



МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ТЕРНОПІЛЬСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ
УНІВЕРСИТЕТ ІМЕНІ ІВАНА ПУЛЮЯ

**Кафедра приладів і контрольо-вимірювальних
системи**

**МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ
для самостійної роботи студентів**

з дисципліни

**АВТОМАТИЗОВАНІ
СИСТЕМИ ПРОЄКТУВАННЯ
НАНОЕЛЕКТРОННИХ
ПРИСТРОЇВ**

для студентів спеціальності
176 – «Мікро- та наносистемна техніка»

Методичні вказівки щодо самостійної роботи студентів з дисципліни “Автоматизовані системи проектування наноелектронних пристроїв” для студентів спеціальності 176 «Мікро- та наносистемна техніка». / Уклад.: Паламар М.І., М.О.Стрембіцький. – Тернопіль: ТНТУ 2023 – 12 с.

Укладачі: д.т.н., Паламар М.І., к.т.н., Стрембіцький М.О.

Відповідальний за випуск: завідувач кафедри приладів і контрольно-вимірювальних систем Паламар М.І.

Розглянуто та затверджено на засіданні приладів і контрольно-вимірювальних систем Тернопільського національного технічного університету імені Івана Пулюя, протокол № 7 від «1» травня 2023 р.

Схвалено та рекомендовано до друку науково-методичною комісією факультету прикладних інформаційних технологій та електроінженерії ТНТУ, протокол № 10 від «5» травня 2023 р.

Призначені для полегшення засвоєння дисципліни «Автоматизовані системи проектування наноелектронних пристроїв» і контролю знань студентів. Складається з урахуванням модульної системи навчання, рекомендацій до самостійної роботи і індивідуальних завдань, тем практичних занять, тестів, контрольних питань, здачі заліку, типової форми та вимог для комплексної перевірки знань з дисципліни.

ВСТУП

Методичні вказівки до самостійної роботи студентів з дисципліни «Автоматизовані системи проєктування наноелектронних пристроїв» розроблені відповідно до навчального плану та робочої програми дисципліни і призначені для студентів спеціальності 176 «Мікро- та наносистемна техніка» підготовки освітньо-кваліфікаційного рівня «бакалавр».

Метою вивчення дисципліни " Автоматизовані системи проєктування наноелектронних пристроїв " є отримання знань про методику, етапи розробки електронних систем та елементів мікро- та наносистемної техніки.

Завданням дисципліни є забезпечити створення методологічної основи для подальшої підготовки студентів із питань мікро- та наносистемної техніки та підвищення знань у практичній інженерній та науковій роботі.

У результаті вивчення навчальної дисципліни студент повинен

знати:

- принципи побудови компонентів мікро- та нанотехніки;
- розрахунки і аналіз напівпровідникових інтегральних схем;
- моделі та параметри плівкових та гібридних інтегральних мікросхем.

вміти:

- будови напівпровідникових приладів спеціального призначення;
- працювати з різними пристроями мікро- та нанотехніки, освоєння інтерфейсів обміну даними між мікропристроями;
- використовувати сучасну елементну базу напівпровідникових елементів та інтегральних мікросхем.

Вивчення дисципліни «Автоматизовані системи проєктування наноелектронних пристроїв» передбачає засвоєння навчального матеріалу у вільний від аудиторних занять час у формі самостійної та індивідуальної навчально-дослідної роботи, призначеної формувати практичні навички роботи студентів із спеціальною літературою, орієнтувати їх на інтенсивну роботу, критичне осмислення здобутих знань і глибоке вивчення теоретичних і практичних проблем для підвищення якості професійної підготовки.

Самостійна робота над засвоєнням навчального матеріалу з дисципліни може виконуватися в бібліотеці, навчальних кабінетах та лабораторіях, в домашніх умовах. Згідно з навчальним планом дисципліни «Компоненти мікро- та нанотехніки» на самостійну роботу студентів відведено 58 годин.

Раціональна організація самостійної роботи вимагає від студента вмілого розподілу свого часу між аудиторною і позааудиторною роботою. Виконання завдань із самостійної та індивідуальної роботи є обов'язковим для кожного студента.

Методичні вказівки до самостійної роботи студентів включають: тематичний план навчальної дисципліни; загальні рекомендації до організації самостійної роботи з дисципліни, в тому числі до організації індивідуального наукового-дослідного завдання; систему поточного й підсумкового контролю знань студентів; список рекомендованої літератури.

1 ТЕМАТИЧНИЙ ПЛАН НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ

При вивченні дисципліни «Автоматизовані системи проектування наноелектронних пристроїв» студент повинен ознайомитися з програмою навчальної дисципліни, її структурою, формами й методами навчання, видами й методами контролю знань.

Тематичний план дисципліни складається з двох модулів, які, в свою чергу, складаються із змістових модулів, кожен з яких об'єднує в собі відносно окремий самостійний блок дисципліни, що логічно пов'язує кілька укрупнених навчальних елементів дисципліни.

Навчальний процес здійснюється в таких формах: лекційні, лабораторні роботи і самостійна робота студента. Тематичний план дисципліни наведено в табл. 1.1

Таблиця 1.1 – Тематичний план дисципліни

№	Тема заняття та короткий зміст	Кількість годин	
		ДФН	ЗФН
1	2	3	4
1.	Тема 1. Задачі, які вирішує САПР. Основні етапи і технічні засоби автоматизованого проектування і конструювання. Автоматизація проектування – синтетична дисципліна, її складовими частинами є багато інших сучасних інформаційних технологій. САПР базується на використанні обчислювальної мережі і телекомунікаційних технологій, в САПР використовуються персональні комп'ютери і робочі станції.	1	0,5
2.	Тема 2. САПР P-CAD: основні характеристики, головне меню, порядок роботи, структура і особливості налаштування. Сучасні технології розроблення й створення радіоелектронних пристроїв і схем використовують спеціальні програмні засоби, що дозволяють розробляти мікросхеми, радіочастотні пристрої і принципіві схеми електронних пристроїв. Інтегрована САПР PCAD — це найпопулярніша у світі система автоматизації проектування й підготовки виробництва друкованих плат.	1	0,5
3.	Тема 3. Робота з графічними редакторами САПР P-CAD. Редактора Symbol Editor. Екранний інтерфейс програм модулів пакета P_CAD. Створення символного зображення елемента в редакторі P-CAD Symbol Editor. Використання графічного редактора Pattern Editor для створення посадочного місця компонента.	1	0,5
4.	Тема 4. Створення посадочних місць компонентів в редакторі Pattern Editor. Екранний інтерфейс програми Pattern Editor. Порядок створення бібліотек і їх компонентів, використовуючи середовище Library Executive. Опис зв'язків між символним зображенням і посадочним місцем компонента використовуючи середовище менеджера бібліотек Library Executive.	1	0,5
5.	Тема 5. Етапи створення принципової електричної схеми. Основні вимоги, які ставляться до принципово електричних схем. Налаштування конфігурації програми. Створення зображення принципової електричної схеми. Редагування створеної схеми. Створення списку з'єднань схеми.	1	0, 5
6.	Тема 6. Створення зображення принципової електричної схеми в редакторі Schemantic. Використання графічного редактора Schemantic для	1	0, 5

	створення принципово електричних схем. Основне меню програми, панель інструментів. Під'єднання бібліотек, розміщення бібліотечних елементів на робочому полі. Редагування, засоби перегляду і верифікації створеної схеми.		
1	2	3	4
7.	Тема 7. Технологічний процес виготовлення друкованих плат. Друкована плата являє собою плоску ізолювану основу, на одній або обох сторонах розміщено струмопровідні полоси металу (провідники) у відповідності до електричної схеми.	1	0,5
8.	Тема 8. Вимоги які ставляться до друкованих плат. Упакування схеми на друковану плату.	1	0,5
9.	Тема 9. Редактор друкованих плат P-CAD PCB. Інтерфейс редактора P-CAD PCB. Підключення бібліотеки, налаштування середовища.	1	1
10.	Тема 10. Задання правил ручного й автоматичного трасування з'єднань на платі. Формування друкованої плати, що відповідає принциповій схемі, створеній в P-CAD Schematic. Задавання габаритів друкованої плати і розміщення компонентів на друкованій платі. Програма автоматичного трасування P-CAD Shape Route. Запуск автотрасувальника, переривання й припинення роботи авто трасувальника. Створення правил ручного й автоматичного трасування з'єднань на платі. Ручне, автоматичне й інтерактивне трасування провідників.	1	1
11.	Тема 11. Конструкторська документація на принципову електричну схему. Конструкторська документація містить всю необхідну інформацію про принципову електричну схему і повинна бути оформлена у відповідності зі стандартами ЄСКД. В конкретних випадках конструкторська документація може включати ряд інших документів, починаючи від технічних умов на вибір і закінчуючи багато чисельними інструкціями. Етапи конвертації принципової електричної схеми з P-CAD в AutoCAD	2	1
12.	Тема 12. Конструкторська документація на друковану плату і розміщення елементів. Створення документації на друковану плату, використовуючи вихідний файл проекту (PCB - файл), з якого буде взята потрібна інформація, перетворена у файл формату DXF і далі відтворена у програмі AutoCAD. Отримати креслення друкованої плати.	2	1
Усього годин		14	8

2. ЗАГАЛЬНІ РЕКОМЕНДАЦІЇ ДО ОРГАНІЗАЦІЇ САМОСТІЙНОЇ РОБОТИ З ДИСЦИПЛІНИ

Обов'язковим елементом успішного засвоєння навчального матеріалу дисципліни «Автоматизовані системи проєктування наноелектронних пристроїв» є самостійна робота студентів з вітчизняною і зарубіжною літературою з питань проєктування електронних систем.

Самостійна робота є основним засобом оволодіння навчальним матеріалом у час, вільний від нормованих навчальних занять, тобто лекційних і практичних занять (аудиторної роботи).

Основні види самостійної роботи, на які повинні звертати увагу студенти:

- вивчення лекційного матеріалу;
- робота з опрацювання та вивчення рекомендованої літератури;
- підготовка до лабораторних робіт;
- підготовка до дискусій та інших пропонованих викладачем завдань;
- робота над індивідуальним завданням;
- самоперевірка студентом власних знань за запитаннями для самодіагностики;
- підготуватися до дискусії в аудиторії щодо розуміння вивченого матеріалу;
- підготовка до поточного та підсумкового контролю.

Опрацювання лекційного матеріалу. У системі різних форм навчально-виховної роботи особливе місце належить лекції, де викладач надає студенту основну інформацію, навчає розмірковувати, аналізувати, допомагає опанувати ключові знання, а також спрямовує самостійну роботу студента.

Зв'язок лекції і самостійної роботи студента розглядається в таких напрямках:

- лекція як головна початкова ланка, що визначає зміст і обсяг самостійної роботи студента;
- методичні прийоми читання лекцій, що активізують самостійну роботу студентів;
- самостійна робота, яка сприяє поглибленому засвоєнню теми на базі прослуханої лекції.

Перший етап самостійної роботи починається з процесу слухання і записування лекції. Правильно складений конспект лекції – найефективніший засіб стимулювання подальшої самостійної роботи студентів. Студент повинен чітко усвідомити, що конспект – це короткий тезовий запис головних положень навчального матеріалу. Складання і вивчення конспекту – перший етап самостійної роботи студента над вивченням теми чи розділу. Конспект допомагає в раціональній підготовці до практичних занять, заліку, у визначенні напрямку і обсягу подальшої роботи з літературними джерелами.

Під час підготовки до лекції студент повинен опрацювати матеріал попередньої лекції з використанням підручників та інших джерел літератури. На лекціях висвітлюють тільки основні теоретичні положення та найбільш

актуальні проблеми, тому більшість питань виноситься на самостійне опрацювання.

Підготовка до лабораторних робіт. Підготовка до лабораторних робіт розпочинається з опрацювання лекційного та методичного матеріалу до заданого заняття. Студент повинен самостійно ознайомитися з відповідним розділом робочої програми, підготувати відповіді на контрольні запитання, які подані в програмі у певній послідовності згідно з логікою засвоєння навчального матеріалу.

Лабораторні роботи збагачують і закріплюють теоретичні знання студентів, розвиваючи їх творчу активність, допомагають у набутті практичних навичок роботи за предметом навчальної дисципліни.

У процесі підготовки до лабораторних робіт самостійна робота студентів є обов'язковою частиною навчальної роботи, без якої успішне і якісне засвоєння навчального матеріалу неможливе. Це свідчить про необхідність керування самостійною роботою студентів з боку викладача завдяки проведенню цілеспрямованих організаційних і контрольних заходів.

Відповідно до навчального плану з кожної теми курсу проводяться лабораторні роботи. Щороку викладачі уточнюють тематичний план проведення семінарських і лабораторних робіт і ознайомлюють з ним студентів на першому занятті.

Викладач у вступній лекції рекомендує студентам основну і додаткову літературу, а також методичні рекомендації до самостійної роботи та до організації лабораторних робіт з дисципліни. У методичних вказівках з кожної теми наведено перелік питань для теоретичної підготовки до заняття.

У разі, коли студент не може самостійно розібратися в якомусь питанні, він може отримати консультацію у викладача (згідно з графіком проведення консультацій викладачами кафедри приладів і контрольно-вимірювальних систем систем). Добре організовані консультації дозволяють спрямувати самостійну роботу в потрібному напрямі, зробити раціональною і підвищити її ефективність.

В таблиці 2.1 представлено перелік тем лабораторних робіт.

Таблиця 2.1 – Перелік тем лабораторних робіт

№	Тема заняття	Кількість годин	
		ДФН	ЗФН
1.	Ручне трасування друкованої плати. Перевірка Технологічних обмежень DRC	2	1
2.	Інтерактивне трасування друкованої плати. Перевірка технологічних обмежень DRC	2	1
3.	Трасування друкованої плати в автотрасувальнику Shape-based router	2	1
4.	Трасування друкованої плати в автотрасувальнику Spectra	4	0,5
5.	Трасування друкованої плати в системі топологічного трасувальника Topor . опції системи, редагування стилів	4	0,5

контактних площадок, задання технологічних обмежень. ручне й автор тасування		
Усього годин	14	4

3. ПИТАННЯ ДЛЯ САМОСТІЙНОГО ОПРАЦЮВАННЯ

№	Найменування робіт	Кількість годин	
		ДФН	ЗФН
1	2	3	4
1.	Лабораторна робота №1 Лабораторна робота №2 Лабораторна робота №3 Лабораторна робота №4 Лабораторна робота №5	38 6 6 6 10 10	36 6 6 6 8 10
2.	Опрацювання окремих розділів, які не виносяться на лекції: 1. Історія розвитку САПР в приладобудуванні. Цілі, які ставить автоматизація в виробництві. 2. Призначення редактора Relay для створення друкованих плат, порядок налаштування параметрів головного меню. 3. Встановлення кроку сітки в графічному редакторі Symbol Editor. 4. Налаштування конфігурації програми P-CAD Pattern Editor для створення посадочного місця під компонент. 5. Правила, які необхідно дотримувати при позначенні елементів на принципово електричних схемах. 6. Налаштування параметрів перевірки схеми на помилки, вивід повідомлення. 7. Підготовка вихідного файлу проекту до автоматичного трасування провідників. 8. Види конструкторських документацій. 9. Етапи конвертування вихідного файлу P-CAD PCB в AutoCAD. Встановлення одиниць вимірювання і вибір слоїв.	18 2 2 2 2 2 2 2 2 2	36 4 4 4 4 4 4 4 4
3.	Підготовка та складання екзаменів, тестування: - Залік - Тест №1 - Тест №2	1,5 0,5 0,5 0,5	1,5 0,5- 0,5 0,5
4.	Екзамен / залік	0,5	0,5
Усього годин		58	74

4. СИСТЕМА ПОТОЧНОГО Й ПІДСУМКОВОГО КОНТРОЛЮ ЗНАНЬ СТУДЕНТІВ

Оцінювання знань, вмінь і навичок студентів включає ті види занять, які згідно з програмою навчальної дисципліни «Автоматизовані системи проектування наноелектронних пристроїв» передбачають лекційні, лабораторні роботи, самостійну роботу.

Перевірку і оцінювання знань студентів проводять в наступних формах:

- оцінювання роботи і знань студентів під час практичних занять;
- оцінювання виконання і захист лабораторних робіт;
- складання проміжного контролю знань за змістовими модулями;
- здача заліку.

Для кожного змістовного модуля передбачено певну форму поточного контролю. Результати поточного контролю автоматично, без участі студента, зараховуються при модульному контролі. Студент може покращити результати поточного контролю при модульному контролі через тестування.

Максимальна оцінка при I модульному контролі — 40 балів;

Максимальна оцінка при II модульному контролі — 35 балів.

Підсумковий контроль - залік.

Максимальна оцінка навчальної дисципліни — 100 балів.

5. ПЕРЕЛІК КОНТРОЛЬНИХ ЗАПИТАНЬ З ДИСЦИПЛІНИ

1. САПР для проектування електронних модулів PCAD. Призначення, вимоги до технічних засобів, області використання.
2. Основні характеристики і можливості САПР PCAD.
3. Склад і призначення основних програм САПР PCAD. Налаштування системи PCAD. Алгоритми роботи з САПР PCAD.
4. Призначення менеджера бібліотек Library Executive, основні принципи роботи з ним.
5. Програми для редагування і створення бібліотек елементів, які входять до складу PCAD.
6. Етапи і правила створення символного зображення елемента бібліотеки PCAD.
7. Етапи і правила створення посадочного місця елемента бібліотеки PCAD.
8. Створення багатосекційного елемента в PCAD.
9. Опис компонентів і виводів елементів бібліотеки PCAD.
10. Створення і редагування компонентів бібліотеки PCAD.
11. Створення принципів схем в САПР PCAD. Графічний редактор Schematic. Налаштування редактора.
12. Принципи роботи з графічним редактором Schematic. Структура інформації на екрані. Робочі і інформаційні зони.
13. Система сіток, розміри креслень і інформаційні поля. Логічні шари в САПР PCAD.
14. Під'єднання бібліотек і розміщення елементів на робочому столі.
15. Створення електричних з'єднань в графічному редакторі Schematic.
16. Призначення шин, робота з шинами в графічному редакторі Schematic.
17. Верифікація електричної схеми. Редагування параметрів елементів.
18. Нумерація елементів, автонумерація. Редагування властивостей електричних ланцюгів.
19. Налаштування друку схеми. Пошук елементів і електричних ланцюгів.
20. Призначення і налаштування програми P-CAD PCB.
21. Порядок упаковки інформації про електричну схему в конструктив друкованої плати і конструктиви радіоелементів.
22. Порядок автоматизованого розміщення корпусів радіоелементів на друкованій платі з допомогою програми PCB.
23. Задавання й призначення шарів друкованої плати.
24. Основні алгоритми трасування плат. Принципи роботи хвильового алгоритму.
25. Порядок автоматичного трасування з'єднань друкованої плати за допомогою програми Shape Route.
26. Класи складності плат з друкованим монтажем. Основні параметри і обмеження для автоматизованої розводки плат.
27. Порядок задання та зміни стратегії трасування плат в САПР PCAD.
28. САПР P-CAD: призначення, області застосування, версії, вимоги до апаратних засобів.

- 29.Перелік основних графічних примітивів, що використовуються в САПР.
- 30.Головне меню і панелі інструментів програми P-CAD. Порядок підготовки до роботи, настройка і завантаження.
- 31.Структура екрану, робочі і інформаційні зони графічного редактора P-CAD. Призначення функціональних клавіш.
- 32.Основні команди графічного редактора. Команди початкових установок і керування екраном. Система координат і методи вводу координат точок.
- 33.Ввід розмірів креслення, вивід креслень на друк.
- 34.Правила оформлення конструкторської документації на схему принципову електричну, плату друковану і розміщення елементі.

6. РЕКОМЕНДОВАНА ЛІТЕРАТУРА

Базова

1. Паламар М.І., Хом'як А.В. Застосування САПР P-CAD для проектування електронних схем і друкованих плат. Методичні вказівки до лабораторних робіт. — Тернопіль: ТДТУ ім. І.Пулюя, 2008. – с.73.
2. Сабунін, А.Е. Altium Designer. Нові рішення в проектуванні електронних пристроїв / А.Е. Сабунін.- М.: СОЛОН-ПРЕСС, 2009. - 432 с. : іл.
3. Суходольський, В.Ю. Наскрізний проектування функціональних вузлів РЕЗ на друкованих платах в САПР Altium Designer 6: навчальний посібник / В. Ю. Суходольський. - СПб. : Изд-во СПбГЕТУ "ЛЕТІ", 2008. - 148 с.
4. Саєнко С.Ю. Нечипоренко І. В. Основи САПР. Харків: ХДУХТ, 2017. 120 с.

Допоміжна

1. Основи конструктивно-технологічної побудови спеціалізованих ЕОМ / [В. М. Лукашенко, К. В. Колесніков, К. С. Рудаков, М. В. Чичужко] ; М-во освіти і науки України, Черкас. держ. технол. ун-т. – Черкаси : ЧДТУ, 2011. – 167 с.
2. Лукашенко В. М. Основи конструктивно-технологічної побудови спеціалізованих ЕОМ / В. М. Лукашенко, К. В. Колесніков, К. С. Рудаков та ін. : навч. посібник ; МОН України, Черкас. держ. технол. унт. – Черкаси : ЧДТУ, 2014. – 187 с.
3. Конструювання і технологія радіоелектронної апаратури : навч. посіб. / [І. М. Єрмічой, О. В. Задерейко, Л. І. Панов, О. В. Циганов]. – Одеса : Наука і техніка, 2010. – 132 с.