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	Masterat
1.6 Specializarea	Micro şi Nanoelectronică

2. Date despre disciplină

2.1 Denumirea disciplinei (ro) (en)				Biosenzori integraţi			
2.2 Titularul activităţilor de curs				Prof. Dr. Cristian Ravariu			
2.3 Titularul activităţilor de seminar / laborator				Prof. Dr. Cristian Ravariu			
2.4 Anul de studiu	1	2.5 Semestrul	2	2.6. Tipul de evaluare	E	2.7 Regimul disciplinei	Ob
2.8 Tipul disciplinei		S	2.9 Codul disciplinei	3		2.10 Tipul de notare	Nota

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

3.1 Număr de ore pe săptămână	3	Din care: 3.2 curs	1	3.3 seminar/laborator	2
3.4 Total ore din planul de învăţământ	42	Din care: 3.5 curs	14	3.6 seminar/laborator	28
Distribuţia fondului de timp:					ore
Studiul după manual, suport de curs, bibliografie şi notiţe Documentare suplimentară în bibliotecă, pe platformele electronice de specialitate Pregătire seminarii/ laboratoare/proiecte, teme, referate, portofolii şi eseuri					25
Tutorat					5
Examinări					8
Alte activităţi (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. Precondiţii (acolo unde este cazul)

4.1 de curriculum	Parcurgerea şi/sau promovarea următoarelor discipline: Dispozitive Electronice Modele Spice sau MCMA Curs de BSAD sau Circuite pt Senzori
4.2 de rezultate ale învăţării	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. 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 şi computer, sau prin orice metoda online agreeata de Universitate, in situatii deosebite.
5.2 Seminar/ Laborator/Proiect	Parcurgerea şi/sau promovarea următoarelor discipline: Laboratorul se va desfăşura într-o sală cu dotare specifică, care trebuie să includă:videoproiector si laptop, sau facilitati de e-learning, ca Moolde sau Teams.

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.)*

Această disciplină se studiază în cadrul domeniului senzorilor electronici si bioelectronicii şi îşi propune să familiarizeze studenţii cu principalele abordări, modele şi teorii explicative ale domeniului, utilizate în rezolvarea de aplicaţii practice şi probleme, cu relevanţă pentru stimularea procesului de învăţare la studenţi.

Disciplina Biosenzori Integrati abordează ca tematică specifică noţiuni de bază ale elementelor si principiilor de detectie cu receptori biologici, cu traductoare din dispozitive electronice active, concepte şi principii specifice in domeniul biosenzorilor, tehnologiilor de integrare a biosenzorilor si tranzistoare enzimatice, toate acestea contribuind la transmiterea/formarea către studenţi a unei viziuni de ansamblu asupra reperelor metodologice şi procedurale aferente domeniului acesta in continua expansiune.

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	- Cunoşterea structurii şi a proprietăţilor nanotehnologiilor utilizate pentru integrarea bio-materialelor ca elemente receptoare pentru bio-senzori; - Utilizarea instrumentelor software pentru simularea avansată atât a dispozitivelor actice traductoare din sensori, cât şi a proceselor tehnologice specifice; -Insusirea si aprofundarea unor cunostinte pentru deprinderea cursantilor cu proiectarea de dispozitive electronice active cu scop de bio-detectie, inclusiv game inguste de concentratii de analit in lumea vie, precum si simularea-modelarea unor fenomene electrice ce interfera cu lumea vie, aplicand cunoştinţele teoretice de la Dispozitive Electronice si Modele Spice, adaugand cunostinte specifice de bio-electronica, inclusiv bio-semnale.
Transversale (generale)	- Îndeplinirea sarcinilor profesionale cu identificarea exactă a obiectivelor de realizat, a unor factori potenţiali de risc, a resurselor disponibile, a aspectelor economico-financiare, a condiţiilor de finalizare a acestora, etapelor de lucru, timpului de lucru şi termenelor de realizare pentru in sfera bio-senzorilor; - Executarea responsabilă a unor sarcini de lucru în echipă pluridisciplinară, cu asumarea de roluri pe diferite paliere ierarhice pentru diverse domenii in bio-detectie; - Identificarea nevoii de formare continuă şi utilizarea eficientă a surselor informaţionale şi a resurselor de comunicare şi formare profesională asistată atât în limba română cât şi într-o limbă de circulaţie internaţională.

8. Rezultatele învăţării *(Sunt enunţuri sintetice referitoare la ceea ce un student va fi capabil să facă sau să demonstreze la finalizarea unui curs. Rezultatele învăţării reflectă realizările studentului şi mai puţin intenţiile profesorului. Rezultatele învăţării informează studenţii despre ceea ce se aşteaptă de la ei din punct de vedere al performanţei, pentru a obţine notele şi creditele dorite. Sunt definite în termeni concreţi, folosind verbe similare exemplelor de mai jos şi indică ceea ce se va urmări prin evaluare. Rezultatele învăţării vor fi astfel redactate încât să fie evidenţiată clar relaţia faţă de competenţele definite la punctul 7.)*

Cunoştinţe	*Rezultatul asimilării de informaţii prin învăţare. Cunoştinţele reprezintă ansamblul de fapte, principii, teorii şi practici legate de un anumit domeniu de muncă sau de studiu. Pot fi teoretice şi/sau faptice.* · Stabilirea etapelor care au marcat dezvoltarea domeniului bio-senzorilor si al integrarii in Electronica: dezvoltarea tranzistorului MOS, devierea tehnologiei de integrare spre tranzistoare detectoare de ioni ISFET, apoi spre tranzistoare Enzyme-FET. **N**oţiuni specifice domeniului senzorilor si elementelor receptoare enzimatice si a traductoarelor active pentru biosenzori: tehnologii de integrare a unor membrane enzimatice in stare solida pe placheta de Siliciu. Noţiuni/procese/fenomene/structuri:Electro-foreza ca tehnica de biodetectie, Potentiale Nerst, Curenti dupa modele Butler-Volmer, Biosenzori electronici: analiti, blocuri receptoare, traductori din tranzistoare supuse scalarii sub-micronice / Tehnologii pentru biosenzori: imobilizare de enzime pe plachete. · Consecinţe şi relaţii: Biosenzorii integrati nu mai pot fi realizati in laboratoarele biochimiei, ci in camerele albe ale fabricilor de microelectronica, deoarece azi avem tehnologiile de fabricatie pentru Enzyme-FET in aceeasi zona tehnologica ca si circuitele MOS. Biodetectia fie de semnale electrice, fie de substante active din lumea vie, determina relatii interdisciplinare de studiu.
Aptitudini	*Capacitatea de a aplica cunoştinţe şi de a utiliza know-how pentru a duce la îndeplinire sarcini şi a rezolva probleme. Aptitudinile sunt descrise ca fiind cognitive (implicând utilizarea gândirii logice, intuitive şi creative) sau practice (implicând dexteritate manuală şi utilizarea de metode, materiale, unelte şi instrumente).* · **Absolventii pot sa elaboreze i**nformaţii relevante în diverse contexte ale biosenzorilor integratii: tranzistoare Enzyme-FET, Ion Sensitive FET, ADN-FET, dar si tehnologii de co-integrare. · **Absolventii utilizează argumentat principii specifice în vederea utilizarii, aplicarii, proiectarii, tehnologiei unor tranzistoare cu biomateriale integrate.** **Absolventii sunt stimulati sa lucreze** productiv **în echipă.** **Absolventii de acest curs, sunt stimulati sa elaboreze un text ştiinţific in domeniul bio-senzorilor.** **Absolventii de acest curs sunt stimulati sa verifice experimental soluţii identificate.** · **Absolventii de acest curs sunt stimulati sa rezolve** aplicaţii practice din domeniul fabricarii de biosenzori electronici integrati cu tranzistoare. · **Absolventii de acest curs sunt stimulati sa interpreteze** adecvat relaţii de cauzalitate. · **Absolventii de acest curs sunt stimulati sa analizeze şi compare functiile optime ale diverselor tipuri de tranductoare pentru un biosenzor electronic.** · **Absolventii de acest curs sunt stimulati sa elaboreze** planuri de rezolvare de proiecte, prin intermediul aplicatiilor de tip proiect. **Absolventii de acest curs sunt stimulati sa formuleze concluzii experimentale.**

Responsabilitate și autonomie	*Capacitatea cursantului de a aplica în mod autonom și responsabil cunoștințele și aptitudinile sale.* · **Absolventii de acest curs sunt stimulati sa selecteze** surse bibliografice potrivite şi sa le analizeze. · **Absolventii de acest curs sunt stimulati sa respecte principiile de etică academică,** citând corect sursele bibliografice utilizate, in proiectul de semestru. · **Absolventii de acest curs sunt stimulati sa demonstrează receptivitate** pentru contexte noi de învățare. **Absolventii de acest curs sunt stimulati sa manifeste colaborare** cu ceilalți colegi și cadre didactice în desfășurarea activităților didactice, in timpul fiecarui curs, prin antrenare de a raspunde la intrebari, sau prin prezentari studentesti de proiecte. **Absolventii de acest curs sunt stimulati sa demonstreze autonomie** în organizarea situației/contextului de învățare, intrucat fiecare student are de rezolvat propria parte de probmele individuala la un proiect. · **Absolventii de acest curs sunt stimulati sa promoveze/contribuie prin soluţii noi, aferente domeniului de specialitate** pentru a îmbunătăți calitatea vieții sociale, fiind in fiecare an antrenati sa publice lucrari originale la sesiunea studenteasca, dar si in jurnale de specialitate. · **Absolventii de acest curs sunt stimulati sa recunoasca impactul tehnologic al soluțiilor propuse** în domeniul de specialitate asupra mediului înconjurător. · **Analizează și valorifică oportunități de afaceri**/de dezvoltare antreprenorială. **Demonstrează abilităţi de management** al situațiilor din viața reală.

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 învățare ale studenților și de la nevoile lor specifice, procesul de predare a disciplinei Biosenzori Integrati, va explora metode de predare atât expozitive (prelegerea, expunerea), cât și conversative-interactive, bazate pe modele de învățare prin descoperire facilitate de explorarea directa 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 utilizeaza prelegeri, în baza unor prezentări Power Point dar si diferite filmulețe care sunt puse la dispoziția studenților. Fiecare curs debuteaza cu recapitularea capitolelor deja parcurse, cu accent asupra noțiunilor parcurse la ultimul curs.

Prezentările utilizează imagini şi scheme, astfel încât informațiile prezentate să fie uşor de înțeles şi asimilat.

Disciplina Biodispozitive si Nano-electronica Celulara acoperă informaţii şi activităţi practice menite să-i sprijine pe studenţi în eforturile de învățare şi de dezvoltare a unor relaţii optime de colaborare şi comunicare într-un climat favorabil învățării prin descoperire.

Se au 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 învățare ale studenților.

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

10. Conţinuturi

CURS

Capitolul	Conţinutul	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
	Total:	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 Gavrila, 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.	Conţinutul	Nr. ore
1	Metode de simulare a tehnologiei tranzistoarelor in Athena; verificare pe parcurs	8
2	Metode de simulare a trazistoarelor IS-FET in Atlas; verificare pe parcurs	8
3	Metode de simulare a tranzistoarelor Enzyme-FET; verificare pe parcurs	8
4	Verificare finala	4
	Total:	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 Ingineering, 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 Jurnalelor 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	- cunoaşterea noţiunilor teoretice fundamentale	examen scris in sesiune	20%
	- cunoaşterea modului de aplicare a teoriei la probleme specifice	examen scris in sesiune	20%
	- verificarea insusirii cunostintelor teoretice in timpul semestrului	teme din curs in timpul semestrului	20%
11.5 Seminar/laborator/proiect	- cunoaşterea 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 Condiţii de promovare			
Obţinerea 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 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)

Universitatea Naţională de Ştiinţă şi Tehnologie Politehnica Bucureşti

Facultatea de Electronică, Telecomunicaţii şi

Tehnologia Informaţiei

Biosenzorii integrati, in contextul actual al crearii unor relele de senzori, pentru inregistrare multipla si simultana de analize medicale, in complementaritate cu electronica medicala şi nano-bio-tehnologiile si microelectronica, au devenit o componenta constanta a subiectelor unor Jurnale internationale de top, zona Q1-Q2 roşie - galbena, IEEE-Elsevier-Springer-MDPI, precum Biosensors and Bioelectronics, Biosensors, Lab-On-Chip, si a multor Conferinte internationale (inclusiv CAS, ESSDERC, dar si traditionalele BIOMED, EMB). Cateva din firmele si Institutiile care au interactionat de-a lungul anilor cu titularul de curs si implicit au slefuit disciplina Biosenzori integrati sunt: MERK, Meckrosistem, Spectrum SRL, Seletron SRL, Tehno-Industrial SRL, IMT, Inst. Paulescu, ICPE-CA, Inst. Cantacuzino, LAAS-Toulouse Franta, Fac. of Bioengineering Patras Greece, UEFISCDI, Academia Romana. Tot mai mult in ultimii ani, industria are o cerere importantă de ingineri calificaţi in domenii interdisciplinare, cum este cel al senzorilor si mai ales al biosenzorilor integrati, pentru ca aplicatiile sunt multiple - de la monitorizari ale pacientilor la distanta, dar si biosenzori pentru automobile, avioane, echipamente.

Programa cursului răspunde concret acestor cerinţe actuale de dezvoltare şi evoluţie, subscrise economiei europene si mondiale, a serviciilor din domeniul Ingineriei electronice şi telecomunicaţii. Sunt vizate aplicaţii de “consum”, tehnologii si aplicatii personalizate de biosenzori, integrare testere enzimatice pe substrat de Siliciu, domeniul medical, biosenzori in vitro sau in vivo pentru analiza mediilor biologice, inclusiv de origine umana sau veterinara, dar si domenii de varf ca micro-nanoprelucrare in Si.

Astfel, absolvenţilor li se permite o angajare rapidă după absolvire, cursul fiind perfect încadrat în politica Universităţii Nationale de Stiinta si Tehnologie Politehnica din Bucureşti, atât din punctul de vedere al conţinutului şi structurii, cât şi din punctul de vedere al aptitudinilor şi deschiderii internaţionale oferite studenţilor.

Data completării	Titular de curs	Titular(i) de aplicaţii
21.09.2026	Prof. Dr. Cristian Ravariu	Prof. Dr. Cristian Ravariu

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