UNIVERSITÀ
DEGLI STUDI DI MILANO-BICOCCA

COURSE SYLLABUS

Laboratory of Electronics II

2526-1-F1703Q015

Obiettivi

Il corso di Laboratorio di Elettronica II è diviso in due parti:

- studio e simulazioni di circuiti analogici utilizzando i software di Computer-Aided-Design (CAD);
- caratterizzazione elettrica di semplici circuiti analogici in laboratorio (utilizzando strumentazione specifica (alimentatore, generatore di segnale, oscilloscopio, spectrum analyzer, etc)).

Più specificatamente gli obiettivi del corso sono focalizzati ad acquisire competenze di:

- Progettazione di Circuiti Analogici Integrati (Amplificatori Operazionali, Filtri Analogici, Amplificatori di Carica, Amplificatori a basso rumore per sensori) in Tecnologia CMOS fortemente scalata;
- Apprendimento dei tool di Computer-Aided-Design (CAD) per la caratterizzazione dei circuiti integrati (simulazioni in condizioni nominali e al variare della temperatura, includendo le deviazioni fisiche ed elettriche dovute al processo CMOS);
- Caratterizzazione di Circuiti Analogici nel dominio statico (punto operativo) e dinamico (tempo e frequenza);
- Studio e caratterizzazione della densità spetrale di potenza di rumore (ingresso e uscita) degli Amplificatori;
- Caratterizzazione Elettrica in Laboratorio di semplici circuti analogici.

Contenuti sintetici

- Introduzione alla progettazione di circuiti analogici mediante Computer-Aided-Design (CAD)
- Progettazione CMOS di Operational Transconductance Amplifiers (OTA)
- Procedura di progettazione di Operational Transconductance Amplifiers (OTA)
- Simulazioni dei circuiti analogici in condizioni nominali (punto operativo, frequenza, tempo, rumore sia nel dominio del tempo che della frequenza, stabilità ad anello chiuso)
- Densità spettrale di potenza di rumore nei circuiti ad anello chiuso
- Simulazioni PVT (Process-Voltage-Temperature)

- Simulazioni Montecarlo
- Esercitazioni circuitali in laboratorio

Programma esteso

Lezione 1: Operational Transconductance Amplifiers (OTA) compensati tramite schema Miller

- Introduzione
- Schema base di OTA con stadio di uscita in classe A
- Punto Operativo
- Modello di Piccolo segnale
- Comportamento sul Grande Segnale
- Densità Spettrale di Potenza di Rumore riferita all'ingresso
- Circuito di Common-Mode Feedback

Lezione 2: Procedura di progettazione di Operational Transconductance Amplifiers (OTA) compensati tramite schema Miller

- Introduzione
- Specifiche dell'amplificatore
- Stadio differenziale
- Capacità di Miller di Ingresso
- Stadio di uscita in classe A
- Stadio di uscita in classe AB
- Dimensionamento del Circuito di Common-Mode Feedback

Lezione 3: Strumenti CAD

- Creazione di uno schematico circuitale e di un simbolo
- Simulazione di semplici circuiti analogici utilizzando il tool Analog Design Environment
- Esecuzione di simulazioni che includono le variazioni di processo/tensione/temperatura
- Esecuzione di simulazioni Montecarlo

Prerequisiti

Laurea di I livello in fisica o equivalente.

Modalità didattica

LEZIONI FRONTALI in cui saranno presentati i concetti fondamentali della progettazione analogica in tecnologia CMOS.

ESERCITAZIONI in aula con presentazione e discussione di esempi di circuiti analogici a livello transistor.
ESERCITAZIONI nel laboratorio di elettronica dove gli studenti saranno divisi per gruppi (2 studenti per gruppo). Gli studenti seguiranno esercitazioni guidate, precedute da una presentazione in aula.

LAVORO di GRUPPO per sviluppo e simulazione stadi analogici.

La frequenza è fortemente raccomandata ed è essenziale per tutte le attività.

Il corso verrà erogato in Italiano.

Materiale didattico

- Dispense e Slides fornite dal docente
- Johns, David A., and Ken Martin. *Analog integrated circuit design*. John Wiley & Sons, 2008.
- Sansen, Willy M. *Analog design essentials*. Vol. 859. Springer Science & Business Media, 2007.
- Kularatna, Nihal. *Digital and analogue instrumentation: testing and measurement*. No. 11. IET, 2003.
- M. Norgia, R. Ottoboni, A. Pesatori, C. Svelto. *Misure - Dai fondamenti alla strumentazione*. Ed. Esculapio.

Periodo di erogazione dell'insegnamento

secondo semestre

Modalità di verifica del profitto e valutazione

L'esame consta di una PROVA ORALE.

Durante la prova orale, lo studente presenterà due Relazioni di Laboratorio:

1. RelazioneCAD: Progetto e simulazione a livello transistor di un circuito analogico (il cui schema generale verrà fornito dai docenti del corso durante le lezioni);
2. RelazioneMeas: Misure elettriche ed elettroniche su semplici configurazioni circuitali.
   L'esame consterà di:

- Colloquio sulle Relazioni di Laboratorio;
- Colloquio su argomenti svolti a Lezione.

Le COMPETENZE e conoscenze richieste sono basate su:

- analisi e sintesi di stadi analogici con amplificatore operazione a transconduttanza (amplificatori e filtri attivi);
- simulazioni CAD degli stadi analogici oggetto della RelazioneCAD;
- conoscenza approfondita delle problematiche dei setup di misura oggetto della RelazioneCAD.

I CRITERI di valutazione sono:

- livello di conoscenza dei circuiti oggetto delle due relazioni di laboratorio, sia a livello di architettura sia a livello transistor;
- livello di originalità e approfondimento delle soluzioni circuitali adottate relative alla RelazioneCAD e alla RelazioneMeas.

Orario di ricevimento

Lun. 10-12

Sustainable Development Goals

IMPRESE, INNOVAZIONE E INFRASTRUTTURE