MEHATRONIKA IN KRMILNA TEHNIKA

UČNI NAČRT PREDMETA/COURSE SYLLABUS

Predmet:	Mehatronika in krmilna tehnika
Course title:	Mechatronics and Control Technology
Članica nosilka/UL Member:	UL FS

Študijski programi in stopnja	**Študijska smer**	**Letnik**	**Semestri**	**Izbirnost**
Strojništvo - projektno aplikativni program, prva stopnja, visokošolski strokovni (od študijskega leta 2025/2026 dalje)	Energetsko strojništvo (smer)	2. letnik	1. semester	obvezni
Strojništvo - projektno aplikativni program, prva stopnja, visokošolski strokovni (od študijskega leta 2025/2026 dalje)	Industrijsko inženirstvo (smer)	2. letnik	1. semester	obvezni
Strojništvo - projektno aplikativni program, prva stopnja, visokošolski strokovni (od študijskega leta 2025/2026 dalje)	Konstruiranje industrijskih sistemov (smer)	2. letnik	1. semester	obvezni
Strojništvo - projektno aplikativni program, prva stopnja, visokošolski strokovni (od študijskega leta 2025/2026 dalje)	Konstruiranje strojev in naprav (smer)	2. letnik	1. semester	obvezni
Strojništvo - projektno aplikativni program, prva stopnja, visokošolski strokovni (od študijskega leta 2025/2026 dalje)	Mehatronika (smer)	2. letnik	1. semester	obvezni
Strojništvo - projektno aplikativni program, prva stopnja, visokošolski strokovni	Procesno strojništvo (smer)	2. letnik	1. semester	obvezni

(od študijskega leta 2025/2026 dalje)				
Strojništvo - projektno aplikativni program, prva stopnja, visokošolski strokovni (od študijskega leta 2025/2026 dalje)	Proizvodne tehnologije (smer)	2. letnik	1. semester	obvezni
Strojništvo - projektno aplikativni program, prva stopnja, visokošolski strokovni (od študijskega leta 2025/2026 dalje)	Prometni pilot letala/helikopterja (smer)	2. letnik	1. semester	obvezni
Strojništvo - projektno aplikativni program, prva stopnja, visokošolski strokovni (od študijskega leta 2025/2026 dalje)	Snovanje in vzdrževanje letal (smer)	2. letnik	1. semester	obvezni

Univerzitetna koda predmeta/University course code:	0562711
Koda učne enote na članici/UL Member course code:	3014-V

Predavanja /Lectures	Seminar /Seminar	Vaje /Tutorials	Klinične vaje /Clinical tutorials	Druge oblike študija /Other forms of study	Samostojno delo /Individual student work	ECTS
30		30			40	4

Nosilec predmeta/Lecturer:	Drago Bračun

Izvajalci predavanj:	
Izvajalci seminarjev:	
Izvajalci vaj:	
Izvajalci kliničnih vaj:	
Izvajalci drugih oblik:	

Izvajalci praktičnega usposabljanja:	
Vrsta predmeta/Course type:	Obvezni splošni predmet /Compulsory general course

Jeziki/Languages:	Predavanja/Lectures:	Slovenščina
	Vaje/Tutorial:	Slovenščina

Pogoji za vključitev v delo oz. za opravljanje študijskih obveznosti:	**Prerequisites:**
Izpolnjevanje pogojev za vpis v Visokošolski strokovni študijski program I. stopnje Strojništvo - Projektno aplikativni program	Meeting the enrollment conditions for the MECHANICAL ENGINEERING - Project Oriented Applied Programme.

Vsebina:	**Content (Syllabus outline):**
1. Predavanje: Uvod, predstavitev predmeta - Značilni primeri krmiljenja sodobnih naprav. Vloga računalnika v krmiljenju. - Zgradnja krmilnih in mehatronskih sistemov. Grafični opisi sistemov: semioperacijski in blokovni. - Signali v krmilnih sistemih (informacijski tokovi). Osnovna delitev: preklopna in proporcionalna krmilja. 2. Predavanje: Programirljivi logični krmilniki - Evolucija PLK - Zgradba in osnovne značilnosti. Delovanje. Primerjava z drugimi tipi krmilnikov. - Osnovni pristop k programiranju, orodja. Standardni programski jeziki (lestvični diagrami, funkcijski bloki, strukturirani tekst) 3. Predavanje: Logične funkcije - Osnova opisa preklopnih krmilij (logične spremenljivke, osnovne logične funkcije. - Zapisi logičnih funkcij (pravilnostne tabele, enačbe, logigrami). - Sinteza kombinatornih krmilij in implementacija s PLK. 4. Predavanje: Sekvenčna krmilja	Lecture 1: Introduction, course outline - Typical examples of modern device controls. The role of computer in control. - Structure of control and mechatronic systems. Graphic descriptions of systems: semioperational and block diagrams. - Signals in control systems (information flow). Basic types: switching and proport. control. Lecture 2: Programmable logic controllers - PLC evolution - Structure and basic features. Operation. Comparison with other types of controllers. - Basic approach to programming, tools. Standard programming languages (ladder diagrams, function blocks, structured text) Lecture 3: Logic functions - Basic description of switching controls (logic variables, basic logic functions. - Expressing logic functions (truth tables, equations, logic diagrams). - Design of combinatorial control units and PLC implementation. Lecture 4: Sequential control blocks

- Značilnosti sekvenčnega delovanja. - Pomnilniški gradniki SR-FF in RS-FF: zgradba, delovanje, opis. - Opisi sekvenčnih avtomatov (diagram prehajanja stanj, tabela stanj). - Standardni sekvenčni gradniki: registri, števniki, časovniki. Primeri uporabe v krmilni tehniki. 5. Predavanje: Implementacija sekvenčnega krmiljenja s PLK - Preklopni senzorji in aktuatorji ter njihova vezava s PLK. - Osnovna sintaksa standardnega jezika SFC: koraki, prehodi, akcije, vejitve. - Implementacija sekvenčnega krmiljenja s funkcijskimi bloki 6. Predavanje: Zančno krmiljenje - Gradniki in zgradnja sistema. Tipi: zvezni, diskretni, hibridni. - Posebnosti digitalnih krmilnih sistemov. - Značilnosti zančnega krmiljenja, pomen, primeri uporabe, regulacijsko in sledilno (servo) delovanje 7. Predavanje: Modeliranje krmilnih sistemov - Blokovni opis zančnih sistemov: gradniki (objekt, krmilnik, senzor, aktuator), pravila povezovanja. - Analiza v stacionarnem stanju (statična karakteristika gradnikov, sistema). - Parametri gradnikov in sistema, njihov vpliv na statično karakeristiko. 8. Predavanje: Analiza prehodnega odziva - Enotski skočni signal in prehodni odziv. - Prehodni odzivi osnovnih sistemov: sistem 1. reda P1, sistem 2. reda P2, integrirni člen I1, diferencirni člen D1, člen s časovnim zadržkom. - Karakteristike na osnovi prehodnega odziva (dvižni čas, prenihanje, odstopek v stac. Stanju) - Specifikacije krmilnih sistemov. - Stabilnost krmilnih sistemov, manifestacija nestabilnega delovanja, vpliv parametrov na stabilnost 9. Predavanje: PID krmiljenje	- Features of sequential operation. - SR-FF and RS-FF memory building blocks: structure, operation, description. - Descriptions of sequential automatons - FSMs (state diagram, state table). - Standard sequential building blocks: registers, counters, timers. Examples of applications in control engineering. Lecture 5: Implementation of sequential control with PLC - Switching sensors and actuators, their connection to PLC. - Basic syntax of the standard SFC language: steps, transitions, actions, branches. - Implementation of sequential control in FBD language Lecture 6: Feedback control - Building blocks and system structure. Types: continuous, discrete, hybrid. - Specific features of digital control systems. - Features of feedback control, use cases, regulatory and tracking (servo) operation. Lecture 7: Modeling of control systems - Block description of loop systems: building blocks (object, controller, sensor, actuator), connection rules. - Steady state analysis (static characteristic of building blocks and system). - Parameters of building blocks and system, their influence on static characteristic. Lecture 8: Transient response analysis - Unit step signal and transient response. - Transient response of basic systems: 1st order P1 system, 2nd order P2 system, integr. block I1, differentiating block D1, time delay block. - Characteristics based on the transient response (rise time, oveshoot, steady state error) - Specifications of control systems. - Stability of control systems, manifestation of unstable operation, influence of param. on stability Lecture 9: PID control - P, I, D block features.

- Značilnosti P, I, D členov. - P, PD, PI, PID krmilniki in njihovi parametri. - Implementacija diskretnih PID krmilnikov (variante). 10. Predavanje: Empirično nastavljanje PID krmilnikov - Metodi Ziegler-Nichols (in sorodne). - Povezava med prehodnimi karakteristikami in nastavitvami krmilnika. - Primer sinteze zančnega krmilnega sistema in implementacije s PLK. 11. Predavanje: Mehatronski sistem in komponente - Primeri mehatronskih sistemov, analiza njihove zgradnje, funkcionalnosti. - Senzorji in aktuatorji. - Krmilniki in vmesniki. - Specifikacije, parametri, povezovanje komponent. Metodologija razvoja. 12. Predavanje: Mikrokrmilniki in vgradni sistemi - Mikrokrmilniki, zgradba in delovanje. - Arduino strojna oprema. Arduino programska orodja. - Osnovne funkcije knjižnice Arduino 13. Predavanje: Vezja z mikrokrmilniki - Konfiguracije digitalnih vhodov/izhodov. - Vezave tipk, stikal, preklopnih senzorjev na vhodne priključke mikrokrmilnika. - Vezave relejev, kontaktorjev, motorjev na izhodne priključke mikrokrmilnika. - Galvanska ločitev mikrokrmilnika od perifernih enot. 14. Predavanje: Uvod v programiranje mikrokrmilnikov - Standardni gradniki jezika C. - Razvojni cikel in metodika. 15. Predavanje: Primer razvoja mehatronskega sistema - Opis funkcionalnosti, zahteve in specifikacije. - Izbor in testiranje komponent, načrtovanje in izdelava vezij. Sestavljanje sklopov, parcialno testiranje.	- P, PD, PI, PID controllers and their parameters. - Implementation of discrete PID controllers (variants). Lecture 10: Empirical tuning of PID controllers - Ziegler-Nichols Methods (and related). - Influence of controller settings on transient characteristics. - Example of loop control system synthesis and implementation with PLC. Lecture 11: Mechatronic system and components - Examples of mechatronic systems, analysis of their construction, functionality. - Sensors and actuators. - Controllers and interfaces. - Specifications, parameters, linking of components. Development methodology. Lecture 12: Microcontrollers and embedded systems - Microcontrollers, structure and operation. - Arduino hardware. Arduino software tools. - Basic functions of the Arduino library Lecture 13: Circuits with microcontrollers - Digital I / O configuration. - Connecting buttons, switches, switching sensors to the input terminals of a microcontroller. - Connecting relays, contactors, motors to the outputs of a microcontroller. - Galvanic isolation of a microcontroller from the peripheral units. Lecture 14: Introduction to Microcontroller Programming - Standard C language building blocks - Development cycle and methodology. Lecture 15: Mechatronic system design (by example) - Functional description, requirements and specifications. - Component selection and testing, circuit design and manufacturing. - Unit assembly and testing. - Development of control software. - Testing and setting system functions. Commissioning, operation and

- Razvoj krmilnega programja. - Preverjanje in nastavitev sistemskih funkcij. Zagon, delovanje in vzdrževanje mehatronskega sistema.	maintenance of mechatronic system.

Temeljna literatura in viri/Readings:

1. Podržaj P. Linearna teorija krmiljenja sistemov, FS 2011 [COBISS.SI-ID 256329472]
2. Zupančič B.: Zvezni regulacijski sistemi, FE 1996- [COBISS.SI-ID 58324736]
3. Diaci J. Uvod v digitalna krmilja: osnove mehatronike (2050): zapiski predavanj, FS 2011 [COBISS.SI-ID 11993627]
4. Ambrožič V., Nedeljkovič D. Uvod v programirljive krmilne sisteme, FE 2005 [COBISS.SI-ID 219051008]
5. Cork P.: Robotics, vision and control : fundamental algorithms in MATLAB, Springer 2017 [COBISS.SI-ID 15787291]

Cilji in kompetence:	**Objectives and competences:**
Cilji: 1. Spoznati sestavo in delovanje krmilnih in mehatronskih sistemov, njihovo razčlenitev na osnovne gradnike, osvojiti načine opisa takih sistemov, razumeti njihove karakteristike in specifikacije. 2. Spoznati metode razvoja takih sistemov s posebnim poudarkom na interdisciplinarnem pristopu in reševanju praktičnih nalog v industrijskem okolju. 3. Spoznati postopke pri testiranju, zagonu in obratovanju takih sistemov. Kompetence: 1. S1-PAP + P3-PAP: Sposobnost uporabe pridobljenega znanja za reševanje enostavnih nalog s področja krmiljenja, mehatronike in avtomatizacije. 2. S4-PAP: Sposobnost razčlenitve lažjih strokovnih nalog s področja krmiljenja, mehatronike in avtomatizacije na podnaloge. 3. S6-PAP + P8-PAP: Usposobljenost za interdisciplinarno povezovanje s strokovnjaki drugih strok na področju avtomatizacije, krmiljenja in mehatronike.	Objectives: 1. To learn the structure and functions of control and mechatronic systems, their breakdown into basic building blocks, to learn ways to describe such systems, to understand their characteristics and specifications. 2. To learn the methods for the development of such systems with special emphasis on the interdisciplinary approach and the solution of practical tasks in the industrial environment. 3. To learn the procedures for testing, commissioning and operating such systems. Competences: 1. S1-PAP + P3-PAP: Ability to use acquired knowledge to solve simple tasks in the field of control, mechatronics and automation. 2. S4-PAP: Ability to break down simple professional tasks in the fields of control, mechatronics and automation into sub-tasks. 3. S6-PAP + P8-PAP: Ability to interdisciplinary collaborate with experts in other fields of automation, control and mechatronics.

Predvideni študijski rezultati:	**Intended learning outcomes:**
Znanja: Z1: Strokovno teoretično in praktično znanje na področju krmiljenja in mehatronike, podprto s širšo teoretično in metodološko osnovo, ki omogočata vključevanje v interdisciplinarne razvojne skupine na teh področjih. Spretnosti: S1.3: Diagnosticiranje in reševanje problemov na področju krmiljenja in mehatronike v različnih specifičnih delovnih okoljih. S1.2: Obvladovanje zahtevnih, kompleksnih metod krmiljenja delovnih procesov ter samostojna uporaba znanja v novih delovnih situacijah.	Knowledge: Z1: Expert theoretical and practical knowledge in the field of control and mechatronics, supported by a broader theoretical and methodological basis, enabling integration into interdisciplinary development teams in these fields. Skills: S1.3: Diagnosis and problem solving in the field of control and mechatronics in various specific work environments. S1.2: Mastering comprehensive, complex methods of controlling work processes and applying knowledge independently in new work situations.

Metode poučevanja in učenja:	**Learning and teaching methods:**
P1 Avditorna predavanja z reševanjem izbranih - za področje značilnih - teoretičnih in praktično uporabnih primerov. P2 Obravnava snovi po urejeni in vnaprej razloženi sistematiki. P3 Avditorne vaje, kjer se teoretično znanje s predavanj podkrepi z računskimi primeri. P4 Laboratorijske vaje z namenskimi didaktičnimi pripomočki (preklopno krmiljenje zapornice, tekočega traku, PID krmiljenje temperature, vezje z mikrokrmilnikom, mobilni robot). P5 Uporaba študijskega gradiva v obliki e-verzij: predstavitve predavanj, zbirke nalog z vaj, navodil za izvedbo laboratorijskih vaj P14 Virtualni eksperimenti P15 Uporaba video vsebin kot priprava na vaje	P1 Lectures by solving selected - typical for eng. Discipline - theoretical and practical examples. P2 Treatment of the substance in an orderly and pre-interpreted systematic manner. P3 Practical classes where theoretical knowledge from lectures is supported by computed examples. P4 Laboratory exercises with dedicated didactic aids (switching gate control, conveyor belt, PID temperature control, microcontroller circuit, mobile robot). P5 Use of study materials in the form of e-versions: presentation of lectures, workbooks, instructions for laboratory work P14 Virtual Experiments P15 Use video content to prepare for tutorials

Načini ocenjevanja: **Delež/** **Assessment:**

	Weight	
Pisni preizkus (teoretične in računske naloge).	50,00 %	Written test (theoretical and calculation tasks).
Laboratorijsko delo na vajah.	50,00 %	Laboratory work during exercises.

Ocenjevalna lestvica:	**Grading system:**
5 - 10, pri čemer velja, da je pozitivna ocena od 6 - 10	5 - 10, a student passes the exam if he is graded from 6 to 10

Reference nosilca/Lecturer's references:

Drago Bračun:

1. KOZAMERNIK, Nejc, **BRAČUN, Drago**, KLOBČAR, Damjan. WAAM system with interpass temperature control and forced cooling for near-net-shape printing of small metal components. *International journal of advanced manufacturing technology*, ISSN 0268-3768, Sep. 2020, vol. 110, iss. 7/8, str. 1955-1968, [COBISS.SI-ID 27509507]
2. KOZAMERNIK, Nejc, ZALETELJ, Janez, KOŠIR, Andrej, ŠULIGOJ, Filip, **BRAČUN, Drago**. Visual quality and safety monitoring system for human-robot cooperation. *International journal of advanced manufacturing technology*. Jul. 2023, str. 1-17, ilustr. ISSN 0268-3768. [COBISS.SI-ID 159531011]
3. SELAK, Luka, **BRAČUN, Drago**. Evaluation of localization systems for CNC machining of large FRPC parts. V: BUTALA, Peter (ur.), GOVEKAR, Edvard (ur.), VRABIČ, Rok (ur.). *52nd CIRP Conference on Manufacturing Systems (CMS), Ljubljana, Slovenia, June 12-14, 2019*, (Procedia CIRP, ISSN 2212-8271, vol. 81). Amsterdam: Elsevier. 2019, vol. 81, f. 844-849, [COBISS.SI-ID 16688155]
4. PODRŽAJ, Primož, CEGLAR, Domen, PIRNAR, Žan, **BRAČUN, Drago**, VRABIČ, Rok. A design of a robot application using the roborealm software package. V: *ICESS & ICIA proceedings : the Sixth International Conference on Electronics and Software Science ICESS2020 : the 9th International Conference on Informatics and Applications ICIA2020 : virtual Conference - Japan, Dec. 31, 2020*. [S. l.]: SDIWC. 2020, str. 17-22, [COBISS.SI-ID 46232835]
5. ŠKULJ, Gašper, **BRAČUN, Drago**. Geometry and temperature data fusion for automated measurement during open die forging of large hot workpieces. V: GAO, Robert X. (ur.), EHMANN, Kornel F. (ur.). *53rd CIRP Conference on Manufacturing Systems 2020 : [July 1-3 at Northwestern University in Chicago, USA]*, (Procedia CIRP, ISSN 2212-8271, vol. 93). [S. l.]: Elsevier. 2020, vol. 93, f. 1265-1268, [COBISS.SI-ID 39320067]