



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	Electronică aplicată

2. Date despre disciplină

2.1 Denumirea disciplinei (ro)		Dispozitive electronice					
(en)		Electronic Devices					
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	2	2.5 Semestrul	I	2.6. Tipul de evaluare	E	2.7 Regimul disciplinei	Ob
2.8 Tipul disciplinei	D	2.9 Codul disciplinei	04.D.03.O.002	2.10 Tipul de notare	Nota		

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

3.1 Număr de ore pe săptămână	5	Din care: 3.2 curs	2.00	3.3 seminar/laborator	3
3.4 Total ore din planul de învățământ	70.00	Din care: 3.5 curs	28	3.6 seminar/laborator	42
Distribuția fondului de timp:					ore
Studiul după manual, suport de curs, bibliografie și notițe					73
Documentare suplimentară în bibliotecă, pe platformele electronice de specialitate					
Pregătire seminarii/ laboratoare/proiecte, teme, referate, portofolii și eseuri					
Tutorat					0
Examinări					7
Alte activități (dacă există):					0
3.7 Total ore studiu individual	80.00				
3.8 Total ore pe semestru	150				
3.9 Numărul de credite	6				

4. Precondiții (acolo unde este cazul)

4.1 de curriculum	Parcursarea și promovarea următoarelor discipline: <ul style="list-style-type: none">Fizică;Bazele Electrotehnicii.
-------------------	--



4.2 de rezultate ale învățării	Acumularea următoarelor cunoștințe: <ul style="list-style-type: none">• Matematică;• Fizica corpului solid;• Electricitate;• Analiza circuitelor electrice.
--------------------------------	--

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

5.1 Curs	Sală dotată cu tablă, videoproiector și conexiune la internet
5.2 Seminar/ Laborator/Proiect	Săli pentru seminar și laborator dotate cu videoproiector și conexiune la internet. Minim 15 platforme de laborator echipate cu aparatură de măsură de uz general și machete de măsură și caracterizare a dispozitivelor electronice, 15 calculatoare cu programe de simulare dedicate dispozitivelor electronice.

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.*)

Se studiază fenomene fizice, comportarea electrică, modele de regim staționar și dinamic pentru dispozitivele semiconductoare de bază: diode cu joncțiune, tranzistorul cu efect de câmp poartă joncțiune, tranzistorul MOS, tranzistorul bipolar. Pentru explicarea funcționării dispozitivelor se introduc noțiuni de bază despre semiconductoare, teoria joncțiunii pn, a contactului metal-semiconductor și a capacitorului MOS.

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	<ul style="list-style-type: none">• Familiarizarea studenților cu funcționalitățile diverselor familii de diode și tranzistoare și cu utilizarea acestor dispozitive în circuite. Crearea abilităților de folosire a ecuațiilor de model și a circuitelor echivalente stabilite pentru fiecare dispozitiv studiat la analiza și proiectarea circuitelor analogice și digitale.• Posibilitatea de selecție a dispozitivelor cu parametrii optimi pentru structuri concrete de circuit.
Transversale (generale)	<ul style="list-style-type: none">• Lucrul în echipă pentru coordonarea eforturilor cu ceilalți pentru rezolvarea de situații speciale cu diverse grade de dificultate• Autonomie și gândire critică: abilitatea de a gândi în termeni ingineresti, de a căuta și analiza date în mod independent, precum și de a desprinde și prezenta soluții noi.• Capacitate de analiză și sinteză: prezintă în mod sintetic cunoștințele dobândite, ca urmare a unui proces de analiză sistematică.• Respectă principiile de etică academică. Citează corect sursele bibliografice utilizate ca referințe în lucrările proprii.



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.)

Cunoștințe	<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">• Enumeră și descrie cele mai importante proprietăți ale materialelor semiconductoare exploatare de dispozitivele electronice• Definește noțiuni specifice dispozitivelor electronice• Descrie/clasifică noțiuni/procese/fenomene/modele pentru diode și tranzistoare• Definește regimuri de polarizare în curent continuu, și circuite echivalente de regim dinamic pentru dispozitivele electronice studiate• Elaborează modele de funcționare în circuit în curent continuu și la semnal mic a dispozitivelor semiconductoare
Aptitudini	<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">• Lucrul în echipă• Rezolvă probleme practice folosind cunoștințele teoretice• Propune aplicații practice pentru dispozitivele electronice studiate• Identificarea comportării electrice în circuit a dispozitivelor• Diferența între funcționarea dispozitivului în curent continuu, respectiv, în regim dinamic la semnal mic• Distinge între modurile de operare liniar și neliniar a dispozitivelor• Analiza circuitelor electronice elementare cu diode și tranzistoare• Identificarea importanței parametrilor de model în funcționarea electrică a dispozitivelor și circuitelor



Responsabilitate și autonomie	<p><i>Capacitatea cursantului de a aplica în mod autonom și responsabil cunoștințele și aptitudinile sale.</i></p> <ul style="list-style-type: none">• Selectează surse bibliografice potrivite și le analizează.• Respectă principiile de etică academică, citând corect sursele bibliografice utilizate.• Demonstrează receptivitate pentru contexte noi de învățare.• Colaborează cu ceilalți colegi și cadre didactice în desfășurarea activităților didactice• Demonstrează autonomie în organizarea situației/contextului de învățare sau a situației problemă de rezolvat• Contribuie prin soluții noi, aferente domeniului de specialitate pentru a îmbunătăți calitatea vieții sociale.• Conștientizează valoarea contribuției sale în domeniul ingineriei la identificarea de soluții viabile/sustenabile care să rezolve probleme din viața socială și economică (responsabilitate socială).• Aplică principii de etică/deontologie profesională în analiza impactului tehnologic al soluțiilor propuse în domeniul de specialitate asupra mediului înconjurător.• Analizează și valorifică oportunități de dezvoltare antreprenorială în domeniul de specialitate.• Demonstrează abilități 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 rămăneri în urmă și ce măsuri remediale se adoptă în astfel de cazuri.)*

Predarea cursului folosește ca suport o prezentare pe capitole (cu respectarea cuprinsului de la punctul 10.) utilizând videoproiectorul în Power point. Conținutul prezentării este explicat în detaliu și comentat în fața studenților. O serie de noțiuni și probleme de complexitate mai mare sunt demonstrate la tablă. Suportul Power point al cursului este disponibil pe Moodle.

La seminar este utilizată metoda problematizării. Se prezintă și rezolvă la tablă probleme concrete cu dispozitive electronice. Implicarea directă a studenților în rezolvarea problemelor este regula de bază a seminarului.

Materialele principale pentru seminar sunt notițele de curs, cartea Dispozitive Electronice de 308 pagini de C. Ravariu și culegeri "Dispozitive electronice-Probleme". În plus, seminariile sunt disponibile pe platforma Teams.

Laboratorul este organizat în săli dedicate, dotate cu 15 posturi de măsură care includ: seta de aparate de măsură standard, machete cu dispozitivele care trebuie caracterizate și calculatoare pentru prelucrarea datelor și simularea diverselor proceselor ce descriu comportarea electrică a dispozitivelor. Toate aceste sisteme sunt prezentate studenților la primul laborator.

La fiecare ședință de laborator cadrul didactic face o scurtă prezentare a conceptelor care vor fi utilizate în laboratorul respectiv după care studenții sunt îndrumați la realizarea măsurătorilor pe macheta destinată fiecărui dispozitiv.

Documentația necesară realizării lucrărilor de laborator este inclusă în îndrumarul de laborator "Dispozitive electronice-Îndrumar de laborator" disponibilă pe Teams / Moodle.

10. Conținuturi



CURS		
Capitolul	Conținutul	Nr. ore
1	1. Noțiuni de fizica semiconductoarelor 1.1 Semiconductori. Izolatori. Metale 1.2 Electroni și goluri 1.3 Semiconductori intrinseci și extrinseci 1.4 Fenomene de transport în semiconducători 1.5 Generare și recombinare 1.6 Ecuațiile de bază ale semiconductoarelor 1.7 Aplicațiile sistemului de bază în semiconductori	4
2	2. Structuri semiconductoare fundamentale 2.1 Joncțiunea pn 2.2 Curenti statici prin joncțiunea pn modele fizice 2.3 Modele avansate și simplificate 2.4 Străpungerea joncțiunii pn 2.5. Regim dinamic al joncțiunii pn 2.6. Modelarea la semnal mic. Capacități interne 2.7 Circuite echivalente	6
3	3. Diode semiconductoare 3.1 Clase de diode. Utilizare, aplicații 3.2 Diode redresoare 3.3 Dioda Schottky 3.4 Dioda electroluminescentă (LED) și fotodioda 3.5 Comportarea cu temperatura a diodelor semiconductoare	2
4	4. Tranzistorul bipolar (TB) 4.1 Structura TB. Tranzistoare npn și pnp 4.2 Model Ebers-Moll; caracteristici statice 4.3 Regimuri de funcționare. Conexiuni 4.4 Modelarea tranzistorului bipolar în RAN 4.5 Fenomene fizice de ordinul 2 la TB 4.6 Regimul dinamic al TB 4.7 Circuite echivalente; comportarea în frecvență; frecvențe caracteristice	8
5	5. Tranzistoare cu efect de câmp MOSFET 5.1 Clasificarea TEC. Tranzistoare MOS, MIS, SOI; noduri actuale 2nm 5.2 Capacitorul MOS ideal; efectele reale; canal inițial 5.3 Tranzistorul MOS în regim static: fenomene, parametri 5.4 Tensiunea de prag. MOS ideal, real cu 3 terminale; MOS cu 4 terminale 5.5 Modele de inversie puternică; canal îndus 5.6 Tranzistorul MOS în regim dinamic 5.7 Aplicații analogice - amplificatoare și surse de curent 5.8 Aplicații digitale - porțile NOT, NAND, NOR în CMOS; integrare ULSI	8
	Total:	28



Bibliografie:

1. Suport curs pe Moodle, actualizat in fiecare an, Cristian Ravariu, Dispozitive Electronice.
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. **C. Ravariu**. Electronic Devices, pp. 1-326, Publisher: Printech Romania, 2004, ISBN 973-718-133-6, (in Romanian).
4. S.M. Sze, K.W. Ng, Physics of Semiconductor Devices, 3rd edition, Wiley Interscience, New Jersey, USA, 2007
5. **C. Ravariu**. Deeper Insights of the Conduction Mechanisms in a Vacuum SOI Nanotransistor, *IEEE Transactions on Electron Devices*, **63**(8), pp. 3278 - 3283, 2016, (IEEE Journal ISSN: 0018-9383, **Q1-Red zone**/2015).
6. **C. Ravariu**. Gate Swing Improving for the Nothing On Insulator Transistor in Weak Tunneling, *IEEE Transactions on Nanotechnology*, **16**(6), pp. 1115 - 1121, 2017, (IEEE Journal ISSN: 1536-125X, **Q2-Yellow zone**/2017).
7. **C. Ravariu**, C. Pârvulescu, E. Manea, A. Dinescu, R. Gavrilă, M. Purica, V. AroraDL IEEE-USA. Manufacturing of a Nothing On Insulator Nano-Structure with two Cr/Au Nanowires Separated by 18 nm Air Gap, *Nanotechnology*, **31**(27), pp.1-9, 2020, (IOP Journal, ISSN: 0957-4484 **Q1-Red zone**/2020).
 8. R. Muller, T. Kamins, Devices Electronics for Integrated Circuits, Wiley and Sons, New York, 1988.
 9. P. R. Gray, P. J. Hurst, S. H. Lewis, R. G. Meyer, Analysis and Design of Analog IC's, ediția 4, J. Whiley & Sons, 2005.
10. A. Sedra, K.C. Smith, Microelectronic Circuits, ediția a 5-a, Oxford University Press, 2004

LABORATOR

Nr. crt.	Conținutul	Nr. ore
1	Diode semiconductoare 1.1 Măsurători pentru determinarea parametrilor statici și dinamici 1.2 Simularea funcționării joncțiunii pn	4
2	Tranzistorul bipolar 2.1 Măsurători pentru determinarea parametrilor statici și dinamici. Etajul EC. 2.2 Simularea etajelor de amplificare cu tranzistor bipolar și tranzistor cu efect de câmp cu programul SPICE	4
3	Tranzistoare cu efect de câmp MOS și TEC-J 3.1 Măsurători pentru determinarea parametrilor statici și dinamici. Etajul SC. 3.2 Extracția (prin simulare) a parametrilor de model pentru diode, tranzistorul bipolar și TEC-J	4
4	Colocviu final de laborator	2
	Total:	14

SEMINAR

Nr. crt.	Conținutul	Nr. ore
1	Semiconductori dopați. Electroni și goluri. Rezistivitatea semiconductorului.	2
2	Joncțiunea pn. Regiunea de barieră.	2



3	Curenții prin joncțiune. Tipuri de diode: Varicap, Zener, LED	2
4	Diode semiconductoare. Determinarea punctului static de funcționare prin calcul iterativ.	2
5	Circuite cu diode. Analiza de curent continuu și la semnal mic	2
6	TEC-J. Surse de curent cu TEC-J	2
7	Etaje elementare cu TEC-J	2
8	TEC-MOS. Capacitorul MOS. Regimuri de funcționare. Determinarea tensiunii de prag. Determinarea punctului static de funcționare la TEC-MOS.	2
9	Surse de curent cu TEC-MOS și alte circuite de polarizare	2
10	Etaje elementare cu TEC-MOS	2
11	Tranzistor bipolar. Determinarea punctului static de funcționare	2
12	Surse de curent cu tranzistor bipolar și alte circuite de polarizare	2
13	Etaje elementare cu tranzistor bipolar	2
14	Circuite elementare cu tranzistoare cu efect de câmp și bipolare	2
	Total:	28

Bibliografie:

1. Materiale de curs pe Moodle: Cristian Ravariu, Dispozitive Electronice.
 1. I. Rusu, F. Babarada, F. Drăghici, "Dispozitive Electronice - Îndrumar de Laborator", Editura Rosetti Educațional, București, 2011, ISBN 978-973-7881-71-7.
2. Cristian Ravariu, D. Cozma. *Dispositifs et circuits electroniques pour applications pratiques*, edited by Politehnica Press Romania, 2007, pp.1-108, ISBN: 973-652-443-4, (en Francaise).
3. **C. Ravariu**, Florin Babarada, Adrian Rusu. *SPICE – theory and applications*, Publishing House Printech, ISBN 973-718-217-0, Bucharest, 2005, pp. 1-234, (in Romanian).
 4. B. Razavi, Fundamentals of Microelectronics, 2nd edition, Wiley Global Education, 2013
 5. T.L. Floyd, Electronic Devices- Electron Flow Version, 9th edition, Prentice Hall, 2012;
 6. 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. <https://doi.org/10.3390/bios11120497>. **Q1**

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 privind funcționarea joncțiunii pn, a capacitorului MOS și a contactului metal-semiconductor. Parametrii de model și circuite echivalente de regim dinamic pentru diode și TEC-J.	Un examen scris in sesiune	20
	Cunoașterea noțiunilor teoretice fundamentale, a modului de aplicare a teoriei la probleme specifice, însușirea și folosirea parametrilor de model și a circuitelor echivalente stabilite pentru tranzistoare MOS și bipolare.	La examenul scris in sesiune	20
	Testare individuala pe parcursul semestrului, in jurul saptamanii a 7-a.	Test de verificare la mijlocul semestrului	20
11.5 Seminar/laborator/proiect	Seminar - Insușirea și folosirea in circuite specifice a modelelor stabilite pentru diode, tranzistoare cu efect de câmp și bipolare. Probleme cu diode semiconductoare, TEC-J, TEC-MOS si tranzistor bipolar. Determinarea psf-ului dispozitivelor si a parametrilor de regim dinamic. Calculul rezistențelor de intrare/ieșire, amplificări de tensiune și curent.	Verificare orala pe parcursul semestrului	20
	Laborator – Cunoașterea tehnicilor de măsură a parametrilor electrici de bază ai dispozitivelor electronice active fundamentale: diode și tranzistoare. Cunoașterea modului de lucru a programelor soft de caracterizare și analiză a dispozitivelor studiate.	Colocviu final de laborator, cuprinzând o probă teoretică și una practică. La fiecare ședință de laborator fiecare student este notat în funcție de implicarea în procesul de măsurători și funcție de rezultatele experimentale/de simulare obținute.	20
11.6 Condiții de promovare			
<ul style="list-style-type: none"> • Obținerea a 50% din punctajul total aferent activității pe parcursul semestrului (seminar/laborator/curs) • Obținerea a 50% din punctajul total aferent verificării pe parcurs și respectiv examenului final. 			



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)

Dispozitivele electronice reprezintă o disciplină fundamentală pentru un specialist în inginerie electrică și electronică. Progresele majore și dinamica circuitelor integrate – ce explică realizările fără egal din lumea calculatoarelor, a comunicațiilor mobile sau a sistemelor electronice audio și video - au fost posibile prin cunoașterea profundă a fizicii și electronicii dispozitivelor semiconductoare.

La acest curs sunt ilustrate prin date numerice și comentarii performanțele, comportarea electrică, modele și circuite echivalente pentru diode, tranzistoare cu efect de câmp și bipolare și modul lor de folosire în circuit. O atenție deosebită se acordă etajelor de amplificare.

Printr-o selecție profesionistă a cunoștințelor importante, de imediată actualitate sau etern valabile, se asigură studenților o pregătire științifică și tehnică completă, care le permite angajarea rapidă, după absolvire, în orice companie de electronică, telecomunicații sau tehnologia informației. Se respectă astfel politica Universității Naționale de Știință și Tehnologie Politehnică din București de promovare a disciplinelor strâns legate de cerințele unei industrii de vârf cum este microelectronica.

Data completării

Titular de curs

Titular(i) de aplicații

Prof. Dr. Cristian Ravariu

Prof. Dr. Cristian Ravariu

Data avizării în departament

Director de departament

Data aprobării în Consiliul Facultății

Decan