

单片机开发丛书

AVR

单片机开发

从入门到精通

温正 何嘉扬 赵志鹏 编著



中国电力出版社
www.cepp.com.cn

单 片 机 开 发 丛 书

AVR

单片机开发 从入门到精通

温正 何嘉扬 赵志鹏 编著



中国电力出版社

www.cepp.com.cn

内 容 提 要

本书介绍了 ATMEL 公司开发的 AVR 单片机的特点、各种 AVR 单片机所具有的片上资源和外设接口。并选用了一款高端 AVR 单片机——ATmega128 单片机为主线,详细地介绍了其硬件组成和结构;讲述了 ATmega128 单片机的指令系统,并在书中配有大量的实例,做到边学习边调试,使读者能够真正理解各指令的功能、使用及注意事项;深入地讲解了 ATmega128 单片机开发工具 WinAVR 及集成开发环境 AVR studio,并通过实例介绍了 WinAVR 进行 ATmega128 单片机系统开发的两种途径;然后讲述了 ATmega128 单片机片上资源和接口资源的特点、应用程序设计及应用实例;作为进一步的提高,后续章节通过有代表性的、复杂的编程和应用,给读者提供一个提升的平台。

本书有较强的系统性和实用性,适合于开发 ATmega128 单片机的工程技术人员阅读,也可作为高等院校自动化、计算机、电子信息等专业的教学参考书和 ATmega128 单片机应用技术的培训教材。

图书在版编目 (CIP) 数据

AVR单片机开发从入门到精通 / 温正, 何嘉扬, 赵志鹏
编著. —北京: 中国电力出版社, 2009
(单片机开发丛书)
ISBN 978-7-5083-8690-4

I. A… II. ①温…②何…③赵… III. 单片微型计算机
IV. TP368.1

中国版本图书馆CIP数据核字 (2009) 第052166号

中国电力出版社出版、发行
(北京三里河路6号 100044 <http://www.cepp.com.cn>)
北京市同江印刷厂印刷
各地新华书店经售

*

2009年6月第一版 2009年6月北京第一次印刷
787毫米×1092毫米 16开本 22印张 531千字
印数 0001—3000册 定价 38.00元

敬告读者

本书封面贴有防伪标签,加热后中心图案消失
本书如有印装质量问题,我社发行部负责退换

版 权 专 有 翻 印 必 究

前言

随着嵌入式系统应用技术的不断发展,对于核心处理器性能的要求也越来越高,一些传统控制芯片已经难以胜任许多复杂的任务。使用传统的 51 系列单片机设计应用系统常常会带来种种限制,甚至影响到整个系统的性能水平。随着微控制器技术的快速发展,我们有必要紧跟电子技术发展的前沿,研究单片机技术的最新进展,熟悉新型高性能芯片的性能,掌握其应用技巧,为设计出有竞争力的高性价比的高端嵌入式系统创造条件。

近年来单片机技术得到快速发展,出现了一批新型高性能单片机,为高端应用提供了选择空间,AVR 系列单片机就是其中的一类。AVR 单片机是 ATMEL 公司推出的配置精简指令集单片机系列。其片内程序存储器采用 Flash 存储器,可反复编程修改上千次,多数指令仅用一个周期完成,从而能高效迅速地开发新产品。

本书主要以 ATMEL 推出的 AVR 单片机中的高档产品——ATmega128 单片机为主线进行介绍,其间也穿插介绍了各种 AVR 单片机所具有的特点、片上资源和外设接口。ATmega128 单片机具有高速低功耗、超强功能、精简指令的特点,能够同时读、写。在执行指令的同时,可通过 SPI、UART 或两线接口对快闪存储器进行编程或重新编程。ATmega128 在实际应用中有着非常强大的功能。

ATmega128 单片机吸收了 DSP 双总线的特点,采用 Harvard 总线结构,因此单片机的程序存储器和数据存储器是分离的,并且可对具有相同地址的程序存储器和数据存储器进行独立寻址。在 ATmega128 单片机中,CPU 执行当前指令时取出将要执行的下一条指令放入寄存器中,从而可以避免传统 MCS-51 系列单片机中多指令周期的出现。而且 ATmega128 单片机的寄存器由 32 个通用工作寄存器组成,并且任何一个寄存器都可以充当累加器,从而有效地避免了传统的 MCS-51 系列单片机所有的数据处理由于基于一个累加器的瓶颈效应,提高了系统的性能。这些结构提高了代码效率,使 AVR 的运行速度比普通 CISC 单片机高出 10 倍,具有 1MIPs/MHz 的处理能力。

ATmega128 单片机采用低功率、非挥发性 CMOS 工艺制造,内部分别集成 Flash、EEPROM 和 SRAM 三种不同性能和用途的存储器。除了可以通过 SPI 口和一般的编程器对单片机的 Flash 程序存储器和 EEPROM 数据存储器进行编程外,还具有在线编程(ISP)的特点。

在程序设计上,ATmega128 的结构适宜采用汇编语言和高级语言来编写嵌入式系统的系统程序,支持 C 语言的开发。并且 ATmega128 单片机具有多种开发工具,如 IAR、WinAVR、ICCAVR、CodeVision、BASC0M-AVR 等。开发者无须昂贵的开发工具(开发板或评估板),只要在 WinAVR 编译环境下把应用程序编译好,再结合它本身的在线可编程特性,就可以把程序下载到单片机的存储器里。

ATmega128 是 AVR 高档单片机中内部接口最丰富、功能最齐全的单片机,它的主要性

能如下：128KB 的系统内可编程 Flash（具有在写的过程中还可以读的能力，即 RWW）、4KB 的 EEPROM、4KB 的 SRAM、53 个通用 I/O 口线、32 个通用工作寄存器、实时时钟 RTC、4 个灵活的具有比较模式和 PWM 功能的定时器/计数器（T/C）、两个 USART、面向字节的两线接口 TWI、8 通道 10 位 ADC（具有可选的可编程增益）、具有片内振荡器的可编程看门狗定时器、SPI 串行端口、与 IEEE 1149.1 规范兼容的 JTAG 测试接口（此接口同时还可以用于片上调试），以及六种可以通过软件选择的省电模式。空闲模式时 CPU 停止工作，而 SRAM、T/C、SPI 端口以及中断系统继续工作；掉电模式时晶体振荡器停止振荡，所有功能除了中断和硬件复位之外都停止工作，寄存器的内容则一直保持；省电模式时异步定时器继续运行，以允许用户维持时间基准，器件的其他部分则处于睡眠状态；ADC 噪声抑制模式时 CPU 和所有的 I/O 模块停止运行，而异步定时器和 ADC 继续工作，以减少 ADC 转换时的开关噪声；Standby 模式时振荡器工作而其他部分睡眠，使得器件只消耗极少的电流，同时具有快速启动能力；扩展 Standby 模式则允许振荡器和异步定时器继续工作。

本书由浅入深，循序渐进，以初中级开发人员为对象，先从 ATmega128 单片机的硬件结构、指令系统讲起，再介绍 ATmega128 单片机的开发工具和开发环境，然后介绍了初级和常规 AVR 单片机的应用设计，最后通过有代表性的、复杂的应用设计实例，给读者提供一个提升的平台学习，让读者真正精通 AVR 单片机的开发。本书讲解过程中步骤详尽，版式新颖，并附有大量的图形说明，让读者在阅读中一目了然，从而快速把握书中内容。

本书共分 17 章，第 1 章为 AVR 单片机概述；第 2 章介绍 ATmega128 单片机的硬件结构；第 3 章介绍 ATmega128 单片机的指令系统，并配有大量的例程；第 4 章介绍 ATmega128 单片机的系统开发工具 WinAVR 及集成开发环境 AVR studio；第 5 章介绍 ATmega128 单片机的 I/O 端口的应用；第 6 章介绍 ATmega128 单片机的中断系统及其应用；第 7 章介绍 ATmega128 单片机的定时器/计数器的应用；第 8 章介绍 I/O 端口的应用，模拟 I²C 总线协议驱动外围设备；第 9 章介绍 ATmega128 片内 ADC 的应用；第 10 章介绍 ATmega128 片内 EEPROM 应用设计；第 11 章介绍 ATmega128 单片机的 USART 接口的应用；第 12 章介绍 ATmega128 单片机的 SPI 接口的应用；第 13 章介绍 ATmega128 单片机的串行 TWI（I²C）接口应用；第 14 章介绍 LCD 接口的应用；第 15 章介绍高速 AD7891 的应用；第 16 章介绍温度传感器的应用；第 17 章以机电设备综合参数测试仪为例，介绍了复杂系统的硬件设计；附录介绍了 AVR 单片机的选型指标及 ATmega128 单片机的指令集。

本书由温正、何嘉扬、赵志鹏编写，其中第 1~5、16 章由温正编写，第 6~8、13、14 章由何嘉扬编写，第 9~12 章由赵志鹏编写，另外吕全、杨玲、周文华、赵国伟、张云昕、闫伟、刘莉、刘永梅、刘纪、王迎春、范慧、金海波、李宝盛、崔佳、董杰等也参与了相关章节的编写工作，在此一并表示感谢。限于作者水平，加上时间仓促，书中错误和疏漏之处，敬请读者批评指正。

作者

2009 年 1 月

目 录

前 言

第 1 章 AVR 单片机概述	1
1.1 AVR 单片机简介	1
1.2 选择合适的 AVR 单片机	2
1.3 ATmega128 单片机简介	3
1.3.1 ATmega128 单片机的特点	3
1.3.2 ATmega128 单片机的引脚配置	4
1.3.3 ATmega128 单片机的总体结构	6
1.3.4 ATmega128 单片机的 CPU 内核	6
1.3.5 ATmega128 与 ATmega103 的兼容性	8
第 2 章 ATmega128 单片机的硬件结构	10
2.1 ATmega128 单片机的存储器组织	10
2.1.1 可编程 Flash 程序存储器	10
2.1.2 SRAM 数据存储器	10
2.1.3 EEPROM 数据存储器	11
2.1.4 I/O 存储器	13
2.1.5 外部存储器接口	13
2.2 ATmega128 单片机系统的时钟	15
2.2.1 ATmega128 单片机时钟系统结构	16
2.2.2 时钟源的选择	16
2.3 ATmega128 单片机的休眠状态	17
2.3.1 工作模式	17
2.3.2 与休眠状态工作模式相关的寄存器	18
2.4 ATmega128 单片机的 I/O 端口	18
2.4.1 通用数字 I/O 端口	19
2.4.2 I/O 端口的第二功能	19
2.4.3 I/O 端口寄存器的说明	24
2.5 ATmega128 单片机的中断	26
2.5.1 ATmega128 单片机的中断向量	26
2.5.2 ATmega128 单片机的外部中断	28
2.6 ATmega128 单片机的定时器/计数器	29
2.6.1 8 位定时器/计数器 T/C0	29
2.6.2 8 位定时器/计数器 T/C2	33
2.6.3 16 位定时器/计数器 T/C1 和 T/C3	37

2.7	ATmega128 单片机的输出比较调节器	46
2.8	同步串行口 SPI	47
2.8.1	SPI 工作原理	47
2.8.2	与 SPI 接口操作相关的寄存器说明	48
2.9	通用同步/异步串行口 USART	50
2.9.1	USART 概述	50
2.9.2	数据发送机理	50
2.9.3	数据接收机理	52
2.9.4	接收异步数据机理	53
2.9.5	多处理器通信模式	54
2.9.6	USART 接口操作相关寄存器说明	54
2.10	ATmega128 单片机的 TWI 总线接口	56
2.10.1	TWI 协议的帧格式	57
2.10.2	TWI 接口操作相关寄存器说明	59
2.11	ATmega128 单片机模拟比较器	61
2.11.1	模拟比较器操作相关寄存器说明	61
2.11.2	模拟比较器多工输入	62
2.12	ATmega128 单片机 A/D 转换	62
2.12.1	模数转换器的结构	62
2.12.2	与 A/D 转换相关的寄存器	63
2.13	ATmega128 单片机的熔丝位	65
2.13.1	ATmega128 单片机熔丝位的配置注意事项	66
2.13.2	ATmega128 重要熔丝位的定义和配置方式	67

第 3 章	ATmega128 单片机指令系统	69
3.1	ATmega128 单片机的指令格式	69
3.1.1	ATmega128 单片机指令系统的伪指令	70
3.1.2	ATmega128 单片机指令系统的操作数	73
3.1.3	状态寄存器——SREG	73
3.2	ATmega128 单片机的指令系统简述	74
3.3	寻址方式	74
3.4	数据传送指令	76
3.4.1	直接数据传输指令	76
3.4.2	间接数据传送指令	77
3.4.3	程序存储器数据传输指令	78
3.4.4	I/O 端口数据传送指令	79
3.4.5	堆栈操作指令	80
3.5	算术运算指令	80
3.5.1	加法指令	80
3.5.2	减法指令	81
3.5.3	取反码指令	82
3.5.4	求补码指令	83

3.5.5 比较指令	83
3.5.6 乘法指令	84
3.6 逻辑运算指令	85
3.6.1 逻辑与指令	85
3.6.2 逻辑或指令	86
3.6.3 逻辑异或指令	87
3.7 跳转指令	87
3.7.1 无条件跳转指令	87
3.7.2 条件跳转指令	88
3.7.3 调用和返回指令	93
3.8 位指令和位测试指令	95
3.8.1 带进位逻辑操作指令	95
3.8.2 位变量传送指令	96
3.8.3 位变量修改指令	96
3.9 MCU 指令	100
3.10 ATmega128 单片机指令系统的应用	100

第 4 章 ATmega128 单片机的系统开发工具

4.1 WinAVR 软件开发工具	113
4.2 利用 PN 文本编辑器及 make 工具进行编译	115
4.2.1 源代码的编译过程	115
4.2.2 在 PN 中添加工具	121
4.2.3 多文件的编译	122
4.3 利用命令行方式进行编译	125
4.4 AVR Studio 集成开发环境	126
4.4.1 软件仿真	127
4.4.2 JTAG 在线调试	130
4.4.3 JTAG ICE 简介	130
4.5 AVR-GCC 支持的 API 函数	132
4.5.1 程序存储器的 API 函数	132
4.5.2 EEPROM 的 API 函数	134
4.5.3 中断的 API 函数	134
4.5.4 I/O 端口的 API 函数	135
4.5.5 看门狗 API	137
4.6 AVR-GCC API 函数的应用	137
4.6.1 EEPROM API 操作函数编程	137
4.6.2 看门狗 API 操作函数编程	138

第 5 章 I/O 端口的应用

5.1 ATmega128 I/O 端口的相关知识	140
5.1.1 通用数字 I/O 端口	140
5.1.2 端口的第二功能	141

5.2	ATmega128 I/O 端口的相关寄存器说明	141
5.3	ATmega128 键盘扫描硬件电路设计	143
5.4	ATmega128 I/O 端口键盘扫描设计构思	144
5.5	ATmega128 I/O 端口键盘扫描程序	145
第 6 章	中断系统及其应用	148
6.1	ATmega128 中断的相关知识	148
6.2	ATmega128 中断的相关寄存器说明	149
6.3	ATmega128 中断程序	151
6.3.1	基本外部中断	151
6.3.2	串口通信中断	152
第 7 章	定时器/计数器应用	155
7.1	ATmega128 定时器/计数器的相关知识	155
7.2	ATmega128 定时器/计数器的相关寄存器说明	155
7.3	ATmega128 定时器/计数器程序	158
7.3.1	简单定时器程序	159
7.3.2	电子时钟	161
第 8 章	I/O 端口应用——模拟 I²C 协议	166
8.1	24LC512 芯片的相关知识	166
8.2	ATmega128 与 24LC512 硬件电路设计	171
8.3	24LC512 程序设计构思	171
8.4	模拟 I ² C 协议的 24LC512 程序	172
第 9 章	ATmega128 片内 ADC 的应用	177
9.1	ATmega128 片内 ADC 的相关知识	177
9.1.1	A/D 转换过程	177
9.1.2	A/D 转换时序	178
9.1.3	A/D 数据采集中的相关操作	180
9.2	ATmega128 片内 ADC 的相关寄存器说明	182
9.3	ATmega128 片内 ADC 数据采集程序	185
第 10 章	ATmega128 片内 EEPROM 应用设计	187
10.1	ATmega128 片内 EEPROM 的相关知识	187
10.2	ATmega128 片内 EEPROM 的相关寄存器说明	187
10.3	ATmega128 片内 EEPROM 程序	189
第 11 章	USART 接口的应用	192
11.1	USART 接口的基本知识	192
11.1.1	时钟产生	193

11.1.2	帧格式	193
11.2	微型打印机编程的基本知识	193
11.2.1	微型打印机的标准串口使用	194
11.2.2	微型打印机的串口设置	194
11.2.3	微型打印机的命令集	195
11.3	ATmega128 的 USART 接口寄存器说明	196
11.4	ATmega128 与微型打印机的硬件电路设计	200
11.5	微型打印机的程序	201
第 12 章	SPI 接口的应用	204
12.1	SPI 接口的基本知识	204
12.2	SPI 接口的 EEPROM 相关知识	205
12.2.1	读命令	205
12.2.2	编程和擦除命令	209
12.2.3	其他命令	211
12.3	ATmega128 的 USART 接口寄存器说明	211
12.4	ATmega128 与 AT45DB642 的硬件电路设计	213
12.5	SPI 接口的 EEPROM 程序	214
第 13 章	串行 TWI (I ² C) 接口应用	219
13.1	I ² C 总线的基本知识	219
13.1.1	启动条件和停止条件	219
13.1.2	I ² C 总线的数据传输格式	220
13.1.3	应答位	220
13.2	I ² C 总线接口日历时钟芯片的相关知识	221
13.2.1	寄存器结构	221
13.2.2	PCF8563 的 I ² C 总线协议	222
13.3	ATmega128 的 I ² C 接口寄存器说明	223
13.4	PCF8563 硬件电路设计	226
13.5	程序设计构思	226
13.6	PCF8563 通信程序	228
第 14 章	LCD 接口的应用	231
14.1	T6963C 芯片的相关知识	231
14.1.1	液晶显示模块的结构特点	231
14.1.2	T6963C 芯片的指令集	232
14.1.3	T6963C 与 ATmega128 的接口时序	236
14.2	ATmega128 与 LCD 硬件电路设计	237
14.3	LCD 显示程序	238
第 15 章	高速 AD7891 的应用	244
15.1	高速 AD7891 芯片的相关知识	244

15.1.1	模拟信号输入	245
15.1.2	基准电压	245
15.1.3	控制寄存器	246
15.1.4	AD7891 的时序	246
15.2	ATmega128 与 AD 相关寄存器说明	247
15.3	ATmega128 与 AD7891 的硬件电路设计	250
15.4	AD7891 转换数据采集程序	251
第 16 章	温度传感器的应用	256
16.1	温度传感器的相关知识	256
16.1.1	温度传感器 DS1620	256
16.1.2	温度传感器 DS18B20	260
16.2	ATmega128 与 DS1620 的硬件电路设计	263
16.2.1	ATmega128 与 DS1620 的硬件电路设计	263
16.2.2	ATmega128 与 DS18B20 的硬件电路设计	264
16.3	程序设计构思	264
16.4	温度传感器转换程序	265
16.4.1	DS1620 温度传感器转换程序	265
16.4.2	DS18B20 温度传感器转换程序	268
第 17 章	机电设备综合参数测试仪的硬件设计	271
17.1	机电设备综合参数测试仪的总体设计	271
17.1.1	硬件总体设计	271
17.1.2	软件总体设计	274
17.2	信号采集调理电路设计	281
17.2.1	模拟信号的输入调理	281
17.2.2	开关量的输入/输出	282
17.3	系统主要外围电路设计	285
17.3.1	A/D 转换	285
17.3.2	液晶显示模块设计	288
17.3.3	键盘模块设计	293
17.3.4	日历时钟模块设计	293
17.3.5	RAM 接口电路设计	294
17.3.6	SD 卡文件系统的实现	299
17.3.7	电源系统的搭建	319
17.4	机电设备综合参数测试仪的电磁兼容性设计	321
17.4.1	硬件抗干扰设计	322
17.4.2	软件抗干扰设计	327
附录		329
参考文献		339

第1章 AVR 单片机概述

AVR 单片机是 ATMEL 公司于 1997 年推出的 RISC(精简指令系统计算机)单片机, RISC 是相对于 CISC(复杂指令系统计算机)而言的。RISC 并非只是简单地减少指令, 而是通过使计算机的结构更加简单合理而提高运算速度。RISC 优先选取使用频率最高的简单指令, 避免复杂指令, 并固定指令宽度, 减少指令格式和寻址方式的种类, 从而缩短了指令周期, 提高了运行速度。AVR 单片机采用了 RISC 的结构, 因此 AVR 系列单片机都具备了 1MIPS/MHz(百万条指令每秒/兆赫兹)的高速处理能力。

AVR 单片机吸收了 DSP 双总线的特点, 采用 Harvard 总线结构, 因此单片机的程序存储器和数据存储器是分离的, 并且可对具有相同地址的程序存储器和数据存储器进行独立的寻址。在 AVR 单片机中, CPU 执行当前指令时取出将要执行的下一条指令放入寄存器中, 从而可以避免传统 MCS-51 系列单片机中多指令周期的出现。

传统的 MCS-51 系列单片机所有的数据处理都是基于一个累加器的, 因此累加器与程序存储器、数据存储器之间的数据转换就成了单片机的瓶颈。在 AVR 单片机中, 寄存器由 32 个通用工作寄存器组成, 并且任何一个寄存器都可以充当累加器, 从而有效地避免了累加器的瓶颈效应, 提高了系统的性能。

学完本章后, 应能掌握以下几点:



- (1) 熟悉 AVR 单片机的优点及其常用的片上资源和外设接口;
- (2) 熟悉 AVR 单片机的选型依据和总体原则, 能够对自己设计的系统量身定做合适的单片机;
- (3) 熟悉 ATmega128 单片机功能和特点及其结构和各组成部分;
- (4) 掌握 ATmega128 单片机与 ATmega103 的兼容性和差异性。

1.1 AVR 单片机简介

AVR 单片机具有良好的集成性能。AVR 单片机都具备在线编程接口, 其中的 Mega 系列还具备 JTAG 仿真和下载功能; 都含有片内看门狗电路、片内程序 Flash; 多数 AVR 单片机还内嵌了 AD 转换器、EEPROM、模拟比较器、PWM 定时计数器等多种功能; 有面向字节的高速硬件串行接口 TWI、SPI。TWI 与 I²C 接口兼容, 具备 ACK 信号硬件发送与识别、地址识别、总线仲裁等功能, 能实现主/从机的收/发全部 4 种组合的多机通信。SPI 支持主/从机等 4 种组合的多机通信。AVR 单片机主要具有以下特点:

- (1) AVR 单片机的 I/O 线全部带有可设置的上拉电阻、可单独设定为输入/输出、可设定

(初始)高阻输入等特性,且 AVR 单片机的 I/O 接口具有很强的驱动能力,灌电流可直接驱动继电器、LED 等器件,从而省去驱动电路,节约系统成本。

(2) AVR 单片机内嵌高质量的 Flash 程序存储器,擦写方便,支持 ISP 和 IAP,便于产品的调试、开发、生产和更新。内嵌长寿命的 EEPROM 可长期保存关键数据,避免断电丢失。片内大容量的 RAM 不仅能满足一般场合的使用,同时也更有效的支持使用高级语言开发系统程序,并可像 MCS-51 单片机那样扩展外部 RAM。

(3) AVR 单片机采用低功率、非挥发的 CMOS 工艺制造,除具有低功耗、高密度的特点外,还支持低电压的联机 Flash,EEPROM 写入功能。

(4) AVR 单片机片内具备多种独立的时钟分频器,分别供 URAT、 I^2C 、SPI 使用。其中与 8/16 位定时器配合的具有多达 10 位的预分频器,可通过软件设定分频系数提供多种档次的定时时间。AVR 单片机独有的以定时器/计数器(单)双向计数形成三角波,再与输出比较匹配寄存器配合,生成占空比可变、频率可变、相位可变方波的设计方法(即脉宽调制输出 PWM)更是令人耳目一新。增强型的高速同/异步串口具有硬件产生校验码、硬件检测和校验侦错、两级接收缓冲、波特率自动调整定位(接收时)、屏蔽数据帧等功能,提高了通信的可靠性,方便程序编写,更便于组成分布式网络和实现多机通信系统的复杂应用,串口功能大大超过 MCS-51/96 单片机的串口,加之 AVR 单片机运行速度快,中断服务时间短,故可实现高波特率通信。

(5) AVR 单片机有自动上电复位电路、独立的看门狗电路、低电压检测电路(BOD),多个复位源(自动上下电复位、外部复位、看门狗复位、BOD 复位),可设置启动后延时运行程序,增强了嵌入式系统的可靠性。

(6) AVR 单片机具有多种省电休眠模式,并可宽电压运行(如 ATmega 128 单片机的工作电压为 2.7~5.5V, ATtiny 44 单片机的工作电压为 1.8~5.5V),抗干扰能力强,可降低一般 8 位机中的软件抗干扰设计工作量和硬件的使用量。

(7) AVR 单片机还支持 Basic、C 等高级语言编程。采用高级语言对单片机系统进行开发是单片机应用的发展趋势。对单片机用高级语言编程可很容易地实现系统移植,并加快软件的开发过程。

AVR 单片机具有多个系列,分为低档次产品系列 ATtiny、中档次产品系列 AT90 及高档次产品系列 ATmega。每个系列又包括多个产品,它们在功能和存储器容量等方面有很大的不同,但基本结构和原理都类似,而且编程方法也相同。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。

1.2 选择合适的 AVR 单片机

AVR 单片机现在已经发展为 3 大系列近 70 多种型号,而且每一型号又分几个级别,各自的特点又不尽相同,所以如何选择一款适合自己的 AVR 单片机,需要考虑很多方面。现在仅对其选型做一简单介绍,希望对读者有所帮助。很多设计人员的误区是先大致选一款单片机,然后以这一款单片机的资源来设计外围电路和总体方案,当将系统方案设计完毕才发现单片机的资源不能满足系统需求,或在调试和改进时发现单片机已不能胜任了。因此,需要强调的是 AVR 单片机的选型必须是在确定所做项目的系统需求的情况下才能确

定的。

选择合适的 AVR 单片机可参考如下步骤：

(1) 考虑对系统速度的要求，即对单片机系统时钟的要求，当确定了系统方案后，要明确自己的系统需要多高的运行速度才能满足参数处理的要求。

(2) 根据自己的设计方案明确需要的外围设备，进而确定单片机的 I/O 端口数目。

(3) 根据自己系统的大小及编程的复杂程度大致确定程序存储器容量，建议选择比预计程序存储器容量要大一些的单片机的，因为调试中可能会涉及软件滤波、校正等措施。

(4) 根据需要缓存处理数据量，确定所需 RAM 的大小，建议选择比预计程序存储器容量要大一些的单片机的，以便于系统升级。

(5) 根据系统工作的环境，确定单片机所需承受的温度、功耗、保密性及抗干扰能力。

根据上述 5 条可以缩小选择单片机的范围，选定一些单片机，接下来就要根据进一步指标来缩小范围。

(6) 简化系统硬件方案，精简系统外围设备。在步骤 (2) 中所需的外围设备有多少可以有单片机提供，如看门狗、双串口、RTC (实时时钟)、AD、EEPROM 等。根据单片机的增强功能来进一步选择合适的单片机。

(7) 查看所选单片机的设计成本，如硬件成本、开发成本等。

(8) 选择单片机的封装。

此外，还需考虑到以后系统升级或改进的情况，尽量按系统最大需求来选择系统速度、I/O 端口数目、程序存储器容量和 RAM 容量。尽量选择主流的 AVR 单片机，以防今后购货渠道不畅，如停产、淘汰或购买困难等因素。

附表 1~附表 3 列出了多种 AVR 单片机的参数性能，以供开发人员参照选取，更详细的资料请参阅相关单片机的使用手册。

1.3 ATmega128 单片机简介

ATmega128 8 位微控制器是 ATMEL 推出的 AVR 单片机中的高档产品，具有高速低功耗、超强功能、精简指令的特点，能够同时读、写。在执行指令的同时，通过 SPI、UART 或两线接口对快闪存储器进行编程或重新编程。ATmega128 在实际应用中有着非常强大的功能，本书将以 AVR 单片机中的高档产品——ATmega128 单片机为主线进行介绍，使读者通过本书的学习，能够熟练掌握 ATmega128 单片机的应用。

1.3.1 ATmega128 单片机的特点

ATmega128 单片机具有 133 条指令，大多数指令可以在一个时钟周期内完成，而且有 32 个 8 位通用工作寄存器及外设控制寄存器，克服了一般单片机单一累加器数据处理带来的瓶颈现象，从而使得指令代码更加灵活，编码更容易。ATmega128 单片机除具有先进的 RISC 结构外，还具有以下优点。

1. 非易失性的程序和数据存储器

ATmega128 单片机具有 128KB 的系统内可编程 Flash，寿命为 10 000 次写/擦除周期。具有独立锁定位和可选择的启动代码区。可通过片内的启动程序实现系统内编程真正的读一修。

改一写操作，而且还包括寿命为 100 000 次写/擦除周期的 4KB EEPROM 及 4KB 的内部 SRAM，有多达 64KB 的优化的外部存储器空间。ATMEGA128 单片机可以对锁定位进行编程以实现软件加密，并可以通过 SPI 实现系统内编程。

2. JTAG 接口（与 IEEE 1149.1 标准兼容）

ATmega128 单片机遵循 JTAG 标准的边界扫描功能，支持扩展的片内调试，可以通过 JTAG 接口实现对 Flash、EEPROM、熔丝位和锁定位的编程。

3. 外设特点

ATmega128 单片机具有两个包含独立的预分频器和比较器功能的 8 位定时器/计数器，两个具有预分频器、比较功能和捕捉功能的 16 位定时器/计数器，并且具有独立预分频器的实时时钟计数器。同时含有两路 8 位 PWM，6 路分辨率可编程（2~16 位）的 PWM，8 路 10 位模数转换器，面向字节的两线接口，两个可编程的串行 USART，可工作于主机/从机模式的 SPI 串行接口，具有独立片内振荡器的可编程看门狗定时器，输出比较调制器，片内模拟比较器等外设。

4. 特殊的处理器特点

ATmega128 单片机具有上电复位以及可编程的掉电检测，片内经过标定的 RC 振荡器，片内/片外中断源可以通过软件进行选择的时钟频率，通过熔丝位可以选择 ATmega103 兼容模式和全局上拉禁止功能及 6 种睡眠模式。6 种睡眠模式分别为空闲模式、ADC 噪声抑制模式、省电模式、掉电模式、Standby 模式以及扩展的 Standby 模式。

5. 其他特点

ATmega128L 工作电压范围为 2.7~5.5V，系统时钟为 0~8MHz，ATmega128 工作电压范围为 4.5~5.5V，系统时钟为 0~16 MHz。而且 ATmega128 具有整套的开发工具，包括 C 编译器、宏汇编、程序调试器/仿真器和评估板。

1.3.2 ATmega128 单片机的引脚配置

ATmega128 单片机有 64 个引脚，其中包含 53 个可编程 I/O 端口线，且多数端口都含有第二功能。其封装有 TQFP 与 MLF 两种，这两种封装的 64 引脚布局均相同，如图 1-1 所示，但是引脚的位置及引脚的间距有所差别，在绘制电路板时要加以注意。

ATmega128 单片机各引脚说明如下。

(1) VCC：数字电路的电源。

(2) GND：地。

(3) 端口 A (PA7~PA0)。端口 A 为 8 位双向 I/O 口，并具有可编程的内部上拉电阻。其输出缓冲器具有对称的驱动特性，可以输出和吸收大电流。作为输入使用时，若内部上拉电阻使能，则端口被外部电路拉低时将输出电流。复位发生时端口 A 为三态。

(4) 端口 B (PB7~PB0)。端口 B 为 8 位双向 I/O 口，并具有可编程的内部上拉电阻。其输出缓冲器具有对称的驱动特性，可以输出和吸收大电流。作为输入使用时，若内部上拉电阻使能，则端口被外部电路拉低时将输出电流。复位发生时端口 B 为三态。

(5) 端口 C (PC7~PC0)。端口 C 为 8 位双向 I/O 口，并具有可编程的内部上拉电阻。其输出缓冲器具有对称的驱动特性，可以输出和吸收大电流。作为输入使用时，若内部上拉电阻使能，则端口被外部电路拉低时将输出电流。复位发生时端口 C 为三态。

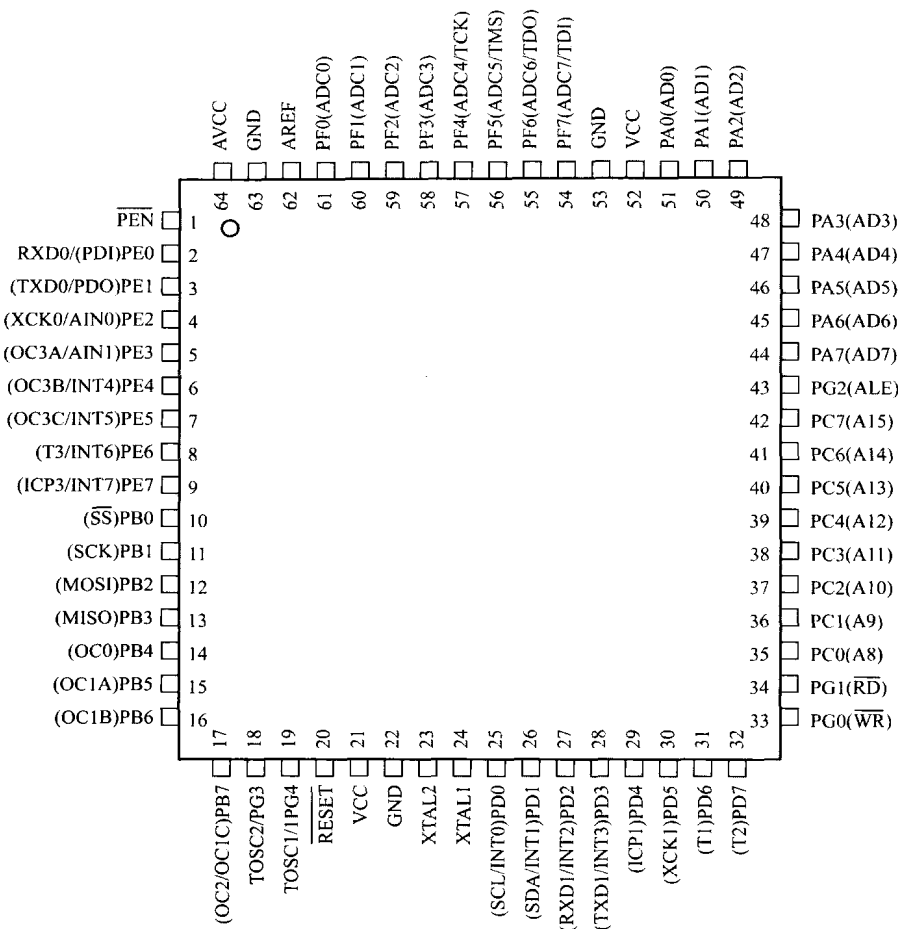


图 1-1 ATmega128 单片机的引脚

- (6) 端口 D (PD7~PD0)。端口 D 为 8 位双向 I/O 口，并具有可编程的内部上拉电阻。其输出缓冲器具有对称的驱动特性，可以输出和吸收大电流。作为输入使用时，若内部上拉电阻使能，则端口被外部电路拉低时将输出电流。复位发生时端口 D 为三态。
- (7) 端口 E (PE7~PE0)。端口 E 为 8 位双向 I/O 口，并具有可编程的内部上拉电阻。其输出缓冲器具有对称的驱动特性，可以输出和吸收大电流。作为输入使用时，若内部上拉电阻使能，则端口被外部电路拉低时将输出电流。复位发生时端口 E 为三态。
- (8) 端口 F (PF7~PF0)。端口 F 为 ADC 的模拟输入引脚。如果不作为 ADC 的模拟输入，端口 F 可以作为 8 位双向 I/O 口，并具有可编程的内部上拉电阻。其输出缓冲器具有对称的驱动特性，可以输出和吸收大电流。作为输入使用时，若内部上拉电阻使能，则端口被外部电路拉低时将输出电流。复位发生时端口 F 为三态。如果使能了 JTAG 接口，则复位发生时引脚 PF7 (TDI)、PF5 (TMS) 和 PF4 (TCK) 的上拉电阻使能。
- (9) 端口 G (PG4~PG0)。端口 G 为 5 位双向 I/O 口，并具有可编程的内部上拉电阻。其输出缓冲器具有对称的驱动特性，可以输出和吸收大电流。作为输入使用时，若内部上拉电阻使能，则端口被外部电路拉低时将输出电流。复位发生时端口 G 为三态。
- (10) RESET：复位输入引脚。超过最小门限时间的低电平将引起系统复位。低于此时

间的脉冲不能保证可靠复位。

(11) XTAL1: 反向振荡器放大器及片内时钟操作电路的输入。

(12) XTAL2: 反向振荡器放大器的输出。

(13) AVCC: 端口 F 以及 ADC 转换器的电源。需要与 VCC 相连接, 即使没有使用 ADC 也应如此。使用 ADC 时应该通过一个低通滤波器与 VCC 连接。

(14) AREF: ADC 的模拟基准输入引脚。

(15) PEN: SPI 串行下载的使能引脚。在上电复位时保持 PEN 为低电平将使器件进入 SPI 串行下载模式。在正常工作过程中 PEN 引脚没有其他功能。

1.3.3 ATmega128 单片机的总体结构

ATmega128 单片机为基于 AVR RISC 结构的 8 位低功耗 CMOS 微处理器。由于其先进的指令集以及单周期指令执行时间, ATmega128 的数据吞吐率高达 1MIPS/MHz, 从而缓减了系统在功耗和处理速度之间的矛盾。

ATmega128 单片机的内核具有丰富的指令集和 32 个通用工作寄存器。所有的寄存器都直接与算术逻辑单元 (ALU) 相连接, 使得一条指令可以在一个时钟周期内同时访问两个独立的寄存器。这种结构大大提高了代码效率, 并且具有比普通的复杂指令集微处理器高 10 倍的数据吞吐率。ATmega128 单片机的总体结构框图如图 1-2 所示。

ATmega128 具有如下特点: 128KB 的系统内可编程 Flash(具有在写的过程中还可以读的能力, 即 RWW)、4KB 的 EEPROM、4KB 的 SRAM、53 个通用 I/O 口线、32 个通用工作寄存器、实时时钟 RTC、4 个灵活的具有比较模式和 PWM 功能的定时器/计数器 (T/C)、两个 USART、面向字节的两线接口 TWI、8 通道 10 位 ADC (具有可选的可编程增益)、具有片内振荡器的可编程看门狗定时器、SPI 串行端口、与 IEEE 1149.1 规范兼容的 JTAG 测试接口 (此接口同时还可以用于片上调试), 以及六种可以通过软件选择的省电模式。空闲模式时 CPU 停止工作, 而 SRAM、T/C、SPI 端口以及中断系统继续工作; 掉电模式时晶体振荡器停止振荡, 所有功能除了中断和硬件复位之外都停止工作, 寄存器的内容则一直保持; 省电模式时异步定时器继续运行, 以允许用户维持时间基准, 器件的其他部分则处于睡眠状态; ADC 噪声抑制模式时 CPU 和所有的 I/O 模块停止运行, 而异步定时器和 ADC 继续工作, 以减少 ADC 转换时的开关噪声; Standby 模式时振荡器工作而其他部分睡眠, 使得器件只消耗极少的电流, 同时具有快速启动能力; 扩展 Standby 模式则允许振荡器和异步定时器继续工作。

ATmega128 单片机的元器件是以 ATMEL 的高密度非易失性内存技术生产的。片内 ISP Flash 可以通过 SPI 接口、通用编程器, 或引导程序多次编程。引导程序可以使用任何接口来下载应用程序到应用 Flash 存储器。在更新应用 Flash 存储器时引导 Flash 区的程序继续运行, 实现 RWW 操作。通过将 8 位 RISC CPU 与系统内可编程的 Flash 集成在一个芯片内, ATmega128 为许多嵌入式控制应用提供了灵活而低成本方案。

1.3.4 ATmega128 单片机的 CPU 内核

ATmega128 单片机 CPU 的主要任务是保证程序的正确执行。因此它必须能够访问存储器、执行运算、控制外设以及处理中断。为了最大程度地发挥性能及并行性的特点, AVR 采