

集成电路专业职教本科人才培养模式的探索

陈 艳, 李世国, 张卫丰

深圳信息职业技术学院微电子学院, 广东 深圳

收稿日期: 2022年10月10日; 录用日期: 2022年11月6日; 发布日期: 2022年11月15日

摘 要

针对集成电路专业人才供给缺口严重的问题, 我校集成电路专业即将试点本科层次的职业教育, 以培养粤港澳大湾区集成电路产业链急需的技术技能型人才。文章探索和研究了职教本科“四年贯穿式实践教学”人才培养模式, 构建了产教研融合的集成电路专业职教本科模块化的课程体系, 建立了合理的人才评价机制和完善的人才培养保障措施, 真正实现了技能型、应用型的创新人才培养目标。

关键词

集成电路, 职教本科, 产教研融合, 人才培养模式, 课程体系

Exploration on Talent Cultivation Mode for Vocational Education Undergraduate of Integrated Circuit Major

Yan Chen, Shiguo Li, Weifeng Zhang

College of Microelectronics, Shenzhen Institute of Information and Technology, Shenzhen Guangdong

Received: Oct. 10th, 2022; accepted: Nov. 6th, 2022; published: Nov. 15th, 2022

Abstract

In view of the shortage of integrated circuit talents, the integrated circuit major of our college will pilot vocational education at the undergraduate level, so as to cultivate the technical and skilled talents urgently needed by the integrated circuit industry chain in Guangdong-Hong Kong-Macao Greater Bay Area. This paper explores and studies the “four years through practical teaching” talents cultivation mode for vocational education undergraduate, builds a modular curriculum system combining practical production, teaching and research for vocational education undergraduate

of integrated circuit major, establishes a reasonable talent evaluation mechanism and improved guarantee measures of talent cultivation, and truly realizes the cultivation of skilled and applied innovative talents.

Keywords

Integrated Circuit, Vocational Education Undergraduate, Combination of Practical Production, Teaching and Research, Talent Cultivation Mode, Curriculum System

Copyright © 2022 by author(s) and Hans Publishers Inc.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY 4.0).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



Open Access

1. 引言

集成电路作为信息技术产业的核心，是支撑国家经济社会发展和保障国家安全的战略性、基础性、先导性产业。2018 年中兴事件，2019 年华为事件，我国经历了美国对中兴通信和华为技术的芯片、设备和技术禁运的制裁，美国针对性打压我国“中国制造 2025”国家战略中重点发展的集成电路领域，直接给我国集成电路产业当头一棒。美国可以对我们集成电路产业进行“卡脖子”，究其原因还是集成电路的人才培养问题。据预计，到 2023 年前后，全行业人才需求将达到 76.65 万人左右[1]，我国集成电路人才供不应求，到 2023 年，集成电路专业人才缺口预计达 20 万人，2025 年人才缺口预计会增长至 30 万人左右。近年来，我国集成电路相关毕业生规模在 21 万左右，无法满足集成电路产业的人才需求。

粤港澳大湾区集成电路产业以设计、制造、封装、测试为主，对集成电路芯片的需求量占全国 70% 以上。粤港澳大湾区拥有众多的集成电路设计、制造、封装、测试企业，在经济全球化和大湾区经济合作发展的背景下，集成电路产业势必迎来巨大的发展潜力，对集成电路设计、制造、测试、封装类人才需求量日益增加。单纯的职业技能已不能满足粤港澳大湾区集成电路企业的用人要求[2]，而集成电路本科层次的职业教育侧重于培育创新型、技术技能型的复合人才，正好契合了这一需求。本研究以我校微电子学院即将试点的职教本科人才培养项目为例，以社会需求为导向，对集成电路专业职教本科人才培养模式进行探索。下面将从人才培养目标调整、人才培养模式创新、职教本科课程体系构建、人才培养保障措施等几方面进行阐述。

2. 人才培养目标的调整

集成电路设计需要本科层次的专业技术人才，集成电路制造、封装、测试则需要有一定专业基础知识，拥有较强动手操作能力的应用型技能人才。企业要创新，人才是关键，因此，把培养我国集成电路产业链急需的技术技能型人才作为集成电路专业职教本科人才培养的目标。

表 1 给出了集成电路专业职教本科、高职专科和普通本科人才培养目标和人才定位的对比，可以看出，集成电路专业高职专科人才培养目标更多地放在版图设计、集成电路封装、测试和芯片基础应用等相对初级的岗位上，而全国普通高等院校的集成电路专业主要定位在培养集成电路设计、制造和封装、测试等方面的高端学术人才[3] [4]，因此，集成电路专业的职教本科应当以集成电路企业一线所需要的工程师作为人才培养目标，与普通本科和高职专科的人才培养形成差异化。

通过调整集成电路专业职教本科人才培养目标，将其定位为培养面向基层的应用型、技能型人才，

方可有效地进行产教融合的职教本科人才培养模式和培养方案的探索,构建产教融合的集成电路专业职教本科模块化的课程体系,建立完善人才培养保障措施。

Table 1. Comparison of talent cultivation objective and talent orientation of vocational education undergraduate, higher vocational college and general undergraduate in integrated circuit major

表 1. 集成电路专业职教本科、高职专科和普通本科人才培养目标和人才定位对比

类型	人才培养目标	人才定位
职教本科	具备集成电路设计、制造、封装、测试等方面较强的专业知识,同时具备较强动手操作和项目实践能力	集成电路产品的设计、生产和应用为主线的企业一线工程师
高职专科	具备集成电路制造、封装、测试等方面的专业基础知识,具备初级的岗位技能能力	版图设计、集成电路封测、芯片基础应用等初级工程师
普通本科	具备集成电路设计、制造、封装、测试等方面深厚的专业知识	集成电路设计、制造和封装、测试等方面的高端学术人才

3. 产教融合下“四年贯穿式实践教学”的职教本科人才培养模式

为了充分发挥产教融合机制的作用,集成电路专业职教本科人才培养模式从实践教学模式、职业资格考证制度、人才评价体系等三方面进行改革与探索,改变普通本科“重知识、轻能力”的传统观念,将实践教学贯穿大学四年,强调技能考核,弱化理论考试,和企业共同制定人才评价标准,提升学生的就业创业竞争力。

3.1. 采用实践教学贯穿大学四年的培养模式

在国内培养应用型、工程型本科人才的高校中,较多地采用了“3+1”模式[5][6],其前三年主要在校内以学校教师为主导讲授理论课程和基础的实践课程,第四年才在企业集中实践。而集成电路专业职教本科是培养既有较强的专业知识,又具备较强动手操作和项目实践能力的技术技能型人才,因此,采用“四年贯穿式实践教学”,学生在前三年学习理论知识和实操技能,第四年进行毕业设计和毕业实习,更加强调学生的动手能力、实践能力和应用能力。

我校微电子学院在校内建有“快速封装”实训基地,并与企业共建了芯片前端设计、后端版图设计、芯片验证、芯片封装、芯片测试等课程,在校外建有立能微电子、方正微电子等实训基地。前三年的实践课程包含校内实训和校外实训:在校内,学生可以在“快速封装”基地进行封装、测试、应用等实操训练,引入企业工作案例,模拟企业实践操作平台和工作环境,由企业老师授课,并进行考核评价;校外实训则是安排学生去校外实训基地进行参观、培训,强化其专业知识,提升其专业技能。大四学生则去合作企业例如深圳航顺科技有限公司,深圳立能微电子、深圳方正微电子、杭州加速科技有限公司等企业参加校企联合项目培训,并完成毕业设计(毕业作品)和毕业论文,让企业指导老师参与考核评价。

3.2. 采用职业资格考证制度,拓展人才就业创业本领

和普通本科学术型人才培养路线不同的是,职教本科执行创新型、技能型人才培养路线。因此,集成电路专业职教本科的学生采用“1+X”证书毕业模式,有利于提升技术技能型人才培养的质量。鼓励学生参加杭州朗讯科技集团有限公司,朗讯微电子教育研究院共同打造举办的1+X集成电路开发与测试职业技能等级证书考试,北京华大九天公司推出的1+X集成电路版图设计技能等级证书考试,让学生在1+X证书课程中学习芯片设计、版图设计、芯片测试、芯片应用等实践内容,深入了解集成电路企业的就业岗位、工作内容、工作环境等,拓展学生就业创业本领。

3.3. 采用新型的集成电路专业职教本科人才评价体系

职教本科人才评价体系应从素质能力、社会能力和岗位能力等方面考核学生，需要改变普通本科的专业人才考核体系中“重学历、轻技能”等传统观念。因此，可采用企业项目答辩、企业模拟面试、学生技能大赛等形式，考察学生掌握专业技能的情况、学生的表达能力、团队合作能力等。例如对大四学生模拟不同的就业岗位面试，如版图设计岗位的面试、芯片测试岗位的面试等，可由校企双方的教师充当考官，让考试现场更加接近面试的真实性，考察学生的心理素质和专业技能。

4. 职教本科课程体系制定

制定集成电路专业职教本科课程体系也是人才培养工程中的重点和难点。需要每学年对集成电路企业进行调研，根据行业企业的岗位需求和人才需求数量的变化，结合集成电路行业技术发展趋势，构建和优化课程体系。

4.1. 根据企业调研和岗位需求确定专业核心课程

本课程体系制定基于工作过程系统化的方法，从企业调研入手，首先，根据职业岗位需求确定专业核心课程。通过对集成电路企业调研发现，集成电路行业对人才的需求集中芯片设计、芯片验证、芯片应用和芯片封测四个方向，包含 IC 版图设计工程师、芯片设计助理工程师、数字芯片验证工程师、FPGA 验证开发助理工程师、FPGA 应用开发工程师、嵌入式开发工程师、IC 封装工程师、IC 测试工程师等岗位。因此，课程体系中大三的专业核心课程模块相应地设置芯片设计、验证、应用和封测四个模块，包含数字 IC 设计、CMOS 模拟集成电路设计、模拟版图设计、数字集成电路验证、FPGA 验证开发、数字 IC 后端设计、芯片应用硬件设计、集成电路测试 DUT 设计等理论与实操课程，让学生掌握芯片设计类、验证类的各种 EDA 软件的使用，以及芯片封装、测试设备的使用。再确定专业支撑课程和专业基础课程的设置，可在大一、大二课程中设置公共基础课、专业基础课和专业支撑课。最后将校内实训/实习、企业实训/实习模块贯穿于大学四年，形成了如图 1 所示的集成电路专业职教本科的课程体系，真正实现和高职专科、普通本科集成电路专业人才的分层次培养。

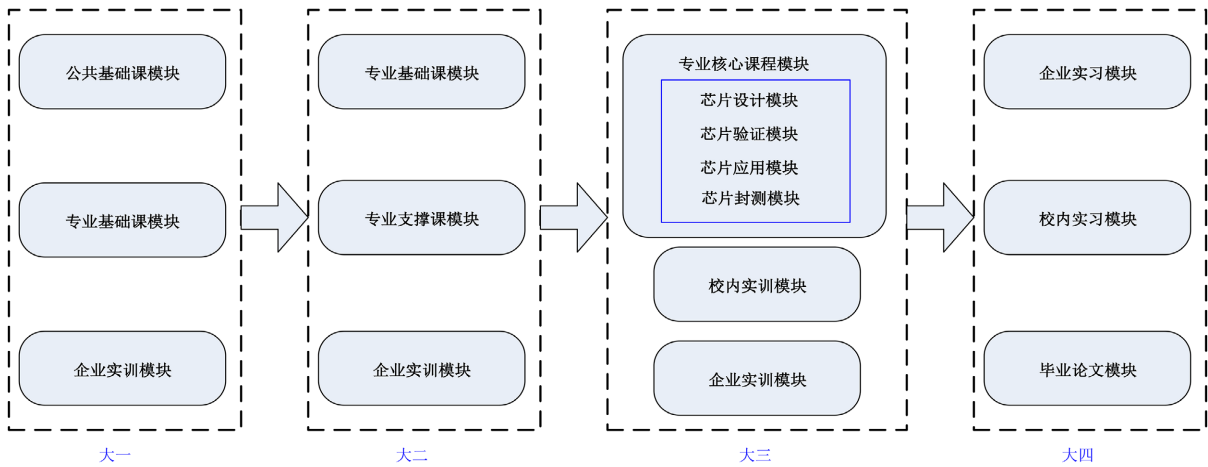


Figure 1. Curriculum system for vocational education undergraduate of integrated circuit major

图 1. 集成电路专业职教本科的课程体系

4.2. 理论教学与实践教学穿插进行

集成电路专业职教本科采用“四年贯穿式实践教学”，因此，理论教学与实践教学穿插进行，在不

同的学习阶段对实践教学提出不同的要求。

大一是公共基础课模块和专业基础课模块的学习，涵盖大学物理、高等数学、电子电路、数字电子技术等课程的内容，企业实训模块是去企业参观和听讲座，让学生具备初步的专业认知和职业岗位理解。

大二是专业基础课模块和专业支撑课模块的学习，涵盖半导体物理、硬件描述语言、FPGA 应用技术、集成电路封装技术、集成电路测试技术基础、集成电路版图设计基础等理论和实践课程，企业实训模块则包含去方正微电子、立能微电子校外实训基地进行参观、培训。

大三学年的实训模块包含校内实训和企业实训。校内实训模块是让学生在校内“快速封装”基地参加实训，由企业一线技能工程师在具有典型技术代表的实践项目如《集成电路应用开发设计实践》、《集成电路 IC 芯片测试实践》等项目中授课，并指导学生进行封装、测试、应用等实践操作和训练，专任教师辅助，让学生获得对接岗位的专业技能。企业实训模块则是安排学生去校外实训基地进行培训。

大四学年可以安排学生在校内进行实习，即参与教师的科研课题研究项目，也可以安排学生去企业实习，即参与校企联合项目培训、实习，并最终完成毕业设计论文的撰写。

5. 人才培养保障措施的建立

为确保基于产教研融合的集成电路专业职教本科人才培养模式的顺利实施，需要从校企融合平台建设、教学资源建设、实训条件建设、教学团队建设等方面建立相应的保障措施。

5.1. 校企融合平台建设

为增强产教研融合，我校微电子学院与深圳微纳研究院共同成立了集成电路“芯火”产业学院。依托“芯火”产业学院，微电子学院与集成电路芯片设计、封装、测试、应用、销售等领域知名企业如深圳航顺科技、深圳立能微电子、杭州加速科技等共建校企融合平台，让企业参与人才培养方案的制定，课程体系的设置，并共同组建教学团队，共同建设实践教学资源，共同开展实践课程教学等，实现“企业化工作环境，职业化教学实践环境”，真正实现“校企共同育人”的人才培养生态。

5.2. 教学资源建设

教学资源建设包含实践项目包建设、线上资源建设和教材建设等，需要在原有的教学资源基础上进行建设和提升，以满足职教本科人才培养的需求。

5.2.1. 职教本科实践项目库建设

根据集成电路设计全流程，需要联合企业开发对应专业核心课程的实践项目包，包含 IC 设计前端项目包、IC 设计后端项目包、IC 系统仿真与验证项目包、FPGA 开发项目包和 IC 封装设计项目包。在进行集成电路设计时，学生根据需求和专业方向可以选择不同的项目包，完成相应专业课程的实操训练。

5.2.2. 线上线下混合式教学资源库建设

集成电路专业的实践课程内容多且复杂，理论知识较为抽象。因此，为提高集成电路专业的实践教学质量，可将枯燥难学的理论知识和复杂难操作的实践任务制作成线上动画资源、视频资源，并配套相应的微课知识点，逐步形成职教本科项目化课程的优质教学资源库，从而提高学生学习的主动性和参与度。

5.2.3. 职教本科项目化教材建设

教材建设是专业课程体系建设的重要内容，需要深入开展校企合作，将企业的需求加入到学校的课程体系中，建立核心课程，将新技术、新工艺纳入教学标准和内容。我校与深圳微纳研究院联合开发了一批项目化教学的立体化教材，涵盖了集成电路专业职教本科生在设计、验证、封测及应用等领域的必学内容，核心定位职业岗位能力的培养和提升，提升学生的就业竞争力。例如其中一本立体化教材——

《模拟集成电路版图设计与工程实践》，引入了 IC 设计企业工程实践项目，包括 CMOS 两级差分运算放大器、带隙基准电路、低压差线性 LDO、逐次逼近寄存器模型数模转换器、ESD 保护电路、锁相环等项目作为实际教学案例，真正实现模拟版图设计课程的工程项目式教学。

5.3. 实训条件建设

微电子学院与集成电路企业共建了集成电路设计、封装、测试、工艺制造仿真等实训基地，可采用虚拟教学平台方式让学生在计算机上完成模拟实操，开展集成电路生产工艺、芯片封装、测试等实践教学内容。

微电子学院建成的工业级“快速封装”技能培训中心可以开展 IC 封装高层次技能人才培养，满足集成电路专业职教本科生的实训、实践教学需求，真正实现“校中厂”、“厂中校”的实践教学模式。

5.4. 教学团队建设

5.4.1. 组建模块化教学团队

企业调研结果表明，集成电路产业的人才需求主要涵盖四个岗位方向，分别是设计、验证、应用、封测，因此，培养集成电路专业的职教本科人才需要根据岗位方向组建模块化教学团队，探索模块化教学方式。例如从事芯片设计模块教学的教师团队，可以将芯片设计方向大学四年的课程分解为基础课、支撑课、专业课和毕业设计，选择芯片设计方向的学生由该团队的教师共同负责其大学四年的理论和实践教学，让学生全面掌握芯片设计岗位对应的专业理论知识和实操技能。

5.4.2. 建设具备国际视野和权威认证的教学团队

集成电路产业链遍布全球，因此，有必要加强教师境外进修，鼓励教师短期出国交流学习，拓展教师国际视野。组织教师考取国际认可的集成电路领域的职业资格证书，促进教学团队职业教育理念和教学理念与国际接轨。

6. 结语

本研究结合深圳集成电路产业优势，对集成电路专业职教本科人才培养模式进行探索与创新，提出了“四年贯穿式实践教学”人才培养模式，构建了基于产教融合融合的职教本科课程体系，并配额足够的教学资源、实训条件和教学团队，依托“芯火”产业学院和校企融合平台，实施创新型、应用型的技能人才培养。希望通过对集成电路专业的学生进行本科层次职业教育，能够为粤港澳大湾区集成电路产业发展提供紧缺的技能型、应用型人才资源。

基金项目

2021 年度深圳信息职业技术学院教育教学改革研究项目“粤港澳大湾区背景下基于产教融合融合的集成电路专业高职本科人才培养模式的研究”(项目编号: 2021dbpjgyb13); 2021 年度国家级职业教育教师教学创新团队课题研究项目“集成电路技术专业创新团队建设的组织制度和运行机制研究”(项目编号: ZI2021120301); 2021 年度深圳信息职业技术学院教育教学改革研究项目“新技术革命背景下的岗课赛证融通育人模式探索与实践”(项目编号: 2021dbpjgyb10); 2021 年度广东省教育教学改革研究项目“基于企业应用场景的《数字电子技术》课程教学改革与实践”(项目编号: GDJG2021390)。

参考文献

- [1] 邵莉娜. 《中国集成电路产业人才发展报告(2020-2021 年版)》发布[EB/OL]. http://chisa.edu.cn/exclusive/202110/t20211022_2110738276.html, 2021-10-22.

-
- [2] 王聪, 杨舰, 李坤, 等. 区域产业优势下高职类微电子技术专业人才需求分析及人才培养模式探究[J]. 兰州文理学院学报(自然科学版), 2016, 30(4): 101-106.
 - [3] 邹志革, 邹雪城, 雷鑑铭, 等. 集成电路设计与集成系统专业培养方案的研究——以华中科技大学为例[J]. 教育教学论坛, 2019(37): 62-65.
 - [4] 范继辉, 庞智勇. “新工科”背景下集成电路与集成系统专业人才培养方案探索与实践[J]. 教育现代化, 2020(52): 24-28.
 - [5] 李斌, 吴朝辉, 贺小勇, 等. 面向产业的集成电路人才培养模式探究[J]. 教育教学论坛, 2021(14): 73-76.
 - [6] 林海军, 刘匀佳. 关于集成电路专业本科应用型人才培养的探索[J]. 教育教学论坛, 2017(46): 147-148.