

模拟集成电路原理与设计

Principle and Design of Analog Integrated Circuits

引言

陈中建

chenzj@pku.edu.cn

62759051, 理科2号楼2619

微电子学系

授课教师

□ 陈中建

❖ 研究领域

- 模拟和混合IC设计
- 低功耗CMOS IC设计

❖ 研究的课题

▪ 探测器配套ASIC设计

- 红外/紫外成像、MEMS加速度计、MEMS悬臂梁、高能粒子等探测器
- 以模拟为主的混合电路
- 含前端低噪声接口电路、ADC、DSP、DAC和RF接收/发送器等

❖ 主讲课程

- 模拟集成电路原理与设计（本科生主干基础课）
- 低功耗CMOS IC设计（研究生限选）

❖ SOC所ASIC教研室

SOC所ASIC教研室

□其他教师

❖吉利久一教授、博导

- 退休返聘
- 研究方向：器件物理、模拟和混合IC设计、LP IC设计

❖鲁文高一副教授

- 研究方向：模拟和混合IC设计
- 课题：探测器配套ASIC设计、电源芯片等
- 主讲的课程
 - 集成电路设计实习（本科生必修）
 - 高阶模拟集成电路分析与设计（本科生选修）

❖张雅聪一博士后

- 研究方向：模拟和混合IC设计
- 课题：探测器配套ASIC设计

□每年本科实习、毕设4—5人，研究生4—5人

题目

□ 模拟集成电路原理与设计

❖ Principle and Design of Analog Integrated Circuits

□ CMOS模拟集成电路分析与设计

❖ CMOS

- 主流工艺，一直在进步；低成本、低功耗、高集成

❖ 模拟集成电路

- Analog IC (AIC)
- 类比积体电路

❖ 分析

- 分析已有电路工作原理

❖ 设计

- 自己进行AIC设计实践

授课内容

绪论, 2学时	重要性、一般概念
器件物理基础, 2学时	MOSFET结构、IV特性、二级效应、器件模型
单级放大器, 5学时	共源、共漏、共栅、共源共栅
EDA系统使用常识 和设计实习实例演示, 2学时	做设计实习所需软硬件系统的使用
差动放大器, 3学时	定性分析、定量分析、共模响应、吉尔伯特单元
无源/有源电流镜, 2学时	基本/共源共栅/有源电流镜
放大器的频率特性, 4学时	米勒效应、极点与节点关系、单级放大器频率特性分析
噪声, 4学时	统计特性、类型、电路表示、单级放大器噪声分析、噪声带宽
期中考试 2学时, 评卷 1学时。习题课若干学时	
反馈, 6学时	特性、四种反馈结构、负载影响、对噪声的影响
运算放大器, 6学时	性能参数、一级运放、两级运放、各指标分析
稳定性和频率补偿, 6学时	多极点系统、相位裕度、频率补偿
版图, 3学时	叉指、对称、ESD等

授课方法

□ 本课特点

- ❖ 要讲授的内容比较多
 - 《教学大纲》中有规定
 - 与国外本科AIC课讲授内容相同
- ❖ 课时比较紧

□ 如何解决“内容多、课时有限”矛盾？

- ❖ 难点内容和通用分析方法
 - 会重点、详细讲
- ❖ 其他内容
 - “串”一下，给大家讲清思路，大家自己回去看书
- ❖ 例题
 - 课上讲一些，大家做习题，建立感性认识

□ 节奏

- ❖ 开始会进度稍慢，讲授细致，让大家轻松跟上，逐渐适应AIC分析方法
- ❖ 等大家掌握了基本分析方法后，就会加快进度

□ 教学方式

- ❖ 启发加灌输

先修课

□ 电子线路分析基础

- ❖ 微电子电路基础
- ❖ 频率特性、S域分析
- ❖ 《电子线路》中也讲单级放大器，但本课程针对AIC设计，讲得更深入
 - 例如体效应、沟道长度调制效应等的影响

□ CMOS器件物理

- ❖ 与器件物理相关的内容会多讲

□ CMOS集成电路工艺

□ EDA工具的使用

- ❖ Hspice、Spectre

教材

□ 教材

- ❖ 模拟CMOS集成电路设计，陈贵灿等译，西安交通大学出版社，2003年
- ❖ Design of Analog CMOS Integrated Circuits, Behzad Razavi 著，清华大学出版社（影印版），2005

□ 为什么选它做教材？

- ❖ 中文
 - 避免了英文关，把学习重心放在电路分析和设计本身上
- ❖ 只讲CMOS
 - 目前绝大部分的AIC是针对CMOS工艺设计
 - 有利于在有限授课时间内讲清AIC的基本分析方法、设计方法
 - 若将来需要设计双极AIC，则可基于本课所学知识自学
- ❖ 作者设计经验丰富，反映了最新10年的技术进展状况
 - 新的变化：性能要求提高，工艺进步（低电源电压等），数模混合引出的新问题
 - 新的技术：低电源电压电路，对电源电压波动和干扰不敏感电路
- ❖ 国外名校采用率高
 - UCLA、Berkeley等

参考书

□ CMOS电路设计、布局 and 仿真（中译本）

❖ 陈中建主译，机械工业出版社，2005

□ Analysis and Design of Analog Integrated Circuits（Fourth Edition）

❖ Paul R.Gray等，高教出版社（影印版），2003

❖ 语言刘畅，推理清晰，层次分明；先双极，后MOS，全讲

□ CMOS Analog Circuits Design（Second Edition）

❖ Philip E.Allen等，电子工业出版社（影印版），2002

❖ 设计经验丰富

课件PPT等资料

□在IME的FTP上

- ❖ /pub/EE_Document/1_MicroelectronicsCourseware/模拟CMOS集成电路设计
- ❖ 含PPT、器件模型等

成绩评定

□ 成绩考核方式

- ❖ 作业（习题、设计实习）和考勤 30%，期中20%，期末考试50%

□ 作业、设计实习

- ❖ 课堂布置
- ❖ 助教在课堂上收/发作业，发作业时评点作业
- ❖ 会安排习题课

□ 期中/末考试

- ❖ 基于平时授课内容出题，考基本内容

□ 答疑

- ❖ 理科2号楼2619，62759051
- ❖ chenzj@pku.edu.cn

课代表、助教

□课代表

- ❖协助收、发作业
- ❖师生沟通

□助教2名

- ❖发通知，收、改作业
- ❖根据批改情况评点作业，上习题课和设计实习课
- ❖其他与本课程相关事宜

如何学好这门课？

□学知识

- ❖认真听课、看书、思考

□用知识

- ❖做作业
- ❖做设计实习

设计实习

□如单级放大器，电流镜，2级运算放大器等

□意义

❖理论和实际结合，增加大家设计AIC的兴趣

□选做

❖每章布置

❖与下学期《集成电路设计实习》课的区别

- 本课的设计实习比较简单，紧扣每章所讲授核心内容
- 《集成电路设计实习》的实习题目会比较综合、复杂

❖助教批改后，会上设计实习评点课

□做仿真，写设计实习报告

❖报告内容

- 实习目的、实习内容、实习结果及对结果的必要分析

❖电子版

❖文件命名规范：学号-姓名-设计实习×报告

设计实习所需EDA系统

□仿真工具

❖HSPICE—推荐

- 可以在Windows环境下使用

❖也可以用Cadence公司Spectre

- 要在Linux或Unix环境下用
- 与《集成电路设计实习》课工具同

□EDA系统软硬件使用事宜

❖询问助教

授课目标

- 明确CMOS AIC在当代IC产业中的重要地位
- 掌握CMOS AIC中基础电路模块的电路结构、工作原理、性能参数和关键设计技术
- 掌握CMOS AIC的分析和设计方法
- 掌握CMOS AIC的常用版图设计技术

优秀AIC设计师的特质

□ 工程师的眼光和直觉

- ❖ 快速、直觉地理解一个电路的功能、性能

□ 数学家的严密

- ❖ 仅靠直觉（感觉）不够，还需要验证直觉结论。用坚实的“证据”，反映出确切的因果关系
- ❖ 对电路中某些因素的影响能数据化、公式化（量化）；具备手算能力
 - 差分对尺寸失配对失调电压的影响

□ 艺术家的灵感

- ❖ 用创造性思维，想出新颖的电路结构，解决电路设计中遭遇的棘手问题
- ❖ 爱因斯坦说过：“天才等于1%的灵感加99%的勤奋，但是这1%的灵感往往比那99%的勤奋还重要。”

初学者容易碰到的问题

□ 先修课有些是限选，有些同学没学过

- ❖ 电子线路分析、信号与系统

□ 公式

- ❖ 公式多：“以前还没上过这么多公式的课”
- ❖ 要记下的结论性的公式多
 - 一看电路结构，就要知道相应表达式（增益、阻抗）

□ 在公式推导或分析电路时，不清楚那些效应可以忽略

- ❖ 模电设计要考虑的指标比数电多很多，与这些指标相关的因素很多
- ❖ 有些次要因素在分析时忽略会极大的简化推导、计算，得出的结果虽有偏差但仍能反映出变化关系
- ❖ 具体哪个效应可忽略，一般会明确说明

初学者容易碰到的问题

□小信号模型

- ❖ 比较陌生，以前学得少且不大掌握，更没用它分析过电路
- ❖ 以前学《电子线路》时没考虑体效应、沟道长度调制效应等

□作业和实习

- ❖ 教材上的很多作业题是授课内容的“拓展”，有难度
- ❖ 网上的参考答案有些有错误
- ❖ 看书然后做作业费时多

□教材

- ❖ 思路跳跃性大，“显然”并不显然
- ❖ 很难区分信号是大信号还是小信号，符号标志一样

投入足够的时间，
来看书、学习、思考、实践，
就能够学好、掌握本课知识内容

合作愉快！