

FIȘA DISCIPLINEI

1. Date despre program

1.1 Instituția de învățământ superior	Universitatea Tehnică din Cluj-Napoca
1.2 Facultatea	Facultatea de Electronică, Telecomunicații și Tehnologia Informației
1.3 Departamentul	Bazele Electronicii
1.4 Domeniul de studii	Inginerie electronică, telecomunicații și tehnologii informaționale
1.5 Ciclul de studii	Licență
1.6 Programul de studii / Calificarea	Electronică Aplicată
1.7 Forma de învățământ	IF – învățământ cu frecvență
1.8 Codul disciplinei	55.10

2. Date despre disciplină

2.1 Denumirea disciplinei	Circuite Analogice de Înaltă Frecvență						
2.2 Aria de conținut	Arie teoretică Arie metodologică Arie de analiză						
2.3 Responsabil de curs	Conf. dr. ing. Marius Neag – Marius.Neag@bel.utcluj.ro						
2.4 Titularul activităților de seminar / laborator / proiect	Slr.dr.ing. Raul Onet – Raul.Onet@bel.utcluj.ro						
2.5 Anul de studiu	IV	2.6 Semestrul	2	2.7 Tipul de evaluare	Verificare parcurs	2.8 Regimul disciplinei	DS/DOP

3. Timpul total estimat

3.1 Număr de ore pe săptămână	4	din care: 3.2 curs	2	3.3 proiect / laborator	2
3.4 Total ore din planul de învățământ	56	din care: 3.5 curs	28	3.6 proiect / laborator	28
Distribuția fondului de timp					ore
Studiul după manual, suport de curs, bibliografie și notițe					3
Documentare suplimentară în bibliotecă, pe platformele electronice de specialitate și pe teren					0
Pregătire seminarii / laboratoare, teme, referate, portofolii și eseuri					14
Tutoriat					2
Examinări					3
Alte activități:					-
3.7 Total ore studiu individual	22				
3.8 Total ore pe semestru	78				
3.9 Numărul de credite	3				

4. Precondiții (acolo unde este cazul)

4.1 de curriculum	Circuite electronice fundamentale, Circuite integrate analogice, Sisteme cu circuite integrate analogice
4.2 de competențe	Modurile de operare, modelele standard și circuitele fundamentale cu tranzistoare MOS și bipolare;

	<p>Cunoașterea și înțelegerea modului de operare a blocurilor funcționale analogice de baza, cum sunt: etajele de amplificare cu unul sau doua tranzistoare, oglinzi de curent, referințe de tensiune și de curent, etaje de amplificatoare.</p> <p>Amplificatoare Operaționale (AO) și transconductoare liniare (cellule Gm): structura internă, limitări și parametri, aplicații liniare și neliniare;</p> <p>Noțiuni de baza de teoria semnalelor</p> <p>Noțiuni de baza de teoria circuitelor și de teoria semnalelor</p> <p>Utilizarea mediilor CAD la analiza și proiectarea circuitelor electronice analogice.</p>
--	---

5. Condiții (acolo unde este cazul)

5.1. de desfășurare a cursului	Amfiteatru, Cluj-Napoca
5.2. de desfășurare aseminarului/laboratorului / proiectului	Laborator, Cluj-Napoca

6. Competențele specifice acumulate

După parcurgerea disciplinei studenții vor cunoaște:

- Metode și măriimi specifice analizei circuitelor analogice de frecvență înaltă și/sau cu operare la tensiuni de alimentare reduse și cu consum redus
- Modele uzuale ale componentelor folosite în proiectarea circuitelor integrate de frecvență înaltă, inclusiv elementele parazite care le pot afecta funcționarea;
- Metode de dimensionare a tranzistoarelor MOS bazate pe calcule matematice și simulări iterative.
- Structurile tipice și metodologiile de proiectare pentru implementări CMOS și BiCMOS ale celulelor funcționale de baza pentru realizarea circuitelor liniare:
 - o AO pentru aplicații specifice, mai ales AO cu produs amplificare-banda de valoare mare (sute MHz, GHz) și/sau cu tensiuni de alimentare și consum de putere reduse.
 - o Transconductoare liniare pentru aplicații de înaltă frecvență
- Structuri tipice și metodologii de proiectare sistematică a principalelor blocuri pentru procesarea semnalului analogic la frecvențe înalte, cum sunt:
 - o Amplificatoare de zgomot redus și/sau cu câștig variabil.
 - o Filtre analogice de ordin superior realizate în tehnicile AO-RC, Gm-C, Gm-AO-C
- Principalele arhitecturi de receptoare radio integrate; probleme și soluții tipice în analiza și proiectarea receptorilor radio integrate
- Exemple de implementare integrată a blocurilor din calea de semnal a receptorilor integrate
- Principiul de operare și principalii parametri ai sintetizatoarelor de frecvență realizate cu circuite PLL

După parcurgerea disciplinei studenții vor putea:

- să analizeze și să proiecteze în tehnologii CMOS și BiCMOS celule și blocuri de baza cum sunt:
 - o AO pentru aplicații specifice (AO cu ieșiri asimetrice și diferențiale, cu tensiuni de alimentare și consum de putere reduse)
 - o Transconductoare de înaltă frecvență și liniaritate mare
 - o Filtre analogice realizate în tehnicile AO-RC, Gm-C și AO-Gm-C
 - o Amplificatoare de zgomot redus și/sau cu câștig variabil, realizate cu AO și/sau celule Gm
- să analizeze structuri de receptoare radio precum și principalele blocuri din calea de semnal; să înțeleagă și să interpreteze specificații și rezultate de simulare
- să analizeze la nivel de sistem sintetizatoare de frecvență realizate cu circuite PLL; să înțeleagă și să interpreteze specificații și rezultate de simulare și măsurători
- să înțeleagă și să interpreteze date de catalog precum și rezultate de simulare și măsurători a blocurilor funcționale analogice studiate

După parcurgerea disciplinei studenții vor fi capabili:

- să înțeleagă și să interpreteze date de catalog precum și rezultate de simulare și măsurători ale blocurilor funcționale analogice studiate
- să proiecteze și să implementeze bancuri de test pentru verificarea și caracterizarea circuitelor studiate prin simulări și măsurători de laborator; să efectueze simulări și experimente de laborator cu precizie și metodă, obținând date valide pe care să le prelucreze și interpreteze;
- să utilizeze aparatura de laborator (surse de alimentare, generatoare de semnal, analizoare spectrale, osciloscopuri digitale, multimetre) pentru a testa funcționalitatea și pentru a măsura parametrii caracteristici ale blocurilor și sistemelor studiate
- să utilizeze pachete de programe specifice proiectării de circuite analogice realizate cu componente discrete sau cu circuite integrate;
- să determine prin simulări și măsurători performanțele circuitelor și sistemelor studiate

Competențe transversale	<ul style="list-style-type: none"> - Deprinderea unor metodologii de abordare a proiectelor (înțelegerea specificațiilor, a obiectivelor și condițiilor de implementare, definirea și planificarea etapelor, alocarea resurselor și a timpului disponibil, evaluarea opțiunilor de proiectare din punct de vedere al efortului și riscurilor, etc.); - Utilizarea eficientă a surselor informaționale și a resurselor de comunicare și formare profesională asistată de calculator (internet, aplicații software de specialitate, baze de date, cursuri și seminarii online etc.) - Dezvoltarea deprinderilor de lucru independent, în proiecte definite individual
-------------------------	--

7. Obiectivele disciplinei (reieșind din grila competențelor specifice acumulate)

7.1 Obiectivul general al disciplinei	Dezvoltarea de competențe în domeniul analizei, proiectării, simulării și caracterizării circuitelor analogice de înaltă frecvență, cu aplicații în comunicații radio
7.2 Obiectivele specifice	<ol style="list-style-type: none"> 1. Asimilarea cunoștințelor teoretice privind analiza, modelarea, proiectarea și simularea circuitelor analogice de înaltă frecvență, utilizând programe specializate cum sunt: MatLab, Virtuoso (Cadence) 2. Obținerea deprinderilor și abilităților necesare pentru proiectarea circuitelor analogice de înaltă frecvență în vederea implementării integrate precum și caracterizarea acestora prin măsurători de laborator. 3. Deprinderea unor metodologii și tehnici de proiectare sistematică, care îmbină analiza matematică cu simulările iterative

8. Conținuturi

8.1 Curs	Metode de predare	Observații
Prezentare generală a disciplinei: obiective, cuprins, metodologie Particularități ale aplicațiilor integrate pentru frecvență înaltă și tensiuni de alimentare reduse. Modelarea componentelor integrate pentru aplicații de înaltă frecvență; dimensionarea tranzistoarelor MOS prin metode analitice și simulări iterative	Expunere, conversație euristica, exemplificare, problematizare, exercițiu didactic, studiul de caz, evaluare formativă	Se utilizează prezentări .ppt, video-proiector, tablă
Analiza principalelor topologii de Amplificatoare Operationale (AO) cu ieșire asimetrică, implementate în tehnologii CMOS și BiCMOS		
Proiectarea sistematică a AO cu ieșire asimetrică în tehnologii CMOS și BiCMOS		
Structuri tipice și metodologii de analiză și proiectare sistematică a transconductorilor (celulelor Gm) de înaltă frecvență și de mare liniaritate, cu ieșire asimetrică		
Transconductori și AO cu ieșiri diferențiale; circuite de control a nivelului de mod comun la ieșire		
Analiza principalelor topologii de AO pentru aplicații cu tensiuni de alimentare și consum de putere reduce		
Analiza și proiectarea amplificatoarelor cu câștig controlat realizate cu		

AO si/sau transconductori liniari		
Proiectarea filtrelor integrate de ordin superior și frecvență înaltă: metode de sinteza; integratoare și bicuazi realizați în tehnicile AO-RC, Gm-C, Gm-AO-C		
Zgomotul electric în circuite liniare: principalele tipuri de zgomot, modelare; analiza de zgomot a circuitelor liniare		
Amplificatoare de zgomot redus pentru aplicații de înaltă frecvență		
Analiza circuitelor PLL: mod de operare, caracteristica de transfer statica, analiza în domeniul s, principalii parametri.		
Sintetizoare de frecvență realizate cu circuite PLL: principiul de realizare și principalii parametri ai sintetizoarelor de tip Integer-N și Frac-N; exemple de implementare a principalelor blocuri funcționale din componenta lor: oscilatoare comandate în tensiune, detectoare de frecvență și faza, divizoare de frecvență, pompe de sarcină		
Introducere în analiza și proiectarea receptoarelor radio integrate: principiul de operare; parametri și mărimi specifice; analiza comparativă a principalelor arhitecturi de receptoare radio		
Exemple de implementare a principalelor blocuri funcționale din calea de semnal a unui receptor radio: amplificatoare de intrare de zgomot redus, mixere convertitoare de frecvență, filtre de canal, amplificatoare cu câștig controlat		
<p>Bibliografie</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Marius Neag, Sisteme cu Circuite Integrate Analogice, Editura Mediamira, 2008 2. M. Neag, I. Kovacs, Integer-N Frequency Synthesizers - An IC Designer's Guide, Editura UT Press Cluj-Napoca, 2022, ISBN 978-606-737-573-2 3. B. Razavi, RF Microelectronics, Editura Prentice Hall, 1998, (2011) 4. T. H. Lee - The Design of CMOS Radio-Frequency Integrated Circuits, Cambridge University Press, 2003 5. C. Nguyen - Radio-Frequency Integrated-Circuit Engineering, Editura John Wiley & Sons, 2015 6. P. R. Gray, R. G. Meyer - Circuite integrate analogice. Analiza și proiectare, Editura Tehnica, 1997; Analysis and Design of Analog Integrated Circuits, Editura John Wiley and Sons, 2003, 2009 7. D. Johns, K. Martin - Analog Integrated Circuit Design, Editura John Wiley & Sons, 8. B. Razavi - Design of CMOS Analog Integrated Circuits, McGraw-Hill, 2001 <p>Materiale didactice în format digital M. Neag, Circuite Analogice de Înaltă Frecvență, Note de curs și prezentări PowerPoint postate pe site</p> <p>Materiale didactice virtuale M. Neag - Pagina web a disciplinei de Circuite Analogice de Înaltă Frecvență (prezentări curs, lucrări de laborator), http://www.bel.utcluj.ro/ci/rom/caif/index.html</p>		
8.2 Seminar/laborator / proiect	Metode de predare	Observații
Lucrări de laborator	tu di da cți c, ex er citi	m on ta l e ex pe ri m

Caracteristicile de frecvență ale etajelor de amplificare realizate cu tranzistoare bipolare și MOS în circuite integrate; metode de îmbunătățire a răspunsului în frecvență a acestor amplificatoare		
Proiectarea sistematică a amplificatoarelor operaționale (AO) cu ieșire asimetrică și a transconductorilor liniari (celule Gm)		
Proiectarea sistematică a AO și celulelor Gm cu ieșire diferențială; circuite de control a modului comun.		
Analiza matematică și prin simulări a amplificatoarelor de zgomot redus cu câștig controlat realizate cu AO și celule Gm		
Analiza, dimensionarea și verificarea prin simulări a filtrelor analogice active de ordinul I și II implementate în tehnicile AO-RC și AO-Gm-C.		
Analiza la nivel de sistem și modelarea unui sintetizor de frecvență de tip Integer-N		
Analiza la nivel de sistem a receptoarelor radio; modelarea în Matlab a blocurilor funcționale din calea de semnal a unui receptor radio integrat pentru DAB		
Proiect		
Tema proiectului. Rolul și principalii parametri ai blocurilor funcționale din banda de bază a unui receptor radio cu arhitectura Zero-IF. Metodologia de proiectare și cerințele impuse pentru întocmirea documentației de proiect.		
Analiza topologiilor uzuale pentru filtrul de canal realizat în tehnica AO-RC; strategii de dimensionare a componentelor pasive. Proiectarea filtrului de canal folosind modele funcționale parametrizate pentru AO și celulele Gm; deducerea cerințelor minime care trebuie impuse AO și celulelor Gm		
Topologii uzuale pentru realizarea amplificatoarelor cu câștig controlat. Proiectarea amplificatorului cu câștig variabil cu AO și sau celule GM reprezentate de model funcțional parametrizat		
Proiectarea AO și/sau celulelor Gm necesare implementării filtrului de canal și a amplificatorului cu câștig controlat		
Finalizarea proiectării și verificarea filtrului de canal		
Finalizarea proiectării și verificarea amplificatorului cu câștig variabil. Verificarea și optimizarea întregului ansamblu proiectat: filtrul de canal + amplificatorul cu câștig variabil.		
Susținerea proiectului.		
Bibliografie		
Materiale didactice în format digital		

- M. Neag, Circuite Analogice de Înaltă Frecvență, Note de curs și prezentări PowerPoint postate pe site
2. M. Neag, R. Onet – Ghid de proiectare a filtrelor analogice și amplificatoarelor cu câștig variabil – Îndrumător de proiect postat pe site-ul disciplinei
3. Biblioteci de modele de componente corespunzând unor tehnologii moderne, CMOS 150nm și 180nm.

Materiale didactice virtuale

M. Neag - Pagina web a disciplinei de Circuite Analogice de Înaltă Frecvență (prezentări curs, lucrări de laborator), <http://www.bel.utcluj.ro/ci/rom/caif/index.html>

9. Coroborarea conținuturilor disciplinei cu așteptările reprezentanților comunității epistemice, asociațiilor profesionale și angajatorilor reprezentativi din domeniul aferent programului

Conținutul disciplinei și competențele dobândite corespund celor stabilite de cursuri similare organizate de universități de vârf din România și din străinătate; de asemenea, ele corespund standardelor impuse de asociațiile profesionale și agențiile guvernamentale de profil, precum și așteptărilor angajatorilor reprezentativi - companii care își desfășoară activitatea în domeniul proiectării, implementării și testării / caracterizării sistemelor bazate pe circuite integrate analogice sau care includ astfel de circuite.

10. Evaluare

Tip activitate	10.1 Criterii de evaluare	10.2 Metode de evaluare	10.3 Pondere din nota finală
10.4 Curs	Nivelul achiziției cunoștințelor teoretice și nivelul deprinderilor dobândite	- teste scrise și/sau orale care includ subiecte de teorie și rezolvarea unor probleme de analiză și/sau dimensionare a circuitelor studiate (T) - susținere față în față sau online	T, max 10 pct. 65%
10.5 Laborator/Proiect	Nivelul abilităților dobândite	- Teme de casă evaluate periodic - Test de verificare finală a completării lucrărilor de laborator și a temelor de casă (L) - Proiect individual (P) = tema comună dar specificații diferite de la un student la altul. - susținere față în față sau online	- L, admis/respins - P, max. 10 pct 35%
10.6 Standard minim de performanță			
<ul style="list-style-type: none"> • Participarea la toate cursurile • Participarea activă la toate lucrările de laborator și la toate orele de proiect, realizarea sarcinilor 			

trasate in cadrul fiecărei lucrări de laborator + rezolvarea integrala si corecta a temelor de casa

- Obținerea a cel puțin jumătate din punctajul maxim acordat fiecărui test de verificare în parte (partea fundamentala a subiectului de teorie + relațiile de baza necesare pentru rezolvarea problemelor de analiza si dimensionare a circuitelor + demonstrarea unor abilitați minime de rezolvarea problemelor)
- Promovarea testului de verificare finala a completării lucrărilor de laborator si a temelor de casa (L)
- Obținerea a cel puțin jumătate din punctajul maxim acordat proiectului: scheme electrice complete; punct static de operare stabil și apropiat de valorile cerute/corecte; valorile obținute pentru principalii parametri (eg. câștig, banda, atenuare) cu cel mult 20% diferite de cele specificate
- Daca toate condițiile de mai sus sunt îndeplinite, adică: L=promovat si $T \geq 5$ si $P \geq 5$ atunci se calculează nota finala astfel:

$$\text{Nota} = 0,65T + 0,35 P$$

Data completării:	Titulari	Titlu Prenume NUME	Semnătura
12.09.2022	Curs	Conf.dr.ing. Marius Neag	
	Aplicații	Slr.dr.ing. Raul Oneț	

Data avizării în Consiliul Departamentului Bazele Electronicii	Director Departament Bazele Electronicii
15.09.2022	Prof.dr.ing. Sorin Hintea
Data aprobării în Consiliul Facultății de Electronică, Telecomunicații și Tehnologia Informației	Decan
21.09.2022	Prof.dr.ing. Ovidiu Pop