



АНАЛІЗ І ОПТИМІЗАЦІЯ СХЕМОТЕХНІЧНИХ РІШЕНЬ

Робоча програма навчальної дисципліни (Силлабус)

Реквізити навчальної дисципліни

Рівень вищої освіти	Перший (бакалаврський)
Галузь знань	G5
Спеціальність	G5 Електроніка, електронні комунікації, приладобудування та радіотехніка
Освітня програма	Інформаційно-обчислювальні засоби радіоелектронних систем
Статус дисципліни	Вибіркова
Форма навчання	очна(денна)
Рік підготовки, семестр	3 курс, весняний семестр
Обсяг дисципліни	120 годин (30 годин – лекції, 14 годин – лабораторні, МКР, РГР, СРС – 76)
Семестровий контроль/ контрольні заходи	Залік
Розклад занять	http://rozklad.kpi.ua/Schedules/ScheduleGroupSelection.aspx
Мова викладання	Українська
Інформація про керівника курсу / викладачів	Лектор: к.т.н., доцент Бондаренко Віктор Миколайович, dkfel@ua.fm , моб. +38(050)1407791 Лабораторні: к.т.н., доцент Бондаренко Віктор Миколайович, dkfel@ua.fm , моб. +38(050)1407791
Розміщення курсу	https://campus.kpi.ua/tutor/index.php?mode=mob&sd=10150&cm=44362&rcms=all&ssm=cm&tree_list= https://classroom.google.com/c/NTg4Nzl0Mzg4ODE0 https://do.ipk.kpi.ua/course/view.php?id=4700

1. Опис навчальної дисципліни, її мета, предмет вивчення та результати навчання

Опис дисципліни. Під час навчання студенти ознайомляться з основними методами та підходами до аналізу і оптимізації радіоелектронних схем. На лабораторних заняттях студенти навчаться проводити дослідження за допомогою проектного середовища OrCAD, одержувати й аналізувати результати досліджень у різних режимах моделювання радіоелектронних схем. Передбачено контроль якості отриманих знань у вигляді модульної контрольної роботи та розрахунково-графічної роботи.

Предмет навчальної дисципліни: Характеристики радіоелектронних схем у різних режимах моделювання, а також підходи до приведення отриманих характеристик у відповідність до вимог технічного завдання на проектування радіоелектронних пристроїв.

Міждисциплінарні зв'язки. Навчальна дисципліна «Аналіз і оптимізація схемотехнічних рішень» базується на знаннях, отриманих в дисциплінах «Основи теорії кіл», «Методи обробки даних в інформатиці», «Схемотехніка», вивчається паралельно з дисциплінами «Цифрове оброблення сигналів», «Мікропроцесорні технології і компоненти радіоелектронної апаратури» і буде корисна для вивчення такої дисципліни як «Основи теорії телекомунікацій і радіотехніки».

Мета навчальної дисципліни. Метою навчальної дисципліни є роз'яснення студентам змісту основних методів та підходів до аналізу і оптимізації радіоелектронних схем, специфіки підбору методів аналізу і оптимізації радіоелектронних схем в різних режимах роботи, а також вироблення у студентів здатності до розв'язування практичних задач схемотехнічного проектування радіоелектронних пристроїв. Успішне вивчення дисципліни необхідно студентам, щоб підсилити та доповнити:

- ЗК 1: Здатність до абстрактного мислення, аналізу та синтезу;
- ЗК 2: Здатність застосовувати знання у практичних ситуаціях;
- ЗК 4: Знання та розуміння предметної області та розуміння професійної діяльності;
- ЗК 7: Здатність вчитися і оволодівати сучасними знаннями;
- ФК 4: Здатність здійснювати комп'ютерне моделювання пристроїв, систем і процесів з використанням універсальних пакетів прикладних програм;
- ФК 15: Здатність проводити розрахунки у процесі проектування споруд і засобів інформаційно-телекомунікаційних мереж, телекомунікаційних та радіотехнічних систем, відповідно до технічного завдання з використанням як стандартних, так і самостійно створених методів, прийомів і програмних засобів автоматизації проектування;
- ФК 18: Здатність обґрунтовано добирати електронні компоненти та схемотехнічні рішення для побудови аналогових та імпульсних блоків РЕА, розраховувати номінальні значення компонентів схеми та друкованих плат, свідомо на фізико-теоретичному рівні визначати вимоги до конструкцій РЕА з урахуванням факторів зовнішнього впливу;
- ФК 19: Здатність застосування необхідного комплексу математичних методів моделювання, аналізу, оптимізації інформаційно-обчислювальних засобів радіоелектронних систем та технологічних процесів їх виробництва з метою удосконалення існуючих та створення нових технічних рішень;
- ПРН 6: Грамотно застосовувати термінологію галузі телекомунікацій та радіотехніки;
- ПРН 12: Застосування фундаментальних і прикладних наук для аналізу та розробки процесів, що відбуваються в телекомунікаційних та радіотехнічних системах;
- ПРН 14: застосування розуміння засобів автоматизації проектування і технічної експлуатації систем телекомунікацій та радіотехніки у професійній діяльності;
- ПРН 17: Знаходити, оцінювати і використовувати інформацію з різних джерел, необхідну для розв'язання професійних завдань, включаючи відтворення інформації через електронний пошук;
- ПРН 25: Розробляти аналогові пристрої промислової та побутової РЕА з застосуванням проектних середовищ ORCAD, аналізувати топологічні блоки інтегральних перетворювачів DC/DC, що містять джерела опорного живлення, підсилювачі сигналу зворотнього зв'язку генератори пилоподібної напруги, широтно-імпульсні модулятори, внутрішні

стабілізатори мікросхем для структурних блоків самої мікросхеми, аналізувати перехідні процеси у часі, амплітудні та частотні характеристики підсилювачів, визначати запас за фазою для забезпечення стабільної роботи РЕА, визначати можливості активації паразитних елементів інтегральної мікросхеми, профілактики таких явищ та мінімізації впливу паразитних елементів схеми, коли уникнення таких явищ стає неможливим;

- ПРН 26: Проводити фізичне, математичне моделювання та оптимізацію, аналізувати альтернативи для обґрунтованого вибору чисельного методу вирішення прикладної задачі, правильно інтерпретувати отриманий результат моделювання та проводити оцінку його адекватності, будувати та аналізувати еквівалентні схеми основних електронних компонентів та ІМС, використовуючи сучасне програмне забезпечення CADENCE-PSpice, розрахувати формалізовану модель станів технічної системи за результатами виробничих експериментів, обробляти та аналізувати результати експерименту.

2. Пререквізити та постреквізити дисципліни (місце в структурно-логічній схемі навчання за відповідною освітньою програмою)

Пререквізити: мати базові знання з дисципліни «Основи теорії кіл», «Методи обробки даних в інформатиці», «Схемотехніка».

Постреквізити: буде корисною для вивчення дисципліни «Основи теорії телекомунікацій і радіотехніки».

3. Зміст навчальної дисципліни

Лекційні заняття

Тема 1. Вступ. Процес автоматизованого проектування в OrCAD.

Розділ 1. Моделювання радіоелектронних схем в OrCAD.

Тема 1.1. Графічний редактор OrCAD Capture.

Тема 1.2. Проектування схеми із застосуванням графічного редактора.

Тема 1.3. Робота з бібліотеками.

Тема 1.4. Режими моделювання.

Тема 1.5. Моделювання схем постійного струму (Bias Point).

Тема 1.6. Режим постійного струму з варійованими параметрами (DC Sweep).

Тема 1.7. Аналіз схем змінного струму (AC Sweep).

Тема 1.8. Аналіз перехідних процесів (Time Domain).

Тема 1.9. Аналіз Монте-Карло та найгіршого випадку.

Розділ 2. Математичні методи оптимізації характеристик схем.

Тема 2.1. Цільові функції.

Тема 2.2. Методи мінімізації цільових функцій.

Розділ 3. Моделі сигналів та компонентів.

Тема 3.1. Аналогові сигнали.

Тема 3.2. Цифрові сигнали.

Тема 3.3. Типи та ієрархія моделей компонентів.

Лабораторні заняття

Комплексна ЛР 1. Робота з програмою PSpice A/D.

1.1. Побудова завдання та інструменти для моделювання.

1.2. Побудова діаграм та цільові функції.

Комплексна ЛР 2. Типи аналізу в системі OrCAD. Частина 1.

2.1. Режим Bias Point.

2.2. Режим DC Sweep.

Комплексна ЛР 3. Типи аналізу в системі OrCAD. Частина 2.

3.1. Режим Time Domain (Transient).

3.2. Режим AC Sweep.

Комплексна ЛР 4. Типи аналізу в системі OrCAD. Частина 3.

4.1. Режим Parametric Sweep.

4.2. Аналіз за допомогою метода Monte Carlo і найгіршого випадку (Worst Case).

4.3. Вивчення програми параметричної оптимізації PSpice Optimizer.

4. Навчальні матеріали та ресурси

Базова література

1. Бондаренко В.М., Бондаренко Н.О. Основи радіоелектроніки та моделювання радіоелектронних кіл. Розділ “Моделювання радіоелектронних кіл в OrCAD”. Навчальний посібник для студентів напряму підготовки 6.050902 “Радіоелектронні апарати”. Рекомендовано Методичною радою НТУУ “КПІ”, 2014. – 91 с.
2. Основи електродинаміки: Основи теорії сигналів [Електронний ресурс]: навчальний посібник / В. М. Бондаренко, В. Г. Губар. – Електронні текстові дані (1 файл: 1,42 Мбайт). – Київ: НТУУ «КПІ», 2012. – 90 с. <https://ela.kpi.ua/handle/123456789/2217>
3. Бондаренко В.М., Губар В.Г. Методичні рекомендації до виконання лабораторних робіт з кредитного модулю «Радіоелектроніка та моделювання радіоелектронних кіл-2» для студентів напряму підготовки 6.050902 «Радіоелектронні апарати», спеціальності 7.05090201, 8.05090201 «Радіоелектронні апарати та засоби». – К.: НТУУ “КПІ”, 2016. – 42 с.
4. Бондаренко В.М., Губар В.Г. Методичні рекомендації до виконання лабораторних робіт з кредитного модулю «Радіоелектроніка та моделювання радіоелектронних кіл-3» для студентів спеціальності 172 Телекомунікації та радіотехніка, спеціалізації Інформаційно-обчислювальні засоби електронних систем. – К.: НТУУ “КПІ ім. І. Сікорського”, 2017. – 28 с.
5. Дистанційний курс «Моделювання радіоелектронних кіл в OrCAD» в системі дистанційного навчання КПІ ім. Ігоря Сікорського для студентів спеціальності 172 «Телекомунікації та радіотехніка» освітня програма «Інформаційно-обчислювальні засоби радіоелектронних систем», сертифікат УІТО, Серія НМП, №5429, автори-розробники Бондаренко В.М., Бондаренко Н.О. – Електронні дані (2.68 Мбайт). – Київ : КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2020 р. – 4,1 ум. друк. арк. <https://do.ipi.kpi.ua/enrol/index.php?id=4700>
6. Бондаренко Н.О., Бондаренко В.М., Корнєв В.П. Оптимізація та прийняття проектно-конструкторських рішень. Розділ «Методи оптимізації» (Навчальний посібник). – К.: НТУУ «Київський політехнічний інститут ім. Ігоря Сікорського», 2017. – 94 с.
7. Моделювання радіоелектронних кіл. Розрахункова робота [Електронний ресурс] : навч. посіб. для студ. спеціальності 172 «Телекомунікації та радіотехніка», освітньої програми «Інформаційно-обчислювальні засоби радіоелектронних систем» / КПІ ім. Ігоря Сікорського ; уклад. В. М. Бондаренко, Н. О. Бондаренко. – Електронні текстові дані (1 файл: 1.25 Мбайт). – Київ : КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2022. – 34 с. <https://ela.kpi.ua/handle/123456789/49916> Назва з екрана.

Допоміжна література

1. Бондаренко В.М., Губар В.Г. Моделювання електронних схем та систем. Розділ «Режими моделювання в OrCAD» (електронний посібник). – К.: НТУУ «КПІ», 2010. – 54 с.
2. Бобало Ю.Я., Мандзій Б.А., Стахів П. Г., Писаренко Л.Д., Якименко Ю.І. Основи теорії електронних кіл: Підручник / За ред. д.т.н., проф. Стахіва П.Г. – Львів: «Магнолія 2006», 2017. – 296 с.
3. Основи теорії кіл. Розділи «Аналіз кіл у сталому синусоїдальному режимі», «Аналіз кіл у часі» [Електронний ресурс] : навч. посіб. для студ. спеціальності 172 «Телекомунікації та радіотехніка», спеціалізації «Інформаційно-обчислювальні засоби електронних систем» / КПІ ім. Ігоря Сікорського; уклад.: В. М. Бондаренко, Н. О. Бондаренко. – Електронні текстові дані (1 файл: 1,6 Мбайт). – Київ : КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2018. – 70 с. <https://ela.kpi.ua/handle/123456789/51553>
4. Фельдман Л.П., Петренко А.І., Дмитрієва О.А. Чисельні методи в інформатиці. – К.: Видавнича група BHV, 2006. – 480 с.

5. Методика опанування навчальної дисципліни (освітнього компонента)

Лекційні заняття (денна форма навчання)

№ з/п	Назва теми лекції та перелік основних питань (перелік дидактичних засобів, посилання на літературу та завдання на СРС)
1	<i>Тема 1. Процес автоматизованого проектування в OrCAD.</i> Перелік основних питань, які виносяться на лекцію: 1. Історія розвитку системи. 2. Структурна схема системи OrCAD. 3. Функції окремих частин системи. Перелік дидактичних засобів, що забезпечують наочність лекції: приклади на дошці. Посилання на основну літературу: [5, глава 1]. Завдання на СРС: Вивчення розділу 4 «Аналіз електронних кіл». Посилання на додаткову літературу: [2, с. 177-179].
2	<i>Тема 1.1. Графічний редактор OrCAD Capture.</i> Перелік основних питань, які виносяться на лекцію: 1. Структурна схема програми. 2. Функції складових частин програми. 3. Менеджер проектів. Перелік дидактичних засобів, що забезпечують наочність лекції: приклади на дошці. Посилання на основну літературу: [5, глава 1]. Завдання на СРС: Вивчення розділу 2 «Особливості моделювання в 9-й версії PSpice». Посилання на додаткову літературу: [1, с. 10-12].
3	<i>Тема 1.2. Проектування схеми із застосуванням графічного редактора.</i> Перелік основних питань, які виносяться на лекцію: 1. Етапи проектування принципіальної схеми. 2. Створення проекту, типи проектів. Перелік дидактичних засобів, що забезпечують наочність лекції: приклади на дошці. Посилання на основну літературу: [5, глава 1]. Завдання на СРС: Вивчення розділу 1 «Побудова і редагування схем». Посилання на додаткову літературу: [1, с. 6, 7].
4	<i>Тема 1.3. Робота з бібліотеками.</i> Перелік основних питань, які виносяться на лекцію: 1. Типи бібліотек. 2. Системні бібліотеки. 3. Бібліотеки користувача. Перелік дидактичних засобів, що забезпечують наочність лекції: приклади на дошці. Посилання на основну літературу: [5, глава 1]. Завдання на СРС: Вивчення розділу 1 «Побудова і редагування схем». Посилання на додаткову літературу: [1, с. 8, 9].
5	<i>Тема 1.4. Режим моделювання.</i> Перелік основних питань, які виносяться на лекцію: 1. Профілі моделювання. 2. Результати моделювання. Перелік дидактичних засобів, що забезпечують наочність лекції: приклади на

	дошці. Посилання на основну літературу: [5, глава 2]. Завдання на СРС: Вивчення розділу 1 «Побудова і редагування схем». Посилання на додаткову літературу: [1, с. 10-11].
6	<i>Тема 1.5. Моделювання схем постійного струму (Bias Point).</i> Перелік основних питань, які виносяться на лекцію: 1. Рівняння кіл у режимі робочої точки. 2. Характеристики схем у режимі малого сигналу. 3. Структура вихідного файлу. Перелік дидактичних засобів, що забезпечують наочність лекції: приклади на дошці. Посилання на основну літературу: [5, глава 3]. Завдання на СРС: Вивчення розділу 3 «Моделювання кола постійного струму в режимі робочої точки». Посилання на додаткову літературу: [1, с.13-17].
7	<i>Тема 1.6. Режим постійного струму з варіюваними параметрами (DC Sweep).</i> Перелік основних питань, які виносяться на лекцію: 1. Змінні параметри джерел. 2. Температурний аналіз. 3. Змінні номінали елементів. Перелік дидактичних засобів, що забезпечують наочність лекції: приклади на дошці. Посилання на основну літературу: [5, глава 3]. Завдання на СРС: Вивчення розділу 4 «Аналіз кола постійного струму в режимі змінних параметрів». Посилання на додаткову літературу: [1, с. 18-21].
8	<i>Тема 1.7. Аналіз схем змінного струму (AC Sweep).</i> Перелік основних питань, які виносяться на лекцію: 1. Аналіз сталого синусоїдального режиму на фіксованій частоті. 2. Частотні характеристики. 3. Аналіз шумів. Перелік дидактичних засобів, що забезпечують наочність лекції: приклади на дошці. Посилання на основну літературу: [5, глава 3]. Завдання на СРС: Вивчення розділу 5 «Аналіз кола змінного струму». Посилання на додаткову літературу: [1, с. 22-29].
9	<i>Тема 1.8. Аналіз перехідних процесів (Time Domain).</i> Перелік основних питань, які виносяться на лекцію: 1. Застосування дискретних моделей. 2. Налаштування моделювання перехідних процесів. 3. Аналіз Фур'є. Перелік дидактичних засобів, що забезпечують наочність лекції: приклади на дошці. Посилання на основну літературу: [5, глава 3]. Завдання на СРС: Вивчення розділу 6 «Аналіз перехідних процесів». Посилання на додаткову літературу: [1, с. 30-38].
10	<i>Тема 1.9. Аналіз Монте-Карло та найгіршого випадку.</i> Перелік основних питань, які виносяться на лекцію: 1. Налаштування аналізу Монте-Карло. 2. Налаштування аналізу найгіршого випадку. Перелік дидактичних засобів, що забезпечують наочність лекції: приклади на дошці.

	Посилання на основну літературу: [5, глава 3]. Завдання на СРС: Вивчення розділу 8 «Статистичний аналіз». Посилання на додаткову літературу: [1, с. 42-53].
11	<i>Тема 2.1. Цільові функції.</i> Перелік основних питань, які виносяться на лекцію: 1. Середньоквадратичний критерій. 2. Критерій модуль-максимум. Перелік дидактичних засобів, що забезпечують наочність лекції: приклади на дошці. Посилання на основну літературу: [3, глава 1], [6, глава 1]. Завдання на СРС: Вивчення розділу 5 «Інтерполяція і наближення функцій». Посилання на додаткову літературу: [4, с. 155-157].
12	<i>Тема 2.2. Методи мінімізації цільових функцій.</i> Перелік основних питань, які виносяться на лекцію: 1. Прості методи. 2. Градієнтні методи. Перелік дидактичних засобів, що забезпечують наочність лекції: приклади на дошці. Посилання на основну літературу: [6, глава 2]. Завдання на СРС: Вивчення розділу 5 «Інтерполяція і наближення функцій». Посилання на додаткову літературу: [4, с. 157-159].
13	<i>Тема 3.1. Аналогові сигнали.</i> Перелік основних питань, які виносяться на лекцію: 1. Класифікація сигналів. 2. Види сигналів. Перелік дидактичних засобів, що забезпечують наочність лекції: приклади на дошці. Посилання на основну літературу: [2, глава 1]. Завдання на СРС: Вивчення розділу 1 «Основні поняття теорії сигналів». Посилання на додаткову літературу: [2, с. 9-19].
14	<i>Тема 3.2. Цифрові сигнали.</i> Перелік основних питань, які виносяться на лекцію: 1. Дискретизація безперервних сигналів. 2. Теорема відліків. 3. Дискретне перетворення Фур'є (ДПФ). Перелік дидактичних засобів, що забезпечують наочність лекції: приклади на дошці. Посилання на основну літературу [2, глава 3]. Завдання на СРС: Вивчення розділу 1 «Основні поняття теорії сигналів». Посилання на додаткову літературу: [2, с. 26-34].
15	<i>Тема 3.3. Типи та ієрархія моделей компонентів.</i> Перелік основних питань, які виносяться на лекцію: 1. Пасивні та активні елементи. 2. Класифікація моделей по діапазону амплітуд сигналів. 3. Класифікація моделей по смузі частот сигналів. Перелік дидактичних засобів, що забезпечують наочність лекції: приклади на дошці. Посилання на основну літературу: [5, глава 4]. Завдання на СРС: Вивчення розділу 2 «Основні положення теорії електричних кіл». Посилання на додаткову літературу: [2, с. 55-64].

Лабораторні заняття

№ з/п	Назва лабораторної роботи (комп'ютерного практикуму)	Кількість ауд. годин
1	<i>Комплексна лаб. робота. Робота з програмою PSpice A/D.</i> 1.1. Побудова завдання та інструменти для моделювання. 1.2. Побудова діаграм та цільові функції.	3
2	<i>Комплексна лаб. робота. Типи аналізу в системі OrCAD. Частина 1.</i> 2.1. Режим Bias Point. 2.2. Режим DC Sweep.	3
3	<i>Комплексна лаб. робота. Типи аналізу в системі OrCAD. Частина 2.</i> 3.1. Режим Time Domain (Transient). 3.2. Режим AC Sweep.	3
4	<i>Комплексна лаб. робота. Типи аналізу в системі OrCAD. Частина 3.</i> 4.1. Режим Parametric Sweep. 4.2. Аналіз за допомогою метода Monte Carlo і найгіршого випадку (Worst Case). 4.3. Вивчення програми параметричної оптимізації PSpice Optimizer.	5
	Всього	14

6. Самостійна робота студента

№ з/п	Назва теми, що виноситься на самостійне опрацювання	Кількість годин СРС
1	<i>Операційні підсилювачі.</i> Посилання на додаткову літературу: [3, с. 53-56].	18
2	<i>Операційні підсилювачі в OrCAD Capture.</i> Посилання на основну [4, с. 22] і додаткову літературу: [2, с. 180-185].	18
3	<i>Цифрові електронні кола.</i> Посилання на додаткову літературу: [2, с. 279-289].	17
4	<i>Підготовка до РГР</i> Посилання на основну літературу [6, с. 6, 7, 9, 16-19, 29-34].	15
5	<i>Підготовка до МКР</i> Посилання на основну літературу [1, с. 36-50].	2
6	<i>Підготовка до заліку</i>	6
	Всього	76

7. Політика навчальної дисципліни (освітнього компонента)

- Відвідування занять є вільним, бали за присутність на лекціях та практичних заняттях не додаються. На заняттях звук на телефонах має бути відключений (може бути активований віброрежим); кожен студент повинен мати власний зошит, в якому пише конспект; дозволяється використання студентами ноутбуків, телефонів, планшетів та інших гаджетів для перегляду файлів з навчальним контентом, наданим викладачем.
- Необхідною умовою допуску студента до заліку є виконання і захист усіх лабораторних робіт, передбачених програмою. Для виконання досліджень по лабораторній студент отримує допуск у викладача, для чого необхідно мати підготовлений конспект протоколу по лабораторній із відповідями на контрольні питання, а також вміти пояснити хід виконання роботи. Після виконання досліджень студент отримує у викладача відповідний підпис. Після самостійного опрацювання підписаних викладачем даних студент пише протокол лабораторної, який містить: дату виконання, прізвище та ім'я студента, назву роботи, мету роботи, відповіді на контрольні питання, виконані графіки, висновок, в якому має бути наведений аналіз одержаних результатів. Написаний протокол студент приносить викладачу і захищає лабораторну, для чого необхідно вміти пояснити хід виконання роботи, а також знати відповіді на теоретичні питання по темі лабораторної. Після успішного захисту лабораторна вважається зарахованою. Протягом однієї пари можуть бути виконані дослідження по одній лабораторній роботі.
- У випадку захисту лабораторної пізніше дедлайну зі студента знімається по одному балу за кожен тиждень затримки.
- У випадку пропущення студентом лабораторної він має отримати допуск у викладача і провести дослідження у будь-який час, коли буде можливість.
- Модульна контрольна робота пишеться студентами самостійно без застосування допоміжних засобів (мобільні телефони, планшети та ін.).
- Усі письмові роботи виконуються студентом самостійно. Для підтвердження факту самостійного виконання будь-якої письмової роботи студент має вміти усно пояснити те, що він написав.

8. Види контролю та рейтингова система оцінювання результатів навчання (PCO)

1. Рейтинг студента з кредитного модуля розраховується за шкалою $R_d = 100$ балів і визначається протягом семестру за результатами:
 - Робота на лекціях: 15 лекцій;
 - виконання 4 комплексних лабораторних робіт;
 - виконання 1 модульної контрольної роботи (МКР);
 - виконання розрахунково-графічної роботи (РГР).
2. Критерії нарахування балів.
 - 2.1. Робота на лекціях:
 - всього $15 \times 1 = 15$ б.
 - 2.2. Лабораторні роботи:
 - виконання роботи – 5 б.;
 - захист роботи – 5 б.;
 - всього балів $4 \times (5 + 5) = 40$ б.
 - 2.3. МКР:
 - виконання всіх завдань без помилок і з поясненнями – 15 б.;
 - виконання не менше 70% завдань без істотних помилок – 11 б.;
 - виконання 50% завдань без помилок, які спотворюють результат – 8 б.;
 - виконання 50% завдань з помилкою – 6 б.

2.4. РГР (надається на перевірку – не пізніше 12 тижня занять):

- виконання всіх завдань без помилок і з поясненнями – **30 б**;
- виконання не менше 2 завдань без істотних помилок – 24 б.;
- виконання 1 завдання без помилок, які спотворюють результат – 16 б.;
- виконання завдань з помилками – 12 б.

2.5. Заохочувальні бали:

– виконання завдань із удосконалення дидактичних матеріалів з дисципліни, модернізації лабораторних робіт – до 10 заохочувальних балів.

3. Умовою першого позитивного календарного контролю є виконання МКР та всіх лабораторних робіт (на час календарного контролю). Умовою другого позитивного календарного контролю – виконання всіх лабораторних робіт (на час атестації) та РГР.

4. Умовою допуску до заліку є зарахування всіх лабораторних робіт та РГР, написана МКР і стартовий рейтинг не менше 40 балів.

5. Студенти, які не мають допуску, виконують залікову роботу (ЗР).

Кожен білет ЗР містить одне практичне завдання, яке оцінюється в 100 балів за такими критеріями:

- повна відповідь на практичне завдання – 90-100 балів;
- достатньо повна відповідь, не менше 75% потрібної інформації або незначні неточності (повне розв’язування завдання з незначними неточностями) – 70-80 балів;
- неповна відповідь, не менше 60% потрібної інформації та деякі помилки (завдання виконане з певними недоліками) – 60 балів;
- відповідь не відповідає умовам до «задовільно» – 0 балів.

6. Сума балів переводиться до залікової оцінки згідно з таблицею:

Бали:	Оцінка
100-95	Відмінно
94-85	Дуже добре
84-75	Добре
74-65	Задовільно
64-60	Достатньо
Менше 60	Незадовільно
Є не зараховані лабораторні роботи, РГР або рейтинг менше 40 балів	Не допущено

Робочу програму навчальної дисципліни (силлабус):

Складено доцентом кафедри конструювання електронно-обчислювальної апаратури ФЕЛ, к.т.н., доц., В.М.Бондаренко

Ухвалено кафедрою конструювання електронно-обчислювальної апаратури (протокол № 14 від 17.06.2026)

Погоджено Методичною комісією факультету (протокол № 06/2026 від 18.06.2026)