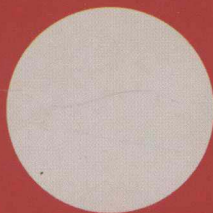
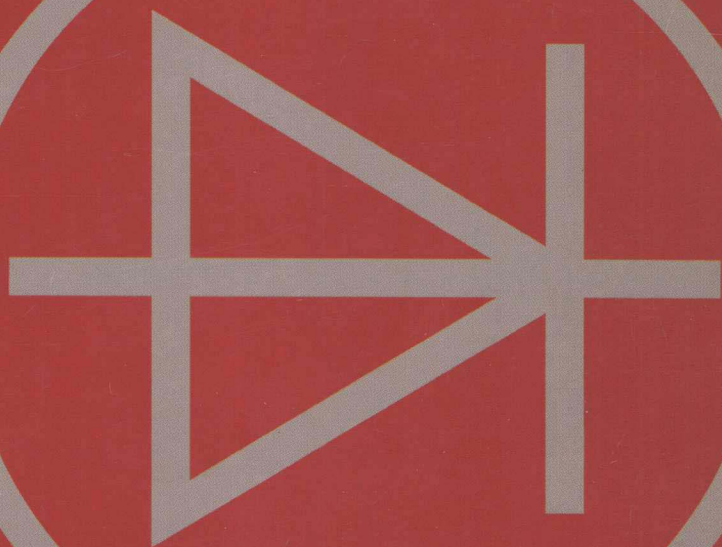
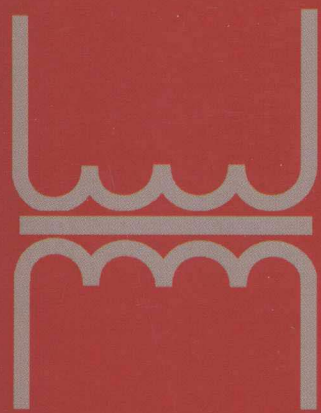


全国高等职业技术学院电子类专业教材

QUANGUO GAODENG ZHIYE JISHU YUANXIAO DIANZILEI ZHUANYE JIAOCAI

电子 CAD



中国劳动社会保障出版社

QUANGUO GAODENG ZHIYE JISHU YUANXIAO DIANZILEI ZHUANYE JIAOCAI

全国高等职业院校电子类专业教材

电子 CAD

劳动和社会保障部教材办公室组织编写

中国劳动社会保障出版社

图书在版编目(CIP)数据

电子 CAD/朱运航主编. —北京:中国劳动社会保障出版社, 2004

全国高等职业技术学院电子类专业教材

ISBN 7-5045-4676-3

I. 电… II. 朱… III. 电子技术-计算机辅助设计-应用软件-高等学校:技术学校-教材 IV. TN

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2004)第 088202 号

中国劳动社会保障出版社出版发行

(北京市惠新东街 1 号 邮政编码:100029)

出 版 人: 张梦欣

*

新华书店经销

北京印刷集团有限责任公司印刷二厂印刷 北京助学印刷厂装订

787 毫米×1092 毫米 16 开本 11.5 印张 287 千字

2005 年 4 月第 1 版 2007 年 1 月第 2 次印刷

定价: 19.00 元

读者服务部电话: 010-64929211

发行部电话: 010-64927085

出版社网址: <http://www.class.com.cn>

版权专有 侵权必究

举报电话: 010-64911344

前言

为贯彻落实《国务院关于大力推进职业教育改革与发展的决定》，推进高等职业技术教育更好地适应经济结构调整、科技进步和劳动力市场的需要，推动高等职业技术学院实施职业资格证书制度，加快高技能人才的培养，劳动和社会保障部教材办公室在充分调研和论证的基础上，组织编写了高等职业技术学院系列教材。从 2004 年起，陆续推出数控类、电工类、模具设计与制造、电子商务、电子类、烹饪类专业教材，并将根据需要不断开发新的教材，逐步建立起覆盖高等职业技术学院主要专业的教材体系。

在高等职业技术学院系列教材的编写过程中，我们始终坚持了以下几个原则：一是坚持高技能人才的培养方向，从职业（岗位）分析入手，强调教材的实用性；二是紧密结合高职院校、技师学院、高级技校的教学实际情况，同时，坚持以国家职业资格标准为依据，力求使教材内容覆盖职业技能鉴定的各项要求；三是突出教材的时代感，力求较多地引进新知识、新技术、新工艺、新方法等方面的内容，较全面地反映行业的技术发展趋势；四是打破传统的教材编写模式，树立以学生为主体的教学理念，力求教材编写有所创新，使教材易教易学，为师生所乐用。

电子类专业主要教材包括《模拟集成电路应用基础》《数字集成电路应用基础》《电子测量与仪器》《单片机原理与应用》《电子电路故障诊断及维修技术》《电子 CAD》《电视机原理与技能训练》《常用通信终端设备原理与技能训练》《摄录像机原理与技能训练》，可供高职院校、技师学院、高级技校电子类专业使用。教材的编写参照了相关的国家职业标准、技术标准。

在上述教材编写过程中，我们得到有关省市劳动和社会保障部门、教育部门，以及高等职业技术学院、技师学院、高级技校的大力支持，在此表示衷心的感谢。同时，我们恳切希望广大读者对教材提出宝贵的意见和建议，以便修订时加以完善。

劳动和社会保障部教材办公室

简介

本书为全国高等职业技术学院电子类专业教材，供各类高职院校、技师学院、高级技校电子类专业使用。主要内容有：Multisim 2001 的操作、Protel 99 SE 原理图 (SCH) 设计系统、印制电路板设计、isp DesignEXPERT 系统软件的应用等。

本书也可用于高级技术人才培养。

本书由朱运航主编，李斌、李雪东参加编写；李学礼审稿。

目录

第一章 Multisim 2001 的操作	(1)
§ 1—1 Multisim 2001 的基本操作	(1)
§ 1—2 仪器仪表的使用	(17)
§ 1—3 Multisim 2001 的分析方法	(23)
§ 1—4 总线和子电路的使用	(29)
§ 1—5 元器件的编辑和管理	(34)
习题	(45)
综合训练一 Multisim 2001 的基本操作	(46)
第二章 Protel 99 SE 原理图 (SCH) 设计系统	(51)
§ 2—1 电路原理图设计	(51)
§ 2—2 层次原理图设计	(64)
§ 2—3 编辑、创建原理图元件	(69)
§ 2—4 原理图的辅助说明及报表的生成	(74)
习题	(78)
综合训练二 SCH 原理图绘制	(82)
第三章 印制电路板设计	(85)
§ 3—1 认识电路板	(85)
§ 3—2 单面印制电路板的手工设计	(89)
§ 3—3 单面印制电路板的半自动化设计	(104)
§ 3—4 双面印制电路板设计	(116)
§ 3—5 多层板设计	(126)
§ 3—6 高级 PCB 设计技巧	(128)
§ 3—7 PCB 库元件的创建与管理	(131)
习题	(140)
综合训练三 印制电路板设计	(140)
第四章 isp DesignEXPERT 系统软件的应用	(145)
§ 4—1 原理图输入	(145)
§ 4—2 设计的编译与仿真	(150)
§ 4—3 ABEL 语言和原理图的混合输入	(155)

§ 4—4 在系统编程的操作方法	(158)
习题	(159)
综合训练四 isp DesignEXPERT 系统软件的应用	(161)
 附录 I Protel 99 SE 常用的原理图元件	 (162)
附录 II 设计规则适用范围的设置	(166)
附录 III 多项规则争用情况的解决方法	(168)
附录 IV 常用的 PCB 库元件	(170)
附录 V ABEL_HDL 语言的基本语法	(174)

本章主要学习运用 Multisim 2001 绘制原理图, 并使用常用仪器仪表及仿真分析方法对电路进行仿真分析, 学会编辑、创建元器件, 并对较复杂电路运用总线及子电路模块。

学习前首先来了解一下 Multisim 2001 的新特点。

EWB 以其界面形象直观、操作方便、分析功能强大, 易学易用等突出特点, 得到广泛的应用。IIT 公司从 EWB 6.0 版本开始, 进行了大规模的改动, 仿真设计模块更名为 Multisim。2001 年推出的 Multisim 2001 继承了 EWB 以前版本的许多优点, 并在功能和操作方法上有了较大改进。

1. 极大地扩充了元件数据库, 新增了大量与现实元件相对应的元件模型, 并重新验证了元件库中所有元件的信息, 从而增加了仿真电路的实用性, 提高了仿真的精确度和可靠性。

2. 新增的元件编辑器给用户提供了自行创建或修改所需元件模型的工具, 允许自定义元器件的属性。

3. 增加了射频电路的仿真功能。

4. 允许把子电路当作一个元器件使用, 扩大了电路的仿真规模。

5. 增加了瓦特计、失真仪、频谱分析仪和网络分析仪等新的测试仪表, 而且所有仪表都允许多台同时调用, 极大地增强了软件的仿真测试效果和分析功能。

6. 改进了元器件之间的连接方式, 允许连线任意走向。

7. 根据电路图形的大小, 程序能自动调整电路窗口尺寸, 不再需要手工设置。

8. 专业版的 Multisim 还支持 VHDL 和 Verilog 语言的电路仿真与设计。

Multisim 2001 发行了多个版本, 有增强专业版、专业版、个人版、教育版、学生版及演示版等, 各版本的功能略有差异, 本书将介绍增强专业版的 Multisim 2001。

§ 1—1 Multisim 2001 的基本操作

下面如图 1—1 所示的差动放大电路为例介绍 Multisim 2001 的基本功能与操作, 如定制用户界面、编辑原理图、对电路图进行仿真分析及后处理分析。

一、编辑原理图

1. 启动 Multisim 2001, 打开 Multisim 的基本界面, 如图 1—2 所示。注: 本书电路图均为软件绘制, 部分符号不符合国家标准。在手工制图中应按国家标准绘制。Multisim 的基本界面与 EWB 有较大区别, 其中有 9 个主菜单: 菜单栏提供了所有的功能命令; 系统工具栏包

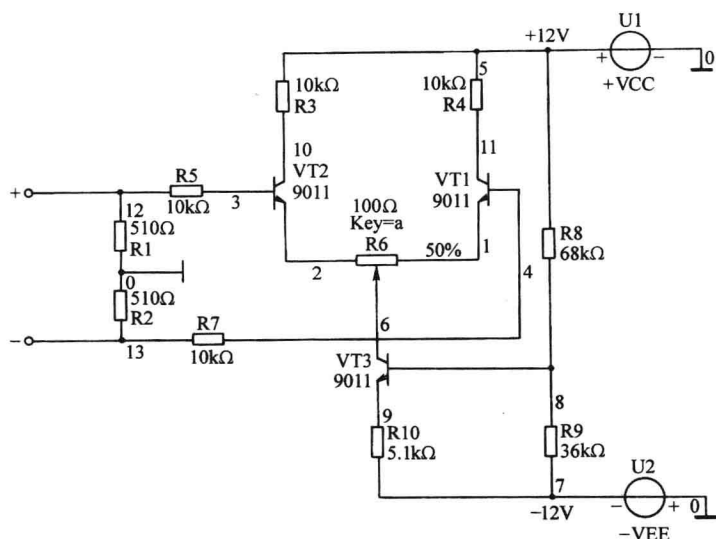


图 1—1 差动放大电路

含常用的基本功能按钮；设计工具栏是 Multisim 的一个完整部分；使用元件列表列出了当前电路所使用的全部元件，可供检查和重复调用；元件工具栏包含 14 个元件箱按钮；其后还有 1 个 .COM 按钮，可以点击该按钮通过 Internet 进入 www.edaparts.com 网站；仪表工具栏含有 11 种仪器仪表。用户可以根据习惯，将这些工具栏拖放到电路窗口中的不同地方，且都附有方便的关闭按钮。

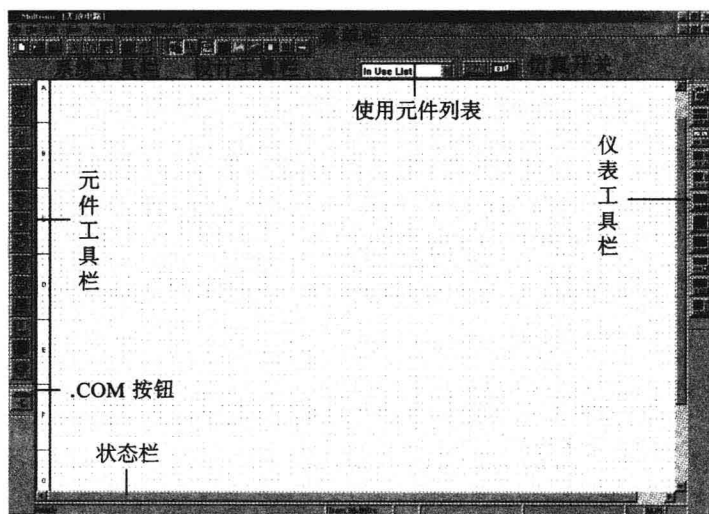


图 1—2 Multisim 2001 的基本界面

(1) 设计工具栏 设计工具栏是 Multisim 的核心，使用户能方便地运行程序所提供的各种复杂功能，如电路的建立、仿真、分析并最终输出数据。

- 1)  显示/关闭元件工具栏按钮，默认为显示状态。

2)  元件编辑按钮, 用以创建、编辑或管理元件。

3)  显示/关闭仪表工具栏按钮, 默认为显示状态。

4)  仿真按钮, 用以开始、暂停或结束电路仿真。

5)  选择所要进行的分析方法。

6)  对仿真结果进一步操作的后处理按钮。

7)  使用 VHDL /Verilog 模型进行设计。

8)  用以打印有关电路的报告按钮。

9)  传输按钮, 用以将仿真结果传输到其他印制电路板设计软件, 也可以将其输出到 MathCAD 和 Excel 等应用程序。

(2) 元件工具栏 Multisim 将精心设计的若干元器件模型分门别类地放置在元件工具栏的 14 个元件库中, 如图 1—3 所示。在有些元件库中除带有绿色衬底的虚拟模型外, 还有相应的现实模型——真实元件, 即可以在市场上买到的元件, 它们可以输出到 PCB 布线软件。现实元件和虚拟元件在电路窗口中以不同颜色来区分。

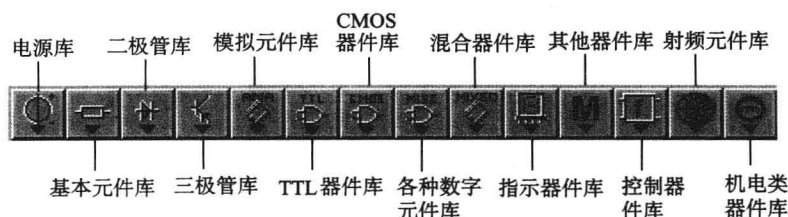


图 1—3 元件工具栏

(3) 仪表工具栏 Multisim 将仪器仪表非常逼真地放置在操作界面上, 如图 1—4 所示。完全区别于 EWB 以前版本的是: 在同一仿真电路中允许调用多台同种类型的虚拟仪器, 且新增了瓦特表、失真分析仪、频谱分析仪和网络分析仪等 4 种仪器仪表。

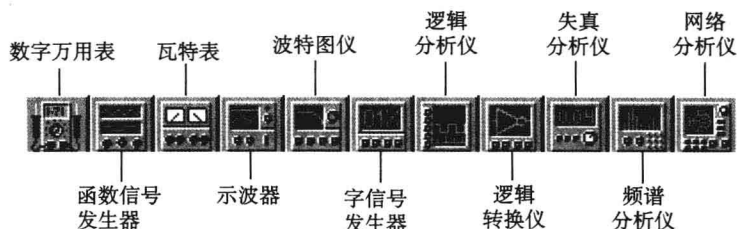


图 1—4 仪表工具栏

2. 新建电路文件

系统自动将新文件命名为“Circuit1”，可以保存后再改名为“差动放大电路”。

3. 定制用户界面

用户可以定制 Multisim 界面作为默认的界面, 也可以根据具体的电路设置特定的界面。选择菜单 Options/Preference 命令, 出现如图 1—5 所示的对话框, 该对话框有 6 个标签, 每个标签中含有若干功能选项。

(1) Component Bin 标签 如图 1—5 所示, 其中有 3 个区:

1) 元件符号标准中有两个标准可供选择: 美国标准和欧洲标准。

2) 元件箱的打开和显示方式有 3 种, 从上到下依次是: 当光标指向元件箱时自动打开元件箱, 直到按右上角的“×”按钮才关闭; 当光标指向元件箱时, 自动打开元件箱, 取完一个元件后自动关闭; 用光标点才能打开元件箱。

3) 放置元件方式也有 3 种, 从上到下依次是: 选取一次元件只能放置一次; 连续放置复合封装元件, 按 ESC 键或点击右键才结束; 不管是单个封装还是复合封装均连续放置元件。参数设置如图 1—5 所示。

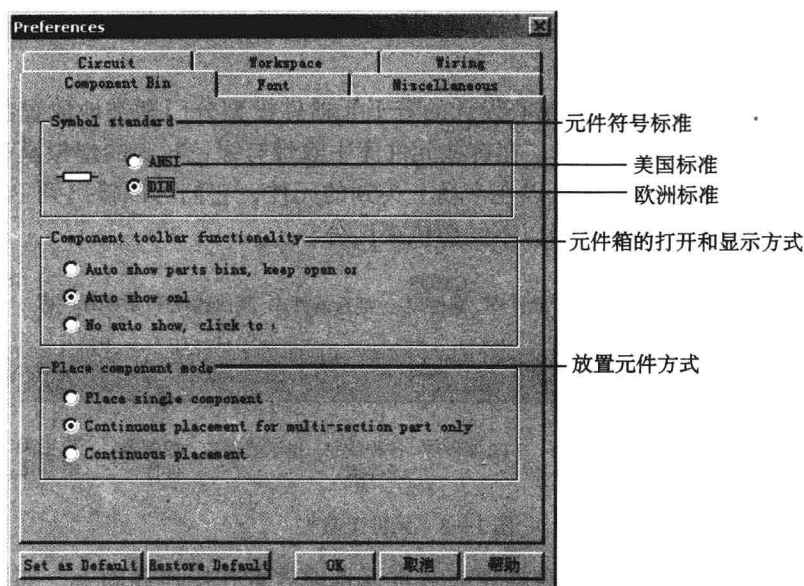


图 1—5 Component Bin 标签设置

(2) Workspace 标签 如图 1—6 所示, 其中有 3 个区:

1) 电路窗口显示区 其中有 3 个选项, 左半部有对应的预览窗口。

2) 图纸大小区 其中有 A、B、C、D、A4、A3、A2、A1、A0 等 10 种标准规格的图纸可供选择, 也可以自定义图纸大小, 此外还可以设置图纸放置方向。

3) 图纸缩放区 可选择 4 种缩放比例来显示窗口图纸。

参数设置如图 1—6 所示。

(3) Circuit 标签 如图 1—7 所示, 其中有上下 2 个区:

1) 显示区 设置元件及连线上需要显示的文字项目等。

2) 颜色区 设置窗口背景及各元器件颜色。可在左上方栏内指定程序预置好的黑底配色、白底配色、白底黑白配色及黑底黑白配色 4 种配色方案; 也可选择 Custom (自定义), 在右边进行相应 5 种颜色设置。这里我们设置为 White Background。

(4) Wiring 标签 如图 1—8 所示, 其中有上下两个区: 上面设置导线的宽度, 有 1~15 个整数宽度值可供选择; 下面设置自动连线方式: 一是在连接元件时, 自动产生连线; 二是在移动元件时, 自动重新连线。

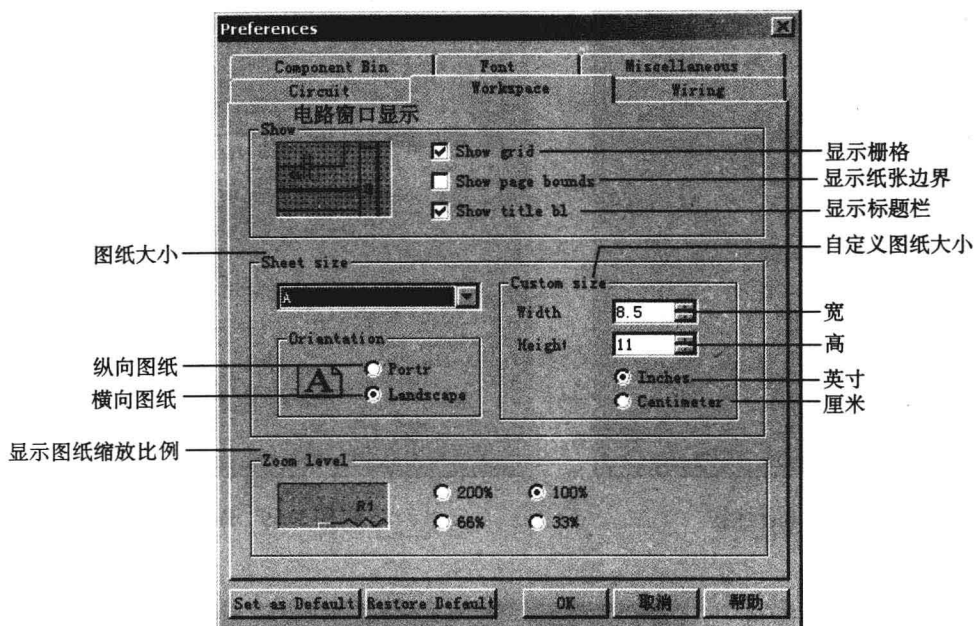


图 1—6 Workspace 标签设置

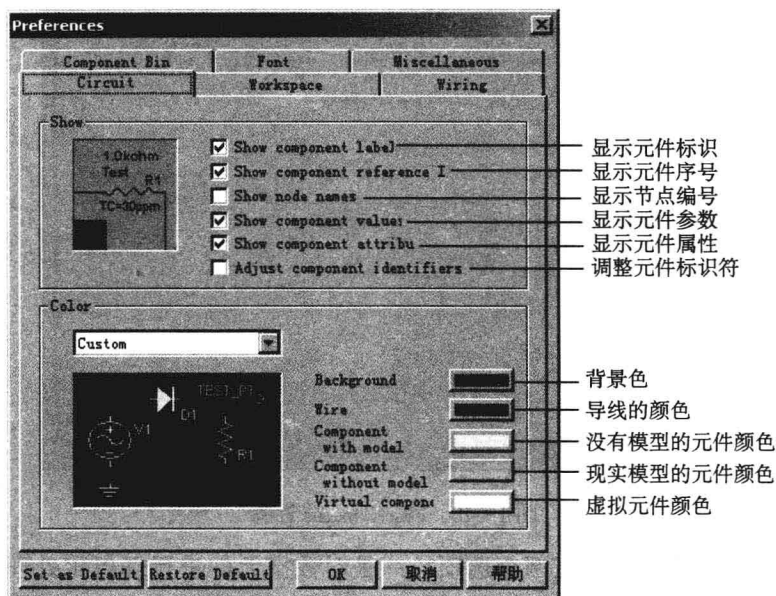


图 1—7 Circuit 标签

(5) Font 标签 如图 1—9 所示，其中有 3 个区：上面部分设置字体；左下角可以分别设置元件的标识、数值、元件属性、引脚和节点名称、原理图文本文件等字体；右下角是所改变字体的应用范围。

(6) Miscellaneous 标签 如图 1—10 所示，其中有 4 个区：

- 1) 自动备份区 可以设定自动备份的时间间隔。
- 2) 存取文件默认路径区 通过 Browse 按钮进行路径选择。

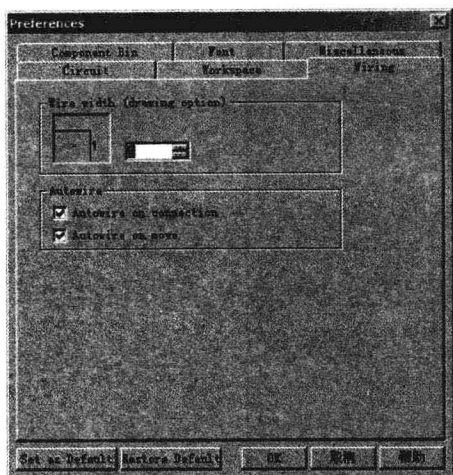


图 1—8 Wiring 标签

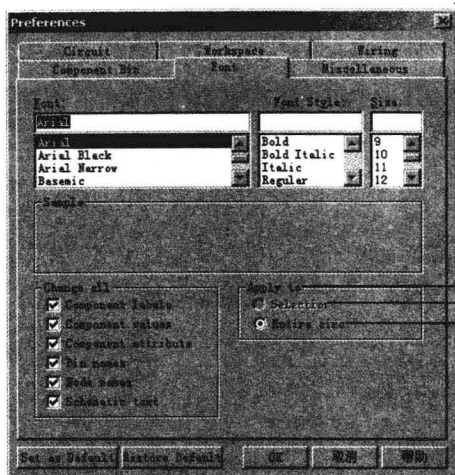


图 1—9 Font 标签

应用范围
选择范围
整个电路图

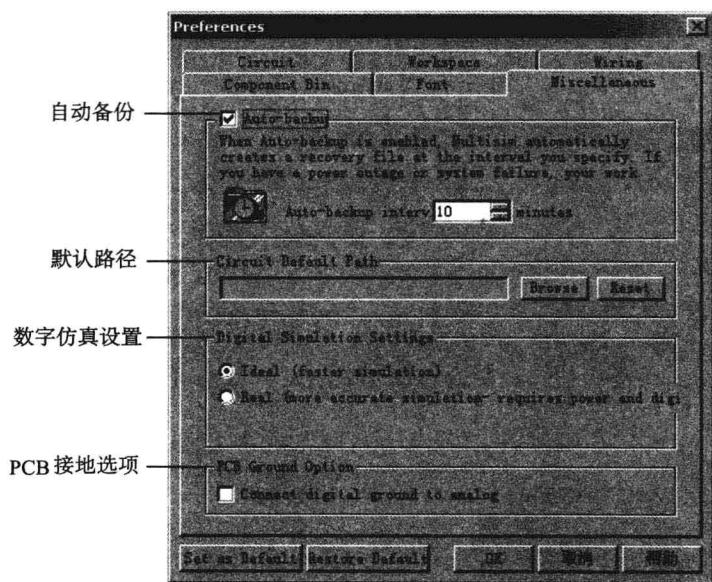


图 1—10 Miscellaneous 标签

3) 数字电路仿真设置区 有两个选项：一是对数字元件进行理想化处理，仿真速度较快；二是比较全面地模仿现实数字元件，其仿真精度高但速度较慢，此时要求电路原理图中要有提供给数字电路的电源和接地端。

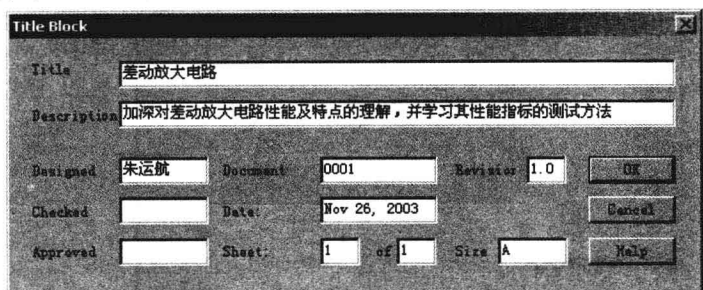
4) PCB 接地方式选择区 如果选中该选项，则在印制电路板电路设计中将数字接地与模拟接地连在一起。

如果想将这些设置作为自己的默认界面，在设置参数后选择标签左下角的 Set as Default 按钮；如果作为当前电路设置，选择 OK 按钮即可。

4. 设计本电路界面

选择菜单 Options/Modify Title Block 命令，在如图 1—11 所示的对话框中设置相应内容，

还可以根据个人喜好设置电路背景及文字大小等。



The 'Title Block' dialog box contains the following fields and controls:

Title	差分放大电路				
Description	加深对差分放大电路性能及特点的理解,并学习其性能指标的测试方法				
Designed	朱运航	Document	0001	Revision	1.0
Checked		Date	Nov 26, 2003	OK	
Approved		Sheet	1 of 1	Size	A
					Cancel
					Help

图 1—11 标题栏对话框

通过以上设置,电路界面如图 1—12 所示。

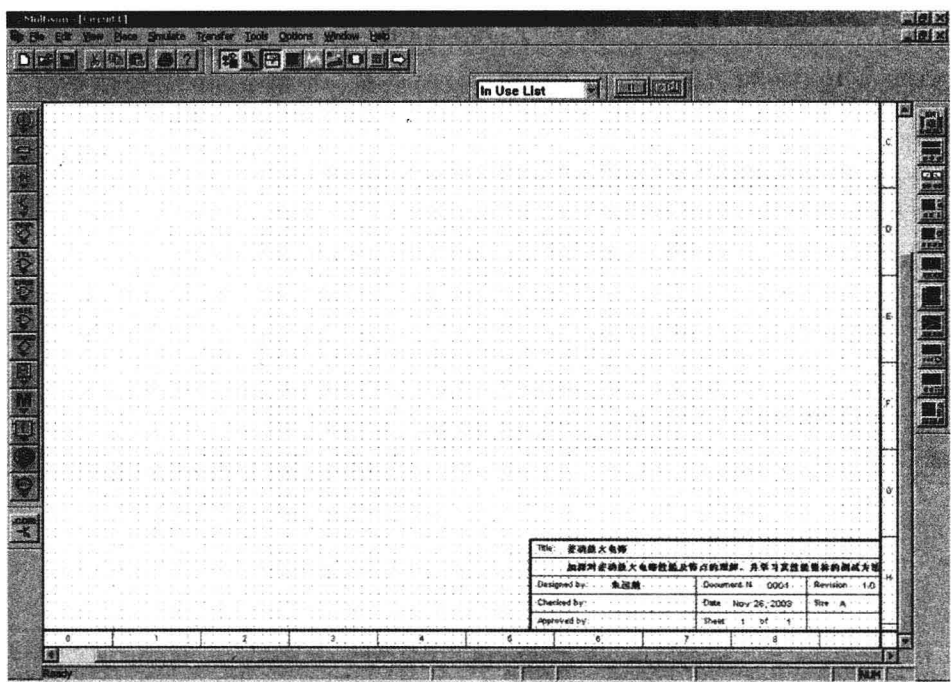


图 1—12 设计后的电路界面

5. 放置元器件

由于可以在使用元件列表中重复调用当前电路中所用元件,所以无须反复从工具箱中取出设计电路中所包含的相同元件。

(1) 放置电阻 本电路中用到 $10\text{ k}\Omega$ 、 $510\text{ }\Omega$ 、 $5.1\text{ k}\Omega$ 、 $68\text{ k}\Omega$ 、 $36\text{ k}\Omega$ 等 5 种电阻,它们都可从现实电阻箱中取得。点击现实电阻箱,出现如图 1—13 所示的元件浏览窗口。在元件名称列表中找到相应的电阻,点击 OK 按钮,然后在电路窗口中合适位置点击鼠标释放电阻。

注意:在设计中,应尽量采用现实电路元件,以便更接近实际电路。

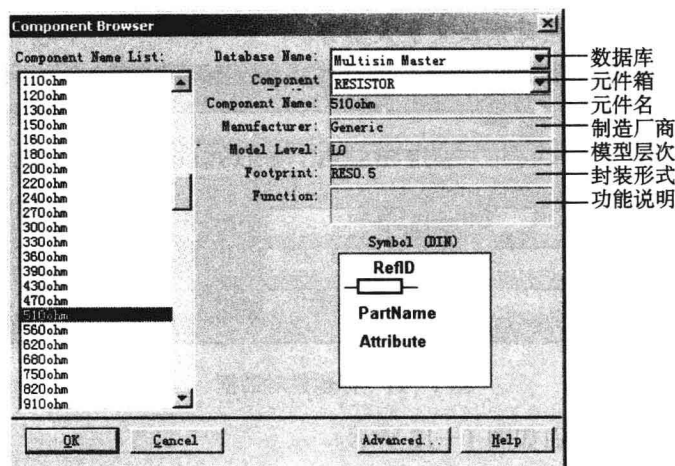


图 1—13 元件浏览窗口

找到相应电阻后，可点击 Advanced 按钮，这时出现一个更全面的高级浏览窗口，如图 1—14 所示。

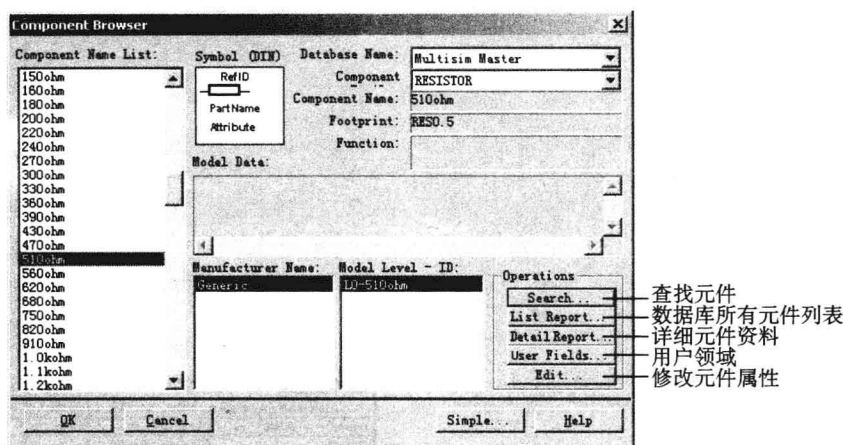


图 1—14 高级浏览窗口

如想更快地找到元件，可点击图 1—14 右下方的 Search 按钮，进入图 1—15 所示的元件搜索对话框。在第一栏“Component Name”内输入电阻阻值，如 68 k Ω ，然后再按 Search 搜索按钮，如果该库内包含此元件，则会出现对应元件库及元件详细参数窗口，按 OK 按钮即可放置。当然还可以根据要求在图 1—14 中输入其他参数进行搜索。

注意：输入的各要素都必须是完整的，否则系统查找不到。

(2) 放置电位器 在现实电阻箱中找不到相应的 100 Ω 的电位器，点击有绿色衬底的虚拟电位器，电位器则跟随指针在电路窗口内移动（虚拟元件不是从浏览器中选择的，因而可以任意设置元件值），在合适位置点击即可放置。然后双击图标设置电阻数值（Value）为 100 Ω 。

(3) 放置直流电源和接地端 电源库中有 28 个电源箱、一个接地端和数字接地端。直流电源有  和  两个，前者是直流电源的简化形式。电源都是虚拟的，取出两个直流电源

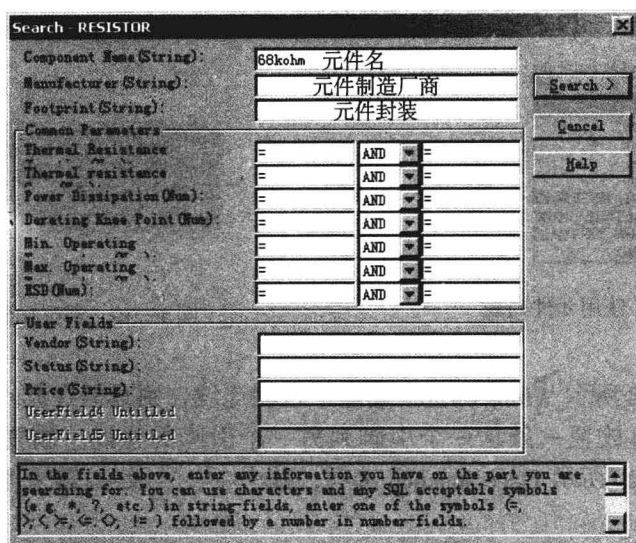


图 1—15 元件搜索对话框

并分别设置电压数值 (Value) 为 +12 V 和 -12 V。放置接地端, 通常说来, 电路中没有接地点就不能有效地进行仿真分析。

(4) 放置晶体管 9011 Multisim 在晶体管库中只提供了国外几家大公司的现实模型。在这里我们使用虚拟模型 BJT_NPN_VIRTUAL (β 值为 100) 来代替 9011 (β 值为 80), 但需要修改其主要参数 β 。打开 BJT_NPN_VIRTUAL 的属性对话框, 如图 1—16 所示。点击 Value 标签上的 Edit Model 按钮, 进入如图 1—17 所示编辑模型对话框, 将其中 BF 的数值 100 修改为 80 后, 点击 Change Part Model 按钮, 回到如图 1—16 所示的对话框, 确定即可。

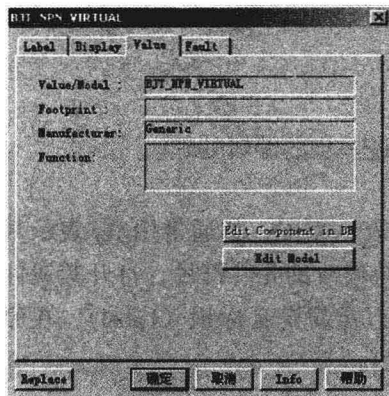


图 1—16 BJT_NPN_VIRTUAL
属性对话框

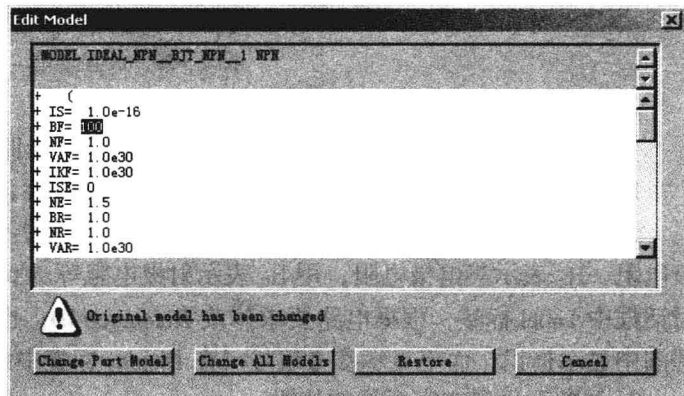


图 1—17 编辑模型对话框

这时, 使用列表栏内列出了电路所放置的所有元器件, 如图 1—18 所示。可以与原理图对照, 以检查元器件是否正确, 同时可在该列表中选择电路所需相同元器件重复放置到电路窗口, 如电阻、晶体管、接地符号等。

6. 调整元器件

选中所需调整的元器件, 打开 Edit 菜单, 选取如图 1—19 所示的相应命令, 或者在选中

元器件后直接使用图 1—19 右边所示相应快捷键，可加快元器件调整速度。

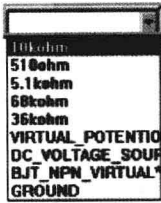


图 1—18 使用元件列表



图 1—19 调整元器件菜单命令

7. 连接线路

如果在如图 1—8 所示 Wiring 标签中选择了自动连线，则只需在起点点击鼠标后拖动到终点再次点击，即可放置一条从一个引脚到另一个引脚的连线。放置节点时可打开菜单 Place，选取如图 1—20 所示 Place Junction 选项；其中 +、- 及 Ui 需采用图 1—20 所示 Place Text 命令。

注意：需要连接的元件与元件引脚之间要有足够的距离，否则无法放置节点或进行交叉连线；正确连接 - 12 V 电源。

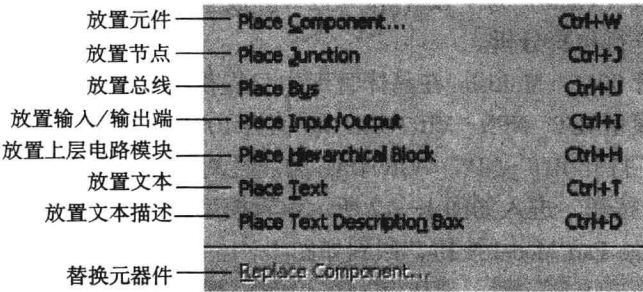


图 1—20 放置菜单

二、对原理图作进一步的编辑处理

为了使电路更整洁、更便于仿真分析，一般应对电路作进一步的编辑处理。

1. 修改元件参考序号 (Reference ID) 或设置元件标识

选取元件时系统自动分配的参考序号有时与我们的习惯表示不同，如通常用 R_B 表示基极电阻， R_C 表示集电极电阻，用 R_E 表示射极电阻等。双击待修改的元件符号，打开其属性对话框中 Label 标签，根据电路要求修改 Reference ID；也可以重新定义标识 (Label)，在原理图中显示标识，而不显示参考编号 (在 Display 标签中设置)。

2. 调整元件和文字标注的位置

可以选中元件或元件标注，用鼠标拖动或使用键盘上的方向键把元件或元件标注移到合适的位置；如果要同时选中多个元件，可以框选 (按住鼠标左键，拉出一个长方形)，也可以按住 Shift 键逐个单击对象。

注意：要选中某个节点，只能用框选。

3. 设置电路显示对象

打开菜单 Option/Preference 命令，在图 1—6 所示窗口中设置整个电路所要显示的对象。对于个别有特殊显示要求的，可以双击该元件，在其属性对话框的 Display 标签中单独设置