

---

## KIBERNETSKO FIZIČKI SISTEMI

---

Semestar:	2
Status:	obavezni
Nastavnik:	Prof. dr Živana Jakovljević
Saradnik:	Dušan Nedeljković, asistent
Oznaka:	
Fond:	6 časova
ESPB:	6 bodova

---

### Ciljevi

Osnovni ciljevi:

Cilj ovog kursa je da studenti steknu znanja i veštine u projektovanju i implementaciji kibernetско fizičkih sistema kroz iskustvo u ko-dizajnu mehaničkog i upravljačkog podsistema.

Specifični ciljevi:

- Razumevanje principa savremene automatizacije proizvodnje zasnovane na primeni kibernetско fizičkih sistema;
- Projektovanje kibernetско fizičkih sistema kroz dodavanje komunikacionih i proračunskih sposobnosti mehaničkim uređajima;
- Povezivanje znanja iz srodnih predmeta u cilju njihove primene u projektovanju kibernetско fizičkih sistema;
- Rešavanje praktičnih problema uz primenu kibernetско fizičkih sistema u automatizaciji proizvodnje;
- Razumevanje osnovnih principa upravljanja kretanjem i implementacija upravljanja kretanjem u različitim zadacima.

### Struktura:

Predavanja (AT):	45 časova (novo gradivo i razrada novog gradiva)
Laboratorijske vežbe (PL):	15 časova (praktična vežbanja)
Projektni zadatak (PP):	15 časova (projektni zadatak)
Provera znanja (T):	15 časova (2 testa, odbrana projektnog zadatka, lab. vežbi, završni ispit)
Ukupno:	90 časova

---

### Plan izvođenja nastave:

Radna nedelja	Aktivna nastava			Provera znanja	Ukupno časova
	Novo gradivo	Lab. Vežbe	Projekat		
1	AT1-6				6
2	AT1-6				6
3	AT1-4, AT2-2				6
4	AT2-4, AT3-2				6
5	AT3-3	PL1-3			6
6	AT3-3	PL2-2	PP-1		6
7	AT4-3			ZT1-3	6
8	AT4-3	PL3-3			6
9	AT5-3	PL3-3			6
10	AT6-3	PL5-2	PP-1		6
11	AT6-3		PP-3		6
12		PL6-2	PP-4		6
13			PP-3	ZT2-3	6
14			PP-3	ZP-3	6
15				ZI-5, ZL-1	6
<b>Ukupno časova:</b>	<b>45</b>	<b>15</b>	<b>15</b>	<b>15</b>	<b>75</b>

## Tematska struktura kursa:

### Modul A – Osnove kibernetско fizičkih sistema; 16 časova; AT1

- A1 - Uloga kibernetско fizičkih sistema u automatizaciji proizvodnje; Proizvodni resursi kao kibernetско fizički sistemi; kibernetско fizički sistemi kao osnova za sisteme za izvršavanje proizvodnje i planiranje resursa;
- A2 - Pozicioni brojni sistemi;
- A3 - Kodovi i kodiranje (binarno decimalni kod, Grejov kod, alfanumerički kodovi);
- A4 - Osnove prekidačke algebre; logičke funkcije; savršene normalne forme logičkih funkcija (Šenonova teorema razvijanja, savršena disjunktivna normalna forma, savršena konjunktivna normalna forma); minimizacija logičkih funkcija.

### Modul B – Senzori; 6 časova; AT2

- B1 - Binarni senzori (elektromehanički prekidači, magnetni beskontaktni prekidači, induktivni beskontaktni prekidači, kapacitivni beskontaktni prekidači, optički beskontaktni prekidači);
- B2 - Senzori za merenje distance i pozicije (enkoderni, LVDT senzori, laserski senzori);
- B3 - Merenje ubrzanja (akcelerometri, žiroskopi, jedinice za inerciono merenje);
- B4 - Senzori sile;
- B5 - Merenje temperature (termoparovi, termorezistivni senzori);
- B6 - Identifikacija korišćenjem radio frekvence.

### Modul C - Mikrokontroleri; 8 časova; AT3

- C1 - Arhitektura (zasnovana na 8-bit PIC i 32-bit ARM (Cortex-M3));
- C2 - Digitalni i analogni ulazi i izlazi;
- C3 - Tajmeri;
- C4 - Interapti;
- C5 - Komunikacioni interfejsi (Univerzalni asinhroni risiver/transmitter (UART), Serijski periferni interfejs (SPI));

### Modul D – Aktuatori; 6 časova; AT4

- D1 – Pneumatski aktuatori  
Linearni i rotacioni pneumatski aktuatori; upravljanje radom pneumatskih aktuatora;
- D2 – Obrtni električni motori  
Motori jednosmerne struje; motori naizmenične struje; koračni motori, upravljanje brzinom rada motora; servo motori;

### Modul E – Osnove digitalne obrade signala; 3 časa; AT5

- Furijev red; Furijeova transformacija; diskretna Furijeova transformacija; teorema odabiranja; frekvencijski selektivni sistemi (FIR filtri)

### Modul F – CNC upravljanje; 6 časova; AT6

- Struktura NUMA, metode programiranja, struktura CNC upravljačke jedinice, interpolacija, programiranje prema ISO 6983.

## Vežbanja

### Laboratorijske vežbe

#### PL1 Osnove programiranja mikrokontrolera: digitalni ulazi/izlazi; 3 časa

Implementacija logičke funkcije korišćenjem digitalnih ulaza i izlaza na odabranom mikrokontroleru

#### PL2 Programiranje mikrokontrolera: ADC i DAC; 2 časa

Implementacija analognih ulaza i izlaza na odabranom mikrokontroleru

#### PL3 Programiranje mikrokontrolera: serijski interfejsi; 3 časa

Povezivanje mikrokontrolera korišćenjem odabranih serijskih interfejsa

#### PL4 Programiranje mikrokontrolera: PWM i interapti; 3 časa

Upravljanje radom koračnog motora i enkodera korišćenjem odabranog mikrokontrolera

#### PL5 Osnove digitalne obrade signala: kreiranje digitalnih filtara; Programiranje mikrokontrolera: implementacija FIR filtra; 2 časa

Sinteza FIR filtra korišćenjem Parks Meklelanovog algoritma i njegova implementacija na odabranom mikrokontroleru

**PL6 Programiranje NUMA u skladu sa ISO 6983; 2 časa**

Kreiranje programa i izrada dela na odabranom obradnom sistemu

**PP Projektni zadatak**

Projektovanje i fizička realizacija pametnog senzora i/ili aktuatora

**Ocenjivanje:** predispitne obaveze 70% (5% aktivnost u praćenju predavanja, 16% LAB izveštaj, 25% projektni zadatak; 24% oba testa)  
završni ispit: usmeni 30%  
uslov za izlazak na završni ispit: 30% + obavezno prisustvo na 4 lab. vežbe + 70% prisustva na izradi projekta

**Literatura:**

- Pilipović, M., Jakovljević, Ž., Automatizacija proizvodnje, Univerzitet u Beogradu - Mašinski fakultet u Beogradu, 2017
- Pilipović, M., Automatizacija proizvodnih procesa: Laboratorija, Mašinski fakultet u Beogradu, 2006
- Jakovljević, Ž., Kibernetско fizički sistemi - izvodi sa predavanja, Mašinski fakultet u Beogradu, 2021
- Edward A. Lee and Sanjit A. Seshia, Introduction to Embedded Systems - A Cyber---Physical Systems Approach, MIT Press, 2017. Available online at <http://LeeSeshia.org>
- P. Regtien, Sensors for Mechatronics. Elsevier Ltd., 2012.

Beograd, 28.01.2021.

Prof. dr Živana Jakovljević