

**第二部分**  
**2015 年大会交流论文**

## 2.1 人才培养与机制建设方面

### ★ 师范院校卓越电子工程师培养的实践探讨

李新国, 郑明才

(湖南第一师范学院信息科学与工程学院, 湖南 长沙 410205)

**摘要:** 根据师范院校电子科学与技术专业的办学特点, 本文探讨了卓越电子工程师的培养体系, 提出了以校企合作为主, 结合师范院校的办学特点培养卓越电子工程师的新方法。经过两年专业基础教育、一年校企合作专业教育、一年到企业完成实习与毕业设计的人才培养实施过程, 实践表明达到了卓越电子工程师的培养目标。

**关键词:** 师范院校; 卓越电子工程师; 校企合作; 工程实践

中图分类号: TP642.0

文献标识码: A

### Exploration on the Practice of Excellent Electronic Engineer Cultivation in Normal University

LI Xin guo, ZHENG Ming cai

(Hunan First Normal University, Changsha, Hunan 410205)

**Abstract:** According to the features of Electronic Science and Technology Major in normal university, a system is set up for the cultivation of excellent electronic engineer. It advocates the cooperation of school and enterprise and new methods with features of normal university. After two years fundamental education of the major, one year focus training with the cooperation of school and enterprise, and one year internship and graduation design, the practice shows that the major goal for the cultivation of excellent electronic engineer is achieved.

**Keywords:** normal university; excellent electronic engineer; cooperation of school and enterprise; engineering practice

---

**基金项目:** 湖南第一师范学院教改课题——基于“卓越工程师”培养的电子类专业校企合作人才培养模式研究。

**作者简介:** 李新国(1965—), 男, 湖南绥宁人, 湖南第一师范学院教授, 主要从事电路理论、电子设计方面的教学与研究。郑明才(1969—), 男, 湖南常德人, 湖南第一师范学院教授, 主要从事传感器网络、电子系统设计、实践教学管理研究。

## 1 引言

教育部 2010 年启动了“卓越工程师计划”(简称“卓越计划”)。卓越计划明确指出“目前中国工程教育要借鉴世界先进国家高等工程教育的成功经验,创建具有中国特色的教育模式,着力提高大学生的工程意识、工程素质和工程实践能力,培养大批各种类型的工程师”<sup>[1]</sup>。湖南第一师范学院(简称一师)提出了“一体两翼”的发展战略,即以培养小学教师为主体、以发展商学教育与工学教育为两翼。一师现有计算机科学与技术、电子科学与技术、通信工程三个电子信息类工科专业,研究师范院校如何在工科教育中培养学生的创新意识、提高学生的工程实践能力、实现“零距离”就业、达到卓越工程师的培养要求十分必要。本文针对一师电子科学与技术专业人才培养的改革实践活动,探索面向“卓越计划”提升学生工程实践能力、创新能力的工程教育人才培养新方法,力求走出一条适合师范院校特点的工程教育之路。

## 2 师范院校的工科专业办学特点

将师范院校与一般工科院校进行比较,我们发现师范院校办工科专业有许多特点:一是没有行业背景。一般工科院校都有其行业背景,如钢铁、煤炭、水利、建筑等行业院校,而师范院校开办工科专业没有行业背景。二是师资力量不强。工科院校的教师大部分是本行业高校毕业,且长期在本行业内进行教学与科研工作,获得了大量的实践教学经验,深知本行业的前沿知识和存在的问题,而师范院校的工科专业教师许多是师范院校毕业,没有行业依托,对行业没有深入研究,也就缺少实践经验。三是实践教学条件相对较差。工科院校由于长期开办工科专业,经过长期的积累,实验教学、生产实习、毕业设计等条件日益完善,并形成了一套比较完善的实践教学体系,而师范院校开办的工科专业年限短,实验设备台套数少,实践教学条件相对较差;四是男女生比例严重失调。根据人的生理特性,工科专业适应于男生学习与就业,现在报考师范院校工科专业的女生多而男生少(一师电子专业男女生比例达 1:7),工科女生的就业比工科男生的就业要困难,男女生比例的严重失调制约着师范院校工科专业的发展。

## 3 师范院校卓越电子工程师应具备的工程实践能力

师范院校培养的电子工程师不仅要具有良好的思想政治品质,较高的人文素质和良好的职业道德,较强的自主学习能力和独立思考的能力,扎实的理论基础及合理宽泛的知识,而且应具备一定的工程实践能力。这些能力具体包括:①熟练掌握电子仿真软件与设计软件(MATLAB、Protel99SE 等)的使用方法,会进行 PCB 设计和 Multisim 电路仿真设计;②熟悉常用电子仪器仪表的使用和电子器件的型号的选择,会利用电子仪器进行电子产品参数的测试;③理解温度、压力、流量等传感器的原理结构与性能指标,能熟练地使用常用的传感器;④掌握常用的电子设备的安装、调试及运行管理方法,能对一般的电子设备进行常规的维护与故障处理;⑤熟悉单片机与嵌入式系统设计的方法,能应用单片机与嵌入式系统的相关知识进行电子系统的设计;⑥掌握好英语,能够查阅和应用电子专业的英文资料,并具有能用英语进行日常交流的能力。显然,要具备一个合格电子工程师所具备的能力,仅依靠在

学校的常规学习是不可能的,学生只有在企业或基本满足生产需求的电子信息实习实训基地经过有在企业实际工程项目设计与管理经验的工程师的指导下方可实现。<sup>[2]</sup>

## 4 师范院校卓越电子工程师培养实践方法

### 4.1 明确卓越电子工程师人才培养目标

卓越电子工程师采用的人才培养模式是以“注重应用、亲近业界”的教育理念为指导,以培养具有较强创新能力、适应经济社会发展需要的高质量电子信息工程技术人才为根本目标。以工程实践基地为依托,突出应用型人才培养特色。我校电子科学与技术的培养目标是:培养适应社会主义现代化建设实际需要,德、智、体、美全面发展,具有电子产品研发与维护的相关理论和专业知识,受到严格的电子科学实验和工程实践训练,能在电子信息行业从事EDA设计、嵌入式系统开发、产品检测、仪器设备维护、生产技术管理等工作的高级工程技术人才。这一培养目标与卓越电子工程师的培养目标和要求完全吻合。

### 4.2 构建卓越电子工程师人才培养体系

#### (1) 明确专业定位,修订人才培养方案

培养方案由培养目标、培养规格、教学计划等部分组成,它是我们进行专业教学的指南。为了满足人才培养要求,我们认真分析了电子科学与技术专业2008版培养方案的实施情况,并通过专业调研、教学反馈、学生就业跟踪等方式,总结2008版培养方案的优、缺点,修订产生了2013版的人才培养方案。2013版的人才培养方案,针对教育部“卓越计划”的要求,明确了专业定位,即向湖南电子信息行业培养电子产品设计与制作工程师,人才培养方向由原来的微电子技术和光电子技术方向调整为电子信息技术方向。教学计划在保证基础理论课程学习的基础上,注重实践和实训课程的开展。从大一开始,依次开设了电工电子实训、模拟电子技术课程设计、数字电子技术课程设计、单片机原理与应用课程设计、电子设计综合训练等实践课程。

#### (2) 优化课程体系结构

强化工程实践教学科学设置的课程体系是实施卓越电子工程师培养的重要体现。一师电子科学与技术专业的课程体系内包括了公共必修课、公共选修课、专业必修课、专业选修课和独设实践课五个方面,共计170学分。其中公共必修课35学分,占总学分的20.59%;公共选修课15学分,占总学分的8.82%;专业必修课60学分,占总学分的35.29%;专业选修课25学分,占总学分的14.71%;单独开设的实践课35学分,占总学分的20.59%。学生选修课总分为50学分,占总学分29.41%;专业实践课程(实验课程加独设实践课程)总分为60学分,占总学分的35.29%,分别超过了教育部对理、工、农、医类专业的选修课(20%)和实践课(30%)的要求。根据教学计划的要求,我们构建了“2+1+1”卓越电子工程师人才培养体系,即第一学年主要进行公共必修课的学习;第二学年完成专业必修课课程的学习;第三学年根据个人兴趣和就业志向选择公共选修课和专业选修课进行学习;第四学年到相关企业参加实训、实习,并在企业完成毕业设计环节。通过建设一个包括数学物理基础、通识教育在内的精选核心课程体系,优化整合电子科学与技术学科基础和专业课程,体现地域特色,科学教育与工程训练并重,倡导启发研究型、应用型教学的课程体系,达到了培养卓越电子

工程师的基本要求。<sup>[3]</sup>

(3) 适应电子专业发展要求，实施卓越电子工程师培养方案

为了开展卓越电子工程师培养，我们将培养核心放在工程实践教学环节，对工程实践教学进行了合理设置，形成了卓越电子工程师的核心培养方案，具体内容如图 1 所示。

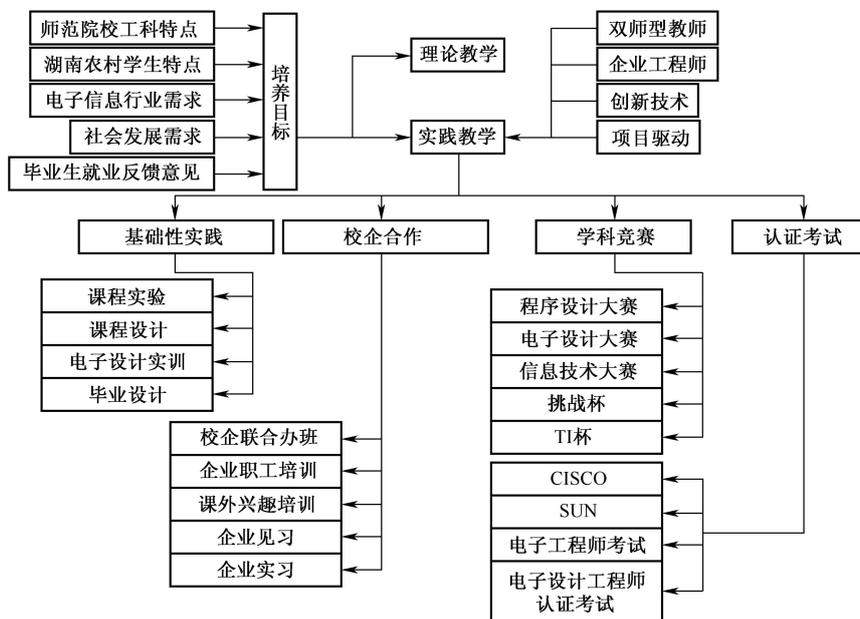


图 1 卓越电子工程师培养方案

根据师范院校工科特点，按照湖南电子信息产业需求，考虑湖南农村学生的发展要求，参考毕业生的就业反馈意见来制订培养方案。利用培养方案来指导理论教学与实践教学。在双师型教师与企业工程师的指导下，利用项目驱动和创新技术开展实践教学，在实践教学中实施基础实践、校企合作、学科竞赛、认证考试四个环节，每个一环节都有丰富的实践内容。通过多环节、多方法、多手段的实践教学，达到了培养卓越电子工程师的预期目标。

4.3 卓越电子工程师校内专业实验室与实习基地建设

为了培养卓越电子工程师的需要，近四年来，一师对电子科学与技术专业的校内实验室的建设加大了经费投入力度，先后共投入 226.4947 万元用于专业实验室建设。电子科学与技术专业现有专业实验实训室 9 个；实验实训用房 11 间，总面积约为 990 平方米，生均实验用房面积达 6.92 平方米；实验设备台套数为 870 台·套，总资产达到 370.5295 万元。专业实验室在培养和锻炼学生的创新意识和实践能力、在保证教学和提高应用型人才培养质量等方面发挥着越来越重要的作用。一师电子科学与技术专业实验室建设情况如表 1 所示。

表 1 电子科学与技术专业实验室情况统计表

序号	实验室名称	地点	建设时间	投入经费（万元）
1	电工实训实验室	实 A403	2010.10	47.8167
2	嵌入式系统与 DSP 实验室	实 A503	2010.10	43.5580
3	ICT 创新实验室	实 A502	2012.05	40.4200

续表

序号	实验室名称	地点	建设时间	投入经费(万元)
4	现代通信原理实验室	实 A604	2012.05	69.5800
5	传感器与测控技术实验室	实 A505	2012.12	25.1200
6	电子设计实验室一	实 A303	2006.10	17.8450
7	电子设计实验室二	实 A304	2006.10	51.3212
8	电子技术实验室一	实 A402	2005.10	33.1534
9	电子技术实验室二	实 A404	2006.09	11.9580
10	电子实训室	实 A305	2006.09	15.8270
11	视频技术实验室	实 A405	2006.09	13.9302
合计				370.5295

为了培养卓越电子工程师的需要,一师 2006 年投资 15.8270 万元,模仿电子企业工作环境,按电子元器件焊接要求,建设了电子实训室。同年投资 51.3212 万元,购买了线路板自动抛光机、化学镀锡机、丝印机等重要设备,按电子制板、抛光、打孔、元器件焊接等工艺流程要求建设了电子设计实验室二。为了满足学生学习低压电器、电路控制、照明线路接线的需要,2010 年学校投资了 47.8167 万元,建设了电工实训实验室。为了满足大学生电子设计大赛和电子设计兴趣小组的需要,2012 年学校投资 40.42 万元建设了 ICT 创新实验室。校内电工、电子实训室和创新实验室的建立,满足了本专业学生校内集中实习、实训的需要。电子科学与技术专业校内实习基地建设情况如表 2 所示。

表 2 电子科学与技术专业校内实习基地一览表

序号	实习基地名称	地点	建设时间	实习内容
1	电工实训室	实验楼 A 栋 403	2010.10.	低压电器控制、照明电路、安全用电等
2	电子实训室	实验楼 A 栋 305	2006.9.	电子线路焊接技术
3	电子设计实验室二	实验楼 A 栋 304	2006.10.	电子制板、电子元件焊接、电子电路设计等
4	ICT 创新实验室	实验楼 A 栋 502	2012.5.	电子设计、电子元件焊接与测试等

#### 4.4 卓越电子工程师校外实习、实训基地建设

校外实习基地建设直接关系到卓越电子工程师的培养质量。校外实习基地对培养学生的创新意识、实践动手能力和团队合作能力起着十分重要的作用。我们制定了切实可行的校外实习基地建设规划并付诸实施,依托长沙市优秀的电子信息产业资源,利用学校建立的校外实习教学基地,创建了良好的实践教学环境,形成了稳定的实习网络。电子科学与技术专业现拥有湖南电子信息实训基地(源点教育)、威胜电子集团、长沙软件园等 6 家校外实习基地,其中 3 家位于学校附近的麓谷高新开发区。校外实习基地的建设为学生提供了良好的实习环境,保证了专业实习的正常进行。校外实习基地建设情况如表 3 所示。

表3 电子科学与技术专业校外实习基地一览表

序号	实习基地名称	地点	建设时间	实习内容
1	湖南电子信息实训基地(源点教育)	长沙麓谷高新开发区	2010.3.	电子工艺、单片机应用、电子产品研发
2	威胜电子集团	长沙麓谷高新开发区	2012.10.	电子制板、电子元件焊接
3	长沙软件园实训基地	长沙市河西麓谷大道 662 号软件大楼	2010.4.	嵌入式系统开发
4	安博-牛耳教育实训基地	长沙市五一广场文运街省电教馆二楼	2010.3.	嵌入式系统开发
5	缔造教育实训基地	长沙市芙蓉区解放中路	2010.1.	电子信息软件设计
6	蓝狐网络实训基地	长沙市韭菜园路 97 号富利大楼	2009.11.	计算机网络交换、路由、安全技术等

## 5 结束语

湖南第一师范学院电子科学与技术专业培养卓越工程师以新时期人才需求为目标,结合师范院校的特点,明确专业定位和人才培养目标,确定了卓越电子工程师培养方案。在卓越电子工程培养的实施过程中,取得了丰硕的成果:自2009年开始,我们每年组织学生参加全国或全省的大学生电子设计竞赛,共荣获一等奖3项,二等奖1项,三等奖3项;近三年毕业生对口就业率为86.7%,月薪5000元以上的毕业生达35.8%。由此可见,通过学科竞赛和校内、外实训基地等途径培养了学生的综合应用实践能力和团队合作精神,最终可使学生达到一个卓越电子工程师的培养要求。

### 参考文献

- [1] 教育部. 卓越工程师教育培养计划[C]. “卓越工程师教育培养计划”启动会议手册, 2010.
- [2] 杨智, 陈荣军等. 电子信息类卓越工程师培养模式探讨[J]. 武汉大学学报(理学版), 2012(10): 12-13.
- [3] 习林健. 谈实施“卓越工程师培养计划”引发的若干思考[J]. 中国高等教育, 2010,(17):26-28.

# ★ FPGA 实验虚拟仿真平台建设的研究与实践

文卉, 蔡志强, 常晟

(长沙理工大学电气与信息工程学院, 湖南省长沙市 410076)

**摘要:** 本文构建了 FPGA 实验虚拟仿真平台, 包括 FPGA 软件共享、FPGA 仪器共享和 FPGA 远程控制三大部分, 实现了仿真平台网站建设, 多个 FPGA 实验的搭建和远程网上操作控制等, 提供了全新的教学辅助手段, 节省了实验经费。仿真平台具有开放性、灵活性和可扩展性。

**关键词:** 虚拟仿真平台, FPGA, LabVIEW

中图分类号: G642.0

文献标识码: A

## The research and practice of the virtual simulation platform for FPGA experiments

Wen Hui, Cai Zhiqiang, Changsha

(School of Electrical and Information Engineering, Changsha University of Science & Technology  
Changsha, Hunan, 410076)

**Abstract:** In this paper, we constructed the FPGA experimental virtual simulation platform, including the FPGA software sharing, FPGA instruments sharing and remote control of the FPGA. We have realized the simulation platform website construction, the construction of multi FPGA experiments and remote control. We provide a new means of teaching auxiliary and save the experimental funds. The simulation platform has the openness, flexibility and extensibility.

**Keywords:** Virtual simulation platform, FPGA, LabVIEW

## 1 引言

信息技术的蓬勃发展已经使部分虚拟实验环境的设计与开发成为现实, 虚拟实验环境的研究与实践, 极大地降低了实验室建设成本, 缓解了由于财政压力给实验实践教学环节带来的不利影响, 有利于学生实践操作能力的培养。长沙理工大学电气与信息工程学院“FPGA 实

---

**基金项目:** 长沙理工大学教研教改项目 (JG1525)。

**第一作者:** 文卉 (1972—), 女, 硕士, 高级实验师, 长沙理工大学电气与信息工程学院教师, 主要从事电子信息科学与技术的实践教学、研究。

验虚拟仿真平台”充分整合电子信息专业信息化实验教学资源,是具有扩展性、兼容性、前瞻性的管理和共享平台。不仅可以高效管理实验教学资源,而且能实现校内外、本地区及更广泛范围内的实验教学资源共享<sup>[1]</sup>。

## 2 FPGA 实验虚拟仿真平台的总体设计思路

将在线(MOOC)教学方式引入实验教学环节,构建全新的循序渐进式实验教学模式(O2O):线上学习—远程仿真—线下实验。针对实验课程课时不断压缩,学生动手实践能力有所下降的现状,深化教学模式的改革,引入在线实验教学的新方式。学生进入实验室实验前,先在慕课平台上注册、登录,进行在线学习,通过观看实验课程微视频、完成老师网上给出的问题,以及参与在线讨论等方式,对实验任务有了初步了解,同时实验教师也可以根据学生在线完成题目的情况,了解学生存在的主要问题<sup>[2]</sup>。接下来,学生可以在任何场所、任何时间利用“FPGA 实验虚拟仿真平台”登录服务器,利用服务器虚拟桌面上安装的各种仿真软件和开发平台进行远程实验,观察实验现象、记录仿真结果,这一过程不再受时空局限,大大拓展了实验空间,有效利用了实验资源。最后,实验课上,学生针对在线学习和远程仿真过程中存在的问题展开讨论,并在此基础上拓展实验内容,提高实验效果。

## 3 FPGA 实验虚拟仿真平台的总体架构

充分整合电子信息专业信息化实验现有教学资源,创造性地建设包括 FPGA 软件共享虚拟实验、FPGA 仪器共享虚拟实验和 FPGA 远程控制虚拟实验三大部分平台。FPGA 实验虚拟仿真平台开发的网站如图 1 所示。



图 1 FPGA 虚拟实验仿真平台网站

### 3.1 软件共享虚拟实验平台

作为综合性虚拟仿真软件平台，它从基础知识、专业知识、科研能力、创新能力和综合素质的培养出发，涵盖信息材料、器件芯片、电路系统、工程应用四大类仿真软件平台，包括从理论设计到工程项目设计各层次和环节的仿真实验教学<sup>[3]</sup>。设立通识通修基础课程模块、学科专业课程模块和开放选修课程模块，采用桌面虚拟化技术，将已生成的虚拟化桌面操作系统提供给使用者，根据实验需求在 Windows 桌面操作系统中安装上专业仿真软件，如 ISE、Quartus、Multisim、PSPICE、Labview、MATLAB 等软件，使用者可随时随地使用终端设备（智能手机、平板、上网本、笔记本和台式机）访问防火墙内部的虚拟化桌面操作系统，并使用上面的软件。特别对于部分硬件资源要求比较高，或有操作系统限制（如要求 64 位），一般教师或学生的个人笔记本无法满足要求，通过此仿真平台可解决诸多限制问题，实现了实验教学体系中知识体系、课程层次、理论与工程、虚拟与现实的多元化和全方位性。

### 3.2 仪器互联共享虚拟实验平台

从降低成本，资源共享出发，依赖网络通讯，人机交互，搭建仪器设备在虚拟实验平台的共享。一方面将实验平台上价格昂贵的精密实验仪器向校内外使用者开放，提高仪器的利用率；另一方面联合将企业的仪器向学生开放，补充学校仪器资源，以实现实验教学体系中虚拟与现实、时间与空间的多元化和全方位性，贯彻学校企业联合、资源开放共享的建设理念<sup>[4]</sup>。

### 3.3 远程控制虚拟实验平台

远程虚拟实验室平台从时间、空间、内容三维开放共享出发，一是采用计算机虚拟化技术打造 FPGA 云实验室概念，采用 VMware vSphere 作为虚拟化基础，以 VMware Horizon 为桌面云管理系统，教师和学生通过桌面云能够远程使用 FPGA 实验室的课程资料、专业软件，实现了实验室的物理延伸；二是联合将企业的仿真软件向学生开放，充实学校软件资源；三是利用大规模在线开放课程（MOOC）课程，基于 Coursera 平台，创建远程虚拟课堂，实现仿真教学，并结合 FPGA 实体实验室课堂翻转，促进学生的系统思考，实现在线和课堂混合教学，创新教学模式，以实现实验教学体系中虚拟与现实、时间与空间的多元化和全方位性，贯彻学校企业联合、资源开放共享的建设理念。

该网站系统主要包含 Web 工程和 Web 远程登录工程，其中 Web 工程采用 Java Web 技术栈，主要使用的框架为 Spring MVC 和 Spring hibernate，将二者整合。其数据库采用的是开放源代码的关系型数据库管理系统 MySQL，因为其速度、可靠性和适应性好。缓存使用的是一个纯 Java 的进程内缓存框架 EhCache，远程登录采用 Guacamole protocol 协议。

## 4 本地实验平台和远程平台设计

传统 FPGA 实验平台架构为一台计算机通过串口和 USB 口连接一块 FPGA 开发板，而“FPGA 实验虚拟仿真平台”首先将 FPGA 开发板与计算机连接好，接着采用 VMware 公司的 VSphere 服务器虚拟化软件和 Horizon 桌面虚拟化软件，将计算机进行虚拟化处理，利用虚拟桌面系统即可访问该计算机。然后把相关测试仪器，其他实验设备和 FPGA 开发板接好，比

如信号输入点、信号输出点、函数信号发生器、数字示波器、数字万用表等。最后实现仪器设备, FPGA 开发板、计算机、其他终端的网络连接, 一套基于虚拟仪器和远程控制 FPGA 实验平台搭建成功<sup>[5]</sup>。

使用者在宿舍或校外可通过桌面云访问到实验室内的计算机, 可直接在实验室内计算机的 FPGA 开发软件上进行 FPGA 编程、下载、调试。通过智能实验室平台, 使用者不仅可以远程操作实验室内的计算机进行编程、对 FPGA 开发板进行下载还可以操作实验室内的程控直流稳压电源、函数信号发生器、数字示波器和数字万用表等, 如图 2 所示。

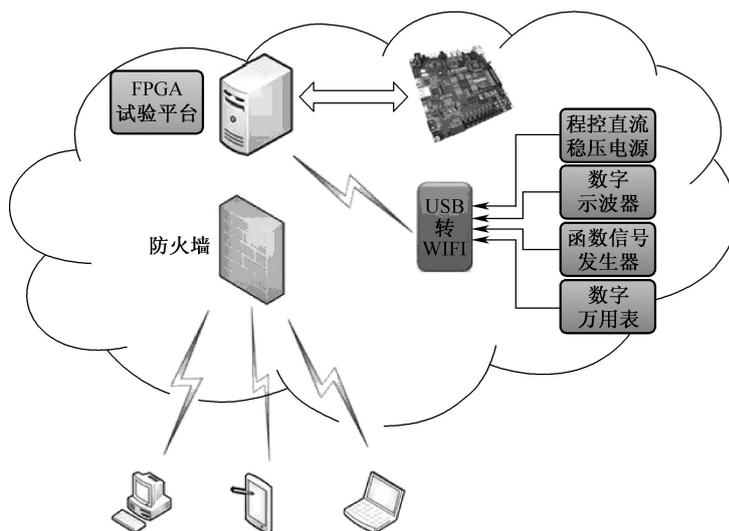


图 2 FPGA 实验虚拟仿真远程控制平台

至此, 完全实现了将一个物理存在的实验室通过计算机虚拟化技术和仪器虚拟化技术放至云端, 使用者凭账号密码即可通过网络访问实验平台的学习资源、计算资源、软件资源、实验开发系统资源、实验仪器资源, 传统意义上的实验室完成了从固定场地、固定时间开放到不受场地约束、不受时间约束, 随时随地向使用者提供服务的转化, 通过本平台系统可以在一台服务器实现二十套甚至更多的 24 小时全天候数字系统实践远程实验教学, 将实验教学场所从象牙塔尖延伸到学生宿舍、图书馆乃至地球上网络能访问的任一地点。

平台中 FPGA 开发板为 Xilinx Atlys, 是一款集成了千兆以太网、HDMI 视频输入输出、音频及 USB 接口的数字电路开发平台。平台中包含的主要仪器有泰克 AFG3500 信号源、泰克 DPO2000 示波器、吉时利 2000 数字多用表等。项目中的 FPGA 开发软件使用 Xilinx 的 ISE 集成开发软件。

在服务器机端用 LabVIEW 自带的 Web 发布工具, 将 FPGA 虚拟面板的 VI 生成 html 文件, 并且配置 Web 服务器后, 远程客户端只需安装 LabVIEW Runtime Engine, 而不需要安装完整的 LabVIEW, 就可以通过打开浏览器, 在浏览器中输入 Web 发布的 html 的 URL, 实现远程浏览器打开 FPGA 面板。在平台的远程实现中, 除了需要有能够让实验者远程操作和控制的功能外, 实验者向与服务器机连接的 FPGA 实验箱写入程序也是不可或缺的部分。而这部分的实现, 是通过服务器的 Quartus II 设置 JTAG 服务器来完成的, 让客户端的 Quartus II 能够远程访问位于实验室的 FPGA 实验箱<sup>[6]</sup>。

## 5 结束语

“FPGA 实验虚拟仿真平台”采用计算机虚拟化技术打造云实验室，大大提高了实验设备的利用率，实现实验教学体系中虚拟与现实、时间与空间的多元化和全方位性。借助平台学生可利用课余时间宿舍、教室、图书馆等任意能接入互联网的场所利用智能终端、笔记本、台式机访问数字系统实验远程教学平台，通过桌面虚拟化平台对 FPGA 开发板进行远程访问，摆脱了传统实验教学必须进实验室才能完成实验项目的模式，实现了实验室进宿舍，弥补了实验课时不足，解决了实验来不及完成的问题<sup>[7]</sup>。不仅解决了传统理论教学与系统应用培养之间的矛盾，拓展了实验教学的深度和广度、提高了实验教学实效，实现了理论与实践教学的密切合作，而且大大提高了学生工程应用、综合设计和科研创新能力。

### 参考文献

- [1] 王革思, 刘勉, 弈宗琪. FPGA 创新开发实验教学平台的设计与应用[J]. 中国电力教育, 2009 (10): 145-146.
- [2] 王雅楠. 远程网络虚拟电子实验平台的设计与实现[D]. 兰州: 西北师范大学, 2013.
- [3] 李天顺. 基础 WSRF 的 FPGA 远程实验服务的研究与设计[D]. 镇江: 江苏大学, 2010.
- [4] 马晓阳. 虚拟仪器技术在教学中的应用[J]. 中国职业技术教育, 2006 (13).
- [5] 王英霞. 基于 LabVIEW 的虚拟实验室的研究与实现[D]. 天津: 天津理工大学, 2007.
- [6] 孙丹, 黄亚玲, 吴星明. 基于虚拟仪器的 FPGA 实验平台设计[J]. 实验技术与管理, 2012 (4): 330-333.
- [7] 陈小红. 虚拟实验室的研究现状和发展趋势[J]. 中国现代教育装备, 2010 (17): 107-109.

## ★ 虚拟真实电路仿真平台的研究与设计

罗桂娥, 李飞, 宋学瑞, 覃爱娜, 彭卫韶  
(中南大学信息科学与工程学院, 湖南省长沙市 410083)

**摘要:** 电路仿真实验已经在国内外普遍开展, 大多采用商业企业提供的商用仿真软件进行, 这些软件费用高昂, 对用户数量有着严格的限制, 无法大规模公共使用。采用虚拟现实技术进行虚拟真实电路仿真平台的研究与设计是我校在电路与电子技术实验教学领域的一次创新性研究。“虚拟真实设备仿真”以虚拟现实技术、电路仿真技术、并行计算技术为核心, 为学生提供模拟电工电子真实环境的电路实验仿真公共平台, 既能有利于学生有的放矢地进行实验预习, 又能让学生有充分时间进行自主性、探索性、创新性实验。

**关键词:** 真实电路; 虚拟面板; SPICE 仿真引擎; 交互性

中图分类号: TP319

文献标识码: A

## Research and design of virtual reality circuit simulation platform

Luo Gui'e, Li Fei, Song Xuerui, Qin Aina, Peng Weishao

(School of information science and engineering, Central South University, Changsha, Hunan, 410083)

**Abstract:** Circuit simulation experiments have been carried out at home and abroad. But most of them adopt commercial simulation software. The software have great expense and strict limit to the number of users, can not be used in large-scale and in public. The research and design of virtual reality circuit simulation platform using virtual reality technology is an innovative research in the field of circuit and electronic technology experiment teaching. Virtual reality devices simulation using virtual reality technology, circuit simulation technology, parallel computing technology as the core, provides a circuit simulation experiment public platform that simulating the real electrical and electronic environment for students. That make students have not only a definite object to experiment preparation, also have sufficient time to carry out autonomy, exploratory and innovative experiments.

**Keywords:** Real circuit; virtual panel; SPICE simulation engine; Interactivity

---

**基金项目:** 中南大学 2013 年实验室建设与管理研究项目 (160260001)。

**第一作者:** 罗桂娥 (1962—), 女, 博士, 教授, 中南大学电工电子教学实验中心教师, 主要从事电工电子系列课程教学, 从事智能仪器与虚拟仪器、图像处理技术、计算机视觉研究。

## 1 引言

目前,电路仿真实验已经在国外普遍开展,国内的清华大学、北京理工大学、东南大学等高校已经相继建设了一些虚拟实验室,这些实验室主要采用商业企业提供的商用仿真软件,数量有限,费用高昂。由于有着用户数量的严格限制,这些软件无法大规模公共使用。当前,还没有使用虚拟现实技术建设的电路仿真实验公共平台在高等学校大规模应用,本项目的立项是我校在电路与电子技术实验教学领域的一次创新性研究,必将极大提高学生兴趣,规范化教学流程,提升教学质量、水平。

中南大学电工电子教学实验中心承担全校电类、非电类电工电子系列课程的教学、实验、实践任务,实验中心资源需要满足学生日益增长的实验、实践、创新竞赛、就业等多方面需求。“虚拟真实设备仿真”以虚拟现实技术、电路仿真技术、并行计算技术为核心,为学生提供模拟电工电子虚拟仿真教学实验中心真实环境的电路实验仿真公共平台,可以有效解决如下问题:①解决实验设备数量有限、负荷重的矛盾;②解决高消耗、高风险实验的实施问题;③提高实验效率。由于资源有限,大多数实验设备学生未曾接触或者了解不全面,实验教学需要花费较多时间在实验设备介绍、实验设备基本操作事项等低水平、重复性、实验重点无关的工作上;④有效提升实验质量。由于学生实验操作时间更加充裕,很多复杂、深入的综合性、创新性实验可以大规模开展;⑤系统采用虚拟现实技术,制作与现实近似的实验设备,让学生在“真实”设备上操作(选取芯片、连线等),不但可以获得传统的电路仿真软件的仿真结果,此外还可以熟悉实验设备,有充分时间进行自主性、探索性、创新性实验。

## 2 技术路线

图1为虚拟真实电路仿真平台的网络构架,用户采用IE浏览器,在浏览器上登录中南大学电工电子教学实验中心网站,登录后,进入虚拟真实电路仿真平台。在平台上选择特定实验,在浏览器中显示电路实验箱的真实形状,学生根据实验的要求连接实验电路、调节实验参数。连接完成之后,生成电路网络表,通过网络传送给远程服务器,服务器通过SPICE电路仿真引擎,将计算结果(波形数据),返回给浏览器,以图形的方式(文字的方式)显示给学生。之后学生调整电路元件,重复上述过程,记录结果。采集完全部数据之后,学生将通过理论公式计算得到结果,提交给服务器上的校验程序。程序对学生计算结果进行校验,并返回结果。

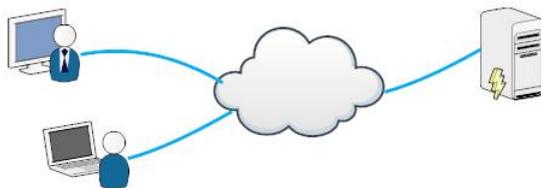


图1 虚拟真实电路仿真平台的网络构架

为了实现上述仿真工作流程,主要开发工作在服务器端完成。软件系统整体结构如图2所示。拟采用以下平台、开发工具:C/C++、Java、JavaScript、Python等开发语言;GNU编

译器；SVN 版本控制；Eclipse IDE；Flash 开发、编程工具等。



图 2-2 软件系统结构框图

### 3 仿真构架

仿真系统由前端交互引擎、仿真模型管理、仿真课程管理、后台仿真引擎组成。

(1) 前端交互引擎：Web 浏览器人机交互，SVG 矢量电路编辑，身临其境的实验体验，无须安装任何其他软件、插件。

(2) 仿真模型管理：实现元件、芯片、电路模块、实验箱、实验仪器的模型建立与管理。

(3) 仿真课程管理：实现实验课程与仿真项目的关联，为仿真项目增加 PPT、Word、PDF、AVI、Flash、电路原理图等资源；同时提供电子化实验报告的提交与批阅。

(4) 后台仿真引擎：支持 SPICE 模型仿真，支持大容量并发访问。

下面对各功能模块进行详细介绍。

#### 3.1 前端交互引擎

前端交互引擎主要指实现虚拟仿真的人机交互界面。用户可以在“真实”实验设备上模拟实验的全过程，并利用“真实”实验设备获得实验参数。如图 3 所示为电路综合实验室的前端交互引擎。仿真过程只需要在实验设备、仪器上进行连线即可，与现实中的实验类似。



(a) 真实实验箱

(b) 真实实验箱的虚拟面板

图 3 电路综合实验室的真实实验箱与虚拟面板

#### 3.2 仿真引擎

仿真引擎选择支持业内标准的 SPICE 仿真模型，它是最广泛使用的电路仿真模型。该项目的仿真引擎支持以下仿真分析：①直流分析（工作点、DC 扫描）；②交流小信号分析；③瞬态

分析；④零极点分析；⑤小信号扰动分析。

为了支持大量用户的短时并发访问，项目组为仿真引擎设计了一个基于队列的多仿真引擎构架，并在 Linux Server 上实现。该引擎的结构如图 4 所示。系统可以根据服务器实际计算能力设置启动仿真引擎的数量；可以设置每个仿真引擎的队列深度；可以设置每个仿真请求的时间长度，避免死锁或者长时间占用仿真资源；可以根据实际实验情况、服务器资源等相关数据进行调整；用户的仿真请求首先进入“仿真请求调度与均衡”模块，该模块根据各仿真引擎的负载自动将用户请求分配到轻载引擎。

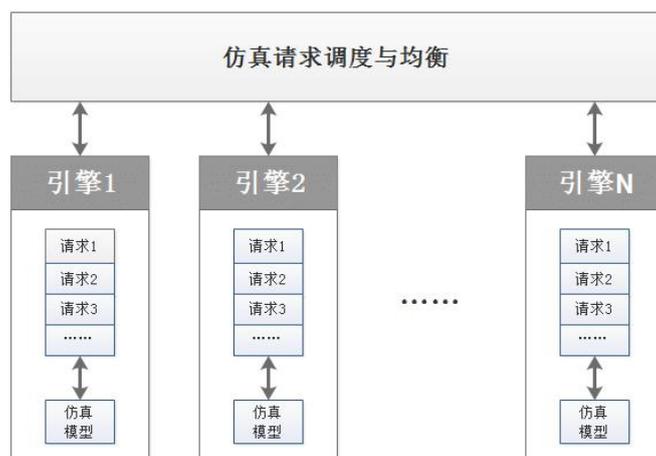


图 4 后台仿真引擎结构框图

## 4 系统功能设计

功能将从学生、教师、管理员、超级管理员几个方面描述。

### 4.1 学生的功能设计

学生的主要工作是使用该平台进行本学期课内实验预习与实验仿真，课外实验仿真与自主实验。本学期课内实验预习与实验仿真让学生快速找到本期的仿真实验课程与项目，并可以提交电子实验报告；课外实验仿真具有完全相同的仿真功能，但是不具备提交电子实验报告的功能。用户可以在两个 tab 页之间切换。当学生需要进行仿真时，单击相应实验项目的按钮，或者单击“仿真”按钮将进入仿真界面。如果需要了解此次实验的内容、仪器的使用方法、实验步骤、仿真操作指导、电路图等实验资源，可单击“实验资源”页面，在完成实验之后，可以提交电子实验报告，单击“实验报告”页面，可以下载实验报告模板，上传实验报告，查看实验报告成绩。

### 4.2 教师的功能设计

教师的主要功能是：批改仿真实验报告、开展创新仿真实验。

### 4.3 用户管理员的功能设计

用户管理员的主要功能：创建仿真实验项目、为仿真实验项目增加资源（设备、仪器、

视频、课件、电路图等)、提供实验报告模板、统计虚拟仿真实验开展情况。

(1) 创建一个仿真实验项目需要提供以下基本信息

①项目名称; ②项目简要描述信息; ③关联项目的课程(可以不关联)。

创建一个仿真项目之后, 可以单击后面的“模型”(增加实验设备、实验仪器、“资源”, 为实验项目增加资源文件, 供学生浏览)、“报告”(上传一个报告模板)按钮, 分别为该项目增加实质内容。

(2) 仿真统计

提供丰富的图形化统计画面, 包括: ①按实验项目统计次数: 横轴实验项目、纵轴实验次数; ②按时间单个实验项目测试: 横轴时间(日、周、月、学期)、纵轴次数; ③仿真次数排行榜: 个人、班级, 等等。

#### 4.4 超级管理员

超级管理员的主要负责: ①实验设备建模: 包括实验箱(台)、仪器; ②复合元件建模(通用的复杂电路模块, 用于设备、仪器模型中); ③基础元件模型建模(简单独立的模型, 用于设备、仪器模型、复合元件中)。建好的模型需要存储到数据库中, 下次使用的时候可以随时调用。

### 5 仿真测试

以单相 RLC 正弦交流电路的研究为例。现在前端仿真面板上搭接一个 RLC 串联电路, 如图 5(a) 所示。如图可知, 与现实中的实验类似, 仿真过程只需要在仿真面板、实验设备、仪器上进行连线即可, 用户可以在“真实”实验设备上模拟实验的全过程, 并利用“真实”实验设备获得实验参数。改变实验中的 R、L、C 等参数就可以获得如图 5(b) 所示的测量波形。仿真结果表明: 操作简单, 直观性强, 结果正确, 还有利于自主性实验。



(a) 仿真连线

(b) 仿真波形

图 5 RLC 正弦交流电路的仿真连线与仿真波形

虚拟真实电路仿真平台不但能够完成电工电子系列课程的全部实物仿真实验, 还能提供学生的各种自主实验与创新性研究。限于篇幅这里只给出了一个仿真实电路实物图与实验仿真结果。

## 6 结束语

为推进我校电工电子实验、与实践教学内容、方法、手段的改革与创新,加强我校学生实践能力和创新精神培养,建立开放灵活的教育资源公共服务平台,促进优质教育资源普及共享,迫切需要建立一个网上虚拟仿真实验平台。通过校园网公开发布并可与已有的实验预约管理系统集成,提供虚拟实验课程仿真平台、典型实验、实验教学安排、实验过程指导、实验结果批改、实验报告提交,成绩管理和统计导出等功能,为实验教学提供了一种全新的实验预习与自主实验教学模式,通过虚拟仿真实验既能再现真实实验的全过程,又能克服传统实验的各种制约和弊端,可以有效地解决目前实验教学中存在的诸多问题,达到优化教育资源、有效提高教学质量的目的。

### 参考文献

- [1] 刘洋,等. 远程电工电子实验的组态解决方案[J]. 浙江大学学报(工学版), 2005, 39(5): 705-709. 723.
- [2] 郑勇,等. 基于校园网环境的远程实验教学演示系统设计[J]. 电气电子教学学报, 2007, 29(2): 83-85.
- [3] 付扬,等. Multisim 仿真在电工电子实验中的应用[J]. 实验室研究与探索, 2011, 30(4): 20-122, 126.
- [4] 张峰,等. 构建多层次立体化电工电子实验教学新模式[J]. 实验室研究与探索, 2009, 28(2): 92-94.