

# 数字集成电路原理与设计

## Principle of Digital Integrated Circuits

Prereq: An Introduction to Microelectronics and Circuits, Semiconductor Physics, Digital Logic Circuits

Credits: 3

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

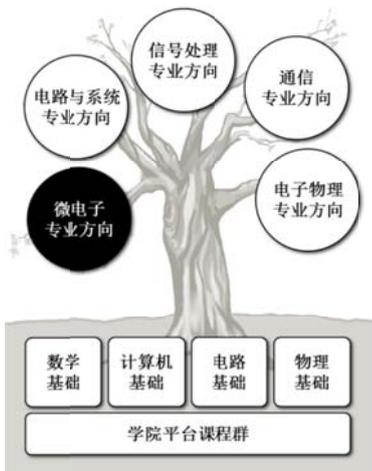
Covers microelectronics and electronics engineering.

Topics include semiconductor process and devices; MOS inverter; static CMOS circuits; dynamic CMOS circuits; low power CMOS circuits; combinational circuits; sequential circuits; CMOS input/output design; MOS memory.

Song Jia

### 一、课程基本情况

课程名称	数字集成电路原理与设计			
	Principle of Digital 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, 半导体物理, 数字逻辑电路			
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			
课时分配	课堂授课 (48 学时) + 讨论课 (14 学时) + 期中考试 (2 学时)			
考核方式	期末考试 60% + 作业 25% + 期中考试和考勤 15%			
主要教材	甘学温、赵宝瑛, 等, 集成电路原理与设计, 北京大学出版社, 2006			
参考资料	1. Jan M Rabaey, "Digital Integrated Circuits, A Design Perspective", 2004, 影印本“数字集成电路——设计透视 (第 2 版)”, 清华大学出版社; 或者: 周润德 等, 译, “数字集成电路: 电路、系统与与设计” (原书第二版), 北京: 电子工业出版社, 2004; 2. Neil H. E. Weste, David Harris “CMOS 大规模集成电路设计” (英文版 第 3 版), 影印本, 北京: 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	贾嵩			



### 二、教学目的和基本要求

1. 使学生了解集成电路的发展，对集成电路重要作用有清楚的认识；
2. 使学生掌握 CMOS 和双极集成电路的结构特点及制造工艺；
3. 使学生掌握 CMOS 和双极数字集成电路的基本电路结构、工作原理和电路分析方法；
4. 使学生掌握简单电路的版图结构和版图设计；
5. 为学生今后从事集成电路的设计、制造及应用研究等工作打下坚实的基础。

### 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 (Introduction to integrated circuits)	2	集成电路的重要性，集成电路的发展历史，摩尔定律，等比例缩小定律，未来的发展和挑战	Application of Integrated Circuits, History of IC develop, Moore's law, Scaling down theory, Future and challenge of IC
2	集成电路基本结构和制作工艺 (Integrated Circuits process basics)	8~6	平面工艺的基本操作，N 阱 CMOS 工艺，深亚微米 CMOS 工艺，闩锁效应，SOI CMOS 工艺，版图设计规则	Basic semiconductor process steps, N well CMOS process, Deep submicron CMOS process, Latch-up, SOI CMOS process, Layout design rules
3	集成电路中的元器件 (Integrated Circuits devices)	8~6	阈值电压、MOSFET 电流方程、导电因子，寄生效应；集成电阻、集成电容、互连线的寄生电阻和寄生电容、互连线的 RC 延迟	Threshold voltage, MOSFET current and voltage relationship, Parasitic devices, Integrated resistors and capacitors, Interconnection and its parasitic resistor and capacitor
4	MOS 反相器 (MOS inverter)	6~4	直流电压传输特性，逻辑阈值，噪声容限，可恢复逻辑，上升时间和下降时间，传输延迟时间，有比电路和无比电路	Voltage transfer characteristic, Logic threshold point, Noise margin, Restorable logic, Rise and fall time, Propagation delay, Ratioless circuit
5	静态 CMOS 逻辑电路 (Static CMOS circuits)	8~6	CMOS 与非门，CMOS 或非门，CMOS 逻辑门的设计，CMOS 异或电路，传输门的逻辑特点，阈值损失	CMOS NAND and NOR circuits, CMOS logic design, CMOS EXOR circuits, Transmission gate, Threshold loss
6	动态 CMOS 逻辑电路 (Dynamic CMOS circuits)	6~4	预充求值动态 CMOS 电路，电荷分享，级联问题，Domino CMOS	Pre-charge evaluation dynamic circuits, Charge sharing, Cascading dynamic logic, Domino CMOS
7	CMOS 电路的功耗 (Low power CMOS circuits)	4~2	动态功耗、短路功耗、静态功耗、亚阈值电流、开关活动因子	Dynamic power dissipation, Short circuit power, Static power, Sub-threshold current, Activity factors
8	CMOS 组合逻辑	8~6	多路器和逆多路器,传输门	Multiplexor and Demux, MUX based on

	电路 Combinational CMOS circuits)		多路器电路,编码器和译码器,全加器, 进位链电路	transmission gates, Encoder and decoder, Full adders, Carry chain
9	时序逻辑电路 Sequential CMOS circuits)	6~4	时序逻辑,双稳态电路, R-S 锁存器和触发器,D 锁存器和触发器, 数据建立时间, 移位寄存器, 计数器	Sequential logic, Bi-stable circuit, RS latch and flip-flop, D latch and flip-flop, Setup time and hold time, Shifter register, Counter
10	CMOS 集成电路的 I/O 设计 (CMOS input/output design)	4~2	输入缓冲器,输出缓冲器, ESD 保护电路, 三态输出和双向 I/O 缓冲器	Input buffer, Output buffer, ESD structure, Tristate output and bi-direction buffers
11	MOS 存储器 (MOS memory)	8~4	MOS 存储器的分类, 存储器的总体结构, 存储器外围电路, DRAM、SRAM 和 ROM 的单元结构	MOS memory types, Memory architecture, Peripheral circuits, DRAM SRAM and ROM cells

#### 四、 课程特色

1. 紧密结合集成电路的发展状况, 不断调整课程设置、更新教材和教学内容。突出以 CMOS 电路为主, 为此我们编写了“集成电路原理与设计”教材(北京大学出版社, 2006; 2007 年第 2 次印刷), 该教材列入国家“十一五”教材规划, 并在 2007 年被评为国家普通高等教育精品教材。
2. 教学内容先进, 反映了集成电路发展中出现的新技术、新器件和新电路。如第 1 章绪论的内容在讲课中随时更新。在第 2 章介绍了亚 100nm CMOS 工艺中引入的新工艺和新的器件结构。
3. 突出重点、加强基础。在课程内容安排上突出 CMOS 基本单元电路结构和特性的分析, 通过基本单元电路让学生掌握 CMOS 电路的结构特点和电路分析方法。
4. 理论和实践结合。在课程中安排简单的版图设计练习, 以及用 SPICE 进行电路方针分析, 使学生对影响电路性能的参数有感性的认识。另外, 与后续课“集成电路设计实习”紧密结合, 培养学生的电路设计能力。