



高档 8 位单片机

ATmega128

原理与开发应用指南

(上)

●马潮 编著

ATmega128



北京航空航天大学出版社

高档 8 位单片机 ATmega128 原理与开发应用指南 (上)

马 潮 编著

北京航空航天大学出版社

内 容 简 介

本书(上)详细介绍 ATmega128 的内部结构以及各种外围接口电路的特点和性能,介绍其强大的指令系统和相应的软件开发平台与硬件工具,并对 ATmega128 一些硬件接口在实际应用中的软/硬设计方法与技巧给出深入和细致的使用指南。在本书的下篇中,将全面介绍基于 ATmega128 的应用实例。

本书适合有一定单片机嵌入式系统应用基础的电子工程技术人员、硬件和软件系统设计开发工程师阅读,可作为进一步学习、提高与掌握新型高档 AVR 单片机的参考书以及应用设计参考。本书也可作为高等院校自动化、计算机、仪器仪表、电子等专业高年级学生和研究生的教学与科研开发的参考书。

图书在版编目(CIP)数据

高档 8 位单片机 ATmega128 原理与开发应用指南. 上/
马潮编著. —北京:北京航空航天大学出版社,2004. 12
ISBN 7-81077-571-5

I. 高… II. 马… III. 单片微型计算机, ATmega
128—指南 IV. TP368.1—62

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2004)第 118811 号

高档 8 位单片机 ATmega128 原理与开发应用指南(上)

马 潮 编 著

责任编辑 朱伟锋

*

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(100083) 发行部电话:010-82317024 传真:010-82328026

<http://www.buaapress.com.cn> E-mail: bhpress@263.net

涿州市新华印刷有限公司印装 各地书店经销

*

开本:787×1092 1/16 印张:23.5 字数:602 千字

2004 年 12 月第 1 版 2004 年 12 月第 1 次印刷 印数:5 000 册

ISBN 7-81077-571-5 定价:34.00 元

前 言

单片机就是在一块芯片中集成了 CPU、主要外设和内存的微型计算机。

1983 年 INTEL 公司推出 8051 单片机至今已有 20 年的历史了。由于许多公司对它进行了改造和增强,如美国 ATMEL 公司最早把 8051 内核与其擅长的 Flash 制造技术相结合,推出了可重复擦写 1 000 次以上,低功耗的 89C51/52/1051/2051 系列单片机产品;还有众多的公司也提供各类 8051 兼容的产品。因此在 8 位单片机中,8051 仍占据着重要的份额,直到现在还在大量地使用。

随着技术的发展和进步,以及市场对产品功能和性能的要求不断提高,使得作为单片嵌入式系统的核心——单片机,朝着多功能、多选择、高速度、低功耗、低价格、大存储容量和强 I/O 功能等方向发展。由于 8051 其本身结构的限制,51 单片机显现出了许多致命的缺陷,不能很好地适应中高档产品的应用开发。因此,继 8051 之后世界上许多公司不断推出了各种系列型号且性能优于 8051 的新型单片机芯片,以迎合市场的需要。

ATMEL 公司于 1997 年推出了采用先进 RSIC 结构,比 8051 性能更加优越的 AVR 单片机系列。特别是近几年里推出的 AVR 高档 MEGA 系列的单片机,其在结构、性能、可靠性等方面都独具特色,在 8 位高档单片机中堪称佼佼者。该单片机正受到越来越多的工程师的喜欢,并强有力地冲击着 8051 单片机的市场,其推广和应用有很大的发展前景。

在我国,学习和使用 AVR 单片机的工程技术人员越来越多,但目前国内出版的介绍 AVR 单片机的资料和书籍却很少(远远少于介绍 8051 的书籍),对 MEGA 系列单片机的结构和使用进行详细介绍的书只有一本,也仅仅是对 MEGA 系列中最简单的 ATmega8 做了介绍。ATmega128 是 MEGA 系列中性能最好的一款,更能全面体现和代表 MEGA 的特点和性能。本书内容以 ATmega128 为主线,详细介绍 MEGA 单片机的硬件结构、工作原理、指令系统和应用设计,并给出一些 MEGA 单片机所具有的特殊专用硬件接口的应用设计实例和参考。

本书能开阔国内单片嵌入式系统开发和设计人员的视野,为促进学习、掌握、应用最新和最好的芯片和应用技术,为研制和开发中高档电子产品和系统提供有益的参考、帮助和支持。

本书共分 5 章。第 1 章对 AVR 单片机进行了简要的介绍,并对 ATmega128 的性能、特点做了概述。第 2 章是本书的重点,对 ATmega128 单片机芯片硬件结构进行了详细说明。同其它 8 位单片机相比,ATmega128 片内集成了更多的功

能强大和优化的外围接口,因此它的硬件结构显得比较复杂。本章内容主要根据 ATmega128 的英文器件手册翻译、整理而成,由于篇幅的限制以及时间的关系,同时为适于读者对照英文原文,本章内容基本沿袭了英文器件手册的叙述结构,并省略了特性曲线、JTAG 边界监测等部分内容。第 3 章介绍了 ATmega128 单片机的指令结构和系统,以及每条指令的功能,最后给出一个完整的 AVR 汇编实例,以帮助读者掌握使用 AVR 汇编编写系统程序。第 4 章介绍用于开发 ATmega128 系统的软/硬件开发环境和开发工具。在本章中仅简单介绍了几个常用 AVR 高级语言开发软件的主要特点和性能,读者在具体学习和应用中,还需要参考相关的详细介绍这些软件如何使用的书籍。第 5 章的内容没有对 ATmega128 的一些基本应用、相关通信协议以及基于传统的单片机(如 8051)设计方法和应用做详细的介绍,而是根据 ATmega128 的硬件特点,以及作者在多年使用 AVR 过程中积累的实际经验,给出一些比较优化的,能够体现 ATmega128 特性和实用价值的设计方案和思路,以及使用 ATmega128 时需要注意的问题等。该章中的一些设计实例、设计思想和方法,读者可在设计中直接使用,但更主要的是希望它们能起到抛砖引玉的作用,便于读者从更深层次上了解 AVR 的特性,发挥自己的才能,举一反三,设计出更加完美、可靠的系统。

作为一款高档的 8 位单片机,ATmega128 更加适合在中高档、比较复杂的电子系统中应用。因此,本书下篇将从实时嵌入式操作系统出发,以一块具有“模块独立、开放、灵活”等特点的多功能嵌入式 ATmega128 实验应用开发板为基础(见本书 4.2 节),介绍一些高级应用的设计和实现。具体内容包括:实时嵌入式操作系统的基本原理,基于 ATmega128 的 $\mu\text{C}/\text{OS}-\text{II}$ 实时嵌入式操作系统的移植,基本外围接口(键盘、LED/LCD 显示、异步通信)嵌入式构件的实现,符合 IEEE802.3 标准的网络接口设计,TCP/IP 协议与小型嵌入式 WEB 的设计与实现,简易 FAT 文件系统的实现,USB 接口的设计与实现,IDE 硬盘接口的设计与实现等。

本书由马潮(ma-chao@online.sh.cn)主编。第 1、2、3、5 章均由马潮执笔;第 4 章内容由华东师范大学电子系研究生吴敏琪同学起草,马潮执笔修改;华东师范大学电子系研究生李德领和本科生张佳罡同学参与了部分英文资料翻译工作;在此一并表示感谢。同时还要感谢我的夫人李小英副教授,她不仅为本书编写做了许多文字图表的整理工作,还承担了更多的家务,让我有时间和精力投入工作。

由于本人的经验和水平有限,加上时间仓促,书中难免有错误和疏漏之处,敬请读者批评指正。

作 者

于上海 华东师范大学

2004 年 8 月

目 录

第 1 章 ATmega128 单片机	1
1.1 AVR 单片机	1
1.2 ATmega128 单片机	6
第 2 章 ATmega128 硬件结构	13
2.1 ATmega128 MCU 内核	13
2.2 ATmega128 存储器组织	20
2.3 外部存储器扩展	27
2.4 系统时钟和时钟选择	35
2.5 电源管理和休眠模式	42
2.6 系统复位	46
2.7 中断向量	52
2.8 I/O 端口	58
2.9 外部中断	72
2.10 定时器/计数器	74
2.11 同步串行接口 SPI	123
2.12 通用同步/异步串行接口 USART	130
2.13 两线串行 TWI(I ² C)总线接口	150
2.14 模拟比较器	165
2.15 模/数转换接口 ADC	168
2.16 JTAG 接口与在线调试系统	180
2.17 引导加载支持的自编程功能	193
2.18 ATmega128 存储器编程	206
2.19 E ² PROM 数据存储器读/写访问	227
第 3 章 ATmega128 指令系统	232
3.1 ATmega128 指令总述	233
3.2 算术和逻辑指令	245
3.3 跳转指令	251
3.4 数据传送指令	258
3.5 位操作和位测试指令	262
3.6 MCU 控制指令	266
3.7 AVR 汇编语言系统	267

3.8	AVR 汇编语言实例	274
第 4 章	ATmega128 开发平台与工具	284
4.1	AVR 开发平台概述	284
4.2	ATmega128 开发工具	287
4.3	自制 ISP 下载电缆	296
4.4	AVR STUDIO 集成开发环境使用简介	298
第 5 章	ATmega128 设计与应用指南	305
5.1	ATmega128 熔丝位的配置	305
5.2	自引导 IAP 的应用设计	309
5.3	串行接口 UART 接口应用设计	318
5.4	片内 E ² PROM 应用设计	328
5.5	外部并行接口器件扩展	331
5.6	ADC 转换接口应用设计要点	334
5.7	串行接口 SPI 接口应用设计	336
5.8	中断应用设计要点	339
5.9	定时器/计数器应用设计	341
5.10	串行接口 TWI 接口应用设计	346
附录	ATmega128 熔丝位汇总	360
参考文献		367

第 1 章 ATmega128 单片机

1.1 AVR 单片机

1.1.1 AVR 单片机简介

ATMEL 公司是世界上著名的生产高性能、低功耗、非易失性存储器和各种数字模拟 IC 芯片的半导体制造公司。在单片机微控制器方面,ATMEL 公司有基于 8051 内核、基于 AVR 内核和基于 ARM 内核的 3 大系列单片机产品。ATMEL 公司在其单片机产品中,融入了先进的 E²PROM 电可擦除和 Flash ROM 闪速存储器技术,使得该公司的单片机具备了优秀的品质,在结构、性能等方面都有明显的优势。

ATMEL 公司把 8051 内核与其擅长的 Flash 存储器技术相结合,是国际上最早推出片内集成可重复擦写 1 000 次以上 Flash 程序存储器、采用低功耗 CMOS 工艺的 8051 兼容单片机的生产商之一。市场上家喻户晓的 AT89C51、AT89C52、AT89C1051、AT89C2051 就是 ATMEL 公司生产的基于 8051 内核的系列单片机中的典型产品(现在已升级换代为 AT89Sxx 系列,采用 ISP 在线编程技术)。该系列单片机一直在我国的单片机市场上占有相当大的份额。

8051 结构的单片机采用复杂指令系统 CISC(Complex Instruction Set Computer)体系。由于 CISC 结构存在指令系统不等长,指令数多,CPU 利用效率低,执行速度慢等缺陷,已不能满足和适应设计中高档电子产品和嵌入式系统应用的需要。ATMEL 公司发挥其 Flash 存储器技术的特长,于 1997 年研发和推出了全新配置采用精简指令集 RISC(Reduced Instruction Set CPU)结构的新型单片机,简称 AVR 单片机。

精简指令集 RISC 结构是 20 世纪 90 年代开发出来的一种综合了半导体集成技术并可提高软件性能的新结构,是为了提高 CPU 运行的速度而设计的芯片体系。它的关键技术在于采用流水线操作(Pipelining)和等长指令体系结构,使一条指令可以在一个单独操作中完成,从而实现在一个时钟周期里完成一条或多条指令。同时 RISC 体系还采用了通用快速寄存器组的结构,大量使用寄存器之间的操作,简化了 CPU 中处理器、控制器和其它功能单元的设计。因此,RISC 的特点就是通过简化 CPU 的指令功能,使指令的平均执行时间缩短,从而提高 CPU 的性能和速度。在使用相同的晶片技术和相同的运行时钟下,RISC 系统的运行速度是 CISC 的 2~4 倍。正由于 RISC 体系所具有的优势,使得它在高端系统得到了广泛的应用。例如,ARM 以及大多数 32 位的处理器都采用 RISC 体系结构。

ATMEL 公司的 AVR 是 8 位单片机中第一个真正的 RISC 结构的单片机。它采用了大型快速存取寄存器组、快速的单周期指令系统以及单级流水线等先进技术,使得 AVR 单片机具有高达 1 MIPS/MHz 的高速运行处理能力。

AVR 采用流水线技术,在前一条指令执行的时候,就取出现行的指令,然后以一个周期执行指令,大大提高了 CPU 的运行速度。而在其它的 CISC 以及类似的 RISC 结构的单片机中,

外部振荡器的时钟被分频降低到传统的内部指令执行周期,这种分频最高达 12 倍(8051)。

另外一点,传统的基于累加器的结构单片机(如 8051),需要大量的程序代码来完成和实现在累加器和存储器之间的数据传送。而在 AVR 单片机中,由于采用 32 个通用工作寄存器构成快速存取寄存器组,用 32 个通用工作寄存器代替了累加器,从而避免了在传统结构中累加器和存储器之间数据传送造成的瓶颈现象,进一步提高了指令的运行效率和速度。

随着电子产品更新换代的周期缩短以及不断向高端发展,为了加快产品进入市场和简化系统的设计、开发、维护和支持,对于以单片机为核心所组成的高端嵌入式系统来说,用高级语言编程已成为一种标准设计方法。AVR 单片机采用 RISC 结构,其目的就是在于能够更好地采用高级语言(例如 C 语言、BASIC 语言)来编写嵌入式系统的系统程序,从而能高效地开发出目标代码。

AVR 单片机采用低功率、非挥发的 CMOS 工艺制造,内部分别集成 Flash、E²PROM 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 AVR 单片机的 Flash 程序存储器和 E²PROM 数据存储器进行编程外,大多数的 AVR 单片机还具有 ISP 在线编程以及 IAP 在应用编程的特点。这些优点为使用 AVR 单片机开发设计和生产产品提供了极大的方便,在产品的设计生产中,可以“先装配后编程”,从而缩短了研发周期,简化了工艺流程,并且还可以节约购买开发仿真编程器的费用。同样,对于学习和使用 AVR 单片机的用户来说,也不必购买昂贵的开发仿真硬件设备,只需要具备一套好的 AVR 开发软件平台,就可以从事 AVR 单片机系统的学习、设计和开发工作了。

1.1.2 AVR 单片机系列产品

ATMEL 公司的 AVR 单片机有 3 个系列的产品。为满足不同的需求和应用,ATMEL 公司对 AVR 单片机的内部资源进行了相应的扩展和删减,推出了 tinyAVR、low power AVR 和 megaAVR,分别对应低、中、高 3 个不同档次数十种型号的产品(见表 1.1)。

表 1.1 AVR 单片机分类

8 位 AVR 单片机 RISC 结构		存储器配备		
系列	封装	Flash	SRAM	E ² PROM
tinyAVR	8~32 脚	1~2 KB	最大 128 字节	最大 128 字节
low power AVR	8~44 脚	1~8 KB	最大 1 KB	最大 512 字节
megaAVR	28~64 脚	8~128 KB	最大 4 KB	最大 4 KB

对于 3 个系列的所有型号单片机,其内核都是采用相同的 AVR 内核,指令系统兼容;只是在内部资源、片内集成外围接口和功能上有所不同,引脚数从 8 到 64 脚,价格从几元到几十元,用户可以根据需要选择。表 1.2~1.5 为 AVR 3 个系列单片机的选型表。

自 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 low power AVR 单片机中 AT90S 系列的生产,而用性能更加优越的 mega 系列代替。如停止 AT90S4414 的生产,用 ATmega8515 替代 AT90S8515,用 ATmega8535 替代 AT90S8535,用 ATmega8 代替 AT90S4433 等。由于 mega 系列单片机的性能更加完善,使用更加方便,功能更加强大,因此,ATMEL 公司今后将以 mega 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。从表 1.2~1.5 可以看出,目前 tinyAVR 和 mega 系列的单片机已成为了 AVR 的主流。

mega 系列单片机不仅性能优越,同时有非常好的性能价格比。引脚数最少(28 个引脚)的 ATmega8,在我国国内市场上的价格不超过 20 元人民币,却有 1 KB 的 SRAM、8 KB 的 Flash、512 字节的 E²PROM,以及 USART、SPI、8 路 10 位 ADC、Watchdog、RTC、ISP、IAP、TWI(I²C)、片内高精度 RC 振荡器等多种功能的接口和特性。

表 1.2 tinyAVR 系列单片机

型 号 特 性	ATtiny11	ATtiny12	ATtiny13	ATtiny15L	ATtiny26	ATtiny26L	ATtiny28L	ATtiny28V	ATtiny2313
Flash/KB	1	1	1	1	2	2	2	2	2
E ² PROM/字节	—	64	64	64	128	128	—	—	128
快速寄存器	32	32	32	32	32	32	32	32	32
SRAM/字节	0	0	0	0	128	128	0	0	128
I/O 引脚	6	6	6	6	16	16	11	11	18
中断数目	4	5	9	8	11	11	5	5	8
外部中断口	1	1	6	1(+5)	1	1	2(+8)	2(+8)	2
SPI	—	—	—	—	USI	USI	—	—	USI
USART	—	—	—	—	—	—	—	—	1
TWI	—	—	—	—	—	—	—	—	—
硬件乘法器	—	—	—	—	—	—	—	—	—
8 位定时器	1	1	1	2	2	2	1	1	1
16 位定时器	—	—	—	—	—	—	—	—	1
PWM 通道	—	—	2	1	2	2	—	—	4
模拟比较器	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y
10 位 A/D 通道	—	—	4	4	11	11	—	—	—
掉电检测 BOD	—	Y	Y	Y	Y	Y	—	—	Y
Watchdog	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y
片内系统时钟	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y
在线编程 ISP	—	Y	Y	Y	Y	Y	—	—	Y
自编程 SPM	—	—	Y	—	—	—	—	—	Y
debug WIRE	—	—	Y	—	—	—	—	—	Y
V _{cc} /V (最低)	2.7	1.8	1.8	2.7	4.5	2.7	2.7	1.8	1.8
(最高)	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	0~16	0~8	0~4	0~1	0~20
封装形式	PDIP8 SOIC8	PDIP8 SOIC8	PDIP8 SOIC8	PDIP8 SOIC8	PDIP20 SOIC20 MLF32	PDIP20 SOIC20 MLF32	PDIP28 TQFP32	PDIP28 TQFP32	PDIP20 SOIC20 MLF32

注:源于 2004 年 7 月 ATMEL 网站。

表 1.3 low power AVR 系列单片机

型号	AT90S1200	AT90S2313	型号	AT90S1200	AT90S2313
Flash/KB	1	2	16 位定时器	—	1
E ² PROM/字节	64	128	PWM 通道		1
快速寄存器	32	32	模拟比较器	Y	Y
SRAM/字节	—	128	10 位 A/D 通道	—	—
Max I/O 引脚	15	15	Watchdog	Y	Y
中断数目	3	10	在线编程 ISP	Y	Y
外部中断口	1	2	自编程 SPM	—	—
SPI	—	—	V _{CC} /V (最低)	2.7	2.7
UART	—	1	(最高)	6.0	6.0
TWI	—	—	系统时钟/MHz	0~12	0~10
硬件乘法器	—	—	封装形式	PDIP20 SOIC20 SSOP20	PDIP20 SOIC20
8 位定时器	1	1			

注：源于 2004 年 7 月 ATMEL 公司网站。

表 1.4 megaAVR 系列单片机

型号	ATmega8	ATmega8L	ATmega48	ATmega88	ATmega168
Flash/KB	8	8	4	8	16
E ² PROM/字节	512	512	256	512	512
快速寄存器	32	32	32	32	32
SRAM/字节	1K	1K	512	1K	1K
Max I/O 引脚	23	23	23	23	23
中断数目	18	18	26	26	26
外部中断口	2	2	26	26	26
SPI	1	1	1+USART	1+USART	1+USART
USART	1	1	1	1	1
TWI	1	1	1	1	1
硬件乘法器	Y	Y	Y	Y	Y
8 位定时器	2	2	2	2	2
16 位定时器	1	1	1	1	1
PWM 通道	3	3	3	3	3
实时时钟 RTC	Y	Y	Y	Y	Y

续表 1.4

型 号	ATmega8	ATmega8L	ATmega48	ATmega88	ATmega168
特 性					
10 位 A/D 通道	8	8	8	8	8
模拟比较器	Y	Y	Y	Y	Y
掉电检测 BOD	Y	Y	Y	Y	Y
Watchdog	Y	Y	Y	Y	Y
片内系统时钟	Y	Y	Y	Y	Y
debugWIRE	—	—	Y	Y	Y
在线编程 ISP	Y	Y	Y	Y	Y
自编程 SPM	Y	Y	Y	Y	Y
V_{CC}/V (最低)	4.5	2.7	1.8	1.8	1.8
(最高)	5.5	5.5	5.5	5.5	5.5
系统时钟/MHz	0~16	0~8	0~20	0~20	0~20
封装形式	PDIP28 MLF32 TQFP32	PDIP28 MLF32 TQFP32	PDIP28 MLF32 TQFP32	PDIP28 MLF32 TQFP32	PDIP28 MLF32 TQFP32

注：源于 2004 年 7 月 ATMEL 公司网站。

表 1.5 megaAVR 系列单片机

型 号	ATmega8515	ATmega8535	ATmega16	ATmega32	ATmega64	ATmega162	ATmega165	ATmega169	ATmega128	ATmega128L
Flash/KB	8	8	16	32	64	16	16	16	128	128
E ² PROM/字节	512	512	512	1K	2K	512	512	512	4K	4K
快速寄存器	32	32	32	32	32	32	32	32	32	32
SRAM/字节	512	512	1K	2K	4K	1K	1K	1K	4K	4K
I/O 引脚	35	32	32	32	53	35	54	54	53	53
中断数目	16	20	20	19	34	28	23	23	34	34
外部中断口	3	3	2	3	8	3	17	17	8	8
SPI	1	1	1	1	1	1	1+USI	1+USI	1	1
USART	1	1	1	1	2	2	1	1	2	2
TWI	—	Y	Y	Y	Y	—	Y	Y	Y	Y
硬件乘法器	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y
8 位定时器	1	2	2	2	2	2	2	2	2	2
16 位定时器	1	1	1	1	2	2	1	1	2	2

续表 1.5

型 号	ATmega515	ATmega535	ATmega16	ATmega32	ATmega64	ATmega162	ATmega165	ATmega169	ATmega128	ATmega128L
特 性										
PWM 通道	3	4	3	4	8	4	4	4	8	8
实时时钟 RTC			Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y
10 位 A/D 通道	—	8	8	8	8	—	8	8	8	8
模拟比较器	—	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y
掉电检测 BOD	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y
Watchdog	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y
片内系统时钟	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y
JTAG 接口	—	—	—	—	—	Y	Y	Y	Y	Y
在线编程 ISP	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y
自编程 SPM	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y
V _{CC} /V (最低)	2.7	2.7	4.5	4.0	4.5	4.5	4.5	4.5	4.5	2.7
(最高)	5.5	5.5	5.5	5.5	5.5	5.5	5.5	5.5	5.5	5.5
系统时钟/MHz	0~16	0~16	0~16	0~16	0~16	0~16	0~16	0~16	0~16	0~8
封装形式	TQFP44 PDIP40 MLF44 PLCC44	TQFP44 PDIP40 MLF44 PLCC44	PDIP40 MLF44 TQFP44	PDIP40 MLF44 TQFP44		PDIP40 MLF44 TQFP44			TQFP64 MLF64	TQFP64 MLF64

注：源于 2004 年 7 月 ATMEL 公司网站。

在 mega 系列 AVR 单片机中, ATmega128 是配置全、功能强的一款。因此, 全面了解 ATmega128 的硬件结构, 掌握它的特性和应用, 将会对使用 mega 系列单片机开发中高端嵌入式系统有很大的帮助。本书将全面介绍 ATmega128 单片机的硬件结构、指令系统, 并给出 ATmega128 的一些高级应用的设计实例。

为了使国内用户深入了解和掌握 ATmega128 的开发与应用, 广州双龙电子有限公司推出了 SL-MEGA128 开发实验器(评估系统)。该开发实验器充分考虑到 ATmega128 的性能特点, 在硬件上设计了与其配套的电路接口; 同时也给用户相应的软件模块, 使用户能快速上手, 了解和熟悉 ATmega128, 设计出适合自己的产品。

1.2 ATmega128 单片机

1.2.1 ATmega128 的结构与主要特点

ATmega128 是一款基于 AVR 内核, 采用 RISC 结构, 低功耗 CMOS 的 8 位单片机。由于在一个时钟周期内执行一条指令, ATmega128 可以达到接近 1 MIPS/MHz 的性能。图 1.1

为 ATmega128 的结构图。

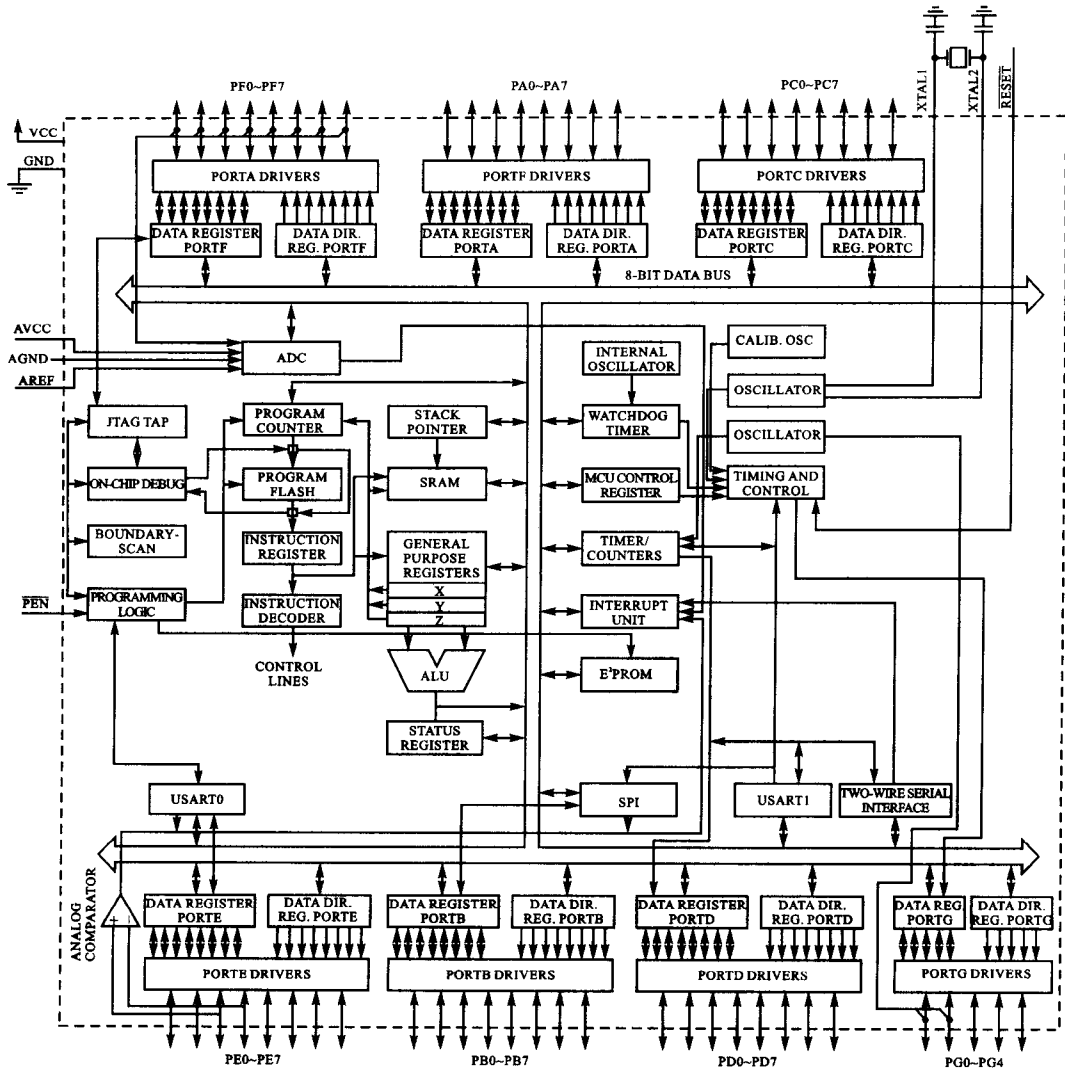


图 1.1 ATmega128 结构框图

AVR 单片机的内核将 32 个工作寄存器和丰富的指令集联结在一起,所有的工作寄存器都与 ALU(算逻单元)直接相连,实现了在一个时钟周期内执行的一条指令可以同时访问两个独立的寄存器。这种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。

ATmega128 具有以下特点:128 KB 的可在系统编程/应用编程(ISP/IAP)Flash 程序存储器,4 KB E²PROM,4KB SRAM,32 个通用工作寄存器,53 个通用 I/O 口,实时时钟计数器(RTC),4 个带有比较模式灵活的定时器/计数器,2 个可编程的 USART 接口,1 个 8 位面向字节的 TWI(I²C)总线接口,8 通道单端或差分输入的 10 位 ADC(其中一个差分通道为增益可调的),可编程带内部振荡器的看门狗定时器,一个 SPI 接口,一个兼容 IEEE 1149.1 标准的 JTAG 接口(用于在线仿真调试和程序下载),6 种可通过软件选择的节电模式。

当单片机工作于空闲模式时,CPU 将停止运行,而 SRAM、定时器/计数器、SPI 口和中断系统则继续工作。工作在掉电模式时,振荡器停止工作,所有其它功能都被禁止,但寄存器内容得到保留,只有外部中断或硬件复位时才退出此状态。在省电模式时,芯片的所有功能被禁止(处于休眠),只有异步时钟正常工作,以维持时间基准。当工作在 ADC 噪声抑制模式时,CPU 和它的 I/O 模块都停止运行,只有 ADC 和异步时钟正常工作,以减少 ADC 转换过程中的开关噪声。在待机模式时,CPU 和它的 I/O 模块都停止运行,但系统振荡器仍在运行,这使得系统在低功耗时可以很快地启动。

ATmega128 采用了 ATMEL 的高密度非易失性内存技术,片内 Flash 可以通过 SPI 接口+通用编程器,或通过 JTAG 接口,或使用自引导 BOOT 程序进行编程和自编程。利用自引导 BOOT 程序,可以使芯片在工作过程中通过任一硬件串行通信接口下载应用程序,并写入到 Flash 的应用程序区中(IAP)。在更新 Flash 的应用程序区数据时,处在 Flash 的 BOOT 区中的自引导程序将继续执行,实现了同时读/写(Read-While-Write)的功能(芯片自编程功能)。由于将增强 RISC 8 位 CPU 与在系统编程和在应用编程的 Flash 存储器集成在一个芯片内,ATmega128 成为功能强大的单片机,为许多嵌入式控制应用提供了灵活而低成本的解决方案。

ATmega128 具有一整套的编程和系统开发工具,包括:宏汇编编译器、C 语言编译器、在线调试/仿真器和评估板。

1.2.2 ATmega128 的主要性能

ATmega128 是 AVR 高档 mega 系列单片机中内部接口丰富、功能最齐全的品种。它的主要性能如下:

- ◆ 高性能、低功耗的 8 位 AVR 微控制器
- ◆ 采用先进的 RISC 架构
 - 133 条功能强大的指令,大多数为单时钟周期指令。
 - 32 个 8 位通用工作寄存器+外围 I/O 口控制寄存器。
 - 工作在 16 MHz 时具有 16 MIPS 的性能。
 - 硬件乘法器(执行速度为 2 个时钟周期)。
- ◆ 片内集成了大容量的非易失性程序存储器、数据存储器以及工作存储器
 - 128 KB Flash 程序存储器,擦写次数: >1 万次,支持在系统编程(In-System Reprogrammable)和在应用编程(IAP)。
 - 带有独立加密位的可选 BOOT 区,可通过 BOOT 区内的引导程序区(用户自己写入)来实现 IAP 编程(In-System Reprogramming by On-chip Boot Program)。
 - 4 KB 的 E²PROM,擦写次数: 10 万次。
 - 4 KB 内部 SRAM。
 - 支持最大为 64 KB 的外部存储器扩展。
 - 可编程的程序加密位。
 - 通过 SPI 接口实现在系统编程(ISP)。
- ◆ JTAG 接口(兼容 IEEE 1149.1 标准)
 - 具备 JTAG 标准的边界扫描功能(Boundary-Scan)。

- 支持在线仿真调试(Extensive On-chip Debug)。
- 支持对 Flash、E²PROM、芯片熔丝位和保密锁定位的编程。
- ◆ 外部(Peripheral)性能
 - 2 个具有比较模式的带预分频器(Separate Prescale)的 8 位定时器/计数器。
 - 2 个带预分频器,具有比较和捕获模式的 16 位定时器/计数器。
 - 1 个具有独立振荡器的异步实时时钟(RTC)。
 - 2 个 8 位 PWM 通道。
 - 6 个 PWM 通道,可实现任意 2~16 位、相位和频率可调的 PWM 脉宽调制输出。
 - 输出比较模块。
 - 8 通道 10 位 A/D 转换:
 - 8 个单端输入通道;
 - 7 个双端输入通道;
 - 2 个可编程增益为 1x、10x 或 200x 双端输入通道。
 - 1 个面向字节的 WTI(I²C 兼容)串行接口,支持主/从(Master/Slave)、收/发 4 种工作方式,支持自动总线仲裁。
 - 2 个增强型可编程串行 USART 接口,支持同步、异步以及多机通信自动地址识别。
 - 1 个主/从、收/发的 SPI 同步串行接口。
 - 带片内 RC 振荡器的可编程看门狗定时器。
 - 片内模拟比较器。
- ◆ 特殊的微控制器性能
 - 上电复位和可编程的低电压检测电路(BOD)。
 - 内部集成了可选择频率(1/2/4/8 MHz)、可校准的 RC 振荡器(25 °C、5 V、1 MHz 时精度为±1%)。
 - 外部和内部的中断源 18 个。
 - 6 种睡眠模式:
 - 空闲模式(Idle);
 - ADC 噪声抑制模式(ADC Noise Reduction);
 - 省电模式(Power-save);
 - 掉电模式(Power-down);
 - 待机模式(Standby);
 - 扩展待机模式(Extended Standby)。
 - 可选的 ATmega103 兼容工作方式。
 - I/O 引脚上拉电阻全局禁止设定。
- ◆ I/O 口和封装
 - 53 个可编程 I/O 口,可任意定义 I/O 的输入/输出方向;输出时为推挽输出,驱动能力强,可直接驱动 LED 等大电流负载;输入口可定义为三态输入,可以设定带内部上拉电阻,省去外接上拉电阻。
 - 64 脚 TQFP 封装和 64 脚 MLF 封装。
- ◆ 工作电压

- 2.7~5.5 V(ATmega128L)。
- 4.5~5.5 V(ATmega128)。
- ◆ 运行速度
 - 0~8 MHz(ATmega128L)。
 - 0~16 MHz(ATmega128)。
- ◆ 典型功耗(4 MHz,3 V,25 °C)
 - 正常模式(Active): Max 5 mA(ATmega128L)。
 - 空闲模式(Idle Mode): Max 2 mA(ATmega128L)。
 - 掉电模式(Power-down Mode): Max 25 μA(ATmega128L)。

ATmega128 与另一款 megaAVR 产品 ATmega103 的引脚完全兼容。同时,为了保证在内部工作方式上也与 ATmega103 兼容,可以设定 ATmega128 工作在 ATmega103 兼容模式,此时使用 ATmega128 就可以直接替代 ATmega103。

1.2.3 ATmega128 的封装与引脚

ATmega128 采用 64 脚 TQFP 表面贴片形式的封装,图 1.2 为其封装图。

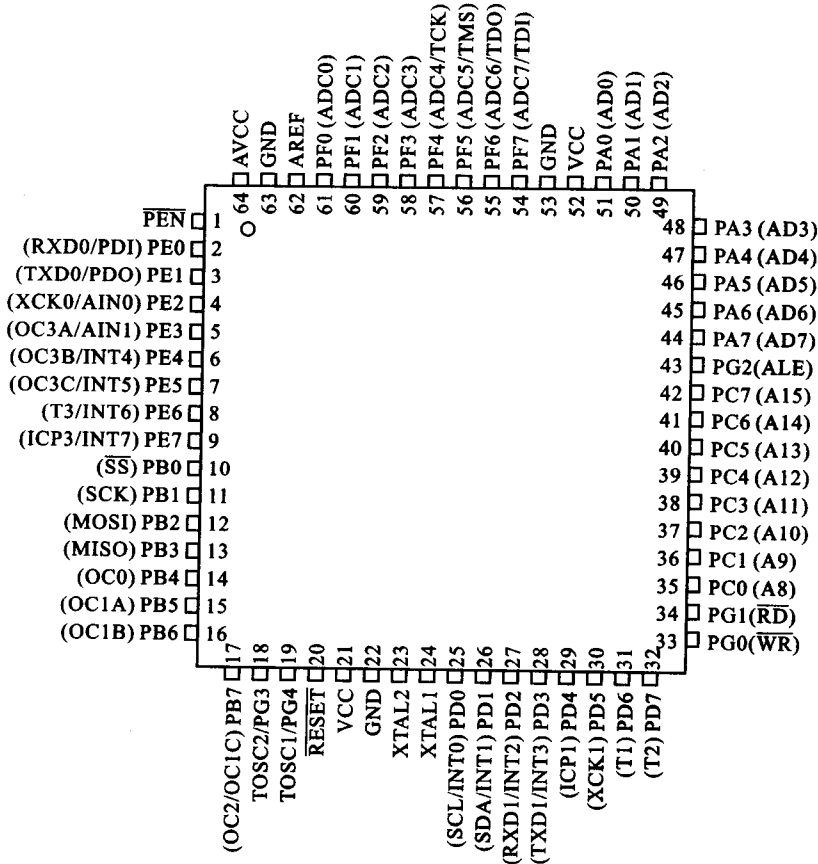


图 1.2 ATmega128 芯片引脚图