

# PROGRAMA ANALITICĂ

Disciplina:

## Comunicații Digitale

**1. Titularul disciplinei: Prof.dr.ing. Nicolae Dumitru Alexandru**

**2. Tipul disciplinei: DI 404**

**3. Structura disciplinei:**

Semestrul	Numărul de ore pe săptămână				Forma de evaluare finală	Numărul de ore pe semestru				
	C	S	L	P		C	S	L	P	Total
7	3	1	1		Examen	42	14	14		70

#### **4. Obiectivele cursului:**

Identificarea structurii generale a unui sistem de comunicații digitale.

Integrarea variabilelor și proceselor, precum și a tehnicilor de modulație în contextul comunicațiilor digitale.

Prezentarea unor metode și tehnici de transmisie caracteristice comunicațiilor digitale, evaluarea performanțelor și îmbunătățirea acestora prin mijloace specifice.

#### **5. Concordanța între obiectivele disciplinei și planul de învățământ:**

Obiectivele disciplinei sunt în perfectă concordanță cu planul de învățământ, transmițând informații și formând deprinderi necesare viitorilor specialiști din domeniul electronicii, telecomunicațiilor și tehnologiei informației. Disciplina este perfect integrată în planul de învățământ pentru specializarea de Tehnologii și sisteme de telecomunicații și utilizează în mod specific cunoștințe și metode prezentate în cadrul disciplinelor de Matematică, Semnale, circuite și sisteme, Teoria probabilității, Introducere în comunicații și Sisteme de comunicații, fiind plasată adecvat în cronologia desfășurării planului de învățământ.

#### **6. Rezultatele învățării exprimate în competențe cognitive, tehnice sau profesionale**

##### **Competențe cognitive:**

Cunoașterea aprofundată a dezvoltărilor teoretice, metodologice și practice specifice tehnicilor și sistemelor de comunicații digitale (Sisteme spread spectrum, sisteme monopurtătoare și multipurtătoare, OFDM, MIMO)

##### **Competențe generale:**

- Sa fie capabil sa inteleaga critic, să explice și să interpreteze dezvoltările teoretice, metodologice și practice specifice tehnicilor și sistemelor de comunicații digitale;
- Sa aiba abilitati de comunicare specifice obiectului disciplinei;
- Sa lucreze intr-un context international.

##### **Competențe specifice:**

- Să stăpânească noțiunile legate de probabilități, variabile, semnale și procese aleatoare și semnificația lor fizică pentru semnale întâlnite în practică și să determine medii statistice
- Să folosească noțiunile legate de probabilități, variabile, semnale și procese aleatoare în analiza și simularea sistemelor de comunicații digitale
- Să analizeze în domeniul frecvență sistemele de comunicații digitale
- Să înțeleagă efectele canalului de transmisie asupra semnalului recepționat (fading, efect Doppler, distorsiuni, zgomote, propagare multi-cale)
- Să folosească transformata Fourier pentru calculul densității spectrale de putere a semnalelor codate

- Să înțeleagă funcționarea sistemelor spread spectrum și funcționarea compromisului bandă/putere
- Să înțeleagă metodele de creștere a calității transmisiei în sistemele OFDM, (raportul putere medie/putere de vârf, sincronizare)
- Să înțeleagă funcționarea sistemelor MIMO

### 7. Proceduri folosite la predarea disciplinei:

Prelegere, prezentare orală și scrisă, disponibilitate material didactic listat și în format electronic, rezolvarea interactivă de probleme, teme de casă, simulări pe calculator, prezentare miniproiecte și discuții libere pe marginea unor teme de comunicații digitale.

La predarea cursului se combină metoda prelegerilor și folosirea videoproiectorului, cu explicația, dezbateră, studiu de caz, pentru evidențierea noțiunilor teoretice și a aplicațiilor specifice. Se realizează conexiuni cu conținutul altor discipline de specialitate, cu informații transmise anterior în cadrul disciplinei, sau aplicațiile practice ale problemei investigate.

Conținutul cursului este actualizat periodic, cu cele mai noi tehnici de comunicație ce apar.

### 8. Sistemul de evaluare:

Evaluarea se realizează continuu, disciplina fiind prevăzută cu *activități practice de laborator și seminar*, la care se lucrează individual. Se verifică și se discută rezultatele obținute. Ponderea aplicațiilor în nota finală este de 25%. Pe parcursul semestrului se dau 2 teste, a căror pondere este de 15% din nota finală.

*Evaluarea finală* se face prin teza clasică, cu durata de două ore, cu cărțile pe masă, cu trei probleme. Ponderea tezei în nota finală este de 60%. Studenții au acces la relațiile necesare rezolvării problemelor.

*Evaluarea continuă:*

*Activitatea la seminar / laborator / proiect / practică*

Ponderea în nota finală: 25 %

(Se evaluează în funcție de frecvența și relevanța intervențiilor orale, calitatea lucrărilor efectuate, consemnarea sistematică a informațiilor semnificative generate de student în grupul de aplicație.)

*Testele pe parcurs*

Ponderea în nota finală: 15 %

(Se utilizează pentru evaluarea pe parcursul semestrului a cunoștințelor, teoretice și / sau practice acumulate la orele de curs și de aplicații.)

*Lucrări de specialitate*

Ponderea în nota finală: 0 %

*Evaluarea finală:* (Se precizează: examen sau colocviu.)

Ponderea în nota finală: 60 %

Proba(ele):

Scrisă:

- a. categoria de sarcini: Dovedirea înțelegerii aspectelor teoretice și practice ale comunicațiilor digitale, prin soluționarea unor situații și probleme corespunzătoare.
- b. condițiile de lucru: cu cărțile pe masă
- c. ponderea în procente: 50 %

(Se menționează fiecare probă și se precizează:

- a) categoria de sarcini (test de cunoștințe cu întrebări închise /deschise, dezvoltare tematică, rezolvare de probleme, demonstrație, prezentare de caz etc);
- b) condițiile de lucru (mijloace accesibile studentului în timpul probei) și
- c) ponderea în procente a fiecărei probe în nota examenului.)

Promovarea examenului este condiționată de obținerea unei note minimum 5 la fiecare test de examen, laborator și proiect.

## 9. Conținutul disciplinei:

### a) Curs

1. Probabilități și variabile aleatoare 9 ore
  - 1.1. Generalități
  - 1.2. Variabile aleatoare
  - 1.3. Variabile aleatoare discrete și continue
  - 1.4. Medii și momente
  - 1.5. Exemple de distribuții
    - 1.5.1. Distribuția binomială discretă. Distribuția Poisson. Distribuția uniformă. Distribuția Gaussiană (normală). Distribuția lognormală. Distribuția Rayleigh. Distribuția Rice. Distribuția  $\chi^2$ . Distribuția sinusoidală.
  - 1.6. Transformări ale variabilelor aleatoare
  - 1.7. Caracteristici ale variabilelor aleatoare multiple
  - 1.8. Caracteristici ale variabilelor aleatoare bidimensionale
  - 1.9. Distribuții Gaussiene bidimensionale
  - 1.10. Transformări ale variabilelor aleatoare multiple
  - 1.11. Teorema limitei centrale
  
2. Tehnici de recepție 6 ore
  - 2.1. Introducere
  - 2.2. Filtrul cu încărcare și descărcare
  - 2.3. Detecția cu filtru adaptat
    - 2.3.1 Filtru adaptat cu eșantionare (Sampled Matched Filter)
  - 2.4. Receptorul corelator
  - 2.5. Detecția semnalelor binare – ASK, FSK și PSK
    - 2.5.1 Detecția ASK necoerentă
    - 2.5.2 Detecția FSK necoerentă
    - 2.5.3 Detecția coerentă a semnalului PSK
    - 2.5.4
  - 2.6. Detecția semnalelor MPSK
  - 2.7. Detecția necoerentă a semnalelor MFSK
  - 2.8. Probabilitatea de eroare pentru transmisii binare în banda de bază
    - 2.8.1 Probabilitatea de eroare în cazul detecției cu filtru adaptat a semnalelor binare
  
  - 2.9. Probabilitatea de eroare pentru transmisii multinivel în banda de bază
  - 2.10. Probabilitatea de eroare în transmisiile binare ASK, FSK și PSK
    - 2.10.1 Probabilitatea de eroare pentru transmisii ASK
    - 2.10.2 Probabilitatea de eroare pentru transmisii PSK cu detecție coerentă

2.10.3	Probabilitatea de eroare pentru transmisii FSK	
2.10.4	Probabilitatea de eroare pentru transmisii DPSK	
2.11	Probabilitatea de eroare pentru semnale MPSK	
2.12	Probabilitatea de eroare pentru semnale QASK	
<b>3.</b>	<b>Tehnici avansate de modulație digitală</b>	<b>6 ore</b>
3.1.	Sisteme cu spectru extins	
3.1.1.	Secvențe pseudoaleatoare (PN)	
3.1.2.	Circuite de urmărire (DLL)	
3.1.3.	Sincronizare de cod	
3.1.4.	Sisteme chirp	
<b>4.</b>	<b>Diversitate și sisteme MIMO</b>	<b>8 ore</b>
4.1.	Introducere	
4.2.	Un exemplu – IEEE802.11n	
4.3.	Multiplexare spațială	
4.4.	Diversitate la recepție	
4.5.	Codare spațio-temporală	
4.6.	Introducere în codarea treliș spațio-temporală	
4.7.	Codarea treliș spațio-temporală	
4.8.	Codare bloc spațio-temporală	
4.9.	Schema Alamouti	
4.10.	Coduri spațio-temporale stratificate (Layered Space-Time Codes)	
4.11.	Receptorul RAKE	
<b>5.</b>	<b>Sincronizare</b>	<b>7 ore</b>
5.1.	Aspecte generale ale sincronizării	
5.1.1.	Tipuri de sincronizare	
5.1.2.	Criterii de estimare a parametrilor de semnal	
5.1.3.	Efectele erorilor de sincronizare	
5.1.4.	Refacerea purtătoarei și sincronizarea de simbol în demodulatoarele de semnal	
5.2.	Sincronizarea de purtătoare	
5.2.1.	Introducere	
5.2.2.	Sincronizare PSK	
5.2.3.	Sincronizare QAM	
5.3.	Sincronizarea de Simbol	
5.3.1.	Premise	
5.3.2.	Sincronizarea de simbol prin criteriul ML	
5.3.3.	Sincronizarea early-late gate	
<b>6.</b>	<b>Sisteme cu modulație OFDM</b>	<b>3 ore</b>
6.1.	Problema puterii de vârf în sistemele OFDM	
6.2.	Problema sincronizării în sistemele OFDM	
6.2.1.	Senzitivitatea la desincronizări	
6.2.2.	Sincronizarea pe baza extensiei ciclice	
6.2.3.	Sincronizarea pe baza secvențelor de antrenament	
<b>7.</b>	<b>ADSL</b>	<b>3 ore</b>
7.1.	Tehnologii XDSL	
7.2.	Arhitectura standard ADSL	
7.3.	Utilizarea modulației DMT în sistemele ADSL	

Total 42 ore

## **b) Aplicații**

### **LABORATOR (14 ore)**

**8. 1. Variabile aleatoare. Funcțiile densitate de probabilitate și de repartiție. Momente 2 ore**

9. Matlab - comm_tbx	
10. 2. Procese aleatoare. Staționaritate și ergodicitate	2 ore
11. Matlab - comm_tbx	
12. 3. Detectoare cu filtru adaptat (FA). Filtrul ”integrate & dump”	2 ore
13. Matlab - comm_tbx	
14. 4. Proiectarea sistemelor de comunicații digitale în BB și BT, afectate de zgomot	2 ore
15. Matlab - comm_tbx	
16. 5. Sincronizare de purtătoare în sistemele trece-bandă	2 ore
17. Matlab - simulink	
18. 6. Secvențe de lungime maximă. Aplicații în sistemele cu spectru extins	2 ore
19. Matlab - simulink	
20. 7. Sincronizare în sistemele cu spectru extins. Bucle DLL	2 ore
21. Matlab - simulink	

#### SEMINAR (14 ore)

22. 1. Calculul d.s.p. pe baza funcției de autocorelație discretă, pentru unele coduri de linie	2 ore
23. 2. Variabile aleatoare	2 ore
24. 3. Procese aleatoare	2 ore
25. 4. Modulații digitale. Anvelopa complexă a semnalelor trece-bandă	2 ore
26. 5. Calculul probabilității de eroare în sisteme de comunicații digitale afectate de zgomot	2 ore
27. 6. Generarea cu întârzieri specificate a secvențelor de lungime maximă	2 ore
28. 7. Modulație codată treliș. Algoritmul Viterbi	2 ore
Total 28 ore	

#### 10. Bibliografie selectivă

- [18] N.D.Alexandru, *„Comunicații Digitale”*, CERMI Iași, 2009
- [19] Alexandru N.D., Graur, A., *„Sisteme Spread Spectrum”*. MEDIAMIRA, Cluj,. 2005
- [20] Alexandru N.D., *„Radiocomunicații digitale”*, vol.II, Comunicații digitale, STEF, Iasi, 2006
- [21] Alexandru N.D., Graur, A., *„DOMOTICA”*. MEDIAMIRA, Cluj,. 2006
- [22] Couch II L.W., *“Digital and Analog Communication Systems”*, Fifth Edition, Prentice Hall, 1997.
- [23] Proakis J. G., Salehi M., *“Communication Systems Engineering”*, Second Edition, Prentice Hall, 2002.
- [24] Rappaport T. S., *“Wireless Communications Principles and Practice”*, 2<sup>nd</sup> Edition, Prentice Hall, 2002.
- [25] Alexandru N. D., Cotae P., *“Tehnica Modernă a Comunicațiilor”*, Rotaprint, Iași, 1990.
- [26] Bogdan I., *“Comunicații Mobile”*, Ed. Tehnopress, Iași, 2003.
- [27] Glover I. A., Grant P. M., *“Digital Communications” – book & solutions manual*, 1<sup>st</sup> Edition, Prentice Hall, 2000.
- [28] Haykin S., *“Adaptive Filter Theory”*, Third Edition, Prentice Hall, 1996.
- [29] Meyr H., Moeneclaey M., Fechtel St. A., *“Digital Communication Receivers: Synchronization, Channel Estimation, and Signal Processing”*, John Wiley & Sons, Inc., 1998
- [30] Munteanu V., *“Teoria Transmiterii Informației”*, Ed. “Gh. Asachi”, Iași, 2001.

- [31] Peebles P. Z., *“Digital Communications Systems”*, Prentice Hall Inc., 1987.
- [32] Peebles P. Z., *“Probability, Random Variables and Random Signal Principles”*, Second Edition, McGraw Hill Inc., 1987.
- [33] Proakis J. G., *“Digital Communications”*, 3<sup>rd</sup> Edition, Prentice Hall, 1995.
- [34] Simon M. K., Alouini M.-S., *“Digital Communication over Fading Channels: A Unified Approach to Performance Analysis”*, John Wiley & Sons, Inc., 2000.
- [35] Wilson S., *“Digital Modulation and Coding”*, Prentice Hall, 1996.
- [36] Ziemer R. E., Peterson R. L., *“Digital Communications and Spread Spectrum Systems”*, MacMillan, 1985.
- [37] Ziemer R. E., Peterson R. L., *“Introduction to Digital Communication”*, MacMillan, 1992.

Data:

**Semnături:**  
Titular disciplină,  
Prof.dr.ing. N.D.Alexandru