



### FIȘA DISCIPLINEI

#### 1. Date despre program

1.1 Instituția de învățământ superior	Universitatea Națională de Știință și Tehnologie Politehnica București
1.2 Facultatea	Electronică, Telecomunicații și Tehnologia Informației
1.3 Departamentul	Dispozitive, Circuite și Arhitecturi Electronice
1.4 Domeniul de studii	Inginerie Electronică, Telecomunicații și Tehnologii Informaționale
1.5 Ciclul de studii	Masterat
1.6 Specializarea	Calcul Avansat în Sisteme Embedded

#### 2. Date despre disciplină

2.1 Denumirea disciplinei (ro)		Verificare funcțională					
(en)		Functional Verification					
2.2 Titularul activităților de curs		S.I./Lect. Dr. Marius Enachescu					
2.3 Titularul activităților de seminar / laborator		S.I./Lect. Dr. Marius Enachescu, As. Florin-Silviu Dumitru					
2.4 Anul de studiu	1	2.5 Semestrul	I	2.6. Tipul de evaluare	E	2.7 Regimul disciplinei	Ob
2.8 Tipul disciplinei	DS	2.9 Codul disciplinei	UPB.04.M1.O.22-10	2.10 Tipul de notare	Nota		

#### 3. Timpul total estimat (ore pe semestru al activităților didactice)

3.1 Număr de ore pe săptămână	2	Din care: 3.2 curs	1.00	3.3 seminar/laborator	1
3.4 Total ore din planul de învățământ	28.00	Din care: 3.5 curs	14	3.6 seminar/laborator	14
Distribuția fondului de timp:					ore
Studiul după manual, suport de curs, bibliografie și notițe					
Documentare suplimentară în bibliotecă, pe platformele electronice de specialitate					56
Pregătire seminarii/ laboratoare/proiecte, teme, referate, portofolii și eseuri					
Tutorat					12
Examinări					4
Alte activități (dacă există):					0
3.7 Total ore studiu individual	72.00				
3.8 Total ore pe semestru	100				
3.9 Numărul de credite	4				

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

4.1 de curriculum	Programare orientata pe obiecte, Circuite integrate digitale
4.2 de rezultate ale învățării	Programare Verilog, Linux scripting

#### 5. Condiții necesare pentru desfășurarea optimă a activităților didactice (acolo unde este cazul)

5.1 Curs	Proiector, ecran alb și acces la Internet
----------	---



5.2 Seminar/ Laborator/Proiect	Laborator cu acces la Internet pentru studenți, proiector și ecran alb
-----------------------------------	--

**6. Obiectiv general** (*Se referă la intențiile profesorilor pentru studenți, la ceea ce studenții vor fi învățați în timpul cursului. Oferă o orientare cu privire la locul cursului în cadrul domeniului științific abordat, precum și la rolul pe care acesta îl are în cadrul specializării studiate. Vor fi descrise de o manieră generală tematicile abordate, justificarea includerii cursului în planul de învățământ al specializării studiate etc.*)

Această disciplină se studiază în cadrul domeniului Ingineriei Electronice, Telecomunicațiilor și Tehnologiilor Informaționale, la specializarea Calcul Avansat în Sisteme Embedded și prezintă conceptul de verificare funcțională, utilizarea limbajului SystemVerilog în contextul verificării funcționale, framework-ul UVM și aplicarea conceptelor de programare orientată pe obiect. Alături de acestea, sunt prezentate metricile de verificare funcțională folosite în industrie.

Se urmărește cunoașterea caracteristicilor unui mediu de verificare robust și eficient: automatizarea, reutilizarea codului sursă, ușurința în scrierea și menținerea codului, cuantificarea progresului folosind metricile relevante, verificarea tuturor specificațiilor și identificarea tuturor bug-urilor.

Studenții vor fi familiarizați cu framework-ul UVM realizat în SystemVerilog și folosit în prezent de întreaga industrie pentru verificarea celor mai moderne și complexe cipuri. Vor fi discutate componentele de verificare standard din cadrul UVM și fazele de execuție ale unei simulări.

**7. Competențe** (*Capacitatea dovedită de a utiliza cunoștințe, aptitudini și abilități personale, sociale și/sau metodologice în situații de muncă sau de studiu și pentru dezvoltarea profesională și personală. Reflectă cerințele angajatorilor.*)

<b>Specifice</b>	La sfârșitul acestui curs, studenții vor avea cunoștințe teoretice și practice de: <ul style="list-style-type: none"><li>- Proiectare a unui plan de verificare și implementarea sa</li><li>- Programare în SystemVerilog</li><li>- Analiza rezultatelor verificării</li><li>- Tehnici de depanare (debugging)</li></ul>
<b>Transversale (generale)</b>	<ul style="list-style-type: none"><li>- Are capacitatea de analiză și sinteză: prezintă în mod concis și clar cunoștințele dobândite prin analiza riguroasă a informațiilor.</li><li>- Demonstrează abilități în lucrul în echipă și comunică eficient, colaborând cu ceilalți pentru rezolvarea problemelor de complexitate medie.</li><li>- Manifestă autonomie și gândire critică: este capabil să analizeze și să interpreteze datele în mod independent, să identifice soluții și să formuleze concluzii relevante.</li><li>- Respectă principiile de etică academică: citează corect și adecvat sursele bibliografice utilizate în activitățile de documentare.</li><li>- Aplică aspecte ale inteligenței emoționale pentru gestionarea eficientă a aspectelor socio-emoționale în mediul academic, manifestând controlul și obiectivitatea în luarea deciziilor sau în situații tensionate.</li></ul>



**8. Rezultatele învățării** (Sunt enunțuri sintetice referitoare la ceea ce un student va fi capabil să facă sau să demonstreze la finalizarea unui curs. Rezultatele învățării reflectă realizările studentului și mai puțin intențiile profesorului. Rezultatele învățării informează studenții despre ceea ce se așteaptă de la ei din punct de vedere al performanței, pentru a obține notele și creditele dorite. Sunt definite în termeni concreți, folosind verbe similare exemplurilor de mai jos și indică ceea ce se va urmări prin evaluare. Rezultatele învățării vor fi astfel redactate încât să fie evidențiată clar relația față de competențele definite la punctul 7.)

<b>Cunoștințe</b>	<p><i>Rezultatul asimilării de informații prin învățare. Cunoștințele reprezintă ansamblul de fapte, principii, teorii și practici legate de un anumit domeniu de muncă sau de studiu. Pot fi teoretice și/sau factice.</i></p> <ul style="list-style-type: none"><li>- Definește noțiunile și conceptele specifice verificării funcționale, în strânsă relație cu particularitățile metodologiei UVM.</li><li>- Descrie în mod corespunzător tehnicile de analiză și verificare utilizate pentru testarea modulelor digitale în funcție de nivelul de integrare analizat.</li><li>- Înțelege și descrie funcționarea blocurilor componente ale sistemului și impactul acestora la nivelul cipului.</li><li>- Enumeră cele mai importante caracteristici ale unui mediu de verificare robust, evidențiind limitările, avantajele, dezavantajele și aplicabilitatea acestora în practică</li><li>- Înțelege și descrie corespunzător principalele faze ale simulării conform cu organizarea, cerințele și modul de lucru utilizate în industrie.</li></ul>
<b>Aptitudini</b>	<p><i>Capacitatea de a aplica cunoștințe și de a utiliza know-how pentru a duce la îndeplinire sarcini și a rezolva probleme. Aptitudinile sunt descrise ca fiind cognitive (implicând utilizarea gândirii logice, intuitive și creative) sau practice (implicând dexteritate manuală și utilizarea de metode, materiale, unelte și instrumente).</i></p> <ul style="list-style-type: none"><li>- Selectează și grupează informații relevante într-un context dat, putând astfel să descrie corespunzător diverse aspecte teoretice sau practice relevante pentru verificarea funcțională.</li><li>- Utilizează argumentat concepte și principii specifice verificării funcționale în vederea stabilirii gradului de îndeplinire a specificațiilor cipului.</li><li>- Validează experimental soluțiile identificate pentru rezolvarea practică a temei de proiect.</li><li>- Identifică și interpretează în mod corect relații de cauzalitate în funcționarea sistemului.</li><li>- Formulează concluzii corecte asupra rezultatelor de simulare obținute.</li></ul>
<b>Responsabilitate și autonomie</b>	<p><i>Capacitatea cursantului de a aplica în mod autonom și responsabil cunoștințele și aptitudinile sale.</i></p> <ul style="list-style-type: none"><li>- Selectează surse bibliografice potrivite și le analizează.</li><li>- Respectă principiile de etică academică, citând corect sursele bibliografice utilizate.</li><li>- Demonstrează receptivitate pentru contexte noi de învățare.</li><li>- Demonstrează autonomie în organizarea contextului de învățare și a problemelor de rezolvat.</li></ul>

**9. Metode de predare** (Se vor avea în vedere metode care să asigure predarea centrată pe student. Se va descrie modul în care se asigură participarea studenților la stabilirea propriului parcurs de învățare, cum se identifică eventualele rămăneri în urmă și ce măsuri remediale se adoptă în astfel de cazuri.)

Predarea disciplinei este construită în jurul comunicării orale, cu accent pe metodele interactive și demonstrative, precum și folosind metoda problematizării, toate fiind aplicate frontal. Se folosește videoproiectorul pentru a comunica și ilustra conținutul, combinat cu mijloace interactive bazate pe întrebări și feedback-ul activ al studenților.

În cadrul procesului de predare, studenților le sunt prezentate metodologii de analiză a specificațiilor modulelor digitale complexe și de dezvoltare a suitelor de teste pentru verificarea funcționalității acestora.



Metodele de predare includ prelegeri susținute folosind prezentări PowerPoint și utilizarea de materiale video relevante, care vor fi puse la dispoziția studenților. Fiecare lecție debutează cu o recapitulare a materialului prezentat anterior, concentrându-ne pe noțiunile esențiale prezentate în cursul precedent. Prezentările conțin numeroase secțiuni de cod sursă și diagrame, pentru a facilita înțelegerea și asimilarea informațiilor.

Alături de noțiunile teoretice, această disciplină integrează și activități practice complexe, constând în elaborarea unui proiect, menite să sprijine procesul de învățare al studenților și să dezvolte abilități esențiale pentru funcția de verificare funcțională a sistemelor digitale.

Sunt promovate abilitățile de ascultare activă și comunicare asertivă, împreună cu înțelegerea și aplicarea conceptelor de feedback constructiv, adaptând astfel procesul de predare la nevoile individuale ale studenților.

Toate materialele de curs sunt disponibile în format electronic pe platforma Moodle a facultății, pentru accesul și consultarea lor ușoară și convenabilă.

## 10. Conținuturi

CURS		
Capitolul	Conținutul	Nr. ore
1	Introducere -Importanta verificarii hardware -Nivele de verificare -Limbaje si metodologii -Unelte si tehnologii de verificare	1
2	Procesul de verificare functionala -Provocarea verificarii -Planificarea verificarii -Mediul de verificare -Rularea de teste -Procesul de depanare -Masurarea progresului	2
3	Generarea stimulilor -Reset -Generare aleatoare -Secvente de test -Module de test -Simulare si regresie	2
4	Monitoare si evaluare -Importanta auto-evaluarii -Ce este un model de referinta? -Evenimente, verificari temporale -Recuperarea datelor	2
5	Depanare -Analiza defectelor -Gestiunea defectelor cunoscute	1



6	Definirea si colectarea Metricilor de progres -Acoperirea codului -Acoperirea functionala -Acoperirea temporala si de asertie -Metrici unificate	2
7	Finalizarea verificarii -Analiza acoperirii -Rata de succes a testelor	1
8	Modele de verificare -Registre -FIFO -Arbitri -Translatoare -Blocuri algoritmice -Procesoare	2
9	Alte subiecte -Verificare la nivel de sistem -Verificare de semnal mixt -Verificarea sistemelor de putere scazuta	1
<b>Total:</b>		14

**Bibliografie:**

Bibliografie

- Bruce Wile, John Goss, Wolfgang Roesner, Comprehensive Functional Verification: The Complete Industry Cycle, Morgan Kaufmann; 1st edition (June 9, 2005)
- Andreas Meyer, Principles of functional verification, Newnes; 1st edition (November 5, 2003)

**LABORATOR**

Nr. crt.	Conținutul	Nr. ore
1	Aplicatii SystemVerilog	2
2	Module de test si Simulare	2
3	Constructia mediului de Verificare	2
4	Metrici si acoperirea testului	2
5	Teste de regresie	2
6	Asertii	2
7	Evaluare	2
<b>Total:</b>		14

**Bibliografie:**

Bibliografie

- Bruce Wile, John Goss, Wolfgang Roesner, Comprehensive Functional Verification: The Complete Industry Cycle, Morgan Kaufmann; 1st edition (June 9, 2005)
- Andreas Meyer, Principles of functional verification, Newnes; 1st edition (November 5, 2003)

**11. Evaluare**

Tip activitate	11.1 Criterii de evaluare	11.2 Metode de evaluare	11.3 Pondere din nota finală
----------------	---------------------------	-------------------------	------------------------------



11.4 Curs	Test Partial	scris	25%
	Examen final	scris	25%
11.5 Seminar/laborator/proiect	Finalizarea si performanta proiectului.	Prezentari recurente ale proiectului.	50%
11.6 Condiții de promovare			
Obținerea a 50% din punctajul aferent activității pe parcursul semestrului. Obținerea a 50% din punctajul de la examenul final. Finalizarea proiectului.			

**12. Coroborarea conținutului disciplinei cu așteptările reprezentanților angajatorilor și asociațiilor profesionale reprezentative din domeniul aferent programului, precum și cu stadiul actual al cunoașterii în domeniul științific abordat și practicile în instituții de învățământ superior din Spațiul European al Învățământului Superior (SEİS)**

Calitatea unui sistem electronic depinde în mare măsură de calitatea metodologiei de verificare aplicate aceluși sistem și efortul depus pentru verificare. Din aceste motive, în industria sistemelor electronice, până la 60% din efortul total pentru realizarea unui produs este dedicat verificării. Din aceleași motive, cererea pentru ingineri de verificare capabili este foarte crescută, atât în țară cât și în străinătate. Cursul oferă studenților oportunitatea de a acumula cunoștințe ce le permit să abordeze verificarea sistemelor de complexitate medie, permițându-le să fie rapid integrați într-o echipă de ingineri, fără a necesita antrenament suplimentar la angajare.

Data completării

Titular de curs

Titular(i) de aplicații

09.09.2022

S.l./Lect. Dr. Marius Enachescu

S.l./Lect. Dr. Marius Enachescu

As. Florin-Silviu Dumitru

Data avizării în departament

Director de departament

31.10.2024

Prof. Dr. Claudiu DAN

Data aprobării în Consiliul Facultății    Decan



**Universitatea Națională de Știință și Tehnologie Politehnica București**  
**Facultatea de Electronică, Telecomunicații și**  
**Tehnologia Informației**



01.11.2024

Prof. Dr. Mihnea Udrea