



附赠1CD

- 程序源代码
- 教学课件PPT

# AVR单片机

## C语言高级编程设计

第三版

周兴华 岑巍 倪敏娜 编著

- 风机测试仪
- 数显超声波测距仪
- 红外线转速仪
- 液晶实时曲线显示监控系统
- PID温度控制器
- 图文混排指针型电子钟设计
- 红外线感应自动移门
- RS485远程网络控制系统设计



中国电力出版社  
CHINA ELECTRIC POWER PRESS

# AVR单片机 C语言高级编程设计

第三版

周兴华 岑 巍 倪敏娜 编著



中国电力出版社  
CHINA ELECTRIC POWER PRESS

## 内 容 提 要

本书以初学者为对象,从零开始,循序渐进地讲述 AVR 单片机 C 语言编程方法以及 AVR 单片机的硬件结构和功能应用。全书共 27 章,主要内容包括 AVR 单片机特性、AVR 单片机开发语言及编译器、AVR 单片机开发软件的安装及初步使用、自制 JTAG 仿真器及 AVR 单片机程序下载器、I/O 端口、中断系统、定时计数器、模/数转换器、与 PC 机的串行通信、内部 E<sup>2</sup>PROM、I<sup>2</sup>C 串行接口、看门狗定时器、风机测试仪、红外线转速仪、红外线感应自动移门、PID 温度控制器、液晶实时曲线显示监控系统、图文混排指针型电子钟设计、数显超声波测距仪、RS485 远程网络控制系统设计等。

本书适合作为大中专院校电子技术、自动化、计算机科学及其他相关专业的培训用书,也可作为电子技术开发人员及单片机爱好者作为学习 AVR 单片机的参考书。

## 图书在版编目 (CIP) 数据

AVR 单片机 C 语言高级程序设计 / 周兴华, 岑巍, 倪敏娜编著. —3 版. —北京: 中国电力出版社, 2015.8

ISBN 978-7-5123-7893-3

I. ①A… II. ①周… ②岑… ③倪… 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 (2015) 第 131545 号

中国电力出版社出版、发行

(北京市东城区北京站西街 19 号 100005 <http://www.cepp.sgcc.com.cn>)

航远印刷有限公司印刷

各地新华书店经售

\*

2008 年 4 月第一版

2015 年 8 月第三版 2015 年 8 月北京第四次印刷

787 毫米×1092 毫米 16 开本 26.5 印张 645 千字

印数 9001—12000 册 定价 59.80 元 (含 1CD)

## 敬告读者

本书封底贴有防伪标签,刮开涂层可查询真伪

本书如有印装质量问题,我社发行部负责退换

版权专有 翻印必究



# 前言

进入 21 世纪后,由于电子技术及计算机技术的迅猛发展,促使电子产品的更新换代速度越来越快。以单片机为核心的智能化产品具有体积小、功能强、应用面广等优点,正不断取代传统电子线路构成的经典系统。

以前汇编语言是单片机工程师进行软件开发的唯一选择,但汇编语言程序的可读性和可移植性较差,采用汇编语言编写单片机应用系统程序的周期长,而且调试和排错也比较困难。并且不同类型的单片机,必须采用不同的汇编语言来编写,这是因为汇编语言完全依赖于单片机硬件。对开发者而言,如果由于项目的变化而经常变更单片机类型,其开发的难度是可想而知的。因为学习任何一种单片机汇编语言开发,都需要历经学习、探索、实践、提高这样一个过程,该过程少则半年,多则 1~2 年。随着市场竞争的日益激烈,开发效率已成为电子产品的重要因素之一。为了提高编制单片机系统和应用程序的效率,改善程序的可读性和可移植性,最好的办法是采用高级语言编程。目前,C 语言逐渐成为国内外开发单片机的主流语言。

C 语言是一种通用的编译型结构化计算机程序设计语言,它兼顾了多种高级语言的特点,并具备汇编语言的功能。它支持当前程序设计中广泛采用的由顶向下的结构化程序设计技术。一般的高级语言难以实现汇编语言对于计算机硬件直接进行操作(如对内存地址的操作、移位操作等)的功能,而 C 语言既具有一般高级语言的特点,又能直接对计算机的硬件进行操作。C 语言有功能丰富的库函数、运算速度快、编译效率高,并且采用 C 语言编写的程序能够很容易地在不同类型的单片机之间进行移植。因此,C 语言的应用范围越来越广泛,用 C 语言进行单片机程序设计是单片机开发与应用的必然趋势。对汇编语言掌握到只要可以读懂程序,在时间要求比较严格的模块中进行程序的优化即可。采用 C 语言不必对单片机和硬件接口的结构有很深入的了解,编译器可以自动完成变量的存储单元的分配,编程者就可以专注于应用软件部分的设计,大大加快了软件的开发速度。统计资料表明,不同单片机的 C 语言编译程序 80% 的代码是公共的,采用 C 语言可以很容易地进行单片机的程序移植工作,有利于产品中的单片机重新选型。C 语言的编译效率也很高,对于同一个问题,用 C 语言编写的程序生成代码的效率仅比用汇编语言编写的程序低 10%~20%,由于现在片上 ROM(或 Flash ROM)空间做到 32/64KB(或更大)的单片机比比皆是,因此代码效率所差的 10%~20%已经不是重要问题。至于对开发速度、软件质量、结构严谨、程序坚固等方面进行综合评述的话,那么 C 语言的完美绝非是汇编语言所能比拟的。

本书在第二版的基础上,又增添了大量实用应用程序及案例,读者可以拿这些实例直接用于产品设计与编程,也可进一步改良升级。

## 读者对象

本书以初学者为对象,从零开始,循序渐进地讲解当前最热门的 AVR 单片机的 C 语言

高级程序设计知识，在介绍 AVR 单片机的各单元部分基本特性的同时，使用入门难度浅、程序长度短且又能马上实践的初级实例，详细介绍了如何使用 ATmega16A 的片上资源，帮助初学者快速掌握 AVR 单片机的高效设计。

### 光盘使用

随书所附的光盘中提供了本书的所有软件设计程序文件，读者可直接复制下来使用，并仿照这些程序进行快速开发。还包括了本书的教学课件 (PPT)，可作为读者自学本书的参考资料，也可供高校老师教学使用。

### 联系作者

学习 AVR 单片机需要一定的学习、实验器材，如读者需书中介绍的实验器材或想参加单片机/电子技术/FPGA/ARM 等的设计培训班，可与作者联系，咨询购买事宜。联系方式如下：

地址：上海市闵行区莲花路 2151 弄 57 号 201 室

邮编：201103

联系人：周兴华

电话 (传真)：021-64654216 13774280345

技术支持 E-mail: zhx2151@sohu.com

zxh2151@163.com

培训中心主页: <http://www.hlelectron.com>

### 致谢

在本书的编写过程中，得到了吕超亚、周济华、沈惠莉、周渊、周国华、丁月妹、周晓琼、钱真、周桂华、刘君礼、邱华锋、胡颖静、吴辉东、冯骏、孔雪莲、方渝、付毛仙和吕丁才等的帮助和支持，编者参考了大量的文献资料，一些资料来自互联网和非正式出版物，参考文献无法一一列出，在此对原作者一并表示诚挚的感谢。

限于作者水平，书中难免存在不少错误或漏洞，诚挚欢迎广大读者提出意见，并不吝赐教。

编著



# 目 录

## 前言

第 1 章 概述	1
1.1 AVR 单片机特性	1
1.2 学习 AVR 单片机用到的实验工具及器材	2
第 2 章 AVR 单片机开发语言及编译器	8
2.1 采用 C 语言编程的意义	8
2.2 C 语言具有的突出优点	9
2.3 AVR 单片机的 C 编译器简介	10
第 3 章 ANSI C 语言基础知识	11
3.1 C 语言的标识符与关键字	11
3.2 数据类型	13
3.3 AVR 单片机的存储空间	14
3.4 常量、变量及存储方式	14
3.5 数组	14
3.6 C 语言的运算	17
3.7 流程控制	22
3.8 函数	26
3.9 指针	28
3.10 结构体	32
3.11 共用体	36
3.12 中断函数	37
第 4 章 AVR 单片机开发软件的安装及初步使用	40
4.1 ICCAVR7.14C C 语言编译器安装	40
4.2 AVR Studio 集成开发环境安装	42
4.3 程序下载软件安装	42
4.4 创建 AVR 入门程序	46
第 5 章 AVR DEMO 单片机综合试验板原理介绍及使用	62
5.1 AVR DEMO 单片机综合试验板	62
5.2 ATmega16A 单片机的主要特点与内部组成	64
5.3 使用 JTAG ICE 仿真器调试 AVR DEMO 单片机综合试验板	65

第 6 章	自制 JTAG 仿真器及 AVR 单片机程序下载器	70
6.1	JTAG 的由来及简介	70
6.2	传统的在线仿真器与 JTAG 接口的片内调试系统的区别	70
6.3	AVR JTAG ICE 仿真时注意事项	71
6.4	AVR JTAG ICE 的特点	72
6.5	自制 AVR JTAG ICE	72
6.6	自制 AVR 单片机并口程序下载器	82
6.7	自制 AVR 单片机 USBASP 程序下载器	83
第 7 章	ATmega16A 的 I/O 端口及 C 语言编程	86
7.1	ATmega16A 的 I/O 端口	86
7.2	ATmega16A 的 I/O 端口使用注意事项	87
7.3	ATmega16A 的 I/O 端口编程实践	88
第 8 章	ATmega16A 驱动 16×2 点阵字符液晶模块	101
8.1	16×2 点阵字符液晶显示器概述	101
8.2	液晶显示器的突出优点	102
8.3	16×2 字符型液晶显示模块 (LCM) 特性	102
8.4	16×2 字符型液晶显示模块 (LCM) 引脚及功能	102
8.5	16×2 字符型液晶显示模块 (LCM) 的内部结构	103
8.6	HD44780 特点	103
8.7	HD44780 工作原理	104
8.8	LCD 控制器的指令	108
8.9	LCM 工作时序	110
8.10	ATmega16A 驱动 16×2 点阵字符液晶模块的子程序	111
8.11	16×2LCM 演示程序 (一)	113
8.12	16×2LCM 演示程序 (二)	116
第 9 章	ATmega16A 的中断系统及 C 编程	120
9.1	ATmega16A 的中断系统	120
9.2	ATmega16A 的外部中断编程实践	121
第 10 章	ATmega16A 的定时计数器及 C 编程	129
10.1	ATmega16A 的定时/计数器	129
10.2	ATmega16A 定时/计数器的时钟选择	129
10.3	计数器的事件	130
10.4	定时/计数器事件的处理	131
10.5	ATmega16A 的定时/计数器编程实践	131
第 11 章	ATmega16A 的 PWM 功能使用——实现数/模输出	139
11.1	ATmega16A 的定时/计数器的特性及数/模输出实现	139

11.2	ATmega16A 的 PWM 编程实践 .....	139
<b>第 12 章</b>	<b>ATmega16A 的模/数转换器及 C 编程 .....</b>	<b>145</b>
12.1	ATmega16A 的模/数转换器 .....	145
12.2	模/数转换器相关寄存器 .....	145
12.3	模/数转换器的使用 .....	147
12.4	ATmega16A 的模/数转换器编程实践 .....	147
<b>第 13 章</b>	<b>ATmega16A 串口及 C 编程——与 PC 机的串行通信 .....</b>	<b>153</b>
13.1	通用串行接口 USART 的主要特性 .....	153
13.2	USART 的主要寄存器及设置 .....	153
13.3	ATmega16A 与 PC 机的串行通信编程实践 .....	157
<b>第 14 章</b>	<b>AVR 单片机内部资源的 C 编程——ATmega16A 的内部 E<sup>2</sup>PROM 读/写 .....</b>	<b>177</b>
14.1	ATmega16A 的内部 E <sup>2</sup> PROM .....	177
14.2	与 E <sup>2</sup> PROM 相关的寄存器 .....	177
14.3	ATmega16A 内部 E <sup>2</sup> PROM 编程实践 .....	178
<b>第 15 章</b>	<b>ATmega16A 驱动 I<sup>2</sup>C 串行接口器件 24C01 的编程 .....</b>	<b>190</b>
15.1	E <sup>2</sup> PROM AT24CXX 的性能特点 .....	190
15.2	AT24CXX 引脚定义 .....	190
15.3	AT24CXX 系列存储器特点 .....	191
15.4	AT24CXX 系列 E <sup>2</sup> PROM 的内部结构 .....	191
15.5	AT24CXX 系列 E <sup>2</sup> PROM 芯片的寻址 .....	192
15.6	写操作方式 .....	193
15.7	读操作方式 .....	194
15.8	读写 AT24C01 的相关功能子程序 .....	195
15.9	在 AVR 单片机综合试验板上完成 AT24C01A 的读写实验 .....	198
<b>第 16 章</b>	<b>AVR 单片机内部资源的 C 编程——实现两片 ATmega16A 以 SPI 方式通信 .....</b>	<b>225</b>
16.1	ATmega16A 的 SPI 串行接口特点 .....	225
16.2	主机和从机之间的 SPI 连接及原理 .....	225
16.3	SPI 的配置及使用 .....	228
16.4	SPI 的相关寄存器 .....	228
16.5	两片 ATmega16A 的同步串口数据高速通信实验 .....	230
<b>第 17 章</b>	<b>ATmega16A 驱动 SPI 串行接口器件 93C46 的编程 .....</b>	<b>236</b>
17.1	AT93CXX 的性能特点 .....	236



17.2	AT93CXX 引脚定义	236
17.3	AT93CXX 系列存储器特点	237
17.4	AT93CXX 系列 E <sup>2</sup> PROM 的内部结构	237
17.5	AT93CXX 系列 E <sup>2</sup> PROM 的指令集	238
17.6	器件操作	238
17.7	ATmega16A 驱动 AT93C46 的子函数	242
17.8	ATmega16A 对 AT93C46 的读/写实验	245
<b>第 18 章</b>	<b>ATmega16A 驱动 128×64 点阵图形液晶模块</b>	<b>251</b>
18.1	128×64 点阵图形液晶模块特性	251
18.2	128×64 点阵图形液晶模块引脚及功能	252
18.3	128×64 点阵图形液晶模块的内部结构	252
18.4	HD61203 特点	254
18.5	HD61202 特点	255
18.6	HD61202 工作原理	255
18.7	HD61202 的工作过程	259
18.8	点阵图形液晶模块的控制器指令	259
18.9	HD61202 的操作时序图	261
18.10	ATmega16A 驱动 128×64 点阵图形液晶模块的子程序	262
18.11	在 AVR 单片机综合试验板上实现 128×64LCM 演示程序	265
18.12	在 128×64 液晶屏上实现多级菜单的设计实验	271
<b>第 19 章</b>	<b>ATmega16A 的系统控制、复位和看门狗定时器使用</b>	<b>275</b>
19.1	ATmega16A 的系统控制和复位	275
19.2	ATmega16A 的复位源	275
19.3	看门狗定时器的使用	277
19.4	在 AVR DEMO 单片机综合试验板上, 进行看门狗实验 (一)	278
19.5	在 AVR DEMO 单片机综合试验板上, 进行看门狗实验 (二)	280
<b>第 20 章</b>	<b>ATmega16A 应用实例 1——风机测试仪</b>	<b>282</b>
20.1	系统功能描述	282
20.2	系统方案及电路设计	282
20.3	测试类型、参数范围及测试过程	285
20.4	程序设计	286
20.5	调试及应用	297
<b>第 21 章</b>	<b>ATmega16A 应用实例 2——红外线转速仪</b>	<b>298</b>
21.1	转速仪表的分类	298
21.2	转速传感器	299

21.3	转速测量的方法	299
21.4	红外线转速仪系统功能描述	299
21.5	系统方案及电路设计	300
21.6	程序设计	302
21.7	调试及应用	308
<b>第 22 章</b>	<b>ATmega16A 应用实例 3——红外线感应自动移门</b>	<b>309</b>
22.1	红外线感应自动移门的组成及基本工作原理	309
22.2	系统方案设计	310
22.3	电路设计	311
22.4	程序设计详解	316
22.5	保养及维护	334
<b>第 23 章</b>	<b>ATmega16A 应用实例 4——PID 温度控制器</b>	<b>335</b>
23.1	温度控制原理	335
23.2	PID 控制原理	335
23.3	系统方案及电路设计	337
23.4	程序设计	340
23.5	调试及应用	348
<b>第 24 章</b>	<b>ATmega16A 应用实例 5——液晶实时曲线显示监控系统</b>	<b>349</b>
24.1	系统功能描述	349
24.2	系统方案及电路设计	349
24.3	数字温度传感器 DS18B20 简介	350
24.4	程序设计	355
24.5	调试及应用	377
<b>第 25 章</b>	<b>ATmega16A 应用实例 6——图文混排指针型电子钟设计</b>	<b>378</b>
25.1	系统方案设计	378
25.2	电路设计	378
25.3	程序设计详解	378
25.4	调试及应用	397
<b>第 26 章</b>	<b>ATmega16A 应用实例 7——数显超声波测距仪</b>	<b>398</b>
26.1	超声波测距原理	398
26.2	超声波测距专用模块 HC-SR04 介绍	398
26.3	系统方案设计	400
26.4	电路设计	400
26.5	程序详解	400

26.6	调试及应用 .....	404
<b>第 27 章</b>	<b>ATmega16A 应用实例 8——RS485 远程网络控制系统设计</b> .....	<b>405</b>
27.1	RS485 分布式数据采集和控制网络原理 .....	405
27.2	电路设计 .....	405
27.3	程序详解 .....	405
27.4	调试及应用 .....	410
	<b>参考文献</b> .....	<b>411</b>



### 1.1 AVR 单片机特性

AVR 单片机是 ATMEL 公司研发的增强型内置 Flash 的 RISC (Reduced Instruction Set CPU) 精简指令集高速 8 位单片机, 设计时吸取了 80C51 及 PIC 单片机的优点, 具备单时钟周期执行一条指令的能力, 运行速度高达 1MIPS/MHz。AVR 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。

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相应控制逻辑), 提高了指令执行速度, 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。AVR 单片机在软/硬件开销、速度、性能和成本等诸多方面取得了优化平衡, 是一种高性价比的单片机。

AVR 单片机的主要特性如下所述。

(1) 内嵌高质量的 Flash 程序存储器, 可反复擦写, 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。片内具有大容量的 RAM, 有效支持使用高级语言开发系统程序。

(2) 高速度、低功耗, 具有 SLEEP (省电休眠) 功能。每一指令执行速度可达 50ns (20MHz), 而耗电则在 1~2.5mA 之间 (典型功耗, WDT 关闭时为 100nA), AVR 单片机运用 Harvard 结构概念 (具有预取指令功能), 即对程序存储和数据带有不同的存储器和总线, 当执行某一指令时, 下一指令被预先从程序存储器中取出, 这使得指令可以在每一个时钟周期内被执行。AVR 单片机可宽电压运行 (2.7~5.5V), 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。

(3) AVR 单片机的 I/O 线全部带可设置的上拉电阻, 并行 I/O 口输入输出特性与 PIC 的 HI/LOW 输出及三态高阻抗 HI-Z 输入类同外, 也可设定类同 80C51 系列内部拉高电阻作为输入端的功能, 可单独设定为输入/输出、可设定 (初始) 高阻输入, 使得 I/O 口资源灵活、功能强大、可充分利用。AVR 的 I/O 口是真正的 I/O 口, 能正确反映 I/O 口的输入/输出真实情况。

(4) AVR 单片机片内具备多种独立的时钟分频器, 分别供 UART、IIC、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 单片机中的定时器/计数器(单)可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、相位可变方波的脉宽调制输出 PWM,令人耳目一新。

(5) 工业级产品,具有大电流 10~20mA 或 40mA(单一输出),可直接驱动 SSR 或继电器。内置的看门狗定时器(WDT)用于防止程序跑飞,提高产品的抗干扰能力。

(6) 超功能精简指令。具有 32 个通用工作寄存器(相当于 80C51 单片机中的 32 个累加器),克服了单一累加器在数据处理时造成的瓶颈现象。

(7) AVR 单片机内有模拟比较器,I/O 口可作 A/D 转换用,组成廉价的 A/D 转换器。

(8) 像 80C51 一样,AVR 有多个固定中断向量入口地址,因此,可快速响应中断,而不会像 PIC 一样所有中断都在同一向量地址,需要以程序判别后才可响应。

(9) 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 BOD,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,增强了系统的可靠性。

(10) 有串行异步通信 UART。不占用定时器和 SPI 传输功能,因其速度快,故可以工作在一般标准整数频率,而波特率可达 576kb/s。

(11) 有多通道 10 位 A/D 转换器及实时时钟 RTC。

AVR 单片机技术表现出单片机集多种器件(包括 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 端口等)的特点于一身,充分体现了现代单片机技术向“片上系统 SoC”发展的方向。

## 1.2 学习 AVR 单片机用到的实验工具及器材

学习一种新的单片机技术,不能只是“纸上谈兵”,实验与实践是必不可少的。这里我们使用以下的器材进行 AVR 单片机的 C 语言程序设计。

- (1) ImageCraft 公司的 ICCAVR6.31A C 语言编译器。
- (2) Atmel 公司的 AVR Studio 集成开发环境。
- (3) PonyProg2000 下载软件或 PROGISP 下载软件。
- (4) AVR DEMO 单片机综合试验板。
- (5) AVR 单片机 JTAG 仿真器。
- (6) 并口下载器或 USBASP 下载器。
- (7) 5V 高稳定专用稳压电源。
- (8) 一台奔腾级及以上的家用户式电脑或笔记本电脑。

### 1.2.1 ICCAVR7.14C C 语言编译器

ICCAVR7.14C 是 ImageCraft 公司开发的用于 AVR 单片机的 C 语言编译器,是一个综合了编辑器和工程管理器的纯 32 位集成开发环境(IDE)。由于 ICCAVR 功能强大,使用简单方便,具有良好的技术支持且价格合适,所以得到了广泛的应用。图 1-1 为 ICCAVR 的工作

界面。

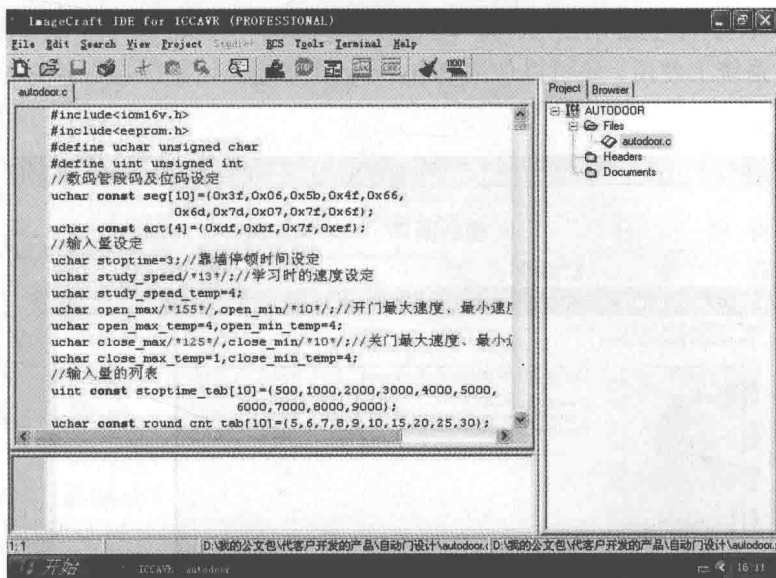


图 1-1 ICCAVR 的工作界面

## 1.2.2 AVR Studio 集成开发环境

AVR Studio 是一个 Atmel 公司开发的集项目管理、程序汇编、程序调试、程序下载、JTAG 仿真等功能于一体的集成开发环境。但 AVR Studio 不支持 C 语言编译，因此当我们用 C 语言开发 AVR 单片机程序时，需要先用 ICCAVR 编写 C 语言并进行编译，然后使用 AVR Studio 打开编译生成的\*.cof 文件，并进行程序的仿真调试。图 1-2 为 AVR Studio 的工作界面。

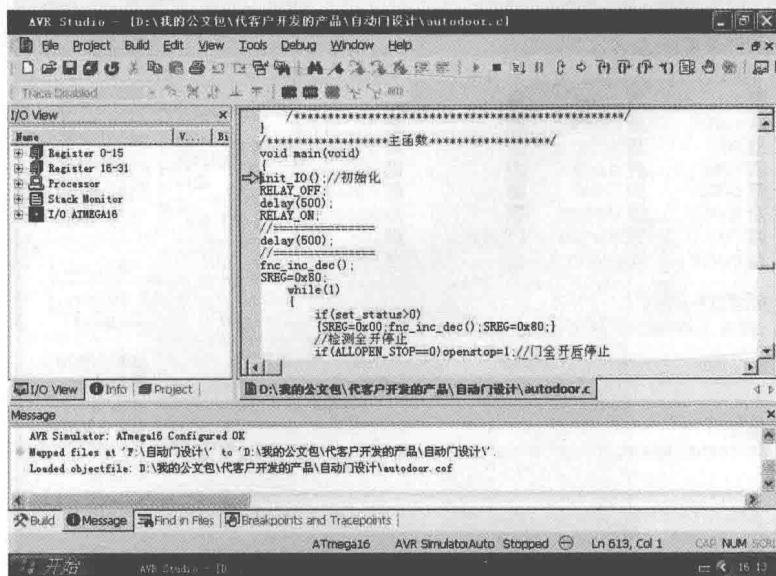


图 1-2 AVR Studio 的工作界面

### 1.2.3 PonyProg2000 下载软件及 PROGISP 下载软件

PonyProg2000 软件主要用于 AVR 单片机及 PIC 单片机的程序下载，能在 Windows XP/Win7 等操作系统上使用。还可以使用 PonyProg2000 的汉化程序。图 1-3 为 PonyProg2000 的工作界面。

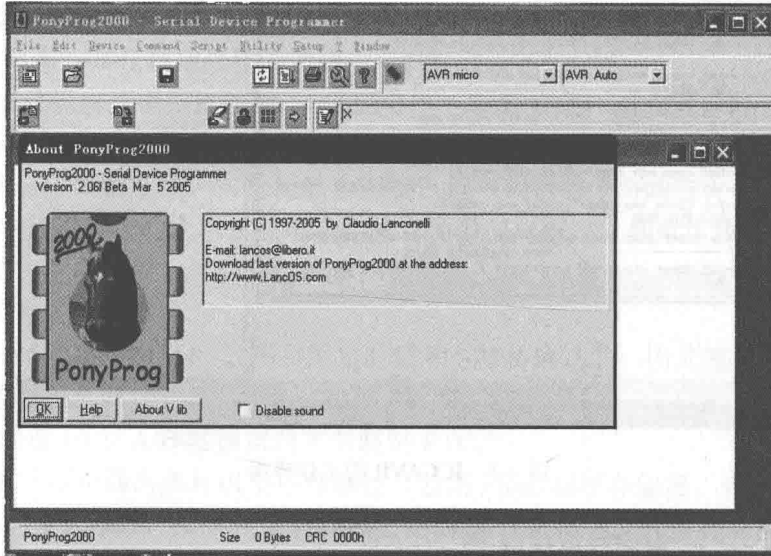


图 1-3 PonyProg2000 的工作界面

PROGISP 下载软件主要用于 AVR 单片机使用电脑的 USB 口进行程序下载，能在 Windows XP/Win7 等操作系统上使用。图 1-4 为 PROGISP 打开后的工作界面。

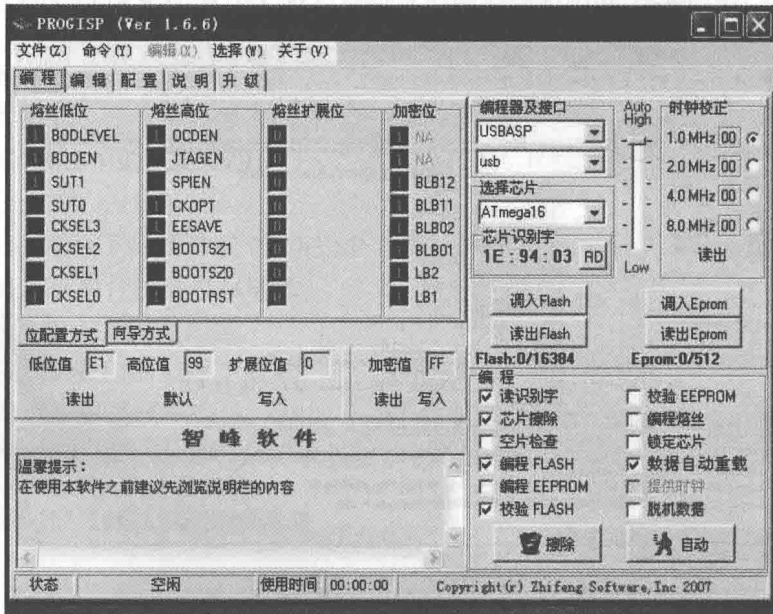


图 1-4 PROGISP 打开后的工作界面



### 1.2.4 AVR DEMO 单片机综合试验板

AVR DEMO 单片机综合试验板为多功能实验板，对入门学习特别有效，其主要功能有：

(1) 可做 AVR 单片机的输入/输出实验。

(2) 可做音响实验。

(3) 可做 A/D 实验。

(4) 可做 PWM (D/A) 实验。

(5) 8 位数码管动态扫描输出及驱动。

(6) 8 位 LED 输出指示。

(7) 可做 I<sup>2</sup>C 及 SPI 总线实验。

(8) DS18B20 温度控制实验。

(9) 红外遥控实验。

(10) 16×2 液晶驱动实验。

(11) 128×64 液晶驱动实验。

(12) 与 PC 机连接做 RS232 通信实验。

图 1-5~图 1-7 为 AVR 单片机综合试验板外形示意图。

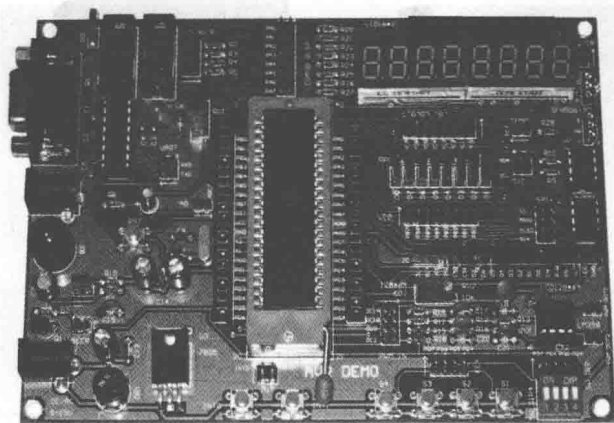


图 1-5 AVR DEMO 单片机综合试验板

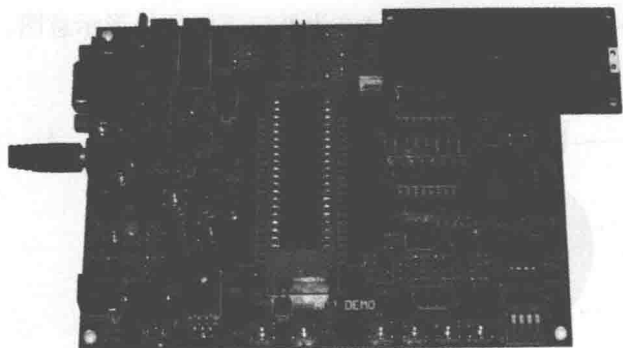


图 1-6 AVR DEMO 单片机综合试验板 (驱动 16×2 字符型液晶)





图 1-7 AVR DEMO 单片机综合试验板 (驱动 128×64 图形液晶)

### 1.2.5 AVR 单片机 JTAG 仿真器

AVR 单片机 JTAG 仿真器为经典的 AVR 仿真器,支持的芯片为 ATmega128、ATmega128L、ATmega16、ATmega162、ATmega162 (V)、ATmega165、ATmega165 (V)、ATmega169、ATmega169 (V)、ATmega16A、ATmega32、ATmega323、ATmega323 (L)、ATmega32 (L)、ATmega64 和 ATmega64 (L)。图 1-8 为 AVR 单片机 JTAG 仿真器外形示意图。

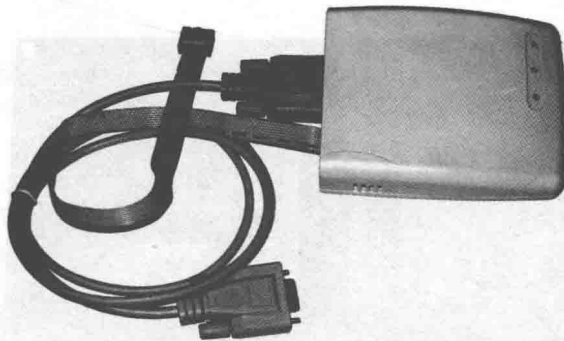


图 1-8 AVR 单片机 JTAG 仿真器

### 1.2.6 并口下载器及 USBASP 下载器

并口下载器具有低价、可靠、实用的特点,而且支持 AVR 单片机及 AT89S51/52 单片机。并口下载器是下载程序时必用的工具。图 1-9 为并口下载器外形示意图。

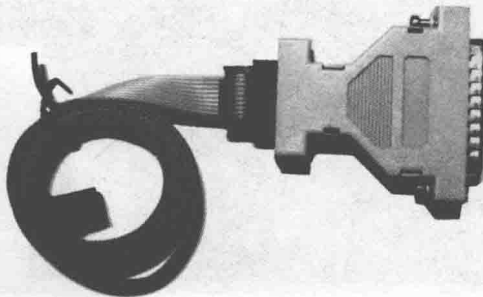


图 1-9 并口下载器