

## 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 / Inginer        |
| 1.7 Forma de învățământ               | IF – învățământ cu frecvență                                         |

### 2. Date despre disciplină

|                                                                         |                                                        |                       |       |
|-------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------|-----------------------|-------|
| 2.1 Denumirea disciplinei                                               | Tehnici de proiectare a sistemelor VLSI analogice      | Codul disciplinei     | 33.00 |
| 2.2 Titularul de curs                                                   | Slr.dr.ing. Raul Onet – Raul.Onet@bel.utcluj.ro        |                       |       |
| 2.3 Titularul activităților de seminar/<br>laborator/ proiect/ practică | Conf. dr. ing. Marius Neag – Marius.Neag@bel.utcluj.ro |                       |       |
| 2.4 Anul de studiu                                                      | III                                                    | 2.5 Semestrul         | 1     |
|                                                                         |                                                        | 2.6 Tipul de evaluare | E     |
| 2.7 Regimul<br>disciplinei                                              | Categoriza formativă                                   |                       | DS    |
|                                                                         | Opționalitate                                          |                       | DOB   |

### 3. Timpul total estimat

|                                                                                                  |    |           |          |    |             |  |               |     |             |  |              |    |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------|----|-----------|----------|----|-------------|--|---------------|-----|-------------|--|--------------|----|
| 3.1 Număr de ore pe săptămână                                                                    | 4  | din care: | 3.2 Curs | 2  | 3.3 Seminar |  | 3.3 Laborator | 2   | 3.3 Proiect |  | 3.3 Practică |    |
| 3.4 Număr de ore pe semestru                                                                     | 56 | din care: | 3.5 Curs | 28 | 3.6 Seminar |  | 3.6 Laborator | 28  | 3.6 Proiect |  | 3.3 Practică |    |
| 3.7 Distribuția fondului de timp (ore pe semestru) pentru studiu individual și evaluare:         |    |           |          |    |             |  |               |     |             |  |              |    |
| (a) Evaluare                                                                                     |    |           |          |    |             |  |               |     |             |  |              | 3  |
| (b) Studiul după manual, suport de curs, bibliografie și notițe                                  |    |           |          |    |             |  |               |     |             |  |              | 27 |
| (c) Documentare suplimentară în bibliotecă, pe platforme electronice de specialitate și pe teren |    |           |          |    |             |  |               |     |             |  |              | 4  |
| (d) Pregătire seminare/ laboratoare, teme, referate, portofolii și eseuri                        |    |           |          |    |             |  |               |     |             |  |              | 28 |
| (e) Tutoriat                                                                                     |    |           |          |    |             |  |               |     |             |  |              | 7  |
| (f) Alte activități                                                                              |    |           |          |    |             |  |               |     |             |  |              | -  |
| 3.8 Total ore studiu individual și evaluare (suma (3.7(a))...3.7(f))                             |    |           |          |    |             |  |               | 69  |             |  |              |    |
| 3.9 Total ore pe semestru (3.4+3.8)                                                              |    |           |          |    |             |  |               | 125 |             |  |              |    |
| 3.10 Numărul de credite                                                                          |    |           |          |    |             |  |               | 5.0 |             |  |              |    |

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

|                   |                                                                                                                      |
|-------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 4.1 de curriculum | Circuite electronice fundamentale, Circuite integrate analogice, Sisteme cu Circuite Integrate Digitale, Tehnici CAD |
|-------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|

|                   |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |
|-------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 4.2 de competențe | <p>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 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 interne de amplificatoare operaționale.</p> <p>Analiza și proiectarea sistemelor cu circuite integrate digitale</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 seminarului / laboratorului / proiectului | Sala de seminar/laborator, Cluj-Napoca |

## 6. Competențele specifice acumulate

|                         |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |
|-------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Competențe profesionale | <p>C6 Competențe multiple de a profesa ca proiectant de microsisteme de complexitate medie, analogice, digitale și de semnale mixte, sau ca tehnolog de proces folosind abilitatea de a se adapta rapid la cele mai noi instrumente software și tehnologii nanoelectronice</p> <p>C6.1 Să demonstreze capacitatea de utilizare adecvată a metodelor de modelare și de simulare a circuitelor digitale folosind limbaje de descriere hardware</p> <p>C6.2 Să demonstreze capacitatea de utilizare adecvată a metodelor de modelare și de simulare a circuitelor digitale folosind limbaje de descriere hardware</p> <p>C6.3 Utilizarea unui simulator specific (ex. , Optiwave OptiBPM, Liekki Application Designer, Matlab, Octve CPPSim, Spice, Cadance) pentru proiectarea componentelor integrate</p> <p>C6.5 Proiectarea circuitelor digitale avansate utilizând limbaje de descriere hardware VHDL si Verilog. Nivele de abstractizare. Descrierea la nivel de tranzistor. Descriere la nivel de poartă. Descriere la nivel de transfer a registrelor. Descriere la nivel de sistem. Proiectarea sistemelor digitale folosind metoda cailor de date si de control (data/control path design)</p> <p>C7 Modelarea avansată a dispozitivelor și circuitelor electronice fundamentale pentru simulatoare de circuite integrate VLSI, folosirea uneltelor CAD/EDA</p> <p>C7.1 Definirea conceptelor, principiilor și metodelor folosite în domeniile: programarea calculatoarelor, limbaje de nivel înalt și specifice, tehnici CAD de realizare a modulelor electronice, microcontrolere, arhitectura sistemelor de calcul, sisteme electronice programabile, grafică, arhitecturi hardware reconfigurabile</p> <p>C7.2 Explicarea și interpretarea cerințelor specifice structurilor hardware și software din domeniile: programarea calculatoarelor, limbaje de nivel înalt și specifice, tehnici CAD de realizare a modulelor electronice, microcontrolere, arhitectura sistemelor de calcul, sisteme electronice programabile, grafică, arhitecturi hardware reconfigurabile</p> <p>C7.5 Proiectarea de echipamente dedicate din domeniile electronicii aplicate, care folosesc: microcontrolere, circuite programabile sau sisteme de calcul cu arhitectură simplă, inclusiv a programelor aferente</p> <p>C8 Studentul/absolventul are capacitatea de a planifica și executa măsurători și teste pe dispozitive electronice, circuite și module electronice prin manipularea instrumentelor hardware specifice și a software-ului dedicat de automatizare</p> <p>C8.3 Competențe multiple de a profesa ca proiectant de microsisteme de complexitate medie, analogice, digitale și de semnale mixte, sau ca tehnolog de proces folosind abilitatea de a se adapta</p> |
|-------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|

|                         |                                                                                                                                                                                                                                                    |
|-------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|                         | rapid la cele mai noi instrumente software și tehnologii nanoelectronice<br>C8.5 Proiectarea și realizarea de circuite pentru testarea și caracterizarea blocurilor funcționale și sistemelor studiate, prin simulări sau experimente de laborator |
| Competențe transversale |                                                                                                                                                                                                                                                    |

## 7. Rezultatele așteptate ale învățării

|                  |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |
|------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Cunoștințe       | <ul style="list-style-type: none"> <li>- Studentul/absolventul are capacitatea de a planifica și executa măsurători și teste pe dispozitive electronice, circuite și module electronice prin manipularea instrumentelor hardware specifice și a software-ului dedicat de automatizare.</li> <li>- Studentul/absolventul aplică cunoștințe, concepte și metode de analiză și sinteză privitoare la arhitectura sistemelor de calcul, microcontrolere, limbaje și tehnici de programare, limbaj de descriere hardware, limbaje și tehnici de verificare hardware.</li> <li>- Studentul/absolventul descrie, identifică, sumarizează concepte și metode elementare de achiziție, analiză și prelucrare a semnalelor, implementate în sisteme cu procesoare de uz general sau procesoare de semnal și modul lor de aplicare în probleme concrete.</li> </ul>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |
| Abilități        | <ul style="list-style-type: none"> <li>- Studentul/absolventul utilizează metode și instrumente specifice pentru caracterizarea semnalelor în domeniul timp și în domeniul frecvență, realizează achiziția, analiza și prelucrarea digitală a semnalelor analogice.</li> <li>- Studentul/absolventul proiectează, măsoară, evaluează performanțele, diagnostichează și depanează blocuri funcționale de complexitate mică/medie de analiză și prelucrare digitală a semnalelor, folosind medii de simulare dedicate (Matlab, Python etc.).</li> <li>- Studentul/absolventul proiectează blocuri funcționale de complexitate mică/medie de analiză și prelucrare digitală a semnalelor și le implementează pe procesoare de semnal, microcontrolere procesoare dedicate, arii logice programabile (FPGA) și sisteme integrate pe chip (SoC).</li> <li>- Studentul/absolventul realizează proiecte de complexitate mică/medie care implică utilizarea simultană de componente hardware (microprocesoare sau microcontrolere) și componente hardware (proiectate cu limbaj de descriere hardware VHDL/Verilog).</li> <li>- Studentul/absolventul proiectează blocuri funcționale de complexitate mică/medie de analiză și prelucrare digitală a semnalelor și le implementează pe procesoare de semnal, microcontrolere sau procesoare dedicate.</li> </ul> |
| Responsabilitate | <ul style="list-style-type: none"> <li>- Studentul/absolventul arată spirit de inițiativă și acțiune pentru actualizarea cunoștințelor profesionale, economice și de cultură organizațională.</li> <li>- Studentul/absolventul are o comportare onorabilă, responsabilă, etică, în spiritul legii pentru a asigura reputația profesiei.</li> </ul>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |

## 8. Obiectivele disciplinei (reieșind din grila competențelor specifice acumulate)

|                                       |                                                                                                                                                                                                       |
|---------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 8.1 Obiectivul general al disciplinei | Dezvoltarea de competențe în domeniul analizei, proiectării, verificării și optimizării măștilor de integrare (layout) a circuitelor integrate, pe baza cunoașterii proceselor tehnologice de la baza |
|---------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|

|                           |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |
|---------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|                           | fabricării circuitelor integrate și a înțelegerii neidealităților pe care acestea le introduc, precum și înțelegerea altor fenomene specifice integrării, cum sunt latchup, electromigrație și descărcările electrostatice                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |
| 8.2 Obiectivele specifice | <p>1. Înțelegerea tehnologiilor de fabricație CMOS și BCD moderne, care să permită studentului să evalueze limitările și condiționările impuse de acestea asupra realizării fizice a circuitelor integrate</p> <p>2. Asimilarea cunoștințelor teoretice necesare evaluării efectelor neidealităților inerente realizării fizice a circuitelor integrate precum și pentru găsirea de soluții pentru minimizarea acestor efecte</p> <p>3. Obținerea deprinderilor și abilităților necesare pentru analiza, proiectarea, verificarea și optimizarea măștilor de integrare (layout) a circuitelor integrate, folosind programe specifice folosite în mod curent în industrie</p> |

## 9. Conținuturi

| 9.1 Curs                                                                                                                                                                                                                                                                                     | Nr. ore | Metode de predare                                                                                                      | Observații                    |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------|
| Prezentare generală a disciplinei: obiective, cuprins, metodologie. Procese tehnologice folosite la fabricarea microsistemelor monolitice                                                                                                                                                    | 2       | Expunere, conversație euristică, exemplificare, problematizare, exercițiu didactic, studiul de caz, evaluare formativă | Laptop, Videoproiector, tablă |
| Tehnologia CMOS de fabricație a circuitelor integrate.                                                                                                                                                                                                                                       | 2       |                                                                                                                        |                               |
| Tehnologia de fabricație a circuitelor integrate Bipolar-CMOS-DMOS (BCD).                                                                                                                                                                                                                    | 2       |                                                                                                                        |                               |
| Principalele tipuri de dispozitive pasive integrate: rezistoare, condensatoare, inductoare. Tehnologii de implementare, layout, parametri, modelare.                                                                                                                                         | 2       |                                                                                                                        |                               |
| Tranzistoare MOS și bipolare integrate: tipuri, structuri, layout, elemente parazite, modelare                                                                                                                                                                                               | 2       |                                                                                                                        |                               |
| Interconexiuni și elemente parazite. Extragerea elementelor parazite (parasitic extraction) post-layout. Tehnici de minimizare a elementelor parazite.                                                                                                                                       | 2       |                                                                                                                        |                               |
| Interferențe între liniile de semnale și liniile de alimentare dintr-un circuit integrat. Zgomotul de substrat. Tehnici de layout pentru minimizarea efectului interferențelor și a zgomotului de substrat: ecranare, utilizarea semnalelor diferențiale, decuplarea liniilor de alimentare. | 2       |                                                                                                                        |                               |
| Neîmperecherea (mismatch) componentelor integrate: cauze, modelare. Tehnici de layout pentru asigurarea împerecherii componentelor integrate: interdigitizare, utilizarea dispozitivelor de tip dummy, common-centroid, cross quad.                                                          | 2       |                                                                                                                        |                               |
| Tehnici de layout pentru blocuri funcționale analogice fundamentale: oglinzi de curent, etaje diferențiale, referințe de tip bandgap, etaje de putere                                                                                                                                        | 2       |                                                                                                                        |                               |

| 9.1 Curs                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             | Nr. ore | Metode de predare | Observații |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------|-------------------|------------|
| Verificarea și optimizarea layout-ului blocurilor analogice: DRC, LVS. Zona sigura de operare (Safe operating area -SOA).                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            | 2       |                   |            |
| Optimizarea liniilor de alimentare într-un circuit integrat: interferente, emisii electromagnetice, căderi de tensiune "IR drop", fenomenul de electromigrare (electromigration). Tehnici de implementare și verificare a liniilor de alimentare.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    | 2       |                   |            |
| Fenomenul de Latchup. Rezistivitatea substratului. Tehnici de layout pentru minimizarea riscului de latchup/imunitate la latchup.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    | 2       |                   |            |
| Fenomenul de descărcare electrostatică (Electrostatic Discharge - ESD). Proprietățile electrice și modelarea unui eveniment ESD. Structuri de protecție față de ESD.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 | 2       |                   |            |
| Încapsularea circuitelor integrate.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  | 2       |                   |            |
| Bibliografie                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |         |                   |            |
| <div>1. Radu M. Barsan, “Fizica și tehnologia circuitelor MOS integrate pe scară mare”, Ed. Academiei, București, 1989</div> <div>2. Yoshio Nishi, Robert Doering, “Handbook of Semiconductor Manufacturing Technology”, Marcel Dekker, Inc., 2000, ISBN 0-8247-8783-8</div> <div>3. G.S. May, S.M. Sze, “Fundamentals of Semiconductor Fabrication”, Wiley, 2003.</div> <div>4. Liming Xiu - “VLSI Circuit Design Methodology Demystified: A Conceptual Taxonomy, Wiley, 2007</div> <div>5. Dan Clein, “CMOS IC Layout”, Newns, 2000, ISBN 0-7506-7194-7</div> <div>6. Alan Hastings, “The Art of Analog Layout”, Prentice Hall, 2001, ISBN 0-13-087061-1</div> <div>7. Helmut E. Graeb (Ed.), “Analog Layout Synthesis: A Survey of Topological Approaches”</div> <div>8. R.J. Baker, “CMOS: Circuit Design, Layout, and Simulation”, 3rd ed. IEEE Press, Wiley 2010</div> <div>9. C. Saint, J. Saint. "IC Layout Basics: A Practical Guide", McGraw-Hill (2002).</div> <div>10. C. Saint, J. Saint. "IC mask design: Essential Layout Techniques". McGraw-Hill, Inc., 2002.</div> <div>11. Douglas R. Holberg, Phillip E. Allen. "CMOS Analog Circuit Design - 3rd edition". Oxford University Press, 2013.</div> |         |                   |            |
| Materiale didactice în format digital                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                |         |                   |            |
| Note de curs și prezentari PowerPoint postate pe site-ul disciplinei                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |         |                   |            |

| 9.2 Laborator                                                                                                                                                                     | Nr. ore | Metode de predare | Observații |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------|-------------------|------------|
| Introducere în tematica și modul de organizare al laboratorului. Recapitularea cunoștințelor de baza privind analiza și caracterizarea circuitelor electronice                    | 2       |                   |            |
| Procese tehnologice pentru fabricarea microsistemelor monolitice                                                                                                                  | 2       |                   |            |
| Introducere în mediul de proiectare a circuitelor integrate analogice și de semnal mixt Virtuoso. Schematic editor + Analog Design Environment: editare scheme, tipuri de analize | 2       |                   |            |

| 9.2 Laborator                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                | Nr. ore | Metode de predare | Observații |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------|-------------------|------------|
| Introducere în Virtuoso Layout Editor. Realizarea dispozitivelor integrate, interconexiuni, metodologia de lucru                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             | 2       |                   |            |
| Planul de poziționare a elementelor de circuit, blocurilor funcționale și secțiunilor (floorplanning).                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       | 2       |                   |            |
| Tehnici de layout pentru minimizarea elementelor parazite și a interferențelor dintre semnale.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               | 2       |                   |            |
| Tehnici de layout pentru asigurarea împerecherii componentelor integrate                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     | 2       |                   |            |
| Realizarea măștilor de integrare pentru un bloc funcțional analogic. Verificările de bază (DRC, LVS) și extragerea netlist-ului post-layout care conține elementele parazite.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                | 2       |                   |            |
| Simulări post-layout și optimizarea măștilor de integrare pentru un bloc funcțional analogic.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                | 2       |                   |            |
| Realizarea măștilor de integrare pentru un amplificator operațional (I). Plasarea componentelor și realizarea interconexiunilor                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              | 2       |                   |            |
| Realizarea măștilor de integrare pentru un amplificator operațional (II). Verificări DRC și LVS; extragerea netlist-ului post-layout care conține elementele parazite și simulări rulate cu acest netlist                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    | 2       |                   |            |
| Realizarea măștilor de integrare pentru etajul de putere al unui convertor DC-DC (I). Plasarea componentelor și realizarea interconexiunilor, verificările DRC și LVS                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        | 2       |                   |            |
| Realizarea măștilor de integrare pentru etajul de putere al unui convertor DC-DC (II). Optimizarea layout-ului pentru minimizarea zgomotului de substrat și a poluării liniilor de alimentare. Verificarea încadrării în SOA, evitarea efectelor fenomenelor de electromigrare și latchup.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   | 2       |                   |            |
| Integrarea blocurilor funcționale și a secțiunilor în ierarhia circuitului. Inelul celulelor de intrare-ieșire (IO ring) și protecții fata de fenomenul ESD. Elemente de layout pentru încapsulare.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          | 2       |                   |            |
| <p><b>Bibliografie</b></p> <p>12. Radu M. Barsan, "Fizica și tehnologia circuitelor MOS integrate pe scară mare", Ed. Academiei, București, 1989</p> <p>13. Yoshio Nishi, Robert Doering, "Handbook of Semiconductor Manufacturing Technology", Marcel Dekker, Inc., 2000, ISBN 0-8247-8783-8</p> <p>14. G.S. May, S.M. Sze, "Fundamentals of Semiconductor Fabrication", Wiley, 2003.</p> <p>15. Liming Xiu - "VLSI Circuit Design Methodology Demystified: A Conceptual Taxonomy, Wiley, 2007</p> <p>16. Dan Klein, "CMOS IC Layout", Newns, 2000, ISBN 0-7506-7194-7</p> <p>17. Alan Hastings, "The Art of Analog Layout", Prentice Hall, 2001, ISBN 0-13-087061-1</p> <p>18. Helmut E. Graeb (Ed.), "Analog Layout Synthesis: A Survey of Topological Approaches"</p> <p>19. R.J. Baker, "CMOS: Circuit Design, Layout, and Simulation", 3rd ed. IEEE Press, Wiley 2010</p> <p>20. C. Saint, J. Saint. "IC Layout Basics: A Practical Guide", McGraw-Hill (2002).</p> <p>21. C. Saint, J. Saint. "IC mask design: Essential Layout Techniques". McGraw-Hill, Inc., 2002.</p> <p>22. Douglas R. Holberg, Phillip E. Allen. "CMOS Analog Circuit Design - 3rd edition". Oxford University Press, 2013.</p> |         |                   |            |



| 9.2 Laborator                                                                                                                                                                                                                             | Nr. ore | Metode de predare | Observații |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------|-------------------|------------|
| Materiale didactice în format digital<br>1. Note de curs și prezentari PowerPoint postate pe site-ul disciplinei<br>2. Biblioteci de modele de componente corespunzând unor tehnologii moderne, CMOS de 90nm, 150nm și 180nm și BCD 130nm |         |                   |            |

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

|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <p>Conținuturile disciplinei și metodele de predare-învățare-evaluare sunt corelate cu cerințele actuale ale domeniului Inginerie electronică, telecomunicații și tehnologii informaționale, având în vedere așteptările comunității academice și profesionale, ale angajatorilor reprezentativi, precum și standardele naționale de asigurare a calității în învățământul superior. Disciplina contribuie la pregătirea studenților în concordanță cu așteptările angajatorilor și cu cerințele de calitate formulate pentru programele de studii din domeniul ingineriei.</p> |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|

**11. Evaluare**

| Tip activitate                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  | 11.1 Criterii de evaluare                                                     | 11.2 Metode de evaluare<br>(și forma evaluare:<br>continuă/ sumativă)                                                                                                                                                                                                                      | 11.3 Pondere<br>din nota finală                  |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------|
| 11.4 Curs                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       | Nivelul achiziției cunoștințelor teoretice și nivelul deprinderilor dobândite | Examen (E)<br>scris și/sau oral<br>Fata-in-fata sau on-line                                                                                                                                                                                                                                | E, max 10 pct.<br>70%                            |
| 11.5 Seminar/ Laborator<br>/Proiect /Practică                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   | Nivelul abilităților dobândite                                                | Teste periodice pe parcursul semestrului (L)<br>- scris și/sau oral, față-în-față sau on-line<br>Verificarea periodică a temelor de casă<br><br>Test de verificare finală a completării aplicațiilor (laborator) și a temelor de casa (T)<br>- scris și/sau oral, fata-in-fata sau on-line | L, max. 10 pct<br>30%<br><br>T,<br>admis/respins |
| 11.6 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 activă la toate lucrările de laboratorsemina, cu realizarea sarcinilor trasate în cadrul fiecărei lucrări + rezolvarea integrala și corecta a temelor de casa.</li> <li>Promovarea testului de verificare finală a completării aplicațiilor (laborator) și a temelor de casa (T)</li> <li>Obținerea unui punctaj de cel puțin 5 (din zece) atât la examen (E) cat și la testele periodice de laborator (L)</li> </ul> <p style="text-align: center;">T=promovat* și E ≥ 5** și L ≥ 5***</p> <p>- T=promovat* înseamnă obținerea a cel puțin jumătate din punctajul maxim acordat testului de verificare finală a completării aplicațiilor (laborator) și a temelor de casa (T)</p> |                                                                               |                                                                                                                                                                                                                                                                                            |                                                  |

- $E \geq 5^{**}$  înseamnă obținerea a cel puțin jumătate din punctajul maxim acordat fiecărei secțiuni a examenului: partea fundamentală a subiectului de teorie + relațiile de bază necesare pentru rezolvarea problemelor de analiză și dimensionare a circuitelor + abilitați minime de rezolvarea problemelor
- $L \geq 5^{***}$  înseamnă obținerea a cel puțin jumătate din punctajul maxim acordat testelor periodice de laborator + realizarea sarcinilor trasate în cadrul fiecărei lucrări de laborator și a temelor de casa cel puțin la nivelul definit ca minim acceptabil
- Dacă toate condițiile de mai sus sunt îndeplinite se calculează nota finală astfel:  
$$\text{Nota} = 0,7E + 0,3L$$

| Data completării: | Titulari  | grad didactic, titlu Prenume NUME | Semnătura |
|-------------------|-----------|-----------------------------------|-----------|
| 23.06.2026        | Curs      | Sl.dr.ing. Raul Oneț              |           |
|                   | Aplicații | Conf.dr.ing. Marius Neag          |           |
|                   |           |                                   |           |

|                                                                                                                                                |                                          |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------|
| Avizul Directorului departamentului care coordonează disciplina, doar dacă acesta diferă de departamentul organizator al programului de studii | Director Departament Bazele Electronicii |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------|

|                                                                                                  |                                          |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------|
| Data avizării în Consiliul Departamentului Bazele Electronicii                                   | Director Departament Bazele Electronicii |
| 26.06.2026                                                                                       | Prof.dr.ing. Sorin HINTEA                |
| Data aprobării în Consiliul Facultății de Electronică, Telecomunicații și Tehnologia Informației | Decan,                                   |
| 30.06.2026                                                                                       | Prof.dr.ing. Ovidiu-Aurel POP            |