



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	Masterat
1.6 Specializarea	Microsisteme

2. Date despre disciplină

2.1 Denumirea disciplinei (ro)		Simularea dispozitivelor și proceselor electronice în microsisteme integrate					
2.2 Titularul activităților de curs		Prof.dr.ing. BABARADA Florin					
2.3 Titularul activităților de seminar / laborator		Prof.dr.ing. BABARADA Florin					
2.4 Anul de studiu	1	2.5 Semestrul	I	2.6. Tipul de evaluare	E	2.7 Regimul disciplinei	Ob
2.8 Tipul disciplinei	DA	2.9 Codul disciplinei	UPB.04.M1.O.03-04	2.10 Tipul de notare	Nota		

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

3.1 Număr de ore pe săptămână	3	Din care: 3.2 curs	2.00	3.3 seminar/laborator	1
3.4 Total ore din planul de învățământ	42.00	Din care: 3.5 curs	28	3.6 seminar/laborator	14
Distribuția fondului de timp:					ore
Studiul după manual, suport de curs, bibliografie și notițe					42
Documentare suplimentară în bibliotecă, pe platformele electronice de specialitate					
Pregătire seminarii/ laboratoare/proiecte, teme, referate, portofolii și eseuri					
Tutorat					10
Examinări					4
Alte activități (dacă există):					2
3.7 Total ore studiu individual	58.00				
3.8 Total ore pe semestru	100				
3.9 Numărul de credite	4				

4. Precondiții (acolo unde este cazul)

4.1 de curriculum	<b>Parcurgerea și/sau promovarea următoarelor discipline:</b> Dispozitive Electronice, Circuite electronice fundamentale, Tehnologii microelectronice, Modelare dispozitive Spice, MCMA, Modelarea avansată a tranzistoarelor MOS, Cursuri de senzori și microsenzori, Modelarea și caracterizarea experimentală a microstructurilor integrate.
4.2 de rezultate ale învățării	Acumularea următoarelor cunoștințe: Cunoștințe generale de fizica, tehnologii microelectronice, senzori electronici și modelare a dispozitivelor electronice active avansate, precum și pachete software de simulare precum Spice și Silvaco.

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 și computer.
5.2 Seminar/ Laborator/Proiect	Proiectul se va desfășura într-o sală cu dotare specifică, care trebuie să includă: Sala de calculatoare cu software specific TCAD. Prezența obligatorie la laboratoare conform regulamentului BCF.

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.)



**Disciplina familiarizează** studenții cu tehnologiile de fabricație a circuitelor integrate adaptate la fabricarea microsistemelor respectiv tehnicile de microprelucrare pe suprafața și în volum, extinzând tehnicile și uneltele software învățate de ei la microelectronica către metodele de dezvoltare de noi tehnologii, dispozitive și microsisteme precum proiectarea experimentului și modelarea suprafeței de răspuns.

**Crearea abilităților de a aplica cunoștințele** de modelare, simulare, optimizare și proiectare unei game largi de microsisteme integrate. Crearea abilităților de a aplica cunoștințe generale în modelarea, simularea, optimizarea și proiectarea unor aplicații specifice folosind medii software integrate precum TCAD-Omni de la Silvaco.

**Extinderea înțelegerii** fenomenelor electrice de la nivelul dispozitivelor și circuitelor electronice către microsisteme integrate. Sunt extinse cunoștințele de microelectronica prin abordarea microsistemelor electromecanice-MEMS, microfluidice, bio-nano-electronice, celulelor solare, bolometre, microsenzori și electronica transparentă.

**Familiarizarea cu produsele actuale** din domeniul microsistemelor inclusiv cu literatura și jurnalele de specialitate.

**Dobândirea abilităților practice** de modelare simulare optimizare și proiectare unei game largi de microsisteme utilizând medii integrate, investigare cu tehnici optice, maturatori și extracție de parametri, generare de reguli de proiectare.

**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.)

<b>Specifice</b>	<p>Demonstrează că deține <b>cunoștințe</b> de bază și avansate în domeniul abc</p> <p><b>Corelează cunoștințele de modelare, simulare, proiectare caracterizare</b></p> <p><b>Aplică în practică</b> cunoștințele</p> <p><b>Aplică</b> metode și instrumente standardizate, specifice domeniului, pentru <b>realizarea procesului de evaluare și diagnoză</b> a unei situații, în funcție de problemele raportate, și <b>identifică</b> soluții.</p> <p><b>Argumentează și analizează</b> coerent și corect contextul de aplicare a cunoștințelor de bază ale domeniului, utilizând concepte cheie ale disciplinei și metodologia specifică.</p> <p><b>Comunicare orală și în scris în limba română:</b> utilizează vocabularul științific specific domeniului, în vederea comunicării eficiente, în scris și oral.</p> <p><b>Comunicare orală și în scris într-o limbă străină (engleză):</b> demonstrează înțelegerea vocabularului aferent domeniului, într-o limbă străină.</p>
<b>Transversale (generale)</b>	<p>Demonstrează că deține <b>cunoștințe</b> de bază și avansate în domeniul abc</p> <p><b>Corelează cunoștințele de modelare, simulare, proiectare caracterizare</b></p> <p><b>Aplică în practică</b> cunoștințele</p> <p><b>Aplică</b> metode și instrumente standardizate, specifice domeniului, pentru <b>realizarea procesului de evaluare și diagnoză</b> a unei situații, în funcție de problemele raportate, și <b>identifică</b> soluții.</p> <p><b>Argumentează și analizează</b> coerent și corect contextul de aplicare a cunoștințelor de bază ale domeniului, utilizând concepte cheie ale disciplinei și metodologia specifică.</p> <p><b>Comunicare orală și în scris în limba română:</b> utilizează vocabularul științific specific domeniului, în vederea comunicării eficiente, în scris și oral.</p> <p><b>Comunicare orală și în scris într-o limbă străină (engleză):</b> demonstrează înțelegerea vocabularului aferent domeniului, într-o limbă străină.</p>

**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.)



Cunoștințe	<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 faptice.</p> <p><b>Modelare, Simulare, Optimizare, Proiectare, Fabricare, Caracterizare, Calibrare modele.</b></p> <p><b>Definește</b> noțiuni specifice domeniului.</p> <p><b>Describe/clasifică</b> noțiuni/procese/fenomene/structuri.</p> <p><b>Evidențiază consecințe și relații.</b></p>
Aptitudini	<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> <p><b>Selectează și grupează</b> informații relevante într-un context dat.</p> <p><b>Utilizează argumentat principii specifice în vederea abc.</b></p> <p><b>Lucrează</b> productiv în echipă.</p> <p><b>Elaborează un text științific.</b></p> <p><b>Verifică experimental soluții identificate.</b></p> <p><b>Rezolvă</b> aplicații practice.</p> <p><b>Interpretează</b> adecvat relații de cauzalitate.</p> <p><b>Analizează și compară abc.</b></p> <p><b>Identifică soluții și elaborează</b> planuri de rezolvare/proiecte.</p> <p><b>Formulează concluzii la experimentele realizate</b></p> <p><b>Argumentează</b> soluțiile identificate/modurile de rezolvare.</p>
Responsabilitate și autonomie	<p>Capacitatea cursantului de a aplica în mod autonom și responsabil cunoștințele și aptitudinile sale.</p> <p><b>Selectează</b> surse bibliografice potrivite și le analizează.</p> <p><b>Respectă principiile de etică academică</b>, citând corect sursele bibliografice utilizate.</p> <p><b>Demonstrează receptivitate</b> pentru contexte noi de învățare.</p> <p><b>Manifestă colaborare</b> cu ceilalți colegi și cadre didactice în desfășurarea activităților didactice</p> <p><b>Demonstrează autonomie</b> în organizarea situației/contextului de învățare sau a situației problemă de rezolvat</p> <p><b>Manifestă responsabilitate socială</b> prin implicarea activă în viața socială studentescă/implicare în evenimentele din comunitatea academică</p> <p><b>Promovează/contribuie prin soluții noi, aferente domeniului de specialitate</b> pentru a îmbunătăți calitatea vieții sociale.</p> <p><b>Conștientizează valoarea contribuției sale în domeniul ingineriei</b> la identificarea de soluții viabile/sustenabile care să rezolve probleme din viața socială și economică (responsabilitate socială).</p> <p><b>Aplică principii de etică/deontologie profesională în analiza impactului tehnologic al soluțiilor propuse</b> în domeniul de specialitate asupra mediului înconjurător.</p> <p><b>Analizează și valorifică oportunități de afaceri/de dezvoltare antreprenorială</b> în domeniul de specialitate.</p> <p><b>Demonstrează abilități de management</b> al situațiilor din viața reală (gestionarea timpului colaborare vs. conflict).</p>

**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.)

Se porneste de la analiza caracteristicilor de învățare ale studenților și de la nevoile lor specifice, procesul de predare va explora metode de predare atât expositive precum prelegerea, expunerea, cât și conversative-interactive, bazate pe modele de învățare prin descoperire facilitate de explorarea directă și indirectă a realității ca 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 filmele 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, similar activității dintr-o firmă.

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, similar activității dintr-o firmă.

## 10. Conținuturi

CURS		
Capitolul	Conținutul	Nr. ore
1	Introducere: Transportul purtătorilor în semiconductori, Dispozitive semiconductoare, Fabricația circuitelor integrate.	2
2	Procese tehnologice de baza: Litografia, Oxidarea, Corodarea, Difuzia, Implantarea, Epitaxia.	4
3	Procese tehnologice specifice: microprelucrarea de suprafață, microprelucrarea de volum, LIGA, SLIGA, DEM, straturi de sacrificiu, lipirea anodica, fuziune, metal reactivă, directă sau cu strat intermediar, microprelucrarea cu laser, stoparea electrochimică a corodării, asamblarea și încapsularea microsistemelor.	6
4	Modele de proces și dispozitiv: Proiectarea experimentului, Modelul suprafeței de răspuns, modele fizice și empirice, modelarea neliniarităților și a efectelor de ordinul doi ale dispozitivelor active.	6
5	Simularea dispozitivelor, circuitelor și microsistemelor: metode numerice, metoda diferențelor finite, metoda elementului finit, drift-difuzie, hidrodinamic, Monte Carlo.	2
6	Modelarea simularea optimizare și proiectarea microsistemelor electromecanice MEMS, microfluidice, bio-nano-electronice, celulelor solare, actuatoarelor, bolometrelor, microsenzorilor și electronica transparentă.	8
7	Tehnici de caracterizare a tehnologiilor pentru micro sisteme și a microsistemelor: structuri potențiomtru, grinda, vernier, punte, serie și arie de elemente, Inele Gukel, Van der Paw, Kelvin.	2
<b>Total:</b>		28

### Bibliografie:

- ) Florin Babarada, capitol invitat: Semiconductor Processes and Devices Modelling, din cartea Semiconductor Technologies, editată de Jan Grym, editura InTech, ISBN 978-953-307-080-3, Aprilie 2010; DOI: 10.5772/8562.  
<http://www.intechopen.com/books/semiconductor-technologies>  
<http://www.intechopen.com/books/semiconductor-technologies/semiconductor-processes-and-devices-modelling>
- ) Florin Babarada, Camelia Dunăre, Microsenzori realizați pe siliciu, Editura MATRIX ROM, ISBN 978-973-755-376-8, 364pg., 2008.
- ) Florin Babarada, Marcel Profirescu, Simularea proceselor și dispozitivelor semiconductoare, Editura Printech, ISBN 973-718-389-4, 478pg., 2006.
- ) Florin Babarada, Cristian Ravariu, Tehnologii pentru microsenzori și biosenzori, Editura Printech, ISBN 973-718-119-0, 258pg., 2004.
- ) Florin Babarada, Caracterizarea Microsenzorilor Electromecanici, Editura Cartea Universitară, ISBN 973-86042-4-9, 136pg., 2002.
- ) <https://silvaco.com/examples/tcad/index.html>
- ) [www.library.pub.ro](http://www.library.pub.ro)
- ) <https://curs.upb.ro/2022/enrol/index.php?id=10228>
- ) [https://teams.microsoft.com/l/team/19%3aE7vXY\\_E53YtYQpzJ\\_brGkJzrXe0Ue0nayGKDuFy\\_mzk1%40thread.tacv2/conversations?groupId=48798311-3487-4252-b084-93155a047fca&tenantId=2d8cc8ba-8dda-4334-9e5c-fac2092e9bac](https://teams.microsoft.com/l/team/19%3aE7vXY_E53YtYQpzJ_brGkJzrXe0Ue0nayGKDuFy_mzk1%40thread.tacv2/conversations?groupId=48798311-3487-4252-b084-93155a047fca&tenantId=2d8cc8ba-8dda-4334-9e5c-fac2092e9bac)

PROIECT		
Nr. crt.	Conținutul	Nr. ore
1	Simularea tranzistorului MOS referitor la caracteristica de transfer și externă, extragerea tensiunii de prag, scăderea barierei indusă de drena, efecte de substrat, tensiunea de străpungere, structura Light Doped Drain-LDD și CMOS latchup.	3
2	Simularea dispozitivelor în tehnologia SOI, referitor la caracteristicile de transfer și externă, efectul Kink în structuri SOIMOSFET parțial sărăcite.	3



3	Exemple de aplicații cu dielectrice high-k referitor la dependența mobilității de împrăștierea pe fononi și Columb.	3
4	Simularea celulelor solare pe siliciu monocristalin, siliciu amorf cu defecte și pe germaniu pentru creșterea eficienței.	3
5	Colocviu final.	2
<b>Total:</b>		<b>14</b>

**Bibliografie:**

- ) Florin Babarada, capitol invitat: Semiconductor Processes and Devices Modelling, din cartea Semiconductor Technologies, editata de Jan Grym, editura InTech, ISBN 978-953-307-080-3, Aprilie 2010; DOI: 10.5772/8562.  
<http://www.intechopen.com/books/semiconductor-technologies>
- ) Florin Babarada, Camelia Dunăre, Microsenzori realizați pe siliciu, Editura MATRIX ROM, ISBN 978-973-755-376-8, 364pg., 2008.
- ) Florin Babarada, Marcel Profirescu, Simularea proceselor și dispozitivelor semiconductoare, Editura Printech, ISBN 973-718-389-4, 478pg., 2006.
- ) [www.silvaco.com](http://www.silvaco.com)
- ) [www.library.pub.ro](http://www.library.pub.ro)
- ) <https://curs.upb.ro/2022/enrol/index.php?id=10228>
- ) <https://teams.microsoft.com/l/team/MasterMS>

**11. Evaluare**

Tip activitate	11.1 Criterii de evaluare	11.2 Metode de evaluare	11.3 Pondere din nota finală
11.4 Curs	Cunoașterea noțiunilor teoretice fundamentale și specifice	Un examen scris în sesiune asigură maxim 30 puncte.	30
	Cunoașterea modului de aplicare a teoriei la probleme specifice	Tema de casa sub forma de referat, dat individual fiecărui student, care să-i trimită la literatură și produsele internaționale de pe piață.	20
	Analiza capacității de sinteză în documentarea și prezentarea unui subiect	Tema de casa se elaborează și se prezintă pe parcursul semestrului	20
11.5 Seminar/laborator/proiect	Cunoașterea temelor dezbătute și a limbajului de scriere a fișierului de intrare în simulatorul numeric	Evaluarea capacităților individuale la fiecare activitate	15
	Abilitatea de a înțelege cerințele fiecărei teme prezentate și capacitatea de interpretare a rezultatelor	Colocviu final cu o aplicație practică	15
11.6 Condiții de promovare			
Obținerea a 50% din punctajul total.			
Obținerea a 50% din punctajul aferent activității pe parcursul semestrului.			

**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)**

Modelarea, simularea, optimizarea și proiectarea noilor procese tehnologice, dispozitivelor, circuitelor și sistemelor electronice a cunoscut o dezvoltare dependentă de puterea de calcul și are ca efect creșterea puterii de calcul a calculatoarelor. Prin TCAD se pot identifica variabilele de proces care au influența cea mai mare asupra dispozitivelor, circuitelor sau microsistemelor electronice. Astfel fabricarea virtuală poate reduce până la 40% din costurile dezvoltării unei noi tehnologii, dispozitiv sau microsistem.



**Universitatea Națională de Știință și Tehnologie Politehnica București**


**Facultatea de Electronică, Telecomunicații și  
Tehnologia Informației**



Programa cursului răspunde concret acestor cerințe actuale de dezvoltare și evoluție, subscrise economiei naționale și europene oferind extinderea tehnologiilor microelectronice către micro sisteme domeniu de intersecție al microtehnologiilor și tehnicilor de calcul care au un grad ridicat de specializare și sunt solicitate de filialele din țară ale unor firme cunoscute la nivel internațional iar recent și de firme autohtone au beneficiari firme mari internaționale.

Se asigură astfel absolvenților competențe adecvate cu necesitățile calificărilor actuale și o pregătire științifică și tehnică modernă, de calitate și competitivă, care să le permită angajarea rapidă după absolvire, cursul fiind perfect încadrat în politica Universității Politehnica din București, atât din punctul de vedere al conținutului și structurii, cât și din punctul de vedere al aptitudinilor și deschiderii internaționale oferite studenților.

Data completării	Titular de curs	Titular(i) de aplicații
17.10.2024	Prof.dr.ing. BABARADA Florin	Prof.dr.ing. BABARADA Florin

Data avizării în departament	Director de departament
31.10.2024	Prof. Dr. Claudiu DAN 

Data aprobării în Consiliul Facultății	Decan
01.11.2024	Prof. Dr. Mihnea Udrea 