

全国中等职业技术学校电子类专业通用教材

电子CAD

全国中等职业技术学校电子类专业通用教材

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

简 介

本书根据劳动和社会保障部培训就业司颁布的《电子类专业教学计划与教学大纲》编写, 主要包括: EWB 的基本操作、EWB 仪器仪表的使用与仿真分析、Protel 99 SE 概述、Protel 99 SE 原理图设计系统、印制电路板设计和在系统可编程 (ISP) 技术应用软件等。

本书为全国中等职业技术学校电子类专业通用教材, 也可作为职业培训教材。

本书由朱运航、黄明亮编写, 朱运航主编; 梁海珍、李斌审稿, 梁海珍主审。

图书在版编目(CIP)数据

电子 CAD/朱运航编. —北京: 中国劳动社会保障出版社, 2003

全国中等职业技术学校电子类专业通用教材

ISBN 7-5045-4166-4

I. 电… II. 朱… III. 电路设计: 计算机辅助设计-应用软件 IV. TN702

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2003)第086939 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

北京印刷二厂印刷 河北燕郊建东装订厂装订

787 毫米×1092 毫米 16 开本 8.25 印张 204 千字

2003 年 9 月第 1 版 2003 年 11 月第 1 次印刷

印数: 5000 册

定价: 13.00 元

读者服务部电话: 010-64929211

发行部电话: 010-64911190

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

为了更好地适应中等职业技术学校的教学需求，劳动和社会保障部培训就业司于 2002 年组织全国有关学校的教学专家和行业专家，制定了电子类专业教学计划和家用电器维修专业教学计划以及相关课程的教学大纲。根据教学计划和教学大纲的要求，我们组织了相应教材的编写工作。这些教材具有模块化特点，部分专业基础课和技能训练课教材对于上述两个专业具有通用性。

在教材编写过程中，我们始终坚持了以下几个原则。

第一，以能力为本位，重视实践能力的培养，突出职业技术教育特色。根据企业的实际需要，确定学生应具备的能力结构与知识结构，在保证必要专业基础知识的同时，加强实践性教学内容，强调学生实际工作能力的培养。

第二，吸收和借鉴各地教学改革的成功经验，专业课教材的编写采用了理论知识与技能训练一体化的模式，使教材内容更加符合学生的认知规律，保证理论与实践的密切结合。

第三，更新教材内容，使之具有时代特征。根据科学技术发展对劳动者素质提出的新的要求，在教材中充实新知识、新技术、新设备和新材料等方面的内容，体现教材的先进性。

第四，贯彻国家关于职业资格证书与学业证书并重、职业资格证书制度与国家就业制度相衔接的政策精神，力求教材内容涵盖有关国家职业标准（中级）的知识、技能要求，确实保证毕业生达到中级技能人才的培养目标。

这次教材编写工作得到北京、上海、天津、江苏、浙江、福建、江西、山东、湖南、广东、四川、重庆、贵州等省、直辖市劳动和社会保障厅（局）以及有关学校的大力支持，我们表示诚挚的谢意。

劳动和社会保障部教材办公室

2003 年 6 月

目 录

第一章 绪论	(1)
§ 1—1 电子 CAD 技术	(1)
§ 1—2 电子 CAD 设计过程	(1)
§ 1—3 常用电子 CAD 软件简介	(2)
§ 1—4 本书的主要内容和学习方法	(3)
习题	(3)
第二章 EWB 的基本操作	(4)
§ 2—1 EWB 的基本界面	(4)
§ 2—2 EWB 的基本操作	(5)
§ 2—3 子电路的生成与使用	(11)
§ 2—4 元器件的创建	(12)
§ 2—5 搭接电路实例	(14)
本章小结	(14)
习题	(15)
综合练习一 EWB 的基本操作	(15)
附录 元器件图形库	(17)
第三章 EWB 仪器仪表的使用与仿真分析	(19)
§ 3—1 仪器仪表的基本操作	(19)
§ 3—2 仪器的使用	(20)
§ 3—3 电子电路的仿真	(27)
§ 3—4 EWB 的主要分析功能	(29)
§ 3—5 网络表文件与印制电路板设计	(32)
本章小结	(33)
习题	(33)
综合练习二 电路的仿真练习	(34)
第四章 Protel 99 SE 概述	(35)
§ 4—1 Protel 99 SE 简介	(35)
§ 4—2 Protel 99 SE 的基本操作	(36)
§ 4—3 Protel 99 SE 中的文件管理	(41)
§ 4—4 Protel 99 SE 的绘图环境设置	(42)

本章小结.....	(45)
习题.....	(45)
综合练习三 Protel 99 SE 的基本操作	(45)
第五章 Protel 99 SE 原理图设计系统	(47)
§ 5—1 电路原理图设计的基本界面.....	(47)
§ 5—2 电路原理图设计的基本操作.....	(48)
§ 5—3 电气法则测试.....	(56)
* § 5—4 层次原理图设计.....	(57)
§ 5—5 报表的生成和原理图的打印.....	(61)
§ 5—6 编辑、创建原理图元件.....	(64)
本章小结.....	(69)
习题.....	(70)
综合练习四 SCH 原理图的绘制.....	(71)
第六章 印制电路板设计	(74)
§ 6—1 印制电路板设计基础.....	(74)
§ 6—2 PCB 编辑器工作环境及设置.....	(78)
§ 6—3 印制电路板设计的基本操作.....	(81)
§ 6—4 印制电路板的设计方法.....	(84)
§ 6—5 PCB 元件的创建.....	(100)
本章小结.....	(107)
习题.....	(107)
综合练习五 印制电路板设计.....	(108)
* 第七章 在系统可编程 (ISP) 技术应用软件	(112)
§ 7—1 ispEXPERT 系统软件简介	(112)
§ 7—2 ispEXPERT System 8.0 原理图输入	(113)
§ 7—3 设计的编译与仿真.....	(117)
§ 7—4 在系统可编程的操作方法.....	(122)
本章小结.....	(124)
习题.....	(124)
综合练习六 ISP 技术软件的应用	(125)

第一章

绪论

§ 1—1 电子 CAD 技术

随着电子器件和计算机的不断发展,电子电路的设计由传统的搭接实验电路的方式逐渐转变为利用设计软件,以人为主体的,借助计算机来完成设计任务,这种设计模式称为计算机辅助设计(Computer Aided Design,简称CAD)。计算机的介入使得设计师从繁杂的计算和简单重复的工作中解脱出来,集中精力于产品的创新,极大地推动了电子系统的发展。

电子CAD的发展趋势是EDA(Electronic Design Automatic,电子设计自动化)技术。EDA技术是计算机技术、信息技术和CAM(计算机辅助制造)、CAT(计算机辅助测试)等技术发展的产物,它可以将电子产品从电路设计、性能分析直到印制电路板设计的整个过程都在计算机上处理完成。与电子CAD软件相比,EDA软件的自动化程度更高,功能更完善,运行速度更快。

电子CAD技术的范畴包括电子工程师进行产品开发的全过程。从纵向看,电子CAD技术可以简单地理解为覆盖系统级、电路级和物理实现级三个层次上的辅助设计过程;从横向看,电子CAD技术可包括电子线路从低频到微波、从线性到非线性、从模拟到数字、从分立器件到集成电路的全部设计过程。

§ 1—2 电子 CAD 设计过程

传统的电路系统设计的基本思路是用搭积木式的方法进行设计,即由器件搭成电路板,由电路板搭成电子系统。如数字系统最初的“积木块”是固定功能的标准集成电路,如74/75系列芯片、4000/4500系列芯片和一些固定功能的大规模集成电路。用户只能根据需要选择合适的芯片,再由这些芯片和其他元件自下而上地搭成电路、子系统、系统。在设计时,设计者几乎没有灵活性可言。这样设计出的电子系统所用元件的种类和数量均较多,体积、功耗大,可靠性差。

现在利用电子CAD工具,电子系统的设计方法由过去的那种厂家提供集成电路通用芯片,用户采用这些芯片组成电子系统的自下而上的设计方法,改变为一种新的自上而下的设计方法。这种新的设计方法是从高层次到低层次逐步求精的分层次、分模块的设计方法,由整机系统用户根据系统的总体功能要求,对整个系统进行系统设计和功能划分。功能划分时,将整个系统划分成若干子系统,再将子系统划分为若干功能模块,针对各个模块进行电

路级设计（可多个设计者同时进行设计，用系统工程的方法对设计进行管理）。在电路设计过程中可进行大量的仿真分析和验证，如果对电路不满意，可以修改设计，再次仿真分析，电路完成后即可进行芯片版图的设计，再交由 IC 工厂制片加工。

仿真分析可以优化电路参数，预知产品特性，版图设计可以自动布局、布线，软件工具和技术的进步保证了设计的科学性和准确性。

§ 1—3 常用电子 CAD 软件简介

1. OrCAD/Pspice 9

Pspice (Simulation Program with Integrated Circuit Emphasis) 是美国 MicroSim 公司于 20 世纪 80 年代开发的电路模拟分析软件。1998 年，EDA 界著名的厂家 OrCAD 与 MicroSim 公司实现强强联合，推出了最新版本的 OrCAD/Pspice 9。它不仅可以对电路进行直流、交流、瞬态等基本电路特性分析，也可进行最坏情况分析、优化设计等复杂的电路特性分析；既可以进行模拟分析，也可以分析数字电路、模拟/数字混合电路。OrCAD/Pspice 9 的模型库中包含上万个模拟器件和数字器件，并可方便地生成新器件模型。它的一切仿真都可在原理图窗口下进行，方便快捷。

2. Electronic Workbench

Electronic Workbench 软件是加拿大 Interactive Image Technologies 公司于 20 世纪 80 年代末 90 年代初推出的专门用于电子线路仿真的“虚拟电子工作平台”，简称为 EWB。它可以仿真模拟电路、数字电路和混合电路，提供了非常丰富的电路分析功能：瞬态和稳态分析、时域和频域分析、线性和非线性分析、噪声和失真分析等 14 种分析方法，还可以对被仿真电路中的元器件人为地设置故障。目前，EWB 已在电子工程设计和电工电子类课程教学领域中得到了广泛应用。

3. Protel

Protel 软件包是 20 世纪 90 年代初由澳大利亚 Protel Technology 公司研制开发的电子 CAD 软件，先后推出了在 Windows 下运行的多个版本，最新的 Protel 99 SE 将电路原理图编辑、电路仿真测试、PLD 设计和印制电路板设计等功能融合在一起，由于其强大的功能和方便的操作，使得 Protel 99 SE 成为风靡全球的大型电子设计自动化软件，在我国电子行业中知名度很高，普及程度很广。它包括五大组件：原理图设计系统、印制电路板设计系统、可编程逻辑器件设计系统、电路仿真系统以及自动布线系统。

4. ispEXPERT

1992 年，美国 Lattice 公司开发了在系统可编程技术 (In System Programmability, 简称 ISP)。ISP 技术的特点是可以不用编程器，用户直接在自己设计的目标系统中或线路板上对可编程器件进行编程，可以先装配后编程，成为产品后还可以反复编程，即用户无须从印制电路板上拆下芯片就可改变芯片的逻辑内容，并可在现场对系统进行逻辑重构和升级，使硬件能够随时改变组态，实现了硬件设计的软件化。ispEXPERT 是 Lattice 公司推出的数字系统设计软件，它是一套完整的 EDA 软件。

5. PAC-Designer

1999 年 11 月, 美国 Lattice 公司又推出了在系统可编程模拟电路, 翻开了模拟电路设计的新篇章, 为电子设计自动化 (EDA) 技术开拓了更广阔的前景。与在系统数字可编程逻辑器件 (ispPLD) 一样, 在系统可编程模拟器件 (ispPAC) 允许设计开发软件在计算机中设计、修改模拟电路, 进行电路特性模拟, 最后通过编程电缆将设计方案下载至芯片中。在系统可编程模拟器可实现三种功能: 信号调理 (放大、衰减、滤波等)、信号运算 (求和、求差、积分等) 以及信号比较和转换 (比较器、数模转换器等)。ispPAC 的开发软件为 PAC-Designer。

§ 1—4 本书的主要内容和学习方法

目前, 市面上的电子设计软件包很多, 就其功能而言, 各有侧重。本书主要讲述三大部分内容。

1. Electronic Workbench (EWB) 与其他电路仿真软件相比, 具有界面直观、操作方便等优点。它的创建电路、选用元器件和测试仪器均可直接从屏幕图形中选取, 而且测试仪器的图形与实物外形基本相似, 仪器的操作开关、按钮类似真实仪器, 既容易学习又使人感兴趣, 所以一般选择 EWB 作为学习电子 CAD 的“入门课”。在这个软件中, 除学会绘制电路原理图外, 我们主要学习虚拟仪器仪表的使用与仿真操作。

2. Protel 软件包功能强大, 实用性强, 且能方便地实现与其他 EDA 软件的无缝链接, 所以选择 Protel 99 SE 作为本书的核心软件。在这个软件中, 首先要学会电路原理图的绘制, 还要重点掌握印制电路板的设计制作。

3. 为了充分理解电子设计自动化技术, 体现电子行业的技术发展, 本书还简单介绍了在系统可编程技术及 ispEXPERT 软件的基本操作。通过这一部分的学习, 可以大致了解当前 EDA 技术的最新设计思想和设计手段。

本课程实践性强, 学习时应注意理论学习与实践操作有机结合, 尽量多操作, 提高软件使用的熟练程度。

习题

1. 电子 CAD 的含义是什么?
2. EDA 的含义是什么?
3. 简述电子 CAD 设计过程中自上而下的设计方法。
4. 对电子 CAD 有兴趣吗? 如果要你设想一个电子 CAD 软件, 它将具有什么样的操作界面、操作内容, 以及能完成一些什么样的工作呢?

115563/03

第二章

EWB 的基本操作

用 EWB 在计算机上虚拟出一个电子设备齐全的电子工作平台，一方面不仅可以弥补经费不足带来的实验仪器、元器件缺乏，而且排除了材料消耗和仪器损坏等故障；另一方面又可以针对不同目的（验证、测试、设计、纠错等）进行训练，培养分析、应用和创新能力，帮助我们更快、更好地掌握课堂讲授的内容，加深对概念和原理的理解，弥补课堂理论教学的不足，还能训练我们掌握正确的测量方法和熟练地使用仪器。

EWB 的主要特点是：容易掌握，界面直观，操作方便，元器件种类丰富，具有多种电路分析方法。EWB 5.12 系统的最低要求是：486 CPU，8 M 内存，20 M 硬盘，Windows 3.1 操作系统。

§ 2—1 EWB 的基本界面

一、EWB 的主窗口

启动 Windows，选择“开始/程序/Electronics Workbench/EWB 5.12”，启动 EWB 程序，屏幕出现如图 2—1 所示主窗口。

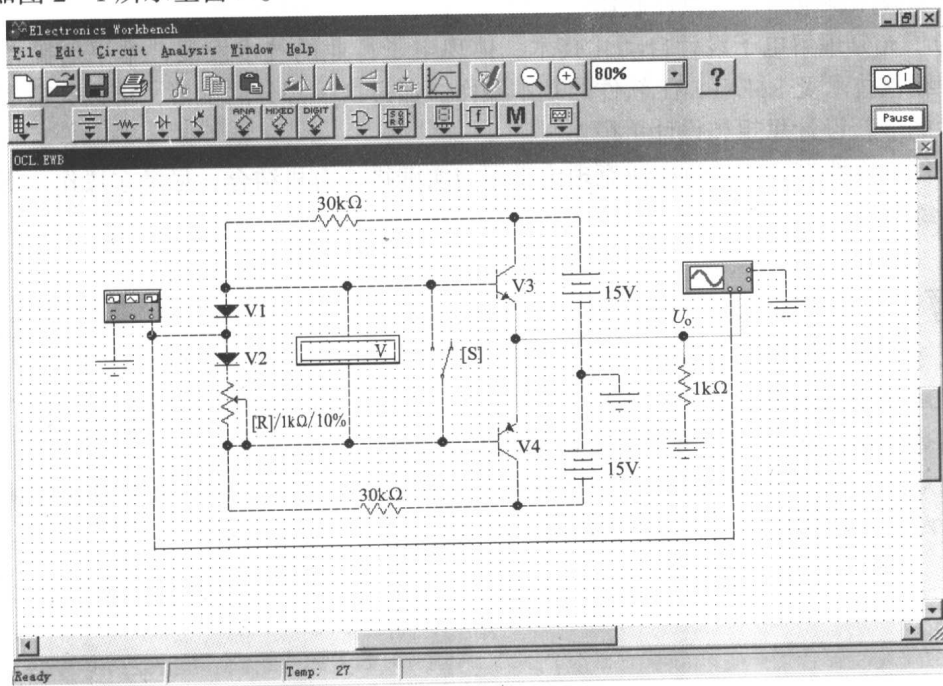


图 2—1 EWB 5.12 的主窗口

(1) 电路工作区 主窗口中最大的区域是电路工作区,在该区域中创建电路和测试电路。图中建立了 OCL 功放电路及其测试电路。

(2) 状态栏 主窗口最下方为状态栏,显示当前操作的状态信息。

(3) 菜单栏、工具栏和元器件库栏 位于工作区的上方,分别用于选择电路仿真实验所需的各种命令、常用操作按钮、各种元器件和测试仪器。

(4) 主窗口右上角的“暂停/恢复”和“启动/停止”按钮 用于控制仿真实验的操作进程。

注意:计算机绘制电路图中的部分符号不符合国家标准,手工绘制电路图时应按照国家标准的要求。

二、EWB 工具栏

EWB 工具栏如图 2—2 所示。

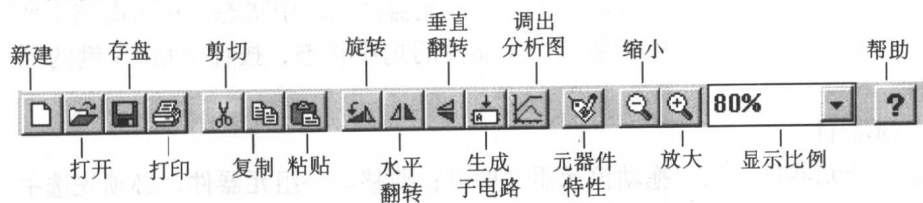


图 2—2 EWB 工具栏

三、EWB 元器件库栏

EWB 元器件库栏如图 2—3 所示。

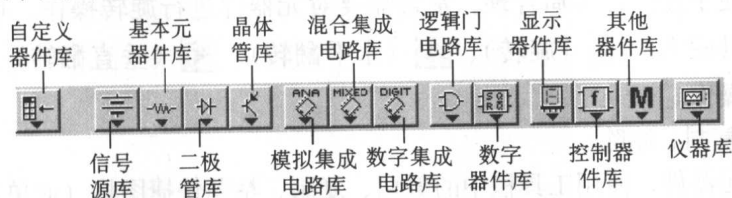


图 2—3 EWB 元器件库栏

§ 2—2 EWB 的基本操作

一、元器件的操作

1. 调用元器件

在元器件库栏中单击包含该元器件库的图标,打开该元器件库,然后从元器件库中将所需元器件拖到电路工作区。以图 2—1 所示 OCL 功放电路为例,拖出如图 2—4 所示元器件。

2. 选中元器件

在连接电路时,常常需要对元器件进行移动、旋转、删除和参数设置等操作,这就需要先选中该元器件。元器件被选中后将以红色显示。

(1) 选择某个元器件 用鼠标左键单击该元器件即可。

(2) 选中多个元器件 按住 <Ctrl> 键的同时,依次单击要选中的元器件。

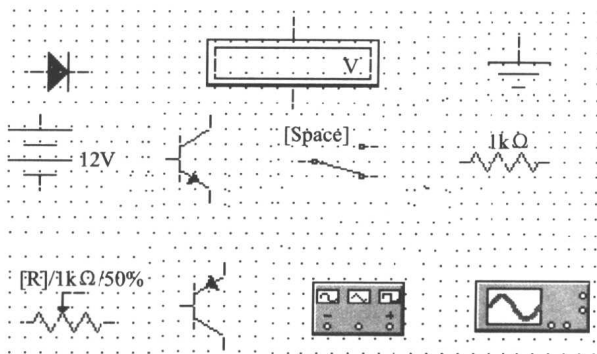


图 2—4 元器件调用

(3) 选中某一矩形区域的元器件 可以在电路工作区的适当位置拖出一个矩形区域，该区域内的元器件同时被选中。要取消所有被选中元器件的选中状态，单击电路工作区的空白部分即可；要取消被选中区域中的某一个元器件的选中状态，按住 <Ctrl> 键的同时，单击目标元器件。

3. 移动元器件

要移动一个元器件，只要拖动该元器件即可；要移动一组元器件，必须先选中这些元器件，然后拖动其中任意一个元器件即可。元器件被移动后，与其相连接的导线会自动重新排列。同时，也可以使用键盘上的箭头键使所选元器件做微小移动。

4. 旋转元器件

为了使电路便于连接，布局合理，常常需要对元器件进行旋转操作。可先选中该元器件，然后使用工具栏上的  (旋转)、 (水平翻转)、 (垂直翻转) 三种快捷图标，即可进行相应的操作。

5. 元器件的复制、删除

对于选中的元器件，使用工具栏中的剪切、复制、粘贴快捷图标（或单击右键选择相应选项），便可分别实现元器件的剪切、复制、粘贴。

通过以上操作，把图 2—4 变成图 2—5 所示。

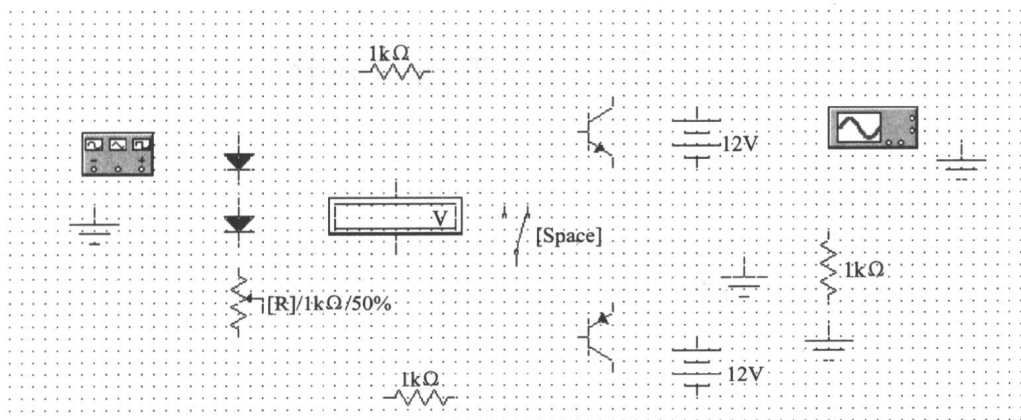


图 2—5 元器件的操作

二、连线的操作

1. 连接导线

首先将光标指向元器件的端点,使其出现一个小黑圆点,按下鼠标左键并拖出一条导线,拉着导线指向另一个元器件的端点,也使其出现小黑圆点,再释放鼠标左键,则完成了一条导线的连接。

2. 节点的使用

节点是一个小黑圆点,存放在基本元器件库中。一个节点最多可以连接来自四个方向的导线,可以直接将节点插入连线中。

3. 连线的删除与改动

将鼠标放至待删除连线处,单击右键,选择“Delete (删除)”即可,或将光标指向元器件与导线的连接点,使其出现一个圆点,按下左键拖动该圆点,使导线离开元器件的端点,释放左键,导线自动消失,完成连线的删除。也可以将被移开的导线连至另一个节点或元器件的端点,实现连线的改动。

4. 调整弯曲的导线

元器件位置与导线不在一条直线上就会产生弯曲。可以选中该元器件,然后用鼠标拖动或用四个箭头键微调元器件的位置。如果导线接入端点的方向不合适,也会造成导线不必要的弯曲。

5. 改变导线的颜色

在复杂的电路中,可以将导线设置为不同的颜色,有助于对电路图的识别。要设置某导线的颜色,可用鼠标双击该导线,屏幕弹出“Wire Properties (连线特性)”对话框,选择“Schematic Options (原理图选项)”,屏幕显示6个色块可供选择。

通过以上步骤,得到如图2—6所示线路图。

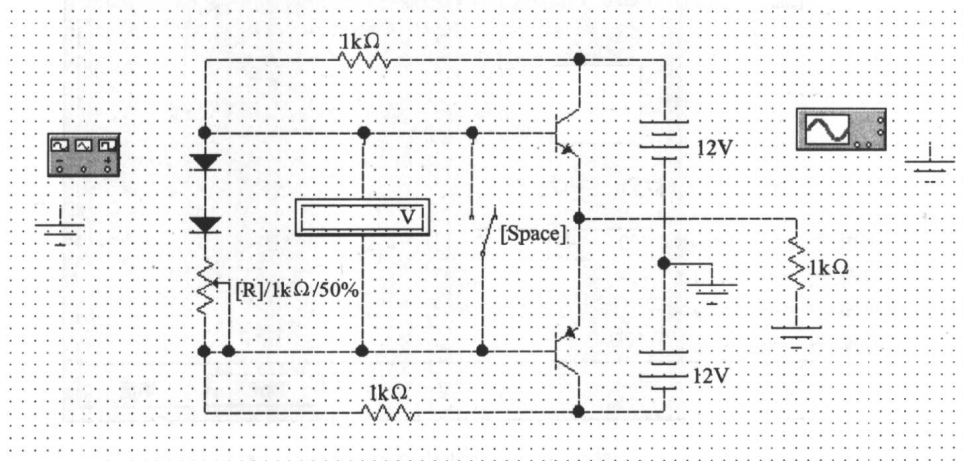


图 2—6 导线连接

导线连接时,应注意以下几点:

(1) 交叉连接处必须放置节点。

(2) 每个节点只有四个连接方向,每个方向只能连一条导线,而且只有当节点显示为一个实心的黑点时才表示连接正确。

(3) 交叉连线应从元器件向导线方向连接，或在交叉连接处先放上节点，然后再进行连线。

三、模式、参数设置

1. 设置元器件标识、编号、数值、模型等特性参数

双击所要设置特性参数的元器件（或选中元器件后，单击工具栏中的元器件特性图标），弹出相应的对话框，可供输入数据。元器件特性对话框具有多种选项可供选择，包括标识（Label）、模型（Model）、数值（Value）、故障设置（Fault）、显示（Display）、分析设置（Analysis Setup）等内容。下面介绍这些选项的含义和设置方法。

(1) 设置元器件的标识和编号 单击“Label”选项，可根据电路自行设定元器件的标识，如 R1，而参考编号（Reference ID）通常由系统自动分配。

(2) 设置元器件的数值或元器件的模型 当选择电阻、电容等比较简单的元器件时，会出现数值（Value）选项。单击此选项，可以设置元器件的数值及电阻的温度相对系数（TC1/TC2）。

当选择比较复杂的元器件时，如晶体管，会出现模型（Model）选项。单击此选项，可以设置元器件的模型参数。模型缺省设置（Default）通常为理想（Ideal）模型，这有利于加快分析速度，也能够满足多数情况下的分析要求。

(3) 元器件故障设置 单击“Fault”选项，可以进行元器件的故障模拟设置，如图 2—7 所示。设置故障时，必须选择故障管脚，如图 2—7 中的 1、2 管脚，然后选择故障类型，如“Short（短路）”，最后单击“确定”按钮，完成设置。被设置故障的元器件，其标识和数值在电路图中显示为红色。

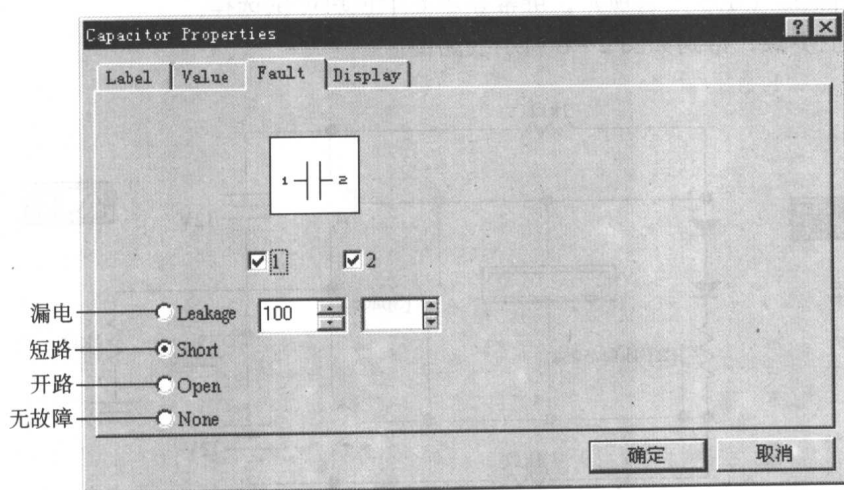


图 2—7 元器件故障设置

(4) 设置显示方式 “Display”选项用于设置元器件标识、数值、编号在电路图中的显示方式，如图 2—8 所示。当对某个元器件有特殊要求时，在此根据实际需要单独设置显示方式，一般情况下，按“电路图选项”设置显示方式（“电路图选项”设置将在后面说明）。

(5) 分析设置 “Analysis Setup”选项用于设置电路的工作温度等有关参数，可根据实

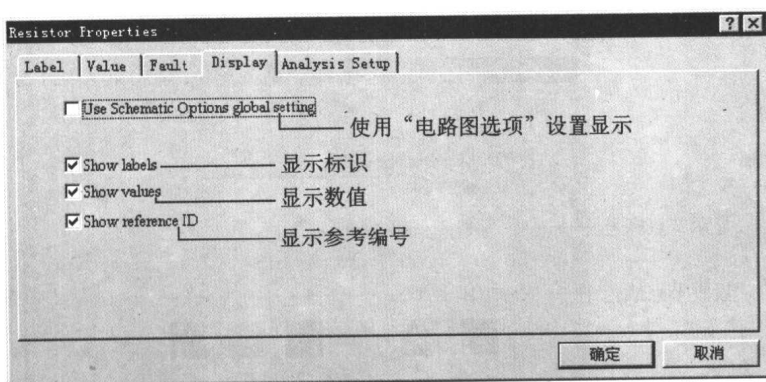


图 2—8 显示方式设置

际需要进行选择。

2. 电路图选项设置

执行菜单“Circuit/Schematic Option (电路/电路图选项)”命令，可弹出如图 2—9 所示对话框，用于设置与电路图显示方式有关的一些选项。

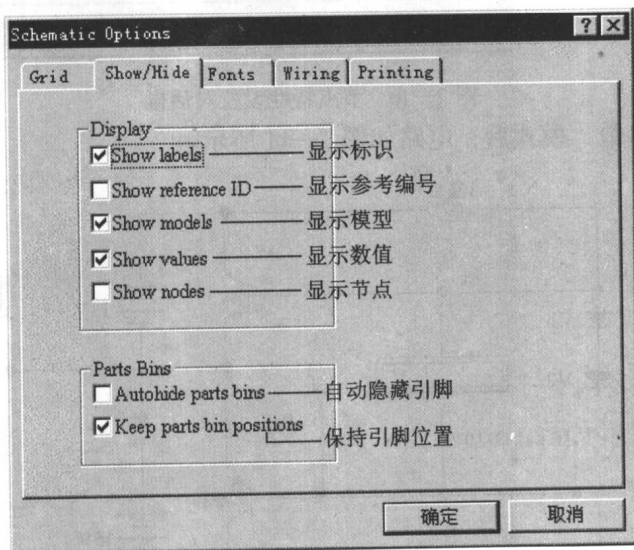


图 2—9 电路图选项设置

(1) 栅格设置 (Grid) 如果选择使用栅格，则电路图中的元器件与导线均落在栅格线上，可以保持电路图横平竖直、整齐美观。如前面电路图就设置了栅格。

(2) 显示/隐藏 (Show/Hide) 如果按下“Show/Hide”，可对整个电路中的各个元器件设置标识、编号、数值、模型及节点的显示方式，如图 2—9 所示。

(3) 字形 (Fonts) 如果按下“Fonts”，可设置标识、数值或模型的字体和字号。

3. 节点的特性设置

在连接电路时，每个节点自动分配一个编号，是否显示节点的编号由前面所述的电路图选项中的“Show/Hide”对话框设置。

双击节点，在屏幕弹出的对话框中进行节点特性设置，它的不同之处在于“Node”选

项,如图 2—10 所示。其中通过选择颜色,可设置与节点关联的连线颜色。

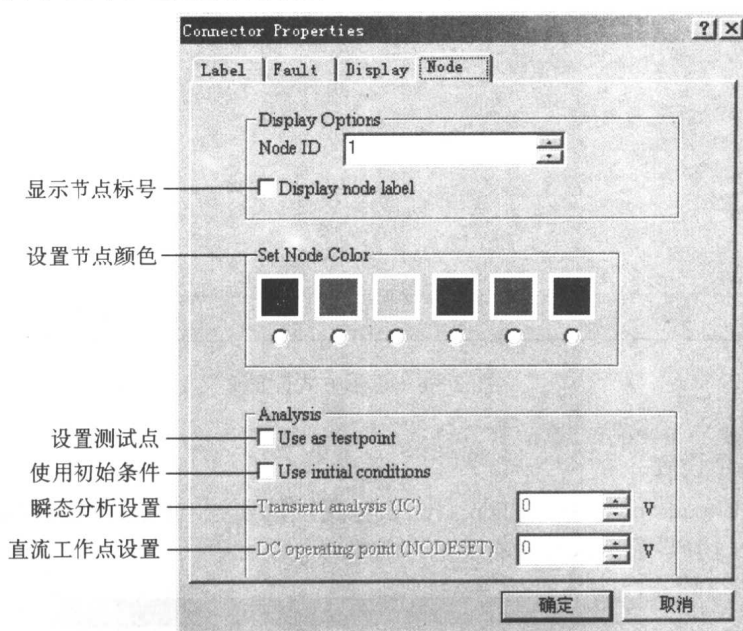


图 2—10 节点特性设置对话框

设置好元器件参数、模式后,电路如图 2—11 所示。

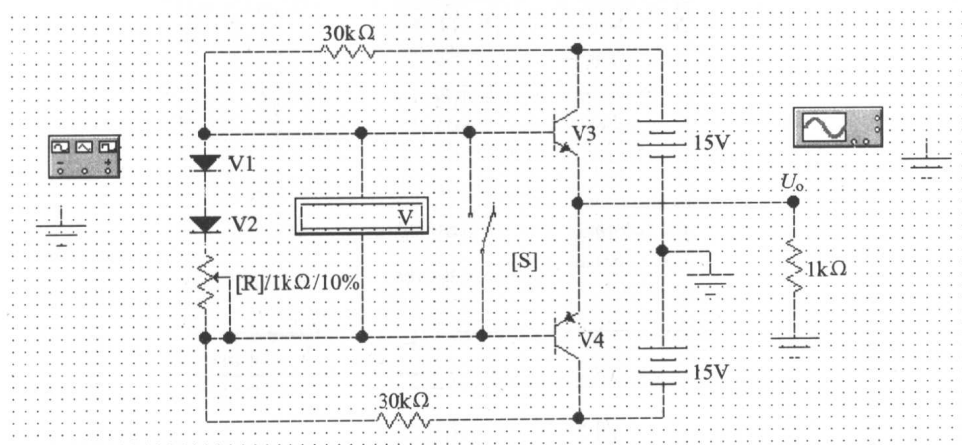


图 2—11 设置好元器件参数后的电路图

四、电子电路的仿真

1. 连接仪器

电路图设计完毕后将仪器接入,以供实验使用。仪器的连接方法为:打开仪器库,将所需仪器拖入工作区,并放在适当的位置,添加连线,如图 2—12 所示。

2. 电路文件存盘

创建电路后存盘,以备调用。单击工具栏中的  图标,选择路径,输入电路文件名并确认。EWB 自动为电路文件添加后缀“.ewb”。

3. 电路的仿真实验

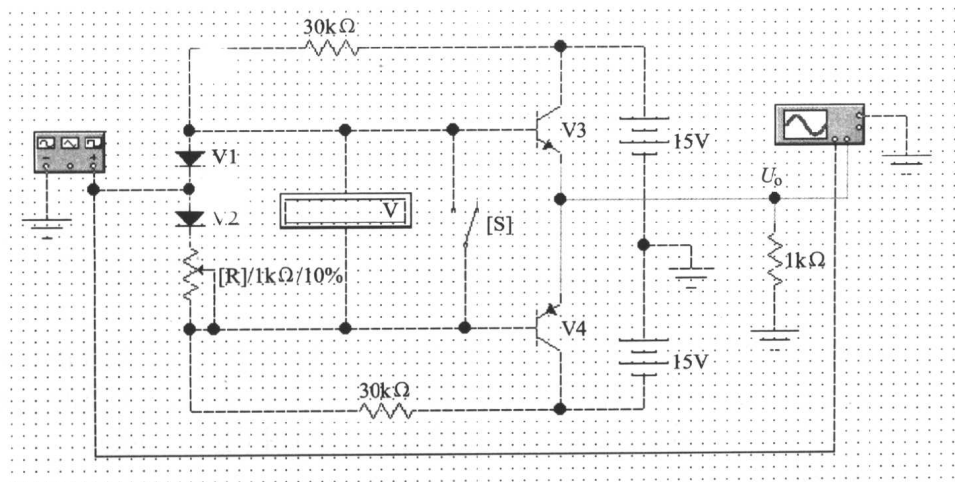


图 2—12 连接好仪器的电路图

单击工具栏上的 图标，打开相应的电路文件。设置好仪器仪表参数后，单击主窗口右上角的开关图标 ，接通仿真电源，运行 EWB 仿真软件，再次按下开关，仿真实验结束。最后，可从仪器仪表上读得电路中的被测数据，也可以单击工具栏上的分析图图标 ，观察分析结果的参数或图形。

§ 2—3 子电路的生成与使用

为了使电路连接简单，可以将一部分常用电路定义为子电路，子电路通常是由几个元器件与它们之间的连线组成。它相当于用户自己定义的小型集成电路，可以存放在自定义元器件库中供以后反复调用，方便和简化了电路的设计。

一、定义子电路

图 2—13 所示为由两个门电路构成的半加器。首先选中要定义为子电路的所有器件，然后单击工具栏中生成子电路的快捷图标 ，弹出如图 2—14 所示对话框，填入子电路名称，并根据实际需要单击其中的某个命令按钮，子电路的定义即告完成。

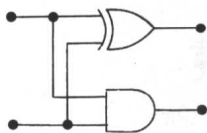


图 2—13 半加器

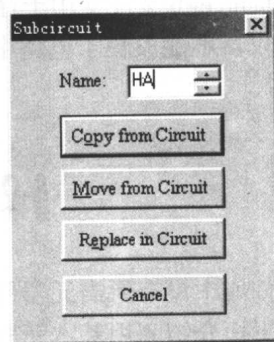


图 2—14 子电路对话框