



高等学校电子与通信工程类专业“十二五”规划教材

51单片机原理与 应用实验指导

主 编 应 俊
副主编 黄沛昱 刘乔寿 石鑫



西安电子科技大学出版社
<http://www.xduph.com>

高等学校电子与通信工程类专业“十二五”规划教材

51 单片机原理与应用 实验指导

主 编 应 俊

副主编 黄沛昱 刘乔寿 石 鑫

西安电子科技大学出版社

内 容 简 介

本书从现代电子系统设计的角度出发,以 Keil μ Vision4 为集成开发环境、自制 51 单片机学习板为硬件载体、Proteus 为仿真软件,选用易于开发、便于移植的 C51 作为编程语言,介绍了 51 单片机技术及应用。所选实训项目具备基础性、典型性、设计性、综合性和创新性特点,且突出了 51 单片机技术的实用性和工程性。

全书包括 3 篇,根据“基本准备”—“基础模块单元实验”—“综合应用实训”的理念进行划分。第 1 篇为准备篇,主要讲解单片机应用系统的开发流程、51 单片机的主要开发工具及其使用。第 2 篇为基础篇,选取了 19 个实验项目,侧重于介绍 51 单片机主要基本功能模块的应用。第 3 篇为综合篇,其中包括 5 个综合实训项目,选取了常用接口总线系统以及红外、无线通信等系统的设计实例。

本书可作为高等学校电子信息工程、电子科学与技术、通信工程、信息工程等电子信息类专业的实验教材,也可作为工程技术人员的参考用书。

图书在版编目(CIP)数据

51 单片机原理与应用实验指导/应俊主编. —西安:西安电子科技大学出版社,2013.2

高等学校电子与通信工程类专业“十二五”规划教材

ISBN 978-7-5606-2999-5

I. ① 5… II. ① 应… III. ① 单片微型计算机 IV. ① TP368.1

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2013)第 020539 号

策 划 邵汉平

责任编辑 邵汉平

出版发行 西安电子科技大学出版社(西安市太白南路 2 号)

电 话 (029)88242885 88201467 邮 编 710071

网 址 www.xduph.com 电子邮箱 xdupfxb001@163.com

经 销 新华书店

印刷单位 陕西光大印务有限责任公司

版 次 2013 年 2 月第 1 版 2013 年 2 月第 1 次印刷

开 本 787 毫米×1092 毫米 1/16 印 张 10.5

字 数 246 千字

印 数 1~3000 册

定 价 19.00 元

ISBN 978-7-5606-2999-5/TP

XDUP 3291001-1

如有印装问题可调换

目 录

Part 1 准备篇——51 单片机开发工具介绍及使用	1
1.1 单片机应用系统开发流程简介	2
1.2 51 单片机开发工具 Keil C51 简介	2
1.3 仿真软件 Proteus 简介	3
1.4 硬件载体—51 单片机学习板	3
1.5 SSTEasyIAP 和 Boot-Strap Loader 软件	4
1.5.1 BSL 监控程序替换 SoftICE 监控程序操作流程	4
1.5.2 SoftICE 监控程序替换 BSL 监控程序操作流程	5
1.6 软件仿真操作流程示例(Keil C51 + Proteus)	7
1.6.1 绘制仿真电路	7
1.6.2 程序编写	10
1.6.3 调试	14
1.7 硬件联调操作流程示例(Keil C51 + 学习板)	18
1.7.1 程序编写	18
1.7.2 硬件在线联调	19
Part 2 基础篇——51 单片机基本功能模块实验	21
2.1 基本 C51 语言	22
2.1.1 实验目的	22
2.1.2 主要背景知识	22
实验 1 控制一盏发光二极管	23
实验 2 控制一盏发光二极管的闪烁	26
实验 3 流水灯	34
2.2 51 单片机外部中断	40
2.2.1 实验目的	40
2.2.2 主要背景知识	40
实验 4 单一外部中断实验	42
实验 5 多个外部中断实验	45
实验 6 中断嵌套实验	48
2.3 定时器/计数器及定时器中断	49
2.3.1 实验目的	49
2.3.2 主要背景知识	49
实验 7 轮询法定时和定时器中断对比实验	51
实验 8 长时间定时实验	54
实验 9 计数器实验	55

实验 10 用 GATE 位测量脉宽	58
2.4 51 单片机串口通信	63
2.4.1 实验目的	63
2.4.2 主要背景知识	63
实验 11 串口工作方式 1 的应用实验	64
实验 12 串口工作方式 2 和方式 3 的应用实验	66
实验 13 单片机与 PC 机的串口通信实验	68
2.5 51 单片机系统扩展	71
2.5.1 实验目的	71
2.5.2 主要背景知识	72
实验 14 并行 I/O 口扩展实验	72
实验 15 译码器扩展并行 I/O 口实验	74
2.6 数码管显示	76
2.6.1 实验目的	76
2.6.2 主要背景知识	76
实验 16 数码管的静态显示	78
实验 17 数码管的动态显示	79
2.7 独立按键和键盘矩阵	83
2.7.1 实验目的	83
2.7.2 主要背景知识	83
实验 18 独立按键扫描	84
实验 19 键盘矩阵扫描	89
Part 3 综合篇——51 单片机系统综合实训	93
实训 1 基于 DS18B20 的数字温度计的设计与制作	94
实训 2 基于 TLC1543 的数字电压表的设计与制作	103
实训 3 数字秒表的设计与制作	112
实训 4 红外解码器的设计与制作	125
实训 5 无线环境监控系统的设计与制作	132
附录 A 51 单片机学习板原理电路图	149
附录 B 51 单片机学习板器件清单	152
附录 C 51 单片机学习板测试程序	153
附录 D Proteus 部分常用器件对照表	158
附录 E 书中涉及的主要器件的引脚图和功能表	159
参考文献	161

Part 1

准备篇

——51 单片机开发工具介绍及使用

本篇主要讲解单片机应用系统的开发流程和 51 单片机的主要开发工具，包括 ARM 公司的集成开发环境 Keil μ Vision4，英国 Labcenter Electronics 公司的仿真软件 Proteus，自行设计开发的硬件学习载体——51 单片机学习板，以及 SST 公司推出的针对 SST 单片机程序下载的工具软件——SSTEasyIAP 和 Boot-Strap Loader 软件。

1.6 节和 1.7 节用两个示例演示了软件仿真和硬件联调的基本操作流程。

通过学习本篇内容，读者将熟悉 51 单片机开发工具的使用，为后续学习做好准备。

1.1 单片机应用系统开发流程简介

单片机应用系统是指以单片机为控制核心，配以一定的外围电路，能够实现一定功能的系统。

开发设计单片机应用系统主要包括以下几个步骤(如图 1.1.1 所示):

- (1) 项目分析、拟定设计方案;
- (2) 根据拟定的设计方案进行软、硬件设计;
- (3) 系统联调、测试, 结合项目要求修改软、硬件设计, 直至完全符合要求。

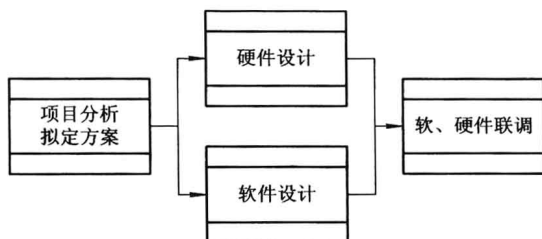


图 1.1.1 单片机应用系统开发流程

1.2 51 单片机开发工具 Keil C51 简介

Keil C51 是 Keil 公司(2005 年被 ARM 公司收购)推出的支持 8051 微控制器体系结构的 Keil 开发工具, 适合每个阶段的开发人员——不管是专业的应用工程师, 还是刚学习嵌入式软件开发的学生。

Keil C51 被集成在功能强大的 μ Vision IDE(Integrated Development Environment, 集成开发环境)中。 μ Vision IDE 是基于 Windows 系统的开发平台, 集成有文件编辑处理、编译链接、项目管理、软件仿真模拟器以及 Monitor51 硬件目标调试器、实时操作系统等多种功能, 如图 1.2.1 所示。

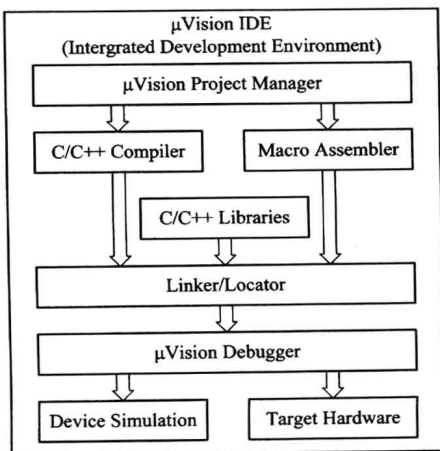


图 1.2.1 μ Vision IDE

Keil 公司推出了多个版本的 μ Vision，最新版本为 μ Vision4，完全兼容先前的版本。

1.3 仿真软件 Proteus 简介

Proteus 是由英国 Labcenter Electronics 公司开发的 EDA 工具软件，已有近 20 年的历史，在全球得到了广泛应用。Proteus 软件功能强大，集电路设计、制版及仿真等多种功能于一身，不仅能够对电工、电子技术学科涉及的电路进行设计与分析，还能够对微处理器进行设计和仿真，并且功能齐全，界面多彩，是近年来备受电子设计爱好者青睐的一款新型电子线路设计与仿真软件。

Proteus 是一个基于 ProSPICE 混合模型仿真器的、完整的嵌入式系统软硬件设计仿真平台。它包含 ISIS 和 ARES 应用软件：ISIS 是智能原理图输入、系统设计与仿真的基本平台；ARES 是高级 PCB 布线编辑软件。

1.4 硬件载体——51 单片机学习板

软件仿真结果往往会和实际有一定差别，所以我们需要一个学习单片机的硬件载体。为方便学习和使用，我们根据 51 单片机的特点以及学习规律，特别设计开发了 51 单片机学习板，如图 1.4.1 所示。

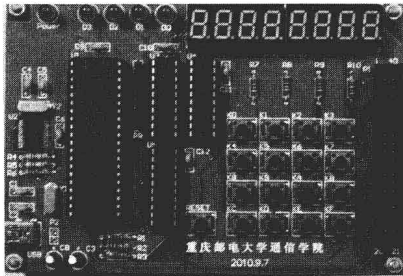


图 1.4.1 自制 51 单片机学习板

该学习板具有以下几个特点：

- (1) 支持硬件在线联调：选用 SST 公司的 SST89E516RD 作为目标器件，该芯片采用 8051 内核，同时具备 ISP 和 IAP 功能，支持硬件在线仿真，方便调试，无需仿真器。
- (2) 支持在线编程：使用了 SST Boot-Strap Loader 软件工具(详见 1.5 节)，可为写有 Boot Loader 监控程序的 SST MCU 直接烧写用户程序，无需编程器。
- (3) 供电以及与 PC 机通信方便：仅需一根 USB 线即可完成对学习板的供电以及与 PC 机的通信，使用起来简单方便。
- (4) 基本外设资源丰富：8 位数码管、4 个发光二极管以及 4×4 键盘矩阵。
- (5) 可扩展性强：学习板在设计中充分考虑了后续的开发使用，预留有大量的 I/O 口资源，包括所有的 P2 口以及部分 P1 口，并提供有扩展接口。

本学习板的原理图参见附录 A，学习板所用元器件清单参见附录 B，学习板测试程序参见附录 C。

1.5 SSTEasyIAP 和 Boot-Strap Loader 软件

SSTEasyIAP 和 Boot-Strap Loader(BSL)是由 SST 公司提供的,方便 SST 单片机用户下载或上传应用软件到 SST 单片机的软件。这套软件包括:PC 端的应用程序 SSTEasyIAP 和单片机内部 8051 程序 BSL。SST 单片机在出厂时都已烧录有 BSL 软件。

使用 SSTEasyIAP 软件工具可为写有 BSL 监控程序的 SST MCU 直接下载用户程序,无需编程器。

如果将 BSL 下载监控程序转换为 SoftICE(Software In Circuit Emulator,即在线的软件仿真器)监控程序,即可实现单片机在线硬件仿真调试功能,而无需仿真器。以下讲解使用 SSTEasyIAP 软件和 Keil 软件完成 BSL 监控程序和 SoftICE 监控程序互换的操作流程。

1.5.1 BSL 监控程序替换 SoftICE 监控程序操作流程

BSL 监控程序替换 SoftICE 监控程序的操作流程如下所述:

(1) 运行 Keil 软件,启动 Debug。

(2) 进入 Debug 后,在“Command”栏键入命令,回车。如图 1.5.1 所示,图中“Convert_to_BSLx564.txt”文件保存在“E:\SST”路径下。

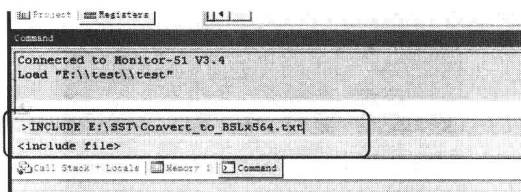


图 1.5.1 BSL 监控程序替换 SoftICE 监控程序操作(1)

(3) 执行完上图命令后,若出现如图 1.5.2 所示的界面,则表示转换成功,即 BSL 监控程序下载进了单片机。

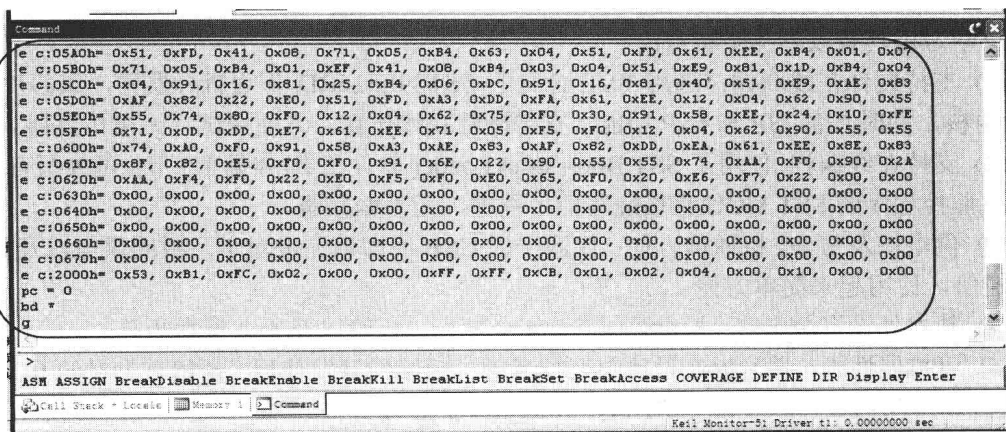


图 1.5.2 BSL 监控程序替换 SoftICE 监控程序操作(2)

1.5.2 SoftICE 监控程序替换 BSL 监控程序操作流程

本小节以 SSTEasyIAP11F.exe 软件为例，讲解用 SoftICE 监控程序替换 BSL 监控程序的操作流程：

(1) 打开 SSTEasyIAP11F.exe 程序，点击菜单“DetectChip/RS232”，将出现如图 1.5.3 所示的三个选项，由于目前出厂的 SST89E516RD 单片机带的 BSL 程序版本是 1.1F，所以选择第一项。

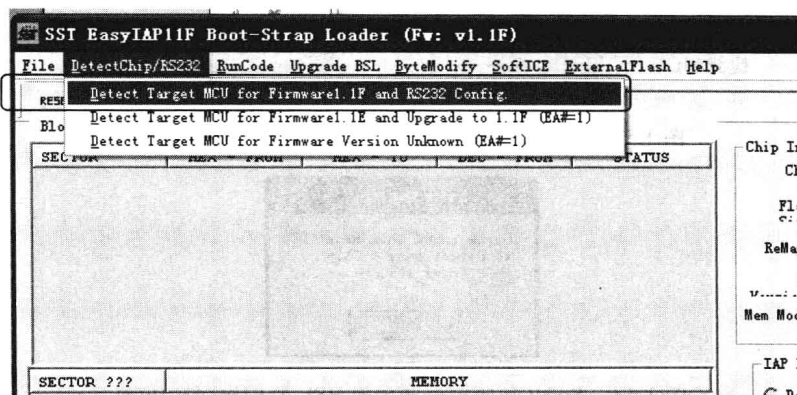


图 1.5.3 SoftICE 监控程序替换 BSL 监控程序操作(1)

(2) 选择芯片型号和程序存储器方式，如图 1.5.4 所示。程序存储器有两种方式：当 EA#=1 时，为内部程序存储器；当 EA#=0 时，为外部程序存储器。

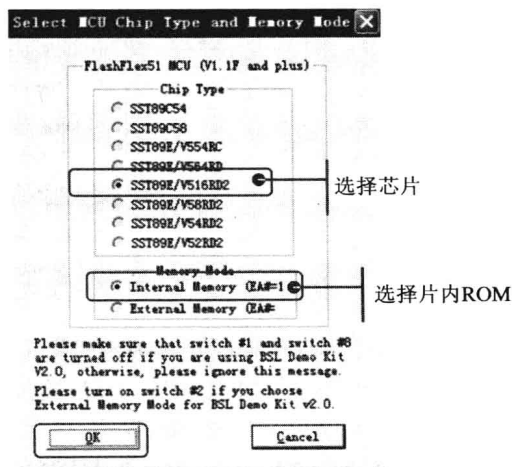


图 1.5.4 SoftICE 监控程序替换 BSL 监控程序操作(2)

(3) 选择端口、MCU 晶振和波特率。COM3 为当前连接单片机的端口；晶振频率指当前系统板上接的晶振频率。确定后，点击“Detect MCU”检测单片机，如图 1.5.5 所示。

(4) 先点击“确定”按钮，再复位 MCU(按学习板上的复位键)，如图 1.5.6 所示。这时单片机执行 BSL 程序，接收 PC 发出的数据，由于 EasyIAP 发出通信信号的时间不会超过 2 分钟，因此用户需要在 2 分钟内启动单片机，否则通信会失败。

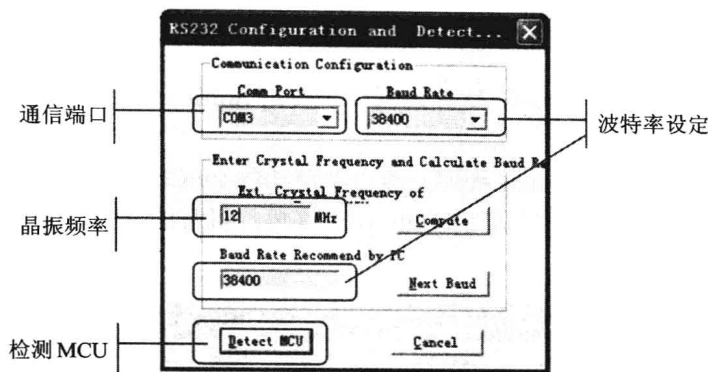


图 1.5.5 SoftICE 监控程序替换 BSL 监控程序操作(3)

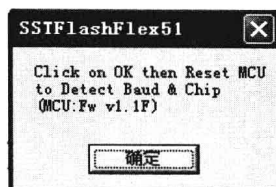


图 1.5.6 SoftICE 监控程序替换 BSL 监控程序操作(4)

通信成功后，窗口右上角会显示芯片信息和版本信息，如图 1.5.7 所示。

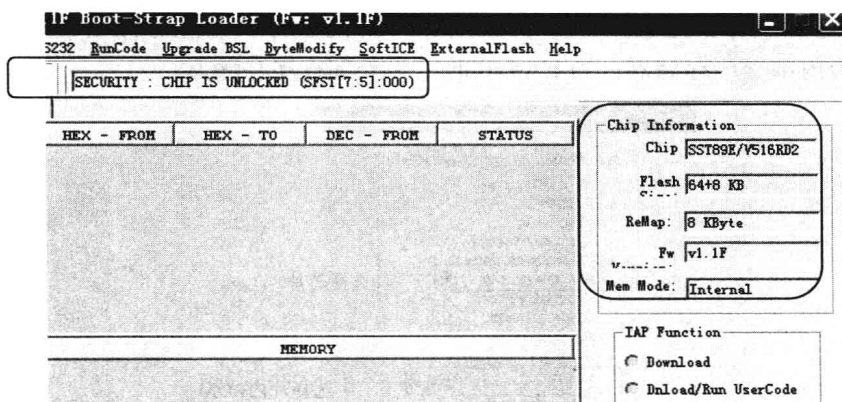


图 1.5.7 芯片型号和版本信息选择成功窗口

(5) 点击“DownLoad SoftICE”选项，将 MCU 中的 BSL 监控程序替换为 SoftICE 监控程序，如图 1.5.8 所示。

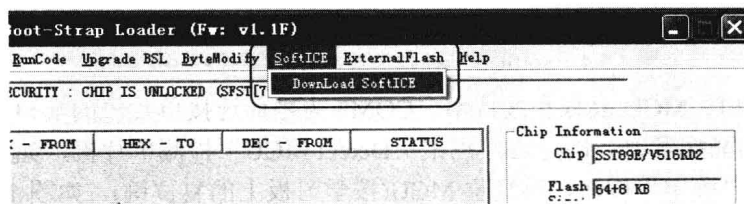


图 1.5.8 SoftICE 监控程序替换 BSL 监控程序操作(5)

(6) 点击“是”按钮，选择确认更换，如图 1.5.9 所示。

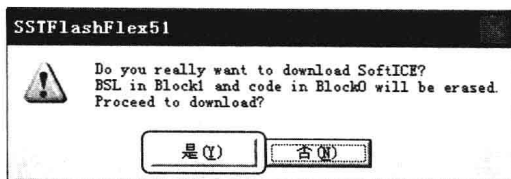


图 1.5.9 SoftICE 监控程序替换 BSL 监控程序操作(6)

程序替换成功后，会显示如图 1.5.10 所示的窗口。



图 1.5.10 SoftICE 监控程序替换 BSL 监控程序成功窗口

1.6 软件仿真操作流程示例(Keil C51 + Proteus)

软件仿真主要涉及 Keil C51 和 Proteus 两个软件的使用，下面以点亮一盏发光二极管为例讲解主要操作流程。

1.6.1 绘制仿真电路

绘制仿真电路的具体步骤如下：

(1) 运行 Proteus 软件，出现如图 1.6.1 所示的界面。

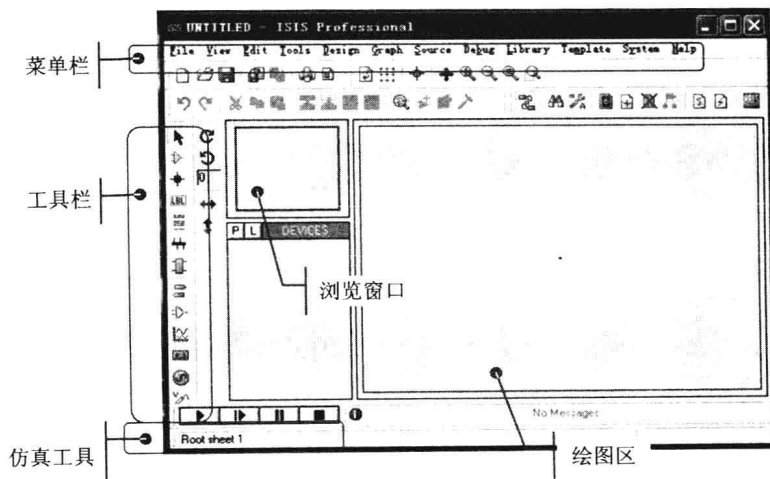


图 1.6.1 Proteus 界面

(2) 选中工具栏中的  (Component Mode)，点击浏览窗口下的“P”键(Pick from

Libraries), 弹出如图 1.6.2 所示的对话框, 拾取需要的元器件。

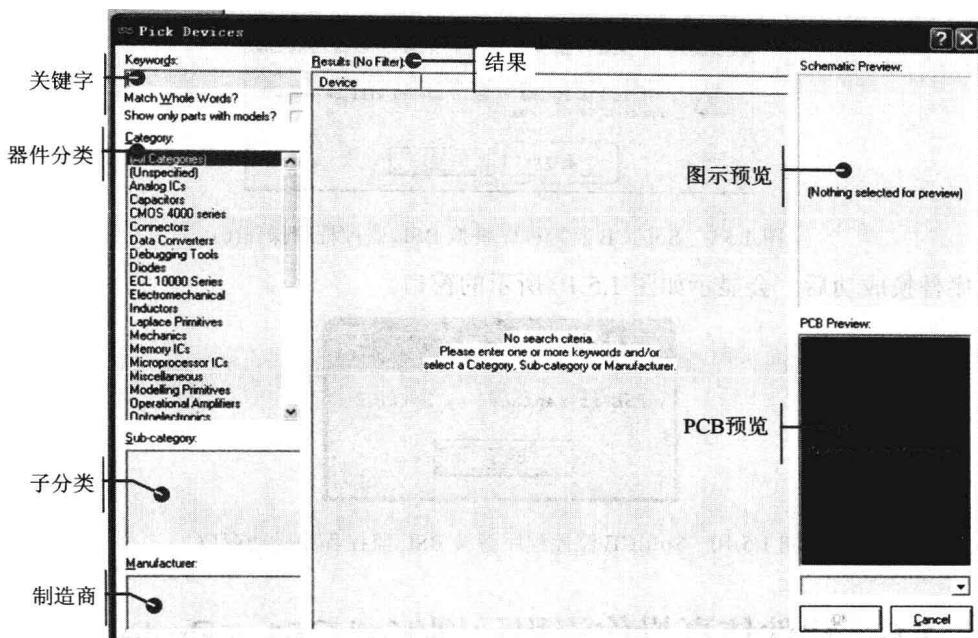


图 1.6.2 Pick Devices 对话框

拾取元器件的方法有多种: 一种是自动搜索法, 直接在“Keywords”栏键入元器件的部分关键字, 在“Results”栏将显示指定分类中所有包含关键字信息的器件, 如图 1.6.3 所示; 还有一种方法是按器件分类逐一查找。

此处拾取元器件单片机(AT89C51)、电阻(RES)、红色发光二极管(LED-RED)。

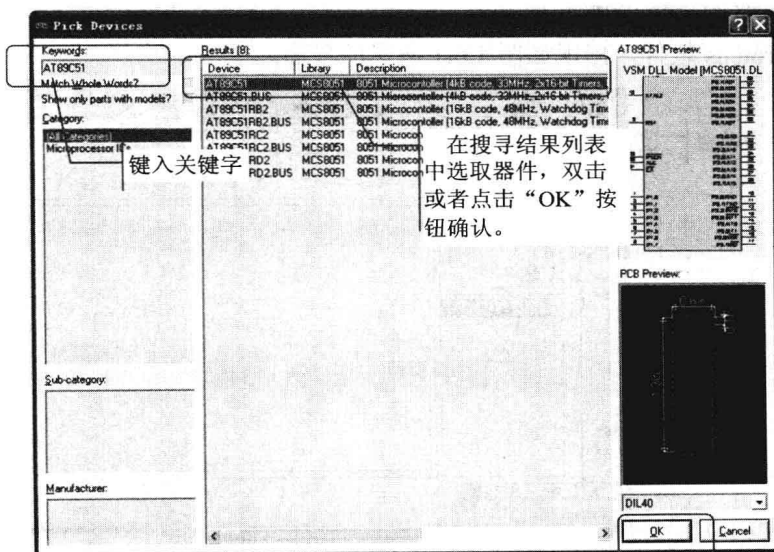


图 1.6.3 拾取元器件

(3) 在绘画框中放置元器件, 如图 1.6.4 所示。

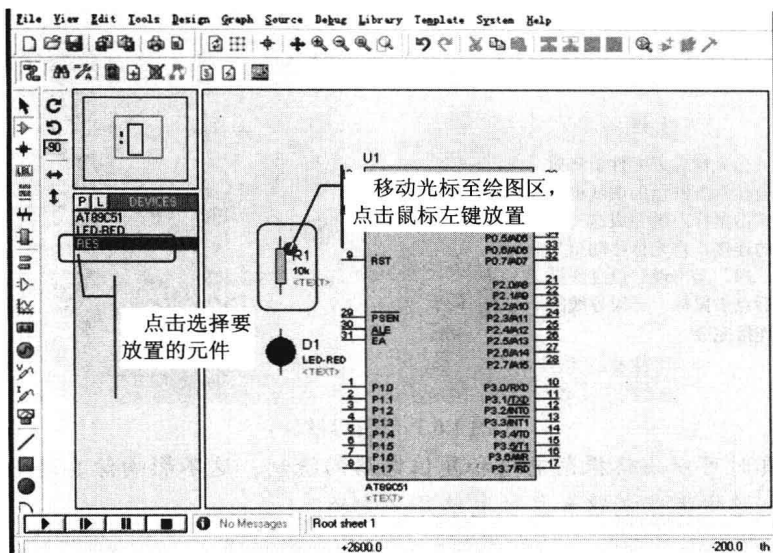


图 1.6.4 放置元器件

(4) 修改电阻阻值: 将电阻阻值改为 300 Ω (默认为 10 k Ω); 在绘图区双击电阻, 弹出电阻属性修改对话框, 如图 1.6.5 所示。

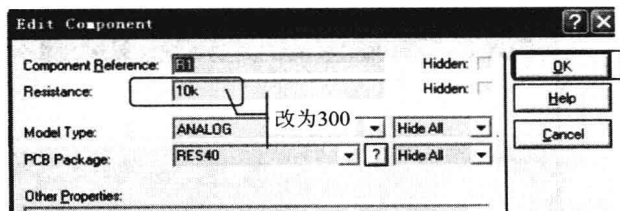


图 1.6.5 修改元器件属性

(5) 放置电源: 点击工具栏中的  (Terminals Mode), 在终端列表中选择电源并放置, 如图 1.6.6 所示。

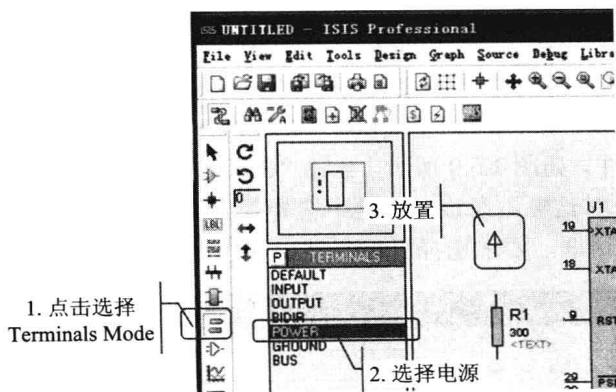


图 1.6.6 放置电源

(6) 连接导线: 注意连接导线时不要出现断路现象, 如图 1.6.7 所示。

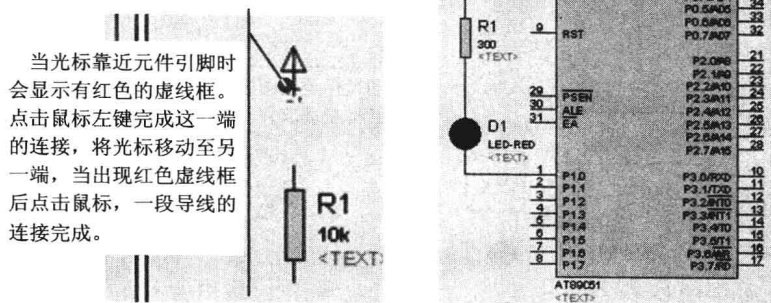


图 1.6.7 连接导线

注意：仿真时可以省略振荡电路和复位电路的绘制，这不影响仿真电路的正常工作，但在实际硬件电路中振荡电路和复位电路是必需的。

(7) 保存仿真电路。至此，仿真电路绘制部分已经完成。

1.6.2 程序编写

编写程序的操作步骤如下：

(1) 运行 Keil μ Vision4，弹出如图 1.6.8 所示的窗口。

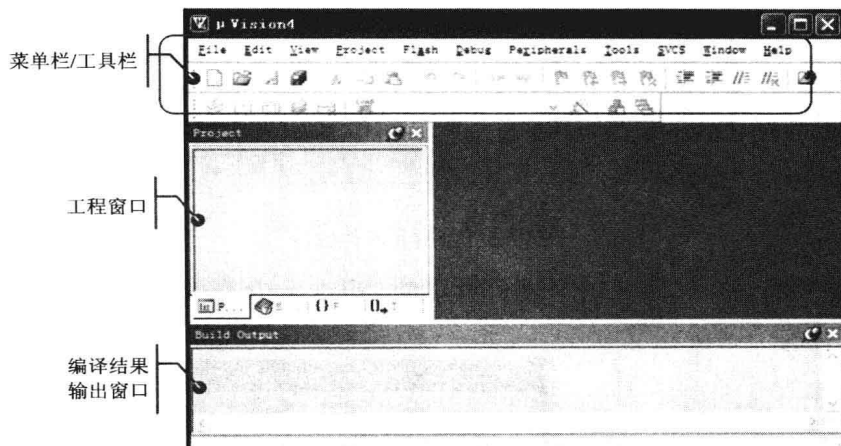


图 1.6.8 初始界面

(2) 新建工程文件。如图 1.6.9 所示，点击“Project”→“New μ Vision Project”菜单项，弹出如图 1.6.10 所示对话框，在该对话框中选择工程文件的保存路径并对文件命名，将弹出如图 1.6.11 所示对话框，要求选择目标器件，软件提供的器件库按生产厂商分类并按字

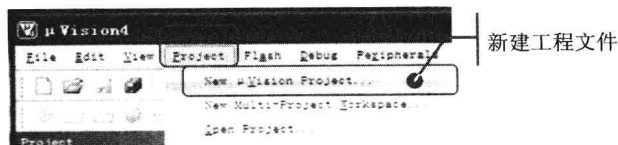


图 1.6.9 新建工程文件

母顺序排列；单击“OK”按钮，将弹出如图 1.6.12 所示对话框，询问是否需要启动代码，可根据需要选择“是”或“否”。工程文件新建完毕后，包含有一个缺省的目标(Target)和文件组(Source Group)，如图 1.6.13 所示。

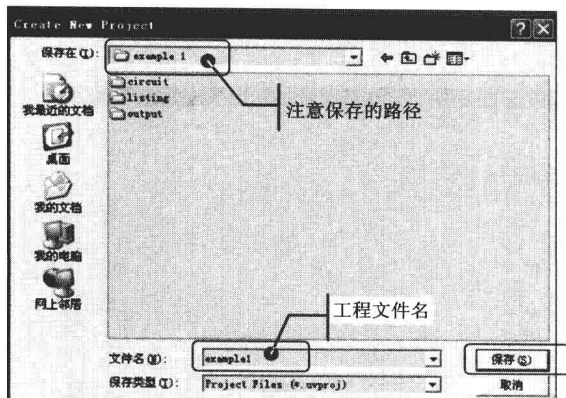


图 1.6.10 工程文件命名

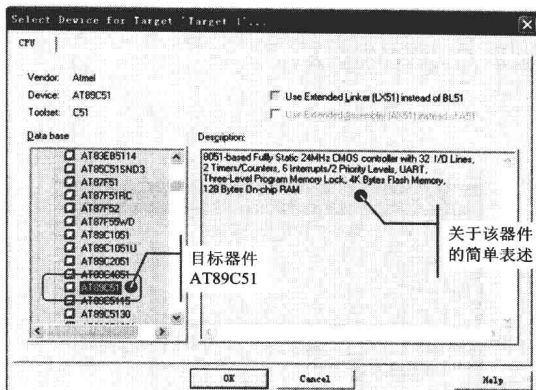


图 1.6.11 选择目标器件

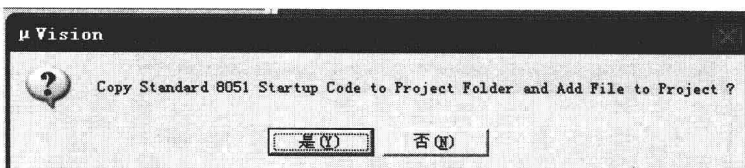


图 1.6.12 询问是否需要启动代码

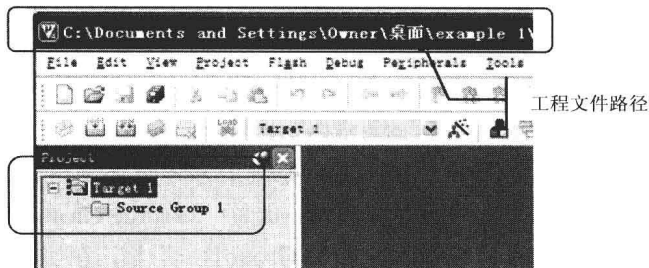


图 1.6.13 工程文件新建完毕

(3) 建源文件并保存。如图 1.6.14 所示，点击“File”→“New”菜单项，新建源文件，系统将提供一临时文件，如图 1.6.15 所示。

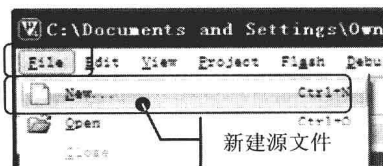


图 1.6.14 新建源文件

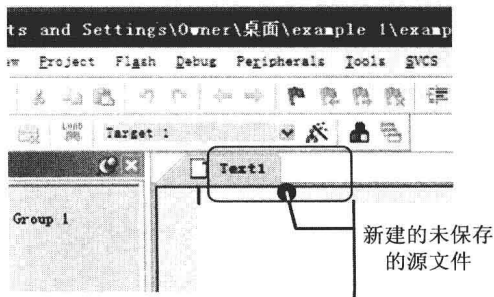


图 1.6.15 新建的未保存的临时文件 Text1

如图 1.6.16 所示, 点击 “File” → “Save” 菜单项保存源文件, 弹出如图 1.6.17 所示对话框, 给源文件命名。注意, 命名时要给出文件的后缀名, 如果选择用汇编语言编写代码, 则后缀名为 “.asm”; 如果选择用 C 语言编写代码, 则后缀名为 “.c”。图 1.6.18 所示为建立并保存的源文件 example.c。在源文件 example.c 中输入代码, μ Vision 可以用彩色高亮度显示 C 语言的语法。

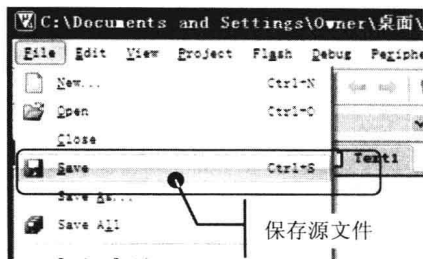


图 1.6.16 保存源文件

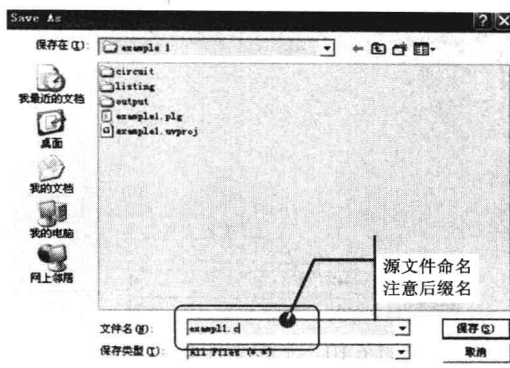


图 1.6.17 源文件命名

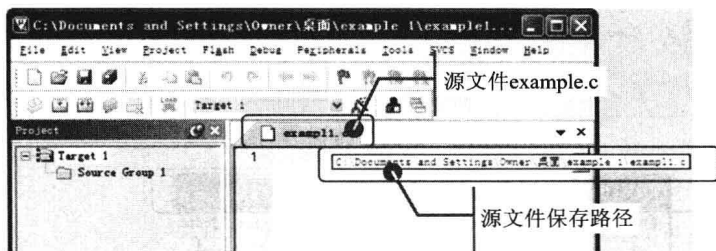


图 1.6.18 源文件建立并保存完毕

(4) 将源文件添加进工程文件中。 μ Vision 提供了多种将源文件添加进工程文件的方法。例如, 在图 1.6.19 所示的 “Project” 窗口单击选中 “Source Group 1”, 点击鼠标右键, 在弹出的菜单中选择 “Add Files to Group 'Source Group 1'...” 项, 在出现的如图 1.6.20 所示对话框中选择需要添加的源文件, 然后点击 “Add” 按钮确认, 接着点击 “Close” 按钮退出。源文件添加成功后的界面如图 1.6.21 所示。

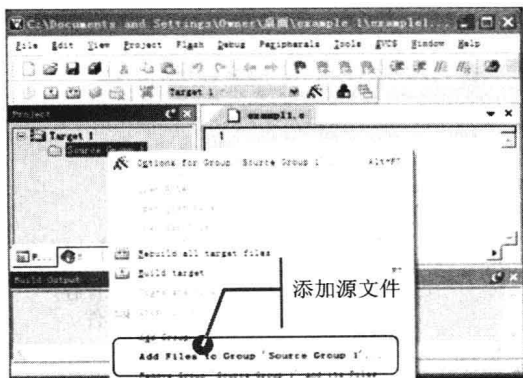


图 1.6.19 添加源文件

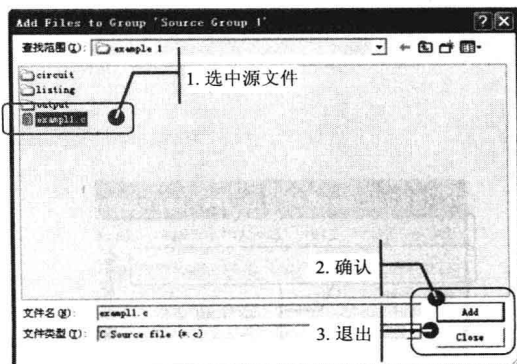


图 1.6.20 选择要添加的源文件