Universitatea Naţională de Ştiinţă şi Tehnologie Politehnica Bucureşti

Facultatea de Electronică, Telecomunicaţii şi

Tehnologia Informaţiei

FIŞA DISCIPLINEI

1. Date despre program

1.1 Instituţia de învăţământ superior	**Universitatea Naţională de Ştiinţă şi Tehnologie Politehnica Bucureşti**
1.2 Facultatea	**Electronică, Telecomunicaţii şi Tehnologia Informaţiei**
1.3 Departamentul	**Dispozitive, Circuite şi Arhitecturi Electronice**
1.4 Domeniul de studii	Inginerie Electronică, Telecomunicaţii şi Tehnologii Informaţionale
1.5 Ciclul de studii	Licenţă
1.6 Specializarea	Microelectronică, Optoelectronică şi Nanotehnologii

2. Date despre disciplină

2.1 Denumirea disciplinei (ro) (en)				Tehnici avansate de prelucrare digitală a semnalelor Advanced Techniques in Digital Signal Processing			
2.2 Titularul activităţilor de curs				Prof. dr. ing. Dragoş BURILEANU			
2.3 Titularul activităţilor de seminar / laborator				Ş.L. dr. ing. Şerban MIHALACHE			
2.4 Anul de studiu	4	2.5 Semestrul	1	2.6. Tipul de evaluare	E	2.7 Regimul disciplinei	Ob
2.8 Tipul disciplinei		S	2.9 Codul disciplinei	04.S.07.O.401		2.10 Tipul de notare	Nota

3. Timpul total estimat (ore pe semestru al activităţilor didactice)

3.1 Număr de ore pe săptămână	4.5	Din care: 3.2 curs	3	3.3 seminar/laborator	1.5
3.4 Total ore din planul de învăţământ	63	Din care: 3.5 curs	42	3.6 seminar/laborator	21
Distribuţia fondului de timp:					ore
Studiul după manual, suport de curs, bibliografie şi notiţe Documentare suplimentară în bibliotecă, pe platformele electronice de specialitate Pregătire seminarii/ laboratoare/proiecte, teme, referate, portofolii şi eseuri					58
Tutorat					0
Examinări					4
Alte activităţi (dacă există):					0

3.7 Total ore studiu individual	62.00
3.8 Total ore pe semestru	125
3.9 Numărul de credite	5

4. Precondiţii (acolo unde este cazul)

4.1 de curriculum	Parcurgerea următoarelor discipline: – Prelucrarea digitală a semnalelor; – Programarea calculatoarelor.

4.2 de rezultate ale învățării	Acumularea următoarelor cunoştinţe generale: – cunoştinţe fundamentale de prelucrare digitală a semnalelor (algoritmi şi tehnici de bază); – cunoaşterea mediului de dezvoltare MATLAB.

5. Condiţii necesare pentru desfăşurarea optimă a activităţilor didactice (acolo unde este cazul)

5.1 Curs	– Cursul se va desfăşura într-o sală dotată cu videoproiector şi calculator.
5.2 Seminar/ Laborator/Proiect	– Laboratorul se va desfăşura într-o sală cu dotare specifică, trebuind să includă: calculatoare, videoproiector, software specializat (pachetul MATLAB). – Prezenţa obligatorie la şedinţele de laborator (conform regulamentului studiilor universitare de licenţă în UNSTPB).

6. Obiectiv general *(Se referă la intenţiile profesorilor pentru studenţi, la ceea ce studenţii vor fi învăţaţi în timpul cursului. Oferă o orientare cu privire la locul cursului în cadrul domeniului ştiinţific abordat, precum şi 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 învăţământ al specializării studiate etc.)*

Această disciplină se studiază în cadrul domeniului Inginerie Electronică, Telecomunicaţii şi Tehnologii Informaţionale / specializarea “Microelectronică, optoelectronică şi nanotehnologii” şi are ca obiectiv studiul unor subiecte avansate din domeniul prelucrării digitale a semnalelor (prelucrare statistică a semnalelor aleatorii, estimare spectrală, filtrare adaptivă, sisteme cu eşantionare multiplă, arhitecturi VLSI), cu aplicaţii în comunicaţii, tehnologia vorbirii şi prelucrarea semnalelor audio. Se doreşte în primul rând înţelegerea fenomenelor care stau la baza tehnicilor studiate şi a utilizării acestora în diverse domenii actuale. Numeroasele exemple şi explicaţiile detaliate din curs ajută atât la clarificarea unor aspecte teoretice mai dificile, cât şi la rezolvarea de aplicaţii practice şi probleme, cu relevanţă pentru stimularea procesului de învăţare la studenţi. De asemenea, aplicaţiile de laborator au ca obiectiv însuşirea practică a principalelor concepte predate la curs. Aplicaţiile realizate includ diverse simulări software utilizând mediul de dezvoltare MATLAB.
Disciplina abordează ca tematică următoarele noţiuni de bază şi concepte specifice: semnale aleatorii discrete şi răspunsul filtrelor digitale la semnale aleatorii, metode neparametrice şi parametrice de analiză spectrală, modelarea semnalelor aleatorii, estimare liniară şi filtrul Wiener, filtrare adaptivă, prelucrarea semnalelor cu eşantionare multiplă, analiza şi prelucrarea semnalului vocal, aplicaţii ale tehnologiei vorbirii, tehnici de prelucrare digitală pentru aplicaţii audio, concepte legate de aritmetica finită în PDS, structuri VLSI utilizate la implementarea hardware a sistemelor PDS. Toate acestea contribuie la transmiterea către studenţi a unei viziuni de ansamblu asupra reperelor metodologice şi procedurale aferente domeniului studiat.

7. Competenţe *(Capacitatea dovedită de a utiliza cunoştinţe, aptitudini şi abilităţi personale, sociale şi/sau metodologice în situaţii de muncă sau de studiu şi pentru dezvoltarea profesională şi personală. Reflectă cerinţele angajatorilor.)*

Specifice	– Demonstrează că deţine cunoştinţe de bază privind prelucrarea statistică a semnalelor aleatorii, analiză spectrală, filtrare adaptivă, tehnici de analiză şi prelucrare a semnalelor vocale şi audio şi descrierea funcţionării şi a principiilor de bază ale arhitecturii procesoarelor digitale de semnal de uz general. – Aplică practic cunoştinţele teoretice dobândite şi utilizează medii de simulare pentru analiza şi prelucrarea digitală a semnalelor. – Aplică metode şi instrumente standardizate, specifice domeniului PDS, pentru realizarea procesului de evaluare a unei situaţii, în funcţie de problemele de rezolvat şi identifică soluţii. – Argumentează şi analizează coerent şi corect contextul de aplicare a cunoştinţelor avansate de PDS, utilizând concepte cheie ale disciplinei şi metodologia specifică. – Comunicare orală şi în scris în limba română: utilizează vocabularul ştiinţific specific domeniului PDS, în vederea comunicării eficiente şi corecte, în scris şi oral. – Comunicare orală şi în scris într-o limba străină (engleză): demonstrează înţelegerea şi aplicarea corectă a vocabularului aferent domeniului prelucrării semnalelor, într-o limbă străină.
Transversale (generale)	– Comunică eficient, în special în timpul orelor de aplicaţii, coordonându-şi eforturile cu ceilalţi pentru rezolvarea de situaţii problemă de complexitate medie. – Autonomie şi gândire critică: abilitatea de a gândi în termeni ştiinţifici, de a căuta şi analiza date în mod independent, de a identifica soluţii, precum şi de a desprinde şi prezenta concluzii. – Capacitate de analiză şi sinteză: prezintă în mod sintetic cunoştinţele dobândite, ca urmare a unui proces de analiză sistematică. – Respectă principiile de etică academică: în activitatea de documentare citează corect sursele bibliografice utilizate. – Pune în practică elemente de inteligenţă emoţională în gestionarea socio-emoţională adecvată a unor situaţii din viaţa academică, demonstrând stăpânire de sine şi obiectivitate în luarea deciziilor sau în situaţii de stres.

8. Rezultatele învăţării *(Sunt enunţuri sintetice referitoare la ceea ce un student va fi capabil să facă sau să demonstreze la finalizarea unui curs. Rezultatele învăţării reflectă realizările studentului şi mai puţin intenţiile profesorului. Rezultatele învăţării informează studenţii despre ceea ce se aşteaptă de la ei din punct de vedere al performanţei, pentru a obţine notele şi creditele dorite. Sunt definite în termeni concreţi, folosind verbe similare exemplelor de mai jos şi indică ceea ce se va urmări prin evaluare. Rezultatele învăţării vor fi astfel redactate încât să fie evidenţiată clar relaţia faţă de competenţele definite la punctul 7.)*

Cunoştinţe	*Rezultatul asimilării de informaţii prin învăţare. Cunoştinţele reprezintă ansamblul de fapte, principii, teorii şi practici legate de un anumit domeniu de muncă sau de studiu. Pot fi teoretice şi/sau faptice.* – Defineşte corect noţiunile de bază ale domeniului studiat. – Descrie în mod corespunzător conceptele fundamentale şi mărimile caracteristice prelucrării statistice a semnalelor aleatorii discrete. – Evidenţiază şi foloseşte corespunzător metodele de analiză spectrală şi estimare liniară studiate. – Înţelege principalele clase de probleme în filtrarea adaptivă şi le aplică în rezolvarea diverselor probleme practice. – Defineşte şi utilizează adecvat noţiunile de decimare şi interpolare. – Înţelege conceptele legate de descrierea semnalului vocal la nivel acustic şi fonetic şi reprezentarea acestuia în timp şi frecvenţă. – Înţelege şi descrie corect diversele aplicaţii actuale ale tehnologiei vorbirii. – Descrie diverse tehnici de prelucrare digitală utilizate în studiourile audio profesionale, putând evidenţia corect modalităţile de implementare a acestora. – Înţelege conceptele de bază legate de utilizarea aritmeticii finite în implementarea algoritmilor PDS, putând evidenţia corect principalele efecte ale folosirii aritmeticilor în virgulă fixă şi mobilă. – Descrie principalele caracteristici şi particularităţi ale procesoarelor digitale de semnal.
Aptitudini	*Capacitatea de a aplica cunoştinţe şi de a utiliza know-how pentru a duce la îndeplinire sarcini şi a rezolva probleme. Aptitudinile sunt descrise ca fiind cognitive (implicând utilizarea gândirii logice, intuitive şi creative) sau practice (implicând dexteritate manuală şi utilizarea de metode, materiale, unelte şi instrumente).* – Selectează şi grupează informaţii relevante într-un context dat, putând astfel să descrie corespunzător diverse aspecte teoretice sau practice de PDS. – Utilizează argumentat conceptele PDS în vederea abordării corecte a unor probleme. – Verifică experimental soluţiile identificate pentru rezolvarea practică a unei aplicaţii PDS. – Formulează concluzii corecte asupra rezultatelor experimentele realizate. – Argumentează modul de rezolvare şi soluţiile utilizate pentru rezolvarea unor probleme.
Responsabilitate şi autonomie	*Capacitatea cursantului de a aplica în mod autonom şi responsabil cunoştinţele şi aptitudinile sale.* – Selectează surse bibliografice potrivite şi le analizează. – Respectă principiile de etică academică, citând corect sursele bibliografice utilizate. – Demonstrează receptivitate pentru contexte noi de învăţare. – Manifestă colaborare cu ceilalţi colegi şi cadre didactice în desfăşurarea activităţilor didactice. – Demonstrează autonomie în organizarea contextului de învăţare şi a problemelor de rezolvat. – Conştientizează valoarea contribuţiei sale în domeniul ingineriei la identificarea de soluţii viabile care să rezolve probleme din viaţa socială şi economică. – Analizează oportunităţi de afaceri sau de dezvoltare antreprenorială, pornind de la cunoştinţele dobândite în domeniul PDS. – Demonstrează abilităţi de management ale situaţiilor din viaţa reală (de exemplu gestionarea corectă a timpului de învăţare).

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 studenţilor la stabilirea propriului parcurs de învăţare, cum se identifică eventualele rămâneri în urmă şi ce măsuri remediale se adoptă în astfel de cazuri.)*

– Cursurile sunt predate într-o manieră interactivă, fiind încurajată participarea activă a studenţilor. Sunt folosite atât metode clasice de predare (prelegerea şi expunerea), utilizând prezentări PowerPoint prin intermediul mijloacelor multimedia, cât şi interactive, bazate pe întrebări – răspunsuri şi feedback-ul studenţilor, adaptând permanent demersul pedagogic la posibilităţile de asimilare şi învăţare a studenţilor (prin repetarea suplimentară a anumitor noţiuni şi concepte, dacă acest lucru se dovedeşte necesar).
Fiecare curs debutează cu recapitularea succintă a capitolelor anterioare, cu accent asupra noţiunilor parcurse la ultimul curs. Prezentările utilizează numeroase imagini şi scheme, astfel încât informaţiile prezentate să fie cât mai uşor de înţeles şi asimilat. Se lucrează împreună cu studenţii un număr de exerciţii sau probleme şi se discută împreună cu aceştia temele de casă aferente capitolelor cursului.
Materialele complete de curs sunt disponibile în format electronic pe platforma Moodle a facultăţii.
– Predarea cunoştinţelor în cadrul orelor de laborator se bazează pe comunicarea orală şi explicarea detaliată a metodelor utilizate şi a rezultatelor obţinute, într-o manieră permanent interactivă. Studenţii implementează şi evaluează independent aceleaşi probleme prin utilizarea calculatorului şi a mediului software. Aplicaţiile realizate îi ajută pe studenţi în dezvoltarea unor relaţii optime de comunicare într-un climat favorabil învăţării prin descoperire.
Materialele de laborator sunt disponibile studenţilor sub formă electronică pe platforma Moodle a facultăţii.

10. Conţinuturi

CURS		
Capitolul	**Conţinutul**	**Nr. ore**
1	“Prelucrarea statistică a semnalelor” – Introducere. Semnale aleatorii continue; parametri statistici fundamentali. Semnale aleatorii discrete; teorema Wiener–Khintchine. Răspunsul filtrelor digitale la semnale aleatorii	4
2	“Analiză spectrală şi estimare parametrică pentru semnale aleatorii discrete” – Metode de analiză spectrală: metode neparametrice; modelarea semnalelor aleatorii, metode parametrice de analiză spectrală. Algoritmi de optimizare – concepte generale. Estimare liniară; filtrul Wiener	6
3	“Filtrare adaptivă” – Concepte de bază. Algoritmi adaptivi: LMS, NLMS. Clase de probleme în filtrarea adaptivă: identificarea sistemelor, modelarea inversă, predicţia, suprimarea interferenţelor; aplicaţii. Tehnici de filtrare adaptivă utilizate în reducerea ecoului acustic în comunicaţiile telefonice	6
4	“Prelucrarea semnalelor cu eşantionare multiplă” – Generalităţi. Principiul decimării cu un factor întreg. Principiul interpolării cu un factor întreg. Conversia frecvenţei de eşantionare printr-un factor raţional	4
5	“Analiza şi prelucrarea semnalului vocal” – Producerea şi percepţia vorbirii. Descrieri la nivel acustic şi fonetic. Reprezentări în domeniile timp şi frecvenţă. Variabilitatea semnalului vocal. Principiul predicţiei liniare în tehnologia vorbirii; vocoderul LPC. Alte aplicaţii ale tehnologiei vorbirii: recunoaşterea automată a vorbirii; sinteza vorbirii pornind de la text; sisteme inteligente de dialog om – maşină; sisteme biometrice bazate pe recunoaşterea vorbitorului; expertiza criminalistică a vocii şi vorbirii	8
6	“Tehnici de prelucrare digitală şi procesoare de semnal pentru aplicaţii audio” – Sisteme digitale de înregistrare – redare pe compact disc. Tehnici de prelucrare digitală utilizate în studiourile profesionale: controlul volumului şi mixare, modificarea gamei dinamice, filtrare şi egalizare, obţinerea unor efecte speciale; modelarea reverberaţiei. Implementarea tehnicilor audio digitale cu procesoare de semnal	6

7	"Concepte legate de aritmetica finită în prelucrarea digitală a semnalelor" – Aritmetica sistemelor numerice (generalităţi). Reprezentarea în virgulă fixă în procesoarele digitale de semnal. Reprezentarea în virgulă mobilă în procesoarele digitale de semnal. Comparaţie între implementările în virgulă fixă şi virgulă mobilă. Efecte ale lungimii finite a cuvintelor în implementarea filtrelor digitale	4
8	"Realizarea hardware a sistemelor PDS. Structuri VLSI" – Generalităţi: tipuri de implementări, obiective şi performanţe ale implementărilor hardware; aplicaţii. Procesoare digitale de semnal: caracteristici generale; arhitecturi Harvard şi super-Harvard; performanţe, niveluri de integrare; familii de procesoare, exemple tipice. Sisteme de dezvoltare şi consideraţii practice de implementare a algoritmilor PDS	4
	Total:	42

Bibliografie:

1. D. Burileanu, *Tehnici avansate de prelucrare digitală a semnalelor*, suport de curs disponibil electronic pe platforma Moodle a facultăţii de ETTI: https://curs.upb.ro/
2. D. Burileanu, Ş. Mihalache, *Prelucrarea digitală a semnalelor: concepte fundamentale, tehnici avansate, aplicaţii*, MATRIX ROM, Bucureşti, 2022, ISBN: 978-606-25-0767-1.
3. D.G. Manolakis, V.K. Ingle, *Applied Digital Signal Processing: Theory and Practice*, Cambridge University Press, 2011.
4. S.V. Vaseghi, *Advanced Digital Signal Processing and Noise Reduction*, Ed. a 4-a, John Wiley & Sons, 2008.
5. Z.M. Hussain, A.Z. Sadik, P. O'shea, *Digital Signal Processing: An Introduction with MATLAB and Applications*, Springer, 2014.
6. U. Zolzer, *Digital Audio Signal Processing*, Ed. a 3-a, John Wiley & Sons, 2022.
7. G. Ruiz, J.A. Michell (Eds.), *Design and Architectures for Digital Signal Processing*, IntechOpen, 2013.

LABORATOR

Nr. crt.	Conţinutul	Nr. ore
1	Semnale deterministe discrete: DFT, filtrare digitală. Semnale aleatorii discrete: reprezentări, mărimi statistice	3
2	Elemente de analiză spectrală pentru semnale aleatorii. Estimare liniară: filtrul Wiener	3
3	Filtre adaptive: algoritmii LMS şi NLMS, aplicaţii	3
4	Sisteme cu eşantionare multiplă: decimare, interpolare, modificarea frecvenţei de eşantionare printr-un factor raţional, aplicaţii	3
5	Tehnici de prelucrare digitală a semnalelor în domeniul audio: aplicaţii de prelucrare a semnalelor audio şi vocale	3
6	Probleme suplimentare pentru aplicaţii avansate de prelucrare digitală a semnalelor	3
7	Colocviu final	3
	Total:	21

Bibliografie:

1. Ş. Mihalache, D. Burileanu, *Tehnici avansate de prelucrare digitală a semnalelor – Platforme de laborator*, disponibile în format electronic pe platforma Moodle a facultăţii de ETTI: https://curs.upb.ro/
2. Ş. Mihalache, D. Burileanu, *Prelucrarea digitală a semnalelor: aplicaţii fundamentale şi avansate folosind MATLAB*, MATRIX ROM, Bucureşti, 2024, ISBN: 978-606-25-0933-0.
3. D. Burileanu, Ş. Mihalache, *Prelucrarea digitală a semnalelor: concepte fundamentale, tehnici avansate, aplicaţii*, MATRIX ROM, Bucureşti, 2022, ISBN: 978-606-25-0767-1.

11. Evaluare

Tip activitate	11.1 Criterii de evaluare	11.2 Metode de evaluare	11.3 Pondere din nota finală
11.4 Curs	Cunoaşterea noţiunilor teoretice fundamentale privind diverse tehnici avansate de prelucrare digitală a semnalelor. Cunoaşterea modului de aplicare a teoriei la probleme specifice de implementare.	Examen în sesiunea de examene (evaluare scrisă)	50%
	Cunoaşterea noţiunilor teoretice fundamentale privind diverse tehnici avansate de prelucrare digitală a semnalelor. Cunoaşterea modului de aplicare a teoriei la probleme specifice de implementare.	Lucrare în timpul semestrului (evaluare scrisă)	10%
11.5 Seminar/laborator/proiect	Înţelegerea algoritmilor şi tehnicilor de prelucrare utilizate în domeniu. Cunoaşterea modului de simulare şi de implementare practică (pe calculator) a metodelor studiate, cu ajutorul unui mediu de dezvoltare evoluat (MATLAB).	Evaluare continuă (evaluare practică şi orală) Colocviu final de laborator (evaluare practică şi scrisă)	40%
11.6 Condiţii de promovare			
– Obţinerea a minimum 50% din punctajul total. – Realizarea obligaţiilor caracteristice activităţii de laborator (participarea la lucrările planificate şi susţinerea colocviului final).			

12. Coroborarea conţinutului disciplinei cu aşteptările reprezentanţilor angajatorilor şi asociaţiilor profesionale reprezentative din domeniul aferent programului, precum şi cu stadiul actual al cunoaşterii în domeniul ştiinţific abordat şi practicile în instituţii de învăţământ superior din Spaţiul European al Învăţământului Superior (SEÎS)

În ultimele două decenii, domeniul prelucrării digitale a semnalelor (PDS) a cunoscut o dezvoltare spectaculoasă, atât din punct de vedere teoretic, cât şi tehnologic. Cerinţele din ce în ce mai mari ale pieţei pentru produse ce utilizează tehnici PDS se explică prin avantajul fundamental al utilizării puterii calculului numeric pentru manipularea matematică a semnalelor şi prin faptul că producătorii de circuite integrate digitale oferă astăzi circuite ieftine şi deosebit de performante ce pot implementa eficient funcţii complexe de prelucrare. Privită ca un domeniu de vârf al începutului de secol şi mileniu, PDS solicită în mod constant ingineri cu solide cunoştinţe teoretice şi practice. Disciplina răspunde concret cerinţelor actuale de dezvoltare şi evoluţie a economiei europene în domeniul Ingineriei Electronice, oferind pentru acest domeniu cunoştinţe avansate de prelucrare digitală a semnalelor: metode moderne utilizate în prelucrarea statistică a semnalelor aleatorii, filtrare adaptivă, reţele neuronale artificiale şi metode de învăţare automată, tehnici de prelucrare a semnalelor audio şi vocale etc. În contextul progresului actual al tehnologiei informaţiei şi dispozitivelor electronice, domeniile de activitate vizate sunt extrem de numeroase:

comunicaţii, inginerie medicală, aparatură de instrumentaţie, cercetarea spaţiului cosmic, tehnologii multimedia, electronică de consum, robotică şi interfeţe inteligente om-maşină, maşini autonome, tehnologii biometrice, expertiză criminalistică a înregistrărilor digitale audio/video etc.
Se asigură astfel studenţilor competenţe adecvate cu necesităţile calificărilor actuale şi o pregătire ştiinţifică şi tehnică moderne, de calitate şi competitive, care să le permită angajarea rapidă după absolvire, disciplina fiind perfect încadrată în politica Universităţii Naţionale de Ştiinţă şi Tehnologie POLITEHNICA Bucureşti, atât din punctul de vedere al conţinutului şi structurii, cât şi din punctul de vedere al aptitudinilor şi deschiderii internaţionale oferite studenţilor. Posibilii angajatori vizează atât mediul academic (profil didactic şi de cercetare), cât şi mediul de cercetare-dezvoltare din instituţiile de stat şi private care utilizează metode şi tehnici avansate de prelucrare digitală a semnalelor.
Conţinutul disciplinei este în mare măsură similar cu cel al disciplinelor cu aceleaşi obiective predate în universităţi din Uniunea Europeană şi este actualizat şi adaptat continuu în urma consultărilor cu reprezentanţii mediului de afaceri.

Data completării	Titular de curs	Titular(i) de aplicaţii
21.09.2026	Prof. dr. ing. Dragoş BURILEANU	Ş.L. dr. ing. Şerban MIHALACHE

Data avizării în departament	Director de departament
22.09.2026	Prof. Dr. Claudius Dan

Data aprobării în Consiliul Facultăţii	Decan
22.09.2026	Prof. Dr. Mihnea Udrea