



### FIȘA DISCIPLINEI

#### 1. Date despre program

1.1 Instituția de învățământ superior	Universitatea Națională de Știință și Tehnologie Politehnica București
1.2 Facultatea	Electronică, Telecomunicații și Tehnologia Informației
1.3 Departamentul	Dispozitive, Circuite și Arhitecturi Electronice
1.4 Domeniul de studii	Inginerie Electronică, Telecomunicații și Tehnologii Informaționale
1.5 Ciclul de studii	Licență
1.6 Specializarea	Microelectronică, Optoelectronică și Nanotehnologii

#### 2. Date despre disciplină

2.1 Denumirea disciplinei (ro) (en)	Modelarea componentelor microelectronice active						
2.2 Titularul activităților de curs	Prof. Dr. Lidia Dobrescu						
2.3 Titularul activităților de seminar / laborator	Prof. Dr. Lidia Dobrescu						
2.4 Anul de studiu	4	2.5 Semestrul	II	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 activităților didactice)

3.1 Număr de ore pe săptămână	4	Din care: 3.2 curs	3.00	3.3 seminar/laborator	1
3.4 Total ore din planul de învățământ	56.00	Din care: 3.5 curs	42	3.6 seminar/laborator	14
Distribuția fondului de timp:					ore
Studiul după manual, suport de curs, bibliografie și notițe					30
Documentare suplimentară în bibliotecă, pe platformele electronice de specialitate					
Pregătire seminarii/ laboratoare/proiecte, teme, referate, portofolii și eseuri					
Tutorat					10
Examinări					20
Alte activități (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. Precondiții (acolo unde este cazul)

4.1 de curriculum	Cursul fundamental de Dispozitive Electronice
4.2 de rezultate ale învățării	Cunoștințe generale de fizică și simulare software a circuitelor electronice

#### 5. Condiții necesare pentru desfășurarea optimă a activităților didactice (acolo unde este cazul)

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



5.2 Seminar/ Laborator/Proiect	Laboratorul se va desfășura 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 având calculatoare cu un simulator de tip SPICE instalat.
-----------------------------------	--

**6. Obiectiv general** *(Se referă la intențiile profesorilor pentru studenți, la ceea ce studenții vor fi învățați în timpul cursului. Oferă o orientare cu privire la locul cursului în cadrul domeniului științific abordat, precum și 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 învățământ al specializării studiate etc.)*

Obiectivul general al disciplinei constă în:

Prezentarea modelelor avansate pentru tranzistoare bipolare și tranzistoare MOS. Evidențierea unor aspecte fizice de înalt nivel și oglindirea lor în modele utilizate pentru proiectarea circuitelor integrate. Acest obiectiv general este realizat prin:

- Evidențierea și descrierea parametrilor specifici ai modelelor avansate pentru tranzistoare bipolare și MOS.

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

- Prezentarea unor situații rezultate din experiența avansată în proiectare

pentru parametrii experimentali de model

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

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

- Prezentarea programelor de extracție optimă a parametrilor de model pentru dispozitive bipolare cât și unipolare.

- Prezentarea programelor de simulare.

**7. Competențe** *(Capacitatea dovedită de a utiliza cunoștințe, aptitudini și abilități personale, sociale și/sau metodologice în situații de muncă sau de studiu și pentru dezvoltarea profesională și personală. Reflectă cerințele angajatorilor.)*

Specifice	<b>C1.</b> Utilizarea elementelor fundamentale referitoare la dispozitivele, circuitele, sistemele, instrumentația și tehnologia electronică <b>C2</b> Competențe multiple de a profesa ca proiectant de micro sisteme integrate, de complexitate medie, sau ca tehnolog de proces, folosind instrumente software și tehnologii micro-nanoelectronice de ultima generație <b>C3</b> . Modelarea și procesarea dispozitivelor și circuitelor integrate utilizând tehnologii moderne micro și nanoelectronice
-----------	---



<b>Transversale (generale)</b>	CT1 Adaptarea la noile tehnologii, dezvoltarea profesională și personală, prin formare continuă folosind surse de documentare tipărite, software specializat și resurse electronice în limba română și, cel puțin, într-o limbă de circulație internațională. CT2 Comportarea onorabilă, responsabilă, etică, în spiritul legii pentru a asigura reputația profesiei CT3 Conștientizarea nevoii de formare continuă; utilizarea eficientă a resurselor și tehnicilor de învățare, pentru dezvoltarea personală și 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 exemplurilor 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.)

<b>Cunoștințe</b>	<p>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 factice.</p> <ul style="list-style-type: none"><li>• Enumeră modelele fundamentale ale tranzistoarelor bipolare și MOS;</li><li>• Definește parametri de model;</li><li>• Descrie/clasifică parametri de model;</li><li>• Evidențiază particularitățile soluțiilor constructive speciale.</li></ul>
<b>Aptitudini</b>	<p>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).</p> <ul style="list-style-type: none"><li>• Selectează și grupează informații relevante despre tipurile constructive de tranzistoare bipolare și MOS;</li><li>• Utilizează argumentat principii specifice în vederea pastrării sau neglijării unor parametri de model;</li><li>• Lucrează productiv în echipă pentru efectuarea laboratorului;</li><li>• Elaborează un text științific în redactarea referatelor de laborator;</li><li>• Verifică experimental soluțiile extragerii parametrilor de model;</li><li>• Rezolvă aplicații practice în cadrul laboratorului, prelucrând seturi de date din foi de catalog;</li><li>• Interpretează adecvat relații de cauzalitate dintre valorile extrase;</li><li>• Analizează și compară valorile parametrilor extrași în cadrul lucrărilor de laborator;</li><li>• Identifică soluții și elaborează referate de laborator ;</li><li>• Formulează concluzii la experimentele realizate.</li><li>• Argumentează soluțiile identificate în cadrul aplicațiilor practice.</li></ul>



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

**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 rămăneri în urmă și ce măsuri remediale se adoptă în astfel de cazuri.)*

Pornindu-se de analiza caracteristicilor de învățare ale studenților și de la nevoile lor specifice, procesul de predare va explora metode de predare atât expositive (prelegerea, expunerea), cât și conversative-interactive, bazate pe modele de învățare prin descoperire facilitate de explorarea directă și indirectă a realității (experimentul, demonstrația, modelarea), dar și pe metode bazate pe acțiune, precum exercițiul, activitățile practice și 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 dispoziția studenților. Fiecare curs va debuta cu recapitularea capitolelor deja parcurse, cu accent asupra noțiunilor parcurse la ultimul curs.

Prezentările utilizează imagini și scheme, astfel încât informațiile prezentate să fie ușor de înțeles și asimilat.

Acestă disciplină acoperă informații și activități practice menite să-i sprijine pe studenți în eforturile de învățare și de dezvoltare a unor relații optime de colaborare și comunicare într-un climat favorabil învățării prin descoperire.

Se va avea în vedere exersarea abilităților de ascultare activă și de comunicare asertivă, precum și a mecanismelor de construcție a feedback-ului, ca modalități de reglare comportamentală în situații diverse și de adaptare a demersului pedagogic la nevoile de învățare ale studenților.

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

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

## 10. Conținuturi

CURS		
Capitolul	Conținutul	Nr. ore



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



**Bibliografie:**

1. L. Dobrescu, Curs Moodle 04-ELECTRONICA-L-A4-S2: Modelarea componentelor microelectronice active  
<https://archive.curs.upb.ro/2021/course/view.php?id=9167>
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.	Conținutul	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 și foi de catalog	4
3	Modelarea in LTSPICE a tranzistoarelor MOS si extragerea parametrilor specifici	4
4	Recapitulare si verificare finala	2
	<b>Total:</b>	14

**Bibliografie:**

1. L. Dobrescu Curs Moodle 04-ELECTRONICA-L-A4-S2: Modelarea componentelor microelectronice active
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, București, 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, București, 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



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 Condiții de promovare			
Evidentierea parametrilor unui model fundamental pentru tranzistorul bipolar. Descrierea unui model pentru tranzistorul MOS si evidentierea parametrilor acestuia. Obținerea a 50% din punctajul total al laboratorului; Respectarea regulamentului UPB privind condițiile de promovare.			

## 12. Coroborarea conținutului disciplinei cu așteptările reprezentanților angajatorilor și asociațiilor profesionale reprezentative din domeniul aferent programului, precum și cu stadiul actual al cunoașterii în domeniul științific abordat și practicile în instituții de învățământ superior din Spațiul European al Învățământului Superior (SEIS)

- Prin activitățile desfășurate, studenții dezvoltă abilități de a oferi soluții unor probleme și de a propune idei de îmbunătățire a situației existenței în domeniul modelării dispozitivelor semiconductoare.
- În dezvoltarea conținutului disciplinei s-au avut în vedere cunoștințe, fenomene descrise de literatura de specialitate și propriile cercetări publicate si este permanent actualizată prin consultări cu reprezentanții mediului socio-economic.
- Disciplina are în vedere dezvoltarea abilităților absolventului de a gestiona situații practice cu care se poate confrunta în viața reală în scopul creșterii contribuției acestuia la îmbunătățirea mediului socio-economic.

Data completării

Titular de curs

Titular(i) de aplicații

14,10,2024

Prof. Dr. Lidia Dobrescu

Prof. Dr. Lidia Dobrescu



**Universitatea Națională de Știință și Tehnologie Politehnica București**  
**Facultatea de Electronică, Telecomunicații și**  
**Tehnologia Informației**



*[Signature]*

*[Signature]*

Data avizării în departament

Director de departament

31.10.2024

Prof. Dr. Claudiu DAN

*[Signature]*

Data aprobării în Consiliul Facultății

Decan

01.11.2024

Prof. Dr. Mihnea Udrea

*[Signature]*