

## 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	Tehnologii Multimedia (TM) / Master
1.7 Forma de învățământ	IF – învățământ cu frecvență
1.8 Codul disciplinei	TM08.00

### 2. Date despre disciplină

2.1 Denumirea disciplinei	Arhitecturi paralele de calculatoare						
2.2 Aria de conținut	Arie teoretică Arie metodologică Arie de analiză						
2.3 Responsabil de curs	Sl.dr.ing. Ovidiu BUZA – Ovidiu.Buza@com.utcluj.ro						
2.4 Titularul activităților de seminar / laborator / proiect	Sl.dr.ing. Ovidiu BUZA – Ovidiu.Buza@com.utcluj.ro						
2.5 Anul de studiu	1	2.6 Semestrul	2	2.7 Tipul de evaluare	Examen	2.8 Regimul disciplinei	DA/DI

### 3. Timpul total estimat

3.1 Număr de ore pe săptămână	3	din care: 3.2 curs	2	3.3 seminar / laborator	1
3.4 Total ore din planul de învățământ	42	din care: 3.5 curs	28	3.6 seminar / laborator	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: .....					
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	<i>Sisteme cu Microprocesoare</i>
4.2 de competențe	

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

5.1. de desfășurare a cursului	Cluj-Napoca, UTCN sau online
5.2. de desfășurare a seminarului / laboratorului / proiectului	Cluj-Napoca, laborator UTCN sau online

### 6. Competențele specifice acumulate

Competențe profesionale	C1. Utilizarea elementelor fundamentale referitoare la dispozitivele, circuitele, sistemele, instrumentația și tehnologia electronică C3. Aplicarea cunoștințelor, conceptelor și metodelor de bază privitoare la arhitectura sistemelor de calcul, microprocesoare, microcontrolere, limbaje și tehnici de programare C4. Conceperea, implementarea și operarea serviciilor de date, voce, video, multimedia, bazate pe înțelegerea și aplicarea notiunilor fundamentale din domeniul comunicațiilor și transmisiunii informației
Competențe transversale	N/A

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

7.1 Obiectivul general al disciplinei	Dezvoltarea de competente privind arhitectura sistemelor de calcul paralele.
7.2 Obiectivele specifice	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Înțelegerea conceptelor de baza privind arhitectura sistemelor de calcul și a sistemelor de calcul paralele</li> <li>2. Dezvoltarea de deprinderi și abilități necesare pentru lucrul cu sisteme paralele de calcul</li> <li>3. Dezvoltarea de deprinderi și abilități necesare pentru proiectarea programelor cu structura paralela</li> </ol>

### 8. Conținuturi

8.1 Curs	Metode de predare	Observații
1. Notiuni introductive: istoric; taxonomia arhitecturilor de calculatoare; familii de procesoare; metode de evaluare a performanțelor; legea lui Amdahl; tipuri de arhitecturi paralele; granularitatea sistemelor paralele	Expunere la tablă, prezentare cu videoprojector, discuții.	Nu este cazul.
2. Tehnologii avansate utilizate în arhitecturile de procesoare: procesoare în sisteme paralele; transputerul; procesoare RISC; arhitectura pipeline; procesoare superscalare și superpipeline; procesoare VLIW; procesoare vectoriale		
3. Memorii cache: memorii cache cu mapare directă; memorii cache complet asociative; memorii cache set-asociative; strategii de implementare pentru memorii cache; memorii <i>write-through</i> și memorii <i>write-back</i>		
4. Rețele de comunicație în sisteme paralele: clasificarea rețelelor în funcție de topologie; rețele directe/indirecte;		

rețele bazate pe magistrala; rețele multistagiu; rețele blocante și neblocante; rețele crossbar; comparație între rețelele directe și cele indirecte; metode de transmitere a pachetelor în sisteme paralele		
5. Tehnici de rutare: rutare stabilită la nivelul nodului sursă; rutarea locală; rutarea adaptivă și rutarea deterministă; eliminarea blocajelor de rutare; folosirea canalelor virtuale; metode de implementare a comunicației multicast		
6. Arhitecturi paralele și distribuite: arhitectura multiprocesor și multicalculator; sisteme distribuite; arhitectura grid; sisteme SIMD: procesoare matriciale, hipercuburi, sisteme sistolice		
7. Multicalculatoare: implementările VSM și SVM; abordări și metode folosite în proiectarea sistemelor multicalculator; metoda cu server central; metoda migrației; metoda replicării datelor la citire; metoda <i>Full replication</i> ; exemple de multicalculatoare: IBM SP2 și Parsytec C		
8. Sisteme multiprocesor (I): arhitecturile UMA, NUMA, CC-NUMA; coerența memoriilor cache în sisteme cu memorie partajată; surse de inconsistență a datelor; protocoalele <i>write-invalidated</i> și <i>write-update</i>		
9. Sisteme multiprocesor (II); ascunderea latenței la accesul memoriei de la distanță; modele de consistență a memoriei; arhitectura COMA; comparație între arhitectura COMA și arhitectura CC-NUMA; arhitecturile S-COMA, R-NUMA		
10. Coerența memoriilor cache în sisteme multiprocesor: protocoalele <i>Snoopy-bus</i> și bazate pe director; memoria director: implementările <i>Full map</i> și <i>Limited map</i> ; metoda cu director înlănțuit; diagramele de stări și tranziții pentru memoriile <i>write-through</i> și <i>write-back</i>		
11. Arhitecturi moderne de multiprocesoare (I): arhitectura Intel Multicore; procesoare ARM; procesoare IBM (IBM Power, zSystems); calculatoare mainframe; supercomputere		
12. Arhitecturi moderne de multiprocesoare (II): Sisteme GPU; arhitectura procesoarelor grafice GPU; accesul la memorie al GPU; programarea GPU: grile, blocuri, thread-uri		
13. Sisteme de operare pentru arhitecturi paralele; exploatarea concurenței, mecanisme de sincronizare. Medii de programare paralele: MPI, OpenMP, PVM, limbajul CUDA, OpenCL		
14. Recapitulare. Teme pentru examen		
<b>Bibliografie</b> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. J. Ledin, Modern Computer Architecture and Organization: Learn x86, ARM, and RISC-V architectures and the design of smartphones, PCs, and cloud servers, 2nd Edition, Packt Publishing 2022, ISBN-13: 978-1803234519</li> <li>2. J. Lobur, L. Null, Essentials of Computer Organization and Architecture, Jones &amp; Bartlett Learning 2022, Kindle edition</li> <li>3. Yan Solihin, Fundamentals of Parallel Multicore Architecture, 1st Edition, Chapman and Hall/CRC June 30, 2020, ISBN-13 : 978-0367575281</li> <li>4. O. Buza, Arhitecturi Paralele de Calculatoare, Ed. Grinta, Cluj-Napoca, 2018, ISBN 978-606-037-012-3</li> </ol>		

5. J. L. Hennessy, D. A. Patterson, Computer Architecture, 6th Edition (The Morgan Kaufmann Series in Computer Architecture and Design), Elsevier, 2017, ISBN 978-0128119051
6. J. L. Hennessy, D. A. Patterson, Computer Organization and Design RISC-V Edition: The Hardware Software Interface (The Morgan Kaufmann Series in Computer Architecture and Design) 1st Edition, Elsevier, 2017, ISBN-13: 978-0128122754
7. G. Lerman, L. Rudolph, Parallel Evolution of Parallel Processors (Evaluation in Education and Human Services), Springer, 2013, ISBN-13: 978-1461362371
8. Michel Dubois, Parallel Computer Organization and Design, 1st Edition, Cambridge University Press August 1, 2012, ISBN-13 : 978-0521886758

#### Online references

1. \*\*\* Computer Architecture, 2022, <https://www.sciencedirect.com/topics/computer-science/computer-architecture>
2. \*\*\* Computer Organization and Architecture, 2022, <https://www.geeksforgeeks.org/computer-organization-and-architecture-tutorials>

8.2 Laborator	Metode de predare	Observații
1. Introducere în PVM; construirea unei mașini virtuale paralele	Prezentare teoretică și lucru interactiv	
2. Funcții de transmitere a mesajelor și control al task-urilor		
3. Funcții pentru grupuri de procese în PVM		
4. Implementarea algoritmului lui Cannon folosind biblioteca PVM		
5. Introducere în GPU Computing. Arhitectura GPU. Principiile de bază în programarea GPU. Limbajul CUDA. Exemple de aplicații		
6. Calcul paralel pe GPU (algoritmi de sortare, calcul matricial, prelucrări de imagini). Analiza performanțelor obținute		
7. Testul de laborator		

#### Bibliografie

1. R. Ansoorge, Programming in Parallel with CUDA: A Practical Guide, Cambridge University Press 2022; ISBN 978-1108479530
2. G. Barlas, Multicore and GPU Programming: An Integrated Approach, Morgan Kaufmann 2022, ISBN-13: 978-0128141205
3. R. Trobec, B. Slivnik, P. Bulić, B. Robič, Introduction to Parallel Computing: From Algorithms to Programming on State-of-the-Art Platforms (Undergraduate Topics in Computer Science) 1st edition, Springer 2018, ISBN-13: 978-3319988320
4. D. B. Kirk, W. W. Hwu, Programming Massively Parallel Processors, Second Edition: A Hands-on Approach, Elsevier, 2012, ISBN-10: 0124159923
5. Shane Cook, CUDA Programming: A Developer's Guide to Parallel Computing with GPUs (Applications of GPU Computing Series), Elsevier, 2013, ISBN-10: 0124159338
6. A. Hangan, A. Rarau, C. Sipos, Calcul Paralel și Distribuțit, Indrumator de Laborator, Ed. UTPRESS, Cluj-Napoca 2009, ISBN 978-973-662-484-1
7. C. Lin, L. Snyder, Principles of Parallel Programming, Addison-Wesley, 2008, ISBN-13: 978-0321487902

#### Online references

1. \*\*\* Introduction to Parallel Programming with MPI, 2022, <https://pdc-support.github.io/introduction-to-mpi/05-parallel-paradigms/index.html>
2. \*\*\* Introduction to CUDA, 2022, <https://developer.nvidia.com/blog/even-easier-introduction-cuda/>

**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 de comunicații.

**10. Evaluare**

Tip activitate	10.1 Criterii de evaluare	10.2 Metode de evaluare	10.3 Pondere din nota finală
10.4 Curs	Verificarea cunoștințelor teoretice și practice dobândite	Probă scrisă	80%
10.5 Laborator	Verificarea deprinderilor și abilităților dobândite în urma activităților de laborator	Verificare pe parcurs prin teste de laborator	20%

**10.6 Standard minim de performanță**

**Nivel calitativ:**

*Cunoștințe minimale:*

- ✓ Cunoașterea arhitecturii unui sistem de calcul precum și a unui sistem de calcul paralel
- ✓ Cunoașterea tehnologiilor utilizate în cadrul arhitecturilor de procesoare
- ✓ Cunoașterea arhitecturii și a modului de funcționare a memoriilor cache
- ✓ Cunoașterea tipurilor și principiilor de funcționare a rețelelor de interconectare
- ✓ Cunoașterea tipurilor de arhitecturi paralele și distribuite
- ✓ Cunoașterea arhitecturii sistemelor multicalculator și multiprocesor
- ✓ Cunoașterea standardelor de programare pentru arhitecturile paralele

*Competențe minimale:*

- ✓ Să înțeleagă modul de realizare a unei mașini virtuale paralele
- ✓ Să poată realiza un program cu structura paralelă folosind biblioteca PVM
- ✓ Să poată realiza un program cu fire multiple de execuție folosind procesorul grafic GPU

**Nivel cantitativ:**

- ✓ Efectuarea tuturor lucrărilor de laborator
- ✓ Notele la examen și laborator să fie minim 5.
- ✓ Nota la disciplină se calculează cu relația:  $0,8 * \text{Nota\_examen} + 0,2 * \text{Nota\_laborator}$

Data completării:	Titulari	Titlu Prenume NUME	Semnătura
20.06.2023	Curs	Sl.dr.ing. Ovidiu BUZA	
	Aplicații	Sl.dr.ing. Ovidiu BUZA	

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