**fișa disciplinei Construcția aparatelor de bord**

**1. Date despre program**

|  |  |
| --- | --- |
| 1.1 Instituția de învățământ superior/ | Universitatea Națională de Știință și Tehnologie POLITEHNICA din București |
| 1.2 Facultatea | **Facultatea de Inginerie Aerospațială** |
| 1.3 Departamentul | **Ingineria sistemelor aeronautice si management aeronautic „Nicolae Tipei”** |
| 1.4 Domeniul de studii universitare | Inginerie aerospațială |
| 1.5 Programul de studii universitare | Echipamente si instalații de aviație |
| 1.6 Ciclul de studii universitare | Licență |
| 1.7 Limba de predare | Română |
| 1.8 Locația geografică de desfășurare a studiilor | București |

**2. Date despre disciplină**

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 2.1 Denumirea disciplinei /Course tile  (ro)  (en) | | | **Construcția aparatelor de bord**  **Aircraft Instruments Design** | | | | | | | |
| 2.2 Titularul/ii activităților de curs | | | | | Constantinescu Cristian Emil | | | | | |
| 2.3 Titularul/ii activităților de seminar / laborator/proiect | | | | | Ene Costin | | | | | |
| 2.4 Anul de studiu | 3 | 2.5 Semestrul | | II | | 2.6. Tipul de evaluare | E | | 2.7 Statutul disciplinei | Ob |
| 2.8 Categoria formativă | | DS | | 2.9 Codul disciplinei | | | | UPB.09.S.06.O.017 | | |

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

|  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 3.1 Număr de ore pe săptămână | 4 | | Din care: 3.2 curs | | 2 | 3.3 laborator | 2 |
| 3.4 Total ore din planul de învățământ | 56 | | Din care: 3.5 curs | | 28 | 3.6 seminar/laborator/proiect | 28 |
| Distribuția fondului de timp: | | | | | | | ore |
| Studiul după manual, suport de curs, bibliografie și notițe  Documentare suplimentară în bibliotecă, pe platformele electronice de specialitate  Pregătire rapoarte laborator, pregătire prezentare echipa | | | | | | | 16 |
| Tutorat | | | | | | | x |
| Examinări | | | | | | | 3 |
| Alte activități (dacă există): | | | | | | | x |
| 3.7 Total ore studiu individual | | **19** | |
| 3.8 Total ore pe semestru | | **75[[1]](#footnote-1)** | |
| 3.9 Numărul de credite | | **3[[2]](#footnote-2)** | |

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

|  |  |
| --- | --- |
| 4.1 de curriculum | Parcurgerea următoarelor discipline:   * Programarea calculatoarelor și limbaje de programare * Ecuații diferențiale * Mecanica, * Echipamente de bord și navigație aeriană. |
| 4.2 de rezultate ale învățării | Acumularea următoarelor cunoștințe:   * Ecuații diferențiale ordinare, * Mecanica – Cinematica, Statica, Dinamica, * Ecuațiile mișcării aparatelor de zbor * Un limbaj de programare |

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

|  |  |
| --- | --- |
| 5.1 de desfășurare a cursului |  |
| 5.2 de desfășurare a seminarului/laboratorului/ proiectului | * Laboratorului de specialitate dotat cu surse de aviație, echipamente de bord si aparate specifice pentru testarea (osciloscop, multimetre, etc) |

**6. Obiectiv general**

Această disciplină face parte din domeniul Inginerie aerospațială, specializarea Echipamente și Instalații de Aviație, și are drept obiectiv familiarizarea studenților cu tehnologiile și conceptele fundamentale ale aparatelor de bord, cu accent pe senzori, conversia A/D, filtrare digitala și protocoalele de comunicație utilizate la bord. În cadrul cursului, studenții vor învăța despre diverșii senzori neinerțiali utilizați la bord (temperatură, presiune, combustibil etc), standardele de comunicație digitală utilizați de aceștia precum și despre magistralele de date de aviație (ARINC 429, MIL1553, AFDX).

Disciplina abordează atât aspecte fundamentale, cât și principii avansate, contribuind la dezvoltarea unei viziuni clare asupra metodologiilor și proceselor specifice în proiectarea și implementarea aparatelor de bord, pregătind studenții pentru aplicarea acestor cunoștințe în soluționarea problemelor practice din domeniu.

**7. Rezultatele învățării**

|  |  |
| --- | --- |
| **Cunoștințe** | * **Recunoaște și identifică** principalii senzori neinerțiali utilizați în aparatele de bord ale aeronavelor. * **Explică** principiile de funcționare ale senzorilor de temperatură, presiune și combustibil, precum și importanța acestora în sistemele aviatice. * **Redă în cuvinte proprii** standardele de comunicație digitală utilizate în avionica modernă, cum ar fi I2C, SPI, ARINC 429, MIL1553 și AFDX. * **Clasifică** diferitele tipuri de magistrale de date și explică utilizările lor în sistemele de bord ale aeronavelor. * **Compară** procesele de conversie A/D si filtrare utilizate în avionica modernă cu alte procese similare din domeniul electronicii. * **Enumeră** etapele esențiale în procesul de proiectare și integrare a aparatelor de bord într-un sistem avionica complet. * **Sumarizează** principalele cerințe tehnice și de siguranță în proiectarea sistemelor de măsurare și control din avionica modernă. * **Identifică și descrie** principiile și metodele de bază ale ingineriei aerospațiale. * **Analizează și explică** rezultate teoretice și experimentale, documentație tehnică , fenomene și procese din domeniul aerospațial. |
| **Abilități** | * **Aplică** cunoștințele teoretice despre senzorii neinerțiali pentru a selecta și calibra corect diferitele tipuri de senzori într-un sistem de bord al aeronavei. * **Propune soluții** pentru integrarea și interfațarea senzorilor de temperatură, presiune și combustibil într-un sistem de avionica, ținând cont de cerințele tehnice și de siguranță specifice. * **Planifică și aplică proceduri** pentru testarea și validarea performanței senzorilor și a sistemelor de conversie A/D într-un mediu de laborator. * **Anticipează etapele necesare** în procesul de integrare a magistralelor de date aviatice (ARINC 429, MIL1553, AFDX) într-o arhitectură de avionica funcțională și evaluează protocoale de comunicație pentru asigurarea unei transmisii corecte a datelor. * **Creează** un proiect simplu de aparat, utilizând standardele I2C și SPI pentru comunicarea între module și integrând diferite tipuri de senzori pentru măsurători în timp real. * **Elaborează** un plan detaliat pentru diagnosticarea și rezolvarea problemelor specifice de integrare și performanță a aparatelor de bord într-un sistem avionica existent. * **Identifică** soluții inovative pentru optimizarea procesului de conversie A/D și îmbunătățirea acurateței și vitezei de reacție a senzorilor integrați în aparatele de bord. * **Analizează** critic asupra diferitelor tehnici de testare și calibrare a senzorilor, utilizând metode și instrumente specifice în scopul îmbunătățirii performanței generale a sistemului de bord al aeronavei. * **Adaptează** tehnologiile de comunicație digitală în funcție de cerințele specifice ale unui proiect avionica, demonstrând flexibilitate în alegerea celor mai bune soluții pentru nevoile sistemului. * **Operează cu principii și metode de bază** din domeniu și le asociază cu reprezentări grafice specifice domeniului ingineriei aerospațiale. * **Aplică** principii și metode de bază din tehnologiile digitale și rezolvă probleme de complexitate medie asociate reprezentărilor grafice, bazelor de date, modelării și simulării, specifice ingineriei aerospațiale. * **Selectează și aplică** concepte, principii și metode de bază din domeniu pentru calcule specifice unor aplicații aerospațiale. * **Selectează și aplică** criterii, principii și metode de evaluare pentru identificarea, modelarea și experimentarea fenomenelor și proceselor specifice ingineriei aerospațiale, analizează și interpretează rezultatele obținute. * **Elaborează** proiecte profesionale de complexitate medie prin selectarea, combinarea și utilizarea de concepte, principii, metodologii și tehnologii din domeniu. * **Utilizează** cunoștințelor din disciplinele fundamentale ale ingineriei în efectuarea de calcule, demonstrații și aplicații, pentru rezolvarea de sarcini specifice ingineriei aerospațiale. * **Utilizează** programe de calcul comerciale și a tehnologiilor digitale pentru rezolvarea de sarcini specifice ingineriei aerospațiale, în general, și a celor specifice analizei și proiectării echipamentelor de dirijare, navigație și comandă a aeronavelor, în particular. * **Modelează și** **analizează** dinamica aeronavelor, proiectează sistemele de comandă a zborului, a echipamentelor de stabilizare și reglare automată de la bordul aeronavelor. * **Utilizează și evaluează** performanțele aparatelor de bord și a echipamentelor electrice și hidraulice ale aeronavelor. * **Întreține și inspectează** sistemele și echipamentele de avionică, efectuează diagnoza defectelor și dă soluții de reparare a acestora. * **Selectează, combină și utilizează** cunoștințele, principiile și metodele din științele de bază ale domeniului inginerie aerospațială și asocierea acestora cu scheme funcționale și reprezentări grafice-desen tehnic pentru rezolvarea de sarcini specifice ingineriei aerospațiale si de sistem. |
| **Responsabilitate și autonomie** | * **Formulează** concluzii și argumentează în mod autonom selecția celor mai adecvate tehnici și metode de testare a senzorilor și a magistralelor de date în contextul unui proiect avionica complex. * **Identifică** și prioritizează cele mai relevante cerințe tehnice și de siguranță pentru proiectarea aparatelor de bord, luând în considerare specificațiile aeronavelor și reglementările internaționale. * **Demonstrează** autonomie în abordarea și rezolvarea problemelor tehnice legate de funcționarea aparatelor de bord, aplicând soluții inovative și eficiente în cadrul unui proiect. * **Interpretează** și analizează rezultatele obținute în urma testării și validării sistemelor avionica, conștientizând impactul deciziilor tehnice asupra performanței și siguranței aeronavelor. * **Judecă** și stabilește criterii de evaluare pentru performanța senzorilor și a sistemelor de bord, în vederea optimizării și îmbunătățirii continue a acestora. * **Aplică** principii de etică profesională în analiza și selecția tehnologiilor de comunicație digitală, asigurându-se că soluțiile propuse respectă standardele de siguranță și reglementările internaționale. * **Demonstrează** responsabilitate socială prin conștientizarea impactului tehnologic al soluțiilor propuse în domeniul avionicii asupra mediului și societății, aplicând principiile sustenabilității în proiectele dezvoltate. * **Contribuie** la îmbunătățirea proceselor de dezvoltare și implementare a aparatelor de bord prin soluții inovative, promovând utilizarea celor mai bune practici și tehnologii în domeniu. * **Colaborează** activ cu echipe multidisciplinare, atât interne cât și externe, pentru a asigura succesul implementării soluțiilor tehnice într-un context profesional și academic. * **Selectează** și utilizează surse bibliografice specifice domeniului. * **Demonstrează autonomie** în învățare pe problematici specifice domeniului ingineriei aerospațiale. * **Execută responsabil sarcinile profesionale**, cu respectarea valorilor și eticii profesionale, în condiții de autonomie restrânsă și asistență calificată, pe baza documentării, raționamentului logic, convergent și divergent, aplicabilității practice, evaluării, autoevaluării și deciziei optime. * **Realizează activități** și desfășoară roluri specifice muncii în echipă pe diferite responsabilități și distribuie de sarcini pentru nivelurile subordonate, pe baza comunicării și dialogului, cooperării, atitudinii pozitive și respectului fată de ceilalți, recunoașterii diversității și multiculturalității, utilizării feed-back-ului pentru îmbunătățirea activității proprii, spiritului de inițiativă și conștientizării limitărilor impuse de echipa de conducere. * **Autoevaluează** obiectiv nevoia de formare profesională continuă și deschiderea către învățarea pe tot parcursul vieții, precum și utilizarea eficientă a abilităților lingvistice, a cunoștințelor de tehnologia informației și a comunicării pentru dezvoltarea personală și profesională, în scopul inserției pe piața muncii și al adaptării la dinamica cerințelor acesteia. |

**8. Metode de predare**

Procesul de predare va fi centrat pe student, având ca scop dezvoltarea unei înțelegeri profunde a conceptelor teoretice și aplicarea acestora în soluționarea de probleme concrete din domeniul aparatelor de bord. Se va utiliza o combinație de metode expozitive, interactive și practice pentru a asigura un parcurs de învățare complet și eficient, adaptat nevoilor fiecărui student.

Metode expozitive:

Cursurile vor începe cu prezentarea expozitivă a teoriei, utilizând suporturi vizuale precum prezentări PowerPoint, filme educaționale și animații pentru a explica concepte legate de senzorii, comunicațiile digitale și integrarea acestora în sistemele de bord. Prezentările vor include imagini și diagrame care facilitează înțelegerea rapidă și asimilarea informațiilor.

Înțelegerea prin descoperire și experimentare:

În completarea teoriei, studenții vor avea ocazia să exploreze comportamentul senzorilor si sistemelor prin simulări în Matlab/Simulink, în scopul de a vizualiza și de a înțelege cum funcționează senzorii, procesele de conversie A/D si filtrarea datelor. Această metodă va permite studenților să aplice conceptele teoretice într-un mediu controlat, unde vor putea ajusta parametrii și vor observa impactul acestora asupra performanței sistemului.

Activități interactive și conversaționale:

Vor fi încurajate discuții interactive în cadrul cursurilor și laboratoarelor, în care studenții vor fi provocați să discute soluții pentru diferite scenarii, să pună întrebări și să dezbată aplicații ale teoriei. Vom utiliza studiile de caz pentru a analiza probleme tehnice complexe, iar studenții vor învăța să aplice metode de rezolvare a acestora folosind cunoștințele acumulate.

Exerciții practice și rezolvare de probleme:

Vor fi organizate activități practice, cum ar fi simulări de sistem avionica, calibrarea si evaluarea senzorilor în cadrul cărora studenții vor lucra în echipe. Aceasta va ajuta la dezvoltarea abilităților de colaborare și a gândirii critice. La finalul fiecărei sesiuni practice, studenții vor prezenta rezultatele și vor primi feedback din partea colegilor și a profesorilor.

Simulări interactive și lucrul în echipă:

Vor fi organizate sesiuni de lucru în echipă, în care studenții vor colabora pentru a rezolva probleme, precum proiectarea si derularea unui experiment complet sau integrarea unui senzor cu un sistem de calcul. Aceste sesiuni vor include și simulări practice în Matlab/Simulink, unde studenții vor aplica concepte de comunicare digitală, procesare a semnalului și testare a senzorilor. Scopul este să dezvolte abilități de colaborare, leadership și managementul proiectelor, esențiale pentru succesul în domeniul avionica.

Remedierea lacunelor de învățare:

În cazul în care sunt identificate rămâneri în urmă sau dificultăți în asimilarea unor concepte, se vor organiza sesiuni de suport de grup, în cadrul cărora studenții vor putea adresa întrebări și vor lucra la consolidarea cunoștințelor. Aceste sesiuni vor include activități suplimentare de aprofundare a aplicațiilor practice, precum și exerciții suplimentare de testare a competențelor dobândite.

Evaluare continuă:

În paralel cu evaluările finale, se va pune un accent deosebit pe evaluarea continuă, prin intermediul mini-proiectelor de laborator și a testelor periodice. Aceasta va permite monitorizarea progresului fiecărui student și va contribui la adaptarea ritmului și abordării didactice în funcție de nevoile de învățare ale fiecăruia.

**9. Conținuturi**

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| **CURS** | | |
| **Capitolul** | **Conținutul** | **Nr. ore** |
| I | Arhitectura generala a sistemelor de bord. Condițiile de funcționare. Cerințele privind precizia, fiabilitatea si integritatea. Air Data Computer (ADC). Evoluție. Structura generala ADC. | **2** |
| II | Atmosfera internaționala standard vs. Atmosfera reala. Formulele de etalonare. Recomandări ICAO. Achiziția datelor de aer. Tubul Pitot si Pitot-static. Priza de presiune statica. Sonda de temperatura frânata. Măsurarea unghiului de incidenta. | **4** |
| III | Senzori de presiune pentru ADC. Cerințe. Evoluție tehnologica. Servo-altimetrul. Transmițătoarele de presiune statica si dinamica. Senzorul de presiune cu cilindru vibrant. Senzori de presiune integrați. Tehnologia MEMS. Metode de calibrare. Analiza erorilor senzorilor de presiune. Omologarea si certificarea aparatelor de bord. DO-254/DO-178 si ICAO anexa 6. | **4** |
| IV | Senzori de temperatura. Definiții si principii fizice. Sonda de temperatura. Performante. Analiza surselor de eroare. | **2** |
| V | Conversia informației din analogic in digital. Reprezentare. Definiții. Teorema Nyquist-Shannon. Metode de conversie. Filtrarea digitala. Tipuri de filtre. Proiectarea filtrelor. Interfațarea senzorilor digitali. Protocoalele I2C si SPI. | **4** |
| VI | Sistemul ECAM. Arhitectura. Senzorii folosiți in sistemul ECAM.  Măsurarea vitezelor de rotație. Tahogeneratorul. Transmițătorul de turație.  Sistemul de combustibil. Măsurarea cantității si debitului de combustibil. | **4** |
| VII | Arhitectura sistemelor digitale de bord. Integrarea hardware si software. Transmisia informației la bord. Evoluția magistralelor de date. ARINC 429, MIL-STD 1553b, ARINC 664/7. Integrarea sistemelor de bord folosind AFDX. Arhitectura IMA. Evoluție. Principii. Problematica. Cerințe de certificare a sistemelor de bord - RTCA DO-254 si EUROCAE ED-80. | **8** |
|  | **Total:** | **28** |
| **Bibliografie:**   1. Constantinescu Cristian Emil, Construcția Aparatelor de Bord, suport de curs electronic, https://curs.upb.ro/2024/course/view.php?id=8443 2. Aron,I – Aparate de bord pentru Aeronave 3. Avoteck - Avionics: Instruments and Auxiliary Systems, 2017 4. Helfrick, A. - Principles of Avionics, Eight Edition, Avionics Communication Inc, 2016 5. Hilderman, V. Baghai, T – Avionics Certification: a complete guide to DO-178(software), DO-254 (hardware) Avionics Comunication Inc, 2011 6. Cary Spitzer - Digital Avionics Handbook, 3rd Edition, 2014 7. Collinson R.P.G. - Introduction to Avionics System, Six Edition, Springer My Corp, UK, 2018 8. Longhurst, G. - Avionics – Instrumentation and Electronics, Click2PPSC Ed.2, 1999 9. FAA - Advanced Avionics Handbook: FAA-H-8083-6, 2018 10. NOAA – US Standard Atmosphere 1976 11. Mace, W.D., Pool, A. - AGARD vol 4 – The Measurement of Engine Rotation Speed, NTIS 1978 12. \*\*\* RTO AGARD 300 series, 2010 | | |

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| **LABORATOR/ SEMINAR/PROIECT** | | |
| **Nr. crt.** | **Conținutul** | **Nr. ore** |
| 1. | Transmisia informației la distanta folosind sisteme de c.c. (potențiometrica) | 2 |
| 2. | Transmisia informației la distanta folosind sisteme de c.a (selsinica) | 2 |
| 3. | Transmisia informației la distanta folosind sisteme cu compensare automata (servo) | 2 |
| 4. | Transmisia digitala a informației. ARINC 429. | 2 |
| 5. | Tubul Pitot | 2 |
| 6. | Senzori de presiune analogici pentru măsurarea presiunii statice si totale | 2 |
| 7. | Senzori de presiune digitali. Protocolul I2C | 2 |
| 8 | Măsurarea temperaturii. Efectul Thomson-Seebek-Peltie | 2 |
| 9 | Măsurarea vitezelor de rotație. Tahogeneratorul. | 2 |
| 10 | Indicatorul de viraj si glisada. | 2 |
| 11 | Câmpul magnetic Terestru. Compasul magnetic inductiv. | 2 |
| 12 | Senzori accelerometrici MEMS. Protocolul SPI. | 2 |
| 13 | Senzori girometrici MEMS | 2 |
| 14 | Magistrala MIL 1553B | 2 |
|  | **Total:** | **28** |
| Bibliografie:   1. Constantinescu Cristian Emil, Construcția Aparatelor de Bord, suport de curs electronic, <https://curs.upb.ro/2024/course/view.php?id=8443> 2. Aron,I – Aparate de bord pentru Aeronave 3. Texas Instruments, A basic guide to I2C – Aplication notes, <https://www.ti.com/lit/an/sbaa565/sbaa565.pdf?ts=1702484363175#:~:text=This%20application%20note%20begins%20with%20a%20basic%20overview,digital%20communication%2C%20and%20the%20structure%20of%20the%20data>. 4. Texas Instruments, Basics of SPI: Serial Communications, presentation, 2020, <https://www.ti.com/content/dam/videos/external-videos/en-us/6/3816841626001/6163521589001.mp4/subassets/basics-of-spi-serial-communications-presentation.pdf> 5. AIM GmbH, ARINC 429 Specification Tutorial, 2019, <https://www.aim-online.com/wp-content/uploads/2019/07/aim-tutorial-oview429-190712-u.pdf> 6. Bosh Sensotec, BMP 390 Digital Pressure Sensor datasheet, <https://www.bosch-sensortec.com/media/boschsensortec/downloads/datasheets/bst-bmp390-ds002.pdf> 7. Fraden, J. - Handbook of Modern Sensors: Physics, Designs, and Applications, Third Edition, Springer, 2017 | | |

**10. Evaluare**

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| Tip activitate | 10.1 Criterii de evaluare | 10.2 Metode de evaluare | 10.3 Pondere din nota finală |
| 10.4 Curs | Rezolvarea subiectelor | Examen scris tip grila. | 50% |
| 10.5 ~~Seminar/~~laborator~~/proiect~~ | Parcurgerea si înțelegerea lucrărilor de laborator. O prezentare de laborator in echipa. | Verificări pe parcurs, prezentare si verificare rapoartelor de laborator | 50% |
| 10.6 Condiții de promovare | | | |
| Punctajul final se face prin adunarea punctajelor din evaluările de laborator cu cel de la examenul final. Condiția de promovare este de minim 50 de puncte. | | | |

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| Data completării  08/07/2025 | Titular de curs | Titular de aplicații |
|  | Conf.dr.ing. CONSTANTINESCU Cristian Emil | As.dr,ing. ENE Costin |
|  |  |  |
| Data avizării în departament | Director de departament  Prof.dr.ing. Teodor-Viorel CHELARU | |
|  |  | |
| Data aprobării în Consiliul Facultății | Decan  Prof.dr.ing Daniel CRUNȚEANU | |

1. *Se va calcula ținând cont că se acordă un credit pentru volumul de muncă care îi revine unui student cu frecvență la zi pentru a echivala 25 de ore de pregătire pentru dobândirea rezultatelor învățării.* [↑](#footnote-ref-1)
2. Se va completa conform planului de învățământ. [↑](#footnote-ref-2)