聚焦EDA

基于Proteus的51系列单片机设计与仿真（第2版）

陈忠平　编著

電子工業出版社
PUBLISHING HOUSE OF ELECTRONICS INDUSTRY
http://www.phei.com.cn

聚焦EDA

基于Proteus的51系列单片机设计与仿真（第2版）

陈忠平　编著

電子工業出版社
Publishing House of Electronics Industry
北京 · BEIJING

内 容 简 介

本书以目前流行的软硬件仿真软件 Proteus 为核心，采用现代教学方法，从实验、实践、实用的角度出发，通过丰富的实例详细讲述了 Proteus 软件在 51 单片机课程教学和单片机应用产品开发过程中的应用。

本书以夯实基础，面向应用，理论与实践紧密结合为原则，采用汇编及 C 语言作为系统软件开发平台。全书共 9 章，主要包括 80C51 单片机系统设计相关软件的使用、Proteus7.8 入门、51 系列单片机软件程序设计、51 系列通用 I/O 控制、LED 数码管与键盘的应用、D/A 转换器和 A/D 转换器的应用、显示器的应用、电动机控制，以及综合应用设计。

本书适合从事单片机应用研发的科技人员自学使用，也可作为高等学校单片机课程的教学用书。

图书在版编目（CIP）数据

基于 Proteus 的 51 系列单片机设计与仿真 / 陈忠平编著. —2 版. —北京：电子工业出版社，2012.5
（聚焦 EDA）

ISBN 978-7-121-16910-6

Ⅰ. ①基… Ⅱ. ①陈… Ⅲ. ①单片微型计算机—系统设计—应用软件 ②单片微型计算机—系统仿真—应用软件 Ⅳ. ①TP368.1

中国版本图书馆 CIP 数据核字（2012）第 084936 号

责任编辑：张 剑（zhang@phei.com.cn）
印 刷：
装 订：三河市双峰印刷装订有限公司
出版发行：电子工业出版社
北京市海淀区万寿路 173 信箱 邮编 100036
开 本：787×1 092 1/16 印张：26 字数：666 千字
印 次：2012 年 5 月第 1 次印刷
印 数：4 000 册 定价：59.80 元

凡所购买电子工业出版社图书有缺损问题，请向购买书店调换。若书店售缺，请与本社发行部联系，联系及邮购电话：（010）88254888。

质量投诉请发邮件至 zlts@phei.com.cn，盗版侵权举报请发邮件至 dbqq@phei.com.cn。

服务热线：（010）88258888。

第 2 版前言

单片机又称为单片微处理器，其实质是将一个简单的计算机系统集成在一个芯片上。单片机具有体积小、质量小、价格便宜、控制功能强等特点，在工业控制、智能仪表、家用电器和军事装置等领域都得到了广泛的应用。

本书第 1 版于 2008 年 9 月出版，已被许多学校或培训机构作为单片机课程的实践教材使用，受到众多教师、学生和读者的欢迎。

在坚持第 1 版“由浅入深，循序渐进”、“软硬结合，虚拟仿真”、“C 语言与汇编语言并存”、“淡化原理，注重实用”的编著原则基础上，本书第 2 版根据使用教师和读者的建议进行了修订与补充。

与第 1 版相比，本书第 2 版主要在以下方面进行了修订。

- 删除了第 1 章中的 80C51 单片机应用的设计部分，增加了 STC89 系列单片机下载内容。
- 第 2 章增加了 Keil C51 与 Proteus 的联机调试部分内容。
- 第 3 章至第 8 章采用了汇编语言与 C 语言两种语言编写程序。
- 第 4 章增加了单片机与 PC 的通信部分内容。
- 删除了音乐的应用这一章的内容。
- 将共阴极 LED 和共阳极 LED 的应用这一节的内容，改为一位共阳极 LED 数码管静态显示。
- 在 D/A 转换器和 A/D 转换器的应用这一章中增加了 DAC0832 和 ADC0832 的应用。
- 在显示器的应用这一章中，删除了两个 8×8 点阵滚动显示、两个 16×16 点阵汉字显示、两个 16×16 点阵汉字分批显示；增加了字符式 LCD 静态显示、汉字式 LCD 滚动显示。
- 将工业控制这一章的内容划分为电动机控制和综合应用设计两章。其中电动机控制这一章中，讲解了步进电动机和直流电动机的基本知识；综合应用设计这一章中，讲解了数字电子钟、篮球计分器、DS1302 可调时钟、24C04 开启次数统计、DS18B20 测量温度、按键选播电子音乐等内容。

参加本书修订工作的有湖南工程职业技术学院陈忠平、徐刚强、龚亮、李锐敏、龙晓庆，湖南航天局 7801 研究所刘琼，湖南涉外经济学院侯玉宝、高金定，湖南科技职业技术学院高见芳，湖南三一重工集团王汉其等，全书由湖南工程职业技术学院陈建忠教授主审。在本书的修订过程中，许睿等同志给予了大力支持及帮助，在此深表感谢。

由于作者水平有限，书中难免有错漏之处，恳请读者予以指正或提出修改意见。

编著者

2012 年 3 月

目　录

第 1 章　80C51 单片机系统设计相关软件的使用

单片机应用系统是以单片机为核心，同时配以相应的外围电路及软件来完成某些功能的系统。它包括硬件和软件两部分，硬件是系统的躯体，软件是系统的灵魂。本章主要讲述相关软件的使用。

1.1　Keil C51 的使用

单片机的源程序是在哪里进行编写的？是在哪里将其调试并生成.HEX 文件的？其实这些工作在单片机的一些编译软件中就可以完成。单片机程序的编译调试软件比较多，如 51 汇编集成开发环境、伟福仿真软件、Keil 单片机开发系统等。

Keil C51 是当前使用最广泛的基于 80C51 单片机内核的软件开发平台之一，由德国 Keil Software 公司推出。μVision4 是 Keil Software 公司推出的关于 51 系列单片机的开发工具。μVision4 集成开发环境 IDE 是一个基于 Windows 的软件开发平台，集编辑、编译、仿真于一体，支持汇编语言和 C 语言的程序设计。一般来说，Keil 51 和μVision4 指的是μVision4 集成开发环境。

Keil C51 可以从相关网站下载并安装。安装好后，双击桌面上的快捷图标，或者在“开始”菜单中选择“Keil μVision4”，即可启动 Keil μVision4 集成开发环境，如图 1-1 所示。

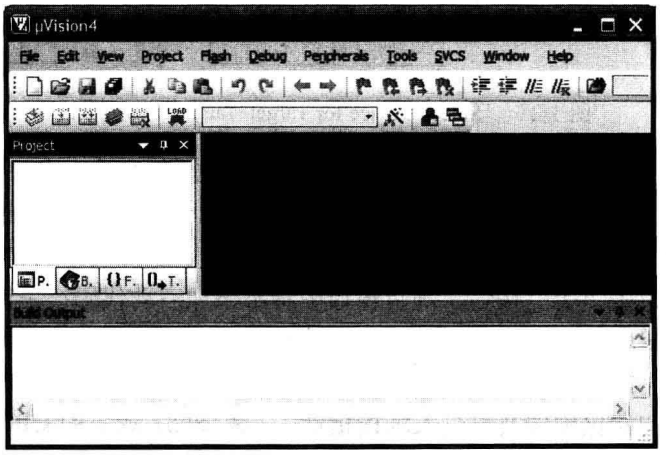


图 1-1　启动 Keil μVision4 后画面

1. 创建项目

Keil μVision4 中有一个项目管理器，它包含了程序的环境变量和编辑有关的全部信息，为单片机程序的管理带来了很大的方便。

〖创建新项目的操作步骤〗

（1）启动μVision4，创建一个项目文件，并从元器件数据库中选择一款合适的 CPU。

（2）创建一个新的源程序文件，并把这个源程序文件添加到项目中。

（3）设置工具选项，使之适合目标硬件。

（4）编译项目，并生成一个可供 PROM 编程的 HEX 文件。

1）启动μVision4 并创建一个项目文件 μVision4 是一个标准的 Windows 应用程序，直接在桌面上双击图标就可启动它。在μVision4 中执行菜单命令“Project”→“New Project”，弹出“Create New Project”对话框，在此可以输入项目名称。建议每个项目使用一个独立的文件夹。

输入新建项目名后，单击“确定”按钮，弹出如图 1-2 所示的“Select Device for Target 'Target 1'”对话框。在此对话框中根据需要选择合适的单片机型号。执行菜单命令“Project”→“Select Device for Target”也会弹出图 1-2 所示的对话框。

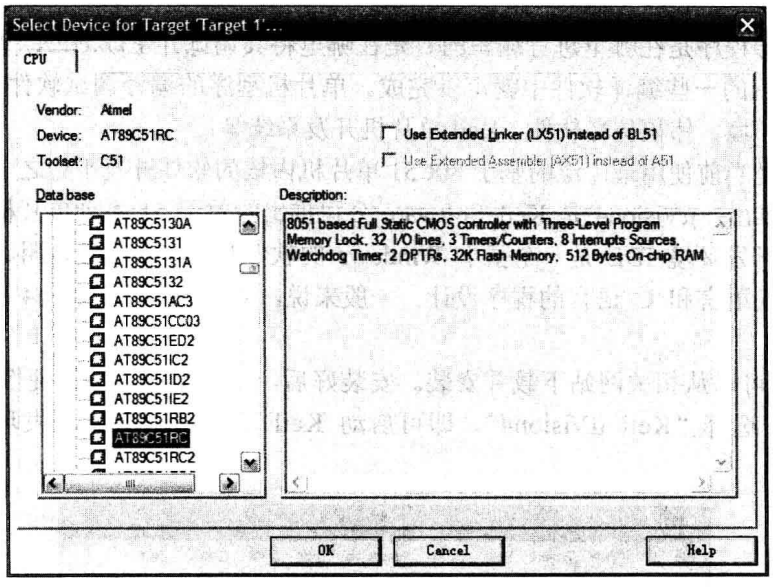


图 1-2 “Select Device for Target 'Target 1'”对话框

在图 1-2 中，左边“Data base”栏列出了各厂商名及其产品，右边“Description”栏是对该选中单片机的说明。选择了目标器件后，单击“OK”按钮，将弹出图 1-3 所示的对话框。在此对话框中，询问用户是否将标准的 8051 启动代码复制到项目文件夹并将该文件添加到项目中。在此单击“否”按钮，项目窗口中将不添加启动代码；单击“是”按钮，项目窗口中将添加启动代码。二者的区别如图 1-4 所示。

startup.a51 文件是大部分 8051CPU 及其派生产品的启动程序，启动程序的操作包括清除数据存储器内容、初始化硬件及可重入堆栈指针。一些 8051 派生的 CPU 需要初始化代码以使配置符合硬件上的设计。例如，Philips 的 8051RD+片内 xdata RAM 需通过在启动程序中的设置才能使用。应按照目标硬件的要求来创建相应的 startup.a51 文件，或者直接将它从安装路径的\C51\LIB 文件夹中复制到项目文件中，并根据需要进行更改。

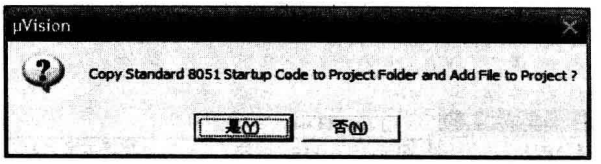
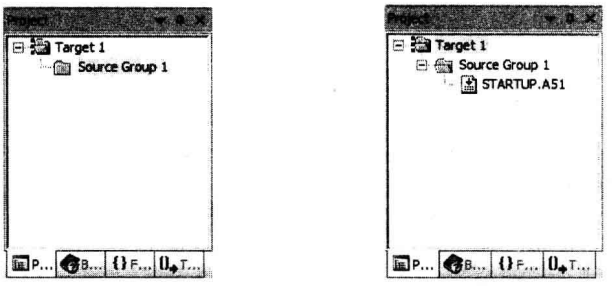


图 1-3　询问是否添加启动代码对话框



（a）未添加启动代码　　（b）添加启动代码

图 1-4　是否添加启动代码的区别

2）创建新的源程序文件　单击图标或执行菜单命令“File”→“NEW”，就可以创建一个源程序文件。该命令会打开一个空的编辑器窗口，在编辑窗口中输入源代码，如图 1-5 所示。源代码可以用汇编语言或单片机 C 语言进行书写，源代码输入完成后，执行菜单命令“File”→“Save as…”或“Save”，即可对源程序进行保存。在保存时，文件名只能由字符、字母或数字组成，并且一定要带扩展名（使用汇编语言编写的源程序的扩展名为.A51 或.ASM；使用单片机 C 语言编写的源程序的扩展名为.C）。源程序保存好后，源程序窗口中的关键字呈彩色高亮度显示。

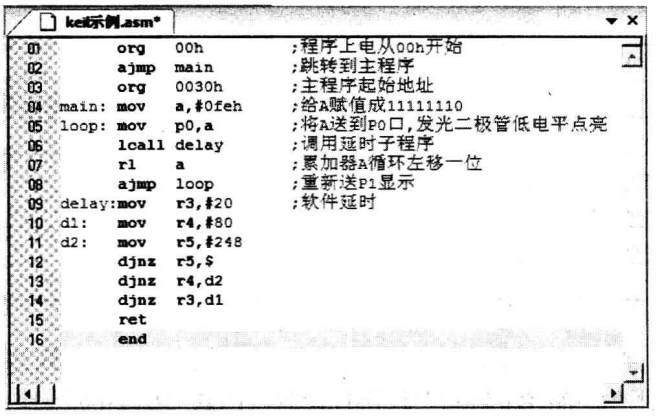


图 1-5　源程序编辑窗口

源程序文件创建好后，可以把这个文件添加到项目中。在µVision4 中，添加的方法有多种。如图 1-6 所示，在“Source Group 1”上单击鼠标右键，在弹出的菜单中选择“Add Files to Group 'Source Group 1'”，在弹出的“Add Files to Group 'Source Group 1'”对话框中选择刚才创建的源程序文件即可将其添加到项目中。

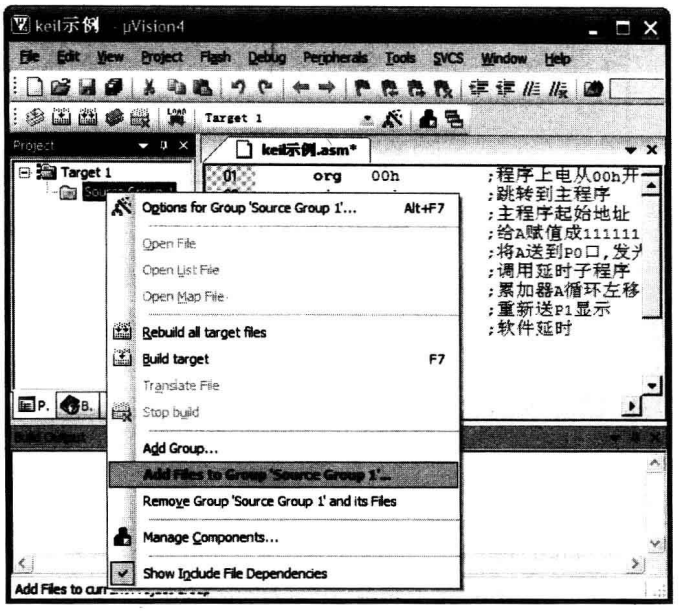


图 1-6 在项目中添加源程序文件

3）为目标设定工具选项 单击图标或执行菜单命令“Project”→“Options for Target”，将会出现“Options for Target 'Target 1'”对话框，如图 1-7 所示。在“Target”选项卡中可以对目标硬件及所选器件片内部件进行参数设定。表 1-1 描述了“Target”选项卡的选项说明。

表 1-1 “Target”选项卡的选项说明

选　项	说　明
Xtal	指定器件的 CPU 时钟频率，多数情况下，它的值与 XTAL 的频率相同
Use On-chip ROM	使用片上自带的 ROM 作为程序存储器
Memory Model	指定 C51 编译器的存储模式，在开始编辑新应用时，默认为 Small
Code Rom Size	指定 ROM 存储器的大小
Operating system	操作系统的选择
Off-chip Code memory	指定目标硬件上所有外部地址存储器的地址范围
Off-chip Xdata memory	指定目标硬件上所有外部数据存储器的地址范围
Code Banking	指定 Code Banking 块数

标准的 80C51 的程序存储器空间为 64KB，若程序存储器空间超过 64KB 时，可在“Target”选项卡中对“Code Banking”栏进行设置。Code Banking 为地址复用，可以扩展现有的 CPU 程序存储器寻址空间。复选“Code Banking”栏后，用户根据需求在“Banks”中选择合适的块数。在 Keil C51 中，用户最多能使用 32 块 64KB 的程序存储空间，即 2MB 的空间。

4）编译项目并创建 HEX 文件 在“Target”选项卡中设置好参数后，就可对源程序进行编译。单击图标或执行菜单命令“Project”→“Build Target”，可以编译源程序并生成应用。当所编译的程序有语法错误时，µVision4 将会在“Build Output”窗口中显示错误和警告信息，如图 1-8 所示。双击某一条信息，光标将会停留在µVision4 文本编辑窗口中出现该错误或警告的源程序位置上。

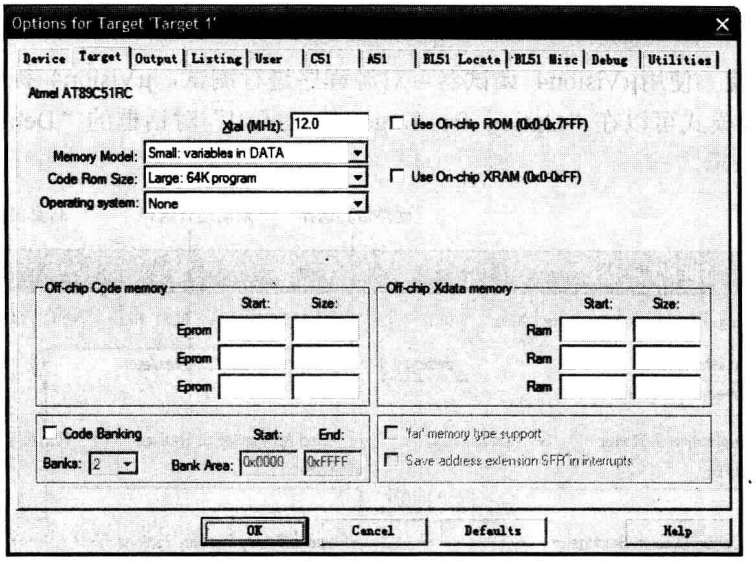


图 1-7　“Options for Target 'Target 1'”对话框

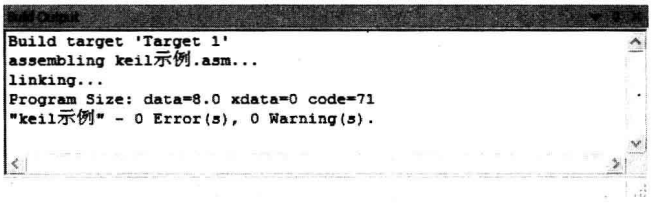


图 1-8　错误和警告信息

若成功创建并编译了应用程序，就可以开始调试。当程序调试好后，要求创建一个 HEX 文件，生成的.HEX 文件可以下载到 EPROM 编程器或模拟器中。

若要创建 HEX 文件，必须将“Options for Target 'Target 1'”对话框中的“Output”选项卡下的“Create HEX File”复选框选中，如图 1-9 所示。

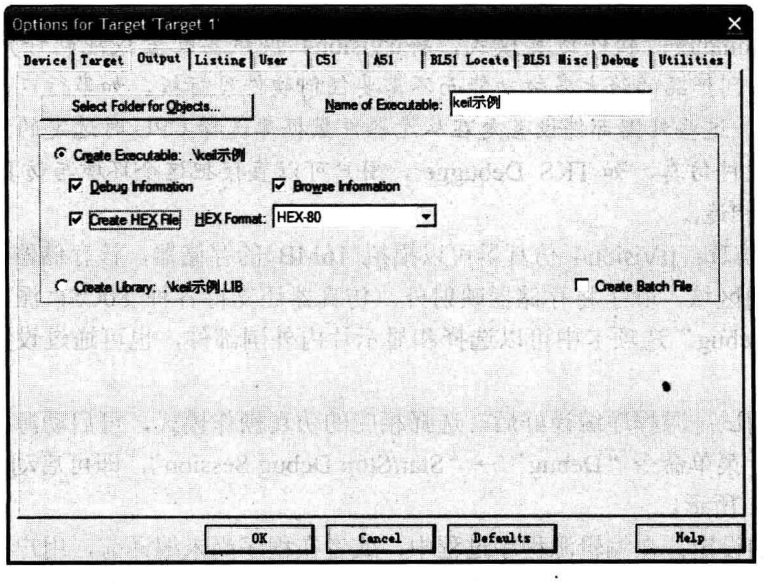


图 1-9　选中“Create HEX File”

2. 仿真设置及窗口介绍

1）**仿真设置** 使用μVision4 调试器可对源程序进行测试，μVision4 提供了两种操作工作模式，这两种模式可以在“Option for Target 'Target 1'”对话框的“Debug”选项卡中选择，如图 1-10 所示。

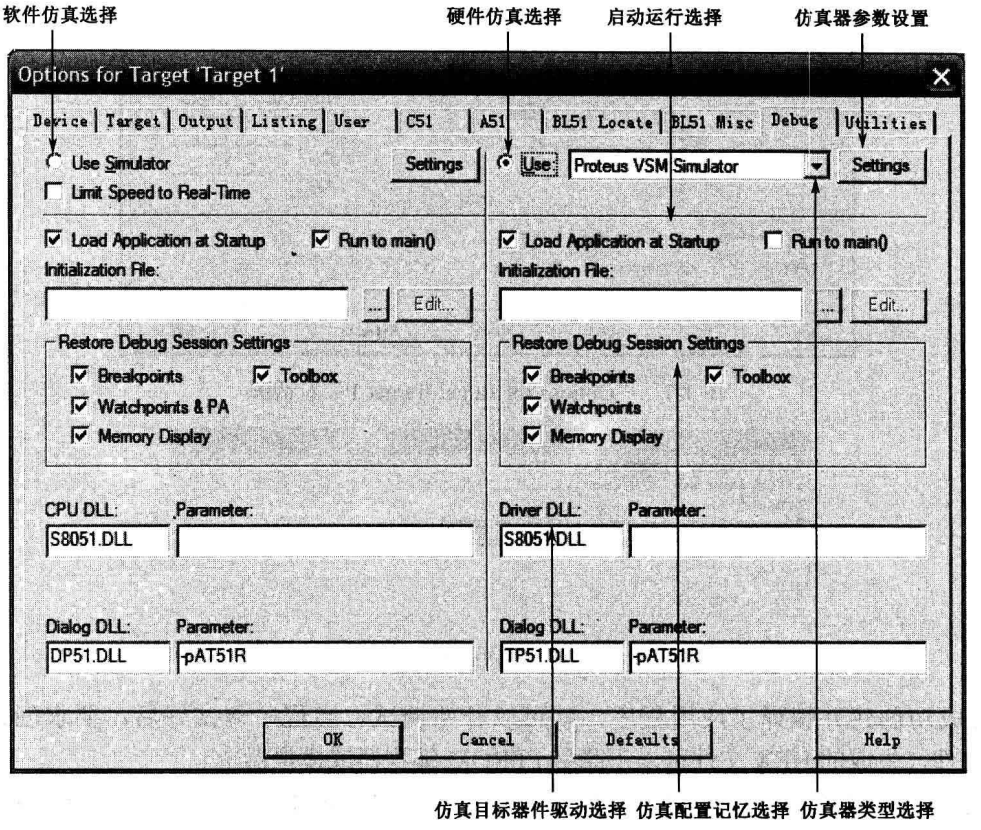


图 1-10 仿真设置

- Use Simulator：软件仿真模式，将μVision4 调试器配置成纯软件产品，能够仿真 8051 系列产品的绝大多数功能而不需要任何硬件目标板，如串行口、外部 I/O 和定时器等，这些外围部件设置是在从元器件数据库选择 CPU 时选定的。
- Use：硬件仿真，如 TKS Debugger，用户可以直接把这个环境与仿真程序或 Keil 监控程序相连。

（1）CPU 仿真：μVision4 仿真器可以模拟 16MB 的存储器，该存储器被映射为读、写或代码执行访问区域。除了将存储器映射外，仿真器还支持各种 80C51 派生产品的集成外围器件。在“Debug”选项卡中可以选择和显示片内外围部件，也可通过设置其内容来改变各种外设的值。

（2）启动调试：源程序编译好后，选择相应的仿真操作模式，可启动源程序的调试。单击图标或执行菜单命令“Debug”→“Star/Stop Debug Session”，即可启动μVision4 的调试模式，如图 1-11 所示。

（3）断点的设定：在编辑源程序过程中，或者在程序尚未编译前，用户可以设置执行断点。μVision4 中可用不同的方法来定义断点。

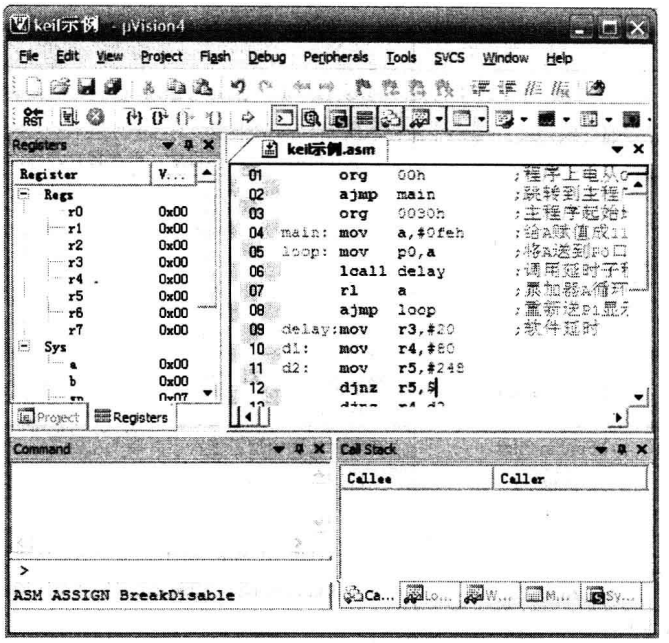


图 1-11 调试界面

- 在文本编辑框中或反汇编窗口中选定所在行，然后单击“File Toolbar”按钮或单击图标。
- 在文本编辑窗口或反汇编窗口本地菜单上单击鼠标右键，打开快捷菜单进行断点设置。
- 执行菜单命令“Debug”→“Breakpoint”，打开“Breakpoint”对话框，在这个对话框中可以查看定义或更改断点的设置。
- 在“Command”窗口中可以使用 BreakSet、BreakKill、BreakList、BreakEnable 和 BreakDisable 等命令。

（4）目标程序的执行：目标程序的执行可使用以下方法操作：

- 执行菜单命令“Debug”→“Run”，或者直接单击图标。
- 在文本编辑窗口或反汇编窗口单击鼠标右键，在弹出的快捷菜单上选择“Run till Cursor line”命令。
- 在“Command”窗口中可以使用 Go、Ostep、Pstep、Tsetp 命令。

2）主要窗口介绍 在µVision4 中有许多的工作窗口，这些窗口有些是在编译状态下有效，有些是在调试状态下有效，但多数窗口只在调试状态下有效。表 1-2 列出了µVision4 中的主要工作窗口。

表 1-2 µVision4 中的主要工作窗口

窗 口 名	英 文 名	功 能 说 明
程序编辑/调试窗口	<文件名>	显示源程序，进行各种编辑操作和调试操作
源程序浏览窗口	Source Browser	显示源文件及调试信息（如当前程序的执行位置、断点等），要求在项目制作时要选中产生
反汇编窗口	Disassembly	显示反汇编代码及调试信息，并可进行在线汇编

续表

窗口名		英文名	功能说明
项目窗口	项目页	Project	显示项目构成（项目、文件组、文件），可修改项目、文件组名，增加或删除其中的文件
	书籍页	Books	显示联机的参考资料目录，可选择打开阅读
	函数页	Functions	显示程序中的函数头和主函数中的块语句头，帮助用户快速查找定位
	模板页	Templates	定义、插入文本模板，可加快文本的录入速度。模板中的文本用“|”界定
	寄存器页	Registers	可显示、修改寄存器的值，获得程序的运行信息（包括已执行的机器周期数的以秒为单位的时间）
制作输出窗口		Build Output	显示项目处理过程中产生的信息，如警告、出错、数据/代码规模等。双击错误/警告信息可快速定位到它的源
批量文件查找窗口		Find in Files	在多个文件中搜索字符串并显示在该窗口
命令窗口		Command	支持用户输入命令行，并显示系统已执行的命令
存储器窗口	存储器#1	Memory#1	显示、修改 ROM/RAM 存储器中的数据。使用 D:/i:/b:/x:/c:前缀可分别寻址 data/idata/bdata/xdata/code 中的数据,如 d:0x30,x:0x0100,c:0x0005
	存储器#2	Memory#2	
	存储器#3	Memory#3	
	存储器#4	Memory#4	
监视窗口	局部变量	Local	显示、修改局部变量
	监视#1	Watch#1	用户可设置所要监视的变量和表达式，随程序运行观察其变化
	监视#2	Watch#2	
串行口窗口	串行口#1	UART#1	显示经串行口输出的字符数据和要输入串行口的字符数据，在使用标准 I/O 函数时，需打开该窗口来进行 I/O 操作。软件模拟时，要求对单片机串行口/定时器进行初始化；硬件仿真时，可直接使用标准 I/O 函数
	串行口#2	UART#2	
	串行口#3	UART#3	
	调试（打印）	Debug（print）Viewer	
分析窗口	逻辑分析	Logic Analyzer	对选中信号进行逻辑分析，即记录其逻辑状态的变化
	性能分析	Performance Analyzer	显示所要观察的各函数/模块占用 CPU 工作时的比例
	代码覆盖	Code Coverage	显示各函数/模块被 CPU 执行的几率
外围设备窗口	中断	Peripherals: Interrupt	显示、操作各种外围设备，包括 P0～P3 并口、定时/计数器、中断系统和串行口控制等。其中，中断可显示/设置与各中断源有关的数据；I/O 端口可显示/设置 P0～P3 各端口之值；串行口可显示/设置与串行口有关的数据；定时器可显示/设置与各定时/计数器有关的数据
	I/O 端口	Peripherals: I/O-Port	
	串行口	Peripherals: Serial	
	定时器	Peripherals: Timer	

（1）反汇编窗口：在进行程序调试及分析时，经常会用到反汇编。反汇编窗口同时显示目标程序、编译的汇编程序和二进制文件，如图 1-12 所示。

在程序调试状态下，执行菜单命令“View”→“Disassembly Window”，即可打开反汇编窗口。当反汇编窗口作为当前活动窗口时，若单步执行指令，所有的程序将按照 CPU 指令（即汇编）来单步执行，而不是 C 语言的单步执行。

（2）CPU 寄存器窗口：在程序调试状态下，执行菜单命令“View”→“Registers Window”，将打开 CPU 寄存器窗口，在此窗口中将显示 CPU 寄存器相关内容，如图 1-13 所示。

（3）存储器窗口：在程序调试状态下，执行菜单命令“View”→“Memory Window”→“Memory #1”，将打开存储器窗口。存储器窗口最多可以通过 4 个不同的页观察 4 个不同的存储区，每页都能显示存储器中的内容，如图 1-14 所示。

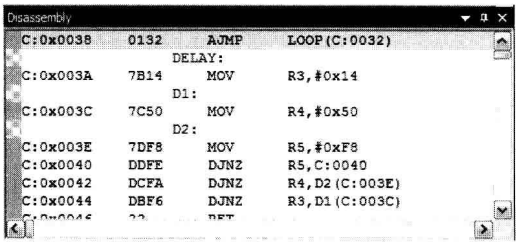


图 1-12 反汇编窗口

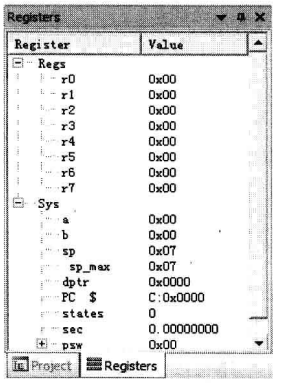


图 1-13 CPU 寄存器窗口

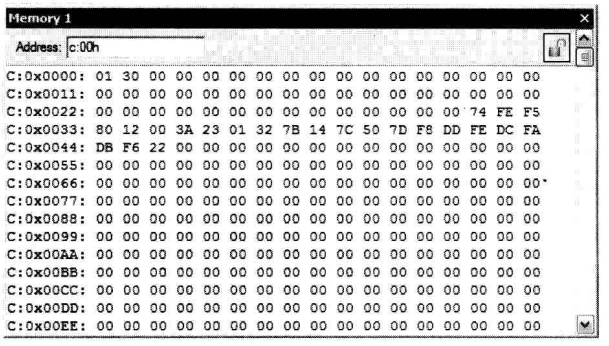


图 1-14 存储器窗口

在“Address”栏中输入地址值后，显示区域直接该地址的内容。若要更改地址中的内容，只需在该地址上双击鼠标左键，并输入新的内容即可。

（4）串行窗口：μVision4 提供了 4 个专门用于串行调试输入和输出的窗口，被模拟仿真的 CPU 串行口数据输出将在该窗口进行显示，输入串行窗口中的字符将会被输入到模拟的 CPU 中。

在程序调试状态下，执行菜单命令“View”→“Serial Window”→“UART #1”，即可打开串行调试窗口。

3. Keil 程序调试与分析

前面讲述了如何在 Keil 中建立、编译、连接项目，并获得目标代码，但是做到这一步仅代表源程序没有语法错误，至于源程序中存在的其他错误，必须通过调试才能发现并解决。事实上，除了极简单的程序外，绝大多数的程序都要通过反复调试才能得到正确的结果，因此，调试是软件开发中的一个重要环节。

1）寄存器和存储器窗口分析 进入调试状态后，执行菜单命令“Debug”→“Run”，或者单击图标，全部运行源程序。执行菜单命令“Debug”→“Step”，或者单击图标，单步运行源程序。源程序运行过程中，项目工作区（Project Workspace）“Registers”选项卡中显示相关寄存器当前的内容。若在调试状态下未显示此窗口，可执行菜单命令“View”→“Project Window”将其打开。

在源程序运行过程中，可以通过存储器窗口（Memory Window）来查看存储区中的数据。在存储器窗口的上部，有供用户输入存储器类型的起始地址的文本输入栏，用于设置关注对象所在的存储区域和起始地址，如“D:0x30”。其中，前缀表示存储区域，冒号后为要

观察的存储单元的起始地址。常用的存储区前缀有“d”或“D”（表示内部 RAM 的直接寻址区）、“i”或“I”（表示内部 RAM 的间接寻址区）、“x”或“X”（表示外部 RAM 区）、“c”或“C”（表示 ROM 区）。由于 P0 端口属于 SFR（特殊功能寄存器），片内 RAM 字节地址为 80H，所以在存储器窗口的上部输入“d:80h”时，可查看 P0 端口的当前运行状态为 FE，如图 1-15 所示。

2）延时子程序的调试与分析 在源程序编辑状态下，执行菜单命令“Project”→“Options for Target 'Target 1'”，或者在工具栏中单击图标，再在弹出的对话框中选择“Target”选项卡。在“Target”选项卡的“Xtal（MHz）:”栏中输入 12，即设置单片机的晶振频率为 12MHz。然后在工具栏中单击图标，对源程序再次进行编译。

执行菜单命令“Debug”→“Start/Stop Debug Session”，或者在工具栏中单击图标，进入调试状态。在调试状态下，单击图标，使光标首次指向 LCALL DELAY 后，项目工作区“Registers”选项卡的 Sys 项中 sec 为 0.00000400，如图 1-16 所示，表示进入首次运行到 LCALL DELAY 时花费了 0.00000400s。再次单击图标，光标指向“RL A”，Sys 项的 sec 为 0.79846900，如图 1-17 所示。因此，DELAY 的延时时间为二者之差，即 0.79846500s，也就是说延时约为 0.8s。

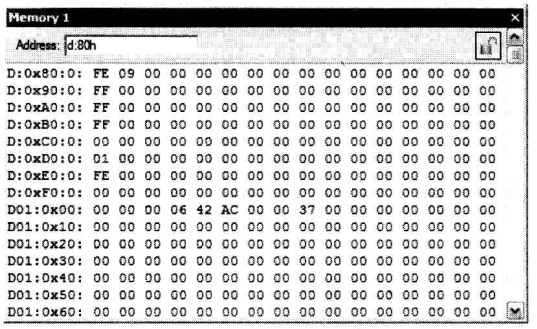


图 1-15 存储器窗口

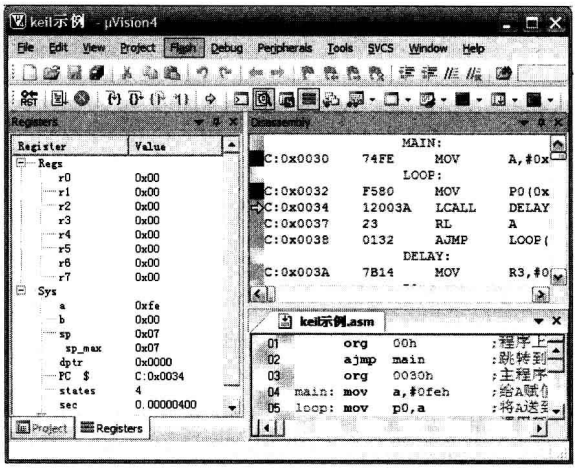


图 1-16 光标首次指向 LCALL DELAY

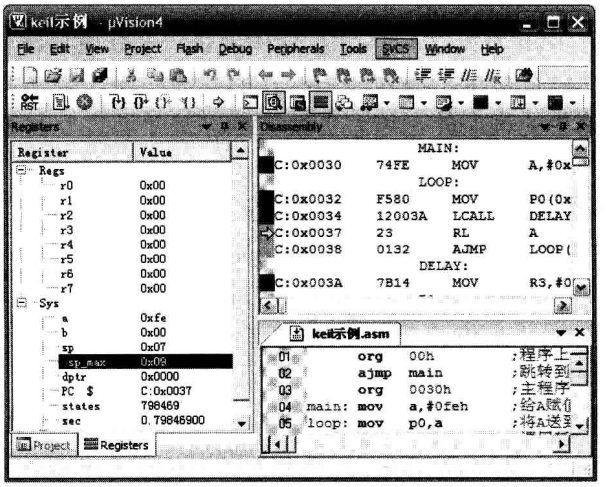


图 1-17 光标首次指向“RL A”