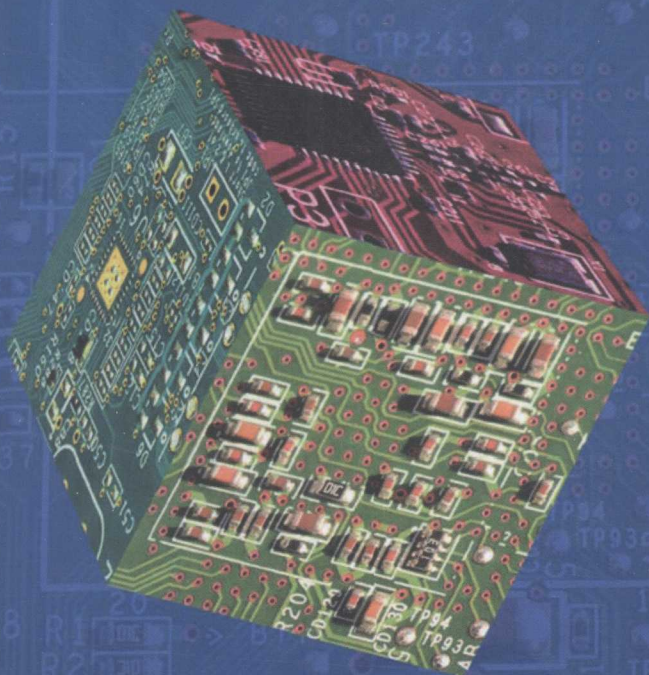


TINA Design Suite

电路设计与仿真

主 编 李良荣
副主编 冉耀宗 邓朝勇



013062950

TN702
309

TINA Design Suite

电路设计与仿真

主 编 李良荣

副主编 冉耀宗 邓朝勇



北京航空航天大学出版社

TN702

309



北航

C1670104

内容简介

本书依据电子技术系统设计教学的特点,在引导电子技术基础理论验证的同时,着重阐述现代电子设计技术方法。本书共分 10 章内容,分别介绍了 TINA 应用基础、子电路设计与库扩充、图形符号创建、电路系统设计方法、PCB 设计及电子综合设计等方面的知识。

本书是大学“电子设计及仿真”的课程教材,也可供电子设计工程技术人员参考使用。

图书在版编目(CIP)数据

TINA Design Suite 电路设计与仿真 / 李良荣主编

— 北京:北京航空航天大学出版社,2013.8

ISBN 978-7-5124-1168-5

I. ①T… II. ①李… III. ①电子电路—计算机仿真—应用软件 IV. ①TN702

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2013)第 139412 号

版权所有,侵权必究。

TINA Design Suite 电路设计与仿真

主编 李良荣

副主编 冉耀宗 邓朝勇

责任编辑 卫晓娜

*

北京航空航天大学出版社出版发行

北京市海淀区学院路 37 号(邮编 100191) <http://www.buaapress.com.cn>

发行部电话:(010)82317024 传真:(010)82328026

读者信箱:emsbook@gmail.com 邮购电话:(010)82316936

涿州市新华印刷有限公司印装 各地书店经销

*

开本:710×1 000 1/16 印张:23.75 字数:426 千字

2013 年 8 月第 1 版 2013 年 8 月第 1 次印刷 印数:3 000 册

ISBN 978-7-5124-1168-5 定价:49.00 元

若本书有倒页、脱页、缺页等印装质量问题,请与本社发行部联系调换。联系电话:(010) 82317024

本书编委会

主 编：李良荣

副主编：冉耀宗 邓朝勇

主 审：王 义

参 编：李绪诚 王代强 潘正坤 刘海民

谭福奎 郭宗富 董泽芳 杜宏博

序 言

系统设计是电子信息系统的重点和难点。要进行有效的系统设计,不仅要深刻理解电路与系统理论,还要进行系统的工程实践训练。EDA (Electronic Design Automation) 工具,不仅提供了电路与系统理论学习的平台,而且也给师生提供了廉价、高效的工程实践训练环境。EDA技术已成为21世纪进行电路与系统设计的基本手段。因而熟练运用EDA技术已经成为电子信息类专业本科生和研究生的基本要求。

1. 电子技术与人才培养

社会稳定、经济发展,人们的生活水平逐渐提高,其显著标志就是在满足基本生活必需品的同时,还增添了许多奢侈消费品,尤其是嵌入了高新电子技术后的产品更加受人青睐,比如全自动洗衣机、数码相机、数字电视、智能导航汽车、计算机、移动电话等。

电子技术是19世纪末、20世纪初开始发展起来的新兴技术,20世纪发展最迅速,应用最广泛,成为近代科学技术发展的一个重要标志。如今,电子技术已经渗透到人类生活的各个角落。

电子技术人才的培养必须依据技术进步、技术变革而适当调整,以适应社会需求并推动电子技术健康发展。

2. 电子技术及现状

电子技术由模拟电子技术、数字电子技术两大部分构成。1904年诞生的电子管曾经是电子技术的核心器件,但因其体积大而逐渐被新器件取代。随着晶体管、集成电路的发明和大量应用,它们在各自的应用领域都得到了长足的发展,产品更是日新月异。模拟电子技术是整个电子技术的基础,在信号放大、功率放大、整流稳压、混频、调制解调等电路领域应用广泛。与模拟电路相比,数字电路具有精度高、稳定性好、抗干扰能力强、程序软件控制等一系列优点。从目前的发展趋势来看,除一些特殊领域外,模拟电路大有被数字电路取代之势。

数字电子技术目前也在向两个截然相反的方向发展,一是基于通用处理器的软件开发技术,比如单片机、DSP、PLC等技术,其特点是在一个通用处理器(CPU)的基础上结合少量的硬件电路设计来完成系统的硬件电路,是将主要精力集中在算法、数据处理等软件层次上的系统设计方法。另一个方向是基于CPLD/

FPGA的可编程逻辑器件的系统开发,其特点是将算法、数据加工等工作全部融入系统的硬件设计当中,在“线与线的互联”当中完成对数据的加工。

3. 电子技术教学方法的变革

电子技术是实验科学。电子技术基础课程教学必须辅以实验教学,学生方能对电路理论有效的消化吸收,并推进电子技术的发展。随着EDA技术的成熟与应用,如今EDA已成为现代电子设计技术的必备手段。电子技术实验及电子系统设计方法也随之发生变化,“EDA技术”成了电子信息类专业的必修课程。

1) 关于模块化电路实验系统

随着电子技术的发展,学生需要学习的科目、内容逐渐增多,电子技术课程教学方法也发生了变化,原来黑板上写、画、算的教学模式已被多媒体教学方法所取代,这样在相同的时间内可以向学生传授更多的知识。学以致用是科学技术人才培养的教学目标。众所周知,电子技术是一门实验科学,要让学生正确理解和巩固所学知识,实验手段必不可少。传统的实验方法培育了无数的优秀电子工程师,但技术发展到今天,这种教学方法已力不从心,加之1999年以来,我国的高等教育从精英教育向大众教育转化,大规模的扩招使现有的教育资源倍感紧张,迫使传统的实验方法开始进行相应变革。模块化电路实验箱以其结构简练、规范、直观而使学生的实验周期缩短,为电子技术人才培养做出了极大的贡献。不过,如今却逐渐显现出了弱点:

(1) 模块化实验箱上元器件有限,电路单元有限,电路变通能力有限。

(2) 学生做实验时几乎看不到真正的电子元器件。

(3) 实验箱上,电路端点之间的跳线会因多次使用而出现接触不良、内部断线等情况。

(4) 模块化实验箱,必须配备示波器、万用表等实验设备,实验室建设成本比较高。

(5) 模块化实验,仅是用规范定制的实验模块代替了学生按照自己的理解焊接的实验电路,对培养综合型、设计型、研究型人才,其功能有限。

2) 关于仿真技术实验方法

随着电子技术的发展,电子系统的设计越来越复杂,加之微电子技术的进

步, 集成电路的功能早已突破了标准IC, 使得新的电子系统结构异常简单, 体积异常小, 随之, 实验教学方法也发生了重大变化。传统的实验方法必不可少, 但大量的理论验证性实验项目可以用EDA技术中的仿真测试技术替代, 其依据是:

- (1) EDA设计环境中元器件丰富、参数标准, 还可以随时编辑添加新器件。
- (2) 仪器设备齐全, 已涵盖了目前电子系统设计教学所需的大多数设备。
- (3) 实验过程中没有接触不良、元器件损坏等情况, 仿真结果直观明了。
- (4) 实验过程中, 学生可以任意调用元器件、选用设备, 可以任意连接, 它不怕连线错误、结构混乱, 也不会损坏电子元器件、仪器设备, 仿真过程中皆有信息提示。
- (5) 实验过程有声、有形、有色, 让实验变得像做游戏, 以提高学生学习相关电路课程的积极性。
- (6) 实验不拘形式、不限时间(通过互联网), 也不怕学生的设计不切实际, 可充分发挥学生的想象力、创造力, 有利于培养学生的综合素质。

4. 现代电子技术实验模式分析

1) 电路课程教学中引入演示实验

EDA工具中的仿真测试技术可用于电路理论的验证。在教学的过程中, 学生对一些电路概念、原理、定理等总是难以掌握, 比如电流大小、电压高低、负载能力、放大率、通频带等, 学生通过推理、计算知道它的存在, 但觉得虚无, 如果辅以演示实验, 情况将大不相同。以放大器的频带宽度问题为例, 硬件验证需要特定环境, 而且操作程序复杂。通过TINA作演示实验, 电路及设备连接如图1所示, 仿真结果如图2所示, 移动窗口中的测试指针将得到放大器的增益 A_v (42.65 dB)、下限频率 f_L (93 Hz, 未截图)、上限频率 f_H (4.31 MHz), 通过简单计算可知带宽 ($f_w = f_H - f_L = 4.3 \text{ MHz}$)。如果电路图在备课时做好, 该过程不会超过2 min, 教师讲课轻松, 学生学习愉快、记忆深刻、联想丰富。还可以针对学生提出的疑问修改电路器件参数、连接方式等, 通过仿真结果(数据、图表、波形等)的分析、讲解, 让学生深刻理解电路理论。师生互动, 既活跃了课堂气氛, 又激发了学生的兴趣, 从而提高了教学效果。

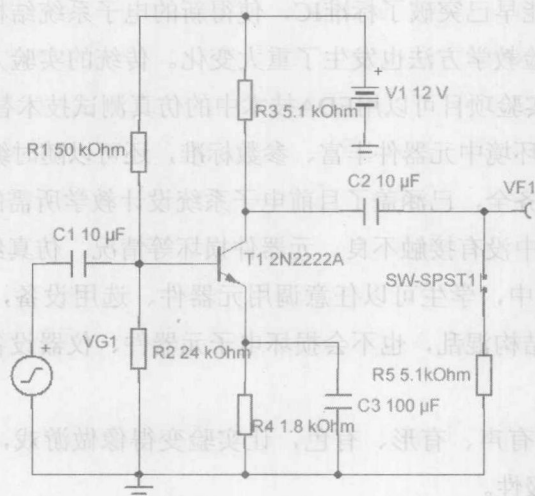


图1 单级放大器实验电路

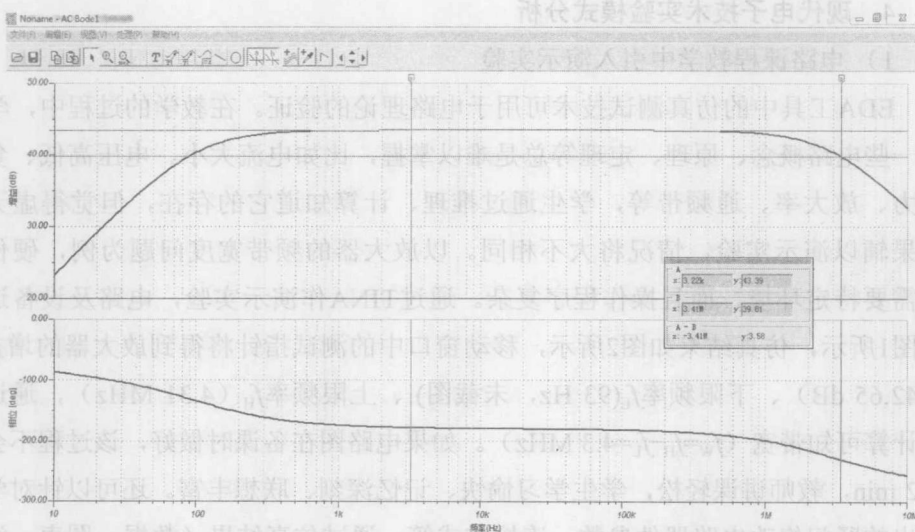


图2 分析放大器的频带宽度

2) 仿真技术实验

仿真实验可以让学生深刻理解电路原理，提高学习效率，激发他们的创造能

力。用EDA工具的电子设计环境对电路与系统理论作仿真实验,避免了硬件实验环境对电路器件、实验设备等的苛刻要求。实验室的建设也相对简单。计算机在各高等学校都已经普及,买一套50个终端网络版EDA软件与以实验箱为主要设备的实验室建设相比,成本是比较低的。在仿真实验过程中,学生可以充分发挥想像,甚至是不切实际的、错误的想法。实验环境中的元器件是虚拟的,实验设备也是虚拟的,实验过程中不怕逻辑混乱、器件损坏,也不怕损坏设备。有些发明创造源于瞬间的想法,在这种奇想产生后如不及时实施验证,就有可能夭折。EDA实验环境元器件丰富、设备齐全、实验成本低,其系统设计通过仿真验证后再去用硬件实现,可以少走弯路、缩短作品设计的时间。EDA技术可充分满足学生的好奇心和创作热情。仿真技术的应用给大学生的电子设计提供了技术保障,可以增强其参与电子设计与制作的信心。

3) 传统实验必不可少

现代电子技术实验方法与传统实验方法相结合,是提高学生电子系统设计综合能力的关键。在实验技能训练中,引导学生运用EDA工具的仿真测试技术,分别对综合性实验项目的各单元仿真,然后进行系统仿真,让项目设计在理论上通过后再做硬件搭试实验,这样可以少走弯路,提高设计的效率和质量。

目前,一方面用人单位抱怨可用的新人难找,好多应聘者“眼高手低”;另一方面是学生抱怨工作难找,用人单位总是问有无“工作经验”。学生嘛,工作经验从哪里来?目前的企业都希望有良好的经济效益,对学生的实习一般不太热心,究其原因有3个方面:

①现在的学生人数太多,一般企业接待量有限;

②学生实践必然带来浪费;

③学生实践必然会影响企业的正常生产秩序。

这样学生的“工作经验”就主要靠实验室了,学校建立一套完整、高效的实验教学体系势在必行。

有些电子学科的大学生,到毕业时电烙铁都没有碰过,那是有问题的。他们的实验几乎都在实验箱上做或是计算机上仿真,如何布局元器件、焊接、跳线美观,有引脚的器件焊接时留多长引线合理,贴片式器件如何选用和焊接,PCB版图如何实现PCB板等,学生没有见过、没有做过,也就是没有实践经验(工作经

验)。在学生亲手用标准IC、PLD、DSP、PLC、单片机、晶体管、电阻、电容等搭试电路,并用仪表测试电路参数、认真分析实验数据、总结实验方法并做了PCB实现,他是否有“工作经验”了?这就是参加过“全国大学生电子设计竞赛”并获奖的学生,还没有毕业就有单位争相与之签约的原因。

5. 现代电子技术实验教学体系

1) 用仿真技术实验做电路理论验证性实验

仿真实验有元器件丰富、参数标准、仪表设备齐全、仿真结论直观明了、理论验证性实验方便快捷、实验场所灵活等优点,引入电路课程教学体系,可以极大的缓解因大规模扩招而带来的现有电路实验室的压力。引入仿真实验之后,大量电路课程(如电工原理、电路分析基础、模拟电子技术基础、数字电子技术基础、单片机技术、接口技术、信号与传输技术、高频电子技术等)的理论验证性实验都可以在计算机上完成了。这还可以充分发挥EDA技术、计算机、网络技术的长处。

2) 建立校内电子技术实习基地

现有的实验场地转制为综合性、设计性、创新性实验场所。仿真是用模型的方式来模拟真实系统的功能、现象等,还不是现实系统的真正结论。比如仿真实验过程中,用发光二极管指示某实验电路的输出,当信号频率为1 Hz时几乎看不见其闪烁(因亮、暗的时间都较长),而在1 kHz时却表现为闪烁现象。真实情况是,在1 Hz时发光二极管闪烁明显、1 kHz时表现为常亮,也就是说,仿真结果不合实际。虽然仿真结论与系统的实际运行情况有差距,但人们也不能就此否定仿真实验方法,仿真结果可以验证设计思路没有错、能够实现这个硬件系统。那是否可以实现该真实系统呢?用真实元器件搭试电路、测量电路参数、进行数据分析并完成实验(实习)报告,做到理论与实践的统一。

一般院校都可以建立这样的实验室,也可以叫实习基地,设备“台套数”可根据该校学生规模适当置备,可以多次轮回而不需要像模块化实验系统那么多。可以多设置项目,学生根据兴趣、爱好适当选做。在本校实验室完成实验(实习)要避免集中,分批分时可减小实验室建设规模和实验室压力,还可接纳其他学科的电子爱好者。

3) 实验基地应具备的功能

不是每一门课程都有必要建一个综合实验室,有些科目实验室可以合并(具体情况具体分析),但有些关键的实验类型项目是必须设置,以达到学生的能力培训需求。以“现代电子创新实验教学基地”为例,应具备以下培训功能:

(1) 元器件、仪器仪表的辨别培训。让学生了解基本元器件、仪表等的外形,参数辨别、类型辨别、性能指标查阅等概念。

(2) 典型电路的真实元器件实现培训。重要科目必须有一个以上基本实验电路的真实元器件实现训练,例如模拟电子技术中的“单级放大器”、数字电子技术中的“门电路的功能测试”(可含组合逻辑)等。可以在实验板(面包板)上实现电路结构、测试电路参数并整理实验(实习)报告,以期达到了解真实元器件的性能、指标对电路性能的影响,了解真实仪表的使用方法。

(3) 焊接培训。在老师交代基本技能(如焊接面的处理、焊接方法、布局方法、排线方法、跳线方法等)之后,由学生依据自己的理解,在通用实验板上对“选定实验项目”进行布局布线。在此过程中对学生作品抽样点评,让学生的“电子技术”的美学观念得到提升,并让学生测试电路参数,整理实验(实习)报告。

(4) 综合系统设计培训。这个内容较为复杂,需要多次、长时间的训练,可以分年级、阶段,依据学生的层次设置相应的项目,引导学生对项目按某种规律有效划分,再分块设计、仿真,然后联合仿真,待系统功能实现后才到实验室进行硬件系统搭试,一方面可以提高实验的成功率,另一方面可缓解实验室压力。更为重要的是,硬件系统功能的实现将极大地鼓舞学生的创作热情、激发学生的创造性思维。

(5) PCB版图设计与制作培训。PCB设计与制作的优劣,直接影响设计作品(样机)的质量。PCB版图设计方法“学会”不难,但“学成”却不容易。在电子设计(竞赛)过程中,没有实物作品,谁都不能说他完成了设计,电子设计的成功与否是“拿出实物”并测试其功能、参数来评价的。

现代电子技术实验教学体系中:

①用仿真技术做“理论验证”性实验;

②利用实践教学基地对学生进行综合素质训练;

③将学生送到相关工厂去参观实习。

仿真技术实验的实施可以有效提高电路理论教学的效率、有效整合现有资源、减小实验室规模、降低实验成本、充分发挥计算机及网络技术的效用,还可利用EDA设计环境的特点来激励学生的探索兴趣。

实践教学基地的建设与实施,对学生实践动手能力的培养十分重要,是学生实践经验(工作经验)的来源。“实践出真知”就是这个道理。

参观实习可以扩展学生的视野,但若没有条件,其影响也不会太大。在现代电子技术实验教学体系中,师资同样是不可忽视的环节,在此不作讨论。

6. 关于TINA

TINA是重要的现代化EDA软件之一,用于模拟及数字电路的仿真分析。其研发者是欧洲DesignSoft Kft.公司,目前大约流行于40多个国家。

该软件的具体功能包括:

(1) 在模拟电路分析方面,TINA除了具有一般电路仿真软件通常所具备的直流分析、瞬态分析、正弦稳态分析、傅立叶分析、温度扫描、参数扫描、最坏情况及蒙特卡罗统计等仿真分析功能之外,还能先对输出电量进行指标设计,再对电路元件的参数进行优化计算。此外,它还具有符号分析功能(即能给出时域过渡过程表达式或频域传递函数表达式),RF仿真分析功能,绘制零、极点图、相量图、Nyquist图等重要的仿真分析功能。

(2) 在数字电路分析方面,TINA支持VHDL语言,并具有BUS总线及虚拟连线等功能,这避免了电路图中元件之间连线过密,使得电路绘图界面看起来更清晰、简洁。

(3) TINA具有8种虚拟测量仪器,各仪器与元件之间采用虚拟连线。其虚拟测试仪器(如多踪示波器)的动态演示功能是极好的电类教学辅助工具。TINA的仿真分析结果,如波形图可方便地与电路图粘贴在界面中,输出打印及分析资料的完整保存十分便利。

(4) TINA可以与其硬件设备TINALab,即实时信号发生器、数据采集器相连接,故能将实时测量与虚拟仿真结果相比对。这是目前所能实现该项功能的少数实用技术产品之一。

(5) TINA具有较高的性能价格比。它是目前所知为数不多的具有简体中文界面的成熟软件(在Help索引文件中,也用中文对于电路器件模型参数进行详细解释)。

TINA是一种功能强大的电路仿真软件,不仅在工程实践中,对于电子产品的开发与研制能够发挥高效率、高精度的作用,而且将其引入各类学校电类课程的教学,会带来意想不到的教学效果。

7. 关于本书

本书编写基于TINA Design Suite,重点在电工原理、电路分析基础、模拟电子技术基础、数字电子技术基础、高频电子技术等“电路与系统”基础课程的知识巩固及电子设计的基本思想、分析方法、实现手段。任何电子系统都是由一个或多个基本单元电路构成的。

全书共分10章。第1章是TINA应用基础,对TINA Design Suite的基本应用方法进行概述。第2章是子电路设计与库扩充,可以通过TINA将已经设计好的电路打包成一个子电路(宏)保存于库中随时调用。在电子设计过程中调用这些子电路,对它的操作就像一个器件,有时认为它相当于人们熟知的计算机主板上的功能扩展卡(如声卡、视频采集卡等)。TINA和所有的产品一样,其库资源总落后于科学技术的进步,但使用者可以通过网络资源扩充库或制作添加新器件等。第3章是图形符号创建,可以制作添加新器件符号、封装模型于TINA库中备用,包括为宏单元制作符号或封装模型。第4~8章在仿真电子技术基础相关理论的基础上,阐述电路系统的设计方法、EDA工具的具体应用方法,以及电路设计和分析工具应用中的经验总结,并配置相应实验内容以巩固所学知识,这一部分可以单独应用于相关课程的基础实验。第9章是PCB版图设计,PCB是电子系统的承载体,PCB设计与制作的优劣,直接影响设计作品的质量。第十章为电子设计,这一部分内容繁多、复杂,不可能面面俱到,所以本书仅举几个简单的例子以抛砖引玉。

李良荣编写了第1章、2章、3章、4章、5章、8章、9章、10章;冉耀宗编写了第6、7章;全书由王义主审。研究生国静、王昌龙、杨莎、李震、兰红、何立仁在本书编写过程中做了部分工作,在此表示感谢!

本书编写所用软件由DesignSoft公司提供,受DesignSoft公司在中国的代理商“北京掌宇金仪教学仪器设备有限公司”的直接委托。编写过程中得到北京掌宇金仪教学仪器设备有限公司潘文升经理、冯洁女士等的支持和帮助,在此表示感谢!

本书编写得到2012年教育部首批“专业综合改革试点”建设项目(电子科学与技术)的支持,是贵州大学2009实践教学改革项目(现代电子技术创新实训基地的建设与探索)的延续,是贵州省2011高等学校教学内容和课程体系改革重点项目(电子设计教学与课程体系研究)和“电子科学与技术”教学团队建设项目的基

本任务。书中所用的实例、实验电路图均有电子文档,可向作者免费索取。错误在所难免,望读者斧正!通信地址:贵州大学理学院电子技术实验室;邮编:550025。联系电话:0851-3626572; E-mail: llr100@sina.com (llr为李良荣拼音首写字母小写)。

李良荣

2013年5月

目录

CONTENTS

第 1 章 TINA 应用基础	1
1.1 关于 TINA	2
1.2 TINA 设计环境	8
1.3 关于 TINA 的授权	18
1.4 TINA 应用入门指导	21
1.5 文件输出	67
第 2 章 创建子电路与 TINA 库扩充	69
2.1 子电路的创建与调用	70
2.2 用 Spice 文件创建宏	74
2.3 扩充器件库	75
2.4 添加 S-参数模型	88
2.5 创建 VHDL 宏	91
2.6 参数提取与精确模型编辑	96
第 3 章 创建图形符号和脚本	99
3.1 Schematic 符号编辑器	100
3.2 器件封装模型编辑	104
第 4 章 电工原理分析与测试	111
第 5 章 电路分析与实验	123
5.1 仿真分析实例	124
5.2 电路分析实验	147

第6章 模拟电子技术基础与实验	151
6.1 仿真实例	152
6.2 模拟电子技术实验	194
第7章 数字电子技术基础与实验	225
7.1 仿真实例	226
7.2 数字电子技术实验	261
第8章 高频电子线路仿真及实验	283
8.1 实例分析	284
8.2 高频电路实验	303
第9章 PCB版图设计	307
9.1 TINA PCB应用基础	308
9.2 PCB设计基础	311
9.3 双面贴装式电路板	318
9.4 制作4层PCB板	326
9.5 创建PCB元器件	338
9.6 文件输出	341
第10章 综合电子设计	343
10.1 指示器件	344
10.2 简单示例	348

1 TINA应用基础

而TINA Design 2mil v7.5还包含高级PCB（即制单