

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

Фізико-технічний факультет  
Кафедра комп'ютерної інженерії та електроніки

**СИЛАБУС НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ  
Технології проектування та виготовлення фотошаблонів**

Освітня програма Бакалавр  
Галузь знань 17 Електроніка і телекомунікації  
Спеціальність 171 Електроніка

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

## 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>	Технологія проектування та виготовлення фотошаблонів
<b>Рівень вищої освіти</b>	Перший рівень вищої освіти
<b>Викладач</b>	Бенько Тарас Григорович
<b>Контактний телефон викладача</b>	0966637574
<b>Е-mail викладача</b>	taras.benko@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 “ Технологія проектування та виготовлення фотошаблонів ” належить до переліку вибіркових навчальних дисциплін за освітнім рівнем “Бакалавр”, що пропонуються в рамках циклу загальної і професійної підготовки студентів за освітньою програмою. Вона забезпечує формування у студентів науково-дослідницьких професійно-орієнтованих компетенцій. Предметом вивчення навчальної дисципліни є вивчення підходів проектування і моделювання рисунків печатної плати для проектування фотошаблонів. Конструкції та методи виготовлення одно – та двосторонніх друкованих плат. Конструювання мікросхем 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.

Силабус навчальної дисципліни “ Технологія проектування та виготовлення фотошаблонів” складений відповідно до освітньо-професійної програми підготовки бакалаврів спеціальності 171 “Електроніка”.

### 3. Мета та цілі курсу

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

- базові методи формування та виготовлення фотошаблонів;
- методологію інтерактивного автоматизованого проектування і моделювання фотошаблонів з використанням САПР;
- сучасні системи автоматизованого проектування печатних плат, їх характеристики і можливості;
- базові технології формування та виготовлення напівпровідникових інтегральних схем;
- взаємозв'язок між інтегральними приладними структурами і їх схемотехніками, структурні реалізації інтегральних елементів;
- методологію та технічні особливості створення та виготовлення мікропроцесорів;
- методи легування напівпровідників;
- конструктивно-технологічні обмеження, проектні норми, правила проектування топології фотошаблонів;
- технологія гібридних інтегральних мікросхем.
- конструкції та методи виготовлення гнучких друкованих плат.
- методологію схемотопологічного проектування і моделювання фотошаблонів у системах OrCAD Capture, MicroCAP, P-CAD, Electronic Workbench, MicroSIM.

**Завдання:** формування вміння аналізувати та проектувати напівпровідникові інтегральні схеми; ознайомлення із особливостями проектування фотошаблонів ; отримання практичного досвіду з проектування, моделювання та параметричної оптимізації елементів фотошаблонів в сучасних САПР.

У результаті вивчення навчальної дисципліни студент повинен знати:

- сучасні підходи та методи автоматизованого проектування і моделювання фотошаблонних структур;
- підходи та методи автоматизованого проектування і моделювання інтегральних схем;
- особливості технології формування сучасних структур фотошаблонів на рівні, достатньому для проектування їх топологій;
- структурні реалізації інтегральних елементів;
- технологічні процеси виготовлення гібридних інтегральних мікросхем;
- конструктивно-технологічні реалізації елементів ІС – інтегральних контактів, міжшарових з'єднань, резисторів, конденсаторів, транзисторів, шин;
- принципи побудови топологій елементів КМОН ІС відповідно з проектними нормами.

**вміти:**

- працювати в сучасних системах автоматизованого проектування і моделювання фотошаблонів;
- проектувати, моделювати та аналізувати рисунки гнучких друкованих плат;
- володіти базовими навичками конструювання мікросхем;
- володіти основами проектування топологій напівпровідникових інтегральних схем;
- користуватися готовими бібліотечними елементами;
- здійснювати верифікацію фрагментів топологій ІС на відповідність схемі електричній принциповій та проектним конструктивно-технологічним обмеженням;
- проектувати і автоматизовано генерувати плани топологій фотошаблонів 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 автоматизованого проектування фотошаблонів, як фінішного етапу у створенні фотошаблону, або у процесі навчання, що передбачає проведення комп'ютерних досліджень, моделювань і верифікацій на відповідність конструктивно-технологічним обмеженням (проектним нормам), верифікації на відповідність спроектованої топології схеми електричній принциповій, набуття навиків проектування таких пристроїв.

**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 використовувати знання і розуміння наукових фактів, концепцій, теорій, принципів і методів для проектування та застосування приладів, пристроїв та систем електроніки (СК1);
- здатність виконувати аналіз предметної області та нормативної документації, необхідної для проектування та застосування приладів, пристроїв та систем електроніки (СК2);
- здатність вирішувати інженерні задачі в галузі електроніки з урахуванням всіх аспектів розробки, проектування, виробництва, експлуатації та модернізації електронних приладів, пристроїв та систем (СК8).

#### 5. Організація навчання курсу

Обсяг курсу			
Вид заняття		Загальна кількість годин	
лекції		30	
семінарські заняття / практичні / <u>лабораторні</u>		40	
самостійна робота		110	
Ознаки курсу			
Семестр	Спеціальність	Курс (рік навчання)	Нормативний/ вибірковий
8	171 Електроніка	3	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 Фотошаблони та їх виготовлення. Проблеми і завдання.	Лекція	1,7	2	50	Згідно розкладу
<b>Тема 2.</b> Технологія виготовлення напівпровідникових інтегральних схем.	Лекція	1,7	2	50	Згідно розкладу
<b>Тема 3.</b> «Технологія виготовлення мікропроцесорів. Функціонально-логічне проектування мікропроцесорів.	Лекція	2	2	50	Згідно розкладу
<b>Тема 4.</b> Легування напівпровідників	Лекція	2	2	50	Згідно розкладу
<b>Тема 5.</b> Технологія гібридних інтегральних мікросхем.	Лекція	2	2	50	Згідно розкладу
<b>Тема 6.</b> Конструкції та методи виготовлення односторонніх друкованих плат.	Лекція	2	2	50	Згідно розкладу
<b>Тема 7.</b> Конструкції та методи виготовлення гнучких друкованих плат.	Лекція	2	2	50	Згідно розкладу
<b>Тема 8.</b> Конструювання мікросхем. Вибір рівня технології.	Лекція	2,3	2	50	Згідно розкладу
<b>Тема 9.</b> Фотошаблони – як кінцевий об'єкт у проектуванні топологій інтегральних схем. Темнопольні і світлопольні фотошаблони. Фотошаблони для контактної і проєкційної фотолітографії.	Лекція	2,3	2	50	Згідно розкладу

<b>Тема 10.</b> Практичні аспекти проектування елементів топологій фотошаблонів в САПР OrCAD.	Лекція	2,3	4	50	Згідно розкладу
<b>Тема 11.</b> Особливості автоматизованого схематопологічного проектування в системі MicroCAP. Інтерфейс системи. Вибір топологічних шарів і примітивів графічного редагування топологій елементів фотошаблонів.	Лекція	2,3	4	50	Згідно розкладу
<b>Тема 12.</b> Практичні аспекти автоматизованого схематопологічного проектування елементів ІС в системі Electronic Workbench. Інтерфейс системи. Аналіз інтегральних структур, вибір топологічних шарів, верифікація топологій і проектних норм .	Лекція	2-4	4	50	Згідно розкладу
Модульний контроль 1			2	50	Згідно розкладу
<b>Практичний модуль</b>					
<b>Лабораторна робота №1</b> Ознайомлення з пакетом OrCAD Capture.	Лаб. роб.	3,4	4	50	Згідно розкладу
<b>Лабораторна робота №2</b> Створення електронних компонентів в програмному середовищі OrCAD Capture.	Лаб. роб.	3,4	6	50	Згідно розкладу
<b>Лабораторна робота №3</b> Підготовка проекту до створення друкованої плати за допомогою програм OrCAD Layout.	Лаб. роб.	3,4	4	50	Згідно розкладу
<b>Лабораторна робота №4</b> Проектування друкованих плат в програмному	Лаб. роб.	3,4	4	50	Згідно розкладу

середовищі OrCAD Capture.					
<b>Лабораторна робота №5</b> Розрахунок теплового режиму герметичного комп'ютерного блоку.	Лаб. роб.	2,4-7	4	50	Згідно розкладу
<b>Лабораторна робота №6</b> САПР MicroCAP. Вивчення оболонки й інтерактивного інтерфейсу системи, опису й призначення сигналів, вибір, призначення й керування топологічними шарами.	Лаб. роб.	2,4-7	6	50	Згідно розкладу
<b>Лабораторна робота №7</b> САПР Electronic Workbench. Практичне ознайомлення із системою та інтерактивним інтерфейсом. Топологічні операції в системі. Редагування топологій. Проектування топології інвертора за заданими розмірами транзисторів.	Лаб. роб.		6	50	Згідно розкладу
<b>Самостійна робота</b>					
<b>Тема 1.</b> Автоматизоване проектування й генерування елементів фотошаблонів, в системі OrCAD Capture.	Самостійна робота	6	14	50	Згідно розкладу
<b>Тема 2.</b> Схемотопологічне проектування в системі Electronic Workbench за заданою схемою і розмірами.	Лаб. роб.	2,4-6	14	50	Згідно розкладу
<b>Тема 3.</b> Особливості і типи інтегральних елементів (резистивні, конденсаторні, індуктивні, транзисторні, контактні площадки, шини, схеми захисту).	Самостійна робота	3	14		Згідно розкладу
<b>Тема 4.</b>	Само-	2	14	50	Згідно

Проектування аналогових елементів ІС на основі КМОН- структур. Аналогові підсилювачі. Диференційні підсилювачі.	стійна робота				розкладу
<b>Тема 5.</b> Схемотопологічне проектування і оптимізація мікропроцесорів в середовищі OrCAD Capture .	Само- стійна робота	6	14	50	Згідно розкладу
<b>Тема 6.</b> Вивчення особливостей проектування друкованих плат в системному середовищі Tanner Pro	Само- стійна робота	6	12	50	Згідно розкладу
<b>Тема 7.</b> Вивчення особливостей моделювання й проектування топологій фотошаблонів в САПР MicroCAP.	Само- стійна робота	6	14	50	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	14	50	Згідно розкладу

### 6. 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</p>



частини дисципліни, уміння публічно чи письмово подати певний матеріал.  
*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. Etienne Sicard, Sonia Delmas Bendhia Deep-Submicron Circuit Design.- Simulator in hands. Salt Lake Sity, Utah 84109, USA -2003 ([www.brookscole.com](http://www.brookscole.com)), 737 p.
2. Hughes, Greg; Henry Yun (2009-10-01). Mask industry assessment: 2009. Proceedings of SPIE 7488 (1): 748803–748803–13. ISSN 0277786X. doi:10.1117 / 12.832722
3. Hwaiyu Geng, Semiconductor manufacturing handbook. ISBN 978-007146965-4, McGraw-Hill Handbooks 2005, doi: 10.1036 / 0071445595. Розділ 8 Photomask (Charles Howard, DuPont)
4. Бондаренко І.М.,Бородин О.В.,Карнаушенко В.П. Проектування напівпровідникових приладів та інтегральних схем: навчальний посібник для студентів ЗВО.-Харків:ХНУРЕ.- 2018.-177с.
5. Готра З.Ю., Лопатинський І.Є., Лукіянець Б.А. Фізичні основи електронної техніки. – Львів: Бескид Біт, 2004. – 880 с.
6. Ларін В.Ю., Харченко В.П. Автоматизація схемотехнічного проектування. Навчальне видання. м. Київ. - Національний авіаційний університет. -2017 р.-190 с.
7. Лінк опису ППП ElectronicWorkbench. [www.electronicworkbench.com](http://www.electronicworkbench.com)
8. САПР TopSpice. ([www.penzar.com](http://www.penzar.com))
9. 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.