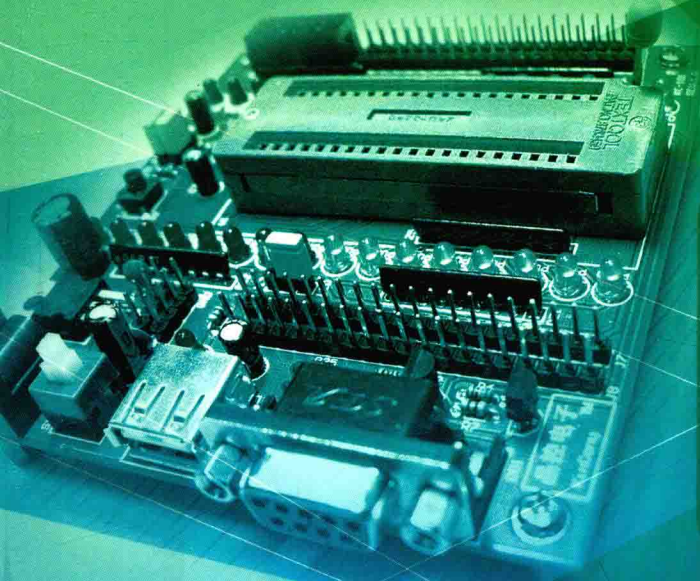


AVR DANPIANJI
KAIFA YU YINGYONG SHILI

AVR单片机

开发与应用实例

张校铭 主编



- 基础知识
- 硬件结构、指令集、各典型接口的应用
- 在电气控制系统中的应用实例
- 各种传感器的应用实例
- 综合应用设计案例



中国电力出版社
CHINA ELECTRIC POWER PRESS

AVR DANPIANJI
KAIFA YU YINGYONG SHILI

AVR单片机 开发与应用实例

主 编 张校铭
副主编 曹振华 朱 雷



中国电力出版社
CHINA ELECTRIC POWER PRESS

内 容 提 要

本书从工程实践角度出发,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分析等。本书共分为 11 章,第 1 章介绍了 AVR 单片机的基础知识;第 2 章~第 8 章以 ATmega128 单片机为例讲解了 AVR 单片机的系统开发工具、硬件结构、指令系统和各典型接口的应用等,其中还穿插讲解了 C 语言编程基础;第 9 章讲解了 AVR 单片机在电气控制系统中的应用实例;第 10 章讲解了各种传感器的应用实例;第 11 章的内容讲解了 AVR 单片机的综合应用设计实例。

本书内容丰富、深入浅出、图文并茂,书中收集了大量的 AVR 单片机设计实例电路图及程序案例,并配以详尽的文字讲解,适合从事单片机技术的开发人员使用,同时可作为相关专业在校师生的参考用书。

图书在版编目 (CIP) 数据

AVR 单片机开发与应用实例/张校铭主编. —北京:中国电力出版社,2018.7

ISBN 978-7-5198-1940-8

I. ①A… II. ①张… III. ①单片微型计算机 IV. ①TP368.1

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2018) 第 073316 号

出版发行:中国电力出版社

地 址:北京市东城区北京站西街 19 号 (邮政编码 100005)

网 址:<http://www.cepp.sgcc.com.cn>

责任编辑:杨 扬 (y-y@sgcc.com.cn)

责任校对:郝军燕 李 楠

装帧设计:王红柳

责任印制:杨晓东

印 刷:三河市航远印刷有限公司

版 次:2018 年 7 月第一版

印 次:2018 年 7 月北京第一次印刷

开 本:787 毫米×1092 毫米 16 开本

印 张:30.5

字 数:841 千字

定 价:98.00 元

版 权 专 有 侵 权 必 究

本书如有印装质量问题,我社发行部负责退换

前言

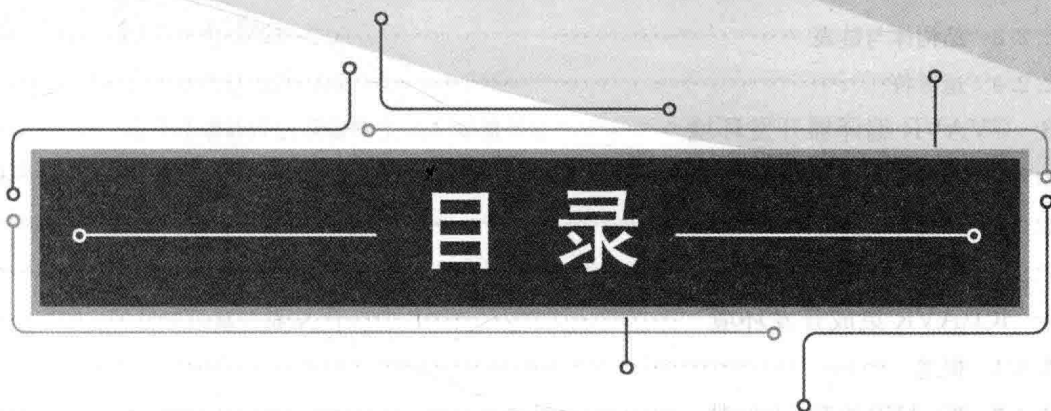
AVR 单片机是于 1997 年由 Atmel 公司研发出的，增强型内置 Flash 的 RISC（Reduced Instruction Set CPU）精简指令集高速 8 位单片机。AVR 单片机具有可靠性高、功能强、高速度、低功耗等优点，广泛应用于计算机外部设备、工业实时控制、仪器仪表、通信设备、家用电器等各个领域。

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、系统开发工具、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知识。本书以实例为主，偏重于实用性，书中每个案例都经过了实践验证，具有很强的工程实践指导性，使读者能举一反三，从而掌握 AVR 单片机的开发与应用技术。

本书由张校铭主编，参加本书编写的还有寇志万、杨欢、赵春霞、王建薇、李娟、崔颖、张国发、崔二立、王志永、袁建国、李维忠、许振兴、裴广龙、王彦伦、郑号、张珺、周波、周俞、李亚旭、刘兴杰、马绪滨、张颖伟、张伯虎等。本书在编写过程中还参考了相关书籍和资料，在此对以上编写人员及文献作者一并表示感谢！

由于作者水平有限，加之时间仓促，本书难免有错误和不足之处，望广大读者批评指正。

编者



前言

第 1 章 AVR 单片机的基础知识	1
1.1 AVR 单片机特点与种类	1
1.1.1 AVR 单片机的特点	1
1.1.2 封装和引脚功能	3
1.1.3 AVR 种类与标识	6
1.1.4 AVR 单片机的基本结构	7
1.2 ATmega16/32/128 系列单片机	9
1.2.1 ATmega16 单片内部结构	9
1.2.2 封装与引脚功能	11
1.2.3 ATmega128 系列单片机	13
1.2.4 AVR 程序下载	18
1.2.5 ATmega128 单片机熔丝位	19
第 2 章 AVR 单片机的系统开发工具	23
2.1 AVR 单片机系统的软硬件开发工具	23
2.1.1 AVR 单片机系统的硬件开发工具	23
2.1.2 AVR 单片机系统的软件开发平台	26
2.1.3 AVR 单片机的开发板及下载线	30
2.2 AVR 单片机 C 语言编程基础	33
2.2.1 C 语言的构成及特点	34
2.2.2 运算符和表达式	36
2.2.3 C 语言的语句及程序结构	38
2.2.4 数组	43
2.2.5 指针变量和指针运算符	44
2.2.6 函数与参数传递	45
2.2.7 编译预处理	48

2.2.8 结构体与链表	52
2.2.9 运算符	54
2.3 CVAVR 编译器开发环境	55
2.3.1 开发环境简介	56
2.3.2 开发环境的应用	56
2.3.3 代码生成器	66
2.4 ICCAVR 集成开发环境	71
2.4.1 概述	72
2.4.2 ICCAVR 的安装与注册	73
2.4.3 ICCAVR 的 IDE 环境	75
2.4.4 ICCAVR 的设置与使用	79
2.4.5 ICCAVR 的函数库	88
2.4.6 AVR 的编程	94
2.5 AVR Studio 集成开发环境	101
2.5.1 AVR Studio 概述	101
2.5.2 AVR Studio 的 IDE	108
2.5.3 设置 AVR Studio	116
2.5.4 查看和修改状态	122
2.5.5 AVR 汇编器	123
2.5.6 AVR 下载线	126
第 3 章 ATmega128 单片机的指令系统	131
3.1 AVR 单片机指令系统的特点与指令种类	131
3.2 AVR 系列单片机的指令格式	132
3.2.1 指令符号	132
3.2.2 函数表达式	136
3.2.3 AVR 指令与标志位的关系	137
3.3 AVR 单片机的寻址方式	137
3.3.1 程序直接寻址	138
3.3.2 程序间接寻址	138
3.3.3 程序相对寻址	138
3.3.4 程序取常量寻址	139
3.3.5 单寄存器直接寻址	140
3.3.6 双寄存器直接寻址	140
3.3.7 堆栈寄存器间接寻址	140
3.3.8 I/O 寄存器直接寻址	141
3.3.9 数据存储器直接寻址	141
3.3.10 数据存储器间接寻址	141

3.3.11 程序存储器数据寻址	142
3.3.12 数据存储器间接寻址	142
3.3.13 程序存储器带后增量的空间取常量寻址	143
3.4 数据传输指令	144
3.4.1 数据传输至寄存器的指令	145
3.4.2 数据传输至 SRAM 中的指令	152
3.4.3 写程序存储器指令	156
3.4.4 堆栈操作指令	156
3.5 算术和逻辑指令	157
3.5.1 加法指令	158
3.5.2 减法指令	159
3.5.3 乘法指令	161
3.5.4 逻辑与指令	166
3.5.5 逻辑或指令	167
3.5.6 逻辑异或指令	168
3.5.7 取反码指令	169
3.5.8 取补码指令	169
3.6 转移和跳转指令	170
3.6.1 无条件跳转指令	171
3.6.2 调用和返回指令	172
3.6.3 条件跳转指令	174
3.7 位指令和位测试指令	183
3.7.1 位变量修改指令	184
3.7.2 带进位逻辑操作指令	189
3.7.3 位变量传送指令	191
3.8 MCU 控制指令	191
3.9 汇编语言的应用	193
3.9.1 汇编语言格式	193
3.9.2 汇编语言应用实例	194
第 4 章 ATmega128 单片机 I/O 端口的应用	207
4.1 ATmega128 单片机的 I/O 端口	207
4.1.1 ATmega128 单片机 I/O 端口结构与特点	207
4.1.2 各端口说明	211
4.2 I/O 寄存器的设置与编程	221
4.2.1 I/O 寄存器的操作特点	221
4.2.2 I/O 寄存器的 C 语言程序	221
4.2.3 特殊功能 I/O 寄存器 SFIOR	222

4.2.4 通用 I/O 口的设置与编程	222
4.3 I/O 口控制应用实例	224
4.3.1 I/O 口控制 LED 发光二极管应用实例	224
4.3.2 I/O 口控制 LED 数码管应用实例	228
4.3.3 I/O 口控制 LED 点阵应用实例	232
4.3.4 I/O 口键盘扫描电路应用实例	237
4.3.5 I/O 口控制 1602 液晶显示应用实例	241
4.3.6 I/O 口控制 12864 中文液晶显示应用实例	245
第 5 章 ATmega128 单片机定时/计数器的应用	250
5.1 定时/计数器作用与使用注意事项	250
5.1.1 定时器的作用	250
5.1.2 使用定时/计数器时需要注意的问题	250
5.2 预分频器	251
5.2.1 T/C0 的预分频器	252
5.2.2 T/C1、T/C2 和 T/C3 的预分频器	252
5.2.3 特殊功能寄存器	252
5.3 8 位定时/计数器 T/C0	253
5.3.1 8 位定时/计数器 T/C0 的结构	253
5.3.2 T/C0 定时/计数器的相关寄存器	256
5.3.3 T/C0 定时/计数器的工作模式	259
5.3.4 T/C0 定时/计数器的时序图	263
5.4 8 位定时/计数器 T/C2	264
5.4.1 T/C2 定时/计数器的结构	264
5.4.2 定时/计数器 T/C2 的相关寄存器	266
5.4.3 T/C2 定时/计数器的工作模式	267
5.5 16 位定时/计数器 T/C1 和 T/C3	268
5.5.1 T/C1 和 T/C3 定时/计数器的结构	269
5.5.2 T/C1 和 T/C3 定时/计数器的相关寄存器	273
5.5.3 T/C1 和 T/C3 定时/计数器的工作模式	281
5.5.4 T/C1 和 T/C3 定时/计数器的时序图	287
5.6 定时/计数器的应用	288
5.6.1 利用定时/计数器实现秒表的应用实例	288
5.6.2 利用定时/计数器实现 PWM 输出的应用实例	293
第 6 章 ATmega128 单片机模数转换器和模拟比较器的应用	296
6.1 模数转换器	296
6.1.1 模数转换器种类与特点	296
6.1.2 ATmega128 单片机模数转换器的结构和特点	298

6.1.3 A/D转换器相关寄存器	306
6.2 模拟比较器	310
6.2.1 模拟比较器概述	310
6.2.2 模拟比较器相关寄存器	310
6.2.3 多路输入	312
6.3 A/D转换器应用实例	312
6.3.1 利用 A/D转换器构成简易电压表的应用实例	312
6.3.2 双通道 A/D采样应用在液晶显示器上实例	315
6.4 模拟比较器应用实例	323
6.4.1 模拟信号的比较应用实例（一）	323
6.4.2 模拟信号的比较应用实例（二）	324
6.4.3 模拟比较器应用实例（三）	324
第7章 ATmega128 单片机中断系统的基本应用	327
7.1 中断系统工作原理	327
7.1.1 中断系统的定义与中断过程	327
7.1.2 控制寄存器	334
7.2 外部中断	335
7.2.1 外部中断触发方式	335
7.2.2 外部中断寄存器	335
7.3 中断程序编写与应用实例	337
7.3.1 使用 ICCAVR 开发环境编写中断程序	337
7.3.2 外部中断系统应用实例	339
第8章 ATmega128 单片机串行接口的应用	342
8.1 同步串行接口 SPI	342
8.1.1 同步串行通信	342
8.1.2 ATmega128 单片机的同步串行接口 SPI	345
8.1.3 ATmega128 单片机 SPI 相关寄存器	348
8.1.4 SPI 的编程	350
8.1.5 SPI 应用实例	352
8.2 USART 接口	355
8.2.1 异步通信基础	355
8.2.2 ATmega128 单片机的 USART 接口	357
8.2.3 访问 USART	361
8.2.4 USART 相关寄存器	369
8.3 ATmega128 单片机 USART 接口的应用实例	374
8.3.1 串口通信应用实例	374
8.3.2 利用串口控制微型打印机应用实例	378

8.4	两线串行接口 TWI	385
8.4.1	串行通信基础知识	385
8.4.2	I ² C 总线协议	385
8.4.3	ATmega128 单片机的 TWI 接口	388
8.5	ATmega128 单片机 TWI 接口应用实例	403
8.5.1	利用 TWI 口对存储器进行操作的应用实例	403
8.5.2	I ² C 总线接口日历时钟芯片应用实例	407
第 9 章	AVR 单片机在电气控制系统中的应用实例	416
9.1	电动机类控制电路的应用实例	416
9.1.1	步进电动机的应用实例	416
9.1.2	舵机的应用实例	419
9.1.3	电动机调速系统设计实例	421
9.2	人机对话控制电路的应用	425
9.2.1	键盘的应用实例	425
9.2.2	触摸屏人机接口的应用实例	432
第 10 章	各种传感器的应用实例	436
10.1	红外遥控器的解码应用	436
10.1.1	红外线	436
10.1.2	红外遥控系统原理	436
10.1.3	红外遥控器的解码实例	438
10.2	红外测距传感器的应用	442
10.2.1	硬件设计	442
10.2.2	程序设计	443
10.3	超声测距传感器的应用	446
10.3.1	硬件设计	446
10.3.2	程序设计	447
10.4	气体传感器的应用	449
10.4.1	气体传感器模块	449
10.4.2	气体传感器应用实例	450
10.5	加速度传感器的应用	453
10.5.1	型加速度传感器模块	453
10.5.2	加速度传感器应用实例	454
10.6	光照传感器的应用	456
10.6.1	硬件设计	457
10.6.2	程序设计	457
10.7	温度传感器应用实例	459
10.7.1	硬件设计	459

10.7.2 软件设计	459
第 11 章 AVR 单片机的综合应用设计实例	464
11.1 基于 ATmega128 单片机的轮式机器人设计	464
11.1.1 硬件设计	464
11.1.2 软件设计	466
11.2 基于 ATmega128 单片机的交通信号机设计	471
11.2.1 硬件设计	471
11.2.2 软件设计	474

第1章

AVR单片机的基础知识

1.1 AVR 单片机特点与种类

1.1.1 AVR 单片机的特点

Atmel 公司的 AVR 单片机, 是增强型 RISC 内载 Flash 的单片机, 芯片上的 Flash 存储器附在用户的产品中, 可以随时编程、再编程, 使用户的产品设计容易, 更新换代方便。AVR 单片机采用增强的 RISC 结构, 使其具有高速处理能力, 在一个时钟周期内可执行复杂的指令, 每 1MHz 可实现 1MIPS 的处理能力。AVR 单片机工作电压为 2.7~6.0V, 可以实现耗电最优化。AVR 的单片机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、宇航设备等各个领域。

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, 并且可以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 MCS51 系列单片机中多指令周期的出现。传统的 MCS51 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 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。

AVR 单片机具有良好的集成性能。系列的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、同步串行接口 SPI; 多数 AVR 单片机还内嵌了 A/D 转换器、E²PROM、模拟比较器、PWM 定时计数器等多种功能; AVR 单片机的 I/O 接口具有很强的驱动能力, 灌电流可以直接驱动继电器、LED 等器件, 从而省去了驱动电路, 节约了系统成本。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, E²PROM 写入功能。

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以很容易地实现系统移植, 并加快软件的开发过程。AVR 单片机的主要特点介绍如下。

1. 高性能、低功耗的 8 位 AVR 微处理器及其先进的 RISC 结构

- (1) 131 条指令，大多数指令执行时间为单个时钟周期。
- (2) 32 个 8 位通用工作寄存器。
- (3) 全静态工作。
- (4) 工作于 16MHz 时性能高达 16MIPS。
- (5) 只需两个时钟周期的硬件乘法器。

2. 非易失性程序和数据存储器

- (1) 16KB 的系统内可编程 Flash ROM。
- (2) 具有独立定位的可选 Boot 代码区。
- (3) 通过片上 Boot 程序实现系统内编程。
- (4) 真正的同时读写操作。
- (5) 512B 的 E²PROM。
- (6) 擦写寿命：100000 次。
- (7) 1KB 的片内 SRAM。

3. JTAG 接口（与 IEEE1149.1 标准兼容）

- (1) 符合 JTAG 标准的边界扫描功能。
- (2) 支持扩展的片内调试功能。
- (3) 通过 JTAG 接口实现对 Flash、E²PROM、熔丝位和定位的编程。

4. 外设特点

- (1) 两个具有独立预分频器和比较器功能的 8 位定时器/计数器。
- (2) 一个具有预分频器、比较功能和捕捉功能的 16 位定时器/计数器。
- (3) 具有独立振荡器的实时计灵敏器 RTC。
- (4) 四通道 PWM。
- (5) 8 路 10 位 ADC。
- (6) 8 单端通道。
- (7) TQFP 封装的 7 差分通道。
- (8) 两个具有可编程增益（1×、10×或 200×）的差分通道。
- (9) 面向字节的两线接口。
- (10) 两个可编程的串行 USART。
- (11) 可工作于主机/从机模式的 SPI 串行接口。
- (12) 具有独立片内振荡器的可编程看门狗定时器。
- (13) 片内模拟比较器。

5. 特殊的处理器特点

- (1) 上电复位以及可编程的掉电检测。
- (2) 片内经过标写的 RC 振荡器。
- (3) 片内/片外中断源。
- (4) 六种睡眠模式：空闲模式、ADC 噪声抑制模式、省电模式、掉电模式、Standby 模式以及扩展的 Standby 模式。

6. I/O 口和封装

- (1) 32 位可编程的 I/O 口。

(2) 40 引脚 PDIP 封装, 44 引脚 TQFP 封装, 与 44 引脚 MLF 封装。

7. 工作电压

(1) ATmega16L: 2.7~5.5V。

(2) ATmega16: 4.5~5.5V。

8. 速度等级

(1) 0~8MHz ATmega16。

(2) 0~16 MHz ATmega16。

9. ATmega16L 在 1MHz、3V、25℃ 时的功耗

(1) 正常模式: 1.1mA。

(2) 空间模式: 0.35mA。

(3) 掉电模式: <1μA。

1.1.2 封装和引脚功能

ATmega16 单片机具有三种不同的封装形式: 40 引脚 PDIP 封装、44 引脚 TQFP 封装与 44 引脚 MLF 封装。常用的是 40 引脚 PDIP 封装和 44 引脚 TQFP 封装, 其外形封装如图 1-1 所示。引脚图如图 1-2 所示。

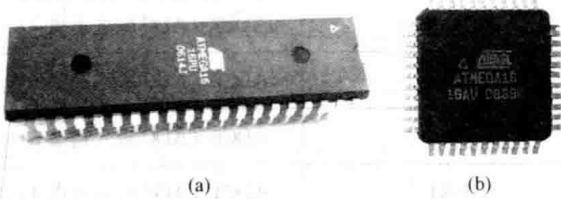


图 1-1 ATmega16 单片机封装图

(a) PDIP-40 封装; (b) TQFP-44 封装

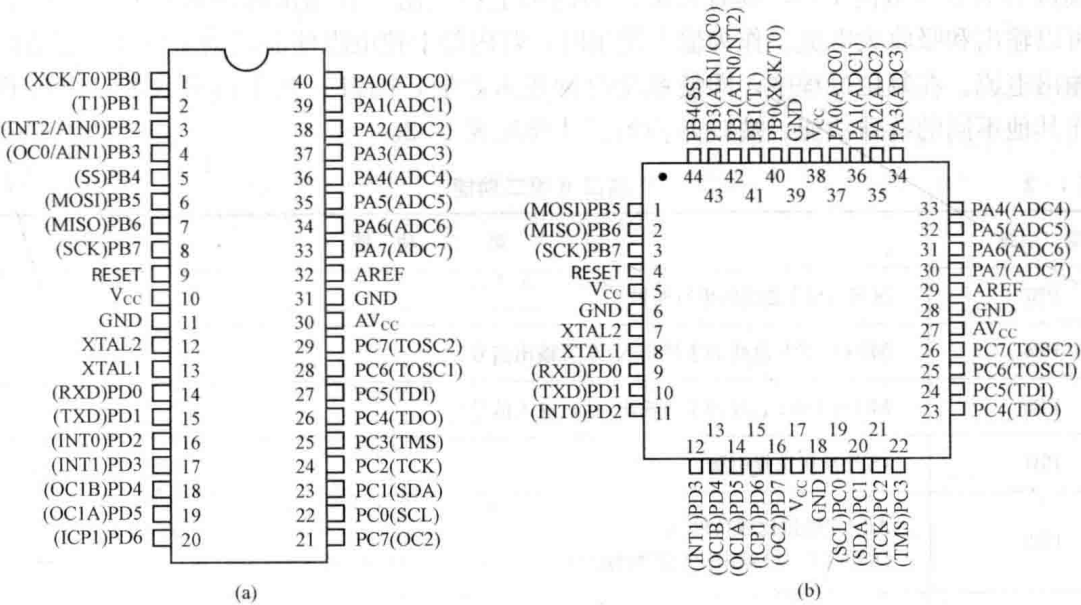


图 1-2 ATmega16 单片机引脚图

(a) PDIP-40 封装; (b) TQFP-44 封装

下面以常用的 PDIP (40 引脚) 封装来介绍 ATmega16 的引脚定义, 其引脚排列分布如图 1-2 (a) 所示。

- 1. 端口 Vcc
数字电路的电源。
- 2. 端口 GND
数字电路的地。

3. 端口 A (PA7~PA0)

端口 A 为 8 位双向 I/O 口，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。在复位过程中，即使系统时钟还未起振，端口 A 处于高阻状态，端口 A 可作为 A/D 转换器的模拟输入端，其第二功能见表 1-1。

表 1-1 端口 A 第二功能

端口引脚	第二功能	端口引脚	第二功能
PA7	ADC7 (ADC 输入通道 7)	PA3	ADC3 (ADC 输入通道 3)
PA6	ADC6 (ADC 输入通道 6)	PA2	ADC2 (ADC 输入通道 2)
PA5	ADC5 (ADC 输入通道 5)	PA1	ADC1 (ADC 输入通道 1)
PA4	ADC4 (ADC 输入通道 4)	PA0	ADC0 (ADC 输入通道 0)

4. 端口 B (PB7~PB0)

端口 B 为 8 位双向 I/O，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。在复位过程中，即使系统时钟还未起振，端口 B 处于高阻状态，端口 B 也可以用作其他不同的特殊功能，端口 B 的第二功能见表 1-2。

表 1-2 端口 B 第二功能

端口引脚	第二功能
PB7	SCK (SPI 总线的串行时钟)
PB6	MISO (SPI 总线的主机输入/从机输出信号)
PB5	MOSI (SPI 总线的主机输出/从机输入信号)
PB4	(SPI 从机选择引脚)
PB3	AISI (模拟比较负输入) OCO (T/CO 输出比较匹配输出)
PB2	AIN0 (模拟比较正输入) INT2 (外部中断 2 输入)
PB1	TI (T/CI 外部计数器输入)
PB0	TD (T/CO 外部计数器输入) XCK (USART 外部时钟输入/输出)

5. 端口 C (PC7~PC0)

端口 C 为 8 位双向 I/O 口，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，若内部上位电阻使能，则端口被外部电路拉低时将输出电流。在复位过程中，即使系统时钟还未起振，端口 C 处于高阻状态。如果 JTAG 接口使能，即使复位出现，引脚 PC5 (TDI)、PC3 (TMS) 与 PC2 (TCK) 的上位电阻被激活。端口 C 的第二功能见表 1-3。

表 1-3 端口 C 第二功能

端口引脚	第 二 功 能
PC7	TOSC2 (定时报警器引脚 2)
PC6	TOSC1 (定时报警器引脚 1)
PC5	TDI (JTAC 测试数据输入)
PC4	TD0 (JTAC 测试数据输出)
PC3	TMS (JTAC 测试模式选择)
PC2	TCK (JTAC 测试时钟)
PC1	SDA (两线串行总线数据输入/输出线)
PC0	SCL (两线串行总线时钟线)

6. 端口 D (PD7~PD0)

端口 D 为 8 位双向 I/O 口，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，若内部上位电阻使能，则端口被外部电路拉低时将输出电流。在复位过程中，即使系统时钟还未起振，端口 D 处于高阻状态。端口 D 也可以用作其他不同的特殊功能，端口 D 的第二功能见表 1-4。

表 1-4 端口 D 第二功能

端口引脚	第 二 功 能
PD7	OC2 (T/C2 输出比较匹配输出)
PD6	ICP1 (T/C1 输入捕捉引脚)
PD5	OC1A (T/C1 输出比较 A 匹配输出)
PD4	OC1B (T/C1 输出比较 B 匹配输出)
PD3	INT1 (外部中断 1 的输入)
PD2	INT0 (外部中断 0 的输入)
PD1	TXD (USART 输出引脚)
PD0	RXD (USART 输入引脚)

7. 端口 RESET

复位输入引脚。持续时间超过最小门限时间的低电平将引起系统复位。持续时间小于门限时间的脉冲不能保证可靠复位。

8. 端口 XTAL1

反向振荡放大器与片内时钟操作电路的输入端。

9. 端口 XTAL2

反向振荡放大器的输出端。

10. 端口 AVcc

AVcc 是端口 A 与 A/D 转换器的电源。不使用 ADC 时, 该引脚应直接与 Vcc 连接。使用 ADC 时应通过一个低通滤波器与 Vcc 连接。

11. 端口 AREF

A/D 的模拟基准输入引脚。

1.1.3 AVR 种类与标识

1. 种类

Atmel 公司的 AVR 单片机有三个系列的产品。为满足不同的需求和应用, Atmel 公司对 AVR 单片机推出了 tinyAVR、low powerAVR 和 megaAVR, 分别对应低、中、高三个不同档次数十种型号的产品。

tiny 系列 AVR 单片机: 主要有 tiny11/12/13/15/26/28 等。

AT90S 系列 AVR 单片机: 主要有 AT90S1200/2313/8515/8535 等。

ATmega 系列 AVR 单片机: 主要有 ATmega8/16/32/64/128 (存储容量为 8/16/32/64/128KB) 以及 ATmega8515/8535 等。

三个系列所有型号的 AVR 单片机, 指令系统兼容, 内核相同, 只是存储器容量、片内集成的外围接口的数量和功能略有不同。不同型号 AVR 单片机, 有不同的引脚数目, 价格各异, 可以满足不同应用需求。使用者可以根据需要进行选择。

2. 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。本例中的单片机是 AVR 系列中较有代表性的一款, 其完整型号为 “ATMEGA32A - 16PU”, 以下我们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