

## 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                 | 30.00  |

### 2. Date despre disciplină

|  |   |               |    |                       |        |                         |         |
|--|---|---------------|----|-----------------------|--------|-------------------------|---------|
| 2.1 Denumirea disciplinei                                    |   |               |    |                       |        |                         |         |
| 2.2 Aria de conținut   | Arie teoretică<br>Arie metodologică<br>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 Onet – <a href="mailto:Raul.Onet@bel.utcluj.ro">Raul.Onet@bel.utcluj.ro</a>          |               |    |                       |        |                         |         |
| 2.5 Anul de studiu   | III   | 2.6 Semestrul | 1. | 2.7 Tipul de evaluare | Examen | 2.8 Regimul disciplinei | DID/DOB |

### 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                                    |     |                    |    |                         | 15  |
| Documentare suplimentară în bibliotecă, pe platformele electronice de specialitate și pe teren |     |                    |    |                         | 5   |
| Pregătire seminarii / laboratoare, teme, referate, portofolii și eseuri                        |     |                    |    |                         | 28  |
| Tutoriat   |     |                    |    |                         | 2   |
| 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, Circuite integrate analogice   |
| 4.2 de competențe | Modurile de operare și modelele standard și circuitele fundamentale cu tranzistoare MOS și bipolare;<br>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, amplificatoare cu unul și mai multe tranzistoare, structuri clasice de amplificatoare operaționale<br>Noțiuni de baza de teoria circuitelor și de teoria semnalelor<br>Utilizarea mediilor CAD la analiza și proiectarea circuitelor electronice |
|--|---|

**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, Sala de Proiect, Cluj-Napoca |

**6. Competențele specifice acumulate**

|                         |   |
|-------------------------|---|
| Competențe profesionale | <p>După parcurgerea disciplinei studenții vor cunoaște:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Aspectele specifice analizei și proiectării sistemelor analogice realizate cu componente discrete și circuite integrate analogice; modelele uzuale ale componentelor discrete și integrate folosite în proiectarea sistemelor analogice; metodologii de analiză și de dimensionare a acestor sisteme.</li> <li>- Principiul de funcționare, implementări, principalele neidealități și modelele uzuale ale Amplificatoarelor Operaționale (AO), ale AO cu reacție de curent (CFB-OA) și ale transconductoarelor liniare (celule Gm) precum și parametrii asociați acestora</li> <li>- Mărimi și metode specifice analizei zgomotului în circuite electrice</li> <li>- Arhitecturi și implementări tipice, precum și metode de analiză și proiectare a circuitelor liniare și neliniare de uz curent realizate cu AO și celule Gm: referințe și regulatoare liniare de tensiune, amplificatoare cu câștig programabil, amplificatoare de instrumentație, filtre analogice, comparatoare de tensiune, generatoare de semnal, redresoare de precizie, detectoare de vârf, circuite de eșantionare (sample&amp;hold), circuite de multiplicare/divizare,</li> <li>- Principiul de funcționare și parametri sintetizoarelor de frecvență realizate cu circuite PLL</li> </ul> <p>După parcurgerea disciplinei studenții vor putea:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- să înțeleagă și să interpreteze date de catalog precum și rezultate de simulare și măsurători ale blocurilor funcționale analogice studiate</li> <li>- să analizeze și să proiecteze circuite liniare și neliniare realizate cu AO și celule Gm cum sunt: <ul style="list-style-type: none"> <li>o Referințe și regulatoare liniare de tensiune</li> <li>o Amplificatoare de precizie, cu câștig controlat și de instrumentație</li> <li>o Filtre analogice active de ordinul I și II cu operare în timp continuu</li> <li>o Redresoare de precizie, detectoare de vârf, circuite de eșantionare (sample&amp;hold),</li> <li>o Comparatoare de tensiune, generatoare de semnal și oscilatoare armonice</li> <li>o Circuite de multiplicare și/sau divizare</li> </ul> </li> <li>- să analizeze, 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> <li>- să analizeze circuite liniare din punct de vedere al zgomotului electric</li> <li>- să analizeze la nivel de sistem receptoare radio și sintetizoare de frecvență bazate pe circuite PLL</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 blocurilor și sistemelor studiate</li> <li>- să utilizeze eficient pachete de programe de proiectare asistată de calculator (CAD) specifice pentru a analiza, proiecta și verifica circuite și sisteme analogice;</li> <li>- să determine prin simulări și măsurători performanțele circuitelor și sistemelor studiate</li> </ul> |
| Competențe transversale | <ul style="list-style-type: none"> <li>- Deprinderea unor metodologii de analiză și proiectare a sistemelor cu circuite integrate: înțelegerea specificațiilor, a obiectivelor și condițiilor de implementare, analiza comparativă a variantelor de implementare, elaborarea de modele pentru ne-idealități/limitări inerente CI.</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> </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 circuitelor și sistemelor analogice de uz general realizate cu AO, transconductoare liniare (celule Gm) și circuite integrate specializate   |
| 7.2 Obiectivele specifice             | <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Asimilarea cunoștințelor teoretice privind analiza, modelarea și caracterizarea circuitelor și sistemelor analogice</li> <li>2. Obținerea deprinderilor și abilităților necesare pentru analiza și proiectarea circuitelor și sistemelor analogice de uz general, precum și pentru caracterizarea acestora prin simulări și măsurători de laborator.</li> <li>3. Deprinderea unor metodologii și tehnici de analiza și proiectare sistematică, care îmbină analiza matematică cu utilizarea programelor CAD și a experimentelor de laborator</li> </ol> |

## 8. Conținuturi

| 8.1 Curs  | Metode de predare  | Observații  |
|---|--|---|
| Prezentare generală a disciplinei: obiective, cuprins, metodologie.<br>Amplificatorul operațional cu mod de lucru în tensiune (AO): principiul de operare, limitări statice – parametri asociați, modelare, efect asupra amplificatoarelor și integratoarelor cu AO | Expunere, conversație euristica, exemplificare, problematizare, exercițiu didactic, studiul de caz, evaluare formativă | Se utilizează prezentări PowerPoint, video-proiector, tablă |
| Amplificatorul operațional cu mod de lucru în tensiune (AO): limitări în funcționarea la semnal mic și la semnal mare. Parametri asociați, modelare, efect asupra circuitelor uzuale implementate cu AO.  |  |   |
| Zgomotul electric în circuite liniare: principalele tipuri de zgomot; metode de modelare; analiza de zgomot a circuitelor analogice   |  |   |
| Transconductoarele liniare (celule Gm): ecuație funcțională; limitări, parametri și modele; exemple de structuri interne; aplicații   |  |   |
| Referințe și regulatoare liniare de tensiune: referințe cu diode Zener (DZ) și de tip bandgap; regulatoare de tensiune cu element regulator serie NPN/NMOS și PNP/PMOS.   |  |   |
| Filtre analogice cu operare în timp continuu: metode de sinteză a filtrelor active; implementarea filtrelor de ordinul I și II în tehnicile AO-RC, Gm-C și AO-Gm-C.   |  |   |
| Amplificatoare cu câștig controlat realizate cu AO și transconductoare liniare  |  |   |
| Amplificatoare de precizie și de instrumentație   |  |   |
| Circuite cu caracteristică de transfer neliniară: redresoare de precizie, detectoare de vârf, circuite sample-and-hold  |  |   |
| Oscilatoare armonice  |  |   |
| Comparatoare integrate și aplicații   |  |   |
| Generatoare de semnal bazate pe circuite bistabile și pe oscilatoare armonice   |  |   |
| Multiplicatoare și divizoare analogice  |  |   |
| Sintetizoare de frecvență bazate pe circuite PLL: principiul de funcționare, exemple de implementare a oscilatorului comandat în tensiune   |  |   |
| Bibliografie<br>Cărți<br>1. Marius Neag, Sisteme cu Circuite Integrate Analogice, Editura Mediamira, 2008   |  |   |

2. M. Neag, C. Pleșa, M. Purcar, Circuite integrate pentru managementul puterii proiectate cu simulatoare electro-termice, Editura UTPress Cluj-Napoca, 2022, ISBN 978-606-737-574-9
3. M. Neag, I. Kovacs, Integer-N Frequency Synthesizers - An IC Designer's Guide, Editura UTPress Cluj-Napoca, 2022, ISBN 978-606-737-573-2
4. 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
5. M. Ciugudean, T. Muresan, H. Carstea, M. Tanase - Electronica Aplicata cu circuite integrate analogice, Ed. de Vest, 1991
6. S. Franco – Design with Operational Amplifiers and Analog Integrated Circuits, Editura McGraw-Hill, 1998, 2001, 2014
7. W. Jung (Ed.) - Op Amp Applications Handbook, Editura Springer, 2005
8. D. Johns, K. Martin - Analog Integrated Circuit Design, Editura John Wiley & Sons, 1997
9. B. Razavi - Design of CMOS Analog Integrated Circuits, Editura McGraw-Hill, 2001

Materiale didactice în format digital

M. Neag - Sisteme cu Circuite Integrate Analogice, Note de curs și prezentări PowerPoint postate pe site-ul disciplinei

Materiale didactice virtuale

M. Neag - Pagina web a disciplinei de Sisteme cu Circuite Integrate Analogice (prezentări curs, materiale pentru lucrările de laborator)

| 8.2.1 Laborator  | Metode de predare  | Observații   |
|--|--|--|
| Introducere în tematica și modul de organizare al laboratorului. Recapitularea cunoștințelor de baza privind analiza și caracterizarea circuitelor electronice analogice                       | Demonstrația și experimentul didactic, exercițiul didactic, lucrul în echipă, evaluare formativă | Se utilizează aparatura de laborator, montaje experimentale, calculator, tablă |
| Limitări statice și dinamice ale AO și determinarea parametrilor asociați lor  |  |  |
| Zgomotul electric în circuite liniare  |  |  |
| Efectele neidealităților AO în circuite liniare; metode de minimizare și compensarea a acestor efecte  |  |  |
| Transconductoare liniare   |  |  |
| Referințe și regulatoare liniare de tensiune: referințe cu diode Zener și de tip bandgap; regulatoare de tensiune cu element regulator serie; regulatoare de tensiune de tip LDO (low-dropout) |  |  |
| Filtre analogice active de ordinul I și II implementate în tehnica AO-RC, AO-Gm-C și Gm-C  |  |  |
| Amplificatoare cu câștig controlat și amplificatoare de precizie   |  |  |
| Amplificatoare de instrumentație   |  |  |
| Circuite cu caracteristică de transfer neliniară: redresoare de precizie, detectoare de vârf, amplificatoare sample-and-hold   |  |  |
| Comparatoare de tensiune implementate cu AO de uz general și cu comparatoare integrate specializate  |  |  |
| Generatoare de semnal bazate pe circuite bistabile și pe oscilatoare armonice  |  |  |
| Multiplicatoare analogice  |  |  |

|  |   |   |
|--|---|---|
| Oscilatoare controlate în tensiune pentru sintetizoare de frecvență implementate cu circuite PLL   |   |   |
| 8.2.2 Proiect  | Metode de predare   | Observații  |
| Tema proiectului. Rolul și principalii parametri ai blocurilor funcționale din componenta unei interfețe analogice pentru senzori. Metodologia de proiectare și cerințele impuse pentru întocmirea documentației de proiect. Planul de implementare.   | Rezolvare de probleme de dimensionare și de proiectare a sistemelor cu circuite integrate, evaluare formativă. Demonstrația și experimentul didactic, exercițiul didactic, lucrul în echipă | Se utilizează prezentări PowerPoint, videoproiector, aparatura de laborator, montaje experimentale, calculator, tablă |
| Principalele neidealități ale AO și parametrii asociați lor. Efectul acestora asupra amplificatoarelor tensiune-tensiune și curent-tensiune cu un etaj realizate cu AO.  |   |   |
| Metode de minimizare/compensarea efectului neidealităților AO asupra circuitelor liniare bazate pe AO.   |   |   |
| Amplificatoare cu câștig controlat realizate cu AO: analiza sistematică și metodologii de dimensionare   |   |   |
| Exemple de proiectare a amplificatoarelor cu câștig controlat realizate cu AO  |   |   |
| Amplificatoare de instrumentație realizate cu AO: analiza sistematică și metodologii de dimensionare   |   |   |
| Exemple de proiectare a amplificatoarelor de instrumentație realizate cu AO sau cu circuite integrate specializate   |   |   |
| Filtre analogice realizate cu AO: analiza sistematică și metodologii de dimensionare   |   |   |
| Exemple de proiectare a filtrelor analogice realizate cu AO  |   |   |
| Redresoare de precizie și detectoare de vârf realizate cu AO: analiza sistematică și metodologii de dimensionare   |   |   |
| Exemple de proiectare a redresoarelor de precizie și a detectoarelor de vârf realizate cu AO sau cu circuite integrate specializate  |   |   |
| Verificarea și optimizarea întregului ansamblu proiectat.  |   |   |
| Caracterizarea interfeței analogice proiectate și întocmirea documentației tehnice   |   |   |
| Susținerea proiectului.  |   |   |
| <p><b>Bibliografie</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. M. Neag, A. Fazakas, Circuite Integrate Analogice, Casa Cărții de Știință, 1999</li> <li>2. L. Festila, N. Pop, S. Hintea, M. Neag - Circuite integrate analogice. Culegere de probleme, Lito UTCN,</li> <li>3. T. Danila, N. Cupcea – Amplificatoare Operaționale – Aplicații, probleme rezolvate, Teora, 1994</li> <li>4. S. Franco – Analog Circuit Design: Discrete &amp; Integrated, McGraw-Hill, 2014</li> <li>5. W. Jung (Ed.) - Op Amp Applications Handbook, Springer, 2005</li> <li>6. R. Coughlin, F. Driscoll – Operational Amplifiers and Linear Integrated Circuits, Prentice Hall, 2001</li> </ol> <p><b>Materiale didactice în format digital</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. M. Neag, R. Onet – Sisteme cu Circuite Integrate Analogice, Îndrumător de proiect, postat pe site-ul disciplinei</li> </ol> |   |   |

#### 10. 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.

## 11. 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)<br>scris si/sau oral<br>Fata-in-fata sau on-line  | E, max 10 pct.<br>70%                         |
| 10.5 Laborator (L)<br>si Proiect (P)   | Nivelul abilităților dobândite  | Laborator (L)<br>-Teme de casa evaluate periodic<br>- Îndeplinirea sarcinilor trasate in cadrul fiecărei lucrări de laborator, completarea raportului de lucru (L)<br><br>Proiect (P)<br>- Proiect individual (tema comuna dar specificații diferite de la un student la altul)<br>- Teste periodice pe parcursul semestrului<br>- scris si/sau oral, fata-in-fata sau on-line | P, max. 10 pct<br>30%<br><br>L, admis/respins |
| <b>10.6 Standard minim de performanță</b>  |   |  |   |
| <ul style="list-style-type: none"> <li>• Participarea activa la toate cursurile, fata-in-fata sau on-line; ne-prezentarea la un curs trebuie recuperata imediat prin studiu individual suplimentar, cu rezultate verificabile</li> <li>• Participarea activa la toate lucrările de laborator cu realizarea sarcinilor trasate in cadrul fiecărei lucrări, dovedita prin completarea raportului de lucru + rezolvarea integrala si corecta a temelor de casă.</li> <li>• Obținerea a cel puțin jumătate din punctajul maxim acordat fiecărui test de verificare din cadrul orelor de proiect (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)</li> <li>• Obținerea a cel puțin jumătate din punctajul maxim acordat proiectului: scheme electrice complete; punct static de operare stabil și apropiat de valorile cerute/corecte; functia de circuit realizata, valorile obținute pentru principalii parametri (eg. câștig, banda, atenuare) cu cel mult 20% diferite de cele specificate</li> <li>• Daca toate condițiile de mai sus sunt îndeplinite (L =promovat și <math>P \geq 5</math> și <math>E \geq 5</math>) se calculează nota finala astfel:<br/><br/><math display="block">\text{Nota} = 0,7E + 0,3 P</math></li> </ul> |   |  |   |

| <b>Data completării:</b> | <b>Titulari</b> | <b>Titlu Prenume NUME</b> | <b>Semnătura</b> |
|--------------------------|-----------------|---------------------------|------------------|
| 12.06.2023               | Curs            | Conf.dr.ing. Marius Neag  |                  |
|                          | Aplicații       | Slr.dr.ing. Raul Oneț     |                  |

|   |   |
|---|---|
| <b>Data avizării în Consiliul Departamentului Bazele Electronicii</b>                                   | <b>Director Departament Bazele Electronicii</b> |
| 11.07.2023  | Prof.dr.ing. Sorin Hintea                       |
| <b>Data aprobării în Consiliul Facultății de Electronică, Telecomunicații și Tehnologia Informației</b> | <b>Decan</b>                                    |
| 12.07.2023  | Prof.dr.ing. Ovidiu Pop                         |