

基于多校克隆班的“场景构建式、图谱理解式” 硬件创新能力迭代递进式培养*

张彦航¹ 战德臣¹ 原頔² 邵彩幸³

1. 哈尔滨工业大学计算学部, 哈尔滨 150001
2. 四川民族学院智能科学与技术学院, 康定 626001
3. 西南民族大学计算机科学与工程学院, 成都 610025

摘要 立足“兴趣驱动、以用促学、以用固学”新思路, 构建基于“学、练、用”三位一体的贯通式培养架构。通过采取“线下实体课堂”主导+“云端实体课堂”协同+MOOC在线辅助的远程同步“多校克隆班”教学方式, 探索了“场景构建式、图谱理解式、实践渐进式”硬件创新实践能力培养新模式。

关键字 硬件创新能力, 多校克隆班, 场景构建式, 图谱理解式, 实践渐进式

Iterative and Progressive Cultivation of Hardware Innovation Ability Based on "Scene Construction and Graph Understanding" in Multi School Clone Classes

Yanghang Zhang¹ Dechen Zhan¹ Di Yuan² Caixing Shao³

1. Faculty of Computing, Harbin Institute of Technology, Harbin 150001, China, zhangyanhang@hit.edu.cn
1. Faculty of Computing, Harbin Institute of Technology, Harbin 150001, China, dechen@hit.edu.cn
2. College of Intelligent Science and Technology, Sichuan Minzu College, Kangding 626001, China, yuandi@scun.edu.cn
3. School of Computer Science and Engineering, Southwest Minzu University, Chengdu 610025, China, cyscx1211@163.com

Abstract—Based on the new concept of "interest driven, using to promote learning, and using to solidify learning", we aim to construct a comprehensive training framework that integrates "learning, practice, and application". By adopting a remote synchronous "multi school clone class" teaching method led by "offline physical classroom", "cloud based physical classroom" collaboration, and MOOC online assistance, a new model of hardware innovation practice ability cultivation based on "scene construction, graph understanding, and progressive practice" has been explored.

Keywords—Hardware innovation capability, Multi school clone class, Scene construction style, Graph understanding formula, Practice progressive approach

1 引言

当前, 全球范围内正在掀起新一轮科技革命和产业变革。面对新形势, 习近平总书记在广东考察时指出“实现高水平科技自立自强, 是中国式现代化建设的关键。要深入实施创新驱动发展战略, 加强区域创新体系建设, 进一步提升自主创新能力, 努力在突破关键核心技术难题上取得更大进展。”因此, 科技自立自强是国家强盛之基、安全之要, 是如期全面建成社会主义现代化强国的有力保障。

长期以来, “中国芯”一直是我国产业发展之痛, 突破集成电路关键核心技术事关国家安全和战略发展。

因此, 提高硬件系统设计与创新能力对培养我国高端芯片设计人才、解决“卡脖子”技术至关重要。近年来针对集成电路技术这一短板领域, 作为高端人才培养的摇篮, 国内各大高校在专业设置、优质师资投入、研究领域拓展以及招生就业等多方面不断加大力度。国内高校计算机大类专业硬件类课程教学也逐步从知识型课程向能力型课程转变^[1-4], 以创新型和能力型人才培养为目标, 广大高等教育工作者围绕计算机硬件类课程优化、教学改革和教学创新等方面进行了深入探索和实施^[5-6], 取得了丰富的研究成果。

2 硬件课程教学困境

目前, 在计算机专业硬件系统设计与创新能力培养方面, 普遍存在以下关键问题亟需解决:

*基金资助: 本文得到哈尔滨工业大学新形态教材项目建设资助。

(1) “亲软疏硬”，学生对硬件兴趣不高，不爱学、学不好，导致硬件设计基础差的现状亟需解决。

计算机大类的学生普遍存在喜欢软件、对硬件兴趣不高的“亲软疏硬”的现象。由于不喜欢，导致不爱学，进而学不好，并进一步导致硬件基础薄弱。硬件是软件的基础，硬件知识和硬件设计能力缺乏将制约软件设计及开发能力向更高层次的发展。“重结论、重答案”的习题堆叠式教学使学生按部就班地完成“上课听讲、下课做题、实验验证”的固定流程。

(2) “欺软怕硬”，学生畏惧硬件设计，看到芯片发懵、拿到板子发怵，破解硬件系统设计与创新能力不足的问题刻不容缓。

由于硬件基础差，导致学生“欺软怕硬”，不敢接触硬件，甚至抵触硬件类课程。因此，如何从简单应用入手，立足低起点，渐进式培养学生的硬件实践能力，解决好“怕硬件”的问题至关重要，使学生能够真正从兴趣出发、带着思考主动探究未知世界、积极尝试挑战性问题。

(3) “少数民族地区师资力量薄弱”，固守传统形式的单一学校“围城式”课程教学，难以突破自我成长的单一发展模式，导致课程发展后劲不足，难以形成落后地区大覆盖、群体化协同式成长。

西部少数民族地区高校师资力量薄弱，难以带动

高生师比状况下的高质量人才培养。此外，基于单一学校开展的课程教学，虽然具有结合学校特色的优势，但是这种“围城式”的自我成长模式，难以突破单一化发展，导致课程发展后劲不足，使人才培养上出现“心有余力不足”。

针对以上问题，哈尔滨工业大学“数字逻辑设计”课程团队提出了基于多校克隆班的“场景构建式、图谱理解式、实践渐进式”硬件创新能力培养模式，对多元化教学进行了有益探索。

3 迭代递进式硬件能力培养思路

迭代递进式硬件能力培养思路以学习金字塔、构建主义等教育理论为指导，立足探究发现式学习，以兴趣为驱动，构建起知识获取、问题解决、拓展探究和创新探索的迭代递进式培养架构，实现硬件实践能力“低起点、高落点”的渐进式提升，并进一步达成提兴趣、重思考、厚基础、深钻研、能创新、树自信的教学目标。

如图1所示，硬件创新能力培养框架。将理论教学与实践教学的开展分为课内与课外两种方式，教学活动的具体形式包括“课堂讲授”、“分组研讨”、“MOOC+SPOC 学习”、“课外研读”、“趣味实验”、“探究式大作业”、“项目报告写作”、“项目答辩”等。

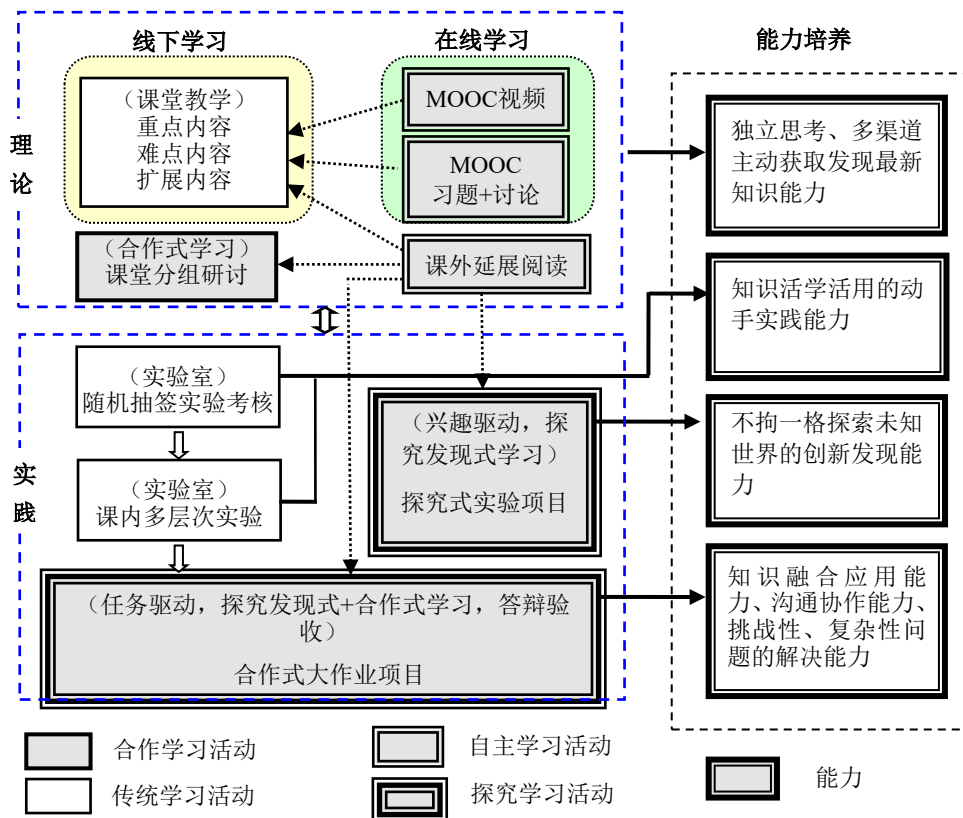


图1 硬件创新能力培养框架

理论环节主要包括课堂教学、分组研讨、MOOC+SPOC 学习、在线习题训练、在线问题讨论以及课外延伸阅读。实践环节包括课内多层次实验、探究式大作业、课外兴趣实验。其中大作业项目属于“主动探究+小组合作”式学习活动的范畴，分组研讨属于合作式学习活动，课外延伸阅读属于自主学习活动，课堂教学与课内常规实验属于传统学习活动的范畴，而课外兴趣及探究式实验则属于探究学习活动的范畴。

理论环节主要包括课堂教学、分组研讨、MOOC+SPOC 学习、在线习题训练、在线问题讨论以及课外延伸阅读。实践环节包括课内多层次实验、探究式大作业、课外兴趣实验。其中大作业项目属于“主动探究+小组合作”式学习活动的范畴，分组研讨属于合作式学习活动，课外延伸阅读属于自主学习活动，课堂教学与课内常规实验属于传统学习活动的范畴，而课外兴趣及探究式实验则属于探究学习活动的范畴。

在这一框架下的学习方式融合了自主学习、传统学习与合作式学习，培养学生独立思考、多渠道主动发现获取最新知识的能力。新框架下的实践活动则融合了传统学习、合作学习与主动探究式学习，旨在培养学生的动手实践能力、知识融合能力、沟通协作能力以及不拘一格探索未知世界的创新发现能力。

新型教学模式强调：学生需要课外自主学习和主动探究课内教学无法涵盖的更广泛的知识与技能，通过合作与研讨等方式，完成对知识的综合与贯通，并在此基础上进一步探索未知领域，培养创新思维和创新能力。

4 基于场景构建式教学引发学习兴趣

基于场景构建式教学引发学习兴趣，采取自顶向下方式启发式引导问题发现，实现爱硬件、学硬件、悟硬件的转变，筑牢硬件设计基础。

4.1 立足低起点，打好兴趣牌

兴趣是最好的老师，如何激发学生的学习兴趣是教学成败的一个关键。为此，教学内容及实践项目注重趣味化、生活化、实例化，让学习始于兴趣、源于勤思多问。在实际教学中注意知识与应用的密切关联，在每一个重要的知识点后面都引入一个趣味化、生活化的应用实例，可以调动起学生学习和动手实践的积极性。例如，结合逻辑门给学生展示一个旅客身高范围检测器的应用电路；结合触发器给学生说说 I/O 电路的设计；学完计数器讲讲数字密码锁；结合电路调试，领着学生测试一下实际逻辑电路，看

看怎样定位错误……。基于兴趣驱动，引导学生从基础入手，带着问题逐步走向深入。

4.2 实施概念实例化、过程波形化、理解形象化的场景理解式教学

教学采取“概念实例化、过程图形化、理解形象化”的场景构建式，帮助学生更好地理解概念、掌握知识。

以测量电机转速为例，从利用光电转换装置捕获信号开始，直到最后显示出测量结果，每一个过程都用波形的方式辅助理解。以巧妙、自然、形象化的方式把“什么是模拟信号、什么是数字信号？它们各自有什么特点”等相关概念融合其中。同时也把“数字信号如何检测？”、“数字电路的研究范畴是什么？”、“模拟电路研究哪些内容？”“芯片是什么？”以及“检测系统又是怎样”等一系列问题都解决了。

通过概念实例化、过程波形化达到理解形象化，达成由点及面、再到系统的递进式教学，筑牢理论基础，增强硬件设计内功。让硬件学习始于兴趣、源于热爱，实现从学硬件到悟硬件的进一步转变。

4.3 改变教学思路、改进教学方法，培养科学缜密的逻辑设计思维

采取“讲方法、非结论，讲思路、非答案，多视角、多启发，多实例、多辨析”的新方式，通过精讲精练，基于“一例有多解、多讲用一例、知识有贯通”的主动式、发散式逻辑思维训练，培养学生建立科学缜密的逻辑设计思维。

5 基于知识图谱构建“学、练、用”三位一体贯通式培养架构

(1) 开展基于知识图谱的“图谱理解式”教学

知识图谱和思维导图的优点在于可以将知识以及逻辑关系可视化。为此，课程学习要“先总览观全局、再局部理思维”，分别在大尺度和细粒度上助力学生全面把握课程总体脉络、精细化掌握课程知识细节。通过章节知识脉络展示，将思维过程可视化，能够直观地从宏观到局部多尺度帮助学生更好地把握关键知识点以及知识之间的连贯性。课堂精讲精学、慕课在线查漏补缺、课外研读知识扩展，问题不留死角，知识覆盖全面。

(2) 打造硬件能力分层训练平台，支撑“低起点、高落点”硬件设计能力培养三级跳

首先是基于便携式实验箱的第一级硬件连线实验体验平台，每人一台，用于基础实验和趣味实验，

通过硬件体验,让学生从低起点入手,培养兴趣、打好基础。

其次是基于 Xilinx Artix-7 Xc7A35 口袋板的第 2 级掌上移动实验平台,人手一块开发板。这部分用于专项实验、综合实验、创新实验和趣味实验,配合“课外 SPOC 小助手”,使学生完成“边学边做、边做边学”的“学、做并行式”能力培养。

第 3 级是基于 Xilinx Zynq 系列控制柜的远程虚拟实验验证平台,可用于更具挑战性的创新实验、复杂性更高的系统实验以及趣味实验。

在上述三级硬件实验平台的支撑下,通过“低起点、高落点”搭梯子的方式,使学生可以循序渐进地由简单的基础实验过渡到自主性创新设计与复杂性系统设计,并与后续课程达到无缝连接。

(3) 立足主动探究发现式学习思路,开展“低起点、高落点”实践渐进式教学,实现“学、练、做”三位一体贯通式硬件能力培养

构建涵盖基础实验、趣味实验、专项实验、综合实验、创新实验的硬件能力分层训练平台,实现“边

学边做、边做边学”、“学、练、用”三位一体贯通式硬件能力培养。形成知识获取、问题解决、拓展探究和创新探索等环节环环相扣、迭代递进的良好循环,提升学生的硬件系统设计与创新能力。

6 基于远程同步“多校克隆班”模式实施群体化协同式教学

基于“名校线下实体课堂”主导+“云端西部实体课堂”协同+慕课名课在线辅助的多元化方式构建远程同步“多校克隆班”教学模式,立足名校名师名课,由哈尔滨工业大学牵头,带动西南民族大学、四川民族学院突破传统形式下单一学校“围城式”教学,借助雨课堂、依托国家级一流本科课程(线上)开展多校克隆班混合式教学。

通过校际课程深度融合,构建起各院校在课堂现场教学、课件、教材、知识点、应用案例、问题思考、习题测验、实验演练等多个环节的深度参与、共建共享及多方联动的桥梁,推进更深层次的课程教学改革,加强西部少数民族地区的师资力量和课程发展后劲,促进优质教学资源高效应用及优质教育大覆盖,形成群体化协同式成长的多边发展态势。

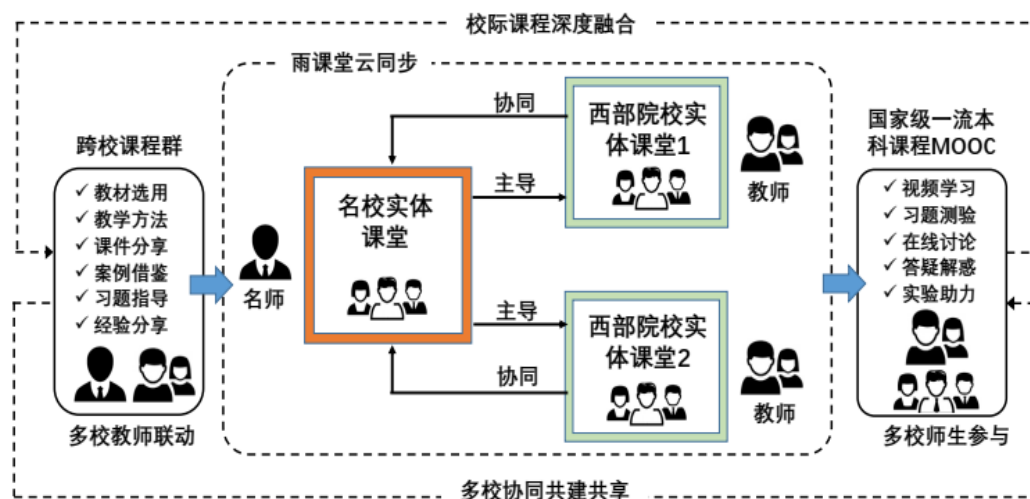


图 2 多校克隆班教学模式

7 实施成效

2023 年秋季,以哈尔滨工业大学为牵头,携手四川民族学院和西南民族大学联合开展了“数字逻辑设计”课程多校克隆班教学改革试点,初步取得了明显的教学成效。

两个少数民族地区高校的学生成绩有了明显提高,如表 1 所示,四川民族学院的学生成绩在实施多校克隆班前,学生的平均成绩是 72.5 分,优秀率是 4.1%,

不及格率为 2%。实施多校克隆班之后,平均成绩提高到 74.1 分,优秀率增长为 8.2%,但不及格率照比之前没有下降,反而增加到 4.1%,究其原因,四川民族学院的少数民族学生有很多来源于西藏偏远地区,本身基础较差,对 C9 重点大学课程学习进度的适应性和知识内容的掌握上存在一定困难,需要本地教师给予这部分学生更多的帮助。

实施多效克隆班之后,西南民族大学学生的平均成绩与改革前持平,都是接近 81 分左右,但优秀率有

了很大提升,由原来的 27.6%,增长为 34.8%,提高了 7.2%,不及格率也由原来的 3.8%下降为 1.0%。

实践证明,基于多校克隆班的“场景构建式、图谱理解式”新型硬件教学模式切实可行,取得了良好的教学效果。

表 1 实施多校克隆班改革前后四川民族学院学生成绩对比

	平均分	优秀率	不及格率
改革前	72.5	4.1%	2%
改革后	74.1	8.2%	4.1%

表 2 实施多校克隆班改革前后西南民族大学学生成绩对比

	平均分	优秀率	不及格率
改革前	80.7	27.6%	3.8%
改革后	80.8	34.8%	1.0%

8 结束语

立足主动探究发现式学习思路,通过采取“概念实例化、过程图形化、理解图谱化”的场景构建式教学,激发学生硬件学习兴趣。通过“学、练、用”三位一体贯通式硬件能力培养,实现“低起点、高落点”

硬件系统设计与创新能力的渐进式提升。基于跨校克隆班机制,对解决西部少数民族地区师资力量薄弱及单一学校“围城式”课程教学的问题进行了有益探索,推动了校际课程深度融合和优质教学资源的高效应用,形成优质教育大覆盖、群体化协同式成长的广域化多边发展效应。

参考文献

- [1] 蔡朝晖,陈伟清,贺莲,等. 面向赋能教育的计算机系统课程口袋实践体系建设[J]. 计算机技术与教育学报, 2023, 11(4):22-25.
- [2] 袁春风,余子濠,朱光辉,等. 计算机系统导论课程教学思路及课程资源建设[J], 计算机教育, 2023(11):12-17.
- [3] 凌纯清,邝继顺,徐成,胡红平. 基于问题导向的数字电路与逻辑设计课程教学改革[J], 计算机技术与教育学报, 2023, 11(2):34-38.
- [4] 唐志强. 计算机专业数字逻辑实验的设计与实践[J], 软件导刊, 2019, 18(5):35-38.
- [5] 程宝雷,樊建席,张广泉. 高质量创新型本科人才的培养实践研究[J], 计算机技术与教育学报, 2023, 11(4):5-9.
- [6] 张策,吕为工,李剑雄. 面向系统能力培养的计算机组成原理课程教学内容改革[J]. 软件导刊, 2023, 22(7):164-168.