

**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ  
ПРИКАРПАТСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ  
ІМЕНІ ВАСИЛЯ СТЕФАНІКА**

Фізико-технічний факультет  
Кафедра комп'ютерної інженерії та електроніки

**СИЛАБУС НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ  
Автоматизоване проектування інтегральних схем (ІС)**

Освітня програма Комп'ютерне проектування інтегральних схем  
Галузь знань 17 Електроніка і телекомунікації  
Спеціальність 171 Електроніка

Затверджено на засіданні кафедри  
Протокол № 12 від “30” червня 2023 р.

Івано-Франківськ – 2023 рік

## **Зміст**

1. Загальна інформація
2. Анотація до курсу
3. Мета та цілі курсу
4. Результати навчання (компетентності)
5. Організація навчання курсу
6. Система оцінювання курсу
7. Політика курсу
8. Рекомендована літератури

## 1. Загальна інформація про викладача і дисципліну

<b>Назва дисципліни</b>	Автоматизоване проектування інтегральних схем (ІС)
<b>Рівень вищої освіти</b>	Перший рівень (бакалавр) вищої освіти
<b>Викладач</b>	Доктор технічних наук, професор, Когут Ігор Тимофійович
<b>Контактний телефон викладача</b>	(0342) 59-60-07
<b>Е-mail викладача</b>	igor.kohut@pnu.edu.ua
<b>Формат дисципліни</b>	Семестровий
<b>Обсяг дисципліни</b>	6 кредитів (180 годин)
<b>Посилання на сайт дистанційного навчання</b>	<a href="http://www.d-learn.pu.if.ua">http://www.d-learn.pu.if.ua</a>
<b>Консультації</b>	Відповідно до графіку індивідуальних консультацій, який розміщений на інформаційному сайті кафедри комп'ютерної інженерії та електроніки

## 2. Анотація до курсу

Дисципліна “Автоматизоване проектування інтегральних схем (ІС)” належить до переліку вибіркових навчальних дисциплін за освітнім рівнем “Бакалавр”, що пропонуються в рамках циклу загальної і професійної підготовки студентів за освітньою програмою “Комп'ютерне проектування інтегральних схем”. Вона забезпечує формування у студентів науково-дослідницьких професійно-орієнтованих компетенцій. Предметом вивчення навчальної дисципліни є вивчення ієрархічних підходів проектування і моделювання інтегральних схем з використанням систем автоматизованого проектування (САПР) на основі базових конструктивно-технологічних і схемотехнічних підходів, вивчення і набуття практичного досвіду з використання апаратно-програмних засобів комп'ютерного проектування і моделювання елементної бази інтегральних схем та окремих приладних інтегральних структур, зокрема на основі КМОН-, Бі - КМОН- технологій, технологій на основі структур “кремній-на-ізоляторі” (КНІ), перспективних для створення компонентів обчислювальної техніки та радіоелектронної апаратури, телекомунікаційних систем на основі ІС.

Силабус навчальної дисципліни “Автоматизоване проектування інтегральних схем (ІС)” складений відповідно до освітньо-професійної програми “Комп'ютерне проектування інтегральних схем” підготовки бакалаврів спеціальності 171 “Електроніка”.

## 3. Мета та цілі курсу

**Мета:** сформувати у студентів сучасні практично-прикладні уявлення та знання, про:

- базові маршрути ієрархічного проектування ІС;
- методологію інтерактивного автоматизованого проектування і моделювання ІС з використанням САПР;
- сучасні САПР автоматизованого проектування ІС, їх характеристики і можливості;
- базові технології формування інтегральних приладних структур, зокрема, КМОН – технологій;

- взаємозв'язок між інтегральними приладними структурами і їх схемотехніками, структурні реалізації інтегральних елементів;

- методологію вибору типів інтегральних приладних структур для створення ІС за критерієм “параметри ІС/ціна”;

- структурні реалізації «паразитних» інтегральних елементів, методи міжелементної ізоляції в приладних структурах;

- конструктивно-технологічні обмеження, проектні норми, правила проектування топологій приладних структур;

- з врахуванням впливу міжелементної ізоляції, параметричну оптимізацію приладних елементів ІС за критеріями оптимальні електричні, часові і температурні характеристики.

- методологію схематопологічного проектування і моделювання електричних і часових параметрів елементів ІС в системах Протеус, ПУЛЬТ, MicroWind-3, Tanner Pro- аналіз та параметрична оптимізація затримок сигналів у спроектованих топологіях приладних елементів ІС з врахуванням міжелементної ізоляції, отриманих на основі схемотехнічного моделювання елементної бази КМОН ІС в пакеті прикладних програм TopSpice.

**Завдання:** ознайомлення із базовими маршрутами проектування та технологіями формування приладних КМОН – структур ІС; формування вміння аналізувати та проектувати логічні і комбінаційні елементи цифрових та аналогових ІС; ознайомлення із особливостями проектування фотошаблонів ІС; отримання практичного досвіду з проектування, моделювання та параметричної оптимізації елементів ІС в сучасних САПР.

У результаті вивчення навчальної дисципліни студент повинен знати:

- сучасні підходи і маршрути автоматизованого наскрізного проектування і моделювання елементної бази інтегральних схем;

- підходи і маршрути автоматизованого проектування і моделювання схем електричних принципів і топологій елементів КМОН ІС;

- особливості технології формування сучасних приладних структур ІС на рівні, достатньому для проектування їх топологій;

-взаємозв'язок між конструктивно-технологічними елементами приладних інтегральних структур із їх схемотехнічною та топологічною реалізацією;

-конструктивно-технологічні реалізації елементів ІС – інтегральних контактів, міжшарових з'єднань, резисторів, конденсаторів, транзисторів, шин;

-конструктивно-технологічні реалізації елементів ІС для зовнішнього інтерфейсу – структури контактних площадок, схем захисту від статичної електрики, формувачів сигналів;

- принципи побудови топологій елементів КМОН ІС відповідно з проектними нормами.

**вміти:**

- аналізувати і вибирати типи інтегральних приладних структур для створення ІС за оптимальним співвідношення ціна/параметри;

-працювати в сучасних системах автоматизованого проектування і моделювання ІС;

- проектувати, моделювати та аналізувати базові логічні й комбінаційні бібліотечні елементи ІС та аналогові елементи ІС;

- володіти основами зворотнього інжинірингу «топологія ІС – електрична схема принципова»;

-володіти абсолютними та лямбда одиницями проектування топологій ІС;

-користуватися готовими бібліотечними елементами;

-здійснювати верифікацію фрагментів топологій ІС на відповідність схемі електричній принциповій та проектним конструктивно-технологічним обмеженням;  
 -володіти основами зворотнього інжинірингу за схемами «топология ІС – схема електричній принципова»;  
 -проектувати і автоматизовано генерувати плани топологій кристалів ІС та їх елементів.

#### 4. Компетентності

##### Інтегральна:

Здатність розв'язувати складні спеціалізовані задачі та практичні проблеми, що характеризуються комплексністю та невизначеністю умов, під час професійної діяльності у галузі електроніки, або у процесі навчання, що передбачає застосування теорій та методів електроніки.

##### Загальні:

ЗК7. Здатність до пошуку, оброблення та аналізу інформації з різних джерел.

ЗК9. Здатність працювати в команді.

##### Спеціальні:

СК1. Здатність використовувати знання і розуміння наукових фактів, концепцій, теорій, принципів і методів для проектування та застосування приладів, пристроїв та систем електроніки;

СК2. Здатність виконувати аналіз предметної області та нормативної документації, необхідної для проектування та застосування приладів, пристроїв та систем електроніки;

#### 5. Результати навчання

Р5. Використовувати інформаційні та комунікаційні технології, прикладні та спеціалізовані програмні продукти для вирішення задач проектування та налагодження електронних систем, демонструвати навички програмування, аналізу та відображення результатів вимірювання та контролю.

Р8. Визначати та ідентифікувати математичні моделі технологічних об'єктів при розробці у комп'ютерному середовищі нових складних електронних систем та виборі оптимального рішення.

Р15. Виявляти навички самостійної та колективної роботи, лідерські якості, організувати роботу за умов обмеженого часу з наголосом на професійну сумлінність.

#### 6. Організація навчання курсу

Обсяг курсу			
Вид заняття		Загальна кількість годин	
лекції		32	
семінарські заняття / практичні / <u>лабораторні</u>		34	
самостійна робота		114	
Ознаки курсу			
Семестр	Спеціальність	Курс (рік навчання)	Нормативний/ вибірковий
8	171 Електроніка	4	вибірковий

Тематика курсу					
Тема	Форма заняття, год.	Література	Кількість годин	Вага оцінки	Термін виконання
<b>Змістовий модуль 1</b>					
<b>Тема 1.</b> Вступ. Предмет дисципліни автоматизоване проектування інтегральних схем. Проблеми і завдання.	Лекція	1,7	2	1	Згідно розкладу
<b>Тема 2.</b> Сучасні підходи і маршрути автоматизованого наскрізного проектування і моделювання елементної бази інтегральних схем. Проектування ІС на мовах високого рівня.	Лекція	1,7	2	1	Згідно розкладу
<b>Тема 3.</b> Методи ієрархії в проектуванні великих інтегральних схем. Приклади і опис маршрутів ієрархічного інтерактивного автоматизованого проектування ІС. Функціонально-логічне проектування ІС.	Лекція	2	2	2	Згідно розкладу
<b>Тема 4.</b> Схемотопологічне проектування елементів інтегральних схем. Взаємозв'язок між схемною реалізацією інтегральних елементів і їх активними приладними структурами. Взаємозв'язок активна «приладна структура – схема електрична – топологія інтегрального елементу». Супутні паразитні елементи інтегральних приладних структур.	Лекція	2	2	2	Згідно розкладу
<b>Тема 5.</b> Огляд і призначення сучасних систем автоматизованого проектування елементної бази ІС (Cadence, MicroWind, TannerPro, Spice, ПУЛЬТ, GLE,), їх характеристики і можливості.	Лекція	2	2	2	Згідно розкладу

<b>Тема 6.</b> Сучасні технології формування приладних структур КМОН ІС. Блоки технологічних операцій створення конструктивних елементів активних приладних структур ІС. Фотошаблони. Тональності проєктованих пошарових елементів ІС.	Лекція	2	2	2	Згідно розкладу
<b>Тема 7.</b> Конструктивно-технологічні реалізації елементів приладних інтегральних структур, їх схемотехніка та топології. Інтегральні «паразитні» елементи. Зворотній інжиніринг «топологія елементів ІС – схемотехніка елементів ІС».	Лекція	2	2	2	Згідно розкладу
<b>Тема 8.</b> Конструктивно-технологічні обмеження, проєктні норми і правила проєктування топологій на прикладі КМОН ІС. Лямбда-проєктування. Вибір рівня технології.	Лекція	2,3	2	2	Згідно розкладу
<b>Тема 9.</b> Фотошаблони – як кінцевий об'єкт у проєктуванні топологій ІС. Види фотошаблонів. Використання фотошаблонів. Темнопольні і світлопольні фотошаблони. Фотошаблони для контактної і проєкційної фотолітографії. Елементи контролю технології виготовлення ІС - знаки суміщення та ноніусні лінійки.	Лекція	2,3	4	2	Згідно розкладу
<b>Тема 10.</b> Створення «дерева» проєкту топології ІС в САПР. Топологічні примітиви для проєктування топологій елементів ІС. Символьне проєктування. Бібліотечні	Лекція	2,3	4	2	Згідно розкладу

елементи. Операції в САПР над топологічними примітивами. Практичні аспекти проектування елементів топологій ІС в САПР ПУЛЬТ. Координатна сітка і поле проектування. Система координат.					
<b>Тема 11.</b> Особливості автоматизованого схематопологічного проектування в системі TannerPro. Інтерфейс системи. Вибір топологічних шарів і примітивів графічного редагування топологій елементів ІС. Створення бібліотек топологій ІС.	Лекція	2,3	4	2	Згідно розкладу
<b>Тема 12.</b> Практичні аспекти автоматизованого схематопологічного проектування елементів ІС в системі MicroWind-3. Інтерфейс системи. Аналіз інтегральних структур, вибір топологічних шарів, верифікація топологій і проектних норм (DRC). Опис сигналів для моделювання.	Лекція	2-4	4	2	Згідно розкладу
Модульний контроль 1			2	2	Згідно розкладу
<b>Практичний модуль</b>					
<b>Лабораторна робота №1</b> в САПР топологій ПУЛЬТ. Вивчення і практична робота з оболонкою й інтерактивним інтерфейсом системи. Вивчення координатної сітки й топологічних примітивів. Команди вибору активних і пасивних шарів топологій ІС.	Лаб. роб.	3,4	4	2	Згідно розкладу
<b>Лабораторна робота №2</b> в САПР топологій ПУЛЬТ. Практична робота із занесення та редагування	Лаб. роб.	3,4	4	2	Згідно розкладу



топологічних примітивів у різних шарах активної приладної структури ІС. Графічні операції над примітивами та елементарними топологіями (занесення, модифікація, деформація, копіювання, мультиплікація, орієнтація та ін.)					
<b>Лабораторна робота №3</b> в САПР топологій ПУЛЬТ. Практична робота із проектування топології 6-ти транзисторної статичної комірки пам'яті на КМОН-транзисторах за заданими розмірами транзисторів. Оптимізація площі комірки. Оптимізація топології за вимогами мінімальної площі та придатності до мультиплікації у масиви пам'яті.	Лаб. роб.	3,4	4	2	Згідно розкладу
<b>Лабораторна робота №4</b> в САПР Micro Wind-3. Вивчення оболонки й інтерактивного інтерфейсу системи, опису й призначення сигналів, вибір, призначення й керування топологічними шарами.	Лаб. роб.	3,4	4	2	Згідно розкладу
<b>Лабораторна робота №5</b> Редагування топологічних примітивів у різних топологічних шарах за заданими проектними нормами. Верифікація проектних норм (DRC) і корекція топологічних елементів. Проектування і дослідження ВАХ і швидкодії МОН-транзисторів із їх топологій.	Лаб. роб.	2,4-7	4	2	Згідно розкладу
<b>Лабораторна робота №6</b>	Лаб.	2,4-7	4	2	Згідно

Схемотопологічне лямбда-проекування за заданими розмірами транзисторів й електричною схемою КМОН – інверторів з 2-ма шарами полікремнію і 2-ма шарами металізацій. Моделювання на основі топології часових параметрів передачі сигналів. Побудова поперечних перетинів елементів його приладної структури.	роб.				розкладу
<b><u>Лабораторна робота №7</u></b> Схемотопологічне проектування й дослідження логічних КМОН елементів на прикладі схеми ЗАБО-НЕ. Верифікація топології (DRC). Оптимізація топології за параметрами – мінімальна площа, довжина провідників, мінімальний опір провідників, мінімальна паразитна ємність, кількість контактів.	Лаб. роб.		4	2	Згідно розкладу
<b><u>Лабораторна робота №8</u></b> в САПР Tanner Pro. Практичне ознайомлення із системою та інтерактивним інтерфейсом. Топологічні операції в системі. Редагування топологій. Проектування топології інвертора за заданими розмірами транзисторів.	Лаб. роб.	3,4	2	2	Згідно розкладу
<b>Самостійна робота</b>					
<b><u>Тема1.</u></b> Автоматизоване проектування й генерування елементів ІС, планів кристалів та схем зовнішнього інтерфейсу в ІС в системі MicroWind. Особливості і типи інтегральних елементів (резистивні, конденсаторні, індуктивні, транзисторні,	Самостійна робота	6	14	2	Згідно розкладу

контактні площадки, шини, схеми захисту). Параметри автоматизованої генерації.					
<b>Тема 2.</b> Схемотопологічне проектування в системі MicroWind за заданою електричною схемою і розмірами транзисторів перетворювача рівнів сигналів на КМОН - транзисторах. Верифікація й оптимізація топології (DRC). Мінімізація площі топології. Опис параметрів сигналів контролю функціонування спроектованого елемента.	Лаб. роб.	2,4-6	14	2	Згідно розкладу
<b>Тема 3.</b> Трисклабильні КМОН-інвертори і їх використання. Схемотопологічне проектування і оптимізація. Моделювання, дослідження і оптимізація АПХ і затримок проходження сигналів безпосередньо із топології.	Само-стійна робота	3	14	2	Згідно розкладу
<b>Тема 4.</b> Проектування аналогових елементів ІС на основі КМОН-структур. Аналогові підсилювачі. Диференційні підсилювачі. Принципи симетрії, дзеркальності, узгодженості у проектуванні топології аналогових ІС.	Само-стійна робота	2	14	2	Згідно розкладу
<b>Тема 5.</b> Обернений інжиніринг: відновлення з топології й моделювання схеми електричної принципової із заданої топології АЦП на основі КМОН-структур в системі MicroWind. Паразитні елементи. Їх вплив на функціонування активних приладних структур.	Само-стійна робота	6	14	2	Згідно розкладу
<b>Тема 6.</b> Вивчення	Само-	6	14	2	Згідно

особливостей проектування з елементами оберненого інжинірингу з регулярними приладними структурами промислових серійних ІС типу – запам'ятовуючі пристрої з організацією пам'яті 1К x 4 на основі n-канальної МОН-технології.	стійна робота					розкладу
<b>Тема 7.</b> Вивчення особливостей моделювання й проектування топологій ІС в САПР Tanner Pro.	Само-стійна робота	6	15	2		Згідно розкладу
<b>Тема 8.</b> Проектування фотошаблонів на основі топологій ІС. Вимоги до фотошаблонів. Корекції на розміри топологічних елементів. Проектування і розташування знаків суміщення, мультиплікації зображень, оптичної перевірки розмірів та суміщення елементів за ноніусними шкалами.	Само-стійна робота	6	15	2		Згідно розкладу
Підсумковий контроль (екзамен)				50		

### 7. Система оцінювання курсу

<b>Загальна система оцінювання курсу</b>
<p><i>Поточний контроль</i> здійснюється під час проведення лекційних, лабораторних, індивідуальних занять і має на меті перевірку знань студентів з окремих тем навчальної дисципліни та рівня їх підготовленості до виконання конкретної роботи. Оцінки у національній шкалі («відмінно» - 5, «добре» - 4, «задовільно» - 3, «незадовільно» - 2), отримані студентами, виставляються у журналах обліку відвідування та успішності академічної групи.</p> <p><i>Модульний контроль (сума балів за окремий змістовий модуль)</i> проводиться (виставляється) на підставі оцінювання результатів знань студентів після вивчення матеріалу з логічно завершеної частини дисципліни – змістового модуля.</p> <p>Завданням модульного контролю є перевірка розуміння та засвоєння певного матеріалу (теми), вироблення навичок проведення розрахункових робіт, вміння вирішувати конкретні ситуативні задачі, самостійно опрацьовувати тексти, здатності осмислювати зміст даної частини дисципліни, уміння публічно чи письмово подати певний матеріал.</p> <p><i>Семестровий (підсумковий) контроль</i> проводиться у формі екзамену.</p> <p><i>Екзамен</i> – форма підсумкового контролю, яка передбачає перевірку розуміння студентом теоретичного та практичного програмного матеріалу з усієї дисципліни, здатності творчо використовувати здобуті знання та вміння, формувати власне ставлення до певної проблеми тощо.</p>
<b>Шкала оцінювання: національна та ECTS</b>

Сума балів за всі види навчальної діяльності	Оцінка ECTS	Оцінка за національною шкалою	
		для екзамену, курсового проекту (роботи), практики	для заліку
90-100	A	відмінно	зараховано
80-89	B	добре	
70-79	C		
60-69	D	задовільно	
50-59	E		
26-49	FX	незадовільно з можливістю повторного складання	не зараховано з можливістю повторного складання
0-25	F	незадовільно з обов'язковим повторним вивченням дисципліни	не зараховано з обов'язковим повторним вивченням дисципліни

## 8. Політика курсу

Студент зобов'язаний відвідувати заняття відповідно до встановленого розкладу, не запізнюватися, мати відповідний зовнішній вигляд. У разі відсутності через хворобу надається відповідна довідка.

Пропущена лекція відпрацьовується студентом самостійно і оформляється як короткий конспект за темою заняття.

Пропущена лабораторна робота виконується студентом самостійно вдома або в комп'ютерному класі, результати оцінюються викладачем.

У випадку, якщо студент приймав участь у програмі мобільності, можливе врахування отриманих оцінок в іншому навчальному закладі за умови відповідності навчальних планів.

### **Політика академічної поведінки і етики**

Студент повинен бути толерантним і поважати думку інших.

Заперечення повинні формулюватися тільки в коректній формі.

Плагіат та академічна недоброчесність несумісні з принципами діяльності ВНЗ.

Не допускається підказування та списування під час здачі будь-яких робіт поточного, рубіжного чи підсумкового контролю.

Не допускається користування телефонами та будь-якими іншими електронними засобами під час здачі будь-яких робіт поточного, рубіжного, чи підсумкового контролю.

## 9. Рекомендована літератури

1. Etienne Sicard, Sonia Delmas Bendhia Deep-Submicron Circuit Design.- Simulator in hands. Salt Lake City, Utah 84109, USA -2003 ([www.brookscole.com](http://www.brookscole.com)), 737 p.
2. Бондаренко І.М., Бородин О.В., Карнаушенко В.П. Проектування напівпровідникових приладів та інтегральних схем: навчальний посібник для студентів ЗВО.-Харків:ХНУРЕ.-2018.-177с.
3. Ларін В.Ю., Харченко В.П. Автоматизація схемотехнічного проектування. Навчальне видання. м. Київ. - Національний авіаційний університет. -2017 р.-190 с.
4. САПР MENTOR Graphics:  
[https://maltsystem.ru/images/article/MSU-MENTOR/MENTOR\\_IC\\_DESIGN\\_FPGA\\_MEMC.pdf](https://maltsystem.ru/images/article/MSU-MENTOR/MENTOR_IC_DESIGN_FPGA_MEMC.pdf)
5. Лінк опису ППП MicroWind-3. <https://www.microwid.org>
6. САПР TopSpice. ([www.penzar.com](http://www.penzar.com))
7. Когут І.Т. Методичні вказівки з автоматизованого проектування і моделювання ІС в системі MicroWind-3. Прикарпатський національний університет імені Василя Стефаника. м.Івано-Франківськ.-2021.-106с.
8. Система автоматизованого проектування топологій ІС ПУЛЬТ. Керівництво користувача. М., 1989. 160 стр.
9. А.О.Дружинін, І.Т.Когут, Ю.М.Ховерко Структури кремній-на-ізоляторі для сенсорної електроніки. Монографія.. – Львів: Видавництво Львівської політехніки, 2013. – 224 с.
10. ДСТУ 2638-94 Система автоматизованого проектування. Побудова моделей операційних підсилювачів. Загальні вимоги.
11. О. Ф. Бабічева, С. М. Єсаулов. Автоматизоване проектування електромеханічних пристроїв, компонентів цифрових систем керування та діагностичних комплексів. Навчальний посібник. м. Харків.- ХНУМГ ім. О. М. Бекетова.- 2018.-340с.

**Викладач**

**Когут І.Т.**