

EOA

培训教程

甘登岱 田富鹏 朱利娜 主编



机械工业出版社
China Machine Press

EDA

培训教程

甘登岱 田富鹏 朱利娜 主编

主持：(CDA) 国家职业技能鉴定



机械工业出版社
China Machine Press

随着集成电路技术和计算机技术的飞速发展, 熟练掌握 EDA——Electronic Design Automation (电子设计自动化) 技术已经成为电子工程师必需具备的基本技能。本书旨在帮助电子工程师掌握常用 EDA 软件的基本使用方法, 并能以计算机为工具完成电子电路的分析与设计。

本书共分四篇, 分别介绍了电子电路分析软件 (EWB)、电子电路计算机辅助设计软件、可编程逻辑器件 (ISP)、常用开发软件 (MAX+plus II) 和单片机开发系统软件 (WAVE)。

本书可作为高职、高专和中等专业学校电气类专业通用教材, 也可供广大电子电路设计人员和在校学生自学使用。

版权所有, 侵权必究。

本书法律顾问 北京市展达律师事务所

图书在版编目 (CIP) 数据

EDA 培训教程/甘登岱主编. —北京: 机械工业出版社, 2005.3

ISBN 7-111-15933-0

I. E… II. 甘… III. 电子电路-电路设计: 计算机辅助设计-教材 IV. TN702

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2004) 第 140910 号

机械工业出版社 (北京市西城区百万庄大街 22 号 邮政编码 100037)

责任编辑: 武恩玉

北京牛山世兴印刷厂印刷 · 新华书店北京发行所发行

2005 年 3 月第 1 版第 1 次印刷

787mm×1092mm 1/16 · 17.25 印张

印数: 0001-4000 册

定价: 26.00 元

凡购本书, 如有缺页、倒页、脱页, 由本社发行部调换
本社购书热线: (010) 68326294

前 言

随着集成电路技术和计算机技术的飞速发展,熟练掌握 EDA-Electronic Design Automation (电子设计自动化) 技术已经成为电子工程师必需具备的基本技能。为帮助电子工程师掌握常用 EDA 软件的基本使用方法,并能以计算机作为工具完成电子、电路分析与设计,特编写本书。

本书共分四篇,分别介绍了电子电路分析软件 EWB (电子工作台)、电子电路计算机辅助设计软件 (Protel 99 SE)、可编程逻辑器件 (ISP) 常用开发软件 (MAX+plus II) 和单片机开发系统软件 (WAVE, 伟福) 的应用。各篇的主要内容如下。

第一篇 电子电路的仿真

从事电子产品设计、开发等工作的人员,经常需要对设计的电路进行实验和调试。以往的实验往往在面包板上进行,根据实验结果不断更新元器件或修改参数,直至达到设计要求为止。但由于受工作场地、仪器设备和元器件品种、数量的限制,有些实验往往无法及时完成。即使能完成,由于插装元器件和连接导线费时费力,工作效率低。随着计算机技术的发展,电子电路的仿真或模拟已成为电子系统设计的必要手段。在仿真过程中,仅需操作鼠标即可设计电路、更换元器件、修改参数、测量数据和观察波形,直至电路最优。

20 世纪 80 年代末 90 年代初,加拿大 Interactive Image Technologies 公司推出了专门用于电子电路仿真的虚拟“电子工作台”(EWB),它可以仿真模拟电路、数字电路和混合电路,目前已在电子工程设计和电工电子类课程教学领域得到了广泛应用。

在本篇中,我们以 4 章篇幅介绍了 EWB 软件的功能与安装方法、基本使用方法、EWB 的分析功能,并利用该软件对若干典型电路进行了分析。

第二篇 印制电路板设计

Protel 99 SE 是 Protel 公司开发的功能强大的电路辅助设计工具,是 EDA 行业的主流产品。Protel 99 SE 是目前使用较多的版本,利用它可以方便地绘制原理图与 PCB 图。

在本篇中,我们以 3 章篇幅介绍了 Protel 99 SE 的基本使用方法、原理图设计方法,以及 PCB 图设计方法。

第三篇 可编程逻辑器件设计

本篇主要介绍了 MAX+Plus II 软件的使用方法,其中,第 8 章介绍了 PLD 器件的基本结构,以及 GAL 系列和 Altera 公司 MAX 7000 系列 CPLD 器件的结构和性能;第 9 章主要介绍了 VHDL 语言的基本语法、常用语句,并通过基本组合、时序电路的设计介绍了利用 VHDL 语言设计逻辑电路的方法;第 10 章主要介绍了 MAX+Plus II 软件的使用方法,分别介绍了原理图设计、文本设计、文件编译和文件仿真等关键设计步骤;第 11 章通过设计几个完整的实例详细讲述了使

用 VHDL 语言设计逻辑电路的方法和步骤。

第四篇 WAVE 单片机开发系统

单片机技术是电子技术应用的一个重要方向,单片机以其强大的功能和低廉的价格,已成为电子系统设计的首选方案。近年来,随着 Flash 存储器的广泛应用,可以反复擦写的 ISP 单片机已经成为主要的单片机系列。应用程序的调整可以不依赖硬件仿真器,直接在仿真软件环境中完成,再通过简单的下载线,写入用户单片机,大大降低了单片机开发的门槛。

WAVE 软件是 WAVE 硬件仿真器的开发软件,具有纯软件开发的功能。其 Windows 版本功能强大,中文界面、英文界面可任选,用户源程序的大小不再有任何限制,支持 ASM、C、PLM 语言混合编程,具有项目管理功能,是调试单片机用户程序的优秀工具。

在本篇中,我们首先介绍了 WAVE 单片机开发系统,然后介绍了 WAVE 软件的仿真开发环境,以及 WAVE 仿真软件分析功能的使用。

本书由甘登岱、田富鹏、朱利娜主编,参与本书编写的主要有郭玲文、李晨光、孟宪礼、白冰、黄瑞友、李红、郭燕、章银武、林军会、乔震、贾敬瑶、张安鹏、齐华杰、甘露、李金龙、刘春瑞、王立民、李鹏、崔元胜、谭建、郭玲玫等。

在本书编写过程中,作者希望能以更容易接受的方式给读者介绍 EDA 知识,衷心希望该书能对读者的学习和工作有所帮助。在使用过程中,若发现有错误及疏漏之处,请读者批评指正,以备更正。

编 者

2004 年 11 月

目 录

前言

第一篇 电子电路的仿真

第 1 章 EWB 概述及安装	2
1.1 EWB 的特点与功能	2
1.2 EWB 的安装	3
1.2.1 安装 EWB 的环境要求	3
1.2.2 软件安装	3
思考与练习	3
第 2 章 EWB 基本使用方法	4
2.1 熟悉 EWB 的菜单	4
2.1.1 File 菜单	4
2.1.2 Edit 菜单	6
2.1.3 Circuit 菜单	7
2.1.4 Analysis 菜单	7
2.1.5 Window 菜单	9
2.1.6 Help 菜单	9
2.2 EWB 的工具栏及元器件库栏	10
2.2.1 EWB 的工具栏	10
2.2.2 EWB 的元器件库栏	11
2.3 电路的创建与元器件的连接	15
2.3.1 电路的创建	15
2.3.2 元器件连线与接点的使用	19
2.4 使用仪器和仪表	23
2.4.1 使用仪器的方法	23
2.4.2 各种仪器的特点	24
思考与练习	30
第 3 章 EWB 分析功能	31
3.1 参数设置	31
3.2 直流工作点分析	31
3.3 交流频率分析	32
3.4 瞬态分析	34
3.5 傅里叶分析	36

3.6 极点—零点分析	38
3.7 传递函数分析	39
思考与练习	40
第 4 章 EWB 电路分析实例	41
4.1 基本放大电路	41
4.1.1 基本放大电路的原理	41
4.1.2 基本放大电路的分析	42
4.2 串联型稳压电路的分析	44
4.2.1 串联型稳压电路的原理	44
4.2.2 电路分析	45
4.3 十进制计数器电路的分析	47
4.3.1 十进制计数器电路的原理	47
4.3.2 电路分析	47
4.4 555 多谐振荡器电路的分析	49
4.4.1 555 多谐振荡器电路的原理	49
4.4.2 电路分析	51
思考与练习	52

第二篇 印制电路板设计

第 5 章 Protel 99 SE 入门	56
5.1 原理图编辑器和 PCB 编辑器的功能	56
5.1.1 原理图编辑器的特点	56
5.1.2 PCB 编辑器的特点	57
5.2 初识 Protel 99 SE	58
5.2.1 设计数据库的创建与管理	58
5.2.2 设计数据库管理	60
5.2.3 Protel 99 SE 文件管理	61
5.2.4 启动相应编辑器功能	64
5.3 设置 Protel 99 SE 工作环境	67
思考与练习	68
第 6 章 Protel 99 SE 原理图设计	69
6.1 绘制原理图的步骤和要点	69
6.2 熟悉原理图编辑器	71

8.5	通用阵列逻辑器件 GAL 的基本结构	142
8.5.1	普通型 GAL	142
8.5.2	GAL 产品介绍	148
8.6	MAX 7000 系列 CPLD 器件结构和性能	151
	思考与练习	163
第 9 章	VHDL 语言	164
9.1	语言要素	164
9.1.1	标识符	164
9.1.2	数据对象	165
9.1.3	数据类型	167
9.1.4	属性	171
9.2	操作符	172
9.3	VHDL 的结构	174
9.3.1	VHDL 基本构成	174
9.3.2	实体说明	176
9.3.3	结构体	177
9.3.4	配置	177
9.3.5	子程序	179
9.3.6	程序包	180
9.3.7	库	181
9.4	并行语句	183
9.4.1	进程语句	183
9.4.2	并行信号赋值语句	184
9.4.3	并行过程调用语句	186
9.4.4	并行断言语句	186
9.4.5	块语句	186
9.4.6	元件例化语句	187
9.4.7	生成语句	189
9.5	顺序语句	190
9.5.1	变量赋值语句	190
9.5.2	if 语句	191
9.5.3	case 语句	192
9.5.4	loop 语句	194
9.5.5	next 语句	195

9.5.6 exit 语句	196	十进制计数器	230
9.5.7 return 语句	196	11.2.1 设计要求	230
9.5.8 null 语句	197	11.2.2 原理图设计计数器	231
9.5.9 wait 语句	197	11.2.3 VHDL 语言设计计数器	231
9.5.10 过程调用语句和断言语句	198	11.2.4 仿真结果	232
9.5.11 report 语句	198	11.3 数字钟	233
9.6 描述风格	198	11.3.1 设计要求	233
9.6.1 行为描述	198	11.3.2 顶层电路图	233
9.6.2 数据流描述	199	11.3.3 各模块 VHDL 语言源程序	234
9.6.3 结构描述	200	11.3.4 仿真结果	239
9.7 VHDL 程序设计实例	200	思考与练习	240
思考与练习	212		
第 10 章 Altera MAX+plus II		第四篇 WAVE 单片机开发系统	
操作指南	213	第 12 章 WAVE 单片机开发系统入门	242
10.1 建立工程文件	213	12.1 WAVE 单片机开发系统特点	242
10.1.1 创建源程序 Cnt4.vhd	214	12.2 WAVE E2000 仿真器硬件	243
10.1.2 创建源程序 Decl7s.vhd	215	12.3 Windows 版本软件安装	244
10.1.3 创建源文件 top.gdf	216	12.4 熟悉 WAVE 仿真软件开发环境	246
10.2 编译工程文件	219	12.4.1 “文件”菜单	246
10.3 仿真工程文件	222	12.4.2 “编辑”、“搜索” 与“项目”菜单	249
10.3.1 生成仿真波形文件	222	12.4.3 “执行”菜单	249
10.3.2 仿真	225	12.4.4 “窗口”菜单	251
10.3.3 定时分析	226	12.4.5 “仿真器”菜单	257
10.3.4 下载文件	226	思考与练习	259
思考与练习	227	第 13 章 WAVE 仿真软件分析	
第 11 章 MAX+plus II 设计实例	228	功能使用	260
11.1 组合逻辑电路的设计	228	13.1 影子存储器	260
11.1.1 设计要求	228	13.2 程序时效分析	261
11.1.2 绘制电路图	228	13.3 数据时效分析	262
11.1.3 使用 VHDL 语言设计电路	229	思考与练习	264
11.1.4 仿真电路	230	附录 EDA II 型教学系统介绍	265
11.2 具有预置功能的两位数的			

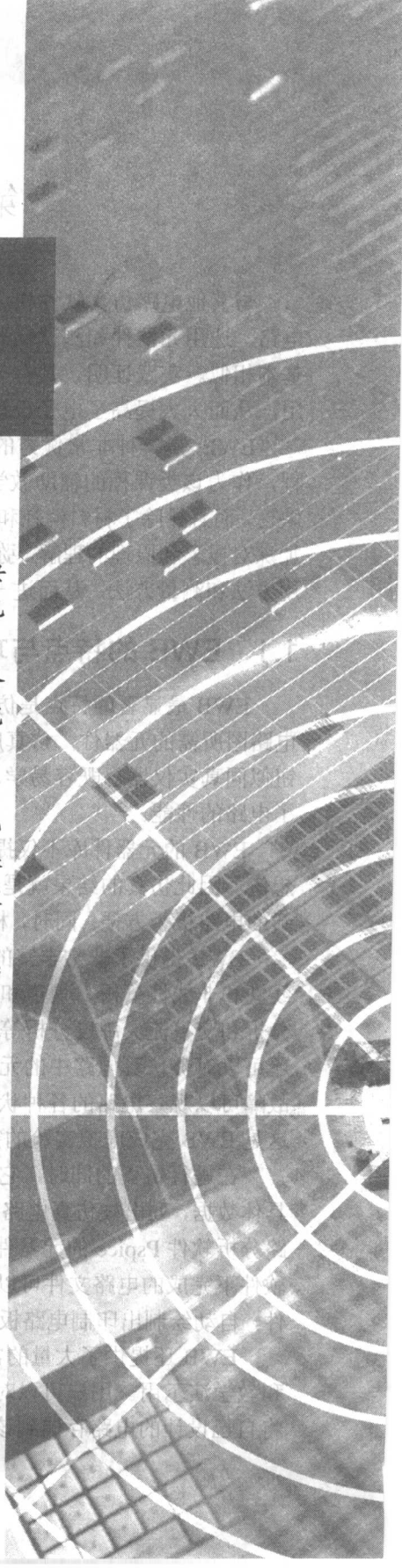
第一篇

电子电路的仿真

从事电子产品设计、开发等工作的人员，经常需要对设计的电路进行实验和调试。以往的实验往往在面包板上进行，根据实验结果不断更新元器件或修改参数，直至达到设计要求为止。但由于受工作场地、仪器设备和元器件品种、数量的限制，有些实验往往无法及时完成。即使能完成，由于插装元器件和连接导线费时费力，工作效率也低。

随着计算机技术的发展，电子电路的仿真或模拟已成为电子系统设计的必要手段。在仿真过程中，仅需操作鼠标即可设计电路、更换元器件、修改参数、测量数据和观察波形，直至电路最优。

20 世纪 80 年代末 90 年代初，加拿大 Interactive Image Technologies 公司推出了专门用于电子电路仿真的虚拟“电子工作台”（Electronics Workbench，简称为 EWB），它可以仿真模拟电路、数字电路和混合电路，目前已在电子工程设计和电工电子类课程教学领域得到了广泛应用。



第1章 EWB 概述及安装

与其他电路仿真软件相比较, EWB(电子工作台)具有界面直观、操作方便等优点, 创建电路、选用元器件和测试仪器均可以直接从屏幕图形中选取, 而且测试仪器的图形与实物外型基本相似。实践证明, 具有一般电子技术基础知识的人员, 只需几个小时就可学会 EWB 的使用, 从而大大提高了电子设计工作的效率。

EWB 是一种非常优秀的电子技术实验训练工具, 因为电子技术类课程是实践性很强的课程, 作为该类课程的辅助教学和实验训练手段, 它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, 可以帮助学生更快、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, 而且通过仿真可以熟悉常用电子仪器的使用方法和测量方法, 从而进一步培养学生的综合分析能力、排除故障能力和开发、创新能力。

1.1 EWB 的特点与功能

EWB 最显著的特点是仿真的手段切合实际, 选用元器件和仪器与实际情况非常接近。绘制电路图所需的元器件, 仿真所需的仪器仪表均可在屏幕上直接选取, 而且仪器的操作开关、按钮似同真实仪器, 既容易学习又容易产生兴趣。通过仿真, 既熟悉了仪器的使用方法, 又掌握了电路的性能。

EWB 的元器件库不仅提供了数千种电路元器件供用户选用, 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, 这对于验证电路原理、自学电路内容、开发设计新的电路极为方便。同时, 根据需要也可以新建或扩充已有的元器件库, 因此大大方便了用户。

EWB 提供了非常丰富的电路分析功能, 包括电路的瞬态分析和稳态分析、时域和频域分析、线性和非线性分析、噪声和失真分析等常规分析方法, 还提供了离散傅里叶分析、电路零极点分析和交直流灵敏度分析等多种电路高级分析方法, 以帮助设计人员研究电路性能。另外, 它还可以对被仿真电路中的元器件人为设置故障, 如开路、短路和不同程度的漏电等, 针对不同故障可以观察电路的各种状态, 从而加深对概念原理的理解, 这是在实际实验中很难做到的, 这是 EWB 完成虚拟实验的突出特色。

在进行仿真的同时, 它还可以存储测试点的所有数据、测试仪器的的工作状态、显示波形和具体数据, 列出被仿真电路的所有元器件清单等。EWB 所提供的元器件和目前较常用的电子电路分析软件 Pspice 的元器件库是完全兼容的。换句话说, 两者之间可以相互转换。同时, 在该软件下完成的电路文件可以直接输出至常用的印制电路板排版软件, 如 Protel 和 OrCAD 等软件, 自动绘制出印制电路板图, 从而大大加快了产品的开发速度, 提高了设计人员的工作效率。

EWB 还提供了大量的常用实例电路库, 而且伴有电路阐述、实验建议等说明, 供用户参考和教学演示用。用户可以对这些电路进行仿真、修改等, 进一步发挥各自的创造能力, 也可以将自己设计的电路存储到该电路库中, 以丰富电路库的内容。

1.2 EWB 的安装

目前, Interactive Image Technologies 公司已推出了 5.12 版本 EWB, 其功能和元器件库已覆盖了 5.0 版本的内容。因此, 本书主要介绍 5.1 版本 EWB 的使用方法。不过, 其菜单命令和工具栏也同样适用 5.0 版本的 EWB。

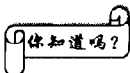
1.2.1 安装 EWB 的环境要求

1. 计算机硬件环境

CPU: Intel 486 以上

内存: 8MB 以上

硬盘: 30MB 以上



★ 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约是 20MB。当文件达到最大限度的规模时, 可以选择停止仿真、放弃已有的数据、继续进行仿真或按系统要求提供更大的磁盘空间。

2. 软件环境

Electronics Workbench V5.1 要求在 Windows 95 或 Windows NT 以上环境下运行, 现在大多数用户使用的是 Windows 98 或 Windows XP 操作系统。

1.2.2 软件安装

Electronics Workbench 5.1 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 XP, 其安装过程只是稍有差别, 但基本步骤大致相同。

Electronics Workbench 分个人版和网络版, 购买软件后, 均有详细的安装说明, 这里不再详述。

思考与练习

1. 简述 EWB 软件的特点。
2. 安装 EWB 软件。

第2章 EWB 基本使用方法

在本章中,我们首先熟悉一下 EWB 的操作环境,如 EWB 的菜单、工具栏,以及电路的创建和元器件的连接,仪器的操作与仪表的使用。

2.1 熟悉 EWB 的菜单

启动 EWB 5.1 后,可以看到其主窗口(如图 2-1 所示)。由该图可以看出,主窗口中最大的区域是电路工作区,在该区域可以创建电路和测试电路。

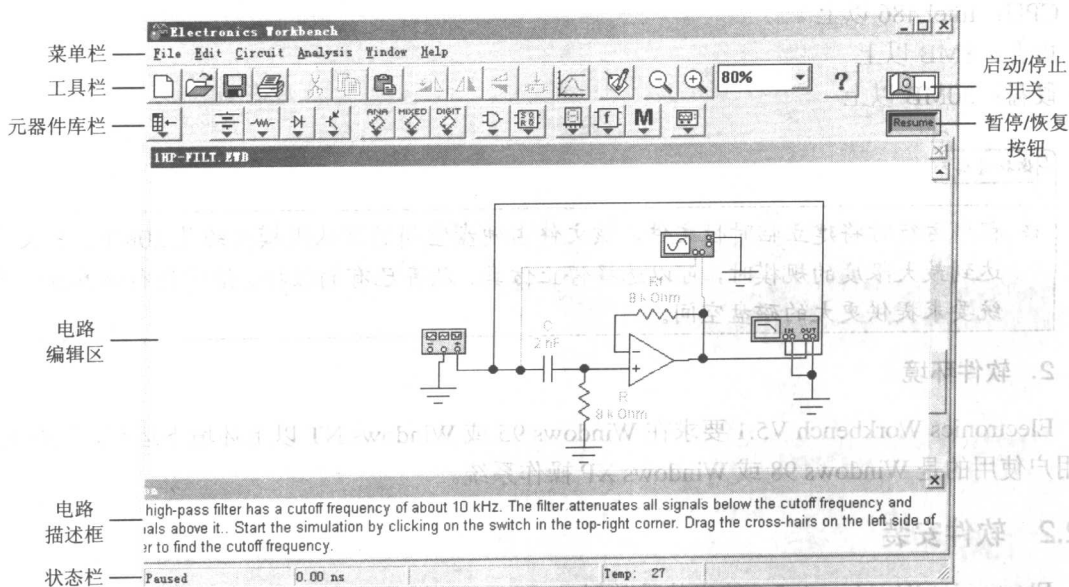


图 2-1 EWB 主窗口

工作区的上方分别是菜单栏、工具栏和元器件库栏。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。元器件库栏包含了电路实验所需的各种模拟和数字元器件以及测试仪器。通过鼠标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,即可以进行实验(仿真)。此时一个元器件丰富、仪器设备齐全及电路连接方便的虚拟电子实验台便展现在我们面前。

EWB 的菜单栏包括 File、Edit、Circuit、Analysis、Window 和 Help 菜单,下面分别介绍其功能。

2.1.1 File 菜单

用鼠标选中 File,弹出如图 2-2 所示的菜单。该菜单命令主要用于管理 Workbench 创建的

电路和文件。

- **New (刷新)**: 执行该命令将刷新电路工作区, 建立新电路文件。若电路工作区原先已有电路, 执行 New 后, 提示是否存储原先的电路。形成的电路文件的后缀为.EWB。
- **Open (打开)**: 打开先前已创建的电路文件, 并在屏幕上显示对话框, 根据对话框可以选择驱动器位置、文件目录、文件类型和文件名。选择完毕, 可将该电路调入电路工作区。
- **Save (存储)**: 用于存储电路文件, 在存储新的电路文件时, 会出现对话框供用户选择驱动器位置 and 文件目录。
- **Save As (更改存储)**: 当想存储的电路文件不使用原先的文件名或需改变存储路径时, 可执行该命令, 选择新的文件名或新的路径。
- **Revert to Saved (恢复存储)**: 执行该命令可将前面存储的电路恢复到当前电路工作区内。
- **Import (输入)**: 输入一个 spice 网表文件 (扩展名为.net 或.cir), 并将它转换成电路图。
- **Export (输出)**: 输出一个网表文件, 将电路以文件格式保存, 扩展名为下列形式的一种: .net, .cmp, .cir 或者.plc。
- **Print (打印)**: 执行该命令会出现对应选择对话框, 用户可根据要求选择打印电路图、元器件数量和仪器测试结果等。单击需打印项目, 按 **Print** 键即可打印输出。
- **Print Setup (打印设置)**: Workbench 5.1 打印是采用 Windows 的控制面板默认设置的打印机, 打开 **Print Setup** 会出现一对话框, 根据对话框提示可设置打印机类型、打印质量、纸张大小、打印方向和份数等。

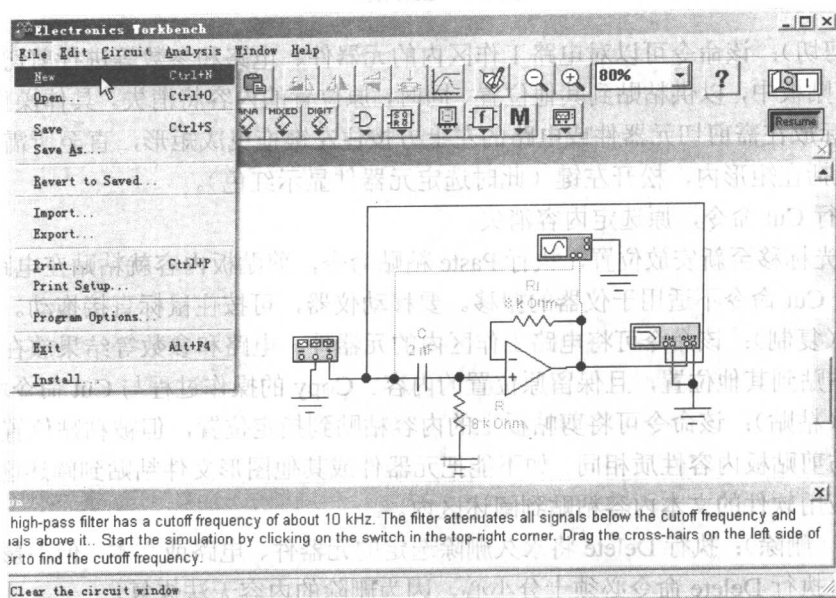


图 2-2 File 菜单

2.1.2 Edit 菜单

用鼠标选中 **Edit**，弹出如图 2-3 所示的菜单。该菜单命令主要用于对电路、元器件进行各种处理。

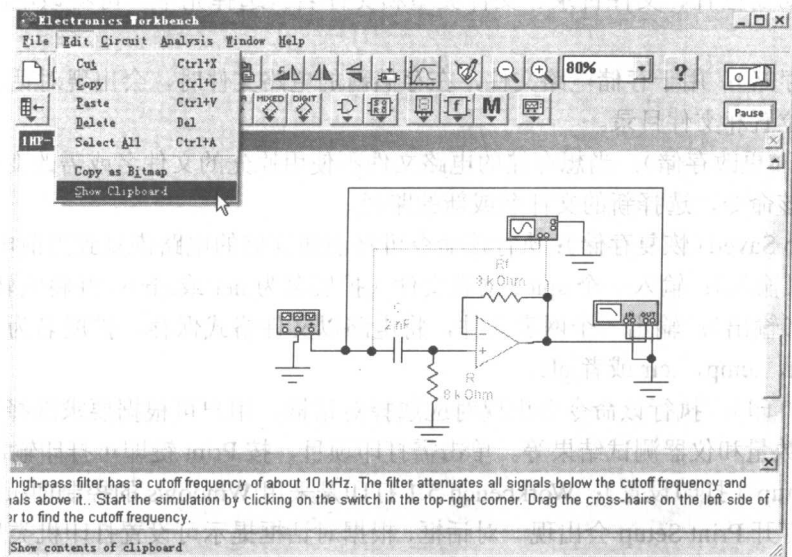


图 2-3 Edit 菜单

- **Cut (剪切)**: 该命令可以对电路工作区内的元器件、电路和参数等进行剪切，将结果存放在剪贴板中，以供粘贴到其他位置。同时，原位置的内容将消失。具体操作步骤如下：
 - 1) 鼠标放在需剪切元器件或电路的左上方按住左键拖曳成矩形，直至所需元器件、电路均包括在矩形内，松开左键（此时选定元器件显示红色）。
 - 2) 执行 **Cut** 命令，原选定内容消失。
 - 3) 将光标移至新安放位置，执行 **Paste** 粘贴命令，剪贴板内容就粘贴在电路工作区内。但是，**Cut** 命令不适用于仪器的搬移。要移动仪器，可按住鼠标直接拖动。
- **Copy (复制)**: 该命令可将电路工作区内的元器件、电路和参数等结果放在剪贴板中，以便粘贴到其他位置，且保留原位置的内容。**Copy** 的操作过程与 **Cut** 命令相似。
- **Paste (粘贴)**: 该命令可将剪贴板上的内容粘贴到指定位置，但被粘贴位置的文件性质必须与剪贴板内容性质相同。如不能把元器件或其他图形文件粘贴到阐述区内，只能将其其他应用软件的文本内容粘贴到阐述区内。
- **Delete (删除)**: 执行 **Delete** 将永久删除选定的元器件、电路或文本，但不影响剪贴板的内容。执行 **Delete** 命令必须十分小心，因为删除的内容无法恢复。
- **Copy as Bitmap (局部复制)**: 用于复制工作界面内的局部内容（也可以全部），将结果存入剪贴板中，可供其他电路、文件或应用程序（如 **Word**）进行加工处理。局部复制

步骤如下:

- 1) 选择 Edit/Copy As Bitmap, 光标变成“十”字形。
- 2) 选择要复制的所有图形单击鼠标并拖曳形成一矩形框, 使矩形框包含所选图形。
- 3) 释放鼠标。

➤ Show Clipboard (查看剪贴板): 可查看剪贴板内容。

2.1.3 Circuit 菜单

用鼠标选中 Circuit, 弹出如图 2-4 所示的菜单。该菜单命令主要用于电路的创建及显示。

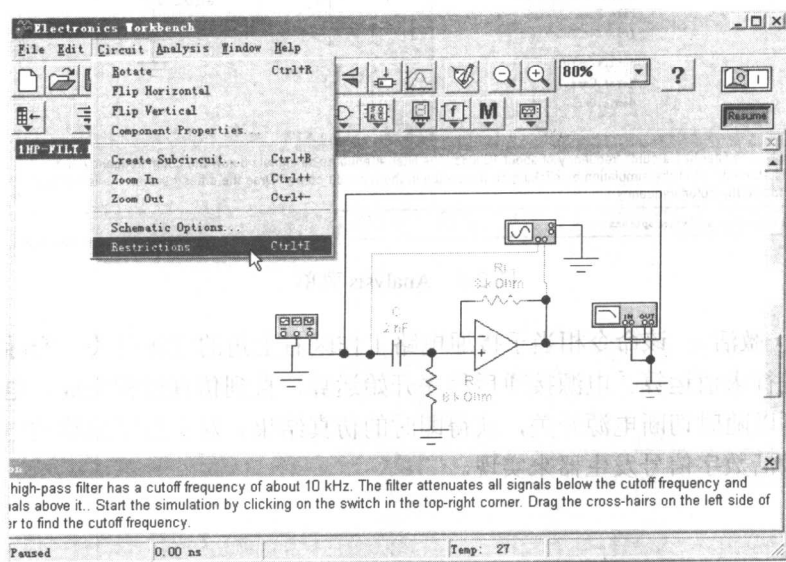


图 2-4 Circuit 菜单

- Rotate (旋转): 执行该命令, 可将选定的元器件逆时针方向旋转 90° 。
- Flip Horizontal (水平翻转): 执行该命令, 可将选定的元器件水平翻转。
- Flip Vertical (垂直翻转): 执行该命令, 可将选定的元器件垂直翻转。
- Component Property (测元器件特性): 执行该命令, 可设置元器件的标签、编号、数值和模型参数等。
- Zoom in (放大): 放大显示工作区内电路的尺寸。
- Zoom out (缩小): 缩小显示工作区内电路的尺寸。
- Schematic Option (电路图显示形式选择): 执行该命令, 可设置是否显示元器件标签、编号、数值和模型参数等。

2.1.4 Analysis 菜单

用鼠标选中 Analysis, 弹出如图 2-5 所示的菜单, 该菜单命令主要用于电路的仿真。

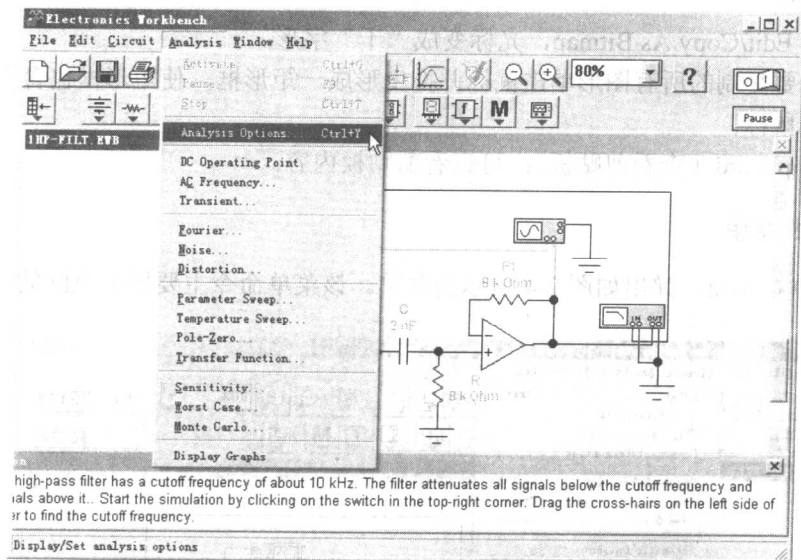


图 2-5 Analysis 菜单

- **Activate (激活)**: 该命令相当于接通电路工作区右上角的电源开关, 实际上是计算机对测试点进行求值运算。电源接通后程序开始运算, 直到仿真过程完成, 电源开关自动断开。也可以随时切断电源开关, 获得即时的仿真结果。对于数字电路的电路激活, 还可以通过激活数字信号发生器来实现。

你知道吗?

- * 电路仿真工作的好坏, 主要取决于电路的结构、接入电路的仪器和分析方法等因素。主窗口的左下方是仿真状态显示栏, 可跟踪显示仿真的进展过程, 显示时间和状态。
- * 在仿真过程中也可随时往电路中添加元器件和仪器, 电路会自动重新开始仿真。当发现运行电路在原理、结构上存在缺陷和不足或有违反电路基本规则时, 在仿真时会及时告诉用户进行修改。

- **Pause (暂停)**: 可暂时停止仿真运行, 以方便观察仪器的显示、进行设置, 需继续仿真时只要选择电路命令菜单中的 **Resume** 或按 **F9** 键即可。
- **Stop (停止)**: 执行 **Stop** 命令将会停止程序运行, 有些电路 (如振荡器等) 在运行时没有固定的稳态值, 可执行该命令停止仿真。
- **Analysis option (分析)**: 选择电路的分析方法如下。
- 1) DC Operating Point 直流分析
 - 2) AC Frequency 交流频率分析
 - 3) Transient 瞬态分析
 - 4) Fourier 傅里叶分析
 - 5) Noise 噪声分析
 - 6) Distortion 失真分析

- | | |
|---------------------------|------------------------------|
| 7) Parameter Sweep 参数扫描分析 | 8) Temperature Sweep 温度扫描分析 |
| 9) Pole-Zero 极点—零点分析 | 10) Transfer Function 传递函数分析 |
| 11) Sensitivity 灵敏度分析 | 12) Worst Case 最坏情况分析 |
| 13) Monte Carlo 蒙特卡罗分析 | 14) Display Graph 显示图 |

2.1.5 Window 菜单

用鼠标选中 Window，弹出如图 2-6 所示的菜单。该命令主要用于对 Workbench 工作界面的显示窗口和元器件进行设置与管理。

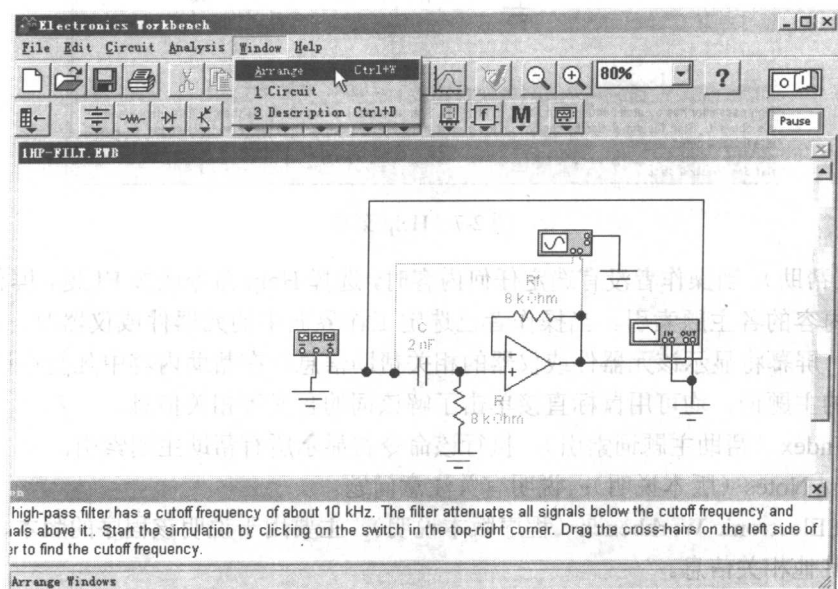


图 2-6 Window 菜单

- Arrange (排列): 该命令可使操作界面内的电路工作区、分类元器件库和阐述栏排列有序，不产生图形重叠。
- Circuit (电路): 可将电路工作区内的电路显示到前台。
- Description (阐述): 该命令可使阐述栏显示在前台。阐述栏位于电路工作区的下部，主要作用是有关电路的特点和操作方法等说明以文本方式写入该窗口内，也可以用粘贴方式将其他电路文件中的文本内容移植到本电路阐述栏内，但要求两者的文件格式必须相同。电路阐述栏和电路工作区的大小可以用箭头按住边框进行移动。

2.1.6 Help 菜单

通过选择 Help 菜单中的适当选项，可获取有关 Workbench 操作、仪器使用和元器件选取等相关帮助信息，如图 2-7 所示。