/数转换器、程序运行监视器、脉宽调制器等纳入片中,体现了单片机的微控制器特征。随着 MCS-51 系列的广泛应用,许多电气厂商竞相使用 80C51 为内核,将许多测控系统中使用的电路技术、接口技术、多通道 A/D 转换部件、可靠性技术等应用到单片机中,增强了外围电路功能,强化了智能控制的特征。

④ 第 4 阶段(1990 至今):微控制器的全面发展阶段。随着单片机在各个领域全面深入的发展和运用,出现了高速、大寻址范围、强运算能力的 8 位/16 位/32 位通用型单片机,以及小型廉价的专用型单片机。

目前,单片机正朝着高性能和多品种方向发展,也就是进一步向着 CMOS 化、低功耗、小体积、大容量、高性能、低价格和外围电路内装化等几个方面发展。下面是单片机的主要发展趋势:

CMOS 化:近年,CHMOS 技术的进步大大促进了单片机的 CMOS 化。CMOS 芯片除了低功耗特性之外,还具有功耗的可控性,使单片机可以工作在功耗精细管理状态。这也是今后以 80C51 取代 8051 成为标准 MCU 芯片的原因。单片机芯片多数采用 CMOS(金属栅氧化物)半导体工艺生产。CMOS 电路的特点是低功耗,高密度,低速度,低价格。而采用双极型半导体工艺的 TTL 电路速度快,但功耗和芯片面积较大。随着技术和工艺水平的提高,又出现了 HMOS(高密度、高速度 MOS)和 CHMOS 工艺。CHMOS 工艺、CMOS 工艺和 HMOS 工艺的结合,具有低功耗的特点。目前生产的 CHMOS 电路已达到 LSTTL 的速度,传输延时小于 2 ns,它的综合优势在于 TTL 电路。因而,在单片机领域 CMOS 正在逐渐取代 TTL 电路。

低功耗化:单片机的功耗已降到 mA 级甚至 $1\mu\text{A}$ 以下,使用电压在 3~6 V 范围,完全适应电池工作。低功耗化还带来了产品的高可靠性、高抗干扰能力以及产品的便携化。

低电压化:几乎所有的单片机都有 WAIT、STOP 等省电运行方式。允许使用的电压范围越来越宽,一般在 3~6 V 范围内工作。低电压供电的单片机电源下限已可达 1~2 V。目前,0.8 V 供电的单片机已经问世。

低噪声与高可靠性:为提高单片机的抗电磁干扰能力,使产品能适应恶劣的工作环境,满足电磁兼容性方面更高标准的要求,各单片机厂家都在单片机内部电路中采用了新的技术措施。

大容量化:以往单片机内的 ROM 为 1 KB~4 KB, RAM 为 64~128 字节;但在需要复杂控制的场合,该存储容量是不够的,必须进行外接扩充。为了适应这种领域的要求,须运用新的工艺,使片内存储器大容量化。目前,单片机内 ROM 最大可达 64 KB, RAM 最大为 2 KB。

高性能化:主要是指进一步改进 CPU 的性能,加快指令运算的速度和提高系统控制的可靠性。采用精简指令集(RISC)结构和流水线技术,可以大幅度提高运行速度。现在指令速度最高者已达 100 MIPS(Million Instruction Per Seconds,即兆指令每秒),并加强了位处理功能、中断和定时控制功能,这类单片机的运算速度比标准的单片机高出 10 倍以上。由于这类单片机有极高的指令速度,就可以用软件模拟其 I/O 功能,由此引入了虚拟外设的新概念。小容量、低价格化与上述相反,以 4 位、8 位机为中心的小容量、低价格化也是发展动向之一。这类单片机的用

途是把以往用数字逻辑集成电路组成的控制电路单片化,可广泛用于家电产品。

外围电路内装化:这也是单片机发展的主要方向。随着集成度的不断提高,有可能把众多的各种外围功能器件集成在片内。除了一般必须具有的 CPU、ROM、RAM、定时器/计数器等以外,片内集成的部件还有模/数转换器、DMA 控制器、声音发生器、监视定时器、液晶显示驱动器、彩色电视机和录像机用的锁相电路等。

串行扩展技术:在很长一段时间里,通用型单片机通过三总线结构扩展外围器件成为单片机应用的主流结构。随着低价位 OTP(One Time Programable)及各种类型片内程序存储器的发展,加之外围接口不断进入片内,推动了单片机“单片”应用结构的发展。特别是 I²C、SPI 等串行总线的引入,可以使单片机的引脚设计得更少,单片机系统结构更加简化及规范化。随着半导体集成工艺的不断发展和提高,单片机的集成度将更高、体积将更小、功能将更强。在单片机家族中,80C51 系列是其中的佼佼者,加之 Intel 公司将其 MCS - 51 系列中的 80C51 内核使用权以专利互换或出售形式转让给全世界许多著名 IC 制造厂商,如 NEC、Atmel、AMD、华邦等(这些公司都在保持与 80C51 单片机兼容的基础上改善了 80C51 的许多特性),这样,80C51 就变成有众多制造厂商支持的、发展出上百品种的大家族,现统称为 80C51 系列。80C51 单片机已成为单片机发展的主流。专家认为,虽然世界上的 MCU 品种繁多,功能各异,开发装置也互不兼容,但是客观发展表明,80C51 可能最终形成事实上的标准 MCU 芯片。

我国开始使用单片机是在 1982 年,短短 5 年时间里发展极为迅速。1986 年在上海召开了全国首届单片机开发与应用交流会,有的地区还成立了单片微型计算机应用协会,那是全国形成的第 1 次高潮。截至今日,单片机应用技术飞速发展,我们上因特网输入一个“单片机”的搜索,将会看到上万个介绍单片机的网站,这还不包括国外的。与它相应的专业杂志现在也有很多,比如由单片机界的权威何立民主编的《单片机与嵌入式系统应用》杂志现已风靡电子界。91student.com(91 猎头网)也曾上海、广州、北京等大城市所做的一次专业人才需求报告中,单片机人才的需求量位居第一。

1.2 嵌入式系统与单片机

嵌入式系统是以应用为中心,以计算机技术为基础,并且软硬件可裁剪,适用于应用系统对功能、可靠性、成本、体积、功耗有严格要求的专用计算机系统。它一般由嵌入式微处理器、外围硬件设备、嵌入式操作系统以及用户的应用程序 4 个部分组成,用于实现对其他设备的控制、监视或管理。

嵌入式系统一般指非 PC 系统,包括硬件和软件两部分。硬件包括处理器/微处理器、存储器、外设器件、I/O 端口、图形控制器等。软件部分包括操作系统软件(OS)(要求实时和多任务操作)和应用程序编程。有时设计人员把这两种软件组合在一起。应用程序控制着系统的运作和行为,操作系统控制着应用程序编程与硬件的交互作用。

嵌入式系统的核心是嵌入式微处理器。嵌入式微处理器一般具备以下 4 个特点:

① 对实时多任务有很强的支持能力,能完成多任务并且有较短的中断响应时间,从而使内部的代码和实时内核的执行时间减少到最低限度。

② 具有功能很强的存储区保护功能。这是由于嵌入式系统的软件结构已模块化,而为了避免在软件模块之间出现错误的交叉作用,需要设计强大的存储区保护功能,同时也有利于软件

诊断。

③ 可扩展的处理器结构,能最迅速地开发出满足应用的最高性能的嵌入式微处理器。

④ 嵌入式微处理器必须功耗很低,尤其是用于便携式无线及移动的计算和通信设备中靠电池供电的嵌入式系统更是如此,如需要功耗只有 mW 甚至 μ W 级。

由此可知,单片机与嵌入式系统是紧密相连,密不可分的。单片机系统与嵌入式系统相比,具有开发周期短、成本低、使用灵活等特点,在中小系统设计中具有较强的优势。

1.3 AVR 单片机概述

AVR 单片机是 1997 年由 Atmel 公司研发出的增强型内置 Flash 的 RISC (Reduced Instruction Set CPU) 高速 8 位单片机。AVR 的单片机可以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。

AVR 单片机是 Atmel 公司研制开发的一种新型单片机,它与其它单片机相比,具有一系列的优点:

- ① 在相同的系统时钟下,AVR 运行速度最快;
- ② 芯片内部的 Flash、EEPROM、SRAM 容量较大;
- ③ 所有型号的 Flash、EEPROM 都可以反复烧写、全部支持在线编程烧写 (ISP);
- ④ 具有多种频率的内部 RC 振荡器、上电自动复位、看门狗、启动延时等功能,零外围电路也可以工作;
- ⑤ 每个 I/O 口都可以以推挽驱动的方式输出高、低电平,驱动能力强;
- ⑥ 内部资源丰富,一般都集成 A/D、D/A 模数器;PWM;SPI、USART、TWI、I2C 通信口;丰富的中断源等。

目前支持 AVR 单片机编译器的语言主要有汇编语言、C 语言、BASIC 语言等。其中,C 编译器主要有 CodeVisionAVR、AVRGCC、IAR、ICCAVR 等。由于 C 语言编译器具有功能强大、运用灵活、代码小、运行速度快等先天优点,因此它在专业程序设计上具有不可替代的地位。

AVR 单片机系列齐全,可适用于各种不同场合的要求。AVR 单片机有 3 个档次:

- ▶ 低档 Tiny 系列 AVR 单片机:主要有 Tiny11/12/13/15/26/28 等
- ▶ 中档 AT90S 系列 AVR 单片机:主要有 AT90S1200/2313/8515/8535 等
- ▶ 高档 ATmega 系列 AVR 单片机:主要有 ATmega8/16/32/64/128 (存储容量为 8/16/32/64/128 KB) 以及 ATmega8515/8535 等

AVR 器件引脚从 8 脚到 64 脚,还有各种不同封装供选择。表 1-1~表 1-3 列出了目前主流 AVR 单片机的各系列性能参数。