

## 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	Microelectronică, Optoelectronică și Nanotehnologii
1.7 Forma de învățământ	IF – învățământ cu frecvență
1.8 Codul disciplinei	56.10

### 2. Date despre disciplină

2.1 Denumirea disciplinei	Circuite pentru sisteme de comunicații cu și fără fir						
2.2 Aria de conținut	Arie teoretică Arie metodologică Arie de analiză						
2.3 Responsabil de curs	Conf. dr. ing. Marius Neag – <a href="mailto:Marius.Neag@bel.utcluj.ro">Marius.Neag@bel.utcluj.ro</a>						
2.4 Titularul activităților de seminar / laborator / proiect	Slr.dr.ing. Raul Oneț – <a href="mailto:Raul.Onet@bel.utcluj.ro">Raul.Onet@bel.utcluj.ro</a>						
2.5 Anul de studiu	IV	2.6 Semestrul	2	2.7 Tipul de evaluare	V	2.8 Regimul disciplinei	DS/DO

### 3. Timpul total estimat

3.1 Număr de ore pe săptămână	5	din care: 3.2 curs	2	3.3 seminar / laborator	3
3.4 Total ore din planul de învățământ	70	din care: 3.5 curs	28	3.6 seminar / laborator	42
Distribuția fondului de timp					ore
Studiul după manual, suport de curs, bibliografie și notițe					14
Documentare suplimentară în bibliotecă, pe platformele electronice de specialitate și pe teren					4
Pregătire seminarii / laboratoare, teme, referate, portofolii și eseuri					28
Tutoriat					4
Examinări					5
Alte activități: .....					-
3.7 Total ore studiu individual	55				
3.8 Total ore pe semestru	125				
3.9 Numărul de credite	5				

### 4. Precondiții (acolo unde este cazul)

4.1 de curriculum	Circuite electronice fundamentale, Bazele tehnologice ale microelectronicii, Circuite integrate analogice, Sisteme cu Circuite Integrate Analogice
4.2 de competențe	Analiza și proiectarea circuitelor fundamentale cu tranzistoare MOS și bipolare: cunoașterea soluțiilor standard de implementare și înțelegerea modului de operare a blocurilor funcționale analogice de bază, cum sunt: etajele de

	<p>amplificare cu unul sau două tranzistoare, oglinzi de curent, referințe de tensiune și de curent, amplificatoare cu unul și mai multe tranzistoare</p> <p>Amplificatoare Operaționale (AO): structura internă, limitări și parametri, compensare în frecvență, aplicații standard cu AO, liniare și neliniare</p> <p>Transconductoare liniare: structura internă, limitări și parametri, aplicații</p> <p>Noțiuni fundamentale de teoria circuitelor și de teoria semnalelor</p> <p>Utilizarea mediilor CAD la analiza și proiectarea circuitelor electronice</p>
--	--

### 5. Condiții (acolo unde este cazul)

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

### 6. Competențele specifice acumulate

Competențe profesionale	<p>După parcurgerea disciplinei studenții vor cunoaște:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Principiul de funcționare și parametrii sintetizoarelor de frecvență realizate cu circuite PLL</li> <li>- Soluții clasice de implementare și metodologii de proiectare sistematică a principalelor blocuri funcționale din componența sintetizoarelor de frecvență realizate cu circuite PLL, cum sunt: <ul style="list-style-type: none"> <li>o Oscilatoare comandate în tensiune; Divizoare de frecvență de mare viteză;</li> <li>o Comparatoare de fază și frecvență; pompe de sarcină</li> </ul> </li> <li>- Principiul de funcționare și cerințele de proiectare tipice ale transceiver-elor pentru comunicații seriale de mare viteză; Metodele de implementare ale sistemelor CDR (Clock and Data Recovery)</li> <li>- Soluții clasice de implementare și metodologii de proiectare a principalelor blocuri funcționale ale transceiver-elor pentru comunicații seriale de mare viteză; exemple de proiectare a transceiver-elor integrate pentru sisteme de comunicații seriale de tip USB.</li> <li>- Noțiuni fundamentale, metode și mărimi specifice analizei circuitelor de radio frecvență (RF)</li> <li>- Arhitecturi de receptoare integrate: caracteristici, metode de modelare și determinare a performanțelor; derivarea specificațiilor blocurilor funcționale din calea de semnal.</li> <li>- Structuri tipice și metodologii de proiectare sistematică a principalelor blocuri funcționale din calea de semnal a receptoarelor radio integrate, cum sunt: <ul style="list-style-type: none"> <li>o Amplificatoare de zgomot redus; Mixere convertoare de frecvență</li> <li>o Filtre de canal, reale și polifazice, realizate în tehnicile AO-RC, Gm-C, Gm-AO-C</li> <li>o Amplificatoare cu câștig variabil/programabil</li> </ul> </li> </ul>
-------------------------	---

Competențe profesionale	<p>După parcurgerea disciplinei studenții vor putea:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– să analizeze la nivel de sistem sintetizoare de frecvență realizate cu circuite PLL;</li> <li>– să analizeze și să proiecteze în tehnologii CMOS și BiCMOS principalele blocuri funcționale din componența sintetizoarelor de frecvență cum sunt: oscilatoare controlate în tensiune, pompe de sarcina, divizoare de frecvență, comparatoare de fază și frecvență, filtre de buclă</li> <li>– să analizeze la nivel de sistem transceiver-e pentru comunicații seriale de mare viteză;</li> <li>– să analizeze și să proiecteze în tehnologii CMOS și BiCMOS principalele blocuri funcționale analogice din componența transceiver-elor pentru comunicații seriale de mare viteză cum sunt: receptoare și transmițătoare, egalizoare de impulsuri, generatoare de ceas cu ieșiri multifazice.</li> <li>– să analizeze arhitectura unui receptor radio; să înțeleagă și să interpreteze specificații și rezultate de simulare; să deducă principalii parametri ai receptorului;</li> <li>– să analizeze și să proiecteze în tehnologii CMOS și BiCMOS blocuri funcționale din calea de semnal a receptoarelor radio integrate cum sunt amplificatoarele de zgomot redus, mixerele, filtrele de canal, amplificatoarele cu câștig variabil/programabil</li> <li>– să interpreteze date de catalog precum și rezultate de simulare și măsurători ale blocurilor funcționale analogice studiate</li> <li>– să proiecteze și să realizeze circuite pentru testarea și caracterizarea blocurilor funcționale și sistemelor studiate, prin simulări sau experimente de laborator</li> <li>– să folosească circuite integrate specializate (Application-Specific Integrated Circuits - ASIC) care realizează funcțiile descrise mai sus și să proiecteze sisteme cu astfel de circuite</li> </ul> <p>După parcurgerea disciplinei studenții vor fi capabili:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– 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;</li> <li>– să utilizeze aparatura de laborator (surse de alimentare, generatoare de semnal, analizoare spectrale, osciloscoape digitale, multimetre) pentru a testa funcționalitatea și pentru a măsura parametrii caracteristici ai blocurilor și sistemelor studiate</li> <li>– să utilizeze programe specifice analizei și proiectării la nivel de sistem a secțiunilor analogice din transceivere studiate: de la Level plan la modele Matlab și Simulink;</li> <li>– să utilizeze pachete de programe specifice proiectării circuitelor pentru comunicații seriale de mare viteză sau comunicații radio, cum sunt CppSim și SpectreRF.</li> </ul>
Competențe transversale	<ul style="list-style-type: none"> <li>– Deprinderea unor metodologii de analiză și proiectare a principalelor circuite necesare implementării sistemelor de comunicații cu și fără fir: înțelegerea specificațiilor, a obiectivelor și condițiilor de implementare, analiza comparativă a variantelor de implementare, elaborarea de modele pentru ne-idealități / limitări inerente circuitelor electronice.</li> <li>– Deprinderi de utilizare a aparaturii de laborator (surse de alimentare, generatoare de semnal, analizoare spectrale, osciloscoape digitale, multimetre) pentru a testa funcționalitatea și pentru a măsura parametrii caracteristici ai circuitelor studiate</li> <li>– 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 dpdv al efortului și riscurilor, etc.;</li> <li>– 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.)</li> <li>– Dezvoltarea deprinderilor de lucru independent, în proiecte definite individual</li> </ul>

## 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 sintetizoarelor de frecvență și a transceiver-elor pentru comunicații cu și fără fir, de la nivel de sistem până la implementarea la nivel de circuit a principalelor blocuri funcționale.
7.2 Obiectivele specifice	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Asimilarea cunoștințelor teoretice necesare analizei, modelării, proiectării și simulării sintetizoarelor de frecvență și a transceiver-elor pentru comunicații seriale și radio, la nivel de sistem și de bloc funcțional</li> <li>2. Deprinderea abilităților necesare pentru analiza și proiectarea circuitelor analogice de radio frecvență utilizând programe specializate cum este SpectreRF (din pachetul Virtuoso al companiei Cadence)</li> <li>3. Deprinderea unor metodologii și tehnici de proiectare sistematică, care îmbină analiza analitică cu simulările, în vederea implementării integrate precum și caracterizarea acestora prin măsurători de laborator.</li> </ol>

## 8. Conținuturi

8.1 Curs	Metode de predare	Observații
Prezentare generală a disciplinei: obiective, cuprins, metodologie. Sintetizoare de frecvență integrate bazate pe circuite PLL: principiu de funcționare, probleme de proiectare specifice; soluții tipice de implementare la nivel de sistem	Expunere, conversație euristica, exemplificare, problematizare, exercițiu didactic, studii de caz, evaluare formativă	Se utilizează prezentări PowerPoint, videoproiector, tablă
Proiectarea sintetizoarelor de frecvență de tip „Integer-N” la nivel de sistem: cerințe de proiectare tipice; probleme de proiectare specifice; metodologie de proiectare la nivel de sistem		
Implementarea blocurilor de înaltă frecvență din componența sintetizoarelor de frecvență: oscilatoare comandate în tensiune de tip LC și în inel; prescalere		
Implementarea altor blocuri funcționale din componența sintetizoarelor de frecvență: divizorul de buclă programabil, filtru de buclă, pompa de sarcină; comparatoare de fază și frecvență		
Exemplu de implementare a unui sintetizor de frecvență pentru aplicații în domeniul GHz.		
Sisteme de comunicații seriale de mare viteză: principiu de funcționare; parametrii principali; cerințe de proiectare tipice; exemple de topologii CDR (Clock-and-Data Recovery)		
Implementarea blocurilor funcționale din componența transceiverelor pentru comunicații seriale de mare viteză: egalizoare de impulsuri; interfețe analogice Rx și Tx		
Exemplu de implementare a unui transceiver pentru comunicații seriale		
Noțiuni fundamentale, metode și mărimi specifice analizei circuitelor de radio frecvență (RF); Principiul de funcționare și arhitecturi fundamentale de receptoare radio; parametrii principali și cerințe de proiectare tipice		
Analiza la nivel de sistem a receptoarelor radio; Efectul cumulativ al zgomotului și neliniarității blocurilor din calea de semnal a unui receptor radio; Distribuția câștigului și selectivității într-un receptor integrat. Deducerea parametrilor blocurilor funcționale din cerințele impuse întregului receptor.		

Implementarea blocurilor funcționale de radio-frecvență (RF) din componenta receptoarelor radio: Amplificatoare de zgomot redus (LNA) și mixere convertoare de frecvență: rol funcțional, parametri, principalele probleme de proiectare, exemple de soluții tipice de implementare la nivel de circuit		
Implementarea blocurilor funcționale din banda de bază a receptoarelor radio: filtre selectoare de canal, filtre complexe pentru rejectia frecvenței imagine, amplificatoare cu câștig controlat; indicatoare ale puterii semnalului (circuite RSSI)		
Transmițătoare radio integrate: arhitecturi; structuri tipice de amplificatoare de putere		
Exemplu de implementare a unui transceiver radio integrat		
<p><b>Bibliografie</b></p> <p><b>Cărți</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. M. Neag, I. Kovacs, Integer-N Frequency Synthesizers - An IC Designer's Guide, Editura UTPress Cluj-Napoca, 2022, ISBN 978-606-737-573-2</li> <li>2. M. Neag, Sisteme cu Circuite Integrate Analogice, Editura Mediamira, 2008</li> <li>3. V. Manassewitsch, Frequency Synthesizers: Theory and Design, 3rd Edition, Wiley-Interscience, 2005</li> <li>4. B. Razavi, RF Microelectronics, Editura Prentice Hall, 1998, (2011), ISBN: 0138875715.</li> <li>5. T. H. Lee, The Design of CMOS Radio-Frequency Integrated Circuits, Cambridge University Press, 2nd Edition, 2004</li> <li>6. W. Sansen, Analog Design Essentials, Editura Springer, 2006, ISBN: 978-0387257464.</li> <li>7. B. P. Lathi, Zhi Ding, Modern Digital and Analog Communication Systems, The Oxford Series în Electrical and Computer Engineering, 4th Edition, 2009</li> <li>8. M. Steyaert, A.H.M. van Roermund, H. Casier (Editori) - Analog Circuit Design: High-speed Clock and Data Recovery, High-performance Amplifiers, Power Management, Springer 2009</li> </ol> <p><b>Materiale didactice în format digital</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. M. Neag, R. Oneț - Circuite Integrate pentru Sisteme de Comunicații, Note de curs și prezentări PowerPoint postate pe site-ul disciplinei</li> <li>2. R. Oneț, M. Neag - Circuite Integrate pentru Sisteme de Comunicații, Îndrumător de laborator postat pe site-ul disciplinei</li> <li>3. M. Neag, I. Kovacs, Raul Oneț - Ghid de proiectare a sintetizoarelor de frecvență – Îndrumător de proiect postat pe site-ul disciplinei</li> <li>4. Acces la mediul de proiectare circuite integrate Virtuoso Cadence și la biblioteci de modele de componente corespunzând unor tehnologii moderne, CMOS 130nm, 90nm și 65nm.</li> </ol> <p><b>Materiale didactice virtuale</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. M. Neag, R. Oneț - Pagina web a disciplinei de Circuite pentru Sisteme de Comunicații (prezentări curs, lucrări de laborator)</li> </ol>		
<b>8.2.1 Laborator</b>	<b>Metode de predare</b>	<b>Observații</b>
Introducere în tematica și modul de organizare al laboratorului. Recapitularea cunoștințelor de baza privind analiza și caracterizarea circuitelor electronice	Demonstrația și experimentul didactic, exercițiul didactic, lucrul în echipă, evaluare	Se utilizează aparatura de laborator, montaje
Analiza și proiectarea oscilatoarelor comandate în tensiune folosind SpectreRF		
Analiza și proiectarea divizoarelor de frecvență de mare viteză (prescalere) implementate în tehnicile CML și ETSPC		
Analiza și proiectarea egalizoarelor de impulsuri din componența receptoarelor transceiver-elor pentru comunicații seriale		

Analiza și proiectarea la nivel de sistem a unui receptor radio folosind instrumente de tip "Level Plan"		
Analiza și proiectarea amplificatoarelor de zgomot redus pentru receptoare radio		
Analiza și proiectarea amplificatoarelor de putere pentru transmițătoare radio		
8.2.2 Proiect	Metode de predare	Observații
Tema proiectului: specificații de proiectare și cerințe privind întocmirea documentației de proiect. Metodologia de proiectare.	Expunere, conversație euristica, exemplificare, problematizare, exercițiu didactic, studiul de caz, evaluare formativă, demonstrația și experimentul didactic, exercițiul didactic, lucrul în echipă	Se utilizează prezentări PowerPoint, videoproiector, tablă, aparatura de laborator, montaje experimentale, calculator, tablă magnetică.
Programe CAD folosite la proiectarea la nivel de sistem a sintetizoarelor de frecvență bazate pe circuite PLL: PLL Design Assistant, Sue2 + CppSim		
Proiectarea la nivel de sistem a sintetizorului de frecvență - semnal mic. Optimizarea benzii buclei pentru minimizarea zgomotului de fază și asigurarea stabilității		
Proiectarea la nivel de sistem a sintetizorului de frecvență - semnal mare. Optimizarea sistemului pentru atingerea cerințelor de proiectare privitoare la timpul de calare și rejecția frecvenței de referință		
Proiectarea la nivel de sistem a sintetizorului de frecvență: determinarea cerințelor de proiectare pentru blocurile funcționale constitutive		
Analiza opțiunilor de implementare la nivel de circuit a blocurilor funcționale din componenta sintetizorului de frecvență.		
Implementarea la nivel de circuit a sintetizorului de frecvență: oscilatorul comandat în tensiune		
Implementarea la nivel de circuit a sintetizorului de frecvență: divizoare de frecvență de mare viteză, în tehnicile CM și ETSPC		
Implementarea la nivel de circuit a sintetizorului de frecvență: filtrul de buclă, detectorul de fază și frecvență și pompa de sarcină		
Optimizarea sintetizorului proiectat în scopul reducerii consumului de putere și a zgomotului de fază.		
Actualizarea modelului sintetizorului și analiza diferențelor dintre performanțele obținute prin simularea circuitului și cele estimate de model		
Finalizarea proiectării și verificarea întregului sistem folosind Spectre-RF		
Întocmirea documentației de proiect		
Prezentarea și evaluarea proiectului		
<p><b>Bibliografie</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. M. Neag, I. Kovacs, Integer-N Frequency Synthesizers - An IC Designer's Guide, Editura UTPress Cluj-Napoca, 2022, ISBN 978-606-737-573-2</li> <li>2. R. Oneț, M. Neag - Circuite Integrate pentru Sisteme de Comunicații, Îndrumător de laborator postat pe site-ul disciplinei</li> <li>3. M. Neag, I. Kovacs, Raul Oneț - Ghid de proiectare a sintetizoarelor de frecvență – Îndrumător de proiect postat pe site-ul disciplinei</li> <li>4. Acces la mediul de proiectare circuite integrate Virtuoso Cadence și la biblioteci de modele de componente corespunzând unor tehnologii moderne, CMOS 130nm, 90nm și 65nm.</li> </ol>		

## 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 circuitelor și sistemelor de comunicații cu și fără fir.

## 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	Examen (E) scris si/sau oral On-site sau on-line Subiecte de teorie + rezolvarea unor probleme de analiza de circuit sau/și sistem	E, max 10 pct. 60%
11. Aplicații (Proiect și Laborator)	Nivelul abilităților dobândite	Proiect (P) Proiect individual (tema generală comună dar cerințe de proiectare diferite de la un student la altul)  Test de verificare a abilităților dobândite la laborator și a completării temelor de casă (T)	P, max. 10 pct 40%  T, admis/respins
10.6 Standard minim de performanță			
<ul style="list-style-type: none"> <li>Participarea la toate cursurile sau recuperarea prin studiu individual al cursurilor absente</li> <li>Participarea activa la toate lucrările de laborator și de proiect, cu realizarea sarcinilor trasate în cadrul fiecărei lucrări + rezolvarea integrală și corectă a temelor de casă.</li> <li>Promovarea testului de verificare finala a abilităților dobândite la laborator și a completării temelor de casă (T)</li> <li>Obținerea unui punctaj de cel puțin 5 (din zece) atât la examen (E) cât și la proiect (P) <math>T = \text{promovat}^*</math> și <math>E \geq 5^{**}</math> și <math>P \geq 5^{***}</math></li> </ul> <p>- T=promovat* înseamnă obținerea a cel puțin jumătate din punctajul maxim acordat testului de verificare finala a abilităților dobândite la laborator și a completării temelor de casă (T)</p> <p>- <math>E \geq 5^{**}</math> înseamnă obținerea a cel puțin jumătate din punctajul maxim acordat fiecărei secțiuni a examenului: partea fundamentală a subiectului de teorie + relațiile de baza necesare pentru rezolvarea problemelor de analiza și dimensionare a circuitelor + abilitați minime de rezolvarea problemelor</p> <p>- <math>P \geq 5^{***}</math> înseamnă 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 cu cel mult 20% diferite de cele specificate</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Daca toate condițiile de mai sus sunt îndeplinite se calculează nota finala astfel: <math>\text{Nota} = 0,6 * E + 0,4 * P</math></li> </ul>			

<b>Data completării:</b>	<b>Titulari</b>	<b>Titlu Prenume NUME</b>	<b>Semnătura</b>
09.09.2022	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