



### 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	Micro și Nanoelectronică

#### 2. Date despre disciplină

2.1 Denumirea disciplinei (ro)		Biosenzori integrati					
(en)							
2.2 Titularul activităților de curs		Prof. Dr. Cristian Ravariu					
2.3 Titularul activităților de seminar / laborator		Prof. Dr. Cristian Ravariu					
2.4 Anul de studiu	1	2.5 Semestrul	II	2.6 Tipul de evaluare	E	2.7 Regimul disciplinei	Ob
2.8 Tipul disciplinei	DA	2.9 Codul disciplinei	UPB.04.M2.	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	1.00	3.3 seminar/laborator	2
3.4 Total ore din planul de învățământ	42.00	Din care: 3.5 curs	14	3.6 seminar/laborator	28
Distribuția fondului de timp:					ore
Studiul după manual, suport de curs, bibliografie și notițe					25
Documentare suplimentară în bibliotecă, pe platformele electronice de specialitate					
Pregătire seminarii/ laboratoare/proiecte, teme, referate, portofolii și eseuri					
Tutorat					5
Examinări					8
Alte activități (dacă există):					20
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	Parcursarea și/sau promovarea următoarelor discipline: Dispozitive Electronice Modele Spice sau MCMA Curs de BSAD sau Circuite pt Senzori
4.2 de rezultate ale învățării	Ca preconditii sunt necesare rezultate ale invatarii generale de fizica, senzori electronici si modelare a dispozitivelor electronice active, programe de simulare (in mediile Athena, Atlas)



**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, sau prin orice metoda online agreeată de Universitate, în situații deosebite.
5.2 Seminar/ Laborator/Proiect	Parcurgerea și/sau promovarea următoarelor discipline: Laboratorul se va desfășura într-o sală cu dotare specifică, care trebuie să includă: videoproiector și laptop, sau facilități de e-learning, ca Moodle sau Teams.

**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.)

Această disciplină se studiază în cadrul domeniului senzorilor electronici și bioelectronicii și își propune să familiarizeze studenții cu principalele abordări, modele și teorii explicative ale domeniului, utilizate în rezolvarea de aplicații practice și probleme, cu relevanță pentru stimularea procesului de învățare la studenți.

Disciplina Biosenzori Integrati abordează ca tematică specifică noțiuni de bază ale elementelor și principiilor de detecție cu receptori biologici, cu traductoare din dispozitive electronice active, concepte și principii specifice în domeniul biosenzorilor, tehnologiilor de integrare a biosenzorilor și tranzistoare enzimatică, toate acestea contribuind la transmiterea/formarea către studenți a unei viziuni de ansamblu asupra reperelor metodologice și procedurale aferente domeniului acesta în continuă expansiune.

**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>	<ul style="list-style-type: none"><li>- Cunoșterea structurii și a proprietăților nanotehnologiilor utilizate pentru integrarea biomaterialelor ca elemente receptoare pentru bio-senzori;</li><li>- Utilizarea instrumentelor software pentru simularea avansată atât a dispozitivelor active traductoare din senzori, cât și a proceselor tehnologice specifice;</li><li>- Însușirea și aprofundarea unor cunoștințe pentru deprinderea cursanților cu proiectarea de dispozitive electronice active cu scop de bio-detectie, inclusiv game înguste de concentrații de analit în lumea vie, precum și simularea-modelarea unor fenomene electrice ce interfera cu lumea vie, aplicând cunoștințele teoretice de la Dispozitive Electronice și Modele Spice, adăugând cunoștințe specifice de bio-electronica, inclusiv bio-semnale.</li></ul>
<b>Transversale (generale)</b>	<ul style="list-style-type: none"><li>- Îndeplinirea sarcinilor profesionale cu identificarea exactă a obiectivelor de realizat, a unor factori potențiali de risc, a resurselor disponibile, a aspectelor economico-financiare, a condițiilor de finalizare a acestora, etapelor de lucru, timpului de lucru și termenelor de realizare pentru în sfera bio-senzorilor;</li><li>- Executarea responsabilă a unor sarcini de lucru în echipă pluridisciplinară, cu asumarea de roluri pe diferite paliere ierarhice pentru diverse domenii în bio-detectie;</li><li>- Identificarea nevoii de formare continuă și utilizarea eficientă a surselor informaționale și a resurselor de comunicare și formare profesională asistată atât în limba română cât și într-o limbă de circulație internațională.</li></ul>



**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><i>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.</i></p> <ul style="list-style-type: none"><li>• Stabilirea etapelor care au marcat dezvoltarea domeniului bio-senzorilor și al integrării în Electronica: dezvoltarea tranzistorului MOS, devierea tehnologiei de integrare spre tranzistoare detectoare de ioni ISFET, apoi spre tranzistoare Enzyme-FET.</li><li>• Noțiuni specifice domeniului senzorilor și elementelor receptoare enzimatică și a traductoarelor active pentru biosenzori: tehnologii de integrare a unor membrane enzimatică în stare solidă pe placheta de Siliciu.</li><li>• Noțiuni/procese/fenomene/structuri: Electroforeza ca tehnica de biodectectie, Potentiale Nerst, Curenti după modele Butler-Volmer, Biosenzori electronici: analiti, blocuri receptoare, traductori din tranzistoare supuse scalării sub-micronice / Tehnologii pentru biosenzori: imobilizare de enzime pe plachete.</li><li>• Consecințe și relații: Biosenzorii integrați nu mai pot fi realizați în laboratoarele biochimiei, ci în camerele albe ale fabricilor de microelectronica, deoarece azi avem tehnologiile de fabricație pentru Enzyme-FET în aceeași zonă tehnologică ca și circuitele MOS. Biodectectia fie de semnale electrice, fie de substanțe active din lumea vie, determină relații interdisciplinare de studiu.</li></ul>
<b>Aptitudini</b>	<p><i>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).</i></p> <ul style="list-style-type: none"><li>• <b>Absolvenții pot să elaboreze</b> informații relevante în diverse contexte ale biosenzorilor integrați: tranzistoare Enzyme-FET, Ion Sensitive FET, ADN-FET, dar și tehnologii de co-integrare.</li><li>• <b>Absolvenții utilizează argumentat principii specifice în vederea utilizării, aplicării, proiectării, tehnologiei unor tranzistoare cu biomateriale integrate.</b></li><li>• <b>Absolvenții sunt stimulați să lucreze productiv în echipă.</b></li><li>• <b>Absolvenții de acest curs, sunt stimulați să elaboreze un text științific în domeniul biosenzorilor.</b></li><li>• <b>Absolvenții de acest curs sunt stimulați să verifice experimental soluții identificate.</b></li><li>• <b>Absolvenții de acest curs sunt stimulați să rezolve</b> aplicații practice din domeniul fabricării de biosenzori electronici integrați cu tranzistoare.</li><li>• <b>Absolvenții de acest curs sunt stimulați să interpreteze</b> adecvat relații de cauzalitate.</li><li>• <b>Absolvenții de acest curs sunt stimulați să analizeze și compare funcțiile optime ale diverselor tipuri de traductoare pentru un biosenzor electronic.</b></li><li>• <b>Absolvenții de acest curs sunt stimulați să elaboreze</b> planuri de rezolvare de proiecte, prin intermediul aplicațiilor de tip proiect.</li><li>• <b>Absolvenții de acest curs sunt stimulați să formuleze concluzii experimentale.</b></li></ul>



<b>Responsabilitate și autonomie</b>	<p><i>Capacitatea cursantului de a aplica în mod autonom și responsabil cunoștințele și aptitudinile sale.</i></p> <ul style="list-style-type: none"><li>• <b>Absolvenții de acest curs sunt stimulați să selecteze</b> surse bibliografice potrivite și să le analizeze.</li><li>• <b>Absolvenții de acest curs sunt stimulați să respecte principiile de etică academică</b>, citând corect sursele bibliografice utilizate, în proiectul de semestru.</li><li>• <b>Absolvenții de acest curs sunt stimulați să demonstrează receptivitate</b> pentru contexte noi de învățare.</li><li>• <b>Absolvenții de acest curs sunt stimulați să manifeste colaborare</b> cu ceilalți colegi și cadre didactice în desfășurarea activităților didactice, în timpul fiecărui curs, prin antrenare de a răspunde la întrebări, sau prin prezentări studentesti de proiecte.</li><li>• <b>Absolvenții de acest curs sunt stimulați să demonstreze autonomie</b> în organizarea situației/contextului de învățare, întrucât fiecare student are de rezolvat propria parte de probleme individuale la un proiect.</li><li>• <b>Absolvenții de acest curs sunt stimulați să promoveze/contribuie prin soluții noi, aferente domeniului de specialitate</b> pentru a îmbunătăți calitatea vieții sociale, fiind în fiecare an antrenați să publice lucrări originale la sesiunea studentească, dar și în jurnale de specialitate.</li><li>• <b>Absolvenții de acest curs sunt stimulați să recunoască impactul tehnologic al soluțiilor propuse</b> în domeniul de specialitate asupra mediului înconjurător.</li><li>• <b>Analizează și valorifică oportunități de afaceri/de dezvoltare antreprenorială.</b></li><li>• <b>Demonstrează abilități de management</b> al situațiilor din viața reală.</li></ul>
--	---

**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 a disciplinei Biosenzori Integrati, 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 se utilizează prelegeri, în baza unor prezentări Power Point dar și diferite filmulețe care sunt puse la dispoziția studenților. Fiecare curs debutează 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.

Disciplina Biodispozitive și Nano-electronica Celulara 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 au 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.

## 10. Conținuturi

CURS



Capitolul	Conținutul	Nr. ore
1	C1. Introducere in domeniul proiectarii si fabricarii senzorilor	2
2	C2. Biodetectia si probleme specifice ale integrarii receptor-traductor	2
3	C3. Modele pentru biosenzori potentiometrici si amperometrici	2
4	C4. Analiti, receptori, tranductori	2
5	C5. Bio-tranzistoare ISFET si Enzyme-FET	2
6	C6. Tehnologii de integrare a biosenzorilor	4
	<b>Total:</b>	14

#### Bibliografie:

Site materiale Moodle curs: <https://curs.upb.ro/2021/course/view.php?id=9273>

2. Cristian RAVARIU, MOSFET with tips and tricks, Politehnica Press Publisher, e-Book 105pp, Bucharest, Romania, March 2023, (in English). ISBN: 978-606-9608-41-8.
3. Florin Babarada, **Cristian Ravariu**. Technologies of fabrication for micro and biosensors, pp. 1-258, Publisher: Printech Romania, 2004, ISBN 973-718-119-0.
4. **Ravariu C**, Parvulescu CC, Manea E, Tucureanu V. Optimized Technologies for Cointegration of MOS Transistor and Glucose Oxidase Enzyme on a Si-Wafer. *Biosensors*. 2021; vol. 11, no. 12, pp. 497, Q1-MDPI.
5. Ravariu, C. From Enzymatic Dopamine Biosensors to OECT Biosensors of Dopamine. *Biosensors*, 2023, 13(8), 806, pp.1-21, <https://doi.org/10.3390/bios13080806>, Q1-MDPI.
6. **C. Ravariu**, E. Manea, F. Babarada, Masks and metallic electrodes compounds for silicon biosensor integration, *Journal of Alloys and Compounds*, Elsevier, 2017, vol. 697, pp. 72-79, March 2017, Q1-MDPI.
7. **Ravariu, C.**; Srinivasulu, A.; Mihaiescu, D.E.; Musala, S. Generalized Analytical Model for Enzymatic BioFET Transistors. *Biosensors* **2022**, 12(7), 474, Q1-MDPI.
8. **Cristian Ravariu**, Cătălin Pârvulescu, Elena Manea, Adrian Dinescu, Raluca Gavrilă, Munizer Purica, Vijay Arora, "Manufacturing of a Nothing On Insulator Nano-Structure with two Cr/Au Nanowires Separated by 18 nm Air Gap," *Nanotechnology IOP*, vol. 31, no. 27, pp.1-9, 2020, **Q1-Red zone/2020**
9. **C. Ravariu**, Vacuum nano-triode in Nothing-On-Insulator configuration working in Terahertz domain, *IEEE Journal of the Electron Devices Society*, vol. 6, no. 1, 2018, pp. 1115-1123, DOI 10.1109/JEDS.2018.2868465, ISSN: 2168-6734, IF=2.69, **Yellow zone/2018**.
10. **Cristian Ravariu**, Ala Bondarciuc. The sensitivity in the IR spectrum of the intact and pathological tissues by laser bio-photometry, *Laser in Medical Science*, Springer Journal, March 2014, Volume 29, Issue 2, pp 581-588. DOI 10.1007/s10103-013-1358-6, ISSN: 0268-8921, IF=2.003, indexed in: ISI, PubMed/MEDLINE, SCOPUS, INSPEC, Biological Abstracts, BIOSIS, Current Contents/Clinical Medicine. WOS:000333051700024. **Red zone / 2013 (Surgery)**.

#### LABORATOR

Nr. crt.	Conținutul	Nr. ore
1	Metode de simulare a tehnologiei tranzistoarelor in Athena; verificare pe parcurs	8
2	Metode de simulare a tranzistoarelor IS-FET in Atlas; verificare pe parcurs	8
3	Metode de simulare a tranzistoarelor Enzyme-FET; verificare pe parcurs	8
4	Verificare finala	4
	<b>Total:</b>	28



**Bibliografie:**

Site Moodle: <https://curs.upb.ro/2021/course/view.php?id=9273>

**Ravariu C.**, Manea E., Babarada F., Ursutiu D., Mihaiescu D., Popescu A. "Organic Compounds Integrated on Nanostructured Materials for Biomedical Applications", Chapter 2 at section Biomedical Engineering in the book: Smart Industry & Smart Education. Editors: Auer M., Langmann R., Series - Lecture Notes in Networks and Systems, vol 47, Jan 2019, pp 489-497, DOI:10.1007/978-3-319-95678-7\_55, **Publisher Name - Springer**, 2367-3370.

Cristian Ravariu, Vijay Arora, Modeling of Enzyme-FET Biosensor Based on Experimental Glucose-Oxidase Receptor, ID 1236, 43rd Annual International Conference of the IEEE Engineering in Medicine and Biology Society, *October 30 - November 5, 2021*.

**Cristian Ravariu**, Dan E. Mihaiescu, Daniela Istrati, Elena Manea, Catalin Parvulescu, Application of the Nonlinear Electrical Conduction Theorem to Emphasize the Optimized Biosensor Sensitivity, The 11th IEEE International Symposium on Advanced Topics In Electrical Engineering, Bucharest, Romania, March 28-30 2019, pp. 94:1-4.

Baza de date a Jurnalului Elsevier Q1 - Biosensors and Bioelectronics, Baza de date Open Access a Jurnalului MDPI zona Rosie - Biosensors si Baza de date a Jurnalului IEEE Electron Devices Society EDS, unde C. Ravariu este Chairman pe Romania la EDS-Romania.

**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	examen scris in sesiune	20%
	- cunoașterea modului de aplicare a teoriei la probleme specifice	examen scris in sesiune	20%
	- verificarea însușirii cunostintelor teoretice in timpul semestrului	teme din curs in timpul semestrului	20%
11.5 Seminar/laborator/proiect	- cunoașterea principiilor de functionare a tranzistoarelor ISFET si EnFET	Pe perioada derularii lucrarilor in saptamanile 1-11	20%
	- sustineri orale ale referatelor de semestru	Saptamanile 12-14	20%
11.6 Condiții de promovare			
Obținerea a 50% din punctajul total. Cunoasterea diferentelor si caracteristicilor distinctive ale tranzistoarelor ISFET - EnFET. Insusirea tehnicilor de simulare tehnologie la un BioFET integrat.			

**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 (SEİS)**








Biosenzorii integrați, în contextul actual al creării unor rețele de senzori, pentru înregistrare multiplă și simultană de analize medicale, în complementaritate cu electronica medicală și nano-bio-tehnologiile și microelectronica, au devenit o componentă constantă a subiectelor unor Jurnale internaționale de top, zona Q1-Q2 roșie - galbenă, IEEE-Elsevier-Springer-MDPI, precum Biosensors and Bioelectronics, Biosensors, Lab-On-Chip, și a multor Conferințe internaționale (inclusiv CAS, ESSDERC, dar și tradiționalele BIOMED, EMB). Câteva din firmele și Instituturile care au interacționat de-a lungul anilor cu titularul de curs și implicit au slefuit disciplina Biosenzorii integrați sunt: MERK, Meckrosistem, Spectrum SRL, Seletron SRL, Tehno-Industrial SRL, IMT, Inst. Paulescu, ICPE-CA, Inst. Cantacuzino, LAAS-Toulouse Franța, Fac. of Bioengineering Patras Greece, UEFISCDI, Academia Română. Tot mai mult în ultimii ani, industria are o cerere importantă de ingineri calificați în domenii interdisciplinare, cum este cel al senzorilor și mai ales al biosenzorilor integrați, pentru că aplicațiile sunt multiple - de la monitorizări ale pacienților la distanță, dar și biosenzori pentru automobile, avioane, echipamente.

Programa cursului răspunde concret acestor cerințe actuale de dezvoltare și evoluție, subscrise economiei europene și mondiale, a serviciilor din domeniul Ingineriei electronice și telecomunicații. Sunt vizate aplicații de "consum", tehnologii și aplicații personalizate de biosenzori, integrare testere enzimatică pe substrat de Siliciu, domeniul medical, biosenzori in vitro sau in vivo pentru analiza mediilor biologice, inclusiv de origine umană sau veterinară, dar și domenii de varf ca micro-nanoprelucrare în Si.

Astfel, absolvenților li se permite o angajare rapidă după absolvire, cursul fiind perfect încadrat în politica Universității Naționale de Știință și Tehnologie 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
01.09.2024	Prof. Dr. ing. Cristian Ravariu 	Prof. Dr. ing. Cristian Ravariu 
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 