

轻松玩转系列

轻松玩转

AVR单片机C语言

刘建清 孙保书 李凤伟 陈素侠 编著



北京航空航天大学出版社
BEIHANG UNIVERSITY PRESS

轻松玩转系列丛书

轻松玩转 AVR 单片机 C 语言

刘建清 孙保书 李凤伟 陈素侠 编著

北京航空航天大学出版社

内 容 简 介

本书是一本专门为 AVR 单片机玩家和爱好者“量身定做”的“傻瓜式”教材(基于 C 语言),主要突出“玩”,使读者在“玩”中学,在学中“玩”,在不知不觉中轻松玩转 AVR 单片机!

本书采用新颖的讲解形式,深入浅出地介绍了 AVR 单片机(以 ATmega16 为例)的组成、开发环境及 AVR 单片机 C 语言基础知识,结合大量实例,详细演练了 AVR 单片机 I/O 口、中断、定时器、串行通信、键盘接口、LED 数码管、LCD 显示器、DS1302 时钟芯片、EEPROM 存储器、温度传感器 DS18B20、红外和无线遥控电路、单片机看门狗、模块比较器、A/D 转换器、步进电动机、LED 点阵屏等内容。本书中的所有实例均具有较高的实用性和针对性,且全部通过了实验板验证;尤其珍贵的是,所有源程序均具有较强的移植性,读者只需将其简单修改甚至不用修改,即可应用到自己开发的产品中。

全书语言通俗,实例丰富,图文结合,简单明了,可作为 AVR 单片机爱好者和使用 C 语言从事 AVR 单片机开发的技术人员的参考书,也可作为高等院校的单片机课程教学用书。

图书在版编目(CIP)数据

轻松玩转 AVR 单片机 C 语言 / 刘建清编著. -- 北京 :
北京航空航天大学出版社, 2011. 3
ISBN 978-7-5124-0314-7

I. ①轻… II. ①刘… 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(2011)第 004466 号

版权所有,侵权必究。

轻松玩转 AVR 单片机 C 语言

刘建清 孙保书 李凤伟 陈素侠 编著

责任编辑 刘 晨

*

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(邮编 100191) <http://www.buaapress.com.cn>

发行部电话:(010)82317024 传真:(010)82328026

读者信箱: emsbook@gmail.com 邮购电话:(010)82316936

北京时代华都印刷有限公司印装 各地书店经销

*

开本:787 mm×1 092 mm 1/16 印张:22.25 字数:570 千字

2011 年 3 月第 1 版 2011 年 3 月第 1 次印刷 印数:5 000 册

ISBN 978-7-5124-0314-7 定价:39.00 元(含光盘 1 张)

前言

AVR 单片机是 ATMEL 公司推出的高速 8 位单片机,内部资源丰富,具有极高的性价比,在工业实时控制、仪器仪表、通信设备、家用电器等领域均有较多的应用,掌握 AVR 单片机编程已是一名单片机技术人员和玩家必备的技能。

本书从实用出发,通过大量实例,详细介绍了 AVR 单片机(以 ATmega16 为例)程序的设计方法与技巧,并进行了详细的解读。按照循序渐进的写作要求,全书共分 19 章:第 1~2 章介绍了 AVR 单片机的组成、引脚功能、硬件电路及 C 语言入门知识;第 3 章介绍了 AVR 单片机实验设备的制作与使用方法;第 4 章介绍了 AVR 单片机开发的整个过程,使读者对 AVR 单片机开发有一个大致的了解与认识;第 5 章对 AVR 单片机 C 语言中的重点、难点进行了简要介绍;第 6~19 章采用实例的形式,详细演练了 AVR 单片机 I/O 口、中断、定时器、串行通信、键盘接口、LED 数码管、LCD 显示器、DS1302 时钟芯片、EEPROM 存储器、温度传感器 DS18B20、红外和无线遥控电路、单片机看门狗、模块比较器、A/D 转换器、步进电动机、LED 点阵屏等内容。

为方便读者学习,本书配备了一张多媒体光盘,光盘中收集了书中所有源程序、工具软件等内容。

尤其值得庆幸的是,本书的学习成本很低,如果读者有 51 实验板,只需再配备一块 AVR-51 转换板和 AVR 下载器(ddmcu.taobao.com 有售,二者价格为 50 元左右),即可进行本书中的实验了。

本书编写过程中,参阅了《无线电》、《单片机与嵌入式系统应用》等杂志,并从互联网上搜索了一些有价值的资料,由于其中的很多资料经过多次转载,已经很难查到原始出处,仅在此向资料提供者表示感谢。

参与本书编写的人员有刘建清、王春生、李凤伟、陈素侠、孙保书、刘为国、陈培军等,最后由中国电子学会高级会员刘建清组织定稿。本书在编写工作中,北京航空航天大学出版社的嵌入式系统事业部主任胡晓柏也做了大量耐心细致的工作,使得本书得以顺利完成,在此表示衷心感谢!

由于编著者水平有限,书中难免会有疏漏和不足之处,恳请专家和读者不吝赐教。

如果您在使用本书的过程中有任何问题、意见或建议,请登录顶顶电子网站:ddmcu.taobao.com,也可通过 E-mail:ddmcu@163.com 向我们提出,我们将为您提供超值延伸服务。

最后,请记住我们的诺言:顶顶电子携助你,轻松玩转单片机!

作 者
2011 年 1 月



第 1 章 AVR 单片机概述	1
1.1 AVR 单片机简介	1
1.1.1 AVR 单片机的特点	1
1.1.2 AVR 单片机的家族	2
1.1.3 AVR 单片机型号的识别	3
1.2 AVR 单片机的组成与引脚功能	4
1.2.1 ATmega16 的组成	4
1.2.2 ATmega16 的引脚功能	4
1.3 AVR 单片机基本硬件电路	6
1.3.1 电 源	6
1.3.2 晶振电路	6
1.3.3 复位电路	8
1.3.4 A/D 转换滤波电路	8
1.3.5 ISP 下载接口	8
1.3.6 JTAG 仿真接口	8
第 2 章 AVR 单片机 C 语言入门	9
2.1 认识 C 语言	9
2.1.1 C 语言的特点	9
2.1.2 单片机采用 C 语言编程的好处	9
2.2 简单的 C 语言程序	10
2.2.1 硬件电路	10
2.2.2 程序实现	11
2.2.3 改进后的程序	14
第 3 章 AVR 单片机低成本实验设备的制作与使用	16
3.1 AVR-51 转换板介绍	16
3.2 DD-900 实验开发板介绍	17
3.2.1 DD-900 实验开发板硬件资源	17
3.2.2 硬件电路介绍	19
3.2.3 插针跳线设置	26
3.3 AVR 单片机下载器的使用	27
3.3.1 下载编程器与 DD-900 的连接	28
3.3.2 ISP 下载器驱动程序的安装	29

3.3.3	ISP 下载软件的使用	30
3.4	AVR 单片机 JTAG 仿真器的组成与使用	33
3.4.1	JTAG 仿真器的组成	33
3.4.2	JTAG 仿真器的使用	34
第 4 章	30 分钟熟悉 AVR 单片机开发全过程	35
4.1	AVR 单片机开发软件“吐血推荐”	35
4.2	AVR 单片机开发过程“走马观花”	36
4.2.1	硬件电路	36
4.2.2	用 ICC AVR 软件编写和编译程序	37
4.2.3	用 AVR Studio 软件进行仿真与程序下载	42
4.3	熔丝位设置技巧	57
4.3.1	正确配置 AVR 的熔丝位	57
4.3.2	AVRmega16 单片机中重要熔丝位的配置	58
4.3.3	JTAG 接口的使用与配置	62
第 5 章	AVR 单片机 C 语言简要介绍	63
5.1	C 语言的结构特点	63
5.2	AVR 单片机 C 语言的特殊性	65
5.2.1	位运算	65
5.2.2	中断处理函数	67
5.2.3	使用 AVR 内部不同的存储空间	67
5.2.4	用 ICC AVR 初始化程序的方法	68
5.2.5	关键字 volatile	70
第 6 章	AVR 单片机 I/O 接口实例解析	71
6.1	AVR 单片机 I/O 接口结构	71
6.1.1	51 单片机与 AVR 单片机 I/O 接口结构比较	71
6.1.2	AVR 单片机 I/O 接口的配置	73
6.1.3	I/O 接口的第二功能	76
6.2	AVR 单片机 I/O 接口实例解析	76
6.2.1	实现功能	76
6.2.2	源程序	77
6.2.3	源程序解析	78
6.2.4	实现方法	79
第 7 章	中断系统实例解析	80
7.1	中断系统基本知识	80
7.1.1	中断系统概述	80
7.1.2	ATMEGA16 单片机的中断系统	81
7.1.3	与中断相关的寄存器	82
7.2	中断系统实例解析	84
7.2.1	实例解析 1——外中断 1 演示	84

7.2.2 实例解析 2——外中断的嵌套	87
第 8 章 定时/计数器实例解析	90
8.1 AVR 定时/计数器基本知识	90
8.1.1 8 位定时/计数器 T/C0	90
8.1.2 16 位定时/计数器 T/C1	95
8.1.3 8 位定时/计数器 T/C2	102
8.2 定时/计数器实例解析	106
8.2.1 实例解析 1——T/C0 计数实验	106
8.2.2 实例解析 2——T/C0 定时实验	109
8.2.3 实例解析 3——T/C0 的 CTC 模式实验	111
8.2.4 实例解析 4——T/C0 快速 PWM 实验	114
8.2.5 实例解析 5——T/C0 相位修正 PWM 实验	117
8.2.6 实例解析 6——T/C1 定时实验	118
8.2.7 实例解析 7——T/C1 快速 PWM 实验	120
8.2.8 实例解析 8——T/C1 输入捕捉实验	123
第 9 章 串行通信实例解析	126
9.1 串行通信基本知识	126
9.1.1 串行通信简介	126
9.1.2 ATmega16 串行口的结构	127
9.1.3 单片机的串口电平转换电路	128
9.1.4 串行通信寄存器介绍	129
9.2 串行通信实例解析	133
9.2.1 实例解析 1——PC 控制单片机工作	133
9.2.2 实例解析 2——单片机接收字符串并向 PC 发送字符串	135
第 10 章 键盘接口实例解析	138
10.1 键盘接口电路基本知识	138
10.1.1 键盘的工作原理	138
10.1.2 键盘与单片机的连接形式	139
10.2 键盘接口电路实例解析	139
10.2.1 实例解析 1——数码管显示独立按键值	139
10.2.2 实例解析 2——数码管显示矩阵按键值	142
第 11 章 LED 数码管实例解析	149
11.1 LED 数码管基本知识	149
11.1.1 LED 数码管的结构	149
11.1.2 LED 数码管的显示码	150
11.1.3 LED 数码管的显示方式	151
11.2 LED 数码管实例解析	153
11.2.1 实例解析 1——程序控制动态显示	153
11.2.2 实例解析 2——定时中断动态显示	156

11.2.3	实例解析 3——简易数码管电子钟	159
第 12 章	LCD 显示实例解析	167
12.1	字符型 LCD 基本知识	167
12.1.1	字符型 LCD 引脚功能	167
12.1.2	字符型 LCD 内部结构	168
12.1.3	字符型 LCD 控制指令	170
12.1.4	字符型 LCD 与单片机的连接	174
12.2	字符型 LCD 实例解析	174
12.2.1	实例解析 1——1602 LCD 显示字符串	174
12.2.2	实例解析 2——1602 LCD 移动显示字符串	178
12.2.3	实例解析 3——1602 LCD 滚动显示字符串	180
12.2.4	实例解析 4——1602 LCD 电子钟	183
12.3	12864 点阵型 LCD 介绍与实例解析	188
12.3.1	12864 点阵型 LCD 介绍	188
12.3.2	实例解析 5——12864 LCD 显示汉字(并口方式)	193
12.3.3	实例解析 6——12864 LCD 显示汉字(串口方式)	199
12.3.4	实例解析 7——12864 LCD 显示图形	202
第 13 章	时钟芯片 DS1302 实例解析	207
13.1	时钟芯片 DS1302 基本知识	207
13.1.1	DS1302 介绍	207
13.1.2	DS1302 的控制命令字	208
13.1.3	DS1302 的寄存器	208
13.1.4	DS1302 的数据传送方式	210
13.2	DS1302 读写实例解析	211
13.2.1	实例解析 1——DS1302 数码管电子钟	211
13.2.2	实例解析 2——DS1302 LCD 电子钟	219
第 14 章	EEPROM 存储器实例解析	224
14.1	两线串行总线存储器 24CXX 介绍与实例解析	224
14.1.1	两线串行总线 TWI 介绍	224
14.1.2	24CXX 数据存储器介绍	227
14.1.3	实例解析 1——数据的写入与读出(基于 TWI)	229
14.1.4	实例解析 2——数据的写入与读出(基于模拟 I ² C)	234
14.1.5	实例解析 3——具有记忆功能的计数器(基于模拟 I ² C)	239
14.2	93CXX 存储器介绍与实例解析	243
14.2.1	93CXX 介绍	243
14.2.2	实例解析 4——数据的写入与读出	244
14.3	ATmega16 内部 EEPROM 的使用	251
14.3.1	ATmega16 单片机内部 EEPROM 介绍	251
14.3.2	与 EEPROM 相关的寄存器	251

14.3.3 实例解析 5——ATmega16 内部 EEPROM 演示	252
第 15 章 温度传感器 DS18B20 实例解析	256
15.1 温度传感器 DS18B20 基本知识	256
15.1.1 DS18B20 引脚功能	256
15.1.2 DS18B20 的内部结构	257
15.1.3 DS18B20 的指令	258
15.1.4 DS18B20 使用注意事项	259
15.2 DS18B20 数字温度计实例解析	260
15.2.1 实例解析 1——LED 数码管数字温度计	260
15.2.2 实例解析 2——LCD 数字温度计	266
第 16 章 红外遥控和无线遥控实例解析	272
16.1 红外遥控基本知识	272
16.1.1 红外遥控系统	272
16.1.2 红外遥控的编码与解码	272
16.1.3 DD-900 实验开发板遥控电路介绍	274
16.2 红外遥控实例解析	274
16.2.1 实例解析 1——LED 数码管显示遥控器键值	274
16.2.2 实例解析 2——LCD 显示遥控器键值	280
16.2.3 实例解析 3——遥控器控制花样流水灯	285
16.3 无线遥控电路介绍与演练	291
16.3.1 无线遥控电路基础知识	291
16.3.2 无线遥控模块介绍	293
16.3.3 实例解析 4——遥控模块控制 LED 灯和蜂鸣器	294
第 17 章 ATMEGA16 单片机其他内部资源实例解析	299
17.1 ATmega16 单片机看门狗实例解析	299
17.1.1 ATmega16 单片机内部看门狗介绍	299
17.1.2 实例解析 1——ATmega16 单片机看门狗演示	300
17.2 ATmega16 单片机模拟比较器实例解析	302
17.2.1 ATmega16 单片机模拟比较器介绍	302
17.2.2 实例解析 2——模拟比较器查询法实验	304
17.2.3 实例解析 3——模拟比较器中断法实验	306
17.3 ATmega16 单片机 A/D 转换模块实例解析	307
17.3.1 ATmega16 单片机 A/D 转换模块介绍	307
17.3.2 ATmega16 单片机的模数转换器相关寄存器	309
17.3.3 ADC 设计时应注意的问题	312
17.3.4 实例解析 4——A/D 转换实验	314
第 18 章 步进电动机实例解析	319
18.1 步进电动机基本知识	319
18.1.1 步进电动机的分类与原理	319

18.1.2	步进电动机的励磁方式	320
18.1.3	步进电动机驱动电路	321
18.2	步进电动机实例解析	322
18.2.1	实例解析 1——步机电动机正转与反转	322
18.2.2	实例解析 2——步进电动机加速与减速运转	325
18.2.3	实例解析 3——用按键控制步机电动机正反转	328
第 19 章	LED 点阵屏实例解析	332
19.1	LED 点阵屏基本知识	332
19.1.1	LED 点阵屏的分类	332
19.1.2	LED 点阵屏的结构与测量	333
19.2	LED 点阵屏硬件制作	333
19.2.1	4-16 译码器 74HC154	335
19.2.2	串行输入-并行输出移位寄存器 74HC595	336
19.2.3	行驱动三极管	337
19.3	汉字显示原理及扫描码的制作	337
19.3.1	汉字显示的基本原理	337
19.3.2	汉字扫描码的制作	338
19.4	LED 点阵屏实例解析	340
19.4.1	实例解析 1——显示 1 个汉字	340
19.4.2	实例解析 2——显示 2 个汉字	343
参考文献		346

第 1 章

AVR 单片机概述

单片机又称单片微控制器,它是把一个计算机系统集成到一个芯片上,概括地讲:一块芯片就成了一台计算机。单片机技术是计算机技术的一个分支,是简易机器人的核心元件。1997 年,由 ATMEEL 公司挪威设计中心的 A 先生与 V 先生利用 ATMEEL 公司的 Flash 新技术,共同研发出 RISC 精简指令集的高速 8 位单片机,称为 AVR 单片机。在本章中,主要介绍 AVR 单片机的内部结构、外部引脚、存储器、最小系统电路等内容。

1.1 AVR 单片机简介

1.1.1 AVR 单片机的特点

单片机已广泛地应用于军事、工业、家用电器、智能玩具、便携式智能仪表和机器人制作等领域,使产品功能、精度和质量大幅度提升,且电路简单,故障率低,可靠性高,成本低廉。单片机种类很多,如 51、AVR、PIC、MSP430 等,本书重点介绍 AVR 单片机。AVR 单片机具有以下几个比较重要的特点。

1. AVR 单片机简便易学,费用低廉

首先,进入 AVR 单片机开发的门槛非常低,初学者只需一个下载器或 JTAG 仿真下载器(价格非常便宜),即可对 AVR 单片机进行程序下载与实验了。

其次,AVR 单片机价格低廉,且内嵌高质量的 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 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,同时也更有效地支持使用高级语言开发系统程序。

2. AVR 单片机高速、低耗、保密

AVR 单片机采用精简指令集(RISC),具有预取指令功能,即在执行一条指令时,预先把下一条指令取进来,使得指令可以在一个时钟周期内执行。AVR 是多累加器型单片机,数据处理速度快。AVR 单片机具有 32 个通用工作寄存器,相当于有 32 条立交桥,可以快速通行。

另外,AVR 单片机有多个固定中断向量入口地址,可快速响应中断。

AVR 单片机耗能低。对于典型功耗情况,WDT 关闭时为 100 nA,更适用于电池供电的应用设备。有的器件最低 1.8 V 即可工作。

AVR 单片机保密性能好。它具有不可破解的位加密锁(LockBit)技术,保密位单元深藏于芯片内部,无法用电子显微镜看到。

3. AVR 单片机 I/O 接口功能强,内部资源丰富

AVR 单片机的 I/O 接口是真正的 I/O 接口,能正确反映 I/O 接口输入/输出的真实情况。作输出时,可输出 40 mA(单一输出),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 10~20 mA 灌电流的能力。

AVR 单片机片内具备多种独立的时钟分频器,分别供 URAT、I²C、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。

AVR 单片机具有增强型的异步串口,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 51 单片机的串口,加之 AVR 单片机高速,中断服务时间短,故可实现高波特率通信。

AVR 单片机具有串行接口 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 单片机有自动上电复位电路、独立的看门狗电路、低电压检测电路,多个复位源(自动上下电复位、外部复位、看门狗复位、BOD 复位),可设置的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(2.7~5 V),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。

AVR 单片机技术体现了单片机集多种器件(包括 Flash 程序存储器、看门狗、EEPROM、异步串行口、TWI、SPI、A/D 转换器、定时器/计数器等)和多种功能(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器/计数器等)于一身,充分体现了单片机技术的从“片”向“系统”过渡的发展方向。

综上所述,AVR 单片机博采众长,又具独特技术,不愧为 8 位单片机中的佼佼者。

1.1.2 AVR 单片机的家族

AVR 单片机系列齐全,可适用于各种不同场合的要求。AVR 单片机主要包括 ATtiny、AT90S、ATmega 这三大系列:

ATtiny 系列属低档产品,主要型号有 ATtiny11/12/13/15/26/28 等,适合功能相对单一的系统。

AT90S 系列属中档产品,主要型号有 AT90S8515/8535 等,适合一般系统开发。

ATmega 系列属高档产品,主要型号有 ATmega8/16/32/64/128 等,适合具有较高要求的系统。表 1-1 给出了 ATmega 系列中主要型号的性能参数。

表 1-1 ATmega 系列中主要型号的性能参数

型 号	ATmega8(L)	ATmega16(L)	ATmega32(L)	ATmega64(L)	ATmega128(L)
FLASH/KB	8	16	32	64	128
EEPROM/B	512	512	1024	2048	4096
SRAM/B	1024	1024	2048	4096	4096
工作电压/V	4.5~5.5 或 2.7~5.5	4.5~5.5 或 2.7~5.5	4.5~5.5 或 2.7~5.5	4.5~5.5 或 2.7~5.5	4.5~5.5 或 2.7~5.5
16 位定时器	1	1	1	2	2
8 位定时器	2	2	2	2	2
PWM	3	4	4	8	8
RTC	是	是	是	是	是
SPI	1	1	1	1	1
USART	1	1	1	2	2
TWI	是	是	是	是	是
10 位 A/D	8	8	8	8	8
模拟比较器	是	是	是	是	是
看门狗	是	是	是	是	是
中断向量	18	20	19	34	34

注:后缀带 L 的芯片工作电压为 2.7~5.5 V,后缀不带 L 的芯片工作电压为 4.5~5.5 V。

目前 AT90 系列产品已很少用,多数使用 ATmega 系列。在本书中,将以 ATmega 系列中的 ATmega16 为例进行介绍。

另外,AVR 单片机还根据不同的应用推出了各具特色的单片机:如汽车类 AVR、CAN 总线 AVR、智能电池 AVR、LCD(液晶显示)AVR、USB 总线 AVR、灯光专用 AVR、Z-Link AVR、微型 AVR 等 9 大类型,这些单片机几乎涵盖了 8 位单片机的所有应用领域。

1.1.3 AVR 单片机型号的识别

AVR 单片机型号众多,基本上每种型号都有不同用途,每个系列 AVR 单片机芯片上都有不同的编号。如何根据芯片上的编号来识别呢?下面以 ATmega16L-8PI 这个型号为例来进行说明:

- AT 表示该单片机是 ATMEL 公司的产品。
- mega 表示该单片机为 ATmega 系列的单片机。
- 数字 16 表示单片机内部 Flash 容量为 16 KB。
- 字母 L 表示该单片机为低功耗类型的单片机,同理如果没有 L,则表示该单片机为普

通类型的单片机。

- 数字 8 表示该芯片允许的最大时钟频率为 8 MHz,如果是 16 则表示允许最大时钟频率为 16 MHz。
- 字母 P 表示该单片机的封装形式,P 是 DIP 封装(双列直插)。另外,A 表示有引脚扁平封装(即贴片封装),M 表示无引脚扁平封装。
- 字母 I 表示该芯片的等级是工业级。芯片的使用等级一般分为商用级、工业级、军用级,这三个级别对芯片的使用环境要求各不相同,其中商用级要求最低,军用级要求最高。

1.2 AVR 单片机的组成与引脚功能

1.2.1 ATmega16 的组成

ATmega16 是基于增强的 AVR RISC 结构的低功耗 8 位 CMOS 微控制器。由于其先进的指令集以及单时钟周期指令执行时间,ATmega16 的数据吞吐率高达 1 MIPS/MHz,从而可以缓减系统在功耗和处理速度之间的矛盾。

ATmega16 AVR 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逻单元(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 CISC 微控制器最高至 10 倍的数据吞吐率。

ATmega16 有以下特点:16 KB 的系统内可编程 Flash,512 字节 EEPROM,1 KB SRAM,32 个通用 I/O 接口线,32 个通用工作寄存器,用于边界扫描的 JTAG 接口,支持片内调试与编程,3 个具有比较模式的灵活的定时器/计数器(T/C),片内/外中断,可编程串行 USART,通用两线串行接口,8 路 10 位具有可选差分输入级可编程增益的 ADC,具有片内振荡器的可编程看门狗定时器,一个 SPI 串行端口,以及 6 个可以通过软件进行选择的省电模式。图 1-1 是 ATmega16 的内部组成框图。

1.2.2 ATmega16 的引脚功能

ATmega16 有两种封装形式:一种是 40 引脚封装的 DIP40;另一种是 44 引脚封装的 TQFP44。其引脚功能如图 1-2 所示。

V_{CC} :电源正。

GND:电源地。

端口 A/B/C/D(PA7~PA0/PB7~PB0/PC7~PC0/PD7~PD0):端口 A/B/C/D 为 8 位双向 I/O 接口,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,端口被外部电路拉低时将输出电流。在复位过程中,端口 A/B/C/D 处于高阻状态;端口 A 的第二功能是作 A/D 转换器的模拟输入端。端口 B/C/D 还可用于其他不同的用途,具体情况将在后续章节中进行介绍。如果

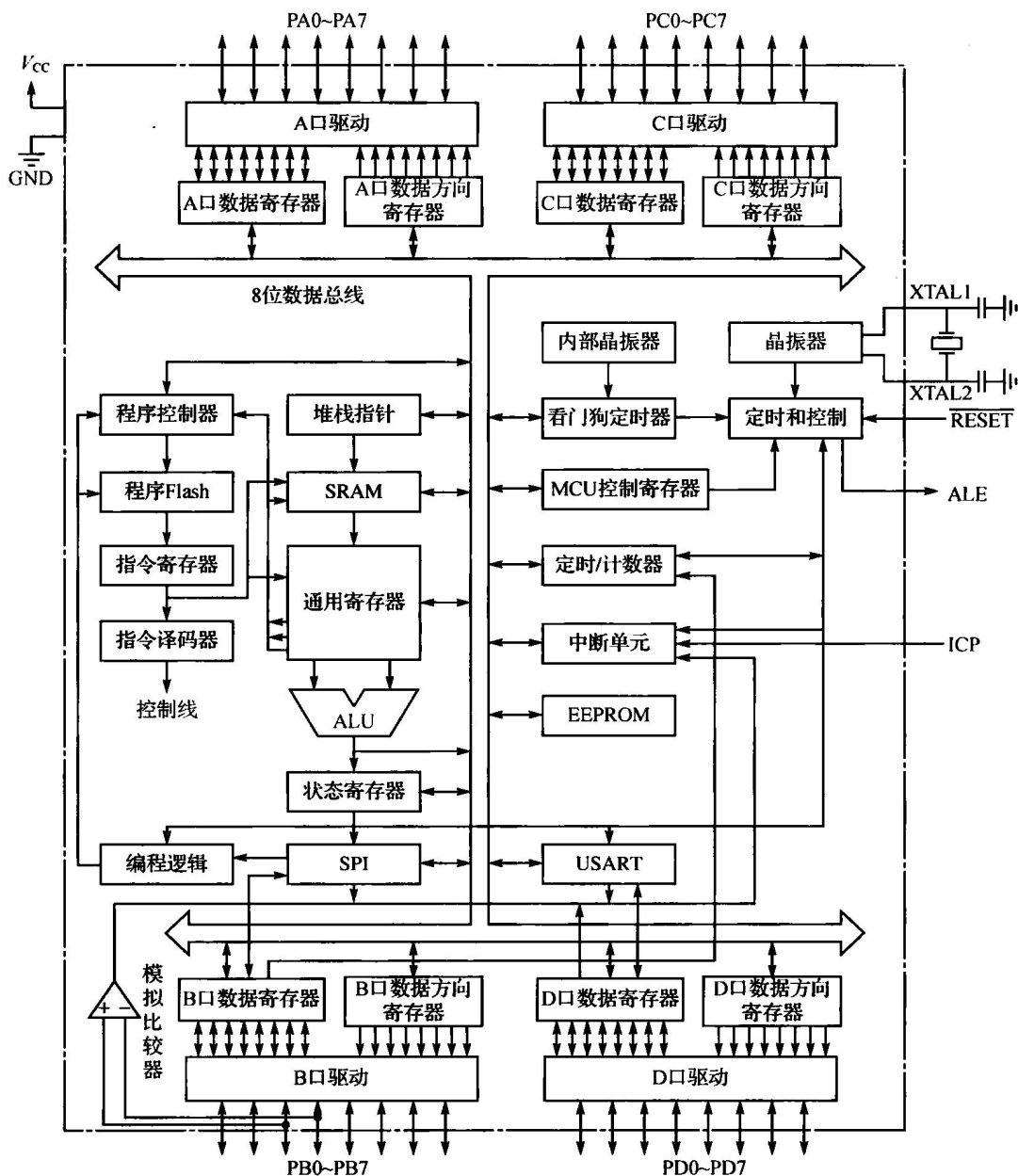


图 1-1 ATmega16 内部组成框图

JTAG 接口使能,引脚 PC5(TDI)、PC3(TMS)与 PC2(TCK)的上拉电阻被激活。

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,持续时间小于门限间的脉冲不能保证可靠复位。

XTAL1:反向振荡放大器与片内时钟操作电路的输入端。

XTAL2:反向振荡放大器的输出端。

AVCC:端口 A 与 A/D 转换器的电源。不使用 ADC 时,该引脚应直接与 V_{CC} 连接。使用 ADC 时应用一个低通滤波器与 V_{CC} 连接。

AREF:A/D 转换器的模拟基准输入引脚。

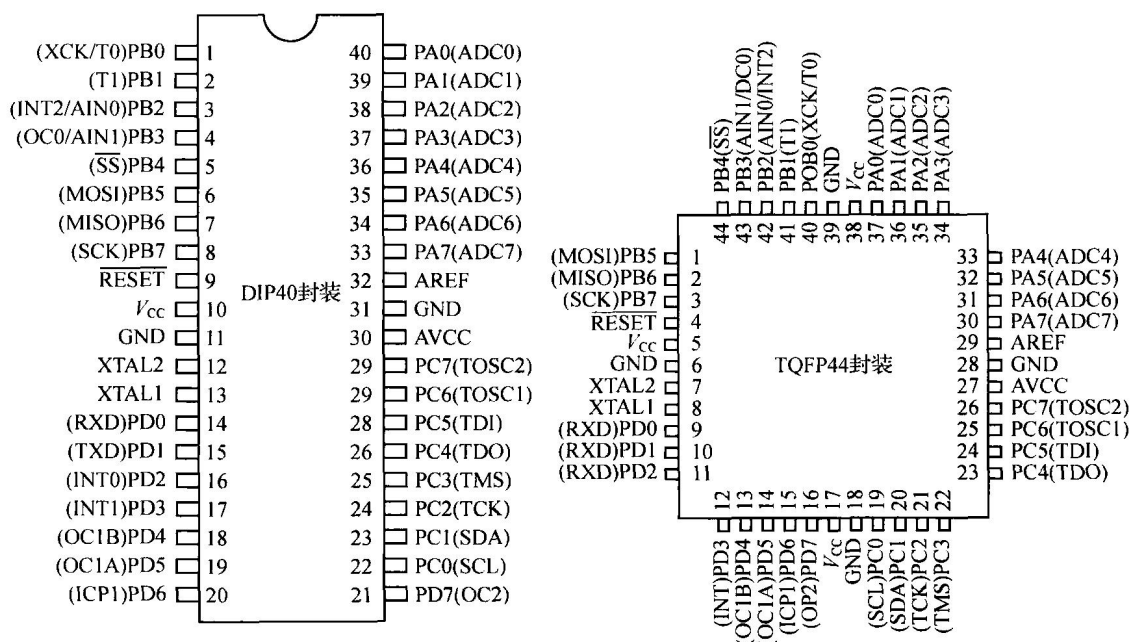


图 1-2 ATmega16 的两种封装形式

1.3 AVR 单片机基本硬件电路

AVR 单片机基本硬件电路包括电源、晶振、复位、A/D 转换滤波、ISP 下载接口、JTAG 仿真接口等 6 部分,图 1-3 是 ATmega16 基本硬件电路原理图。其中,电源、晶振和复位电路称为最小系统电路。

1.3.1 电 源

AVR 单片机最常用的是 5 V 与 3.3 V 两种电压。如果采用的是 ATmega16,需要采用 5 V 供电,如果采用 ATmega16L,5 V 或 3 V 供电均可。

1.3.2 晶振电路

ATmega16 已经内置 RC 振荡线路,可以产生 1 MHz、2 MHz、4 MHz、8 MHz 的振荡频率。不过,内置的毕竟是 RC 振荡,在一些要求较高的场合,比如要与 RS-232 通信需要比较精确的波特率时,建议使用外部的晶振线路。

早期的 90S 系列,晶振两端均需要接 22 pF 左右的电容。ATmega 系列实际使用时,这两只小电容不接也能正常工作。不过为了线路的规范化,仍建议接上。

实际应用时,如果不需要太高精度的频率,可以使用内部 RC 振荡。即这部分不需要任何的外围零件。

