**Universitatea Naţională de Ştiinţă şi Tehnologie Politehnica Bucureşti**

**Facultatea de Electronică, Telecomunicaţii şi**

**Tehnologia Informaţiei**

# FIŞA DISCIPLINEI

## 1. Date despre program

| | |
|---|---|
| 1.1 Instituţia de învăţământ superior | **Universitatea Naţională de Ştiinţă şi Tehnologie Politehnica Bucureşti** |
| 1.2 Facultatea | **Electronică, Telecomunicaţii şi Tehnologia Informaţiei** |
| 1.3 Departamentul | **Dispozitive, Circuite şi Arhitecturi Electronice** |
| 1.4 Domeniul de studii | Inginerie Electronică, Telecomunicaţii şi Tehnologii Informaţionale |
| 1.5 Ciclul de studii | Licenţă |
| 1.6 Specializarea | Microelectronică, Optoelectronică şi Nanotehnologii |

## 2. Date despre disciplină

| | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 2.1 Denumirea disciplinei (ro)<br>(en) | | | | Modelarea componentelor microelectronice active | | | |
| 2.2 Titularul activităţilor de curs | | | | Prof. Dr. Lidia Dobrescu | | | |
| 2.3 Titularul activităţilor de seminar / laborator | | | | Prof. Dr. Lidia Dobrescu | | | |
| 2.4 Anul de studiu | 4 | 2.5 Semestrul | 2 | 2.6. Tipul de evaluare | V | 2.7 Regimul disciplinei | Ob |
| 2.8 Tipul disciplinei | | S | 2.9 Codul disciplinei | 04.S.08.O.411 | | 2.10 Tipul de notare | Nota |

## 3. Timpul total estimat (ore pe semestru al activităţilor didactice)

| | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| 3.1 Număr de ore pe săptămână | 4 | Din care: 3.2 curs | 3 | 3.3 seminar/laborator | 1 |
| 3.4 Total ore din planul de învăţământ | 56 | Din care: 3.5 curs | 42 | 3.6 seminar/laborator | 14 |
| Distribuţia fondului de timp: | | | | | ore |
| Studiul după manual, suport de curs, bibliografie şi notiţe<br>Documentare suplimentară în bibliotecă, pe platformele electronice de specialitate<br>Pregătire seminarii/ laboratoare/proiecte, teme, referate, portofolii şi eseuri | | | | | 30 |
| Tutorat | | | | | 10 |
| Examinări | | | | | 20 |
| Alte activităţi (dacă există): | | | | | 9 |

| | |
|---|---|
| 3.7 Total ore studiu individual | 69.00 |
| 3.8 Total ore pe semestru | 125 |
| 3.9 Numărul de credite | 5 |

## 4. Precondiţii (acolo unde este cazul)

| | |
|---|---|
| 4.1 de curriculum | Cursul fundamental de Dispozitive Electronice |
| 4.2 de rezultate ale învăţării | Cunoştinţe generale de fizicşi simulare software a circuitelor electronice |

## 5. Condiţii necesare pentru desfăşurarea optimă a activităţilor didactice (acolo unde este cazul)

| | |
|---|---|
| 5.1 Curs · | Cursul se va desfăşura într-o sală dotată cu videoproiector sau pe platforma MSTeams |

| | |
|---|---|
| 5.2 Seminar/ Laborator/Proiect . | Laboratorul se va desfăşura într-o sală cu dotare specifică, care trebuie să includă: calculatoare, legatură la INTERNET, simulator de circuite electronice de tip SPICE sau pe platforma MSTeams, studentii avand calculatoare cu un simulator de tip SPICE instalat. |

**6. Obiectiv general** *(Se referă la intenţiile profesorilor pentru studenţi, la ceea ce studenţii vor fi învăţaţi în timpul cursului. Oferă o orientare cu privire la locul cursului în cadrul domeniului ştiinţific abordat, precum şi la rolul pe care acesta îl are în cadrul specializării studiate. Vor fi descrise de o manieră generală tematicile abordate, justificarea includerii cursului în planul de învăţământ al specializării studiate etc.)*

Obiectivul general al disciplinei constă în:

Prezentarea modelelor avansate pentru tranzistoare bipolare si tranzistoare MOS. Evidentierea unor aspecte fizice de inalt nivel si oglindirea lor in modele utilizate pentru proiectarea circuitelor integrate.Acest obiectiv general este realizat prin:

- Evidenţierea şi descrierea parametrilor specifici ai modelelor avansate pentru tranzistoare bipolare şi MOS.

- Extragerea parametrilor de model din măsuratori electrice sau foi de catalog

- Prezentarea unor situaţii rezultate din experienţa avansată în proiectare

pentru parametrii experimentali de model

- Prezentarea detaliată a unor regimuri extreme de funcţionare ca străpungerea prin multiplicarea purtătorilor sau prin pătrundere şi a unor tehnologii de vârf in domeniul tranzistoarelor MOS cu dimensiuni submicronice.

-Rezolvarea unor circuite simple pe baza modelelor fundamentale şi extragerea de parametri de model din măsuratori electrice specifice.

- Prezentarea programelor de extracţie optimală a parametrilor de model pentru dispozitive bipolare cât şi unipolare.

- Prezentarea programelor de simulare.

**7. Competenţe** *(Capacitatea dovedită de a utiliza cunoştinţe, aptitudini şi abilităţi personale, sociale şi/sau metodologice în situaţii de muncă sau de studiu şi pentru dezvoltarea profesională şi personală. Reflectă cerinţele angajatorilor.)*

| | |
|---|---|
| **Specifice** | **C1.** Utilizarea elementelor fundamentale referitoare la dispozitivele, circuitele, sistemele, instrumentaţia şi tehnologia electronică<br>**C2** Competente multiple de a profesa ca proiectant de microsisteme integrate, de complexitate medie, sau ca tehnolog de proces , folosind instrumente software si tehnologii micro-nanoelectronice de ultima generatie<br>**C3** . Modelarea şi procesarea dispozitivelor şi circuitelor integrate utilizând tehnologii moderne micro şi nanoelectronice |

| | |
|---|---|
| **Transversale (generale)** | CT1 Adaptarea la noile tehnologii, dezvoltarea profesională şi personală, prin formare continuă folosind surse de documentare tipărite, software specializat şi resurse electronice în limba română şi, cel puţin, într-o limbă de circulaţie internaţională.<br>CT2 Comportarea onorabilă, responsabilă, etică, în spiritul legii pentru a asigura reputaţia profesiei<br>CT3 Conştientizarea nevoii de formare continuă; utilizarea eficientă a resurselor şi tehnicilor de învăţare, pentru dezvoltarea personală şi profesională |

**8. Rezultatele învățării** *(Sunt enunțuri sintetice referitoare la ceea ce un student va fi capabil să facă sau să demonstreze la finalizarea unui curs. Rezultatele învățării reflectă realizările studentului și mai puțin intențiile profesorului. Rezultatele învățării informează studenții despre ceea ce se așteaptă de la ei din punct de vedere al performanței, pentru a obține notele și creditele dorite. Sunt definite în termeni concreți, folosind verbe similare exemplelor de mai jos și indică ceea ce se va urmări prin evaluare. Rezultatele învățării vor fi astfel redactate încât să fie evidențiată clar relația față de competențele definite la punctul 7.)*

| | |
|---|---|
| **Cunoştinţe** | *Rezultatul asimilării de informații prin învățare. Cunoștințele reprezintă ansamblul de fapte, principii, teorii și practici legate de un anumit domeniu de muncă sau de studiu. Pot fi teoretice și/sau faptice.*<br>• Enumeră modelele fundamentale ale tranzistoarelor bipolare şi MOS;<br>• Defineşte parametrii de model;<br>• Descrie/clasifică parametrii de model;<br>• Evidenţiază particularitatile solutiilor constructive speciale. |
| **Aptitudini** | *Capacitatea de a aplica cunoștințe și de a utiliza know-how pentru a duce la îndeplinire sarcini și a rezolva probleme. Aptitudinile sunt descrise ca fiind cognitive (implicând utilizarea gândirii logice, intuitive și creative) sau practice (implicând dexteritate manuală și utilizarea de metode, materiale, unelte și instrumente).*<br>• Selectează şi grupează informaţii relevante despre tipurile constructive de tranzistoare bipolare şi MOS;<br>• Utilizează argumentat principii specifice în vederea pastrarii sau neglijarii unor parametri de model;<br>• Lucrează productiv în echipă pentru efectuarea laboratorului;<br>• Elaborează un text ştiinţific in redactarea referatelor de laborator;<br>• Verifică experimental soluţiile extragerii parametrilor de model;<br>• Rezolvă aplicaţii practice in cadrul laboratorului, prelucrand seturi de date din foi de catalog;<br>• Interpretează adecvat relaţii de cauzalitate dintre valorile extrase;<br>• Analizează şi compară valoarile parametrilor extraşi in cadrul lucrarilor de laborator;<br>• Identifică soluţii şi elaborează referate de laborator ;.<br>• Formulează concluzii la experimentele realizate.<br>• Argumentează soluţiile identificate în cadrul aplicaţiilor practice. |

| | |
|---|---|
| **Responsabilitate şi autonomie** | *Capacitatea cursantului de a aplica în mod autonom și responsabil cunoștințele și aptitudinile sale.*<br>· **Selectează** surse bibliografice potrivite şi le analizează.<br>· **Respectă principiile de etică academică,** citând corect sursele bibliografice utilizate.<br>· **Demonstrează receptivitate** pentru contexte noi de învățare.<br>· **Manifestă colaborare** cu ceilalți colegi și cadre didactice în desfășurarea activităților didactice<br>· **Demonstrează autonomie** în organizarea situației/contextului de învățare sau a situației problemă de rezolvat<br>· **Promovează/contribuie prin soluții noi, aferente domeniului de specialitate**.<br>· **Conștientizează valoarea contribuției sale în domeniul ingineriei** la identificarea de soluții viabile/sustenabile<br>· **Aplică principii de etică** |

**9. Metode de predare** *(Se vor avea în vedere metode care să asigure predarea centrată pe student. Se va descrie modul în care se asigură participarea studenților la stabilirea propriului parcurs de învățare, cum se identifică eventualele rămâneri în urmă și ce măsuri remediale se adoptă în astfel de cazuri.)*

Pornindu-se de analiza caracteristicilor de învăţare ale studenţilor şi de la nevoile lor specifice, procesul de predare va explora metode de predare atât expozitive (prelegerea, expunerea), cât şi conversative-interactive, bazate pe modele de învăţare prin descoperire facilitate de explorarea directa şi indirectă a realităţii (experimentul, demonstraţia, modelarea), dar şi pe metode bazate pe acţiune, precum exerciţiul, activităţile practice şi rezolvarea de probleme.

În activitatea de predare vor fi utilizate prelegeri, în baza unor prezentări Power Point sau diferite pagini de Internet care vor fi puse la dispoziţia studenţilor. Fiecare curs va debuta cu recapitularea capitolelor deja parcurse, cu accent asupra noţiunilor parcurse la ultimul curs.

Prezentările utilizează imagini şi scheme, astfel încât informaţiile prezentate să fie uşor de înţeles şi asimilat.

Acestă disciplină acoperă informaţii şi activităţi practice menite să-i sprijine pe studenţi în eforturile de învăţare şi de dezvoltare a unor relaţii optime de colaborare şi comunicare într-un climat favorabil învăţării prin descoperire.

Se va avea în vedere exersarea abilităţilor de ascultare activă şi de comunicare asertivă, precum şi a mecanismelor de construcţie a feedback-ului, ca modalităţi de reglare comportamentală în situaţii diverse şi de adaptare a demersului pedagogic la nevoile de învăţare ale studenţilor.

Se va exersa abilitatea de lucru în echipă pentru rezolvarea diferitelor sarcini de învăţare.

Se va verifica atentia studentilor prin teste rapide (quizz) in timpul sau la finalul cursului, în mod aleatoriu, la alegerea titularului de curs.

**10. Conţinuturi**

| **CURS** | | |
|---|---|---|
| **Capitolul** | **Conţinutul** | **Nr. ore** |

| | | |
|---|---|---|
| 1 | Introducere<br>1.1. Tematica cursului<br>1.2. Prezentare generală a obiectivelor specifice, prezentare generala a principiilor modelarii componentelor active<br>1.3. Prezentarea generală a cerintelor pentru laborator | 3 |
| 2 | Modelarea tranzistorului bipolar<br>2.1. Regimul de curent continuu al tranzistorului bipolar<br>2.1.1. Modelul fundamental (Ebers-Moll)<br>2.1.2. Modelarea curentilor de generare-recombinare in regiunile golite si parametrii specifici<br>2.1.3. Modelarea nivelulului mare de injectie la jonctiunea emitor-baza<br>2.1.4. Dependenta factorului BF de curentul de colector<br>2.1.5.Modelarea efectului Early<br>2.1.6. Modelarea rezistentelor serie, Metoda Verzelessi<br>2.1.7. Modelul Gummel-Poon<br>2.2. Regimul dinamic al tranzistorului bipolar<br>2.2.1. Circuitul echivalent de semnal mare<br>2.2.2. Capacitatile de tranzitie, difuzie, substrat<br>2.2.3. Circuitul echivalent de semnal mic<br>2.2.4. Parametrii dinamici | 15 |
| 3 | Modelarea tranzistorului MOS<br>3.1. Model fizic general<br>3.1.1. Elemente constructive si de polarizare<br>3.1.2. Aproximatia graduala<br>3.1.3. Expresia generala a curentului de drena<br>3.2. Modele statice in inversie puternica<br>3.2.1. Modelul Ihantola-Moll<br>3.2.2. Modelul Merckel-Borel-Cupcea<br>3.2.3. Regimul de saturatie<br>3.2.4. Dependenta mobilitatii de intensitatea campului electric<br>3.3. Modele unificate: ENSERG, EKV, Brews-Baccarani, Pao-Sah<br>3.4. Regimul dinamic al tranzistorului MOS | 18 |
| 4 | 4. Modelarea efectelor de canal scurt în tranzistoarele MOS: variaţia tensiunii de prag, DIBL, saturarea vitezei electronilor în câmp electric longitudinal, reducerea mobilităţii electronilor în canal, RSCE, pătrunderea, curenţii prin oxizi subţiri,tunelarea , efecte de purtători fierbinţi, rezistenţe serie, conductanţa de ieşire | 3 |
| 5 | 5. Recapitulare finala | 3 |
| | **Total:** | 42 |

**Bibliografie:**

1. L. Dobrescu, Curs Moodle 04-ELECTRONICA-L-A4-S2: Modelarea componentelor microelectronice active
https://curs.upb.ro/2024/course/view.php?id=8617
2. A. Rusu, “Modelarea Componentelor Microelectronice Active”, Editura Academiei Romane, 1990.
3. A. Rusu, „Conductie electrica neliniara in structuri semiconductoare”,Editura Academiei Romane, Bucuresti, 2000;
4. L. Dobrescu, D. Dobrescu, „Modele avansate ale dispozitivelor MOS”, Editura Printech, Bucuresti, 2002;
5. L. Dobrescu, D.Dobrescu, "Basics of the Semiconductor Devices Physics", 142 pg., Ed. Printech, ISBN 973-718-364-9, Bucuresti, 2005;.

**LABORATOR**

| Nr. crt. | Conţinutul | Nr. ore |
|---|---|---|
| 1 | Modelarea in ORCAD CAPTURE CISLITE a diodelor semiconductoare, incluzand tipuri speciale de diode, extragerea parametrilor acestora si compararea lor cu foile de catalog | 4 |
| 2 | Modelarea in LTSPICE a tranzistoarelor bipolare si extragerea parametrilor specifici utilizand programul MICROCAP şi foi de catalog | 4 |
| 3 | Modelarea in LTSPICE a tranzistoarelor MOS si extragerea parametrilor specifici | 4 |
| 4 | Recapitulare si verificare finala | 2 |
| | **Total:** | 14 |

**Bibliografie:**

1. L. Dobrescu Curs Moodle 04-ELECTRONICA-L-A4-S2: Modelarea componentelor microelectronice active https://curs.upb.ro/2024/course/view.php?id=8617
2. MICROCAP , documentatie http://www.spectrum-soft.com/index.shtm
3. LTSpice documentatie https://www.analog.com/en/design-center/design-tools-and-calculators/ltspice-simulator.html
4. ORCAD documentatie https://www.orcad.com/resources/download-orcad-lite
5. L.Dobrescu, D..Dobrescu , “Dispozitive si Circuite Electronice-Caiet de Activitate”, 158 pag., Ed. Printech, ISBN 973-652-829-4, Bucureşti, 2003; https://archive.curs.upb.ro/2021/course/view.php?id=9167 Platforme de laborator disponibile in format electronic pe platforma Moodle si Microsoft Teams
6. L.Dobrescu, D..Dobrescu , “Dispozitive si Circuite Electronice-Caiet de Activitate”, 158 pag., Ed. Printech, ISBN 973-652-829-4, Bucureşti, 2003;
7. https://archive.curs.upb.ro/2021/course/view.php?id=9167 Platforme de laborator disponibile in format electronic pe pagina departamentului si pe platforma Moodle si Microsoft Teams

**11. Evaluare**

| Tip activitate | 11.1 Criterii de evaluare | 11.2 Metode de evaluare | 11.3 Pondere din nota finală |
|---|---|---|---|
| 11.4 Curs | Cunoasterea teoretica a modelelor pentru tranzistoare bipolare si a parametrilor acestora | Verificare in timpul semestrului- temă de casă +problema test scris+test grila | 50% |
| | Cunoasterea teoretica a modelelor pentru tranzistoare MOS si a principalilor parametri | Verificare cunostinte +test grila final | 30% |
| 11.5 Seminar/laborator/proiect | Evaluarea se face cumulativ la sfarsitul laboratorului din modelarea si extragerea parametrilor de model ai diodelor, tranzistoarelor bipolare si tranzistoare MOS | Verificare orala + test practic cu ajutorul calculatorului pentru extragerea parametrilor de model din continutul lucrarilor de laborator | 20% |
| 11.6 Condiţii de promovare | | | |
| Evidentierea parametrilor unui model fundamental pentru tranzistorul bipolar.<br>Descrierea unui model pentru tranzistorul MOS si evidentierea parametrilor acestuia.<br>Obţinerea a 50% din punctajul total al laboratorului;<br>Respectarea regulamentului UPB privind condiţiile de promovare. | | | |

**12. Coroborarea conţinutului disciplinei cu aşteptările reprezentanţilor angajatorilor şi asociaţiilor profesionale reprezentative din domeniul aferent programului, precum şi cu stadiul actual al cunoaşterii în domeniul ştiinţific abordat şi practicile în instituţii de învăţământ superior din Spaţiul European al Învăţământului Superior (SEÎS)**

- Prin activităţile desfăşurate, studenţii dezvoltă abilităţi de a oferi soluţii unor probleme şi de a propune idei de îmbunătăţire a situaţiei existenţei în domeniul modelarii dispozitivelor semiconductoare.
– În dezvoltarea conţinutului disciplinei s-au avut în vedere cunoştinţe, fenomene descrise de literatura de specialitate şi propriile cercetări publicate si este permanent actualizată prin consultări cu reprezentanţii mediului socio-economic.

- Disciplina are în vedere dezvoltarea abilităţilor absolventului de a gestiona situaţii practice cu care se poate confrunta în viaţa reală în scopul creşterii contribuţiei acestuia la îmbunătăţirea mediului socio-economic.

| Data completării | Titular de curs | Titular(i) de aplicaţii |
|---|---|---|
| 21.09.2026 | Prof. Dr. Lidia Dobrescu | Prof. Dr. Lidia Dobrescu |

| | |
|---|---|
| Data avizării în departament | Director de departament |
| 22.09.2026 | Prof. Dr. Claudius Dan |
| Data aprobării în Consiliul Facultăţii | Decan |
| 22.09.2026 | Prof. Dr. Mihnea Udrea |