

# AVR单片机 很简单

——C语言快速入门及开发实例

曹振华 主编 陈玉金 陈忠 副主编



► AVR单片机和C语言编程介绍基础易懂，实例丰富：

收集了大量的AVR单片机设计实例电路图及程序案例。

► 程序代码可靠：AVR单片机在串口通信、传感器、机床电气控制、嵌入式等

的应用可靠实用，帮助读者轻松入门并快速提高开发技能。



化学工业出版社

# AVR 单片机 很简单

——C语言快速入门及开发实例

■ 曹振华 主编 ■ 陈玉金 陈 忠 副主编



化学工业出版社

· 北京 ·

本书以 ATmega128 为蓝本,结合作者多年的技术开发和教学积累,透彻讲解了 AVR 单片机 C 语言开发必备的基础知识和实例、工具,全面系统地讲解主要包括 AVR 单片机的基础知识、硬件结构、各典型接口应用以及多个综合系统应用的设计和分析等。书中 C 语言编程基础介绍简明精炼,通俗易懂,大量典型的应用实例(如 AVR 单片机在串口通信、传感器、机床电气控制、嵌入式等的应用)可靠实用,帮助读者轻松入门并快速提高开发技能。

本书可供单片机开发及电子爱好者、初学者、技术人员阅读,也可供电子相关专业师生参考。

### 图书在版编目 (CIP) 数据

AVR 单片机很简单: C 语言快速入门及开发实例/  
曹振华主编. —北京: 化学工业出版社, 2017. 1  
ISBN 978-7-122-28745-8

I. ①A… II. ①曹… III. ①单片微型计算机-C 语言-程序设计 IV. ①TP368.1②TP312

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2016) 第 314852 号

---

责任编辑: 刘丽宏  
责任校对: 边涛

文字编辑: 汲永臻  
装帧设计: 刘丽华

---

出版发行: 化学工业出版社 (北京市东城区青年湖南街 13 号 邮政编码 100011)  
印 装: 三河市延风印装有限公司  
787mm×1092mm 1/16 印张 23 $\frac{3}{4}$  字数 598 千字 2017 年 4 月北京第 1 版第 1 次印刷

---

购书咨询: 010-64518888 (传真: 010-64519686) 售后服务: 010-64518899

网 址: <http://www.cip.com.cn>

凡购买本书,如有缺损质量问题,本社销售中心负责调换。

---

定 价: 98.00 元

版权所有 违者必究

# 前言

随着信息技术的飞速发展，单片机的应用越来越广泛，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) 精简指令集高速 8 位单片机，AVR 单片机具有高可靠性、功能强、高速度、低功耗等优点，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。ATmega128 是 ATMEL 公司 8 位系列单片机的最高配置的一款单片机，稳定性极高，应用极其广泛。

本书以 AVR 单片机中的高档系列——ATmega128 单片机为蓝本，全面系统地讲解了 AVR 单片机的基础知识、硬件结构、各典型接口应用以及多个综合系统应用的设计和解析等。

本书内容具有如下特点：

◇ C 语言编程基础介绍简明精炼，通俗易懂，程序精炼实用，代码可靠；

◇ 以实例为主，大量典型的应用实例（如 AVR 单片机在串口通信、传感器、机床电气控制、嵌入式等的应用）可靠实用，帮助读者轻松入门并快速提高开发技能。

本书由曹振华主编，由陈玉金、陈忠副主编，参加本书编写的还有卢战秋、刘炳海、李蕊、宋占坡、朱翠芳、孟丽丽、田丽、安俊芳、孙艳、程海红、顾玉龙、杨明圣、徐凯、郭超、马冠军、郭树增、李江永、崔吉令、李胜龙、魏友、顾玉超、顾振浩、雅鹏、万雪峰、刘彦斌、陈永陶、张伯虎等。在本书编写过程中，作者借鉴了诸多专业资料和书籍，从中得到了不少启发，在此成书之际一并表示感谢。

由于水平有限，书中难免存在不足，恳请广大读者批评指正。

编者

# 目录

<b>第1章 初识 AVR 单片机</b> .....	<b>1</b>
1.1 AVR 系列单片机 .....	1
1.1.1 Tiny 系列 AVR 单片机 .....	1
1.1.2 AT90S 系列 AVR 单片机 .....	2
1.1.3 ATmega 系列 AVR 单片机 .....	2
1.1.4 AVR 单片机的型号标识 .....	4
1.2 AVR 单片机的基本结构 .....	4
1.3 ATmega128 系列单片机 .....	6
1.3.1 ATmega128 单片机的特点 .....	6
1.3.2 ATmega128 与 ATmega103 的兼容性 .....	7
1.3.3 ATmega128 单片机的引脚配置 .....	7
1.3.4 ATmega128 单片机的结构 .....	9
<b>第2章 ATmega128 单片机 I/O 端口的应用</b> .....	<b>11</b>
2.1 ATmega128 单片机的 I/O 端口 .....	11
2.1.1 ATmega128 单片机 I/O 端口的基本结构 .....	11
2.1.2 数字输入使能和睡眠模式 .....	13
2.1.3 I/O 端口的第二功能 .....	13
2.1.4 I/O 端口的特点 .....	14
2.1.5 I/O 端口使用时的注意事项 .....	15
2.2 I/O 寄存器 .....	15
2.2.1 I/O 寄存器的操作特点 .....	15
2.2.2 I/O 寄存器的 C 语言程序 .....	16
2.2.3 特殊功能 I/O 寄存器 ( SFIOR ) .....	16
2.3 各端口说明 .....	16
2.3.1 PA 端口 .....	16
2.3.2 PB 端口 .....	17
2.3.3 PC 端口 .....	18
2.3.4 PD 端口 .....	19
2.3.5 PE 端口 .....	20
2.3.6 PF 端口 .....	22
2.3.7 PG 端口 .....	23
2.4 通用 I/O 口的设置与编程 .....	24
2.5 I/O 口控制 LED 发光二极管应用实例 .....	26
2.5.1 LED 基本结构 .....	26
2.5.2 硬件设计 .....	26
2.5.3 程序设计 .....	28
2.6 I/O 口控制 LED 数码管应用实例 .....	31

2.6.1	LED 数码管基础知识 .....	31
2.6.2	用单片机控制数码管 .....	33
2.6.3	硬件设计 .....	33
2.6.4	程序设计 .....	35
2.7	I/O 口控制 LED 点阵应用实例 .....	37
2.7.1	LED 点阵基础知识 .....	37
2.7.2	CD4511 芯片简介 .....	38
2.7.3	硬件设计 .....	39
2.7.4	程序设计 .....	39
2.8	I/O 口键盘扫描电路应用实例 .....	43
2.8.1	薄膜键盘基础知识 .....	43
2.8.2	单片机识别键盘按键 .....	44
2.8.3	硬件电路设计 .....	45
2.8.4	程序设计 .....	45
2.9	I/O 口控制 1602 液晶显示应用实例 .....	49
2.9.1	液晶屏基础知识 .....	49
2.9.2	1602 LCD 液晶屏 .....	49
2.9.3	硬件设计 .....	54
2.9.4	程序设计 .....	54
2.10	I/O 口控制 12864 中文液晶显示应用实例 .....	57
2.10.1	OCMJ4X8C 中文模块基础知识 .....	58
2.10.2	硬件设计 .....	66
2.10.3	程序设计 .....	66

### **第 3 章 ATmega128 单片机定时/计数器的应用 .....** **70**

3.1	定时/计数器概述 .....	70
3.2	利用定时/计数器实现秒表的应用实例 .....	71
3.2.1	硬件设计 .....	71
3.2.2	程序设计 .....	71
3.3	利用定时/计数器实现 PWM 输出的应用实例 .....	75
3.3.1	PWM 基础知识 .....	75
3.3.2	硬件设计 .....	75
3.3.3	程序设计 .....	75

### **第 4 章 ATmega128 单片机中断系统的基本应用 .....** **78**

4.1	中断系统概述 .....	78
4.1.1	中断系统的定义及优点 .....	78
4.1.2	中断的种类 .....	79
4.1.3	中断的响应与处理 .....	79
4.2	ATmega128 单片机的中断系统 .....	79
4.2.1	中断源和中断向量 .....	81
4.2.2	控制寄存器 .....	84
4.3	外部中断 .....	85

4.3.1	外部中断概述	85
4.3.2	外部中断寄存器	86
4.4	中断程序的编写	88
4.4.1	使用汇编语言编写中断程序	88
4.4.2	使用 ICC AVR 开发环境编写中断程序	91
4.5	外部中断应用实例	93
4.5.1	硬件设计	93
4.5.2	程序设计	93
<b>第 5 章 ATmega128 单片机模数转换器和模拟比较器的应用</b>		<b>96</b>
5.1	模数转换器 ( ADC )	96
5.1.1	模数转换器概述	96
5.1.2	ATmega128 单片机模数转换器的结构和特点	98
5.1.3	A/D 转换器相关寄存器	105
5.2	模拟比较器	108
5.2.1	模拟比较器概述	108
5.2.2	模拟比较器相关寄存器	108
5.2.3	多路输入	110
5.3	利用 A/D 转换器构成简易电压表的应用实例	110
5.3.1	硬件设计	110
5.3.2	程序设计	110
5.4	双通道 A/D 采样应用实例	113
5.4.1	硬件设计	113
5.4.2	程序设计	114
5.5	模拟比较器应用实例	121
<b>第 6 章 ATmega128 单片机串行接口的应用</b>		<b>124</b>
6.1	同步串行接口 SPI	124
6.1.1	同步串行通信	124
6.1.2	ATmega128 单片机的同步串行接口 SPI	126
6.1.3	ATmega128 单片机 SPI 相关寄存器	128
6.1.4	SPI 的编程	131
6.1.5	SPI 应用实例	133
6.2	USART 接口	136
6.2.1	异步通信基础	136
6.2.2	ATmega128 单片机的 USART 接口	138
6.2.3	访问 USART	141
6.2.4	USART 相关寄存器	150
6.3	ATmega128 单片机 USART 接口的应用实例	153
6.3.1	串口通信应用实例	153
6.3.2	利用串口控制微型打印机应用实例	158
6.4	两线串行接口 TWI	164
6.4.1	串行通信基础知识	164



6.4.2	I <sup>2</sup> C 总线协议	164
6.4.3	ATmega128 单片机的 TWI 接口	167
6.5	ATmega128 单片机 TWI 接口应用实例	180
6.5.1	利用 TWI 口对存储器进行操作的应用实例	180
6.5.2	I <sup>2</sup> C 总线接口日历时钟芯片应用实例	185
<b>第 7 章 AVR 单片机在电气控制系统中的应用实例</b>		<b>193</b>
7.1	直流电机的应用实例	193
7.1.1	直流电机的 PWM 驱动	193
7.1.2	直流电机 PWM 驱动应用实例	194
7.2	步进电机的应用实例	198
7.2.1	TB6560AHQ 两相/四相步进电机驱动器	198
7.2.2	硬件设计	200
7.2.3	程序设计	200
7.3	舵机的应用实例	201
7.3.1	舵机基础知识	201
7.3.2	舵机的控制实例	203
7.4	键盘的应用实例	205
7.4.1	PS/2 键盘基础知识	205
7.4.2	键盘的控制应用实例	206
7.5	触摸屏人机接口的应用实例	212
7.5.1	触摸屏基础知识	212
7.5.2	ADS7843 芯片简介	212
7.5.3	硬件设计	213
7.5.4	程序设计	214
7.6	电机调速系统设计实例	215
7.6.1	开关磁阻电机基础知识	215
7.6.2	系统结构	216
7.6.3	硬件设计	216
7.6.4	程序设计	217
<b>第 8 章 各种传感器的应用实例</b>		<b>219</b>
8.1	红外遥控器的解码应用	219
8.1.1	红外遥控系统原理	219
8.1.2	HT6221/HT6222 遥控器芯片简介	223
8.1.3	HT6221 编码特征	223
8.1.4	遥控器解码说明	224
8.1.5	红外遥控器的解码实例	224
8.2	红外测距传感器的应用	228
8.2.1	硬件设计	229
8.2.2	程序设计	230
8.3	超声测距传感器的应用	232
8.3.1	超声测距原理	232



8.3.2	SF-04 型超声测距传感器	233
8.3.3	超声测距应用实例	234
8.4	气体传感器的应用	236
8.4.1	MQ-2 型气体传感器	236
8.4.2	气体传感器模块	238
8.4.3	气体传感器应用实例	239
8.5	加速度传感器的应用	242
8.5.1	MMA7361 型加速度传感器	242
8.5.2	MMA7361 型加速度传感器模块	242
8.5.3	加速度传感器应用实例	244
8.6	光照传感器的应用	246
8.6.1	BH1750FVI 型光照传感器	246
8.6.2	光照传感器的应用实例	248
8.7	温度传感器的应用	250
8.7.1	DS1620 型温度传感器	250
8.7.2	DS1620 型温度传感器应用实例	254
8.7.3	DS18B20 型温度传感器	258
8.7.4	DS18B20 型温度传感器的工作原理	259
8.7.5	DS18B20 型温度传感器的应用基础	260
8.7.6	DS18B20 型温度传感器的应用实例	263

## **第 9 章 AVR 单片机的综合应用设计** **268**

9.1	输油管道信号采集系统的设计	268
9.1.1	硬件设计	268
9.1.2	软件设计	271
9.2	基于 ATmega128 单片机的 MP3 播放器的设计	279
9.2.1	系统方案	279
9.2.2	硬件设计	279
9.2.3	软件设计	281
9.3	基于 ATmega128 单片机的轮式机器人设计	300
9.3.1	系统概述	300
9.3.2	硬件设计	300
9.3.3	软件设计	302
9.4	基于 ATmega128 单片机的交通信号机设计	307
9.4.1	系统概述	307
9.4.2	硬件设计	307
9.4.3	软件设计	310
9.5	基于 ATmega128 单片机的机电综合测试仪设计	313
9.5.1	系统设计	313
9.5.2	信号采集调理电路设计	321
9.5.3	系统主要外围电路设计	326
9.5.4	系统电磁兼容设计	365



续表

项 目	ATtiny 11	ATtiny 12	ATtiny 13	ATtiny 15L	ATtiny 124	ATtiny 26	ATtiny 28L	ATtiny 85	ATtiny 2313
10位 A/D 通道	—	—	4	4	8	11	—	4	—
掉电检测 BOD	—	Y	Y	Y	Y	Y	—	Y	Y
Watchdog	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y
片内系统时钟	Y	YY	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y
在线编程 ISP	—	Y	Y	Y	Y	Y	—	Y	Y
自编程 SPM	—	—	Y	—	—	—	—	—	Y
debugWIRE	—	—	Y	—	—	—	—	—	Y
V <sub>CC</sub> (最低)	2.7	1.8	1.8	2.7	1.8	2.7	2.7	1.8	1.8
(最高)/V	5.5	5.5	5.5	5.5	5.5	5.5	5.5	5.5	5.5
系统时钟/MHz	0~6	0~8	0~20	1.6	0~20	0~8	0~4	0~1	0~20
封装形式	PDIP8	PDIP8	PDIP8	PDIP8	PDIP14	PDIP20	PDIP28	PDIP8	PDIP20
	SOIC8	SOIC8	SOIC8	SOIC8	SOIC14	SOIC20	TQFP32	SOIC8	SOIC20
					MLF20	MLF32	MLF32	MLF20	MLF32

### ■ 1.1.2 AT90S 系列 AVR 单片机

AT90S 系列 AVR 单片机虽价格低廉，有其独特的功能，但从 2002 年以来，ATMEL 公司对 AVR 单片机产品线进行了调整，逐步停止了性能重叠的中档 AVR 单片机中 AT90 系列的生产，而被性能更加优越的 ATmega 系列代替。如停止 AT90S4414、AT90S8515 等芯片的生产，用 ATmega8515 取代 AT90S8515，ATmega8535 取代 AT90S8535，用 ATmega8 代替 AT90S4433 等。由于 ATmega 系列单片机的性能更加完美，使用更加方便，功能更加强大，因此，ATMEL 公司今后将以 ATmega 系列作为 AVR 单片机的主流产品，逐步减少和停止中档 AVR 单片机 (AT90SXXXX) 的生产。

### ■ 1.1.3 ATmega 系列 AVR 单片机

ATmega 系列单片机属于 AVR 中的高档产品。它具备 AT90S 系列所具有的特点，并在 AT90S 的基础上有了更大的改善，增加了更多的接口功能，在省电特性、稳定性、抗干扰性、灵活性等上都有了进一步的提高。ATmega 系列单片机有优越的性能、良好的性价比。

目前该系列单片机在著名的企业如海尔、科龙等公司有广泛应用，其可靠性高、市场占有率高，因此 ATmega 系列得到了普及和推广。该系列的单片机引脚数量少的是 ATmega8，但其功能齐全。而引脚数最多的是 ATmega2560，它是至今 AVR 中功能最强、配置最全的一款。每一款 ATmega 系列 AVR 单片机的工作特性如表 1-2、表 1-3 所示。

表 1-2 ATmega 系列 AVR 单片机 (低配置部分)

项 目	ATmega8	ATmega48	ATmega88	ATmega168
Flash(KB)	8	4	8	16
EPROM(B)	512	256	512	512
快速寄存器	32	32	32	32
SRAM(B)	1K	512	1K	1K
I/O Pins	23	23	23	23
中断数目	18	26	26	26
外部中断口	2	26	26	26
SPI	1	1+USART	1+USART	1+USART
USART	1	1	1	1
TWI	1	1	1	1
硬件乘法器	Y	Y	Y	Y



## 1.1.4 AVR 单片机的型号标识

随着 AVR 系列单片机产品线的日趋丰富，产品的命名也越来越复杂，在此仅以 ATmega32 单片机的产品命名为例，说明一下 AVR 系列产品的命名方法。本例单片机是 AVR 系列中较有代表性的一款，其完整型号为：“ATMEGA32A-16PU”，以下对产品型号进行说明。

① 开头字母“AT”代表 ATMEL 公司产品，之后的“MEGA”表示该产品是 megaAVR 系列。

② “MEGA”后面的数字“32”是产品代号，AVR 单片机的产品代号大多与片内的 Flash 存储器容量有关，此处的“32”表示片内 Flash 存储器的容量是 32KB。

③ 型号后面的字母表示的是工作电压范围。字母“L”表示的是低电压版本，工作电压为 2.7~5.5V，但芯片的最高时钟频率会减半。没有字母的表示工作电压为 4.5~5.5V，字母“A”则表示该芯片是改进工艺的新产品，工作电压与“L”版相同，均为 2.7~5.5V，但最高时钟频率没有限制。

例如：ATmega32 最高时钟频率为 16MHz，电源电压为 4.5~5.5V，而 ATmega32L 可以低电压运行，电源电压为 2.7~5.5V，但最高时钟频率仅为 8MHz。ATmega32A 就没有时钟频率限制，在 2.7~5.5V 电压下时钟频率可以运行在 16MHz。

④ “-”以后的部分是后缀。其中数字表示该芯片支持的最高系统时钟频率。“16”表示可支持最高为 16MHz 的系统时钟。

⑤ 后缀第一个字母表示封装。“P”表示芯片为 DIP 封装，“A”表示芯片为 TQFP 封装，“M”表示芯片为 MLF 封装。

⑥ 后缀第二个字母表示芯片的应用级别。“C”表示芯片为商业级，“I”表示芯片为工业级（有铅）、“U”表示芯片为工业级（无铅）。

## 1.2 AVR 单片机的基本结构

如图 1-1 所示为 AVR 单片机的结构框图。AVR 单片机抛弃了复杂指令计算机指令 (CISC)，采用精简指令集 (RISC)，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，并以字作为指令长度单位，具有取值周期短、可预取指令的特点，可达到 IMIPS/MHz 的高速运行处理能力。

快速存取 RISC 寄存器是由 AVR 的内核中的 32 个通用工作寄存器构成的，在一个时钟周期内可执行一个完整的 ALU 操作，操作流程为：先从寄存器中取出操作数，执行操作，最后将操作结果放回目的寄存器中。通用寄存器还可以代替累加器，克服了采用单一 ACC 进行处理造成的瓶颈现象，同时又减少了对外设管理的开销，相对简化了硬件结构，降低了成本。

在 32 个通用工作寄存器中，有 6 个可以用作 3 个 16 位的间接地址寄存器指针以寻址数据空间，实现高效的地址运算，它们分别称为 X 寄存器、Y 寄存器、Z 寄存器，其中一个指针还可以作为程序存储器查询表的地址指针。

AVR 单片机采用 CMOS 技术，具有高速度、低功耗的特点，同时还具有休眠 (SLEEP) 功能。为了最大限度的提高并行处理的运行效率，它运用了 Harvard 结构，即程序存储器和数据存储器使用不同的存储空间和总线，可直接访问全部的灵敏数据存储器 and 程序存储器，寄存器文件被双向映射并能被访问，算术逻辑单元 (ALU) 在执行某一指令时，下一个指令被预先从程序存储器中提取处理，提高了 MCU 的运行效率。

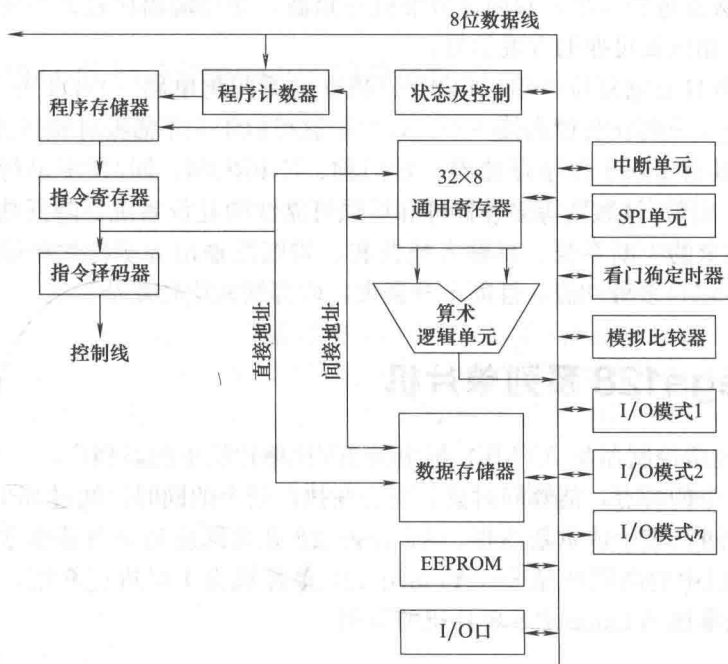


图 1-1 AVR 单片机结构框图

算术逻辑单元 (ALU) 支持寄存器之间以及寄存器和常数之间的算术和逻辑运算，以及单一寄存器操作，每次的运算结果都通过状态寄存器 (SREG) 反映出来。

程序流程通过有/无条件的跳转指令和调用指令来控制，从而直接寻址整个地址空间，大多数指令长度为 16 位，也即每个程序存储器地址都包含一条 16 位和 32 位的指令。

AVR 的程序存储器空间分为引导程序区和应用程序区。它们的读和读/写保护由对应的锁定位来实现。用于写应用程序区的 SPM 指令必须位于引导程序区。

AVR 单片机内嵌高质量的可擦写 10000 次的 Flash 程序存储器，擦写方便，支持 ISP 和 LAP，便于产品的调试、开发、生产、更新。内嵌可擦写 10000 次的 E<sup>2</sup>PROM。可多次更改程序，快速完成商品化。片内大容量的 RAM 可有效支持使用高级语言开发系统程序，并可扩展外部 RAM。

在中断和子程序调用过程中，程序计数器 (PC) 中返回地址被保存在堆栈之中，而堆栈处于数据存储器 (SRAM) 中，因此堆栈的大小只受系统总的静态存储器 (SRAM) 的大小及其使用情况的限制。

AVR 存储器空间为线性的平面结构。它具有一个灵活的中断模块，每个中断都对应一个中断入口地址，各个中断的优先级与其在中断入口地址有关，中断入口地址越小，中断优先级就越高。

I/O 存储器空间包含 64 个 I/O 寄存器空间，它们用来控制 MCU 的各个外围功能。映射到数据空间即为寄存器文件之后的地址为 \$20~\$5F。

AVR 单片机的 I/O 线带有可设置的上拉电阻，可单独设定为输入/输出，作输入时可设置为三态高阻抗输入或带上拉电阻输入，具备 10~20mA (吸入输出)；作输出时可输出 40mA (单一输出) 大电流，可直接驱动固态继电器 (SSR)，内置看门狗定时装置 (WDT)，使得 I/O 口资源灵活，产品抗干扰能力强。

AVR 单片机内具备多种独立的时钟分频器，可以提供给串行异步通信 (URAT)、SPI 传输功能使用。8/16 位定时/计数器可作比较器、计数器外部中断和 PWM 用于控制输出。AVR



单片机的定时/计数器进行(单)双向计数形成三角波,并与输出比较匹配寄存器配合,可生成占空比、频率、相位都可变的方波信号。

AVR单片机有自上电复位电路(POR)、独立的看门狗电路(WDT)、低电压检测电路BOD,多个复位源,只要在复位端接一个上拉电阻就可以了,不需要外接外部复位器件。

AVR单片机具有Flash程序存储器、看门狗、E<sup>2</sup>PROM、同/异步串行口、TWI、SPI、A/D模数转换器、定时/计数器等多种器件和增强可靠性的复位系统、降低功耗抗干扰的休眠模式,品种多门类全的中断系统、具输入捕获和比较匹配输出等多样化功能的定时/计数器、具替换功能的I/O端口多种功能,性能十分强大,内部结构比较复杂。

## 1.3 ATmega128 系列单片机

ATmega128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10000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-修改-写操作,而且包括寿命为100000次写/擦除周期的4KB E<sup>2</sup>PROM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、E<sup>2</sup>PROM、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/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/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 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0~16MHz,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 与 ATmega103 的兼容性

ATmega128 是一个高度复杂的微处理器，它的 I/O 数目为 AVR 指令集所保留的 64 个 I/O 的超集。为了保持其与 ATmega103 的兼容性，所有 ATmega103 的 I/O 位置与 ATmega128 的相同。多数添加的 I/O 位于 \$60~\$FF 扩展的 I/O 空间（也就是位于 ATmega103 的内容 RAM 空间）。这些地址可以通过指令 LD/LDS/LDD 和 ST/STS/STD 来访问，而不是 IN/OUT 指令。内部 RAM 空间的变换对 ATmega103 用户来说仍然是个问题。此外，当程序代码使用了绝对地址时，逐渐增多的中断向量也可能是个问题。为了解决这些问题，ATmega128 设置了一个熔丝位 M103C。通过对熔丝位进行编程就可以使 ATmega128 工作于 ATmega103 兼容模式。此时扩展 I/O 空间将无法使用，而内部 RAM 正好与 ATmega103 的一致。同时扩展的中断向量也被取消了。

熔丝位 M103C 的配置将设定 ATmega128 是否以与 ATmega103 兼容的方式工作，兼容性主要表现在 RAM、I/O 引脚和中断向量上。ATmega128 在出厂时 M103C 默认状态为“0”，即默认与 ATmega103 兼容方式工作。但是，在这种兼容模式下，ATmega128 的以下一些新特点将起作用。

ATmega128 新特点如下：

- ① 只剩下一个 USART，支持异步模式。只有低 8 位的波特率寄存器可用。
- ② 一个 16 位的定时/计数器有两个比较器寄存器，而不是两个 16 位定时/计数器有三个比较寄存器。
- ③ 不支持两线串行接口。
- ④ 端口 C 只能用作输出。
- ⑤ 端口 G 只能用作第二功能，而不能作通用 I/O 端口。
- ⑥ 端口 F 只能作为输入引脚，而不能作 ADC 的模拟输入引脚。
- ⑦ 不支持引导程序功能。
- ⑧ 不能够校准片内 RC 振荡器的频率。
- ⑨ 在外部存储器接口不能释放任何地址引脚作为通用 I/O，也不能够为不同的外部存储器地址区配置不同的等待周期。

此外，下面的特性使 ATmega128 更兼容 ATmega103。

- ① 只有 EXTRF 和 PORF 存在于状态寄存器 MCUCSR 里。
- ② 改变看门狗溢出时间没有时序要求。
- ③ 外部中断引脚 3~0 只能作为电平中断。
- ④ USART 没有 FIFO 缓冲器。

在写操作中，ATmega103 没有使用 I/O 应该写。

### ■ 1.3.3 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。共封装有 TQFP 与 MLF 两种，这两种封装的 64 引脚布局均相同，如图 1-2 所示，但是引脚的位置及引脚的同间距有所差别，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。

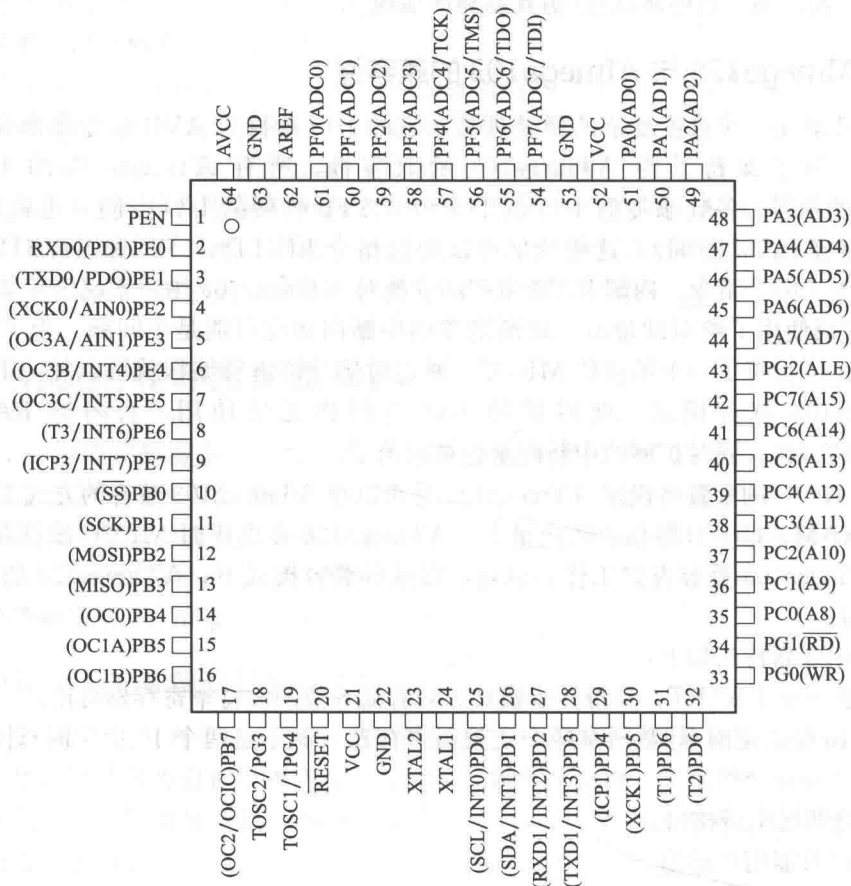


图 1-2 ATmega128 单片机的引脚

(3) 端口 A (PA7~PA0) 端口 A 为 8 位双向 I/O, 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, 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, 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。

(6) 端口 D (PD7~PD0) 端口 D 为 8 位双向 I/O, 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, 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 8 位双向 I/O, 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。