

# 模拟集成电路原理与设计

## Principle of Analog Integrated Circuits

Prereq: An Introduction to Microelectronics and Circuits, Semiconductor Device Physics, Principle of Integrated Circuits Process

Credits: 3

Mission: Understand fundamental principle of analog integrated circuit, able to analysis and design analog circuits, able to do practical applications.

Covers microelectronics and electronics engineering.

Topics include MOS device physics; single-stage amplifiers; differential amplifiers; current mirrors; frequency response of amplifiers; noise; feedback; operational amplifiers; stability and frequency compensation.

Zhongjian Chen

### 一、课程基本情况

课程名称	模拟集成电路原理与设计											
	Principle of Analog Integrated Circuits											
开课时间	一年级			二年级			三年级			四年级		
	秋	春	夏	秋	春	夏	秋	春	夏	秋	春	夏
适用院系	微电子学系、电子学系、元培学院											
课程定位	专业必修课											
学分	3 学分											
总学时	64 学时											
先修课程	微电子与电路基础，半导体器件物理，集成电路工艺原理											
后续课程	集成电路设计实习，集成电路计算机辅助设计											
教学方式	课堂授课为主，配合作业、实习和习题课											
课时分配	课堂授课（50 学时）+ 习题课（12 学时）+ 期中考试（2 学时）											
考核方式	期末考试 50% + 期中考试 20% + 作业和考勤 30%											
主要教材	陈贵灿等译，“模拟 CMOS 集成电路设计”，西安交通大学出版社，2003。											
参考资料	1. Paul R Gray 等，“Analysis and Design of Analog Integrated Circuits(Fourth Edition)”，影印本，高教出版社，2003; 2. Philip E. Allen 等，“CMOS Analog Circuits Design (Second Edition)”，电子工业出版社（影印版），2002; 3. 陈中建等译，“CMOS 电路设计、布局和仿真”，机械工业出版社，2005。											
其它信息	<a href="http://www.jpku.edu.cn/pkujpk/course/ic/index.htm">http://www.jpku.edu.cn/pkujpk/course/ic/index.htm</a>											
大纲提供者	陈中建											



### 二、教学目的和基本要求

1. 了解模拟集成电路的重要作用，掌握 CMOS 晶体管的结构、原理、模型及工艺；
2. 掌握 CMOS 模拟电路基本模块的结构、工作原理；
3. 掌握 CMOS 模拟集成电路的基本分析和设计方法；
4. 掌握 CMOS 模拟集成电路版图设计技术；
5. 为学生从事 CMOS 模拟集成电路及相关领域的设计与研究奠定坚实基础。

### 三、 课程大纲和知识点

章节 顺序	章节名称	课时 建议	知识点	Key Points
1	绪论、器件物理基础 (Introduction and basic MOS device physics)	4	模拟集成电路的重要性，MOSFET 结构、工作原理和模型。	Importance of Analog Integrated Circuits, structure and principle of MOSFET, model of MOSFET
2	单级放大器 (single-stage amplifiers)	8	共源、共栅、共漏、共源共栅放大级的结构、工作原理。	Structure and principle of CS/CD/CG/Cascode stages
3	差分放大器 (differential amplifiers)	4	差分放大器的结构、工作原理，Gilbert 单元。	Structure and principle of differential amplifiers and Gilbert cell
4	电流镜 (current mirrors)	4	基本和共源共栅电流镜的结构、工作原理，电流镜做负载的差分放大器分析。	Structure and principle of basic and cascode current mirrors, analysis of differential amplifiers with current mirror load
5	放大器的频率特性 (frequency response of amplifiers)	8	单级和差分放大器的频率特性	Frequency response of single-stage and differential amplifiers
6	噪声 (noise)	6	噪声的类型，单级和差分放大器的噪声特性。	Types of noise, noise of single-stage and differential amplifiers
7	反馈 (feedback)	8	反馈原理，四种反馈结构，负载的影响。	Principle of feedback, four feedback topologies, effect of loading
8	运算放大器 (operational amplifiers)	8	单级运放，两级运放，增益提升，共模反馈，转换速率，电源抑制，运放的噪声。	One-stage OPA, two-stage OPA, gain-boosting, common-mode feedback, slew rate, power supply rejection, noise in OPA
9	稳定性与频率补偿 (stability and frequency compensation)	8	多极点系统的稳定性，频率补偿的原理，两级运放的频率补偿，其他补偿技术。	Stability of multi-pole system, principle of frequency compensation, frequency compensation of two-stage OPA, other compensation techniques
10	版图设计 (layout design)	4	版图设计规则和模拟电路版图设计技术。	Design rules of layout and analog layout techniques.

#### 四、 课程特色

- 1、 授课目标明确，基础性强。本科生通过本课程学习应掌握 CMOS 模拟运算放大器的分析与设计技术。针对此目标，先后讲授构成 CMOS 模拟集成电路的基础元器件——MOSFET、基础电路模块（单级和差分放大级、电流镜、运算放大器）、基础分析方法（直流特性、交流特性、频率特性、噪声特性、反馈特性、稳定性）。通过上述内容的学习，可使学生奠定坚实的模拟集成电路设计基础。
- 2、 强调所讲授知识的实用性。针对 CMOS 模拟集成电路在实际设计中应用最广泛这一现实和技术前景，在安排讲授内容时专讲 CMOS 模拟集成电路的分析与设计知识，不讲双极型集成电路的设计知识。这样做有利于在有限的课时内讲透模拟集成电路的共性分析与设计方法，让学生掌握今后最有可能实际应用的知识。若将来学生需要设计双极或 BiCMOS 模拟集成电路，则可基于本课程所学到的基础的模拟集成电路分析和设计方法，自学即可解决。
- 3、 采用了比较适合的教材。授课小组参阅了国内外本领域的各种教材，经讨论、比较后，决定选用中译本的《模拟 CMOS 集成电路设计》（Behzad Razavi 原著）。该书概念清楚，内容全面，且反映了工艺技术发展对模拟集成电路设计所提出的新要求及相应解决方法，因此，为 UCLA、Berkeley 等国外名校普遍采用。采用中译版避免了本科生在英文阅读、理解上耗费太多精力，使他们能把学习的重心转移到模拟集成电路分析和设计本身上来。
- 4、 强调理论和实践紧密结合。结合所讲授的知识，补充了大量例题，供学生做作业题时参考。每章均安排了必做的作业题和选作的设计实习，督促学生课下进一步理解所授内容，并通过做作业题和设计实习来应用所学知识，从而加深对知识的掌握，唤起学习兴趣。