



## UNIVERSITÀ DI PISA

---

### PROGETTAZIONE MIXED SIGNAL

**PAOLO BRUSCHI**

Anno accademico 2020/21  
CdS INGEGNERIA ELETTRONICA  
Codice 316II  
CFU 9

Moduli	Settore/i	Tipo	Ore	Docente/i
PROGETTAZIONE MIXED SIGNAL	ING-INF/01	LEZIONI	90	PAOLO BRUSCHI

#### Obiettivi di apprendimento

##### *Conoscenze*

Lo studente che completa il corso con successo acquisirà la capacità di progettare circuiti analogici integrati avanzati, tenendo conto delle specifiche più frequenti, quali il rumore, l'offset il range dinamico e il prodotto guadagno-banda. Lo studente imparerà a modellare sistemi complessi per l'acquisizione di dati da sensori, allo scopo di stabilire le specifiche dei principali blocchi costituenti, dal sensore stesso fino ai convertitori analogico digitali. Lo studente svilupperà una combinazione di abilità intuitive e rigorose, combinazione che è universalmente riconosciuta come la base necessaria per l'analisi e la progettazione di circuiti mixed signal innovativi. Lo studente apprenderà inoltre la capacità di scegliere la migliore topologia e architettura circuitale che permette di svolgere in modo ottimale l'amplificazione, l'elaborazione e la conversione di segnali analogici.

##### *Modalità di verifica delle conoscenze*

Durante l'esame orale, lo studente deve essere in grado di dimostrare la sua capacità di organizzare il progetto di un circuito integrato analogico a livello di dimensionamento di transistori. Lo studente deve essere in grado di applicare le tecniche di progetto acquisite a semplici blocchi circuitali proposti dal docente nell'arco del corso. Lo studente deve essere in grado di descrivere le principali topologie e metodologie che possono essere utilizzate per l'implementazione di circuiti analogici fondamentali e convertitori analogico-digitali in versione completamente integrata.

Metodo:

- Esame finale esclusivamente orale.

##### *Capacità*

Lo studente sarà in grado di progettare semplici amplificatori operazionali CMOS, partendo da specifiche realistiche. Lo studente sarà in grado di applicare alcune regole universali al dimensionamento di blocchi circuitali di larghissima diffusione. Lo studente sarà in grado di modellare e progettare efficaci AFE ("analog front-end") per l'interfacciamento delle principali tipologie di sensori.

##### *Modalità di verifica delle capacità*

Durante le lezioni sperimentali, lo studente sarà chiamato a progettare blocchi analogici (amplificatori operazionali "single-ended" e "fully-differential", sistemi a condensatori commutati) e ad utilizzare il simulatore LTSpice (disponibile gratuitamente) per verificare la correttezza del dimensionamento teorico.

##### *Comportamenti*

Lo studente imparerà come suddividere un sistema di acquisizione dati in blocchi semplici ed omogenei allo scopo di attuare strategie di ottimizzazione locale mirate a massimizzare l'accuratezza complessiva del sistema.

Lo studente imparerà ad analizzare sistemi complessi con un approccio gerarchico, individuando gli aspetti critici sia a livello di sistema, sia a livello di dispositivo.

##### *Modalità di verifica dei comportamenti*

Durante le lezioni teoriche gli studenti verranno periodicamente stimolati a proporre le loro soluzioni ai problemi, allo scopo di verificare se hanno veramente acquisito la capacità di attuare le corrette scelte progettuali.

Durante le lezioni pratiche, gli studenti verranno invitati a esaminare alcuni esempi particolari di sistemi di acquisizione e a valutare gli effetti dei singoli componenti sulla accuratezza globale.



## UNIVERSITÀ DI PISA

### Prerequisiti (conoscenze iniziali)

Lo studente deve possedere una conoscenza di base dei principali blocchi elementari utilizzati per la sintesi di circuiti analogici, quali specchi di corrente e coppie differenziali.

Lo studente dovrà avere familiarità con i modelli dei dispositivi elettronici di maggior diffusione (MOSFET e transistori bipolari)

Lo studente dovrà essere in grado di effettuare analisi di piccolo e grande segnale su circuiti elettronici elementari.

### Indicazioni metodologiche

Attività di apprendimento:

- Seguire le lezioni
- Seguire le attività sperimentali

Frequenza: fortemente consigliata ma non obbligatoria

Metodi di insegnamento:

Erogazione di lezioni ed esercitazioni sperimentali da parte del docente in presenza degli studenti.

Erogazione: didattica frontale.

### Programma (contenuti dell'insegnamento)

Il programma corso è diviso in tre parte principali che vengono svolte con parziale sovrapposizione temporale. Nella prima parte vengono analizzati i sistemi di acquisizione di dati da sensori, seguendo una visione sistemistica, introducendo i parametri prestazionali più importanti.

Sempre in questa parte vengono introdotti brevemente gli strumenti di modellazione dei sistemi (Simulink, linguaggi HDL-AMS).

Nella seconda parte vengono introdotte efficaci metodologie per la progettazione a livello di dispositivo ("transistor-level") di circuiti analogici di largo impiego: amplificatori operazionali "single-ended" e "fully-differential", OTA (operational transconductance amplifier) lineari e comparatori.

Nella terza parte vengono introdotti importanti architetture e metodologie utilizzate per l'implementazione di funzionalità analogiche di vastissimo impiego, quali sistemi per la cancellazione dell'offset e del rumore flicker ("auto-zero", "correlated double sampling" e modulazione chopper), interfacce per sensori, filtri tempo continui (Gm-C) e tempo-discreti (a condensatori commutati), convertitori analogico-digitali e digitale-analogici ad alte prestazioni (per esempio, convertitore delta-sigma).

Le lezioni comprendono anche dimostrazione di alcuni aspetti progettuali mediante simulazione elettrica e misure effettuate su prototipi sperimentali.

### Bibliografia e materiale didattico

Il materiale didattico è integralmente fornito dal docente e distribuito gratuitamente attraverso il sito web del docente stesso, al link:

[http://docenti.ing.unipi.it/~a008309/mat\\_stud/MIXED/](http://docenti.ing.unipi.it/~a008309/mat_stud/MIXED/) . Il link dà accesso ad una serie di directory denominate secondo l'anno in cui è stato tenuto il corso. Per esempio, la cartella "2017" contiene il materiale coerente con gli argomenti svolti nel 2017. Ogni cartella contiene un file "indice.pdf" che descrive i vari documenti, distinti in obbligatori ed opzionali. Il materiale, completamente in Inglese, copre tutto il contenuto del corso.

### Indicazioni per non frequentanti

Il programma è lo stesso per studenti frequentanti e non frequentanti. Gli studenti non frequentanti possono trovare materiale gratuito che copre tutto il programma del corso nella pagina web indicata dal docente.

### Modalità d'esame

Gli esami consistono di una singola sessione orale.

Ogni esame orale consta di due parti, della durata di circa 25 minuti ciascuna. Nella prima parte lo studente affronta un problema di progettazione a livello di dispositivo (transistor-level). Nella seconda parte, allo studente viene richiesto di illustrare l'architettura e il funzionamento di un circuito integrato analogico o mixed signal con un grado di astrazione sistemistico.

Durante entrambe le due parti dell'esame lo studente viene frequentemente interrotto ed interrogato su singole problematiche allo scopo di valutare se ha acquisito realmente la padronanza delle metodologie esposte nel corso.

Ultimo aggiornamento 12/03/2021 18:28