



### 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)		Circuite integrate analogice					
2.1 Denumirea disciplinei (en)							
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 si 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	Prezenta obligatorie la laborator (conform regulamentului studiilor universitare de licenta).



**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.*

In urma parcurgerii si insusirii materiei predate la cursul de "Circuite integrate analogice", studentii vor dobandi o multitudine de cunostinte legate de modul de functionare al acestei categorii foarte importante de circuite actuale, cu o perspectiva foarte rapida de dezvoltare in urmasorii ani.

Cursul de "Circuite integrate analogice" studiaza blocurile fundamentale ale circuitelor electronice, analizate si proiectate din perspectiva implementarii lor in tehnologie integrata. Aceasta particularitate a realizarii integrate modifica fundamental principiile de proiectare, precum si arhitecturile specifice fiecarei clase de circuite, in comparatie cu implementarile realizate cu componente discrete. In acest sens, apar elemente suplimentare ce vor fi analizate, legate de imperecherile intre parametrii dispozitivelor, sau legate de erorile si limitarile specifice asociate implementarii intr-o anumita tehnologie, in stransa corelatie cu dificultatile suplimentare impuse de reducerea continua a dimensiunilor dispozitivelor integrate.

Capitolul I reprezinta o recapitulare si o sintetizare a notiunilor elementare legate de modelarea dispozitivelor bipolare si MOS, studiate la disciplinele anterioare. Aplicatiile liniare si neliniare din Capitolul al II-lea (de tipul amplificatoarelor inversoare si neinversoare, a amplificatoarelor de adunare sau de diferenta, a circuitelor redresoare sau a celor pentru implementarea functiilor logaritmice sau exponentiale) utilizeaza amplificatoare operationale ideale. Disponibilitatea in practica doar a amplificatoarelor operationale reale conduce la aparitia unor abateri de la functionarea idealizata, ceea ce impune si justifica continuarea cursului, in 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 si al amplificatoarelor diferentiale (Capitolul al IV-lea), precum si al etajelor de iesire (Capitolul al V-lea). Valorificand toate cunostintele asimilate in aceste capitole, in Capitolul al VI-lea se analizeaza structuri interne de amplificatoare operationale si se evalueaza calitativ si cantitativ abaterile de la idealitate si limitarile practice ale acestor circuite reale, in comparatie cu circuitele ideale, analizate in Capitolul al II-lea. Pornind de la arhitecturile concrete ale amplificatoarelor operationale studiate in Capitolul al VI-lea, se reiau aplicatiile cu amplificatoare operationale (prezentate in Capitolul al II-lea) si se evalueaza efectul parametrilor amplificatoarelor operationale reale asupra performantelor circuitelor studiate. Se propun metode de imbunatatire a performantelor amplificatoarelor operationale, cu un impact direct in maximizarea performantelor aplicatiilor studiate in Capitolul al II-lea. Capitolul al VII-lea trateaza raspunsul in frecventa al circuitelor, prezentand criteriile si metode concrete de evaluare a stabilitatii 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>Bazându-se pe cunoștințele dobândite în urma parcurgerii și însușirii cunoștințelor aferente disciplinei de "Circuite integrate analogice", studenții vor fi capabili să înțeleagă funcționarea celor mai importante categorii de circuite integrate analogice. Pornind de la noțiunile teoretice explicate în detaliu, studenții vor putea propune soluții concrete pentru rezolvarea unei multitudini de situații practice, fiind capabili să compare cele mai bune realizări concrete și să aleagă varianta optimă de implementare.</p> <p>Vor fi capabili să selecteze și să grupeze informațiile relevante într-un context dat, precum și să utilizeze în mod argumentat principiile specifice analizei circuitelor integrate analogice în vederea proiectării unor circuite având performanțele solicitate de aplicațiile cărora le sunt destinate. Studenții vor verifica experimental soluțiile identificate pentru proiectarea circuitelor propuse în vederea rezolvării unor aplicații practice concrete, valorificând soluțiile optime în vederea elaborării unor planuri de rezolvare a problemelor practice existente. În final, studenții vor fi capabili să formuleze concluzii ale studiilor și experimentelor realizate, argumentând alegerea soluțiilor specifice și a modurilor de rezolvare propuse.</p> <p>Aprofundând noțiunile teoretice și practice, studenții își vor dezvolta aptitudini legate de studiul celor mai recente referințe bibliografice în domeniu, precum și capacitatea de a lucra în echipă în vederea elaborării unui proiect de cercetare de complexitate medie. Studenții vor fi capabili să prezinte și să justifice în mod coerent alegerea unei anumite soluții de proiectare a circuitului studiat și să 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>Studenții vor respecta principiile de etică academică, citând în mod corect sursele bibliografice utilizate. Ei vor manifesta responsabilitate socială, prin implicare activă în evenimentele din comunitatea academică, un exemplu relevant în acest sens fiind implicarea deosebit de importantă a studenților în organizarea și desfășurarea concursului studentesc de analiză și proiectare a circuitelor integrate analogice "Tudor Tanasescu".</p> <p>Studenții vor demonstra receptivitate pentru contexte noi de învățare, realizând un echilibru între colaborarea cu ceilalți colegi și cadre didactice și demonstrarea autonomiei în organizarea contextului de învățare sau a situației de rezolvat. Vor promova soluții noi, aferente domeniului specific al circuitelor integrate analogice, în vederea îmbunătățirii vieții sociale, conștientizând valoarea contribuției lor în domeniul ingineriei la identificarea unor soluții sustenabile care să rezolve probleme economice concrete. Studenții vor analiza și valorifica oportunități de afaceri și de dezvoltare antreprenorială în domeniul proiectării circuitelor integrate analogice, dezvoltând abilități de management al situațiilor din viața reală.</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 noțiunilor 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 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