

## FIȘA DISCIPLINEI

### 1. Date despre program

1.1 Instituția de învățământ superior	Universitatea Tehnică din Cluj-Napoca
1.2 Facultatea	Facultatea de Electronică, Telecomunicații și Tehnologia Informației
1.3 Departamentul	Comunicații
1.4 Domeniul de studii	Inginerie electronică, telecomunicații și tehnologii informaționale
1.5 Ciclul de studii	Master
1.6 Programul de studii / Calificarea	Sisteme Integrate de Comunicații cu Aplicații Speciale (SICAS) / Master
1.7 Forma de învățământ	IF – învățământ cu frecvență
1.8 Codul disciplinei	SICAS16.20

### 2. Date despre disciplină

2.1 Denumirea disciplinei	Sisteme de comunicații radio inteligente						
2.2 Aria de conținut	Arie teoretică:						
	Arie metodologică:						
	Arie de analiză:						
2.3 Responsabil de curs	Prof.dr.ing. Emanuel PUSCHITA – <a href="mailto:Emanuel.Puschita@com.utcluj.ro">Emanuel.Puschita@com.utcluj.ro</a>						
2.4 Titularul activităților de seminar / laborator / proiect	Prof.dr.ing. Emanuel PUSCHITA – <a href="mailto:Emanuel.Puschita@com.utcluj.ro">Emanuel.Puschita@com.utcluj.ro</a> Ing. Cristian CODAU – <a href="mailto:Cristian.Codau@com.utcluj.ro">Cristian.Codau@com.utcluj.ro</a>						
2.5 Anul de studiu	II	2.6 Semestrul	3	2.7 Tipul de evaluare	E	2.8 Regimul disciplinei	DS/DO

### 3. Timpul total estimat

3.1 Număr de ore pe săptămână	4	din care: 3.2 curs	2	3.3 laborator/ proiect	1
3.4 Total ore din planul de învățământ	42	din care: 3.5 curs	28	3.6 laborator/ proiect	14
Distribuția fondului de timp					Ore
Studiul după manual, suport de curs, bibliografie și notițe					20
Documentare suplimentară în bibliotecă, pe platformele electronice de specialitate și pe teren					12
Pregătire seminarii / laboratoare, teme, referate, portofolii și eseuri					20
Tutoriat					3
Examinări					3
Alte activități: .....					0
3.7 Total ore studiu individual	58				
3.8 Total ore pe semestru	100				
3.9 Numărul de credite	4				

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

4.1 de curriculum	Radiocomunicații, Radiocomunicații celulare, Sisteme de comunicații fixe și mobile
4.2 de competențe	NU

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

5.1. de desfășurare a cursului	Universitatea Tehnică din Cluj - Napoca (video - proiector, ecran, tablă, cont MS Office 365/MS Team pentru cursurile desfășurate online)
5.2. de desfășurare a seminarului / laboratorului / proiectului	Universitatea Tehnică din Cluj - Napoca (PC - uri cu acces Internet, video - proiector, ecran, instrumente software și hardware dedicate cont MS Office 365/MS Team pentru aplicațiile desfășurate online)

### 6. Competențele specifice acumulate

Competențe profesionale	<p><b>C4. Conceperea, implementarea și operarea serviciilor de date, voce, video, multimedia, bazate pe înțelegerea și aplicarea noțiunilor fundamentale din domeniul comunicațiilor și transmisiunii informației.</b></p> <p>C4.3 Explicarea și interpretarea principalelor cerințe și tehnici specifice de abordare pentru transmisiile de date, voce, video, multimedia.</p> <p><b>C5. Conceperea, implementarea și operarea aplicațiilor bazate pe șiruri de antene și platforme SDR.</b></p> <p>C5.1. Dezvoltarea de aplicații specifice în mediul de programare Gnu Radio.</p> <p>C5.2. Dezvoltarea de script-uri Python.</p> <p>C5.3. Programarea unei game diverse de SDR-uri.</p> <p><b>C6. Rezolvarea problemelor specifice în sisteme de comunicații MIMO.</b></p>
Competențe transversale	N / A

### 7. Obiectivele disciplinei (reieșind din grila competențelor specifice acumulate)

7.1 Obiectivul general al disciplinei	Dezvoltarea de competențe profesionale în domeniul sistemelor de comunicații wireless actuale
7.2 Obiectivele specifice	<ol style="list-style-type: none"> <li>Asimilarea cunoștințelor teoretice privind aplicațiile bazate pe șiruri de antene și tehnologia SDR.</li> <li>Obținerea deprinderilor și abilităților necesare pentru programarea SDR-urilor.</li> </ol>

### 8. Conținuturi

8.1 Curs	Metode de predare	Observații
1. Propagarea undelor radio: absorbția, reflexia, împrăștierea, difracția, atenuarea, amplificarea.	Prezentare, exemplificare, prezentare de probleme, studii de caz, discuții	Utilizarea de prezentari .ppt, video-proiector, tablă
2. Modele de propagare. Sisteme de comunicații de bază. Canalul radio.		
3. Antene. Tipuri: omnidirective, directive, sectoriale. Șiruri de antene.		
4. Sisteme MIMO. Diversitate spațială. Multiplexare spațială. Modelul de canal MIMO. Capacitatea canalelor MIMO. Introducere în codarea spațiu – timp.		
5. Sisteme Massive MIMO. Canalul Massive MIMO. Studii de caz. Direcții de viitor.		
6. Beamforming: analog, digital, hibrid. Beamforming convențional.		

7. Beamforming adaptiv. Algoritmi adaptivi: Least Mean Squares, Direct Sample Covariance Matrix Inversion, Recursive Least Squares.		
8. Erori în beamforming digital.		
9. Beamforming adaptiv în comunicații mobile. Beamforming adaptiv în comunicații indoor.		
10. Beamforming de bandă îngustă. Beamforming de bandă largă. MIMO Beamforming.		
11. Monitorizarea emisiilor radio. Estimarea direcției de sosire (DOA) a semnalelor RF. Interferometrie.		
12. Algoritmi bazați pe descompunere în subspații: Algoritmul MUSIC		
13. Algoritmul ESPRIT.		
14. Studiu de caz: Estimarea direcției unei drone / Recapitulare.		
<b>Bibliografie</b> 1. C. Balanis, P. Ioannides, <i>Introduction to Smart Antennas</i> , Morgan & Claypool Publishers, 2007. 2. J. Litva, <i>Digital Beamforming in Wireless Communications</i> , Artech House Mobile Communications Series, 1996. 3. Jian Li and Petre Stoica, <i>Robust Adaptive Beamforming</i> , Wiley Series in Telecommunications and Signal Processing, 2006. 4. Wei Liu and Stephan Weiss, <i>Wideband Beamforming Concepts and Techniques</i> , Wiley Series on Wireless Communications and Mobile Computing, 2010. 5. A. Manikas, <i>Beamforming Sensor Signal Processing for Defence Applications</i> , Imperial College Press, 2015. 6. T. Marzetta, E. Larsson, H. Yang, H. Ngo, <i>Fundamentals of Massive MIMO</i> , Cambridge University Press, 2016. 7. R. Kshetrimayum, <i>Fundamentals of MIMO Wireless Communications</i> , Cambridge University Press, 2017.		
<b>8.2 Laborator</b>	Metode de predare	Observații
1. Instalare Linux. Instalare GnuRadio. Tutorial GnuRadio, Python.	Demonstrații didactice și experimentale, exerciții didactice, simulări, lucru în echipă	Utilizarea instrumentației de laborator, simulatoare, calculatoare
2. Arhitectura SDR-urilor. HackRF, BladeRF, USRP. Instalare librării, dependențe, drivere.		
3. Programarea SDR-urilor. Aplicație receptor. Analiză comparativă parametri de performanță SDR-uri. Monitorizarea emisiilor radio.		
4. Aplicație transmițător. Transmisie pachete de date Tx-Rx.		
5. Aplicație MIMO 2x2. Sincronizare.		
6. Aplicații folosind șiruri de antene. DOA, MUSIC, ESPRIT.		
7. Aplicații folosind șiruri de antene. Beamforming.		
<b>Bibliografie on-line</b> 1. Îndrumător de laborator. 2. ***, <a href="https://wiki.gnuradio.org/index.php/Tutorials">https://wiki.gnuradio.org/index.php/Tutorials</a> .		

### 9. Coroborarea conținuturilor disciplinei cu așteptările reprezentanților comunității epistemice, asociațiilor profesionale și angajatorilor reprezentativi din domeniul aferent programului

Competențele dobândite vor fi folosite în următoarele ocupații conform COR (Clasificarea Ocupațiilor din România): Inginer emisie; Inginer electronist, transporturi, telecomunicații; Inginer imagine; Inginer sunet; Proiectant inginer electronist; Proiectant inginer de sisteme și calculatoare; Inginer șef car reportaj; Inginer șef schimb emisie; Inginer proiectant comunicații; Inginer sisteme de securitate; Inginer suport vânzări; Dezvoltator de aplicații multimedia; Inginer operare rețea; Inginer testare sisteme de comunicații; Manager proiect; Inginer de trafic; Consultant pentru sisteme comunicații.

## 10. Evaluare

Tip activitate	10.1 Criterii de evaluare	10.2 Metode de evaluare	10.3 Pondere din nota finală
10.4 Curs	Rezolvarea unei probleme și răspunsuri la un set de întrebări din teorie	Probă scrisă	50%
10.5 Laborator/Proiect	Verificarea deprinderilor și abilităților dobândite în urma activităților de laborator	Verificare pe parcurs prin teste de laborator	50%

### 10.6 Standard minim de performanță

#### **Nivel calitativ:**

##### *Cunoștințe minimale:*

- ✓ Înțelegerea conceptelor de bază privind arhitectura platformelor SDR.
- ✓ Înțelegerea conceptelor de bază privind limbajul Python.
- ✓ Înțelegerea principiilor comunicațiilor wireless actuale.
- ✓ Înțelegerea principiilor tehnologiilor bazate pe șiruri de antene.

##### *Competențe minimale:*

- ✓ să poată instala și configura cel puțin o platformă SDR.
- ✓ să poată proiecta și implementa o aplicație SDR de monitorizare spectrală.

#### **Nivel cantitativ:**

- ✓ Efectuarea tuturor lucrărilor de laborator.
- ✓ Notele la examen și laborator să fie minim 5.
- ✓ Nota la disciplină se calculează cu relația:  $0,5 * \text{Nota\_examen} + 0,5 * \text{Nota\_laborator}$

Data completării:	Titulari	Titlu Prenume NUME	Semnătura
20.06.2023	Curs	Prof.dr.ing. Emanuel PUSCHITA	
	Aplicații	Prof.dr.ing. Emanuel PUSCHITA	
		Ing. Cristian CODAU	

Data avizării în Consiliul Departamentului Comunicatii 11.07.2023	Director Departament Comunicatii Prof.dr.ing. Virgil DOBROTA
Data aprobării în Consiliul Facultății ETTI 12.07.2023	Decan Prof.dr.ing. Ovidiu POP