

# PROCESIRANJE SIGNALOV

## UČNI NAČRT PREDMETA/COURSE SYLLABUS

<b>Predmet:</b>	Procesiranje signalov
<b>Course title:</b>	Signal processing
<b>Članica nosilka/UL Member:</b>	UL FS

Študijski programi in stopnja	Študijska smer	Letnik	Semestri	Izbirnost
Strojništvo - Razvojno raziskovalni program, druga stopnja, magistrski (od študijskega leta 2024/2025 dalje)	Mehanika (smer)	1. letnik	2. semester	obvezni

<b>Univerzitetna koda predmeta/University course code:</b>	0566900
<b>Koda učne enote na članici/UL Member course code:</b>	6039-M

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			65	5

<b>Nosilec predmeta/Lecturer:</b>	Janko Slavič
-----------------------------------	--------------

<b>Izvajalci predavanj:</b>	
<b>Izvajalci seminarjev:</b>	
<b>Izvajalci vaj:</b>	
<b>Izvajalci kliničnih vaj:</b>	
<b>Izvajalci drugih oblik:</b>	
<b>Izvajalci praktičnega usposabljanja:</b>	

**Vrsta predmeta/Course type:**

Obvezni strokovni predmet na smeri Mehanika, ki je izbirni strokovni predmet na ostalih smereh./Compulsory specialised course in the study of Mechanics, which is an elective specialised course in other fields of study.

**Jeziki/Languages:**

Predavanja/Lectures:

Slovenščina

Vaje/Tutorial:

Slovenščina

**Pogoji za vključitev v delo oz. za opravljanje študijskih obveznosti:****Prerequisites:**

1. Matematika (Taylorjeva vrsta, Fourierjeve vrste, kompleksna števila)
2. Programiranje in numerične metode
3. Višja dinamika

1. Mathematics (Taylor series, Fourier series, complex numbers)
2. Programming and numerical methods
3. Higher dynamics

**Vsebina:****Content (Syllabus outline):**

1. predavanje
  - Uvod v procesiranje signalov.
  - Uvod v deterministične procese.
2. predavanje
  - Klasifikacija determinističnih podatkov. (Fourierjeve vrste), Fourierjeva integralska transformacija.
3. predavanje
  - Lastnosti Fourierjeve transformacije.
4. predavanje
  - Linearni časovno invariantni sistemi in konvolucija.
5. predavanje
  - Uporaba oken in njihov frekvenčni vpliv.
6. predavanje
  - Diskretno vzorčenje in frekvenčno prekrivanje.
7. predavanje
  - Diskretna Fourierjeva transformacija.
8. predavanje
  - Osnove naključnih procesov.
9. predavanje
  - Korelacijska funkcija in spektri.

1. lecture
  - Introduction to signal processing.
  - Introduction to deterministic processes.
2. lecture
  - Classification of deterministic data. (Fourier series), Fourier integral transformation.
3. lecture
  - Fourier transform properties.
4. lecture
  - Linear time-invariant systems and convolution.
5. lecture
  - Use of windows and their frequency influence.
6. lecture
  - Discrete sampling and frequency overlap.
7. lecture
  - Discrete Fourier transform.
8. lecture
  - Basics of random processes.
9. lecture

10. predavanje - Spektralni momenti, stacionarnost, ergodičnost.	- Correlation function and spectra.
11. predavanje - Odziv linearnega sistema na naključno vzbujanje.	10. lecture - Spectral moments, stationarity, ergodicity.
12. predavanje - Avto in križni močnostni spekter, koherenca, povprečenje.	11. lecture - Linear system response to random excitation.
13. predavanje - Cenilke frekvenčne prenosne funkcije in šum.	12. lecture - Auto and cross power spectrum, coherence, averaging.
14. predavanje - MIMO cenilke frekvenčne prenosne funkcije.	13. lecture - Estimation of frequency response functions (and noise issues).
15. predavanje - Zvezna valčna transformacija. Procesiranje signalov v praksi / slovenski industriji.	14. lecture - MIMO estimators of frequency response function.
	15. lecture - Continuous wavelet transform, signal processing in practice / Slovenian industry.

### Temeljna literatura in viri/Readings:

1. Shin K, Hammond J: Fundamentals of Signal Processing for Sound and Vibration Engineers, 2008. [COBISS.SI-ID [10797595](#)]
2. Braun S: Discover Signal Processing: An Interactive Guide for Engineers, 2008. [COBISS.SI-ID [6763348](#)]
3. Newland DE: An Introduction to Random Vibrations, Spectral & Wavelet Analysis, 3rd Ed, 2005. [COBISS.SI-ID [3552795](#)]

### Cilji in kompetence:

#### Cilji:

1. Razumevanje determinističnih in naključnih pojavov (znanstveni/strokovni nivo).
2. Razumevanje linearnih, časovno invariantnih, sistemov v časovni in frekvenčni domeni.
3. Razumevanje vplivov meritve in odbelave podatkov na rezultat merjenja.

#### Kompetence:

1. Spodobnost pravilnega razčlenjevanja in obdelave signalov (S1-MAG, S2-MAG, S3-MAG, S4-MAG, S5-MAG, S6-MAG, P1-MAG, P2-

### Objectives and competences:

#### Objectives:

1. Understanding of deterministic and random phenomena (scientific / professional level).
2. Understanding linear, time invariant, systems in time and frequency domain.
3. Understanding the effects of measurement and data analysis on measurement result.

#### Competencies:

1. Ability to correctly analyze and process signals (S1-MAG, S2-MAG, S3-MAG, S4-MAG, S5-MAG, S6-MAG,

MAG)	P1-MAG, P2-MAG)
2. Sposobnost samostojne in pravilne numerične analize merjenih in simuliranih signalov (S8-MAG, S10-MAG, P2-MAG, P4-MAG)	2. Capability of independent and correct numerical analysis of measured and simulated signals (S8-MAG, S10-MAG, P2-MAG, P4-MAG)
3. Sposobnost merjenja in pravilne obdelave frekvenčnih prenosnih funkcij (P6-MAG, P7-MAG)	3. Ability to measure and correctly process frequency response functions (P6-MAG, P7-MAG)

### **Predvideni študijski rezultati:**

Znanja:
Z2: Poglobljeno teoretično in analitično znanje na področju obdelave signalov linearnih, časovno invariantnih, sistemov, ki je osnova za zahtevno strokovno ali znanstveno delo.
Spretnosti:
1. S2.1: Pravilne razvrstitve in pravilne obdelave determinističnih ter naključnih signalov.
2. S1.2: Prehoda iz časovne v frekvenčno domeno za linearne, časovno invariantne, dinamske sisteme.
3. S1.3: Merjenja in pravilne obdelave z namenom identifikacije frekvenčnih prenosnih funkcij.

### **Intended learning outcomes:**

Knowledge:
Z2: In-depth theoretical and analytical knowledge in the field of signal processing of linear, time-invariant systems, which is the basis for demanding professional or scientific work.
Skills:
1. S2.1: Proper classification and correct processing of deterministic and random signals.
2. S1.2: Transition from time to frequency domain for linear, time invariant, dynamical systems.
3. S1.3: Measuring and correct processing to identify frequency response functions.

### **Metode poučevanja in učenja:**

P1 Avditorna predavanja z reševanjem izbranih za področje značilnih teoretičnih in praktično uporabnih primerov.
P3 Avditorne vaje, kjer se teoretično znanje spredavanj podkrepi z računskimi primeri.
P4 Laboratorijske vaje z namenski didaktičnimi pripomočki: sistem za merjenje frekvenčnih prenosnih funkcij, sistem za deterministično, naključno vzbujanje.
P6 Interaktivna predavanja
P10 Uporaba anket v realnem času
P14 Virtualni eksperimenti

### **Learning and teaching methods:**

P1 Lectures with solving of selected theoretical and practical examples.
P3 Practical classes where theoretical knowledge of the lessons is supported by computational examples.
P4 Laboratory exercises with dedicated teaching aids: system for measuring frequency transfer functions, system for deterministic, random excitation.
P6 Interactive Lectures
P10 Use of instant real-time surveys
P14 Virtual Experiments
P15 Use video content

P15 Uporaba video vsebin kot priprava na predavanja in vaje	
---	--

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

Samostojno delo na laboratorijskih vajah (uspeh vsaj 50%)	30,00 %	Independent work in the laboratory tutorials (at least 50%).
Kolokvij iz teorije (uspeh vsaj 50%). Ustni zagovor predloga ocene.	70,00 %	Theoretical exam (at least 50%). Oral defense of the proposed grade.

**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:**
**Janko Slavič:**

1. TOMAC, Ivan, **SLAVIČ, Janko**, GORJUP, Domen. Single-pixel optical-flow-based experimental modal analysis. Mechanical systems and signal processing. Nov. 2023, vol. 202, str. 1-19, ilustr. ISSN 1096-1216. <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0888327023005940>, <https://repozitorij.uni-lj.si/IzpisGradiva.php?id=148687>, DOI: 10.1016/j.ymssp.2023.110686. [COBISS.SI-ID [162542339](#)], [JCR, SNIP, Scopus] kategorija: 1A1 (Z, A'', A', A1/2); uvrstitev: SCIE, Scopus, MBP (COMPENDEX, INSPEC, PUBMED); tip dela je verificiral OSICN točke: 52.46, št. avtorjev: 3
2. LUZNAR, Janez, **SLAVIČ, Janko**, BOLTEŽAR, Miha. Structure-borne noise at PWM excitation using an extended field reconstruction method and modal decomposition. Strojniški vestnik. Sep. 2019, vol. 65, no. 9, str. 471-481, si 59, ilustr. ISSN 0039-2480. <https://www.sv-jme.eu/article/structure-borne-noise-at-pwm-excitation-using-an-extended-field-reconstruction-method-and-modal-decomposition/>, <http://www.dlib.si/details/URN:NBN:SI:doc-9I5F0ZYB>, DOI: 10.5545/sv-jme.2019.6115. [COBISS.SI-ID [16806171](#)], [JCR, SNIP, WoS do 10. 2021: št. Citatov (TC): 2, čistih citatov (CI): 1, čistih citatov na avtorja (CIAu): 0.33, Scopus do 8. 10. 2021: št. Citatov (TC): 2, čistih citatov (CI): 1, čistih citatov na avtorja (CIAu): 0.33] kategorija: 1A3 (Z); uvrstitev: SCIE, Scopus, MBP (COMPENDEX, INSPEC); tip dela je verificiral OSICN točke: 20.79, št. Avtorjev: 3
3. OGRINEC, Primož, **SLAVIČ, Janko**, BOLTEŽAR, Miha. Harmonic equivalence of the impulse loads in vibration fatigue. Strojniški vestnik. Nov.-Dec. 2019, vol. 65, no. 11/12, str. 631-640, si 82, ilustr. ISSN 0039-2480. <https://www.sv-jme.eu/sl/article/harmonic-equivalence-of-the-impulse-loads-in-vibration-fatigue/>, <http://www.dlib.si/details/URN:NBN:SI:doc-J61QSVV8>, <https://repozitorij.uni-lj.si/IzpisGradiva.php?id=113726>, DOI: 10.5545/sv-jme.2019.6197. [COBISS.SI-ID [16942107](#)], [JCR, SNIP, WoS do 24. 2021: št. Citatov (TC): 1, čistih citatov (CI): 1, čistih citatov na avtorja (CIAu): 0.33, Scopus do 16. 3. 2021: št. Citatov

(TC): 1, čistih citatov (CI): 1, čistih citatov na avtorja (CIAu): 0.33] kategorija: 1A3 (Z); uvrstitev: SCIE, Scopus, MBP (COMPENDEX, INSPEC); tip dela je verificiral OSICN točke: 20.79, št. Avtorjev: 3

4. LUZNAR, Janez, **SLAVIČ, Janko**, BOLTEŽAR, Miha. Experimental research on structure-borne noise at pulse-width-modulation excitation. Applied acoustics. [Print ed.]. Aug. 2018, vol. 137, str. 33-39, ilustr. ISSN 0003-682X.  
<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0003682X17308903>, DOI: 10.1016/j.apacoust.2018.0005. [COBISS.SI-ID [15939099](#)], [JCR, SNIP, WoS do 16. 4. 2022: št. Citatov (TC): 6, čistih citatov (CI): 5, čistih citatov na avtorja (CIAu): 1.67, Scopus do 19. 12. 2021: št. Citatov (TC): 7, čistih citatov (CI): 6, čistih citatov na avtorja (CIAu): 2.00] kategorija: 1A2 (Z, A1/2); uvrstitev: SCIE, Scopus, MBP (COMPENDEX, GEOREF, ICONDA, INSPEC, PUBMED); tip dela je verificiral OSICN točke: 31.78, št. Avtorjev: 3
5. BARŠI PALMIČ, Tibor, **SLAVIČ, Janko**. Single-process 3D-printed stacked dielectric actuator. International journal of mechanical sciences. Sep. 2022, vol. 230, str. 1-14, ilustr. ISSN 0020-7403.  
<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0020740322004489>,  
<https://repozitorij.uni-lj.si/IzpisGradiva.php?id=138526>, DOI: 10.1016/j.ijmecsci.2022.107555. [COBISS.SI-ID [116514307](#)], [JCR, SNIP, WoS do 18. 10. 2023: št. citatov (TC): 8, čistih citatov (CI): 5, čistih citatov na avtorja (CIAu): 2.50, Scopus do 18. 10. 2023: št. citatov (TC): 9, čistih citatov (CI): 6, čistih citatov na avtorja (CIAu): 3.00] kategorija: 1A1 (Z, A', A1/2); uvrstitev: SCIE, Scopus, MBP (COMPENDEX, INSPEC, PUBMED); tip dela je verificiral OSICT točke: 75.08, št. avtorjev: 2