



ZENYANG YONG DIANNAO SHEJI DIANZI XIANLU

王一群

怎样用电脑 设计电子线路

福建科学技术出版社



ZENYANG YONG DIANNAO SHEJI DIANZI XIANLUTU



怎样用电脑 设计电子线路

王一群

福建科学技术出版社

图书在版编目 (CIP) 数据

怎样用电脑设计电子线路/王一群编著. —福州: 福建科学技术出版社, 2004. 5

ISBN 7-5335-2327-X

I. 怎… II. 王… III. 电子电路-计算机辅助设计 IV. TN702

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2004) 第 000554 号

书 名 怎样用电脑设计电子线路
主 编 王一群
出版发行 福建科学技术出版社 (福州市东水路 76 号, 邮编 350001)
经 销 各地新华书店
排 版 福建科学技术出版社排版室
印 刷 福州市屏山印刷厂
开 本 787 毫米×1092 毫米 1/16
印 张 22.5
字 数 563 千字
版 次 2004 年 5 月第 1 版
印 次 2004 年 5 月第 1 次印刷
印 数 1—4 000
书 号 ISBN 7-5335-2327-X/TP·88
定 价 35.00 元



书中如有印装质量问题, 可直接向本社调换

前言

电子技术是一门应用学科,不论是学习电子技术还是设计、开发电子产品,都离不开对所学或所设计的电路进行实物模拟和调试,即实验。

对初学者来说,实验能加深对所学知识概念及原理的理解,体会电路元件在电路中的功能,了解实训目的。但初学者往往缺乏实验仪器、电子元器件以及制作电路板的工具等,这在很大程度上阻碍了初学者对知识的掌握和理解。

对于从事电子产品设计和开发的工作人员来说,对所设计的电路进行实物模拟和调试,一方面可检验所设计的电路是否达到了设计要求,另一方面可通过调整电路中元件的参数来检验整个电路性能是否达到最佳状态。通常电路设计是在一块模拟实验板上进行,在实验板上用实际元件进行试验和调试,通过反复修正原设计电路的参数直到满足设计要求为止,然后设计出印刷线路板,最后才制作出样品设备,以使由模拟试验板造出的样品设备能达到实验板的技术指标。样品设备的元件布局调整往往要反复多次,因此电子产品从设计到生产出样机,环节多、周期长、费用高,有时还受工作场地、仪器设备和元器件品种的限制,如不能选购到满意的集成电路等,有些试验就不能及时完成。

为此,世界各国都在探索切实可行的电子设计自动化,简称 EDA。20 世纪 90 年代相继推出的 EDA 软件设计工具和可编程逻辑器件有加拿大 Interactive Image Technologies 公司的 Electronics workench (虚拟电子工作台)、Tina 软件等,它们可以将不同类型的电路组合成混合电路进行仿真。Lattice 公司的 isp synario system PAC Dsigner 和 Altera 公司的 MAX+Plus II 软件等可以对可编程逻辑器件进行硬件设计。PROTEL 公司推出的 Protel 99 可进行印刷电路板设计、无网络布线、可编程逻辑器件设计,使电路图的模拟与仿真集成于一体的设计环境中,使 Protel 的 EDA 软件功能更加完善。特别是配上电路板快速制作机和电路板快速腐蚀机后,用 Protel 99 软件在计算机上设计的印刷电路板 (PCB) 可在十几分钟时间内制作出高质量的实验电路板,节约了大量的制作费用,缩短了实验的制作周期。

随着科技的不断发展,电子领域传统的实验方法、学习方法、电子设计技术、工具和器件将在很大程度上逐步被 EDA 技术所取代。虚拟电子工作台、可编程逻辑器件及与其相对应的硬件描述语言、电路板制作软件 Protel 99 等势必成为电子爱好者和广大电子信息类工程技术人员必须学习和掌握的知识。

本书重点介绍具有一定代表性的电子线路常用的 EDA 工具软件,包括电子线路虚拟电子工作台 EWB、可编程模拟开发软件 PAC-Designer、可编程逻辑器件开发软件 MAX+Plus II、印刷电路板制作软件 Protel 99 以及 VHDL 的简明教程。本书通过各种实验电路,引导读者逐步掌握各软件的操作方法以及印刷电路板的制作、调整、仿真、下载等。

本书第一章至第四章由王一群编写,第五章由陈凤斌编写。在编写中,得到了陈兰娜、蔡周庆等老师的帮助,在此表示感谢。限于时间及作者的水平,书中疏漏之处在所难免,恳请广大读者批评指正。

编者

2004 年 1 月

目 录

第一章 电子工作台 EWB

第一节 EWB 简述	(1)
第二节 EWB 的基本界面	(2)
一、EWB 的主要工作窗口	(2)
二、电源开关和暂停开关	(4)
第三节 EWB 的基本操作方法	(5)
一、画电原理图	(5)
二、原理图选项的设置	(15)
第四节 EWB 中的常用虚拟仪器	(16)
一、万用表	(18)
二、函数信号发生器	(20)
三、示波器	(21)
四、波特图图示仪	(26)
五、字符发生器	(28)
六、逻辑分析仪	(31)
七、逻辑转换仪	(33)
第五节 基本分析方法	(36)
一、电路仿真的基本原理	(36)
二、分析方法的参数设置	(37)
三、常用分析方法	(42)

第二章 可编程模拟器件开发软件 PAC-Designer

第一节 ispPAC 器件	(70)
一、isp PACTM10 芯片	(71)
二、isp PACTM20 芯片	(73)
三、isp PACTM80 芯片	(79)
第二节 PAC-Designer 的基本界面	(82)
一、软件的启动	(82)
二、主界面	(82)
第三节 PAC-Designer 的基本操作方法	(86)
一、ispPAC 芯片的选择和原理图的设计操作	(86)
二、电路的仿真	(89)
三、设计方案下载至目标芯片	(91)
四、设计方案的导出与导入	(92)

第四节 设计过程	(92)
一、增益的设计	(92)
二、滤波器的设计	(97)
三、信号监测的应用	(106)

第三章 可编程逻辑器件开发软件 MAX+Plus II

第一节 可编程逻辑器件	(109)
一、EPM7128S 芯片	(109)
二、EPF10K20 芯片	(112)
第二节 MAX+Plus II 的基本界面	(117)
一、软件的启动	(117)
二、主界面	(118)
第三节 MAX+Plus II 的基本操作方法	(127)
一、图形设计输入	(127)
二、波形设计输入	(142)
三、语言描述输入法	(144)
四、用 LPM (可调参数元件) 设计逻辑电路	(146)
第四节 基本设计过程	(149)
一、在系统可编程逻辑器件的设计流程	(149)
二、基本设计过程实例	(151)

第四章 印刷电路板的设计与制作

第一节 Protel 的功能	(157)
一、原理图设计系统	(160)
二、印刷电路板 (PCB) 设计系统	(160)
第二节 Protel 的基本操作方法	(161)
一、启动 Protel 99 和 Protel 99 系统菜单	(161)
二、创建设计项目	(166)
三、选择设计编辑器	(167)
第三节 电路原理图的设计	(172)
一、设置电路图纸参数	(172)
二、载入元件库、放置元件符号和删除元件符号	(174)
三、元件位置的调整	(180)
四、编辑元件属性	(181)
五、绘制电路原理图	(184)
六、打印输出原理图	(192)
七、生成网络表文件	(193)
八、元件清单的生成	(197)
第四节 创建原理图元件符号	(198)
一、工具栏及其命令	(199)

二、设置原理图元件库编辑的环境参数	(199)
三、制作原理图符号	(200)
第五节 创建新元件封装	(203)
一、创建封装库和封装元件名	(203)
二、PCB 元件库编辑器基本界面	(204)
三、PCB 元件编辑环境参数设置	(205)
四、制作 PCB 元件	(211)
第六节 单层印刷电路板的设计	(217)
一、电路板设计的基本步骤	(217)
二、设置参数	(220)
三、规划电路板	(220)
四、放置封装元件	(223)
五、设置封装元件的标注	(226)
六、手动布线	(228)
七、检查调整	(234)
八、印刷电路板文件的保存与打印	(236)
九、自动布线	(238)
十、布线的手工调整	(248)
第七节 双层印刷电路板	(249)
第八节 印刷电路板的制作	(250)
一、印刷电路板图的转印	(250)
二、印刷电路板图的腐蚀	(250)
三、钻孔和涂上助焊剂	(251)

第五章 电子线路设计制作实例

第一节 串联稳压电源的制作	(253)
一、任务要求电路的选择	(253)
二、电路的调试与仿真	(253)
三、印刷电路板的制作	(257)
四、机心的安装调整	(257)
第二节 高保真音频功率放大器的制作	(258)
一、电路的选择	(258)
二、电路的仿真	(260)
三、安装前的准备	(275)
四、安装与调整	(279)
第三节 温度监测器的设计	(284)
一、任务要求电路的选择	(284)
二、制作	(286)
第四节 实验多功能数字钟的设计	(286)
一、任务要求和实验材料	(286)

二、电路设计	(286)
三、仿真下载	(292)
附录一 VHDL 简明教程	(295)
附录二 Electronics Workbench 的安装	(324)
附录三 PAC Designer 的安装	(327)
附录四 MAX+Plus II 的安装	(331)
附录五 Protel 99 的安装	(337)
附录六 Miscel Laneous Devices. ddb 元件图清单	(343)
附录七 PCB Footprints. lib 封装图清单	(346)

第一章 电子工作台 EWB

第一节 EWB 简述

电子线路虚拟电子工作台简称电子工作台，英文缩写为 EWB (Electronic Work-Bench)，是加拿大 Interactive Image Technologies 公司于 20 世纪 90 年代初推出的电子线路仿真软件，是电子技术实验与分析相结合的工具软件。它适用于电子工程师对所设计的电路进行实物模拟和调试，也适用于电子爱好者学习电子线路。

EWB 最显著的特点是界面友好，几乎所有的主要操作在主画面上都有相应的图形化操作键，画电路原理图需要的模拟或数字元器件在主界面上几乎都可以取得。电路中连线也非常简单，只要将鼠标从一个元件脚拖到另一个元件脚，电路导线将自动连好。用鼠标拖动线即可移动线，在线上双击即可选择线的颜色。电路仿真所需的虚拟测试仪器可以很方便地从屏幕上选取，虚拟仪器的外观和操作开关按键与实际仪表十分相似，特别容易使用。初学者在虚拟电子工作台上学会使用仪器，也就能掌握实际的仪器操作。操作者从计算机屏幕上选取电路元件、搭接电路、连接仪器，然后用鼠标点击屏幕上的仿真开关。通过电路仿真既能加深对电路的理解又能掌握电路的性能，同时又能熟悉各种贵重仪器的操作与使用。

EWB 能提供十分完善的分析功能，包括：6 种基本分析功能、4 种扫描分析功能、2 种高级分析功能和 2 种统计分析功能。其中，6 种基本分析功能为：直流工作点分析 (DC Operating Point Analysis)、瞬态分析 (Transient Analysis)、频率特性分析 (AC Frequency Analysis)、傅立叶分析 (频谱分析) (Fourier Analysis)、噪声分析 (Noise Analysis) 和失真分析 (Distortion Analysis)。4 种扫描分析功能为：参数扫描分析 (Parameter Analysis)、交流灵敏度分析 (AC Sensitivity Analysis)、直流灵敏度分析 (DC Sensitivity Analysis) 和温度扫描分析 (Temperature Analysis)。2 种高级分析功能为：零极点分析 (Pole-Zero Analysis) 和传输函数分析 (Transfer Function)。2 种统计分析功能为：最坏情况分析 (Worst Case Analysis) 和蒙特卡罗 (随机抽样) 分析 (Monte Carlo Analysis)。

上述分析功能从各个方面帮助电子产品设计开发者分析电路的性能。另外，EWB 还可对被仿真电路中的元件设置各种故障，如不同程度的漏电故障、开路或短路故障等，从而分析不同故障情况下电路的工作情况，从电路设计的角度限制因个别元件不良而导致大量器件损坏的可能。在进行仿真的同时，电脑还可以存储指定测试点的各种数据，以及使用测试仪器所设置的参数，并可列出参与仿真电路元件清单，为实物装配准备元件材料提供方便。当电子产品设计开发者用 EWB 软件完成电路分析和设计以后，可以将电路输出文件输至常用的印刷电路板的排版软件 (如 Protel、OrCAD 等软件)，自动排出印刷电路板，从而大大缩短了新产品的开发周期。

第二节 EWB 的基本界面

下面我们以 EWB5.0C 网络教育版为例来介绍 EWB 的基本界面。

一、EWB 的主要工作窗口

用鼠标点击 EWB5.0 文件夹里的应用程序 WEWB32.EXE，该程序被运行。由显示器屏幕上看到主窗口（如图 1-2-1 所示），它主要由电路工作区、菜单栏、工具栏、仿真用的电源开关和暂停开关、元器件、仪表库栏、标题栏等组成。

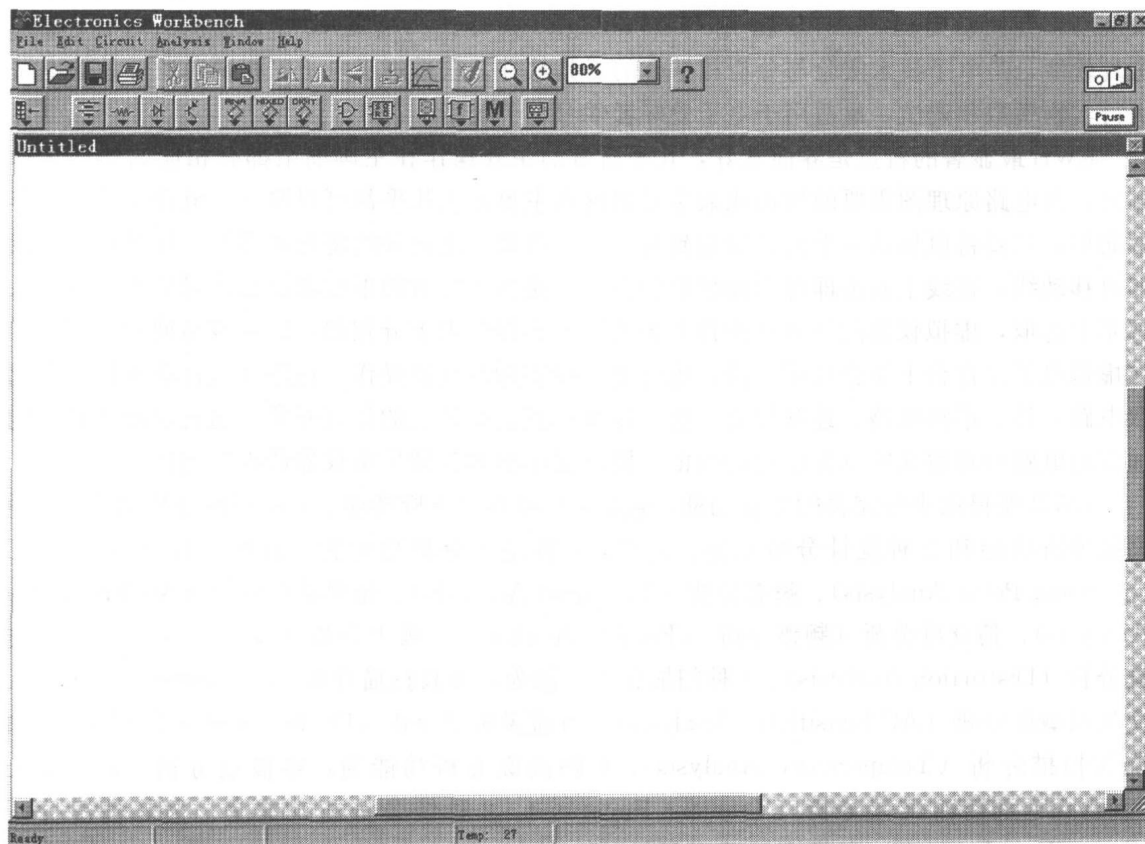


图 1-2-1 EWB 的主窗口

1. 电路工作区

电路工作区是指屏幕中的空白区，用于创建和测试电路的地方。这只要将元器件库和仪表工具栏中的元器件或仪表用鼠标拖到工作区，并用鼠标将元器件引脚之间的连线连好就可以用于创建仿真用电路。图 1-2-2 为创建好的某个音频功率放大器的前置放大电路。

2. 菜单栏

菜单栏由 File（文件）、Edit（编辑）、Circuit（电路）、Analysis（分析）、Window（窗口）、Help（帮助）6 个栏目组成。每个栏目下都有一个下拉菜单，下拉菜单中的命令用于对文件操作、对元器件操作、选择分析功能、对窗口操作、显示帮助信息等。许多命令的操作在工具栏中都有相应的操作键，因此也可以直接使用工具栏中的操作键来代替从命令菜单

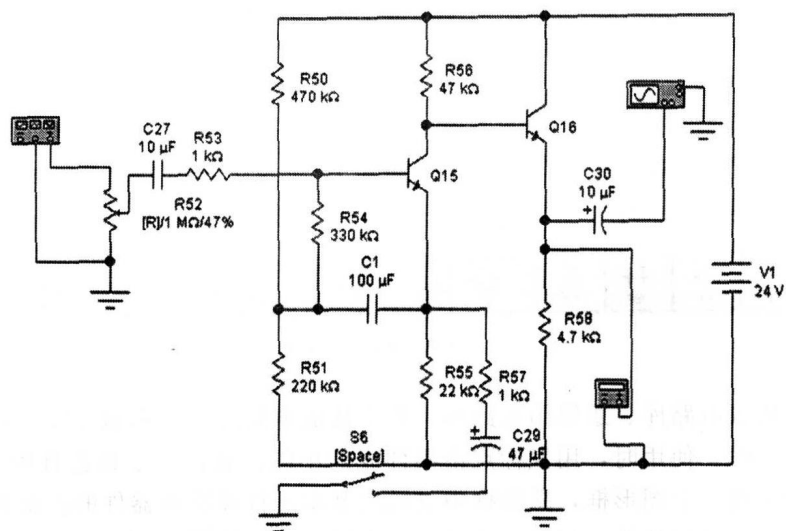


图 1-2-2 某音频功放的前置放大电路

栏中选择操作命令。

3. 工具栏

工具栏位于命令菜单栏的下方，它由 16 个小图标组成，每个小图标就是一个操作键，如图 1-2-3 所示。小图标与菜单栏中的某些命令是相对应的，其功能如下：

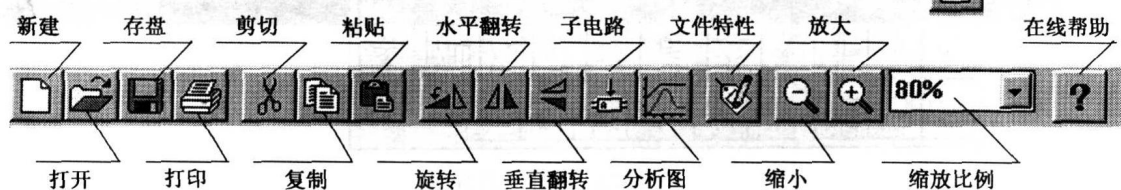
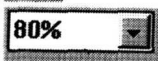


图 1-2-3 工具栏

击刷新小图标，电路工作区中的电路图被全部清除，为绘制新电路做准备；，打开已保存的电路文件；，在当前路径保存当前电路文件；，打印电路工作区中的文件；，将选定的电路或元件剪切至剪贴板；，将选定的电路或元件复制至剪贴板；，将剪贴板中保存的内容粘贴到当前电路工作区；，将被选中的元件逆时针转 90°；，将被选中的元件水平转 180°；，将被选中的元件垂直翻转 180°；，将被选中的电路生成子电路；，调出分析图；，打开被选中的元件的特性对话框；，缩小当前电路工作区中的电路图；，放大当前电路工作区中的电路图；，显示或设定当前电路工作区电路放大或缩小的比例，点击缩放比例的三角小图标可下拉缩放比例选择框，它共有 5 挡（即 50%、80%、100%、150% 和 200%），可设定工作区中电路图的显示比例；，用鼠标点击该键就会出现帮助信息。如果在电路工

作区某个电路图中的一个元件被选中（该元件将变成红色），用鼠标点击帮助按键，将直接出现该元件有关技术参数的帮助信息。

4. 元器件、仪表库栏

元器件和仪表库位于工具栏下方，参见图 1-2-1。这一栏上共有 14 个小图标，如图 1-2-4 所示，每个小图标都对应着一个库，所以共有 14 个库。它们分别是：自定义元件库、电源及信号源库、基本元件库、二极管库、三极管库、模拟集成电路库、混合集成电路库、74

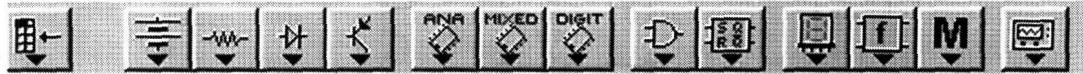


图 1-2-4 EWB 的器件库和仪器库

和 4 系列数字集成电路库、逻辑门电路库、数字集成电路库、显示器件库、控制器件库、其他器件库和仪表库。使用时，用鼠标点击器件库的小图标就打开了该器件库，如图 1-2-5 所示。这时屏幕出现一个图形框，图形框中显示出基本元件库所有器件的图形符号，每个符号代表与之相对应的虚拟器件，如电阻符号代表虚拟电阻器件等。用鼠标可将虚拟器件拖到工作区。

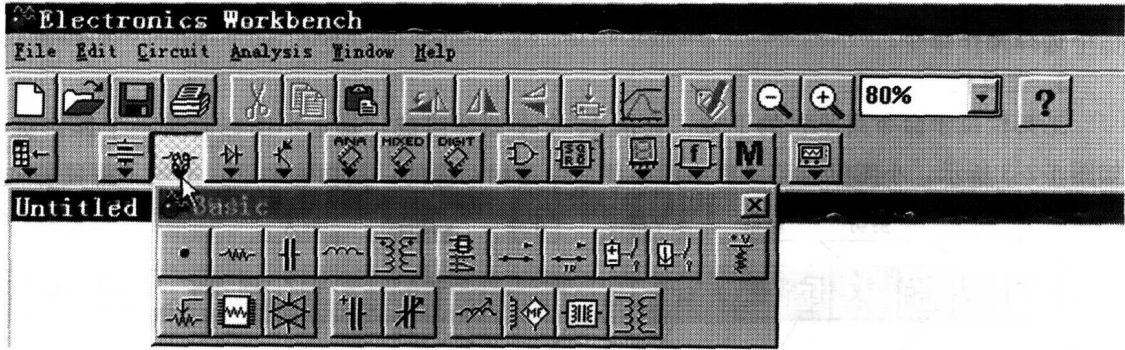


图 1-2-5 基本元件库

5. 状态栏

状态栏也称信息栏，见图 1-2-1 的最下栏。

左边第一格显示电路是否在运行。若虚拟电源开关没有闭合，则显示 Ready；若虚拟电源开关已闭合，程序运行仿真开始，则不显示。若在程序运行过程中按下暂停键，则显示 Pause。

第二格显示电路的仿真时间。

第三格的显示内容与鼠标的位置有关。例如，若鼠标指向电路工作区中某个电阻，如图 1-2-6 所示，其元件的标号为 R3，此时该栏则显示 R3 和元件名称 Resistor（电阻）字符；若鼠标指向电路图中的某个仪器，如波特表，则该仪器的名称 Bode plotter 就显示在该栏上；若鼠标指向某个节点，就显示这个节点的节点号。

第四格则显示电路仿真时设置的工作温度，默认设置是 27℃。

二、电源开关和暂停开关

在主窗口的右上方有一个跷板式开关，称作虚拟电源开关，也称仿真开关；还有一个按键式开关，称作暂停开关，如图 1-2-7 所示。创建完电路图并连接上仪器仪表后，只要按下

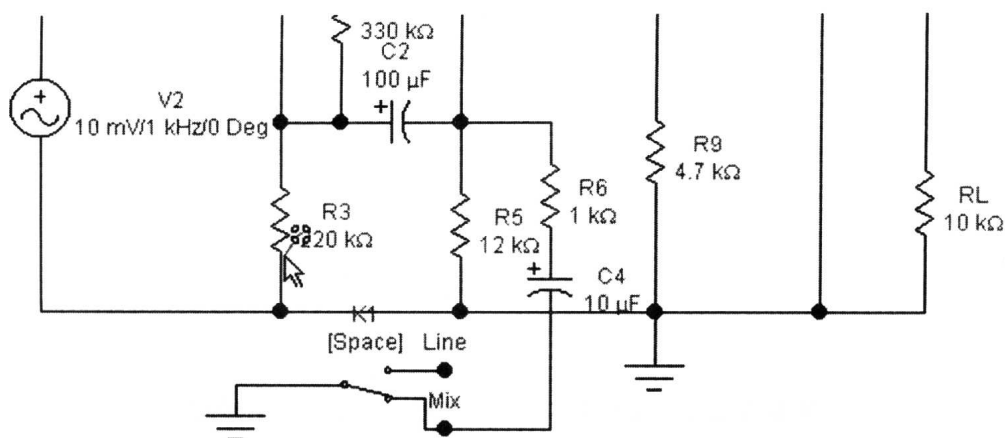


图 1-2-6 某电路工作区

这个虚拟电源开关，仿真就开始了（电路工作区中一定要有接地的符号）。此时所连接的仪器仪表上将显示出仿真结果的波形。如果按下暂停键，仿真就被暂停，此时，显示仪表上的波形或数据也就静止地停留在最后一屏显示的波形或数据上。

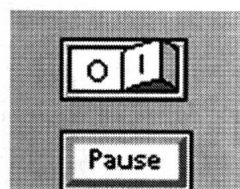


图 1-2-7 虚拟电源开关

第三节 EWB 的基本操作方法

一、画电原理图

下面以 OCL 音频功率放大器的前置均衡放大电路为例，来说明怎样在 EWB 电路工作区画电原理图。图 1-3-1 所示为 OCL 音频功率放大器前置均衡放大电路的电原理图。它由 8 个电阻、1 个电位器、1 个开关、1 个电源和 1 个接地符号等元件组成。由上述介绍的元件库可知道在 EWB 电路工作区画该电原理图需要先分别打开基本元件库、信号源库和晶体管库，调出画图所需要的元件，然后再进行元器件间的线路连接。

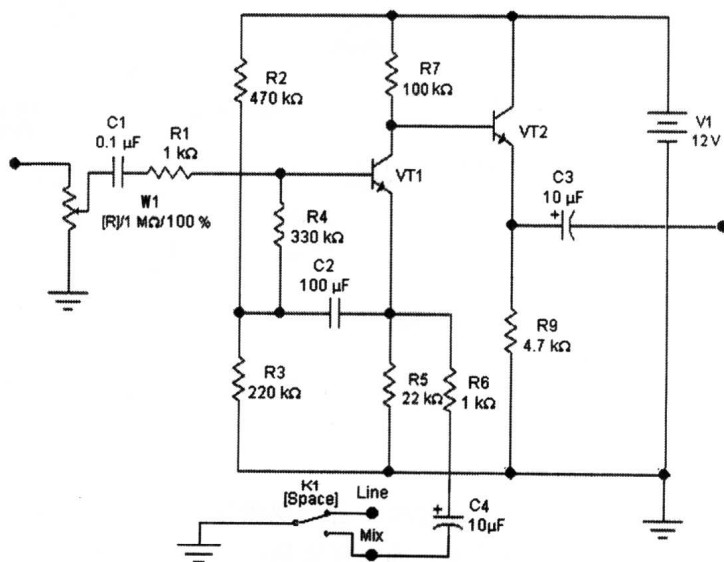


图 1-3-1 OCL 音频功放的前置均衡放大电路

1. 元件的调出

首先用鼠标双击桌面上的 EWB 小图标，运行 EWB 主程序 WEWB32.EXE，屏幕出现如图 1-2-1 的主画面。然后将鼠标指向基本元件库，单击鼠标左键打开基本元件库，如图 1-3-2 所示。将鼠标指向电阻并单击鼠标左键（按住左键不放），移动鼠标将电阻拖到画图工作区的适当位置，然后再松开鼠标左键（为了说明方便，上述操作过程简称拖曳），这样就完成了一个元件的取出。按上述方法拖曳出 7 个电阻、4 个电解电容器和 1 个开关，打开信号源元件库拖曳出 1 个电源和 1 个接地符号（在 EWB 电路工作区画电路图时一定要给电路参考点设接地符号，否则软件算法将出现错误，仿真或分析得到的是不正确的结果），打开晶体管库分别拖曳出 2 个 NPN 型三极管，拖曳出的元件如图 1-3-3 所示。当然也可采用复制的方法，由基本元件库拖曳出一个电阻，该电阻此时为红色表示被选中，按工具栏复制小图标，然后再按工具栏上的“粘贴小图标”6 次，即复制了 6 个电阻；从元件库拖曳出一个电容器，按上述方法再按工具栏上的“粘贴小图标”3 次，复制出 3 个电容器。最后按下面介绍的元件移动、旋转和翻转的方法排列好元件。

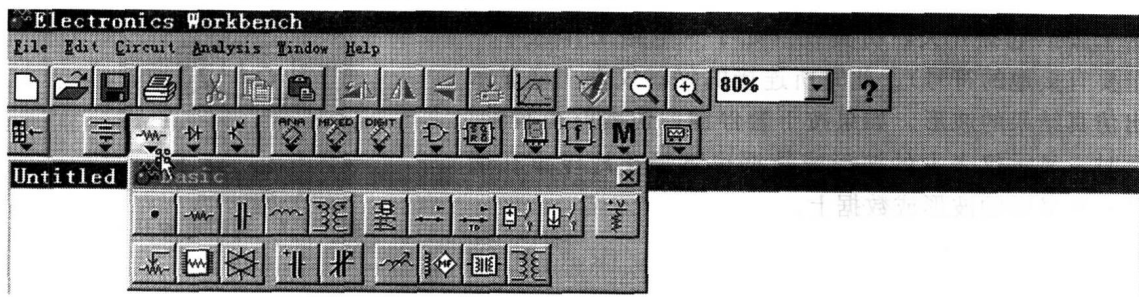


图 1-3-2 打开基本元件库

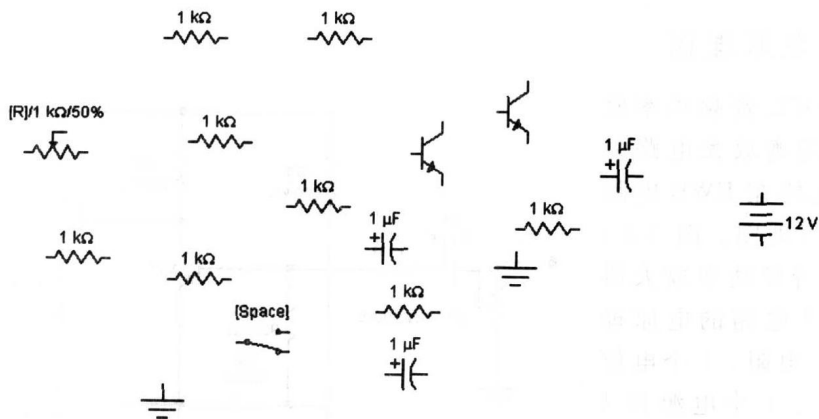


图 1-3-3 从元件库中取元件

2. 元件的删除

在拖曳或复制元件过程中若出现操作失误，可将多余的元件删除。选定要删除的元件，用鼠标左键单击该元件，如果还要选中第二个、第三个元件，可反复使用 Ctrl+单击选中这些元件，然后按键盘的 DEL 键，就删除了该元件。如果要同时选中一组相邻的元件，可以在电路工作区的适当位置拖拽画出一个矩形区域，包围在该矩形区域内的一组元件即被同时

选中。在多个被选中的元件中要取消某一个元件的选中状态，首先要将鼠标指向该元件，然后按 Ctrl+单击左键。要取消所有被选中的元件，只需单击电路工作区的空白部分即可。

3. 元件的移动

在 EWB 中，移动元件和移动仪器、连线及连接点的方法一样。首先将鼠标指向要移动的元件或仪器、连线、连接点，按下鼠标的左键（被选定移动的对象变成红色，若选定移动的对象为导线，鼠标则变为双箭头），被选定的对象就跟鼠标而移动（此时鼠标的左键仍被按住），松开鼠标的左键，被选定的对象移动结束。图 1-3-4 所示就是按照上述操作方法，将图 1-3-1 的元件拖曳出来排列的。

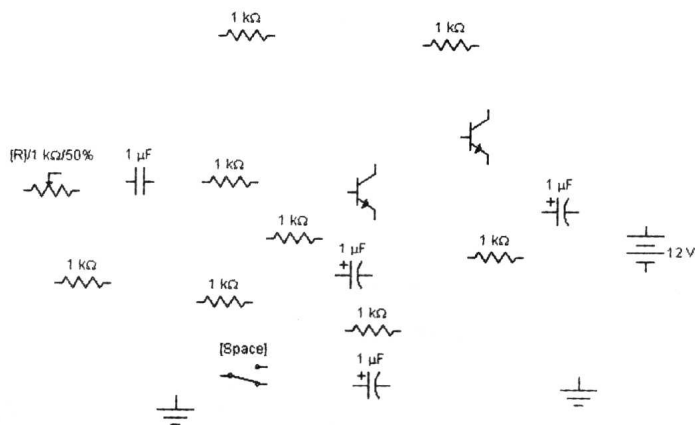


图 1-3-4 元件的移动

4. 元件的旋转和翻转

为了使电路在电路工作区的布局合理，常常需要对元件进行旋转或翻转操作。操作时首先要选中元件，即将鼠标移到选中的元件位置上，然后单击左键，此时元件符号颜色发生变化，表示该元件已被选中（例如可变电阻器被选中时变为红色）。

(1) 旋转

旋转共有 4 种方法。

①用菜单命令。用鼠标选择 Circuit—Rotate 命令，则被选元件就逆时针旋转一次。再次选择该命令就再旋转一次，每次旋转 90°。

②用热键 [Ctrl] + [R]。每按一次热键，被选元件就按 90°逆时针旋转一次。

③用工具栏中的操作键。如图 1-3-5 所示，用鼠标点击逆时针旋转 90°操作键。图 1-3-6 是将被选中的可变电阻器执行一次逆时针旋转 90°后的结果。

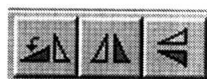


图 1-3-5 逆时针旋转 90°按键

④在已变成红色的所选元件上单击鼠标右键，然后在弹出式菜单中用鼠标点击其中的 Rotate 项就可以使被选元件旋转一次。

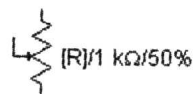


图 1-3-6 将可变电阻器逆时针旋转 90°

(2) 翻转

翻转有 3 种方法，与旋转一样，首先都要用鼠标单击要翻转的元件，这时被单击的元件会变成红色（即被选中），就可进行翻转操作了。

①用菜单命令。用鼠标选择命令菜单行中的 Circuit Flip Horizontal 或 Circuit Flip Vertical 命令，被选元件就会进行水平或垂直方向的翻转。

②用工具栏中的水平或垂直方向翻转操作键。

③在已变成红色的所选元件上单击鼠标右键，就会出现弹出式菜单，选择其中的 Flip Horizontal 或 Flip Vertical 项即可。

翻转主要用于画对称的元件，例如要用两个同类型的三极管组成差分对管等。

4 种元件旋转方法和 3 种元件翻转方法之间的操作是等价的，初学者可各选一种作为自己的习惯用法。图 1-3-7 就是将图 1-3-5 用上述方法旋转或翻转好的元件分布图。

旋转和翻转同样适用于整个电路。首先选定要进行操作的电路，用鼠标拖出一个矩形框，该框内要含有电路中的元件，框内元件都将变成红色。然后可以将框内元件当作一个整体进行旋转或翻转操作。注意，方框内不能含有测量仪器。

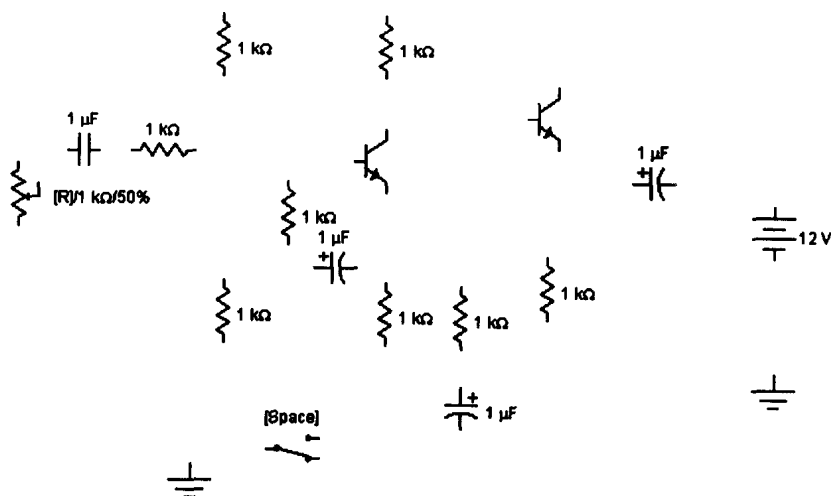


图 1-3-7 将图 1-3-4 重新排列

5. 元件间电路的连接

首先将鼠标指向电阻 R_3 引脚的一端，鼠标指针由三角形变为小手，再由小手变为三角形，此时电阻 R_3 引脚的一端出现了一个醒目的实心小点，如图 1-3-8 (a) 所示。按下鼠标左键不放，移动鼠标至另一个元件 R_2 引脚的一个端头，并使之也出现一个醒目的实心小点，

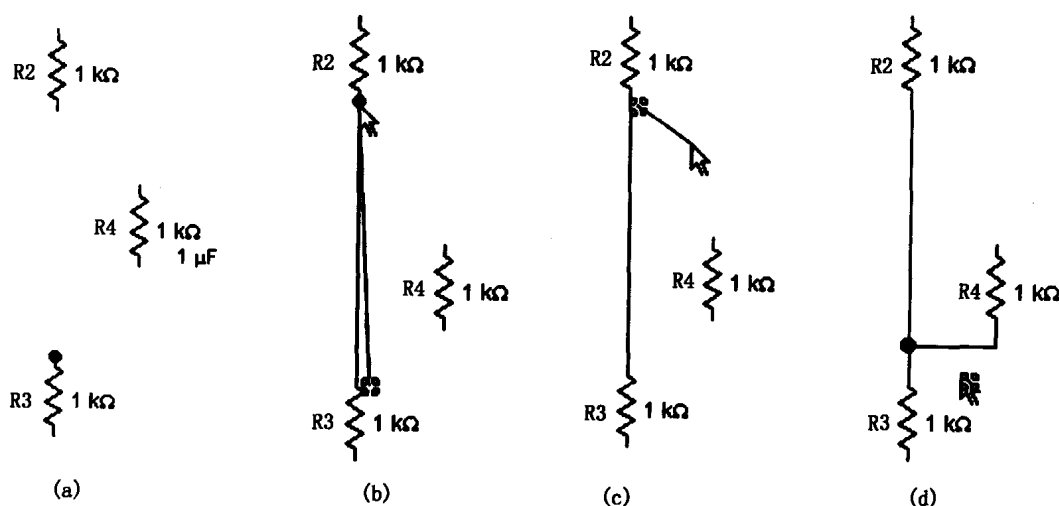


图 1-3-8 怎样连接导线

如图 1-3-8 (b) 所示。放开鼠标左键，电阻 R_2 、 R_3 间的连接就自动生成，如图 1-3-8 (c) 所示。若元件引脚与导线连接在导线分叉点处，EWB 会自动添加一个连接点。如图 1-3-8 (d) 所示，由 R_1 引脚的一端与 R_2 、 R_3 连接线相接在分叉点处，系统自动添加了一个连接点。

在电路连接过程中，两个元件脚不能直接相连，也不能靠得太近，否则中间无法再连线。按上述介绍的方法，照图 1-2-2 连接好电路，如图 1-3-9 所示。

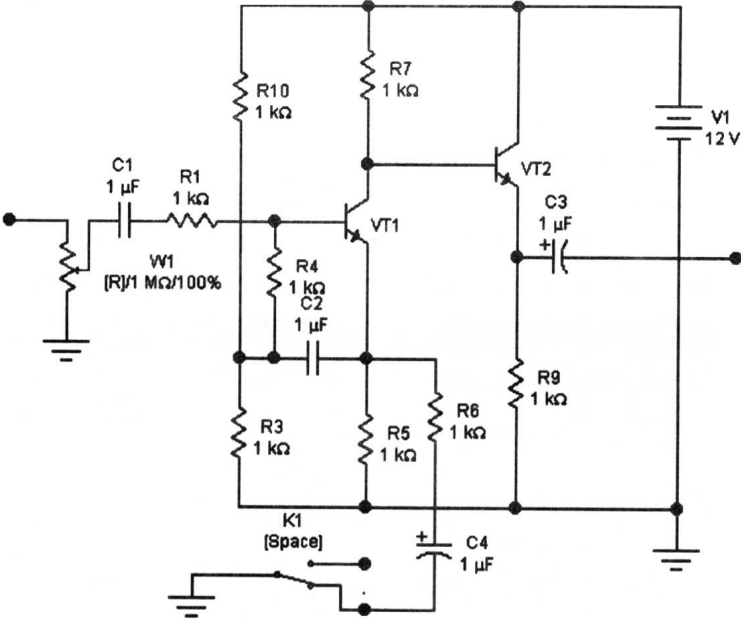


图 1-3-9 用 EWB 连接的前置放大电路

6. 无源器件

无源器件指电阻、电容、电感等。在 EWB 中，电阻、电容、电感只需给出元件值、符号及标号。如图 1-3-10 所示，用鼠标双击电阻 R_2 ，此时 R_2 变成红色，且出现卡片式对话框。该对话框有 5 个选项卡：Label (标识)、Value (数值)、Fault (故障)、Display (显示)、

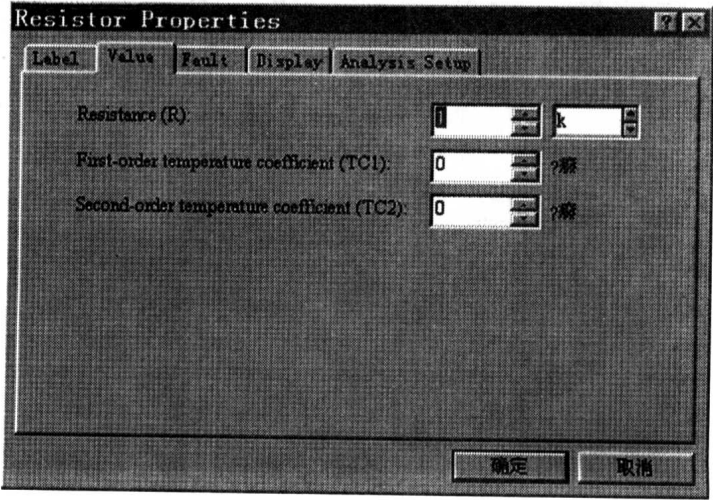


图 1-3-10 电阻参数的设定