

Multisim 在中职《电子技术基础》

教学中的设计与分析

摘 要

中等职业学校电类的专业基础课《电子技术基础》是一门理论性和实践性很强的课程。面对相对文化基础知识薄弱、学习行为习惯不良的中职学生，利用传统的教学手段及贫乏滞后的实验设备，已经难以培养出合格的技能型人才。如何把枯燥乏味的电子线路知识传授给学生，同时又能够增强学生的实践和动手能力。显然实验教学是解决这个问题的最好办法，而电子虚拟仿真又是实验教学的一个重要的辅助手段。随着信息技术的快速发展，学生掌握一种以上 EDA 软件的应用技能，也是对电类专业学生的基本要求。虚拟仿真实验技术作为一门新兴的技术迅速崛起，出现了一批电子电路自动设计(EDA)软件，如美国 NI 公司的 Multisim 仿真软件在电子线路教学中应用普及过程中，它能较好化解电子技术教学过程中教师难教与学生难学的矛盾，极大改变了传统的教学模式。

本文应用 Multisim 仿真软件，以中等职业学校电类则专业国家规划指定教材《电子技术基础》为蓝本，贯穿教材中的模拟电路每个单元，对其中的重点、难点内容进行仿真实验和分析，开展验证性、探索性等类型的实验，并引导学生与理论分析的比较。论文共分九章：第一章介绍选题的背景，课题研究的目标及主要内容，分析当前中职类学校电类专业教学现状，阐明研究的目的、意义以及本研究中采用的主要研究方法；第二章简单介绍 Multisim 技术的发展、软件特点以及为什么选择 Multisim 进行虚拟实验教学理由；第三章到第八章按照课本顺序对各章主要内容进行仿真和分析，巩固理论教学和拓展学生实践分析能力，并初探了实训装接训练前进行 3D 模型的仿真教学；最后一章总结 Multisim 软件在电子线路中分析和设计教学过程中得到的一些成果，并对不足之处进行分析及后续的工作规划。

本文的创新点在于利用了 Multisim 仿真软件在中职的电子技术基础教学过程中对知识要点做一次系统性设计和分析，展示 Multisim 软件在电子线路教学应用的优越性。

关键词： 中职，电子技术基础，Multisim，仿真，分析

MULTISIM USED IN THE DESIGN AND ANALYSIS OF TEACHING "ELECTRONIC TECHNOLOGY" IN SECONDARY VOCATIONAL SCHOOLS

Abstract

Electronic teaching is a theoretical and practical course of the professional courses of electricity in Secondary vocational schools. Facing the students who are not only relatively weak in basic cultural knowledge, but also with the bad study habits, we have difficulties in training them to be qualified and skilled persons by using traditional teaching methods with poor laboratory equipment. How can we teach students the boring electronics knowledge, and how can they enhance their practice and ability? Obviously, experiments in teaching are an essential access to learning the electronics, and electronic virtual simulation experiment is an important teaching aid. With the rapid development of information technology, mastering more than one EDA software application skills is fundamental to students. Virtual simulation technology as a rapid rise of emerging technology, there has been a number of electronic circuit design automation (EDA) softwares. For example, Multisim circuit simulation software in the NI U.S., which has been used in the teaching of electronics, resolving the difficulties in teaching and learning and has greatly changed the traditional teaching model.

In this paper, based on "Electronic Technology", which is intended for the middle class professional electrical materials by our nation, with the principle of gradual teaching, Multisim simulation software is used throughout each chapter, focusing on simulation and analysis for the difficult contents, carrying out demonstration experiments and guiding students with the comparison of the theoretical analysis. My paper is divided into nine chapters. Chapter I introduces the background, the aim, and the main contents of my research, and the analysis of the current situation of teaching in electronic professional school. I also clarify the significance and purpose of the research in this chapter, the main research methods included. Chapter II states briefly the development and features of Multisim software, and explains why I choose Multisim virtual experiments for teaching. Chapter IV--Chapter VIII analyzes and simulates the contents of the textbook in order, leading to the consolidation of theory and expansion of students analysis ability, and showing 3D simulation in teaching before training. The last chapter summarizes some of the results obtained by using Multisim software in the process of teaching electronic

circuits, concludes the inadequacy and plans the post-work of the research .

Innovation of this paper is that I use the Multisim simulation software in the teaching electronic technology to do a systematic design and analysis, displaying the superiority of Multisim software applications in teaching electronic circuits. I believe that appropriate use of teaching methods will obtain a good teaching effect.

Key Words: Multisim, vocational, electronic technology, simulation, analysis

第一章 绪论

本章针对本课题产生的背景、电类的专业教学现状、研究内容及意义、可行性、主要研究内容等方面展开阐述。

1.1 选题的背景

从 20 世纪 80 年代开始,随着信息技术的快速发展,电子电路的分析与设计方法发生了革命性的变化,虚拟仿真实验技术作为一种新兴的技术迅速崛起,诞生了一大批各具特色的电子电路自动设计(EDA)软件,改变了传统的定量估算及真实的电路实验为基础的电路分析和设计方法。摆脱了在常规电子电工实验室对电路的验证、分析和设计,轻松的把实验室搬到讲台、微机房。国外很多传统实验条件很好的学校,电子电路自动设计软件方面应用已非常广泛,虚拟仿真电子实验在电子类课程的教学中也已普遍使用,电子电路自动设计(EDA)软件作为教学手段和学习探索工具在教学中发挥了很好的功效。据国外研究报告表明:大约有 70% 以上的中低年级的学生非常乐于使用电子电路自动设计(EDA)软件进行电路的分析和设计,对电子产品的设计基本都要走过模拟仿真这一步,从概念的确立,到包括电路原理、PCB 版图、机内结构、单片机程序、FPGA 的构建及仿真、热稳定分析、外观界面、电磁兼容性分析在内的物理设计,最后到 PCB 钻孔图、自动贴片、焊膏漏印、元器件清单、总装配图等生产所需资料等等全部都能在计算机上完成^[44]。

美国 NI 公司 Multisim 11 软件就是这方面很好的一个工具。在学习电子技术这门课时,往往受教学课时和实验室条件限制,不可能做大量的电子电路实验,脱离了实验,光学抽象的理论知识,味同嚼蜡。若能一边学习理论知识一边进行虚拟仿真实验验证,不仅可以加深对抽象枯燥概念的理解,同时从计算机屏幕上能直观地看到虚拟仪表显示的实验数据和虚拟示波器显示的波形,把书本上死的、静止的概念为活的、生动的、能看得见的数据和波形。解决理论电子技术难教与难学矛盾问题。学生可以很好地、很方便地把刚刚学到的理论知识用计算机仿真真实的再现出来,并且可以用虚拟仪器技术创造出真正属于自己的仪表,从而学生的成就感得以体现,激发了学生的学习兴趣。真正做到了要我学到我要学的局面。新的教学方法应用灵活多变,可以创设不同的实验条件,满足不同层次的学生,同时不受空间和时间的限制,教师可以在小媒体上演示性的验证,在微机房中仿真实验,

课后也可以把知识点的巩固延伸到家庭当中加以巩固。

1.2 中职类学校电子类专业教学现状

1.2.1 国内外研究现状

虚拟电子实验软件在国外教学领域应用广泛,有丰富配套的教材,整套完整教法系统。在电子类基础性教学中。学生用虚拟软件学习电路知识,进行探索创造,解决实际问题。丰富的网站资源案例提供下载并且更多 BBS 提供他们交流。作为教师也可查阅课程案例作为教学参考,相关资料、及仿真设计原理图可以轻松获得。国外的教学方法大多采用虚拟软件进行,教学方法也灵活多样。利用仿真的软件的教学进行根据不同学生的水平容易进行分层次教学,这样既有利于学生之间兴趣的相互影响,又可以形成良好的协作学习氛围。有些老师在课内利用虚拟软件引出课程问题,激发学生新的话题,引导学生进行讨论,布置仿真验证、设计的课外作业成为现实,学生利用虚拟软件完成家庭作业,解决实际问题。研究发现,课余在鼠标点击过程中积累了电路的分析和设计能力,增强学生探索电路和设计电路的自信心。因此,虚拟电子工作平台在我国的课堂教学中引起了广泛重视。各种相关教材大量涌现,理工科的高等学校相继建立起了自己的虚拟电子仿真教学实验室,确定结合仿真的教学软件课题研究,积累了一些教学经验,形成了大量的教学成果。但是对于中等职业学校来说模拟仿真电路教学手段应用于教学实践还处于磨合阶段,由于学校的师资的教学能力和学生的知识接受能力,相对高等院校还有一定的差距。但是受高职院校的上游的影响,现代媒体的应用,人们对它有了一定的认识,体会到了它给教学带来的种种好处。但目前的研究还存在一些不足之处或尚未涉及的问题,尤其是普通学校中积累的经验不能直接搬到中职教育中来,所以在中职学生中开展虚拟电子工作平台应用,还需要进一步加强实践与探索。

1.2.2 国内中等职业电子类课程的教学现状

中等职业教育快速的发展,职业学校大门逐步向所有想接受教育的适龄学生敞开,入学没有门槛教育原因来自两方面:一、传统的教育观念在影响,读普高能够接受更好的教育,享受白领的生活;读职高是无奈的选择,未来就是辛苦劳作的工人的生活。导致学生及家长宁可读普高,而不去读职高。二、学校、地方教育部门为了确保职高普高生源比例达到 1:1,职校没有选择的余地,为了招生疲于奔命,“校际招生战”、“区域招生站”愈演愈烈,这样求量的扩充,无法保证质的整体素质。就读的职高生并不是智力缺乏,缺乏的是爱的教育,学习行为的纠正。在初中阶段的学业的放松导致考试的失败,多次失败积

累经验，没有良好的教导，反而受到同学和教师的歧视，让他们心灵更加自闭，恐惧学习考试，开始厌学、逃学来回避自己学业上是压力。中职学生普遍具有有以下特点：①文化基础薄弱。根据每年本地的中考成绩分析中得知是自然科学中电学知识最为欠缺，这样就造成的为进一步学习电学知识继续学习造成不利影响。②学习自闭症。学业困难生思维方式僵化，思维易形成定势，对他们来说拿起书本就是一件很困难的申请，缺乏自信心，自我评价带有过多的否定性、对任何课本的知识认知感觉是一件非常困难的事情。③学习动机水平偏低。对学业缺乏信心，对自己认知能力持怀疑态度，就读职校的目的不明确。④学习自觉弱。学业后进生具有有较大的懒散心理，教学习过程中，常常要教师督促提醒学生学习。总之诸多不良的学习习惯、有偏差的心理行为学生教成“学历加证书”的双证合格职校生任务是非常艰巨。上述中职学生的生源的状况客观上等外因为电类课程教学增加了困难，中职学校的学生的学情的内因也对中职学校的提高电类课程的教学质量达标提出了更高的要求。

因此，针对以上外因和内因存在的问题分析，平常注重单调古板的专业理论的基础上开展实验改革势在必行。作为教师必须深入分析和反思我们的教育教学行为：①滞后的电子技术的课程内容不能给学生学以至用；②旧的教学模式不利于职校的学生接受，阻碍他们对新的知识的学习及实际和分析能力的提高；③教师的教学手段得不到及时的输血，阻碍了教师对课堂教学模式的创新。作为新时期的中职教师应该如何破解这些问题，也是我们“职教人”不可推卸的责任。本文就是结合自己十多年的教学实践，应用现代媒体仿真教学为电子技术基础的教学进行重新思考，为职业教育输入自己点滴的教学经验。尽最大努力改变教学现状。

1.3 研究的目标及意义

1.3.1 虚拟仿真应用的必要性

在电子技术高速发展的今天，电子产品更新换代快，一个电子产品的快速更新更离不开计算机前期的仿真，在虚拟环境实验平台中有用不尽的仪器分析仪器、种类齐全元器件。一方面克服了电子实验室条件简陋的不足，避免了实验中仪器、器件损坏等不利因素，甚至一些具有危险的实验也可以实现；另一方面又能以验证比较型、测试观察型、设计分析型、纠错排故型和创新型等不同形式的针对性训练，培养学生的分析、应用和创新能力。通过计算机完成电路的功能设计、性能分析、故障测试以及印刷线路板的自动布线，使学生了解使用仿真软件进行产品设计的基本流程。与传统的实验方式相比，采用虚拟仿真技

术进行电子电路的分析和设计,突出了实验教学以学生为中心的观点,不仅课堂的内容积累和实验效果提高,而且训练学生掌握正确的测量方法和熟练使用仪器的能力、电路的综合分析能力和创新能力方面都较传统方法有比较明显的改善和提高。

从教学环境层面来讲,在中职的电子实验教学中引入电子仿真设计软件 Multisim,能够充分利用各职业学校的计算机资源,有效解决中等职业学校经费紧张和实验实习仪器设备不足的问题,使教师和学生花费较少的资金,做更多的实验;能够使教师教学变得更加直观,化解电子线路繁琐的理论学习,把一个个抽象的概念变为简单直观的图形,有助与学生学习积极性的提高;让学生在在学习过程体会到成就感,学生由被动学习变为主动学习,同时为学生的终身学习打下基础,最终将学生培养成为符合社会需要的电子技术应用型人才。

1.3.2 EDA 软件与电子课程教学的整合性

2002年10月由国务院召开的全国职业教育工作会议,颁布了《关于大力推进职业教育改革与发展的决定》,浙江省先后在2005年、2010年先后颁布了《浙江省中等职业学校的六项行动》、《浙江省中等职业学校的新六项行动》、进一步明确了今后一个时期职业教育改革发展的指导思想、发展目标,制定了具体职业教育改革和发展的政策和措施,明确提出“以服务为导向,以就业为宗旨”的指导方针。从指导方针来看,针对职校学生首当其冲的问题就是解决专业课的技能问题。对于电类的虚拟仿真技术与课程整合是教育教学改革的新的亮点,对它的研究与实施将有助于学生主体性、创造性发展,并对培养学生创新合作能力和实践能力具有重要意义。Multisim软件与电子课程实验进行整合对中职电类的教学是个较为新鲜的课题。以“电子技术基础”课程教学为切入点,在实验教学中探索具体可行的教学方法,并在实验教学手段上进行适当调整,将MULTISIM虚拟电子工作平台与传统仪器设备综合利用,用MULTISIM软件选择元器件,连接线、模拟组装与测量,实现电子电路实验设计、仿真、制作电路板,然后再为MULTISIM软件与电子类课程教学的整合提供实际案例。

1.3.3 有利于理论、实验和实践教学相统一性

职业教育发展的历史相对普通高中的教育是短的,进几年来国家提倡了大力发展职业教育,相继学习了了国外各种教学模式,带动了职教课程改革的热潮。无论是哪一种课程模式,无论名称有何不同,其基本特点都体现为课程的综合化和模块化。国家职成教部《关于全面推进素质教育深化中等职业教育教学改革的意见》强调:“要深化中等职业教育课程改革,积极开展现代课程模式,特别是适应于学分制的模块化课程和综合化课程的

探索和实验。”目前各中等职业学校都在大力开展综合化课程的研究与实践。电子技术实验,按性质可分为验证性和训练性实验、综合性实验、设计性实验三大类。验证性和训练性实验主要是针对电子技术本门学科范围内理论验证和实际技能的培养,着重奠定基础。这类实验除了巩固加深某些重要的基础理论外,主要在于帮助学生认识现象,掌握基本实验知识、基本实验方法和基本实验技能。综合性实验属于应用性实验,实验内容侧重于某些理论知识的综合应用,其目的是培养学生综合运用所学理论的能力和解决较复杂的实际问题的能力。设计性实验对于学生来说既有综合性又有探索性,它主要侧重于某些理论知识的灵活运用。例如,在串联型稳压电路的装接实训过程中,我们可以引导学生利用仿真软件对输出的电压范围,做验证性的训练。对于改善稳定性的串联电路方法,可以引导学生利用学过的专业知识,对各单元功能的改善做一些综合性的实验。最后利用软件的3D效果和面包板的功能,对实物装接前做一些设计性的实验。所以在安排实验内容时要处理好这三大类实验之间的关系,合理安排实验内容。电子课程融入仿真软件的应用重要指导思想是:融现代化教学技术和手段、现代生产设计和制造技术、理论知识、动手技能和学生综合素质培养于一体的课程建设,同时改变传统的理论与实践课脱节问题,改变传统的实验从属于理论的做法,将理论教师和实践教师合二为一,保证电子类课程实验改革的顺利实施^[37]。

1.3.4 有利于解决当前电子类课程教学中存在的问题

当今社会飞速地进入信息化时代,以电子产业的技术发展是新型的高新技术产业代表。中职电子类课程要求专业理论知识和专业实践技能紧密结合,能培养学生系统掌握本专业知识、应用理论知识解决实际问题、训练科学实验能力和创新能力的重要环节。然而,目前一些职业学校的模拟电路课程的教学中还存在着一些问题:(1)结论性的结果直接告知,缺乏分析过程。由于中等职业学生的有限的知识,课本分析层面更多的是直接告知学生,记住了课本知识,就可以套用他去应付灵活多变的实际问题。用这种教学模式培养出来的学生可以拥有丰富的知识,但却没有自己的思想,缺乏分析和批判,不利于创造性的培养。(2)把学习简单看成是知识由外到内的输入过程,导致学生思维能力的薄弱课本知识都是人们早已检验过的、无需怀疑的定论,而学习就是要把这些知识装进学习者的头脑中,教学就是要把结论告诉学生,让他们理解了,记忆下来,从而在以后需要的时候可以提取出来加以应用。即使让学生去观察、去实验,其主要目的也是为传递知识,只是换了一种传递方式:让事实和现象去告诉学生,它并不是让学生对知识做出检验和分析。而在这样的教学模式中学生的学习活动基本是理解和记忆,缺少高水平的思维活动,而在需要学生提

出问题、分析问题、解决问题时，他们常常会表现出思维能力的薄弱。(3)教学中过于简单化的倾向使学生对知识的掌握停留在初级水平，难以产生广泛、灵活的迁移在模拟电路教学中，我们要对知识做一定的简单化处理，比如突出事物的重要的、关键的特征，反映事物的典型情况，排除无关的或不重要的信息等。这种简单化的处理有助于学生形成对事物的典型的、关键的特征认识。由于对教学内容过于简单化的处理，学生对知识的掌握基本停留在对关键要点的记忆上，甚至只是字面的了解。面对与课本中的例题相类似的问题，他们可以套用所学的概念、原理来加以解决。但在实际生活中，问题的条件、目的都隐含具体情景中，而且在不同的情景中会有不同的表现形式，由于没有授之以渔的方法，面对这样的问题，我们的学生就常常显得束手无策了。(4)缺乏系统的教学方法，学习电子技术也最开始对这门课怀有浓厚的兴趣，但兴趣归兴趣，真要学好电子技术这门功课，还是要下一番苦功夫的。由于电子技术这门课的一些理论知识比较抽象，有些公式推导要涉及很多数学，学着学着，渐渐地学生们会有些稀里糊涂起来，然后就产生畏难情绪，最终选择了放弃这些东西。这种简单机械的学习无法培养学生的求知欲，反而消磨了他们原本的好奇心。因此，好多学生对电子类课程的学习不感兴趣，教师也往往感到电子类课程难传授。(5)没有充分意识到电子产业中的各项自动化技术作为教学工具和教学手段的巨大潜力。针对以上问题，根据中等职业学校电子类课程发展的特点，以“学中做，做中学”为指导思想，^[17]在中职模拟电路教学过程中引入 MULTISIM 等 EDA 软件进行辅助教学，将会对中职电子类课程实验的教学改革的深入进行产生一定的影响。

1.4 中职电类课程教学中应用 EDA 的可行性分析

国家大力发展职业教育，各地方投入办学经费大大增加，各中职学校的教室小媒体的普及及微型计算机房的增加，已经足够满足仿真软件对对计算机系统的软件和硬件要求，学生集体在机房做虚拟仿真实验条件已经具备。家庭电脑的普及，学生能够有条件完成布置 MULTISIM 仿真作业及课前预习、拓展训练分析，为仿真软件教学进一步延伸到家庭提供了条件。中职学校的学生往往文化基础知识薄弱、但对计算机操作能力相对较强，对感知能力，动手能力往往是他们的特长。这些都为开设 MULTISIM 软件提供了教学的条件。职校生已经厌倦了传统的教育方法，一种图文并茂，形象直观的教学方法呈现他们面前，更加符合中等职业学校学生的心理特征及其的学习习惯，刺激他们的感官，激发他们的学习积极性，从他们乐于点击鼠标的过程中，通过视频和分析成果的分析，感到学习的成就感。

1.5 采用的研究方法

本研究采用的研究方法主要为文献法参考研究法和实践经验研究法。文献法主要使用在研究的开始阶段,如查阅相关的文献资料,并对文献进行分析、整合,从中提取对自己有用的信息资料。整合到中等职业学校课程教学要求中,求合适他们的技能要求。实践经验研究法的使用贯穿于每一次教学实践。实践经验研究法指的是及时记录在课题研究中来自教师、学生等方面的信息,及时总结、分析每一个教学模块的成功与失败之处。及时调整模拟方针的教学策略。以自己从教学十几年的教学经验,与电子教研组对中职学生开展电子基础课程教学研究积累的成果,并以“实践—反思总结—再实践—再反思总结”的循环反复中进行的,每一次教学实践的成功和不足均为我的后续研究和实践提供宝贵的经验。逐步利用 Multisim 仿真软件更贴近中职的教学。

1.6 本课题的主要研究内容

针对中等职业教育电类的国家指定教材的《电子技术基础》(高等教育出版社的出版,张龙兴主编教材)为蓝本(该书的目录见最后附件)^[1],对每个章节的主要内容进行了逐一仿真与分析,对重点与难点的的教学内容进行教学仿真设计分析,把 Multisim 仿真软件灵活应用于课前预习、课堂教学、实验设计等教学环节,化解电子线路教学难学、难教的局面,通过这样一种教学手段的介入,提高中职学生学习的积极性,提高学生电路分析能力和加强实验技能的提高而开展实践探索,同时也为虚拟电子实验平台(Multisim)的中职电类的课程推广做一些努力。电路仿真处理单元电路包括按照教材安排顺序进行:包括(1)半导体的基础知识(晶体管输出特性的描述);(2)晶体二极管应用电路(整流电路的分析和比较、故障分析);(3)三极管的基本放大电路(静态工作点的分析、Q点的选择、电压跟随器分析);(4)负反馈对电路影响的分析;(5)功率放大器电路差分放大电路分析;(6)集成运算放大器(正反向电路、加减法电路);(7)晶闸管几个应用(整流电路的应用);(8)直流稳压电源(串联型带放大环节的稳压电路仿真及 3D 仿真在装接中应用)。最后总结 Multisim 仿真软件的在教学实践中的带来的成果并带来一些不足的进行分析,对完善该软件在电子技术基础教学进一步工作做出规划。

第二章 Multisim 软件简介

本章就虚拟仿真 Multisim 软件的发展历、选择主要功能作介绍。选择它仿真教学的几点理由、对其简单操作进行说明,并对该软件一些重要的分析功能(针对中职学生教学中常常涉及到)分析仪进行说明。对于本课题软件版本的使用说明:对于软件的应用方面采用考虑到中等职业学校学生是英文水平,在教学演示过程中采用汉化版的 Multisim10 教师版,学生实际操作中再采用最新的 Multisim11 通用版。

2.1 电子仿真软件 Multisim 技术的发展

Multisim 软件前身是加拿大图像交互技术公司(Interactive Image Technoligics 简称 IIT 公司)推出的 EWB 软件,早在 20 世纪 90 年代就在我国得到迅速推广,受到电子行业技术人员的青睐。跨入 21 世纪初,该软件增加了许多功能和内容。当系统版本到了 Multisim 7 时候,已经相当成熟和稳定。以后 IIT 公司截止至今先后推出了 Multisim 8、Multisim 9、Multisim 10 Multisim 11 等几个版本^[2]。从最早 EWB 主要功能局限一般的电路虚拟仿真,而 IN Multisim11 不仅仅局限与电子电路的虚拟仿真,其在 LABVIEW 虚拟仪器、单片机等仿真技术方面都有很多创新和提高,属于 EDA 的更高层次范畴。它是以 Windows 为基础的仿真工具,适用于板级的模拟 / 数字电路板的设计工作。它包含了电路原理图的图形输入、电路硬件描述语言输入方式,具有丰富的仿真分析能力。当然对于中等职业教育学生教学中,我们更关系它在电子线路的虚拟仿真的方面的应用。同时为学生们的学习可持续发展打下基础。

2.2 选择 Multisim 软件特点即选择它仿真教学的理由。

● 使用交互式电路仿真巩固理论知识^[49]

Multisim 提供了一种易于使用的电路教学环境,使用了全交互式仿真器,用户可以通过仿真实现电路概念而无需担心复杂的理论分析。Multisim 让学生可以专注于理解电路概念,而不用为学习应用环境而烦恼。在 Multisim 中,学生可以在连接线、替换元件修改电路值,然后查看实时仿真结果。通过仿真让学生探索“假设”情景可以巩固他们在课堂或实验室学到的知识。如图 2-1 虚拟示波器读数中得到理论的验证。

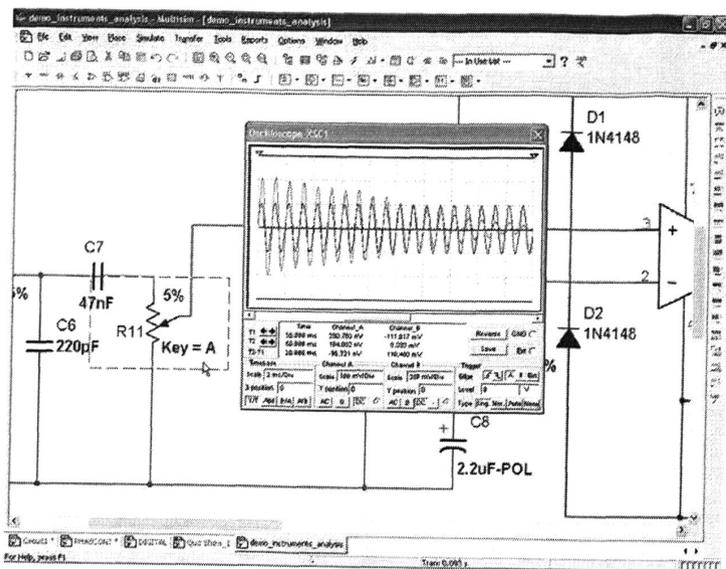


图 2-1 波器读数、波形与理论结果验证

- 鼓励使用仿真驱动仪器进行探索学习

使用 Multisim, 可以将仿真驱动仪器用于电路图中, 然后就可以像在硬件实验室中一样与电路进行交互; 可以使用 22 种与真实仪器 (如图 2-2 相同功能的虚拟仪器对电路进行测量、探测和故障排除工作。同时 Multisim 是一个优秀的电子技术训练工具, 利用它提供的虚拟元器件、仪器可以用比实验室中更灵活的方式进行电路实验, 仿真电路的实际运行情况, 熟悉常用电子仪器测量方法。能解决传统电子实验过程中繁琐、费时, 不便进行观测开路、短路、漏电和过载等问题, 非常适合电子类课程的教与学的过程中应用。

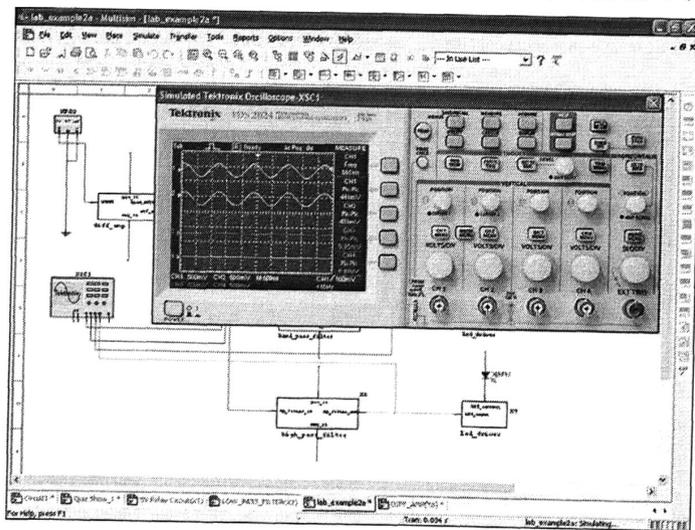


图 2-2 虚拟仪器

- 使用 20 个功能强大的分析工具查看数据

使用 Multisim 提供的 20 个功能强大的分析工具 Multisim 软件提供了逻辑分析仪、安捷伦仪器、波特图仪、失真分析仪、频率计数器、函数信号发生器、数字万用表、网络分析仪、频谱分析仪、瓦特表和字信号发生器等 18 种虚拟仪器，这些仪器的功能不仅与实际仪器功能相同，而且控制面板外形和操作方式与实际仪器极为相似。可以对电路特性进行深入分析如图 2-3 获得对电路特性的直观认识。学生可以探索不同的电路配置、元件选择、信号源如何影响电路的设计，并可以将数据以不同文件格式导出，或进行其他操作。对分析仪器数据进行后期处理，通过上述虚拟仪器，可以免去昂贵的仪表费用，用户可以毫无风险地接触所有仪器，掌握常用仪表的使用。

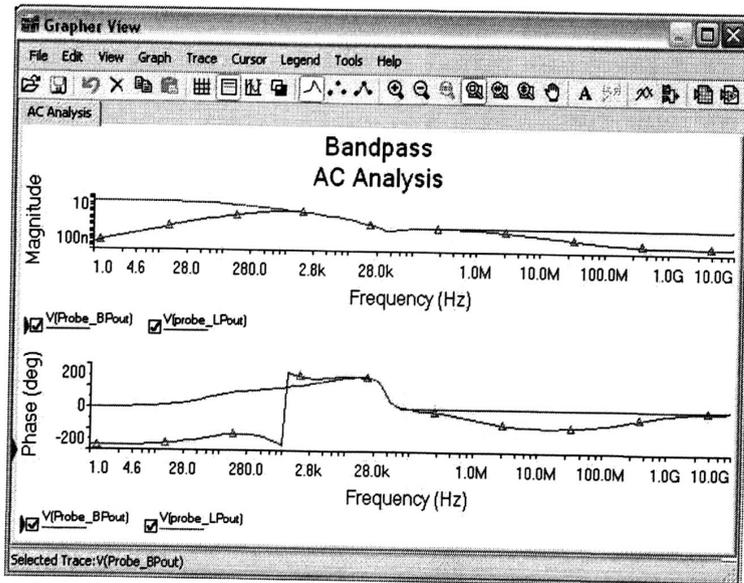


图 2-3 较数据分析图

- 将仿真数据与 Multisim 内 NI ELVIS 提供的真实测量值进行比较

只需单击鼠标，即可从 Multisim 中的仿真电路跳转到真实物理电路。随着 Multisim 11 和 NI 教学实验室虚拟仪器套件 II (NI ELVIS II) 的发布，结合使用这些产品可以弥补理论和实际的差距，从而提供全新动手学习的方法。学生使用 Multisim 可以对理论概念进行仿真；使用 NI ELVIS 对电路进行原型化；使用 Multisim 环境中的 NI ELVIS 图解与 NI ELVIS 虚拟仪器，可以将实际测量值与仿真测量值进行比较如图 2-4 所示。

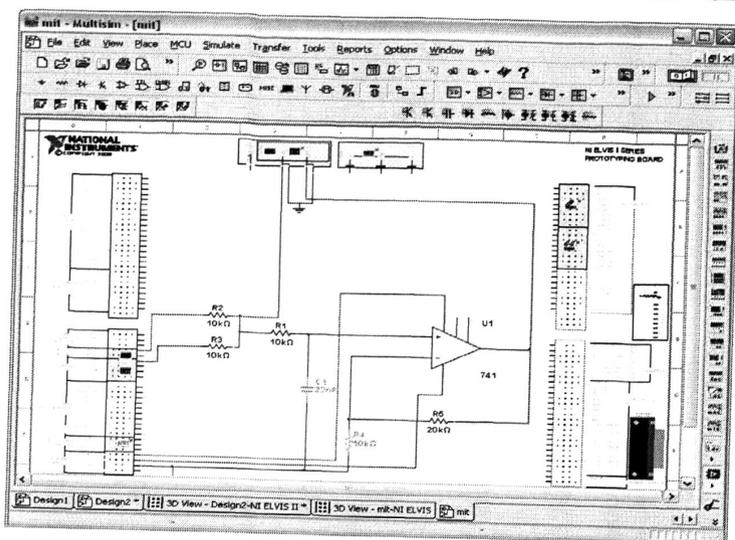


图 2-4 PLD 图解简化数字电路的教学

通过对复杂的 VHDL 语言进行提取概括，使得硬件实现更加容易，从而使学生融入数字电子电路的学习，同时通过动手实践巩固理论学习。使用 Multisim，学生可以捕捉并仿真可编程逻辑设备（PLD）图解中的数字电路，生成原始 VHDL 语言。应用这个 VHDL 文件到现场可编程门阵列（FPGA）硬件中，例如 NI 数字电子 FPGA 板如图 2-5 所示，从而简化通过仿真学习到的理论与真实实现的过渡。

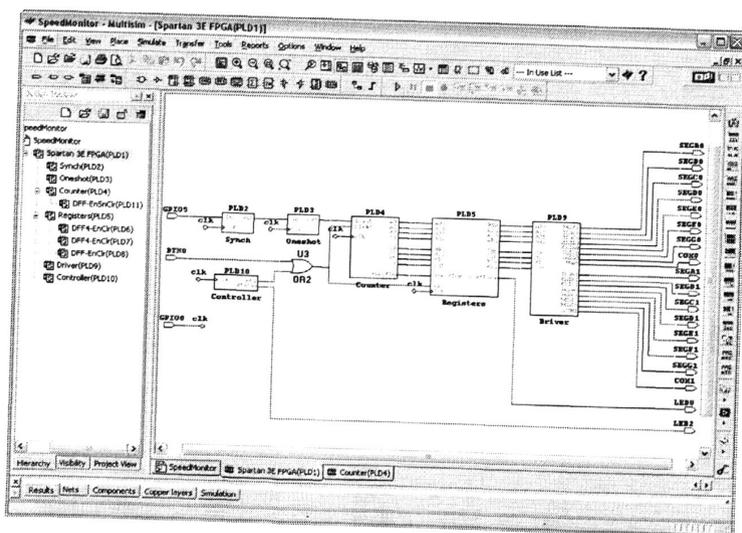


图 2-5 NI 数字电子 FPGA 板

- 元器件库庞大。

Multisim 软件提供的电路元器件库有 14,000 个部件，可以满足理论教学的需要。这些部件按照类别进行划分，能够方便查找元件。Multisim 包含一些常用部件，包括领先

制造商如 Analog Device、Linear Technologies、Microchip、National Semiconductor 以及 Texas Instruments 使用的符号、模型以及 IPC 标准连接盘图形, 结合实际情况向学生介绍工业中真实使用的元件。

Multisim 包含的特有部件列述如下: (1)交互式部件:如仿真运行时可以操作的开关和电位计。(2)动画部件:如可以按照仿真结果更改显示的 LED 和 7 段显示。(3)虚拟部件:允许使用者设置任意参数,不必考虑实际存在的电子元件。这对理论理想化分析的演示特别有用。(4)额定部件:在特定参数(比如功率或电流)超出额定值时会“熔断”,即能够避免实际电路的电工操作的安全性,也能充分无损耗材的优越性。(5)3D 部件:如图 2-6 所示用真实的实物元件替代传统的枯燥图解符号,这有助于学生激发学习的兴趣,体会到真实的环境与电路原理图的差别。

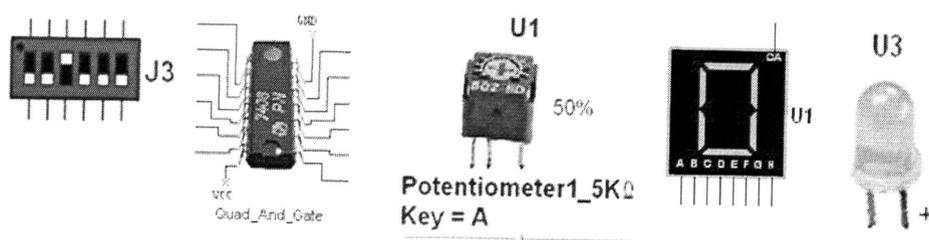


图 2-6 3D 部件

● 在教学设计过程中提供强大的教辅功能

Multisim 也是为绕教师的需要而设计, 它的特性简化了电路理论分析和生动形象了电子的教学。对 Multisim 用户界面以及现有的仪器和分析工具进行自定义设置, 可以控制学生在电路中可以看见和使用的部分。这样就给用户提供了许多强大的教学功能以及可以控制的概念引入方式, 从而使软件的复杂特性与学生的知识水平或课堂内容相匹配。用户还可以简便地给电路文件加入描述和图形, 以便在实验室或自学环境中进一步阐述各种概念。此外, 用户还可以创建和发布可反复使用的仿真文件, 每个文件都包含完整的 SPICE 参数设置, 以确保学生在逐渐熟悉仿真后可以成功完成布置给他们的任务。电路限制功能可以让教师自己设置故障点类似电工考核中的设置的实物故障点一样。有利于教师的对故障点的分析如图 2-7 所示。或者建立“黑盒子”隐藏电路的故障问题。易于使用的电路分析检查功能具有可视化错误标记的功能, 根据分析和检测判断有助于学生快速查找到电路故障点, 激发学生的学习兴趣, 通过模拟的学习过程中, 学会的对实际电路出现问题的判断, 由于前期的准备和积累, 对真正进入实训过程中节约了探索的的实验时间。此外, 我

们在电路仿真时候，将测量探针连接到电路中，对任何一点的电压和频率值、电流值对图解进行注释。

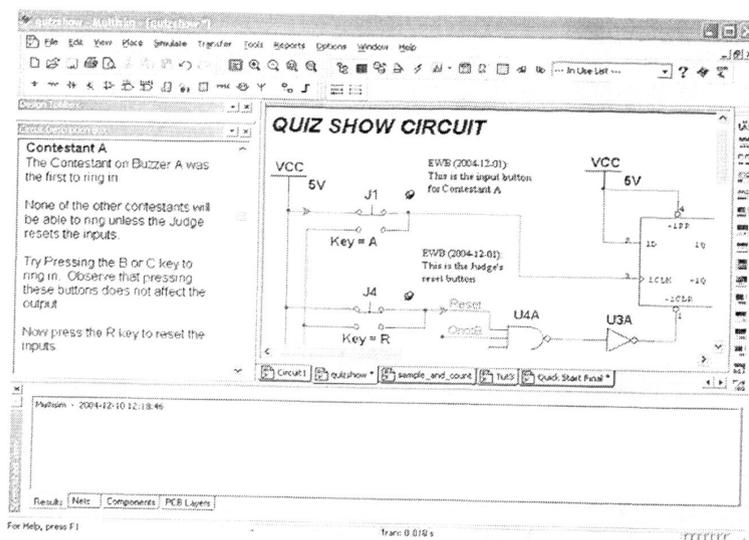


图 2-7 电路故障的设计

● 3D 模拟实验板环境中的无风险原型

使用 Multisim 3D 模拟实验板环境如图 2-8 (NI ELVIS I 和 NI ELVIS II 系列)，学生可以方便找到硬件原型。在进入实验室前，学生可以在 3D 模拟实验板环境下建立自己的电路并进行试验。

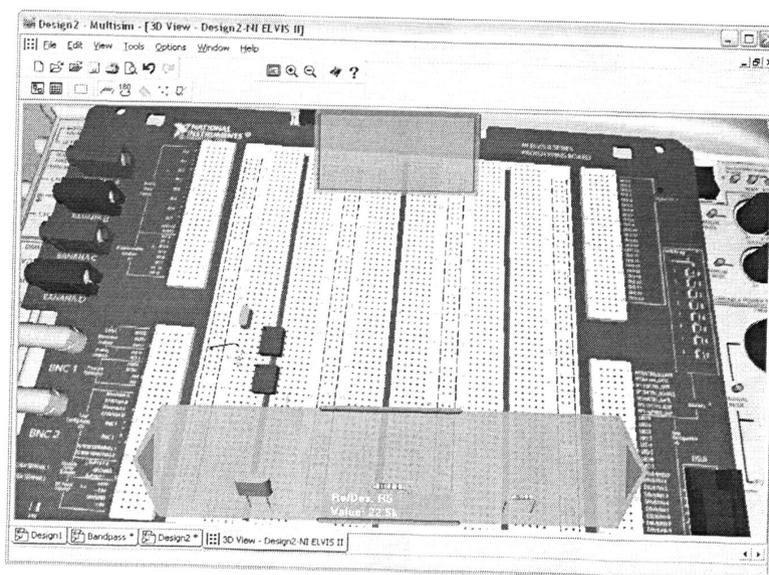


图 2-8 3D 模拟实验板

● Multisim 与 LabVIEW 的完美结合。

通过 LabVIEW 的图形编程功能, Multisim 能够引入自定义的虚拟仪器, 从而延伸现有产品的仿真和分析能力。电子仿真软件 Multisim 中有一项新的内容, 就是美国国家仪器公司(NI)的 Lab VIEW 技术, 在 Multisim10 的基本界面虚拟仪器工具条中有 4 台 LabVIEW 采样虚拟仪器。20 年前 NI 公司就率先推出第一个 LabVIEW2. 0, NI 公司是业界公认的虚拟仪器领域的权威。Lab VIEW (Laboratory Virtual Instrument Engineering Workbench)^[3], 理解为实验室虚拟仪器集成环境, 是一种用图形来编程的语言, 又称为“G”语言, 基本上不用写代码, 通过图标和框图来绘制程序流程图。我们可以随意制造出自己所需要的各种高性能测量仪器。Lab VIEW 技术基于 FPGA 模块的高速数据采集和信号处理, 及它对多种算法和硬件 I/O 接口的兼容性, 使它成为可以快速开发的、实用的嵌入式设计系统。它是新一代的自动化测控专家。Multisim 内的 LabVIEW 虚拟仪器可以用于演示难以理解的或复杂的概念如图 2-9 所示, 比如相量或电梯控制。可以使用 LabVIEW 工具创建或编辑 LabVIEW 虚拟仪器来达到目的。

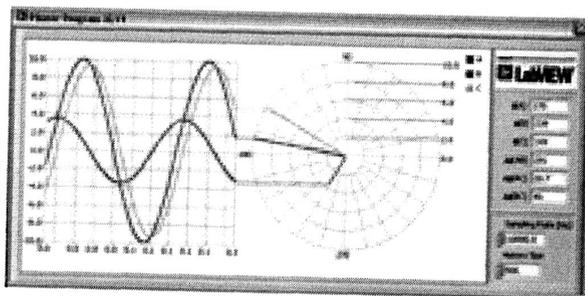


图 2-9 LabVIEW 虚拟仪器

此外, Multisim 和 LabVIEW 的还可以将仿真数据和测量数据的比较功能集成到工作平台内。这样, LabVIEW 不仅可以从硬件收集测量数据, 还可以接收 Multisim 的仿真输出数据。由于两组数据处在同一个界面下, 因此比较和关联变得很简单。LabVIEW 能够分析出硬件原型是怎样与仿真期望结果产生偏差的。LabVIEW 在网络实验教学中研究比较多, 在此我们仅仅做了解。

总之, NI 公司推出的最新的 NI Multisim11 软件, 除了在电子仿真方面有诸多功能的提高, 在 LABVIEW 技术应用、MultiMCU10 的单片机的仿真、MultiVHDL 在 FPGZ 和 CPLD 中的仿真应用、MultiVerilog 在 FPGA 和 CPLD 仿真中的应用、COMMSIM 在通信系统中的仿真应用均有强大的功能。但对于中等职业校的学生来说, 我们更关心如何学会 Multisim 软件在电子线路虚拟仿真方面的应用, 故本文重点介绍该软件在电子电路仿真方面的深

入应用，对于软件其他功能应用不在本文中涉及。

2.3 Multisim 软件的应用及常用分析方法介绍

借用 Multisim11 提供的强大功能实现数字电子产品原理图的绘制与仿真一般而言，课堂几实践过程中电路仿真设计和分析，可分为三个步骤。①根据逻辑功能要求确定输入输出关系；②根据输入输出关系选择逻辑器件；③绘制原理图。④运行模拟结果分析比较。具体操作步骤：第一、是软件界面，新建立一个电子工作平台；第二、选择元件、元件的移动、选中元件，直接用鼠标拖拽要移动的元件；第三、导线的连接，通过调整元件的位置最佳位置构成原理图。第四、对仪表的参数选择进行电路仿真实验。由于篇幅的限制具体建立仿真电路的模型步骤在此不再一一叙述，我们在以下教学过程中得以体会。上面提到 Multisim11 提供的 20 个功能强大的分析工具 Multisim 软件提供了逻辑分析方法菜单如图 2-10 所示，这里具体的再对中职模拟电路教学最常用的分析方法为静态工作点分析、交流分析、瞬态分析、直流扫描分析、参数扫描分析等分析方法^[4]。



图 2-10 分析方法的菜单中英文对照图

- 直流工作点分析 (DC Operating Point): 直流工作点分析就是求解电路仅受电路中直流电压源或电流源作用时，每个节点上的直流电压。即分析电路的静态工作点，可以选定计算不同节点的静态电压值。静态工作点的分析是观察电路工作是否能够正常工作前提。

- 交流频率分析 (AC Analysis): 分析电路的小信号频率响应。就是对电路进行频率特性分析, 进行交流频率分析时直流电源自动置零, 输入信号被自动设定为正弦波形式。对某节点的分析, Multisim 软件自动产生该节点电压放大倍数随频率变化的曲线(幅频特性曲线, 结果与波特仪仿真相同)和输出与输入电压的相位差随频率变化的曲线(相频特性曲线)。主要波形分析, 放大倍数, 相位的关系, 交直流量的叠加分析。
- 瞬态分析 (Transient Analysis): 是电路在时域 (Time Domain) 的动作分析, 相当于连续性的操作点分析, 通常是为了找出电子电路的动作情形, 就像是示波器一样。即观察节点在整个显示周期中每一时刻的电压波形, 分析结果与示波器仿真相同。在进行瞬态分析时, 直流电源保持常数, 交流信号源幅值随时间而变。主要用途是电压跟随器分析, 电容冲放电分析。
- 参数扫描分析 (Parameter Sweep): 是对电路里的元件分别以不同的参数值进行分析。在 Multisim 里, 可设定为静态工作点分析、瞬态分析或交流分析三种参数扫描分析。参数扫描分析是检测电路中某个元件的参数, 这种分析方法相当于该元器件每次取不同的值, 进行多次仿真。在实际电路设计中通过参数扫描分析, 可以针对电路某一技术指标, 对电路的某些参数、性能指标进行优选。主要扫描仅限于一些半导体器件和虚拟电阻。本教材应用在二极管、三极管特性曲线扫描。

对于 Multisim 其他分析功能因为中等职业教材中教学很少应用到, 对于以上的提到的分析仪详细操作步骤、参数的设置将在后面的章节进行详细介绍。

第三章 半导体的基础知识的仿真与分析

3.1 晶体管输出特性曲线直流扫描分析方法

晶体管伏安特性曲线是描述晶体管各极上的电压与电流关系的曲线,它是晶体管内部微观现象的外部表现。从使用者角度来说,了解了解晶体管性能和晶体管电路分析是非常重要的。传统的晶体管输出特性曲线测试实验,改变输入的电压值,得到各节点的电压表和电流表读数,并把读数描述到坐标轴上,再连接个测试点,连接成为特性曲线图,此过程描述特别费时间,需要大量仪器配合。现在我们可以用 MultiSim 的仿真分析、数据后期处理功能,则可以方便、快速地描绘出晶体管伏安特性曲线。

建立如图 3-1 所示三极管伏安特性仿真电路,在 MultiSim 电子工作平台上创建测试电路。点击 Simulate 菜单中的 Analyses 下的 DC Sweep Analyses (整流扫描) 功能,出现图 3-2 所示对话框,按图中参数进行设置,并将晶体管集电极输出极 VV1 作为 output variables 输出扫描。设置完毕,点击对话框上的确认,得到图 3-4 所示晶体管输出特性曲线。但该曲线描述的方法与习惯表示方法不同,纵坐标数据为负数,因此,再利用 Multisim 仿真分析的的后处理功能(Postprocess),具体参数设置如图 3-3 对话框所示,将测试曲线进行简单的数学运算,即输出数据取负值,便可得到通用的表示法。重描述后面的晶体管输出特性曲线如图 3-5 所示。

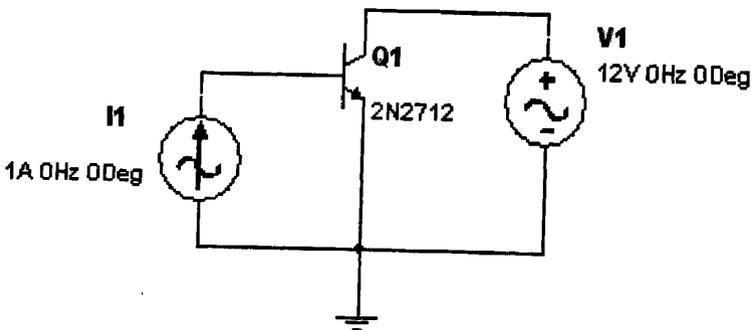


图 3-1 三极管伏安特性仿真电路

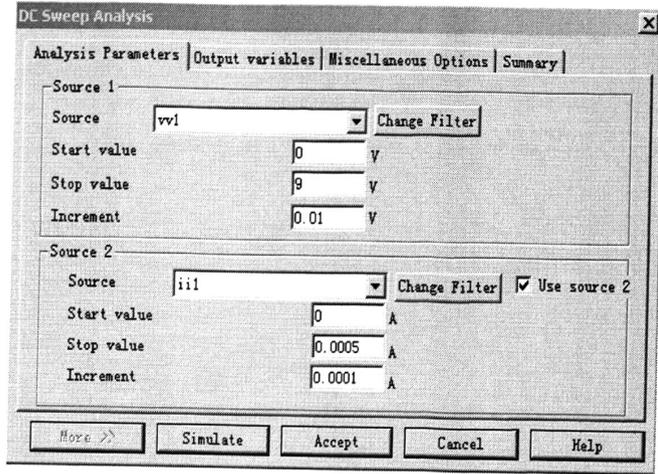


图 3-2 直流扫描参数设置

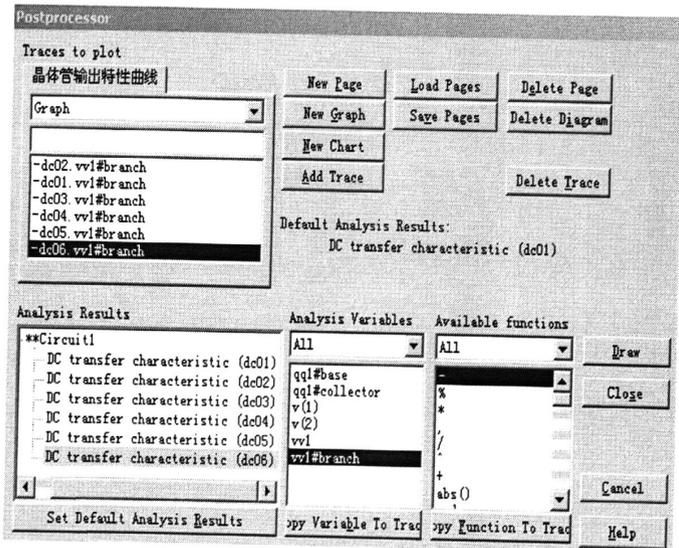


图 3-3 节点参数选择

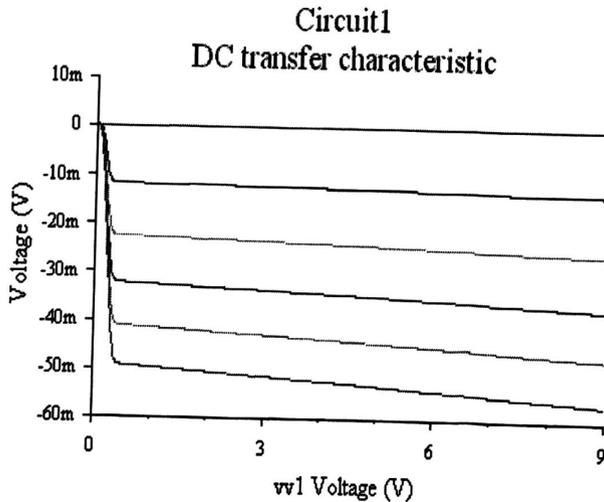


图 3-4 晶体管测试曲线

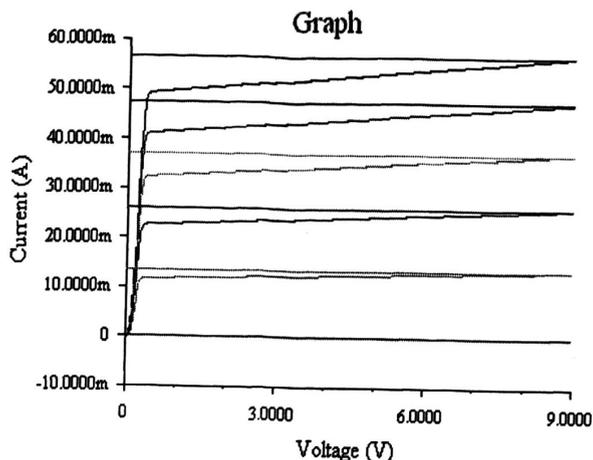


图 3-5 晶体管取反输出特性曲线

3.2 晶体管输出特性曲线用伏安特性分析仪分析方法

同样我们可以用仪器仪表-伏安特性分析仪测试二极管、三极管、场效应管的伏安特性。更加显的直观、便捷。在 Components 列表框中选择二极管 1N4001，将二极管接到伏安特性分析仪器的接线段，点击运行按钮，测试结果如图 3-6 所示。

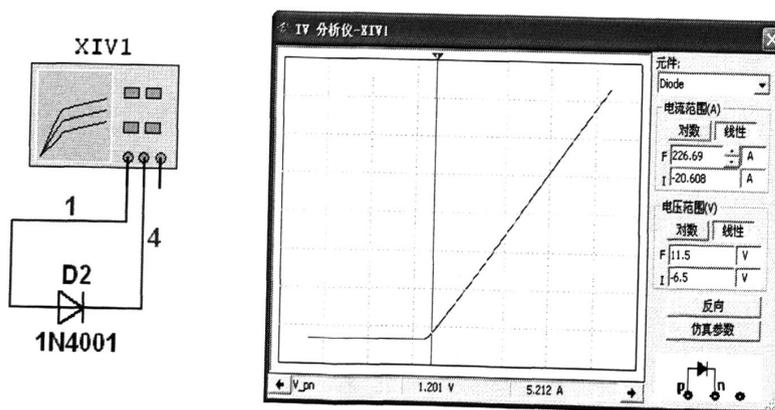


图 3-6 测试二极管的伏安特性

对于三极管 2N222 和场效应管 2N6790 的伏安特性的测试方法和二极管类似，连接图如图 3-7 和图 3-8 所示。

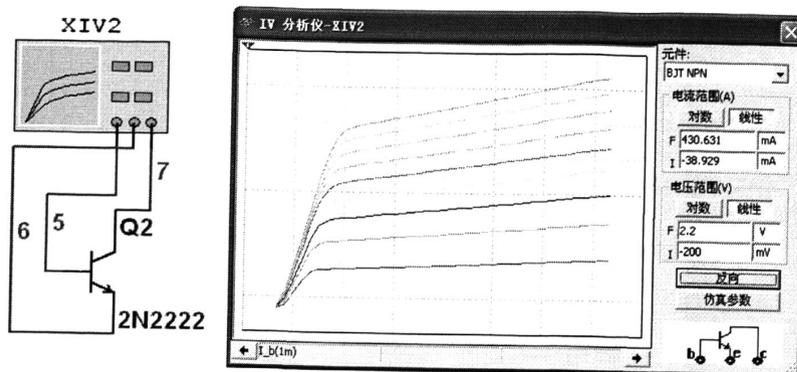


图 3-7 测试三极管的伏安特性

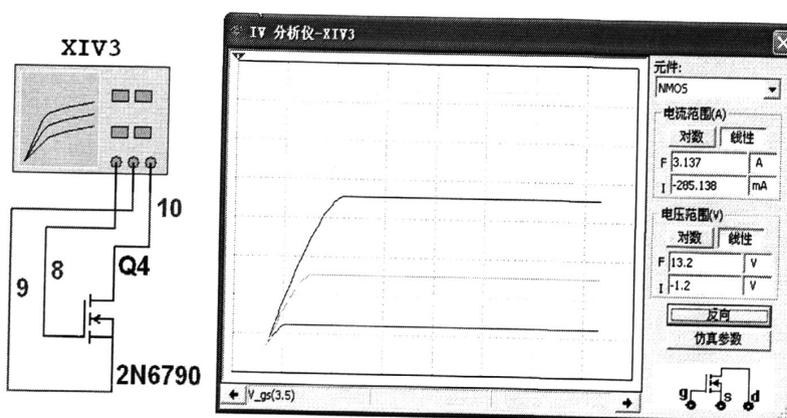


图 3-8 测试场效应管的伏安特性

本章节在电子技术教学中是最基础的内容,对晶体管伏安特性的分析为往后的复杂电路打下基础,是对于传统的实物演示仪及学生的在实验室中利用电压表和电流表,逐点测试,得到多组数据在坐标图上描述出伏安曲线的一种强而有力的补充。同时也对 AV 伏安分析仪器和 DC Sweep Analyses 直流分析强大功能得到初步的认识。

第四章 晶体二极管应用电路的仿真与分析

4.1 半波整流电路的仿真及分析

4.1.1 测量值与经验值的比较

在 Multisim 电子工作平台上建立半波整流电容滤波仿真电路,如图 4-1。从图的仿真结果可以看出 $\frac{U_o}{U_i} = \frac{4.656}{4.994} \approx 1$,当然可以通过改变变压器的变比或者输入电压值,得到多组的数据,取平均值可以得到 $U_o \approx U_i$ 关系。在半波整流电容滤波电路中, U_i 为变压器次级测电压的有效值; U_o 为负载上测量到的直流电压有效值。通过仿真结果与课本的给出结论性的结果相一致。这个结论很好验证了教材中的给出的结论性的输出和输入的电压关系。

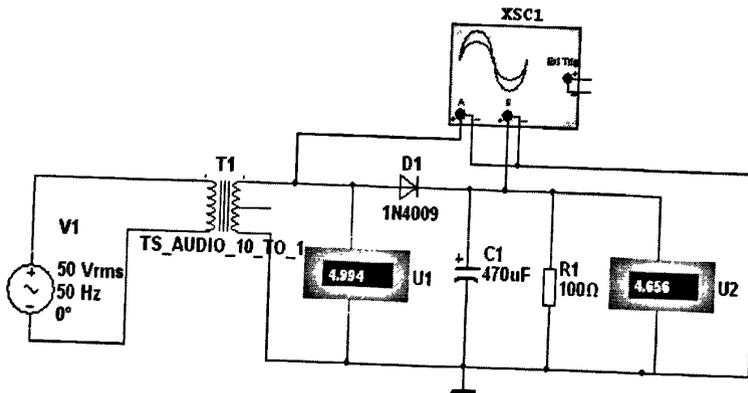


图 4-1 半波整流电容滤波仿真电路

4.1.2 波形的分析

从半波整流电路的示波器输入输出波形,从图 4-2 所示中可以看出,经过半波整流将呈正弦变化的交流电压变化为单相脉动的直流电压。半波整流增加电容滤波以后的输出波形如图 4-3 所示,比较 a 图单相脉动的直流电压波形相比之下变得更加平滑。从波形比较分析中,让学生充分体会到、整流二极管的单向导电性、电容的充放电的功能,及电容器在电路滤波中的作用。

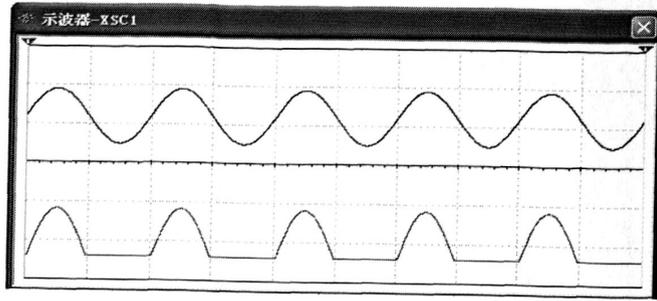


图 4-2 半波整流无电容滤波电路的输入输出波形图

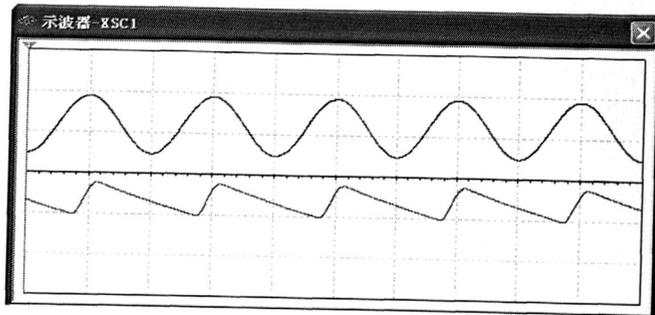


图 4-3 半波整流带电容滤波电路的输入输出波形图

4.2 桥式整流电容滤波电路的仿真及分析

4.2.1 测量值与经验值的比较

通过仿真电子工作台仿真桥式整流电容滤波电路如图 4-4 所示. 从仿真电压表读出 $U_o=14.663\text{V}$, $U_i=10.986\text{V}$; 从两个电压计可以读出 U_i 及 U_o 值, U_i 为变压器次级的测电压的有效值; U_o 为负载上得到的直流电压的有效值, 从图的仿真结果可以看出 $\frac{U_o}{U_i} = \frac{14.663}{10.986} \approx$

1.3。同时改变输入电压值或者改变变压器的变比 N , 继续测量 $\frac{U_o}{U_i}$ 的比值, 经过若干组数据的分析取平均值, 可以得到单相桥式整流滤波电路的输出电压和输入电压的关系近似为 $U_o \approx 1.2U_i$ 。通过学生多组数据的平均分析和学过的理论知识进行对比, 经过单相桥式整流接上电容滤波后负载上得到的直流电压要比与无电容滤波的输出电压与输入电压的 0.9 倍数提高到了 1.2 倍, 可以进加强理解电容器滤波的作用, 加深学生理解加了滤波电容冲放电的作用, 分析它对直流整流电压提高的原因。

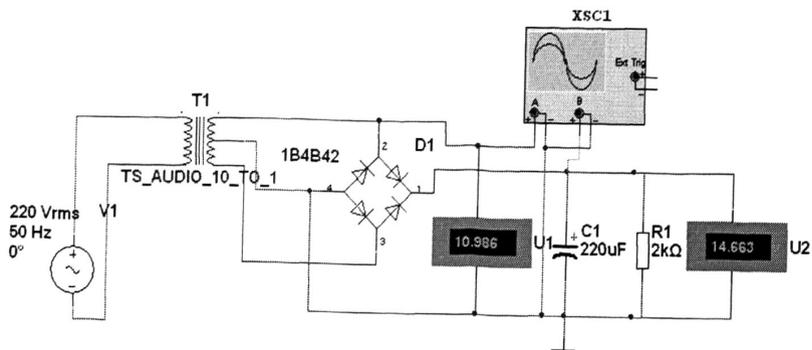


图 4-4 桥式整流电容滤波仿真电路

4.2.2 桥式整流电路波形的分析

桥式整流电容滤波电路正常工作时的输入输出波形，从图 4-5 中波形可以看出，当电路的输入为正弦交流信号时，电路的输出是较为平滑的直流信号。利用仿真软件中的示波器可以同时观察电路的输入输出波形，仿真实验的结果更加形象、直观。

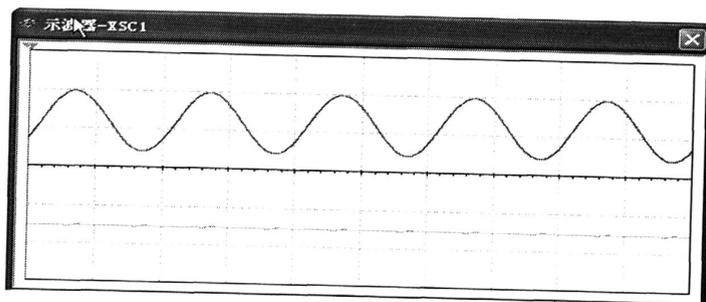
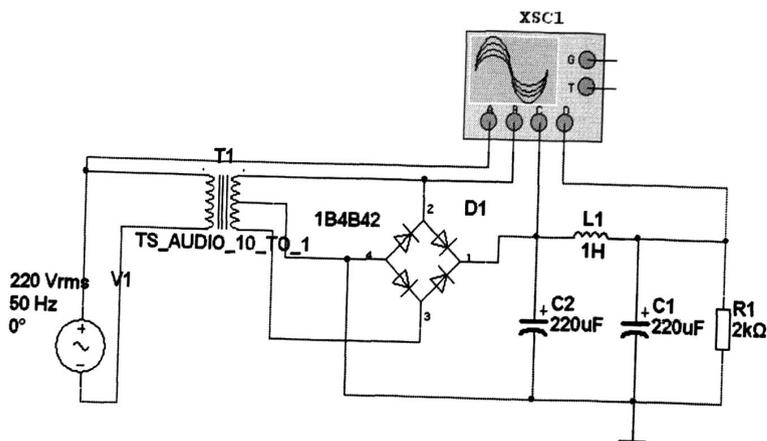


图 4-5 桥式整流电容滤波电路正常工作时的输入输出波形

4.2.3 比较输入波形及脉动整理波形。

以桥式整流及 π 型滤波整流为例，在软件电子工作平台建立如图的仿真电路，调出虚拟 4 踪示波器。将 4 踪示波器接入电路如图 4-6 所示。

图 4-6 桥式整流及 π 行滤波整流

启动仿真开关，双击虚拟的 4 踪示波器，呈现示波器放大面板，如图 4-7 所示，

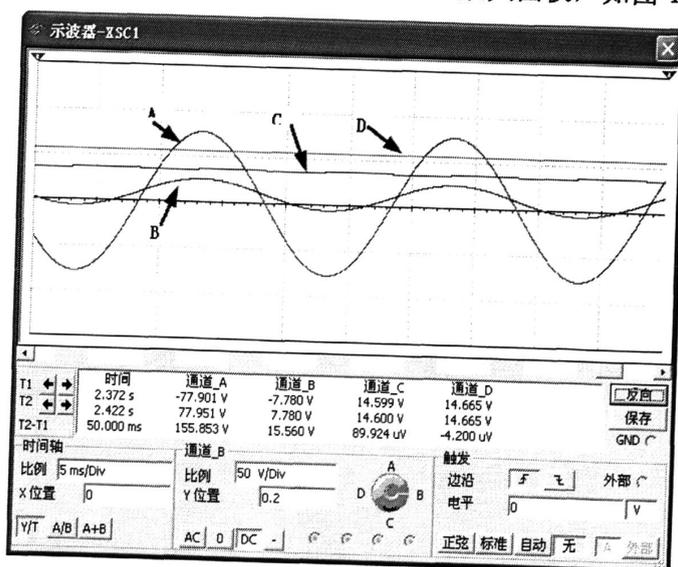


图 4-7 双击虚拟的 4 踪示波器放大面板

从 A、B、C、D 点检测到波形，A 点观察到交流市电，B 点观察到经过降压以后的交流电；C 点是经过整流以后的脉动直接电，有教小的波纹；D 点是经过 π 形滤波后的非常平滑的直流电压，它呈现一条直线状。

4.3 虚拟整流电路故障分析

在电子装接技能考核过程中，常常碰到电源排故，比如在桥式整流电容滤波电路出现滤波电容虚焊或脱焊故障时，电路中会出现何现象，引起何后果，模拟仿真电路，设置电路故障点，如图 4-8 所示。

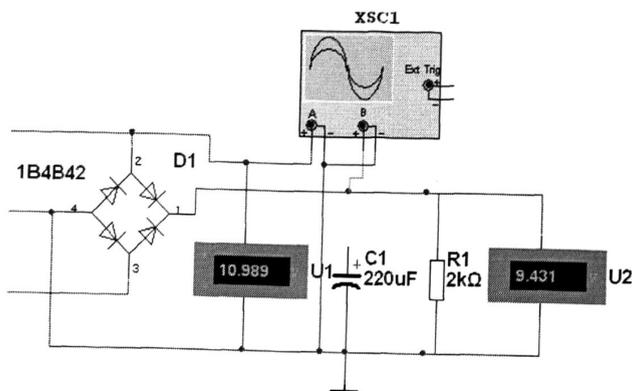


图 4-8 滤波电容虚焊或脱焊时的仿真电路

观察到 9.431 并不等于 $U_i=10.989$ 经验值的 1.2 倍, 反而比输入电压值来的小, 而这一结果接近于理想情况下单相桥式全波整流 (未接电容滤波) 的情况 $U_o=0.9U_i$. 教师引导学生带着这一初步判断进行波形的观察, 观察到的波形见图 4-9 所示.

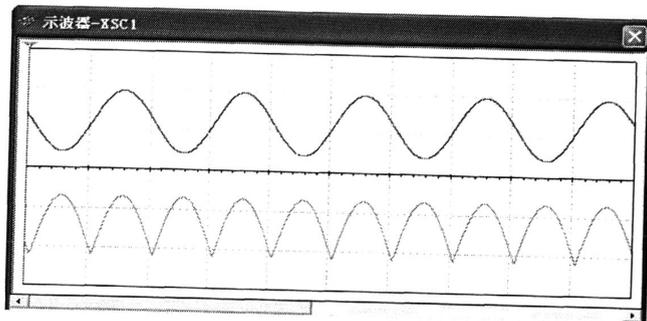


图 4-9 滤波电容虚焊或脱焊时的输入输出波形

观察到当输入为正弦交流信号时, 输出为单向全波脉动直流, 这一结果正好印证了上述判断, 于是学生可以得到结论: 当滤波电容虚焊或脱焊时, 电路为桥式全波整流无电容器工作的电路. 在此基础上教师引导学生从理论上进一步进行分析 $U_o=0.45U_i$ 的情况.

布置学生结合所学知识, 还可以对 (1) 某一整流二极管断路; (2) 滤波电容开路且某一整流二极管断路; (3) 滤波电容开路且某一整流二极管反接; (4) 某一整流二极管短路等故障下的电路进行理论分析, 将得到的结果与实验结果进行对比分析^[17].

第五章 放大电路的仿真与分析

5.1 三极管基本放大电路

5.1.1 静态工作点的分析与计算

如图 5-1 所示, 在工具栏中选择如图的元件置在电子平台上并连接好, 对三极管 Q1 的放大倍数设置为 $\beta=70$, 在电子平台空白处电击右键, 选择“属性”对话框中, 给各节点加上编号, 完成如图仿真电路。执行菜单命令 Simulate-----Analyses (分析), 在列出的可超作分析类型中选择直流工作点分析 DC Operating Point, 则出现直流工作分析对话框, 选择节分析点如图所示 5-2, 然后单击对话框下方的“Simulate”按钮

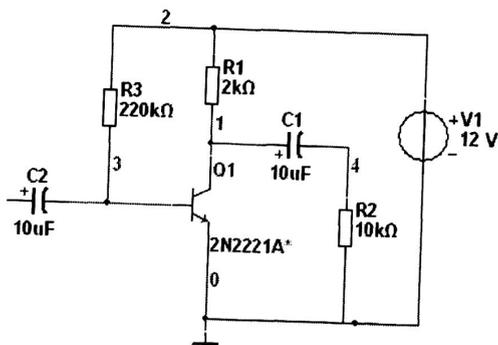


图 5-1 三极管基本放大电路仿真图

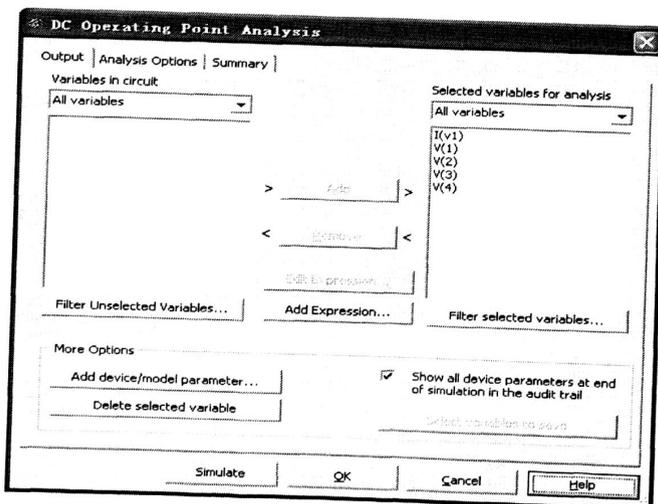


图 5-2 直流工作点分析节点的选择

直流分析仪呈现数据如图 5-3 所示。

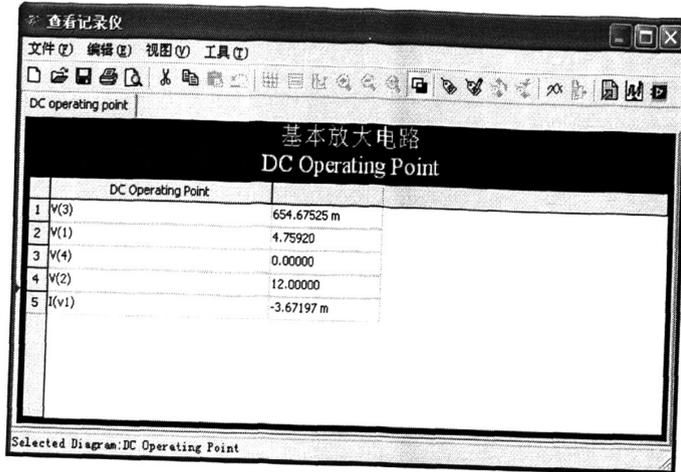


图 5-3 直流工作点分析结果图

同时引导学生利用静态工作点的估算方法，可知：

$$I_{BQ} = \frac{V_{CC} - V_{BEQ}}{R_b} = 12/220 = 0.0545 \text{ mA} \quad (5-1)$$

$$I_{CQ} \approx \beta I_{BQ} = 0.545 \times 6.8 = 3.706 \text{ mA} \quad (5-2)$$

$$V_{CEQ} = V_{CC} - I_{CQ} R_C = 12 - 3.706 \times 2 = 4.588 \text{ V} \quad (5-3)$$

计算的结果与如图 5-4 所示给出的各节点的电压的对地电压比较分析。 $V[1]=4.75920\text{V}$ 与 $V_{CEQ}=4.801\text{V}$ 基本接近； $I_{CQ}=3.706\text{mA}$ 与 $I(V1)=3.67197\text{mA}$ 基本相符；由于电容 C1 的隔直作用，故节点 V(4) 的直流电位等于 0。起到较好的验证效果。

5.1.2 输入、输出波形观察比较

将图 5-4 所示仿真电路接上示波器，打开仿真开关，调整示波器的扫描时间和通道 A、B 的显示比例，得到如图 5-5 所示的输入和输出的波形。

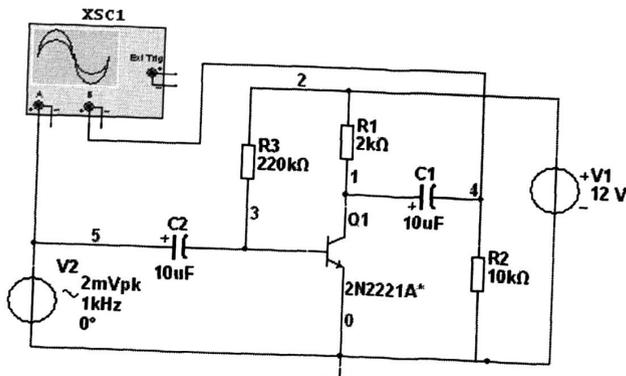


图 5-4 三极管基本放大电路仿真图

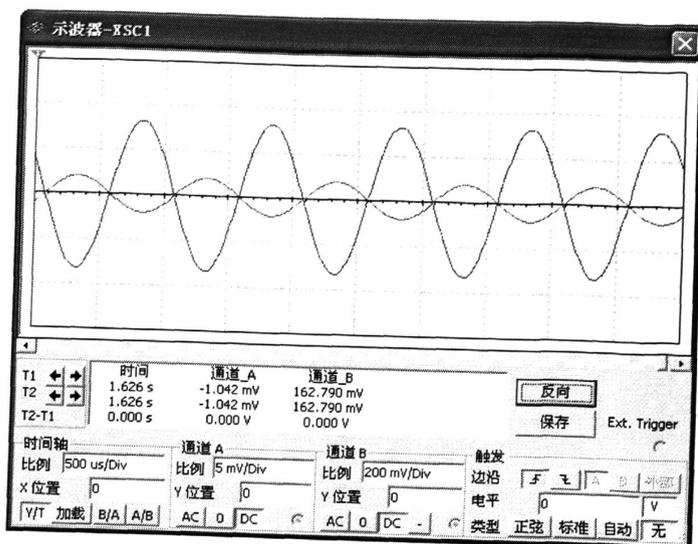


图 5-5 三极管基本放大电路输入输出波形

可以指导学生观察比较出输入与输出波形的反向的相位关系及信号幅值得到放大。

5.1.3 选择合适的静态工作点分析

在电子仿真软件电子平台上组建如图 5-6 的所示仿真电路(以分压式偏置电路为例),

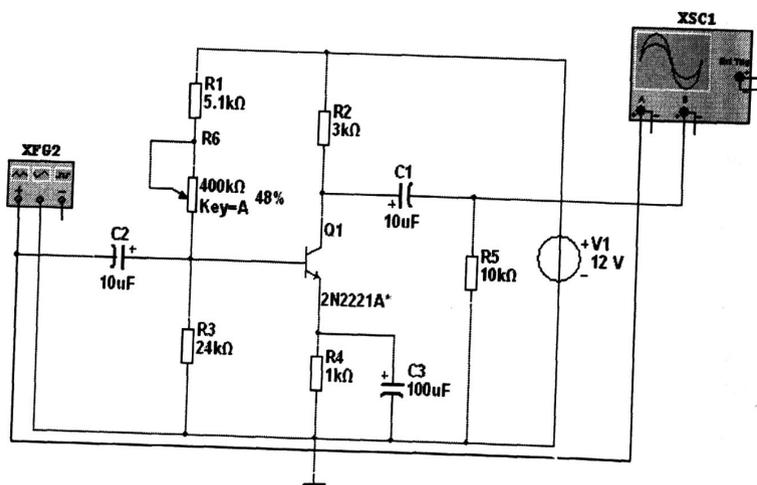


图 5-6 分压式偏置电路仿真电路

- 选择合适的静态工作点电压放大倍数的测试。

双击虚拟函数发生器, 选择正弦信号, 然后再选择频率为“1KHZ, 振幅为 10MVp”, 如图 5-7 所示, 双击虚拟示波器打开它的放大面板, 从屏幕上可以看出输入放大器的信号和放大以后的正弦波信号, 用鼠标将屏幕左右角的两个读数指针拉到如图所示的位置, 从屏幕下方可以读的“”通道 A”下的数据: 9.992mV, 就是输入信号的幅值; 另外从“通

道 B”下可以读出数据：-585.013 mV，就是经过放大器放大以后输出的信号幅值。从而很容易得到该放大电路的电压放大倍数 $A_V = \frac{585.013}{9.992} \approx -58.6$ （倍），另外我们还可以从屏幕看出输入信号和输出信号相位相差相位 180° ，即输入信号和输出信号反向。

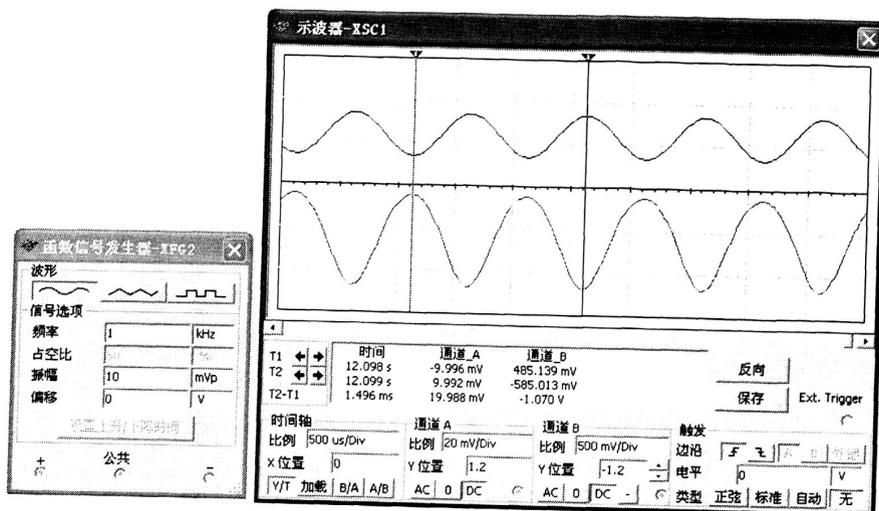


图 5-7 合适的静态工作点波形图

● 观察静态工作点的变化对输出波形的影响。

(1) 改变电位器百分比为 7%左右时，屏幕出现如图 5-8 所示的波形，引导学生分析三极管处在的状态（饱和失真）。

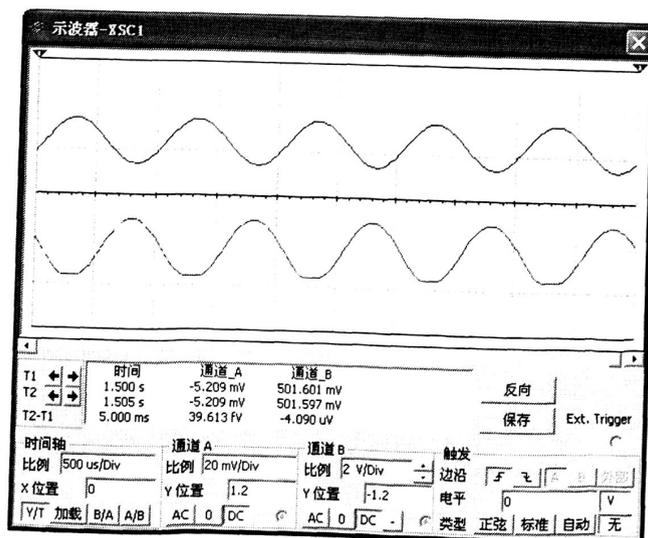


图 5-8 Q 点过高、饱和失真图

将调整 R_p 的百分比调到 100%，然后将虚拟信号发生器的信号幅度增加到 30mV，示波器屏幕将显示以下波形如图 5-9 所示，（截止失真），引导学生分别分析 Q 点偏高或者偏低时所发生的失真类型。

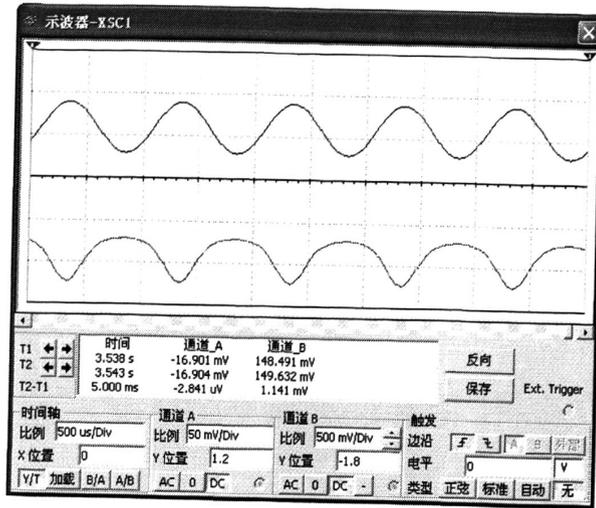


图 5-9 Q 点过低、截止失真图

5.1.4 输入和输出电阻的测量

在放大电路的输入回路接电流表盒电压表（设置为交流），如图 5-10 所示，测的电流为 3.429mA，电压为 3.536mV，则输入电阻 $R_i = U_i / I_i = 1.03K \Omega$ 。

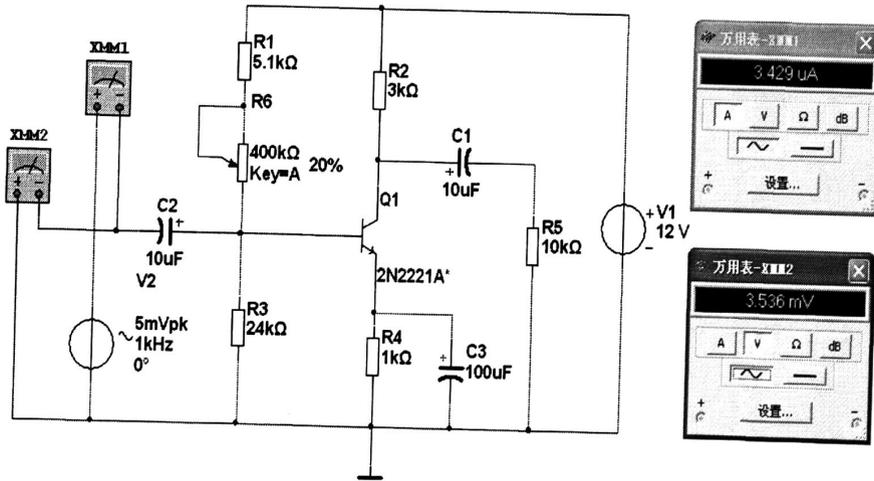


图 5-10 基本放大电路的输入测量

输出电阻的测量方法采用外加激励法如图 5-11 所示，将电路中的信号源短路，负载开路，创建的电路如图所示，测的电流为 333.869mA，电压为 707.106mV，则输入电阻 $R_i = U_i / I_i = 2.12K \Omega$ 。与通过估算法计算的 R_i 值几乎相等，引导学生进行理论值的计算并进行比较结果分析，验证了理论的正确。

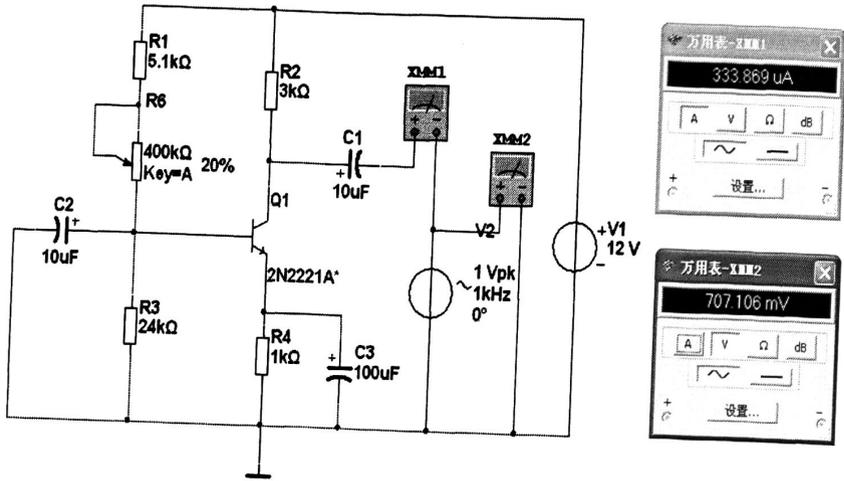


图 5-11 基本电路的输出电阻测量。

5.2 射极跟随器（共集电极电路）

5.2.1 输入、输出波形比较，体会电压跟随器含义

共集电极电路的原理图如图 5-12 所示。它是一个电压串联负反馈放大电路，电路的特点是(1)输出电压近似输入电压 $V_o \approx V_i$ ，好似输出电压跟随输入电压而变化，输入、输出信号相同方向，故也称该电路为射极跟随器。(2)输入电阻大， $r_i = r_{be} + (1 + \beta)R'_L$ ，它与共射极的基本放大电路输入电阻增加了 $(1 + \beta)R'_L$ 倍。(3)输出电阻小，一般只有几欧到几十欧。

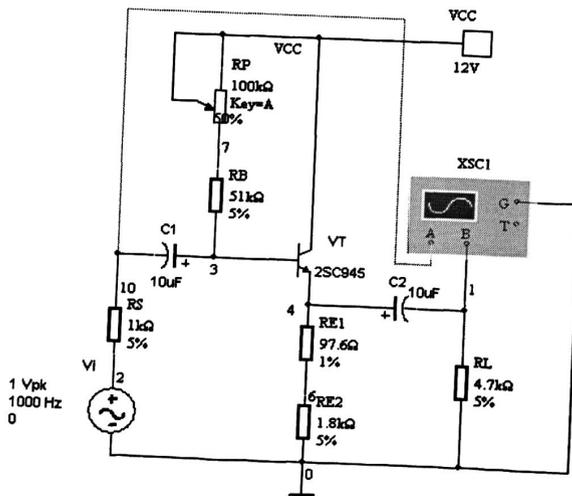


图 5-12 射极跟随器

电压跟随范围是指射极跟随器输出电压 u_o 跟随输入电压 u_i 作线性变化的区域。点击

运算仿真开关，我们在仿真示波器放大面板上观察到波形如图 5-13 所示。

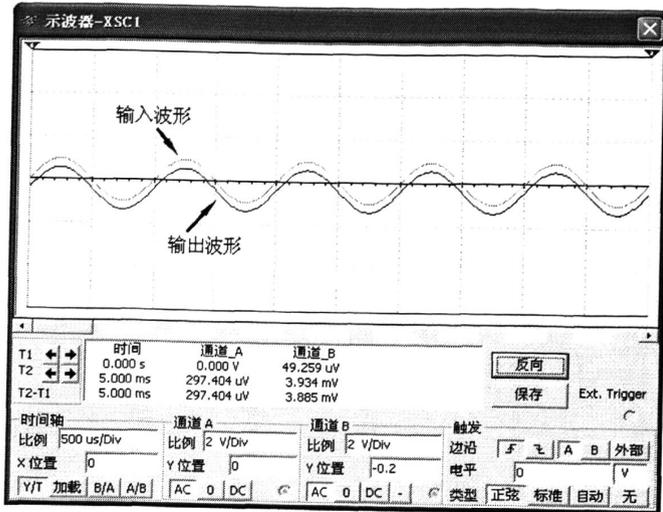


图 5-13 射极跟随器输入输出波形图

5.2.2 射极跟随器的瞬态特性分析

瞬态分析是指对所选定的电路节点的时域响应。用鼠标点击 Simulate→Analysis→Transient Analysis, 将弹出 Transient Analysis 对话框, 进入瞬态分析状态。Transient Analysis 对话框有 Analysis Parameters、Output variables、Miscellaneous Options 和 Summary 4 个选项, 其中 Output variables、Miscellaneous Options。点击 Simulate 按钮, 仿真运行如图 5-14 所示, 可得输出电压的峰值 $U_{om}=1V$, 其结果满足 5-1 关系式, 从波形描述中让学生直接就很好体会到电压跟随的作用, 并且电压放大小于 1, 但是该电路具有电流放大作用, 所以总功率还是具有放大作用。

$$A_u = \frac{(1 + \beta)(R_E // R_L)}{r_{be} + (1 + \beta)(R_E // R_L)} \leq 1 \quad (5-1)$$

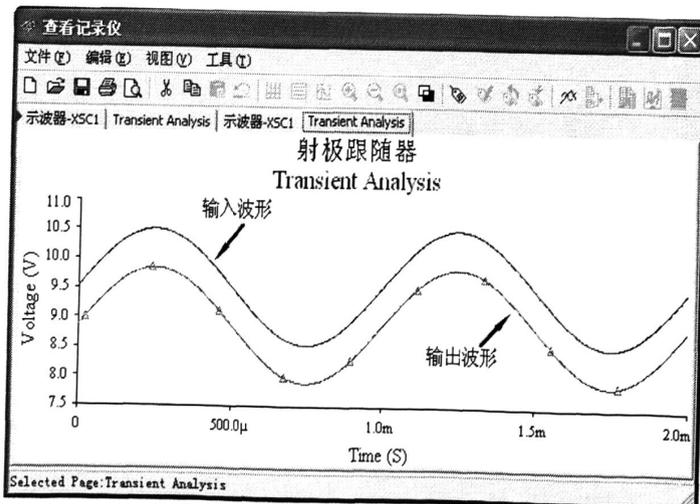


图 5-14 分析节点 3、4 的瞬态特性波形图

5.3 负反馈放大电路

负反馈电路的仿真实验，负反馈在电子电路中有着非常广泛的应用，虽然它使放大器的放大倍数降低，但能在多方面改善放大器的动态指标，如稳定放大倍数，改变输入、输出电阻，减小非线性失真和展宽通频带等。因此，几乎所有的实用放大器都带有负反馈。负反馈放大器有四种组态，即电压串联，电压并联，电流串联，电流并联。本例以电压串联负反馈为例，分析负反馈对放大器各项性能指标的影响。

5.3.1 负反馈对失真的改善作用。

将电子工作平台上如图 5-15 电路中开关“Key=A”断开，双击电路窗口中信号源符号，打开 AC Voltage 对话框如图 5-16 所示。Voltage 区：设置输入电压的幅值为 100mV。Frequency 区：设置输入电压频率为 1000Hz。

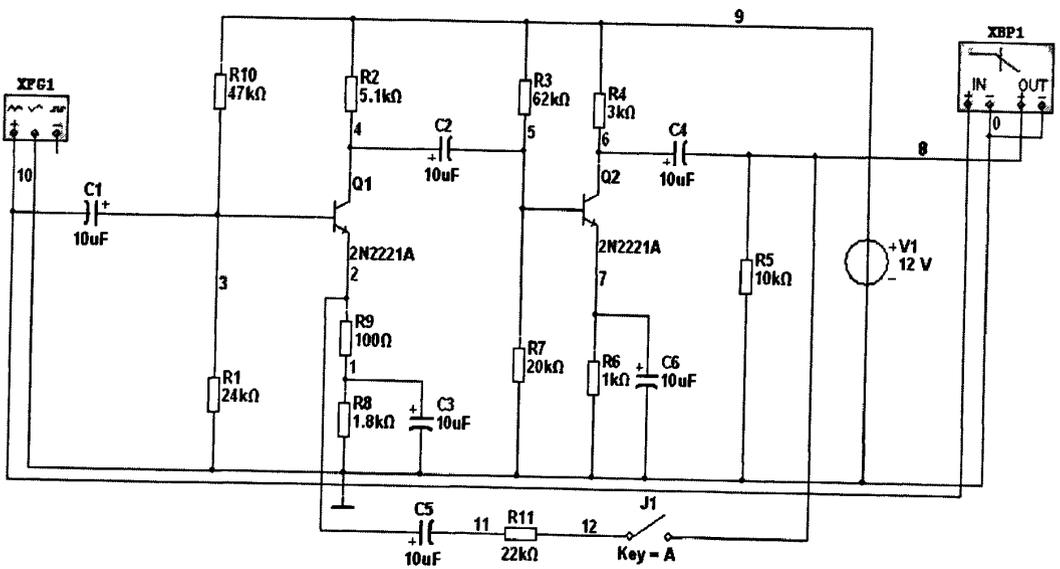


图 5-15 两级电压串联反馈电路

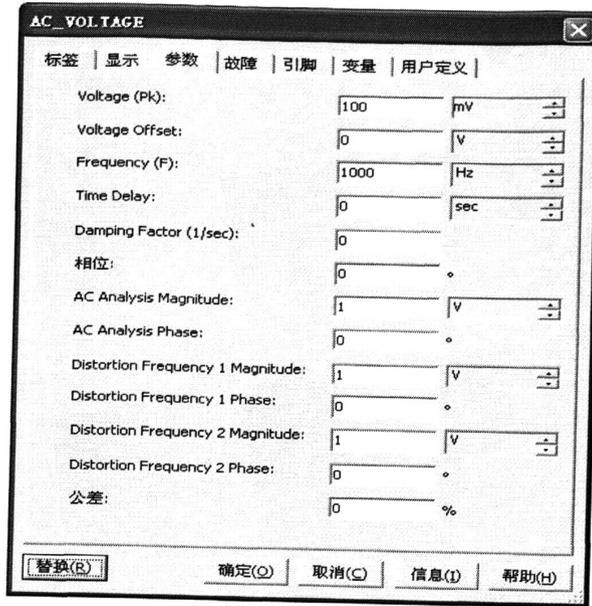


图 5-16 AC Voltage 属性对话框参数选择

逐步加大 u_i 的幅度，用示波器观察，使输出信号出现失真如图 5-17 所示（注意不要过分失真），然后将开关“Key=A” 闭合，从 5-18 上观察到输出波形的失真得到明显的改善。

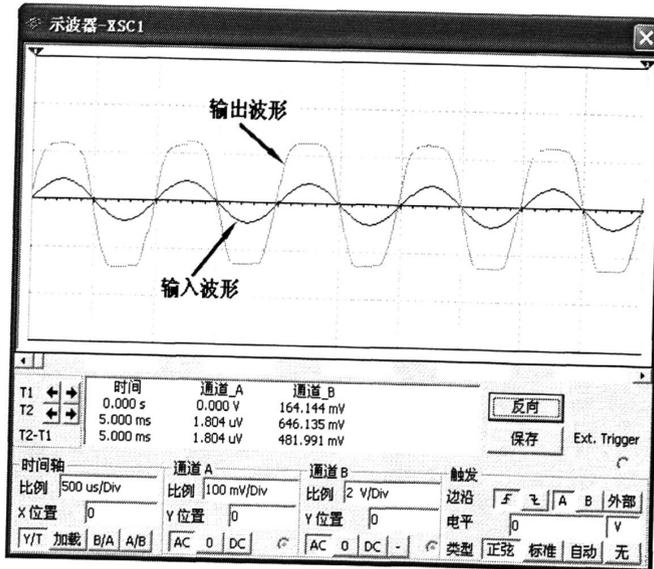


图 5-17 无负反馈

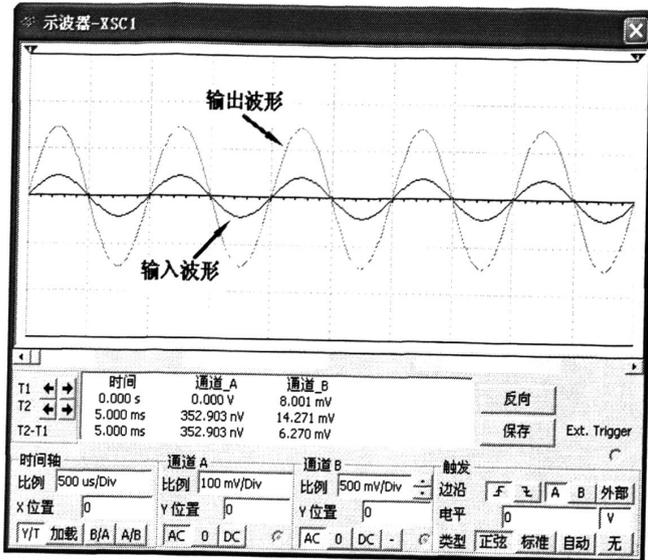


图 5-18 有负反馈

5.3.2 负反馈对频带的展宽。

引入负反馈后，放大电路的中频放大倍数减少了，等于无负反馈时的 $1/(1+A_vF_v)$ ，而上限频率 f_H 提高了，等于无负反馈时的 $(1+A_vF_v)$ ，而下限频率降低到原来的 $1/(1A_vF_v)$ ，所以总的通频带得到了展宽。

如图 5-19 是未加负反馈时放大电路的幅频特性，即断开 J1 开关时候，点击幅频特性曲线仪器，显示幅频特性曲线放大曲线图标尺指示的位置参数为 38.686dB/162.183Hz。

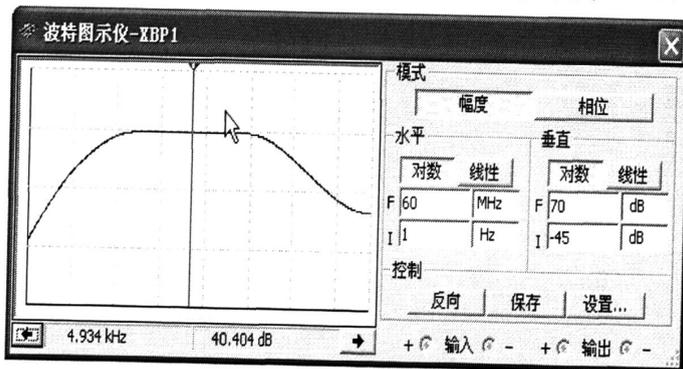


图 5-19 未加负反馈时放大电路的幅频特性

移动红色三角形读数字指针到中间较平坦中心点，读出幅频特性曲线对应该点的频率为 4.934KHZ；增益为 40.404dB，这是该两级放大电路没有加上负反馈的中频段的最大增益。通过计算得到 F_L 处增益约为 $40 \times 0.707 = 28.28$ dB，将读数指针移动到 28DB 附近，读出 $F_L = 23.495$ HZ，如图 5-20 所示。

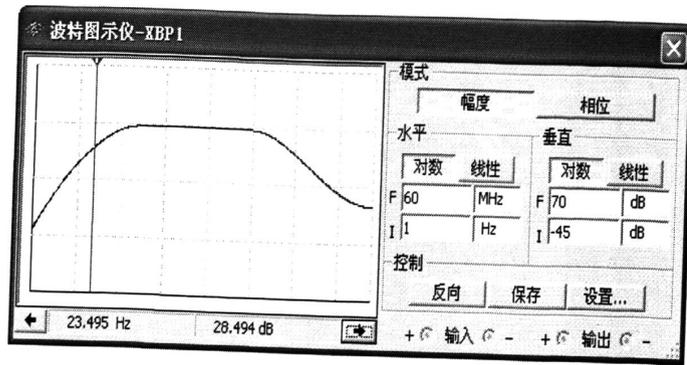


图 5-20 标尺指示的位置参数为 21.406dB/1.622MHz。

用同样方法红色三角形读数字指针向高频段移动到增益为 28DB 处，读出 $F_H = 911\text{Hz}$ ，如图 5-21 所示。

$$\text{计算出 } BW_f = F_H - F_L = 911 - 23 = 888\text{KHz}$$

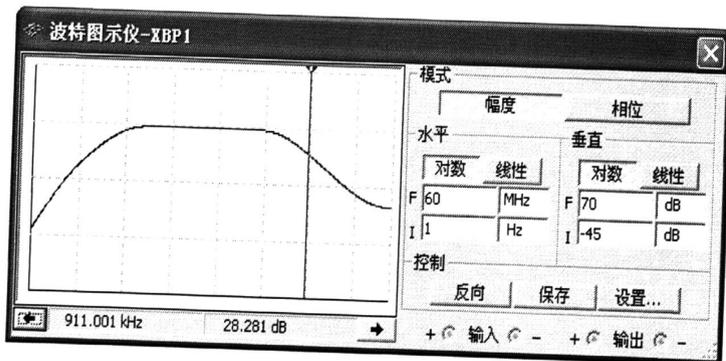


图 5-21 标尺指示的位置参数为 21.406dB/1.622MHz。

关闭电路中开关“Key=A”，加入负反馈后放大电路的幅频特性，仍然用相同方法读出幅频特性曲线对相同的频率 4.934KHZ 点的增益为 24.831dB 如图 5-22 所示，

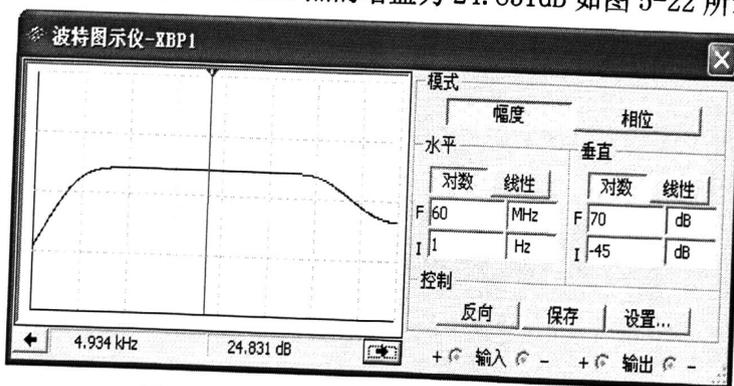


图 5-22 加负反馈时放大电路的幅频特性

这时可以看到增加了负反馈环节以后，两级放大器的增益有所下降，同时看到中频带增宽，用上述的相同的方法和步骤可以计算出，上限频率 F_H 为 3.098MHz，下限频率 F_L 为 7.858KHz，如图所示 5-23 所示，其通频带约为 $BW_f = F_H - F_L = 30972\text{KHz}$ 。

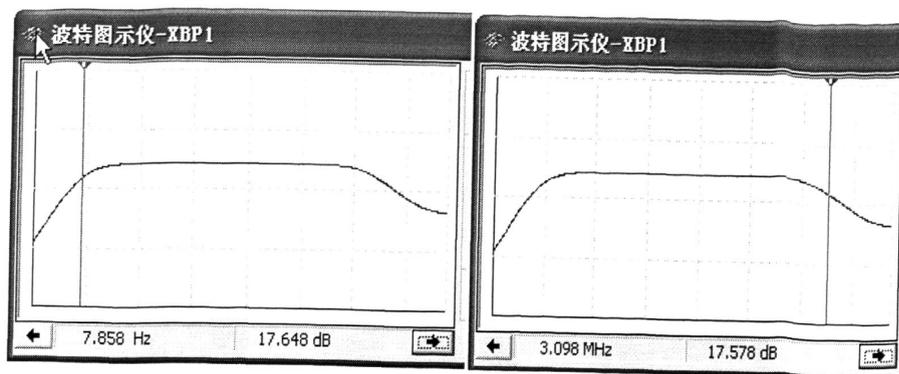


图 5-23 负反馈环节以后低频及高频数字

通过以上电路仿真实验,我们可以知道得出:加了负反馈后,可以提高电路的稳定性,失真度减少,降低了电压放大倍数,拓宽了电路的通频带,从而验证了课本的理论分析的正确性。

5.4 差分放大电路

在工业自动控制系统中,经常将一些物理量(如温度、转速的变化)通过传感器转化为相应电信号、而此类的电信号往往变化缓慢,因为这类信号频率近似为零将被电容或者变压器隔断,这些信号必须采用直接耦合的直流放大器。但是直流放大器有个致命的弱点,即“零点漂移”的问题,该电路由于受温度和电压波动,往往产生干扰信号与需要的放大信号相比差不多,就将无法分辨有效的信号,恰好差分放大电路,它是一种能够有效抑制零点漂移的直接放大电路。

为此我们将通过仿真实验来验证,通过软件我们取所需要的元件,并通过连接放置在电子平台上如图 5-24 所示

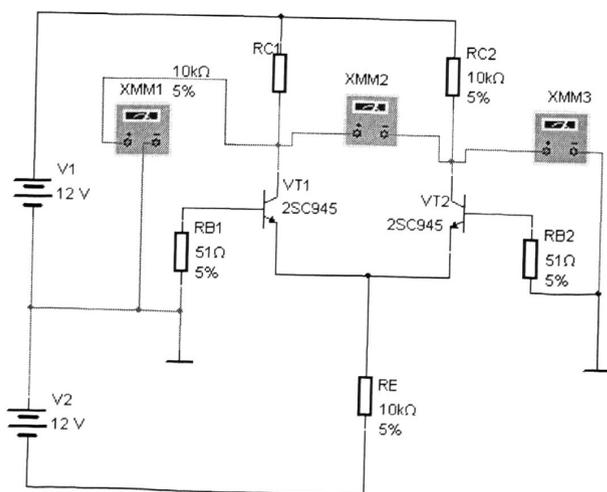


图 5-24 差动放大器原理电路

在设计时,选择 VT_1 、 VT_2 特性完全相同,相应的电阻也完全一致,则当输入电压等于零时, $U_{c01} = U_{c02}$, 即 $U_o = 0$ 。双击图中万用表 XMM1、XMM2、XMM3 分别显示出 U_{c01} 、 U_{c02} 、 U_o 电压,其显示结果如图 5-25 所示。

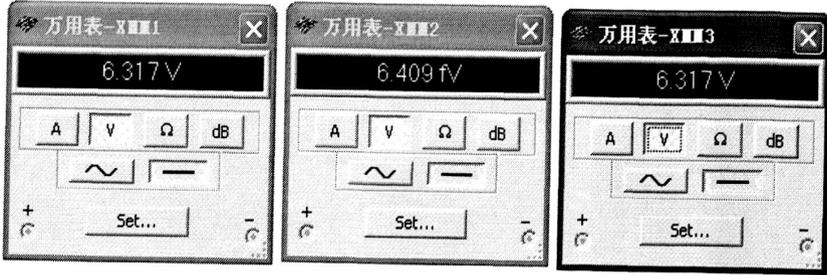


图 5-25 各端点输出电压值

U_{c01} 、 U_{c02} 、 U_o 显示结果 VT_2 (VT_2) 管的静态工作点,使得输入信号 $U_i = 0$ 时,双端输出电压 $U_o = 0$ 。 R_e (RE) 为两管共用的发射极电阻,它对差模信号无负反馈作用,因而不影响差模电压放大倍数,但对共模信号有较强的负反馈作用,故可以有效地抑制零漂,稳定静态工作点。

改变电路的仪器连接,增加输入信号源头和示波器如图 5-26 所示,对干扰信号的波形进行动态的分析。

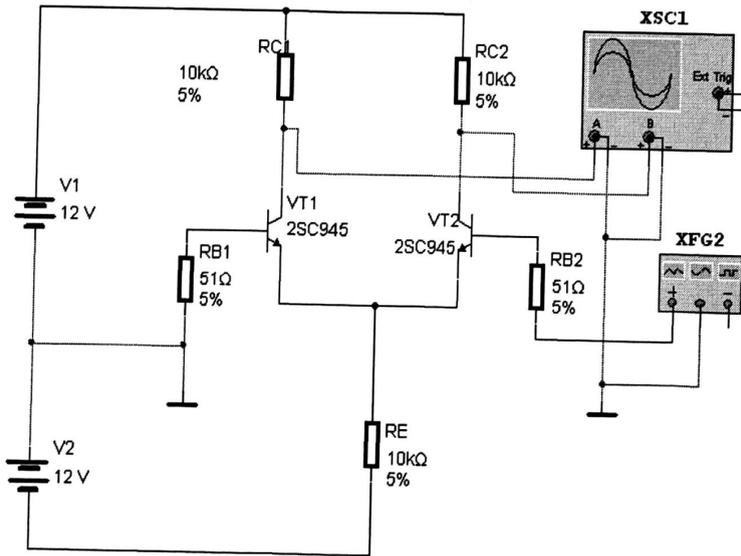


图 5-26 差分放大电路动态验证图

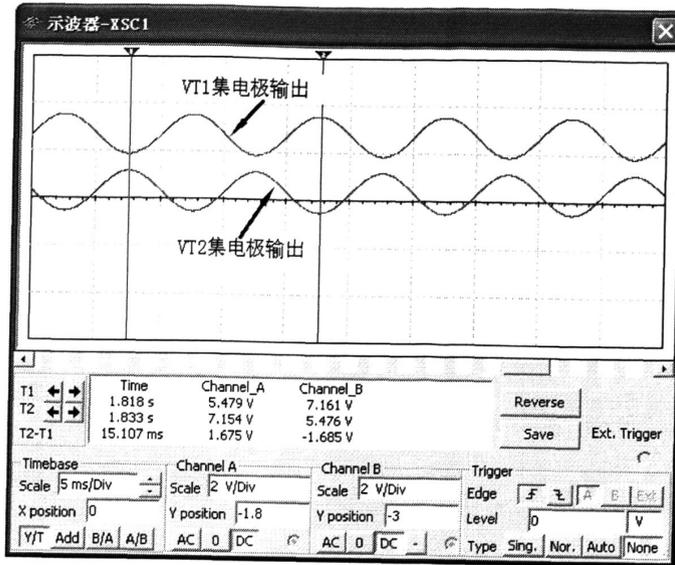


图 5-27 单端输出波形

从示波器放大面板如图 5-27 所示的数字和波形看来，两者通道的数字大小相同，相位相差 180° ，仿真实验结果与上面分析相同。刚好能够抑制零点漂移的无效信号，能够胜任作为电路的输入级。

5.5 低频功率放大电路

通过元件的选取，电路连接组成为如图 5-28 的低频功率放大器，其中由晶体三极管 VT_1 (VT_1) 组成推动级（也称前置放大级）， VT_2 (VT_2)、 VT_3 (VT_3) 是一对参数对称的 NPN 和 PNP 型晶体三极管，静态时要求输出端中点 A 的电位， $U_a = \frac{1}{2}U_{cc}$ 可以通过调节 PR_1 来实现。

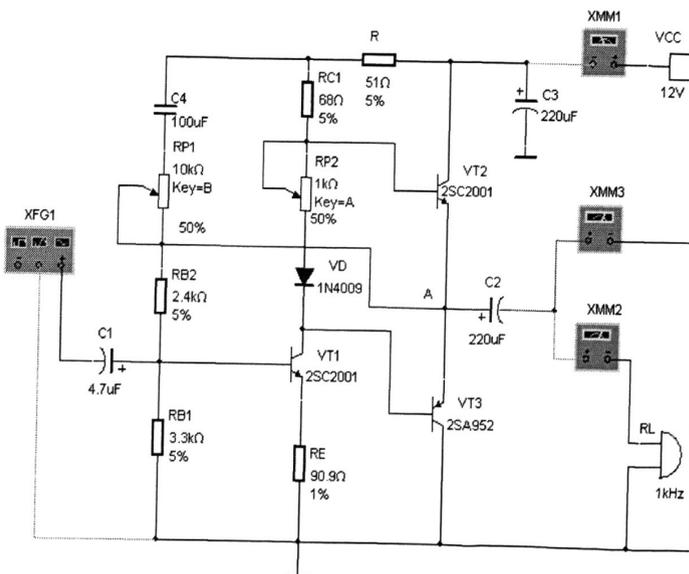


图 5-28 功率放大器仿真电路

- 静态工作点的调整的仿真分析;如图 5-29 所示 OTL 功率放大器的静态工作点的调整,接入万用表 XMM4,测量 A 点的电压,无论怎样调试 RP1 和 RP2,都不能使 A 点的点位为电源电压的一半,分析原因是 RC1 电阻不合适,将 RC1 调换为 250 Ω ,问题解决。

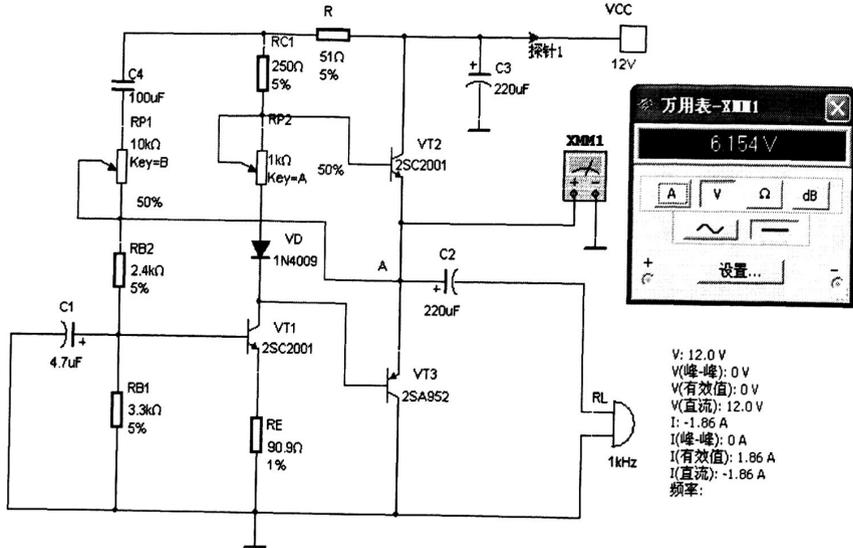


图 5-29 静态工作点的调整的仿真

- 输入输出的信号波形观察;调整好静态工作点以后,在输入端接入一个信号为 1KHZ,信号电压为 10mV 的信号发生器,接入示波器,观察输入、输出的电压波形,在电源导线处设一个探针,可以观察测量的相关动态的数据,如图 5-30 所示。

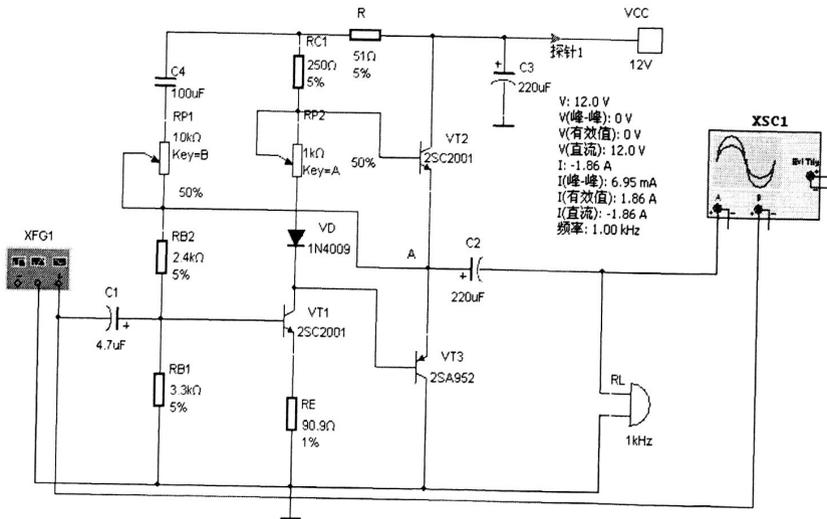


图 5-30 输入输出的信号波形观察

引导学生分析 VT2、VT3 两个三极管交替导通,当输入正弦信号 U_i 时,负半周信号经过 VT2 导通,同时给 C2 进行充电,正半周信号使 VT3 导通,则已经冲满电的 C2 起到电源

的作用，这样正负半周都有电流流过 R_L ，使得负载得到完整的正弦波形如图 5-31 所示。

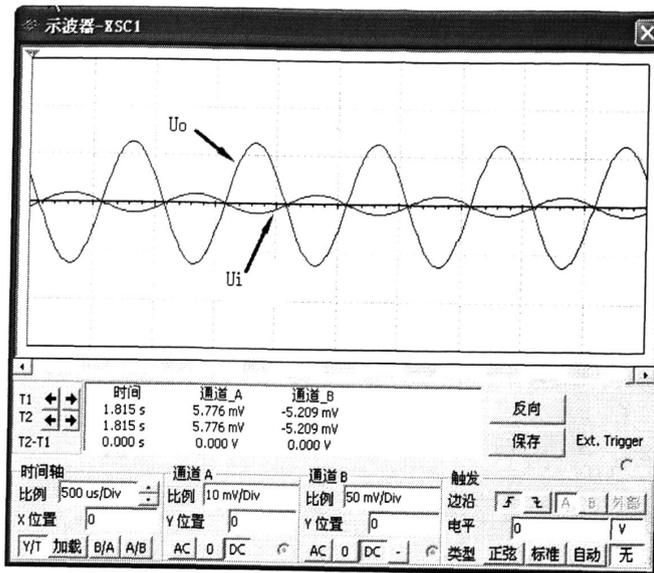


图 5-31 输入输出波形

第六章 集成运算放大器的仿真与分析

当外部接入不同的线性或非线性元器件组成输入和负反馈电路时,可以灵活地实现各种特定的函数关系。在线性应用方面,可组成反向、同向比例电路、加法电路、减法电路、积分电路、微分电路、对数电路等模拟运算电路。对本节中主要指导学生建立仿真模型,电路输出端接上万用表,显示出测量值与利用公式的计算值的比较分析,通过仿真实验来验证理论分析的结果到达增强知识和分析能力。对于积分、微分、对数模拟运算不做中职学生不做要求,不对它们进一步的仿真分析。

6.1 反向比例运算电路

建立仿真电路,及其电压表输出的值如图 6-1 所示。对于理想运放,根据“虚短”和“虚断”的概念,引导学生得出该电路的输出电压与输入电压之间的关系为 6-1 式:

$$U_o = -\frac{R_F}{R_i} U_i \text{-----(6-1)}$$

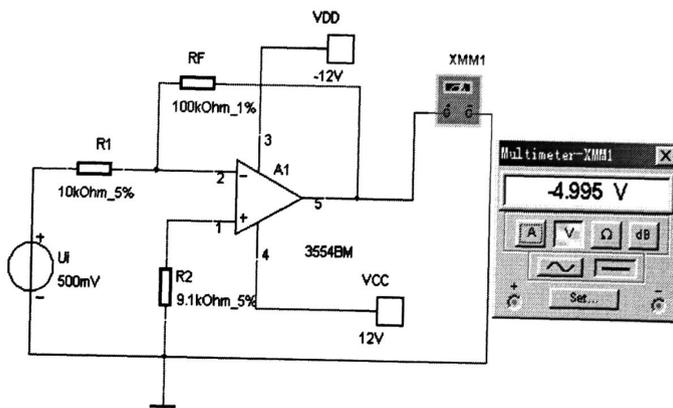


图 6-1 反相比例运算电路

从计算公式的值与仿真测试值大致相同,得以加强了学生的实践性和分析能力。

6.2 反相加法电路

建立仿真电路,及其电压表输出的值电路如图 6-2 所示,同样引导学生根据“虚短”和“虚断”的概念,及电工知识的叠加原理,分析出输出电压与输入电压之间的关系为式 6-2 式:

$$U_o = -\left(\frac{R_F}{R_1} U_{i1} + \frac{R_F}{R_2} U_{i2}\right) \text{-----}(6-2)$$

$R_3 = R_1 // R_2 // R_F$ (R_F 为图中 R_F , R_1 为图中 R_1 , R_2 为图中 R_2 , R_3 为图中 R_3)

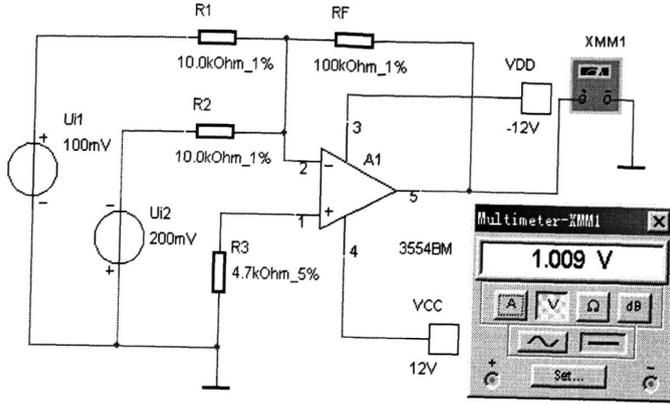


图 6-2 反相加法运算电路

由上一个仿真实验电路基础上，引导学生进行对加法电路进一步分析，观察测量值与计算值，进一步验证分析结果。

6.3 同相比例运算电路

建立仿真电路，及其电压表输出的值图 6-3 是同相比例运算电路，它的输出电压与输入电压之间的关系为 6-3 式：

$$U_o = \left(1 + \frac{R_F}{R_1}\right) U_i \text{ 其中 } R_2 = R_1 // R_F \text{-----}(6-3)$$

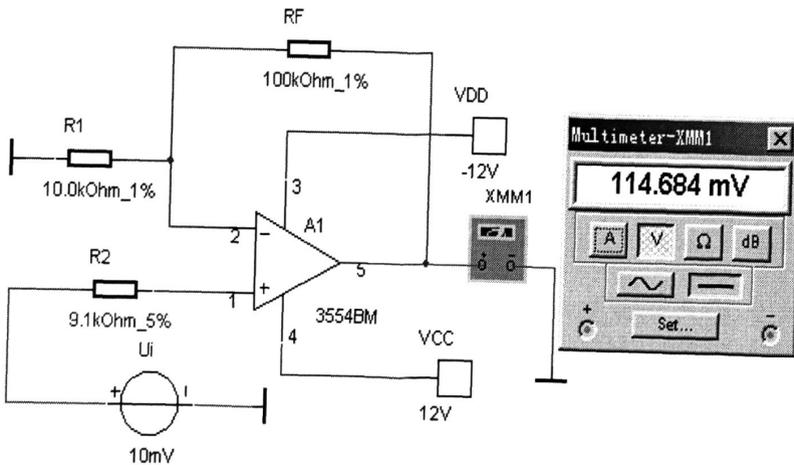


图 6-3 同相比例运算电路

同样引导学生进行对加法电路进一步分析，观察测量值与计算值，进一步验证分析结果。当 $R_1 \rightarrow \infty$ 时， $U_O = U_i$ ，即得到如图 6-4 所示的电压跟随器。图中 $R_2 = R_F$ ，用以减小漂移和起保护作用。一般 R_F 取 $10K\Omega$ ， R_F 太小起不到保护作用，太大则影响跟随性。

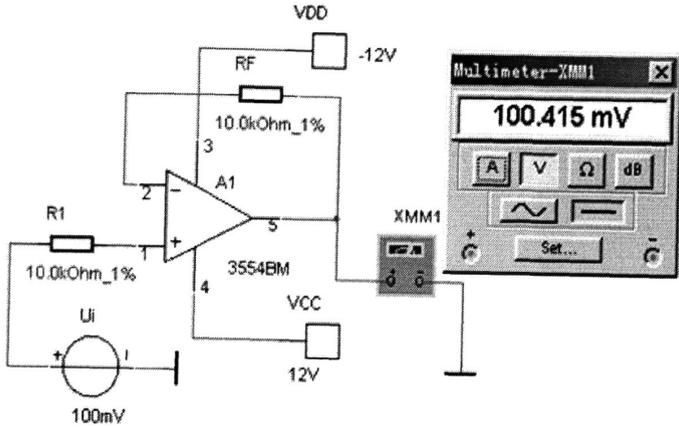


图 6-4 电压跟随器电路

6.4 减法运算电路

建立仿真电路，及其电压表输出的值如图 6-5 所示为减法运算电路，当 $R_1 = R_2$ ， $R_3 = R_F$ 时，有如下关系式 6-4 式：

$$U_O = \frac{R_F}{R_1} (U_{i2} - U_{i1}) \quad \text{---(6-4)}$$

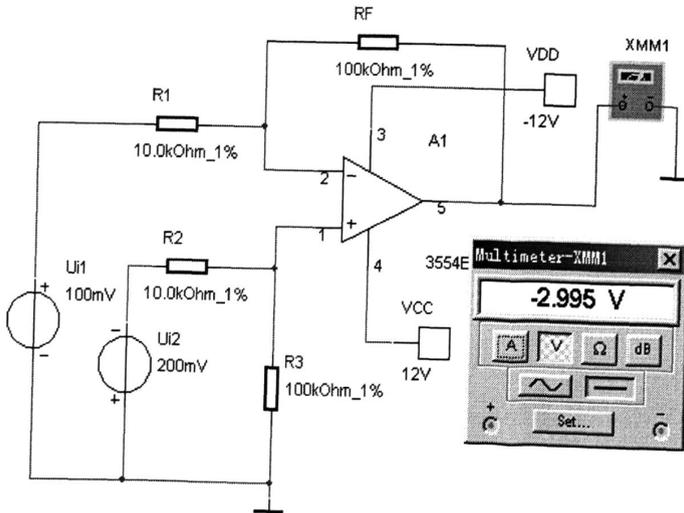


图 6-5 减法运算电路图

引导学生进行对加法电路进一步分析，观察测量值与计算值，通过模拟测量仿真结果进一步验证分析结果。

通过 Multisim 对反向和同向基本运算放大器分析及加减法电路等运算放大电路的模拟分析及测量，更好验证了课堂上的理论分析值，充分理解了理想运放的两个特点：两个输入电位差趋向于零（虚短）、输入电流趋与零（虚短）。巩固电工基础的叠加分析原理。经过几个典型加法、减法、电压跟随电路的分析，观察到集成运算放大器广泛应用在电子技术的各个领域，同时也强化了学生的分析和比较能力。

第七章 晶闸管及简单应用的仿真与分析

在第3章我们已经研究过整流电路的,虽然中职学生是选学内容,但是生产和生活中大量应用可控硅电路,同时我们可以进一步强化前面所学的知识内容,现在我们来查看可控硅在整流电路中的仿真软件对课程教学的分析应用。教学要求表层感知可控硅电路的触发脉冲的周期,控制角 α 作用。

7.1 单相半波可控整流电路

一个单相半波可控整流电路如图7-1所示。图中,V1为220V交流电源。电压控制电压源V2和脉冲电压源V3组成可控硅驱动电路。VD1(2N3898)为可控硅,VT1栅极受电压控制电压源V2控制,电压控制电压源V2受脉冲电压源V3控制。

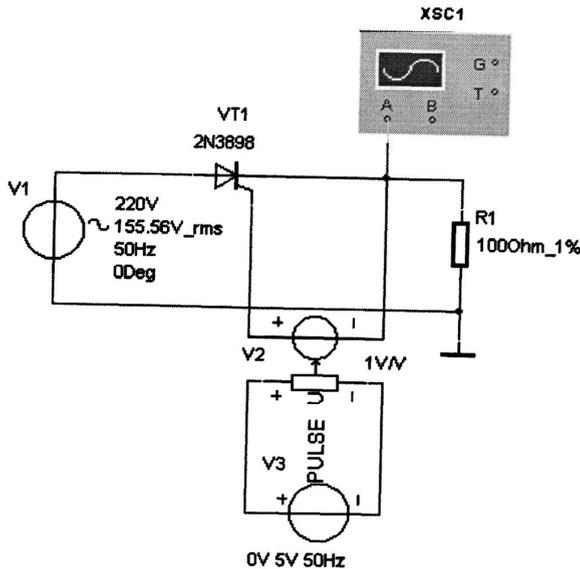


图7-1 单相半波可控整流电路

用鼠标双击V3,可以打开V3的对话框,如图7-2所示,在对话框中可以修改脉冲宽度、上升时间、下降时间和脉冲电压等参数。应注意的是,触发脉冲周期是20ms(对应是360度,即 2π),控制角或触发角 α 是与Delay Time参数相对应,修改Delay Time参数即可修改触发角 α 。

在对话框中可以修改脉冲的宽度,上升时间和下降时间和脉冲的宽度等参数。当设置Delay Time参数(即触发角 α)为2ms时,启动仿真,点击示波器,可以看见单相半波

可控整流电路的输出电压变化曲线如图 7-3 所示。

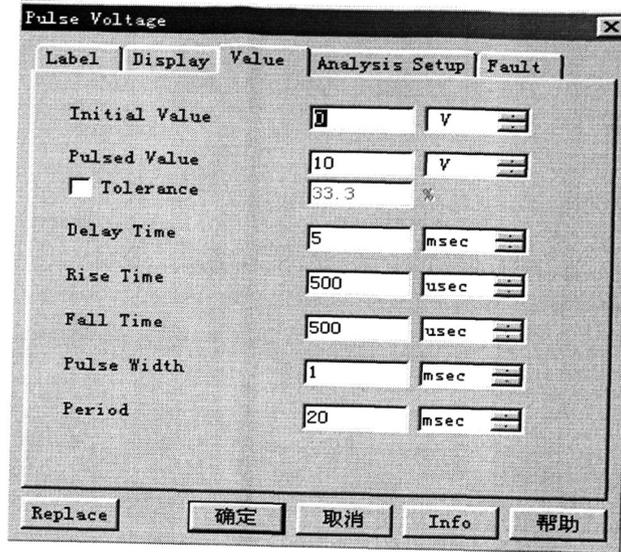


图 7-2 脉冲电压源的对话框

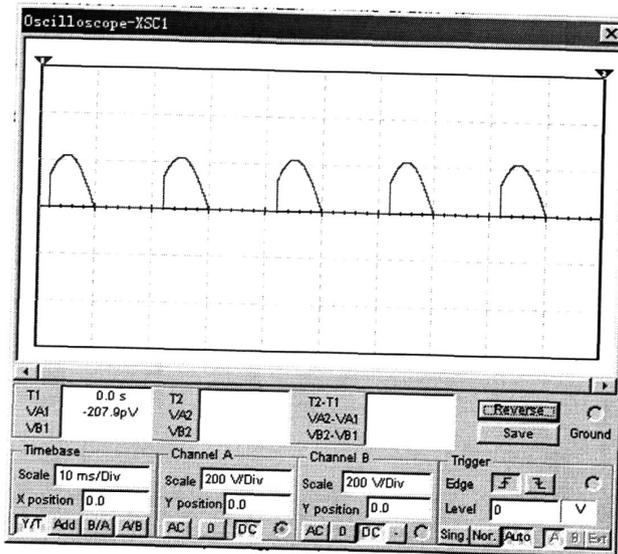


图 7-3 单相半波可控整流电路的输出电压曲线

在图 7-4 所示电路中增加一个滤波电容 C_1 ，可以看见单相半波可控整流电路的输出电压变化曲线如图 7-5 所示，输出电压脉动变化被减小。

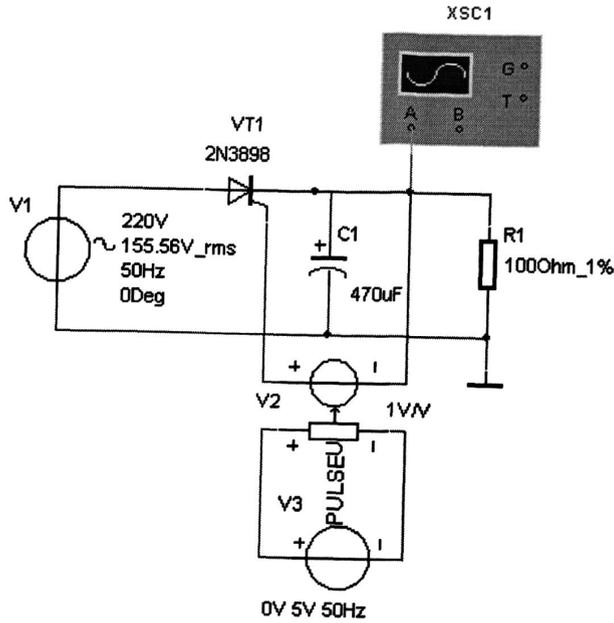


图 7-4 带滤波电容的单相半波可控整流电路

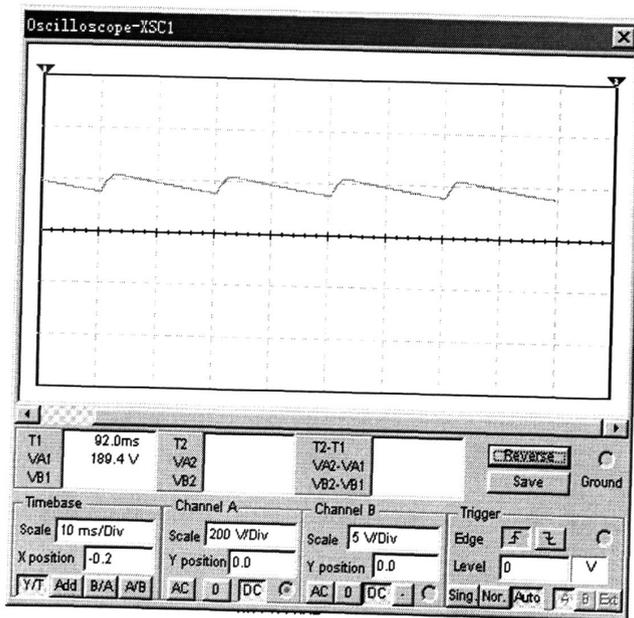


图 7-5 带滤波电容的单相半波可控整流电路的输出电压曲线

7.2 单相半控桥整流电路

单相半控桥整流电路及其工作波形如图 7-6 所示。图中 VT1 和 VT2 为触发脉冲互差 180° 的晶闸管，VD1 和 VD2 为整流二极管。由这四个管子组成桥式整流电路。因为只有共阴极的 VT1 和 VT2 可控，而共阳极的 VD1 和 VD2 不可控，所以称为半控桥整流电路。

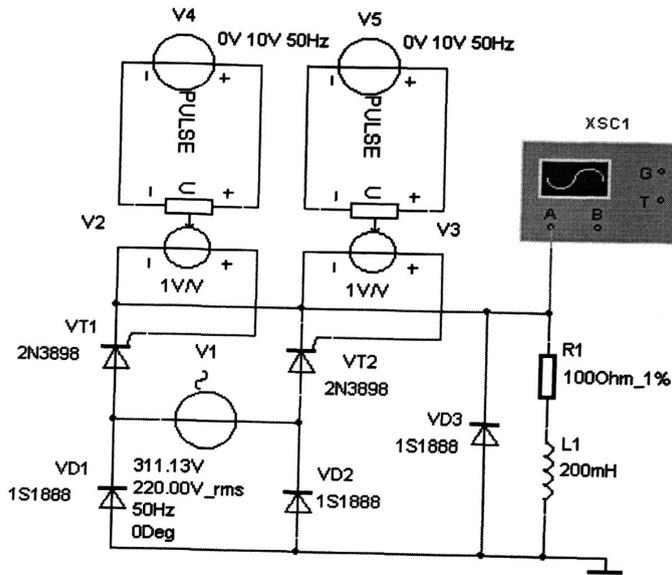


图 7-6 单相半控桥整流电路

同样用鼠标双击 V3 或者 V5，可以打开 V3 或者 V5 的对话框，如图 7-7 所示，在对话框中可以修改脉冲宽度、上升时间、下降时间和脉冲电压等参数。应注意的是，在本例中，触发脉冲周期是 20ms（对应是 360° ，即 2π ），控制角或触发角 α 是与 Delay Time 参数相对应，修改 Delay Time 参数即可修改触发角 α 。

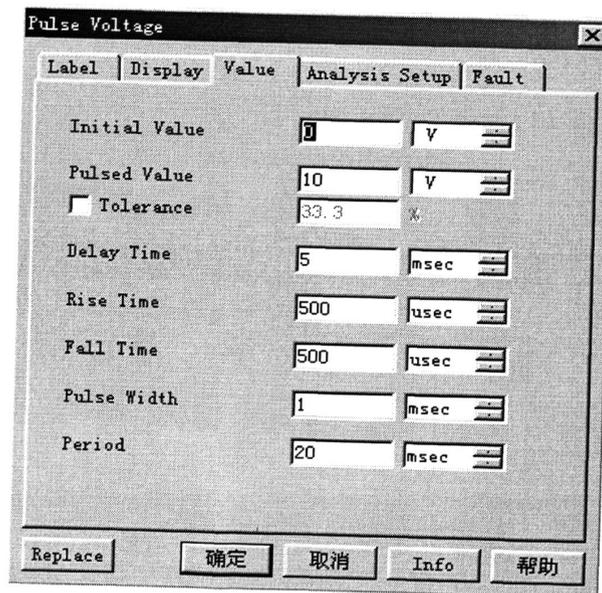


图 7-7 脉冲电压源 V3、V5 的对话框

当设置 V3 的 Delay Time 参数（即触发角 α ）为 5ms 时，应设置 V5 的 Delay Time 参数（即触发角 α ）为 15ms（10ms 对应为 π ），使两者之间相差 180° （ π ）。启动仿真，点击示波器，可以看见单相半控桥整流电路的输出电压变化曲线如图 7-8 所示。

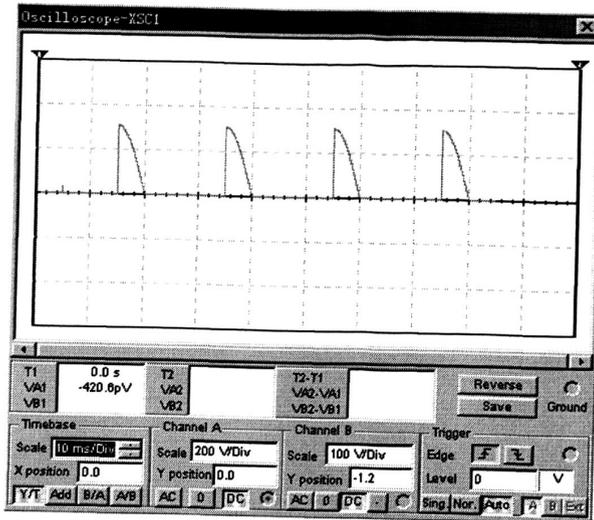


图 7-8 单相半控桥整流电路输出电压波形

在图 7.6 电路中负载 R_1 和 L_1 的两端增加一个滤波电容 C_1 ($470\mu\text{F}$)，可以看见单相半控桥整流电路的输出电压变化曲线如图 7-9 所示，输出电压脉动变化被减小。

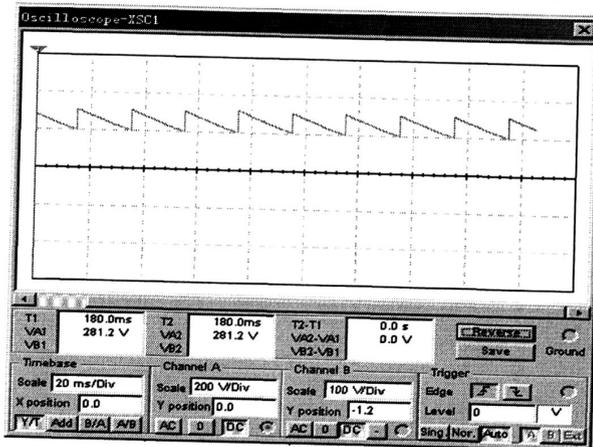


图 7-9 加滤波电容的单相半控桥整流电路输出电压波形

利用上面的演示实验过程中，巩固了单向晶闸管的“触发导通”特性，利用他组成的可控整流电路，引导学生与第 3 章提到的整流电路的进行比较分析，这种电路整流电路和一般的整流电路不同处在输出的负载电压是“可控的”。对于利用单向可控硅的触发电路常用一种叫单结晶体管组成的脉冲电路，可以适当进行仿真实验，为学生在电子线路装配的调光电路制做起到先导作用。

第八章 直接稳压电源及 3D 仿真的应用

直接稳压分立元件电路分析把该章节独立出来,原因有几个方面:由于该电路在电子技能考核,或者是学生实践中是必须掌握的;NI Multisim 仿真软件提供 3D 元件库和虚拟的面板功能,我们在课前就可以通过 Multisim 仿真实验,有助于理解电路原理图和实际电路之间的关系;为实训课的提高效率。

8.1 3D 元件在实践演示中应用

先我们可以举个简单的例子,调用 3D 元件放置在电子工作平台上,通过翻转、连线元件建立一个简单的发光二极管控制电路如图 8-1 所示,通过控制开关,能够看到发光二极管的亮和灭,一种三维立体的逼真实物的效果,大大增强学生的对电子线路学习,简化了课堂抽象的理论,一般我们在实践课可以大量的运用。比如串联型稳压放大电路在实训装接的过程中,我们可以指导学生,先在电子工作平台上连接一个 3D 的模型如图 8-2 所示,能够避免材料的浪费,通过无限制的修改,到达满意效果投身到实训中达到事半功倍的效果。一种感性的认识,有抽象到具体,一般中等职业学生从仿真 3D 连接实验中,多少调试改造,都能够轻易上手制作焊接元件的插放和连接线,到达最佳的布线美观科学电路。

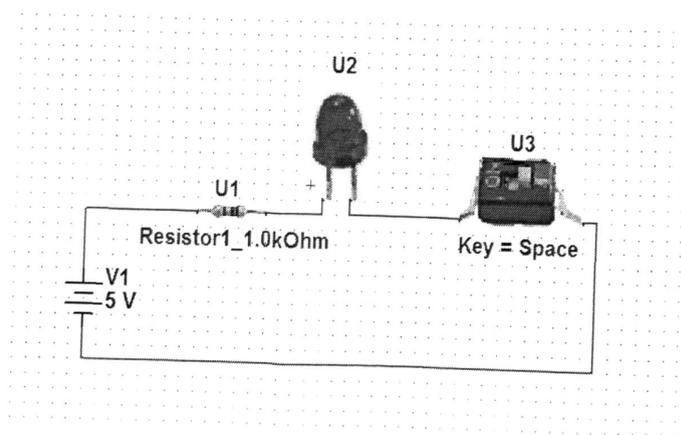


图 8-1 简单的发光二极管控制电路

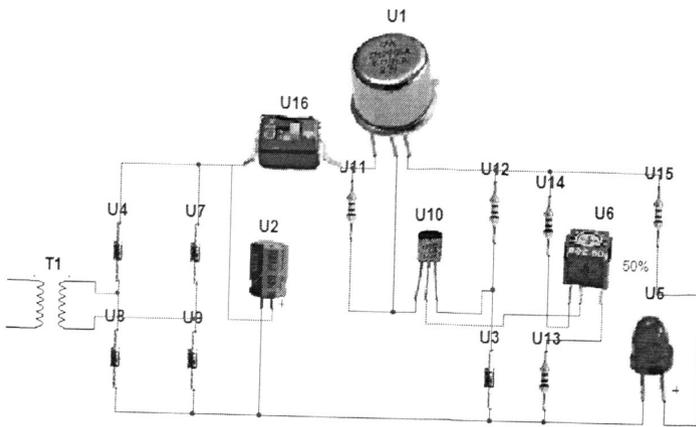


图 8-2 串联型稳压放大电路 3D 效果图

8.2 面包板在装接线路中应用

我们在实践课过程中可以引入面包板（注：面包板类似电子装接的过程焊接实验板）作为原型化电路设计的方法，而 Breadboarding 的特性为他们提供了技术支持。同时，它使学生们接触了面包板的制造过程，而且在完成的时候会以 3D 的形式展示生成的面包板^[7]。

先调用我们设计好的仿真电路创建原理图(以串联型稳压电路为例如图 8-3，原连接线是黑色)，在 Multisim 的主菜单中选择 Tools/Show Breadboard。面包板视图就显示出来。

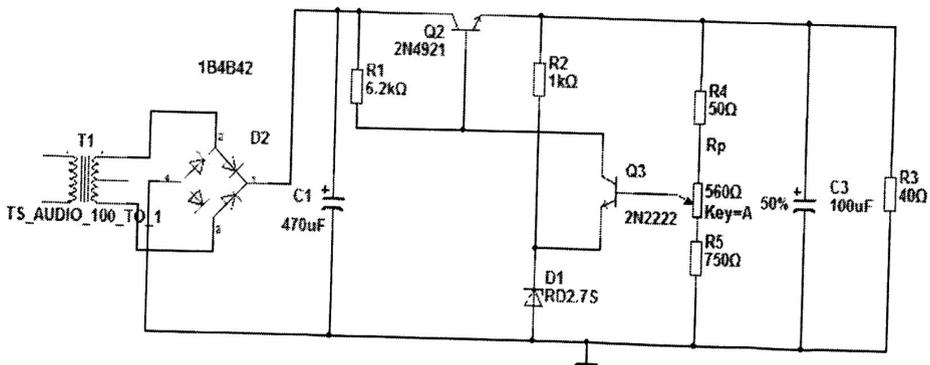


图 8-3 串联型带放大环节的稳压电路

在面包板上放置元器件，这些元件是对于原理图已经自动选择好了元件的 3d 模型，我们在面包板 Place Component Bar 处点击选择一个元器件，并把它拖放到面包板的预期

位置上。当元器件在面包板上经过的时候，孔的颜色会发生改变，按照多少调试科学的安排元件的布局以后如图 8-4 所示，在对没有连接好的元件管角进行接线，尽量避免交叉。接好对应已经元件摆放好的线路原理图，原来原理图连接线是黑色变化绿色的连接线效果如图 8.2.1 所示颜色连接线。按照预想的目标摆放好各元件，并连接好线。呈现出一下的效果图。

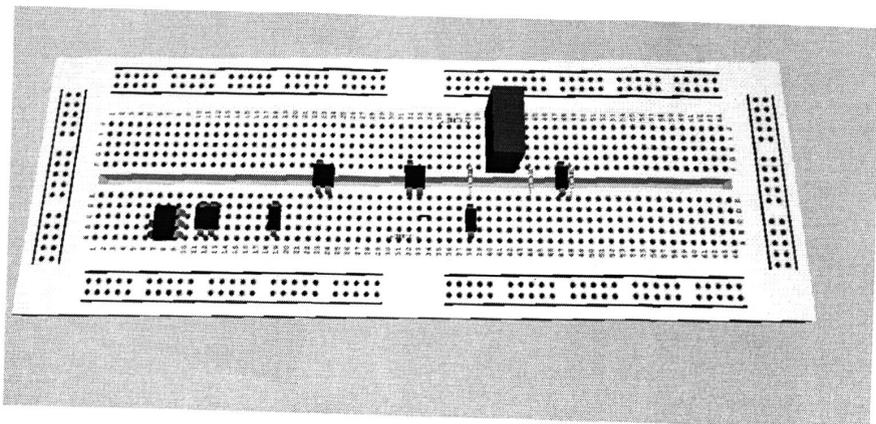


图 8-4 面包板稳压电路元件摆放效果图

在面包板上继续放置电路的元器件。当所有的元器件都摆放好后，摆放好的元器件条通过面包版 3D 转动的效果如图 8-5 所示。电路中，需要放置跳线来完成摆放好的元器件间的连线。观察各元件的接线，返回到原理图视图，并且注意放置过的元器件的颜色发生了改变，对比原理图看线的颜色变化，进一步检查接线正确性，和实际美观整齐等效果，进一步改善电路。对放大面包板进行放大缩小立体旋转等操作。来维持电路的连接，当电路原理图连线的颜色已经变成绿色，说明连接已经完成。

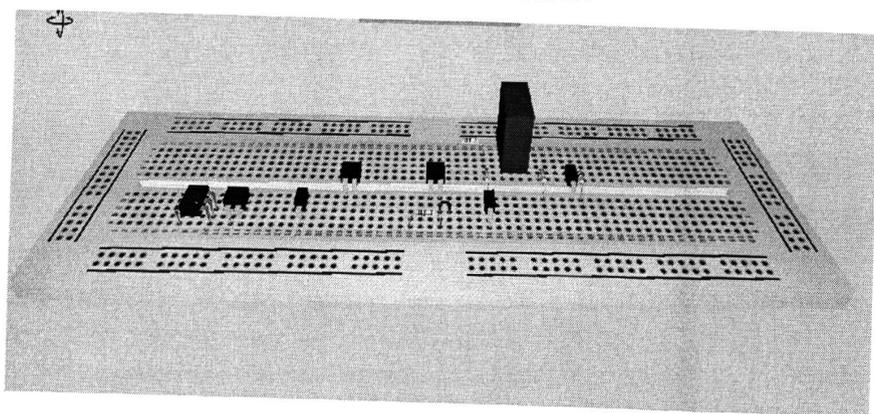


图 8-5 3D 转动的翻转效果图

注意 3D 元器件的外观 3D 元器件的外观取决于在原理图输入时，在 Footprint manuf/Type list 浏览器中选择的 Select a Component 的元器件管脚。一些虚拟器件有默认的 3D 视图，即显示成蓝色的 3D 长方体或立方体。“实物”器件的管脚间距如果与面

包板上的管脚间距不同,那么它们的管脚也被显示成合适间距管脚的 3D 长方体或立方体。所以跟实物还一点区别。还是有待于进一步到实训实验室进行真实的元件布局连接线、焊接。

对于电子装接考核的各线路中我们都可以通过这样方法,通过这样无损耗的 3D 模型训练,即节约了教学成本的,也能够充分的调动学生学习的积极性。在多次调整和效仿中,不但巩固了理论知识和增强了实践动手能力,而且为进一步到实验进行实物装接训练打下了基础。

第九章 研究总结与展望

9.1 Multisim 仿真软件在电子技术基础教学中带来的效果

(1)从“教”的主导层面来看：本文按照国家的指定中等职业教育电类教材《电子技术基础》（高等教育出版社的出版，张龙兴主编、教材目录见最后附件）为研究蓝本，利用 Multisim 仿真软件详细对本书每个章节的重点、难点内容逐一进行了仿真与分析。设计了 18 个仿真实验范例，利用仿真的得到波形、读数，曲线描述等结果，进而对课程的理论分析过程结果得到进一步的比较和验证，把抽象、难理解的知识点化为简单、生动的直观分析。同时为理论无缝过渡到实训线路装接前进行 3D 仿真模拟实习。这种新型的多媒体仿真软件应用到电子技术教学中，克服传统电子线路枯燥无味理论分析单一传授式教学模式，通过形象又直观的传授方法更加符合职业学校学生的学情。教师利用该仿真软件是对传统的教学手段的一种突破，克服了电子技术课程理论性和实践性强对学生的无计可施的教学现状。

(2)从“学”的主体层面来看：职业学校的学生提倡“学中做，做中学”，被动学习转化为主动学习^[20]。学生在学习过程中、利用 Multisim 仿真软件分析总结、设计过程中，利用多媒体电脑的针对课本中案例和实验单元，通过连接选取的元件建立仿真模型，在轻松点击鼠标过程中领会教学知识点，克服了学习电子技术感觉深奥难学的恐惧感，从仿真得出的模拟的结论与理论分析结果进一步比较分析，再到课堂的理论中去，纠正自己的学习偏差，巩固自己的知识结果，经过媒体呈现的波形、3D 虚拟图等各方面的感官刺激，理性的积累到感性的验证再到理性的分析巩固，更多带来学生的学习的成就感，充分激发职校生的学习兴趣。一种仿真实验与理论有机结合，同时潜移默化加强了职校学生技能培养和实践分析能力。兴趣的增加及动手分析能力的增强，建立起一种“要我学，到我要学”的新局面。

(3)从“实践”的可持续发展层面来看：Multisim 软件将实验室搬到了课堂上、机房里，使理论与实践紧密结合在一起。庞大的虚拟器材即克服了职校捉襟见肘的电子实验器材，虚拟可重复性的特点又节约了实践成本；仿真实验引入实践中，突破了时间和空间的限制。可以缩短实验时间，也可以在相同的实验内容，进行更多的拓展实验内容，从而提高课堂的知识的容积率及实验效率。采用 Multisim 进行仿真开发电路实验，不仅仅启发和拓宽职校生的学生电子课程一种方法，同时在验证性实验的传统思维过程中逐步提高

到对电路的分析、故障的排除和电路的设计上。为职校电子专业的学生后期的技能培养可持续发展提供了一种重要手段，真正到达学以致用效果。

9.2 Multisim 仿真软件在电子技术基础教学中存在不足及进一步工作。

本文利用 Multisim 软件对中职电子技术基础课程的内容进行仿真和分析，得到上述的结论，但还存在许多不足和有待完善的地方。

学生的动手实践能力的培养不能仅局限停留在仿真计实验，因为它并不能完全代替传统的理论教学或实验教学。毕竟是仿真实验教学是虚拟的实验环境，在虚拟仿真实验的教与学过程中，对于师生的情感交流，合作学习培养，劳动者对劳动成果尊重、劳动纪律遵守等非智力因素的培养是缺乏的；在教学过程中利用 Multisim 仿真分析结果更多是在理想状态下，由于实际元件的差异性等各种不可见的环境条件，分析结果与实际动手操作结果会遇到很多偏差，很多真实的实践体会是仿真的屏幕效果是无法完成的，Multisim 的应用只是增强实践的能力的促进剂。并不是替代剂。最终还是要走到实验实训室中切身的体会，巩固仿真实理论，加强学生的实践动手能力。

教师在日常的教学中引入 Multisim 辅助电子技术教学，是面对中等职校教学现状及学生学情行之有效的一种教学方法；我们只要在教学过程中结合模拟仿真技术，充分利用现代信息技术优点及电子仿真软件特点把抽象枯燥无味电子基础理论知识转化为形象、生动直观的分析结果传授给学生。随着教学条件改善和学生学识水平的增加，我们要创造更多数条件让学生去真实的实践环境中学习。

由于篇幅限制和时间限制的因素，本文仅对电子技术基础课程中的模拟电路进行了逐一的仿真和分析。对于数字电路并未涉及到，所以选择的实例的不够全面系统，后期进一步的工作，补充和完善加以中职电子基础教材中数字电路部分的仿真机分析；增加对仿真电路的实训模块，结合教学目标拓展设计各章节知识要点的设计配套的仿真实验，同时为学生提供较完整的范例仿真演示电路、及帮助文档。Multisim 在电子仿真教学应用在高等院校研究应用已经较为成熟，在中等职业教学中还处在磨合的阶段，如何消化现阶段的成果融入中等职业教育，进一步如何将这个现代教育技术手段应用于中职电子课程教学中，培养学生运用知识和技能解决实际问题的能力。并没有形成完整的理论或行之有效的系统方法，本文仅将自己多年的教学实践将 Multisim 仿真软件引入电子线路分析，进行辅助教学不论在理论上还是具体实践中都是初步探索过程，这些方面都需要在今后的实践教学中去完善和提高。

参 考 文 献

- [1] 张龙兴,电子技术基础[M].北京:高等教育出版社,2009.
- [2] 胡继胜,电子技术实训[M].北京:高等教育出版社 2008
- [3] 黄培根, MULTISIM 10 虚拟仿真和业余制版的实用技术[M].北京.电子工业出版社, 2008.
- [4] 常华,仿真软件教程——Multisim 和 MATLAB[M].北京.清华大学出版社, 2006.
- [5] 杨欣,电路设计与仿真: 基于 Multisim8 与 Protel2004 [M].北京.清华大学出版社,2006.
- [6] 聂典,丁伟,Multisim10 计算机仿真在电子电路设计中的应用[M].北京.电子工业出版社, 2009.
- [7] 黄智伟,基于 NI MULTISIM 的电子电路计算机仿真设计[M]. 北京.电子工业出版社, 2010.
- [8] 程勇,实例讲解 Multisim 10 电路仿真[M]. 北京.人民邮电出版社,2010.
- [9] 季峰,基于 Multisim10 的电子电路设计、仿真与应用[M]. 北京.人民邮电出版社,2009.
- [10] 郭小军,Multisim2001 电子电路设计与应用[M]. 北京.北京理工大学出版社,2009.
- [11] 唐赣,Multisim 10&Ultiboard 10 原理图仿真与 PCB 设计[M]. 北京.电子工业出版社 2009
- [12] 刘贵栋, 电子电路的 Multisim 仿真实践[M]. 哈尔滨.哈尔滨工业大学出版社 2008
- [13] 王冠华,Multisim11 电路设计及应用[M]. 北京.国防工业出版社 2010.
- [14] 蒋黎红.黄培根,电子技术基础实验&MULTISIM10 的仿真[M]. 北京.电子工业出版社, 2010
- [15] 雷跃,谭永红.NI Multisim11 电路仿真应用[M]. 北京.电子工业出版社,2011.
- [16] 刘伟,PROTEUS 在电子实验实验教学中的应用研究[D].山东师范大学 2008
- [17] 梁明艳,Multisim 仿真软件在中职《电子技术》教学中的应用研究[D].四川师范大学 2007
- [18] 刘伟,PROTEUS 在电子实验实验教学中的应用研究[D].山东师范大学 2008
- [19] 帅晓勇,基于电子线路虚拟实验教学环境促进学习迁移的策略研究[D].华东师范大学 2008
- [20] 赵立君.信息技术与中职电工电子课程整合的研究[D].东北师范大学,2009
- [21] 朱晓莲.虚拟示波器研究与设计[D].河北师范大学,2007
- [22] 余文欣.关于将概念图应用于中专《电工电子》课堂教学的研究[D].首都师范大学,2007.
- [23] 徐茂春.基于 EDA 的中职电子课程实验的改革与实践[D].浙江师范大学,2007.
- [24] 李君.基于 LabVIEW 的高职高专电子信息专业虚拟实验平台构建[D].南京理工大学,2009.
- [25] 曾爱明.电力电子虚拟实验室的研究与实现[D].天津理工大学,2008.
- [26] 张小波.电工电子网络实验室—电机网络实验室的研究与建设[D].浙江大学,2003.
- [27] 刘文青.虚拟仪器在高职院校模电实验室的应用及开发[D].陕西科技大学,2005.
- [28] 焦俊生.EDA 技术在数字电子课程教学中的应用[J].现代电子技术,2007,30(10)
- [29] 艾明晶.EDA 教学实验设计实例——电子秒表电路的设计[J].仪器仪表学报,2001,22(z1)
- [30] 程素平.论 EDA 技术在电子技术教学中的应用[J].山西建筑,2007,33(35)
- [31] 祝宏,朱如琪,王进.基于 EDA 技术的电子实验教学实践与探索[J].中国现代教育装备,2009,(1)
- [32] 曲伟建.EDA 技术在数字电子电路设计中的应用[J].电测与仪表,2004,41(5)
- [33] 张军,袁昕.基于 EDA 技术的电子虚拟实验室建设研究[J].井冈山学院学报(自然科学版),2006,27(2)
- [34] 杨德明.基于 EDA 的数字电子技术教学改革与实践[J].微型电脑应用,2011,27(2)

- [35] 杨莲红,王超.EDA 技术在模拟电子技术教学中的应用[J].高师理科学刊,2010,30(1)
- [36] 袁小平.应用 EDA 技术改革电子系列课程实验教学[J].实验科学与技术,2011,09(1)
- [37] 吴玮玮.EDA 技术在高职电子类专业教学中的应用[J].中国现代教育装备,2008,(9)
- [38] 辛修芳,李媛.EDA 技术与数字电子技术教学的整合[J].重庆电子工程职业学院学报,2010,19(2)
- [39] 温宇庆.EDA 仿真在电子专业教学中的应用研究[J].内江科技,2009,30(1)
- [40] 王翠.仿真技术在电子教学中的应用[J].中国现代教育装备,2007,(10)
- [41] 覃琴.对 EDA 技术及其应用实验教学体系改革的一些建议[J].价值工程,2011,30(7)
- [42] 王艳春.EDA 技术融入电子技术课程的探索[J].实验科学与技术,2009,7(6)
- [43] National Instruments Corporation <http://www.ni.com/multisim/zhs/>
- [44] Labcenter Electronics-Professional PCB Design and Simulation SoRware [EB / OL].
<http://www.labcenter.co.uk/index.cfm>.
- [45] Sun Qiuli, Internet-based distributed collaborative environment for engineering education and design[J], Ph. D., The University of Oklahoma, 2001.
- [46] Chi Chung Ko, Ben M. Chen, shaoyan Hu,Vikram Ramakrishnan,A Web-Based virtual Laboratory on a Frequency Modulation Experiment[J], IEEE, 2001.
- [47] Labcenter Electronics • Professional PCB Design and Simulation Sothare[EB / OL].
<http://www.labcenter.co.uk/ndex.cfm>.
- [48] Guimares,E,G,Maffeis, A. z, Pinto, R. Pet al. 2003. REAL-a virtual laboratory built fi'om software components. Proceedings ofthe IEEE,91(3): 440—448.
- [49] Sanchez,J, MoriUa. E, Dormido, S. et al. 2002. Virtual and remote control labs using Java: a qualitative approach. Conrtol Systems Magazine, IEEE, 22(2): 8—20.
- [50] National Instruments Corporation[z] <http://www.ni.com/multisim/zhs/>
- [51] 上海研发公共平台[z] <http://eshare.sgst.cn/>
- [52] 亚龙集团[z] <http://www.yalong.cn/products/>

附录

(浙江省中等职业学校电类电子基础指定教材)



目 录

概述	(1)
第一篇 模拟电路基础	
第一章 半导体器件的基础知识	(7)
第一节 半导体二极管	(7)
第二节 半导体三极管	(9)
第三节 场效应管	(17)
本章学习指导	(19)
习题一	(20)
第二章 整流与滤波电路	(22)
第一节 单相整流电路	(22)
第二节 滤波电路	(27)
第三节 二极管应用电路	(30)
本章学习指导	(34)
习题二	(35)
第三章 基本放大电路	(38)
第一节 放大器概述	(38)
第二节 三极管基本放大电路	(39)
第三节 具有稳定工作点的放大电路	(48)
第四节 多级放大器	(51)
第五节 放大器的三种基本组态	(53)
第六节 调谐放大器	(55)
本章学习指导	(58)
习题三	(60)
第四章 反馈与振荡的基础知识	(62)
第一节 反馈的基本概念	(62)
第二节 负反馈对放大器性能的影响	(71)
第三节 振荡的基本概念与原理	(73)
第四节 LC 振荡器	(76)
第五节 RC 振荡器	(80)
第六节 石英晶体振荡器	(83)
本章学习指导	(86)
习题四	(88)
第五章 集成运算放大器	(91)
第一节 直流放大器	(91)
第二节 OCL 电路与 OTL 电路	(95)
第三节 集成运算放大器的基础知识	(100)
第四节 集成运算放大器构成的 运算电路	(102)
第五节 集成运算放大器的应用	(104)
本章学习指导	(111)
习题五	(112)
第六章 直流稳压电源	(115)
第一节 晶体管稳压电源	(115)
第二节 集成稳压电路	(123)
本章学习指导	(127)
习题六	(128)
第七章 可控硅及其应用	(130)
第一节 可控硅的结构和工作原理	(130)
第二节 可控硅触发电路	(133)
第三节 可控硅应用电路	(135)
本章学习指导	(138)
习题七	(140)

致 谢

本论文撰写过程中，我的导师计时鸣教授、陈德生高级工程师给予了悉心指导、督促和鼓励。从论文选题到提纲拟定，从具体写作到细致修改，都给予认真的指导。虽然我是离学校是最远的一位学员，陈老师还是多次来电话询问和指导毕业论文的进展，通过电子邮件答疑解惑，并给我提供一些辅导用书，无一不凝结着导师的心血。由于个人因素及条件的限制的等各原因导致我在多年时间内并没有认真钻研，在无从下手的时候，导师的鼓励了我和耐心指导对论文起到了关键作用，在此，谨向我的导师表示崇高的敬意和衷心的感谢！

同时感谢教育科学与技术学院在这多年的求学生涯中有幸聆教育科学与技术学院授课，使我受益匪浅。多年来，教育科学与技术学院办公室的范鹏飞等老师给予了我无私的帮助和支持。也多次来电询问关心论文的进展程度。在此谨向浙江工业大学所有给我以启发、关怀、帮助的各位老师表示诚挚的感谢！

在此同时感谢我工作单位的领导、电子专业的老师和学生以及我的家人在整个学习、教学试验、论文文完成过程中给予的大力支持和配合。同时感谢 05 级机械电子工程的同班同学们，是他们的无私关怀才使我多年来安心求学，也是他们激励我这个后进生认真去完成学业，尽自己最大努力完成此文。

金秋十月，在论文即将完成之际，我的心情无法平静，从开题到论文的顺利完成，有多少可敬的师长、同学、朋友给了我无言的帮助，在这里请再次接受我诚挚的谢意！衷心希望在未来的日子里，各位导师和朋友们一如既往在各方面给予我更多的指教，让我成为一位更称职的“职教人”。

攻读学位期间参加的科研项目和成果

- [1] 蔡志刚,LED 在电磁学实验教学中的应用[J].实验教学与仪器,,2007,24(2),31-333
- [2] 蔡志刚,也谈“另一半能量哪里去了”? [J]. 物理教学探讨,2008,26(6),35-36
- [3] 蔡志刚,谈电子线路复习课中的演示实验的教学策略[J]. 数字技术与应用,2011,12(1),35-36