

单片机与嵌入式系统应用丛书

# ATmega 128

## 单片机原理与开发指导

陈冬云 杜敬仓 任柯燕 等编著

 机械工业出版社  
CHINA MACHINE PRESS



单片机与嵌入式系统应用丛书

# ATmega128 单片机原理 与开发指导

陈冬云 杜敬仓 任柯燕 等编著



机械工业出版社

本书介绍了 AVR 单片机中的 ATmega128 高档单片机。全书共分 7 章,在对 AVR 单片机的特性和分类做了简要介绍后,又详细介绍了 ATmega128 单片机的系统结构和指令集。在此基础上,介绍了 AVR 单片机系统设计流程和方法学、AVR 单片机的开发使用工具 AVR Studio 和 ICC AVR、AVR 单片机的程序设计过程,最后给出 ATmega128 单片机的应用实例。

本书可以作为高等院校电子科学与技术、电子与信息工程、自动化等专业本科生学习 AVR 单片机参考书;也可以作为工程技术人员的参考书。

### 图书在版编目 (CIP) 数据

ATmega128 单片机原理与开发指导/陈冬云等编著. —北京:机械工业出版社, 2005.10

(单片机与嵌入式系统应用丛书)

ISBN 7-111-17448-8

I .A... II .陈... III .单片微型计算机, ATmega128 IV .TP368.1

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2005) 第 109609 号

机械工业出版社 (北京市百万庄大街 22 号 邮政编码 100037)

策划编辑:张俊红 责任编辑:刘星宁 版式设计:冉晓华

责任校对:陈延翔 封面设计:马精明 责任印制:石 冉

北京中兴印刷有限公司印刷

2006 年 1 月第 1 版第 1 次印刷

787mm×1092mm  $\frac{1}{16}$ ·21 印张·516 千字

0 001—4 000 册

定价:33.00 元

凡购本书,如有缺页、倒页、脱页,由本社发行部调换

本社购书热线电话 (010) 68326294

封面防伪标均为盗版

# 丛 书 序

微处理器的快速发展使得数字信号处理 (DSP) 技术在通信、雷达、图像处理、生物学、自动控制等领域中都得到了广泛的应用。本丛书就是为了满足这些领域的需求而进行编写的, 主要涉及控制工程、电气工程与 DSP、单片机等范畴。本丛书为读者提供了大量的设计实例, 使读者能更加容易地理解和学习。

本丛书具有以下特点:

## 1. 内容全面, 体系完备

丛书给出了控制工程、单片机等方面学习的全方位解决方案, 从不同层面和角度介绍了运用相应工具进行实际应用开发的全过程, 内容详实, 覆盖面广。

## 2. 选题新颖, 风格活泼

丛书所论述的内容都是控制工程、单片机等开发人员和爱好者最为关心、在这个行业中获得普遍认同的开发技术和开发方法; 丛书中的每一本书既各有重点, 又互相补充; 论述时疏密结合, 重点突出, 不拘一格。

## 3. 实例典型, 实践性强

丛书最大程度地强调了实践性, 丛书中的所有实例都在实际工程内真正运用过, 可以实现, 并且具有代表性。读者可以通过实例对相应的技术有清晰且直观的了解, 这使初学者更容易学习和运用, 同时也为有关技术人员提供相应的参考。

## 4. 把握新知, 结合实际

丛书是紧随时代的发展进行编写的, 所讲解的都是最流行的、应用最广泛的芯片、单片机等, 将它们的新知识、新特性融于具体实例中进行详细的介绍。丛书中涉及的技术都是作者在实际工作中大量应用的关键技术, 是开发和应用经验的提炼和总结, 相信一定会给读者带来很大的帮助。

相信通过对本丛书的学习, 您定能对单片机与嵌入式系统有一个系统的、全面的、深入的理解, 运用和开发出满足生活和工作需要的成果。

本丛书在编写过程中, 得到了清华大学自动化系与 SIM 中心有关人员的大力帮助, 在此表示衷心的感谢!

由于新技术发展十分迅速, 加上作者水平所限, 书中错误之处在所难免, 恳请广大读者批评指正。电子信箱: dobook31@163.com。

丛书编委会  
2005年9月

# 前 言

如今,电子技术发展迅猛,尤其是单片机已广泛地应用于通信、家用电器、智能玩具、便携式智能仪表、机器人制作等领域,产品功能、精度和质量大幅度提高,且电路简单,故障率低,可靠性高,成本低廉。1997年,由ATMEL公司挪威设计中心利用ATMEL公司的Flash新技术,研发出采用基于精简指令集CPU(Reduced Instruction Set CPU, RISC)高速8位单片机,简称AVR。

由于新产品推出速度的加快,故在本书编写的同时,市场上已经推出了更加高端的ATmega2560 AVR单片机,但是其AVR单片机的内部构架依然没有改变,所以读者在掌握ATmega128单片机的使用后,可以根据项目开发需求,迅速地转换到其他AVR单片机的开发中去。在本书的编写过程中,重点突出以下3点:围绕ATmega128单片机系统的内部结构的基本内容展开;介绍ATmega128单片机开发的流程,使读者掌握AVR单片机开发流程与方法,从而可以应用到其他类型的AVR单片机上;对应用实例的详细设计过程的分析与代码。

本书第1章首先对AVR单片机进行概述,给出AVR单片机家族的各种单片机类型,给开发者选型提供参考。第2章详细介绍了ATmega128单片机的内部结构,分析了其哈佛结构的存储器分布、中断处理过程、内置定时器、高精度A/D转换器、Flash编程功能等。掌握这些基本结构的工作原理和使用方法,将会大大提高AVR单片机开发过程中的能动性。第3章详细介绍了AVR单片机使用的RISC。第4章结合ATmega128单片机的最小系统的软硬件设计过程,对单片机的设计方法和流程,进行了详细阐述,强调了在设计过程中需要着重考虑的部分,此外还突出了单片机设计过程中文档编写的重要性。

随着高级语言编译器的不断优化,高级语言的代码效率也越来越高,使用高级语言进行单片机应用系统设计将大大提高工作效率。因此本书在第5章介绍了AVR单片机的开发使用工具;第6章介绍了AVR单片机的汇编语言与C语言程序设计,并给出了实例。

在读者了解了ATmega128 AVR单片机的系统结构与编程环境后,本书第7章给出几个应用实例,详细地介绍了ATmega128单片机系统的软硬件设计。读者可以参考书中实例,进行二次开发。

本书可以作为高等院校电子科学与技术、电子与信息工程、自动化等专业本科生学习AVR单片机的参考书。由于本书还涉及了目前工程领域的相关内容,也使本书成为AVR单片机应用领域工程技术人员非常有用的参考书。

本书由陈冬云、杜敬仓、任柯燕共同编写。其中,第4~6章由陈冬云编写;第3章由杜敬仓编写;第1章由任柯燕编写;第2、7章由陈冬云和杜敬仓共同编写,刘秀文负责统稿整理工作。另外,张睿、刘敬、吴鹏、胡昱、程显奎、严喆、潘天保、王栋、王艳、李玉红、杨义军、姜海燕、吴旭清、赵海波、李向阳和朱长才等对本书的出版提供了巨大的帮助

和支持,在此表示衷心感谢。本书在编写过程中,参考了 ATMEL 公司的 ATmega128 单片机的技术手册、ICC AVR 的用户使用手册;同时,机械工业出版社对本书的出版也给予了极大鼓励和支持,在此一并表示感谢。

由于新技术发展十分迅速,加上作者水平有限,书中难免有不当或欠妥之处,恳请广大读者批评指正。

作 者  
2005 年 9 月

# 目 录

## 丛书序 前言

<b>第 1 章 ATmega128 单片机概述</b> .....	1
1.1 AVR 单片机简介 .....	1
1.2 ATmega128 单片机简介 .....	4
<b>第 2 章 ATmega128 单片机的系统结构</b> .....	10
2.1 ATmega128 单片机的中央处理器 (CPU) .....	10
2.2 ATmega128 单片机的存储器组织 .....	15
2.3 ATmega128 单片机的复位和中断处理 .....	29
2.4 ATmega128 单片机系统的时钟和时钟选择 .....	31
2.5 ATmega128 单片机的电源管理和休眠模式 .....	36
2.6 ATmega128 单片机系统的控制和复位 .....	39
2.7 ATmega128 单片机的中断向量 .....	46
2.8 ATmega128 单片机的 I/O 端口 .....	51
2.9 ATmega128 单片机的外部中断 .....	64
2.10 ATmega128 单片机的定时器 / 计数器 .....	67
2.11 ATmega128 单片机的输出比较调节器 .....	102
2.12 同步串行口 (SPI) .....	103
2.13 通用同 / 异步串行口 .....	108
2.14 ATmega128 单片机的 TWI (I <sup>2</sup> C) 总线接口 .....	116
2.15 ATmega128 单片机的模拟比较器 .....	122
2.16 ATmega128 单片机的 A/D 转换 .....	124
2.17 JTAG 接口与片上调试系统 (OCD) .....	131
2.18 引导加载支持的自编程功能 .....	138
2.19 ATmega128 单片机的存储器编程 .....	147
<b>第 3 章 ATmega128 单片机指令系统</b> .....	167
3.1 ATmega128 单片机指令概述 .....	168
3.2 寻址方式 .....	174
3.3 算术和逻辑指令 .....	176
3.4 比较和跳转指令 .....	180
3.5 数据传送指令 .....	187
3.6 位操作和位测试指令 .....	192
3.7 CPU 控制指令 .....	196
<b>第 4 章 设计开发一个 ATmega128 单片机系统</b> .....	197

4.1	ATmega128 单片机系统开发流程 .....	197
4.2	如何开始硬件设计 .....	199
4.3	如何开始软件开发 .....	205
<b>第 5 章</b>	<b>ATmega128 单片机开发工具 .....</b>	<b>213</b>
5.1	AVR studio .....	213
5.2	AVR 单片机 C 语言编译器——ICCAVR 的使用 .....	219
5.3	没有仿真器的情况下开发 ATmega128 单片机系统 .....	224
<b>第 6 章</b>	<b>ATmega128 单片机程序设计 .....</b>	<b>229</b>
6.1	ATmega128 单片机汇编语言系统 .....	229
6.2	ATmega128 单片机 C 语言系统 .....	234
6.3	程序的书写规则 .....	251
6.4	定点数运算程序设计 .....	257
6.5	浮点数运算程序设计 .....	257
6.6	看门狗定时器应用编程 .....	259
6.7	模拟比较器应用编程 .....	260
6.8	中断应用编程举例 .....	261
<b>第 7 章</b>	<b>综合应用举例 .....</b>	<b>263</b>
7.1	ATmega128 单片机实现计时与跑表系统 .....	263
7.2	ATmega128 单片机 LED 显示系统 .....	275
7.3	用 ATmega128 单片机实现高性能低成本温度 A/D 转换 .....	292
7.4	用 ATmega128 单片机实现压电传感器与 PC 的串口通信 .....	304
7.5	ATmega128 单片机实现 IDE 硬盘控制 .....	313
<b>参考文献</b>	.....	<b>326</b>



# 第1章 ATmega 128 单片机概述

## 1.1 AVR 单片机简介

AVR 单片机是 1997 年由 ATMEL 公司研发出的增强型内置 Flash 的精简指令集 CPU (Reduced Instruction Set CPU, RISC) 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。

### 1.1.1 AVR 的主要特性

高可靠性、功能强、高速度、低功耗和低价位，一直是衡量单片机性能的重要指标，也是单片机占领市场、赖以生存的必要条件。

早期的单片机因为工艺及设计水平不高、功耗高和抗干扰性能差等原因，所以采取稳妥方案：用较高的分频系数对时钟分频，使得指令周期长，执行速度慢。以后的 SC MOS 单片机虽然采用提高时钟频率和缩小分频系数等措施，但是这种状态并未被彻底改观。此间虽有某些精简指令集单片机问世，但依然沿袭对时钟分频的作法。

AVR 单片机的推出，彻底打破这种陈旧的设计格局，废除了机器周期，抛弃复杂指令计算机 (CISC) 追求指令完备的做法；采用精简指令集，以字作为指令长度单位，将内容丰富的操作数与操作码安排在一字之中（指令集中占大多数的单周期指令都是如此），取指周期短，又可预取指令，实现流水作业，故可高速执行指令。当然，这种速度上的跃升，是以高可靠性为其后盾的。

AVR 单片机硬件结构采取 8 位机与 16 位机的折中策略，即采用局部寄存器存堆（32 个寄存器文件）和单体高速输入/输出的方案（即输入捕获寄存器、输出比较匹配寄存器及其相应控制逻辑）。它提高了指令执行速度（1MIPS/MHz），克服了瓶颈现象，增强了功能；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，故 AVR 单片机在软/硬件开销、速度、性能和成本诸多方面取得了优化平衡，是性价比的单片机。

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、更新。内嵌长寿命的 E<sup>2</sup>PROM 可长期保存关键数据，避免断电丢失。片内大容量的 RAM 能满足一般场合的使用，同时也更有效地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。

AVR 单片机的 I/O 端口线具有全部带有可设置的上拉电阻、可单独设定 I/O、可设定（初始）高阻输入、驱动能力强（可省去功率驱动器件）等特性，使得 I/O 端口资源灵活、功能强大，可充分利用。

AVR 单片机片内具备多种独立的时钟分频器，分别供 URAT、I<sup>2</sup>C、SPI 使用。其中与 8/16 位定时器配合的是具有多达 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 [即脉宽调制 (PWM)] 的设计方法更是令人耳目一新。

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,提高通信的可靠性,方便程序的编写;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 单片机的高速度,中断服务时间短,故可实现高波特率通信。

面向字节的高速硬件串口为 TWI 和 SPI。TWI 与 I<sup>2</sup>C 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 单片机包括自动上电复位电路、独立的看门狗电路、掉电检测 (BOD) 电路,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。

AVR 单片机具有多种省电休眠模式,且可宽电压运行 (2.7~5V),抗干扰能力强,可降低一般 8 位机中的软件抗干扰设计的工作量和硬件的使用量。

AVR 单片机技术体现了单片机集成多种器件,包括 Flash 程序存储器、看门狗、EEPROM、同/异步串行口、TWI、SPI、ADC、定时器/计数器等;集成多种功能,例如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、具有输入捕获和比较匹配输出等多样化功能的定时器/计数器、具有替换功能的 I/O 端口集于一身,充分体现了单片机技术向片上系统 (SoC) 的发展方向过渡。

### 1.1.2 AVR 系列单片机的选型

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:

- (1) 低档 Tiny 系列 AVR 单片机,主要有 Tiny11/12/13/15/26/28 等。
- (2) 中档 AT90S 系列 AVR 单片机,主要有 AT90S1200/2313/8515/8535 等。
- (3) 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。

表 1-1~表 1-3 列出了各种 AVR 单片机的参数性能。开发者可以根据工程需要选取适合的 AVR 单片机。

表 1-1 AVR 系统单片机选型表 (1)

类 型	Flash 程序存储器容量/KB	EEPROM /KB	快速寄存器 SRAM/B	最大 I/O 端口数目	系统时钟/ MHz	供 电 VCC/V	16 位定时器
ATmega128	128	4	4096	53	16	2.7~5.5	2
ATmega16	16	0.5	1024	32	16	2.7~5.5	1
ATmega162	16	0.5	1024	35	16	1.8~5.5	2
ATmega165	16	0.5	1024	54	16	1.8~5.5	1
ATmega168	16	0.5	1024	23	20	1.8~5.5	1
ATmega169	16	0.5	1024	53	16	1.8~5.5	1
ATmega32	32	1	2048	32	16	2.7~5.5	1
ATmega325	32	1	2048	53	16	1.8~5.5	1
ATmega3250	32	1	2048	68	16	1.8~5.5	1
ATmega329	32	1	2048	53	16	1.8~5.5	1

(续)

类 型	Flash 程序存储器容量/KB	EEPROM /KB	快速寄存器 SRAM/B	最大 I/O 端口数目	系统时钟/ MHz	供 电 VCC/V	16 位定时器
ATmega3290	32	1	2048	68	16	1.8~5.5	1
ATmega48	4	0.256	512	23	20	1.8~5.5	1
ATmega64	64	2	4096	53	16	2.7~5.5	2
ATmega645	64	2	4096	53	16	1.8~5.5	1
ATmega6450	64	2	4096	68	16	1.8~5.5	1
ATmega649	64	2	4096	53	16	1.8~5.5	1
ATmega6490	64	2	4096	68	16	1.8~5.5	1
ATmega8	8	0.5	1024	23	16	2.7~5.5	1
ATmega8515	8	0.5	512	35	16	2.7~5.5	1
ATmega8535	8	0.5	512	32	16	2.7~5.5	1
ATmega88	8	0.5	1024	23	20	1.8~5.5	1
ATtiny11	1			6	6	2.7~5.5	—
ATtiny12	1	0.0625		6	8	1.8~5.5	—
ATtiny13	1	0.064	64B+32reg	6	20	1.8~5.5	—
ATtiny15L	1	0.0625		6	1.6	2.7~5.5	—
ATtiny2313	2	0.128	128	18	20	1.8~5.5	1
ATtiny26	2	0.125	128	16	16	2.7~5.5	—
ATtiny28L	2		32	11	4	1.8~5.5	—

表 1-2 AVR 系统单片机选型表 (2)

类 型	8 位定时器	PWM	RTC	SPI	UART	TWI	在线编程 ISP	10 位 ADC	模拟比较器
ATmega128	2	8	Yes	1	2	Yes	Yes	8	Yes
ATmega16	2	4	Yes	1	1	Yes	Yes	8	Yes
ATmega162	2	4	Yes	1	2		Yes		Yes
ATmega165	2	4	Yes	1+USI	1	Yes	Yes	8	Yes
ATmega168	2	3	Yes	1+USART	1	Yes	Yes	8	Yes
ATmega169	2	4	Yes	1+USI	1		Yes	8	Yes
ATmega32	2	4	Yes	1	1	Yes	Yes	8	Yes
ATmega325	2	4	Yes	1+USI	1	Yes	Yes	8	Yes
ATmega3250	2	4	Yes	1+USI	1	Yes	Yes	8	Yes
ATmega329	2	4	Yes	1+USI	1		Yes	8	Yes
ATmega3290	2	4	Yes	1+USI	1		Yes	8	Yes
ATmega48	2	3	Yes	1+USART	1	Yes	Yes	8	Yes
ATmega64	2	8	Yes	1	2	Yes	Yes	8	Yes
ATmega645	2	4	Yes	1+USI	1	Yes	Yes	8	Yes
ATmega6450	2	4	Yes	1+USI	1	Yes	Yes	8	Yes
ATmega649	2	4	Yes	1+USI	1		Yes	8	Yes
ATmega6490	2	4	Yes	1+USI	1		Yes	8	Yes
ATmega8	2	3	Yes	1	1	Yes	Yes	8	Yes
ATmega8515	1	3		1	1		Yes		
ATmega8535	2	4		1	1	Yes	Yes	8	Yes
ATmega88	2	3	Yes	1+USART	1	Yes	Yes	8	Yes
ATtiny11	1								Yes
ATtiny12	1						Yes		Yes
ATtiny13	1	2					Yes	4	Yes
ATtiny15L	2	1					Yes	4	Yes
ATtiny2313	1	4		USI	1		Yes		Yes
ATtiny26	2	2		USI			Yes	11	Yes
ATtiny28L	1								Yes

表 1-3 AVR 系统单片机选型表 (3)

类 型	模拟比 较器	掉电检测 (BOD)	看门狗	片内振 荡器	硬件 乘法	中断	外部中断	自编程 SPM
ATmega128	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	34	8	Yes
ATmega16	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	20	3	Yes
ATmega162	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	28	3	Yes
ATmega165	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	23	17	Yes
ATmega168	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	26	26	Yes
ATmega169	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	23	17	Yes
ATmega32	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	19	3	Yes
ATmega325	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	23	17	Yes
ATmega3250	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	32	17	Yes
ATmega329	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	25	17	Yes
ATmega3290	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	25	32	Yes
ATmega48	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	26	26	Yes
ATmega64	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	34	8	Yes
ATmega645	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	23	17	Yes
ATmega6450	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	32	17	Yes
ATmega649	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	25	17	Yes
ATmega6490	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	25	32	Yes
ATmega8	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	18	2	Yes
ATmega8515		Yes	Yes	Yes	Yes	16	3	Yes
ATmega8535	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	20	3	Yes
ATmega88	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	26	26	Yes
ATtiny11	Yes		Yes	Yes		4	1	
ATtiny12	Yes	Yes	Yes	Yes		5	1	
ATtiny13	Yes	Yes	Yes	Yes	No	9	6	Yes
ATtiny15L	Yes	Yes	Yes	Yes		8	1(+5)	
ATtiny2313	Yes	Yes	Yes	Yes		8	2	Yes
ATtiny26	Yes	Yes	Yes	Yes		11	1	
ATtiny28L	Yes		Yes	Yes		5	2(+8)	

## 1.2 ATmega128 单片机简介

### 1.2.1 AVR 单片机概述

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 单片机的数据吞吐率高达 1MIPS/MHz，故可以缓减系统的功耗和处理速度之间的矛盾。

AVR 单片机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 单片机是 AVR 单片机家族中的高性能单片机，具有比其他型号单片机更高的性能，其结构框图如图 1-1 所示。ATmega128 单片机内部带有 128KB 的系统内可编程 Flash 程序存储器，具有在写的过程中还可以读的能力，即同时读写 (RWW)；4KB 的

EEPROM; 4KB 的 SRAM; 53 个通用 I/O 端口线; 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); 2 个 USART; 面向字节的两线接口 (TWI); 8 通道 10 位 ADC; 可选的可编程增益; 片内振荡器的可编程看门狗定时器; 串行外围设备接口 (SPI); 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; 6 种可以通过软件选择的省电模式。

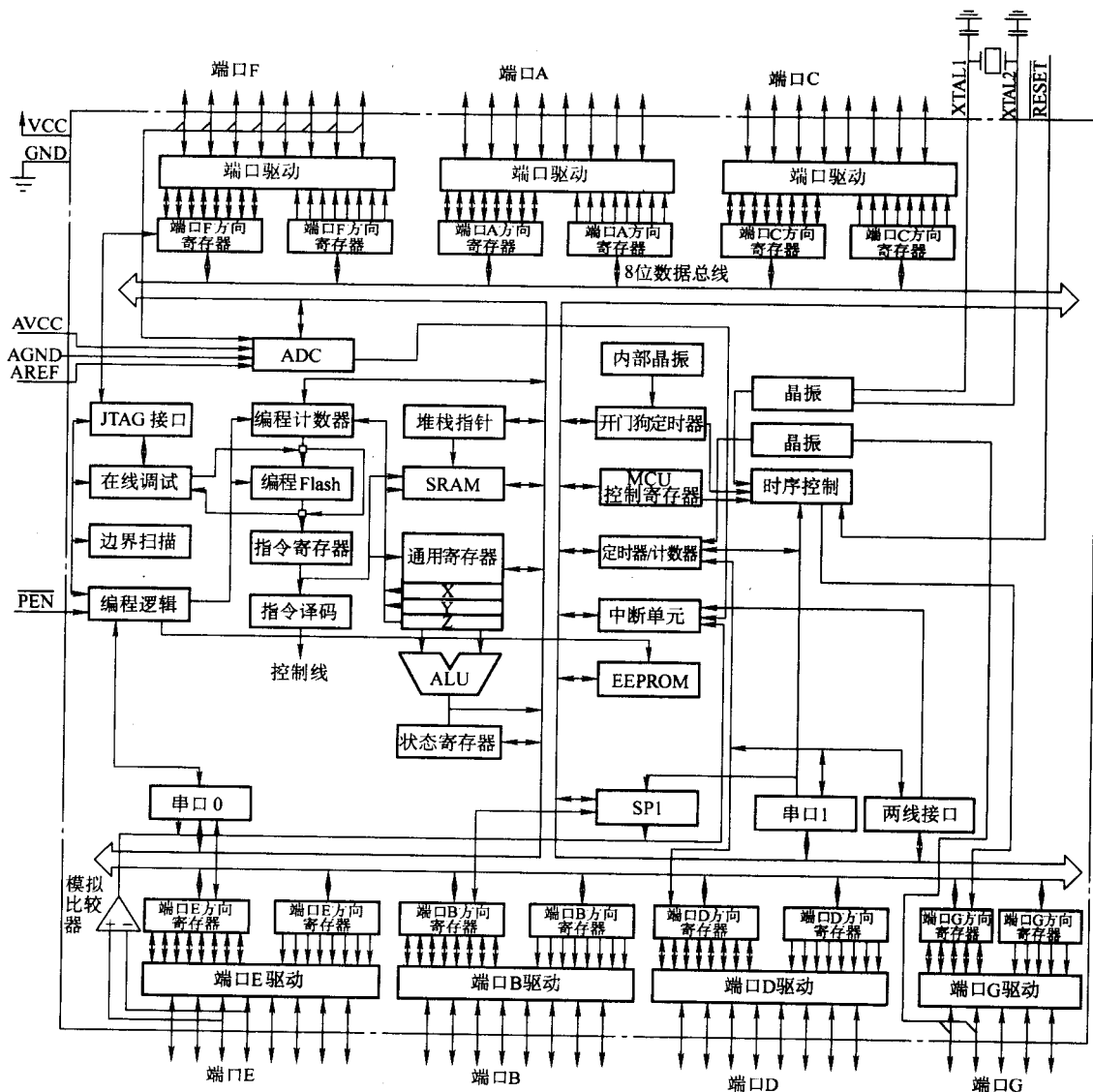


图 1-1 ATmega128 单片机结构框图

空闲模式时, CPU 停止工作, 而 SRAM、T/C、SPI 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, 而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 模式时，则允许振荡器和异步定时器继续工作。

ATmega128 单片机元器件是以 ATMEL 公司的高密度非易失性内存技术生产的。片内 ISP Flash 存储器可以通过 SPI、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 与系统内可编程的 Flash 存储器集成在一个芯片内，ATmega128 单片机为许多嵌入式控制应用提供了灵活且低成本方案。

ATmega128 AVR 单片机有整套的开发工具，包括 C 语言编译器、宏汇编语言、程序调试器/仿真器和评估板。

其具体产品特点如下：

(1) 高性能、低功耗的 8 位微处理器。

(2) 先进的 RISC 结构：

1) 133 条指令，大多数可以在一个时钟周期内完成。

2) 32K×8bit 通用工作寄存器和外设控制寄存器。

3) 全静态工作。

4) 工作于 16MHz 时，性能高达 16MIPS。

5) 只需 2 个时钟周期的硬件乘法器。

(3) 非易失性的程序和数据存储器：

1) 128KB 的系统内可编程，Flash 存储器寿命为 10 000 次写/擦除周期。

2) 具有独立锁定位、可选择的启动代码区，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。

3) 4KB 的 EEPROM，寿命为 100 000 次写/擦除周期。

4) 4KB 的内部 SRAM。

5) 多达 64KB 的优化的外部存储器空间。

6) 可以对锁定位进行编程，以实现软件加密。

7) 可以通过 SPI 实现系统内编程。

(4) JTAG 接口（与 IEEE 1149.1 标准兼容）：

1) 遵循 JTAG 标准的边界扫描功能。

2) 支持扩展的片内调试。

3) 通过 JTAG 接口实现对 Flash 存储器，EEPROM、熔丝位和锁定位的编程。

(5) 外设特点：

1) 2 个具有独立的预分频器和比较器功能的 8 位定时器/计数器。

2) 2 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。

3) 具有独立预分频器的实时时钟计数器。

4) 2 路 8 位 PWM。

5) 6 路分辨率可编程（2~16 位）的 PWM。

6) 输出比较调制器。

7) 8 路 10 位 ADC。

- ① 8 个单端通道。
- ② 7 个差分通道。
- ③ 2 个具有可编程增益 (1x、10x 或 200x) 的差分通道。
- 8) 面向字节的两线接口。
- 9) 2 个可编程的串行 USART。
- 10) 可工作于主机/从机模式的串行外围设备接口 (SPI)。
- 11) 具有独立片内振荡器的可编程看门狗定时器。
- 12) 片内模拟比较器。
- (6) 特殊的处理器特点:
  - 1) 上电复位以及可编程的掉电检测。
  - 2) 片内经过标定的 RC 振荡器。
  - 3) 片内/片外中断源。
  - 4) 6 种睡眠模式: 空闲模式、ADC 噪声抑制模式、省电模式、掉电模式、Standby (待机) 模式以及扩展的 Standby 模式。
  - 5) 可以通过软件进行选择时钟频率。
  - 6) 通过熔丝位可以选择 ATmega103 单片机兼容模式。
  - 7) 全局上拉禁止功能。
- (7) I/O 和封装:
  - 1) 53 个可编程 I/O 端口线。
  - 2) 64 引脚 TQFP 与 64 引脚 MLF 封装。
- (8) 工作电压:
  - 1) 2.7~5.5V (ATmega128L 单片机)。
  - 2) 4.5~5.5V (ATmega128 单片机)。
- (9) 速度等级:
  - 1) 0~8MHz (ATmega128L 单片机)。
  - 2) 0~16MHz (ATmega128 单片机)。

### 1.2.2 ATmega103 单片机与 ATmega128 单片机的兼容性

ATmega128 单片机是一个很复杂的微处理器, 其 I/O 数目为 AVR 指令集所保留的 64 个 I/O 的超集。为了保持对 ATmega103 单片机的兼容性, ATmega103 单片机的 I/O 位置在 ATmega128 单片机得到了保留。多数添加的 I/O 位于扩展的 I/O 空间 \$60~\$FF (即位于 ATmega103 单片机的内部 RAM 空间)。这些地址可以通过 LD/LDS/LDD 和 ST/STS/STD 指令而不是 IN/OUT 指令来访问。对于 ATmega103 单片机用户而言, 内部 RAM 可能还是个问题。此外, 由于中断向量的增加, 若程序使用了绝对地址可能也是个问题。为了解决这些问题, ATmega128 单片机设置了一个熔丝位 M103C。此熔丝位编程后就可以使 ATmega128 单片机工作于 ATmega103 单片机兼容模式。此时扩展 I/O 空间将无法使用, 而内部 RAM 正好与 ATmega103 单片机一致; 同时扩展的中断向量也被取消了。

ATmega128 单片机与 ATmega103 单片机引脚兼容, 可以在印制电路板 (PCB) 上取代 ATmega103 单片机。ATmega103 单片机兼容模式通过编程熔丝位 M103C, 从 RAM、I/O

引脚和中断向量方面，ATmega128 单片机将与 ATmega103 单片机相兼容。但是，ATmega128 单片机的一些新特点也就无法使用了，只能如下所示：

- (1) 只剩下一个 USART，而且只支持异步模式。波特率寄存器只有低 8 位可用。
- (2) 只有一个 16 位的定时器/计数器、两个比较寄存器，而不是两个 16 位定时器/计数器、三个比较寄存器。
- (3) 不支持两线接口。
- (4) 端口 C 只能输出。
- (5) 端口 G 只能用做第二功能，而不能作为通用 I/O 端口。
- (6) 端口 F 只能作为输入，而不能作为 ADC 的模拟输入引脚。
- (7) 不支持引导程序功能。
- (8) 不能够调节片内 RC 振荡器的频率。
- (9) 外部存储器接口无法释放任何一个地址引脚作为通用 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。

### 1.2.3 ATmega128 单片机的引脚功能

ATmega128 单片机的引脚功能与 ATmega103 单片机引脚功能完全兼容，图 1-2 所示为 ATmega128 单片机的引脚排列图，各引脚说明如下：

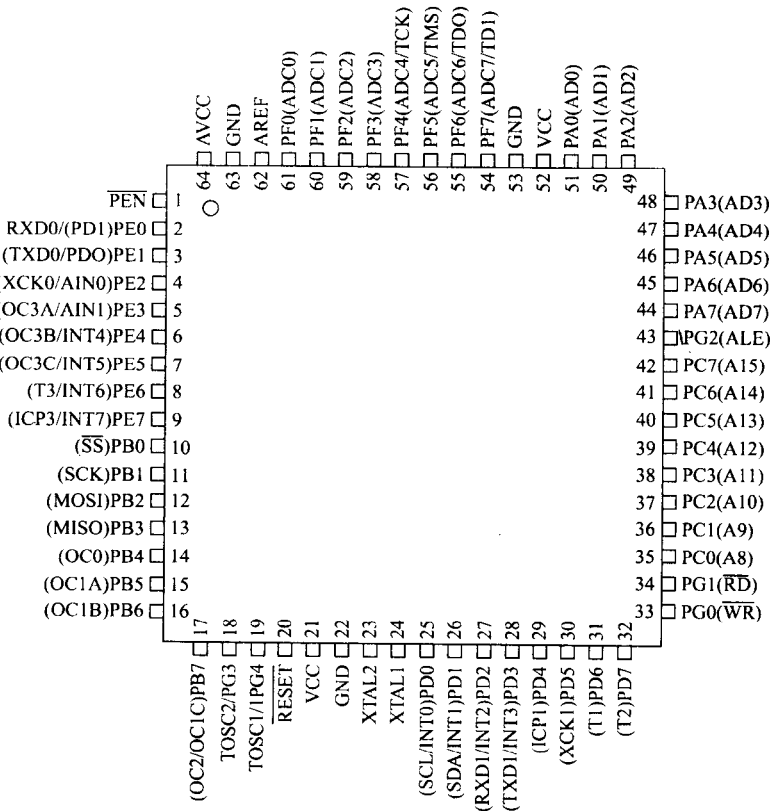


图 1-2 ATmega128 单片机的引脚



(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 端口, 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)、C(PC7~PC0)、D(PD7~PD0)、E(PE7~PE0): 与端口 A 具有相同的 I/O 性能, 但在 ATmega103 单片机兼容模式下, 端口 C 只能作为输出, 而且在复位发生时不是三态。

(5) 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 端口, 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。端口 F 也可以作为 JTAG 接口。在 ATmega103 单片机兼容模式下, 端口 F 只能作为输入引脚。

(6) 端口 G(PG4~PG0): 端口 G 为 5 位双向 I/O 端口, 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。在 ATmega103 单片机兼容模式下, 端口 G 只能作为外部存储器的锁存信号以及 32kHz 振荡器的输入, 并且在复位时, 这些引脚初始化为 PG0=1、PG1=1 以及 PG2=0。PG3 和 PG4 是振荡器引脚。

(7) 端口 A、B、C、D、E、F、G: 都可作为第二功能引脚使用, 详细的用法在第 2 章中叙述。

(8) 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。

(9) XTAL1: 反向振荡放大器及片内时钟操作电路的输入。

(10) XTAL2: 反向振荡放大器的输出。

(11) AVCC: AVCC 为端口 F 以及 ADC 的电源, 需要与 VCC 相连接, 即使没有使用 ADC 也应该如此。使用 ADC 时, 应该通过一个低通滤波器与 VCC 连接。

(12) AREF: AREF 为 ADC 的模拟基准输入引脚。

(13) PEN: PEN 为 SPI 串行下载的使能引脚。在上电复位时, 保持 $\overline{\text{PEN}}$ 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。