

FIȘA DISCIPLINEI

1. Date despre program

Instituția de învățământ superior	Universitatea "Ștefan cel Mare" din Suceava
Facultatea	Facultatea de Inginerie Electrică și Știința Calculatoarelor
Departamentul	Departamentul de Calculatoare, Electronică și Automatică
Domeniul de studii	Inginerie electronică, telecomunicații și tehnologii informaționale
Ciclul de studii	Master
Programul de studii	Rețele de Comunicații și Calculatoare

2. Date despre disciplină

Denumirea disciplinei	COMUNICAȚII OPTICE ȘI SISTEME WDM				
Titularul activităților de curs	Ș.l. dr. ing. CĂILEAN Alin-Mihai				
Titularul activităților aplicative	Ș.l. dr. ing. CĂILEAN Alin-Mihai				
Anul de studiu	II	Semestrul	3	Tipul de evaluare	E
Regimul disciplinei	Categoría formativă a disciplinei DSI – Discipline de sinteză; DAP – Discipline de aprofundare				DAP
	Categoría de opționalitate a disciplinei: DO - obligatorie (impusă), DA - opțională (la alegere), DL - facultativă (liber aleasă)				DO

3. Timpul total estimat (ore alocate activităților didactice)

I a) Număr de ore, pe săptămână	3	Curs	2	Seminar		Laborator	1	Proiect	
I.b) Totalul de ore (pe semestru) din planul de învățământ	42	Curs	28	Seminar		Laborator	14	Proiect	

II. Distribuția fondului de timp pe semestru	ore
II.a) Studiul după manual, suport de curs, bibliografie și notițe	26
II.b) Documentare suplimentară în bibliotecă, pe platformele electronice de specialitate și pe teren	11
II.b) Pregătire seminarii/laboratoare, teme, referate, portofolii și eseuri	12
II.d) Tutoriat	
III. Examinări	3
IV. Alte activități: (pregătire examen)	84

Total ore studiu individual II (a+b+c+d)	49
Total ore pe semestru (I+II+III+IV)	178
Numărul de credite	7

4. Precondiții (acolo unde este cazul)

Curriculum	Noțiuni avansate de comunicații și rețele de calculatoare
Competențe	C1. Operarea cu concepte și metode științifice în tehnologia informației și a comunicațiilor C2. Utilizarea și administrarea sistemelor și rețelelor de comunicații și calculatoare C3. Conceperea, proiectarea, implementarea și exploatarea rețelelor de comunicații și calculatoare și a bazelor de date

5. Condiții (acolo unde este cazul)

Desfășurare a cursului	• PC, videoproiector (prezentări PPT, software specializat)
Desfășurare aplicații	Laborator - calculator portabil, videoproiector; - rețea de calculatoare cu 12 stații de lucru; - 6 kit-uri de explorare pentru optoelectronică și comunicații, (Deluxe Exploration Kit for Optoelectronics and Communications) produse de Chaney Electronics, Arizona, Statele Unite ale Americii; - 6 multimetre digitale; - 6 osciloscopuri digitale 100 MHz cu 4 canale; - circuite fotosensibile cu amplificare variabilă PDA100A2; - luxmetru profesional HD 2302.0 Delta Ohm cu sonde LP 471 PHOT și LP 471 RAD; - spectrometru Sekonic C-800 pentru analizarea distribuției spectrale a luminii;

		<ul style="list-style-type: none"> - set filtre optice (IR reject, roșu, verde, albastru); - 3 generatorare de semnal Tektronix AFG 1062 cu frecvențe: între 1 uHz și 60 MHz pentru semnale sinusoidale / 30 MHz pentru semnale dreptunghiulare, timpi de creștere / descreștere pt. semnal dreptunghiular : <10 ns, amplitudinea semnalului generat: 1 mVp-p –10 Vp-p, cu o rezoluție de 14 biți (1 mVp-p) pentru întreaga gamă de frecvențe - LED-uri și LASER-i cu semiconductoare, fotodiode PIN, fotodiode avalanșă, fototranziatoare, fotomultiplicatoare, lentile, filtre, componente electronice, plăci de testare; - Media convertoare, atenuatoare optice, pigtail-uri SC și LC, patch cord-uri, SFP WDM-uri, fibre optice; - Platformă SIM900 compatibilă cu modulele SIM910, SIM 918, SIM 965, SIM 980 - Preamplificator de tensiune SIM 910 cu nivel de amplificare selectabil între 1 și 100, lățime de bandă 1MHz, nivel de zgomot: 4nV/Hz; - Amplificator sumator SIM 980 cu intrări sumatoare, tensiune de operare ±10V, lățime de bandă 1MHz; - Module filtrare analogică SIM 965 cu filtrare Bessel și Butterworth, frecvență de operare între 1 Hz și 500 kHz, funcții de filtrare Trece-sus și Trece-jos, riplu ajustabil; - Analizor spectral Rohde&Schwarz 9kHz – 6 GHz.
--	--	---

6. Competențe specifice acumulate

Competențe profesionale	<p>C1. Utilizarea și administrarea sistemelor și rețelelor de comunicații și calculatoare</p> <p>C2. Analiza, modelarea și rezolvarea problemelor real complexe, ce implică soluții specifice rețelelor de comunicații și calculatoare</p> <p>C3. Conceperea, proiectarea, implementarea, optimizarea și exploatarea rețelelor de comunicații optice</p>
Competențe transversale	-

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

Obiectivul general al disciplinei	<p>Pentru curs: Însușirea noțiunilor de bază în domeniul comunicațiilor optice, a tehnicilor și metodelor de transmisie a datelor, anumitor elemente de compresie a datelor, managementul erorilor, protocoalele de comunicație, analiza componentelor.</p> <p>Pentru aplicații (laborator): Familiarizarea cu componentele unei rețele optice, unele operații și echipamente de procesare a semnalelor în vederea transmiterii lor prin canale optice, cu metodele de evaluare a performanțelor acestor echipamente precum și înțelegerea etapelor și constrângerilor implicate în proiectarea unei rețele optice.</p>
Obiective specifice	<p>1. Cognitive</p> <p>a. Cunoaștere și înțelegere:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Înțelegerea principiilor fizice ale funcționării componentelor de sistem - Cunoașterea tehnicilor de fabricare a acestor componente - Cunoașterea utilității și limitelor pentru dispozitivele optoelectronice studiate - Dezvoltarea capacităților de evaluare / autoevaluare. <p>b. Explicare și interpretare</p> <ul style="list-style-type: none"> - Explicarea avantajelor și dezavantajelor diferitelor componente ale sistemelor optice de comunicații; - Interpretarea datelor obținute în cadrul experimentelor; - Diferențierea între datele reale și artefacte apărute ca urmare a modului de implementare pe calculator a cercetării; - Explicarea principiilor și regulilor de interconectare a sistemelor; - Interpretarea parametrilor de comunicație. <p>2. Tehnice / profesionale</p> <ul style="list-style-type: none"> - Proiectarea unor componente de sistem optoelectronic și a unor sisteme optice pentru comunicații; - Capacitatea de a transpune în practică informațiile dobândite; - Abilitatea de a proiecta și realiza unele subansamble de prelucrare a informațiilor. <p>3. Atitudinal – valorice</p>

	<ul style="list-style-type: none"> - reacția pozitivă la sugestii, cerințe, sarcini didactice, satisfacția de a răspunde; - implicarea în activități științifice în legătură cu disciplina; manifestarea interesului față de cercetarea în domeniul comunicațiilor optice; - dezvoltarea interesului față de abordarea ingineriasca a comunicațiilor optice; - abordarea sistematică și obiectivă a noțiunilor, principiilor și caracteristicilor comunicațiilor optice; - abilitatea de a colabora cu specialiști din alte domenii.
--	---

8. Conținuturi

Curs	Nr. ore	Metode de predare	Observații
1. Introducere în comunicațiile optice 1.1 Analiza istorică și tehnologică a evoluției comunicațiilor optice 1.2 Fundamentele semnalelor optice și propagarea luminii 1.3 Structura de principiu a unui sistem de comunicații optice 1.4 Avantajele sistemelor de comunicații optice 1.5 Analiza financiară a comunicațiilor optice	4h	expunerea, prelegerea, conversația, dezbateră prezentare PowerPoint însoțită de discuții libere	
2. Componente ale sistemelor de comunicații optice 2.1. Generalități 2.2. Surse optice 2.3. Receptoare optice	4h		
3. Sisteme de comunicații optice pentru transmisia semnalelor 3.1. Generalități 3.2. Sisteme de CO cu modularea în intensitate a purtătoarei optice 3.3. Sisteme de CO cu modularea polarizării, a fazei sau a frecvenței purtătoarei optice 3.4. Sisteme de CO cu multiplexarea canalelor prin divizarea lungimii de undă WDM	2h		
4. Comunicații optice ghidate 4.1 Introducere și generalități 4.2 Fibra optică - evoluție istorică 4.3 Arhitectura unui sistem de comunicații cu fibră optică 4.4 Fibre optice – principii fizice 4.5 Tipuri de fibre și moduri de propagare 4.6 Multiplexarea prin divizarea lungimii de undă (WDM) 4.7 Performanțele sistemelor cu fibră optică 4.8 Tehnologii de fabricație 4.8. Alte componente ale sistemelor de comunicații optice: conectori, izolatoare, filtre optice 4.9. Amplificatoare optice și regenerarea semnalelor optice	6h		
5. Comunicații optice neghidate și aplicațiile lor 5.1 Comunicații Infra-roșu 5.2 Comunicații prin lumină vizibilă (VLC) 5.3 Light-Fidelity (LiFi) 5.4 Comunicații Free Space Optical (FSO) 5.5 Optical Camera Communications (OCC) 5.6 Determinarea distanțelor folosind sisteme optice: LiDAR și Visible Light Ranging 5.7 Aplicații practice: utilizarea comunicațiilor optice în aplicații de siguranță rutieră și în aplicații industriale: provocări, soluții, perspective	1/4h 2h 1h 3/4h 1h 1h 1h		
6. Tehnici de multiplexare în comunicațiile optice	2h		
7. Utilizarea rețelilor de comunicații optice în cadrul rețelilor hibride	2h		
8. Discuții finale și concluzii	1h		
Bibliografie:			
[1] D. Greenfield, The essential guide to optical network, Prentice Hall, 2002			
[2] Nader F. Mir, Computer and Communication Networks, Prentice Hall, 2006			
[3] Jeff Hecht, Understanding optical fiber, Ed. Prentice Hall, 2002			

- [4] Adrian Manea, *Sisteme optice pentru comunicații*, Ed. Matrix Rom, 2006
- [5] Gilbert Held, *Introduction to Light Emitting Diode Technology and Applications*, Taylor & Francis Group, 2009
- [6] I. Ceapă, *Sisteme de transmisiuni pe fibre optice*, Matrix Rom, 1998
- [7] A. Mihăiescu, *Comunicații optice*, Editura de Vest, 1999
- [8] Iancu Ovidiu, *Dispozitive optoelectronice*, Ed. Matrix Rom, 2003
- [9] A. De Sabata, *Curs comunicații optice și sisteme WDM*, Universitatea Ștefan cel Mare Suceava, 2016-2017.
- [10] N.D. Alexandru, A. Graur, *Domotica: O incursiune în casa viitorului*, MEDIAMIRA, 2006, Cluj, 1-252, ISBN (10) 973-713-138-X
- [11] Safa O. Kasap, *Optoelectronics and photonics*, Ed. Prentice Hall, 2001
- [12] Ronald Lasky, Ulf Lennart Osterberg, Daniel Stigl (editori), *Optoelectronics for data communication*, Academic Press, 1995
- [13] *The PIN Diode circuit designer's handbook*, Microsemi Corporation, 1998.
- [14] J. M. Kahn and J. R. Barry, "Wireless infrared communications," *Proc. IEEE*, vol. 85, no. 2, pp. 265–298, Feb. 1997.
- [15] A. Cailean, M. Dimian, "Current Challenges for Visible Light Communications Usage in Vehicle Applications: A Survey," in *IEEE Communications Surveys & Tutorials*, 2017, doi: 10.1109/COMST.2017.2706940
- [16] A. M. Cailean and M. Dimian, "Impact of IEEE 802.15.7 Standard on Visible Light Communications Usage in Automotive Applications," in *IEEE Communications Magazine*, vol. 55, no. 4, pp. 169-175, April 2017. doi: 10.1109/MCOM.2017.1600206 (ISI Impact factor 2017-2018 = 9.27, SRI = 2.939)
- [17] A. M. Căilean and M. Dimian, "Toward Environmental-Adaptive Visible Light Communications Receivers for Automotive Applications: A Review," in *IEEE Sensors Journal*, vol. 16, no. 9, pp. 2803-2811, May1, 2016.
- [18] A. M. Căilean, M. Dimian, V. Popa, L. Chassagne and B. Cagneau, "Novel DSP Receiver Architecture for Multi-Channel Visible Light Communications in Automotive Applications," in *IEEE Sensors Journal*, vol. 16, no. 10, pp. 3597-3602, May15, 2016. doi: 10.1109/JSEN.2016.2529654
- [19] A. M. Căilean, "Study, implementation and optimization of a visible light communications system. Application to automotive field." *Lucrare de doctorat*, Universitatea Ștefan cel Mare din Suceava & University of Versailles, dec. 2014.
- [20] J. Luo, L. Fan and H. Li, "Indoor Positioning Systems Based on Visible Light Communication: State of the Art," in *IEEE Communications Surveys & Tutorials*, vol. 19, no. 4, pp. 2871-2893, Fourthquarter 2017. doi: 10.1109/COMST.2017.2743228
- [21] L. E. M. Matheus, A. B. Vieira, L. F. M. Vieira, M. A. M. Vieira and O. Gnawali, "Visible Light Communication: Concepts, Applications and Challenges," in *IEEE Communications Surveys & Tutorials*. doi: 10.1109/COMST.2019.2913348
- [22] G. Pan, P. D. Diamantoulakis, Z. Ma, Z. Ding and G. K. Karagiannidis, "Simultaneous Lightwave Information and Power Transfer: Policies, Techniques, and Future Directions," in *IEEE Access*, vol. 7, pp. 28250-28257, 2019. doi: 10.1109/ACCESS.2019.2901855
- [23] H. Hass, "LiFi is a paradigm-shifting 5G technology" in *Reviews in Physics*, vol. 3, pp. 26–31, 2018, doi.org/10.1016/j.revip.2017.10.001
- [24] M. Z. Chowdhury, M. T. Hossan, A. Islam and Y. M. Jang, "A Comparative Survey of Optical Wireless Technologies: Architectures and Applications," in *IEEE Access*, vol. 6, pp. 9819-9840, 2018. doi: 10.1109/ACCESS.2018.2792419
- [25] Cătălin Beguni, Sebastian-Andrei Avătămăniței, Alin-Mihai Căilean, Eduard Zadobrischi, Mihai Dimian, Hongyu Guan and Luc Chassagne "Toward a mixed visible light communications and ranging system for automotive applications," *6th International Symposium on Electrical and Electronics Engineering*, 18 - 20 October, Galați, Romania.
- [26] T. Borogovac, M. B. Rahaim, M. Tuganbayeva and T. D. C. Little, "Lights-off" visible light communications," *2011 IEEE GLOBECOM Workshops (GC Wkshps)*, Houston, TX, 2011, pp. 797-801. doi: 10.1109/GLOCOMW.2011.6162564
- [27] C. Beguni, A.-M. Căilean, S.-A. Avătămăniței, and M. Dimian, "Analysis and Experimental Investigation of the Light Dimming Effect on Automotive Visible Light Communications Performances," *Sensors*, vol. 21, no. 13, p. 4446, Jun. 2021. <https://doi.org/10.3390/s21134446>
- [28] S.-A. Avătămăniței, C. Beguni, A.-M. Căilean, M. Dimian, V. Popa, "Evaluation of Misalignment Effect in Vehicle-to-Vehicle Visible Light Communications: Experimental Demonstration of a 75 Meters Link," in *Sensors*, vol. 21, 3577. <https://doi.org/10.3390/s21113577>
- [29] A.-M. Căilean, M. Dimian, and V. Popa, "Noise-Adaptive Visible Light Communications Receiver for Automotive Applications: A Step Toward Self-Awareness," *Sensors*, vol. 20, no. 13, p. 3764, Jul. 2020. <https://www.mdpi.com/1424-8220/20/13/3764>
- [30] S.-A. Avătămăniței, A.-M. Căilean, A. Done, M. Dimian, V. Popa, and M. Prelipceanu, "Design and Intensive Experimental Evaluation of an Enhanced Visible Light Communication System for Automotive Applications," *Sensors*, vol. 20, no. 11, p. 3190, Jun. 2020. <https://www.mdpi.com/1424-8220/20/11/3190>
- [31] S. A. Avătămăniței, A.-M. Căilean, A. Done, M. Dimian, and M. Prelipceanu, "Noise Resilient Outdoor Traffic Light Visible Light Communications System Based on Logarithmic Transimpedance Circuit: Experimental Demonstration of a 50 m Reliable Link in Direct Sun Exposure," *Sensors*, vol. 20, no. 3, p. 909, Feb. 2020

<https://www.mdpi.com/1424-8220/20/3/909>

[32] I. Demirkol, D. Camps-Mur, J. Paradells, M. Combalia, W. Popoola and H. Haas, "Powering the Internet of Things through Light Communication," in IEEE Communications Magazine, vol. 57, no. 6, pp. 107-113, June 2019. doi: 10.1109/MCOM.2019.1800429

[33] M. Ayyash et al., "Coexistence of WiFi and LiFi toward 5G: concepts, opportunities, and challenges," in IEEE Communications Magazine, vol. 54, no. 2, pp. 64-71, February 2016. doi: 10.1109/MCOM.2016.7402263

Bibliografie minimală:

[1] D. Greenfield, The essential guide to optical network, Prentice Hall, 2002

[2] I. Ceapă, Sisteme de transmisiuni pe fibre optice, Matrix Rom, 1998

[3] A. Mihăiescu, Comunicații optice, Editura de Vest, 1999

[4] Iancu Ovidiu, Dispozitive optoelectronice, Ed. Matrix Rom, 2003

[5] A. Cailean, M. Dimian, "Current Challenges for Visible Light Communications Usage in Vehicle Applications: A Survey," in IEEE Communications Surveys & Tutorials, 2017, doi: 10.1109/COMST.2017.2706940

Laborator	Nr. Ore	Metode de predare	Observații
L1. Noțiuni de protecția muncii specifice laboratorului de comunicații optice și sisteme WDM. Introducere practică în comunicațiile optice.	2	expunere, cunoștințelor, clarificare conceptuală, activități de grup, aplicații practice, aplicații demonstrative, probleme rezolvate,	- activitatea se desfășoară la nivel de semi-grupă; - se expun pe scurt noțiunile teoretice pregătind abordarea temelor de către grupuri de studenți - se utilizează materiale suport în format tipărit și/sau electronic.
L2. Noțiuni de proiectare a rețelelor de comunicații optice: principiile fizice de funcționare, seminar și aplicații. Implementarea practică a unei rețele de fibră optică.	4		
L3. Surse de zgomot în comunicațiile prin lumină vizibilă (visible light communications - VLC): Studiu de caz: proiectarea, analiza, testarea și optimizarea unor sisteme VLC destinate aplicațiilor de siguranță rutieră: provocări, soluții, perspective. Analiza experimentală a performanțelor unui sistem VLC în condiții de zgomot. Tehnici de eliminare a zgomotului.	4		
L4. Comunicații prin lumină vizibilă: construirea de emițători și receptori VLC. Testarea comunicațiilor VLC analogice și digitale. Sisteme VLC ce utilizează WDM.	4		
Bibliografie:			
[1] D. Greenfield, The essential guide to optical network, Prentice Hall, 2002			
[2] Nader F. Mir, Computer and Communication Networks, Prentice Hall, 2006			
[3] Jeff Hecht, Understanding optical fiber, Ed. Prentice Hall, 2002			
[4] M.K. Liu, Principles and applications of optical communications, Irwin, 1996			
[5] A.M. Cailean, Îndrumar de laborator disponibil în format tipărit și în format electronic.			
Bibliografie minimală:			
[1] A.M. Cailean, Îndrumar de laborator disponibil în format tipărit și în format electronic.			
[2] D. Greenfield, The essential guide to optical network, Prentice Hall, 2002			
[3] Nader F. Mir, Computer and Communication Networks, Prentice Hall, 2006			

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

Conținutul disciplinei este în concordanță cu cerințele angajatorilor din domeniul electronicii, telecomunicațiilor, calculatoarelor. Conținutul se regăsește și în curricula disciplinelor similare de la alte programe de studiu din țara și din străinătate

10. Evaluare

Tip activitate	Criterii de evaluare	Metode de evaluare	Pondere din nota finală
Curs	Capacitatea de a utiliza și de a recunoaște terminologia de specialitate legată de structurile și	Evaluare prin probă finală orală/scrisă/proiect	40

	principiile de funcționare și proiectare predate.		
	Participarea activă în timpul cursurilor.	Evaluare activitate în timpul semestrului	10
Laborator	Media notelor acordate la lucrări practice.	<i>evaluare continuă</i> (prin metode orale și probe practice)	25
	Să dovedească faptul că au deprins aptitudinile de bază ce implică utilizarea echipamentelor și componentelor folosite în comunicațiile optice, și utilizarea lor în conceperea, proiectarea, implementarea, optimizarea și exploatarea unor rețele de comunicații optice.	<i>evaluare sumativă</i> (prin metode orale din tematica studiată în timpul semestrului și/sau proiect). La cererea studentului, activitatea pe parcurs poate fi echivalată prin proiecte, pregătirea și participarea la concursuri profesionale sau alte tipuri de activități specifice, cu aprobarea cadrului didactic care conduce lucrările practice; Studenți care au mai mult de 50% absențe la activitatea practică pot recupera această activitate cu aprobarea cadrului didactic care conduce lucrările practice.	25

Standard minim de performanță

- capacitatea de a utiliza și de a recunoaște terminologia de specialitate legată de structurile și principiile de funcționare și proiectare predate;
- la examen trebuie făcută dovada înțelegerii aplicațiilor prezentate în proporție de cel puțin 50%;
- la laborator, cursanții trebuie să dovedească faptul că au deprins aptitudinile de bază ce implică utilizarea echipamentelor și componentelor folosite în comunicațiile optice, și utilizarea lor în conceperea, proiectarea, implementarea, optimizarea și exploatarea unor rețele de comunicații optice.

Data completării	Semnătura titularului de curs	Semnătura titularului de aplicație
20.09.2022		

Data avizării în departament	Semnătura directorului de departament
26.09.2022	

Data aprobării în Consiliul facultății	Semnătura decanului