



面向

21世纪  
高级应用型人才

中国高等职业技术教育研究会推荐  
高职高专系列教材

# 电子线路仿真设计

王 皓 编著

西安电子科技大学出版社  
<http://www.xduph.com>

中国高等职业技术教育研究会推荐

---

高职高专系列教材

# 电子线路仿真设计

王 皓 编著

西安电子科技大学出版社

2004

## 内 容 简 介

本书根据课堂教学和实践的要求,以帮助读者学习和掌握电子电路的仿真技术为目的,对电子线路仿真技术与软件进行了介绍。

本书由三部分组成:第一部分为 Electronics Workbench 7.0 的操作使用;第二部分为 Protel 99 SE 的仿真操作;第三部分为 MAX+plus 10.0 版软件的使用方法及 VHDL 语言。其中的主要内容有:EDA 电子设计,电子 CAD 技术,VHDL 程序的设计与制作,可编程逻辑器件的使用、测试方法与技巧,以及与这些内容相对应的实验与设计实例。

本书可作为电子信息类各专业的电路与电子 EDA 教材,也可作为非电类专业的 EDA 培训教材及从事电子产品设计工作的工程技术人员的参考书。

本书配有电子教案,有需要的教师可与出版社联系,免费提供。

### 图书在版编目(CIP)数据

电子线路仿真设计 / 王皓编著. —西安:西安电子科技大学出版社, 2004.7

(高职高专系列教材)

ISBN 7-5606-1410-8

. 电... . 王... . 电子电路—计算机仿真—高等学校:技术学校—教材  
. TN702

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2004)第 052039 号

策 划 云立实

责任编辑 阎 彬 云立实

出版发行 西安电子科技大学出版社(西安市太白南路 2 号)

电 话 (029)88242885 88201467 邮 编 710071

<http://www.xduph.com>

E-mail: xdupfbx@pub.xaonline.com

经 销 新华书店

印 刷 西安兰翔印刷厂

版 次 2004 年 7 月第 1 版 2004 年 7 月第 1 次印刷

开 本 787 毫米×1092 毫米 1/16 印张 16.5

字 数 385 千字

印 数 1~4000 册

定 价 18.00 元

ISBN 7-5606-1410-8 / TN·0271(课)

**XDUP 1681001 - 1**

\*\*\* 如有印装问题可调换 \*\*\*

本社图书封面为激光防伪覆膜,谨防盗版。

# 前 言

电子设计自动化(Electronic Design Automation, EDA)技术是现代电子技术和信息技术发展的重大成果。EDA 技术的发展和應用推动了电子工业的飞速发展。更高速的计算机,更大规模的芯片,更广泛的信息高速公路,更高超的宇航技术,更先进的医疗设备等,都离不开 EDA 技术。可以这样说,电子设计自动化(EDA)的发展和應用对人类取得的新技术成果的贡献是不可估量的。同时,它也使我们的生活变得更加丰富多彩。EDA 技术为电子工程师提供了更理想的设计工具,更完善的设计方法,更短的设计周期,使其产品更具竞争力。它是电子工程师和电子工程专业学生必须掌握的一项基本技术。

那么,怎样才能掌握 EDA 技术,使电子线路仿真设计变得容易呢?作者认为,应该采取循序渐进的方法,分三个步骤来学习。第一步是把 EWB、PSPICE 和 Protel 99 SE 作为学习 EDA 的突破口,对 EDA 有一个初步的认识,同时系统学习模拟与数字电子技术,加深对电路的认识与了解,掌握它们的工作原理。第二步是把学习 VHDL 语言和掌握 CPLD、FPGA 开发等作为 EDA 的进阶,将电子线路仿真设计与硬件开发相结合,从虚拟的仿真平台转化为设计实践,实现真正意义上的 EDA。第三步是学习 ASIC,也就是说把 EDA 设计变成生产的工具,改进设计方法,提高设计效率,促进产业化。

正是根据上述想法,作者将本书分为三个部分。第一部分为 Electronics Workbench 7.0 的操作使用(第 1 章~第 5 章)。第二部分为 Protel 99 SE 软件的仿真操作(第 6 章和第 7 章)。第三部分为 MAX+plus 10.0 版软件的使用方法及 VHDL 语言(第 8 章~第 10 章)。其中的主要内容有:EDA 电子设计,电子 CAD 技术,VHDL 程序的设计与制作,可编程逻辑器件的使用、测试方法与技巧,以及与之相应的实验与设计实例。

本书可作为电子信息类各专业的电路与电子 EDA 教材,也可作为非电类专业的 EDA 培训教材及从事电子产品设计工作的工程技术人员的参考书。

在本书的编写过程中,作者的导师、同行和朋友给予了许多建议和支持,他们是湖南师范大学的博士生导师李双元教授,华中科技大学的廖兆曙副教授,湖南工业职业技术学院的陈方副教授、谭耀辉副教授、邱丽芳副教授和其他老师,作者在此表示深深的谢意。同时,作者还要感谢家人的大力支持。

本书的出版得到了西安电子科技大学出版社的大力支持,作者对他们的辛勤劳动与帮助深表谢意。

由于作者水平有限,书中的缺点和错误在所难免,欢迎读者批评、指正。

作者(wa731@163.com)

2004 年 2 月于长沙

# 序

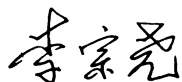
1999 年以来，随着高等教育大众化步伐的加快，高等职业教育呈现出快速发展的形势。党和国家高度重视高等职业教育的改革和发展，出台了一系列相关的法律、法规、文件等，规范、推动了高等职业教育健康有序的发展。同时，社会对高等职业技术教育的认识在不断加强，高等技术应用型人才及其培养的重要性也正在被越来越多的人所认同。目前，高等职业技术教育在学校数、招生数和毕业生数等方面均占据了高等教育的半壁江山，成为高等教育的重要组成部分，在我国社会主义现代化建设事业中发挥着极其重要的作用。

在高等职业教育大发展的同时，也有着许多亟待解决的问题。其中最主要的是按照高等职业教育培养目标的要求，培养一批具有“双师素质”的中青年骨干教师；编写出一批有特色的基础课和专业主干课教材；创建一批教学工作优秀学校、特色专业和实训基地。

为解决当前信息及机电类精品高职教材不足的问题，西安电子科技大学出版社与中国高等职业技术教育研究会分两轮联合策划、组织编写了“计算机、通信电子及机电类专业”系列高职高专教材共 100 余种。这些教材的选题是在全国范围内近 30 所高职高专院校中，对教学计划和课程设置进行充分调研的基础上策划产生的。教材的编写采取公开招标的形式，以吸收尽可能多的优秀作者参与投标和编写。在此基础上，召开系列教材专家编委会，评审教材编写大纲，并对中标大纲提出修改、完善意见，确定主编、主审人选。该系列教材着力把握高职高专“重在技术能力培养”的原则，结合目标定位，注重在新颖性、实用性、可读性三个方面能有所突破，体现高职教材的特点。第一轮教材共 36 种，已于 2001 年全部出齐，从使用情况看，比较适合高等职业院校的需要，普遍受到各学校的欢迎，一再重印，其中《互联网实用技术与网页制作》在短短两年多的时间里先后重印 6 次，并获教育部 2002 年普通高校优秀教材二等奖。第二轮教材预计在 2004 年全部出齐。

教材建设是高等职业院校基本建设的主要工作之一，是教学内容改革的重要基础。为此，有关高职院校都十分重视教材建设，组织教师积极参加教材编写，为高职教材从无到有，从有到优、到特而辛勤工作。但高职教材的建设起步时间不长，还需要做艰苦的工作，我们殷切地希望广大从事高等职业教育的教师，在教书育人的同时，组织起来，共同努力，编写出一批高职教材的精品，为推出一批有特色的、高质量的高职教材作出积极的贡献。

中国高等职业技术教育研究会会长



# 目 录


第 1 章 EWB(电子学工作台)概述.....	1
1.1 EWB 简述 .....	1
1.2 EWB 特色概览.....	7
1.3 系统要求 .....	9
1.4 软件安装 .....	9
1.5 帮助功能的使用.....	11
1.6 创建第一个 EWB 电路.....	12
1.7 运用仪器观察实验过程.....	16
1.8 实验电路的保存与载入.....	19
习题.....	19
第 2 章 EWB 7.0 的界面及基本操作方法.....	20
2.1 EWB 7.0 的软件界面及工具栏 .....	20
2.2 EWB 7.0 的菜单操作说明.....	26
2.3 电子电路的组建与运行.....	30
2.4 仿真元件与子电路的创建.....	33
习题.....	38
第 3 章 EWB 7.0 的虚拟仪器仪表的操作.....	39
3.1 仪器仪表的基本操作 .....	39
3.2 虚拟模拟仪表的使用 .....	40
3.2.1 数字多用表.....	40
3.2.2 电压表和电流表 .....	41
3.2.3 函数信号发生器 .....	41
3.2.4 瓦特计 .....	42
3.2.5 示波器 .....	42
3.2.6 波特图仪.....	44
3.2.7 频率计数器.....	45
3.3 虚拟数字仪器仪表的使用.....	45
3.3.1 字信号发生器.....	45
3.3.2 逻辑分析仪.....	47
3.3.3 逻辑转换仪.....	48
3.4 其他虚拟仪器仪表的使用.....	49
3.4.1 伏安特性分析仪 .....	49

3.4.2 失真分析仪.....	50
3.4.3 频谱分析仪.....	50
3.4.4 网络分析仪.....	51
3.4.5 其他仪表.....	53
3.5 其他常用指示元件.....	54
习题.....	55
第 4 章 EWB 的电路分析方法.....	56
4.1 直流工作点分析.....	56
4.2 交流频率分析.....	58
4.3 瞬态分析.....	59
4.4 傅里叶分析.....	61
4.5 噪声分析.....	62
4.6 噪声外形分析.....	64
4.7 失真分析.....	65
4.8 直流扫描分析.....	67
4.9 参数扫描分析.....	68
4.10 温度扫描分析.....	70
4.11 直流和交流灵敏度分析.....	71
4.12 零—极点分析.....	72
4.13 传递函数分析.....	73
4.14 最坏情况分析.....	75
4.15 蒙特卡罗分析.....	76
4.16 PCB 板轨迹宽度分析.....	78
4.17 批量分析.....	79
4.18 分析显示图表器的使用说明.....	81
习题.....	83
第 5 章 电子电路 EWB 仿真技术.....	84
5.1 静态工作点的稳定电路.....	84
5.2 文氏电桥正弦波发生器.....	88
5.3 带阻滤波器(陷波器).....	90
5.4 分压—自偏压共源极放大电路.....	94
5.5 多级放大器.....	97
5.6 负反馈放大器.....	100
5.7 其他模拟仿真电路举例.....	102
5.8 四人表决电路的设计.....	104
5.9 模 25 计数器的设计.....	106
5.10 组合逻辑电路的设计.....	107

5.11 译码器和数据选择器.....	109
5.12 综合应用及设计实例 .....	111
<b>第 6 章 Protel 99 SE 的电路设计基础 .....</b>	<b>115</b>
6.1 Protel 99 SE 概述.....	115
6.2 电路原理图编辑初步 .....	122
6.3 元件的放置 .....	125
6.4 线路的连接 .....	130
6.5 画图工具 .....	133
6.6 层次原理图的设计 .....	138
6.7 原理图的电气测试 .....	140
6.8 报表文件的生成 .....	142
6.9 原理图的输出.....	144
习题.....	145
<b>第 7 章 Protel 99 SE 的电路仿真技术 .....</b>	<b>146</b>
7.1 SIM 99 SE 概述 .....	146
7.2 SIM 99 环境下的窗口及管理 .....	146
7.3 Simulate 菜单及仿真器设置 .....	148
7.4 制作一张可用于仿真的电路图 .....	157
习题.....	176
<b>第 8 章 MAX+plus 简介 .....</b>	<b>177</b>
8.1 软件界面简介.....	178
8.2 软件的安装 .....	182
8.3 MAX+plus 快速入门 .....	184
8.4 MAX+plus 在 Windows 2000 与 XP 上的安装设置.....	188
习题.....	188
<b>第 9 章 MAX+plus 编辑器 .....</b>	<b>189</b>
9.1 MAX+plus 的工具栏 .....	189
9.2 电路图编辑 .....	189
9.2.1 内附逻辑函数 .....	189
9.2.2 编辑规则.....	191
9.2.3 电路图编辑工具 .....	192
9.2.4 电路图编辑步骤 .....	193
9.3 AHDL 设计 .....	195
9.3.1 AHDL 总体介绍 .....	195
9.3.2 AHDL 设计的基本结构.....	198

9.3.3	AHDL 设计实例.....	213
9.3.4	AHDL 在 MAX+plus 中的使用步骤.....	219
	习题.....	220
<b>第 10 章</b>	<b>VHDL 程序设计.....</b>	<b>221</b>
10.1	VHDL 的特点.....	221
10.2	VHDL 程序结构的基本概念.....	221
10.2.1	实体.....	221
10.2.2	结构体.....	222
10.3	VHDL 编程规则.....	224
10.4	顺序语句.....	228
10.5	VHDL 并行语句.....	234
10.6	实例分析.....	238
10.7	VHDL 编辑流程.....	248
10.8	时序仿真流程.....	250
	习题.....	252
	<b>参考文献.....</b>	<b>253</b>

# 第1章 EWB(电子学工作台)概述



## 1.1 EWB 简述

我们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,以测试电路是否达到设计要求。设计的电路往往需要反复仿真、调试,才能达到设计要求。这样既费时费力,又增加了产品的成本。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(简称 IIT)公司于 20 世纪 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“电子学工作台 (Electronics Workbench)”(以下简称 EWB)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所需的技术指标,另一方面又可以通过改变电路中元器件的参数,使整个电路的性能达到最佳。

目前,世界上已有许多大学将 EWB 作为介绍 EDA 技术的内容,纳入电子类课程的教学。学习电子技术,不仅要使学生掌握基本原理和计算公式,更应该使学生具备电路的分析、设计和应用开发的能力。但是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。有了 EWB,可以在计算机上虚拟出一个元器件种类齐备、先进的电子学工作台,它一方面可以克服实验室内各种条件的不足,另一方面又可以针对不同目的(验证、测试、设计、纠错或创新等)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,不仅使实验效率得到了提高,而且还能训练学生掌握正确的测量方法和提高学生熟练使用仪器设备的能力。

与其他仿真器相比,EWB 具有很明显的优势,具体表现如下。

### 1. 功能全面的仿真器

IIT 自 1982 年成立以来,一直致力于发展价格适中、基于个人计算机的工具。这些工具使我们能够更快地完成任务,拥有更多的成果。现在,IIT 提供的 Electronics Workbench EDA 就是一个功能全面的 SPICE A/D 仿真系统。

### 2. 高效

使用 EWB,你可在几十分钟内卓有成效地完成工作任务,节约时间和费用。同时,该系统紧密地结合了原理图输入、仿真和波形分析,使得你在设计方案调整时更加得心应手。

### 3. 卓越的工具

EWB 是自 1988 年以来首次发表的最新、最先进的功能强大且易于使用的仿真器。今

天，在 35 个国家里人们以 10 种语言版本在使用它的强大功能。

EWB 7.0 比以前的版本速度快十倍以上，并且在绝大多数电路中，它的速度与其他竞争对手推出的价格昂贵的软件相同。这是因为它拥有工业标准化的 SPICE 3 和超过 16 000 多个元器件的模型。

#### 4. 低廉的价格

相对于其他仿真器，EWB 的价格仅是它们的一小部分，甚至于远远小于这些软件的基本配置的价格。

#### 5. 集成的、一体化的设计环境

EWB 提供全面集成化的原理图输入工具、数/模混合仿真以及在统一的环境中的波形显示。它不但增加了用户设计过程的灵活性和反应速度，而且极大地简化了设计过程。

通常，各种工具软件提供的是独立的原理图输入工具、仿真器和波形分析能力。用户将他们的原理图存为 SPICE 网表格式，以批处理的方式运行仿真器，将结果存为一个文件，然后转到波形分析工具中去。这就限制了用户可选择的方案种类，即使用户做了很小的一点改动，也不得不返回到原理图并再次重复整个过程。

在 EWB 紧密的集成环境中，当用户进行仿真时，波形和原理图同时有效且可见。当编辑原理图并改变参数时，按动开关并加上源信号，显示的波形将立刻反应这个变化，它将用户带到电路内部，使用户可以对具体电路的某个环节直接进行控制。

EWB 的另一个集成的优点是它将仿真器和显示波形实时且紧密地结合在一起，除非为了进一步其他的目的而冻结某一图形，否则它将实时地更新分析的内容。用户不会得到过时的、可能产生误导的图形轨迹，也不必仔细跟踪轨迹的具体细节。

#### 6. 专业的原理图输入工具

EWB 的每个环节设计得都很完善，它采用标准的 MS-Windows 接口，为用户提供了方便且友好的操作界面。用户可以轻松地愉快地开始工作：使用鼠标输入设计的电路，简单地抓取所需要的元件，将它放入原理图中，并将它们进行正确的连接。选择元件就像使用数据手册那样简单，比如，用户想得到一个元件 LM741，可以从元件列表中选择它。窗口的支持方式还意味着可以剪切和粘贴原理图和图形到其他文字处理软件中去，以便得到具有专业水准的高质量的报表和报告。EWB 的另外一些功能特点还包括了可以由用户定义元件的特性，可以自动分配元件参考编号，易于编辑的模型参数和元件值，满足工业标准的 ANSI 和 DIN 图形符号，简便的材料清单输出与支持层次化的原理图设计方式等。

#### 7. 智能的连线

EWB 通过自动地排列连线帮助用户迅速便捷地完成线路连接，并允许调整所设计的电路原理图，并且当移动元件时所有连线将根据需要选择预留或重排。

#### 8. 层次化的设计

使用 EWB 的层次化原理图输入方式，可使复杂的电路设计变得轻而易举。它实际使用的工作空间的大小没有预先定义，如果电路在现有的窗口中放不下，滚动屏幕即可继续工作。

#### 9. 与其他 EDA 工具的通信

EWB 能够输入标准的 SPICE 网表并且自动地将它们转换为清晰可读的原理图，或者将

它们输出到其他的 SPICE 仿真器中去。用户还可以输出自己的设计到流行的电路板布局布线工具中去,从而不需要重新输入电路。

#### 10. 设计恢复和成组设计

对于现代的工程师来说,设计恢复和成组设计已经变得如此重要,以至于许多软件工具都必须支持它们,这就是为什么我们要存储比只含有元件和连接关系的网表更多信息的原因。它们将保存设计的完整状态,包括所有使用模型的备份、初始化设置信息以及所有 SPICE 参数和设置,这将确保系统配置、参数和所有模型不会改变,以便能更加准确、快速地恢复设计和共享设计。

使用更好的 SPICE 对快速、准确地仿真是至关重要的,因为它提供所需要的信息来分析电路并确保其正确性。SPICE 仿真器用于验证那些模拟、混合信号电路是否能产生预期的输出。当一个原理图网表和电路输入值提供给 SPICE 软件时,它将在给定的时间内仿真电路,然后你可以观察任何电路节点随着频率和时间变化的电压值和电流值。甚至当仿真一个使用层次化模块的复杂电路时,仿真器仍然可以得出准确的结果。EWB 的仿真器就是基于现代技术的工业标准——Berkeley SPICE3 的仿真器。

#### 11. 交互式设计

EWB 没有采用批处理方式,而是采用了 32 位交互式的仿真器 SPICE。可以在仿真过程中改变设计,并且可以立即得到由此变化带来的结果。例如,可以在仿真时改变信号源的频率,调整分压器并按下开关按钮。

#### 12. 高度的集成

SPICE 仿真器完全地集成在原理图输入和显示波形等工具之中,因为 EWB 自动地传递原理图编辑到仿真器中,所以这种集成加快了系统的建立和管理时间,甚至在它运行时也是如此。同样,元件如保险丝、LED 和控制开关等在仿真器工作时也可自动地更新。

EWB 能够对模拟、数字以及数/模混合电路进行仿真。仿真一个混合信号电路并不需要任何额外的工作。它首先将电路划分成模拟和数字两个部分,模拟电路使用时间步进驱动的 SPICE 仿真器进行仿真,数字部分使用一个面向事件驱动的仿真器进行独立的仿真。为了提供更快的速度,EWB 的数字仿真器是一个基本的方式,这就意味着它可直接使用 C++ 而不是使用较慢的 SPICE 宏定义。

因为 EWB 的仿真器能自动地进行信号的转换,所以能够连接任何一个模拟、数字元件或其他任何元件。另外,系统的模型库中还包含混合器件,如模/数、数/模转换器等。

#### 13. 采用仿真平台得到真实的结果

使用 EWB 的虚拟测试设备就如同坐在实验室里使用实际的测试设备一样,甚至于还要容易。当用户设计了一个电路后,可以用鼠标选中虚拟测试设备,然后就像连接原理电路那样进行连接,它们被选出并送入仿真器内,这样就能够立刻观察到实际电路响应的波形。

EWB 的另一附加功能是仿真设备可以隐藏 SPICE 的轨迹和运行,这样可以使效率更高。但是它并不限制使用 SPICE 仿真器,如果需要,按下 SPICE 的总电源,就可以使用它了。IIT 认为,工程师应该作为产品设计者而工作,而不是作为编程人员而忙碌。使用 EWB,工程师就有更多的精力集中在诸如电路的反馈以及偏置等内容上,而不是在解决命令的语

法错误上。

#### 14. 丰富的虚拟仪器仪表

EWB 仿真器包括以下虚拟仪器仪表：

(1) 示波器。这个仿真的双通道示波器就如同真实的示波器一样。它支持内部或外部的上升沿或下降沿的触发，并且时基可以从秒(s)到纳秒(ns)进行调节。为了得到精确的测量结果，允许滚动示波器时间轴，在感兴趣的时间点用十字准线来测定电压的数值，也可以把示波器上的波形以 ASCII 文件格式存储起来。

(2) 函数发生器。函数发生器可以产生方波、三角波或正弦波，可以控制信号的频率(1 Hz ~ 999 MHz)、占空比、幅值和直流偏置等。

(3) 万用表。这个自动化的万用表可以测量电流、电压、电阻和损耗，可以选择测量信号的直流或交流部分。

(4) 频谱绘图仪。使用频谱绘图仪可以在 1 mHz ~ 10 GHz 之间研究电路的频率响应。在这个范围内，它可以绘制出在线性坐标或对数坐标下相应的频率响应。频谱绘图仪的数据可以用文件形式存储。

(5) 字符发生器。灵活的字符发生器可以作为通用的激励源编辑器，驱动电路产生多达 32 K × 16 位的字符串，它能被定义在某一时刻产生单个字，或使用用户自己定义的一组数据，或者按照指定的频率循环变化。

用户可以使用标准的文本编辑器将数据输入字符发生器，并且设置断点以解释和分析电路的工作状态。数据可以以 ASCII 字符、二进制或十六进制显示。一个数据准备指示器让用户知道自己的数据已被排列在数据总线上，并且它采用外部触发以保证时钟同步。字符发生器有各种用户可以装载的预存的模式，例如加法计数器和右移位器等，用户也可以定义自己的模式。

(6) 逻辑分析仪。这个 16 通道逻辑分析仪提供图形模式和十六进制的显示。它支持内部或外部的上升沿或下降沿触发，它还可以通过预先定义的位模式来触发。

仿真逻辑分析仪就像现实世界中的逻辑分析仪一样。如要精确测量参数值，它允许向前或向后滚动触发信息，显示带光标的逻辑电平。也可以用三个变量来定义触发限制和触发模式(例如 A 和 B, A、B 或 C)。

#### 15. 强大的分析功能

进行电路仿真时，EWB 会提供 14 种分析工具，它们不仅帮助用户获知所设计电路的工作状态，而且可以测量电路的稳定性和灵敏度，并且提供最大的自由和灵活性。每一种类型的分析提供所处理结果的可选项列表输出。例如，用户可以自动地测量或将这个仿真结果作为参考存储起来，也可以剪切或粘贴图形。另外，无论何时，在对设计电路进行修改后，EWB 将自动更新结果，并且将仿真结果存入一个可以转换到另外的程序的文件中去。

以下是这 14 种分析的具体说明。

##### 1) 6 种基本分析

EWB 先采用 6 种基本分析工具测量电路的响应，以便了解其基本工作状态。这些分析提供给设计者的信息与用示波器或万用表得到的信息相同。但是使用 EWB 进行设计电路的参数选择要比使用实际电路容易得多。例如，可以双击鼠标选择不同的运算放大器来测试

电路的变化,而对一个电路实物则需要花费大量的时间去改动。

这6种基本分析包括:

(1) 直流工作点。通过对电感短路、电容开路以及使交流信号源无效来确定电路的直流工作点,然后得出一份在各个工作节点处电压值和电流值的详细报告。知道了电路的直流工作点后,电路的设计过程将更加简便,不必再手工计算二极管和三极管的直流偏置。

(2) 瞬态分析。瞬态分析提供所设计的电路作为时间函数的工作状态。它从零时开始并且在用户定义的时间范围内绘制电路响应(电压和电流)。用户只要定义起始时间和终止时间,仿真器将自动选择适当的中间时间作为步进值。

(3) 交流频率扫描。交流频率扫描提供在特定的频率范围内设计电路在交流小信号下的响应。不需要手工计算设计电路的传递函数,在特定的范围内可分析任何节点的增益和相位,并且允许选择采用线性或对数坐标扫描得到所需要的数据。

(4) 傅里叶变换。傅里叶分析用来在给定的频率范围内分解瞬态数据并且观察元件的频谱,并检测电路的谐波失真。EWB将离散傅里叶变换应用到分析结果中,提供与幅值和相位相联系的傅里叶频谱分量。尤为重要的是,它将计算一个大信号瞬态分析的频域响应,这确定了电路的基波和最大的100次谐波,并且生成直观的图形和报告,使用户得到确切的数据。

(5) 噪声分析。噪声分析用来确定电路或元件的噪声影响,它大大减小了由于要求精确分析电路的噪声所要进行的手工计算。当指定一个输出节点、输入噪声源以及扫描频率范围后,分析工具就会计算来自所有电阻和半导体元器件的噪声影响的均方根值。

(6) 失真分析。失真分析用来确定总的谐波失真并显示失真的频谱密度。它在一段频率范围内计算电路中的一个或两个交流源小信号的稳态谐波和中间变换产物。只要指定频率范围和所感兴趣的节点即可进行失真分析。你可以在独立分析的基础上从分析选项中分离某些器件。

## 2) 4种扫描分析

接下来的4种分析可帮助用户在各种条件和参数变化时观察电路的变化。

(1) 温度扫描。温度扫描分析用来在一段特定的范围内,对任意电路相邻和独立元件进行温度扫描,确定电路的瞬态、直流和交流响应。它允许在不同的环境中观察电路的表现(例如在炎热的天气里,观察一个单元电话设计电路的性能状态),或者检查一个特定的元件随温度上升的工作状态。可以指定所需的温度扫描范围、类型和分辨率。

(2) 模型参数扫描。当模型参数在取值范围内变化时,可以观察到电路的瞬态、直流和交流响应。模型参数扫描分析允许选择任何元件、任何期望的参数值以及所要扫描的取值范围。它最终帮助用户理解单个模型参数怎样影响所设计的电路。

(3) 交流灵敏度/直流灵敏度。这两种分析不是在一个取值范围内扫描的,它们用来确定一个元件值的变化如何影响电路的其他元件。例如,对于一个给定电阻的每一欧姆变化,确定输出端的电压如何变化。换句话说,这些分析告诉用户对于一个特定的参数,所设计的电路有多大的灵敏度。

灵敏度数据帮助用户确定设计电路的稳定性,并且预测在生产加工过程中参数值发生多大变化才会影响电路的性能。例如,先要标识哪些元件与增益的波动有因果关系,然后才能决定是否用更好的元件替代它。

交流和直流分析实际上是计算因指定元器件的变化而引起的交流或直流电压和电流的灵敏度。用户可以选择一个输出变量和感兴趣的元件参数，并且为交流分析指定一段频率范围。

### 3) 两个高级的分析

使用下面两个分析，EWB 使用户可以在较高基础上研究电路的工作状态。用户用不着去分析某一特定元件或节点，但却能洞察设计电路中各个部分内在的性能。它提供有关电路稳定性的信息，并且得出不能从原理样机中测量到的分析数据。

(1) 零极点。使用这个分析可以确定电路的交流小信号传递函数，并计算其零点和极点。电路一旦处于零极点将表现为不稳定状态。它取代了枯燥的手工计算，还将帮助用户理解大系统并分析复杂网络的稳定性。用户可以指定所感兴趣的输入和输出节点以及所需要进行的分析(增益或阻抗传递函数、输入或输出阻抗)。

(2) 传递函数。使用传递函数分析可以确定电路的直流小信号传递函数，并且计算输入电阻、输出电阻以及直流增益。可以选择一个输入源和一个输出节点，以此来计算传递函数。这个分析过程是将指定的电路部分定义为一个黑盒子。

### 4) 两种统计分析

下面这两种分析提供有关电路生产制造的信息，它们使用户能够生产加工电路和分析最终产品。因为元件参数不可避免的离散性使下面两种分析十分必要。

(1) 最坏情况。最坏情况分析是指在最坏统计变化前提下，预测电路的最坏性能表现。最坏情况分析使用户能够考虑到所使用的实际元件。例如，根据所输入的元件规格，预测绝对最低直流工作点是多少。这个分析将每个元件的误差值设为最坏情况，以计算最坏情况的输出。

(2) 蒙特卡洛。使用蒙特卡洛分析，可预计由于电路的变化而影响电路设计所造成的失败率。它提供在限定的误差值内电路随元件参数随机变化而引起的瞬态、交流和直流电路响应的分析。用户可以通过选择随机分配函数和误差值来设置分析。

## 16. 为设计完整性提供准确的模型

元器件和模型是在任何设计环境中都必须建立的内容，所以具有广泛的选择余地是很重要的。元器件提供了一般性的内容，而模型则提供了更详细、手工标注的内容。EWB 提供了一组广泛的元器件，包括无源和有源器件、模拟和数字集成电路、基本数字逻辑以及函数模块。你还可以从各种产品中获得精确仿真所必需的实际性能信息。

EWB 从来就不会束缚你的设计构思，因为你将在弹指之间拥有 16 000 多个高品质的模拟和数字器件模型，而且除了上述元器件外，你还可以在 EWB 中建立自己的元器件，或者以外部 SPICE 网表形式将它们输入到 EWB 中。在设计过程中你还可以添加这些新的元器件到常规元器件部分中去。

(1) 模拟元器件。EWB 为有源和无源器件提供了广泛的模拟 SPICE 模型库，包括二极管、三极管以及运算放大器。每个模型都有一定的质量和精度要求。例如，BJT 模型包括了它所反映的全部 SPICE 3F5 Gummel-Poon 等效模型。诸如分压器、电容、电感和开关等可变元件，能够在仿真过程中以交互方式调节，以便立刻观察到这些改变所引起的电路效果。而像积分器和累加器等函数模块，可用在原理图中以设计控制系统。

(2) 数字元器件。在数字仿真中有两种模型可供选择：使用理想化元器件以得到更快的仿真结果或者使用实际模型以得到更准确的结果。如果用户需要更快的仿真结果，而且设计电路并不依赖于数字元器件的详细性能，那么应选择理想模型。如果用户需要实际情况的波形来说明采用 LS 或 HC 元件的设计电路的响应如何，则应选择实际模型。

除了为 200 个数字元器件和集成电路具体指定 TTL 型或 CMOS 型之外，还可以从等级、集电极开路或者从缓冲器变化中作出选择。用户能够根据自己的仿真需要将一个或所有的元件专门设置为高电平、低电平、阈值电压以及上升或下降传递延时等状态。

(3) 混合元器件。因为在 EWB 中任何模拟或数字元器件都能直接与其他元器件相连接，所以可以很方便地建立混合信号电路。这个软件在模拟和数字信号之间自动产生接口。但是因为许多设计需要混合信号集成电路，所以 EWB 提供一个对混合元器件的特别选择，它们包括模/数转换器、数/模转换器(包括电流和电压两种)、单稳态多谐振荡器和 555 定时器等。

## 1.2 EWB 特色概览

### 1. 集成化工具

EWB 的集成化工具包括全面集成化原理图编辑工具、SPICE 仿真和波形发生器以及分析工具。EWB 支持仿真中电路的在线修改，通过虚拟测试设备和 14 种分析工具分析电路。

仿真器是交互式 32 位 SPICE 3F5，强化支持自然方式的数字和模/数混合元器件，自动插入信号转换界面，支持多级层次化元器件的嵌套，采用 GMIN 步进法，对于电路的大小和复杂度没有限制。

原理图编辑工具是分层的工作环境，手工调整元器件时可自动重排线路，自动分配元器件参考编号，对于电路的大小没有限制。

设计文件夹可同时存储所有设计电路信息，包括电路结构、SPICE 参数以及所有使用模型的设置和拷贝，以便设计数据共享和数据恢复。

接口可输入和输出标准的 SPICE 网表，与其他仿真器通信或利用已经存在的设计元器件，可输入生产制造者提供的模型和网表以供 EWB 使用，可输出到 PCB 布局/布线工具中去。

### 2. 分析

虚拟测试设备提供快捷、简单的分析。14 种分析工具在线显示图形并具有很大的灵活性。其具体内容见上节。

### 3. 虚拟测试设备

EWB 的虚拟测试设备包括：

数字万用表：自动变化范围测量直流和交流电流、电压、电阻和损耗。

函数发生器：在 1 Hz ~ 999 MHz 内产生方波、三角波和正弦波。可设置占空比、振幅和直流偏置。

示波器：是双通道示波器，时基范围从秒(s)变化到纳秒(ns)，在上升沿或下降沿由内部

或外部触发，时间轴可移动，有两个数字光标，可保存数据到 ASCII 文件。

频谱绘图仪：对于频率扫描绘制幅度和相位。支持频率从 mHz 到 GHz，以对数或线性坐标绘制。

字符发生器：作为驱动电路的一个数字激励源编辑器，可产生最多达 32 K × 16 位字。以 ASCII 码、二进制或十六进制显示，可进行数据编辑。可装载、保存、剪切、粘贴数据。支持断点和单步、冲击和连续波方式。为了保持同步，采用外部触发和数据准备就绪指示。

逻辑分析仪：支持前沿和后沿触发，外部和内部时钟，上升沿和下降沿。时钟要求同步数据。用户定义触发模式和触发规定。

逻辑转换器：在门电路、真值表和布尔逻辑表达式之间进行转换。

#### 4. 元件

EWB 提供的元件包括：

信号源：包括直流电压、直流电流、交流电压、交流电流、电压控制电压、电压控制电流、电流控制电压、电流控制电流、AM、FM、Vcc、时钟、脉宽调制、频移键控、多模式、分段线性可控、压控振荡器和非线性独立源。

基本元件：包括电阻、电容、电感、变压器、继电器、开关、时延开关、压控开关、电流控制开关、上拉电阻、可变电阻、极性电容、可变电容、可变电感、电感对和非线性变压器。

二极管：包括齐纳二极管、LED、肖特基二极管、二端可控硅开关、三端可控硅开关、全波桥式整流。

三极管：包括 NPN 和 PNP 型 BJT、N 沟道和 P 沟道 JFET、3 终端和 4 终端加强型或耗尽型 N 沟道或 P 沟道 MOSFET。

模拟集成电路：包括 3 终端和 5 终端运算放大器、比较器和电压稳压器。

混合集成电路：包括 A/D 转换器、D/A 转换器和电流转换器、555 定时器和单稳态多谐振荡器。

逻辑门：包括 AND、OR、NOT、NOR、NAND、XOR、XNOR、三态缓冲器、缓冲器和施密特触发器。

数字元件：包括 RS、JK 和 D 触发器，半加器和全加器，多路复用器，分路器，编码器和译码器。

指示：包括灯、电压表、电流表、探针、7 段译码显示、蜂鸣器、条码译码器。

控制：包括微分器、积分器、增益模块、传递函数、限幅器、乘法器、除法器 and 累加器。

其他：包括保险丝、有损和无损传输线、石英晶体、直流电动机、真空三极管和 Buck/Boost 转换器。

74xx 系列：包括 7400、7402、7404、7405、7406、7407、7408、7409、7410、7411、7412、7415、7420、7421、7422、7425、7426、7427、7428、7430、7432、7433、7437、7439、7440、7442、7445、7447、7451、7454、7455、7469、7472、7473、7474、7475、7576、7477、7478、7486、7490、7491、7492、7493。

74xxx 系列：包括 74107、74109、74112、74113、74114、74116、74125、74126、74133、74134、74138、74139、74145、74147、74148、74151、74153、74154、74155、74156、74157、74158、74159、74160、74162、74163、74164、74165、74166、74169、74173、74174、74175、