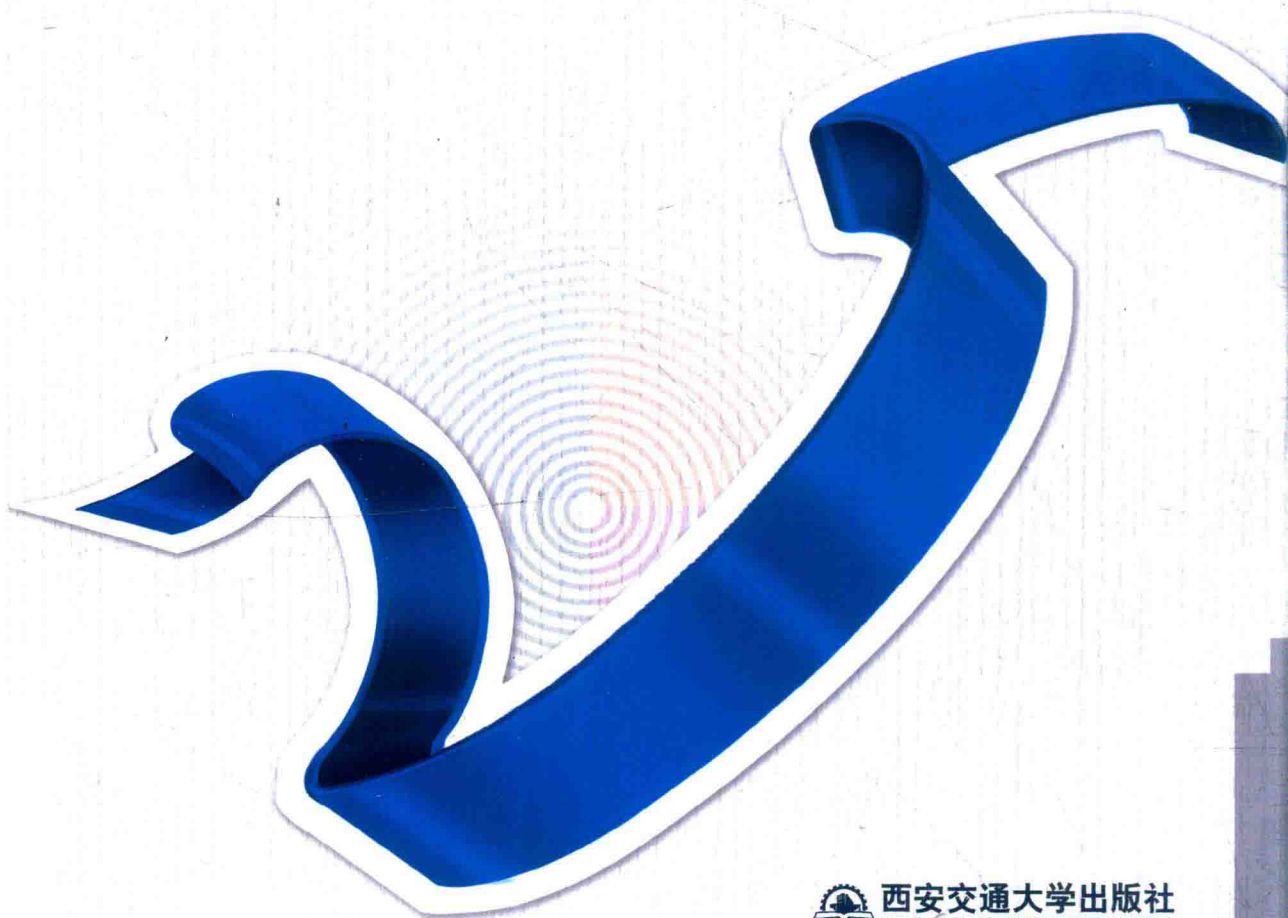




普通高等教育“十二五”应用型本科规划教材

基于PROTEUS的PIC 单片机设计与仿真

郭 军 编著



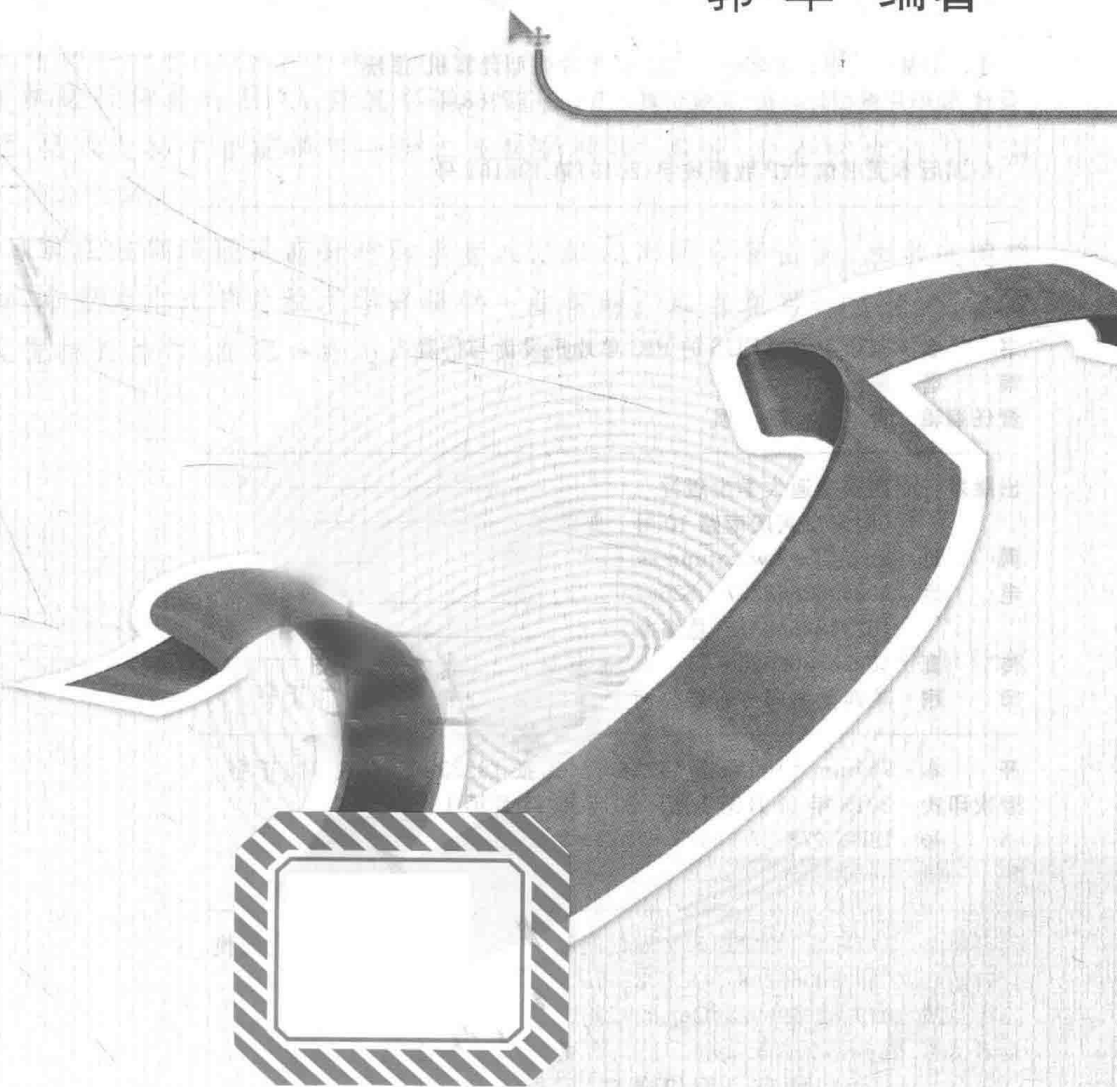
西安交通大学出版社
XI'AN JIAOTONG UNIVERSITY PRESS



普通高等教育“十二五”应用型本科规划教材

基于PROTEUS的PIC 单片机设计与仿真

郭 军 编著



西安交通大学出版社
XI'AN JIAOTONG UNIVERSITY PRESS

内容提要

本书以 PIC 系列单片机典型芯片 PIC16F877 为例,系统地介绍了 PIC 单片机的工作原理、开发与应用等方面的知识,包括单片机的体系结构,RISC 指令系统,MPLAB 开发环境,典型外围接口器件应用等。并使用 PROTEUS 仿真系统作为学习、开发环境,构建了一套完整的 PIC 单片机设计,调试,仿真验证开发体系。

本书不强调单片机系统的理论完整性,而以面向应用为目标,通过大量实例,使读者掌握 MPLAB 集成开发环境和 PROTEUS 仿真系统的使用,熟悉单片机应用系统开发的总体流程,并在此基础上完成独立的创新设计。

本书可作为测控、机电类相关专业的教材,也广泛适合具备初步电子技术基础的学生、教师、电子制作爱好者及相关工程技术人员阅读。

图书在版编目(CIP)数据

基于 PROTEUS 的 PIC 单片机设计与仿真/郭军编著.

—西安:西安交通大学出版社,2015.8

ISBN 978-7-5605-7832-3

I. ①基… II. ①郭… III. ①单片微型计算机-系统设计 ②单片微型计算机-系统仿真 IV. ①TP368.1

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2015)第 198164 号

书 名 基于 PROTEUS 的 PIC 单片机设计与仿真
编 著 郭 军
责任编辑 曹 昶 毛 帆

出版发行 西安交通大学出版社
(西安市兴庆南路 10 号 邮政编码 710049)
网 址 <http://www.xjtpress.com>
电 话 (029)82668357 82667874(发行中心)
(029)82668315(总编办)
传 真 (029)82668280
印 刷 陕西元盛印务有限公司

开 本 787mm×1092mm 1/16 印张 18.25 字数 440 千字
版次印次 2015 年 11 月第 1 版 2015 年 11 月第 1 次印刷
书 号 ISBN 978-7-5605-7832-3/TP·692
定 价 45.00 元

读者购书、书店添货、如发现印装质量问题,请与本社发行中心联系、调换。

订购热线:(029)82665248 (029)82665249

投稿热线:(029)82669097 QQ:8377981

读者信箱:lg_book@163.com

版权所有 侵权必究

基于PROTEUS的PIC单片机设计与仿真

前言

FOREWORD

长久以来,作者在单片机的教学过程中,深知学好单片机必须通过实践的道理。然而,对于刚刚接触单片机的广大初学者,即使是几百元人民币的开发板也是一笔不小的投入,而且在初学阶段,由于各种失误造成芯片烧毁等也会给求学者带来不小的经济损失。能否找到一种经济、廉价的学习方法,为广大莘莘学子扫清这一障碍,一直萦绕在笔者心头。经过多年的苦苦寻觅,终于迎来了曙光——英国 LABCENTER 公司推出的 EDA 开发工具 PROTEUS 完美解决了长期困扰广大单片机初学者的前进障碍。

作为世界领先的嵌入式开发系统方案解决者,PROTEUS 是唯一能对型号众多的单片机进行仿真的 EDA 开发环境。这一利器地使用大大降低了单片机学习的门槛,使广大初学者获得了一种工业级的快速、高效、安全可靠的开发解决手段。

然而,目前在该领域还没有针对初学者入门级应用的专著出版,本书试图填补这一空白,希望为广大单片机求学者提供一些帮助。本书在写作过程中,参考了国内外大量相关著作,在此一并对广大作者致谢。

作 者

2015 年 11 月

于北京工业大学知行楼

基于PROTEUS的PIC单片机设计与仿真

目录

CONTENTS

第1章 PROTEUS 初步

- 1.1 PROTEUS 概述 /001
- 1.2 原理图编辑工具 ISIS /002
 - 1.2.1 图形编辑界面 /003
 - 1.2.2 图形编辑基本操作 /005
- 1.3 设计实例 /007
- 1.4 本章小结 /017
- 思考与练习 /017

第2章 PIC 单片机简介

- 2.1 Microchip 公司简介 /018
- 2.2 PIC 单片机概述 /018
 - 2.2.1 学习单片机的必要性 /019
 - 2.2.2 单片机的特点 /020
 - 2.2.3 PIC 单片机系列简介 /021
- 2.3 PIC16F877 /021
 - 2.3.1 封装形式和引脚功能 /022
 - 2.3.2 内部结构 /025
 - 2.3.3 程序存储器 /028
 - 2.3.4 文件寄存器 /029
- 2.4 PIC 单片机与其他单片机的比较 /031
- 2.5 本章小结 /032
- 思考与练习 /032

第3章 MPLAB 与 PROTEUS 联合仿真

- 3.1 MPLAB 集成开发环境简介 /033
 - 3.1.1 MPLAB 新建项目步骤 /033
 - 3.1.2 能正常编译的最小程序 /038
 - 3.1.3 MPLAB 主要组成部分 /041
 - 3.1.4 MPLAB 文件结构 /041
 - 3.1.5 配置设定 /042
- 3.2 联合仿真实验 /043
- 3.3 在线调试 /054
- 3.4 其他调试方式简介 /055
 - 3.4.1 MPSIM /055
 - 3.4.2 MPLAB - ICD /055
- 3.5 本章小结 /056
- 思考与练习 /056

第4章 PIC 单片机指令系统

- 4.1 指令系统概述 /058
- 4.2 字节操作类指令 /060
- 4.3 位操作类指令 /064
- 4.4 常数操作指令和控制类指令 /065
- 4.5 寻址方式 /068
 - 4.5.1 立即寻址 /069
 - 4.5.2 直接寻址 /069
 - 4.5.3 位寻址 /070
 - 4.5.4 间接寻址 /070
- 4.6 本章小结 /071
- 思考与练习 /071

第5章 PIC 汇编语言程序设计初步

- 5.1 MPASM 汇编器简介 /073
- 5.2 汇编指令格式 /073
- 5.3 常用分支结构 /074
 - 5.3.1 顺序程序结构 /074
 - 5.3.2 分支程序结构 /075
 - 5.3.3 循环程序结构 /077
 - 5.3.4 子程序结构 /080

- 5.4 查表程序设计 /082
- 5.5 延时程序设计 /087
- 5.6 本章小结 /092
- 思考与练习 /092

第6章 PIC 单片机基本功能模块

- 6.1 基本输入/输出端口 /093
 - 6.1.1 相关寄存器 /093
 - 6.1.2 应用实例 /094
- 6.2 定时器/计数器 TMR0 /096
 - 6.2.1 相关寄存器 /097
 - 6.2.2 应用实例 /099
- 6.3 通用同步/异步收发器 USART /106
 - 6.3.1 相关寄存器 /109
 - 6.3.2 工作原理 /112
 - 6.3.3 应用实例 /113
- 6.4 中断系统 /119
 - 6.4.1 中断的基本概念 /120
 - 6.4.2 PIC16F877 中断源 /120
 - 6.4.3 相关寄存器 /121
 - 6.4.4 中断响应流程 /122
 - 6.4.5 应用实例 /122
- 6.5 本章小结 /134
- 思考与练习 /134

第7章 PIC 单片机高级模块

- 7.1 EEPROM 存储器 /136
 - 7.1.1 PIC 单片机内部存储器 /137
 - 7.1.2 相关寄存器 /138
 - 7.1.3 应用实例 /139
- 7.2 看门狗 WDT /144
 - 7.2.1 相关寄存器 /145
 - 7.2.2 应用实例 /146
- 7.3 输入/输出端口复合功能 /147
 - 7.3.1 RB 键盘接口 /148
 - 7.3.2 PSP 并行从动端口 /149
 - 7.3.3 应用实例 /152

- 7.4 输入捕捉/输出比较/脉宽调制 CCP /165
 - 7.4.1 相关寄存器 /166
 - 7.4.2 TMR1 /168
 - 7.4.3 应用实例 /169
- 7.5 模/数转换 ADC /172
 - 7.5.1 相关寄存器 /173
 - 7.5.2 应用实例 /175
- 7.6 SPI 接口 /177
 - 7.6.1 相关寄存器 /178
 - 7.6.2 应用实例 /180
- 7.7 I²C 接口 /188
 - 7.7.1 相关寄存器 /190
 - 7.7.2 应用实例 /193
- 7.8 本章小结 /200
- 思考与练习 /201

第 8 章 综合实例

- 8.1 计算器 /202
 - 8.1.1 项目实现功能 /202
 - 8.1.2 硬件电路 /202
 - 8.1.3 软件设计 /203
 - 8.1.4 实验结果及讨论 /218
- 8.2 数字式温度计 /218
 - 8.2.1 项目实现功能 /218
 - 8.2.2 硬件电路 /219
 - 8.2.3 软件设计 /219
 - 8.2.4 实验结果及讨论 /225
- 8.3 简易函数发生器 /226
 - 8.3.1 项目实现功能 /226
 - 8.3.2 硬件电路 /226
 - 8.3.3 软件设计 /227
 - 8.3.4 实验结果及讨论 /236
- 8.4 步进电机控制系统 /238
 - 8.4.1 项目实现功能 /238
 - 8.4.2 硬件电路 /238
 - 8.4.3 软件设计 /239
 - 8.4.4 实验结果及讨论 /243

8.5 简单汉字显示 /243

8.5.1 项目实现功能 /243

8.5.2 硬件电路 /244

8.5.3 软件设计 /244

8.5.4 实验结果及讨论 /262

8.6 本章小结 /263

思考与练习 /263

附录

附录 A ASCII 码表 /264

附录 B P16F877.INC 文件 /265

参考文献 /282

本章要点

本章简要介绍了本书的仿真环境 PROTEUS 的基本概况,包括软件的总体构成,基本操作等。通过本章的学习,读者应达到以下目标:

- 了解什么是 PROTEUS;
- 掌握 PROTEUS 的基本操作方式;
- 能用 PROTEUS 完成简单的仿真实验。

PROTEUS 是英国 LabCenter Electronics 公司开发的,运行于 Windows 操作系统的 EDA 工具软件,可以仿真、分析(SPICE)各种模拟器件和数字电路。

PROTEUS 软件以其能对嵌入式系统进行软硬件协同设计与仿真以及集强大功能与简单易操作于一体的特点,成为当今嵌入式系统领域最先进的开发工具,被 EWW CAD REVIEW Roundup 评为最好的全线产品。

1.1 PROTEUS 概述

PROTEUS 是一款基于 ProSPICE 混合模型仿真器的完整的嵌入式系统软、硬件仿真设计平台,主要由两个部分构成,分别是原理图设计及仿真平台 ISIS 和 PCB 布线平台ARES。

PROTEUS 最令人激动、最重要的特点是它能把微处理器软件作用在处理器上并和连接该微处理器的任何模拟和数字器件协同仿真。

微处理器模型和其他器件的模型一道驻留在原理设计中,仿真执行目标代码。像在真正的单片机系统上一样,如果程序代码向一个外设口写,电路中逻辑电平会相应变化,如果电路改变了微处理器管脚的状态,程序代码中也会实时反映。

VSM CPU 模型能完整仿真 I/O 口、中断、定时器、通用外设口和其他与 CPU 有关的外设资源,它是一个使外设与外部电路相互作用模型化为波形的简便的软件仿真器。

VSM 甚至能仿真多个 CPU,所以能方便地处理两个或更多的微控制器的连接与设计的相关项目。

本书以 7.9 版为例介绍 PROTEUS 的使用。本书专注于仿真平台的应用,因此只介绍 ISIS,对 ARES 感兴趣的读者,请参考相关资料。

1.2 原理图编辑工具 ISIS

PROTEUS 智能原理图输入系统(ISIS)是原理图设计和电路仿真的基本平台。系统安装完毕后,双击“ISIS 7 Professional”的图标,系统显示如图 1-1 所示的启动界面。

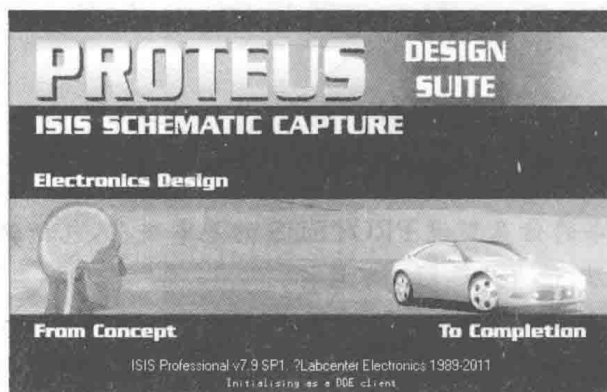


图 1-1 PROTEUS ISIS 启动界面

界面上的“从概念到完成”看似口气很大,然而 PROTEUS 确实可以完成从原理图设计、单片机编程、系统仿真到 PCB 设计一气呵成,真正实现了从概念到产品的完整设计,可以说是实至名归。图 1-2 给出了这一流程的示意图。

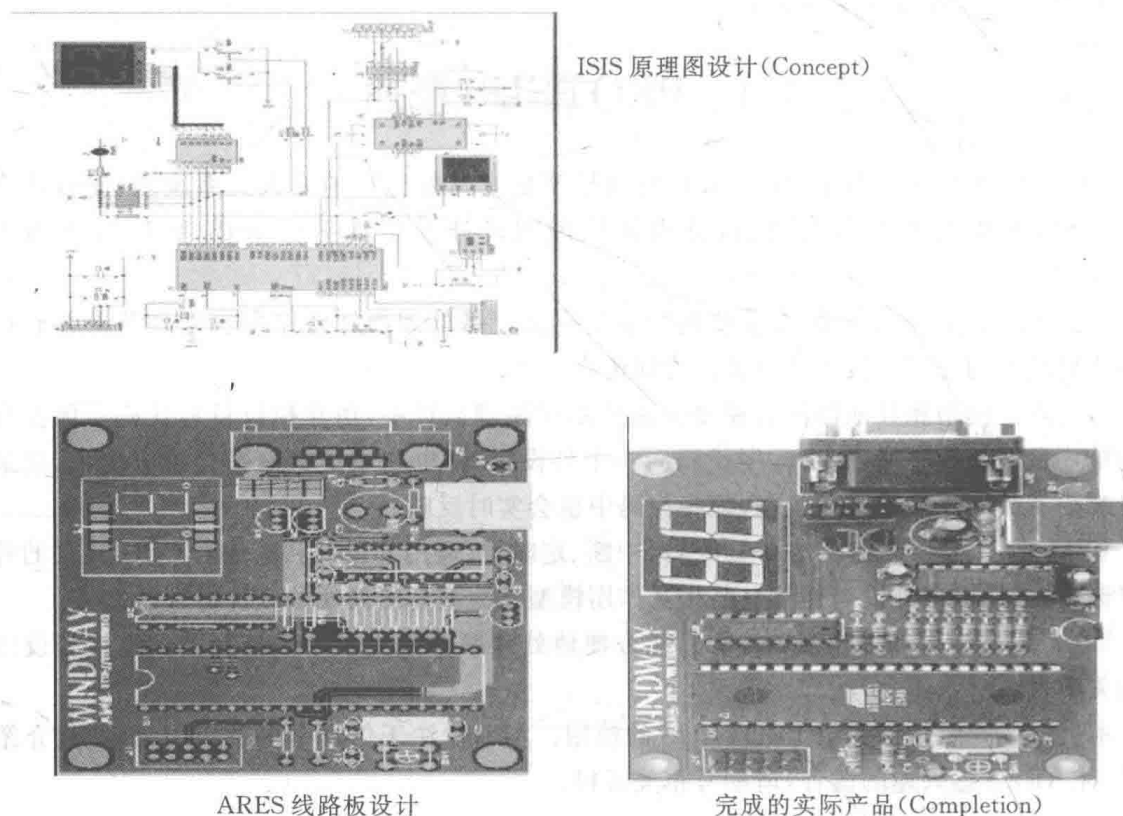


图 1-2 PROTEUS 开发流程图

1.2.1 图形编辑界面

ISIS 主界面如图 1-3 所示,同标准 Windows 界面类似,由标题栏、菜单栏、标准工具栏、状态栏等标准 Windows 元素,以及软件特有的绘图工具栏、对象选择器、器件预览窗口、对象方向调整工具栏、仿真控制工具栏、图形编辑窗口等构成。

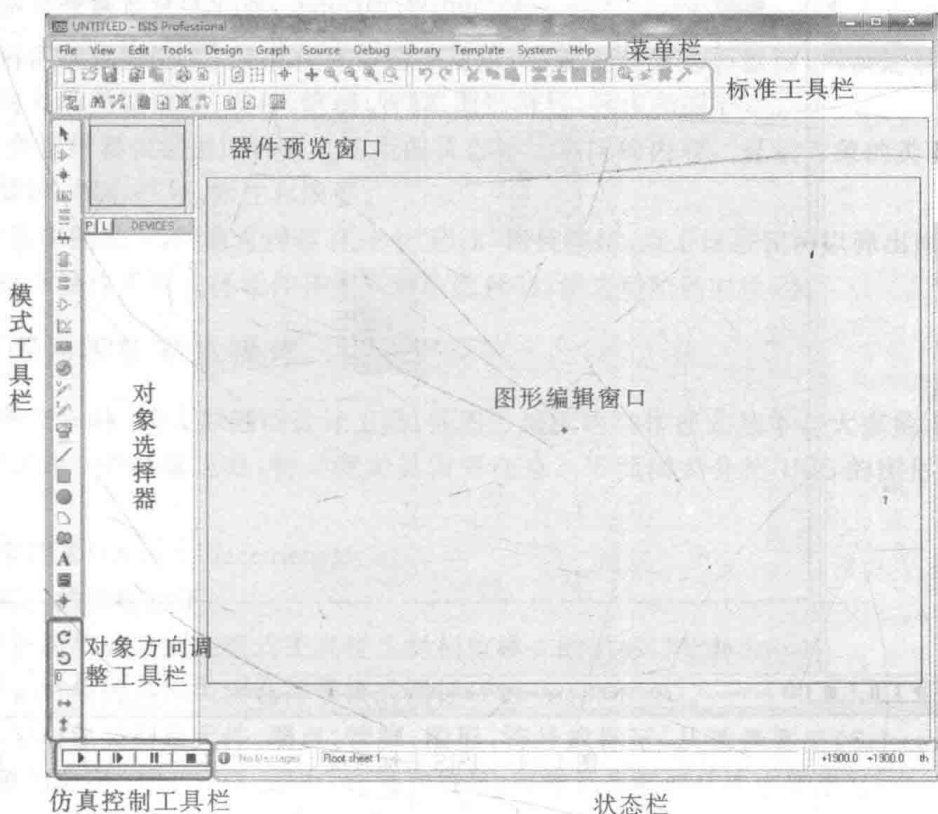


图 1-3 ISIS 主界面

下面首先来介绍一些 ISIS 的基本概念。

1. 坐标系 (Coordinate System)

ISIS 中坐标系的基本单位是 10 nm,主要是为了和其配套的布线工具 PROTEUS ARES 保持一致。但坐标系统的识别(read-out)单位被限制在 1th(1‰英寸)。坐标原点默认在图形编辑区的中间,通过屏幕的右下角的状态栏可以读取当前所选器件的坐标值或者当前鼠标的位置,如图 1-4 所示。

2. 点状栅格 (The Dot Grid) 与 捕捉到栅格 (Snapping to a Grid)

为了方便定位元件,编辑窗口内可以显示点状的栅格,通过 View 菜单的 Grid 命令可以在打开和关闭状态间切换。点与点之间的间距由当前捕捉设置决定。捕捉的尺度可以由 View 菜单的 Snap 命令设置,或者直接使用快捷键 F4、F3、F2 和 Ctrl+F1,如图 1-5 所示。

3. 实时捕捉 (Real Time Snap)

当鼠标指针指向器件管脚末端或者导线时,鼠标指针将会被捕捉到这些物体,这种功能被称为实时捕捉,该功能可以方便地实现导线和管脚的连接。

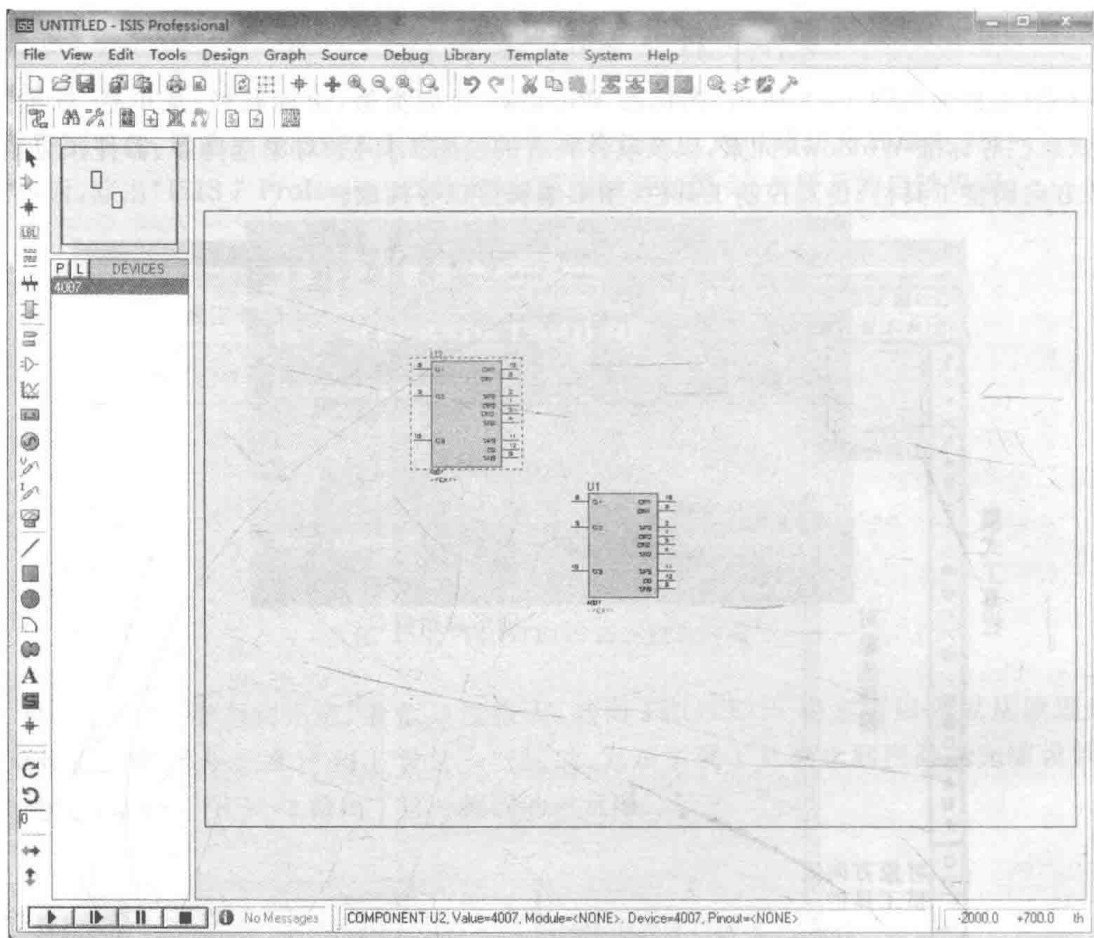


图 1-4 ISIS 坐标系

4. 视图的缩放与移动

可以通过如下几种方式来实现：

- 用鼠标左键点击预览窗口中想要显示的位置，这将使编辑窗口显示以鼠标点击处为中心的内容。
- 在编辑窗口内移动鼠标，按下 Shift 键，用鼠标“撞击”边框，这会使显示平移。这种模式称为“Shift-Pan”。
- 用鼠标指向编辑窗口并按缩放键或者操作鼠标的滚动键，会以鼠标指针位置为中心重新显示。

5. 预览窗口(The Overview Window)

该窗口通常显示整个电路图的缩略图。在预览窗口上点击鼠标左键，将会有有一个矩形蓝绿框标示出当前在编辑窗口的中显示的区域。其他情况下，预览窗口显示将要放置的对象的预览。这种特性在下列情况下被激活：



图 1-5 栅格设定

- 当一个对象在选择器中被选中。
- 当使用旋转或镜像按钮时。
- 当为一个可以设定朝向的对象选择类型图标时(例如 Component icon, Device Pin icon等)。

• 当放置对象或者执行其他非以上操作时,Place preview 会自动消除。

6. 对象选择器窗口(Object Selector Window)

通过对象选择按钮  ,从元件库中选择对象,并置入对象选择器窗口,供之后绘图时使用。显示对象的类型包括:设备、终端、管脚、图形符号、标注和图形。

• 对象选择器根据由图标决定的当前状态显示不同的内容。显示对象的类型包括:设备、终端、管脚、图形符号、标注和图形。

• 在某些模式下,对象选择器有一个“Pick”切换按钮,点击该按钮可以弹出库元件选取窗体。通过该窗体可以选择元件并置入对象选择器,供之后绘图时使用。

1.2.2 图形编辑基本操作

ISIS 作为一种 EDA 原理图设计工具,其图形编辑的操作模式基本与大多数 EDA 工具相同,然而还有一些特殊之处,初学者尤其需要注意。下面简要介绍 ISIS 的图形编辑的基本操作。

1. 对象放置(Object Placement)

放置对象的步骤如下:

- (1)根据对象的类别在模式工具栏选择相应模式的图标(Mode icon)。
- (2)根据对象的具体类型选择子模式图标(Sub-mode icon)。
- (3)如果对象类型是元件、端点、管脚、图形、符号或标记,从选择器里(Selector)选择你需要的对象的名字(对于元件、端点、管脚和符号,可能首先需要从库中调出)。
- (4)如果对象是有方向的,将会在预览窗口显示出来,此时可以通过对象方向调整工具栏对对象进行旋转、翻转等调整。
- (5)最后,将鼠标移到编辑窗口并点击鼠标左键放置对象。

2. 选中对象(Tagging an Object)

用鼠标指向对象并点击“左键”可以选中该对象。该操作选中对象并使其高亮显示,然后可以进行编辑。

选中对象时该对象上的所有连线同时被选中。

要选中一组对象,可以按住 Ctrl 键,依次用左键单击每个待选对象。也可以通过左键拖出一个选择框的方式,但只有完全位于选择框内的对象才可以被选中。

在空白处点击鼠标左键可以取消当前所有对象的选择。

提示:早期的版本的 ISIS 选择对象的方法同大多数 EDA 软件不同,是用鼠标右键,而不是左键!这一特征在 7.9 版得到了更改,与大多数软件的操作方法一致。

3. 删除对象(Deleting an Object)

- 方法 1:用鼠标右键直接双击选中的对象,即可完成删除。

► 方法 2: 用鼠标指向对象并单击右键, 从弹出菜单中选择“Delete Object”可以删除该对象, 同时删除该对象的所有连线。

4. 拖动对象(Dragging an Object)

用鼠标指向选中的对象并用左键拖曳可以拖动该对象。该方式不仅对整个对象有效, 而且对对象中单独的 Labels 也有效。

5. 调整对象大小(Resizing an Object)

子电路(Sub-circuits)、图表、线、框和圆可以调整大小。当选中这些对象时, 对象周围会出现称作“手柄”的黑色小方块, 通过拖动这些“手柄”, 可以调整对象的大小。

调整对象大小的步骤如下(To resize an object):

(1) 选中对象。

(2) 如果对象可以调整大小, 对象周围会出现称作“手柄”的黑色小方块。

(3) 用鼠标左键拖动这些“手柄”到新的位置, 可以改变对象的大小。在拖动的过程中手柄会消失以防止对象的显示混叠。

6. 调整对象的朝向(Reorienting an Object)

当对象被放置到图形编辑窗口后, 就无法通过“对象方向调整工具栏”来改变对象的朝向了。

调整已放置对象朝向的步骤如下(To reorient an object):

(1) 选中对象。

(2) 右键调出快捷菜单, 选择相应的菜单项, 完成方向调整(如图 1-6 所示)。

7. 编辑对象属性

许多对象具有图形或文本属性, 这些属性可以通过一个对话框进行编辑。

编辑单个对象有两种常用方法:

► 方法 1: 用鼠标左键双击对象, 在弹出的对象属性编辑对话框中完成属性的编辑。

► 方法 2: 步骤如下:

(1) 右键单击对象。

(2) 在弹出的快捷菜单中选择“Edit Property”。

提示: 当对象处于被选中状态, 连续用右键单击将删除该对象, 此时可以通过 Ctrl+Z 恢复误删。为防止这种情况发生, 应随时注意对象的选择状态, 并通过在空白处单击鼠标的方法来消除对象选中。

8. 以特定的编辑模式编辑对象

步骤如下:

(1) 鼠标指向对象。

(2) 使用键盘“Ctrl+E”。

对于文本脚本来说, 这将启动外部的文本编辑器。如果鼠标没有指向任何对象的话, 该命令将对当前的图进行编辑。

9. 块操作模式

当需要对多个元件进行平移, 拷贝等操作时, 可以启用块操作模式。用左键或右键框选

需要操作的元件,使多个元件被选中,再次单击右键,弹出图 1-7 所示菜单,选择相应的块操作项即可。

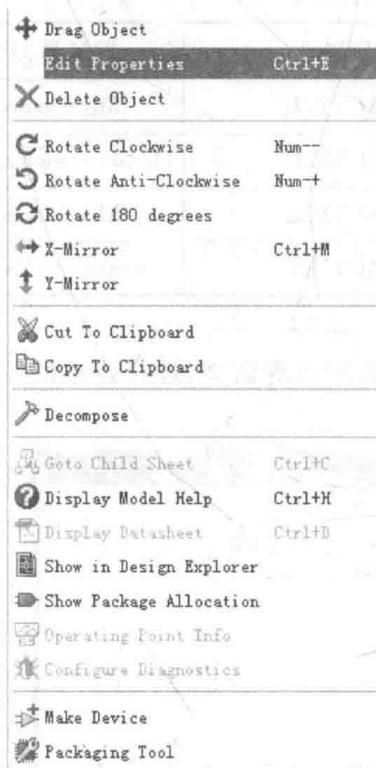


图 1-6 设置对象属性

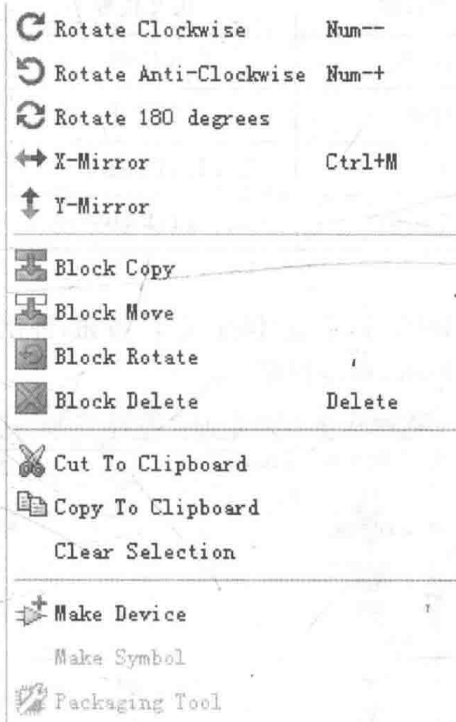


图 1-7 块操作菜单

10. 连线操作

同大多数 EDA 软件不同,PROTEUS 的 ISIS 没有专门的连线工具,其连线是通过智能感知来完成的,当鼠标处于可以连线的器件引脚处时,系统自动进入连线状态,此时单击鼠标左键,即开始进行连线。

完成连线主要有两种方式:

► 方式 1:自动模式。在连线的起点和终点位置分别单击鼠标左键,系统自动规划连线路径,完成连线。

► 方式 2:手动连线。在连线起点单击鼠标左键,在需要转折处单击鼠标左键,系统放置中间结点,此后可以沿上下左右四个方向调整连线路径(如果想任意控制连线角度,还可以在连线过程中按下 Ctrl 键,此时连线可以沿任意方向布置),直到单击连线终点,完成连线。

1.3 设计实例

下面通过几个具体的实例来为读者演示 PROTEUS 的基本使用方法。

【实例 1-1】保险丝熔断实验。

本实例通过一个中学物理的保险丝熔断实验来使读者对 PROTEUS 的能力有一个直

观的了解,所需器件如表 1-1 所示。

表 1-1 保险丝熔断实验器件列表

器件名称	英文代号	所属库	所属类/子类
保险丝	FUSE	ACTIVE	Miscellaneous
灯泡	LAMP	ACTIVE	Optoelectronics/Lamps
电池	BATTERY	ACTIVE	Miscellaneous
可变电阻	POT-HG	ACTIVE	Resistors/Variable

打开 ISIS 后,单击“保存设计”按钮,弹出如图 1-8 所示对话框,选择合适的位置,将工程命名为 Fuse,单击保存。

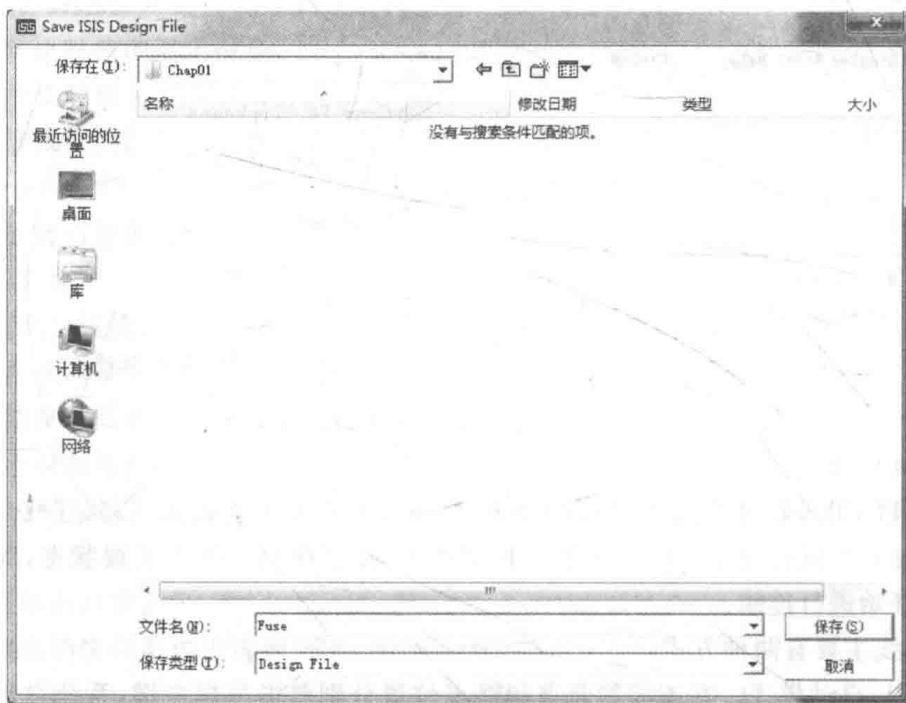


图 1-8 保存设计对话框

此时,标题栏的名称由“UNTITLED”变为“Fuse”,如图 1-9 所示。

完成设计的第一步工作是找到设计所需的所有器件,置入“对象选择器”中,以供后续使用。单击“器件模式”按钮 ,进入放置器件模式,单击  按钮,系统弹出器件选择对话框,如图 1-10 所示。

在“Keywords”框中输入待查找的器件英文名称,如“fuse”后,按回车键,对话框如图 1-11所示。从结果窗口可知,共有 33 个器件满足条件(这里筛选条件是名字或描述中含有关键字“fuse”),此时需根据需要进行选择正确的器件。由于本实验是一个纯演示性质的实验,故选择“Library”为“ACTIVE”的 Fuse 器件,双击对应的器件,相应的器件被置入“对象选择器”中。