



# Інформаційні технології проектування у мікро- і наносистемах

## Робоча програма навчальної дисципліни (Силабус)

### Реквізити навчальної дисципліни

Рівень вищої освіти	Перший (бакалаврський)
Галузь знань	15 Автоматизація та приладобудування
Спеціальність	153 Мікро- та наносистемна техніка
Освітня програма	Електронні мікро- і наносистеми та технології
Статус дисципліни	Вибіркова
Форма навчання	очна(денна)
Рік підготовки, семестр	4 курс, осінній семестр
Обсяг дисципліни	4 кредити ЄКТС (120 год)
Семестровий контроль/ контрольні заходи	залік
Розклад занять	<a href="http://rozklad.kpi.ua">http://rozklad.kpi.ua</a>
Мова викладання	Українська
Інформація про керівника курсу / викладачів	Лектор: к.т.н, доц. Казміренко Віктор Анатолійович, <a href="mailto:vk-ee@iit.kpi.ua">vk-ee@iit.kpi.ua</a> Лабораторні: к.т.н, доц. Казміренко Віктор Анатолійович, <a href="mailto:vk-ee@iit.kpi.ua">vk-ee@iit.kpi.ua</a> к.т.н, доц. Голубєва Ірина Петрівна, <a href="mailto:golubeva-ee@iit.kpi.ua">golubeva-ee@iit.kpi.ua</a>
Розміщення курсу	Google classroom

### Програма навчальної дисципліни

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

Кредитний модуль «Інформаційні технології проектування у мікро- та наносистемах» (далі – «ІТП») є вибірковою дисципліною з циклу професійної підготовки.

Кредитний модуль «ІТП» вивчається на підсумковому етапі підготовки бакалаврів. У цьому кредитному модулі вивчаються підходи до розробки інтегральних мікросхем. Слухачі здобувають досвід повного циклу розробки мікросхеми засобами Cadence Virtuoso, досвід проектування мікросхем під сучасний технологічний процес (Tower Semiconductors), сертифікацію Cadence за обраними курсами дистанційного навчання. Вивчаються прийоми проектування та випробування на симуляторі структурних блоків схеми, основні етапи розробки топологічного проекту схеми з використанням реального технологічного процесу. Для розробленого топологічного проекту виконуються перевірки на відповідність початковій схемі та дотримання специфікацій техпроцесу.

Дисципліна сприяє формуванню **загальних та фахових компетентностей**:

- ЗК1 – Здатність застосовувати знання у практичних ситуаціях;
- ЗК2 – Знання та розуміння предметної області та розуміння професійної діяльності;
- ЗК6 – Здатність вчитися і оволодівати сучасними знаннями;
- ЗК7 – Здатність до пошуку, оброблення та аналізу інформації з різних джерел;

- ФК7 – Здатність розв'язувати інженерні задачі в галузі мікро- та наносистемної техніки з урахуванням всіх аспектів розробки, проектування, виробництва, експлуатації та модернізації;
- ФК8 – Здатність визначати та оцінювати характеристики та параметри матеріалів мікро- та наносистемної техніки, аналогових та цифрових електронних пристроїв, мікропроцесорних систем
- ФК12 – Здатність використовувати знання електрофізичних процесів, які відбуваються в твердотільних пристроях, та теоретичних основ побудови мікроелектронних приладів і систем.
- ФК13 – Здатність розробляти прилади мікроелектроніки, мікро- і наноелектронні системи, засоби мікрохвильової техніки.

Дисципліна сприяє формуванню програмних результатів навчання:

- ПРН1 – Застосовувати знання принципів дії пристроїв і систем мікро- та наносистемної техніки при їхньому проектуванні та експлуатації;
- ПРН3 – Застосовувати знання і розуміння фізики, відповідні теорії, моделі та методи для розв'язання практичних задач синтезу пристроїв мікро- та наносистемної техніки;
- ПРН4 – Оцінювати характеристики та параметри матеріалів пристроїв мікро- та наносистемної техніки, знати та розуміти основи твердотільної та оптичної електроніки, наноелектроніки, електротехніки, аналогової та цифрової схемотехніки, мікропроцесорної техніки;
- ПРН5 – Використовувати інформаційні та комунікаційні технології, прикладні та спеціалізовані програмні продукти для розв'язання задач проектування та налагодження обладнання геліоенергетики, приладів фізичної та біомедичної електроніки;
- ПРН6 – Застосовувати навички планування та проведення експерименту для перевірки гіпотез та дослідження явищ мікро- та наноелектроніки, вміти використовувати стандартне обладнання, складати схеми пристроїв, аналізувати, моделювати та критично оцінювати отримані результати;
- ПРН16 – Використовувати інформаційні технології і системи автоматизованого проектування для розроблення і розв'язання задач проектування аналогових і цифрових мікро- і наносхем і електронних систем;
- ПРН17 – Використовувати інформаційні технології і системи автоматизованого проектування для розроблення і розв'язання задач проектування аналогових і цифрових мікро- і наносхем біомедичної електроніки і біонаносистем.

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

Вивчення навчального кредитного модуля «ІТП» ґрунтується на знаннях, навичках та досвіді, здобутих під час вивчення дисциплін «Теорія електронних кіл» у розділах, пов'язаних з аналізом і розрахунком принципових електронних схем, «Схемотехніка-1. Аналогова схемотехніка» у розділах про підсилювальні схеми, «Теорія сигналів» у розділах цифрової обробки сигналів.

Здобуті знання, навички та досвід є основою для вивчення дисциплін «Мікропроцесорна техніка», яка покладається на здобуті знання про алгебру двійкових величин, будову регістрів та елементів арифметико-логічного пристрою, «Проектування та конструювання мікроелектронної апаратури», яка покладається на знання про властивості поширених цифрових схем.

## **3. Зміст навчальної дисципліни**

### **1. Вступ**

- a. Будова МОН транзисторів, МОН-конденсатор, комплементарні пари.
- b. Вентилі як базові коміррки.

- c. Послідовність технологічних кроків виготовлення КМОП схеми.
  - d. Поняття про характерний розмір та масштабні правила.
- 2. Схема та топологія
  - a. Складені комплементарні вентиля.
  - b. Передаточний вентиль.
  - c. Реалізація високоімпедансного стану.
  - d. Приклади комбінаційних та послідовнісних схем.
  - e. Лінійчаті діаграми структури комірки
- 3. Передаточна характеристика та вплив ефектів короткого каналу, статичні та динамічні характеристики.
- 4. Топологія та часові характеристики
  - a. Затримка поширення комірки.
  - b. Метод логічних затрат оцінки затримки.
- 5. Оцінка споживаної потужності
  - a. Статичне споживання.
  - b. Динамічне споживання.
  - c. Шляхи поліпшення енергоспоживання.
- 6. Масштабування
- 7. Проектування провідників
  - a. Опір, ємність, затримка поширення.
  - b. Паразитні явища.
- 8. Керування швидкодією через архітектуру на прикладі суматора.
- 9. Проектування мереж тактування.
- 10. Корпусування, захист від розрядів.

#### 4. Навчальні матеріали та ресурси

Інформаційні ресурси:

1. Персональна web-сторінка В. А. Казміренка <http://ee.kpi.ua/~vk>
2. Електронний кампус КПІ

Базова література

1. Схемотехніка: пристрої цифрової електроніки : підручник для студ., які навчаються за спеціальністю "Електроніка" : у 2 т. В.М. Рябенський, В.Я. Жуйков, Ю.С. Ямненко, О.В. Борисов; М-во освіти і науки України, НТУУ "КПІ". - Київ : НТУУ "КПІ", 2015.
2. Цифрова схемотехніка електронних систем : підручник для студентів вищих технічних навчальних закладів, які навчаються в галузі знань "Електроніка" / В.І. Бойко [та ін.]. - Київ : Освіта України, 2010. - 352 с.
3. Цифрова схемотехніка [Електронний ресурс] : практикум з дисципліни для студентів спеціальностей 6.051402 - «Біомедична інженерія» та 6.051003 «Приладобудування» / В. І. Зубчук, Н. В. Захарчук ; Національний технічний університет України «Київський політехнічний інститут». - Київ : КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2017. - 194 с.
4. Цифрова схемотехніка : підручник / В.М. Карташов, Л.П. Тимошенко ; за редакцією В.М. Карташова ; Міністерство освіти і науки України, Харківський національний університет радіоелектроніки. - Харків : С.Ф. Коряк, 2018. - 270 с.
5. Основи цифрової схемотехніки : навчальний посібник / О.В. Барабанов, О.С. Баужа ; Міністерство освіти і науки України, Київський національний університет імені Тараса Шевченка. - Київ : ВПЦ "Київський університет", 2016. - 103 с.
6. Конспект лекцій кредитного модуля «Цифрова схемотехніка» дисципліни «Електроніка» для напрямів підготовки 6.051402 «Біомедична інженерія», 6.051003 «Приладобудування» [Електронний ресурс] / Національний технічний університет України «Київський

політехнічний інститут» ; укладачі В. І. Зубчук, Н. В.Захарчук. - Київ : НТУУ «КПІ». 2016. - 195 с.

#### Допоміжна література

1. Lienig, J. and Scheible, J. (2020). Fundamentals of layout design for electronic circuits. Cham: Springer.
2. Baker, R. J. (2010b). CMOS: Circuit Design, Layout, and Simulation. Wiley-IEEE Press.
3. Проектування напівпровідникових приладів та інтегральних мікросхем. Комп'ютерний практикум [Електронний ресурс]: навч. посіб. для здобувачів ступеня магістра за освітньою програмою «Мікро- та наноелектроніка» спеціальності 153 Мікро- та наносистемна техніка / КПІ ім. Ігоря Сікорського; уклад.: Ю. В. Діденко, А. Т. Орлов, Д. Д. Татарчук. – Електронні текстові дані (1 файл: 10,13 Мбайт). – Київ: КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2022. – 164 с. <https://ela.kpi.ua/handle/123456789/47889>
4. Martins, Ricardo.author.authhttp:// id.loc.gov/ vocabulary/relators/aut Analog Integrated Circuit Design Automation [electronic resource] : Placement, Routing and Parasitic Extraction Techniques / by Ricardo Martins, Nuno Lourenço, Nuno Horta. // Springer eBooks - Cham: Springer International Publishing: Imprint: Springer, 2017. - XVI, 207 p. 108 illus., 79 illus. [https://opac.kpi.ua/F/?func=direct&doc\\_number=000623363&local\\_base=KPI01](https://opac.kpi.ua/F/?func=direct&doc_number=000623363&local_base=KPI01).
5. Weste and Harris, CMOS VLSI Design, A Circuits and Systems Perspective, 4th edition, 2004. Pearson. ISBN 9780321547743.

### Навчальний контент

#### 5. Методика опанування навчальної дисципліни (освітнього компонента)

##### Лекційні заняття

№	Назва теми лекції та перелік основних питань
1.	Вступ Будова МОН транзисторів, МОН-конденсатор, комплементарні пари.
2.	Вентилі як базові комірки
3.	Послідовність технологічних кроків виготовлення КМОП схеми. Поняття про характерний розмір та масштабні правила.
4.	Схема та топологія Складені комплементарні вентилі.
5.	Передаточний вентиль. Реалізація високоімпедансного стану.
6.	Приклади комбінаційних та послідовнісних схем.
7.	Лінійчаті діаграми структури комірки
8.	Передаточна характеристика та вплив ефектів короткого каналу, статичні та динамічні характеристики.
9.	Топологія та часові характеристики Затримка поширення комірки.
10.	Метод логічних затрат оцінки затримки.
11.	Оцінка споживаної потужності Статичне споживання. Динамічне споживання. Шляхи поліпшення енергоспоживання.

№	Назва теми лекції та перелік основних питань
12.	Масштабування
13.	Проектування провідників Опір, ємність, затримка поширення.
14.	Паразитні явища.
15.	Керування швидкодією через архітектуру на прикладі суматора.
16.	Проектування мереж тактування.
17.	Корпусування, захист від розрядів.
18.	Підсумки

### Лабораторні заняття

Лабораторні роботи призначені для здобуття практичних навичок розробки топології електронної мікросхеми, використання сучасних програмних засобів для наскрізного проектування, застосування комп'ютерних засобів моделювання компонентів і складених з них електронних схем.

Перелік лабораторних робіт:

№	Назва лабораторної роботи	Кількість годин
1.	Схемотехнічне проектування вентиля, логічної функції	2
2.	Розробка перевірного стенду, випробування схемотехнічного проекту у часовій області	2
3.	Розробка топологічного проекту вентиля	6
4.	Перевірка та коригування топологічного проекту	4
5.	Розробка топологічного проекту на основі стандартних комірок	4
<b>Всього</b>		<b>18</b>

### 6. Самостійна робота студента

Самостійна робота студента включає підготовку до лабораторних робіт у обсязі близько 1–1,5 години на кожну роботу. Протягом цього часу студент має опрацювати методичні вказівки до роботи та ознайомитися із завданням до виконання.

### Політика та контроль

#### 7. Політика навчальної дисципліни (освітнього компонента)

Система вимог:

- відвідування лекційних та лабораторних занять є обов'язковим;
- методичні матеріали розміщуються на персональній сторінці викладача та у Google Classroom, для зв'язку використовується електронна пошта та telegram-група;
- до захисту надається робочий проект, студент демонструє роботу, пояснює роботу, відповідає на уточнюючі питання;
- індивідуальні завдання подаються на перевірку за розкладом, призначеним викладачем;
- невчасний захист завдання штрафується зниження оцінки на 1 бал за тиждень запізнення;
- помилки в індивідуальних завданнях, поданих на перевірку до встановленого терміну, можуть бути виправлені без зниження оцінки;
- усі роботи мають бути оригінальними і виконуватися самостійно.

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

*Поточний контроль: захист лабораторних робіт*

*Календарний контроль: провадиться двічі на семестр як моніторинг поточного стану виконання вимог силабусу.*

*Семестровий контроль: залік*

*Умови допуску до семестрового контролю: зарахування усіх лабораторних робіт.*

Оцінювання ведеться за рейтинговою системою. Рейтинг є кількісною мірою знань та умінь студентів, отриманих протягом вивчення дисципліни. На основі набраного рейтингу RD виставляється підсумкова оцінка. Рейтинг набирається за підсумками захисту лабораторних робіт.

Протягом семестру виконується 5 лабораторних робіт. Враховуючи складність та обсяг виконуваної роботи, оцінки за лабораторні роботи розподіляються відповідно до таблиці:

№	Назва лабораторної роботи	Кількість балів
1.	Схемотехнічне проектування вентиля, логічної функції	10
2.	Розробка перевірного стенду, випробування схемотехнічного проекту у часовій області	10
3.	Розробка топологічного проекту вентиля	40
4.	Перевірка та коригування топологічного проекту	20
5.	Розробка топологічного проекту на основі стандартних комірок	20
<b>Разом</b>		<b>100</b>

Додатково пропонується освоєння курсів «Virtuoso Layout Design Basics» та «Physical Verification System» на платформі Cadence Learning & Support. За умови успішного освоєння курсу, що підтверджується наданням відповідного сертифіката, нараховується 5 балів.

Таблиця відповідності рейтингових балів оцінкам за університетською шкалою:

Кількість балів	Оцінка
100-95	Відмінно
94-85	Дуже добре
84-75	Добре
74-65	Задовільно
64-60	Достатньо
Менше 60	Незадовільно
Не виконані умови допуску	Не допущено

### Робочу програму навчальної дисципліни (силабус):

**Склали:** доцент каф. ЕІ, к.т.н., доцент Казміренко В. А.  
доцент каф. ЕІ, к.т.н., Голубєва І. П.

**Ухвалено** кафедрою електронної інженерії (протокол № 31 від 21 червня 2023 р.)

**Погоджено** Методичною комісією ФЕЛ (протокол № 06/23 від 29 червня 2023 р.)