

基于“需求-能力-过程-评价”体系的研究生集成电路设计创新能力培养方法探索

马力, 谢开

武汉理工大学, 湖北 武汉 430070

DOI: 10.61369/ETR.12306

摘 要 : 集成电路设计专业学位研究生创新能力培养对提升我国集成电路产业核心竞争力至关重要。本文基于“需求-能力-过程-评价”视角, 深入剖析当前集成电路设计专业学位研究生创新能力培养的现状与问题, 构建以需求为导向、能力为核心、过程为保障的创新能力培养体系。从课程设置、实践教学、师资队伍建设等多维度提出具体实施路径与策略, 旨在为培养具有创新精神和实践能力的高层次集成电路设计人才提供理论与实践指导。

关 键 词 : 集成电路设计; 专业学位研究生; 创新能力; 培养体系

Exploration of the Cultivation Method for Graduate Students' Integrated Circuit Design Innovation Ability Based on the "Demand - Capacity - Process - Evaluation" System

Ma Li, Xie Kai

Wuhan University of Technology, Wuhan, Hubei 430070

Abstract : The cultivation of innovation ability for postgraduates majoring in integrated circuit design is of vital importance to enhancing the core competitiveness of China's integrated circuit industry. Based on the perspective of "demand - ability - process - evaluation", this paper deeply analyzes the current situation and problems of innovation ability cultivation for postgraduates majoring in integrated circuit design, and constructs an innovation ability cultivation system oriented by demand, centered on ability, and guaranteed by process. It proposes specific implementation paths and strategies from multiple dimensions such as curriculum setting, practical teaching, and the construction of the teaching staff team, and visually presents them through charts, aiming to provide theoretical and practical guidance for cultivating high-level integrated circuit design talents with innovative spirit and practical ability.

Keywords : integrated circuit design; professional degree graduate; innovation ability; training system;

引言

集成电路作为信息技术产业的核心, 是推动经济社会发展和保障国家安全的战略性、基础性和先导性产业。全球半导体产业正经历从工艺驱动向架构创新的范式转换。据 IEEE 2023 年报告, 3nm 以下节点设计成本中 EDA 工具使用占比达 62%, 要求工程师具备算法建模与物理实现的跨层优化能力。传统培养模式在时空资源配置上存在“三滞后”: 知识更新滞后技术迭代(平均周期差 18 个月)、实践平台滞后产业需求(工具版本差 2-3 代)、评价标准滞后能力维度扩展^[1]。随着我国集成电路产业的迅猛发展, 对高层次创新型人才的需求日益迫切。专业学位研究生教育以培养具有较强实践能力和创新能力的应用型人才为目标, 在集成电路设计人才培养中发挥着重要作用。武汉理工大学凭借深厚的工科底蕴, 在集成电路设计专业学位研究生培养方面积极探索, 致力于为产业发展输送高素质创新人才。然而, 当前该专业研究生创新能力培养仍存在培养目标与产业需求脱节、课程体系不完善、实践教学薄弱、师资队伍结构不合理等问题, 难以满足产业对创新人才的需求。因此, 构建科学合理的集成电路设计专业学位研究生创新能力培养体系具有重要的现实意义。

课题项目:

- 武汉理工大学产教融合研究生培养模式研究教研项目: 面向集成电路设计的新工科专业学位硕士研究生创新能力培养的实践研究, 项目编号: y2024024。
- 武汉理工大学校级研究生教育教学改革研究项目: 立德树人视角下研究生导学思政育人机制研究, 项目编号: y2024047。
- 中央高校基本科研业务费资助, 武汉理工大学自主创新研究基金(党建与思政专项): 教育家精神引领新时代研究生导师队伍建设研究, 项目编号: 104972025XCBO006。
- 教育部产学合作协同育人项目: 新工科背景下脑智能启发的测试性实验室, 项目编号: 231105789161952。

一、集成电路设计专业学位研究生创新能力培养的现状与问题

（一）培养目标与产业需求存在偏差

武汉理工大学在制定集成电路设计专业学位研究生培养目标时，虽考虑了学科发展，但对产业动态和实际需求的调研不够深入。产业对集成电路设计人才的需求已向人工智能芯片、5G 通信芯片等新兴领域倾斜，且注重人才的跨学科知识和实际创新能力。然而，学校部分培养目标仍侧重于传统集成电路设计方向，导致培养出的研究生在知识结构和创新能力上与产业需求存在差距，进入企业后适应期较长，难以快速为企业创新发展贡献力量。

（二）实践教学环节薄弱

部分实验室的集成电路设计软件版本较低，无法支持最新的设计流程和技术，限制了学生实践操作的先进性和全面性。实验项目设置单一，多为验证性实验，缺乏综合性、创新性实验项目，难以培养学生解决复杂工程问题的能力。例如，在芯片版图设计实验中，学生仅按照既定步骤完成简单版图绘制，缺乏对实际工程中版图优化、寄生参数分析等关键问题的实践锻炼。企业对学生的指导缺乏系统性，往往由不同部门人员临时指导，缺乏专业导师对学生实习全过程的跟踪和指导。此外，学校对学生校外实习的监管和考核机制不完善，导致实习效果难以保证，无法有效提升学生的实践创新能力。

（三）师资队伍结构与水平有待提升

具有企业实践经验的教师占比较低，多数教师从高校毕业后直接任教，缺乏在集成电路设计企业的实际工作经历，这使得教师在教学中难以将理论知识与工程实践紧密结合，无法为学生提供实际工程案例和解决问题的思路。部分教师对创新教学理念和方法的掌握不够，仍采用传统教学模式，难以激发学生的创新思维。在教学过程中，对学生创新能力的培养缺乏系统性规划和针对性指导。同时，教师自身参与科研项目的深度和广度不足，无法将最新科研成果及时融入教学，影响了学生对学科前沿知识的掌握和创新能力的提升。

二、“需求－能力－过程”创新能力培养体系的构建

（一）需求分析

1. 产业需求

随着集成电路产业的快速发展，武汉本地及全国产业对集成电路设计人才的需求呈现出多样化和高端化的趋势。从技术领域来看，除了传统的数字、模拟集成电路设计，新兴的人工智能芯片、5G 通信芯片、物联网芯片等领域对人才的需求日益增长。这些新兴领域要求人才具备跨学科知识，如人工智能芯片设计需要掌握人工智能算法、计算机体系结构和集成电路设计等多方面知识。从能力要求来看，产业不仅需要人才具备扎实的专业基础知识和设计技能，更注重人才的创新能力、实践能力、团队协作能力和沟通能力。武汉作为我国集成电路产业发展的重要区域，拥有众多集成电路设计企业，如长江存储等，对人才的需求更为迫切，且对人才的本地化培养有较高期望，希望高校能为企业输送

更多熟悉本地产业环境、具备创新能力的实用型人才。

2. 学生需求

武汉理工大学的集成电路设计专业学位研究生来源广泛，学生背景和需求各异。一些学生本科来自本校或其他高校的相关专业，具有一定的专业基础，但希望通过研究生阶段的学习，深入掌握集成电路设计核心技术，提升创新能力，为未来从事科研或高端设计工作打下基础。另一些学生可能跨专业报考，他们对集成电路设计有浓厚兴趣，但需要在研究生阶段弥补专业知识的不足，更注重实践能力的培养，希望通过学习能快速适应产业岗位需求。不同学生的职业规划也有所不同，有的学生希望毕业后进入企业，从事芯片设计、研发工作；有的学生则有志于继续深造，攻读博士学位，从事学术研究。因此，满足学生多样化的需求，因材施教，是提高学生创新能力培养质量的关键。

（二）能力要素分析

1. 专业知识与技能

扎实的专业知识与技能是武汉理工大学集成电路设计专业学位研究生创新能力的基础。包括半导体物理、集成电路设计原理、版图设计、芯片测试等专业基础知识，以及熟练掌握集成电路设计软件工具（如 Cadence、Synopsys 等）和硬件开发平台的操作技能。学校通过开设相关专业课程，如《半导体物理与器件》《数字集成电路设计》《模拟集成电路设计》等，为学生奠定专业知识基础，并通过实验课程、课程设计等环节，强化学生对专业技能的掌握。

2. 创新思维与方法

创新思维与方法是推动集成电路设计创新的关键。要求学生具备敏锐的洞察力，能够发现集成电路设计领域中的新问题和机遇；具备发散性思维和批判性思维，敢于突破传统思维模式，提出新颖的设计理念和解决方案；掌握创新方法，如头脑风暴法、TRIZ 理论等，能够有效地解决创新过程中遇到的问题。武汉理工大学通过举办学术讲座、创新方法培训课程等方式，培养学生的创新思维和方法。例如，邀请行业专家来校分享集成电路设计领域的前沿技术和创新案例，组织学生参加创新思维训练工作坊，引导学生运用创新方法解决实际问题。

3. 实践能力

实践能力是将创新思维转化为实际成果的重要保障。包括实验操作能力、项目开发能力和工程实践能力。学生需要通过实验操作，验证理论知识和设计方案的可行性；能够参与实际的芯片设计项目，从项目需求分析、设计、实现到测试，全过程地锻炼项目开发能力；具备工程实践能力，了解芯片设计与制造的工艺流程，能够将设计成果与实际生产相结合，解决工程实践中的问题。学校通过加强校内实践教学平台建设，与企业合作共建校外实践基地，为学生提供丰富的实践机会。例如，学生在校内实验室进行集成电路设计实验，参与企业实际项目实习，在实践中提升自己的实践能力。

4. 团队协作与沟通能力

集成电路设计是一个复杂的系统工程，需要多个专业领域的人员协同合作。因此，团队协作与沟通能力是武汉理工大学集成电路设计专业学位研究生必备的能力。学生需要具备团队合作精神，能够与团队成员相互协作、优势互补，共同完成项目任务；具备良好的沟通能力，能够清晰地表达自己的观点和想法，与团

队成员、导师和企业人员进行有效的沟通交流。学校通过组织学生参加团队项目、学科竞赛等活动,培养学生的团队协作与沟通能力。例如,在研究生创“芯”大赛中,学生需要组成团队,共同完成集成电路设计项目,在这个过程中锻炼团队协作和沟通能力。

(三) 培养过程设计

1. 课程学习阶段

课程学习是培养研究生创新能力的基础环节。武汉理工大学在课程设置上,紧密围绕产业需求和能力要素,构建模块化、层次化的课程体系。设立专业基础课程模块,夯实学生的专业基础知识,如《电路理论》《信号与系统》等课程;开设专业核心课程模块,涵盖集成电路设计的各个关键领域,提升学生的专业核心能力;设置前沿技术与交叉学科课程模块,引入人工智能、大数据、物联网等新兴技术与集成电路设计的交叉内容,拓宽学生的知识面和视野。同时,注重课程内容的更新与优化,及时将行业最新技术和研究成果融入课程教学中。在教学方法上,采用项目驱动、案例教学、小组讨论等多样化的教学方法,激发学生的学习兴趣和创新思维。引导学生分析问题、提出解决方案,并组织小组讨论,培养学生的创新思维和团队协作能力。

2. 实践教学阶段

实践教学是培养研究生创新能力的关键环节。武汉理工大学加强校内实践教学平台建设,购置先进的集成电路设计软件和硬件开发设备,建设集成电路设计综合实验室、芯片测试实验室等,为学生提供良好的实践条件。丰富校内实践教学项目,设置综合性、创新性实验项目,鼓励学生自主设计实验方案,培养学生的实践操作能力和创新能力。例如,在集成电路设计综合实验中,学生需要自主完成一个完整的芯片设计项目,从需求分析、电路设计、版图设计到芯片测试,全面锻炼实践能力。加强校外实践基地建设,与集成电路设计企业建立长期稳定的合作关系,共建校外实践基地。选派学生到企业进行实习,参与企业的实际项目研发,让学生在实践中了解产业需求,锻炼项目开发能力和工程实践能力。同时,建立校外实践导师制度,由企业技术骨干担任校外实践导师,对学生进行一对一的指导,确保实践教学质量。

3. 科研训练阶段

科研训练是培养研究生创新能力的重要途径。武汉理工大学鼓励学生参与导师的科研项目,在科研实践中培养科研创新能力。导师根据学生的兴趣和特长,为学生制定个性化的科研训练计划,引导学生选择具有挑战性的研究课题。在科研过程中,导师注重培养学生的科研方法和创新思维,指导学生查阅文献、开展实验研究、分析数据和撰写论文。同时,积极组织学生参加学术交流活动,如学术研讨会、学术讲座等,让学生了解学科前沿动态,拓宽学术视野,激发创新灵感。例如,学校定期举办集成电路设计学术论坛,邀请国内外知名专家学者和企业技术人员进行学术报告和交流,为学生提供与行业专家面对面交流的机会。此外,学校还支持学生参加国际学术会议,提升学生的国际视野和学术交流能力。

4. 评价体系的形成

形成动态能力生成机制,构建“三螺旋”能力发展模型:理论认知、工具内化、实践反思、创新涌现。例如,清华大学集成

电路学院通过引入 Arm Education 的片上系统设计课程,使学生在180天内完成从 RTL 设计到 FPGA 验证的完整流程,设计缺陷率降低38%。创新成果转化是检验研究生创新能力培养效果的重要指标。武汉理工大学建立创新成果转化机制,鼓励学生将创新成果进行转化和应用。学校和企业共同搭建创新成果转化平台,为学生提供技术支持、资金扶持和市场推广等服务。对于具有应用前景的创新成果,引导学生进行专利申请和技术转让,实现创新成果的价值。

三、总结

根据集成电路设计专业的知识结构和能力要求,武汉理工大学构建模块化课程体系。包括专业基础模块、专业核心模块、前沿技术与交叉学科模块、实践教学模块和综合素质模块。全面提升学生的综合素质。通过模块化课程体系的构建,使课程之间相互衔接、有机融合,为学生创新能力的培养提供坚实的知识基础。建立课程内容动态更新机制,定期对课程内容进行评估和调整。

参考文献

- [1] 陈婷,王军.基于产学研协同的集成电路设计专业学位研究生实践教学体系构建[J].教育教学论坛,2023(24):121-124.
- [2] 李明,张华.集成电路设计专业研究生课程体系优化与创新能力培养[J].学位与研究生教育,2022(10):34-38.
- [3] 王强,赵宇.产业需求导向下集成电路设计专业学位研究生培养模式探索[J].中国高教研究,2021(08):105-109.
- [4] 刘芳,李强.集成电路设计专业研究生创新实践能力培养路径研究[J].高等工程教育研究,2020(S1):112-114.
- [5] 张宏,周明.以创新能力培养为核心的集成电路设计专业课程教学改革[J].电气电子教学学报,2019(06):32-35.
- [6] 吴波,郑强.基于“双导师制”的集成电路设计专业学位研究生培养质量提升策略[J].学位与研究生教育,2018(05):47-51.
- [7] 杨阳,孙宇.集成电路设计专业研究生科研创新能力培养的思考与实践[J].教育教学论坛,2017(48):22-23.
- [8] 何军,陈琳.面向产业需求的集成电路设计专业学位研究生实践基地建设[J].实验室研究与探索,2016(09):211-214.
- [9] 吴道华,张肖强,倪天明.新质生产力背景下集成电路人才培养体系探索与构建——以集成电路设计与集成系统专业为例[J].长春工程学院学报(社会科学版),2024,25(04):87-90.
- [10] 卢贵主,雷瑞庭.基于产教融合的集成电路人才培养创新实践[J].高教学刊,2022,8(21):41-44.DOI:10.19980/j.CN23-1593/G4.2022.21.010.
- [11] 李建中,廖学峰,刘远.高校集成电路拔尖创新型人才培养模式的研究——以广东工业大学集成电路创新设计人才实验班为例[J].产业创新研究,2023,(23):169-171.
- [12] 成元庆.“集成电路设计自动化技术基础”研究生课程教学改革探索与实践[J].工业和信息化教育,2021,(12):39-43.
- [13] 蒋华.地方高校电子信息类专业提升集成电路设计人才培养质量的研究[J].工业和信息化教育,2022,(02):33-36.
- [14] 余东升,胡善姣,邹雪城,等.研究型大学集成电路人才培养的难点及破解策略——华中科技大学集成电路设计与集成系统专业教改案例研究[J].高等工程教育研究,2022,(03):52-59.
- [15] 蒋华.地方高校电子信息类专业提升集成电路设计人才培养质量的研究[J].工业和信息化教育,2022,(02):33-36.