

# Сигнали и системи (19E042СИС)

Школска 2023/2024. година

Предмет се држи на одсеку за електронику и дигиталне системе. Истоимени предмети на другим одсецима имају другачије шифре и одвојене испите. Номинални фонд часова је 3+2+0,5 у четвртом семестру (предавања + вежбе на табли + лабораторијске вежбе). Предмет носи 6 ЕСПБ бодова.

Потребно предзнање које студенти треба да поседују обухвата и разумевање рада, способност анализе и синтезе електричних кола на бази елементарних компоненти као што су операциони појачавач, индуктивни и идеални трансформатор, контролисани генератори, идеална диода и основна логичка кола. Материјали са вежбање, доступни на веб страници Предмета, обухватају и (i) актуелне збирке задатака и (ii) задатке са претходних колоквијума и испита, а нарочито из претходне школске године.

Настава се одржава редовно, према распореду истакнутом на студентским сервисима. Студенти имају могућност да се придруже одговарајућој групи на платформи *Microsoft Teams* помоћу [линка](#), за комуникацију са предметним наставником; односно Discord групи помоћу [линка](#), за комуникацију са предметним сарадницима.

Веб сајт предмета је <http://tnt.etf.rs/~oe2sis>.

## Наставници и сарадници

- др Милан Поњавић, редовни професор (соба П-21), [milan@el.etf.rs](mailto:milan@el.etf.rs) – *предавања*
- Данило Ђокић, асистент (соба 102г), [djokicd@etf.rs](mailto:djokicd@etf.rs) – *рачунске вежбе*
- Андреј Шавикин, асистент (соба 902), [sava@etf.rs](mailto:sava@etf.rs)
- Харис Туркмановић, асистент (соба 102д), [haris@etf.rs](mailto:haris@etf.rs)
- Никола Петровић, асистент (соба 102г), [p.z.nikola@etf.rs](mailto:p.z.nikola@etf.rs)

## 1 Програм предмета

### 1. Увод у сигнале и системе

Врсте сигнала

### 2. Временски континуални сигнали

Врсте временски континуалних сигнала, Елементарни временски континуални сигнали, Скалирање амплитуде (појачање), Померај у времену, Скалирање временске осе, Вишеструке трансформације сигнала, Диференцирање и интеграција, Комбинације сигнала, Парни и непарни сигнали, Континуални периодични сигнали

### 3. Временски дискретни сигнали

Дискретизација и врсте временски дискретних сигнала, Елементарни временски дискретни сигнали, Скалирање амплитуде (појачање), Померај у времену, Скалирање временске осе, Диференце и акумулације дискретних сигнала, Комбинације сигнала, Парни и непарни дискретни сигнали, Периодичност дискретних сигнала, Енергија и снага сигнала

### 4. Анализа континуалних и дискретних система у временском домену

Основне карактеристике система, Хомогеност система, Адитивност система, Линеарни системи, Временска инваријантност (непроменљивост) система, Стабилност система, Каузалност система, Системи са и без меморије, Нелинеарни системи, Инвертибилност система, Линеарни временски непроменљиви системи, Конволуција временски дискретних сигнала, Конволуција временски континуалних сигнала, Особине конволуције, Импулсни одзив, Опис система помоћу линеарних диференцијалних/диференцијалних једначина. Одзив на почетне услове услове. Одзив на побуду. Прелазни и устаљени одзив. Потпуни одзив. Повезивање система, Стабилност линеарних временски непроменљивих система, Представљање система помоћу блок дијаграма

### 5. Развој континуалних сигнала у Фуријеове редове

Фуријеов ред у комплексном облику за временски континуалне сигнале, Фуријеов ред у тригонометријском облику за временски континуалне сигнале, Особине Фуријеових редова временски континуалних сигнала

### 6. Фуријеова трансформација континуалних сигнала

Фуријеова трансформација временски континуалних сигнала, Услови егзистенције Фуријеове трансформације, Генерализована Фуријеова трансформација, Особине Фуријеове трансформације временски континуалних сигнала, Везе Фуријеове трансформације и Фуријеових редова

## 7. Развој дискретних сигнала у Фуријеове редове

Фуријеов ред у комплексном облику за временски дискретне сигнале, Особине Фуријеових редова временски дискретних сигнала, Одређивање одзива дискретног линеарног система на дискретну периодичну побуду

## 8. Фуријеова трансформација дискретних сигнала

Фуријеова трансформација аperiodичних временски дискретних сигнала, Фуријеова трансформација периодичних временски дискретних сигнала, Особине Фуријеове трансформације временски дискретних сигнала, Везе Фуријеове трансформације и Фуријеових редова дискретних сигнала

## 9. Анализа система у фреквенцијском домену

Фреквенцијска карактеристика (функција преноса) континуалног система, Повезивање подсистема, Логаритамско представљање амплитудске карактеристике, Бодеови дијаграми, Фреквенцијска карактеристика (функција преноса) дискретног система, Идеалне фреквенцијске карактеристике система

## 10. Дискретизација континуалних сигнала

Реално и идеално одабирање временски континуалног сигнала, Реконструкција континуалног сигнала из одбирака, Теорема одабирања, Временски ограничени и фреквенцијски ограничени сигнали, Реално одабирање и реконструкција сигнала, Везе између различитих Фуријеових метода разлагања сигнала, Дискретна Фуријеова трансформација

## 11. Лапласова трансформација

Дефиниција Лапласове трансформације, Билатерална и унилатерална Лапласова трансформација, Особине Лапласове трансформације, Области конвергенције, Решавање једне класе интегро-диференцијалних једначина помоћу Лапласове трансформације, Функција преноса линеарног система, Израчунавање инверзне Лапласове трансформације, Стабилност система, Одзив линеарних континуалних система на произвољну побуду

## 12. $Z$ трансформација

Дефиниција  $Z$  трансформације, Билатерална и унилатерална  $Z$  трансформација, Особине  $Z$  трансформације, Области конвергенције, Решавање сума и диференцијалних једначина помоћу  $Z$  трансформације, Функција преноса линеарног временски непроменљивог дискретног система, Израчунавање инверзне  $Z$  трансформације, Стабилност дискретних система, Веза између Лапласове и  $Z$  трансформације, Типичне конфигурације линеарних дискретних система, Одзив линеарних дискретних система на произвољну побуду.

## 2 Литература

- (1) М. Поповић, „Сигнали и системи“, Академска мисао, Београд, 2006.
- (2) М. Поњавић, А. Лекић, „Сигнали и системи“, Доступна на веб сајту предмета
- (3) Д. Ђокић, „Сигнали и системи у инжењерству“, радна верзија, доступна на веб сајту предмета
- (4) А. Oppenheim, А. Willsky, S. Nawab, „Signals and Systems“, Prentice Hall, 1997.
- (5) С. Phillips, J. Paar, Е. Riskin, „Signals, Systems, and Transforms“, Prentice Hall, 2003.
- (6) М. Roberts, „Signals and Systems“, McGrawHill, 2004.

### 3 Оцењивање

Оцена се формира на основу два **колоквијума**, и две **лабораторијске вежбе**. Први колоквијум се организује у току семестра, а други колоквијум и надокнаде првог колоквијума се организују у испитном року.

Колоквијуми су писмени. Први колквијум и други колоквијум састављени су од по три теоријска питања (укупно 50 поена) и по два задатка (укупно 50 поена). Градиво првог колоквијума покрива део градива покривен закључно са наставном седмицом у којој се организује. Други колоквијум покрива остатак градива. Оквирни план рада истакнут је у одељку План настав). Колоквијуми се добијају на формулару формата А3 а студент треба да понесе и једну испитну вежбанку. Задаци се раде **искључиво** у вежбанци. Теоријска питања се раде на формулару уписивањем коначног одговора у одговарајуће кућице, а бодују се **само** тачно одговорена питања (за евентуалну припрему одговора на питања може се користити и вежбанка, тај део рада се не прегледа). Кандидат **може** да понесе и одштампан лист са таблицама доступан на сајту предмета. Поред тога, студент **може** да понесе један својеручно једнострано исписан лист А4 формата са садржајем по жељи – ово се сматра за дозвољену **литературу** на испиту. Употреба непрограмабилних калкулатора је дозвољена.

У току семестра постоје две лабораторијске вежбе, свака по 5 поена. Лабораторијске вежбе нису услов за излазак на испит.

У току семестра организује се Први колоквијум који траје 150 минута.

У **сваком** испитном року могу се полагати први колоквијум, други колоквијум, или и први и други колоквијум. Сва од одабраних опција за полагање ради се 180 минута. Приликом формирања оцене, у обир се узимају **максимум** поена остваренх на првом колоквијуму, и **максимум** поена остваренх на другом колоквијуму.

Укупан број поена рачуна се на основу укупног броја поена оствареног на првом колоквијуму ( $K_1 \leq 100$ ), другом колоквијуму ( $K_2 \leq 100$ ), и лабораторијским вежбама ( $ЛВ \leq 10$ ). Укупан број поена је збир поена са лабораторијских вежби и пондерисаног броја поена на колоквијумима.

$$\text{Поени} = 0,9 \cdot \frac{K_1 + K_2}{2} + ЛВ. \quad (1)$$

Оцена се онда формира на основу тако сабраних поена према табlici:

Поени	0–50	51–60	61–70	71–80	81–90	91–100
Оцена	5	6	7	8	9	10

### 4 Остале напомене

Од студената се очекује разумевање теорије кроз примену на једноставне проблеме, разумевање **смисла** и **сврхе** појмова и техника које се обрађују кроз курс. Као задатак или питање може да се појави и извођење теорема. Теорема која није извођена на часовима, било да постоји или не постоји у уџбенику/збирци, може да се појави на испиту у форми задатка или питања, уколико се на основу осталих теорема са овог курса или курсева из математике са прве и друге године може извести у разумном времену. У обзир долазе све теме рађене на предавањима или вежбама. Теме из уџбеника које нису рађене не долазе на испит. Приликом вежбања задатака обратити пажњу на интеграцију и повезивање различитих резона који су илустровани у задацима<sup>1</sup>. Обратити пажњу на суштинске разлике континуалних и дискретних сигнала, као што је на пример периодичност, али и апроксимацију једних система другим, као што је пример приближног рачунање суме помоћу интеграла и обрнуто

Свако потпуно тачно решење, поткрепљено одговарајућим поступком, се признаје независно од примењеног поступка. Делимично тачна решења се оцењују. Тачан резултат без одговарајућег поступка се неће признати. Такође, грешке у поступку које је могуће уочити на основу нелогичности крајњег резултата, односно које мењају смисао задатка, не могу се третирати као отклоњиве. Евентуално исправан поступак у таквим случајевима се не мора признати, ствар је процене наставника и не може бити предмет приговора.

Предметни наставници и сарадници задржавају право да на колоквијумима, у ограниченој мери, задају питања и задатке који захтевају синтезу знања из различитих области овог предмета, као и других предмета Катедре за електронику који су предвиђени програмом друге године основних студија.

<sup>1</sup>На пример интеграција у парним границама сигнала, своди се на интеграцију само његовог парног дела, па је погодније декомпоновати сигнал на парни и непарни део. Дуги пример је задатак 1.5с који има примену свуда где се рачуна енергија или снага.

## 5 Оријентациони план наставе\*

Рбр.**	Предавања	Рачунске вежбе
1	Увод у сигнале и системе класификација сигнала	Увод, Преглед потребног предзнања, Операциони појачавач Идеални трансформатор, калем, кондензатор, Диференцијалне и диференце једначине, Круто тело, опруга, амортизер
2	Трансформација сигнала, Периодичност, снага, и енергија сигнала, Континуални системи	Континуални и дискретни сигнали, континуални делта импулс и Хевисајдова одскочна функција, Парност, периодичност, енергија и снага сигнала
3	Дискретни системи, оператори дискретних и континуалних система	Особине система, Линеарност, меморија, временска инваријантност, каузалност, представљање блок дијаграмом, оператори, стабилност и критеријуми стабилности
4	Континуални LTI системи, конволуција	Континуални LTI системи, одређивање импулсног одзива континуалног система, Стабилност континуалних система
5	Дискретни LTI системи, конволуција, стабилност каузалних система,	Дискретни LTI системи Линеарност, меморија, временска инваријантност, каузалност, представљање блок дијаграмом, стабилност и критеријуми стабилности, одређивање импулсног одзива дискретног система, Стабилност дискретног система
6	Ортогонални развоји, увод у Фуријеове редове	Фуријеов ред континуалног сигнала, одређивање реда по дефиницији, Парсевалова теорема,
7	Развој у Фуријеове редове	Фуријеов ред континуалног сигнала, наставак.
8	Развој у Фуријеове редове, наставак.	Фуријеов ред дискретног сигнала Одређивање хармонијског садржаја датог сигнала
<b>ПРВИ КОЛОКВИЈУМ</b>		27. април
9	Фуријеова трансформација континуалног сигнала	Фуријеова трансформација континуалног сигнала, Лапласова трансформација, одређивање трансформације по дефиницији и применом особина, Парсевалова теорема
10	Фуријеова трансформација дискретног сигнала	Фуријеова трансформација дискретног сигнала
11	Веза Фуријеовог реда и трансформације, $Z$ -трансформација	$Z$ -трансформација решавање диференцијалних и система диференцијалних једначина, одређивање одзива дискретног система, стабилност
12	Одабирање и реконструкција сигнала	Одабирање и реконструкција сигнала, S/N кола, T/N кола
13	Одабирање и реконструкција сигнала, наставак Билатерална Лапласова и $Z$ трансформација	Сложени задаци, припрема испита
<b>ИСПИТ (НАДОКНАДА ПРВОГ И/ИЛИ ДРУГИ КОЛОКВИЈУМ)</b>		у испитном року

\*Предметни наставници и сарадници задржавају право измене плана наставе као и програма колоквијума у току семестра.

\*\*Наведени редни бројеви одговарају редним бројевима наставних седмица у календару наставе на сајту ЕТФ.