



### 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	Microelectronică Avansată

#### 2. Date despre disciplină

2.1 Denumirea disciplinei (ro)		Dispozitive semiconductoare de putere					
(en)		Power Semiconductor Devices					
2.2 Titularul activităților de curs		Colaborator Dr. Mihai Brezeanu					
2.3 Titularul activităților de seminar / laborator		Colaborator Dr. Bogdan Ofrim					
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.04-02	2.10 Tipul de notare	Nota		

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

3.1 Număr de ore pe săptămână	2	Din care: 3.2 curs	1.00	3.3 seminar/laborator	1
3.4 Total ore din planul de învățământ	28.00	Din care: 3.5 curs	14	3.6 seminar/laborator	14
Distribuția fondului de timp:					ore
Studiul după manual, suport de curs, bibliografie și notițe					41
Documentare suplimentară în bibliotecă, pe platformele electronice de specialitate					
Pregătire seminarii/ laboratoare/proiecte, teme, referate, portofolii și eseuri					
Tutorat					3
Examinări					3
Alte activități (dacă există):					0
3.7 Total ore studiu individual	47.00				
3.8 Total ore pe semestru	75				
3.9 Numărul de credite	3				

#### 4. Precondiții (acolo unde este cazul)

4.1 de curriculum	D - Dispozitive electronice C - Circuite electronice fundamentale -- Bazele tehnologiei microelectronice
4.2 de rezultate ale învățării	Acumularea următoarelor cunoștințe: - Cunoștințe de bază de fizică și dispozitive 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 videoprojector și computer. Pentru transmiterea sincronă/înregistrarea prelegerilor este necesară o legătură la Internet de viteză corespunzătoare
5.2 Seminar/ Laborator/Proiect	<ul style="list-style-type: none"><li>· Laboratorul se va desfășura într-o sală cu dotare specifică, care trebuie să includă: un număr de calculatoare cel puțin egal cu cel al studenților</li><li>· Calculatoarele trebuie să ruleze un sistem de operare de tip Linux și pachetul de programe IC Design de la Cadence</li><li>· Licențe pentru software-ul Cadence</li></ul>

**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.*)

Pornind de la cunoștințe fundamentale de fizica semiconductorilor, de dispozitive și circuite electronice, materia PSD își propune să prezinte principalele concepte și structuri de dispozitive semiconductoare de putere, să le prezinte utilitatea și aplicabilitatea practică, dezvoltând abilitatea studenților de a le proiecta, simula, modela, măsura experimental, optimiza și conecta în micro sisteme integrate.

PSD prezintă cele mai importante și larg folosite structuri de dispozitive semiconductoare de putere. Sunt studiate diodele P-i-N și Schottky de putere, tranzistoarele de putere MOS și TEC-J, tranzistoarele bipolare de putere, IGBT-urile și tiristoarele. Fiecare dispozitiv este prezentat din perspective teoretice și practice, fiind discutate concepte privind geometria și comportamentul lor din punct de vedere fizic, chimic și electric. Sunt, de asemenea, prezentate și discutate aspecte privind aplicațiile practice în care dispozitivele sunt folosite, piețele și domeniile economice relevante.

**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	Demonstrează că deține <b>cunoștințe</b> de bază și avansate în domeniul dispozitivelor electronice și a circuitelor integrate de bază, precum și în domeniul dispozitivelor de putere, atât din punct de vedere al proiectării, cât și al simulării, modelării, măsurării experimentale și optimizării pentru elaborarea de proiecte de dispozitive semiconductoare de putere <b>Corelează cunoștințele</b> <b>Aplică în practică</b> cunoștințele generale privind structura și performanțele dispozitivelor semiconductoare de putere, atât în proiectarea, cât și pentru testarea acestora, both their design and experimental testing <b>Aplică</b> metode și instrumente standardizate, specifice domeniului, pentru <b>realizarea procesului de evaluare și diagnoză</b> a unui mediu de proiectare și de a-l adapta la cerințe particulare. <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. <b>Comunicare orală și în scris în limba română:</b> utilizează vocabularul științific specific domeniului, în vederea comunicării eficiente, în scris și oral. <b>Comunicare orală și în scris într-o limbă engleză:</b> demonstrează înțelegerea vocabularului aferent domeniului, într-o limbă engleză, limbă standard de facto a domeniului.
-----------	---



<b>Transversale (generale)</b>	<p><b>Lucrează în echipă și comunică eficient</b>, coordonându-și eforturile cu ceilalți pentru <b>rezolvarea de situații problemă</b> de complexitate medie.</p> <p><b>Autonomie și gândire critică:</b> abilitatea de a gândi în termeni științifici, de a căuta și analiza date în mod independent, precum și de a desprinde și prezenta concluzii / identifica soluții.</p> <p><b>Capacitate de analiză și sinteză:</b> prezintă în mod sintetic cunoștințele dobândite, ca urmare a unui proces de analiză sistematică.</p> <p><b>Respectă principiile de etică academică:</b> în activitatea de documentare citează corect sursele bibliografice utilizate.</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.)*

<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> <p>Enumeră cele mai importante domenii economice în care sunt utilizate structurile studiate. Definește termenii și conceptele specifice domeniului. Descrie/clasifică termeni/procese/fenomene/structuri. Subliniază relațiile și consecințele.</p>
<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>Selectează și grupează</b> informații relevante într-un context dat.</li><li>• <b>Utilizează argumentat principii specifice în vederea proiectării eficiente a cipurilor și atingerii dezideratului de “success de la prima încercare”.</b></li><li>• <b>Lucrează productiv în echipă.</b></li><li>• <b>Elaborează un text științific.</b></li><li>• <b>Verifică experimental soluții identificate.</b></li><li>• <b>Rezolvă</b> aplicații practice.</li><li>• <b>Interpretează</b> adecvat relații de cauzalitate.</li><li>• <b>Analizează și compară stilurile diferite de proiectare.</b></li><li>• <b>Identifică soluții și elaborează</b> planuri de rezolvare/proiecte.</li><li>• <b>Formulează concluzii la experimentele realizate.</b></li><li>• <b>Argumentează</b> soluțiile identificate/modurile de rezolvare.</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 cadrele didactice în desfășurarea activităților didactice
	• <b>Demonstrează autonomie</b> în organizarea situației/contextului de învățare sau a situației problemă de rezolvat
	• <b>Manifestă responsabilitate socială</b> prin implicarea activă în viața socială studentescă/implicare în evenimentele din comunitatea academică
	• <b>Promovează/contribuie prin soluții noi, aferente domeniului de specialitate</b> pentru a îmbunătăți calitatea vieții sociale.
	• <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).
	• <b>Aplică principii de etică/deontologie profesională în analiza impactului tehnologic al soluțiilor propuse</b> în domeniul de specialitate asupra mediului înconjurător.
• <b>Analizează și valorifică oportunități de afaceri/de dezvoltare antreprenorială</b> în domeniul de specialitate.	
• <b>Demonstrează abilități de management</b> al situațiilor din viața reală (gestionarea timpului colaborare vs. conflict).	

**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 rămânări 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 Powerpoint, sau diferite filmulețe 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 vor utiliza imagini și scheme, astfel încât informațiile prezentate să fie ușor de înțeles și asimilat.

Disciplină va oferi informații și va include 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

## 10. Conținuturi

CURS



Capitolul	Conținutul	Nr. ore
1	Introducere 1.1 Ce înseamnă electronica de putere? 1.2 Aplicații de piață	2
2	Aspecte fundamentale 2.1 Aspecte fundamentale privind fizica semiconductorilor 2.2 Mai mult decât siliciu: semiconductori cu bandă interzisă largă	1
3	Joncțiunea P-N & Dioda P-N 3.1 Goluri și electroni 3.2 Joncțiunea P-N 3.3 Structura diodei P-N	1
4	Dioda P-i-N de putere 4.1 Caracteristici I-V 4.2 Regimul de funcționare on-state 4.3 Regimul de funcționare off-state 4.4 Comparație între structurile de tip punch-through și non-punch-through 4.5 Regimul de funcționare turn-on 4.6 Regimul de funcționare turn-off 4.7 Concluzii	2
5	Dispozitive MOSFET de putere 5.1 Structuri MOSFET laterale 5.2 Structuri verticale MOSFET de putere 5.3 Efecte parazite 5.4 DMOSFET 5.5 DMOS: regimurile de funcționare on-state, off-state, tranzitoriu 5.6 DMOS: consum de putere 5.7 Comparație între structurile MOSFET de putere 5.8 Comparație între structurile MOSFET pe Si și SiC	2
6	Tranzistorul Bipolar de Putere (BJT) 6.1 Structura 6.2 Caracteristicile I-V 6.3 Regiunea activă 6.4 Saturație 6.5 Străpungere 6.6 Regim de funcționare tranzitoriu 6.7 Zone de operare sigură	2
7	Superjoncțiuni 7.1 BV versus Ron 7.2 Istoria conceptului de superjoncțiune 7.3 Regimul de funcționare on-state 7.4 Regimul de funcționare off-state 7.5 Comparație cu alte dispozitive de putere	1



8	Tiristoare 8.1 Tiristor de tip Semiconductor Controlled Rectifier (SCR) 8.2 SCR vs tranzistor bipolar de putere 8.3 SCR: regimuri de funcționare on-state, blocking, tranzitoriu 8.4 Tiristor de tip Gate Turn Off Thyristor (GTO) vs SCR 8.5 GTO: regimuri de funcționare on-state, blocking, tranzitoriu 8.6 Comparație între SCR, GTO și alte dispozitive de putere	1
9	Tranzistoare de tip Insulated Gate Bipolar Transistors (IGBTs) 9.1 Structuri de tip punch-through versus non-punch-through 9.2 Regimuri de funcționare on-state, blocking, tranzitoriu 9.3 Fenomenul de latch-up, zone de operare sigură 9.4 IGBT vs MOSFET de putere 9.5 Structura trench IGBT 9.6 Evoluția istorică a structurilor de IGBTs 9.7 Comparație între toate dispozitivele de putere studiate	2
<b>Total:</b>		14

**Bibliografie:**

N Mohan, T M Undeland W P Robbins, "Power Electronics Converters, Applications, and Design", Wiley, 2003

B J Baliga, "Fundamentals of Power Semiconductor Devices", Springer, 2008

B J Baliga, "Silicon Carbide Power Devices", World Scientific, 2005

F Udrea, P Mawby E Napoli, Napoli, "Modern Power Devices and Applications" Course, Cambridge, 2006

Articole și patente la zi despre dispozitive semiconductoare de putere

Fișe de catalog ale celor mai moderne dispozitive semiconductoare de putere

**LABORATOR**

Nr. crt.	Conținutul	Nr. ore
1	Studiul sistemului de caracterizare pentru semiconductori Keithley 4200-SCS	2
2	Studiul unității de tip probe station	2
3	Caracterizarea rezistenței unui strat implantat într-o tehnologie de tip Bipolar-CMOS-DMOS & Configurarea, execuția și analiza măsurătorilor folosind sistemul de caracterizare și unitatea de tip probe station.	2
4	Studiul tranzistorului MOS de putere și a unei structuri rezistive realizate pe substrat de Si	2
5	Caracterizarea unui tranzitor DMOS de putere și joasă tensiune fabricat într-o tehnologie Bipolar-CMOS-DMOS & Configurarea, execuția și analiza măsurătorilor folosind sistemul de caracterizare și unitatea de tip probe station (Partea 1)	2
6	Caracterizarea unui tranzitor DMOS de putere și joasă tensiune fabricat într-o tehnologie Bipolar-CMOS-DMOS & Configurarea, execuția și analiza măsurătorilor folosind sistemul de caracterizare și unitatea de tip probe station (Partea 2)	2
7	Colocviu laborator	2
<b>Total:</b>		14



**Bibliografie:**

Keithley Instruments, Inc., "Model 4200-SCS Semiconductor Characterization System – Reference Manual", Rev. L / May 2010

**11. Evaluare**

Tip activitate	11.1 Criterii de evaluare	11.2 Metode de evaluare	11.3 Pondere din nota finală
11.4 Curs	Abilitatea de a înțelege noțiunile studiate în timp real, de a formula întrebări și de a susține discuții pe baza acestora	Evaluare pe parcurs	10%
	Cunoașterea noțiunilor teoretice fundamentale și cunoașterea modalității de a rezolva probleme specifice fiecărui dispozitiv studiat	Examen final scris de tip grilă	30%
	Abilitatea de a compara structurile studiate	Examen final scris de tip problemă	20%
11.5 Seminar/laborator/proiect	Buna înțelegere a cunoștințelor prezentate la curs și pe parcursul laboratoarelor.	Colocviu	10%
	Aplicarea cunoștințelor prezentate la curs și pe parcursul laboratoarelor.	Colocviu	20%
	Abilitățile de lucru independent folosind software-ul corespunzător	Colocviu	10%
11.6 Condiții de promovare			
obținerea a 50% din punctajul aferent activității de laborator.			
obținerea a 50% din punctajul total.			

**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 analiza, proiecta și optimiza dispozitive electronice de putere care reprezintă un domeniu de mare interes în ultima perioadă, existând o cerere importantă de ingineri în domeniul proiectării de dispozitive de putere.

Dispozitivele de putere studiate sunt folosite în permanență în toate companiile comerciale din domeniu. Echipamentele utilizate la laborator sunt folosite în toate companiile comerciale din domeniu care activează în România.

Programa cursului răspunde concret cerințelor actuale și tendințelor de evoluție tehnologică. Cursul și aplicațiile aferente acestuia asigură studenților cunoștințe și competențe care le oferă posibilitatea angajării rapide după absolvirea facultății într-o companie de prestigiu din domeniu.





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

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






Situația actuală pe piața semiconductoarelor a dezvoltat dezechilibrele majore care există între cererea și oferta de produse din acest domeniu care a generat măsuri active și decisive la toate nivelele de decizie inclusiv cele statale și ale Uniunii Europene.

În dezvoltarea conținutului disciplinei s-au avut în vedere atât cunoștințe, aspecte, fenomene descrise de literatura de specialitate dar și cercetările proprii publicate cât și experiența industrială a titularilor disciplinei.

Cursul are un conținut similar cursurilor desfășurate de Universitățile din Cambridge, Warwick și Lausanne etc.

Prin activitățile de laborator se are în vedere dezvoltarea abilităților absolventului de a gestiona situații practice cu care se poate confrunța în viața reală în scopul creșterii contribuției acestuia la îmbunătățirea mediului socio-economic.

Disciplina a fost dezvoltată în acord cu companiile din domeniul microelectronicii care activează în România precum Infineon Technologies, Romania, Microchip Romania și On Semiconductor.

Data completării	Titular de curs	Titular(i) de aplicații
16.10.2024	Colaborator Dr. Mihai Brezeanu 	Colaborator Dr. Bogdan Ofrim 
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 