



### 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	Microelectronică, Optoelectronică și Nanotehnologii

#### 2. Date despre disciplină

2.1 Denumirea disciplinei (ro) (en)	Circuite integrate analogice						
2.2 Titularul activităților de curs	Prof. Dr. Claudiu DAN						
2.3 Titularul activităților de seminar / laborator	As. Drd. Florin-Silviu Dumitru						
2.4 Anul de studiu	3	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.05.O.003	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	3.00	3.3 seminar/laborator	2
3.4 Total ore din planul de învățământ	70.00	Din care: 3.5 curs	42	3.6 seminar/laborator	28
Distribuția fondului de timp:					ore
Studiul după manual, suport de curs, bibliografie și notițe					55
Documentare suplimentară în bibliotecă, pe platformele electronice de specialitate					
Pregătire seminarii/ laboratoare/proiecte, teme, referate, portofolii și eseuri					
Tutorat					0
Examinări					5
Alte activități (dacă există):					0
3.7 Total ore studiu individual	55.00				
3.8 Total ore pe semestru	125				
3.9 Numărul de credite	5				

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

4.1 de curriculum	Dispozitive electronice. Circuite electronice fundamentale
4.2 de rezultate ale învățării	Cunostinte generale de dispozitive și circuite electronice

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

5.1 Curs	Intelegerea notiunilor prezentate la curs.
5.2 Seminar/ Laborator/Proiect	Prezența obligatorie la laborator (conform regulamentului studiilor universitare de licență).



**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.)*

Prezentarea principiilor care stau la baza analizei, proiectării, optimizării performanțelor și aplicațiilor circuitelor integrate analogice MOS și bipolare. Funcționarea și analiza principalelor subcircuite: surse de curent, referințe de curent și referințe de tensiune, etaje de amplificare de semnal mic, amplificatoare diferențiale, etaje de ieșire, circuite de protecție. Prezentarea structurilor interne ale circuitelor integrate analogice, cu accent asupra configurațiilor elementare de amplificatoare operationale. Analiza diferitelor elemente de ne-idealitate pentru amplificatoarele operationale studiate. Studiul răspunsului în frecvență al circuitelor și analiza stabilității circuitelor cu reacție. Analiza structurilor liniare și neliniare de calcul analogic.

Aplicații practice ale circuitelor studiate la curs, analiză și proiectarea diferitelor subcircuite cu mare aplicabilitate în zona circuitelor integrate analogice, de tipul amplificatoarelor diferențiale, surselor de curent, structurilor interne de amplificatoare operationale, diferitelor aplicații liniare și neliniare cu amplificatoare operationale. Calcule manuale și validarea prin simulare a elementelor semnificative ale funcționării circuitelor analogice studiate.

**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>	Crearea abilităților de a aplica cunoștințele generale privind circuitele integrate analogice, atât în proiectarea unor sisteme care includ aceste circuite, cât și în proiectarea unor circuite integrate analogice propriu zise. Posibilitatea de a evalua pe baza cunoștințelor dobândite ce tip de circuite integrate analogice și în ce manieră pot fi acestea utilizate pentru o eficientă rezolvare a unor cerințe concrete.
<b>Transversale (generale)</b>	Comportament general adecvat.

**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

*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.*

În urma parcurgerii și însușirii materiei predate la cursul de "Circuite integrate analogice", studenții vor dobândi o multitudine de cunoștințe legate de modul de funcționare al acestei categorii foarte importante de circuite actuale, cu o perspectivă foarte rapidă de dezvoltare în următorii ani.

Cursul de "Circuite integrate analogice" studiază blocurile fundamentale ale circuitelor electronice, analizate și proiectate din perspectiva implementării lor în tehnologie integrată. Această particularitate a realizării integrate modifică fundamental principiile de proiectare, precum și arhitecturile specifice fiecărei clase de circuite, în comparație cu implementările realizate cu componente discrete. În acest sens, apar elemente suplimentare ce vor fi analizate, legate de împerecherile între parametrii dispozitivelor, sau legate de erorile și limitările specifice asociate implementării într-o anumită tehnologie, în strânsă corelație cu dificultățile suplimentare impuse de reducerea continuă a dimensiunilor dispozitivelor integrate.

Capitolul I reprezintă o recapitulare și o sintetizare a noțiunilor elementare legate de modelarea dispozitivelor bipolare și MOS, studiate la disciplinele anterioare. Aplicațiile liniare și neliniare din Capitolul al II-lea (de tipul amplificatoarelor inversoare și neinversoare, a amplificatoarelor de adunare sau de diferență, a circuitelor redresoare sau a celor pentru implementarea funcțiilor logaritmice sau exponențiale) utilizează amplificatoare operationale ideale. Disponibilitatea în practică doar a amplificatoarelor operationale reale conduce la apariția unor abateri de la funcționarea idealizată, ceea ce impune și justifică continuarea cursului, în vederea studiului structurilor interne a amplificatoarelor operationale. Apare, deci, necesitatea studierii blocurilor constitutive ale amplificatoarelor operationale, de tipul surselor de curent (Capitolul al III-lea), al etajelor de amplificare elementare și al amplificatoarelor diferențiale (Capitolul al IV-lea), precum și al etajelor de ieșire (Capitolul al V-lea). Valorificând toate cunoștințele asimilate în aceste capitole, în Capitolul al VI-lea se analizează structuri interne de amplificatoare operationale și se evaluează calitativ și cantitativ abaterile de la idealitate și limitările practice ale acestor circuite reale, în comparație cu circuitele ideale, analizate în Capitolul al II-lea. Pornind de la arhitecturile concrete ale amplificatoarelor operationale studiate în Capitolul al VI-lea, se reiau aplicațiile cu amplificatoare operationale (prezentate în Capitolul al II-lea) și se evaluează efectul parametrilor amplificatoarelor operationale reale asupra performanțelor circuitelor studiate. Se propun metode de îmbunătățire a performanțelor amplificatoarelor operationale, cu un impact direct în maximizarea performanțelor aplicațiilor studiate în Capitolul al II-lea. Capitolul al VII-lea tratează răspunsul în frecvență al circuitelor, prezentând criteriile și metode concrete de evaluare a stabilității circuitelor analogice.



<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> <p>Bazandu-se pe cunostintele dobandite in urma parcurgerii si insusirii cunostintelor aferente disciplinei de "Circuite integrate analogice", studentii vor fi capabili sa inteleaga functionarea celor mai importante categorii de circuite integrate analogice. Pornind de la notiunile teoretice explicate in detaliu, studentii vor putea propune solutii concrete pentru rezolvarea unei multitudini de situatii practice, fiind capabili sa compare cele mai bune realizari concrete si sa aleaga varianta optima de implementare.</p> <p>Vor fi capabili sa selecteze si sa grupeze informatiile relevante intr-un context dat, precum si sa utilizeze in mod argumentat principiile specifice analizei circuitelor integrate analogice in vederea proiectarii unor circuite avand performantele solicitate de aplicatiile carora le sunt destinate. Studentii vor verifica experimental solutiile identificate pentru proiectarea circuitelor propuse in vederea rezolvarii unor aplicatii practice concrete, valorificand solutiile optime in vederea elaborarii unor planuri de rezolvare a problemelor practice existente. In final, studentii vor fi capabili sa formuleze concluzii ale studiilor si experimentelor realizate, argumentand alegerea solutiilor specifice si a modurilor de rezolvare propuse.</p> <p>Aprofundand notiunile teoretice si practice, studentii isi vor dezvolta aptitudini legate de studiul celor mai recente referinte bibliografice in domeniu, precum si capacitatea de a lucra in echipa in vederea elaborarii unui proiect de cercetare de complexitate medie. Studentii vor fi capabili sa prezinte si sa justifice in mod coerent alegerea unei anumite solutii de proiectare a circuitului studiat si sa prezinte avantajele acestei decizii.</p>
<b>Responsabilitate și autonomie</b>	<p><i>Capacitatea cursantului de a aplica în mod autonom și responsabil cunoștințele și aptitudinile sale.</i></p> <p>Studentii vor respecta principiile de etica academica, citand in mod corect sursele bibliografice utilizate. Ei vor manifesta responsabilitate sociala, prin implicare activa in evenimentele din comunitatea academica, un exemplu relevant in acest sens fiind implicarea deosebit de importanta a studentilor in organizarea si in desfasurarea concursului studentesc de analiza si proiectare a circuitelor integrate analogice "Tudor Tanasescu".</p> <p>Studentii vor demonstra receptivitate pentru contexte noi de invatare, realizand un echilibru intre colaborarea cu ceilalti colegi si cadre didactice si demonstrarea autonomiei in organizarea contextului de invatare sau a situatiei de rezolvat. Vor promova solutii noi, aferente domeniului specific al circuitelor integrate analogice, in vederea imbunataririi vietii sociale, constientizand valoarea contributiei lor in domeniul ingineriei la identificarea unor solutii sustenabile care sa rezolve probleme economice concrete. Studentii vor analiza si valorifica oportunitati de afaceri si de dezvoltare antreprenoriala in domeniul proiectarii circuitelor integrate analogice, dezvoltand abilitati de management al situatiilor din viata reala.</p>

**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 se bazează pe folosirea videoproietorului și programul MS Teams, cursul incluzând o multitudine de simulări ale circuitelor analizate, utile pentru o mai bună înțelegere a notiunilor predate și pentru o evaluare concretă a limitărilor circuitelor studiate.

Materialele de curs sunt reprezentate de notele și prezentările de curs, disponibile pe Moodle și pe site-ul: <https://curs.upb.ro/2021/course/view.php?id=9052>.



Predarea la seminar porneste de la explicatiile cadrului didactic si are la baza implicarea directa a studentilor in rezolvarea problemelor. Problemele pentru seminar sunt disponibile sub forma tiparita (a se vedea bibliografia). Cunostintele teoretice aprofundate la seminar vor reprezenta baza teoretica a lucrarilor de laborator.

## 10. Conținuturi

CURS		
Capitolul	Conținutul	Nr. ore
1	"Modelarea dispozitivelor bipolare si MOS" - Introducere. Modelarea dispozitivelor bipolare si MOS; analiza efectelor de ordin secundar	2
2	"Aplicatii ale amplificatoarelor operationale" - Aplicatii liniare si neliniare ale amplificatoarelor operationale ideale. Parametrii amplificatoarelor operationale si abateri de la idealitate ale acestora. Comparatorul elementar si comparatorul cu histerezis	9
3	"Surse de curent si surse de tensiune" - Surse de curent si surse de tensiune elementare. Surse de curent cascod si surse de curent cu autopolarizare. Referinte de curent si referinte de tensiune. Tehnici de corectie a caracteristicii de temperatura a referintelor de tensiune. Metode de imbunatatire a rejectiei tensiunii de alimentare pentru circuitele studiate	7
4	"Amplificatoare elementare" - Etaje de amplificare elementare. Studiul amplificatoarelor diferentiale - functionarea la semnal mare si analiza de semnal mic; determinarea domeniului maxim al tensiunii de mod comun de intrare si functionarea rail-to-rail. Studiul amplificatoarelor diferentiale avand ca sarcina o sursa de curent cu polarizare independenta, al amplificatoarelor diferentiale avand ca sarcina o oglinda de curent, precum si al amplificatoarelor diferentiale cu sarcina cascod. Evaluarea si imbunatatirea CMRR si a PSRR; diferentieri in functie de tipul iesirii (simpla sau diferentiala). Determinarea efectului asimetriilor asupra functionarii amplificatoarelor diferentiale	8
5	"Etaje de iesire" - Etaje de iesire: clase de functionare, configuratii, functionare, caracterizare	2
6	"Amplificatoare operationale. Structuri interne" - Studiul structurilor interne ale amplificatoare operationale. Amplificatoare operationale cascod si folded cascod. Evaluarea ne-idealitatilor amplificatoarelor operationale si metode de imbunatatire a performantelor acestora. Functionarea rail-to-rail a amplificatoarelor operationale	9
7	"Raspunsul in frecventa al circuitelor. Stabilitatea circuitelor" - Diagrame Bode. Metode de analiza a raspunsului in frecventa (analiza directa, metoda constantelor de timp de gol si de scurtcircuit, teorema lui Miller). Evaluarea stabilitatii circuitelor. Compensarea in frecventa a amplificatoarelor operationale, pol dominant, split-area polilor	5
	<b>Total:</b>	42

### Bibliografie:

<https://curs.upb.ro/2021/course/view.php?id=9052> - material complet curs disponibil pe Moodle  
Anca Manolescu, Anton Manolescu, Cosmin Popa, *Analiza și proiectarea circuitelor integrate analogice VLSI CMOS*, Editura Printech, 2006

Anca Manolescu, Anton Manolescu, Cosmin Popa, *Circuite integrate analogice*, Editura Universității Politehnice din București, 2005

Cosmin Popa, *Circuite integrate analogice. Indrumar de laborator*, Editura Printech, 2014

### LABORATOR



Nr. crt.	Conținutul	Nr. ore
1	Prezentare program simulare LT Spice	2
2	Studiul experimental al circuitelor elementare cu amplificatoare operationale	2
3	Simularea funcționării circuitelor elementare cu amplificatoare operaționale	2
4	Evaluarea prin simulare a parametrilor amplificatoarelor operaționale. Studiul experimental al parametrilor și caracteristicilor amplificatoarelor operaționale	2
5	Simularea funcționării surselor de curent. Simularea funcționării referințelor de tensiune	2
6	Simularea funcționării amplificatoarelor diferențiale	2
7	Recapitulare. Colocviu laborator	2
	<b>Total:</b>	14

#### SEMINAR

Nr. crt.	Conținutul	Nr. ore
1	Aplicatii liniare cu amplificatoare operationale ideale	2
2	Aplicatii neliniare cu amplificatoare operationale ideale	2
3	Recapitulare circuite electronice fundamentale. Parametrii amplificatoarelor operationale	2
4	Surse de curent. Referinte de tensiune	2
5	Amplificatoare diferentiale. Etaje de iesire	2
6	Structuri interne de amplificatoare operationale	2
7	Raspunsul in frecventa si analiza stabilitatii circuitelor. Test evaluare activitate seminar	2
	<b>Total:</b>	14

#### Bibliografie:

<https://curs.upb.ro/2021/course/view.php?id=9052> - material complet curs disponibil pe Moodle  
Anca Manolescu, Anton Manolescu, Cosmin Popa, *Analiza și proiectarea circuitelor integrate analogice VLSI CMOS*, Editura Printech, 2006

Anca Manolescu, Anton Manolescu, Cosmin Popa, *Circuite integrate analogice*, Editura Universității Politehnica din București, 2005

Cosmin Popa, *Circuite integrate analogice. Indrumar de laborator*, Editura Printech, 2014

#### 11. Evaluare

Tip activitate	11.1 Criterii de evaluare	11.2 Metode de evaluare	11.3 Pondere din nota finală
11.4 Curs	Examen final	Cunoasterea notiunilor teoretice fundamentale. Cunoasterea modalitatii de a rezolva probleme specifice circuitelor integrate analogice	50%



11.5 Seminar/laborator/proiect	Evaluarea activității de la seminar	Cunoașterea noțiunilor teoretice și a modalităților de aplicare a acestora în vederea soluționării unor probleme și aplicații specifice circuitelor integrate analogice	20%
	Evaluarea modalității de realizare a lucrărilor de laborator	Cunoașterea noțiunilor teoretice și a modalităților de aplicare a acestora în vederea soluționării unor probleme și aplicații specifice circuitelor integrate analogice	30%
11.6 Condiții de promovare			
Obținerea a 50% din punctajul total Obținerea a 50% din punctajul aferent activității pe parcursul semestrului.			

**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)**

Analiza și proiectarea circuitelor integrate analogice reprezintă un domeniu de mare interes în ultima perioadă, existând o cerere importantă de ingineri în domeniul proiectării circuitelor integrate analogice. Structurile analogice studiate și proiectate prezintă o multitudine de aplicații concrete în majoritatea domeniilor electronicii, precum și în domenii ce utilizează în mod indirect circuitele electronice.

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.

Data completării

Titular de curs

Titular(i) de aplicații

09.09.2022

Prof. Dr. Claudiu DAN

As. Drd. Florin-Silviu Dumitru

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