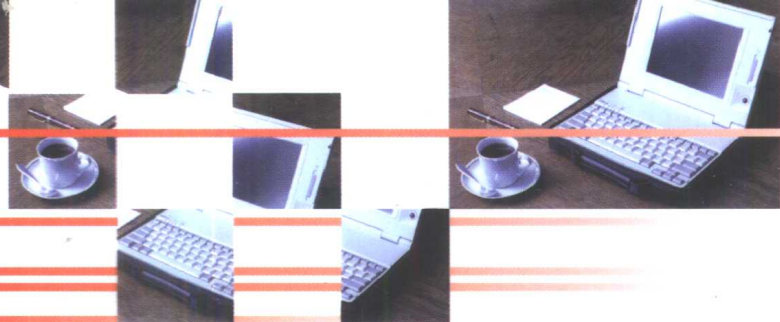




# Electronics Workbench— 实用通信与电子线路 的计算机仿真

Electronics  
Workbench—  
实用通信与电子线路  
的计算机仿真

钱恭斌 张基宏 编著



电子工业出版社  
PUBLISHING HOUSE OF ELECTRONICS INDUSTRY

URL: <http://www.phei.com.cn>

# Electronics Workbench—— 实用通信与电子线路的计算机仿真

钱恭斌 张基宏 编著

电子工业出版社

Publishing House of Electronics Industry

北京·BEIJING

## 内 容 简 介

本书重点讲述了 Electronics Workbench(简称为 EWB)在通信与电子系统计算机仿真中的应用,共分九章。主要介绍 EWB 的功能和特点,并用一些简单的实例引导读者快速掌握 EWB 的操作和使用,进行通信与电子系统的仿真和实验,给出了 EWB 中元件库、虚拟仪器的使用方法及各种电路分析方法等,书中还例举了一些典型数字电路、模拟电路和通信电路的仿真实验实例。附录的仿真图库附有大量的仿真电路图。仿真所用的电路图及附录中的电路图都录入随书光盘。

本书可作为高等院校通信与电子仿真设计教材,也可供广大通信、电子信息类工程技术人员参考。

未经许可,不得以任何方式复制或抄袭本书之部分或全部内容。

版权所有,翻版必究。

## 图书在版编目(CIP)数据

Electronics Workbench——实用通信与电子线路的计算机仿真/钱恭斌,张基宏编著. —北京:电子工业出版社,2001.1

ISBN 7-5053-6204-6

I .E… II .①钱… ②张… III .①通信技术-计算机仿真 ②电子技术-计算机仿真 IV .TN

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2000)第 75183 号

书 名: Electronics Workbench——实用通信与电子线路的计算机仿真

编 著 者: 钱恭斌 张基宏

责任编辑: 王 颖

特约编辑: 侯维垣

排版制作: 电子工业出版社计算机排版室

印 刷 者: 北京东光印刷厂

装 订 者: 三河市双峰装订厂

出版发行: 电子工业出版社 URL: <http://www.phei.com.cn>

北京市海淀区万寿路 173 信箱 邮编 100036

经 销: 各地新华书店

开 本: 787×1092 1/16 印张: 13.25 字数: 340 千字 附光盘: 1 张

版 次: 2001 年 1 月第 1 版 2001 年 1 月第 1 次印刷

书 号: ISBN 7-5053-6204-6  
TP·3340

印 数: 5 000 册 定价: 24.00 元(含光盘)

凡购买电子工业出版社的图书,如有缺页、倒页、脱页、所附磁盘或光盘有问题者,请向购买书店调换;  
若书店售缺,请与本社发行部联系调换。电话 68279077

## 前 言

随着电子和通信事业的飞速发展,电子线路的设计工作也日益显得重要。经过人工设计、制作实验板、调试再修改的多次循环才定型的传统产品设计方法必然被计算机辅助设计所取代,因为这种费时费力又费资源的设计调试方法既增加了产品开发的成本,又受到实验工作场地及仪器设备的限制。通常的电子线路设计自动化(EDA)软件因其高昂的价格和复杂的使用往往又使国内用户望而却步。本书向读者介绍一个功能强大、价格低廉的电子线路仿真设计和调试使用的软件——“电子工作台(EWB)”(Electronics Workbench)。

“电子工作台(EWB)”(Electronics Workbench)软件是由加拿大 Interactive Image Technologies 公司推出的基于 Windows 95、98 和 Windows NT 操作系统的 EDA 软件。它具有容易掌握、元器件种类丰富齐全、界面直观、分析方法多、操作方便等优点。应用该软件,用户就如同拥有了一个元器件种类齐备(囊括几乎任何常用种类的模拟和数字元器件、A/D 转换器和控制元器件,且参数可为任意值、数量不限),仪器先进(万用表、数字存储示波器、函数发生器、逻辑分析仪等常用仪器)的电子实验室,可以方便地进行模拟电路、数字电路和各种通信电子线路的仿真实验,还可以通过设置各种元件故障进行电路仿真实验,如开路、短路和不同程度的漏电等。在整个仿真过程中可随时储存测试点的所有数据、测试仪器的的工作状态等数据和图表,以供仿真后分析使用,大大提高了电子设计工作的效率。

本书结合 EWB 软件在电子线路设计中的特点和优势,既有一定的实际操作指导性,又能帮助读者解决实际设计中的困难,简明易读,实用性强。书中的一些简单实例可一步一步引导读者快速掌握 EWB 的操作和使用,进行通信和电子系统的仿真和实验,而且本书还提供了元件库、虚拟仪器的使用方法、各种电路分析方法等。通过对典型的模拟电子线路、数字电子线路及通信电子线路的仿真可进一步提高读者对元件库、虚拟仪器的使用方法、各种电路分析方法等的理解和应用能力。同时,附录的仿真图库还附有大量的仿真电路图。

本书的出版获得了加拿大 Interactive Image Technologies 公司的正式授权,附带发行一张光盘,其中附有 Demo 版的 EWB 软件,并包含本书的第 7 章、第 8 章、第 9 章和附录 1、附录 2 的全部 EWB 仿真电路图。

本书主要由钱恭斌和张基宏同志编写,由罗雪晖编写第 8 章和第 9 章,罗萍编写第 7 章,由张基宏教授统稿。在编写过程中香港捷佳公司的罗涛先生提供了很大帮助,在此一并表示感谢。

由于作者的水平有限,书中可能存在错误和疏漏,敬请广大读者批评指正。

编著者

2000 年 12 月

*Electronics Workbench and Electronics Workbench Layout are registered trademarks of Interactive Image Technologies Ltd. in Canada and other countries throughout the world. Representations of Electronics Workbench and Electronics Workbench Layout are used by permission of and are proprietary to Interactive Image Technologies Ltd.*

# 目 录

|                           |      |
|---------------------------|------|
| 第1章 电子工作台(EWB)概述 .....    | (1)  |
| 1.1 电子工作台(EWB)简述 .....    | (1)  |
| 1.2 电子工作台(EWB)的特点 .....   | (1)  |
| 1.3 系统要求 .....            | (2)  |
| 1.4 软件安装 .....            | (3)  |
| 1.5 帮助功能的使用 .....         | (4)  |
| 第2章 EWB 入门 .....          | (6)  |
| 2.1 创建第一个 EWB 电路 .....    | (6)  |
| 2.2 运用仪器观察实验过程 .....      | (14) |
| 2.3 实验电路的保存和载入 .....      | (17) |
| 2.4 子电路的应用 .....          | (19) |
| 第3章 EWB 的基本界面及菜单 .....    | (21) |
| 3.1 EWB 的主窗口 .....        | (21) |
| 3.2 EWB 操作菜单及使用方法 .....   | (22) |
| 3.2.1 文件命令 .....          | (22) |
| 3.2.2 编辑命令 .....          | (24) |
| 3.2.3 电路命令 .....          | (25) |
| 3.2.4 分析命令 .....          | (27) |
| 3.2.5 窗口命令 .....          | (27) |
| 3.2.6 帮助命令 .....          | (28) |
| 3.3 EWB 的工具条 .....        | (29) |
| 第4章 EWB 的元器件 .....        | (31) |
| 4.1 使用 EWB 的元器件 .....     | (31) |
| 4.2 元器件的放置、调整及连接 .....    | (32) |
| 4.2.1 元器件的放置 .....        | (32) |
| 4.2.2 元器件的调整 .....        | (32) |
| 4.2.3 元器件的连接 .....        | (32) |
| 4.2.4 连线的删除与改动 .....      | (33) |
| 4.2.5 改变连线的颜色 .....       | (33) |
| 4.2.6 向电路插入元器件 .....      | (33) |
| 4.2.7 从电路删除元器件 .....      | (33) |
| 4.2.8 “连接点”的使用 .....      | (34) |
| 4.2.9 调整弯曲的连线 .....       | (34) |
| 4.2.10 节点及其标识、编号与颜色 ..... | (35) |
| 4.3 元器件的参数调整 .....        | (36) |

|                                                   |      |
|---------------------------------------------------|------|
| 4.4 EWB 的元器件库栏 .....                              | (39) |
| <b>第5章 EWB 的仪器</b> .....                          | (51) |
| 5.1 EWB 的仪器栏 .....                                | (51) |
| 5.2 模拟仪表 .....                                    | (51) |
| 5.2.1 数字多用表 .....                                 | (51) |
| 5.2.2 示波器 .....                                   | (52) |
| 5.2.3 函数信号发生器 .....                               | (53) |
| 5.2.4 波特图仪的使用 .....                               | (55) |
| 5.3 数字仪器 .....                                    | (55) |
| 5.3.1 字信号发生器 .....                                | (56) |
| 5.3.2 逻辑分析仪 .....                                 | (57) |
| 5.3.3 逻辑转换仪 .....                                 | (59) |
| 5.3.4 彩色指示灯 .....                                 | (60) |
| 5.3.5 7 段数码管 .....                                | (61) |
| 5.3.6 译码数码管 .....                                 | (61) |
| <b>第6章 EWB 的电路分析方法</b> .....                      | (62) |
| 6.1 分析的参数设置 .....                                 | (62) |
| 6.2 直流工作点分析(DC Operating Point Analysis) .....    | (65) |
| 6.3 交流频率分析(AC Frequency Analysis) .....           | (66) |
| 6.4 瞬态分析(Transient Analysis) .....                | (68) |
| 6.5 傅里叶分析(Fourier Analysis) .....                 | (70) |
| 6.6 噪声分析(Noise Analysis) .....                    | (71) |
| 6.7 失真分析(Distortion Analysis) .....               | (73) |
| 6.8 参数扫描分析(Parameter Sweep Analysis) .....        | (74) |
| 6.9 温度扫描分析(Temperature Sweep Analysis) .....      | (76) |
| 6.10 零-极点分析(Pole-Zero Analysis) .....             | (78) |
| 6.11 传递函数分析(Transfer Function Analysis) .....     | (80) |
| 6.12 直流和交流灵敏度分析(DC&AC Sensitivity Analysis) ..... | (81) |
| 6.13 蒙特卡罗分析(Monte Carlo Analysis) .....           | (83) |
| 6.14 最坏情况分析(Worst Case Analysis) .....            | (84) |
| 6.15 如何避免仿真过程的不收敛和分析失效 .....                      | (86) |
| <b>第7章 模拟电路的 EWB 仿真技术</b> .....                   | (88) |
| 7.1 静态工作点稳定电路的 EWB 仿真 .....                       | (88) |
| 7.1.1 电路结构及工作原理 .....                             | (88) |
| 7.1.2 静态分析与动态分析 .....                             | (89) |
| 7.1.3 分压式工作点稳定电路的 EWB 仿真过程 .....                  | (90) |
| 7.2 文氏电桥正弦波发生器的 EWB 仿真 .....                      | (94) |
| 7.2.1 电路结构及工作原理 .....                             | (94) |
| 7.2.2 正弦波发生器的分析 .....                             | (95) |
| 7.2.3 正弦波发生器的 EWB 仿真过程 .....                      | (95) |

|                                     |              |
|-------------------------------------|--------------|
| 7.3 带阻滤波器(陷波器)的 EWB 仿真 .....        | (98)         |
| 7.3.1 电路结构及工作原理 .....               | (98)         |
| 7.3.2 100Hz 陷波器的数值分析 .....          | (99)         |
| 7.3.3 100Hz 陷波器的 EWB 仿真过程 .....     | (100)        |
| 7.4 分压-自偏压共源极放大电路 .....             | (102)        |
| 7.4.1 电路结构及工作原理 .....               | (103)        |
| 7.4.2 静态分析与动态分析 .....               | (103)        |
| 7.4.3 分压-自偏压共源极放大电路的 EWB 仿真过程 ..... | (105)        |
| <b>第 8 章 运用 EWB 进行数字电路的仿真 .....</b> | <b>(109)</b> |
| 8.1 四人表决电路的设计与 EWB 的仿真 .....        | (109)        |
| 8.1.1 四人表决电路的设计方法 .....             | (109)        |
| 8.1.2 电路的实现及仿真结果 .....              | (109)        |
| 8.2 模 33 计数器的设计与 EWB 的仿真 .....      | (110)        |
| 8.2.1 模 33 计数器的设计方法 .....           | (110)        |
| 8.2.2 电路的实现及仿真结果 .....              | (111)        |
| 8.3 555 定时器构成的多谐振荡器的 EWB 仿真 .....   | (112)        |
| 8.3.1 555 定时器原理 .....               | (113)        |
| 8.3.2 555 定时器构成的多谐振荡器电路的参数设定 .....  | (115)        |
| 8.4 交通灯控制器的 EWB 仿真 .....            | (117)        |
| 8.4.1 交通灯控制器电路的设计原理 .....           | (117)        |
| 8.4.2 交通灯控制器电路的实现及仿真结果分析 .....      | (118)        |
| <b>第 9 章 运用 EWB 进行通信电路的仿真 .....</b> | <b>(121)</b> |
| 9.1 AM 调制器电路的仿真 .....               | (121)        |
| 9.1.1 调幅的基本原理 .....                 | (121)        |
| 9.1.2 调幅电路的实现及仿真结果 .....            | (122)        |
| 9.2 同步检波器的仿真 .....                  | (126)        |
| 9.2.1 同步检波的基本原理 .....               | (127)        |
| 9.2.2 同步检波电路的实现及仿真 .....            | (127)        |
| 9.3 调频电路的 EWB 仿真 .....              | (129)        |
| 9.3.1 FM 的调制电路的仿真 .....             | (129)        |
| 9.3.2 FM 的解调电路的仿真 .....             | (131)        |
| 9.4 FSK 调制与解调电路的 EWB 仿真 .....       | (133)        |
| 9.4.1 FSK 的调制和解调原理 .....            | (133)        |
| 9.4.2 2FSK 电路的实现及仿真分析 .....         | (134)        |
| <b>附录 1 模拟电路的 EWB 仿真实验电路库 .....</b> | <b>(137)</b> |
| <b>附录 2 数字电路的 EWB 仿真实验电路库 .....</b> | <b>(156)</b> |
| <b>附录 3 EWB 与 SPICE 网表 .....</b>    | <b>(186)</b> |
| <b>参考文献 .....</b>                   | <b>(203)</b> |



# 第1章 电子工作台（EWB）概述

## 1.1 电子工作台(EWB)简述

在进行电子线路设计时，通常需要制作一块试验板来进行仿真，以测试是否达到设计要求。但是，设计的电路往往不能一次性通过，要反复经过许多次仿真、调试，才能符合设计要求。这样既费时费力，又提高了产品的成本。再者，因受工作场所、仪器设备等因素的限制，许多试验不能进行。

为了解决上述一系列问题，加拿大 Interactive Image Technologies 公司于 80 年代末、90 年代初推出了专门用于电子线路仿真和设计的“虚拟电子工作台（EWB）”（Electronics Workbench）软件。电子产品设计人员利用这个软件对所设计的电路进行仿真和调试。一方面可以验证所设计的电路是否能达到设计要求的技术指标，另一方面，又可以通过改变电路中元器件的参数，使整个电路性能达到最佳。

目前，世界上已有许多大学将 EWB 作为介绍 EDA 技术的内容，并纳入电子类课程的教学。因为学习电子技术，不仅要求掌握基本原理和计算公式，而且要求在掌握基本原理的基础上，着重培养学生对电路的分析、设计和应用开发能力。由于受实验室的条件限制，无法满足各种电路的设计和调试要求。用 EWB 在计算机上虚拟出一个元器件种类齐备、先进的电子工作台，一方面可以克服实验室各种条件的限制，另一方面又可以针对不同目的（验证、测试、设计、纠错和创新等）进行训练，培养学生分析、应用和创新的能力。与传统的实验方式相比，采用 EWB 进行电子线路的分析和设计，突出了实验教学以学生为中心的开放模式。不仅实验效率得到了提高，还能训练学生掌握正确的测量方法和熟练地使用仪器。

## 1.2 电子工作台(EWB)的特点

Electronics Workbench 具有许多优点：

(1) 容易掌握。具有一般电子技术基础知识的人员，只要几个小时就可学会 Electronics Workbench 的基本操作。

(2) 元器件种类丰富、齐全。Electronics Workbench 的元器件库提供了数千种电路元器件以备使用，并且可以新建或扩充已有的元器件库。建库时所需参数可从生产厂商的产品使用手册中查到，大大方便了使用者。

(3) 界面直观。所使用的元器件的外形和操作方法与实际元器件很相似。

(4) 分析方法多。可以完成电路的瞬态分析和稳态分析、时域和频域分析、器件的线性 and 非线性分析、电路的噪声分析和失真分析等常规电路分析方法，而且还提供了离散傅里叶分析、电路零极点分析、交直流灵敏度分析和电路容差分析等共计十四种电路分析方法，帮助设计人员分析电路的性能。



- (5) 操作方便。既提供了元器件的理想模型, 又提供了它的实际模型。
- (6) 可以设置各种元件故障进行仿真。如开路、短路和不同程度的漏电等, 从而观察不同故障情况下的电路工作状况。
- (7) 采用图形方式创建电路。克服了某些软件采用文本方式输入电路的困难。
- (8) 可以储存各种数据供仿真后分析。例如, 测试点的所有数据、测试仪器的的工作状态、显示波形和具体数据等。
- (9) 附有大量的常用电路。使用者可以对这些电路进行仿真、修改、创新, 进一步发挥各自的创造力。
- (10) 与 SPICE 软件兼容, 两者之间可以互相转换。
- (11) 电路文件可以直接输出至常见的印制线路板排板软件, 如 PROTEL、ORCAD 和 TANGO 等软件, 自动排出印制电路板。
- (12) 大大提高了电子线路设计工作的效率。

### 1.3 系统要求

随着计算机软件的飞速发展, 特别是 Windows 操作系统软件的广泛流行, Electronics Workbench 也从 DOS 版发展成可在 Windows 下运行的版本, 由于充分利用了 Windows 操作系统的许多优点, 如直观的图形操作界面, 软件的多任务同时运行等。Electronics Workbench 软件的功能和运行性能得到不断地完善和提高, 目前 Interactive Image Technologies 公司已推出了 5.0 版本的软件。

Electronics Workbench 5.0 系统安装和运行要求如下:

- (1) 安装 Electronics Workbench 5.0 至硬盘约占 17MB 的空间 (指 EWB 专业版软件)。
- (2) 当运行在 Microsoft Windows 95/98(中、英文)操作系统时要求:
  - 486 以上微机
  - MS-DOS3.0 或以上;
  - 与之兼容的鼠标器;
  - 8 MB RAM(推荐 16 MB RAM)。
- (3) 当运行在 Microsoft Windows NT 操作系统下时要求:
  - MS-DOS3.0 或以上;
  - 与之兼容的鼠标器;
  - 12MB RAM(推荐 16 MB RAM)。
- (4) 程序运行时, 将建立临时性文件, 该文件占硬盘空间的默认规模大小是 20MB, 当文件达到其最大限度的规模时, 可以选择:
  - 停止仿真;
  - 放弃已有的数据, 继续进行仿真;
  - 系统要求提供更大的磁盘空间。

## 1.4 软件安装

Electronics Workbench 5.0 的安装, 是基于 Windows 的操作界面之下, 至于安装源盘是软盘还是 CD 光盘、操作系统是 Windows 98 还是 Windows 95, 其安装情况略有差异, 但基本步骤大致相同。下面介绍的是以安装源盘为光盘, 在 Windows 95 操作系统下的安装步骤, 要求用户已具备 PC 机和 Windows 的基本操作知识, 否则, 请事先参阅有关手册。

具体安装步骤如下:

(1) 启动 Windows98, 按屏幕左下角的“开始”按钮, 将鼠标指向“设置”, 而后单击“控制面板”项。将鼠标指向“添加/删除程序”图标, 单击该图标出现对话框, 选择“安装”, 即可以把软件从光驱安装到计算机的硬盘中。

(2) 根据源盘所在位置, 选定驱动器, 将安装光盘插入光驱, 找到安装盘的启动文件 setup.exe, 并运行该文件。

(3) 根据屏幕提示信息安装: 确定程序安装位置、工作目录、输入用户信息和序列号, 由于 Electronics Workbench 5.0 版本的软件带有“硬件狗”, 在进行软件安装和运行时, 必须把它安装在计算机的并行输出接口上。

(4) 选择安装硬盘位置时, 应考虑磁盘空间是否能满足程序运行时, 临时性文件所要求的磁盘空间大小。

程序安装时的界面见图 1.4-1 所示, 安装完毕, 启动 Workbench 图标后, 其工作界面如图 1.4-2 所示。

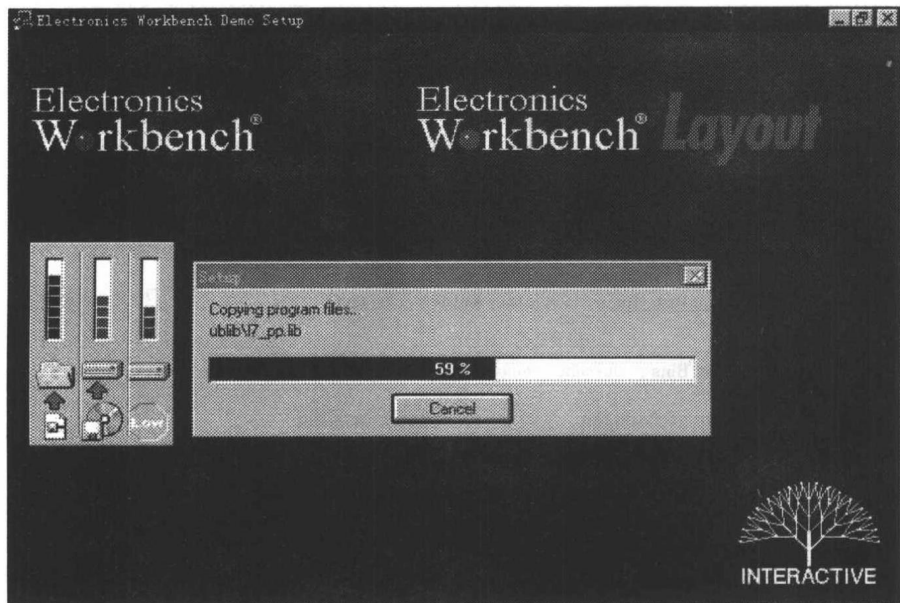


图 1.4-1 Workbench 安装界面

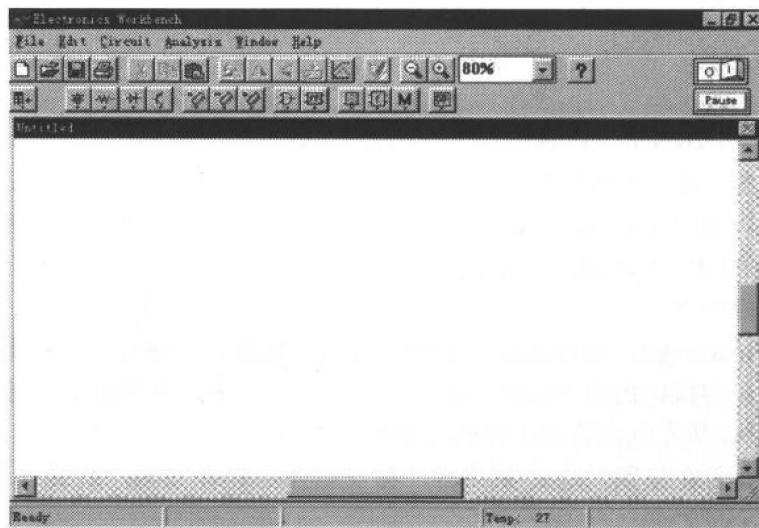


图 1.4-2 Workbench 工作界面

## 1.5 帮助功能的使用

使用者可以通过使用帮助系统来查询有关信息。进入帮助系统有两种基本方法：一个是从 **Help** 下拉菜单选择相应的命令；另一个是选中你所想要查询的元器件，然后再按 **F1** 键。

在帮助系统中，使用者几乎可以找到任何信息，但必须知道想找什么。它包含提供了大量的信息，无论对新手还是对熟练的使用者都非常有价值。这些文件列出了每个元器件的属性和相关细节。使用者可以通过“目录”窗口(见图 1.5-1)选择一个帮助主题，或者通过“索引”窗口(见图 1.5-2)根据关键字查找帮助主题。

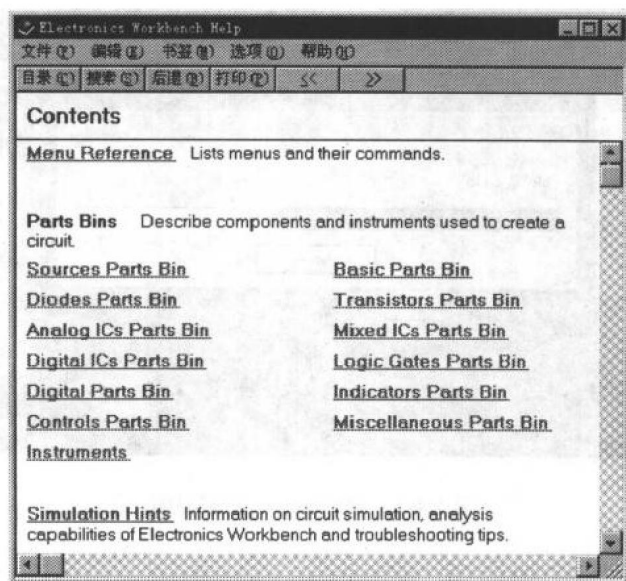


图 1.5-1 目录窗口

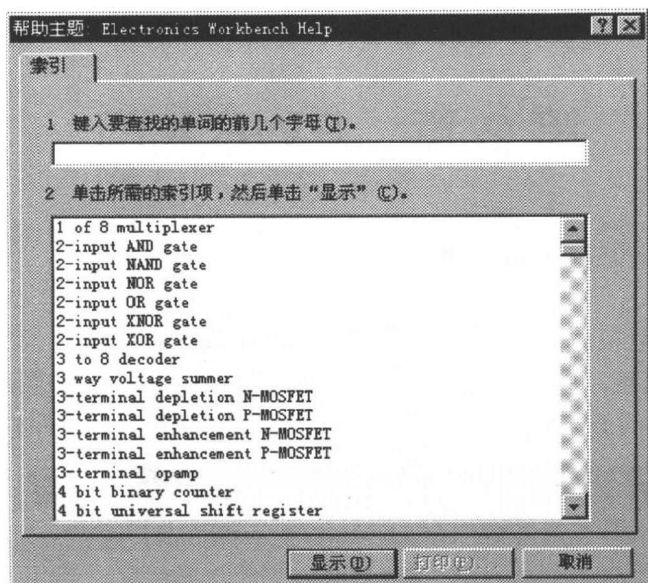


图 1.5-2 索引窗口

## 第 2 章 EWB入门

### 2.1 创建第一个EWB电路

下面以一个共发射极放大器为例，介绍创建电路原理图的步骤。

- (1) 启动 EWB 电路。从 Workbench 的目录中，选择.exe 文件，如图 2.1-1 所示。出现如图 2.1-2 所示的 EWB 界面窗口（包括工具栏、菜单栏、元器件栏、电路窗口等）。



图 2.1-1 启动电路时 Workbench 目录下的所有文件

- (2) 从元器件栏里，把被选的器件拉到电路窗口，图 2.1-3 到 2.1-8 所示的如何选择晶体管 and 电阻。先用鼠标点一下晶体管（或电阻）所在的器件库图标，在图标下方会弹出一个图标菜单（里面包括该库所包含的各种器件的图标），在该菜单里，对着所要选择的器件按下鼠标左键，然后拖动鼠标至电路窗口才释放左键，这时一个晶体管（或电阻）将出现在电路窗口。

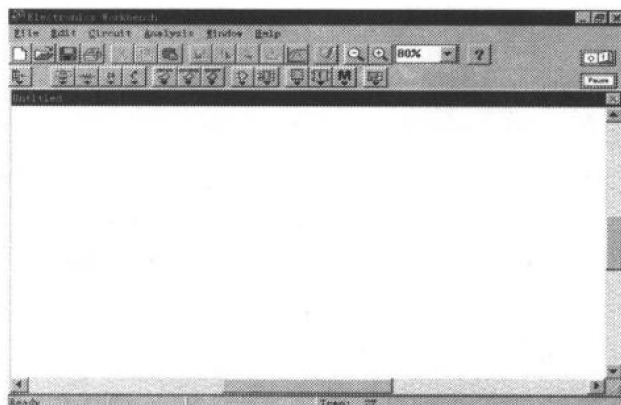


图 2.1-2 Workbench 启动后出现的界面

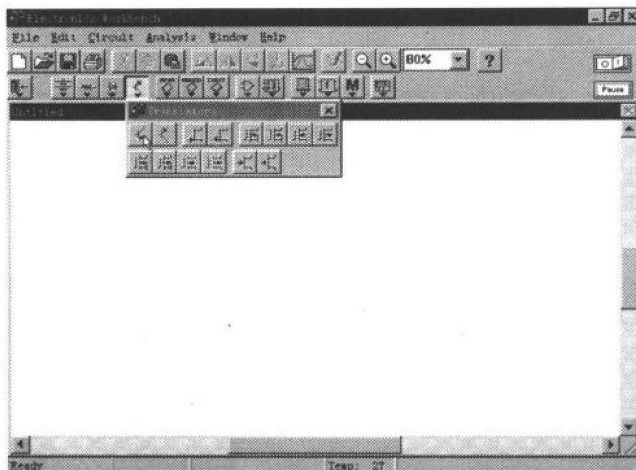


图 2.1-3 选定晶体管器件库 (Transistors)

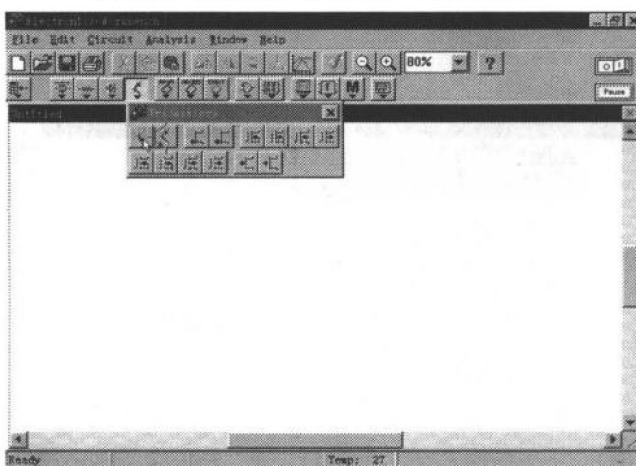


图 2.1-4 拖动鼠标选择晶体管

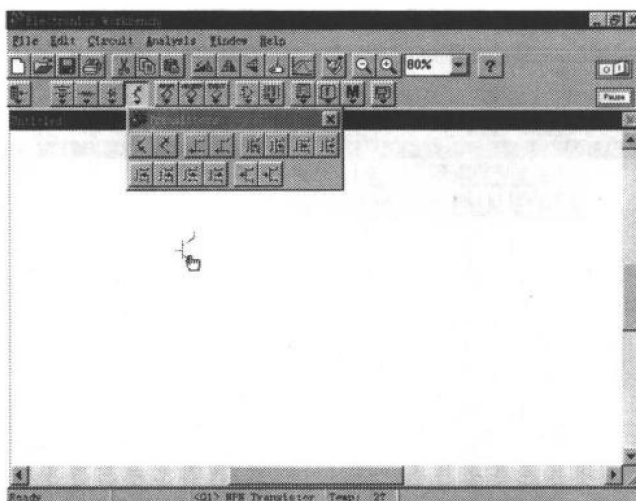


图 2.1-5 选定晶体管

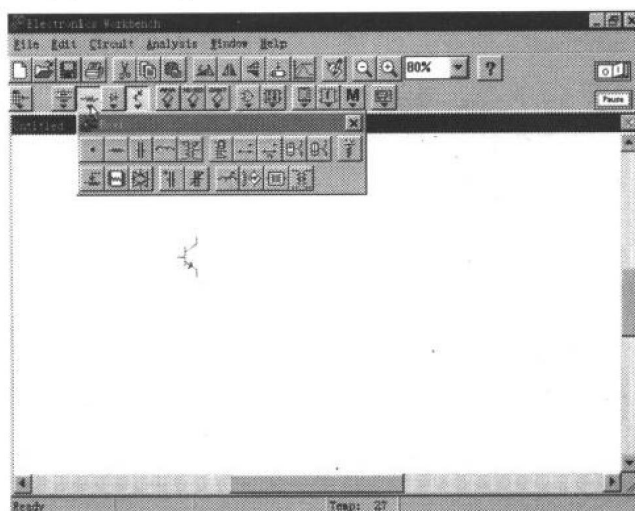


图 2.1-6 选定基本器件库 (Basic)

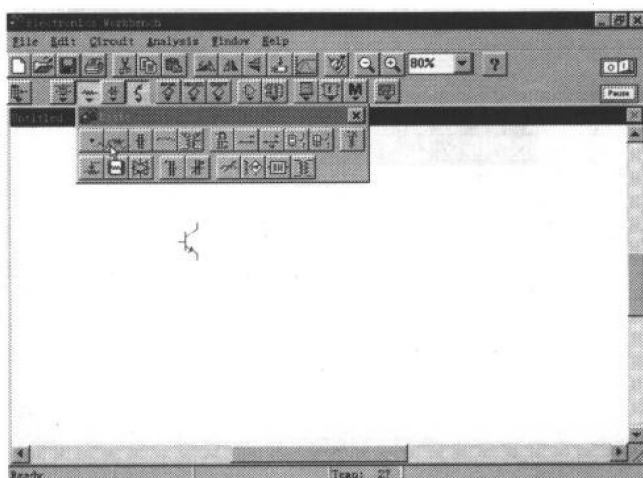


图 2.1-7 拖动鼠标选择电阻

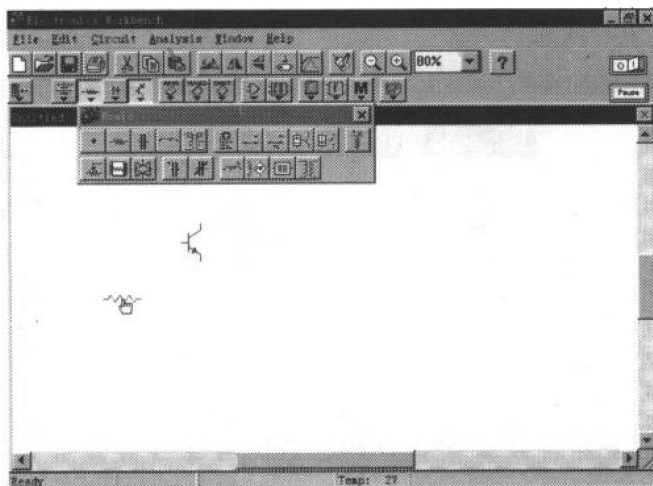


图 2.1-8 选定电阻



如果电阻需要垂直放置,可以在已选定该器件的情况下,用鼠标点工具栏的旋转图标,把电阻改变为垂直放置,如图 2.1-9 所示。同理,其余器件也如此选择,如图 2.1-10 所示。

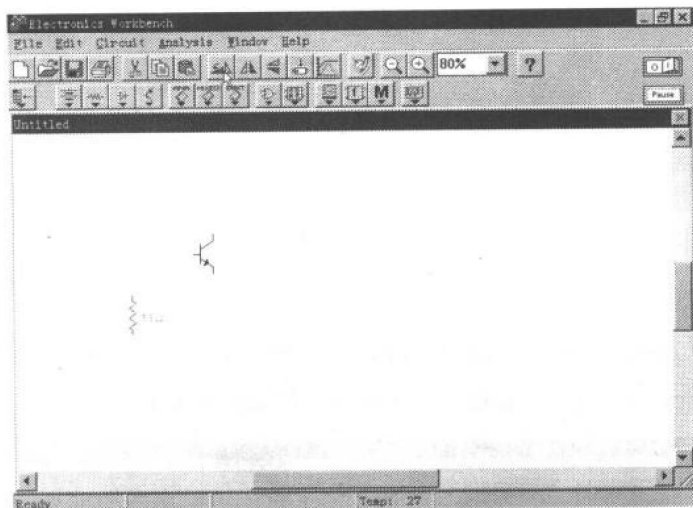


图 2.1-9 图中电阻改为垂直放置

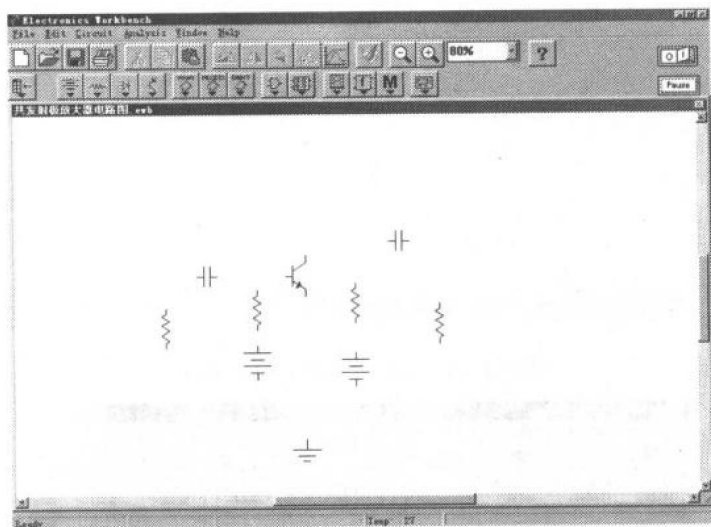


图 2.1-10 器件的选择

(3) 按照电路图排列好各元件的相对位置并对元器件进行连线,如图2.1-11至图2.1-12所示。把鼠标指在器件的某一连接端口出现小黑点(表示已连上了该器件),按住鼠标的左键把线拉向另一器件的端口,而另一器件的端口同样出现小黑点时,放松左键,这时就可以成功地把两个器件连起来。

同理,其他的器件也按照上面的方法一一相连。如图 2.1-13 所示。

(4) 在电路的输入和输出端分别接入电源和示波器(或其他测试仪器),取出过程如图 2.1-14 和图 2.1-15 所示,设置连至示波器输出端的导线颜色为红色,这可以使示波器显示该路波形的颜色也为红色。这种方法常用来区别两路不同的波形,如图 2.1-16 所示。

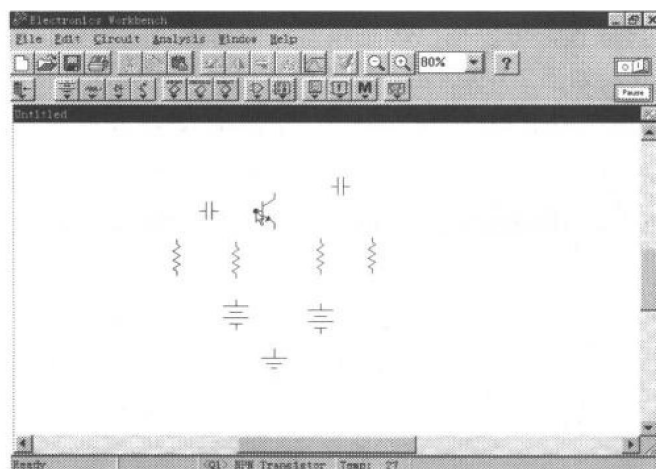


图 2.1-11 鼠标点在图中的晶体管基极并出现小黑点

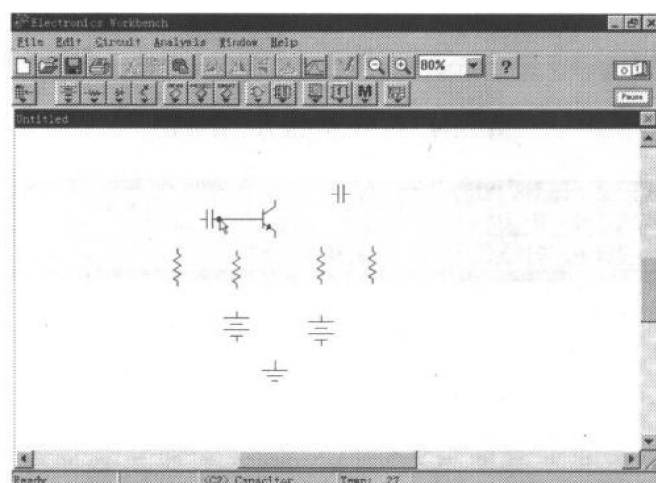


图 2.1-12 晶体管基极和电容连上

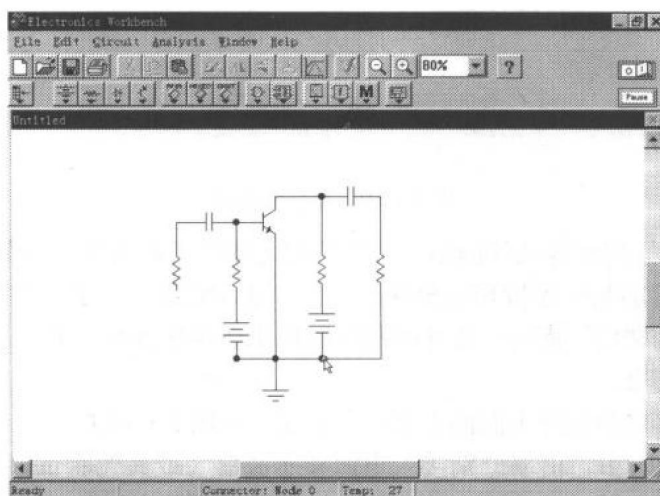


图 2.1-13 器件相连