

DENOMINAZIONE INSEGNAMENTO / ATTIVITÀ FORMATIVA

MICROELETTRONICA

INFORMAZIONI INSEGNAMENTO / ATTIVITÀ FORMATIVA

A.A.	2026-2027	CdS	FISICA (LM-17)
Codice	8066244-8068900	Canale	Unico
CFU	6	Lingua	Italiano

DOCENTE RESPONSABILE DELL'INSEGNAMENTO / ATTIVITÀ FORMATIVA

Luigi Vesce

CODOCENTE

Davide Badoni (2 CFU)

OBIETTIVI FORMATIVI E RISULTATI DI APPRENDIMENTO ATTESI

Italiano	OBIETTIVI FORMATIVI L'insegnamento si propone di fornire le conoscenze fondamentali della microelettronica analogica e della tecnologia CMOS, necessarie per comprendere il funzionamento dei dispositivi elettronici integrati e per acquisire competenze di base nella progettazione di circuiti analogici su silicio. Il corso affronta gli aspetti fisici e tecnologici dei dispositivi MOSFET, il processo di fabbricazione CMOS, le principali problematiche legate alla miniaturizzazione dei dispositivi e le moderne tecnologie di integrazione. Gli studenti acquisiscono inoltre familiarità con il flusso di progettazione assistita da calcolatore, dalla simulazione circuitale alla realizzazione del layout e alla verifica post-layout, con particolare riferimento ad applicazioni nell'elettronica per la strumentazione scientifica. CONOSCENZA E CAPACITÀ DI COMPrensIONE Gli studenti acquisiscono conoscenza dei principi di funzionamento dei dispositivi CMOS, delle principali tecnologie di fabbricazione dei circuiti integrati e delle metodologie di progettazione analogica. CAPACITÀ DI APPLICARE CONOSCENZA E COMPrensIONE Al termine del corso, gli studenti saranno in grado di analizzare semplici circuiti analogici integrati, utilizzare strumenti CAD per la simulazione e la verifica dei circuiti, interpretare le principali scelte progettuali e valutare l'impatto delle tecnologie di integrazione sulle prestazioni dei dispositivi. AUTONOMIA DI GIUDIZIO Gli studenti saranno in grado di analizzare criticamente un problema progettuale, selezionare le soluzioni circuitali più appropriate e interpretare i risultati delle simulazioni effettuate. ABILITÀ COMUNICATIVE
----------	---

	Gli studenti sapranno descrivere, con linguaggio tecnico appropriato, il funzionamento dei dispositivi, delle tecnologie CMOS e dei circuiti analogici integrati, discutendo le motivazioni delle principali scelte progettuali. CAPACITÀ DI APPRENDIMENTO Gli studenti acquisiranno gli strumenti necessari per approfondire in autonomia argomenti avanzati di microelettronica, di progettazione di circuiti integrati e di tecnologie emergenti.
English	LEARNING OUTCOMES <i>The course provides the fundamental knowledge of analog microelectronics and CMOS technology required to understand the operation of integrated electronic devices and to acquire basic skills in the design of analog integrated circuits. The course covers the physical principles of MOSFET devices, CMOS fabrication technology, the main challenges associated with device scaling and modern integration technologies. Students will also become familiar with the computer-aided design flow, including circuit simulation, layout design and post-layout verification, with particular emphasis on applications in electronics for scientific instrumentation.</i> KNOWLEDGE AND UNDERSTANDING <i>Students will acquire knowledge of CMOS device operation, integrated circuit fabrication technologies and the fundamental methodologies of analog integrated circuit design.</i> APPLYING KNOWLEDGE AND UNDERSTANDING <i>By the end of the course, students will be able to analyze simple analog integrated circuits, use CAD tools for circuit simulation and verification, understand the main design choices and evaluate the impact of integration technologies on device performance.</i> MAKING JUDGEMENTS <i>Students will be able to critically analyze design problems, select appropriate circuit solutions and interpret simulation results with awareness of the underlying technological constraints.</i> COMMUNICATION SKILLS <i>Students will be able to describe CMOS devices, fabrication technologies and analog integrated circuits using appropriate technical language, and to justify the main design choices.</i> LEARNING SKILLS <i>Students will acquire the skills required to independently deepen their knowledge of advanced topics in microelectronics, integrated circuit design and emerging semiconductor technologies.</i>

PREREQUISITI

Italiano	Conoscenze di base di Elettromagnetismo, Fisica della Materia, Circuiti Elettrici ed Elettronica
English	<i>Basic knowledge of Electromagnetism, Solid-State Physics, Electric Circuits and Electronics</i>

PROGRAMMA E CRONOPROGRAMMA

Italiano	Parte 1 (20 ore): Introduzione alla microelettronica analogica e alla tecnologia CMOS. Fisica del dispositivo MOSFET e modelli semplificati per la progettazione circuitale. Processo di fabbricazione CMOS: fotolitografia, tecniche di deposizione, regole di progettazione, interconnessioni e packaging. Effetti della miniaturizzazione dei dispositivi: scaling del MOSFET, effetti di canale corto, tecnologie High-k/Metal Gate, Silicon-on-Insulator (SOI) e dispositivi FinFET. Cenni alle tecnologie Beyond CMOS. Parte 2 (14 ore): Rumore nei circuiti elettronici. Strumenti CAD per la progettazione analogica (SPICE e Spectre). Flusso di progettazione dei circuiti integrati: disegno dello schematico, simulazione, layout. Tecniche di layout per circuiti analogici. Parte 3 (14 ore): Circuiti fondamentali della progettazione analogica: specchi di corrente, sorgenti di corrente, amplificatori a singolo stadio e amplificatori operazionali a transconduttanza (OTA). Applicazioni nell'elettronica integrata per la strumentazione scientifica e per i front-end dei rivelatori di particelle.
English	<i>Part 1 (20 hours): Introduction to analog microelectronics and CMOS technology. MOSFET device physics and simplified models for analog circuit design. CMOS fabrication process: photolithography, deposition techniques, design rules, interconnects and packaging. Device scaling: short-channel effects, High-k/Metal Gate technologies, Silicon-on-Insulator (SOI) and FinFET devices. Overview of Beyond CMOS technologies. Part 2 (14 hours): Electrical noise in electronic circuits. CAD tools for analog integrated circuit design (SPICE and Spectre). Integrated circuit design flow: schematic entry, simulation, layout. Layout techniques for analog integrated circuits. Part 3 (14 hours): Fundamental analog building blocks: current mirrors, current sources, single-stage amplifiers and Operational Transconductance Amplifiers (OTA). Applications to integrated electronics for scientific instrumentation and particle detector front-end electronics.</i>

TESTI ADOTTATI E BIBLIOGRAFIA DI RIFERIMENTO

Italiano	- Microelettronica 4/ed ISBN: 9788838668234 Autore: Richard C. Jaeger, Travis N. Blalock Mc Graw Hill. - Dispense e slides a cura del docente
English	- <i>Design of Analog CMOS Integrated Circuits - Razavi - Mc Graw Hill</i> - <i>Lecture notes and slides</i>

DESCRIZIONE DELLE MODALITÀ DI SVOLGIMENTO E METODI DIDATTICI ADOTTATI

☒ In presenza ☐ A distanza

Italiano	Le lezioni frontali si svolgono in aula, utilizzando sia la lavagna sia le slide. Sono previste alcune ore di esercitazione intercalate alle lezioni frontali. È stata inoltre adottata la piattaforma TEAMS come strumento a supporto della didattica.
----------	--

English	<i>The lectures take place in the classroom, using both the blackboard and slides. A few hours of training are provided, interspersed with lectures. The TEAMS platform was also adopted as a tool to support teaching.</i>
---------	---

MODALITÀ DI FREQUENZA

☐ frequenza obbligatoria ☒ frequenza facoltativa

DESCRIZIONE DELLE MODALITÀ DI FREQUENZA

Italiano	La frequenza in aula ed in laboratorio è facoltativa, ma fortemente consigliata.
English	<i>Attendance in the classroom and in the laboratory is optional but strongly recommended.</i>

MODALITÀ DI VALUTAZIONE

☐ Prova scritta ☒ Prova orale ☐ Prova di laboratorio ☐ Prova pratica
☐ Valutazione in itinere ☒ Valutazione di progetto ☐ Valutazione di tirocinio

COMPOSIZIONE DELLA COMMISSIONE VALUTATRICE

Luigi Vesce, Davide Badoni

DESCRIZIONE DELLE MODALITÀ E DEI CRITERI DI VERIFICA DELL'APPRENDIMENTO

Italiano	a prova d'esame valuta, la preparazione complessiva dello studente, la capacità di integrazione delle conoscenze delle diverse parti del programma, la consequenzialità del ragionamento, la capacità analitica e l'autonomia di giudizio. Inoltre vengono valutate la proprietà di linguaggio e la chiarezza espositiva, in aderenza con i descrittori di Dublino : 1. Conoscenza e capacità di comprensione (knowledge and understanding); 2. Capacità di applicare la conoscenza e comprensione (applying knowledge and understanding); 3. Autonomia di giudizio (making judgements); 4. Capacità di apprendimento (learning skills); 5: Abilità di comunicazione (communication skills). Il voto finale sarà rapportato per il 70% al grado di conoscenza e per il 30% alla capacità espressiva e di giudizio autonomo dimostrate dallo studente. La prova di esame sarà valutata secondo i seguenti criteri: Non idoneo: importanti carenze e/o inaccuratezze nella conoscenza e comprensione degli argomenti; limitate capacità di analisi e sintesi, frequenti generalizzazioni e limitate capacità critiche e di giudizio , gli argomenti sono esposti in modo non coerente e con linguaggio inappropriato, 18-20: conoscenza e comprensione degli argomenti appena sufficienti con possibili generalizzazioni e imperfezioni; capacità di analisi sintesi e autonomia di giudizio sufficienti,
----------	--

	gli argomenti sono esposti in modo frequentemente poco coerente e con un linguaggio poco appropriato/tecnico. 21-23: Conoscenza e comprensione degli argomenti routinari; capacità di analisi e sintesi corrette con argomentazione logica sufficientemente coerente e linguaggio appropriato/tecnico. 24-26: Discreta conoscenza e comprensione degli argomenti; buone capacità di analisi e sintesi, con argomentazioni espresse in modo rigoroso ma con un linguaggio non sempre appropriato o tecnico. 27-29: Conoscenza e comprensione degli argomenti complete; notevoli capacità di analisi e sintesi. Buona autonomia di giudizio. Argomenti esposti in modo rigoroso e con un linguaggio appropriato e tecnico. 30-30L: Ottimo livello di conoscenza e comprensione approfondita degli argomenti. Ottime capacità di analisi, di sintesi e di autonomia di giudizio. Argomentazioni espresse in modo originale e con un linguaggio tecnico appropriato.
English	<i>The examination assesses the student's overall preparation, their ability to integrate knowledge from the different parts of the course syllabus, the logical consistency of their reasoning, their analytical skills, and their capacity for independent judgment. In addition, language proficiency and clarity of exposition are evaluated in accordance with the Dublin Descriptors:</i> <i>1. Knowledge and understanding</i> <i>2. Applying knowledge and understanding</i> <i>3. Making judgements</i> <i>4. Learning skills</i> <i>5. Communication skills</i> <i>The final grade will be based 70% on the level of knowledge demonstrated and 30% on the student's communication skills and capacity for independent judgment.</i> <i>The examination will be graded according to the following criteria:</i> <i>Fail (Not Passed): Significant deficiencies and/or inaccuracies in the knowledge and understanding of the topics; limited analytical and synthesis skills; frequent overgeneralizations; limited critical thinking and judgment abilities; topics are presented incoherently and with inappropriate language.</i> <i>18--20: Barely sufficient knowledge and understanding of the topics, with possible generalizations and inaccuracies; sufficient analytical, synthesis, and independent judgment skills; topics are often presented inconsistently and with language that is insufficiently appropriate or technical.</i> <i>21--23: Routine knowledge and understanding of the topics; correct analytical and synthesis skills, with reasonably coherent logical argumentation and appropriate technical language.</i> <i>24--26: Fair knowledge and understanding of the topics; good analytical and synthesis skills, with rigorous argumentation, although the language used is not always fully appropriate or technical.</i>



	<i>27--29: Comprehensive knowledge and understanding of the topics; considerable analytical and synthesis skills; good independent judgment; topics are presented rigorously and with appropriate technical language.</i> <i>30--30 cum laude: Excellent and in-depth knowledge and understanding of the topics; outstanding analytical, synthesis, and independent judgment skills; arguments are expressed originally and with highly appropriate technical language.</i>
--	---