

Guia docent

230730 - DAMC - Disseny de Circuits Microelectrònics Analògics

Última modificació: 16/05/2025

Unitat responsable: Escola Tècnica Superior d'Enginyeria de Telecomunicació de Barcelona
Unitat que imparteix: 710 - EEL - Departament d'Enginyeria Electrònica.

Titulació: MÀSTER UNIVERSITARI EN ENGINYERIA DE TELECOMUNICACIÓ (Pla 2013). (Assignatura optativa).
MÀSTER UNIVERSITARI EN TECNOLOGIES AVANÇADES DE TELECOMUNICACIÓ (Pla 2019). (Assignatura optativa).
MÀSTER UNIVERSITARI EN ENGINYERIA ELECTRÒNICA (Pla 2022). (Assignatura obligatòria).

Curs: 2025 **Crèdits ECTS:** 5.0 **Idiomes:** Anglès

PROFESSORAT

Professorat responsable: XAVIER ARAGONES CERVERA

Altres: Primer quadrimestre:
XAVIER ARAGONES CERVERA - 21, 23
SERGIO GÓMEZ FERNÁNDEZ - 21

CAPACITATS PRÈVIES

El curs assumeix conceptes bàsics sobre comportament i modelat de transistors MOS, implementació de circuits en tecnologies microelectròniques, amplificació i anàlisi de circuits analògics, així com simulació de circuits i edició de layouts en entorn Cadence Virtuoso o similar, corresponents al curs de pont "Introduction to Microelectronic Design". o similar:

- Comportament bàsic del MOSFET: estats, equacions, corbes.
- Característiques de les tecnologies microelectròniques.
- Metodologia de disseny totalment a mida (full custom). Conceptes bàsics de disseny de circuits analògics a mida.
- Anàlisi de circuits analògics: senyal gran i petit senyal.
- Etapes amplificadores bàsiques d'1 transistor. Conceptes bàsics sobre soroll i distorsió.
- Simulació de circuits a nivell de transistor (anàlisi .DC, .TRAN, .AC)
- Conceptes bàsics sobre filtres actius-RC.
- Conceptes bàsics sobre conversió DAC i ADC.

COMPETÈNCIES DE LA TITULACIÓ A LES QUALS CONTRIBUEIX L'ASSIGNATURA

Específiques:

CMEE5. Concebre i dissenyar circuits electrònics d'amplificació de senyal, tant de baixes com altes (ràdio) freqüències, atenent el tipus d'aplicació i objectius de guany, consum, soroll, linealitat, estabilitat, impedàncies, ample de banda.
CMEE6. Comprendre i aplicar solucions per al filtratge de senyals analògics i conversió a/des del domini digital, comprendre les limitacions associades a la seva implantació microelectrònica i seleccionar l'aproximació òptima en funció d'especificacions, resolució, freqüència.
CMEE7. Aplicar metodologies d'anàlisi i disseny de circuits analògics en entorns CAD de disseny microelectrònic.

Transversals:

CTMEE5. Tercera llengua. Conèixer una tercera llengua, preferentment l'anglès, amb un nivell adequat oral i escrit i d'acord amb les necessitats que tindran els titulats i les titulades.

METODOLOGIES DOCENTS

- Lectures
- Individual work (distance)
- Lab design exercises (analysis and simulation)
- Extended answer test (Final Exam)

OBJECTIUS D'APRENTATGE DE L'ASSIGNATURA

Objectius d'aprenentatge de l'assignatura:

L'objectiu d'aquesta assignatura és que l'estudiant sigui capaç de dissenyar circuits microelectrònics CMOS, implementant les solucions bàsiques de circuits per a l'adquisició i processament de senyal analògics (amplificació i filtrat). Es prestarà especial atenció a la comprensió de les no idealitats que limiten el rang dinàmic, la resolució, la precisió, la freqüència d'operació o el consum de potència dels circuits, els efectes de la variabilitat de fabricació i temporal, i com diferents solucions circuitals poden fer front a aquestes limitacions. Durant el curs es revisaran escenaris de disseny específics com ara baixa potència, baixa tensió o radiofreqüència. També es valorarà l'impacte de decisions de disseny des d'una perspectiva de sostenibilitat, i es presentaran tècniques per reduir aquest impacte. L'estudiant adquirirà habilitats per dissenyar aquests circuits en una tecnologia microelectrònica, i coneixerà els processos d'anàlisi i verificació de circuits analògics mitjançant eines CAD específiques per al disseny de CIs. Després d'aquest curs, l'estudiant estarà en condicions de seguir cursos especialitzats relacionats amb el disseny microelectrònic, centrats en aplicacions específiques (p. ex. comunicacions d'alta freqüència, condicionament de senyals, gestió d'energia...).

Resultats d'aprenentatge de l'assignatura:

- Conèixer i aplicar tècniques de disseny avançat en circuits analògics de tractament del senyal en tecnologia CMOS. Escenaris de baixa tensió d'alimentació, baix consum, alta freqüència.
- Conèixer solucions, circuitals i de disseny, per donar resposta a les limitacions dels circuits analògics lligades a la seva implementació CMOS, tals com soroll, distorsió, variabilitat de fabricació, variabilitat al llarg del temps.
- Conèixer les metodologies d'anàlisi i disseny de circuits analògics en entorns CAD de disseny microelectrònic.

HORES TOTALS DE DEDICACIÓ DE L'ESTUDIANTAT

Tipus	Hores	Percentatge
Hores grup gran	26,0	20.80
Hores aprenentatge autònom	86,0	68.80
Hores grup petit	13,0	10.40

Dedicació total: 125 h

CONTINGUTS

1.- Fonaments

Descripció:

- Models de transistor MOS per disseny microelectrònic. Comportaments de inversió forta a inversió feble. Eficiència energètica en funció del grau de inversió.
- Recordatori de circuits analògics bàsics: etapes sortidor comú, drenador comú, porta comuna, mirall de corrent. L'estructura cascode.

Dedicació: 12h 48m

Grup gran/Teoria: 4h

Aprenentatge autònom: 8h 48m

2.- Circuits de polarització

Descripció:

- Miralls de corrent cascode.
- Aspectes d'implementació: matching, dimensions dels transistors, tècniques de layout.
- Referències de tensió i de corrent. Bandgap.

Dedicació: 12h 48m

Grup gran/Teoria: 4h

Aprenentatge autònom: 8h 48m



3.- Amplificació a altes freqüències

Descripció:

- Limits in 1-stage amplifier.
- Narrowband amplification.
- Cascaded and distributed solutions.

Dedicació: 6h 24m

Grup gran/Teoria: 2h

Aprenentatge autònom: 4h 24m

4.- Amplificadors diferencials i OTAs

Descripció:

- Feedback: open-loop and closed-loop gain, bandwidth, linearity. Stability.
- Differential amplifiers. Common-mode feedback.
- Implementation issues: matching, transistor sizing, layout techniques
- 1-stage OTA solutions. Folded-cascode.
- 2-stage OTA with power-down.

Dedicació: 19h 20m

Grup gran/Teoria: 6h

Aprenentatge autònom: 13h 20m

5.- Circuits per a l'adquisició de senyal i processat analògic

Descripció:

- Amplificadors realimentats i filtres en el temps continu.
- Gm-C. Disseny en inversió feble per aplicacions de ultra-baix consum.
- Introducció a amplificadors i filtres amb capacitats commutades.
- Circuits mostrejadors. Limitacions.
- Comparadors.

Dedicació: 32h

Grup gran/Teoria: 10h

Aprenentatge autònom: 22h

6.- Projectes de disseny pràctic

Descripció:

The student will apply the concepts and skills learned in the course to the design of two circuits implemented in a CMOS microelectronic technology, using the Cadence Virtuoso IC design environment:

- An analog amplifier with large dynamic range, robust against noise and process, temperature and voltage variability.
- 2-stage OTA with power-down.

Dedicació: 41h 40m

Grup petit/Laboratori: 13h

Aprenentatge autònom: 28h 40m



SISTEMA DE QUALIFICACIÓ

Examen final: 45%

Pràctiques de laboratori: 30%

Exercicis per fer a casa o a classe: 25%

BIBLIOGRAFIA

Bàsica:

- Allen, P.E.; Holberg, D.R. CMOS analog circuit design. 3rd ed., int. ed. New York: Oxford University Press, 2012. ISBN 9780199937424.
- Gray, P.R. ... [et al.]. Analysis and design of analog integrated circuits. 5th ed. New York: John Wiley, 2010. ISBN 9780470398777.
- Razavi, B. Design of analog CMOS integrated circuits. 2nd ed. Boston: McGraw-Hill, 2017. ISBN 9781259255090.
- Carusone, T.C.; Johns, D.; Martin, K.W. Analog integrated circuit design. Int. stud. version. New York: John Wiley, 2013. ISBN 9781118092330.
- Sansen, Willy M. Analog design essentials [en línia]. New York, NY: Springer US, 2006 [Consulta: 27/03/2024]. Disponible a: <https://link-springer-com.recursos.biblioteca.upc.edu/book/10.1007/b135984>. ISBN 9780387257471.

Complementària:

- Baker, R.J. CMOS circuit design, layout, and simulation. 4th ed. Hoboken, NJ: IEEE Press : Wiley, 2019. ISBN 9781119481515.

RECURSOS

Altres recursos:

Course slides, exercises, and tutorials available through the Atenea virtual campus.