

# 基于工程教育专业认证的微电子科学与工程 专业人才培养方案修订

杨红姣\*, 汪洋, 肖思国, 刘桂东, 胡金勇, 李伯勋

湘潭大学物理与光电工程学院, 湖南 湘潭

收稿日期: 2024年1月12日; 录用日期: 2024年2月15日; 发布日期: 2024年2月22日

## 摘要

本文以工程教育专业认证为导向, 遵循“厚基础、宽口径、重实践”的教育理念, 以“强化专业基础课程, 重视专业核心课程, 优化专业模块课程”为指导, 对微电子科学与工程专业的培养方案进行了修订, 确定了本专业的培养目标, 提出了具体毕业要求, 完善了以物理与器件、集成电路与系统为主线的课程体系建设, 进一步创新人才培养模式。

## 关键词

微电子科学与工程专业, 工程教育专业认证, 培养方案, 培养目标, 毕业要求

# Revision of the Training Programs for Microelectronics Science and Engineering Based on the Professional Certification of Engineering Education

Hongjiao Yang\*, Yang Wang, Siguo Xiao, Guidong Liu, Jinyong Hu, Boxun Li

School of Physics and Optoelectronics, Xiangtan University, Xiangtan Hunan

Received: Jan. 12<sup>th</sup>, 2024; accepted: Feb. 15<sup>th</sup>, 2024; published: Feb. 22<sup>nd</sup>, 2024

## Abstract

Guided by the professional certification of engineering education, following the educational con-

\*第一作者。

文章引用: 杨红姣, 汪洋, 肖思国, 刘桂东, 胡金勇, 李伯勋. 基于工程教育专业认证的微电子科学与工程专业人才培养方案修订[J]. 教育进展, 2024, 14(2): 1387-1395. DOI: 10.12677/ae.2024.142215

cept of “thick foundation, wide caliber and emphasis on practice”, and guided by “strengthening professional basic courses, paying attention to professional core courses and optimizing professional module courses”, the training programs of microelectronics science and engineering is revised. The training objectives of this major are determined, the specific graduation requirements are put forward, and the curriculum system construction with physics and devices, integrated circuits and systems as the main line is improved, so as to further innovate the talent training mode.

## Keywords

Microelectronics Science and Engineering, Professional Certification of Engineering Education, Training Scheme, Training Objectives, Graduation Requirements

Copyright © 2024 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

集成电路产业是信息技术产业的核心，是支撑经济发展和保障国家安全的战略性、基础性和先导性产业，也是我国重点发展的领域。目前，我国集成电路设计产业获得快速发展，但是自主创新能力弱，关键核心技术对外依存度高、人才缺乏等问题十分突出。人才是集成电路产业的第一资源，人才缺口已经成为当下制约我国集成电路产业发展的关键瓶颈。国家集成电路产业“十二五”发展规划提出加强人才培养，着力发展芯片设计业；2014年6月，国务院印发《国家集成电路产业发展推进纲要》进一步指出，要着力发展集成电路设计业，加大人才培养力度。据统计，目前我国集成电路从业人员总数约69.2万人，现存集成电路企业实际人才需求数约19.93万人，人才供给16.43万人，人才缺口约3.5万人。同时，产业链环节方面供需不匹配，设计、封测环节人才趋于饱和，制造环节缺口依然较大[1]。面对集成电路行业的快速发展与变化，人才的调整与培养成为集成电路产业寻求突破的关键之一。

微电子科学与工程专业是在物理学、电子学、材料科学、计算机科学、集成电路设计制造学等多个学科和超净、超纯、超精细加工技术基础上发展起来的一门新兴学科，主要研究半导体器件物理、功能电子材料、固体电子器件，超大规模集成电路的设计与制造技术、微机械电子系统以及计算机辅助设计制造技术等[2]，为我国集成电路产业培养了大批从事集成电路研究、设计、教学、开发及应用的高级工程技术人才。

微电子科学与工程专业是一门工程性和实践性非常强的工科专业，而工程教育专业认证作为工科专业的建设标准，推动了我国工程专业教育质量的持续改进，对工科专业的建设与发展具有不可或缺的作用。引进工程教育认证评估体系，可以推进工程教育改革与创新，健全工科专业的建设与发展质量标准和质量监控体系，完善工程教育与行业、企业的联系机制，增强工程教育人才培养对产业发展的适应性，促进工程教育的国际互认，提升工程专业人才的国际竞争力[3]。

工程教育专业认证要求课程体系设置、师资建设、办学硬件条件等都要围绕本科生毕业要求达成这一核心展开，建立持续改进机制，保证专业教育质量[4]。本文以工程教育认证为导向，遵循“厚基础、宽口径、重实践”的教育理念，重视专业基础和专业技能培养，对微电子科学与工程专业的培养方案进行修订，确定微电子科学与工程专业的培养目标，提出适用于湘潭大学微电子科学与工程专业的本科毕业生毕业要求，完善课程体系建设，以创新微电子科学与工程专业人才培养模式。

## 2. 工程教育专业认证下微电子科学与工程专业人才培养方案

湘潭大学微电子科学与工程专业于 2002 年开始招生, 2009 年被评为湖南省特色专业, 2020 年获批湖南省一流本科专业, 2021 年获批国家一流本科专业建设点。本专业以微光电与系统集成湖南省工程实验室、湖南省校企合作创新创业基地、电子科学与技术一级学科硕士点、集成电路工程专业硕士点以及湘潭大学工程训练中心等教学科研平台为依托, 以服务于国家重大需求及湖南省区域经济发展为培养目标, 经过近二十年的发展, 已经建立起较为完善的人才培养方案。

为了进一步优化课程体系, 科学合理的制定培养目标和毕业要求以达到工程教育专业认证要求, 湘潭大学于 2021 年对微电子科学与工程专业人才培养方案进行修订, 主要思路为: 在微电子科学与工程专业基础课程的基础上, 以物理与器件、集成电路与系统为主线, 同时涉及微电子工艺、微电子封装与测试、传感器技术、光电子技术等微电子相关领域, 力求做到“紧跟高等教育发展趋势, 瞄准专业发展前沿, 不断优化人才培养方案和课程体系, 保证培养方案的科学性和先进性”, 以培养具有现代科学意识、理论基础扎实、创新能力强, 能从事微电子器件、集成电路设计的高级人才。

为了适应时代的需求, 解决毕业生就业问题, 提升微电子科学与工程专业的核心竞争力, 湘潭大学微电子科学与工程系结合实际, 先后召开了专业人才培养方案改革会议、学生座谈会、教师座谈会和企业座谈会, 从多层次、全方位、多角度对微电子科学与工程专业本科人才培养方案进行了意见征集, 并提出切实可行的修订措施。

### 2.1. 培养目标

本专业培养德智体美劳全面发展, 具备坚实的数理基础, 掌握微电子科学与工程专业所必需的基础知识、基本理论和实验技能, 掌握大规模集成电路及半导体器件的设计方法和制造工艺、电路与系统的设计知识, 能在半导体器件设计、电路与系统设计、集成电路制造与测试、版图设计等微电子及相关领域从事科学研究、教学、科技开发、工程技术、生产管理与行政管理等工作的高级专门人才, 能胜任产品设计工程师、技术主管工程师或项目管理工程师。

本专业毕业生毕业 5 年左右达到以下目标:

- 1) 具有坚实的数学、物理、电路和信息处理基础, 系统掌握集成电路、半导体物理与器件及其相关学科的专门知识, 具有很强的专业素养和能力。
- 2) 具有良好的科学思维、较强的工程实践能力, 具备发现、分析和解决微电子领域复杂工程问题的能力和创新精神。
- 3) 具有良好的职业规范和职业道德, 具备良好的人文科学素养和健康的身心, 具备团队意识、良好的沟通表达能力和团队管理能力。
- 4) 能够积极主动适应不断变化的国内外形势和环境, 具有强烈的社会责任感和终身学习的精神。

### 2.2. 毕业要求

本专业学生主要学习微电子科学与工程的基本理论和基本知识, 接受科学实验与科学思维的基本训练、创新意识培养、人文素质和职业道德等方面的综合训练, 达到知识、能力与素质协调发展。通过 4 年学习, 结合工程教育专业认证的通用标准[5], 学生毕业时应具备以下知识、能力和素质:

#### 1) 工程知识

能够掌握数学、自然科学、工程基础、专业基础以及专业知识, 并用于理解和解决半导体器件、电路与系统、集成电路制造等微电子科学与工程相关领域的复杂工程问题。

- 1.1) 掌握数学和自然科学知识，为分析和解决微电子领域的复杂工程问题奠定知识基础。
- 1.2) 掌握工程基础知识，能够将数学和自然科学的知识和方法，用于微电子领域相关工程问题的表述。
- 1.3) 掌握专业基础知识，能够建立微电子领域相关工程问题的数学模型并进行推演和分析。
- 1.4) 掌握专业知识，能够将相关知识应用于微电子领域相关复杂工程问题解决方案的比较和综合。

## 2) 问题分析

能够应用数学、自然科学和微电子科学与工程专业知识的基本原理，识别、表达并通过文献研究分析半导体器件、电路与系统、集成电路制造等微电子相关领域的复杂工程问题，以获得有效结论。

- 2.1) 能够运用数学与自然科学和工程科学的基本原理，识别和判断半导体器件、电路与系统、集成电路制造的关键环节。
- 2.2) 能够基于工程科学的基本原理，建立数学模型和算法，用于描述半导体器件、电路与系统、集成电路制造中的复杂工程问题。
- 2.3) 能够通过文献资料调研，认识到微电子领域复杂工程问题的解决方案存在多样性与局限性。
- 2.4) 能够运用工程知识，借助文献研究，寻求微电子领域复杂工程问题的解决方案并进行分析、论证，以获得有效结论。

## 3) 设计/开发解决方案

能够针对半导体器件、电路与系统等微电子领域的复杂工程问题，设计解决方案，设计满足特定需求的半导体器件、电路与系统，并能够在设计环节中体现创新意识，考虑社会、健康、安全、法律、文化以及环境等因素的影响。

- 3.1) 掌握工程设计/产品开发全周期、全流程的基本设计/开发方法和技术，了解影响设计目标和技术方案的各种影响因素。
- 3.2) 针对特定需求和解决方案，能够完成电路单元及器件结构的设计。
- 3.3) 能够针对特定需求和解决方案，确定系统架构，并能在设计环节中体现创新意识，具备设计复杂工程问题解决方案的能力。
- 3.4) 能够在产品设计/开发过程中考虑法律、健康、安全、文化、社会以及环境等因素的影响。

## 4) 研究

能够基于科学原理并采用科学方法对半导体器件、电路与系统等微电子领域的复杂工程问题进行研究，包括设计实验、分析与解释测试数据，并通过信息综合得到合理有效的结论。

- 4.1) 能够基于科学原理并采用科学方法对微电子领域相关复杂工程问题进行文献调研和分析。
- 4.2) 能够基于科学原理并采用科学方法，根据微电子领域相关复杂工程问题的特征，选择确定技术路线，设计实验方案。
- 4.3) 能够根据实验方案，采用科学的实验方法，安全的开展实验。
- 4.4) 能够正确采集、整理实验数据，对实验结果进行分析和解释，并通过信息综合得到合理有效的结论。

## 5) 使用现代工具

能够针对半导体器件、电路与系统等微电子领域的复杂工程问题，开发、选择与使用恰当的技术、资源、测试设备和现代化软硬件开发工具，进行预测、模拟与分析，并能够理解其局限性。

- 5.1) 掌握微电子科学与工程专业的现代电子仪器、计算机软硬件工具和模拟软件的使用原理和方法，并理解其局限性。

5.2) 能选择与使用恰当的仪器、信息资源、计算机软硬件工具和专业模拟软件等,对微电子领域的复杂工程问题进行模拟、分析与计算。

5.3) 能够针对具体的对象,开发或选用满足特定需求的现代工具,模拟和预测微电子领域的复杂工程问题,并能够分析其局限性。

#### 6) 工程与社会

能够基于微电子领域的相关工程背景知识,合理分析与评价半导体器件、电路与系统相关工程实践和复杂工程问题的解决方案对社会、安全、健康、法律以及文化的影响,并理解应承担的社会责任。

6.1) 了解微电子相关领域的技术标准、知识产权、产业政策和法律法规,理解不同社会文化对工程活动的影响。

6.2) 能够分析和评价相关工程实践和复杂工程问题的解决方案对社会、健康、安全、法律以及文化的影响,以及这些因素对工程问题解决方案的影响,并理解应承担的责任。

#### 7) 环境与可持续发展

能够理解和评价微电子领域复杂工程问题的工程实践对环境、社会可持续发展的影响。

7.1) 理解微电子领域环境保护和社会可持续发展的理念和内涵。

7.2) 能够分析和评价微电子领域的工程实践对环境和社会可持续发展的影响。

#### 8) 职业规范

具有人文社会科学素养、社会责任感,能够在微电子领域的工程实践中理解并遵守工程职业道德和规范,履行责任。

8.1) 具有正确的世界观、人生观、价值观,理解个人与社会的关系,了解中国国情。

8.2) 理解诚实公正、诚信守则的工程职业道德和规范,并能在工程实践中自觉遵守。

8.3) 理解工程师对公众的安全、健康和福祉,以及环境保护的社会责任,能够在工程实践中履行责任。

#### 9) 个人与团队

能够在多学科背景下的团队中承担个体、团队成员以及负责人的角色。

9.1) 具有跨学科适应能力和团队合作精神,能够在团队中独立或与其他成员进行有效沟通,合作开展工作。

9.2) 能够组织、协调和指挥团队开展工作,形成良好的沟通机制,具备团队管理能力。

#### 10) 沟通

能够就微电子领域复杂工程问题与业界同行及社会公众进行有效沟通和交流,包括撰写报告和设计文稿、陈述发言、清晰表达或回应指令,并具备一定的国际视野,能够在跨文化背景下进行沟通和交流。

10.1) 掌握工程语言,能够通过口头、文稿、图表等形式,对微电子相关的工程问题准确地表达自己的观点、回应质疑,理解与业界同行和社会公众交流的差异性。

10.2) 具备一定的国际视野,能够在跨文化、跨语言的背景下,与国内外同行及公众就微电子领域专业问题进行基本沟通和交流。

#### 11) 项目管理

理解并掌握工程管理原理与经济决策方法,并能在多学科环境中应用。

11.1) 掌握微电子领域工程项目涉及的管理与经济决策方法。

11.2) 在多学科环境下的微电子产品设计开发过程中,能够运用工程管理与经济决策方法进行工程设计与实践。

## 12) 终身学习

具有自主学习和终身学习的意识,有不断学习和适应发展的能力。

12.1) 在社会发展的大背景下,始终具有自主学习和终身学习的意识。

12.2) 具有自主学习的能力,包括对微电子技术问题的理解能力,归纳总结能力和提出问题的能力等,能够适应行业及社会的发展变化,有不断学习和适应发展的能力。

## 2.3. 课程设置

原培养方案已经建立较为完善的课程体系,总体上满足时代的需求,但与国内优秀院校之间相比,同时对照工程教育专业认证标准对课程设置的要求,还存在着以下不足:

- 1) 数学与自然科学类课程和专业基础类课程学分不够;
- 2) 专业基础课程和专业主干课程设置不太合理,部分课程学时不合适;
- 3) 专业选修课程设置的交叉学科课程少,难以满足学生适应跨学科、多学科结合发展的需求;
- 4) 课程学期开课门数分布不均。

针对上述这些问题,结合社会、行业企业、同行专家、专业教师与本院学生的不同角度与需求,从学院的根本、学生的未来出发,新的培养方案作了如下修订:

1) 对照工程教育专业认证标准对数学与自然科学类课程及专业基础类课程学分的要求,学科基础课程增加《量子力学导论》《固体物理基础》和《复变函数与积分变换》三门课程。

2) 专业主干课增加《半导体器件物理》和《专业实验》两门课程;将《IC工艺实验》和《微电子器件模拟实验》合并为《微电子工艺与器件实验》;将《高频电子线路》及《高频电子线路实验》调整为专业选修课程;《模拟集成电路分析与设计》课程难,专业相关性大,其教学课时由56学时改为64学时,《模拟集成电路设计实验》的教学课时由8学时改为16学时;将《超大规模集成电路与系统》的教学课时由64学时改为48学时。

3) 专业选修课增加《电磁场与电磁波》《集成电路可靠性设计》《纳米电子材料与器件》等与微电子领域发展动态相关的选修课程。

4) 调整了部分课程的开课时间。原培养方案中,每学期开课门数分布不均,大二课程安排紧,大三下学期课程少,大四没有安排课程,导致出现了学生学习任务前轻后重的局面。本次修订充分考虑了学生对课程安排的意见,同时根据课程的前后关联及难易程度,对部分课程的开课时间进行了调整,合理安排专业课程,以达到每学期学习任务的均衡。

新的培养方案是在原方案基础上进行的修订,其课程体系没有变化,课程稍有调整,如图1所示。微电子科学与工程专业的课程分为四大类:公共基础课程、学科基础课程、专业教育课程、自主发展课程。公共基础课程的A类必修包括思政类、军体类、成长规划类、外语类,B类必修包括数学类(高等数学、线性代数、概率论与数理统计)、大学物理类(大学物理、大学物理实验)、计算机类(《计算机程序设计》)等工具类课程,培养大学生基本素养和技能。

学科基础课程和专业教育课程分成两条主线开展培养,如图2所示。一条是物理与器件主线,包含的课程主要有《量子力学导论》《固体物理基础》《半导体物理》《半导体器件物理》《微电子工艺原理》《微电子工艺与器件实验》等课程,旨在培养学生独立进行器件性能分析和指导半导体工艺流程的基本能力;一条是电路与系统类主线,涵盖的主要课程包括《电路理论》《信号与系统》《模拟电子技术》《数字电子技术》《模拟集成电路分析与设计》《基于HDL的数字系统设计》《超大规模集成电路与系统》等课程,使学生掌握电子系统的分析和设计、集成电路设计等方面的基本知识、基础理论和基

本技能。大三、大四阶段开设了《集成电路版图设计》《集成电路封装与测试》《集成电路可靠性设计》《专用集成电路设计方法》《电磁场与电磁波》《高频电子线路》《光电子技术及其应用》等专业选修课程，学生依照个人喜好进行选择，学习集成电路设计或光电子技术等方向的专业知识和技能。各类实践课程和毕业论文可以使学生的专业能力、查询资料、文献检索及运用现代信息技术获取相关信息的能力以及设计实验，归纳、整理、分析实验结果，撰写论文参与学术交流的能力得到提高。微电子科学与工程专业课程体系对毕业要求的支撑如表 1 所示。

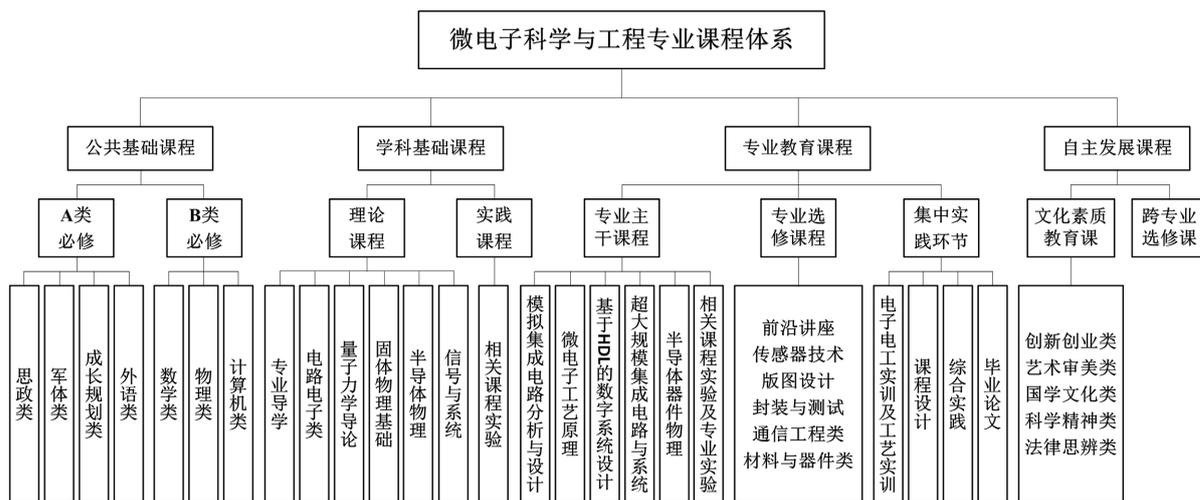


Figure 1. The curriculum system of microelectronics science and engineering at Xiangtan University with the purpose of engineering education professional certification

图 1. 以工程教育专业认证为目的的湘潭大学微电子科学与工程专业课程体系

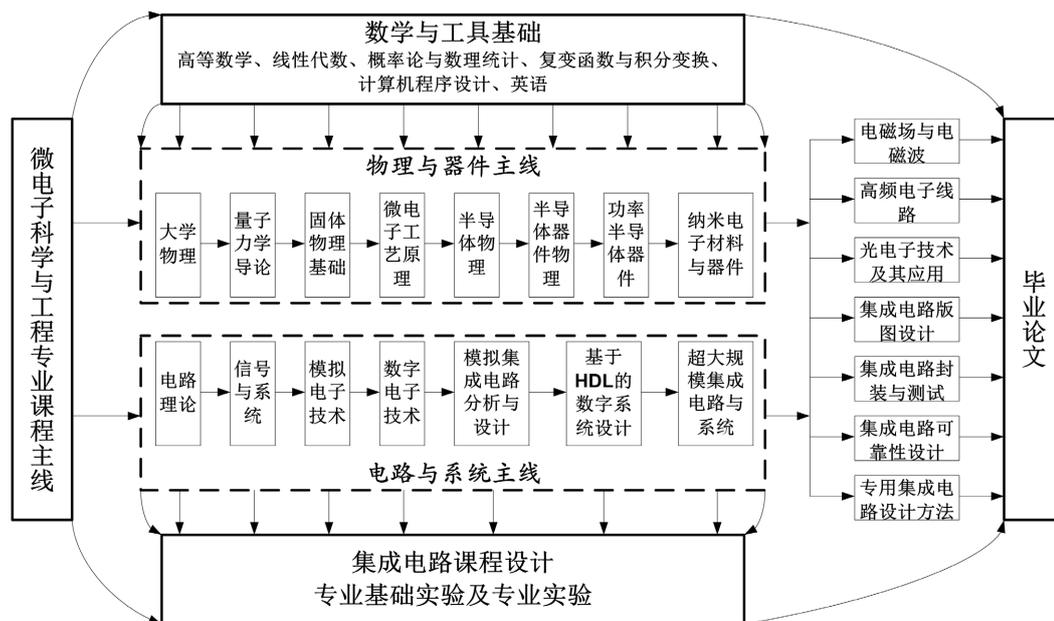


Figure 2. The course mainline of microelectronics science and engineering at Xiangtan University with the purpose of engineering education professional certification

图 2. 以工程教育专业认证为目的的湘潭大学微电子科学与工程专业课程主线

**Table 1.** Support for graduation requirements in the curriculum system of microelectronics science and engineering  
**表 1.** 微电子科学与工程专业课程体系对毕业要求的支撑

专业课程名称	毕业 要求 1	毕业 要求 2	毕业 要求 3	毕业 要求 4	毕业 要求 5	毕业 要求 6	毕业 要求 7	毕业 要求 8	毕业 要求 9	毕业 要求 10	毕业 要求 11	毕业 要求 12
微电子科学与工程专业导学							H					H
电路理论	H	H										
电路理论实验				H	H							
线性代数 I	H											
概率论与数理统计 I	H											
复变函数与积分变换	H											
量子力学导论	H	M		L								
固体物理基础	H			L								
半导体物理	H	H										
半导体物理实验		L		H	H							
模拟电子技术	H	H	H									
模拟电子技术实验				H	H							
数字电子技术	H	H	H		M							
数字电子技术实验				H	H							
半导体器件物理	H	H	M									L
模拟集成电路分析与设计	H	H	H									
模拟集成电路设计实验				H	H							
微电子工艺原理	H	H	H									
基于 HDL 的数字系统设计	H	H	H									
基于 HDL 的数字系统设计 实验				H	H							
超大规模集成电路与系统	H	H	H									
信号与系统	H	H		M	L							
信号与系统实验				H	H							
微电子工艺与器件实验				H	H							
专业基础实验				H	H				L			
专业实验				H	H							
军训								H	H			
劳动课						M		H				
电工电子基础实训						H	H	H	H			
微电子工艺实训						H	H	H	H			
集成电路课程设计		H	H	H	H					H		H
生产实习						H	H	H	H	H	H	
科学素质训练			H	H				M		H		H
毕业论文		H	H	M	H	L	H			H	H	H

注：符号表示支撑强度：H——强，M——中，L——弱。

### 3. 结语

本文总结了湘潭大学微电子科学与工程专业以工程教育专业认证为目标的培养方案修订。针对微电子科学与工程专业原培养方案存在的问题,在“强化专业基础课程,重视专业核心课程,优化专业模块课程”思想的指导下,增加了部分学科基础课、专业主干课程和专业选修课程,调整了部分课程的教学课时和开课时间,增加了实践教学课程,建立健全目标导向的人才培养机制。

### 基金项目

2020年湘潭大学第十一批教学改革研究项目(项目名称:《模拟集成电路分析与设计》课程教学的改革与实践)。

### 参考文献

- [1] 移知. 2023年集成电路还缺人吗? 集成电路产业人才供需研讨会[EB/OL]. <https://blog.csdn.net/nuoweishizi/article/details/134074745>, 2023-12-06.
- [2] 百度百科. 微电子科学与工程[EB/OL]. [https://baike.baidu.com/item/%E5%BE%AE%E7%94%B5%E5%AD%90%E7%A7%91%E5%AD%A6%E4%B8%8E%E5%B7%A5%E7%A8%8B/12623299?fr=ge\\_al](https://baike.baidu.com/item/%E5%BE%AE%E7%94%B5%E5%AD%90%E7%A7%91%E5%AD%A6%E4%B8%8E%E5%B7%A5%E7%A8%8B/12623299?fr=ge_al), 2023-12-06.
- [3] 杨红姣, 汪洋, 曾以成, 谢亮. 基于工程教育专业认证的微电子科学与工程专业人才培养方案探索[C]//湖南省电子信息技术研究会2019会员代表大会暨学术年会论文集. 长沙: 国防科技大学出版社, 2019: 162-167.
- [4] 孟祥东, 周玉雪, 曾祥华. 基于工程教育认证的微电子科学与工程专业毕业要求建设[J]. 教育教学论坛, 2018(12): 27-29.
- [5] 蒋宗礼. 工程专业认证引导高校工程教育改革之路[J]. 工业和信息化教育, 2014(1): 1-5+12.