

FIȘA DISCIPLINEI

Circuite electronice pentru implementarea sistemelor inteligente

Anul universitar 2022-2023

1. Date despre program

1.1	Instituția de învățământ superior	Universitatea din Pitești
1.2	Facultatea	Electronica, Comunicații și Calculatoare
1.3	Departamentul	Electronica, Calculatoare și Inginerie Electrică
1.4	Domeniul de studii	Inginerie electronică, telecomunicații și tehnologii informaționale
1.5	Ciclul de studii	Master
1.6	Programul de studii / Calificarea	Inginerie Electronică și Sisteme Inteligente (IESI) / <i>Proiectant inginer de sisteme și calculatoare (215214); Inginer sisteme de securitate (215222); Inginer de cercetare în automatica (215239);</i>

2. Date despre disciplină

2.1 Denumirea disciplinei												Circuite electronice pentru implementarea sistemelor inteligente											
2.2		Titularul activităților de curs										Ș.L.dr. ing. BOSTAN Ionel											
2.3		Titularul activităților de laborator										Ș.L.dr. ing. BOSTAN Ionel											
2.4		Anul de studii		I		2.5		Semestrul		2		2.6		Tipul de evaluare		E		2.7		Regimul disciplinei		O	

3. Timpul total estimat

3.1	Număr de ore pe săptămână	4	3.2	din care curs	2	3.3	Laborator/proiect	1/1
3.4	Total ore din planul de inv.	56	3.5	din care curs	28	3.6	Laborator/proiect	14/14
Distribuția fondului de timp								ore
Studiul după manual, suport de curs, bibliografie și notițe								26
Documentare suplimentară în bibliotecă, pe platformele electronice de specialitate și pe teren								26
Pregătire teme, referate, seminarii								10
Tutoriat								-
Examinări								6
Alte activități: elaborare proiect								26
3.7	Total ore studiu individual	94						
3.8	Total ore pe semestru	150						
3.9	Număr de credite	6						

4. Precondiții (acolo unde este cazul)

4.1	De curriculum	Modele ale inteligenței artificiale, Bazele inteligenței artificiale, Electronica analogică, Circuite logice, Limbaje de descriere hardware.
4.2	De competențe	-

5. Condiții (acolo unde este cazul)

5.1	De desfășurare a cursului	Sală cu minim 25 locuri dotată cu videoproector
5.2	De desfășurare a laboratorului	Sală cu minim 10 posturi de lucru dotate cu PC

6. Competențe specifice acumulate

Competențe profesionale	C1. Cunoașterea în profunzime a teoriilor și conceptelor pentru descrierea cantitativă și calitativă a sistemelor cu inteligență artificială; (3 p.c.) C2. Utilizarea tehnicilor de modelare simulativă și proiectare asistată a circuitelor și sistemelor electronice de prelucrare inteligentă a informației, prin fuzionarea tehnologiei sistemelor programabile, reconfigurabile și analogice; (3 p.c.)
Competențe transversale	

7. Obiectivele disciplinei

7.1 Obiectivul general al disciplinei	Prezentarea principalelor aspecte legate de implementarea hardware a sistemelor fuzzy și a rețelelor neuronale artificiale cu ajutorul circuitelor electronice, analogice sau digitale. Pentru fiecare sistem se prezintă problematica implementării cu circuite electronice dedicate, respectiv cu circuite de uz curent (FPA, FPGA).
---------------------------------------	--

7.2 Obiectivele specifice	<p>Obiective cognitive:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Cunoașterea principalelor circuitelor electronice folosite ca blocuri funcționale în structura sistemelor inteligente implementate hardware; - Cunoașterea principalelor modalități de implementare hardware a sistemelor fuzzy folosind circuite analogice sau circuite digitale; - Cunoașterea principalelor modalități de implementare hardware a rețelelor neuronale artificiale folosind circuite analogice sau circuite digitale; <p>Obiective procedurale:</p> <ul style="list-style-type: none"> - utilizarea cunoștințelor multidisciplinare dobândite anterior pentru proiectarea și simularea unui sistem cu inteligență artificială folosind circuite de uz general de tip FPAA sau FPGA; - utilizarea tehnicii de calcul pentru simularea, proiectarea și optimizarea circuitelor electronice; <p>Obiective atitudinale:</p> <ul style="list-style-type: none"> - dezvoltarea abilităților de cercetare interdisciplinară.
---------------------------	---

8. Conținuturi

8.1. Curs		Metode de predare	Observații Resurse folosite
1.	<p>Problematica sistemelor cu inteligența artificială implementate hardware (SIAH)</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Clasificarea SIAH 2. Analiza avantajelor/dezavantajelor realizărilor hardware versus software 3. Analiza avantajelor/dezavantajelor implementării analogice versus digitale 4. Analiza avantajelor/dezavantajelor utilizării circuitelor dedicate versus circuite de uz curent 5. Realizări, perspective 	Prelegere	Calculator; Videoproiector; Suport documentar; Moodle;
2.	<p>Circuite electronice analogice folosite în SIAH</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Oglinzi de curent 2. Amplificatoare diferențiale 3. Circuite de MIN/MAX 4. Amplificatoare de transadmitanță 5. Circuite de multiplicare analogică 6. Circuite translineare 	Prelegere Exemple, Studiu de caz	Calculator; Videoproiector; Suport documentar; Moodle;
3.	<p>Circuite electronice digitale folosite în SIAH</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Circuite aritmetice (adunare, scădere, înmulțire) 2. Registre și numărătoare 3. Proiectarea automatelor FSM <ol style="list-style-type: none"> a. Metoda clasică de proiectare a FSM; b. Automate Richards c. Proiectarea automatelor FSM sincrone folosind codificarea One-Hot d. Proiectarea automatelor FSM asincrone folosind codificarea One-Hot 	Prelegere Exemple, Studiu de caz	Calculator; Videoproiector; Suport documentar; Moodle;
4	<p>Implementarea analogică a reguletoarelor fuzzy</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Circuite pentru implementarea funcțiilor de apartenență (cu operare în tensiune, cu operare în curent) 2. Circuite pentru implementarea partițiilor fuzzy compacte 3. Circuite pentru implementarea T-normelor și a T-conormelor 4. Circuite pentru defuzzyficare 5. Exemple de arhitecturi de procesoare fuzzy analogice de uz comercial 	Prelegere, Exemplificare, Studiu de caz	Calculator; Videoproiector; Suport documentar; Moodle;
5	<p>Implementarea digitală a reguletoarelor fuzzy în structuri de tip FPGA</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Modalități de implementare a funcțiilor de apartenență 2. Modalități de implementare a partițiilor fuzzy compacte 3. Modalități de implementare a T-normelor și a T-conormelor 4. Modalități de implementare a etapei de defuzzyficare 5. Arhitecturi cunoscute de procesoare fuzzy digitale 	Prelegere, Exemplificare, Studiu de caz	Calculator; Videoproiector; Suport documentar; Moodle;
6	<p>Implementarea analogică a rețelelor neuronale artificiale (ANN)</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Modalități de reprezentare a datelor specifice calculului neuronal 2. Circuite pentru implementarea ponderilor conexiunilor 	Prelegere, Exemplificare, Studiu de caz	Calculator; Videoproiector; Suport documentar; Moodle;

	3. Circuite pentru implementarea funcțiilor de activare 4. Circuite de sumare ponderata 5. Circuite pentru implementarea mecanismelor de adaptare a ponderilor 6. Arhitecturi de procesoare neuronale analogice de uz comercial		
7	Implementarea rețelelor neuronale artificiale in structuri de tip FPGA 1. Implementarea rețelelor neuronale artificiale fără ponderi „Weightless Neural Networks”, - Modelul WISARD 2. Implementarea rețelelor neuronale ART (Adaptive Resonance Theory) - Arhitectura FAST 3. Implementarea rețelelor neuronale RBF (Radial Basis Function) - Arhitectura ZISC	Prelegere, Exemplificare, Studiu de caz	Calculator; Videoproiector; Suport documentar; Moodle;

Bibliografie

1. **Bostan Ionel** – Circuite electronice pentru implementarea sistemelor inteligente – Note de curs, 2021, suport electronic accesibil prin platforma Moodle;
2. **Bostan Ionel** – Circuite electronice pentru implementarea sistemelor inteligente – Teste grilă pentru verificarea părții teoretice, 2021, suport electronic accesibil prin platforma Moodle;
3. Neil H. E. Weste, David Money Harris - CMOS VLSI Design_ A Circuits and Systems Perspective (4th Edition), Addison Wesley, 2010;
4. Hubert Kaeslin - Digital Integrated Circuit Design From VLSI Architectures to CMOS Fabrication, Cambridge University Press, 2008.pdf;

Bibliografie suplimentară

1. Carlos Dualibe, Michel Verleysen, Paul G.A. Jespers - **Design of Analog Fuzzy Logic Controllers in CMOS Technologies**, Kluwer Academic Publishers, 2003;
2. Iluminada Baturone, Angel Barriga, Carlos Jimenez-Fernandez, Santiago Sanchez-Solano - **Microelectronic Design of Fuzzy Logic-based Systems**, CRC Press, 2000;
3. Ahmad Ibrahim - **Fuzzy Logic for Embedded Systems Applications**, Elsevier, 2004;
4. Marek Patyra, Janos Grantner, Kirby Koster - **Digital Fuzzy Logic Controller: Design and Implementations**, IEEE Transactions on Fuzzy Systems, Vol. 4. No. 4, November, 1996;
5. Amos R. Omondi, Jagath C. Rajapakse - **FPGA Implementations of Neural Networks**, Springer, 2006;
6. Yevgeny Perelman, Ran Ginosar - **The NeuroProcessor**, Springer, 2008;
7. Clark S. Lindsey - **Neural Networks in Hardware: Architectures, Products and Applications**, <http://www.particle.kth.se/~lindsey/HardwareNNWCourse/home.html>;
8. Muthuramalingam, S. Himavathi, E. Srinivasan, - **Neural Network Implementation Using FPGA: Issues and Application**, International Journal of Information Technology, Volume 4 Number 2, 2005;
9. Roman Kohut, Bernd Steinbach, Dominik Fröhlich, **FPGA Implementation of Boolean Neural Networks using UML**, Freiberg University of Mining and Technology, Institute of Computer Science, Germany;
10. Virgil Tiponut, Catalin-Daniel Căleanu – **Rețele neuronale**, Ed. Politehnica, Timisoara, 2002;

8.2. Aplicații – Laborator		Metode de predare	Observații Resurse folosite
1	Implementarea in FPGA a unui circuit ce emulează funcția de circuit basculant monostabil	Experiment, Simulare	PC Machete de laborator Mediu de simulare TINA
2	Implementarea in FPGA a automatelor FSM sincrone, bazate pe codificarea “one hot”, descriere la nivel de schemă logică; Partea 1: FSM sincron pentru comanda unui circuit de interfațare - implementare cu bistabil de tip D;	Experiment, Simulare	PC Machete de laborator Mediu de simulare TINA
3	Implementarea in FPGA a automatelor FSM sincrone, bazate pe codificarea “one hot”, descriere la nivel de schemă logică; Partea 2: FSM sincron pentru comanda unui circuit de interfațare - implementare cu bistabil de tip JK;	Experiment, Simulare	PC Machete de laborator Mediu de simulare TINA
4	Implementarea in FPGA a automatelor FSM sincrone, bazate pe codificarea “one hot”, descriere la nivel de schemă logică; Partea 3: FSM sincron pentru detecția unei secvențe binare de 4 biți într-un șir binar de intrare	Experiment, Simulare	PC Machete de laborator Mediu de simulare TINA
5	Regulator fuzzy implementat cu circuite analogice: Partea I: Implementarea funcțiilor de apartenență folosind amplificatoare operaționale	Simulare	PC Mediu de simulare TINA
6	Regulator fuzzy implementat cu circuite analogice: Partea II: implementarea funcțiilor de apartenență folosind amplificatoare diferențiale realizate cu tranzistoare bipolare	Experiment, Simulare	PC Machete de laborator Mediu de simulare TINA
7	Implementarea in FPGA a reguletoarelor fuzzy digitale cu 2 intrări si 2 ieșiri	Simulare	PC Mediu de simulare TINA

	Scenariul On-Line		
1	Facilități avansate oferite de mediile de simulare a circuitelor digitale (conceptul de macrocircuit, descrierea funcționării la nivel de schemă logică sau în limbaj VHDL);	Simulare	Mediu de simulare TINA <i>Moodle +Zoom</i>
2	Proiectarea și simularea unui circuit digital ce emulează funcția de circuit basculant monostabil;	Simulare	Mediu de simulare TINA <i>Moodle +Zoom</i>
3	Proiectarea și simularea unui FSM sincron pentru comanda unui circuit electronic de interfațare – implementare cu bistabili D, codificarea stărilor prin metoda “one hot”;	Simulare	Mediu de simulare TINA <i>Moodle +Zoom</i>
4	Proiectarea și simularea unui FSM sincron pentru comanda unui circuit electronic de interfațare – implementare cu bistabili JK, codificarea stărilor prin metoda “one hot”;	Simulare	Mediu de simulare TINA <i>Moodle +Zoom</i>
5	Proiectarea și simularea unui FSM sincron pentru detecția unei secvențe binare de 4 biți într-un șir binar de intrare	Simulare	Mediu de simulare TINA <i>Moodle +Zoom</i>
6	Regulator fuzzy: Implementarea funcțiilor de apartenență folosind amplificatoare operaționale	Simulare	Mediu de simulare <i>Moodle +Zoom</i>
7	Regulator fuzzy: implementarea funcțiilor de apartenență folosind amplificatoare diferențiale realizate cu tranzistoare bipolare	Simulare	Mediu de simulare <i>Moodle +Zoom</i>

Bibliografie

1. **Bostan Ionel** – Circuite electronice pentru implementarea sistemelor inteligente – Îndrumar de laborator, 2021, suport electronic accesibil prin platforma Moodle;
2. Carlos Dualibe, Michel Verleysen, Paul G.A. Jespers - **Design of Analog Fuzzy Logic Controllers in CMOS Technologies**, Kluwer Academic Publishers, 2003
3. Amos R. Omondi, Jagath C. Rajapakse - **FPGA Implementations of Neural Networks**, Springer, 2006;
4. Ionel Bostan, *Metode clasice si moderne in studiul circuitelor digitale - lucrări practice de laborator*, Ed. MatrixRom, 2006.

8.3. Aplicații – Proiect		Metode de predare	Observații Resurse folosite
1	Formularea temei de proiectare <i>Exemple de teme propuse</i> <ol style="list-style-type: none"> 1. Proiectarea în VHDL a unui regulator fuzzy digital cu următorii parametri: 2 intrări, 2 ieșiri, 4 funcții de apartenență pe fiecare intrare, baza de reguli formată din 8 reguli distincte; 2. Proiectarea în VHDL a unui rețele neuronale digitale de tip „Weightless Neural Networks” caracterizată de următorii parametri: 16 intrări, 8 ieșiri, 1 strat ascuns, 8 neuroni pe strat. 3. Proiectarea și simularea unui regulator fuzzy analogic (partea de fuzificare) cu 2 intrări și 5 funcții de apartenență pe fiecare intrare; 4. Alte teme din problematica cursului, de complexitate similară cu temele anterioare, propuse de masteranzi. 	Analiză, Documentare, Problematizare,	-
2	Proiectarea și descrierea funcționării la nivel de schemă bloc	Problematizare, Studiu de caz,	Medii de simulare și dezvoltare a aplicațiilor cu FPGA sau FPAA; Calculatoare PC (<i>Moodle +Zoom</i>)
3	Exemple de proiectare a blocurilor funcționale (Partea I)		
4	Exemple de proiectare a blocurilor funcționale (Partea II)		
5	Testarea și verificarea blocurilor funcționale		
6	Testarea și verificarea întregului sistem		
7	Susținerea proiectelor	Verificare	(<i>Moodle +Zoom</i>)

Bibliografie

1. **Bostan Ionel** – Circuite electronice pentru implementarea sistemelor inteligente – Îndrumar de proiectare, 2021, suport electronic accesibil prin platforma Moodle;
2. **Bostan Ionel** – Circuite electronice pentru implementarea sistemelor inteligente – Teste grilă pentru verificarea părții de proiect, 2021, suport electronic accesibil prin platforma Moodle;
3. Carlos Dualibe, Michel Verleysen, Paul G.A. Jespers - **Design of Analog Fuzzy Logic Controllers in CMOS Technologies**, Kluwer Academic Publishers, 2003
4. Ahmad Ibrahim - **Fuzzy Logic for Embedded Systems Applications**, Elsevier, 2004;
5. Muthuramalingam, S. Himavathi, E. Srinivasan, - **Neural Network Implementation Using FPGA: Issues and Application**, International Journal of Information Technology, Volume 4 Number 2, 2005
6. Roman Kohut, Bernd Steinbach, Dominik Fröhlich, **FPGA Implementation of Boolean Neural Networks using UML**, Freiberg University of Mining and Technology, Institute of Computer Science, Germany

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

Tematica cursului este:

- armonizată cu cea a cursurilor similare predate la universități din țară și din străinătate;

- discutată cu reprezentanții unor agenți economici (precum S.C. Lisa Draxlmaier-Pitești, S.C. Automobile Dacia S.A., S.C. Continental Sibiu) cu ocazia vizitelor tematice efectuate cu studenții la sediul firmelor sau cu ocazia vizitelor efectuate de reprezentanții firmelor la facultatea noastră pentru orientarea în cariera;
- discutată cu alte cadre didactice cu ocazia participării la proiecte ERASMUS +, conferințe sau simpozioane internaționale sau naționale;

10. Evaluare

Tip activitate	10.1 Criterii de evaluare	10.2 Metode de evaluare	10.3 Pondere din nota finală
10.4 Curs	a) Interes disciplină;	Participări la conversații euristice, dezbateri, teste de tip quiz pe platforma Moodle;	10%
	b) Evaluare finală	Test scris sau evaluare pe platforma Moodle + Zoom;	30%
10.5 Laborator	Rezolvarea studiilor de caz; completarea referatelor cu rezultatele lucrărilor practice/simulărilor; interpretarea rezultatelor;	Verificare prin teste de tip quiz pe platforma Moodle; Probă practică /(simulare circuite si verificare prin platforma Zoom)	30%
10.6 Proiect	Verificarea îndeplinirii datelor inițiale de proiectare	Verificare prin teste de tip quiz pe platforma Moodle; Susținerea proiectului /(verificare prin platforma Moodle +Zoom)	30%
10.7 Standard minim de performanță	<p>Cunoașterea, analiza și proiectarea principalelor tipuri de circuite electronice (analogice și digitale) folosite în implementarea hardware a sistemelor cu inteligență artificială.</p> <p>Abilitatea de a face analize comparative între performanțele sistemelor cu inteligență artificială implementate hardware/software, analogic/digital.</p> <p>Cerințe minimale pentru evaluarea finală:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Analiza avantajelor/dezavantajelor realizărilor hardware versus software 2. Analiza avantajelor/dezavantajelor implementării analogice versus digitale 3. Amplificatoare diferențiale 4. Circuite de MIN/MAX implementate analogic 5. Principiul de funcționare al circuitelor translineare 6. Circuite pentru implementare analogica a funcțiilor de apartenență cu operare în tensiune 7. Circuite pentru implementare în FPGA a funcțiilor de apartenență 7. Modalități de reprezentare a datelor specifice calculului neuronal 8. Circuite pentru implementarea analogica a ponderilor conexiunilor ANN 9. Circuite pentru implementarea în FPGA a ponderilor conexiunilor ANN 10. Cunoașterea unui exemplu de implementare hardware de ANN respectiv de sistem fuzzy 		

Data completării
13.09.2022

Titular de curs
Ș.L.dr. ing. BOSTAN Ionel

Titular de laborator
Ș.L.dr. ing. BOSTAN Ionel

Data avizării în departament
15.09.2022

Director de departament
Prof.univ.dr.ing. Gheorghe SERBAN