



### 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	Telecomunicații
1.4 Domeniul de studii	Inginerie Electronică, Telecomunicații și Tehnologii Informaționale
1.5 Ciclul de studii	Masterat
1.6 Specializarea	Tehnologii Integrate Avansate în Electronica Auto

#### 2. Date despre disciplină

2.1 Denumirea disciplinei (ro)		Modelarea, simularea și managementul termic ale modulelor electronice					
(en)		Modelling, simulation and thermal management for electronic modules					
2.2 Titularul activităților de curs		Prof. dr. ing. Ciprian Ionescu; S.I./Lect. Dr. Mihaela Pantazica					
2.3 Titularul activităților de seminar / laborator		Prof. dr. ing. Ciprian Ionescu; S.I./Lect. Dr. Mihaela Pantazica					
2.4 Anul de studiu	1	2.5 Semestrul	II	2.6. Tipul de evaluare	V	2.7 Regimul disciplinei	Ob
2.8 Tipul disciplinei	DA	2.9 Codul disciplinei	UPB.04.M2.O.16-12	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					37
Documentare suplimentară în bibliotecă, pe platformele electronice de specialitate					
Pregătire seminarii/ laboratoare/proiecte, teme, referate, portofolii și eseuri					
Tutorat					3
Examinări					4
Alte activități (dacă există):					3
3.7 Total ore studiu individual	47.00				
3.8 Total ore pe semestru	75				
3.9 Numărul de credite	3				

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



4.1 de curriculum	Parcurgerea următoarelor discipline: Componente și circuite pasive Dispozitive și circuite electronice; Circuite integrate digitale și analogice, Fizică, Materiale electronice, Tehnici CAD, Tehnologii de interconectare în electronică.
4.2 de rezultate ale învățării	Acumularea următoarelor cunoștințe: Cunoștințe primare de electronică analogică și digitală, tehnologie electronică, semnale, circuite și sisteme electronice.

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

5.1 Curs	Cursul se va desfășura într-o sală dotată cu videoproiector, calculator și ecran.
5.2 Seminar/ Laborator/Proiect	Laboratorul/seminarul se va desfășura într-o sală cu dotări specifice unei săli de proiectare asistată de calculator în electronică; Software: Cadence Orcad, MathCAD.

**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.)*

Cursul „Modelarea, simularea și managementul termic al modulelor electronice” urmărește familiarizarea studenților cu aspectele teoretice și ulterior practice ale modelării/simulării electrice și termice a modulelor și sistemelor electronice complexe, cursul având astfel două părți distincte: simulare electrică și simulare termică. Pentru partea întâi, sunt prezentate noțiuni teoretice legate de modelarea/simularea componentelor și circuitelor electronice, a structurilor de interconectare și a modulelor electronice, a sistemelor electronice și mecatronice precum și aspecte practice în utilizarea programelor de simulare de tip SPICE.

În partea a doua, cursul urmărește familiarizarea studenților cu aspectele teoretice și practice ale transferului de căldură și a managementului termic în aparatele electronice ce sunt utilizate în condiții specifice echipamentelor auto. Sunt prezentate noțiuni teoretice legate de transferul termic precum și metodele de modelare/simulare din punct de vedere termic a componentelor și circuitelor electronice, a structurilor de interconectare și a modulelor electronice. Se vor prezenta metode de simplificare a analizei pe baza modelului cu rezistențe termice. În final se vor analiza metode de realizare a managementului termic.

**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>	Conform grilelor 1 și 2 ale programului de studii C1: C4.2 - Implementarea și utilizarea hardware-ului și software-ului în tehnologiile avansate pentru realizarea modulelor electronice destinate condițiilor grele de lucru; - Aplicarea cunoștințelor din domeniul Electronicii Aplicate pentru efectuarea și finalizarea unor studii de caz și din domeniul sistemelor dedicate pentru Electronică Auto; - Elaborarea unor soluții ingineresti pentru rezolvarea unor probleme tehnologice din domeniul electronicii auto, electronicii de putere și a sistemelor de energie regenerabilă.
<b>Transversale (generale)</b>	Conform grilelor 1 și 2 ale programului de studii: CT3 Adaptarea la noile tehnologii, dezvoltarea profesională și personală, prin formare continuă, folosind surse de documentare tipărite, software specializat și resurse electronice în limba română și, cel puțin, într-o limbă de circulație internațională.



**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 exemplelor 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>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.</p> <p>Înțelegerea aspectelor multiple ale modelării electrice a modulelor electronice prin simulări de tip SPICE.</p> <p>Înțelegerea aspectelor modelării termice a componentelor și modulelor electronice prin calcule și scheme echivalente cu rezistențe termice.</p> <p>Enumeră cele mai importante etape care au marcat dezvoltarea domeniului.</p> <p>Definește noțiuni specifice domeniului.</p> <p>Describe/clasifică noțiuni/procese/fenomene/structuri.</p>
<b>Aptitudini</b>	<p>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).</p> <p>Implementarea și utilizarea hardware-ului și software-ului în tehnologiile avansate pentru realizarea modulelor electronice destinate condițiilor grele de lucru;</p> <p>Aplicarea cunoștințelor din domeniul Electronicii Aplicate pentru efectuarea și finalizarea unor studii de caz și din domeniul sistemelor dedicate pentru Electronică Auto;</p> <p>Elaborarea unor soluții ingineresti pentru rezolvarea unor probleme tehnologice din domeniul electronicii auto, electronicii de putere și a sistemelor de energie regenerabilă.</p> <p>Selectează și grupează informații relevante într-un context dat.</p> <p>Utilizează argumentat principii specifice.</p> <p>Lucrează productiv în echipă.</p> <p>Elaborează un text științific.</p> <p>Verifică experimental soluții identificate.</p> <p>Rezolvă aplicații practice.</p> <p>Interpretează adecvat relații de cauzalitate.</p> <p>Analizează și compară.</p> <p>Identifică soluții și elaborează planuri de rezolvare/proiecte.</p> <p>Formulează concluzii la experimentele realizate.</p> <p>Argumentează soluțiile identificate/modurile de rezolvare.</p>



<b>Responsabilitate și autonomie</b>	<p><i>Capacitatea cursantului de a aplica în mod autonom și responsabil cunoștințele și aptitudinile sale.</i></p> <p>Selectează surse bibliografice potrivite și le analizează.</p> <p>Respectă principiile de etică academică, citând corect sursele bibliografice utilizate.</p> <p>Demonstrează receptivitate pentru contexte noi de învățare.</p> <p>Manifestă colaborare cu ceilalți colegi și cadre didactice în desfășurarea activităților didactice.</p> <p>Demonstrează autonomie în organizarea situației/contextului de învățare sau a situației problemă de rezolvat.</p> <p>Manifestă responsabilitate socială prin implicarea activă în viața socială studentescă/implicare în evenimentele din comunitatea academică .</p> <p>Promovează/contribuie prin soluții noi, aferente domeniului de specialitate pentru a îmbunătăți calitatea vieții sociale.</p> <p>Conștientizează valoarea contribuției sale în domeniul ingineriei la identificarea de soluții viabile/sustenabile care să rezolve probleme din viața socială și economică (responsabilitate socială).</p> <p>Aplică principii de etică/deontologie profesională în analiza impactului tehnologic al soluțiilor propuse în domeniul de specialitate asupra mediului înconjurător.</p> <p>Demonstrează abilități de management al situațiilor din viața reală (gestionarea timpului colaborare vs. conflict).</p>
--	--

**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.*)

Pornindu-se de analiza caracteristicilor de învățare ale studenților și de la nevoile lor specifice, procesul de predare va explora metode de predare atât expositive (prelegerea, expunerea), cât și conversative-interactive, bazate pe modele de învățare prin descoperire facilitate de explorarea directă și indirectă a realității (experimentul, demonstrația, modelarea), dar și pe metode bazate pe acțiune, precum exercițiul, activitățile practice și rezolvarea de probleme.

În activitatea de predare vor fi utilizate prelegeri, în baza unor prezentări Power Point sau diferite filmulețe care vor fi puse la dispoziția studenților. Fiecare curs va debuta cu recapitularea capitolelor deja parcurse, cu accent asupra noțiunilor parcurse la ultimul curs.

Prezentările utilizează imagini și scheme, astfel încât informațiile prezentate să fie ușor de înțeles și asimilat. Această disciplină acoperă informații și activități practice menite să-i sprijine pe studenți în eforturile de învățare și de dezvoltare a unor relații optime de colaborare și comunicare într-un climat favorabil învățării prin descoperire.

Se va avea în vedere exersarea abilităților de ascultare activă și de comunicare asertivă, precum și a mecanismelor de construcție a feedback-ului, ca modalități de reglare comportamentală în situații diverse și de adaptare a demersului pedagogic la nevoile de învățare ale studenților.

Se va exersa abilitatea de lucru în echipă pentru rezolvarea diferitelor sarcini de învățare.

Predarea se bazează pe folosirea videoproiectorului (acoperind funcția de comunicare și demonstrativă); metodele de comunicare orală utilizate sunt metoda expositivă și metoda problematizării, utilizate frontal.

Materialele de curs sunt: notele și prezentările de curs, monografia titularului de curs (cu aprofundarea elementelor teoretice și cu elemente de proiectare avansată a unor module reale). Toate materialele sunt disponibile în format electronic, prin site-ul [www.cetti.ro](http://www.cetti.ro) și prin baza de date pusă la dispoziție de titularii de curs.

Prezentările de la laborator sunt realizate cu ajutorul echipamentelor electronice multimedia, video-proiectorului, planșelor, foliilor transparente, flip-chart-ului și tablei albe.

Pentru partea de modelarea termică sunt puse la dispoziție aplicații de calcul rezolvate.

Repere metodologice:



- prezentări PPT și multimedia;
- documentație științifică și tehnică în format tipărit și electronic;
- CD/DVD cu materialele pentru curs și aplicații;
- prezentări de tip “webinar” și documentație disponibilă pe Internet la adrese de referință în domeniu.

## 10. Conținuturi

CURS		
Capitolul	Conținutul	Nr. ore
1	Introducere în modelare și simulare electrică – aspecte teoretice, rezolvarea ecuațiilor și sistemelor de ecuații, metode numerice în modelarea și simularea circuitelor electronice.	1
2	Sisteme software de simulare; Introducere în mediul de simulare PSPICE și în blocul de vizualizare a rezultatelor simulării (Probe). Crearea și modificarea modelelor PSPICE.	1
3	Modelarea și simularea componentelor și circuitelor electronice în curent continuu. Simulare parametrică. Determinarea prin simulare a caracteristicilor statice ale dispozitivelor semiconductoare.	1
4	Modelarea și simularea componentelor și circuitelor electronice în domeniul timp.	1
5	Modelarea și simularea componentelor și circuitelor electronice în domeniul frecvență.	1
6	Simularea circuitelor digitale și mixte.	1
7	Realizarea unui proiect de circuit electronic de complexitate mică/medie și simularea complexă prin metode CAE-CAD.	1
8	Introducere; Necesitatea managementului termic. Efecte termice în circuitele electronice; Efecte ale temperaturii asupra componentelor pasive și active. Fiabilitate și mecanisme de defectare; Încercări accelerate. Proprietăți termice ale materialelor specifice circuitelor electronice. Standarde industriale și militare. Specificitatea domeniului auto.	1
9	Bazele transferului termic. Transferul termic prin conducție Legea lui Fourier, analogia electrică. Ecuația transferului termic prin conducție, condiții la limită, rezistențe de contact.	1
10	Transferul termic prin convecție. Modelul stratului limită. Teoria similitudinii și criteriile adimensionale Nusselt, Prandtl, Rayleigh. Aplicații la analiza termică în electronică pe baza canalelor de curgere.	1
11	Transferul termic prin radiație. Legile lui Lambert, factori de configurație, coeficient de emisie mutuală.	1
12	Modelarea termică pe baza rezistențelor termice. Studiul regimului termic la diferite tipuri de capsule microelectronice.	1
13	Regimul termic al tranzistoarelor de putere. Regimul termic al incintelor (carcaselor) utilizate în electronică.	1
14	Metode de management termic. Probleme tipice în echipamentele electronice.	1
	<b>Total:</b>	14



### Bibliografie:

1. Ciprian Ionescu, Mihaela Pantazică, Modelarea, simularea și managementul termic al modulelor electronice (MSMTME), suport de curs electronic,
2. Ionescu, C., Tehnici CAD de realizare a modulelor electronice, 274 p., 2013, ISBN 978-606-551-042-5, ISBN 978-606-13-1670-0, Editura Cavallioti, București, Editura PIM Iași.
3. Codreanu N. D., „Metode avansate de investigație a structurilor PCB”, Editura Cavallioti, București, 263 p., 2009, ISBN 978-973-7622-89-1.
4. Harper C. A., „Electronic packaging and interconnection handbook”, McGraw-Hill, fourth edition, 2005.
5. Fitzpatrick D., „Analog Design and Simulation using OrCAD Capture and PSpice”, Newnes/Elsevier, Oxford, 329 p., 2012, ISBN 978-0-08-097095-0.
6. Mitzner, K., Complete PCB design using OrCAD Capture and PCB editor, Newnes, 2009.
7. Coombs C. F., Jr., „Printed circuits handbook” – ediția a VI-a, McGraw Hill Professional, 1000 p., 2007, ISBN 978-0071510790.
8. Herniter M.E., Schematic Capture with Cadence Pspice, Prentice Hall, 2001.
9. Sztojanov I., Pașca S., Analiza asistată de calculator a circuitelor electronice, Ghid practic Pspice, Editura Teora, București, 1996.
10. A. Vladimirescu, SPICE, Editura Tehnică, București, 1999.
11. P. Svasta, V. Golumbeanu, C. Ionescu, A. Vasile, Rezistoare, Editura Cavallioti, 2007.
12. Shabany, Y., Heat Transfer, Thermal Management of Electronics, CRC Press, 2010.
13. Sargent, J, Krum, A., Thermal Management Handbook, 1998, McGraw Hill, 2001.
14. Y. A. Cengel, R. H. Turner, Fundamental of Thermal-Fluid Sciences, McGraw Hill, 2003.
15. Rohsenow W. M., Hartnett J. P., Cho Y. I., „Handbook of heat transfer”, McGraw-Hill, 1998.

### LABORATOR

Nr. crt.	Conținutul	Nr. ore
1	Realizarea proiectelor electronice prin metode CAD. Editarea schemei electrice pentru simulare.	1
2	Modelarea și simularea componentelor și circuitelor electronice în curent continuu.	1
3	Simularea caracteristicilor statice ale dispozitivelor semiconductoare.	1
4	Modelarea și simularea componentelor și circuitelor electronice în domeniul timp.	1
5	Modelarea și simularea componentelor și circuitelor electronice în domeniul frecvență.	1
6	Simularea circuitelor digitale și mixte.	1
7	Realizarea unui proiect de circuit electronic de complexitate medie și simularea complexă prin metode CAE-CAD.	1
8	Aplicații la conducția termică ce implică componente electronice. Aplicații complexe cu componente și substrat (PCB) al componentelor.	2
9	Modelarea cu rezistențe termice a capsulelor electronice (BGA, QFP, SOP).	1
10	Analiza termică în condiții de prezență simultană a convecției și radiației termice. rezolvări iterative.	2
11	Analiza termică asupra plăcilor electronice cu convecție forțată.	2
	<b>Total:</b>	14



**Bibliografie:**

- 1.Ciprian Ionescu, Mihaela Pantazică, Modelarea, simularea și managementul termic al modulelor electronice (MSMTME), suport de curs electronic,
- 2.Ionescu, C.. Tehnici CAD de realizare a modulelor electronice, 274 p., 2013, ISBN 978-606-551-042-5, ISBN 978-606-13-1670-0, Editura Cavallioti, București, Editura PIM Iași, editură recunoscută CNCSIS, cod CNCSIS 66.
- 3.Codreanu N. D., „Metode avansate de investigație a structurilor PCB”, Editura Cavallioti, București, 263p., 2009, ISBN 978-973-7622-89-1.
- 4.Jin Y., Wang Z., Chen J., „Introduction to Microsystem Packaging Technology”, CRC Press, Boca Raton, 218 p., 2011, ISBN 978-143981910-4.
- 5.Fitzpatrick D., „Analog Design and Simulation using OrCAD Capture and PSpice”, Newnes/Elsevier, Oxford, 329 p., 2012, ISBN 978-0-08-097095-0.
- 6.Mitzner, K. , Complete PCB design using OrCAD Capture and PCB editor, Newnes, 2009.
- 7.Coombs C. F., Jr., „Printed circuits handbook” – ediția a VI-a, McGraw Hill Professional, 1000 p., 2007, ISBN 978-0071510790.

**11. Evaluare**

Tip activitate	11.1 Criterii de evaluare	11.2 Metode de evaluare	11.3 Pondere din nota finală
11.4 Curs	Partea I - cunoașterea aspectelor teoretice din domeniul modelării și simulării electrice din electronică; - posibilitatea de simulare practică cu programe de tip PSPICE.	Test final pe calculator; subiectele acoperă întreaga materie, realizând o sinteză între parcurgerea teoretică comparativă a materiei și abilitățile practice de simulare.	40%
	Partea a II-a - cunoașterea noțiunilor teoretice fundamentale legate de transferul termic. - cunoașterea modului de aplicare a teoriei la probleme specifice de management termic.	Test tip grilă pe calculator.	20%



11.5 Seminar/laborator/proiect	Partea I - cunoașterea modului practic de modelare și simulare electrică a unui modul electronic; - cunoașterea tehnicilor de creare a componentelor virtuale; - cunoașterea tehnicilor de creare și modificare a modelelor PSPICE.	Prezența la laborator.	10%
	Partea a II-a - Rezolvarea corectă a unor aplicații de calcul termic specifice managementului termic în domeniului electronic. - Modelarea corectă cu rezistențe termice a unei aplicații de transfer termic. Calculul respectivelor rezistențe termice.	Prezența la laborator Test scris	30%
11.6 Condiții de promovare			
Partea I - cunoașterea tehnicilor CAE-CAD-CAM moderne din industria electronică; - verificarea integrității unui proiect electronic prin investigație virtuală. - modelarea și simularea electrică a unui modul electronic în curent continuu; - simularea caracteristicilor statice ale dispozitivelor semiconductoare; - modelarea și simularea componentelor și circuitelor electronice în domeniul timp; - modelarea și simularea componentelor și circuitelor electronice în domeniul frecvență; - simularea circuitelor digitale și mixte. Partea a II-a Modelarea cu rezistențe termice a unei aplicații de transfer termic. Calculul respectivelor rezistențe termice pornind de la parametri cunoscuți. Cunoașterea principalelor noțiuni teoretice aferente modelării regimului termic. Cerințe minime de promovare: -Participarea la laborator conform regulamentului studiilor universitare din UPB; -Obținerea a 50% din punctele alocate disciplinei.			

## 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 (SEIS)

Disciplina este destinată familiarizării masteranzilor cu activități specifice din packaging-ul electronic legate de modelarea electrică și cea termică. Se folosesc intens componente moderne în capsule de tip QFP, CSP, BGA specifice tehnologiei montării pe suprafață (SMT). Partea I este destinată metodelor CAD de inginerie electronică asistată de calculator, ținta principală fiind realizarea de viitoare produse electronice reale. Laboratorul cuprinde elemente de simulare cu programe tip SPICE. Se asigură astfel studenților competențe adecvate, în concordanță cu cerințele firmelor angajatoare. Regimul termic este abordat în partea a II-a a





**Universitatea Națională de Știință și Tehnologie Politehnica București**

**Facultatea de Electronică, Telecomunicații și  
Tehnologia Informației**



cursului. Cunoștințele dobândite aici sunt indispensabile celor care abordează domeniul electronicii auto, unde regimul termic este foarte solicitant. Programul disciplinei răspunde concret cerințelor actuale de dezvoltare și evoluție, fiind racordată la elementele progresului tehnologic actual din domeniu. Din discuțiile cu reprezentanți ai firmelor Infineon, Yazaki, Microchip, Continental, Siemens ș.a. a rezultat că aceștia solicită candidații la angajare și apreciază cunoștințele solide dobândite la această disciplină. De asemenea, președintele ARIES - Asociația Română pentru Industria Electronică și Software, cea mai mare asociație de profil din România, apreciază cunoștințele transmise studenților la această disciplină.

Data completării

Titular de curs

Titular(i) de aplicații

Prof. dr. ing. Ciprian Ionescu; Ș.l. dr.  
ing. Mihaela Pantazică

Prof. dr. ing. Ciprian Ionescu

Ș.l. dr. ing. Mihaela Pantazică

Data avizării în  
departament

Director de departament

16.10.2024

Conf. Dr. Bogdan Cristian FLOREA

Data aprobării în  
Consiliul Facultății

Decan

17.10.2024

Prof. Dr. Mihnea Udrea