

彭华林 李仁发 欧青立 湛令梅 编著

new

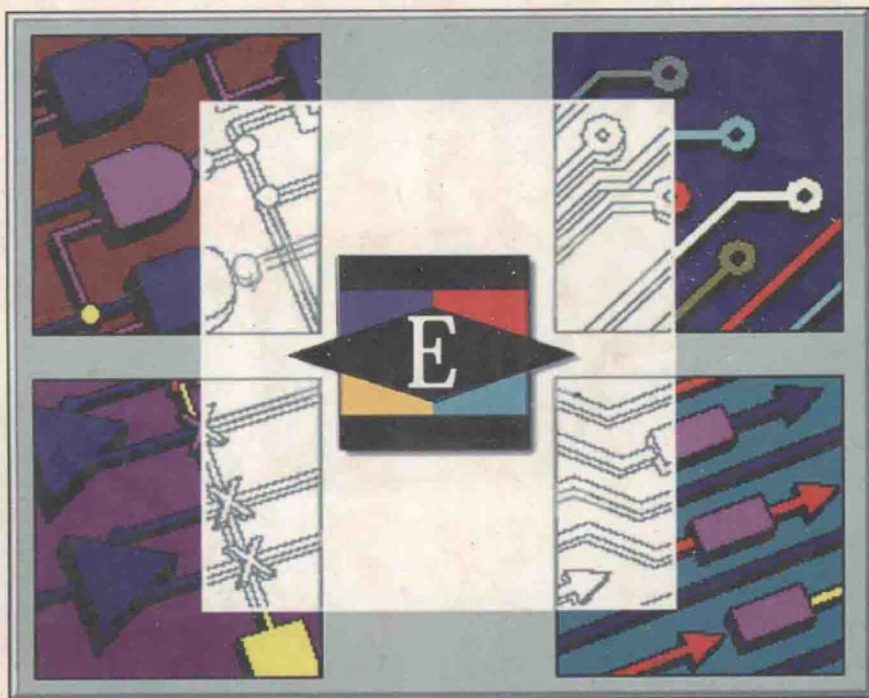
虚拟

电子实验平台

应用技术

ELECTRONICS

WORKBENCH



湖南科学技术出版社

虚拟电子实验平台应用技术

彭华林 李仁发 欧青立 湛令梅 编著

湖南科学技术出版社

虚拟电子实验平台应用技术

编 著 者:彭华林 李仁发 欧青立 谌令梅

责任编辑:黄翠云

出版发行:湖南科学技术出版社

社 址:长沙市展览馆路 66 号

<http://www.hnstp.com>

邮购联系:服务一部 4441720

印 刷:长沙市湘诚彩印制品复膜厂

(印装质量问题请直接与本厂联系)

厂 址:长沙市湘雅路 349 号

邮 编:410008

出版日期:1999 年 5 月第 1 版第 1 次

开 本:787mm × 1092mm 1/16

印 张:15.5

字 数:381000

印 数:1 ~ 3000

书 号:ISBN 7-5357-2661-5/TM · 32

定 价:24.80 元

(版权所有 翻印必究)

内 容 简 介

虚拟实验室是电子实验、测试、设计概念与手段的变革。虚拟现实软件 Electronics Workbench 基于“虚拟仪器”、“虚拟元器件”在计算机上实现电子实验、测试与设计自动化 (EDA)。该软件具有良好的可操作性和实用性,是电子类课程实践教学、电子工程设计的现代化手段。本书以 Electronics Workbench 为平台,介绍了虚拟实验室电子设计与测试的基本方法与技巧,提供了电工、电路、模拟电路、数字电路及计算机组成原理等虚拟化实验与设计测试实例。

本书可作为电气信息类各专业电路与电子及计算机组成原理实验和实践的教材,以及作为非电类专业电工实验的教材,也可以作为 EDA 技术培训教材,同时也可供从事电子产品设计的工程技术人员参考。

前言

虚拟实验室，是基于虚拟原型技术的计算机虚拟实验室，虚拟电子工作台属于虚拟实验室中的一类。其基本思想是用软件的方法虚拟电子与电工元器件，虚拟电子与电工仪器和仪表，即实现“软件即仪器”、“软件即元器件”。这是当今计算机技术飞速发展的必然结果，是人们从事电子与电工实验研究、实现电子设计自动化(EDA)的一次新的飞跃。

从高等工程教育的角度来看，培养学生实践动手能力和设计创新能力，是实验室的核心目标。但什么是实践动手能力？什么是工程界所要求的设计创新能力？这些概念由于高新技术的发展正在发生深刻的变化。过去那种以人工设计、焊接、安装，然后利用示波器等仪器进行测试为主的所谓动手能力的培养，已经无法适应当代电子系统的要求，因为一个稍微复杂的数字系统的分析，即便是使用最先进的逻辑分析仪也是难以完成的。

现代电子系统的设计与分析，只能是运用EDA技术。应当是在分布式网络环境下，在EDA平台上进行设计、下载、综合、仿真，然后在实际条件下进行测试，否则很难说得上设计与分析。

从实际意义上来说，在高等工程教育中采用虚拟的电子与电工实验室，可以从根本上解决长期困扰并暂时还看不到解决希望的高校问题——实验与实习经费严重短缺。因此我们可以肯定的说，虚拟电子与电工实验室将会在国内高校迅速推广，而发达国家在这方面已先行我们一步。

基于虚拟实验室的电类实验与实践教学，有其独特的效果，与传统的方式相比，有以下显著的特点：

1. **功能全** 由于仪器全，元器件全，因而可实现传统方式无法达到的功能。如复杂数字系统的逻辑分析，由于逻辑分析仪价格昂贵，使用复杂，一般来说，国内院校几乎不能为学生提供使用的机会，而在虚拟实验室里则是轻而易举之事。

2. **成本低** 因为实现了“软件即仪器”、“软件即元器件”，所以从根本上解决了因经费短缺、使用不当、管理不善等诸多原因对实验和实践的严重制约。

3. **效率高** 实践证明可以提高数倍的效率，且系统易学易用，便于自学。

4. **效果好** 由于有丰富的元器件和仪器仪表，从根本上克服了由于实验室的仪器仪表在品种、规格、数量上的限制，可以实现验证型、测试型、设计型、纠错型、创新型等多种的实验和实践。

5. **工程实用性强** 由于系统模型科学、准确，虚拟的结果满足工程要求，因而是一种新的EDA技术。

本书采用Interactive Image Technologies LTD.公司推出的Electronics Workbench (以下简称EWB)作虚拟实验室的软件平台。EWB是近年来国际上著名的EDA软件平台，已在包括MIT、

斯坦福大学等世界一流大学和包括Intel、IBM等大公司在内的客户使用，全球客户已超过10万。但国内才刚刚开始，据我们掌握的资料，开展这方面的工作国内我们在先，这也是我们教学改革多年探索的一个收获。

全书分软件篇和应用篇。软件篇详细介绍EWB的使用方法；应用篇是我们在EWB上实现的各种电工、电路、模拟电子、数字电子、计算机组成原理等实验。这些实验均选自相关流行的教材。

本书作为电气信息类各专业电路与电子及计算机组成原理实验和实践的教材，以及作为非电类专业电工实验的教材，也可以作为EDA技术培训教材，同时也可以广大科技工作者的一本参考书，特别是对从事电子产品设计的工程技术人员。

本书的绝大部分工作是由彭华林副教授完成的。李仁发教授提出了基本思路并确定软件平台。欧青立、谌令梅两位副教授参加了编写工作。黄采伦工程师、李涛助教及教研室其他老师亦参加了部分工作和研讨。湘潭工学院自动化工程系96、97级同学使用过书中大部分内容并提出了不少有益的建议，在此一并致谢。

限于编著者的水平，加之这是一项新技术，书中难免有错，恳请读者不吝指正。

编著者

1999年1月

目 录

软 件 篇

——Electronics Workbench 操作使用指南

第一章 Electronics Workbench概述

1.1 虚拟电子工作台概述.....	1
1.2 Electronics Workbench (EWB) 功能概述.....	1
1.3 EWB软件的运行环境与安装.....	2

第二章 EWB 5.0 基本操作方法

2.1 Electronics Workbench V5.0 软件界面及窗口操作.....	4
2.1.1 Electronics Workbench V5.0 工作台面.....	4
2.1.2 Electronics Workbench V5.0 的工具栏.....	5
2.1.3 EWB5.0 的元器件及仪器库栏.....	6
2.1.4 窗口操作 (Window).....	13
2.2 文件操作 (File).....	14
2.2.1 通用文件操作.....	14
2.2.2 电路文件转换操作.....	15
2.3 编辑操作 (Edit).....	17
2.4 电路基本操作 (Circuit).....	18
2.4.1 电路基本操作.....	18
2.4.2 子电路的生成与使用.....	18
2.5 联机帮助操作 (Help).....	20

第三章 虚拟电子元件及操作使用

3.1 电路的组建与运行.....	22
3.1.1 元器件的操作.....	22
3.1.2 导线的操作.....	27
3.2 电子元件.....	30

3.2.1 信号源库 (Source).....	30
3.2.2 基本元件库 (Basic).....	32
3.2.3 二极管库 (Diode).....	34
3.2.4 三极管库 (Transistors).....	35
3.2.5 模拟集成电路库 (Analog ICs).....	35
3.2.6 混合集成电路库 (Mixed ICs).....	36
3.2.7 数字集成电路库 (Digital ICs).....	36
3.2.8 逻辑门电路库 (Logic Gates)	36
3.2.9 数字器件库 (Digital).....	37
3.2.10 指示器件库 (Indicators).....	37
3.2.11 控制部件库 (Controls).....	38
3.2.12 其它器件库 (Miscellaneous).....	39
3.3 元器件库和元器件的创建与删除.....	41

第四章 虚拟仪器仪表及使用操作方法

4.1 仪器仪表的基本操作.....	42
4.2 虚拟仪器仪表的使用.....	43
4.2.1 数字多用表 (Multimeter).....	43
4.2.2 电压表、电流表.....	44
4.2.3 函数信号发生器 (Function Generator)	45
4.2.4 示波器 (Oscilloscope).....	45
4.2.5 波特图仪 (Bode Plotter).....	48
4.3 数字仪器仪表的使用.....	50
4.3.1 字信号发生器 (Word Generator).....	50
4.3.2 逻辑分析仪的使用.....	52
4.3.3 逻辑转换仪的使用.....	54
4.4 电子电路仿真实验举例.....	55
4.4.1 模拟电路仿真实验举例.....	55
4.4.2 数字逻辑电路仿真实验举例.....	59

第五章 电路分析方法

5.1 电路分析的基本方法.....	61
5.1.1 电路仿真的基本原理.....	61
5.1.2 基本分析操作.....	62
5.1.3 直流工作点分析 (DC Operating Point).....	65

5.1.4 交流频率分析 (AC Frequency Analysis).....	65
5.1.5 瞬态分析 (Transient Analysis).....	67
5.1.6 傅里叶分析 (Fourier Analysis).....	68
5.1.7 噪声分析 (Noise Analysis).....	70
5.1.8 失真分析 (Distortion Analysis).....	72
5.1.9 仿真过程的收敛和分析失效问题.....	74
5.2 高级分析功能.....	76
5.2.1 参数扫描分析 (Parameter Sweep Analysis).....	76
5.2.2 温度扫描分析 (Temperature Sweep Analysis).....	77
5.2.3 零—极点分析 (Pole Zero Analysis).....	79
5.2.4 传递函数分析 (Transfer Function Analysis)	80
5.2.5 直流和交流灵敏度分析 (DC & AC Sensitivity Analysis)	81
5.2.6 蒙特卡罗分析 (Monte Carlo Analysis).....	83
5.2.7 最坏情况分析 (Worst Analysis).....	85
第六章 EWB4.0操作使用指南	
6.1 EWB4.0台面对象与操作界面.....	87
6.1.1 操作命令栏.....	87
6.1.2 仪器库区.....	88
6.1.3 元器件库区.....	88
6.1.4 分类元器件显示区.....	89
6.1.5 电路工作区和描述区.....	90
6.2 EWB4.0功能菜单与操作.....	90
6.2.1 文件命令 (File)	90
6.2.2 编辑命令 (Edit).....	93
6.2.3 电路命令 (Circuit).....	94
6.2.4 窗口命令 (Window).....	99
6.2.5 帮助命令 (Help).....	100
6.3 Workbench 4.0元器件库.....	101
6.4 仿真实例电路简介.....	101

应用篇

——电子电路设计和测试实例

第七章 电路实验

7.1 戴维南定理.....	102
7.2 叠加定理.....	104
7.3 一阶线性电路的过渡过程.....	105
7.4 二阶电路响应的测量	109
7.5 单相交流串联电路.....	111
7.6 单相交流并联电路.....	114
7.7 三相交流电路.....	115
7.8 受控源电路的研究.....	118

第八章 模拟电子电路实验

8.1 基础实验.....	120
8.1.1 单管交流放大器.....	120
8.1.2 场效应管源极输出器.....	124
8.1.3 多级放大器.....	125
8.1.4 负反馈放大器.....	128
8.1.5 差动放大器.....	130
8.1.6 互补对称功率放大器.....	133
8.1.7 集成运算放大器线性应用.....	136
8.1.8 方波-三角波发生器.....	139
8.1.9 正弦波振荡电路.....	141
8.1.10 直流稳压电源.....	143
8.2 滤波器电路设计与电路实验.....	148
8.2.1 低通滤波器.....	148
8.2.2 高通滤波器.....	151
8.2.3 带通滤波器.....	152
8.2.4 带阻滤波器.....	154

8.3 综合性实验.....	156
8.3.1 扩音机电路.....	156

第九章 数字逻辑电路实验

9.1 基础实验.....	161
9.1.1 TTL集成门电路参数的测试.....	161
9.1.2 组合逻辑电路的设计与调试.....	164
9.1.3 译码器和数据选择器.....	167
9.1.4 触发器.....	168
9.1.5 移位寄存器.....	171
9.1.6 计数器.....	175
9.1.7 计数译码和显示电路.....	178
9.1.8 555定时器及应用.....	182
9.2 综合性实验.....	186
9.2.1 振荡、计数、译码、显示电路.....	186
9.2.2 简易数字钟.....	188
9.3 应用及设计性实验.....	191
9.3.1 抢答器.....	191
9.3.2 环形流水灯控制电路.....	192
9.3.3 水泵自动泵水电路.....	193
9.3.4 乒乓球球迹模拟实验.....	194
9.3.5 投币控制的自动电话.....	195
9.3.6 汽车尾灯控制电路.....	197
9.3.7 交通信号灯控制器.....	199

第十章 计算机组成原理实验

10.1 运算器(一)	203
10.2 运算器(二)	208
10.3 存储器实验.....	210

附录1 仿真实例电路简介.....	212
附录2 常用元器件模型参数的使用说明.....	216
附录3 Electronics Workbench 中常用英汉名词对照表.....	230

第一章 Electronics Workbench 概述

1.1 虚拟实验室概述

现代电子设计和测控系统都越来越规模化、自动化、智能化,由计算机技术、仪器技术和通信技术相结合,开创了用“虚拟仪器”、“虚拟元器件”在计算机上进行电子设计和实验的新方法,这是对传统仪器和元器件概念的重大突破。虚拟实验室就是用软件的方法虚拟电子与电工元器件,虚拟电子与电工仪器和仪表,即实现“软件即仪器”、“软件即元器件”。由 Interactive Image Technologies 公司推出的 Electronics Workbench (电子工作台),它是一种利用在微机上运行电路软件来进行硬件实验的平台,是实现电子设计与测试虚拟化的仿真软件。在这样的虚拟现实环境中,可以设计、测试和演示各种电子电路,包括电工学、模拟电路、数字电路、高频电路及部分微机接口电路等。在计算机上做电子电路实验所用的元器件(包括型、参数等)、测试的仪器仪表、信号源、导线以及电路连接等,全都由软件实现。它和传统的电子电路实验相比,具有以下特点:功能全,实验用的元器件及测试仪器仪表齐全,可以做各种类型的实验;可方便地对电路进行分析;利用打印机可直接打印输出实验数据、测试曲线和电路原理图;实验不消耗器材,实验所需器材种类和数量不受限制,实验成本低;实验速度快,效率高;易学易用以及便于自学、便于开展综合性或设计性实验等优点。它不仅可以作为现行的各种实型实验的一种补充与替代手段,而且可以作为复杂的电子系统的设计、仿真与验证实用手段,可实现电子电路与系统的 EDA (Electronics Design Automation 电子设计自动化)。这是当今电子技术的一个发展方向。以计算机为平台,采用 Electronics Workbench (电子工作台)进行电子设计与实验仿真,目前已在电子工程设计、电子类课程教学等领域得到了广泛的应用。

1.2 Electronics Workbench (EWB) 功能概述

Electronics Workbench 软件是一个原理电路设计、电路功能测试的虚拟仿真软件。其仿真对象包括模拟电路、数字电路、模拟数字混合电路(A/D转换器、D/A转换器、555电路等)、原理性电源(如电流控制电压源、电压控制电压源等)、分立元器件(如电阻、电容、晶体管等)、显示元件(如LED、逻辑测试笔Probe、灯泡等)。Workbench 的虚拟测试仪器仪表种类齐全,

不仅有一般实验室有的通用仪器,如万用表、函数信号发生器、双踪示波器、直流电源;而且有一般实验室少有或没有的仪器,如波特图仪、字信号发生器、逻辑分析仪、逻辑转换器。Electronics Workbench 的元器件不仅提供了数千电路元器件供选用,而且还提供了各种元器件的理想值,因此,仿真的结果就是该电路的理论值,这对于验证电路的原理和电子类课程的教学与实验极为方便。同时也可以新建或扩充已有的元器件,而且建库所需的元器件参数可以从生产厂商的产品使用手册中查到,因此也很方便工程技术人员使用。

Electronics Workbench 具有较为详细的电路分析功能。不仅可以完成电路的瞬态分析和稳态分析、时域和频域分析、器件的线性和非线性分析、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14种电路分析方法,以帮助设计人员分析电路的性能。另外Electronics Workbench 还可以对被仿真的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等,从而观察不同故障情况下的电路工作状况。在进行仿真的同时,软件还可以存储测试点的所有数据,列出被仿真电路的所有元器件清单,以及存储测试仪器的的工作状态、显示波形和具体数据等。

Workbench有丰富的Help功能,其Help系统不仅包括软件本身的操作指南,更重要的是包含有元器件的功能解说,Help中这种元器件功能解说有利于使用Workbench进行CAI教学。另外,Workbench还提供了与国内外流行的印刷电路板设计自动化软件Protel及电路仿真软件Pspice之间的文件接口,也能通过Windows的剪贴板把电路图送往文字处理系统中进行编辑排版。Workbench就如一个真实的电子实验台,设计、测试电路所需要的每一样物品就在眼前,随手可取,电路的组建也符合实物操作习惯,使用方便。

1.3 EWB软件的运行环境及安装

目前使用的Electronics Workbench有V4.0与V5.0两个版本,这两个版本对系统的运行要求略有不同。

Workbench V4.0d软件解包安装后存储容量大约为15 Mbytes,但由于仿真运行时用于存放仿真数据(动态数据)的临时文件至少需要10 Mbytes以上,故安装和运行Workbench V4.0d至少需要硬盘空间25 Mbytes以上。自然,硬盘可用空间大一点时Workbench运行效果会好一些。Workbench的软件环境是Windows 3.x或Windows 95,但在Windows 95中运行似乎更流畅些,Workbench的硬件环境没有特别要求,但若没有鼠标Workbench拒绝运行,微机硬件平台一般至少应具备VGA彩显、16 MB内存,否则将不能充分显示出Workbench的卓越性能。Workbench软件的安装比较简单,只须在Windows环境中运行安装盘(光盘)相应子目录中的SETUP.EXE即可。安装完成以后,会在硬盘上建立目录WEWB4(安装时可修改该目录名称及其位置,一般应把目录WEWB4设置在硬盘根目录),在目录WEWB4下还有4个子目录(EXT、LOCK、MODELS、SAMPLES),在子目录SAMPLES下还有2个子目录COMPLEX和TUTORIAL。安装成功后,一般会建立运行图标,如果没有,可自行建立,也可直接运行

EWB4目录下的EWB.EXE (Windows环境)。

Workbench V5.0软件要大一些，安装后约占硬盘空间20 Mbytes。仿真运行时临时性文件占硬盘空间的缺省规模大小是20 Mbytes。Workbench V5.0软件安装后，其目录结构基本上与Workbench V4.0相同而略有差别，主要区别是MODELS (元器件模型) 子目录下又按元器件分类建立了20余个子目录。Workbench V5.0的硬件环境与Workbench V4.0基本相同，但希望计算机的档次更高一点。Workbench V5.0的软件运行环境要求是Windows 95或NT 3.51，不能在Windows 3.1中运行。

当Electronics Workbench软件运行时，将自动在硬盘建立临时性文件，该文件占硬盘空间的缺省规模大小是10 Mbytes (V4.0) 或20 Mbytes (V5.0)，当文件达到其最大限度的规模时，可以选择：

1. 停止仿真；
2. 放弃已有的数据，继续进行仿真；
3. 系统要求提供更大的磁盘空间。

另外，仿真电路文件的文件名形式在Electronics Workbench V4.0和V5.0两个版本中是不同的，在V4.0版本中电路文件的文件名形式是*.CA4，而在V5.0版本中电路文件的文件名形式是*.ewb。文件名的不同源于电路模型的不同，因为Workbench V5.0对电路元器件的模型进行了大幅度的改进。当在Electronics Workbench V5.0中使用V4.0版本中的电路文件时，系统会自动转换成适合V5.0版本的*.ewb形式的电路文件。值得注意的是，V5.0版本的*.ewb形式的电路文件在V4.0版本中是不能使用的。

第二章 EWB 5.0 基本操作方法

2.1 Electronics Workbench V5.0软件界面及窗口操作

2.1.1 Electronics Workbench V5.0工作台面

当用户在计算机上启动EWB5.0时,显示器屏幕展现其工作台面窗口如图2.1.1所示。

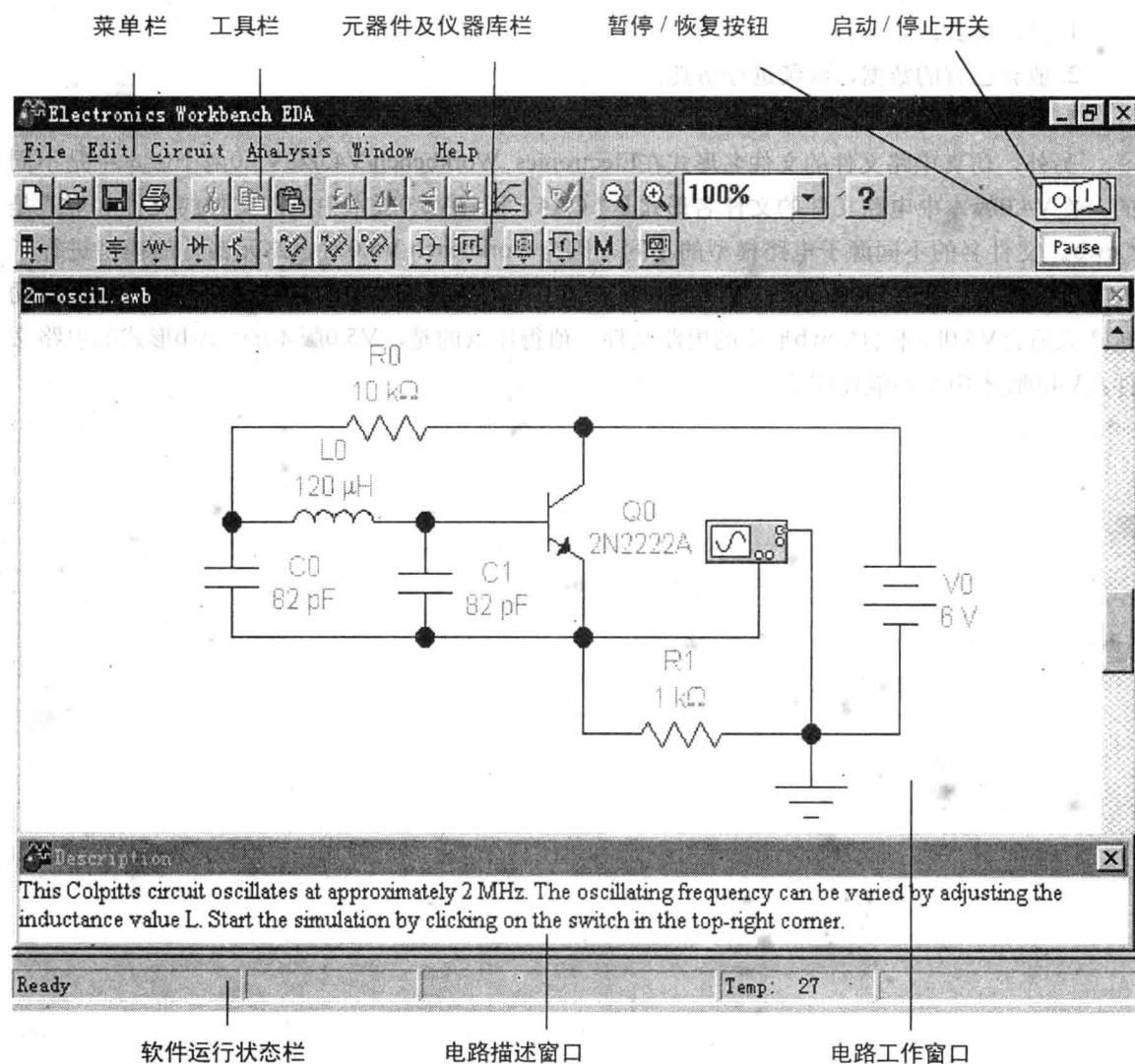


图2.1.1 Electronics Workbench V5.0 工作台面

从图2.1.1可以看出，Electronics Workbench V5.0的工作台面如同一个真实的电子实验台。屏幕中央区域最大的窗口就是电路工作窗口 (Workspace)，它如同电子实验桌，在桌面上可将各种电子元器件和测试仪器仪表连接成实验电路。电路工作窗口的下方是电路描述窗口，可用来自对电路进行注释和说明。电路工作窗口上方是“虚拟元器件及仪器库”栏，存放着各种电子元器件及测试仪器仪表，用鼠标操作可以很方便地从元器件及仪器库中，提取实验所需的各种元器件及仪器、仪表到电路工作窗口并连接成实验电路。电路工作窗口的上方还有菜单栏和工具栏。从菜单栏可以选择电路连接、实验所需的各种命令。工具栏包含了常用的操作命令按钮。通过鼠标器操作即可方便地使用各种命令和实验设备。按下“启动 / 停止”开关或“暂停/恢复”按钮可以方便地控制实验的进程。

2.1.2 Electronics Workbench V5.0的工具栏

图2.1.2为Electronics Workbench V5.0工具栏。工具栏各图标名称及功能说明见表2.1.1。

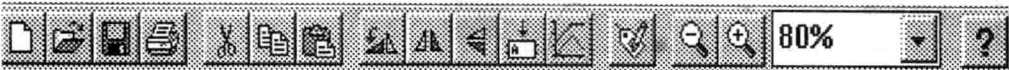


图2.1.2 EWB5.0工具栏

表 2.1.1 EWB5.0工具栏各图标名称及功能

图标	名 称 及 功 能	图标	名 称 及 功 能
	刷新：清除电路工作区		打开：打开电路文件
	存盘：保存电路文件		打印：打印电路文件
	剪切：剪切至剪贴板		复制：复制至剪贴板
	粘贴：从剪贴板粘贴		旋转：将选中对象逆时针旋转90°
	水平反转：将选中对象水平反转		垂直反转：将选中对象垂直反转
	子电路：生成子电路		分析图：调出分析图
	元器件特性：调出其特性对话框		缩小：将电路图缩小一定比例
	放大：将电路图放大一定比例		帮助：调出选中对象有关的帮助内容
80%		缩放比例：显示电路图当前的缩放比例，并可下拉出缩放比例选择框	

2.1.3 EWB5.0 的元器件及仪器库栏

EWB5.0 的元器件及仪器库栏图标窗口如图2.1.3所示。各库名称如表2.1.2。



图2.1.3 EWB5.0元器件库和仪器库栏

表2.1.2 EWB5.0元器件库和仪器库的图标及名

图标	元 器 件 库 名 称	图标	元 器 件 库 名 称
	自定义器件库		信号源库
	基本器件库		二极管库
	晶体管库		模拟集成电路库
	混合集成电路库		数字集成电路库
	逻辑电路门库		数字器件库
	指示器件库		控制器件库
	其他器件库		仪器库

用鼠标左键单击元器件库或仪器库图标即可打开该元器件库或仪器库。打开元器件库或仪器库时即可见该元器件库及仪器库中图标窗口如图2.1.4至图2.1.16所示，此时可用鼠标“拖取”元器件或仪器组建电路，具体方法见后。元器件及仪器名称见表2.1.3至表2.1.15。

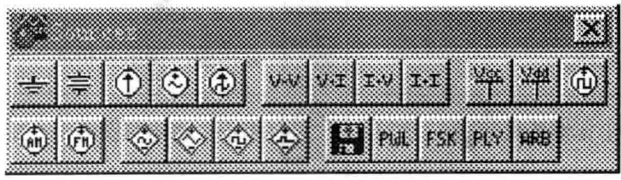


图2.1.4 EWB5.0信号源库窗口