



UNIVERSITÀ  
degli STUDI  
di CATANIA

DIPARTIMENTO DI INGEGNERIA ELETTRICA ELETTRONICA E  
INFORMATICA

Corso di laurea magistrale in Automation Engineering and  
Control of Complex Systems

Anno accademico 2020/2021 - 1° anno

---

## MICROELECTRONICS

ING-INF/01 - 6 CFU - 1° semestre

### Docente titolare dell'insegnamento

#### SALVATORE PENNISI

**Email:** salvatore.pennisi@unict.it

**Edificio / Indirizzo:** DIEEI - Viale A. Doria 6, Catania - ed. 3 (5 Piano) - stanza 34

**Telefono:** 095 7382318

**Orario ricevimento:** Disponibile sul sito del docente

<http://www.dieei.unict.it/docenti/salvatore.pennisi>

---

### OBIETTIVI FORMATIVI

Il corso si prefigge di fornire conoscenze avanzate sui circuiti elettronici di tipo analogico e mixed signal in tecnologia CMOS e mista Bipolare/CMOS in applicazioni a bassa frequenza. Inoltre, durante il corso sono previste esercitazioni numeriche, al calcolatore e sperimentali finalizzate al consolidamento delle tematiche e delle tecniche trattate durante le lezioni frontali.

**Conoscenza e comprensione.** Lo studente conoscerà le principali configurazioni circuitali e le tecniche di progettazione e di ottimizzazione dei parametri prestazionali di Comparatori, Amplificatori operazionali e a transconduttanza, Filtri discreti (tempo continui) e integrati (tempo continui e a dati campionati) e Convertitori per dati. Conoscerà in maniera più approfondita un ambiente di simulazione e di caratterizzazione sperimentale.

**Capacità di applicare conoscenza e comprensione.** Lo studente sarà in grado di comprenderne, analizzare e simulare i parametri prestazionali delle configurazioni circuitali studiate e blocchi base e avanzati di tipo analogico e mixed signal presenti nei moderni sistemi integrati. Sarà inoltre in grado di scegliere la configurazione circuitale più appropriata per la risoluzione di problemi di progettazione. Infine, grazie alle attività di laboratorio, lo studente migliorerà le sue capacità di lavorare in gruppo e di problem solving.

**Abilità comunicative e Capacità di apprendimento.** Al completamento del corso ci si attende che lo studente acquisirà la capacità di veicolare ai propri interlocutori, in modo chiaro e compiuto, le conoscenze acquisite e sarà anche in grado di rielaborare le conoscenze per estenderle a situazioni non esplicitamente trattate, essendo anche in grado di apprendere in autonomia.

### MODALITÀ DI SVOLGIMENTO DELL'INSEGNAMENTO

L'insegnamento prevede sia lezioni frontali sia esercitazioni numeriche e al simulatore (CAD), mirate a

mettere in pratica, sviluppare e consolidare i contenuti teorici e le tecniche di progettazione sviluppate. Saranno inoltre organizzati dei Seminari tenuti da ricercatori e progettisti provenienti da industrie operanti nel settore della micro e nanoelettronica.

*Qualora l'insegnamento venisse impartito in modalità mista o a distanza, potranno essere introdotte le necessarie variazioni rispetto a quanto dichiarato in precedenza, al fine di rispettare il programma previsto e riportato nel Syllabus. Il docente è disponibile anche a incontri di ricevimento in modalità telematica, previo appuntamento*

## **PREREQUISITI RICHIESTI**

Conoscenza di elementi di elettronica analogica e digitale (circuiti a diodo, stadi a singolo transistor, coppia differenziale, amplificatori operazionali, porte logiche), teoria della retroazione, teoria dei circuiti lineari, teoria dei segnali (segnali analogici e digitali).

---

## **FREQUENZA LEZIONI**

La frequenza non è obbligatoria, ma fortemente consigliata in quanto vengono tenute e assegnate esercitazioni propedeutiche allo svolgimento dell'elaborato di corso.

---

## **CONTENUTI DEL CORSO**

1. Dall'Elettronica alla microelettronica e alla nanoelettronica. Tecnologie VLSI. Circuiti Integrati per applicazioni specifiche. Flusso di progettazione di circuiti integrati.
2. Amplificatori operazionali (OAs) e retroazione. Applicazioni: amplificatori per strumentazione, e per sensori. Effetto della banda e guadagno finiti. Architetture. Stadi di uscita. Il uA741. Amplificatori non convenzionali (Current Feedback OAs, Current-mode OAs, Current Conveyors).
3. Distorsione armonica. Compensazione in frequenza. Slew Rate. Rumore.
4. Operational Transconductance Amplifiers (OTAs). Miller OTA (in classe A e AB). Folded Cascode OTA. Telescopic OTA etc. Soluzioni a bassa tensione di alimentazione. Amplificatori multistadio. Esempi di progetto. Architetture fully differential. Schemi per il controllo del modo comune. Amplificatore a chopper.
5. Comparatori. Architetture e applicazioni. Comparatori con auto zero. Trigger di Schmitt invertente e noninvertente.
6. Filtri. Principi base e classificazioni. Confronto tra filtri analogici e digitali. Filtri passivi e attivi, tempo continui e tempo discreti. Implementazione di celle del primo e del second ordine in tecnica RLC, Active-RC, Switched-Capacitor, Gm-C and MOSFET-C. Celle biquadratiche (Thow-Tomas, Sallen-Key, Ackerberg-Mossberg, Delyannis-Friend). Filtri di ordine elevato. Giratori. Tuning automatic per filtri Gm-C.
7. Convertitori A/D e D/A. Principi base della conversione A/D e D/A. Architetture e specifiche per circuiti di Sample and Hold. Esempi di architetture di conv. A/D: full flash, two step flash, time interleaved, successive approximation, ramp. Esempi di architetture di conv. D/A: current-steering (binary, thermometric, segmented), resistor-string, capacitor-string, ramp. Sigma-Delta.
8. Computer Aided Design Tools per la microelettronica.

---

## TESTI DI RIFERIMENTO

1. Sergio Franco , Design with operational amplifiers and analog integrated circuits, McGraw-Hill,4th Ed. 2015.
2. D. Johns, K. Martin, Analog Integrated Circuit Design, Wiley&Sons, 1997.
3. Schaumann, Van Valkenburg, Design of Analog Filters, Oxford UniversityPress, 2001.
4. R. Van De Plassche, Integrated Analog-to-Digital and Digital-to-Analog Converters; Kluwer Academic Publishers, 1994.
5. G. Palumbo, Pennisi, Feedback Amplifiers: Theory and Design, Kluwer Academic Publishers, 2002.
6. F. Maloberti, Data Converters, Springer 2007.

## ALTRO MATERIALE DIDATTICO

Il materiale messo a disposizione è costituito da: lucidi delle lezioni, articoli di approfondimento, modelli di dispositivi per il simulatore, e altro. Esso è disponibile sul sito [studium.unict.it](http://studium.unict.it)

---

## PROGRAMMAZIONE DEL CORSO

	<b>Argomenti</b>	<b>Riferimenti testi</b>
1	CMOS/BJT Operational Amplifiers	1,2,5 slides
2	*Applications with OpAmps	1, slides, data sheets
3	*Comparators	1, slides, book chapters
4	*Discrete and integrated analog filters	3,2
5	*D/A A/D Converters	4,6,1
6	SPICE and Circuit Simulators	Operational guides

---

## VERIFICA DELL'APPRENDIMENTO

### MODALITÀ DI VERIFICA DELL'APPRENDIMENTO

L'esame consiste in una prova orale preceduta dalla presentazione di un elaborato di corso.

L'elaborato viene svolto tipicamente in gruppo (di 2-4 studenti). L'elaborato verte sulla progettazione e simulazione di circuiti integrati a livello transistor.

La prova orale consta tipicamente di 3 domande. Una domanda verte sull'elaborato, una sui filtri e una sui convertitori per dati. Il voto complessivo dell'esame, in trentesimi, tiene conto dell'elaborato e della risposta alle 3 domande, in termini di completezza, accuratezza e proprietà di linguaggio. La durata media della prova orale è di 30 min.

La verifica dell'apprendimento potrà essere effettuata anche per via telematica, qualora le condizioni lo dovessero richiedere.

## ESEMPI DI DOMANDE E/O ESERCIZI FREQUENTI

- Comparators
  - Chopper amplifier
  - Schmitt trigger
  - Sallen Key filter
  - Switched-Capacitor integrators and filters
  - Current steering DACs
  - offset-compensated S/H
  - Flash ADCs
  - Comparatori
  - Amplificatore a Chopper
  - Trigger di Schmitt
  - Filtro di Sallen Key
  - Integratori e filtri SC
  - Current steering DAC
  - S/H compensato all'offset
  - Flash ADC
-