



### 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)		Blocuri analogice avansate					
(en)		Advanced Analog Block -					
2.2 Titularul activităților de curs		Prof. Dr. Claudius DAN					
2.3 Titularul activităților de seminar / laborator		Prof. Dr. Claudius DAN					
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.O.04-31	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					11
Documentare suplimentară în bibliotecă, pe platformele electronice de specialitate					
Pregătire seminarii/ laboratoare/proiecte, teme, referate, portofolii și eseuri					
Tutorat					0
Examinări					2
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	Parcurgerea și/sau promovarea următoarelor discipline: <ul style="list-style-type: none"><li>• Circuite electronice fundamentale,</li><li>• Circuite integrate analogice,</li><li>• Blocuri analogice (Analog Blocks)</li></ul>
-------------------	---



4.2 de rezultate ale învățării	Acumularea următoarelor cunoștințe: <ul style="list-style-type: none"><li>• Dispozitive electronice</li><li>• Cunoștințe privind circuitele electronice analogice avansate</li><li>• Cunoștințe generale de circuite electronice de conversie analog/digital și digital/analog</li></ul>
--------------------------------	--

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

5.1 Curs	<ul style="list-style-type: none"><li>• Cursul se va desfășura într-o sală dotată cu videoproiector și computer.</li><li>• Pentru transmiterea sincronă/înregistrarea prelegerilor este necesară o legătură la Internet de viteză corespunzătoare</li></ul>
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.*)

Această disciplină se studiază în cadrul domeniului Electronică, Telecomunicații și Tehnologii Informaționale / programul de master Advanced Microelectronics și își propune prezentarea, analiza și experimentarea principalelor tehnici utilizate în proiectarea și realizarea de circuite integrate analogice avansate.

Complexitatea sistemelor integrate într-un cip, care poate conține miliarde tranzistoare, impune folosirea intensivă și extensivă a unor instrumente software din ce în ce mai sofisticate. Pentru a putea folosi corespunzător resursele tehnologice actuale sunt studiate aspectele fundamentale ale problematicii lor.

Soluțiile algoritmice și de structuri de date care stau la baza instrumentelor software sunt prezentate și comparate din perspectiva utilizatorului.

**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>	<p>Demonstrează că deține <b>cunoștințe de bază</b> în domeniul circuitelor integrate analogice avansate.</p> <p><b>Corelează cunoștințele</b></p> <p><b>Aplică în practică</b> cunoștințele generale privind structura, construcția și proiectarea de circuite analogice și cu circuite mixte avansate.</p> <p><b>Aplică</b> metode și instrumente standardizate, specifice domeniului, pentru <b>realizarea procesului de evaluare și diagnoză</b> a unui mediu de proiectare analogică și de a-l adapta la cerințe particulare.</p> <p><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.</p> <p><b>Comunicare orală și în scris în limba română:</b> utilizează vocabularul științific specific domeniului, în vederea comunicării eficiente, în scris și oral.</p> <p><b>Comunicare orală și în scris în limba engleză:</b> demonstrează înțelegerea vocabularului aferent domeniului, într-o limbă engleză, limbă standard de facto a domeniului</p>
<b>Transversale (generale)</b>	<p><b>Lucrează în echipă și comunică eficient</b>, coordonându-și eforturile cu ceilalți pentru rezolvarea de situații problemă 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 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>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.</p> <ul style="list-style-type: none"><li>• <b>Enumeră</b> principalele blocuri constructive.</li><li>• <b>Definește</b> termenii specifici domeniului.</li><li>• <b>Describe/clasifică</b> termenii/procesele/fenomenele/structurile.</li><li>• <b>Identifică relațiile și consecințele lor</b></li></ul>
-------------------	---



<b>Aptitudini</b>	<p>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).</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 “succes 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 aplicații practice.</b></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>	<p>Capacitatea cursantului de a aplica în mod autonom și responsabil cunoștințele și aptitudinile sale.</p> <ul style="list-style-type: none"><li>• <b>Selectează</b> surse bibliografice potrivite și le analizează.</li><li>• <b>Respectă principiile de etică academică</b>, citând corect sursele bibliografice utilizate.</li><li>• <b>Demonstrează receptivitate</b> pentru contexte noi de învățare.</li><li>• <b>Manifestă colaborare</b> cu ceilalți colegi și cadre didactice în desfășurarea activităților didactice</li><li>• <b>Demonstrează autonomie</b> în organizarea situației/contextului de învățare sau a situației problemă de rezolvat</li><li>• <b>Manifestă responsabilitate socială</b> prin implicarea activă în viața socială studentască/implicare în evenimentele din comunitatea academică</li><li>• <b>Promovează/contribuie prin soluții noi, aferente domeniului de specialitate</b> pentru a îmbunătăți calitatea vieții sociale.</li><li>• <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).</li><li>• <b>Aplică principii de etică/deontologie profesională în analiza impactului 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> în domeniul de specialitate.</li><li>• <b>Demonstrează abilități de management</b> al situațiilor din viața reală (gestionarea timpului colaborare vs. conflict).</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 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 Power Point 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 utilizează imagini și scheme, astfel încât informațiile prezentate să fie ușor de înțeles și asimilat.

Această disciplină 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 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 Subiecte abordate 1.2 Simboluri utilizate 1.3 Cuprins	1
2	Dispozitive 2.1 Joncțiunea PN 2.2 Joncțiunea metal-semiconductor 2.3 Capacitorul MOS 2.4 Tranzistorul MOS 2.5 Tranzistorul bipolar 2.6 Tranzistoare CMOS de tensiune înaltă 2.7 Capacitoare 2.8 Rezistoare 2.9 Inductoare 2.10 Interconexiuni 2.11 Împerecherea componentelor 2.12 Variații cu procesul, tensiunea de alimentare și temperatura (PVT) pentru tehnologiile CMOS	6
3	Subcircuite CMOS 3.1 Comutatorul CMOS 3.2 Referințe de tensiune și curent 3.3 Referințe de tip Bandgap	2
4	Comparatoare 4.1 Caracterizarea comparatoarelor 4.2 Comparatoare cu funcționare continuă în timp 4.3 Îmbunătățirea performanțelor comparatoarelor cu funcționare continuă în timp 4.4 Comparatoare cu funcționare discontinuă în timp 4.5 Comparatoare rapide 4.6 Comparatoare bazate pe întârziere	2



5	Convertoare D/A Nyquist 5.1 Introducere 5.2 Convertoare D/A paralele 5.3 Convertoare cu scalarea sarcinii 5.4 Extinderea rezoluției convertoarelor D/A paralele 5.5 Convertoare D/A seriale	7
6	Convertoare A/D Nyquist 6.1 Introducere 6.2 Convertoare A/D cu viteză moderată 6.3 Convertoare A/D rapide	4
7	Circuite cu capacități comutate 7.1 Principiul circuitelor cu capacități comutate 7.2 Amplificatoare cu capacități comutate 7.3 Integratoare cu capacități comutate 7.4 Filtre de ordinul întâi cu capacități comutate 7.5 Filtre de ordinul doi cu capacități comutate	4
	<b>Total:</b>	28

**Bibliografie:**

1. DAN Claudiu, Prezentările de la cursul de Advanced Analog Blocks, actualizat anual, <https://curs.upb.ro/2021/mod/folder/view.php?id=240285>
2. R.J. Baker, H.W. Li, and D.E. Boyce, CMOS Circuit Design, Layout, and Simulation, IEEE Press, New York, 1998
3. R.J. Baker, CMOS Mixed-Signal Circuit Design, IEEE Press, New York, 2002
4. C. Dan, Comparatoare, Editura Tehnică, București, 2005
5. P.R. Gray, P.J. Hurst, S.H. Lewis and R.G. Meyer, Analysis and Design of Analog Integrated Circuit, 4th ed., John Wiley & Sons, New York, 2001
6. R. Gregorian, Introduction to CMOS Op-Amps and Comparators, John Wiley & Sons, New York, 1999
7. D.A. Johns, and K. Martin, Analog Integrated Circuits Design, John Wiley & Sons, New York, 1997
8. K.S. Kundert, The Designer's Guide to SPICE&SPECTRE, Kluwer Academic Publishers, 1998
9. A. Vladimirescu, The SPICE Book, John Wiley & Sons, New York, 1993

**LABORATOR**

Nr. crt.	Conținutul	Nr. ore
1	Modelare comportamentală: dioda ideală, circuite de limitare, amplificatoare operaționale perfecte	2
2	Modelare comportamentală: macromodelarea amplificatoarelor operaționale, macromodelarea porților logice	2
3	Modele de dispozitive, subcircuite CMOS: comutatorul CMOS, referințe de tensiune și curent	2
4	Subcircuite CMOS: referințe de tip Bandgap, circuite BBM și OTA	2
5	Comparatoare cu funcționare continuă în timp – 1	2
6	Comparatoare cu funcționare continuă în timp – 2	2
7	Comparatoare cu funcționare continuă în timp – 3	2
8	Comparatoare cu funcționare discontinuă în timp - 1	2



9	Comparatoare cu funcționare discontinuă în timp - 2	2
10	Convertoare D/A Nyquist	2
11	Convertoare A/D Nyquist - 1	2
12	Convertoare A/D Nyquist - 2	2
13	Circuite cu capacități comutate	2
14	Colocviu de laborator	2
	<b>Total:</b>	

**Bibliografie:**

1. DAN Claudiu, Prezentările de la cursul de Advanced Analog Blocks, actualizat anual, <https://curs.upb.ro/2021/mod/folder/view.php?id=240285>
2. R.J. Baker, H.W. Li, and D.E. Boyce, CMOS Circuit Design, Layout, and Simulation, IEEE Press, New York, 1998
3. R.J. Baker, CMOS Mixed-Signal Circuit Design, IEEE Press, New York, 2002
4. C. Dan, Comparatoare, Editura Tehnică, București, 2005
5. P.R. Gray, P.J. Hurst, S.H. Lewis and R.G. Meyer, Analysis and Design of Analog Integrated Circuit, 4th ed., John Wiley & Sons, New York, 2001
6. R. Gregorian, Introduction to CMOS Op-Amps and Comparators, John Wiley & Sons, New York, 1999
7. D.A. Johns, and K. Martin, Analog Integrated Circuits Design, John Wiley & Sons, New York, 1997
8. K.S. Kundert, The Designer's Guide to SPICE&SPECTRE, Kluwer Academic Publishers, 1998
9. A. Vladimirescu, The SPICE Book, John Wiley & Sons, New York, 1993

**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 final scris	15
	Cunoașterea modalității de a rezolva probleme specifice circuitelor analogice avansate	Examen final scris	15
	Cunoașterea metodologiilor de proiectare și a etapelor de proiectare	Examen final scris	20
11.5 Seminar/laborator/proiect	Buna înțelegere a cunoștințelor prezentate la curs și pe parcursul laboratoarelor	Proiect, colocviu, evaluări pe parcurs	10
	Aplicarea cunoștințelor prezentate la curs și pe parcursul laboratoarelor	Proiect, colocviu, evaluări pe parcurs	15
	Abilitățile de lucru independent folosind software-ul corespunzător	Proiect, colocviu, evaluări pe parcurs	25
11.6 Condiții de promovare			
<ul style="list-style-type: none"><li>• Obținerea a 50% din punctajul total.</li><li>• Obținerea a 50% din punctajul aferent activității pe parcursul semestrului.</li><li>• Obținerea a minimum 33% din punctajul aferent examinării finale.</li></ul>			



**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)**

- Prin activitățile desfășurate, studenții dezvoltă abilități de a analiza și proiectarea circuitelor integrate care reprezintă un domeniu de mare interes în ultima perioadă, existând o cerere importantă de ingineri în domeniul proiectării circuitelor integrate analogice, digitale și cu semnale mixte.
- Tipurile de circuite studiate sunt folosite în permanență în toate companiile comerciale din domeniu. Mediul de proiectare Cadence utilizat la laborator este folosit 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.
- 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 universitatea Lodz University of Technology din Polonia, THE UNIVERSITY of EDINBURGH și Newcastle din Marea Britanie, etc.
- Prin activitățile de laborator se are în vedere dezvoltarea abilităților absolventului de a gestiona situații practice cu care se poate confrunta 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

Prof. Dr. Claudiu DAN

Prof. Dr. Claudiu DAN

Data avizării în departament

Director de departament

31.10.2024

Prof. Dr. Claudiu DAN





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



Data aprobării în Consiliul Facultății

Decan

01.11.2024

Prof. Dr. Mihnea Udrea