



# UNIVERSITÀ DI PISA

---

## DISPOSITIVI ELETTRONICI AVANZATI E NANOTECNOLOGIE

**GIANLUCA FIORI**

Anno accademico 2023/24  
CdS INGEGNERIA ELETTRONICA  
Codice 1058I  
CFU 9

Moduli	Settore/i	Tipo	Ore	Docente/i
DISPOSITIVI ELETTRONICI AVANZATI E NANOTECNOLOGIE	ING-INF/01	LEZIONI	90	GIANLUCA FIORI MASSIMO MACUCCI GIOVANNI PENNELLI

### Obiettivi di apprendimento

#### *Conoscenze*

Lo studente che completa il corso con successo avrà una comprensione generale del processo di riduzione dimensionale dei dispositivi CMOS e dei principali problemi che si prevede determineranno il rallentamento e infine l'arresto della legge di Moore, così come di alcune delle principali tecnologie "beyond CMOS" che sono state proposte (con l'inclusione dei dispositivi basati sull'interferenza quantistica, sulla Coulomb blockade, su singole molecole, grafene, ecc.). Lo studente acquisirà la capacità di svolgere simulazioni numeriche di dispositivi in scala nanometrica con la soluzione dell'equazione di Schroedinger e di Poisson e di effettuare una prima valutazione della realizzabilità di una tecnologia proposta.

#### *Modalità di verifica delle conoscenze*

Durante l'esame orale lo studente deve essere in grado di dimostrare la propria conoscenza del materiale del corso e la sua capacità di applicarlo al progetto o alla valutazione di dispositivi nanoelettronici.

Metodi:

- Esame orale

#### *Capacità*

Capacità di valutazione di diversi approcci alla tecnologia dei dispositivi CMOS; capacità di sviluppare programmi di simulazione del trasporto in dispositivi in scala nanometrica, utilizzando il formalismo di Landauer-Buettiker; capacità di analizzare il funzionamento di dispositivi e circuiti basati sulla Coulomb blockade.

#### *Modalità di verifica delle capacità*

Attraverso un esame orale sui contenuti del corso.

#### *Comportamenti*

Lo studente svilupperà la capacità di giudicare se un nuovo dispositivo proposto è in grado di soddisfare i requisiti minimi per applicazioni nell'ambito delle tecnologie dell'informazione.

#### *Modalità di verifica dei comportamenti*

Una verifica sarà condotta durante l'esame.

#### *Prerequisiti (conoscenze iniziali)*

Conoscenza di base del funzionamento dei dispositivi elettronici, fondamenti di teoria dei circuiti, conoscenza di base della meccanica quantistica.

#### *Indicazioni metodologiche*

Tipo di insegnamento: lezioni frontali

Metodi di apprendimento:

- presenza alle lezioni



## UNIVERSITÀ DI PISA

---

- partecipazione a seminari
- partecipazione alle discussioni
- studio individuale

Frequenza: raccomandata

Forme di insegnamento:

- lezioni (le foto delle lavagne e le registrazioni audio sono disponibili sul sito web del corso)
- seminari
- apprendimento sulla base di obiettivi/apprendimento sulla base di problemi/apprendimento sulla base di indagini.

### Programma (contenuti dell'insegnamento)

Il corso include un'approfondita analisi del processo di riduzione dimensionale dei dispositivi CMOS (sia quello a campo costante sia quello generalizzato); un'analisi delle principali non idealità, come gli effetti di elettroni caldi, il DIBL (drain induced barrier lowering), la distribuzione casuale dei droganti, le limitazioni alla pendenza sotto soglia e alla velocità di propagazione dei segnali; i metodi numerici per la risoluzione delle equazioni di Poisson e Schroedinger e per il calcolo della conduttanza attraverso un dispositivo balistico; il concetto di Coulomb blockade e la sua applicazione al transistor a singolo elettrone; le eterostrutture e il loro utilizzo per gli HEMT (high electron mobility transistor), per i dispositivi a effetto quantistico e per i rivelatori di carica non invasivi. Un ulteriore insieme di argomenti viene scelto in base alle preferenze espresse dagli studenti: scelte tipiche sono l'elettronica basata sul carbonio, il quantum computing, l'elettronica molecolare, i processi tecnologici per la fabbricazione di nanodispositivi.

### Bibliografia e materiale didattico

Non c'è un libro di testo ufficiale. Alcuni appunti sono disponibili sul sito web del corso. Le letture suggerite includono i seguenti testi: Yuan Taur, Tak H. Ning, "Fundamentals of Modern VLSI Devices" (Cambridge University Press, 2009). William H. Press, Saul A. Teukolsky, William T. Vetterling, Brian P. Flannery, "Numerical Recipes: The Art of Scientific Computing" (Cambridge University Press, 1992).

### Indicazioni per non frequentanti

Tutte le lezioni sono disponibili sul sito web, ricevimenti con il docente possono essere fissati per e-mail o per telefono.

### Modalità d'esame

L'esame consiste in una prova orale articolata su tre domande sugli argomenti trattati nel corso. La durata media dell'esame è di 30 minuti.

*Ultimo aggiornamento 20/09/2023 12:20*