

# FIȘA DISCIPLINEI

## Circuite integrate analogice

Anul universitar 2021-2022

### 1. Date despre program

1.1	Instituția de învățământ superior	Universitatea din Pitești
1.2	Facultatea	Electronica, Comunicatii si Calculatoare
1.3	Departamentul	Electronica, Calculatoare si Inginerie Electrica
1.4	Domeniul de studii	Inginerie electronica, telecomunicatii si tehnologii informatinale
1.5	Ciclul de studii	Licență
1.6	Programul de studii / Calificarea	Electronica aplicata / Inginer electronist  Inginer electronist, transporturi și telecomunicații (215204); Proiectant inginer electronist (215213);

### 2. Date despre disciplină

2. Date despre disciplina											
2.1	Denumirea disciplinei					Circuite integrate analogice					
2.2	Titularul activităților de curs					Ș.L.dr.ing. Bostan Ionel					
2.3	Titularul activităților de laborator					Ș.L.dr.ing. Bostan Ionel					
2.4	Anul de studii	III	2.5	Semestrul	I	2.6	Tipul de evaluare	Examen	2.7	Regimul disciplinei	D/O

### 3. Timpul total estimat

3.1	Număr de ore pe săptămână	4	3.2	din care curs	2	3.3	Seminar/Laborator	1/1
3.4	Total ore din planul de inv.	56	3.5	din care curs	28	3.6	laborator	14/14
Distribuția fondului de timp								ore
Studiul după manual, suport de curs, bibliografie și notițe								18
Documentare suplimentară în bibliotecă, pe platformele electronice de specialitate și pe teren								8
Pregătire seminarii/laboratoare, teme, referate, portofolii, eseuri								9
Tutoriat								6
Examinări								3
Alte activități								
3.7	Total ore studiu individual	44						
3.8	Total ore pe semestru	100						
3.9	Număr de credite	4						

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

4.1	De curriculum	Parcursirea disciplinelor: Dispozitive Electronice, Circuite Electronice Fundamentale, Semnale si Sisteme, Analiza matematica
4.2	De competențe	Competențe acumulate la disciplinele: Dispozitive Electronice, Circuite Electronice Fundamentale, Semnale si Sisteme, Analiza matematica

### 5. Condiții (acolo unde este cazul)

5.1	De desfășurare a cursului	Sală de curs dotată cu videoproiector și ecran
5.2	De desfășurare a seminarului/laboratorului	Laboratorul disciplinei (sala T213). Fiecare post de lucru este dotat cu calculator, osciloscop cu 2 canale, sursa de alimentare dubla programabila, generator de semnal programabil, machete de laborator specifice, programe de simulare a circuitelor electronice (TINA, SPICE, OrCAD).

### 6. Competențe specifice acumulate

Competențe profesionale	<p><b>C1. Utilizarea elementelor fundamentale referitoare la dispozitivele, circuitele și instrumentația electronică (2 puncte de credit)</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Descrierea funcționării dispozitivelor și circuitelor electronice și a metodelor fundamentale de măsurare a mărimilor electrice (0,5p)</li> <li>- Analiza circuitelor și sistemelor electronice de complexitate mică/ medie, în scopul proiectării și măsurării acestora (1p)</li> <li>- Utilizarea instrumentelor electronice și a metodelor specifice pentru a caracteriza și evalua performanțele unor circuite și sisteme electronice (0,5p)</li> </ul> <p><b>C2. Aplicarea, în situații tipice, a metodelor de bază de achiziție și prelucrare a semnalelor (2 puncte de credit)</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Utilizarea mediilor de simulare pentru analiza și prelucrarea semnalelor (1p)</li> <li>- Utilizarea de metode și instrumente specifice pentru analiza semnalelor (1p)</li> </ul>
-------------------------	--

Competențe transversale	
-------------------------	--

## 7. Obiectivele disciplinei

7.1 Obiectivul general al disciplinei	Prezentarea principiilor de bază folosite în proiectarea, optimizarea și simularea circuitelor electronice realizate în structuri integrate, în tehnologie MOS sau tehnologie bipolară.
7.2 Obiectivele specifice	<p><b>Obiective cognitive:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Cunoașterea schemelor tipice ale principalelor blocuri funcționale dintr-un circuit integrat analogic (surse/oglinzi de curent, referințe de tensiune, etaje diferențiale, etaje intermediare de amplificare, etaje finale, circuite de protecție);</li> <li>Cunoașterea parametrilor specifici de apreciere a performanțelor fiecărui bloc funcțional;</li> <li>Cunoașterea structurilor interne ale circuitelor integrate analogice cu accente pe amplificatoare operaționale VFA sau CFA și a multiplicatoarelor analogice: structuri tipice, estimarea performanțelor, răspunsul în frecvență, metode de compensare a fazei, exemple de proiectare.</li> </ul> <p><b>Obiective procedurale:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Analiza funcționării unui circuit cu schemă dată;</li> <li>Simularea funcționării unui circuit cu schemă dată;</li> <li>Utilizarea aparaturii de laborator pentru determinarea parametrilor circuitelor electronice;</li> <li>Utilizarea tehnicii de calcul pentru simularea, proiectarea și optimizarea circuitelor electronice;</li> </ul> <p><b>Obiective atitudinale:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Promovarea spiritului de inițiativă și a lucrului în echipă.</li> </ul>

## 8. Conținuturi

8.1. Curs		Nr ore	Metode de predare	Observații Resurse folosite
1	<b>1. Introducere</b> <ol style="list-style-type: none"> <li>Tehnologii de realizare a circuitelor integrate analogice</li> <li>Aspecte specifice privind proiectarea circuitelor analogice realizate în structuri integrate</li> <li>Tendențe</li> </ol>	1	Prelegere	Calculator, Videoproector Suport documentar (Moodle +Zoom)
2	<b>2. Surse de curent constant realizate cu tranzistoare bipolare</b> <ol style="list-style-type: none"> <li>Introducere (rol în cadrul CIA, modele ideale/reale, parametrii specifici)</li> <li>Oglinda simplă de curent (schema de principiu, analiza performanțelor, metode de creștere a rezistenței interne, metode de îmbunătățire a raportului de oglindire)</li> <li>Sursa Wilson, sursa Widlar (scheme electrice, analiză performanțe)</li> <li>Surse de curent cu dependență redusă față de <math>\Delta V_{cc}</math> și/sau față de <math>\Delta T</math></li> <li>Metode de reducere a tensiunii minime de ieșire</li> </ol>	2	Prelegere Dezbateri, Studiu de caz,	Calculator, Videoproector Suport documentar (Moodle +Zoom)
3	<b>3. Surse de curent constant realizate cu TEC-MOS</b> <ol style="list-style-type: none"> <li>Oglinda simplă de curent (schema de principiu, analiza performanțelor, metode de creștere a rezistenței interne, metode de îmbunătățire a raportului de oglindire)</li> <li>Sursa Wilson, sursa Widlar (scheme electrice, analiză performanțe)</li> <li>Metode de reducere a tensiunii minime de ieșire</li> <li>Surse cu impedanță mărită (Säckinger)</li> </ol>	2	Prelegere Dezbateri, Studiu de caz,	Calculator, Videoproector Suport documentar (Moodle +Zoom)
4	<b>4. Referințe de tensiune</b> <ol style="list-style-type: none"> <li>Introducere (rol în cadrul CIA, modele ideale/reale, parametrii specifici)</li> </ol>	2	Prelegere Dezbateri, Studiu de caz,	Calculator, Videoproector Suport documentar (Moodle +Zoom)

	<ol style="list-style-type: none"> <li>Referințe simple de tensiune, bazate pe <math>V_{BE}</math> sau <math>V_{GS}</math></li> <li>Referințe bazate pe străpungerea joncțiunilor</li> <li>Referințe de tip bandgape <ol style="list-style-type: none"> <li>Schema bloc de principiu</li> <li>Generatoare de tip <math>I_{PTAT}</math>, respectiv <math>V_{PTAT}</math></li> <li>Senzori de temperatură integrați</li> <li>Variante constructive: cu tranzistoare, cu AO, cu sau fără multiplicare</li> </ol> </li> </ol>			
5	<b>5. Etaje diferențiale realizate cu tranzistoare bipolare</b> <ol style="list-style-type: none"> <li>Introducere (rol în cadrul CIA, schemă de principiu, parametrii specifici)</li> <li>Analiza în regim de semnal mare: curenții de colector, tensiunea diferențială de ieșire, gama tensiunilor de intrare pe modul diferențial/comun, extinderea domeniului de comportare liniară, slew-rate</li> <li>Analiza în regim de semnal mic: semicircuitul pe mod diferențial, semicircuitul pe mod comun, răspunsul în frecvență</li> <li>Efectul neîmperecherilor: tensiunea de offset, curentul de offset</li> <li>Etaje diferențiale cu oglindă de curent: schema de principiu, caracteristica de transfer în tensiune, analiza regimului dinamic de semnal mic, avantaje/dezavantaje față de etajul cu sarcină rezistivă</li> </ol>	5	Prelegere Dezbateri, Studiu de caz,	Calculator, Videoproiector Suport documentar (Moodle +Zoom)
6	<b>6. Etaje diferențiale realizate cu TEC-MOS</b> <ol style="list-style-type: none"> <li>Analiza în regim de semnal mare: curenții de colector, tensiunea diferențială de ieșire, gama tensiunilor de intrare pe modul diferențial/comun</li> <li>Analiza în regim de semnal mic: semicircuitul pe MD, semicircuitul pe MC</li> <li>Efectul neîmperecherilor: tensiunea de offset, curentul de offset</li> <li>Etaje diferențiale cu oglindă de curent: schema de principiu, caracteristica de transfer în tensiune, analiza regimului dinamic, avantaje/dezavantaje față de etajul cu sarcină rezistivă</li> </ol>	2	Prelegere Dezbateri, Studiu de caz,	Calculator, Videoproiector Suport documentar (Moodle +Zoom)
	<b>7. Alte etaje specifice CIA</b> <ol style="list-style-type: none"> <li>Amplificatoare inversoare cu sarcini active, cu TB sau TEC-MOS</li> <li>Îmbunătățirea performanțelor amplificatoarelor inversoare – amplificatoare de tip cascodă și parafază</li> <li>Etaje de ieșire: configurații tipice, clase de funcționare, circuite de protecție</li> </ol>	3	Prelegere Dezbateri, Studiu de caz,	Calculator, Videoproiector Suport documentar (Moodle +Zoom)
	<b>8. Amplificatoare operaționale cu reacție în tensiune (VFA)</b> <ol style="list-style-type: none"> <li>Introducere: conceptul de AO ideal, parametrii specifici, modelarea unui AO real</li> <li>Răspunsul în frecvență pentru AO cu unul, doi sau trei poli, verificarea stabilității pe diagramele Bode, relația de legătură dintre amplificare și banda de frecvență</li> <li>Configurații tipice de AO cu 2 etaje de amplificare: scheme electrice de principiu cu TB și cu TEC-MOS; estimarea parametrilor specifici; modalități de compensare a fazei, exemple de proiectare</li> <li>Configurații tipice de AO cu un singur etaj de amplificare: scheme electrice de principiu cu TB și cu TEC-MOS; estimarea parametrilor</li> </ol>	5	Prelegere Dezbateri, Studiu de caz,	Calculator, Videoproiector Suport documentar (Moodle +Zoom)

	specifici; modalități de compensare a fazei, exemple de proiectare			
	<b>9. Amplificatoare operaționale cu reacție în curent (CFA)</b> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Conceptul de CFA, parametri specifici, modelare, avantaje/dezavantaje față de VFA</li> <li>2. Răspunsul în frecvență al unui CFA, evidențierea diferențelor față de VFA</li> <li>3. Structura internă a unui CFA: funcționare, estimarea parametrilor specifici;</li> <li>4. Aplicații cu CFA</li> </ol>	2	Prelegere Dezbateri, Studiu de caz,	Calculator, Videoproiector Suport documentar (Moodle +Zoom)
	<b>10. Multiplicatoare analogice</b> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Introducere</li> <li>2. Multiplicatoare analogice de tip log/antilog: scheme de principiu, prezentarea structurii interne a circuitului Burr-Brown 4302, aplicații cu circuitul 4302</li> <li>3. Multiplicatoare folosind celule Gilbert: scheme de principiu, metode de liniarizare a caracteristicii, prezentarea structurii interne a circuitului AD453, aplicații cu circuitul AD453</li> </ol>	4	Prelegere Dezbateri, Studiu de caz,	Calculator, Videoproiector Suport documentar (Moodle +Zoom)
<b>Bibliografie</b>	<p><i>A. Materiale disponibile în biblioteca Universității din Pitești</i></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. P. Vulpoi, E. Sofron, "Amplificatoare operaționale în tehnologie CMOS. Manual de proiectare", Ed. Matrixrom, 2006</li> <li>2. P.R. Gray, R.G. Meyer, "Circuite integrate analogice. Analiza și proiectare", Ed. Tehnica, 1997</li> <li>3. A. M. Manolescu, A. Manolescu, C. Popa, "Circuite integrate analogice. Culegere de probleme", Litografia UPB, 2006</li> <li>4. A. M. Manolescu, A. Manolescu, C. Popa, "Analiza și proiectarea circuitelor integrate VLSI CMOS. Culegere de probleme", Printech, 2006</li> <li>5. E. Sofron s. a. , SPICE, Ed. Militară, București, 1994.</li> <li>6. I. Bostan, Circuite integrate analogice – Note de curs, suport scris, 2019</li> </ol> <p><i>B. Materiale disponibile în format electronic în laborator</i></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. P.R. Gray, P.J. Hurst, St.H. Lewis, R.G. Meyer, „Analysis and Design of Analog Integrated Circuits”, fourth edition, Jon Wiley &amp; Sons Inc, 2001</li> <li>2. A. Sedra, K. Smith, "Microelectronic Circuits", Oxford University Press, 2004</li> <li>3. P. Allen, B. Holberg, „CMOS Analog circuit Design”, Oxford University Press, 2002</li> <li>4. B. Razavi, „Design of Analog CMOS Integrated Circuits”, University of California, McGraw-Hill, 2001</li> <li>5. M. Ciugudean, s.a., „Culegere de probleme date la concursul național studentesc Tudor Tănăsescu”, Timișoara, 2006</li> </ol>			
<b>8.2. Aplicații – Seminar</b>		Nr. ore	Metode de predare	Observații Resurse folosite
1	Surse de curent constant	2	Dezbateri/ Studiu de caz	Sala de seminar (Moodle +Zoom)
2	Etaje de amplificare cu sarcini active versus etaje de amplificare cu sarcini pasive	2	Dezbateri/ Studiu de caz	Sala de seminar (Moodle +Zoom)
3	Referințe de tensiune	2	Dezbateri/ Studiu de caz	Sala de seminar (Moodle +Zoom)
4	Etaje diferențiale specifice circuitelor integrate	2	Dezbateri/ Studiu de caz	Sala de seminar (Moodle +Zoom)
5	Structuri de AO cu un singur etaj (cascodă, cascodă telescopică, cascodă pliată)	2	Dezbateri/ Studiu de caz	Sala de seminar (Moodle +Zoom)
6	Structuri de AO de tip Miller	2	Dezbateri/ Studiu de caz	Sala de seminar (Moodle +Zoom)
7	Multiplicatoare analogice	2	Dezbateri/ Studiu de caz	Sala de seminar (Moodle +Zoom)
<b>Bibliografie</b>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. P. Vulpoi, E. Sofron, "Amplificatoare operaționale în tehnologie CMOS. Manual de proiectare", Ed. Matrixrom, 2006</li> <li>2. P.R. Gray, R.G. Meyer, "Circuite integrate analogice. Analiza și proiectare", Ed. Tehnica, 1997</li> <li>3. A. M. Manolescu, A. Manolescu, C. Popa, "Circuite integrate analogice. Culegere de probleme", Litografia UPB, 2006</li> <li>4. A. M. Manolescu, A. Manolescu, C. Popa, "Analiza și proiectarea circuitelor integrate VLSI CMOS. Culegere de probleme", Printech, 2006</li> </ol>			
<b>8.2. Aplicații –Laborator</b>		Nr. ore	Metode de predare	Observații Resurse folosite
1	Surse de curent constant și referințe de tensiune; <i>Simulare +Experiment - 2 ore</i>	2	Dezbateri/ Simulare/ Experiment/ Studiu de caz	-Program TINA; - Machete de laborator; - Aparatura de laborator; (Moodle +Zoom)

2	Etaje de amplificare cu sarcini active realizate cu tranzistoare MOS; <i>Experiment - 4 ore</i>	4	Experiment/ Dezbateri/ Studiu de caz	- Machete de laborator; - Aparatura de laborator; (Moodle +Zoom)
3	Studiul amplificatorului diferențial ; Experiment - 4 ore	2	Experiment/ Dezbateri/ Studiu de caz	- Machete de laborator; - Aparatura de laborator; (Moodle +Zoom)
4	Structură tipică de AO cu tranzistoare MOS; Simulare +Experiment - 4 ore	4	Dezbateri/ Simulare/ Experiment/ Studiu de caz	-Program TINA; - Machete de laborator; - Aparatura de laborator; (Moodle +Zoom)
5	Analiza stabilității amplificatoarelor de tensiune realizate cu AO; Simulare - 2 ore	2	Dezbateri/ Simulare/ Studiu de caz	-Program TINA; (Moodle +Zoom)
<b>Scenariul On-Line</b>				
1	Studiul etajelor de amplificare cu sarcini active;	2	Dezbateri/ Simulare/ Studiu de caz	-Program TINA; (Moodle +Zoom)
2	Utilizarea oglinzii de curent ca amplificator de tensiune fără reacție negativă;	2	Dezbateri/ Simulare/ Studiu de caz	-Program TINA; (Moodle +Zoom)
3	Studiul etajului diferențial cu tranzistoare bipolare	2	Dezbateri/ Simulare/ Studiu de caz	-Program TINA; (Moodle +Zoom)
4	Amplificatoare de tensiune realizate cu AO alimentate asimetric;	2	Dezbateri/ Simulare/ Studiu de caz	-Program TINA; (Moodle +Zoom)
5	Studiul amplificatoarelor operaționale de transconductanță (AO cu oglinzi de curent);	2	Dezbateri/ Simulare/ Studiu de caz	-Program TINA; (Moodle +Zoom)
6	Studiul amplificatoarelor operaționale de tip Miller;	2	Dezbateri/ Simulare/ Studiu de caz	-Program TINA; (Moodle +Zoom)
7	Studiul stabilității amplificatoarelor operaționale de tip Miller analogice	2	Dezbateri/ Simulare/ Studiu de caz	-Program TINA; (Moodle +Zoom)
1	Studiul etajelor de amplificare cu sarcini active;	2	Dezbateri/ Simulare/ Studiu de caz	-Program TINA; (Moodle +Zoom)

**9. Coroborarea conținuturilor disciplinei cu așteptările reprezentanților comunității epistemice, asociațiilor profesionale și angajatori din domeniul aferent programului**

<p>Tematica cursului este:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- armonizată cu cea a cursurilor similare predate la universități din țară și din străinătate;</li> <li>- discutată cu reprezentanții unor agenți economici (precum S.C. Lisa Draxlmaier-Pitești, S.C. Automobile Dacia S.A., S.C. Continental Sibiu) cu ocazia vizitelor tematice efectuate cu studenții la sediul firmelor sau cu ocazia vizitelor efectuate de reprezentanții firmelor la facultatea noastră pentru orientarea în cariera;</li> <li>- discutată cu alte cadre didactice cu ocazia participării la proiecte ERASMUS +, conferințe sau simpozioane internaționale sau naționale;</li> </ul> <p>Competențele dobândite la disciplină permit absolvenților să lucreze ca: Inginer electronist, transporturi și telecomunicații (215204); Proiectant inginer electronist (215213);</p>	
--	--

**10. Evaluare**

Tip activitate	10.1 Criterii de evaluare	10.2 Metode de evaluare	10.3 Pondere din nota finală
10.4 Curs	a) Interes disciplină;	Participări la conversații euristice, dezbateri, teste de tip quiz pe platforma Moodle;	10%
	b) Verificări pe parcursul semestrului + teme de casa;	Teste scrise, verificare teme de casă, teme pe platforma Moodle;	20%
	c) Evaluare finală	Test scris sau evaluare pe platforma Moodle;	50%
10.5 Laborator	Rezolvarea studiilor de caz; completarea fișelor de înregistrare a rezultatelor lucrărilor practice/simulărilor; interpretarea rezultatelor	Verificare prin teste de tip quiz pe platforma Moodle; Probă practică/ (simulare circuite si verificare prin platforma Zoom)	20%
10.6 Standard minim de performanță	<p>2,5 puncte acumulate din evaluarea activităților periodice și 2,5 puncte la evaluarea finală; Nota 5 la evaluarea finală și rezolvarea în proporție de 50% a cerințelor de la lucrările de laborator și a temei de casa.</p> <p>Cerințe minimale pentru evaluarea finală:</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Recunoașterea în schemele electronice a principalelor blocuri funcționale (surse de curent constant, oglinzi de curent, referințe de tensiune, etaje diferențiale, etaje de amplificare cu sarcini active);</li> </ol>		

	<ol style="list-style-type: none"> <li>2. Cunoașterea principalilor parametri electrici ce caracterizează funcționarea blocurilor funcționale enumerate la subpunctul 1;</li> <li>3. Calculul parametrilor electrici pentru o schemă dată de oglindă/sursă de curent (valoarea curentului de ieșire, rezistența internă);</li> <li>4. Calculul parametrilor electrici pentru o schemă dată de amplificator diferențial folosind conceptul de semicircuit pe <i>modul diferențial</i> (amplificare diferențială; rezistență de intrare diferențială);</li> <li>5. Calculul parametrilor electrici pentru o schemă dată de amplificator diferențial folosind conceptul de semicircuit pe <i>modul comun</i> (amplificare în tensiune pe mod comun; rezistență de intrare pe mod comun, rejecția modului comun);</li> <li>6. Calculul parametrilor electrici pentru o schemă dată de AO de tip cascadă telescopică;</li> <li>7. Calculul curenților statici de polarizare pentru o schemă dată de AO cu structura Miller;</li> <li>8. Calculul rezistenței de intrare pentru o schemă dată de AO cu structura Miller;</li> <li>9. Calculul amplificării în tensiune pentru o schemă dată de AO cu structura Miller;</li> <li>10. Calculul frecvenței maxime de lucru pentru un AO cu SR finit;</li> </ol> <p>Nota minima 5 la toate activitatile din timpul semestrului; studentii reinmatriculati sau in an de gratie se vor ghida si vor fi evaluati dupa fisa de disciplina aferenta anului academic in desfasurare.</p>
--	--

Data completării  
15.09.2021

Titular de curs  
Ș.L.dr.ing. Bostan Ionel

Titular de laborator  
Ș.L.dr.ing. Bostan Ionel

Data avizării în departament  
27.09.2021

Director de departament  
Prof.univ.dr.ing. Gheorghe SERBAN