



电子技术 仿真实验教程

dianzijishufangzhenshiyanjiaocheng

主编 段新文

青海人民出版社

青海师范大学资助出版教材

电子技术仿真实验教程

主 编:段新文

副主编:李银轮 郭海青 万存忠

青海人民出版社

电子技术仿真实验教程

段新文 主编

出版 青海人民出版社(西宁市同仁路10号)
发行 邮政编码 810001 电话 6143426(总编室)
发行部:(0971)6143516 6123221
印刷:青海日报社印刷厂
经销:新华书店
开本:787mm×960mm 1/16
印张:18.75
字数:30万
版次:2005年6月第1版
印次:2005年6月第1次印刷
印数:1-1000
书号:ISBN 7-225-02691-7/G·1101
定价:28.00元

版权所有 翻印必究

(书中如有缺页、错页及倒装请与工厂联系)

电子技术仿真实验教程

本书是一本基于 EWB 仿真软件的电子技术仿真实验教程,按总学时 60 学时左右编写,全书共分为二个部分、九章内容。第一部分“EWB 的使用”包括 Electronics Workbench 简介、EWB 元器件库的使用、虚拟仪器使用与电路分析方法、仿真实验举例四章内容;第二部分“EWB 仿真实验”共安排了电路分析实验、模拟电路仿真实验、数字电路仿真实验、高频电子线路仿真实验、综合性设计性仿真实验 5 章内容,共优选了 53 个有代表性的基础性的实验,9 个综合性设计性实验。

本书适用于高等师范院校、理工科大学物理、电子信息、计算机类本科及研究生教育等相关专业,亦可作为从事系统研究、设计的工程技术人员的参考书,是一本适应面较宽的仿真实验教程。

前言

本书是一本基于 EWB 仿真软件的电子技术实验教材,在编写本教程时参考了现行高等师范院校和理工科院校相关专业的电子技术基础课程教学大纲所规定的教学内容。考虑到这些由教育部颁布的教学大纲从制定至今已有多年,这期间电子技术得到了日新月异的发展,因此,编写中在保证基础性、科学性的前提下,更力求体现先进性、实用性和可操作性。

EWB 是 Electronics Workbench 的简称,是基于 PC 平台的电子设计软件,由加拿大 Interactive Image Technologies Ltd 公司研制开发。该软件是 EDA 系统中公认的、优秀的电路仿真软件。利用 EWB 能对模拟电子技术、数字电子技术、高频电路、电路分析等课程进行虚拟实验,并且能开设实际无法或不便进行的实验内容,例如观测元件或器件开路、短路、漏电和过载等非正常情况的影响或后果等。

EWB 具有丰富的操作界面,它向使用者提供了一体化设计环境,可将原理图编辑、SPICE(Simulation Program With Integrated Circuit Emphasis)仿真和波形分析、仿真电路的在线修改、选用虚拟仪器仪表、13 种电路特性分析输出结果以及编写相关的文字资料等操作在一个集成系统中完成。EWB 能自动插入信号转换界面,支持多级层次化元件的嵌套,对电路的大小和复杂程度没有限制。只要提供原理图网表和输入信号,打开仿真开关就会将仿真结果输出。EWB 软件仿真实验不受仪器仪表及元器件的限制,只要有计算机就可以进行仿真实验,提高了实验效率,增加了实验的深度和广度。在大力推广素质教育的今天,学习、掌握 EWB 仿真软件,会极大地推动电子技术实验教学的改革进程。

本教材按总学时 60 学时左右编写, 全书共分为二个部分, 九章内容。第一部分“EWB 的使用”包括 Electronics Workbench 简介、EWB 元器件库的使用、虚拟仪器使用与电路分析方法、仿真实验举例四章内容; 第二部分“EWB 仿真实验”共安排了电路分析实验、模拟电路仿真实验、数字电路仿真实验、高频电子线路仿真实验、综合性设计性仿真实验 5 章内容, 共优选了 53 个有代表性的基础性的实验, 9 个综合性设计性实验。

参加本书编写工作的同志有郭海青(第一章、第二章、第三章、第八章、第九章); 万存忠(第四章、第五章); 李银轮(第六章); 段新文(第七章)。由段新文同志担任主编, 负责全书的组织和定稿。

本书适用于高等师范院校、理工科大学物理、电子信息、计算机类本科及研究生教育等相关专业, 亦可作为从事系统研究、设计的工程技术人员的参考书, 是一本适应面较宽的仿真实验教程。

由于编者的水平有限, 加之时间比较仓促, 书中难免会有许多缺点和错误, 恳切希望使用本书的广大教师和读者批评指正。

编 者

2005 年 3 月 6 日

目 录

第一部分 EWB 的使用

第一章 Electronics Workbench 简介	1
1.1 EWB 概述与特点	1
1.2 EWB 的工作界面	2
第二章 EWB 元器件库的使用	12
2.1 元器件的操作	12
2.2 常用元器件的参数设置	15
第三章 虚拟仪器使用与电路分析方法	36
3.1 虚拟仪器的使用	36
3.2 EWB 电路分析方法	44
第四章 仿真实验举例	49
实例一 晶体三极管放大电路特性研究	49
实例二 四人表决器设计	52
实例三 四位数码寄存器	54

第二部分 EWB 仿真实验

第五章 电路分析仿真实验	56
实验一 各种指示器电路仿真实验	56
实验二 直流电路欧姆定律	58
实验三 基尔霍夫定律和叠加定理	60
实验四 电压源外特性与戴维南定理	63
实验五 电压源与电流源的等效变换	66
实验六 受控源的实验验证	68
实验七 一阶电路的暂态特性	73
实验八 二阶动态电路响应	79

实验九 RLC 串联谐振电路	81
实验十 双端口网络的测试	87
实验十一 RC 选频网络特性测试	91
实验十二 用惠斯通电桥测电阻	95
实验十三 三相负载电路的连接与测量	98
第六章 模拟电路仿真实验	103
实验一 二极管参数测试仿真实验	103
实验二 单相整流和电容滤波电路	106
实验三 单管基本放大电路性能的研究	109
实验四 场效应管放大电路	116
实验五 射极跟随器性能测试	122
实验六 负反馈放大电路器性能测试	126
实验七 OTL 功率放大电路性能测试	131
实验八 差动放大电路性能测试	135
实验九 集成运算放大器指标测试	140
实验十 集成运算放大器的基本应用(I)——模拟运算电路	147
实验十一 集成运算放大器的基本应用(II)——有源滤波器	152
实验十二 集成运算放大器的基本应用(III)——电压比较器	157
实验十三 集成运算放大器的基本应用(IV)——波形发生器	162
实验十四 RC 正弦波振荡器	168
实验十五 压控振荡器	174
实验十六 串联型晶体管稳压电源	176
实验十七 调谐放大器	183
第七章 数字电路仿真实验	187
实验一 晶体管开关特性、限幅器与钳位器	187
实验二 分立元件门电路仿真实验	193
实验三 TTL 集成逻辑门的逻辑功能与参数测定	197
实验四 组合逻辑电路设计与分析	201
实验五 组合逻辑电路——半加器	204
实验六 组合逻辑电路——全加器	206
实验七 组合逻辑电路——编码器	211
实验八 组合逻辑电路——译码器	215
实验九 组合逻辑电路——数据选择器	218

实验十 组合逻辑电路应用——用译码器和数据选择器实现 逻辑函数	221
实验十一 竞争冒险电路仿真实验	225
实验十二 触发器——JK 触发器	229
实验十三 触发器——D 触发器	233
实验十四 同步二进制加法计数器	237
实验十五 异步十进制加法计数器	241
实验十六 施密特触发器的电压传输特性及其应用	244
实验十七 555 定时器——多谐振荡器	248
第八章 高频电子线路仿真实验	253
实验一 并联谐振电路性能研究	253
实验二 高频小信号调谐放大器	257
实验三 电感三点式 LC 振荡器	259
实验四 电容三点式 LC 振荡器	261
实验五 振幅调制器（利用乘法器）	266
实验六 调幅波信号的解调	270
第九章 综合性、设计性仿真实验	276
实验一 串联型晶体管直流稳压电源	276
实验二 阶梯波发生器	277
实验三 函数信号发生器	278
实验四 电阻元件分档器	280
实验五 不同数列数字显示电路	281
实验六 交通灯控制器	282
实验七 四位数字频率计	284
实验八 整点报时数字显示电子钟	285
实验九 稳压管稳压值数显式测量仪	287
参考文献	289

第一部分 EWB 的使用

第一章 Electronics Workbench 简介

1.1 EWB 概述与特点

一、EWB 概述

电子设计自动化 (Electronic Design Automation, 简称 EDA) 技术是近代电子信息领域发展起来的杰出成果。EDA 包括电子工程设计的全过程, 如系统结构模拟、电路特性分析、绘制电路图和制作 PCB (印刷电路板), 其中结构模拟、电路特性分析称之为 EDA 仿真。目前著名的仿真软件 SPICE (Simulation Program With Integrated Circuit Emphasis) 是由美国加州大学伯克利分校于 1972 年首先推出的, 经过多年的完善, 已发展成为国际公认的最成熟的电路仿真软件, 当今流行的各种 EDA 软件, 如 PSPICE、orCAD、Electronics Workbench 等都是基于 SPICE 开发的。

Electronics Workbench(简称 EWB)是加拿大 Interactive Image Technologies Led 公司于 1988 年推出的, 它以 SPICE3F5 为模拟软件的核心, 并增强了数字及混合信号模拟方面的功能, 是一个用于电子电路仿真的“虚拟电子工作台”, 是目前高校在电子技术教学中应用最广泛的一种电路仿真软件。

EWB 软件界面形象直观, 操作方便, 采用图形方式创建电路和提供交互式仿真过程。创建电路需要的元器件、电路仿真需要的测试仪器均可直接从屏幕中选取, 且元器件和仪器的图形与实物外型非常相似, 因此极易学习和操作。EWB 软件提供电路设计和性能仿真所需的数千种元器件和各种元器件的理想参数, 同时用户还可以根据需要新建或扩充元器件库。它提供直流、交流、暂态的 13 种分析功能。另外, 它可以对被仿真电路中的元器件设置各种故障, 如开路、短路和不同程度的漏电, 以观察不同故障情况下电路的状态。EWB 软件输出方式灵活, 在仿真的同时它可以储存测试点的所有数据, 列出被仿真电路的所有元器件清单, 显示波形和具体数据等。由于它所具有的这些特点, 非常适合做电子技术的仿真实验。

二、EWB 特点

1. 集成化工具

一体化设计环境可将原理图编辑、SPICE 仿真和波形分析、仿真电路的在线修改、选用虚拟仪器仪表、借助 13 种工具分析输出结果以及编写相关的文字资料等操作在一个集成系统中完成。

2. 仿真器

交互式 32 位 SPICE 支持模拟、数字和数 / 模混合等元器件。自动插入信号转换界面, 支持多级层次化元件的嵌套, 对电路的大小和复杂没有限制。只要提供原理图网表和输入信号, 打开仿真开关就会将仿真结果输出。

3. 原理图输入

鼠标点选电路中的某元素, 既可对它进行设置、编辑和修改, 又可方便随意地在界面上移动, 点到点自动连线, 手工调整元器件时自动重排线路, 自动分配元器件的参考编号, 对原理图尺寸大小没有限制等。

4. 分析

虚拟测试设备能提供快捷、简单的分析。主要包括直流工作点、瞬态、交流频率扫描、付里叶、噪声、失真度、参数扫描、零极点、传递函数、直流灵敏度、交流灵敏度、最差情况、蒙特卡洛法等 13 种分析工具, 可以在线显示图形并具有很大的灵活性。

5. 接口

标准的 SPICE 网表, 既可以输入其他 CAD 生成的 SPICE 网络连接表 (扩展名为 .NET、.CIR) 形成原理图供 EWB 使用。也可以将原理图 (扩展名为 .NET、.SCR 等) 输出到其他 PCB 工具中直接制作线路板。

由以上 EWB 的特点不难看出, 软件仿真实验不受仪器仪表及元器件的限制, 只要有计算机就可以进行仿真实验。使学生脱离规定实验项目的限制, 提高实验效率, 增加实验的深度和广度, 充分发挥他们的主观能动性和创造性, 既可以实现硬件电路实验功能, 又能为课程设计和毕业设计提供电路的仿真。

1.2 EWB 的工作界面

一、EWB 的主窗口

启动 EWB 可以看到如图 1.2.1 所示的主窗口, 它由菜单栏、工具栏、元器件库区、电路设计区、电路描述窗口、状态栏和暂停按钮、启动/停止开关组成。从图中可以看到, EWB 模仿了一个实际的电子工作台, 其中最大的区域是电路设计区, 在这里可进行电路的创建、测试和分析。在电路描述窗口中, 可键入文本以描述电路。“O/T”和“Pause”用于控制电路仿真与否。状态栏显示鼠标所指处元件或仪表的名称, 在仿真时, 显示仿真中的现状以及分析所需的时间, 此时间不是实际的 CPU 运行时间。

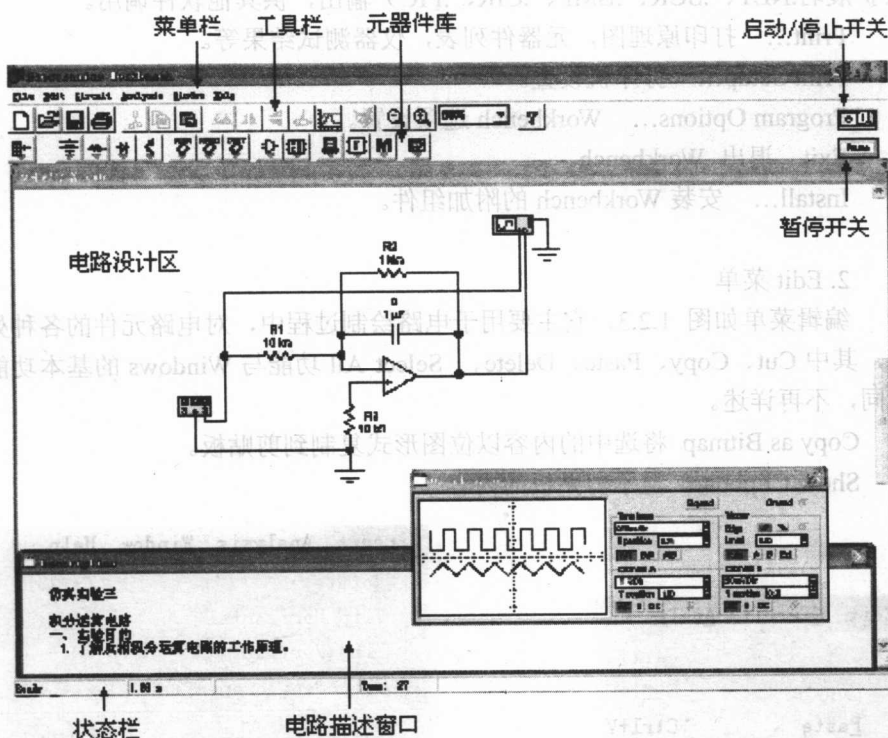


图 1.2.1 Electronics Workbench 主窗口

二、菜单栏

1. File 菜单

文件菜单如图 1.2.2，它主要用于管理 Workbench 所创建的电路和文件。

New 刷新工作区，准备创建新电路文件。

Open... 打开已有的电路文件。

Save 以现有的文件名保存电路文件。

Save As... 改名保存电路文件。

Revert to Saved... 恢复电路为最后一次保存时的状态。

Import... 输入其他软件形成的 Spice 网表文件（文件扩展名为.NET 或.CIR）并生成原理图。

Export... 将当前电路文件以 Spice 网表文件

File	Edit	Circuit	Analysis
New			Ctrl+N
Open...			Ctrl+O
Save			Ctrl+S
Save As...			
Import...			
Export...			
Print...			Ctrl+P
Print Setup...			
Program Options...			
Exit			Alt+F4
Install...			

图 1.2.2 文件菜单

(扩展名.NET、.SCR、.BMP、.CIR、.PIC) 输出, 供其他软件调用。

Print... 打印原理图, 元器件列表, 仪器测试结果等。

Print Setup... 打印机设置。

Program Options... Workbench 选项设置。

Exit 退出 Workbench。

Install... 安装 Workbench 的附加组件。

2. Edit 菜单

编辑菜单如图 1.2.3, 它主要用于电路绘制过程中, 对电路元件的各种处理, 其中 Cut、Copy、Paste、Delete、Select All 功能与 Windows 的基本功能相同, 不再详述。

Copy as Bitmap 将选中的内容以位图形式复制到剪贴板。

Show Clipboard 显示剪贴板的内容。

Edit	Circuit	Analysis
Cut		Ctrl+X
Copy		Ctrl+C
Paste		Ctrl+V
Delete		Del
Select All		Ctrl+A
Copy as Bitmap		
Show Clipboard		

图 1.2.3 编辑菜单

Circuit	Analysis	Window	Help
Rotate			Ctrl+R
Flip Horizontal			
Flip Vertical			
Component Properties...			
Create Subcircuit...			Ctrl+B
Zoom In			Ctrl++
Zoom Out			Ctrl+-
Schematic Options...			
Restrictions...			Ctrl+I

图 1.2.4 电路菜单

3. Circuit 菜单

电路菜单如图 1.2.4, 它主要用于电路图的创建和仿真。

Rotate 将选定的元器件顺时针旋转 90 度。

Flip Horizontal 将选定的元器件水平翻转。

Flip Vertical 将选定的元器件垂直翻转。

Component Properties... 显示选定元件的属性窗口, 以便于修改元件参数。

Create Subcircuit... 创建子电路。

Zoom In 将工作区内的电路放大显示。

Zoom Out 将工作区内的电路缩小显示。

Schematic Options 设置电路图选项。在选择设置对话框中, 选择栅格、标号等是否显示。

Restrictions... 有关电路和分析的一些限制。

4. Analysis 菜单

分析菜单如图 1.2.5, 它主要用于对电路的分析方式和过程进行控制。

Activate 激活, 开始仿真。

Pause 暂停仿真。

Stop 停止仿真。

Analysis Options... 有关电路分析的选项, 一般选用默认值。

DC Operating Point 直流工作点。分析显示直流工作点结果。

AC Frequency 交流频率分析。分析电路的频率特性。

Transient 瞬态分析, 即时域分析。

Fourier 傅立叶分析。分析时域信号的直流、基波、谐波分量。

Noise 噪声分析。分析电阻或晶体管的噪声对电路的影响。

Distortion 失真分析。分析电子电路中的谐波失真和内部调制失真。

Parameter Sweep 参数扫描分析。分析某元件的参数变化对电路的影响。

Temperature Sweep 温度扫描分析。分析不同温度条件下的电路特性。

Pole-Zero 极零点分析。分析电路中的极点、零点数目及数值。

Transfer Function 传递函数。分析源和输出变量之间的直流小信号传递函数。

Sensitivity 灵敏度分析。分析节点电压和支路电流对电路元件参数的灵敏度。

Worst Case 最坏情况分析。分析电路特性变坏的最坏可能性。

Monte Carlo 蒙特卡罗分析。分析电路中元件参数在误差范围变化时对电路特性的影响。

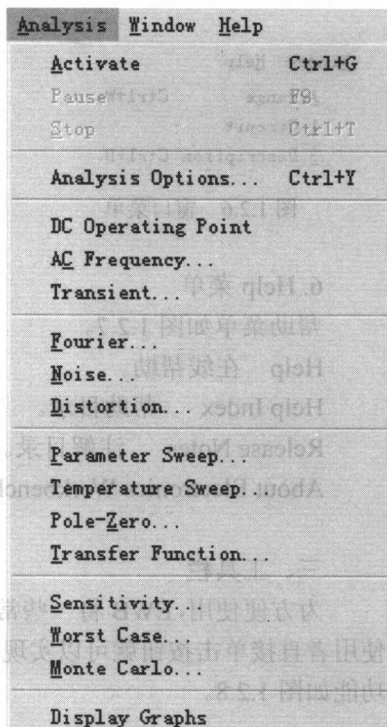


图 1.2.5 分析菜单

Display Graphs 显示各种分析结果。

5. Window 菜单

窗口菜单如图 1.2.6, 它主要用于屏幕上显示窗口的安排。

Arrange 重排窗口内容。

Circuit 显示电路窗口内容。

Description 显示描述窗口内容。

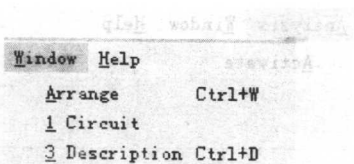


图 1.2.6 窗口菜单

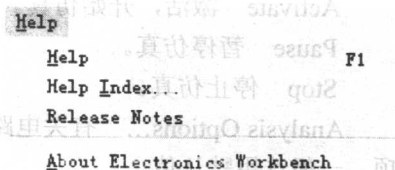


图 1.2.7 帮助菜单

6. Help 菜单

帮助菜单如图 1.2.7。

Help 在线帮助。

Help Index 帮助目录。

Release Notes 注解目录。

About Electronics Workbench 版本说明。

三、工具栏

为方便使用, EWB 将一些常用的命令以图标按钮的形式组成常用工具栏, 使用者直接单击按钮就可以实现相应的操作。EWB 的工具栏各按钮的名称和功能如图 1.2.8。

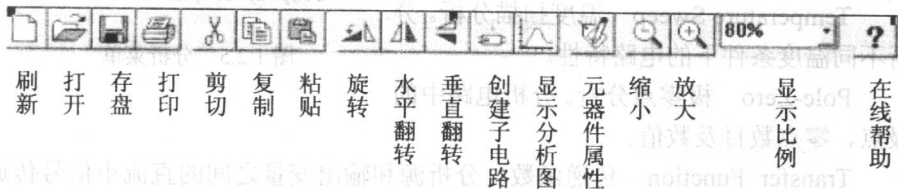


图 1.2.8 工具栏常用按钮

四、元器件库

EWB 的元器件库提供了非常丰富的元器件和各种常用测试仪器, 设计电路时, 只要单击所需元器件库的图标即可打开该库。元器件库如图 1.2.9, 各库的子库如图 1.2.10 至图 1.2.22。



图 1.2.9 元器件库

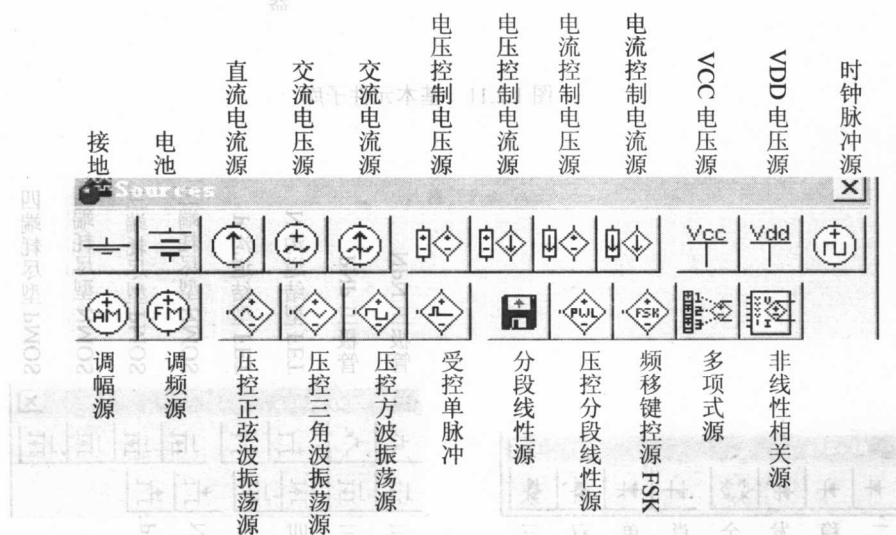


图 1.2.10 信号源子库

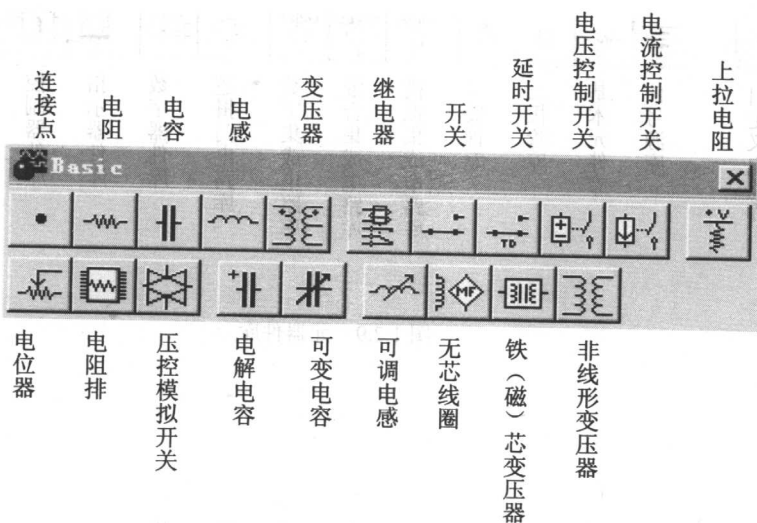


图 1.2.11 基本元件子库

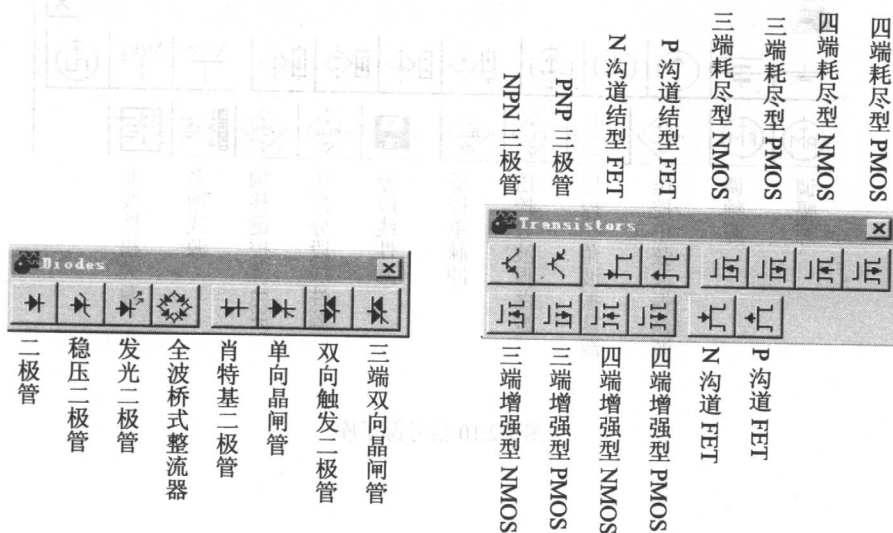


图 1.2.12 二级管子库

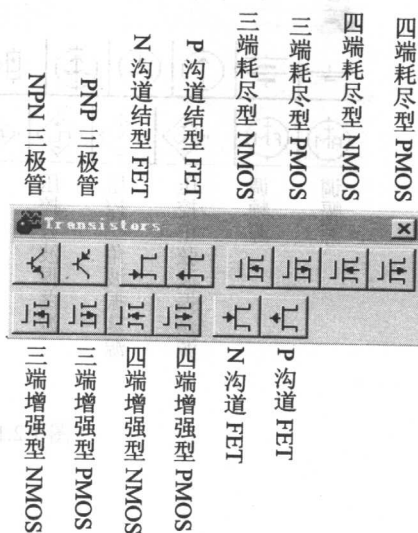


图 1.2.13 三级管子库