

电子设计竞赛·课程设计·毕业设计 指导丛书

AVR单片机与CPLD/FPGA 综合应用入门

CPLD/FPGA

AVR

0100101010010010111101010010101001

CPLD/FPGA

黄 任 编著



北京航空航天大学出版社

电子设计竞赛·课程设计·毕业设计 指导丛书

AVR 单片机与 CPLD/FPGA 综合应用入门

黄 任 编著

北京航空航天大学出版社

内 容 简 介

本书系统论述了单片机与 CPLD/FPGA 之间的通讯和合作方法,并全面阐述了高精度频率计、数控波形发生器、简易逻辑分析仪等单片机与 CPLD/FPGA 综合应用系统的设计思想和具体实现。书中作为实例的几个系统,均为全国大学生电子设计竞赛历年来具有代表性的赛题,因此对准备参加电子设计竞赛的学生有很强的指导作用。本书融入了作者设计系统的经验和体会,并提供了带详细注释的单片机程序和 VHDL 程序,具有较好的启发性和借鉴意义。

本书可作为全国大学生电子设计竞赛、电子科技活动的培训参考资料,也可作为电子爱好者及高校师生进行数字电路设计的参考。

图书在版编目(CIP)数据

AVR 单片机与 CPLD/FPGA 综合应用入门/黄任编著.

北京:北京航空航天大学出版社,2004.8

ISBN 7-81077-532-4

I. A… II. 黄… III. ①单片微型计算机—基本知识
②现场可编程门阵列—基本知识 IV. ①TP368.1②
TP331.2

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2004)第 080798 号

AVR 单片机与 CPLD/FPGA 综合应用入门

黄 任 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:787×960 1/16 印张:13.25 字数:297 千字

2004 年 8 月第 1 版 2004 年 8 月第 1 次印刷 印数:5000 册

ISBN 7-81077-532-4 定价:18.00 元

前 言

SOC(System - On - Chip)是将来电路设计的一个趋势。由于FPGA芯片密度不断增加和新一代EDA开发工具的使用,利用FPGA器件实现SOC已成为可能,人们将这项技术称为SOPC(System On a Programmable Chip,可编程单芯片系统)。但就目前而言,将微处理器(microprocessor)嵌入FPGA需要消耗较多的资源,对一些门数较少的FPGA来说是不可能的。虽然Altera、Atmel等公司都推出了内嵌微处理器的FPGA,但是由于价格、开发手段和方法等因素的影响,在未来一段较长的时间内,人们将更多地采用单片机与FPGA配合的方法设计系统,以发挥单片机的灵活性和FPGA的高速性。因此,研究单片机与FPGA之间的通信和配合方法就显得十分重要。

本书从实用角度出发,总结了单片机与FPGA之间通信与配合的几种方式,既充分利用了现用的开发工具和方法,也为读者将来转向SOPC奠定了一定的基础。

所面向的读者

本书面向的对象较广,既可以用作高校教学(特别是针对全国大学生电子设计竞赛的培训),又可以作为数字系统设计人员的参考书。

全国大学生电子设计竞赛自1994年至今已经成功举办了6届,第6届竞赛的参赛人数已经接近10 000人。电子设计竞赛对培养参赛学生的实际动手能力,激发创新思维,锻炼意志品德,树立团队协作精神大有裨益,因而受到了社会的认可和在校学生的普遍欢迎。但现有面向全国大学生电子设计竞赛的培训书籍十分短缺,参赛学生可以借鉴的只有往年的参赛论文集。而论文一般只给出大概的方案及简要的原理图,对一些基础较弱的学生来说,看参赛论文无异于看天书。本

书则是一本真正的培训教材,书中所选的实例都是以往有代表性的赛题。书中给出了关键的源程序和原理图,并且在章节的安排上由浅入深,不但适合给有一定基础的学生作参考书,也同样适合作为基础较弱的学生的培养教材。

采用的器件与编程语言

所有范例中,单片机均采用 AVR ATmega16, FPGA 均采用 Altera 公司的 Flex10K10。大部分单片机程序不用修改或稍加修改就可以应用于 AT90S8515、AT90S8535、ATMega161、ATMega162 以及更高级的 ATmega 系列单片机。对于使用 51 系列单片机的读者来说,此书亦极具参考价值,书中提到的单片机与 FPGA 之间的通信方法同样适用于带 SPI 接口的 51 单片机。FPGA 也不仅限于 Altera Flex10K10,某些较小的系统可以在 Max7128 上实现,其余的可在更高级的 FPGA(如 Acex1K 系列)上实现。书中提到的一些原则和方法同样适用于 Xilinx 的 FPGA, VHDL 程序基本不用修改就可移植到 Xilinx 的 FPGA 上。

采用的单片机编程语言是 GCC,但由于各种 C 语言编译器支持的基本语句是相同的,只是中断处理方式有所不同,因此使用 ICCAVR。CodeVision 等编译器的读者也可使用本书,只需做很小的修改,就可以将 GCC 的程序在 ICCAVR 和 CodeVision 上编译。本书的 FPGA 设计部分,采用原理图与 VHDL 相结合的方法,适用于对 VHDL 有一定了解的读者。如果读者习惯于使用 VerilogHDL,那么建议在读本书之前,先看看 VHDL 的相关教材。

结 构

本书共分 7 章,各章的内容简介如下:

第 1 章 AVR 单片机及其开发工具

简要介绍单片机的概念及市面上常见的单片机及其特点;介绍几种常用的 AVR 单片机的 C 编译器;介绍 AVR 单片机的仿真软件、下载软件、参数计算器等开发工具;介绍为 GCC 定制个性化集成开发环境的方法。

第 2 章 AVR 单片机入门

简要介绍 AVR ATmega16 的结构与 GCC 入门知识;介绍 16×2 字符型液晶显示器和 4×4 矩阵键盘的使用;章末给出了一个经典的应用实例:简易数字钟。

第3章 CPLD/FPGA 与 VHDL 入门

简要介绍 CPLD/FPGA 及其在 Max+PlusII 中的开发流程;以问答形式解答 VHDL 初学者最容易感到困惑的一些问题;给出一些常用电路的 VHDL 程序,包括“7 段数码管”、“同步整形电路”、“内/外部 SRAM 读写电路”等;章末给出了两个系统设计实例:“交通灯控制器”和“乒乓球游戏机”,并给读者留了一道经典的状态机练习题“三层电梯控制器”。这些实例和练习题,都是北京邮电大学信息工程学院的学生在准备北京市大学生电子设计竞赛时所做的练习。实践证明,这些题目对提高初学者的 CPLD/FPGA 开发水平是很有帮助的。

第4章 单片机与 FPGA 之间的通信

本书的核心章节,前面几章是为本章做铺垫,而后面几章则是为本章做诠释(实例)。本章将单片机与 FPGA 之间的通信分为以下几种,并加以系统地阐述:① 单片机控制 CPLD 启动相应的功能模块;② 单片机向 CPLD 传输命令字或少量数据;③ CPLD 向单片机传输命令字或少量数据;④ 单片机向 CPLD 传输大量数据;⑤ CPLD 向单片机传输大量数据;⑥ 以上某几种情况的组合。

第5章 简易数字频率计

题目源于 1997 年全国大学生电子设计竞赛题;介绍了测频率周期、测占空比、测脉冲宽度的原理;给出了主要模块的设计思路、流程图和源程序。

第6章 波形发生器

题目源于 2001 年全国大学生电子设计竞赛题;介绍了直接数字频率合成(DDFS)原理和利用 PC 机中的 C 编译器(Turbo C 2.0)辅助单片机系统开发的方法;给出了单片机向 FPGA 传输少量参数和大量数据的实例;给出了主要模块的设计思路、流程图和源程序。

第7章 简易逻辑分析仪

题目源于 2003 年全国大学生电子设计竞赛的 D 题,本章以竞赛论文的形式出现(本设计是竞赛作品,获全国一等奖,并获得“索尼杯”提名)。有志参加电子设计竞赛的大学生可以从中学习写作竞赛论文的方法,对其他电子设计爱好者来

说,此论文也可作为一个很好的参考材料。

致 谢

本书在编写过程中,得到了北京邮电大学信息工程学院“创新实验室”主任郭莉副教授的大力帮助与支持。郭莉老师带领“创新实验室”的学生参加了多次电子设计竞赛,取得了令人瞩目的成绩,参赛学生获奖率为100%,其中一半的学生获得了一等奖。郭莉老师在百忙之中仍仔细审阅了全书,并提出了许多宝贵的意见,在此向她表示衷心的感谢。

此外,本书在正式出版前,曾作为“创新实验室”的内部教材,用以指导学生参加各种电子设计竞赛。本书得到了学生的肯定,也从参赛学生中得到了很多反馈意见,在此要特别感谢杨芳芳、张万能、赵荣华、于光炜、刘阳、赵莹、王志勇、胡子明等同学,他们的意见对本书的改进起到了十分关键的作用。

特别值得一提的是,本书写作过程中得到双龙公司的大力支持。双龙公司为作者提供了部分实验仪,并准备为本书开设网站,提供部分源程序供读者下载。本书最初是应双龙公司总经理耿德根先生之邀而写的,如果没有耿先生的鼓励与支持,本书是不可能成形的。在此向双龙公司与耿德根先生致以诚挚的谢意。

如果您在阅读本书的过程中发现错误或是有改进本书的建议,请您通过 huangren@ieee.org 与作者联系。

作 者

2004年5月于北京邮电大学

目 录

第 1 章 AVR 单片机及其开发工具

1.1 什么是单片机	1
1.2 各种品牌的单片机及其特点	2
1.3 AVR 单片机的 C 编译器	5
1.3.1 C 编译器的选择	5
1.3.2 makefile 的编写及其作用	7
1.4 AVR 单片机程序的仿真与调试	9
1.4.1 在 AVR Studio 中实现模拟仿真	9
1.4.2 利用目标板上的硬件资源调试程序	11
1.5 AVR 单片机的编程下载软件	12
1.5.1 AVR Prog 简介	12
1.5.2 PonyProg 简介	13
1.6 AVR 单片机参数计算器	15
1.7 设计个性化的 AVR 单片机集成开发环境	16

第 2 章 AVR 单片机入门

2.1 ATmega16(L)单片机的主要特点与内部结构	20
2.2 ATmega16(L)的主要引脚及其作用	22
2.2.1 电源与复位电路	23
2.2.2 时钟电路	24
2.2.3 I/O 端口	27
2.3 输入/输出端口的使用	28
2.4 常量与变量及其占用的存储空间	30
2.4.1 在 SRAM 中定义变量和常量	31



2.4.2	在 Flash 中定义常量	31
2.4.3	在 EEPROM 中读/写变量	32
2.5	中 断	34
2.5.1	ATmega16L 的中断源	35
2.5.2	对中断进行操作	36
2.6	定时器/计数器	39
2.6.1	定时器 0	39
2.6.2	计数器 0	42
2.6.3	定时器/计数器 1	43
2.7	串行外设接口	45
2.8	简易数字钟	50
2.8.1	16×2 字符型液晶的使用	51
2.8.2	4×4 矩阵式键盘的使用	62
2.8.3	简易数字钟的设计	69
2.9	液晶显示与键盘扫描进阶	75

第 3 章 CPLD/FPGA 与 VHDL 入门

3.1	CPLD/FPGA 与硬件描述语言	82
3.1.1	初学者使用 HDL 需要注意之处	83
3.1.2	用 Max+PlusII 进行 CPLD/FPGA 开发的简单流程	84
3.2	VHDL 入门解惑	84
3.3	常用电路的 VHDL 程序	93
3.3.1	分频电路	93
3.3.2	带使能端的 7 段数码管驱动程序	94
3.3.3	串行连接的 7 段数码管驱动程序	96
3.3.4	键盘扫描程序	98
3.3.5	键盘防抖电路	100
3.3.6	同步整形电路	102
3.3.7	SRAM 控制电路	104
3.3.8	内部 RAM 的读/写	110
3.4	系统设计实例与练习	113
3.4.1	交通灯控制器	113
3.4.2	乒乓游戏机	118
3.4.3	三层电梯控制器	125

第 4 章 单片机与 FPGA 之间的通信

4.1 单片机控制 FPGA 启动相应的功能模块	127
4.2 单片机向 FPGA 传输命令字或少量数据	129
4.3 FPGA 向单片机传输命令字或少量数据	134
4.3.1 单片机从 FPGA“取”数据(通过 SPI 口)	134
4.3.2 FPGA 向单片机“送”数据	136
4.4 单片机与 FPGA 互传大量数据	137
4.4.1 使用双端口 RAM 进行数据互传	137
4.4.2 使用 Flex10K10 的内部 RAM	138
4.5 小 结	140

第 5 章 简易数字频率计

5.1 测频的原理	143
5.2 测周期的原理	144
5.3 系统设计	145
5.3.1 总体方案	145
5.3.2 测频 测周与占空比测量模块设计	147
5.3.3 脉冲宽度测量模块的设计	158
5.3.4 并/串转换模块与单片机程序设计	164

第 6 章 波形发生器

6.1 直接数字频率合成	166
6.2 系统的初步方案	169
6.3 查找表的生成与使用	171
6.3.1 用 Turbo C 生成“正弦波查找表”和“三角波查找表”	171
6.3.2 单片机生成并处理查找表	173
6.4 FPGA 设计方案及其模块对应的单片机程序	177
6.5 系统的抗干扰设计	184

第 7 章 简易逻辑分析仪

7.1 简易逻辑分析仪原理	186
7.1.1 任 务	186
7.1.2 要 求	187

7.1.3	评分标准	188
7.1.4	说 明	188
7.2	竞赛报告	189
7.2.1	摘 要	189
7.2.2	方案论证与比较	189
7.2.3	系统设计	191
7.2.4	软件设计	197
7.2.5	结 论	199
7.2.6	英文摘要	200

参考文献

第 1 章

AVR 单片机及其开发工具

1.1 什么是单片机

计算机从本质上可分为 5 个模块：运算器、控制器、存储器、输入设备及输出设备。如果将这些模块都集成到一块集成电路芯片上，这样所组成的芯片级的微型计算机称为单片微型计算机(single chip microcomputer)，习惯上叫它单片机。一般的单片机都由 CPU、RAM、ROM、定时器/计数器和输入/输出(I/O)接口电路等主要模块组成。有些新型单片机会在片内集成 A/D、PWM、WDT 等模块，使其更适用于控制领域的应用。

单片机与微机相比，速度要慢很多，存储器的容量更是小得可怜，那为什么还会有单片机的存在呢？答案很简单：单片机又小又便宜。没有人会想用奔腾 IV 的 PC 机去控制一个电饭煲，虽然从理论上来说这是完全可行的，但是这样做的结果是天价的超大型电饭煲堆在仓库里无人问津。我们不需要用电饭煲来玩游戏，也不需要让电饭煲放音乐，更不需要在电饭煲上看电影，我们只需要一个可以定时开始煮饭的电饭煲。既然如此，又何苦杀鸡用牛刀，用一颗奔腾的芯片去做一些只需要定时器/计数器就能做的事情呢？只需在电饭煲中嵌入一块单片机，利用其定时器/计数器的功能，就足以完美地完成一个智能电饭煲需要做的全部工作。而完成这些工作的单片机，很可能价格不到 2 元钱，而大小与人小指的指甲差不多。

单片机的应用范围十分广泛，主要的应用领域有：

- 工业控制。单片机可以构成各种工业控制系统、数据采集系统等。如数控机床、自动生产线控制、电机控制、温度控制等。



- 仪器仪表。如智能仪器、医疗器械等。
- 计算机外部设备与智能接口。如图形终端机、传真机、复印机、打印机、绘图仪等。
- 商用产品。如自动售货机、电子收款机、电子秤等。
- 家用电器。如电视机、空调、洗衣机、微波炉、电饭煲等。

1.2 各种品牌的单片机及其特点

市面上的单片机品牌众多,著名的常用单片机也有十几种之多。几乎每个单片机厂家都宣称自己的产品是最好的,并用一堆数据来证明自己的产品比起其他单片机来是如何的优越。事实上,每个厂家的单片机都是各有千秋,有的以低成本见长,有的以高速著称,有的则以高集成度闻名,实在很难找到一种能在每个方面都能技压群雄的单片机。下面简要介绍当今最流行的几种单片机。

1. 8051 类单片机

国内应用最广的单片机,最早由 Intel 推出。20 世纪 80 年代中期,Intel 公司将 8051 内核使用权以专利互换或出售形式转给世界许多著名的 IC 制造厂商,如 Philips、Siemens、Atmel 等。这些公司在保持与 8051 单片机兼容的基础上,改善了 8051 许多特性,如提高速度、提高集成度、放宽电源电压的动态范围等。

2. PIC 单片机

由 Microchip 设计生产,主要产品是 16C 系列 8 位单片机。CPU 采用 RISC 结构,仅 33 条指令,运行速度快,价格低廉,抗干扰性强。基本上都是 OTP(One Time Programmable,一次性烧录)产品,适于用量大、档次低、价格敏感的产品。

3. Motorola 单片机

Motorola 是世界上最大的单片机厂商。其单片机品种全,新产品多,广泛用于汽车工业。8 位单片机有 68HC05 和 68HC08 以及增强型单片机 68HC11 和 68HC12。特点是抗干扰能力强,适用于工控领域及恶劣的环境。

4. Zilog 单片机

Z8 单片机是 Zilog 公司的产品,采用多累加器结构,有较强的中断处理能力,产品为 OTP 型。Z8 单片机以低价位的优势面向低端应用,以 18 引脚封装为主,ROM 为 0.5~2 KB。

5. MSP430 单片机

TI 出品,是 16 位单片机。其以低功耗特性在单片机市场占得一席之地,而且市场份额增长迅速。就低功耗性能而言,诸多单片机中无出其右者。

6. AVR 单片机

这就是本书的主角:AVR 单片机,由著名的 Atmel 公司设计生产,已形成系列产品。其 ATtiny、AT90 和 ATmega 系列分别对应低、中、高档产品。

AVR 单片机具有以下特点

1. 速度快

AVR 单片机在单一时钟周期内执行功能强大的指令,每 MHz 可实现阶段 MIPS 的处理能力,是具有最高 MIPS/mW 能力的 8 位单片机。

AVR 单片机采用了大型快速存取寄存器文件和快速单周期指令。其快速存取 RISC 寄存器文件由 32 个通用工作寄存器组成。AVR 用 32 个通用寄存器代替累加器,避免了传统的累加器与存储器之间的数据传送,可在一个时钟周期内执行一条指令来访问两个独立的寄存器,代码效率比常规 CISC 微控制器高 10 倍。AVR 单片机是用一个时钟周期执行一条指令的,即在执行前一条指令时就取出下一条指令,然后以一个周期执行指令(与 DSP 类似),是 8 位单片机中第一种真正的 RISC 单片机。

2. 片内资源丰富

AVR 单片机片内资源丰富,是一种高集成度的单片机。其包括:1 K~128 K 字节可下载的 Flash 存储器、64~4 K 字节 EEPROM、128~4 K 字节 RAM、5~32 条通用的 I/O 线、32 个通用工作寄存器、模拟比较器、定时器/计数器、可编程异步串行口、内部及外部中断、带内部晶振的可编程看门狗定时器、SPI 串行口、10 位 AD 转换器以及闲置模式和掉电模式 2 个可选的省电模式等。

3. 保密性好

AVR 单片机具有高度保密性。程序存储器 Flash 具有多重密码保护锁死(lock)功能,不可能解密。

4. 可重复擦写及在系统编程 ISP(In - System Programming)

AVR 单片机的程序存储空间采用 Flash 技术,可重复擦写 1 000 次以上(新的 AVR 单片机可重复擦写 10 000 次以上)。而且设计者不必将单片机从系统上拆下来拿到编程器上烧

录,可直接在电路板上进行在线下载,以实现程序修改、烧录等操作,方便产品升级。

5. 工作电压范围宽、功耗低

工作电压范围为 2.7~6 V,具有休眠省电功能(power down)及闲置(idle)低功耗功能。一般耗电为 1~2.5 mA;典型功耗情况,WDT 关闭时为 100 nA。

6. 支持 JTAG 仿真

新的 AVR ATmega16/32/64/128 具有 JTAG 边界扫描、仿真、编程功能,不会造成以往仿真通过,脱机不行的现象。

7. 与 C 语言的完美配合

AVR 单片机在设计时充分考虑了 C 语言的特点,而且在开发过程中与一著名的生产 C 编译器的软件公司合作,所以 AVR 单片机与 C 语言的配合十分完美。有人将 AVR 单片机称为“面向 C 语言”的单片机。

下面给出几种单片机实现同一段 C 代码的执行时间、耗电量等参数,数据来自《AVR 高速嵌入式单片机原理与应用(修订版)》一书。

```

/* Return the maximum value of a table of 16 integers */
int max(int * array){
    char a;
    int maximum=-32768;
    for (a=0;a<16;a++)
        if (array[a]>maximum)
            maximum=array[a];
    return(maximum);
}

```

表 1.1 各单片机实现同一段 C 代码时各种参数的比较

单片机种类	晶振频率/MHz	代码大小/Bytes	函数执行时间/ μ s	消耗电流/mA
AT90S8515	8	46	42	11
80C51	24	112	391	16
68HC11A8	12	57	437	27
PIC16C74	20	87	125	13.5

AVR 单片机的优点从上面的数据中可见一斑,但此数据并非权威机构的测试结果,读者仅作参考。

8. 其 他

若用一小节的内容尽述 AVR 单片机的优点或特点,难免挂一漏万,读者还是在实际应用中体验 AVR 单片机的优势吧。

总之,AVR 单片机在一个芯片内将增强性能的 RISC 8 位 CPU 与可下载的 Flash 相结合,使其成为适合于许多要求,具有高度灵活性和低成本的嵌入式高效微控制器。

1.3 AVR 单片机的 C 编译器

用 C 语言还是用汇编语言进行单片机软件开发,这是每个单片机开发者面临的问题。汇编语言作为传统嵌入式系统的编程语言,具有执行效率高,容易估算执行时间等优点,但其编程效率低,且可移植性和可读性较差,维护不方便。而 C 语言则恰好与汇编语言相反,其可移植性和可读性强,维护方便,但是其代码效率不如汇编语言高,事先难以估算语句的执行时间。虽然使用 C 语言写出的代码会比汇编语言占用的空间大一些,但由于现在单片机的程序存储空间有了较大幅度的提高,占用空间大小的差异已经不是关键。相比之下,应该更注重软件是否便于维护和移植,以及开发软件所花的时间成本的大小。因此,现在大部分电子工程师会优先考虑使用 C 语言进行嵌入式系统开发,只有在一些对时序要求较高的场合,才用汇编语言实现。

1.3.1 C 编译器的选择

选择 C 语言进行 AVR 单片机开发,首先要选一种合适的 C 编译器。与现在单片机厂家各自吹捧自己的单片机一样,AVR C 编译器的厂家们也都宣称自己的 C 编译器是最好的。事实上各种 C 编译器都有自己的特点和优势,很难简单地判定哪一种是最好的。而且“最好的”未必是“最合适的”,读者应当根据自己的实际情况来选择编译器。现在把常用的几种 AVR C 编译器以及它们各自的特点列出来,供读者参考,如表 1.2 所列。

本书的例程全部采用 GCC 写成。由于表 1.2 提到的 4 种编译器支持基本语句都是一样的(ANSI C),只是在中断和一些硬件问题上有所不同,读者很容易将这些程序移植到其他的编译器。

表 1.2 各种 AVR C 编译器及其特点

C 编译器	特 点
ICCAVR	价格适中,简单易用。国内有代理,技术支持较好。有中文教材,入门容易,适于初学者。有代码生成器,内嵌针对 AVR 单片机的参数计算器,新版的 ICC 中包含 RTOS(实时操作系统)
GCCAVR	全称为 GNU C For AVR,在 Windows 下的编译包为 WinAVR(可以从 www.avrfreaks.net 下载)。免费软件,有大量高手参与开发,更新速度快,代码效率高,可移植性强(只要是符合 GNU 规范的源程序,除了与硬件相关的代码,其他的基本上不用改动就可移植到其他类型的单片机上;缺点是没有 IDE 集成开发环境,缺少中文资料,初学者入门较难
CodeVision-AVR	方便易用,自带大量实用的库函数(如 I ² C 总线函数、单总线函数、LCD 控制函数等)。国外使用此编译器的人较多,国内有中文教材(翻译版)
IAR EW	IAR SYSTEMS 公司是世界著名的软件生产厂家之一。IAR 公司生产的 IAR Embedded Workbench(简称 IAR EW)是一整套集成开发环境(IDE),包括嵌入式 C/C++ 编译器、汇编器、连接定位器、库管理、项目管理及调试器等。IAR EW 已经可支持 35 种以上的 8~32 位处理器(其中包括 AVR 单片机)。IAR 公司针对不同的体系结构,只需一个解决方案。代码效率较高,但是价格昂贵,非一般个人用户所能承受

GCC 源于 Linux,现已被移植到 Windows 平台上(整合了各个组件后的 Windows 版 GCCAVR 称为 WinAVR),移植后保留了类似 Linux 的工作环境。不熟悉 Linux 开发环境的读者刚开始可能会觉得 GCC 难学、难用,但如果熟练掌握了 GCC,就会发现它功能强大且其可移植性是 4 种编译器中最好的(因为它符合 GNU 规范,稍加修改就能移植到各种不同的单片机甚至是 ARM 上)。

GCC 最让初学者头疼的是,它没有集成开发环境 IDE(Integrated Development Environment)。大多数商业软件开发工具都有集成开发环境,用户可以在这个集成开发环境中通过设定各种选项轻松完成以下的一系列操作:编辑程序=>编译链接=>生成 .hex 文件=>下载到单片机;而在 GCC 中,不得不通过“命令行”的方式来进行这些操作,也就是说只能在 DOS 窗口键入相应的命令来完成操作,这对没用过 DOS 和 Linux 的初学者来说是一个不小的挑战,也正是这个原因使得很多本想选择 GCC 的用户望而却步。所幸这个问题已经引起了 WinAVR 开发者的关注,在不久的将来,新版的 WinAVR 中会加入集成开发环境。而在“官方”的集成开发环境尚未露面之时,其实还有其他几种选择:

(1) AVREdit

这是一款很简单的内嵌 GCC 的 IDE,优点是简单易用,缺点是内嵌的 GCC 版本太老。该软件可以从 www.avrfreaks.net 免费下载。