

电子信息应用型专业新工科实践教学体系

郑佳春¹, 蔡伟清², 吴一亮¹, 黄长斌¹, 曹长玉¹

(1. 集美大学信息工程学院, 福建 厦门 361021; 2. 集美大学教务处, 福建 厦门 361021)

[摘要] 在新时代、新工科、夯实本科教育的大背景下, 依托电子信息与通信工程实验教学中心的建设, 以培养具有创新能力、思维能力、合作能力、科研能力、管理能力和工程意识等特质的电子信息专业群复合型高级工程技术创新人才的目标为导向, 秉承“厚基础、强实训、重创新、富载体、促成效”的实践教学理念, 构建面向新工科的电子信息应用型专业群工程实践教学体系和实践实验教学平台。经过多年的改革与实践, 广泛地吸收企业意见与建议、引进国际化先进教育理念, 形成了实现工程性、创新性的培养模式, 取得了人才培养成效和应用示范, 具有较大的推广价值。

[关键词] 新工科; 实践教学体系; 实践教学平台; 培养模式; 产教深度融合

[中图分类号] G 642

[文献标识码] A

[文章编号] 1671-6493 (2019) 04-0079-06

随着中国经济高速高质量发展, 高等教育已经进入新时代, 依据“新时代高教40条”, 教育部正深入实施高水平本科教育的总体目标, 实施“双万计划”, 大力推进一流专业建设, 一流课程建设, 打造“金专”与“金课”, 全面夯实本科教育基础^[1-2]。“新工科”的率先提出为高等工程教育的改革探索提供了一个全新视角和“中国方案”^[3-4], 新工科研究与实践是为应对科技革命和产业变革的挑战, 主动服务国家创新驱动发展、“一带一路”、“中国制造2025”、“互联网+”等重大战略实施, 加快工程教育改革创新, 培养造就一大批多样化、创新型卓越工程科技人才, 支撑产业转型升级而开展的项目。为了培养高素质的电子信息工程技术人才, 集美大学从2015年启动电子信息专业群建设, 2016年获得福建省的建设立项。在电子信息专业群建设和改革创新过程中, 通过初步调研、对比分析、与电子信息行业领袖及标杆企业积极研讨与研究, 发现电子信息专业群的实践教学主要存在以下痛点问题^[5-9]: (1) 工程实践教学主要还是沿袭传统的课内实验、课程设计、综合

训练等模式, 各教学环节多数为课程服务, 比较独立, 不成体系; (2) 缺少符合新工科创新型卓越工程人才培养的训练计划; 缺少创新设计、创意实验、开放实验等综合性训练; 学生系统设计、开发能力普遍较低; (3) 缺少创新创业教学资源; 缺少企业参与、校企共建、创新创业能力实践教学基地; 利用网络教学资源开展虚拟仿真实验、在线实践教学存在资源不足; (4) 主动对接地方电子信息产业发展和企业技术创新需求不足; 不能充分利用地方资源, 尚未建立社会力量参与的共商、共建、共享的工程教育责任共同体; 校企联合制定培养目标和培养方案、共同建设课程与开发教程、共建实验室和实训实习基地、合作培养培训师资、合作开展研究等均需要加强; (5) 借鉴国际先进理念和标准, 引入国际工程人才培养质量标准, 用国际实质等效的标准引导、改进和提高工程实践教学质量存在不足; 尚未建立具有中国特色、国际实质等效的工程实践教学体系和评价标准, 考核和评价欠缺量化, 评价方法和指标也需要进一步优化。针对上述痛点问题, 本文作者结合集美大学电子信息

[收稿日期] 2019-03-06

[基金项目] 教育部首批“新工科”研究与实践项目, “产教深度融合的电子信息专业群创新实践教学体系与实践平台构建”(地方高校二组-项目群序号5); 福建省教改项目, “全程导师制的“人工智能+信息学”创新人才培养体系的构建”(FBJG20180126); 福建省教改项目, 专业学位研究生企业工作站建设及研究生联合培养的新模式——以交通运输工程为例(FBJG20170137); 福建省教改项目, 计算机卓越2.0人才培养模式探索与改革(FBJG20180092); 福建省教改项目, 信息类专业电子系统创新创业实训体系改革(FBJG20170113)

[作者简介] 郑佳春(1965—), 男, 福建永春人, 集美大学信息工程学院教授, 主要研究方向为新工科实践教学。

应用型专业群建设及实践教学改革的实际，以新工科为背景，以满足工程技术学位项目认证委员会（ABET）对毕业生从业能力为要求，构建工程实践教学体系，旨在培养新工科创新型卓越工程技术人才。

一 工程实践教学体系的构建

秉承“厚基础、强实训、重创新、富载体、

促成效”的实践教学理念，依据表 1 所示的 ABET 认证标准要求，我们构建了如图 1 所示的新工科实践教学体系^[10-14]。

表 1 ABET 认证标准

能力序号	ABET 能力要求
1	具备应用数学、科学和工程知识能力
2	具备工程实践所必需的技术、技能和使用现代工程工具的能力
3	具备设计和进行实验、数据分析和解释的能力
4	具备在经济、环境、社会、政治、道德、健康和安全、可制造性和可持续性等相关限制下，设计系统、组件或过程以满足所需的能力
5	具备识别、制定和解决工程问题的能力
6	具备有效沟通及在多学科团队中发挥作用的能力
7	理解工程解决方案在全球、经济、环境和社会背景的影响下所必需的广泛教育，认识到参与终身学习的必要性和能力
8	了解职业和道德责任，了解当代问题



图 1 新工科工程实践教学体系

(一) 以厚基础为目的,改革和强化基础课程实验教学

以“提高基础认识实验和设计能力”为目标,加强基础实验,实现能力1、2、3的培养。强调软/硬件的关联和协同,强调课程间的关联,强调理论课与实验课内容的关联;以虚拟仿真实验、口袋式系统实验等为主要平台,整合基础实验教学,提高学习效率,提升实验教学质量;达到既能减少学习时间又能厚基础的目的。

(二) 以课程学习为主导,强化设计实训,培养学生的基本能力

通过设计培训、课程设计、综合训练等教学模式,让学生在大学低年级就学习电路设计、软硬件设计开发平台,学会使用相应的软硬件,能够利用开发平台实现一些基本功能,以此培养学生的兴趣,触发他们的创新神经,孕育创新意识;实现能力1、2、3、4能力的培养。

以电子产品研制为目标,培养工程实践技能,通过案例课程、产品设计、产品制作等实践教学环节,对学生进行从产品规划、系统设计、电路设计、器件选型、版图设计、结构设计、封装工艺、生产流程、检验检测等全流程的训练,以达到具备承担工程项目的能力,实现能力3、4、5、6能力的培养。

(三) 以创新意识培养为引导,重视培养学生的创新能力

通过创新训练、创意训练、人文素养等实践与理论教学,让学生在大学低年级就建立创新思维、创新理念,通过人文社会科学知识学习积累创意素材,学会人文与工程的结合,以此触发他们的创新神经,孕育创新意识,提升创新能力,实现能力5、7、8的培养。

(四) 通过丰富的实践载体,培养高端复合型新工科人才

通过让学生参加国家、省、校大学生创新性实践教学计划,参加校、院组织的学科活动,参加各种各类竞赛,参与老师的科研项目,自己承担企业课题项目或者承接协同开发项目等,培养学生的自主学习、合作创新、技术整合、汇报交流、洽谈交易等综合能力;以达成复合型、创新性人才的培养;实现能力4、5、6能力的培养。

(五) 以成果导向的教学模式,促进实践成效

以培养成效为导向,通过让学生参加竞赛、展

会,撰写论文,申请专利,申报奖励等促进成效;通过就业、创业训练,学习工程管理,推进学生高端就业;通过引入国际工程认证标准,建立规范的实训管理与职业能力认证评价机制,使毕业生获得国际认可,实现国际就业;通过各种孵化园、创新创业基地引导学生创业;实现能力4、5、6、7、8能力的培养。

该新工科实践教学体系具有以下特点:(1)系统性地整合了工程实践教育的各教学环节,实现系统化、体系化;(2)完善了训练计划,加强了创新设计、创意训练、案例课程等创新性训练;(3)以实际产品设计、制作为教学内容,主动对接地方电子信息产业发展和企业技术创新需求;(4)引入国际工程人才培养质量标准,加强了创业训练、工程管理、就业实践、人文素养等综合素质的培养,具有应用推广价值。

二 多维度实践教学平台

依据上述新工科工程实践教学体系,我们建设了16个创新创业实训平台和配套实训课程资源,3个实践教学基地,实现校内创新基地24小时开放共享^[15-16]。比较有特色的实践教学平台有:

(一) 口袋式系统实验平台

该平台在实践教学体系统一的指导思想下,全方位、系统地构建相关课程的课程教学和实验教学方案;实验平台基于方便、便宜的PYNQ-Z2口袋式系统,让每个学生可以把实验平台随身携带,不限于只能在实验室做实验,有效地解决了实验场所不足问题。该平台为ARM+FPGA体系架构,其上开发了《计算机组成原理》《VLSI设计》《嵌入式系统设计》《PYTHON》以及《数字图像处理》等课程的实验项目。我们将现有的《VLSI设计》与《嵌入式系统开发及其应用》两门课程进行整合成《嵌入式系统软硬件协同设计》课程,用于培养电子信息类学生的软硬件协同设计能力;主要讲授Verilog HDL设计语言,可综合电路设计、功能验证、复杂数字系统设计、嵌入式体系结构、嵌入式开发及应用程序设计、接口应用以及驱动程序编写等内容;同时,引入开放实验,让学生自主选题设计,学生自行设计了贪吃蛇、碰撞的球、控制过障碍等游戏;使学生能够主动、全面、深入地理解信息系统,一步一步学会完整的嵌入式系统开发,从而具备解决复杂工程问题及创新创业的能力。

（二）基于机器人的可视化实践平台

该平台是一个与美国亚利桑那大学的陈以农教授合作研制的编程控制智能小车。利用陈以农教授开发的可视化机器人编程环境 VIPLE (Visual IOT/Robtics Programming Language Environment), 学生可通过绘制应用程序的流程图实现编程, 用开发环境中的编译软件将其转换为可执行程序、下载运行; 让没有程序设计经验的人员也可以很快完成自己的机器人应用程序开发。

基于该平台, 针对一年级新生我们开设了《基于机器人实践的信息科学导论》课程。大一学生通过学习该课程, 自己完成智能小车的安装并编写出较复杂的智能程序, 指导机器人探索迷宫并走出迷宫。学生通过理论学习和系统实际的设计和编程, 理解系统的结构、组成和程序开发, 为后续课程的学习打下必要基础; 同时, 获得了成就感, 从而激发学生的学习热情, 有效的提高了学生的专业认识和学习兴趣。

（三）高速 PCB 设计与订单式培养平台

当前教师的教学、实训大都是使用 PROTEL 等

软件, 而国内外大中型企业普遍采用 Cadence Allegro 软件 (市场占有率 70 ~ 80%), 造成教学内容不适应产业需求, 学生较难实现高薪、高端就业, 特别是难以进入国际化企业。为此, 我们通过与深圳迈威科技有限公司开展深度合作、产教融合, 引入该公司“快点 PCB 学院”的课程资源; 该教学资源是迈威科技有限公司高速 PCB 设计的一线高级工程师和专家研发的创新课程体系; 它基于 Cadence Allegro 软件开发, 并将企业案例引入实践教学, 从电子产品的设计、生产全周期流程出发, 形成从产品设计、制造、组装、测试等全过程的 PCB 设计与实训平台, 使学生既能得到电子产品设计、开发全面的训练, 又能与国际接轨, 取得很好效果。

我们正在试行的高速 PCB/SOC 设计订单式人才培养模式如图 2 所示。依托高速 PCB/SOC 设计实训基地, 开展校企合作、产教融合, 让企业深度参与, 根据企业需求提出订单式培养计划, 对口培养; 可开展初级、中级、高级工程师培养, 为优质电子信息企业提供高水平人才。

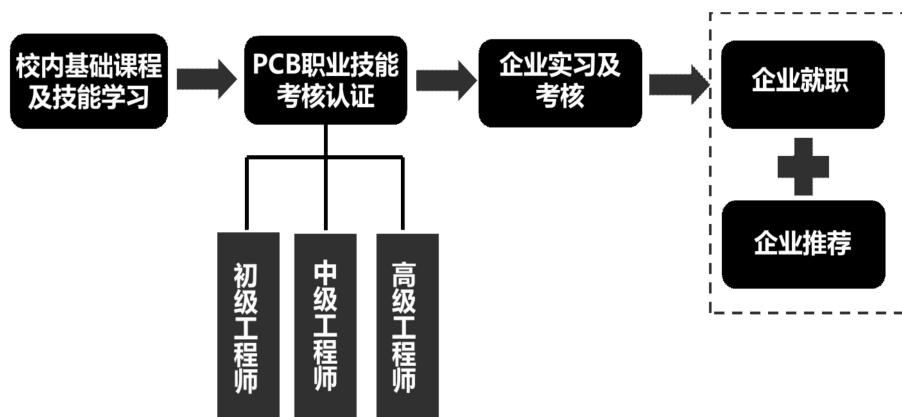


图 2 高速 PCB/SOC 设计订单式人才培养模式

（四）电子产品研发平台

通过引入企业实际的研发平台、生产设备作为实践教学平台, 建设校外实践教学基地, 缩短实践教学的“最后一学里”^[17-18]。该研发平台主要由电子产品创新设计中心、电子产品创新制造中心及教学跟踪与评测系统组成如图 3 所示。

1. 电子产品创新设计中心: 依托全球市场占有率 70 ~ 80% 的 Cadence Allegro 软件, 可进行原理图设计, 高速、高频、高密印制电路板 PCB 设计, 集成电路设计, SOC 系统设计; 涵盖电子产品

需求分析, 硬件电路开发, 集成系统研制等内容; 主要设计与分析项目如图 4 所示。平台教学可采用线上线下实训模式, 为学生提供较大的学习自由度; 也可工程师晋级提供培训和服务。

2. 电子产品制造中心: 搭建电子产品制造系统, 实现从元器件到完整电路自动板焊装贴片、安装调试等电子产品制造的全流程, 让学生掌握电子产品制造的流程、工艺、测试等工程及规范。

3. 电子产品创新评测中心: 通过检验、检测软件开发, 智能仪器、软件对设计的产品进行测试

试, 做出性能评价; 同时, 进行实践教学的全程跟踪、记录、评鉴。通过调查、分析、研讨, 形成反馈意见, 修正实践教学的各个环节, 持续改进。

在工程实践能力训练中, 注重综合智力与非智力因素, 在课程设置中涵盖知识、能力以及素质3个维度, 储备交叉学科领域知识、培育多学科研究能力与跨学科合作精神, 使培养的人才具有多学科思维、复

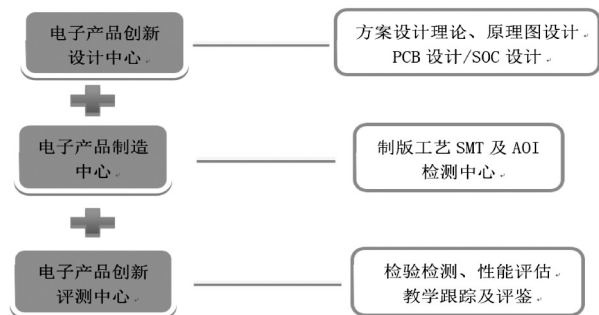


图3 电子产品研发平台

合型知识、创新性能力与工程型素质。在经典教材基础上不断融入多个学科的新知识、新技术, 以“思维导图”视角优化课程内容; 以工程问题为线索, 建设电子信息交叉学科专业课程群模式, 扩大电子信息学科的专业课程修读覆盖面。开展面向工程能力培养为核心的多维度、多学科交叉与融合教学。

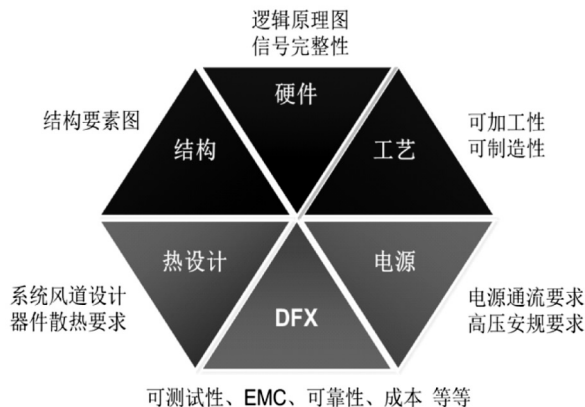


图4 电子产品创新设计项目结构图

三 实践教学平台的实践与成效

利用建设的新工科创新实践平台, 以指导教师的科研项目为载体, 通过大学生创新性实践教学计划、参加各种竞赛、参加老师课题项目、学生自己承担课题项目或者承接协同开发项目等, 让学生在老师指导下或者自己进行课题项目的创新研究开发, 培养学生的自主学习、合作创新、技术整合、汇报交流、洽谈交易等综合能力; 以达成复合型、创新性人才的培养。2013年以来, 指导学生完成科研选题超过100项, 其中获得国家级省级大学生创新项目立项52项; 参加各类学科竞赛获省级以上奖169项, 学生发表学术论文20多篇, 申请专利10多项, 注册公司5家。通过引入IEET工程认证, 电子信息工程专业获得认证。可见, 该实践教学体系的建设和实践, 吸收了企业意见与建议、引进国际化先进教育理念, 学生自主创新成效凸显, 个性化创新能力培养目标初现, 形成了实现工程性、创新性的培养模式, 且具有较大的推广价值。

四 结束语

电子信息应用型专业新工科实践教育体系已经

在集美大学电子信息应用型专业群应用于2年多。实际应用结果表明: 该实践教学体系在培养具有创新能力、思维能力、合作能力、科研能力、管理能力和工程意识等复合型高级工程技术电子信息类创新人才所采取的理念、方案、技术、方法、措施是科学的、合理的、有效的; 可促使培养适应“新经济”发展的应用型、创新型电子信息人才的目标落到实处; 以下几点可供其他高校借鉴或者推广应用。

(一) 工程实践教育体系应以地方电子信息产业发展和企业技术创新需求为导向, 通过校企联合制定培养目标、培养方案, 共同建设课程与开发教程, 充分利用地方资源, 建立社会力量广泛参与的共商、共建、共享的工程教育共同体。

(二) 实践教学平台建设, 既要自主研发, 又要引入优势教学资源。我们开发的创新实践教学平台: 基于机器人实践的信息科学导论、基于Python的FPGA实践、MIPS嵌入式系统的FPGA实现, 覆盖大一到大三年级, 从大一激发低年级学生对本专业的学习热情, 并掌握一定技能, 到高年级解决复杂工程问题的能力培养, 形成体系。

(三) 课程体系增加了培养学生具备整合能力、全球视野、领导能力、实践能力、人文科学、

工程技术伦理等素质教育, 加强学生与国际一流企业的高效对接, 实现毕业生的高薪高端就业。

(四) 以国际工程认证标准, 规范职业能力评价认证, 可培养符合行业、国际需求的人才。

[参考文献]

- [1] 吴岩: 2019年, 打好全面振兴本科教育攻坚战 [EB/OL]. (2019-01-29) [2019-03-06]. http://www.moe.gov.cn/s78/A08/moe_745/201901/t20190128_368232.html.
- [2] 林健. 面向未来的中国新工科建设 [J]. 清华大学教育研究, 2017, 38 (2): 26-35.
- [3] 夏建国, 赵军. 新工科建设背景下地方高校工程教育改革发展的刍议 [J]. 高等工程教育研究, 2017 (3): 15-19.
- [4] 吴爱华, 侯永峰, 杨秋波, 等. 加快发展和建设新工科主动适应和引领新经济 [J]. 高等工程教育研究, 2017 (1): 18-23.
- [5] 孔繁森, 王瑞. 实践教学体系的框架模型研究 [J]. 高等工程教育研究, 2017 (5): 135-139.
- [6] 朱民. 新工科要求下的地方本科高校工程训练建设研究 [J]. 实验技术与管理, 2018 (10): 152-155.
- [7] 邹辉, 叶蓓, 贺超凯, 等. 新工科背景下实践教学质量标准研究 [J]. 大学物理实验, 2017 (6): 136-138.
- [8] 周开发, 曾玉珍. 新工科的核心能力与教学模式探索 [J]. 重庆高教研究, 2017, 5 (3): 22-35.
- [9] 吕小艳, 文衍宣. 地方高校工科学生工程实践能力培养对策研究 [J]. 实验技术与管理, 2016, 33 (1): 13-16.
- [10] 孙科学, 郭宇锋, 肖建, 等. 面向新工科的工程实践教学体系建设与探索 [J]. 实验技术与管理, 2018 (5): 233-235.
- [11] 王启立, 李小川, 窦东阳, 等. 面向工程教育的实验教学与实践教育体系建设 [J]. 实验室研究与探索, 2016, 35 (12): 178-181.
- [12] 杨晋, 王小荣, 刘潇潇, 等. 工科院校工程实践教学体系的探索与实践 [J]. 实验技术与管理, 2008, 25 (7): 20-22, 32.
- [13] 黄志高, 陈水源, 罗毅, 等. “一体两创三应用”新能源工科实践体系的构建与实践 [J]. 中国大学教学, 2018 (7): 72-76.
- [14] 陈东辉, 江敏, 钱平. 电气工程专业工程实践教学体系的构建 [J]. 实验室研究与探索, 2013, 32 (11): 193-196.
- [15] 成谢锋, 郭宇锋, 黄丽亚, 等. 大电子实验教学平台建设和教学方式的改革 [J]. 实验室研究与探索, 2015, 34 (9): 164-167, 187.
- [16] 刘加彬, 祖强, 魏永军, 等. 江苏省实验教学与实践教育中心建设探讨 [J]. 实验技术与管理, 2016, 33 (2): 133-136, 142.
- [17] 杨为中, 张萍, 苟立, 等. 在校外实践教育基地建设工科实验教学体系 [J]. 高校实验室工作研究, 2016 (4): 88-90.
- [18] 王铁峰, 蔡英, 王海龙, 等. 国家级大学生校外实践教育基地建设 [J]. 实验室研究与探索, 2015, 34 (8): 202-204.

(责任编辑: 孙永泰)

A New Engineering Practical Teaching System of Electronic Information Application Profession

ZHENG Jia-chun¹, CAI Wei-qing², WU Yi-liang¹, HUANG Chang-bin¹, CAO Chang-yu¹

(1. College of Information Engineering, Jimei University, Xiamen 361021, China;

2. Academic Affairs Office, Jimei University, Xiamen 361021, China)

Abstract: Under the background of new era, new engineering, and solid undergraduate education, relying on the construction of electronic information and communication engineering experimental teaching center, oriented to cultivate innovative ability, thinking ability, cooperation ability, scientific research ability, management ability and engineering awareness for the composite advanced engineering technology innovation talents in the electronic information professional group, it adheres to the practical teaching philosophy of “thick foundation, strong training, high innovation, rich carrier, and quick effectiveness” to build engineering practice teaching system and practical experimental teaching platform of electronic information application professional group for new engineering. After years of reform and practice, it has extensively absorbed corporate opinions and suggestions, introduced international advanced education concepts, and formed an engineering and innovative training model. It has achieved talent training results and application demonstrations, and has great promotion value.

Key words: new engineering; practical teaching system; practical teaching platform; training mode; deep integration of production and education

投稿网址: <http://xuebaobangong.jmu.edu.cn/jkb/>