



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 Ciclul de studii	Masterat
1.6 Specializarea	Comunicații Wireless Avansate

2. Date despre disciplină

2.1 Denumirea disciplinei (ro)		Tehnici avansate de transmisiuni de date					
(en)		Advanced Data Transmission Technologies					
2.2 Titularul activităților de curs		Prof. Dr. Calin Vladeanu					
2.3 Titularul activităților de seminar / laborator		Prof. Dr. Calin Vladeanu					
2.4 Anul de studiu	1	2.5 Semestrul	II	2.6. Tipul de evaluare	E	2.7 Regimul disciplinei	Ob
2.8 Tipul disciplinei	DA	2.9 Codul disciplinei	UPB.04.M2.O.21-07	2.10 Tipul de notare	Nota		

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

3.1 Număr de ore pe săptămână	3	Din care: 3.2 curs	1.00	3.3 seminar/laborator	2
3.4 Total ore din planul de învățământ	42.00	Din care: 3.5 curs	14	3.6 seminar/laborator	28
Distribuția fondului de timp:					ore
Studiul după manual, suport de curs, bibliografie și notițe					54
Documentare suplimentară în bibliotecă, pe platformele electronice de specialitate					
Pregătire seminarii/ laboratoare/proiecte, teme, referate, portofolii și eseuri					
Tutorat					0
Examinări					4
Alte activități (dacă există):					0
3.7 Total ore studiu individual	58.00				
3.8 Total ore pe semestru	100				
3.9 Numărul de credite	4				

4. Precondiții (acolo unde este cazul)

4.1 de curriculum	Parcursarea și/sau promovarea următoarelor discipline: Matematici; Teoria circuitelor; Comunicații de date; Rețele de bandă largă.
-------------------	--



4.2 de rezultate ale învățării	Acumularea următoarelor cunoștințe: cunoștințe generale de teorie a semnalelor și sistemelor, prelucrarea digitală a semnalelor, sisteme și circuite digitale, comunicații de date și simularea în MatLab a acestor sisteme.
--------------------------------	--

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 computer. Materialele pentru curs includ: cărți pentru bibliografie, notițe de curs și prezentari de curs, documente de probleme propuse și rezolvate precum și alte materiale. Notitele de curs vor fi disponibile în Moodle.
5.2 Seminar/ Laborator/Proiect	Laboratorul se va desfășura într-o sală cu dotare specifică, care trebuie să includă PC-uri pe care să fie instalat mediul Matlab/Simulink. Ședințele de laborator sunt dedicate analizei teoretice și experimentale a diverselor tehnici avansate de transmisiuni de date. Îndrumarul de laborator și fișierele pentru simulare sunt disponibile în Moodle. Prezența la laboratoare este obligatorie (conform regulamentului studiilor universitare în UNSTPB). Ședințele de proiect sunt dedicate prezentării, analizei și discuțiilor despre principiile de funcționare, detaliilor de implementare și testare a blocurilor din componența sistemelor de transmisiuni de date, incluse în cerințele de proiect. Materialele de prezentare a temelor de proiect sunt disponibile în Moodle.

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 este dedicată asimilării cunoștințelor despre cele mai recente concepte, tehnici și sisteme de transmisiuni de date avansate. Diverse tehnici de prelucrare și transmitere a semnalelor de date sunt combinate cu metode de codare pentru protecția erorilor de canal. Aceste scheme de transmisiuni de date codate reprezintă soluțiile optime Shannon în sensul capacității de canal. Pentru comunicațiile de date fără fir se combină tehnici avansate de transmitere cu antene multiple MIMO cu tehnici de codare spațiu-timp și tehnici de codare pentru erorile de canal. Toate aceste tehnici vor fi analizate independent, dar și în scheme combinate, în cadrul activităților de la curs, laborator și proiect.

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.*)



Specifice	<p>Demonstrează că deține cunoștințe de bază/avansate în domeniul sistemelor și echipamentelor de comunicații radio.</p> <p>Corelează cunoștințele specifice domeniului transmisiunilor de date avansate cu cele ale celorlalte discipline aparținând zonei de inginerie electronică, telecomunicații și tehnologii informaționale.</p> <p>Aplică în practică cunoștințele specifice domeniului transmisiunilor de date avansate.</p> <p>Aplică metode și instrumente standardizate, specifice domeniului, pentru realizarea procesului de evaluare și diagnoză a unei situații, în funcție de problemele identificate/raportate, și identifică soluții.</p> <p>Argumentează și analizează coerent și corect contextul de aplicare a cunoștințelor de bază ale domeniului, utilizând concepte cheie ale disciplinei și metodologia specifică.</p> <p>Comunicare orală și în scris în limba română: utilizează vocabularul științific specific domeniului, în vederea comunicării eficiente, în scris și oral.</p> <p>Comunicare orală și în scris într-o limbă străină (engleză): demonstrează înțelegerea vocabularului aferent domeniului, într-o limbă străină.</p>
Transversale (generale)	<p>Lucrează în echipă și comunică eficient, coordonându-și eforturile cu ceilalți pentru rezolvarea de situații problemă de complexitate medie.</p> <p>Autonomie și gândire critică: abilitatea de a gândi în termeni științifici, de a căuta și analiza date în mod independent, precum și de a desprinde și prezenta concluzii /identifica soluții.</p> <p>Capacitate de analiză și sinteză: prezintă în mod sintetic cunoștințele dobândite, ca urmare a unui proces de analiză sistematică.</p> <p>Respectă principiile de etică academică: în activitatea de documentare citează corect sursele bibliografice utilizate.</p> <p>Pune în practică elemente de inteligență emoțională în gestionarea socio-emoțională adecvată a unor situații din viața reală/academică/profesională, demonstrând stăpânire de sine și obiectivitate în luarea deciziilor sau în situații de stres.</p>

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	<p>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 factice.</p> <p>Enumeră cele mai importante etape care au marcat dezvoltarea domeniului.</p> <p>Definește noțiuni specifice domeniului.</p> <p>Describe/clasifică noțiuni/procese/fenomene/structuri.</p> <p>Evidențiază consecințe și relații.</p>
-------------------	---



Aptitudini	<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>Selectează și grupează informații relevante într-un context dat. Lucrează productiv în echipă. Elaborează un text științific. Verifică experimental soluții identificate. Rezolvă aplicații practice. Interpretează adecvat relații de cauzalitate. Identifică soluții și elaborează planuri de rezolvare/proiecte. Formulează concluzii la experimentele realizate. Argumentează soluțiile identificate/modurile de rezolvare.</p>
Responsabilitate și autonomie	<p><i>Capacitatea cursantului de a aplica în mod autonom și responsabil cunoștințele și aptitudinile sale.</i></p> <p>Selectează surse bibliografice potrivite și le analizează. Respectă principiile de etică academică, citând corect sursele bibliografice utilizate. Demonstrează receptivitate pentru contexte noi de învățare. Manifestă colaborare cu ceilalți colegi și cadre didactice în desfășurarea activităților didactice. Demonstrează autonomie în organizarea situației/contextului de învățare sau a situației problemă de rezolvat. Manifestă responsabilitate socială prin implicarea activă în viața socială studentescă/implicare în evenimentele din comunitatea academică. Promovează/contribuie prin soluții noi, aferente domeniului de specialitate pentru a îmbunătăți calitatea vieții sociale. Conștientizează valoarea contribuției sale în domeniul ingineriei la identificarea de soluții viabile/sustenabile care să rezolve probleme din viața socială și economică (responsabilitate socială). Aplică principii de etică/deontologie profesională în analiza impactului tehnologic al soluțiilor propuse în domeniul de specialitate asupra mediului înconjurător. Analizează și valorifică oportunități de afaceri/de dezvoltare antreprenorială în domeniul de specialitate. Demonstrează abilități de management al situațiilor din viața reală (gestionarea timpului, colaborare vs. conflict).</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.)

Pornindu-se de la analiza caracteristicilor de învățare ale studenților și a nevoilor lor specifice, procesul de predare va explora metode de predare atât expositive (prelegerea, expunerea), cât și conversative-interactive, bazate pe modele de învățare prin descoperire facilitate de explorarea directă și indirectă a realității (experimentul, demonstrația, modelarea), dar și pe metode bazate pe acțiune, precum exercițiul, activitățile practice și rezolvarea de probleme.

În activitatea de predare vor fi utilizate prelegeri, cu prezentări Power Point sau diferite videoclipuri care vor fi puse la dispoziția studenților. Fiecare curs va debuta cu recapitularea capitolelor deja parcurse, cu accentul asupra noțiunilor parcurse la ultimul curs.

Prezentările utilizează imagini și scheme, astfel încât informațiile prezentate să fie ușor de înțeles și asimilat. Această disciplină acoperă informații și activități practice menite să-i sprijine pe studenți în eforturile lor de învățare și de dezvoltare a unor relații optime de colaborare și comunicare într-un climat favorabil învățării prin descoperire.



Se va avea în vedere exersarea abilităților de ascultare activă și de comunicare asertivă, precum și a mecanismelor de construcție a feedback-ului, ca modalități de reglare comportamentală în situații diverse și de adaptare a demersului pedagogic la nevoile de învățare ale studenților.

Se va exersa abilitatea de lucru în echipă pentru rezolvarea diferitelor sarcini de învățare.

10. Conținuturi

CURS		
Capitolul	Conținutul	Nr. ore
1	Introducere. Transmisiuni in banda de baza si trece-banda: - Coduri de linie pentru transmisiuni in banda de baza; - Formarea impulsurilor pentru eliminarea interferenței simbolurilor (criteriul Nyquist); - Tehnici de modulație: Frequency Shift Keying (FSK), Phase Shift Keying (PSK), Quadrature Amplitude Modulation (QAM); - Codarea de canal: coduri bloc, coduri convolutive; strategii de control al erorilor: Forward Error Correction (FEC), Automatic Repeat request (ARQ)	4
2	Decodarea optima de secventa pentru coduri convolutive: algoritmul Viterbi (decizii hard si soft); algoritmul Maximum A Posteriori (MAP).	4
3	Codarea trellis: Trellis-coded modulation (TCM), Space-Time Trellis Codes (STTC).	2
4	Coduri convolutive concatenate: concatenarea serie si paralel, coduri Turbo si decodare iterativa, Turbo Trellis Coded Modulation (TTCM).	3
5	Coduri de densitate redusa cu verificarea paritatii - Low Density Parity Check (LDPC).	1
	Total:	14
Bibliografie: [1] Sklar B., Harris. F., <i>Digital Communications. Fundamentals and Applications</i> – Third edition, Pearson, Addison-Wesley, 2021. [2] Proakis J., Salehi M., <i>Digital Communications</i> – Fifth edition, McGraw-Hill, New York, 2007. [3] Lin S., Costello D. J., <i>Error Control Coding</i> – Second edition, Pearson Education Int., Prentice Hall, 2004. [4] Bănică I., <i>Comunicații de date</i> , Politehnica Press Publishing House, 2008.		

LABORATOR		
Nr. crt.	Conținutul	Nr. ore
1	Analiza spațială a semnalelor de date modulate 1D și 2D. Constelațiile semnalelor și metricile de performanță: SNR, distanța euclidiană, BER, SER, FER.	2
2	Transmisiuni de date de tip trece-bandă utilizând modulațiile PSK și QAM peste canale de bandă limitată cu zgomot AWGN – partea I. Analiza schemei bloc.	2
3	Transmisiuni de date de tip trece-bandă utilizând modulațiile PSK și QAM peste canale de bandă limitată cu zgomot AWGN – partea a-II-a. Analiza de performanțe utilizând diagrama ochiului și BER.	2
4	Modulația codată 8PSK – regulile Ungerboeck pentru proiectarea unui trellis; câștigul de codare.	2
5	Exemple de scheme MIMO codate spațiu-timp (STC). Asocierea STC cu modulația codată. Estimarea distanței de câștig de codare (CGD – Coding Gain Distance).	2



6	Transmisiuni de date în banda de bază utilizând tehnici MIMO cu codare bloc de tip spațiu-timp în combinație cu modulația codată peste canal cu fading Rayleigh și zgomot AWGN – partea I. Analiza schemei bloc.	2
7	Transmisiuni de date în banda de bază utilizând tehnici MIMO cu codare bloc de tip spațiu-timp în combinație cu modulația codată peste canal cu fading Rayleigh și zgomot AWGN – partea a-II-a. Analiza de performanțe: BER și FER.	2
Total:		14

PROIECT

Nr. crt.	Conținutul	Nr. ore
1	Definirea cerințelor subiectelor/temelor de proiect. Ca o cerință generală, studenții trebuie să scrie propriul cod Matlab pe care să îl testeze, luând în considerare atât expresiile analitice (pentru referințele teoretice), cât și metode experimentale pentru simulare, corespunzătoare schemelor de transmisiuni codate. Scheme diferite, cu valori diferite ale parametrilor constructivi, dar și cu cerințe de proiectare diferite sunt alocate echipelor diferite de studenți (maxim 2 studenți în fiecare proiect/temă).	2
2	Coduri convoluționale: matricea generatoare, descrierea trellis și polinomiala, distanța Hamming.	2
3	Decodarea de secvență: un exemplu pentru decodarea Viterbi.	2
4	Decodarea de secvență: un exemplu pentru decodarea MAP.	2
5	Un exemplu de concatenare paralela și puncturare pentru o schema Turbo-TCM.	2
6	Discuții individuale programate pentru fiecare echipă de studenți pentru analiza codului de testare prin simulare și a rezultatelor obținute.	2
7	Fiecare echipă de studenți transmite documentele finale, care includ prezentarea fișierelor de simulare, dar și a rezultatelor obținute. Fiecare proiect este evaluat și notele finale sunt postate în Moodle.	2
Total:		14

Bibliografie:

[1] – [4].

[5] Vlădeanu C., Bănică I., Popescu S., *Data Communications Systems and Networks*, Printech Publishing House, 2007.

11. Evaluare

Tip activitate	11.1 Criterii de evaluare	11.2 Metode de evaluare	11.3 Pondere din nota finală
----------------	---------------------------	-------------------------	------------------------------

11.4 Curs	<ul style="list-style-type: none"> -cunoașterea noțiunilor teoretice fundamentale; - descrierea și analiza teoretică a tehnicilor și sistemelor avansate de transmisiuni de date; - analiza diferențiată a performanțelor tehnicilor și metodelor teoretice; 	Examinarea finală se realizează prin lucrare scrisă. Subiectele includ prezentări teoretice și exerciții de calcul (în modul de prezentare de la curs). Modalitățile de testare vor fi atât sub formă de test cu variante multiple, dar și cu descriere de tip eseu.	40%
11.5 Seminar/laborator/proiect	<p>Laborator</p> <ul style="list-style-type: none"> -cunoașterea noțiunilor teoretice fundamentale predate; - abilități de evaluare experimentală a diverselor scheme de transmisiuni de date. - prezența și activitatea studenților pe durata orelor de laborator. 	Predarea prin email a două rapoarte de laborator și două teste scrise de verificare, anunțate, în săptămânile: 6 și 10, având valențe atât teoretice cât și practice (fiecare pereche raport + test de laborator reprezintă 20% din nota finală).	40%
	<p>Proiect</p> <ul style="list-style-type: none"> - capacitatea aplicării teoriei la rezolvarea unor probleme legate de sistemele de transmisiuni de date, într-un context practic specific. - dezvoltarea unor soluții proprii de proiectare, implementare și evaluare experimentală a tehnicilor specifice de prelucrare și transmisiune a semnalelor de date. - scrierea unui program original în Matlab, Python, C++ sau un alt mediu de programare similar pentru a îndeplini cerințele proiectului. 	Temele sunt individuale (per echipă de 1-2 studenți) și includ cerințe teoretice și practice. Termenul de predare a proiectului este în săptămâna 13.	20%
11.6 Condiții de promovare			
<p>Obținerea a 50% din punctajul aferent activității de laborator. Obținerea a 50% din punctajul total.</p>			

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)



Universitatea Națională de Știință și Tehnologie Politehnica București




**Facultatea de Electronică, Telecomunicații și
Tehnologia Informației**



Sistemele actuale de comunicații fără fir utilizează tehnici avansate de transmisiuni de date, care combină metode de prelucrare de semnal cu metode de codare/decodare pentru corecția erorilor în vederea optimizării capacității canalului în sensul teoremei lui Shannon. Prin activități specifice de învățare, studenții își dezvoltă abilități de a rezolva diverse probleme ingineresti și de a propune soluții de îmbunătățire a performanțelor sistemelor de comunicații avansate fără fir.

Cursul are un conținut similar cu alte cursuri din cadrul unor programe de master similare organizate la Universitatea din Oulu, Finlanda, dar și alte universități din spațiul european.

Programa cursului răspunde cerințelor actuale de organizare și dezvoltare, subscrise evoluției europene și mondiale în domeniul tehnologiei informației și comunicațiilor (ICT). Prin activitățile de laborator, proiect și curs se dezvoltă abilități de management ingineresc, considerând situații teoretice și practice cu care studenții se pot confrunta în viața reală, pentru a-și spori contribuția la îmbunătățirea mediului socio-economic.

Data completării	Titular de curs	Titular(i) de aplicații
09.09.2022	Prof. dr. ing. Călin VLĂDEANU 	Prof. dr. ing. Călin VLĂDEANU 
Data avizării în departament	Director de departament	
27.10.2024	Conf. Dr. Serban Georgica Obreja 	
Data aprobării în Consiliul Facultății	Decan	
25.10.2024	Prof. Dr. Mihnea Udrea 