



### 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)		Circuite micro- si –nanoelectronice CMOS și BiCMOS pentru microsisteme					
(en)							
2.2 Titularul activităților de curs		Prof. Dr. Ing. Gheorghe Brezeanu					
2.3 Titularul activităților de seminar / laborator		Conf. Dr. Ing. Gheorghe Pristavu					
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	DS	2.9 Codul disciplinei	UPB.04.M2.O.03-10	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					80
Documentare suplimentară în bibliotecă, pe platformele electronice de specialitate					
Pregătire seminarii/ laboratoare/proiecte, teme, referate, portofolii și eseuri					
Tutorat					0
Examinări					3
Alte activități (dacă există):					0
3.7 Total ore studiu individual	83.00				
3.8 Total ore pe semestru	125				
3.9 Numărul de credite	5				

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

4.1 de curriculum	<ul style="list-style-type: none"><li>Dispozitive electronice</li><li>Circuite Electronice Fundamentale</li><li>Circuite Integrate Analogice</li><li>Circuite Integrate Digitale</li><li>Bazele Tehnologiei Microelectronice</li><li>Circuite integrate de joasă tensiune și mică putere</li></ul>
-------------------	----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------



4.2 de rezultate ale învățării	<ul style="list-style-type: none"><li>· Cunoștințe de dispozitive și circuite electronice</li><li>· Analiza circuitelor electrice</li><li>· Tehnologie microelectronică</li></ul>
--------------------------------	-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

**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 laborator dotate cu videoproiector și conexiune la internet. Minim 15 calculatoare cu programe de simulare dedicate circuitelor 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.*)

Sunt studiate tehnici de reducere a puterii consumate și a tensiunii de alimentare la circuite analogice fundamentale ca: amplificatoare, surse de curent și sarcini active, referințe de tensiune, etaje diferențiale și de ieșire cu excursie completă, porți inversoare, etc., realizate în tehnologie CMOS, bipolară și BiCMOS.

**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>· Proiectarea de CMNMs cu tranzistoare MOS nanometrice, tensiuni mici de lucru și consum redus de putere: cerințe, motivație și aplicații tipice</li><li>· Folosirea programelor de simulare de circuit, pentru analiza și proiectarea de scheme complexe</li><li>· Capacitatea de selecție și utilizare a modelelor pentru dispozitive MOS cu grade de complexitate în funcție de aplicația concretă</li><li>· Amplificatoare diferențiale, inversoare și etaje de ieșire cu excursie completă</li><li>· Surse de curenți mici și referințe de joasă tensiune</li></ul>
<b>Transversale (generale)</b>	<ul style="list-style-type: none"><li>· Lucrul în echipă pentru coordonarea eforturilor cu ceilalți pentru rezolvarea de situații speciale cu diverse grade de dificultate</li><li>· 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.</li><li>· Capacitate de analiză și sinteză: prezintă în mod sintetic cunoștințele dobândite, ca urmare a unui proces de analiză sistematică.</li><li>· Respectă principiile de etică academică. Citează corect sursele bibliografice utilizate ca referințe în lucrările proprii.</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>• Cunoaște evoluția circuitelor integrate și a tehnologiilor de realizare; implicațiile legii lui Moore.</li><li>• Utilizează modele pentru tranzistoare MOS în inversie slabă și cu prag dinamic.</li><li>• Descrie/clasifică noțiuni/procese/fenomene/modele pentru amplificatoare, surse de curent și sarcini active, referințe de tensiune, etaje diferențiale și de ieșire cu excursie completă, porți inversoare, etc., realizate în tehnologie CMOS, bipolară și BiCMOS.</li><li>• Elaborează modele comportamentale pentru circuitele electronice folosite în diverse aplicații.</li><li>• Descrie tehnici complexe de realizare a excursiei complete a semnalului la intrarea și ieșirea circuitelor micro-nanoelectronice.<ul style="list-style-type: none"><li>• Proiectează scheme practice de circuite microelectronice MOS și BiCMOS: convertoare DC-DC, circuite log-domain.</li></ul></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>• Lucrul în echipă</li><li>• Rezolvă probleme practice folosind cunoștințele teoretice</li><li>• Identifică aplicații practice pentru circuitele electronice studiate</li><li>• Identificarea limitărilor impuse circuitului de arhitectură și de comportamentul dispozitivelor electronice micro-nanometrice</li><li>• Analiza CMNMs</li><li>• Identificarea importanței parametrilor de model în funcționarea electrică a dispozitivelor și circuitelor</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>• Selectează surse bibliografice potrivite și le analizează.</li><li>• Respectă principiile de etică academică, citând corect sursele bibliografice utilizate.</li><li>• Demonstrează receptivitate pentru arhitecturi noi de circuit.</li><li>• Colaborează cu ceilalți colegi și cadre didactice în desfășurarea activităților didactice</li><li>• Demonstrează autonomie în organizarea situației/contextului de învățare sau a situației problemă de rezolvat</li><li>• Contribuie prin soluții noi, aferente circuitelor electronice pentru a îmbunătăți calitatea vieții sociale.</li><li>• Conștientizează valoarea contribuției sale în domeniul ingineriei la identificarea de soluții viabile/sustenabile care să rezolve probleme din viața socială și economică (responsabilitate socială).</li><li>• Aplică principii de etică/deontologie profesională în analiza impactului tehnologic al soluțiilor propuse în domeniul de specialitate asupra mediului înconjurător.</li><li>• Analizează și valorifică oportunități de dezvoltare antreprenorială în domeniul de specialitate.</li><li>• Demonstrează abilități de management 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.*)

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. Suportul Power point al cursului este disponibil pe Moodle.



La laborator se stimulează creativitatea. Este utilizată și metoda problematizării. Fiecarui student îi este alocată o temă de simulare a unui circuit complex din capitolele de la curs. Sunt parcurse și analizate succesiv blocurile esențiale din structura circuitului de simulat: comutatoare, surse de curent, referințe de tensiune, comparatoare.

## 10. Conținuturi

CURS		
Capitolul	Conținutul	Nr. ore
1	1. Scalarea circuitelor integrate la dimensiuni nanometrice. Implicatii. Limite 1.1 Evoluția CI submicronice.Scalarea 1.2 Tehnici specifice de proiectare 1.3 Limitele puterii / tensiunii de alimentare in circuite integrate	2
2	2. Fizica si modelarea tranzistoarelor MOS nanometrice. Tehnologii CMOS si BiCMOS nanometrice 2.1 Tranzistorul MOS in inversie slabă 2.2 Tranzistorul cu prag dinamic (DTMOS) 2.3 Saturatia vitezei si scaderea mobilitatii in canale nanometrice 2.4 Structura tranzistorului MOS de dimensiuni nanometrice 2.6 Dielectrics de inalta permitivitate. Grosimea echivalenta a oxidului 2.7 Metale pentru electrozi si interconexiuni 2.8. Izolarea zgomotului. Protectia la descarcari electrostatice	6
3	3. Amplificatoare de joasă tensiune cu excursie completă 3.1 AO cu etaj de intrare cu tranzistoare complementare 3.2 AO cu etaj de intrare cu tranzistoare nMOS	2
4	4. Circuite CMOS cu tranzistoare cu prag reglabil 4.1 AO cu DTMOS de joasă tensiune 4.2 Referinta de joasa tensiune cu DTMOS. 4.3 AO cu tranzistoare MOS cu prag comandat în curent	4
5	5. Surse de curent și referințe de tensiune 5.1 Parametrii surselor de curent 5.2 Surse de curenti mici 5.3 Surse cascodă cu excursie mărită 5.4 Surse cu rezistenta mare de iesire 5.5 Surse cu excursie si rezistență de iesire mari 5.6 Surse cu auto polarizare 5.7 Referințe de tensiune mai mici de 1V 5.8 Stabilizatoare LDO	6
6	6. Convertoare DC-DC 6.1 Schema Bloc 6.2 Convertorul cu revenire 6.3 Convertorul direct 6.4 Convertorul in contratimp	4



7	7. Integratoare log- domain 7.1 Conceptul domeniu-log (log- domain) 7.2 Principiul neliniarității 7.3 Integrator domeniu-log bipolar 7.4 Integrator domeniu-log CMOS 7.5 Integrator domeniu-log BiCMOS	4
<b>Total:</b>		28

**Bibliografie:**

1. G. Brezeanu, *Circuite nanoelectronice CMOS si BiCMOS - suport de curs (electronic)*, 2022.
2. G. Brezeanu, F. Draghici, *Circuite electronice fundamentale*, Ed. Niculescu, Bucuresti, 2013.
3. P.R.Gray, P.J. Hurst, S.H.Lewis,R.G.Meyer, *Analysis and Design of Analog IC's*, editia 4, J.Wiley&Sons, 2001.
4. B. Razavi, *Design of Analog CMOS Integrated Circuits*, McGrawHill, 2001.
5. T.H. Lee *The Design of CMOS Radio Frequency IC* ,Cambridge University Press, 1998.
6. A. Sedra, K.C. Smith, *Microelectronic Circuits*,Oxford University Press, 2004.
7. *IEEE Journal of Solid State Circuits*, colectia revistei pe perioada 2000- 2022.

**LABORATOR**

Nr. crt.	Conținutul	Nr. ore
1	1. Mediul de simulare, configurare (Cadence, Mentor Graphics, etc.)	2
2	2. Alocarea temelor. Identificarea blocurilor de bază din componența circuitului complex.	2
3	3. Selecția tehnologiei micro-nanoelectronice în care se simulează circuitul. Analiza parametrilor de dispozitiv.	2
4	4. Simularea blocurilor componente: comutatorul MOS, surse de curent.	2
5	5. Simularea blocurilor componente: referințe de tensiune, comparator.	2
6	6. Simulare la nivel de circuit complex.	2
7	7. Validarea funcționării. Evaluare.	2
<b>Total:</b>		14

**Bibliografie:**

1. G. Brezeanu, F. Draghici, *Circuite electronice fundamentale*, Ed. Niculescu,Bucuresti, 2013
2. P.R.Gray, P.J. Hurst, S.H.Lewis,R.G.Meyer, *Analysis and Design of Analog IC's*, editia 4, J.Wiley&Sons, 2001
3. B. Razavi, *Design of Analog CMOS Integrated Circuits* , McGrawHill, 2001.
4. G. Brezeanu, F. Draghici, F. Mitu, G. Dilimot *Circuite electronice fundamentale- probleme* Ed. Rosetti Educational,Bucuresti, 2008.
5. *IEEE Journal of Solid State Circuits*, colectia revistei pe perioada 2000- 2022.

**11. Evaluare**

Tip activitate	11.1 Criterii de evaluare	11.2 Metode de evaluare	11.3 Pondere din nota finală
----------------	---------------------------	-------------------------	------------------------------



11.4 Curs	Cunoașterea conceptelor fundamentale de proiectare a circuitelor integrate micro-nanoelectronice 2. Cunoașterea modului de aplicare a teoriei la probleme specifice 3. Însușirea modului de funcționare a circuitelor prezentate și aria de aplicații pentru CMNMs	Întrebări adresate studenților în timpul cursului privind funcționarea circuitelor prezentate și rolul blocurilor componente	20%
	Cunoașterea conceptelor fundamentale de reducere a tensiunii de alimentare și puterii consumate la circuitele integrate analogice 2. Cunoașterea modului de aplicare a teoriei la probleme specifice; 3. Însușirea modului de funcționare a circuitelor prezentate și aria de aplicații pentru CIJTMP	Examenul final constă în întrebări și probleme de analiză de scheme de CMNMs realizate în tehnologie CMOS și BiCMOS.	50%
11.5 Seminar/laborator/proiect	Abilități de simulare și testare a blocurilor de bază dintr-un CMNMs	Notarea studenților la fiecare etapă a laboratorului funcție de îndeplinirea cerințelor de etapă. Evaluarea finală.	30%
11.6 Condiții de promovare			
Obținerea a 50% din punctajul total aferent activității pe parcursul semestrului (curs/laborator)			

## 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)

Circuitele integrate analogice reprezintă un domeniu cheie al microelectronicii cu o problematică complexă. Companiile multinaționale de microelectronică, producători mondiali consacrați de circuite și sisteme analogice și mixte (Infineon, Microchip, ONSEMI), precum și expansiunea în zona proiectării analogice a firmelor de telecomunicații și de echipamente electronice de larg consum au mărit substanțial cererea de ingineri calificați, cu competențe și cunoștințe avansate de circuite integrate. Disciplina CMNMs asigură absolvenților competențe de analiză, proiectare și testare a circuitelor analogice și însușirea de tehnici pentru reducerea tensiunii de alimentare și a puterii consumate. Se respectă astfel politica Universității Politehnica din București de promovare a disciplinelor strâns legate de cerințele unei industrii de vârf cum este microelectronica și de exigențele procesului de cercetare și inovare în acest domeniu.



**Universitatea Națională de Știință și Tehnologie Politehnică București**  
**Facultatea de Electronică, Telecomunicații și**  
**Tehnologia Informației**



17.10.2024

Conf. Dr. Gheorghe Brezeanu

Conf. Dr. Gheorghe  
Pristavu

Data avizării în  
departament

Director de departament

31.10.2024

Prof. Dr. Cladius DAN

Data aprobării în  
Consiliul  
Facultății

Decan

01.11.2024

Prof. Dr. Mihnea Udrea