



### 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	Telecomunicații
1.4 Domeniul de studii	Inginerie Electronică, Telecomunicații și Tehnologii Informaționale
1.5 Ciclu de studii	Licență
1.6 Specializarea	Electronică aplicată

#### 2. Date despre disciplină

2.1 Denumirea disciplinei (ro) (en)	Circuite integrate analogice Analogic Integrated Circuits						
2.2 Titularul activităților de curs	Ș.L. dr. ing. Șerban MIHALACHE						
2.3 Titularul activităților de seminar / laborator	Ș.L. dr. ing. Șerban MIHALACHE						
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 Documentare suplimentară în bibliotecă, pe platformele electronice de specialitate Pregătire seminarii/ laboratoare/proiecte, teme, referate, portofolii și eseuri					50
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	Parcurgerea următoarelor discipline: – Dispozitive electronice; – Circuite electronice fundamentale.
4.2 de rezultate ale învățării	Acumularea următoarelor cunoștințe generale: – principii fundamentale în analiza circuitelor electronice; – modelarea semnalelor și sistemelor electronice analogice.

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



5.1 Curs	– Cursul se va desfășura într-o sală dotată cu videoproiector.
5.2 Seminar/ Laborator/Proiect	– Seminarul se va desfășura într-o sală dotată cu videoproiector. – Laboratorul se va desfășura într-o sală cu dotare specifică, trebuind să includă: calculatoare, platforme hardware experimentale, software specializat (LTSpice). – Prezența obligatorie la ședințele de laborator (conform regulamentului studiilor universitare de licență în UNSTPB).

**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 Inginerie Electronică, Telecomunicații și Tehnologii Informaționale / specializările „Electronică aplicată” și „Tehnologii și sisteme de telecomunicații” (cu predare în limba engleză) și își propune să familiarizeze studenții cu aspectele fundamentale care stau la baza analizei, proiectării, optimizării performanțelor și aplicațiilor circuitelor integrate analogice CMOS și bipolare. Se studiază funcționarea și analiza principalelor sub-circuite: surse de curent, surse de curent și referințe de tensiune, etaje de amplificare de semnal mic, amplificatoare diferențiale, etaje de ieșire, circuite de protecție. Sunt prezentate structurile interne ale circuitelor integrate analogice, cu accent asupra celor mai importante topologii de amplificatoare operaționale. Se realizează analiza diferitelor elemente de neidealitate ale amplificatoarelor operaționale studiate. Se studiază răspunsul în frecvență al circuitelor și analiza stabilității circuitelor cu reacție, precum și structuri liniare și neliniare de calcul analogic.

Aplicații practice de seminar și laborator au ca obiectiv însușirea practică a principalelor circuite studiate la curs și a tehnicilor de analiză și proiectare a diferitelor sub-circuite cu mare aplicabilitate în zona circuitelor integrate analogice, prin calcule manuale și validarea prin simulare a elementelor semnificative ale funcționării circuitelor analogice studiate.

Toate acestea contribuie la transmiterea către studenți a unei viziuni de ansamblu asupra reperelor metodologice și procedurale aferente domeniului circuitelor integrate analogice.

**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>– Demonstrează că deține cunoștințe de bază privind metodele de analiză și proiectare a circuitelor analogice, caracterizarea comportamentului în domeniile timp și frecvență, proiectarea sistemelor electronice analogice bazate pe amplificatoare operaționale și descrierea funcționării și a principiilor de bază ale aplicațiilor liniare și neliniare folosind amplificatoare operaționale.</li><li>– Aplică practic cunoștințele teoretice dobândite, utilizează medii de simulare și realizează montaje experimentale pentru analiza și proiectarea circuitelor analogice.</li><li>– Aplică metode și instrumente standardizate, specifice domeniului, pentru realizarea procesului de evaluare a unei situații, în funcție de problemele identificate și identifică soluții.</li><li>– Argumentează și analizează coerent și corect contextul de aplicare a cunoștințelor de bază ale domeniului, utilizând concepte cheie ale disciplinei și metodologia specifică.</li><li>– Comunicare orală și în scris în limba română: utilizează vocabularul științific specific domeniului, în vederea comunicării eficiente și corecte, în scris și oral.</li><li>– Comunicare orală și în scris într-o limbă străină (engleză): demonstrează înțelegerea și aplicarea corectă a vocabularului aferent domeniului proiectării circuitelor analogice, într-o limbă străină.</li></ul>
<b>Transversale (generale)</b>	<ul style="list-style-type: none"><li>– Comunică eficient, în special în timpul orelor de aplicații, coordonându-și eforturile cu ceilalți pentru rezolvarea de situații problemă de complexitate medie.</li><li>– Autonomie și gândire critică: abilitatea de a gândi în termeni științifici, de a căuta și analiza date în mod independent, de a identifica soluții, precum și de a desprinde și prezenta concluzii.</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: în activitatea de documentare citează corect sursele bibliografice utilizate.</li><li>– Pune în practică elemente de inteligență emoțională în gestionarea socio-emoțională adecvată a unor situații din viața academică, demonstrând stăpânire de sine și obiectivitate în luarea deciziilor sau în situații de stres.</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>– Definește corect noțiunile de bază ale domeniului analizei și proiectării circuitelor integrate analogice: punct static de funcționare, analiză în curent alternativ, model de semnal mic, superpoziție, mod comun, mod diferențial, funcție de transfer, răspuns în frecvență, criterii de stabilitate etc.</li><li>– Descrie în mod corespunzător conceptele fundamentale și mărimile caracteristice ce descriu funcționarea și performanța circuitelor integrate analogice.</li><li>– Evidențiază modalitățile de analiză a răspunsului în frecvență a unui sistem electronic analogic și a investigării stabilității acestuia.</li><li>– Identifică în mod corect rolul dispozitivelor în funcționarea circuitelor integrate analogice.</li><li>– Înțelege tehnicile de compensare a dependenței de temperatură a surselor de curent și a referințelor de tensiune.</li><li>– Înțelege tehnicile de modelare ale etajelor de amplificare, rolul acestora în proiectarea amplificatoarelor operaționale și avantajele și dezavantajele implicate.</li><li>– Înțelege și descrie corespunzător efectul toleranțelor dispozitivelor și tehnicile de împerechere pentru reducerea sensibilității circuitelor la acestea.</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>– Selectează și grupează informații relevante într-un context dat, putând astfel să descrie corespunzător diverse aspecte teoretice sau practice de analiză și proiectare a circuitelor integrate analogice.</li><li>– Utilizează argumentat conceptele de analiză și proiectare a circuitelor integrate analogice în vederea abordării corecte a unor probleme.</li><li>– Verifică experimental soluțiile identificate pentru rezolvarea practică a aplicațiilor circuitelor integrate analogice.</li><li>– Formulează concluzii corecte asupra rezultatelor experimentele realizate.</li><li>– Argumentează modul de rezolvare și soluțiile utilizate pentru rezolvarea unor probleme.</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 contexte noi de învățare.</li><li>– Manifestă colaborare cu ceilalți colegi și cadre didactice în desfășurarea activităților didactice.</li><li>– Demonstrează autonomie în organizarea contextului de învățare și a problemelor de rezolvat.</li><li>– Conștientizează valoarea contribuției sale în domeniul ingineriei la identificarea de soluții viabile care să rezolve probleme din viața socială și economică.</li><li>– Analizează oportunități de afaceri sau de dezvoltare antreprenorială, pornind de la cunoștințele dobândite în domeniu.</li><li>– Demonstrează abilități de management ale situațiilor din viața reală (de exemplu gestionarea corectă a timpului de învățare).</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.)



– Cursurile sunt predate într-o manieră interactivă, fiind încurajată participarea activă a studenților. Sunt folosite atât metode clasice de predare (prelegerea și expunerea), utilizând prezentări PowerPoint prin intermediul mijloacelor multimedia, cât și interactive, bazate pe întrebări-răspunsuri și feedback-ul studenților, adaptând permanent demersul pedagogic la posibilitățile de asimilare și învățare a studenților (prin repetarea suplimentară a anumitor noțiuni și concepte, dacă acest lucru se dovedește necesar).

Fiecare curs debutează cu recapitularea succintă a materiei anterioare, cu accent asupra noțiunilor parcurse la ultimul curs. Prezentările utilizează numeroase imagini și scheme, astfel încât informațiile prezentate să fie cât mai ușor de înțeles și asimilat. Se lucrează împreună cu studenții un număr de exerciții sau probleme. Materialele complete de curs sunt disponibile în format electronic pe platforma Moodle a facultății.

– Predarea cunoștințelor în cadrul orelor de seminar și laborator se bazează pe comunicarea orală și explicarea detaliată a metodelor utilizate și a rezultatelor obținute, într-o manieră permanent interactivă. Studenții implementează și evaluează independent aceleași probleme prin utilizarea calculatorului și a mediului software și/sau hardware. Aplicațiile realizate îi ajută pe studenți în dezvoltarea unor relații optime de comunicare într-un climat favorabil învățării prin descoperire.

Materialele de seminar și laborator sunt disponibile studenților sub formă tipărită și electronică (pe platforma Moodle a facultății).

## 10. Conținuturi

CURS		
Capitolul	Conținutul	Nr. ore
1	„Introducere” – Generalități, istoric. Domenii de aplicabilitate, performanțe, limitări	4
2	„Tehnologia CMOS” – Fizica și modelarea dispozitivelor MOS și bipolare. Analiza efectelor de ordin secundar	8
3	„Amplificatoare operaționale” – Modelarea sistemelor analogice cu și fără reacție. Parametrii amplificatoarelor operaționale și abateri de la idealitate	2
4	„Amplificatoare operaționale” – Aplicații liniare și neliniare ale amplificatoarelor operaționale ideale. Comparatorul elementar și comparatorul cu histerezis. Efecte ale neidealităților asupra performanțelor	8
5	„Amplificatoare operaționale” – Analiza răspunsului în frecvență, diagrame Bode, analiza stabilității. Teorema lui Miller	6
6	„Surse de curent și referințe de tensiune” – Surse de curent elementare și avansate (CASCOD, Wilson, Widlar). Referințe de tensiune și tehnici de corecție a caracteristicii de temperatură a acestora. Metode de îmbunătățire a rejecției tensiunii de alimentare	6
7	„Structuri interne ale amplificatoarelor operaționale” – Etaje de amplificare elementare. Studiul etajelor diferențiale cu sarcină rezistivă și activă (funcționarea la semnal mare, analiza de semnal mic, domeniul tensiunii de mod comun de intrare și excursia tensiunii de ieșire). Evaluarea și îmbunătățirea CMRR și PSRR	4
8	„Structuri interne ale amplificatoarelor operaționale” – Amplificatoare Miller cu două etaje. Amplificatoare cu excursie mărită a tensiunii de ieșire. Amplificatoare de tip CASCOD și CASCOD pliat. Etaje de ieșire și clase de funcționare. Tehnici de compensare în frecvență	4
	<b>Total:</b>	42



**Bibliografie:**

1. Ș. Mihalache, M. Enăchescu, *Analog Integrated Circuits*, suport de curs disponibil electronic pe platforma Moodle a facultății ETTI: <https://curs.upb.ro/>
2. B. Razavi, *Design of Analog CMOS Integrated Circuits*, Ed. a 2-a, McGraw-Hill, 2017.
3. A.S. Sedra, K.C. Smith, *Microelectronic Circuits (The Oxford Series in Electrical and Computer Engineering)*, Ed. a 7-a, Oxford University Press, 2014.
4. R.J. Baker, *CMOS Circuit Design, Layout, and Simulation*, Ed. a 4-a, IEEE Press, Wiley, 2019.
5. P.R. Gray, P.J. Hurst, S.H. Lewis, R.G. Meyer, *Analysis and Design of Analog Integrated Circuits*, Ed. a 4-a, John Wiley & Sons, 2001.

**LABORATOR**

Nr. crt.	Conținutul	Nr. ore
1	Prezentarea mediului de proiectare și simulare LTSpice	2
2	Simularea funcționării circuitelor elementare cu amplificatoare operaționale	2
3	Studiul experimental al 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 și referințelor de tensiune	2
6	Simularea funcționării amplificatoarelor diferențiale	2
7	Colocviu laborator	2
<b>Total:</b>		14

**SEMINAR**

Nr. crt.	Conținutul	Nr. ore
1	Aplicații liniare cu amplificatoare operaționale ideale	2
2	Aplicații neliniare cu amplificatoare operaționale ideale	2
3	Răspunsul în frecvență al sistemelor analogice și analiza stabilității	2
4	Surse de curent și referințe de tensiune	2
5	Amplificatoare diferențiale	2
6	Structuri interne ale amplificatoarelor operaționale. Etaje de ieșire	2
7	Colocviu seminar	2
<b>Total:</b>		14

**Bibliografie:**

1. Ș. Mihalache, *Analog Integrated Circuits – Tutorial notes and support*, suport de seminar disponibil electronic pe platforma Moodle a facultății ETTI: <https://curs.upb.ro/>
2. M. Enăchescu, F.S. Dumitru, Ș. Mihalache, *Analog Integrated Circuits – Lab tutorial*, platforme de laborator disponibile electronic pe platforma Moodle a facultății ETTI: <https://curs.upb.ro/>
3. A. Manolescu, A. Manolescu, C. Popa, *Analiza și proiectarea circuitelor integrate analogice VLSI CMOS*, Printech, 2006.

**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 legate de analiza și proiectarea circuitelor integrate analogice. Cunoașterea modului de aplicare a teoriei la rezolvarea unor probleme specifice domeniului.	Examen în sesiunea de examene (evaluare scrisă)	50%
11.5 Seminar/laborator/proiect	Cunoașterea noțiunilor teoretice fundamentale legate de analiza și proiectarea circuitelor integrate analogice. Cunoașterea modului de aplicare a teoriei la rezolvarea unor probleme specifice domeniului.	Teste în cadrul ședințelor de seminar (evaluări scrise)  Colocviu final de seminar (evaluare scrisă)	20%
	Cunoașterea noțiunilor teoretice fundamentale legate de analiza și proiectarea circuitelor integrate analogice. Cunoașterea modului de simulare (pe calculator) și implementare practică (software și hardware) a circuitelor studiate, cu ajutorul unui mediu de dezvoltare evoluat (LTSpice) și a platformelor hardware.	Evaluare continuă (evaluare practică și orală)  Colocviu final de laborator (evaluare practică și orală)	30%
11.6 Condiții de promovare			
– Obținerea a minimum 50% din punctajul total. – Realizarea obligațiilor caracteristice activității de laborator (participarea la lucrările planificate și susținerea colocviului 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)

Analiza și proiectarea circuitelor integrate analogice reprezintă un domeniu de mare interes actual, existând o cerere importantă de ingineri în domeniul proiectării circuitelor integrate analogice. Structurile analogice studiate 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.





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



Data completării	Titular de curs	Titular(i) de aplicații
10.10.2024	Ș.L. dr. ing. Șerban MIHALACHE	Ș.L. dr. ing. Șerban MIHALACHE

Data avizării în departament	Director de departament
16.10.2024	Conf. Dr. Bogdan Cristian FLOREA

Data aprobării în Consiliul Facultății	Decan
25.10.2024	Prof. Dr. Mihnea Udrea