



### 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)	Prelucrarea digitală a semnalelor Digital Signal Processing						
2.2 Titularul activităților de curs	Prof. dr. ing. Dragoș BURILEANU						
2.3 Titularul activităților de seminar / laborator	Ș.L. dr. ing. Șerban MIHALACHE						
2.4 Anul de studiu	3	2.5 Semestrul	II	2.6 Tipul de evaluare	E	2.7 Regimul disciplinei	Ob
2.8 Tipul disciplinei	D	2.9 Codul disciplinei	04.D.06.O.410	2.10 Tipul de notare	Nota		

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

3.1 Număr de ore pe săptămână	4	Din care: 3.2 curs	2.00	3.3 seminar/laborator	2
3.4 Total ore din planul de învățământ	56.00	Din care: 3.5 curs	28	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					40
Pregătire seminarii/ laboratoare/proiecte, teme, referate, portofolii și eseuri					
Tutorat					0
Examinări					4
Alte activități (dacă există):					0
3.7 Total ore studiu individual	44.00				
3.8 Total ore pe semestru	100				
3.9 Numărul de credite	4				

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

4.1 de curriculum	Parcursarea următoarelor discipline: – Semnale și sisteme; – Programarea calculatoarelor.
4.2 de rezultate ale învățării	Acumularea următoarelor cunoștințe generale: – prelucrarea semnalelor analogice; – concepte de bază de programarea calculatoarelor.

#### 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 și calculator.
5.2 Seminar/ Laborator/Proiect	– Laboratorul se va desfășura într-o sală cu dotare specifică, trebuind să includă: calculatoare, videoproiector, software specializat (pachetul MATLAB). – 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 / specializarea “Microelectronică, optoelectronică și nanotehnologii” și își propune să familiarizeze studenții cu aspectele fundamentale privind domeniul prelucrării digitale a semnalelor: algoritmi specifici, tehnici de prelucrare, considerații practice de implementare. Se dorește în primul rând înțelegerea fenomenelor care sunt asociate principalelor tehnici PDS, privite din punctul de vedere al proiectantului de sistem. Numeroasele exemple și explicațiile detaliate din curs ajută atât la clarificarea unor aspecte teoretice mai dificile, cât și la rezolvarea de aplicații practice și probleme, cu relevanță pentru stimularea procesului de învățare la studenți. De asemenea, aplicațiile de laborator au ca obiectiv însușirea practică a principalelor concepte din domeniul PDS. Aplicațiile realizate includ diverse simulări software utilizând mediul de dezvoltare MATLAB.

Disciplina abordează ca tematică următoarele noțiuni de bază și concepte specifice: reprezentarea și analiza în domeniile timp și frecvență a semnalelor și sistemelor discrete, transformata Fourier discretă și conceptul de rezoluție în frecvență, algoritmi de calcul rapid pentru transformata Fourier discretă, sinteza și analiza filtrelor digitale. Toate acestea contribuie la transmiterea către studenți a unei viziuni de ansamblu asupra reperelor metodologice și procedurale aferente domeniului PDS.

**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 achiziție și prelucrare digitală a semnalelor analogice, caracterizarea semnalelor discrete în domeniile timp și frecvență, precum și analiza și proiectarea filtrelor digitale.</li><li>– Aplică practic cunoștințele teoretice dobândite și utilizează medii de simulare pentru analiza și prelucrarea digitală a semnalelor.</li><li>– Aplică metode și instrumente standardizate, specifice domeniului PDS, pentru realizarea procesului de evaluare a unei situații, în funcție de problemele de rezolvat și identifică soluții.</li><li>– Argumentează și analizează coerent și corect contextul de aplicare a cunoștințelor de bază ale domeniului PDS, utilizând concepte cheie ale disciplinei și metodologia specifică.</li><li>– Comunicare orală și în scris în limba română: utilizează vocabularul științific specific domeniului PDS, 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 prelucrării semnalelor, 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 prelucrării digitale a semnalelor: eșantionare și cuantizare, convoluție, cauzalitate și stabilitate, filtru digital, răspuns la impuls, funcție de transfer, răspuns în frecvență, funcție fereastră, rezoluție în frecvență etc.</li><li>– Descrie în mod corespunzător conceptele fundamentale și mărimile caracteristice reprezentărilor în domeniile timp și frecvență ale semnalelor și sistemelor discrete.</li><li>– Evidențiază modalitățile de caracterizare a filtrelor digitale folosind transformata <math>z</math>.</li><li>– Înțelege și aplică analiza Fourier (în special transformata Fourier discretă) pentru caracterizarea în frecvență a semnalelor discrete, periodice și aperiodice.</li><li>– Definește și utilizează conceptul de algoritm de calcul rapid pentru transformata Fourier discretă.</li><li>– Înțelege conceptul de filtru digital și principalele tehnici de sinteză ale filtrelor digitale FIR și IIR.</li><li>– Este capabil să analizeze corect diversele tipuri de filtre digitale, în domeniile timp și frecvență.</li><li>– Este capabil să proiecteze diverse tipuri particulare de filtre digitale, în special pentru aplicații din domeniul audio.</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 PDS.</li><li>– Utilizează argumentat conceptele PDS în vederea abordării corecte a unor probleme.</li><li>– Verifică experimental soluțiile identificate pentru rezolvarea practică a unei aplicații PDS.</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 domeniul PDS.</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 capitolelor 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 și se discută împreună cu aceștia temele de casă aferente capitolelor cursului.

Materialele complete de curs sunt disponibile în format electronic pe platforma Moodle a facultății.

– Predarea cunoștințelor în cadrul orelor de 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. Aplicațiile realizate îi ajută pe studenți în dezvoltarea unor relații optime de comunicare într-un climat favorabil învățării prin descoperire.

Materialele de laborator sunt disponibile studenților sub formă electronică pe platforma Moodle a facultății.

## 10. Conținuturi

CURS		
Capitolul	Conținutul	Nr. ore
1	“Introducere” – Generalități. Exemple; comparații cu soluții analogice. Performanțe și limitări în prelucrarea digitală a semnalelor	2
2	“Reprezentarea în domeniul timp a semnalelor și sistemelor discrete” – Semnale discrete în timp: definiții, exemple, convenții de notații; proprietăți, operații fundamentale. Sisteme discrete în timp: liniaritate și invarianță în timp, convoluție; cauzalitate și stabilitate; filtre digitale	3
3	“Reprezentarea în frecvență a semnalelor și sistemelor discrete” – Concepte de bază privind analiza Fourier. Răspunsul în frecvență al unui sistem discret; transformata Fourier pentru semnale discrete în timp, aperiodice. Eșantionarea și reconstituirea semnalelor analogice. Dualitatea timp – frecvență în prelucrarea semnalelor	4



4	“Analiza sistemelor discrete folosind transformata z” – Transformata z pentru semnale discrete în timp. Transformata z inversă. Caracterizarea filtrelor digitale: funcția de transfer, stabilitatea, răspunsul în frecvență; exemple	4
5	“Transformata Fourier discretă” – Reprezentarea Fourier a semnalelor discrete de durată finită. Legătura între transformata Fourier discretă și transformata z; “eșantionarea în frecvență”. Transformata Fourier discretă pentru semnale de durată nelimitată. Funcții fereastră. Rezoluție în frecvență. Proprietăți ale DFT	6
6	“Algoritmi de calcul rapid pentru transformata Fourier discretă” – Complexitatea calculului transformatei Fourier discrete. Principiul algoritmilor de calcul rapid; transformata Fourier rapidă (FFT). Algoritmul Cooley-Tukey. Aspecte privind implementarea algoritmilor FFT și metode de optimizare a acestora	3
7	“Proiectarea filtrelor digitale” – Concepte fundamentale: clasificări, utilizare; specificații în domeniul frecvență; de la cerințele unei aplicații la realizarea și testarea unui filtru digital. Proiectarea filtrelor cu răspuns infinit la impuls (IIR). Proiectarea filtrelor cu răspuns finit la impuls (FIR). Reprezentare structurală. Complexitatea calculului pentru filtrele digitale	6
	<b>Total:</b>	28

**Bibliografie:**

1. D. Burileanu, *Prelucrarea digitală a semnalelor*, suport de curs disponibil electronic pe platforma Moodle a facultății de ETTI: <https://curs.upb.ro/>
2. D. Burileanu, Ș. Mihalache, *Prelucrarea digitală a semnalelor: concepte fundamentale, tehnici avansate, aplicații*, MATRIX ROM, București, 2022, ISBN: 978-606-25-0767-1.
3. A.V. Oppenheim, R.W. Schaffer, *Discrete-Time Signal Processing*, Ed. a 3-a, Pearson, 2010.
4. J.G. Proakis, D.G. Manolakis, *Digital Signal Processing: Principles, Algorithms, and Applications*, Ed. a 5-a, Pearson, 2021.
5. S.K. Mitra, *Digital Signal Processing: A Computer-Based Approach*, Ed. a 4-a, McGraw-Hill, 2010.
6. V.K. Madisetti, D.B. Williams (Eds.), *The Digital Signal Processing Handbook*, CRC Press, 1999.

**LABORATOR**

Nr. crt.	Conținutul	Nr. ore
1	Introducere în utilizarea mediului de dezvoltare MATLAB. Generarea și reprezentarea în domeniul timp a secvențelor discrete	4
2	Reprezentarea în domeniul timp a sistemelor discrete: convoluție, răspuns la impuls, stabilitate. Filtre digitale simple: răspuns în timp, funcție de transfer, diagrame poli-zero-uri, răspuns în frecvență	4
3	Reprezentarea în frecvență a semnalelor discrete în timp: transformata Fourier discretă (DFT), elemente de analiză spectrală, algoritmi de calcul rapid (FFT)	4
4	Filtre digitale: sinteză, analiză, implementare	4
5	Aplicații diverse de prelucrare digitală a semnalelor. Filtre digitale pentru aplicații audio	4
6	Probleme suplimentare pentru aplicații de prelucrare digitală a semnalelor	4
7	Colocviu final	4
	<b>Total:</b>	28



**Bibliografie:**

1. Ș. Mihalache, D. Burileanu, *Prelucrarea digitală a semnalelor – Platforme de laborator*, disponibile în format electronic pe platforma Moodle a facultății de ETTI: <https://curs.upb.ro/>
2. Ș. Mihalache, D. Burileanu, *Prelucrarea digitală a semnalelor: aplicații fundamentale și avansate folosind MATLAB*, MATRIX ROM, București, 2024, ISBN: 978-606-25-0933-0.
3. D. Burileanu, Ș. Mihalache, *Prelucrarea digitală a semnalelor: concepte fundamentale, tehnici avansate, aplicații*, MATRIX ROM, București, 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	Cunoașterea noțiunilor teoretice fundamentale legate de prelucrarea digitală a semnalelor. Cunoașterea modului de aplicare a teoriei la rezolvarea unor probleme specifice domeniului.	Examen în sesiunea de examene (evaluare scrisă)	50%
	Cunoașterea noțiunilor teoretice fundamentale legate de prelucrarea digitală a semnalelor. Cunoașterea modului de aplicare a teoriei la rezolvarea unor probleme specifice domeniului.	Lucrare în timpul semestrului (evaluare scrisă)	10%
11.5 Seminar/laborator/proiect	Înțelegerea algoritmilor și tehnicilor fundamentale corespunzătoare domeniului. Cunoașterea modului de simulare și de implementare practică (pe calculator) a metodelor studiate, cu ajutorul unui mediu de dezvoltare evoluat (MATLAB).	Evaluare continuă (evaluare practică și orală)  Colocviu final de laborator (evaluare practică și scrisă)	40%
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 (SEIS)**

În ultimele două decenii, domeniul prelucrării digitale a semnalelor (PDS) a cunoscut o dezvoltare spectaculoasă, atât din punct de vedere teoretic, cât și tehnologic. Cerințele din ce în ce mai mari ale pieței pentru produse ce utilizează tehnici PDS se explică prin avantajul fundamental al utilizării puterii calculului numeric pentru manipularea matematică a semnalelor și prin faptul că producătorii de circuite integrate digitale oferă astăzi circuite ieftine și deosebit de performante ce pot implementa eficient funcții complexe



**Universitatea Națională de Știință și Tehnologie Politehnica București**

**Facultatea de Electronică, Telecomunicații și**

**Tehnologia Informației**



de prelucrare. Privită ca un domeniu de vârf al începutului de secol și mileniu, PDS solicită în mod constant ingineri cu solide cunoștințe teoretice și practice.

Disciplina răspunde concret cerințelor actuale de dezvoltare și evoluție a economiei europene în domeniul Ingineriei Electronice, oferind pentru acest domeniu o bază de cunoștințe fundamentale în prelucrarea digitală a semnalelor. În contextul progresului actual al tehnologiei informației și dispozitivelor electronice, domeniile de activitate vizate sunt extrem de numeroase: comunicații, inginerie medicală, aparatură de instrumentație, geofizică, tehnologii multimedia, robotică și interfețe inteligente, electronică de consum etc.

Se asigură astfel studenților competențe adecvate cu necesitățile calificărilor actuale și o pregătire științifică și tehnică moderne, de calitate și competitive, care să le permită angajarea rapidă după absolvire, disciplina fiind perfect încadrată în politica Universității Naționale de Știință și Tehnologie POLITEHNICA București, atât din punctul de vedere al conținutului și structurii, cât și din punctul de vedere al aptitudinilor și deschiderii internaționale oferite studenților. Posibili angajatori vizează atât mediul academic (profil didactic și de cercetare), cât și mediul de cercetare-dezvoltare din instituțiile de stat și private care utilizează metode și tehnici de prelucrare digitală a semnalelor.

Conținutul disciplinei este în mare măsură similar cu cel al disciplinelor cu aceleași obiective predate în universități din Uniunea Europeană și este actualizat și adaptat continuu în urma consultărilor cu reprezentanții mediului de afaceri.

Data completării	Titular de curs	Titular(i) de aplicații
09.09.2022	Prof. dr. ing. Dragoș BURILEANU	Ș.L. dr. ing. Șerban MIHALACHE

Data avizării în departament	Director de departament
31.10.2024	Prof. Dr. Claudiu DAN

Data aprobării în Consiliul Facultății	Decan
01.11.2024	Prof. Dr. Mihnea Udrea