

电子线路实验教学模式探索与实践

王 勇

(复旦大学 电子工程系, 上海 200433)

摘 要: 从模拟与数字电路实验单人单桌、固定时间、固定座位做规定实验题目的实验教学模式优缺点分析入手, 详细讨论了加大实验开放力度、允许学生选择实验题目、允许学生自主设计实验题目、允许学生组队完成团队实验题目等实验教学模式, 这种多实验教学模式相结合的实验教学模式能够更好地训练学生实验能力、激发学生实验兴趣和培养学生创新能力。

关键词: 模拟电路; 数字电路; 实验教学

中图分类号: TN 7; G 642.0 **文献标识码:** B **doi:** 10.3969/j.issn.1672-4305.2020.01.026

Exploration and practice of electronic circuit experiment teaching mode

WANG Yong

(Department of Electronic Engineering, Fudan University, Shanghai 200433, China)

Abstract: Starting with the analysis of the advantages and disadvantages of the experimental teaching model of the single table, fixed time, fixed seat and prescribed experimental topics in the analog and digital circuit experiment, has discussed in detail the experimental teaching mode such as opening of the experiment, allowing students to choose experimental topics, allowing students to design experimental items independently and allowing students to complete team experiments. This kind of experimental teaching mode combined with various experimental teaching modes can better train the students' experimental ability, stimulate the students' interest in experiment and cultivate the students' creative ability.

Key words: analog circuit; digital circuit; experimental teaching

高等学校实验教学模式改革与实践是国内外高校实验教学改革的重要内容之一^[1-2], 其中开放实验教学是许多高校实验教学模式改革的重点^[3-5], 部分高校也进行了团队合作实验教学模式的探索^[6-7], 参考国外著名高校模拟与数字电路实验开放与集中、个人与团队相结合的实验教学模式^[8-9], 近几年复旦大学电子工程系对模拟与数字电路实验教学模式改革也进行了探索与实践, 教学改革获得了2016年度教育部电子信息类教指委“重大、热点、难点问题”研究课题立项和复旦大学2017年度本科重点教学研究项目的支持, 也取得了较好的教学效果。

1 问题的提出

“模拟与数字电路实验”是复旦大学信息科学与工程学院开设的一门单独设课的必修实验课程, 分两个学期开设, 每周开设4课时(3学分), 选修专业主要有微电子科学与工程、电子信息科学与技术、生物医学工程、通信工程等专业。另外信息科学与工程学院电子信息科学类和光电信息科学类卓越工程师班模拟与数字电路实验不是单独设课的实验, 与理论课程安排在同一个月。长期以来“电子电路实验”课程以学生单人单桌在规定时间内完成实验为主, 这样一种实验教学方式, 实验指导教师能够了解每个实验学生的实验情况, 师生在课堂实验过程中交流互动比较多, 也便于教师对学生进行实验考察和指导, 但是这种实验教学模式也存在明显不足, 例如实验内容、实验时间安排没有灵活性, 学生实验课后和业余时间实验参与度比较低, 开放实验

室利用率不高,另外也影响了一部分动手能力强、实验积极性比较高的学生的实验积极性,不利于学生独立思考能力和创新能力的培养。这种实验模式相当于厨师在给定菜名、食材和规定的制作流程和方法后完成一道规定菜品的制作,这种实验教学模式适合于初学者。随着学生实验能力的提高,这种教学模式不利于提高学生实验兴趣和创新实验能力的提高。如果给予学生更多的实验自主权,允许学生从多个实验题目中选择一个感兴趣或适合自己能力的实验题目,进一步允许学生自行设计实验题目、自行决定实验器材、自行设计实验方案和实验步骤,甚至允许学生自行组队选择难度更高的团队小组实验题目,最终在教师指导下完成实验题目,对于培养不同层次的学生的实验兴趣、动手能力、团队合作精神、创新能力无疑是很好的一种教学模式探索,相当于给予厨师自行决定菜品、自行挑选食材、自行设计制作流程和工艺步骤,将有助于激发厨师的创新探索实践能力。

2 如何解决问题

近几年来,我们逐步引进国外著名高校电子线路实验教学模式和教学体系^[8-9],并进行实验教学模式的改革,在实验中增加了选做或提高实验内容,部分实验允许学生从多个实验题目中选做一个实验,但是没有从根本上改变单人单桌在规定时间内完成实验为主的教学模式,为此在2017年秋季学期开始针对模拟与数字电路实验课程,在第5周数字电路FPGA实验单元中引进学生自选题目和自行设计实验题目以及开放实验题目,在第12周综合实验单元中引进团队小组实验题目和自行设计实验题目,实验题目参考美国麻省理工学院“模拟电子实验导论”和“数字系统实验”中的团队小组实验^[6-7],引导学生进行团队小组实验题目和自行设计实验题目设计,并购买部分中高档次FPGA实验套件、数据采集模组、摄像头采集模组、TFT液晶显示器模组、红外遥控模组等,做好从音频到视频以及心电、红外等开放和团队小组实验题目硬件准备工作,复旦大学教务处重点建设项目的“模拟与数字电路实验课程教学模式探索与改革”经费的大部分都用到这部分硬件器材的购置。

而卓工班模拟与数字电路实验不是单独设课的实验,与理论课程安排在同一学期,因此实验时间相对紧张,因此需要加大了实验开放的力度,设计开放实验题目,引导学生利用口袋实验设备在实验室外独立进行必做和开放实验题目实验,培养学生独

立的分析问题解决问题的实验能力。这样一种理论课程与实验课程安排在同一学期、集中时间与开放实验相结合的实验模式为后续专业课程教学改革提供了一种可借鉴的模式。

2.1 模拟与数字电路实验课程实验情况

2017年春季学期开设的“模拟与数字电路实验(上)”^[10-11],由于上半学期实验对于学生来说是初学者,刚刚开始打基础,所以实验模式以单人单桌在规定时间内完成规定实验题目的实验模式为主,教师手把手指导学生熟悉实验设备和器材,逐步掌握模拟电路实验的基本步骤和测试方法、故障排除等,对于动手能力比较强的学生我们安排了选做或提高实验,另外要求学生在实验室外做好预习,要求学生在进入实验室之前必须设计好电路参数,并提前做好软件仿真测试,保证在进入实验室做硬件实验之前,软件仿真通过,这样才做到心中有数。这样一种单人单桌在规定时间内完成规定实验题目的实验模式好处是便于教师指导,适合于初学者,随着学生实验能力的提高,在学期的后半段应该进一步提高实验室的开放程度,允许学生利用课余时间到实验室进行实验。而在2017年秋季学期,在“模拟与数字电路实验(下)”^[10-11]实验课程中由于学生已经具备了较好的实验基础,开始允许学生自选实验题目、自行设计实验题目和团队小组实验题目设计与开发。

“模拟与数字电路实验(下)”学生自行设计实验题目情况:在数字电路FPGA实验中,学生完成必做实验题目后,允许学生自行设计实验题目(对自行设计实验题目,指导教师应给出最低实验要求,难度要大于必做实验题目),例如在微电子科学与工程专业实验中,学生自行设计的实验题目有:超市的多功能控制模块、游戏打地鼠、游戏贪吃蛇等实验。部分实验能力比较强的学生对自行设计实验题目有很高的实验兴趣,实验室外投入的精力也比较多,可编程硬件描述语言编程能力得到很大的提高,取得了比较好的教学效果。

学生自选实验题目情况:在数字电路FPGA实验必做实验中,我们列出了十几个实验题目,允许学生任选一个实验题目,避免了全班学生都做一个实验题目的情况,教师只对必做实验题目设计了最低要求(要求必须用到ONE-HOT状态编码进行状态机设计、必须使用动态扫描数码管),学生可以根据自己的能力任选一个实验题目,也可以对题目设计内容进行更改。FPGA实验结束后,统计学生必做实验题目集中在以下几个方面:电梯控制和楼层显示系统、出租车计价系统、运动员反应时间测试系



统、洗衣机控制系统、闹表计时系统等。

团队小组实验题目实验情况:在模拟与数字电路实验(下)课程 12~16 周最后单元实验-综合实验中,我们设计了数字信号三位数字频率计系统设计、六位 ADC 系统设计、智力竞赛抢答计时系统设计、四路彩灯控制器设计、模拟信号六位频率计系统设计、直流数字电压表、IC_CARD 系统设计等 8 个难度不同的实验题目(教师讲解实验方案、提供实验器材),允许学生任选一个题目完成,另外我们也给出了 5 个学生自行设计的团队小组实验题目(要求学生根据实验题目要求、自行给出实验方案、实验器材,教师审核同意后方可实验),详细实验题目及要求如下:

(1)数字化语音录放系统:实现语音信号的放大、滤波、A/D 转换、存储、回放、音频功率放大,如难度进一步提高,要求实验语音信号的压缩编码与解码。

(2)电阻电容电感测量系统:设计电路实现将电阻电容电感的数值转换为电压信号, A/D 转换和数值分析将测量数值进行显示、分析测量范围和误差。

(3)数字存储示波器设计:实现信号的放大、采集、A/D 转换、存储、测量、VGA 显示系统。

(4)红外遥控系统的设计:实现红外遥控系统的发射接收、复制某种型号的红外遥控器的编码并实现其遥控功能。

(5)基于白光的语音通信系统设计,要求至少同时实现 2 路以上语音信号的白光发送与接收。

自行设计团队小组实验题目可以 2~3 人合作完成,学生需要在期学中前后与指导教师联系确立实验题目和实验方案以及实验器材,教师需要认真审核学生设计方案和实验器材,指导学生进行方案修改。

2017 年秋季学期,学生选的自行设计的团队小组实验题目有:数字化语音录放系统、数字存储示波器设计。以微电子科学与工程专业为例,有 6 人 3 组学生选了团队小组实验题目。也有学生自行设计综合实验题目(实验题目也不是教师设计的),例如微电子专业科学与工程 3 名学生自行设计了心电信号采集与测量显示系统等自行设计实验题目。经指导教师审核通过,也取得了比较好的实验效果。

从学期末教务处课程评价系统学生评价情况来看,模拟与数字电路实验课程学生评分比较高,特别是作者作为课程负责人担任的实验课程的学生评价名列前茅。

2.2 2017 年秋季学期卓工班模拟与数字电路实验情况

卓工班模拟与数字电路实验与理论课程安排在同一学期,学生实验时间相对紧张,由于卓工班学生的自学能力比较强,学习态度比较认真,因此我们加大了实验开放的力度,除了安排固定时间的实验外,学生可以在课余时间申请到开放实验室完成实验,学生有问题可以到办公室找教师指导,为了保证开放实验室学生实验安全,我们首先给学生反复强调实验室安全规则和实验操作规程,不允许一个学生单独在开放实验室实验,实验中心安排值班教师。这样一种理论课程与实验课程安排在同一学期、集中时间与开放实验相结合的实验模式为后续专业课程教学改革提供了一种可借鉴的模式。另外我们给学生发放了模拟电路口袋仪器实验系统和数字电路 FPGA 实验开发板,学生可以在宿舍利用电脑和口袋仪器实验系统完成简单的模拟和数字电路实验,我们也设计了部分适合利用口袋仪器实验系统和数字电路 FPGA 实验开发板完成的开放实验题目。

3 结语

从 2017 年秋季模拟与数字电路实验课程实验情况来看,选择自行设计实验题目或难度比较大的团队小组实验题目的集中在学习成绩比较高、实验兴趣比较大的同学,从各个专业的实验情况来看,微电子科学与工程专业和电子信息科学与技术专业选择自行设计实验题目或难度比较大的团队小组实验题目的学生相对比较多,通信工程和生物医学工程专业相对比较少,这也从一个侧面反映了专业分流存在的各个专业冷热不均的状况。但是加大实验开放力度、让学生自主设计实验题目、团队合作完成实验题目等实验教学模式,能够更好的训练学生实验能力、激发学生实验兴趣和培养学生创新能力,这样一种多种教学模式相结合的实验教学模式国内外著名高校广泛采用,是今后实验教学改革趋势,特别是团队实验题目、学生自行设计实验题目对教师和学生要求比较高,学生和教师都需要下功夫、克服困难,一起努力才能取得比较好的教学效果。

参考文献(References):

- [1] 王晓岗,张星,李静,等. 开放实验教学管理研究[J]. 实验技术与管理,2012(4):155-157.
- [2] 朱雷平,赵颖苏. 基于个性教育的电工电子开放实验探索与实践[J]. 实验技术与管理,2014(7):149-151.

(4) 调试电路,给出实验波形及测量得到的数据,分析实际得到的波形(数据)与实验要求(仿真波形)有什么不同之处,分析其原因,最终解决问题。

2.4 实验效果

这个实验要求学生在仿真的基础上,在 PCB 实验板上焊接实验线路,学生经历了从电路设计、器件选择、参数计算、焊接线路、电路调试的整个过程。在参加该实验的两个班级共 61 人中,基本上每组都能在规定时间内完成实验任务。有些学生由于是第一次焊接,焊接过程中会出现这样那样的问题,他们就利用业余时间检查问题甚至重新焊接。图 3 是最

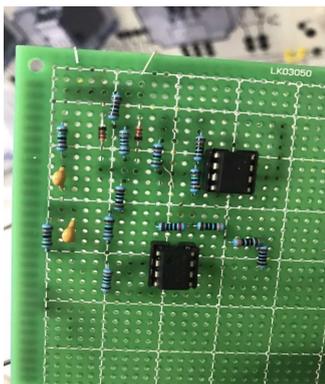


图 3 实物图

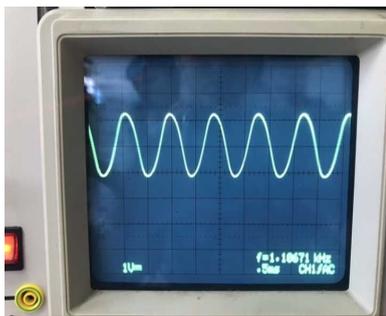


图 4 波形图

后完成的实物照片,图 4 是相应的波形。虽然实物图的正面看上去元器件并不多,但要把这些器件全部按照原理图焊接起来,也有一定的难度。从实验情况看,学生对这种实验方式非常感兴趣,正如一位学生在微信中所说“焊接四小时,调试四小时,终于成功了,好有成就感”。

3 结语

实验教学与理论教学有紧密的联系,但又有着较大的区别,实验教学的直观性强,能提高学生的基本技能与综合能力。学生通过这样的综合性设计性实验的锻炼,不仅能帮助他们进一步理解所学的内容,还能引导学生学会如何把所学的理论知识联系起来,感受到学以致用乐趣。通过这些实验,使得学生在查阅资料、电路仿真、动手实践、相互协作等多方面得到了锻炼。通过实践证明,这样的综合性设计性实验有利于培养学生的实践动手能力和自主学习能力。

参考文献(References):

- [1] 王彦军. 电工学实验教学与学生能力培养[J]. 榆林学院学报, 2010, 20(4): 106-108.
- [2] 储春华, 李有军, 翁绍捷, 等. 非电类专业电工学实验课程教学模式改革探讨[J]. 海南大学学报(自然科学版), 2010, 28(4): 382-384.
- [3] 吴根忠, 李剑清, 顾伟骊, 等. 电工学实验教程[M]. 北京: 清华大学出版社, 2014.
- [4] 樊薇薇, 吴世华, 李锡, 等. 多层次教学方法在“电工学实验”中的应用[J]. 电气电子教学学报, 2015(3): 114-117.
- [5] 王心刚, 贺利, 张冬至, 等. 电电子学课程研究性实验教学模式改革与实践[J]. 实验室研究与探索, 2017, 36(4): 188-191.
- [6] 唐胜安, 李瑞程. 建立新型实验教学课程体系[J]. 实验室研究与探索, 2002, 21(4): 13-14.

(上接第 94 页)

- [3] 刘乔寿, 黄沛昱. 电子信息类开放实验教学模式[J]. 实验室研究与探索, 2013(7): 157-160.
- [4] 孔宇, 张雅利, 莫晓燕. 增强综合开放实验课程教学效果措施探索[J]. 实验技术与管理, 2014(6): 33-35.
- [5] 王晓岗, 高英, 史良, 等. 开放实验教学的理论与实践[J]. 实验室科学, 2011(4): 73-75.
- [6] 余萍, 程文清, 车轱辘. “通信电子电路”团队合作实验教学探索[J]. 实验技术与管理, 2012(2): 16-19.
- [7] 刘凌, 肖靓, 刘幸福, 等. 基于项目目标法的“小老师”团队实验教学模式[J]. 实验科学与技术, 2012(4): 80-82.
- [8] Ron Roscoe. Introductory Analog Electronics Laboratory [EB/

OL]. [2018-09-06]. <http://ocw.mit.edu/courses/electrical-engineering-and-computer-science/6-101-introductory-analog-electronics-laboratory-spring-2007/>

- [9] Anantha Chandrakasan. Introductory Digital System Laboratory [EB/OL]. [2018-09-06]. <http://ocw.mit.edu/courses/electrical-engineering-and-computer-science/6-111-introductory-digital-systems-laboratory-spring-2006/>.
- [10] 孔庆生. 模拟与数字电路基础实验[M]. 上海: 复旦大学出版社, 2013.
- [11] 王勇. 模拟与数字电路实验[M]. 上海: 复旦大学出版社, 2013.