

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

Фізико-технічний факультет
Кафедра комп'ютерної інженерії та електроніки

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

Освітня програма Магістр
Галузь знань 12 Інформаційні технології
Спеціальність 123 Комп'ютерна інженерія

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. Компетентності
4. Результати навчання
5. Організація навчання курсу
6. Система оцінювання курсу
7. Політика курсу
8. Рекомендована літератури

1. Загальна інформація про викладача і дисципліну

Назва дисципліни	Автоматизоване проектування інтегральних схем (ІС)
Рівень вищої освіти	Другий рівень вищої освіти
Викладач	Доктор технічних наук, професор, Когут Ігор Тимофійович
Контактний телефон викладача	(0342) 59-60-07
Е-mail викладача	igor.kohut@pnu.edu.ua
Формат дисципліни	Семестровий
Обсяг дисципліни	3 кредитів (90 годин)
Посилання на сайт дистанційного навчання	http://www.d-learn.pu.if.ua
Консультації	Відповідно до графіку індивідуальних консультацій, який розміщений на інформаційному сайті кафедри комп'ютерної інженерії та електроніки

2. Анотація до курсу

Дисципліна “Автоматизоване проектування топологій інтегральних схем (ІС)” належить до переліку вибіркових навчальних дисциплін за освітнім рівнем “Магістр”, що пропонуються в рамках циклу загальної і професійної підготовки студентів за освітньою програмою “Комп'ютерна інженерія”. Вона забезпечує формування у студентів науково-дослідницьких професійно-орієнтованих компетенцій. Предметом вивчення навчальної дисципліни є вивчення ієрархічних підходів проектування топологій 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 на основі ІС.

Силабус навчальної дисципліни “Автоматизоване проектування інтегральних схем (ІС)” складений відповідно до освітньо-професійної програми підготовки магістрів спеціальності 123 “Комп'ютерна інженерія”.

3. Мета та цілі курсу

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

- методологію інтерактивного автоматизованого проектування топологій ІС з використанням САПР;
- сучасні САПР автоматизованого проектування топологій ІС, їх характеристики і можливості;
- базові маршрути ієрархічного проектування топологій цифрових ІС;
- базові технології формування інтегральних приладних структур, зокрема, КМОН – технологій;
- взаємозв'язок між інтегральними приладними структурами і їх схемотехніками, структурні реалізації інтегральних елементів;
- особливості вибору типів інтегральних приладних структур для цифрових ІС за критерієм “параметри /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 ПУЛЬТ, MicroWind-3, Tanner Pro- аналіз та параметрична оптимізація затримок сигналів у спроєктованих 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 ІС; ознайомлення із особливостями проектування фотошаблонів ІС; отримання практичного досвіду з проектування, моделювання та параметричної оптимізації топологій елементів ІС в сучасних САПР.

У результаті вивчення навчальної дисципліни студент повинен знати:

- особливості технології формування сучасних приладних КМОН- структур ІС;
- сучасні підходи і маршрути автоматизованого проектування і моделювання схем електричних принципів і топологій елементів КМОН ІС;
- 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;
- володіти абсолютними та лямбда одиницями проектування топологій ІС;
- користуватися готовими топологіями бібліотечних елементів;
- здійснювати верифікацію фрагментів топологій ІС на відповідність схемі електричній принциповій та проектним конструктивно-технологічним обмеженням;
- проектувати і автоматизовано генерувати плани топологій кристалів ІС та їх елементів.

4. Компетентності

Здатність розв'язувати складні задачі і проблеми в галузі комп'ютерної інженерії або у процесі навчання, що передбачає проведення досліджень та/або здійснення інновацій та характеризується невизначеністю умов і вимог.

Здатність до абстрактного мислення, аналізу та синтезу

Здатність досліджувати, розробляти та обирати технології створення великих і надвеликих систем.

Здатність ідентифікувати, класифікувати та описувати роботу програмно-технічних засобів, комп'ютерних систем, мереж та їхніх компонентів

5. Результати навчання

Знаходити необхідні дані, аналізувати та оцінювати їх.

Застосовувати спеціалізовані концептуальні знання, що включають сучасні наукові здобутки у сфері комп'ютерної інженерії, необхідні для професійної діяльності, оригінального мислення та проведення досліджень, критичного осмислення проблем інформаційних технологій та на межі галузей знань.

Здатність застосовувати результати наукових досліджень при розробленні і проектуванні цифрових інтегральних пристроїв на основі КМОН – структур.

6. Організація навчання курсу

Обсяг курсу					
Вид заняття			Загальна кількість годин		
лекції			14		
семінарські заняття / практичні / лабораторні			16		
самостійна робота			60		
Ознаки курсу					
Семестр	Спеціальність	Курс (рік навчання)		Нормативний/ вибірковий	
2	123 Комп'ютерна інженерія	1		вибірковий	
Тематика курсу					
Тема	Форма	Література	Кількість	Вага	Термін

	заняття, год.		годин	оцінки	виконання
Змістовий модуль					
Тема 1. Вступ. Предмет дисципліни автоматизоване проектування топологій ІС. Проблеми і завдання.	Лекція	1-11	2	100	Згідно розкладу
Тема2. Методи ієрархії в проектуванні великих інтегральних схем. Приклади і опис маршрутів ієрархічного інтерактивного автоматизованого проектування ІС.	Лекція	1-11	2	100	Згідно розкладу
Тема 3. Огляд сучасних систем автоматизованого проектування топологій ІС (ПУЛЬТ, GLE, Cadence, MicroWind, TannerPro), їх характеристики і можливості.	Лекція	1-11	2	100	Згідно розкладу
Тема 4. Сучасні технології формування приладних структур КМОН ІС. Блоки технологічних операцій створення конструктивних елементів приладних структур. Взаємозв'язок «приладна структура – схема електрична – топологія інтегрального елемента»	Лекція	1-11	2	100	Згідно розкладу
Тема 5. Конструктивно-технологічні реалізації елементів приладних інтегральних структур, їх схемотехніка та топології. Інтегральні «паразитні» елементи.	Лекція	1-11	2	100	Згідно розкладу
Тема 6. Конструктивно-технологічні обмеження, проектні норми і правила проектування топологій КМОН ІС. Лямбда-проектування. Вибір рівня технології.	Лекція	1-11	2	100	Згідно розкладу

Тема 7. Фотошаблони – як об’єкт у проектуванні топологій ІС. Види фотошаблонів. Використання фотошаблонів. Темнопольні і світлопольні фотошаблони. Фотошаблони для контактної і проєкційної фотолітографій. Елементи контролю виготовлення ІС- знаки суміщення та ноніусні лінійки.	Лекція	1-11	2	100	Згідно розкладу
Практичний модуль					
Лабораторна робота №1 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.	9	2	100	Згідно розкладу
Лабораторна робота №2 в САПР топологій ПУЛЬТ. Практична робота із занесення та редагування топологічних примітивів у різних шарах активної приладної структури ІС. Графічні операції над примітивами та елементарними топологіями (занесення, модифікація, деформація, копіювання, мультиплікація, орієнтація та ін.)	Лаб. роб.	9	2	100	Згідно розкладу
Лабораторна робота №3 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.	Лаб. роб.	9	2	100	Згідно розкладу

Оптимізація топології за вимогами мінімальної площі та придатності до мультиплікації у масиви пам'яті.					
Лабораторна робота №4 в САПР Micro Wind-3. Вивчення оболонки й інтерактивного інтерфейсу системи, опису й призначення сигналів, вибір, призначення й керування топологічними шарами.	Лаб. роб.	6,8	2	100	Згідно розкладу
Лабораторна робота №5 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	2	100	Згідно розкладу
Лабораторна робота №6 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.	Лаб. роб.	2	2	100	Згідно розкладу
Лабораторна робота №7 Схемотопологічне проектування й дослідження логічних КМОН елементів на прикладі схеми ЗАБО-НЕ. Верифікація топології (DRC). Оптимізація топології за	Лаб. роб.		2	100	Згідно розкладу

параметрами – мінімальна площа, довжина провідників, мінімальний опір провідників, мінімальна паразитна ємність, кількість контактів.					
Лабораторна робота №8 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.	1	2	100	Згідно розкладу
Самостійна робота					
Тема1. Автоматизоване проектування й генерування елементів ІС, планів кристалів та схем зовнішнього інтерфейсу в ІС в системі MicroWind.	Самостійна робота	6,8	5	100	Згідно розкладу
Тема 2. 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.	Лаб. роб.	6,8	5	100	Згідно розкладу
Тема 3. Тристабільні КМОН-інвертори і їх використання. Проектування і оптимізація топології. Моделювання, дослідження і оптимізація АПХ і затримок проходження сигналів безпосередньо із топології.	Самостійна робота	6,8	5	100	Згідно розкладу
Тема 4. Проектування аналогових елементів ІС на основі КМОН-структур. Аналогові підсилювачі. Диференційні підсилювачі.	Самостійна робота	6,8	5	100	Згідно розкладу

Принципи симетрії у топології ІС.					
Тема 5. Обернений інжиніринг: відновлення з топології й моделювання схеми електричної принципової із заданої топології АЦП на основі КМОН-структур в системі MicroWind.	Само- стійна робота	6,8	5	100	Згідно розкладу
Тема 6. Вивчення особливостей з елементами оберненого інжинірингу топологій промислових серійних ІС типу – запам'ятовуючі пристрої з організацією пам'яті 1К x 4 на основі n- канальної МОН-технології.	Само- стійна робота	8	5	100	Згідно розкладу
Тема 7. Вивчення особливостей моделювання й проектування топологій ІС в САПР Tanner Pro.	Само- стійна робота	6	5	100	Згідно розкладу
Тема 8. 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	5	100	Згідно розкладу
Тема 9. Створення «дерева» проекту топології ІС в САПР. Топологічні примітиви для проектування топологій ІС. Операції в САПР над топологічними примітивами. Практичні аспекти проектування топології в САПР ПУЛЬТ. Координатна сітка і поле проектування.	Само- стійна робота	9	6	100	Згідно розкладу

Система координат.					
Тема 10. Особливості автоматизованого схематопологічного проектування в системі TannerPro. Інтерфейс системи. Вибір топологічних шарів і примітивів графічного редагування топологій елементів ІС. Створення бібліотек топологій ІС.	Само- стійна робота	2,3	6	100	Згідно розкладу
Тема 11. 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.	Само- стійна робота	2-4	6	100	Згідно розкладу
<u>Модульний контроль</u>			2	100	Згідно розкладу

7. Система оцінювання курсу

Загальна система оцінювання курсу		
<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 для цієї дисципліни</i> проводиться у формі заліку.</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>		
Шкала оцінювання: національна та ECTS		
Сума балів за	Оцінка ECTS	Оцінка за національною шкалою

всі види навчальної діяльності		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.Бондаренко І.М., Бородин О.В., Карнаушенко В.П. Проектування напівпровідникових приладів та інтегральних схем: навчальний посібник для студентів ЗВО.-Харків:ХНУРЕ.-018.-177с.

2.CMOS IC fabrication process: <https://www.slideshare.net/jigyashamaru/cmos-fabrication>

3. Etienne Sicard, Sonia Delmas Bendhia Deep-Submicron Circuit Design.- Simulator in hands.

Salt Lake City, Utah 84109, USA -2003 (www.brookscole.com), 737 p.

4. САПР MENTOR Graphics: https://maltsystem.ru/images/article/MSU-MENTOR/MENTOR_IC_DESIGN_FPGA_MEMC.pdf

5. Electronic IC design rules:

<https://www.electronics-tutorial.net/Digital-CMOS-Design/CMOS-Layout-Design/CMOS-lambda-Design-Rules/>

6. Лінк опису ППП MicroWind-3. <https://www.microwid.org>

7. САПР TopSpice. (www.penzar.com)

8. 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.

9. Система автоматизованого проектування топологій ІС ПУЛЬТ. Керівництво користувача. М., 1989. 160 стр.

10. А.О.Дружинін, І.Т.Когут, Ю.М.Ховерко Структури кремній-на-ізоляторі для сенсорної електроніки. Монографія.. – Львів: Видавництво Львівської політехніки, 2013. – 224 с.

11.Проектування «кремній-на-ізоляторі»(КНІ)- структур КМОН-ІС <https://www.slideshare.net/shudhanshu29/silicon-on-insulator-soi-technology>