

北京工业大学

**本科课程教学大纲**  
**Undergraduate Course Syllabi**

信息学部

**2020 版**



# 电子科学与技术专业



# 目 录

“复变函数与数学物理方程”课程教学大纲 .....	1
“电路分析基础-2”课程教学大纲 .....	6
“模拟电子技术”课程教学大纲 .....	10
“数字电子技术”课程教学大纲 .....	15
“计算机软件基础”课程教学大纲 .....	21
“微机原理与应用”课程教学大纲 .....	26
“统计物理”课程教学大纲 .....	31
“量子力学III”课程教学大纲 .....	38
“半导体物理”课程教学大纲 .....	44
“固体物理学”课程教学大纲 .....	50
“电磁场理论”课程教学大纲 .....	54
“集成电路分析与设计”课程教学大纲 .....	59
“半导体器件原理”课程教学大纲 .....	64
“信号与系统III”课程教学大纲 .....	71
“自动控制原理 II”课程教学大纲 .....	76
“微电子工艺”课程教学大纲 .....	80
“嵌入式系统 I”课程教学大纲 .....	86
“电子材料与器件（双语）”课程教学大纲 .....	94
“光电子技术基础（双语）”课程教学大纲 .....	99
“物联网基础器件与传感器件”课程教学大纲 .....	104
“单片机应用技术”课程教学大纲 .....	110
“微电子器件可靠性技术（自学）”课程教学大纲 .....	116
“射频集成电路分析与设计”课程教学大纲 .....	121
“微电子器件设计与仿真”课程教学大纲 .....	127
“专业英语”课程教学大纲 .....	133
“功率半导体器件及应用”课程教学大纲 .....	137
“第三代半导体技术（双语）”课程教学大纲 .....	141

“半导体理论”课程教学大纲.....	145
“异质结与光电子器件”课程教学大纲.....	151
“集成电路设计方法学”课程教学大纲.....	155
“ASIC 设计与应用（自学）”课程教学大纲.....	164
“片上系统集成（双语）”课程教学大纲.....	172
“新一代通讯系统设计基础”课程教学大纲.....	179
“低功耗集成电路设计”课程教学大纲.....	183
“面向人工智能的器件与电路”课程教学大纲.....	188
“微波电路设计的智能学习技术”课程教学大纲.....	192
“新生研讨课“课程教学大纲.....	197
“离散数学”课程教学大纲.....	202
“学科前沿课程”课程教学大纲.....	206
“学术写作课程”课程教学大纲.....	211

# “复变函数与数学物理方程”课程教学大纲

英文名称: Complex Functions and Mathematical Methods for Physics

课程编码: 0010522

课程性质: 公共基础必修课

学分: 2.5

学时: 45

面向对象: 电子科学与技术专业本科生

先修课程: 高等数学(工)、大学物理 I、线性代数(工)

教材及参考书:

[1] 陆庆乐、王绵森. 《工程数学-复变函数(第四版)》. 高等教育出版社, 2011年3月

[2] 张元林. 《工程数学-积分变换(第六版)》. 高等教育出版社, 2019年4月

## 一、课程简介

《复变函数与数学物理方程》是电子科学与技术专业的一门重要的公共基础必修课,是连接数学、自然科学和工程技术的桥梁。在培养计划中,本课程衔接《高等数学》、《线性代数》、《大学物理》等前期基础课程和电路分析、固体物理、电磁场理论、半导体物理等进阶课程。通过本课程,目的是使学生掌握复变函数、数学物理方程基本理论;熟悉常见复变函数、数理方程、积分变换的原理和典型应用场景;培养学生建立模型的基本能力,学习在不同条件下求解数理方程的技巧;了解数理方法在电路分析、固体物理、电磁场、半导体物理等学科中的应用;培养学生用数学方法和物理规律解决各类物理、工程技术实际问题的能力。

## 二、课程地位与目标

(一) **课程地位:** 本课程是电子科学与技术专业的必修基础课,是连接数学和自然科学以及工程技术等的桥梁,为电路分析、固体物理、电磁场理论、半导体物理等进阶课程提供数学工具。

**针对电子科学与技术专业,本课程主要支撑毕业要求 2.1:**

2.1: 掌握数学、物理基础知识,领会数学、物理建模分析的重要思想方法。本课程将《高等数学》和《线性代数》中的相关抽象数学知识与现实世界中的具体问题相连接,为学生解决实际生活、科研、生产中的问题提供储备数学工具,培养学生在日常生活中进行物理建模的能力,为毕业要求 2.1 提供重要支撑。

(二) **课程目标**

**1 教学目标:** 课程通过课堂教学与习题训练相结合的方式,使学生掌握复变函数、数学物理方程基本理论,初步具备通过建立数理模型等手段,分析解决实际物理、工程技术问题的能力。

本课程对毕业要求拆分指标点达成的支撑情况,详见表 1。

表 1 课程目标与毕业要求拆分指标点的对应关系

序号	课程目标	毕业要求拆分指标点 电子科学与技术专业 2.1
1	通过课程学习，掌握复变函数的基本概念、表达方式、计算方法，并将相关数学知识理论应用于电路分析等物理实际问题场景	◎
2	通过课程学习，掌握傅立叶变换和拉普拉斯变换的概念、性质、求解，及其在电路分析等物理问题场景中的实际应用。	●
3	通过对典型数学物理方程的学习，初步掌握对电磁波、热传导等物理现象建模分析的能力。	●

注：●：表示有强相关关系，◎：表示有一般相关关系，○：表示有弱相关关系

**2 育人目标：**本课程以案例分析激发学生爱国自信，以文献解读加强学理阐释，以人物事迹鼓舞励志求真，以实践教学倡导好学力行，将爱国、敬业、诚信、友善等思政元素融入课堂，使学生由单一的知识掌握与应用延伸到内心情感与专业知识相融合，以实现价值塑造、能力培养、知识传授三位一体的教育教学目标。

### 三、课程教学内容

分章节列出课程教学内容及对课程目标的支撑，详见表 2。

表 2 教学内容与课程目标的对应关系

章节名称	教学内容及重点(▲)、难点(★)	课程目标 (√)		
		1	2	3
第一章复数与复变函数	本章节介绍复数的概念▲、复数的表达方式▲、复数的运算、复平面、复变函数的概念、复变函数的极限和连续性★等，并介绍复数与复变函数在电路分析中的应用。	√		
第二章解析函数	本章节介绍复变函数的导数与微分▲、函数的解析性及其判定方法▲★、复变初等函数、平面场的复势★等内容。	√		
第三章复变函数的积分	本章节介绍复变函数积分的性质及计算▲★、柯西-古萨(Cauchy-Goursat)定理及其推广▲、原函数与不定积分、柯西积分公式与高阶导数公式、解析函数与调和函数的关系▲等内容。	√		
第四章级数	本章节介绍复数项级数、幂级数▲、泰勒级数、洛朗级数★等内容。	√		
第五章留数	本章节介绍孤立奇点、留数定理▲、留数在定积分计算上的应用等内容▲。	√		
第六章傅里叶变换	本章节介绍 Fourier 积分▲、傅里叶变换的概念▲、傅里叶变换的性质、傅里叶变换的应用★等，并介绍傅里叶变换在电路分析中的应用。		√	
第七章拉普拉斯变换	本章节介绍拉普拉斯变换的概念▲、拉普拉斯变换的性质、Laplace 逆变换▲、拉普拉斯变换的应用等内容★，并介绍拉普拉斯变换在电路分析中的应用。		√	
第八章典型数学物理方程	数学物理方程研究对象与方法论、三类典型偏微分方程(波动方程、扩散方程、泊松方程)▲。针对电磁波、热传导等典型物理现象建模分析★。			√

## 四、教授方法与学习方法指导

**教授方法：**以讲授（31 学时）和习题答疑（10 学时，包含课堂小考）为主，辅以学生小组讨论（4 学时）。在具体教学上，充分发挥多媒体节约时间、形象化的优点和和板书能展现思维流动的优势，针对不同教学内容，具体使用不同的教学方式。例如，在讲授复数和复变函数的过程中，为讲解大量概念，将更倚重多媒体方法；在讲授数学物理方程中的定解问题、傅立叶变换、拉普拉斯变换等的推理过程时，以板书为主，辅以对学生的思维引导；在讲授电磁波、热传导等典型物理现象的时候，以多媒体实现建模过程的可视化，以板书展示波动方程、扩散方程，泊松方程求解过程中的思路。整个教学方式的设置不但要加强学生对数学中抽象概念的直观认识，还要提高学生运用数学解决实际问题的能力，激发学生对此课程的兴趣，诱导学生解决更广泛的问题，克服后期学习电路分析、固体物理、电磁场理论、半导体物理等课程的畏难情绪。针对本课程中的难点部分，以习题课的形式巩固学生的课堂学习成果。针对本课程中的重点部分，特别是电磁波、热传导等与建模相关的内容，将组织学生进行基于文献调研的小组讨论，增加师生互动、同学分组合作，引导学生积极参与到课堂讨论过程。

**学习方法：**通过对学生的课堂提问和课后思考作业，培养学生刨根问底的习惯，在了解基本定义概念的基础上，学会理解与推导基本原理与公式；要求学生分组寻找日常生活中可以模型化的案例，养成主动探索的习惯；要求学生针对复杂的显示问题，提出将问题简化的方案，并通过数学物理方程的方法进行简单分析，把所需知识应用于实际问题分析；要求学生善于学习利用丰富的网络资源，通过互联网搜索知识素材，并训练学生做 PPT 和口头报告的能力。

## 五、教学环节及学时分配

教学环节及各章节学时分配，详见表 3。

表 3 教学环节及各章节学时分配表

章节名称	教学内容	学 时 分 配				合 计
		讲 授	习 题	讨 论	考 试	
第一章复数与复变函数	本章节介绍复数的概念、复数的表达方式、复数的运算、复平面、复变函数的概念、复变函数的极限和连续性等。	3	1			4
第二章解析函数	本章节介绍复变函数的导数与微分、函数的解析性及其判定方法、复变初等函数、平面场的复势等内容。	4	2			6
第三章复变函数的积分	本章节介绍复变函数积分的性质及计算、柯西-古萨（Cauchy-Goursat）定理及其推广、原函数与不定积分、柯西积分公式与高阶导数公式、解析函数与调和函数的关系等内容。	4	2			6
第四章级数	本章节介绍复数项级数、幂级数、泰勒级数、洛朗级数等内容。	4	1			5
第五章留数	本章节介绍孤立奇点、留数定理、留数在定积分计算上的应用等内容。	4	1	1		6

第六章傅里叶变换	本章节介绍 Fourier 积分、傅里叶变换的概念、傅里叶变换的性质、傅里叶变换的应用等。	4	1	1		6
第七章拉普拉斯变换	本章节介绍拉普拉斯变换的概念、拉普拉斯变换的性质、Laplace 逆变换、拉普拉斯变换的应用等内容。	4	1	1		6
第八章典型数学物理方程	数学物理方程研究对象与方法论、三类型偏微分方程（波动方程、扩散方程、泊松方程）。针对电磁波、热传导等典型物理现象建模分析。	4	1	1		6
合计		30	10	4	1	45

## 六、考核与成绩评定

课程成绩包括平时成绩（10%）、小考成绩（30%）和期末考试成绩（60%）三部分。

平时成绩（10%）。本部分主要对应学生的课堂出勤表现和课后作业，反应学生是否学习认真及勤于思索，参与课堂互动交流教学等情况。另外还将要求学生课下调研复变函数、数理方程在电路、电子系统或工程信号等领域中的应用。成绩评定的主要依据包括：上课出勤情况、积极主动性、提问及互动交流次数，课后作业等。

小考成绩（30%）。本课程前后部分内容具有较强的连贯性，要求学生对于每个环节都有较好的掌握程度，从而为下一阶段教学做好准备。小考可以帮助教师分阶段检验学生的掌握程度，有助于促进学生阶段性整理所学内容。

期末考试（60%）。本部分主要反映学生对本门课程的全面理解与掌握情况。强调考核学生对熟悉复变函数(特别是解析函数)的一些基本概念，掌握泰勒级数及洛朗级数的展开方法，利用留数定理来计算回路积分和三类实变函数的定积分；掌握傅立叶变换和拉普拉斯变换的概念及性质，并能运用拉普拉斯变换方法求解积分、微分方程。了解三种类型的数学物理方程的导出过程，能熟练写出定解问题；掌握用行波法求解一维无界及半无界波动方程，利用分离变量法求解各类齐次及非齐次方程；了解特殊函数的常微分方程，掌握用级数解法求解二阶常微分方程。

本课程各考核环节的比重及对毕业要求拆分点的支撑情况，详见表 4。

表 4 考核方式及成绩评定分布表

考核方式	所占比例（%）	主要考核内容及对毕业要求拆分指标点的支撑情况
平时成绩	10	上课出勤情况、积极主动性、提问及互动交流次数，课后作业等，对毕业要求 2.1、3.2 都有支撑作用
小考成绩	30	分阶段考察学生对 1) 复数/复变函数、2) 傅里叶变化/拉普拉斯变化、3) 数理方程的掌握程度。对毕业要求 2.1 有支撑作用
期末考试	60	综合考察学生针对实际问题建模、通过本课程讲授的数学工具进行分析的能力。对毕业要求 2.1、3.2 都有支撑作用

## 七、考核环节及质量标准

本课程各考核环节及质量标准，详见表 5。

表 5 考核环节及质量标准

考核方式	评分标准				
	A	B	C	D	E
	90~100	80~89	70~79	60~69	< 60
平时成绩	出勤全满。听课精力集中，回答问题积极。能够通过自己的观察，结合资料调研，发现本课程内容在日常生活中的应用。能认真、正确地完成其他课后作业。	缺勤不超过一次。听课认真，能正确回答问题。能够通过资料调研找到本课程内容在日常生活中的应用。能认真、正确地完成其他课后作业。	缺勤不超过二次。听课较认真，回答问题的思路正确。能够认真、正确的完成课后作业。	缺勤不超过二次。听课较认真。能够认真完成课后作业。	不满足 D 要求
小考成绩	熟练掌握关于本课程各个环节的基本概念，具备优秀的建模能力、推导能力、计算能力。	正确掌握关于本课程各个环节的基本概念，具备良好的建模能力、推导能力。	正确掌握关于本课程各个环节的基本概念。通过这些基本概念，可以进行良好、正确的建模。	基本正确掌握关于本课程各个环节的基本概念。通过这些基本概念，可以进行良好的建模。	不满足 D 要求
期末考试	能够对本课程各个环节讲述内容融会贯通。在此基础上，可以针对真实问题进行有效的建模。具有正确、快速推导公式，求解方程的能力。	能够熟练掌握本课程各个环节讲述的内容。在此基础上，可以针对真实问题进行有效的建模。具有正确推导公式的能力，并具有一定的求解方程的能力。	能够较好的掌握本课程各个环节讲述的内容。在此基础上，可以针对简化的问题进行有效的建模。具有一定的推导公式、求解方程的能力。	能够基本掌握本课程各个环节讲述的内容。在此基础上，可以针对简化的问题进行有效的建模。具有一定的推导公式的能力。	不满足 D 要求
评分标准 (A~E)：主要填写对教学内容中的基本概念、理论、方法等方面的掌握，及综合运用理论知识解决复杂问题能力的要求。					

制定者：陈小青、马洋、王鹏

批准者：张万荣

2020 年 7 月

# “电路分析基础-2”课程教学大纲

英文名称: Circui Analysis Foudation -2

课程编码: 0010073

课程性质: 学科基础必修课

学分: 3.0

学时: 48

面向对象: 电子科学与技术专业本科生

先修课程: 高等数学(工)、大学物理 I、线性代数、电路分析基础-1

教材及参考书:

[1] 邱关源, 罗先觉主编, 电路(第5版), 高等教育出版社, 2006

[2] 李翰逊, 简明电路分析基础, 高等教育出版社, 2002

## 一、课程简介

《电路分析基础-2》是电子科学与技术专业大二学生的必修课, 该课程主要系统论述正弦交流电路的计算方法, 共分成6个部分: 第一部分是正弦交流电的基本概念, 引入相量数学工具, 利用阻抗与导纳描述电压和电流的约束关系, 求解交流电路中的有功功率、无功功率、复功率等基本问题; 第二部分是非正弦周期电路的分析方法, 用傅立叶级数将激励源函数展开, 取有限项, 求解不同频率下的响应, 然后在时域内用叠加法得到响应; 第三部分是交流电路中的谐振问题, 在谐振频率处, 得到放大的电压或者电流, 用于弱信号跟踪放大; 第四部分是讲解交流电路中的互感电路, 空心变压器和理想变压器的模型与应用; 第五部分是讲解三相电源对称的前提下如何求解电路; 第六部分是求解线性二端口电路的等效总参数、Y参数和T参数。

## 二、课程地位与目标

**(一) 课程地位:**《电路分析基础-2》是从事电工、电子信息技术、通信技术、自动控制工作的技术人员必须具备的基本理论知识, 是高校电类专业必修的学科基础课。《电路分析基础-2》课程理论严密、逻辑性强, 有广阔的工程背景。通过本课程的学习, 对培养学生严肃认真的科学作风和理论联系实际的工程观点, 对培养学生的科学思维能力、分析计算能力、实验研究能力和科学归纳能力都有重要的作用。

通过本课程的学习, 应为学生学习后续课程: 模拟电子电路, 数字电子电路, 信号与系统, 高频电子电路等课程, 打下必要的理论基础, 并为学生参加工作后在创业实践中的“可持续发展”提供必要的知识储备。

本课程支撑电子科学与技术专业指标点 2.4, 4.2。

2.4: 掌握电子科学与技术基础知识, 能够综合应用相关知识解决固态器件与集成电路领域复杂工程问题。

4.2: 针对工程应用问题, 进行电子电路与系统的设计、仿真与调试; 设计过程中体现创新意识。

### (二) 课程目标

**1 教学目标：**写明课程拟达到的课程目标，指明学生需要掌握的知识、素质与能力及应达到的水平，本课程对毕业要求拆分指标点达成的支撑情况，详见表 1。

**表 1 课程目标与毕业要求拆分指标点的对应关系**

序号	课程目标	毕业要求拆分指标点	
		2.4	4.2
1	掌握正弦交流电路和三相对称电路的计算	●	●
2	掌握交流电路的串联谐振	●	●
3	掌握非正弦交注电路化的一般分析方法	●	●
4	掌握对称三相电路、二端口的计算方法	●	●

注：●：表示有强相关关系，◎：表示有一般相关关系，○：表示有弱相关关系

**2 育人目标：**培养学生团队协作、勤奋敬业、吃苦耐劳良好风貌，能灵活运用已学理论知识，分析问题，解决问题，敢为人先、勇于创新新的开拓精神。

### 三、课程教学内容

分章节列出课程教学内容及对课程目标的支撑，详见表 2。

**表 2 教学内容与课程目标的对应关系**

章节名称	教学内容及重点 (▲)、难点 (★)	课程目标 (√)			
		1	2	3	4
第一章 正弦周期交流电路计算	相量 (▲)、交流电功率 (▲)、阻抗 (★)、相量图 (★)	√			
第二章 交流电路谐振	谐振频率 (▲)、品质因素 (★)、串联谐振 (★)、并联谐振 (★)		√		
第三章 非因弦周期电路分析	傅立叶级数 (▲)、平均功率 (★)、时域叠加 (▲)			√	
第四章 互感电路	互感系数 (▲)、互感电压 (★)、转移阻抗 (▲)			√	
第五章 三相对称电路	三相对称电源 (▲)、星三角接法 (▲)、三相功率 (★)			√	
第六章 二端口电路	Z 参数 (▲)、Y 参数 (▲)、T 参数 (▲) 计算				√

### 四、教授方法与学习方法指导

**教授方法：**理论教学和实验教学相结合。根据课程内容的教学要求以及理论与实践相结合的特点，采取包括讲授、举办答疑、留作业、实验、项目驱动、案例教学、线上、线下混合等多种教学模式与方法。

**学习方法：**根据课程及学生学习特点，提出该门课程的指导和建议。包括本门课程特点的学习策略、学习技巧、自主学习指导、课程延伸学习资料获取途径及信息检索方法、教学网站及学习注意事项、学习效果自我检查方法指导等内容。

## 五、教学环节及学时分配

教学环节及各章节学时分配，详见表 3。

表 3 教学环节及各章节学时分配表

章节名称	教学内容	学 时 分 配					合 计
		讲 授	习 题	实 验	讨 论	其 它	
正弦周期交流电路	相量、阻抗、功率因数、相量图、功率计算	8	1	4	1		14
交流电路谐振	谐振频率、品质因素、串联谐振、并联谐振	4	1				5
非正弦周期电路分析	傅立叶级数、平均功率、时域叠加	4	1				5
互感电路	互感系数、互感电压、转移阻抗、空心变压器、理想变压器	5	1		1		7
三相对称电路	三相对称电源、三相对称电路计算、三相功率计算	3	1	2			6
二端口电路	Z 参数、Y 参数、T 参数计算	4	1	2			7
EDA 实验	熟练使用 MULTISIM 软件			4			4
合计		28	6	12	2		48

## 六、考核与成绩评定

课程成绩包括平时成绩 10%、实验成绩 20%、考试成绩 70%。

平时成绩主要反应学生的课堂表现、平时的信息接收、自我约束。成绩评定的主要依据包括：课程的出勤率、课堂的基本表现、主要是课堂作业和课外作业，主要考察学生对已学知识掌握的程度以及自主学习的能力。

实验成绩主要反应学生的动手能力和理论联系实际的能力。成绩评定的主要依据是学生实验的课堂表现和实验完成情况；

考试成绩为对学生学习情况的全面检验。强调考核学生对基本概念、基本方法、基本理论等方面掌握的程度，及学生运用所学理论知识解决复杂问题的能力。

本课程各考核环节的比重及对毕业要求拆分点的支撑情况，详见表 4。

表 4 考核方式及成绩评定分布表

考核方式	所占比例 (%)	主要考核内容及对毕业要求拆分指标点的支撑情况
平时成绩	10	2.4, 4.2
实验成绩	20	2.4
考试成绩	70	2.4, 4.2

## 七、考核环节及质量标准

本课程各考核环节及质量标准，详见表 5。

表 5 考核环节及质量标准

考核方式	评分标准				
	A	B	C	D	E
	90~100	80~89	70~79	60~69	< 60
平时	数量完整准确、按时交、书写工整	数量完整准确、未按时交、书写工整	数量完整，部分作答不够准确、按时交、书写工整	数量完整，部分作答不够准确、未按时交、书写较工整	不满足 D 要求
实验	按时出勤、积极动手参与实验过程、实验中注重团队合作、分工合理工整、实验报告基本概念清晰，解决问题的方案正确、合理，能提出不同的解决问题方案。	按时出勤、积极动手参与实验过程、实验中注重团队合作、分工合理工整、实验报告基本概念基本清晰，解决问题的方案基本正确、基本合理。	按时出勤、能够动手参与实验过程、实验中能够分工合理工整、实验报告基本概念基本清晰，解决问题的方案基本正确、基本合理。	按时出勤、能够动手参与实验过程、实验中能够分工合理工整、实验报告基本概念部分不清晰，解决问题的方案部分不正确、不合理。	不满足 D 要求
考试	按期末考试的标准答案、评分标准百分制评分。	按期末考试的标准答案、评分标准百分制评分。	按期末考试的标准答案、评分标准百分制评分。	按期末考试的标准答案、评分标准百分制评分。	按期末考试的标准答案、评分标准百分制评分。
评分标准（A~E）：主要填写对教学内容中的基本概念、理论、方法等方面的掌握，及综合运用理论知识解决复杂问题能力的要求。					

制定者：宋建国

批准者：张万荣

2020 年 7 月

# “模拟电子技术”课程教学大纲

英文名称: Analog Electronic Technology

课程编码: 0004333

课程性质: 学科基础必修课

学分: 3.5

学时: 56

面向对象: 电子科学与技术专业、微电子科学与工程专业本科生

先修课程: 高等数学(工)、大学物理 I、电路分析基础

教材及参考书:

- [1] 孙景琪, 雷飞, 闫慧兰. 模拟电子技术基础. 高等教育出版社, 2016 年 7 月
- [2] 华成英. 模拟电子技术基础(第五版). 高等教育出版社, 2015 年 7 月
- [3] 桑森(Willy M.C.Sansen) 著, 陈莹梅译. 模拟集成电路设计精粹(电子信息前沿技术丛书). 清华大学出版社, 2020 年 12 月
- [4] 康华光. 电子技术基础(模拟部分). 高等教育出版社, 2006 年
- [5] Robert L. Boylestad, Louis Nashelsky. Electronic Devices and Circuit Theory(Ninth Edition). 电子工业出版社, 2010 年

## 一、课程简介

模拟电子技术是入门性质的技术基础课。模拟电路是多种电子产品、电子设备必不可少的基本组成单元,是物理量在转换成数字信号之前所必经的关键电路,该课程为培养电子科学与技术专业、微电子科学与工程专业人才的电路分析与设计技能奠定基础,为提高其工程应用与创新能力做铺垫。课程主要内容:常用半导体器件原理、基本放大电路、场效应管及放大电路、功率放大电路、模拟集成电路基础、反馈放大电路、信号产生电路、直流稳压电源等。重点是各类放大电路的原理分析和计算,难点是负反馈放大器、集成运算放大器等。为较好的掌握本课程,应在理解各类器件的工作原理基础上,熟练掌握晶体管三种基本放大器的分析与计算,继而掌握其它的放大器或模拟电子电路。

## 二、课程地位与目标

(一) **课程地位:** 本课程是电子科学与技术专业、微电子科学与工程专业的学科基础必修课。旨在继大学物理、电路分析课程以后,培养学生模拟电路的分析、设计及实践能力,为其后期专业课学习提供模拟电子技术理论水平与实践能力的支撑。

本课程支撑毕业要求指标点: 2.4、3.1、5.2

2.4: 掌握电子科学与技术基础知识,能够综合应用相关知识解决固态器件与集成电路领域复杂工程问题。

3.1: 能够识别固态器件、集成电路设计与工艺实现中的关键性能参数和工艺参数,并进行有效表达。

5.2: 能够基于固态器件、集成电路设计中的理论,设计可执行的实验方案,并能对实验结果进行分析和解释。

## （二）课程目标

**1 教学目标：**通过本课程的学习，要求学生掌握电子器件的基本性能，掌握基本放大电路、模拟集成电路、反馈放大电路的基本理论和基本分析方法，为专业深造打下良好的模拟电子技术基础。由模拟集成电路所组成的基本运算电路、信号产生电路、信号处理电路和直流稳压电路的基本设计原理和基本应用技术在实验环节进行。具体而言：

- 掌握模拟电子技术的基本概念以及电路分析方法。
- 培养学生在电子电路综合设计方面的“工程观”、“系统观”。
- 增强模拟电路的实践能力。

**表 1 课程目标与毕业要求拆分指标点的对应关系**

序号	课程目标	毕业要求拆分指标点		
		2.4	3.1	5.2
1	掌握模拟电子技术相关理论，如线性化工程处理问题的思路、电压模及电流模电路的设计要点等，能够培养学生解决电子信息专业领域的复杂工程问题的能力。	●		
2	在掌握模拟电路的分析与设计的能力基础上，学生就能够识别并理解电子科学与技术专业、微电子科学与工程专业领域复杂工程问题。	●		
3	掌握二极管、三极管、稳压管等电子元器件及放大电路、功放、电源等模拟电路知识，能用于设计电气工程领域复杂工程问题的解决方案。在方案设计中能综合考虑社会、安全、法律、文化等因素。通过开关电源设计、D 类功率放大电路设计等模拟电路基本单元分析与设计等能力的培养，使得学生能够设计针对电路、信号处理等领域复杂工程问题的解决方案，设计满足特定需求的系统、单元（部件）或工艺流程，并能够在设计环节中体现创新意识，考虑节能降耗等社会、健康、安全、法律、文化以及环境因素。		◎	
4	在掌握模拟电路的分析与设计的能力基础上，学生能够结合专业知识，分析复杂工程问题，如电路隔离及耦合、电源噪声等的解决方案对健康、安全等的影响，能够理解和评价复杂工程问题的工程实践对环境、社会可持续发展的影响，并承担相应责任。			●

注：●：表示有强相关关系，◎：表示有一般相关关系，○：表示有弱相关关系

**2 育人目标：**写明课程对培养学生的理想信念、家国情怀、民族自信、责任担当、职业素养、行为规范等育人元素，寓价值观引导于知识传授之中。

模电课程中电路设计、器件选择等与环境、社会等因素密切相关，课程建设注重思政元素挖掘，注重课程知识与思政教育的融合。注重同一功能电路的不同设计方法对环境保护等问题的思考，培养学生“分析、评价、创造”等高阶能力。教学过程注重挖掘思政元素，从杰出校友企业反哺本课程建设，到芯片产业卡脖子技术的突破，在潜移默化中培养学生家国情怀和责任担当意识。

### 三、课程教学内容

分章节列出课程教学内容及对课程目标的支撑，详见表 2。

表 2 教学内容与课程目标的对应关系

章节名称	教学内容及重点 (▲)、难点 (★)	课程目标 (√)			
		1	2	3	4
第一章 绪论	模拟电子电路的作用 (▲)、理解信号放大的必要性及信号放大的本质 (★)	√			
第二章 半导体二极管与三极管	二极管、BJT、FET 的外部特性 (▲)；二极管、BJT、FET 的应用技术 (★)	√		√	
第三章 基本放大电路	三种基本放大电路 (▲)、静态工作点的稳定 (▲)、静态工作点的稳定 (★)、放大电路的基本分析方法 (★)	√		√	
第四章 功率放大电路	OCL 甲乙类互补对称电路组成和工作原理 (▲)、最大输出功率和效率的估算方法 (★)	√		√	
第五章 集成运算放大电路	电流源电路的分析 (▲)、多级放大电路的分析方法和计算方法 (▲)、直接耦合放大电路的特殊问题 (★)、同相、反相比例运算电路 (▲)、滞回比较器 (★)	√	√	√	√
第六章 放大电路的频率响应与滤波电路	单级放大电路的频率响应分析方法和计算方法 (▲)、单级放大电路的频率响应 (★)、有源滤波器的组成和工作原理 (★)	√	√	√	√
第七章 反馈放大电路与振荡电路	反馈的基本概念及判断方法 (★)、负反馈放大电路稳定性判别 (★)、深度负反馈放大电路放大倍数的分析方法与计算方法 (▲)、正弦波振荡电路的组成及原理 (▲)	√	√	√	√
第八章 直流稳压电源	串、并联稳压电路的电路组成 (▲)、稳压电路工作原理和输出电压的计算 (▲)、开关电源电路的电路组成和工作原理 (★)	√	√	√	√
第九章 模拟电路与系统的设计及电路分析	模拟电路与系统的设计方法 (▲)、模拟电路与系统案例分析 (★)	√	√	√	√

### 四、教授方法与学习方法指导

**教授方法：**本课程以课堂讲授为主，合计 56 学时，实验单独设课。课内讲授推崇研究型教学，以知识为载体，传授模拟电路的分析与设计方法，引导学生进行自主学习与实践创新。

**学习方法：**搭建基于 B/S 架构的模拟电子技术虚拟仿真网站，便于学生课前预习与课后复习；知识点讲解从实际问题入手，通过层层展开，由浅入深研究式学习；明确各章节的重点任务，做到课前预习，课中认真听课，积极思考，课后认真复习并完成作业。充分利用校级精品课程网站等其它网络资源，为学生学习提供良好的学习平台。

虚拟仿真网站：<http://olms.bjut.edu.cn>

精品课程网站：<http://etcee.bjut.edu.cn/kc/md/index.htm>

## 五、教学环节及学时分配

教学环节及各章节学时分配，详见表 3。

表 3 教学环节及各章节学时分配表

章节名称	教学内容	学 时 分 配					合计
		讲授	习题	实验	讨论	其它	
1	常用半导体器件	5			1		6
2	基本放大电路	10	2				12
3	多级放大电路	3			1		4
4	模拟集成电路	4					4
5	放大电路的频率响应	4	2				6
6	放大电路中的反馈	6	2				8
7	信号的运算与处理	6					6
8	波形的发生和信号的转换	4					4
9	功率放大电路	2					2
10	直流电源	4					4
合计		48	6		2		56

## 六、考核与成绩评定

课程成绩包括平时成绩 20%（作业等 10%，其它 10%），考试成绩 80%。

平时成绩中的其它 10%主要反应学生的课堂表现、平时的信息接收、自我约束。成绩评定的主要依据包括：课程的出勤率、课堂的基本表现（如课堂测验、课堂互动等；作业等的 10%主要是课堂作业和课外作业，主要考察学生对已学知识掌握的程度以及自主学习的能力。

考试成绩 80%为对学生学习情况的全面检验。强调考核学生对基本概念、基本方法、基本理论等方面掌握的程度，及学生运用所学理论知识解决复杂问题的能力。

本课程各考核环节的比重及对毕业要求拆分点的支撑情况，详见表 4。

表 4 考核方式及成绩评定分布表

考核方式	所占比例 (%)	主要考核内容及对毕业要求拆分指标点的支撑情况
平时成绩	20	2.4、3.1、5.2
考试成绩	80	2.4、3.1、5.2

## 七、考核环节及质量标准

本课程各考核环节及质量标准，详见表 5。

表 5 考核环节及质量标准

考核方式	评分标准				
	A	B	C	D	E
	90~100	80~89	70~79	60~69	< 60
作业	作业答题正确，卷面整洁，按时提交作业	作业答题基本正确，卷面基本整洁，按时提交作业	作业大部分答题正确，卷面基本整洁，基本按时提交作业	作业答题部分正确，卷面略显脏乱，基本按时提交作业	不满足 D 要求
研讨	基本概念清晰，方法可行，有效	基本概念清晰，方法基本可行	基本概念比较清晰，方法基本可行	基本概念基本清晰，方法部分可行	不满足 D 要求
考试	概念清晰，解答正确，卷面整洁	概念清晰，解答基本正确，卷面整洁	概念基本清晰，解答基本正确，卷面基本整洁	概念基本清晰，解答部分正确，卷面略显脏乱	不满足 D 要求
评分标准（A~E）：主要填写对教学内容中的基本概念、理论、方法等方面的掌握，及综合运用理论知识解决复杂问题能力的要求。					

制定者：刘旭

批准者：张万荣

2020 年 7 月

# “数字电子技术”课程教学大纲

英文名称: Digital Electronic Technology

课程编码: 0008127

课程性质: 学科基础必修课

学分: 3.5

学时: 56

面向对象: 电子科学与技术、微电子科学与工程

先修课程: 大学物理 I、电路分析基础

使用教材

[1] 江捷、马志成等. 数字电子技术基础. 北京工业大学出版社, 2009 年 10 月

[2] 江捷. 数字电子技术基础学习指导. 北京工业大学出版社, 2010 年 2 月

参考书:

[3] 阎石. 数字电子技术基础 (第五版). 高等教育出版社, 2006 年 5 月

[4] 康华光. 电子技术基础 (第五版). 高等教育出版社, 2006 年 12 月

[5] 王毓银. 数字电路逻辑设计 (第二版). 高等教育出版社, 2005 年 12 月

[6] Thomas L. Floyd. 数字基础 (第七版). 科学出版社, 2002 年 3 月

[7] John F. Wakerly. 数字设计原理与实践 (第三版). 高等教育出版社, 2001 年 5 月

## 一、课程简介

数字电子技术基础课程是一门电子技术入门性质的技术基础课。课程主要研究常用半导体器件的工作原理、基本电子电路的原理和应用。通过课程教学,使学生掌握数字电子技术领域的概念、基本理论、基本方法和基本能力,了解该领域的新技术、新发展、新方法;使学生具有运用计算机分析和设计简单电子电路的能力,掌握用计算机分析电子电路的新方法;使学生具有较强的实验能力,能够使用常规的电子仪器,通过实验安装调试电子电路,具备进行实验研究的初步能力;具有较强的查阅电子技术资料的能力和通过网络获取相关信息的能力,为学习后续专业课程和从事专业工作打下基础。

## 二、课程地位与目标

(一) **课程地位:** 数字电子技术基础是高等学校电子信息类、电气信息类及其各相关专业的重要技术课程,是使学生获得数字电子线路领域的专业知识、基础理论和基本技能的入门性专业基础课程,使学生能够将相关知识和方法熟练应用于数字电路与系统的推演、分析和设计中,有效解决复杂工程问题。

本课程支撑毕业要求拆分指标点: 2.2,4.2,13.1

2.2 掌握工程基础知识,能够用于工程问题的分析与设计。

4.2 针对工程应用问题,进行电子电路与系统的设计、仿真与调试;设计过程中体现创新意识。

13.1 具备终身学习的知识基础,掌握自主学习的方法,了解拓展知识和能力的途径。

### (二) 课程目标

**1 教学目标：**使学生深入理解本课程涉及的基本概念和理论知识，熟练掌握数字电路分析与设计方法，能够基于工作原理和相关方法正确表达数字电路领域的复杂工程问题。具有运用所学专业知识和解决实际工程问题的主观意识和能动性，具有运用计算机分析和设计数字电子线路的基本专业技能、工程实践能力和创新创业意识。

本课程对电子科学与技术专业毕业要求拆分指标点达成的支撑情况，详见表 1。

**表 1 课程目标与电子科学与技术专业毕业要求拆分指标点的对应关系**

序号	课程目标	毕业要求拆分指标点		
		2-2	4-2	13-1
1	掌握数学、自然科学、工程基础知识和电子科学领域专业知识，并能够将其用于解决复杂工程问题。	●	◎	⊙
2	针对数字电路分析与设计中的工程问题，能够设计出满足基本参数及性能指标的解决方案；该方案能够体现创新意识和工程素养。	◎	●	⊙
3	具有自主学习和终身学习的工程意识，有不断学习和适应发展的专业能力。	⊙	⊙	●

注：●：表示有强相关关系，◎：表示有一般相关关系，⊙：表示有弱相关关系

**2 育人目标：**写明课程对培养学生的理想信念、家国情怀、民族自信、责任担当、职业素养、行为规范等育人元素，寓价值观引导于知识传授之中。

本课程以不息为体、日新为道为核心目标，将在整个专业知识讲授过程中贯穿数字电路的实际工程应用。通过简述当今科技在微电子科学与工程学科领域的前沿进展，充分展示自主知识产权的数字集成电路产业的研发成果，加强学生的理想信念、家国情怀、民族自信、责任担当感。培养学生具有人文社会科学素养、社会责任感，能够在工程实践中理解并遵守工程职业道德和规范，履行责任。能够在多学科背景下的团队中承担个体、团队成员以及负责人的角色。具有自主学习和终生学习的意识，关注微电子技术发展前沿，了解国家发展水平与国际先进水平的差异，有缩短差异的意识和有适应发展的能力。

### 三、课程教学内容

分章节列出课程教学内容及对课程目标的支撑，详见表 2。

**表 2-2 教学内容与课程目标的对应关系**

章节名称	教学内容及重点 (▲)、难点 (★)	课程目标 (√)		
		1	2	3
第一章 绪论	<p>教学内容：数字量与模拟量、数字信号与模拟信号、数字电路与模拟电路、数字信号的表示、数字电路的特点及分类、常用数制及相互转换、二进制数的原码/反码/补码表示法、二进制数补码运算、常用编码及特点。</p> <p>基本要求：概述、常用数制、常用数制间的转换、二进制数算术运算、原码/反码/补码和补码运算、常用编码。</p> <p>教学重点▲：常用数制及相互转换、常用 BCD 码。</p> <p>教学难点★：二进制数补码运算。</p>	√		

第二章 逻辑代数 基础	<p>教学内容：基本逻辑运算、常用复合逻辑运算、基本公式、常用公式、代入定理、反演定理、对偶定理、逻辑函数及其表示法、逻辑函数的公式化简法和卡诺图化简法。</p> <p>基本要求：概述、三种基本逻辑运算、常用复合逻辑运算、基本公式、常用公式、三个基本定理、逻辑函数及其表示方法、公式化简法、卡诺图化简法、具有无关项的逻辑函数及其化简。</p> <p>教学重点▲：基本逻辑运算、逻辑函数的几种表示法及其相互转换、逻辑函数的化简。</p> <p>教学难点★：实际逻辑问题的描述、公式化简法。</p>	√	√	
第三章 门电路	<p>教学内容：二极管/三极管/MOS管的开关特性、TTL门电路和CMOS门电路的逻辑功能及其电气特性、TTL门电路与CMOS门电路的接口。</p> <p>基本要求：概述、二极管/三极管的开关特性、TTL门电路、CMOS门电路、TTL门电路与CMOS门电路的接口。</p> <p>教学重点▲：二极管/三极管/MOS管的开关特性、集电极开路输出、漏极开路输出、三态输出特点及应用、TTL门电路和CMOS门电路的外特性。</p> <p>教学难点：TTL门电路和CMOS门电路的输入和输出特性。</p>	√	√	
第四章 组合逻辑 电路	<p>教学内容：组合逻辑电路的基本概念、组合逻辑电路的分析和设计方法、常用集成组合逻辑电路、竞争-冒险问题。</p> <p>基本要求：概述、组合逻辑电路的分析方法、加法器、编码器、译码器、数据选择器、数值比较器、组合逻辑电路的设计方法、竞争-冒险问题</p> <p>教学重点▲：组合逻辑电路分析与设计方法、常见集成组合逻辑电路的功能、用集成组合逻辑电路设计组合逻辑电路的方法。</p> <p>教学难点★：工程实际问题的逻辑抽象（即将实际设计要求转化为逻辑问题，建立描述实际问题的真值表）、组合逻辑电路竞争-冒险现象的判断和消除。</p>	√	√	√
第五章 触发器	<p>教学内容：触发器的逻辑功能及工作原理、基本触发器/同步触发器/主从触发器/边沿触发器的工作原理和触发翻转特点、各种触发器的逻辑功能及其转换原理和方法。</p> <p>基本要求：概述、基本RS触发器、同步RS/D/JK/T/T'触发器、主从RS/JK触发器、边沿触发器、触发器逻辑功能转化、触发器的动态参数。</p> <p>教学重点▲：各类触发器逻辑功能及描述方法、各种触发方式及特点、不同电路结构所带来的不同动作特点。</p> <p>教学难点★：触发器电路结构、逻辑功能、触发方式三者的关系。</p>	√	√	√
第六章 时序逻辑 电路	<p>教学内容：时序逻辑电路的概念和特点、时序逻辑电路的分析与设计方法、典型集成时序逻辑电路的工作原理和应用。</p> <p>基本要求：概述、同步时序逻辑电路分析、异步时序逻辑电路分析、寄存器和移位寄存器、计数器、同步时序逻辑电路的设计、异步时序逻辑电路的设计。</p> <p>教学重点▲：时序逻辑电路的描述方法、时序逻辑电路的分析、同步时</p>	√	√	√

	<p>序逻辑电路（同步计数器）的设计、时序逻辑功能器件的功能、用时序逻辑功能器件设计时序逻辑电路的方法。</p> <p>教学难点★：异步时序逻辑电路的分析和设计、工程实际问题逻辑抽象（将实际设计要求转化为逻辑问题，列出状态转移表）。</p>			
第七章 大规模数字集成电路	<p>教学内容：大规模集成电路的结构特点和工作原理、各类存储器及可编程逻辑器件的结构、工作原理和使用方法。</p> <p>基本要求：概述、半导体存储器分类、只读存储器、随机存储器、用存储器实现组合逻辑函数、可编程逻辑器件</p> <p>教学重点▲：各类存储器及可编程逻辑器件的结构功能和使用方法、用存储器实现组合逻辑函数。</p> <p>教学难点★：ROM 和 RAM 的结构和工作原理、典型可编程逻辑器件的结构和工作原理。</p>	√	√	√
第八章 脉冲波形的产生与整形	<p>教学内容：555 定时器、施密特触发器、单稳态触发器、多谐振荡器。</p> <p>基本要求：概述、555 定时器、用 555 定时器构成施密特触发器、用 555 定时器构成单稳态触发器、用 555 定时器构成多谐振荡器。</p> <p>教学重点▲：用 555 定时器构成施密特触发器、单稳态触发器、多谐振荡器的方法、波形分析方法和主要参数计算。</p> <p>教学难点★：定时电路中电容充电、放电过程的波形分析方法和相关参数计算。</p>	√	√	
第九章 数-模和模-数转换	<p>教学内容：数-模转换和模-数转换的基本原理、常见的 D/A 和 A/D 典型电路及特点。</p> <p>基本要求：概述、权电阻网络型 D/A 转换器、倒 T 形电阻网络型 D/A 转换器、D/A 转换器的主要技术指标、并行比较型 A/D 转换器、逐次逼近型 A/D 转换器、双积分型 A/D 转换器、A/D 转换器的主要技术指标、常用 D/A 转换器和 A/D 转换器芯片的使用方法、特点和应用。</p> <p>教学重点▲：数-模转换和模-数转换的基本原理、转换精度和转换速度。</p> <p>教学难点★：D/A 转换器和 A/D 转换器的转换原理。</p>	√		

#### 四、教授方法与学习方法指导

**教授方法：**结合课程内容的教学要求以及学生认知活动的特点，采取包括讲授、研讨、小组合作、探究教学、项目驱动、案例教学、线上、线上线下混合等多种教学模式与方法。在课堂教学中，力求“以问题激发兴趣、以问题引领内容”，从创设问题情境出发，激发学生的学习兴趣 and 动力。再通过降解复杂问题，使未知问题向已知问题转化，引导学生探索体验知识的发生、发展过程。

**学习方法：**采用理论联系实际的学习策略和学习技巧，具体学习形式为：上课学习+课外自学+作业巩固+实验仿真。了解数字电子技术专业中涉及到的基本概念、基础知识，熟练掌握数字电路与系统的工作原理和基本分析与设计方法，加强实践工程训练。结合课堂教学听讲和课下自主学习、专业书本知识和教学网站信息等多种学习方式。

## 五、教学环节及学时分配

教学环节及各章节学时分配，详见表 3。

表 3 教学环节及各章节学时分配表

章节名称	教学内容	学 时 分 配					合计
		讲授	习题	实验	讨论	其它	
1	绪论	2					2
2	逻辑代数基础	6					6
3	门电路	6					6
4	组合逻辑电路	10	2				12
5	触发器	6					6
6	时序逻辑电路	10	2				12
7	大规模数字集成电路	4					4
8	脉冲波形的产生与整形	3					3
9	数-模与模-数转换	3					3
	总结	2					2
合计		52	4				56

## 六、考核与成绩评定

平时成绩 20%（作业等 10%，出勤和提问 10%），考试成绩 80%。本课程各考核环节的比重及对毕业要求拆分点的支撑情况，详见表 4。

表 4 考核方式及成绩评定分布表

考核方式	所占比例 (%)	主要考核内容及对毕业要求拆分指标点的支撑情况
平时成绩	20	课堂出勤率和基本表现（随堂测验、课堂互动等）占 10%，反映学生平时课堂表现、信息接收和自我约束情况。课堂作业和课外作业占 10%，考察学生知识掌握程度与自主学习能力。
考试成绩	80	考试成绩占 80%，对学生学习情况进行全面检验。强调考核学生对基本概念、基本方法、基本理论等方面掌握的程度，及学生运用所学理论知识解决复杂工程问题的综合能力。

## 七、考核环节及质量标准

本课程各考核环节及质量标准，详见表 5。

表 5 考核环节及质量标准

考核方式	评分标准				
	A	B	C	D	E
	90~100	80~89	70~79	60~69	< 60
作业	完成质量高 (数量完整、 结果准确、板 书工整)、按 时上交	完成质量较高 (数量完整、 结果较准确、 板书工整)、 未按时上交	完成质量一般 (数量较完 整、结果较准 确、板书工 整)、按时上 交	完成质量一般 (数量较完 整、结果较准 确、板书较工 整)、未按时 上交	完成质量差 (数量不完 整、结果不够 准确、板书不 够工整)、未 按时上交
考试	按期末考试标 准答案、评分 标准百分制评 分。	按期末考试标 准答案、评分 标准百分制评 分。	按期末考试标 准答案、评分 标准百分制评 分。	按期末考试标 准答案、评分 标准百分制评 分。	按期末考试标 准答案、评分 标准百分制评 分。
评分标准 (A~E)：主要填写对教学内容中的基本概念、理论、方法等方面的掌握，及综合运用理论知识解决复杂问题能力的要求。					

制定者：袁海英

批准者：张万荣

2020年7月

# “计算机软件基础”课程教学大纲

英文名称: Fundamentals of Computer Software

课程编码: 0008120

课程性质: 学科基础必修课

学分: 2.5

学时: 40

面向对象: 电子科学与技术专业专业本科生

先修课程: 高级语言程序设计, 高级语言程序设计课设

教材及参考书:

- [1]汪友生等, 计算机软件基础, 清华大学出版社, 2016.12
- [2]李淑芬, 计算机软件技术基础, 机械工业出版社, 2009.8
- [3]孟彩霞, 计算机软件基础, 西安电子科技大学出版社, 2003.8
- [4]李金, 计算机软件技术基础, 机械工业出版社, 2010.1
- [5]夏清国, 计算机软件技术基础, 西北工业大学出版社,
- [6]杨建军, 计算机软件技术基础, 机械工业出版社, 2011.9
- [7]严蔚敏, 数据结构 (C 语言版), 清华大学出版社, 2007
- [8]牟艳等, 计算机软件技术基础, 机械工业出版社, 2011.12
- [9]徐士良等, 计算机软件技术基础, 清华大学出版社, 2010

## 一、课程简介

计算机软件基础是以数据结构、软件工程和操作系统为内容的一个课程群,课程内容多,但不是全面详细的讲解,而是选取重点精讲,在有限的教学学时内突出体现其精髓,博中求精。本课程主要内容包括线性数据结构、非线性数据结构、排序和查找、资源管理技术、软件工程技术等。在新的教学体系中,从学习技术基础转到学习技术和应用上,教学中要求具有一定的深度,力求做到学以致用,在“通”的基础上做到会用。学生通过学习和实践,可以在软件技术方面的基础理论和实际应用动手能力得到全面发展。

## 二、课程地位与目标

**(一) 课程地位:** 本课程是为电类非计算机专业本科生开设的一门学科基础必修课,是计算机类课程的基础课程,在电类课程体系中具有非常重要的地位。主要讲授计算机软件领域中涉及的相关基础知识,包括计算机软件基本概念、软件工程、数据结构与算法、操作系统等内容,通过本课程学习应使学生了解和掌握计算机软件技术的基本理论和数据处理方法,为今后开发应用软件打下必要的基础。

本课程支撑的电子科学与技术专业毕业要求拆分指标点的具体描述。

2.2: 掌握工程基础知识,能够用于工程问题的分析与设计。

6.2: 能运用计算机软、硬件技术和 EDA 工具进行专业相关工程项目的编程、模拟、仿真分析,并意识到模型与 EDA 工具局限性的影响。

通过本课程的学习,使学生具备以下能力:

1、通过本课程中算法的设计及学习，提高学生解决实际计算机编程问题的能力，利用计算机来解决实际问题的方法，学习本课程，可培养学生利用计算机工具对相关方案进行模拟的能力。为本专业后续计算机相关课程的学习打基础。

2、通过软件工程的学习，使学生掌握自顶向下，逐层分解的基本工程设计能力，对实际问题的解决提供一个思路。

3、通过操作系统的学习，了解操作系统的特征，为本专业后续的相关课程打基础。

## (二) 课程目标

**1 教学目标：**本课程对毕业要求拆分指标点达成的支撑情况，详见表 1。

**表 1 课程目标与毕业要求拆分指标点的对应关系**

序号	课程目标	毕业要求拆分指标点	
		2.2	6.2
1	使学生掌握开发应用软件所必需的软件基础知识，在理解计算机系统软件特点的基础上，采用较好的数据结构，结合本专业知识开发应用软件打下必要的基础。	●	◎
2	通过本这门课程的学习，培养学生利用计算机软件技术解决问题的基本思路与能力，使学生掌握程序设计技术和进行应用软件开发所必要的基本知识，具有初步的软件分析、算法与数据库的设计、软件设计的能力。	◎	●

注：●：表示有强相关关系，◎：表示有一般相关关系，○：表示有弱相关关系

**2 育人目标：**软件是今后信息产业发展的推动力。美国前期在 24 项高科技领域中调查结果表明，其中 18 项与软件有关。在计算机硬件中 Intel-CPU 植入了木马，微软的 Windows 操作系统植入木马，对国家信息安全问题、国家信息体系的安全、政治、经济与国防的信息安全、高新技术武器的基础核心都是极大的威胁。没有自主知识产权的操作系统，将受制于人。操作系统的安全是一切信息安全的基础。所有软件的自主产权是发展国民经济的重要保障。学好计算机软件相关知识对国家发展至关重要。

## 三、课程教学内容

分章节列出课程教学内容及对课程目标的支撑，详见表 2。

**表 2 教学内容与课程目标的对应关系**

章节名称	教学内容及重点 (▲)、难点 (★)	课程目标 (√)	
		1	2
第一章 绪论	计算机软件的一些基本概念及发展概况，数据结构的基本概念[▲][★]， 数据结构和算法的基本概念以及算法描述和评价方法[▲]		
第二章 线性数据结构	线性表的基本概念、基本运算及存储方法[▲]；栈和队列的基本概念、 基本运算、存储结构及应用实例[▲]；数组的逻辑结构定义以及相应的 存储方式[▲]，针对典型矩阵的数据处理方法，基本操作算法[★]	√	√
第三章	树与二叉树的基本概念、性质、存储结构、遍历方法以及典型应用[▲]	√	√

非线性数据结构	[*]; 图的基本概念、存储结构、遍历方法以及典型应用[▲][*]		
第四章 排序和查找	熟练掌握直接插入排序[▲][*]、简单选择排序[▲][*]和冒泡排序[▲][*]的基本思想和排序过程,了解快速排序、希尔排序、堆排序及归并排序的实现方法。重点掌握顺序查找[▲]、折半查找[▲][*]的方法及过程描述,了解分块查找,掌握二叉排序树[*]及哈希查找[*]几种方法。掌握哈希表[▲]的建立过程及处理冲突的方法。	√	√
第五章 操作系统	了解操作系统的形成与发展,掌握操作系统的基本概念和常用术语[▲],掌握操作系统的进程管理[▲][*]、存储管理和文件管理等基本功能,了解常用的操作系统。	√	√
第六章 软件工程	软件工程学涵盖的内容[▲]、需求分析的内容及方法以及开发大型软件系统必须遵循的设计步骤和实现过程[▲]。重点是熟悉结构化方法的基本思想及分析与设计过程,掌握“瀑布模型”、数据流图、数据字典、判定表、判定树、软件结构图及程序流程图的作用及描述方法	√	√

#### 四、教授方法与学习方法指导

**教授方法:**以讲授为主(36学时),配合实验(4学时)。课内讲授推崇研究型教学,以知识为载体,传授相关的思想和方法,引导学生理解并掌握基本理论知识。实验教学则提出基本要求,引导学生独立完成各数据结构的设计与实现。线上线下混合教学模式与方法。

**学习方法:**养成探索的习惯,特别是重视对基本理论的钻研,在理论指导下进行实践;注意从实际问题入手,归纳和提取各种数据结构的基本特性,设计算法。明确学习各阶段的重点任务,做到课前预习,课中认真听课,积极思考,课后认真复习,不放过疑点,充分利用好教师资源和同学资源。仔细研读教材,适当选读参考书的相关内容,深入理解概念,掌握方法的精髓和算法的核心思想,不要死记硬背。积极参加实验,在实验中加深对数据结构以及相关基础算法的理解。

#### 五、教学环节及学时分配

教学环节及各章节学时分配,详见表3。

表3 教学环节及各章节学时分配表

章节名称	教学内容	学时分配					合计
		讲授	习题	实验	讨论	其它	
第一章 绪论	计算机软件的一些基本概念及发展概况,数据结构的基本概念,数据结构和算法的基本概念以及算法描述和评价方法	2					2
第二章 线性数据结构	线性表的基本概念、基本运算及存储方法;栈和队列的基本概念、基本运算、存储结构及应用实例;数组的逻辑结构定义以及相应的存储方式,针对典型矩阵的数据处理方法,基本操作算法	8	2	2	2		14
第三章 非线性数据结构	树与二叉树的基本概念、性质、存储结构、遍历方法以及典型应用;图的基本概念、存储结构、遍历方法以及典型应用	8	2	1			11

第四章 排序和查找	直接插入排序、简单选择排序和冒泡排序的基本思想和排序过程，了解快速排序、希尔排序、堆排序及归并排序的实现方法。顺序查找、折半查找的方法及过程描述，了解分块查找，掌握二叉排序树及哈希查找几种方法。掌握哈希表的建立过程及处理冲突的方法。	4	2	1			7
第五章 操作系统	了解操作系统的形成与发展，掌握操作系统的基本概念和常用术语，掌握操作系统的进程管理、存储管理和文件管理等基本功能，了解常用的操作系统。	3					3
第六章 软件工程	软件工程学涵盖的内容、需求分析的内容及方法以及开发大型软件系统必须遵循的设计步骤和实现过程。重点是熟悉结构化方法的基本思想及分析与设计过程，掌握“瀑布模型”、数据流图、数据字典、判定表、判定树、软件结构图及程序流程图的作用及描述方法	3					3
合计		28	6	4	2		40

## 六、考核与成绩评定

总成绩=期末 70%+实验 15%+平时 15%

期末考试是对学生学习情况的全面检验。强调考核学生对编译基本概念、基本方法、基本技术的掌握程度，考核学生运用所学方法设计解决问题的能力，淡化考查一般知识、结论记忆。以数据结构的理解和应用以及算法的阅读和编写为主要内容。

实验环节占 15%。用于考核线性结构、查找和排序、树中的内容解决实际问题的应用及能力。

平时成绩占 15%。用于考核每章的课后作业、平时的考勤、课堂提问、平时表现（含课堂测验）等。本课程各考核环节的比重及对毕业要求拆分点的支撑情况，详见表 4。

表 4 考核方式及成绩评定分布表

考核方式	所占比例 (%)	主要考核内容及对毕业要求拆分指标点的支撑情况
作业	10	作业完成的质量。对毕业指标点的支撑 2-2 和 6-2
随堂练习	5	考勤、课堂提问、平时表现（含课堂测验）对毕业指标点的支撑 2-2 和 6-2
实验	15	考勤、实验报告、源代码。对毕业指标点的支撑 6-2
期末考试	70	规定的考试内容掌握情况。对毕业指标点的支撑 2-2 和 6-2

## 七、考核环节及质量标准

本课程各考核环节及质量标准，详见表 5。

表 5 考核环节及质量标准

考核方式	评分标准				
	A	B	C	D	E
	90~100	80~89	70~79	60~69	< 60
作业	作业完成的正确，且书写工整，源代码的题代码质量高	作业完成的较正确，且书写较工整，源代码的题代码质量较高	作业部分完成的正确，且书写较工整，源代码的题代码质量一般	部分作业未完成或完成的作业错误较多，且书写不太工整，源代码的题代码思路不清晰	不满足 D 要求
随堂练习	按时完成，正确率高	按时完成，正确率较高	按时完成，正确率不高	不能按时完成，正确率低	不满足 D 要求
实验	实验报告完整，编程有创新性，设计流程及代码清楚	实验报告完整，设计流程及代码清楚	实验报告较完整，设计流程及代码较清楚	实验报告不完整，设计流程及代码有错误，编译不通过	不满足 D 要求
期末考试	基本概念、理论、方法等方面已经完全掌握，对综合运用理论知识解决复杂问题能力很强	基本概念、理论、方法等方面已经掌握，对综合运用理论知识解决复杂问题能力较强	基本概念、理论、方法等方面未完全掌握，对综合运用理论知识解决复杂问题能力一般	基本概念、理论、方法等方面大部分未掌握，对综合运用理论知识解决复杂问题能力一般	不满足 D 要求
评分标准（A~E）：主要填写对教学内容中的基本概念、理论、方法等方面的掌握，及综合运用理论知识解决复杂问题能力的要求。					

制定者：张小玲

批准者：张万荣

2020 年 7 月

# “微机原理与应用”课程教学大纲

英文名称: Computer Principles and Applications I

课程编号: 0008134

课程性质: 学科基础必修课

学分: 3.5

学时: 56

面向对象: 电子科学与技术专业本科生

先修课程: 数字电子技术、模拟电子技术、高级语言程序设计

使用教材及参考书:

[1] 余春暄, 左国玉等, 80x86/Pentium 微机原理及接口技术(第3版), 机械工业出版社, 2015年6月

[2] 左国玉, 余春暄, 韩德强等, 80x86/Pentium 微机原理及接口技术-习题解答与实验指导(第2版), 机械工业出版社, 2018年1月

[3] 彭虎, 周佩玲等, 微机原理及接口技术(第4版), 电子工业出版社, 2016

## 一、课程简介

微机原理与应用主要是在数字电路、软件基础等课程的基础以 80x86/Pentium 为背景, 通过对计算机系统的内部结构、组成、工作原理等方面的讲授, 以及对学生设计能力的训练, 使学生从理论和实践上掌握计算机的基本原理、基本组成、微处理器的结构及工作原理、指令系统、汇编语言程序设计、存储器及其接口电路设计、计算机接口的概念、数据传输方式以及部分简单智能接口电路的设计及软件编程等, 为学习后续课程以及开发、设计、使用计算机应用系统打下良好的基础。

## 二、课程地位与目标

**(一) 课程地位:** 本课程是电类专业本科生的专业基础课, 是本专业本科生学习和掌握计算机硬件知识以及汇编语言程序设计的入门课。课程以数字电路、模拟电路等课程为基础, 将硬件电路内容延伸到微处理器、内存、接口芯片等, 使简单电路扩展组成电路系统; 同时以软件基础、C 语言等课程为基础, 将软件内容从高级语言, 向底层的汇编语言扩展, 并将硬件与软件结合在一起, 因此, 本课程是连接硬件电路和软件控制课程的纽带和主干。

本课程支撑的毕业要求拆分指标点的具体描述:

电子科学与技术专业:

2.2: 掌握工程基础知识, 能够用于工程问题的分析与设计。

4.2: 针对工程应用问题, 进行电子电路与系统的设计、仿真与调试; 设计过程中体现创新意识。

6.2: 能运用计算机软、硬件技术和 EDA 工具进行专业相关工程项目的编程、模拟、仿真分析, 并意识到模型与 EDA 工具局限性的影响。

**(二) 课程目标:**

**1. 教学目标:** 课程通过课堂教学、以及习题与实践(实验和课程设计)相结合, 使学生

建立电路系统（整机）的概念，具备微机应用系统软件、硬件开发的初步能力。

本课程对毕业要求拆分指标点达成的支撑情况，详见表 1。

**表 1 课程目标与毕业要求拆分指标点的对应关系**

序号	课程目标	毕业要求拆分指标点		
		2.2	4.2	6.2
1	通过学习计算机的系统构成以及计算机中数与码的表示方式，使学生掌握 CPU 功能、结构及寄存器组织，存储器组织，堆栈组织，中断概念、中断类型号、中断向量、中断向量表、中断过程，以及总线周期的概念，进一步掌握计算机的基本构成及工作原理。	●	●	◎
2	通过学习计算机的指令结构，寻址方式，掌握计算机的指令系统的建立；通过学习基本的汇编指令和汇编程序编程，使学生掌握汇编程序设计技术。	●	●	◎
3	通过对接口的基本结构、功能和编址的学习，掌握简单接口设计（锁存器/缓冲器）和 8253A、8255A、8251、8259 可编程接口芯片的功能、内部结构、工作方式及编程技术。	●	●	◎

注：●：表示有强相关关系，◎：表示有一般相关关系，○：表示有弱相关关系

**2.育人目标：**本课程以案例分析激发学生爱国自信，以文献解读加强学理阐释，以人物事迹鼓舞励志求真，以实践教学倡导好学力行，将爱国、敬业、诚信、友善等思政元素融入课堂，使学生由单一的知识掌握与应用延伸到内心情感与专业知识相融合，以实现价值塑造、能力培养、知识传授三位一体的教育教学目标。

### 三、课程教学内容

分章节列出课程教学内容及对课程目标的支撑，详见表 2。

**表 2 教学内容与课程目标的对应关系**

章节名称	教学内容及重点（▲）、难点（★）	课程目标（√）		
		1	2	3
第一章计算机概论	一、介绍本课程及提出对学习本课程的要求二、复习计算机基础基本概念三、初步建立计算机整机概念▲四、计算机中数与码的表示	√	√	√
第二章 8086/8088 微处理器	一、8086/8088 CPU 功能、结构及寄存器组织▲二、8086/8088 CPU 工作模式及引脚功能▲三、存储器组织▲★四、堆栈组织▲★五、中断概念、中断类型号、中断向量、中断向量表、中断过程▲★六、总线周期的概念▲七、系统构成	√	√	√
第三章指令系统与程序设计	一、指令结构二、寻址方式▲★三、8086/8088 CPU 指令系统介绍▲★四、部分汇编伪指令的介绍▲★五、汇编程序结构▲六、汇编程序设计举例	√	√	√
第四章存储器	一、存储器的分类及特性指标二、CPU 与存储器的连接（包括：地址分配与译码、信号连接）▲★三、存储器扩充接口设计举例	√	√	√

第五章计算机接口技术一般概念	一、为什么需要接口二、接口的基本功能三、接口的基本结构与编址▲四、CPU 与外设之间的四种数据传输控制方式▲★五、系统总线六、简单接口设计（锁存器/缓冲器）	√	√	√
第六章可编程定时/计数接口 8253A	一、8253A 功能、内部结构及引脚▲★二、8253A 工作方式及编程▲★三、8253A 应用举例	√	√	√
第七章可编程并行通信接口 8255A	一、8255A 功能、内部结构及引脚▲★二、8255A 工作方式及编程▲★三、8255A 应用举例	√	√	√
第八章可编程串行通信接口 8251	一、串行通信基本概念▲二、串行接口芯片 8251A 的功能与结构▲★三、8251 编程▲★四、8251 应用举例	√	√	√
第九章可编程中断控制器 8259A	一、8259A 功能、内部结构及引脚▲★二、8259A 工作方式及编程▲★三、8259A 应用举例	√	√	√

#### 四、教授方法与学习方法指导

**教授方法:** 本课程与前期学习的课程联系紧密，课程内容涵盖的知识面广，涉及到软件和硬件，且结合紧密。结合课程内容及教学要求以及学生认知活动的特点，采取线下讲授为主的教学模式，通过概念的学习，帮助学生建立微机系统的概念，掌握微机系统的工作原理；采用分组方式，通过线下实验和线上虚拟仿真相结合，训练学生系统设计和编程能力，使学生能将所学的知识应用于实际问题中。

**学习方法:** 根据本课程涉及的知识面广，与前期学习课程联系紧密的特点，学习本课程应该在充分复习前期学习的相关课程的基础上，开展提前预习，学习应该以课程教材为基础，结合提供的课件资料进行系统学习，通过课程提供的习题库，检验学习效果，通过线上和线下的答疑渠道，及时解决出现的问题。充分利用慕课资源和网络资源，拓展相关的知识体系。

#### 五、教学环节及学时分配

教学环节及各章节学时分配，详见表 3。

表 3 教学环节及各章节学时分配表

章节名称	教学内容	学 时 分 配					合 计
		讲 授	习 题	实 验	讨 论	其 它	
第一章计算机概论	一、介绍本课程及提出对学习本课程的要求 二、复习计算机基础基本概念三、初步建立计算机整机概念 四、计算机中数与码的表示	4					4
第二章 8086/8088 微处理器	一、 8086/8088 CPU 功能、结构及寄存器组织二、 8086/8088 CPU 工作模式及引脚功能 三、存储器组织四、堆栈组织五、中断概念、中断类型号、中断向量、中断向量表、中断过程六、总线周期的概念 七、系统构成	6	2				8
第三章指令系统与程序设计	一、指令结构二、寻址方式三、8086/8088 CPU 指令系统介绍四、部分汇编伪指令的介绍五、汇编程序结构六、汇编程序设计举例	6	2	2			10
第四章存储器	一、存储器的分类及特性指标 二、CPU 与存	6	2				8

	储器的连接（包括：地址分配与译码、信号连接）三、存储器扩充接口设计举例						
第五章计算机接口技术一般概念	一、为什么需要接口 二、接口的基本功能 三、接口的基本结构与编址四、CPU 与外设之间的四种数据传输控制方式五、系统总线 六、简单接口设计（锁存器/缓冲器）	4					4
第六章可编程定时/计数接口 8253A	一、8253A 功能、内部结构及引脚二、8253A 工作方式及编程三、8253A 应用举例	4		2			6
第七章可编程并行通信接口 8255A	一、8255A 功能、内部结构及引脚二、8255A 工作方式及编程三、8255A 应用举例	4		2			6
第八章可编程串行通信接口 8251	一、串行通信基本概念二、串行接口芯片 8251A 的功能与结构三、8251 编程四、8251 应用举例	4		2			6
第九章可编程中断控制器 8259A	一、8259A 功能、内部结构及引脚二、8259A 工作方式及编程三、8259A 应用举例	4					4
合计		42	6	8			56

## 六、考核与成绩评定

课程成绩包括平时成绩 10%，实验成绩 20%，考试成绩 70%。

平时成绩主要反映学生的课堂表现、平时的信息接收、自我约束。成绩评定的主要依据包括：课程的出勤率、课堂的基本表现（如课堂测验、课堂互动等）、作业（主要是课堂作业和课外作业），主要考察学生对已学知识掌握的程度以及自主学习的能力。

实验成绩主要反映学生如何设计和实现一个软硬件相结合，并实现特定功能的接口系统的能力：掌握汇编语言和简单接口电路的设计原则，设计一个限定的汇编程序，利用相应的硬件电路实现一定的功能。实验中引导学生发挥潜力，尽量增强系统的功能。培养学生在该复杂系统的研究、设计与实现中的交流能力（口头和书面表达）、协作能力、组织能力。

考试成绩为对学生学习情况的全面检验。强调考核学生对微机和汇编基本概念、基本方法、基本理论等方面掌握的程度，及学生运用所学理论知识解决复杂问题的能力。

本课程各考核环节的比重及对毕业要求拆分点的支撑情况，详见表 4。

表 4 考核方式及成绩评定分布表

考核方式	所占比例（%）	主要考核内容及对毕业要求拆分指标点的支撑情况
平时成绩	10	考核学生对每章节知识点的复习、理解和掌握程度，为毕业要求拆分指标点 2.2、4.2/4.1、6.2 提供支撑。
实验成绩	20	结合课堂学习和实验安排，考核学生对汇编程序设计、硬件接口设计及编程的掌握程度，为毕业要求拆分指标点 2.2、4.2/4.1、6.2 提供支撑。
考试成绩	70	考核学生对基本概念和理论的掌握程度，考核学生运用所学方法解决设计、编程、控制等工程问题的能力，为毕业要求拆分指标点 2.2、

4.2/4.1、6.2 提供支撑。

## 七、考核环节及质量标准

本课程各考核环节及质量标准，详见表 5。

表 5 考核环节及质量标准

考核方式	评分标准				
	A	B	C	D	E
	90~100	80~89	70~79	60~69	< 60
作业	基本概念清晰，能熟练的应用所学的概念方法，设计出好的方案，解决实际问题。	基本概念清晰，能熟练的应用所学的概念方法，设计方案，解决实际问题。	基本概念清楚，能应用所学的概念方法，设计方案，解决部分实际问题。	基本概念清楚，能应用所学的概念方法，设计方案。	不满足 D 要求
实验	解决问题的方案正确、合理，能提出不同的解决问题方案并取得正确结果	解决问题的方案正确、合理，能提出不同的解决问题方案并完成。	解决问题的方案正确、合理并取得正确的结果。	解决问题的方案可行并完成。	不满足 D 要求
考试	基本概念清晰，能熟练的应用所学的概念方法，设计出好的方案，解决实际问题。	基本概念清晰，能熟练的应用所学的概念方法，设计方案，解决实际问题。	基本概念清楚，能应用所学的概念方法，设计方案，解决部分实际问题。	基本概念清楚，能应用所学的概念方法，设计方案。	不满足 D 要求
评分标准（A~E）：主要填写对教学内容中的基本概念、理论、方法等方面的掌握，及综合运用理论知识解决复杂问题能力的要求。					

制定者：邓军

批准者：张万荣

2020 年 7 月

# “统计物理”课程教学大纲

英文名称: Statistical Physics

课程编号: 0000525

课程性质: 学科基础必修课

学分: 2.0

学时: 32

面向对象: 电子科学与技术专业本科生

先修课程: 大学物理 I、高等数学(工)

教材与参考书:

[1] 汪志诚《热力学·统计物理》高等教育出版社, 2008 年

[2] 李卫,《热力学与统计物理》,北京理工大学出版社, 1989 年

[3] 林宗涵, 热力学与统计物理学, 北京大学出版社, 2009 年

[4] 苏汝铿, 统计物理学, 复旦出版社, 1990 年

[5] 王竹溪, 统计物理学导论, 高等教育出版社, 1965 年

## 一、课程简介

统计物理由两部分组成, 一是热力学, 二是统计物理学, 前者是热现象的宏观理论, 后者是热现象的微观理论, 二者均以研究热现象规律及相关物理性质为目的。热力学部分包括: 热力学基本规律, 均匀物质热力学性质。统计物理学部分包括: 近独立粒子最概然分布, 玻色统计和费米统计。在教学中通常采用分开讲, 先讲热力学后讲统计物理。学生体会了热力学的方法, 热力学不需要知道微观细节就可以进行理论分析, 且很普遍, 在解决物理问题时, 往往是热力学与统计物理学结合起来用。通过课程教学, 使学生掌握热力学与统计物理的基本概念、基本理论和基本方法, 具有较强的查阅该课程资料的能力和获取相关信息的能力, 为后续专业课程和从事专业工作打下基础。

## 二、课程地位与课程目标

**(一) 课程地位:** 本课程适用于电子信息与控制工程学院电子科学与技术专业本科生, 是专业基础课。通过本课程的学习, 使学生基本掌握热力学的基本理论, 均匀物质的热力学性质, 统计物理的基本概念及基本方法, 经典粒子的玻尔兹曼统计及其应用, 量子性粒子的玻色统计和费米统计及其简单应用。而且能够运用这些理论解决典型问题, 使学生理论学习能力, 运用理论解决物理问题的能力得到培养和提高, 为后面的专业课(固体物理、半导体物理、半导体器件原理等)学习打下理论基础。

本课程主要为毕业要求 4.1、5.1 的达成提供支撑。

3.1: 针对性能指标需求, 进行固态器件的常规设计和实现, 明确相关的约束条件; 设计过程中体现创新意识。

4.1: 能够对固态器件相关物理现象及特性进行研究和实验验证。

**(二) 课程目标:**

**1 教学目标:** 通过本科课程的学习, 要求学生基本掌握热力学的基本理论, 均匀物质的

热力学性质；统计物理的基本概念及基本方法，经典粒子的玻尔兹曼统计及其应用，量子性粒子的玻色统计和费米统计及其简单应用。要求学生能够运用这些理论解决典型问题，使学生理论学习能力，运用理论解决物理问题的能力得到培养和提高。

**本课程设定 2 个教学目标，具体如下：**

课程目标 1：掌握“热力学部分”中的基本概念、基本理论、基本方法，在系统学习基础上，提升物理问题求解的水平，增强分析能力，体验实现自然科学乐趣。主要内容：热力学第一定律，热力学第二定律，理想气体的熵，热力学基本方程，熵增加原理及应用，热力学过程的判断、克劳修斯方程组，麦氏关系及应用，特性函数。

课程目标 2：掌握统计物理基本概念，修养“基础理论问题”，增强理论结合实际能力，提升对工程问题进行描述和分析水平。掌握等概率原理，玻尔兹曼分布，玻色分布和费米分布。理解系统微观运动状态的描述，理解经典粒子和量子性粒子的分布及微观状态。

课程目标 3：运用物理和数学知识解决自然科学问题这一典型的问题求解过程。能够应用玻尔兹曼统计结合热力学部分的知识能够导出配分函数，给出热力学量的统计表达式及理想气体物态方程，掌握麦克斯韦速度分布律和能量均分定理及应用，理解理想气体的内能和热容量及固体热容量的爱因斯坦理论。了解玻色统计和费米统计的热力学量统计表达式，光子气体和金属中自由电子气。

通过本课程的学习，使学生具备以下能力：

- 1、能够正确理解热力学与统计物理学领域的工程问题的内涵，能够将复杂工程问题分解，分析成为多项的工程基础和专业问题的组合，并能够运用数学、统计物理科学知识分析解决问题。(支撑毕业要求 4.1)
- 2、能够应用所学的基本原理，识别、表达。能够用数学与热力学和统计物理学的基本原理，采用科学方法对本领域的问题进行研究，通过信息综合得到合理有效的结果和验证。(支撑毕业要求 5.1)

**表 1 课程目标与毕业要求拆分指标点的对应关系**

序号	课程目标	毕业要求拆分指标点	
		4.1	5.1
1	掌握“热力学部分”中的基本概念、基本理论、基本方法，在系统学习基础上，提升物理问题求解的水平，增强分析能力，体验实现自然科学乐趣。主要内容：热力学第一定律，热力学第二定律，理想气体的熵，热力学基本方程，熵增加原理及应用，热力学过程的判断、克劳修斯方程组，麦氏关系及应用，特性函数。	◎	⊙
2	掌握统计物理基本概念，修养“基础理论问题”，增强理论结合实际能力，提升对工程问题进行描述和分析水平。掌握等概率原理，玻尔兹曼分布，玻色分布和费米分布。理解系统微观运动状态的描述，理解经典粒子和量子性粒子的分布及微观状态。	●	⊙
3	运用物理和数学知识解决自然科学问题这一典型的问题求解过程。能够应用玻尔兹曼统计结合热力学部分的知识能够导出配分函数，给出热力学量的统计表达式及理想气体物态方程，掌握麦克斯韦速度分布律和能量均分定理及应用，理解理想气体的内能和热容量及	●	◎

	固体热容量的爱因斯坦理论。了解玻色统计和费米统计的热力学量统计表达式, 光子气体和金属中自由电子气。		
--	--	--	--

注: ●: 表示有强相关关系, ◎: 表示有一般相关关系, ⊙: 表示有弱相关关系

## 2 育人目标:

(1) 学习统计物理微观粒子统计分布理论, 掌握这些理论, 能够培养学生理解系统的概念, 及其在电子科学与技术领域, 能对微电子复杂工程问题的解决方案进行分析、进行推导和求解能力。

(2) 由于统计物理本身的抽象性、和复杂性, 通过统计物理理论的学习, 培养学生理论知识学习的能力同时, 也培养学生克服困难的學習精神, 以坚强的勇气探索未知的自然科学, 致身于强国的建设。

(3) 通过统计物理的学习, 培养学生勇于探索科学知识的信念, 理解从实验到理论, 再到实验验证的科学方法。而且能够运用理论解决典型问题, 培养和提高学生解决物理问题的能力, 夯实学生基础能力, 并热衷于专业的研究, 培养国家放心的人才。

## 三、课程教学内容

本课程总学时数为 32 学时, 其教学基本要求安排如下:

表 2 教学内容与课程目标的对应关系

章节名称	教学内容及重点 (▲)、难点 (★)	课程目标 (√)		
		1	2	3
第一章 热力学的基本规律	要求阐明热力学和统计物理建立与发展的及其在现代物理学中的地位, 以及它在本专业知识体系中的基础地位。指导学生能根据不同情况对某些概念、定律、原理、方法等在正确理解的基础上结合事例加以运用。热力学系统的平衡状态及其描述, 热力学第一第二定律, 热容量和焓, 热力学温标, 熵和热力学基本方程, 熵增加原理的简单应用, 自由能和吉布斯函数。 <b>重点▲:</b> 熵和热力学基本方程, 增加原理的简单应用。 <b>难点★:</b> 熵, 增加原理的简单应用。	√		
第二章 均匀物质的热力学性质	本章内容主要是利用麦氏关系求解问题, 掌握几种题型的求解方法。内能、焓、自由能和吉布斯函数的全微分, 麦氏关系的简单应用, 特性函数, 开放系统的热力学基本方程。 <b>重点▲:</b> 内能、焓、自由能和吉布斯函数的全微分, 麦氏关系的简单应用。 <b>难点★:</b> 麦氏关系的简单应用。	√		
第六章 近独立粒子的最概然分布	本章主要是对粒子运动状态的经典描述和量子描述, 在遵循等概率原理下, 微观粒子统计与分布: 玻尔兹曼分布, 玻色分布和费米分布。 <b>重点▲:</b> 粒子运动状态的经典描述, 粒子运动状态的量子描述, 等概率原理, 玻尔兹曼分布, 玻色分布和费米分布。		√	

	难点★：等概率原理，玻尔兹曼分布，玻色分布和费米分布。			
第七章 玻尔兹曼统计	通过这部分的学习，指导学生掌握气体分子按速度的分布规律，运用能量均分定理简化求解问题，掌握理想气体的内能和热容量，固体热容量的爱因斯坦理论。介绍热力学量的统计表达式，理想气体的物态方程，麦克斯韦速度分布律，能量均分定理，理想气体的内能和热容量，理想气体的熵，固体热容量的爱因斯坦理论。 重点▲：热力学量的统计表达式，麦克斯韦速度分布律，能量均分定理，理想气体的内能和热容量。 难点★：麦克斯韦速度分布律。			√
第八章 玻色统计和费米统计	引导学生以光子和自由电子为例讲解玻色统计和费米统计的应用。介绍量子性粒子热力学量的统计表达式，光子气体统计，金属中的自由电子气体及热容。 重点▲：热力学量的统计表达式。 难点★：金属中的自由电子气体及热容量。			√

#### 四、教授方法与学习方法指导

**教授方法：**以讲授（线下）为主。教师讲授上要充分考虑课程的特点，结合实验现象分析，加强对抽象概念理解，注重归纳和总结。选择专业相关实例，结合专业特点，和理论相结合，通过练习，巩固相关知识点。课内讲授推崇研究型教学，以知识为载体，传授相关的思想和方法，引导学生们对自然科学的执着追求。

**学习方法：**对学生的学习方法指导，上课之初介绍统计物理的特点，注意学习方法的不同，由此注意培养成探索的习惯，特别是重视对基本理论的钻研，在理论指导下进行实践。注意从实际问题入手，归纳和提取基本特性，理解抽象理论。总结实验规律与概念和原理的关系，由浅入深，由实验到原理，由抽象到具体，明确学习各阶段的重点任务，做到课前预习，课中认真听课，积极思考，课后认真复习，不放过疑点。仔细研读教材，适当选读参考书的相关内容，深入理解概念，不要死记硬背。通过针对性的习题练习，在掌握原理的同时，提高学生运算能力。

#### 五、教学环节与学时分配

教学环节及各章节学时分配，详见表 3。

表 3 教学环节及各章节学时分配表

章节名称	教学内容	学时分配					合计
		讲授	习题	实验	讨论	其它	
第一章 热力学的基本规律 1.1 热力学系统的平衡状态及其描述， 1.2 热平衡定律和温度， 1.3 物态方程，	基本概念，热平衡态，态函数	2					2

1.4 功							
1.5 热力学第一定律, 1.6 热力学第一定律, 1.7 理想气体的内能, 1.8 理想气体的绝热过程	热力学第一定律, 热力学第一定律, 理想气体的内能, 理想气体 的绝热过程	2					3
1.9 理想气体的卡诺循环, 1.10 热力学第二定律, 1.11 卡诺定理, 1.12 热力学温标	理想气体的卡诺循环, 热力学 第二定律, 卡诺定理,	2					2
1.13 克劳修斯等式和不等式, 1.14 熵和热力学基本方程	克劳修斯等式和不等式, 熵和热力学基本方程	2					2
1.15 理想气体的熵, 1.16 热力学第二定律的普遍表述	理想气体的熵, 热力学第二 定律的普遍表述	2					2
1.17 熵增加原理的简单应用, 1.18 自由能和吉布斯函数	熵增加原理的简单应用, 自由能和吉布斯函数	2	2				4
第二章 均匀物质的热力学性质 2.1 内能、焓、自由能和吉布斯函 数的全微分, 2.2 麦氏关系的简单应用 2.4 特性函数, 开放系统的热力学 基本方程	内能、焓、自由能和吉布斯 函数的全微分, 麦氏关系及应用	2					3
第六章.近独立粒子的最概然分布 6.1 粒子运动状态的经典描述, 6.2 粒子运动状态的量子描述, 6.3 系统微观运动状态的描述	粒子运动状态的经典描述, 粒子运动状态的量子描述, 系统微观运动状态的描述	2					2
6.4 等概率原理, 6.5 分布和微观状态,	等概率原理, 分布和微观状态,	2					3
6.6 玻尔兹曼分布, 6.7 玻色分布和费米分布, 6.8 三种分布的关系	玻尔兹曼分布, 玻色分布和费米分布, 三种分布的关系	2					2
第七章.玻尔兹曼统计 7.1 热力学量的统计表达式, 7.2 理想气体的物态方程,	热力学量的统计表达式, 理想气体的物态方程	2					2
7.3 麦克斯韦速度分布律, 7.4 能 量均分定理, 7.5 理想气体的内能和热容量,	麦克斯韦速度分布律, 能量 均分定理, 理想气体的内能 和热容量,	2	2				2
7.6 理想气体的熵, 7.7 固体热容量的爱因斯坦理论	理想气体的熵, 固体热容量的爱因斯坦理论	2					2
第八章.玻色统计和费米统计 8.1 热力学量的统计表达式, 8.4 光子气体统计, 8.5 金属中的自由电子气体及热容	热力学量的统计表达式, 光子气体统计, 金属中的自由电子气体及热 容	2					2
合计		28	4				32

## 六、考核与成绩评定

平时成绩 20%（作业、出勤等 20%），期末考试 80%。

平时成绩中 20%主要反应学生的课堂表现、平时的信息接受、自我约束。成绩评定的主要依据包括：课程的出勤情况、课堂的基本表现（含课堂测验）、作业情况。

期末考试是对学生学习情况的全面检验。考核学生运用所学知识解决问题的能力，淡化考查一般知识，充分考核学生对统计物理基本概念、基本原理和运用理论解决实际问题的能力。

表 4 考核方式及成绩评定分布表

考核方式	所占比例 (%)	主要考核内容及对毕业要求拆分指标点的支撑情况
平时成绩	20	(1) 主要考核学生对每章节知识点的复习、理解和掌握程度； (2) 每次作业单独评分 (1) 结合教学进度安排阶段小测验，考查学生对相关知识的掌握程度； (2) 课堂练习参与度及其完成质量。 为毕业要求 3-1、4-1 的达成提供支撑。
考试成绩	80	(1) 卷面成绩 100 分，以卷面成绩乘以其在总评成绩中所占的比例计入课程总评成绩。 (2) 期末考试是对学生学习情况的全面检验。强调考核学生对场的基本概念和理论的掌握程度，考核学生运用所学方法解决统计物理基本问题，工程问题的解决等，旨在督促学生系统掌握包括基本思想方法在内的主要内容。 为毕业要求 3-1、4-1 的达成提供支撑。

## 七、考核环节及质量标准

本课程各考核环节及质量标准，详见表 5。

表 5 考核环节及质量标准

考核方式	评分标准				
	A	B	C	D	E
	90~100	80~89	70~79	60~69	< 60
作业	基本概念清晰，解决问题方法正确，合理，能提出不同的解决方法，且逻辑性强，思路严谨。	基本概念清晰，解决问题方法基本正确，合理	基本概念清晰，解决问题方法基本正确，基本合理，但在求解问题过程中存在错误	基本概念不够清晰，不能给出正确合理的解决问题方案，错误较多	不满足 D 要求
研讨					不满足 D 要求
实验					不满足 D 要求
考试	基本概念清晰准确，解决问题的方案正确、合理。	基本概念基本准确，解决问题的基本方案正确、合理。	基本概念大体准确，解决问题的基本方案正确、合理，存在错误	基本概念不够清晰，不能制定正确和合理解决问题的方案；有较多错误	不满足 D 要求
评分标准（A~E）：主要填写对教学内容中的基本概念、理论、方法等方面的掌握，及综合运用理论知识解决复杂问题能力的要求。					

制定者：邢艳辉

批准者：张万荣

2020 年 7 月

# “量子力学Ⅲ”课程教学大纲

英文名称: Quantum Mechanics

课程编码: 0002004

课程性质: 学科基础必修课

学分: 2.0

学时: 32

面向对象: 电子科学与技术专业本科生

先修课程: 高等数学(工)、大学物理 I

教材及参考书:

[1] 周世勋. 量子力学教程. 高等教育出版社, 2009

[2] 苏汝铿. 量子力学. 高等教育出版社, 2002

[3] 曾谨言. 量子力学导论. 北京大学出版社, 1998

## 一、课程简介

量子力学是描述微观粒子运动规律的理论, 组成物质的微观粒子如原子、电子等, 考虑到量子效应, 它们的运动区别于宏观物体, 不能用经典的牛顿力学描述, 都要用量子力学处理, 量子力学是现代固体物理和半导体物理的理论基础。本课程结合电子科学与技术本科生的专业特点, 介绍了经典物理的成就及用经典物理处理微观粒子时遇到的困难, 在讲解德布罗意假设、波函数和态叠加原理等量子力学基本概念的基础上, 引入薛定谔方程, 并用薛定谔方程处理了一维势阱和线性谐振子及氢原子问题, 讲述了算符的概念、算符的性质、量子力学算符与力学量的关系, 微扰及量子跃迁, 自旋及全同粒子。

## 二、课程地位与目标

(一) **课程地位:** 量子力学是电子科学与技术(微电子)专业本科生的专业基础课, 先修课程是大学物理、高等数学, 通过量子力学课程的学习, 为后续专业课特别是固体物理、半导体物理提供必要的现代量子力学的基本原理和基本概念等的准备。量子力学是理论物理的一部分, 了解理论物理处理问题的方法和思路, 对提高学生学习能力、分析问题的能力也是本课程的任务。

本课程主要为毕业要求 2.3、3.2、5.1 的达成提供支撑。

2.3: 掌握固态器件工作原理, 能够应用数学、物理知识建立固态器件模型, 并能够根据工程约束, 选择恰当的边界条件求解。

3.2: 结合电子科学与技术基础知识与理论, 对固态器件与集成电路相关的复杂的工程问题进行建模。

5.1: 能够对固态器件相关物理现象及特性进行研究和实验验证。

### (二) 课程目标

**1 教学目标:** 通过本课程的学习, 要求学生掌握量子力学的基本概念和基本原理, 以及量子力学基本的解题技巧。要求学生能够应用量子力学的基本原理解决一些初等的量子力学问题。

**本课程设定 5 个课程目标，具体如下：**

课程目标 1：掌握经典物理在微观领域遇见的困难，量子论在解决这些困难中的作用，德布罗意假设及其实验验证。

课程目标 2：掌握波函数及其统计意义，粒子数守恒，量子力学的态叠加原理及其与经典物理的区别，薛定谔方程，定态及定态薛定谔方程，一维无限深势阱，线性谐振子问题的求解，势垒贯穿及隧道效应。

课程目标 3：掌握算符的定义及算符的性质，动量及动量几率分布，角动量算符及其本征方程，氢原子核外电子的薛定谔方程及求解，氢原子电子的分布和能量，厄米算符本征函数的正交归一性和完全性，测不准原理。

课程目标 4：掌握非简并定态微扰原理，会运用非简并定态微扰方法解决实际问题，掌握量子跃迁，及简单应用

课程目标 5：了解电子自旋的实验基础上，掌握自旋的概念以及全同粒子对体系波函数的概念，自旋算符与自旋波函数，全同粒子体系波函数的性质和泡利不相容原理。

通过本课程的学习，使学生具备以下能力：

1、通过学习量子力学是处理微观粒子运动的理论，掌握这些理论，能够培养学生理解系统的概念,及其在电子科学与技术领域,能对微电子复杂工程问题的解决方案进行分析,建模，进行推导和求解。（支撑毕业要求 2-3）

2、学习量子力学是处理微观粒子运动的理论，掌握这些理论，能够培养学生理解系统的概念,及其在电子科学与技术领域,能对微电子复杂工程问题的解决方案进行分析,建模，进行推导和求。（支撑毕业要求 3-2）

3、结合固体和半导体中周期势场模型，建立薛定谔方程，运用数学手段解方程，可以针对相关系统完成需求分析；运用量子力学中微扰及量子跃迁理论，对半导体光电材料的光发射问题进行分析，可以得到半导体光电子中的跃迁几率等结果，能够对电子科学与技术相关的物理现象，器件特性进行研究和实验验证。（支撑毕业要求 5-1）

**表 1 课程目标与毕业要求拆分指标点的对应关系**

序号	课程目标	毕业要求拆分指标点		
		毕业要求 2-3	毕业要求 3-2	毕业要求 5-1
1	掌握经典物理在微观领域遇见的困难，量子论在解决这些困难中的作用，德布罗意假设及其实验验证。	◎	◎	⊙
2	掌握波函数及其统计意义，粒子数守恒，量子力学的态叠加原理及其与经典物理的区别，薛定谔方程，定态及定态薛定谔方程，一维无限深势阱，线性谐振子问题的求解，势垒贯穿及隧道效应。	●	◎	◎
3	掌握算符的定义及算符的性质，动量及动量几率分布，角动量算符及其本征方程，氢原子核外电子的薛定谔方程及求解，氢原子电子的分布和能量，厄米算符本征函数的正交归一性和完全性，测不准原理。	◎	●	⊙
4	掌握非简并定态微扰原理，会运用非简并定态微扰方法解	◎	●	⊙

	决实际问题, 掌握量子跃迁, 及简单应用			
5	了解电子自旋的实验基础上, 掌握自旋的概念以及全同粒子对体系波函数的概念, 自旋算符与自旋波函数, 全同粒子体系波函数的性质和泡利不相容原理。	◎	◎	⊙

注: ●: 表示有强相关关系, ◎: 表示有一般相关关系, ⊙: 表示有弱相关关系

## 2 育人目标:

(1) 通过量子力学建立过程的学习, 培养学生勇于探索科学知识的信念, 理解从实验到理论, 再到实验验证的科学方法。

(2) 学习量子力学是处理微观粒子运动的理论, 掌握这些理论, 能够培养学生理解系统的概念, 及其在电子科学与技术领域, 能对微电子复杂工程问题的解决方案进行分析、建模、进行推导和求解能力。

(3) 由于量子力学理论本身的抽象性、和复杂性, 通过量子力学理论的学习, 培养学生理论知识学习的能力同时, 也培养学生克服困难的学习精神。

## 三、课程教学内容

本课程总学时数为 32 学时, 其教学基本要求安排如下:

表 2 教学内容与课程目标的对应关系

章节名称	教学内容及重点 (▲)、难点 (★)	课程目标 (√)				
		1	2	3	4	5
第一章 绪论	要求阐明量子力学的建立与发展的及其在现代物理学中的地位, 以及它在本专业知识体系中的基础地位。经典物理的成就与困难, 黑体辐射, 光电效应, 氢原子光谱, 德布罗意假设及其实验验证 重点▲: 德布罗意假设及其实验验证。 难点★: 黑体辐射、氢原子光谱。	√				
第二章 波函数和薛定谔方程	主要介绍量子力学的一些基本概念和原理。波函数及其统计解释 <sup>[1]</sup> , 态叠加原理, 薛定谔方程, 粒子流密度和粒子数守恒定律, 定态薛定谔方程, 一维无限深势阱, 一维线性谐振子, 势垒贯穿。 重点▲: 薛定谔方程, 一维无限深势阱, 一维线性谐振子。 难点★: 波函数及其统计解释, 态叠加原理。		√			
第三章 力学量的算符表示	介绍量子力学中力学量用算符表示的理论, 动量的平均值和算符的引入, 力学量的平均值, 算符的一般性质和运算规则, 算符之间的对易关系, 厄米算符的本征值和本征函数, 厄米算符本征函数的正交归一性和完全性, 测不准关系和共同本征函数, 氢原子哈密顿算符的本征值和本征函数 重点▲: 力学量的平均值, 厄米算符本征函数的正交归一性和完全性, 氢原子哈密顿算符的本征值和本征函数。 难点★: 动量的平均值和算符, 厄米算符本征函数的正交归一性和完全性。			√		
第四章	介绍量子力学的一种近似计算方法——微扰理论。非简并定态				√	

微扰理论	微扰理论, 量子跃迁 重点▲: 非简并定态微扰理论 难点★: 量子跃迁					
第五章 自旋与全同 粒子	介绍自旋的概念以及全同粒子对体系波函数的要求。电子自旋的实验基础, 自旋算符与自旋波函数, 全同粒子体系波函数的性质 重点▲: 全同粒子体系波函数的性质 难点★: 自旋算符与自旋波函数					√

#### 四、教授方法与学习方法指导

**教授方法:** 教师的讲授上, 充分考虑课程特点, 对特别抽象的概念, 结合实验现象的分析, 注重归纳和总结。对复杂理论的讲授, 在理论分析后, 结合专业特点, 选择专业相关的实例, 通过练习, 锻炼学生运算能力, 巩固相关知识。

**学习方法:** 对学生学习方法的指导, 课程开始时, 首先介绍量子力学课程的特点与以前学习过的普通物理课程的区别, 本课程学习方法和以往课程学习方法的区别。根据本课程概念和原理抽象和数学计算量大的特点, 对抽象概念和原理学习, 指导学生对经典物理与量子力学的区别, 总结实验规律与概念和原理关系, 达到由浅入深, 由实验到原理, 由抽象到具体的学习。对数学计算学习, 注重学习与练习关联, 通过针对性的习题分析、练习, 使学生掌握物理原理同时, 提高学生运算能力。

#### 五、教学环节及学时分配

教学环节及各章节学时分配, 详见表 3。

表 3 教学环节及各章节学时分配表

章节名称	教学内容	学 时 分 配					合 计
		讲 授	习 题	实 验	讨 论	其 它	
第一章 绪论 第一节 经典物理的成就和困难 第二节 黑体辐射 第三节 光电效应	经典物理的成就和困难 黑体辐射 光电效应	2					2
第四节 氢原子光谱 第五节 德布罗意假设	氢原子光谱的波尔理论 德布罗意假设及验证	2					2
第一章	习题课		1				1
第二章 波函数和薛定谔方程 第一节 波函数及其统计解释 第二节 粒子数守恒	波函数及其统计解释 粒子数守恒原理	2					2
第三节 态叠加原理 第四节 薛定谔方程	量子力学中的态叠加原理 薛定谔方程	2					2
第五节 定态、定态薛定谔方程 第六节 一维无限深势阱	定态、定态薛定谔方程及用途 解一维无限深势阱	2					2

第七节 线性谐振子 第八节 势垒贯穿	解一维线性谐振子问题 介绍势垒贯穿	2					2
第二章	第二章习题课		2				2
第三章 力学量的算符表示 第一节 算符的定义、算符的性质	算符的定义、算符的性质, 厄米算符、算符的对易	2					2
第二节 动量算符及动量几率分布 第三节 角动量算符	动量算符及动量几率分布 角动量算符	2					2
第四节 氢原子	氢原子方程、波函数	2					2
第四节 氢原	氢原子几率分布及能量	2					2
第六节 厄米算符本征函数的性质 第七节 测不准原理	厄米算符本征函数的性质 测不准原理	2					2
第三章	习题课		2				2
第四章 微扰理论 第一节 非简并定态微扰	非简并定态微扰 非简并定态问题求解 量子跃迁	2					2
第四章	习题课		1				1
第五章 自旋 第一节 自旋 第二节 全同性原理	自旋 全同性原理 泡利不相容原理	2					2
合计		26	6				32

## 六、考核与成绩评定

平时成绩 30% (作业等 15%，课堂学习 15%)，期末考试 70%。

平时成绩中的 15% 主要反应学生的课堂表现、平时的信息接受、自我约束。成绩评定的主要依据包括：课程的出勤情况、课堂的基本表现 (含课堂测验) 情况。

作业成绩占 15%。主要反映学生对基本概念的理解和掌握情况，学生运用所学习的基本理论建立简单模型的能力，运用数学来解决实际问题的能力。培养学生分析问题解决问题的能力。

期末考试是对学生学习情况的全面检验。充分考核学生对量子力学基本概念、基本原理和运用理论解决实际问题的能力。

表 4 考核方式及成绩评定分布表

考核方式	所占比例 (%)	主要考核内容及对毕业要求拆分指标点的支撑情况
平时成绩	30	平时作业主要考核学生对每章节知识点的复习、理解和掌握程度；每次作业单独评分 结合教学进度安排课堂练习和阶段考试，考查学生对相关知识的掌握程度；课堂练习参与度及其完成质量。 为毕业要求 2.3、3.2、5.1 的达成提供支撑。

考试成绩	70	<p>卷面成绩 100 分，以卷面成绩乘以其在总评成绩中所占的比例计入课程总评成绩。</p> <p>期末考试是对学生学习情况的全面检验。强调考核学生对场的基本概念和理论的掌握程度，考核学生运用所学方法解决量子力学基本问题，工程问题的解决等，旨在督促学生系统掌握包括基本思想方法在内的主要内容。</p> <p>为毕业要求 2.3、3.2、5.1 的达成提供支撑。</p>
------	----	--

## 七、考核环节及质量标准

本课程各考核环节及质量标准，详见表 5。

表 5 考核环节及质量标准

考核方式	评分标准				
	A	B	C	D	E
	90~100	80~89	70~79	60~69	< 60
作业	基本概念清晰，解决问题的方案正确、合理，能提出不同的解决问题方案；	基本概念基本清晰，解决问题的方案基本正确、基本合理；	基本概念基本清晰，解决问题的方案基本正确、基本合理；但是在上述过程中存在错误	基本概念不够清晰，不能制定正确和合理解决问题的方案；有较多错误	不满足 D 要求
考试	基本概念清晰准确，解决问题的方案正确、合理。	基本概念基本准确，解决问题的基本方案正确、合理。	基本概念大体准确，解决问题的基本方案正确、合理，存在错误	基本概念不够清晰，不能制定正确和合理解决问题的方案；有较多错误	不满足 D 要求
评分标准（A~E）：主要填写对教学内容中的基本概念、理论、方法等方面的掌握，及综合运用理论知识解决复杂问题能力的要求。					

制定者：韩军

批准者：张万荣

2020 年 7 月

# “半导体物理”课程教学大纲

英文名称: Semiconductor Physics

课程编码: 0010058

课程性质: 学科基础必修课

学分: 3.0

学时: 48

面向对象: 电子科学与技术专业本科生

先修课程: 大学物理、固体物理学、量子力学、统计物理

教材及参考书:

[1]刘恩科、朱秉升、罗晋生 《半导体物理学》电子工业出版社 2017 年第 7 版。

[2]顾祖毅、田立林、富力文 《半导体物理学》电子工业出版社, 1995 年第一版。

[3][美]施敏、伍国珏著, 耿莉, 张瑞智译《半导体器件物理》, 西安交通大学出版社 2008 年。

[4]美 Donald A. Neamen 著 赵毅强 等译《半导体物理与器件》, 电子工业出版社 2013 年

## 一、课程简介

半导体物理是半导体芯片制备技术中材料特性、基础核心器件元素物理机理的学科基础课程, 起源于上个世纪五十年代。课程主要学习半导体晶体的主要特性, 导电粒子(电子和空穴)在晶体中运动规律、特性, 以及不同导电类型半导体材料形成 PN 结、MOS 结构等最基本器件单元的物理机理。本课程是学习以半导体芯片为核心的微电子技术、半导体光电子技术和集成电路的重要学科基础课程之一。尽管各种新型功能器件不断涌现, 但其中最为基础、核心元素的物理机理一直支持着新型器件物理。本课程对后续的器件物理、集成电路技术、功率器件、射频器件等课程和技术领域构成重要的理论支持。

## 二、课程地位与目标

(一) **课程地位:** 写明本课程在人才培养体系中的地位和作用。

本课程是电子科学与技术专业的专业基础课, 前续课有普通物理、理论物理、固体物理, 后续课程是半导体器件物理、集成电路设计、光电子器件和功率器件等课程。在专业课程体系中, 是开始了解和掌握利用半导体晶体制备固态器件的首门课程。本课程对毕业后从事涉及半导体器件行业工作的重要理论基础, 也是继续深造学习的重要基础课程。本课程对培养目标中的工程知识、问题分析和研究要求指标点方面形成支持。通过课程的学习, 除了掌握为后续课程所需的基本知识点, 还要掌握半导体中分析和处理载流子运动状态的方法和能力。

本课程支撑的毕业要求拆分指标点的具体描述。

2.3: 掌握固态器件工作原理, 能够应用数学、物理知识建立固态器件模型, 并能够根据工程约束, 选择恰当的边界条件求解。

3.2: 结合电子科学与技术基础知识与理论, 对固态器件与集成电路相关的复杂的工程问题进行建模。

5.1: 能够对固态器件相关物理现象及特性进行研究和实验验证。

## （二）课程目标

**1 教学目标：**总的教学目标：使学生掌握“半导体物理”中的基本概念、基本理论、基本原理和分析方法，从整体上认识如何利用半导体晶体实现功能信息处理器件和单元的核心理论和知识点，并掌握半导体器件中分析载流子运动特性理论和方法。

**表 1 课程目标与毕业要求拆分指标点的对应关系**

序号	课程目标	毕业要求拆分指标点		
		2-3	3-2	5-1
1	了解和掌握制备固态器件半导体中电子状态的描述方法	◎	◎	●
2	了解和掌握半导体中杂质和缺陷能级形成机理和作用。	◎	●	●
3	热平衡状态下半导体中载流子的描述及特征	●	●	●
4	掌握外场（电场、磁场）下半导体中载流子输运特性	●	●	●
5	掌握非平衡状态及非平衡载流子特性	●	●	●
6	熟练掌握 p-n 结形成的机理和特性	●	●	●
7	掌握半导体表面与 MIS 结构及电压控制下的特性	●	●	●
8	掌握金属-半导体接触类型和机理	◎	●	◎

注：●：表示有强相关关系，◎：表示有一般相关关系，○：表示有弱相关关系

**2 育人目标：**写明课程对培养学生的理想信念、家国情怀、民族自信、责任担当、职业素养、行为规范等育人元素，寓价值观引导于知识传授之中。

通过对当前国家微电子与集成电路行业的分析，面对国家集成电路产业战略性、先导性、基础性和政治性产业，引导学生要有“责任担当”；

配合课程内容，如 Si 单晶特性和材料参数内容，以当年留学归国科学家（导师）为例，为提高我国半导体材料和器件水平，从“一穷二白”发展到今天的水平的“家国情怀”；

结合课程内容，如 PN 结、MOS 结构部分，引入我国科学家和研究者做出的典型成果，引导学生“励志奋斗”精神；

结合半导体工艺特性方面的特殊要求，培养学生遵从行业规范、保护知识产权方面“工程伦理”素养；

## 三、课程教学内容

分章节列出课程教学内容及对课程目标的支撑，详见表 2。

**表 2 教学内容与课程目标的对应关系**

章节名称	教学内容及重点（▲）、难点（★），	课程目标（√）							
		1	2	3	4	5	6	7	8
第一章 半导体中的电子状态	典型半导体（Si、Ge、GaAs）晶格结构、布拉伐格子、解理面、禁带参数等晶体参数、物理和化学性质▲；半导体中电子和空穴的概念▲、以及晶体中载流子有效质量的概念▲★；	√							
第二章	用能带论的概念，描述晶体中杂质能级▲；以及与		√						

半导体中杂质和缺陷能级	实际空间物理状态的对应关系▲★；理解半导体作为固态器件制备材料中电子和空穴两种粒子导电机理▲★，以及与金属导电机理的不同特征；								
第三章 半导体中载流子的统计分布	半导体中能量空间中的状态密度，费米能级和载流子的统计分布；半导体中电中性条件▲，本征半导体和杂质半导体载流子浓度的来源和性质▲；			√					
第四章 半导体的导电性	载流子电场作用下的漂移运动和迁移率▲；漂移运动的主要散射过程和机理▲★，杂质浓度、温度对迁移率、电阻率的影响关系▲★；磁场下霍尔效应的原理和应用▲；强下载流子运动速度饱和和特性★；热载流子概念、多能谷散射及耿氏效应★。				√				
第五章 非平衡载流子	非平衡态及非平衡载流子寿命▲、准费米能级、产生和复合机理▲；陷阱效应；载流子的扩散运动及其机理▲，漂移运动和扩散运动之间的牵制关系★-双极运动概念★、爱因斯坦关系式；掌握连续性方程式▲。					√			
第六章 PN结	热平衡 p-n 结▲，内建电场，偏置 p-n 结电流电压特性▲★；非理想因素▲、电容特性▲、击穿特性▲★；p-n 结隧道效应▲★						√		
第七章 半导体表面与 MIS 结构	MOS 结构▲，栅极电压对半导体表面载流子的控制作用和机理▲★；MOS 结构 C—V 特性与半导体表面载流子状态的对应和表征关系▲★；Si—SiO <sub>2</sub> 系统的电荷、功函数对 C-V 特性的影响▲。							√	
第八章 金属和半导体接触 异质结	功函数差对半导体表面的影响▲★，肖特基接触▲、欧姆接触▲，半导体异质结和理想异质结能带图的表征方法▲。								√

#### 四、教授方法与学习方法指导

**教授方法：**结合课程内容的教学要求以及学生认知活动的特点，采取包括讲授、研讨、小组合作、探究教学、项目驱动、案例教学、线上、线上线下混合等多种教学模式与方法。

**学习方法：**根据课程及学生学习特点，给出学习该门课程的指导和建议。可以包括体现本课程特点的学习策略、学习技巧、自主学习指导、课程延伸学习资料获取途径及信息检索方法、教学网站及学习注意事项、学习效果自我检查方法指导等内容。

**教授方法：**

1. 讲授为主（48 学时），其中设置 8 学时习题课；
2. 采用线上视频课程，作为辅助手段，利于学生预习和课后复习；
3. 通过有目的引入易于认知错误的问题，进行研究式教学探索，培养学生的注重提升研究素养。

**学习方法：**

- 1、采用每章预习作业方式，利用网上日新学堂平台，提交预习作业，以初步了解学生对主要概念的认知共性问题；
- 2、通过视频课程，拓展授课空间；
- 3、以知识为载体，传授相关的思想和方法，引导学生充分掌握基于半导体芯片关键技术机理所在。
- 4、注意结合实际工程例子为范题，将理论与之际应用结合，将研究中的相关案例介绍给学生。

## 五、教学环节及学时分配

教学环节及各章节学时分配，详见表 3。

表 3 教学环节及各章节学时分配表

章节名称	教学内容	学时分配					合计
		讲授	习题	实验	讨论	其它	
第一章 半导体中的电子状态	典型半导体（Si、Ge、GaAs）晶格结构、布拉伐格子、解理面、禁带参数等晶体参数、物理和化学性质；半导体中电子和空穴的概念、以及晶体中载流子有效质量的概念；	5	1			辅助视频	6
第二章 半导体中杂质和缺陷能级	用能带论的概念，描述晶体中杂质能级；以及与实际空间物理状态的对应关系；理解半导体作为固态器件制备材料中电子和空穴两种粒子导电机理，以及与金属导电机理的不同特征；	5	1			辅助视频	6
第三章 半导体中载流子的统计分布	半导体中能量空间中的状态密度，费米能级和载流子的统计分布；半导体中电中性条件，本征半导体和杂质半导体载流子浓度的来源和性质；	4	1				5
第四章 半导体的导电性	载流子电场作用下的漂移运动和迁移率；漂移运动的主要散射过程和机理，杂质浓度、温度对迁移率、电阻率的影响关系；磁场下载流子运动速度饱和特性；热载流子概念、多能谷散射及耿氏效应。	5	1				6
第五章 非平衡载流子	非平衡态及非平衡载流子寿命、准费米能级、产生和复合机理；陷阱效应；载流子的扩散运动及其机理，漂移运动和扩散运动之间的牵制关系-双极运动概念、爱因斯坦关系式；掌握连续性方程式。	5	2			辅助视频	7
第六章 PN 结	热平衡 p-n 结，内建电场，偏置 p-n 结电流电压特性；非理想因素、电容特性、击穿特性；p-n 结隧道效应	6	1				7
第七章 半导体表面与 MIS 结构	MOS 结构，栅极电压对半导体表面载流子的控制作用和机理；MOS 结构 C—V 特性与半导体表面载流子状态的对应和表征关系；Si—SiO <sub>2</sub> 系统的电荷、功函数对 C-V 特性的影响。	5	1				6

第八章 金属和半导体 接触异质结	功函数差对半导体表面的影响，肖特基接触、欧姆接触，半导体异质结和理想异质结能带图的表征方法。	2	1				3
	总结		2				2
合计		37	11				48

## 六、考核与成绩评定

平时成绩 30%[作业、出勤 10%、综合分析作业（大作业）10%，预习 10%]，期末考试 70%。

平时成绩中的 30%主要反应学生的课堂表现、平时知识接受、提前预习和自我约束状态。成绩评定的主要依据包括：课程的出勤情况、课堂的基本表现（含课堂测验）、作业情况，以及预习作业、综合分析题的完成情况。

期末考试是对学生学习情况的全面检验。强调考核学生对半导体基本性质掌握、载流子导电类型和数量的控制、载流子导电能力的描述，形成一定结构（PN 结、MOS 结构）后，对载流子导电能力的控制特性，以及相关的基本概念、基本方法、基本技术的掌握程度，考核学生基本概念的正确掌握，运用所学知识解决设计和工程中问题能力，以及必要知识点的推导和综合应用能力。

本课程各考核环节的比重及对毕业要求拆分点的支撑情况，详见表 4。

表 4 考核方式及成绩评定分布表

考核方式	占比（%）	主要考核内容及对毕业要求拆分指标点的支撑情况
平时成绩	30	<p>作业（10 分）：</p> <p>1、主要考核学生对每章节知识点的复习、理解和掌握程度；</p> <p>2、每次作业按 100 分制单独评分，按平均分计入最后成绩。</p> <p>覆盖课程的三个指标点。</p> <p>预习（10 分）：</p> <p>1、从第二章开始，在下一章节上课前，借助教育在线，留关键知识点的预习作业，要求通过看书，初步了解知识，并对疑难问题有初步认识。</p> <p>2、每次作业按 100 分制单独评分，按平均分计入最后成绩。</p> <p>覆盖课程的三个指标点。</p> <p>综合性作业(大作业（10 分）：第六章、第七章基本掌握的主要知识点，对 PN 结和 MOS 结构，分别布置两次有一定难度的综合分析题作业。</p> <p>每次作业按 100 分制单独评分，按平均分计入最后成绩。</p> <p>覆盖课程的三个指标点</p>
考试成绩	70	<p>1、卷面成绩 100 分，以卷面成绩乘以其在总评成绩中所占的比例计入课程总评成绩。</p> <p>2、期末考试是对学生学习情况的全面检验。强调考核学生半导体性质的基本概念和理论的掌握程度，考核学生运用所学知识和方法解决固态器件中，确定基本参数的能力，掌握固态器件基本结构（PN 结合 MOS）性质、参数和控制关系等工程问题解决方法和分析能力。</p> <p>覆盖课程的三个指标点</p>

## 七、考核环节及质量标准

本课程各考核环节及质量标准，详见表 5。

表 5 考核环节及质量标准

考核方式	评分标准				
	A	B	C	D	E
	90~100	80~89	70~79	60~69	< 60
作业	按时交、数量完整、抄题目、画出相关图，正确表达单位，工整	晚交作业，基本正确，画出相关图，单位正确。	缺少作业，缺少图表，无单位或不正确。	能够交作业，回答问题，正确率 50%以上。	不满足 D 要求
预习	按时交、资料完整，问题正确。	按时交，能够针对问题，回答问题，基本正确。	按时交，回答问题不全，不能针对问题，有效回答。	按时交，能够针对问题，做出一定的预习。	不满足 D 要求
大作业	基本概念清晰，解决问题的方案正确、合理，能提出不同的解决问题方案；	基本概念基本清晰，解决问题的方案基本正确、基本合理；	基本概念不清晰，解决问题的方案基本不正确、不合理；	基本概念不清晰，不能制定正确和合理解决问题的方案；	不满足 D 要求
考试	基本概念清晰，解决问题的方案正确、合理，能提出不同的解决问题方案；	基本概念基本清晰，解决问题的方案基本正确、基本合理；	基本概念不清晰，解决问题的方案基本不正确、不合理；	基本概念不清晰，不能制定正确和合理解决问题的方案；	不满足 D 要求
评分标准（A~E）：主要填写对教学内容中的基本概念、理论、方法等方面的掌握，及综合运用理论知识解决复杂问题能力的要求。					

制定者：冯士维

批准者：张万荣

2020 年 7 月

# “固体物理学”课程教学大纲

英文名称: Solid-State Physics

课程编码: 0000519

课程性质: 学科基础必修课

学分: 2.0

学时: 32

面向对象: 电子科学与技术专业本科生

先修课程: 统计物理、量子力学 III

教材及参考书:

[1] 黄昆原著, 韩汝琦 改编. 固体物理学. 高等教育出版社, 1985 (教材)

[2] 方俊鑫. 固体物理学. 上海科学技术出版社, 1980

[3] 吕世骥. 固体物理基础. 北京大学出版社, 1990

## 一、课程简介

固体物理学是为电子科学与技术专业本科生开设的专业基础必修课。本课程的任务是使学生掌握理论与实际相结合的研究方法, 针对提出的实际问题, 抓住主要矛盾, 建立科学的物理模型进行解释, 并加以分析总结。固体物理学是研究固体的结构及其组成粒子之间的相互作用与运动规律以阐明其性能与用途的学科。就固体结构来说, 有规则的与不规则的结构之分, 规则结构的固体叫晶体, 其组成原子(分子)是按一定的周期排列的, 不规则结构的固体叫非晶体, 其组成的原子(分子)没有明确的周期性。本课程的主要研究对象是晶体。课程的教学内容重点: 晶体结构, 晶体的结合, 晶格振动, 能带理论, 晶体中电子在电场中的运动, 金属自由电子论, 晶体中的缺陷。

## 二、课程地位与目标

(一) **课程地位:** 该课程是电子科学与技术专业的专业基础必修课, 为后续“半导体物理学”等课程的学习奠定必要的理论基础。

本课程支撑的毕业要求第 2.3、4.1、5.1。

2.3: 掌握固态器件工作原理, 能够应用数学、物理知识建立固态器件模型, 并能够根据工程约束, 选择恰当的边界条件求解。

4.1: 针对性能指标需求, 进行固态器件的常规设计和实现, 明确相关的约束条件; 设计过程中体现创新意识。

5.1: 能够对固态器件相关物理现象及特性进行研究和实验验证。

### (二) 课程目标

**1 教学目标:** 课程的总体目标是让学生掌握固体物理的基本规律、基本概念和处理固体物理学问题的特有方法, 课程的基本任务是通过本课程的学习, 使学生掌握理论与实际相结合的研究方法, 抓住主要矛盾, 通过建立科学的物理模型来处理各种实际问题。本课程对毕业要求拆分指标点达成的支撑情况, 详见表 1。

表 1 课程目标与毕业要求拆分指标点的对应关系

序号	课程目标	毕业要求拆分指标点		
		2.3	4.1	5.1
1	(1) 晶格理论模型建立：通过晶体微观结构的周期性来解释晶体宏观特征（均匀性、对称性、各向异性、解理性）的原因。(2) 晶格理论模型的实验验证：通过晶体衍射实验及倒格子理论验证晶格理论模型。(3) 晶格的归纳总结：七大晶系和 14 种布喇菲原胞。		●	
2	(1) 晶格热振动理论模型：通过晶格振动的物理模型建立、方程求解及结果分析，建立格波的概念，进一步利用量子理论，建立格波与声子间的联系。(2) 晶格热振动理论模型的实验验证：利用晶格振动的声子理论，解释固体低温比热以 $T^3$ 趋于零的实验结果。	●		●
3	(1) 掌握金属自由电子论模型及其在电子低温比热中的应用。(2) 掌握近自由电子近似及紧束缚近似两种能带论模型。(3) 能带论的应用：用能带论解释导体、半导体和绝缘体的导电性。	●		●

注：●：表示有强相关关系，◎：表示有一般相关关系，○：表示有弱相关关系

**2 育人目标：**在课程的一些重点章节中，对提出相关理论的科学家（如黄昆、布喇格父子、德拜、布洛赫、布里渊、费米、索末菲等）进行介绍，寓价值观引导于知识传授之中，培养学生的理想信念、家国情怀、民族自信、责任担当、职业素养和行为规范等。

### 三、课程教学内容

课程教学内容及对课程目标的支撑，详见表 2。

表 2 教学内容与课程目标的对应关系

章节名称	教学内容及重点(▲)、难点(★)	课程目标 (√)		
		1	2	3
第 0 章 绪论	固体物理的研究对象▲，晶体、非晶体和准晶体的区别★，固体物理的发展过程，固体物理的学科领域，固体物理的研究方法▲	√		
第一章 晶体结构	晶体的宏观特征，晶格实例，晶体的周期性▲，晶向与晶面▲，倒格子▲★，晶体的对称性对称操作，晶系布喇菲格子	√		
第二章 晶体的结合	离子性结合，共价结合▲，金属性结合，分子性结合，混合型结合，结合力的一般性质▲★		√	
第三章 晶格振动和晶体的热学性质	一维简单原子链的振动▲，一维双原子链的振动▲，晶格振动的量子化声子▲★，晶格热容的量子理论，非简谐效应▲		√	
第四章 能带理论	概述，布洛赫波▲，微扰法——自由电子近似▲，简并微扰法▲★，布里渊区▲★，紧束缚近似▲★			√
第五章 晶体中电子在电场中的运动	晶体中电子运动的速度、加速度和有效质量▲★，恒定电场下电子的运动，导体、绝缘体和半导体的能带理论▲			√
第六章	电子气的能量状态▲★，电子气的费米能量▲，金属中电子气的热			√

金属自由电子论	容量			
第七章 晶体中的缺陷	缺陷的类型 <sup>▲</sup> ，点缺陷 <sup>▲</sup> ，线缺陷 <sup>▲*</sup> ，面缺陷及其它缺陷，晶体中的扩散			√

#### 四、教授方法与学习方法指导

**教授方法：**课内讲授推崇研究型教学，以线下课堂教授为主，以知识为载体，传授固体物理学研究相关的思想和方法，对晶体结构部分结合具体教具，化抽象为具体；对晶体振动及能带部分，结合多媒体课件，化枯燥为生动，开发相应的交互课件，加强学生的课上主动参与，提高主动学习的热情。

**学习方法：**养成探索的习惯，特别是重视对基本理论的钻研，在理论指导下进行实践。针对具体物理问题，提取基本特性，设计抽象模型，进行数学求解，最后实现用理论模型结论解决实际物理问题。做到基于线上课件资料课前预习，课中认真听课，积极思考，课后认真复习，不放过疑点，充分利用好教师资源和同学资源。仔细研读教材，适当选读参考书的相关内容，掌握固体物理学研究的方法论。

#### 五、教学环节及学时分配

教学环节及各章节学时分配，详见表 3。

表 3 教学环节及各章节学时分配表

章节名称	教学内容	学时分配					合计
		讲授	习题	实验	讨论	其它	
0	绪论	1					1
1	晶体结构	7	1				8
2	晶体的结合	1					1
3	晶格振动和晶体的热学性质	5	1				6
4	能带理论	7	1				8
5	晶体中电子在电场中的运动	3					3
6	金属自由电子论	3	1				4
7	晶体中的缺陷	1					1
合计		28	4				32

#### 六、考核与成绩评定

课程成绩包括平时成绩 30%（作业 15%，课堂 15%），期末考试 70%。

平时成绩中的作业 15%主要是课外作业，主要考察学生对已学知识掌握的程度以及自主学习的能力；课堂 15%主要反应学生的课堂表现、平时的信息接收、自我约束，成绩评定的主要依据包括：课程的出勤率、课堂的基本表现（如课堂测验、课堂互动等）。

考试成绩 70%为对学生学习情况的全面检验。强调考核学生对基本概念、基本方法、基本理论等方面掌握的程度，及学生运用所学理论知识解决复杂问题的能力。

本课程各考核环节的比重及对毕业要求拆分点的支撑情况，详见表 4。

表 4 考核方式及成绩评定分布表

考核方式	所占比例 (%)	主要考核内容及对毕业要求拆分指标点的支撑情况
平时作业	15	相关作业的完成质量，对应毕业要求 2-3、4-1、5-1 达成度的考核。
平时课堂	15	课堂出勤、练习、参与度及其完成质量，对应毕业要求 2-3、4-1、5-1 达成度的考核。
期末考试	70	对规定考试内容掌握的情况，对应毕业要求 2-3、4-1、5-1 达成度的考核。

## 七、考核环节及质量标准

本课程各考核环节及质量标准，详见表 5。

表 5 考核环节及质量标准

考核方式	评分标准				
	A	B	C	D	E
	90~100	80~89	70~79	60~69	< 60
平时作业	按时高质量完成	按时较高质量完成	按时完成	按时基本完成	不满足 D 要求
平时课堂	全勤、测验完成好、互动积极	全勤、测验完成较好、互动较积极	出勤率较高、测验完成	出勤率一般、测验基本完成	不满足 D 要求
期末考试	完全掌握	良好掌握	基本掌握	粗浅掌握	不满足 D 要求
评分标准 (A~E)：主要填写对教学内容中的基本概念、理论、方法等方面的掌握，及综合运用理论知识解决复杂问题能力的要求。					

制定者：李建军

批准者：张万荣

2020 年 7 月

# “电磁场理论”课程教学大纲

英文名称: Electromagnetic Field Theory

课程编码: 0000516

课程性质: 学科基础必修课

学分: 2.0

学时: 32

面向对象: 电子科学与技术专业本科生

先修课程: 高等数学(工)、大学物理 I

教材及参考书:

[1] 谢处方 饶克谨 编著,《电磁场与电磁波》(第4版)高等教育出版社,2018

[2] 邹澎 周晓萍 马力编著《电磁场与电磁波》(第2版)清华大学出版社,2016

[3] 马西奎 沈瑶 邹建龙等译《电磁场与波-电磁材料及 MATLAB 计算》机械工业出版社,2014年

## 一、课程简介

工科电子类专业均以电磁为基本出发点,电子类各专业主要课程的核心内容都是电磁现象在特定范围、条件下的体现,因此分析电磁现象的定性过程和定量方法是重要理论基础,本课程从场的理论出发,分析场量的分布,从中体会电类常用参数的由来;分析静态场和动态场,理解电磁波的传播,电磁能量的传输。在此基础上掌握场的分析方法,从中得到分析问题和解决问题能力的提升。通过本课程的学习,使学生掌握电磁场理论的基本知识及基本理论以及处理问题的基本方法,为后面的专业课(固体物理、半导体物理、半导体器件原理等)学习打下理论基础。

## 二、课程地位与目标

**(一) 课程地位:**“电磁场理论”在电气控制、通信、雷达、导航、遥控、环境监测、遥感、灾害预报和资源勘探等领域有广泛的应用。电类各专业的研究对象都是电磁现象在特定范围、条件下的体现与应用。“电磁场理论”课程是工科电类专业重要的专业基础课之一,它的教学目的是在大学物理电磁场的基础上,进一步阐述宏观电磁场的基本性质、基本规律和基本分析计算方法,培养学生运用场的观点对工程电磁场问题进行初步分析与计算,掌握电磁场的场量、参数、特性的基本测量方法,并为后续专业课奠定基础,因此它是基础课与专业课之间的桥梁。

本课程支撑的毕业要求拆分指标点的具体描述。

2.3: 掌握固态器件工作原理,能够应用数学、物理知识建立固态器件模型,并能够根据工程约束,选择恰当的边界条件求解。

3.1: 能够识别固态器件、集成电路设计与工艺实现中的关键性能参数和工艺参数,并进行有效表达。

4.1: 针对性能指标需求,进行固态器件的常规设计和实现,明确相关的约束条件;设计过程中体现创新意识。

13.1: 具备终身学习的知识基础, 掌握自主学习的方法, 了解拓展知识和能力的途径。

## (二) 课程目标

**1 教学目标:** 写明课程拟达到的课程目标, 指明学生需要掌握的知识、素质与能力及应达到的水平, 本课程对毕业要求拆分指标点达成的支撑情况, 详见表 1。

**表 1 课程目标与毕业要求拆分指标点的对应关系**

序号	课程目标	毕业要求拆分指标点			
		2.3	3.1	4.1	13.1
1	能够运用数学、物理等知识表达电磁场工程问题, 能够描述源、场及其相互关系, 掌握基本电路元器件(电阻、电容、电感)的定义方法, 掌握基本电路参数(电荷, 电流, 电压)的定义方法, 并能正确求解。		●		
2	能够基于静态场边值唯一性定理判断静态电磁场求唯一解的可能性, 能够基于唯一性定理采用不同方法对静态电磁场进行求解。能够对复杂时变电磁场进行合理简化, 构建模型, 并判别求解的唯一性, 能够分析静态场和时变场参数的异同(是否随频率发生变化)。	●	◎		
3	能够针对半导体器件、微电子电路(含集成电路)等领域的复杂工程问题, 如基本元件参数设计、能量传输, 整体排布等, 根据用户要求, 确定设计原则, 设计合理方案, 找出关键问题, 以满足用户需求。		◎	●	
4	能够应用静态场的知识分析日常电子设备原理, 并能够利用合适软件分析场分布。			◎	●

注: ●: 表示有强相关关系, ◎: 表示有一般相关关系, ○: 表示有弱相关关系

**2 育人目标:** 写明课程对培养学生的理想信念、家国情怀、民族自信、责任担当、职业素养、行为规范等育人元素, 寓价值观引导于知识传授之中。

a 在绪论课程中讲授电磁场理论的发展过程, 并给出大体的理论框架, 重要的科技成果以及典型的代表人物。例如在经典电磁场理论阶段应介绍电荷守恒定律、库仑定律、高斯定律和法拉第电磁感应定律以及麦克斯韦方程组等, 介绍当时的背景以及科学家的思考、探索及验证的过程, 增强工程素养。

b 明确本课程对工程实际和国防工业的巨大作用, 在传授课程知识的同时, 给出实例进行引导, 比如 5G 通信、北斗卫星导航系统、中科院天文台的 500 米口径球面设点望远镜(FAST)等, 还有大型无人机编队飞行, 70 年国庆虚拟仿真等, 以积极的心态传播正能量, 把正确的道德观传授给学生, 激发学生的民族自信、自豪感与责任担当, 并通过这些实例潜移默化地影响学生的人生观。

### 三、课程教学内容

分章节列出课程教学内容及对课程目标的支撑，详见表 2。

表 2 教学内容与课程目标的对应关系

章节名称	教学内容及重点(▲)、难点(★)	课程目标(√)			
		1	2	3	4
第一章 矢量分析与场论	标量场和矢量场；散度▲★；旋度▲★；梯度▲★；亥姆霍兹定理▲	√			
第二章 电磁场的基本规律	电荷与电荷分布 电流与电流密度★；电流连续性方程★；电场强度 库仑定理▲电场强度的矢量积分公式▲★；安培力定律 磁感应▲磁感应强度的矢量积分公式▲★；媒质的电磁特性▲，电位移矢量与磁场强度矢量的引入▲；法拉第电磁感应定律▲位移电流▲；麦克斯韦方程及边界条件▲★；	√			
第三章 静态电磁场及其边值问题	静电场的基本方程及边界条件▲；位函数的引入及边界条件泊松方程拉普拉斯方程▲；导体系统的电容▲★；静电场的能量▲★；恒定电场的基本方程 边界条件▲；导电媒质的电导；恒定磁场基本方程及边界条件▲；标量磁位矢量磁位▲★；磁偶极子的矢量位和标量位▲★；电感 自感与互感▲；磁场能量▲；边值问题解的唯一性定理▲；直角坐标中的分离变量法▲；球坐标中的分离变量法▲；镜象法▲★；	√	√	√	√
第四章 时变电磁场	波动方程▲；时变场的位函数▲；动态矢量位和标量位▲★；坡印廷定理和坡印廷矢量▲★；唯一性定理▲；时谐电磁场的复数表示▲；复电容率 复电导率▲★；亥姆霍兹方程▲；时谐场的位函数▲；平均能量密度 平均能流密度矢量▲		√	√	

### 四、教授方法与学习方法指导

**教授方法：**结合课程内容的教学要求以及学生认知活动的特点，采取包括讲授、研讨、小组合作、探究教学、项目驱动、案例教学、线上、线上线下混合等多种教学模式与方法。

以讲授为主（32 学时）。课内讲授注重基本理论，同时联系工程实际，以知识为载体，传授相关的思想和方法，引导从理论上理解电学参数的定义，同时从示例中反思电学参数的设计原则，从而能够支撑毕业要求。同时传授工程设计实际，对电磁场场量进行合理简化(即考虑到达到简化目的，又符合客观实际)，采用多种方法进行场量求解，并能够确定求解场量的正确性。通过对其中范例的讲解加深学生对枯燥物理数学公式的理解，建立工程化视野。

**学习方法：**根据课程及学生学习特点，给出学习该门课程的指导和建议。可以包括体现本课程特点的学习策略、学习技巧、自主学习指导、课程延伸学习资料获取途径及信息检索方法、教学网站及学习注意事项、学习效果自我检查方法指导等内容。

养成探索的习惯，特别是重视对基本理论的钻研，在理论指导下进行实践；注意从实际问题入手，归纳和提取基本特性，设计抽象模型，最后实现电磁场问题求解。明确学习各阶段的重点任务，做到课前预习，课中认真听课，积极思考，课后认真复习，不放过疑点，充分利用好教师资源和同学资源。仔细研读教材，适当选读参考书的相关内容。

## 五、教学环节及学时分配

教学环节及各章节学时分配，详见表 3。

表 3 教学环节及各章节学时分配表

章节名称	教学内容	学时分配					合计
		讲授	习题	实验	讨论	其它	
第一章	矢量分析与场论	2					3
第二章	电磁场的基本规律	7			2		6
第三章	静态电磁场及其边值问题	12	1				12
第四章	时变电磁场	6	1		1		6
合计		27	2		3		32

## 六、考核与成绩评定

成绩包括平时成绩 20%（作业 50%，小组讨论（日新学堂）30%，其它 20%），考试成绩 80%。

平时成绩中的其它 20%主要反应学生的课堂表现、平时的信息接收、自我约束。成绩评定的主要依据包括：课程的出勤率、课堂的基本表现（如课堂测验、课堂互动）等；作业与课下测试（日新学堂）的 50%主要是课堂作业和课外作业，主要考察学生对已学知识掌握的程度以及自主学习的能力。小组讨论的 30%考察学生的自学能力和团队协作能力。

考试成绩 80%为对学生学习情况的全面检验。强调考核学生对基本概念、基本方法、基本理论等方面掌握的程度，及学生运用所学理论知识解决复杂问题的能力。

本课程各考核环节的比重及对毕业要求拆分点的支撑情况，详见表 4。

表 4 考核方式及成绩评定分布表

考核方式	占比 (%)	主要考核内容及对毕业要求拆分指标点的支撑情况
作业	10	(1) 主要考核学生对每章节知识点的复习、理解和掌握程度； (2) 每次作业按 100 分制单独评分。支持毕业要求指标点 2.3、3.1、4.1
其它	4	(1) 结合教学进度安排阶段考试，考查学生对相关知识的掌握程度； (2) 阶段考试成绩以按 100 分制单独评分。支持毕业要求指标点 2.3、3.1、4.1
小组讨论	6	(1) 第一章结合绪论，考核同学查找资料，分析机械波与电磁波，以及最新发展的引力波。 (2) 第三章结合静态场，考核同学查找资料，查找具体应用实例，可以结合最新科技进展。支持毕业要求指标点 13.1
考试成绩	80	(1) 卷面成绩 100 分，以卷面成绩乘以其在总评成绩中所占的比例计入课程总评成绩。 (2) 期末考试是对学生学习情况的全面检验。强调考核学生对场的基概念和理论的掌握程度，考核学生运用所学方法解决静态场和动态场场量、边界条件、唯一性确定的的能力。主要是各种场（矢量场、标量场）的表征，场值唯一性确定的条件，工程问题的解决等，旨在督促学生系统掌握包括基本思想方法在内的主要内容。支持毕业要求指标点 2.3、3.1、4.1

## 七、考核环节及质量标准

本课程各考核环节及质量标准，详见表 5。

表 5 考核环节及质量标准

考核方式	评分标准				
	A	B	C	D	E
	90~100	80~89	70~79	60~69	< 60
作业	严格按照作业要求并及时完成，基本概念清晰，解决问题的方案正确、合理，能提出不同的解决问题方案	基本按照作业要求并及时完成，基本概念基本清晰，解决问题的方案基本正确、基本合理	不能按照作业要求，未按时完成，基本概念不清晰，解决问题的方案基本不正确、不合理	能够在学期内补交作业	不满足 D 要求
小组讨论	资料的查阅、知识熟练运用，积极参与讨论、能阐明自己的观点和想法，能与其他同学合作、交流，共同解决问题。	基本做到资料的查阅、知识的运用，能参与讨论、能阐明自己的观点和 60-79 分想法，能与其他同学合作、交流，共同解决问题	做到一些资料的查阅和知识的运用，参与讨论一般、不能阐明自己的观点和想法，与其他同学合作、交流，共同解决问题的能力态度一般。	能够在学期内补交讨论材料	不满足 D 要求
考试	按期末考试的标准答案，评分标准百分制评分，总评后折算成 80 分				
评分标准（A~E）：主要填写对教学内容中的基本概念、理论、方法等方面的掌握，及综合运用理论知识解决复杂问题能力的要求。					

制定者：崔碧峰

批准者：张万荣

2020 年 7 月

# “集成电路分析与设计”课程教学大纲

英文名称: Integrated Circuit Analysis and Design

课程编码: 0008119

课程性质: 学科基础必修课

学分: 3.0

学时: 48

面向对象: 电子科学与技术专业本科生

先修课程: 电路分析基础、数字电子技术、模拟电子技术、半导体物理

教材及参考书:

[1]甘学温等, 集成电路原理与设计, 北京大学出版社, 2006年2月

[2]叶以正, 来逢昌, 集成电路设计, 清华大学出版社, 2011年5月

[3]夏宇闻, Verilog 数字系统设计教程, 北京航空航天大学出版社, 2003年7月

[4]孙肖子, 《专用集成电路设计基础》, 西安电子科技大学出版社, 2003年10月

## 一、课程简介

由于信息技术的高速发展和广泛应用, 推动电子工业全面进入集成化时代。各种通用、专用集成电路得到了更加广泛的普及, 其应用面越来越广阔。专业集成电路设计人员的需求在逐年增大。因此, 本课程的开设尤为重要。该课程覆盖多门课程, 要求学生有较扎实的电路基础知识。课程教学突出集成电路的特点, 以典型电路进行剖析和讲解, 为学生今后从事微电子技术方面的研发和设计打下坚实的基础。

本课程教学以 CMOS 工艺为主, 从电路的单元特性和工作原理出发, 学习研究中大规模及 VLSI 的设计特点, 熟悉并掌握版图设计流程和方法。通过本课程的学习, 使学生能够深入了解和掌握反映 VLSI 超大规模集成电路发展的新技术、新器件、新电路, 关注 VLSI 领域的新发展, 并熟练掌握集成电路设计的基本方法和技术。

## 二、课程地位与目标

**(一) 课程地位:** 本课程是电子科学与技术专业的学科基础必修课, 可以作为其它电子类专业的选修课, 属于电子电路设计技术系列。旨在继电路分析基础、数字电子技术、模拟电子技术、半导体物理学等课程后, 引导学生认识电路集成化的概念和制造工艺的作用与影响, 培养集成电路的分析与设计能力、设计与仿真验证, 版图设计方法及系统化设计思路拓展。增强学生对抽象、理论、设计与验证的理解, 学习基本分析方法和研究方法; 引导学生追求从问题出发, 通过形式化和抽象化来进行分析、综合与设计, 强化学生的基本设计技能; 除了学习知识外, 还要学习系统化的设计理念与方法, 了解高级复杂的系统化集成电路芯片的设计与实现方法, 培养其工程意识和能力。

本课程支撑的毕业要求拆分指标点的具体描述。

2.4: 掌握电子科学与技术基础知识, 能够综合应用相关知识解决固态器件与集成电路领域复杂工程问题。

3.1: 能够识别固态器件、集成电路设计与工艺实现中的关键性能参数和工艺参数, 并进

行有效表达。

3.2: 结合电子科学与技术基础知识与理论,对固态器件与集成电路相关的复杂的工程问题进行建模。

4.3: 针对工程应用的集成化设计需求,能够确定整体方案,进行任务分解,制定工艺与设计流程,初步完成集成电路及其版图的设计与仿真验证,并体现创新意识。

5.3: 掌握集成电路设计分析方法与工艺约束,合理使用设计工具,并分析特性参数和性能指标,以得到合理方案。

## (二) 课程目标

**1 教学目标:** 通过本课程的学习,使学生能够深入了解和掌握反映 VLSI 超大规模集成电路发展的新技术、新器件、新电路,关注 VLSI 领域的新发展,并熟练掌握集成电路设计的基本方法和技术。该目标包括如下子目标内容:

课程目标 1: 学习集成电路的发展历程与发展规律,了解集成电路的工艺特性与流程,熟悉工艺环节对集成电路性能的影响,掌握与 VLSI 密切相关的 CMOS 结构和工艺、常用集成电路工艺特点。

课程目标 2: 以集成电路的器件和模型的特性及建模原理为基础,掌握基本单元电路的分析和设计方法,并能够运用基本单元电路实现具有高级功能、规模较大的集成电路及模块。

课程目标 3: 掌握 I/O 设计原理与规则,并能够合理运用各类单元和模块,实现复杂集成电路功能。学习研究中大规模及超大规模集成电路的设计特点,理解系统化设计方法,建立系统化思维和面向系统化模块构建的基础。本课程对毕业要求拆分指标点达成的支撑情况,详见表 1。

**表 1 课程目标与毕业要求拆分指标点的对应关系**

序号	课程目标	毕业要求拆分指标点				
		2.4	3.1	3.2	4.3	5.3
1	学习集成电路的发展历程与发展规律,了解集成电路的工艺特性与流程,熟悉工艺环节对集成电路性能的影响,掌握与 VLSI 密切相关的 CMOS 结构和工艺、常用集成电路工艺特点。	◎	●			
2	以集成电路的器件和模型的特性及建模原理为基础,掌握基本单元电路的分析和设计方法,并能够运用基本单元电路实现具有高级功能、规模较大的集成电路及模块。			●		
3	掌握 I/O 设计原理与规则,并能够合理运用各类单元和模块,实现复杂集成电路功能。学习研究中大规模及超大规模集成电路的设计特点,理解系统化设计方法,建立系统化思维和面向系统化模块构建的基础。				◎	●

注: ●: 表示有强相关关系, ◎: 表示有一般相关关系, ○: 表示有弱相关关系

**2 育人目标:** 集成电路方面的相关技术是重要的“卡脖子”技术,如何缩短甚至超过发达国家,需要培养大量的集成电路方面的人才,只要有足够的人才支撑,就有希望在将来,

将这个“卡脖子”技术掌握在自己手里。通过该课程的开设，为我国集成电路培养人才，做好人才储备。教育学生将自己的个人命运与国家命运紧密结合在一起，为国家解决关键技术问题，担负起自己应有的责任，为我国集成电路发展，做出应有贡献。

### 三、课程教学内容

分章节列出课程教学内容及对课程目标的支撑，详见表 2。

表 2 教学内容与课程目标的对应关系

章节名称	教学内容及重点 (▲)、难点 (★)	课程目标 (√)		
		1	2	3
第一章绪论	教学目的、课程的基本内容、集成电路的重要作用、集成电路的发展历程、集成电路的发展规律[▲★]、等比例缩小定律[▲★]、限制因素。	√		
第二章 集成电路制作工艺	集成电路加工的基本操作[▲]、典型 CMOS 结构和工艺[▲]、深亚微米 CMOS 结构和工艺[★]、常用集成电路工艺特点及选用。	√		
第三章 集成电路中的器件及模型	长沟道 CMOS 器件模型[▲]、小尺寸 CMOS 器件中的二级效应[▲★]、SPICE 中的 MOS 晶体管模型[★]、集成电路中的无源元件。		√	
第四章 数字集成电路的基本单元电路	MOS 反相器[▲★]、静态 CMOS 逻辑电路[▲★]、类 NMOS 逻辑电路、MOS 传输门逻辑电路[★]、动态 CMOS 逻辑电路[▲★]、CMOS 逻辑电路的功耗[▲]。		√	
第五章 集成电路基本模块	组合逻辑电路[▲★]、时序逻辑电路[▲★]。		√	
第六章 CMOS 集成电路的 I/O 设计	输入缓冲器[▲]、输出缓冲器[▲]、ESD 保护电路[★]、三态输出和双向缓冲器。			√
第七章 MOS 存储器	CMOS 存储器的分类[▲]、存储器的总体结构[▲]、存储器的单元结构[★]。			√
第八章 集成电路的设计方法和版图设计	集成电路的设计方法[▲]、集成电路的版图设计[★]。			√

### 四、教授方法与学习方法指导

**教授方法：**理论讲授（40 学时），与讨论（4 学时）相结合并辅以习题及总结（4 学时）。实验环节由课外实验室开放并开设专题实验课程来解决（不占用本课程学时）。课内讲授推崇研究型教学，以知识为载体，传授相关的思想和方法，引导学生踏着大师们研究步伐前进。

**学习方法：**养成探索的习惯，特别是重视对基本理论的钻研，在理论指导下进行实践；注意从实际问题入手，从系统的层面归纳和提取基本特性，通过功能设计层面的抽象化和运用模型，最后实现集成电路设计问题的求解——设计实现复杂集成电路系统功能。明确学习各阶段的重点任务，做到课前预习，课中认真听课，积极思考，课后认真复习，不放过疑点，

充分利用好教师资源和同学资源。仔细研读教材，适当选读参考书的相关内容，从系统实现的角度，深入理解概念，掌握方法的精髓和设计的核心思想，不要死记硬背。积极参加集成电路设计相关的实践，在实践中加深对理论的理解。

利用本课程国家精品资源共享课网站，网站有包括讲稿、全程录像等。

[http://www.icourses.cn/coursestatic/course\\_6214.html](http://www.icourses.cn/coursestatic/course_6214.html)

[http://v.ku6.com/show/Lf\\_RWIoVDvWXfdWgV\\_SBZA...html](http://v.ku6.com/show/Lf_RWIoVDvWXfdWgV_SBZA...html)。

## 五、教学环节及学时分配

教学环节及各章节学时分配，详见表 3。

表 3 教学环节及各章节学时分配表

章节名称	教学内容	学时分配					合计
		讲授	习题	实验	讨论	其它	
第一章 绪论	教学目的、课程的基本内容、集成电路的重要作用、集成电路的发展历程、集成电路的发展规律、等比例缩小定律、限制因素。	4					4
第二章 集成电路制作工艺	集成电路加工的基本操作、典型 CMOS 结构和工艺、深亚微米 CMOS 结构和工艺、常用集成电路工艺特点及选用。	4	1		1		6
第三章 集成电路中的器件及模型	长沟道 CMOS 器件模型、小尺寸 CMOS 器件中的二级效应、SPICE 中的 MOS 晶体管模型、集成电路中的无源元件。	6	1		1		8
第四章 数字集成电路的基本单元电路	MOS 反相器、静态 CMOS 逻辑电路、类 NMOS 逻辑电路、MOS 传输门逻辑电路、动态 CMOS 逻辑电路、CMOS 逻辑电路的功耗。	8	1		1		10
第五章 集成电路基本模块	组合逻辑电路、时序逻辑电路。	4	1		1		6
第六章 CMOS 集成电路的 I/O 设计	输入缓冲器、输出缓冲器、ESD 保护电路、三态输出和双向缓冲器。	4					4
第七章 MOS 存储器	CMOS 存储器的分类、存储器的总体结构、存储器的单元结构。	4					4
第八章 集成电路的设计方法和版图设计	集成电路的设计方法、集成电路的版图设计。	6					6
合计		40	4		4		48

## 六、考核与成绩评定

课程成绩包括平时成绩 30%（作业等 10%，其它 20%），考试成绩 70%。

平时成绩中的其它 20%主要反应学生的课堂表现、平时的信息接收、自我约束。成绩评定的主要依据包括：课程的出勤率、课堂的基本表现（如课堂测验、课堂互动等；作业等的 10%主要是课堂作业和课外作业，主要考察学生对已学知识掌握的程度以及自主学习的能力。

考试成绩 70%为对学生学习情况的全面检验。强调考核学生对基本概念、基本方法、基本理论等方面掌握的程度，及学生运用所学理论知识解决复杂问题的能力。

本课程各考核环节的比重及对毕业要求拆分点的支撑情况，详见表 4。

**表 4 考核方式及成绩评定分布表**

考核方式	所占比例 (%)	主要考核内容及对毕业要求拆分指标点的支撑情况
平时成绩	30	(1) 考核学生对各章节知识点的复习、理解和掌握程度； (2) 考核学生查找资料，分析集成电路工艺发展的节点及最新技术发展及其影响； (3) 结合教学进度安排阶段考试，考查学生对相关知识的掌握程度。 支撑指标点 3-1,3-2,4-3,5-3。
考试成绩	70	期末考试是对学生学习情况的全面检验。强调考核学生对课程目标的掌握程度，主要包括集成电路分析的基本概念和基本方法以及集成电路设计的基本技能，包括各种基本单元电路、功能模块电路以及 VLSI 和 SOC 层面的设计方法和设计思想等，旨在督促学生系统掌握包括基本思想方法在内的主要内容。 支撑指标点 2-4,3-1,3-2,4-3,5-3。

## 七、考核环节及质量标准

本课程各考核环节及质量标准，详见表 5。

**表 5 考核环节及质量标准**

考核方式	评分标准				
	A	B	C	D	E
	90~100	80~89	70~79	60~69	< 60
作业	严格按照作业要求并及时完成，基本概念清晰，解决问题的方案正确、合理，能提出不同解决方案	基本按照作业要求并及时完成，基本概念基本清晰，解决问题的方案基本正确、基本合理	不能按照作业要求，未及时完成，基本概念不清晰，解决问题的方案基本不正确、不合理	能够在学期内补交作业	不满足 D 要求
课堂测试	当堂课参加测试，基本概念清晰，解决问题的方案正确、合理	当堂课参加测试，基本概念基本清晰，解决问题的方案基本正确、基本合理	当堂课参加测试，基本概念不清晰，解决问题的方案基本不正确、不合理	补交测试	不满足 D 要求
考试	按期末考试的标准答案、评分标准百分制评分，总分折算成 70 分				
评分标准 (A~E)：主要填写对教学内容中的基本概念、理论、方法等方面的掌握，及综合运用理论知识解决复杂问题能力的要求。					

制定者：陈志杰

批准者：张万荣

2020 年 7 月

# “半导体器件原理”课程教学大纲

英文名称: Physics of Semiconductor Devices

课程编码: 0008108

课程性质: 学科基础必修课

学分: 3.0

学时: 48

面向对象: 电子科学与技术专业本科生

先修课程: 半导体物理、微电子工艺

教材及参考书:

[1] Donald A. Neamen, 《半导体物理与器件 (第四版)》, 电子工业出版社, 2018 年

[2] 曹培栋等, 《微电子技术基础 (双极、场效应晶体管原理)》 电子工业出版社, 2001

[3] 刘树林等编著, 《半导体器件物理 (第 2 版)》, 电子工业出版社, 2015

[4] 施敏等著, 《半导体器件物理 (第 3 版)》, 西安交通大学出版社, 2010

[5] 陈星弼等编著, 《晶体管原理与设计 (第 2 版)》, 电子工业出版社 2008 年

[6] 曾树荣编著, 《半导体器件物理基础 (第 2 版)》, 北京大学出版社, 2007

## 一、课程简介

半导体器件原理是信息学部为电子科学与技术专业本科生开设的专业必修课程类型。本课程是链接半导体物理和集成电路的纽带, 是研究集成电路设计和微电子技术的基础课程。课程任务是探索半导体器件的内在物理机理与外部特性的关系, 进而理解器件的材料参数、几何结构参数与器件的特性参数之间的关系, 掌握如何通过材料、结构参数设计来提高器件的特性。主要内容包括: PN 结的基本原理和特性、金属半导体接触、双极型晶体管 (BJT 和 HBT)、MOS 和结型场效应晶体管等相关器件的特性。为学习后续的集成电路原理、CMOS 模拟集成电路设计等课程, 以及为从事与本专业有关的器件和集成电路设计、制造等工作打下一定的基础。

## 二、课程地位与目标

(一) **课程地位:** “**半导体器件原理**”是电子科学与技术专业的学科基础必修课, 可以作为其它电子类专业的选修课, 属于电子技术系列。旨在继半导体物理、微电子工艺等课程后, 引导学生应用数学、自然科学和微电子工程科学的基本原理, 识别、表达, 并通过文献研究, 分析与半导体器件相关的复杂工程问题, 以获得有效的理论基础和实践设计结论; 除了学习知识外, 还要学习自顶向下、自底向上、递归求解、模块化等典型方法来解决半导体器件中的理论问题; 给学生提供参与器件设计课程的机会, 实现二极管或三极管的设计流程, 把理论学习应用于实际操作中, 培养其工程意识和能力。

本课程支撑的毕业要求拆分指标点的具体描述。

2.3: 掌握固态器件工作原理, 能够应用数学、物理知识建立固态器件模型, 并能够根据工程约束, 选择恰当的边界条件求解。

2.4: 掌握电子科学与技术基础知识, 能够综合应用相关知识解决固态器件与集成电路

领域复杂工程问题。

3.1: 能够识别固态器件、集成电路设计与工艺实现中的关键性能参数和工艺参数, 并进行有效表达。

4.1: 针对性能指标需求, 进行固态器件的常规设计和实现, 明确相关的约束条件; 设计过程中体现创新意识。

5.2: 能够基于固态器件、集成电路设计中的理论, 设计可执行的实验方案, 并能对实验结果进行分析和解释。

13.2 理解固态器件、集成电路设计与工艺实现的多样化, 能对核心问题进行归纳和凝练, 通过自主学习和终身学习, 适应技术应用和技术进步对于知识和能力的要求。

## (二) 课程目标

**1 教学目标:** 使学生掌握半导体器件的基本概念、结构、特性、公式、理论、基本模型、基本方法, 学生通过学习掌握理论公式, 能够分析和设计简单的半导体器件, 能够分析器件的直流特性和频率特性, 并设计基本的晶体管器件。为分立半导体器件的设计、大规模集成电路(VLSI)、专用集成电路(ASIC)的研究奠定基础; 为学生今后自学、了解其它半导体器件和电路的知识打下良好的理论与实践基础。本课程对毕业要求拆分指标点达成的支撑情况, 详见表 1。

表 1 课程目标与毕业要求拆分指标点的对应关系

序号	课程目标	毕业要求拆分指标点					
		2.3	2.4	3.1	4.1	5.2	13.2
1	PN 结、双极和场效应晶体管器件, 重点是器件的结构参数、直流参数、频率等概念, 从概念逐步到公式图表, 能理解和掌握半导体器件的作用和特点。	●	◎	◎	◎		
2	能把复杂的材料参数、内部结构参数和多样的外部直流和频率特性结合起来, 通过器件模型进行推导和求解, 解决半导体器件的复杂设计问题。熟悉半导体器件的结构, 能够在结构图中标出或推导出相互关系。	●	●	●	●		
3	通过器件结构、版图、工艺制备关系、器件直流特性和频率特性的学习, 熟悉器件特性和器件结构尺寸参数、工艺的关系	◎	◎	◎	●	◎	
4	补充新型材料和结构的半导体器件, 比如异质结器件, LED 和 LD、功率电子器件等, 学生能通过所学知识和网络对相关问题调研; 通过器件的复杂内部结构与外部特性, 进行器件设计。	◎	◎	◎	●	●	●

注: ●: 表示有强相关关系, ◎: 表示有一般相关关系, ○: 表示有弱相关关系

**2 育人目标:** 信息技术给人类的生活方式带来了全新的变革, 半导体器件(芯片)是信息技术发展的基础和先导。近期国际电子领域的技术竞争首先就是半导体芯片的禁运, 因此发展我国的芯片技术, 成为占领信息技术特别是 5G 通讯技术的关键。实际上半导体芯片不仅在日常生活的电子产品中, 在军事、武器和大型的装备上也是核心和基石。因此通过半导体器件的基本原理的讲授, 安排研究型探索内容, 让学生理解和掌握怎么样从材料选择、器

件结构设计来提高器件的性能,如怎么把晶体管的频率从 1MHz 提高到 5GHz,有哪些方法?怎么提高功率?使学生能有激情和热情通过学习来提高我国的芯片技术,让中国的芯片不在受制于国外技术,同时通过列举半导体领域的爱国名家,让学生更多的了解半导体人才和知识对国家的重要性。

### 三、课程教学内容

分章节列出课程教学内容及对课程目标的支撑,详见表 2。

表 2 教学内容与课程目标的对应关系

章节名称	教学内容及重点(▲)、难点(★)	课程目标(√)			
		1	2	3	4
第一章 PN 结	<p>1.1 平衡 PN 结▲ 内建电场和内建电势、耗尽近似、准中性近似</p> <p>1.2 空间电荷区的电场和电势分布▲ 突变结空间电荷区和线性缓变结空间电荷区的电场及电势、自由载流子对空间电荷区电场分布的影响、单边穷变结中的反型区、线性缓变结中耗尽近似的适用条件</p> <p>1.3 直流特性▲ 少子的注入和抽取、准费米能级、二极管定律、大注入、空间电荷区的产生-复合电流、补充 LED 和 LD 特性</p> <p>1.4 过渡区电容和扩散电容 过渡区电容、扩散电容、正偏电容</p> <p>1.5 频率特性和开关特性▲★ 小信号工作和大信号工作、小信号等效电路、电荷控制方程、反向恢复时间</p> <p>1.6 PN 结的电击穿 电击穿现象、雪崩击穿、隧道击穿</p> <p>1.7 半导体发光二极管(LED)▲ 应用领域、材料、结构、基本原理、IV 特性、光谱特性</p> <p>1.8 半导体激光器(LD) 应用领域、材料、结构、基本原理、IV 特性、光谱特性</p> <p>半导体二极管直流特性、C-V 特性复习;二极管的频率和开关特性学习。以系统的了解半导体材料和器件为线索,引导学生站到整体专业的高度上去考虑问题、划分器件所处的地位。在此过程中,重温从概念到公式到器件结构再到器件性能的的基本方法,掌握二极管基本性能。 重点:复习半导体物理学过的二极管的所有基本原理,掌握新学的内容,是后面学习的基础,前四小节虽然半导体物理学过但也会再复习一遍。 难点:二极管的 I-V、C-V、开关和频率特性。</p>	√	√	√	√
第二章 双极晶体管 的直流特	<p>2.1 双极晶体管的结构 何谓双极晶体管、双极晶体管的结构▲</p> <p>2.2 双极晶体管中的电流传输▲★ 理想晶体管中的电流传输、缓变基区、双扩散晶体管的基区渡越时间和根</p>	√	√	√	

性	<p>摩尔数、重掺杂发射区</p> <p>2.3 电流增益▲★ 定义、本征电流增益、影响电流增益的其他因素</p> <p>2.4 大电流效应和基区宽度调变效应★ 大电流效应、基区宽度调变效应</p> <p>2.5 直流参数及基极电阻 反向电流、击穿电压、饱和压降、基极电阻▲ 重点：基本概念；公式及推导；参数的物理意义；BJT 输出、输入和转移特性的画图；少子分布、能带结构和电流输运、器件结构的图示。 难点：双极晶体管的大电流效应和基区宽度调变效应；开关工作和开关时间、模型；公式的理解以及在计算题中的正确应用。</p>				
第三章 双极晶体管 的频率特性和瞬变特性	<p>3.1 小信号模型 小信号参数和小信号等效电路、混合 <math>\pi</math> 模型</p> <p>3.2 特征频率和截止频率▲ 特征频率和共发射极短路电流增益截止频率、<math>\alpha</math> 截止频率和超相移</p> <p>3.3 功率增益和最高振荡频率▲★ 最大有效功率增益、稳定工作条件、双极晶体管的共发射极高频最大有效功率增益、最高振荡频率和高频性能优值</p> <p>3.4 开关工作和开关时间▲★ 开关工作、静态特性、开关时间</p> <p>3.5 双质结晶体管 (HBT) ★ 材料、结构、基本原理、IV 特性、频率特性</p> <p>3.6 研讨课程 如何根据电流增益和频率特性原理和公式，通过改变材料和器件结构，把一款通传统 NPN 晶体管的电流增益提高 10 倍，频率提高 10 倍。</p>	√	√	√	√
第四章 金属-氧化物-半导体场效应晶体管	<p>4.1 MOSFET 的结构、工作原理和类型▲ 结构、工作原理、类型</p> <p>4.2 阈值电压▲★ 定义、基本假定和基本关系、<math>V_{BS}=0</math> 时的阈值电压、<math>V_{BS}\neq 0</math> 时的阈值电压、离子注入掺杂调整阈值电压、埋沟 MOSFET 的阈值电压</p> <p>4.3 MOSFET 的直流特性▲★ 转移特性曲线、输出特性曲线、非饱和区电流-电压方程、饱和区特性、击穿特性、亚阈值特性</p> <p>4.4 小信号特性和瞬变特性 小信号参数、本征电容、小信号模型、高频响应、开关特性</p> <p>4.5 短沟道效应★ 概述、短窄沟效应、迁移率调制效应、漏场感应势垒下降 (DIBL) 效应、长沟道亚阈值特性的最小沟道长度 重点：基本概念；公式及推导；参数的物理意义；MOSFET 输出、输入和转移特性的画图；阈值电压的公式推导；萨之唐方程 (I-V) 的推导和应用。 难点：概念、公式、和物理意义的混淆；公式的理解以及在计算题中的正确应用。</p>	√	√	√	√

第五章 结型场 效应晶 体管和 金属-半 导体场 效应晶 体管	<p>5.1 JFET 及 MESFET 的结构、工作原理和类型▲</p> <p>5.2 JFET 及 MESFET 的直流特性▲</p> <p>长沟 JFET 的共源输出特性曲线、肖克莱模型的基本假定、阈电压和夹断电压、非饱和区直流电流电压方程、饱和漏源电压和饱和漏电流、饱和区特性、亚阈值区特性、增强型 JFET 及增强型 MESFET</p> <p>5.3 JFET 及 MESFET 的小信号特性和高频参数★</p> <p>小信号参数、本征 JFET 的小信号等效电路和本征电容、JFET 的完整的小信号等效电路、高频参数</p> <p>5.4 短沟道 JFET 和短沟道 MESFET★</p> <p>短沟道 JFET 和短沟道 MESFET 的非饱和区特性及漏极电流饱和机构、短沟道 MESFET 的饱和区特性</p> <p>5.5 HEMT 器件研讨课程</p> <p>HEMT 原理、结构、特性</p> <p>重点：基本概念；公式及推导；JFET 和 MESFET 结构、工作原理。</p> <p>难点：等效电路、短沟道效应。</p>				
--	---	--	--	--	--

#### 四、教授方法与学习方法指导

**教授方法：**课程采用线上线下相结合的方式，将通过日新学堂发布一些视频和文本学习资料，以及线上测验和课堂互动。根据半导体器件原理概念公式多，器件结构复杂的特点，课程以线下讲授和线上视频、测试为主，基于研究型教学的研讨和习题课为辅。课内讲授推崇研究型教学，以知识为载体，传授相关的思想和方法，引导学生踏着大师们研究步伐前进。课堂教学首先要使学生掌握课程教学内容中规定的一些基本概念、基本理论和基本方法。特别是通过讲授，使学生能够对这些基本概念和理论有更深入的理解，使之有能力将它们应用到一些问题的求解中。要注意对其中的一些基本方法的核心思想的分析，使学生能够掌握其关键。积极探索和实践研究型教学。探索如何实现教师在对问题的求解中教，学生怎么在对未知的探索中学。从提出问题，到求解思路分析，再到用符号表示问题及其求解算法设计，进一步培养学生抽象表示问题的能力，强化对类型问题进行求解的意识；从物理原理出发对概念、特性进行归纳理解，避免学生死记硬背。使用多媒体课件，配合板书和范例演示讲授课程内容。在授课过程中，可由结合动漫和视频增加对器件结构、制备流程和一些特性的直观感受，自然进入相关内容的讲授。适当引导学生阅读外文书籍和资料，培养自学能力。

**学习方法：**通过线上线下相结合的方式，养成探索的习惯，特别是重视对基本理论的钻研，在理论指导下进行实践；注意从实际问题入手，归纳和提取基本特性，设计抽象模型，最后实现计算机问题求解——设计实现计算系统。明确学习各阶段的重点任务，做到课前预习，课中认真听课，积极思考，课后认真复习，不放过疑点，充分利用好教师资源和同学资源。仔细研读教材，适当选读参考书的相关内容，从系统实现的角度，深入理解概念，掌握方法的精髓和算法的核心思想，不要死记硬背。积极参加实验，在实验中加深对原理的理解。安排适当数量、难度的习题，以巩固内容，加强学生的分析问题、解决问题的能力。习题以老师课堂给出的作业文件为主教材习题为辅，了解自己掌握的程度，思考一些相关的问题。作业的基本要求：根据各章节的情况，包括练习题、思考题等，每一章布置适量的课外作业，

完成这些作业需要的知识覆盖课堂讲授内容，包括基本概念题、解答题、证明题、计算题、讨论题以及其它题型等。

引导学生利用本课程国家精品资源共享课网站与校内课程网站，网站有包括讲稿、全程录像等。

## 五、教学环节及学时分配

教学环节及各章节学时分配，详见表 3。

表 3 教学环节及各章节学时分配表

章节名称	教学内容	学时分配					合计
		讲授	习题	实验	讨论	其它	
1	绪论和 PN 结	4					4
2	双极型晶体管 (BJT) 的直流特性	10	1		1		12
3	双极型晶体管的频率特性和瞬变特性	8			2		10
4	金属-氧化物-半导体场效应晶体管	8	1		1		10
5	结型场效应晶体管和金属-半导体场效应晶体管	8			2		10
	总复习	2					2
合计		40	2		6		48

## 六、考核与成绩评定

课程成绩包括平时成绩 30% (作业和研讨 20%，其它 10%)，考试成绩 70%。

平时成绩中的其它 10%主要反应学生的课堂表现、平时的信息接收、自我约束。成绩评定的主要依据包括：课程的出勤率、课堂的基本表现 (如课堂测验、课堂互动等，支撑毕业要求拆分指标点 2-3、2-4、3-1；作业和研讨的 20%主要是研讨大作业、课堂作业和课外作业，主要考察学生对已学知识掌握的程度以及自主学习的能力，支撑毕业要求拆分指标点 2-3、4-1、5-2、13-2。

考试成绩 70%为对学生学习情况的全面检验。强调考核学生对基本概念、基本方法、基本理论等方面掌握的程度，及学生运用所学理论知识解决复杂问题的能力，支撑毕业要求拆分指标点 2-3、2-4、3-1、4-1。

本课程各考核环节的比重及对毕业要求拆分点的支撑情况，详见表 4。

表 4 考核方式及成绩评定分布表

考核方式	所占比例 (%)	主要考核内容及对毕业要求拆分指标点的支撑情况
平时成绩	30	<p>研讨和作业 20%：平时作业主要反应学生的课堂理解程度及课后复习情况、平时的信息接受。成绩评定的主要依据包括：课堂的基本表现 (含课堂测验)、作业数量和质量情况，研讨大作业的完成质量。</p> <p>其他 10%：主要是出勤率课堂表现：主要考虑本门课程是集复杂的物理方程、数学公式和结构参数及电路模型于一体，是电子科学与技术最难的课程，如果学生缺席 2 次课以上，基本上很难跟进后续课程学习。出勤通过随机点名和上课提问的方式进行，如课堂 100 人，每人</p>

		随机点名4次，分布在前26次课中，这样点名人数每次基本在15名左右。通过这10分让想逃课的学生有所顾虑，能够积极来上课。
考试成绩	70	对学生学习情况的全面检验。强调考核学生对PN结、BJT、MOS/MES/JFET的基本概念、基本方法、基本公式计算的掌握程度，考核学生掌握理解基本概念、公式情况和学生运用所学知识的能力。主要包括填空、名词解释、简答题、综合画图题和计算证明题等。起到督促学生系统掌握包括基本原理方法在内的主要内容。

## 七、考核环节及质量标准

本课程各考核环节及质量标准，详见表5。

表5 考核环节及质量标准

考核方式	评分标准				
	A	B	C	D	E
	90~100	80~89	70~79	60~69	< 60
作业	按时全部递交，几乎全部正确	按时全部递交，大部分正确	按时递交大部分，基本正确	递交部分作业，部分正确	递交量少，错误较多。
研讨	按时高质量完成设计指标	按时完成指标	完成大部分指标	完成部分指标	没有完成主要指标
考试	全面掌握概念、理论、公式和综合分析能力	大部分掌握概念、理论、公式和综合分析能力	部分掌握概念、理论、公式和综合分析能力	少部分掌握概念、理论、公式和综合分析能力	基本未掌握概念、公式和综合分析能力
评分标准（A~E）：主要填写对教学内容中的基本概念、理论、方法等方面的掌握，及综合运用理论知识解决复杂问题能力的要求。					

制定者：郭伟玲

批准者：张万荣

2020年7月

# “信号与系统Ⅲ”课程教学大纲

英文名称: Signals and Systems III

课程编码: 0004924

课程性质: 学科基础选修课

学分: 2.0

学时: 32

面向对象: 电子科学与技术专业本科生

先修课程: 高等数学(工), 线性代数(工), 复变函数与积分变换, 电路分析基础

教材及参考书:

- [1] 郑君里, 应启珩, 杨为理. 信号与系统(第3版). 高等教育出版社, 2011年3月
- [2] 张延华, 刘鹏宇. 信号与系统(第2版). 机械工业出版社, 2017年9月
- [3] 郑君里, 应启珩, 杨为理. 信号与系统引论. 高等教育出版社, 2009年3月
- [4] 奥本海姆, 刘树棠译. 信号与系统(第2版). 电子工业出版社, 2014年1月
- [5] 吴大正, 杨林耀, 张永瑞. 信号与线性系统分析(第4版). 高等教育出版社, 2005年8月

## 一、课程简介

信号与系统课程是电子学、信息技术、通信、自动化、计算机、信号处理、测量、电子科学与技术、系统工程等专业的重要技术基础课。它继《电路分析基础》之后,集中研究确定信号经线性时不变系统进行传输、处理的基本理论、基本分析方法和工程应用。本课程的任务主要讨论信号的分析方法以及线性时不变系统对信号的各种求解方法,通过一定的实例分析,向学生介绍一些实际工程应用中非常重要的概念、理论和方法,可以为学生学习后续课程如自动控制原理、半导体器件仿真与设计、射频集成电路分析与设计等打下坚实的理论基础,有助于提高学生实际分析问题、解决问题的能力。教学内容的重点:基本的信号分析的基本理论和方法,线性时不变系统的各种描述方法,线性时不变系统的时域和频域分析方法以及有关系统的稳定性、频响、因果性等工程应用中的一些重要结论。教学内容的难点:线性时不变系统的频域分析方法。

## 二、课程地位与目标

(一) **课程地位:** 信号与系统课程是电子科学与技术专业的学科基础选修课。它以高等数学、线性代数、复变函数以及电路分析等课程为基础,又是后续的自动控制原理、半导体器件仿真与设计、射频集成电路分析与设计等课程的先修课程,在教学环节中起到承上启下的作用。课程旨在提升学生对抽象、理论、设计三个学科形态及过程的理解,学习基本思维方法和研究方法;引导学生追求从问题出发,通过形式化去实现系统性能分析,强化学生数字化、算法、系统化等专业核心意识,培养其工程意识和能力。

本课程支撑的毕业要求拆分指标点的具体描述。

3.2: 结合电子科学与技术基础知识与理论,对固态器件与集成电路相关的复杂的工程问题进行建模。

4.2: 针对工程应用问题,进行电子电路与系统的设计、仿真与调试;设计过程中体现创

新意识。

11.3: 能借助交流, 了解电子科学与技术领域的国际发展趋势研究热点。

## (二) 课程目标

**1 教学目标:** 写明课程拟达到的课程目标, 指明学生需要掌握的知识、素质与能力及应达到的水平, 本课程对毕业要求拆分指标点达成的支撑情况, 详见表 1。

使学生掌握信号分析与线性系统分析的基本概念、基本理论及分析方法; 能对工程应用中的简单系统建立数学模型, 并对数学模型求解。同时, 通过习题、工程实例讲解和仿真实验, 提高学生在分析问题与解决问题的能力及实践技能。

该目标分解为以下子目标:

- (1) 掌握信号与系统的基本原理和基本分析方法;
- (2) 掌握信号与系统的时域、变换域分析方法, 深刻理解各种信号变换(傅里叶变换、拉普拉斯变换)的数学概念、物理概念和工程概念;
- (3) 掌握信号表示与系统描述的基本思想, 为进一步学习后续课程奠定坚实的理论基础;
- (4) 锻炼学生分析与解决问题能力, 以及自主性学习与探究能力。

**表 1 课程目标与毕业要求拆分指标点的对应关系**

序号	课程目标	毕业要求拆分指标点		
		3.2	4.2	11.3
1	掌握信号与系统的基本原理和基本分析方法	●	●	◎
2	掌握信号与系统的时域、变换域分析方法, 深刻理解各种信号变换的数学概念、物理概念和工程概念	●	●	●
3	掌握信号表示与系统描述的基本思想, 为进一步学习后续课程奠定坚实的理论基础	◎	●	●
4	锻炼学生分析与解决问题能力, 以及自主性学习与探究能力	◎	●	●

注: ●: 表示有强相关关系, ◎: 表示有一般相关关系, ○: 表示有弱相关关系

**2 育人目标:** 写明课程对培养学生的理想信念、家国情怀、民族自信、责任担当、职业素养、行为规范等育人元素, 寓价值观引导于知识传授之中。

本课程以不息为体、日新为道为核心目标, 将在整个知识讲授过程中贯穿信号与系统各个知识点的实际工程应用。通过讲述当今科技在电子科学与技术学科领域的前沿进展, 宣传我国信号分析与处理取得的先进科研成果, 加强学生的理想信念、家国情怀与民族自信心。结合我国相关高科技企业取得的卓越成就, 分析我国相关产业发展现状, 探讨底层核心技术的不足, 勉励学生认真学习、不畏艰难, 为报效祖国奉献一份力量, 从而增强学生的家国情怀与责任担当意识。

信号与系统课程是多位著名科学家科研成果的凝结, 在教学过程中, 引入科学家探索科学、追求真理的历程, 引导教育学生学习科学家刻苦钻研精神, 从而树立远大目标, 为社会发展做出自己的贡献。此外, 本课程包括信号时域分析、系统时域分析、信号变换域分析、系统变换域分析等内容, 这些知识点的理论性较强。课程讲述过程中将逐一结合典型案例,

传授具体知识背后隐含的职业素养、行为规范和价值观，如实际模型理想化、复杂问题简单化、多角度观察世界、系统响应、实践检验理论等，培养学生严格遵守各种标准规定的习惯和良好的行为习惯，增强遵纪守法意识。

### 三、课程教学内容

分章节列出课程教学内容及对课程目标的支撑，详见表 2。

表 2 教学内容与课程目标的对应关系

章节名称	教学内容及重点 (▲)、难点 (★)	课程目标 (√)			
		1	2	3	4
第一章 绪论	1.信号的基本概念▲★；信号的分类；2.常用的工程信号；3.信号的基本运算▲；4.信号的分解；5.系统模型及划分；6.线性时不变系统▲；7.系统分析方法；8. 信号与系统的发展简史，科技发展与民族复兴的关系，弘扬爱国主义情怀（思政元素）。	√		√	
第二章 连续时间系统时域分析	1.系统微分方程的建立与求解▲；2. 起始点的跳变★；3.零输入与零状态响应；4.冲激响应与阶跃响应；5.卷积及其性质▲★。		√	√	√
第三章 傅里叶变换	1.频域分析的实际工程应用，以及我国的科技发展案例，列举名人轶事，培养学生的爱国主要情怀，引导学生不息为体、日新为道（思政元素）；2.周期信号的频谱分析——傅里叶级数★；3.非周期信号的频谱分析——傅里叶变换▲★；4.傅里叶变换的基本性质▲；5.卷积定理；6.周期信号的傅里叶变换；7.抽样信号的傅里叶变换；8.抽样定理▲，从抽样定理引申严格遵守各种标准规定的习惯和良好的行为习惯，增强遵纪守法意识（思政元素）。		√		√
第四章 拉普拉斯变换、s 域分析	1.拉普拉斯变换的定义及其收敛域▲，结合拉普拉斯等人物的故事，培养学生认真负责、踏实敬业的工作态度，以及严谨求实、一丝不苟的工作作风，进行职业素养的点睛（思政元素）；2.常用函数的拉普拉斯变换；3.拉普拉斯变换的基本性质▲；4.拉普拉斯逆变换★；5.系统的复频域(s 域)分析；6.卷积定理；7.系统函数▲。		√		√

### 四、教授方法与学习方法指导

**教授方法：**结合课程内容的教学要求以及学生认知活动的特点，采取包括讲授、研讨、小组合作、探究教学、项目驱动、案例教学、线上、线上线下混合等多种教学模式与方法。

教授方法应从数学概念来抽象定义，从物理概念来阐述性质，从工程概念来诠释应用，激发学生的学习兴趣，增强学生探究性学习能力。具体采取讲授、项目驱动、小组合作、案例教学、线上线下相结合的教学方法。线下对于重点章节的内容进行深入细致的讲解和互动式的课堂练习，使学生掌握必须的知识和内容。对于非重点章节，教师以项目驱动制定学习要求让学生小组合作，并上交小组调研报告。案例教学侧重培养学生对各种信号与系统特性的理解，通过具体的典型工程实例，加深学生对信号与系统基本概念的掌握，以培养学生具备解决实际工程应用问题的能力。

**学习方法：**根据课程及学生学习特点，给出学习该门课程的指导和建议。可以包括体现本门课程特点的学习策略、学习技巧、自主学习指导、课程延伸学习资料获取途径及信息检索方法、教学网站及学习注意事项、学习效果自我检查方法指导等内容。

建议学生明确学习各阶段的重点任务，做到课前预习，课中认真听课，积极思考，课后认真复习，不放过疑点，充分利用好教师资源和同学资源。仔细研读教材，适当选读参考书的相关内容，从系统实现的角度，深入理解概念，掌握方法的精髓和算法的核心思想，不要死记硬背。特别是重视对信号与系统基本概念、基本理论、一个任务（分析系统对信号的响应）、一种系统（连续时间系统）、两类方法（时域法、变换域法）、两大变换（傅里叶变换，拉斯变换）的理解，以塑造在后续专业课学习及工程实践中灵活运用能力。

## 五、教学环节及学时分配

教学环节及各章节学时分配，详见表 3。

表 3 教学环节及各章节学时分配表

章节名称	教学内容	学 时 分 配					合计
		讲授	习题	实验	讨论	其它	
第一章	绪论	4					4
第二章	连续时间系统时域分析	4	2				6
第三章	傅里叶变换	10	2				12
第四章	拉普拉斯变换、s 域分析	6	2				8
总结	所有章节的知识点体系总结	2					2
合计		26	6				32

## 六、考核与成绩评定

课程成绩包括平时成绩 30%（作业等 20%，其它 10%），考试成绩 70%。

平时成绩中的其它 10%主要反应学生的课堂表现、平时的信息接收、自我约束。成绩评定的主要依据包括：课程的出勤率、课堂的基本表现（如课堂测验、课堂互动等；作业等的 20%主要是课堂作业和课外作业，主要考察学生对已学知识掌握的程度以及自主学习的能力。

考试成绩 70%为对学生学习情况的全面检验。强调考核学生对基本概念、基本方法、基本理论等方面掌握的程度，及学生运用所学理论知识解决复杂问题的能力。

本课程考试的内容及比重：

- 第一章信号与系统基本概念（15%）
- 第二章连续时间系统的时域分析（25%）
- 第三章傅里叶变换（35%）
- 第四章拉普拉斯变换与 s 域分析（25%）

本课程各考核环节的比重及对毕业要求拆分点的支撑情况，详见表 4。

表 4 考核方式及成绩评定分布表

考核方式	所占比例 (%)	主要考核内容及对毕业要求拆分指标点的支撑情况
平时成绩	30	相关作业的完成质量，对应毕业要求第 3-2、4-2、11-3 指标点的考核。
考试成绩	70	对规定考试内容掌握的情况，对应毕业要求第 3-2、4-2、11-3 指标点的考核。

## 七、考核环节及质量标准

本课程各考核环节及质量标准，详见表 5。

表 5 考核环节及质量标准

考核方式	评分标准				
	A	B	C	D	E
	90~100	80~89	70~79	60~69	< 60
作业	按时完成布置的全部作业，且完成质量高	完成布置的全部作业，且完成质量较好	完成布置的大部分作业，且有一定质量	通过补交等形式完成了大部分作业，有一定质量	不满足 D 要求
考试	牢固掌握教学内容中的基本概念、理论、方法，能综合运用理论知识解决复杂问题，试题正确率 90% 以上	较好掌握教学内容中的基本概念、理论、方法，可以综合运用理论知识解决问题能力，试题正确率 80% 以上	教学内容中的基本概念、理论、方法情况掌握尚好，综合运用理论知识解决问题能力尚好，试题正确率 70% 以上	教学内容中的基本概念、理论、方法掌握情况尚可，综合运用理论知识解决问题能力尚可，试题正确率 60% 以上	不满足 D 要求
评分标准 (A~E)：主要填写对教学内容中的基本概念、理论、方法等方面的掌握，及综合运用理论知识解决复杂问题能力的要求。					

制定者：张辉

批准者：张万荣

2020 年 7 月

# “自动控制原理 II”课程教学大纲

英文名称: Automatic Control Theory II

课程编号: 0003213

课程类型: 学科基础选修课、专业选修课

学分: 2.0

学时: 32

适用对象: 电子科学与技术专业本科生

先修课程: 信号与系统、电路分析基础-1, 电路分析基础-2, 复变函数与积分变换, 数字电子技术、模拟电子技术

教材及参考书:

[1] 孙亮.《自动控制原理》第三版. 高等教育出版社, 2011 年 6 月.

[2] 胡寿松.《自动控制原理》第七版. 科学出版社, 2019 年 1 月.

[3] Richard C., Robert H. Modern Control Systems 13th. Prentice Hall, 2018 年 7 月.

## 一. 课程简介

通过对自动控制系统的数学描述、时域分析、频率分析及校正方法的讨论, 向学生传授自动控制原理方面的知识和解决问题的办法, 培养学生的抽象和模型化能力, 使学生具有一定的工程计算和设计能力。要求学生掌握自动控制系统的基本概念、基本理论、基本方法和基本技术。具体知识包括: 控制理论的发展现状和闭环控制的基本概念; 典型物理对象系统的传递函数及动态结构图; 在时域中对系统性能进行分析, 运用劳斯判据分析系统的稳定性以及稳态误差的求解方法; 在频域中对系统性能进行分析, 典型环节的波德图、频域稳定性判据和开环频率特性分析; 运用超前、滞后网络及参考模型法对控制系统进行校正。

## 二. 课程地位与目标

**(一)课程地位:**《自动控制原理 II》是电子科学与技术专业本科生的学科基础选修课。旨在继信号与系统、电路原理等课程学习后, 使学生掌握自动控制理论的基本理论、基础知识以及基本方法。引导学生建立反馈控制的基本思想, 学会控制系统的时域分析, 复域分析, 频域分析的一般分析方法, 在此基础上掌握控制系统设计与系统校正的方法。引导学生建立系统分析的思想, 通过建立被控对象的数学模型抽象出系统的本质特征, 进而利用基于数学模型的线性系统的分析与设计方法, 进行控制系统的分析与设计, 掌握运用自动控制原理的理论与方法解决实际问题的本领, 培养其工程意识和能力。

本课程支撑的毕业要求拆分指标点的具体描述如下:

电子科学与技术专业:

指标点 3.2: 结合电子科学与技术基础知识与理论, 对固态器件与集成电路相关的复杂的工程问题进行建模;

指标点 4.1: 针对性能指标需求, 进行固态器件的常规设计和实现, 明确相关的约束条件; 设计过程中体现创新意识。

### (二) 课程目标

**1 教学目标:**使学生掌握自动控制原理中的基本概念、基本理论、基本方法和基本技术;基于反馈控制的基本思想,掌握对象(特别是电子科学与技术领域内)的控制系统分析与设计的方法,提高分析问题与解决问题的能力。本课程对毕业要求拆分指标点达成的支撑情况,详见表 1:

**表 1 课程目标与毕业要求拆分指标点的对应关系**

序号	课程目标	毕业要求拆分指标点	
		3.2	4.1
1	掌握自动控制的基本概念、问题的描述、分析、解决方法	●	●
2	培养“性能指标、形式化描述、控制系统设计与校正”典型问题求解过程能力	●	●
3	增强理论结合实际的能力	●	●

注: ●: 表示有强相关关系, ◎: 表示有一般相关关系, ○: 表示有弱相关关系

**2 育人目标:**本课程通过介绍国内先进的控制系统设计及应用,增强学生民族自豪感,提高学生文化自信;通过自动控制理论领域基本概念和理论介绍,寓价值观引导于知识传授之中,引导学生探究事物本质、分析问题、解决问题能力;通过完成实验,培养学生合理分工、团结协作的意识。

### 三、课程教学内容

分章节列出课程教学内容及对课程目标的支撑,详见表 2。

**表 2 教学内容与课程目标的对应关系**

章节名称	教学内容及重点(▲)、难点(★)	课程目标 (√)		
		1	2	3
第一章 自动控制 系统概述	本章的教学从介绍专业术语入手,使学生能够掌握控制系统的组成,反馈特别是负反馈的概念,方块图的概念;理解控制系统的主要类型,反馈控制的含义及其控制过程;了解控制理论的发展过程及发展趋势。重点(▲):基本术语,开环与闭环控制,控制系统的基本性能要求。难点(★):闭环控制,反馈控制的思想方法。	√		√
第二章 控制系统的 数学描述 方法	本章教学内容的安排的目的是使学生能够建立一般物理系统的微分方程,掌握传递函数的概念及典型环节的传递函数,掌握控制系统的动态结构图及其简化的方法。重点(▲):传递函数与动态结构图。难点(★):一般物理系统传统函数求取和结构图化简。	√	√	
第三章 控制系统的 时域分析	本章的教学目的是使学生掌握一阶系统分析、二阶系统分析、控制系统性能指标描述、控制系统的稳定性分析及稳态误差分析。重点(▲):一阶系统分析,二阶系统分析,稳定性与劳斯判据,稳态误差分析。难点(★):在掌握一阶、二阶系统分析的基础上,能够理解线性定常系统的高阶分析。	√	√	
第五章 频率分析	本章的教学内容的目的是使学生熟练掌握开环对数频率特性作图方法,并在作图的基础上掌握控制系统的频率法分析。重点(▲):波德图作图,频域	√	√	

法	稳定性判据和开环频率特性系统分析。难点(★)：开环频率特性系统分析以及时域、频域的对对应关系。			
第六章 控制系统的校正方法	本章内容为自动控制系统频率法校正的基本方法。重点(▲)：为频率法(超前、滞后)校正与参考模型法校正。难点(★)：系统固有特性、校正装置特性，校正后系统特性三者之间的关系以及如何利用伯德图求取校正装置。	√	√	

#### 四、教授方法与学习方法指导

**教授方法：**以讲授为主（28学时），实验为辅（4学时）。课内讲授推崇研究型教学，以知识为载体，传授相关的思想和方法，引导学生踏着大师们研究步伐前进。实验教学则采用独立和小组合作相结合的方式，以项目驱动为引导，培养学生的工程意识及能力。

**学习方法：**培养学生养成探索的习惯，特别是重视对基本理论的钻研，在理论指导下进行实践；注意从实际问题入手，归纳和提取基本特性。明确学习各阶段的重点任务，做到课前预习，课中认真听课，积极思考，课后认真复习，不放过疑点，充分利用好教师资源和同学资源。仔细研读教材，适当选读参考书的相关内容，从系统实现的角度，深入理解概念，掌握方法的精髓和算法的核心思想，避免死记硬背。主动完成实验，在实验中加深对原理的理解。

**课内实验：**要求学生在掌握基本原理和分析方法的基础上，学会基于 MATLAB 语言的控制系统设计方法，包括控制系统的时域分析、控制系统的频率分析以及控制系统的校正(设计)，并结合电子科学与技术的特点，领悟该领域典型系统的建模与仿真分析方法，以加强学生的创新思维和工程实践能力的培养。

#### 五、教学环节及学时分配

教学环节及各章节学时分配，详见表 3。

表 3 教学环节及各章节学时分配表

章节名称	教学内容	学时分配					合计
		讲授	习题	实验	讨论	其它	
1	自动控制系统概述	2					2
2	控制系统的数学描述方法	6					6
3	控制系统的时域分析	9		2			11
5	频率分析法	7					7
6	控制系统的校正方法	4		2			6
合计		28		4			32

#### 六、考核与成绩评定

课程成绩包括平时成绩 30%（作业、课堂表现等 20%，实验 10%），考试成绩 70%。

平时成绩中的作业、课堂表现等 20%主要反映学生的课堂表现、平时的信息接受、自我约束，评定的主要依据包括：课程的出勤情况、课堂的基本表现（含课堂测验）、作业情况。平时成绩中实验成绩占 10%，主要反映学生在所学方法指导下如何进行系统分析，设计和实

现一个最终能够完成控制目标的系统的能力：借助计算机辅助工具，完成模型对象的时域和频域分析，进而基于性能指标的要求，实现系统的校正。

考试成绩 70%为对学生学习情况的全面检验。强调考核学生对控制理论的基本概念、基本方法、基本技术的掌握程度，考核学生运用所学方法设计解决问题的能力，淡化考查一般知识、结论记忆。主要以模型建立，系统分析，系统的设计为主。要起到督促学生系统掌握包括基本思想方法在内的主要内容。

本课程各考核环节的比重及对毕业要求拆分点的支撑情况，详见表 4。

**表 4 考核方式及成绩评定分布表**

考核方式	所占比例 (%)	主要考核内容及对毕业要求拆分指标点的支撑情况
平时成绩	30	相关作业的完成质量、课堂的参与度以及综合运用所学知识实现系统分析和设计的能力。对应毕业要求 3.2、4.1/43 达成度的考核。
考试成绩	70	对规定考试内容掌握的情况。对应毕业要求 3.2、4.1/4.3 达成度的考核。

## 七、考核环节及质量标准

本课程各考核环节及质量标准，详见表 5。

**表 5 考核环节及质量标准**

考核方式	评分标准				
	A	B	C	D	E
	90~100	80~89	70~79	60~69	< 60
作业	书面整洁，解题思路清晰，答案正确	书面整洁，解题思路清晰，答案中有少量错误	解题思路较为清晰，答案中有少量错误	求解过程基本列出，答案基本正确	不满足 D 要求
课堂表现	课堂表现优秀、自我约束力高	课堂表现良好、自我约束力较好	课堂表现一般、自我约束力一般	课堂表现较差、自我约束力较差	不满足 D 要求
实验	分析、解决问题能力强	分析、解决问题能力良好	分析、解决问题能力一般	分析、解决问题能力较差	不满足 D 要求
考试	熟练掌握已学知识	较好掌握已学知识	一定程度掌握已学知识	基本掌握已学知识	不满足 D 要求
评分标准 (A~E)：主要填写对教学内容中的基本概念、理论、方法等方面的掌握，及综合运用理论知识解决复杂问题能力的要求。					

制定者：杨金福

批准者：张万荣

2020 年 7 月

# “微电子工艺”课程教学大纲

英文名称: Microelectronic Fabrication Technology

课程编码: 0004644

课程性质: 学科基础选修课

学分: 2.0

学时: 32

面向对象: 电子科学与技术专业本科生

先修课程: 新生研讨课、半导体物理、固体物理学

教材及参考书:

- [1] 关旭东. 硅集成电路工艺基础(第二版). 北京大学出版社, 2014年5月
- [2] PeterVanZant 著, 韩郑生译. 芯片制造: 半导体工艺制程实用教程(第六版). 电子工业出版社, 2015年1月
- [3] 王蔚, 田丽, 任明远. 集成电路制造技术—原理与工艺(第二版). 电子工业出版社, 2016年4月
- [4] 张亚非, 段力. 集成电路制造技术. 上海交通大学出版社, 2018年10月
- [5] Stephen A Campbell 微电子制造科学原理与工程技术(英文版), 电子工业出版社, 2003年
- [6] James D. Plummer. 硅超大规模集成电路工艺技术: 理论、实践和模型(英文版). 电子工业出版社, 2006年

## 一、课程简介

微电子工艺是从事半导体器件设计、集成电路设计和半导体集成电路制造等必需掌握的知识和技术。本课程讲授半导体芯片制造的基本工艺原理, 常用方法、设备以及检测手段和典型工艺流程。要求学生理解表征薄膜生长速率的 GROVE 模型, 费克扩散方程等基本工艺原理, 掌握半导体工艺虚拟仿真技术和数据分析方法。掌握微电子工艺中不同材料的生长方法和技术, 包括: 半导体材料生长技术(衬底制备、外延生长)、介质薄膜和金属薄膜制备技术。掌握半导体制作工艺中材料处理和检测技术(掺杂、光刻、刻蚀、金属化、互联)。掌握双极晶体管、MOS 晶体管、CMOS 反相器和大规模集成电路的制备流程。

## 二、课程地位与目标

(一) **课程地位:** 本课程是电子科学与技术专业学科基础选修课。受现在各种新兴信息传输、处理和存储业务飞速发展的影响和需求, 微电子工艺技术在加工精度、产品质量上迅速提高, 尤其是以硅外延平面工艺为基础的大规模集成电路工艺已经相当成熟。半导体制造工艺已成为半导体行业人员, 无论是从事集成电路设计, 半导体器件设计还是半导体器件和集成电路制作与测试等, 都必需掌握的基础知识和基本技术。本课程讲授半导体制造的基本工艺原理, 芯片制作的各种常用方法、设备以及检测手段, 并讲述以双极晶体管、CMOS 反相器和大规模集成电路为代表的现代集成电路工艺流程。

本课程支撑的毕业要求拆分指标点的具体描述。

3.1: 能够识别固态器件、集成电路设计与工艺实现中的关键性能参数和工艺参数,并进行有效表达。

4.3: 针对工程应用的集成化设计需求,能够确定整体方案,进行任务分解,制定工艺与设计流程,初步完成集成电路及其版图的设计与仿真验证,并体现创新意识。

8.2: 能针对实际的固态器件、集成电路设计与工艺实现项目,评价资源利用、废弃物处置方案和安全防护措施,判断项目实施中可能对人类社会和环境造成损害的隐患。

13.2: 理解固态器件、集成电路设计与工艺实现的多样化,能对核心问题进行归纳和凝练,通过自主学习和终身学习,适应技术应用和技术进步对于知识和能力的要求。

## (二) 课程目标

**1 教学目标:** 写明课程拟达到的课程目标,指明学生需要掌握的知识、素质与能力及应达到的水平,本课程对毕业要求拆分指标点达成的支撑情况,详见表 1。

总的教学目标是:使学生掌握基本的半导体制造工艺原理和虚拟仿真技术,掌握半导体行业中常用的材料生长技术、薄膜制备技术、掺杂工艺、图形转移技术、图形制造技术,金属化和 IC 互联技术等,熟悉双极晶体管,CMOS 集成电路等制作流程。

该目标分解为以下 4 个子目标:

- ◇ 理解表征薄膜生长速率的 Groove 模型,费克扩散方程等基本工艺原理,掌握半导体工艺虚拟仿真技术和数据分析方法。
- ◇ 掌握半导体制作工艺中不同材料的生长方法和技术,包括:半导体材料生长技术(衬底制备、外延生长)、介质薄膜和金属薄膜制备技术。
- ◇ 掌握半导体制作工艺中材料处理、检测和技术(掺杂、光刻、刻蚀、金属化和 IC 互联技术)。
- ◇ 掌握双极晶体管、MOS 晶体管、CMOS 反相器和大规模集成电路的制备流程。

**表 1 课程目标与毕业要求拆分指标点的对应关系**

序号	课程目标	毕业要求拆分指标点			
		3.1	4.3	8.2	13.2
1	理解表征薄膜生长速率的 Groove 模型,费克扩散方程等基本工艺原理,掌握半导体工艺虚拟仿真技术和数据分析方法。	●	◎	◎	●
2	掌握半导体制作工艺中不同材料的生长方法和技术,包括:半导体材料生长技术(衬底制备、外延生长)、介质薄膜和金属薄膜制备技术。	●	◎	●	◎
3	掌握半导体制作工艺中材料处理、检测和技术(掺杂、光刻、刻蚀、金属化和 IC 互联技术)。	●	◎	●	◎
4	掌握双极晶体管、MOS 晶体管、CMOS 反相器和大规模集成电路的制备流程。	●	●	●	●

注: ●: 表示有强相关关系, ◎: 表示有一般相关关系, ○: 表示有弱相关关系

**2 育人目标:** 大力发展半导体芯片产业是国家战略,是建设社会主义强国必不可少的一部分。而芯片制造则是半导体芯片产业发展的关键,工艺流水线的先进水平依赖材料、设备、人才、环境等等,我们国家的芯片制造与国际先进水平还有很大差距,又由于这一两年发生

的“中兴”事件和“华为”事件，芯片受制于国外材料、设备等的限制会越来越严重。因此，在课堂讲授过程中，会在相应的章节，如外延材料制备、光刻工艺、刻蚀工艺和器件整体工艺流程等内容的讲授过程中，指出我国芯片产业的不足，几代半导体产业从业人员在恶劣国际环境下的艰苦奋斗，讲授台湾芯片产业发展水平，激发学生的爱国热情，培养学生的责任担当，不忘初心牢记使命，为实现中华民族伟大复兴的中国梦不懈奋斗。

### 三、课程教学内容

分章节列出课程教学内容及对课程目标的支撑，详见表 2。

表 2 教学内容与课程目标的对应关系

章节名称	教学内容及重点 (▲)、难点 (★)	课程目标 (√)			
		1	2	3	4
第一章 引论	教学目的 (▲)、课程的基本内容、集成电路发展、集成电路制作的相关工艺 (▲) 和关键技术 (★)。				√
第二章 衬底制备	硅的单晶生长技术 (▲)；晶圆的制备、处理；晶圆质量，硅单晶晶格及单晶处理与检测 (★)		√		
第三章 外延	外延生长定义，不同外延生长技术。硅的外延生长：四氯化硅氢气还原法 (▲)，温度、气体分压、气体压力、晶向等对外延生长的影响 (★)。外延片的检测与用途。	√	√		
第四章 热氧化制备 SiO <sub>2</sub> 膜	SiO <sub>2</sub> 膜的性质和用途；热生长动力学和 GROVE 模型 (★)；热氧化设备和热氧化方法 (▲)；膜的检测；几个相关问题。	√	√		
第五章 介质薄膜与 金属薄生长	APCVD、LPCVD、PECVD 等薄膜制备技术 (▲)；SiO <sub>2</sub> 膜；Si <sub>3</sub> N <sub>4</sub> 薄膜；多晶硅薄膜。不同方式制备 SiO <sub>2</sub> 薄膜的特点 (★)。金属薄膜的制备：物理气相沉积 PVD：蒸发、溅射 (▲)，Al 膜，Cu 膜，W 膜，Ti 膜。	√	√		
第六章 掺杂技术	扩散掺杂：扩散的原理 (▲)，扩散的几种方式 (▲)，扩散工艺的检测，硅常用的扩散源 (★)、扩散方法，几个扩散实际现象。离子注入：离子注入的相关理论，离子注入的损伤和处理，几种离子注入相关工艺 (▲)，离子注入的特点 (★)。	√		√	
第七章 光刻与刻蚀	光刻：光刻设备 (▲)，光刻胶，光刻版及版图 (★)，光刻步骤和要求 (▲)。刻蚀：湿法腐蚀及其影响，干法刻蚀 (★)			√	
第八章 金属化与多 层互联	电极接触制备方法：Al 电极、铜电极、多晶硅电极 (▲)，IC 的电极金属体系 (▲)；接触材料和介质材料，互联材料和介质材料 (★)，多层互联和平坦化：局部平坦化 (★)，化学机械抛光			√	
第九章 典型器件工 艺流程	BJT 简单工作原理与器件结构 (▲)，制备工艺流程 (▲)，版图和纵向剖面图 (★)；NMOS 与 CMOS 简单工作原理与器件结构 (▲)，制备工艺流程 (▲)，版图和纵向剖面图 (★)；BiCMOS 工艺流程	√			√

### 四、教授方法与学习方法指导

**教授方法：**本课程以课堂讲授为主（32 学时）。理论课堂讲授以给学生打好基础为主要

目的，精心选取教学内容，在有限的教学时长内，讲解微电子制备工艺步骤所包含的物理思想、数学模型、介绍微电子工艺设备和操作环境、基本操作与检测方法、安全规范和注意事项。在讲课过程中通过介绍国内外包括台湾在内的半导体芯片制造水平以及这一两年国家对集成电路产业发展的重视以及面临的问题等，随时鼓舞学生的学生热情和爱国主义情怀。

课内讲授推崇开放型教学，以知识为载体，辅以实验操作的动画和视频，力求加深学生的理解，形象生动的将各种工艺技术展现给学生。同时，针对工艺步骤，结合国内芯片制造产业的发展，随时展开研讨，加深对行业发展需求及技术需求的理解。通过小组合作，针对氧化、扩散及离子注入等工艺步骤展开虚拟仿真，加深工艺条件严重影响工艺结果的理解，对典型器件的完整工艺制备流程展开虚拟仿真，感受工艺整合与器件制备完整工艺流程的密切关联。

开展线上线下混合式教学，结合课堂讲授与网络互动、仿真设计与实践操作等授课方式，一方面建立网络教学课堂或者创建公众号，将课程的参考资料和课堂讲义等文献资料上传，使教学资源共享化和实时化；一方面建立在线讨论群，随时随地师生交流互动。学生能实时灵活地接触到课程内容，能随时就课程相关内容互相讨论，能进一步加深对微电子工艺甚至整个行业的理解。

**学习方法：**养成探索的习惯，特别是重视以实验为基础的课程学习，在理论指导下进行实践；注意从实际器件如 BJT 管、CMOS 管等入手，理解不同工艺技术方式。明确学习各阶段的重点任务，做到课前预习，课中认真听课，积极思考，课后认真复习，不放过疑点，充分利用好教师资源和同学资源。仔细研读教材，适当选读参考书的相关内容，从系统实现的角度，深入理解概念，掌握方法的精髓和算法的核心思想，不要死记硬背。

## 五、教学环节及学时分配

教学环节及各章节学时分配，详见表 3。

表 3 教学环节及各章节学时分配表

章节名称	教学内容	学时分配					合计
		讲授	习题	实验	讨论	其它	
1 引论	教学目的、课程的基本内容、集成电路发展、集成电路制作的相关工艺和关键技术。	2					2
2 衬底制备	硅的单晶生长技术；晶圆的制备、处理；晶圆质量，硅单晶晶格及单晶处理与检测	2					2
3 外延	外延生长定义，不同外延生长技术。硅的外延生长：四氯化硅氢气还原法，温度、气体分压、气体压力、晶向等对外延生长的影响。外延片的检测与用途。	2					2
4 热氧化制备 SiO <sub>2</sub> 膜	SiO <sub>2</sub> 膜的性质和用途；热生长动力学和 GROVE 模型；热氧化设备和热氧化方法；膜的检测；几个相关问题。	2	1				3
5 介质薄膜与	APCVD、LPCVD、PECVD 等薄膜制备技术；SiO <sub>2</sub> 膜；Si <sub>3</sub> N <sub>4</sub> 薄膜；多晶硅薄膜。不同方式制备 SiO <sub>2</sub> 薄膜的特	4	1				5

金属薄生长	点。金属薄膜的制备：物理气相淀积 PVD：蒸发、溅射，Al 膜，Cu 膜，W 膜，Ti 膜。					
6 掺杂技术	扩散掺杂：扩散的原理，扩散的几种方式，扩散工艺的检测，硅常用的扩散源、扩散方法，几个扩散实际现象。离子注入：离子注入的相关理论，离子注入的损伤和处理，几种离子注入相关工艺，离子注入的特点。	4	1			5
7 光刻与刻蚀	光刻：光刻设备，光刻胶，光刻版及版图，光刻步骤和要求。刻蚀：湿法腐蚀及其影响，干法刻蚀	4				4
8 金属化与多层互联	电极接触制备方法：Al 电极、铜电极、多晶硅电极，IC 的电极金属体系：接触材料和介质材料，互联材料和介质材料，多层互联和平坦化：局部平坦化，化学机械抛光	4				4
9 典型器件工艺流程	BJT 简单工作原理与器件结构，制备工艺流程，版图和纵向剖面图；NMOS 与 CMOS 简单工作原理与器件结构，制备工艺流程，版图和纵向剖面图；BiCMOS 工艺流程	4	1			5
合计		28	4			32

## 六、考核与成绩评定

课程成绩包括平时成绩 40%（作业 30%，课堂表现、出勤 10%），考试成绩 60%。

平时成绩中的课堂表现、出勤 10%主要反应学生的课堂表现、平时的信息接收、自我约束。成绩评定的主要依据包括：课程的出勤率、课堂的基本表现（如课堂测验、课堂互动等）；作业等的 30%主要是课堂测试和书面作业，主要考察学生对已学知识掌握的程度以及自主学习的能力。

考试成绩是对学生学习情况的全面检验。强调考核学生对基本概念、基本方法、基本理论等方面掌握的程度，及学生运用所学理论知识解决复杂问题的能力。

本课程各考核环节的比重及对毕业要求拆分点的支撑情况，详见表 4。

表 4 考核方式及成绩评定分布表

考核方式	所占比例（%）	主要考核内容及对毕业要求拆分指标点的支撑情况
平时成绩	40	平时成绩中，10%主要反应学生的课堂的出勤、纪律、课堂随机问题的回答等，考察学生掌握课堂知识的情况，按 100 分制单独评分，主要支撑毕业要求拆分指标点 3.1、4.3、8.2、13.2； 平时成绩中包含 15%的课堂测试，结合教学进度安排阶段考试，考查学生对单步工艺步骤的掌握程度和对工艺环境、安全操作的理解，阶段考试成绩以按 100 分制单独评分，主要支撑毕业要求拆分指标点 3.1、4.3、8.2、13.2； 平时成绩中 15%的书面作业，主要考核学生虚拟仿真实验和数据分析能力，对 MOS 管制备流程的理解和掌握，考查学生综合运用所学技术编制工艺流程的能力，每次作业按 100 分制单独评分，主要支撑毕业要求拆分指标点 3.1、4.3、8.2、13.2。
考试成绩	60	卷面成绩 100 分，以卷面成绩乘以其在总评成绩中所占的比例计入课程总评成绩。期末考试是对学生学习情况的全面检验。强调考核学生对单步工艺安全操作和工艺环境保障的掌握程度，考核学生对 BJT、

		NMOS、CMOS 反相器工艺流程的理解，考核学生运用所学技术编制完整工艺流程的能力，主要支撑毕业要求拆分指标点 3.1、4.3、8.2、13.2。
--	--	--

## 七、考核环节及质量标准

本课程各考核环节及质量标准，详见表 5。

表 5 考核环节及质量标准

考核方式	评分标准				
	A	B	C	D	E
	90~100	80~89	70~79	60~69	< 60
作业	按时完成作业，基本概念阐述清晰，虚拟仿真报告实验方案正确、完整。	按时完成作业，基本概念阐述清晰，虚拟仿真报告实验方案正确。	按时完成作业，基本概念阐述基本清晰，虚拟仿真报告实验方案正确。	完成作业，基本概念阐述基本清晰，虚拟仿真报告基本完整。	不满足 D 要求
课堂测试	完成课堂测试，基本概念阐述清晰，解决问题的方案正确、完整，有创新性。	完成课堂测试，基本概念阐述清晰，解决问题的方案正确、完整。	完成课堂测试，基本概念阐述基本清晰，解决问题的方案基本正确。	完成课堂测试，基本概念阐述基本清晰。	不满足 D 要求
课堂表现	全勤 100%，课堂纪律好。参与随堂问答活跃	全勤 100%，课堂纪律好。	全勤 100%	考勤 90%	不满足 D 要求
考试	掌握单步工艺安全操作和工艺环境保障，理解 BJT 和 CMOS 反相器工艺流程，能够运用所学技术编制完整工艺流程	掌握单步工艺安全操作和工艺环境保障，理解 BJT 和 CMOS 反相器工艺流程，基本能够运用所学技术编制完整工艺流程	基本掌握单步工艺安全操作和工艺环境保障，基本理解 BJT 和 CMOS 反相器工艺流程，基本能够运用所学技术编制完整工艺流程	基本掌握单步工艺安全操作和工艺环境保障，基本理解 BJT 和 CMOS 反相器工艺流程	不满足 D 要求
评分标准（A~E）：主要填写对教学内容中的基本概念、理论、方法等方面的掌握，及综合运用理论知识解决复杂问题能力的要求。					

制定者：谢红云

批准者：张万荣

2020 年 7 月

# “嵌入式系统 I”课程教学大纲

英文名称: Embedded System I

课程编码: 0005701

课程性质: 专业选修课

学分: 2.0

学时: 32

面向对象: 电子科学与技术专业本科生

先修课程: 模拟电子技术、数字电子技术、微机原理与应用、高级语言程序设计、单片机应用技术

教材及参考书:

[1] [美] 塔米·诺尔加德. 嵌入式系统: 硬件、软件及软硬件协同 (原书第 2 版). 机械工业出版社, 2018-02

[2] Edward Ashford Lee, Sanjit Arunkumar Seshia. 嵌入式系统导论: CPS 方法 (原书第 2 版加州大学伯克利分校名著). 机械工业出版社, 2018-09

[3] [印] Raj Kamal 著 郭俊凤译. 嵌入式系统体系结构、编程与设计 (第 3 版). 清华大学出版社, 2017-05

[4] Alexander G. Dean. 嵌入式系统原理——基于 Arm Cortex-M 微控制器体系. 人民邮电出版社, 2019-09

[5] 王剑、刘鹏、胡杰、文汉云. 嵌入式系统设计与应用——基于 ARM Cortex-A8 和 Linux. 清华大学出版社, 2017-02

[6] [美] Xiaocong Fan 著, 林赐译. 实时嵌入式系统设计原则与工程实践. 清华大学出版社, 2017-01

## 一、课程简介

嵌入式系统技术是当今迅猛发展的前沿技术, SoC 技术的发展, 使得嵌入式处理器全面进入 32 位时代。嵌入式系统产品正在广泛的应用在通信、航空航天、医疗仪器、工业控制和信息家电等领域, 并将逐步渗透到人们生活的各个方面。本课程属于专业限选课, 通过本课程的学习, 使本科生了解当今嵌入式系统发展的前沿技术, 拓宽专业知识面, 掌握嵌入式系统的软硬件设计方法并通过实践, 能够完成一定的系统设计任务。将基本原理与实践相结合, 面向当今的主流芯片技术, 充分考虑电子科学与技术、微电子专业的特点, 从处理器设计的角度和功能实现应用的角度将理论与实践紧密结合是本课程的最大特色。

## 二、课程地位与目标

(一) **课程地位:** 本课程是电子科学与技术专业的专业限选课, 可以作为其它电子类专业的选修课, 属于软硬件技术系列。旨在继模拟电子技术、数字电子技术、微机原理与应用、高级语言程序设计、单片机应用技术等课程后, 引导学生在系统级面对需求再认识硬件电路设计和程序设计, 培养其计算思维、电路设计与实现、程序设计与实现、嵌入式系统专业基本能力。增强学生对抽象、理论、设计和应用学科形态/过程的理解, 学习基本思维方法和研

究方法；引导学生追求从问题出发，通过形式化去实现软硬件系统级设计，强化学生硬件系统、低功耗、面向应用、可裁剪、模块化等专业意识；除了学习知识外，还要学习自顶向下、自底向上、协同设计、模块化等典型方法；给学生提供参与设计实现颇具规模的复杂系统的机会，培养其工程意识和能力。

本课程主要为电子科学与技术专业的毕业要求第 2.2、3.2 和 4.2 指标点的实现提供支持；

2.2: 嵌入式系统 I 属于本专业类的专业课之一，掌握工程基础知识，能够用于工程问题的分析与设计。通过本课程的学习，培养学生选择适当的模块，以工程项目要求软硬件协同设计方法，将它们用于系统的设计与实现的能力。强化学生数字化、硬件电路可裁剪、模块化、低功耗等专业核心意识，对系统针对需求可裁剪、模块化等典型方法的掌握。培养其包括功能划分、多模块协调、软硬件系统实现等在内的复杂系统设计实现能力。具有良好地工程基础和专业技能，能对复杂工程问题进行合理表征，为问题解决提供思路或方案；并解决复杂工程问题的部分能力。（支撑电子科学与技术专业毕业要求 2.2）

3.2: 针对工程应用问题，进行电子电路与系统的设计、仿真与调试；设计过程中体现创新意识。本课程讲授嵌入式系统处理器的选择、相关接口电路原理，学生具有对硬件电路、针对工程系统的汇编语言软件、C 语言软件的编写或识读能力，确定设计系统方案，并对设计方案进行优化，体现创新意识。（支撑电子科学与技术专业毕业要求 3.2）

4.2: 能够基于固态器件、集成电路设计中的理论，设计可执行的实验方案，并能对实验结果进行分析和解释。本课程讲授的嵌入式系统，能够基于控制器的工作原理，培养学生对较复杂的控制器架构体系，设计与控制器相匹配的各种模块单元、元器件的选择和软件的编程、寄存器的配置等等环节进行设计，软硬件环境的搭建以及操作系统的相关操作方法等，在老师的指导下能确定实验方案并撰写实验报告。（支撑电子科学与技术专业毕业要求 4.2）

## （二）课程目标

**1 教学目标：**使学生掌握“嵌入式系统 I”中的基本概念、基本理论、基本方法，在系统级上再认识硬件电路设计和程序算法设计，提升嵌入式系统实际问题解决的水平，增强系统理论和实践结合能力，体验实现智能控制的乐趣。本课程对毕业要求拆分指标点达成的支撑情况，详见表 1。

本课程设定 4 个课程目标，具体如下：

课程目标 1: 掌握嵌入式系统基本概念、特点、发展趋势及意义，了解嵌入式实时操作系统的基本概念和特点，熟悉常用的 Linux 操作系统的简单命令，了解内核的功能。熟悉 Linux 的简单命令，了解环境搭建的方法。

课程目标 2: 典型处理器和指令。主要内容：理解嵌入式系统的处理器的特点，掌握典型处理器的架构和指令，理解流水线和指令的意义，并会读取指令程序。

课程目标 3: 掌握基于 ARM 的处理器硬件接口电路设计方法。理解典型的处理器硬件接口电路的工作原理和特点。学会根据系统要求，选择合理的硬件接口电路，并会绘制硬件电路原理图。

课程目标 4: 掌握嵌入式系统的基本程序设计方法。掌握系统启动程序汇编语言的特点，会编写或改写简单的启动程序，掌握研读汇编语言程序的要点，具有研读汇编语言的能力。

熟悉 C 语言编写系统功能软件的特点，会编写或改写简单的 C 语言系统程序，具有研读 C 语言系统程序的能力。熟悉寄存器的配置方法，会根据硬件的寄存器结构配置出对应要求的 C 语言程序。理解中断程序的特点。了解 Linux 和 bootloader 等内容的移植方法和在 ARM 处理器实验系统上的实现方法。

表 1 课程目标与毕业要求拆分指标点的对应关系

序号	课程目标	毕业要求拆分指标点		
		2.2/2.3	4.2	5.2
1	掌握嵌入式系统基本概念、特点、发展趋势及意义，了解嵌入式实时操作系统的基本概念和特点。	●	◎	◎
2	典型处理器和指令。主要内容：理解嵌入式系统的处理器的特点，掌握典型处理器的架构和指令，理解流水线和指令的意义，并会读取指令程序。	◎	●	◎
3	掌握基于 ARM 的处理器硬件接口电路设计方法。理解典型的处理器硬件接口电路的工作原理和特点。学会根据系统要求，选择合理的硬件接口电路，并会绘制硬件电路原理图。	◎	●	◎
4	掌握嵌入式系统的基本程序设计方法。掌握系统启动程序汇编语言的特点，会编写或改写简单的启动程序。熟悉寄存器的配置方法。理解中断程序的特点。了解 Linux 和 bootloader 等内容的移植方法和在 ARM 处理器实验系统上的实现方法。	◎	●	●

注：●：表示有强相关关系，◎：表示有一般相关关系，○：表示有弱相关关系

**2 育人目标：**本课程嵌入式系统需要将软件嵌入硬件系统中，软硬件具有泛在和传统之分，可以由此拓宽学生物联网与地域文化乃至国家意识形态等的差别。通过运用多种芯片和器件构成嵌入式系统，让学生充分了解我国的器件和芯片与世界先进国家的差距，培养学生努力学习，培养学生为了实现国家复兴的理想信念、家国情怀、民族自信、责任担当、职业素养、行为规范等育人元素，寓价值观引导于知识传授之中。另外，对于器件及芯片的选择，说明书基本是采用英文书写的。因此需要培养学生用英文阅读说明书的能力，培养宽广的国际视野。培养学生运用发展的眼光看嵌入式系统的快速更替和升级迭代。

### 三、课程教学内容

分章节列出课程教学内容及对课程目标的支撑，详见表 2。

表 2 教学内容与课程目标的对应关系

章节名称	教学内容及重点 (▲)、难点 (★)	课程目标 (√)			
		1	2	3	4
第一章 引论及操作系统的基本概念	1.1 嵌入式系统的基本概念 (▲) 和技术的发展, 1.2 嵌入式系统的应用 1.3 操作系统的基本概念 (★) 和常用类型 1.4 Linux 命令及交叉环境的搭建方法 (★)	√			
第二章 嵌入式系统的典	2.1 RISC 处理器的基本概念 (▲) 2.2 处理器的硬件结构 (▲) 2.3 流水线及其在处理器中的应用 (▲) 2.4 处理器的		√		

型处理器和指令	编程模型和指令（★）2.5 ARM 模式和 Thumb-2 模式的比较 2.6 ARM 处理器的工作模式和权限（★）				
第三章 基于 ARM 的处理器硬件接口电路设计	3.1 ARM 处理器硬件接口电路结构和集成思想（▲）3.2 ARM 处理器的存储器结构和 SDRAM 的使用 3.3 中断控制器（▲）3.4 LCD 控制器 3.5 USB, UART, I2C, SPI 等串行端口（★）			√	
第四章 嵌入式系统的基本程序设计	4.1 嵌入式系统软件的开发模式和流程 4.2 嵌入式汇编语言程序设计 4.3 嵌入式 C 语言程序设计 4.4 中断程序设计（▲）4.5 嵌入式系统开发系统 4.6 Linux 和 bootloader 等内容的移植方法（★）				√

## 四、教授方法与学习方法指导

### 教授方法:

#### 1. 课堂讲授

课堂教学首先要使学生掌握课程教学内容中规定的一些基本概念、基本理论和基本方法。特别是通过线上、线下混合讲授和案例引用,使学生能够对这些基本概念和理论有更深入的理解,使之有能力将它们应用到一些问题的求解中。要注意对其中的一些基本方法的核心思想的分析,使学生能够掌握其关键。另外,由于嵌入式系统的快速发展,每年在课程中增加企业人员参与部分课程内容讲授,将企业需求以及未来发展趋势和对人才的需求提供给学生。

积极探索和实践案例驱动研究型教学。探索如何实现教师在对解决实际工程问题的求解中教,学生怎么在对未知的探索中学。从提出问题,到求解思路分析,再到用符号表示问题及其求解算法设计,进一步培养学生抽象表示问题的能力,强化对“一类”问题进行求解的意识;从系统的角度向学生展示嵌入式系统,同时考虑各软硬件子系统的实现与联系、具体问题求解的嵌入式实现。通过不同级别对象的抽象和问题的分治,培养学生的工程系统意识和能力。

使用多媒体课件,采用线上线下相结合的方法,配合板书和工程案例讲授课程内容。在授课过程中,可由常用的硬件系统和程序设计语言问题引出概念,自然进入相关内容的讲授。适当引导学生阅读外文书籍和资料,培养自学能力。

#### 2. 实验教学

实验需要在掌握基本原理的基础上,在总体结构的指导下,通过设计出硬件电路模块、对应的软件函数单元。要求学生完成相关电路设计和程序结构的设计,自行选择实现语言,每组最后提交规范的实验报告。

通过实验系统的设计与实现,引导学生经历设计和实现系统的主要流程,具体体验如何将基本的原理用于系统设计与实现,加深对理论的理解;其次是培养学生系统能力(系统的视角,系统的设计、分析与实现);第三是培养学生的软硬件系统实现能力(硬件电路、算法、程序设计与实现);第四是通过分小组,培养学生的团队合作精神与能力;第五是培养学生查阅资料,获取适当工具、使用适当工具;第六是培养学生表达(书面语口头)能力。

实验分组进行,1-2 人一组,协同完成系统的设计与实现。

### (1) 嵌入式开发软硬件环境的搭建和硬件系统的设计实现

按照给定要求,选择元器件、和相关实验设备和焊接电路。安装和配置嵌入式软件开发环境。为后面实验做好准备。并以文件等形式存放分析的结果。

#### 硬件电路的设计与实现

按照给定要求,设计实现相应的硬件电路。选择器件设计并绘制电路,最后焊接元器件。

### (2) 软件设计

按给定的样例,修改和设计、调试编译软件系统,并下载到电路板实现软硬件联调和实际测量,并记录实际测试的数值,对数值进行分析。

实现(1)、(2)的软硬件联调,要求系统能够接收源代码,输出正确的测试结果。

### (3) 验收与评价

验收方式 1: 现场验收。现场验收学生焊接的硬件和软件实现的系统,并给出现场评定。通过此环节训练其实验动手能力与分析等能力。

验收方式 2: 综合验收。按照要求,撰写并按时提交书面实验报告。

评分建议: 总分为 20 分; 按实验过程 50%、完成情况 40%和实验报告 10%等内容进行评分。

**学习方法:** 根据本课程及学生学习特点,给出学习本门课程的指导和建议。不论是实验还是电路设计的电路图绘制、PCB 版图绘制等,设计团队之间需要充分沟通。学生建立/强化团队合作精神,能够明确团队成员之间的任务关系,能主动与其他成员合作开展工作。通过按组完成系统设计与实现培养学生团队协作能力。学生需要从分工、设计、实现、口头和书面报告等环节中相互协调、相互配合。通过实验验证设计、焊接以及编程、编译等环节是否正确。养成探索的习惯,特别是重视对基本理论的钻研,在理论指导下进行实践;注意从实际问题入手,归纳和提取基本特性,设计硬件和软件抽象模型,最后实现嵌入式问题求解——设计实现嵌入式系统。明确学习各阶段的重点任务,做到课前预习,课中认真听课,积极思考,课后认真复习,不放过疑点,充分利用好教师资源和同学资源。仔细研读教材,适当选读参考书的相关内容,从系统实现的角度,深入理解概念,掌握硬件电路设计方法的精髓和软件算法的核心思想,不要死记硬背。积极参加实验,在实验中加深对原理的理解。

利用本课程国家精品资源共享课网站与校内课程网站,网站有包括讲稿、全程录像等。

[http://www.icourses.cn/coursestatic/course\\_6802.html](http://www.icourses.cn/coursestatic/course_6802.html)

## 五、教学环节及学时分配

教学环节及各章节学时分配，详见表 3。

表 3 教学环节及各章节学时分配表

章节名称	教学内容	学时分配					合计
		讲授	习题	实验	讨论	其它	
1	绪论	2					2
2	ARM 处理器的基本结构	2					2
3	ARM 处理器的指令	2					2
3	基于 ARM 的处理器硬件接口电路设计	4		2			6
4	嵌入式系统的基本程序设计	4		3			7
5	嵌入式应用软件设计	2			2		4
6	嵌入式实时操作系统			3			3
7	企业需求及嵌入式未来特点	2					2
	总结	2					2
	考试	2					2
合计		22		8	2		32

## 六、考核与成绩评定

课程成绩包括平时成绩 30%（作业等 10%，实验 20%），期末考试 70%。

实验成绩占 20%。主要反映学生在所学理论指导下如何设计和实现一个最终能够工程需求的复杂系统的能力：掌握硬件电路设计，重要模块器件的选择和设计，应用所掌握的方法（电源管理模块、控制器单元、外围接口电路、特定的模块单元、嵌入式 C 语言、汇编语言等），设计实现一个特定的软硬件系统。附加要求是设计实现一个从限定的电路、模块和限定的语言编程或程序的认读注释。Linux 系统移植、bootloader 烧写等引导学生发挥潜力，尽量增强系统的功能。培养学生在该复杂系统的研究、设计与实现中的交流能力（口头和书面表达）、协作能力、组织能力。

平时成绩中的 10%主要反应学生的线上线下混合课堂表现、平时的信息接受、自我约束。成绩评定的主要依据包括：课程的出勤情况、课堂的基本表现（含课堂测验）、讨论课的 PPT 展示情况、作业情况。

期末考试 70%是对学生学习情况的全面检验，可以采用开卷考试的形式。考核学生能否运用电子信息类工程基础知识，用工程基础知识解决基本的电子信息相关的工程问题。检测学生是否能够对较为复杂的器件、电路测试仪器进行操作与调试，进行基本的工程实验，进行观察、测量、计算和记录获取的实验现象，分析问题，解决问题。强调考核学生对嵌入式系统基本概念、基本方法、基本技术的掌握程度，考核学生运用所学方法设计解决问题的能力，淡化考查一般知识、结论记忆。主要以对象的工程化描述、基于实际系统的描述的处理为主。包括嵌入式系统基本素养、电路及其分析、程序语法分析、语义分析等。要起到督促学生系统掌握包括基本思想方法在内的主要内容。

本课程各考核环节的比重及对毕业要求拆分点的支撑情况，详见表 4。

表 4 考核方式及成绩评定分布表

考核方式	占比例%)	主要考核内容及对毕业要求拆分指标点的支撑情况
平时、实验成绩	10	(1) 主要考核学生对每章节知识点的复习、理解和掌握程度； (2) 按教学进度安排阶段随堂提问测试，考查学生对相关知识掌握程度； (3) 按 100 分制单独评分。主要支持毕业要求 2-2 的实现。
	20	考核学生针对实际的实验需要，搭建软硬件环境，设计电路原理图和读、编、改、调程序的实际系统联调的能力。主要支持毕业要求 5-2 的实现。
考试成绩	70	(1) 卷面成绩 100 分，以卷面成绩乘以其在总评成绩中所占的比例计入课程总评成绩。 (2) 期末考试是对学生学习情况的全面检验。强调考核学生对场的基本概念和理论的掌握程度，考核学生运用所学方法解决嵌入式系统软硬件系统的工程问题解决能力。旨在督促学生系统掌握包括理论联系实际，针对系统的不同功能要求有针对性的设计的基本思想方法在内的主要内容。 主要支持毕业要求 2-2、4-2、5-2 的实现。

## 七、考核环节及质量标准

本课程各考核环节及质量标准，详见表 5。

表 5 考核环节及质量标准

考核方式	评分标准				
	A	B	C	D	E
	90~100	80~89	70~79	60~69	< 60
作业及课堂提问和讨论	对教学内容中的嵌入式系统等基本概念、理论、方法等方面的掌握，及综合运用理论知识解决复杂问题能力。按时交知题意主要要点达到、工整或语言逻辑清楚且有高水平发挥	对教学内容中的嵌入式系统等基本概念、理论、方法等方面全面熟悉，及综合运用理论知识解决主要复杂问题能力。按时交知题意主要要点达到、工整或语言逻辑清楚	对教学内容中的嵌入式系统等基本概念、理论、方法等方面的熟悉，及综合运用理论知识解决主要复杂问题能力。按时交知题意主要要点达到、工整	对教学内容中的嵌入式系统等基本概念、理论、方法等部分熟悉，及综合运用理论知识解决部分复杂问题能力。按时交知题意部分要点达到	不满足 D 要求
研讨	对教学内容中的嵌入式系统等基本概念、理论、方法等方面的掌握，及综合运用理论知识解决复杂问题能力。知题意主要要点达到、语言逻辑清楚且有高水平发挥。	对教学内容中的嵌入式系统等基本概念、理论、方法等方面的掌握，及综合运用理论知识解决复杂问题能力。知题意主要要点达到、语言逻辑清楚。	对教学内容中的嵌入式系统等基本概念、理论、方法等方面的掌握，及综合运用理论知识解决复杂问题能力。知题意主要要点达到、语言较逻辑清楚。	对教学内容中的嵌入式系统等基本概念、理论、方法等方面的掌握，及综合运用理论知识解决简单问题能力。知题意部分要点达到、语言部分逻辑清楚。	不满足 D 要求

实验	对实验需要的嵌入式系统等基本概念、理论、焊接、编程编译调试方法等方面的掌握，及综合运用理论知识解决较深入的复杂问题能力。实验报告按时交，主要要点达到、工整或语言逻辑清楚且有高水平发挥。	对实验需要的嵌入式系统等基本概念、理论、焊接、编程编译调试方法等方面的掌握，及综合运用理论知识解决全面的复杂问题能力。实验报告按时交，主要要点达到、工整或语言逻辑较清楚且有些发挥。	对实验需要的嵌入式系统等基本概念、理论、焊接、编程编译调试方法等方面的掌握，及综合运用理论知识解决复杂问题能力。实验报告按时交，主要要点达到、工整或语言逻辑较清楚。	对实验需要的嵌入式系统等基本概念、理论、焊接、编程编译调试方法等方面的掌握，及综合运用理论知识解决部分的复杂问题能力。实验报告按时交，主要要点达到、较工整。	不满足D要求
考试	对教学内容中的嵌入式系统等基本概念、理论、方法等方面的掌握，及综合运用理论知识全面解决复杂问题能力。知题意主要要点达到、工整或语言逻辑清楚且有高水平发挥。	对教学内容中的嵌入式系统等基本概念、理论、方法等方面的掌握，及综合运用理论知识解决复杂问题能力。知题意主要要点达到、工整或语言逻辑清楚。	对教学内容中的嵌入式系统等基本概念、理论、方法等方面的掌握，及综合运用理论知识解决较复杂问题能力。知题意主要要点达到、工整或语言逻辑较清楚。	对教学内容中的嵌入式系统等基本概念、理论、方法等方面的掌握，及综合运用理论知识解决部分复杂问题能力。知题意部分要点达到、工整或部分语言逻辑清楚。	不满足D要求
评分标准（A~E）：主要填写对教学内容中的基本概念、理论、方法等方面的掌握，及综合运用理论知识解决复杂问题能力的要求。					

制定者：耿淑琴

批准者：张万荣

2020年7月

# “电子材料与器件（双语）”课程教学大纲

英文名称: Electronic materials and devices

课程编号: 0007277

课程性质: 专业选修课

学分: 2.0

学时: 32

面向对象: 电子科学与技术专业本科生

先修课程: 高等数学(工)、大学物理 I、固体物理学、半导体物理学

教材及参考书:

[1] S. O. Kasap. 《Principles of Electronic Materials and Devices》(Third Edition, 影印版).清华大学出版社, 2007

[2] 李言荣, 恽正中. 《电子材料导论》.清华大学出版社, 2001

## 一、课程简介

电子材料与器件是电子科学与技术专业选修课,它根据近年来国内外电子科学与技术的发展与应用,将材料与器件相结合,通过双语教学,培养学生英语听说读写的能力,使学生掌握电子材料和电子器件的相关知识;了解不同功能的电子元器件,藉此培养学生对电子材料功能特性的应用能力;了解电子材料与器件领域的国际发展趋势研究热点。

## 二、课程地位与课程目标

(一) **课程地位:** “电子材料与器件(双语)”是电子科学与技术专业选修课。通过本课程的教学,应使学生理解与掌握电子材料与器件的概念、原理与应用基础,掌握重要的英语专业词汇与表述,了解不同功能的电子元器件及发展趋势,拓宽知识面,获得必要的专业常识和认识不同的专业方向,对于专业内容能够达到用英语听说读写的目的,激发学生的学习兴趣 and 构建合理的知识结构,培养学生正确的价值观,为今后的工作打下良好的基础。

(二) **课程目标:**

### 1 教学目标

**本课程设定 4 个课程目标,具体如下:**

课程目标 1: 掌握电子材料与器件的基本概念、基本理论与英语表述,熟悉不同的电子材料以及在相关器件中的应用。理解电子材料的分类与特点、电子材料的应用与发展趋势。

课程目标 2: 掌握有关电子材料的基本物理量与英语表述。理解原子结构、材料的化学键、晶体、缺陷。

课程目标 3: 掌握电介质材料与器件的基本知识与英语表述。理解电介质材料、压电材料、热释电材料、铁电材料的基本知识以及在相关电子器件的应用与工作原理。

课程目标 4: 掌握半导体材料与器件的基本知识与英语表述,理解半导体材料的性质、p-n 结、肖特基势垒、金半接触,了解半导体器件的工作原理。

本课程为电子科学与技术专业毕业要求 1、2.4、11.2、11.3 的达成提供支撑。

1: 热爱祖国、热爱人民,拥护党的领导和国家的方针、政策,品行端正,遵纪守法,

乐于奉献。

2.4: 掌握电子科学与技术基础知识, 能够综合应用相关知识解决固态器件与集成电路领域复杂工程问题。

11.2: 具有英语听说读写的基本能力, 能在跨文化背景下进行沟通和交流。

11.3: 能借助交流, 了解电子科学与技术领域的国际发展趋势研究热点。

通过本课程的学习, 使学生具备以下能力:

能够树立社会主义核心价值观及正确的世界观、人生观, 爱国敬业, 具有良好的道德修养和社会责任感 (支撑毕业要求 1)

能够掌握电子材料与器件方面的基础知识, 能够综合应用相关知识解决电子器件领域复杂工程问题 (支撑毕业要求 2.4/2.2)

能够掌握英语专业词汇与相关专业基础知识, 培养英语听说读写的基本能力, 能在跨文化背景下进行沟通和交流。(支撑毕业要求 11.2)

能够借助学习与交流了解电子科学与技术领域的国际发展趋势与研究热点。(支撑毕业要求 11.3)

表 1 课程目标与毕业要求拆分指标点的对应关系

序号	课程目标	毕业要求拆分指标点			
		1	2.4	11.2	11.3
1	课程目标 1	●			
2	课程目标 2		◎		
3	课程目标 3			●	
4	课程目标 4				●

注: ●: 表示有强相关关系, ◎: 表示有一般相关关系, ○: 表示有弱相关关系

## 2 育人目标

通过课程教学, 寓价值观引导于知识传授之中, 培养学生正确的价值观, 树立民族自信, 培养职业素养。

## 三、课程教学内容及要求

### 1.主要教学内容

表 2 教学内容与课程目标的对应关系

章节名称	教学内容及重点 (▲)、难点 (★)	课程目标 (√)			
		1	2	3	4
第一章 绪论	1.1 电子材料分类与特点; 电子材料的定义, 分类与特点; 1.2 环境耐受能力; 环境耐受能力; 1.3 应用与发展; 应用要求, 发展趋势, 摩尔定律。 <b>重点 (▲):</b> 掌握电子材料的分类与特点, 了解应用与发展, 理解摩尔定律。 <b>难点 (★):</b> 电子材料的分类与特点。	√		√	√
第二章	2.1 原子结构; 原子结构; 2.2 化学键; 金属键, 离子键, 共价键, 次级	√		√	

电子材料基本知识	键；2.3 结晶态；晶体结构，晶向与晶面；2.4 晶体缺陷；点缺陷，线缺陷，面缺陷。 <b>重点</b> （▲）：理解原子结构与化学键，理解晶体与缺陷。 <b>难点</b> （★）：化学键，尤其是电偶极矩的形成，晶向与晶面。				
第三章电介质材料与器件	3.1 电介质材料与器件；电介质材料定义，介电常数，介电强度，介电极化，介电损耗，电容器；3.2 压电材料与器件；压电效应，压电单晶，压电陶瓷，电畴与极化，压电方程，压电传感器，压电传感器应用；3.3 热释电材料与器件；热释电效应，热释电材料，红外探测器；3.4 铁电材料与器件；铁电性，铁电相变，居里温度，铁电电畴与极化，电滞回线，铁电材料，铁电存储器。 <b>重点</b> （▲）：掌握电介质材料、压电材料与铁电材料的基本性质，理解电畴与极化电滞回线，了解相关器件应用。 <b>难点</b> （★）：极化，压电效应，铁电性能，电滞回线。	√	√	√	√
第四章半导体材料与器件	4.1 pn 结；半导体材料定义，pn 结，pn 结二极管；4.2 肖特基二极管；肖特基势垒，金半接触，肖特基二极管；4.3 半导体光电器件；太阳能电池，光电探测器，热电冷却器，发光二极管，激光器；4.4 晶体管；双极晶体管，结型场效应晶体管，绝缘栅型场效应晶体管。 <b>重点</b> （▲）：掌握 p-n 结、肖特基势垒、金半接触的工作原理，理解晶体管的工作原理。 <b>难点</b> （★）：肖特基势垒，金半接触。	√	√	√	√

## 四、教授方法与学习方法指导

**教授方法：**结合课程内容的教学要求以及学生认知活动的特点，采取包括讲授、研讨、小组合作、探究教学、项目驱动、案例教学、线上、线上线下混合等多种教学模式与方法。

**学习方法：**根据课程及学生学习特点，给出学习该门课程的指导和建议。包括体现本课程特点的学习策略、学习技巧、自主学习指导、课程延伸学习资料获取途径及信息检索方法、教学网站及学习注意事项、学习效果自我检查方法指导等内容。

## 五、教学环节及学时分配

表 3 教学环节及各章节学时分配表

章节名称	教学内容	学时分配					合计
		讲授	习题	实验	讨论	其它	
第一章	课程介绍，晶体结构，晶体成键	2					2
第一章	结晶态，晶体缺陷		2				2
第二章	电介质材料，电偶极子	2					2
第二章	电容器	2					2
第二章	习题课		2				2
第三章	压电材料，压电极化	2					2
第三章	压电晶体，压电陶瓷		2				2
第三章	压电传感器，压电材料其他应用	2					2
第三章	热释电材料，热释电器件	2					2
第三章	铁电材料，铁电极化	2					2

第三章	铁电存储器, 铁电材料应用		2				2
第三章	习题课, 复习总结	2					2
第四章	半导体 pn 结, 金半接触	2					2
第四章	半导体器件, 太阳能电池, LED, LD	2					2
第四章	双极晶体管, 场效应晶体管	2					2
	考试	2					2
合计		24	8				32

## 六、考核与成绩评定

课程成绩包括平时成绩 20% (作业等 10%, 其它 10%), 考试成绩 80%。

平时成绩中的其它 10%主要反应学生的课堂表现、平时的信息接收、自我约束。成绩评定的主要依据包括: 课程的出勤率、课堂的基本表现 (如课堂测验、课堂互动等; 作业等的 10%主要是课堂作业和课外作业, 主要考察学生对已学知识掌握的程度以及自主学习的能力。

考试成绩 80%为对学生学习情况的全面检验。强调考核学生对基本概念、基本方法、基本理论等方面掌握的程度, 及学生运用所学理论知识解决复杂问题的能力。

本课程各考核环节的比重及对毕业要求拆分点的支撑情况, 详见表 4。

表 4 考核方式及成绩评定分布表

考核方式	所占比例 (%)	主要考核内容及对毕业要求拆分指标点的支撑情况
平时成绩	20	(1) 学生的课堂表现、平时的信息接受、自我约束, 成绩评定的主要依据包括: 课程的出勤情况、课堂的基本表现。 (2) 作业主要考核学生对每章节知识点的复习、理解和掌握程度, 每次作业按 100 分制单独评分。
考试成绩	80	(1) 卷面成绩 100 分, 以卷面成绩乘以其在总评成绩中所占的比例计入课程总评成绩。 (2) 期末考试是对学生学习情况的全面检验。强调考核学生对基本概念、基本理论的掌握程度, 考核学生运用所学方法解决问题的能力。 要起到督促学生系统掌握包括基本理论方法在内的主要内容

## 七、考核环节及质量标准

本课程各考核环节及质量标准，详见表 5。

表 5 考核环节及质量标准

考核方式	评分标准				
	A	B	C	D	E
	90~100	80~89	70~79	60~69	< 60
作业	基本概念清晰，解决问题的方案正确、合理，能提出不同的解决问题方案；	基本概念清晰，解决问题的方案基本正确、合理，能提出不同的解决问题方案；	基本概念基本清晰，解决问题的方案基本正确、基本合理；	基本概念不清晰，解决问题的方案基本不正确、不合理；	不满足 D 要求
考试	基本概念清晰，解决问题的方案正确、合理，能提出不同的解决问题方案；	基本概念清晰，解决问题的方案基本正确、合理，能提出不同的解决问题方案；	基本概念基本清晰，解决问题的方案基本正确、基本合理；	基本概念不清晰，解决问题的方案基本不正确、不合理；	不满足 D 要求
评分标准（A~E）：主要填写对教学内容中的基本概念、理论、方法等方面的掌握，及综合运用理论知识解决复杂问题能力的要求。					

制定者：朱慧

批准者：张万荣

2020 年 7 月

# “光电子技术基础（双语）”课程教学大纲

英文名称: Optoelectronics Technique

课程编码: 0007278

课程性质: 专业选修课

学分: 2.0

学时: 32

面向对象: 电子科学与技术专业本科生

先修课程: 高等数学(工)、大学物理 I、半导体物理、固体物理学

教材及参考书:

[1] S. O. Kasap. 《Optoelectronics and Photonics Principles and Practices》(Second Edition, 影印版). 电子工业出版社, 2007

[2] 黄德修《半导体光电子学》电子工业出版社, 2013

[3] 肖奇.《纳米半导体材料与器件》.化学工业出版社, 2013

## 一、课程简介

光电子技术基础是电子科学与技术专业选修课,它根据近年来国内外电子科学与技术的发展与应用,将材料与器件相结合,通过双语教学,培养学生英语听说读写的能力,使学生掌握光电子器件和材料的相关知识;了解不同功能的光电子元器件,藉此培养学生对光电子器件功能特性的应用能力;了解光电子技术基础领域的国内和国际发展趋势研究热点,了解中国在光电子技术基础领域的发展和贡献。

## 二、课程地位与目标

**(一) 课程地位:**“光电子技术基础(双语)”是电子科学与技术专业选修课。通过本课程的教学,应使学生理解与掌握光电子技术基础的概念、原理与应用基础,掌握重要的英语专业词汇与表述,了解不同功能的电子元器件及发展趋势,拓宽知识面,获得必要的专业常识和认识不同的专业方向,对于专业内容能够达到用英语听说读写的目的,激发学生的学习兴趣 and 构建合理的知识结构,为今后的工作打下良好的基础。

本课程支撑的毕业要求拆分指标点的具体描述。

3-3 通过文献调研,进行可行性分析,以得到有效结论,能够运用学习到的基本原理,分析光电器件的工作性能的影响因素,并借助相关的数学方法,证实解决方案的合理性。

3-2 结合电子科学与技术基础知识与理论,对固态器件与集成电路相关的复杂的工程问题进行建模,能够基本识别和判断光电器件的结构和性能参数分析的关键环节和参数。;

11-1 能够通过口头或书面、图表、工程图纸等方式与业界同行、社会公众进行有效沟通与交流,能够较强的表达能力和实践能力。通过 PPT 的形式,能够通过口头或书面方式清楚地表达自己的想法。

### (二) 课程目标

**1 教学目标:** 写明课程拟达到的课程目标,指明学生需要掌握的知识、素质与能力及应达到的水平,本课程对毕业要求拆分指标点达成的支撑情况,详见表 1。

表 1 课程目标与毕业要求拆分指标点的对应关系

序号	课程目标	毕业要求拆分指标点		
		3-3	3-2	11-1
1	掌握波动光学相关的基本物理概念、基本理论与英语表述，能够运用学习到的基本原理，分析光电器件的工作性能的影响因素，如：平面电磁波、麦克斯韦波动方程，光的折射和透射，光的衍射等，并借助相关的数学方法，证实解决方案的合理性，以 PPT 形式撰写器件分析和总结报告	●	◎	⊙
2	掌握无源光波导和传输器件的基本物理量与英语表述，理解无源光波导中光场分布，传输中的模式损耗和模式分布，并能够针对较为复杂的问题和题目，查找资料、制定分析方案，以 PPT 形式撰写器件分析和总结报告。	⊙	●	◎
3	掌握发光，探测和调制器件的基本性能知识与英语表述，如发光二极管 LED、光纤放大器以及激光器等工作原理和规律，并能够针对较为复杂的问题和题目，查找资料、制定分析方案，以 PPT 形式撰写器件分析和总结报告。	⊙	◎	●

注：●：表示有强相关关系，◎：表示有一般相关关系，⊙：表示有弱相关关系

**2 育人目标：**通过课程的学习促使学生对价值有所理解，并提高对国家的荣誉感、使命感和归属感，获得名族自信心和对美和道德的辨别能力，形成独立思考的能力，掌握基本的学科理论知识，能够更好适应社会的变化和进步，培养学生的职业素养、道德标准以及行为规范。

### 三、课程教学内容

分章节列出课程教学内容及对课程目标的支撑，详见表 2。

表 2 教学内容与课程目标的对应关系

章节名称	教学内容及重点 (▲)、难点 (★)	课程目标 (√)		
		1	2	3
第一章绪论	均匀介质中光的波动性▲；	√		
	折射率和色散★	√		
	斯涅耳折射定律和菲涅耳方程▲；	√		
	全反射临界角▲，振幅反射系数和透射系数▲	√		
	增透膜▲，最小反射率★，介质镜和布拉格反射器★	√		
	光的干涉原理▲，相长干涉▲，相消干涉▲，光学谐振腔▲		√	
第二章介质波导和光纤	夫琅禾费衍射★，菲涅耳衍射★，艾里斑★，衍射光栅★；	√		
	波导条件▲，单模和多模波导▲，TE 模式和 TM 模式★；	√		
	数值孔径的定义★；	√		
第三章半导体发光	衰减系数▲，本征衰减损耗★，弯曲损耗★；	√		
	能带图▲态密度▲费米-狄拉克函数★半导体的能带图▲间接带隙和直接带隙半导体▲，E-k 能带图★			√

二极管	N 型和 p 型半导体▲补偿掺杂▲非简并半导体和兼并半导体★, pn 结原理▲复合电流★pn 结反向电流★;	√		√
	I 型和 II 型异质结★;	√		
	同质结 LED 工作原理▲异质结高强度 LED▲输出光谱★;	√		√
	LED 材料▲LED 出光效率★;	√		√
第四章激光器	光子吸收, 自发辐射和受激辐射▲, 激光器的原理▲, 受激辐射系数★; ;		√	√
	光纤放大器工作原理▲放大器的结构★;		√	√
	粒子数反转▲, 光增益系数★, 阈值增益因子和输出功率★, 光学谐振腔和光子寿命▲, 相位条件★激光模式★。		√	√
	光学谐振腔的模式▲, 异质结半导体激光器★, 量子阱激光器★, 垂直腔面反射激光器★, 分布式布拉格反射激光器★	√		√
第五章探测器	n 结光电二极管基本原理▲, 能带图和载流子输运▲, I-V 曲线和工作模式★	√		√
	截止波长和禁带宽度的关系▲, 吸收系数和光强的关系▲, 直接带和间接带中光吸收过程★;			√
	p-i-n 结构探测器的结构和工作过程▲, 量子效率和响应度▲截止频率和响应速率★, 噪声和暗电流★	√		√
	撞电离和雪崩倍增效应▲, 拉通型 APD 器件结构★, 倍增系数▲, 击穿电压▲, 异质结雪崩探测器★, 超晶格 APD		√	√
	CCD 的工作原理 <sup>[2]</sup> , CMOS 图像传感器 <sup>[3]</sup> ;		√	√
第六章调制器	偏振态▲, 马吕斯定律▲, 光学各向异性▲, 方解石的双折射现象▲, 相位延迟片★		√	√
	电光效应定义▲, 普克尔效应★, 克尔效应▲	√		√
	相位调制器▲, 偏振调制器★, 马赫-曾德尔调制器 (LiNbO <sub>3</sub> 调制器) ▲, 耦合波导调制器★	√		√

#### 四、教授方法与学习方法指导

**教授方法:** 以讲授为主 (32 学时)。课内讲授注重基本理论, 同时联系工程实际, 以知识为载体, 传授相关的思想和方法, 引导从理论上理解电学参数的定义, 同时从示例中反思电学参数的设计原则, 从而能够支撑毕业要求。同时传授工程设计实际, 对电磁场场量进行合理简化(即考虑到达到简化目的, 又符合客观实际), 采用多种方法进行场量求解, 并能够确定求解场量的正确性。

课堂讲授主要是使学生掌握课程教学内容规定的基本概念、基本理论和基本方法, 如: 引入矢量场的基本概念, 联合工程实际使同学能够理解矢量场的分布, 场的边界条件, 场的唯一性的确定等, 使学生能够对这些基本概念和理论有更深入的理解, 使之有能力将它们应用到一些问题的求解中。要注意对其中的一些基本方法的核心思想的分析, 使学生能够掌握其关键。

课堂讲授 32 学时, 采用多媒体教学。配合板书和范例演示讲授内容。根据同时开设课程的进度、学科实验以及学校科技报告的情况, 通过对其中范例的讲解加深学生对枯燥物理数学公式的理解, 建立工程化视野。

根据学时以及学校实际情况, 本课程不开设实验课。

**学习方法:** 养成探索的习惯, 特别是重视对基本理论的钻研, 在理论指导下进行实践;

注意从实际问题入手，归纳和提取基本特性，设计抽象模型，最后实现电磁场问题求解。明确学习各阶段的重点任务，做到课前预习，课中认真听课，积极思考，课后认真复习，不放过疑点，充分利用好教师资源和同学资源。仔细研读教材，适当选读参考书的相关内容。结合课程内容的教学要求以及学生认知活动的特点，采取包括讲授、研讨、小组合作、探究教学、项目驱动、案例教学、线上、线上线下混合等多种教学模式与方法。

## 五、教学环节及学时分配

教学环节及各章节学时分配，详见表 3。

表 3 教学环节及各章节学时分配表

章节名称	教学内容	学时分配					合计
		讲授	习题	实验	讨论	其它	
1	绪论	5	1				6
2	介质波导和光纤	3	1				4
3	半导体发光二极管	4	1				5
4	激光器	4	1				5
5	探测器	4	1				5
6	调制器	4	1				5
考试		2					2
	合计	26	6				32

## 六、考核与成绩评定

课程成绩包括平时成绩 30%，中期报告 35%，期末考试 35%。

平时成绩中的 30% 反映学生的课堂表现、平时的信息接受、自我约束。成绩评定的主要依据包括：课程的出勤情况、课堂的基本表现。

中期报告的 35% 要反映学生的课堂学生成果、分析问题和解决问题的能力，以及文献检索和归纳能力。成绩评定依据包括：学生制作的 PPT 质量，包括字体，逻辑性，架构，内容深度等，以及讲解的是否清楚。

期末考试的 35% 是对教学情况的全面检验。强调考核学生对基本概念、基本理论的掌握程度，考核学生运用所学方法解决问题的能力。要起到督促学生系统掌握包括基本理论方法在内的主要内容。

本课程各考核环节的比重及对毕业要求拆分点的支撑情况，详见表 4。

表 4 考核方式及成绩评定分布表

考核方式	所占比例 (%)	主要考核内容及对毕业要求拆分指标点的支撑情况
课堂表现	30	课堂出勤率和回答问题情况，课堂练习参与度及其完成质量，对应毕业要求 3-3、3-2、11-1 达成度的考核。
中期报告	35	对规定考试内容掌握的情况，学生表达情况。对应毕业要求 3-3、3-2、11-1 达成度的考核。
期末考试	35	对规定考试内容掌握的情况，对应毕业要求 3-3、3-2、11-1 达成度的考核。

## 七、考核环节及质量标准

本课程各考核环节及质量标准，详见表 5。

表 5 考核环节及质量标准

考核方式	评分标准				
	A	B	C	D	E
	90~100	80~89	70~79	60~69	< 60
课堂表现	出勤率 90% 以上	出勤率 89%~80%	出勤 79%~70%	出勤率 69%~60%	不满足 D 要求
中期报告	PPT 格式规范，答题正确，讲解清楚	PPT 格式有瑕疵但讲解清楚，答题正确	PPT 格式有瑕疵答题正确，讲解混乱	PPT 格式错误，答题部分正确，讲解乱	不满足 D 要求
考试	卷面正确率 90% 以上	卷面正确率 89%~80%	卷面正确率 79%~70%	卷面正确率 69%~60%	不满足 D 要求
评分标准（A~E）：主要填写对教学内容中的基本概念、理论、方法等方面的掌握，及综合运用理论知识解决复杂问题能力的要求。					

制定者：李冲

批准者：张万荣

2020 年 7 月

# “物联网基础器件与传感器件”课程教学大纲

英文名称: Basic IOT Devices& Sensitive Devices

课程编号: 0010690

课程性质: 专业选修课

学分: 2.0

学时: 32

面向对象: 电子科学与技术专业本科生

先修课程: 高等数学(工)、大学物理 I

教材及参考书:

[1]叶伟国、余国祥, 大学物理, 清华大学出版社出版, 2012 年 12 月版

[2]彭军, 光电器件基础与应用, 科学出版社, 2009 年版

[3]赵勇, 王琦, 传感器敏感材料及器件, 机械工业出版社, 2016 年版

[4]传感器原理与应用, 黄贤武, 电子科大出版社, 2004 年 3 月第三版

## 一、课程简介

该课程是本科生的选修课, 主要讲授作为物联网与智能应用场景中比较典型的电子器件与光电子器件的原理, 结构, 制备与应用。主要涉及用于构成物联网基础与智能应用等的红外探测、特种光源、微光探测、高性能显示、物理参数测量传递以及生物敏感等典型器件知识。主要是为了提高电子科学与技术专业本科生在电子学科与光电子学科交叉学科的知识。一方面, 可以促进本科生理解传感器件的知识, 增强其适应微电子产业人才市场及广范围工作需要的能力; 另一方面本课程可以开扩学生视野与知识面, 为培养创新型交叉领域研究生作准备; 思政教育, 树立国家科技安全意识与为国贡献的意识, 增强民族自信心, 培养爱国爱家的情怀。

## 二、课程地位与目标

(一) **课程地位:** 该课程适用于本科生专业选修课程, 学分为 2。是电子科学与技术知识的充实与拓展, 是讲述培养物联网与智能应用领域人才的基础知识课。

本课程支撑的毕业要求拆分指标点的具体描述:

2.1: 掌握数学、物理基础知识, 领会数学、物理建模分析的重要思想方法。

3.1: 能够识别固态器件、集成电路设计与工艺实现中的关键性能参数和工艺参数, 并进行有效表达。

5.1: 能够对固态器件相关物理现象及特性进行研究和实验验证。

学习构建物联网的基础器件和传感器件的结构、工作原理, 可以达到培养本科生分析问题掌握物理与数学模型(支撑毕业要求 2.1);

器件参数剖析、结构改进与性能优化, 可以实现培养提出问题, 提供可执行实验方案与技术路线, 解决工程能力的目的(支撑毕业要求 3.1、5.1);

### (二) 课程目标

**1 教学目标:** 通过学习该课程, 同学可以运用所学过的基本理论和基本概念, 掌握典型

物联网器件和传感器的设计、工艺制造、应用技术和发展趋势，增加本科生视野，拓展知识，提高专业知识素养与社会竞争力。增强本科生民族自信心，爱国爱家的情怀。

(1) 对用于物联网的半导体器件和敏感器件涉及的工作原理、制造及应用技术有一定深度的了解。掌握内外光电效应/半导体效应/低维物理结构等理论，掌握能带工程原理及应用，低维物理结构及设计，能够设计新的器件；熟悉 ANsys、Matlab、EDA 等仿真软件，了解其对力场/热场/电场进行简单分析及设计的原理。

(2) 具备参加器件科研、开发和应用的基本能力，提高其器件原理的知识水平，消化、利用新特半导体器件实现线路系统设计的实际工程能力，使其适应微电子产业人才市场及大范围工作需要的能力将更强；涉及力/热/声/光/电器件优缺点分析，结构改进，性能优化，新机制新结构的提出。

(3) 另一方面本课程可以作为光电器件和半导体器件方向的研究生入学预备课程，可以开扩学生视野，增加电学以外的其它交叉领域的知识面，培养创新型学生。

**表 1 课程目标与毕业要求拆分指标点的对应关系**

序号	课程目标	毕业要求拆分指标点		
		2.1	3.1	5.1
1	掌握本课程所涉及到的基本的固体物理，半导体物理以及真空的基本概念；核心器件重要意义，与国防安全，科技自主可控关系；重要科技事件与思政教育	◎	⊙	⊙
2	掌握学习光的探测器件，包括真空管、像管、半导体光电探测器、太阳能电池以及 CCD 等光学探测及接收器件的结构、工作原理，以及性能分析与应用等	●	●	●
3	学习掌握发光与显示器件。主要包括：LED、LD、CRT、FET、OLED、液晶等器件的结构与工作原理，以及性能分析与应用等。	●	●	●
4	学习掌握敏感器件。主要包括：压力、温度、湿度、磁力、致冷等半导体器件的结构与工作原理，以及性能分析与应用等。	●	●	●
5	学习掌握代表性超声器件工作原理、性能分析与应用等。	●	●	●
6	光纤传感器与智能传感器件：基于 ZigBee 的无线传感器；光纤传感器:压力/温度传感器	●	●	●

注：●：表示有强相关关系，◎：表示有一般相关关系，⊙：表示有弱相关关系

其以上教学与课程目标主要为毕业要求第 2.1、3.1 与 5.1 的实现提供支持。

对于毕业要求 2.1，特种器件与敏感器件的相关理论属于本专业现代半导体器件类的基础理论，掌握内外光电效应/半导体效应/低维物理结构等理论，运用 PN 结，量子概念等进行器件设计；能够培养学生解决难度较大的现代半导体光电器件的工程问题能力，并拓展视野，有助于理解前沿课题，具备一定设计分析的科研能力。

对于毕业要求 3.1，培养学生熟悉电光转换/光电转换/电磁转换/热电转换等各种物理及模型，学习利用模型计算分析器件的各种特性的方法，掌握模型与实际器件的关系。

对于毕业要求 5.1，通过对给定领域的低维物理结构/内外光电效应器件/半导体效应器

件的学习,使学生能够基于科学原理并采用科学方法对工程问题进行研究,进行文献收集整理,进行技术分析,解释数据、并通过信息综合得到合理有效的结果。

**2 育人目标:**通过介绍器件对国民生活重要意义,如科技领域对核心器件技术的封锁,先进性能器件的制备难度,知识产权以及核心部件自主可控的意义,国内先进科技人物与科研单位等,培养学生的为国奋斗,爱国爱家的理想信念与家国情怀,树立民族自信,培养责任担当奋勇拼搏,勇于创新的精神。寓价值观引导于知识传授之中。

### 三、课程教学内容

分章节列出课程教学内容及对课程目标的支撑,详见表 2。

**表 2 教学内容与课程目标的对应关系**

章节名称	教学内容及重点 (▲) 难点 (★)	课程目标 (√)					
		1	2	3	4	5	6
第一章 绪论与基础知识	绪论与基本概念。了解应用于物联网的基础器件的重要意义与思政教育;掌握基本物理概念▲;半导体材料特性/效应/PN 结理论▲★;物理现象及应用▲	√					
第二章 真空光电器件	介绍真空器件的原理、结构,性能改进与应用。光光电效应及相关基本概念▲;真空光电倍增管;像管;摄像管。拓展真空知识,掌握光电倍增管与像管的基本结构与改进▲★/原理▲★/应用▲。了解摄像管原理及应用。		√				
第三章 光敏及探测器件	介绍光敏与探测器件的原理、结构,性能改进与应用:半导体光敏晶体管▲;半导体红外、紫外探测器▲★;半导体太阳能电池与光电转换▲★,固态图像传感器,电荷耦合器件(CCD),CMOS 结构图像传感器▲★		√				
第四章 发光光源器件	介绍半导体的发光原理、结构、参数、基本概念及应用;半导体发光二极管与半导体白光照明;半导体激光器工作原理;激光器种类与应用			√			
第五章 视觉输入器件	介绍用于视觉输入端的显示器件的工作原理、结构、参数、基本概念及应用:真空摄像管和显示器;液晶显示器件▲;等离子体显示器件;LED 显示器▲;LD 显示器;OLED 显示器件▲★			√			
第六章 功能性敏感器件	介绍用于参数测量的功能性敏感器件的工作原理、结构、参数、基本概念及应用:半导体力敏器件▲;半导体温敏器件及其传感器;半导体湿敏器件;半导体气敏器件▲;半导体离子敏感器件▲;半导体霍尔效应与半导体磁敏器件▲;半导体致冷器▲				√		
第七章 超声器件	学习掌握代表性超声器件工作原理、性能分析与应用等。					√	
第八章 光纤传感器与智能传感器	介绍代表性光纤传感器与智能传感器的工作原理、结构、基本概念及应用:基于 ZigBee 的无线传感器▲;光纤压力传感器与温度传感器▲★						√

## 四、教授方法与学习方法指导

**教授方法：**综合运用讲授，讨论，查新检索，启发提问，同伴教学等手段，以敏感器件为教学案例，培养学生提出问题，分析问题，解决问题的意识及能力。教授以面授为主途径，以线上日新学堂为备选途径，以腾讯会议室和微信群为辅助手段。

**学习方法：**培养我钻研意识，养成独立探索习惯，重视对基本理论的掌握，在理论指导下进行实践；归纳和提取基本特性，实现对各种器件基本原理的掌握。明确学习各阶段的重点难点，做到课前预习，课中认真听课，积极思考，课后认真复习，充分利用好教师资源和同学资源。仔细研读教材，适当选读参考书的相关内容，深入理解概念，同时积极参加样品演示，在演示中加深对原理的理解，不死记硬背。达到通过一种器件原理理解一类器件的工作原理的效果。通过课堂引导启发，培养创新精神及意识。对于线上学习形式上以网络观看视频与投屏学习为主。

1) 本课程以讲授为主，如果有条件可安排实验，最佳方法是在测量实验大平台上开设此课。

2) 本课程采用多媒体课件。

3) 每课时安排 2-6 次提问。

4) 重点章节安排课堂分组讨论，进行同伴教学 1-3 次。

5) 重点知识点进行 2-5 分钟的强调与总结。

6) 增加案例。

7) 指导学生在充分利用互联网络以及校内图书馆内数据库，检索相关器件最新进展，最新应用等信息。

8) 指导学生同类器件知识点的学习规律，提高触类旁通的能力

9) 教授以面授为主途径，以线上日新学堂为备选途径，以腾讯会议室和微信群为辅助手段。

10) 面授教学注重互动教学，线上教学时，针对互动性场景不足，课堂粘附力差问题，利用线上教学信息量大优势，扩大多媒体视频课件的使用范围，扩大与授课内容相关的趣闻。

## 五、教学环节及学时安排

学环节及各章节学时分配，详见表 3。

表 3 教学环节及各章节学时分配表

章节名称	教学内容	学 时 分 配					合计
		讲授	习题	实验	讨论	其它	
第一章	绪论与基础知识	2					2
第二章	真空光电器件	4					4
第三章	光敏及探测器件	3					3
第四章	发光光源器件	5					5
第五章	视觉输入器件	4					4
第六章	功能性敏感器件	5			1		6
第七章	超声器件	4					4
第八章	光纤传感器与智能传感器	3			1		4
合计		30			2		32

## 六、考核与成绩评定

课程成绩包括平时成绩 30%+期末考试 70%

平时成绩 30%：主要体现在出勤+自我约束 15%；回答问题，黑板演习，分组讨论，教学课堂测试 15%

期末考试是对学生学习情况的全面检验。考试：内容以基础理论为主，突出基本概念和灵活运用基础知识解决问题的能力，以及一定的查阅文献和参考书的能力。

表 4 考核方式及成绩评定分布表

考核方式	所占比例 (%)	主要考核内容及对毕业要求拆分指标点的支撑情况
平时成绩	30	出勤和课堂自我约束 (7-1)；课堂互动/研讨/作业&1-1, 2-1, 4-1
考试成绩	70	对规定考试内容掌握的情况，对应毕业要求 1-1, 2-1, 4-1 达成度的考核。

## 七、考核环节及质量标准

本课程各考核环节及质量标准，详见表 5。

表 5 考核环节及质量标准

考核方式	评分标准				
	A	B	C	D	E
	90~100	80~89	70~79	60~69	< 60
作业	卷面整洁；准确掌握概念、公式、理论、方法，能够进行创新拓展，触类旁通。能解决实际问题。	准确地掌握概念、理论、方法，能综合运用基本概念与原理进行分析问题，但解决实际问题能力一般	较好地掌握概念、理论、方法，综合运用基本概念与原理能力一般。	基本掌握概念、理论、方法	不满足 D 要求，不能掌握基本概念理论与方法
研讨	准确表达概念、理论、方法，能够进行创新拓展，触类旁通。具有较好综合运用知识能力，能解决实际问题。	准确地表达概念、理论、方法，能综合运用基本概念与原理进行分析问题，但解决实际问题能力一般	较好地表达概念、理论、方法，综合运用基本概念与原理能力一般。	只能说概念、理论、方法	不满足 D 要求，回答不出相关知识点，基本概念、原理与方法或者回答错误
考试	卷面整洁；准确掌握概念、公式、理论、方法，能够进行创新拓展，触类旁通。具有较好综合运用知识能力，能解决实际问题。	准确地掌握概念、理论、方法，能综合运用基本概念与原理进行分析问题，但解决实际问题能力一般	较好地掌握概念、理论、方法，综合运用基本概念与原理能力一般。	基本掌握概念、理论、方法	不满足 D 要求，回答不出相关知识点，基本概念、原理与方法或者答题错误
评分标准（A~E）：主要填写对教学内容中的基本概念、理论、方法等方面的掌握，及综合运用理论知识解决复杂问题能力的要求。					

制定者：朱彦旭

批准者：张万荣

2020 年 7 月

# “单片机应用技术”课程教学大纲

英文名称: Application technique of Single-chip Microcomputer

课程编码: 0005213

课程性质: 专业选修课

学分: 2.0

学时: 32

面向对象: 电子科学与技术专业本科生

先修课程: 模拟电子技术、数字电子技术、电路分析基础、微机原理与应用、高级语言程序设计

教材及参考书:

[1] 孙育才, 孙华芳. MCS-51 系列单片机及其应用 (第 6 版). 东南大学出版社, 2019 年 1 月

[2] 王彰云, 凌艺春. MCS-51 系列单片机及汇编编程 (第 3 版). 中国铁道出版社, 2019 年 2 月

[3] 张毅刚, 刘旺, 邓立宝. 单片机原理及接口技术 (C51 编程) (第 2 版). 人民邮电出版社, 2016 年 6 月

## 一、课程简介

本课是电子工程类课程, 侧重于应用技术理论和实践的结合, 重点培养学生认识和应用新技术的能力。本课程依据学生的特点和单片机技术固有特点, 以 MCS-51 单片机为例, 详细讲授了单片机的系统结构、存储器、指令系统、中断系统、定时器/计数器与串行通信口, 以及应用于单片机的汇编语言程序设计, 以 Silicon IDE 集成开发环境作为程序设计和调试环境介绍了程序的调试方法。以典型应用案例, 介绍单片机中各部分的硬件功能和应用设计。通过本课的学习, 使学生对单片机控制系统领域有一个较深刻的认识, 适应飞速发展的单片机技术要求, 培养同学们对单片机的开发应用能力, 对后续电子工程课程设计、毕业设计等重要学习环节将起到重要作用。

## 二、课程地位与目标

(一) **课程地位:** 本课程是电子科学与技术专业的选修课, 属于编程系列。旨在继模拟电子技术、数字电子技术、电路分析基础等课程后, 引导学生熟练掌握和应用单片机技术, 培养科学原理和科学方法掌握能力、现代工程工具和信息技术工具使用能力、工程问题解决能力等 3 大专业基本能力。中断理论的学习将增强学生对抽象、理论、设计 3 个学科形态/过程的理解, 进而掌握基本的思维方法和研究方法; 程序设计引导学生追求从问题出发, 采用现代工程设计工具去实现自动计算优化, 强化专业核心意识的培养。除了学习知识外, 还给学生提供参与设计实现一定功能的单片机实验开发的机会, 培养其工程意识和能力。

本课程对电子科学与技术专业支撑的毕业要求拆分指标点的具体描述。

4.2: 针对工程应用问题, 进行电子电路与系统的设计、仿真与调试; 设计过程中体现创新意识。

6.2: 能运用计算机软、硬件技术和 EDA 工具进行专业相关工程项目的编程、模拟、仿真分析, 并意识到模型与 EDA 工具局限性的影响。

10.2: 能根据需要, 组织团队成员开展工作, 协调相互进度。

## (二) 课程目标

**1 教学目标:** 课程拟达到的课程目标: 1) 理解单片机系统结构, 以及单片机的结构原理和工作原理; 2) 掌握 MCS-51 单片机原理和软硬件开发技术; 3) 掌握 MCS-51 单片机原理和软硬件开发技术; 4) 培养系统能力和面向系统构建的交流和团队协作能力。学生需要掌握的知识、素质与能力及应达到的水平如下: 1) 通过完成课内实验训练, 使学生能够基于单片机芯片的工作原理, 针对较为复杂的工程应用问题制定合理的实验方案, 通过开发和设计程序, 在单片机电路测试平台上完成对电路与系统的仿真与调试, 程序设计过程中体现创新意识; 2) 通过对单片机中断系统、定时器/计数器与串行通信口的学习, 使学生能够运用汇编语言(软件技术)和 EDA 工具(单片机虚拟仿真平台)进行电子学专业相关工程项目的编程、模拟、仿真分析, 并对复杂工程问题进行模拟与预测, 意识到模型与 EDA 工具局限性的影响; 3) 通过采用分组形式进行课内实验操作训练, 使学生能够根据需要, 明确团队成员之间的任务关系、胜任团队成员的角色与责任, 既能倾听其他团队成员的意见, 亦能独立完成团队分配的工作, 并能够合理地组织和有效地协调各种资源和进度, 有效实现任务目标。

本课程对电子科学与技术专业毕业要求拆分指标点达成的支撑情况, 详见表 1。

**表 1 课程目标与电子科学与技术专业毕业要求拆分指标点的对应关系**

序号	课程目标	毕业要求拆分指标点		
		4.2	6.2	10.2
1	理解单片机系统结构, 以及单片机结构原理和工作原理	◎	●	⊙
2	掌握 MCS-51 单片机原理和软硬件开发技术	◎	●	⊙
3	增强理论结合实际能力, 获得开发单片机软硬件系统的设计经验	●	◎	⊙
4	培养系统能力和面向系统构建的交流和团队协作能力	⊙	◎	●

注: ●: 表示有强相关关系, ◎: 表示有一般相关关系, ⊙: 表示有弱相关关系

**2 育人目标:** 课程将通过为学生讲述由我校自主研发的国内第一台 TP801 单板微型计算机, 培养学生的家国情怀、民族自信和自豪感。同时以积极向上和正面事例为基调和主调, 将理想信念、责任担当、职业素养、行为规范等育人元素融入课堂, 寓价值观引导于知识传授之中。

### 三、课程教学内容

分章节列出课程教学内容及对课程目标的支撑，详见表 3。

表 3 教学内容与课程目标的对应关系

章节名称	教学内容及重点 (▲)、难点 (★)	课程目标 (√)			
		1	2	3	4
第一章 单片机的发展	主要包括信息在计算机中的表示、数和字符在计算机内的表示方法▲、单片机的基本概念和主要特点▲★、单片机的发展★及其主要品种▲、4 位单片机★、8 位单片机★、16 位单片机★和 32 位单片机★、单片机的应用、单机应用、多机应用以及单片机的等级等内容。	√		√	
第二章 单片机系统结构	单片机系统结构及相关理论。主要包括 MCS-51 系列单片机简介、MCS-51 系列单片机的结构原理、MCS-51 系列单片机的基本组成、MCS-51 系列单片机内部结构▲、中央处理器(CPU)★、存储器结构▲、输入/输出接口▲★、MCS-51 系列单片机的外部引脚及片外总线、外部引脚★和片外总线结构、MCS-51 系列单片机的工作方式、复位方式、程序执行方式、单步执行方式、掉电和节电方式、编程和校验方式、MCS-51 系列单片机的时序★、机器周期和指令周期、单机器周期指令的时序和双机器周期指令的时序★等内容。	√	√		
第三章 存储器和布尔(位)处理器	存储器和布尔(位)处理器及相关内容。主要包括半导体随机存取存储器 RAM★和只读存储器 ROM★简介、MCS-51 存储器结构▲、MCS-51 程序存储器地址空间、数据存储器地址空间、特殊功能寄存器地址空间、外部存储器与访问▲、外部程序存储器与访问、外部数据存储器与访问、外部扩展地址/数据总线-P0 口和 P2 口▲、MCS-51 的七种寻址方式▲，即寄存器寻址方式、直接寻址方式、寄存器间接寻址方式、立即寻址方式、变址间接寻址方式、相对寻址方式和位寻址方式、布尔(位)处理器★等。	√	√	√	
第四章 指令系统	指令系统及相关内容。主要内容包括 MCS-51 指令系统构成★、汇编语言的概念★、助记符的含义★、汇编语言指令格式▲、常用符号▲、数据传送类指令、MCS-51 的数据传送和数据传送类指令、算术运算类指令、算术运算操作和算术运算类指令、逻辑运算类指令、单操作数逻辑运算类指令和双操作数逻辑运算类指令、控制转移类指令、无条件转移类指令和条件转移类指令；布尔(位)处理类指令、布尔(位)数据传送指令、布尔(位)操作指令、布尔(位)逻辑运算指令、及布尔(位)条件转移指令▲等。		√	√	
第五章 汇编语言程序设计基础	汇编语言程序设计基础相关知识。主要内容包括程序设计概述、汇编语言程序设计的步骤和方法★、汇编语言常用伪指令▲、程序设计基础和举例、简单结构程序▲、分支结构程序▲、循环结构程序▲、子程序结构程序▲、查表结构程序▲、应用程序设计与技巧举例、MCS-51 源程序的基本格式、常用功能模块程序段设计举例▲、基于 Protetus 和 Keil 的程序开发与调试★等。	√	√	√	
第六章 中断系统	中断系统相关知识。主要内容包括中断的含义★和中断技术的优点★、MCS-51 的中断系统▲、MCS-51 的中断源▲、中断控制和中断优先级、响应中断的条件和过程▲、响应中断的条件和中断响应的过程★、两种外部中断方式▲、电平触发方式和调变触发方式、中断响应时间等。	√	√	√	√

第七章 定时器/ 计数器 与串行 通信口	定时器/计数器与串行通信口相关知识。主要内容包括定时/计数器接口▲、定时/计数器的主要特性、定时/计数器 T0、T1 的结构及工作原理▲、定时/计数器的方式和控制寄存器、定时/计数器的工作方式和定时/计数器的初始化编程及应用★、串行接口▲、通信的基本概念、MCS-51 单片机串行口功能与结构▲、串行口的工作方式▲、串行口的编程及应用▲★。	√	√	√	√
第八章 单片机 系统功 能扩展	单片机系统功能扩展相关知识。主要内容包括 MCS-51 单片机的最小系统、8051/8751 的最小系统、8031 最小系统、存储器扩展▲、存储器扩展概述、程序存储器扩展和数据存储器扩展▲、讲授输入/输出扩展★、简单 I/O 接口扩展和可编程 I/O 扩展★(8255A)。		√	√	√

## 四、教授方法与学习方法指导

**教授方法:** 结合课程内容的教学要求以及学生认知活动的特点,采取包括课堂讲授教学、案例教学、研究型教学、实验教学以及小组合作、项目驱动、线上线下混合等多种教学模式与方法。

1) 在课堂讲授教学以及包含日新学堂在内的线上线下混合教学中使用多媒体课件,配合板书和范例演示讲授课程内容。适当引导学生阅读外文书籍和资料,培养自学能力。使学生掌握课程教学内容中规定的一些基本概念、基本理论和基本方法。

2) 通过案例教学和项目驱动教学,使学生能够对基本概念和理论有更深入的理解,使之有能力将它们应用到一些问题的求解中。适当增加对上述基本方法及核心思想的分析,使学生能够掌握其关键。

3) 积极探索、实践研究型教学及实验教学,并将小组合作融入其中。探索如何实现教师在对问题的求解中教,学生怎么在对未知的探索中学。从提出问题,到求解思路分析,培养学生抽象表示问题的能力,强化对“一类”问题进行求解的意识,进而培养学生的系统意识和能力。

**学习方法:** 根据本门课程及学生学习特点,给出如下学习指导和建议:

1) 借助课堂讲授环节掌握课程教学内容中的基本概念、理论和方法,借助线上线下混合教学获取课程延伸的学习资料,同时掌握了获取信息检索、教学网站及学习注意事项的方法和能力;

2) 借助案例教学和项目驱动教学环节,提升学生的编程技巧和学习技巧;

3) 考虑到设计训练是学好本课程的重要环节,本课程特开设 6 学时的课内实验环节,通过三个具体的操作训练(单片机程序调试环境使用及并行数据传送操作训练、中断控制及定时器/计数器操作训练、串行数据传送操作训练),使学生加深对单片机应用技术的理解,并在单片机程序开发方面受到训练,为今后开展相关科研和开发工作打下坚实的基础。借助实验,完成对学生自主学习和学习效果自我检查方法的指导。

## 五、教学环节及学时分配

教学环节及各章节学时分配，详见表 4。

表 4 教学环节及各章节学时分配表

章节名称	教学内容	学 时 分 配					合计
		讲授	习题	实验	讨论	其它	
第一章	单片机的发展	2.5			0.5		3
第二章	单片机系统结构	3		1			4
第三章	存储器和布尔(位)处理器	3.5	0.5				4
第四章	指令系统	3.5	0.5				4
第五章	汇编语言程序设计基础	3	2	1			6
第六章	中断系统	2		2			4
第七章	定时器/计数器与串行通信口	3		2			5
第八章	单片机系统功能扩展	1.5			0.5		2
合计		22	3	6	1		32

## 六、考核与成绩评定

课程成绩包括平时成绩 15%（作业 7.5%、课堂测试、出勤等 7.5%），实验成绩 15%（课内实验表现 5%、学生实验报告完成情况 10%），考试成绩 70%。

1) 平时成绩中的作业 7.5%主要是课堂作业和课外作业，主要考察学生对已学知识掌握的程度以及自主学习的能力；平时成绩中的课堂测试、出勤等 7.5%主要反应学生的课堂表现、平时的信息接收、自我约束。成绩评定的主要依据包括：课程的出勤率、课堂的基本表现（如课堂测验、课堂互动等）；

2) 实验成绩中的课内实验表现 5%主要反映学生的课内实验表现情况；实验成绩中的学生实验报告完成情况 10%主要反映学生实验报告完成情况。成绩评定的主要依据包括：课内实验的出勤情况、动手能力、实验参与情况、团队合作、实验验收表现以及学生实验报告的完成情况；

3) 考试成绩 70%为对学生学习情况的全面检验。强调考核学生对单片机基本概念及其应用的掌握程度，考核学生运用所学单片机理论知识解决具体工程问题的能力。

本课程各考核环节的比重及对毕业要求拆分点的支撑情况，详见表 5。

表 5 考核方式及成绩评定分布表

考核方式	所占比例 (%)	主要考核内容及对毕业要求拆分指标点的支撑情况
平时成绩	15%	(1) 书面作业主要考核学生对每章节知识点的复习、理解和掌握程度。每次作业按 100 分制单独评分。支撑毕业要求拆分指标点 4-2 和 6-2； (2) 课堂测试和出勤主要考核学生对每章节知识点的复习、理解和掌握程度和课堂表现。每次测试按 100 分制单独评分。支撑毕业要求拆分指标点 4-2 和 10-2。
实验	15%	(1) 课内实验验收主要考核学生的课内实验表现情况，包括出勤、动手、团队

成绩		合作能力。课内实验验收成绩以 100 分制单独评分。支撑毕业要求拆分指标点 4-2、6-2 和 10-2； (2) 实验报告主要考核学生完成实验报告的情况，以 100 分制单独评分。支撑毕业要求拆分指标点 6-2 和 10-2。
考试成绩	70%	期末考试是对学生学习情况的全面检验。强调考核学生对单片机基本概念及其应用的掌握程度，考核学生运用所学单片机理论知识解决具体工程问题的能力。卷面成绩 100 分，以卷面成绩乘以其在总评成绩中所占的比例计入课程总评成绩。 支撑毕业要求拆分指标点 4-2 和 6-2。

## 七、考核环节及质量标准

本课程各考核环节及质量标准，详见表 6。

表 6 考核环节及质量标准

考核方式	评分标准				
	A	B	C	D	E
	90~100	80~89	70~79	60~69	< 60
作业	数量完整准确、按时交、书写工整	数量完整准确、未按时交、书写工整	数量完整，部分作答不够准确、按时交、书写工整	数量完整，部分作答不够准确、未按时交、书写较工整	不满足 D 要求
实验	按时出勤、积极主动参与实验过程、实验中注重团队合作、分工合理工整、实验报告基本概念清晰，解决问题的方案正确、合理，能提出不同的解决问题方案。	按时出勤、积极主动参与实验过程、实验中注重团队合作、分工合理工整、实验报告基本概念基本清晰，解决问题的方案基本正确、基本合理。	按时出勤、能够动手参与实验过程、实验中能够分工合理工整、实验报告基本概念基本清晰，解决问题的方案基本正确、基本合理。	按时出勤、能够动手参与实验过程、实验中能够分工合理工整、实验报告基本概念部分不清晰，解决问题的方案部分不正确、不合理。	不满足 D 要求
考试	按期末考试的标准答案、评分标准百分制评分。	按期末考试的标准答案、评分标准百分制评分。	按期末考试的标准答案、评分标准百分制评分。	按期末考试的标准答案、评分标准百分制评分。	按期末考试的标准答案、评分标准百分制评分。
评分标准 (A~E)：主要填写对教学内容中的基本概念、理论、方法等方面的掌握，及综合运用理论知识解决复杂问题能力的要求。					

制定者：金冬月

批准者：张万荣

2020 年 7 月

# “微电子器件可靠性技术（自学）”课程教学大纲

英文名称: Reliability of Micro-electronic Devices(Self-taught)

课程编码: 0010683

课程性质: 专业选修课

学分: 2.0

学时: 32

面向对象: 电子科学与技术专业本科生

先修课程: 半导体器件原理, 集成电路分析与设计, 微电子工艺

教材及参考书:

- [1] 恩云飞编著. 电子元器件质量与可靠性技术丛书-可靠性物理. 电子工业出版社, 2015 年 1 月
- [2] 顾瑛著. 电子元器件质量与可靠性技术丛书-可靠性工程数学. 电子工业出版社, 2004 年 8 月
- [3] 郝跃著. 微纳米 MOS 器件可靠性与失效机理. 科学出版社, 2008 年 3 月
- [4] 史保华. 微电子器件可靠性. 西安电子科技大学出版社, 1999 年 1 月
- [5] Ajith Amerasekera, Failure Mechanisms in Semiconductor Devices, Typeset by Thomson Press. 1997

## 一、课程简介

微电子器件可靠性技术是 60 年代后期崛起的一门新兴的边缘学科。目前正在不断发展和完善过程中。它是在半导体器件物理学、器件工艺学、材料学、化学、冶金学、电子学、环境工程和系统工程等多种学科的基础上发展起来的。本课程的重点是阐述半导体可靠性的基本概念, 寿命试验的数据处理, 半导体器件的表面、体内、电极系统及封装对器件性能的影响, 半导体器件常见的失效机理, 失效分析技术和器件的正确使用等内容。

## 二、课程地位与目标

**(一) 课程地位:** 本课程是电子科学与技术学科及电子电路学科的跨专业选修课程, 旨在继半导体器件原理、集成电路与设计等课程后, 引导学生在器件实际使用过程中可能存在的问题及解决部分 (即失效模式和失效机理), 培养其系统分析与可靠性设计、失效分析、失效机理研究等专业基本能力。增强学生对抽象、理论、设计 3 个学科形态/过程的理解, 学习基本思维方法和研究方法; 引导学生追求从问题出发, 通过分析解决器件的失效问题, 强化学生器件的工艺结构和版图结构等专业核心知识; 除了学习知识外, 还要学习分析问题和解决实际问题的具体方法; 给学生提供器件使用中出现的现象及解决方案, 培养其工程意识和能力。

本课程支撑的毕业要求拆分指标点的具体描述。

5.1: 能够对固态器件相关物理现象及特性进行研究和实验验证。

11.1: 能够通过口头或书面、图表, 工程图纸等方式与业界同行, 社会公众进行有效沟通与交流。

13.1: 具备终身学习的知识基础, 掌握自主学习的方法, 了解拓展知识和能力的途径。

## (二) 课程目标

**1 教学目标:** 总的教学目标是: 使学生掌握“半导体可靠性”中的基本概念、基本理论、基本方法, 在系统级上再认识器件结构和工艺结构, 提升分析问题的水平, 增强系统能力, 体验器件使用中各种现象的乐趣。本课程对毕业要求拆分指标点达成的支撑情况, 详见表 1。

**表 1 课程目标与毕业要求拆分指标点的对应关系**

序号	课程目标	毕业要求拆分指标点		
		13-1	11-1	5-1
1	掌握可靠性的基本概念, 以及可靠性数学和数据处理方法。增强理论结合实际能力, 了解器件的特性与使用条件的关系。能针对半导体材料、工艺、器件或电路相关的问题, 查阅相关资料, 设计测量方法, 获得相关数据, 并对数据表现的规律进行归纳、总结。	●	◎	⊙
2	培养系统能力和面向系统构建的交流和团队协作能力。通过在综述练习中, 组成员一起选题目, 一起查找文献并进行汇总, 掌握自学的方法, 并了解拓展知识和能力的途径。	◎	●	⊙
3	通过本课程的实践环节, 学会对复杂仪器的操作和熟练使用, 同时通过上述练习不断提高自学能力。加深对器件的制备及特性的学习。	⊙	◎	●

注: ●: 表示有强相关关系, ◎: 表示有一般相关关系, ⊙: 表示有弱相关关系

**2 育人目标:** 微电子器件的可靠性高低直接决定了武器装备的质量, 也决定了国家的战备能力。随着我国国防事业的跨越式发展, 对电子元器件的可靠性也提出了更加严格的具体要求, 并且相关研究成果的民用化推广, 也有利于我国电子元器件整体可靠性水平的提升, 进而促进国民经济的发展。了解本课程的基本知识点及失效分析手段, 对研制新器件和提高现有国产器件的使用寿命都是非常重要的。那么我们的其他电子产品也就不会受制于人, 提高我国的整体实力。

## 三、课程教学内容

分章节列出课程教学内容及对课程目标的支撑, 详见表 2。

**表 2 教学内容与课程目标的对应关系**

章节名称	教学内容及重点(▲)、难点(★)	课程目标(√)		
		1	2	3
第一章可靠性概念及其主要数量特征	教学目的[▲]、课程的基本内容[▲]、可靠性的发展[▲]、基本术语[▲]、产品的寿命特征[★]、常见的各种失效分布[★]。以可靠性的发展为线索, 引导学生站到系统设计的高度上去考虑问题。	√		
第二章可靠性试验及数据处理方法	掌握可靠性试验的分类并重点掌握下面几个基本可靠性试验: 可靠性试验[▲]; 寿命试验[▲]; 可靠性筛选[▲]; 威布尔分布寿命试验结果图估法简介[★]; 加速寿命试验[★];	√	√	√
第三章半导体器件的各种失效机	掌握半导体器件常见的失效机理及失效模式, 包括表面失效机理[▲][★], 体内失效机理[▲][★], 电极系统及封装的失效机理[▲][★],		√	√

理	新器件的失效机理的新体现[▲]。			
第四章集成电路的主要失效机理	集成电路在使用中常常会失效，其主要的失效机理为：静电损伤[▲][*]；电过应力失效[▲][*]；CMOS 集成电路的闭锁效应[▲][*]；	√	√	
第五章环境对器件可靠性的影响	半导体器件使用的环境越来越苛刻，在不同的环境中器件的损伤机理不同，下面是常见的几种损伤机理：辐射效应[▲]，温湿度效应[▲][*]，盐雾效应[▲][*]	√	√	
第六章半导体器件失效分析及失效分析技术	对于失效器件的分析是提高器件可靠性的重要手段，随着器件集成度的发展，分析手段也不断的进行着更新，本章重点介绍失效分析的过程；分析中几种常用的方法[▲]；失效器件几种典型的特性曲线分析[▲][*]；电子显微分析[▲]；俄歇电子能谱分析；红外显微分析等。	√	√	√

#### 四、教授方法与学习方法指导

**教授方法：**以讲授及自学为主，讨论验证为辅（课内 6 学时）。课内讲授推崇研究型教学，以知识为载体，传授相关的思想和方法，引导学生踏着大师们研究步伐前进。自学阶段采取线上线下混合教学模式，线上观看相关视频课程，线下要求紧跟学科发展前沿及热点课题，学会利用各种资源并学会整合资源。讨论验证教学则提出基本要求，引导学生独立（按专题）完成相关专题的深入学习及讨论验证。

**学习方法：**养成探索的习惯，特别是重视对基本理论的钻研，在理论指导下进行实践；注意从实际问题入手，归纳和提取基本特性，最后实现器件的失效机理分析及改进。明确学习各阶段的重点任务，做到课前预习，课中认真听课，积极思考，课后认真复习，不放过疑点，自学环节要充分利用好教师资源和同学资源。仔细研读教材，适当选读参考书的相关内容，从提高器件可靠性设计的角度，深入理解概念，掌握各种失效机理，不要死记硬背。积极参加讨论，在讨论中加深对原理的理解。

利用本课程国家精品资源共享课网站与校内课程网站，网站有包括讲稿、全程录像等。

#### 五、教学环节及学时分配

教学环节及各章节学时分配，详见表 3。

表 3 教学环节及各章节学时分配表

章节名称	教学内容	学时分配					合计
		讲授	习题	实验	讨论	其它	
第一章可靠性概念及其主要数量特征	课程的基本内容、可靠性的发展，基本术语、产品的寿命特征、常见的各种失效分布。	2	1				3
第二章可靠性试验及数据处理方法	可靠性试验；寿命试验；可靠性筛选；威布尔分布寿命试验结果图估法简介；加速寿命试验；	2		2			4
第三章半导体器件的各种失效机理	表面失效机理，体内失效机理，电极系统及封装的失效机理	2	2		6		10
第四章集成电路的	静电损伤；电过应力失效；CMOS 集成电路的	1			4		5

主要失效机理	闭锁效应						
第五章环境对器件可靠性的影响	辐射效应, 温湿度效应, 盐雾效应				4		4
第六章半导体器件失效分析及失效分析技术	失效分析的过程, 分析中几种常用的方法			2	4		6
合计		7	3	4	18		32

## 六、考核与成绩评定

课程成绩包括平时成绩 30% (出勤等 5%, 讨论及作业 25%), 自学环节 70% (完成必须的自学内容 50%, 验证及 PPT20%)。

讨论及作业成绩占 25%。主要反映学生在所学理论指导下如何更深入的了解问题的产生原因及分析方法。

平时成绩中的 5%主要反应学生的课堂表现、平时的信息接受、自我约束。成绩评定的主要依据包括: 课程的出勤情况、课堂的基本表现 (含课堂测验)。

自学环节是对学生查找并综合各种资料, 形成完整的综述报告并按照规定要求进行排版和设计。通过答辩的方式考核学生自学环节中对所学内容的掌握情况。本环节锻炼交流能力 (口头和书面表达)、协作能力、组织能力。

验证及 PPT20%主要通过对自学中的部分内容进行实验验证, 对撰写的 PPT 及答辩能力进行考核。

本课程各考核环节的比重及对毕业要求拆分点的支撑情况, 详见表 4。

**表 4 考核方式及成绩评定分布表**

考核方式	所占比例 (%)	主要考核内容及对毕业要求拆分指标点的支撑情况
平时成绩	5	对课堂讲述内容及相关知识进行随堂练习, 考查听课质量及综合知识的能力。支撑指标点 13-1
讨论及作业	25	查阅资料及总结能力, 问题分析及深入探究的能力。支撑指标点 13-1; 5-1
自学成绩	50	对基本失效机理及新器件新机理的掌握, 综合各种资料进行整合的能力。支撑指标点 13-1; 11-1
验证及 PPT	20	验证部分失效机理及现象, PPT 展示。支撑指标点 5-1; 11-1

## 七、考核环节及质量标准

本课程各考核环节及质量标准，详见表 5。

表 5 考核环节及质量标准

考核方式	评分标准				
	A	B	C	D	E
	90~100	80~89	70~79	60~69	< 60
平时成绩	完全掌握了课堂知识点，按时上课，与老师积极互动	掌握了课堂知识点，按时上课，与较好地老师积极互动	掌握大部分课堂知识点，按时上课，与老师互动性不强	掌握部分课堂知识点，上课有迟到，与老师基本不互动	不满足 D 要求
讨论及作业	作业完成的非常好，能主动对课堂内容进行深入学习	作业完成的较好，能对课堂内容进行深入学习	作业基本完成，能对课堂部分内容进行学习	作业基本完成，但有拖延，对课堂内容学习欠缺	不满足 D 要求
自学成绩	自学能力非常强，学科前沿及文献综述能力很强	自学能力强，学科前沿及文献综述能力强	有一定的自学能力，学科前沿及文献综述能力一般	自学能力需加强，学科前沿及文献综述能力一般	不满足 D 要求
验证及 PPT	验证实验完成的质量高，PPT 制作精良	验证实验完成的质量较高，PPT 制作较精良	验证实验完成的质量一般，PPT 制作一般	验证实验基本完成，PPT 制作一般	不满足 D 要求
评分标准 (A~E)：主要填写对教学内容中的基本概念、理论、方法等方面的掌握，及综合运用理论知识解决复杂问题能力的要求。					

制定者：张小玲

批准者：张万荣

2020 年 7 月

# “射频集成电路分析与设计”课程教学大纲

英文名称: Analysis and Design of RF Integrated Circuits

课程编码: 0007280

课程性质: 专业选修课

学分: 2.0

学时: 32

面向对象: 电子科学与技术专业本科生

先修课程: 模拟电子技术、数字电子技术、电路分析基础、电磁场理论

教材及参考书:

[1] Reinhold Ludwig, Pavel Bretchko 著. 王子宇, 王心悦等译. 射频电路设计-理论与应用(第2版). 电子工业出版社, 2013年8月

[2] Hooman Darabi 著. 吴建辉, 陈超译. 射频集成电路及系统设计. 机械工业出版社, 2019年6月

[3] 李智群, 王志功. 射频集成电路与系统设计. 科学出版社, 2018年12月

[4] Matthew M. Radmanesh 著. 顾继慧, 李鸣译. 射频与微波电子学. 电子工业出版社, 2012年1月

## 一、课程简介

随着无线通信、全球定位、雷达、遥感及相关应用技术的飞速发展, 当今社会急需一批训练有素的、具备高频电路设计理论知识的工程师和专家团队。本课程作为现代科学技术与实践应用十分紧密的电子工程类课程, 侧重于应用技术理论和实践的结合, 重点培养学生科学的思维方式以及认识新技术和应用新技术的能力。它是面向我校电子科学与技术专业三年级本科生开设的专业选修课。本课程依据学生的特点, 从低频电路理论到射频、微波电路理论的演化过程出发, 采用微波等效电路法即以低频电路理论为基础结合高频电压、电流波动特征的方法来分析 and 设计射频、微波系统。涵盖传输线、匹配网络、放大器等主要射频微波系统单元的理论分析和设计问题及电路分析工具。

## 二、课程地位与目标

(一) **课程地位:** 本课程是电子科学与技术专业的选修课, 属于电路设计系列。旨在继模拟电子技术、数字电子技术、电路分析基础等课程后, 引导学生再认识高频电路设计, 培养科学原理和科学方法掌握能力、现代工程工具和信息技术工具使用能力、工程问题解决能力等3大专业基本能力。传输线理论的学习将增强学生对抽象、理论、设计3个学科形态/过程的理解, 进而掌握基本的思维方法和研究方法; 射频晶体管放大器设计引导学生追求从问题出发, 采用现代工程设计工具去实现自动计算优化, 强化专业核心意识的培养。除了学习知识外, 还给学生提供参与设计实现射频电路系统的机会, 培养其工程意识和能力。

本课程对电子科学与技术专业支撑的毕业要求拆分指标点的具体描述。

3.2: 结合电子科学与技术基础知识与理论, 对固态器件与集成电路相关的复杂的工程问题进行建模。

6.2: 能运用计算机软、硬件技术和 EDA 工具进行专业相关工程项目的编程、模拟、仿真分析, 并意识到模型与 EDA 工具局限性的影响。

10.2: 能根据需要, 组织团队成员开展工作, 协调相互进度。

## (二) 课程目标

**1 教学目标:** 课程拟达到的课程目标: 1) 掌握传输线基本概念, 以及阻抗匹配问题的描述和解决方法; 2) 理解 Smith 圆图并熟练掌握 ADS 射频集成电路仿真软件的使用; 3) 增强理论结合实际能力, 获得开发射频晶体管放大器的设计经验; 4) 培养系统能力和面向系统构建的交流和团队协作能力。学生需要掌握的知识、素质与能力及应达到的水平如下: 1) 通过对传输线理论的学习, 使学生能够基于科学原理并采用科学方法对射频集成电路领域的复杂工程问题制定实验方案并进行研究, 包括设计、分析与解释数据, 并通过信息综合得到合理有效的结果; 2) 通过对 Smith 圆图、ADS 软件的学习, 使学生能够熟练使用电子仪器仪表和设备观察与分析电路系统的性能, 通过分组讨论并对复杂工程问题进行模拟与预测, 并能够理解其应用的局限性。

本课程对电子科学与技术专业毕业要求拆分指标点达成的支撑情况, 详见表 1。

**表 1 课程目标与电子科学与技术专业毕业要求拆分指标点的对应关系**

序号	课程目标	毕业要求拆分指标点		
		3.2	6.2	10.2
1	掌握传输线基本概念以及阻抗匹配问题的描述和解决方法	◎	●	⊙
2	理解 Smith 圆图并熟练掌握 ADS 射频集成电路仿真软件的使用	◎	●	⊙
3	增强理论结合实际能力, 获得开发射频晶体管放大器的设计经验	●	◎	⊙
4	培养系统能力和面向系统构建的交流和团队协作能力	⊙	◎	●

注: ●: 表示有强相关关系, ◎: 表示有一般相关关系, ⊙: 表示有弱相关关系

**2 育人目标:** 课程将通过为学生讲述国内射频集成电路领域杰出专家, 东南大学王志功教授国外学成后毅然回国工作的典型事迹, 培养学生的家国情怀、民族自信和自豪感。同时以积极向上和正面事例为基调和主调, 将理想信念、责任担当、职业素养、行为规范等育人元素融入课堂, 寓价值观引导于知识传授之中。

## 三、课程教学内容

分章节列出课程教学内容及对课程目标的支撑, 详见表 3。

**表 3 教学内容与课程目标的对应关系**

章节名称	教学内容及重点(▲)、难点(★)	课程目标(√)			
		1	2	3	4
第一章 引论	射频设计重要性及注意事项。主要包括射频设计的重要性▲★、射频电路中的量纲▲★和单位▲★、频谱相关知识、无源元件的射频特性★、高频电阻、高频电容和高频电感、片状元件及对电路板的考虑、片状电阻、片状电容和表面安装电感等。			√	√
第二章 传输线理论	传输线理论。包括传输线理论的实质▲、传输线的基本种类、传输线的等效电路表示法★及其基本定律▲、平行板传输线的电路	√		√	

	参量*、各种传输线结构小结、一般的传输线方程▲、基尔霍夫电压和电流定律表示式、行进的电压和电流波、阻抗*、无耗传输线模型▲、讲授微带传输线、端接负载的无耗传输线、电压反射系数*、传播常数*和相速*、驻波*、特殊的终端条件▲，端接负载无耗传输线的输入阻抗、短路传输线、开路传输线和1/4波长传输线、信号源和有载传输线、信号源的相量表示法、传输线的功率考虑、输入阻抗匹配*、回波损耗*、插入损耗*。				
第三章 Smith 圆图	Smith 圆图及应用。主要包括反射系数和负载阻抗简介、相量形式的反射系数*、归一化阻抗公式▲、参数反射系数方程▲、图形表示法▲、阻抗变换▲、普通负载的阻抗变换、驻波比*、特殊变换条件及计算机模拟、导纳变换▲、参数导纳方程和叠加的图形显示、元件的并联和串联、R 和 L 元件的并联、R 和 C 元件的并联、R 和 L 元件的串联、R 和 C 元件的串联、T 形网络。	√	√	√	
第四章 单端口网络和多端口网络	单端口网络和多端口网络相关知识。主要内容包括单端口网络和多端口网络的基本定义▲*、网络的串联、并联、级连网络以及 ABCD 网络参量、网络特性及其应用▲、网络参量之间的换算关系▲、微波放大器分析、散射参量的定义及物理意义*、链形散射矩阵、z 参量与 s 参量之间的转换、信号流图模型、S 参量的推广、散射参量的测量等。	√		√	
第五章 匹配网络和偏置网络	匹配网络和偏置网络相关知识。主要内容包括分立元件的匹配网络*、微带线匹配网络*、放大器的工作状态▲和偏置网络▲等。	√	√	√	
第六章 射频晶体管放大器设计	射频晶体管放大器设计相关知识。主要内容包括放大器的特性指标*、放大器的功率关系*、放大器稳定性的判定方法▲、增益恒定的方法▲、噪声系数圆▲、等驻波比圆▲、宽带、高功率和多级放大器等。	√	√	√	√

#### 四、教授方法与学习方法指导

**教授方法:** 结合课程内容的教学要求以及学生认知活动的特点,采取包括课堂讲授教学、案例教学、研究型教学、实验教学以及小组合作、项目驱动、线上线下混合等多种教学模式与方法。

1) 在课堂讲授教学和包含日新学堂在内的线上线下混合教学中使用多媒体课件,配合板书和范例演示讲授课程内容。适当引导学生阅读外文书籍和资料,培养自学能力。使学生掌握课程教学内容中规定的一些基本概念、基本理论和基本方法。

2) 通过案例教学和项目驱动教学,使学生能够对基本概念和理论有更深入的理解,使之有能力将它们应用到一些问题的求解中。适当增加对上述基本方法及核心思想的分析,使学生能够掌握其关键。

3) 积极探索、实践研究型教学及实验教学,并将小组合作融入其中。探索如何实现教师在对问题的求解中教,学生怎么在对未知的探索中学。从提出问题,到求解思路分析,培养学生抽象表示问题的能力,强化对“一类”问题进行求解的意识,进而培养学生的系统意识和能力。

**学习方法:** 根据本课程及学生学习特点,给出如下学习指导和建议:

1) 借助课堂讲授环节掌握课程教学内容中的基本概念、理论和方法, 借助线上线下混合教学获取课程延伸的学习资料, 同时掌握了获取信息检索、教学网站及学习注意事项的方法和能力;

2) 借助案例教学和项目驱动教学环节, 提升学生熟练掌握商用专业软件模拟技巧和学习技巧;

3) 考虑到设计训练是学好本课程的重要环节, 本课程中以小组合作形式布置低噪声放大器设计相关题目, 通过课下仿真、课上讨论的方式, 使学生加深对射频集成电路的理解, 并在设计集成电路设计方面受到训练, 同时完成对学生自主学习和学习效果自我检查方法的指导, 为今后开展相关科研和开发工作打下坚实的基础。

## 五、教学环节及学时分配

教学环节及各章节学时分配, 详见表 4。

表 4 教学环节及各章节学时分配表

章节名称	教学内容	学时分配					合计
		讲授	习题	实验	讨论	其它	
第一章 引论	射频设计重要性及注意事项。主要包括射频设计的重要性、射频电路中的量纲和单位、频谱相关知识、无源元件的射频特性、高频电阻、高频电容和高频电感、片状元件及对电路板的考虑、片状电阻、片状电容和表面安装电感等。	3.5	0.5				4
第二章 传输线理论	传输线理论。包括传输线理论的实质、传输线的基本种类、传输线的等效电路表示法及其基本定律、平行板传输线的电路参量、各种传输线结构小结、一般的传输线方程、基尔霍夫电压和电流定律表示式、行进的电压和电流波、阻抗、无耗传输线模型、讲授微带传输线、端接负载的无耗传输线、电压反射系数、传播常数和相速、驻波、特殊的终端条件, 端接负载无耗传输线的输入阻抗、短路传输线、开路传输线和 1/4 波长传输线、信号源和有载传输线、信号源的相量表示法、传输线的功率考虑、输入阻抗匹配、回波损耗、插入损耗。	5	0.5		0.5		6
第三章 Smith 圆图	Smith 圆图及应用。主要包括反射系数和负载阻抗简介、相量形式的反射系数、归一化阻抗公式、参数反射系数方程、图形表示法、阻抗变换、普通负载的阻抗变换、驻波比、特殊变换条件及计算机模拟、导纳变换、参数导纳方程和叠加的图形显示、元件的并联和串联、R 和 L 元件的并联、R 和 C 元件的并联、R 和 L 元件的串联、R 和 C 元件的串联、T 形网络。	5.5			0.5		6
第四章 单端口网络和多	单端口网络和多端口网络相关知识。主要包括单端口网络和多端口网络的基本定义、网络的串联、并	5.5	0.5				6

端口网络	联、级连网络以及 ABCD 网络参量、网络特性及其应用、网络参量之间的换算关系、微波放大器分析、散射参量的定义及物理意义、链形散射矩阵、z 参量与 s 参量之间的转换、信号流图模型、S 参量的推广、散射参量的测量等。					
第五章 匹配网络和偏置网络	匹配网络和偏置网络相关知识。主要内容包括分立元件的匹配网络、微带线匹配网络、放大器的工作状态和偏置网络等。	4.5			0.5	5
第六章 射频晶体管放大器设计	射频晶体管放大器设计相关知识。主要内容包括放大器的特性指标、放大器的功率关系、放大器稳定性的判定方法、增益恒定的方法、噪声系数圆、等驻波比圆、宽带、高功率和多级放大器等。	4	0.5		0.5	5
合计		28	2		2	32

## 六、考核与成绩评定

课程成绩包括平时成绩 30%（作业 15%、课堂表现、出勤等 15%），考试成绩 70%。

1) 平时成绩中的作业 15%主要是课堂作业和课外作业，主要考察学生对已学知识掌握的程度以及自主学习的能力；平时成绩中的课堂表现、出勤等 15%主要反应学生的课堂情况、平时的信息接收、自我约束。成绩评定的主要依据包括：课程的出勤率、课堂的基本表现（如课堂测验、课堂互动等）；

2) 考试成绩 70%为对学生学习情况的全面检验。考试内容以传输线基本理论和射频集成电路设计为主，突出掌握射频集成电路设计方法（元件选取建模、电路搭建、匹配网络和偏置网络设置等），并熟练使用 ADS 射频集成电路仿真软件对具体工程问题进行应用设计。

本课程各考核环节的比重及对毕业要求拆分点的支撑情况，详见表 5。

表 5 考核方式及成绩评定分布表

考核方式	所占比例 (%)	主要考核内容及对毕业要求拆分指标点的支撑情况
平时成绩	30%	<p>(1) 书面作业主要考核学生对每章节知识点的复习、理解和掌握程度。每次作业按 100 分制单独评分。支撑毕业要求拆分指标点 3.2 和 6.2；</p> <p>(2) 课堂表现和出勤主要考核学生对每章节知识点的复习、理解和掌握程度和课堂表现。每次测试按 100 分制单独评分。支撑毕业要求拆分指标点 3.2 和 10.2。</p>
考试成绩	70%	<p>期末考试是对学生学习情况的全面检验。强调考核学生对传输线基本理论与及射频集成电路设计相关知识的掌握程度，考核学生运用所学射频集成电路理论知识解决具体工程问题的能力。支撑毕业要求拆分指标点 3.2 和 6.2。</p>

## 七、考核环节及质量标准

本课程各考核环节及质量标准，详见表 6。

表 6 考核环节及质量标准

考核方式	评分标准				
	A	B	C	D	E
	90~100	80~89	70~79	60~69	< 60
作业	数量完整准确、按时交、书写工整	数量完整准确、未按时交、书写工整	数量完整，部分作答不够准确、按时交、书写工整	数量完整，部分作答不够准确、未按时交、书写较工整	不满足 D 要求
课堂基本表现和出勤情况	全勤 100%，课堂纪律好。研讨、参与随堂问答活跃	全勤 100%，课堂纪律好。研讨、参与随堂问答较活跃	全勤 100%，研讨、参与随堂问答较被动	考勤 90%，研讨、参与随堂问答敷衍	不满足 D 要求
考试	按期末考试的标准答案、评分标准百分制评分。	按期末考试的标准答案、评分标准百分制评分。	按期末考试的标准答案、评分标准百分制评分。	按期末考试的标准答案、评分标准百分制评分。	按期末考试的标准答案、评分标准百分制评分。
评分标准（A~E）：主要填写对教学内容中的基本概念、理论、方法等方面的掌握，及综合运用理论知识解决复杂问题能力的要求。					

制定者：金冬月

批准者：张万荣

2020 年 7 月

# “微电子器件设计与仿真”课程教学大纲

英文名称: Design and Simulation of Semiconductor Device

课程编码: 0010682

课程性质: 专业选修课

学分: 2.0

学时: 32

面向对象: 电子科学与技术专业本科生

先修课程: 半导体物理, 半导体器件原理, 微电子工艺

教材及参考书:

[1]B.J Baliga.Fundamentals of Power Semiconductor Devices (Second Edition).Springer, 2018

[2] Josef Luts, Heinrich Schlangenotto, Uwe Scheuermann, Rik De Doncker, “Semiconductor Power Devices” (Second Edition), Springer, 2019

[3] Stefan Linder, “Power Semiconductors”, EPFL Press, 2006

[4]Avant Corporation, “Medici User’s manual” Avant, 1999

[5] Avant Corporation, “Tsuprem-4 User’s manual” Avant, 1999

[6]ISE, “Mdraw(8.0) User’s manual” ISE,2000

## 一、课程简介

微电子器件设计与仿真,是微电子技术领域一个重要分支,它涉及半导体物理、半导体器件和微电子工艺等领域的知识。本课程作为专业选修环节,从半导体器件应用出发,明确应用对器件性能指标的要求,沿着从物理结构到产品结构(细节设计与终端设计的必要性);从设计尺寸到产品尺寸(工艺过程对结构的影响),从剖面结构到立体结构(版图设计)的不同层次扩展展开,内容包括结构设计、仿真验证、工艺实现与仿真验证、版图设计等。具体涉及两款常规半导体器件——二极管(含 PIN 双极结构和 JSB 或 TMBS 单极结构),功率 MOSFET。重点培养学生多科目知识综合运用能力。

## 二、课程地位与目标

(一)课程地位:本课程属于专业选修课,是器件原理的延伸,旨在通过具体器件设计、仿真优化与版图实现,将所学半导体物理、晶体管原理、工艺原理相关知识贯穿起来,明确器件设计的核心思路,掌握器件设计的基本方法,深刻领会细节设计对品质保证的重要性,并逐步树立工程设计过程中的成本意识、环境意识、品牌意识和法律意识(知识产权保护),为将来从事半导体器件研发应用相关的工作奠定良好的设计基础。

本课程主要为毕业要求 4.1 和 6.2 的实现提供支持。对毕业要求 11.1 的实现,有一定的支撑作用。

4.1: 针对性能指标需求,进行固态器件的常规设计和实现,明确相关的约束条件;设计过程中体现创新意识。

6.2: 能运用计算机软、硬件技术和 EDA 工具进行专业相关工程项目的编程、模拟、仿真分析,并意识到模型与 EDA 工具局限性的影响。

11.1: 能够通过口头或书面、图表, 工程图纸等方式与业界同行, 社会公众进行有效沟通与交流。

## (二) 课程目标

**1 教学目标:** 本课程设定了 2 个教学目标:

课程目标 1: 知道两款主流半导体器件——二极管和功率 MOSFET 的核心电参数指标, 明确清楚影响器件电参数的物理因素、结构因素以及各电参数之间的相互制约关系, 能够针对具体的阻断能力和折中要求 (主要针对速度与损耗的折中), 设计结构, 最终以版图形式展示。

课程目标 2: 清楚知道器件设计基本流程与方法, 并能够正确选择软件, 对设计的器件结构, 进行器件仿真。仿真过程中, 能够清楚知道控制参数, 并对控制参数进行拉偏, 根据仿真结果, 完成实验报告撰写。实验报告能正确描述设计目标、控制参数、电学量随控制参数的变化规律或折中关系、总结规律、得出结论。

**表 1 课程目标与毕业要求拆分指标点的对应关系**

序号	课程目标	毕业要求拆分指标点		
		4.1	6.2	11.1
1	清楚知道器件设计主要流程, 针对 Si 基器件 (二极管和 MOSFET), 能够根据阻断能力要求选择材料参数 (浓度、厚度)、终端结构, 并对终端结构进行仿真优化, 最后以实验报告形式展示。	●	●	◎
2	对双极器件 (PIN 二极管), 清楚知道物理参数 (载流子寿命、阳极掺杂浓度) 对器件电参数 (通态压降和反向恢复时间) 的影响, 能够通过仿真, 确定折中关系, 并能够根据快恢复或低导通压降应用要求, 做出正确选择。对单极器件 (JBS 或 TMBS), 能够清楚知道控制参数对通态压降和阻断能力的影响, 能够根据仿真, 给出折中关系, 并给出设计参考和选择。	●	●	◎
3	对功率 MOSFET, 清楚知道影响开关速度和通态压降的主要因素, 至少知道一种先进的结构, 其改善器件综合指标的物理机理。知道“超结结构”突破所谓硅极限的本质; 能够通过仿真, 确定失衡度对击穿电压的影响。	●	●	
4	知道器件制造工艺对器件结构的影响, 能够根据器件制备工艺和剖面结构, 设计版图, 并在细节处理上, 能体现对电场均匀性设计的考虑。	●	●	

注: ●: 表示有强相关关系, ◎: 表示有一般相关关系, ○: 表示有弱相关关系

**2 育人目标:** 以“弘扬社会主义核心价值观”为目标, 分别从“文化自信与创新、文化传承与科学世界观、发展权/使命感和责任感、规矩与底线 (工程与法律/道德)、工匠精神与科学精神”等方面开展课程思政和立德树人工作, 具体落实参见表 2。

**表 2 育人教育目标及落实**

序号	思政指标	融入时机	实施思路
1	文化自信与创新	MOSFET 设计之前沿发展: 超结 MOS	“超结结构”是国际功率半导体领域知名专家、中国科学院院士陈星弼教授于 1991 年提出并申请了国际专利, 该专利打破了传统理论极限约束, 被 12 个国家或地区、300 多申请主体, 引用近千次, 并被国际两大半导体公司购买。以此激发文化自信。

2	文化传承与科学世界观	二极管设计之前沿发展：各种二极管结构	从基本结构的各类改进出发，引出“道生一，一生二，二生三，三生无穷”的传统哲学思想，再通过进一步的强调，这里的“道”不是虚无缥缈超越万物的“宇宙精神”，而是揭示“客观规律”的理论基础、科学精神和创新意识，从而达成文化传承与科学世界观的辩证思维。
3	发展权/使命感和责任感	绪论课环节之“功率半导体器件”发展	借助世界知名功率半导体公司介绍，明确我国芯片技术近年发展及其与世界前沿的差距，增强使命感、责任感。
4	工程与法律/道德	器件仿真实训环节之软件介绍；课外作业	通过专用软件开发公司 Avanti 兴衰，强化工程与法律的关系，提高法律意识。另外通过课外阅读扩展：一个 EDA 天才的作死之路，强调工程道德，不止是尊重别人的专利，也要尊重自己。对自己成果（专利）的虚假修饰，也会触发法律。
5	工匠精神与科学精神	器件仿真实训环节之优化设计	控制参数优化强调，虽然工艺实现不可能落到一个点，但只有在最优值附近，才能在相同的器件性能指标范围内，为工艺提供最优的冗余，这就是工匠精神。同时控制参数优化，不是完成老师规范的内容，而是根据仿真结果、依据基本原理，随时调整。

### 三、课程教学内容

分章节列出课程教学内容及对课程目标的支撑，详见表 3。

表 3 教学内容与课程目标的对应关系

章节名称	教学内容及重点 (▲)、难点	课程目标 (√)			
		1	2	3	4
第一章 绪论	(1) 教学目的 (▲)、课程的基本内容 (▲)；(2) 半导体器件发展及应用；(3) 器件设计流程 (▲)；(4) 器件设计用到的软件及使用 (视频教学)；(5) 项目驱动教学要求与分组；(6) 过程考核与成绩评定	√			
第二章 二极管设计	2.1 引言：二极管的应用和分类；快恢复二极管主要电参数解读 (▲)；2.2 阻断特性与终端设计；从物理结构到产品结构：(1) 为什么是 PIN 结构 (▲)；(2) 结构参数确定 (▲)；(3) 穿通结构与非穿通结构 (▲) (★)；(4) 为什么需要终端结构 (▲)；(5) 常用终端结构 (▲) (★)；终端结构特点、控制参数、优化设计思路。2.3 导通特性与温度特性：(1) 阳极发射效率及载流子寿命对导通特性的影响 (▲) (2) 热阻与额定电流 (★)；(3) 零温度系数点与可靠性设计。2.4 开关特性与折中设计：(1) 反向恢复特性及其相关电参数；(2) 阳极发射效率、载流子寿命对恢复特性的影响 (▲)；(3) 折中曲线 (▲)；JBS 和 TMBS；2.5 工艺与版图；二极管工艺简介；版图工艺与最终结构的关系 (▲) (★)；二极管版图设计 (视频教学，自学完成) (▲)；2.6 需求与创新：JBS 和 TMBS 结构；2.7 实践环节：终端设计与仿真优化 (视频教学，课下完成)；二极管静态特性仿真 (视频教学，课下完成)		√		√
第三章 MOSFET	3.1 引言：(1) MOSFET 的应用及主要电参数；(2) 从物理结构到产品结构：MOSFET 结构演变；3.2 MOSFET 动态参数与开关参数：			√	√

设计	<p>MOSFET 动态参数 (▲) (★)：输入电容、输出电容、米勒电容和栅电荷因子；MOSFET 开关参数 (▲) (★)：开关时间与开关损耗，各参数的定义，这些参数与工作频率的关系，引导学生如何从应用角度设计参数以及如何根据参数确定应用范围。</p> <p>3.3 MOSFET 应用中的可靠性：包括 MOSFET 安全工作区和晶体 dv/dt 失效。</p> <p>3.4 MOSFET 结构设计 (▲) (★)：(1) MOSFET 结构与元胞集成、布局。(2) 元胞设计。</p> <p>元胞形状选择与布局；阈值设计与载流子迁移率随浓度的变化；栅氧厚度与场效应(跨导)和过驱动；阱推进结深与沟道长度和阻断能力的折中；背栅短路与可靠性；元胞尺寸与工艺水平等。</p> <p>3.5 MOSFET 发展与结构创新：分别针对低压和高压应用，介绍前沿的 MOSFET 结构和前沿理念。</p> <p>3.6 MOSFET 工艺与版图；MOSFET 制备主要工艺过程；器件结构与工艺和版图的关系 (▲) (★)；版图设计简介(视频教学，自学)。</p> <p>3.7 实践环节：MOSFET 静态特性仿真；二极管和 MOSFET 动态特性仿真；二极管折中特性仿真(与实践环节 1 结合)</p>				
----	--	--	--	--	--

#### 四、教授方法与学习方法指导

**教授方法：**本课程采用项目驱动、小组合作，线上线下混合教学模式。

**学习方法：**

**1. 结构设计重细节：**本课程几乎不涉及新物理、新理论，器件设计讲究的是细节设计，细节决定性能、决定品质、决定成败，基于此建立初步的品牌意识。**2. 仿真优化重合作：**强化学生团队合作意识，仿真环节内容较多，为保证在有限的时间内，各团队获得更多的优化结果，小组内部要分工明确，时间安排合理。**3. 软件使用靠自学：**引导学生通过观看视频的自学方式进行仿真软件的学习和使用，明确仿真优化的指导性和仿真设计的局限性。

#### 五、教学环节及学时分配

教学环节及各章节学时分配，详见表 4。

表 4 教学环节及各章节学时分配表

章节名称	教学内容	学时分配					合计
		讲授	习题	实验	讨论	其它	
第一章	绪论	1					1
第二章	二极管设计	4		6	3		
第三章	MOSFET 设计	6		6	4	2	
合计		11		12	7	2	

## 六、考核与成绩评定

课程成绩包括平时成绩 30% (版图设计, 课堂研讨等), 课内实验 30%, 期末考试 50%。

平时成绩包括:

1) 课堂互动、信息接受。成绩评定的主要依据是课外视频学习及任务点完成情况, 以及根据视频参与课堂研讨与互动情况, 约占 10%;

2) 作业: 包括文献调研与检索、产品调研与总结, 版图设计等。成绩评定的主要依据主要是提供的各种资料, 版图, 约占 20%;

课内实验: 完成课内实验情况, 成绩评定的主要依据是实验报告, 占 30%。

期末考试 40%: 是对学生学习情况的全面检验。既包含基本概念、基本工具基本方法的掌握, 也包括工程理念的考查。

本课程各考核环节的比重及对毕业要求拆分点的支撑情况, 详见表 4。

表 4 考核方式及成绩评定分布表

考核方式	所占比例 (%)	主要考核内容及对毕业要求拆分指标点的支撑情况
课堂讨论与互动	5%	课外视频学习情况和课内理解程度、互动过程的表达与辨析等。对毕业要求 11.1 有一定支撑。
课外作业	15%	包括文献调研与检索、版图设计等。成绩评定的主要依据主要是提供的各种资料, 版图, 为毕业要求 4.1 和 6.2 提供支撑。
课内实验	30%	完成课内实验情况, 成绩评定的主要依据是实验报告, 为毕业要求 4.1 和 6.2 提供支撑
考试成绩	50%	是对学生学习情况的全面检验。既包含基本概念、基本工具基本方法的掌握, 也包括工程理念的考查, 为毕业要求 4.1 和 6.2 提供支撑。

## 七、考核环节及质量标准

本课程各考核环节及质量标准, 详见表 5。

表 5 考核环节及质量标准

考核方式	评分标准				
	A	B	C	D	E
	90~100	80~89	70~79	60~69	< 60
作业	文献调研篇数满足要求, 版图设计元胞、终端、焊盘、汇流条完整, 元胞对称, 边缘进行了圆角化处理, 面积复合满足电流要求。	文献调研篇数基本满足要求, 版图设计元胞、终端、焊盘、汇流条有, 但不够完美, 元胞对称性和边缘圆角化处理不够充分, 面积复合满足电流要求。	文献调研篇数基本满足要求, 版图设计元胞、终端、焊盘、汇流条有, 但很粗糙, 未考虑元胞对称性, 边缘大部分未做圆角化处理, 面积偏差较大。	文献调研篇数基本满足要求, 版图设计有元胞、终端, 但焊盘或汇流条缺一个, 且整个版图比较粗糙, 未考虑元胞对称性, 边缘未做圆角化处理, 面积偏差较大。	不满足 D 要求
研讨与互	根据要求观看了视频, 完成了所	根据要求观看了视频, 完成了 80% 以	根据要求观看了视频, 准备了 PPT,	视频观看不完整, 但知识点考核完成	不满足 D 要求

动	有任务点考察，准备了PPT，内容完整，课堂互动积极，概念正确，思路明晰，解答正确。	上的任务点考察，准备了PPT，内容比较完整，课堂互动比较积极，概念正确，思路明晰，解答有些许小瑕疵。	但比较粗糙，课堂互动比较被动，概念基本正确，思路较清晰，知识点考核完成70%以上解答有些许小瑕疵。	60%以上；PPT准备不充分，但课堂互动能够基本正确地表达，思路比较明确，解答略有瑕疵，但正确部分超过一半。	
实验	按要求完成实验内容，实验报告内容完整，对仿真结果进行了合理归纳和正确描述，并进行了机理分析，并思考题回答正确。图标处理与引用合理规范，所有图片处理用心，图片可读性好。	按要求完成实验内容，实验报告内容完整，对仿真结果进行了归纳和描述，但机理分析存在不足，思考题思考题回答存在不足，或图标处理引用规范性略差。	按要求完成实验内容，实验报告内容完整，对仿真结果归纳描述略有不足，机理分析，思考题思考题回答亦存在不足，图标直接使用仿真截图，未合理处理，可读性差。	缺少部分实验内容，但绝大部分已完成。实验报告内容不够完整，对仿真结果归纳描述略有不足，机理分析，思考题思考题回答亦存在不足，图标直接使用仿真截图，未合理处理，可读性差。	不满足D要求
考试	根据评分标准确定				不满足D要求
评分标准（A~E）：主要填写对教学内容中的基本概念、理论、方法等方面的掌握，及综合运用理论知识解决复杂问题能力的要求。					

制定者：胡冬青

批准者：张万荣

2020年7月

# “专业英语”课程教学大纲

英文名称: Professional English

课程编码: 0008142

课程性质: 专业选修课

学分: 2.0

学时: 32

面向对象: 电子科学与技术专业本科生

先修课程: 半导体物理, 半导体器件原理, 微电子工艺

教材及参考书:

[1] 吕红亮, “微电子专业英语(第一版)”, 电子工业出版社, 2012年9月

[2] 张红, “微电子专业英语”, 机械工业出版社, 2010年8月

[3] Jan M. Rabaey et al, Digital Integrated Circuits-A design Perspective (second Edition, 影印版), 清华大学出版社, 2003年

[4] Donald A. Neamen, Semiconductor Physics and Devices-Basic Principles (Third Edition, 影印本), 清华大学出版社, 2003年

[5] James D. Plummer et al, Silicon VLSI Technology - Fundamentals, Practice and Modeling, 电子工业出版社, 2003年

[6] 王波, 谈向萍, “微电子技术专业英语”(微电子专业规划教材), 化学工业出版社, 2019

## 一、课程简介

能够阅读专业相关的外文资料, 是大学生毕业能力要求的重要方面。专业英语为通过大量电子科学与技术专业相关的英文文献的阅读与翻译, 使学生了解并掌握电子科学与技术专业常用专业术语(英语术语)对应的汉语表达, 以及常规专业术语的英文表达, 逐步提高学生的阅读、理解和翻译电子技术专业书刊资料的能力, 使学生获得阅读专业文献并正确解读的能力, 为将来从事专业相关的工作奠定良好的外语基础。

为了保证学生接触的专业词汇足够丰富, 课程内容涉及电子元器件、集成电路、基本放大电路、数字电路等方面的基本知识。课程根据学生特点, 以理解全文为主导, 采用关键词直接翻译、有重点地强调记忆, 典型句式分层分析、引导学生进行翻译, 整个段落理解为主, 前后衔接的教学方式。

## 二、课程地位与目标

(一) **课程地位:** 本课程是电子科学与技术专业的专业任选课程。旨在通过关键术语的翻译、典型句式的分析和大量专业相关文献、专利和教材的阅读, 使学生学习并掌握一定量的专业术语英文表述, 以及英文术语的汉语意思, 逐步提高学生的阅读、理解和翻译电子技术专业书刊资料的能力, 使学生获得阅读专业文献并正确解读的能力, 为将来从事专业相关的工作奠定良好的外语基础。

主要为毕业要求 11-2 和 11-3 的实现提供支持, 并对毕业要求 3-2 和 7-2 有一定支持作用。

本课程支撑的毕业要求拆分指标点的具体描述。

电子科学与技术专业：

11.2：具有英语听说读写的基本能力,能在跨文化背景下进行沟通和交流。

11.3：能借助交流，了解电子科学与技术领域的国际发展趋势研究热点。

4.2：针对工程应用问题，进行电子电路与系统的设计、仿真与调试；设计过程中体现创新意识。

8.2：能针对实际的固态器件、集成电路设计与工艺实现项目，评价资源利用、废弃物处置方案和安全防护措施，判断项目实施中可能对人类社会和环境造成损害的隐患。

## （二）课程目标

**1 教学目标：**写明课程拟达到的课程目标，指明学生需要掌握的知识、素质与能力及应达到的水平，本课程对毕业要求拆分指标点达成的支撑情况，详见表 1。

**本课程设定 2 个教学目标：**

课程目标 1：

通过“核心词、核心含义（核心词构成的段落含义）、整体段落”典型的科技文献翻译强化，使学生掌握基本的理解科技文献含义的思路；

课程目标 2：

通过课堂训练，提高学生正确表达、交流、沟通能力

**表 1 课程目标与毕业要求拆分指标点的对应关系**

序号	课程目标	毕业要求拆分指标点			
		4.2	8.2	11.2	11.3
1	掌握专业词汇	◎	◎	●	●
2	通过“核心词、核心含义（核心词构成的段落含义）、整体段落”典型的科技文献翻译强化，使学生掌握基本的理解科技文献含义的思路；	◎	◎	●	●
3	通过课堂训练，提高学生正确表达、交流、沟通能力。	◎	◎	●	●

注：●：表示有强相关关系，◎：表示有一般相关关系，○：表示有弱相关关系

**2 育人目标：**民族自信方面：通过阅读陈星弼院士的超结美国专利原文，了解中国科学家提出的突破“硅材料极限”的超结结构。有关陈院士的生平、超结专利以及陈院士对国际功率半导体技术的重大贡献将在专利检索讲授环节介绍。

背景：1993 年,电子科技大学的陈星弼教授提出了在纵向功率器件(尤其是纵向 MOSFET)中采用多个 pn 结构作为漂移层的构想,并把这种结构称为“复合缓冲层”(Composite Buffer Layer),并在美国申请专利。鉴于陈院士的发明,给功率半导体行业带来的革命性影响,2015 年,陈院士获 IEEE ISPSD 先驱奖;2018 年入选 ISPSD 首届名人堂,这是首位获此殊荣的华人科学家。

## 三、课程教学内容

分章节列出课程教学内容及对课程目标的支撑，详见表 2。

表 2 教学内容与课程目标的对应关系

章节名称	教学内容及重点(▲)、难点	课程目标(√)			
		1	2	3	4
第一章 电子科学与技术专业英语基础简介	科技英语语法及修辞介绍；科技英语构词方法；数字表达及物理单位词汇介绍；	√	√	√	
第二章 电子技术简介	电子学发展史 <sup>[1][2]</sup> ；半导体材料科学的发展及最新进展 <sup>[2]</sup>	√	√	√	
第三章 电子元器件	半导体二极管 <sup>[1][2]</sup> ；NPN 晶体管 <sup>▲</sup> ；MOS 晶体管 <sup>[2]</sup>	√	√	√	
第四章 先进制造工艺	半导体器件及电路制造技术简介 <sup>[1][2]</sup> ；IC 制造新技术研究进展 <sup>[1]</sup> ；宽禁带材料及其研究进展 <sup>[1][2]</sup>	√	√	√	
第五章 学术论文及美国专利示例	论文摘要 <sup>[1]</sup> ；美国专利结构及检索方法 <sup>[1]</sup>		√	√	

#### 四、教授方法与学习方法指导

**教授方法：**践行课堂讲授和课堂训练并重的方式。课内讲授推崇互动型教学，以正确理解段落含义为目标，以找寻核心词为切入点，传授相关的思想和方法，引导学生从读懂，到读出速度的成长。

**学习方法：**养成自主学习和主动学习的习惯，特别是重视对前沿资料的兴趣和好奇，逐步熟悉创新思路，充分利用网络资源、学校资源。明确各阶段的任务与目标，做到课前有准备，课中有参与，课后有扩展。

#### 五、教学环节及学时分配

教学环节及各章节学时分配，详见表 3。

表 3 教学环节及各章节学时分配表

章节名称	教学内容	学时分配					合计
		讲授	习题	实验	讨论	其它	
第一章	电子科学与技术专业英语基础简介	4					4
第二章	电子技术简介	6					6
第三章	电子元器件介绍	10					10
第四章	先进制造工艺介绍	8					8
第五章	学术论文及美国专利示例	4					4
合计		32					32

#### 六、考核与成绩评定

课程成绩包括平时成绩和考试成绩两部分。

考试环节：期末考察、单元测试、平时提问、平时作业相结合。其中单元测试、平时提问、平时作业构成平时成绩，占总成绩的 40%。

表 4 考核方式及成绩评定分布表

考核方式	所占比例	主要考核内容
单元测试	20%	通过单元测试，完成外文资料的阅读与理解，使学生熟悉科技英语的特点，掌握核心专业术语的中英文对照，对毕业要求 10-2 提供支持；
平时作业	10%	对毕业要求 10-3，通过课外资料搜索与阅读，提高自主学习和终身学习的意识。对毕业要求 3-2，通过前沿外文文献的阅读，领会创新设计的思路，对提高创新意识有一定支持作用。对毕业要求 7-2，通过工艺相关文献、前沿和专利文献的阅读，领会创新与环境、成本、可持续发展的关系。
课堂沟通训练	10%	通过课堂实时翻译训练，使学生正确表达、沟通与交流能力得到训练，对毕业要求 10-2 提供支持。
期末考试	60%	对规定考试内容的掌握情况，对应毕业要求 10-2、10-3 的达成

## 七、考核环节及质量标准

本课程各考核环节及质量标准，详见表 5。

表 5 考核环节及质量标准

考核方式	评分标准				
	A	B	C	D	E
	90~100	80~89	70~79	60~69	< 60
平时作业	外文文献调研篇数满足要求，翻译准确，字迹工整	外文文献调研篇数满足要求，翻译较准确，字迹工整	外文文献调研篇数满足要求，翻译基本准确，字迹工整	外文文献调研篇数基本满足要求，翻译基本准确，字迹较工整	不满足 D 要求
课堂沟通训练	根据要求准备了 PPT，内容完整，课堂互动积极，概念正确，思路明晰，解答正确。	根据要求准备了 PPT，内容比较完整，课堂互动比较积极，概念正确，思路明晰，解答有些许小瑕疵。	根据要求准备了 PPT，但比较粗糙，课堂互动比较被动，概念基本正确，思路较清晰，解答有些许小瑕疵。	未按要求准备 PPT，但课堂互动能够基本正确地表达，思路比较明确，解答略有瑕疵，但正确部分超过一半。	不满足 D 要求
单元测试	根据评分标准确定				不满足 D 要求
考试	根据评分标准确定				不满足 D 要求
评分标准 (A~E)：主要填写对教学内容中的基本概念、理论、方法等方面的掌握，及综合运用理论知识解决复杂问题能力的要求。					

制定者：贾云鹏

批准者：张万荣

2020 年 7 月

# “功率半导体器件及应用”课程教学大纲

英文名称: Power Semiconductor Devices and Applications

课程编码: 002009

课程性质: 专业选修课

学分: 2.0

学时: 32

面向对象: 电子科学与技术专业本科生

先修课程: 半导体物理、模拟电子技术、数字电子技术

教材及参考书:

- [1] Benda 原著, 吴郁等译, 《功率半导体器件——理论及应用》, 化工出版社, 2005 年 5 月
- [2] 江捷, 马志成, 赵影, 数字电子技术, 北京工业大学出版社, 2009 年 10 月
- [3] 孙景琪, 雷飞, 闫慧兰, 模拟电子技术, 高等教育出版社, 2016 年 7 月
- [4] B.J Baliga. Fundamentals of Power Semiconductor Devices (Second Edition). Springer, 2018
- [5] Josef Luts, Heinrich Schlangenotto, Uwe Scheuermann, Rik De Doncker, “Semiconductor Power Devices” (Second Edition), Springer, 2019

## 一、课程简介

本课程是电子科学与技术专业任选课。要求学生在已学过的半导体物理和电路分析知识的基础上了解和掌握功率半导体器件及其应用电路(电力电子电路)的基本工作原理,熟悉相关的描述、评价、分析和计算方法。具体内容包括熟悉现有各类重要功率半导体器件的结构、基本原理、设计原则和应用特性,能够将功率器件的设计、器件中的物理过程和器件的应用特性联系起来,了解并熟悉 AC/DC、AC/AC、DC/AC、DC/DC 变换技术,此外还涉及到功率器件的封装、冷却、可靠性工作条件以及未来的材料和器件等相关内容。本课程有利于本专业学生拓宽知识面,获得必要的专业常识和认识不同的专业方向,为将来从事功率半导体或电力电子相关的职业奠定良好基础。

## 二、课程地位与目标

(一) **课程地位:** 本课程是电子科学与技术专业任选课,是半导体物理的应用于延伸。通过本课程的教学,使学生在已学过的半导体物理和电路分析知识的基础上了解和掌握现代功率半导体器件及其应用电路(电力电子电路)的基本工作原理,熟悉对电力电子器件和电力电子技术中基本的描述、评价、分析和计算方法,有利于本专业的学生拓宽知识面,获得必要的专业常识和认识不同的专业方向,为将来从事与电力电子有关的职业奠定良好基础。

本课程支撑的毕业要求拆分指标点的具体描述。

本课程主要为毕业要求 2.2 和 4.1 的实现提供支持。对毕业要求 11.1 的实现,有一定支撑作用。

2.2: 通过对本课程的学习,可以使学生掌握工程基础知识,并能够用于工程问题的分析与设计方面。

4.1: 通过对现代功率半导体器件原理、特性和应用的介绍,以及对典型电路的分析,使

学生掌握功率半导体器件和电力电子基本问题的描述、评价、计算、分析与设计，使学生工程分析（电力电子）和需求分析（功率半导体）能力得到提高。

11.1：通过课堂互动，使学生口头描述和做图演示工程技术问题和表达自己对工程问题的理解能力得到加强。

## （二）课程目标

**1 教学目标：**写明课程拟达到的课程目标，指明学生需要掌握的知识、素质与能力及应达到的水平，本课程对毕业要求拆分指标点达成的支撑情况，详见表 1。

课程目标 1：通过本课程的学习，使学生在掌握半导体物理和电路分析知识的基础上，了解现代功率半导体器件的应用领域，掌握现代功率半导体器件及其应用电路（电力电子电路）的基本工作原理。

课程目标 2：熟悉对电力电子器件和电力电子技术中基本的描述、评价、分析和计算方法，提升学生分析问题、解决问题的能力。

**表 1 课程目标与毕业要求拆分指标点的对应关系**

序号	课程目标	毕业要求拆分指标点		
		2.2	4.1	11.1
1	通过本课程的学习，使学生在掌握半导体物理和电路分析知识的基础上，了解现代功率半导体器件的应用领域，掌握现代功率半导体器件及其应用电路（电力电子电路）的基本工作原理。	●	●	⊙
2	熟悉对电力电子器件和电力电子技术中基本的描述、评价、分析和计算方法，提升学生分析问题、解决问题的能力。	●	●	⊙

注：●：表示有强相关关系，⊙：表示有一般相关关系，⊖：表示有弱相关关系

**2 育人目标：**培养学生的名族自信心。特别是在被国外大部分垄断的功率半导体领域，包括器件的研发、生产及应用，国外领先国内较多，但是也要看到国内近几十年在功率半导体领域所做的贡献，比如超结 MOSFET 的发明人陈星弼教授；FinFET 的发明人胡正明教授等，这些成果都值得我们国人骄傲。

## 三、课程教学内容

分章节列出课程教学内容及对课程目标的支撑，详见表 2。

**表 2 教学内容与课程目标的对应关系**

章节名称	教学内容及重点（▲）、难点（★）	课程目标（√）	
		1	2
第一章 概述：电力电子学与功率半导体	1.1 电力电子学、电力电子电路、功率半导体（▲） 1.2 电力电子电路简介（▲） 1.3 电力电子系统（▲） 1.4 电力电子学的跨学科性质 1.5 电力电子学涵盖的范围 1.6 电力电子学的价值和意义 1.7 功率半导体简介（▲）		√
第二章 功率二极管及其应用	2.1 p-n 结功率二极管 2.2 肖特基功率二极管（▲） 2.3 二极管整流电路——不控整流（★）	√	√

第三章 晶闸管及其应用	3.1 普通晶闸管 (★) 3.2 其他类型晶闸管 3.3 普通晶闸管的应用——相控整流 (▲)	√	√
第四章 GTO、功率 BJT 及其应用	4.1 门极关断晶闸管 GTO (★) 4.2 功率 BJT 4.3 基本的逆变器电路 (▲) 4.4 功率 BJT 应用例	√	√
第五章 功率 MOSFET 及其应用	5.1 VDMOS 的结构 (▲) 5.2 工作原理和静态特性 (▲) 5.3 动态特性 (▲) 5.4 功率 MOS 的其他结构 5.5 功率 MOSFET 应用例——Buck 和 Boost 斩波器 (★)	√	√
第六章 IGBT 及其应用	6.1 IGBT 结构 (▲) 6.2 IGBT 工作原理及静态特性 (▲) 6.3 IGBT 动态特性 (★) 6.4 IGBT 的发展 6.5 IGBT 应用例 (PWM 逆变器)	√	√
第七章 宽禁带功率半导体简介	7.1 宽禁带功率半导体材料: SiC 和 GaN (▲) 7.2 宽禁带功率半导体器件		√

#### 四、教授方法与学习方法指导

**教授方法:** 以课堂讲授为主。课内讲授采用启发式教学, 以器件应用要求为目标, 以尽可能大地利用材料优势为指导, 以成本、性能、环境因素为约束, 引导学生将所学的知识运用于器件的细节设计。

**学习方法:** 培养精益求精的意识, 特别强调细节决定性能、决定品质、决定成败。注重从实际需求出发, 根据基本结构及影响因素, 找出优化思路。

#### 五、教学环节及学时分配

教学环节及各章节学时分配, 详见表 3。

表 3 教学环节及各章节学时分配表

章节名称	教学内容	学 时 分 配					合计
		讲授	习题	实验	讨论	其它	
第一章	概述: 电力电子学与功率半导体	2					2
第二章	功率二极管及其应用	4					4
第三章	晶闸管及其应用	8					8
第四章	GTO、功率 BJT 及其应用	4					4
第五章	功率 MOSFET 及其应用	6					6
第六章	IGBT 及其应用	6					6
第七章	宽禁带功率半导体简介	2					2
合计		32					32

#### 六、考核与成绩评定

课程成绩包括平时成绩 30%, 考试成绩 70%。

平时成绩主要反应学生的课堂表现、平时的信息接收、自我约束。成绩评定的主要依据包括: 课程的出勤率、课堂的基本表现, 主要考察学生对已学知识掌握的程度以及自主学习的能力。

考试成绩为对学生学习情况的全面检验。强调考核学生对基本概念、基本方法、基本理

论等方面掌握的程度，及学生运用所学理论知识解决复杂问题的能力。

本课程各考核环节的比重及对毕业要求拆分点的支撑情况，详见表 4。

**表 4 考核方式及成绩评定分布表**

考核方式	所占比例 (%)	主要考核内容及对毕业要求拆分指标点的支撑情况
平时成绩	30	课内学习情况和理解程度、互动过程的表达与辨析等。对毕业要求 11-1 有一定支撑。
考试成绩	70	是对学生学习情况的全面检验。既包含基本概念、基本工具基本方法的掌握，也包括工程理念的考查，为毕业要求 2-2 和 4-1 提供支撑。

## 七、考核环节及质量标准

本课程各考核环节及质量标准，详见表 5。

**表 5 考核环节及质量标准**

考核方式	评分标准				
	A	B	C	D	E
	90~100	80~89	70~79	60~69	< 60
研讨与互动	课堂互动积极，概念正确，思路明晰，解答正确。	课堂互动比较积极，概念正确，思路明晰，解答有些许小瑕疵。	课堂互动比较被动，概念基本正确，思路较清晰，解答有些许小瑕疵。	课堂互动能基本正确地表达，思路比较明确，解答略有瑕疵，但正确部分超过一半。	不满足 D 要求
考试	根据评分标准确定				不满足 D 要求
评分标准 (A~E)：主要填写对教学内容中的基本概念、理论、方法等方面的掌握，及综合运用理论知识解决复杂问题能力的要求。					

制定者：周新田

批准者：张万荣

2020 年 7 月

# “第三代半导体技术（双语）”课程教学大纲

英文名称：The Third Generation Semiconductor technology

课程编码：001007

课程性质：专业选修课

学分：2.0

学时：32

面向对象：电子科学与技术专业本科生

先修课程：无

教材及参考书：

[1]“氮化物宽禁带半导体材料与电子器件”，郝跃，张金凤，张进成著，科学出版社，2013

[2]“碳化硅宽带隙半导体技术”，郝跃，彭军，杨银堂编著，科学出版社，2000

[3]“纳米科学与技术自驱动系统中的纳米发电机”，王中林著，科学出版社，2012

## 一、课程简介

第三代半导体技术是一门前沿领域的研究性双语课程，涉及多学科和内容的交叉，它包括不同材料物理和多种器件物理方面的知识。课程通过介绍第三代半导体材料和器件的一些基础知识，致力于使学生理解并掌握宽禁带半导体材料生长和器件工艺的基本原理和基本方法。同时，课程通过与传统半导体材料与器件的对比，从第三代半导体材料与器件的特点出发，使学生领会现今信息时代人们日常生活所依赖的微纳电子产品，是如何从自然界中的元素，到晶片，再到芯片，从而使学生能够举一反三，培养学生在微电子领域的工作中提出问题、回答问题并解决问题的能力，启发他们的创造力。

## 二、课程地位与目标

**（一）课程地位：**本课程是电子科学技术和微电子科学专业的一门专业选修课，是一门涉及多学科、内容交叉的前沿领域的研究性课程，它包括不同材料物理和多种器件物理方面的知识，将为学生介绍当今信息科技前沿领域的研究，并引导学生进行该方面初步的探索。

本课程支撑的毕业要求指标点具体如下：

3.1：能够识别固态器件、集成电路设计与工艺实现中的关键性能参数和工艺参数，并进行有效表达。

13.2：理解固态器件、集成电路设计与工艺实现的多样化，能对核心问题进行归纳和凝练，通过自主学习和终身学习，适应技术应用和技术进步对于知识和能力的要求。

### （二）课程目标

**1 教学目标：**本课程总的教学目标是通过学习第三代半导体的微结构、电学、光学性质、材料的制备和表征方法，以及第三代半导体电子和光电子器件的基本器件结构、工作原理、工艺流程和表征方法，培养学生在微电子领域的工作中提出问题、回答问题并解决问题的能力。

本课程设定 2 个课程目标，具体如下：

课程目标 1：掌握第三代半导体从材料制备到电子与光电子器件制造的完整过程，以及

区别于其它半导体的特点，能够举一反三。

课程目标 2：能够对第三代半导体结构与性质的对应关系进行归纳和凝练，具有自主学习和探索的能力。

本课程对毕业要求拆分指标点达成的支撑情况，详见表 1。

**表 1 课程目标与毕业要求拆分指标点的对应关系**

序号	课程目标	毕业要求拆分指标点	
		3.1	13.2
1	掌握第三代半导体从材料制备到电子与光电子器件制造的完整过程，以及区别于其它半导体的特点，能够举一反三	●	◎
2	能够对第三代半导体结构与性质的对应关系进行归纳和凝练，具有自主学习和探索的能力	◎	●

注：●：表示有强相关关系，◎：表示有一般相关关系，○：表示有弱相关关系

**2 育人目标：**本课程培养学生热爱科学，用科学技术报效祖国的理想信念,激发学生的家国情怀和民族自信，为中华民族的伟大复兴而努力学习。

### 三、课程教学内容

课程的教学内容及对课程目标的支撑如下：

**表 2 教学内容与课程目标的对应关系**

章节名称	教学内容及重点 (▲)、难点 (★)	课程目标 (√)	
		1	2
第一章概论	1. 半导体带隙的基本概念和对器件性能的影响；2. 第三代半导体技术的研究内容和发展现状▲；	√	
第二章氮化镓的结构和性质	1. 氮化镓的晶体结构和能带结构；2. 氮化镓的 n 型和 p 型掺杂；3.氮化镓的极化效应▲★；4.III 族氮化物异质结的能带带阶、二维电子气的形成机理和性质▲★；5. 氮化镓单晶体材料的制备方法；6. MOCVD 外延生长氮化镓的原理▲；7. III 族氮化物材料的微结构与缺陷分析▲★；	√	√
第三章氮化镓电子与光电子器件	1. 氮化镓 HEMT 器件的器件结构、工作原理、工艺流程和性能表征▲★；2. 氮化镓 HEMT 器件的电热退化和可靠性；3. 增强型氮化镓集成电路★；4. 氮化镓发光二极管的器件结构、工作原理、工艺流程和性能表征▲；5. 氮化镓激光器的器件结构、工作原理、工艺流程和性能表征；6. 氮化镓紫外探测器的器件结构、工作原理、工艺流程和性能表征▲；	√	√
第四章氧化锌的性质和纳米结构	1. 氧化锌的晶体结构和能带结构；2.氧化锌的自发极化和压电极化▲★；3.氧化锌的纳米结构与物性▲★；4.氧化锌纳米材料自组织生长的原理与方法▲；	√	√
第五章氧化锌纳米器件和系统	1. 氧化锌纳米紫外探测器的器件结构、工作原理和制作方法▲；2.氧化锌太阳能电池的器件结构、工作原理和制作方法▲；3.氧化锌发光二极管的器件结构、工作原理和制作方法；4.氧化锌纳米	√	√

	发电机的器件结构、工作原理和制作方法▲★；5.自供电氧化锌纳米材料器件和系统集成★；		
第六章碳化硅材料和电子器件	1. 碳化硅的晶体结构和能带结构；2. 碳化硅单晶体材料的生长方法和原理▲；3. 碳化硅晶体的缺陷分析▲★；4. 碳化硅功率 SBD 的器件结构、工作原理、工艺流程和性能表征★；5. 碳化硅 MOS 晶体管的器件结构、工作原理、工艺流程和性能表征▲；6. 碳化硅 IGBT 的器件结构、工作原理、工艺流程和性能表征★；	√	√
第七章超宽禁带半导体材料与器件	1. 氧化镓的材料特性、材料生长与器件制备★；2. 氮化铝的材料特性、材料生长与器件制备★；3. 金刚石的材料特性、材料生长与器件制备★；	√	

#### 四、教授方法与学习方法指导

**教授方法：**本课程以线下方式课堂讲授第三代半导体的微结构、电学、光学性质、材料的制备和表征方法，并对关键问题和热点难点问题进行课内研讨，结合实际研究案例讲授第三代半导体电子和光电子器件的基本器件结构、工作原理、工艺流程和表征方法，为学生设定实际研究项目或由学生在授课过程中的发现自选课题，学生通过阅读外文书籍和数据资料，对核心问题进行归纳和凝练，进行有效表达和进一步研究。

**学习方法：**学生上课认真听讲，积极参与课内研讨，课下通过图书馆数据库系统进行文献检索，在此过程中发现和解决问题。

根据课程及学生学习特点，给出学习该门课程的指导和建议。可以包括体现本门课程特点的学习策略、学习技巧、自主学习指导、课程延伸学习资料获取途径及信息检索方法、教学网站及学习注意事项、学习效果自我检查方法指导等内容。

#### 五、教学环节及学时分配

表 3 教学环节及各章节学时分配表

章节名称	教学内容	学 时 分 配					合计
		讲授	习题	实验	讨论	其它	
第一章	概论	2					2
第二章	氮化镓的结构和性质	4			2		6
第三章	氮化镓电子与光电子器件	4			1		5
第四章	氧化锌的性质和纳米结构	4			2		6
第五章	氧化锌纳米器件和系统	4			2		6
第六章	碳化硅材料和电子器件	4			1		5
第七章	超宽禁带半导体材料与器件	2					2
合计		24			8		32

## 六、考核与成绩评定

课程成绩包括平时课内研讨的成绩和大报告成绩两部分。本课程各考核环节的比重及对毕业要求拆分点的支撑情况，详见表 4。

表 4 考核方式及成绩评定分布表

考核方式	所占比例 (%)	主要考核内容及对毕业要求拆分指标点的支撑情况
课内研讨	40	主要考察学生对已学知识掌握的程度以及自主学习的能力，支撑毕业要求 3-1
大报告	60	主要考察学生归纳凝练和研究探索的能力，支撑毕业要求 13-2

## 七、考核环节及质量标准

本课程各考核环节及质量标准，详见表 5。

表 5 考核环节及质量标准

考核方式	评分标准				
	A	B	C	D	E
	90~100	80~89	70~79	60~69	< 60
研讨	学生掌握了课程讲授知识，能够提出新的问题，并回答问题。	学生掌握了课程讲授知识，能够提出新的问题。	学生掌握了课程讲授知识。	学生理解了课程讲授知识。	不满足 D 要求
大报告	学生能够自主查阅书籍文献，进行综述，进行创新性研究并取得结果。	学生能够自主查阅书籍文献，进行综述，进行创新性研究。	学生能够自主查阅书籍文献，进行综述，提出新的构想。	学生能够自主查阅书籍文献，进行综述。	不满足 D 要求
评分标准 (A~E)：主要填写对教学内容中的基本概念、理论、方法等方面的掌握，及综合运用理论知识解决复杂问题能力的要求。					

制定者：高志远

批准者：张万荣

2020 年 7 月

# “半导体理论”课程教学大纲

英文名称: Theory of semiconductor

课程编号: 0007275

课程性质: 专业选修课

学分: 2.0

学时: 32

适用对象: 电子科学与技术专业本科生

先修课程: 半导体物理、固体物理学

教材及参考书:

教材: 刘恩科、朱秉升、罗晋生,《半导体物理学》电子工业出版社 2011 年第 7 版。

参考书:

[1] 黄昆、韩汝琦,《半导体物理基础》,科学出版社,1979。

[2] 顾祖毅等,《半导体物理学》,电子工业出版社,1995 年。

[3] S.M.Sze, Physics of Semiconductor Devices, 2nd edition, John Wiley & Sons, New York, 1981.

## 一、课程简介

本课程是电子科学与技术专业的专业选修课。旨在使学生了解半导体晶体结构,基本物理性质和主要的电学特性,了解半导体中电子和空穴的物理概念和运动描述;熟悉半导体中,电子和空穴的漂移运动,扩散运动和非平衡载流子的产生和复合。掌握半导体 PN 结的电学特性和物理性质,掌握 MOS 结构的电学特性和物理性质,以及金属半导体接触形成肖特基接触和欧姆接触的原理;了解半导体材料的光学特性、热学特性及磁学特性。使学生掌握半导体物理的基本理论和基本规律,培养学生分析和应用半导体各种物理效应的能力。

## 二、课程地位与课程目标

**课程地位:** 本课程是电子科学与技术专业的专业限选课。本课程在半导体物理的基础上对半导体物理知识加以适当的拓宽和深化,作为学习和研究各类半导体器件的基础,增强学生对物理模型、理论、实践的理解,学习基本思维方法和研究方法;引导学生追求从问题出发,强化学生物理模型及理论实践等专业核心意识;除了学习知识外,还要给学生提供参与实验解决问题的机会,培养其工程意识和能力。以满足学生将来在不同研究方向上进一步深入和发展的需要。

**课程目标:** 总的课程目标是:使学生掌握“半导体理论”中的基本概念、基本理论、基本方法,培养其工程意识和能力。以满足学生将来在不同研究方向上进一步深入和发展的需要。

课程目标 1: 了解和掌握制备固态器件半导体中电子状态的描述方法;了解和掌握半导体中杂质和缺陷能级形成机理和作用。

课程目标 2: 热平衡状态下半导体中载流子的描述及特征;掌握外场(电场、磁场)下半导体中载流子输运特性。

课程目标 3: 掌握非平衡状态及非平衡载流子特性,爱因斯坦关系式,掌握连续性方程

式。熟练掌握 p-n 结形成的机理和特性。主要内容：热平衡 p-n 结，内建电场，偏置 p-n 结电流电压特性；非理想因素、电容特性、击穿特性；p-n 结隧道效应。

课程目标 4：掌握半导体表面与 MIS 结构及电压控制下的特性。掌握金属-半导体接触类型和机理。掌握半导体的光学性质和光电效应，半导体的热电现象。

本课程主要为电子科学与技术专业毕业要求 2.3、3.2、5.1 的达成提供支撑。

2.3 掌握固态器件工作原理，能够应用数学、物理知识建立固态器件模型，并能够根据工程约束，选择恰当的边界条件求解。

3.2 能够识别固态器件、集成电路设计与工艺实现中的关键性能参数和工艺参数，并进行有效表达。

5.1 能够对固态器件相关物理现象及特性进行研究和实验验证。

通过本课程的学习，使学生具备以下能力：

- 1、掌握半导体理论的基础概念，理解系统的概念,及其在电子科学与技术领域,能够运用这些知识对微电子复杂工程问题的解决方案进行分析,建模,进行推导和求解。(支撑毕业要求 2.3)
- 2、能够应用学过的半导体物理及相关知识，正确分析固态器件基本工作原理、性能参数与材料和制备工艺的关系。选择适当的模型，能够综合工程原理,工程方法和文献检索对电子科学与技术系统复杂工程问题。(支撑毕业要求 3.2)
- 3、能够针对半导体材料、工艺、器件或电路相关的问题，设计测量方法，获得相关数据，并对数据表现的规律进行归纳、总结基于半导体理论原理，能够对电子科学与技术相关的各类物理现象，器件特性进行研究和实验验证。（支撑毕业要求 5.1）

本课程对毕业要求拆分指标点达成的支撑情况，详见表 1。

表 1 课程目标与毕业要求拆分指标点的对应关系

序号	课程目标	毕业要求拆分指标点		
		2.3	3.2	5.1
1	课程目标 1	●	●	⊙
2	课程目标 2	●	⊙	◎
3	课程目标 3	●	●	◎
4	课程目标 4	◎	◎	●

注：●：表示有强相关关系，◎：表示有一般相关关系，⊙：表示有弱相关关系

**2 育人目标：**通过半导体理论课程学习，培养电子科学与技术专业学生的理想信念、家国情怀、民族自信、责任担当、职业素养、行为规范等。寓共产主义价值观引导于知识传授之中。

### 三、课程教学内容及要求

分章节列出课程教学内容及对课程目标的支撑，详见表 2。

表 2 教学内容与课程目标的对应关系

章节名称	教学内容及重点 (▲)、难点 (★)	课程目标 (√)			
		1	2	3	4
第一章半导体中的电子状态	[1]掌握典型半导体 (Si、Ge、GaAs) 晶格结构、布拉伐格子、解理面、禁带参数等晶体参数、物理和化学性质； [2]理解半导体中的电子状态和能带概念，能够建立能带论与实际真实空间物理上的对应关系； [3]理解半导体中电子和空穴的运动区别，以及晶体中有效质量的概念 (▲)；	√			
第二章半导体中杂质和缺陷能级	[1]掌握本征半导体和杂质半导体载流子浓度的特征和机理； [2]掌握用能带论的概念，描述晶体中杂质能级，以及与实际空间物理状态的对应关系 (★)； [3]理解半导体在导电方面，电子和空穴两种粒子导电机理，以及与金属导电机理的不同特征 (▲)；		√		
第三章半导体中载流子的统计分布	[1]掌握半导体中能量空间，以及能量空间中状态密度的物理意义 (▲)； [2]理解费米统计分布和玻尔兹曼统计分布的推导过程 (★)； [3]理解费米能级和载流子的统计分布的概念；理解半导体中电中性的概念； [4]掌握本征半导体的载流子浓度的来源和性质，掌握杂质半导体的载流子浓度的概念和意义 (▲)； [5]了解一般情况下的载流子统计分布和简并半导体的概念；		√		
第四章半导体中载流子输运特性	[1]掌握半导体中载流子电场作用下的漂移运动和迁移率的概念； [2]理解影响半导体中载流子漂移运动的主要散射过程和机理 (晶格散射和电离杂质散射的定性规律) (★)； [3]掌握杂质浓度、温度对迁移率、电阻率的影响关系 (▲)； [4]熟练掌握霍尔效应的原理和应用； [5]掌握强场下载流子的运动速度饱和特性；		√		
第五章非平衡状态及非平衡载流子特性	[1]掌握非平衡态、非平衡态载流子寿命、准费米能级、概念，以及平衡载流子产生和复合机理； [2]了解陷阱效应； [3]掌握载流子的扩散运动及其机理 (▲)； [4]理解载流子的漂移运动和扩散运动之间的牵制关系和爱因斯坦关系式 (▲)； [5]掌握连续性方程式； [6]了解半导体中双极运动的概念，肖克莱实验 (测量少子迁移率原理)			√	
第六章 PN 结	[1]掌握 p-n 结形成的机理和能带图表示方法； (以突变结为例)； [2]理解 p-n 结内建电场的形成以及对导电特性的影响 (▲)；			√	√

	[3]掌握 p-n 结电流电压特性（理想 p-n 结[1]，非理想因素[2]）、电容特性、击穿特性（▲）（★）； [4]了解 p-n 结隧道效应；				
第七章 金属-半导体接触	[1]掌握金属与半导体接触后的状态类型和机理（▲）（★）； [2]了解半导体异质结和理想异质结能带图的表征方法；			√	√
第八章半导体表面与 MIS 结构	[1]了解半导体表面态； [2]掌握 MOS 结构中，表面电场对半导体表面的载流子的控制作用和机理（▲）（★）； [3]掌握 C—V 特性与半导体表面载流子状态的对应关系（▲）； [4]理解 Si—SiO <sub>2</sub> 系统的电荷、功函数对 C-V 特性的影响；			√	√

## 四、教授方法与学习方法指导

### 教授方法：

1.教学过程采用“发现法”，不断提出问题，引导学生独立思考，得到结论。在教学过程中有意识制造适当“发现点”，使得学生模拟科学家的探索过程，激发其学习兴趣和求知欲，培养学生创新意识和自行获取新知识的能力。

2.从实际出发，从系统角度出发，培养学生分析问题和解决问题能力，突出课程工程性的特点。

3.半导体物理主要在微观条件下解释半导体材料的电学、磁学、光学、热学等物理特性，内容抽象，公式推导繁多，不易理解。为避免这种情况，教学过程中主要采用以下方法：

首先，利用发展历史引起同学兴趣；

其次，建立框架，理清关系，讲明每一章节的内在联系；

最后，重点讲明物理意义，帮助学生理解。

**学习方法：**养成探索的习惯，特别是重视对基本理论的钻研，在理论指导下进行实践；注意从实际问题入手，归纳和提取基本特性，设计抽象模型，最后实现电磁场问题求解。明确学习各阶段的重点任务，做到课前预习，课中认真听课，积极思考，课后认真复习，不放过疑点，充分利用好教师资源和同学资源。仔细研读教材，适当选读参考书的相关内容。

## 五、教学环节及学时分配

教学环节及各章节学时分配，详见表 3。

表 3 教学环节及各章节学时分配表

章节名称	教学内容	学时分配					合计
		讲授	习题	实验	讨论	其它	
1	半导体中的电子状态	3	0.5				3.5
2	半导体中杂质和缺陷能级	1	0.5				1.5
3	半导体中载流子的统计分布	3	0.5				3.5
4	半导体中载流子输运特性	3	1				4
5	非平衡状态及非平衡载流子特性	4	1				5
6	PN 结	5	1				6
7	金属-半导体接触	1	0.5				1.5
8	半导体表面与 MIS 结构	4	1				5
9	考试	2					2
		26	6				32

## 六、考核与成绩评定

平时成绩 20-30%（作业，课堂等），期末考试 70-80%。

平时成绩 20-30%。主要反映学生在所学知识的掌握情况以及利用所学知识解决问题的能力。引导学生积极思考，培养学生在交流能力（口头和书面表达）以及对知识的应用能力、解决问题的能力。并对学生的课堂表现、平时的信息接受、自我约束情况进行评价。成绩评定的主要依据包括：课程的出勤情况、课堂的基本表现（含课堂测验）以及作业等。

期末考试是对学生学习情况的全面检验。强调考核学生对半导体基本理论、基本概念、基本方法的掌握程度，考核学生运用所学方法解决问题的能力，淡化考查一般知识、结论记忆。主要以理论理解以及解决问题为主。要起到督促学生系统掌握包括基本理论方法在内的主要内容。

表 4 考核方式及成绩评定分布表

考核方式	所占比例 (%)	主要考核内容及对毕业要求拆分指标点的支撑情况
作业	10-15	相关作业的完成质量，对应毕业要求 2.3、3.2、5.1 达成度的考核。
随堂练习	10-15	课堂练习参与度及其完成质量，对应毕业要求 2.3、3.2、5.1 达成度的考核。
期末考试	70-80	对规定考试内容掌握的情况，对应毕业要求 2.3、3.2、5.1 达成度的考核。

## 七、考核环节及质量标准

本课程各考核环节及质量标准，详见表 5。

表 5 考核环节及质量标准

考核方式	评分标准				
	A	B	C	D	E
	90~100	80~89	70~79	60~69	< 60
作业	基本概念清晰，解决问题的方案正确、合理，能提出不同的解决问题方案；	基本概念清晰，解决问题的方案基本正确、合理，能提出不同的解决问题方案；	基本概念基本清晰，解决问题的方案基本正确、基本合理；	基本概念不清晰，解决问题的方案基本不正确、不合理；	不满足 D 要求
研讨					不满足 D 要求
实验					不满足 D 要求
考试	基本概念清晰，解决问题的方案正确、合理，能提出不同的解决问题方案；	基本概念清晰，解决问题的方案基本正确、合理，能提出不同的解决问题方案；	基本概念基本清晰，解决问题的方案基本正确、基本合理；	基本概念不清晰，解决问题的方案基本不正确、不合理；	不满足 D 要求
评分标准（A~E）：主要填写对教学内容中的基本概念、理论、方法等方面的掌握，及综合运用理论知识解决复杂问题能力的要求。					

制定者：郭春生

批准者：张万荣

2020 年 7 月

# “异质结与光电子器件”课程教学大纲

英文名称: Heterojunction And Optoelectronic Devices

课程编码: 0008140

课程性质: 专业选修课

学分: 2.0

学时: 32

面向对象: 电子科学与技术专业本科生

先修课程: 量子力学III、固体物理学、半导体物理、半导体器件原理

教材及参考书:

[1] 虞丽生. 半导体异质结物理(第二版)北京: 科学出版社, 2006年5月

[2] 傅英, 陆卫. 半导体量子器件物理. 北京: 科学出版社, 2005年1月

[3] 施敏. 现代半导体器件物理, 刘晓彦等译. 北京: 科学出版社, 2002年7月

[4] 刘恩科, 朱秉升, 罗晋升, 半导体物理学(第六版). 北京: 电子工业出版社, 2004年8月

## 一、课程简介

本课程介绍半导体科学和技术的前沿相关的理论和技术基础及其最新的进展。主要内容是半导体异质结物理及其在光电子和超高速微电子器件上的应用。包括异质结的基本理论, 异质结生长技术, 应变层、超晶格、量子阱、二维电子气等; 异质结双极型晶体管, 共振隧道器件的工作机理和热电子器件的原理; 半导体光跃迁、受激辐射的基本原理, 异质结、量子阱激光器和发光管的工作原理和基本结构, 异质结、量子阱在其他光电子器件中的应用等。通过本课程的学习, 学生应掌握关于异质结物理方面的基础知识和异质结在光电子器件方面的应用优势, 了解其常用制备方法和特点, 以及目前国际上光电子器件技术的最新的发展。

## 二、课程地位与目标

(一) **课程地位:** 本课程是电子科学与技术专业的限选课, 可以作为电子科学与技术学科其他专业的选修课, 属于微电子和光电子技术系列。在学习了半导体物理和半导体器件原理等基本专业课程后, 引导学生了解和掌握近期国际上前沿的光电子器件和高速微电子器件的基本理论以及技术进展, 培养学生的创新能力和对高科技前沿的兴趣, 拓展学生的知识面。除了学习基本理论和新技术外, 通过学科发展和研究方法的介绍, 提高学生对新知识、新技术的获取和理解的能力。并通过高新技术产业化的实例, 培养学生工程意识和能力。

本课程支撑的毕业要求第 2.1、3.1、5.1、13.1 的实现具体描述:

2.1: 掌握数学、物理基础知识, 领会数学、物理建模分析的重要思想方法

3.1: 能够识别固态器件、集成电路设计与工艺实现中的关键性能参数和工艺参数, 并进行有效表达。

5.1: 能够对固态器件相关物理现象及特性进行研究和实验验证。

13.1: 具备终身学习的知识基础, 掌握自主学习的方法, 了解拓展知识和能力的途径。

### (二) 课程目标

**1 教学目标：**异质结的相关理论属于本专业现代半导体器件类的基础理论之一，掌握这些理论，本课程教学目标是使学生掌握“异质结与光电子器件”中的基本概念、基本理论、基本方法，详见表 1。

**表 1 课程目标与毕业要求拆分指标点的对应关系**

序号	课程目标	毕业要求拆分指标点			
		2-1	3-1	5-1	13-1
1	掌握异质结的基本概念，特别是半导体应变异质结的概念，生长技术，性能表征。	●	◎	◎	◎
2	以量子阱、量子线、量子点为代表的低维结构中的电子结构和光电特性	◎	◎	●	●
3	了解各种低维结构在高速微电子和光电子器件中的应用。	◎	●	●	◎

注：●：表示有强相关关系，◎：表示有一般相关关系，○：表示有弱相关关系

**2 育人目标：**写明课程对培养学生的理想信念、家国情怀、民族自信、责任担当、职业素养、行为规范等育人元素，寓价值观引导于知识传授之中。

a 通过介绍现代半导体光电材料和器件的发展现状，国外半导体行业现状和未来前景，以及国内仍有许多关键性问题亟待解决，如信息技术领域缺乏原创性的核心技术等问题长期制约着我国半导体领域的发展，将知识传授与价值引领相结合，激发学生的求知欲望。培养学生的专业责任感、使命感、提高自我学习能力与科研创新意识。

b 通过介绍我国改革开放四十年来，尤其是近十多年来，以半导体材料作为基础的信息技术（高性能计算、移动通信、量子通信等）能源技术和航空航天技术等发展迅速，与国际先进水平的差距不断缩小，如基于核心半导体材料的研发，相继开发出了先进的相控阵雷达、隐身战机等，激发学生建设科技强的国民自信和自豪感，以及职业责任担当。

c 通过介绍我国著名的半导体科学家如黄昆、林兰英等为国家的半导体材料事业鞠躬尽瘁报效祖国的感人事迹，以及勇于创新 and 严谨的科学态度，培养学生的思辨能力和科学精神，提升学生人文素养。

### 三、课程教学内容

分章节列出课程教学内容及对课程目标的支撑，详见表 2。

**表 2 教学内容与课程目标的对应关系**

章节名称	教学内容及重点(▲)、难点(★)	课程目标 (√)			
		1	2	3	4
第一章半导体技术现状与展望	半导体学科，技术工业的形成发展；半导体器件—IC 发展线索，目前发展；				
第二章现代半导体物理	半导体异质结基本理论▲★；异质结界面的生长▲；异质结结构的能带及其计算▲；应变能、应变层临界厚度▲；SiGe/Si 应变层超晶格▲★；	√			

与器件物理的研究进展	多量子阱结构与超晶格量子阱与二维电子气▲★；SinGem 超薄超晶格的准直接带隙▲；			
第三章半导体异质结超高速器件	异质结的注入比与超注入现象▲★；半导体异质结的 V-I 特性▲；异质结双极晶体管的理论分析▲；热电子注入器件热电子注入器件概念与分类▲；弹道运输器件▲★；金属基极晶体管 <sup>o</sup> Metal base Transistors) ▲★；掺杂基区晶体管 (Doped base Transistors) ▲★；感应基区晶体管 (Induced base Transistors)；Hot-electron spectrometers▲；Real-space transfer devices: RSTD ▲；共振隧道器件 RTD 的工作机理▲★；RTD 的实验研究▲；	√	√	
四章半导体异质结光电子器件	半导体光电子学概述与发展前景▲；半导体中的光跃迁▲★；主要半导体材料的能带▲★；直接和间接带隙光跃迁及守恒定则▲★；光跃迁几率▲★；自发与受激跃迁及其速率▲★；Einstein relation▲★；半导体发光和激光器半导体光辐射和发光二极管▲；半导体中的基本跃迁▲★；通过杂质缺陷的跃迁▲★；热载流子参与的带内跃迁▲；发光效率▲★；电致(场致)发光的激发方式▲★；发光二极管▲；GaAs1-xPx 系统▲；等电子中心增强复合发光▲★；LED 的结构与性能▲★；半导体激光器的工作条件▲；粒子束反转条件与受激发射阈值条件▲★；半导体激光器的结构▲★；同质、单、双异质结 LD 的特性比较▲★；三种异质结激光器的结构、特点▲；	√	√	

#### 四、教授方法与学习方法指导

**教授方法：**结合课程内容的教学要求以及学生认知活动的特点，采取包括讲授、研讨、小组合作、探究教学、项目驱动、案例教学、线上、线上线下混合等多种教学模式与方法。

以讲授为主（32 学时）。课内讲授推崇研究型教学，以知识为载体，传授相关的思想和方法。

**学习方法：**养成探索的习惯，既重视对基本理论的理解，又关注产业界实际技术的发展，特别是新技术带来的新产品。注意从实际问题入手，归纳和提取基本特性，设计抽象模型，最后实现半导体实际问题求解。明确学习各阶段的重点任务，做到课前预习，课中认真听课，积极思考，课后认真复习，不放过疑点，充分利用好教师资源和同学资源。仔细研读教材，适当选读参考书的相关内容。

#### 五、教学环节及学时分配

教学环节及各章节学时分配，详见表 3。

表 3 教学环节及各章节学时分配表

章节名称	教学内容	学时分配					合计
		讲授	习题	实验	讨论	其它	
第一章	绪论	2					2
第二章	低维结构物理基础	12					12
第三章	半导体异质结超高速器件	8					8
第四章	半导体异质结光电子器件	10					10
合计		32					32

## 六、考核与成绩评定

课程成绩包括平时成绩 40%（小测验 30%，出勤和课堂表现 10%），期末考试 60%。

平时成绩评定的主要依据包括：课程的出勤情况、课堂的基本表现（含课堂测验）、作业情况。

期末考试是对学生学习情况的全面检验。考试：内容以基础理论为主，突出基本概念和灵活运用基础知识解决问题的能力，以及一定的查阅文献和参考书的能力。

本课程各考核环节的比重及对毕业要求拆分点的支撑情况，详见表 4。

表 4 考核方式及成绩评定分布表

考核方式	所占比例 (%)	主要考核内容及对毕业要求拆分指标点的支撑情况
作业	40	(1) 主要考核学生对每章节知识点的复习、理解和掌握程度；(2) 每次作业按 100 分制单独评分。支持毕业要求指标点 2-1、3-1、5-1
考试成绩	60	(1) 卷面成绩 100 分，以卷面成绩乘以其在总评成绩中所占的比例计入课程总评成绩。(2) 期末考试是对学生学习情况的全面检验。重点考察半导体异质结基本理论、异质结的注入比与超注入现象、多量子阱结构与超晶格、应变能、应变层临界厚度、异质结的注入比与超注入现象、半导体材料的能带结构、直接和间接带隙光跃迁、粒子束反转条件与受激发射阈值条件、光跃迁几率等内容。考试内容覆盖教学内容的 90%。其中需掌握的占 50%，需理解的占 30%，需了解的占 20%。支撑指标点 2-1、3-1、5-1、13-1。

## 七、考核环节及质量标准

本课程各考核环节及质量标准，详见表 5。

表 5 考核环节及质量标准

考核方式	评分标准				
	A	B	C	D	E
	90~100	80~89	70~79	60~69	< 60
作业	严格按照作业要求并及时完成，基本概念清晰，解决问题的方案正确、合理，能提出不同的解决问题方案	基本按照作业要求并及时完成，基本概念基本清晰，解决问题的方案基本正确、基本合理	不能按照作业要求，未按时完成，基本概念不清晰，解决问题的方案基本不正确、不合理	能够在学期内补交作业	不满足 D 要求
考试	按期末考试的标准答案，评分标准百分制评分，总评后折算成 60 分				
评分标准 (A~E)：主要填写对教学内容中的基本概念、理论、方法等方面的掌握，及综合运用理论知识解决复杂问题能力的要求。					

制定者：徐晨

批准者：张万荣

2020 年 7 月

# “集成电路设计方法学”课程教学大纲

英文名称: Design Methodology for Very Large Scale Integrated Circuits (VLSI)

课程编码: 0010109

课程性质: 专业选修课

学分: 2.0

学时: 32

面向对象: 电子科学与技术专业本科生

先修课程: 半导体器件原理、集成电路分析与设计、模拟电子技术、数字电子技术、微电子工艺

教材及参考书:

- [1]李冰.《集成电路 CAD》. 电子工业出版社, 2018 年 01 月
- [2]张兴, 黄如.微电子学概论.北京大学出版社, 2017 年 9 月
- [3]HimanshuBhatnagar, 张文俊译. 高级 ASIC 芯片综合-使用 Synopsys Design Compiler Physical Compiler. 清华大学出版社, 2018 年 06 月
- [4]李冰. 集成电路 CAD 与实践. 电子工业出版社, 2017 年
- [5]王志功, 景为平, 孙玲. 集成电路设计技术与工具. 东南大学出版社, 2017 年 07 月
- [6]徐宁, 洪先龙.超大规模集成电路物理设计理论与算法. 清华大学出版社, 2009 年 9 月。
- [7]Wayne wolf. Modern VLSI Design Systems on Silicon(现代 VLSI 电路设计) (第 3 版). 科学出版社, 英文影印版, 2013 年 03 月
- [8]洪先龙, 严晓浪. 超大规模集成电路布图理论与算法. 科学出版社, 1998 年 10 月。
- [9]廖裕评, 陆瑞强. Tanner Pro 集成电路设计与布局实战指导-电路设计与仿真. 科学出版社, 2012 年 6 月
- [10]高文焕, 汪蕙. 模拟电路的计算机分析与设计--PSpice 程序应用.清华大学出版社, 1999 年 01 月。
- [11]杨之廉、申明编著.《超大规模集成电路设计方法学导论》(第 2 版). 清华大学出版社, 2007 年 7 月

## 一、课程简介

随着集成电路的发展迅速,集成度越来越高,设计的复杂度不断攀升,使得设计策略和设计方法变得越来越重要。集成电路设计方法学涉及到集成电路设计的各个阶段,本课依据学生的特点和集成电路设计固有特点,以层次化分级、自顶向下为主线,借助计算机语言和集成电路自动化设计系统,选择全定制、定制、半定制、可编程逻辑器件设计、混合模式等的设计方法,集成电路高级综合技术,逻辑综合技术,版图综合技术,以及逻辑模拟、电路模拟、器件和工艺模拟、集成电路测试技术作为主要内容,讨论在集成电路整个设计、制造和测试过程中,问题抽象、解决和具体实现的方法和原理。除了相应的知识对该学科的人才非常重要外,也体现对学生人格的塑造。

## 二、课程地位与目标

**(一) 课程地位:** 本课程是电子科学与技术专业的专业限选课, 可以作为其它信息类专业的选修课, 属于专业限选系列课程。旨在继半导体器件原理、集成电路分析与设计、模拟电子技术、数字电子技术、微电子工艺等课程后, 引导学生在集成电路整体设计中, 综合运用以前所学专业知识和本课程的新知识, 培养其集成电路分层分级设计思维、高层次电路抽象综合、模块化电路逻辑综合、电路的版图(物理)综合、电路模拟、器件和工艺模拟、集成电路测试等专业基本能力。增强学生对抽象、理论、设计、实现 4 个学科形态/过程的理解, 学习基本思维方法和研究方法; 引导学生追求从问题出发, 通过层次化(分级)逐步实现电路功能, 强化学生的器件级、电路级、系统级等专业核心意识; 除了学习知识外, 还要学习自顶向下、自底向上、反复迭代、模块化等典型方法; 给学生提供参与设计实现颇具规模的复杂集成电路设计的机会, 培养其工程意识和能力。

本课程主要为毕业要求 4-3、5-3、6-2 的达成提供支撑。

毕业要求 4-3: 针对工程应用的集成化设计需求, 能够确定整体方案, 进行任务分解, 制定工艺与设计流程, 初步完成集成电路及其版图的设计与仿真验证, 并体现创新意识。

毕业要求 5-3: 掌握集成电路设计分析方法与工艺约束, 合理使用设计工具, 并分析特性参数和性能指标, 以得到合理方案。

毕业要求 6-2: 能运用计算机软、硬件技术和 EDA 工具进行专业相关工程项目的编程、模拟、仿真分析, 并意识到模型与 EDA 工具局限性的影响。

### (二) 课程目标

**1 教学目标:** 本课程设定 3 个课程目标, 具体如下:

**课程目标 1:** 掌握集成电路各种设计方法的特点, 并能根据对集成电路性能的需求, 选择设计方法, 了解当前集成电路设计的发展趋势。具体为, 理解包括全定制设计方法、半定制设计方法、定制设计方法、可编程逻辑器件设计方法、逻辑单元阵列设计方法在内的不同集成电路设计方法的优点和缺点以及典型特点, 在实际电路设计时, 可按性能需求, 选择合适的方法。了解 SOC、SIP 和 SOP 技术, 延续摩尔和超越摩尔的发展趋势。

**课程目标 2:** 掌握集成电路多种综合技术的概念、流程、各阶段的任务和目标。具体为, 掌握以与工艺无关和与工艺相关两个阶段为核心的逻辑综合的流程、阶段的任务和目标; 掌握以调度和分配两个阶段为核心的高级综合的流程、阶段的任务和目标; 掌握以布局规划、布局、总体布线和详细布线四个阶段为核心的物理(版图)综合的流程、阶段的任务和目标。并了解在综合过程(阶段)中所采取的优化技术(方法), 最后对 Synopsys 公司 Astro 布局布线(P&R)、LEdit 和 Virtuoso 版图设计工具有所了解。

**课程目标 3:** 掌握 PSpice 电路模拟和逻辑模拟的功能和使用, 并对器件和工艺模拟有所了解。具体为, 掌握 PSpice 功能、基本电路特性分析、参数扫描分析和统计分析; PSpice 逻辑模拟、数/模混合模拟、最坏情况逻辑模拟。了解器件和工艺模拟的作用。

本课程对毕业要求拆分指标点达成的支撑情况, 详见表 1。

表 1 课程目标与毕业要求拆分指标点的对应关系

序号	课程目标	毕业要求拆分指标点		
		4-3	5-3	6-2
1	课程目标 1	●	◎	⊙
2	课程目标 2	◎	●	⊙
3	课程目标 3	⊙	◎	●

注：●：表示有强相关关系，◎：表示有一般相关关系，⊙：表示有弱相关关系

**2 育人目标：**本课程涉及到集成电路的发展和新技术，通过介绍中芯国际有限公司创始人张汝京的创业故事以及王阳元院士力推引进先进技术促成中芯国际有限公司创建，介绍华天集成电路集团公司肖胜利将一个濒临倒闭、负债近亿元的国营 749 厂发展成为全球集成电路封装行业排名第 6、封装收入在国内同行上市企业第 2（2018 年）的故事，介绍集成电路历史上最著名的 10 人中有两位中国人（FinFET 的发明人胡正明，创建全球第 1 家代工公司 TSMC 的张忠谋）故事，他们分别开辟了集成电路发展的新型微小结构和开创了半导体代工时代，体现民族自信、责任担当、家国情怀等育人元素，对学生进行人格塑造。

### 三、课程教学内容

课程教学内容及对课程目标的支撑，详见表 2。

表 2 教学内容与课程目标的对应关系

章节名称	教学内容及重点（▲）、难点（★）	课程目标(√)		
		1	2	3
第一章 引论	教学目的（▲）、课程的基本内容（▲）、集成电路的发展 <sup>[3]</sup> 、基本术语、集成电路的结构、集成电路分级思想（★）。以集成电路的总体设计流程（▲）为线索，引导学生站到集成电路系统的高度上去考虑问题、建立层级设计思维。在此过程中，重温自顶向下、自底向上设计、模块化等基本方法，了解“设计工具”的开发与利用。育人故事，塑造人格。 重点：教学目的，课程基本内容，CAD 在集成电路设计中的作用，集成电路设计流程。 难点：集成电路的分级分层设计思想。	√		
第二章 集成电路 各种设计 方法	包括全定制设计方法（▲）、半定制设计方法（▲）、定制设计方法、可编程逻辑器件设计方法（▲）、逻辑单元阵列设计方法、设计方法比较（★）、集成电路可测性设计（★）。这部分内容是集成电路设计的基础部分，涉及到问题的提出、解决、不同方法适用范围。 重点：全定制，半定制，定制设计方法，可编程逻辑器件设计方法。 难点：集成电路可测性设计，不同设计方法的比较。	√		
第三章 逻辑综合	该部分是集成电路设计中的重要一环，能否得到最优解（相对一工艺库）是一个不断迭代、反馈的过程。通过该部分学习，使学生体验优化是相对的，对达到一个目标，可能有不同的方案；对一个复杂问题，学会任务分解，简化难度，再各个击破。 逻辑综合包括概述、逻辑优化（▲）、布尔网络的成本、覆盖与优化及例子		√	

	<p>(★)、逻辑综合中的工艺映象及例子(▲)，synopsys 逻辑综合工具简介。</p> <p>重点：逻辑综合的与工艺有关与与工艺相关的两个阶段的区别和联系</p> <p>难点：覆盖，可能有多重覆盖，如何确定优化的覆盖具有探索性，体会计算机图形学在逻辑综合中优势。</p>			
第四章 高级综合 技术	<p>高级综合技术是分级层次化集成电路设计的第一个综合技术，把集成电路功能用语言在高级别上进行抽象表示和描述。让学生了解顶层设计的重要性，从大的方面着手，先不考虑具体实现，体现“领袖”、“顶层设计”的风格，因此对学生未来进行复杂集成电路框架设计、构思是很有意义的。</p> <p>主要内容包括高级综合技术流程(▲)，高级综合结果的应用[3]，行为描述、编译和转换，调度(★)，分配(★)，高级综合折衷[2]，调度和分配方法。</p> <p>重点：掌握高级综合技术流程</p> <p>难点：调度，分配，这是高级综合的核心，需要反复迭代，互相影响，需要折中。</p>		√	
第五章 物理综合	<p>版图(物理)综合是该课程的重点，是集成电路设计的第三个综合技术，最终完成集成电路设计的输出---版图，它是设计和制造的桥梁。通过本部分的学习，使学生体会集成电路设计的复杂和任务分解的重要性，学会集成电路版图的流程、技巧。</p> <p>主要内容包括：5.1 版图综合概述，5.2 电路划分(▲)，5.3 版图综合布局(▲)，布局及例子，布局成本估算，5.4 布局约束类型及举例，布局技术，5.5 模拟退化方法(★)，5.6 通道图及用途[1]，5.7 布线方法分类，总体布线和详细布线概述，5.8 总体布线(▲)，标准单元的布线，门阵列总体布线，5.9 迷宫布线法、左边算法、线探布线法及举例(★)，5.10 贪婪布线方法及特点(★)，5.11 各种布线方法比较，5.12 Synopsys 公司 Astro 布局布线(P&amp;R)。</p> <p>重点：版图综合的流程及各部分的作用。</p> <p>难点：模拟退化方法，迷宫布线法、左边算法、线探布线法，贪婪布线方法</p>		√	
第六章 电路模拟	<p>本章主要以主流电路模拟软件 PSpice 为例，讲解电路模拟的流程、作用和各个功能模块的功能，为学生使用该流行工具对电路进行模拟打下基础。</p> <p>主要内容有：6.1 电路模拟的概念、作用，6.2 电路模拟的基本功能和基本结构，6.3 Spectre/Hspice/Ultrsim 介绍，6.4 PSpice 概述，6.5 PSpice 基本电路特性分析(▲)，6.6 PSpice 参数扫描分析和统计分析(★)，6.7 PSpice 波形显示和分析模块—Probe</p> <p>重点：PSpice 基本电路特性分析</p> <p>难点：PSpice 参数扫描分析和统计分析</p>			√
第七章 逻辑模拟	<p>逻辑模拟主要保证集成电路功能和时序的真确性。该部分作为理解部分处理，主要是考虑有一定难度。通过该部分学习，使学生了解除 0、1 逻辑值外，还会有三值逻辑、四值逻辑，八值逻辑等，但并不是逻辑值越高越好，要结合实际运用。另外学会 PSpice 逻辑模拟。</p> <p>主要内容包括：7.1 逻辑模拟概念和作用(▲)，7.2 逻辑模拟的输入，主要环节、逻辑模拟模型(★)，7.3 逻辑模拟算法(★)，7.4 开关级逻辑模拟</p>			√

	(★), 7.5 PSpice 逻辑模拟 (▲), 7.6 PSpice 数/模混合模拟 (★), 7.7 PSpice 最坏情况逻辑模拟 (★). 重点: 逻辑模拟概念和作用 难点: 逻辑模拟算法, 开关级逻辑模拟, PSpice 数/模混合模拟, PSpice 最坏情况逻辑模拟			
第八章 版图设计的 CAD 工具	包括: 8.1 版图的基本概念 (▲), 8.2 自动化和半自动化版图设计, 8.3 版图验证, 8.4 制版 (★), 8.5 版图数据交换的格式 (★), 8.6 版图设计工具-LEdit, Virtuoso (★) 重点: 版图的基本概念 难点: 制版、版图数据交换的格式, Virtuoso			√
第九章 器件模拟	包括: 9.1 器件模拟的基本概念 (▲), 9.2 器件模拟的基本原理 <sup>[3]</sup> , 9.3 器件模拟的作用 (▲), 9.4 器件模拟应用程序举例 (★)。 重点: 器件模拟的作用 难点: 器件模拟应用程序举例			√
第十章 工艺模拟	包括: 10.1 工艺模拟的基本概念 (▲), 10.2 工艺模拟的基本内容 (▲), 10.3 工艺模拟的作用 <sup>[4]</sup> , 10.4 工艺模拟程序中的工艺模型, 10.5 工艺模拟程序的应用举例 (★) 重点: 工艺模拟的作用, 工艺模拟的基本内容 难点: 工艺模拟程序的应用举例			√

## 四、教授方法与学习方法指导

### 1 教学方法

(1) 课堂讲授。课堂教学首先要使学生掌握课程教学内容中规定的一些基本概念、基本理论和基本方法。特别是通过讲授, 使学生能够对这些基本概念和理论有更深入的理解, 使之有能力将它们应用到一些问题的求解中。要注意对其中的一些基本方法的核心思想的分析, 使学生能够掌握其关键。

(2) 积极探索和实践研究型教学。探索如何实现教师在对问题的求解中教, 学生怎么在对未知的探索中学。从提出问题, 到求解思路分析, 再到用硬件描述语言表示问题及其电路阶段设计, 进一步培养学生抽象表示问题的能力, 强化对“一类”问题进行解决的意识; 从系统的角度向学生展示集成电路设计过程, 同时考虑各子阶段或模块的实现与联系、具体问题求解的集成电路设计工具实现。通过不同级别对象的抽象和问题的分解, 培养学生的集成电路整体设计意识和能力。

(3) 使用多媒体课件, 配合板书和范例演示讲授课程内容。在授课过程中, 可由常用的集成电路应用例子引出概念, 自然进入相关内容的讲授。

(4) 适当引导学生阅读外文书籍和资料, 培养自学能力。

(5) 随堂作业测试。通过随堂作业练习, 引导学生检验学习效果, 进一步掌握课堂讲述的内容, 了解自己掌握的程度, 思考一些相关的问题。随堂练习基本要求: 根据各章节的情况, 每一章进行适量的思考题、基本概念题、简答题、综合题。这些练习覆盖课堂讲授内容。

(6) 考试环节。开卷考试, 内容以基础理论为主, 突出基本概念和灵活运用基础知识解

决问题的能力。

## 2 学习方法

参考四.1“课堂讲授”。以讲授为主，每章有总结习题课，提供复习提纲。课内讲授推崇研究型教学，以知识为载体，传授相关的思想和方法，引导学生踏着教师研究步伐前进。随堂练习，引导学生独立完成集成电路 CAD 课堂讲授的重点知识。

养成探索的习惯，特别是重视对基本理论的钻研，在理论指导下进行实践；注意从实际问题入手，归纳和提取基本特性，设计抽象模型，最后实现问题求解——设计实现集成电路版图。明确学习各阶段的重点任务，做到课前预习，课中认真听课，积极思考，课后认真复习，不放过疑点，充分利用好教师资源和同学资源。仔细选读参考书的相关内容，从集成电路整体规划、分级设计实现的角度，深入理解概念，掌握设计方法的精髓和设计方案的核心思想，不要死记硬背。积极完成随堂练习，检查和巩固对电路设计的理解。

## 五、教学环节及学时分配

教学环节及各章节学时分配，详见表 3。

表 3 教学环节及各章节学时分配表

章节名称	教学内容	学时分配					合计
		讲授	习题	实验	讨论	其它	
第一章 引论	1.1 集成电路概念、设计、制造概述，1.2 设计特点，设计领域；1.3 集成电路的设计过程(流程)；1.4 CAD 在集成电路设计中的作用；1.5 SOC、SIP 和 SOP 技术，延续摩尔和超越摩尔的发展趋势.育人故事，塑造人格。	1.5			0.5		2
第二章 集成电路各种设计方法	2 集成电路的设计方法种类介绍，设计方法选取的依据；2.1 全定制设计方法，特点；2.2 门阵列设计方法及例子、设计过程，特点；2.3 标准单元设计方法概念，特点；2.4 BBL 设计方法：概念、设计过程、特点；2.5 可编程逻辑器件设计方法（PLD 方法）；2.6 FPGA 概念、结构，设计过程、特点；2.7 版图方法的比较；2.8 兼容设计方法；2.9 可测性设计技术；2.10 Summary 与复习题。	1.5	0.5				2
第三章 逻辑综合	3.1 逻辑综合概述，流程。3.2 逻辑优化，布尔网络的成本；3.3 覆盖与优化及例子；3.4 逻辑综合中的工艺映象及例子；3.5 synopsys 逻辑综合工具简介；3 Summary 与习题。	3.5	0.5				4
第四章 高级综合技术	4.1 高级综合技术及流程；4.2 高级综合结果的应用；4.3 行为描述、编译和转换；4.4 调度，分配；4.5 高级综合折衷，调度，分配方法；4.6 控制器综合；4.7 Summary 与复习题。	2.5	0.5				3
第五章 物理综合	5.1 版图综合概述；5.2 电路划分；5.3 版图综合布局规划，布局，布局成本估算；5.4 布局约束类型及举例；5.5 模拟退化方法，5.6 通道图及用途；5.7 布线方法分类，总体布	6.5	0.5		1		8

	线和详细布线概述。5.7 布线方法分类,总体布线和详细布线概述;5.8 总体布线, 标准单元和门阵列总体布线;5.9 迷宫、线探法、左边布线法及举例。5.10 贪婪布线方法及特点; 5.11 各种布线方法比较; Power/ground routing; Clock routing; Floorplanning tips; Off-chip connections (PAD). 5.12 Synopsys 公司 Astro 布局布线 (P&R) ; 5.13 Summary 与复习题。						
第六章 电路模拟	6.1 电路模拟的基本概念和作用; 6.2 电路模拟的基本功能(略); 6.3 Spectre/ Hspice/ Ultrasim 介绍; 6.4 PSpice 概述。6.5 PSpice 基本电路特性分析, 6.6 PSpice 参数扫描分析和统计分析; 6.7 波形显示和分析模块 Probe; 6.8 Summary 与复习题。	3.5	0.5				4
第七章 逻辑模拟	7.1 逻辑模拟的基本概念 7.2 逻辑模拟的输入, 主要环节、逻辑模拟模型; 7.3 逻辑模拟算法; 7.4 开关级逻辑模拟; 7.5 PSpice 逻辑模拟; 7.6 PSpice 数/模混合模拟; 7.7 PSpice 最坏情况逻辑模拟; 7.8 Summary 与复习题。	3.5	0.5				4
第八章 版图设计的 CAD 工具	8.1 版图设计的基本概念; 8.2 版图的自动设计、半自动设计、人工设计; 8.3 版图的检查与验证; 8.4 制版; 8.5 版图数据交换的格式; 8.6 版图设计工具-LEdit, Virtuoso。	1					1
第九章 器件模拟	9.1 器件模拟的基本概念; 9.2 器件模拟的基本原理; 9.3 器件模拟的基本功能及所用模型(器件模拟的作用); 9.4 器件模拟应用程序举例。	1					1
第十章 工艺模拟	10.1 工艺模拟的基本概念; 10.2 工艺模拟的基本内容; 10.3 工艺模拟的作用; 10.4 工艺模拟程序中的工艺模型; 10.5 工艺模拟程序的应用举例。	1					1
	总结(知识串讲)、复习提纲	1					1
	习题课	1					1
合计		27.5	3	0	1.5	0	32

## 六、考核与成绩评定

课程成绩包括平时成绩 30%（课堂测试 15%，出勤 5%，课堂的基本表现 10%），考试成绩 70%。

平时成绩中的课堂测试 15%主要是章节的单元测试，考察学生对当前和最近章节知识的掌握程度，出勤 5%主要督促学生上课，培养遵守基本行为规范意识，课堂的基本表现 10%主要考察课堂互动、研讨表现情况；考试成绩 70%为对学生学习情况的全面检验，强调考核学生对基本概念、基本方法、基本理论等方面掌握的程度，及学生运用所学理论知识解决复杂问题的能力。

本课程各考核环节的比重及对毕业要求拆分点的支撑情况，详见表 4。

表 4 考核方式及成绩评定分布表

考核方式	所占比例 (%)	主要考核内容及对毕业要求拆分指标点的支撑情况
平时成绩	30%	(1) 课堂测试 15%，结合教学进度安排测试，考察学生对当前和最近章节知识的掌握程度；按 100 分制单独评分。 (2) 出勤 5%主要督促学生上课，严守按时上课纪律，培养遵守基本行为规范的习惯。按 100 分制单独评分。 (3) 课堂的基本表现 10%主要考察课堂互动、研讨表现情况、课堂随机问答情况。按 100 分制单独评分。 对毕业要求拆分指标点 4-3、5-3 和 6-2 提供支撑。
考试成绩	70%	(1) 卷面成绩 100 分，以卷面成绩乘以其在总评成绩中所占的比例计入课程总评成绩。全面检验，强调考核学生对基本概念、基本方法、基本理论等方面掌握的程度，及学生运用所学理论知识解决复杂问题的能力。(2) 强调考核学生对集成电路 CAD 基本概念、基本方法、基本技术的掌握程度，考核学生运用所学方法设计解决问题的能力。主要以集成电路的设计方法、基于分级设计的流程和综合技术、电路模拟和逻辑模拟为主。包括集成电路设计方法、高级综合、逻辑综合、版图综合，电路、逻辑、器件和工艺的模拟等。以起到督促学生系统掌握包括基本思想方法在内的主要内容。 对毕业要求拆分指标点 4-3、5-3 和 6-2 提供支撑。

## 七、考核环节及质量标准

本课程各考核环节及质量标准，详见表 5。

表 5 考核环节及质量标准

考核方式	评分标准				
	A	B	C	D	E
	90~100	80~89	70~79	60~69	< 60
课堂测试	基本概念清晰，解决问题的方案具有创新性，完整。	基本概念较述清晰，解决问题的方案具有创新性。	基本概念基本清晰，解决问题的方案基本正确。	基本概念阐述清晰。	不满足 D 要求
出勤和课堂基本表现	全勤 100%，课堂纪律好。研讨、参与随堂问答活跃	全勤 100%，课堂纪律好。研讨、参与随堂问答较活跃	全勤 100%，研讨、参与随堂问答较被动	考勤 90%，研讨、参与随堂问答敷衍	不满足 D 要求
考试	按期末考试的标准答案、评分标准百分制评分。掌握了基本概念、理论、方法等，综合运用理论知识解决复杂问题的能力 <strong>强</strong> 。	按期末考试的标准答案、评分标准百分制评分。能够较好地掌握基本概念、理论、方法等，综合运用理论知识解决复杂问题的能力 <strong>较强</strong> 。	按期末考试的标准答案、评分标准百分制评分。能够较好地掌握基本概念、理论、方法等，综合运用理论知识解决复杂问题的能力 <strong>尚可</strong> 。	按期末考试的标准答案、评分标准百分制评分。能够基本上掌握基本概念、理论、方法等，综合运用理论知识解决复杂问题的能力 <strong>一般</strong> 。	按期末考试的标准答案、评分标准百分制评分。不满足 D 要求
评分标准（A~E）：主要填写对教学内容中的基本概念、理论、方法等方面的掌握，及综合运用理论知识解决复杂问题能力的要求。					

制定者：张万荣

批准者：张万荣

2020 年 7 月

# “ASIC 设计与应用（自学）”课程教学大纲

英文名称: ASIC Design and Application (self-study)

课程编码: 0004959

课程性质: 专业选修课

学分: 2.5

学时: 40

面向对象: 电子科学与技术专业本科生

先修课程: 数字电子技术, 集成电路分析与设计

教材及参考书:

[1]虞希清, 专用集成电路设计实用教程, 浙江大学出版社, 2007

[2]Michael John Sebastian Smith 著, 虞惠华等译, 专用集成电路, 电子工业出版社, 2007

[3]SanirPalnitkar 著, 夏宇闻等译, Verilog HDL 数字设计与综合(第2版), 电子工业出版社, 2009

[4]来新泉, 专用集成电路设计基础教程, 西安电子科技大学出版社, 2008

[5]何宾, EDA 原理及 Verilog 实现, 清华大学出版社, 2010

## 一、课程简介

本课程属于电子信息类相关专业的学科专业课程。本课程的学习目的在于使学生理解专用集成电路(ASIC)的概念, 初步掌握 ASIC 的设计方法和设计流程, 培养学生的系统和工程思想, 关注 ASIC 设计技术的最新进展, 为学生从事与集成电路相关的科研和工作奠定良好的基础。本课程结合先进的技术和设计方法, 以 Verilog HDL 为工具, 针对 ASIC 设计的重要内容和工程设计技术进行了全面深入的讨论。内容安排上倾向于培养学生的“工程设计”能力, 着重讲述了使用 Verilog 进行数字系统的设计、验证及综合, 培养学生初步掌握 RTL 级数字电路模块和系统描述、设计、验证的基本流程和工程设计方法。

## 二、课程地位与教学目标

**(一) 课程地位:** 本课程是电子科学与技术专业的学科选修课, 旨在能够基于科学原理并采用科学方法对集成电路领域的工程问题进行研究, 掌握 ASIC 的设计方法和设计流程, 掌握实际工程问题的硬件转换和实现方法。能够在多学科背景下的团队中承担个体、团队成员以及负责人的角色。培养学生具有自主学习和终身学习的意识, 有不断学习和适应发展的能力。

本课程支撑的毕业要求拆分指标点的具体描述如下, 主要为毕业要求第 4.2、6.2、13.1 的实现提供支持。

4.2 针对工程应用问题, 进行电子电路与系统的设计、仿真与调试; 设计过程中体现创新意识。

毕业要求 6.2 能运用计算机软、硬件技术和 EDA 工具进行专业相关工程项目的编程、模拟、仿真分析, 并意识到模型与 EDA 工具局限性的影响。

13.1 具备终身学习的知识基础, 掌握自主学习的方法, 了解拓展知识和能力的途径。

## (二) 课程目标

**1 教学目标:** 总的课程目标是: 使学生掌握 ASIC 中的基本概念、基本理论、基本方法, 掌握 ASIC 的设计方法和设计流程, 培养学生的系统和工程思想。通过本课程的学习, 使学生具备以下能力:

对于毕业要求 4-2, ASIC 设计与应用属于工程应用背景较强的课程, 掌握 ASIC 的设计方法和设计流程, 掌握基于硬件设计描述语言 Verilog HDL 的 ASIC 的前端设计, 能够完成 ASIC 设计的测试与验证、综合、静态时序分析、物理实现和可测试性设计。能够基于科学原理并采用科学方法对集成电路领域的工程问题进行研究, 通过设计的课程实例和课后作业能够分析与解释数据、并通过信息综合得到合理有效的结论。针对工程应用问题, 进行电子电路与系统的设计、仿真与调试; 设计过程中体现创新意识。(支撑毕业要求 4-2)

对于毕业要求 6-2, 本课程设置课程实验, 能够运用 Verilog HDL 编程和 EDA 工具模拟仿真分析并完成实验系统的设计与实现, 引导学生经历 ASIC 设计主要流程, 具体体验如何将具体问题转化为硬件实现, 加深对理论的理解; 其次是培养学生系统能力(系统的视角, 系统的设计、分析与实现); 培养学生的动手实现能力(算法、程序设计与硬件实现), 并意识到模型与 EDA 工具局限性的影响。(支撑毕业要求 6-2)

对于毕业要求 13-1, 本课程属于自学型课程, 课程教学工程中有分组自学并展示环节, 培养学生具备终身学习的知识基础, 自主学习和终身学习的意识, 掌握自主学习的方法, 有不断学习和适应发展的能力, 了解拓展知识和能力的途径, 培养学生对自我探索和学习的必要性有正确的认识。使学生能够能主动与其他成员合作开展工作, 在多学科背景下的团队中承担个体、团队成员以及负责人的角色, 能够明确团队成员之间的任务关系, 并在团队中担任好自己的角色, 能够合理地组织和有效地协调各种资源, 有效实现任务目标。能认识不断探索和学习的必要性, 具有自主学习和终身学习的意识。(支撑毕业要求 13-1)

本课程对毕业要求拆分指标点达成的支撑情况, 详见表 1。

**表 1 课程目标与毕业要求拆分指标点的对应关系**

序号	课程目标	毕业要求拆分指标点		
		4.2	6.2	13.1/13.2
1	<b>课程目标 1:</b> 明确教学目的, 阐述课程的基本内容, ASIC 的性能指标、缩减策略以及低功耗设计策略, 学习自主调研学习 ASIC 发展历史及趋势, ASIC 的设计类别及设计的经济性。以系统的总体结构设计为线索, 引导学生站到系统级别的高度上去考虑问题、划分功能模块, 将复杂的问题模块化解决。	●	◎	●
2	<b>课程目标 2:</b> 可编程逻辑器件 ASIC, 包括可编程逻辑器件的发展和类别、可编程逻辑器件的逻辑单元、可编程逻辑器件的 IO 单元、可编程逻辑器件的互联。此章以分组自学并展示的形式开展, 引导学生查找资料, 自主学习, 培养学生的自学能力, 并使学生在多学科背景下的团队中承担个体、团队成员以及负责人的角色。	●	◎	●
3	<b>课程目标 3:</b> 使学生掌握如何进行 ASIC 系统的层次化设计、模块划分的设计方法、描述层次和描述域、ASIC 设计的流程。通过设计实例。使学生在	◎	◎	●

	掌握基本设计方法与设计流程的基础上，引导学生查找资料，自我学习、扩展，使学生进一步感受模块划分的层次化设计方法，体验设计实例，从而进一步对 ASIC 设计有更进一步的体会和认识。			
4	课程目标 4：引导学生自学 Verilog HDL 基本的数据类型、模块（Module）的构成、设计、例化。掌握 Verilog 的寄存器传输级（RTL）设计、模块的例化与测试平台（testbench）的设计。结合设计实例加深对硬件描述语言的理解。	●	●	◎
5	课程目标 5：掌握 ASIC 门级建模包括逻辑门描述、逻辑门延迟描述及工艺延迟描述、门级建模设计实例。掌握 ASIC 数据流级建模、连续赋值、连续赋值中的延迟、逻辑运算符和算术运算符、数据流建模设计实例。掌握 ASIC 行为级建模、结构化过程赋值、行为级建模中的时序控制、阻塞和非阻塞过程赋值、条件语句、循环语句、测试平台的编写。在掌握上述三种建模方法的基础上引入 Verilog HDL 对 ASIC 建模的设计实例，使学生能够将学过的知识应用到实际工程设计中。	◎	●	◎
6	课程目标 6：理解组合逻辑电路的特点、在此基础上掌握可综合组合逻辑电路的设计方法与技巧、组合逻辑电路的竞争与冒险及解决方法、组合逻辑电路引入的锁存器（Latch）及解决方法，最后在此基础上基于实际应用的组合逻辑电路的设计实例。理解时序电路的特点、在此基础上掌握时序电路的设计方法、包括时序电路的分类、时序电路的赋值方式、时序电路的复位、同步时序电路的设计、异步时序电路的设计。掌握时序电路中特殊电路有限状态机(FSM)的设计，掌握 FSM 的三段式描述方法。在此基础上引入时序电路的设计实例，使学生掌握稍复杂的时序电路设计，具有解决复杂问题的能力。	●	●	◎
7	课程目标 7：验证概述、动态验证、静态验证、仿真、行为仿真、功能仿真、门级仿真、延迟信息传递、标准延迟格式文件（SDF）、前向标注和反向标注。设计的时序约束、复杂时序约束、面积约束、静态时序分析，物理实现规划与流程、故障模型、边界扫描测试、内部扫描测试、自动测试图形生成和内建自测试、可测性设计。掌握 ASIC 设计的后端仿真验证流程、综合和时序分析，物理实现以及可测试性设计。	◎	●	●

注：●：表示有强相关关系，◎：表示有一般相关关系，○：表示有弱相关关系

**2 育人目标：**在讲授过程中通过中国集成电路设计及芯片发展与西方国家的对比和差距，培养学生为自主设计有中国独立知识产权的芯片的意识，引导学生坚定“四个自信”，通过“中兴”“华为”事件激发学生的理想信念、家国情怀、民族自信、责任担当、职业素养、行为规范等育人元素，寓价值观引导于知识传授之中。

### 三、课程教学内容

分章节课程教学内容及对课程目标的支撑，详见表 2。

表 2 教学内容与课程目标的对应关系

章节名称	教学内容及重点 (▲)、难点 (★)	课程目标 (√)						
		1	2	3	4	5	6	7
第一章 引论	<p>教学目的、课程的基本内容、ASIC 的性能指标、ASIC 的面积缩减策略、ASIC 的低功耗设计策略、ASIC 发展历史及趋势、基本术语、摩尔定律、ASIC 的设计类别及设计的经济性。以系统的总体结构设计为线索，引导学生站到系统级别的高度上去考虑问题、划分功能模块，将复杂的问题模块化解决。</p> <p>重点：教学目的，课程基本内容 (▲)。</p> <p>难点：从系统的高度模块化划分 (★)。</p>	√						
第二章可编程逻辑器件 ASIC	<p>可编程逻辑器件 ASIC，包括可编程逻辑器件的发展和类别、可编程逻辑器件的逻辑单元、可编程逻辑器件的 IO 单元、可编程逻辑器件的互联。此章以分组自学并展示的形式开展，引导学生查找资料，自主学习，培养学生的自学能力，并使学生能够在多学科背景下的团队中承担个体、团队成员以及负责人的角色。</p> <p>重点：培养学生的自学能力，能够合理地组织和有效地协调各种资源 (▲)。</p> <p>难点：组内协调，能够认识并协调自己在团队中的角色 (★)。</p>		√					
第三章 ASIC 的设计方法与 设计流程	<p>使学生掌握如何进行 ASIC 系统的层次化设计、模块划分的设计方法、描述层次和描述域、ASIC 设计的流程。</p> <p>设计实例。使学生在掌握基本设计方法与设计流程的基础上，引导学生查找资料，自主学习、扩展，使学生进一步感受模块划分的层次化设计方法，体验设计实例，从而进一步对 ASIC 设计有更进一步的体会和认识。</p> <p>重点：ASIC 系统的层次化设计、模块划分的设计方法、ASIC 设计的流程 (▲)。</p> <p>难点：ASIC 设计实例 (★)。</p>			√				
第四章硬件设计描述语言 Verilog HDL 设计	<p>第四章</p> <p>引导学生自学 Verilog HDL 基本的两种数据类型、模块 (Module) 的构成、设计、例化。使掌握 Verilog 的寄存器传输级 (RTL) 设计、模块的例化与测试平台 (testbench) 的设计。结合设计实例<sup>[2]</sup>加深对硬件描述语言的理解。</p> <p>重点：模块 (Module) 的构成、设计、例化 (▲)。</p> <p>难点：两种数据类型的区分使用，模块的例化与测试平台 (testbench) 的设计 (★)。</p>				√			
第五章基于	第五章					√		

<p>硬件设计描述语言</p> <p>Verilog HDL 的 ASIC 设计</p>	<p>ASIC 门级建模包括逻辑门描述、逻辑门延迟描述及工艺延迟描述、门级建模设计实例。</p> <p>ASIC 数据流级建模、连续赋值、连续赋值中的延迟、逻辑运算符和算术运算符、数据流建模设计实例。</p> <p>ASIC 行为级建模、结构化过程赋值、行为级建模中的时序控制、阻塞和非阻塞过程赋值、条件语句<sup>[1]</sup>、循环语句、测试平台的编写。</p> <p>在掌握上述三种建模方法的基础上引入 Verilog HDL 对 ASIC 建模的设计实例，使学生能够将学过的知识应用到实际工程设计中。</p> <p>重点：数据流建模和行为级建模方法（▲）</p> <p>难点：阻塞赋值和非阻塞赋值的区分应用（★）</p>							
<p>第六章组合逻辑电路和时序电路设计</p>	<p>第六章</p> <p>理解组合逻辑电路的特点、在此基础上掌握可综合组合逻辑电路的设计方法与技巧、组合逻辑电路的竞争与冒险及解决方法、组合逻辑电路引入的锁存器（Latch）及解决方法，最后在此基础上基于实际应用的组合逻辑电路的设计实例。</p> <p>重点：可综合组合逻辑电路的设计方法与技巧（▲）</p> <p>难点：组合逻辑电路中易引入的锁存器（Latch）的错误设计原因及解决方法（★）</p> <p>理解时序电路的特点、在此基础上掌握时序电路的设计方法、包括时序电路的分类、时序电路的赋值方式、时序电路的复位、同步时序电路的设计、异步时序电路的设计。</p> <p>掌握时序电路中特殊电路有限状态机(FSM)的设计，掌握 FSM 的三段式描述方法。</p> <p>在此基础上引入时序电路的设计实例，使学生掌握稍复杂的时序电路设计，具有解决复杂问题的能力。</p> <p>重点：同步时序电路的设计（▲）</p> <p>难点：有限状态机(FSM)的设计（★）</p>						√	
<p>第七章 ASIC 的后端设计</p>	<p>测试与验证，综合和静态时序分析，物理实现和可测试性设计。</p> <p>验证概述、动态验证、静态验证、仿真、行为仿真、功能仿真、门级仿真、延迟信息传递、标准延迟格式文件（SDF）、前向标注和反向标注。</p> <p>重点：动态验证、静态验证（▲）</p> <p>难点：延迟信息传递（★）</p> <p>设计的时序约束、复杂时序约束、面积约束、静态时序分析</p> <p>重点：静态时序分析（▲）</p> <p>难点：时序分析的约束设计（★）</p> <p>物理实现规划与流程、故障模型、边界扫描测试、内部扫描测试、自动测试图形生成和内建自测试、可测性设计</p> <p>重点：物理实现规划与流程（▲）</p> <p>难点：扫描测试（★）</p>						√	

## 四、教授方法与学习方法指导

**教授方法：**采取课上讲授（22 学时）、探究教学分小组合作线上自学并研讨展示（4 学时）、案例教学（4 学时）项目驱动（4 学时）、实验教学（6 学时）等线上、线上线下混合教学模式与方法。课内讲授采用研究型教学和自学型教学，以知识为载体，传授相关的思想和方法，引导学生通过查阅文献自主学习。实验教学则提出基本要求，引导学生独立完成系统的设计与实现。

**学习方法：**养成自主学习探索研究的习惯，特别是重视对基本理论的钻研和课外知识的拓展，在理论指导下进行实践；注意从实际问题入手，归纳和提取基本特性，设计抽象模型，最后实现硬件实现问题求解——设计实现硬件系统积极参加实验，在实验中加深对原理的理解。明确学习各阶段的重点任务，做到课前预习，课中认真听课，积极思考，课后认真查阅资料和文献，进一步拓展所学知识，充分利用好教师资源和同学资源。仔细研读教材，适当选读参考书的相关内容，从系统实现的角度，深入理解概念，掌握方法的精髓和算法的核心思想。通过分组自学并展示自学成果，培养团队协作意识和自主学习能力。

## 五、教学环节及学时分配

教学环节及各章节学时分配，详见表 3。

表 3 教学环节及各章节学时分配表

章节名称	教学内容	学时分配					合计
		讲授	习题	实验	讨论	自学	
第一章	引论	2			2		4
第二章	可编程逻辑器件 ASIC				2	2	4
第三章	ASIC 的设计方法与设计流程	3					3
第四章	硬件设计描述语言 Verilog HDL 设计	3	2				5
第五章	基于硬件设计描述语言 Verilog HDL 的 ASIC 设计	6	2				8
第六章	组合逻辑电路和时序电路设计	4		6			10
第七章	ASIC 的后端设计	2				2	4
合计		22	4	6	4	4	40

## 六、考核与成绩评定

平时成绩 25%（自学、课堂、作业等），实验 15%，期末考试 60%。

平时成绩的 15 分通过学生分组查阅文献、调研、解决问题、分组展示，考察学生的自主学习能力和团队协作意识。培养学生在复杂系统的研究、设计与实现中的交流能力（口头和书面表达）、协作能力、组织能力。考察学生在多学科背景下的团队中承担个体、团队成员以及负责人的角色的能力。考察学生具有自主学习和终身学习的意识，有不断学习和适应发展的能力。10 分反映学生的课堂表现和作业情况。成绩评定的主要依据包括：课程的出勤情况、课堂的基本表现（含课堂测验）、学生的作业情况。

实验成绩占 15%。主要反映学生对所有知识的应用情况，能够根据所学知识将实际问题

转换成硬件实现,考察学生能够基于科学原理并采用科学方法对集成电路领域的工程问题进行研究。

期末考试成绩占 60%,是对学生学习情况的全面检验。强调考核学生对基本概念、基本方法、基本技术的掌握程度,考核学生运用所学方法设计解决实际问题的能力。

本课程各考核环节的比重及对毕业要求拆分点的支撑情况,详见表 4。

**表 4 考核方式及成绩评定分布表**

考核方式	所占比例 (%)	主要考核内容及对毕业要求拆分指标点的支撑情况
书面作业	10	<p>(1) 主要考核学生对每章节知识点的复习、理解和掌握程度;</p> <p>(2) 每次作业按 100 分制单独评分,求其平均分,乘以其在总评成绩中所占的比例(10%)计入课程总评成绩。</p> <p>(3) 支撑毕业要求拆分指标点的 4-2、13-1。</p>
自学作业	15	<p>(1) 通过学生分组查阅文献、调研、解决问题、分组展示,考察学生的自主学习能力和团队协作意识。培养学生在复杂系统的研究、设计与实现中的交流能力(口头和书面表达)、协作能力、组织能力。考察学生在多学科背景下的团队中承担个体、团队成员以及负责人的角色的能力。考察学生具有自主学习和终身学习的意识,有不断学习和适应发展的能力。</p> <p>(2) 自学作业成绩以按 100 分制单独评分,以其在总评成绩中所占的比例(15%)计入课程总评成绩。</p> <p>(3) 支撑毕业要求拆分指标点的 13-1、4-2。</p>
上机实验	15	<p>(1) 主要考察 学生对所有知识的应用情况,能够根据所学知识将实际问题转换成硬件实现,考察学生能够基于科学原理并采用科学方法对集成电路领域的工程问题进行研究。</p> <p>(2) 实验成绩以按 100 分制单独评分,以实验成绩乘以其在总评成绩中所占的比例(15%)计入课程总评成绩。</p> <p>(3) 支撑毕业要求拆分指标点的 6-2、13-1。</p>
期末考试	60	<p>(1) 卷面成绩 100 分,以卷面成绩乘以其在总评成绩中所占的比例计入课程总评成绩。</p> <p>(2) 期末考试是对学生学习情况的全面检验。以大作业形式考核,强调考核学生对 ASIC 设计方法和设计流程的掌握程度,考核学生运用所学方法解决实际工程应用问题并能将其硬件实现。旨在督促学生系统掌握包括基本思想方法在内的主要内容。</p> <p>(3) 支撑毕业要求拆分指标点的 4-2、6-2。</p>

## 七、考核环节及质量标准

本课程各考核环节及质量标准，详见表 5。

表 5 考核环节及质量标准

考核方式	评分标准				
	A	B	C	D	E
	90~100	80~89	70~79	60~69	< 60
作业	基本概念清晰，解决问题的方案正确、合理，能提出不同的解决问题方案；	基本概念基本清晰，解决问题的方案基本正确、基本合理；	基本概念不清晰，解决问题的方案基本不正确、不合理；	基本概念不清晰，不能制定正确和合理解决问题的方案；	不满足 D 要求
研讨	讲解时态度严谨认真，准备充分，讲解思路清晰熟练，讲解内容充实丰富，有足够信息量；	讲解时态度较认真，准备较充分，讲解思路较清晰、熟练，讲解内容较充实丰富，信息量较大；	讲解时态度较认真，准备相对充分，讲解思路相对清晰、熟练，讲解内容相对充实丰富，信息量一般；	讲解时态度不认真，准备不充分，讲解思路不够清晰、熟练，讲解内容不够丰富，信息量不够大；	不满足 D 要求
实验	按时出勤，能在规定时间内顺利完成实验，仿真和综合结果正确。实验报告格式规范，实验结果详实准确。	按时出勤，能完成实验，仿真和综合结果正确。要求实验报告格式规范，实验结果准确。	按时出勤，在老师的指导下能完成实验，仿真和综合结果正确。要求实验报告格式规范。	不按时出勤，不能在规定的时间内完成实验，仿真和综合结果基本正确。实验报告格式基本规范，实验结果不够准确。	不满足 D 要求
考试	在规定时间内独立完成大作业实验过程，结果正确，报告详实准确。	独立完成大作业实验过程，结果正确，报告较详实准确。	能完成大作业实验过程，结果正确，报告规范。	基本完成大作业实验过程，结果基本正确，报告基本规范。	不满足 D 要求
评分标准（A~E）：主要填写对教学内容中的基本概念、理论、方法等方面的掌握，及综合运用理论知识解决复杂问题能力的要求。					

制定者：刘素娟

批准者：张万荣

2020 年 7 月

# “片上系统集成（双语）”课程教学大纲

英文名称: System on a Chip

课程编码: 0010129

课程性质: 专业选修课

学分: 2.0

学时: 32

面向对象: 电子科学与技术专业本科生

先修课程: 半导体器件原理、微电子工艺、集成电路分析与设计、电路分析基础、模拟电子技术、数字电子技术

教材及参考书:

[1]郭炜[等] 编著,《SOC 设计方法与实现(第三版)》,电子工业出版社,2017,ISBN: 978-7-121-32254-9。

[2]梅雪松.《SOCFPGA 嵌入式设计和开发教程》.北京航空航天大学出版社.2019.ISBN: 9787512422391

[3]Jan M.Rabeay.《数字集成电路电路、系统与amp;设计(第二版)》 [Digital Integrated Circuits: A Design Perspective].电子工业出版社.2017.ISBN: 9787121305054

[4] [美] Sung-Mo Kang, [美] Yusuf Leblebici, [韩] Chulwoo Kim 著.《CMOS 数字集成电路: 分析与设计(第4版英文版)》 [CMOS Digital Integrated Circuits Analysis and Design, Fourth Edition].电子工业出版社.2015.ISBN: 9787121248047

[5] [美]Chris Rowen.《复杂 SoC 设计(英文版)》.机械工业出版社.2005.ISBN: 9787111171935

[6]罗萍.《集成电路设计导论(第2版)》.清华大学出版社.2015.ISBN: 9787302404545

[7]陆启帅,陆彦婷,王地.《Xilinx Zynq SoC 与嵌入式 Linux 设计实战指南兼容 ARM Cortex-A9 的设计方法》.清华大学出版社.2015.ISBN: 9787302373445

[8]李兰英等.《Nios II 嵌入式软核 SOPC 设计原理及应用》.北京航空航天大学出版社.2006 .ISBN: 9787810779005

## 一、课程简介

随着微电子技术和计算机技术的迅速发展,当今集成电路工艺能力允许将一个完整的系统集成在一块半导体芯片上,以缩小体积、降低功耗。本课程向学生讲解当今集成电路设计的新趋势----片上系统集成。

SOC (System on Chip, 片上系统)是 ASIC(Application Specific Integrated Circuits)设计方法学中的新技术,是指以嵌入式系统为核心,以 IP 复用技术为基础,集软、硬件于一体,并追求系统最大兼容的集成芯片。从狭义角度理解,可以将它理解为“系统集成芯片”,指在一个芯片上实现信号采集、转换、存储、处理和 I/O 等功能,包含嵌入式软件及整个系统的全部内容;从广义角度理解,可以将它理解为“系统芯片集成”,指一种芯片设计技术,可以实现从确定系统功能开始,到软硬件划分、系统验证等,并完成设计的整个过程。

SOC 设计方法学主要研究总线架构技术、IP 核可复用技术、可靠性设计技术、软硬件协同设计技术、SOC 设计验证技术、芯片综合/时序分析技术、可测性/可调试性设计技术、

低功耗设计技术、新型电路实现技术等,此外还要做操作系统或嵌入式软件移植、开发研究,是一门跨学科的新兴课程。

## 二、课程地位与目标

### (一) 课程地位:

本课程利用前序课程的知识基础,将器件知识、电路知识、系统知识融会贯通,逐步建立起系统集成的概念,为将来从事系统集成设计相关的工作奠定良好的基础。

本课程支撑的毕业要求指标点:

6.2: 能够利用相关工具,对解决方案进行模拟,并能预测方案的局限性。

支撑情况:本课程讲授的片上系统(SOC)设计方法采用自顶向下(Top-Down)的设计方法,该方法采用系统的早期仿真,系统的实现是在仿真通过后完成的。学生学习本课程后能够利用相关工具,对解决方案进行模拟,并能预测方案的局限性。

10.1: 能够明确团队成员之间的任务关系,并在团队中担任好自己的角色。

支撑情况:本课程讲授的片上系统(SOC)的设计流程采用“螺旋模型(Spiral Model)”,“螺旋模型”允许设计过程中出现迭代(返工),设计团队之间需要充分沟通。学生学完本课程后可以建立/强化团队合作精神,能够明确团队成员之间的任务关系,并在团队中担任好自己的角色。

指标点 11.2: 至少掌握一门外语,能够阅读与本专业领域相关的外文技术资料(科技论文、仪器操作说明书、工程标准);掌握科技英语翻译的基本方法,具有一定双语能力。

支撑情况:本课程是双语课,课程一半以上的内容采用英语讲授,通过本课程的学习,学生能够获得阅读与本专业领域相关的外文技术资料的能力;掌握科技英语翻译的基本方法,具有一定双语能力。

### (二) 课程目标

**1 教学目标:** 写明课程拟达到的课程目标,指明学生需要掌握的知识、素质与能力及应达到的水平,

课程目标 1: 使学生了解片上系统集成对集成电路设计提出的新要求、片上系统设计的设计环境等,掌握以片上系统集成为设计目标的理论基础和设计方法。

课程目标 2: 掌握集成电路领域内复杂系统设计的相关知识,包括:片上系统的设计理念、设计方法、设计流程、可复用 IP 核设计、片上互联、IP 核系统集成、可测性设计。

课程目标 3: 学习片上系统相关的设计规则和工具链的使用技能;专业技术的表达能能力;熟悉片上系统设计的基本问题、分析方法、设计方法以及应用这些方法解决实际问题的能力,培养学生提出系统设计分析问题的能力,培养学生团队协作的能力。提高学生对新技术的适应能力,为今后的工作打下良好基础。

本课程对毕业要求拆分指标点达成的支撑情况,详见表 1。

表 1 课程目标与毕业要求拆分指标点的对应关系

序号	课程目标	毕业要求拆分指标点		
		6.2	10.1	11.2
1	使学生了解片上系统集成对集成电路设计提出的新要求、片上系统集成的设计环境等，掌握以片上系统集成为设计目标的理论基础和设计方法。	●	⊙	⊙
2	掌握集成电路领域内复杂系统设计的相关知识，包括：片上系统的设计理念、设计方法、设计流程、可复用 IP 核设计、片上互联、IP 核系统集成、可测性设计。	●	◎	⊙
3	学习片上系统相关的设计规则和工具链的使用技能；专业技术的表达能力；熟悉片上系统设计的基本问题、分析方法、设计方法以及应用这些方法解决实际问题的能力，培养学生提出系统设计分析问题的能力，培养学生团队协作的能力。提高学生对新技术的适应能力，为今后的工作打下良好基础。	●	●	●

注：●：表示有强相关关系，◎：表示有一般相关关系，⊙：表示有弱相关关系

**2 育人目标：**电子信息产业的规模和水平已成为衡量一个国家整体科学技术和综合实力的重要标志，集成电路是电子信息产业的重要基石，本课程培养学生的复杂集成电路---片上系统级芯片的设计能力，课程内容与提高国家实力密切相关。

本课程在教授知识的过程中注意培养学生的爱国精神、团队协作精神、奉献精神和集体观念，端正学生的工程伦理道德观，使学生在思想境界与人格品质上得到进一步的提升，价值取向得到进一步端正，自身爱国情怀与民族自豪感得到进一步的增强，能够担当起科技强国的使命和责任，最终达到为国家培养德、智全面合格的集成电路人才目标。

### 三、课程教学内容

分章节列出课程教学内容及对课程目标的支撑，详见表 2。

表 2 教学内容与课程目标的对应关系

章节名称	教学内容及重点 (▲)、难点 (★)	课程目标 (√)		
		1	2	3
第一章 绪论	以集成电路的发展历程为线索讲授片上系统 (SOC) 出现的必然性，讲授片上系统 (SOC) 的概念，在此过程中，阐述片上系统 (SOC) 基本的设计方法和流程。 主要内容包括：教学目的▲，课程基本内容▲，集成电路发展史▲、片上系统 (SOC) 概念▲。	√		
第二章 设计流程	SOC 设计与传统的 ASIC 设计最大的不同在于以下两方面。一是 SOC 设计更需要了解整个系统的应用，定义出合理的芯片架构，使得软硬件配合达到系统最佳工作状态，如总线的设计使得总线传输吞吐量满足操作处理的需求，与外部存储器的接口正确等。因而，软硬件协同设计被越来越多地采用。二是 SOC 设计是以 IP 复用为基础的。因而，基于 IP 模块的大规模集成电路设计是硬件实现的关键。一个完整的 SOC 设计包括系统结		√	

	<p>构设计, 软件结构设计和硬件(芯片)设计。</p> <p>核心内容包括: SOC 设计流程▲, 软硬件协同设计的核心思想★, 标准单元设计▲</p>			
第三章 片上系统 (SOC) 设计 与 EDA 工 具	<p>当前 SOC 的设计正朝着速度快、容量大、体积小、质量轻、功耗低的方向发展。推动该潮流迅猛发展的决定性因素就是使用了现代化的 EDA 设计工具。EDA 是随着集成电路和计算机技术飞速发展应运而生的一种快速、有效、高级的电子设计自动化工具。</p> <p>对于一个复杂的 SOC 设计, 直接由人工完成从系统应用到电路图或版图实现几乎是不可能的。一般来说, 设计者只负责电路的系统级设计和各模块的功能设计, 然后由 EDA 工具来实现从功能到电路图, 最终到版图的转换, 同时, 每一步转换都需要用特定的 EDA 工具来进行验证, 以保证转换的正确性, 从而满足设计要求。</p> <p>主要内容包括: 片上系统设计及验证★, EDA 概念▲, 常用 EDA 工具▲</p>		√	√
第四章 结构设计	<p>一个完整的 SOC 设计应该包括系统结构设计(System Architecture Design)和硬件设计(Hardware Design)。系统结构设计包括处理器的选择、存储器的选择、外设的选择、连接方式的选择和软件结构(Software Structure)的设计等。系统结构设计主要是指将高层次产品需求精化为对硬件和软件的详细技术需求, 做一个整体的规划的过程。系统结构设计的一个关键任务是将设计划分为一系列硬件模块和软件任务, 以及定义各部分之间的接口规范。例如, 是多处理器还是单处理器? 选用什么类型的处理器? 选择什么类型的总线标准? 总线的结构是什么样子? 系统需要哪些存储器? 因此, 系统结构设计是 SOC 中至关重要的一步。</p> <p>嵌入式软件是运行在 SOC 芯片之上的。软件和硬件的有效结合决定了系统的效率和性能。电子系统级(ESL, Electronic System Level)设计是指在高的抽象层次上用足够快的方法来描述 SOC 系统, 给软件和硬件工程师提供一个虚拟平台, 让他们能够以紧密耦合的方式开发、优化和验证复杂系统的结构和嵌入式软件。</p> <p>本章主要内容包括: 系统结构设计★、嵌入式处理器▲、片上总线▲、多核 SOC▲</p>		√	√
第五章 IP 复用的设计 方法	<p>SOC 设计是在单个硅片上集成处理器、存储器、I/O 端口及模拟电路等, 实现一个完整系统的功能。这样虽然能够实现一个高层次的系统集成, 但同时也对芯片设计提出了巨大挑战。一方面, 随着芯片性能越来越强, 规模越来越大, 设计复杂度迅速增加; 另一方面, 市场对产品设计周期减短的要求越来越高, 因此造成了设计复杂度和设计产能之间的巨大鸿沟, 如果每一次新的 SOC 产品都要实现每个模块的从头设计进而进行系统整合与验证的话, 必定会导致开发周期越来越长, 设计质量越来越难于控制, 芯片设计成本越来越趋于高昂。</p> <p>重复使用预先设计并验证过的集成电路模块, 被认为是最有效的方案, 用以解决当今芯片设计工业界所面临的难题。这些可重复使用的集成电路模块称为 IP(Intellectual Property)。</p> <p>随着 SOC 的集成度和设计复杂度的进一步提升, 如果仅把 IP 模块提供给设计者, 而不告知如何把其整合到 SOC 设计当中, 那么设计者为了有效利用 IP 而做出的努力, 将大于购买 IP 带来的好处。因此, 在 IP 技术基础</p>		√	√

	<p>之上，一种比 IP 规模更大的可重用、可扩展复用单元应运而生，称为平台。而基于平台的设计方法可以解决 IP 复用存在的问题，使 IP 更易于集成到整个系统当中，进一步加强了复用性为 SOC 设计带来的优势。</p> <p>本章将围绕 IP 复用技术及平台复用做相关的介绍，包括 IP 的基本概念与分类、IP 的设计与验证★、SOC 设计中 IP 核的选择▲、IP 市场状况与未来发展趋势及基于平台的 SOC 设计方法。</p>			
第六章 功能验证	<p>由于复杂的软硬件结构及众多的模块，验证已经成为 SOC 设计的关键也是最花时间的环节，它贯穿了整个设计流程。从最初的利用系统级建模的仿真，到 RTL 设计和后端设计，设计过程中的每一步都需要进行验证，以便尽早发现设计中可能存在的错误，从而缩短设计周期、降低芯片成本。以前那种仅靠手工直接编写测试代码的方法只适合于小规模电路设计，对 SOC 设计而言远远不能满足要求。在大量的研究基础上，先进的验证技术和验证工具不断出现，用于解决这一问题。例如，基于断言的验证方法正在逐渐的被设计工程师所采用。</p> <p>主要内容包括：功能验证策略▲、仿真验证自动化★、形式验证▲、基于断言的验证方法▲。</p>	√		√
第七章 可测性设计	<p>随着片上系统(SOC)的集成度越来越高，其测试可行性、测试时间和测试功耗越来越受到人们的关注。本章介绍有关测试和可测性设计的一些基本概念和常用方法。其中，可测性设计包括存储器的内建自测、扫描测试、处理器核的测试和边界扫描测试等，并且通过具体的应用使读者加深对可测性设计的理解。</p> <p>主要内容包括：集成电路测试▲、可测性设计▲、故障建模★、扫描测试▲、内建自测试▲。</p>	√	√	√

#### 四、教授方法与学习方法指导

**教授方法：**本课程在教授学生知识与技能的同时，还兼顾培养学生的学习能力，实现变“学会”为“会学”，从而培养学生的自主探究学习能力，为学生将来具备科研创新能力打下基础。因此本课程的讲授过程，围绕探究型教学方法展开，结合课堂讲授方法和项目案例教学方法，在讲授的过程中合理的“留白”，让学生在案例教学中自主探究项目的解决方案，提高学生的综合工程实践能力。

**学习方法：**本课程的学习方法采用线上线下混合方式，教师在课堂讲授后，会将工程案例的设计规范、工程总体结构、接口定义直至具体代码放在教育在线上，供学生们在课后进行线上学习。

## 五、教学环节及学时分配

教学环节及各章节学时分配，详见表 3。

表 3 教学环节及各章节学时分配表

章节名称	教学内容	学时分配					合计
		讲授	习题	实验	讨论	其它	
第一章 绪论	教学目的，课程基本内容，集成电路发展史、片上系统（SOC）概念。	2			2		4
第二章 设计流程	SOC 设计流程，软硬件协同设计的核心思想，标准单元设计。	2					2
第三章 片上系统（SOC）设计与 EDA 工具	片上系统设计及验证，EDA 概念，常用 EDA 工具。	4					4
第四章 结构设计	系统结构设计、嵌入式处理器、片上总线、多核 SOC。	5			3		8
第五章 IP 复用的设计方法	IP 的基本概念与分类、IP 的设计与验证、SOC 设计中 IP 核的选择、IP 市场状况与未来发展趋势及基于平台的 SOC 设计方法。	6			2		8
第六章 功能验证	功能验证策略、仿真验证自动化、形式验证、基于断言的验证方法。	2			1		3
第七章 可测性设计	集成电路测试、可测性设计、故障建模、扫描测试、内建自测试。	2			1		3
合计		23			9		32

## 六、考核与成绩评定

课程成绩包括平时成绩 30%（大作业 20%，其它 10%），考试成绩 70%。

平时成绩中的其它 10%主要反应学生的课堂表现、平时的信息接收、自我约束。成绩评定的主要依据包括：课程的出勤率、课堂的基本表现（如课堂测验、课堂互动等；大作业的 20%主要是课堂作业和课外作业，主要考察学生对已学知识掌握的程度以及自主学习的能力。

考试成绩 70%为对学生学习情况的全面检验。强调考核学生对基本概念、基本方法、基本理论等方面掌握的程度，及学生运用所学理论知识解决复杂工程问题的能力。

本课程各考核环节的比重及对毕业要求拆分点的支撑情况，详见表 4。

表 4 考核方式及成绩评定分布表

考核方式	所占比例（%）	主要考核内容及对毕业要求拆分指标点的支撑情况
平时成绩	30	学生对设定的工程场景的探究深度和对工程伦理的思考，支撑毕业指标点 6-2、10-1。
考试成绩	70	学生理论知识掌握情况、综合运用情况、解决工程问题能力情况，支撑毕业指标点 6-2、10-1、11-2。

## 七、考核环节及质量标准

本课程各考核环节及质量标准，详见表 5。

表 5 考核环节及质量标准

考核方式	评分标准				
	A	B	C	D	E
	90~100	80~89	70~79	60~69	< 60
作业	严格按照作业要求并及时完成，基本概念清晰，解决问题的方案正确、合理，能提出不同解决方案	基本按照作业要求并及时完成，基本概念基本清晰，解决问题的方案基本正确、基本合理	不能按照作业要求，未按时完成，基本概念不清晰，解决问题的方案基本不正确、不合理	能够在学期内补交作业	不满足 D 要求
研讨	充分理解讨论议题，基本概念清晰，解决问题的方案正确、合理，能提出不同解决方案	能够理解讨论议题，基本概念基本清晰，解决问题的方案基本正确、基本合理	对讨论议题理解有偏差，基本概念不清晰，解决问题的方案基本不正确、不合理	参与讨论不够积极，需要在提示下才能进一步探讨。	不满足 D 要求
考试	按期末考试的标准答案、评分标准百分制评分。				不满足 D 要求
评分标准（A~E）：主要填写对教学内容中的基本概念、理论、方法等方面的掌握，及综合运用理论知识解决复杂问题能力的要求。					

制定者：谢雪松

批准者：张万荣

2020 年 7 月

# “新一代通讯系统设计基础”课程教学大纲

英文名称: Design Basis of New Generation Communication System

课程编码: 0010699

课程性质: 专业选修课

学分: 2.0

学时: 32

面向对象: 电子科学与技术专业本科生

先修课程: 模拟电子技术、数字电子技术、信号与系统III

教材及参考书:

[1] 张传福, 赵立英, 张宇等著, 5G 移动通信系统与关键技术, 电子工业出版社, 2018 年 11 月

[2] 李晓辉, 刘晋东, 李丹涛等, 从 LTE 到 5G 移动通信系统: 技术原理及其 LabVIEW 实现, 清华大学, 2019 年 12 月

## 一、课程简介

移动通信和互联网这两个发展最快、创新最活跃领域的融合产生了巨大的发展空间, 创新的业务模式、商业模式层出不穷, 甚至在不断改变整个信息产业的发展模式。移动互联网是移动网络与互联网融合的产物, 随着两者融合的扩大和深入, 逐渐成为更具移动特性的、能够深入到人们生产生活的网络与服务体系。移动互联网以手机、个人数字助理 (PDA)、便携式计算机、专用移动互联网终端等作为终端, 以移动通信网络 (包括 2G、3G、4G 等) 或无线局域网 (WiFi)、无线城域网 (WiMAX) 作为接入手段, 直接或通过无线应用协议 (WAP) 访问互联网并使用互联网业务。

回顾移动通信技术的发展历史和 4C 通信网络所面临的挑战, 引出 5G 的愿景与需求、5G 的标准化、5G 的性能要求, 接着介绍为满足 5G 性能要求所需要的无线技术、网络技术及支撑技术, 分析 5G 的频谱需求和 5G 网络的安全需求, 最后探讨 5G 网络规划和部署方面的问题。

## 二、课程地位与目标

(一) **课程地位:** 写明本课程在人才培养体系中的地位和作用。新一代通讯系统设计基础是电子科学与技术专业选修课, 通过本课程的学生, 使得本专业的学生了解通讯系统的发展进程与趋势, 掌握新一代移动通信系统主要性能, 为通信系统芯片设计提供基础知识。

本课程支撑的毕业要求拆分指标点的具体描述。

2.2: 掌握工程基础知识, 能够用于工程问题的分析与设计。

4.1: 针对性能指标需求, 进行固态器件的常规设计和实现, 明确相关的约束条件; 设计过程中体现创新意识。

### (二) 课程目标

**1 教学目标:** 写明课程拟达到的课程目标, 指明学生需要掌握的知识、素质与能力及应达到的水平, 本课程对毕业要求拆分指标点达成的支撑情况, 详见表 1。

表 1 课程目标与毕业要求拆分指标点的对应关系

序号	课程目标	毕业要求拆分指标点	
		2.2	4.1
1	掌握目前几大移动通信系统频率的配置情况，区域覆盖以及网络结构、信令，特点等，了解通信系统的发展趋势。	●	◎
2	理解移动通信系统的多址技术、移动通信的编码与调制技术、噪声的分类以及噪声的特性，系统的接续性和移动管理。	◎	●
3	理解 5G 无线网络技术与网络技术	◎	●

注：●：表示有强相关关系，◎：表示有一般相关关系，○：表示有弱相关关系

**2 育人目标：**通过了解我国通讯技术的发展，从落后到追赶到领先，激发学生的民资自信、自豪感与责任担当，并通过这些实例潜移默化地影响学生的人生观。

### 三、课程教学内容

分章节列出课程教学内容及对课程目标的支撑，详见表 2。

表 2 教学内容与课程目标的对应关系

章节名称	教学内容及重点 (▲)、难点 (★)	课程目标 (√)		
		1	2	3
第一章 移动通信技术的发展及 5G 标准	移动通信的发展；4G 面临的挑战▲；5G 愿景与需求★；5G 应用	√		
第二章 5G 无线技术	多址技术▲；双工技术；多载波技术▲；多天线技术★；调制编码技术★		√	
第三章 5G 网络技术	5G 网络结构需求；5G 网络架构设计总体要求▲★；5G 网络服务——端到端网络切片▲★；5G 接入网网络架构；超密集组网 (UDN)		√	
第四章 5G 支撑技术	移动云技术★；双连接技术；边缘计算技术▲★			√
第五章 5G 网络的安全	移动通信网络安全概述；5G 网络安全的实现▲★	√		√

### 四、教授方法与学习方法指导

**教授方法：**结合课程内容的教学要求以及学生认知活动的特点，采取包括讲授、研讨、小组合作、探究教学、项目驱动、案例教学、线上、线上线下混合等多种教学模式与方法。

以讲授为主 (32 学时)。课内讲授注重基本理论，同时联系工程实际，以知识为载体，传授相关的思想和方法，建立工程化视野。

**学习方法：**根据课程及学生学习特点，给出学习该门课程的指导和建议。可以包括体现本课程特点的学习策略、学习技巧、自主学习指导、课程延伸学习资料获取途径及信息检索方法、教学网站及学习注意事项、学习效果自我检查方法指导等内容。

养成探索的习惯，特别是重视对基本理论的钻研，在理论指导下进行实践；注意从实际问题入手，归纳和提取基本特性，设计抽象模型，最后实现电磁场问题求解。明确学习各阶

段的重点任务，做到课前预习，课中认真听课，积极思考，课后认真复习，不放过疑点，充分利用好教师资源和同学资源。仔细研读教材，适当选读参考书的相关内容。

## 五、教学环节及学时分配

教学环节及各章节学时分配，详见表 3。

表 3 教学环节及各章节学时分配表

章节名称	教学内容	学 时 分 配					合计
		讲授	习题	实验	讨论	其它	
第一章	移动通信技术的发展及 5G 标准	2					2
第二章	5G 无线技术	8					8
第三章	5G 网络技术	8					8
第四章	5G 支撑技术	6					6
第五章	5G 网络的安全	6					6
	考核	2					2
合计		32					32

## 六、考核与成绩评定

课程成绩包括平时成绩 30%（作业等 20%，其它 10%），考试成绩 70%。

平时成绩中的其它 10%主要反应学生的课堂表现、平时的信息接收、自我约束。成绩评定的主要依据包括：课程的出勤率、课堂的基本表现（如课堂测验、课堂互动等；作业等的 20%主要是课堂作业和课外作业，主要考察学生对已学知识掌握的程度以及自主学习的能力。

考试成绩 70%为对学生学习情况的全面检验。强调考核学生对基本概念、基本方法、基本理论等方面掌握的程度，及学生运用所学理论知识解决复杂问题的能力。

本课程各考核环节的比重及对毕业要求拆分点的支撑情况，详见表 4。

表 4 考核方式及成绩评定分布表

考核方式	所占比例 (%)	主要考核内容及对毕业要求拆分指标点的支撑情况
平时成绩	30	相关作业的完成质量，对应毕业要求第 2.2、4.1 指标点的考核
考试成绩	70	对规定考试内容掌握的情况，对应毕业要求第 2.2、4.1 指标点的考核。

## 七、考核环节及质量标准

本课程各考核环节及质量标准，详见表 5。

表 5 考核环节及质量标准

考核方式	评分标准				
	A	B	C	D	E
	90~100	80~89	70~79	60~69	< 60
作业	按时完成布置的全部作业，且完成质量高	完成布置的全部作业，且完成质量较好	完成布置的大部分作业，且有一定质量	通过补交等形式完成了大部分作业，有一定质量	不满足 D 要求
考试	牢固掌握教学内容中的基本概念、理论、方法，能综合运用理论知识解决复杂问题，试题正确率 90% 以上	较好掌握教学内容中的基本概念、理论、方法，可以综合运用理论知识解决问题能力，试题正确率 80% 以上	教学内容中的基本概念、理论、方法情况掌握尚好，综合运用理论知识解决问题能力尚好，试题正确率 70% 以上	教学内容中的基本概念、理论、方法掌握情况尚可，综合运用理论知识解决问题能力尚可，试题正确率 60% 以上	不满足 D 要求
评分标准（A~E）：主要填写对教学内容中的基本概念、理论、方法等方面的掌握，及综合运用理论知识解决复杂问题能力的要求。					

制定者：崔碧峰

批准者：张万荣

2020 年 7 月

# “低功耗集成电路设计”课程教学大纲

英文名称: Design of Low Power IC

课程编码: 0010069

课程性质: 专业选修课

学分: 2.0

学时: 32

面向对象: 电子科学与技术专业本科生

先修课程: 模拟电子技术、数字电子技术、电路分析基础、电磁场理论

教材及参考书:

[1] [美] 简·拉贝艾 (Jan Rabaey) 著, 蒲宇, 赵文峰, 哈亚军, 杨胜齐 译 《低功耗设计精解 [Low Power Design Essentials]》 机械工业出版社 2020

[2] [瑞士] Christian Piguët, 译者: 夏晓娟, 张洪俞, 吉新村, 杨淼 编 《低功耗处理器及片上系统设计(集成电路设计)》 科学出版社, 2012

[3] 《低功耗 CMOS 电路设计》, 陈力颖编, 科学出版社, 2011

[4] 《低功耗集成电路原理与应用》, 盛法生编, 浙江大学出版社, 2011

[5] 《低压低功耗 CMOS/BiCMOS 超大规模集成电路》, Kiat-Seng Yeo, Samir S. Rofail, Wang-Ling Goh 著, 周元兴译, 浙江大学出版社, 2011

## 一、课程简介

现代社会所需芯片集成度越来越高, 功耗设计成为制约集成度发展的关键因素之一, 低功耗集成电路设计成为大规模集成电路设计的特别关注。本课程作为现代科学技术与实践应用十分紧密的电子工程类课程, 侧重于应用技术理论和实践的结合, 重点培养学生科学的思维方式以及认识新技术和应用新技术的能力。它是面向我校电子科学与技术专业四年级本科生开设的专业选修课。本课程依据学生的特点, 从工艺器件方面, 探究低功耗电子学的历史、深亚微米体硅 SOI 技术的进展、CMOS 纳米工艺中的漏电、纳米电子学与未来发展趋势、以及光互连技术; 从低功耗电路方面, 探究深亚微米设计建模、低功耗标准单元、高速低功耗动态逻辑与运算电路、以及在结构、电路、器件的各个层面上的低功耗设计技术。

## 二、课程地位与目标

(一) **课程地位:** 本课程是电子科学与技术专业的选修课, 属于电路设计系列。通过本课程的学习, 使学生初步具备现代集成电路设计理念, 掌握集成电路的低功耗技术。

本课程支撑的毕业要求拆分指标点的具体描述。

5.3: 能够基于半导体物理知识、集成电路层次化设计思想, 针对具体的测试或设计要求, 选择或设计可执行的方案, 完成相关测试或设计, 并对结果进行关联分析和解释以获得有效结论

6.2: 能运用计算机软、硬件技术和 EDA 工具进行专业相关工程项目的编程、模拟、仿真分析, 并意识到模型与 EDA 工具局限性的影响。

10.2: 能根据需要, 组织团队成员开展工作, 协调相互进度。

## （二）课程目标

**1 教学目标：**课程拟达到的课程目标：1) 掌握传输线基本概念，以及阻抗匹配问题的描述和解决方法；2) 理解 Smith 圆图并熟练掌握 ADS 射频集成电路仿真软件的使用；3) 增强理论结合实际能力，获得开发射频晶体管放大器的设计经验；4) 培养系统能力和面向系统构建的交流和团队协作能力。学生需要掌握的知识、素质与能力及应达到的水平如下：1) 通过对传输线理论的学习，使学生能够基于科学原理并采用科学方法对射频集成电路领域的复杂工程问题制定实验方案并进行研究，包括设计、分析与解释数据，并通过信息综合得到合理有效的结果；2) 通过对 Smith 圆图、ADS 软件的学习，使学生能够熟练使用电子仪器仪表和设备观察与分析电路系统的性能，通过分组讨论并对复杂工程问题进行模拟与预测，并能够理解其应用的局限性。

本课程对毕业要求拆分指标点达成的支撑情况，详见表 1。

**表 1 课程目标与毕业要求拆分指标点的对应关系**

序号	课程目标	毕业要求拆分指标点		
		5.3	6.2	10.2
1	掌握工艺器件、集成电路设计方面的低功耗技术基本知识	◎	●	⊙
2	掌握深亚微米体硅 SOI 技术的进展、CMOS 纳米工艺中的漏电、纳米电子学与未来发展趋势，深亚微米设计建模、低功耗标准单元、高速低功耗动态逻辑与运算电路。	◎	●	⊙
3	在结构、电路、器件的各个层面上掌握一定的低功耗设计	●	◎	⊙
4	培养系统能力和面向系统构建的交流和团队协作能力	⊙	◎	●

注：●：表示有强相关关系，◎：表示有一般相关关系，⊙：表示有弱相关关系

**2 育人目标：**课程将通过为学生讲述国内集成电路领域杰出专家国外学成后毅然回国创业的典型事迹，培养学生的家国情怀、民族自信和自豪感。同时以积极向上和正面事例为基调和主调，将理想信念、责任担当、职业素养、行为规范等育人元素融入课堂，寓价值观引导于知识传授之中。

## 三、课程教学内容

分章节列出课程教学内容及对课程目标的支撑，详见表 2。

**表 2 教学内容与课程目标的对应关系**

章节名称	教学内容及重点 (▲)、难点 (★)	课程目标 (√)			
		1	2	3	4
第一章 深亚微米硅技术与 SOI 技术的进展	深亚微米硅技术▲：ITRS 概述、晶体管的饱和电流和亚阈值电流、栅和其他隧道电流； 深亚微米 SOI 技术★：晶体管电气参数的统计离差、栅氧化层物理厚度和电气厚度、晶体管的新结构			√	√
第二章 CMOS 纳米技术中的漏电流	MOSFET 器件的 ILEAK 构成 ▲★，尺寸缩放，电路级	√		√	

第三章 微电子学、纳电子学及电子学的未来	纳电子硅管：作为纳电子器件的硅 MOSFET、硅 MOSFET 的最终极限▲、硅 MOSFET 的应用极限、硅 MOSFET 以外的晶体管*、FET 以外的晶体管*、从微电子学到纳电子	√	√	√	
第四章 片上光互连的高级研究	片上光互连:互连问题、自顶向下的互连设计▲、信号通路中的无源光子器件▲、用于信号转换的有源器件▲、转换电路、互连性能(光学系统与电学系统的比较)*	√		√	
第五章 深亚微米工艺设计模型	电流模型、描述性能所使用单位的定义、深亚微米工艺模型在标准单元库中的应用▲*、深亚微米工艺模型在低功耗设计中的应用▲*	√	√	√	
第六章 逻辑电路和标准单元	低功耗和标准单元库▲：逻辑族、低功耗和标准单元库对于特定应用的逻辑类型*	√	√	√	√
第七章 低功耗超高速动态逻辑电路	单相时钟锁存器和触发器▲、高通量 CMOS 电路技术▲、快速有效的 CMOS 功能电路*、动态逻辑的前景				

## 四、教授方法与学习方法指导

**教授方法:** 结合课程内容的教学要求以及学生认知活动的特点,采取包括课堂讲授教学、案例教学、研究型教学、实验教学以及小组合作、项目驱动、线上线下混合等多种教学模式与方法。

1) 在课堂讲授教学和线上线下混合教学中使用多媒体课件,配合板书和范例演示讲授课程内容。适当引导学生阅读外文书籍和资料,培养自学能力。使学生掌握课程教学内容中规定的一些基本概念、基本理论和基本方法。

2) 通过案例教学和项目驱动教学,使学生能够对基本概念和理论有更深入的理解,使之有能力将它们应用到一些问题的求解中。适当增加对上述基本方法及核心思想的分析,使学生能够掌握其关键。

3) 积极探索、实践研究型教学及实验教学,并将小组合作融入其中。探索如何实现教师在对问题的求解中教,学生怎么在对未知的探索中学。从提出问题,到求解思路分析,培养学生抽象表示问题的能力,强化对“一类”问题进行求解的意识,进而培养学生的系统意识和能力。

**学习方法:** 根据本门课程及学生学习特点,给出如下学习指导和建议:

1) 借助课堂讲授环节掌握课程教学内容中的基本概念、理论和方法,借助线上线下混合教学获取课程延伸的学习资料,同时掌握了获取信息检索、教学网站及学习注意事项的方法和能力;

2) 借助案例教学和项目驱动教学环节,提升学生熟练掌握商用专业软件模拟技巧和学习技巧;

3) 考虑到设计训练是学好本课程的重要环节,本课程中以小组合作形式布置低噪声放大器设计相关题目,通过课下仿真、课上讨论的方式,使学生加深对射频集成电路的理解,并在设计集成电路设计方面受到训练,同时完成对学生自主学习和学习效果自我检查方法的指导,为今后开展相关科研和开发工作打下坚实的基础。

## 五、教学环节及学时分配

教学环节及各章节学时分配，详见表 3。

表 3 教学环节及各章节学时分配表

章节名称	教学内容	学时分配					合计
		讲授	习题	实验	讨论	其它	
第一章深亚微米硅技术与 SOI 技术的进展	深亚微米硅技术▲：ITRS 概述、晶体管的饱和电流和亚阈值电流、栅和其他隧道电流； 深亚微米 SOI 技术*：晶体管电气参数的统计离差、栅氧化层物理厚度和电气厚度、晶体管的新结构	4					4
第二章 CMOS 纳米技术中的漏电流	MOSFET 器件的 ILEAK 构成 ▲★，尺寸缩放，电路级	2					2
第三章微电子学、纳电子学及电子学的未来	纳电子硅管：作为纳电子器件的硅 MOSFET、硅 MOSFET 的最终极限▲、硅 MOSFET 的应用极限、硅 MOSFET 以外的晶体管*、FET 以外的晶体管*、从微电子学到纳电子学	4					4
第四章片上光互连的高级研究	片上光互连:互连问题、自顶向下的互连设计▲、信号通路中的无源光子器件▲、用于信号转换的有源器件▲、转换电路、互连性能(光学系统与电学系统的比较)*	8					8
第五章深亚微米工艺设计模型	电流模型、描述性能所使用单位的定义、深亚微米工艺模型在标准单元库中的应用▲★、深亚微米工艺模型在低功耗设计中的应用▲★	4					4
第六章逻辑电路和标准单元	低功耗和标准单元库▲：逻辑族、低功耗和标准单元库 对于特定应用的逻辑类型*	5					5
第七章低功耗超高速动态逻辑电路	单相时钟锁存器和触发器▲、高通量 CMOS 电路技术▲、快速有效的 CMOS 功能电路*、动态逻辑的前景	5					5
合计		32					32

## 六、考核与成绩评定

课程成绩包括平时成绩 30%（作业 15%、课堂表现、出勤等 15%），考试成绩 70%。

1) 平时成绩中的作业 15%主要是课堂作业和课外作业，主要考察学生对已学知识掌握的程度以及自主学习的能力；平时成绩中的课堂表现、出勤等 15%主要反应学生的课堂情况、平时的信息接收、自我约束。成绩评定的主要依据包括：课程的出勤率、课堂的基本表现（如课堂测验、课堂互动等）；

2) 考试成绩 70%为对学生学习情况的全面检验。考试内容以传输线基本理论和射频集成电路设计为主，突出掌握射频集成电路设计方法（元件选取建模、电路搭建、匹配网络和

偏置网络设置等), 并熟练使用 ADS 射频集成电路仿真软件对具体工程问题进行应用设计。

本课程各考核环节的比重及对毕业要求拆分点的支撑情况, 详见表 4。

**表 4 考核方式及成绩评定分布表**

考核方式	所占比例 (%)	主要考核内容及对毕业要求拆分指标点的支撑情况
平时成绩	30%	(1) 书面作业主要考核学生对每章节知识点的复习、理解和掌握程度。每次作业按 100 分制单独评分。支撑毕业要求拆分指标点 3-2 和 6-2; (2) 课堂表现和出勤主要考核学生对每章节知识点的复习、理解和掌握程度和课堂表现。每次测试按 100 分制单独评分。支撑毕业要求拆分指标点 3-2 和 10-2。
考试成绩	70%	期末考试是对学生学习情况的全面检验。强调考核学生对传输线基本理论及与射频集成电路设计相关知识的掌握程度, 考核学生运用所学射频集成电路理论知识解决具体工程问题的能力。支撑毕业要求拆分指标点 3-2 和 6-2。

## 七、考核环节及质量标准

本课程各考核环节及质量标准, 详见表 5。

**表 5 考核环节及质量标准**

考核方式	评分标准				
	A	B	C	D	E
	90~100	80~89	70~79	60~69	< 60
作业	数量完整准确、按时交、书写工整	数量完整准确、未按时交、书写工整	数量完整, 部分作答不够准确、按时交、书写工整	数量完整, 部分作答不够准确、未按时交、书写较工整	不满足 D 要求
课堂基本表现和出勤情况	全勤 100%, 课堂纪律好。研讨、参与随堂问答活跃	全勤 100%, 课堂纪律好。研讨、参与随堂问答较活跃	全勤 100%, 研讨、参与随堂问答较被动	考勤 90%, 研讨、参与随堂问答敷衍	不满足 D 要求
考试	按期末考试的标准答案、评分标准百分制评分。	按期末考试的标准答案、评分标准百分制评分。	按期末考试的标准答案、评分标准百分制评分。	按期末考试的标准答案、评分标准百分制评分。	按期末考试的标准答案、评分标准百分制评分。
评分标准 (A~E): 主要填写对教学内容中的基本概念、理论、方法等方面的掌握, 及综合运用理论知识解决复杂问题能力的要求。					

制定者: 崔碧峰

批准者: 张万荣

2020 年 7 月

# “面向人工智能的器件与电路”课程教学大纲

英文名称: Neuromorphic Devices and Circuits for Implementing Artificial Intelligence

课程编号: 0010124

课程类型: 专业选修课

学分: 2.0

学时: 32

适用对象: 电子科学与技术专业本科生

先修课程: 半导体物理, 半导体器件原理

教材及参考书:

- [1]尼曼著,《半导体物理与器件(第三版)》.电子工业出版社,2010.07.01
- [2]萧宏著,《半导体制造技术导论(第二版)》.电子工业出版社,2013.1.
- [3]Shimeng Yu, Resistive Random Access Memory (RRAM): From Device to Array Architectures, Morgan & Claypool Publishers, 2016.
- [4]Shimeng Yu, Neuro-inspired Computing Using Resistive Synaptic Devices, Springer, 2017
- [5] CHRISTOPHER M. BISHIOP, PATTERN RECONGNITION AND MACHINE LEARNING, Springer 2006.

## 一、课程简介

随着大数据,人工智能,以及后摩尔时代的来临,类脑计算广泛的引起了社会各界的广泛兴趣。然而基于现今的冯诺依曼体系的计算架构,电脑有着数据在运算单元和存储单元传输上的效率和耗能问题。近年来,新型类脑器件,如忆阻器,相变存储器等新型器件,可以同时实现类似大脑的学习与记忆的功能,是从器件级别实现人工智能的一种重要手段。本课程基于电子科学与技术的专业基础,结合类脑器件,人工智能等前沿的学术研究,回顾本专业基础器件物理,制造工艺,使学生在这些交叉学科的学习中,即夯实了专业基础,又为学生后续向智能制造,人工智能芯片,模式识别等交叉领域发展做了铺垫。

## 二、课程地位与课程目标

(一) **课程地位:**“面向人工智能的器件与电路”是一门跨领域的课程。基于电子科学与技术,微电子专业的半导体物理,半导体器件原理等课程,面向人工智能的一门综合课程。它的教学目的是即夯实半导体器件物理的基础,介绍主流的存储器结构,阐述存储器运行的物理机制,进一步结合人工智能的相关理论,使学生了解智能芯片的基本观念。因此它是专业基础课与前沿学术研究及应用的桥梁。

本课程主要为毕业要求 2.2、3.2、11.3 的达成提供支撑。

2.2 掌握工程基础知识,能够用于工程问题的分析与设计。

3.2 结合电子科学与技术基础知识与理论,对固态器件与集成电路相关的复杂的工程问题进行建模。

11.3 能借助交流,交接电子科学与技术领域的国际发展趋势研究热点。

通过本课程的学习,使学生具备以下能力:

(1) 能够运用半导体器件物理工程基础知识，能够描述存储器的结构，物理机制，及失效机制等工程问题。（支撑毕业要求 2.2）

(2) 能够运用半导体器件物理的分析方式，如缺陷，热电子，载流子迁移，载流子注入，电子跃迁，量子导通等理论对固态器件，尤其是新型存储器进行物理建模及分析。（支撑毕业要求 3.2）

(3) 能够基于电子科学与技术及微电子专业知识，及行业相关技术，对专业及相关领域的国际发展趋势及研究热点有相关的了解，学习，分析和沟通的能力（支撑毕业要求 11.3）

## （二）课程目标

**1 教学目标：**本课程设定 4 个课程教学目标，具体如下：

目标 1：掌握电子存储器的器件结构，工艺，操作方式。

目标 2：掌握使用新型存储器进行类神经操作的物理机制。

目标 3：掌握类神经运算的基本数学基础。

目标 4：掌握基于类脑器件实现存算一体化及人工智能的机制与方法，机遇与挑战。

**表 1 课程目标与毕业要求拆分指标点的对应关系**

序号	课程目标	毕业要求拆分指标点		
		2.2	3.2	11.3
1	掌握电子存储器的器件结构，工艺，操作方式	●	◎	⊙
2	掌握使用新型存储器进行类神经操作的物理机制	●	●	●
3	掌握类神经运算的基本数学基础	⊙	◎	●
4	掌握基于类脑器件实现存算一体化及人工智能的机制与方法，机遇与挑战	●	●	●

**2 育人目标：**对于新时代的大学生，课程除了教授学科领域相关知识以外，会对于“十八大”以来国家对于集成电路领域相关政策及战略进行解读，从集成电路，智能制造，人工智能等前学科对于习主席“百年未有之大变局”的相关讲话在工业发展的领域进行解读，讲解国内外发展历史沿革，当今格局，及我国面临的机遇与挑战。不忘初心，牢记使命，增强学生理性信念，家国情怀，民族自信，责任担当，使学生从大学阶段就有“科学没有国界，但科学家有祖国”的理想信念。

## 三、课程教学内容

**表 2 教学内容与课程目标的对应关系**

章节名称	教学内容及重点（▲）、难点（★）	课程目标（√）			
		1	2	3	4
第一章电子存储器的结构及物理机制	一、半导体器件物理基础回顾二、半导体器件工艺回顾三、非挥发性电子存储器简介▲四、阻变式存储器在逻辑上的应用▲	√	√		
第二章使用新型存储器进行类神经操作的物理机制	一、神经突触的简介二、阻变式存储器在人工神经突触方面的应用▲三、阻变式存储器的物理机制四、阻变式存储器在类神经器件应用中的物理机制★	√	√		

第三章类神经运算的基本方式	一、神经网络简介二、神经网络的基础三、神经网络的学习方式分类四、神经网络学习的实现与优化▲★			√	
第四章阵列及芯片级别的类脑器件集成电路	一、存算一体化简介二、晶体管-存储器结构的运作机制▲三、类脑计算器件及阵列▲★四、前沿研究简介	√	√	√	√

## 四、教授方法与学习方法指导

**教授方法：**以讲授为主（32 学时）。从器件物理，存储器分类来梳理，面向类脑器件以及人工智能。以课件为主，辅以板书公式推导，使学生能理解课程架构和体系。

**学习方法：**明确学习各阶段的重点任务，做到课前预习，课中认真听课，积极思考，课后认真复习，不放过疑点，充分利用好教师资源和网络的学术资源。

## 五、教学环节及学时分配

教学环节及各章节学时分配，详见表 3。

表 3 教学环节及各章节学时分配表

章节名称	教学内容	学时分配					合计
		讲授	习题	实验	讨论	其它	
第一章电子存储器的结构及物理机制	一、半导体器件物理基础回顾二、半导体器件工艺回顾三、非挥发性电子存储器简介四、阻变式存储器在逻辑上的应用	8					8
第二章使用新型存储器进行类神经操作的物理机制	一、神经突触的简介二、阻变式存储器在人工神经突触方面的应用三、阻变式存储器的物理机制四、阻变式存储器在类神经器件应用中的物理机制	8					8
第三章类神经运算的基本方式	一、神经网络简介二、神经网络的基础三、神经网络的学习方式分类四、神经网络学习的实现与优化	6					6
第四章阵列及芯片级别的类脑器件集成电路	一、存算一体化简介二、晶体管-存储器结构的运作机制三、类脑计算器件及阵列四、前沿研究简介	10					10
合计		32					32

## 六、考核与成绩评定

课程成绩包括平时成绩 40%（作业等 20%，课堂考勤及表现 20%），考试成绩 60%。

平时成绩中的其它 20%主要反应学生的课堂表现、平时的信息接收、自我约束。成绩评定的主要依据包括：课程的出勤率、课堂的基本表现（如课堂测验、课堂互动等；作业等的 20%主要是课堂作业和课外作业，主要考察学生对已学知识掌握的程度以及自主学习的能力。

考试成绩 60%为对学生学习情况的全面检验。强调考核学生对基本概念、基本方法、基本理论等方面掌握的程度，及学生运用所学理论知识解决复杂问题的能力。

本课程各考核环节的比重及对毕业要求拆分点的支撑情况，详见表 4。

表 4 考核方式及成绩评定分布表

考核方式	所占比例 (%)	主要考核内容及对毕业要求拆分指标点的支撑情况
平时成绩	40	课堂考勤，课堂表现，反馈，回答与测试，作业成绩
考试成绩	60	期末考试成绩

## 七、考核环节及质量标准

本课程各考核环节及质量标准，详见表 5。

表 5 考核环节及质量标准

考核方式	评分标准				
	A	B	C	D	E
	90~100	80~89	70~79	60~69	< 60
作业	基本概念清晰，解决问题的方案正确，合理，符合逻辑/对领域内发展的思路有清晰的把握/提出自己对领域内深入且独到的见解；	基本概念基本清晰，解决问题的方案基本正确、基本合理/对领域内发展的思路方向上基本正确；	基本概念与基础知识正确，但对于问题本身并不能解释清楚和理解清楚/对领域内发展的思路理解不清晰；	基本概念与基础知识不清晰，对领域发展的思路理解不清晰	答案与题目不相干，基本概念不清晰，基础知识不扎实
评分标准（A~E）：主要填写对教学内容中的基本概念、理论、方法等方面的掌握，及综合运用理论知识解决复杂问题能力的要求。					

制定者：刘博

批准者：张万荣

2020 年 7 月

# “微波电路设计的智能学习技术”课程教学大纲

英文名称: Artificial Intelligence Methods in Microwave Circuit Design

课程编码: 0010680

课程性质: 专业选修课

学分: 2.0

学时: 32

面向对象: 电子科学与技术专业本科生

先修课程: 电路分析基础、模拟电子技术、数字电子技术、半导体器件原理

教材及参考书:

[1] Q.J. Zhang, K.C. Gupta. Neural Networks for RF and Microwave Design. Boston, MA: Artech House, 2000.

[2] Simon Haykin 著, 叶世伟, 史忠植译. 神经网络原理 (第 2 版). 机械工业出版社, 2004.

[3] S. Haykin. Neural Networks and Learning Machines. Upper Saddle River, New Jersey: Prentice Hall, 2008.

[4] 马锐编著, 人工神经网络原理. 机械工业出版社, 2017.

[5] 陈明等编著, MATLAB 神经网络原理与实例精解. 清华大学出版社, 2019.

[6] 阿努拉格·巴德瓦杰著, 魏佳宁, 杨伟, 李征等译, 深度学习基础教程. 机械工业出版社, 2018.

## 一、课程简介

微波电路的人工智能设计是信息学部为电子科学与技术专业本科生开设的专业选修课。本课程作为现代科学技术与实践应用十分紧密的电子工程类课程, 侧重于应用技术理论和实践的结合, 重点培养学生科学的思维方式以及认识新技术和应用新技术的能力。本课程依据学生的特点, 从神经网络和深度学习的基本结构和训练方法出发, 介绍利用神经网络和深度学习技术进行微波电路设计的基本原理、应用与实践, 以及该领域最前沿技术和发展现状。教学内容重点: 神经网络的结构、训练和验证, 深度学习模型, 神经网络和深度学习技术在微波无源/有源电路设计中的应用。教学内容的难点: 神经网络的训练算法、深度学习模型及卷积神经网络的主流架构。

## 二、课程地位与目标

(一) **课程地位:** 本课程是电子科学与技术专业的选修课, 属于领域基础及专业知识模块。旨在继电路分析基础、模拟电子技术、数字电子技术、半导体器件原理等课程后, 引导学生认识高频电路设计领域最前沿的技术方法, 培养科学原理和科学方法掌握能力、现代工程工具和信息技术工具使用能力、工程问题解决能力等 3 大专业基本能力。神经网络的多种结构及深度学习中多种训练方法的学习将增强学生对抽象、理论、设计 3 个学科形态/过程的理解, 进而掌握基本的思维方法和研究方法; 通过介绍神经网络和深度学习技术在无源器件建模优化、非线性器件建模设计等领域的应用实例, 引导学生追求从问题出发, 采用现代工程设计工具去实现自动计算优化, 强化专业核心意识的培养。除了学习知识外, 还给学生

提供实现简单神经网络的构建及模型训练的编程机会，培养其工程意识和能力。此外，本课程采用双语教学，把专业教学和外语教学有机地结合起来，使学生了解世界科技最新成果，提高国际学术交流能力，旨在培养国际性创新型人才。

本课程支撑的毕业要求拆分指标点的具体描述为：

2.2：掌握工程基础知识，能够用于工程问题的分析与设计。

6.2：能运用计算机软、硬件技术和 EDA 工具进行专业相关工程项目的编程、模拟、仿真分析，并意识到模型与 EDA 工具局限性的影响。

11.3：能借助交流，了解电子科学与技术领域的国际发展趋势研究热点。

## （二）课程目标

**1 教学目标：**着重应用技术理论和实践的结合，重点培养学生认识新技术和应用新技术的能力。通过本课的学习,使学生了解神经网络和深度学习技术在微波领域的应用，掌握神经网络和深度学习的基本概念和建模方法，包括多层感知机、误差反向传播神经网络、基于知识型神经网络、空间映射神经网络、卷积神经网络、受限玻尔兹曼机、循环神经网络等基本模型结构，以及神经网络和深度学习中的训练算法等方面的知识，了解最前沿的人工智能神经网络和深度学习技术的微波应用，从而使学生在相关领域运用前沿工具解决实际物理问题的能力。该目标分解为以下子目标：

- ✧ 掌握神经网络和深度学习的基本概念、体系结构以及设计应用方法。
- ✧ 理解神经网络和深度学习的训练机制，掌握神经网络中基本训练算法编程实现方法。
- ✧ 增强理论结合实际能力，通过神经网络和深度学习在三维电磁结构建模、射频放大器建模等应用实例，获得神经网络的建模经验。
- ✧ 提高学生运用专业英语进行学术交流的能力。

本课程对毕业要求拆分指标点达成的支撑情况，详见表 1。

**表 1 课程目标与毕业要求拆分指标点的对应关系**

序号	课程目标	毕业要求拆分指标点		
		2.2	6.2	11.3
1	掌握工程基础知识，能够用于工程问题的分析与设计。本课程属于电子科学与技术专业中与实际工程问题联系较紧密的课程之一，通过使学生掌握对微波器件建模相关的理论和技能，从而培养学生分析和解决较复杂的实际工程问题的能力。	●	◎	⊙
2	能运用计算机软、硬件技术和 EDA 工具进行专业相关工程项目的编程、模拟、仿真分析，并意识到模型与 EDA 工具局限性的影响。培养学生对多种方法、工具、环境的比较、评价和选择的能力。方法选择：选择建模的不同神经网络结构、数据采样方式、模型训练方法；工具与环境选择：使用不同的神经网络建模工具和开发语言环境；比较与评价：在组间相互评价中锻炼评价能力。	◎	●	⊙
3	能借助交流，了解电子科学与技术领域的国际发展趋势研究热点。通过在课程中加入神经网络和深度学习技术在微波器件建模领域最前沿的科学研究成果介绍，使学生对专业相关领域的国际发展趋势及研究热点有所了解。通过双语教学，锻炼学生的英语表达能力，使其能更好地在跨文化背	◎	⊙	●

景下进行学术沟通和交流。			
--------------	--	--	--

注：●：表示有强相关关系，◎：表示有一般相关关系，○：表示有弱相关关系

**2 育人目标：**随着 5G 通讯产业的快速发展，微波电路设计领域的人才需求日益加强。本课程在背景知识介绍中结合国内外电路设计行业现状对比和分析，使学生认识到我国微波电路设计行业在资金实力、高端设计人才、技术水平、创新能力等方面仍与欧美国家存在较大差距，但是随着国家产业政策扶持、产业环境逐渐改善，国内微波电路设计的整体竞争实力在逐渐增强，发展势头迅猛。从而培养学生的理想信念、家国情怀、民族自信、责任担当和职业素养，寓价值观引导于知识传授之中。

### 三、课程教学内容

分章节列出课程教学内容及对课程目标的支撑，详见表 2。

**表 2 教学内容与课程目标的对应关系**

章节名称	教学内容及重点(▲)、难点(★)	课程目标(√)		
		1	2	3
第一章 引论	微波设计 CAD 技术和人工智能神经网络概述。主要包括微波器件及电路的基本设计流程、微波设计 CAD 技术的重要性▲★、人工智能神经网络和深度学习的发展历史、神经网络和深度学习的基本特点与功能▲★、神经网络和深度学习的应用领域★等。	√		√
第二章 神经网络的结构	神经网络的结构。包括脑的生物神经系统概述、生物神经网络基础、生物神经网络与神经网络的关系▲★、神经元模型▲、神经元的特征、神经元的激励函数、神经网络连接的拓扑结构▲、神经网络的特点和优越性▲、多层感知机★、误差反向传播神经网络★、基于知识型神经网络★、动态神经网络★、空间映射神经网络★。	√	√	√
第三章 神经网络的训练	神经网络的训练。主要包括神经网络的训练数据和验证数据生成、训练样本范围及其在神经网络输入空间中的分布、训练误差、欠学习▲、过度学习▲、良好学习▲、误差反向传输 (Back Propagation, BP) 算法▲★；基于梯度优化技术的训练算法★，包括共轭梯度 (Conjugate Gradient) 训练算法、拟牛顿 (Quasi-Newton) 训练算法、Levenberg-Marquardt 训练算法；基于全局优化方法的训练算法★，包括遗传算法、模拟退火算法。	√	√	√
第四章 深度学习模型	深度学习的模型。主要包括卷积神经网络的起源及主流架构▲、受限玻尔兹曼机▲、循环神经网络、深层神经网络训练中的梯度消失与爆炸▲、深度强化学习★、贝叶斯优化★。	√	√	√
第五章 人工智能和深度学习技术在微波无源元件设计中的应用	人工智能和深度学习技术在微波无源元件设计中的应用▲。主要内容包括高速集成电路互连线的神经网络建模及分析★、传输线的神经网络建模及优化★、微波滤波器的深层神经网络建模及优化★等。	√	√	√
第六章 人工智能和深度学习技术在微波有源元件设计中的应用	人工智能和深度学习技术在微波有源元件设计中的应用▲。主要内容包括双极晶体管、射频场效应晶体管和高电子迁移率晶体管的直流、小信号、大信号的神经网络技术建模实例★，GaN 晶体管多物理效应的神经网络技术建模实例★等。	√	√	√

## 四、教授方法与学习方法指导

**教授方法:** 课堂教学首先要使学生掌握课程教学内容中规定的一些基本概念、基本理论和基本方法。特别是通过讲授,使学生能够对这些基本概念和理论有更深入的理解,使之有能力将它们应用到一些问题的求解中。要注意对其中的一些基本方法的核心思想的分析,使学生能够掌握其关键。(该部分属于线下教学部分。)

使用双语教学,用英语作为课堂主要用语进行课堂教学,把专业教学和外语教学有机地结合起来,促使学生在学习专业知识的同时,用英语来思考、陈述、解决问题,了解世界科技最新成果,提高国际学术交流能力。(该部分属于线下教学部分。)

积极探索和实践研究型教学。探索如何实现教师在对问题的求解中教,学生怎么在对未知的探索中学。从提出问题,到求解思路分析,培养学生抽象表示问题的能力,强化对“一类”问题进行求解的意识,进而培养学生的系统意识和能力。(该部分因涉及学生根据实际问题查阅文献,寻找并实践解决问题的方法,因此属于线上教学部分。)

使用多媒体课件,配合板书和范例演示讲授课程内容。(该部分属于线下教学部分。)

**学习方法:** 学习该门课程过程中,建议学生在认真进行课堂学习的同时,认真完成设计训练的编程作业,并撰写实验报告,使学生加深对神经网络技术的理解,并在编程方面和学术报告撰写方面受到训练。此外,建议学生适当阅读相关外文书籍和资料,学习资料获取途径及检索方法,培养自学能力。

## 五、教学环节及学时分配

教学环节及各章节学时分配,详见表3。

表3 教学环节及各章节学时分配表

章节名称	教学内容	学时分配					合计
		讲授	习题	实验	讨论	其它	
1	引论	2					2
2	神经网络的结构	6					6
3	神经网络的训练	8					8
4	深度学习模型	6					6
5	人工智能和深度学习技术在微波无源元件设计中的应用	3			1		4
6	人工智能和深度学习技术在微波有源元件设计中的应用	3			1		4
	总结、习题课、复习	2					2
合计		30			2		32

## 六、考核与成绩评定

课程成绩包括平时成绩30%(作业20%,其他10%),期末考试70%。

平时成绩中的其它10%主要反映学生的课堂表现、平时的信息接收、自我约束。成绩评定的主要依据包括:课程的出勤率、课堂的基本表现(如课堂测验、课堂互动等;作业等的

20%主要是课堂作业和课外作业，主要考察学生对已学知识掌握的程度以及自主学习的能力。

考试成绩 70%为对学生学习情况的全面检验。强调考核学生对基本概念、基本方法、基本理论等方面掌握的程度，及学生运用所学理论知识解决复杂问题的能力。

本课程各考核环节的比重及对毕业要求拆分点的支撑情况，详见表 4。

**表 4 考核方式及成绩评定分布表**

考核方式	占比 (%)	主要考核内容及对毕业要求拆分指标点的支撑情况
平时成绩	30	作业占 20%主要是课堂作业和课外作业，主要反映学生的课堂表现、平时的信息接受、自我约束。成绩评定的主要依据包括：课程的出勤情况、课堂的基本表现（含课堂测验）、习题作业情况。（支撑毕业要求指标点 2-2, 6-2 和 11-3） 其他占 10%主要反映学生的课程的出勤率、课堂表现、自我约束。（支撑毕业要求指标点 2-2, 6-2 和 11-3）
考试成绩	70	主要对学生学习情况进行全面检验，强调考核学生对本课程中基本概念、基本方法、基本技术的掌握程度，考核学生运用所学方法设计解决方案的能力，淡化考查一般知识、结论记忆。主要以对象的形式化（模型）描述、基于形式化描述的处理为主，起到督促学生系统掌握包括基本思想方法在内的主要内容。（支撑毕业要求指标点 2-2, 6-2 和 11-3）

## 七、考核环节及质量标准

本课程各考核环节及质量标准，详见表 5。

**表 5 考核环节及质量标准**

考核方式	评分标准				
	A	B	C	D	E
	90~100	80~89	70~79	60~69	< 60
作业	完全掌握教学内容中的基本概念、理论、方法等，完全具有综合运用理论知识解决复杂问题能力。	较好掌握教学内容中的基本概念、理论、方法等，具有较好的综合运用理论知识解决复杂问题能力。	一般掌握教学内容中的基本概念、理论、方法等，具有一般的综合运用理论知识解决复杂问题能力。	基本掌握教学内容中的基本概念、理论、方法等，具有基本的综合运用理论知识解决复杂问题能力。	不满足 D 要求
考试	完全掌握教学内容中的基本概念、理论、方法等，完全具有综合运用理论知识解决复杂问题能力。	较好掌握教学内容中的基本概念、理论、方法等，具有较好的综合运用理论知识解决复杂问题能力。	一般掌握教学内容中的基本概念、理论、方法等，具有一般的综合运用理论知识解决复杂问题能力。	基本掌握教学内容中的基本概念、理论、方法等，具有基本的综合运用理论知识解决复杂问题能力。	不满足 D 要求

制定者：那伟聪

批准者：张万荣

2020 年 7 月

# “新生研讨课”课程教学大纲

英文名称: Freshman Seminar

课程编码: 0009394

课程类型: 自主课程

学分: 1.0

学时: 16

使用对象: 电子科学与技术专业本科生

先修课程: 无

教材及参考书:

互联网络, 相关调研资料, 及辅助教学工具。

## 一、课程简介

本课程是专门为电子科学与技术专业大一新生开设的小班专题讨论课程。通过专业导航、经历认知和体会研究的讨论, 使新生认知所学专业, 激发其求知欲、好奇心和研究兴趣, 培养其积极思考、讨论和探究式学习的习惯, 逐步形成创新思维能力。具体知识包括专业导航, 认知所学专业。半导体器件与集成电路的发展、应用及展望, 二极管、三极管、集成电路的结构、原理及工艺实现。半导体发光二极管、半导体激光器、半导体探测器和太阳能电池的结构、基本原理、制备工艺及其应用。通过电子套件的焊接和调试深化半导体器件的认知。

## 二、课程地位与目标

**(一) 课程地位:** 大一学生刚进校门, 对所学专业了解不多, 但好奇心强, 思维活跃。通过了解专业沿革、知识结构及发展方向, 并结合专题讨论, 对培养学生探索能力、创新能力及研究能力具有重要意义。

本课程支撑的毕业要求拆分指标点的具体描述。

6.1 了解本专业主要资料来源及获取方法, 能够利用计算机网络查询、检索本专业文献及资料。

10.1 能主动与其他成员合作开展工作, 并胜任团队成员的角色与责任, 能倾听其他团队成员的意见, 亦能独立完成团队分配的工作。

11.3 能借助交流, 了解电子科学与技术领域的国际发展趋势研究热点。

### (二) 课程目标

**1 教学目标:** 写明课程拟达到的课程目标, 指明学生需要掌握的知识、素质与能力及应达到的水平, 本课程对毕业要求拆分指标点达成的支撑情况, 详见表 1。

课程通过设计的辩论课题, 使学生通过调研、思考、辩论, 以及可能的教学辅助教具, 使学生对本专业有一个初步的认识, 并增强专业的认同和兴趣。对后续课程的基础性有所了解, 对本专业中应该具备的工程理念和伦理有一个初步的认识。通过教学辅助套件的搭接, 初步了解本专业的涉及的工程能力要求。

表 1 课程目标与毕业要求拆分指标点的对应关系

序号	课程目标	毕业要求拆分指标点		
		6.1	10.1	11.3
1	了解基于半导体芯片的微电子技术及产业的发展历史、现状和未来；充分利用网络、计算机等工具查询和检索与微电子技术相关的资料；组成合作小组，共同合作、分担、参与辩论，完成指定任务。	●	●	◎
2	了解基于半导体芯片的光电在技术及产业的发展历史、现状和未来；充分利用网络、计算机等工具查询和检索与光电子技术相关的资料；组成合作小组，共同合作、分担、参与辩论，完成指定任务。	●	●	◎
3	基于简单电子功能套件，充分了解套件各类器件的类型、初步功能，以及组装完成后，完成设计功能的原理。以团队合作形式共同分析、探讨、简单操作，最后完成套件的功能展示。	◎	◎	●

注：●：表示有强相关关系，◎：表示有一般相关关系，○：表示有弱相关关系

**2 育人目标：**写明课程对培养学生的理想信念、家国情怀、民族自信、责任担当、职业素养、行为规范等育人元素，寓价值观引导于知识传授之中。

a 在课程中讲授本专业的相关知识与发展历程，介绍大体的理论框架，重要的科技成果以及典型的代表人物。介绍当时的背景以及科学家的思考、探索及验证的过程，增强责任意识，强化使命担当。

b 明确本专业对工程实际和国防工业的巨大作用，在传授课程知识的同时，给出实例进行引导，比如5G通信、北斗卫星导航系统、中科院天文台的500米口径球面设点望远镜（FAST）等，还有大型无人机编队飞行，70年国庆虚拟仿真等，以积极的心态传播正能量，把正确的道德观传授给学生，激发学生的民族自信、自豪感与责任担当，并通过这些实例潜移默化地影响学生的人生观。

### 三、课程教学内容及要求

专业知识介绍及发展模块：

#### 微电子专业方向

通过介绍几个电子套件功能展示、控制原理简介，布置电子套件搭焊任务，明确课程教学方法及考核方式。（穿插 PPT）

随机请几位同学谈谈对专业的理解与认识；

对学生发言进行归纳，引出本专业研究内容，点明专业定位：培养具有扎实的器件与电路基础、能够初步进行半导体器件和半导体集成电路设计工程师是本专业的核心培养目标。

提问学生对半导体器件与集成电路的了解；

介绍半导体器件与集成电路发展简史，介绍半导体技术的应用，对未来进行展望。（PPT 环节）

布置课后作业，要求学生网上查阅资料，明确每组拿到的电子套件的原理，所用的主要半导体元件，以及所用半导体器件的功能。要求准备 PPT 或者一页纸，在第二次课堂进行汇报。

布置本学期课堂讨论的内容，确定第二次和第三次讨论的重点为讨论课题的 1、2、3。

### 光电子专业方向

电子套件功能展示、引出光电子技术概念，初步介绍光电子技术的发展（PPT 环节）与应用；

抽查同学对光电子技术相关研讨课题的准备情况，并展开研讨：从光电材料、到 LED 结构与原理。

对学生发言进行归纳，对 LED 相关知识系统总结。（PPT 环节）

布置课后作业：

查阅资料，分别确定普通红光、绿光、蓝光 LED 的工作电流大约为多少？通态压降为多少？高亮 LED 又如何？

确定电子套件所用的 LED 型号，查阅资料确定其工作电流及导通压降，明确驱动电压、串联电阻与 LED 工作电流的匹配；如果改变显示 LED 的颜色，串联电阻应做怎样的调整？

布置下次课堂研讨重点内容：激光和半导体激光器。

学生自主学习-专业发展状况调研（网络）：

进行简单分组，分别准备上述辩题之一的正方和反方；

通过学生分组，共同准备辩题材料，适应分组、自我学习方式；

对学生的辩论进行评论，对半导体器件及集成电路未来发展趋势进总结。

对电子套件存在的其他问题进行研讨；

布置下次课堂研讨内容，请学生重点查找研讨课题 4 和 5 相关资料

专业导学内容：

专业导学，课程体系介绍。

布置下次课堂研讨内容，请学生重点查找准备研讨课题 4 相关资料

电子元件认识及初步搭建能力培养：检查电子套件完成情况，对整体思路进行验收研讨；对电子套件功能改进拓展进行研讨；对学生感兴趣的其他话题进行研讨。

归纳总结

初步电子套件成品展示，功能答辩。最后的电子套件的搭建成果展示，考查学生团队配合，电子元件的认识程度，初步组装能力，以及专业的状况情况。附：所有的研讨课题：

半导体技术发展（微电子）；什么是晶体管？第一支晶体管是怎么发明的？它实现了什么功能？什么是集成电路？第一块集成电路、第一款采用光刻工艺制备的 IC；

促成现代半导体技术快速发展的关键结构、设计、工艺、技术和理念等集成电路发展规模、发展规律、当今集成电路发展水平；集成电路的分类有哪些？遭遇的瓶颈；新的发展理念。其他半导体技术发展相关问题

常规半导体器件

什么是半导体？主要特点是什么？

常用的半导体材料有哪些？其主要结构特征？主要应用领域？

常用的半导体器件有哪些？半导体的导电能力不及金属，半导体区别于金属的什么特性造就了当今电子技术的奇迹？

网上查阅二极管的 datasheet（参数表），说说二极管的主要特征参数有哪些？二极管在

电路中的主要作用是什么？查阅相关资料，谈谈你对二极管结构及单向导电性的理解。

查阅相关资料，明确半导体晶体管（三极管）的结构，你认为这种结构设计的奇妙所在？它是如何实现控制作用的？

网上查阅 MOSFET 的 datasheet（参数表），说说 MOSFET 的主要特征参数。查阅资料，MOSFET 在电路中的主要作用有哪些？MOSFET 实现控制作用的基本思想是什么？

其它半导体器件相关问题。

电子套件的控制思路及实现原理：查阅所使用的关键半导体器件（LED、二极管、三极管）和集成电路的 datasheet，明确关键参数；说说二极管、三极管在电路中的作用；所用集成电路的主要功能、原理。半导体技术发展（光电子）；

a) 半导体光电子技术：光电效应与光效应，从原理到应用：太阳能电池、半导体探测器、半导体激光器、发光二极管；b) 半导体发光色彩由什么决定？c) 半导体照明技术的机遇与挑战；d) 其他半导体光电子技术发展相关问题

5. 光电器件：LED 和激光器

a) 查阅 LED datasheet，了解 LED 主要特征参数；b) 了解发光二极管发光原理；c) 产生白光的原理与方法；d) 半导体光源的发光强度和效率——从结构到性能保证；e) 如何提高发光管的发光效率；f) 什么是激光？它与自然光有什么不同？如何获得激光；g) 半导体激光器关键特征指标有哪些？如何通过结构控制实现性能指标；h) LED 和 LD 的应用领域；I) 国内外知名的光电产业公司；J) 其他相关问题。

6. 光子集成系统：

a) 什么是光纤？b) 光纤通信在信息时代的地位及光纤通信的实现：光子集成；c) 光子集成的方式、类型及途径；d) 光子集成的现状与发展趋势；e) 光子集成的机遇与挑战。

## 四、教授方法与学习方法指导

**教授方法：**讲授为辅主（4 学时），研讨为主。其中设置 2 大知识环节（微电子和光电子器件），以及功能套件的组装。

**学习方法：**引导学生对本专业有充分的认识 and 了解，通过辩论、讨论、组装，激发学生对本专业的认识 and 热情。通过设置的小组，培养学生团队合作能力；通过设置的辩论题，培养学生查阅资料的能力。

## 五、教学环节的安排与要求

教学环节及各章节学时分配，详见表 3。

表 3 教学环节及各章节学时分配表

章节名称	教学内容	学 时 分 配					合计
		讲授	习题	实验	讨论	其它	
1	微电子发展现状	2					2
2	对微电子元件和发展了解				2		2
3	辩论 1				2		2
4	课程导论	2					

5	光电子发展现状	2				2
6	辩论 2				2	2
7	光电子器件元件的认识				2	2
8	功能套件展示					2
合计		6			8	2

## 六、考试与成绩评定

考试：分别从学生的参与热性、团队合作能力、资料的查阅程度、回答问题的准确和功能套件的完成程度考核学生。具体包括三部分：（1）微电子器件部分（研讨及 PPT 陈述、辩论），（2）光电子器件部分（研讨及 PPT 陈述、辩论），（3）功能套件的组装展示。

成绩评定：成绩为“通过”或“不通过”。以上三部分权重各占 1/3，加权百分制 60 分（含）以上为“通过”，59 分（含）以下为“不通过”。

表 4 考核方式及成绩评定分布表

考核方式	所占比例 (%)	主要考核内容及对毕业要求拆分指标点的支撑情况
陈述、研讨 1	33.3	了解基于半导体芯片的微电子技术及产业的发展历史、现状和未来；资料查阅；参与热情；内容理解的程度；
陈述、研讨 2	33.3	了解基于半导体芯片的光电子技术及产业的发展历史、现状和未来；资料查阅；参与热情；内容理解的程度
功能套件的展示	33.3	对布置的功能套件，各元件的功能了解程度；套件的功能理解；功能套件的组装程度；

## 七、考核环节及质量标准

本课程各考核环节及质量标准，详见表 5。

表 5 考核环节及质量标准

考核方式	评分标准	
	A	E
	通过	不通过
陈述、研讨	按时制作陈述 PPT；内容完整、有查阅资料；有一定深度、逻辑性强；PPT 表达清晰；工整	不满足 A 要求
功能套件的展示	完整组装功能套件，实现功能	不满足 A 要求
评分标准（A~E）：主要填写对教学内容中的基本概念、理论、方法等方面的掌握，及综合运用理论知识解决复杂问题能力的要求。		

制定者：崔碧峰

批准者：张万荣

2020 年 7 月

# “离散数学”课程教学大纲

英文名称: The Discrete Mathematics

课程编码: 0010120

课程性质: 自主课程

学分: 2.0

学时: 32

面向对象: 电子科学与技术专业本科生

先修课程: 高等数学(工), 线性代数(工)

教材及参考书:

[1]邵学才, 编著. 离散数学, 清华大学出版社, 2015年5月.

[2]、耿素云、张立昂, 离散数学(第2版), 高等教育出版社, 2015年3月

[3]neth H. Rosen, Discrete Mathematics and Its Applications: And Its Applications (英文精编版. 第8版), 机械工业出版社, 2020年1月.

## 一、课程简介

离散数学属于现代数学范畴, 是研究离散量的结构及相互关系的数学学科。他在各学科领域有着广泛的应用, 为计算机科学理论、程序设计语言、算法与数据结构、数值与符号计算、软件工程、数据库与信息系统、电路分析、数字电路设计、人工智能等相关课程提供必要的数学基础。课程主要介绍集合论、数理逻辑和图论的基本理论。通过本课程的学习, 使学生掌握集合论、逻辑推理和图论的基本理论, 具有一定的抽象思维和逻辑推理的能力; 完成逻辑推导、公式证明, 培养理论联系实际的能力, 可以利用理论知识解决实际问题; 通过了解离散数学在后续相关领域中的应用, 培养学生工程意识和终身学习意识。

## 二、课程地位与目标

**(一) 课程地位:** 本课程是面向电子科学与技术本科生的自主课程。选修并通过本课程是电子科学与技术专业本科生获得毕业资格的必要条件。

本课程支撑的毕业要求拆分指标点的具体描述。

电子科学与技术专业:

2-1 (掌握数学、物理基础知识, 领会数学、物理建模分析的重要思想方法。):

通过对本课程涉及的集合论、数理逻辑和图论的基本概念和理论的学习, 培养学生的数学逻辑思维, 使学生具有一定的抽象思维和逻辑推理的能力。为毕业指标点 2-1 提供支撑。

2-2 (掌握工程基础知识, 能够用于工程问题的分析与设计。):

以课程基本定义、定理为基础, 通过内容讲授及课后习题, 掌握逻辑推理的理论和方法, 为后续电路分析、数字电路设计、数据库技术、程序设计、信息技术、人工智能等课程提供基础, 为解决以上各类工程问题提供支撑。

13-1(具备终身学习的知识基础, 掌握自主学习的方法, 了解拓展知识和能力的途径。):

通过在本课程中引入后续课程相关的例题案例, 激发学生对本专业后续课程的兴趣、引导学生树立终身学习的意识, 通过选择后续课程相关的习题作业, 培养学生自主学习能力,

掌握扩展知识的能力和途径。

## (二) 课程目标

**1 教学目标:** 通过本课程的学习, 学生将达到以下要求: 1. 掌握集合论逻辑推理和图论的基本理论和方法, 具有一定的抽象思维和逻辑推理的能力; 2. 具有理论联系实际的能力, 可以利用理论知识解决实际问题。3. 培养其工程意识和能力; 通过了解离散数学在后续相关领域中的应用, 培养学生终身学习意识。

本课程对毕业要求拆分指标点达成的支撑情况, 详见表 1。

**表 1 课程目标与毕业要求拆分指标点的对应关系**

序号	课程目标	毕业要求拆分指标点		
		2-1	2-2	13-1
1	掌握集合论、数理逻辑和图论的基本理论和方法, 具有一定的抽象思维和逻辑推理的能力;	●	◎	⊙
2	完成逻辑推导、公式证明, 培养理论联系实际的能力, 可以利用理论知识解决实际问题;	◎	●	⊙
3	通过了解离散数学在后续相关领域中的应用, 培养学生工程意识和终身学习意识。	⊙	◎	●

注: ●: 表示有强相关关系, ◎: 表示有一般相关关系, ⊙: 表示有弱相关关系

**2 育人目标:** 通过课程学习, 培养学生严谨的逻辑推理、抽象思维能力, 掌握综合、分析、归纳、演绎和递推等科学分析方法, 为后续专业课程学习打下扎实的理论基础; 通过本课程基础知识在后续专业课程具体应用的案例, 激发学生对本专业相关前沿技术的兴趣, 提高学生的学习热情, 立志成为电子科学与技术人才, 肩负责任, 积极投身新时代中国特色社会主义建设之中。

## 三、课程教学内容

分章节列出课程教学内容及对课程目标的支撑, 详见表 2。

**表 2 教学内容与课程目标的对应关系**

章节名称	教学内容及重点、难点	课程目标 (√)		
		1	2	3
第 1 章 集合	集合: 集合的表示方法及子集、幂集基本概念, 集合的运算方法和集合等式的证明。 重点: 子集、幂集基本概念和集合的基本运算。 难点: 幂集的概念; 集合的运算性质。	√	√	
第 2 章 二元关系与函数	二元关系: 二元关系的三种表示方法, 二元关系的五种基本类型, 等价关系, 偏序关系的概念和表示 (HASSE 图)。 函数: 集合论中的一般函数, 特殊函数, 函数的基本定义和概念。 重点: 等价关系、偏序关系。 难点: 二元关系的计数; 函数的计数。	√	√	
第 3 章 组	容斥原理, 鸽舍原理		√	

合计数初步				
第4章 数理逻辑	命题的符号化方法, 对偶原理, 命题逻辑等价的证明, 永真蕴含式的证明, 推理理论的规则和推理过程, 主析取范式和主合取范式。 谓词逻辑(扩展、自学) 重点: 命题逻辑的等价式与永真蕴含式, 推理理论, 主范式。 难点: 推理理论	√	√	
第5章 图论	各种图的定义、图的同构、顶点的度、图的矩阵表示, 通路、回路与连通图的定义, 求赋权图中最短通路图的 Dijkstra 算法, 用矩阵方法研究图的性质, 欧拉图的性质及应用, 哈密尔顿图的性质及应用。 重点: 求赋权图中最短通路图的 Dijkstra 算法, 欧拉图与哈密尔顿图。 难点: 欧拉图与哈密尔顿图	√	√	√

#### 四、教授方法与学习方法指导

**教授方法:** 本课程以教师课堂讲授为主, 辅以作业和考核。

本课程各部分的共同特点是涉及到的概念, 定理和公式较多, 逻辑性强。因此, 在教学中要注意引导学生准确的理解和掌握基本概念。本课程的另一特点是内容和习题中含大量的推理证明, 教学中有些定理不作严格的证明, 教学中应适当安排典型例题和习题的讲解, 教给学生证明的基本途径和基本方法, 以培养学生逻辑思维和推理论证的能力。经过本课程的课堂教学, 首先要使学生掌握课程教学内容中规定的一些基本概念、基本理论和基本方法。特别是通过教师的讲授, 使学生能够对这些基本概念和理论有更深入的理解, 使之有能力将它们应用到一些问题的解决过程中。在此过程中尤其注意对其中的一些基本方法的核心思想的分析, 使学生能够掌握其关键。

**作业:** 教材上的习题较为丰富, 着重选择概念题、证明题、计算题和综合分析题等题型, 目的在于加强学生对知识的理解。通过课外作业, 使学生重温课堂讲述的内容, 自觉检验学习的效果, 了解自己掌握的程度, 思考一些相关的问题, 进一步深入理解扩展的内容。

#### 五、教学环节及学时分配

教学环节及各章节学时分配, 详见表 3。

表 3 教学环节及各章节学时分配表

章节名称	教学内容	学时分配					合计
		讲授	习题	实验	讨论	其它	
1	集合	4					2
2	二元关系与函数	8					8
3	组合计数初步	2					2
4	数理逻辑	8					8
5	图论	8					8
6	习题		4				2
7	考核					2	2
合计		30	4			2	36

## 六、考核与成绩评定

课程成绩包括平时成绩 20%，作业 30%，考试 50%。

平时成绩主要反应学生的课堂表现、平时的信息接收、自我约束。成绩评定的主要依据包括：课程的出勤率、课堂的基本表现（如课堂互动等）；

作业成绩以课后作业的提交情况，正确率为依据，主要考察学生对已学知识掌握的程度以及自主学习的能力。

考试成绩为对学生学习情况的全面检验。强调考核学生对基本概念、基本方法、基本理论等方面掌握的程度，及学生运用所学理论知识解决复杂问题的能力。

本课程各考核环节的比重及对毕业要求拆分点的支撑情况，详见表 4。

表 4 考核方式及成绩评定分布表

考核方式	占比 (%)	主要考核内容及对毕业要求拆分指标点的支撑情况
平时成绩	20	主要考核内容：课程出勤率、课堂基本表现，如课堂互动。对毕业要求拆分指标点的支撑情况：支撑指标点 2.1, 2.2 和 13.1/13.2。
作业成绩	30	考察学生对已学知识掌握的程度以及自主学习的能力。对毕业要求拆分指标点的支撑情况：支撑指标点 2.1, 2.2 和 13.1/13.2。
期末成绩 (开卷)	50	主要考核内容：基本概念、基本方法、基本理论等方面掌握的程度，及学生运用所学理论知识解决复杂问题的能力。对毕业要求拆分指标点的支撑情况：支撑指标点 2.1, 2.2。

## 七、考核环节及质量标准

本课程各考核环节及质量标准，详见表 5。

表 5 考核环节及质量标准

考核方式	评分标准				
	A	B	C	D	E
	90~100	80~89	70~79	60~69	< 60
作业	正确完成作业；按时足量提交，完整规范	作业基本正确；完成作业 80%以上	作业存在错误；完成作业 70%以上	完成作业 60%以上	不满足 D 要求
考试	对课程中的基本概念、理论和方法等全面掌握，能综合运用相关知识解决应用问题。	对课程中的基本概念、理论和方法等较好掌握，能较好运用相关知识解决应用问题。	基本掌握课程中的基本概念、理论和方法，基本具备运用相关知识解决应用问题的能力。	了解课程中的基本概念、理论和方法，具备运用相关知识分析应用问题的能力有待提高。	不满足 D 要求
评分标准 (A~E)：主要填写对教学内容中的基本概念、理论、方法等方面的掌握，及综合运用理论知识解决复杂问题能力的要求。					

制定者：李晓光

批准者：张万荣

2020 年 7 月

# “学科前沿课程”课程教学大纲

英文名称: Lectures on the Frontiers of Science

课程编码: 0010719

课程性质: 自主课程

学分: 1.0

学时: 16

面向对象: 电子科学与技术专业本科生

先修课程: 半导体器件物理, 集成电路分析与设计

教材及参考书:

[1][美] B. JayantBaliga 著, 于坤山, 金锐, 杨霏, 赵志斌, 齐磊译. 《先进的高压大功率器件—原理、特性和应用》. 机械工业出版社. 2015

[2][美]BehzadRazavi 著, 池保勇编译. 《模拟 CMOS 集成电路设计》. 清华大学出版社. 2017

## 一、课程简介

《学科前沿课程》是信息学部为电子科学与技术专业本科生开设的专业必修类型课程。本课程旨在引导学生关注本学科的发展前沿,了解相关科学技术的前沿知识,拓宽学术视野,同时培养创新性思维,提高逻辑分析能力和解决问题的能力。本课程主要讲述电子科学与技术领域的相关研究热点与技术发展重点,包括集成电路新兴光刻工艺、GaN 基光电子和微电子器件、MOSFET 性能提升技术、先进功率半导体器件、人工智能芯片、集成电路发展及模数转换技术、低功耗医疗电子与微能量采集芯片设计等内容。具体教学内容的重点和难点会根据本学科前沿科学研究的发展而做出相应的调整。

## 二、课程地位与目标

(一) **课程地位:** 写明本课程在人才培养体系中的地位和作用。

《学科前沿课程》为学生掌握本专业基础知识之后的专业发展拓展课,由多名教师讲授电子科学与技术领域的学科前沿研究热点和技术发展重点。引导学生在在学习过程中了解学科的前沿知识,关注本专业的发展方向,拓宽学术视野,提高人才培养的质量。在激发学生学习兴趣的同时,培养学生的创新性思维,提高逻辑分析能力和解决问题的能力,提高工程师素养。

本课程支撑的毕业要求拆分指标点的具体描述。

本课程主要为电子科学与技术专业毕业要求指标点 11-3、13-1 的达成提供支撑。

电子科学与技术专业:

11.3: 通过对本课程具体章节内容的学习,深入理解学科发展前沿知识,能借助交流,了解电子科学与技术领域的国际发展趋势研究热点。

13.1: 在文字报告完成的过程中,掌握基本的国内外文献、数据库的查阅能力,具备终身学习的知识基础,掌握自主学习的方法,了解拓展知识和能力的途径。

(二) **课程目标**

**1 教学目标:** 写明课程拟达到的课程目标,指明学生需要掌握的知识、素质与能力及应

达到的水平，本课程对毕业要求拆分指标点达成的支撑情况，详见表 1。

**表 1 课程目标与毕业要求拆分指标点的对应关系**

序号	课程目标	毕业要求拆分指标点	
		11.3	13.1
1	了解超大规模集成电路制造中先进光刻工艺的设备、材料；理解双重光刻技术和 EUV 深紫外光刻技术特点；	●	●
2	了解 GaN 基光电子器件种类、相应结构和发展现状；理解 GaN 基光电子器件在现阶段的主要应用领域	●	●
3	理解 HEMT 器件的优势、极限参数和在可靠性应用方面的主要限制因素；了解其发展现状和在应用中主要的解决方案；	●	●
4	理解 MOSFET 性能提升中的多栅技术、高 K/金属栅技术、应力技术、栅负电容技术和沟道技术，并了解在相关领域的研究进展	●	●
5	理解主流先进功率半导体器件的结构；了解先进功率半导体器件的应用领域、优势和发展趋势；	●	●
6	理解 AI 芯片类型及其关键技术；了解 AI 芯片在智能手机、无人驾驶等领域的应用情况和产业现状以及未来发展趋势；	◎	◎
7	了解 CMOS 集成电路发展史及发展趋势，理解摩尔定律及标度理论，低功耗设计；理解模拟信号的离散化，了解模拟-数字转换器（ADC）、及其分类和性能指标、压缩感知理论及模拟-信息转换器（AIC）；	◎	◎
8	理解低功耗电路与能量自供给电路设计思路，了解其发展趋势；了解微能量采集芯片技术的电压管理的集成化、去电感化和数字化控制等技术的发展趋势；	◎	◎

注：●：表示有强相关关系，◎：表示有一般相关关系，○：表示有弱相关关系

**2 育人目标：**写明课程对培养学生的理想信念、家国情怀、民族自信、责任担当、职业素养、行为规范等育人元素，寓价值观引导于知识传授之中。

新中国成立后，在国际上对中国禁运封锁的条件下，我国的科技工作者在老一辈科学家的带领下，自力更生，艰苦奋斗，从无到有，为我国科学技术事业的发展，为国防建设和国民经济的发展做出过有重要历史影响的贡献。当今世界，科学技术是综合国力竞争的决定性因素，自主创新是支撑一个国家崛起的筋骨。尤其在当前的国际形势下，我们更应该明白真正的核心技术是买不来的，必须要立足自主创新，拥有自主知识产权，才能提高我国的综合竞争力。本课程结合国内外电子科学与技术领域的前沿研究，讲授包括集成电路新兴光刻工艺、GaN 基光电子和微电子器件、MOSFET 性能提升技术、功率半导体器件、人工智能芯片、集成电路发展及模数转换技术、低功耗医疗电子与微能量采集芯片设计等内容。以激发学生对本学科前沿科学研究的兴趣，树立跨学科意识，提高工程师素养，培养创新性思维，以推动我国科技发展为目标而学习。

### 三、课程教学内容

分章节列出课程教学内容及对课程目标的支撑，详见表 2。

表 2 教学内容与课程目标的对应关系

章节名称	教学内容及重点 (▲)、难点 (★)	课程目标 (√)							
		1	2	3	4	5	6	7	8
第一章 集成电路新兴光刻工艺	超大规模集成电路制造中的先进光刻工艺：包括光刻设备、材料、双重光刻技术★；32nm 节点以下的技术—EUV 深紫外光刻技术▲；	√							
第二章 GaN 基光电子器件发展应用	紫外发光二极管的发展现状和应用▲；Micro-LED 的技术难点与发展▲；GaN 基激光器及 VECSEL 结构★；单光子器件实现难点★；		√						
第三章 GaN 基微电子器件发展现状及其工程应用	GaN 微电子器件，如 HEMT 器件等功率微波器件优势、发展现状、极限参数等★，以及在工程应用中的独特优势▲；与 Si 器件相比，在可靠性应用方面的主要限制因素★，以及未来的解决方案和技术手段▲；			√					
第四章 MOSFET 性能提升技术研究进展	多栅技术★；高 K/金属栅 (HK/MG) 技术★；应力技术▲；栅电容技术▲；沟道技术★；				√				
第五章 先进功率半导体器件结构与发展	目前先进的功率半导体器件结构★；应用领域及其优势▲；发展前沿，新结构、新材料、新机理▲；					√			
第六章 人工智能芯片发展的现在及趋势	AI 芯片的类型及其关键技术★；AI 芯片在智能手机、无人驾驶等领域的应用情况和产业现状▲；AI 芯片未来发展趋势展望▲；						√		
第七章 CMOS 集成电路发展趋势及模数转换技术	CMOS 集成电路发展史及发展趋势▲，摩尔定律及标度理论★，低功耗设计★；模拟信号的离散化★，模拟-数字转换器 (ADC) ▲，ADC 分类及其性能指标▲，压缩感知理论及模拟-信息转化器 (AIC) ▲；							√	
第八章 低功耗医疗电子与微能量采集芯片设计研发	植入式刺激生成电路、超低功耗电源管理电路、小尺寸射频电路、超低功耗控制器电路及其医工结合★；医用和工业用能量采集技术的电源管理集成化、去电感化和数字化控制技术发展趋势▲；								√

### 四、教授方法与学习方法指导

**教授方法：**结合课程内容的教学要求以及学生认知活动的特点，采取包括讲授、研讨、小组合作、探究教学、项目驱动、案例教学、线上、线上线下混合等多种教学模式与方法。

学科前沿课程采用多人授课模式，授课教师由教学科研经验丰富的教授和科研能力突出的青年教师组成。课堂讲授共计 16 学时，采用多媒体手段，使用 ppt 教学课件授课。授课教师根据教学大纲和专业培养目标，结合个人科研工作和国内外前沿科学技术的发展，联系

实际应用实例，讲授本学科前沿课题，引导学生理解本学科的发展现状和趋势。

**学习方法：**根据课程及学生学习特点，给出学习该门课程的指导和建议。可以包括体现本门课程特点的学习策略、学习技巧、自主学习指导、课程延伸学习资料获取途径及信息检索方法、教学网站及学习注意事项、学习效果自我检查方法指导等内容。

明确学习各阶段的重点任务，做到课前预习，课中认真听课，积极思考，课后认真复习，不放过疑点，充分利用好教师资源和同学资源。仔细研读教学课件，适当选读参考书的相关内容。养成积极探索的好习惯，通过中国知网或 web of science 等专业网站或相关微信公众号等，关注相关领域科学技术发展动态，提高对相关知识的掌握理解。

## 五、教学环节及学时分配

教学环节及各章节学时分配，详见表 3。

表 3 教学环节及各章节学时分配表

章节名称	教学内容	学时分配					合计
		讲授	习题	实验	讨论	其它	
集成电路新兴光刻工艺	超大规模集成电路制造中的先进光刻工艺：包括光刻设备、材料、双重光刻技术；32nm 节点以下的技术—EUV 深紫外光刻技术；	2					2
GaN 基光电子器件发展应用	紫外发光二极管的发展现状和应用；Micro-LED 的技术难度与优势；GaN 基激光器及 VECSEL 结构；单光子器件实现难点；	2					2
GaN 基微电子器件发展现状及其工程应用	GaN 微电子器件，如 HEMT 器件等功率微波器件优势、发展现状、极限参数等，以及在工程应用中的独特优势；与 Si 器件相比，在可靠性应用方面的主要限制因素，以及未来的解决方案和技术手段；	2					2
MOSFET 性能提升技术研究进展	多栅技术；高 K/金属栅（HK/MG）技术；应力技术；栅负电容技术；沟道技术*；	2					2
先进功率半导体器件结构与发展	目前先进的功率半导体器件结构；应用领域及其优势；发展前沿-新结构、新材料、新机理；	2					2
人工智能芯片发展的现在及趋势	AI 芯片的类型及其关键技术；AI 芯片在智能手机、无人驾驶等领域的应用情况和产业现状；AI 芯片未来发展趋势展望；	2					2
CMOS 集成电路发展趋势及模数转换技术	CMOS 集成电路发展史及发展趋势，摩尔定律及标度理论，低功耗设计；模拟信号的离散化，模拟-数字转换器（ADC），ADC 分类及其性能指标，压缩感知理论及模拟-信息转化器（AIC）；	2					2
低功耗医疗电子与微能量采集芯片设计研发	植入式刺激生成电路、超低功耗电源管理电路、小尺寸射频电路、超低功耗控制器电路及其医工结合；医用和工业用能量采集技术的电源管理集成化、去电感化和数字化控制技术发展趋势；	2					2
合计		16					16

## 六、考核与成绩评定

课程成绩包括平时成绩 30%，报告成绩 70%。

其中报告分为文字报告和答辩两部，各占总成绩的 35%。

平时成绩主要反应学生的出勤情况、课堂表现、平时的信息接收和自我约束。成绩评定的主要依据包括：课堂的出勤率和课堂的基本表现，如时间观念、课堂互动等。

报告成绩 70%为对学生学习情况的全面检查。强调考核学生对提出问题、分析问题和解决问题的能力以及语言表达能力。其中文字报告的撰写考核学生的科研写作能力和逻辑分析能力，答辩过程考核学生对调研知识点的掌握的稳固程度和表达能力。

本课程各考核环节的比重及对毕业要求拆分点的支撑情况，详见表 4。

表 4 考核方式及成绩评定分布表

考核方式	所占比例 (%)	主要考核内容及对毕业要求拆分指标点的支撑情况
平时成绩	30	出勤率和课题基本表现；对应毕业要求 11.3、13.1 达成度的考核
报告成绩	70	对提出问题、分析问题和解决问题的能力以及表达能力；对应毕业要求 11.3、13.1 达成度的考核

## 七、考核环节及质量标准

本课程各考核环节及质量标准，详见表 5。

表 5 考核环节及质量标准

考核方式	评分标准				
	A	B	C	D	E
	90~100	80~89	70~79	60~69	< 60
出勤	14-16 学时	12-14 学时	10-12 学时	8-10 学时	不满足 D 要求
文字报告	逻辑清晰，解决问题的方案正确合理，能提出不同的解决方案	逻辑清晰，解决问题的方案基本正确合理	逻辑基本清晰，解决问题的方案基本正确	逻辑基本清晰	不满足 D 要求
答辩	PPT 设计合理，表达条理清晰，答辩层次分明引人入胜	PPT 设计合理，表达条理清晰，答辩分层次	PPT 设计基本合理，表达正确	PPT 设计基本合理，表达基本正确	不满足 D 要求
评分标准 (A~E)：主要填写对教学内容中的基本概念、理论、方法等方面的掌握，及综合运用理论知识解决复杂问题能力的要求。					

制定者：冯玉霞

批准者：张万荣

2020 年 7 月

# “学术写作课程”课程教学大纲

英文名称: Academic Paper Writing

课程编码: 0010663

课程性质: 自主课程

学分: 1.0

学时: 16

面向对象: 电子科学与技术专业本科生

先修课程: 新生研讨课

教材及参考书:

[1] 郭倩玲. 科技论文写作(第二版). 化学工业出版社, 2019年10月

[2] 张孙玮、赵卫国、张迅. 科技论文写作入门(第五版). 化学工业出版社, 2019年11月

[3] 周淑敏、周靖. 学术论文写作. 清华大学出版社, 2018年1月

[4] 周新年. 科学研究方法与学术论文写作(第二版). 科学出版社, 2019年1月

[5] Stanley Chodorow. Writing a Successful Research Paper: A Simple Approach. Hackett Publishing Co, Inc, 2011.11

## 一、课程简介

掌握学术论文写作是大学本科教育阶段完成学业并取得学位应具备的基本能力和基本素质之一。本课程通过系统讲授电子科学与技术专业本科毕业论文的选题、开题、框架安排及写作思路,文献检索与资料搜集,以及如何开展基础性学术研究等相关知识,对学生进行科学研究方面基本知识的传授和基本技能的训练,以提高学生的科研素养和论文写作能力。要求学生了解学术论文写作的基本程序及规范,掌握学术论文写作的基本知识和技巧,为本科生毕业论文的撰写提供重要指导,也为其将来在国内外期刊上发表论文打下坚实基础。同时,这门课程在全面介绍学术研究和论文写作相关知识的基础上,培养学生对学术研究的兴趣以及学术创新的意识和能力。

## 二、课程地位与目标

(一) **课程地位:** 本课程是电子科学与技术专业的必修课。旨在通过系统讲授本科毕业论文的选题、开题、框架安排及写作思路,文献检索与资料搜集,以及如何开展基础性学术研究等相关知识,对学生进行科学研究方面基本知识的传授和基本技能的训练,以提高学生的科研素养和论文写作能力。要求学生了解学术论文写作的基本程序及规范,掌握学术论文写作的基本知识和技巧,为本科生毕业论文的撰写提供重要指导,也为其将来在国内外期刊上发表论文打下坚实基础。

本课程支撑的毕业要求拆分指标点的具体描述。

本课程支撑的毕业要求拆分指标点如下:

电子科学与技术专业:

6.1: 了解本专业主要资料来源及获取方法,能够利用计算机网络查询、检索本专业文献及资料。

9.1: 尊重生命, 注重健康, 关爱他人, 主张正义, 诚信守法, 具有人文知识、思辨能力、处事能力和科学精神。

11.1: 能够通过口头或书面、图表, 工程图纸等方式与业界同行, 社会公众进行有效沟通与交流。

13.1: 具备终身学习的知识基础, 掌握自主学习的方法, 了解拓展知识和能力的途径。通过本课程的学习, 使学生具备以下能力:

- 1、 能够有效地进行文献检索与资料搜集, 获得学术研究等相关知识积累。(支撑毕业要求拆分指标点 6-1)
- 2、 能够掌握科学研究方法和基本技能, 了解学术论文写作的基本程序及规范, 具备科研素养和论文写作能力。(支撑毕业要求拆分指标点 9-1)
- 3、 掌握学术论文写作的基本知识和技巧, 能够撰写本科生毕业论文, 也为其将来在国内外期刊上发表论文打下坚实基础。(支撑毕业要求拆分指标点 11-1)
- 4、 通过文献检索拓展自己的知识和能力, 培养出对学术研究的兴趣以及学术创新的意识和能力。(支撑毕业要求拆分指标点 13-1)

## (二) 课程目标

**1 教学目标:** 写明课程拟达到的课程目标, 指明学生需要掌握的知识、素质与能力及应达到的水平, 本课程对毕业要求拆分指标点达成的支撑情况, 详见表 1。

**本课程设定 3 个课程目标, 具体如下:**

**目标 1:** 掌握科学研究的基本方法。学生掌握的知识、素质与能力有: 科学研究能力的培养, 课题选题与创新, 常规研究方法, 现代研究方法, 科学研究的步骤等。

**目标 2:** 掌握文献检索与资料收集的方法。学生掌握的知识、素质与能力有: 文献检索的工具和步骤, 图书馆资源的利用, 中文数据库与外文数据库, 文献检索的方法与技巧等。

**目标 3:** 掌握科技论文写作的能力。学生掌握的知识、素质与能力有: 能按照科技文献的格式撰写科技论文和报告, 熟练组织文章的各个章节要素。

**目标 4:** 掌握学位论文写作与技巧。学生掌握的知识、素质与能力有: 能够进行本科毕业论文的选题、开题、框架安排及写作思路, 文献检索与资料搜集, 以及如何开展基础性学术研究; 掌握学位论文写作的基本程序及规范、基本知识和技巧。

**表 1 课程目标与毕业要求拆分指标点的对应关系**

序号	课程目标	毕业要求拆分指标点			
		6-1	9-1	11-1	13-1
1	掌握科学研究的基本方法	◎	●	●	●
2	掌握文献检索与资料收集的方法	●	●	◎	●
3	掌握科技论文写作的能力	◎	●	●	●
4	掌握学位论文写作与技巧	●	●	●	●

注: ●: 表示有强相关关系, ◎: 表示有一般相关关系, ○: 表示有弱相关关系

**2 育人目标:** 本课程通过学术写作的基本知识与技能的教学, 激发学生在科研兴趣和科

技兴国的热情与民族情怀,认识到科学技术领域的沟通交流基本方式,增强自身的科技论文与报告的撰写能力,努力提高自身职业素养,为培养信念执着、品德优良、基础宽厚、专业精深、视野开阔、实践能力突出、可持续发展能力强的高素质创新型人才赋能。

### 三、课程教学内容

分章节列出课程教学内容及对课程目标的支撑,详见表2。

表2 教学内容与课程目标的对应关系

章节名称	教学内容及重点(▲)、难点(★)	课程目标(√)			
		1	2	3	4
第一章 学术论文概述	1.1 学术论文的概念和特点▲1.2 学术论文的分类和作用 1.3 论文写作应具备的基本素质▲应试思维到学术思维的思维模式转变 ★1.4 学术论文与学术道德学术诚信与学术规范▲1.5 论文规范与写作要求▲论文格式▲、语法、文献引用规范、名词术语等	√	√	√	√
第二章 科学研究的基本方法	2.1 科学研究能力的培养;科学思维和方法★思考、动手和总结能力训练▲2.2 选题与创新;选题的原则、要求、步骤▲创新思维 ★2.3 常规研究方法测量、实验、统计、逻辑等方法 2.4 现代研究方法▲系统、控制论、复杂性等方法 2.5 科学研究的步骤★提出科学问题建立科学假设验证科学假设建立科学理论	√		√	
第三章 文献检索与资料收集	3.1 文献检索对写作的意义 3.2 文献检索的工具和步骤▲3.3 图书馆资源的利用▲3.4 数据库检索★中文数据库与外文数据库 3.5 引文索引工具 3.6 文献检索的方法与技巧▲思路与方法、分析与利用		√		
第四章 科技论文的构成	4.1 论文题目▲拟定要点★作者署名原则和规范 4.2 摘要▲内容分类写作要求★4.3 关键词;分类标引 4.4 引言▲内容要求技巧★4.5 正文▲实验型、理论型、综述型正文的结构层次★4.6 结论▲内容与技巧★4.7 致谢;致谢对象撰写要求 4.8 参考文献▲目的作用原则		√	√	√
第五章 学位论文写作与技巧	5.1 学位论文的选题▲;目的与意义原则与要求★步骤方法; 5.2 学位论文开题报告;目的与意义内容形式与要求▲5.3 学位论文的写作要求★专业性、科学性、创新性、系统性、规范性、可读性等; 5.4 学位论文的撰写▲;基本框架撰写过程规范★注意问题; 5.5 学位论文的答辩▲与评价;目的与意义形式与程序基本要求;评价步骤标准和质量评价指标体系		√	√	√

### 四、教授方法与学习方法指导

**教授方法:**本课程以课堂讲授为主(16学时),采用多媒体幻灯片教学,配合板书和学术论文案例演示讲授内容,采取包括讲授、研讨、课上小组合作报告、探究教学、案例教学等教学模式与方法,其中课上研讨和小组合作报告以将全体学生分为四个小组,采用课前准备,课上报告的形式完成,进一步提高学生的科研素养和学术论文写作能力。同时,根据开设课程的进度和学生的掌握情况,通过引入国内外优秀学术论文案例,培养学生对学术研究的兴趣以及学术创新的意识和能力,建立国际化视野。

根据学时以及学校实际情况，本课程不开设实验课。

**学习方法：**养成探索的习惯，特别是重视以实践为基础的课程学习，在理论指导下进行实践；通过课上研讨、小组合作报告和综述性论文写作的方式，掌握科学研究与学术论文写作方面的基本知识和基本技能。做到课前预习，课上认真听课，积极参加讨论和报告研讨，课后研读教材、参考书和教学 PPT 的相关内容，通过实践掌握文献检索与资料收集，充分利用图书馆资料，研读优秀国内外学术论文，提升科研素养和学术论文写作能力。

## 五、教学环节及学时分配

教学环节及各章节学时分配，详见表 3。

表 3 教学环节及各章节学时分配表

章节名称	教学内容	学时分配					合计
		讲授	习题	实验	讨论	其它	
第一章 学术论文概述	学术论文的概念和特点；学术论文的分类和作用；论文写作应具备的基本素质：应试思维到学术思维的思维模式转变；学术论文与学术道德：学术诚信与学术规范；论文规范与写作要求：论文格式、语法、文献引用规范、名词术语等	2.5			0.5		3
第二章 科学研究的基本方法	科学研究能力的培养：科学思维和方法思考、动手和总结能力训练；选题与创新：选题的原则、要求、步骤创新思维；常规研究方法：测量、实验、统计、逻辑等方法；现代研究方法：系统、控制论、复杂性等方法；科学研究的步骤：提出科学问题建立科学假设验证科学假设建立科学理论	1.5			0.5		2
第三章 文献检索与资料收集	文献检索对写作的意义；文献检索的工具和步骤；图书馆资源的利用；数据库检索：中文数据库与外文数据库；引文索引工具；文献检索的方法与技巧：思路与方法、分析与利用	1.5			0.5		2
第四章 科技论文的构成	论文题目：拟定要点作者署名原则和规范；摘要：内容分类写作要求。关键词：分类标引；引言：内容要求技巧；正文：实验型、理论型、综述型正文的结构层次；结论：内容与技巧；致谢：致谢对象撰写要求；参考文献：目的作用原则	3.5			0.5		4
第五章 学位论文写作与技巧	学位论文的选题：目的与意义原则与要求步骤方法；学位论文开题报告：目的与意义内容形式与要求；学位论文的写作要求：专业性、科学性、创新性、系统性、规范性、可读性等；学位论文的撰写：基本框架撰写过程规范注意问题；学位论文的答辩与评价：目的与意义形式与程序基本要求，评价步骤标准和质量评价指标体系	3.5			0.5	1	5
合计		12.5			2.5	1	16

## 六、考核与成绩评定

课程成绩包括平时成绩 10%，小组研讨与 PPT 陈述 40%，综述论文 50%。

平时成绩的 10%主要反应学生的课堂表现、平时的信息接收、自我约束。成绩评定的主要依据包括：课程的出勤率、课堂的基本表现。

小组研讨与 PPT 陈述的 40%主要是课堂小组研讨与报告，主要考察学生对已学知识掌握的程度、论文写作的框架安排、文献检索与资料收集以及作报告的能力。

综述论文 50%为对学生学习学术论文写作情况的全面检验。强调考核学生对学术论文写作的基本程序及规范、基本知识和技巧等方面掌握的程度。

成绩评定：成绩为“通过”或“不通过”。平时成绩、小组研讨与 PPT 陈述和综述论文三部分权重各占 10%、40%、50%，加权百分制 60 分（含）以上为“通过”，59 分（含）以下为“不通过”。

本课程各考核环节的比重及对毕业要求拆分点的支撑情况，详见表 4。

表 4 考核方式及成绩评定分布表

考核方式	所占比例（%）	主要考核内容及对毕业要求拆分指标点的支撑情况
平时成绩	10	平时成绩 10%主要反应学生的课堂的出勤、纪律、课堂随机问题的回答等，主要支撑毕业要求拆分指标点 6-1、9-1、11-1、13-1
小组研讨与 PPT 陈述	40	小组研讨与 PPT 陈述的 40%主要是课堂小组研讨与报告，主要考察学生对已学知识掌握的程度、论文写作的框架安排、文献检索与资料收集以及作报告的能力，主要支撑毕业要求拆分指标点 6-1、9-1、11-1、13-1
综述论文	50	综述论文 50%为对学生学习学术论文写作情况的全面检验。强调考核学生对学术论文写作的基本程序及规范、基本知识和技巧等方面掌握的程度，主要支撑毕业要求拆分指标点 6-1、9-1、11-1、13-1

## 七、考核环节及质量标准

本课程各考核环节及质量标准，详见表 5。

表 5 考核环节及质量标准

考核方式	评分标准				
	A	B	C	D	E
	90~100	80~89	70~79	60~69	< 60
平时成绩	100%出勤率，课堂问答活跃	90%出勤率以上，课堂问答活跃	90%出勤率，遵守课堂纪律	80%出勤率	不满足 D 要求
小组研讨与陈述	熟练掌握写作规范与技能、论文写作的框架安排、文献检索与资料收集以及作报告 PPT 陈述；小组研讨积极，小组 MVP	熟练掌握基本写作规范与技能、论文写作的框架安排、文献检索与资料收集以及作报告 PPT 陈述；小组研讨积极并担任主报告人	基本掌握写作规范与技能、论文写作的框架安排、文献检索与资料收集以及作报告 PPT 陈述；小组研讨积极	熟练掌握基本写作规范与技能、以及作报告 PPT 陈述	不满足 D 要求
综述论文	学生熟练掌握学术论文写作的基本程序及规范、基本知识和技巧，综述论文符合科技论文要求	学生熟练掌握学术论文写作的基本程序及规范、基本知识和技巧，综述论文基本符合科技论文要求，组织章节基本完整。	学生基本掌握学术论文写作的基本程序及规范、基本知识和技巧，综述论文基本符合科技论文要求，组织章节不太完整。	学生基本掌握学术论文写作的基本程序及规范、基本知识和技巧，综述论文基本符合科技论文要求，组织章节不太完整，主题不突出。	不满足 D 要求
评分标准（A~E）：主要填写对教学内容中的基本概念、理论、方法等方面的掌握，及综合运用理论知识解决复杂问题能力的要求。					

制定者：申栗繁、杨峰

批准者：张万荣

2020 年 7 月