
Testi del Syllabus

Resp. Did. **BONI ANDREA** **Matricola: 005069**

Docente **BONI ANDREA, 9 CFU**

Anno offerta: **2016/2017**

Insegnamento: **1002748 - PROGETTAZIONE ANALOGICA**

Corso di studio: **5013 - INGEGNERIA ELETTRONICA**

Anno regolamento: **2016**

CFU: **9**

Settore: **ING-INF/01**

Tipo Attività: **B - Caratterizzante**

Anno corso: **1**

Periodo: **II° semestre**

Sede: **PARMA**



Testi in italiano

Lingua insegnamento italiano

Contenuti

TEORIA (42 ore)

- 1 Tecnologia CMOS: dispositivi per la progettazione analogica e non-idealità (4 ore)
- 2 Transistore MOS per applicazioni analogiche (2 ore)
- 3 Specchi di corrente di precisione (2 ore)
- 4 Amplificatori CMOS integrati (14 ore)
 - 4.1 Amplificatori CMOS a singolo stadio: complementi
 - 4.2 Amplificatori operazionali in tecnologia CMOS
 - 4.3 Amplificatori operazionali differenziali
- 5 Tecnica di progetto dei circuiti CMOS basata sul gm/Id e fattore di inversione (2 ore)
- 6 Il rumore negli amplificatori: aspetti progettuali (3 ore)
- 7 Stadi di uscita negli amplificatori operazionali CMOS (2 ore)
- 8 Circuiti a condensatori commutati: teoria, architetture e tecniche di progetto (4 ore)
- 9 Riferimenti di tensione e corrente (4 ore)
- 10 Oscillatori a cristallo (2 ore)
- 11 Simulatori per circuiti analogici (3 ore)
 - 11.1 algoritmi per simulazione DC e TRAN
 - 11.2 Tecniche di simulazione di amplificatori operazionali (single-ended e differenziali)

LABORATORIO (21 ore)

1. CAD elettronico per il progetto e la simulazione di circuiti integrati: Cadence Design Framework
2. Progetto di celle analogiche in tecnologia CMOS (3 progetti)
3. Cenni al disegno del layout dei circuiti analogici

Testi di riferimento

B. Razavi, "Design of Analog CMOS Integrated Circuits", Mc Graw Hill
P. E. Allen, D. R. Holdberg, "CMOS Analog Circuit Design", 2nd edition, Oxford University Press
K. S. Kundert, "The Designer's Guide to Spice and Spectre", Kluwer Academic Publ.

Slide del docente disponibili sul sito del corso al portale lea.unipr.it

Obiettivi formativi

Conoscenza e comprensione:
obiettivo formativo del corso è fornire allo studente di laurea magistrale in ingegneria elettronica gli strumenti teorici e pratici necessari per affrontare il progetto di singoli circuiti integrati analogici in tecnologia CMOS. In particolare:
-teoria: complementi di elettronica analogica e architetture di circuiti analogici in tecnologia CMOS
-pratica: utilizzo di strumenti software per la progettazione (EDA-CAD) e tecniche di progettazione di circuiti analogici

Le capacità di applicare conoscenza e comprensione e abilità acquisite dallo studente sono:

- sapere utilizzare un CAD professionale per il progetto di un circuito integrato analogico (incluso simulazione e verifica)
- sapere individuare l'architettura corretta del circuito a partire dalle specifiche (autonomia di giudizio)
- sapere dimensionare un circuito analogico a partire dalle specifiche
- predisporre un piano di verifica del progetto per mezzo di strumenti CAD (EDA-CAD)

In particolare, nella parte del corso dedicata all'attività di laboratorio lo studente potrà applicare le conoscenze teoriche apprese cimentandosi con il progetto individuale di circuiti analogici in tecnologia CMOS con complessità circuitali crescenti (dall'amplificatore a source comune ad un oscillatore al quarzo).

Capacità comunicative:

- capacità di comunicare in modo efficace in forma scritta le scelte di progetto, i passi e le difficoltà realizzative e l'analisi dei risultati di simulazione,
- capacità di presentare oralmente in modo efficace le scelte di progetto, i passi e le difficoltà realizzative e l'analisi dei risultati di simulazione

Competenze trasversali

- capacità di svolgere un progetto nell'ambito di un'attività di gruppo.

Prerequisiti

Dispositivi elettronici (transistore MOS)

Teoria di base dei circuiti analogici (concetti di linearizzazione, stadi amplificatori a singolo transistor, amplificatore differenziale e amplificatore operazionale a scatola nera, ecc.).

Teoria del rumore nei dispositivi elettronici (resistori e transistor MOS)

Metodi didattici

Il corso è suddiviso in:

- lezioni orali, dove vengono fornite le conoscenze avanzate nel campo della progettazione di circuiti integrati analogici in tecnologia CMOS.
- attività di laboratorio di progettazione analogica.

L'attività di laboratorio si articola in

- Esercitazioni per l'apprendimento del CAD da utilizzare per i progetti individuali

- Progetti a piccoli gruppi (2-3 studenti), con assistenza da parte del docente, di circuiti analogici (precedentemente descritti a lezione).

I principali obiettivi dell'attività di laboratorio sono il consolidamento delle conoscenze acquisite nella parte teorica del corso e la conoscenza dei software di progettazione analogica.

La partecipazione all'attività di laboratorio (progettazione) è obbligatoria e prerequisito per accedere all'esame.

Altre informazioni	<p>Pagina WEB del corso sul portale http://elly.dii.unipr.it (obbligo di registrazione) con:</p> <ul style="list-style-type: none"> -slides -progetti da svolgere e relative indicazioni -comunicazioni docente-studenti
Modalità di verifica dell'apprendimento	<p>L'esame prevede una prova orale su</p> <ul style="list-style-type: none"> -teoria (Tecnologia CMOS: aspetti relativi alla progettazione analogica, circuiti analogici in CMOS, simulatore circuitale e tecniche di simulazione). Impatto sulla valutazione finale: 65%, circa. -presentazione delle relazioni (tutte o alcune) e dei risultati conseguiti nel laboratorio di progettazione analogica (progetti assegnati dal docente): impatto sulla valutazione finale: 35%, circa <p>Per il superamento dell'esame è richiesta una valutazione (almeno) sufficiente in entrambe le parti.</p> <p>I gruppi di lavoro sono formati all'inizio dell'attività di laboratorio e sono tenuti a consegnare gli elaborati riferiti ai vari progetti durante l'A.A. ed entro i termini comunicati dal docente.</p> <p>L'elaborato è redatto dal gruppo di lavoro (una relazione per ciascun gruppo), mentre la presentazione in sede di esame orale è individuale. La valutazione dell'elaborato è inclusa nella parte dell'esame relativa alla presentazione (individuale).</p> <p>La frequenza alle ore di attività di laboratorio (parte di progettazione a gruppi) è obbligatoria e costituisce requisito per accedere all'esame.</p>
Programma esteso	<p>TEORIA:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1 Tecnologia CMOS <ol style="list-style-type: none"> 1.1 Dispositivi per la progettazione analogica (resistori, condensatori e transistori MOS) 1.2 Non idealità: effetti parassiti nei dispositivi attivi e passivi 1.3 Non idealità: tolleranza di processo e mismatch casuale; legge di Pelgrom 1.4 Simulazione Monte-carlo e Corner 1.5 Effetti parassiti dovuti alle interconnessioni 1.6 Bonding e Packaging 2 Transistore MOS per applicazioni analogiche <ol style="list-style-type: none"> 2.1 Principali effetti a canale corto e/o ossido sottile 2.2 Funzionamento in debole inversione e sotto-soglia 3 Specchi di corrente di precisione 4 Amplificatori CMOS integrati <ol style="list-style-type: none"> 4.1 Amplificatori CMOS a singolo stadio: complementi 4.2 Amplificatori operazionali in tecnologia CMOS <ol style="list-style-type: none"> 4.2.1 Amplificatore di Miller e Miller-enhanced 4.2.2 Amplificatore Folded cascode 4.2.3 Amplificatore rail-to-rail 4.2.4 Amplificatori a micro-potenza 4.3 Amplificatori operazionali differenziali <ol style="list-style-type: none"> 4.3.1 Vantaggi dei circuiti differenziali 4.3.2 Architetture 4.3.3 Common-Mode Feedback: teoria e schemi 5 Tecnica di progetto dei circuiti CMOS basata sul gm/Id e fattore di inversione <ol style="list-style-type: none"> 5.1 Applicazione: progetto di amplificatore a source comune e amplificatore operazionale di Miller. 6 Il rumore negli amplificatori <ol style="list-style-type: none"> 6.1 amplificatori a singolo stadio, operazionale di Miller e generatore di corrente. 6.2 Tecniche di progetto per il basso rumore 7 Stadi di uscita negli amplificatori operazionali CMOS <ol style="list-style-type: none"> 7.1 Stadio in classe AB con loop translineare 7.2 Stadio in classe C 8 Circuiti a condensatori commutati: teoria, architetture e tecniche di progetto. <ol style="list-style-type: none"> 8.1 Equivalenza di Maxwell e circuiti a tempo-discreto

8.2	Interruttori e non-idealità
8.3	Sequenza ottimale di attivazione degli interruttori
8.4	Circuiti campionatori ed amplificatori
8.5	Integratori e Filtri S-C (Cenni)
9	Riferimenti di tensione e corrente
9.1	Riferimento bandgap: teoria
9.2	Riferimento di tensione: architettura
9.3	Generatori di corrente: schema elettrico
10	Oscillatori a cristallo
10.1	Uso del cristallo (quarzo) per oscillatori di precisione
10.2	Schema di oscillatore al quarzo in CMOS
10.3	Tecnica di progettazione dell'oscillatore di Pierce
11	Simulatori per circuiti analogici
11.1	Algoritmi per simulazione DC e TRAN
11.2	Tecniche di simulazione di amplificatori operazionali (single-ended e differenziali)
11.3	Tecnica di simulazione degli oscillatori
LABORATORIO	
1.	CAD elettronico per il progetto e la simulazione di circuiti integrati: Cadence Design Framework
2.	Progetto di celle analogiche in tecnologia CMOS



Testi in inglese

Lingua insegnamento	italian
Contenuti	<p>THEORY (42 hours):</p> <ol style="list-style-type: none"> 1 CMOS technology: integrated passive devices and non-idealities (4 hours) 2 MOS transistor for analog circuits (2 hours) 3 High-precision current mirrors (2 hours) 4 Integrated CMOS amplifiers (14 hours) <ol style="list-style-type: none"> 4.1 single-transistors amplifiers 4.2 Operational Amplifiers 4.3 Differential amplifiers 5 Analog design technique based on gm/Id and inversion factor (2 hours) 6 Noise in CMOS amplifiers: low-noise design guidelines (3 hours) 7 Output stages for CMOS opamps (2 hours) 8 Switched-capacitor circuits: theory, architectures and design techniques. (4 hours) 9 Voltage and current references (4 hours) 10 Crystal oscillators (2 hours) 11 Circuit simulators for analog circuits (3 hours) <ol style="list-style-type: none"> 11.1 Simulation algorithms: DC and TRAN analysis 11.2 Single-ended and differential opamp: simulation techniques <p>LABORATORY (21 hours)</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. CAD for electronic design (EDA-CAD): Cadence Design Framework 2. Design of analog cells in CMOS technology 3. Layout of analog integrated circuits: basic theory and example
Testi di riferimento	<p>B. Razavi, "Design of Analog CMOS Integrated Circuits", Mc Graw Hill P. E. Allen, D. R. Holdberg, "CMOS Analog Circuit Design", 2nd edition, Oxford University Press K. S. Kundert, "The Designer's Guide to Spice and Spectre", Kluwer Academic Publ.</p> <p>Slides available at the www pages of the course (access to lea.unipr.it portal)</p>

Obiettivi formativi

Knowledge:

the main goal of the course is to provide the students the knowledge of both theoretical and practical aspects required to design an analog integrated circuit in CMOS technology. In particular:

- theory: advanced analog electronics and architectures of analog circuits in CMOS
- practical: usage of EDA-CAD tools, design techniques and guidelines for analog circuits

Provided skills:

At the end of the course the student is able to:

- find out the most appropriate architecture of the analog block to be designed
- size (W/L,L,R,C, etc.) the device of an analog circuits from the spec.s table
- plan and implement a verification strategy for the designed circuit with advanced EDA-CAD tools

In particular in the part of the course dedicated to the design-lab. each student is required to implement the theory learned in the oral lessons in the design of analog circuits (i.e. from a single-transistor amplifier to a quartz oscillator).

Communication skills:

in the lab. activity the student will improve its ability to:

- write a brief report of a design
- present a project with the related design choices and issues and the achieved simulation results

Soft skills

- developing a project working in a group of 2-3 units.

Prerequisiti

Electronic devices (MOS transistor)

Basic analog electronics (the concept of circuit linearization, single-transistor amplifiers, differential amplifier, black-box operational amplifier)

Noise in electronic devices (resistor and MOS transistor)

Metodi didattici

The course is based on:

- oral lessons, providing advanced knowledge in the field of analog integrated circuits in CMOS technologies.
- analog design laboratory

The design lab activity is based on:

- training for the usage of the advanced EDA-CAD tool (Cadence Design Framework) to be used for the design projects in the course
- Projects in working groups (2-3 students) of analog circuits presented and analysed in the oral lessons. Teacher is available for assistance.

The projects activity is mandatory to access to the final exam.

Altre informazioni

WWW pages of the course at the <http://elly.dii.unipr.it> portal (a key provided by the teacher is required for access; registration is mandatory)

- slides
- projects guidelines
- teacher-to-student communications

Modalità di verifica dell'apprendimento

The final exam is oral and is focused on:

-theory (CMOS technology for I.C. analog design, analog I.C. design in CMOS, simulators for analog circuits and simulation techniques. The impact of this part on the final rank is about 65%.

-presentation of the reports on the design projects (all or a few of) carried out in the lab. activity. The impact of this part on the final rank is about 35%.

Students must obtain a minimum rank (18/30) in both parts to pass the exam.

The working groups are registered at the beginning of the lab. activity and are required to send to the teacher the report of each assigned

project (pdf format) within the communicated deadline.
The reports are written by the working group, while the presentation of the reports is carried out by each student, individually, during the exam.

Participation to the lab. activity is mandatory for getting access to the exam.

Programma esteso

THEORY:

- 1 CMOS technology: integrated passive devices and non-idealities
- 2 MOS transistor for analog circuits
- 3 High-precision current mirrors
- 4 Integrated CMOS amplifiers
 - 4.1 single-transistors amplifiers
 - 4.2 Operational Amplifiers
 - 4.3 Differential amplifiers
- 5 Analog design technique based on g_m/I_d and inversion factor
- 6 Noise in CMOS amplifiers: low-noise design guidelines
- 7 Output stages for CMOS opamps
- 8 Switched-capacitor circuits: theory, architectures and design techniques.
- 9 Voltage and current references
- 10 Crystal oscillators
- 11 Circuit simulators for analog circuits
 - 11.1 Simulation algorithms: DC and TRAN analysis
 - 11.2 Single-ended and differential opamp: simulation techniques

LABORATORY

1. CAD for electronic design (EDA-CAD): Cadence Design Framework
2. Design of analog cells in CMOS technology
3. Layout of analog integrated circuits: basic theory and example