

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ДВНЗ «ПРИКАРПАТСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
ІМЕНІ ВАСИЛЯ СТЕФАНИКА»

Фізико-технічний факультет
Кафедра комп'ютерної інженерії та електроніки

СИЛАБУС НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ
Автоматизоване проектування інтегральних схем (ІС)

Освітня програма Бакалавр

Галузь знань 12 Інформаційні технології

Спеціальність 123 Комп'ютерна інженерія

Затверджено на засіданні кафедри
Протокол № 1 від "26" серпня 2021 р.

Івано-Франківськ – 2021 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

Назва дисципліни	Автоматизоване проектування інтегральних схем (ІС)
Рівень вищої освіти	Перший 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	9 кредитів (270 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 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'ютерна інженерія”. Вона забезпечує формування у студентів науково-дослідницьких професійно-орієнтованих компетенцій. Предметом вивчення навчальної дисципліни є базові конструктивно-технологічні і схемотехнічні підходи, апаратного-програмні засоби комп'ютерного проектування і моделювання (САПР) 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 бакалаврів спеціальності 123 “Комп'ютерна інженерія”.

3. Мета та цілі курсу

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

- методологію інтегративного автоматизованого проектування ІС з використанням САПР;
- базові маршрути ієрархічного проектування цифрових ІС;
- технології формування інтегральних приладних структур, зокрема, КМОН - технологій, орієнтованих на використання в цифрових ІС;
- 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 схемотопологічного проектування і моделювання електричних і часових параметрів елементів ІС в системі MicroWind-3, 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 цифрових ІС; формування вміння аналізувати та проектувати логічні і комбінаційні елементи цифрових ІС; ознайомлення із електрофізичними моделями приладних інтегральних елементів ІС; отримання практичного досвіду з проектування, моделювання та параметричної оптимізації топологій елементів ІС.

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 принципівій та проектним конструктивно-технологічним обмеженням;
- проектувати і автоматизовано генерувати плани топологій кристалів ІС та їх елементів.

4. Результати навчання (компетентності)

Інтегральна:

- здатність розв'язувати складні інженерні задачі практично-прикладного спрямування, що характеризуються комплексністю та невизначеністю умов, новизною, під час професійної діяльності у галузі створення цифрових КМОН ІС або у процесі навчання, що передбачає проведення комп'ютерних досліджень і моделювань, набуття навиків проектування таких пристроїв для пристроїв цифрової обробки інформації та інших галузей та/або здійснення інших інноваційних аналогічних підходів.

Загальні:

- здатність до абстрактного мислення, аналізу та синтезу.
- здатність застосовувати знання у практичних ситуаціях.
- здатність до пошуку, оброблення та аналізу інформації з різних джерел.

Фахові:

- здатність оцінювати рівень існуючих технологій у галузі професійної діяльності, ефективність технічних рішень та можливість виникнення об'єктів права інтелектуальної власності, відшукувати шляхи та можливості реалізації наукових ідей у прибуткових бізнес-проектах та стартапах.
- здатність формулювати новизну та актуальність науково-дослідної роботи, вести наукову дискусію і викладати результати досліджень за заданою тематикою в сфері розробки та функціонування електронних та інформаційних систем.
- здатність оцінювати проблемні ситуації та недоліки в сфері розробки, конструювання, налагодження, функціонування та експлуатації комп'ютерних пристроїв і систем, формулювати пропозиції щодо вирішення проблем та усунення недоліків.
- здатність застосовувати результати наукових досліджень при розробленні і проектуванні цифрових інтегральних пристроїв на основі КМОН – структур.

5. Організація навчання курсу

Обсяг курсу					
Вид заняття			Загальна кількість годин		
лекції			32		
семінарські заняття / практичні / <u>лабораторні</u>			58		
самостійна робота			180		
Ознаки курсу					
Семестр	Спеціальність		Курс (рік навчання)		Нормативний/ вибірковий
6	123 Комп'ютерна інженерія		3		вибірковий
Тематика курсу					
Тема	Форма заняття, год.	Література	Кількість годин	Вага оцінки	Термін виконання
Змістовий модуль 1					
<u>Тема 1.</u> Вступ. Предмет дисципліни автоматизоване проектування ІС. Маршрут ієрархічного інтерактивного автоматизованого проектування ІС.	Лекція	1,7	2	50	Згідно розкладу
<u>Тема 2.</u> Сучасні технології формування приладних структур КМОН ІС. Взаємозв'язок «приладна структура – схема електрична – топологія інтегрального елемента»	Лекція	2	2	50	Згідно розкладу
<u>Тема 3.</u> Конструктивно-технологічні реалізації елементів приладних інтегральних структур, їх схемотехніка та топології. Інтегральні «паразитні» елементи.	Лекція	2	2	50	Згідно розкладу
<u>Тема 4.</u> Конструктивно-технологічні обмеження, проектні норми і правила проектування топологій КМОН ІС. Лямбда-проектування. Вибір рівня технології.	Лекція	2,3	2	50	Згідно розкладу

Тема 5. Практичні аспекти автоматизованого схематопологічного проектування елементів ІС в систем MicroWind-3. Інтерфейс системи. Аналіз інтегральних структур, вибір топологічних шарів, верифікація топологій і проектних норм (DRC). Опис сигналів для моделювання.	Лекція	2-4	6	50	Згідно розкладу
Тема 6. Проектування і моделювання електрофізичних, електричних і часових параметрів інтегральних КМОН - структур та елементів ІС в систем MicroWind-3.	Лекція	2-4	4	50	Згідно розкладу
Тема 7. Автоматизоване проектування й генерування топологій приладних елементів КМОН ІС в системі MicroWind-3.	Лекція	2-3	2	50	Згідно розкладу
Тема 8. Особливості реалізації топологій елементів КМОН ІС. Оптимізація площі. Мінімізація впливу паразитних інтегральних структур. Спеціальні реалізації топологій інтегральних елементів ІС.	Лекція	1-3	4	50	Згідно розкладу
Тема 9. Автоматизоване проектування й генерування інтегральних елементів КМОН ІС.	Лекція	3	2	50	Згідно розкладу
Тема 10. Конструктивно-технологічні й топологічні вимоги до периферійних елементів кристалу ІС (зона скрайбування, контактні площадки, елементи захисту від статичної електрики, буферні формувачі сигналів для зовнішнього інтерфейсу, знаки суміщення, ноніусні	Лекція	2,7	4	50	Згідно розкладу

лінійки, тестові елементи). Приклади топологічних реалізацій.					
Тема11. Автоматизоване проектування й генерування планів кристалів та схем зовнішнього інтерфейсу в ІС.	Лекція	1,3	2	50	Згідно розкладу
Модульний контроль 1			2	50	Згідно розкладу
Практичний модуль					
Лабораторна робота №1 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	50	Згідно розкладу
Лабораторна робота №2 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	50	Згідно розкладу
Лабораторна робота №3 Схемотопологічне лямбда-проектування 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.	2,4-7	4	50	Згідно розкладу

<p><u>Лабораторна робота №4</u> 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.</p>	Лаб. роб.		4	50	Згідно розкладу
<p><u>Лабораторна робота №5.</u> Схемотопологічне проектування, моделювання й дослідження комбінаційних схем на основі логічних елементів ЗАБО-НЕ, 2І-НЕ на КМОН - транзисторах. Верифікація й оптимізація топології (DRC). Складання математичного виразу виконуваної функції, таблиці істинності.</p>	Лаб. роб.	2,4-6	4	50	Згідно розкладу
<p><u>Лабораторна робота №6</u> Схемотопологічне проектування за заданою електричною схемою і розмірами транзисторів перетворювача рівнів сигналів на КМОН - транзисторах. Верифікація й оптимізація топології (DRC). Мінімізація площі топології.</p>	Лаб. роб.	2,4-6	6	50	Згідно розкладу
<p><u>Лабораторна робота №7.</u> Проектування топології 7-ми каскадного логічно-керованого кільцевого генератора імпульсів. Оптимізація топології за площею. Верифікація. Дослідження і схемо-топологічне моделювання логічно-керованого кільцевого генератора імпульсів – як інструментарію оцінки параметрів</p>	Лаб. роб.	2,4-6	4	50	Згідно розкладу

КМОН цифрових ІС.					
Лабораторна робота №8 Схемо-топологічне проектування за заданою електричною схемою і розмірами транзисторів, моделювання і дослідження функціонування інтегральних тригерів D- типу на основі КМОН - транзисторних структур. Верифікація топології (DRC).	Лаб. роб.	2,4,6	4	50	Згідно розкладу
Лабораторна робота №9 Схемотопологічне проектування, моделювання і дослідження функціонування безпосередньо із топології цифрових елементів КМОН ІС з керованим виходом і трьома станами. Оптимізація топології за площею. Верифікація топології (DRC).	Лаб. роб.	2,4,6	4	50	Згідно розкладу
Лабораторна робота №10. Схемотопологічне проектування за заданими розмірами транзисторів, моделювання і дослідження елементів цифрових ІС з регульованою затримкою сигналів з використанням інтегруючих RC-кіл. Оптимізація розмірів транзисторів для заданого ємнісного навантаження вихідного каскаду (4 пФ).	Лаб. роб.	2,4,6	4	50	Згідно розкладу
Лабораторна робота №11. Схемотопологічне проектування і дослідження потужного 4-х каскадного (4 послідовних КМОН - інвертори) формувача сигналів із послідовним 4-х кратним збільшенням геометричних розмірів для кожного інвертора і вихідною ємністю	Лаб. роб.	2,4,6	4	50	Згідно розкладу

навантаження 40 пФ. Оптимізація площі топології.					
Лабораторна робота №12. Проектування топології 6-ти транзисторної комірки статичної пам'яті на КМОН – структурах, придатної для мультиплікації в накопичувачах (принципи топологічної дзеркальності елементів). Верифікація й оптимізація топології (DRC). Мінімізація площі комірки.	Лаб. роб.	2,4,6	6	50	Згідно розкладу
Лабораторна робота №13 Автоматизована генерація топологій елементів КМОН ІС за заданим описом їх конструктивних параметрів. Проектування планів топологій кристалів ІС, схем зовнішнього інтерфейсу ІС. Схемотопологічне моделювання й дослідження їх параметрів.	Лаб. роб.	2,4,6	6	50	Згідно розкладу
Самостійна робота					
Тема1. Оформлення виконаних планових лабораторних робіт.	Самостійна робота	6	15	50	Згідно розкладу
Тема 2. Автоматизоване проектування топологій базових логічних елементів КМОН ІС в системі Micro Wind-3 як бібліотечних. Моделювання і аналіз їх параметрів безпосередньо із топологій.	Самостійна робота	2,4,5,6	15	50	Згідно розкладу
Тема 3. Периферійні інтегральні приладні структури ІС. Проектування топологій контактних площадок, схем захисту від статичної електрики і моделювання затримок проходження сигналів.	Самостійна робота	1-3	15	50	Згідно розкладу

Тема 4. Трестабільні КМОН-інвертори і їх використання. Проектування і оптимізація топології. Моделювання і дослідження АПХ і затримок проходження сигналів безпосередньо із топології.	Само- стійна робота	3	15		Згідно розкладу
Тема 5. Міжшарові з'єднання і контакти в елементах КМОН ІС. Паразитні резистивні і ємнісні елементи. Розповсюдження сигналів в врахуванням паразитних елементів. Утворення паразитних ліній затримок сигналів. Особливості побудови топологій низьковольтних і високочастотних КМОН елементів ІС.	Само- стійна робота	3	15	50	Згідно розкладу
Тема 6. Дешифратори. Проектування і моделювання топологій інтегральних КМОН - дешифраторів в системі Micro Wind-3 для статичних схем пам'яті.	Само- стійна робота	1-2	15	50	Згідно розкладу
Тема 7. Особливості схематопологічного проектування статичних і динамічних схем пам'яті. Адресні шини і формувачі адресних сигналів. Програмовані ІС та ІС флеш-пам'яті.	Само- стійна робота	2-3	15	50	Згідно розкладу
Тема 8. Проектування КМОН елементів інтегральних схем зі структурами «кремній-на-ізоляторі»(КНІ). Радіаційно-стійкі й терагерцові елементи ІС. Кінк - ефект і методи керування в приладних структурах КНІ ІС.	Само- стійна робота	2,9	15	50	Згідно розкладу
Тема 9. Проектування вхідних-вихідних інтерфейсів КМОН ІС. Спеціальні	Само- стійна робота	2	15	50	Згідно розкладу

елементи ІС –діоди Зенера та ін. Проектування шини живлення і загальної. Основи розрахунку їх топологій. Топології матричних шин в ІС. Високовольтні транзистори. Проектування потужних матричних транзисторів ІС.					
Тема 10. Проектування аналогових елементів ІС на основі КМОН-структур. Аналогові підсилювачі. Диференційні підсилювачі. Принципи симетрії у топології.	Само- стійна робота	2	15	50	Згідно розкладу
Тема 11. Обернений інжиніринг: відновлення схеми електричної принципової із заданої топології ЦАП на основі КМОН-структур.	Само- стійна робота	6	15	50	Згідно розкладу
Тема 12. Обернений інжиніринг: відновлення схеми електричної принципової із заданої топології АЦП на основі КМОН-структур.	Само- стійна робота	6	15	50	Згідно розкладу
Контроль самостійної роботи	2		2		Тиждень КСР
Підсумковий контроль (екзамен)				100	Згідно розкладу

6. 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 окремих 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>

Семестровий (підсумковий) контроль проводиться у формі екзамену.

Екзамен – 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.

Шкала оцінювання: національна та ECTS

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

7. 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.

8. Рекомендована літератури

Основна

- 1.С. Мурога. Системное проектирование сверхбольших интегральных схем. В двух книгах. М.- Мир.-1986г.
2. Etienne Sicard, Sonia Delmas Bendhia Deep-Submicron Circuit Design.- Simulator in hands. Salt Lake City, Utah 84109, USA -2003 (www.brookscole.com), 737 p.
3. Угрюмов Е.П. Цифровая схемотехника. – СПб. БХВ – Петербург, 2004.-800 с.
4. Лінк опису ППП MicroWind-3. <https://www.microwid.org>
5. САПР TopSpice. (www.penzar.com)
6. Когут І.Т. Методичні вказівки з автоматизованого проектування і моделювання ІС в системі MicroWind-3. Прикарпатський національний університет ім.мені Василя Стефаника. м.Івано-Франківськ.-2021.-106с.

Допоміжна

7. Эннс В.И., Кобзев Ю.М. Проектирование аналоговых КМОП-микросхем. Краткий справочник разработчика / Под редакцией канд. техн. наук В. И. Эннса. – М.: Горячая линия-Телеком. – 2005. 454 с.
8. Галченков О.Н., Долголенко А.Н., Корнейчук В.И., .Компьютерная схемотехника и архитектура компьютеров.-Киев-Корнейчук-2013.-604с.
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.