

集成电路设计原理课程教学中的思政建设探索

唐晓雨 田丽鸿 谢跃 花涛 梁瑞宇

(南京工程学院, 江苏 南京 211167)

【摘要】科学技术的发展是国家综合实力的支撑,高等教育承担着为国育才的重任。根据新工科的人才培养要求和课程思政建设的迫切需求,本文就集成电路设计原理的课程教学情况入手,从课程目标、教学大纲、考核方式、教学实施等方面的课程思政建设情况展开具体介绍,为工科类课程的课程思政建设提供参考。

【关键词】课程教学; 思政建设; 集成电路设计原理

一、引言

近年来,大数据、云计算、人工智能、区块链、虚拟现实、智能科学与技术等新兴产业逐渐崛起,传统的工科人才培养模式不再适应市场的需求。从2017年开始,教育部开始推进“新工科”教育理念^[1],培养具备专业知识、实践能力以及创新能力等综合素质工科人才。与此同时,高校的政治思想工作也逐步开展^[2-4]。2019年3月,在学校思想政治理论课教师座谈会上,习近平总书记指出“思政课作用不可替代,思政课教师队伍责任重大”,深刻阐述了办好思政课的重大意义。2020年6月,教育部印发了《高等学校课程思政建设指导纲要》,强调要落实立德树人的根本任务,全面推进课程思政建设。可见,新工科与课程思政是当前大学生能力培养及道德教育的新趋势。

集成电路设计原理是电子信息科学与技术专业中的一门重要课程。随着信息技术的不断发展,集成电路的应用越来越广泛,已经成为现代电子信息技术的核心和基础。学生必须掌握集成电路设计的基本原理和方法,才能在未来的工作中胜任各种电子技术的工作岗位。集成电路设计原理不涉及电子技术的基本原理和方法还涉及国家安全、社会责任等方面的问题。因此,教学中需要注重思政建设,引导学生正确看待科技进步和社会发展的关系。

二、集成电路设计原理课程思政建设重要性

集成电路产业支撑着电子信息、智能制造、工业控制、国防安全等多个领域的发展,是国家科技强国的关键^[5-6]。2014年6月,国务院发布《国家集成电路产业发展推进纲要》,明确集成电路产业未来几年的发展目标。2020年8月,国务院再次印发《新时期促进集成电路产业和软件产业高质量发展的若干政策》(简称《若干政策》)。“十四五”规划把科技自立自强作为国家发展的战略支撑。近年来,我国电子信息产业面临的“缺芯少魂”问题让我国高端制造业的发展十分被动。集成电路产业的蓬勃发展亟需一大批创新能力强的专业人才。

专业课程是开展课程思政的重要依托。在专业课程教学中全面推进课程思政建设,在知识传授和能力培养的同时,帮助学生塑造正确的世界观、人生观、价值观,这一举关系着国家经济发展和长治久安。集

成电设计原作为为电子信息科学与技术专业的一门专业课程,承担着知识传授和价值引导的重任。

三、集成电路设计原理与课程思政相融合的具体措施

(一) 课程思政与课程目标相融合

《集成电路设计原理》作为电子信息科学与技术专业的核心专业课,应突出其专业性和先进性。在讲述半导体集成电路的基本原理之上,应重点使学生掌握半导体CMOS集成电路的基本的分析方法和设计方法,真正达到“学以致用”的目的。通过将课程思政与集成电路设计原理课程教学相结合,设定本课程目标如下:

课程目标1:了解集成电路的概念,发展的过程、现状,掌握集成电路设计与制造的流程,在课程中融入社会主义核心价值观教育,树立正确的世界观、人生观、价值观。

课程目标2:掌握金属氧化物场效应管MOSFET基本结构、原理、相关特性、SPICE模型,培养学生科学探索精神,引导学生树立远大理想和爱国主义情怀。

课程目标3:掌握CMOS数字集成电路和CMOS模拟集成电路常见电路特性和设计方法,培养学生精益求精的大国工匠精神,激发学生科技报国的家国情怀和使命担当。

课程目标4掌握CMOS集成电路版图设计方法、集成电路测试过程和集成电路封装技术,结合知识点让学生调研相关技术最新进展,培养学生的创新意识和科学精神。

(二) 课程思政与教学大纲相融合

根据融入课程思政课程目标的要求,面对高水平应用型人才培养的需求,将课程思政建设与集成电路设计原理课程教学内容相融合,建立新的教学大纲,如表1所示。

(三) 课程思政与评价考核相融合

课程思政教育的有效实施离不开有效的评价机制。在融入课程思政的集成电路设计原理教学中,课程考核评价方式更加关注学生在日常学习过程中的成长与收获,注重过程性考核,如表2所示。

四、融入课程思政的课堂教学实施

下面以MOSFET结构和电流-电压特性这一知识

点的讲授为例,介绍在集成电路设计原理课程教学中课程思政建设的具体实施方案。

(一) 教学目标

知识层面: 1. 认识 MOSFET 器件的结构和参数; 2. 掌握 MOSFET 在不同栅极和漏极电压下的工作状态,理解截止区、线性区、饱和区的电压条件,熟悉耗尽层、反型层、夹断等; 3. 理解 MOSFET 的转移特性曲

线和输出特性曲线。

能力与价值观层面: 1. 加强学生专业知识能力培养,注重思考与总结,能够举一反三; 2. 从半导体技术发展演进历程激发学生思考技术发展底层规律,在认识科技发展规律和意义基础上,培养学生创新应用的能力; 3. 引导学生关注我国集成电路产业发展情况和国际形势,培养学生的民族责任感与使命意识。

表 1 集成电路设计原理大纲(融入课程思政建设)

章节	教学内容	课程思政元素	教学目标	对应课程目标
第一章: 集成电路绪论	1. 集成电路发展历史; 2. 集成电路的概念; 3. 集成电路设计与制造流程。	1. 引导认识科技发展对社会进步的推动作用; 2. 激发学生的爱国意识和社会责任感。	1. 了解集成电路的概念,发展的历史和现状; 2. 掌握集成电路设计与制造流程的一般过程。	课程目标 1
第二章: 集成电路制造	1. 集成电路制造的基本要素; 2. 主要制造工艺; 3. CMOS 工艺流程; 4. 工艺评估。	1. 培养学生精益求精的大国工匠精神; 2. 激发学生科技报国的家国情怀和使命担当; 3. 认识国之重器对于科技发展和社会进步的重要作用。	1. 熟悉集成电路制造的基本要素; 2. 掌握集成电路制造的主要制造工艺方法; 3. 掌握典型的 CMOS 集成电路工艺。	课程目标 1
第三章: MOSFET 金属氧化物场效应管	1. MOSFET 的结构与特性; 2. 短沟道效应; 3. 按比例缩小理论; 4. MOSFET 电容; 5. MOS 器件 SPICE 模型。	1. 分析 MOSFET 原理,引导学生养成科学严谨的态度和一丝不苟的科学作风; 2. 使用不同分析方法,提高学生分析问题能力,学会举一反三。	1. 掌握金属氧化物场效应管 MOSFET 基本结构和特性; 2. 了解 MOSFET 短沟道效应; 3. 掌握 MOSFET 集成电路按比例缩小理论; 4. 了解 MOSFET 电容以及 SPICE 模型。	课程目标 2
第四章: CMOS 数字集成电路	1. CMOS 反相器; 2. 典型组合逻辑电路; 3. 典型 CMOS 时序逻辑电路; 4. 扇入扇出; 5. 互连线电容与延迟; 6. CMOS 存储器。	1. 利用组合逻辑电路中元件与电路的关系揭示整体与个体的关系,培养集体意识; 2. 事物是普遍联系的,从具体知识出发,培养学生综合认知能力,提高专业知识素养和学科交叉能力。	1. 掌握 CMOS 反相器、CMOS 组合逻辑电路以及时序逻辑电路的结构、工作原理、静态特性、动态特性、功耗、芯片版图设计方法; 2. 理解 CMOS 数字电路扇入扇出,延迟特性; 3. 了解 CMOS 存储器的基本结构和原理。	课程目标 3
第五章: CMOS 模拟集成电路	1. 模拟集成电路种类及应用; 2. 单管放大电路; 3. 多管放大电路; 4. 电流源和电压基准源; 5. 典型运算放大器; 6. 模拟集成电路设计基本步骤。	1. 从多种放大电路的特点和应用揭示事物的复杂性和多样性; 2. 培养学生的科学思维和灵活应变能力; 3. 引导学生,直面困难,夯实基础知识,循序渐进地学习专业知识,切勿心浮气躁。	1. 掌握 CMOS 单管放大电路、多管放大电路、CMOS 电流源以及运算放大器的结构、原理、特性、芯片版图设计方法; 2. 理解一般模拟集成电路设计基本步骤; 3. 了解基本的模拟集成电路机构和原理,如数模、模数转换器,射频集成电路、功率集成电路。	课程目标 3
第六章: 集成电路芯片版图设计	1. 芯片版图设计规则分类; 2. 芯片版图设计规则举例; 3. 全定制版图设计; 4. 自动布局布线设计; 5. 芯片版图验证。	1. 由集成电路版图设计实验,发扬理论到实践、知行合一精神; 2. 结合应用实例教授学生理论联系实际的能力; 3. 强化运用知识的能力,培养综合素质。	1. 掌握 CMOS 集成电路版图设计的一般方法、常用布局布线技巧和需遵守的版图布局规则; 2. 掌握全定制版图设计的基本步骤; 3. 掌握 CMOS 芯片版图的验证步骤。	课程目标 4
第七章: 集成电路测试技术	1. 芯片测试意义; 2. 芯片测试过程; 3. 可测试性设计。	1. 由测试向量的设计,引导学生积极思考、主动交流; 2. 提升解决实际问题的方法和能力。	1. 理解芯片测试的意义和一般过程; 2. 掌握常见的芯片可测试性设计方法。	课程目标 4
第八章: 集成电路封装	1. 集成电路封装概述; 2. 传统封装技术; 3. 新型封装技术。	1. 由多种封装方式的发展,鼓励学生不断创新,砥砺前行; 2. 学以致用。	1. 了解集成电路封装的含义、功能、分类、发展历程; 2. 掌握几种常见的新型封装技术。	课程目标 4

表 2

成绩分项	考核 / 评价环节	建议百分比	考核 / 评价细则	对应课程目标
平时成绩 (30%)	课堂考勤	10%	根据学生旷课、迟到、早退酌情扣分	1
	平时作业	10%	考核学生课后作业的完成度和准确率。	1, 2, 3, 4
	课堂表现	10%	考核学生在课堂上的学习态度和参与度。	1
实验成绩 (10%)	实验操作	5%	查看实验结果是否正确, 原始实验数据记录是否完整, 实验计算过程是否完备。	4
	实验报告	5%	批改实验报告, 检查实验报告的完整性规范性; 实验分析计算过程和结果是否正确; 是否有实验心得等。	4
期末成绩 (60%)	考试	60%	通过闭卷考试的方式考核学生对课程知识点的掌握程度。	1, 2, 3, 4

(二) 学情分析

本次课程教学对象是电子信息科学与技术专业三年级的学生, 在此之前已经学习过《模拟电子技术》和《数字电子技术》等专业基础课, 具备了一定的电子器件方面的知识, 例如BJT。但大部分学生对于MOSFET器件的结构以及工作原理知之甚少, 不能很好地理解MOSFET的开关特性。需要通过本课程的学习, 让学生掌握MOSFET在不同栅极和漏极电压下的工作状态, 理解截止区、线性区、饱和区的定义, 认识耗尽层、反型层、夹断名词的含义等。

(三) 教学设计

根据教学内容分析和学期分析, 确定了教学目标和重点、难点, 针对课堂教学内容, 采取讲授法为主、结合互动教学、微课视频辅助的教学方式。在讲授教学过程中通过对比BJT和MOSFET的差异和在集成电路过程中的应用激发学生的学习兴趣; 在导入新课阶段和思考总结阶段, 引导学生积极讨论、发散思维; 采用微课视频辅助教学, 使得深奥抽象的MOSFET沟道响应形象化、立体化, 便于理解。

(四) 教学环节

导入主题: 1. 回顾微电子器件BJT的特点, 通过提问方式, 考查学生对于知识点的掌握情况。2. 比较已学习的微电子器件BJT和MOSFET的特点, 提出MOSFET单极型器件和电压控制的特征, 引入本门课程的学习内容。通过两种电子元件的比较和应用, 突出理论与应用的关系, 增强学生思辨意识。

课程讲授: 1. 认识MOSFET结构: 以NMOSFET为例, 详细介绍MOSFET的结构、衬底、掺杂、端口、器件参数等信息。2. MOSFET工作原理: 首先结合微课视频形象的展示MOSFET沟道中载流子的运动状态以及沟道在不同的栅压下的响应, 激发学生的学习兴趣。在讲授栅极电压控制的沟道响应情况时, 分析沟道中耗尽区形成、反型层形成、夹断产生的条件。漏极电压控制的沟道响应情况, 得到MOSFET工作在截止区、线性区和饱和区的电压条件。这部分知识有难度, 但是学习中要迎难而上, 发扬严谨求实的作风; 引导学生思考相关知识点间的联系, 培养学生的科学探索精神。3. MOSFET的电流-电压曲线: 根据MOSFET工作原理学习转移特性曲线和输出特性曲线。

通过不同的方式描述器件的性能, 树立科学方法论; 结合翻转课堂和微课展示等教学方法, 增强学生主动性和积极性。4. MOSFET应用与我国集成电路产业发展情况介绍。将理论与实际相结合, 培养学以致用的意识; 结合国内外形势, 激发学生爱国情怀和责任意识, 增强使命感。

总结与思考: 回顾本次课程的主要内容, 引导学生思考相关知识点间的联系, 及时总结与分析, 打好专业基础。基于NMOSFET结构和性能提出PMOSFET结构和性能的推测, 帮助学生巩固专业知识, 举一反三, 提高自主学习能力。

五、结语

在新工科人才培养过程中融入课程思政是大势所趋。集成电路设计原理课题组从课程目标、教学大纲、考核方式、教学实施等方面开展课程思政建设探索, 为国家发展培养一批具有创新意识和工匠精神的高水平应用型人才。

参考文献:

- [1] 刘思远, 马廷奇. 工程领域紧缺人才培养与新工科专业建设[J]. 天津大学学报(社会科学版), 2024, 26(01): 38-44.
- [2] 薛小明. 课程思政建设中的三教融合与生态完善[J]. 中国教育技术装备, 2024(03): 65-68.
- [3] 胡洪彬. 课程思政: 从理论基础到制度构建[J]. 重庆高教研究, 2019, 7(01): 112-120.
- [4] 潘梦, 李兴扬, 李芳. 理工科专业核心课中课程思政的育才作用[J]. 科教文汇(上旬刊), 2021(13): 81-82+109.

基金项目: 2021年度江苏省高校哲学社会科学一般项目“新工科背景下专业课课程思政建设的研究”(编号: 2021SJA0451)和电子信息类江苏省青蓝工程优秀教学团队资助; 江苏省研究生教育研究课题“应用型高校工科专业硕士研究生数字化能力培养模式研究”(JGKT22_C049); 江苏省2022年度教育科学规划重点资助课题“应用型高校电子信息类专业卓越工程师数字化能力培养研究”(B/2022/01/80)。