

# 《模拟 CMOS 集成电路设计》课程教学大纲

课程名称：模拟 CMOS 集成电路设计

课程代码：ELST2004

英文名称：analog cmos integrated circuit design

课程性质：专业

学分/学时：3/54

开课学期：

适用专业：微电子学专业、电子科学与技术专业以及集成电路设计与集成系统专业

先修课程：模拟电子技术基础

后续课程：

开课单位：电子信息学院

大纲执笔人：马强

## 一、课程性质和教学目标

### 课程性质：

本课程面向微电子学专业、电子科学与技术专业以及集成电路设计与集成系统专业本科生。其中微电子学专业本科学生为选修课程；电子科学与技术专业本科学生为必修课程。

### 教学目标：

本课程介绍了 CMOS 工艺过程及 MOS 器件原理，帮助学生提高对 CMOS 模拟集成电路的认识；同时侧重介绍 CMOS 模拟集成电路的结构特点、基本电路形式、分析和设计方法，使学生有一个全面的了解和掌握，以便为今后从事 MOS 集成电路的设计、制造及应用等研究工作打下坚实的基础。该课程的配套实验已经和另外一门课程（集成电路的版图设计）的实验结合成单独的一门专业实验课程，所以，本课程中不再包含实验部分。

本课程的具体教学目标如下：

1. 了解 CMOS 模拟集成电路的特点及作用，了解 MOS 晶体管和 CMOS 集成电路的结构及制造工艺。
2. 掌握 CMOS 模拟集成电路的基本电路结构、电路工作原理和参数分析方法
3. 掌握 CMOS 模拟集成电路基本模块的设计方法，能够在给定的性能参数条件下，设计合适的电路结构和器件参数，完成系统的开发设计

## 二、课程目标与毕业要求的对应关系

毕业要求	指标点	课程目标
1、具有一定的工程知识，能够将数学、自然科学、工程基础和专业知识用于解决集	1.4 掌握集成电路设计相关基础知识，具备对集成电路设计应用相关工程问题进行设计与分析的基本能力。	教学目标 1

成电路设计领域的复杂工程问题。		
2、具有分析问题的能力，能够应用数学、自然科学和工程科学的基本原理，识别、表达、并通过文献研究分析集成电路设计领域的复杂工程问题，以获得有效的结论。	2.2 能运用数理和工程知识判断集成电路设计领域复杂工程问题中的关键环节和参数。	教学目标 2
3. 针对集成电路设计领域的复杂工程问题设计解决方案，开发满足特定需求的集成电路系统。	3.2 能利用专业知识，根据给定的设计指标，设计开发满足特定需求的集成电路并体现创新意识。	教学目标 3

### 三、 课程教学内容及学时分配（含课程教学、自学、作业、讨论等内容和要求，指明重点内容和难点内容）（重点内容：★；难点内容：△）

#### 1、 CMOS 工艺及晶体管工作原理 （3 学时）（支撑课程目标 1）

1.1 CMOS 典型工艺流程；

1.2 CMOS 器件工作原理；

◇ 目标及要求：

1) 通过学习，使得学生掌握 CMOS 器件的集成工艺流程；；

2) 掌握 CMOS 器件的工作原理以及器件的特性★；

#### 2、 CMOS 单管放大电路（9 学时）（支撑课程目标 2）

1.1 CMOS 共源级放大电路分析；

1.2 CMOS 共栅级放大电路分析；

1.3 CMOS 共漏级放大电路分析；

1.4 CMOS 套叠放大电路分析；

◇ 目标及要求：

1) 通过学习，使得学生掌握 CMOS 器件的单管放大电路的结构；

2) 掌握 CMOS 单管放大电路的性能★；

3) 掌握 CMOS 单管放大电路的分析方法；△

◇ 作业内容：

强化单管放大电路的分析与计算。

#### 3、 CMOS 恒流源电路（6 学时）（支撑课程目标 2）

1.1 恒流源电路基本参数要求；

1.2 恒流源电路典型结构分析与计算；

◇ 目标及要求：

1) 通过学习, 使得学生掌握 CMOS 恒流源电路的常见结构;

2) 掌握 CMOS 恒流源电路的分析和参数计算方法;  $\Delta$

◇ 作业内容:

强化 CMOS 恒流源典型电路的分析与计算。

#### 4、CMOS 差分放大电路 (6 学时) (支撑课程目标 2)

1.1 CMOS 差分放大电路共模分析;

1.2 CMOS 差分放大电路差模分析;

1.3 CMOS 差分放大电路的 CMRR 分析;

◇ 目标及要求:

1) 通过学习, 使得学生掌握 CMOS 差分放大电路的结构;

2) 掌握 CMOS 差分放大电路的性能★;

3) 掌握 CMOS 差分放大电路的分析方法;  $\Delta$

◇ 作业内容:

强化 CMOS 差分放大电路的差模分析与计算。

#### 5、CMOS 放大电路的频率响应 (4 学时) (支撑课程目标 1)

1.1 频率响应的基本概念;

1.2 频率响应的基本分析方法;

1.3 CMOS 单管放大电路的频率响应举例分析;

◇ 目标及要求:

1) 通过学习, 使得学生掌握 CMOS 单管放大电路的频率响应特性; ★

2) 熟悉 CMOS 单管放大电路的频率响应分析方法;  $\Delta$

◇ 作业内容:

强化单管放大电路的频率响应特性。

#### 6、反馈 (4 学时) (支撑课程目标 1)

1.1 了解反馈的基本概念;

1.2 了解四种基础的反馈类型结构;

1.3 具体分析四种基础的反馈类型电路;

1.4 掌握返回因子法分析带有反馈的放大电路; ★

◇ 目标及要求:

1) 通过学习, 使得学生了解典型的 CMOS 放大电路反馈结构;

2) 掌握 CMOS 带有反馈的放大电路的分析方法;  $\Delta$

◇ 作业内容:

强化反馈结构的电路分析和识别。

#### 7、CMOS 运算放大器 (6 学时) (支撑课程目标 2)

1.1 了解 CMOS 运算放大器的结构构成;

1.2 了解 CMOS 运算放大器的基础类型;

1.3 掌握 CMOS 集成运算放大器的常见参数; ★

◇ 目标及要求:

1) 通过学习, 使得学生了解典型的 CMOS 集成运算放大器的结构;

2) 掌握 CMOS 集成运算放大器的整体参数;  $\Delta$

**8、运算放大器的频率补偿（4学时）（支撑课程目标3）**

- 1.1 了解频率补偿的基本概念；
- 1.2 熟悉常见的频率补偿的方法；
- 1.3 熟悉常见的频率补偿的典型电路结构；

◇ **目标及要求：**

- 1) 通过学习，使得学生了解频率补偿的基本要求和实现频率补偿的原理；★
- 2) 掌握常见的频率补偿典型电路结构；

**9、CMOS 基准电压源（6学时）（支撑课程目标2）**

- 1.1 了解 CMOS 基准电压源的参数要求；
- 1.2 掌握基准电压源的实现原理；
- 1.3 熟悉基准电压源的典型实现电路结构；

◇ **目标及要求：**

- 1) 通过学习，使得学生了解典型的 CMOS 基准电压源的结构；

**10、集成电压比较器（3学时）（支撑课程目标3）**

- 1.1 了解 CMOS 集成电压比较器的结构；
- 1.2 了解 CMOS 集成电压比较器的基础类型；
- 1.3 了解集成电压比较器的应用；

◇ **目标及要求：**

- 1) 通过学习，使得学生了解典型的 CMOS 集成电压比较器的结构；

**11、CMOS 版图设计技术（3学时）（支撑课程目标1）**

- 1.1 了解 CMOS 版图设计的基本概念；
- 1.2 熟悉常见的 CMOS 电路结构所对应的版图；

◇ **目标及要求：**

- 1) 通过学习，使得学生了解典型的 CMOS 结构的版图设计方法和规则；

## 四、教学方法

- 1、强化用数学、电路分析、模拟电路等基础课程的已知知识，通过类比实现知识的迁移，来分析和解决 CMOS 模拟集成电路中的未知问题，以降低 CMOS 模拟集成电路设计的学习难度。
- 2、突出各章节的讲述主线，以及每种基本单元电路的分析流程，便于学生记忆。采用多媒体课件和传统板书教学相结合进行教学。
- 3、强调 CMOS 模拟集成电路与模拟电路、半导体器件原理等相关课程的联系，加强专业知识的融会贯通，以综合应用各课程知识解决复杂电子系统问题。
- 4、强调 CMOS 模拟集成电路在复杂电子系统结构中的地位和作用，并列举应用实例，提高学生的学习兴趣。
- 5、通过仿真软件加强学生对电路功能的感性认识，并理解仿真软件的局限性。
- 6、通过阅读典型 CMOS 模拟集成芯片的数据手册，拓展和加深对课程知识的理解。

## 五、 考核及成绩评定方式

### 1.考核环节

**考核方式：**闭卷笔试，平时测验及作业，

**成绩评定方式：**期末成绩占 50%，平时成绩 20%，课程研究报告 20%，期中成绩占 10%。

### 2. 课程目标达成与考核成绩比例

评分项目	平时作业	课程研究报告	期中考试	期末考试
总成绩占比%	20	20	10	50
评分项目的 指标点权重	1.4	0.3	0.2	0.3
	2.2	0.5	0.2	0.5
	3.2	0.2	0.6	0.2
指标点权重 分配依据	各指标点的题量 占作业总量的 比。	知识点的探究、 系统分析和设计 占比为 0.6。	根据教学进度安 排，支持指标点 3.2 的内容占已 学内容的比。	各个指标点做占 用的课时。

### 3.评价标准

#### (1) 平时作业评价标准

指标点	课程教学目标	各成绩等级评分标准				
		优 [90-100]	良 [80-90]	中 [70-80]	及格 [60-70]	不及格 <60
1.4 掌握集成电路设计相关基础知识，具备对集成电路设计应用相关问题进行设计与分析的基本能力。	掌握模拟集成电路设计的 <b>基本概念</b> ，掌握 CMOS 的器件 <b>结构和基础电路组成</b> 。	独立按时全部完成，基本概念表达、系统分析结论正确率>90%	独立按时部分完成，基本概念表达、系统分析结论正确率>80%	独立按时部分完成，基本概念表达、系统分析结论正确率>70%	独立按时部分完成，基本概念表达、系统分析结论正确率>60%	未独立或未按时完成，或基本概念表达、系统分析结论正确率<60%
2.2 能运用数理和工程知识判断集成电路设计领域复杂工程问题中的关键环节和参数。	掌握 CMOS 模拟集成电路基本单元电路的电路组成、工作原理、分析方法和性能指标特征。具备通信电路 <b>读图分析</b> 能力，能识别复杂电	独立按时全部完成，单元电路分析计算结果、参数设计正确率>90%	独立按时部分完成，单元电路分析计算结果、参数设计正确率>80%	独立按时部分完成，单元电路分析计算结果、参数设计正确率>70%	独立按时部分完成，单元电路分析计算结果、参数设计正确率>60%	未独立或未按时完成，或单元电路分析计算结果、参数设计正确率<60%

	<p>子系统中的模拟电路,分析其功能和原理,估算其性能指标。具备CMOS模拟电路选型设计的能力,能根据复杂电子系统功能要求选择合适的CMOS模拟电路,并设计电路参数。</p>					
<p>3.2 能利用专业知识,根据给定的设计指标,设计开发满足特定需求的集成电路并体现创新意识。</p>	<p>掌握模拟 CMOS 集成电路的典型设计流程,熟悉层次化设计方法。在熟悉基础 CMOS 模拟集成电路结构的基础上,结合 EDA 工具仿真,能够设计开发符合要求的 CMOS 模拟集成电路芯片。</p>	<p>独立按时完成全部完成,单元电路分析计算结果、参数设计正确率&gt;90%</p>	<p>独立按时部分完成,单元电路分析计算结果、参数设计正确率&gt;80%</p>	<p>独立按时部分完成,单元电路分析计算结果、参数设计正确率&gt;70%</p>	<p>独立按时部分完成,单元电路分析计算结果、参数设计正确率&gt;60%</p>	<p>未独立或未按时完成,或单元电路分析计算结果、参数设计正确率&lt;60%</p>

(2) 期中考试、期末考试

指标点	课程教学目标	各成绩等级评分标准				
		优 [90-100]	良 [80-90)	中 [70-80)	及格 [60-70)	不及格 <60
<p>1.4 掌握集成电路设计相关基础知识,具备对集成电路设计应用相关工程问题进行设计与分析的基本能力。</p>	<p>掌握模拟集成电路设计的<b>基本概念</b>,掌握 CMOS 的器件<b>结构和基础电路组成</b>。</p>	<p>基本概念表达、系统分析结论正确率&gt;90%</p>	<p>基本概念表达、系统分析结论正确率&gt;80%</p>	<p>基本概念表达、系统分析结论正确率&gt;70%</p>	<p>基本概念表达、系统分析结论正确率&gt;60%</p>	<p>基本概念表达、系统分析结论正确率&lt;60%</p>
<p>2.2 能运用数理和工程知识判断集成电路设计领域复杂工程问题中的关键环节和</p>	<p>掌握 CMOS 模拟集成电路基本单元电路的电路组成、工作原理、分析方法和性能指标特征。具备通信电路<b>读图分析能</b></p>	<p>单元电路分析计算结果、参数设计正确率&gt;90%</p>	<p>单元电路分析计算结果、参数设计正确率&gt;80%</p>	<p>单元电路分析计算结果、参数设计正确率&gt;70%</p>	<p>单元电路分析计算结果、参数设计正确率&gt;60%</p>	<p>单元电路分析计算结果、参数设计正确率&lt;60%</p>

参数。	力,能识别复杂电子系统中的模拟电路,分析其功能和原理,估算其性能指标。具备CMOS模拟电路选型设计的能力,能根据复杂电子系统功能要求选择合适的CMOS模拟电路,并设计电路参数。					
3.2 能利用专业知识,根据给定的设计指标,设计开发满足特定需求的集成电路并体现创新意识。	掌握模拟 CMOS 集成电路的典型设计流程,熟悉层次化设计方法。在熟悉基础 CMOS 模拟集成电路结构的基础上,结合 EDA 工具仿真,能够设计开发符合要求的 CMOS 模拟集成电路芯片。	单元电路分析计算结果、参数设计正确率>90%	单元电路分析计算结果、参数设计正确率>80%	单元电路分析计算结果、参数设计正确率>70%	单元电路分析计算结果、参数设计正确率>60%	单元电路分析计算结果、参数设计正确率<60%

### (3) 课程研究报告

课程研究报告以 CMOS 模拟集成电路设计的一个知识点为主题,查阅课外资料,结合课程知识,归纳总结,做全面深入的专题论述。选题自选,可参照课程大纲的课外拓展内容。

课程报告需提交电子文档和纸质文档。word 电子文档以邮件形式发送,电子文档和邮件主题命名规则为:班级-学号-姓名-题目。报告提交时间以**邮件收件时间**为准。课程报告不需要单独封面、目录。顺序为:题名、作者(班级、姓名、学号)、中文摘要、关键词、正文。双面打印,打印页码。

评分项目	满分分值	撰写要求	得分计算
1. 独立完成	基本要求	直接复制自文献的字数 $\leq$ 全文字数 <b>25%</b> 。若不同学生的报告相似,则认定最早提交的报告为原创,其余视为复制。	未满足本要求,报告计 <b>0分</b> ,不进行下列各项评分。
2. 字数	10	3000 字左右,围绕报告主题。	字数/3000 $\times$ 10。 报告内容非 CMOS 模拟集成电路设计知识点,报告计 <b>0分</b> ,不进行下列各项评分。
3. 参考文献	20	至少 5 篇,需提交参考文献原文引用章节的复印件(与报告正文分开装订),并在正文相应内容处标注引用,在参考文献原文中做标记,否则不予计入。文献主要为书籍、论	篇数 $\times$ 4。 无英文文献扣除 <b>5分</b> 。 参考文献可包括课本。

		文、厂商的官方文章（注明原出处），网络其它资料（如来自百度文库、论坛）视其质量决定是否计入。至少有一篇英文文献。应尽可能包括近期文献。	
4. 规范性	10	文字规范：正文宋体 5 号，英文字体为 Times New Roman；单倍行距，首行缩进；标点符号正确；无错别字；章节标题编号采用 1、2.....，下一级编号采用 1.1、1.2。	不符合要求，扣除相应得分
	10	图表、公式编号；使用 <b>公式编辑器</b> ；图表清晰，电路图用软件绘制， <b>不能直接复制他人图片</b> ；符号书写规范；正文后参考文献著录格式规范。相关规范见国家标准 <b>GB7713、GB 3101、GB7714</b> 。	不符合要求，扣除相应得分。
5.表达	10	逻辑性强，论述层次清晰，表达流畅。不应是某些内容的拼凑。	不符合要求，扣除相应得分。
6.知识点广度	20	<b>全面</b> 描述知识点。 如放大电路指标、恒流源恒压源种类，如果只按课本列出，有很多遗漏。 应描述一种类型的电路，而非特定参数的一个电路。	有遗漏项、表达错误、无课外内容，扣除相应得分。
7.知识点深度	20	<b>深入</b> 描述知识点。 有深入的理论分析，运用计算公式、图表分析、软件仿真，而非仅文字综述； 报告内容应解决某类工程问题，如用于器件选型、电路分析、电路设计、电路测试等。	理论分析 10 分，不符合要求或表达错误，扣除相应得分。 应有作者自己的分析和仿真结果。 解决工程问题 10 分，不符合要求，扣除相应得分。需说明解决哪类工程问题。
8.创新	附加分	对书籍、论文、厂商的官方文章提出质疑并纠正错误（非简单错误或笔误），或提出未见诸文献的新的分析、设计方法。	视创新点内容加分，最高 50 分。加分以平时成绩满分为限。

## 六、 教材及参考书目

1. 模拟 CMOS 集成电路设计，[美]毕查德·拉扎维，西安交通大学出版社，2013
2. 模拟集成电路的分析与设计（第 4 版）（影印版），Paul R.Gray，高等教育出版社，2005
3. CMOS 模拟集成电路设计（简编版），Allan P.O.Williams;Sally Woodward，电子工业出版社，2013