



无锡学院

WUXI UNIVERSITY

微电子科学与工程专业

课程教学大纲

(2024 版)

教务处编印

二〇二四年

目 录

《微电子科学与工程专业导论》课程教学大纲.....	1
《工程制图II》课程教学大纲.....	5
《电路分析基础》课程教学大纲.....	13
《数字电子技术基础》课程教学大纲.....	25
《数字电子技术基础实验》课程教学大纲.....	34
《模拟电子技术基础 I》课程教学大纲.....	39
《模拟电子技术基础实验》课程教学大纲.....	49
《微机原理与单片机技术》课程教学大纲.....	55
《微机原理与单片机技术实验》课程教学大纲.....	64
《信号与系统 I》课程教学大纲.....	70
《电磁场与电磁波》课程教学大纲.....	78
《数字信号处理》课程教学大纲.....	86
《电子设计自动化》课程教学大纲.....	96
《CPLD/FPGA 原理与应用》课程教学大纲.....	105
《固体物理与半导体物理》课程教学大纲.....	111
《微电子工艺基础》课程教学大纲.....	120
《集成电路测试》课程教学大纲.....	135
《微电子器件基础》课程教学大纲.....	145
《虚拟仪器设计》课程教学大纲.....	154
《功率半导体器件》课程教学大纲.....	161
《工程伦理学》课程教学大纲.....	171
《工程项目管理与经济决策》课程教学大纲.....	178
《工程创造学》课程教学大纲.....	185
《MEMS 技术》课程教学大纲.....	191
《量子力学》课程教学大纲.....	199
《半导体材料与工艺》课程教学大纲.....	208
《薄膜材料表征技术》课程教学大纲.....	220
《电子材料与器件》课程教学大纲.....	229
《集成电路原理与设计》课程教学大纲.....	240
《微纳传感器与应用》课程教学大纲.....	246

《光电子器件》课程教学大纲.....	256
《CMOS 数字集成电路设计》课程教学大纲.....	264
《CMOS 模拟集成电路设计》课程教学大纲.....	272
《深度学习与图像识别》课程教学大纲.....	277
《数字图像处理》课程教学大纲.....	293
《超材料与超表面》课程教学大纲.....	304
《嵌入式系统原理及应用》课程教学大纲.....	310
《认知实习》课程教学大纲.....	320
《电子测量仪器使用》课程教学大纲.....	325
《PCB 与 SMT 工艺实践》课程教学大纲.....	332
《集成电路测试课程设计》课程教学大纲.....	342
《集成电路版图设计训练》课程教学大纲.....	347
《微电子工艺课程设计》课程教学大纲.....	352
《创新实践(1)》课程教学大纲.....	360
《创新实践(2)》课程教学大纲.....	366
《毕业实习》课程教学大纲.....	372
《毕业设计/论文》课程教学大纲.....	378

《微电子科学与工程专业导论》课程教学大纲

一、课程基本信息

课程名称（中文）	微电子科学与工程专业导论				
课程名称（英文）	Major Introduction to Electronic Science and Technology				
课程类别 ¹	专业基础课	课程性质 ²	必修	特殊课程类型 ³	
授课学期	第1学期	学分	0.5	考核方式	考查
课程学时及分配	总学时 ⁴	讲课学时	实验学时	线上学时	课外学时
	8	8	0	0	0
适用专业	微电子科学与工程				
选用教材	自编讲义				
开课单位	集成电路科学与工程学院				
先修课程	无				
后续课程	《模拟电子线路》、《数字逻辑电路》				
课程简介 (不少于500字)	<p>课程基本定位:《微电子科学与工程专业导论》课程是针对微电子科学与工程专业大一新生开设的专业课。使学生了解微电子科学与工程领域知识、技术的基本概念、在国民经济及现代社会生活中的扮演角色与作用,明确专业培养目标,初步认识微电子科学与工程专业课程的整体框架,包括各基础课和专业课设置,各专业方向内涵与设置、各专业课与各专业方向之间的关系等。</p> <p>核心学习结果:通过课程讲授、自学和演示介绍,使学生从低年级就能对微电子科学与工程学科行业的发展历史、发展现状以及未来发展趋势、学科基本理论及技术方法、在交叉学科中的应用等方面有个初步而较全面科学的了解认识,并对国内和本校微电子科学与工程专业教学环境和教学思想有初步的认识,以便为今后大学各个学期乃至更长时间内的专业学习、交叉学科应用和研究打下基础,使学习工程技术课程的方法更合理、针对性更强、学习更主动,进一步促使学生建立专业兴趣,为后续课程的学习奠定基础,整体把握好自己的四年学业规划。</p> <p>主要教学方法:通过教师课堂讲解和学生课下资料搜集,使学生在了解行业、学科基本情况的基础上,对自身的学习有初步的规划。</p>				
大纲更新时间	2024年8月				

二、课程目标

序号	课程目标 ¹ （参考人才培养目标、毕业要求、课程定位）	支撑毕业要求指标点 ²	支撑思政指标点
1.	了解行业发展历史、现状和趋势情况；	指标点 10.2: 能够了解微电子工艺与集成电路测试专业领域的国际发展趋势与新的研究热点，能够解释和尊重世界不同文化的差异性和多样性。	指标点 4.1: 理解本民族传统文化，肯定当代国内科技发展水平； 指标点 4.2: 主动参与本国文化活动，积极传播和发扬本国优秀文化。
2.	了解学科发展历史，学科课程体系，以及本校本专业的课程体系情况；	指标点 7.1: 能够贯彻科学发展，遵守环境保护相关政策法规，坚持可持续发展理念。	
3.	了解本专业的专业课程内容，以及其作用；	指标点 6.1: 能够掌握微电子工艺与集成电路测试领域相关的国家和行业标准体系、知识产权、产业政策和法律法规，能够解释不同社会文化对微电子工艺与集成电路测试活动的影响。	
4.	建立终身学习和自主学习的人生目标。	指标点 8.3: 能够描述微电子工艺与集成电路测试人员对公众的安全、健康和福祉，以及环境保护的社会责任，能够在工程实践中自觉履行责任。	

三、课程教学内容和基本要求

学生将学习以下课程内容并应达到如下基本要求：

第一章 行业发展

该章节对应课程目标 1，对应思政指标点 4.1、4.2。

1. 教学内容

让学生了解半导体器件科技的发展史、基本概念、理论、方法、结构和性能的关系等内容。利用行业内龙头企业的案例了解行业的发展情况，以及我国在本行业内采取的措施、策略，及其目的。

2. 知识要点

电子信息行业发展状况

3. 重点难点

电子信息行业发展趋势

4. 基本要求

- 1、了解本行业的过去、现况和未来发展趋势；
- 2、了解本行业在我国的发展情况。

5. 教学方法

讲授、演示

第二章 学科发展

该章节对应课程目标 2，对应思政指标点 4.1、4.2。

1. 教学内容

让学生了解微电子科学与工程的研究领域、前言动态等，培养学生在交叉学科和创新能力等方面综合发展。

2. 知识要点

微电子科学与工程在高校教学体系中的方向

3. 重点难点

微电子科学与工程在本校课程体系中的重点学习方向

4. 基本要求

- 1、了解微电子科学与工程一级学科下设的学习方向，及不同方向之间的侧重点；
- 2、了解本校本专业的课程体系结构，及各门课程之间的因果关系。

5. 教学方法

讲授

第三章 学科专业课程

该章节对应课程目标 3、4，对应思政指标点 4.1、4.2。

1. 教学内容

让学生了解微电子科学与工程的专业课程体系，了解本校本院本专业的课程设置，明确学习目标，明确自身的社会定位；培养学生在交叉学科和创新能力等方面综合发展，培养学生“科技报国”理念，为学生以后从事微电子科学与工程各方面的研究打下基础。

2. 知识要点

了解本专业课程内容

3. 重点难点

了解本专业课程的作用

4. 基本要求

对本专业的专业课程内容有基本的认知，了解其讲授的内容，以及所学知识在行业或学科体系中的作用。

5. 教学方法

讲授

四、学时分配

序号	章节名称	学时分配（共 8 学时）
1	行业发展	2
2	学科发展	3
3	学科专业课程	3

五、考核方式

《微电子科学与工程专业导论》课程为微电子科学与工程专业必修课，课程考核方式包括：课堂学习讨论及课后反馈表现（40%）+结果性考核（60%）。

1. 课堂学习讨论及课后反馈表现（40%）

作业测评为主。

课堂学习讨论及课后反馈表现评价方法及考核目标

考核内容	评价标准	支撑课程教学分目标	支撑毕业要求
作业测评，共40	通过自行查阅资料，描述本行业某	1	10.2

分	主流技术的发展现状和趋势，并介绍国内行业现状与相关企业。根据收集资料的广度及描述逻辑清晰度进行评分。(20分)		
	写一份报告，要求调研本专业相关的专业类学习网站清单，要求数目不少于8个，其中外文网站不少于3个，并给出详细的网站概述和使用心得。(20分)	4	8.3

2. 结果性考核 (60%)

论文考查形式。要求围绕周边常见的技术或事物，写一篇论文，列举该技术或该事物与专业相关的不同方面，论文章节包括但不限于简介（概述技术或事物的特点、功能、分类、应用、国内相关研发或产品企业等方面）、工作原理、相关支撑专业课程、发展趋势、前景展望等。

课程考试评价方法及考核目标

考核内容	评价标准	支撑课程教学分目标	支撑毕业要求
论文考查，共60分。	支撑课程列举合理、全面。(15分)	2	7.1
	概述和工作原理内容详实、描述准确。(30分)	3	6.1
	发展趋势描述准确，前景展望合理。(15分)	4	8.3

六、参考书目及学习资料

参考书目与文献：

- 1.《微电子科学与工程导论（第4版）》，李哲英，电子工业出版社，2021年。
- 2.《电子信息工程概论（第3版）》，杨杰，电子工业出版社，2019年。

制定人：林海

审定人：余耀

批准人：王伟

2024年8月

《工程制图II》课程教学大纲

一、课程基本信息

课程名称（中文）	工程制图II				
课程名称（英文）	Engineering Drawing II				
课程类别 ¹	专业基础课	课程性质 ²	必修	特殊课程类型 ³	平台课
授课学期	第1学期	学分	2	考核方式	考试
课程学时及分配	总学时 ⁴	讲课学时	实验学时	线上学时	课外学时
	32	24	8	0	0
适用专业	微电子科学与工程				
选用教材	《现代工程制图》，朱菊香、郭业才、李鹏，机械工业出版社，2023年				
开课单位	集成电路科学与工程学院				
先修课程	无				
后续课程	金工实习II				
课程简介 (不少于500字)	<p>课程基本定位: 《工程制图》是微电子科学与工程专业的一门专业基础课，旨在为学生提供绘制和阅读工程图纸的基本技能。课程强调理论与实践相结合，使学生能够准确表达工程构件的几何形状、尺寸和公差。课程内容符合工程行业的标准和规范，为学生日后从事工程设计、制造和施工等工作打下基础。</p> <p>核心学习结果: 通过本课程的学习，学生将掌握工程图纸的绘制原则和方法，包括正投影法、轴测图和透视图。学生能够理解和应用尺寸标注、公差和技术要求等工程语言。学生将学会使用现代绘图工具和软件，如AutoCAD、SolidWorks等，进行二维和三维设计。学生能够独立分析和解决工程制图中的常见问题，具备创新设计和优化的能力。</p> <p>主要教学方法: 讲授法：用于介绍工程制图的基本概念、原理和规范。示范法：教师通过示范绘图过程，展示绘图技巧和注意事项；练习法：学生通过大量的绘图练习，提高绘图技能和准确性；案例分析：通过分析具体的工程案例，学习如何应用制图知识解决实际问题；小组讨论：鼓励学生在小组内讨论绘图问题，培养团队合作和交流能力；计算机辅助设计(CAD)：利用计算机软件进行绘图实践，提高设计效率和质量；项目导向学习：通过完成具体的设计项目，学生将所学知识综合应用于实际工程问题。</p>				
大纲更新时间	2024年8月				

二、课程目标

序号	课程目标 ¹ （参考人才培养目标、毕业要求、课程定位）	支撑毕业要求指标点 ²	支撑思政指标点
1	课程目标 1: 学生将掌握投影法的基本理论、熟练运用投影法的基本理论来绘制图纸。培养学生形象思维能力和空间构形能力,能够正确理解和表达设计意图,准确绘制三视图、剖视图和轴测图等。	指标点 1.1: 能够掌握数学、自然科学、计算和工程科学基础知识,能够运用数学、自然科学、计算和工程科学语言工具描述工程技术问题。	指标点 1.2: 以辩证唯物主义和历史唯物主义的世界观认识和改造客观世界
2	课程目标 2: 学生将熟悉国家标准中关于制图的有关规定,在绘图中严格执行国家标准关于制图的相关规定,能够分析零件图、装配图等图样的各类尺寸并进行正确的标注。	指标点 2.1: 能够运用数学、自然科学和工程科学的基本原理,认识与判断电路与系统测试领域复杂工程问题中的关键环节。	指标点 4.2: 主动参与本国文化活动,积极传播和发扬本国优秀文化
3	课程目标 3: 学生将掌握 AutoCAD 绘图软件基本命令及基本操作;能够运用 AutoCAD 绘图软件绘制图框、基本形体、三视图等。	指标点 5.1: 能够掌握微电子工艺与集成电路测试领域常见的现代仪器、工程工具、信息技术工具和模拟软件的使用原理和方法,并理解其局限性。	指标点 6.1: 努力学习科学文化知识,扩大知识储备,能独立理性思考问题

三、课程教学内容和基本要求

学生将学习以下课程内容并应达到如下基本要求:

第一章 制图基本知识

该章节对应指标点 1.1、2.1,对应思政指标点 1.2, 4.2。

1. 教学内容

- (1) 绘图工具及其使用
- (2) 国家标准《技术制图》《机械制图》中的一些规定
- (3) 几何作图
- (4) 平面图形的尺寸分析及画图步骤。

2. 知识要点

- (1) 了解工程图样绘制的基本工具及其用法;
- (2) 掌握国家标准《技术制图》和《机械制图》中的规定,要求能够在后续的学习中熟练运用并严格执行;
- (3) 掌握基本几何图形绘制的方法和步骤,并能够熟练运用;
- (4) 掌握平面图形的尺寸分析以及绘制步骤,并能用于后续的学习中;
- (5) 学生了解并认同工程技术人员的职业伦理和职业操守。

3. 重点难点

(1) 重点

- 1) 绘图工具的使用方法：分规、圆规、丁字尺、绘图板、三角板等；
- 2) 国家标准《技术制图》与《机械制图》中的关于制图的规定：标准代号、图纸幅面及图框、标题栏、明细栏、字体及字号、图线、比例等；
- 3) 任意等分直线、任意等分圆、作圆内接 n 边形；
- 4) 斜度和锥度的定义、标记、画法。

(2) 难点

- 1) 尺寸标注方法；
- 2) 弧线连接，表 1-6 中所有种类；
- 3) 平面图形的尺寸分析（定形、定位尺寸、尺寸基准）、绘制步骤。

4. 基本要求

学生能够数量掌握几何图形的绘制方法并能完整实现该部分内容。

5. 教学方法

讲授与多媒体展示；互动讨论和案例分析。

第二章 正投影基础

该章节对应指标点 1.1、2.1，对应思政指标点 1.2，4.2。

1. 教学内容

- (1) 投影法基本知识
- (2) 点的投影
- (3) 直线投影
- (4) 平面投影

2. 知识要点

- (1) 掌握投影法的基本概念及正投影的基本特征；
- (2) 理解并掌握三视图的形成原理及三视图的对应关系；
- (3) 掌握点的投影的绘制，能够根据点坐标绘制点的三面投影，根据点的两面投影补全另一面投影，能够准确判断空间两点的位置关系；
- (4) 掌握线的投影的绘制，能够根据线的两面投影补全第三面投影，判断特殊位置直线并熟练绘制三面投影，能够判断空间两直线的位置关系；
- (5) 掌握平面投影的绘制，能够根据平面的两面投影绘制第三面投影，能够判断特殊的位置平面，熟练绘制特殊位置平面的三面投影。

3. 重点难点

(1) 重点

- 1) 点、直线及平面的正投影特征；
- 2) 点的三面投影规律及其与直角坐标系的关系、两点相对位置关系；
- 3) 各类平面的投影特征；
- 4) 两直线相互位置关系。

(2) 难点

- 1) 点的三面投影及其规律；
- 2) 两点的相对位置关系、重影点及其投影的可见性；

- 3) 平面内取点取线的作图;
- 4) 各类直线的投影特征及直线上的点。

4. 基本要求

学生能够了解不同投影方法的区别及应用场景，并能利用两面投影补齐第三面。

5. 教学方法

讲授与实验演示；小组讨论和问题解决。

第三章 基本体及体表面交线

该章节对应指标点 1.1、2.1，对应思政指标点 1.2，4.2。

1. 教学内容

- (1) 平面体的投影
- (2) 回转体的投影
- (3) 平面与平面体相交
- (4) 平面与回转体相交
- (5) 回转面与回转面相交。

2. 知识要点

- (1) 了解基本体的定义，分类，形成规律。了解常见的平面体和曲面体；
- (2) 掌握平面体的投影作图，平面体三面投影及平面体表面点和线的投影；
- (3) 掌握回转体的投影作图，熟练绘制回转体的三面投影及回转体表面点和线的投影；
- (4) 掌握平面体与平面体、平面体与回转体相交的截交线的绘制，掌握切割棱柱、棱锥、圆柱、圆锥、圆球的三视图绘制；
- (5) 掌握两个回转体相贯的相贯线的求法、特殊相贯线的绘制，能够熟练绘制多形体相贯的相贯线及相贯的多形体的三视图。

3. 重点难点

(1) 重点

- 1) 平面体的投影；
- 2) 平面体体表面取点取线；
- 3) 圆柱、圆锥、球体表面的截交线的形成及典型的形状；
- 4) 相贯线投影的绘制。

(2) 难点

- 1) 回转体（圆柱、圆锥）投影及体表面取点取线；
- 2) 平面体、回转体截交线及截断面的绘制；
- 3) 圆柱、圆锥、球体截交线及截断面的绘制方法；
- 4) 特殊相贯线投影的绘制。

4. 基本要求

掌握回转体-平面体，回转体-回转体，平面体-平面体之间交线的绘制方法。

5. 教学方法

讲授与案例研究；实际手绘操作。

第四章 组合体

该章节对应指标点 1.1、2.1，对应思政指标点 1.2，4.2。

1. 教学内容

- (1) 组合体的组成分析
- (2) 组合体视图的画法
- (3) 组合体的尺寸标注
- (4) 读组合体视图的方法
- (5) 轴测图。

2. 知识要点

- (1) 了解常见组合体的组成方式，掌握组合体相邻形体之间表面过渡关系的投影特征；
- (2) 掌握切割型组合体和叠加型组合体视图的画法；
- (3) 握组合体的尺寸标注；
- (4) 掌握组合体图样的读图；
- (5) 了解轴测图的基本知识（轴间角、轴向伸缩系数等），掌握正等轴测图和斜二轴测图的绘制方法，能够根据轴测图绘制三视图。

3. 重点难点

(1) 重点

- 1) 组合体的组成分析及画法；
- 2) 形体分析法读图；
- 3) 线面分析法读图。

(2) 难点

- 1) 识图、绘图要点及思维过程：叠加型及切割型组合体的三视图绘制；
- 2) 读图及尺寸标注：组合体的尺寸标注方法、读组合体视图的方法。

4. 基本要求

学生能够分析组合体之间的关系并能够实现全尺寸的正确标注。

5. 教学方法

讲授，计算机辅助设计(CAD)与模拟，实际手绘操作。

第五章 装配图

该章节对应指标点 1.1、2.1，对应思政指标点 1.2，4.2。

1. 教学内容

- (1) 装配图的作用和内容
- (2) 部件的表达方法
- (3) 装配图的尺寸标注和技术要求
- (4) 装配图的零件序号和明细栏
- (5) 部件装配图的画法。

2. 知识要点

- (1) 了解装配图包内容，装配图部件的表达方法，掌握装配图的尺寸标注；
- (2) 了解装配图的绘制步骤；
- (3) 了解装配图中零件的序号及明细栏的填写；
- (4) 了解装配图拆画零件图的步骤及方法。

3. 重点难点

(1) 重点

- 1) 装配图的规定画法;
- 2) 装配图的尺寸标注;
- 3) 装配图的明细栏的画法;
- 4) 装配图的识读。

(2) 难点

- 1) 部件装配图的画法;
- 2) 由装配图拆画零件图的方法。

4. 基本要求

学生能够独立读图并根据图中信息分清加工该装配体的实际工序。

5. 教学方法

项目导向学习; 计算机辅助设计(CAD)与模拟。

四、实验教学内容

1.课程实验

项目 编号	项目 名称	实验内容	对应理 论章节	学时	实验 类型 ²	思政 融入点	学生学习 预期成果	课程 目标
1	工程制图基础与绘图实践	使学生熟悉工程制图的基本原理和国家标准。学生掌握手工绘图和计算机辅助设计(CAD)的基本技能。培养学生的空间想象能力和解决制图问题的能力。	第一章	2	设计性	培养学生的工匠精神和对工程细节的关注。通过绘图实践,教育学生追求精确和完美。	掌握工程制图的基本知识和技能。能够独立完成基本的工程绘图任务。学会使用CAD软件进行工程设计。	目标3
2	正投影法基础与三维几何建模实验	使学生理解正投影法的基本原理和应用。学生掌握使用正投影法绘制三维对象的能力。培养学生的空间想象能力和精确表达三维形状的能力。	第二章	2	设计性	培养学生的工程责任感和对精确工程表达的追求。通过绘图实践,教育学生注重细节和精确性。	掌握正投影法的基本知识和绘制技巧。能够独立完成三维对象的正投影图绘制。学会使用CAD软件进行三维几何建模和正投影绘制。	目标3
3	基本体及体表面交线绘制	使学生掌握基本几何体的构成及其表面交线的概念。学生使用正投影法绘制基本体及其表面交线的能力。培养学生分析和解决空间几何问题的	第三章	2	验证性	培养学生的细致观察力和严谨的工程态度。通过绘制和分析交线,教育学	掌握基本体的几何特性和表面交线的识别方法。能够独立绘制基本体及其表面交	目标3

	制与分析实验	能力。				生重视工程细节和精确性。	线的正投影图。学会使用 CAD 软件进行三维模型的构建和交线分析。	
4	组合体正投影绘制与空间分析实验	使学生掌握组合体的构成原理及其在工程制图中的表达方法。培养学生使用正投影法绘制组合体的能力。提高学生的空间想象能力和解决复杂几何问题的能力。	第四章、第五章	2	设计性	培养学生的创新意识和对工程细节的关注。通过绘制和分析组合体,教育学生追求精确和完美。	掌握组合体的构成原理和正投影绘制方法。能够独立完成组合体的正投影图和透视图绘制。学会使用 CAD 软件进行复杂几何体的设计和绘图。	目标 3

五、学时分配

序号	章节名称	学时分配 (共 24 学时)
1	第一章 制图基本知识	4
2	第二章 正投影基础	4
3	第三章 基本体及体表面交线	6
4	第四章 组合体	6
5	第五章 装配图	4
6	实验教学	8

六、考核方式

本课程为专业基础课,课程考核方式包括:平时成绩(40%,包括课程积分 15%+课后作业 10%+上机 15%)+结果性考核(60%)。

1. 平时成绩 (40%)

平时成绩评价方法及考核目标

考核内容	评价标准	支撑课程教学学分目标	支撑毕业要求
课程积分 (15%)	学习通课前测试、课堂互动测试。(15 分)	1	1.1
课后作业 (10%)	按时正确完成课后作业。(10 分)	1、2	1.1、2.1
实验 (15%)	对各实验原理认识清晰,实验步骤正确,实验数据分析正确。(15 分)	3	5.1

2. 结果性考核 (60%)

课程考试评价方法及考核目标

考核内容	评价标准	支撑课程教学目标	支撑毕业要求
闭卷考试 (60%)	期末试卷满分 100 分，考查学生掌握投影法的基本理论、熟练运用投影法的基本理论来绘制图纸的成都，包括形象思维能力和空间构形分析能力，能够正确理解和表达设计意图，准确绘制三视图，按试卷评分标准判分。(60 分)	1	1.1
	期末试卷满分 100 分，考查学生熟悉国家标准中关于制图的有关规定，在绘图中严格执行国家标准关于制图的相关规定，能够分析图样的各类尺寸并进行正确的标注，按试卷评分标准判分。(40 分)	2	2.1

七、参考书目及学习资料

1. 推荐教材：

《现代工程制图》，朱菊香、郭业才、李鹏编著，机械工业出版社，2023 年。

2. 参考书目与文献：

- (1) GB/T 4457.4-2002 机械制图图样画法，国家质量技术监督局，中国标准出版社，2014 年。
- (2) 工程制图与计算机绘图，姚纪、何培斌、李晶晶，重庆大学出版社，2016 年。
- (3) 画法几何及机械制图，何建英、阮春红、池建斌、朱冬梅，高等教育出版社，2016 年。
- (4) 机械制图，陈杰峰，重庆大学出版社，2017 年。

制定人：张黎可

审定人：余耀

批准人：王伟

2024 年 8 月

《电路分析基础》课程教学大纲

一、课程基本信息

课程名称（中文）	电路分析基础				
课程名称（英文）	Fundamentals of Circuit Analysis				
课程类别 ¹	专业基础课	课程性质 ²	必修	特殊课程类型 ³	平台课
授课学期	第2学期	学分	4	考核方式	考试
课程学时及分配	总学时 ⁴	讲课时	实验学时	线上学时	课外学时
	64	48	16	0	12
适用专业	微电子科学与工程				
选用教材	电路（第6版），邱关源，罗先觉编著，高等教育出版社，2022年				
开课单位	自动化学院				
先修课程	高等数学				
后续课程	模拟电子技术基础I、信号与系统I				
课程简介	<p>课程基本定位：《电路分析基础》是微电子科学与工程专业的一门专业基础课，是核心必修课，在整个专业人才培养体系中起着承前启后的重要作用。课程主要讲授电路的基本知识、基本理论、基本分析方法，主要包括电阻电路的分析、动态电路的时域分析、正弦稳态电路三大部分的内容，涉及集总参数电路的电压电流约束关系、电路方程、电路定理、电路等效、三要素法、正弦分析、理想变压器、三相电路等概念和分析方法。</p> <p>核心学习结果：本课程采用先直流、后稳态、再交流的教学体系，系统而全面地学习电路理论的基本概念、基本分析方法和基本定律。通过本课程的学习，学生能够掌握电路基本理论和基本分析方法，提高电路分析理论素养，能运用所学电路基本理论，对各种类型电路进行综合分析计算，同时强化对实际电路的认识和电路分析实践能力，培养学生辩证思维能力，为学习后续专业基础课、专业课及进一步研究电路理论、从事电路领域的科学研究打下坚实的基础。</p> <p>主要教学方法：课程贯穿思政教育，立德树人。采用“讲授与讨论并举、分析与仿真并重”，通过课堂讲解基本内容、讨论典型例题和学生课下阅读思考、作业练习等，学生能够掌握电路理论知识和电路分析方法。课程教学坚持OBE原则，以学生学习效果为导向，开展持续改进。主要采用讲授、案例、演示、虚拟仿真、实验、讨论、BOPPPS等教学方法。</p>				
大纲更新时间	2024年8月				

二、课程目标

序号	课程目标	支撑毕业要求指标点	支撑思政指标点
1	课程目标 1: 理解集总参数电路的基本概念、基本定律和定理, 培养分析电路的能力, 能为工程问题提供数学建模、电路设计、数据分析等方面提供支撑。	指标点 1.2: 能够运用数学、自然科学、计算和工程科学基本概念、基本理论和基本方法对实际问题进行数学建模并求解。 指标点 1.3: 能够将专业基础知识与数学、自然科学、计算分析方法综合运用于微电子工艺与集成电路测试领域专业工程问题的推演和分析。	指标点 5.1: 严格遵守法律法规和各项规章制度, 廉洁自律, 自我约束。 指标点 5.2: 对自己职业有强烈的敬业精神, 努力提高职业效益和质量。 指标点 6.1: 努力学习科学文化知识, 扩大知识储备, 能独立理性思考问题。
2	课程目标 2: 掌握电路中的基本原理、基本分析计算方法, 培养科学思维能力, 并结合所学专业知 识, 对智能制造检测领域复杂工程问题的关键环节进行识别和判断。	指标点 2.2: 能够运用专业知识和数学模型方法解释与描述微电子工艺与集成电路测试领域复杂工程问题。 指标点 2.3: 能够运用微电子工艺与集成电路测试领域基本原理和方法, 综合考虑多种影响因素, 分析微电子工艺与集成电路测试领域的复杂工程问题, 选择和优化问题的解决方案。	
3	课程目标 3: 掌握基本电量(电压、电路、电阻)值的测量方法; 掌握基本电路搭建和调试方法, 并能够根据所学的电路理论判断所获取的实验数据的正确性。	指标点 4.3: 能够利用微电子工艺与集成电路测试专业知识构建实验系统, 安全可靠地开展实验, 并有效地获取实验数据。	
4	课程目标 4: 具备使用 Multisim、Proteus 等电子电路仿真软件进行电路的辅助分析与设计的能力。	指标点 5.1: 能够掌握微电子工艺与集成电路测试领域常见的现代仪器、工程工具、信息技术工具和模拟软件的使用原理和方法, 并理解其局限性。	

三、课程教学内容和基本要求

学生将学习以下课程内容并应达到如下基本要求:

第一章 电路模型和电路定律

该章节对应课程目标 1, 对应思政指标点 5.1、5.2 和 6.1。

1. 教学内容

- (1) 电路和电路模型
- (2) 电流和电压的参考方向
- (3) 电功率和能量
- (4) 电阻元件、电压源和电流源、受控电源
- (5) 基尔霍夫定律

2. 知识要点

电流和电压的参考方向、功率、基本电路元件、基尔霍夫电流定律、基尔霍夫电压定律。

3. 重点难点

重点：电流和电压的参考方向、基本电路元件、基尔霍夫电流定律、基尔霍夫电压定律。

难点：电流和电压的参考方向、基尔霍夫电流定律、基尔霍夫电压定律。

4. 基本要求

- (1) 了解集总参数电路模型的概念，线性与非线性电路、时变与非时变电路的概念；
- (2) 理解电压、电流、功率的定义和各变量之间的关系；
- (3) 理解参考方向及关联参考方向的概念；
- (4) 能描述电路基本元件的伏安特性；
- (5) 能利用基尔霍夫定律列写电路电压、电流方程。

5. 教学方法

讲授、案例、演示、讨论、虚拟仿真、实验、BOPPPS

第二章 电阻电路的等效变换

该章节对应课程目标 1，对应思政指标点 5.1、5.2 和 6.1。

1. 教学内容

- (1) 电路的等效变换
- (2) 电阻的串联和并联
- (3) 电阻的 Y 形连接和 Δ 形连接的等效变换
- (4) 电压源、电流源的串联和并联
- (5) 实际电源的两种模型及其等效变换
- (6) 输入电阻

2. 知识要点

等效变换的概念、电阻的串并联、Y- Δ 等效变换、电压源串并联、电流源串并联、实际电源的两种模型及其等效变换。

3. 重点难点

重点：实际电源的两种模型及其等效变换

难点：等效和等效变换的概念

4. 基本要求

- (1) 理解电路等效变换的概念、意义；
- (2) 会判断电阻的串并联，能对电路进行串联分压、并联分流的计算；
- (3) 了解 Y- Δ 等效变换；
- (4) 理解理想电源的串并联等效；
- (5) 掌握实际电源的两种模型及其等效变换；

(6) 理解输入电阻的概念，掌握输入电阻的计算方法。

5. 教学方法

讲授、案例、演示、讨论、虚拟仿真、BOPPPS

第三章 电阻电路的一般分析

该章节对应课程目标 1，对应思政指标点 5.1、5.2 和 6.1。

1. 教学内容

- (1) KCL 和 KVL 的独立方程数
- (2) 支路电流法
- (3) 网孔电流法
- (4) 回路电流法
- (5) 节点电压法

2. 知识要点

KCL 和 KVL 的独立方程数、回路电流法、节点电压法。

3. 重点难点

重点：回路电流法、节点电压法

难点：独立方程数、回路电流法、节点电压法

4. 基本要求

- (1) 理解线性电阻电路的 KCL 和 KVL 的独立方程数；
- (2) 掌握回路电流法的推导过程及应用，包括特殊情况的处理（无伴电流源和受控源）；
- (3) 掌握节点电压法的推导过程及应用，包括特殊情况的处理（无伴电流源和受控源）。

5. 教学方法

讲授、案例、演示、讨论、虚拟仿真、BOPPPS

第四章 电路定理

该章节对应课程目标 1，对应思政指标点 5.1、5.2 和 6.1。

1. 教学内容

- (1) 叠加定理
- (2) 替代定理
- (3) 戴维南定理和诺顿定理
- (4) 最大功率传输定理

2. 知识要点

叠加定理、戴维南定理、诺顿定理、最大功率传输定理。

3. 重点难点

重点：叠加定理、戴维南定理、最大功率传输定理

难点：戴维南定理、最大功率传输定理

4. 基本要求

- (1) 掌握运用叠加定理分析复杂电路；
- (2) 掌握戴维南定理，会画开路电压、等效电阻、戴维南等效的电路图，并进行计算；
- (3) 理解最大功率传输定理的意义和应用，会计算最大功率。

5. 教学方法

讲授、案例、演示、讨论、虚拟仿真、实验、BOPPPS

第五章 储能元件

该章节对应课程目标 1，对应思政指标点 5.1、5.2 和 6.1。

1. 教学内容

- (1) 电容元件
- (2) 电感元件
- (3) 电容、电感元件的串联与并联

2. 知识要点

电容元件的伏安关系、电感元件的伏安关系、电容的串并联、电感的串并联。

3. 重点难点

重点：电容元件的伏安关系（微分形式）、电感元件的伏安关系（微分形式）

4. 基本要求

- (1) 了解电容、电感的工作原理；
- (2) 掌握电容的伏安关系和性质；
- (3) 掌握电感的伏安关系和性质。

5. 教学方法

讲授、案例、演示、讨论

第六章 一阶电路的时域分析

该章节对应课程目标 2，对应思政指标点 5.1、5.2 和 6.1。

1. 教学内容

- (1) 动态电路的方程及其初始条件
- (2) 一阶电路的零输入响应
- (3) 一阶电路的零状态响应
- (4) 一阶电路的全响应

2. 知识要点

初始条件、换路定则、零输入响应、零状态响应、全响应、时间常数、三要素法。

3. 重点难点

重点：实际电源的两种模型及其等效变换

难点：等效和等效变换的概念

4. 基本要求

- (1) 了解动态电路的构成；
- (2) 理解换路定则，会计算动态电路的初始值；
- (3) 理解零输入响应和零状态响应，理解瞬态和稳态的概念，掌握时间常数的计算；
- (4) 掌握运用三要素法分析一阶电路的各种响应。

5. 教学方法

讲授、案例、演示、讨论、BOPPPS

第七章 相量法

该章节对应课程目标 2，对应思政指标点 5.1、5.2 和 6.1。

1. 教学内容

- (1) 复数
- (2) 正弦量

- (3) 相量法的基础
- (4) 电路定律的相量形式

2. 知识要点

复数、正弦量、有效值、相量法基础、电路定律的相量形式。

3. 重点难点

重点：正弦量、相量法基础、电路定律的相量形式

难点：相量法基础

4. 基本要求

- (1) 理解正弦量的概念；
- (2) 理解有效值的概念；
- (3) 理解相量法的含义、方法；
- (4) 掌握电路定律的相量形式。

5. 教学方法

讲授、案例、演示、讨论

第八章 正弦稳态电路的分析

该章节对应课程目标 2，对应思政指标点 5.1、5.2 和 6.1。

1. 教学内容

- (1) 阻抗和导纳
- (2) 电路的相量图
- (3) 正弦稳态电路的分析
- (4) 正弦稳态电路的功率
- (5) 复功率
- (6) 最大功率传输

2. 知识要点

阻抗、相量图、正弦稳态电路的分析、有功功率、无功功率、视在功率、复功率、正弦稳态电路的最大功率传输。

3. 重点难点

重点：正弦稳态电路的分析、正弦稳态电路的功率、正弦稳态电路的最大功率传输

难点：正弦稳态电路的分析、正弦稳态电路的功率、正弦稳态电路的最大功率传输

4. 基本要求

- (1) 理解阻抗的概念；
- (2) 掌握正弦稳态电路的相量分析法，包括正弦变量的相量表示、相量模型的建立、运用电路的基本分析方法与相量图分析相量模型；
- (3) 理解正弦稳态电路的有功功率、无功功率、视在功率、复功率；
- (4) 掌握正弦稳态电路中的最大功率传输。

5. 教学方法

讲授、案例、演示、讨论

第九章 含有耦合电感的电路

该章节对应课程目标 2，对应思政指标点 5.1、5.2 和 6.1。

1. 教学内容

- (1) 互感
- (2) 含有耦合电感电路的计算
- (3) 理想变压器

2. 知识要点

互感元件、同名端、互感电压、含有耦合电感电路的去耦等效、理想变压器。

3. 重点难点

重点：理想变压的性质

难点：含有耦合电感电路的去耦等效

4. 基本要求

- (1) 理解互感元件的特性；
- (2) 理解同名端的概念；
- (3) 会分析含有耦合电感电路；
- (4) 掌握理想变压器的性质。

5. 教学方法

讲授、案例、演示、讨论

第十章 三相电路

该章节对应课程目标 2，对应思政指标点 5.1、5.2 和 6.1。

1. 教学内容

- (1) 三相电路
- (2) 线电压（电流）与相电压（流）的关系
- (3) 对称三相电路的计算
- (4) 不对称三相电路的计算
- (5) 三相电路的功率

2. 知识要点

三相电路、线电压（电流）、相电压（流）、对称三相电路的计算。

3. 重点难点

重点：对称三相电路的计算

难点：线电压（电流）与相电压（流）的关系

4. 基本要求

- (1) 了解三相电路的概念、意义；
- (2) 会判断三相电路的 Y 连接、 Δ 连接，掌握线电压（电流）与相电压（流）的关系；
- (3) 掌握对称三相电路的计算。

5. 教学方法

讲授、案例、演示、讨论、虚拟仿真、实验、BOPPPS

四、实验教学内容

项目编号	项目名称	实验内容	对应理论章节	学时	实验类型 ²	思政融入点	学生学习预期成果	课程目标
1	电工仪表的使用	学习 Multisim 仿真软件； 利用 Multisim 仿真软件对电路和元件性能进行仿真。	第一章	2	验证性	讲授实验操作规范和实验报告格式规范，教育学生做人有原则，做事有规范，培养良好的职业素养。	学习 Multisim 仿真软件的基本使用方法； 根据实验要求在 Multisim 仿真环境中正确搭建测试电路； 正确使用 Multisim 仿真工具中相关电子仪器获取实验数据。	目标 3、 目标 4
2	基尔霍夫定律实验	利用 Multisim 仿真软件对实验内容进行仿真； 搭建（或设计）电路，测试各元件电压、电流，用实验数据验证基尔霍夫电流定律和电压定律； 掌握用电流表测量各支路电流的方法。	第一章	2	验证性	通过搭建实验电路，掌握理论知识和实践相结合的关键点，培养学生观察问题的能力，树立全面分析问题的思想；并教育学生在实验过程中测量数据要准确，分析问题要全面，要有耐心有恒心，培养精益求精的工匠精神和严谨的科学研究精神。	根据实验要求正确搭建测试电路； 正确使用相关电子仪器获取实验数据； 根据实验数据，选定任一节点验证 KCL 的正确性、选定任一回路验证 KVL 的正确性。	目标 3、 目标 4
3	叠加定理实验	利用 Multisim 仿真软件对实验内容进行仿真； 搭建（或设计）电路，测试各元件电压、电流，用实验数据验证线性电路叠加原理的正确性； 学习复杂电路的连接方法。	第四章	2	验证性	分解-叠加的思想，在很多学科的知识推导、生活和学习中广泛应用，例如三要素法的推导，生活中有聚沙成塔、集腋成裘这样的实例，在学习中点滴知识的积累，叠加起来就会从量变到质变。	根据实验要求正确搭建测试电路； 正确使用相关电子仪器获取实验数据； 验证线性电路的叠加性，判断电压\电流满足叠加定理，但功率不满足叠加定	目标 3、 目标 4

							理。	
4	戴维南定理实验	利用 Multisim 仿真软件对实验内容进行仿真； 搭建（或设计）电路，测试各元件电压、电流，用实验数据验证戴维南定理； 掌握有源二端口网络等效电路参数的测量方法。	第四章	2	验证性	让学生认识理论和实践结合起来，学习会起到事半功倍的效果。	根据实验要求正确搭建测试电路； 正确使用相关电子仪器获取实验数据； 根据实验数据，验证戴维南定理的正确性，并分析产生误差的原因。	目标 3、 目标 4
5	最大功率传输点的测定	利用 Multisim 仿真软件对实验内容进行仿真； 搭建（或设计）电路，测试各元件电压、电流，用实验数据验证最大功率传输定理；掌握负载获得最大传输功率的条件。	第四章	2	综合性	培养学生求真务实、切问近思等科学精神。	根据实验要求正确搭建测试电路； 正确使用相关电子仪器获取实验数据； 根据实验数据，得到 $I \sim R_L$ ， $U_O \sim R_L$ ， $U_L \sim R_L$ ， $P_O \sim R_L$ ， $P_L \sim R_L$ 的关系曲线； 根据实验结果可得到负载获得最大功率的条件。	目标 3、 目标 4
6	三相电路实验	利用 Multisim 仿真软件对实验内容进行仿真； 练习三相负载的星形联接； 了解三相电路线电压与相电压，线电流与相电流之间的关系； 了解三相四线制供电系统中，中线的作用； 观察线路故障时的情况。	第十章	2	综合性	培养学生求真务实、切问近思等科学精神。	根据实验要求正确搭建测试电路； 正确使用相关电子仪器获取实验数据； 用实验数据验证线电压与相电压、线电流与相电流之间的关系； 用实验数据和观察到的现象，总结三相	目标 3、 目标 4

							四线制供电系统中中线的作用。	
7	随机实验测试	利用提供器件搭建指定电路； 能够解决搭建中遇到的问题； 对电路性能指标进行测量。	第一章~第十章	4	综合性	在学习 EDA 软件过程中教育学生用辩证的思想看待工具软件的使用，既要熟练掌握现代电子设计软件的使用方法，也要注重基础理论知识以及硬件搭建电路的实践能力的培养，做到知行合一，有效利用多种手段促进自己的学习和能力培养。	1.掌握基本电路的结构； 2.掌握利用资料查阅元件参数； 3.掌握电路设计、调试与故障排查的能力。	目标 3、 目标 4

五、学时分配

序号	章节名称	学时分配 (共 48+16 学时)
1	电路模型和电路定律	8
2	电阻电路的等效变换	6
3	电阻电路的一般分析	6
4	电路定理	7
5	储能元件	1
6	一阶电路的时域分析	4
7	相量法	3
8	正弦稳态电路的分析	6
9	含耦合电感的电路	3
10	三相电路	4
11	电工仪表的使用	2
12	基尔霍夫定律实验	2
13	叠加定理实验	2
14	戴维南定理实验	2
15	最大功率传输点的测定	2
16	三相电路实验	2
17	随机实验测试	4

六、考核方式

电路分析基础课程为本专业必修课，课程考核方式包括：平时成绩（40%，包括课程参与 15%+课后作业 10%+实验 10%+期中考试 5%）+结果性考核（60%）。

1. 平时成绩（40%）

平时成绩包括课程参与、课后作业、实验、期中考试等。

平时成绩评价方法及考核目标

考核内容	评价标准	支撑课程教学 分目标	支撑 毕业要求
课程参与 (15%)	参与度：主动参与各种课程活动，对讨论、项目或任务表现出高度的兴趣和热情。(5分)	1、2	1.2、1.3 2.3、2.3
	贡献度：按时完成分配的任务，并达到一定的质量标准。(10分)		
课后作业 (10%)	按时完成教师布置的等数量作业题目，有答题或计算过程和结论。(6分)	1、2	1.2、1.3 2.3、2.3
	作业字迹清楚、答题或计算过程的思路清晰，结论正确。(4分)		
实验 (10%)	对各实验电路原理认识清晰，实验步骤正确，实验数据分析正确。(10分)	3、4	4.3
期中考试 (5%)	试卷满分100分，按试卷评分标准判分。	1	1.2、1.3

2. 结果性考核（60%）

课程考试评价方法及考核目标

考核内容	评价标准	支撑课程教学 分目标	支撑 毕业要求
期末考试 (60%)	期末试卷满分100分，按试卷评分标准判分。掌握直流电路的分析方法，包括基尔霍夫定律、等效变换、回路电流法、节点电压法、叠加定理、戴维南定理、最大功率传输定理。(60分)	1	1.2、1.3
	掌握三要素法分析动态电路；掌握正弦稳态电路的相量分析法；理解理想变压器；掌握对称三相电路的分析与计算。(40分)	2	2.2、2.3

七、参考书目及学习资料

1. 推荐教材：

《电路(第6版)》，邱关源，罗先觉编著，高等教育出版社，2022年。

2. 参考书目与文献：

《电路分析》，王燕锋，于宝琦，于桂君编著，清华大学出版社，2024年。

《电路分析基础》，李丽敏编著，机械工业出版社，2019年。

《电路理论》，王晓辉编著，清华大学出版社，2022年。

《电路分析仿真与实验教程》，郭业才编著，江苏大学出版社，2020年。

3.在线学习资源:

电路课程组超星建课资源 <https://mooc1.chaoxing.com/course/244084728.html>

国家一流课程. 西安交通大学 MOOC https://www.icourses.cn/sCourse/course_4123.html

制定人: 王青

审定人: 余耀

批准人: 王伟

2024 年 8 月

《数字电子技术基础》课程教学大纲

一、课程基本信息

课程名称（中文）	数字电子技术基础				
课程名称（英文）	Fundamentals of Digital Electronic Technology				
课程类别 ¹	专业基础课	课程性质 ²	必修	特殊课程类型 ³	平台课
授课学期	第2学期	学分	2	考核方式	考试
课程学时及分配	总学时 ⁴	讲课学时	实验学时	线上学时	课外学时
	32	32	0	0	0
适用专业	微电子科学与工程				
选用教材	《数字电子技术基础简明教程(第4版)》，余孟尝，高等教育出版社，2018年				
开课单位	集成电路科学与工程学院				
先修课程	高等数学 I				
后续课程	微机原理与单片机技术、CPLD/FPGA 设计				
课程简介 (不少于 500 字)	<p>课程基本定位：《数字电子技术基础》是电子信息类专业的一门密切联系实际的学科基础必修课，其不仅具有自身的理论体系且实践性很强，也是本专业的主干课程之一。本课程要求在保证学习、掌握数字技术和数字系统的基本概念，基本原理和基本分析方法的前提下，力图对学生的综合能力进行培养和训练，通过理论学习和工程实践，重在提高学生分析问题和解决问题的能力。</p> <p>核心学习结果：通过本课程学习使学生能够建立数字逻辑代数基本概念；掌握逻辑函数化简方法；具有分析数字逻辑电路的功能和进行一般的数字逻辑电路设计的能力，并能够在查阅器件手册的基础上，熟悉各类数字逻辑元器件的特点及应用，能够对数字逻辑电路进行测试并根据测试结果分析、判断和排除故障，具有设计和实现复杂数字逻辑系统的初步能力，为后续专业课程的学习以及适应现代信息社会的快速变化奠定坚实的基础。</p> <p>主要教学方法：课程教学贯穿思政教育，立德树人。课程教学“讲授与讨论并举、分析与仿真并重”，通过习题、电路设计与仿真等环节，让学生掌握运用逻辑代数设计逻辑电路的方法，掌握常用的数字集成电路芯片的工作原理和应用，了解可编程逻辑器件原理，能够了解硬件描述语言设计。并能掌握半导体存储器、数/模和模/数转换电路的工作原理，在此基础上培养学生分析问题、解决问题的能力，使学生具备一定的理论发展、电路创新实践和电子线路综合的应用能力。课程教学坚持 OBE 原则，以学生学习效果为导</p>				

	向，开展持续改进。
大纲更新时间	2024 年 8 月

二、课程目标

序号	课程目标 ¹ （参考人才培养目标、毕业要求、课程定位）	支撑毕业要求指标点 ²	支撑思政指标点
1.	课程目标 1: 掌握数字电路的基础知识如数制和编码、逻辑代数等。掌握运用逻辑代数优化设计逻辑电路的方法，能够使用逻辑代数建立数字电路的数学模型并解决逻辑问题。掌握常用逻辑门电路、触发器等基本结构、工作原理以及外部静态和动态逻辑特性。熟悉常用中大规模组合逻辑和时序逻辑电路及其工作原理，正确使用数字集成电路，并具备讲解数字逻辑电路系统工作原理的能力。	指标点 1.2: 能够运用数学、自然科学、计算和工程科学的基本概念、基本理论和基本方法对实际问题进行数学建模并求解。	指标点 1.2: 以辩证唯物主义和历史唯物主义的世界观认识和改造客观世界。
2.	课程目标 2: 掌握组合逻辑和时序逻辑的分析和设计的方法。具有数字逻辑电路分析与设计的基本能力。突出数字系统的抽象和描述能力培养，能够根据实际应用需求建立对应的数学系统模型，掌握从硬件角度去分析、设计特定系统从而解决电子信息领域中复杂工程问题的方法。正确应用数字逻辑电路系统的辅助电路。掌握施密特触发器、单稳态触发器、多谐振荡器的基本结构及工作原理。掌握 ADC 和 DAC 电路硬件的相关知识，掌握 ROM 的结构、ROM 的基本工作原理、ROM 容量扩展方法，并根据实际问题的需要，进行芯片选型，优化数学模型，搭建电路模块。	指标点 1.3: 能够将专业基础知识与数学、自然科学、计算分析方法综合运用于微电子工艺与集成电路测试领域专业工程问题的推演和分析。	指标点 6.1: 努力学习科学文化知识，扩大知识储备，能独立理性思考问题。
3.	课程目标 3: 建立工程观点和实践观念，能够依据组合逻辑电路、时序逻辑电路、脉冲信号产生与整形电路、模数与数模转换电路、半导体存储电路与可编程逻辑电路等基本原理和优化设计方法，在了解与集成电路相关的技术标准基础上，从工程角度估算系统性能。	指标点 2.2: 能够运用专业知识和数学模型方法解释与描述微电子工艺与集成电路测试领域复杂工程问题。	指标点 6.2: 在创新创业实践活动中，探索新思路新技术，解决实际问题。

4.	<p>课程目标 4: 掌握系统集成的观点与方法, 综合信号产生、整形、转换、逻辑运算等技术, 建立系统结构与系统性能的关联, 能综合产业政策和行业规范, 评价系统的性能和市场价值, 在完成功能设计的基础上不断优化系统, 体现工程师的职业素养, 适应行业的发展需要。</p>	<p>指标点 2.3: 能够运用微电子工艺与集成电路测试领域基本原理和方法, 综合考虑多种影响因素, 分析微电子工艺与集成电路测试领域的复杂工程问题, 选择和优化问题的解决方案。</p>	<p>指标点 6.2: 在创新创业实践活动中, 探索新思路新技术, 解决实际问题。</p>
----	---	--	--

三、课程教学内容和基本要求

学生将学习以下课程内容并应达到如下基本要求:

第一章 数字电路基础

该章节对应课程目标 1, 对应思政指标点 1.2

1. 教学内容

- 1.1 介绍数字电子技术教学大纲和学习基本要求。
- 1.2 模拟信号与数字信号的概念。
- 1.3 数制与码制概念。

2. 知识要点

模拟信号和数字信号的区别, 数码和码制的概念。

3. 重点难点

数制与码制概念

4. 基本要求

1. 能够理解模拟信号与数字信号的概念以及区别;
2. 了解数字电子技术优点和学习基本目的和要求;
3. 掌握数制与码制、算术与逻辑运算的概念及各种进制之间的转换。

5. 教学方法

讲授、习题、讨论

第二章 基本逻辑门电路

该章节对应课程目标 1, 对应思政指标点 1.2

1. 教学内容

- 2.1 基本逻辑运算。
- 2.2 逻辑代数的基本公式、定理及规则。
- 2.3 逻辑函数的性质。
- 2.4 逻辑函数的代数化简方法和卡诺图化简方法。
- 2.5 TTL 和 CMOS 集成门电路的工作原理、逻辑功能及外部特性。

2. 知识要点

基本逻辑运算, 基本公式和定理及规则, 逻辑函数的公式化简法和卡诺图化简法, 基本门电路的工作原理及功能。

3. 重点难点

重点: 逻辑代数的基本公式、定理及规则。逻辑函数的性质。TTL 和 CMOS 集成门电路的工作原理、逻辑功能及外部特性。

难点：逻辑函数的代数化简方法和卡诺图化简方法。

4. 基本要求

1. 掌握逻辑代数的概念和运算；
2. 掌握逻辑代数的公式和定理以及运算规则；
3. 掌握逻辑函数的代数法化简方法和卡诺图法化简方法；
4. 理解最小项的概念，掌握逻辑函数几种表示或者描述方法；
5. 了解二极管、三极管和 MOS 管开关特性及简单门电路工作原理；

5. 教学方法

讲授、习题、讨论

第三章 组合逻辑电路

该章节对应课程目标 2，对应思政指标点 2.2

1. 教学内容

- 3.1 组合逻辑电路的分析方法。
- 3.2 组合逻辑电路的设计方法。
- 3.3 常用 MSI 中规模集成组合逻辑电路及其应用。
- 3.4 组合逻辑电路中的竞争与冒险现象。

2. 知识要点

组合逻辑电路的分析和设计方法，常见 MSI 电路和利用其设计逻辑电路的方法。

3. 重点难点

重点：组合逻辑电路的分析方法。组合逻辑电路的设计方法。

难点：常用 MSI 中规模集成组合逻辑电路及其应用。

4. 基本要求

1. 掌握基本逻辑门电路的定义、特点和符号标准，能从典型逻辑问题描述中抽象出逻辑函数表达式；
2. 掌握并能熟练运用组合逻辑电路的分析方法；
3. 掌握常用组合逻辑电路，即加法器、比较器、编码器、译码器、数据选择器、数值分配器的基本概念、工作原理及应用；
4. 掌握组合逻辑电路设计的一般方法，并能熟练运用常用 MSI 设计组合逻辑电路；
5. 了解组合逻辑电路中的竞争与冒险现象、产生原因及消除方法；

5. 教学方法

讲授、习题、讨论、仿真

第四章 触发器

该章节对应课程目标 2，对应思政指标点 2.2

1. 教学内容

4.1 基本 RS 触发器电路结构与动作特点、逻辑符号及功能特点；同步触发器电路结构与动作特点、逻辑符号及功能特点。

4.2 主从触发器电路结构与动作特点、逻辑符号及功能特点；边沿触发器电路结构与动作特点、逻辑符号及功能特点；集成触发器逻辑功能的转换及特性参数。

4.3 边沿触发器的功能分类，功能表示方法，JK 触发器，D 触发器，T 触发器及 T'触发器的相互转换。

2. 知识要点

基本 RS、同步、主从、边沿等触发器的结构和功能以及特点，以及相互转化方法。

3. 重点难点

重点：基本 RS 触发器电路结构与动作特点、逻辑符号及功能特点；同步触发器电路结构与动作特点、逻辑符号及功能特点。边沿触发器的功能分类，功能表示方法，JK 触发器，D 触发器，T 触发器及 T'触发器的相互转换。

难点：主从触发器电路结构与动作特点、逻辑符号及功能特点；边沿触发器电路结构与动作特点、逻辑符号及功能特点；集成触发器逻辑功能的转换及特性参数。

4. 基本要求

1. 掌握基本 RS 触发器电路结构与动作特点、逻辑符号及功能特点；
2. 掌握同步触发器、主从触发器、边沿触发器电路结构与动作特点、逻辑符号及功能特点；
3. 熟悉 JK 触发器，D 触发器，T 触发器及 T'触发器的相互转换。

5. 教学方法

讲授、习题、讨论、仿真

第五章 时序逻辑电路

该章节对应课程目标 2，对应思政指标点 2.2

1. 教学内容

- 5.1 时序逻辑电路的特点、基本分析和设计方法。
- 5.2 计数器的分类和特点，同步和异步计数器的设计方法。
- 5.3 任意 N 进制计数器的设计方法。
- 5.4 寄存器和移位寄存器类型的计数器。

2. 知识要点

时序逻辑电路的设计和分析方法，同步和异步计数器的设计方法，N 进制计数器的设计方法。

3. 重点难点

重点：时序逻辑电路的特点、基本分析和设计方法。计数器的分类和特点，同步和异步计数器的设计方法。寄存器和移位寄存器类型的计数器。

难点：任意 N 进制计数器的设计方法。

4. 基本要求

1. 掌握同步时序逻辑电路的分析与设计方法；
2. 掌握中规模集成电路计数器的工作原理、特点、分类及应用；
3. 掌握中规模集成计数器构成任意进制计数器的分析方法和设计方法；
4. 理解寄存的概念，了解寄存器的特点和分类，掌握单向、双向移位寄存器的功能。

5. 教学方法

讲授、演示、仿真与讨论

第六章 脉冲波形的产生与整形

该章节对应课程目标 3，对应思政指标点 5.2

1. 教学内容

- 6.1 多谐振荡器的电路结构、工作原理、输出波形图。

6.2 施密特触发器的工作原理和特点，工作过程分析，输出波形图。

6.3 单稳态触发器电路结构、工作原理，输出脉冲宽度计算和输出波形图；单稳态触发器的应用。

6.4 555 定时器的内部电路结构和工作原理及特点，555 定时器的应用。

2. 知识要点

施密特触发器的结构和工作原理及输出波形画法，555 定时器的结构和工作原理及应用。

3. 重点难点

重点：施密特触发器的工作原理和特点，工作过程分析，输出波形图。555 定时器的内部电路结构和工作原理及特点，输出波形画法；555 定时器的应用。

难点：单稳态触发器电路结构、工作原理，输出波形图。

4. 基本要求

1. 掌握施密特触发器的电路结构、工作原理、回差电压的计算和输出波形的画法；
2. 了解单稳态触发器的工作原理，输出脉冲宽度和周期的计算以及输出波形的画法；
3. 熟悉 555 定时器电路结构、工作原理及典型应用；
4. 掌握 555 定时器组成的脉冲电路（施密特触发器）分析方法、输出波形画法。

5. 教学方法

案例、演示、仿真、讨论

第七章 数模和模数转换器

该章节对应课程目标 3，对应思政指标点 5.2

1. 教学内容

- 7.1 数模转换器和模数转换器的工作原理。
- 7.2 数模转换器和模数转换器的主要参数和分类。
- 7.3 数模和模数转换器的选型与综合应用。

2. 知识要点

数模转换器和模数转换器的工作原理

3. 重点难点

重点：数模转换器和模数转换器的工作原理。数模和模数转换器的选型与综合应用。
难点：数模转换器和模数转换器的工作原理。

4. 基本要求

1. 掌握数模转换器和模数转换器的原理和特点；
2. 了解数模转换器和模数转换器的主要参数含义；
3. 了解数模转换器和模数转换器类型。

5. 教学方法

讲授、演示与讨论

第八章 半导体存储器与可编程逻辑器件

该章节对应课程目标 4，对应思政指标点 7.2，8.2

1. 教学内容

- 8.1 只读存储器 ROM。
- 8.2 ROM 的应用，用存储器实现组合逻辑函数。
- 8.3 ROM 的分类，存储器容量的扩展。

8.4 随机存储器 RAM。

2. 知识要点

ROM 的结构和工作原理，以及利用其设计组合逻辑电路的方法。

3. 重点难点

重点：只读存储器 ROM。ROM 的应用，用存储器实现组合逻辑函数。

难点：只读存储器 ROM

4. 基本要求

1. 掌握 ROM 结构、工作原理、分类、容量扩展法；

2. 了解 ROM 应用、RAM 工作原理、容量扩展法。

5. 教学方法

讲授、演示与讨论

四、学时分配

序号	章节名称	学时分配 (共 32 学时)
1.	数字电路基础	4
2.	基本逻辑门电路	6
3.	组合逻辑电路	6
4.	触发器	4
5.	时序逻辑电路	6
6.	脉冲波形的产生与整形	2
7.	数模和模数转换器	2
8.	半导体存储器与可编程逻辑器件	2

五、考核方式

数字逻辑电路课程为微电子科学与工程专业必修课，课程考核方式包括：课堂学习讨论及课后反馈表现（30%）+结果性考核（70%）。

1. 课堂学习讨论及课后反馈表现（30%）

课堂学习研讨、作业测评、阶段性测试等

课堂学习讨论及课后反馈表现评价方法及考核目标

考核内容	评价标准	支撑课程教学分目标	支撑毕业要求
课堂教学研讨及出勤率考核，共 10 分。	分析实际电路设计案例，完成互动与研讨，表达自己的观点，提出自己的问题解决方案。（5 分）	1	1.2
	阐述观点的过程中思路清晰，表达明确。（5 分）	3	2.2
课后作业的完成	收集资料、熟悉实际电路案例。（5 分）	4	2.3

程度，重要数字逻辑电路技术的掌握程度，共 20 分。	了解重要数字逻辑电路技术的应用，并能正确的应用和解决问题。 (15 分)	2	1.3
----------------------------	---	---	-----

2. 结果性考核（70%）

考试（闭卷）

课程考试评价方法及考核目标

考核内容	评价标准	支撑课程教学分目标	支撑毕业要求
闭卷考试，共 70 分。	掌握数字电路的基础知识如数制和编码、逻辑代数等。掌握运用逻辑代数优化设计逻辑电路的方法，能够使用逻辑代数建立数字电路的数学模型并解决逻辑问题。掌握常用逻辑门电路、触发器等基本结构、工作原理以及外部静态和动态逻辑特性。熟悉常用中大规模组合逻辑和时序逻辑电路及其工作原理，正确使用数字集成电路，并具备讲解数字逻辑电路系统工作原理的能力。（25 分）	1	1.2
	掌握组合逻辑和时序逻辑的分析和设计的方法。具有数字逻辑电路分析与设计的基本能力，如从逻辑电路写出逻辑表达式，列出真值表及画出波形图等。正确应用数字逻辑电路系统的辅助电路。掌握施密特触发器、单稳态触发器、多谐振荡器的基本结构及工作原理。能根据逻辑电路的指标，了解 A/D 转换和 D/A 转换的相关知识，了解 ROM 的基本工作原理。（35 分）	2	1.3
	建立工程观点和实践观念，能够依据组合逻辑电路、时序逻辑电路、脉冲信号产生与整形电路、模数与数模转换电路、半导体存储电路与可编程逻辑电路等基本原理和优化设计方法。（3 分）	3	2.2
	掌握系统集成的观点与方法，综合信号产生、整形、转换、逻辑运算	4	2.3

	等技术，建立系统结构与系统性能的关联，能综合产业政策和行业规范，评价系统的性能和市场价值。 (7分)		
--	---	--	--

六、参考书目及学习资料

- 1.推荐教材:《数字电子技术基础简明教程》，余孟尝编著，高等教育出版社，2018年。
- 2.参考书目与文献:
《电子技术基础（数字部分）》，康华光编著，高等教育出版社，2014年。

制定人：裴晓芳

审定人：余耀

批准人：王伟

2024年8月

《数字电子技术基础实验》课程教学大纲

一、课程基本信息

课程名称（中文）	数字电子技术基础实验				
课程名称（英文）	Experiment of Digital Electronic Technology Fundamentals				
课程类别 ¹	专业基础课	课程性质 ²	必修	特殊课程类型 ³	
授课学期	第2学期	学分	1	考核方式	考查
课程学时及分配	总学时 ⁴	讲课学时	实验学时	线上学时	课外学时
	16	0	16	0	0
适用专业	微电子科学与工程				
选用教材	《数字电子技术实验仿真与课程设计教程》，郭业才，西安电子科技大学出版社，2020年				
开课单位	集成电路科学与工程学院				
先修课程	无				
后续课程	微机原理与单片机技术、CPLD/FPGA设计等				
课程简介 (不少于500字)	<p>课程基本定位：《数字逻辑电路实验》是电子信息类专业的一门工程实践类课程，是必修的学科基础课。本课程复习和巩固《数字逻辑电路》课程的知识，帮助学生加深数字逻辑电路知识，培养学生的动手能力，提高学生解决复杂工程问题的能力。</p> <p>核心学习结果：通过大纲所列内容的学习与实践，巩固理论课程所学知识，在实践过程中培养学生理论联系实际的能力，为后续课程打下良好基础；培养学生全面理解数字逻辑电路各部件的基本原理及工作过程，掌握设计数字系统的原理和方法，培养学生查阅电子器件数据手册、正确地使用集成电路及电子元器件的能力，掌握数字电子技术电路的实验、研究方法，提高学生数字电子技术的系统设计能力；通过验证型、设计型、综合型的实验，逐步提高学生自主学习、分析和解决问题的能力，使学生具有复杂的数字系统工程实践能力，同时培养学生撰写和设计实验报告的能力。培养学生实事求是、严谨的科学作风，提高学生分析问题，解决问题的能力 and 动手能力，为后续电子信息硬件课程打好坚实基础。</p> <p>主要教学方法：教学过程中主要以讲授、操作和讨论为主。对于综合性和设计性实验要求学生自行设计实验电路完成实验，以提高学生数字电子系统的设计能力。</p>				
大纲更新时间	2024年8月				

二、课程目标

序号	课程目标 ¹ (参考人才培养目标、毕业要求、课程定位)	支撑毕业要求指标点 ²	支撑思政指标点
1.	课程目标 1: 能够根据具体实验需求进行实验设计, 能够根据设计方案构建具体的数字电子系统实验方案。	指标点 3.3: 能够完成微电子工艺与集成电路测试领域的设计, 并在设计中体现创新意识。	指标点 3.1: 遵守国家法律法规, 不损人利己, 帮助弱者, 维护正义
2.	课程目标 2: 能够搭建实验系统、检查和排除实验电路故障, 获取实验数据, 并完成实验数据的处理。	指标点 4.3: 能够利用微电子工艺与集成电路测试专业知识构建实验系统, 安全可靠地开展实验, 并有效地获取实验数据。	指标点 5.1: 严格遵守法律法规和各项规章制度, 廉洁自律, 自我约束
3.	课程目标 3: 能够使用常用仪器仪表进行电路参数的测量, 掌握 Multisim 等软件的仿真功能, 具备通过使用仪器仪表和仿真软件分析、查找和排除数字电路常见故障的能力。	指标点 5.1: 能够掌握微电子工艺与集成电路测试领域常见的现代仪器、工程工具、信息技术工具和模拟软件的使用原理和方法, 并理解其局限性。	
4.	课程目标 4: 撰写出完整实验步骤和实验方案, 并能够根据实验目标完成对实验数据的总结归纳等处理工作, 提高学生解决复杂的工程实践能力。	指标点 5.2: 能够合理选择并使用微电子工艺、测试设备和系统所需的仪器工具、模拟软件和信息资源对复杂工程问题进行分析、计算与设计。	指标点 5.2: 对自己职业有强烈的敬业精神, 努力提高职业效益和质量

三、实践教学内容

1.课程实验¹

项目编号	项目名称	实验内容	对应理论章节	学时	实验类型 ²	思政融入点	学生学习预期成果	课程目标
1	基本门电路	1、学习电子技术实验系统的使用; 2、测试 74LS00、74LS04 和 74LS32 芯片的真值表; 3、根据测试的真值表判断芯片的逻辑功能。	第二章	2	验证型	通过讲解数字电路的多种描述方式, 讲解辩证法中事物具有多样性, 不仅仅局限于单一角度, 可以从不同方面反复不断的认识, 从而加深自己的认识水平。	1、理解电子技术实验箱的各个模块的功能; 2、理解基本门电路的测试方法, 加深理解逻辑表达式、真值表和电路图之间的关系。	1、4
2	三态输出门	1、测试三态输出门的逻辑功能, 搭建利用三态门分时传输信息的电路并验证结果;	第二章	2	验证型		1、理解三态门的工作原理和逻辑功能; 2、理解三态门数据传输功能。	1、4

		2、利用三态门实现数据的双向传递或 TTL 集电极开路门的应用。						
3	译码器及其应用	1、验证译码器的逻辑功能； 2、搭建利用译码器做数据分配器的电路。	第三章	2	综合型	强调电路设计完成后需要经过仿真验证后才可以搭建电路。理论要联系实际，理论也要指导实践，强调实际与理论相结合，才能找到正确道路，使学生注重对科研的严谨性。	1、理解译码器的工作原理； 2、掌握译码器的逻辑功能； 3、学习译码器的应用。	2、 4
4	数据选择器及其应用	1、测试数据选择器的逻辑功能； 2、利用 4 选 1 数据选择器实现 8 选 1 数据选择器。	第三章	2	综合型	理论相结合，才能找到正确道路，使学生注重对科研的严谨性。	1、理解数据选择器的工作原理和应用； 2、理解数据选择器的扩展方法。	2、 4
5	组合逻辑电路设计	1、用二进制译码器实现全加器； 2、利用指定的芯片设计保险箱的数字代码锁。	第三章	2	设计型	正确看待个体与整体的关系；实现定功能的逻辑电路方案，培养学生的节约意识，以及人类命运共同体的价值观。	1、理解组合逻辑电路设计步骤； 2、理解采用多种组合逻辑门实现复杂逻辑功能。	2、 4
6	集成电路触发器及其应用	1、测试双 D 触发器 74LS74 的逻辑功能； 2、将 D 触发器转换为 JK 触发器。	第四章	2	验证型	事物之间具有普遍的联系性，只要达成率转换的条件，事物也可以发生转变。	1、认知 JK 触发器的工作原理和逻辑功能； 2、理解 JK 触发器实现单脉冲的控制。	2、 4
7	移位寄存器	1、测试双 D 触发器 74LS74 的逻辑功能； 2、设计一个用 D 触发器构成的移位寄存器（环行计数器）。	第五章	2	综合型	时序逻辑电路设计的集成电路较多、规模较大，引申到当代中国在集成电路方面的成就与不足，要学生辩证地看待问题。引导学生增强对自己的国家认同感和责任感，要为实现社会主义现代化和中华民族伟大复兴，建	1、理解 D 触发器的工作原理和逻辑功能； 2、学习用 D 触发器构成移位寄存器（环行计数器）。	3、 4
8	计数器	1、测试计数器的逻辑功能，搭试电路并验证结果； 2、用两个 74LS163 连接成一个两位十进制计数器。	第五章	2	综合型	看待问题。引导学生增强对自己的国家认同感和责任感，要为实现社会主义现代化和中华民族伟大复兴，建	1、掌握中规模集成计数器的逻辑功能及使用方法； 2、学习运用集成电路芯片计数器构成 N 位十进制计数器的方法。	3、 4

					强国而努力奋斗。		
--	--	--	--	--	----------	--	--

四、学时分配

序号	章节名称	学时分配 (共 16 学时)
1.	基本门电路	2
2.	三态输出门	2
3.	译码器及其应用	2
4.	数据选择器及其应用	2
5.	组合逻辑电路设计	2
6.	集成电路触发器及其应用	2
7.	移位寄存器	2
8.	计数器	2

五、考核方式

数字电子技术基础实验课程为微电子科学与工程专业必修课，课程考核方式包括：实验操作（40%）+实验报告（30%）+结果性考核（30%）。

1. 实验操作（40%）

实验操作评价方法及考核目标

考核内容	评价标准	支撑本课程教学分目标	支撑毕业要求
查阅数据手册，掌握芯片的基本原理和设计方法。	通过文献研究和分析，掌握门电路、三态门、译码器、数据选择器、触发器、计数器等的工作原理与基本应用。（30分）	1	3.2
数据处理和结论分析的情况。	正确地整理、分析实验结果和数据。（30分）	2	4.3
实验仪器的操作和动手能力的熟练程度。	能对较为复杂的电路正确安装和调试，具有初步分析电路故障的能力。（40分）	3	5.1

2. 实验报告（30%）

实验报告评价方法及考核目标

考核内容	评价标准	支撑课程教学分目标	支撑毕业要求

实验方案的合理性。	综合应用数字电子线路知识，选择合适方法，自行拟定实验方案，包括实验目的、实验仪器、实验原理、实验步骤及实验过程中注意事项，并记录完整。(50分)	1	3.2
实验数据及测量参数的合理性。	正确地整理、分析实验结果和数据，并记录规范。(40分)	2	4.3
报告内容及版面	思路清晰，文字流畅，图表正确，表达明确，版面整洁。(10分)	4	5.2

3. 结果性考核 (30%)

考查 (实验实操)

课程考试评价方法及考核目标

考核内容	评价标准	支撑课程教学目标	支撑毕业要求
实验考核	正确完成实验方案设计、电路搭建及电路图的绘制。(30分)	1	3.2
	数据处理和结论分析的情况。(20分)	2	4.3
	测量仪器使用规范，正确测量元器件参数。(20分)	3	5.1
	实验相关理论问题回答正确。(20分)	4	5.2
	考核完成时间。(10分)		

六、参考书目及学习资料

1.推荐教材:《数字电子技术实验仿真与课程设计教程》，郭业才编著，西安电子科技大学出版社，2020年。

2.参考书目与文献:

《电子技术实验与设计教程》第2版，刘建成主编，电子工业出版社，2016年。

《电子技术实验》，高文焕主编，清华大学出版社，2004年。

《数字电子技术基础》第五版，余孟尝主编，高等教育出版社，2006年。

3.在线学习资源:

网址 1: 数字逻辑电路实验 (chaoxing.com)

网址 2: <https://mooc1-1.chaoxing.com/mooc-ans/course/225000265.html>

制定人: 裴晓芳

审定人: 王授琦

批准人: 郭业才

2024年8月

《模拟电子技术基础 I》课程教学大纲

一、课程基本信息

课程名称（中文）	模拟电子技术基础 I				
课程名称（英文）	Fundamentals of Analog Electronics I				
课程类别 ¹	专业基础课	课程性质 ²	必修	特殊课程类型 ³	平台课
授课学期	第 3 学期	学分	3.5	考核方式	考试
课程学时及分配	总学时 ⁴	讲课学时	实验学时	线上学时	课外学时
	56	56	0	0	12
适用专业	微电子科学与工程				
选用教材	《模拟电子技术(第三版)》，张永宏、郭业才主编，清华大学出版社，2024 年				
开课单位	集成电路科学与工程学院				
先修课程	高等数学、大学物理、电路分析基础				
后续课程	射频电路基础、CMOS 模拟集成电路设计				
课程简介 (不少于 500 字)	<p>课程基本定位:《模拟电子技术基础 I》是电子信息类本科生教学的必修课程，在人才培养方案中属于专业基础课程模块，是专业核心课程。</p> <p>核心学习结果:培养学生掌握常见电子元器件工作原理和特性，模拟电路的基础理论和方法，并能深入运用相关知识、数学模型和软件仿真方法，分析微电子科学与工程系统中模拟线路的工作原理，从而对复杂工程问题进行解释；并基于此综合考虑多影响因素，选择和优化问题的解决方案。</p> <p>主要教学方法:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1.“双创”融入原则。“讲授与讨论并举、设计与分析并重”，通过习题、电路设计与仿真等环节，培养其分析解决问题的能力以及创新能力。 2.价值体系塑造。坚持立德树人，挖掘课程内容和教学过程中蕴含的思想政治教育资源，探索和创新课程思政教育方法，不断提升课程思政能力。 3.坚持 OBE 原则。关注全体学生学习效果，建立“评价—反馈—改进”闭环，形成持续改进机制。 4.面向新一代信息技术。结合“互联网+”以及人工智能新兴产业等，革新模拟电子技术课程的内容案例与授课手段，增加课程的开放性与活力。 5.网络教学资源配套。建立网络资源库，优化教学资源，建立网络教学共享机制，实现网络教学与课堂教学的同步推进。 				

大纲更新时间	2024年8月
--------	---------

二、课程目标

序号	课程目标 ¹ （参考人才培养目标、毕业要求、课程定位）	支撑毕业要求指标点 ²	支撑思政指标点
1.	课程目标 1: 能够理解并掌握半导体器件的工作机理，根据电路基本原理，对其进行数学描述。	指标点 1.1: 能够掌握数学、自然科学、计算和工程科学基础知识，能够运用数学、自然科学、计算和工程科学语言工具描述工程技术问题。	指标点 1.1: 心怀梦想，在困难面前能保持乐观心态，化压力为动力。 指标点 5.1: 严格遵守法律法规和各项规章制度，廉洁自律，自我约束。 指标点 6.1: 努力学习科学文化知识，扩大知识储备，能独立性思考问题。
2.	课程目标 2: 掌握基本放大电路、负反馈放大电路、振荡电路、信号处理与运算电路、功率放大电路与直流稳压电源电路的基本原理，能应用等效的方法，建立功能电子线路的数学模型。	指标点 1.2: 能够运用数学、自然科学、计算和工程科学基本概念、基本理论和基本方法对实际问题进行数学建模并求解。	
3.	课程目标 3: 能够利用非线性分析法、微变等效法，对各类放大电路、反馈电路、电源电路进行抽象、化简和建模，并能正确的求解电路指标。	指标点 2.1: 能够运用数学、自然科学和工程科学的基本原理，认识与判断微电子工艺与集成电路测试领域复杂工程问题中的关键环节。	
4.	课程目标 4: 能够结合具体的设计指标确定不同的电路方案，具有对电路系统进行分析、判断和评价的能力，抽取工程问题中的关键环节，并能进行分析求解。	指标点 2.2: 能够运用专业知识和数学模型方法解释与描述微电子工艺与集成电路测试领域复杂工程问题。	

三、课程教学内容和基本要求

学生将学习以下课程内容并应达到如下基本要求：

第一章 绪论

该章节对应课程目标 1，对应思政指标点 1.1、5.1、6.1。

1. 教学内容

对模拟电子技术的发展历程进行概述。具体内容包括：

- 1) 电子器件与电子电路的发展史，特别是电子管、晶体管和集成电路的发明与演进；
- 2) 模拟信号与数字信号的基本概念及区别；
- 3) 模拟电路的特点、主要应用领域以及模拟电路与数字电路的基本区别。
- 4) 本课程的学习目的、任务、特点以及学习本课程的基本要求。

2. 知识要点

- 1) 电子器件与电子电路的发展史：理解电子管、晶体管和集成电路的发明背景、技术特点和对电子技术的推动作用。
- 2) 模拟信号与数字信号：掌握模拟信号与数字信号的基本定义、特点以及它们之间的区

别。

3)模拟电路的特点：了解模拟电路处理模拟信号的能力，如信号的放大、运算、滤波、转换和发生等。

4)学习目的与任务：明确本课程的学习目的，即掌握模拟电子技术的基本理论、基本知识和基本技能，为后续课程和专业应用打下基础。

3. 重点难点

重点：理解模拟信号与数字信号的基本概念和区别，以及模拟电路的主要特点和应用领域。

难点：对电子器件与电子电路的发展史有深入的理解，特别是不同电子器件的技术特点和对电子技术的推动作用。

4. 基本要求

1)掌握模拟电子技术的基本概念、基本原理和基本分析方法。

2)理解模拟信号与数字信号的区别，能够对信号进行正确的分类和处理。

3)了解模拟电路的主要特点和应用领域，能够构建简单的模拟电路并进行基本的分析。

5. 教学方法

视频/阅读拓展、讲授法

第二章 常用半导体器件基础

该章节对应课程目标 1，对应思政指标点 1.1、5.1、6.1。

1. 教学内容

主要讨论半导体材料、PN 结、二极管、三极管、场效应管的结构、工作原理。具体内容包括：

1)半导体材料的基本性质与分类，包括半导体、本征半导体、杂质半导体（N 型和 P 型）的概念及其导电机制。

2)PN 结的形成原理、特性及应用，包括 PN 结的单向导电性、伏安特性等。

3)二极管的工作原理、特性参数及基本应用。

4)三极管的结构、工作原理、特性参数。

5)场效应管的工作原理、分类及主要特性。

2. 知识要点

1)半导体材料：了解半导体材料的导电性，理解本征半导体和杂质半导体的概念及其导电机制。

2)PN 结：掌握 PN 结的形成原理、单向导电性及伏安特性，了解 PN 结在电子器件中的应用。

3)二极管：理解二极管的结构、工作原理及主要参数，如直流电阻、交流电阻、最大整流电流等。

4)三极管：掌握三极管的结构、工作原理及特性参数。

5)场效应管：了解场效应管的工作原理、分类及主要特性。

3. 重点难点

重点：PN 结的形成原理、特性及应用；二极管和三极管的工作原理、特性参数及应用。

难点：1)PN 结的单向导电性、伏安特性及二极管的动态交流电阻的理解；

2)三极管、场效应管放大原理的理解。

4. 基本要求

1)掌握半导体材料的基本性质与分类，理解半导体材料的导电机制。

2)掌握 PN 结的形成原理、特性及应用，理解 PN 结的单向导电性和伏安特性。

3)理解二极管和三极管的工作原理、特性参数及应用，能够进行简单的电路分析。

4)了解场效应管的工作原理、分类及主要特性。

5. 教学方法

阅读分享、随堂测试、讲授法、案例分析法、小组讨论法

第三章 三极管放大电路

该章节对应课程目标 2、3、4，对应思政指标点 1.1、5.1、6.1。

1. 教学内容

主要讨论共射、共集、共基放大电路、差分放大电路的工作原理、静态工作点、微变等效电路及动态指标进行讨论。具体内容包括：

- 1)共射放大电路：深入分析共射放大电路的工作原理、组成、静态工作点计算、动态性能指标等。
- 2)共集放大电路：讨论共集放大电路的特点、应用以及与其他放大电路的区别。
- 3)共基放大电路：介绍共基放大电路的工作原理、性能特点以及应用场景。
- 4)差分放大电路：简要介绍差分放大电路的基本结构、工作原理和抑制零点漂移的作用。

2. 知识要点

- 1)放大电路的基本概念：理解放大倍数、输入电阻、输出电阻等参数的含义。
- 2)静态工作点：掌握如何计算和分析放大电路的静态工作点，确保电路正常工作在放大区。
- 3)微变等效电路：了解微变等效电路的建立方法，利用微变等效电路分析放大电路的性能。
- 4)动态指标：熟悉放大电路的动态性能指标，如电压放大倍数、带宽等。

3. 重点难点

- 重点：1)四种基本放大电路的工作原理和性能特点。
2)静态工作点的计算和分析方法。
3)微变等效电路的建立和分析。
- 难点：1)如何准确计算和分析放大电路的静态工作点。
2)理解和掌握微变等效电路的含义和应用。
3)差分放大电路的工作原理和抑制零点漂移的作用。

4. 基本要求

- 1)熟练掌握三极管放大电路的基本概念。
- 2)理解和分析三种基本放大电路的工作原理和性能特点。
- 3)计算和分析放大电路的静态工作点，并判断电路是否工作在放大区。
- 4)建立和分析微变等效电路，并分析放大电路的性能。
- 5)了解差分放大电路的基本原理和应用。

5. 教学方法

随堂测试、翻转课堂、讲授法、案例分析法、小组讨论法、多媒体教学法

第四章 场效应管放大电路

该章节对应课程目标 2、3、4，对应思政指标点 1.1、5.1、6.1。

1. 教学内容

主要围绕场效应管放大电路进行，具体包含场效应管的共源、共漏、共栅放大电路的工作原理、静态工作点、小信号等效电路及动态指标等方面的讨论。具体内容包括：

- 1)共源放大电路：详细讲解共源放大电路的工作原理、组成结构、性能特点。
- 2)共漏放大电路：分析共漏放大电路（也称为源极跟随器）的工作原理、应用特性。
- 3)共栅放大电路：讨论共栅放大电路的工作原理、电路设计及使用场景。
- 4)静态工作点：探讨如何为 FET 设置静态工作点，确保电路稳定工作在放大区域。
- 5)小信号等效电路：介绍小信号等效电路的建立方法，并分析其在 FET 放大电路中的应用。
- 6)动态指标：讨论 FET 放大电路的动态性能指标，如电压放大倍数、带宽、噪声等。

2. 知识要点

- 1)放大电路类型：掌握共源、共漏、共栅放大电路的基本结构和工作原理。
- 2)静态工作点：了解如何根据电路需求选择合适的 FET 类型和参数，并设置合适的静

态工作点。

3)小信号等效电路：熟悉小信号等效电路的建立方法，理解其在分析 FET 放大电路中的作用。

4)动态指标：了解 FET 放大电路的动态性能指标，如电压放大倍数、带宽、噪声等，并理解其影响因素。

3. 重点难点

重点：1)共源、共漏、共栅放大电路的工作原理和性能特点。

2)静态工作点的设置方法及其对电路性能的影响。

3)小信号等效电路的建立和分析方法。

难点：1)掌握共源、共漏、共栅放大电路的工作原理和性能特点，理解它们之间的区别。

2)正确设置静态工作点，确保电路稳定工作在放大区域。

3)建立和分析小信号等效电路，理解其在 FET 放大电路中的应用。

4. 基本要求

1)理解和分析共源、共漏、共栅放大电路的工作原理和性能特点。

2)能够正确设置 FET 放大电路的静态工作点，并理解其对电路性能的影响。

3)能够建立和分析小信号等效电路，利用等效电路分析 FET 放大电路的性能。

4)了解 FET 放大电路的动态性能指标，并理解其影响因素。

5. 教学方法

随堂测试、讲授法、案例分析法、小组讨论法、多媒体教学法

第五章 集成运算放大电路

该章节对应课程目标 2、3、4，对应思政指标点 1.1、5.1、6.1。

1. 教学内容

主要围绕集成运算放大电路的性能指标、组成、多级运放的耦合方式、频率特性、常见镜像电流源电路进行讨论。具体内容包括：

1)集成运算放大电路的特性及指标：讨论集成运算放大电路的特性，如虚短、虚断；讨论集成运算放大电路主要性能指标，如开环增益、输入失调电压、输入失调电流、共模抑制比、带宽等。

2)集成运算放大电路的组成：介绍集成运算放大电路的基本组成，包括输入级、中间级、输出级以及偏置电路等部分。

3)多级放大电路：分析多级运放中各级之间的耦合方式，如直接耦合、电容耦合等，并讨论其对电路性能的影响。多级放大电路的增益及带宽等特性与单级放大电路的区别。

4)常见镜像电流源电路：介绍集成运算放大电路中常见的镜像电流源电路，如威尔逊电流源、恒流源等，并讨论其工作原理和应用。

2. 知识要点

1)集成运算放大电路：理解并掌握集成运算放大电路的主要性能指标，如开环增益、输入失调电压、带宽等。熟悉集成运算放大电路的基本组成，以及各组成部分的功能和特点。

2)多级放大电路：了解多级运放中常见的耦合方式及其优缺点，理解耦合方式对电路性能的影响；掌握多级放大电路的增益和带宽的计算方式。

3)镜像电流源电路：掌握常见镜像电流源电路的工作原理和应用，理解其在集成运算放大电路中的作用。

3. 重点难点

重点：1)集成运算放大电路中虚短和虚断的概念。

2)多级运放中各级之间的耦合方式及参数计算。

3)不同类型镜像电流源电路的电流关系。

难点：1)深入理解集成运算放大电路中虚短和虚断特性。

2)掌握镜像电流源电路输出电流的分析求解方式。

4. 基本要求

1)掌握集成运算放大电路的主要性能指标和电路组成。

- 2)理解多级放大电路中各级之间的耦合方式及其对电路性能的影响。
- 3)能够分析常见的镜像电流源电路中电流关系。

5. 教学方法

资料查找、讲授法、案例分析法

第六章 负反馈放大电路

该章节对应课程目标 2、3、4，对应思政指标点 1.1、5.1、6.1。

1. 教学内容

主要围绕反馈放大电路中馈的分类和判断方法，负反馈对放大电路性能的影响，自励振荡产生条件等方面进行讨论。具体内容包括：

1)反馈的分类和判断方法：正反馈与负反馈，直流反馈与交流反馈，电压反馈与电流反馈，串联反馈与并联反馈。

2)负反馈对放大电路性能的影响：提高放大倍数的稳定性，减小非线性失真、提高电路线性度，抑制反馈环内的噪声、提高信噪比，扩展频带、改善频率特性，改变放大电路输入输出电阻。

3)自励振荡产生条件：环路增益 A_F 的模等于 1 ($|AF|=1$) 且相角满足 $\arg A_F = \pm(2n+1)\pi$ (n 为整数)。

2. 知识要点

- 1)反馈基本概念：理解反馈的作用和分类。
- 2)反馈的分类：掌握各种反馈类型的定义和特点。
- 3)负反馈的四种组态和判断方法：能够准确判断电路中的反馈类型。
- 4)负反馈对放大电路性能的影响：理解负反馈如何改善电路性能。
- 5)负反馈放大电路正常工作的因素：了解电路稳定性与反馈深度的关系。
- 6)自励振荡产生条件：了解自励振荡的预防和诊断方法。

3. 重点难点

- 重点：1)负反馈的四种组态及其判断方法。
2)负反馈对放大电路性能的改善作用。
- 难点：1)准确判断电路中的反馈类型。
2)深入理解负反馈如何影响电路性能。

4. 基本要求

- 1)理解反馈的基本概念、分类和判断方法。
- 2)掌握负反馈的四种组态，并能在实际电路中进行准确判断。
- 3)理解负反馈对放大电路性能的影响，并能分析其对电路稳定性、失真、噪声等性能的影响。
- 4)了解负反馈放大电路正常工作的因素，以及自励振荡的产生条件和判断方法。

5. 教学方法

讲授法、案例分析法、小组讨论法

第七章 信号运算与处理电路

该章节对应课程目标 2、3、4，对应思政指标点 1.1、5.1、6.1。

1. 教学内容

主要围绕集成运算放大电路在信号运算与处理方面的应用，针对各种运算电路、滤波电路和电平比较电路进行讨论。具体内容包括：

1)基本运算电路：比例运算电路(反相、同相)，加减运算电路(反相求和、同相求和)，积分/微分运算电路、对数/指数运算电路的工作原理和输入输出关系。

2)有源滤波电路：滤波电路的种类及特点和主要参数，一阶及二阶低通/高通有源滤波器的工作原理和传输特性。

3)电压比较器：不同类型的电压比较器的结构、工作原理。

2. 知识要点

1)基本运算电路：理解不同运算电路的工作原理和电路结构；掌握比例、加减运算电路中电压增益的计算方法；掌握积分、微分运算电路输入输出电压的波形特点。

2)有源滤波电路：理解滤波电路在信号处理中的作用；掌握有源滤波电路与无源滤波电路的区别；掌握一阶低通/高通滤波器传递函数的分析方法。

3)电压比较器：了解过零比较器、单门限/双门限比较器、滞回比较器的电路特点及输入输出电压波形关系。

3. 重点难点

重点：1)各种基本运算电路的工作原理及增益计算。

2)一阶有源低通/高通滤波电路的特点及传递函数的计算。

3)电压比较器的输入输出电压波形关系。

难点：1)准确分析基本运算电路中电压增益。

2)理解滤波器参数与电路特性的关系。

3)绘制电压比较器的输入输出电压波形。

4. 基本要求

1)掌握信号运算电路的基本理论，包括各种运算电路的工作原理和电路结构。

2)了解滤波器的基本概念和主要参数，能够计算滤波器的传递函数。

3)能够分析简单的信号处理电路。

5. 教学方法

讲授法、项目引导法、小组讨论法

第八章 信号产生电路

该章节对应课程目标 2、3、4，对应思政指标点 1.1、5.1、6.1。

1. 教学内容

主要对正弦波和非正弦波产生电路进行讨论。具体内容包括：

1)正弦波振荡器：振荡电路的起振、平衡条件，RC/LC 振荡电路的工作原理；

2)非正弦波振荡器：方波、三角波等非正弦波产生电路的基本原理。

2. 知识要点

1)正弦波振荡器工作原理：详细解释正弦波振荡器利用自激振荡原理产生稳定输出信号的过程，包括振幅平衡条件和相位平衡条件。分析 RC、LC、石英晶体等不同类型的正弦波振荡电路的工作原理、设计方法和电路特性。

2)非正弦波产生电路：介绍方波、三角波等非正弦波产生电路的基本原理和电路组成。

3. 重点难点

重点：1)正弦波振荡器的平衡振荡条件、起振条件和稳幅措施；

2)RC 正弦波振荡电路的原理分析；

3)LC 三端式振荡器的原理分析；

4)非正弦振荡器的工作原理。

难点：1)正弦波振荡器的相位平衡条件和振幅平衡条件的深入理解；

2)判断电路能否作为振荡电路。

4. 基本要求

1)理解振荡器的基本概念和工作原理，能够区分正弦波振荡器和非正弦波振荡器。

2)掌握正弦波振荡器的平衡振荡条件、起振条件和稳幅措施，能够分析 RC、LC 正弦波振荡电路的工作特性。

3)掌握判断电路能否作为振荡电路。

4)了解非正弦波产生电路的基本原理和电路组成，能够分析方波、三角波等非正弦波产生电路的输入输出波形关系。

5. 教学方法

随堂测试、讲授法、案例分析法、小组讨论法、多媒体教学法

第九章 功率放大电路

该章节对应课程目标 2、3、4，对应思政指标点 1.1、5.1、6.1。

1. 教学内容

主要讨论功率放大的基本要求、工作特点、电路组成及工作原理。具体内容包括：

- 1) 基本概念：功率放大的定义与分类、功率放大电路的基本组成。
- 2) 乙类功率放大电路的效率与失真分析等。

2. 知识要点

1)功率放大的基本要求、分类及应用领域；
2)OCL(无输出电容形式)和 OTL(无输出变压器形式)电路的特点，以及效率与失真分析等。

3. 重点难点

重点：1)理解 OCL 和 OTL 电路的工作原理和优缺点。
2)了解乙类功放中交越失真现象及其消除方法。
难点：计算两种电路的输出功率、效率等关键性能指标。

4. 基本要求

1)理解功率放大的基本概念和重要性，以及 OCL 和 OTL 电路的特点。
2)掌握乙类功率放大电路的工作原理和设计方法，能够分析电路的性能参数。

5. 教学方法

讲授法、案例分析法

第十章 直流稳压电源

该章节对应课程目标 2、3、4，对应思政指标点 1.1、5.1、6.1。

1. 教学内容

主要围绕直流稳压电源系统的组成、整流电路、滤波电路、稳压电路的工作原理进行详细讨论。具体内容包括：

- 1)直流稳压电源：电源系统的组成及分类。
- 2)直流稳压电源各组成部分的工作原理：包括整流电路、RC 滤波电路、稳压电路。

2. 知识要点

1)直流稳压电源系统的组成：介绍直流稳压电源的基本构成，包括电源变压器、整流电路、滤波电路和稳压电路。
2)整流电路：讨论整流电路的作用和分类，二极管的应用，重点包括半波整流电路、全波整流电路和桥式整流电路的工作原理及主要参数。
3)滤波电路：分析 RC 滤波电路的工作原理及特点，了解滤波前后波形特点。
4)稳压电路：讲解稳压电路的基本组成和工作原理，介绍稳压管稳压电路及限流电阻。

3. 重点难点

重点：1)整流电路的工作原理和波形变换。
2)滤波电路对直流电源质量的改善。
3)稳压电路对输出电压稳定性的保障。
难点：1)整流电路中经二极管变换后波形的改变。
2)稳压电路中稳压电阻的计算。

4. 基本要求

1)掌握直流稳压电源系统的基本组成和工作原理。
2)理解整流电路、滤波电路和稳压电路的工作原理和参数计算方法。
3)能够根据实际需求设计简单的直流稳压电源电路。

5. 教学方法

四、学时分配

序号	章节名称	学时分配 (共 56 学时)
1.	绪论	1
2.	常用半导体器件基础	9
3.	三极管放大电路	12
4.	场效应管放大电路	4
5.	集成运算放大电路	4
6.	负反馈放大电路	6
7.	信号运算与处理电路	6
8.	信号产生电路	6
9.	功率放大电路	4
10.	直流稳压电源	4

五、考核方式

模拟电子技术课程为本专业必修课，课程考核为：

过程性考核(40%，含课程参与 25%+作业测评 10%+期中考试 5%)+结果性考核(60%)。

1. 过程性考核 (40%)

过程性评价方法及考核目标

考核内容	评价标准	支撑课程教学分目标	支撑毕业要求
课程参与 25%	参与度：主动参与各种课程活动，对讨论、项目或任务表现出高度的兴趣和热情。(5分)	1、2、3、4	1.1、1.2、2.2
	贡献度：按时完成分配的任务，并达到一定的质量标准。(20分)		
作业测评 10%	按时完成教师布置的等数量作业题目答题，有答题或计算过程和结论。(6分)	1、2、3、4	1.1、1.2、2.2
	作业字迹清楚、答题或计算过程的思路清晰，结论正确(4分)		
期中考试 5%	具体参考开课学期《模拟电子技术I》期中试卷答案评分标准(5分)	1、2	1.1、1.2

2. 结果性考核 (60%)

课程考试评价方法及考核目标

考核内容	评价标准	支撑课程教学分目标	支撑毕业要求
闭卷考试 60%	考核对二极管、三极管、场效应管、等半导体器件基本机理的掌握，考核对实际电子系统的主要物理量	1	1.1

	演变规律的分析能力,结合元器件的电磁约束关系,考核其数学描述优化能力,并用于复杂工程现象的解释和预测。(20分)		
	考核对各种放大电路、振荡电路、信号处理与运算电路、功率放大电路与电源电路等基本原理的掌握情况,利用线性/非线性、微变等效分析及功能电子线路的数学模型建立的能力,结合元器件约束、基尔霍夫定律以及单元电子线路的数学模型求解的能力。(60分)	2、3、4	1.2、2.1、2.2
	考核是否掌握信号放大、反馈、振荡、信号处理和转换等技术,考核其系统结构与系统性能的分析能力,综合评价系统的性能,考核其对系统性能估算能力、在完成功能设计的基础上不断优化系统。(20分)	2、3、4	1.2、2.1、2.2

六、参考书目及学习资料

1. 推荐教材:

《模拟电子技术(第3版)》,张永宏、郭业才,清华大学出版社,2024年.

2. 参考书目与文献:

《模拟电子技术基础(第6版)》,童诗白、华成英,高等教育出版社,2023年.

《电子技术基础 模拟部分(第七版)》,康华光,高等教育出版社,2021年.

《模拟电子电路基础》,堵国樑、吴建辉,机械工业出版社,2014年.

3. 在线学习资源:

模电课程组超星建课资源 <https://mooc1.chaoxing.com/course/244075601.html>

国家精品课程 (国防科技大学 MOOC 模拟电子技术基础 杜湘瑜)

<https://www.icourse163.org/course/NUDT-1002010027?tid=1472344480>

制定人: 王青

审定人: 余耀

批准人: 王伟

2024年8月

《模拟电子技术基础实验》课程教学大纲

一、课程基本信息

课程名称（中文）	模拟电子技术基础 I 实验				
课程名称（英文）	Fundamentals of Analog Electronics I Experiment				
课程类别 ¹	专业基础课	课程性质 ²	必修	特殊课程类型 ³	
授课学期	第 3 学期	学分	1	考核方式	考查
课程学时及分配	总学时 ⁴	讲课学时	实验学时	线上学时	课外学时
	16	0	16	0	0
适用专业	微电子科学与工程				
选用教材	《模拟电子技术实验仿真教程》，郭业才，西安电子科技大学出版社，2020 年				
开课单位	集成电路科学与工程学院				
先修课程	电路分析基础实验				
后续课程	CMOS 模拟集成电路设计、集成电路测试课程设计				
课程简介 (不少于 500 字)	<p>课程基本定位：《模拟电子技术基础 I 实验》是电子信息类专业的必修课程，在人才培养方案中属于专业基础课程模块，是专业核心课程。</p> <p>核心学习结果：加深学生对模拟电子技术中放大电路、振荡电路、信号发生电路、滤波电路等理论知识的理解。通过亲手搭建电路、调试参数、观测波形，培养学生的实验操作技能、问题解决能力和创新思维。并能够熟练掌握示波器、信号发生器、万用表等常用电子测量仪器的使用方法，提升实验数据的采集与分析能力。</p> <p>主要教学方法：</p> <ol style="list-style-type: none"> 1.“双创”融入原则。讨论与分析并重，通过讨论电路原理、分析实验问题，培养学生分析解决问题的能力以及创新能力。 2.价值体系塑造。坚持立德树人，挖掘课程内容和教学过程中蕴含的思想政治教育资源，探索和创新课程思政教育方法，不断提升课程思政能力。 3.坚持 OBE 原则。关注全体学生学习效果，建立“评价—反馈—改进”闭环，形成持续改进机制。 				
大纲更新时间	2024 年 8 月				

二、课程目标

序号	课程目标 ¹ (参考人才培养目标、毕业要求、课程定位)	支撑毕业要求指标点 ²	支撑思政指标点
1.	课程目标 1: 培养理论联系实际的能力, 验证和巩固模拟电子线路理论知识, 能根据实验数据对电路原理进行分析说明, 加深对模拟电子技术基本原理和基础知识的理解和掌握。	指标点 3.2: 能够针对微电子工艺与集成电路测试领域的特定需求, 包括信息采集、存储和处理等, 完成设备和系统单元(部件)的方案设计。	指标点 3.1: 遵守国家法律法规, 不损人利己, 帮助弱者, 维护正义。 指标点 5.1: 严格遵守法律法规和各项规章制度, 廉洁自律, 自我约束。 指标点 5.2: 对自己职业有强烈的敬业精神, 努力提高职业效益和质量。
2.	课程目标 2: 理解基本模拟电子线路的电路构造以及参数测量, 确定合适的技术实现方案并熟悉这些电路在实际工程中的应用背景。	指标点 4.2: 能够根据微电子工艺、测试设备与其应用需求, 选择研究路线, 设计实验方案。	
3.	课程目标 3: 对电路原理有清晰的分析, 能正确分析实验数据对于实验原理的支撑关系。能条理清楚的对设计过程进行详细叙述、语言通顺、撰写规范。	指标点 4.4: 能够分析和解释微电子工艺、测试设备的实验结果, 并通过信息综合得到合理有效的结论。	
4.	课程目标 4: 正确的实用各种仪器完成实验内容, 观察实验现象, 同时精准采集并处理实验数据, 并能够分析和解决实验中遇到的问题。	指标点 5.1: 能够掌握微电子工艺与集成电路测试领域常见的现代仪器、工程工具、信息技术工具和模拟软件的使用原理和方法, 并理解其局限性。	

三、实践教学内容

1.课程实验¹

项目编号	项目名称	实验内容	对应理 章节	学时	实验 类型 ²	思政 融入点	学生学习 预期成果	课程 目标
1	二极管伏安特性的测量	1.利用发光二极管观测限流电阻的作用; 2.根据二极管管端电压判断二极管类型(硅管还是锗管); 3.测量二极管正向特性。	第二章	2	验证性	二极管导通需要跨越死区电压, 犹如黎明前的黑暗, 也类似瓶颈区, 一旦努力突破了困难的“死区电压”, 收获就会如同二极管的电流一样得到快速上升。	1.了解二极管的伏安特性; 2.掌握测量伏安特性的方法。	1、2、3、4
2	单管共射放大电路	1.共射放大器静态工作	第三章	3	验证性	以共发射极电路静态工作点	1.掌握放大器静态工作	1、2、3、4

		点的测量与调试； 2.放大器动态指标测试(电压放大倍数 A_u 、输入输出电阻、最大不失真输出电压 U_{OPP} 、放大器幅频特性)。				需正确设置为点的调试和测量方法； 在人生道路上要及时矫正思想偏差，使人生轨迹沿着正确的方向行驶； 如果静态工作点设置不合适，会造成输出波形的失真。要想人生不失真，输出人生的完美波形，就必须制定恰当的目标，不躺平、不好高骛远，脚踏实地，坚持全面发展自己。	点的调试和测量方法； 2.了解电路元件参数改变对静态工作点及放大倍数的影响； 3.掌握放大器电压放大倍数、输入电阻、输出电阻的测量方法。	
3	差动放大电路	1.测量静态工作点； 2.测量差模电压放大倍数； 3.测量共模电压放大倍数。	第三章	2	验证性	电路性能的不同应用场合的不同，实际应用中要按需选择，培养学生扬长避短的意识，引导学生认识自我，多渠道实现自我价值。	1.加深对差动放大器性能及特点的理解； 2.学习差动放大器主要性能指标的测试方法。	1、2、3、4
4	负反馈放大电路	1.测量静态工作点； 2.测试基本放大器和负反馈放大器的各项性能指标(电压放大倍数 A_u ，输入电阻和输出电阻、通频带)。	第六章	3	验证性	通过反馈性能提高与增益下降，建立唯物辩证法思想，理解反馈在生活中、技术变革中无处不在，教会学生有效利用他力和自力的力量，让自己更强。	1.掌握电压串联负反馈放大电路性能、指标的测试方法； 2.了解电压串联负反馈对放大电路性能、指标的影响； 3.掌握负反馈放大电路频率特性的测试方法。	1、2、3、4
5	集成运放在模拟运算方面的应用	1.反相、同相比运算电路的输入输出信号大小及波形；	第七章	2	设计性	运算放大器最早是应用于运算，了解世界计算机的发展，了解我	1.熟悉集成运算放大器组成的基本比例运算电路的运算关	1、2、3、4

		2.反相、同相加法运算电路的输入输出大小及波形; 3.减法运算电路的输入输出大小及波形; 4.积分运算电路的输入输出大小及波形(可选)。				国超级计算机的发展之路。	系; 2.掌握集成运算比例电路的调试和实验方法,验证理论并分析结果; 3.掌握集成运算放大器的正确使用方法。	
6	有源滤波器	1.一阶有源低通/高通滤波器不同频率下输出电压大小; 2.二阶有源低通/高通滤波器不同频率下输出电压大小。	第七章	2	设计性	滤波器滤除的是杂波,人生也需要滤波器,抵抗干扰、诱惑,朝目标奋进。有源滤波器的设计也可以涉及到能源效率和环境可持续性问題,如何减少功耗。这有助于学生思考如何将技术发展与环境可持续性相结合。	1.熟悉用运放、电阻和电容组成有源低通、高通、带通、带阻滤波器及其特性。 2.学会测量有源滤波器的调试和幅频特性。	1、2、3、4
7	随机实验	随机选取前期一个电路进行搭建、测量。	第二、三、六、七章	2	综合性	引导学生要脚踏实地、培养工匠精神,诚实守信、具有责任担当。	1.加深对模拟电子电路的理解; 2.增强分析问题和解决实际问题的能力,能够独立思考并找到解决问题的方法; 3.能对实验数据进行有效判断。	1、2、3、4

四、学时分配

序号	章节名称	学时分配(共16学时)
1.	实验1 二极管伏安特性的测量	2
2.	实验2 单管共射放大电路	3
3.	实验3 差动放大电路	2
4.	实验4 负反馈放大电路	3

5.	实验 5 集成运放在模拟运算方面的应用	2
6.	实验 6 有源滤波器	2
7.	实验 7 随机实验	2

五、考核方式

模拟电电子基础基础 I 实验课程为本专业必修课，课程考核方式为：
课堂学习讨论及课后反馈表现（70%）+结果性考核（30%）。

1. 课堂学习讨论及课后反馈表现（70%）

过程性评价方法及考核目标

考核内容	评价标准	支撑课程教学分 目标	支撑 毕业要求
实验操作 40%	对实验电路原理认识清晰，有正确的实验技术方案。(10分)	1、2、3、4	3.2、4.2、 4.4、5.1
	能够熟练正确使用实验仪器开展实验，实验过程正确、完整。(20分)		
	能够排除实验过程中的问题，实验结果正确。(10分)		
实验报告 30%	对设计过程叙述详细、语言通顺，条理清楚，撰写规范。(20分)	1、2、3、4	3.2、4.2、 4.4、5.1
	对实验数据分析合理，结论正确。(10分)		

2. 结果性考核（30%）

课程考试评价方法及考核目标

考核内容	评价标准	支撑课程教学分 目标	支撑 毕业要求
考查 30%	实验原理的表述，能针对问题给出正确合理的答案。(10分)	1、2	3.2、4.2
	实验仪器的操作正确和实验电路搭建娴熟。(10分)		
	实验步骤合理，参数测量方法正确，实验数据正确。(10分)		

六、参考书目及学习资料

1. 推荐教材：

《模拟电子技术实验仿真教程》，郭业才，西安电子科技大学出版社，2020年。

2. 参考书目与文献：

《模拟电子技术基础(第6版)》，童诗白、华成英，高等教育出版社，2023年。

《电子技术基础 模拟部分(第七版)》，康华光，高等教育出版社，2021年。

3. 在线学习资源:

模电课程组超星建课资源

<https://mooc1-1.chaoxing.com/mooc-ans/course/215480912.html>

制定人: 王青

审定人: 余耀

批准人: 王伟

2024年8月

《微机原理与单片机技术》课程教学大纲

一、课程基本信息

课程名称（中文）	微机原理与单片机技术				
课程名称（英文）	Microcomputer Principle and Single-Chip Microcomputer Technology				
课程类别 ¹	学科基础课	课程性质 ²	必修	特殊课程类型 ³	平台课
授课学期	第3学期	学分	3	考核方式	考试
课程学时及分配	总学时 ⁴	讲课学时	实验学时	线上学时	课外学时
	48	48	0	0	0
适用专业	微电子科学与工程专业				
选用教材	《微机原理与单片机技术（第2版）》，李精华等，电子工业出版社，2023年				
开课单位	集成电路科学与工程学院				
先修课程	计算机程序设计（C语言）、数字电子技术基础				
后续课程	嵌入式原理与应用				
课程简介 (不少于500字)	<p>课程基本定位：《微机原理与单片机技术》是电子信息类本科生人才培养的主要学科基础课之一，也是必修课程，其不仅具有自身的理论体系且实践性很强，也是重要的主干课程之一。</p> <p>核心学习结果：通过这门课程的学习，能掌握微型计算机的基本知识、基本组成、体系结构和工作模式、指令系统及程序设计方法和技巧、存储器的组成和接口扩展方法、中断控制系统、定时/计数器、串行口的工作原理及应用；学生能够掌握微型计算机系统的结构，理解计算机系统软硬件协同工作原理，建立计算机系统的整体概念。具有一定的软硬件开发能力，能够解决光电控制系统中软硬件设计的复杂问题。</p> <p>主要教学方法：通过课堂讲解基本内容、讨论例程和学生课后练习思考、作业练习、分组大作业等，使学生在掌握微机原理和单片机接口技术理论知识的基础上，具备针对专业领域的特定复杂进行微机或单片机系统的开发能力。</p>				
大纲更新时间	2024年8月				

二、课程目标

序号	课程目标 ¹ （参考人才培养目标、毕业要求、课程定位）	支撑毕业要求指标点 ²	支撑思政指标点
1	课程目标 1：熟悉微机原理的一些基本概念和单片机的基本知识，对典型电路有较系统的认识，学会单片机的工程应用。掌握 51 单片机的 C51 程序设计方法和技巧、存储器的组成和接口扩展方法、中断结构及应用。	指标点 3.3: 能够完成微电子工艺与集成电路测试领域的设计，并在设计中体现创新意识。	指标点 2.2: 维护国家的利益和安全，为国家的繁荣富强贡献自己的力量
2	课程目标 2：初步具备微机原理和单片机的设计与实现的能力，熟悉各种体系结构电路和语言的应用，能根据具体的工程问题，用上述典型电路建立相应软硬件电路解决方案，能通过分析计算或实验手段验证可行性。	指标点 4.2: 能够根据微电子工艺、测试设备与其应用需求，选择研究路线，设计实验方案。	指标点 4.1: 理解并认同民族传统文化，如历史、艺术、宗教、习俗等
3	课程目标 3：初步具备微机原理和单片机的设计与实现的能力，熟悉各种体系结构电路和语言的应用。	指标点 5.1: 能够掌握微电子工艺与集成电路测试领域常见的现代仪器、工程工具、信息技术工具和模拟软件的使用原理和方法，并理解其局限性。	指标点 7.1: 具有为人民服务的意识，积极参加社会公益实践活动
4	课程目标 4：能根据具体的工程问题，用典型电路建立相应软硬件电路解决方案，能通过分析计算或实验手段验证可行性。	指标点 5.2: 能够合理选择并使用微电子工艺、测试设备和系统所需的仪器工具、模拟软件和信息资源对复杂工程问题进行分析、计算与设计。	

三、课程教学内容和基本要求

学生将学习以下课程内容并应达到如下基本要求：

第 1 章 微处理器技术简介

该章节对应课程目标 1，对应思政指标点 2.2。

1. 教学内容

- (1) 微处理器的内部结构、工作原理、时钟、发展历程、特点与分类及应用。
- (2) 单片机基本概念：单片机的分类、MCS-51 系列单片机、Atmel 的 51 系列单片机、STC-51 单片机、单片机产品标号与引脚信息、单片机的应用。
- (3) 微处理器控制系统开发流程与开发工具 Keil C51、Proteus 软件、单片机开发仿真器和编程器。

2. 知识要点

- (1) 微处理器的发展历程、特点与分类及应用。

(2) 单片机基本概念。

(3) 微处理器控制系统开发流程与开发工具。

3. 重点难点

无

4. 基本要求

(1) 了解微处理器及微机系统的发展历程及其特点；单片机发展概况；常用单片机系列介绍；

(2) 掌握微型计算机及微机系统的组成以及微机系统的工作过程；

5. 教学方法

课堂讲授

第 2 章 8086 微处理器及其体系结构

该章节对应课程目标 1，对应思政指标点 2.2。

1. 教学内容

(1) 8086 微处理器的一般性能特点，内部编程结构及其存储器组织；

(2) 8086 的工作模式和 8086 的外部结构以及引脚信号及其功能；

(3) 时序的基本概念和典型时间序列分析；

(4) 寻址方式和内部寄存器。

2. 知识要点

8086 微处理器的功能结构、存储器组织、寄存器组织、时序的基本概念。

3. 重点难点

重点：

(1) 8086 微处理器的内部结构；

(2) 8086 微处理器的存储器、I/O 寻址方式和内部寄存器。

难点：8086 微处理器的总线时序。

4. 基本要求

(1) 了解 8086 微处理器的引脚功能；

(2) 理解 8086 微处理器的硬件结构、存储器结构、输入/输出端口、总线时序。

5. 教学方法

讲授、演示、讨论。

第 3 章 MCS-51 系列单片机基本结构

该章节对应课程目标 1，对应思政指标点 2.2。

1. 教学内容

(1) MCS-51 单片机的引脚功能。

(2) MCS-51 单片机的硬件结构：中央处理器、存储器结构、输入/输出端口、时钟电路和 CPU 时序、复位电路。

(3) 单片机最小系统。

2. 知识要点

MCS-51 单片机内部结构、寄存器结构、复位电路、时钟电路、时序、最小系统

3. 重点难点

重点：

- (1) MCS-51 单片机的引脚功能；
- (2) MCS-51 单片机的中央处理器、存储器结构、输入/输出端口、时钟电路、复位电路；

难点：

- (1) MCS-51 单片机的 CPU 时序。
- (2) 单片机 4 个 I/O 口的内部结构及其区别

4. 基本要求

- (1) 了解 MCS-51 单片机的引脚功能；
- (2) 掌握 MCS-51 单片机的硬件结构：中央处理器、存储器结构、输入/输出端口、时钟电路和 CPU 时序、复位电路。
- (3) 熟悉单片机最小系统组成。

5. 教学方法

讲授、演示、讨论。

第 4 章单片机 C51 语言程序设计

该章节对应课程目标 2、目标 3，对应思政指标点 4.1 和思政指标点 7.1。

1. 教学内容

- (1) C51 语言简介、C51 语言与标准 C 的比较；
- (2) C51 语言基础：标识符、关键字、数据类型、数据的存储类型、变量定义、局部变量与全局变量、预处理命令。
- (3) C51 的表达式、C51 的分支控制语句、循环控制语句、转移语句。
- (4) C51 的用户自定义函数和中断服务函数。

2. 知识要点

C51 特有的数据类型、变量定义、分支、循环结构的程序设计，函数定义

3. 重点难点

重点：

- (1) C51 语言特有的数据类型、C51 的变量定义。
- (2) C51 的表达式、C51 的分支控制语句、循环控制语句和转移语句。
- (3) C51 的用户自定义函数。

难点：C51 变量数据类型、存储类型的选择、C51 的程序设计。

4. 基本要求

- (1) 了解 C51 与标准 C 的比较；
- (2) 理解 C51 的语言基础：标识符、关键字、数据类型、数据的存储类型、局部变量与全局变量、预处理命令。
- (3) 掌握 C51 的基本运算、C51 语句、分支控制语句、循环控制语句和转移语句。

(4) 理解 C51 的用户自定义函数和中断服务函数。

5. 教学方法

讲授、演示、讨论。

第 5 章 微处理器控制系统的人机接口设计

该章节对应课程目标 2、目标 3，对应思政指标点 4.1 和思政指标点 7.1。

1. 教学内容

(1) 键盘的接口设计：按键原理、独立式按键接口矩阵式按键接口。

(2) LED 数码管接口设计：LED 数码管显示器的结构及工作原理、LED 数码管与单片机的接口及程序设计。

(3) 液晶显示器 LCD 接口设计：字符型液晶显示模块外形及引脚功能、组成结构、操作命令、程序设计。

(4) 蜂鸣器接口设计。

2. 知识要点

独立式按键、矩阵式键盘、数码管静态显示、动态显示、LCD 显示器、蜂鸣器接口设计。

3. 重点难点

重点：

(1) 键盘（独立式、矩阵式）的接口设计；

(2) LED 数码管接口设计；

难点：液晶显示器 LCD 接口设计。

4. 基本要求

(1) 能够设计独立式按键的接口电路和程序，掌握按键去抖和松手检测的方法；能够设计矩阵式键盘的接口和程序等；

(2) 能够设计 LED 数码管静态显示和动态显示的接口和程序；

(3) 能够设计液晶显示器 LCD 接口和程序；

(4) 能够设计蜂鸣器接口。

5. 教学方法

讲授、演示、讨论。

第 6 章 微处理器中断及定时/计数器应用设计

该章节对应课程目标 2、目标 3，对应思政指标点 4.1 和思政指标点 7.1。

1. 教学内容

(1) 中断以及中断系统的基本概念。

(2) MCS-51 的中断系统结构、中断源、中断寄存器、中断响应与处理、中断服务程序设计与应用。

(3) MCS-51 单片机定时/计数器结构和工作原理、实现定时的方法、定时/计数器的控制寄存器与工作方式、定时/计数器的应用。

2. 知识要点

MCS-51 单片机中断系统的组成、中断产生与响应过程、中断编程方法；定时/计数器的结构与工作原理；定时/计数器的控制；定时/计数器的工作方式与应用。

3. 重点难点

重点：

(1) 中断相关的基本概念；中断系统的组成；中断优先级的管理；外部中断的应用及编程方法（负脉冲触发方式）；中断的嵌套。

(2) 定时/计数器工作方式 1、2 的特点；计数初值、定时时间之间的计算关系；定时/计数器的编程步骤；定时/计数器的编程应用：波形发生器（分频）、计数、外部中断源扩展。

难点：

(1) 中断的嵌套；

(2) GATE、TRx、/INTx 与定时/计数器启动工作之间的关系；

(3) 定时和计数结合的相关应用

4. 基本要求

(1) 理解中断相关的基本概念；了解中断技术的作用。

(3) 理解中断服务程序的执行机制，以及与一般子程序调用的异同之处。

(4) 了解 51 单片机的 5 个中断源。

(5) 了解 51 单片机中断系统的组成，与中断相关的 4 个寄存器 TCON、SCON、IE 和 IP 的作用，以及相关标志位的含义。

(6) 理解 51 单片机中断优先级的管理方式。

(7) 了解中断响应的基本条件和过程。

(8) 掌握外部中断负脉冲触发方式下的中断撤除的方法，了解外部中断低电平触发方式下的撤除方法，以及定时/计数器溢出中断和串口中断的撤除方法。

(9) 掌握中断服务函数（主要是外部中断）的编写方法。

(10) 理解并掌握中断嵌套的机制以及中断优先级规则。

(11) 了解定时与计数的基本概念及其意义，软件/硬件定时/计数的联系与区别。

(12) 掌握 51 单片机定时/计数器的组成和相关寄存器。

(13) 掌握 51 单片机定时/计数器的工作原理：加一计数器、工作状态、计数速率、计数容量、计数器的溢出、定时时间、计数次数等。

(14) 掌握 51 单片机定时/计数器的控制：TCON、TMOD 寄存器的使用、GATE、TRx、/INTx 与定时/计数器启动工作之间的关系。

(15) 理解定时/计数器的 4 种工作方式的原理和异同，

(16) 掌握定时/计数器主要应用和编程方法，包括：定时（分频、信号发生器）；计数（外部脉冲统计、外部中断源扩展）；复杂应用（定时和计数结合）。

5. 教学方法

讲授、演示、讨论。

第 7 章微处理器控制系统通信设计

该章节对应课程目标 3、目标 4，对应思政指标点 4.1 和思政指标点 7.1。

1. 教学内容

(1) 串行通信基础：并行通信与串行通信、串行通信的分类、波特率、串行通信常用接口电路标准。

(2) MCS-51 单片机串行口的结构

(3) MCS-51 单片机串行口的工作方式

(4) MCS-51 串行通信波特率的设定

(5) MCS-51 系列单片机串口设计

2. 知识要点

异步通信的基础知识、串口的结构、串口的工作方式与应用

3. 重点难点

重点：

(1) 异步通信下数据帧的组成

(2) 单片机串行口的结构和工作方式；

(3) 波特率的定义和计算方法

(4) 串口工作方式 0~3 的工作原理以及应用

难点：选择单片机的工作方式并通过编程实现通信设计并应用。

4. 基本要求

(1) 了解并行、串行通信的区别和特点、异步通信和同步通信的区别；

(2) 掌握异步通信下数据帧的组成；

(3) 掌握波特率的定义和计算方法（与 T1 的溢出率结合）；

(4) 了解串口内部的组成，掌握特殊功能寄存器 SCON、PCON、SBUF 的使用方法；

(5) 理解串口 4 种工作方式的原理和异同。

(6) 理解多机通信和点对点通信的区别

(7) 理解多机通信的原理

(8) 掌握奇偶校验的方法

(9) 掌握串口各种方式 2 的应用场合、接口电路设计和编程方法

5. 教学方法

讲授、演示、讨论。

第 8 章处理器控制系统的接口扩展

该章节对应课程目标 3、目标 4，对应思政指标点 4.1 和思政指标点 7.1。

1. 教学内容

(1) 51 单片机的外部并行总线：并行总线结构、编址技术。

(2) A/D、D/A 转换器。

2. 知识要点

A/D、D/A 转换的接口设计、编程与应用

3. 重点难点

重点：

- (1) A/D 和 D/A 接口技术；
- (2) A/D 和 D/A 的作用以及应用

难点：A/D 和 D/A 的编程应用。

4. 基本要求

- (1) 了解 51 单片机的外部并行总线结构和编址技术；
- (2) 理解 A/D 和 D/A 概念和基本术语；
- (3) 理解 A/D 和 D/A 的作用
- (4) 掌握 A/D 和 D/A 接口设计以及应用。

5. 教学方法

讲授、演示、讨论。

四、学时分配

序号	章节名称	学时分配（共 48 学时）
1.	第 1 章 微处理器技术简介	4
2.	第 2 章 8086 微处理器及其体系结构	6
3.	第 3 章 MCS-51 系列单片机基本结构	6
4.	第 4 章 单片机 C51 语言程序设计	6
5.	第 5 章 微处理器控制系统的人机接口设计	6
6.	第 6 章 微处理器中断及定时/计数器应用设计	8
7.	第 7 章 微处理器控制系统通信设计	8
8.	第 8 章 微处理器控制系统的接口扩展	4

五、考核方式

《微机原理与单片机技术》课程为微电子科学与工程本科专业必修课，课程考核方式包括：平时作业（30%）+大作业（10%）+结果性考核（60%）。

1. 课程作业（40%）

包括平时作业和分组大作业。

平时作业和分组作业评价方法及考核目标

考核内容	评价标准	支撑课程教学分目标	支撑毕业要求
课程作业，共 30 分。	能够正确完成关于微型计算机硬件系统的基本组成和工作原理，微处理器的结构、操作原理和工作模式；语言程序相关的作业习题。（10 分）	1	3.3
	能够正确完成关于微机系统人机接	2、3	4.2、5.1

	口、中断控制系统、定时/计数器、串行通信接口、扩展接口的书面或者仿真作业。(20分)		
分组大作业， 10分	以团队形式(2人)综合利用所学的知识完成一个指定的微机应用系统设计，提交完整和正确的电路图、程序设计和测试结果。(10分)	3、4	5.1、5.2

2. 结果性考核 (60%)

考试 (闭卷)

课程考试评价方法及考核目标

考核内容	评价标准	支撑课程教学分目标	支撑毕业要求
闭卷考试，共 60分。	理解微型计算机硬件系统的基本组成和工作原理，理解微处理器的结构、操作原理和工作模式。能够熟练使用程序设计语言。(15分)	1	3.3
	掌握微机系统的人机接口、中断控制系统、定时/计数器、串行通信接口、扩展接口的原理与应用设计。(35分)	2、3	4.2、5.1
	能够综合利用微机原理和接口设计的知识，对微机系统软硬件协同开发，以解决光电控制系统中实际问题或者复杂问题。(10分)	3、4	5.1、5.2

六、参考书目及学习资料

1. 推荐教材

《微机原理与单片机技术(第2版)》，李精华等编著，电子工业出版社，2023年。

2. 参考书目与文献

(1)《微机原理与接口技术(第3版)》，陈逸菲等编著，电子工业出版社，2023年；

(2)《单片机原理及应用：基于C51+Proteus任务式驱动教程》，宋志强等编著，机械工业出版社，2022年；

(3)《单片机原理及应用-C51编程+Proteus仿真(第3版)》，张毅刚，高等教育出版社，2021年。

3.在线学习资源：学习通《微机原理与单片机技术》课程资源

制定人：左官芳

审定人：刘罡

批准人：王伟

2024年8月

《微机原理与单片机技术实验》课程教学大纲

一、课程基本信息

课程名称（中文）	微机原理与单片机技术实验				
课程名称（英文）	Experiments of Microcomputer Principles and Single-Chip Microcomputer				
课程类别 ¹	专业基础课	课程性质 ²	必修	特殊课程类型 ³	
授课学期	第3学期	学分	1	考核方式	考查
课程学时及分配	总学时 ⁴	讲课学时	实验学时	线上学时	课外学时
	16	0	16	0	0
适用专业	微电子科学与工程				
选用教材	《微机原理与单片机技术实验教程》，郭业才、左官芳，江苏大学出版社，2020年。				
开课单位	集成电路科学与工程学院				
先修课程	计算机程序设计（C语言）、数字电子技术基础				
后续课程	嵌入式原理与应用				
课程简介 (不少于500字)	<p>课程基本定位：《微机原理与单片机技术实验》是《微机原理与单片机技术》对应的实验必修课。学生可以将所学的微机原理和单片机理论知识应用到实际的硬件系统设计和程序开发中，增强对理论知识的理解和应用能力。课程重点培养学生的基本电子技术实践能力，包括电路搭建、程序编写、系统调试等，增强学生解决实际工程问题的能力。</p> <p>核心学习结果：通过本课程的学习，学生将熟悉微机和单片机系统硬件的组成和特点，掌握单片机内部功能模块资源的使用方法，能独立地设计并搭建微机与单片机的硬件电路，掌握汇编语言或C语言等编程语言，能够编写单片机程序，进行电路调试，实现对硬件的控制，完成特定的功能，确保电路系统的稳定运行。学生能够将课堂上学到的理论知识与实验操作相结合，面对复杂问题时能够提出创新的解决方案，并能够通过实验验证这些方案的可行性。</p> <p>主要教学方法：讲授、实验、讨论</p>				
大纲更新时间	2024年8月				

二、课程目标

序号	课程目标 ¹ （参考人才培养目标、毕业要求、课程定位）	支撑毕业要求指标点 ²	支撑思政指标点
1	目标 1: 具备典型微处理器应用系统的分析能力以及简单控制系统软硬件的设计能力，能够利用微机接口技术，制定合适的实验方案，构建（仿真）实验系统并开展实验研究。	指标点 3.2: 能够针对微电子工艺与集成电路测试领域的特定需求，包括信息采集、存储和处理等，完成设备和系统单元（部件）的方案设计。	指标点 4.2: 主动参与本国文化活动，积极传播和发扬本国优秀文化。
2	目标 2: 能够熟练使用仿真软件 Proteus 或硬件实验平台，程序开发工具 Keil 等，实现实验电路和程序，并且进行调试、测试，解决问题，得到正确的实验结果。	指标点 4.3: 能够利用微电子工艺与集成电路测试专业知识构建实验系统，安全可靠地开展实验，并有效地获取实验数据。	指标点 8.1: 主动了解、积极支持党和国家制定的各项路线、方针和政策。
3	目标 3: 具备提炼分析微处理器应用系统技术问题、以技术报告或口头方式准确表达设计思想的能力。	指标点 5.1: 能够掌握微电子工艺与集成电路测试领域常见的现代仪器、工程工具、信息技术工具和模拟软件的使用原理和方法，并理解其局限性。	指标点 9.2: 遵守爱国、敬业、诚信、友善等个人层面的价值准。
4	目标 4: 具备分析解决微处理器应用系统技术问题、以技术报告或口头方式完成设计思想的能力。	指标点 5.2: 能够合理选择并使用微电子工艺、测试设备和系统所需的仪器工具、模拟软件和信息资源对复杂工程问题进行分析、计算与设计。	

三、实践教学内容

1.课程实验¹

项目编号	项目名称	实验内容	对应理论章节	学时	实验类型 ²	思政融入点	学生学习预期成果	课程目标
1	系统认识实验	通过硬件平台完成以下内容： 1、学习 Keil 软件的基本操作，熟悉用 C 语言编写单片机程序的步骤； 2、学习单片机 I/O 口的操作、延时函数的编写以及程序的调试方法。 3、编写程序，控制 1 个发光二极管循环点亮与熄灭。	4	2	基础	结合芯片的核心技术受制于人的现状，教育学生发愤图强、不断创新、增强国家技术自主研发的能力和水平。	1、学会 Keil 软件的基本操作，熟悉用 C 语言编写单片机程序的步骤； 2、学会单片机 I/O 口的操作、延时函数的编写以及程序的调试方法。	2
2	流水灯实验	编写程序，实现 8 位发光二极管循环左右移位。	4	2	基础	通过最简单的单片机编程，实现简单的控制，先入门，引入学习由浅入深的道理。	学习 I/O 口输出的方法，掌握延时函数的编写。	1、2
3	静态数码管应用实验	使用 I/O 口通过扫描键盘与数码管实现按键输入和七段码输出，按下某一键后，显示相应的键码。	5	2	设计	鼓励学生拓展显示内容	掌握 I/O 口输入输出的应用，矩阵键盘和静态数码管的扫描方法。	2、3
4	定时中断控制实验	1、外部中断实验：使用单脉冲发生	6	3	设计	引导学生有时间观念，能够分清学	通过本实验了解中断的原理，掌握	2、3、4

		器作为INT0的中断源，每按一次单脉冲产生一次中断，使P1.0控制的发光二极管发生一次跳变。 2、定时器中断实验：使用定时器T0，使P1.0控制的发光二极管L0每隔1秒发生一次跳变。				习和生活中各类事务的轻重缓急、对于突发的而重要任务不能回避，而要用于面对并采取行动。	中断程序的设计方法。	
5	RS232 串行通信实验	使用串口与PC进行数据通信单片机向PC发送初始化字符串后等待接收，在PC端使用串口助手软件向单片机发送一ASCII字符，单片机接收到字符再回发给PC。	7	3	综合	串口通信如同人际交往，双方需要有正确说话方式（波特率、帧格式），多站在对方的角度考虑，学会共情。也会沟通具有一定的规则，任何国家和个人都要有规则意识。	掌握中断方式的单片机串行通信程序编制方法。	2、3、4
6	ADC0809 并行A/D转换实验	根据实验电路原理图，搭建硬件电路，并通过单片机编程，在Keil开发环境的Debug模式下读取模拟电压的数值	8	2	综合	AD转换一般要经过取样、保持、量化及编码4个过程。转换的过程也给我们提供了一种规则，让我们可以联想到	掌握AD转换的方法	2、3、4

		大小				做人做事都要有一定的规矩。	
7	考核	由教师根据实验内容命题 3-4 题，学生抽签完成其中一题，教师根据完成情况打分。	4~8	2		可以同时考察是否具有正确的学术志向、学术诚信，是否拥有探索精神和科学精神	1、2、3、4

四、学时分配

序号	实验名称	学时分配（共 16 学时）
1.	系统认识实验	2
2.	流水灯实验	2
3.	静态数码管应用实验	2
4.	定时中断控制实验	3
5.	RS232 串行通信实验	3
6.	ADC0809 并行 A/D 转换实验	2
7.	考核	2

五、考核方式

微机原理与单片机技术实验课程为微电子科学与工程专业必修课，课程考核方式包括：实验报告（60%）+ 结果性考核（40%）。

1. 实验报告（60%）

实验报告评价方法及考核目标

考核内容	评价标准	支撑课程教学分目标	支撑毕业要求
实验报告 (6次)	能够正确绘制实验的硬件电路、编写实验源程序（30分）。	1	3.2
	能够熟练使用仿真软件或者硬件实验平台，得到正确的实验结果（30分）。	2	4.3

2. 结果性考核（40%）

课程设计报告

考核内容	评价标准	支撑课程教学目标	支撑毕业要求
设计报告（40分）	给出正确的软硬件设计整体方案（5分）	1	3.2
	给出正确的硬件设计电路图（7分）	1	
	给出正确软件设计流程图等（8分）	1	
	得到正确的设计结果（10分）	2	4.3
	报告结构合理、图表美观、文字表述清晰（10分）	3、4	5.1、5.2

六、参考书目及学习资料

1. 推荐教材

《微机原理与单片机技术实验教程》，郭业才、左官芳编著，江苏大学出版社，2020年。

2. 参考书目与文献

《微机原理与单片机技术（第2版）》，李精华等编著，电子工业出版社，2023年。

制定人：左官芳

审定人：刘罡

批准人：王伟

2024年8月

《信号与系统 I》课程教学大纲

一、课程基本信息

课程名称（中文）	信号与系统 I				
课程名称（英文）	Signals and Systems I				
课程类别 ¹	专业基础课	课程性质 ²	必修	特殊课程类型 ³	平台课
授课学期	第 4 学期	学分	4.5	考核方式	考试
课程学时及分配	总学时 ⁴	讲课学时	实验学时	线上学时	课外学时
	72	64	8	0	0
适用专业	微电子科学与工程				
选用教材	《信号与系统（上下册）》，郑君里主编，高等教育出版社，2018 年				
开课单位	集成电路科学与工程学院				
先修课程	《电路分析基础》、《模拟电子电路》、《高等数学 I》				
后续课程	《数字信号处理》				
课程简介 (不少于 500 字)	<p>课程基本定位：《信号与系统》是电子与电气信息类专业的一门学科基础课程，培养本专业学生分析研究确定信号的特性，线性时不变系统的特性，以及信号通过线性时不变系统的基本分析方法，同时掌握信号与系统分析方法在某些重要工程领域的应用，以及数字信号处理的基础知识。</p> <p>核心学习结果：通过本课程的学习，使学生掌握信号分析、线性系统分析及数字信号处理的基本理论与分析方法，并对这些理论与方法在工程中的某些应用有初步了解，为适应信息科学与技术的飞速发展及在相关专业领域的深入学习打下坚实的基础。</p> <p>主要教学方法：课程教学“讲授与讨论并举、分析与仿真并重”，通过习题、系统设计与仿真等环节，让学生掌握常见信号与系统的时域及变换域分析方法。掌握傅里叶变换及拉普拉斯变换在实际工程中的应用。在此基础上培养学生分析问题、解决实际问题的能力，使学生具备一定的理论发展、系统实践和应用能力。</p>				
大纲更新时间	2024 年 8 月				

二、课程目标

序号	课程目标 ¹ （参考人才培养目标、毕业要求、课程定位）	支撑毕业要求指标点 ²	支撑思政指标点
1.	课程目标 1: 具备将连续时间信号与系统抽象为数学模型的能力，能够运用相关微积分知识分析时域模型。	指标点 1.2: 能够运用数学、自然科学、计算和工程科学基本概念、基本理论和基本方法对实际问题进行数学建模并求解。	指标点 3.1: 遵守国家法律法规，不损人利己，帮助弱者，维护正义
2.	课程目标 2: 能够结合电路的专业知识分析、比较、判断和评价信号与系统的表达、性质与特征。	指标点 1.3: 能够将专业基础知识与数学、自然科学、计算分析方法综合运用用于微电子工艺与集成电路测试领域专业工程问题的推演和分析。	
3.	课程目标 3: 能够运用相关数学知识并结合专业知识分析、比较、判断和评价信号与系统在不同分析域的表达、性质与特征，并能应用于微电子科学与工程领域的复杂工程问题的推演与分析。	指标点 2.2; 能够运用专业知识和数学模型方法解释与描述微电子工艺与集成电路测试领域复杂工程问题。	指标点 5.1: 严格遵守法律法规和各项规章制度，廉洁自律，自我约束
4.	课程目标 4: 具备将离散时间信号与系统抽象为数学模型的能力。能够运用数学及专业知识，分析微电子科学与工程领域复杂工程问题。能够根据工程需求，通过文献检索等手段，利用系统分析的基本知识给出复杂工程问题的研究方案。	指标点 2.3: 能够运用微电子工艺与集成电路测试领域基本原理和方法，综合考虑多种影响因素，分析微电子工艺与集成电路测试领域的复杂工程问题，选择和优化问题的解决方案。	
5.	课程目标 5: 进行实验技能的基本训练，提高学生分析问题和解决问题的能力，培养理论联系实际的风气和实事求是的科学态度，并获得科学研究的初步训练。	指标点 4.3: 能够利用微电子工艺与集成电路测试专业知识构建实验系统，安全可靠地开展实验，并有效地获取实验数据。	指标点 7.1: 具有为人民服务的意识，积极参加社会公益实践活动。

三、课程教学内容和基本要求

学生将学习以下课程内容并应达到如下基本要求：

第一章 绪论

该章节对应课程教学分目标 1、2、5，对应课程育人分目标 1、2。

1. 教学内容

(1) 信号与系统、信号的描述、分类和典型示例；

- (2) 信号的运算;
- (3) 阶跃信号与冲激信号、信号的分解;
- (4) 系统模型及其分类、线性时不变系统、LTI 系统分析方法。

2. 知识要点

信号的描述及分类; 系统的描述及分类; 基本连续信号的定义、性质、相互关系; 连续信号的基本运算; 信号与系统分析概述及应用。

3. 重点难点

重点: 信号的概念、系统的概念;

难点: 信号的运算。

4. 基本要求

掌握信号的分类及概念, 掌握典型信号的特性, 熟悉信号的基本运算与变换, 掌握阶跃信号和冲激信号的定义及性质, 掌握系统的概念及分类, 掌握线性时不变系统的特性。

5. 教学方法

讲授、案例、演示、讨论。

第二章 连续时间系统的时域分析

该章节对应课程教学分目标 1、2、5, 对应课程育人分目标 1。

1. 教学内容

- (1) 系统数学模型(微分方程)的建立、用时域经典法求解微分方程、起始点的跳变;
- (2) 卷积、卷积的性质、利用卷积分析通信系统多径失真的消除方法。

2. 知识要点

系统的时域描述; 系统响应的经典求解(一般了解); 系统响应的卷积方法求解; 卷积的计算及其性质。

3. 重点难点

重点: 零输入响应和零状态响应、冲激响应和阶跃响应、卷积及其性质;

难点: 冲激响应和阶跃响应、卷积及其性质。

4. 基本要求

熟练掌握线性系统微分方程的建立与求解; 掌握系统全响应的两种分解方式: 自由响应和强迫响应, 零输入响应和零状态响应; 并了解卷积的定义, 熟悉其性质, 能够运用卷积积分法求解线性时不变系统的零状态响应。

5. 教学方法

讲授、案例、演示、讨论。

第三章 傅里叶变换

该章节对应课程教学分目标 1、3、5, 对应课程育人分目标 1、3。

1. 教学内容

- (1) 周期信号的傅里叶级数分析;
- (2) 典型周期信号的傅里叶级数、傅里叶变换;
- (3) 冲激信号和阶跃信号的傅里叶变换、傅里叶变换的基本性质;
- (4) 卷积特性(卷积定理);
- (5) 周期信号的傅里叶变换、抽样信号的傅里叶变换;
- (6) 抽样定理。

2. 知识要点

周期信号的傅里叶级数; 傅里叶变换及其性质; 时域抽样定理。

3. 重点难点

重点: 周期信号的频谱、常用信号的傅里叶变换、傅里叶变换的性质和抽样定理;

难点: 傅里叶变换的性质和抽样定理。

4. 基本要求

熟练掌握傅里叶变换的求解方法及基本性质, 并能够运用傅里叶分析方法对信号进行频谱分析, 熟悉时域抽样定理。

5. 教学方法

讲授、案例、演示、讨论。

第四章 拉普拉斯变换、连续时间系统的 s 域分析

该章节对应课程教学分目标 1、2、3，对应课程育人分目标 1、2。

1. 教学内容

- (1) 拉普拉斯变换的定义、收敛域；
- (2) 拉普拉斯变换的基本性质；
- (3) 拉普拉斯逆变换；
- (4) 用拉普拉斯变换法分析电路、 s 域元件模型、系统函数 $H(s)$ ；
- (5) 由系统函数零、极点分布决定时域特性、由系统函数零、极点分布决定频响特性；
- (6) 二阶谐振系统的 s 平面分析、全通函数与最小相移函数的零、极点分布；
- (7) 线性系统的稳定性、双边拉普拉斯变换、拉普拉斯变换与傅里叶变换的关系。

2. 知识要点

拉普拉斯变换及其性质；拉普拉斯逆变换； s 域分析；系统的稳定性判定。

3. 重点难点

重点：拉普拉斯变换及其性质、拉普拉斯反变换、系统函数及系统稳定性判定；

难点：系统函数及系统稳定性判定。

4. 基本要求

理解拉普拉斯变换的定义、收敛域的概念，熟练掌握和运用拉普拉斯变换的性质；熟练掌握利用系统函数 $H(s)$ 求响应，并根据系统函数的零极点分布情况分析系统稳定性。

5. 教学方法

讲授、案例、演示、讨论。

第五章 傅里叶变换应用于通信系统

该章节对应课程教学分目标 2、3，对应课程育人分目标 2。

1. 教学内容

- (1) 利用系统函数 $H(j\omega)$ 求响应；
- (2) 无失真传输、理想低通滤波器。

2. 知识要点

利用频域分析求响应；无失真传输；理想滤波器。

3. 重点难点

重点：利用系统函数求响应、无失真传输条件、调制与解调；

难点：利用系统函数求响应。

4. 基本要求

熟练掌握利用系统函数求响应。

5. 教学方法

讲授、案例、演示、讨论。

第七章 离散时间系统的时域分析

该章节对应课程教学分目标 1、3、4，对应课程育人分目标 2。

1. 教学内容

- (1) 引言、离散时间信号——序列、离散时间系统的数学模型；
- (2) 常系数线性差分方程的求解、离散时间系统的单位样值响应；
- (3) 卷积、解卷积。

2. 知识要点

离散时间系统的时域分析法；单位样值响应；卷积和及其相关性质。

3. 重点难点

重点：零输入响应和零状态响应、离散时间线性卷积计算；

难点：离散时间线性卷积计算。

4. 基本要求

了解离散时间系统的基本概念及离散时间系统的描述、熟练掌握单极点时 LTI 系统零输入响应和冲激响应的计算以及离散时间线性卷积的计算。

5. 教学方法

讲授、案例、演示、讨论。

第八章 z 变换、离散时间系统的 z 域分析

该章节对应课程教学分目标 3、4，对应课程育人分目标 3。

1. 教学内容

- (1) z 变换定义、典型序列的 z 变换；
- (2) z 变换的收敛域、逆 z 变换；
- (3) z 变换的基本性、z 变换与拉普拉斯变换的关系；
- (4) 利用 z 变换解差分方程、离散系统的系统函数；
- (5) 序列的傅里叶变换、离散时间系统的频率响应。

2. 知识要点

Z 变换定义、收敛域、常用变换对；z 变换的性质；逆 z 变换；z 域分析。

3. 重点难点

重点：z 变换及逆 z 变换、z 变换的性质、利用 z 变换解差分方程；

难点：z 变换的性质、利用 z 变换解差分方程。

4. 基本要求

掌握 z 变换定义、典型序列的 z 变换、z 变换的收敛域；掌握逆 z 变换，包括留数法、部分分式展开法；掌握 z 变换的基本性质；利用 z 变换解差分方程；理解离散系统的系统函数，包括单位样值响应与系统函数、系统函数的零极点分布对系统特性的影响。

5. 教学方法

讲授、案例、演示、讨论。

四、实践教学内容

1. 课程实验¹

项目编号	项目名称	实验内容	对应理论章节	学时	实验类型 ²	思政融入点	学生学习预期成果	课程目标
1	阶跃响应与冲激响应	观察和测量 RLC 串联电路的阶跃响应与冲激响应的波形和有关参数，并研究其电路元件参数变化对响应状态的影响。	第二章 2.5 节	2	验证性	通过响应的分类，使学生认识到不同输入会引起不同的响应，从而体会到人生发展的多种可能，树立学生的积极向上的正确人生观。	1、理解冲激响应与阶跃响应，以及他们之间的相互关系。 2、掌握有关信号时域的测量分析方法。	1、2、5
2	连续时间系统的模拟	模拟基本运算单元（放大器、加法器，积分器等）组成的模拟装置，并分析实际系统传输特性。	第二章 2.2 节	2	验证性	通过动态电路的分析，培养学生努力学习，储备知识，抱效祖国的理想和抱效。	1、了解基本运算器——比例放大器、加法器和积分器的电路结构和运算功能。	1、2、5

							2、掌握用基本运算单元模拟连续时间一阶系统原理与测试方法。	
3	抽样定理与信号恢复	完成同步以及异步抽样,观察抽样信号频谱,同时验证抽样定理并恢复信号。	第三章 3.11节	2	验证性	通过实验过程,引导学生思考如何选取抽样间隔?启发学生从精度与效率两方面思考,如何权衡精度与效率的关系,启发学生的辩证思维。	1、了解其频谱特点。 2、验证抽样定理	3、5
4	信号分解及合成	完成占空比为1/2及1/4的信号分解,根据实验指导书完成信号的合成。	第三章 3.2节	2	设计性	通过该实验加强对周期信号的傅里叶级数的深入理解,培养学生有发现事物的本质的信心。	1、了解和熟悉波形分解与合成原理。 2、了解和掌握用傅里叶级数进行谐波分析的方法。	3、5

五、学时分配

序号	章节名称	学时分配(共64学时)
1.	绪论	8
2.	连续时间系统的时域分析	4
3.	傅里叶变换	16
4.	拉普拉斯变换、连续时间系统的S域分析	14
5.	傅里叶变换应用于通信系统	4
6.	离散时间系统的时域分析	6
7.	z变换、离散时间系统的z域分析	12

六、考核方式

信号与系统课程为电子信息类专业必修课,课程考核方式包括:课堂学习讨论及课后反馈表现(40%)+结果性考核(60%)。

1. 课堂学习讨论及课后反馈表现（40%）

课堂学习研讨、课后反馈表现、作业测评、实验与报告、阶段性测试等

课堂学习讨论及课后反馈表现评价方法及考核目标

考核内容	评价标准	支撑课程教学分目标	支撑毕业要求
课程参与 15%	参与度：主动参与各种课程活动，对讨论、项目或任务表现出高度的兴趣和热情。（5分）	1、2、3、4、5	1.2、1.3、2.2、2.3、4.3
	贡献度：按时完成分配的任务，并达到一定的质量标准。（10分）		
作业测评 10%	按时完成教师布置的等数量作业题目答题，有答题或计算过程和结论。（6分）	1、2、3、4	1.2、1.3、2.2、2.3
	作业字迹清楚、答题或计算过程的思路清晰，结论正确（4分）		
期中考试 5%	具体参考开课学期《信号与系统 I》期中试卷答案评分标准（5分）	1、2、3	1.2、1.3、2.2
实验 10%	对实验电路原理认识清晰，有正确的实验技术方案。（3分）	5	4.3
	实验过程正确、完整，能够排除实验过程中的故障。（4分）		
	实验结果正确、数据分析正确。（3分）		

2. 结果性考核（60%）

课程考试评价方法及考核目标

考核内容	评价标准	支撑课程教学分目标	支撑毕业要求
闭卷考试，共60分。	能够将连续时间信号与系统抽象为数学模型，运用相关微积分知识分析时域模型。能够结合电路的专业知识分析、比较、判断和评价信号与系统的表达、性质与特征。（15分）	1、2	1.2、1.3
	能够在不同分析域对信号与系统进行表达，并能应用于微电子科学与工程领域的复杂工程问题的推演与分析。（35分）	3、4	2.2、2.3
	能够将离散时间信号与系统抽象为数学模型。能够运用数学及专业知识，分析微电子科学与工程领域复杂工程问题。能够根据工程需求，通过文献检索等手段，利用	3、4	2.2、2.3

	系统分析的基本知识给出复杂工程问题的研究方案。(10分)		
--	------------------------------	--	--

七、参考书目及学习资料

1.推荐教材:《信号与系统》,郑君里编著,高等教育出版社,2018年。

2.参考书目与文献

《信号与系统》(第二版),哈尔滨工业大学出版社出版,王宝祥主编,2001年;

《信号与线性系统》,高等教育出版社,管致中主编,2004年;

《信号与线性系统》,高等教育出版社,吴大正主编,2005年。

制定人: 武丽

审定人: 王绶琦

批准人: 王伟

2024年8月

《电磁场与电磁波》课程教学大纲

一、课程基本信息

课程名称（中文）	电磁场与电磁波				
课程名称（英文）	Field and Wave Electromagnetics				
课程类别 ¹	学科基础课程	课程性质 ²	必修	特殊课程类型 ³	
授课学期	4	学分	3	考核方式	考试
课程学时及分配	总学时 ⁴	讲课学时	实验学时	线上学时	课外学时
	48	40	8	0	0
适用专业	微电子科学与工程				
选用教材	《电磁场与电磁波》，邵小桃，清华大学出版社，2018年3月第1版 《电磁波与光学实验教程》，刘罡，江苏大学出版社，2020年8月第1版				
开课单位	集成电路科学与工程学院				
先修课程	高等数学、大学物理 II、复变函数与积分变换				
后续课程	微波电路				
课程简介 (不少于 500 字)	<p>课程基本定位：本课程为电子信息类专业学科基础课程。</p> <p>核心学习结果：通过本课程的学习，培养学生用场的观点对微电子科学与工程中电磁现象和电磁过程进行定性分析和判断的能力，了解电磁场与电磁波的主要应用领域，掌握宏观电磁场的基本属性和运动规律，了解进行定量分析的基本途径，为进一步学习和应用各种较复杂的电磁场计算方法打下基础；通过电磁场理论的逻辑推理，培养学生正确的思维方式和严谨的科学态度，提高解决实际问题的能力。</p> <p>主要教学方法：本课程以课堂讲授和实验教学相结合。课堂讲授中重点对基本概念、基本方法和解题思路的讲解；采用启发式教学，培养学生思考能力、分析问题和解决问题的能力；引导和鼓励学生通过自学获取知识，培养学生的自学能力；实验课要加深对基本概念和基本方法的理解，增加讨论，调动学生的主观能动性，培养学生的动手能力和创新能力。</p>				
大纲更新时间	2024年8月				

二、课程目标

序号	课程目标 ¹ （参考人才培养目标、毕业要求、课程定位）	支撑毕业要求指标点 ²	支撑思政指标点
1.	基于电磁场的基本原理，为不同类型的电磁问题建立合适的数学模型。运用数学和物理学的知识，对电磁场方程组进行定性和定量的分析，求解复杂的电磁场问题。	指标点 1.2：能够运用数学、自然科学、计算和工程科学基本概念、基本理论和基本方法对实际问题进行数学建模并求解。	指标点 6.1：努力学习科学文化知识，扩大知识储备，能独立理性思考问题
2.	能够利用所学的高等数学、矢量分析和复变函数等数学工具，对麦克斯韦方程组、边界条件、电磁场的能量和动量等电磁场问题进行数学建模，通过建立数学方程组来描述电磁场的行为。	指标点 1.3：能够将专业基础知识与数学、自然科学、计算分析方法综合运用于微电子工艺与集成电路测试领域专业工程问题的推演和分析。	
3	掌握实际工程案例的分析，能够将理论知识和数学模型应用于实际问题，对实验数据进行数学分析，提出解决方案，并进行效果评估。	指标点 2.2：能够运用专业知识和数学模型方法解释与描述微电子工艺与集成电路测试领域复杂工程问题。	指标点 2.1：拥有对祖国强烈的认同感和归属感，维护国家的尊严和荣誉
4	理解和掌握电磁场的基本理论，包括电磁波的传播、反射、折射等基本现象，能够识别和分析电路与系统领域的复杂工程问题，包括电磁场对电路性能的影响、信号完整性、电磁干扰等问题。	指标点 2.3：能够运用微电子工艺与集成电路测试领域基本原理和方法，综合考虑多种影响因素，分析微电子工艺与集成电路测试领域的复杂工程问题，选择和优化问题的解决方案。	
5	能按照实验指导书安全、正确开展电磁实验，获取实验数据，讨论实验结果，确定实验结论	指标点 4.3：能够利用微电子工艺与集成电路测试专业知识构建实验系统，安全可靠地开展实验，并有效地获取实验数据。	指标点 1.1：心怀梦想，在困难面前能保持乐观心态，化压力为动力

三、课程教学内容和基本要求

学生将学习以下课程内容并应达到如下基本要求：

第一章 矢量分析

该章节对应课程目标 1、2，对应思政指标点 6.1

1. 教学内容

电磁场与电磁波理论涉及电场和磁场的研究，电场和磁场都是矢量，它们的特性由麦克斯韦方程组决定。研究和讨论麦克斯韦方程组及其相关应用，都需要首先学习与矢量运算有关的基本规则。鉴于此，本章将研究矢量分析。首先学习与坐标系无关的矢量运算的基本规则、标量场和矢量场的概念；然后介绍三种常见的正交坐标系即直角坐标系、圆柱坐标系和圆球坐标及其微分元。在此基础上，分析和介绍了标量场的梯度、矢量场的散度和旋度、亥姆霍兹定理。在本章的最后部分，利用 MATLAB 对梯度、散度、旋度的特性进行了分析和讨论。

2. 知识要点

矢量运算、标量场和矢量场、正交坐标系与微分元、标量场的方向导数和梯度、矢量场的通量和散度、矢量场的环量和旋度、亥姆霍兹定理。

3. 重点难点

矢量运算(重点)、标量场和矢量场(重点)、正交坐标系与微分元(重点)、标量场的方向导数和梯度(重点、难点)、矢量场的通量和散度(重点、难点)、矢量场的环量和旋度(重点、难点)、亥姆霍兹定理(难点)。

4. 基本要求

- (1) 理解标量场和矢量场的概念；
- (2) 理解标量场的方向导数和梯度，矢量场的散度和旋度；
- (3) 掌握散度、旋度和梯度的计算；
- (4) 熟练掌握和应用散度定理和斯托克斯定理；
- (5) 理解亥姆霍兹定理的重要意义。

5. 教学方法

课堂讲授中重点对基本概念、基本方法和解题思路的讲解；采用启发式教学，培养学生思考能力、分析问题和解决问题的能力；引导和鼓励通过自学获取知识，培养学生的自学能力。

第二章 静电场

该章节对应课程目标 1、2、3，对应思政指标点 6.1

1. 教学内容

静电场是由相对于观察者来说静止分布的电荷产生的物理场，其最基本的特征是对场内的电荷有作用力。本章将在物理学相关知识的基础上，给出静电场的基本分析方法和计算方法。这些方法对后面各章的电磁场分析具有典型的指导意义。

2. 知识要点

电场强度、真空中静电场的基本方程、电位、介质中的静电场方程、静电场的边界条件、泊松方程和拉普拉斯方程、静电场的边值问题、分离变量法、镜像法。

3. 重点难点

真空中静电场的基本方程、介质中的静电场方程、静电场的边界条件、泊松方程和拉普拉斯方程、分离变量法(难点)、镜像法。

4. 基本要求

- (1) 掌握静电场的基本方程，熟练运用高斯定律求解静电场问题；

- (2) 了解静电场的位函数，掌握电位与电场强度的关系，掌握电位的计算方法；
- (3) 了解电解质的极化；
- (4) 掌握不同介质与界面上场的边界条件和电位的边界条件；
- (5) 了解静电场中导体的性质，掌握电容的概念及电容的计算方法；
- (6) 理解电场能量的概念，掌握静电场能量的计算方法。

5. 教学方法

课堂讲授中重点对基本概念、基本方法和解题思路的讲解；采用启发式教学，培养学生思考能力、分析问题和解决问题的能力；引导和鼓励通过自学获取知识，培养学生的自学能力。

第三章 恒定电场

该章节对应课程目标 1、2、3，对应思政指标点 6.1、2.1

1. 教学内容

当恒定电压源加在充满导电媒质的两导体间时，媒质中的自由电子或离子在电场的作用下定向运动形成电流，当电流恒定不变时，媒质中的电场必为恒定电场。本章将从电流的角度来讨论导电媒质中恒定电场的分析方法和计算方法。文中提到的导体都是广义的，泛指一切导电媒质，既包括金属导体，也包括漏电的介质。

2. 知识要点

电流密度、恒定电场的基本方程、恒定电场的边界条件、恒定电场与静电场的比拟。

3. 重点难点

恒定电场的基本方程、恒定电场的边界条件。

4. 基本要求

- (1) 了解恒定电场的基本概念；
- (2) 掌握恒定电场的基本方程和边界条件；
- (3) 了解恒定电场和静电场之间的对应关系。

5. 教学方法

课堂讲授中重点对基本概念、基本方法和解题思路的讲解；采用启发式教学，培养学生思考能力、分析问题和解决问题的能力；引导和鼓励通过自学获取知识，培养学生的自学能力。

第四章 恒定磁场

该章节对应课程目标 1、2、3，对应思政指标点 6.1、2.1

1. 教学内容

在第 2 章、第 3 章中分别讨论了静止电荷产生的静电场及恒定电流中的恒定电场。运动电荷或电流也可以产生磁场，恒定电流产生的磁场称为恒定磁场。本章从计算两个载流回路之间的作用力—安培力定律出发，讨论恒定磁场的基本物理量、恒定磁场的基本方程和边界条件；并介绍矢量磁位和标量磁位的定义及求解；还将讨论互感和自感的计算，以及磁场能量和磁场力的计算。

2. 知识要点

安培力定律与磁感应强度、真空中恒定磁场的基本方程、矢量磁位、磁介质中的恒定磁场方程、恒定磁场的边界条件

3. 重点难点

安培力定律与磁感应强度（难点）、真空中恒定磁场的基本方程(难点)、矢量磁位、介质中的恒定磁场方程、恒定磁场的边界条件

4. 基本要求

- (1) 了解恒定电场的基本概念；
- (2) 掌握恒定磁场的基本性质、基本方程与边界条件；
- (3) 熟练运用安培环路定律求解具有一定对成型分布的磁场；
- (4) 了解磁介质中的静磁场；
- (5) 掌握矢量磁位的定义、边界条件，并求解一些简单的磁场分布问题；

5. 教学方法

课堂讲授中重点对基本概念、基本方法和解题思路的讲解；采用启发式教学，培养学生思考能力、分析问题和解决问题的能力；引导和鼓励学生通过自学获取知识，培养学生的自学能力。

第五章 时变电磁场

该章节对应课程目标 1-4，对应思政指标点 6.1、2.1

1. 教学内容

当电荷分布和电流分布随时间变化时，电场和磁场也随时间变化。这种变化非常缓慢时，时变电场和磁场与静态场的特性非常相似，称为缓变场或准静态场。实验指出，对随时间快速变化的迅变场来说，电场和磁场不再能够独立存在，它们相互激发，相互转换，成为统一的电磁场。本章将以麦克斯韦方程组为核心，分析时变电磁场的一般规律。

2. 知识要点

法拉第电磁感应定律、位移电流、麦克斯韦方程组、时变电磁场的边界条件、坡印廷定理和坡印廷矢量。

3. 重点难点

法拉第电磁感应定律、位移电流、麦克斯韦方程组(难点)、时变电磁场的边界条件。

4. 基本要求

- (1) 掌握麦克斯韦方程组，正确理解和使用边界条件；
- (2) 掌握坡印廷矢量和坡印廷定理；
- (3) 掌握时变电磁场电磁量，了解复坡印廷矢量和复坡印廷定理；
- (4) 掌握时变电磁场的动态位方程，并理解其波动性。

5. 教学方法

课堂讲授中重点对基本概念、基本方法和解题思路的讲解；采用启发式教学，培养学生思考能力、分析问题和解决问题的能力；引导和鼓励学生通过自学获取知识，培养学生的自学能力。

第六章 平面电磁波

该章节对应课程目标 3-5，对应思政指标点 6.1、2.1、1.1

1. 教学内容

高频电流和电荷可以称为辐射源，它们激发的高频电磁场具有波动性和辐射性，称为电磁波。由不同尺寸和形状的辐射源所发出的电磁波具有不同的波面形状，可以有平面波、球面波、柱面波等。但在离辐射源很远的较小区域内，各种曲面波都可近似看作平面波，因此研究平面波的运动规律具有典型意义。本章将讨论单一频率的正弦平面波的基本传播特性，

复杂的波可利用傅里叶变换分解成不同频率的单色波的叠加。

2. 知识要点

理想介质中的均匀平面波、电磁波的极化

3. 重点难点

理想介质中的均匀平面波、电磁波的极化

4. 基本要求

- (1) 掌握理想介质中均匀平面波的传播规律;
- (2) 理解电磁波的极化;

5. 教学方法

课堂讲授中重点对基本概念、基本方法和解题思路的讲解;采用启发式教学,培养学生思考能力、分析问题和解决问题的能力;引导和鼓励学生通过自学获取知识,培养学生的自学能力。

四、实践教学内容

1.课程实验¹

项目编号	项目名称	实验内容	对应理论章节	学时	实验类型 ²	思政融入点	学生学习预期成果	课程目标
1	认识电磁波	认识电场强度公式,通过改变变量,观察电磁波会有什么变化	第六章	2	验证型实验	分析科学技术的重要性,理解科技是第一生产力	学生形成科学的思维方法	目标 1 目标 5
2	电磁波传播特性实验	了解电磁波的空间辐射特性,测量电磁波的波长、波幅以及波节来进一步了解电磁波	第六章	3	验证型实验	鼓励同学们培养不畏困难,勇于拼搏	学生形成不畏困难,持之以恒的实验思维	目标 2 目标 5
3	电磁波的极化实验	介绍线极化、圆极化以及椭圆极化,并且观察这几种极化现象	第六章	3	综合型实验	通过电磁波实验,培养自主创新意识。	学生形成创新思维	目标 3-5

五、学时分配

序号	章节名称	学时分配 (共 48 学时)
1.	矢量分析	6
2.	静电场	12
3.	恒定电场	6
4.	恒定磁场	8
5.	交变电磁场	6
6.	平面电磁波	2

六、考核方式

电磁场与电磁波课程为微电子科学与工程专业必修课，课程考核方式包括：课堂学习讨论及课后反馈表现（20%）+结果性考核（80%）。

1. 课堂学习讨论及课后反馈表现（20%）

课堂学习研讨、课后反馈表现、学术论文、调研报告、作业测评、阶段性测试等

课堂学习讨论及课后反馈表现评价方法及考核目标

考核内容	评价标准	支撑课程教学分目标	支撑毕业要求
课堂、课后习题研讨，共 15 分。	分析课堂习题，完成互动与研讨，表达自己的观点，提出自己的问题解决方案。（10 分）	1-4	1.2, 1.3, 2.2, 2.3
	阐述观点的过程中思路清晰，表达明确。（5 分）	1-2	1.2, 1.3
课内知识点的熟悉程度，关键知识点的了解程度，共 5 分。	收集资料、熟悉关键知识点。（2 分）	3	2.2
	了解关键知识点的应用，并能分析应用的合理性及技术改进的方向性。（3 分）	4	2.3
实验及报告（20 分）	熟练掌握课内实验的操作，在实验报告中解释实验原理，展示实验步骤和实验数据，分析实验结果，给出实验结论（20 分）	5	4.3

2. 结果性考核（60%）

考试（开卷、闭卷等）或考查（面试、小论文等）

课程考试评价方法及考核目标

考核内容	评价标准	支撑课程教学分目标	支撑毕业要求
闭卷考试，共	掌握矢量分析基础。（10 分）	1	1.2

60分。	熟悉静态场，并会运用静态场的相关理论解决实际问题。(25分)	2	1.3
	熟悉时变场，并会运用麦克斯韦方程组解决场源互求问题。(15分)	3	2.2
	熟悉平面电磁波理论，理解波的极化。(10分)	4	2.3

七、参考书目及学习资料

1.推荐教材:

《电磁场与电磁波》，邵小桃，清华大学出版社，2018年。

《电磁波与光学实验教程》，刘罡，江苏大学出版社，2020年。

2.参考书目与文献:

《电磁场与电磁波（第5版）》，谢处方，高等教育出版社，2019年。

3.在线学习资源：学习通相关线上课程

制定人：黄孙港

审定人：刘罡

批准人：王伟

2024年8月

《数字信号处理》课程教学大纲

一、课程基本信息

课程名称（中文）	数字信号处理				
课程名称（英文）	Digital Signal Processing				
课程类别 ¹	专业基础课	课程性质 ²	必修	特殊课程类型 ³	
授课学期	第5学期	学分	3	考核方式	考试
课程学时及分配	总学时 ⁴	讲课学时	实验学时	线上学时	课外学时
	48	40	8	0	0
适用专业	微电子科学与工程				
选用教材	《数字信号处理教程（MATLAB版）》，程佩青，清华大学出版社，2020年6月第五版				
开课单位	集成电路科学与工程学院				
先修课程	高等数学、信号与系统				
后续课程	智能信息处理				
课程简介 (不少于500字)	<p>课程基本定位：《数字信号处理》为电子信息类专业必修的专业基础课程，该课程注重“数字信号处理”的理论与工程应用的紧密结合，使学生深入理解信号处理的内涵和实质。本课程以离散时间信号与系统作为对象，研究对信号进行各种处理和利用的技术。数字信号处理是理论性和工程性都很强的学科，该课程是进一步学习数字通信，模式识别，图像处理，随机数字信号处理、时频分析等必修专业课的先修课程。</p> <p>核心学习结果：通过本课程的学习，使学生掌握离散信号分析、线性系统分析及数字信号处理的基本理论与分析方法，并对这些理论与方法在工程中的某些应用有初步了解。学生要求掌握确定性离散时间信号的谱分析的原理及快速实现方法，通过数字滤波器的设计及实现，学生可掌握数字滤波系统的分析以及设计方法。</p> <p>主要教学方法：课程教学以讲授与讨论相结合的形式开展，通过习题、阶段测试等环节，及时掌握学生的学习动态，利用翻转课堂促进学生的学，实现教与学的互动。在此基础上培养学生分析问题、解决实际问题的能力，使学生具备一定的系统分析及设计能力。</p>				
大纲更新时间	2024年8月				

二、课程目标

序号	课程目标 ¹ （参考人才培养目标、毕业要求、课程定位）	支撑毕业要求指标点 ²	支撑思政指标点
1	课程目标 1：掌握用数字方法处理确定性信号的原理、通用技术及一般方法	指标点 1.3：能够将专业基础知识与数学、自然科学、计算分析方法综合运用于微电子工艺与集成电路测试领域专业工程问题的推演和分析。	指标点 1.1：心怀梦想，在困难面前能保持乐观心态，化压力为动力
2	课程目标 2：掌握离散信号与系统、离散傅立叶变换及其快速算法（FFT）。	指标点 2.3：能够运用微电子工艺与集成电路测试领域基本原理和方法，综合考虑多种影响因素，分析微电子工艺与集成电路测试领域的复杂工程问题，选择和优化问题的解决方案。	指标点 6.1：努力学习科学文化知识，扩大知识储备，能独立理性思考问题
3	课程目标 3：掌握数字滤波器和设计方法	指标点 3.3：能够完成微电子工艺与集成电路测试领域的设计，并在设计中体现创新意识。	指标点 8.1：主动了解、积极支持党和国家制定的各项路线、方针和政策具有民族认同感和自豪感，为民族复兴贡献自己的力量
4	课程目标 4：为后期随机信号、多维信号的分析 and 处理方法打好坚实理论基础。	指标点 4.3：能够利用微电子工艺与集成电路测试专业知识构建实验系统，安全可靠地开展实验，并有效地获取实验数据。	指标点 8.2：具有民族认同感和自豪感，为民族复兴贡献自己的力量

三、课程教学内容和基本要求

学生将学习以下课程内容并应达到如下基本要求：

第一章 离散时间信号与系统

该章节对应课程目标 1，对应思政指标点 1.3

1. 教学内容

- (1) 离散时间信号——序列
- (2) 线性移不变系统
- (3) 常系数线性差分方程——时域离散系统的输入、输出表示法

(4) 连续时间信号的抽样

2. 知识要点

- (1) 线性常系数差分方程，采样定理；
- (2) 典型序列，线性时不变系统的因果性和稳定性，模拟信号处理；
- (3) 序列表示、运算，因果性和稳定性判定，差分方程求解。

3. 重点难点

重点：线性移不变条件、采样定理

难点：因果性和稳定性的判定条件

4. 基本要求

- (1) 了解线性常系数差分方程，采样定理；
- (2) 理解典型序列，线性时不变系统的因果性和稳定性，模拟信号处理；
- (3) 掌握序列表示、运算，因果性和稳定性判定，差分方程求解。

5. 教学方法

讲授、演示、案例

第二章 z 变换与离散时间傅里叶变换

该章节对应课程目标 1，对应思政指标点 1.3

1. 教学内容

- (1) 序列的 z 变换；
- (2) s 平面到 z 平面的映射关系；
- (3) 离散时间傅里叶变换 (DTFT) —— 序列的傅里叶变换；
- (4) 离散线性移不变系统的频域表征；

2. 知识要点

- (1) Z 变换的定义与收敛域；
- (2) Z 变换的基本性质和定理；
- (3) 离散时间傅立叶变换；
- (4) 系统的系统函数，系统的频率响应。

3. 重点难点

重点：系统函数求解、 z 变换的收敛域

难点：离散时间傅立叶变换、 z 变换的性质

4. 基本要求

- (1) 了解 Z 变换的定义与收敛域；
- (2) 掌握 Z 变换的基本性质和定理；
- (3) 掌握离散时间傅立叶变换；
- (4) 掌握系统的系统函数，系统的频率响应。

5. 教学方法

讲授、演示、案例

第三章 离散傅里叶变换 (DFT)

该章节对应课程目标 4，对应思政指标点 4.3

1. 教学内容

- (1) 傅里叶变换的四种可能形式；

- (2) 周期序列的傅里叶级数——离散傅里叶级数 (DFS);
- (3) 离散傅里叶变换——有限长序列的离散频域表示
- (4) DFT 的主要性质;
- (5) 频域抽样理论
- (6) DFT 的应用; 有限长序列的 $X(z)$ 、 $X(e^{j\omega})$ 、 $X(k)$ 之间的关系

2. 知识要点

- (1) 傅立叶变换的几种可能形式;
- (2) 离散傅立叶级数的性质;
- (3) 离散傅立叶变换——有限长序列的离散频域表示;
- (4) 抽样 Z 变换——频域抽样理论。

3. 重点难点

重点: DFT 的主要性质及应用、频域抽样理论

难点: 离散傅里叶变换中有限长序列的离散频域表示

4. 基本要求

- (1) 了解傅立叶变换的几种可能形式;
- (2) 了解离散傅立叶级数的性质;
- (3) 掌握离散傅立叶变换——有限长序列的离散频域表示;
- (4) 掌握抽样 Z 变换——频域抽样理论。

5. 教学方法

讲授、演示、案例

第四章 快速傅里叶变换 (FFT)

该章节对应课程目标 4, 对应思政指标点 4.3

1. 教学内容

- (1) 直接计算 DFT 的运算量, 减少运算量的途径;
- (2) 按时间抽选 (DIT) 的基 2 FFT 算法;
- (3) 按频率抽选 (DIF) 的基 2 FFT 算法;
- (4) DIT-FFT 与 DIF-FFT 的异同;
- (5) 离散傅里叶反变换 (IDFT) 的快速算法 IFFT;
- (6) 基 2 FFT 流程图;
- (7) 利用 FFT 算法计算线性卷积

2. 知识要点

- (1) 按时间抽选 (DIT) 的基-2 FFT 算法;
- (2) 按频率抽选 (DIF) 的基-2 FFT 算法;
- (3) 线性调频 Z 变换算法;
- (4) 线性卷积的 FFT 算法

3. 重点难点

重点: 直接计算 DFT 的运算量 (复乘和复加) 以及减少运算量的途径;

难点: 按时间抽选 (DIT) 的基-2 FFT 算法

4. 基本要求

- (1) 掌握按时间抽选 (DIT) 的基-2 FFT 算法;
- (2) 掌握按频率抽选 (DIF) 的基-2 FFT 算法;
- (3) 掌握线性调频 Z 变换算法;
- (4) 掌握线性卷积的 FFT 算法

5. 教学方法

讲授、演示、案例

第五章 数字滤波器的基本结构

该章节对应课程目标 3, 对应思政指标点 3.3

1. 教学内容

- (1) 概述
- (2) 无限长单位冲激响应滤波器的基本结构
- (3) 有限长单位冲激响应滤波器的基本结构

2. 知识要点

- (1) 数字滤波器结构的表示方法;
- (2) 无限长单位冲击响应 (IIR) 滤波器的基本结构;
- (3) 有限长单位冲击响应 (FIR) 滤波器的基本结构。

3. 重点难点

重点: IIR 滤波器的基本结构

难点: FIR 滤波器的基本结构

4. 基本要求

- (1) 了解数字滤波器结构的表示方法;
- (2) 掌握无限长单位冲击响应 (IIR) 滤波器的基本结构;
- (3) 掌握有限长单位冲击响应 (FIR) 滤波器的基本结构。

5. 教学方法

讲授、演示、案例

第六章 数字滤波器的基本概念及几种特殊滤波器

该章节对应课程目标 3, 对应思政指标点 3.3

1. 教学内容

- (1) 数字滤波器的基本概念
- (2) 全通滤波器
- (3) 最小相位滞后滤波器
- (4) 陷波器
- (5) 数字谐振器
- (6) 梳状滤波器
- (7) 波形发生器

2. 知识要点

几种特殊滤波器的基本结构及系统特性

3. 重点难点

重点: 全通滤波器

难点: 梳状滤波器

4. 基本要求

掌握几种特殊滤波器的基本结构及系统特性

5. 教学方法

讲授、演示、案例

第七章 无限长单位冲激响应（IIR）数字滤波器设计方法

该章节对应课程目标 4，对应思政指标点 2.1

1. 教学内容

- (1) 概述
- (2) 数字滤波器的实现步骤
- (3) 数字滤波器的技术指标；
- (4) IIR 数字滤波器的设计方法分类；
- (5) 模拟原型低通滤波器设计；
- (6) 模拟频域频带变换；
- (7) 间接法的 IIR 数字滤波器设计方案；
- (8) 模拟滤波器到数字滤波器的映射方法；
- (9) 数字滤波器设计的第一种方案；
- (10) 模拟低通滤波器直接变换成四种通带数字滤波器

2. 知识要点

- (1) 利用模拟滤波器设计数字滤波器时平面变换必须满足的基本要求；
- (2) 脉冲响应不变法，双线性变换法；
- (3) 几种主要模拟滤波器的特性及设计方法，由模拟原型滤波器变换成相应的数字滤波器的方法。

3. 重点难点

重点：脉冲响应不变法，双线性变换法

难点：由模拟原型滤波器变换成相应的数字滤波器的方法。

4. 基本要求

- (1) 理解利用模拟滤波器设计数字滤波器时平面变换必须满足的基本要求；
- (2) 了解脉冲响应不变法，掌握双线性变换法；
- (3) 了解几种主要模拟滤波器的特性及设计方法，掌握由模拟原型滤波器变换成相应的数字滤波器的方法。

5. 教学方法

讲授、演示、案例

第八章 有限长单位冲激响应（FIR）数字滤波器设计方法

该章节对应课程目标 2，对应思政指标点 6.1

1. 教学内容

- (1) 概述
- (2) 线性相位 FIR 数字滤波器的特点
- (3) 窗函数设计法
- (4) 频率抽样设计法
- (5) 设计线性相位 FIR 滤波器的最优化方法

2. 知识要点

- (1) 线性相位 FIR 滤波器的特点；
- (2) 窗函数设计法；
- (3) 频率抽样设计法。
- (4) IIR 与 FIR 数字滤波器的区别。

3. 重点难点

重点：窗函数设计法

难点：线性相位 FIR 数字滤波器的特点

4. 基本要求

- (1) 了解线性相位 FIR 滤波器的特点；
- (2) 掌握窗函数设计法；
- (3) 掌握频率抽样设计法。
- (4) 了解 IIR 与 FIR 数字滤波器的区别。

5. 教学方法

讲授、演示、案例

四、实践教学内容

1. 课程实验¹

项目编号	项目名称	实验内容	对应理论章节	学时	实验类型 ²	思政融入点	学生学习预期成果	课程目标
1	典型离散信号及其 MATLAB 实现	(1) 离散信号的产生 (2) 离散时间信号的卷积 (3) 实验分析 (4) 实验总结	第一章	2	综合性	利用 MATLAB 软件, 加快卷积的计算速度, 帮助学生掌握科学的分析问题的方法, 树立学习致用的信心。	掌握 MATLAB 语言的基本操作, 学习基本的编程功能; 掌握 MATLAB 产生常用离散时间信号的编程方法; 掌握 MATLAB 计算卷积的方法	目标 1
2	MATLAB 实现 z 变换和 z 逆变换	(1) z 变换 (2) z 反变换 (3) 实验分析 (4) 实验总结	第一章	2	综合性	通过对 z 变换的学习, 增强投身科学研究的信心。	掌握用 MATLAB 对离散时间信号进行 z 变换和 z 逆变换分析	目标 2

3	MATLAB 实现离散傅里叶变换及其快速算法	(1) 傅里叶变换 (2) 快速傅里叶变换 (3) 实验分析 (4) 实验总结	第二章	2	综合性	通过 DFT 与 FFT 的比较,培养学生全面分析问题的能力,树立解决问题的信心及爱岗敬业的志向。	掌握用 MATLAB 对离散时间信号进行傅里叶变换和快速傅里叶变换,并对比两者计算时间地快慢	目标 2
4	数字滤波器设计	(1) 学习 MATLAB 中数字滤波器设计的相关函数使用 (2) 掌握用 MATLAB 设计数字滤波器的过程 (3) 实验分析 (4) 实验总结	第三、四章	2	综合性	教育学生树立坚持不懈的追求科学真理的精神。	学会用 MATLAB 设计数字滤波器	目标 3、4

注: 1.此表用于实验教学课程;

2.实验类型: 选填“验证性/综合性/设计性/创新

五、学时分配

序号	章节名称	学时分配 (共 40 学时)
1.	第一章离散时间信号与系统	4
2.	第二章 z 变换与离散时间傅里叶变换	6
3.	第三章离散傅里叶变换 (DFT)	6
4.	第四章快速傅里叶变换 (FFT)	4
5.	第五章数字滤波器的基本结构	4
6.	第六章数字滤波器的基本概念及几种特殊滤波器	4
7.	第七章无限长单位冲激响应 (IIR) 数字滤波器设计方法	6
8.	第八章有限长单位冲激响应 (FIR) 数字滤波器设计方法	6

六、考核方式

数字信号处理课程为微电子科学与工程专业基础课，课程考核方式包括：课堂学习讨论及课后反馈表现（30%）+结果性考核（70%）。

1. 课堂学习讨论及课后反馈表现（30%）

课堂学习研讨、课后反馈表现、学术论文、调研报告、作业测评、阶段性测试等
作业测评、课内实验评价方法及考核目标

考核内容	评价标准	支撑课程教学分目标	支撑毕业要求
平时作业，共 10 分。	课后完成 20-30 个习题，考核学生对每章节知识点的复习、理解和掌握程度，主要计算全部作业的平均成绩再按 10%计入总成绩（10 分）	1、2、3、4	1.3、2.3、3.3、4.3
课内实验，共 15 分。	编程能力；在规定时间内独立编程调试并达到预定要求；完成实验内容，能主动发现问题，解决问题。（10 分）	1、2、3、4	1.3、2.3、3.3、4.3
期中考试，共 5 分。	闭卷考试，考核学生对课程前半部分章节知识点的复习、理解和掌握程度，计算期中考试成绩按 10%计入总成绩（10 分）	1、2、4	1.3、2.3、4.3

2. 结果性考核（70%）

考试（开卷、闭卷等）或考查（面试、小论文等）

课程考试评价方法及考核目标

考核内容	评价标准	支撑课程教学分目标	支撑毕业要求
闭卷考试，共 70 分。	考查学生掌握离散时间信号和系统的基本概念，按试卷评分标准判分。（20 分）	1	1.3
	考查学生掌握 Z 变换、离散傅里叶变换、快速傅里叶变换算法，按试卷评分标准判分。（30 分）	2	2.3
	考查学生掌握数字滤波器的基本结构以及设计方法，考查学生对该门课程的综合运用能力，按试卷评分标准判分。（20 分）	3、4	3.3、4.3

七、参考书目及学习资料

1. 推荐教材

《数字信号处理教程（MATLAB 版）》，程佩青，清华大学出版社，2020 年 6 月第五版。

2. 参考书目与文献

《数字信号处理》，高等教育出版社，王俊、王祖林，2019 年。

《数字信号处理》，电子工业出版社，刘兴钊，2010 年。

《数字信号处理（第 3 版）》，高等教育出版社，陈后金、薛健，2018 年。

制定人：李晓东

审定人：余耀

批准人：王伟

2024 年 8 月

《电子设计自动化》课程教学大纲

一、课程基本信息

课程名称（中文）	电子设计自动化				
课程名称（英文）	Electronic Design Automation				
课程类别 ¹	专业主干课	课程性质 ²	必修	特殊课程类型 ³	
授课学期	3	学分	2	考核方式	考试
课程学时及分配	总学时 ⁴	讲课学时	实验学时	线上学时	课外学时
	32	16	16	0	0
适用专业	微电子科学与工程				
选用教材	《Multisim 电路设计与仿真——基于 Multisim14.0 平台》，赵全利主编，机械工业出版社，2022 年				
开课单位	集成电路科学与工程学院				
先修课程	数字电子技术、电路分析基础				
后续课程	嵌入式系统设计，集成电路设计				
课程简介 (不少于 500 字)	<p>课程基本定位：《电子设计自动化》是电子信息类专业本科生一门重要的专业课程。随着计算机技术的发展，电子设计自动化技术得到了高度重视和广泛应用。本课程为学生进一步开展电子产品设计和从事工程技术以及科学研究工作打下良好基础。</p> <p>核心学习结果：通过对本课程的系统学习，学生能掌握常用 EDA 软件的使用方法，重点使学生了解可编程芯片的基本工作原理，掌握用 Verilog HDL 设计数字电路的基本方法，学会用 EDA 工具软件对 HDL 程序进行仿真分析和综合。</p> <p>主要教学方法：通过课堂授课与实验进行结合，增强学生的实践能力，贯彻学以致用的教学理念。</p>				
大纲更新时间	2024 年 8 月				

二、课程目标

序号	课程目标 ¹ （参考人才培养目标、毕业要求、课程定位）	支撑毕业要求指标点 ²	支撑思政指标点
1.	课程目标 1: 理解 EDA 技术的基本概念与应用领域，掌握 EDA 软件的操作技能，了解 EDA 在电路设计与制造中的重要作用。	指标点 3.2: 能够针对微电子工艺与集成电路测试领域的特定需求，包括信息采集、存储和处理等，完成设备和系统单元（部件）的方案设计。	指标点 3.2: 在自己的岗位上尽职尽责，为社会的进步贡献力量
2.	课程目标 2: 针对具体设计问题，能够绘制系统框图草图，初选方案，搭建单元电路、参数计算和器件选择，绘制单元电路图。进行单元电路调试，记录各单元电路关键点数据、波形，并与理论推导或计算进行比较分析；能够撰写符合规范的课程报告，并以口头和论文的形式回答提出的问题。	指标点 5.2: 能够合理选择并使用微电子工艺、测试设备和系统所需的仪器工具、模拟软件和信息资源对复杂工程问题进行分析、计算与设计。	指标点 4.2: 主动参与本国文化活动，积极传播和发扬本国优秀文化
3.	课程目标 3: 针对集成电路领域芯片测试方向的复杂工程问题，选择与使用恰当的技术、资源、现代工程工具和信息工具，对其进行的预测与模拟。	指标点 10.1: 能够就微电子工艺与集成电路测试领域电路设计及系统集成领域的专业问题，采用口头、文稿、图表等多种方式，准确表达观点，回应质疑，能与业界同行和社会公众进行有效的交流与沟通。	指标点 6.1: 努力学习科学文化知识，扩大知识储备，能独立理性思考问题

三、课程教学内容和基本要求

学生将学习以下课程内容并应达到如下基本要求：

第一章 EDA 技术的概述

该章节对应课程教学分目标 1，对应课程育人分目标 3.2

1. 教学内容

1.1 EDA 技术的发展现状和应用介绍

1.2 电路仿真软件介绍

1.3 PCB 基础知识介绍

2. 知识要点

(1) EDA 技术的发展现状和应用介绍

EDA 技术定义：电子设计自动化，通过计算机平台和软件完成电子系统设计、仿真等任务。

发展历程：从电子 CAD 到 CAE，再到 EDA，技术不断进步，应用领域广泛。

应用领域：通信、国防、航天、工业自动化等，特别是在集成电路（IC）和专用集成电路（ASIC）设计中。

(2) 电路仿真软件介绍

电路仿真软件作用：模拟电路行为，验证电路设计的正确性。

常用软件：Multisim、LTspice、PSPICE、TINA、OrCAD 等，各具特色。

软件功能：电路图绘制、仿真参数设置、仿真结果查看等。

(3) PCB 基础知识介绍

PCB 定义：印刷电路板，是电子设备的核心组成部分。

PCB 结构：包括顶层、中间层、底层等，实现电气连接和机械支撑。

PCB 设计原则：元件布局、布线规则、热设计等。

PCB 制造流程：板材准备、图形转移、蚀刻、钻孔、电镀等步骤。

3. 重点难点

重点：

- (1) EDA 技术在现代电子设计中的重要地位和应用领域。
- (2) 掌握至少一款电路仿真软件的基本功能和操作。
- (3) 理解 PCB 的基本结构和设计原则。

难点：

- (1) 深入理解 EDA 技术的核心技术和原理。
- (2) 正确使用电路仿真软件进行复杂电路的设计和仿真。
- (3) 掌握 PCB 设计的复杂性，并能根据实际需求进行优化和调整。

4. 基本要求

- (1) 理解和掌握 EDA 技术的基本概念、发展历程以及主要应用领域。
- (2) 熟悉至少一款电路仿真软件的基本功能和操作方法，能够完成简单的电路设计和仿真任务。
- (3) 了解 PCB 的基本结构和设计原则，理解 PCB 设计与实际应用的关系。

5. 教学方法

理论讲授

- (1) 讲解 EDA 技术的定义、发展历程和应用领域。
- (2) 介绍电路仿真软件的基本功能和操作。
- (3) 阐述 PCB 的基本结构和设计原则。

软件演示与实践操作

- (1) 展示电路仿真软件的基本界面和操作流程。
- (2) 安排学生上机操作电路仿真软件，完成电路设计和仿真任务。
- (3) 提供 PCB 设计软件实践练习，让学生掌握基本的版图设计技能。

案例分析

- (1) 分析 EDA 技术在具体行业的应用案例，加强学生的理解。
- (2) 展示 PCB 设计的实际案例，让学生理解 PCB 设计的复杂性和实际应用。

分组讨论与项目导向

- (1) 分组讨论 EDA 技术的未来发展，鼓励学生提出自己的观点和见解。
- (2) 布置综合性的项目任务，要求学生综合应用 EDA 技术、电路仿真软件和 PCB 设计知识进行电子系统的设计、仿真和优化。

第二章 原理图设计、PCB 设计以及 AD 软件

该章节对应课程教学分目标 2，对应课程育人分目标 3.2

1. 教学内容

2.1 原理图设计介绍

2.2 PCB 设计流程及基础介绍

2.3 Altium Design 软件 PCB 设计规则介绍

2. 知识要点

(1) 原理图设计介绍

定义：原理图，又称电路图，是描述电子设备中电路组件和连接关系的图表。

组成部分：主要包括元件符号、连接线、网络标号、注释等。

设计步骤：选择元件库、放置元件、连接元件、添加注释和网络标号。

(2) PCB 设计流程及基础介绍

流程概述：前期准备、PCB 结构设计、导网表、规则设置、PCB 布局布线、布线优化和丝印、网络和 DRC 检查、结构检查、输出光绘、光绘审查、PCB 制板生产/打样、资料输出、项目完成。

基础概念：PCB（印制电路板）是电子设备的核心组成部分，用于连接各种电子元件和部件。

设计要点：考虑元件的布局、布线、热设计、电磁兼容性等因素。

(3) Altium Designer 软件 PCB 设计规则介绍

规则作用：确保 PCB 设计的正确性、可靠性和高效性。

规则分类：电气规则、布线规则、阻焊规则、平面规则等。

规则设置：通过 DRC（设计规则检查）管理器进行规则设置和管理。

3. 重点难点

重点

(1) 熟练掌握原理图设计的基本步骤和技巧。

(2) 理解 PCB 设计流程中的各个环节及其重要性。

(3) 熟悉 Altium Designer 软件中 PCB 设计规则的设置和应用。

难点

(1) 原理图设计中元件符号的选择和连接关系的准确描述。

(2) PCB 布局布线中考虑的因素众多，需要综合权衡和优化。

(3) Altium Designer 软件中 PCB 设计规则的复杂性和灵活性，需要深入理解并灵活运用。

4. 基本要求

(1) 学生应能够独立完成原理图的设计，包括元件的选择、连接关系的建立、注释的添加等。

(2) 学生应了解 PCB 设计的基本流程和要点，能够参与或独立完成简单的 PCB 设计任务。

(3) 学生应熟悉 Altium Designer 软件中 PCB 设计规则的设置和应用，能够根据实际需求进行规则的设置和调整。

5. 教学方法

理论讲授

通过 PPT、视频等多媒体手段介绍原理图设计的基本知识和技巧、PCB 设计的基本流程和要点以及 Altium Designer 软件中 PCB 设计规则的设置和应用。

实践操作

- (1) 安排学生使用原理图设计软件（如 Altium Designer）进行原理图设计的实践操作，包括元件的选择、连接关系的建立、注释的添加等。
- (2) 安排学生使用 PCB 设计软件（如 Altium Designer）进行 PCB 设计的实践操作，包括 PCB 布局布线、规则设置等。

案例分析

- (1) 分析典型的原理图设计案例，讨论其设计思路、优点和不足。
- (2) 分析典型的 PCB 设计案例，讨论其设计流程、规则设置、布局布线等方面的考虑和优化方法。

第三章 NI Multisim 介绍

该章节对应课程教学分目标 2，对应课程育人分目标 4.2

1. 教学内容

- 3.1 NI Multisim 的发展历程介绍
- 3.2 NI Multisim 用户界面介绍
- 3.3 NI Multisim 的原理图介绍
- 3.4 NI Multisim 电路仿真介绍

2. 知识要点

- (1) NI Multisim 的发展历程

NI Multisim 源于 20 世纪八十年代末加拿大图像交互技术公司（IIT）推出的 EWB（Electronics Workbench）软件。

1996 年，EWB 进入中国，并推出 EWB 5.0 版本，受到广泛欢迎。

随后，IIT 公司对 EWB 进行升级，将专门用于电子电路仿真的模块改名为 Multisim。

2005 年，IIT 公司隶属于美国 NI 公司，并于同年 12 月推出 Multisim 9。

目前，Multisim 最新版本为 14.2，拥有丰富的仿真分析能力和友好的用户界面。

- (2) NI Multisim 用户界面

用户界面包含菜单栏、工具栏、工作区域、电子表格视图、状态栏及项目管理器等部分。

工具栏中包括组件工具栏、标准工具栏、主工具栏、放置探测器工具栏、仿真工具栏等，方便用户快速操作。

- (3) NI Multisim 的原理图

Multisim 允许用户通过图形输入方式设计电路原理图。

提供了丰富的元器件库，包括电源、基本元器件、二极管、晶体管、模拟元器件、数字元器件等。

用户可以方便地添加、编辑和删除元器件，以及调整元器件之间的连接关系。

- (4) NI Multisim 电路仿真

Multisim 具有强大的电路仿真能力，可以对数字电路、模拟电路以及模拟/数字混合电路进行仿真。

用户可以通过虚拟仪器对电路进行测试和分析，如示波器、万用表等。

仿真结果可以实时显示，帮助用户验证电路设计的正确性和性能。

3. 重点难点

重点:

- (1) 掌握 NI Multisim 的发展历程和用户界面结构, 了解各部分的功能和使用方法。
- (2) 熟悉 Multisim 的元器件库和原理图设计流程, 能够独立完成原理图的设计。
- (3) 掌握 Multisim 的电路仿真功能, 了解仿真步骤和注意事项。

难点:

- (1) Multisim 的用户界面和功能较为丰富, 需要一定时间去熟悉和掌握。
- (2) 原理图设计中元器件的选择和连接关系的建立需要一定的电子学知识和实践经验。
- (3) 电路仿真中需要设置合适的仿真参数和分析条件, 以获取准确的仿真结果。

4. 基本要求

- (1) 学生应了解 NI Multisim 的发展历程和基本功能, 掌握其用户界面和操作方法。
- (2) 学生应熟悉 Multisim 的元器件库和原理图设计流程, 能够独立完成简单的原理图设计任务。
- (3) 学生应掌握 Multisim 的电路仿真功能, 能够设置合适的仿真参数和分析条件, 获取准确的仿真结果, 并对仿真结果进行分析和解释。

5. 教学方法

理论讲授:

- (1) 详细介绍 NI Multisim 的发展历程、基本功能、用户界面和操作方法。
- (2) 讲解 Multisim 的元器件库、原理图设计流程和电路仿真功能。

案例分析:

- (1) 分析典型的电路设计案例, 讨论其设计思路、实现方法和仿真结果。
- (2) 引导学生思考如何改进和优化电路设计, 提高电路性能和可靠性。

四、实践教学内容

1. 课程实验¹

项目编号	项目名称	实验内容	对应理论章节	学时	实验类型 ²	思政融入点	学生学习预期成果	课程目标
1	软件认识实验	利用 Altium Designer 和 NI Multisim 设计软件, 创建工程, 验证简单实例, 并对结果进行仿真验证。	第二章	4	验证性	简要介绍 Altium Designer 和 NI Multisim 软件, 指出 EDA 软件普遍由国外软件垄断。	熟悉 Altium Designer 和 NI Multisim 软件的基本操作, 掌握其使用方法。	1
2	电路设计与仿真实验1	利用 EDA 设计软件, 构建直流分析、交流小信号分析等电路, 设置电路参数, 并对结	第三章	4	设计性	采用 EDA 软件实现不同功能电路的仿真分析, 鼓励学生具体问题具体分析。	掌握用 EDA 软件进行不同功能电路设计与分析的方法。	2

		果进行仿真分析。						
3	电路设计与仿真实验2	利用 EDA 设计软件, 构建傅里叶分析、参数扫描分析等电路, 设置电路参数, 并对结果进行仿真分析。	第三章	4	设计性	采用 EDA 软件实现不同功能电路的仿真分析, 鼓励学生具体问题具体分析。	掌握用 EDA 软件进行不同功能电路设计与分析的方法。	2
4	电路设计与仿真实验3	利用 EDA 设计软件, 构建噪声分析、蒙特卡罗分析等电路, 设置电路参数, 并对结果进行仿真分析。	第三章	4	设计性	采用 EDA 软件实现不同功能电路的仿真分析, 鼓励学生具体问题具体分析。	掌握用 EDA 软件进行不同功能电路设计与分析的方法。	3

五、学时分配

序号	章节名称	学时分配 (共 32 学时)
1.	第一章 EDA 技术的概述	2
2.	第二章 原理图设计、PCB 设计以及 AD 软件	6
3.	第三章 NI Multisim 介绍	8
4.	课程实验 1	4
5.	课程实验 2	4
6.	课程实验 3	4
7.	课程实验 4	4

六、考核方式

电子设计自动化技术课程为微电子科学与工程专业主干课, 课程考核方式包括: 课堂学习讨论及课后反馈表现 (40%) + 结果性考核 (60%)。

1. 课堂学习讨论及课后反馈表现 (40%)

课堂学习研讨、课后反馈表现、学术论文、调研报告、作业测评、阶段性测试等

课堂学习讨论及课后反馈表现评价方法及考核目标

考核内容	评价标准	支撑课程教学分目标	支撑毕业要求
作业测评, 共 10 分。	作业应按要求完成全部内容, 包含所有必要的部分。答案应正确无误, 理解问题本质, 采用正确方法解题。	1、2、3	3.2、5.2、10.1

	答案应有清晰的逻辑结构，合理组织思路和论证。(10分)		
实验报告，共30分。	实验名称应正确无误，实验目的应明确、清晰。实验原理叙述应简洁完整、重点突出，依据正确。(10分)	1、2、3	3.2、5.2、10.1
	实验内容及步骤应清楚，步骤简洁扼要，顺序正确。数据处理及结果应包含原记录重新制表抄写、数据计算及结果讨论。(20分)	2、3	5.2、10.1

2. 结果性考核 (60%)

闭卷考试

课程考试评价方法及考核目标

考核内容	评价标准	支撑课程教学目标	支撑毕业要求
闭卷考试，共70分。	考查学生对 EDA 技术概念与应用的理解，评价 EDA 软件操作技能的熟练度，以及理解 EDA 在电路设计与制造中的关键作用。试卷应全面覆盖这些知识点，确保评价公正客观。(20分)	1	3.2
	考察学生针对具体设计问题，能够绘制系统框图草图，初选方案，搭建单元电路、参数计算和器件选择，绘制单元电路图，进行单元电路调试，记录各单元电路关键点数据、波形，并与理论推导或计算进行比较分析的能力。(35分)	2	5.2
	考查学生对针对集成电路领域芯片测试方向的复杂工程问题，选择与使用恰当的技术、资源、现代工程工具和信息技术工具，对其进行的预测与模拟。试卷将全面覆盖这些知识点，确保评价全面、准确。(15分)	3	10.1

七、参考书目及学习资料

1.推荐教材:

《Multisim 电路设计与仿真——基于 Multisim14.0 平台》，赵全利主编，机械工业出版社

社，2022 年

《基于 NI Multisim 的电子电路计算机仿真设计与分析（第 3 版）》，黄智伟编著，电子工业出版社，2017 年。

《电子线路 CAD 实用教程—基于 Protel 99 SE 平台（第五版）》，潘永雄等编著，西安电子科技大学出版社，2016 年

2.参考书目与文献：《电路仿真与 PCB 设计》，崔岩松、黄建明、赵同刚编著，清华大学出版社，2019 年。

制定人：巫君杰

审定人：张黎可

批准人：王伟

2024 年 8 月

《CPLD/FPGA 原理与应用》课程教学大纲

一、课程基本信息

课程名称（中文）	CPLD/FPGA 原理与应用				
课程名称（英文）	The Principles and Applications of CPLD/FPGA				
课程类别 ¹	专业主干课	课程性质 ²	必修课	特殊课程类型 ³	
授课学期	第 4 学期	学分	2	考核方式	考试
课程学时及分配	总学时 ⁴	讲课学时	实验学时	线上学时	课外学时
	32	16	16	0	0
适用专业	微电子科学与工程				
选用教材	《EDA 技术与 Verilog HDL》，黄继业、陈龙、潘松等编，清华大学出版社，2017 年				
开课单位	集成电路科学与工程学院				
先修课程	模拟电子线路，数字逻辑电路，计算机程序设计（C 语言）				
后续课程	电子系统综合设计，CMOS 数字集成电路设计				
课程简介 (不少于 500 字)	<p>课程基本定位：《CPLD/FPGA 原理与应用》为微电子科学与工程的专业必修课。该课程系统地介绍了 EDA 技术和 Verilog HDL 硬件描述语言，将 Verilog HDL 的基础知识、编程技巧和实用方法与实际工程开发技术在 Quartus II 上很好地结合起来，使学生通过《EDA 技术与 Verilog HDL（第 3 版）》的学习能迅速了解并掌握 EDA 技术的基本理论和工程开发实用技术，为后续的深入学习和实践打下坚实的理论与实践基础。</p> <p>核心学习结果：通过对本课程的系统学习，学生能比较熟练地使用 Quartus II 等常用 EDA 软件对 FPGA 作一些简单电路系统的设计，同时能较好地使用 Verilog HDL 语言设计简单的逻辑电路和逻辑系统，学会行为仿真、时序仿真技术，为现代 EDA 工程技术的进一步学习，ASIC 器件设计以及超大规模集成电路设计奠定基础。</p> <p>主要教学方法：通过详细的课堂讲解，向学生介绍 FPGA 的基本概念、硬件描述语言（HDL）基础、Verilog 语法、FPGA 设计流程和常用开发工具的使用。鼓励学生在课堂上提问参与讨论，通过问题和解答的方式，激发学生的思考和学习兴趣。在实验室环境中，指导学生使用 FPGA 开发板进行实际电路的设计、编程和调试，通过实际的硬件电路搭建和 Verilog 代码编写，使学生在实践中学习和掌握 FPGA 设计的技能。</p>				
大纲更新时间	2024 年 8 月				

二、课程目标

序号	课程目标 ¹ （参考人才培养目标、毕业要求、课程定位）	支撑毕业要求指标点 ²	支撑思政指标点
1.	了解可编程逻辑器件的含义、特点及原理，掌握 FPGA 设计的全流程，以及 Verilog HDL 编程设计开发流程。	指标点 1.4: 能够运用专业基础知识与数学、自然科学、计算分析方法比较与综合微电子工艺与集成电路测试领域工程问题的解决方案，并体现微电子工艺与集成电路测试领域先进技术。	指标点 1.1: 心怀梦想，在困难面前能保持乐观心态，化压力为动力
2.	理解 Verilog HDL 编程语言，并能够独立进行 Verilog 程序开发，解决程序开发中遇到的工程问题。	指标点 3.2: 能够针对微电子工艺与集成电路测试领域的特定需求，包括信息采集、存储和处理等，完成设备和系统单元（部件）的方案设计。	
3.	理解实现同一逻辑功能不同 Verilog HDL 编程语言的区别，掌握优化 Verilog HDL 编程语言的方法。	指标点 4.1: 能够根据系统需求，通过文献研究、理论分析、数值仿真等手段，分析微电子工艺与集成电路测试领域复杂工程问题的解决方案。	指标点 6.1: 努力学习科学文化知识，扩大知识储备，能独立理性思考问题
4.	熟练掌握 Quartus II 仿真软件的使用，能创建项目、输入 Verilog HDL 代码，通过综合、编译、下载，使用 FPGA 开发板验证对应代码的功能。	指标点 5.1: 能够掌握微电子工艺与集成电路测试领域常见的现代仪器、工程工具、信息技术工具和模拟软件的使用原理和方法，并理解其局限性。	

三、课程教学内容和基本要求

学生将学习以下课程内容并应达到如下基本要求：

第一章 Verilog HDL 入门与功能仿真

该章节对应课程目标 1，对应思政指标点 1.1

1. 教学内容

1.1 硬件描述语言简介

1.2 Verilog HDL 程序概述

2. 知识要点

掌握硬件描述语言的含义，分类和用途，了解 Verilog HDL 程序设计流程。

3. 重点难点

重点：硬件描述语言的含义和使用规则

4. 基本要求

掌握硬件描述语言的含义，分类和用途，了解 Verilog HDL 程序设计流程。

5. 教学方法

授课、演示

第二章 Verilog HDL 基础语法与建模

该章节对应课程目标 1、2，对应思政指标点 1.1、6.1

1. 教学内容

- 2.1 Verilog HDL 基本语法规则
- 2.2 Verilog HDL 门级建模
- 2.3 Verilog HDL 数据流建模与运算符
- 2.4 组合逻辑电路的行为级建模

2. 知识要点

Verilog HDL 基本语法规则，并利用这些规则进行门级建模、合逻辑电路的程序设计。

3. 重点难点

重点：Verilog HDL 基本语法规则；运算符在程序中的正确使用；组合逻辑电路的程序设计。

难点：Verilog HDL 门级建模

4. 基本要求

掌握 Verilog HDL 语言的主要规则，能从数字逻辑电路的门级建模、数据流建模和行为级建模三个层次思考硬件描述语言的设计。

5. 教学方法

授课、演示、实验

第三章 第三章时序逻辑电路建模

该章节对应课程目标 3，对应思政指标点 6.1

1. 教学内容

- 3.1 锁存器与触发器
- 3.2 寄存器与移位寄存器
- 3.3 有限状态机

2. 知识要点

用 Verilog HDL 编程语言设计锁存器与触发器、移位寄存器以及状态机

3. 重点难点

重点：用 Verilog HDL 编程语言设计锁存器与触发器、移位寄存器

难点：用 Verilog HDL 编程语言设计状态机

4. 基本要求

了解包括寄存器、移位寄存器、有限状态机在内的典型时序逻辑电路的 Verilog HDL 程序设计方法，掌握阻塞型、非阻塞型赋值语句，事件控制语句和状态图的控制方法。

5. 教学方法

授课、演示、实验

第四章 集成开发平台 Quartus II 操作基础

该章节对应课程目标 4，对应思政指标点 6.1

1. 教学内容

Quartus II 基本操作及应用

2. 知识要点

利用 QuartusII 软件进行 FPGA 设计的流程，包括新建工程、输入设计文件、编译、仿真、下载等操作。

3. 重点难点

重点：Quartus II 软件的基本操作及主要功能

难点：用 Quartus II 软件实现 FPGA 的特定功能

4. 基本要求

熟练掌握 QuartusII 软件进行 FPGA 设计的流程，包括新建工程、输入设计文件、编译、仿真、下载等操作。

5. 教学方法

授课、实验

四、实践教学内容

1.课程实验

项目编号	项目名称	实验内容	对应理论章节	学时	实验类型 ²	思政融入点	学生学习预期成果	课程目标
1	系统认识实验	利用 FPGA 开发板与 Quartus II 设计软件，创建项目，验证一简单实例，并对结果进行波形仿真	第四章	2	验证型	简要介绍 Quartus II 软件，指出 EDA 软件普遍由国外软件垄断。	熟悉 Quartus II 软件的基本操作，掌握用 Verilog HDL 语言设计数字逻辑电路的方法。	目标 1
2	全加器设计实验	利用 FPGA 开发板与 Quartus II 设计软件，创建新项目，实现全加器的设计，并对结果进行波形仿真。	第二章	3	设计型	采用不同方法实现全加器的建模，鼓励学生思维发散。	掌握用 Verilog HDL 语言设计全加器的数据流方法。	目标 2
3	编码器和译码器设计实验	利用 FPGA 开发板与 Quartus II 设计软件，创建新项目分别设计实现一编码器和译码器，并对结果进行波形仿真。	第二章	4	设计型		掌握用 Verilog HDL 语言实现编码器与译码器的并行语句设计方法。	目标 2
4	并入移出移位寄存器设计实验	利用 FPGA 开发板与 Quartus II 设计软件，创建新项目，设计实现一并入移出移位寄存器，并在开发板上观察结果。	第三章	2	设计型		掌握用 Verilog HDL 语言实现移位寄存器的进程语句设计。	目标 3
5	串入并出移位寄存	利用 FPGA 开发板与 Quartus II 设计软件，	第三章	2	设计型		掌握用 Verilog HDL 语言实现移位	目标 3

	器设计实验	创建新项目，设计实现一串入并出移位寄存器，并在开发板上观察结果。					寄存器的进程语句设计。	
6	简单状态机设计实验	利用FPGA开发板与Quartus II设计软件，创建新项目，设计实现一简单状态机，并在开发板上观察结果。	第三章	3	综合型	对实验出现问题进行分析解决，提高解决问题的能力。	掌握简单状态机的Verilog HDL设计方法。	目标4

五、学时分配

序号	章节名称	学时分配（共32学时）
1.	Verilog HDL 入门与功能仿真	4
2.	Verilog HDL 基础语法与建模	5
3.	时序逻辑电路建模	5
4.	集成开发平台 Quartus II 操作基础	2
5.	实验 1	2
6.	实验 2	3
7.	实验 3	4
8.	实验 4	2
9.	实验 5	2
10.	实验 6	3

六、考核方式

《CPLD/FPGA 原理与应用》课程为微电子科学与工程专业必修课，课程考核方式包括：课堂学习讨论及课后反馈表现（40%）+结果性考核（60%）。

1. 课堂学习讨论及课后反馈表现（40%）

课堂学习研讨、课后反馈表现、学术论文、调研报告、作业测评、阶段性测试等

课堂学习讨论及课后反馈表现评价方法及考核目标

考核内容	评价标准	支撑课程教学分目标	支撑毕业要求
作业测评，共20分。	分析实际问题需求，正确使用Verilog语言写出程序代码，并解决实际问题。（15分）	1	1.3
	完成作业过程中态度严谨、认真。（5分）	2	3.2
实验报告，共20	利用电脑能够熟练进行程序代码编	3	4.1

分。	写并实现相应的实验任务。(10分)		
	认真严谨的书写实验报告。(10分)	4	5.1

2. 结果性考核 (60%)

考试 (开卷、闭卷等) 或考查 (面试、小论文等)

课程考试评价方法及考核目标

考核内容	评价标准	支撑课程教学分 目标	支撑 毕业要求
闭卷考试, 共 60分。	了解可编程逻辑器件的含义、特点及原理, 掌握 FPGA 设计的全流程, 以及 Verilog HDL 编程设计开发流程。(20分)	1	1.3
	理解 Verilog HDL 编程语言, 并能够独立进行 Verilog 程序开发, 解决程序开发中遇到的工程问题。(20分)	2	3.2
	理解实现同一逻辑功能不同 Verilog HDL 编程语言的区别, 掌握优化 Verilog HDL 编程语言的方法。(15分)	3	4.1
	熟练掌握 Quartus II 仿真软件的使用, 能创建项目、输入 Verilog HDL 代码, 通过综合、编译、下载, 使用 FPGA 开发板验证对应代码的功能。(5分)	4	5.1

七、参考书目及学习资料

1.推荐教材:《EDA 技术与 Verilog HDL》, 黄继业、陈龙、潘松等编, 清华大学出版社, 2017 年。

2.参考书目与文献:《Verilog 数字系统设计教程》, 夏宇闻, 韩彬编著, 北京航空航天大学出版社, 2017 年。

3.在线学习资源: <https://space.bilibili.com/356820657>

制定人: 李晓东

审定人: 余耀

批准人: 王伟

2024 年 8 月

《固体物理与半导体物理》课程教学大纲

一、课程基本信息

课程名称（中文）	固体物理与半导体物理				
课程名称（英文）	Solid State Physics & Semiconductor Physics				
课程类别 ¹	专业主干课	课程性质 ²	必修	特殊课程类型 ³	
授课学期	4	学分	3	考核方式	考试
课程学时及分配	总学时 ⁴	讲课学时	实验学时	线上学时	课外学时
	48	48	0	0	0
适用专业	微电子科学与工程				
选用教材	《半导体物理学》，刘恩科，朱秉升，罗晋生等，电子工业出版社，2023 年				
开课单位	集成电路科学与工程学院				
先修课程	高等数学、大学物理				
后续课程	薄膜材料表征技术、微电子器件基础、功率半导体器件				
课程简介 (不少于 500 字)	<p>课程基本定位：《固体物理与半导体物理》是微电子科学与工程专业的一门学科主干课。为学生提供了半导体物理的基本原理、结构、特性及应用等方面的系统知识，是后续专业课程学习和从事电子科学技术领域工作的重要基础。</p> <p>核心学习结果：本课程旨在使学生理解半导体材料的基本性质、PN 结原理、各类半导体器件（如 PN 结、晶体管等）的工作原理与特性，以及它们在电子系统中的应用。通过本课程的学习，学生将能够掌握半导体器件的基本分析方法和设计原则，为后续深入学习集成电路设计、微电子制造工艺等高级课程打下坚实基础。同时，该课程也注重培养学生的实验技能和创新能力，以适应快速发展的微电子行业需求。</p> <p>主要教学方法：多媒体教学：利用多媒体课件、图片、动画和视频等教学资源，使抽象的理论知识更加直观易懂，提高学生的学习兴趣和理解能力。讲授与互动讨论：通过教师的讲解，结合学生的互动讨论，加深对课程内容的理解和记忆。同时，鼓励学生提问和分享观点，促进思维的碰撞和知识的内化。实验与仿真：通过实验课和仿真软件，让学生亲手操作和实践，巩固理论知识，掌握半导体参数测量的主要原理和方法，培养实验技能和动手能力。案例分析：通过具体的应用案例，让学生了解半导体器件在实际电路和系统中的应用，增强学习的针对性和实用性。</p>				

大纲更新时间	2024年8月
--------	---------

二、课程目标

序号	课程目标 ¹ （参考人才培养目标、毕业要求、课程定位）	支撑毕业要求指标点 ²	支撑思政指标点
1.	课程目标 1: 建立固体物理学基本的概念和理论框架，掌握半导体的基本物理性质，如半导体的晶格结构、能带结构，杂质和缺陷能级，费米能级和载流子浓度，载流子的统计分布、非平衡载流子，探讨半导体在热平衡态和非平衡态下所发生的物理过程、规律以及相关应用。	1.2: 能够运用数学、自然科学、计算和工程科学基本概念、基本理论和基本方法对实际问题进行数学建模并求解。	1.1: 心怀梦想，在困难面前能保持乐观心态，化压力为动力
2.	课程目标 2: 掌握半导体器件的基本特性，如半导体的导电性、PN 结、金属和半导体的接触、半导体 MIS 结构，应用简单的模型定性说明基础理论，并能作简单的数学处理，掌握半导体物理特性的计算方法，如载流子的迁移率等。	2.1: 能够运用数学、自然科学和工程科学的基本原理，认识与判断微电子工艺与集成电路测试领域复杂工程问题中的关键环节。	6.1: 努力学习科学文化知识，扩大知识储备，能独立理性思考问题
	课程目标 3: 掌握半导体中几种常见晶体结构，例如金刚石结构、闪锌矿结构、纤锌矿结构等；掌握半导体中能带的形成，半导体中电子的状态和能带特点；掌握有效质量的概念。能够利用上述知识点解决复杂工程问题。	3.2: 能够针对微电子工艺与集成电路测试领域的特定需求，包括信息采集、存储和处理等，完成设备和系统单元（部件）的方案设计。	8.2: 具有民族认同感和自豪感，为民族复兴贡献自己的力量

三、课程教学内容和基本要求

学生将学习以下课程内容并应达到如下基本要求：

第一章 半导体中的电子状态

该章节对应课程目标 1，对应思政指标点 1.1。

1. 教学内容

对半导体中的电子状态进行概述。具体内容包括：

- (1) 半导体的晶格结构和结合性质，特别是特别是金刚石结构和闪锌矿结构的区别；
- (2) 半导体中的电子状态和能带；
- (3) 半导体中电子的运动有效质量；
- (4) 本征半导体的导电机构空穴；

(5) 硅、锗等III-V族化合物半导体的能带结构；

2. 知识要点

(1) 半导体的基本概念、晶格、晶胞、金刚石结构的特点、闪锌矿结构的特点、纤锌矿结构的特点以及三个晶格结构的结合性质。

(2) 能带理论、能带的形成、电子在晶体中的共有化运动，以及价带、导带和禁带。

(3) 能带对电子运动的影响、有效质量的形成、有效质量的含义和特点、半导体中电子的运动速度和加速度的特点。

(4) 空穴的概念和特点、空穴的形成、空穴导电机制、半导体本征激发的特点。

(5) 直接禁带半导体和间接禁带半导体

3. 重点难点

重点：金刚石结构、闪锌矿结构和纤锌矿结构的特点和区别、晶胞的特点和含义、本征激发的特点、能级与能带的区别。

难点：能带与共有化运动的关系，有效质量的含义、电子和空穴的导电机制、晶体中电子出现的概率。

4. 基本要求

(1) 掌握半导体的几种常见晶体结构，

(2) 掌握半导体中能带的形成，半导体中电子的状态和能带特点

(3) 掌握有效质量的概念。

(4) 掌握本征半导体的导电机制

(5) 了解 Si、Ge 和 GaAs 的能带结构

5. 教学方法

讲授与多媒体展示、互动讨论。

第二章 半导体中杂质和缺陷能级

该章节对应课程目标 1，对应思政指标点 1.1。

1. 教学内容

(1) 硅、锗晶体中的杂质能级。

(2) III-V族化合物中的杂质能级

(3) 缺陷、位错能级

2. 知识要点

(1) 杂质的分类和特点、施主杂质和受主杂质的特点与区别、杂质能级。

(2) N型半导体和P型半导体的特点和区别、施主能级和受主能级、载流子的来源、不同类型半导体中电子和空穴的关系、杂质补偿的概念和原理、深能级杂质的特点。

(3) 缺陷的类别和作用、缺陷对半导体能带的影响。

3. 重点难点

重点：施主杂质和受主杂质的特点与区别、N型半导体和P型半导体的形成、不同类型半导体中电子和空穴的关系。

难点：施主能级和受主能级的特点、杂质补偿作用的特点。

4. 基本要求

(1) 掌握半导体中的杂质能级、

(2) 掌握N型半导体和P型半导体的形成机制

(3) 了解固体中缺陷与位错能级。

5. 教学方法

讲授与多媒体展示、互动讨论。

第三章 PN 结

该章节对应课程目标 2，对应思政指标点 6.1

1. 教学内容

- (1) 状态密度。
- (2) 费米能级和载流子的统计分布。
- (3) 本征半导体的载流子浓度。
- (4) 杂质半导体的载流子浓度。
- (5) 一般情况下的载流子统计分布
- (6) 简并半导体

2. 知识要点

- (1) 状态密度的概念和表达式、有效状态密度、状态密度的特点。
- (2) 平衡态、费米分布函数 $f(E)$ 的物理意义、费米能级 E_F 、费米分布函数和玻尔兹曼分布的特点和区别、电子和空穴的浓度一般表达式
- (3) 本征半导体中载流子的分布特点、费米能级位置。
- (4) 不同温度下 N 型和 P 型半导体中载流子的分布特点、费米能级位置；电中性方程；强电离区和本征激发区的区别。
- (5) 具有杂质补偿作用半导体中的载流子分布特点
- (6) 简并半导体和非简并半导体的特点和区别、费米能级位置与简并非简并的关系

3. 重点难点

重点：状态密度的特点；费米分布函数 $f(E)$ 的物理意义；费米分布函数和玻尔兹曼分布的特点和区别；简并半导体和非简并半导体的特点和区别。

难点：费米能级 E_F 的含义；N 型和 P 型半导体中载流子的分布特点。

4. 基本要求

- (1) 掌握费米能级和载流子的统计分布和计算方法；
- (2) 了解本征半导体、杂质半导体的载流子浓度分布，以及一般情况下的载流子统计分布；
- (3) 了解简并半导体的性质。

5. 教学方法

讲授与多媒体展示、互动讨论。

第四章半导体的导电性

该章节对应课程目标 2、3，对应思政指标点 6.1、8.2

1. 教学内容

- (1) 载流子的漂移运动和迁移率。
- (2) 载流子的散射。
- (3) 迁移率与杂质浓度和温度的关系。
- (4) 电阻率及其与杂质浓度和温度的关系。
- (5) 玻耳兹曼方程

(6) 强电场下的效应、热载流子

2. 知识要点

(1) 漂移运动的概念、迁移率、电导率和迁移的关系、不同类型半导体中的电导率。

(2) 散射的内在原因和机构、电离杂质散射和电离杂质散射的特点和区别、声子的概念和特点。

(3) 散射几率、电子迁移率和空穴迁移率的关系、迁移率与杂质浓度和温度的关系。

(4) 电阻率与迁移率的关系、电阻率与杂质浓度和温度的关系。

3. 重点难点

重点：漂移运动的特点、迁移率的物理含义、不同类型半导体中的散射类型和特点。

难点：电离杂质散射和电离杂质散射与温度的关系、电导率和迁移率的关系、声子的概念。

4. 基本要求

(1) 了解半导体中的主要散射机制和电导率的主要影响因素；

(2) 掌握半导体电导率的计算方法及与杂质浓度和温度的关系；

(3) 了解玻尔兹曼方程和耿氏效应。

5. 教学方法

讲授与多媒体展示、互动讨论。

第五章非平衡载流子

该章节对应课程目标 3，对应思政指标点 8.2

1. 教学内容

(1) 非平衡载流子的注入与复合及其寿命。

(2) 准费米能级。

(3) 复合理论

(4) 陷阱效应

(5) 载流子的扩散运动

(6) 载流子的漂移扩散、爱因斯坦关系式

(7) 连续性方程式

(8) 硅的少数载流子寿命与扩散长度

2. 知识要点

(1) 非平衡状态的概念和特点、光注入产生非平衡载流子的特点、非平衡少子的特点、非平衡载流子的注入和复合过程、寿命的概念及物理含义。

(2) 准费米能级的形成、多子和少子准费米能级的特点、准费米间距的物理含义。

(3) 复合类型和特点、直接复合与间接复合的特点、复合中心。

(4) 陷阱效应的概念和特点。

(5) 扩散运动的概念、与漂移运动的区别、扩散长度。

(6) 爱因斯坦关系式的含义。

(7) 电子和空穴的连续性方程、不同条件下的连续性方程。

3. 重点难点

重点：非平衡少子、非平衡载流子寿命的概念、多子和少子准费米能级的特点、扩散方程。

难点：准费米间距的物理含义、复合中心和陷阱中心的区别、不同条件下的连续性方程。

4. 基本要求

- (1) 理解准费米能级的物理意义和作用。
- (2) 了解非平衡状态下载流子的运动规律，尤其是连续性方程式的意义和应用。

5. 教学方法

讲授与多媒体展示、互动讨论。

第六章 pn 结

该章节对应课程目标 2、3，对应思政指标点 6.1、8.2

1. 教学内容

- (1) pn 结及其能带图。
- (2) pn 结电流电压特性。
- (3) pn 结电容。
- (4) pn 结击穿。
- (5) pn 结隧道效应。

2. 知识要点

(1) 平衡 PN 结的概念、形成过程及能带图、空间电荷区特点；平衡 PN 结内建电势的概念及推导过程；平衡 PN 结载流子浓度分布特点。

(2) 理想 PN 结的概念；PN 结正向特性、反向特性、伏安特性；PN 结伏安特性的影响因素。

(3) PN 结空间电荷区中的电场；PN 结的雪崩击穿和隧道击穿及击穿电压的影响因素。

(4) PN 结的势垒电容和扩散电容。

(5) 隧道效应的概念和特点。

3. 重点难点

重点：平衡 PN 结的能带图及空间电荷区特点；PN 结伏安特性及其影响因素；PN 结空间电荷区中的电场；PN 结的雪崩击穿和隧道击穿及击穿电压的影响因素；PN 结的势垒电容和扩散电容。

难点：平衡 PN 结内建电势的概念及推导过程；平衡 PN 结载流子浓度分布特点。

4. 基本要求

- (1) 掌握 PN 结的物理特性以及能带图；掌握 PN 结接触电势差的计算；
- (2) 掌握 PN 结的电流电压 PN 结电容的意义和计算；
- (3) 理解 PN 结的击穿机制和隧道效应。

5. 教学方法

讲授与多媒体展示、互动讨论。

第七章 金属和半导体的接触

该章节对应课程目标 2、3，对应思政指标点 6.1、8.2

1. 教学内容

- (1) 金属半导体接触及其能级图
- (2) 金属半导体接触整流理论
- (3) 少数载流子的注入和欧姆接触

2. 知识要点

(1) 真空能级和功函数的概念、电子阻挡层、电子反阻挡层、空穴阻挡层、空穴反阻挡层。

(2) 整流接触的概念及特点。

(3) 欧姆接触的特点及形成原理。

3. 重点难点

重点：整流接触的概念欧姆接触的特点及形成原理。

难点：电子阻挡层、电子反阻挡层、空穴阻挡层、空穴反阻挡层的特点与区别。

4. 基本要求

(1) 掌握金属半导体接触的物理特性和能带图；

(2) 掌握金属半导体接触电势差的计算；

(3) 理解金属半导体接触整流理论，掌握欧姆接触的形成条件；

(4) 理解肖特基势垒二极管的工作原理以及与 pn 结二极管的异同。

5. 教学方法

讲授与多媒体展示、互动讨论。

第八章 半导体表面与MIS结构

该章节对应课程目标 2、3，对应思政指标点 6.1、8.2

1. 教学内容

(1) 表面电场效应

(3) MIS 结构的 C-V 特性

2. 知识要点

(1) MIS 结构的特点、不同偏压下的 MIS 结构能带图；多子堆积、多子耗尽和少子反型的特点和区别。

(2) 电容-电压特性。

3. 重点难点

重点：MIS 结构能带图的特点。

难点：多子堆积、多子耗尽和少子反型的区别。

4. 基本要求

(1) 理解表面态的形成机制和表面电场效应、掌握表面势和表面电导计算方法。

(2) 掌握 MIS 结构的电容-电压特性，了解表面电场对 pn 结特性的影响。

5. 教学方法

讲授与多媒体展示、互动讨论。

四、学时分配

序号	章节名称	学时分配 (共 48 学时)
1.	半导体中的电子状态	8
2.	半导体中杂质和缺陷能级	4
3.	半导体中载流子的统计分布	10
4.	半导体的导电性	8
5.	非平衡载流子	6
6.	pn 结	6

7.	金属和半导体的接触	4
8.	半导体表面与MIS结构	2

五、考核方式

《固体物理与半导体物理》为微电子科学与工程专业必修课，课程考核方式包括：过程性考核（30%，含课程参与 15%+作业测评 15%）+结果性考核（70%）。

1. 过程性考核（30%）

过程性评价方法及考核目标

考核内容	评价标准	支撑课程教学分目标	支撑毕业要求
课程参与 15%	参与度：主动参与各种课程活动，对讨论、项目或任务表现出高度的兴趣和热情。（5分）	1、2、3	1.2、2.1、3.2
	贡献度：按时完成分配的任务，并达到一定的质量标准。（10分）		
作业测评 15%	按时完成教师布置的等数量作业题目答题，有答题或计算过程和结论。（15分）	1、2、3	1.2、2.1、3.2

2. 结果性考核（70%）

课程考试评价方法及考核目标

考核内容	评价标准	支撑课程教学分目标	支撑毕业要求
闭卷考试（70%）	考核对杂质半导体及散射的基本物理概念与专有名词的定义及物理意义。（20分）	1	1.2
	考核PN结基本结构与工作原理，载流子浓度及费米能级的分布；考不同类型半导体的电中性方程；考电导率和连续性方程。（60分）	2	2.1
	考核本课程重要公式及其应用、常见半导体器件的工作特性的推导方法，能利用这些公式解决实际问题。（20分）	3	3.2

六、参考书目及学习资料

- 1.推荐教材:《半导体物理学》,刘恩科,朱秉升,罗晋生等,电子工业出版社,2023年。
- 2.参考书目与文献:《电子工程物理基础》,唐洁影,电子工业出版社,2016年.
《固体物理基础》,阎守胜,北京大学出版社,2000年.
《半导体物理与器件(第4版)》,尼曼(Donald H. Neamen)著,赵毅强等译,电子工业出版社,2013年。
- 3.在线学习资源: 中国大学 MOOC(慕课)半导体物理
<https://www.icourse163.org/course/UESTC-1002327010>

制定人: 于庆南

审定人: 余耀

批准人: 王伟

2024年8月

《微电子工艺基础》课程教学大纲

一、课程基本信息

课程名称（中文）	微电子工艺基础				
课程名称（英文）	Fundamentals of Microelectronics Technology				
课程类别 ¹	专业主干课	课程性质 ²	选修	特殊课程类型 ³	
授课学期	第 6 学期	学分	3	考核方式	考试
课程学时及分配	总学时 ⁴	讲课时	实验学时	线上学时	课外学时
	48	32	16	0	0
适用专业	微电子科学与工程				
选用教材	《集成电路制造技术——原理与工艺(第 3 版)》，田丽等著，电子工业出版社，2019 年				
开课单位	集成电路科学与工程学院				
先修课程	固体物理与半导体物理，电磁场与电磁波				
后续课程	集成电路版图设计，CMOS 模拟集成电路设计				
课程简介 (不少于 500 字)	<p>课程定位：《微电子工艺基础》为微电子科学与工程专业的一门专业必修课。本课程将主要介绍硅芯片制造基本单项工艺(氧化、掺杂、薄膜制备、光刻、工艺集成)的原理、方法、设备，以及依托的技术基础和发展趋势，主要课程内容包括：外延、热氧化、扩散、离子注入、化学气相沉积、物理气相沉积、光刻、刻蚀、工艺集成等。</p> <p>核心学习结果：本课程旨在培养学生对常用微电子工艺技术的相关原理、方法的掌握和了解，重点是对氧化、掺杂、薄膜制备、光刻等单步工艺的理解。系统学习本门课程，有利于培养学生在集成电路领域扎实的专业素养，有利于促进学生在集成电路制造相关行业的就业，有利于夯实学生深入研究本领域所必备的专业基础知识。</p> <p>主要教学方法：主要的学习方法为课堂授课与实验进行结合，体现学以致用、学用相长的教学理念。通过课堂讲解，系统介绍微电子工艺的基础知识、基本原理和关键技术。例如，讲解硅片制备方法、气相外延、分子束外延等外延技术，热氧化工艺、化学气相沉积、真空蒸镀和溅射等薄膜沉积技术，光刻腐蚀技术以及热扩散和离子注入等掺杂技术。结合具体的工艺案例，分析工艺过程中的关键步骤、工艺参数对产品质量的影响以及可能遇到的问题和解决方案。案例分析可以帮助学生更好地理解理论知识在实际工艺中的应用。</p>				

大纲更新时间	2024年8月
--------	---------

二、课程目标

序号	课程目标 ¹ （参考人才培养目标、毕业要求、课程定位）	支撑毕业要求指标点 ²	支撑思政指标点
1.	课程目标 1: 了解主要半导体制造工艺的大致流程和主要手段，包括氧化、掺杂、薄膜制备、光刻、工艺集成等	指标点 3.1: 能够掌握微电子工艺与集成电路测试领域工程设计的全周期与全流程设计/开发方法和技术，并根据设计目标，确定合适的技术方案。	指标点 6.1: 努力学习科学文化知识，扩大知识储备，能独立理性思考问题
2.	课程目标 2: 了解常见不同类型的半导体制造工艺的原理及其特点，能根据相应的工艺需求设计提出可行的工艺流程	指标点 3.2: 能够针对微电子工艺与集成电路测试领域的特定需求，包括信息采集、存储和处理等，完成设备和系统单元（部件）的方案设计。	指标点 8.1: 主动了解、积极支持党和国家制定的各项路线、方针和政策 指标点 8.2: 具有民族认同感和自豪感，为民族复兴贡献自己的力量
3.	课程目标 3: 针对半导体制造工艺中的某些重要单步工艺，能运用集成电路仿真软件进行建模仿真，得到具体的工艺参数并进行相应的优化	指标点 4.1: 能够根据系统需求，通过文献研究、理论分析、数值仿真等手段，分析微电子工艺与集成电路测试领域复杂工程问题的解决方案。	指标点 9.2: 遵守爱国、敬业、诚信、友善等个人层面的价值准则

三、课程教学内容和基本要求

学生将学习以下课程内容并应达到如下基本要求：

第一章 绪论

该章节对应课程目标 1，对应思政指标点 6.1。

1. 教学内容

微电子工艺基础绪论的教学内容主要包括以下几个方面：

- (1) 微电子技术的概述：介绍微电子技术的发展历程、重要性以及未来趋势；
- (2) 微电子工艺的基本概念：阐述微电子工艺在微电子技术中的作用和地位，以及工艺与设计的相互关系；
- (3) 芯片制造工艺：从硅片制备、晶圆处理、光刻、刻蚀、薄膜淀积、掺杂、封装等角度详细介绍芯片制造的全过程；

(4) 微电子产业的分类与发展：探讨微电子产业在国民经济中的作用，以及不同分类下的产品特点和发展方向；

(5) 典型产品工艺流程：通过具体实例，如晶体管、集成电路等的制造流程，加深学生对微电子工艺的理解。

2. 知识要点

(1) 微电子技术的发展历程：从电子管、晶体管到集成电路的发展历程，以及每个阶段的代表性产品和关键技术；

(2) 芯片制造工艺的基本原理：包括硅片制备、晶圆处理、光刻、刻蚀、薄膜淀积、掺杂、封装等关键工艺步骤的基本原理；

(3) 微电子工艺与设计的相互促进：理解制造工艺的改进如何推动设计的发展，以及设计的需求如何引导工艺的创新；

(4) 微电子产业的分类与特点：掌握不同分类下的微电子产品的特点、应用领域和发展趋势。

3. 重点难点

(1) 重点：芯片制造工艺的核心步骤，如光刻、刻蚀、薄膜淀积等，这些步骤对芯片性能有着至关重要的影响；微电子工艺与设计的互动关系：理解并掌握这种关系有助于学生在未来的学习和工作中更好地进行跨学科合作。

(2) 难点：工艺原理的深入理解，由于微电子工艺涉及复杂的物理和化学过程，学生需要具备较强的理论基础和实践经验才能深入理解；工艺参数的优化，在实际生产中，工艺参数的优化往往是一个复杂而耗时的过程，需要不断试验和调整才能找到最佳方案。

4. 基本要求

(1) 理论知识的掌握：学生需要全面掌握微电子工艺的基础知识，包括各种工艺步骤的原理、方法和应用；

(2) 实践能力的培养：通过实验、实习等教学环节，培养学生的实践操作能力，使学生能够独立完成简单的芯片制造工艺操作；

(3) 创新能力的激发：鼓励学生参与科研项目、创新实践等活动，激发学生的创新思维和创新能力。

5. 教学方法

(1) 讲授法：通过教师的讲解和演示，使学生掌握微电子工艺的基础知识；

(2) 实验法：通过实验教学，使学生亲身体验芯片制造工艺的各个步骤，加深对工艺原理的理解；

(3) 案例教学法：通过分析典型的微电子产品工艺流程，帮助学生理解不同工艺步骤在实际生产中的应用和效果；

(4) 讨论法：组织学生进行小组讨论或课堂讨论，引导学生就某个问题或现象进行深入探讨和交流，以提高学生的思考能力和表达能力；

(5) 多媒体教学：利用多媒体课件、视频、动画等多媒体资源辅助教学，提高教学效果和学生的学习兴趣。

第二章 热氧化

该章节对应课程目标 2，对应思政指标点 8.1、8.2。

1. 教学内容

热氧化教学内容主要包括以下几个方面：

(1) 热氧化的定义与原理：介绍热氧化是将硅片置于高温下，通以氧化的气氛（如氧气或水汽），使硅表面一薄层的硅转变为二氧化硅的方法；

(2) 二氧化硅（ SiO_2 ）的结构与性质：详细阐述 SiO_2 的基本结构单元（Si-O 正四面体）、结晶形与非结晶形（无定形） SiO_2 的结构特点，以及 SiO_2 的高介电强度、化学稳定性、绝缘特性等性质；

(3) 热氧化的目的与意义：讲解热氧化在微电子工艺中的重要性，如作为杂质扩散或离子注入的掩蔽层、表面钝化层、器件隔离用的绝缘层等；

(4) 热氧化工艺与方法：介绍干氧氧化、水汽氧化、湿氧氧化等热氧化方法的特点、优缺点及适用范围，以及在实际生产中如何根据需求选择合适的氧化方法；

(5) 氧化膜质量的检测：讲解氧化膜厚度测量、电学测量等氧化膜质量检测方法，以及这些方法在评估氧化膜质量中的应用。

2. 知识要点

(1) 热氧化的基本定义与过程：理解热氧化的基本原理和过程，包括氧化剂如何扩散穿过 SiO_2 层到达 Si/ SiO_2 界面，并与 Si 反应生成 SiO_2 ；

(2) SiO_2 的结构与性质：掌握 SiO_2 的基本结构单元和不同类型 SiO_2 的结构特点，以及 SiO_2 的高介电强度、化学稳定性、绝缘特性等关键性质；

(3) 热氧化工艺的选择与优化：了解不同热氧化方法的特点和适用范围，学会根据具体需求选择合适的氧化方法，并了解如何通过调整工艺参数来优化氧化膜的质量；

(4) 氧化膜质量的评估方法：掌握氧化膜厚度测量、电学测量等评估方法的基本原理和操作步骤，以及这些方法在评估氧化膜质量中的应用。

3. 重点难点

(1) 重点： SiO_2 的结构与性质， SiO_2 是热氧化的主要产物，其结构与性质对氧化膜的质量和有着重要影响；热氧化工艺的选择与优化，不同的热氧化方法适用于不同的工艺需求，学会选择合适的氧化方法并优化工艺参数是热氧化教学的重点。

(2) 难点： SiO_2 生长机制的深入理解， SiO_2 的生长涉及复杂的物理和化学过程，学生需要具备较强的理论基础和实践经验才能深入理解其生长机制；工艺参数的优化，在实际生产中，工艺参数的优化是一个复杂而耗时的过程，需要不断试验和调整才能找到最佳方案。

4. 基本要求

(1) 理论知识的掌握：学生需要全面掌握热氧化的基础知识，包括 SiO_2 的结构与性质、热氧化的原理与过程、热氧化工艺的选择与优化等；

(2) 实践能力的培养：通过实验、实习等教学环节，培养学生的实践操作能力，使学生能够独立完成热氧化工艺的操作和氧化膜质量的检测；

(3) 分析与解决问题的能力：引导学生学会分析热氧化过程中可能出现的问题，并培养他们解决问题的能力。

5. 教学方法

(1) 讲授法：通过教师的讲解和演示，使学生掌握热氧化的基本知识和原理；

(2) 实验法：通过实验教学，使学生亲身体验热氧化工艺的操作过程，加深对工艺原理的理解；

(3) 案例教学法：通过分析具体的热氧化工艺案例，帮助学生理解不同工艺参数对氧化膜质量的影响，以及如何通过调整工艺参数来优化氧化膜的质量；

(4) 讨论法：组织学生进行小组讨论或课堂讨论，引导学生就热氧化过程中的某个问题或现象进行深入探讨和交流，以提高学生的思考能力和表达能力；

(5) 多媒体教学法：利用多媒体课件、视频、动画等多媒体资源辅助教学，提高教学效果和学生的学习兴趣。

第三章 扩散

该章节对应课程目标 2，对应思政指标点 8.1、8.2。

1. 教学内容

扩散的教学内容应涵盖以下几个方面：

(1) 扩散现象的基本概念：介绍扩散的定义，即物质分子从高浓度区域向低浓度区域转移，直到均匀分布的现象。

(2) 扩散现象的分类：说明扩散可以发生在气体、液体和固体之间，不同类型的扩散有其独特的特点和表现形式。

(3) 扩散的微观解释：阐述扩散现象的本质是物质分子的无规则运动，以及这种运动如何导致物质的定向迁移。

(4) 影响扩散速度的因素：介绍温度、浓度梯度等因素对扩散速度的影响，特别是温度越高，分子运动越剧烈，扩散越快这一基本规律。

(5) 扩散现象的应用：举例说明扩散现象在日常生活、工业生产、科学研究等领域的广泛应用，如大气污染扩散、物质混合、材料制备等。

2. 知识要点

(1) 扩散现象的普遍性：认识到扩散是物质的一种基本性质，广泛存在于自然界和人工系统中。

(2) 扩散现象的微观机制：理解扩散现象是由物质分子的无规则运动引起的，这种运动导致分子从高浓度区域向低浓度区域迁移。

(3) 影响扩散速度的因素：掌握温度、浓度梯度等因素对扩散速度的影响规律，并能够解释这些影响的原因。

(4) 扩散现象的应用实例：了解扩散现象在不同领域中的应用实例，理解其背后的物理原理和实际应用价值。

3. 重点难点

重点

(1) 扩散现象的基本概念：这是理解扩散现象的基础，必须准确掌握。

(2) 扩散现象的微观解释：通过理解分子的无规则运动来揭示扩散现象的本质，是教学的重点之一。

(3) 影响扩散速度的因素：这些因素对于理解扩散现象的规律和应用具有重要意义。

难点

(1) 指导学生观察实验并分析：用宏观物理现象揭示物质的微观结构是教学中的难点之一。这需要学生具备一定的观察能力和分析能力，能够透过现象看本质。

(2) 理解扩散现象的微观机制：由于微观世界的复杂性和抽象性，学生可能难以理解扩散现象的微观机制。因此，在教学中需要采用形象生动的教学方法，帮助学生建立直观的认识。

4. 基本要求

(1) 理论知识掌握：学生应全面掌握扩散现象的基本概念、分类、微观解释和影响因素等理论知识。

(2) 实验技能培养：通过实验教学，培养学生的观察、测量、记录和分析实验数据的能力。

(3) 问题解决能力：引导学生运用所学知识分析和解决实际问题，如解释生活中的扩散现象、预测扩散速度等。

(4) 科学素养提升：通过扩散现象的学习，提升学生的科学素养，使其具备探索自然奥秘、服务社会发展的能力。

5. 教学方法

(1) 讲授法：通过教师的讲解和演示，使学生掌握扩散现象的基本概念和理论知识。

(2) 实验法：利用实验器材和材料进行实验教学，让学生通过观察和操作来理解扩散现象的微观机制和影响因素。例如，可以进行红棕色二氧化氮和空气瓶实验、硫酸铜溶液与水混合实验等。

(3) 讨论法：组织学生进行小组讨论或课堂讨论，针对扩散现象的相关问题进行深入探讨和交流，以促进学生之间的思想碰撞和共同进步。

(4) 案例教学法：选取实际生活中的扩散现象作为案例进行分析和讨论，帮助学生理解扩散现象的应用价值和社会意义。

(5) 多媒体教学法：利用多媒体课件、视频、动画等多媒体资源辅助教学，提高教学效果和学生的学习兴趣。例如，可以展示分子运动的动画模拟视频来帮助学生理解扩散现象的微观机制。

第四章 离子注入

该章节对应课程目标 3，对应思政指标点 9.2。

1. 教学内容

离子注入的教学内容主要包括以下几个方面：

(1) 离子注入的基本概念：介绍离子注入的定义、原理及其在微电子制造、材料表面改性和生物医学研究等领域的应用。

(2) 离子注入设备与工艺：详细讲解离子注入机的结构、工作原理，以及离子注入的工艺流程，包括离子源的选择、离子束的加速与聚焦、注入条件的控制等。

(3) 注入离子在靶中的分布：分析注入离子在靶材料中的纵向分布和横向效应，介绍 LSS 理论在解释离子注入分布中的应用。

(4) 注入损伤与退火：讨论离子注入过程中可能产生的晶格损伤，以及退火处理对恢复晶体结构和改善材料性能的作用。

(5) 离子注入的优缺点与应用实例：总结离子注入技术的优势与不足，并介绍其在半导体掺杂、材料表面改性、生物医学研究等领域的具体应用实例。

2. 知识要点

(1) 离子注入原理：理解离子束在电场中加速后注入靶材料的过程，以及离子与靶材料原子之间的相互作用。

(2) 注入离子分布：掌握注入离子在靶材料中的纵向分布（如高斯分布）和横向效应，了解沟道效应对注入分布的影响。

(3) 注入损伤与退火：认识离子注入过程中可能产生的晶格损伤，以及退火处理对恢

复晶体结构和改善材料性能的重要性。

(4) 设备与工艺：熟悉离子注入机的结构和工作原理，了解离子注入的工艺流程和关键参数控制。

3. 重点难点

重点：

- (1) 离子注入的基本原理和过程。
- (2) 注入离子在靶材料中的分布特性及其影响因素。
- (3) 离子注入技术的优缺点及其在不同领域的应用。

难点：

- (1) 深入理解 LSS 理论在解释离子注入分布中的应用。
- (2) 掌握沟道效应对注入分布的影响及其抑制方法。
- (3) 精确控制离子注入的工艺参数，以实现预期的注入效果。

4. 基本要求

- (1) 理论掌握：学生应熟练掌握离子注入的基本概念、原理、设备和工艺流程。
- (2) 实验技能：通过实验操作，学生能够独立完成离子注入实验，掌握离子注入机的操作方法和数据处理技能。
- (3) 应用能力：学生能够运用所学知识分析离子注入技术在不同领域的应用实例，并提出改进和优化方案。

5. 教学方法

- (1) 理论讲授：通过课堂讲授，使学生掌握离子注入的基本概念、原理和理论知识。
- (2) 实验教学：组织学生进行离子注入实验，通过实践操作加深对理论知识的理解，并培养学生的实验技能和数据处理能力。
- (3) 案例分析：结合离子注入技术在不同领域的应用实例，进行案例分析，引导学生思考和应用所学知识。
- (4) 讨论与交流：组织学生进行小组讨论和课堂交流，分享学习心得和实验经验，促进相互学习和共同进步。

第五章 化学气相淀积

该章节对应课程目标 3，对应思政指标点 9.2。

1. 教学内容

化学气相淀积的教学内容主要包括以下几个方面：

- (1) 概念与原理：介绍化学气相淀积的基本概念，包括其定义、发展历程、应用领域等；阐述其工作原理，即如何通过气态反应剂在衬底表面发生化学反应生成固态薄膜的过程。
- (2) 系统与方法：介绍化学气相淀积的系统构成，包括反应室、加热系统、气体输送系统等；讲解不同类型的化学气相淀积方法，如常压 CVD、低压 CVD、等离子增强 CVD、光诱导 CVD、金属有机化合物气相淀积 (MOCVD) 等。
- (3) 薄膜材料与应用：介绍在半导体制造中常用的薄膜材料，如二氧化硅、氮化硅、多晶硅等；阐述这些薄膜在器件制作中的具体应用和重要性。
- (4) 质量检测与控制：讲解化学气相淀积过程中薄膜质量检测的方法和技术，包括厚度测量、成分分析、形貌观察等；介绍如何控制工艺参数以提高薄膜质量。

2. 知识要点

(1) CVD 基本概念：理解化学气相淀积的定义、原理及其与其他薄膜制备技术的区别。

(2) 系统与方法：掌握不同类型 CVD 方法的特点、适用范围及优缺点；了解反应室的结构和工作原理。

(3) 薄膜材料：熟悉半导体制造中常用的薄膜材料及其性能特点；了解这些材料在器件制作中的具体应用。

(4) 质量检测与控制：掌握薄膜质量检测的方法和技术；了解如何通过控制工艺参数来提高薄膜质量。

3. 重点难点

重点：

(1) CVD 的基本原理和工作过程。

(2) 不同类型 CVD 方法的特点和应用。

(3) 薄膜材料的选择和性能分析。

难点：

(1) 理解并掌握复杂的化学反应过程及其影响因素。

(2) 精确控制工艺参数以获得高质量的薄膜。

(3) 针对不同应用需求选择合适的 CVD 方法和薄膜材料。

4. 基本要求

(1) 理论知识：要求学生掌握化学气相淀积的基本概念、原理、系统构成及不同类型方法的特点和应用。

(2) 实验技能：通过实验课程，培养学生进行化学气相淀积实验的能力，包括设备操作、工艺参数设置、薄膜质量检测等。

(3) 问题解决能力：培养学生分析问题和解决问题的能力，使其能够针对具体应用场景选择合适的 CVD 方法和薄膜材料，并优化工艺参数以获得高质量的薄膜。

5. 教学方法

(1) 理论讲授：通过课堂讲授的方式介绍化学气相淀积的基本概念、原理、系统构成及不同类型方法的特点和应用。结合多媒体教学手段，如 PPT、视频等，使讲授内容更加生动直观。

(2) 实验教学：安排实验课程，让学生亲自动手进行化学气相淀积实验。通过实验操作，加深对理论知识的理解，并掌握实验技能。

(3) 案例分析：选取典型的化学气相淀积应用案例进行分析，让学生了解其在实际生产中的应用情况和问题解决方案。

(4) 讨论与答疑：组织课堂讨论和答疑环节，鼓励学生提出问题和见解，促进师生之间的交流与互动。

(5) 自主学习：引导学生利用课外时间进行自主学习，通过阅读教材、查阅文献等方式深入了解化学气相淀积的相关知识和技术进展。

第六章 物理气相淀积

该章节对应课程目标 3，对应思政指标点 9.2。

1. 教学内容

物理气相淀积技术是指在真空条件下，采用物理方法将材料源（固体或液体）表面气化成气态原子或分子，或部分电离成离子，并通过低压气体（或等离子体）过程，在基体表面

沉积具有某种特殊功能的薄膜的技术。PVD 技术主要包括真空蒸发镀膜、真空溅射镀膜和真空离子镀膜等。

2. 知识要点

(1) PVD 技术基本原理：镀料的气化：使镀料蒸发、升华或被溅射；镀料原子、分子或离子的迁移：由气化源供出原子、分子或离子经过碰撞后，产生多种反应；镀料原子、分子或离子在基体上沉积：形成薄膜。

(2) PVD 技术分类：真空蒸发镀膜：包括电阻加热、高频感应加热、电子束蒸发等；真空溅射镀膜：分为直流溅射、射频溅射和磁控溅射等。

(3) 真空离子镀膜：利用等离子体电离技术，使镀料原子部分电离成离子，并沉积于基体表面。

(4) PVD 设备：真空蒸发镀膜机、真空溅射镀膜机、真空离子镀膜机等。

(5) PVD 技术应用：广泛应用于航空航天、电子、光学、机械、建筑、轻工、冶金、材料等领域；可制备具有耐磨、耐腐蚀、装饰、导电、绝缘、光导、压电、磁性、润滑、超导等特性的膜层。

3. 重点难点

重点：

- (1) PVD 技术的基本原理和分类。
- (2) 各种 PVD 技术的具体操作步骤和工艺参数。
- (3) PVD 技术在不同领域的应用实例和效果。

难点：

- (1) 镀料气化过程中温度、压力等参数的精确控制。
- (2) 镀料原子、分子或离子在迁移过程中的碰撞和反应机制。
- (3) 薄膜沉积过程中影响薄膜质量和性能的因素及其调控方法。

4. 基本要求

(1) 理论知识：掌握 PVD 技术的基本原理、分类和应用领域；理解 PVD 设备的结构和工作原理。

(2) 实验技能：能够熟练操作 PVD 设备，完成薄膜的制备和性能测试；能够根据实验数据分析和解决实验中遇到的问题。

(3) 综合素质：培养良好的实验习惯和科研素养；具备分析问题和解决问题的能力；了解 PVD 技术的最新进展和发展趋势。

5. 教学方法

(1) 理论讲授：通过 PPT、视频等多媒体手段，系统介绍 PVD 技术的基本原理、分类和应用领域；讲解 PVD 设备的结构和工作原理，以及薄膜制备和性能测试的方法。

(2) 实验演示：在实验室中演示 PVD 设备的操作流程和薄膜制备过程；展示薄膜的性能测试方法和结果分析。

(3) 实验操作：组织学生进行实验操作，亲手制备薄膜并进行性能测试；引导学生分析实验数据，总结实验经验和教训。

(4) 讨论交流：组织学生分组讨论 PVD 技术的相关问题和应用实例；鼓励学生提出自己的见解和想法，促进思维碰撞和知识共享。

(5) 案例分析：分析 PVD 技术在不同领域的应用案例，了解其实际应用效果和存在的问题。引导学生思考如何改进和优化 PVD 技术，提高其应用效果。

第七章 物理气相沉积

该章节对应课程目标 3，对应思政指标点 9.2。

1. 教学内容

物理气相沉积技术是指在真空条件下，采用物理方法将材料源（固体或液体）表面气化或成气态原子或分子，或部分电离成离子，并通过低压气体（或等离子体）过程，在基体表面沉积具有某种特殊功能的薄膜的技术。PVD 技术主要包括真空蒸发镀膜、真空溅射镀膜和真空离子镀膜等。

2. 知识要点

(1) PVD 技术基本原理：镀料的气化：使镀料蒸发、升华或被溅射；镀料原子、分子或离子的迁移：由气化源供出原子、分子或离子经过碰撞后，产生多种反应；镀料原子、分子或离子在基体上沉积：形成薄膜。

(2) PVD 技术分类：真空蒸发镀膜：包括电阻加热、高频感应加热、电子束蒸发等；真空溅射镀膜：分为直流溅射、射频溅射和磁控溅射等。

(3) 真空离子镀膜：利用等离子体电离技术，使镀料原子部分电离成离子，并沉积于基体表面。

(4) PVD 设备：真空蒸发镀膜机、真空溅射镀膜机、真空离子镀膜机等。

(5) PVD 技术应用：广泛应用于航空航天、电子、光学、机械、建筑、轻工、冶金、材料等领域；可制备具有耐磨、耐腐蚀、装饰、导电、绝缘、光导、压电、磁性、润滑、超导等特性的膜层。

3. 重点难点

重点：

- (1) PVD 技术的基本原理和分类。
- (2) 各种 PVD 技术的具体操作步骤和工艺参数。
- (3) PVD 技术在不同领域的应用实例和效果。

难点：

- (1) 镀料气化过程中温度、压力等参数的精确控制。
- (2) 镀料原子、分子或离子在迁移过程中的碰撞和反应机制。
- (3) 薄膜沉积过程中影响薄膜质量和性能的因素及其调控方法。

4. 基本要求

(1) 理论知识：掌握 PVD 技术的基本原理、分类和应用领域；理解 PVD 设备的结构和工作原理。

(2) 实验技能：能够熟练操作 PVD 设备，完成薄膜的制备和性能测试；能够根据实验数据分析和解决实验中遇到的问题。

(3) 综合素质：培养良好的实验习惯和科研素养；具备分析问题和解决问题的能力；了解 PVD 技术的最新进展和发展趋势。

5. 教学方法

(1) 理论讲授：通过 PPT、视频等多媒体手段，系统介绍 PVD 技术的基本原理、分类和应用领域；讲解 PVD 设备的结构和工作原理，以及薄膜制备和性能测试的方法。

(2) 实验演示：在实验室中演示 PVD 设备的操作流程和薄膜制备过程；展示薄膜的性能测试方法和结果分析。

(3) 实验操作：组织学生进行实验操作，亲手制备薄膜并进行性能测试；引导学生分

析实验数据，总结实验经验和教训。

(4) 讨论交流：组织学生分组讨论 PVD 技术的相关问题和应用实例；鼓励学生提出自己的见解和想法，促进思维碰撞和知识共享。

(5) 案例分析：分析 PVD 技术在不同领域的应用案例，了解其实际应用效果和存在的问题。引导学生思考如何改进和优化 PVD 技术，提高其应用效果。

第八章 光刻工艺

该章节对应课程目标 3，对应思政指标点 9.2。

1. 教学内容

光刻工艺的教学内容应涵盖以下几个方面：

(1) 光刻技术概述：介绍光刻工艺在半导体制造中的重要性、发展历程及基本原理。

(2) 光刻胶：详细讲解光刻胶的组成、分类（正胶与负胶）、性质（如分辨率、灵敏度、粘附性、抗腐蚀性等）及选择原则。

(3) 光刻设备：介绍光刻机的结构、工作原理及核心技术（如光学系统、遮蔽板技术、自动对焦技术等）。

(4) 光刻工艺流程：包括衬底准备、光刻胶涂抹、软烘干、曝光、显影、硬烘干、刻蚀或离子注入、光刻胶去除等步骤。

(5) 光刻工艺质量控制：讨论光刻工艺中影响质量的关键因素，如光刻胶均匀性、曝光能量和均匀性、对位精度、去胶效果等。

(6) 先进光刻技术：介绍当前光刻技术的最新进展，如多光束光刻、极紫外光刻、电子束光刻等。

2. 知识要点

(1) 光刻胶的性质与应用：理解光刻胶的组成及其对光刻工艺的影响。

(2) 光刻机的核心技术：掌握光刻机的关键部件及其工作原理。

(3) 光刻工艺流程：熟悉光刻工艺的每一步骤及其操作要点。

(4) 光刻工艺质量控制：了解影响光刻工艺质量的因素及控制方法。

(5) 先进光刻技术：关注光刻技术的最新发展动态。

3. 重点难点

重点：

(1) 光刻胶的选择与性质理解。

(2) 光刻机的核心技术及其对光刻工艺的影响。

(3) 光刻工艺流程的掌握及操作要点。

难点：

(1) 如何准确控制曝光能量和均匀性，以保证图案的分辨率和清晰度。

(2) 如何提高多层结构之间的对位精度，确保芯片工作正常。

(3) 先进光刻技术的理解与应用，如极紫外光刻、电子束光刻等。

4. 基本要求

(1) 理论知识：掌握光刻工艺的基本原理、光刻胶的性质、光刻机的核心技术等理论知识。

(2) 实践技能：能够熟练操作光刻设备，完成光刻工艺流程，并具备解决常见问题的能力。

(3) 质量控制：了解光刻工艺质量控制的关键因素，能够采取有效措施提高光刻工艺质量。

(4) 创新能力：关注光刻技术的最新发展动态，具备创新思维 and 创新能力。

5. 教学方法

(1) 理论讲授：通过课堂讲授的方式，向学生介绍光刻工艺的基本原理、光刻胶的性质、光刻机的核心技术等理论知识。

(2) 实验教学：组织学生进行光刻工艺实验，通过亲手操作光刻设备，掌握光刻工艺流程及操作要点。

(3) 案例分析：选取典型的光刻工艺案例进行分析，帮助学生理解光刻工艺在实际应用中的问题和解决方法。

(4) 讨论交流：组织学生进行小组讨论或班级讨论，分享学习心得和体会，促进知识的交流和共享。

(5) 课外拓展：鼓励学生关注光刻技术的最新发展动态，通过阅读相关文献、参加学术讲座等方式拓展知识面。

第九章 工艺集成

该章节对应课程目标 3，对应思政指标点 9.2。

1. 教学内容

工艺集成的教学内容主要围绕集成电路制造过程中的不同模块工艺及其集成方法展开。这包括但不限于前端工艺（FEOL）、中端工艺（MEOL）和后端工艺（BEOL）的具体步骤和技术，以及 CMOS、Flash 和 DRAM 等不同类型集成电路的工艺集成过程。

2. 知识要点

(1) 工艺集成的基本概念：理解工艺集成的定义，即在集成电路制造过程中将不同的模块工艺按照一定的设计或规则有机集成，构成完整的制造流程。

(2) 集成电路制造工艺：掌握前端工艺中的有源区、阱区注入、栅图形化、晶体管源/漏极等步骤；中端工艺中的自对准金属硅化物、接触孔图形化和刻蚀、接触孔钨沉积和 CMP 等步骤；以及后端工艺中的互连、钝化等步骤。

(3) 不同类型集成电路的工艺集成：了解 CMOS、Flash 和 DRAM 等集成电路的工艺集成特点和区别。

(4) 工艺集成的关键技术和难点：包括管线的敷设、线缆敷设、电缆头制作安装、系统调试和试运行等关键技术，以及防止寄生效应、提高集成度等难点。

3. 重点难点

重点：

(1) 掌握集成电路制造工艺的基本流程和关键技术。

(2) 理解工艺集成在集成电路制造中的重要性及其对产品质量的影响。

难点：

(1) 寄生效应的防止：在集成电路制造过程中，寄生效应是影响产品性能的重要因素。因此，如何有效地防止寄生效应是工艺集成的难点之一。

(2) 工艺集成的精度和稳定性：随着集成电路特征尺寸的不断缩小，对工艺集成的精度和稳定性提出了更高的要求。如何在保证精度的同时提高稳定性是工艺集成的另一个难点。

4. 基本要求

(1) 理论知识掌握：学生应掌握工艺集成的基本理论知识和基本概念，了解集成电路制造工艺的基本流程和关键技术。

(2) 实践操作能力：通过实验教学和实习实训，学生应具备一定的实践操作能力，能够独立完成集成电路制造工艺中的部分步骤和工艺集成过程。

(3) 问题解决能力：学生应具备分析和解决工艺集成过程中出现的问题的能力，能够针对具体问题提出有效的解决方案。

5. 教学方法

(1) 多媒体教学：利用多媒体教学手段，将集成电路制造工艺和工艺集成的相关知识以图文并茂、形象生动的方式展示给学生，提高教学效果。

(2) 实验教学：通过实验教学，让学生亲自动手操作，了解集成电路制造工艺和工艺集成的具体步骤和技术要求，培养学生的实践操作能力。

(3) 案例分析：选取典型的工艺集成案例进行分析，让学生了解工艺集成的实际应用和注意事项，提高学生的问题分析和解决能力。

(4) 讨论式教学：组织学生进行讨论式教学，鼓励学生积极发言、交流思想，培养学生的团队合作精神和创新能力。

四、实践教学内容

1. 课程实验¹

项目编号	项目名称	实验内容	对应理论章节	学时	实验类型 ²	思政融入点	学生学习预期成果	课程目标
1	硅片热氧化工艺仿真与设计	利用半导体制造仿真软件，研究硅片氧化工艺过程中，工艺参数对结果的影响	第2章	6	专业类	由仿真软件引出大型EDA软件由国外公司开发的事实	掌握仿真软件的建模与设计方法，掌握热氧化工艺的原理及特点	目标1、3
2	离子注入工艺仿真与设计	利用半导体制造仿真软件，研究离子注入工艺过程中，工艺参数对工艺结果的影响	第4章	6	专业类	通过软件仿真，探索影响离子注入的工艺参数，提高学生提出问题解决问题的能力	掌握仿真软件的建模与设计方法，掌握离子注入工艺的原理及特点	目标2、3
3	湿法腐蚀工艺仿真与设计	利用半导体制造仿真软	第9章	4	专业类	通过软件仿真，探索	掌握仿真软件的建模与	目标2、3

计	件, 研究湿法腐蚀工艺过程中, 工艺参数对工艺结果的影响				影响湿法腐蚀的工艺参数, 提高学生提出问题解决问题的能力	设计方法, 掌握湿法腐蚀工艺的原理及特点	
---	------------------------------	--	--	--	------------------------------	----------------------	--

五、学时分配

序号	章节名称	学时分配 (共 48 学时)
1.	第一章 绪论	4
2.	第二章 热氧化	4
3.	第三章 扩散	6
4.	第四章 离子注入	6
5.	第五章 化学气相淀积	6
6.	第六章 物理气相淀积	6
7.	第七章 物理气相淀积	4
8.	第八章 光刻工艺	4
9.	第九章 工艺集成	8

六、考核方式

本课程为专业基础课, 课程考核方式包括: 平时成绩 (40%, 包括课程积分 15%+课后作业 10%+上机 15%) + 结果性考核 (60%)。

1. 平时成绩 (40%)

平时成绩评价方法及考核目标

考核内容	评价标准	支撑课程教学学分目标	支撑毕业要求
课程表现 (15%)	学习通课前测试、课堂互动测试。(15 分)	1	1.2
课后作业 (10%)	按时正确完成课后作业。(10 分)	1、2	1.2、3.1
实验 (15%)	对各实验原理认识清晰, 实验步骤正确, 实验数据分析正确。(15 分)	3	5.2

2. 结果性考核 (60%)

课程考试评价方法及考核目标

考核内容	评价标准	支撑课程教学学分目标	支撑毕业要求
闭卷考试	期末试卷满分 100 分, 考查学生掌	1	3.1

(60%)	握集成电路封装测试的基本理论、熟练运用集成电路封装测试的基本理论来分析实验结果,能够对集成电路封装测试基础理论、关键概念、工艺流程、设备原理等知识点的记忆与理解,按试卷评分标准判分。(60分)		
	期末试卷满分100分,考查学生在实验中的操作能力、实验数据的记录与分析能力以及对实验结果的解释能力,按试卷评分标准判分。(40分)	2, 3	3.2、4.1

七、参考书目及学习资料

1.推荐教材:

《集成电路制造技术——原理与工艺(第3版)》,田丽等著,电子工业出版社,2019年

2.参考书目与文献:

(1)《半导体制造技术》,Michael Quirk, Julian Serda 著,韩郑声等译,电子工业出版社,2015年.

(2)《芯片制造——半导体工艺制程实用教程(第六版)》,Peter Van Zant 著,韩郑生译,电子工业出版社,2014年.

(3)《半导体制造工艺第2版》,张渊著,机械工业出版社,2017年.

制定人: 黄瑞

审定人: 余耀

批准人: 郭业才

2024年8月

《集成电路测试》课程教学大纲

一、课程基本信息

课程名称（中文）	集成电路测试				
课程名称（英文）	Integrated Circuit Testing				
课程类别 ¹	专业主干课	课程性质 ²	必修	特殊课程类型 ³	
授课学期	第4学期	学分	2	考核方式	考试
课程学时及分配	总学时 ⁴	讲课学时	实验学时	线上学时	课外学时
	32	24	8	0	0
适用专业	微电子科学与工程				
选用教材	《集成电路测试技术》，武乾文主编，电子工业出版社，2021年				
开课单位	集成电路科学与工程学院				
先修课程	数字逻辑电路、模拟电子技术				
后续课程	集成电路设计				
课程简介 (不少于500字)	<p>课程基本定位：《集成电路测试》是电子科学与技术专业的一门专业主干课，也是本专业集成电路方向的主干课之一。</p> <p>核心学习结果：本课程讲授集成电路测试技术和可测试性设计方法，并进行相关器件测试实验。使学生系统地了解集成电路测试行业的发展和技术，掌握集成电路测试的原理、工艺流程，为从事相关行业或岗位工作打下知识和技能基础。</p> <p>主要教学方法：本课程的教学方法是通过讲述集成电路相关测试工艺流程技术，由浅入深介绍集成电路测试的各个方向，在内容上接近于实际生产技术，讨论可测性设计、晶圆测试技术、模拟集成电路测试技术、数字集成电路测试技术及混合集成电路测试技术及相关测试实例，使学生了解测试技术和工艺流程，并能初步掌握数字、模拟集成电路测试技术。根据教学内容设计相应的实验课程，如集成电路引脚电阻测量实验、功能测试实验、时序测试实验等。提供详细的实验指导手册，包括实验目的、实验器材、实验步骤、实验注意事项等，确保学生能够独立完成实验。介绍常用的集成电路测试仪器，如示波器、数字万用表、集成电路测试机等，以及它们的使用方法和注意事项。笔试主要考察学生对理论知识的掌握程度；实验报告则重点评估学生的实践能力和分析问题的能力；课堂表现则关注学生的学习态度和参与度。</p>				
大纲更新时间	2024年8月				

二、课程目标

序号	课程目标 ¹ （参考人才培养目标、毕业要求、课程定位）	支撑毕业要求指标点 ²	支撑思政指标点
1.	课程目标 1: 能够设计针对分析微电子工艺与集成电路测试领域中的复杂工程问题的解决方案，设计满足信息获取、传输、处理和应用等需求的系统、单元(部件)或工艺流程，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。	指标点 2.1: 能够运用数学、自然科学和工程科学的基本原理，认识与判断微电子工艺与集成电路测试领域复杂工程问题中的关键环节； 指标点 3.1: 能够掌握微电子工艺与集成电路测试领域工程设计的全周期与全流程设计/开发方法和技术，并根据设计目标，确定合适的技术方案；	指标点 2.1: 拥有对祖国强烈的认同感和归属感，维护国家的尊严和荣誉；
2.	课程目标 2: 能够针对分析微电子工艺与集成电路测试领域中的复杂工程问题，开发、选择与使用恰当的技术、资源、现代工程工具和信息技术工具，包括对复杂工程问题进行预测与模拟，并能够理解其局限性。	指标点 5.3: 能够运用微电子工艺、测试设备和专业仿真软件对复杂工程问题进行预测与模拟，并能够解释其局限性；	指标点 4.1: 理解本民族传统文化，肯定当代国内科技发展水平。

三、课程教学内容和基本要求

学生将学习以下课程内容并应达到如下基本要求：

第一章 晶圆测试

该章节对应课程目标 1，对应思政指标点 2.1、3.1。

1. 教学内容

晶圆测试的教学内容应涵盖以下几个方面：

- (1) 晶圆基础知识：介绍晶圆的概念、制造工艺、材料特性以及常见的缺陷类型等。
- (2) 测试原理与方法：详细讲解晶圆测试的基本原理，包括静态测试、动态测试、可靠性测试等，并介绍各种测试方法的具体实施步骤和注意事项。
- (3) 测试技术与设备：介绍晶圆测试所需的各种仪器设备，如显微镜、探针台、测试机等，并讲解其工作原理和使用方法。
- (4) 数据分析与解读：教授学生如何对测试数据进行收集、分析和解读，以判断晶圆的质量和性能。

2. 知识要点

晶圆测试的知识要点主要包括：

- (1) 晶圆制造工艺与缺陷识别：了解晶圆制造的基本流程，掌握各种缺陷类型的识别

方法。

(2) 测试原理与技术细节：深入理解晶圆测试的基本原理，熟悉各种测试技术的细节和注意事项。

(3) 设备操作与维护：掌握晶圆测试设备的操作方法和日常维护知识，确保设备正常运行。

(4) 数据分析与报告编写：学会对测试数据进行有效分析，并编写准确的测试报告。

3. 重点难点

晶圆测试的重点和难点主要体现在以下几个方面：

(1) 缺陷识别与定位：由于晶圆上的缺陷种类繁多且尺寸微小，因此如何准确识别和定位缺陷是测试中的重点也是难点。

(2) 测试方法的选择与应用：不同的测试方法适用于不同的测试需求和场景，因此如何根据具体情况选择合适的测试方法并正确应用是另一个重点和难点。

(3) 数据分析与解读：测试数据往往包含大量复杂信息，如何准确解读这些数据并得出有意义的结论需要较高的专业素养和实践经验。

4. 基本要求

对于晶圆测试的学习，学生应达到以下基本要求：

(1) 理论知识扎实：掌握晶圆测试的基本原理、方法和技术细节。

(2) 实践能力强：能够熟练操作晶圆测试设备，完成测试任务并准确分析测试数据。

(3) 团队协作与沟通：在测试过程中能够与团队成员有效协作和沟通，共同解决问题。

(4) 持续学习与创新：关注行业动态和技术发展，保持学习的热情和创新能力。

5. 教学方法

晶圆测试的教学方法应灵活多样，注重理论与实践相结合。以下是一些常见的教学方法：

(1) 课堂讲授：通过课堂讲授的方式向学生传授晶圆测试的基础知识和理论原理。

(2) 实验教学：设计相应的实验课程，如集成电路引脚电阻测量实验、功能测试实验、时序测试实验等，让学生在实践中掌握测试技能和方法。

(3) 案例分析：选取典型的晶圆测试案例进行分析和讨论，帮助学生加深对测试原理和技术的理解。

(4) 项目驱动：组织学生参与实际的晶圆测试项目，通过项目实践提高学生的综合能力和解决问题的能力。

第二章 数字集成电路测试技术

该章节对应课程目标 1，对应思政指标点 2.1、3.1。

1. 教学内容

数字集成电路测试技术的教学内容应全面覆盖测试的基本概念、原理、方法、流程以及实际应用。具体包括但不限于：

(1) 测试基础知识：介绍数字集成电路的基本概念、分类、性能指标等，以及测试在集成电路生产流程中的重要性。

(2) 测试原理与方法：详细讲解数字集成电路测试的基本原理，包括直流参数测试（如开短路测试、漏电流测试等）、交流参数测试、功能测试、可测性设计（DFT）测试等，并介绍各种测试方法的具体实施步骤和注意事项。

(3) 测试技术与设备：介绍数字集成电路测试所需的各种仪器设备，如自动测试设备

(ATE)、探针台、示波器等，并讲解其工作原理和使用方法。

(4) 测试流程与规范：阐述数字集成电路测试的完整流程，包括测试计划制定、测试环境搭建、测试执行、数据收集与分析、测试报告编写等，并强调测试过程中的规范性和标准化。

(5) 故障诊断与排除：教授学生如何根据测试结果进行故障诊断与排除，包括识别故障类型、定位故障位置、分析故障原因等。

2. 知识要点

数字集成电路测试技术的知识要点主要包括：

(1) 测试原理与理论：深入理解数字集成电路测试的基本原理和理论，包括信号完整性、电源完整性、时序分析等。

(2) 测试方法与技术：掌握各种测试方法的具体实施步骤和技巧，如如何设置测试条件、如何读取和分析测试结果等。

(3) 测试设备与工具：熟悉数字集成电路测试所需的各种仪器设备和工具，了解其性能参数和使用限制。

(4) 测试流程与规范：了解数字集成电路测试的完整流程和规范，确保测试过程的准确性和可靠性。

(5) 故障诊断与排除：掌握故障诊断与排除的基本方法和技巧，能够快速准确地定位和解决测试过程中出现的问题。

3. 重点难点

数字集成电路测试技术的重点和难点主要体现在以下几个方面：

(1) 测试方法的选择与应用：不同的测试方法适用于不同的测试需求和场景，如何根据具体情况选择合适的测试方法并正确应用是测试过程中的一个难点。

(2) 测试数据的分析与解读：测试数据往往包含大量复杂信息，如何准确解读这些数据并得出有意义的结论需要较高的专业素养和实践经验。

(3) 故障诊断与排除：在测试过程中出现故障时，如何快速准确地定位故障位置并分析故障原因是一个重要的难点。

4. 基本要求

对于学习数字集成电路测试技术的学生，应达到以下基本要求：

(1) 理论知识扎实：掌握数字集成电路测试的基本原理、方法和技术细节。

(2) 实践能力强：能够熟练操作测试设备，完成测试任务并准确分析测试数据。

(3) 问题解决能力：具备独立分析问题和解决问题的能力，能够针对测试过程中出现的问题提出有效的解决方案。

(4) 团队协作与沟通：在测试过程中能够与团队成员有效协作和沟通，共同解决问题。

5. 教学方法

数字集成电路测试技术的教学方法应灵活多样，注重理论与实践相结合。以下是一些常见的教学方法：

(1) 课堂讲授：通过课堂讲授的方式向学生传授测试技术的基础知识和理论原理。

(2) 实验教学：设计相应的实验课程，让学生在实践中掌握测试技能和方法。实验课程可以包括直流参数测试、功能测试、故障诊断与排除等实验项目。

(3) 案例分析：选取典型的测试案例进行分析和讨论，帮助学生加深对测试原理和技术的理解。

(4) 项目驱动：组织学生参与实际的测试项目，通过项目实践提高学生的综合能力和解决问题的能力。

(5) 在线学习：利用网络平台提供丰富的在线学习资源，如教学视频、课件、习题等，方便学生自主学习和复习巩固。

第三章 模拟集成电路测试技术

该章节对应课程目标 1，对应思政指标点 2.1、3.1。

1. 教学内容

模拟集成电路测试技术的教学内容应涵盖测试的基本概念、原理、方法、流程以及实际应用，具体包括：

(1) 模拟集成电路基础：介绍模拟集成电路的基本组成、分类、工作原理及典型参数（如泄漏电流、基准电压、增益、噪声系数等）。

(2) 测试原理与方法：详细讲解模拟集成电路测试的基本原理，包括信号完整性、噪声处理、失真分析等，并介绍各种测试方法（如输入调整法、逐次逼近法等）的具体实施步骤和注意事项。

(3) 测试技术与设备：介绍模拟集成电路测试所需的各种仪器设备，如示波器、信号发生器、频谱分析仪等，并讲解其工作原理和使用方法。

(4) 测试流程与规范：阐述模拟集成电路测试的完整流程，包括测试计划制定、测试环境搭建、测试执行、数据收集与分析、测试报告编写等，并强调测试过程中的规范性和标准化。

(5) 故障诊断与排除：教授学生如何根据测试结果进行故障诊断与排除，包括识别故障类型、定位故障位置、分析故障原因等。

2. 知识要点

模拟集成电路测试技术的知识要点主要包括：

(1) 测试原理与理论：深入理解模拟集成电路测试的基本原理和理论，如信号完整性、噪声分析、失真度测量等。

(2) 测试方法与技术：掌握各种测试方法的具体实施步骤和技巧，如如何设置测试条件、如何读取和分析测试结果等。特别是针对低电平信号和微弱信号的测量技术，如多次测量平均法、信号放大技术等。

(3) 测试设备与工具：熟悉模拟集成电路测试所需的各种仪器设备和工具，了解其性能参数和使用限制。

(4) 测试流程与规范：了解模拟集成电路测试的完整流程和规范，确保测试过程的准确性和可靠性。

(5) 故障诊断与排除：掌握故障诊断与排除的基本方法和技巧，能够快速准确地定位和解决测试过程中出现的问题。

3. 重点难点

模拟集成电路测试技术的重点和难点主要体现在以下几个方面：

(1) 测试方法的选择与应用：不同的测试方法适用于不同的测试需求和场景，如何根据具体情况选择合适的测试方法并正确应用是测试过程中的一个难点。

(2) 微弱信号的测量：模拟集成电路中的微弱信号测量是一个难点，因为这些信号容易受到外界噪声的干扰，测量时需要采取特殊的技术手段来提高测量精度。

(3) 故障诊断与排除：在测试过程中出现故障时，如何快速准确地定位故障位置并分析故障原因是一个重要的难点。这需要测试人员具备丰富的实践经验和深厚的专业知识。

4. 基本要求

对于学习模拟集成电路测试技术的学生，应达到以下基本要求：

- (1) 理论知识扎实：掌握模拟集成电路测试的基本原理、方法和技术细节。
- (2) 实践能力强：能够熟练操作测试设备，完成测试任务并准确分析测试数据。特别是针对微弱信号的测量和故障诊断与排除方面应具备较强的实践能力。
- (3) 问题解决能力：具备独立分析问题和解决问题的能力，能够针对测试过程中出现的问题提出有效的解决方案。
- (4) 团队协作与沟通：在测试过程中能够与团队成员有效协作和沟通，共同解决问题。

5. 教学方法

模拟集成电路测试技术的教学方法应灵活多样，注重理论与实践相结合。以下是一些常见的教学方法：

- (1) 课堂讲授：通过课堂讲授的方式向学生传授测试技术的基础知识和理论原理。
- (2) 实验教学：设计相应的实验课程，让学生在实践中掌握测试技能和方法。实验课程可以包括微弱信号测量、故障诊断与排除等实验项目。
- (3) 案例分析：选取典型的测试案例进行分析和讨论，帮助学生加深对测试原理和技术的理解。
- (4) 项目驱动：组织学生参与实际的测试项目，通过项目实践提高学生的综合能力和解决问题的能力。
- (5) 在线学习：利用网络平台提供丰富的在线学习资源，如教学视频、课件、习题等，方便学生自主学习和复习巩固。

第四章 数模混合集成电路测试技术

该章节对应课程目标 2，对应思政指标点 4.1。

1. 教学内容

数模混合集成电路测试技术的教学内容应全面覆盖该领域的理论基础、实践技能以及最新发展动态。具体内容包括：

- (1) 数模混合集成电路基础：介绍数模混合集成电路的基本概念、结构组成、工作原理及主要应用领域。
- (2) 测试原理与方法：详细讲解数模混合集成电路测试的基本原理，包括信号完整性、噪声处理、失真分析等，并介绍各种测试方法，如静态参数测试、动态参数测试等。
- (3) 测试技术与设备：介绍数模混合集成电路测试所需的各种仪器设备，如示波器、信号发生器、频谱分析仪、自动测试系统等，并讲解其工作原理和使用方法。
- (4) 测试流程与规范：阐述数模混合集成电路测试的完整流程，包括测试计划制定、测试环境搭建、测试执行、数据收集与分析、测试报告编写等，并强调测试过程中的规范性和标准化。
- (5) 故障诊断与排除：教授学生如何根据测试结果进行故障诊断与排除，包括识别故障类型、定位故障位置、分析故障原因等。

2. 知识要点

数模混合集成电路测试技术的知识要点主要包括：

(1) 测试原理与理论：深入理解数模混合集成电路测试的基本原理和理论，如采样定理、信号重构、噪声分析、失真度测量等。

(2) 测试方法与技术：掌握各种测试方法的具体实施步骤和技巧，如静态参数测试中的全码线性测试、动态参数测试中的 FFT 分析等。同时，了解不同测试方法在不同应用场景下的适用性。

(3) 测试设备与工具：熟悉数模混合集成电路测试所需的各种仪器设备和工具的性能参数和使用限制，能够熟练操作这些设备进行测试。

(4) 测试流程与规范：了解数模混合集成电路测试的完整流程和规范，掌握测试计划的制定方法、测试环境的搭建要求以及测试报告的编写规范等。

(5) 故障诊断与排除：掌握故障诊断与排除的基本方法和技巧，能够快速准确地定位故障位置并分析故障原因。

3. 重点难点

数模混合集成电路测试技术的重点和难点主要体现在以下几个方面：

(1) 测试方法的选择与应用：不同的测试方法适用于不同的测试需求和场景，如何根据具体情况选择合适的测试方法并正确应用是测试过程中的一个难点。

(2) 高精度测试的实现：数模混合集成电路的测试往往要求高精度和高稳定性，如何在测试过程中确保测试结果的准确性和可靠性是一个重要的难点。

(3) 故障诊断与排除：在测试过程中出现故障时，如何快速准确地定位故障位置并分析故障原因是一个重要的难点。这需要测试人员具备丰富的实践经验和深厚的专业知识。

4. 基本要求

对于学习数模混合集成电路测试技术的学生，应达到以下基本要求：

理论知识扎实：掌握数模混合集成电路测试的基本原理、方法和技术细节。

实践能力强：能够熟练操作测试设备，完成测试任务并准确分析测试数据。特别是针对高精度和高稳定性的测试需求，应具备较强的实践能力。

问题解决能力：具备独立分析问题和解决问题的能力，能够针对测试过程中出现的问题提出有效的解决方案。

团队协作与沟通：在测试过程中能够与团队成员有效协作和沟通，共同解决问题。

5. 教学方法

数模混合集成电路测试技术的教学方法应灵活多样，注重理论与实践相结合。以下是一些常见的教学方法：

(1) 课堂讲授：通过课堂讲授的方式向学生传授测试技术的基础知识和理论原理。

(2) 实验教学：设计相应的实验课程，让学生在实践中掌握测试技能和方法。实验课程可以包括静态参数测试、动态参数测试等实验项目，以加深学生对测试原理和技术的理解。

(3) 案例分析：选取典型的测试案例进行分析和讨论，帮助学生加深对测试原理和技术的理解。同时，通过案例分析可以培养学生的问题解决能力和团队协作能力。

(4) 项目驱动：组织学生参与实际的测试项目，通过项目实践提高学生的综合能力和解决问题的能力。在项目实践过程中，学生可以亲身体验测试流程的各个环节，加深对测试技术的理解和掌握。

(5) 在线学习：利用网络平台提供丰富的在线学习资源，如教学视频、课件、习题等，方便学生自主学习和复习巩固。在线学习可以打破时间和空间的限制，让学生随时随地都能进行学习。

四、实践教学内容

1.课程实验¹

项目编号	项目名称	实验内容	对应理论章节	学时	实验类型 ²	思政融入点	学生学习预期成果	课程目标
1	测试平台与待测芯片介绍	1、查看芯片数据手册 2、介绍测试平台与测试设备	第2章	2	验证型	认知芯片测试对于集成电路的重要性,抓住问题的主要矛盾。	1、掌握数字芯片的测试方法和操作步骤	1, 2
2	提取待测芯片测试指标	提取待测芯片 HD74HC04 P 测试指标 (连接性测试、功能测试、DC 参数测试、AC 参数测试、电源测试);	第3章	2	设计型		1、掌握待测性能指标的意义和测试方法	2
3	测试程序开发	编写与调试芯片 HD74HC04 P 的测试程序;	第4章	2	设计型	测试程序项目繁杂,培养学生做事要有严密的逻辑性。	1、掌握芯片测试程序的开发流程	2
4	芯片测试	完成芯片 HD74HC04 P 测试;	第4章	2	综合型	芯片测试的结果与理论指标可能有差别,需要进行进一步分析,培养学生实事求是的精神。	1、掌握芯片测试全流程以及测试结果的分析方法	2

五、学时分配

序号	章节名称	学时分配 (共 48 学时)
1.	第 1 章晶圆测试	4
2.	第 2 章 数字集成电路测试技术	6
3.	第 3 章模拟集成电路测试技术	12
4.	第 4 章数模混合集成电路测试技术	10

六、考核方式

本课程为专业基础课，课程考核方式包括：平时成绩（40%，包括课程积分 15%+课后作业 10%+上机 15%）+结果性考核（60%）。

1. 平时成绩（40%）

平时成绩评价方法及考核目标

考核内容	评价标准	支撑课程教学学分目标	支撑毕业要求
课程表现（15%）	学习通课前测试、课堂互动测试。（15 分）	1	2.1、3.1
课后作业（10%）	按时正确完成课后作业。（10 分）	2	5.3
实验（15%）	对各实验原理认识清晰，实验步骤正确，实验数据分析正确。（15 分）	1、2	2.1、3.1、5.3

2. 结果性考核（60%）

课程考试评价方法及考核目标

考核内容	评价标准	支撑课程教学学分目标	支撑毕业要求
闭卷考试 (60%)	期末试卷满分 100 分，考查学生掌握集成电路封装测试的基本理论、熟练运用集成电路封装测试的基本理论来分析实验结果，能够对集成电路封装测试基础理论、关键概念、工艺流程、设备原理等知识点的记忆与理解，按试卷评分标准判分。（60 分）	1	2.1、3.1
	期末试卷满分 100 分，考查学生在实验中的操作能力、实验数据的记录与分析能力以及对实验结果的解释能力，按试卷评分标准判分。（40 分）	1, 2	2.1、3.1、5.3

七、参考书目及学习资料

1.推荐教材:

《集成电路测试技术》，武乾文主编，电子工业出版社，2021年

2.参考书目与文献:

《超大规模集成电路测试》，主编，雷绍充，电子工业出版社，2008年.

《现代集成电路测试技术》，主编，时万春，化学工业出版社，2006年.

《集成电路芯片测试技术》，主编，居水荣 戈益坚 西安电子科技大学出版社，2021年.

制定人：黄瑞

审定人：余耀

批准人：郭业才

2024年8月

《微电子器件基础》课程教学大纲

一、课程基本信息

课程名称（中文）	微电子器件基础				
课程名称（英文）	Fundamentals of Microelectronic Devices				
课程类别 ¹	专业主干课	课程性质 ²	必修	特殊课程类型 ³	
授课学期	5	学分	2	考核方式	考试
课程学时及分配	总学时 ⁴	讲课学时	实验学时	线上学时	课外学时
	32	24	8	0	0
适用专业	微电子科学与工程				
选用教材	《微电子器件基础教程》，郭业才主编，清华大学出版社，2020年				
开课单位	集成电路科学与工程学院				
先修课程	大学物理、固体物理与半导体物理、半导体材料与工艺				
后续课程	功率半导体器件、微电子工艺课程设计				
课程简介 (不少于 500 字)	<p>课程基本定位：《微电子器件基础》为微电子科学与工程专业的一门专业主干必修课。为学生提供了微电子器件的基本原理、结构、特性及应用等方面的系统知识，是后续专业课程学习和从事微电子领域工作的重要基础。</p> <p>核心学习结果：本课程旨在使学生理解半导体材料的基本性质、PN 结原理、各类微电子器件（如 PN 结、晶体管等）的工作原理与特性，以及它们在电子系统中的应用。通过本课程的学习，学生将能够掌握微电子器件的基本分析方法和设计原则，为后续深入学习集成电路设计、微电子制造工艺等高级课程打下坚实基础。同时，该课程也注重培养学生的实验技能和创新能力，以适应快速发展的微电子行业需求。</p> <p>主要教学方法：多媒体教学：利用多媒体课件、图片、动画和视频等教学资源，使抽象的理论知识更加直观易懂，提高学生的学习兴趣和理解能力。讲授与互动讨论：通过教师的讲解，结合学生的互动讨论，加深对课程内容的理解和记忆。同时，鼓励学生提问和分享观点，促进思维的碰撞和知识的内化。实验与仿真：通过实验课和仿真软件，让学生亲手操作和实践，巩固理论知识，掌握半导体参数测量的主要原理和方法，培养实验技能和动手能力。案例分析：通过具体的应用案例，让学生了解微电子器件在实际电路和系统中的应用，增强学习的针对性和实用性。</p>				
大纲更新时间	2024年8月				

二、课程目标

序号	课程目标 ¹ （参考人才培养目标、毕业要求、课程定位）	支撑毕业要求指标点 ²	支撑思政指标点
1.	课程目标 1: 熟练掌握半导体物理的基本概念和原理，包括半导体的基本性质、载流子的输运等。	指标点 1.2: 能够运用数学、自然科学、计算和工程科学基本概念、基本理论和基本方法对实际问题进行数学建模并求解。	指标点 1.1: 心怀梦想，在困难面前能保持乐观心态，化压力为动力。
2.	课程目标 2: 深入理解微电子器件的基本结构和工作原理，特别是 PN 结、双极结型晶体管（BJT）和场效应晶体管（MOSFET）等典型器件的基本结构、原理、电学特性及应用。	指标点 2.1: 能够运用数学、自然科学和工程科学的基本原理，认识与判断微电子工艺与集成电路测试领域复杂工程问题中的关键环节。	指标点 6.2: 在创新创业实践活动中，探索新思路新技术，解决实际问题。
3.	课程目标 3: 初步具备器件的设计能力，能够进行微电子器件的设计和仿真。	指标点 3.2: 能够针对微电子工艺与集成电路测试领域的特定需求，包括信息采集、存储和处理等，完成设备和系统单元（部件）的方案设计。	指标点 6.2: 在创新创业实践活动中，探索新思路新技术，解决实际问题。

三、课程教学内容和基本要求

学生将学习以下课程内容并应达到如下基本要求：

第一章 半导体

该章节对应课程目标 1，对应思政指标点 1.1

1. 教学内容

- (1) 半导体材料及其晶格结构、缺陷、能级与能带。
- (2) 本征半导体及载流子浓度。
- (3) 杂质半导体及载流子浓度。
- (4) 简并半导体及其浓度。

2. 知识要点

(1) 半导体材料的概念、分类及其特点；半导体材料的晶体结构及其特点；半导体中缺陷种类及其形成原因；半导体的能级、能带、禁带、半满带与满带等概念及禁带宽度。

(2) 本征半导体、杂质半导体概念及相应的载流子浓度分布特点及本征载流子浓度随温度变化的特性。

(3) 本征费米能级的特点及费米能级随杂质浓度的变化关系，费米能级对载流子浓度的影响。

- (4) 简并与非简并半导体的特点。

3. 重点难点

重点：半导体材料的原子构成、晶体结构；载流子的统计分布规律；载流子与费米能级的关系；本征半导体与热平衡状态方程；掺杂与杂质半导体的概念；杂质半导体中的费米能级。

难点：本征半导体、杂质半导体及相应的载流子浓度分布特点及本征载流子浓度随温度变化的特性；本征费米能级的特点及费米能级随杂质浓度的变化关系，费米能级对载流子浓度的影响。

4. 基本要求

(1) 掌握固态材料按电阻率进行的分类、半导体材料的晶体结构、元素半导体和化合物半导体的特点及半导体的缺陷。

(2) 理解能级、能带、禁带、半满带与满带等概念及禁带宽度及其对电导率的影响。

(3) 掌握本征半导体、杂质半导体及相应的载流子浓度分布特点及本征载流子浓度随温度变化的特性。

(4) 理解本征费米能级的特点及费米能级随杂质浓度的变化关系，费米能级对载流子浓度的影响。

(5) 了解简并与非简并半导体的特点。

5. 教学方法

讲授与多媒体展示、互动讨论。

第二章载流子的输运现象

该章节对应课程目标 1，对应思政指标点 1.2

1. 教学内容

(1) 载流子漂移运动及其电流密度。

(2) 载流子扩散运动及其电流密度。

(3) 载流子总电流密度。

(4) 爱因斯坦关系式。

(5) 非平衡载流子的产生与复合。

(6) 半导体的基本控制方程。

2. 知识要点

(1) 载流子漂移运动及迁移率的概念；迁移率的影响因素；漂移电流密度计算过程；霍尔效应测载流子浓度。

(2) 载流子扩散运动的概念及扩散方程；载流子扩散电流密度计算过程。

(3) 总电子或空穴电流密度以及总传导电流密度的计算过程。

(4) 爱因斯坦关系式的推导及应用。

(5) 非平衡载流子、准费米能级的概念及特点。

(6) 非平衡载流子的产生、复合与寿命。

(7) 连续性方程与泊松方程。

3. 重点难点

重点：载流子漂移、扩散、复合、产生等现象的理解。

难点：总电子或空穴电流密度以及总传导电流密度的计算。

4. 基本要求

- (1) 理解载流子漂移、扩散、复合、产生等现象。
- (2) 掌握非平衡载流子产生与复合机理、非均匀半导体达到热平衡状态过程，熟练掌握爱因斯坦关系。
- (3) 了解四探针法测电阻率、高频光电导法测少数载流子寿命。掌握霍尔效应测载流子浓度的原理。
- (4) 了解一维形式的半导体器件基本方程、电荷控制方程和基本方程及其应用，了解三维形式的半导体器件基本方程、基本方程的积分形式和扩散方程。

5. 教学方法

讲授与多媒体展示、互动讨论。

第三章 PN 结

该章节对应课程目标 2、3，对应思政指标点 1.2、6.2

1. 教学内容

- (1) PN 结能带图及空间电荷区。
- (2) PN 结伏安特性。
- (3) PN 结电容。
- (4) PN 结击穿。

2. 知识要点

- (1) 平衡 PN 结的概念、形成过程及能带图、空间电荷区特点；平衡 PN 结内建电势的概念及推导过程；平衡 PN 结载流子浓度分布特点。
- (2) 理想 PN 结的概念；PN 结正向特性、反向特性、伏安特性；PN 结伏安特性的影响因素。
- (3) PN 结空间电荷区中的电场；PN 结的雪崩击穿和隧道击穿及击穿电压的影响因素。
- (4) PN 结的势垒电容和扩散电容。

3. 重点难点

重点：平衡 PN 结的能带图及空间电荷区特点；PN 结伏安特性及其影响因素；PN 结空间电荷区中的电场；PN 结的雪崩击穿和隧道击穿及击穿电压的影响因素；PN 结的势垒电容和扩散电容。

难点：平衡 PN 结内建电势的概念及推导过程；平衡 PN 结载流子浓度分布特点。

4. 基本要求

掌握由 P 型半导体材料和 N 型半导体材料所形成的 PN 结特性，包括 PN 结能带图、伏安特性、结电容与结击穿等。

5. 教学方法

讲授与多媒体展示、互动讨论、案例分析、实验与仿真。

第四章双极性晶体管的直流特性

该章节对应课程目标 2、3，对应思政指标点 1.2、6.2

1. 教学内容

- (1) 双极性晶体管结构。
- (2) 双极型晶体管放大原理。
- (3) 晶体管反向直流参数及基极电阻。
- (4) 双极性晶体管的特性曲线。

2. 知识要点

- (1) 双极性晶体管的类型、结构及其杂质分布。
- (2) 双极性型晶体管的直流放大系数及管内载流子的输运过程。
- (3) 均匀、缓变基区晶体管电流增益及其影响因素。
- (4) 双极性晶体的反向电流、击穿电压、穿通电压和基极电阻。
- (5) 共基极、共射极连接直流特性曲线及其比较。

3. 重点难点

重点：双极型晶体管的结构特点；双极性晶体的反向电流、击穿电压、穿通电压和基极电阻的概念；共基极、共射极连接直流输出、输入特性曲线特征。

难点：双极性型晶体管的直流放大系数推导及管内载流子的输运过程；均匀、缓变基区晶体管电流增益的推导过程及其影响因素。

4. 基本要求

(1) 了解讨论双极型晶体管结构、类型与杂质分布特点及晶体管内部载流子的输运规律，理解直流情况下发射效率、基区输运系数、集电区倍增因子、雪崩倍增因子、共基直流电流增益与共射直流电流增益等概念与会熟练计算。

(2) 会定量分析均匀基区和缓变基区晶体管直流电流增益及其影响因素，理解晶体管反向直流参数（反向电流、击穿电压、穿通电压、基极电阻）及其影响因素。

(3) 理解共基与共射晶体管直流特性曲线特征及共射极理想与非理想输出曲线的特征。

5. 教学方法

讲授与多媒体展示、互动讨论、案例分析、实验与仿真。

第五章双极性晶体管的交流特性与开关特性

该章节对应课程目标 2、3，对应思政指标点 1.2、6.2

1. 教学内容

- (1) 晶体管交流小信号电流增益。
- (2) 双极型晶体管的开关原理。

2. 知识要点

- (1) 晶体管交流小信号模型。
- (2) 晶体管交流小信号传输过程。
- (3) 晶体管交流小信号模型等效电路。
- (4) 交流小信号传输延迟时间。
- (5) 晶体管交流小信号电流增益及其频率特性。
- (6) 晶体管开关作用。
- (7) 晶体管开关工作区域。
- (8) 晶体管开关波形与开关时间。
- (9) 晶体管开关过程。

3. 重点难点

重点：交流小信号概念及晶体管交流小信号传输过程。

难点：截止频率、特征频率与工作频率的概念及其关系。

4. 基本要求

- (1) 理解交流小信号概念及晶体管交流小信号传输过程。

(2) 会计算延迟时间、发射效率、基区输运系数、集电结势垒区输运系数、电流放大系数。

(3) 理解截止频率、特征频率与工作频率的关系。

(4) 理解晶体管的开关特性。

5. 教学方法

讲授与多媒体展示、互动讨论、案例分析、实验与仿真。

第六章 MOS 场效应晶体管

该章节对应课程目标 2、3，对应思政指标点 1.2、6.2

1. 教学内容

- (1) 金属与半导体接触。
- (2) MOS 结构及其性质。
- (3) MOSFET 结构及工作原理。
- (4) MOSFET 阈值电压。
- (5) MOSFET 直流特性。
- (6) MOSFET 击穿特性。
- (7) MOSFET 亚阈特性。
- (8) MOSFET 小信号特性。
- (9) MOSFET 开关特性。
- (10) 沟道变化效应。

2. 知识要点

- (1) 整流接触与欧姆接触的概念。
- (2) 理想 MOS 结构、实际 MOS 结构及其特性。
- (3) MOSFET 的基本结构、类型、工作原理和特性曲线。
- (4) MOSFET 阈值电压及其计算、影响因素。
- (5) 萨支唐方程及影响 MOSFET 直流特性的因素。
- (6) MOSFET 漏源击穿、氧化层击穿、寄生 NPN 击穿。
- (7) MOSFET 亚阈电流概念及其计算。
- (8) MOSFET 交流小信号参数及等效电路。
- (9) MOSFET 开关管理及开关时间。
- (10) 短沟道、窄沟道效应概念及对阈值电压的影响。

3. 重点难点

重点：MOSFET 的基本结构与工作原理；MOSFET 的关键参数与特性。

难点：MOSFET 复杂的结构与工作原理；MOSFET 关键参数与特性的理解。

4. 基本要求

(1) 理解金属与半导体接触类型，熟练掌握理想 MOS 结构特点、不同偏压下电荷状态、容电压特性等，理解理想 MOS 与实际 MOS 结构、特性的差别。

(2) 掌握 MOSFET 的基本结构、工作原理、基本类型，理解 MOSFET 特性曲线和阈值电压及其影响因素。

(3) 了解 MOSFET 交流小信号特性与参数及交流小信号低高频特性，理解 MOSFET 开关特性，了解短沟道效应、窄沟道效应及它们对阈值电压的影响。

5. 教学方法

讲授与多媒体展示、互动讨论、案例分析、实验与仿真。

四、实践教学内容

1.课程实验¹

项目编号	项目名称	实验内容	对应理论章节	学时	实验类型 ²	思政融入点	学生学习预期成果	课程目标
1	PN结特性仿真	利用仿真软件设计PN结，进行PN结的“平衡状态”仿真仿真（载流子浓度、能带图、电场图），并探究掺杂浓度对其的影响；研究掺杂浓度、电压对PN结的伏安特性的影响。	第三章	2	综合性	由Silvaco软件引出大型EDA软件由国外公司开发的事实，认识我国电子设计软件发展短板，激发学生努力奋斗的爱国精神。	掌握PN结的仿真技术，改变器件参数，研究对器件电学性能的影响。	1、2、3
2	BJT特性仿真	利用仿真软件设计BJT晶体管，研究基区宽度、掺杂浓度、发射区掺杂浓度等对BJT晶体管的输入、输出特性的影响。	第四、五章	2	综合性	通过软件仿真，研究掺杂浓度等参数对BJT性能的影响，提高学生解决问题的能力。	掌握BJT晶体管的仿真技术，改变器件参数，研究参数对器件电学性能的影响。	1、2、3
3	MOSFET特性仿真	利用仿真软件设计MOSFET场效应管，研究源漏掺杂浓度、衬底材料掺杂浓度等对MOSFET场效应管的阈值电压、转移、输出特性的影响。	第六章	4	综合性	通过软件仿真，研究掺杂浓度等参数对MOSFET性能的影响，提高学生解决问题的能力。	掌握MOSFET场效应管的建模与仿真技术，改变器件参数，研究参数对器件电学性能的影响。	1、2、3

五、学时分配

序号	章节名称	学时分配（共32学时）
1.	半导体	3
2.	载流子输运现象	3
3.	PN结	4
4.	双极性晶体管的直流特性	4
5.	双极性晶体管的交流特性	4
6.	MOS场效应晶体管	6
7.	实验1.PN结特性仿真	2

8.	实验 2.BJT 特性仿真	2
9.	实验 3.MOSFET 特性仿真	4

六、考核方式

《微电子器件基础》为微电子科学与工程、微电子科学与工程、集成电路设计与集成系统专业必修课，课程考核方式包括：过程性考核（40%，含课程参与 10%+作业测评 10%+实验 20%）+结果性考核（60%）。

1. 过程性考核（40%）

过程性评价方法及考核目标

考核内容	评价标准	支撑课程教学分目标	支撑毕业要求
课程参与 10%	参与度：主动参与各种课程活动，对讨论、项目或任务表现出高度的兴趣和热情。（5分）	1、2、3	1.2、2.1、3.2
	贡献度：按时完成分配的任务，并达到一定的质量标准。（5分）		
作业测评 10%	按时完成教师布置的等数量作业题目答题，有答题或计算过程和结论。（10分）	1、2、3	1.2、2.1、3.2
实验 20%	对实验原理认识清晰，有正确的实验技术方案。（6分）	1、2、3	1.2、2.1、3.2
	实验过程正确、完整，能够排除实验过程中的故障。（8分）		
	实验结果正确、数据分析正确。（6分）		

2. 结果性考核（60%）

课程考试评价方法及考核目标

考核内容	评价标准	支撑课程教学分目标	支撑毕业要求
闭卷考试 (60%)	考核对半导体及载流子运输的基本物理概念与专有名词的定义及物理意义。（20分）	1	1.2
	考核 PN 结基本结构与工作原理，PN 结的单向导电性与结电容特性；考核 BJT 基本结构与工作原	2	2.1

理, BJT 直流电流电压特性及交流特性; 考核 MOS 场效应晶体管基本结构与工作原理, MOSFET 转移特性与输出特性, MOSFET 静态特性与动态特性。(60 分)		
考核本课程重要公式及其应用、常见微电子器件的工作特性的推导方法, 能利用这些公式解决实际问题。(20 分)	3	3.2

七、参考书目及学习资料

- 1.推荐教材:《微电子器件基础教程》, 郭业才编著, 清华大学出版社, 2020 年。
- 2.参考书目与文献:《微电子器件与 IC 设计基础》, 刘刚编著, 科学出版社, 2023 年。
《微电子器件基础》, 兰慕杰, 来逢昌编著, 尔滨工业大学出版社, 2020 年。
- 3.在线学习资源: 中国大学 MOOC(慕课)微电子器件
<https://www.icourse163.org/course/UESTC-1002339005>

制定人: 张黎可

审定人: 余耀

批准人: 王伟

2024 年 8 月

《虚拟仪器设计》课程教学大纲

一、课程基本信息

课程名称（中文）	虚拟仪器设计				
课程名称（英文）	Virtual Instrument Design				
课程类别 ¹	专业主干课	课程性质 ²	必修	特殊课程类型 ³	
授课学期	第5学期	学分	2	考核方式	考试
课程学时及分配	总学时 ⁴	讲课学时	实验学时	线上学时	课外学时
	32	16	16	0	0
适用专业	微电子科学与工程				
选用教材	《虚拟仪器设计:LabVIEW 2020 版》，郭业才、李晨、胡国乐编著，合肥工业大学出版社，2023 年				
开课单位	集成电路科学与工程学院				
先修课程	数字逻辑电路、模拟电子线路				
后续课程	创新实践（1）				
课程简介 (不少于 500 字)	<p>课程基本定位：《虚拟仪器技术》是微电子科学与工程专业的必修课程，在人才培养方案中属于专业主干课模块。</p> <p>核心学习结果：使学生获得软件就是仪器的思想，掌握虚拟仪器的设计与实践技术，基于多种总线标准的数据采集与接口技术。学习通过在虚拟仪器开发环境 LabVIEW 软件平台上构建典型参数的测控系统或虚拟仪表，能较好地理解测控系统和虚拟仪表的建立过程，并能运用相关知识和方法分析研究信息处理等相关复杂工程问题。</p> <p>主要教学方法：基础理论、基本分析与设计方法等内容以讲授和讨论为主，涉及到的设计与分析等课程内容采取案例分析、演示、参观、仿真和实验等教学手段进行。</p>				
大纲更新时间	2024 年 8 月				

二、课程目标

序号	课程目标 ¹ （参考人才培养目标、毕业要求、课程定位）	支撑毕业要求指标点 ²	支撑思政指标点
----	--	------------------------	---------

1.	课程目标 1: 掌握虚拟仪器的基本原理、体系结构、软硬件系统等基本知识。熟悉虚拟仪器图形化编程语言 LabVIEW 的工作原理。	指标点 4.2: 能够根据微电子工艺、测试设备与其应用需求, 选择研究路线, 设计实验方案。	指标点 3.2: 在自己的岗位上尽职尽责, 为社会的进步贡献力量。
2.	课程目标 2: 熟悉 LabVIEW 语言的语法结构知识, 掌握 LabVIEW 程序设计的基本原理与方法。	指标点 4.3: 能够利用微电子工艺与集成电路测试专业知识构建实验系统, 安全可靠地开展实验, 并有效地获取实验数据。	指标点 6.2: 在创新创业实践活动中, 探索新思路新技术, 解决实际问题。
3.	课程目标 3: 掌握基于 LabVIEW 的信号分析与处理的基本方法和技能。能够综合运用虚拟仪器和 LabVIEW 的相关知识, 完成一项较为复杂和完善的虚拟仪器系统设计任务。	指标点 5.1: 能够掌握微电子工艺与集成电路测试领域常见的现代仪器、工程工具、信息技术工具和模拟软件的使用原理和方法, 并理解其局限性。	

三、课程教学内容和基本要求

学生将学习以下课程内容并应达到如下基本要求:

第一章 虚拟仪器技术介绍

该章节对应课程目标 1, 对应思政指标点 3.2。

1. 教学内容

对虚拟仪器技术的发展历程进行概述。具体内容包括:

- 1) 虚拟仪器技术发展史;
- 2) LabVIEW 软件介绍;
- 3) 虚拟仪器系统示例。

2. 知识要点

- 1) 虚拟仪器技术发展史: 理解虚拟仪器技术的发明背景、技术特点和对测试技术的推动作用。
- 2) LabVIEW 软件: 掌握 LabVIEW 软件的基本界面和工作原理。
- 3) 虚拟仪器系统示例: 虚拟电压表等项目案例。

3. 重点难点

重点: 理解虚拟仪器的基本概念和区别, 以及虚拟仪器技术的主要特点和应用领域。

难点: 掌握 LabVIEW 软件基本界面和工作原理。

4. 基本要求

- 1) 认知虚拟仪器的构成、特点, 虚拟仪器的软硬件系;
- 2) 了解虚拟仪器的开发环境及设计方法, 以及虚拟仪器在测试、测量及自动化领域中的应用等能力。

5. 教学方法

视频/阅读拓展、讲授法

第二章 LabVIEW 基本数据类型和基本结构

该章节对应课程目标 1, 对应思政指标点 3.2。

1. 教学内容

数据类型及其操作、LabVIEW 的程序控制、不同数据类型的综合应用。

2. 知识要点

介绍 LabVIEW 中基本数据类型的使用和 LabVIEW 的 2 循环(For 循环、While 循环)、4 结构(条件结构、循环结构、顺序结构、事件结构)。还将介绍在程序框图中如何设置局部变量和全局变量、属性节点, 如何直接使用公式节点、MathScript 节点、MATLAB 节点

3. 重点难点

2 循环(For 循环、While 循环)、4 结构(条件结构, 循环结构、顺序结构、事件结构)、局部变量和全局变量的应用。

4. 基本要求

- 1) 理解 LabVIEW 的基本数据类型。
- 2) 掌握循环结构、条件结构、顺序结构的编程方法。

5. 教学方法

随堂测试、讲授法、案例分析法、小组讨论法、实验操作法

第三章 复合数据类型

该章节对应课程目标 2, 对应思政指标点 6.2。

1. 教学内容

介绍 LabVIEW 中数组、簇等常用数据类型的使用, 以及数据流的可视化。

2. 知识要点

掌握数组、簇和数据流等概念及组件操作。

3. 重点难点

- 1) 簇的基本概念和使用方法;
- 2) 波形数据的概念和时间标识函数的概念。

4. 基本要求

掌握数组、簇和数据流等概念及组件操作。

5. 教学方法

讲授法、案例分析法、小组讨论法、多媒体教学法、实验操作法

第四章 图形显示

该章节对应课程目标 2, 对应思政指标点 6.2。

1. 教学内容

图形控件的分类、波形图表、波形图、XY 图、强度图、数字波形图、三维图形。

2. 知识要点

介绍 LabVIEW 中图形与图表的显示方式, 并介绍在使用波形图或波形图表时三种刷新方式的区别以及 XY 坐标图、强度图等数据显示方式的应用, 最后介绍三维图形控件的使用方法。还介绍如何在图形与图表中设置某些属性。

3. 重点难点

波形图或波形图表的区别及应用、三维图形控件的使用方法。

4. 基本要求

掌握波形图或波形图表的区别和使用方法。

5. 教学方法

讲授法、案例分析法、多媒体教学法、实验操作法

第五章 字符串和文件 I/O

该章节对应课程目标 2，对应思政指标点 6.2。

1. 教学内容

- 1)字符串型数据、字符串函数。
- 2)文件的类型、文件 I/O 选板、常用文件类型。

2. 知识要点

- 1)介绍字符串控件和表格与列表控件的使用方法，以及介绍字符串函数的功能和操作方法。使用这些强大的字符串函数可以在仪器通信时，传递控制命令或操作数据。
- 2)使用字符串函数中的丰富类型转换函数，还可以实现字符串与数值，数组，路径等数据类型的转换。
- 3)介绍文本文件，电子表格文件、二进制文件等 LabVIEW 中常用的文件 I/O 类型，并结合具体示例来说明相关文件 I/O 函数的使用方法以及技巧。。

3. 重点难点

- 1)字符串函数的应用。
- 2)文本文件、电子表格文件、二进制文件的读写方法。

4. 基本要求

- 1)掌握字符串函数的使用方法。
- 2)掌握文本文件、电子表格文件、二进制文件的读写方法。

5. 教学方法

资料查找、讲授法、案例分析法

第六章 数据采集

该章节对应课程目标 2，对应思政指标点 6.2。

1. 教学内容

DAQ 系统概述、数据采集卡的安装、DAQVI 的组织结构、数据采集助手。

2. 知识要点

介绍数据采集(DAQ)的一些基础知识，如数据采集系统的构成、不同的信号类型与信号处理方法，同时结合具体的数据采集板卡介绍其安装过程，最后对数据采集 VI 的组织结构、数据采集助手进行介绍。

3. 重点难点

数据采集卡的操作和配置、数据采集助手的使用方法。

4. 基本要求

通过本章的学习，可以初步了解数据采集板卡的操作与配置，并熟悉数据采集助手的使用方法。

5. 教学方法

讲授法、案例分析法、小组讨论法、实验操作法

第七章 测量信号的分析与处理

该章节对应课程目标 3。

1. 教学内容

信号分析和处理的基本概念、工具和 LabVIEW 程序示例。

2. 知识要点

- 1) 频谱分析以及窗函数的作用。
- 2) Chirp 信号。
- 3) 数字滤波器及相关分析。

3. 重点难点

频谱分析以及窗函数的作用。

4. 基本要求

理解信号分析和处理的基本概念、工具。

5. 教学方法

讲授法、项目引导法、小组讨论法、实验操作法

四、实践教学内容

1. 课程实验¹

项目编号	项目名称	实验内容	对应理论章节	学时	实验类型 ²	思政融入点	学生学习预期成果	课程目标
1	LabVIEW 编程环境入门	熟悉编程环境等； 创建简单的 VI； 调试运行。	第一章	2	验证性	理解辩证主义，技术方案存在的价值及不足。	学会 LabVIEW 的基本操作，编写简单 VI。	1
2	数据运算	相关运算的 VI 编写与运行	第二章	2	验证性		学会 LabVIEW 中多种数据类型、运算，及其应用。	1
3	程序结构	顺序结构； For、While 循环； Case 结构； 公式节点	第二章	4	验证性	通过对程序结构的理解，掌握	学会 LabVIEW 中程序结构及其应用。	2
4	波形的显示设计	多种波形图的显示	第四章	2	综合性	理论知识和实践相结合的关键点，并教育学生在实验过程中要有耐心有	学会 LabVIEW 中波形图之间的区别，及其应用。	2
5	虚拟信号发生器	正弦波、方波、锯齿波及任意函数发生器的 VI	第四章	2	综合性	恒心，培养精益求精的工匠精神。	学会 LabVIEW 中模板程序，设计任意函数发生器。	3
6	虚拟温度监测系统	应用所学程序结构编写温度监测系统	第六章	4	设计性	在设计利用多级分层模块实现一个完整系统。从中教育学生理解个人和团队的辩证关系,发挥个人作用的同时注重团队协作,培养合作精神。	学会综合运用 LabVIEW 相关知识,完成一项较为复杂和完善的虚拟仪器系统设计。	3

五、学时分配

序号	章节名称	学时分配 (共 16 学时)
1.	虚拟仪器技术介绍	2
2.	LabVIEW 基本数据类型和基本结构	3
3.	复合数据类型	3
4.	图形显示	2
5.	字符串和文件 I/O	2
6.	数据采集	2
7.	测量信号的分析与处理	2

六、考核方式

虚拟仪器设计课程为本专业必修课，课程考核为：

过程性考核（40%，含课程参与 10%+作业测评 10%+实验 20%）+结果性考核（60%）。

1. 过程性考核（40%）

过程性评价方法及考核目标

考核内容	评价标准	支撑课程教学分目标	支撑毕业要求
课程参与 10%	参与度：主动参与各种课程活动，对讨论、项目或任务表现出高度的兴趣和热情。（5分）	1、2、3	4.2、4.3、5.1
	贡献度：按时完成分配的任务，并达到一定的质量标准。（5分）		
作业测评 10%	按时完成教师布置的等数量作业题目答题，有答题或计算过程和结论。（6分）	1、2、3	4.2、4.3、5.1
	作业字迹清楚、答题或计算过程的思路清晰，结论正确（4分）		
实验 20%	对实验电路原理认识清晰，有正确的实验技术方案。（6分）	1、2、3	4.2、4.3、5.1
	实验过程正确、完整，能够排除实验过程中的故障。（8分）		
	实验结果正确、数据分析正确。（6分）		

2. 结果性考核（60%）

课程考试评价方法及考核目标

考核内容	评价标准	支撑课程教学分	支撑
------	------	---------	----

		目标	毕业要求
闭卷考试 60%	考核对虚拟仪器的基本原理、体系结构、软硬件系统等基本知识的掌握。考核其对 LabVIEW 工作原理的掌握程度。(30 分)	1	4.2
	考核其对 LabVIEW 程序设计的基本原理与方法的掌握程度。(50 分)	2	4.3
	考核其基于 LabVIEW 的信号分析与处理的能力。(20 分)	3	5.1

七、参考书目及学习资料

1. 推荐教材：

《虚拟仪器设计:LabVIEW 2020 版》,郭业才、李晨、胡国乐编著,合肥工业大学出版社,2023 年

《LabVIEW 虚拟仪器设计指南》,魏德宝、吴艳等编著,清华大学出版社,2021 年.

2. 参考书目与文献：

《LabVIEW 大学实用教程》,Jeffrey Travis、Jim Kring 著,乔瑞萍等译,电子工业出版社,2016 年

《LabVIEW 编程详解》,宋铭编著,电子工业出版社,2017 年

3. 在线学习资源：

bilibili 开发者论坛

https://space.bilibili.com/1954310273?spm_id_from=333.337.search-card.all.click

国家精品课程 (虚拟仪器应用技术 李晴)

<https://www.icourse163.org/course/CCIT-1001755342>

制定人：巫君杰

审定人：余耀

批准人：王伟

2024 年 8 月

《功率半导体器件》课程教学大纲

一、课程基本信息

课程名称（中文）	功率半导体器件				
课程名称（英文）	Power Semiconductor Devices				
课程类别 ¹	专业主干课	课程性质 ²	必修	特殊课程类型 ³	
授课学期	第6学期	学分	2	考核方式	考试
课程学时及分配	总学时 ⁴	讲课学时	实验学时	线上学时	课外学时
	32	32	0	0	0
适用专业	微电子科学与工程				
选用教材	《功率半导体器件》，关艳霞、刘斌、吴美乐、卢雪梅著，机械工业出版社，2023年				
开课单位	集成电路科学与工程学院				
先修课程	固体物理与半导体物理，微电子器件基础，微电子工艺基础				
后续课程	无				
课程简介 (不少于500字)	<p>课程基本定位：《功率半导体器件》为微电子科学与工程专业的一门专业选修课。根据微电子科学与工程、微电子科学与工程等本科专业的特点和应用需要，该课程使学生对功率半导体器件的基础理论和最新发展有一个全面而系统的认识，掌握功率半导体器件的结构、功能、性能参数及设计方法，并培养学生在工程实践中的应用能力，提高学生的创新能力。</p> <p>核心学习结果：通过这门课的学习，了解功率半导体器件的分类、应用和发展，在此基础上掌握功率半导体器件（如二极管、晶闸管、MOSFET、IGBT等）的基本结构、工作原理和特性。理解功率半导体器件的I-V特性、阻断特性、开通与关断特性、反向恢复特性等关键参数。了解功率半导体器件的设计与制造工艺，包括材料选择、工艺参数优化等。</p> <p>主要教学方法：课堂授课：实行启发式教学，通过讲解、讨论等方式，重点突出功率半导体器件的结构、功能及物理特性。</p> <p>1、案例分析：引入实例，将理论知识与实际应用相结合，帮助学生更好地理解 and 掌握课程内容。</p> <p>2、在线平台：提供在线学习资源和交流平台，方便学生自主学习和互动交流。</p> <p>3、互动教学：采用小组讨论、翻转课堂等互动式教学方法，激发学生的学习兴趣 and 主动性，促进知识的内化和应用。</p>				

大纲更新时间	2024年8月
--------	---------

二、课程目标

序号	课程目标 ¹ （参考人才培养目标、毕业要求、课程定位）	支撑毕业要求指标点 ²	支撑思政指标点
1.	课程目标 1: 掌握功率半导体器件的基本概念，二极管、晶闸管、MOSFET、IGBT 等功率半导体器件的结构及相应的工作原理。	指标点 1.4 能够运用专业基础知识与数学、自然科学、计算分析方法比较与综合微电子工艺与集成电路测试领域工程问题的解决方案，并体现微电子工艺与集成电路测试领域先进技术。	指标点 1.1 心怀梦想，在困难面前能保持乐观心态，化压力为动力。
2.	课程目标 2: 能够根据给定的器件特性要求，设计和优化器件参数和器件结构。	指标点 3.4 能够在设计环节考虑社会、健康、安全、法律、文化以及环境等制约因素。	指标点 6.1 努力学习科学文化知识，扩大知识储备，能独立理性思考问题。
3.	课程目标 3: 掌握影响功率半导体器件电学特性的关键因素，能够从功率半导体器件的电学特性曲线提取半导体器件的关键参数。并对半导体器件的特性进行测量，对测量结果进行研究，并得到合理有效的结论。	指标点 4.4 能够分析和解释微电子工艺、测试设备的实验结果，并通过信息综合得到合理有效的结论。	指标点 8.1 主动了解、积极支持党和国家制定的各项路线、方针和政策。 指标点 8.2 具有民族认同感和自豪感，为民族复兴贡献自己的力量。

三、课程教学内容和基本要求

学生将学习以下课程内容并应达到如下基本要求：

第一章 绪论

该章节对应课程目标 1，对应思政指标点 1.1。

1. 教学内容

介绍功率半导体器件在电力电子技术中的重要性、基本原理、类型、应用以及发展趋势。

2. 知识要点

1)功率半导体器件的重要性：强调功率半导体器件在电力电子技术中的核心地位，是实现高效电能转换与控制的关键元件。

2)功率半导体器件的分类：介绍常见的功率半导体器件类型，如二极管（包括PIN二极管、肖特基二极管等）、晶闸管、MOSFET（金属氧化物半导体场效应晶体管）、IGBT（绝缘栅双极型晶体管）等。

3)功率半导体器件的应用领域：介绍功率半导体器件在工业控制、电力传输与分配、新能源发电、交通运输等多个领域的应用，以及其在提高能源利用效率、节能减排等方面的作用。

4)功率半导体器件的发展趋势：分析功率半导体器件技术的发展趋势，包括新材料（如SiC、GaN）的应用、新型器件结构的设计、制造工艺的改进以及智能化、集成化的发展方向。

3. 重点难点

1)重点：

掌握功率半导体器件的定义、分类及其在电力电子技术中的应用。

理解电力变流器的基本原理及其在电能转换中的作用。

2)难点：

深入理解各种类型功率半导体器件的工作原理和特性。

准确评估不同应用场景下功率半导体器件的性能需求和选择标准。

4. 基本要求

1)理解基本概念：清晰理解功率半导体器件的定义、分类及其在电力电子技术中的地位。

2)了解应用领域：熟悉功率半导体器件在不同领域的应用案例，理解其在提高能源利用效率、节能减排等方面的作用。

3)关注技术动态：关注功率半导体器件技术的最新发展动态，了解新材料、新工艺和新技术的发展趋势。

4)培养分析能力：培养分析和解决与功率半导体器件相关问题的能力，能够根据具体应用场景选择合适的器件并评估其性能表现。

5. 教学方法

视频/阅读拓展、讲授法

第二章 PN 结

该章节对应课程目标 1，对应思政指标点 1.1。

1. 教学内容：

PN 结的原理、特性及其在功率半导体器件中的应用。

2. 知识要点

1)PN结的形成：介绍PN结是如何通过P型半导体和N型半导体的接触形成的，以及接触界面处的电荷分布和电场建立。

2)PN结的I-V特性：详细阐述PN结在正向偏置和反向偏置下的电流-电压（I-V）特性，包括正向导通电流、反向饱和电流和击穿电压等概念。

3)PN结的阻断特性和击穿机制：分析PN结在反向偏置下的阻断能力，以及雪崩击穿和齐纳击穿等击穿机制。

4)PN结的电容特性：介绍PN结在不同偏置条件下的电容特性，包括扩散电容和势垒电容等。

3. 重点难点

重点：1)PN结的正反向I-V特性

2)PN结的击穿机制

难点：1)PN结击穿机制的深入理解。

2)PN结电容特性的分析。

4. 基本要求

1)理解基本概念：学生应掌握PN结的形成原理、I-V特性、阻断特性和击穿机制等基本概念。

2)掌握分析方法：能够运用半导体物理学和电路分析的方法，对PN结的特性进行分析和计算。

3)培养应用能力：通过学习和实践，学生能够将PN结的知识应用于功率半导体器件的设计和分析中。

5. 教学方法

阅读分享、随堂测试、讲授法、案例分析法、小组讨论法

第三章 PIN 二极管

该章节对应课程目标 2，对应思政指标点 6.1。

1. 教学内容

介绍PIN二极管的基本结构、IV特性、阻断特性、电容特性以及PIN二极管的制造工艺和关键技术。

2. 知识要点

1)PIN二极管的基本结构：详细讲解PIN二极管的物理结构，包括P层、I层（本征层，高阻层）、N层的构成及其作用。

2)PIN二极管的I-V特性曲线和电容特性。绘制并解释PIN二极管的I-V特性曲线，包括正向导通区、反向截止区和反向击穿区；讨论PIN二极管在不同偏置条件下的电容特性。

3)PIN二极管的制造工艺和关键技术：介绍PIN二极管的主要制造工艺步骤，如材料选择、外延生长、掺杂等。

4)PIN二极管的应用：介绍PIN二极管在射频电路、光电探测、微波通信、雷达系统等其他领域的应用。

3. 重点难点

重点：1)PIN二极管的正向和反向偏置特性。

2)PIN二极管的I-V特性曲线和电容特性的分析。

3)PIN二极管在射频电路中的应用实例。

难点：1)深入理解PIN二极管在反向偏置下的高阻特性和雪崩击穿机制。

2)分析PIN二极管在不同应用场景下的性能表现和优化方法。

4. 基本要求

1)理论基础：学生应具备半导体物理和电路分析的基本知识，以便理解PIN二极管的工作原理和特性。

2)分析能力：培养学生分析PIN二极管在不同电路中的工作状态和性能表现的能力。

3)应用能力：学生能够将PIN二极管应用于实际电路设计中，解决射频电路和其他领域中的具体问题。

5. 教学方法

随堂测试、翻转课堂、讲授法、案例分析法、小组讨论法、多媒体教学法

第四章 双极性型晶体管

该章节对应课程目标 2，对应思政指标点 8.1。

1. 教学内容

本章全面介绍了双极型晶体管（BJT）的基本原理、结构特性、电气性能以及在实际应用中的考虑因素。内容涵盖了从 BJT 的基本工作原理出发，到其特殊结构（特别是功率 BJT）的设计，再到其 I-V 特性、阻断特性、电流增益等关键性能参数的分析。此外，还讨论了硅 BJT 的局限性以及新型 SiC BJT 的优势。

2. 知识要点

1)双极型晶体管的工作原理：理解 BJT 如何通过控制基极电流来放大集电极电流，以及 NPN 和 PNP 型 BJT 的工作原理差异。

2)功率双极型晶体管的结构：熟悉功率 BJT 的特殊结构设计，包括发射区、基区和集电区的优化，以适应高功率、高电流的应用场景。

3)功率晶体管的 I-V 特性：掌握 BJT 的 I-V 特性曲线，包括截止区、放大区和饱和区的特性，以及不同偏置条件下 BJT 的 I-V 特性变化。

4)双极型晶体管的阻断特性：了解 BJT 在反向偏置条件下的阻断能力，以及影响阻断特性的因素。

5)双极型晶体管的电流增益：理解电流增益的概念及其计算方法，分析影响电流增益的因素。

6)基区展宽、电场再分布和二次击穿：掌握在高电流密度下 BJT 可能出现的基区展宽、电场再分布和二次击穿现象，以及这些现象对 BJT 性能的影响和防止措施。

7)硅双极型晶体管的局限性：分析硅 BJT 在高频、高温等极端条件下的性能限制。

8)SiC 双极型晶体管：了解 SiC BJT 作为一种新型高性能功率器件的优势和应用前景。

3. 重点难点

重点：1)BJT 的基本工作原理及其电流放大作用。

2)功率 BJT 的结构设计原理及其对性能的影响。

3)BJT 的 I-V 特性曲线及其分析方法。

4)电流增益的概念及其计算方法。

5)SiC BJT 相比传统硅 BJT 的优势。

难点：1)理解载流子在 BJT 各区域间的动态行为及其对电流的影响。

2)分析影响 BJT 性能的各种复杂因素及其相互作用。

3)掌握防止基区展宽、电场再分布和二次击穿等不利现象的措施。

4. 基本要求

1)理论知识：学生应掌握 BJT 的基本原理、结构特性和关键性能参数，能够解释其工作机制和性能表现。

2)分析能力：培养学生分析 BJT 在不同条件下的工作状态及其性能变化的能力，能够绘制并解释 I-V 特性曲线。

3)应用能力：学生能够根据实际应用需求选择合适的 BJT 类型，并考虑其性能限制和可靠性问题。

4)创新意识：了解 SiC 等新型材料在 BJT 中的应用前景，激发学生的创新思维和探索精

神。

5. 教学方法

随堂测试、讲授法、案例分析法、小组讨论法、多媒体教学法

第五章 晶闸管

该章节对应课程目标 2，对应思政指标点 8.1。

1. 教学内容

本章介绍晶闸管（Thyristor）的基本结构、功能模型、电气特性、触发方式以及不同类型的晶闸管。内容涵盖了晶闸管的工作原理、I-V 特性、阻断特性、触发机制、关断与恢复特性，以及双向晶闸管、门极关断晶闸管和门极换流晶闸管等特殊类型晶闸管的特点和应用。

2. 知识要点

1)结构与功能模型：理解晶闸管的基本结构，包括阳极（A）、阴极（K）和门极（G），以及各电极在晶闸管工作中的作用。同时，掌握晶闸管的功能模型，理解其作为可控整流器件的基本原理。

2)晶闸管的 I-V 特性：了解晶闸管在不同电压和电流条件下的 I-V 特性曲线，包括正向阻断区、正向导通区和反向阻断区的特性。

3)晶闸管的阻断特性：掌握晶闸管在反向电压和正向未触发状态下的阻断能力，理解其作为开关器件在电路中的应用。

4)发射极短路点的作用：了解发射极短路点在晶闸管设计中的作用，以及它如何影响晶闸管的性能。

5)晶闸管的触发方式：掌握晶闸管的触发机制，包括电压触发和电流触发两种方式，以及触发电路的设计原理。

6)触发前沿扩展：理解触发前沿扩展现象对晶闸管触发过程的影响，以及如何通过电路设计来优化触发性能。

7)随动触发与放大门极：了解随动触发技术及其在晶闸管控制中的应用，以及放大门极在提升触发灵敏度方面的作用。

8)晶闸管关断和恢复时间：掌握晶闸管从导通状态到阻断状态的关断过程及其恢复时间，理解这些参数对晶闸管性能和应用的影响。

3. 重点难点

重点：1)晶闸管的基本结构与工作原理。

2)晶闸管的 I-V 特性和阻断特性。

3)晶闸管的触发机制及触发电路设计。

不同类型晶闸管（如双向晶闸管、门极关断晶闸管）的特点和应用。

难点：理解晶闸管在复杂电路中的工作行为，特别是触发前沿扩展现象对性能的影响。

设计和优化触发电路，以确保晶闸管在不同工况下的可靠触发。

分析不同类型晶闸管在特定应用中的性能表现，并选择合适的晶闸管类型。

4. 基本要求

1)理论知识：学生应掌握晶闸管的基本结构、工作原理和电气特性，理解其作为可控整流器件的基本原理。

2)分析能力：培养学生分析晶闸管在不同电路中的工作状态及其性能变化的能力，能够识别并解决晶闸管在应用中可能出现的问题。

3)应用能力: 学生能够根据实际应用需求选择合适的晶闸管类型, 并设计相应的触发电路和控制策略。

4)创新意识: 了解晶闸管技术的发展趋势和应用前景, 激发学生的创新思维和探索精神。

5. 教学方法

资料查找、讲授法、案例分析法

第六章 MOS 晶体管

该章节对应课程目标 3, 对应思政指标点 8.2。

1. 教学内容

介绍 MOS 晶体管(特别是 MOSFET)及其在现代电子技术中的关键应用, 同时扩展到了基于宽禁带材料的场效应器件, 如 SiC(碳化硅)和 GaN(氮化镓)功率晶体管。内容涵盖了 MOSFET 的基本工作原理、结构、电气特性、工作区域、温度效应、开关性能、安全使用范围以及新型宽禁带材料器件的特性和应用前景。

2. 知识要点

1)MOSFET 基本工作原理: 栅极电压控制沟道导电性的机制; N 沟道和 P 沟道 MOSFET 的工作原理。

2)功率 MOSFET 的结构: 垂直型和横向型 MOSFET 的结构差异; 元胞结构、源极、漏极和栅极的设计特点。

3)MOS 晶体管的 I-V 特性: 转移特性曲线和输出特性曲线的含义; 阈值电压、跨导等关键参数的解释。

4)MOSFET 沟道特性: 沟道长度调制效应、短沟道效应及其影响; 沟道电阻的计算及其对性能的影响。

5)欧姆区域: 欧姆区域的定义及在该区域内 MOSFET 的工作特点。

6)现代 MOSFET 的补偿结构: 减轻短沟道效应和提高性能的技术手段, 如超结(Superjunction)结构。

7)MOSFET 特性的温度依赖性: 温度对阈值电压、迁移率、漏电流等参数的影响。

8)MOSFET 的开关特性: 开关时间(上升时间、下降时间)的定义和计算方法; 开关过程中电压和电流的变化波形。

9)MOSFET 的开关损耗: 开关损耗的组成(导通损耗、关断损耗、开关过渡损耗); 减小开关损耗的策略。

10)MOSFET 的安全工作区: SOA 的定义, 包括电压、电流和功率限制; 如何在设计中确保器件在 SOA 内工作。

11)MOSFET 的反并联二极管: 反并联二极管的作用(保护 MOSFET 免受反向电压损坏)及其特性对 MOSFET 性能的影响。

12)SiC 场效应器件: SiC 材料的优势(高击穿场强、高热导率); SiC MOSFET 和 JFET 的结构与特性。

13)GaN 横向和纵向功率晶体管: GaN 材料的特性及其在功率电子中的应用; 横向和纵向 GaN 晶体管的结构和性能对比。

3. 重点难点

重点: 1)MOSFET 的基本工作原理和 I-V 特性。

2)沟道特性的理解及其对 MOSFET 性能的影响。

3)MOSFET 的开关特性和损耗分析。

4)SiC 和 GaN 宽禁带功率晶体管的特性及应用前景。

难点: 1)沟道长度调制效应、短沟道效应等高级物理效应的理解及其对器件设计的影响。

2)现代 MOSFET 补偿结构的理解及其在提高性能方面的作用。

3)与传统硅材料相比, SiC 和 GaN 材料和器件的特性。

4. 基本要求

1)掌握 MOSFET 的基本工作原理、结构特点和 I-V 特性。

2)理解沟道特性、欧姆区域、温度依赖性等关键概念及其对 MOSFET 性能的影响。

3)能够分析 MOSFET 的开关特性, 包括开关时间和开关损耗, 并提出优化策略。

4)熟悉 MOSFET 的安全工作区及其设计方法。

5)了解 SiC 和 GaN 等宽禁带材料在功率电子器件中的应用, 理解其性能优势及未来发展趋势。

5. 教学方法

讲授法、案例分析法、小组讨论法

第七章 IGBT

该章节对应课程目标 3, 对应思政指标点 8.2。

1. 教学内容

本章详细介绍绝缘栅双极型晶体管 (IGBT) IGBT 的基本概念、功能模式、电气特性、不同类型、内部工作机制、现代改进技术以及其在电力电子领域的应用潜力和发展方向。内容涵盖了 IGBT 从基本原理到高级应用的多个方面, 为理解、设计及应用 IGBT 电路提供了全面的知识框架。

2. 知识要点

1)功能模式: 解释 IGBT 在不同控制信号下的工作模式, 包括导通、截止及饱和状态, 以及这些状态对电路性能的影响。

2)IGBT 的 I-V 特性: 阐述 IGBT 的电流-电压 (I-V) 关系, 包括正向导通特性和反向截止特性, 以及这些特性如何影响器件的功耗和效率。

3)IGBT 的开关特性: 分析 IGBT 在开关过程中的动态行为, 包括开通延迟时间、上升时间、关断延迟时间和下降时间, 以及这些参数对电路性能 (如开关损耗、电磁干扰等) 的影响。

4)基本类型: 介绍穿通型 (PT-IGBT) 和非穿通型 (NPT-IGBT) IGBT 的基本结构和特点, 比较它们在导通压降、关断速度、电流容量等方面的差异。

5)IGBT 中的等离子体分布: 探讨 IGBT 内部等离子体的形成、分布及其对器件性能的影响, 包括等离子体密度、温度分布等因素。

6)提高载流子浓度的现代 IGBT: 介绍现代 IGBT 技术中如何通过改进结构和材料 (如采用更高效的载流子注入机制) 来提高载流子浓度, 进而提升器件性能。

3. 重点难点

重点: IGBT 的 I-V 特性和开关特性。

难点: IGBT 内部等离子体分布及其对器件性能的影响

4. 基本要求

理论知识: 要求学生掌握 IGBT 的基本概念、工作原理、电气特性及不同类型的特点,

理解 IGBT 在电力电子电路中的作用和重要性。

分析能力：培养学生分析 IGBT 在不同应用条件下的性能表现，包括开关特性分析、损耗计算等。

创新思维：鼓励学生关注 IGBT 技术的最新进展，思考如何在现有基础上进行创新，提升 IGBT 的性能和应用范围。

5. 教学方法

讲授法、项目引导法、小组讨论法

四、学时分配

序号	章节名称	学时分配（共 32 学时）
1.	功率半导体器件概述	2
2.	PN 结	6
3.	PIN 二极管	8
4.	双极性型晶体管	6
5.	晶闸管	6
6.	MOS 晶体管	2
7.	IGBT	2

五、考核方式

模拟电子技术课程为本专业必修课，课程考核为：

过程性考核（40%，含课程参与 25%+作业测评 15%）+结果性考核（60%）。

1. 过程性考核（40%）

过程性评价方法及考核目标

考核内容	评价标准	支撑课程教学分目标	支撑毕业要求
课程参与 25%	参与度：主动参与各种课程活动，对讨论、项目或任务表现出高度的兴趣和热情。（10 分）	1、2、3	1.3、3.3、4.3
	贡献度：按时完成分配的任务，并达到一定的质量标准。（15 分）		
作业测评 15%	按时完成教师布置的等数量作业题目答题，有答题或计算过程和结论。（10 分）	1、2、3	1.3、3.3、4.3
	作业字迹清楚、答题或计算过程的思路清晰，结论正确（5 分）		

2. 结果性考核（60%）

课程考试评价方法及考核目标

考核内容	评价标准	支撑课程教学分目标	支撑毕业要求
闭卷考试 60%	考核对 PN 结、PIN 二极管、双极性型晶体管的结构、原理、IV 特性、阻断特性等知识点的掌握，考核其数学描述优化能力，并用于复杂工程现象的解释和预测。(40 分)	1	1.3
	考核对晶闸管、MOS 晶体管、IGBTDE 的 IV 特性、开关特性、损耗特性的掌握情况。考察利用相关知识理论对常用半导体器件进行模型建立分析能力。(60 分)	2	3.3
	考核在面对复杂问题时，是否能够运用功率半导体器件的理论和方法进行独立思考和创造性解决。(20 分)	3	4.3

六、参考书目及学习资料

1. 推荐教材：

《功率半导体器件》，关艳霞、刘斌、吴美乐、卢雪梅著，机械工业出版社，2023 年

2. 参考书目与文献：

《功率半导体器件基础》，B. Jayant Baliga 著，韩郑生、陆江等译，电子工业出版社，2013 年.

《功率半导体器件与应用》，斯蒂芬·林德著，肖曦、李虹等译，机械工业出版社，2016 年.

3. 在线学习资源：

中国大学 MOOC <https://www.icourse163.org/course/SUT-1462100163>

制定人：李睿

审定人：张黎可

批准人：王伟

2024 年 8 月

《工程伦理学》课程教学大纲

一、课程基本信息

课程名称（中文）	工程伦理学				
课程名称（英文）	Engineering Ethics				
课程类别 ¹	专业选修课	课程性质	选修	特殊课程类型	
授课学期	第1学期	学分	1	考核方式	考察
课程学时及分配	总学时	讲课学时	实验学时	线上学时	课外学时
	16	16	0	0	0
适用专业	电子信息类专业				
选用教材	《工程伦理学》，闫坤如，华南理工大学出版社，2016年				
开课单位	集成电路科学与工程学院				
先修课程	无				
后续课程	劳动实践、毕业实习				
课程简介	<p>课程基本定位：工程领域各专业本科生、相关工程领域教学、科研人员，以及广大工程科技和工程管理人员等。</p> <p>核心学习结果：解决工程伦理问题,培养三大基本伦理素质：伦理意识、伦理规范和伦理决策，培养工科大学生的工程伦理素质，使其具有工程伦理意识，掌握工程伦理规范，并提高他们的工程伦理决策能力。</p> <p>主要教学方法：以重点知识讲授为基础，以案例教学为特点，以职业伦理教育为重心。可采用课堂讲授、案例研讨、专题讨论等多种方式相结合。同时结合 MOOC、专家讲座等多种方式进行教学并且结合教材各章和参考文献安排课程内容的延伸阅读。</p>				
大纲更新时间	2024年8月				

二、课程目标

序号	课程目标 ¹ （参考人才培养目标、毕业要求、课程定位）	支撑毕业要求指标点 ²	支撑思政指标点
1.	课程目标 1：深入理解工程伦理相关概念和理论，培养相关从业者的工程伦理意识。	指标点 6.2: 能够合理分析和评价微电子工艺与集成电路测试实践对社会、健康、安全、法律和文化的的影响，并能解释应承担的责任。	指标点 2.1: 拥有对祖国强烈的认同感和归属感，维护国家的尊严和荣誉
2.	课程目标 2：系统把握工程伦理的基本规范，掌握具体工程领域的伦理规范要求。	指标点 7.2: 能够合理分析与评价微电子工艺与集成电路测试实践对环境、社会可持续发展的影响。	指标点 10.1: 尊重并遵守国家法律和法规，不违法乱纪，不参与非法活动
3	课程目标 3：全面提高工程伦理的决策能力，能够解决工程实践中的复杂伦理问题。	指标点 3.4: 能够在设计环节考虑社会、健康、安全、法律、文化以及环境等制约因素。	指标点 10.2: 了解自己的权利和义务，懂得通过合法途径维护合法权益

三、课程教学内容和基本要求

学生将学习以下课程内容并应达到如下基本要求：

第一章 工程与伦理

该章节对应课程教学分目标 1、2、3 和 4，对应课程育人分目标 1。

1. 教学内容

本章节的主要教学内容分为如下四个部分：

- 1、如何理解工程
- 2、如何理解伦理
- 3、工程实践中的伦理问题
- 4、如何处理工程实践中的伦理问题

2. 知识要点

本章节的知识要点主要包含：

- 1、理解工程:工程的定义与过程，技术与工程的关系，以及理解工程的维度。
- 2、理解伦理：道德与伦理，不同的伦理立场和伦理困境与伦理选择。
- 3、工程实践中的伦理问题：主要的工程伦理问题、工程伦理问题的特点。
- 4、如何处理工程实践中的伦理问题：伦理问题辨识，处理工程伦理的基本原则和思路。

3. 重点难点

本章重点在于理解工程和伦理。难点在于如何深入辨识工程中的伦理问题以及把握处理工程伦理问题的基本原则和思路。

4. 基本要求

- 1、了解工程的基本概念；
- 2、了解道德与伦理的基本概念；

- 3、了解主要的工程伦理问题、工程伦理问题的特点；
- 4、掌握处理工程伦理的基本原则和思路。

5. 教学方法

讲授

第二章 工程中的风险、安全与责任

该章节对应课程教学分目标 1、2、3 和 4，对应课程育人分目标 1。

1. 教学内容

本章节的主要教学内容分为如下三个部分：

- 1、工程风险的来源及防范
- 2、工程风险的伦理评估
- 3、工程风险中的伦理责任

2. 知识要点

本章节的知识要点主要包含：

- 1、工程风险的来源及防范：工程风险的来源及防范措施
- 2、工程风险的伦理评估：工程风险的伦理评估原则和伦理评估途径，工程风险的伦理评估方法
- 3、工程风险中的伦理责任：伦理责任概念及类型

3. 重点难点

本章重点在于掌握工程风险的三大来源及相关防范措施，难点在于如何理解并掌握评估工程风险遵循的基本原理和工程师需要承担的工程伦理责任。

4. 基本要求

- 1、了解工程风险的来源及防范措施；
- 2、了解工程风险的伦理评估原则、伦理评估途径和伦理评估方法；
- 3、了解伦理责任概念及类型

5. 教学方法

讲授

第三章 工程中的价值、利益与公正

该章节对应课程教学分目标 1、2、3 和 4，对应课程育人分目标 1。

1. 教学内容

本章节的主要教学内容分为如下四个部分：

- 1、工程的价值及其特点
- 2、工程所服务的对象与可及性
- 3、工程实践中的攸关方与社会成本承担
- 4、公正原则在工程的实现

2. 知识要点

本章节的知识要点主要包含：

- 1、工程的价值及其特点：导向性、多元性和综合性
- 2、工程所服务的对象与可及性：目标人群和可及性及普惠
- 3、工程实践中的攸关方与社会成本承担：邻避效应、工程活动的社会成本和利益攸关方
- 4、公正原则在工程的实现：四种类型的基本工作原则、利益补偿和利益协调机制

3. 重点难点

本章重点在于了解工程价值及特点、四种类型的基本工作原则、利益补偿和利益协调机制。难点在于如何保证工程实践中的公正原则。

4. 基本要求

- 1、掌握工程的价值及其特点；

- 2、了解工程所服务的对象与可及性；
- 3、了解邻避效应、工程活动的社会成本和利益攸关方；
- 4、掌握基本工作原则、利益补偿和利益协调机制；

5. 教学方法

讲授

第四章 工程活动中的环境伦理

该章节对应课程教学分目标 1、2、3 和 4，对应课程育人分目标 1。

1. 教学内容

本章节的主要教学内容分为如下三个部分：

- 1、工程活动中环境伦理观念的确立
- 2、工程活动中的环境价值与伦理原则
- 3、工程师的环境伦理

2. 知识要点

本章节的知识要点主要包含：

- 1、工程活动中环境伦理观念的确立：两种思路、基本思想及核心问题
- 2、工程活动中的环境价值与伦理原则：环境影响、环境道德要求、环境价值观和环境伦理原理
- 3、工程师的环境伦理：环境伦理责任、环境伦理规范

3. 重点难点

本章重点在于掌握工程活动中环境伦理观念基本思想及核心问题和环境伦理责任、环境伦理规范；难点在于如何深入理解环境道德要求、环境价值观和环境伦理原理。

4. 基本要求

- 1、了解两种思路、基本思想及核心问题；
- 2、掌握环境影响、环境道德要求、环境价值观和环境伦理原理；
- 3、掌握环境伦理责任、环境伦理规范；

5. 教学方法

讲授

第五章 工程师的职业伦理

该章节对应课程教学分目标 1、2、3 和 4，对应课程育人分目标 1。

1. 教学内容

本章节的主要教学内容分为如下三个部分：

- 1、工程职业
- 2、工程职业伦理
- 3、工程师的职业伦理规范

2. 知识要点

本章节的知识要点主要包含：

- 1、工程职业：职业的地位、性质与作用，工程职业制度
- 2、工程职业伦理：作为职业伦理的工程伦理，工程师职业伦理章程，工程职业伦理的实践指向
- 3、工程师的职业伦理规范：首要责任原则工程师的权利与责任，工程师的职业美德，应对职业行为中的伦理冲突

3. 重点难点

本章重点在于了解工程职业制度和掌握工程师职业伦理章程，难点在于如何准确应对职业行为中的伦理冲突，以更好地遵循工程师职业伦理。

4. 基本要求

- 1、工程职业制度；
- 2、了解工程师职业伦理章程和工程职业伦理的实践指向；
- 3、了解首要责任原则工程师的权利与责任，工程师的职业美德；
- 4、掌握应对职业行为中的伦理冲突；

5. 教学方法

讲授

第六章 信息与大数据的伦理问题

该章节对应课程教学分目标 1、2、3 和 4，对应课程育人分目标 1。

1. 教学内容

本章节的主要教学内容分为如下七个部分：

- 1、信息技术的社会影响
- 2、信息与大数据伦理问题
- 3、数字身份困境
- 4、大数据时代的个人隐私
- 5、数据权利
- 6、数据传输技术大数据公共治理伦理
- 7、大数据创新科技人员的伦理责任

2. 知识要点

本章节的知识要点主要包含：

- 1、信息技术的社会影响：信息技术特点
- 2、信息与大数据伦理问题：信息与网络空间伦理，大数据时代伦理新问题
- 3、数字身份困境：社会身份与社会责任，数字身份，数字身份管理的伦理分析
- 4、大数据时代的个人隐私：从个人信息到隐私保护的伦理思考，隐私权、个人信息权的法律实践
- 5、数据权利：数据的资产属性与数据权属，数据权属价值判断原则，防范数据滥用与垄断，从数据公开到数据开放
- 6、数据传输技术大数据公共治理伦理：中西公共治理价值观的差异，大数据公共治理的伦理选择
- 7、大数据创新科技人员的伦理责任：大数据伦理责任特点，大数据创新科技人员的伦理责任意识，大数据创新科技人员的伦理责任，大数据创新科技人员的行为规范

3. 重点难点

本章重点在于了解信息与大数据伦理问题、大数据公共治理伦理以及大数据创新科技人员的伦理责任，难点在于如何准确理解中西公共治理价值观的差异，大数据公共治理的伦理选择。

4. 基本要求

- 1、了解信息技术特点；
- 2、了解大数据时代伦理新问题；
- 3、了解数字身份管理的伦理分析；
- 4、了解个人隐私、数据权利及大数据公共治理伦理；
- 5、掌握大数据创新科技人员的伦理责任。

5. 教学方法

讲授

四、学时分配

序号	章节名称	学时分配（共 16 学时）
1.	工程与伦理	2
2.	工程中的风险、安全与责任	2
3.	工程中的价值、利益与公正	2
4.	工程活动中的环境伦理	2

5.	工程师的职业伦理	4
6.	信息与大数据的伦理问题	4

五、考核方式

《工程伦理学》课程为通信工程专业选修课，课程考核方式包括：课堂学习讨论及课后反馈表现（40%）+结果性考核（60%）。

1. 课堂学习讨论及课后反馈表现（40%）

包含课堂学习研讨、课后反馈表现、课内实验评价等。

课堂学习讨论及课后反馈表现评价方法及考核目标

考核内容	评价标准	支撑课程教学分目标	支撑毕业要求
课堂学习研讨，共 15 分。	阐述课程问题的过程中思路清晰，语言流畅，表达明确。（5 分）	1, 2, 3	6.2, 7.2, 8.1
	分析工程伦理学的设计实际工程案例，积极完成与同学、授课老师的互动与研讨，表达自己对案例的思考。（10 分）	1, 2, 3	
课后反馈表现，共 25 分。	按时完成、上交教师布置的作业题目。（10 分）	1, 2, 3	
	字迹清楚、答题设计过程和思路清晰，答案体现一定的思考性。（15 分）	1, 2, 3	

2. 结果性考核（60%）

课程考试评价方法及考核目标

考核内容	评价标准	支撑课程教学分目标	支撑毕业要求
期末大论文考查，共 60 分。	掌握工程伦理学的基本理论概念。（20 分）	1	6.2
	能够运用工程伦理学的课程知识对实践中的工程伦理做出独立的评判，对于违反工程伦理的案例能够给出合理的解决方案及举措。（30 分）	2	7.2
	论文知识案例丰富，结构层次分明，论点分明，用词合适，概念准确，准	3	8.1

	确表达论点或建议。(10分)		
--	----------------	--	--

六、参考书目及学习资料

1.推荐教材:

《工程伦理》(第2版),李正风、丛杭青、王前等编著,清华大学出版社,2019年。

2.参考书目与文献:

《工程伦理学(第二版)》,赵莉、姚立根著,高等教育出版社,2021年。

制定人:迟荣华

审定人:刘罡

批准人:王伟

2024年8月

《工程项目管理与经济决策》课程教学大纲

一、课程基本信息

课程名称（中文）	工程项目管理与经济决策				
课程名称（英文）	Engineering Project Management and Economic Decision				
课程类别 ¹	专业选修课	课程性质 ²	必修	特殊课程类型 ³	创新创业
授课学期	第5学期	学分	0.5	考核方式	考试
课程学时及分配	总学时 ⁴	讲课学时	实验学时	线上学时	课外学时
	16	16	0	0	0
适用专业	电子信息类专业				
选用教材	《现代工程项目管理》，白礼彪，机械工业出版社，2024年				
开课单位	集成电路科学与工程学院				
先修课程	《科技论文写作与专利申请》、《工程创造学》				
后续课程	《创新实践（1）》、《工程经济学》				
课程简介 (不少于500字)	<p>课程基本定位：工程项目管理与经济决策课程是一门必修的创新创业教育课程，属于创新创业教育平台。</p> <p>核心学习结果：本课程是电子信息类专业主要的创新创业教育课程。本课程引导学生从工程项目管理的角度看待问题，应用工程项目管理的理念和方法分析问题、解决问题的能力。</p> <p>主要教学方法：本课程通过知识讲授和案例讨论等课程教学方式，使学生对工程项目管理有一个整体认知，了解和掌握工程项目管理的核心理论和方法；培养学生自觉和正确地应用工程项目理论知识指导实践工作。</p>				
大纲更新时间	2024年8月				

二、课程目标

序号	课程目标 ¹ （参考人才培养目标、毕业要求、课程定位）	支撑毕业要求指标点 ²	支撑思政指标点
1.	在光电信息类的工程项目中能考虑到不同制约因素	指标点 7.2: 能够合理分析与评价微电子工艺与集成电路测试实践对环境、社会可持续发展的影响。	指标点 6.2: 在创新创业实践活动中探索新思路新技术，解决实际问题

2.	了解并掌握工程项目管理的基本知识，理解工程实践对环境、社会的影响，激起学生对工程项目的兴趣。	指标点 8.2: 能够在微电子工艺与集成电路测试实践中理解并遵守诚实公正、诚信守则的工程职业道德和规范。	指标点 8.1: 主动了解、积极支持当和国家制定的各项路线、方针和政策
3.	在复杂的光电信息类工程项目中，具有一定的组织管理能力和协调能力。	指标点 11.1: 能够掌握微电子工艺与集成电路测试相关领域涉及的工程管理原理与经济决策方法。 指标点 11.2: 能够认知微电子工艺与集成电路测试与产品全周期、全流程的成本构成，能够理解和描述其中涉及的工程管理与经济决策问题。	

三、课程教学内容和基本要求

学生将学习以下课程内容并应达到如下基本要求

第一章 绪论

该章节对应课程目标 6.1，对应思政指标点 6.2

1. 教学内容

项目管理并非新概念，它已存在数百年之久。项目成果是领导者和项目经理在工作中应用项目管理实践、原则、过程、工具和技术的结果。这些项目经理运用一系列关键技能和知识来满足客户和参与项目或受项目影响的其他人的要求。二十世纪中期，项目经理开始致力于将项目管理确立为一种职业，其中一个方面就是对知识体系 (BOK) 的内容，即项目管理达成一致意见。这一知识体系后来称为“项目管理知识体系(PMBOK)”。项目管理协会 (PMI) 制定了一套有关项目管理知识体系的图表和词汇基准。项目经理很快意识到，并非一本书就可以包含项目管理知识体系的所有内容。

2. 知识要点

项目与工程项目的概念及特征、工程项目的分类、生命周期与基本建设、项目管理过程组与知识领域

3. 重点难点

项目与工程项目的概念及特征、项目管理过程组与知识领域

4. 基本要求

- (1) 了解项目和工程项目的基本概念与特点
- (2) 掌握什么是项目管理，了解项目管理与企业管理的区别
- (3) 掌握项目管理的知识体系包含内容
- (4) 理解并掌握工程项目管理的概念以及特点

5. 教学方法

课堂讲授中重点对基本概念、基本方法和解题思路的讲解；采用启发式教学，培养学生

思考能力、分析问题和解决问题的能力；引导和鼓励学生通过自学获取知识，培养学生的自学能力。

第二章 项目经理与项目组织

该章节对应课程目标 9.2，对应思政指标点 8.1

1. 教学内容

项目经理在领导项目团队达成项目目标方面发挥至关重要的作用。在整个项目期间，这个角色的作用非常明显。很多项目经理从项目启动时参与项目，直到项目结束。不过，在某些组织内，项目经理可能会在项目启动之前就参与评估和分析活动。这些活动可能包括咨询管理层和业务部门领导者的想法，以推进战略目标的实现、提高组织绩效，或满足客户需求。某些组织可能还要求项目经理管理或协助项目的商业分析、商业论证的制定以及项目组合管理事宜。项目经理还可能参与后续跟进活动，以实现项目的商业效益。不同组织对项目经理的角色有不同的定义，但本质上它们的裁剪方式都一样——项目管理角色需要符合组织需求，如同项目管理过程需要符合项目需求一般。

2. 知识要点

项目经理的定义、项目经理的影响力范围、项目经理的能力、执行整合

3. 重点难点

项目经理的影响力范围、项目经理的能力

4. 基本要求

- (1) 了解各个组织机构中项目经理的权力大小
- (2) 掌握 PMO 的三种类型
- (3) 理解项目经理的定义
- (4) 掌握 PMI 人才三角
- (5) 了解项目经理的几种权力和几种领导力风格

5. 教学方法

课堂讲授中重点对基本概念、基本方法和解题思路的讲解；采用启发式教学，培养学生思考能力、分析问题和解决问题的能力；引导和鼓励学生通过自学获取知识，培养学生的自学能力。

第三章 项目整合管理

该章节对应课程目标 9.2，对应思政指标点 6.2

1. 教学内容

项目整合管理由项目经理负责。虽然其他知识领域可以由相关专家（如成本分析专家、进度规划专家、风险管理专家）管理，但是项目整合管理的责任不能被授权或转移。只能由项目经理负责整合所有其他知识领域的成果，并掌握项目总体情况。项目经理必须对整个项目承担最终责任。项目与项目管理本质上具有整合性质，例如，为应急计划制定成本估算时，就需要整合项目成本管理、项目进度管理和项目风险管理知识领域中的相关过程。在识别出与各种人员配备方案有关的额外风险时，可能需要再次进行上述某个或某几个过程。项目管理过程组的各个过程之间经常反复发生联系。例如，在项目早期，规划过程组为执行过程组提供书面的项目管理计划；然后，随着项目的进展，规划过程组还将根据变更情况，更新项目管理计划。

2. 知识要点

制定项目章程、制定项目管理计划、指导与管理项目工作、监控项目工作、实施整体变更控制、结束项目或阶段

3. 重点难点

制定项目管理计划、指导与管理项目工作、实施整体变更控制

4. 基本要求

- (1) 了解项目章程的作用
- (2) 了解项目管理计划的工具
- (3) 理解指导和管理项目工作的两个重要输入、输出
- (4) 掌握管理项目知识的三个要点
- (5) 了解监控项目工作的目的

5. 教学方法

课堂讲授中重点对基本概念、基本方法和解题思路的讲解；采用启发式教学，培养学生思考能力、分析问题和解决问题的能力；引导和鼓励学生通过自学获取知识，培养学生的自学能力。

第四章 项目范围管理

该章节对应课程目标 6.1，对应思政指标点 6.2

1. 教学内容

在项目环境中，“范围”这一术语有两种含义：

- (1) 产品范围。某项产品、服务或成果所具有的特征和功能。
- (2) 项目范围。为交付具有规定特性与功能的产品、服务或成果而必须完成的工作。

项目范围有时也包括产品范围。从预测型方法到适应型或敏捷型方法，项目生命周期可以处于这个连续区间内的任何位置。在预测型生命周期中，在项目开始时就对项目可交付成果进行定义，对任何范围变化都要进行渐进管理。而在适应型或敏捷型生命周期中，通过多次迭代来开发可交付成果，并在每次迭代开始时定义和批准详细的范围。

2. 知识要点

规划范围管理、收集需求、定义范围、创建 WBS、确认范围、控制范围

3. 重点难点

收集需求、创建 WBS、控制范围

4. 基本要求

- (1) 了解项目范围管理的定义
- (2) 掌握 WBS 的创建方法
- (3) 理解控制范围的定义、范围蔓延的定义

5. 教学方法

课堂讲授中重点对基本概念、基本方法和解题思路的讲解；采用启发式教学，培养学生思考能力、分析问题和解决问题的能力；引导和鼓励学生通过自学获取知识，培养学生的自学能力。

第五章 项目进度管理

该章节对应课程目标 6.1，对应思政指标点 6.2

1. 教学内容

项目进度计划提供详尽的计划，说明项目如何以及何时交付项目范围中定义的产品、服

务和成果，是一种用于沟通和管理相关方期望的工具，为绩效报告提供了依据。项目管理团队选择进度计划方法，例如关键路径法或敏捷方法。之后，项目管理团队将项目特定数据，如活动、计划日期、持续时间、资源、依赖关系和制约因素等输入进度计划编制工具，以创建项目进度模型。这件工作的成果就是项目进度计划。图 6-2 是进度计划工作的概览，展示如何结合进度计划编制方法、编制工具及项目进度管理各过程的输出来创建进度模型。在小型项目中，定义活动、排列活动顺序、估算活动持续时间及制定进度模型等过程之间的联系非常密切，以至于可视为一个过程，能够由一个人在较短时间内完成。但本章仍然把这些过程分开介绍，因为每个过程所用的工具和技术各不相同。有关某些过程的更详细的描述，请参见《进度计划实践标准》

2. 知识要点

规划进度管理、定义活动、排列活动顺序、估算活动持续时间、制定进度计划、控制进度

3. 重点难点

定义活动、排列活动顺序、估算活动持续时间、控制进度

4. 基本要求

- (1) 进度管理计划中无进度
- (2) 掌握排列活动顺序的工具与输出
- (3) 掌握如何估算活动的持续时间
- (4) 掌握制定进度计划的工具和输出

5. 教学方法

课堂讲授中重点对基本概念、基本方法和解题思路的讲解；采用启发式教学，培养学生思考能力、分析问题和解决问题的能力；引导和鼓励学生通过自学获取知识，培养学生的自学能力。

第六章 项目成本管理

该章节对应课程目标 6.1，对应思政指标点 6.2

1. 教学内容

项目成本管理重点关注完成项目活动所需资源的成本，但同时也应考虑项目决策对项目产品、服务或成果的使用成本、维护成本和支持成本的影响。例如，限制设计审查的次数可降低项目成本，但可能增加由此带来的产品运营成本。成本管理的另一个方面是认识到不同的相关方会在不同的时间，用不同的方法测算项目成本。例如，对于某采购品，可在做出采购决策、下达订单、实际交货、实际成本发生或进行项目会计记账时，测算其成本。在很多组织中，预测和分析项目产品的财务效益是在项目之外进行的，但对于有些项目，如固定资产投资项，可在项目成本管理中进行这项预测和分析工作。在这种情况下，项目成本管理还需使用其他过程和许多通用财务管理技术，如投资回报率分析、现金流贴现分析和投资回收期分析等。

2. 知识要点

规划成本管理、估算成本、制定预算、控制成本

3. 重点难点

规划成本管理、估算成本、制定预算、控制成本

4. 基本要求

- (1) 掌握估算成本的定义，工具和输出
- (2) 掌握应急储备和管理储备的区别
- (3) 掌握排列活动顺序的工具和输出
- (4) 掌握制定预算的定义，工具和输出

5. 教学方法

课堂讲授中重点对基本概念、基本方法和解题思路的讲解；采用启发式教学，培养学生思考能力、分析问题和解决问题的能力；引导和鼓励通过自学获取知识，培养学生的自学能力。

四、学时分配

序号	章节名称	学时分配 (共 16 学时)
1.	绪论	2
2.	项目经理与项目组织	4
3.	项目整合管理	2
4.	项目范围管理	2
5.	项目进度管理	4
6.	项目成本管理	2

五、考核方式

工程项目管理与经济决策课程为光电信息科学与工程专业必修课，课程考核方式包括：课堂学习讨论及课后反馈表现（40%）+结果性考核（60%）。

1. 课堂学习讨论及课后反馈表现（40%）

课堂学习研讨、课后反馈表现、学术论文、调研报告、作业测评、阶段性测试等。

课堂学习讨论及课后反馈表现评价方法及考核目标

考核内容	评价标准	支撑课程教学分目标	支撑毕业要求
课堂、课后习题研讨，共 25 分。	分析课堂习题，完成互动与研讨，表达自己的观点，提出自己的问题解决方案。（15 分）	1	6.1
	阐述观点的过程中思路清晰，表达明确。（10 分）	2	7.1
课内知识点的熟悉程度，关键知识点的了解程度，共 15 分。	收集资料、熟悉关键知识点。（8 分）	2	7.1
	了解关键知识点的应用，并能分析应用的合理性及技术改进的方向性。（7 分）	2	7.1

2. 结果性考核（60%）

闭卷考试

课程考试评价方法及考核目标

考核内容	评价标准	支撑课程教学分目标	支撑毕业要求
闭卷考试，共60分。	掌握工程项目管理的概念、特点、类型、目标和任务。掌握工程项目的事业环境因素和组织过程资产。（15分）	1	6.1
	理解并掌握工程项目在 ITTO 的整合中需要关注的关键点。理解工程项目范围管理在规划和监控过程中的作用。明确项目质量的影响因素、控制步骤以及工具和技术。（20分）	2	7.1
	理解并掌握工程项目中的进度管理在规划和监控中的作用，理解进度管理中的输入和输出，会用关键路径法计算项目进度的时间节点。能根据施工项目的具体情况编制施工成本计划。（25分）	3	9.2

六、参考书目及学习资料

1. 推荐教材：《现代工程项目管理》，机械工业出版社，白礼彪，2024年5月1日第一版。
2. 推荐参考书目：《项目管理》，机械工业出版社，杰弗里 K.宾图（Jeffrey K.Pinto）著，2018年11月第一版。
3. 在线学习资源：学习通相关线上课程

制定人：黄孙港

审定人：刘罡

批准人：王伟

2024年8月

《工程创造学》课程教学大纲

一、课程基本信息

课程名称（中文）	工程创造学				
课程名称（英文）	Engineering Creativity				
课程类别 ¹	专业选修课	课程性质 ²	选修	特殊课程类型 ³	
授课学期	第2学期	学分	0.5	考核方式	考查
课程学时及分配	总学时 ⁴	讲课学时	实验学时	线上学时	课外学时
	16	16	0	0	0
适用专业	电子信息类专业				
选用教材	《创造学教程第2版（原理与实践）》，郭业才，清华大学出版社，2022年				
开课单位	集成电路科学与工程学院				
先修课程	工程伦理学				
后续课程	创新实践（1）（2）				
课程简介 （不少于500字）	<p>课程基本定位：本课程是电子信息类专业主要的创新创业课程，是专业选修课程。本课程培养学生理解创造学的基础知识，通过科学的创造性思维训练，运用合理的创造技法进行创新创业活动，而且了解创造过程中知识产权的重要性。</p> <p>核心学习结果：本课程系统地以实际应用为目标来介绍工程创造学的基本概念和基础知识。主要内容包括创造学、创造力、创造性思维、创造原理与技法等。使学生能够深刻理解和掌握创造学的理论和方法，并注重实际应用。本课程通过启发每一位大学生对发明创造活动的兴趣，激起学生独立提出问题并寻求解决问题新技术方案的需要，让学生学会创造性地应用所学知识解决问题。通过设计实际创新案例，强调学生在学习知识的过程中，关注社会责任感。</p> <p>主要教学方法：工程创造学是以“学科通识性、表述趣味性、内容新颖性、交叉融合性”为指导思想，着重介绍创造力开发、创造性思维及训练、创造技法及其应用和发明创造实施流程等，要求学生学会运用创造性的方法解决工程中的问题。课程教学坚持OBE原则，以学生学习效果为导向，开展持续改进。</p>				
大纲更新时间	2024年8月				

二、课程目标

序号	课程目标 ¹ （参考人才培养目标、毕业要求、课程定位）	支撑毕业要求指标点 ²	支撑思政指标点
1	课程目标 1: 理解并掌握创造力及其开发、创造性思维与训练、创造原理与技法等方面的基本知识和基本理论，激起学生对发明创造的兴趣。	指标点 3.3: 能够完成微电子工艺与集成电路测试领域的设计，并在设计中体现创新意识。	指标点 1.2: 以辩证唯物主义和历史唯物主义的世界观认识和改造客观世界
2	课程目标 2: 理解本专业方向的标准、专利、政策法规，并能在创新活动中协调多文化的影响。	指标点 4.2: 能够根据微电子工艺、测试设备与其应用需求，选择研究路线，设计实验方案。	指标点 6.2: 在创新创业实践活动中探索新思路新技术，解决实际问题
3	课程目标 3: 对实际中遇到的问题要善于分析，创造性地运用知识解决问题的能力，并且能撰写对复杂工程问题的创新报告。	指标点 11.3: 能够将工程管理原理或经济决策方法与工具应用于多学科环境下的工程设计与实践。 指标点 12.2: 能够根据个人或职业发展的需求理解相应的技术问题，具有归纳总结、提出问题的能力。	指标点 10.1: 尊重并遵守国家法律和法规，不违法乱纪，不参与非法活动

三、课程教学内容和基本要求

学生将学习以下课程内容并应达到如下基本要求：

第一章 创造学概述

该章节对应课程目标 1，对应思政指标点 1.2

1. 教学内容

- (1) 创造学及其发展
- (2) 与创造学有关概念间的关系分析
- (3) 创造学的研究目的和研究内容
- (4) 创造学与传统学科和素质教育的关系

2. 知识要点

- (1) 创造学的含义和发展概况；
- (2) 发现、发明，创新、创造与创造力；
- (3) 创造学的研究目的、基本原理和基本内容；
- (4) 创造学与传统科学和素质教育的关系。

3. 重点难点

重点：发现与发明，创新、创造与创造力的关系
难点：创造学的基本原理

4. 基本要求

- (1)了解创造学的含义和发展概况;
- (2)理清与创造学有关概念间的关系,如发现与发明,创新、创造与创造力;
- (3)掌握创造学的研究目的、基本原理和基本内容;
- (4)能理解创造学与传统科学和素质教育的关系。

5. 教学方法

讲授、案例、讨论法

第二章 创造力及其开发

该章节对应课程目标 2, 对应思政指标点 6.2

1. 教学内容

- (1) 创造力概述
- (2) 创造力特点
- (3) 创造力开发模式与途径

2. 知识要点

- (1) 创造力的含义、构成要素和功能模型;
- (2) 创造力特点, 普遍性和特殊性, 自然属性和社会属性, 能动性和可开发性;
- (3) 创造力的开发模式与途径。

3. 重点难点

重点: 创造力的特点

难点: 创造力的开发模式

4. 基本要求

- (1) 了解创造力的含义、构成要素和功能模型;
- (2) 掌握创造力特点, 普遍性和特殊性, 自然属性和社会属性, 能动性和可开发性;
- (3) 理解创造力的开发模式与途径。

5. 教学方法

讲授、案例、讨论法

第三章 创造性思维与训练

该章节对应课程目标 3, 对应思政指标点 10.1

1. 教学内容

- (1) 思维概述
- (2) 创造性思维概述
- (3) 创造性思维过程
- (4) 创造性思维的基本形式

2. 知识要点

- (1) 创造性思维的含义和特征;
- (2) 理解创造性思维过程;
- (3) 掌握创造性思维的基本形式。

3. 重点难点

重点: 创造性思维的基本形式

难点: 创造性思维的特征

4. 基本要求

- (1) 了解创造性思维的含义和特征；
- (2) 理解创造性思维过程；
- (3) 掌握创造性思维的基本形式。

5. 教学方法

讲授、案例、讨论法

第四章 创造原理与技法

该章节对应课程目标 1，对应思政指标点 1.2

1. 教学内容

- (1) 创造原理
- (2) 创造技法概述
- (3) 智力激励法
- (4) 联想技法
- (5) 组合分解技法
- (6) 列举技法
- (7) 形态分析技法
- (8) 类比性技法

2. 知识要点

- (1) 各类不同的创造原理，如组合、综合、分离、还原、移植等；
- (2) 创造技法的含义和分类；
- (3) 不同类型的创造技法，如智力激励、联想、组合分解、列举、形态分析和类比等。

3. 重点难点

重点：组合、移植创造原理

难点：智力激励技法、形态分析技法

4. 基本要求

- (1) 理解各类不同的创造原理，如组合、综合、分离、还原、移植等；
- (2) 了解创造技法的含义和分类；
- (3) 掌握不同类型的创造技法，如智力激励、联想、组合分解、列举、形态分析和类比等。

5. 教学方法

讲授、案例、讨论法

第五章 发明创造实施流程

该章节对应课程目标 2，对应思政指标点 6.2

1. 教学内容

- (1) 选择创造课题
- (2) 构思课题创造方案
- (3) 完成课题阶段

2. 知识要点

- (1) 创造课题的选择；
- (2) 创造方案的构思；
- (3) 课题完成阶段需要对发明创造的实施。

3. 重点难点

重点：发明创造成果的评价指标

难点：创造设想、建立模型

4. 基本要求

- (1) 了解创造课题的选择；
- (2) 理解创造方案的构思；
- (3) 理解课题完成阶段需要对发明创造的实施。

5. 教学方法

讲授、案例、讨论法

四、学时分配

序号	章节名称	学时分配 (共 16 学时)
1.	第一章 创造学概述	2
2.	第二章 创造力及其开发	4
3.	第三章 创造性思维与训练	3
4.	第四章 创造原理与技法	5
5.	第五章 发明创造实施流程	2

五、考核方式

工程创造学课程为光电信息科学与工程专业选修课，课程考核方式包括：课堂学习讨论及课后反馈表现（30%）+课程报告（70%）。

1. 课堂学习讨论及课后反馈表现（30%）

课堂学习研讨、课后反馈表现、学术论文、调研报告、作业测评、阶段性测试等

课堂学习讨论及课后反馈表现评价方法及考核目标

考核内容	评价标准	支撑课程教学分目标	支撑毕业要求
课堂教学研讨及出勤率考核，共10分。	分析创造学案例，完成互动与研讨，表达自己的观点，提出自己的设想。（5分）	1、2	3.3、4.2
	阐述观点的过程中思路清晰，表达明确。（5分）	3	11.3
课后作业的完成程度，重要创造学概念的掌握程度，共20分。	课后完成20-30个习题，考核学生对每章节知识点的复习、理解和掌握程度，将全部作业的平均成绩计入总成绩（20分）	1、2、3	3.3、4.2、11.3

2. 结果性考核（70%）

论文考查

课程考试评价方法及考核目标

考核内容	评价标准	支撑课程教学分目标	支撑毕业要求
课程报告，共70分。	报告满分100分，考查学生理解并掌握创造力及其开发、创造性思维与训练、创造原理与技法等方面的基本知识和基本理论，按报告评分标准判分。(20分)	1	3.3
	报告满分100分，考察学生理解本专业方向的标准、专利、政策法规，并能在创新活动中协调多文化的影响，按报告评分标准判分。(30分)	2	4.2
	报告满分100分，考察学生对实际中遇到的问题要善于分析，创造性地运用知识解决问题的能力，按报告评分标准判分。(20分)	3	11.3

六、参考书目及学习资料

1. 《创造学基础简明教程》，哈尔滨工程大学出版社，井永腾 主编，2017年第1版

制定人：李婉怡

审定人：刘罡

批准人：王伟

2024年8月

《MEMS 技术》课程教学大纲

一、课程基本信息

课程名称（中文）	MEMS 技术				
课程名称（英文）	MEMS Technology				
课程类别 ¹	专业选修课	课程性质 ²	选修	特殊课程类型 ³	
授课学期	第 4 学期	学分	1	考核方式	考试
课程学时及分配	总学时 ⁴	讲课学时	实验学时	线上学时	课外学时
	16	16	0	0	0
适用专业	微电子科学与工程				
选用教材	《微机电系统工程基础》，蒋永刚编著，北京航空航天大学出版社，2023 年				
开课单位	集成电路科学与工程学院				
先修课程	微电子科学与工程专业导论、大学物理 II				
后续课程	微纳传感器与应用				
课程简介 (不少于 500 字)	<p>课程基本定位：（描述课程在专业人才培养中的地位）《MEMS 技术》是微电子科学与工程专业本科生的专业选修课程，在专业人才培养中占据核心地位，是连接微电子、机械工程与材料科学等多学科的桥梁，旨在培养学生微纳尺度下的系统设计、制造与测试能力，为培养具有创新精神和实践能力的工程技术人才提供关键支撑。</p> <p>核心学习结果：（体现课程的核心教学目标）掌握 MEMS 制造与应用的核心理论与技术，培养其跨学科综合应用能力，通过理论学习加深对微纳尺度下系统设计与制造工艺的理解。同时，课程旨在激发学生的创新思维，提升解决实际工程问题的能力，为学生在微电子、机械工程及相关领域的发展奠定坚实的专业基础，并引导其关注技术前沿，拓展国际视野，成长为具备高度专业素养和创新精神的复合型人才。</p> <p>主要教学方法：多媒体教学：利用 PPT、视频等多媒体教学手段，直观展示 MEMS 器件的结构、工作原理及制造过程，提高学生的学习兴趣和理解能力。案例教学：通过引入 MEMS 领域的典型案例，如微传感器、微执行器等，讲解其设计、制造和应用过程，帮助学生掌握解决实际问题的能力。互动教学：采用提问、讨论、小组合作等互动方式，鼓励学生积极参与课堂，提高学习效果。同时，设立答疑环节，及时解决学生在学习过程中遇到的问题。</p>				

大纲更新时间	2024年8月
--------	---------

二、课程目标

序号	课程目标 ¹ （参考人才培养目标、毕业要求、课程定位）	支撑毕业要求指标点 ²	支撑思政指标点
1.	课程目标 1：熟悉微系统的一些基本概念、基本原理；对各种微传感器和 MEMS 器件有初步的了解。	2.4：能够运用微电子工艺与集成电路测试领域基本原理和方法，并结合文献研究，分析微电子工艺与集成电路测试领域中工程活动过程的影响因素，获得有效结论。	5.2：对自己职业有强烈的敬业精神，努力提高职业效益和质量。
2.	课程目标 2：熟悉用于 MEMS 的材料，掌握光刻、离子注入、扩散、氧化、化学气相沉积等微系统制造基本工艺以及体硅微制造技术、表面微加工技术等微加工技术，了解 MEMS 器件的制备工艺流程。	2.4：能够运用微电子工艺与集成电路测试领域基本原理和方法，并结合文献研究，分析微电子工艺与集成电路测试领域中工程活动过程的影响因素，获得有效结论。	7.1：具有为人民服务的意识，积极参加社会公益实践活动。
3.	课程目标 3：初步具备微机电系统的设计与实现的能力，以及了解微机电系统的封装与测试技术。	6.2：能够合理分析和评价微电子工艺与集成电路测试实践对社会、健康、安全、法律和文化的影响，并能解释应承担的责任	8.2：具有民族认同感和自豪感，为民族复兴贡献自己的力量。

三、课程教学内容和基本要求

学生将学习以下课程内容并应达到如下基本要求：

第一章 微机电系统（MEMS）概述

该章节对应课程目标 1，对应思政指标点 5.2

1. 教学内容

- (1) MEMS(微机电系统)的定义。
- (2) 微机电系统的发展。
- (3) 微机电系统技术的应用。
- (4) 微机电系统的制造方法。
- (5) 微机电系统的发展趋势。

2. 知识要点

- (1) 微机电系统的概念、其实现的过程与优点。
- (2) 微机电系统从 20 世纪 50 年代至今的发展历程及各发展阶段的代表事件与技术应

用。

(3) 微机电系统在日常生活、医疗健康、航空航天等领域的应用。

(4) 微机电系统按工艺过程的能量原理、工艺过程的物质状态、按加工策略分类等不同的制造方法。

(5) 微机电系统的发展趋势。

3. 重点难点

重点：理解微机电系统的概念。

难点：微机电系统概念的正确全面理解。

4. 基本要求

(1) 掌握微机电系统的概念，了解其实现的过程与优点。

(2) 了解微机电系统的发展历程及各发展阶段的代表事件与技术应用。

(3) 了解微机电系统在日常生活、医疗健康、航空航天等领域的应用。

(4) 了解微机电系统按工艺过程的能量原理、工艺过程的物质状态、按加工策略分类等不同的制造方法。

(5) 了解微机电系统的发展趋势。

5. 教学方法

讲授与多媒体展示、互动讨论和案例分析。

第二章 MEMS 材料与光刻技术

该章节对应课程目标 2，对应思政指标点 7.1

1. 教学内容

(1) MEMS 材料。

(2) 光刻装置与基本流程。

(3) 光刻关键因素。

(4) 前沿光刻技术。

2. 知识要点

(1) MEMS 材料：硅及其化合物、压阻材料、压电材料、铁电材料、磁性材料、光刻胶等特性。

(2) 光刻的基本流程：光刻所用掩模版及制造；光刻机的类型与特点。

(3) 光刻关键因素：衍射、分辨率、焦深。

(4) 前沿光刻技术介绍：极紫外光刻、X 射线光刻、电子束直写。

3. 重点难点

重点：各种 MEMS 材料的特性；光刻的基本流程及关键操作。

难点：理解各种光刻各流程对光刻结果的影响；理解光刻机的工作原理及不同光刻机之间的差异。

4. 基本要求

(1) 掌握各 MEMS 材料、掩模版、光刻胶的概念及特性。

(2) 掌握光刻的基本流程；认识光刻机的种类，掌握其原理，以及不同光刻机之间的差别。

(3) 了解光刻的关键因素。

(4) 了解前沿的光刻技术。

5. 教学方法

讲授与多媒体展示、互动讨论和案例分析。

第二章 MEMS 材料与光刻技术

该章节对应课程目标 2，对应思政指标点 7.1

1. 教学内容

- (1) MEMS 材料。
- (2) 光刻装置与基本流程。
- (3) 光刻关键因素。
- (4) 前沿光刻技术。

2. 知识要点

- (1) MEMS 材料：硅及其化合物、压阻材料、压电材料、铁电材料、磁性材料、光刻胶等特性。
- (2) 光刻的基本流程：光刻所用掩模版及制造；光刻机的类型与特点。
- (3) 光刻关键因素：衍射、分辨率、焦深。
- (4) 前沿光刻技术介绍：极紫外光刻、X 射线光刻、电子束直写。

3. 重点难点

重点：各种 MEMS 材料的特性；光刻的基本流程及关键操作。

难点：理解各种光刻各流程对光刻结果的影响；理解光刻机的工作原理及不同光刻机之间的差异。

4. 基本要求

- (1) 掌握各 MEMS 材料、掩模版、光刻胶的概念及特性。
- (2) 掌握光刻的基本流程；认识光刻机的种类，掌握其原理，以及不同光刻机之间的差别。
- (3) 了解光刻的关键因素。
- (4) 了解前沿的光刻技术。

5. 教学方法

讲授与多媒体展示、互动讨论和案例分析。

第三章 表面加工工艺

该章节对应课程目标 2，对应思政指标点 7.1

1. 教学内容

- (1) 氧化工艺。
- (2) 热扩散与离子注入。
- (3) 表面沉积工艺。
- (4) 表面加工中的应力问题。
- (5) 典型表面加工工艺流程。

2. 知识要点

- (1) 氧化工艺：干法热氧化和湿法热氧化的工作原理、特点。
- (2) 热扩散与离子注入的原理、特点及对比。
- (3) 表面沉积工艺：物理气相沉积、化学气相沉积、电镀等工艺的原理、设备及特性。

(4) 表面加工中的应力的产生及调控途径。

(5) 典型表面加工工艺流程介绍。

3. 重点难点

重点：干法热氧化和湿法热氧化的工作原理、特点；热扩散与离子注入的原理、特点；表面沉积工艺：物理气相沉积、化学气相沉积、电镀等工艺的原理、设备及特性。

难点：理解各种表面加工工艺的特点及差异。

4. 基本要求

(1) 掌握干法热氧化和湿法热氧化等两种氧化工艺的工作原理和特点。

(2) 掌握热扩散与离子注入的原理、特点。

(3) 掌握物理气相沉积、化学气相沉积、电镀等表面沉积工艺的原理、设备及特性。

(4) 了解表面加工中的应力的产生及调控途径。

(5) 了解典型表面加工工艺流程。

5. 教学方法

讲授与多媒体展示、互动讨论和案例分析。

第四章 体微加工工艺

该章节对应课程目标 2，对应思政指标点 7.1

1. 教学内容

(1) 刻蚀方法与关键参数

(2) 湿法化学刻蚀

(3) 气相化学刻蚀

(4) 等离子体刻蚀

2. 知识要点

(1) 刻蚀的原理及关键参数。

(2) 湿法刻蚀的基本原理、基本过程及问题；硅的各向同性、各向异性湿法刻蚀及案例。

(3) 气相化学刻蚀： XeF_2 、 HF 气相化学刻蚀的原理和特点及应用案例。

(4) 等离子体刻蚀的机理及特点。

3. 重点难点

重点：刻蚀的关键参数；湿法刻蚀的基本原理、基本过程；常用的气相化学刻蚀的原理和特点。

难点：理解各种刻蚀加工工艺的原理、特点及差异。

4. 基本要求

(1) 掌握刻蚀的原理及关键参数。

(2) 掌握各种刻蚀加工工艺的原理、特点及差异。

5. 教学方法

讲授与多媒体展示、互动讨论和案例分析。

第五章 键合与自组装

该章节对应课程目标 2，对应思政指标点 7.1

1. 教学内容

- (1) 键合技术。
- (2) 自组装技术。

2. 知识要点

(1) 键合技术：阳极键合、硅硅直接键合、等离子体辅助键合、金属扩散键合、共晶键合、树脂键合等键合技术的原理、特点及应用。

(2) 键合评价标准。

(3) 自组装技术：表面张力自组装、残余应力自组装、磁场辅助自组装、电磁辅助自组装的概念及特点。

3. 重点难点

重点：各种键合技术原理及特点、应用；各种自组装技术概念及特点。

难点：理解各种键合技术原理。

4. 基本要求

(1) 掌握键合技术的原理、特点及应用。

(2) 掌握各种自组装技术的概念及特点。

5. 教学方法

讲授与多媒体展示；互动讨论和案例分析。

第六章 MEMS 工艺设计综合

该章节对应课程目标 3，对应思政指标点 8.2

1. 教学内容

典型 MEMS 结构加工

2. 知识要点

典型 MEMS 结构加工：悬浮结构、多层结构、非硅复合、纳米结构等加工案例介绍。

3. 重点难点

重点：典型 MEMS 结构加工过程。

难点：理解典型 MEMS 结构加工过程。

4. 基本要求

(1) 了解典型 MEMS 结构加工过程。

5. 教学方法

讲授与多媒体展示、互动讨论和案例分析。

四、学时分配

序号	章节名称	学时分配 (共 16 学时)
1.	微机电系统 (MEMS) 概述	2
2.	MEMS 材料与光刻技术	4
3.	表面加工工艺	3
4.	体微加工工艺	3
5.	键合与自组装	2
6.	MEMS 工艺设计综合	2

五、考核方式

《MEMS 技术》课程为微电子专业课程专业必修课，课程考核方式包括：过程性考核（40%，含课程参与 10%+课程作业 10%+课程报告 30%）+结果性考核（50%）。

1. 过程性考核（50%）

过程性评价方法及考核目标

考核内容	评价标准	支撑本课程教学分目标	支撑毕业要求
课程参与 10%	主动参与各种课程活动，对讨论、项目或任务表现出高度的兴趣和热情。（5 分）	1、2、3	2.4、6.2
	按时完成分配的任务，并达到一定的质量标准。（5 分）		
课程作业 10%	按时完成教师布置的等数量作业题目答题，有答题或计算过程和结论。（10 分）	1、2、3	2.4、6.2
课程报告 30%	应用各种手段查阅资料、获取信息，完成课程报告。（20 分）	1、2、3	2.4、6.2

2. 结果性考核（50%）

课程考试评价方法及考核目标

考核内容	评价标准	支撑课程教学分目标	支撑毕业要求
闭卷考试 50%	掌握 MEMS 基本概念、原理、发展历程及主要应用领域的理解。（20 分）	1	2.4
	考核学生对 MEMS 常用材料（如硅、金属、陶瓷等）的性质、选择依据及加工特性的理解；评价学生掌握光刻、离子注入、扩散、氧化、化学气相沉积等微系统制造基本工艺的程度；考察学生对体硅微制造技术、表面微加工技术、键合和自组装等关键微加工技术的理解与应用能力（70 分）	2	2.4
	初步具备微机电系统（MEMS）设计与实现能力，需掌握物理、电子及工程基础知识，并能应用这些知识设计解决方案，考虑创新、安全、法律等因素。（10 分）	3	6.2

六、参考书目及学习资料

1.推荐教材：《微机电系统工程基础》，蒋永刚编著，北京航空航天大学出版社，2023年。

2.参考书目与文献：

《微机电系统》，苑伟政，乔大勇，虞益挺编著，西北工业大学出版，2021年。

《微机电系统（MEMS）制造技术》，苑伟政，乔大勇著，科学出版社，2017年。

3.在线学习资源：学堂在线（MEMS与微系统）：

<https://www.xuetangx.com/course/THU08071000253/16905756>

制定人：张黎可

审定人：余耀

批准人：王伟

2024年8月

《量子力学》课程教学大纲

一、课程基本信息

课程名称（中文）	量子力学				
课程名称（英文）	Quantum Mechanics				
课程类别 ¹	专业选修课	课程性质 ²	选修	特殊课程类型 ³	
授课学期	第4学期	学分	2	考核方式	考试
课程学时及分配	总学时 ⁴	讲课学时	实验学时	线上学时	课外学时
	32	32	0	0	0
适用专业	微电子科学与工程				
选用教材	《量子力学教程》（第三版），周世勋，高等教育出版社，2022年				
开课单位	集成电路科学与工程学院				
先修课程	高等数学、大学物理				
后续课程	固体物理与半导体物理、微电子器件基础				
课程简介 (不少于500字)	<p>课程基本定位：（描述课程在专业人才培养中的地位）</p> <p>《量子力学》课程是微电子科学与工程专业的一门专业选修课程，也是微电子类的核心课程，课程内容是本学科发展一个重要方向。本课程旨在通过系统学习量子力学的基本原理和理论，加深学生对近代物理学的理解与认识，为后续课程的学习和独立解决实际问题提供必要的理论支持。</p> <p>核心学习结果：（体现课程的核心教学目标）</p> <p>通过本课程的学习，熟练掌握量子力学基本原理，微观粒子运动图像，力学量的算符理论，表象理论，自旋及其描述，初步会用量子力学的知识解决简单实际问题。深刻理解描述微观世界物理思想，将力学量算符、波函数的物理意义与测量、表象等知识联系起来，了解算符与矩阵的关系。学会求解简单的定态薛定谔方程，分析实际问题。</p> <p>主要教学方法：</p> <p>1、课堂讲授：课堂讲授中重点对力学量算符、波函数、测量、表象等基本概念、基本方法和解题思路进行讲解；采用启发式教学，培养学生思维能力、分析问题和解决问题的能力；</p> <p>2、在线平台：提供在线学习资源和交流平台，引导和鼓励学生通过自学获取知识，培养学生的自学能力；</p> <p>3、互动教学：采用小组讨论、翻转课堂等互动式教学方法，加深对基本概念和基本方法的理解，增加讨论，调动学生的主观能动性，培养学生的动手能力和创新能力。</p>				

大纲更新时间	2024年8月
--------	---------

二、课程目标

序号	课程目标 ¹ （参考人才培养目标、毕业要求、课程定位）	支撑毕业要求指标点 ²	支撑思政指标点
1.	课程目标 1: 掌握量子力学的基本概念，包括波粒二象性、量子态、概率波（波函数）、量子叠加态、不确定性原理	指标点 1.1: 掌握数学、自然科学、工程基础和专业知识推演、并能用于电路与系统领域智能检测技术与装置的复杂工程问题的表述。	指标点 3.2: 在自己的岗位上尽职尽责，为社会的进步贡献力量
2.	课程目标 2: 能够将数学、自然科学、和专业知 识用于解决量子力学相关理论问题。熟练掌握量子力学基本原理，微观粒子运动图像，力学量的算符理论，表象理论。	指标点 1.2: 能够运用数学、自然科学、计算和工程科学基本概念、基本理论和基本方法对实际问题进行数学建模并求解。	指标点 6.2: 在创新创业实践活动中，探索新思路新技术，解决实际问题
3.	课程目标 3: 在面对复杂问题时，能够运用量子力学的理论和方法进行独立思考 and 创造性解决。	指标点 2.2: 能够运用专业知识和数学模型方法解释与描述微电子工艺与集成电路测试领域复杂工程问题。	指标点 8.1: 主动了解、积极支持党和国家制定的各项路线、方针和政策

三、课程教学内容和基本要求

学生将学习以下课程内容并应达到如下基本要求：

第一章 绪论

该章节对应课程目标 1，对应思政指标点 3.2。

1. 教学内容

(1) 量子力学的诞生：介绍经典物理学在解释微观现象时遇到的困难，如黑体辐射、光电效应、原子光谱的线状结构等，以及这些困难如何促使量子力学的诞生。

(2) 光的波粒二象性：详细阐述光的波动性和粒子性，并通过实验（如光电效应、康普顿散射）证明光的波粒二象性。

(3) 量子假设与能量子：介绍普朗克的能量子假设，以及爱因斯坦的光子理论，解释这些理论如何解决经典物理学无法解释的问题。

(4) 量子力学的基本原理：概述量子力学的基本框架，如波函数、薛定谔方程等，为后续章节的学习做铺垫。

2. 知识要点

(1) 经典物理学的局限性：理解经典物理学在解释微观现象时的不足。

(2) 光的波粒二象性：掌握光的波动性和粒子性的实验证据，理解两者之间的联系。

(3) 量子假设：熟悉普朗克的能量子假设和爱因斯坦的光子理论，理解其物理意义。

(4) 量子力学的基本原理：初步了解波函数、薛定谔方程等量子力学的基本概念。

3. 重点难点

(1) 重点：

- 光的波粒二象性的理解与应用。
- 能量子假设和光子理论的物理意义。
- 量子力学基本概念的建立与理解。

(2) 难点：

- 光的波粒二象性的统一理解，这涉及到波动性和粒子性两种看似矛盾的性质
的并存。
- 量子力学基本原理的抽象性，如波函数、薛定谔方程等概念的理解需要较高的
数学和物理素养。

4. 基本要求

(1) 理论掌握：要求学生掌握量子力学的基本概念、原理和理论框架，理解其物理意义和应用范围。

(2) 实验理解：通过实验案例（如光电效应、康普顿散射）加深对光的波粒二象性的理解。

(3) 数学基础：具备一定的数学基础，特别是高等数学和线性代数知识，以便更好地理解和应用量子力学中的数学工具。

(4) 科学思维：培养学生的科学思维方式和创新能力，激发对量子力学及其应用领域的兴趣和探索精神。

5. 教学方法

视频/阅读拓展、讲授法

第二章 波函数和薛定谔方程

该章节对应课程目标 2，对应思政指标点 3.2。

1. 教学内容

(1) 介绍波函数的基本概念，即微观粒子的运动状态可用一个复数形式的波函数来描述。

(2) 阐述波函数的统计解释，即波函数在空间某一点的强度（振幅绝对值的平方）与在该点找到粒子的几率成比例。

(3) 讨论波函数的归一化条件，确保粒子在全空间出现的总几率为 1。

(4) 介绍态叠加原理，即如果两个波函数分别描述体系的可能状态，则它们的线性叠加也描述体系的一个可能状态。

(5) 推导并介绍薛定谔方程，说明它是描述微观粒子运动状态的基本方程。

(6) 介绍粒子流密度的概念，并推导出粒子数守恒定律。

(7) 讨论定态薛定谔方程及其解的性质，如能量本征值和本征函数。

(8) 作为薛定谔方程的具体应用，介绍一维无限深势阱模型及其解、线性谐振子模型及其波函数和能量本征值、粒子在势垒存在时的隧穿现象，即势垒贯穿。

2. 知识要点

(1) 波函数的定义与性质：复数形式，描述粒子状态，统计解释。

(2) 归一化条件：确保粒子在全空间出现的总几率为 1。

- (3) 态叠加原理：线性叠加的波函数也描述体系的可能状态。
- (4) 薛定谔方程：描述微观粒子运动状态的基本方程。
- (5) 粒子流密度与守恒定律：粒子流密度的定义及粒子数守恒。
- (6) 定态与非定态：定态薛定谔方程及其解的性质。
- (7) 具体模型应用：一维无限深势阱、线性谐振子、势垒贯穿等。

3. 重点难点

(1) 重点：

- 波函数的统计解释：理解波函数如何描述粒子在空间各点出现的几率。
- 态叠加原理：掌握态叠加原理的物理意义和应用。
- 薛定谔方程：推导和理解薛定谔方程，掌握其物理意义。

(2) 难点：

- 波函数的深入理解：波函数作为描述微观粒子状态的工具，其抽象性和统计性较难理解。
- 薛定谔方程的求解：对于复杂体系，薛定谔方程的求解可能涉及复杂的数学运算和物理近似。
- 态叠加原理的应用：在实际问题中如何正确应用态叠加原理来描述体系的可能状态。

4. 基本要求

- (1) 理解基本概念：深入理解波函数、态叠加原理、薛定谔方程等基本概念。
- (2) 掌握推导过程：掌握薛定谔方程的推导过程及其物理意义。
- (3) 学会应用：能够运用所学知识解决实际问题，如求解一维无限深势阱等模型的问题。
- (4) 培养思维：培养抽象思维和逻辑思维能力，理解微观粒子运动的统计规律性。

5. 教学方法

阅读分享、随堂测试、讲授法、案例分析法、小组讨论法

第三章 量子力学中的力学量

该章节对应课程目标 2，对应思政指标点 3.2。

1. 教学内容

- (1) 介绍量子力学中用于描述微观粒子运动状态的力学量及其算符表示，包括动量、角动量、能量等基本力学量的算符形式，以及这些算符的本征值和本征函数。
- (2) 讨论厄米算符的性质、力学量的平均值、不确定关系等重要概念。

2. 知识要点

(1) 力学量的算符表示：量子力学中，力学量如动量、角动量、能量等不再以经典物理中的标量或矢量形式出现，而是以算符的形式表示。这些算符作用于波函数，可以得到新的波函数或相应的力学量值。

(2) 厄米算符：厄米算符是一种特殊的算符，它满足 $(A\psi, \varphi) = (\psi, A\varphi)$ （其中表示复共轭），即厄米算符的矩阵表示是共轭对称的。在量子力学中，所有可观测的力学量对应的算符都必须是厄米的。

(3) 本征值和本征函数：一个算符作用于某个函数，如果结果等于一个常数乘以该函数，则这个常数称为该算符的本征值，该函数称为该算符的本征函数。本征值和本征函数在量子力学中具有重要意义，它们描述了微观粒子可能的状态和对应的力学量值。

(4) 力学量的平均值：在量子力学中，力学量的平均值是通过波函数和算符的运算得到的，它描述了微观粒子在某一状态下力学量的统计平均值。

(5) 不确定关系：海森堡不确定关系指出，微观粒子的某些力学量（如位置和动量）不能同时被精确测定，它们之间存在一个最小的不确定度。这是量子力学区别于经典力学的一个重要特征。

3. 重点难点

(1) 重点：

- 力学量的算符表示及其性质。
- 厄米算符的定义、性质及其在量子力学中的应用。
- 本征值和本征函数的概念及其在描述微观粒子状态中的作用。
- 力学量平均值的计算方法及其物理意义。

(2) 难点：

- 厄米算符的深入理解及其在量子力学中的广泛应用。
- 不确定关系的物理意义及其推导过程。
- 如何运用量子力学中的力学量算符和本征值理论来分析和解决具体问题。

4. 基本要求

- (1) 理解并掌握量子力学中力学量的算符表示方法及其性质。
- (2) 能够识别并判断厄米算符，理解厄米算符在量子力学中的重要性。
- (3) 掌握本征值和本征函数的概念及其在描述微观粒子状态中的应用。
- (4) 能够计算力学量的平均值，并理解其物理意义。
- (5) 理解并掌握不确定关系的物理意义及其推导过程，能够运用不确定关系分析微观粒子的运动状态。

5. 教学方法

随堂测试、翻转课堂、讲授法、案例分析法、小组讨论法、多媒体教学法、实验操作法

第四章 态和力学量的表象

该章节对应课程目标 2，对应思政指标点 6.2。

1. 教学内容

(1) 态的表象：介绍态在不同表象中的表示方法，如坐标表象、动量表象等，并讨论态矢量在不同表象中的等价性。

(2) 算符的矩阵表示：详细阐述算符在一般表象和自身表象中的表示方式，以及算符表示矩阵的性质，如厄米性、加法、乘法等。

(3) 量子力学公式的矩阵表示：介绍期望值公式、本征值方程、薛定谔方程等量子力学基本公式的矩阵表示形式。

(4) 幺正变换（表象变换）：讲解表象变换的概念、表象变换矩阵的性质，以及态矢量和力学量在不同表象之间的变换方法。

(5) 狄拉克符号：介绍狄拉克符号表示方法及其在量子力学中的应用，包括右矢、左矢、标积、正交归一化条件等。

(6) 线性谐振子与占有数表象：介绍线性谐振子的哈密顿量、粒子数算符、升降算符等概念，以及占有数表象的构建和应用。

2. 知识要点

- (1) 表象的概念：态和力学量的具体表示方式称为表象。
- (2) 态矢量的表示：态矢量在不同表象中有不同的表示形式，但描述的是同一量子态。
- (3) 算符的矩阵表示：算符在某一表象中对应一个矩阵，矩阵元表示基矢在算符作用下的变化性质。
- (4) 幺正变换：通过幺正变换可以实现态矢量和力学量在不同表象之间的转换，且幺正变换不改变算符的本征值和矩阵的迹。
- (5) 狄拉克符号：一种简洁的量子力学表示方法，用于描述态和力学量，不依赖于具体表象。
- (6) 线性谐振子与占有数表象：线性谐振子的哈密顿量、粒子数算符、升降算符等概念及其在占有数表象中的应用。

3. 重点难点

- (1) 重点：
 - 熟练掌握波函数和力学量算符在任一表象中的矩阵形式的推导过程。
 - 了解幺正变换和幺正矩阵的定义和性质，掌握波函数和力学量算符在任意两种不同表象之间互相变换的推导过程。
 - 灵活熟练掌握狄拉克符号表示方法和本征矢的封闭性。
- (2) 难点：
 - 理解表象变换的物理意义和数学实现方式。
 - 掌握算符在其自身表象中是对角矩阵这一重要结论，并理解其物理含义。
 - 熟练运用狄拉克符号进行量子力学公式的推导和计算。

4. 基本要求

- (1) 理解基本概念：深入理解表象、态矢量、算符、幺正变换、狄拉克符号等基本概念。
- (2) 掌握推导方法：熟练掌握波函数和力学量算符在不同表象中的矩阵表示推导方法，以及态矢量和力学量在不同表象之间的变换方法。
- (3) 灵活运用：能够灵活运用所学知识解决量子力学中的实际问题，如求解本征值和本征函数、进行表象变换等。
- (4) 培养能力：通过本章的学习，培养学生的逻辑思维能力、抽象思维能力和数学推导能力。

5. 教学方法

随堂测试、讲授法、案例分析法、小组讨论法、多媒体教学法

第五章 微扰理论

该章节对应课程目标 3，对应思政指标点 8.1。

1. 教学内容

- (1) 非简并定态微扰理论：介绍当体系的哈密顿量可以分解为基本部分和微扰部分时，如何求解非简并能本征值和本征态的近似方法。
- (2) 简并情况下的微扰理论：讨论在能级简并的情况下，如何应用微扰理论求解能量本征值和本征态。
- (3) 氢原子的一级斯塔克效应：作为微扰理论的一个具体应用，详细分析氢原子在电场作用下的能级和波函数变化。

(4) 变分法：介绍另一种求解量子力学问题的近似方法——变分法，并讨论其在量子力学中的应用。

(5) 与时间有关的微扰理论：探讨当哈密顿量随时间变化时，如何应用微扰理论求解体系的动态行为。

(6) 跃迁几率：讨论量子力学中跃迁几率的计算方法，以及跃迁与微扰理论的关系。

(7) 光的发射和吸收：结合微扰理论，分析原子在光场作用下的发射和吸收过程。

(8) 选择定则：介绍量子力学中的选择定则，解释哪些跃迁是允许的，哪些是不允许的。

2. 知识要点

(1) 微扰理论的基本概念：理解微扰理论的基本思想，即将复杂问题分解为可求解的基本部分和微小扰动部分。

(2) 非简并定态微扰理论的求解步骤：掌握求解非简并能量本征值和本征态的近似方法，包括零级近似、一级近似等。

(3) 简并情况下的特殊处理：了解在能级简并时，如何对微扰理论进行修正以得到正确的解。

(4) 氢原子斯塔克效应的分析：熟悉氢原子在电场作用下的能级和波函数变化，理解电场对原子能级的影响。

(5) 变分法的应用：了解变分法的基本原理及其在量子力学中的应用场景。

(6) 与时间有关的微扰理论：掌握当哈密顿量随时间变化时，如何应用微扰理论求解体系的动态行为。

(7) 跃迁几率的计算：熟悉跃迁几率的计算公式和计算方法，理解跃迁与微扰理论的关系。

(8) 光的发射和吸收过程：了解原子在光场作用下的发射和吸收过程，以及这些过程与微扰理论的关系。

3. 重点难点

(1) 重点：

- 熟练掌握非简并定态微扰理论的求解步骤和方法。
- 理解简并情况下的微扰理论修正方法。
- 掌握氢原子斯塔克效应的分析方法。
- 熟悉跃迁几率的计算公式和计算方法。

(2) 难点：

- 在能级简并时，如何正确应用微扰理论进行修正。
- 理解并应用变分法求解量子力学问题。
- 掌握与时间有关的微扰理论的求解方法，理解体系动态行为的变化规律。

4. 基本要求

(1) 理解基本概念：深入理解微扰理论、变分法、跃迁几率等基本概念。

(2) 掌握求解方法：熟练掌握非简并定态微扰理论、简并情况下的微扰理论、变分法等求解方法。

(3) 熟悉应用场景：了解微扰理论在量子力学中的广泛应用场景，如氢原子斯塔克效应、光的发射和吸收等。

(4) 培养能力：通过本章的学习，培养学生的逻辑思维能力、分析问题和解决问题的能力。

能力，以及将理论知识应用于实际问题的能力。

5. 教学方法

资料查找、讲授法、案例分析法

四、学时分配

序号	章节名称	学时分配（共 32 学时）
1.	绪论	2
2.	波函数和薛定谔方程	10
3.	量子力学中的力学量	10
4.	态和力学量的表象	6
5.	微扰理论	4

五、考核方式

量子力学课程为本专业选修课，课程考核为：

过程性考核（40%，含课程参与 25%+作业测评 15%）+结果性考核（60%）。

1. 过程性考核（40%）

过程性评价方法及考核目标

考核内容	评价标准	支撑课程教学分目标	支撑毕业要求
课程参与 25%	参与度：主动参与各种课程活动，对讨论、项目或任务表现出高度的兴趣和热情。（10分）	1、2、3	1.1、1.2、2.2
	贡献度：按时完成分配的任务，并达到一定的质量标准。（15分）		
作业测评 15%	按时完成教师布置的等数量作业题目答题，有答题或计算过程和结论。（10分）	1、2、3	1.1、1.2、2.2
	作业字迹清楚、答题或计算过程的思路清晰，结论正确（5分）		

2. 结果性考核（60%）

课程考试评价方法及考核目标

考核内容	评价标准	支撑课程教学分目标	支撑毕业要求
闭卷考试 60%	考核对微观粒子的波粒二象性、波函数、态叠加原理等概念的掌握，考核其数学描述优化能力，并用于复杂工程现象的解释和预测。（40	1	1.1

分)		
考核对薛定谔方程的建立、几率流密度、粒子数守恒定理等基本原理的掌握情况。考察利用量子力学理论对微观粒子的运动状态进行模型分析的能力。(40分)	2	1.2
考核在面对复杂问题时，是否能够运用量子力学的理论和方法进行独立思考和创造性解决。(20分)	3	2.2

六、参考书目及学习资料

1. 推荐教材：
《量子力学教程》（第二版），周世勋，高等教育出版社，2009年。
2. 参考书目与文献：
《量子力学教程》，曾谨言，科学出版社，2003年。
3. 在线学习资源：
国家高等教育智慧平台 <https://higher.smartedu.cn/course/63604e7d96788f54b7677e84>
Bohrium科研平台 https://bohrium.dp.tech/courses/9812988822?utm_source=bdsem&utm_medium=search&utm_campaign=bohrium&utm_term=ae75cca6cee888cd&bd_vid=11248695331407101163&tab=courses

制定人：李睿

审定人：余耀

批准人：王伟

2024年8月

《半导体材料与工艺》课程教学大纲

一、课程基本信息

课程名称（中文）	半导体材料与工艺				
课程名称（英文）	Semiconductor Materials and Process Technology				
课程类别 ¹	专业主干课	课程性质 ²	选修	特殊课程类型 ³	
授课学期	第4学期	学分	2	考核方式	考试
课程学时及分配	总学时 ⁴	讲课学时	实验学时	线上学时	课外学时
	32	16	16	0	0
适用专业	微电子科学与工程				
选用教材	《半导体材料》，张源涛、杨树人、徐颖主编，科学出版社，2023年				
开课单位	集成电路科学与工程学院				
先修课程	大学物理 II				
后续课程	微电子器件基础、微电子工艺基础				
课程简介 (不少于 500 字)	<p>课程基本定位：《半导体材料与工艺》为微电子科学与工程专业的一门重要专业选修课，通过本课程的学习，掌握半导体材料的相关知识，为后续的相关专业课程打好基础。</p> <p>核心学习结果：使学生掌握半导体材料的基本理论与知识框架，包括其分类、物理性质、制备工艺及在电子器件中的应用。学生将能够分析半导体材料的特性，理解其在现代电子技术中的关键作用，并具备初步解决半导体材料相关问题的能力。此外，课程还旨在培养学生的实验技能、创新思维及跨学科应用能力，为未来的学习与研究奠定坚实基础。</p> <p>主要教学方法： 理论讲授：通过多媒体课件和讲授法，系统介绍半导体材料的基本概念、分类、物理性质、生长制备工艺等理论知识，帮助学生建立扎实的理论基础。案例分析：结合半导体材料在实际应用中的案例进行分析讨论，加深学生对理论知识的理解，并了解其在工程实践中的应用。实验教学：通过霍尔效应实验等实验课程，让学生亲自动手操作，观察实验现象，记录实验数据，并进行分析讨论，培养学生的动手能力和科学思维。课堂讨论：组织学生进行课堂讨论，针对半导体材料的某个主题或问题进行深入交流，激发学生的学习兴趣 and 主动性，培养学生的批判性思维和团队合作能力。</p>				
大纲更新时间	2024年8月				

二、课程目标

序号	课程目标 ¹ （参考人才培养目标、毕业要求、课程定位）	支撑毕业要求指标点 ²	支撑思政指标点
1.	掌握半导体材料的基本概念、分类、物理性质等基础理论知识；理解半导体材料特性及其在各种电子器件中应用。	3.1：能够掌握微电子工艺与集成电路测试领域工程设计的全周期与全流程设计/开发方法和技术，并根据设计目标，确定合适的技术方案。	1.2：以辩证唯物主义和历史唯物主义的世界观认识和改造客观世界
2.	掌握半导体材料的制备工艺，包括单晶硅的制备、区熔提纯、晶体生长以及硅外延生长等关键技术。理解这些工艺的原理、步骤及其在实际生产中的应用，为从事半导体材料研究或生产工作打下基础。	3.2：能够针对微电子工艺与集成电路测试领域的特定需求，包括信息采集、存储和处理等，完成设备和系统单元（部件）的方案设计。	1.2：以辩证唯物主义和历史唯物主义的世界观认识和改造客观世界
3.	运用所学的半导体材料知识去分析和解决相关的工程问题。这包括理解半导体材料中杂质和缺陷的影响、掌握半导体材料的性能测试方法以及评价半导体材料在电子器件中的表现等。	4.1：能够根据系统需求，通过文献研究、理论分析、数值仿真等手段，分析微电子工艺与集成电路测试领域复杂工程问题的解决方案。	7.2：关心公共事务，保护大众利益，为班级进步和发展贡献力量

三、课程教学内容和基本要求

学生将学习以下课程内容并应达到如下基本要求：

第一章 半导体材料概述

该章节对应课程目标 1，对应思政指标点 1.2

1. 教学内容

- (1) 半导体材料发展历程。
- (2) 半导体材料分类。
- (3) 半导体材料的发展趋势介绍。

2. 知识要点

- (1) 半导体材料的基本概念、特有的五个基本性质、生长制备工艺的发展历程。
- (2) 半导体材料的分类：按组分分类、按材料的研发时间分类。
- (3) 半导体材料的发展趋势：从大的发展过程来看。

3. 重点难点

重点：

- (1) 半导体材料的定义与五个基本电学性质，以及这些特性在电子器件中的应用。
- (2) 半导体材料的分类：区别和特性。

难点:

半导体材料电学性能影响因素的理解。

4. 基本要求

- (1) 需要掌握半导体材料的基本定义。
- (2) 掌握半导体材料独特的电学特性。
- (3) 了解半导体材料从发现到现代应用的发展过程。
- (4) 了解当前半导体材料研究的热点和前沿方向。

5. 教学方法

理论讲授法；多媒体教学；案例分析法；实验教学法

第二章 硅和锗的化学制备

该章节对应课程目标 1，对应思政指标点 1.2

1. 教学内容

- (1) 硅和锗的物理化学制备。
- (2) 高纯硅的制备。
- (3) 锗的富集与提纯。

2. 知识要点

- (1) 硅和锗的物理化学性质。
- (2) 硅的存在形式及特性。
- (3) 硅的化学制备方法：三氯氢硅氢还原法、硅烷法。
- (4) 硅的提纯方法：精馏法、吸附法。
- (5) 锗的存在形式及富集。

3. 重点难点

重点:

- (1) 高纯硅和锗的制备方法。
- (2) 锗的富集与提纯方法。

难点:

各种制备、富集、提纯等反应机理的理解。

4. 基本要求

- (1) 理解硅和锗的基本物理化学性质。
- (2) 掌握硅和锗的化学制备方法。
- (3) 理解提纯技术。

5. 教学方法

理论讲授法；多媒体教学；案例分析与讨论法

第三章 区熔提纯

该章节对应课程目标 2，对应思政指标点 1.2

1. 教学内容

- (1) 分凝现象与分凝系数。
- (2) 区熔原理。
- (3) 锗的区熔提纯。

2. 知识要点

- (1) 区熔提纯概述：定义与重要性。
- (2) 分凝现象与平衡分凝系数的定义与原理。
- (3) 正常凝固概念及过程机制。
- (4) 区熔提纯的影响因素。

3. 重点难点

重点：

- (1) 区熔提纯的基本概念。
- (2) 分凝现象的原理。
- (3) 区熔提纯的影响因素：熔区长度、熔区移动速度、区熔次数等对提纯效果的影响。

难点：

- (1) 分凝系数的理解。
- (2) 区熔提纯的影响因素的理解。

4. 基本要求

- (1) 理解分凝现象、区熔提纯的基本原理。
- (2) 理解区熔提纯的影响因素。

5. 教学方法

理论讲授法；多媒体教学；案例分析与讨论法

第四章 晶体生长

该章节对应课程目标 2，对应思政指标点 1.2

1. 教学内容

- (1) 晶体生长理论基础。
- (2) 硅、锗单晶生长。

2. 知识要点

- (1) 半导体晶体生长的三种方式。
- (2) 晶体生长的热力学条件、晶核的形成、晶体生长的动力学模型。
- (3) 生长硅、锗单晶的方法：原理、过程及特点。

3. 重点难点

重点：

直拉法和悬浮区熔法生长半导体单晶的原理、工艺过程及其特点。

难点：

直拉法和悬浮区熔法的理解。

4. 基本要求

- (1) 了解晶体生长的理论，掌握半导体晶体生长的方式。
- (2) 掌握直拉法和悬浮区熔法生长半导体单晶的原理、工艺过程及其特点。

5. 教学方法

理论讲授法；多媒体教学；案例分析法

第五章 硅、锗晶体中的杂质和缺陷

该章节对应课程目标 3，对应思政指标点 7.2

1. 教学内容

- (1) 硅、锗晶体中杂质的性质。
- (2) 硅、锗晶体的掺杂。
- (3) 硅、锗晶体的位错。
- (4) 硅单晶中的微缺陷。

2. 知识要点

- (1) 杂质与杂质能级：

杂质的来源及分类：浅能级杂质、深能级杂质。

(2) 杂质对材料性能的影响：对材料导电类型的影响、对材料电阻率的影响、对非平衡载流子寿命的影响。

(3) 硅、锗晶体的掺杂：掺杂方式（共熔法、投杂法）、掺杂量的计算与控制、掺杂剂的选择。

(4) 电阻率均匀性的控制：纵向电阻率均匀性的控制、径向电阻率均匀性的控制方法及原理。

- (5) 硅、锗晶体的位错、微缺陷的形成及影响。

3. 重点难点

重点：

- (1) 杂质对材料性能的影响。
- (2) 杂质的掺杂方式：掺杂方法、掺杂量的计算与控制。
- (3) 杂质的分布与均匀性：电阻率均匀性的控制。

难点：

电阻率均匀性的控制的方法及原理。

5. 基本要求

- (1) 理解杂质、缺陷、杂质能级等基本概念；理解杂质和缺陷对半导体性质的决定性作用。
- (2) 掌握杂质对材料性能的影响。
- (3) 掌握掺杂技术与方法。
- (4) 掌握半导体材料电阻率均匀性的控制方法。

5. 教学方法

理论讲授法；多媒体教学；案例分析法；实验教学法

第六章 硅外延生长

该章节对应课程目标 3，对应思政指标点 7.2

1. 教学内容

- (1) 外延生长概述。
- (2) 硅衬底制备。
- (3) 硅的气相外延生长。
- (4) 硅外延层电阻率的控制。
- (5) 硅外延层的缺陷。
- (6) 硅的异质外延。

2. 知识要点

- (1) 外延生长的概述、分类。
- (2) 硅外延生长的特点。
- (3) 硅的气相外延生长：定义与基本原理、硅源与反应机制、生长条件与影响因素、掺杂与电阻率控制、设备与工艺。
- (4) 硅外延层电阻率的控制：硅外延层电阻率的影响因素、硅外延层电阻率的控制方法。
- (5) 硅外延层的缺陷：缺陷类型、缺陷形成机制、缺陷对器件性能的影响。
- (6) 硅的异质外延：定义及特点。

3. 重点难点

重点：

- (1) 硅外延生长技术概述。
- (2) 硅的气相外延生长定义与基本原理、硅源与反应机制、生长条件与影响因素。

难点：

硅的气相外延生长的过程理解。

4. 基本要求

- (1) 掌握外延生长的定义，熟悉硅外延生长的分类与方法。特别需要掌握气相外延法在硅外延中的广泛应用及其基本原理。
- (2) 熟悉硅外延生长的设备与工艺。
- (3) 理解硅外延生长过程中的质量控制与缺陷控制。
- (4) 了解硅外延生长技术的应用与前景。

5. 教学方法

理论讲授法；多媒体教学；案例分析法

第七章 III-V 族化合物半导体

该章节对应课程目标 3，对应思政指标点 7.2

1. 教学内容

- (1) III-V 族化合物半导体的特性。
- (2) 砷化镓单晶的生长方法。
- (3) 砷化镓单晶中杂质的控制。
- (4) 砷化镓单晶的完整性。
- (5) 其他 III-V 族化合物的制备。

2. 知识要点

- (1) III-V 族化合物半导体的基本组成、独特性质、晶体结构、能带结构与化学键。
- (2) GaAs 单晶的制备方法：水平布里奇曼法、液态密封法原理及特点。
- (3) GaAs 中杂质的性质、GaAs 单晶的掺杂。
- (4) GaAs 单晶中缺陷（点缺陷、位错、沉淀）原因及影响。
- (5) GaP、InP 等其他重要的 III-V 族化合物合成与晶体生长方法。

3. 重点难点

重点：

- (1) III-V 族化合物半导体的晶体结构及其化学键特性，包括共价键与离子键的混合存在，

以及由此产生的晶体极性和对材料性质的影响。

(2) GaAs 单晶的制备方法：水平布里奇曼法、液态密封法原理及特点。

(3) GaAs 中杂质的性质：施主杂质、受主杂质、两性杂质、中性杂质。

(4) GaAs 单晶的掺杂：N 型掺杂剂、P 型掺杂剂、高阻掺杂剂。

难点：

(1) 深入理解 GaAs 单晶的制备方法及杂质性质与掺杂。

4. 基本要求

(1) 深刻理解并掌握 III-V 族化合物半导体的基本概念、晶体结构与化学键。

(2) 掌握 GaAs 单晶的制备方法、杂质特性、掺杂材料。

(3) 了解 GaP、InP 等其他重要的 III-V 族化合物合成与晶体生长方法。

5. 教学方法

理论讲授法；多媒体教学；案例分析法

第八章 III-V 族化合物半导体的外延生长

该章节对应课程目标 3，对应思政指标点 7.2

1. 教学内容

(1) 金属有机物气相外延生长。

(2) 液相外延生长。

(3) 分子束外延生长。

(4) 化学束外延生长。

(5) 其他外延生长技术。

2. 知识要点

(1) 外延生长基本概念与重要性。

(2) 外延生长方法原理、过程、设备、特点及影响因素：气相外延生长、液相外延生长、分子束外延生长、化学束外延生长。

3. 重点难点

重点：

金属有机物化学气相沉积 (MOCVD) 等外延生长的基本原理、过程、设备、特点及影响因素。

难点：

外延生长机制的深入理解：外延生长过程中涉及的物理、化学过程复杂且难以直观观察，学生需要具备较强的理论素养和抽象思维能力才能深入理解其机制。

4. 基本要求

(1) 掌握基本原理：液相外延(LPE)、气相外延(VPE)及金属有机物化学气相沉积(MOCVD)等技术的核心机制。

(2) 熟悉技术分类与特点：熟悉不同外延生长技术的分类、特点及其适用范围，了解各种技术的优缺点，特别是 MOCVD 技术在高精度外延生长中的主导地位。

(3) 掌握关键参数控制：学会如何精确控制外延生长过程中的关键参数，如温度、压力、气体流量等，以优化外延层的性能。

5. 教学方法

理论讲授法；多媒体教学；案例分析法

四、实践教学内容

1.课程实验

项目编号	项目名称	实验内容	对应理论章节	学时	实验类型 ²	思政融入点	学生学习预期成果	课程目标
1	金相显微镜的使用	利用金相显微镜拍摄材料表面形貌	第一章	2	验证性	在实验过程中,简要介绍我国在金相显微镜研发和应用方面的成就和进步,激发学生的爱国情怀和民族自豪感。例如,提及国内知名厂商生产的先进金相显微镜在国际上的影响力,以及这些设备在科研和工业领域的重要作用。	1.掌握金相显微镜的基本构造与操作原理 2.熟悉金相样品的制备技术 3.掌握金相组织的观察与分析方法	1、2、3
2	四探针法测量材料电阻率	利用四探针仪器测量硅片样品的电阻率	第五章	4	验证性	在实验过程中,学生需要分工合作,共同完成实验任务。这有助于培养学生的团队协作精神和沟通能力。	1.理解四探针法测量材料电阻率的基本原理 2.熟练掌握四探针电阻率测试仪的使用方法 3.能够运用所学知识对实验数据	1、2、3

							进行处理和分析	
3	自动椭圆偏振测厚仪测薄膜厚度	利用椭圆偏振测厚仪,测量衬底硅片上氧化硅的厚度	第二章	2	验证性	鼓励学生关注材料科学领域的最新研究进展,思考如何通过自主创新提升我国在该领域的核心竞争力,培养学生的创新意识和实践能力。	熟练掌握椭圆偏振测厚仪的使用方法,包括仪器的校准、样品的放置、测量参数的设置以及数据的读取和记录等	1、2、3
4	高低频介电常数测量	高低频介电常数测量设备的使用方法和步骤,以及电阻和电容的高低频介电常数测量过程与结果分析	第六章	2	验证性	在介绍实验原理和应用背景时,融入我国科学家在电介质材料研究领域的贡献和成就,激发学生的爱国情怀和历史使命感。	1.理解介电常数的定义、物理意义及其在电介质材料中的重要性。 2.掌握高低频介电常数测量的基本原理	1、2、3
5	电容电压特性测试	1、CV-5000型电容电压特性测试仪的测试原理及其操作和使用	第七章	2	验证性	通过实验数据的误差分析,引导学生理解科学实验的局限性和不确定性,培养实事求是的科学态	掌握电容电压特性测试实验的实验原理、实验目的和实验方法。	1、2、3

						度。		
6	霍尔效应实验	1、霍尔效应实验组合仪的原理和使用。 2、霍尔效应实验组合仪测试载流子浓度和迁移率、判断载流子类型。 3、利用霍尔元件测量磁场强度及磁场分布；利用霍尔元件测量电机转速。	第五章	4	验证性	提及我国科学家在霍尔效应研究方面的成果和贡献,如薛其坤院士团队在国际上首次实现“量子反常霍尔效应”的研究成果。强调科技创新对于国家发展和民族振兴的重要性,鼓励学生努力学习科学知识,为实现中华民族伟大复兴的中国梦贡献力量。	1.掌握霍尔效应的基本原理、产生条件以及霍尔电压与磁场、电流强度、导体材料性质之间的关系。 2.掌握霍尔效应实验所需仪器的使用方法,包括磁场发生器、霍尔表等,并能够正确连接实验电路,调整实验参数。 3.能够准确记录实验数据,运用数学方法和软件工具对数据进行处理和分析。	1、2、3

五、学时分配

序号	章节名称	学时分配 (共 32 学时)
1.	半导体材料概述	2
2.	硅和锗的化学制备	2
3.	区熔提纯	2
4.	晶体生长	2
5.	硅、锗晶体中的杂质和缺陷	2
6.	硅外延生长	2
7.	III-V 族化合物半导体	2

8.	III-V 族化合物半导体的外延生长	2
9.	实验 1 金相显微镜的使用	2
10.	实验 2 材料电阻率的四探针测试	4
11.	实验 3 自动椭圆偏振测厚仪测薄膜厚度	2
12.	实验 4 高低频介电常数测量	2
13.	实验 5 电容电压特性测试	2
14.	实验 6 霍尔效应实验	4

六、考核方式

半导体材料与工艺课程为本专业选修课，课程考核方式包括：过程性考核（40%，包括课程参与 10%+课后作业 10%+课程实验 30%）+结果性考核（50%）。

1. 过程性考核（50%）

过程性评价方法及考核目标

考核内容	评价标准	支撑本课程教学分目标	支撑毕业要求
课程参与 (10%)	主动参与各种课程活动，对讨论、项目或任务表现出高度的兴趣和热情。(10 分)	1、2、3	3.1、3.2、4.1
课后作业 (10%)	按时正确完成课后作业。(10 分)	1、2、3	3.1、3.2、4.1
实验(30%)	对各实验原理认识清晰，实验步骤正确，实验数据分析正确。(20 分)	1、2、3	3.1、3.2、4.1

2. 结果性考核（50%）

课程考试评价方法及考核目标

考核内容	评价标准	支撑课程教学分目标	支撑毕业要求
闭卷考试 50%	掌握半导体材料的基本概念、物理性质。(20 分)	1	3.1
	掌握半导体材料的制备工艺、晶体生长、杂质与缺陷、外延生长等核心知识点。(60 分)	2	3.2
	能够将所学知识应用于实际问题解决中，如分析半导体材料的电学性能、优化半导体器件的设计。(20 分)	3	4.1

七、参考书目及学习资料

- 1.推荐教材：《半导体材料》，张源涛、杨树人、徐颖编著，科学出版社，2023年。
- 2.参考书目与文献：《半导体材料》，杨德仁、朱笑东、皮孝东编著，电子工业出版社出版社，2024年。
- 3.在线学习资源：中国大学慕课 <https://www.icourse163.org/course/ZJU-1463203162>

制定人：张黎可

审定人：余耀

批准人：王伟

2024年8月

《薄膜材料表征技术》课程教学大纲

一、课程基本信息

课程名称（中文）	薄膜材料表征技术				
课程名称（英文）	Characterization Technology of Thin Film Materials				
课程类别 ¹	专业选修课	课程性质 ²	选修	特殊课程类型 ³	
授课学期	第5学期	学分	2	考核方式	考试
课程学时及分配	总学时 ⁴	讲课学时	实验学时	线上学时	课外学时
	32	16	16	0	0
适用专业	微电子科学与工程专业				
选用教材	《材料组织结构的表征（第2版）》，戎咏华、姜传海，上海交通大学出版社，2017年				
开课单位	集成电路科学与工程学院				
先修课程	固体物理与半导体物理、微电子工艺基础				
后续课程	功率半导体器件				
课程简介 (不少于500字)	<p>课程基本定位：《薄膜材料表征技术》是微电子科学与工程专业的专业选修课，向学生介绍薄膜材料表征的基本理论和基本知识，为学生今后的毕业论文和将来从事相关领域的工作提供理论基础。</p> <p>核心学习结果：本课程的教学目的是使学生系统地了解薄膜材料表征技术的发展、原理和操作，为从事相关行业或岗位工作打下知识和技能基础。</p> <p>主要教学方法：本课程的教学方法是通过讲述薄膜材料表征技术的工艺流程，由浅入深地介绍不同表征技术方法，在教学内容上要接近实际情况，讨论薄膜材料的表面形貌、粗糙度、材料缺陷、质量鉴定和保证等问题，使学生了解薄膜材料的表征技术和工艺流程，并了解薄膜材料表征技术的重要性。详细讲解各种表征技术的原理，如光学表征方法（紫外-可见光谱法、红外光谱法、拉曼光谱法等）、电子显微镜表征方法（扫描电子显微镜、透射电子显微镜等）、物理性能表征方法（霍尔效应测量、X射线衍射等）以及化学性能表征方法（X射线光电子能谱法、俄歇电子能谱法等）。在实验教学中，注重培养学生的实验操作技能和数据处理能力。学生应在教师的指导下，独立完成实验步骤，包括样品的制备、仪器的操作、数据的采集和处理等。鼓励学生参与教师的科研项目，将所学知识应用于实际科研工作中。通过科研项目的实践，学生可以更深入地了解薄膜材料表征技术的最新进展和应用前景。</p>				

大纲更新时间	2024年8月
--------	---------

二、课程目标

序号	课程目标 ¹ （参考人才培养目标、毕业要求、课程定位）	支撑毕业要求指标点 ²	支撑思政指标点
1.	课程目标 1: 学习薄膜材料表征技术的基本概念知识，能够应用相关知识进行不同表征方式的设计以及进行相关测试。	指标点 2.4: 能够运用微电子工艺与集成电路测试领域基本原理和方法，并结合文献研究，分析微电子工艺与集成电路测试领域中工程活动过程的影响因素，获得有效结论。	指标点 1.2: 以辩证唯物主义和历史唯物主义的世界观认识 and 改造客观世界；
2.	课程目标 2: 能够根据特定薄膜材料表征技术的需求，通过文献研究，实验测试等方法，实现对测试结果进行合理分析，得到满足需求的结果。	指标点 4.4: 能够分析和解释微电子工艺、测试设备的实验结果，并通过信息综合得到合理有效的结论。	指标点 3.2: 在自己的岗位上尽职尽责，为社会的进步贡献力量；
3.	课程目标 3: 熟练掌握薄膜材料表征技术所需的软硬件工具，合理利用测试工艺平台进行集成电路封装，选取合适的表征仪器对薄膜材料的各项关键指标进行表征测试，并理解各种表征仪器的原理以及其局限性。	指标点 5.1: 能够掌握微电子工艺与集成电路测试领域常见的现代仪器、工程工具、信息技术工具和模拟软件的使用原理和方法，并理解其局限性。	指标点 5.2: 对自己职业有强烈的敬业精神，努力提高职业效益和质量。

三、课程教学内容和基本要求

学生将学习以下课程内容并应达到如下基本要求：

第一章 薄膜厚度测量

该章节对应课程目标 1，对应思政指标点 1.2。

1. 教学内容

薄膜厚度测量的教学内容应涵盖以下几个方面：

- (1) 薄膜厚度测量的基本概念：包括薄膜的定义、分类、应用领域以及厚度测量的重要性。
- (2) 测量方法分类：直接测量法与间接测量法的介绍，以及它们各自的特点和适用场景。
- (3) 具体测量技术：直接测量法：螺旋测微法、精密轮廓扫描法（台阶法）、电子显微图像法（SEM、TEM）等。
- (4) 间接测量法：称量法、电容法、电阻法、光学法（干涉法、椭圆偏振法等）、射线

法（X射线法）等。

（5）测量原理与仪器：详细介绍各种测量方法的原理、所需仪器及其操作步骤。

（6）数据处理与分析：教授如何使用数据处理软件对测量数据进行处理、分析，并绘制相应的图表。

（7）影响因素与误差分析：讨论影响薄膜厚度测量准确性的因素，如温度、湿度、样品表面平整度等，并提出相应的解决方法。

2. 知识要点

本章的知识要点主要包含如下内容：

（1）薄膜厚度的定义与分类：了解薄膜的形状厚度、质量厚度和物性厚度的定义及区别。

（2）测量方法的原理：掌握各种测量方法的基本原理，如光的干涉、反射、折射原理，电子显微镜的工作原理等。

（3）测量仪器的使用：熟悉各种测量仪器的操作方法和使用注意事项。

（4）数据处理与分析技能：具备使用数据处理软件进行数据分析和图表绘制的能力。

3. 重点难点

重点：

（1）掌握薄膜厚度测量的基本原理和各种测量方法的操作步骤。

（2）能够独立操作测量仪器并准确获取测量数据。

难点：

（1）理解各种测量方法的原理及其适用场景，选择合适的测量方法进行实验。

（2）分析影响测量准确性的因素，并采取有效措施减少误差。

4. 基本要求

本章的基本要求主要包含如下内容：

（1）理论知识：学生应理解薄膜厚度测量的基本概念、原理和方法，能够准确描述各种测量方法的操作步骤和注意事项。

（2）实验技能：学生应能够独立操作测量仪器，完成实验数据的采集和处理，并绘制相应的图表。

（3）分析能力：学生应能够分析影响测量准确性的因素，提出有效的解决方案，并能够对实验数据进行深入分析。

5. 教学方法

本章的教学方法主要包含如下内容：

（1）讲授法：通过课堂讲授的方式，向学生介绍薄膜厚度测量的基本概念、原理和方法，以及测量仪器的使用方法和注意事项。

（2）演示法：结合实验仪器进行演示教学，使学生更直观地了解测量过程和方法。

（3）实验法：安排学生进行实验操作，通过亲手操作测量仪器来加深对测量原理和方法的理解。

（4）讨论法：组织学生进行小组讨论，针对实验过程中遇到的问题和难点进行讨论和交流，提高学生的问题解决能力。

（5）案例分析法：通过分析实际案例，让学生了解薄膜厚度测量在工业生产中的应用情况，提高学生的学习兴趣和实际应用能力。

第二章 薄膜结构的表征方法

该章节对应课程目标 1，对应思政指标点 1.2。

1. 教学内容

- (1) 概述：介绍薄膜结构表征的重要性及其在材料研究中的应用领域。
- (2) 主要表征方法：扫描电子显微镜 (SEM)：工作原理、图像形成、样品制备、应用领域等。透射电子显微镜 (TEM)：高分辨成像、电子衍射、样品制备要求、在薄膜结构分析中的应用。X 射线衍射 (XRD)：基本原理、衍射花样分析、薄膜晶体结构测定、应力与应变分析。低能电子衍射 (LEED) 和反射式高能电子衍射 (RHEED)：表面结构表征、晶格常数测定、表面动力学研究。扫描隧道显微镜 (STM) 和原子力显微镜 (AFM)：原子级分辨率成像、表面形貌分析、表面电子态密度分布等。
- (3) 实验技术与数据处理：介绍各种表征技术的实验步骤、数据处理方法和结果分析。

2. 知识要点

- (1) 理解各表征方法的基本原理：如 SEM 的电子束与样品相互作用机制、TEM 的电子透射与衍射原理、XRD 的布拉格定律等。
- (2) 掌握实验操作技能：包括样品制备、仪器操作、数据采集等。
- (3) 数据分析能力：学会利用软件对实验数据进行处理和分析，提取有用信息。

3. 重点难点

重点：

- (1) 各表征方法的基本原理和实验步骤。
- (2) 薄膜晶体结构的测定与分析。
- (3) 表面形貌与电子态密度的表征。

难点：

- (1) 透射电子显微镜的高分辨成像技术和电子衍射谱的分析。
- (2) X 射线衍射数据的复杂解析，包括物相鉴定、晶胞参数测定和应力分析。
- (3) STM 和 AFM 的原子级分辨率成像技术及其数据处理方法。

4. 基本要求

- (1) 理论知识：学生应掌握薄膜结构表征的基本理论知识和各种表征方法的基本原理。
- (2) 实验技能：学生能够独立完成实验操作，包括样品制备、仪器操作和数据采集。
- (3) 数据分析能力：学生应能够利用相关软件对实验数据进行处理和分析，并得出合理结论。
- (4) 科学素养：培养学生的科学思维和创新的能力，以及解决实际问题的能力。

5. 教学方法

- (1) 讲授法：通过课堂讲授的方式，介绍薄膜结构表征的基本理论知识、各种表征方法的原理和应用领域。
- (2) 演示法：利用实物或多媒体演示各种表征仪器的操作过程和数据处理方法，使学生更直观地了解实验过程。
- (3) 实验法：安排学生进行实验操作，通过亲手操作各种表征仪器来加深对理论知识的理解，并培养实验技能。
- (4) 讨论法：组织学生进行小组讨论或课堂讨论，针对实验过程中遇到的问题和难点进行讨论和交流，提高学生的问题解决能力和团队协作能力。
- (5) 案例分析法：通过分析实际案例，让学生了解薄膜结构表征在科学研究和工业生

产中的应用情况，提高学生的学习兴趣和实际应用能力。

第三章 薄膜材料成分表征方法

该章节对应课程目标 2，对应思政指标点 3.2。

1. 教学内容

薄膜材料成分表征方法的教学内容主要包括以下几个方面：

(1) 理论基础：介绍薄膜材料的基本性质、成分分析的重要性以及不同表征方法的物理和化学原理。

(2) 表征方法：详细讲解多种薄膜材料成分的表征方法，包括但不限于光谱分析法（如紫外-可见光谱法、红外光谱法、拉曼光谱法）、电子显微镜法（如扫描电子显微镜、透射电子显微镜）、X 射线衍射法、X 射线光电子能谱法、俄歇电子能谱法等。

(3) 实验技术：介绍各种表征方法的实验装置、操作步骤、数据处理和结果分析。

(4) 应用实例：通过具体案例，展示不同表征方法在薄膜材料成分分析中的应用，加深学生对理论知识的理解。

2. 知识要点

(1) 光谱分析法：紫外-可见光谱法：利用光子能量与材料中价电子跃迁能量的匹配，分析材料的电子结构和分子组成。

(2) 红外光谱法：通过测量材料对红外光的吸收，分析分子振动和转动模式。

(3) 拉曼光谱法：利用拉曼散射现象，分析分子振动和旋转模式。

(4) 电子显微镜法：扫描电子显微镜（SEM）：利用高能电子束扫描样品表面，获取形貌和成分信息。

(5) 透射电子显微镜（TEM）：通过透射或反射电子束观察样品内部结构。

(6) X 射线衍射法：利用 X 射线在薄膜中的衍射效应，分析薄膜的晶体结构和相组成。

(7) X 射线光电子能谱法（XPS）：高灵敏度、高分辨率的表面分析技术，用于检测薄膜材料表面的元素组成和化学状态。

(8) 俄歇电子能谱法（AES）：同样用于检测薄膜材料表面的元素组成和化学状态，但激发源为高能电子束。

3. 重点难点

重点：

(1) 掌握各种表征方法的基本原理和实验技术。

(2) 理解不同表征方法在薄膜材料成分分析中的优缺点和适用范围。

难点：

(1) 如何根据薄膜材料的特性和分析需求选择合适的表征方法。

(2) 实验数据的处理和分析，尤其是如何从复杂的光谱或图像中提取有用信息。

4. 基本要求

(1) 理论知识：学生应掌握薄膜材料成分分析的基本理论和方法。

(2) 实验技能：学生能够熟练操作各种表征方法的实验装置，进行数据采集和处理。

(3) 分析能力：具备对实验数据进行深入分析和解释的能力，能够准确判断薄膜材料的成分和结构。

(4) 综合素质：培养学生的科研素养、创新意识和团队协作精神。

5. 教学方法

- (1) 理论讲授：通过课堂讲授，介绍薄膜材料成分分析的基本理论和方法。
- (2) 实验演示：结合实验演示，直观展示各种表征方法的实验装置和操作步骤。
- (3) 分组实验：学生分组进行实验，亲自动手操作，加深对理论知识的理解。
- (4) 案例分析：通过具体案例的分析，引导学生将理论知识应用于实际问题解决中。
- (5) 讨论交流：组织课堂讨论和课后交流，鼓励学生分享实验心得和研究成果，促进相互学习和提高。

第四章 薄膜附着力的测量方法

该章节对应课程目标 3，对应思政指标点 5.2。

1. 教学内容

薄膜附着力的测量是材料科学领域中的重要教学内容，它涉及多种测试方法和技术，旨在评估薄膜与基材之间的结合强度。教学内容应涵盖以下几个方面：

- (1) 测试原理：介绍薄膜附着力测量的基本原理，包括力学原理在薄膜附着力测试中的应用。
- (2) 测试方法：详细讲解常用的薄膜附着力测试方法，如剥离试验、划痕试验、剪切试验等，包括每种方法的操作步骤、所需设备、适用范围及优缺点。
- (3) 测试设备：介绍各种测试设备的工作原理、使用方法和维护保养知识，如拉力机、划痕机、剪切机等。
- (4) 数据处理与分析：讲解如何对测试数据进行处理和分析，提取有用信息，评估薄膜与基材之间的结合强度。
- (5) 应用实例：通过具体案例，展示薄膜附着力测试在不同领域（如电子、汽车、包装、建筑等）中的应用，加深学生对理论知识的理解。

2. 知识要点

- (1) 测试原理：理解薄膜附着力的力学原理，即通过施加外力使薄膜与基材分离，从而测定两者之间的结合强度。
- (2) 测试方法：剥离试验：了解 180°剥离和 90°剥离两种测试方式，掌握剥离力或剥离强度的计算方法。
- (3) 划痕试验：熟悉划痕试验的操作步骤和划痕等级或划痕深度的评估方法。
- (4) 剪切试验：掌握剪切力的施加方式和剪切强度的计算方法。
- (5) 测试设备：熟悉各种测试设备的工作原理和使用方法，能够根据测试需求选择合适的设备。
- (6) 数据处理与分析：掌握数据处理的基本方法，能够准确分析测试结果并评估薄膜与基材之间的结合强度。

3. 重点难点

重点：

- (1) 掌握薄膜附着力的测量原理和常用测试方法。
- (2) 熟悉各种测试设备的使用方法和维护保养知识。
- (3) 能够独立进行薄膜附着力的测量和数据处理。

难点：

- (1) 准确理解并应用不同测试方法的原理和操作步骤。
- (2) 正确选择和使用测试设备，确保测试结果的准确性和可靠性。

(3) 对测试数据进行深入分析，准确评估薄膜与基材之间的结合强度。

4. 基本要求

(1) 理论知识：学生应掌握薄膜附着力测量的基本理论和知识，理解测试原理和方法。

(2) 实验技能：学生能够独立完成薄膜附着力的测量实验，包括试样制备、设备操作、数据采集和处理等。

(3) 数据分析能力：学生应具备对测试数据进行深入分析和处理的能力，能够准确评估薄膜与基材之间的结合强度。

(4) 科学素养：培养学生的科研素养、创新意识和团队协作精神，提高解决实际问题的能力。

5. 教学方法

(1) 理论讲授：通过课堂讲授的方式，介绍薄膜附着力的测量原理和常用测试方法。

(2) 实验演示：结合实验演示，展示测试设备的操作方法和实验步骤，使学生更直观地了解实验过程。

(3) 分组实验：学生分组进行实验，亲自动手操作测试设备，进行薄膜附着力的测量和数据采集。

(4) 案例分析：通过具体案例分析，引导学生将理论知识应用于实际问题解决中，加深对测试方法和原理的理解。

(5) 讨论交流：组织课堂讨论和课后交流，鼓励学生分享实验心得和研究成果，促进相互学习和提高。

四、实践教学内容

1. 课程实验¹

项目编号	项目名称	实验内容	对应理论章节	学时	实验类型 ²	思政融入点	学生学习预期成果	课程目标
1	薄膜材料表面形貌的观测实验	1、学习光学显微镜、原子力显微镜的操作流程	第3章	8	设计型	认知表征技术对薄膜材料的重要性，抓住问题的主要矛盾。	1、掌握光学显微镜、原子力显微镜的操作方法和操作步骤	目标 1、3
2	薄膜厚度的测试实验	1、学习薄膜厚度的测试方法	第3章	8	综合型	薄膜厚度的不同影响薄膜的使用效率，培养学生最优思维。	1、理解薄膜厚度的测试流程	目标 3

五、学时分配

序号	章节名称	学时分配 (共 32 学时)
1.	第一章 薄膜厚度测量	4
2.	第二章 薄膜结构的表征方法	6
3.	第三章 薄膜材料成分的表征方法	12
4.	第四章 薄膜附着力的测量方法	10

六、考核方式

××××课程为××专业必修课，课程考核方式包括：在线课前学习（20%）+课堂学习讨论及课后反馈表现（20%）+结果性考核（60%）。

本课程为专业基础课，课程考核方式包括：平时成绩（40%，包括课程积分 15%+课后作业 10%+上机 15%）+结果性考核（60%）。

1. 平时成绩（40%）

平时成绩评价方法及考核目标

考核内容	评价标准	支撑课程教学学分目标	支撑毕业要求
课程表现（15%）	学习通课前测试、课堂互动测试。（15分）	1	2.4
课后作业（10%）	按时正确完成课后作业。（10分）	1、2	2.4、4.4
实验（15%）	对各实验原理认识清晰，实验步骤正确，实验数据分析正确。（15分）	3	5.1

2. 结果性考核（60%）

课程考试评价方法及考核目标

考核内容	评价标准	支撑课程教学学分目标	支撑毕业要求
闭卷考试 (60%)	期末试卷满分 100 分，考查学生掌握薄膜材料测试的基本理论、熟练运用薄膜材料测试的基本理论来分析实验结果，能够对薄膜材料测试基础理论、关键概念、工艺流程、设备原理等知识点的记忆与理解，按试卷评分标准判分。（60分）	1	2.4
	期末试卷满分 100 分，考查学生在实验中的操作能力、实验数据的记录与分析能力以及对实验结果的解释能力，按试卷评分标准判分。（40分）	2, 3	4.4、5.1

七、参考书目及学习资料

1.推荐教材:

《材料组织结构的表征（第2版）》，戎咏华、姜传海，上海交通大学出版社，2017年

2.参考书目与文献:

《半导体材料与器件表征》第3版，(美)迪特尔·K·施罗德，西安交通大学出版社，2017年

《集成电路封装材料的表征》，(美)布伦德尔，埃文斯，摩尔，哈尔滨工业大学出版社，2014年

制定人：黄瑞

审定人：余耀

批准人：郭业才

2024年8月

《电子材料与器件》课程教学大纲

一、课程基本信息

课程名称（中文）	电子材料与器件				
课程名称（英文）	Electronic Materials and Devices				
课程类别 ¹	专业选修课	课程性质 ²	选修	特殊课程类型 ³	
授课学期	第4学期	学分	2	考核方式	考试
课程学时及分配	总学时 ⁴	讲课学时	实验学时	线上学时	课外学时
	32	16	16	0	0
适用专业	微电子科学与工程专业				
选用教材	《现代电子材料与元器件》，王巍等，科学出版社，2021年2月				
开课单位	集成电路科学与工程学院				
先修课程	MEMS 技术				
后续课程	无				
课程简介 (不少于 500 字)	<p>课程基本定位：《电子材料与器件》是微电子类本科生教学的专业选修课之一，属于多学科交叉渗透的边缘学科。以电子功能材料和元器件为目标，要求学生具有微电子科学与工程以及材料科学宽厚理论基础，精通电子材料的制备、工艺、电磁性能、分析和表征，以及元器件的设计和应用开发。主要培养具有从事电子材料、功能元器件及其应用电子技术研究和开发综合知识的高级工程技术人才。</p> <p>核心学习结果：本课程的主要内容包括晶体材料、半导体材料与器件、光电子材料与器件、电介质材料、磁性材料与器件、电子陶瓷材料、纳米材料等部分。通过对本课程的学习，学生将了解各种电子材料的基本性质、制备技术、结构特征、电磁特性及影响因素、元器件设计与应用开发等所需的材料基础知识。通过本课程的学习，使学生了解电子材料的历史、应用领域与特点及其应用与发展动态，掌握半导体物理、电介质物理、磁性物理等基础知识，提高在材料研究过程中的工程能力，具备从事电子材料生产、研究、应用和开发的能力。</p> <p>主要教学方法：设计方法以讲授和讨论为主，通过课堂讲解基础理论、基本分析和设计方法，采用启发、探究型教学方式，激励学生自主学习，充分发挥学生的主观能动性。</p>				

大纲更新时间	2024年8月
--------	---------

二、课程目标

序号	课程目标 ¹ （参考人才培养目标、毕业要求、课程定位）	支撑毕业要求指标点 ²	支撑思政指标点
1.	课程目标 1: 熟悉电子材料的一些基本概念、范畴和分类；掌握晶体材料的结构原理和基本理论。	指标点 1.3 掌握数学、自然科学、工程基础和专业知识推演、并能用于半导体电子材料相关原理问题的表述	指标点 2.1: 拥有对祖国强烈的认同感和归属感，维护国家的尊严和荣誉
2.	课程目标 2: 掌握半导体材料的物理性质、分类、制备技术；掌握光电子材料的基本原理和性质；掌握电介质材料的光学和电学性质；掌握磁性材料的物理特性和分类；掌握电子陶瓷材料的结构、性质及分类；掌握纳米材料的基本性质和制备技术。	指标点 2.1: 能够运用数学、自然科学和工程科学的基本原理，认识与判断半导体材料与器件领域复杂工程问题中的关键环节。	指标点 2.2: 维护国家的利益和安全，为国家的繁荣富强贡献自己的力量
3	课程目标 3: 掌握半导体器件的基础理论和各类半导体器件；掌握光电子器件的工作原理与应用；掌握磁性元器件的工作原理与应用；掌握纳米电子器件的原理与应用。	指标点 2.4 能够运用微电子工艺与集成电路测试领域基本原理和方法，并结合文献研究，分析半导体器件领域中工程活动过程的影响因素，获得有效结论。	指标点 6.2: 具有为人民服务的意识，积极参加社会公益实践活动

三、课程教学内容和基本要求

学生将学习以下课程内容并应达到如下基本要求：

第一章 绪论

该章节对应课程目标 1，对应思政指标点 2.1。

1. 教学内容

- 1、电子材料的发展历史
- 2、电子材料的重要作用
- 3、电子材料与器件的研究现状

2. 知识要点

- 1、理解各种电子材料的发明背景、技术突破及对电子工业发展的推动作用。
- 2、掌握电子材料在各个领域中的具体应用实例，理解其技术价值和社会经济意义。
- 3、了解当前电子材料与元器件的研究热点、最新成果及未来发展方向。

3. 重点难点

重点：理解电子材料的发展历程、重要作用及当前研究现状，掌握电子材料与元器件的基本知识。

难点：深入理解不同电子材料的特性、应用及发展趋势，特别是新材料、新技术对电子技术的影响。

4. 基本要求

- 1、掌握现代电子材料与元器件的基本概念、分类及特性
- 2、理解电子材料在各个领域中的应用，并能分析其对产业和社会的影响
- 3、关注电子材料与元器件的最新研究动态，具备一定的科研素养和创新能力。

5. 教学方法

视频/阅读拓展、讲授法

第二章 晶体材料的结构

该章节对应课程目标 1，对应思政指标点 1.2。

1. 教学内容

- 1、晶体的主要特征
- 2、典型晶体的结构
- 3、原子间的结合方式
- 4、晶体中的缺陷

2. 知识要点

- 1、理解晶体的定义、基本性质及空间排列的周期性，掌握晶体与非晶体的区别。
- 2、熟悉不同晶体结构类型的特征，能够识别并描述典型晶体的结构模型。
- 3、了解晶体缺陷的概念、分类及其对晶体性能的影响，认识缺陷在材料科学中的重要作用。

3. 重点难点

重点：掌握晶体的主要特征、典型晶体的结构类型及原子间的结合方式，理解晶体缺陷对性能的影响。

难点：理解复杂晶体结构的排列规律，以及不同类型缺陷在晶体中的具体表现及其对材料性能的具体影响。

4. 基本要求

- 1、掌握晶体材料的基本概念、主要特征及分类。
- 2、能够识别并描述典型晶体的结构类型及其特点。
- 3、理解原子间结合方式的不同类型及其对晶体性质的影响。
- 4、了解晶体缺陷的概念、分类及其对材料性能的影响，能够初步分析缺陷在材料中的应用价值。

5. 教学方法

阅读分享、讲授法、案例分析法、小组讨论法

第三章 半导体材料与器件

该章节对应课程目标 1，对应思政指标点 1.2。

1. 教学内容

本章主要探讨半导体材料与器件的基础知识理论，具体包括：

- 1、半导体材料的物理基础、性质、分类和制备工艺方法。
- 2、化合物半导体的能带结构、载流子的输运过程、二维电子气、半导体异质结和半导体超晶格。
- 3、化合物半导体的物理性质，各类化合物半导体器件的工作原理和结构特性。

2. 知识要点

- 1、掌握射频溅射在溅射绝缘材料中的应用及其优势。
- 2、理解半导体材料的能带结构、载流子特性等基本物理性质，掌握半导体与导体、绝缘体的区别。

3、熟悉半导体材料的分类标准，了解不同类别半导体材料的特性；掌握半导体材料的常见制备工艺方法及其原理。

4、深入理解化合物半导体的能带结构、二维电子气等特殊性质；掌握半导体异质结和超晶格的结构特点及其对器件性能的影响机制。

3. 重点难点

重点：理解半导体材料的物理基础与性质，掌握化合物半导体的特殊性质与结构；熟悉各类化合物半导体器件的工作原理与特性。

难点：深入理解半导体材料的能带结构、载流子输运机制等复杂物理过程；掌握半导体异质结、超晶格等高级结构的构建及其对器件性能的优化作用。

4. 基本要求

1、掌握半导体材料的基本物理性质、分类及制备工艺方法。

2、理解化合物半导体的特殊性质与结构，包括能带结构、二维电子气、半导体异质结和超晶格等。

3、熟悉各类化合物半导体器件的工作原理、结构特点及其在电子技术中的应用。

4、能够运用所学知识分析半导体材料与器件的性能特点，为解决实际问题提供理论基础。

5. 教学方法

随堂测试、翻转课堂、讲授法、案例分析法、小组讨论法

第四章 光电子材料与器件

该章节对应课程目标 1，对应思政指标点 1.2。

1. 教学内容

本章主要探讨光电子材料与器件的基本原理、结构、制备技术及其应用。具体内容包括：光纤的结构、分类、制备技术和应用；固体激光器的工作原理、基质材料和常见的固体激光器；液晶显示材料的物理性质、分类及结构特点。

2. 知识要点

1、理解光纤的基本结构、分类标准、制备技术及其在通信、传感等领域的应用。

2、掌握固体激光器的工作原理、基质材料的特性以及常见固体激光器的类型和应用。

3、了解液晶材料的物理性质、分类及其在显示器件中的应用，掌握液晶显示器件的基本结构和工作原理。

3. 重点难点

重点：理解光纤、固体激光器和液晶显示器件的基本原理、结构特点及其在相关领域的应用。

难点：深入掌握固体激光器的工作原理，特别是泵浦源与增益介质的相互作用机制；理解液晶显示器件中液晶分子的排列方式及其对显示效果的影响。

4. 基本要求

1、理解掌握离子镀与离子束沉积的基本理论，理解各技术的核心原理。

2、掌握光电子材料与器件的基本概念、基本原理和主要类型。理解光纤、固体激光器和液晶显示器件的制备技术及其在实际中的应用。

3、能够根据具体需求选择合适的光电子材料与器件，并初步分析其在系统中的作用和性能。

5. 教学方法

随堂测试、翻转课堂、讲授法、案例分析法、小组讨论法

第五章 电介质材料

该章节对应课程目标 1，对应思政指标点 1.2。

1. 教学内容

本章将主要探讨电介质材料的基本物理性质、特性性质及其典型应用，主要包括：电介质的基本物理性质；晶体的压电和铁电性质；电介质的光学性质；电介质材料的典型应用。

2. 知识要点

- 1、理解电介质材料的定义、分类和基本物理性质，掌握极化、电导、介电常数等概念及其物理意义。
- 2、掌握压电效应和铁电效应的原理，了解具有这些性质的晶体材料及其特性，理解它们在传感器、换能器等领域的应用原理。
- 3、了解电介质材料的光学行为，掌握电光效应、非线性光学效应等特殊现象，理解这些性质在光通信、光存储等领域的应用。
- 4、熟悉电介质材料在电容器、传感器、存储器、光学器件等方面的典型应用，理解其工作原理和性能特点。

3. 重点难点

重点：理解电介质材料的基本物理性质、压电和铁电性质以及光学性质，掌握这些性质在电子技术和光学技术中的应用。

难点：深入理解压电效应和铁电效应的原理，以及电光效应、非线性光学效应等特殊现象的物理机制；理解电介质材料在复杂系统中的综合作用和应用原理。

4. 基本要求

- 1、掌握电介质材料的基本概念、基本物理性质和特殊性质。
- 2、理解压电效应、铁电效应、电光效应等特殊现象的原理和应用。
- 3、熟悉电介质材料在电容器、传感器、存储器、光学器件等方面的典型应用，能够分析其在系统中的作用和性能。

5. 教学方法

随堂测试、翻转课堂、讲授法

第六章 磁电子学材料与器件

该章节对应课程目标 2，对应思政指标点 3.2。

1. 教学内容

本章主要探讨磁电子学材料与器件的基本原理、物理性质、分类及其应用，具体包括：磁性材料的基本物理性质；磁性材料的分类和特性；磁性元器件。

2. 知识要点

- 1、理解磁性材料的基本磁性质，掌握磁化曲线、磁滞回线等概念及其物理意义。
- 2、熟悉各类磁性材料的特性、制备方法及应用场景，能够根据不同需求选择合适的磁性材料。
- 3、掌握电感器、变压器等磁性元器件的工作原理、性能参数及设计方法，了解它们在电子系统中的作用和重要性。

3. 重点难点

重点：理解磁性材料的基本物理性质和分类，掌握磁性元器件的工作原理和性能参数。

难点：深入理解磁性材料微观结构与宏观磁性质之间的关系，以及磁性元器件在复杂电子系统中的综合应用。

4. 基本要求

- 1、掌握磁电子学材料与器件的基本概念、基本原理和基本分析方法。
- 2、理解磁性材料的基本物理性质和分类，能够识别并描述不同磁性材料的特性。

3、熟悉磁性元器件的工作原理、性能参数及应用场景，能够设计简单的磁性电路并进行基本分析。

5. 教学方法

随堂测试、翻转课堂、讲授法、案例分析法、小组讨论法

第七章 电子陶瓷材料

该章节对应课程目标 2，对应思政指标点 3.2。

1. 教学内容

本章将详细介绍电子陶瓷材料的结构性质、制备方法及其在各领域的应用，具体包括：陶瓷材料的结构性质和制备方法；敏感陶瓷；介电陶瓷；铁氧体陶瓷；超导陶瓷。

2. 知识要点

- 1、理解陶瓷材料的结构特点、相变规律及其对性能的影响；掌握陶瓷材料的常用制备方法及其工艺要点。
- 2、掌握各类敏感陶瓷的工作原理、性能参数及测试方法。
- 3、理解介电陶瓷的电学性能及其影响因素。
- 4、掌握铁氧体陶瓷的磁性能特点。
- 5、了解超导陶瓷的基本特性及其发现历程；探讨超导陶瓷在高科技领域的潜在应用前景。

3. 重点难点

重点：理解电子陶瓷材料的结构性质、制备方法及其对性能的影响；掌握敏感陶瓷、介电陶瓷、铁氧体陶瓷的基本特性和应用。

难点：深入理解陶瓷材料的微观结构与宏观性能之间的关系；掌握超导陶瓷的基本原理及其在高科技领域的应用潜力。

4. 基本要求

- 1、掌握电子陶瓷材料的基本概念、分类及基本性质。
- 2、理解并熟悉各类电子陶瓷材料的制备方法及其工艺要点。
- 3、了解敏感陶瓷、介电陶瓷、铁氧体陶瓷和超导陶瓷的基本特性和应用领域。
- 4、能够根据实际需求选择合适的电子陶瓷材料，并初步评估其性能

5. 教学方法

随堂测试、讲授法、案例分析法、小组讨论法

第八章 纳米材料与器件

该章节对应课程目标 2，对应思政指标点 3.2。

1. 教学内容

本章深入探讨纳米材料与器件的相关知识，具体包括：纳米材料的物理性质和制备加工技术；纳米电子学基本物理性质；纳米电子器件。

2. 知识要点

- 1、理解纳米材料的独特物理性质及其产生机理掌握纳米尺度下电子的输运特性及纳米电子学特有的物理现象。
- 2、熟悉常见的纳米材料制备技术。
- 3、了解纳米电子器件的基本类型、工作原理及性能特点

3. 重点难点

重点：理解纳米材料的物理性质及其制备加工技术，掌握纳米电子学的基本物理性质，了解纳米电子器件的工作原理及应用。

难点：深入理解纳米尺度下电子的运输特性及纳米电子学特有的物理现象，以及这些现象如何影响纳米电子器件的性能。

4. 基本要求

- 1、掌握纳米材料的基本概念、物理性质及制备方法。
- 2、理解纳米电子学的基本物理性质，能够分析纳米尺度下电子的行为特点。
- 3、了解纳米电子器件的类型、工作原理及性能特点，能够初步评估纳米电子器件的应用前景。

5. 教学方法

随堂测试、翻转课堂、讲授法、案例分析法、小组讨论法

四、实践教学内容

1.课程实验¹

项目编号	项目名称	实验内容	对应理论章节	学时	实验类型 ²	思政融入点	学生学习预期成果	课程目标
1	半导体材料的特性测量实验	1.学习测量半导体材料的物理特性，包括电特性和光特性 2.观察分析不同掺杂浓度对半导体材料导电性能的影响	第三章	2	验证性	通过介绍半导体材料与化合物半导体器件，引导学生思考我国半导体产业现状，明白人不能安于现状，要居安思危、未雨绸缪。	1.了解半导体材料的基本物理特性； 2.掌握半导体材料基本性质的测量方法，理解半导体导电性能的影响机制	2
2	光纤传输特性测量实验	1. 搭建光纤传输系统 2. 检测传输特定波长的光信号 3. 分析不同光纤类型（单模、多模光纤）的传输性能差异	第四章	2	验证性	介绍“光纤之父”高锟的故事，引导学生要有勇于探索与创造的精神。	掌握光纤的工作原理与应用	2、3
3	液晶显示材料的电光效	1、使用液晶显示单元，使用不	第四章	2	验证性	介绍液晶显示技术在现代显	掌握液晶显示材料的基本物理特性	2

	应实验	同的电压并观察液晶的光学性质变化 2、分析液晶显示材料的工作原理和电光效应				示技术中的广泛应用,以及我国在液晶显示产业中的发展成就,增强学生的科技自信和产业自信。	和电光效应的测试方法。	
4	电介质材料的压电特性测量	1. 使用压电测试仪测量压电陶瓷材料的压电系数、介电常数等参数。 2. 观察分析外加压力对电介质材料电学性能的影响	第5章	2	验证性	通过介绍电介质材料的性质与应用,引导学生积极探索发现科学研究的乐趣。	掌握电介质材料压电性能测试方法,理解压电效应的物理机制。	2
5	磁性材料的磁滞回线特性测量	1、测量磁性材料的磁滞回线。 2、分析不用磁性材料(如铁氧体,稀土永磁体等)的磁性能差异	第6章	4	验证性	介绍磁性材料在信息存储、电机制造等领域的应用,强调其在现代科技中的基础地位。引导学生关注科技伦理问题,如数据安全、电磁辐射等,培养正确的科技价值观。	掌握磁性材料磁性能的测试方法,理解磁滞回线的物理意义	3
6	电子陶瓷材料的特性测量	学习测量电子陶瓷材料的介电常	第7章	4	验证性	介绍电子陶瓷材料在电子器	掌握电子陶瓷材料的性能测试方法	3

		数、电阻率等电学性能			件、传感器等领域的应用,引导学生树立工匠精神,注重细节和品质,追求精益求精的科研态度。		
--	--	------------	--	--	---	--	--

五、学时分配

序号	章节名称	学时分配 (共 32 学时)
1.	第一章 绪论	2
2.	第二章 晶体材料的结构	2
3.	第三章 半导体材料与器件	3
4.	第四章 光电子材料与器件	2
5.	第五章 电介质材料	2
6.	第六章 磁电子学材料与器件	2
7.	第七章 电子陶瓷材料	3
8.	第八章 纳米材料与器件	2
9.	实验 1 半导体材料的特性测量实验	2
10.	实验 2 光纤传输特性测量实验	2
11.	实验 3 液晶显示材料的电光效应实验	2
12.	实验 4 电介质材料的压电特性测量	2
13.	实验 5 磁性材料的磁滞回线特性测量	4
14.	实验 6 电子陶瓷材料的特性测量	4

六、考核方式

薄膜物理与技术课程为本专业选修课,课程考核为:

过程性考核(40%,含课程参与 15%+作业测评 10%+期中考试 5%+实验 10%)+结果性考核(60%)。

1. 过程性考核(40%)

过程性评价方法及考核目标

考核内容	评价标准	支撑课程教学分	支撑
------	------	---------	----

		目标	毕业要求
课程参与 15%	参与度：主动参与各种课程活动，对讨论、项目或任务表现出高度的兴趣和热情。（5分）	1、2、3	1.3、2.1、2.4
	贡献度：按时完成分配的任务，并达到一定的质量标准。（20分（I）/10分（II））		
作业测评 10%	按时完成教师布置的等数量作业题目答题，有答题或计算过程和结论。（6分）	1、2、3	1.3、2.1、2.4
	作业字迹清楚、答题或计算过程的思路清晰，结论正确（4分）		
期中考试 5%	具体参考开课学期《电子材料与器件》期中试卷答案评分标准（5分）	1、2	1.3、2.1
实验 10%	对实验薄膜制备及表征原理认识清晰，有正确的实验技术方案。（3分）	1、2、3	1.3、2.1、2.4
	实验过程正确、完整，能够排除实验过程中的故障。（4分）		
	实验结果正确、数据分析正确。（3分）		

2. 结果性考核（60%）

考试（开卷、闭卷等）或考查（面试、小论文等）

课程考试评价方法及考核目标

考核内容	评价标准	支撑课程教学学分目标	支撑毕业要求
闭卷考试，共60分。	(1)了解电子材料的发展历史； (2)了解电子材料与器件的研究现状； (3)掌握晶体的主要特征； (4)掌握典型晶体的结构； (5)掌握原子间的结合方式； (6)理解晶体中的缺陷； (15分)	1	1.3
	(1)理解半导体材料的性质； (2)掌握半导体材料的制备工艺； (3)理解化合物半导体的能带结构； (4)理解载流子的输运过程； (5)掌握电解质材料的电学和光学性质； (6)掌握磁性材料的基本物理理论； (7)理解陶瓷材料的结构和性质；	2	2.1

	(8) 掌握纳米电子学基本理论、纳米材料和纳米技术。(20分)		
	(1) 掌握化合物半导体器件的基本性质; (2) 了解各种化合物半导体器件及其应用; (3) 掌握光电子器件及其应用; (4) 了解电介质材料的应用; (5) 了解敏感陶瓷等电子陶瓷材料; (6) 掌握纳米电子器件的应用。 (25分)	3	2.4

七、参考书目及学习资料

1. 推荐教材:

《现代电子材料与元器件》，王巍等，科学出版社，2021年2月

2. 参考书目与文献:

- (1) 《电子材料导论》，李言荣等编著，清华大学出版社，2012年.
- (2) 《电子材料与元器件》，陈颖主编，电子工业出版社，2006年.
- (3) 《电子材料》，贾德昌等编著，哈尔滨工业大学出版社，2000年.
- (4) 《电子材料》，陈鸣等编著，北京邮电大学出版社，2006年.

制定人：束磊

审定人：余耀

批准人：王伟

2024年8月

《集成电路原理与设计》课程教学大纲

一、课程基本信息

课程名称（中文）	集成电路原理与设计				
课程名称（英文）	Principles and Design of Integrated Circuits				
课程类别 ¹	专业选修课	课程性质 ²	选修	特殊课程类型 ³	
授课学期	5	学分	2	考核方式	考试
课程学时及分配	总学时 ⁴	讲学时	实验学时	线上学时	课外学时
	32	24	8	0	0
适用专业	微电子科学与工程				
选用教材	《微电子与集成电路设计导论》，方玉明著，2020年				
开课单位	集成电路科学与工程学院				
先修课程	固体物理与半导体物理，模拟电子线路，数字逻辑电路				
后续课程	集成电路课程设计，CMOS 模拟集成电路设计，CMOS 数字集成电路设计				
课程简介 (不少于 500 字)	<p>课程基本定位：《集成电路原理与设计》是微电子科学与工程、微电子科学与工程两个专业的一门专业选修课。本课程讨论了集成电路设计的基本概念、基本的制造材料结构与理论、基本工艺与器件工艺，以及集成电路制造技术、典型数字模拟集成电路、现代集成电路设计技术与方法学、芯片的封装与测试等方面的知识。主要涉及采用硅衬底、CMOS 工艺制造的集成电路芯片技术，介绍了集成电路发展的趋势。</p> <p>核心学习结果：通过本课程的学习，使学生了解我国集成电路产业发展现状及全球集成电路发展趋势。了解集成电路的基本概念、应用和主要制造工艺；掌握 MOS 晶体管的结构与特性、基本数字集成电路和典型模拟集成电路的结构与特点；了解 VLSI 设计流程、EDA 设计和集成电路版图设计的软件工具和基本方法。最终建立起集成电路设计流程的基本概念。</p> <p>主要教学方法：本课程采用理论授课与上机实验相结合的教学方式。通过课堂讲解基本内容、讨论典型例题和学生课下阅读思考、作业练习、阶段测试，使学生在掌握集成电路理论知识的基础上，对集成电路电路分析设计等方面的问题有一定的独立思考能力。上机实验课程辅助学生对理论概念更好的理解与掌握。</p>				
大纲更新时间	2024年8月				

二、课程目标

序号	课程目标 ¹ （参考人才培养目标、毕业要求、课程定位）	支撑毕业要求指标点 ²	支撑思政指标点
1.	课程目标 1: 熟悉集成电路的基本概念、应用和主要制造工艺；掌握 MOS 晶体管的结构与特性、基本数字集成电路和典型模拟集成电路的结构与特点。	指标点 3.1 掌握微电子工艺与集成电路测试领域的工程设计和产品开发的基本方法和技术，理解影响设计目标和技术方案的各种因素。	指标点 8.1: 主动了解、积极支持党和国家制定的各项路线、方针和政策。
2.	课程目标 2: 掌握 VLSI 设计流程、EDA 设计、集成电路版图设计。	指标点 4.1 能够针对微电子工艺与集成电路测试领域复杂工程问题通过文献研究或相关方法，制定研究路线，设计实验方案。	指标点 6.1: 努力学习科学文化知识，扩大知识储备，能独立理性思考问题。
3.	课程目标 3: 掌握集成电路设计的开发流程和方法，掌握软件工具和基本方法。	指标点 5.1 掌握微电子科学与工程专业常用的现代仪器、信息技术工具、工程工具和仿真软件的使用原理和方法，并理解其局限性。	指标点 6.2: 在创新创业实践活动中，探索新思路新技术，解决实际问题。

三、课程教学内容和基本要求

学生将学习以下课程内容并应达到如下基本要求：

第一章 概论

该章节对应课程目标 3.1，对应思政指标点 8.1。

1. 教学内容

微电子学与集成电路的基本概念；集成电路的设计与制造流程；微电子与集成电路的发展趋势。

2. 知识要点

微电子学与集成电路的基本概念

3. 重点难点

集成电路的设计与制造流程

4. 基本要求

通过本章课程的学习，要求学生理解集成电路的基本概念和重要性，掌握集成电路的设计与制造流程。了解我国集成电路产业发展状态及全球集成电路发展趋势。

5. 教学方法

讲授、讨论

第二章 半导体物理基础

该章节对应课程目标 4.1，对应思政指标点 6.1。

1. 教学内容

半导体材料及其基本性质，硅的晶格结构，硅晶体中的缺陷，半导体中的能带理论。

2. 知识要点

半导体材料及其基本性质

3. 重点难点

半导体中的能带理论

4. 基本要求

通过本章课程的学习，要求学生了解半导体材料及其基本性质。

5. 教学方法

讲授、讨论

第三章 半导体器件物理基础

该章节对应课程目标 4.1，对应思政指标点 6.1。

1. 教学内容

PN 结、双极型晶体管和 MOSFET 的结构与特性（包括电容特性）；短沟道效应；JFET 和 MOSFET 的基本结构和工作原理

2. 知识要点

PN 结的特性；JFET 和 MOSFET 的基本结构和工作原理

3. 重点难点

双极型晶体管和 MOSFET 的工作原理；短沟道效应；

4. 基本要求

通过本章课程的学习，要求学生掌握 MOSFET 的结构与特性、短沟道效应、按比例缩小理论，了解 MOSFET 电容及 MOS 器件的 SPICE 模型。

5. 教学方法

讲授、讨论

第四章 半导体集成电路制造工艺

该章节对应课程目标 5.1，对应思政指标点 6.2。

1. 教学内容

单晶生长及衬底制备、光刻、刻蚀、掺杂技术、制膜技术；接触与互连，隔离技术，封装技术，主要器件和工艺流程示例。

2. 知识要点

工艺流程，光刻工艺，隔离技术

3. 重点难点

光刻工艺，封装工艺

4. 基本要求

过本章课程的学习，要求学生了解集成电路的基本要素、主要制造工艺和工艺评估方法，掌握 CMOS 工艺流程。

5. 教学方法

讲授、讨论

第五章 集成电路基础

该章节对应课程目标 5.1，对应思政指标点 6.2。

1. 教学内容

集成电路概述，数字集成电路基础；双极型和 BiCMOS 集成电路，模拟集成电路基础，集成电路版图，集成电路设计工具介绍，大规模集成电路基础，集成电路设计方法学。

2. 知识要点

数字集成电路基础，模拟集成电路基础

3. 重点难点

BiCMOS 集成电路，大规模集成电路基础

4. 基本要求

要求学生掌握 CMOS 反相器的结构与特性、典型组合逻辑电路、典型 CMOS 时序逻辑电路，了解门电路扇入扇出、互联线电容与延迟及存储器类型和基本结构。要求学生掌握单管放大电路、多管放大电路、典型电流源和电压基准源的结构与特性，了解模拟集成电路种类、应用和设计基本步骤。要求学生了解 EDA 历史与发展、VHDL 与 VerilogHDL、EDA 设计工具。

5. 教学方法

讲授、讨论

第六章 新型微电子技术

该章节对应课程目标 3.1，对应思政指标点 8.1。

1. 教学内容

SoC 技术、微机电系统 (MEMS) 技术、生物芯片技术、纳电子技术

2. 知识要点

SoC 技术、MEMS 技术

3. 重点难点

纳电子技术

4. 基本要求

通过本章课程的学习，要求学生了解新型微电子技术及其应用前景。

5. 教学方法

讲授、讨论

四、实践教学内容

1. 课程实验¹

项目编号	项目名称	实验内容	对应理论章节	学时	实验类型 ²	思政融入点	学生学习预期成果	课程目标
1	数字集成电路仿真 1	非门、或非门、与门的电路设计与仿真	5	2	设计性 验证性	6.2	(1) 熟悉软件的使用； (2) 掌握电路的设计与仿真。	5.1
2	数字集成电路仿真 2	异或门、传输门的电路	5	2	设计性 验证性	6.2	(1) 熟悉软件的使用；	5.1

		设计与仿真					(2)掌握电路的设计与仿真。	
3	模拟集成电路仿真 1	共源极放大器的电路设计与仿真	5	2	设计性 验证性	6.2	(1) 熟悉软件的使用； (2)掌握电路的设计与仿真。	5.1
4	模拟集成电路仿真 2	共栅极放大器和共漏极放大器的电路设计与仿真	5	2	设计性 验证性	6.2	(1) 熟悉软件的使用； (2)掌握电路的设计与仿真。	5.1

五、学时分配

序号	章节名称	学时分配（共 24 学时）
1.	绪论	1
2.	半导体物理基础	3
3.	半导体器件物理基础	4
4.	半导体集成电路制造工艺	6
5.	集成电路基础	8
6.	新型微电子技术	2

六、考核方式

《集成电路原理与设计》课程为微电子科学与工程专业的选修课，课程考核方式包括：课堂学习讨论及课后反馈表现（40%）+结果性考核（60%）。

1. 课堂学习讨论及课后反馈表现（40%）

课堂学习研讨、课后反馈表现、学术论文、调研报告、作业测评、阶段性测试等。

课堂学习讨论及课后反馈表现评价方法及考核目标

考核内容	评价标准	支撑课程教学分目标	支撑毕业要求
作业测评，共 30 分。	作业和报告的完成度（10 分）；实验课的内容完成度（15 分）。	3	5.1
	阐述观点的过程中思路清晰，表达明确。（5 分）	3	5.1
课堂学习研讨，共 10 分。	到课情况（5 分）。	1	3.1
	课堂研讨参与度、积极性等综合表现（5 分）。	2	4.1

2. 结果性考核（60%）

考试（开卷、闭卷等）或考查（面试、小论文等）

课程考试评价方法及考核目标

考核内容	评价标准	支撑课程教学目标	支撑毕业要求
闭卷考试，共60分。	课程目标 1： 熟悉集成电路的基本概念、应用和主要制造工艺；掌握MOS 晶体管的结构与特性、基本数字集成电路和典型模拟集成电路的结构与特点。（20分）	2	4.1
	课程目标 2： 掌握 VLSI 设计流程、EDA 设计、集成电路版图设计。（20分）	1	3.1
	课程目标 3： 掌握集成电路设计的开发流程和方法，掌握软件工具和基本方法。（20分）	3	5.1

七、参考书目及学习资料

- 1.推荐教材：《微电子与集成电路设计导论》，方玉明编著，电子工业出版社，2020年。
- 2.参考书目与文献：《模拟集成电路设计》，魏廷存编著，电子工业出版社，2022年。

制定人：曾蕙明

审定人：余耀

批准人：王伟

2024年8月

《微纳传感器与应用》课程教学大纲

一、课程基本信息

课程名称（中文）	微纳传感器与应用				
课程名称（英文）	Micro-Nano Sensors and Applications				
课程类别 ¹	专业选修课	课程性质 ²	选修	特殊课程类型 ³	
授课学期	第5学期	学分	2	考核方式	考试
课程学时及分配	总学时 ⁴	讲课时	实验学时	线上学时	课外学时
	32	24	8	0	0
适用专业	微电子科学与工程				
选用教材	《传感器原理及应用（第2版）》，彭杰纲，电子工业出版社，2017年				
开课单位	集成电路科学与工程学院				
先修课程	固体物理与半导体物理、微电子器件基础				
后续课程	集成电路封装测试				
课程简介 (不少于500字)	<p>课程基本定位：《微纳传感器与应用》是微电子类本科生教学的专业主干课之一，内容丰富详实，重点突出。本课程基于微电子器件基础，面向集成电路系统设计与封装测试，不仅具有自身的理论体系且实践性很强。对微电子类本科生掌握该领域前沿知识有很大的帮助，并为其日后进一步科研和工作打下坚实的理论基础。</p> <p>核心学习结果：本课程的主要内容包括：传感器的概念、分类、基本特性、标定和技术现状，传感器的功能材料及加工工艺，温敏传感器，力敏传感器，磁敏传感器，光敏传感器，声敏传感器，湿敏传感器，生物传感器，传感器的信号处理和智能化，以及无线传感器网络等。通过对本课程的学习，学生将理解掌握各类微纳传感器的基本概念、基本原理，了解传感器领域的最新进展。通过本课程的学习，使学生了解各种典型传感器基本原理，为传感器及相关领域的设计和研究提供必要的基础知识。</p> <p>主要教学方法：通过课堂讲解基本内容、讨论例程和学生课下阅读思考、作业练习、阶段测试，采用启发、探究型教学方式，激励学生自主学习，充分发挥学生的主观能动性。提出一些综合性的问题，然后引导学生加以分析，按设定条件提出办法，使学生从中领会自学的思路，学会独立解决问题。加大科学思维能力，注重理论联系实际，促进学生工程实践能力和创新能力的发展。</p> <p>1.“双创”融入原则。“讲授与讨论并举、设计与分析并重”，通过习题、</p>				

	<p>电路设计与仿真等环节，培养其分析解决问题的能力以及创新能力。</p> <p>2.价值体系塑造。坚持立德树人，挖掘课程内容和教学过程中蕴含的思想政治教育资源，探索和创新课程思政教育方法，不断提升课程思政能力。</p> <p>3.坚持 OBE 原则。关注全体学生学习效果，建立“评价—反馈—改进”闭环，形成持续改进机制。</p> <p>4.面向新一代信息技术。结合“互联网+”以及人工智能新兴产业等，革新 DSP 技术课程的内容案例与授课手段，增加课程的开放性与活力。</p> <p>5.网络教学资源配套。建立网络资源库，优化教学资源，增加课程的开放性与活力，建立网络教学共享机制，实现网络教学与课堂教学的同步推进。</p>
大纲更新时间	2024 年 8 月

二、课程目标

序号	课程目标 ¹ （参考人才培养目标、毕业要求、课程定位）	支撑毕业要求指标点 ²	支撑思政指标点
1.	课程目标 1: 了解传感器的基本知识和基本特性、传感器的标定和校准方法以及应用技术，掌握电阻应变式、电感式、电容式、压电式、热电式、光电式、数字式、磁敏、气敏、湿敏传感器等各类传感器的转换原理。	指标点 3.2: 能够针对微电子工艺与集成电路测试领域的特定需求，包括信息采集、存储和处理等，完成设备和系统单元（部件）的方案设计。	指标点 1.2: 以辩证唯物主义和历史唯物主义的世界观认识和改造客观世界 指标点 2.2: 维护国家的利益和安全，为国家的繁荣富强贡献自己的力量。
2.	课程目标 2: 理解掌握传感器组成结构、传感器特性分析、传感器设计方法、传感器信号调理技术及其在日常生活和生产过程中的典型应用。	指标点 5.3: 能够运用微电子工艺、测试设备和专业仿真软件对复杂工程问题进行预测与模拟，并能够解释其局限性。	指标点 6.1: 努力学习科学文化知识，扩大知识储备，能独立理性思考问题

三、课程教学内容和基本要求

学生将学习以下课程内容并应达到如下基本要求：

第一章 绪论

该章节对应课程目标 1，对应思政指标点 1.2、2.2。

1. 教学内容

- 1.1 传感器的概念
- 1.2 传感器的分类
- 1.3 传感器的基本特性
- 1.4 传感器的标定
- 1.5 传感器技术发展方向

2. 知识要点

传感器的概念、分类、基本特性、标定方法和技术现状。

3. 重点难点

- 1). 传感器的基本组成、定义;
- 2). 传感器的静态特性、动态特性及其相关的数学模型;
- 3). 传感器的静态特性标定和动态标定

4. 基本要求

- (1) 了解传感器的基本概念和知识;
- (2) 了解传感器技术的发展历程及其特点;

5. 教学方法

讲授、讨论、演示

第二章 传感器的功能材料及加工工艺

该章节对应课程目标 1, 对应思政指标点 1.2、2.2。

1. 教学内容

- 2.1. 传感器使用的材料
- 2.2. 传感器的加工工艺

2. 知识要点

常用的传感器材料和微机械加工工艺。

3. 重点难点

- 1). 导体、半导体和电介质, 有机高分子敏感材料和磁性材料;
- 2). 结构型传感器的加工工艺;
- 3). 微机械加工工艺

4. 基本要求

理解掌握目前各类微纳传感器使用的材料和基本的微纳加工工艺技术。

5. 教学方法

讲授、讨论、演示

第三章 温敏传感器

该章节对应课程目标 1, 对应思政指标点 1.2、2.2。

2. 教学内容

- 3.1. 热学相关基本概念
- 3.2. 热电偶传感器
- 3.3. 电阻型温度传感器
- 3.4. 半导体 PN 结型温度传感器

2. 知识要点

- 1)热学相关基本概念;
- 2)热电偶传感器、热电阻传感器和半导体 PN 结温度传感器的原理与应用;

3. 重点难点

- 1). 热电效应、热电偶测量电路;
- 2). 热敏电阻及其温度传感器;
- 3). 温敏二极管、晶闸管和三极管

4. 基本要求

了解并掌握热学相关基本概念以及热电偶传感器、热电阻传感器和半导体 PN 结温度传感器的原理与应用;

5. 教学方法

讲授、讨论、演示

第四章 力敏传感器

该章节对应课程目标 1，对应思政指标点 1.2、2.2。

1. 教学内容

- 4.1. 应变式电阻传感器
- 4.2. 压电式力传感器
- 4.3. 电容式力传感器
- 4.4. 电感式压力传感器
- 4.5. 谐振式压力传感器
- 4.6. 光纤力学传感器
- 4.7. 其他新型传感器

2. 知识要点

应变式电阻传感器、压电式压力传感器、电容压力传感器、电感式压力传感器、谐振式压力传感器、光纤力学传感器和其他新型传感器的原理与应用。

3. 重点难点

- 1). 电阻应变片的测量方法和测量电路；
- 2). 压电传感器的等效电路与测量线路；
- 3). 谐振式压力传感器的特性

4. 基本要求

了解并掌握应变式电阻、压电式、电容式、电感式、谐振式、光纤力学以及其他新型传感器的工作原理与应用。

5. 教学方法

讲授、讨论、演示

第五章 磁敏传感器

该章节对应课程目标 1，对应思政指标点 1.2、2.2。

1. 教学内容

- 5.1. 概述
- 5.2. 霍尔元件
- 5.3. 半导体磁阻器件
- 5.4. 结型磁敏器件
- 5.5. 铁磁性金属薄膜磁阻元件
- 5.6. 压磁式传感器
- 5.7. 新型磁敏传感器

2. 知识要点

霍尔式传感器、半导体磁阻器件、结型磁敏器件、铁磁性金属薄膜磁阻元件、压磁式传感器和新型磁敏传感器的原理与应用。

3. 重点难点

- 1). 霍尔元件的基本特性、电磁特性；
- 2). 磁敏二极管、三极管；
- 3). 铁磁薄膜磁敏电阻的工作原理和技术性能。

4. 基本要求

了解并掌握霍尔式传感器、半导体磁阻器件、结型磁敏器件、铁磁性金属薄膜磁阻元件、压磁式传感器和新型磁敏传感器的原理与应用；

5. 教学方法

讲授、讨论、演示

第六章 光敏传感器

该章节对应课程目标 1，对应思政指标点 1.2、2.2。

1. 教学内容

- 6.1. 概述
- 6.2. 光电效应传感器
- 6.3. 光生伏特效应器件
- 6.4. 光敏二极管
- 6.5. 光敏晶体管
- 6.6. 色敏光电传感器
- 6.7. 光电耦合器件
- 6.8. 红外热释电光敏器件
- 6.9. 固态图像传感器
- 6.10. 光纤传感器

2. 知识要点

光电效应传感器、光电池、光敏晶体管、光电耦合器件等传感器的原理与应用；

3. 重点难点

- 1). 光敏晶体管和光敏二极管基本特性；
- 2). 光电耦合器和光电开关；
- 3). CCD 图像传感器和 MOS 固态图像传感器。

4. 基本要求

了解并掌握光电效应传感器、光电池、光敏晶体管、光电耦合器件等传感器的原理与应用；

5. 教学方法

讲授、讨论、演示

第七章 声敏传感器

该章节对应课程目标 1，对应思政指标点 1.2、2.2。

1. 教学内容

- 7.1. 声波的基本性质
- 7.2. 声敏传感器
- 7.3. 水声传感器
- 7.4. 超声波传感器
- 7.5. 声表面波传感器

2. 知识要点

声敏传感器、水声传感器、超声波传感器和声表面波传感器的原理与应用；

3. 重点难点

- 1). 压电声敏传感器、电容式声敏传感器；
- 2). SAW 传感器的结构与工作原理；

4. 基本要求

了解并掌握声敏传感器、水声传感器、超声波传感器和声表面波传感器的原理与应用；

5. 教学方法

讲授、讨论、演示

第八章 气敏传感器

该章节对应课程目标 1，对应思政指标点 1.2、2.2。

1. 教学内容

- 8.1. 概述
- 8.2. 气敏传感器的主要参数与特性
- 8.3. 半导体气敏传感器
- 8.4. 固态电解质气敏传感器
- 8.5. 接触燃烧式气敏传感器
- 8.6. 新型气敏传感器
- 8.7. 气敏传感器的应用

2. 知识要点

半导体、固态电解质、接触燃烧式和新型气敏传感器的原理与应用；

3. 重点难点

- 1). 半导体气敏二极管和 MOSFET 气敏传感器；
- 2). 接触燃烧式气敏传感器气敏特性；
- 3). 气敏半导体材料吸附机制及器件。

4. 基本要求

了解并掌握半导体、固态电解质、接触燃烧式和新型气敏传感器的原理与应用；

5. 教学方法

讲授、讨论、演示

第九章 湿敏传感器

该章节对应课程目标 1，对应思政指标点 1.2、2.2。

1. 教学内容

- 9.1. 湿度的基本概念
- 9.2. 湿度传感器的特性参数
- 9.3. 湿度传感器的分类
- 9.4. 陶瓷式湿度传感器
- 9.5. 有机物及高分子聚合物湿度传感器
- 9.6. 半导体结型和 MOS 型湿度传感器
- 9.7. 固体电解质界限电流式高温湿度传感器
- 9.8. 溶性电解质湿度传感器

2. 知识要点

陶瓷式、有机物及高分子聚合物、半导体结型和 MOS 型、固体电解质界限电流式高温湿度传感器等的原理与应用；

3. 重点难点

- 1). 湿度传感器的特性参数；
- 2). 高分子电阻式和电容式湿度传感器；
- 3). 固体电解质界限电流式湿度传感器的特性。

4. 基本要求

了解并掌握陶瓷式、有机物及高分子聚合物、半导体结型和 MOS 型、固体电解质界限电流式高温湿度传感器等的原理与应用；

5. 教学方法

讲授、讨论、演示

第十章 生物传感器

该章节对应课程目标 1，对应思政指标点 1.2、2.2。

1. 教学内容

- 10.1. 生物传感器的基本概念
- 10.2. 生物传感器的特点
- 10.3. 生物反应基本知识
- 10.4. 生物传感器的工作原理及类型

2. 知识要点

生物传感器的特点、基本原理及类型，以及半导体生物传感器及其应用；

3. 重点难点

- 1). 生物传感器膜技术和固定化技术；
- 2). 免疫传感器及其应用；
- 3). 半导体生物传感器及其应用。

4. 基本要求

了解并掌握生物传感器的特点、基本原理及类型，以及半导体生物传感器及其应用；

5. 教学方法

讲授、讨论、演示

第十一章 传感器的信号处理

该章节对应课程目标 2，对应思政指标点 6.1。

1. 教学内容

- 11.1. 信号测量电路
- 11.2. 信号变换电路
- 11.3. 阻抗匹配/信号放大电路
- 11.4. 信号分离/滤波电路

2. 知识要点

信号测量电路、信号变换电路、阻抗匹配/信号放大电路和信号分离/滤波电路；

3. 重点难点

- 1). 电容测量及电容检测电路；
- 2). 运算放大器阻抗匹配/信号放大电路；
- 3). 按频带、逼近方式分类的滤波器和按电路组成滤波器。

4. 基本要求

了解信号测量电路、信号变换电路、阻抗匹配/信号放大电路和信号分离/滤波电路；

5. 教学方法

讲授、讨论、演示

第十二章 传感器的智能化和网络化

该章节对应课程目标 2，对应思政指标点 6.1。

1. 教学内容

- 12.1. 智能传感器
- 12.2. 智能传感器的网络化
- 12.3. 无线传感器网络的概述

2. 知识要点

智能传感器的结构功能和网络化，无线传感器网络的发展应用和技术挑战；

3. 重点难点

- 1). 智能传感器的结构和功能；
- 2). 基于 TCP/IP 协议的网络化智能传感器；
- 3). 无线传感器网络体系结构和关键技术。

4. 基本要求

了解智能传感器的结构功能和网络化，无线传感器网络的发展应用和技术挑战；

5. 教学方法

讲授、讨论、演示

四、实践教学内容

1.课程实验¹

项目编号	项目名称	实验内容	对应理论章节	学时	实验类型 ²	思政融入点	学生学习预期成果	课程目标
1	电阻应变式传感器实验	通过调整螺旋测微器改变应变片的电阻阻值，测量对应的电压值	第四章	2	综合型	培养学生形成科学的实践理念、有效实施中间实验，并对其结果做出总结和科学性调整等；	掌握直流和交流应变电桥的组成和性能，掌握电子秤的标定方法	1、2
2	电容式传感器位移实验	通过改变微小位移 d ，改变电容值，测量对应的电压值	第四章	2	综合型	培养学生形成科学的实践理念、有效实施中间实验，并对其结果做出总结和科学性调整等；	掌握电容式传感器的工作原理、结构及其特点	1、2
3	线性霍尔式传感器位移特性实验	通过调节测微头的微分筒产生位移，测量输出电压值	第五章	2	综合型	让学生认识理论和实践结合起来，学习会起到事半功倍的效果	掌握霍尔式传感器的工作原理和特征	1、2
4	光纤传感器位移特性实验	通过改变光纤 1 与被测	第六章	2	综合型	培养学生形成科学	了解掌握光纤位移传感	1、2

	验	物体距离， 测量光纤 2 接收反射光 信号转换的 电压值				的实践理 念、有效实 施中间实 验，并对其 结果做出 总结和科 学性调整 等；	器的工作原 理和性能	
--	---	--	--	--	--	--	---------------	--

五、学时分配

序号	章节名称	学时分配（共 24+8 学时）
1.	绪论	2
2.	传感器的功能材料及加工工艺	2
3.	温敏传感器	2
4.	力敏传感器	2
5.	磁敏传感器	2
6.	光敏传感器	2
7.	声敏传感器	2
8.	气敏传感器	2
9.	湿敏传感器	2
10.	生物传感器	2
11.	传感器的信号处理	2
12.	传感器的智能化和网络化	2
13.	实验 1 电阻应变式传感器实验	2
14.	实验 2 电容式传感器位移实验	2
15.	实验 3 线性霍尔式传感器位移特性实验	2
16.	实验 4 光纤传感器位移特性实验	2

六、考核方式

微纳传感器与应用课程为本专业选修课，课程考核为：

过程性考核（40%，含课程参与 10%+作业测评 15%+实验 15%）+结果性考核（60%）。

1. 过程性考核（40%）

过程性评价方法及考核目标

考核内容	评价标准	支撑课程教学 分 目标	支撑 毕业要求
课程参与 10%	参与度：主动参与各种课程活动，对讨论、项目或任务表现出高度的兴趣和热情。（5分）	1、2	3.2、5.3

	贡献度：按时完成分配的任务，并达到一定的质量标准。（5分）		
作业测评 15%	按时完成教师布置的等数量作业题目答题，有答题或计算过程和结论。（6分）	1、2	3.2、5.3
	作业字迹清楚、答题或计算过程的思路清晰，结论正确（9分）		
实验 15%	对实验电路原理认识清晰，有正确的实验技术方案。（5分）	1、2	3.2、5.3
	实验过程正确、完整，能够排除实验过程中的故障。（5分）		
	实验结果正确、数据分析正确。（5分）		

2. 结果性考核（60%）

课程考试评价方法及考核目标

考核内容	评价标准	支撑课程教学目标	支撑毕业要求
闭卷考试 60%	掌握常见的电阻应变式、电感式、电容式、压电式、热电式、光电式、数字式、磁敏、气敏、湿敏传感器等微纳传感器的基本特性，学会传感器的标定方法。（40分）	1	3.2
	理解掌握传感器组成结构、传感器特性分析、传感器设计方法、传感器信号调理技术及其在日常生活和生产过程中的典型应用。能够针对各类传感器进行设计和特性分析，以及对传感器信号进行处理。（20分）	2	5.3

七、参考书目及学习资料

1. 推荐教材：

《传感器原理与应用（第4版）》，孟立凡主编，电子工业出版社，2020年。

2. 参考书目与文献：

《微纳传感器及其应用》，朱勇、张海霞编著，北京大学出版社，2010年。

制定人：陶旭

审定人：张黎可

批准人：王伟

2024年8月

《光电子器件》课程教学大纲

一、课程基本信息

课程名称（中文）	光电子器件				
课程名称（英文）	Optoelectronic Devices				
课程类别 ¹	专业选修课程	课程性质 ²	必修	特殊课程类型 ³	
授课学期	5	学分	2	考核方式	考试
课程学时及分配	总学时 ⁴	讲课时	实验学时	线上学时	课外学时
	32	24	8	0	0
适用专业	微电子科学与工程				
选用教材	《光电子器件及其应用》，孙海金、杨国锋 编，科学出版社，2020 年； 《光电技术实践教程》，刘罡、王伟编，江苏大学出版社，2021 年。				
开课单位	集成电路科学与工程学院				
先修课程	量子力学				
后续课程	功率半导体器件、集成电路测试课程设计				
课程简介 (不少于 500 字)	<p>课程基本定位：《光电子器件及其应用》为微电子科学与工程专业的一门专业选修课程。为学生提供了光电子器件的基本原理、结构、特性及应用等方面的系统知识，是后续专业课程学习和从事微电子领域工作的重要基础。</p> <p>核心学习结果：本课程旨在使学生理解常见光电子器件的基本性质、原理、各类传输器件和接收器件（例如光波导器件、光电子探测器件）的工作原理与特性，以及它们在电子系统中的应用。通过本课程的学习，学生将能够掌握光电子器件的基本分析方法和设计原则，为后续深入学习集成电路设计、微电子制造工艺等高级课程打下坚实基础。同时，该课程也注重培养学生的实验技能 and 创新能力，以适应快速发展的微电子行业需求。</p> <p>主要教学方法：</p> <p>多媒体教学：利用多媒体课件、图片、动画和视频等教学资源，使抽象的理论知识更加直观易懂，提高学生的学习兴趣和理解能力。讲授与互动讨论：通过教师的讲解，结合学生的互动讨论，加深对课程内容的理解和记忆。同时，鼓励学生提问和分享观点，促进思维的碰撞和知识的内化。实验与仿真：通过实验课和仿真软件，让学生亲手操作和实践，巩固理论知识，掌握光电子器件的主要原理和使用方法，培养实验技能和动手能力。案例分析：通过具体的应用案例，让学生了解光电子器件在实际电路和系统中的应用，</p>				

	增强学习的针对性和实用性。
大纲更新时间	2024年8月

二、课程目标

序号	课程目标 ¹ （参考人才培养目标、毕业要求、课程定位）	支撑毕业要求指标点 ²	支撑思政指标点
1.	课程目标 1: 运用高等数学知识，分析典型的光电子器件的工作原理。	指标点 1.4: 能够运用专业基础知识与数学、自然科学、计算分析方法比较与综合微电子工艺与集成电路测试领域工程问题的解决方案，并体现微电子工艺与集成电路测试领域先进技术。	指标点 4.1: 理解本民族传统文化，肯定当代国内科技发展水平。
2.	课程目标 2: 深刻理解光输出器件、光接收器件、光发射器件和光显示器件的结构特性。	指标点 3.4: 能够在设计环节考虑社会、健康、安全、法律、文化以及环境等制约因素。	指标点 8.1: 主动了解、积极支持党和国家制定的各项路线、方针和政策。
3.	课程目标 3: 能够利用光电子器件相关知识设计、开发用于检测和传感领域的产品和模块设计。	指标点 4.4: 能够分析和解释微电子工艺、测试设备的实验结果，并通过信息综合得到合理有效的结论。	指标点 8.2: 具有民族认同感和自豪感，为民族复兴贡献自己的力量。

三、课程教学内容和基本要求

学生将学习以下课程内容并应达到如下基本要求：

第一章 光电子器件基础

该章节对应课程目标 1、2，对应思政指标点 4.1、8.2

1. 教学内容

- (1) 光的主要信息特征。
- (2) 光在介质中的传输特性。
- (3) 光在介质表面的反射与折射。

2. 知识要点

- (1) 波粒二象性的概念、电磁波的分类、单频光的信息特征、复合光的信息特征及其表示。
- (2) 光的材料色散、光的增益与衰减、旋光材料的旋光性。
- (3) 菲涅耳公式的概念、全反射的特点与性质、双折射的特点与性质。

3. 重点难点

重点：波粒二象性的含义、单频光的信息特征（振幅、频率、相位等）、光的增益与衰

减的计算方法、全反射和双折射的性质。

难点：色散的概念与特点、菲涅耳公式。

4. 基本要求

- (1) 掌握光的特征、表征，
- (1) 熟悉光在介质中的传输和光在介质表面的反射和折射

5. 教学方法

讲授与多媒体展示、互动讨论、案例分析、实验与仿真。

第二章 光传输器件

该章节对应课程目标 1、2、3，对应思政指标点 4.1、8.1、8.2

1. 教学内容

- (1) 光隔离器 光环行器。
- (2) 光波导器件。
- (3) 定向耦合器。
- (4) 光纤光栅器件。
- (5) 光开关 光滤波器。
- (6) 光子晶体器件。

2. 知识要点

- (1) 光隔离器的特点与应用、光环行器的原理与特点。
- (2) 平面光波导、条形光波导的原理与特点、光波导的应用。
- (3) 耦合模理论、定向耦合器的基本结构与工作原理、定向耦合器的应用。
- (4) 布拉格光纤光栅、长周期光纤光栅、啁啾光纤光栅、光纤光栅的主要应用。
- (5) 光开关的概念、光滤波器。
- (6) 电子晶体和光子晶体的概念和特点、光子晶体光纤、。

3. 重点难点

重点：光隔离器的原理和特点、平面光波导和条形光波导的区别与特点、光开关的原理。

难点：耦合模理论、布拉格光纤光栅、长周期光纤光栅。

4. 基本要求

掌握光传输器件的结构、特征与相关应用，如光隔离器、光波导器件、定向耦合器、光纤光栅器件、光开关、光滤波器和光子晶体器件。

5. 教学方法

讲授与多媒体展示、互动讨论。

第三章 光接收器件

该章节对应课程目标 1、2、3，对应思政指标点 4.1、8.1、8.2

1. 教学内容

- (1) 光接收器件核心要素。
- (2) 光电子探测器概述。
- (3) 光热探测器。
- (4) 外光电效应探测器。
- (5) 光电导探测器
- (6) 光伏探测器

2. 知识要点

(1) 半导体的光吸收过程、直接带隙与间接带隙半导体的吸收边、禁带宽度受温度与电场强度的影响。

(2) 光电子探测器的定义与分类、光电子探测器的性能参数(量子效率、响应度、探测度、响应时间)、光电探测器的光学变换系统。

(3) 热敏电阻、热释电探测器。

(4) 真空光电管与充气光电管、光电阴极、光电倍增管、光电倍增管的应用。

(5) 光敏电阻的主要特性参数、光敏电阻的结构、光敏电阻的应用基础、光敏电阻的应用。

(6) 光电池、光电二极管

3. 重点难点

重点: 半导体的光吸收原理、直接带隙与间接带隙半导体的光吸收特点、光敏电阻的主要特性参数与结构。

难点: 光电子探测器的性能参数(量子效率、响应度、探测度、响应时间)。

4. 基本要求

掌握光接收器件的结构特性与相关的典型应用,如光热探测器、外光电效应探测器、光电导探测器、光伏探测器。

5. 教学方法

讲授与多媒体展示、互动讨论、案例分析、实验与仿真。

第四章 光发射器件

该章节对应课程目标 1、2、3, 对应思政指标点 4.1、8.1、8.2

1. 教学内容

(1) 光发射材料。

(2) 半导体发光二极管。

(3) 半导体激光器。

(4) 动态单模半导体激光器。

(5) 量子阱激光器

2. 知识要点

(1) 光发射与光吸收之间的关系、半导体发射光谱的特点、非辐射复合。

(2) 发光二极管的芯片结构、发光二极管的主要输出特性、发光二极管的应用。

(3) 半导体激光器受激放大条件、F-P LD 的波导结构、F-P LD 的输出特性、F-P LD 的激光输出模式、F-P LD 的应用。

(4) 分布反馈半导体激光器、分布布拉格反射型激光器、光栅外腔单模激光器。

(5) 超晶格、量子阱激光器的特征、量子线、量子点激光器。

3. 重点难点

重点: 光发射与光吸收之间的关系、半导体发射光谱的特点、非辐射复合、量子阱激光器的特征。

难点: 光发射与光吸收之间的关系、发光二极管的芯片结构。

4. 基本要求

掌握半导体光发射材料的特点,发光二极管和激光二极管的结构特性、工作原理与相关

应用。

5. 教学方法

讲授与多媒体展示、互动讨论、案例分析、实验与仿真。

第五章 光显示器件

该章节对应课程目标 1、2、3，对应思政指标点 4.1、8.1、8.2

1. 教学内容

- (1) 阴极射线管。
- (2) 液晶显示器。
- (3) 等离子体显示器

2. 知识要点

- (1) 单色阴极射线管、彩色阴极射线管。
- (2) 液晶基础知识、扭曲向列液晶显示器、超扭曲向列液晶显示器、薄膜晶体管液晶显示器。
- (3) 气体放电基本知识、单色等离子体显示器、彩色等离子体显示器。

3. 重点难点

重点：单色阴极射线管、液晶基础知识。

难点：气体放电基本知识。

4. 基本要求

掌握半导体光发射材料的特点，阴极射线管、液晶显示器和等离子体显示器的基本结构和显示原理。

5. 教学方法

讲授与多媒体展示、互动讨论。

四、实践教学内容

1. 课程实验¹

项目编号	项目名称	实验内容	对应理论章节	学时	实验类型 ²	思政融入点	学生学习预期成果	课程目标
1	LD、LED光源特性测试实验	1、LD的V-I曲线特性测试； 2、LED的V-I曲线特性测试	第一、四章	2	验证型	从LED和激光器的输出特性测试中，可以发现电流累积到一定程度，量变可以引起质变，并且要多发光，少发热。	1、熟悉光电测试机台设备； 2、掌握LD的伏安特性曲线测试和LED的正向、反向伏安特性曲线测试。	1、2、3
2	光敏二极管特性测试	光敏二极管的暗电流、光照特性和灵敏度特性测试	第一、三章	3	验证型	从光敏器件可以发现，二极管和三极管不同，	掌握光敏二极管的暗电流、光照特性和灵	1、2、3

	性测试实验					具体问题要具 体分析,涉及到 不同的灵敏度 和响应特性。	敏度特性的测 试方法。	
3	硅光 池特 性测 试实 验	硅光电池的短路电流、开 路电压和光照-电流特性 测试	第一、三 章	3	验证型	从硅光电池特 性能够看出,前 面就要深入基 层,不畏艰苦, 努力奋斗,最终 会突破阈值,为 国家做出巨大 贡献。	掌握硅光电池 的短路电流、 开路电压和光 照-电流特性 测试方法。	1、2、3

五、学时分配

序号	章节名称	学时分配 (共 32 学时)
1.	光电子器件基础	6
2.	光输出器件	6
3.	光接收器件	6
4.	光发射器件	4
5.	光显示器件	2
6.	实验 1.LD、LED 光源特性测试实验	2
7.	实验 2.光敏二极管特性测试实验	3
8.	实验 3.硅光电池特性测试实验	3

六、考核方式

《光电子器件》为微电子科学与工程专业的专业选修课,课程考核方式包括:过程性考核(40%,含课程参与10%+作业测评10%+实验20%)+结果性考核(60%)。

1. 过程性考核(40%)

过程性评价方法及考核目标

考核内容	评价标准	支撑课程教学分 目标	支撑 毕业要求
课程参与 10%	参与度:主动参与各种课程活动, 不迟到、不早退、不旷课。(5分)	1、2、3	1.4、3.4、 4.4
	贡献度:按时完成分配的任务,并 达到一定的质量标准。(5分)		

作业测评 10%	按时完成教师布置的等数量作业题目答题,有答题或计算过程和结论。(10分)	1、2、3	1.4、3.4、4.4
实验 20%	对实验原理认识清晰,有正确的实验技术方案。(6分)	1、2、3	1.4、3.4、4.4
	实验过程正确、完整,能够排除实验过程中的故障。(8分)		
	实验结果正确、数据分析正确。(6分)		

2. 结果性考核 (60%)

课程考试评价方法及考核目标

考核内容	评价标准	支撑课程教学分目标	支撑毕业要求
闭卷考试 (60%)	考核对光的特征、表征,光在介质中的传输和光在介质表面的反射和折射。(20分)	1	1.2
	考核光输出器件、光接收器件和光发射器件结构与工作原理;考核半导体光发射材料的特点;考核光发射与光吸收之间的关系、半导体发射光谱的特点;考核光电子探测器的性能参数(量子效率、响应度、探测度、响应时间)(60分)	2	2.1
	考核本课程重要公式及其应用、常见光电子器件的工作特性的推导方法,能利用这些公式解决实际问题。(20分)	3	3.2

七、参考书目及学习资料

1.推荐教材:

《光电子器件及其应用》,孙海金、杨国锋 编,科学出版社,2020年;

《光电技术实践教程》,刘罡、王伟编,江苏大学出版社,2021年。

2.参考书目与文献:

《半导体光电子器件》,胡辉勇、郭辉编著,西安电子科技大学出版社,2021年。

《光电子器件》,汪贵华编著,国防工业出版社,2020年。

《光电子器件设计》,李洵编著,科学出版社,2015年。

3.在线学习资源：中国大学 MOOC(慕课)光电子技术
<https://www.icourse163.org/course/SWUST-1207382801>

制定人：于庆南

审定人：余耀

批准人：王伟

2024年8月

《CMOS数字集成电路设计》课程教学大纲

一、课程基本信息

课程名称（中文）	CMOS 数字集成电路设计				
课程名称（英文）	Design of Digital CMOS Integrated Circuit				
课程类别 ¹	专业选修课	课程性质 ²	选修	特殊课程类型 ³	
授课学期	6	学分	2	考核方式	考试
课程学时及分配	总学时 ⁴	讲课学时	实验学时	线上学时	课外学时
	32	24	8		
适用专业	微电子科学与工程				
选用教材	《CMOS 数字集成电路设计》，[美]查尔斯·霍金斯(Charles H)著，机械工业出版社，2016 年				
开课单位	集成电路科学与工程学院				
先修课程	电路分析基础、数字电子技术基础、集成电路原理与设计				
后续课程	创新实践、毕业设计				
课程简介 (不少于 500 字)	<p>课程基本定位：《CMOS 数字集成电路设计》是微电子科学与工程专业的一门专业选修课。</p> <p>核心学习结果：通过本课程的学习，使学生掌握 CMOS 器件的工作原理；掌握基本数字电路单元的工作特点及性能的分析方法；掌握基本单元电路的设计方法和技巧；具备进行数字集成电路分析、设计、优化的基本能力，是对微电子基础知识的全面应用和提高。</p> <p>主要教学方法：本课程采用理论授课与上机实验相结合的教学方式。通过课程的学习，使学生掌握基本理论；通过实验使学生掌握技能。实验课是对课堂教学的有益补充。</p>				
大纲更新时间	2024 年 8 月				

二、课程目标

序号	课程目标 ¹ （参考人才培养目标、毕业要求、课程定位）	支撑毕业要求指标点 ²	支撑思政指标点
1.	掌握数字集成电路设计的基本知识	指标点 4.1: 能够根据系统需求, 通过文献研究、理论分析、数值仿真等手段, 分析微电子工艺与集成电路测试领域复杂工程问题的解决方案。	指标点 4.1: 理解本民族传统文化, 肯定当代国内科技发展水平
2.	掌握 MOS 场效应管的制造, MOS 晶体管的结构及其效应; 掌握用 SPICE 进行 MOS 管建模; 数字集成电路的典型功能电路及其特性; 时序分析及特殊功能数字电路。	指标点 3.1: 能够掌握微电子工艺与集成电路测试领域工程设计的全周期与全流程设计/开发方法和技术, 并根据设计目标, 确定合适的技术方案。	指标点 4.2: 主动参与本国文化活动, 积极传播和发扬本国优秀文化
3.	掌握采用 EDA 工具对数字集成电路性能进行代码编写、编译、仿真验证的基本技能, 并深入理解所涉及到的基本单元电路的特性, 进行时序分析和综合。	指标点 5.1: 能够掌握微电子工艺与集成电路测试领域常见的现代仪器、工程工具、信息技术工具和模拟软件的使用原理和方法, 并理解其局限性。	指标点 6.2: 在创新创业实践活动中, 探索新思路新技术, 解决实际问题

三、课程教学内容和基本要求

学生将学习以下课程内容并应达到如下基本要求:

1. 超大规模集成电路与 CMOS 数字集成电路基本概念和知识: 认识集成电路发展历史, 超大规模集成电路与数字集成电路概念, 熟悉集成电路分类与特点。
2. CMOS 工艺结构、特点与规则: 了解制造工艺的基本步骤, CMOS n 阱工艺, CMOS 技术的发展, 版图设计规则, 了解工艺制造的基本步骤, 版图设计的基本规则。
3. 按照 CMOS 数字集成电路进行选择、设计及分析: 掌握需求分析的方法, 技术规范的制定的方法及要点, 按照需求分析能拟定详细的设计方案, 按照详细的设计方案能进行电路设计, 按照设计的电路进行能够的前仿真验证、综合分析、静态时序分析以及版图设计与验证。

第一章 概论

该章节对应课程教学分目标 1, 对应课程育人分目标 1

1. 教学内容

CMOS (互补金属氧化物半导体) 数字集成电路设计是电子工程领域的核心之一, 它基于 CMOS 技术, 利用 PMOS 和 NMOS 晶体管互补的特性, 实现高集成度、低功耗的数字逻辑功能。随着信息技术的飞速发展, CMOS 数字集成电路已成为现代电子设备中不可或缺的组

成部分，广泛应用于计算机、通信、消费电子、工业控制等各个领域。CMOS数字集成电路发展历史，VLSI 设计方法综述，VLSI设计流程，规范化、模块化和本地化的概念，封装技术，计算机辅助设计技术。

2. 知识要点

CMOS数字集成电路发展历史，VLSI 设计方法综述，VLSI设计流程，规范化、模块化和本地化的概念，封装技术，计算机辅助设计技术。

3. 重点难点

重点：VLSI 设计方法综述，VLSI设计流程，规范化、模块化和本地化的概念；

难点：封装技术，计算机辅助设计技术。

4. 基本要求

- (1)了解数字集成电路的发展及应用现状；
- (2)认识数字集成电路设计面临的任务；
- (3)掌握数字集成电路设计课程的基本概念。

5. 教学方法

讲授、课堂讨论

第二章 MOS场效应管的制造

该章节对应课程教学分目标 1、2，对应课程育人分目标 1、2

1. 教学内容

MOS场效应管（MOSFET）的制造是一个复杂而精细的过程，涉及多个步骤和关键技术。MOSFET的制造通常选用硅（Si）作为衬底材料，因为硅是地壳内第二丰富的元素，且具有良好的半导体特性。脱氧后的沙子（尤其是石英）最多包含 25%的硅元素，以二氧化硅（SiO₂）的形式存在，这是半导体制造产业的基础。

2. 知识要点

MOS场效应管制造工艺的基本步骤，CMOS n 阱工艺，CMOS 技术的发展，版图设计规则。

3. 重点难点

重点：制造工艺的基本步骤；

难点：CMOS n 阱工艺，CMOS 技术的发展，版图设计规则。

4. 基本要求

- (1)了解工艺制造的基本步骤；
- (2)了解版图设计的基本规则。

5. 教学方法

讲授、案例演示、课堂讨论

第三章 CMOS晶体管基础

该章节对应课程教学分目标 1、2，对应课程育人分目标 1、2

1. 教学内容

CMOS晶体管，全称为互补金属氧化物半导体晶体管，由P型MOS管和N型MOS管共同构成。其特点包括低功耗、高抗干扰能力、宽电源电压范围等，是现代电子设备中广泛应用的集成电路技术基础。CMOS技术不仅用于微处理器、存储器等核心部件，还在图像处理、通信技术等领域发挥重要作用。

2. 知识要点

CMOS 结构，CMOS场效应管结构和作用，MOSFET的电流-电压特性难点，MOSFET内部等效电容效应。

3. 重点难点

重点：CMOS内部结构；

难点：MOSFET的电流-电压特性。

4. 基本要求

(1)掌握MOS器件伏安特性；

(2)了解MOS器件二级效应。

5. 教学方法

讲授、案例演示、课堂讨论

第四章 CMOS反相器静态特性

该章节对应课程教学分目标 2，对应课程育人分目标 2

1. 教学内容

CMOS反相器由一个P型金属-氧化物-半导体（PMOS）晶体管和一个N型金属-氧化物-半导体（NMOS）晶体管组成。这两个晶体管以互补对称的形式连接，其中PMOS晶体管的源极连接到正电源（如VDD），NMOS晶体管的源极连接到地（或负电源，如GND）。两个晶体管的栅极相连作为输入端，漏极相连作为输出端。其静态特性包括明确的输出电平、极低的静态功耗、高输入电阻和低输出阻抗以及理论上无穷大的扇出能力等。这些特性使得CMOS反相器成为现代电子技术的基石之一。

2. 知识要点

电阻负载型、MOSFET负载型反相器基本电路结构，反相器静态特性以及评价方法。

3. 重点难点

重点：反相器的基本电路结构和特性参数；

难点：反相器静态特性以及评价方法。

4. 基本要求

(1)了解各种典型的反相器结构及其参数特性；

(2)熟练分析反相器静态特性以及评价方法。

5. 教学方法

讲授、案例演示、课堂讨论

第五章 CMOS反相器动态特性

该章节对应课程教学分目标 2，对应课程育人分目标 2

1. 教学内容

CMOS反相器由一个P型金属-氧化物-半导体（PMOS）晶体管和一个N型金属-氧化物-半导体（NMOS）晶体管组成。这两个晶体管以互补对称的形式连接，其中PMOS晶体管的源极连接到正电源（如VDD），NMOS晶体管的源极连接到地（或负电源，如GND）。两个晶体管的栅极相连作为输入端，漏极相连作为输出端。其动态特性是与功耗、传播延时以及电容充放电等相关的特性。

2. 知识要点

延迟时间的定义、计算；延迟限制下的反向器设计；互连线电容的估算；互连线延迟的

计算；CMOS反相器的开关功耗。

3. 重点难点

重点：延迟的时间定义、计算；

难点：互连线电容的估算、开关功耗。

4. 基本要求

(1)掌握延迟的概念及其计算方法；

(2)会估算互连线上的电容和延迟；

(3)会计算反相器的开关。

5. 教学方法

讲授、案例演示、课堂讨论

第六章 组合CMOS逻辑电路

该章节对应课程教学分目标 2、3，对应课程育人分目标 2、3

1. 教学内容

组合CMOS逻辑电路是数字电路领域中的一种重要类型，主要由CMOS反相器、CMOS逻辑门等基本单元电路组成。其特点是：功耗低、噪声容限大、逻辑摆幅大，集成度高，在数字电路领域有着广泛的应用，包括解码器、多路复用器、编码器、算术逻辑单元等。

2. 知识要点

组合逻辑电路的定义及特点，主要CMOS逻辑门的电路及功能，设计中的主要性能指标。

3. 重点难点

重点：常见CMOS逻辑门及其功能；

难点：设计中的性能权衡。

4. 基本要求

(1)熟悉典型的CMOS逻辑电路；

(2)了解CMOS传输门电路及其性能特性。

5. 教学方法

讲授、案例演示、课堂讨论

第七章 时序CMOS逻辑电路

该章节对应课程教学分目标 2、3，对应课程育人分目标 2、3

1. 教学内容

时序CMOS逻辑电路，作为数字电路的一个重要分支，不仅包含组合逻辑电路的特点，还引入了存储元素（如触发器、寄存器等），使得电路的输出不仅依赖于当前输入，还受到过去输入历史的影响。时序CMOS逻辑电路的工作原理可以概括为：在时钟信号的控制下，组合逻辑部分根据当前输入和存储元件的当前状态产生输出，并将部分输出反馈到存储元件作为新的状态输入。随着时钟信号的不断触发，电路的状态将不断更新，从而实现复杂的时序逻辑功能。

2. 知识要点

双稳态元件的特性；SR锁存电路；触发器电路的时间相关参数；CMOS的D锁存器和边沿触发器。

3. 重点难点

重点：SR锁存电路的原理和分析；

难点：复杂时序逻辑功能的设计。

4. 基本要求

- (1)了解双稳态元件的特性；
- (2)熟悉SR锁存器电路的工作原理及其特性；
- (3)了解D触发器电路的工作原理及其特性。

5. 教学方法

讲授、案例演示、课堂讨论

四、实践教学内容

1.课程实验¹

项目编号	项目名称	实验内容	对应理论章节	学时	实验类型 ²	思政融入点	学生学习预期成果	课程目标
1	反相器的设计及其验证	使用 EDA 软件设计一个反相器，并对其进行静态动态特性的验证	4, 5	4	综合类	在创新创业实践活动中，探索新思路新技术，解决实际问题	掌握反相器电路的实现方法	3
2	门电路设计和验证	使用 EDA 软件设计一个逻辑门电路，验证功能	6	4	综合类	在创新创业实践活动中，探索新思路新技术，解决实际问题	掌握逻辑门电路的实现方法	3

五、学时分配

序号	章节名称	学时分配（共 32 学时）
1.	绪论	2
2.	MOS 场效应管的制造	2
3.	CMOS 晶体管基础	4
4.	CMOS 反相器静态特性	4
5.	CMOS 反相器动态特性	4
6.	组合 CMOS 逻辑电路	4
7.	时序 CMOS 逻辑电路	4
8.	实验一	4
9.	实验二	4

六、考核方式

CMOS 数字集成电路设计课程为微电子科学与工程专业选修课，课程考核方式包括：课堂学习讨论及课后反馈表现（40%）+结果性考核（60%）。

1. 课堂学习讨论及课后反馈表现（40%）

课堂学习讨论及课后反馈表现评价方法及考核目标

考核内容	评价标准	支撑课程教学分目标	支撑毕业要求
课堂学习研讨 25%	分析实际工程案例，完成互动与研讨，表达自己的观点，提出自己的问题解决方案。（15分）	1、2、3	4.1, 3.1, 5.1
	阐述观点的过程中思路清晰，表达明确。（10分）	1、2、3	4.1, 3.1, 5.1
作业测评 15%	按时完成教师布置的等数量作业题目答题，有答题或计算过程和结论。（10分）	2、3	3.1, 5.1
	作业字迹清楚、答题或计算过程的思路清晰，结论正确（5分）	3	5.1

2. 结果性考核（60%）

课程考试评价方法及考核目标

考核内容	评价标准	支撑课程教学分目标	支撑毕业要求
闭卷考试 60%	考核对 CMOS 数字电路概念和历史，CMOS 晶体管基本制造和特性的掌握。（20分）	1、2	4.1, 3.1
	考核对于反相器电路的设计和各项参数计算。（40分）	2	3.1
	考核对于组合电路和逻辑电路基本概念和简单计算。（40分）	2	3.1

七、参考书目及学习资料

1.参考书目与文献：

1.《CMOS 数字集成电路-分析与设计》(第 4 版)，[美]康松默(Sun-MoKang)等著，电子工业出版社，2015 年。

2.《数字集成电路-电路、系统与amp;设计》，[美]Jan M.Rabaey(简 M.拉贝艾)等著，周润德 等译电子工业出版社，2017 年。

3.《混合信号设计方法学指导模拟混合信号 IP 和 SoC 的设计》何乐年，科学出版社，

2014 年.

制定人：巫君杰

审定人：余耀

批准人：王伟

2024 年 8 月

《CMOS 模拟集成电路设计》课程教学大纲

一、课程基本信息

课程名称（中文）	CMOS 模拟集成电路设计				
课程名称（英文）	Design of CMOS Analog Integrated Circuits				
课程类别 ¹	专业选修课	课程性质 ²	选修课	特殊课程类型 ³	
授课学期	6	学分	2	考核方式	考试
课程学时及分配	总学时 ⁴	讲课学时	实验学时	线上学时	课外学时
	24	8	0	0	0
适用专业	微电子科学与工程				
选用教材	《模拟集成电路设计》，魏廷存等著，电子工业出版社，2022 年				
开课单位	集成电路科学与工程学院				
先修课程	集成电路设计、微电子工艺基础、微电子器件基础、固体物理与半导体物理				
后续课程	集成电路课程设计、毕业论文				
课程简介 (不少于 500 字)	<p>课程基本定位：《模拟集成电路设计》是微电子科学与工程专业的一门专业选修课。本课程主要讨论 CMOS 器件的工作原理；基本模拟电路单元的工作特点及性能的分析方法；基本单元电路的设计方法和技巧；重点在于单级运放（包括差分运放）的直、交流特性及各种相关指标的分析方法。</p> <p>核心学习结果：通过本课程的学习，使学生掌握模拟集成电路设计的基本知识；掌握模拟集成电路基本单元的工作原理；掌握进行电路的直流分析、交流分析的方法；使学生具备进行模拟集成电路分析、设计、优化的基本能力。通过实验，使学生掌握采用华大九天集成电路设计软件对模拟集成电路性能进行仿真验证的基本技能，并深入理解课程中所涉及到的基本单元电路的直流、交流、瞬态特性。掌握模拟集成电路设计的全流程设计方法。</p> <p>主要教学方法：本课程采用理论授课与上机实验相结合的教学方式。通过课程的学习，使学生掌握基本理论；通过实验使学生掌握技能。实验课是对课堂教学的有益补充。</p>				
大纲更新时间	2024 年 8 月				

二、课程目标

序号	课程目标 ¹ （参考人才培养目标、毕业要求、课程定位）	支撑毕业要求指标点 ²	支撑思政指标点
1.	课程目标 1: 掌握模拟集成电路设计的基本知识；CMOS 器件的工作原理；掌握基本模拟电路单元的工作特点；掌握进行电路直流、交流、瞬态的分析方法；	指标点 3.1 掌握微电子工艺与集成电路测试领域的工程设计和产品开发的基本方法和技术，理解影响设计目标和技术方案的各种因素。	指标点 3.2: 在自己的岗位上尽职尽责，为社会的进步贡献力量
2.	课程目标 2: 掌握基本单元电路的设计方法和技巧；掌握单级运放(包括差分运放)、运算放大器和高性能运算放大器的直、交流特性及各种相关指标的分析方法。	指标点 4.1 能够针对微电子工艺与集成电路测试领域复杂工程问题通过文献研究或相关方法，制定研究路线，设计实验方案。	指标点 6.1: 努力学习科学文化知识，扩大知识储备，能独立理性思考问题
3.	课程目标 3: 掌握采用华大九天模拟集成电路设计软件对模拟集成电路性能进行仿真验证的基本技能，并深入理解课程中所涉及到的基本单元电路的直流、交流、瞬态特性。掌握模拟集成电路设计的全流程设计方法。	指标点 5.1 掌握微电子科学与工程专业常用的现代仪器、信息技术工具、工程工具和仿真软件的使用原理和方法，并理解其局限性。	指标点 6.2: 在创新创业实践活动中，探索新思路新技术，解决实际问题

三、课程教学内容和基本要求

学生将学习以下课程内容并应达到如下基本要求：

第一章 绪论

该章节对应课程目标 3.1，对应思政指标点 3.2。

1. 教学内容

模拟集成电路的发展及应用现状，模拟集成电路设计学习的必要性，复杂性，需要了解的基本概念。

2. 知识要点

模拟集成电路的基本概念及设计流程

3. 重点难点

模拟集成电路的设计流程

4. 基本要求

了解模拟集成电路的发展历史和趋势；认识模拟集成电路的功能及应用领域；掌握模拟集成电路设计的流程。

5. 教学方法

讲授、讨论

第二章 元器件及其模型

该章节对应课程目标 4.1，对应思政指标点 6.1。

1. 教学内容

pn 节与二极管，双极型晶体管；CMOS 器件；电阻、电容、混合电压 CMOS 工艺

2. 知识要点

CMOS 器件

3. 重点难点

混合电压 CMOS 工艺

4. 基本要求

掌握 MOS 器件伏安特性；掌握 MOS 器件二级效应；掌握 MOS 小信号模型；了解 CMOS 电阻和电容。

5. 教学方法

讲授、讨论

第三章 单级放大器

该章节对应课程目标 5.1，对应思政指标点 6.2。

1. 教学内容

电流镜电路、共源极放大器、共栅极放大器、源极跟随器电路、共源共栅电流镜、共源共栅放大电路、放大器的频率特性。

2. 知识要点

电流镜电路、共源极放大器、共栅极放大器、源极跟随器电路、共源共栅电流镜、共源共栅放大电路。

3. 重点难点

放大器的频率特性

4. 基本要求

掌握单级放大器的大信号特性，工作原理；掌握单级放大器的小信号模型分析。

5. 教学方法

讲授、讨论

四、实践教学内容

1. 课程实验¹

项目编号	项目名称	实验内容	对应理论章节	学时	实验类型 ²	思政融入点	学生学习预期成果	课程目标
1	模拟集成电路仿真 1	熟悉软件以及电流镜电路的设计与仿真	3	2	设计性 验证性	6.2	(1) 熟悉软件的使用； (2) 掌握电路的设计与仿真。	5.1
2	模拟集成电路仿真 2	共源极放大器的电路设计与仿真	3	2	设计性 验证性	6.2	(1) 熟悉软件的使用； (2) 掌握电路	5.1

							的设计与仿真。	
3	模拟集成电路仿真 3	共栅极放大器和共漏极放大器的电路设计与仿真	3	2	设计性 验证性	6.2	(1) 熟悉软件的使用; (2)掌握电路的设计与仿真。	5.1
4	模拟集成电路仿真 4	共源共栅放大电路的设计与仿真	3	2	设计性 验证性	6.2	(1) 熟悉软件的使用; (2)掌握电路的设计与仿真。	5.1

五、学时分配

序号	章节名称	学时分配 (共 24 学时)
1.	绪论	4
2.	元器件及其模型	8
3.	单级放大器	12

六、考核方式

模拟集成电路设计课程为微电子科学与工程专业选修课，课程考核方式包括：课堂学习讨论及课后反馈表现（40%）+结果性考核（60%）。

1. 课堂学习讨论及课后反馈表现（40%）

课堂学习研讨、课后反馈表现、学术论文、调研报告、作业测评、阶段性测试等。

课堂学习讨论及课后反馈表现评价方法及考核目标

考核内容	评价标准	支撑课程教学分目标	支撑毕业要求
作业测评，共 30 分。	作业和报告的完成度（10 分）；实验课的内容完成度（15 分）。	2	4.1
	阐述观点的过程中思路清晰，表达明确。（5 分）	3	5.1
课堂学习研讨，共 10 分。	到课情况（5 分）。	1	3.1
	课堂研讨参与度、积极性等综合表现（5 分）。	1	3.1

2. 结果性考核（60%）

考试（开卷、闭卷等）或考查（面试、小论文等）。

课程考试评价方法及考核目标

考核内容	评价标准	支撑课程教学目标	支撑毕业要求
闭卷考试，共60分。	掌握模拟集成电路设计的基本知识；CMOS器件的工作原理；掌握基本模拟电路单元的工作特点；掌握进行电路直流、交流、瞬态的分析方法。（15分）	1	3.1
	掌握基本单元电路的设计方法和技巧；掌握单级运放(包括差分运放)、运算放大器和高性能运算放大器的直、交流特性及各种相关指标的分析方法。（20分）	2	4.1
	掌握采用华大九天模拟集成电路设计软件对模拟集成电路性能进行仿真验证的基本技能，并深入理解课程中所涉及到的基本单元电路的直流、交流、瞬态特性。掌握模拟集成电路设计的全流程设计方法。（25分）	3	5.1

七、参考书目及学习资料

- 1.参考书目与文献：《模拟集成电路设计》，魏廷存编著，电子工业出版社，2022年。
- 2.推荐教材：《微电子与集成电路设计导论》，方玉明编著，电子工业出版社，2020年。

制定人： 曾蕙明

审定人：余耀

批准人：王伟

2024年8月

《深度学习与图像识别》课程教学大纲

一、课程基本信息

课程名称（中文）	深度学习与图像识别				
课程名称（英文）	Deep Learning and Image Recognition				
课程类别 ¹	专业主干课	课程性质 ²	必修	特殊课程类型 ³	
授课学期	6	学分	2	考核方式	考试
课程学时及分配	总学时 ⁴	讲课学时	实验学时	线上学时	课外学时
	32	24	8	0	0
适用专业	微电子科学与工程				
选用教材	《深度学习理论与应用》，蒙祖强、欧元汉编著，清华大学出版社，2023年				
开课单位	集成电路科学与工程学院				
先修课程	《计算机程序设计（Python）》、《数据结构与算法》、《机器学习》				
后续课程	《大数据技术原理与应用》、《AI 算法综合实训》				
课程简介	<p>课程基本定位：《深度学习与图像识别》作为电子信息类专业本科生的高级专业课程，其战略定位在于深化学生对复杂数据处理与智能系统构建的理解，培养学生在深度学习领域的前沿探索与创新能力。本课程不仅深入探讨 PyTorch 这一主流深度学习框架的底层逻辑与高效用法，还通过丰富的实战案例，引导学生将理论知识转化为解决实际问题的能力。特别地，课程注重介绍前沿的神经网络架构，如卷积神经网络在图像识别与分类中的卓越表现，以及循环神经网络、LSTM、Transformer 等模型在自然语言处理领域的革命性应用，让学生紧跟技术潮流，掌握最新的技术动态。</p> <p>核心学习结果：通过本课程的学习，学生将深刻理解深度学习的基本概念、算法及优化理论，构建坚实的理论基础。掌握从感知器到复杂网络（如 CNN、RNN）的工作原理，并理解其不同应用中的策略选择。熟练掌握 PyTorch 框架，实现从理论到实践的跨越，解决实际工程问题。通过案例学习，学生将精通深度学习在计算机视觉、自然语言处理及多模态数据挖掘等领域的应用，展现跨领域解决复杂问题的能力。</p> <p>主要教学方法：本课程秉承“理论与实践并重，创新与应用导向”的教学理念，采用多样化的教学手段。课堂讲授结合生动案例，深入浅出地阐述神经网络与深度学习的核心概念与关键技术；小组讨论鼓励学生围绕前沿问题展开深入交流，激发创新思维；通过编程实践与项目设计，让学生在解决实际问题的过程中巩固理论知识，提升编程与调试能力。这一系列教学方法的有</p>				

	机结合，旨在全方位提升学生的专业素养与综合能力，为成为深度学习领域的佼佼者奠定坚实基础。
大纲更新时间	2024 年 8 月

二、课程目标

序号	课程目标（参考人才培养目标、毕业要求、课程定位）	支撑毕业要求指标	支撑思政指标点
1.	能够理解深度学习的基本概念和算法，包括神经网络、卷积神经网络、循环神经网络、Transformer 架构等；掌握深度学习框架 PyTorch 的基本操作，包括张量、模型构建、优化器、损失函数等。	2.4：能够运用微电子工艺与集成电路测试领域基本原理和方法，并结合文献研究，分析微电子工艺与集成电路测试领域中工程活动过程的影响因素，获得有效结论。	2.1：认识我国在社会经济建设中的伟大成就和面临的挑战，培养学生的乐观进取精神和批判思维。
2.	掌握 AI 设备与系统设计，结合实际场景优化方案，体验设计全过程，培养创新思维与问题解决能力。	5.1：能够合理选择并使用微电子工艺、测试设备和系统所需的仪器工具、模拟软件和信息资源对复杂工程问题进行分析、计算与设计。	6.1：培养学生对人民群众的关注和服务意识，落实以人民为中心的发展思想。
3.	分析 AI 实践影响，探讨伦理、法律等问题，理解从业者责任，批判性思维应对技术风险，提出解决方案。	5.1：能够合理选择并使用微电子工艺、测试设备和系统所需的仪器工具、模拟软件和信息资源对复杂工程问题进行分析、计算与设计。	7.2：加强我国文化与人工智能产业相结合，培养学生深入理解和掌握中华优秀传统文化在现代科技发展中的价值与意义。

三、课程教学内容和基本要求

学生将学习以下课程内容并应达到如下基本要求：

第一章 绪论与 PyTorch 基础

该章节对应课程教学分目标 1、2、3，对应课程育人分目标 1、2、3。

1. 教学内容

（1）人工智能与神经网络

人工智能概述：介绍人工智能的定义、发展历程、应用领域及未来趋势。

神经网络基础：简述神经网络的起源、基本原理及在人工智能中的核心地位。

（2）深度学习

深度学习的概念：阐述深度学习的定义、特点及其与传统机器学习的区别。

深度学习架构: 介绍几种常见的深度学习架构, 如卷积神经网络(CNN)、循环神经网络(RNN)等。

(3) 建立 PyTorch 的开发环境 (*)

环境配置步骤: 详细讲解如何在不同操作系统上安装 PyTorch 及其依赖库, 包括 Python 环境的搭建。

IDE 或编辑器推荐: 推荐适合 PyTorch 开发的集成开发环境 (IDE) 或文本编辑器, 并简要介绍其特点。

(4) 张量基础

张量概念: 介绍张量的定义、维度、类型及其在深度学习中的重要性。

PyTorch 中的张量操作: 演示 PyTorch 中张量的创建、索引、切片、广播等基本操作。

(5) 初识 PyTorch 框架

PyTorch 简介: 概述 PyTorch 作为深度学习框架的优势、特点及其社区支持。

PyTorch 核心组件: 介绍 PyTorch 中的自动求导、神经网络模块 (`nn.Module`)、优化器等核心组件。

2. 知识要点

- (1) 理解人工智能与神经网络的基本概念及其关系。
- (2) 掌握深度学习的定义、特点及其与传统机器学习的区别。
- (3) 能够独立完成 PyTorch 开发环境的搭建。
- (4) 掌握 PyTorch 中张量的基本概念及基本操作。
- (5) 初步了解 PyTorch 框架的核心组件及其用法。

3. 重点难点

重点:

PyTorch 开发环境的搭建。

PyTorch 中张量的基本概念及操作。

PyTorch 框架的核心组件介绍。

难点:

PyTorch 开发环境的配置过程中可能遇到的具体问题及解决方案。

张量操作中的高级特性及在复杂模型中的应用。

PyTorch 框架中优化器、损失函数等组件的选择与配置。

4. 基本要求

- (1) 学生应能够准确理解人工智能、神经网络及深度学习的基本概念。
- (2) 学生应能够独立完成 PyTorch 开发环境的搭建, 并熟悉开发环境的基本操作。
- (3) 学生应掌握 PyTorch 中张量的基本概念及基本操作, 能够编写简单的张量运算代码。
- (4) 学生应初步了解 PyTorch 框架的核心组件, 并能结合具体任务进行简单的模型构建与训练。

5. 教学方法

- (1) 讲授法: 通过教师讲解基本概念、原理和方法, 帮助学生建立知识体系。
- (2) 演示法: 结合实际操作演示 PyTorch 开发环境搭建、张量操作及模型构建等过程, 增强学生的直观感受。
- (3) 讨论法: 组织学生进行小组讨论或课堂讨论, 针对环境配置、张量操作等问题进行交流, 促进学生思考和解决问题。

(4) 实践法：通过编程实验、数据分析等实践活动，让学生亲身体验 PyTorch 框架的使用过程，加深对知识点的理解和记忆。

第二章 感知器与 PyTorch 基础实践

该章节对应课程教学分目标 1、2、3，对应课程育人分目标 1、2、3。

1. 教学内容

(1) 感知器的定义

阐述感知器作为最简单的神经网络单元，其模拟生物神经元的基本原理和工作方式。介绍感知器的输入输出关系，包括输入特征、权重、偏置和激活函数的概念。

(2) 激活函数

详细介绍几种常见的激活函数（如阶跃函数、Sigmoid 函数、ReLU 等）及其作用。分析不同激活函数对感知器输出及网络性能的影响。

(3) 感知器的训练

讲解感知器的学习规则，即如何通过调整权重和偏置来最小化误差。引入梯度下降法等优化算法，说明其在感知器训练中的应用。

(4) 使用 PyTorch 框架

介绍 PyTorch 框架的基本操作，包括张量创建、操作及自动求导功能。演示如何使用 PyTorch 定义感知器模型、编写训练循环、加载和预处理数据。

2. 知识要点

- (1) 理解感知器的基本概念和原理。
- (2) 掌握常见激活函数的特点及选择依据。
- (3) 了解感知器的训练过程及优化算法。
- (4) 掌握 PyTorch 框架在定义和训练感知器中的应用。

3. 重点难点

重点：

激活函数的选择与应用。

感知器的训练过程及 PyTorch 框架下的实现。

难点：

感知器训练中的优化算法理解与应用，特别是梯度下降法的实现细节。

4. 基本要求

- (1) 学生能够准确理解感知器的定义和工作原理，并能自行设计简单的感知器模型。
- (2) 学生能够根据问题需求选择合适的激活函数，并理解其对模型性能的影响。
- (3) 学生能够理解感知器的训练过程，包括权重和偏置的更新机制。
- (4) 学生应熟练掌握 PyTorch 框架的基本操作，能够使用 PyTorch 定义和训练感知器模型。

5. 教学方法

(1) 讲授法：通过教师讲解感知器的基本概念、激活函数、训练过程及 PyTorch 框架的基础知识，帮助学生建立理论基础。

(2) 案例分析法：结合具体案例（如二分类问题），分析感知器在实际问题中的应用和效果，加深学生对知识点的理解。

(3) 讨论法：组织学生进行小组讨论，探讨不同激活函数的选择对模型性能的影响，以及优化算法的选择和优化策略。

(4) 实践法：通过编程实验，让学生亲自动手使用 PyTorch 框架定义和训练感知器模型，

体验从理论到实践的转变。实验内容可包括数据预处理、模型定义、训练循环编写及结果分析等。

第三章 全连接神经网络

该章节对应课程教学分目标 1、2、3，对应课程育人分目标 1、2、3。

1. 教学内容

(1) 构建一个简单的全连接神经网络——解决二分类问题

问题定义：明确二分类问题的基本形式及其应用场景。

神经网络架构：介绍全连接神经网络的基本结构，包括输入层、隐藏层（可多层）、输出层。

激活函数：解释激活函数（如Sigmoid、ReLU）的作用及其在神经网络中的位置。

示例实现：通过一个简单的二分类任务，展示如何使用PyTorch构建并训练全连接神经网络。

(2) 全连接神经网络的构造方法

层与层之间的连接：详细讲解神经元之间如何通过权重和偏置进行连接。

网络参数初始化：介绍不同的初始化方法及其对网络训练的影响。

网络深度与宽度：讨论增加网络层数（深度）和每层神经元数量（宽度）对网络性能的影响。

(3) 几种主流的损失函数

损失函数定义：阐述损失函数在神经网络训练中的作用。

二分类损失函数：介绍交叉熵损失（Binary Cross-Entropy Loss）及其在二分类问题中的应用。

多分类损失函数：简要提及多分类交叉熵损失（Categorical Cross-Entropy Loss）等其他损失函数。

(4) 网络模型的训练与测试

数据预处理：讨论数据标准化、归一化等预处理步骤对训练效果的影响。

训练过程：介绍前向传播、计算损失、反向传播、参数更新等训练步骤。

验证与测试：讲解如何划分验证集和测试集，以及如何进行模型评估。

(5) 正向计算和反向梯度传播的理论分析

正向计算：分析输入数据如何通过神经网络层进行前向传播，最终得到输出结果的过程。

反向梯度传播：详细解释反向传播算法，包括链式法则在梯度计算中的应用，以及如何使用梯度下降法更新网络参数。

2. 知识要点

(1) 理解全连接神经网络的基本结构和工作原理。

(2) 掌握全连接神经网络的构造方法，包括层与层之间的连接、参数初始化等。

(3) 熟悉几种主流的损失函数，并能根据任务需求选择合适的损失函数。

(4) 具备网络模型训练与测试的能力，包括数据预处理、训练过程、验证与测试等步骤。

(5) 理解正向计算和反向梯度传播的理论基础，能够分析神经网络训练过程中的梯度变化。

3. 重点难点

重点：

全连接神经网络的构造方法。

网络模型的训练与测试过程。

难点：

选择合适的损失函数以适应不同的任务需求。

理解并实现反向梯度传播算法，掌握梯度下降法在参数更新中的应用。

4. 基本要求

(1) 学生应能够构建并训练一个简单的全连接神经网络，解决二分类问题。

(2) 学生应熟悉全连接神经网络的构造方法，并能根据需求调整网络结构。

(3) 学生应掌握几种主流的损失函数，并能根据任务需求进行选择和使用。

(4) 学生应能够独立完成网络模型的训练与测试过程，包括数据预处理、训练步骤、验证与测试等。

(5) 学生应理解正向计算和反向梯度传播的理论基础，并能分析神经网络训练过程中的梯度变化。

5.教学方法

(1) 讲授法：通过教师讲解全连接神经网络的基本概念、构造方法、损失函数、训练与测试过程等，帮助学生建立知识体系。

(2) 演示法：结合具体示例，演示如何使用PyTorch构建和训练全连接神经网络，展示正向计算和反向梯度传播的过程。

(3) 讨论法：组织学生进行小组讨论或课堂讨论，针对网络构造、损失函数选择、训练过程优化等问题进行交流，促进学生思考和解决问题。

(4) 实践法：通过编程实验、数据分析等实践活动，让学生亲身体验全连接神经网络的构建、训练和测试过程，加深对知识点的理解和记忆。

第四章 卷积神经网络

该章节对应课程教学分目标 1、2、3，对应课程育人分目标 1、2、3。

1.教学内容

(1) 一个简单的卷积神经网络——手写数字识别

任务介绍：阐述手写数字识别问题的背景和意义。

网络架构：介绍用于手写数字识别的卷积神经网络（如LeNet）的基本架构。

实验演示：通过PyTorch或类似框架实现并训练一个简单的卷积神经网络，进行手写数字识别。

(2) 卷积神经网络的主要操作

卷积层：详细讲解卷积操作的原理、卷积核的作用及其参数设置。

激活函数：介绍ReLU、Sigmoid等常用激活函数在卷积神经网络中的应用。

池化层：解释池化（Pooling）操作的作用及其类型（如最大池化、平均池化）。

全连接层：说明全连接层在卷积神经网络中的位置和作用。

(3) 卷积神经网络的设计方法

网络深度与宽度：讨论如何根据任务需求设计合适的网络深度和宽度。

激活函数选择：分析不同激活函数对网络性能的影响。

参数初始化与优化器：介绍参数初始化的重要性及常用优化算法（如SGD、Adam）。

正则化与Dropout：阐述正则化技术（如L1、L2正则化）和Dropout在防止过拟合中的应用。

(4) 过拟合及其解决方法

过拟合定义：解释过拟合的概念及其表现。

解决方法：介绍多种防止过拟合的策略，包括增加数据量、使用正则化、Dropout、早停等。

2.知识要点

(1) 理解卷积神经网络的基本架构和工作原理。

(2) 掌握卷积神经网络的主要操作，包括卷积、激活、池化和全连接。

(3) 熟悉卷积神经网络的设计方法，包括网络结构的设计、激活函数的选择、参数初始化与优化等。

(4) 了解过拟合的概念及其解决方法，能够在实际应用中采取有效策略防止过拟合。

3.重点难点

重点：

卷积神经网络的主要操作（4.2）。

卷积神经网络的设计方法（4.3）。

难点：

卷积神经网络的主要操作，特别是卷积层和池化层的理解与应用（4.2）。

4.基本要求

- （1）学生应能够理解和实现卷积神经网络的主要操作，包括卷积、激活、池化和全连接。
- （2）学生应能够设计简单的卷积神经网络结构，并选择合适的激活函数、优化器等参数。
- （3）学生应理解过拟合的概念及其危害，能够在实际应用中采取有效策略防止过拟合。
- （4）学生应能够通过编程实验，亲手实现并训练一个卷积神经网络模型，解决手写数字识别等实际问题。

5.教学方法

- （1）讲授法：通过教师讲解卷积神经网络的基本概念、原理和操作，帮助学生建立知识体系。
- （2）演示法：结合具体实例，演示如何使用PyTorch或类似框架构建和训练卷积神经网络。
- （3）讨论法：组织学生进行小组讨论或课堂讨论，针对卷积神经网络的设计、优化、防止过拟合等问题进行交流。
- （4）实践法：安排课外实验学时，让学生亲手实现并训练卷积神经网络模型，解决手写数字识别等实际问题。通过实验，加深学生对知识点的理解和记忆，提升解决实际问题的能力。

第五章 若干经典CNN预训练模型及其迁移方法

该章节对应课程教学分目标 1、2、3，对应课程育人分目标 1、2、3。

1.教学内容

- （1）一个使用VGG16的图像识别程序

示例展示：通过具体编程示例，展示如何使用PyTorch加载VGG16预训练模型，并进行图像识别任务。

程序解析：详细解析VGG16模型的结构、参数以及图像预处理、特征提取、分类等步骤。

- （2）经典卷积神经网络的结构

结构介绍：概述几种经典卷积神经网络（如AlexNet、VGG、ResNet、Inception等）的基本结构和特点。

比较分析：对比不同网络结构在深度、宽度、参数数量、计算复杂度等方面的差异，并讨论其对性能的影响。

- （3）预训练模型的迁移方法

迁移学习概念：阐述迁移学习的定义、原理及其在卷积神经网络中的应用。

迁移策略：介绍几种常见的迁移学习策略，如特征提取、微调（Fine-tuning）等。

实践操作：通过具体案例，展示如何使用预训练模型进行迁移学习，解决新的图像识别任务。

2.知识要点

- （1）熟悉VGG16等经典卷积神经网络的结构和特点。
- （2）理解预训练模型的概念及其在迁移学习中的作用。
- （3）掌握预训练模型的迁移方法，包括特征提取和微调等策略。
- （4）能够利用预训练模型解决新的图像识别任务。

3.重点难点

重点：

经典卷积神经网络的结构和特点。

预训练模型的迁移方法。

难点：

预训练模型的迁移方法，特别是微调策略的应用和优化。

4.基本要求

- (1) 学生应能够熟悉几种经典卷积神经网络的结构和特点，并能解释其设计思路。
- (2) 学生应理解预训练模型的概念及其在迁移学习中的重要性，能够阐述迁移学习的基本原理。
- (3) 学生应掌握预训练模型的迁移方法，包括特征提取和微调等策略，并能够在实际任务中应用这些方法。
- (4) 学生应能够通过编程实验，利用预训练模型解决新的图像识别任务，并分析其性能和效果。

5.教学方法

- (1) 讲授法：通过教师讲解经典卷积神经网络的结构、预训练模型的概念和迁移学习的方法，帮助学生建立知识体系。
- (2) 演示法：结合编程示例，演示如何使用PyTorch加载预训练模型并进行图像识别任务，展示迁移学习的具体操作过程。
- (3) 讨论法：组织学生进行小组讨论或课堂讨论，针对经典网络结构、迁移学习策略等问题进行交流，促进学生思考和分享经验。
- (4) 实践法：安排编程实验，让学生亲手实现预训练模型的迁移学习，解决新的图像识别任务。通过实验，加深学生对知识点的理解和记忆，提升解决实际问题的能力。

第六章 深度卷积神经网络的应用案例

该章节对应课程教学分目标 1、2、3，对应课程育人分目标 1、2、3。

1.教学内容

(1) 人脸识别

技术概述：介绍人脸识别的基本原理、技术流程和应用场景。

经典方法：分析几种主流的人脸识别算法（如Eigenfaces、Fisherfaces、DeepFace等）及其优缺点。

实践案例：通过具体案例展示如何利用深度卷积神经网络实现高效的人脸识别系统。

(2) 语义分割

概念介绍：阐述语义分割的定义、目标及其在图像理解中的重要性。

关键技术：讲解语义分割中的关键技术，如全卷积网络（FCN）、U-Net等。

应用实例：展示语义分割在自动驾驶、医学影像分析等领域的应用案例。

(3) 目标检测

基本原理：介绍目标检测的任务、挑战及基本方法（如R-CNN系列、YOLO、SSD等）。

算法对比：对比不同目标检测算法的性能、速度和适用场景。

实战演练：通过编程实验，让学生亲手实现一个简单的目标检测系统。

(4) 生成对抗网络（GANs）

GANs基础：详细介绍生成对抗网络的基本原理、结构和训练过程。

应用领域：探讨GANs在图像生成、风格迁移、数据增强等方面的应用。

高级话题：介绍GANs的最新进展，如条件GANs、Progressive GANs、StyleGAN等。

2.知识要点

- (1) 理解人脸识别、语义分割、目标检测和生成对抗网络的基本原理和应用场景。
- (2) 掌握深度卷积神经网络在这些任务中的具体应用方法和技巧。
- (3) 能够分析不同算法的性能和优缺点，选择适合的算法解决实际问题。

3.重点难点

重点：

深度卷积神经网络在人脸识别、语义分割、目标检测和生成对抗网络中的应用。

各种算法的基本原理和适用场景。

难点:

生成对抗网络的训练过程和稳定性控制。

如何根据具体任务选择合适的算法并进行优化。

4.基本要求

(1) 学生应能够准确理解并阐述人脸识别、语义分割、目标检测和生成对抗网络的基本概念和应用场景。

(2) 学生应能够掌握深度卷积神经网络在这些任务中的具体应用方法,并能分析不同算法的性能和优缺点。

(3) 学生应能够结合具体案例,运用所学知识解决实际问题,如设计并实现一个人脸识别系统或目标检测系统。

(4) 学生应能够关注GANs的最新进展,了解其在不同领域的应用潜力。

5.教学方法

(1) 讲授法:通过教师讲解深度卷积神经网络在各类应用案例中的基本原理和关键技术,帮助学生建立知识体系。

(2) 案例分析法:结合具体案例,如人脸识别系统、自动驾驶中的语义分割等,分析深度卷积神经网络在实际问题中的应用和效果。

(3) 讨论法:组织学生进行小组讨论或课堂讨论,针对不同算法的性能、优缺点以及应用前景进行交流,促进学生思考和分享经验。

(4) 实践法:安排编程实验和数据分析任务,让学生亲手实现深度卷积神经网络在各类应用案例中的具体应用,加深对知识点的理解和记忆,提升解决实际问题的能力。

第七章 循环神经网络

该章节对应课程教学分目标 1、2、3,对应课程育人分目标 1、2、3。

1.教学内容

(1) 一个简单的循环神经网络——航空旅客出行人数预测

引入循环神经网络(RNN)的概念,通过预测航空旅客出行人数的案例,展示RNN在处理序列数据上的基本能力。

分析RNN结构,包括输入层、隐藏层和输出层,以及其在时间序列预测中的应用。

(2) 长短时记忆网络(LSTM)

深入讲解LSTM的原理,包括遗忘门、输入门和输出门的作用,以及它们如何帮助解决传统RNN中的长期依赖问题。

对比RNN与LSTM在处理长期序列数据时的性能差异。

(3) 文本的表示

介绍文本数据的特点及预处理步骤,如分词、去停用词、词嵌入(如Word2Vec、GloVe)等。讲解如何将文本数据转换为神经网络可处理的数值形式。

(4) 基于LSTM的文本分类

分析文本分类任务的需求和挑战,展示如何使用LSTM模型对文本进行分类。

讲解数据预处理、模型构建、训练及评估的全过程。

(5) 基于LSTM的文本生成

介绍文本生成的基本原理,展示LSTM在生成文本序列(如文章、诗歌等)中的应用。

分析文本生成中的常见问题及解决方案,如生成文本的连贯性和多样性。

2.知识要点

(1) 理解循环神经网络(RNN)的基本原理及其在序列数据处理中的应用。

(2) 掌握长短时记忆网络(LSTM)的结构和原理,理解其如何解决长期依赖问题。

(3) 熟悉文本数据的预处理方法和表示方式。

- (4) 能够构建基于LSTM的文本分类模型，并进行训练和评估。
- (5) 了解基于LSTM的文本生成方法，并尝试实现简单的文本生成任务。

3.重点难点

重点：

LSTM的结构和原理，及其在序列数据处理中的优势。

文本的表示方法及其在LSTM模型中的应用。

难点：

基于LSTM的文本分类模型的构建和优化。

基于LSTM的文本生成中如何保持生成文本的连贯性和多样性。

4.基本要求

- (1) 学生应能够准确理解并阐述RNN和LSTM的基本原理及其在序列数据处理中的应用。
- (2) 学生应能够掌握文本数据的预处理和表示方法，并能够将其应用于LSTM模型中。
- (3) 学生应能够构建基于LSTM的文本分类模型，并进行有效的训练和评估。
- (4) 学生应了解基于LSTM的文本生成的基本原理，并尝试实现简单的文本生成任务。
- (5) 学生应能够结合具体案例，运用LSTM模型解决文本理解、文本生成等实际问题。

5.教学方法

- (1) 讲授法：通过教师讲解RNN、LSTM的基本原理及其在文本处理中的应用，帮助学生建立知识体系。
- (2) 案例分析法：结合具体案例（如航空旅客出行人数预测、文本分类、文本生成等），分析LSTM模型在实际问题中的应用和效果。
- (3) 讨论法：组织学生进行小组讨论或课堂讨论，针对LSTM模型的构建、优化及文本处理中的问题进行交流和探讨。
- (4) 实践法：安排编程实验任务，让学生亲手实现基于LSTM的文本分类和文本生成模型，加深对知识点的理解和记忆，提升解决实际问题的能力。

第八章 基于预训练模型的自然语言处理

该章节对应课程教学分目标 1、2、3，对应课程育人分目标 1、2、3。

1.教学内容

- (1) Seq2Seq结构与注意力机制

讲解Seq2Seq（Sequence-to-Sequence）模型的基本框架，包括编码器-解码器结构。

引入注意力机制，解释其在提升Seq2Seq模型性能中的作用，特别是解决长距离依赖问题。

- (2) Transformer及其在NLP中的应用

详细介绍Transformer模型的结构，包括自注意力机制、多头注意力、位置编码等关键组件。分析Transformer在机器翻译、文本摘要等NLP任务中的优异表现及其背后的原理。

- (3) BERT及其在NLP中的应用

阐述BERT（Bidirectional Encoder Representations from Transformers）的预训练任务和模型架构。

展示BERT在文本分类、命名实体识别、问答系统等NLP任务中的应用案例及其卓越性能。

- (4) 基于GPT的文本生成

介绍GPT（Generative Pre-trained Transformer）系列模型，特别是GPT-3等最新进展。

分析GPT在文本生成、对话系统、故事创作等领域的应用，以及如何通过微调（fine-tuning）和提示工程（prompt engineering）来引导文本生成。

- (5) 视觉Transformer(ViT)及其应用

讲解ViT（Vision Transformer）如何将Transformer架构引入计算机视觉领域。

分析ViT在图像分类、目标检测、图像分割等任务中的表现，以及与卷积神经网络（CNN）

的对比。

(6) ChatGPT及其使用方法 (*)

简要介绍ChatGPT（基于GPT架构的大型语言模型）的特性和能力，如对话生成、知识问答等。

演示ChatGPT的使用方法，包括API调用、界面交互等，并讨论其在实际应用中的潜力和限制。

2.知识要点

- (1) 理解Seq2Seq模型与注意力机制的基本原理及其在NLP中的应用。
- (2) 掌握Transformer模型的结构和特性，能够分析其在NLP任务中的优势。
- (3) 熟悉BERT模型的预训练过程和下游任务微调方法，能够运用BERT解决文本理解任务。
- (4) 了解GPT系列模型的文本生成能力，能够运用GPT完成初步的语言生成任务。
- (5) 认识视觉Transformer (ViT) 在图像识别领域的应用，理解其与传统CNN的异同。
- (6) 了解ChatGPT的基本特性和使用方法，能够评估其在不同场景下的应用潜力。

3.重点难点

重点：

Transformer模型及其在NLP中的应用。

BERT模型的预训练与下游任务应用。

ViT模型在图像识别领域的表现与优势。

难点：

注意力机制的实现细节及其在Seq2Seq模型中的作用。

ViT模型如何将Transformer引入视觉领域，并处理图像数据的特殊性。

4.基本要求

- (1) 学生应能够准确理解并阐述Seq2Seq模型、注意力机制、Transformer、BERT、GPT和ViT的基本原理。
- (2) 学生应能够运用Transformer模型解决NLP中的基本问题，如机器翻译、文本摘要等。
- (3) 学生应能够运用BERT模型解决文本理解任务，如文本分类、命名实体识别等。
- (4) 学生应能够运用GPT模型完成一些初步的语言生成任务，如对话生成、故事创作等。
- (5) 学生应能够了解ViT模型在图像识别中的应用，并能对比其与CNN的优劣。
- (6) 学生应能够了解ChatGPT的基本特性和使用方法，评估其在实际应用中的潜力。

5.教学方法

- (1) 讲授法：通过教师讲解各模型的基本原理和特性，帮助学生建立知识体系。
- (2) 案例分析法：结合具体案例，分析各模型在NLP和计算机视觉任务中的应用和效果。
- (3) 讨论法：组织学生进行小组讨论或课堂讨论，针对模型的结构、优化及跨领域应用等问题进行交流和探讨。
- (4) 实践法：安排编程实验任务，让学生亲手实现基于Transformer、BERT、GPT和ViT的模型，加深对知识点的理解和记忆，提升解决实际问题的能力。
- (5) 前沿探索：引导学生关注NLP和计算机视觉领域的最新进展，如ChatGPT等新型语言模型，培养其跟踪技术前沿的能力。

四、实践教学内容

1.课程实验

项目编号	项目名称	实验内容	对应理论	学时	实验	思政	学生学习	课程
------	------	------	------	----	----	----	------	----

			章节		类型	融入点	预期成果	目标
1	环境搭建	学习 Anaconda 下载源的更换, 完成文件下载并安装, 完成更换清华大学下载源, 完成新建环境“ml”。	2-3	2	验证性	鼓励学生思考作为未来机器学习工程师的社会责任, 包括如何确保技术应用的合法合规、如何促进技术的可持续发展等	学习在 Anaconda 下安装库, 完成在 ml 环境中安装 Python、Sklearn、Tensorflow 及 spyder 和 Jupyter Notebook 等, 初步体验 TensorFlow 中算子的操作	1
2	PCA 降维	1. 用 PCA 算法对平面上指定的点进行降维, 对照 PCA 原理分析结果; 2. 生成高维数据, 将其降维到二维, 并在平面上画出	4-5	2	设计性	分析机器学习算法可能导致的偏见和歧视问题, 如性别、种族等偏见。引导学生思考如何通过算法审计、可解释性提升等手段提高算法的公平性和透明度。	通过对高维进行降维操作, 理解 PCA 各参数的含义, 学习 PCA 的应用, 能通过图示对比分析实验结果。	1, 2
3	聚类算法应用及比较	学习 k-means、DBSCAN 和 Gaussian Mixture 三种算法的	6-7	2	综合性	讨论机器学习模型在处理敏感数据时可能涉及的隐私泄	掌握 datasets 模块中的函数生成实验样本的方法, 应用	1, 2, 3

		应用, 学习用 SC、DBI、CH 和 ZQ 四个聚类评价指标来比较分析实验结果				露问题。强调数据脱敏、匿名化等技术在保护个人隐私方面的应用。	k-means、DBSCAN 和 Gaussian Mixture 算法对样本进行分簇, 掌握 SC、DBI、CH 和 ZQ 四个聚类评价指标进行比较分析的方法	
4	房价回归	完成样本数据分析与处理, 利用回归算法建模, 全连接层神经网络搭建回归模型	8-9	2	综合性		完成样本数据分析与处理, 划分训练集和验证集, 对特征进行归一化。学习回归算法的应用方法, 对样本数据进行建模并验证。用散点图观察特征与标签之间的相关性。搭建神经网络模型, 训练并应用神经网络模型, 记录并分析实验结果	2, 3

五、学时分配

序号	章节名称	学时分配 (共 32 学时)
1.	绪论与 PyTorch 基础	2
2.	感知器——神经元	2
3.	全连接神经网络	2
4.	卷积神经网络	4
5	若干经典 CNN 预训练模型及其迁移方法	4
6	深度卷积神经网络的应用案例	4
7	循环神经网络	4
8	基于预训练模型的自然语言处理	2
9	课程实验	8

六、考核方式

神经网络与深度学习课程为微电子科学与工程专业必修课，课程考核方式包括：课堂学习讨论及课后反馈表现（40%）+结果性考核（60%）。

1. 课堂学习讨论及课后反馈表现（40%）

作业测评、实验报告

课堂学习讨论及课后反馈表现评价方法及考核目标

考核内容	评价标准	支撑课程教学目标	支撑毕业要求
作业测评，共 10 分。	作业应按要求完成全部内容，包含所有必要的部分。答案应正确无误，理解问题本质，采用正确方法解题。答案应有清晰的逻辑结构，合理组织思路和论证。（10 分）	1-3	2.4, 5.1
实验测评，共 30 分。	学生在实验操作过程中应遵循规范的步骤和方法。操作准确、有条理，能够按照实验指导或教师要求进行，不出现违规或随意操作，确保实验的有效性和安全性。（5 分）	1-3	2.4, 5.1
	实验报告应结构清晰，包含实验目的、实验原理、实验步骤、实验结果和结论等必要部分。报告内容应完整，无遗漏，能够全面反映实验过程和结果。实验报告中的描述应准确无误，数据记录和分析应客观真实。报告内容应具有逻辑性和连	1-3	2.4, 5.1

	贯性，能够清晰地展示实验步骤和结果之间的关联。(10分)		
	实验报告应具有良好的书面表达能力，文字流畅、准确，无错别字和语法错误。报告中的图表、公式等应清晰易读，符合学术规范。整体而言，报告应体现出学生的专业素养和学术态度。(10分)	1-3	2.4, 5.1
	学生在报告中应展现出对实验结果的深入分析和总结能力。能够准确指出实验中的关键问题和难点，并提出相应的解决方案。同时，应能够从实验结果中提炼出有价值的信息，对实验进行综合评价。(5分)	1-3	2.4, 5.1

2. 结果性考核 (60%)

考试 (闭卷)

课程考试评价方法及考核目标

考核内容	评价标准	支撑课程教学分目标	支撑毕业要求
闭卷考试，共60分。	准确理解神经网络的基本概念，包括神经元、层、激活函数、损失函数、优化算法等，并能清晰阐述它们的作用和相互关系。深入理解深度学习的核心原理，包括前馈传播、反向传播、梯度下降等，以及它们如何共同作用于神经网络的训练过程。(10分)	1-3	2.4, 5.1
	准确掌握神经网络与深度学习的相关原理，能准确评估不同算法的性能，能针对实际问题选择合适的数据结构和算法，能设计出高效解决方案，并合理解释，强调理论与实践相结合的能力。(20分)	1-3	2.4, 5.1
	考察编程实践能力，包括准确实现数据结构、算法；代码清晰、逻辑性强；算法效率高且资源使用合理；解决实际问题时方法恰当且创新。理论知识与实际操作紧密结合。(20分)	1-3	2.4, 5.1

	<p>注重创新思维，鼓励探索新型数据结构与算法；评价学生是否具备独立思考、解决问题的能力；关注学生在面对技术变化时的适应性与创新性。评分强调知识应用与创新能力。（10分）</p>	<p>1-3</p>	<p>2.4, 5.1</p>
--	---	------------	-----------------

七、参考书目及学习资料

1.推荐教材：《深度学习理论与应用》，蒙祖强、欧元汉编著，清华大学出版社，2023年。

2.参考书目与文献：

《深度学习》，赵申剑等译，人民邮电出版社，2017年。

《TensorFlow：实战 Google 深度学习框架（第2版）》，郑泽宇、梁博文、顾思宇著，电子工业出版社，2018年。

《神经网络与深度学习》，邱锡鹏著，机械工业出版社，2021年。

《深度学习方法及应用》，邓力、俞栋著，谢磊译，机械工业出版社，2016年。

制定人：赵东

审定人：余耀

批准人：王伟

2024年8月

《数字图像处理》课程教学大纲

一、课程基本信息

课程名称（中文）	数字图像处理				
课程名称（英文）	Image Processing				
课程类别 ¹	专业选修课	课程性质 ²	选修	特殊课程类型 ³	
授课学期	6	学分	2	考核方式	考查
课程学时及分配	总学时 ⁴	讲课学时	实验学时	线上学时	课外学时
	32	24	8	0	0
适用专业	微电子科学与工程				
选用教材	《数字图像处理》，李俊山编，清华大学出版社，2021年8月第4版				
开课单位	集成电路科学与工程学院				
先修课程	《概率统计》、《电路技术基础 I》				
后续课程	《数字信号处理》、《自然语言处理》				
课程简介 (不少于 500 字)	<p>课程基本定位：《数字图像处理》是为电子信息类专业本科生设计的一门核心专业课程，其核心定位在于不仅建立学生在数字图像处理领域的坚实理论基础，同时培养他们在技术快速发展的当代社会中，面对新挑战的能力。本课程紧密结合数学、计算机科学和视觉艺术的交叉学科知识，致力于让学生掌握从图像数据获取到图像分析和处理的完整技能链，解锁数据图像背后的深层信息和价值。</p> <p>核心学习成果：通过本课程的学习，学生将深入理解数字图像处理的数学基础和算法逻辑。课程内容涵盖图像的采集、预处理、压缩、增强到复杂的视觉识别技术等，学生将通过实践掌握如何设计和实施面向特定应用场景的图像处理方案，如图像恢复、目标检测和场景重建等。此外，学生将能够运用这些技术解决实际问题，并在图像处理的各个领域展示出创新和工程实践能力。</p> <p>主要教学方法：本课程采用“以学生为中心，问题为导向”的现代教学理念。课堂讲授将深入浅出地阐述数字图像处理的理论与应用，确保学生能构建完整的知识框架；在讨论环节，鼓励学生提出问题并进行思维碰撞，以激发创</p>				

	新思维；丰富的实验和课程设计项目则让学生在真实世界的情境中应用所学知识，从而深化理解和技能。此外，通过团队合作解决综合性问题，学生能够提升解决实际问题的能力和团队协作精神。
大纲更新时间	2024年8月

二、课程目标

序号	课程目标（参考人才培养目标、毕业要求、课程定位）	支撑毕业要求指标	支撑思政指标点
1.	学生将学会在图像处理系统设计中综合考虑社会、健康、安全、法律、文化及环境等多维度因素，通过案例分析与实践，确保设计方案既技术先进又符合伦理与可持续发展。	指标点 3.4: 能够在设计环节考虑社会、健康、安全、法律、文化以及环境等制约因素。	指标点 1.2: 加强对中华优秀传统文化的学习和传承，培养学生的文化自信和民族认同感。
2.	针对图像处理工程问题，学生将运用平台、资源和工具，通过统计、模拟等方法创新设计解决方案，并分析其局限性，展现问题解决与创新能力。	指标点 5.1: 能够掌握微电子工艺与集成电路测试领域常见的现代仪器、工程工具、信息技术工具和模拟软件的使用原理和方法，并理解其局限性。	指标点 5.2: 培养学生理解并遵守人工智能工程师职业的工程职业道德和规范，履行法定或社会约定的责任。
3.	学生将学习在图像处理实践中尊重隐私、保护数据、遵守法规，并考虑技术的社会影响，培养强烈的责任意识和职业道德。	指标点 5.1: 能够掌握微电子工艺与集成电路测试领域常见的现代仪器、工程工具、信息技术工具和模拟软件的使用原理和方法，并理解其局限性。	指标点 10.1: 认识我国在人工智能相关领域的发展现状以及亟待解决的问题，培养学生形成投身于解决重大问题的意识。

三、课程教学内容和基本要求

学生将学习以下课程内容并应达到如下基本要求：

第一章 绪论

该章节对应课程教学分目标 1、2、3，对应课程育人分目标 1、2、3。

1. 教学内容

- (1) 数字图像与数字图像处理：介绍数字图像的基本概念，以及数字图像处理的定义、目的和重要性。
- (2) 数字图像处理系统的组成：阐述数字图像处理系统的基本组件和工作原理。
- (3) 图像处理技术研究的基本内容：介绍图像处理中的基本问题，如图像增强、恢复、压缩等。
- (4) 图像处理技术的应用领域：概述数字图像处理在医疗、航空、娱乐等领域的应用。

(5) MATLAB 及其应用基础：介绍 MATLAB 在图像处理中的基本应用和功能。

2.知识要点

- (1) 数字图像基本概念的理解。
- (2) 数字图像处理系统的组成和功能。
- (3) 图像处理技术的研究和应用。

3.重点难点

- (1) 重点：数字图像的基本概念和处理技术。
- (2) 难点：MATLAB 在图像处理中的应用。

4.基本要求

- (1) 理论掌握：学生应系统掌握数字图像处理的基本原理和方法。
- (2) 实践应用：学生应了解和掌握如何使用 MATLAB 进行基本的图像处理。
- (3) 创新能力：鼓励学生探索新的图像处理技术和方法。

5.教学方法

- (1) 讲授法：通过课堂讲授的方式，系统介绍数字图像处理的理论和应用。
- (2) 案例分析法：结合具体案例，分析数字图像处理在不同领域的应用。
- (3) 讨论法：组织学生进行课堂讨论，提高他们的理论和实践问题解决能力。
- (4) 实践教学法：通过实验和项目实践等方式，让学生亲身体验数字图像处理技术的实际应用。

第二章 数字图像处理基础

该章节对应课程教学分目标 1、2、3，对应课程育人分目标 1、2、3。

1.教学内容

- (1) 电磁波谱与可见光谱：介绍光的物理基础和电磁波谱，解释可见光在图像捕捉中的作用。
- (2) 人眼的亮度视觉特性：讲解人眼对亮度的感知方式，及其对图像处理技术的影响。
- (3) 图像的表达：探讨不同的图像表示方法，包括位图和向量图。
- (4) 空间分辨率和灰度分辨率：分析分辨率对图像质量的影响。
- (5) 像素间的关系：描述像素如何相互作用，形成图像的整体结构。
- (6) 图像的表达：讨论图像显示技术的种类和原理。
- (7) 图像文件格式：介绍常见的图像文件格式及其特点和用途。

2.知识要点

- (1) 了解电磁波谱和光的物理特性。
- (2) 掌握图像的基本表示和存储方法。
- (3) 理解图像分辨率的概念及其重要性。

3.重点难点

- (1) 重点：图像的表达和存储。
- (2) 难点：理解和应用不同的图像分辨率。

4.基本要求

- (1) 理论掌握：学生应深入理解图像的基本理论。
- (2) 实践应用：学生应能够选择合适的图像格式和处理技术进行基本的图像编辑。

5.教学方法

- (1) 讲授法：系统讲解图像的物理和计算基础。

- (2) 实验法：通过实验让学生直观理解图像格式和分辨率的影响。
- (3) 讨论法：讨论不同图像处理方法的优劣，促进批判性思维。

第三章 数字图像的基本运算

该章节对应课程教学分目标 1、2、3，对应课程育人分目标 1、2、3。

1. 教学内容

- (1) 灰度反转：介绍灰度反转的概念和应用，改善图像对比度。
- (2) 对数变换：解释对数变换如何用于动态范围压缩。
- (3) 灰度直方图：探讨直方图在图像处理中的重要性及其应用。
- (4) 图像的代数运算：讲解图像加法、减法、乘法和除法的效果和用途。
- (5) 图像的几何运算：介绍图像缩放、旋转和其他几何变换。

2. 知识要点

- (1) 掌握基本的图像运算方法。
- (2) 理解图像直方图的功能和重要性。
- (3) 应用图像的代数和几何运算。

3. 重点难点

- (1) 重点：图像的代数和几何运算。
- (2) 难点：精确实现和理解图像几何变换的数学基础。

4. 基本要求

- (1) 理论掌握：深入理解图像运算的理论基础。
- (2) 实践应用：能够实施基本图像处理运算，解决实际问题。

5. 教学方法

- (1) 讲授法：详细讲解每种图像运算的理论和实践应用。
- (2) 案例分析法：通过实际图像数据分析运算效果。
- (3) 实验法：实践图像运算技术，增强理解和技能。

第四章 空间域图像增强

该章节对应课程教学分目标 1、2、3，对应课程育人分目标 1、2、3。

1. 教学内容

- (1) 基于点运算的图像增强方法：介绍如何通过改变图像单个像素的值来调整图像的外观。
- (2) 基于直方图的图像增强方法：探讨如何通过修改图像的直方图来改善图像质量。
- (3) 基于空间平滑滤波的图像增强方法：讲解如何使用平滑滤波器减少图像噪声。
- (4) 基于空间锐化滤波的图像增强方法：说明如何通过锐化滤波增强图像的细节。

2. 知识要点

- (1) 理解并应用点运算以增强图像。
- (2) 掌握直方图方法以改进图像对比度和亮度。
- (3) 应用平滑与锐化滤波器来优化图像质量。

3. 重点难点

- (1) 重点：直方图等统计方法的应用于图像增强。
- (2) 难点：合理选择和设计滤波器以达到最佳图像增强效果。

4. 基本要求

- (1) 理论掌握：全面理解空间域图像增强的理论和技术。

(2) 实践应用：能够独立选择和实施合适的图像增强技术。

5.教学方法

- (1) 讲授法：详细阐述各种空间域增强技术。
- (2) 实验法：通过实际操作演示和练习，加深理解。
- (3) 案例分析法：分析真实案例，探讨增强技术的效果和适用场景。

第五章 频率域图像处理

该章节对应课程教学分目标 1、2、3，对应课程育人分目标 1、2、3。

1.教学内容

- (1) 二维离散傅里叶变换：介绍傅里叶变换在图像分析中的基本概念和应用。
- (2) 频率域图像处理的基本实现思路：讲解如何在频率域进行图像处理的方法和步骤。
- (3) 基于频率域的图像噪声消除——频率域低通滤波：说明低通滤波器在降低图像噪声中的作用。
- (4) 基于频率域的图像增强——频率域高通滤波：探讨高通滤波器如何增强图像的细节和边缘。

2.知识要点

- (1) 掌握傅里叶变换及其在图像处理中的应用。
- (2) 理解频率域处理技术的原理和方法。

3.重点难点

- (1) 重点：傅里叶变换的理论及应用。
- (2) 难点：实际应用频率域滤波技术来优化图像。

4.基本要求

- (1) 理论掌握：深入理解频率域图像处理的理论基础。
- (2) 实践应用：能够运用频率域技术处理图像问题。

5.教学方法

- (1) 讲授法：系统介绍频率域图像处理的理论。
- (2) 实验法：通过实验室操作加深对频率域技术的理解和应用。
- (3) 案例分析法：分析频率域技术的实际应用案例，评估其效果。

第六章 图像恢复

该章节对应课程教学分目标 1、2、3，对应课程育人分目标 1、2、3。

1.教学内容

- (1) 图像的退化模型：介绍图像退化的常见原因和建模方法。
- (2) 逆滤波图像恢复：解释逆滤波技术及其在图像恢复中的应用。
- (3) 维纳滤波图像恢复：讲解维纳滤波的原理和实践操作。
- (4) 图像噪声与被噪声污染图像的恢复：探讨如何有效去除图像中的噪声。
- (5) 图像几何失真校正：说明如何矫正图像的几何失真问题。

2.知识要点

- (1) 理解图像退化的模型和原因。
- (2) 掌握图像恢复的主要技术和方法。
- (3) 应用图像恢复技术解决实际问题。

3.重点难点

- (1) 重点：维纳滤波和逆滤波在图像恢复中的应用。

(2) 难点：正确模拟和处理图像的退化与恢复。

4.基本要求

(1) 理论掌握：全面了解图像恢复的理论基础。

(2) 实践应用：能够实施图像恢复技术，提高图像质量。

5.教学方法

(1) 讲授法：详细讲解图像恢复的理论和方法。

(2) 实验法：通过实验加深对图像恢复技术的理解和应用。

(3) 案例分析法：分析恢复技术的实际效果和适用场景。

第七章 图像压缩编码

该章节对应课程教学分目标 1、2、3，对应课程育人分目标 1、2、3。

1.教学内容

(1) 数字图像压缩编码基础：介绍图像压缩的理论和基本技术。

(2) 基本的变长编码方法：探讨变长编码，如霍夫曼编码和算术编码的原理和应用。

(3) 图像质量评价——保真度准则：讲解如何评估压缩图像的质量，包括主观和客观保真度准则。

2.知识要点

(1) 理解图像压缩的需求和技术方法。

(2) 掌握不同压缩编码技术的原理和应用。

(3) 评估压缩后图像的质量。

3.重点难点

(1) 重点：高效图像压缩技术和保真度评估。

(2) 难点：平衡压缩比与图像质量。

4.基本要求

(1) 理论掌握：深入了解图像压缩编码的理论和技術。

(2) 实践应用：能够选择并应用适合的压缩技术。

5.教学方法

(1) 讲授法：系统介绍图像压缩的原理和方法。

(2) 实验法：通过实验学习和比较不同的压缩技术。

(3) 案例分析法：分析实际应用中的图像压缩效果和质量评价。

第八章 图像分割

该章节对应课程教学分目标 1、2、3，对应课程育人分目标 1、2、3。

1.教学内容

(1) 图像分割的概念：介绍图像分割的基本概念和重要性。

(2) 基于边缘检测的图像分割：讲解如何使用边缘检测技术进行图像分割。

(3) 基于区域的图像分割：探讨区域生长、区域划分等图像分割技术。

2.知识要点

(1) 理解图像分割的基本方法和应用。

(2) 掌握边缘检测和区域基的分割技术。

3.重点难点

(1) 重点：不同图像分割技术的应用和效果。

(2) 难点：优化图像分割算法以提高准确性和效率。

4.基本要求

- (1) 理论掌握：深入理解图像分割的理论基础和技术。
- (2) 实践应用：能够实施有效的图像分割处理。

5.教学方法

- (1) 讲授法：详细讲解图像分割的理论和实践。
- (2) 实验法：通过实验操作深入学习图像分割技术。
- (3) 案例分析法：分析不同场景下图像分割的应用效果。

四、实践教学内容

1.课程实验

项目编号	项目名称	实验内容	对应理论章节	学时	实验类型	思政融入点	学生学习预期成果	课程目标
1	MATLAB 数字图像处理初步	配置 MATLAB 环境和图像处理工具箱，学习图像的基本操作，包括图像的读取、显示、和存储	2	2	验证性	理解国产工业软件走自主之路的必要性和面临挑战	掌握 MATLAB 图像处理工具箱的使用方法，提高编程能力，并在实验报告中分析实验结果	1, 2
2	图像的代数运算	通过 MATLAB 实现图像加法、减法、乘法和除法，探索这些运算对图像融合和差异增强的影响	3	2	验证性	理解数字图像处理技术的伦理和社会责任，具备初步的伦理意识和社会责任感。	理解并实施图像代数运算，掌握图像代数运算在图像合成、亮度调整、噪声消除、图像分析等领域的广泛应用	2, 3
3	图像增强	理解并应用灰度变换、直方图变换算法：应用灰度级调整和直方图均衡化技术进行图像对比度增强	3	2	设计性	讨论在图像处理中如何合理处理敏感数据，强调数据脱敏和匿名化技术的重要性。	学习灰度变换和直方图均衡化的原理和实现方法，以及如何利用灰度变换和直方图均衡化来改善图像的	2, 3

							对比度	
4	空域滤波	实现线性和非线性滤波器，如平均滤波器和高通滤波器，分析其对图像平滑和锐化的效果	4	2	设计性		使用不同的空间滤波器，对图像进行卷积操作，来改变图像的像素值。掌握滤波效果的评价方法	1, 2, 3

五、学时分配

序号	章节名称	学时分配 (共 32 学时)
1.	绪论	2
2.	数字图像处理基础	2
3.	数字图像的基本运算	2
4.	空间域图像增强	4
5	频率域图像增强	2
6	图像恢复	2
7	图像压缩编码	2
7	图像分割	2
8	图像特征提取	2
9	目标表示与描述	2
11	习题课	2
12	课程实验	8

六、考核方式

《数字图像处理》课程为微电子科学与工程专业选修课，课程考核方式包括：课堂学习讨论及课后反馈表现（40%）+结果性考核（60%）。

1. 课堂学习讨论及课后反馈表现（40%）

作业测评、实验报告

课堂学习讨论及课后反馈表现评价方法及考核目标

考核内容	评价标准	支撑课程教学分目标	支撑毕业要求
作业测评，共 10 分。	作业应按要求完成全部内容，包含所有必要的部分。答案应正确无误，理解问题本质，采用正确方法解题。答案应有清晰的逻辑结构，合理组	1-3	3.4, 5.1

	织思路和论证。(10分)		
实验测评, 共30分。	学生在实验操作过程中应遵循规范的步骤和方法。操作准确、有条理, 能够按照实验指导或教师要求进行, 不出现违规或随意操作, 确保实验的有效性和安全性。(5分)	1-3	3.4, 5.1
	实验报告应结构清晰, 包含实验目的、实验原理、实验步骤、实验结果和结论等必要部分。报告内容应完整, 无遗漏, 能够全面反映实验过程和结果。实验报告中的描述应准确无误, 数据记录和分析应客观真实。报告内容应具有逻辑性和连贯性, 能够清晰地展示实验步骤和结果之间的关联。(10分)	1-3	3.4, 5.1
	实验报告应具有良好的书面表达能力, 文字流畅、准确, 无错别字和语法错误。报告中的图表、公式等应清晰易读, 符合学术规范。整体而言, 报告应体现出学生的专业素养和学术态度。(10分)	1-3	3.4, 5.1
	学生在报告中应展现出对实验结果的深入分析和总结能力。能够准确指出实验中的关键问题和难点, 并提出相应的解决方案。同时, 应能够从实验结果中提炼出有价值的信息, 对实验进行综合评价。(5分)	1-3	3.4, 5.1

2. 结果性考核 (60%)

考试 (闭卷)

课程考试评价方法及考核目标

考核内容	评价标准	支撑课程教学分目标	支撑毕业要求
闭卷考试，共60分。	准确掌握数字图像处理的基本概念，包括像素、灰度级、图像分辨率、颜色空间等，并能清晰阐述它们在图像处理中的应用。深入理解图像处理的基本原理，如图像增强、图像复原、图像压缩、图像分割、特征提取等，并能分析不同原理的适用场景和效果。（10分）	1-3	3.4, 5.1
	熟练掌握图像处理中常用的基础数据结构（如二维数组表示图像），以及它们在图像处理操作中的应用。理解并能实现基础的图像处理算法，如灰度化、直方图均衡化、滤波算法（如平滑、锐化）、边缘检测等，理解算法的原理及实现细节。（10分）	1-3	3.4, 5.1
	考察编程实践能力，包括准确实现数据结构、算法；代码清晰、逻辑性强；算法效率高且资源使用合理；解决实际问题时方法恰当且创新。理论知识与实际操作紧密结合。（20分）	1-3	3.4, 5.1
	注重创新思维，鼓励探索新型数据结构与算法；评价学生是否具备独立思考、解决问题的能力；关注学生在面对技术变化时的适应性与创新性。评分强调知识应用与创新能力。（10分）	1-3	3.4, 5.1

七、参考书目及学习资料

- 1.推荐教材：《数字图像处理》，李俊山编，清华大学出版社，2021年8月第4版。
- 2.参考书目与文献：
 - 《数字图像处理》，电子工业出版社；Kennth.R.Castleman 编著，朱志刚等译，2000；
 - 《数字图像处理(MATLAB 版)》，电子工业出版社 Rafael C. Gonzalez, et al.著，阮秋琦等译，2005.

制定人：赵东

审定人：余耀

批准人：王伟

2024年8月

《超材料与超表面》课程教学大纲

一、课程基本信息

课程名称（中文）	超材料与超表面				
课程名称（英文）	Metamaterials and Metasurfaces				
课程类别 ¹	专业选修课	课程性质 ²	选修	特殊课程类型 ³	
授课学期	7	学分	2	考核方式	考查
课程学时及分配	总学时 ⁴	讲课学时	实验学时	线上学时	课外学时
	32	16	16	0	0
适用专业	微电子科学与工程				
选用教材	人工超材料设计与应用，贾秀丽，科学出版社，2020年。				
开课单位	集成电路科学与工程学院				
先修课程	电磁场与电磁波				
后续课程	毕业设计/论文				
课程简介 (不少于 500 字)	<p>课程基本定位: 超材料与超表面这门课程是微电子科学与工程专业的一门专业选修课，本课程涉及多个专业领域，有助于培养学生跨学科的知识体系和综合素质，增强学生创新意识和实践能力，提升学生在微电子领域的综合素质。</p> <p>核心学习结果: 超材料与超表面课程旨在传授学生关于超材料和超表面的基本概念、理论体系和设计方法，使学生掌握超材料的基本特性、制备技术和应用领域。通过本课程的学习，培养学生具备独立分析和解决微电子领域中与超材料和超表面相关问题的能力，提高学生的创新设计能力和实践操作能力。本课程为学生提供了深入了解微电子领域前沿动态的机会，有助于激发学生的科研兴趣，培养学生的科研思维和科研方法论。通过大量的科研案例让学生接触前沿的研究方向，扩大知识储备和研究技能，提高创新能力。在实验过程中，通过对模型一步步的修改演进，优化设计目标，体验曲折式前进的探索过程，培养“有事不怕事，遇事解决事”的行为作风。</p> <p>主要教学方法: 理论部分，由教师讲授和演示；实验部分，主要由学生根据实验指导手册完成。</p>				
大纲更新时间	2024年8月				

二、课程目标

序号	课程目标 ¹ （参考人才培养目标、毕业要求、课程定位）	支撑毕业要求指标点 ²	支撑思政指标点
1.	理解和掌握超材料与超表面的基本概念、理论体系和设计方法，包括其独特的电磁属性、制备技术及其在电磁波调控方面的基本原理。	指标点 2.4: 能够运用微电子工艺与集成电路测试领域基本原理和方法，并结合文献研究，分析微电子工艺与集成电路测试领域中工程活动过程的影响因素，获得有效结论。	指标点 6.1: 努力学习科学文化知识，扩大知识储备，能独立理性思考问题
2.	了解超材料与超表面的前沿研究与应用，培养学生的科研思维和科研方法，提升学生独立分析和解决与超材料和超表面相关问题的能力。	指标点 2.4: 能够运用微电子工艺与集成电路测试领域基本原理和方法，并结合文献研究，分析微电子工艺与集成电路测试领域中工程活动过程的影响因素，获得有效结论。	指标点 1.1: 心怀梦想，在困难面前能保持乐观心态，化压力为动力
3.	通过仿真实验训练学生运用所学理论知识进行超材料与超表面的设计与实验操作，训练学生借助仿真软件解决实际问题。	指标点 3.1: 能够掌握微电子工艺与集成电路测试领域工程设计的全周期与全流程设计/开发方法和技术，并根据设计目标，确定合适的技术方案。	指标点 6.1: 努力学习科学文化知识，扩大知识储备，能独立理性思考问题

三、课程教学内容和基本要求

学生将学习以下课程内容并应达到如下基本要求：

第一章 绪论

该章节对应课程教学分目标 1，对应课程育人分目标 2.4。

1. 教学内容

超材料与超表面的研究背景、含义、意义与研究现状。

2. 知识要点

- (1) 超材料与超表面的研究背景；
- (2) 超材料与超表面的含义与特征；
- (3) 超材料与超表面的研究意义；
- (4) 超材料与超表面的研究现状。

3. 重点难点

重点：超材料与超表面的含义、特征与研究意义。

难点：超材料与超表面的研究进展。

4. 基本要求

- (1) 了解超材料与超表面的研究背景；
- (2) 掌握超材料与超表面的含义与特征；
- (3) 了解超材料与超表面的研究意义与研究进展。

5. 教学方法

教师讲授为主。

第二章 超材料与超表面的超常电磁特性

该章节对应课程教学分目标 1，对应课程育人分目标 2.4。

1. 教学内容

超材料与超表面的后向波特性和负折射特性、逆多普勒效应。

2. 知识要点

- (1) 后向波特性和；
- (2) 负折射特性；
- (3) 逆多普勒效应。

3. 重点难点

重点：超材料的负折射率特性、极化和相位控制特性；

难点：电磁波在超材料与超表面中的微观机制解释。

4. 基本要求

- (1) 理解超材料与超表面典型的超常电磁特性；
- (2) 掌握超材料与超表面几种超常电磁特性的现象和应用。

5. 教学方法

教师讲授为主。

第三章 超材料与超表面的模拟仿真

该章节对应课程教学分目标 2，3，对应课程育人分目标 2.4，3.1。

1. 教学内容

新型双开口谐振环设计与结构、参数调整，微波频段微带天线的设计。

2. 知识要点

- (1) 新型双开口谐振环设计与结构、参数调整，仿真结果提取与对比与优化；
- (2) 微波频段微带天线的设计，仿真结果提取与分析。

3. 重点难点

重点：掌握电磁仿真软件的建模方法，仿真技巧和结果提取方法。

难点：通过分析仿真结果，剖析内在机理，进一步对参数、曲线等进行优化。

4. 基本要求

- (1) 掌握超材料与超表面模型的电磁仿真模拟方法；
- (2) 理解开口谐振环和微带天线的性能参数与优化方向。

5. 教学方法

理论由教师讲授，实验部分由学生上机仿真完成。

第四章 超材料与超表面的设计与制备

该章节对应课程教学分目标 2，对应课程育人分目标 2.4。

1. 教学内容

微波波段的超材料与超表面的设计、制备技术及实例。

2. 知识要点

- (1) 光刻工艺硬件系统；
- (2) 光刻工艺流程；
- (3) 光刻工艺制备微波波段超材料与超表面实例。

3. 重点难点

重点：掌握微波波段超材料加工用到的光刻工艺；

难点：理解实际加工结果与理论图案存在的偏差，以及对超材料性能的影响。

4. 基本要求

掌握微波波段超材料与超表面的设计方法与光刻工艺，理解制备过程中的注意事项。

5. 教学方法

教师讲授为主。

四、实践教学内容

1. 课程实验¹

项目编号	项目名称	实验内容	对应理论章节	学时	实验类型 ²	思政融入点	学生学习预期成果	课程目标
1	CST操作入门	利用 CST 电磁仿真软件建立超材料模型并进行简单仿真	第三章	2	验证性	掌握现代工具的使用,为解决问题奠定基础	掌握 CST 仿真软件建模、仿真流程	3.1
2	开口谐振环超材料的设计	利用 CST 软件建立开口谐振环的仿真模型,并进行相关参数的计算与提取	第三章	3	设计性		掌握 CST 仿真软件建立开口谐振环的流程,以及参数设置、曲线查看等技能	3.1
3	开口谐振环超材料的优化	利用 CST 软件对开口谐振环的仿真模型参数结构进行优化,并比较优化过程中的重要曲线与参数	第三章	4	设计性	针对设计指标,反复研究可调整参数与结构调整带来的改进,并进行折中	掌握常见的电磁仿真模型优化方法和设置技巧	3.1

4	微带天线超表面的设计	利用 CST 软件建立微带天线的仿真模型, 并进行相关参数的计算与提取	第三章	3	设计性		掌握 CST 仿真软件建立微带天线的流程, 以及参数设置、曲线查看等技能	3.1
5	微带天线超表面的优化	利用 CST 软件对微带天线的仿真模型参数结构进行优化, 并比较优化过程中的重要曲线与参数	第三章	4	设计性	针对设计指标, 反复研究可调整参数与结构调整带来的改进, 并进行折中	掌握常见的电磁仿真模型优化方法和设置技巧	3.1

五、学时分配

序号	章节名称	学时分配 (共 48 学时)
1.	绪论	2
2.	超材料与超表面的超常电磁特性	4
3.	超材料与超表面的模拟仿真	22
4.	超材料与超表面的设计与制备	4

六、考核方式

《超材料与超表面》课程为微电子科学与工程专业选修课, 课程考核方式包括: 课堂学习讨论及课后反馈表现 (50%) + 结果性考核 (50%)。

1. 课堂学习讨论及课后反馈表现 (50%)

课堂学习研讨、作业测评、实验报告等

课堂学习讨论及课后反馈表现评价方法及考核目标

考核内容	评价标准	支撑课程教学分目标	支撑毕业要求
课堂学习研讨, 共 20 分。	针对实验课指定的目标任务, 根据任务完成度和正确程度进行评分。(20 分)	3	3.1
作业测评, 共 20 分。	每章作业总得分。(20 分)	1	2.4
实验报告, 共 10 分	实验报告中的对实验原理与实验步骤的理整理和理解。(10 分)	2	2.4

2. 结果性考核（50%）

开卷考试。

课程考试评价方法及考核目标

考核内容	评价标准	支撑课程教学分 目标	支撑 毕业要求
开卷考试，共 50分。	理解和掌握超材料与超表面的基本概念、理论体系和设计方法，包括其独特的电磁属性、制备技术及其在电磁波调控方面的基本原理。（20分）	1	2.4
	了解超材料与超表面的前沿研究与应用，能独立分析和解决与超材料和超表面相关问题的能力。（10分）	2	2.4
	掌握通过电磁仿真手段解决超材料与超表面的设计与优化问题的能力。（20分）	3	3.1

七、参考书目及学习资料

- 1.推荐教材：《人工超材料设计与应用》，贾秀丽编著，科学出版社，2020年。
- 2.参考书目与文献：
《电磁超材料理论与应用》，张世全、魏兵、曾俊，西安电子科技大学出版社，2019年。
《光学和声学超材料与超表面》，赵晓鹏、丁昌林，科学出版社，2022年。
- 3.在线学习资源：
CST 超材料表面仿真实战课程 10 讲：<https://www.bilibili.com/video/BV1Wk4y1T7sk/>

制定人：余耀

审定人：张黎可

批准人：王伟

2024年8月

《嵌入式系统原理及应用》课程教学大纲

一、课程基本信息

课程名称（中文）	嵌入式系统原理及应用				
课程名称（英文）	Principle and Application of Embedded System				
课程类别 ¹	专业选修课	课程性质 ²	选修	特殊课程 类型 ³	
授课学期	第7学期	学分	2	考核方式	考试
课程学时及分配	总学时 ⁴	讲课学时	实验学时	线上学时	课外学时
	32	16	16	0	0
适用专业	微电子科学与工程				
选用教材	《STM32F103x 微控制器与 uC/OS-II 操作系统》，电子工业出版社，贾丹平主编，2017				
开课单位	集成电路科学与工程学院				
先修课程	数字电子技术基础，微机原理与单片机技术				
后续课程	集成电路原理与设计，半导体制造工艺				
课程简介 (不少于 500 字)	<p>课程基本定位：该课程为专业选修课，主要面向电子信息专业高年级学生，进一步提高复杂电子系统设计的能力。</p> <p>核心学习结果：不对嵌入式系统的软硬件结构作深入探究，重点在于利用常见的嵌入式处理器和操作系统作复杂电子系统设计。教学过程中注重实践能力的培养，即电路设计能力与程序设计能力的培养。</p> <p>主要教学方法：通过课堂讲解基本内容、讨论例程和学生课下阅读思考、作业练习、阶段测试，使学生在嵌入式系统理论知识的基础上，对嵌入式系统应用的一些问题有一定的独立思考能力。</p> <p>1.“双创”融入原则。“讲授与讨论并举、设计与分析并重”，通过习题、电路设计与仿真等环节，培养其分析解决问题的能力以及创新能力。</p> <p>2.价值体系塑造。坚持立德树人，挖掘课程内容和教学过程中蕴含的思想政治教育资源，探索和创新课程思政教育方法，不断提升课程思政能力。</p> <p>3.坚持 OBE 原则。关注全体学生学习效果，建立“评价—反馈—改进”闭环，形成持续改进机制。</p> <p>4.面向新一代信息技术。结合“互联网+”以及人工智能新兴产业等，革新嵌入式系统及应用课程的内容案例与授课手段，增加课程的开放性与活力。</p> <p>5.网络教学资源配套。建立网络资源库，优化教学资源，增加课程的开放性与活力，建立网络教学共享机制，实现网络教学与课堂教学的同步推进。</p>				

大纲更新时间	2024年8月
--------	---------

二、课程目标

序号	课程目标 ¹ （参考人才培养目标、毕业要求、课程定位）	支撑毕业要求指标点 ²	支撑思政指标点
1.	课程目标 1: 熟悉嵌入式系统的一些基本概念和基本知识，对嵌入式系统有较准确的认识，学会嵌入式系统的工程应用。	指标点 3.4: 能够在设计环节考虑社会、健康、安全、法律、文化以及环境等制约因素。	指标点 1.2: 以辩证唯物主义和历史唯物主义的世界观认识和改造客观世界
2.	课程目标 2: 掌握嵌入式系统的基本组成、体系结构和工作模式、指令系统、汇编语言及程序设计方法和技巧、存储器的组成和接口扩展方法、中断结构及应用。	指标点 4.1: 能够根据系统需求，通过文献研究、理论分析、数值仿真等手段，分析微电子工艺与集成电路测试领域智能检测技术与装置领域复杂工程问题的解决方案。	指标点 4.1: 理解本民族传统文化，肯定当代国内科技发展水平
3.	课程目标 3: 初步具备嵌入式系统的设计与实现的能力，熟悉各种体系结构电路和语言的应用，能根据具体的工程问题，用上述典型电路建立相应软硬件电路解决方案，能通过分析计算或实验手段验证可行性。	指标点 5.1: 能够掌握微电子工艺与集成电路测试领域常见的现代仪器、工程工具、信息技术工具和模拟软件的使用原理和方法，并理解其局限性。	指标点 6.2: 在创新创业实践活动中，探索新思路新技术，解决实际问题。

三、课程教学内容和基本要求

学生将学习以下课程内容并应达到如下基本要求：

第一章 嵌入式系统概述

该章节对应课程目标 1，对应思政指标点 1.2。

1. 教学内容

- 1.1 嵌入式系统简介
- 1.2 嵌入式系统的组成
- 1.3 嵌入式处理器
- 1.4 嵌入式操作系统
- 1.5 ARM 处理器简介
- 1.6 嵌入式系统的设计方法

2. 知识要点

- 1) 嵌入式系统定义、特点和应用领域。
- 2) 嵌入式处理器的分类和选型原则。
- 3) ARM 处理器的进化过程和开发工具。

4) 嵌入式系统的总体结构、设计过程和硬/软件协同设计技术。

3. 重点难点

- 1) 嵌入式系统定义、特点、应用领域；
- 2) 嵌入式系统组成，嵌入式处理器分类和选型，常见嵌入式操作系统；
- 3) ARM 处理器，嵌入式系统设计方法。

4. 基本要求

- 1) 了解嵌入式系统定义、特点、应用领域；
- 2) 熟悉嵌入式处理器分类和选型；
- 3) 了解嵌入式操作系统。

5. 教学方法

视频/阅读拓展、讲授法、案例分析法

第二章 ARM Cortex-M3 内部结构

该章节对应课程目标 1，对应思政指标点 1.2。

1. 教学内容

2.1 Cortex-M3 简介

2.2 指令集

2.3 流水线

2.4 寄存器组

2.5 操作模式和特权等级

2.6 异常、中断和向量表

2.7 存储器映射

2.8 调试支持

2. 知识要点

- 1) Cortex-M3 指令集构成、流水线基本原理和结构。
- 2) Cortex-M3 寄存器组结构和工作原理。
- 3) Cortex-M3 异常、中断和向量表概念。
- 4) Cortex-M3 存储器映射方式。

3. 重点难点

- 1) Cortex-M3 流水线结构。
- 2) Cortex-M3 寄存器组结构。
- 3) Cortex-M3 异常、中断和向量表。
- 4) Cortex-M3 存储器映射方式。

4. 基本要求

- 1) 熟悉 Cortex-M3 的寄存器组；
- 2) 了解异常、中断和向量表；
- 3) 熟悉存储器映射。

5. 教学方法

讲授法、案例分析法、小组讨论法

第三章 STM32F1 系列微控制器简介

1. 该章节对应课程目标 1，对应思政指标点 1.2。

2. 教学内容

3.1 基于 Cortex-M3 内核的 STM32F1 微控制器概述

3.2 STM32F1 微控制器的系统结构

3.3 STM32F1 微控制器的存储器结构与映射

- 3.4 STM32F1 微控制器的嵌入式闪存
- 3.5 STM32F1 微控制器的启动配置
- 3.6 STM32F1 微控制器的电源控制
- 3.7 STM32F1 微控制器的复位
- 3.8 STM32F1 微控制器的调试端口

2. 知识要点

- 1) STM32F1 微控制器的系统结构和工作原理。
- 2) STM32F1 微控制器的存储器结构与映射、嵌入式闪存结构和工作机理。
- 3) STM32F1 微控制器的启动配置机制、电源控制结构和复位机制。

3. 重点难点

- 1) 存储器结构与映射；
- 2) 微控制器的调试端口；

4. 基本要求

- 1) 熟悉存储器结构与映射；
- 2) 熟悉启动配置；
- 3) 熟悉电源控制；
- 4) 熟悉复位。

5. 教学方法

随堂测试、翻转课堂、讲授法、案例分析法、小组讨论法、多媒体教学法

第四章 建立 MDK-ARM5.0 开发平台

该章节对应课程目标 2、3，对应思政指标点 4.1、6.1。

1. 教学内容

- 4.1 MDK-ARM 简介
- 4.2 CMSIS 标准简介
- 4.3 STM32 标准外设库
- 4.4 安装 MDK-ARM5.0
- 4.5 创建工程模板

2. 知识要点

- 1) MDK-ARM 基本结构和工作原理。
- 2) CMSIS 标准。
- 3) MDK-ARM5.0 安装和创建。

3. 重点难点

- 1) STM32F103x 微控制器的时钟模块组成；
- 2) 标准外设库中的 RCC 库函数；
- 3) 使用 RCC 库函数建立系统时钟。

4. 基本要求

- 1) 熟悉 STM32F103 x 微控制器的时钟模块组成；
- 2) 熟悉 RCC 库函数应用化方法；

5. 教学方法

随堂测试、讲授法、案例分析法、小组讨论法、多媒体教学法

第五章 复位与时钟控制器

该章节对应课程目标 2、3，对应思政指标点 4.1、6.1。

1. 教学内容

- 5.1. STM32F103x 微控制器时钟模块简介
- 5.2. RCC 库函数说明
- 5.3. 使用 RCC 库函数建立系统时钟

2. 知识要点

- 1) 系统时钟和时钟安全系统。
- 2) RCC 库函数使用方法。
- 3) 建立系统时钟的一般流程。

3. 重点难点

- 1) STM32F1 微控制器 I/O 端口结构特性；
- 2) I/O 端口相关库函数

4. 基本要求

- 1) 熟悉 STM32F1 微控制器 I/O 端口结构特性；
- 2) 熟悉 I/O 端口相关库函数编程。

5. 教学方法

资料查找、讲授法、案例分析法

第六章 中断和事件

该章节对应课程目标 2、3，对应思政指标点 4.1、6.1。

1. 教学内容

- 6.1. 嵌套向量中断控制器
- 6.2. 外部中断/事件控制器
- 6.3. NVIC 库函数说明
- 6.4. EXTI 库函数说明

2. 知识要点

- 1) 嵌套向量中断控制器结构和工作原理；
- 2) 外部中断/事件控制器结构和工作原理；
- 3) NVIC 库函数使用方法；
- 4) EXTI 库函数使用方法。

3. 重点难点

- 1) 嵌套向量中断控制器；
- 2) 外部中断/事件控制器；
- 3) NVIC 库函数与 EXTI 库函数。

4. 基本要求

- 1) 了解嵌套向量中断控制器结构；
- 2) 了解外部中断/事件控制器；
- 3) 了解 NVIC 库函数与 EXTI 库函数；

5. 教学方法

讲授法、案例分析法、小组讨论法、实验操作法

第七章 定时器模块

该章节对应课程目标 2、3，对应思政指标点 4.1、6.1。

1. 教学内容

- 7.1. TIM 简介
- 7.2. TIM 库函数说明

2. 知识要点

- 1) 计数功能、始终选择、捕获/比较通道和定时器同步方法；
- 2) TIM 库函数使用方法

3. 重点难点

- 1) 定时器模块结构功能；
- 2) 定时器相关库函数；

4. 基本要求

- 1) 掌握定时器模块结构功能;
- 2) 熟悉定时器相关库函数;

5. 教学方法

讲授法、项目引导法、小组讨论法、实验操作法

第八章 μ C/OS-II操作系统概述

该章节对应课程目标 1, 对应思政指标点 1.2。

1. 教学内容

- 7.1. μ C/OS-II简介
- 7.2. 实时系统概念
- 7.3 内核结构

2. 知识要点

- 1) 实时系统任务、内核、调度;
- 2) μ C/OS 中的中断处理;
- 3) μ C/OS-II初始化与启动。

3. 重点难点

- 1) 实时操作系统概念;
- 2) 内核结构;

4. 基本要求

- 1) 掌握实时操作系统概念;
- 2) 掌握 μ C/OS-II内核结构;

5. 教学方法

讲授法、项目引导法、小组讨论法、实验操作法

四、实践教学内容

1.课程实验¹

项目编号	项目名称	实验内容	对应理论章节	学时	实验类型 ²	思政融入点	学生学习预期成果	课程目标
1	认识实验	完成开发环境、仿真环境与仿真器驱动的安装与建立。在开发环境中创建工程，完成编译设置、代码的产生与下载、调试。引入已有项目，下载可执行映像文件到实验平台，观察实验现象	第三章	4	验证型	培养学生观察问题的能力，树立全面分析问题的思想。	了解实验平台硬件结构与系统组成，掌握软件开发平台的使用	1
2	GPIO 实验	编程设置 GPIO 的工作方式，通过读取连接在 GPIO 引脚上拨动开关的状态，控制接到 GPIO 另一组引脚上的 LED 灯的亮灭	第五章	4	验证型	由 GPIO 的操作，使学生体会到理论及应用的联系，增强投身科学研究的信心。	掌握 STM32 单片机 GPIO 口的输入输出控制，以及扩展 I/O 的一般电路和操作方法编程	1、2
3	独立看门狗 (IWDG) 实验	STM32F4 系列内部自带了 2 个看门狗：独立看门狗和窗口看门狗。在实验中，我们将通过按键 WKUP 来输入喂狗信号，然后通	第六章	4	综合型	看门狗的用法与中学断有异曲同工之妙，引导学生通过不同的思路解决问题，锻炼探索精神。	学习 STM32F407 芯片的独立看门狗的使用，熟悉的独立看门狗的初始化方法。	1、2

		过 LED0 显示复位状态						
4	定时器实验	编程控制定时器输出不同频率的方波，通过该波形驱动实验平台上蜂鸣器发出不同频率的声音。	第七章	4	综合型	通过定时器和计数器的知识学习，引导学生要掌握STM32单片机定时器的结构、功能以及应用编程。	2、3	

五、学时分配

序号	章节名称	学时分配（共 16+16 学时）
1.	嵌入式系统概述	2
2.	ARM Cortex-M3 内部结构	2
3.	STM32F1 系列微控制器简介	2
4.	建立 MDK-ARM5.0 开发平台	2
5.	复位与时钟控制器	2
6.	中断和事件	2
7.	定时器模块	2
8.	μ C/OS-II操作系统概述	2
9.	实验 1 认识实验	4
10.	实验 2 GPIO 实验	4
11.	实验 3 独立看门狗 (IWDG) 实验	4
12.	实验 4 定时器实验	4

六、考核方式

嵌入式系统原理及应用课程为本专业选修课，课程考核为：
过程性考核（40%，含课程参与 10%+作业测评 15%+实验 15%）+结果性考核（60%）。

1. 过程性考核（40%）

过程性评价方法及考核目标

考核内容	评价标准	支撑课程教学分目标	支撑毕业要求
课程参与 10%	参与度：主动参与各种课程活动，	1、2、3	3.4、4.1、

	对讨论、项目或任务表现出高度的兴趣和热情。(5分)		5.1
	贡献度: 按时完成分配的任务, 并达到一定的质量标准。(5分)		
作业测评 15%	按时完成教师布置的等数量作业题目答题, 有答题或计算过程和结论。(6分)	1、2、3	3.4、4.1、5.1
	作业字迹清楚、答题或计算过程的思路清晰, 结论正确(9分)		
实验 15%	对实验电路原理认识清晰, 有正确的实验技术方案。(5分)	1、2、3	3.4、4.1、5.1
	实验过程正确、完整, 能够排除实验过程中的故障。(5分)		
	实验结果正确、数据分析正确。(5分)		

2. 结果性考核 (60%)

课程考试评价方法及考核目标

考核内容	评价标准	支撑课程教学分目标	支撑毕业要求
闭卷考试 60%	掌握嵌入式系统的一些基本概念和基本知识, 对嵌入式系统有较准确的认识, 学会嵌入式系统的工程应用。(20分)	1	3.4
	掌握嵌入式系统的基本组成、体系结构和工作模式、指令系统、汇编语言及程序设计方法和技巧、存储器的组成和接口扩展方法、中断结构及应用。(20分)	2	4.1
	具备嵌入式系统的设计与实现的能力, 熟悉各种体系结构电路和语言的应用, 能根据具体的工程问题, 用上述典型电路建立相应软硬件电路解决方案, 能通过分析计算或实验手段验证可行性。(20分)	3	5.1

七、参考书目及学习资料

1. 推荐教材:

《嵌入式时实操作系统 uC/OSII》, Jean. J. Labrosse 主编, 北京航空航天大学出版社, 2007

2. 参考书目与文献:

《Cortex-M3 之 STM32 嵌入式系统设计》，廖义奎主编，中国电力出版社， 2012 年

《ARM Cortex-M3 嵌入式开发及应用(STM32 系列)》，张新民主编，清华大学出版社， 2016

制定人：陶旭

审定人：余耀

批准人：王伟

2024 年 8 月

《认知实习》课程教学大纲

一、课程基本信息

课程名称（中文）	认知实习				
课程名称（英文）	Understanding Practice				
课程类别 ¹	综合教育实践课	课程性质 ²	必修	特殊课程类型 ³	
授课学期	第1学期	学分	1	考核方式	考查
课程学时及分配	总学时 ⁴	讲课学时	实验学时	线上学时	课外学时
	1W	0	0	0	1W
适用专业	电子科学与技术、微电子科学与工程、集成电路设计与集成系统				
选用教材	无				
开课单位	集成电路科学与工程学院				
先修课程	无				
后续课程	金工实习				
课程简介 (不少于 500 字)	<p>课程基本定位:《认知实习》是教学计划中实践性教学的一项重要内容,是加强素质教育、按照培养目标对学生进行工程训练和能力培养的重要教学环节,是电子信息类专业的一门综合实践必修课。</p> <p>核心学习结果:使学生了解基本生产知识,培养学生理论联系实际,了解现代化生产过程、相关单位参观实习、知识讲座、观察研究的结果、收集的资料和图表、所需设备,提高其在实际工作中调查研究、观察问题、了解电子信息行业的运行特点以及先进的组织管理形式、分析问题以及解决问题的能力,为后续专业课程的学习打下基础。</p> <p>主要教学方法:该课组织学生到生产一线实习实践,联系实际对企业生产方式和基本管理过程有清晰的认知,观察、收集、调研和总结实习过程,提高认识的水平。</p>				

大纲更新时间	2024年8月
--------	---------

二、课程目标

序号	课程目标 ¹ （参考人才培养目标、毕业要求、课程定位）	支撑毕业要求指标点 ²	支撑思政指标点
1.	严格遵守学校和实习单位的各项规章制度，了解社会，接触实际，增强社会责任感，提高社会活动、处理人际关系和团结协作的能力。	指标点 3.4 能够在设计环节考虑社会、健康、安全、法律、文化以及环境等制约因素。	指标点 2.1 心怀梦想，在困难面前能保持乐观心态，化压力为动力。
2.	通过认知实习，将理论知识与工作实践有机结合起来，强化动手能力，掌握相关专业技术知识，增加对社会的全面了解，丰富社会实践经验，提高自身的综合素质。	指标点 6.1 能够掌握微电子工艺与集成电路测试领域相关的国家和行业标准体系、知识产权、产业政策和法律法规，能够解释不同社会文化对微电子工艺与集成电路测试活动的影响。	指标点 5.1 理解并认同民族传统文化，如历史、艺术、宗教、习俗等。
3.	通过专业认知实习，掌握常见电子信息类产品的基本原理和生产知识，并能从实习过程中认真负责的完成实习和调研任务，完成实习报告，为以后走上工作岗位奠定基础。	指标点 6.1 能够掌握微电子工艺与集成电路测试领域相关的国家和行业标准体系、知识产权、产业政策和法律法规，能够解释不同社会文化对微电子工艺与集成电路测试活动的影响。	指标点 9.2 对自己职业有强烈的敬业精神，努力提高职业效益和质量。

三、课程教学内容和基本要求

无。

四、实践教学内容

编号	实习内容	实习类型 ²	实习地点 ³	思政融入点	学生学习预期成果	课程目标	时间安排
----	------	-------------------	-------------------	-------	----------	------	------

							(天数)
1.	听取报告	认识实习	校内外教学实习基地	通过学习规章制度和职业规范,从思想上明确要认知的对象和形式,从意识上树立实践的意义。	1. 认知学校和实习单位的各项规章制度; 2. 理解实习单位的职业规范和注意事项; 3. 认知实习单位从事行业的技术、知识产权和标准规范。	目标 1	1/4 周
2.	组织参观	认识实习	校内外教学实习基地	在实习单位的参观和实习过程中,从理论抽象理解到实际的产业状况,加深认知的观察层次和实践体会。	1. 认知实习单位的生产设备和企业运行流程; 2. 认知实习单位的生产实践知识和组织管理形式。	目标 1 目标 2	1/4 周
3	实习日记	认识实习	校内外教学实习基地	通过写实习日记,积累工作经验,培养和提高自己的观察、分析和解决问题的能力,同时加强自身的道德修养,提高思想觉悟。	1. 对每天的实习过程进行完整记录; 2. 收集实习资料和报告并进行整理,为实习报告做好资料储备。	目标 2 目标 3	1/4 周
4	实习总结报告	认识实习	校内外教学实习基地	将认知的实践过程进行梳理总结,提炼出认识实践的意义,在实习中升华对电子信息类产业的认知水平。	1. 总结实习收获,提出对实习工作的改进意见; 2. 综合实习过程,撰写实习总结报告,要求文字清楚、语言简练、内容规范、层次清楚。	目标 2 目标 3	1/4 周
合计							1 周

五、学时分配

序号	章节名称	学时分配（共4周）
1.	学习学院或单位《认知实习管理规定》	1/4周
2.	了解实习单位管理体制、组织机构及其运行机制	1/4周
3.	参与并熟悉电子设备与系统的设计、应用和开发制造等工作过程	1/4周
4.	参与实习单位安排的生产、管理、策划、营销等具体的岗位工作	1/4周
5.	撰写实习报告和总结汇报	1/4周

六、考核方式

毕业实习课程为微电子科学与工程专业必修课，课程考核方式包括：过程性考核（50%）+结果性考核（50%）。

1. 过程性考核（50%）

过程性评价方法及考核目标

考核内容	评价标准	支撑本课程教学分目标	支撑毕业要求
实习实践 (50%)	学生在实际工程项目中的实施能力和创新能力，包括项目管理、安全操作、技术应用等方面的表现。（30分）	1	3.4、6.1
	问题解决能力和危机处理能力，学生能否独立或协作完成项目，并通过实践验证所学理论知识的运用情况。（30分）	2	3.4、6.1
	团队合作和沟通能力在多人合作项目中的表现也是评价重点，考察学生在团队中的角色扮演和有效的协作能力。（20分）		
	学生的职业素养包括责任感、专业态度、工作积极性等方面的表现。（20分）	3	3.4、6.1

2. 结果性考核（50%）

课程考试评价方法及考核目标

考核内容	评价标准	支撑课程教学分 目标	支撑 毕业要求
实习报告 (50%)	一、报告内容。报告包含：(1) 实习任务与目标。明确实习期间的具体任务和学习目标，包括预期达到的技能和能力。(2) 实施过程。详细描述认知实习单位的生产设备和企业运行流程；认知实习单位的生产实践知识和组织管理形式。(3) 技术分析与总结。理论知识应用：说明如何应用在学习过程中掌握的理论知识。实际操作能力：评估在实习中展示的技术操作能力和创新思维。(4) 成果展示与效果评估。将认知的实践过程进行梳理总结，提炼出认知实践的意义，综合实习过程，撰写实习报告。(70分)	1、2	3.4、6.1
	二、自我评价与展望，总结实习的主要收获和经验教训，反思实习过程中的收获和成长，评价在团队中的角色与贡献。(30分)	3	3.4、6.1

七、参考书目及学习资料

1. 推荐教材：无
2. 参考书目与文献：《电子信息类专业学生实习指导书》，魏晓慧编著，科学出版社，2016年。
3. 在线学习资源：无

制定人：赵东

审定人：余耀

批准人：王伟

2024年8月

《电子测量仪器使用》课程教学大纲

一、课程基本信息

课程名称（中文）	电子测量仪器使用				
课程名称（英文）	Usage of Electronic Measuring Instruments				
课程类别 ¹	实践必修课	课程性质 ²	必修	特殊课程类型 ³	
授课学期	第1学期	学分	1	考核方式	考查
课程学时及分配	总学时 ⁴	讲课时	实验学时	线上学时	课外学时
	1W	0	1W	0	0
适用专业	微电子科学与工程				
选用教材	《电子测量与仪器实践教程》，郭业才编著，西安电子科技大学出版社，2020年。				
开课单位	集成电路科学与工程学院				
先修课程	无				
后续课程	电路分析基础实验、模拟电子线路实验、数字逻辑电路实验				
课程简介 (不少于500字)	<p>课程基本定位：《电子测量仪器使用》是集成电路科学与工程学院各个专业的一门专业实践课程，属于必修课。</p> <p>核心学习结果：通过对常用电子测量仪器（如手持万用表、台式万用表、信号发生器、毫伏表、示波器等）的使用，使学生掌握基本电子测量方法、常用无源有源元件、常用电子测量仪器的使用方法以及典型参数的测试方法（如利用三线法测量电阻阻值），提高学生对常用电子测量仪器的熟悉程度和实际动手操作能力，为下一步电路分析基础实验、模拟电子线路实验和数字逻辑电路实验的学习打下坚实基础，为学生今后工作中遇到的大量近代测量问题准备必要的实践基础和实际知识。</p> <p>主要教学方法：主要的教学方法为讲授、实验操作演示（通过对常用电子测量仪器的实验操作，指导学生更加形象和直观的对电子参数如电压、电流、电阻等进行测量实验）与分组实验（指导学生能制定测量方案，比较对于同一电子参数，不同电子仪器的测试方法和测试结果，对测量数据进行处理，对测量误差进行分析），通过实际操作，使学生了解电子测量中最基本的测量原理和测量方法，具备一定的测量误差分析和测量数据处理能力，对现代新技术在电子测量中的应用有一定的了解。</p>				

大纲更新时间	2024年8月
--------	---------

二、课程目标

序号	课程目标 ¹ （参考人才培养目标、毕业要求、课程定位）	支撑毕业要求指标点 ²	支撑思政指标点
1.	课程目标 1: 能够完成常用电子测量仪器的使用，根据电子参数的测量要求，设计合适的测量方案。	指标点 4.3 能够利用微电子工艺与集成电路测试专业知识构建实验系统，安全可靠地开展实验，并有效地获取实验数据。	指标点 1.1 心怀梦想，在困难面前能保持乐观心态，化压力为动力。
2.	课程目标 2: 能够运用工程基础知识对解决电子信息类的测量仪器使用进行比较和综合。	指标点 5.1 能够掌握微电子工艺与集成电路测试领域常见的现代仪器、工程工具、信息技术工具和模拟软件的使用原理和方法，并理解其局限性。	指标点 3.2 在自己的岗位上尽职尽责，为社会的进步贡献力量。
3.	课程目标 3: 能够运用专业知识和数学物理方法，解释与描述典型电子参数的测量问题。	指标点 5.2 能够合理选择并使用微电子工艺、测试设备和系统所需的仪器工具、模拟软件和信息资源对复杂工程问题进行分析、计算与设计。	指标点 5.2 对自己职业有强烈的敬业精神，努力提高职业效益和质量。

三、实践教学内容

1.课程实验¹

项目编号	项目名称	实验内容	对应理论章节	学时	实验类型 ²	思政融入点	学生学习预期成果	课程目标
1	综合电子实验箱和手持万用表的使用	1)介绍几个电子元器件的实物,如典型的电阻和电容; 2)介绍综合电子实验箱主要部分,包括电源部分、电阻部分、开关部分、模电实验和数电实验部分; 3)介绍手持万用表的使用,测量电阻、电容和实验箱直流电压的参数,和标称值进行比较绝对误差和相对误差;		3	验证性	通过对综合电子实验箱的观察,认识到该电子实验箱可以做基本电路分析实验、模电实验和数电实验,对整个专业的电子技术有全局的把握和认识,从大局着眼,聚焦到万用表的使用,即从小处入手。	1)熟悉电子元器件和综合电子实验箱中实验平台; 2)手持万用表的使用及注意事项。	1、2
2	台式万用表的使用	1)介绍台式万用表的功能及实验操作; 2)使用台式万用表测量直流电压、电阻参数,和标称值进行比较,计算绝对误差和相对误差,并且和手持万用表进行对比。		3	验证性		1)掌握台式万用表的使用; 2)对分别用台式万用表和手持万用表测量的参数进行比较分析。	1、2
3	信号发生器的使用	1)介绍信号发生器的功能及实验操作; 2)使用信号发生器产生交流电压,分别使用手持万用表和		3	验证性	信号发生器是产生交流信号的仪器,可以改变信号的幅值和频率,根据不同的输入信号	1)掌握信号发生器的使用范围及操作; 2)对分别用台式万用表和手持万用表测量的交流电压进行	1、2

		台式万用表对 不同 频率、不同占空比、不同波形的交流电压进行测量，并且进行对比分析。				的要求，可以选择适当的正弦信号或者方波信号等，具体问题具体分析。	比较分析。	
4	毫伏表的使用	1)介绍毫伏表的功能及实验操作； 2)使用毫伏表对信号发生器的交流电压进行测量，分别使用台式万用表和毫伏表对 不同 频率、不同占空比、不同波形的交流电压进行测量，并且进行对比分析。		2	验证性		1)掌握毫伏表的使用范围及操作； 2)对分别用台式万用表和毫伏表测量的交流电压进行比较分析。	1、2
5	示波器的使用	1)介绍示波器的功能及实验操作； 2)使用示波器对信号发生器的不同波形进行演示，并且测量典型参数，如幅度、频率、上升时间、峰峰值、占空比等，与毫伏表、万用表的测量结果进行对比分析。		2	验证性	示波器能够形象地呈现出信号的外貌，可以根据需求选择需要展现的部分，也是灵敏度的选择、探针倍数的选取和所要测量的参数都要求相匹配，能够直观的并准确的表征出抽象的对立统一。	1)掌握示波器的使用范围及操作； 2)对分别用示波器和毫伏表、万用表测量的波形参数进行比较分析。	1、2

6	电子元件参数测量综合及考核	1)介绍基本串并联电路结构, 综合使用手持万用表、台式万用表、信号发生器、毫伏表和示波器进行参数综合测量; 2)对仪器适用范围、实验操作及注意事项进行考核。		3	验证性		1)能够对于不同的电子参数测量要求, 选择合适的电子测量仪器, 并且设计合理的测试案; 2)能够操作各类常用的电子测量仪器进行实验操作。	1、2
---	---------------	---	--	---	-----	--	---	-----

四、学时分配

序号	章节名称	学时分配 (共 16 学时)
1.	实验 1 综合电子实验箱和手持万用表的使用	3
2.	实验 2 台式万用表的使用	3
3.	实验 3 信号发生器的使用	3
4.	实验 4 毫伏表的使用	2
5.	实验 5 示波器的使用	2
6.	实验 6 电子元件参数测量综合及考核	3

五、考核方式

电子测量仪器使用课程为微电子科学与工程专业必修课，课程考核为：
过程性考核（40%，含课程参与 20%+实验 20%）+结果性考核（60%）。

1. 过程性考核（40%）

过程性评价方法及考核目标

考核内容	评价标准	支撑课程教学分目标	支撑毕业要求
课程参与，共 20 分。	参与度：主动参与各种课程活动，对讨论、项目或任务表现出高度的兴趣和热情。（10 分）	1、2、3	4.3、5.1、5.2
	贡献度：按时完成分配的任务，并达到一定的质量标准。（10 分）		
实验，共 20 分。	对电子测量仪器认识清晰，有正确的实验步骤。（6 分）	1、2、3	4.3、5.1、5.2
	实验过程正确、完整，能够解决实验过程中的问题。（8 分）		
	实验结果正确、数据分析正确。（6 分）		

2. 结果性考核（60%）

课程考试评价方法及考核目标

考核内容	评价标准	支撑课程教学分目标	支撑毕业要求
实验操作考查，共 60 分。	考核能否清晰掌握电子测量仪器实验的工作原理，并且熟练流畅进行实验操作。（20 分）	1	4.3

	考核能否描述电子测量仪器的基本原理，解释测试过程中遇到的问题。(20分)	2	5.1
	考核能否通过现有知识，解决测试过程中遇到的问题。(20分)	3	5.2

六、参考书目及学习资料

1. 推荐教材：
《电子测量与仪器实践教程》，郭业才编著，西安电子科技大学出版社，2020年。
2. 参考书目与文献：
《电子测量与仪器(第3版)》，黄燕、陈孝波编著，高等教育出版社，2022年。
《电子测量仪器(第2版)》，白秉旭编著，高等教育出版社，2021年。
3. 在线学习资源：
<https://www.icourse163.org/course/detail.htm?cid=1450194212>

制定人：任乐

审定人：余耀

批准人：王伟

2024年8月

《PCB 与 SMT 工艺实践》课程教学大纲

一、课程基本信息

课程名称（中文）	PCB 与 SMT 工艺实践				
课程名称（英文）	PCB and SMT Process Practice				
课程类别 ¹	实践必修课	课程性质 ²	必修	特殊课程类型 ³	
授课学期	第 3 学期	学分	2	考核方式	考试
课程学时及分配	总学时 ⁴	讲学时	实验学时	线上学时	课外学时
	32	0	32	0	0
适用专业	微电子科学与工程				
选用教材	《现代电子工艺教程》，武丽等编，合肥工业大学出版社，2023 年				
开课单位	集成电路科学与工程学院				
先修课程	电路分析基础				
后续课程	电子系统综合设计，创新实践（1）				
课程简介 (不少于 500 字)	<p>课程基本定位：本课程是电子信息类专业的一门实践必修课，是面向工程实际应用重要课程。该课程不仅注重理论知识的传授，而且强调实践技能的培养。通过学习和实践，学生能够掌握电子系统从设计、加工、组装等全流程相关内容，课程强调对学生分析问题和解决问题能力的培养，为学生未来的学习和工作打下坚实的基础。</p> <p>核心学习结果：课程主要包含 PCB 的设计、制造、组装工艺等内容。通过本课程的系统学习，要求学生了解 Altium Designer 设计 PCB 的常见操作与注意事项，获得在制作印刷电路板方面的实践能力，了解表面安装技术（包括锡膏印刷、元器件表面安装、回流焊和自动光学检测等）这一先进板级封装技术的原理、性能参数及流程，强化学生对直插式与表贴式元器件、芯片的焊接技能，锻炼学生调试常用电子系统的能力，提升对现代电子工艺的理解和认识。通过本实践课程，学生能深刻体验到自己因 PCB 焊点缺陷、元器件引脚识别失误带来的系统故障，培养严谨认真、精益求精的处事态度。</p> <p>主要教学方法：教师讲授、演示，与学生实践相结合</p>				
大纲更新时间	2024 年 8 月				

二、课程目标

序号	课程目标 ¹ （参考人才培养目标、毕业要求、课程定位）	支撑毕业要求指标点 ²	支撑思政指标点
1.	理解相关制板、组装设备（包括线路板雕刻一体机、自动印刷机、贴片机、回流焊机、自动光学检测设备）的工作原理与注意事项，并能对设备进行实践操作与制板	指标点 4.3: 能够利用微电子工艺与集成电路测试专业知识构建实验系统，安全可靠地开展实验，并有效地获取实验数据。	指标点 8.2: 具有民族认同感和自豪感，为民族复兴贡献自己的力量
2.	初步了解 EDA 软件设计电路原理图和 PCB 版图的操作步骤和要点，掌握版图文件转换为 Gerber 文件的方法	指标点 5.3: 能够运用微电子工艺、测试设备和专业仿真软件对复杂工程问题进行预测与模拟，并能够解释其局限性。	指标点 5.2: 对自己职业有强烈的敬业精神，努力提高职业效益和质量
3.	了解 PCB 版图设计、PCB 雕刻、刷锡、贴片、自动光学检测等工艺的性能参数或评价指标，能针对不同工艺过程的结果进行评价	指标点 9.1: 能够解释多学科背景下团队的构成以及不同成员担当的角色与职责，能与其他学科的成员有效沟通，合作共事。	指标点 8.2: 具有民族认同感和自豪感，为民族复兴贡献自己的力量
4.	能准确识别各种常用电子元器件、封装形式与参数，能独立完成 PCB 焊接任务，并掌握焊接过程中的注意事项，识别常见的焊接缺陷类型。能针对 PCB 上出现的故障进行调试，解决问题	指标点 9.2: 能够在团队中独立或合作开展微电子工艺与集成电路测试领域的相关工作。	指标点 5.2: 对自己职业有强烈的敬业精神，努力提高职业效益和质量 指标点 7.1: 具有为人民服务的意识，积极参加社会公益活动

三、课程教学内容和基本要求

学生将学习以下课程内容并应达到如下基本要求：

第一章 常见电子元器件

该章节对应课程教学分目标 4，对应课程育人分目标 9.2。

1. 教学内容

介绍常用电子元器件包括电阻器、电容器、电感器、二极管、三极管、集成电路芯片、接插件和开关的常见封装外形，引脚极性与主要特性参数。

2. 知识要点

- (1) 常见电子元器件的封装类型；
- (2) 不同类型电阻器的结构、封装类型与电阻值标识方法；
- (3) 不同类型电容器的封装类型与电容值标识；

- (4) 不同类型电感器的结构、封装类型与标称方法;
- (5) 不同类型二极管的结构、封装类型与极性识别方法;
- (6) 不同类型三极管的结构、封装类型与电极识别方法;
- (7) 集成电路芯片常见封装外形及引脚的识别判定;
- (8) 接插件和开关的常见封装形式。

3. 重点难点

重点: 常见电子元器件的封装类型识别、引脚极性与顺序判断、特性参数值确定;

难点: 针对实际的电子线路, 综合 PCB 封装、元器件尺寸、功率、工作频率等因素后, 最终确定元器件选型。

4. 基本要求

准确判断常见电子元器件的封装类型, 引脚极性与顺序。能借助现代工具或资料确定元器件的特性参数值。

5. 教学方法

教师讲授, 提问互动, 发放元器件包让学生识别。

第二章 印制电路板的设计

该章节对应课程教学分目标 2, 对应课程育人分目标 5.3。

1. 教学内容

掌握印刷电路板的设计流程, 学会简单电路原理图和 PCB 版图的绘制, 了解 Gerber 文件的转换。

2. 知识要点

(1) 电路板设计软件 Altium Designer 或嘉立创 EDA 的基本操作, 包括电路原理图的绘制、元器件库的制作、PCB 版图的生成、元器件布局布线等内容;

(2) Altium Designer 或嘉立创 EDA 中主要电气设计规则的含义与设置, 掌握如何调整相关参数以符合规则要求;

(3) 了解 Gerber 文件的概念、类型和生成方法。

3. 重点难点

重点: 掌握 Altium Designer 或嘉立创 EDA 软件设计印刷电路板的全部流程, 即从元器件、芯片到布局布线完整的原理图, 最后到符合要求的 PCB 版图。

难点: 绘制电路原理图时, 元件库未包含所需元器件或元器件封装, 此时需要新建元器件库并添加至元件库。

4. 基本要求

能独立完成简单电路原理图与 PCB 版图的正确绘制, 生成对应的 Gerber 文件。

5. 教学方法

教师讲授, 提问互动, 学生上机学习 Altium Designer 或嘉立创 EDA 软件完整操作。

第三章 印制电路板的制作

该章节对应课程教学分目标 1、3, 对应课程育人分目标 4.3、9.1。

1. 教学内容

掌握印刷电路板的制作流程, 了解印制电路板激光加工和机械加工的原理和注意事项, 掌握线路板雕刻一体机制作印制电路板的方法。

2. 知识要点

- (1) 印制电路板的含义、分类和常见加工方法；
- (2) 激光加工系统的工作原理、性能参数与注意事项；
- (3) 线路板雕刻一体机的性能参数、注意事项与操作流程。

3. 重点难点

重点：印制电路板的常见制备方法，线路板雕刻一体机的操作流程。

难点：熟练掌握线路板雕刻一体机的相关操作，能较好地控制刀具下降高度，制作高质量电路板。

4. 基本要求

在保证人身安全的前提下，独立操作线路板雕刻一体机完成印制电路板的制作。

5. 教学方法

教师讲授并演示，学生观察学习，分组使用线路板雕刻一体机制备印制电路板。

第四章 电子组装工艺

该章节对应课程教学分目标 4，对应课程育人分目标 9.2。

1. 教学内容

掌握手工焊接的流程与注意事项，理解表面安装工艺中使用的材料、设备，与 SMT 工艺类型及流程。

2. 知识要点

(1) 手工焊接的“五步法”流程，以及焊接温度、焊接时间、送锡量等因素控制不当引起的焊接缺陷；

(2) 表面安装工艺过程中使用的电子材料基本特性与相关设备的工作原理；

(3) SMT 工艺类型与对应的加工流程。

3. 重点难点

重点：手工焊接注意事项与焊点质量分析，表面安装工艺中的电子材料基本特性，相关设备工作原理。SMT 工艺类型与加工流程设计。

难点：区分回流焊和波峰焊的特点，能针对不同类型的 PCB 进行 SMT 流程设计。

4. 基本要求

熟练掌握手工焊接技能，包括表贴元器件的焊接。了解 SMT 工艺中涉及的电子材料与加工设备，区分不同设备的功能和工作特性。掌握 SMT 的工艺流程设计。

5. 教学方法

教师讲授，学生学习相关理论，并独立进行手工焊接训练。

第五章 SMT 组装工艺实践

该章节对应课程教学分目标 1、3，对应课程育人分目标 4.3、9.1。

1. 教学内容

掌握锡膏印刷机、贴片机、回流焊和自动光学检测等 SMT 工艺设备具体的性能参数、使用流程与注意事项。

2. 知识要点

(1) 锡膏印刷机、贴片机、回流焊和自动光学检测等四种 SMT 组装工艺设备具体的性能参数；

(2) 锡膏印刷机、贴片机、回流焊和自动光学检测等四种 SMT 组装工艺设备具体的操作流程与注意事项。

3. 重点难点

重点：四种 SMT 组装工艺设备的具体操作流程。

难点：控制多台 SMT 工艺设备协同完成元器件的表面安装与焊接。

4. 基本要求

了解 SMT 工艺中锡膏印刷机、贴片机、回流焊和自动光学检测等常用设备的操作流程与注意事项。

5. 教学方法

教师讲授并演示，学生观察，部分动手能力强的学生可上机实践。

四、实践教学内容

1. 课程实验¹

项目编号	项目名称	实验内容	对应理论章节	学时	实验类型 ²	思政融入点	学生学习预期成果	课程目标
1	常见电子元件的识别	分辨直插式封装的电阻、电容、二极管、三极管、发光二极管等常用电子元件的封装形式、主要参数、极性(如有)和引脚名称	第一章	2	验证性	能独立识别常用电子元件的类型,并借助常用电子仪器测量其主要参数、确定其引脚等	掌握常用电子元件的识别,能准确判断元件的参数、极性与引脚信息	4
2	电路原理图的绘制	以常用数字电路、模拟电路或单片机应用电路为例,利用 EDA 软件绘制电路原理图,要求元器件总数为 15~30 个	第二章	2	设计性	介绍国内知名的嘉立创 EDA 工具的功能、特点及与 Altium Designer 软件的优缺点对比	初步掌握电路原理图的新建、元器件导入和布局布线	2
3	元件库的创建	绘制一款常用芯片的元件符号,设置对应封装,要	第二章	2	设计性	针对软件元器件库中未包含的芯片,要能自力	熟练掌握芯片的元件符号和封装外形的创建方	2

项目编号	项目名称	实验内容	对应理论章节	学时	实验类型 ²	思政融入点	学生学习预期成果	课程目标
		求芯片引脚数量不超过20				更生，自行创建	法	
4	PCB 版图的设计	设计前面电路原理图的 PCB 版图，要求设计双面板，元器件以直插封装或标贴封装为主，同种元器件为同一封装	第二章	2	设计性		掌握 PCB 版图的生成，元器件的布局，引脚布线和 Gerber 文件转换	2
5	单面板的制备	在单面覆铜板上利用线路板雕刻一体机，雕刻交通灯版图	第三章	3	综合性	在使用现代生产工具过程中体会到国产设备为生产带来的便利	掌握单面覆铜板制板的全流程，包括生产文件导入、刀具配置、钻孔、雕刻与割板等	1, 3
6	双面板的制备	在双面覆铜板上利用线路板雕刻一体机，雕刻交通灯版图	第三章	3	综合性	在重点定位过程中体会到基础原理的重要价值和指导价值	掌握双面覆铜板制板的全流程，特别是更换加工面后 PCB 原点的重新定位	1, 3
7	PCB 版图的激光加工制备	在经过钻孔的双面覆铜板上，利用激光加工设备雕刻交通	第三章	2	验证性	体会到先进科技为 PCB 生产带来的效率和质量的提升	了解激光加工设备制备 PCB 板的原理、流程与特点	1, 3

项目编号	项目名称	实验内容	对应理论章节	学时	实验类型 ²	思政融入点	学生学习预期成果	课程目标
		灯版图						
8	直插元器件的焊接	在面包板上插入不同类型的直插元器件,进行手工焊接	第四章	2	综合性	培养学生独立开展PCB焊接组装的能力	掌握手工焊接的技巧和要点,能识别和判断各种不良焊点	4
9	表贴元器件的焊接	在单面板上放置不同类型的表贴元器件,进行手工焊接	第四章	2	综合性	培养学生迎难而上、精益求精的品质	掌握手工焊接的技巧和要点,能识别和判断各种不良焊点	4
10	常用电子系统的焊接与组装	结合电路原理图与元器件清单,焊接组装一个常用电子系统,如收音机、数字万用表、信号发生器等	第四章	4	综合性	培养学生不怕困难、独立思考、解决问题的能力	掌握手工焊接和电路调试能力,能识别常用电子元件的种类、极性与特性参数信息	4
11	锡膏印刷机操作实践	通过开机演示,介绍锡膏印刷机的工作原理、流程与注意事项	第五章	3	验证性	在使用现代生产工具过程中体会到国产设备为生产带来的便利	了解锡膏印刷机的工作原理和操作流程	1, 3
12	贴片机操作实践	通过开机演示,介绍贴片机的原理、流程与注意事项	第五章	3	验证性	在使用现代生产工具过程中体会到国产设备为生产带来的便利	了解贴片机的原理和操作流程	1, 3

项目编号	项目名称	实验内容	对应理论章节	学时	实验类型 ²	思政融入点	学生学习预期成果	课程目标
13	自动光学检测设备操作实践	通过开机演示,介绍自动光学检测设备的工作原理、流程与注意事项	第五章	2	验证性	在使用现代生产工具过程中体会到生产设备为生产带来的便利	了解自动光学检测设备的操作原理和操作流程	1, 3

五、学时分配

序号	章节名称	学时分配 (共 32 学时)
1.	常见电子元器件	2
2.	印制电路板的设计	6
3.	印制电路板的制作	8
4.	电子组装工艺	8
5.	SMT 组装工艺实践	8

六、考核方式

《PCB 与 SMT 工艺实践》课程为微电子科学与工程专业必修课，课程考核方式包括：课堂学习讨论及课后反馈表现（60%）+结果性考核（40%）。

1.课堂学习讨论及课后反馈表现（60%）

课堂作品提交、作业测评、课程报告等。

课堂学习讨论及课后反馈表现评价方法及考核目标

考核内容	评价标准	支撑课程教学目标	支撑毕业要求
课堂作品提交，共 15 分。	按时提交个人的 PCB 版图设计作品，布局美观、布线完整，作品完成度较高。（5 分）	2	5.3
	以小组或个人名义提交交通灯电路板作品，要求版图完整，线条不存在过刻或欠刻情况。（5 分）	1	4.3
	提交个人焊接组装的常用电子系统实物，要求展示系统的部分或全部功能，并能用专业术语进行描述说明。（5 分）	4	9.2
作业测评，共 25 分。	第一章作业总分，主要考查常用电子元器件基础知识。（5 分）	4	9.2

	第二章作业总分，主要考查 EDA 软件的基本操作。(5 分)	2	5.3
	第三章作业总分，主要考查 PCB 制作设备基本原理与操作。(5 分)	1	4.3
	第四章作业总分，主要考查 PCB 在手工焊接过程中的要点与质量评价。(5 分)	3	9.1
	第五章作业总分，主要考查 PCB 在表面安装工艺过程中的流程与质量评价。(5 分)	3	9.1
课程报告，共 20 分	报告第一部分，介绍自己设计 PCB 版图的流程与结果。(5 分)	2	5.2
	报告第二部分，介绍自己操作线路板雕刻一体机制作 PCB 板的流程和结果，并对结果进行评价。(5 分)	3	9.1
	报告第三部分，介绍自己焊接常用电子系统的过程和结果。(5 分)	4	9.2
	报告第四部分，介绍 SMT 工艺的原理、性能参数与流程。(5 分)	1	4.3

2. 结果性考核 (40%)

闭卷考试

课程考试评价方法及考核目标

考核内容	评价标准	支撑课程教学分目标	支撑毕业要求
闭卷考试，共 40 分。	PCB 制板、组装设备原理与流程考查。(14 分)	1	4.3
	EDA 软件基础考查。(8 分)	2	5.2
	PCB 设计、制作、组装各流程结果评价与分析考察。(6 分)	3	9.1
	常用电子元器件基础、手工焊接要点等知识考察。(12 分)	4	9.2

七、参考书目及学习资料

1.推荐教材:

《现代电子工艺教程》，武丽、余耀、巫君杰、曾蕙明、裴晓芳，合肥工业大学出版社，2023 年。

2.参考书目与文献:

《硬件电路设计与电子工艺基础（第 2 版）》，曹文，电子工业出版社，2019 年。

《电子工艺实践教程》，张金，电子工业出版社，2016年。

3.在线学习资源：

中国大学 MOOC <https://www.icourse163.org/course/NJTU-1471419163>

制定人：余耀

审定人：张黎可

批准人：王伟

2024年8月

《集成电路测试课程设计》课程教学大纲

一、课程基本信息

课程名称（中文）	集成电路测试课程设计				
课程名称（英文）	Curriculum Design of IC Test				
课程类别 ¹	实践必修课	课程性质 ²	必修	特殊课程类型 ³	产教融合
授课学期	第6学期	学分	2	考核方式	考查
课程学时及分配	总学时 ⁴	讲学时	实验学时	线上学时	课外学时
	2W	0	2W	0	0
适用专业	微电子科学与工程				
选用教材	《集成电路测试技术》，武乾文主编，电子工业出版社，2021年				
开课单位	集成电路科学与工程学院				
先修课程	集成电路测试、微电子器件基础				
后续课程	毕业实习、毕业设计				
课程简介 (不少于500字)	<p>课程基本定位：《集成电路测试课程设计》是微电子科学与工程专业的一门实践必修课，也是集成电路方向的产教融合课程之一。</p> <p>核心学习结果：本课程进一步实践集成电路测试技术和可测试性设计方法，使学生系统地了解集成电路测试行业的发展和技术，熟练掌握集成电路测试的原理、工艺流程，为从事相关行业或岗位工作打下知识和技能基础。</p> <p>主要教学方法：</p> <p>本课程的教学方法是通过实践学习数字、模拟集成电路测试方法，掌握不同芯片交直流参数的测量原理、测试方法以及分析方法，使学生建立集成电路测试的基本概念。</p>				
大纲更新时间	2024年8月				

二、课程目标

序号	课程目标 ¹ (参考人才培养目标、毕业要求、课程定位)	支撑毕业要求指标点 ²	支撑思政指标点
1.	课程目标 1: 掌握集成电路测试的基本概念与方法, 能够应用集成电路测试领域相关知识进行测试电路的搭建。	指标点 2.4: 能够运用专业知识和数学模型方法解释与描述微电子工艺与集成电路测试领域复杂工程问题。 指标点 3.1: 能够掌握微电子工艺与集成电路测试领域工程设计的全周期与全流程设计/开发方法和技术, 并根据设计目标, 确定合适的技术方案。	指标点 1.1: 心怀梦想, 在困难面前能保持乐观心态, 化压力为动力。
2.	课程目标 2: 利用软硬件测试系统, 选取合适的电路、器件参数, 对集成电路芯片的各项交直流参数进行测量, 并对测量结果进行分析整理, 得到满足需求的集成电路。	指标点 4.2: 能够根据微电子工艺、测试设备与其应用需求, 选择研究路线, 设计实验方案。	指标点 6.1: 努力学习科学文化知识, 扩大知识储备, 能独立理性思考问题。
3.	课程目标 3: 能够综合运用集成电路测试的相关知识, 完成一项较为复杂和完善的集成电路测试设计任务。	指标点 4.3: 能够利用微电子工艺与集成电路测试专业知识构建实验系统, 安全可靠地开展实验, 并有效地获取实验数据。	指标点 6.2: 在创新创业实践活动中, 探索新思路新技术, 解决实际问题。

三、实践教学内容

1. 课程设计¹

序号	选题/任务	主要内容	时间安排 ²	学生学习预期成果	课程目标
1.	CT1000 数字集成电路测试系统实验	1. CT1000 数字集成电路功能测试理论与实践 2. CT1000 数字集成电路 DC 参数测试系统理论与实践 3. CT100 数字集成电路 AC 参数测试系统	1W	1、掌握数字芯片的测试方法和操作步骤 2、掌握待测性能指标的意义和测试方法	1,2,3

		理论与实践			
2.	CTA8200 模拟测试系统实验	<ol style="list-style-type: none"> 1. CTA8200 模拟测试系统——硬件&软件介绍与实验 2. CTA8200 模拟测试系统——程序开发及案例说明 	1W	<ol style="list-style-type: none"> 1、掌握芯片测试程序的开发流程 2、掌握芯片测试全流程以及测试结果的分析方法 	1,2,3

四、学时分配

序号	章节名称	学时分配 (共 2W)
1.	CT1000 数字集成电路测试系统实验	1W
2.	CTA8200 模拟测试系统实验	1W

五、考核方式

集成电路测试课程设计为本专业必修课，课程考核为：
过程性考核（70%，含课程参与 20%+实验 50%）+结果性考核（30%）。

1. 过程性考核（70%）

过程性评价方法及考核目标

考核内容	评价标准	支撑课程教学分目标	支撑毕业要求
课程参与 20%	参与度：主动参与各种课程活动，对讨论、项目或任务表现出高度的兴趣和热情。（10分）	1、2、3	3.1、4.2、4.3
	贡献度：按时完成分配的任务，并达到一定的质量标准。（5分）		
	阐述观点的过程中思路清晰，表达明确。（5分）		
实验 50%	对实验电路原理认识清晰，有正确的实验技术方案。（10分）	1、2、3	3.1、4.2、4.3
	实验过程正确、完整，能够排除实验过程中的故障。（20分）		
	实验结果正确、数据分析正确。（20分）		

2. 结果性考核（30%）

课程考试评价方法及考核目标

考核内容	评价标准	支撑课程教学分目标	支撑毕业要求
期末课程设计 论文考查 30%	考核对集成电路测试的基本概念与方法的掌握，能够应用集成电路测试领域相关知识进行测试电路的搭建。（10分）	1	3.1
	考核其对利用软硬件测试系统，选取合适的电路、器件参数，对集成电路芯片的各项交直流参数进行	2	4.2

	测量的能力，并对仿真结果进行分析整理，得到满足需求的集成电路。(10分)		
	考核其综合运用集成电路测试的相关知识，完成一项较为复杂和完善的集成电路测试设计任务。(10分)	3	4.3

六、参考书目及学习资料

1. 推荐教材：

《集成电路测试技术》，武乾文主编，电子工业出版社，2021年2月第1版

2. 参考书目与文献：

《超大规模集成电路测试》，主编，雷绍充，电子工业出版社，2008年。

《现代集成电路测试技术》，主编，时万春，化学工业出版社，2006年。

《集成电路芯片测试技术》，主编，居水荣、戈益坚，西安电子科技大学出版社，2021年。

制定人：巫君杰

审定人：余耀

批准人：王伟

2024年8月

《集成电路版图设计训练》课程教学大纲

一、课程基本信息

课程名称（中文）	集成电路版图设计				
课程名称（英文）	Layout Design of Integrated Circuits				
课程类别 ¹	实践选修课	课程性质 ²	选修	特殊课程类型 ³	
授课学期	6	学分	2	考核方式	考查
课程学时及分配	总学时 ⁴	讲课时	实验学时	线上学时	课外学时
	32	0	32	0	0
适用专业	微电子科学与工程				
选用教材	《芯片设计 CMOS 模拟集成电路版图设计与验证:基于 Cadence IC 617》，陈铖颖，范军，尹飞飞著，机械工业出版社，2021 年				
开课单位	集成电路科学与工程学院				
先修课程	集成电路设计、工艺基础、微电子器件基础、固体物理与半导体物理				
后续课程	集成电路课程设计，毕业论文				
课程简介 (不少于 500 字)	<p>课程基本定位：《集成电路版图设计》是集成电路设计与集成系统、电子科学与技术专业、微电子科学与工程专业的一门实践选修课。课程涉及到集成电路的基本原理、制造工艺和设计方法，为学生提供了一个全面了解集成电路领域的平台。课程强调实践操作，学生需要通过实际的版图设计项目来掌握集成电路设计的方法和技巧。</p> <p>核心学习结果：本课程讲授集成电路版图设计涉及的流程、设计方法和优化方法，并基于 CMOS 工艺讲授集成电路版图设计并进行实验。本课程的教学目的是使学生掌握集成电路版图设计的基本概念与流程，能够在软件平台下进行相应电路结构的版图设计及验证。</p> <p>主要教学方法：本课程的教学方法是通过讲述以下内容：基本器件版图、数字集成电路、模拟集成电路、标准单元电路等的版图设计技术，讨论版图设计中有关匹配、寄生参数、噪声、布局、验证等问题及数据格式以及设计实例等，使学生建立集成电路版图设计的基本概念。</p>				
大纲更新时间	2024 年 8 月				

二、课程目标

序号	课程目标 ¹ (参考人才培养目标、毕业要求、课程定位)	支撑毕业要求指标点 ²	支撑思政指标点
1.	课程目标 1: 掌握集成电路版图设计的基本概念与方法,能够应用电子科学与技术领域相关知识进行产品开发,画出电路图以及版图。	指标点 3.1: 能够分析设计目标和技术方案的各种影响因素,应用工程设计和产品开发全周期、全流程的设计/开发方法和技术解决分析集成电路领域电路设计及系统集成方向中的复杂工程问题。	指标点 2.1: 拥有对祖国强烈的认同感和归属感,维护国家的尊严和荣誉。
2.	课程目标 2: 能够根据集成电路产品应用的需求,利用软件仿真等手段,选取合适的电路、器件参数,进行模拟仿真,并对仿真结果进行分析整理,得到满足需求的版图设计。	指标点 3.1: 能够分析设计目标和技术方案的各种影响因素,应用工程设计和产品开发全周期、全流程的设计/开发方法和技术解决分析集成电路领域电路设计及系统集成方向中的复杂工程问题。	指标点 3.1: 遵守国家法律法规,不损人利己,帮助弱者,维护正义。
3.	课程目标 3: 熟练掌握集成电路版图设计所需要的软件平台,合理应用软件的各项功能帮助仿真设计,并理解软件仿真模拟的局限性。	指标点 5.2: 能够针对具体的工程问题对象,通过组合、选配、改进、二次开发等方式创造性地使用现代工具进行模拟和预测,满足特定需求,并能够分析其局限性。	指标点 4.2: 主动参与本国文化活动,积极传播和发扬本国优秀文化 指标点 5.1: 严格遵守法律法规和各项规章制度,廉洁自律,自我约束

三、实践教学内容

1.课程实验¹

项目编号	项目名称	实验内容	对应理论章节	学时	实验类型 ²	思政融入点	学生学习预期成果	课程目标
1	MOS 晶体管的版图设计	根据要求画出 MOS 的版图		2	设计性		1.熟悉版图设计工具 Empyrean 的使用方法	1
2	CMOS 反相器的版图设计、验证和后仿真	1.根据要求绘制反相器电路的原理图和版图 2.对版图进行 DRC 和		6	设计性		1.掌握反相器电路的原理图和版图绘制方法 2.掌握版图 DRC 和 LVS	2

		LVS 验证及后仿真				验证及仿真方法	
3	电阻和电容器的版图，简单数字标准单元电路版图设计	1. 根据要求绘制电阻和电容器的版图 2. 对版图进行 DRC 和 LVS 验证		8	设计性	1. 掌握电阻和电容器的版图绘制连接方法 2. 对版图进行 DRC 和 LVS 验证	2
4	运算放大器的版图设计、验证和后仿真	1. 按照要求画出电路图和版图 2. 对版图进行 DRC 和 LVS 验证及后仿真		8	设计性	1. 掌握运放电路的原理图和版图绘制方法 2. 熟悉版图 DRC 和 LVS 验证及仿真方法	3
5	电流源负载的共源极的版图设计与仿真	1. 根据要求绘制差分放大器电路的原理图和版图 2. 对版图进行 DRC 和 LVS 验证及后仿真		8	设计性	1. 掌握电流源负载的共源极放大电路原理图和版图绘制方法 2. 掌握 BJT 管的连接方法 3. 掌握版图 DRC 和 LVS 验证及仿真方法	3

四、学时分配

序号	章节名称	学时分配 (共 32 学时)
1.	MOS 晶体管的版图设计	2
2.	CMOS 反相器的版图设计、验证和后仿真	6
3.	电阻和电容器的版图，简单数字标准单元电路版图设计	8
4.	运算放大器的版图设计、验证和后仿真	8
5.	电流源负载的共源极的版图设计与仿真	8

五、考核方式

《集成电路版图设计》课程为集成电路设计与集成系统专业的一门实践选修课，课程考核方式包括：课堂学习讨论及课后反馈表现（60%）+结果性考核（40%）。

1. 课堂学习讨论及课后反馈表现（40%）

课堂学习研讨、课后反馈表现、学术论文、调研报告、作业测评、阶段性测试等。

课堂学习讨论及课后反馈表现评价方法及考核目标

考核内容	评价标准	支撑课程教学分目标	支撑毕业要求
作业测评，共30分。	报告的完成度（10分）；实验课的内容完成度（15分）。	3	5.2
	阐述观点的过程中思路清晰，表达明确。（5分）	3	5.2
课堂学习研讨，共10分。	到课情况（5分）。	1	3.1
	课堂研讨参与度、积极性等综合表现（5分）。	2	3.1

2. 结果性考核（60%）

考试（开卷、闭卷等）或考查（面试、小论文等）

课程考试评价方法及考核目标

考核内容	评价标准	支撑课程教学分目标	支撑毕业要求
考查，共40分。	课程目标1： 掌握集成电路版图设计的基本概念与方法，能够应用电子科学与技术领域相关知识进行产品开发，画出电路图以及版图。（10分）	1	3.1
	课程目标2： 能够根据集成电路产品应用的需求，利用软件仿真等手段，选取合适的电路、器件参数，进行模拟仿真，并对仿真结果进行分析整理，得到满足需求的版图设计。（15分）	2	5.2
	课程目标3： 熟练掌握集成电路版图设计所需要的软件平台，合理应用软件的各项功能帮助仿真设计，并理解软件仿真模拟的局限性。（15分）	3	5.2

六、参考书目及学习资料

1.推荐教材：《芯片设计 CMOS 模拟集成电路版图设计与验证:基于 Cadence IC 617》，陈铨颖，范军，尹飞飞 著，机械工业出版社，2021 年

2.参考书目与文献:《模拟电路版图的艺术》, Alan, Hastings 编著, 电子工业出版社出版社, 2018 年。

制定人: 曾蕙明

审定人: 余耀

批准人: 王伟

2024 年 8 月

《微电子工艺课程设计》课程教学大纲

一、课程基本信息

课程名称（中文）	微电子工艺课程设计				
课程名称（英文）	Curriculum Design of Microelectronic Process				
课程类别 ¹	实践必修课	课程性质 ²	必修	特殊课程类型 ³	
授课学期	6	学分	2	考核方式	考查
课程学时及分配	总学时 ⁴	讲课学时	实验学时	线上学时	课外学时
	32	0	32	0	0
适用专业	微电子科学与工程				
选用教材	半导体工艺和器件仿真软件 Silvaco TCAD 实用教程，唐龙谷，清华大学出版社，2014 年				
开课单位	集成电路科学与工程学院				
先修课程	微电子工艺基础				
后续课程	创新实践（2）、毕业设计/论文				
课程简介 (不少于 500 字)	<p>课程基本定位：微电子工艺课程设计涵盖了微电子器件和集成电路的制造与封装工艺。通过课程设计，学生可以掌握这些核心工艺的基本原理和操作方法，加深对微电子工艺的理解和掌握，提升动手能力和实践水平，培养成为符合集成电路制造和封装产业需求的微电子专业人才。</p> <p>核心学习结果：本课程主要包括 Silvaco TCAD 仿真软件的工艺与器件的基本原理、工艺设计与器件仿真，和微电子封装工艺流程与常用设备操作实践。通过本课程设计，可以加深学生对微电子制造与封装工艺基本原理的理解，掌握工艺仿真软件的使用与仿真技能，对 BJT、MOSFET 等基本元器件进行工艺和器件特性仿真，并通过集成电路封装原理的学习，培养学生设计集成电路制造与封装工艺的系统思维。提高学生封装工艺的实践能力，掌握封装操作技能，为将来从事相关领域的工作打下坚实基础。学生在课程设计中学会分工、协作和沟通，提高团队协作能力。提高对国产封装设备原理功能的理解和对发展水平的认识，培养民族自豪感。深刻认识到仿真软件自身固有的局限性，不能过度依赖 TCAD 软件，只有在实践中才能出真知的道理。</p> <p>主要教学方法：教师教授、演示，学生仿真、上机操作。</p>				
大纲更新时间	2024 年 8 月				

二、课程目标

序号	课程目标 ¹ （参考人才培养目标、毕业要求、课程定位）	支撑毕业要求指标点 ²	支撑思政指标点
1.	了解 Silvaco TCAD 的仿真原理,能针对不同制程工艺的半导体器件进行器件特性的对比,或针对同一器件优化器件结构,从而掌握先进电子器件的工艺或结构。	指标点 1.4: 能够运用专业基础知识与数学、自然科学、计算分析方法比较与综合微电子工艺与集成电路测试领域工程问题的解决方案,并体现微电子工艺与集成电路测试领域先进技术。	指标点 6.2: 在创新创业实践活动中,探索新思路新技术,解决实际问题;
2.	能根据工艺流程示意图或器件结构与材料参数等信息,运用 Silvaco TCAD 仿真软件进行 BJT、MOSFET 等基本元器件的工艺、器件仿真。能详细、完整地设计芯片的模塑封装工艺流程。	指标点 3.2: 能够针对微电子工艺与集成电路测试领域的特定需求,包括信息采集、存储和处理等,完成设备和系统单元(部件)的方案设计。	指标点 6.2: 在创新创业实践活动中,探索新思路新技术,解决实际问题;
3.	了解 Silvaco TCAD 的使用方法与仿真技巧,在仿真过程中了解其使用局限。理解常用集成电路封装工艺的国产设备工作原理、性能参数,了解其关键技术、操作流程与发展水平。	指标点 5.1: 能够掌握微电子工艺与集成电路测试领域常见的现代仪器、工程工具、信息技术工具和模拟软件的使用原理和方法,并理解其局限性。	指标点 2.1: 拥有对祖国强烈的认同感和归属感,维护国家的尊严和荣誉; 指标点 8.2: 具有民族认同感和自豪感,为民族复兴贡献自己的力量;

三、课程教学内容和基本要求

学生将学习以下课程内容并应达到如下基本要求:

第一章 Silvaco TCAD 工艺仿真原理与实践

该章节对应课程教学分目标 1、2、3,对应课程育人分目标 2.1、6.2、8.2。

1. 教学内容

Silvaco TCAD 仿真软件的功能、原理、工艺流程仿真语法、流程,并对 BJT、MOSFET 等基本元器件的工艺流程进行仿真。

2. 知识要点

(1) 对 TCAD (Technology Computer-Aided Design) 进行简要介绍,包括其定义、功能以及在微电子制造领域的重要性。介绍 Silvaco TCAD 软件的历史、功能、特点以及这款软件在工艺仿真领域的地位和作用。

(2) 详细讲解 TCAD 仿真的基本原理,包括物理模型、数学模型以及仿真算法。介绍

Silvaco 软件中的主要仿真模块，如 athena 工艺仿真、altas 器件仿真等。

(3) 结合实际工艺流程，讲解如何使用 Silvaco TCAD 软件进行工艺仿真，让学生了解并掌握工艺仿真的整个流程。具体包括正确调用工艺指令、设置参数、运行仿真以及分析结果等步骤。

(4) 在实际仿真案例中，讲解在工艺仿真过程中可能遇到的问题及其解决方法，以及如何根据仿真结果对工艺参数进行优化。

3. 重点难点

重点：掌握 Silvaco TCAD 工艺仿真的常见命令语句，正确调用命令语句，能查看工艺运行结果并进行分析。

难点：正确编写 Silvaco TCAD 的工艺仿真代码，掌握调试技能，进行参数的正确设置。

4. 基本要求

(1) 了解 Silvaco TCAD 仿真软件的功能，掌握其工艺仿真命令语句和基本元器件的工艺流程。

(2) 理解 BJT、MOSFET 等基本元器件的工艺制备流程，能利用 Silvaco TCAD 仿真软件进行工艺模拟。

5. 教学方法

教师讲授、演示，学生上机仿真。

第二章 Silvaco TCAD 器件仿真实践

该章节对应课程教学分目标 1、2、3，对应课程育人分目标 2.1、6.2、8.2。

1. 教学内容

altas 概述，器件仿真流程，器件结构的编辑，材料参数及模型的设置，BJT、MOSFET 等基本元器件的器件特性提取。

2. 知识要点

- (1) 器件仿真工具 altas 与仿真流程概述；
- (2) 器件结构的编辑，材料参数及模型的理解与设置；
- (3) 以 BJT、MOSFET 等基本元器件为例，介绍器件特性的提取方法。

3. 重点难点

重点：掌握 altas 工具对器件特性进行仿真的方法，能正确对器件模型进行设置，获取正确的仿真数据。

难点：利用 DevEdit 对器件结构的编辑，对材料模型的完整理解与设置，对不同求解方法的区分与理解。

4. 基本要求

- (1) 了解器件仿真的目的、工具、流程与结果。
- (2) 理解器件仿真案例文件中语句的主要含义；
- (3) 能运用仿真工具正确完成基本元器件的器件仿真，并对结果进行分析。

5. 教学方法

教师讲授、演示，学生上机仿真。

第三章 集成电路封装工艺实践

该章节对应课程教学分目标 2、3，对应课程育人分目标 2.1、6.2、8.2。

1. 教学内容

围绕集成电路模塑封装工艺的作用、定位与流程，设备功能、原理、操作步骤与要点进行展开。

2. 知识要点

(1) 介绍集成电路封装的概念、作用和重要性，以及集成电路封装在微电子制造领域的应用。

(2) 详细介绍集成电路封装的主要工艺流程，包括贴片、引线、注塑和分切封装等步骤，以及各步骤的操作方法和注意事项。

(3) 讲述主要封装设备包括自动/手动贴片机、自动/手动引线机、注塑机等设备的操作流程。

3. 重点难点

重点：掌握集成电路封装的作用、流程与主要设备功能。

难点：对主要封装设备原理和注意事项的理解，能控制相关设备完成相应功能。

4. 基本要求

(1) 了解集成电路封装的作用、产业地位和主要流程；

(2) 理解常用封装设备的名称与主要功能；

(3) 理解主要集成电路封装设备的操作流程与注意事项。

5. 教学方法

教师讲授、演示，学生上机实际操作。

四、实践教学内容

1. 课程实验¹

项目编号	项目名称	实验内容	对应理论章节	学时	实验类型 ²	思政融入点	学生学习预期成果	课程目标
1	氧化与掺杂工艺仿真	了解 TCAD 仿真软件氧化与掺杂命令的参数含义及其设置方法	第一章	2	验证性	指出仿真软件对集成电路制造成本和先进结构设计方面的意义	了解 TCAD 软件的含义、功能与行业地位，掌握氧化、掺杂工艺的命令的语法与设置	1.4
2	刻蚀工艺仿真	了解 TCAD 仿真软件刻蚀命令的参数含义及其设置方法	第一章	2	验证型		掌握刻蚀工艺的命令的语法、设置与技巧	1.4
3	二极管工艺仿真	根据给定的二极管结构与工艺流程	第一章	2	设计性	探索不同的氧化、掺杂和刻蚀工艺	掌握二极管器件的工艺仿真	3.2

项目编号	项目名称	实验内容	对应理论章节	学时	实验类型 ²	思政融入点	学生学习预期成果	课程目标
		程，利用 TCAD 进行工艺仿真，要求得到对应的器件结构				在实际工艺中的应用，以多种方式解决问题	流程，得到二极管截面图	
4	BJT 管工艺仿真	根据给定的 BJT 结构与工艺流程，利用 TCAD 进行工艺仿真，要求得到对应的器件结构	第二章	4	设计性	针对仿真过程中仿真速度较慢的氧化、外延工艺，合理地用其它产生同等效果的溅射工艺加快仿真	掌握 BJT 管的工艺仿真流程，得到 BJT 器件截面图	3.2
5	MOSFET 工艺仿真	根据给定的 MOSFET 结构与工艺流程，利用 TCAD 进行工艺仿真，要求得到对应的器件结构	第一章	4	设计性	针对仿真过程中仿真速度较慢的氧化、外延工艺，合理地用其它产生同等效果的溅射工艺加快仿真	掌握 MOSFET 工艺仿真流程，得到 MOSFET 器件截面图	3.2
6	二极管器件仿真	根据给定的二极管器件结构与材料参数，仿真提取器件的直流伏安特性	第二章	2	验证性		掌握二极管器件仿真流程，能利用 DevEdit 绘制二极管结构	3.2
7	BJT 器件仿真	根据给定的 BJT 器件结构与材料参数，仿真提取器件的交直流伏安特性	第二章	4	设计性		掌握 BJT 器件仿真流程，和器件特性仿真设置	3.2

项目编号	项目名称	实验内容	对应理论章节	学时	实验类型 ²	思政融入点	学生学习预期成果	课程目标
8	MOSFET 器件仿真	根据给定的两种 MOSFET 器件结构与材料参数, 分别仿真提取器件的交直流伏安特性	第二章	4	设计性	通过对比两种不同结构的 MOS 管, 分析对器件性能带来的影响, 感受结构创新带来的改变	熟练掌握 MOS 管器件仿真流程, 和器件特性仿真设置	1.4, 3.2
9	固晶机原理与操作	介绍固晶机功能、原理与操作流程, 特别是机械定位系统、温度控制系统等相关操作	第三章	3	验证性	感受到国产固晶机在技术水平上的先进性, 以及与国外一流水平的差距	理解固晶机的功能、工作原理和主要操作	3.2, 5.1
10	引线机原理与操作	介绍引线机功能、原理与操作流程, 特别是芯片定位和焊接等相关操作	第三章	3	验证性	感受到国产引线机在技术水平上的先进性, 以及与国外一流水平的差距	理解引线的功能、工作原理和主要操作	3.2, 5.1
11	塑封原理与操作	介绍塑封工艺相关设备的功能、流程与操作步骤, 特别是模具系统、压力控制等相关操作	第三章	2	验证性	感受到国产塑封工艺相关设备在技术水平上的先进性, 以及与国外一流水平的差距	理解塑封工艺相关设备的功能、工作原理和主要操作	3.2, 5.1

五、学时分配

序号	章节名称	学时分配 (共 48 学时)
1.	Silvaco TCAD 工艺仿真原理与实践	14
2.	Silvaco TCAD 器件仿真实践	10
3.	集成电路封装工艺实践	8

六、考核方式

微电子工艺课程设计课程为微电子科学与工程专业必修课，课程考核方式包括：课堂学习讨论及课后反馈表现（60%）+结果性考核（40%）。

1. 课堂学习讨论及课后反馈表现（60%）

课堂学习反馈表现、阶段性测试等。

课堂学习讨论及课后反馈表现评价方法及考核目标

考核内容	评价标准	支撑课程教学分目标	支撑毕业要求
课堂学习反馈表现，共 20 分。	能利用 DevEdit 完整绘制不同结构的器件结构。（10 分）	1	1.4
	能利用 Silvaco TCAD 编写二极管工艺仿真程序。（10 分）	2	3.2
阶段性测试，共 40 分。	考查学生对不同工艺的异同点、不同器件结构的理解。（10 分）	1	1.4
	考查学生对 TCAD 工艺仿真和器件仿真基本语句、参数设置的理解。（20 分）	2	3.2
	考查学生对国产集成电路测试设备功能、结构组成与操作步骤的理解。（10 分）	3	5.1

2. 结果性考核（40%）

结果性考核以小论文形式进行考查。

课程考试评价方法及考核目标

考核内容	评价标准	支撑课程教学分目标	支撑毕业要求
期末论文考查，共 40 分。	论文第一部分完整介绍了 BJT、MOSFET 器件的工艺流程与阶段性仿真结果图。（15 分）	2	3.2
	论文第二部分对不同结构的 BJT、MOSFET 器件进行器件仿真对比，并对仿真数据进行解释分析。（15 分）	1	1.4
	论文第三部分详述常用芯片的塑封封装工艺的功能、特点与涉及的典型设备工作原理。（10 分）	3	5.1

七、参考书目及学习资料

1.推荐教材：《半导体工艺和器件仿真软件 Silvaco TCAD 实用教程》，唐龙谷编著，清华大学出版社，2014 年。

2.参考书目与文献：

《集成功率器件设计及 TCAD 仿真》，付越、李占明、吴卫东等，机械工业出版社，2018 年。

《半导体器件 TCAD 设计与应用》，韩雁、丁扣宝编著，电子工业出版社，2013 年。

3.在线学习资源：

中国大学 MOOC，<https://www.icourse163.org/learn/ECNU-1003476011>

制定人：余耀

审定人：张黎可

批准人：王伟

2024 年 8 月

《创新实践(1)》课程教学大纲

一、课程基本信息

课程名称（中文）	创新实践(1)				
课程名称（英文）	Innovation Practice (1)				
课程类别 ¹	实践必修课	课程性质	必修	特殊课程 类型	
授课学期	第 6 学期	学分	2	考核方式	考查
课程学时及分配	总学时	讲课学时	实践学时	线上学时	课外学时
	2W	0	2W	0	0
适用专业	微电子科学与工程				
选用教材	无				
开课单位	集成电路科学与工程学院				
先修课程	微机原理与单片机技术、模拟电子技术基础、数字电子技术基础				
后续课程	创新实践(2)				
课程简介 (不少于 500 字)	<p>课程定位:《创新实践(1)》是微电子科学与工程专业的一门创新创业教育课程，也是专业创新创业课程体系中的重要组成，是高等院校工科专业教学过程的组成部分，是加强理论与实际结合的实践性教学环节。创新实践对培养学生运用知识的能力、拓宽知识面、确立实事求是的科学态度和解决工程实践能力等方面都是十分重要的。。本课程围绕专业教学的重点和难点，针对性开设专项实践内容。</p> <p>核心学习结果:培养学生的创新意识、创新能力和研究能力，全面提升学生的专业素质和实践技能。通过该课程的展开，可以增强学生的创新意识，启发学生的创新思维，培养学生的创新能力，引导学生在已有理论知识的基础上，积极参与创新实践，在实践中发现问题，解决问题，进一步提升专业团队协作能力。</p> <p>主要教学方法:(1)本课程通过简单讲解实验要点、实验原理以及实验目标，由学生分组后自主进行实验，教师从旁辅助，学生组内讨论实验问题并研究解决方案，完成实验前期调研、硬件选型、电路设计以及实验功能验证，最终撰写实验报告。(2)定期评估与反馈:通过阶段性评估和总结，了解学生的实践进展和学习效果，教师给予反馈和指导，帮助学生不断改进和提升。(3)鼓励学生自行创新性的对硬件添加功能，来提高学生的创新能</p>				

	力，教师对新型功能进行相应评估和指导，以实现功能丰富的硬件。
大纲更新时间	2024年8月

二、课程目标

序号	课程目标（参考人才培养目标、毕业要求、课程定位）	支撑毕业要求指标点	支撑思政指标点
1	课程目标 1: 分组完成课程实践，能够合理分工，能够在团队中独立或与团队合作研究课题，完成创新实践课题。通过实践，学生需掌握在设计实践中综合考量社会、健康、安全、法律、文化及环境等制约因素的能力。学生需深入理解微电子工艺与集成电路测试并应用相关知识于具体项目，为未来职业生涯奠定坚实基础。	指标点 2.4: 能够运用微电子工艺与集成电路测试领域基本原理和方法，并结合文献研究，分析微电子工艺与集成电路测试领域中工程活动过程的影响因素，获得有效结论。	指标点 4.2: 主动参与本国文化活动，积极传播和发扬本国优秀文化。
2	课程目标 2: 能够就课程实践过程中出现的问题与同学和老师有效沟通，剖析微电子工艺与集成电路测试问题要点。课程实践完成后能按规范撰写实验报告。掌握核心技能，熟练运用现代仪器、工程工具、信息技术工具和模拟软件，深入理解其工作原理与方法。通过创新实践，学生能够识别并评估各工具在实际应用中的局限性，提升解决实际问题的能力。	指标点 6.2: 能够合理分析和评价微电子工艺与集成电路测试实践对社会、健康、安全、法律和文化的的影响，并能解释应承担的责任。	指标点 6.2: 在创新创业实践活动中，探索新思路新技术，解决实际问题。
3	课程目标 3: 课程实践完成后能按规范撰写实验报告，记录实验全过程，准确、完整表达实验结果和结论。创新实践期间，学生需能分析不同社会文化因素对微电子工艺与集成电路测试领域活动的影响，提升综合决策能力，为职业生涯中的规范操作与跨文化合作奠定坚实基础。	指标点 10.3 能够就复杂工程问题进行良好的沟通与交流，能撰写微电子工艺与集成电路测试领域的设计方案与报告，并能清晰陈述和回答问题，能够在跨文化背景下进行沟通和交流。	指标点 7.1: 具有为人民服务的意识，积极参加社会公益实践活动。

三、课程教学内容和基本要求

无

四、实践教学内容

1.实践

编号	实践(实验)项目名称	实践内容	实习类型 ²	思政融入点	学生学习预期成果	课程目标	时间安排(天数)
1.	数字电压表	1. 对所用集成电路芯片做认真检查,排除劣质和功能有误集成电路 2. 按原理图接线,并认真检查。 3. 分块调试: 脉冲发生器, 计数器, 锁存器, 译码器, 显示器。 4. 测量某一标准电压, 调节 RW2 使显示值与被测值相符(要求有效数字两位)。	创新实践	培养学生形成科学的综合电路设计思维, 并能够在数字电压表中加入创新功能。	1. 学习综合电路的搭试, 调试系统电路方法, 培养独立实验技能。 2. 了解数字电压表的工作原理及基本结构。	1、2、3	0.4 周
2.	电子秒表	1. 对所用集成电路芯片做认真检查, 排除劣质和功能有误集成电路 2. 按原理图接线, 并认真检查。 3. 分块调试: RS 触发器、单稳态触发器、时钟发生器及各计数器的逻辑功能。 4. 测试电子秒表整个电路的功能。	创新实践	培养学生形成科学的数字电路设计思维, 并能够在电子秒表中加入创新的定制功能。	1. 学习数字电路中基本 RS 触发器、单稳态触发器、时钟发生器及计数器、译码显示等单元电路的综合应用。 2. 学习电子秒表的调试方法。	1、2、3	0.4 周
3	数字转速表	1. 自主设计电路原理。调试, 检验电路使其满足设计要求。 2. 写出实验总结报告; 画出调试成功的设计电路。	创新实践	培养学生形成科学的电路设计思维, 并能够在数字转速表中加入创新的定制功能。	通过实验, 进一步学习简单电路的设计方法, 掌握熟练电路调试方法。	1、2、3	0.4 周
4		1. 画出 mooer 类型	创新	培养学生	1. 掌握 D 触	1、2、3	0.4 周

	基于 FPGA 的自动售饮料机的实现	的自动售饮料机状态图。 2. 画出 mealy 类型自动售饮料机的状态图。 3. 使用 Verilog HDL 编写状态机程序并调试。	实践	形成科学的软件设计思维,并能够在自动售饮机中灵活加入各种创新功能。	发器电路的原理图和版图绘制方法 2. 掌握图 DRC 和 LVS 验证及仿真方法		
5	万用电表设计	1. 运用集成运放为主的负反馈放大电路,实现电阻、交直流电压和电流测量功能的实用万用表电路	创新实践	培养学生形成科学的综合电路设计思维,并能够在万用电表中加入创新功能。	1. 熟悉万用电表的组成原理,建立系统概念; 2. 学习实际模拟电子系统的设计方法,具备一定独立设计能力。	1、2、3	0.4 周

五、学时分配

序号	章节名称	学时分配 (共 2 周)
1.	数字电压表	0.4 周
2.	电子秒表	0.4 周
3.	数字转速表	0.4 周
4.	基于 FPGA 的自动售饮料机的实现	0.4 周
5.	万用电表设计	0.4 周

六、考核方式

《创新实践》为本专业实践必修课,课程考核方式包括:过程性考核(50%)+结果性考核(50%)。

1. 过程性考核(50%)

过程性评价方法及考核目标

考核内容	评价标准	支撑课程教学分目标	支撑毕业要求
实习实践(50%)	学生在项目中的实施能力和创新能力	1	2.4

	力, 包括项目管理、硬件选型、电路设计、安全操作、技术应用等方面的表现。(30分)		
	问题解决能力和危机处理能力, 学生能否独立或协作完成项目, 并通过实践验证所学理论知识的运用情况。(30分)		
	团队合作和沟通能力在多人合作项目中的表现也是评价重点, 考察学生在团队中的角色扮演和有效的协作能力。(20分)	2	6.2
	学生的职业素养包括责任感、专业态度、工作积极性等方面的表现。(20分)	3	10.3

2. 结果性考核 (50%)

课程考试评价方法及考核目标

考核内容	评价标准	支撑课程教学分目标	支撑毕业要求
实习报告 (50%)	一、报告内容。报告包含: (1) 实习任务与目标。明确实习期间的具体任务和学习目标, 包括预期达成的技能和能力。(2) 实施过程。项目描述: 详细描述实习项目的内容和范围。方法与过程: 阐述实施项目所采用的方法、工具、技术以及解决问题的具体步骤。挑战与解决方案: 讨论在实施过程中遇到的挑战及其解决方案。(3) 技术分析与总结。理论知识应用: 说明如何应用在学习过程中掌握的理论知识。实际操作能力: 评估在实习中展示的技术操作能力和创新思维。(4) 成果展示与效果评估。项目成果: 展示实习期间取得的具体成果, 如报告、设计图、程序代码等。效果评估: 对实习项目的实际效果进行评估和总结。(70分)	1、2	2.4、6.2
	二、自我评价与展望, 总结实习的主要收获和经验教训, 反思实习过程中的收获和成长, 评价在团队中	3	10.3

	的角色与贡献。(30分)		
--	--------------	--	--

七、参考书目及学习资料

1.推荐教材：无

2.参考书目与文献：

《FPGA 现代数字系统设计》，孟宪元，清华大学出版社，2019年。

《集成电路版图设计项目化教程》，局水荣，刘锡锋，电子工业出版社，2020年。

《电工仪表与电路实验技术》，沙涛，机械工业出版社，2019年。

3.在线学习资源：无

制定人：于庆南

审定人：余耀

批准人：王伟

2024年8月

《创新实践(2)》课程教学大纲

一、课程基本信息

课程名称（中文）	创新实践(2)				
课程名称（英文）	Innovation Practice (2)				
课程类别 ¹	实践必修课	课程性质	必修	特殊课程 类型	
授课学期	第 7 学期	学分	2	考核方式	考查
课程学时及分配	总学时	讲课学时	实践学时	线上学时	课外学时
	2W	0	2W	0	0
适用专业	微电子科学与工程				
选用教材	无				
开课单位	集成电路科学与工程学院				
先修课程	微机原理与单片机技术、电子设计自动化、创新实践(1)				
后续课程	毕业设计（论文）				
课程简介 (不少于 500 字)	<p>课程定位:《创新实践(2)》是微电子科学与工程专业的一门创新创业教育课程，也是专业创新创业课程体系中的重要组成，是高等院校工科专业教学过程的组成部分，是加强理论与实际结合的实践性教学环节。创新实践对培养学生运用知识的能力、拓宽知识面、确立实事求是的科学态度和解决工程实践能力等方面都是十分重要的。本课程围绕专业教学的重点和难点，针对性开设专项实践内容。</p> <p>核心学习结果:培养学生的创新意识、创新能力和研究能力，全面提升学生的专业素质和实践技能。通过该课程的展开，可以增强学生的创新意识，启发学生的创新思维，引导学生在已有理论知识的基础上，积极参与创新实践，在实践中发现问题，解决问题，进一步提升专业团队协作能力。</p> <p>主要教学方法:(1)本课程通过简单讲解实验要点、实验原理以及实验目标，由学生分组后自主进行实验，教师从旁辅助，学生组内讨论实验问题并研究解决方案，完成实验前期调研、硬件选型、电路设计以及实验功能验证，最终撰写实验报告。(2)定期评估与反馈：通过阶段性评估和总结，了解学生的实践进展和学习效果，教师给予反馈和指导，帮助学生不断改进和提升。(3)鼓励学生自行创新性的对硬件添加功能，来提高学生的创新能力，教师对新型功能进行相应评估和指导，以实现功能丰富的硬件。</p>				

大纲更新时间	2024年8月
--------	---------

二、课程目标

序号	课程目标（参考人才培养目标、毕业要求、课程定位）	支撑毕业要求指标点	支撑思政指标点
1	课程目标 1: 分组完成课程实践，能够合理分工，能够在团队中独立或与团队合作研究课题，完成创新实践课题。通过实践，学生需掌握在设计实践中综合考量社会、健康、安全、法律、文化及环境等制约因素的能力。学生需深入理解电路与系统并应用相关知识于具体项目，为未来职业生涯奠定坚实基础。	指标点 2.4: 能够运用微电子工艺与集成电路测试领域基本原理和方法，并结合文献研究，分析微电子工艺与集成电路测试领域中工程活动过程的影响因素，获得有效结论。	指标点 4.2: 主动参与本国文化活动，积极传播和发扬本国优秀文化。
2	课程目标 2: 能够就课程实践过程中出现的问题与同学和老师有效沟通，剖析问题要点。课程实践完成后能按规范撰写实验报告。掌握核心技能，熟练运用现代仪器、工程工具、信息技术工具和模拟软件，深入理解其工作原理与方法。通过创新实践，学生能够识别并评估各工具在实际电路与系统应用中的局限性，提升解决实际问题的能力。	指标点 6.2: 能够合理分析和评价微电子工艺与集成电路测试实践对社会、健康、安全、法律和文化的的影响，并能解释应承担的责任。	指标点 6.2: 在创新创业实践活动中，探索新思路新技术，解决实际问题。
3	课程目标 3: 课程实践完成后能按规范撰写实验报告，记录实验全过程，准确、完整表达实验结果和结论。创新实践期间，学生需能分析不同社会文化因素对电路与系统领域活动的影响，提升综合决策能力，为职业生涯中的规范操作与跨文化合作奠定坚实基础。	指标点 10.3 能够就复杂工程问题进行良好的沟通与交流，能撰写微电子工艺与集成电路测试领域的设计方案与报告，并能清晰陈述和回答问题，能够在跨文化背景下进行沟通和交流。	指标点 7.1: 具有为人民服务的意识，积极参加社会公益实践活动。

三、实践教学内容

1.实践

编号	实践(实验)项目名称	实践内容	实习类型 ²	思政融入点	学生学习预期成果	课程目标	时间安排(天数)

1.	CMOS 全加器的版图设计	1.根据要求绘制全加器电路的原理图和版图。(难点) 2.对版图进行 DRC 和 LVS 验证及后仿真。(难点)	创新实践	培养训练学生科学的版图设计能力,在实践中结合数字电路与版图设计的多课程知识。	掌握全加器电路的原理图、版图绘制方法。 掌握版图 DRC 和 LVS 验证及仿真方法。	1、2、3	0.4 周
2.	磁共振式充电器	1.自主设计原理图,本设计为板级设计。重点是使用磁共振原理设计,兼顾效率和可靠性(重点) 2.完成 PCB 设计,并制板进行测试验证。(难点)	创新实践	培养训练学生的 PCB 设计能力,在实践中结合物理、电路、PCB 设计等多学科知识。	学习无线充电的原理和设计方法。	1、2、3	0.4 周
3	数字电路测试	1.了解被测电路功能,编写测试向量。(重点) 2.要求基于 ST3020 集成电路测试系统测试实训平台完成 24LC01 电路(芯片)的自动化测试方案设计。(难点) 3.测试项需要尽量多的覆盖 24LC01 电路(芯片)的静态参数指标和功能测试,并写出每种指标的测试原理和基于指定测试平台的测试程序。(难点)	创新实践	结合实际生产实践中对数字电路测试的方法,培养训练学生科学的数字电路测试能力,在实践中结合物理、集成电路、编程等多学科知识。	学习集成电路测试系统 ST3020 的使用方法,并学习、测试 24LC01 电路(芯片)。	1、2、3	0.4 周
4	基于 Verilog 的数字电路异步 FIFO 综合设计	1.根据设计项目要求,按照 RTL 设计则,编写 testbench,测试异步 FIFO 的功能。(难点) 2.将异步 FIFO RTL 在 cadence 软件环境下进行综合设计,	创新实践	培养训练学生的集成电路测试能力,在实践中结合数字电路、	掌握集成电路综合的流程。	1、2、3	0.4 周

		编写约束文件，给出综合结果。(难点)		Verilog 编程等多学科知识。			
5	基于 FPGA 的 VGA 显示控制器设计	<p>1.通过分析 VGA 显示的基本原理和信号要求，设计整个系统软硬件结构。(难点)</p> <p>2.将 VGA 控制器分成几个子模块，采用 Verilog HDL 硬件描述语言对各个模块描述设计。(难点)</p> <p>利用 EDA 仿真环境，完成对局部和整体模块的程序编写及</p> <p>3.仿真验证。(难点)</p>	创新实践	<p>结合实际生产实践中 VGA 显示控制器的原理，培养训练学生科学的 FPGA 设计编程能力。</p>	<p>1.学习 VGA 显示的基本原理和信号要求。</p> <p>2.掌握 FPGA 的设计方法。</p>	1、2、3	0.4 周

四、学时分配

序号	章节名称	学时分配（共 2 周）
1.	CMOS 全加器的版图设计	0.4 周
2.	磁共振式充电器	0.4 周
3.	数字电路测试	0.4 周
4.	基于 Verilog 的数字电路异步 FIFO 综合设计	0.4 周
5.	基于 FPGA 的 VGA 显示控制器设计	0.4 周

五、考核方式

《创新实践》为本专业实践必修课，课程考核方式包括：过程性考核（50%）+结果性考核（50%）。

1. 过程性考核（50%）

过程性评价方法及考核目标

考核内容	评价标准	支撑课程教学分目标	支撑毕业要求
实习实践（50%）	学生在项目中的实施能力和创新能力，包括项目管理、硬件选型、电路设计、安全操作、技术应用等方面的表现。（30分）	1	2.4
	问题解决能力和危机处理能力，学生能否独立或协作完成项目，并通过实践验证所学理论知识的运用情况。（30分）		
	团队合作和沟通能力在多人合作项目中的表现也是评价重点，考察学生在团队中的角色扮演和有效的协作能力。（20分）	2	6.2
	学生的职业素养包括责任感、专业态度、工作积极性等方面的表现。（20分）	3	10.3

2. 结果性考核（50%）

课程考试评价方法及考核目标

考核内容	评价标准	支撑课程教学分目标	支撑毕业要求
实习报告（50%）	<p>一、报告内容。报告包含：（1）实习任务与目标。明确实习期间的具体任务和学习目标，包括预期达成的技能和能力。（2）实施过程。项目描述：详细描述实习项目的内容和范围。方法与过程：阐述实施项目所采用的方法、工具、技术以及解决问题的具体步骤。挑战与解决方案：讨论在实施过程中遇到的挑战及其解决方案。（3）技术分析与总结。理论知识应用：说明如何应用在学习过程中掌握的理论知识。实际操作能力：评估在实习中展示的技术操作能力和创新思维。（4）成果展示与效果评估。项目成果：展示实习期间取得的具体成果，如报告、设计图、程序代码等。效果评估：对实习项目的实际效果进行</p>	1、2	2.4、6.2

	评估和总结。(70分)		
	二、自我评价与展望,总结实习的主要收获和经验教训,反思实习过程中的收获和成长,评价在团队中的角色与贡献。(30分)	3	10.3

六、参考书目及学习资料

1.推荐教材:无

2.参考书目与文献:

《电工仪表与电路实验技术》,机械工业出版社,马鑫金主编,2007年。

《集成电路掩模设计——基础版图技术》,周润德,清华大学出版社,2005年。

《FPGA 设计及应用(第三版)》,西安电子科技大学出版社,褚振勇,2012年。

3.在线学习资源:无

制定人:于庆南

审定人:余耀

批准人:王伟

2024年8月

《毕业实习》课程教学大纲

一、课程基本信息

课程名称（中文）	毕业实习				
课程名称（英文）	Graduation Practice				
课程类别 ¹	实践必修课	课程性质	必修	特殊课程 类型	
授课学期	第 8 学期	学分	2	考核方式	考查
课程学时及分配	总学时	讲课学时	实践学时	线上学时	课外学时
	4W	0	4W	0	0
适用专业	微电子科学与工程				
选用教材	无				
开课单位	集成电路科学与工程学院				
先修课程	微电子科学与工程专业基础课、专业主干课、专业选修课				
后续课程	毕业设计/论文				
课程简介 (不少于 500 字)	<p>课程基本定位：毕业实习是一门综合实践必修课程，是高等院校工科专业教学过程的组成部分，是加强理论与实际结合的实践性教学环节。实习对培养学生运用知识的能力、拓宽知识面、确立实事求是的科学态度和解决工程实践能力等方面都是十分重要的。毕业实习旨在理论联系实际，它是高等学校教学过程的重要环节。</p> <p>核心学习结果：对学生进行工程师基本素质的训练，使学生深入掌握微电子工艺与集成电路测试技术研发的基础知识；提升学生从实际出发分析问题、研究问题和解决问题的能力。</p> <p>主要教学方法：（1）企业实习与现场教学：安排学生到合作企业或工程现场进行实习，直接参与到实际工程项目中。学生在企业导师的指导下，进行实地操作和项目实践，获得第一手的工程经验。（2）项目导向教学：通过具体的工程项目作为实习任务，学生需要独立或团队合作完成项目的各个环节，</p>				

	<p>从项目设计、实施到调试和验收，全面体验项目全过程。(3) 导师制指导：每位学生配备企业导师和校内指导教师，提供双重指导和帮助。企业导师负责现场实践指导，校内导师提供理论支持和问题解答。(4) 多样化的实践活动：安排多种形式的实践活动，如参观大型工程项目、参加专业技能培训、参与学术交流等，拓展学生的视野，增强综合素质。(5) 定期评估与反馈：通过阶段性评估和总结报告，了解学生的实习进展和学习效果。定期组织实习总结会，学生分享实习经验，导师给予反馈和指导，帮助学生不断改进和提升。</p>
大纲更新时间	2024年8月

二、课程目标

序号	课程目标（参考人才培养目标、毕业要求、课程定位）	支撑毕业要求指标点	支撑思政指标点
1	<p>课程目标 1：通过实习，学生需掌握在设计实践中综合考量社会、健康、安全、法律、文化及环境等制约因素的能力。实习期间，学生需深入理解并应用相关知识于具体项目，确保设计方案既符合专业标准，又兼顾社会责任与可持续发展目标，提升解决实际问题的能力与职业素养，为未来职业生涯奠定坚实基础。</p>	<p>指标点 3.4：能够在设计环节考虑社会、健康、安全、法律、文化以及环境等制约因素。</p>	<p>指标点 3.2：在自己的岗位上尽职尽责，为社会的进步贡献力量。</p>
2	<p>课程目标 2：掌握微电子工艺与集成电路测试领域技术与装置的核心技能，熟练运用现代仪器、工程工具、信息技术工具和模拟软件，深入理解其工作原理与方法。通过实习，学生能够识别并评估各工具在实际应用中的局限性，提升解决实际问题的能力，为从事微电子工艺与集成电路测试领域的研发、测试与维护工作奠定坚实基础。</p>	<p>指标点 5.1：能够掌握微电子工艺与集成电路测试领域常见的现代仪器、工程工具、信息技术工具和模拟软件的使用原理和方法，并理解其局限性。</p>	<p>指标点 3.2：在自己的岗位上尽职尽责，为社会的进步贡献力量。</p>
3	<p>课程目标 3：掌握微电子工艺与集成电路测试领域技术与装置的国家及行业标准体系，熟悉知识产权保护与产业政策，深入理解相关法律法规。实习期间，</p>	<p>指标点 6.1 能够掌握微电子工艺与集成电路测试领域相关的国家和行业标准体系、知识产权、产业</p>	<p>指标点 5.1：严格遵守法律法规和各项规章制度，廉洁自律，自我约束。</p>

	学生需能分析不同社会文化因素对微电子工艺与集成电路测试技术与装置活动的影响，提升综合决策能力，为职业生涯中的规范操作与跨文化合作奠定坚实基础。	政策和法律法规，能够解释不同社会文化对微电子工艺与集成电路测试活动的影响。	
4	课程目标 4: 在实习中，学生能够深入理解微电子工艺与集成电路测试实践对环境及社会可持续发展的影响，掌握科学合理的分析方法与评价工具。通过实例研究，学生需能够评估技术应用的环保效益与社会责任，为提出绿色、可持续的技术解决方案贡献智慧，培养成为具备高度环境与社会责任感微电子工艺与集成电路测试领域专业人才。	指标点 7.2 能够合理分析与评价微电子工艺与集成电路测试实践对环境、社会可持续发展的影响。	指标点 5.1: 严格遵守法律法规和各项规章制度，廉洁自律，自我约束。
5	课程目标 5: 强化学生对微电子工艺与集成电路测试人员社会责任的认知，包括保障公众安全、健康与福祉，及推动环境保护的重要性。实习期间，学生需能够阐述这些责任的具体内涵，并在工程实践中自觉践行，培养成为具有高度责任感、关注社会福祉与环境保护的微电子工艺与集成电路测试领域专业人才。	指标点 8.3 能够描述微电子工艺与集成电路测试人员对公众的安全、健康和福祉，以及环境保护的社会责任，能够在工程实践中自觉履行责任。	指标点 5.2: 对自己职业有强烈的敬业精神，努力提高职业效益和质量。
6	课程目标 6: 培养学生在多学科团队中的协作能力，深入理解团队构成及各成员角色与职责，掌握跨学科沟通与合作技巧。实习期间，学生需能主动与其他学科成员建立有效沟通，共同解决问题，促进团队和谐与高效运作，为未来职业生涯中的跨学科合作奠定坚实基础。	指标点 9.1 能够解释多学科背景下团队的构成以及不同成员担当的角色与职责，能与其他学科的成员有效沟通，合作共事。	指标点 5.2: 对自己职业有强烈的敬业精神，努力提高职业效益和质量。

三、实践教学内容

1. 实习实训

编号	实习内容	实习类型 ²	实习地点 ³	思政融入点	学生学习预期成果	课程目标	时间安排(天数)
1.	学习学院或单位《毕业实习管理规定》	毕业实习	校内外教学实习基地	1.实习单位规章制度与遵纪守法; 2.实习单位废弃物处理与环保意识培养 3.生产工艺操作与安全生产、安全操作	深刻理解实习内容和可能存在的危害和影响	1、2、3、4、5、6	0.25周
2.	了解实习单位管理体制、组织机构及其运行机制	毕业实习	校内外教学实习基地	1.产品的生产原理与科技创新、家国情怀; 2.生产工艺条件与科技创新; 3.先进生产仪器设备与科技创新、工匠精神	能够理解团队的概念,并能够理解项目完成也许合作共同完成	1、2、3、4、5、6	0.25周
3	参与并熟悉电子设备与系统的研究设计、应用和开发制造等工作过程	毕业实习	校内外教学实习基地	1.实习单位生产过程中存在问题与实事求是、科技创新;	形成系统设计的概念,能够理解系统开发分为单元部分,完成子单元功能后需要系统联调完成设计	1、2、3、4、5、6	2.25周
4	参与实习单位安排的生产、管理、策划、营销等具体的岗位工作	毕业实习	校内外教学实习基地	1.改进设想与科技创新、努力学习;	对课题的多种方案能够应用多学科环境进行验证,并能够从工程项目和经济角度给予选择依据	1、2、3、4、5、6	1周

5	撰写实习报告和总结汇报	毕业实习	校内外教学实习基地	1.实习报告撰写与耐心细致的实习态度	掌握实习报告撰写方法,产品演示和表达能力。	1、2、3、4、5、6	0.25周
合计							4周

四、学时分配

序号	章节名称	学时分配 (共4周)
1.	学习学院或单位《毕业实习管理规定》	0.25周
2.	了解实习单位管理体制、组织机构及其运行机制	0.25周
3.	参与并熟悉电子设备与系统的设计、应用和开发制造等工作过程	2.25周
4.	参与实习单位安排的生产、管理、策划、营销等具体的岗位工作	1周
5.	撰写实习报告和总结汇报	0.25周

五、考核方式

《毕业实习》为本专业实践必修课,课程考核方式包括:过程性考核(50%)+结果性考核(50%)。

1. 过程性考核(50%)

过程性评价方法及考核目标

考核内容	评价标准	支撑课程教学分目标	支撑毕业要求
实习实践(50%)	学生在实际工程项目中的实施能力和创新能力,包括项目管理、安全操作、技术应用等方面的表现。(30分)	1、2	3.4、5.1
	问题解决能力和危机处理能力,学生能否独立或协作完成项目,并通过实践验证所学理论知识的运用情况。(30分)		
	团队合作和沟通能力在多人合作项目中的表现也是评价重点,考察学生在团队中的角色扮演和有效的协	3、4	6.1、7.2

	作能力。(20分)		
	学生的职业素养包括责任感、专业态度、工作积极性等方面的表现。(20分)	5、6	8.3、9.1

2. 结果性考核 (50%)

课程考试评价方法及考核目标

考核内容	评价标准	支撑课程教学分目标	支撑毕业要求
实习报告 (50%)	一、报告内容。报告包含：(1) 实习任务与目标。明确实习期间的具体任务和学习目标，包括预期达成的技能和能力。(2) 实施过程。项目描述：详细描述实习项目的内容和范围。方法与过程：阐述实施项目所采用的方法、工具、技术以及解决问题的具体步骤。挑战与解决方案：讨论在实施过程中遇到的挑战及其解决方案。(3) 技术分析与总结。理论知识应用：说明如何应用在学习过程中掌握的理论知识。实际操作能力：评估在实习中展示的技术操作能力和创新思维。(4) 成果展示与效果评估。项目成果：展示实习期间取得的具体成果，如报告、设计图、程序代码等。效果评估：对实习项目的实际效果进行评估和总结。(70分)	1、2、3、4	3.4、5.1、6.1、7.2
	二、自我评价与展望，总结实习的主要收获和经验教训，反思实习过程中的收获和成长，评价在团队中的角色与贡献。(30分)	5、6	8.3、9.1

六、参考书目及学习资料

- 1.推荐教材：无
- 2.参考书目与文献：《电子信息类专业学生实习指导书》，魏晓慧编著，科学出版社，2016年。

制定人：张黎可

审定人：余耀

批准人：王伟

2024年8月

《毕业设计/论文》课程教学大纲

一、课程基本信息

课程名称（中文）	毕业设计/论文				
课程名称（英文）	Graduation Design / Dissertation				
课程类别 ¹	实践必修课	课程性质 ²	必修	特殊课程类型 ³	
授课学期	7、8	学分	7	考核方式	考查
课程学时及分配	总学时 ⁴	讲课学时	实践学时	线上学时	课外学时
	14W	0	14W	0	0
适用专业	微电子科学与工程				
选用教材	《新工科类专业毕业设计（论文）指导与实例教程》，郭业才编著，西安电子科技大学出版社，2021年。				
开课单位	集成电路科学与工程学院				
先修课程	微电子科学与工程专业通识必修课、专业基础课、专业主干课、专业选修课、实践必修课				
后续课程	无				
课程简介 (不少于 500 字)	<p>课程基本定位：（描述课程在专业人才培养中的地位）毕业设计（论文）是实现微电子科学与工程专业培养目标、造就合格人才的一个重要的实践性教学环节，是学生在毕业前的最后学习和综合训练阶段，是学生在教师的指导下独立从事科学研究工作的综合性训练，是检验学生掌握知识的程度、分析问题和解决问题的一份综合答卷，是对学生综合素质与实践能力的全面检验，在培养学生探求真理、强化社会意识、进行工程设计和科学研究基本训练、提高综合实践能力、创新能力方面具有不可替代的作用。</p> <p>核心学习结果：（体现课程的核心教学目标）通过综合训练学生运用所学的基本理论、基本知识和基本技能分析和解决实际工作问题的能力，使学生具有从事专业领域设计、开发、测试和基本科学或技术研究的初步能力，并提高学生独立思考、创新、沟通和终身学习等现代工程师必须的能力。</p> <p>主要教学方法： 理论与实践相结合：首先，通过引导学生选题，确保题目与科研、生产实践或实验室建设紧密结合，使学生能够综合运用所学知识。其次，在教学过程中，注重培养学生的独立分析和解决问题能力，通过文献综述、开题报告、方案设计、实验研究与数据分析等环节，提升学生的科研</p>				

	素养和实践能力。此外，鼓励学生与指导教师密切沟通，共同解决设计中遇到的问题，确保毕业设计的质量。最后，通过毕业答辩环节，全面检验学生的学习成果，促进知识的深化与拓展。
大纲更新时间	2024年8月

二、课程目标

序号	课程目标 ¹ （参考人才培养目标、毕业要求、课程定位）	支撑毕业要求指标点 ²	支撑思政指标点
1.	课程目标 1: 学生能够熟练运用微电子工艺与集成电路测试领域的基本原理和方法，结合深入的文献研究，全面分析集成电路工程活动过程中的各类影响因素，并据此提出科学合理的解决方案，最终获得具有实际应用价值的结论。此过程旨在培养学生的综合分析能力、创新思维及解决复杂工程问题的能力。	指标点 2.4: 能够运用微电子工艺与集成电路测试领域基本原理和方法，并结合文献研究，分析集成电路领域中工程活动过程的影响因素，获得有效结论。	指标点 4.2: 主动参与本国文化活动，积极传播和发扬本国优秀文化
2.	课程目标 2: 培养学生独立完成复杂微电子工艺与集成电路测试的设计能力，注重在设计中融入创新元素，提出新颖解决方案，以解决实际工程问题。通过实践，提升学生的创新能力、系统设计能力及团队协作能力，为未来职业发展奠定坚实基础。	指标点 3.3: 能够完成微电子工艺与集成电路测试领域的设计，并在设计中体现创新意识。	指标点 4.2: 主动参与本国文化活动，积极传播和发扬本国优秀文化
3.	课程目标 3: 培养学生深入分析并准确解释微电子工艺与集成电路测试实验结果的能力，通过数据整合与信息综合，提炼出合理有效的结论。此过程旨在强化学生的实验分析能力、数据处理技能及科学推理能力，为未来在集成电路领域的深入研究与应用开发打下坚实基础。	指标点 4.4: 能够分析和解释微电子工艺、测试设备的实验结果，并通过信息综合得到合理有效的结论。	指标点 4.2: 主动参与本国文化活动，积极传播和发扬本国优秀文化
4.	课程目标 4: 使学生能熟练运用微电子工艺与集成电路测试仿真软件，对复杂工程问题进行精准预测与模拟，同时深入理解并解释仿真结果的局限性。通过实践，提升学生的技术应用能力、问题解决策略及批判性思维，为微电子领域的创新设计与优化提供有力支持。	指标点 5.3: 能够运用微电子工艺、测试设备和专业仿真软件对复杂工程问题进行预测与模拟，并能够解释其局限性。	指标点 6.1: 努力学习科学文化知识，扩大知识储备，能独立理性思考问题

5.	课程目标 5: 培养学生全面分析和评价微电子工艺与集成电路测试实践对社会、健康、安全、法律及文化等多方面的影响, 深刻理解并解释作为设计师应承担的社会责任。通过此过程, 增强学生的伦理意识、社会责任感及跨学科思维能力, 为可持续的科技发展贡献力量。	指标点 6.2: 能够合理分析和评价微电子工艺与集成电路测试实践对社会、健康、安全、法律和文化的影 响, 并能解释应承担的责任。	指标点 6.1: 努力学习科学文化知识, 扩大知识储备, 能独立理性思考问题
6.	课程目标 6: 学生需具备作为团队负责人的能力, 能够有效组织、协调并指挥团队成员高效开展工作。通过毕业设计项目, 锻炼学生的领导力、团队协作与沟通技巧, 以及解决团队冲突和推动项目进展的能力, 为未来在微电子行业中的管理角色做好准备。	指标点 9.3: 能够作为团队负责人, 组织、协调和指挥团队开展工作。	指标点 6.1: 努力学习科学文化知识, 扩大知识储备, 能独立理性思考问题
7.	课程目标 7: 培养学生就复杂工程问题进行有效沟通与交流的能力, 能撰写专业性强、逻辑清晰的设计方案与报告; 在陈述与回答问题时条理分明; 并具备跨文化背景下顺畅沟通的能力, 以适应全球化工作环境, 为微电子领域的国际合作与交流奠定坚实基础。	指标点 10.3: 能够就复杂工程问题进行良好的沟通与交流, 能撰写微电子工艺与集成电路测试领域的设计方案与报告, 并能清晰陈述和回答问题, 能够在跨文化背景下进行沟通和交流。	指标点 9.2: 遵守爱国、敬业、诚信、友善等个人层面的价值准则
8.	课程目标 8: 培养学生将工程管理原理与经济决策方法有效融入多学科环境下的工程设计与实践中。通过课程, 学生需掌握应用相关工具和技术, 进行项目规划、资源调配、成本控制与风险评估, 以提升工程设计的综合效益, 为集成电路领域的复杂项目管理提供有力支持。	指标点 11.3: 能够将工程管理原理或经济决策方法与工具应用于多学科环境下的工程设计与实践。	指标点 9.2: 遵守爱国、敬业、诚信、友善等个人层面的价值准则
9.	课程目标 9: 学生能够根据个人或职业发展的需求, 深入理解并解决相关技术问题, 同时具备良好的归纳总结能力, 能够从实践中提炼出普遍规律; 此外, 还应具备敏锐的问题意识, 能够主动发现并提出有价值的问题, 为持续学习和创新奠定基础。	指标点 12.2: 能够根据个人或职业发展的需求理解相应的技术问题, 具有归纳总结、提出问题的能力。	指标点 9.2: 遵守爱国、敬业、诚信、友善等个人层面的价值准则

三、实践教学内容

1.课程设计¹

序号	选题/任务	主要内容	时间安排 ²	学生学习预期成果	课程目标
1.	确定毕业设计题目，进行开题报告。	根据个人兴趣、专业方向及导师建议，选择具有实际意义和研究价值的题目。 进行广泛的文献调研，了解相关领域的研究现状、发展趋势及存在的问题。 撰写开题报告，明确研究目的、意义、内容、方法、预期成果及进度安排等。	3周	能够明确毕业设计的研究方向和目标。 掌握文献调研的方法和技巧，提升信息获取和筛选能力。 学会撰写开题报告，为后续工作奠定基础。	1、2
2.	设计毕业设计的总体方案和技术路线。	深入分析设计任务的需求，明确系统应实现的功能和性能指标。 设计系统的总体架构、模块划分、接口定义等，选择合适的电路器件、设计软件及仿真工具。 制定详细的技术路线，包括设计流程、算法选择、仿真验证方法等	1周	熟练掌握系统设计的基本方法和步骤。 具备将理论知识应用于实际问题的能力，提升系统设计和规划能力。 初步形成自己的技术路线和解决方案。	3、4
3.	按照方案设计进行具体的设计、仿真和验证工作。	使用硬件描述语言进行电路设计，实现系统各模块的功能。 利用仿真工具对设计进行功能仿真和时序仿真，验证设计的正确性和性能指标是否满足要求。 进行物理设计，将电路设计转化为物理版图，并考虑电路的可制造性。 对于包含软件部分的系统，进行软件设计、编程和调试，实现软硬件	4周	熟练掌握电路设计、仿真验证和物理设计的技能。 具备较强的实践能力和问题解决能力，能够独立完成设计任务。 初步形成自己的设计风格和解决问题的能力。	5、6

		的协同工作			
4.	对设计进行测试,根据测试结果进行优化。	制定详细的测试方案,包括测试环境搭建、测试用例设计、测试步骤等。 进行功能测试和性能测试,验证系统是否满足设计要求。 针对测试中发现的问题进行深入分析,找出原因并进行优化设计。	2周	熟练掌握测试和优化设计的技能。 具备较强的分析问题和解决问题的能力,能够针对具体问题提出有效的解决方案。 设计的系统达到或超过预期的性能指标,具备较高的可靠性和稳定性。	7、8
5.	整理毕业设计成果,撰写毕业论文,并进行毕业答辩。	按照学校规定的格式和要求,撰写毕业论文。论文应包括选题背景、文献综述、方案设计、设计与实现、测试与优化、结论与展望等部分。 准备毕业设计成果展示材料,如设计图纸、仿真结果、实物照片等。 进行毕业答辩,向评审小组汇报毕业设计的主要内容和成果,回答评审小组的提问	4周	熟练掌握学术论文的撰写方法和技巧。 具备较强的沟通能力和表达能力,能够清晰、准确地阐述自己的研究成果。 通过毕业答辩,展示自己的学习成果和收获,获得评审小组的认可。	9

四、考核方式

毕业设计/论文课程为本专业实践必修课,课程考核方式包括:指导教师评分(30%)+评阅教师评分(30%)+答辩小组评分(40%)。毕业设计成绩考核分五级记分(优秀、良好、中等、及格、不及格对应百分制总评成绩中的100-90、89-80、79-70、69-60和60分以下)

考核内容	评价标准	支撑课程教学分目标	支撑毕业要求
指导教师评分(30%,满分100分)	文献收集、分析、研究和归纳总结(10分)	1、2、3、4、5、6、	2.4、3.3、4.4、5.3、
	方案设计、论证(20分)	7、8、9	6.2、9.3、10.3、

	单元、系统软硬件设计与实现（25分）		11.3、12.2
	设计中的非技术因素（10分）		
	论文质量和内容（25分）		
	外文翻译（10分）		
评阅教师评分 （30%，满分100分）	文献收集、分析、研究和归纳总结（15分）	1、2、3、4、5、6、7、8、9	2.4、3.3、4.4、5.3、6.2、9.3、10.3、11.3、12.2
	方案设计、论证（25分）		
	单元、系统软硬件设计与实现（25分）		
	设计中的非技术因素（10分）		
	论文质量和内容（25分）		
答辩小组评分 （40%，满分100分）	正确解释实验结果及结论（50分）	1、2、3、4、5、6、7、8、9	2.4、3.3、4.4、5.3、6.2、9.3、10.3、11.3、12.2
	表达、沟通能力，问题思考、理解、知识掌握情况（50分）		

五、参考书目及学习资料

1.推荐教材：《新工科类专业毕业设计（论文）指导与实例教程》，郭业才编著，西安电子科技大学出版社，2021年。

制定人：张黎可

审定人：余耀

批准人：王伟

2024年8月