

# 《电子电路实验》课程的教学改革与实践

李锡华, 叶险峰, 施红军

(浙江大学 信息与电子工程学系, 杭州 310027)

**摘要:** 根据电子技术的发展和电子信息产业的实际需求, 对《电路原理实验》《模拟电子电路实验》等实验课程的内容进行梳理、取舍、更新、重新组织, 形成了一门新的实验课程《电子电路基础实验》。新课程在保证基本实验技能训练的前提下, 增加了综合创新设计型实验的分量, 使学生的创新意识、设计能力和工程实践能力得到锻炼和提高。文中阐述了《电子电路基础实验》课程的教学内容组织与设计、教学实践和取得的教学效果。

**关键词:** 电子电路实验; 实验教学; 教学改革

中图分类号: G424; G642.423; TN7 文献标志码: A doi: 10.3969/j.issn.1672-4550.2014.02.025

## Teaching Reforms and Practices on *Electronic Circuit Experiment* Courses

LI Xihua, YE Xianfeng, SHI Hongjun

(Department of Information Science and Electronic Engineering, Zhejiang University, Hangzhou 310027, China)

**Abstract:** According to the actual demands of the electronic technology and industry development, we have analyzed, updated and re-organized the content of the courses on the *Circuit Principle Experiments* and the *Analog Circuit Experiments*. A new experimental course: the *Fundamentals of Electronic Circuit Experiments* has formed. In the guarantee of the basic experimental skill training, the new curriculum has increased the component of comprehensive innovation design experiments, hence the students' awareness of innovation, design ability and engineering practice ability have been trained and raised. This paper described the teaching content organization and design, teaching practice and effectiveness of the *Fundamentals of Electronic Circuit Experiments*.

**Key words:** electronic circuit experiments; experimental teaching; experimental teaching; reforms

随着电子技术的飞速发展, 新知识、新技术和电子新器件不断涌现并被迅速应用, 电子电路类课程的教学也应随电子技术的发展不断改革、更新和提高, 以适应市场对电子技术人才培养的需求。因此, 适时进行电子电路理论及实验课程教学的研究与改革, 优化调整教学内容是很有必要的, 是时代发展的需要<sup>[1-2]</sup>。

浙江大学信息与电子工程学系进行了电路类课程的综合改革实践, 对原有电路原理、模拟电子电路、数字电路、射频通信电路、射频与微波电路及其设计等课程进行综合改革, 删除一些陈旧的内容, 增加新知识, 优化整合各相关内容, 按照知识点的关联度重新划定各课程的知识内容, 形成一个新的课程体系, 把原有5门课程整合成《电子电路基础》《数字系统设计》和《射频通信电路》3门课程。理论课程改革以后, 相应的实验课程也必须同

步改革。以新的理念, 从电路的整体全局出发, 在实验项目上做到少而精; 在实验内容上强调综合性、设计性与系统性, 形成相应的实验课程。

《电子电路基础》课程的内容涵盖了电路分析计算、半导体晶体管、低频电子放大电路、数字电路基础、振荡器与谐振电路等内容, 那么新开设的实验课程《电子电路基础实验》的实验内容也要涵盖这些知识面。本文详细阐述了《电子电路基础实验》课程的教学内容组织与设计、教学改革实践, 并总结了课程实施的教学效果。

### 1 课程教学内容的组织与设计

《电子电路基础实验》是与《电子电路基础》理论课配套的实验课程, 是大学期间第一门有关电子电路的实验课程, 它是后续实验课程的基础。它的教学目的是通过实验, 掌握常用电子仪器及常用EDA软件的使用, 加深对理论知识的理解, 巩固已学的电子电路的理论知识, 把已学的理论知识应用于实践, 用理论来指导实践, 培养学生理论与实践紧密结合、互为促进的思维意识。引入自主式实验教学方式, 培养和锻炼学生的创新意识和工程实践能力<sup>[3]</sup>, 为后续实验课程的学习打下良好的基

收稿日期: 2013-04-22

基金项目: 浙江省高等教育学会高校实验室工作研究项目重点资助项目(Z201214)。

作者简介: 李锡华(1962-), 男, 硕士, 副教授, 主要从事本科实验教学、实验教学研究及改革和实验室管理。

础。因此,《电子电路基础实验》课的实验教学内容的组织要以《电子电路基础》理论课的教学内容为依据,并结合电子信息技术的工程实际需要来设计。《电子电路基础》理论课包含了电路分析计算、低频电子电路、数字电路基础等内容,我们分别在这些知识内容中设计实验教学内容,并注重在实验中培养和锻炼学生的创新设计意识和工程实践能力<sup>[4]</sup>。

### 1.1 有关电路分析的实验教学内容设计

电路分析的实验教学内容是整个实验课程的基础内容,考虑到电子信息技术基本上只涉及弱电,几乎不会涉及强电方面。因此,在设计有关电路分析知识的实验时,大胆地舍弃了所有强电的内容,只安排了电路基本定理的验证、RC瞬态响应研究和RLC串并联谐振研究等方面的实验内容。在具体的实验项目中,要求设计实验方案和实验电路,验证基尔霍夫定理、叠加定理、戴维南定理和诺顿定理,研究RC瞬态响应、观测各种响应的响应曲线、测量RC电路的时间常数,研究RLC串并联谐振、观测谐振特性、测量谐振电路的谐振频率和电路品质因数 $Q$ 。

### 1.2 有关低频电子电路的实验内容

低频电子电路的实验内容是本课程的重点内容,通过这部分内容的实验教学,培养和锻炼学生灵活应用已学知识的能力、运用已掌握的知识进行低频电子电路创新设计的能力、对电路的安装和调试能力。因此这部分的实验项目以自主设计与研究型项目为主,设计了以下几个大型实验项目:运算放大器应用设计与研究、多级负反馈低频放大电路设计与研究、串联型稳压电源的设计与研究等。其中,多级负反馈低频放大电路设计与研究包括晶体管共射放大电路设计研究、差分放大器的设计研究、多级小信号放大器的设计研究。这些单个放大器做好后通过适当的耦合方式把它们连接起来就组成了一个复杂的多级负反馈放大电路。所有的实验项目都是事先给定技术指标,要求学生通过自主设计和调试使放大电路达到规定的性能。

### 1.3 有关数字电路基础的实验内容设计

数字电路基础的内容涉及门电路、逻辑函数和脉冲电路,其目的是为后续的数字系统设计课提供必要的基础。这部分的实验内容组织考虑用分立元件来搭建门电路,使学生掌握分立元件的开关特性应用及其基本逻辑运算,同时用555时基电路作核心研究脉冲电路的设计与调试。

### 1.4 基础训练实验内容的设计

在以上这些实验项目开设之前,有必要让学生了解电子电路实验中常用电子仪器的原理,学习并掌握其使用方法,并学会电路主要性能指标的测试方法<sup>[3,5-6]</sup>。同时,计算机作为一种方便快捷的工具已被广泛地应用于电子电路的设计中,并实现了电子设计自动化(EDA)。所以,本课程要求学生基本掌握用当前流行的EDA软件分析与设计电子电路的方法,在后续所有实验的预习中进行仿真分析研究。

## 2 《电子电路基础实验》课程的教学实践

配合本课程的开设,我们专门设计开发了一套实验系统<sup>[7-8]</sup>,共含有7块实验电路板。在实验系统的研发过程中,始终贯彻以学生为主体、坚持自主创新实验的理念。在实验电路板上设计了许多可活动连接和可更换的元件,能够提供学生自主设计、灵活创新的实验条件,满足自主设计实验的要求。这套实验系统主要解决了以下难题。

(1) 实验项目较多,若按实验项目进行电路板设计,实验板数会很多,不利于对实验板和实验的管理,因此考虑将同类实验项目的实验板进行整合,设计在一块实验板上,使实验板更紧凑。例如:电路定理验证实验板,包括“基尔霍夫定律和叠加定理的验证”和“直流电路的戴维南等效和诺顿等效”两个实验项目;放大电路实验板,如图1所示,包括“晶体管共射放大电路设计与研究”“差分放大器的设计与研究”和“多级低频小信号负反馈放大器的设计与研究”等多个实验项目,而且这些实验放大器还可以进行级连,组合成更复杂的放大电路。比如,把差分放大器的输出接到共射放大器的输入端组成差分输入共射集电极输出的两级放大电路,再把它输出接到后面输出级的输入端,再接上负反馈网络,就构成了一个差分输入、具有中间放大级和输出级的多级负反馈放大器电路,这个电路实际上就是一个简易的运算放大器。同类实验的整合,不仅方便了实验教学,也帮助学生了解各个实验项目的内在联系,便于学生更全面深入地把握知识点。同时也方便实验室管理。

(2) 电路定理验证实验板涉及两路直流稳压电压、一路直流恒流电源,电源较多,实验不方便。考虑到每个实验项目实际只用到其中两路电源,设计实验电路板时在板上加了直流电压至恒流源的转换电路,这样就可由一台直流稳压电源的两路电压

输出便可给该实验板供电。

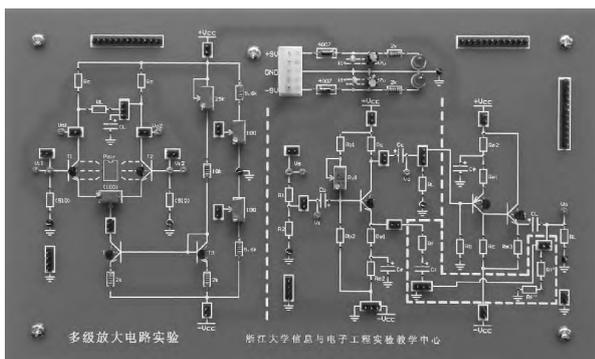


图1 放大电路实验板

(3) 实验电路可重构。普通的实验板,不但电路结构固定,而且元器件也固定不可更换,或只能在有限的几个规格内选择,这样不利于设计型实验项目的教学开展。为了克服这一缺点,在实验板设计时,考虑元器件应根据需要可以方便地进行更换,同时使电路板又不会因此而增加体积和不紧凑,还要操作方便。因此,我们在设计时在需由学生设计的部位采用测试针结构来安插元器件,实验时只要把元器件的管脚插入测试针的孔中即可,这样便于学生实验时按自己的设计需要来安装元器件。在需要由学生自己决定电路结构与连接的地方,我们安装了排针,学生可用跳线块或跳线来搭建自己的实验电路。例如,如图1所示的实验板上,通过用跳线块和跳线,可以连接出多个不同的多级放大电路。

2010年秋季学期开始,我们进行了《电子电路基础实验》课程的教学实践,5个平行班共330名学生。整个课程为2学分、64课时,分2个学期开设。第一学期的实验教学内容为基础性实验、电路类实验和门电路实验;第二学期的实验内容有运算放大器应用研究实验、放大电路设计与研究实验和脉冲电路实验。2011年秋季学期起进行了第二轮的教学实践,选课学生249名,4个平行班。

在教学方式上改革实验教学效率低下的教学方法,探索和实践了新的教学方法<sup>[3,9-11]</sup>:(1)启发式教学法,调动学生拓展学习的积极性;(2)开放式教学法,提高学生实验的主动性和积极性,所谓开放式教学方式就是每个实验项目只布置实验内容、任务和要达到的实验目标,具体的实验方案和实验过程由学生自己设计拟定;(3)鼓励式教学法,鼓励学生积极查阅课外资料,在完成实验课内要求的基础上增做一些延伸实验内容;(4)开放实验室,为学生提供课外实验场地,学生可随时来实

验室做更多的实验。这样的教学方式真正让学生处于主动学习的地位,促使他们积极主动地学习,培养了学生独立工作和创新设计的能力。

从这两轮的教学实践情况来看,其教学效果良好,对学生的工程实践能力和创新意识的培养起到很好的作用,有效地锻炼了学生电子电路的自主实验能力和自主设计能力。

### 3 《电子电路基础实验》课程的教学效果

《电子电路基础实验》课程的教学实践从2010年开始已进行了两轮,目前正在实施第三轮教学实践,选课学生每轮300名左右。从实验效果看,做到了调动学生的学习积极性和主动性,学生独立设计、自主创新,在实验调试过程中训练了综合运用知识分析问题、解决问题的能力,使他们学会了全方位看问题的方式,大大增强了学生综合运用知识于实际工程的能力、自主创新的能力,达到了预期的教学目的。

学生在实验报告的心得体会中对本实验课程的教学实践给予了很好的评价,很多学生认为本实验课程从头到尾都需要由学生自己设计,实验指导书上没有实验方案和实验步骤,需要在实验前进行充分预习。设计自己的实验方案,是真正意义上的学生自主创新设计性电子电路实验,自己的能力在本实验中得到检验与展示,当完成每个实验时,都很有成就感和自豪感。

### 4 结束语

在浙江大学信电系的支持和推动下,经过两年的前期准备和调研,按照新的知识组织体系,制订了《电子电路基础实验》课程的教学大纲,编写了相应的实验指导讲义,并于2012年3月由科学出版社正式出版了《电子电路基础实验教程》<sup>[12]</sup>。自主开发了一套实验电路板,于2010年顺利开设了新的实验课程《电子电路基础实验》。经过2届学生的教学实践,反映良好,达到了预期的教学改革目的。

### 参考文献

- [1] 姚纓英,范承志,林平,等.电类技术基础课程改革的探索与实践[J].中国大学教学,2012(3):54-56.
- [2] 许虹,郭畅,李雷.电子实验教学改革的探索和体会[J].高等教育发展研究,2012,29(1):31-32.

(下转第146页)

设计任务; 由学生利用开放实验室, 自主 + 辅导完成设计任务。学生根据教师布置的研究任务难度, 自主或分组完成, 分析实验内容讨论, 提出设计思路, 形成实验预案。可以与教师讨论, 对实验方案提出质疑与分析评价, 初步完善方案设计, 修改为实施方案。教师对整个实验探究过程进行点评归纳, 及时纠正学生实验中出现的问題, 使学生明确实验成败的关键所在。充分挖掘、调动学生已有的背景经验, 改变了以往照方抓药对学生创新能力、操作能力的束缚。这样学生容易实现加深对所学知识的理解, 激活创新思维, 延展思考强度, 提高学生实验技能, 增强学生的动手能力, 培养学生发现问题、分析问题、解决问题的能力, 达到提高学生学科素养的目的。并在此过程中, 潜移默化地培养学生严谨认真、尊重事实的科学态度。在授课中可以发挥特长学生的优势, 带动整个课程学习氛围。同时, 对实验选修课的内容来自科研项目的实验内容, 可以扩大教师指导范围, 引入专业教师室教师进行指导。

### 3 实验选修课的考核

实验选修课考核的目的除评定学生成绩外, 还在于教师掌握教学过程, 能及时督导, 了解教学效果。

我们要求学生记实践日志, 实践日志作为考核的一项内容, 记录自己的设计思路, 调试过程, 创新发现, 有意识地引导学生了解自己的思维过程, 关注自己思维方式的变化, 打下认知科学的基础, 学会积极思维, 引导深度思维<sup>[5]</sup>。在考核时, 根据学生所选题目的难度等级, 采用现场产品验收、口头答辩和设计报告三个环节进行考核, 合格后综

合给出实验成绩。具体可以依据下面四个方面打分: (1) 功能分析, 功能实现; (2) 核心技术, 理论基础, 工作原理; (3) 性能优劣, 总体方案评价; (4) 设计思路、创新特点。

### 4 结束语

实验选修课能提高学生的创新能力和创新思维, 增强学生的自主实验能力, 因此越来越引起大家的重视。如何提高实验选修课的综合性和创新性、专业实践特色将成为广大教师新的研究课题。

### 参考文献

- [1] 羊箭锋, 肖圣兵, 周怡. 依托电子竞技平台, 推进实验教学改革[J], 实验科学与技术, 2011, 9(3): 165 - 166.
- [2] 张群艳, 姜永芹, 杨金林. 开设实验公选课提高学生工作实践能力[J]. 实验室研究与探索, 2006, 25(9): 1109 - 1110.
- [3] 杨卫军, 罗积军, 樊莉. 伯克利嵌入式系统课程教学的特色与启示[J], 实验室研究与探索. 2012, 31(5): 147 - 148.
- [4] 赵洋, 江维, 王佳昊, 等. Proteus 在单片机实验教学的应用研究[J], 实验科学与技术, 2011, 9(5): 16 - 18.
- [5] 王良成, 王喜鸿, 王连胜. 提高电子类实验教学质量的方法研究[J], 实验科学与技术, 2011, 9(5): 114 - 115.
- [6] 刘银萍, 王晗. 数字电子技术实验课程的改革与探索[J], 实验科学与技术, 2010, 8(5): 105 - 107.
- [7] 刘琳. 电工电子实验教学改革探讨[J], 实验科学与技术, 2010, 8(5): 103 - 104.

(上接第 74 页)

- [3] 曾思明, 彭端, 蒋力立, 等. 电子电路实验教学改革[J]. 实验科学与技术, 2010, 8(6): 103 - 105.
- [4] 李美华. 改革电子电路实验教学 培养学生创新能力[J]. 实验科学与技术, 2011, 9(4): 152 - 154.
- [5] 金平, 张尊桥, 高文焕. 电子技术基础实验教学的改革与实践[J]. 实验技术与管理, 2005, 22(2): 25 - 126.
- [6] 陈骏莲, 余魅. 电子实验教学中对综合素质的培养[J]. 实验技术与管理, 2011, 28(3): 151 - 153.
- [7] 刘小艳, 金平, 张尊桥. EC - I 电子电路实验平台研制[J]. 实验技术与管理, 2011, 28(6): 61 - 63.

- [8] 翟文权, 李书旗. 电子技术实验教学改革探索[J]. 实验技术与管理, 2010, 27(10): 139 - 141.
- [9] 张晖, 高凯. 电子技术基础实验教学改革探讨[J]. 实验室科学, 2011, 14(4): 43 - 45.
- [10] 刘宏, 肖发远, 黄朝志. 构建创新创业特色的电工电子实验教学体系[J]. 实验技术与管理, 2011, 28(1): 137 - 139.
- [11] 化晓茜, 王紫婷. 改革电工电子实验教学 培养学生的创新能力[J]. 实验室研究与探索, 2011, 30(6): 151 - 153.
- [12] 李锡华, 施红军, 李惠忠, 等. 电子电路基础实验教程[M]. 北京: 科学出版社, 2012.