

Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю відповідає ДСТУ ISO 9001:2015	Ф-22.06- 05.02/2 /G5.00.1/Б/ОК19- 2026
	Екземпляр № 1	Арк 41 / 1

ЗАТВЕРДЖЕНО

Науково-методичною радою
Державного університету
«Житомирська політехніка»

протокол від 29 червня 2026 р. № 5

МЕТОДИЧНІ РЕКОМЕНДАЦІЇ для проведення лабораторних занять з навчальної дисципліни «Системи автоматизованого проєктування електронної апаратури, телекомунікаційних систем і мереж»

для здобувачів вищої освіти освітнього ступеня «бакалавр»
спеціальності G5 «Електроніка, електронні комунікації, приладобудування та
радіотехніка»

освітньо-професійна програма «Телекомунікації та радіотехніка»
освітньо-професійна програма «Інформаційні відеосистеми та системи контролю
доступу»

факультет інформаційно-комп'ютерних технологій

кафедра комп'ютерних технологій у медицині та телекомунікаціях

Рекомендовано на засіданні кафедри
комп'ютерних технологій у медицині
та телекомунікаціях
8 квітня 2026 р., протокол № 3

Розробник: к.т.н., доцент кафедри комп'ютерних технологій у медицині та
телекомунікаціях КОРЕНІВСЬКА Оксана, старший викладач кафедри
комп'ютерних технологій у медицині та телекомунікаціях БЕНЕДИЦЬКИЙ Василь.

Житомир
2026

Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю відповідає ДСТУ ISO 9001:2015	Ф-22.06- 05.02/2 /G5.00.1/Б/ОК19- 2026
	Екземпляр № 1	Арк 41 / 2

ЗМІСТ

Вступ.....	3
Лабораторне заняття 1.	
Тема: Загальні відомості про систему DipTrace.....	5
Лабораторне заняття 2.	
Тема: Створення бібліотек компонентів у DipTrace	10
Лабораторне заняття 3.	
Тема: Створення посадкових місць у Pattern Editor	13
Лабораторне заняття 4.	
Тема: Створення принципової електричної схеми	17
Лабораторне заняття 5.	
Тема: Розміщення конструктивних елементів на друкованій платі	21
Лабораторне заняття 6.	
Тема: Трасування провідників на друкованій платі	25
Лабораторне заняття 7.	
Тема: Тривимірна візуалізація друкованої плати	32
Лабораторне заняття 8.	
Тема: Формування Gerber-файлів	35
Рекомендована література.....	41

Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю відповідає ДСТУ ISO 9001:2015	Ф-22.06- 05.02/2 /G5.00.1/Б/ОК19- 2026
	Екземпляр № 1	Арк 41 / 3

ВСТУП

Сучасний розвиток електроніки, телекомунікаційних систем, засобів автоматизації та комп'ютерної техніки неможливий без використання друкованих плат, які є основою більшості електронних пристроїв. Практично всі сучасні електронні системи – від побутових гаджетів і мобільних пристроїв до промислових контролерів, засобів зв'язку, медичного обладнання та систем керування – реалізуються на базі друкованих плат. Від якості проєктування друкованої плати значною мірою залежать надійність, електромагнітна сумісність, технологічність виготовлення та експлуатаційні характеристики електронного виробу.

У зв'язку зі зростанням складності сучасної електронної апаратури особливого значення набувають системи автоматизованого проєктування (САПР), які забезпечують ефективне виконання всіх етапів розроблення електронних пристроїв – від створення принципової електричної схеми до підготовки комплекту виробничої документації. Використання САПР дозволяє значно скоротити терміни розроблення, зменшити кількість помилок, автоматизувати рутинні операції та підвищити якість кінцевого проєкту.

Однією з популярних сучасних систем автоматизованого проєктування друкованих плат є програмне забезпечення DipTrace. Завдяки простому інтерфейсу, широким функціональним можливостям та підтримці сучасних стандартів проєктування він набув значного поширення як у навчальному процесі закладів освіти, так і в професійній діяльності інженерів-розробників електронної техніки. Система забезпечує створення принципових схем, формування бібліотек компонентів, розроблення посадкових місць електронних елементів, ручне та автоматичне трасування друкованих плат, виконання перевірок на відповідність правилам проєктування, формування виробничих файлів та тривимірну візуалізацію готового виробу.

Підготовка фахівців у галузі електроніки, телекомунікацій та комп'ютерної інженерії передбачає формування практичних навичок роботи із сучасними програмними засобами проєктування. Саме тому вивчення програмного забезпечення DipTrace є важливою складовою професійної підготовки здобувачів освіти. Набуті знання та практичні вміння дозволяють майбутнім фахівцям самостійно виконувати повний цикл проєктування друкованих плат відповідно до сучасних вимог виробництва електронної апаратури.

Дані методичні рекомендації розроблені у рамках дисципліни «Системи автоматизованого проєктування електронної апаратури, телекомунікаційних систем і мереж» і призначені для набуття студентами, що навчаються по освітньо-професійній програмі «Телекомунікації та радіотехніка» і освітньо-професійній програмі «Інформаційні відеосистеми та системи контролю

Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю відповідає ДСТУ ISO 9001:2015	Ф-22.06- 05.02/2 /G5.00.1/Б/ОК19- 2026
	Екземпляр № 1	Арк 41 / 4

доступу»

Метою методичних рекомендацій є формування у здобувачів освіти теоретичних знань та практичних навичок проєктування друкованих плат у системі автоматизованого проєктування друкованих плат DipTrace. Для досягнення поставленої мети передбачено виконання комплексу лабораторних робіт, спрямованих на послідовне вивчення всіх етапів розроблення електронного пристрою: створення принципової схеми, перевірки електричних з'єднань, формування переліку з'єднань, розміщення компонентів на друкованій платі, трасування провідників, контролю відповідності правилам проєктування та підготовки виробничої документації.

У результаті опрацювання матеріалів методичних рекомендацій здобувачі освіти повинні:

- знати основні принципи побудови друкованих плат та етапи їх проєктування;
- розуміти структуру та функціональні можливості програмного забезпечення DipTrace;
- уміти створювати принципові електричні схеми засобами Schematic Capture;
- володіти навичками створення та редагування бібліотек компонентів і посадкових місць;
- уміти виконувати розміщення компонентів та трасування друкованих плат;
- здійснювати перевірку проєктів за допомогою засобів ERC та DRC;
- формувати Gerber-файли та іншу виробничу документацію для виготовлення друкованих плат;
- використовувати засоби тривимірної візуалізації для аналізу конструкції електронного пристрою.

Структура методичних рекомендацій включає теоретичний матеріал, лабораторні роботи, контрольні запитання для самоперевірки, індивідуальні завдання та список рекомендованої літератури. Послідовне виконання запропонованих робіт дозволить здобувачам освіти отримати цілісне уявлення про сучасні технології проєктування друкованих плат та сформувати практичні компетентності, необхідні для професійної діяльності у сфері розроблення електронної апаратури.

Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю відповідає ДСТУ ISO 9001:2015	Ф-22.06-05.02/2 /G5.00.1/Б/ОК19-2026
	Екземпляр № 1	Арк 41 / 5

ЛАБОРАТОРНЕ ЗАНЯТТЯ 1

Тема: Загальні відомості про систему DipTrace

Мета роботи – ознайомитися зі структурою системи автоматизованого проєктування DipTrace, вивчити призначення основних модулів системи, освоїти роботу з інтерфейсом користувача, навчитися створювати новий проєкт та виконувати базові налаштування робочого середовища.

Матеріально-технічне забезпечення

1. персональний комп'ютер;
2. встановлене програмне забезпечення DipTrace;
3. методичні рекомендації до виконання лабораторної роботи;
4. інструкція користувача DipTrace.

Теоретичні відомості

1. Загальна характеристика DipTrace

DipTrace є сучасною системою автоматизованого проєктування електронних пристроїв (EDA – Electronic Design Automation), призначеною для розроблення принципів електричних схем, проєктування друкованих плат та підготовки виробничої документації.

Програмний комплекс широко використовується під час навчання та професійного проєктування електронних пристроїв завдяки простоті освоєння, широкому набору інструментів та підтримці сучасних стандартів проєктування друкованих плат.

До складу DipTrace входять чотири основні модулі (рис.1.1):



Рисунок 1.1 – Структура системи автоматизованого проєктування DipTrace

Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю відповідає ДСТУ ISO 9001:2015	Ф-22.06-05.02/2 /G5.00.1/Б/ОК19-2026
	Екземпляр № 1	Арк 41 / 6

Модуль Schematic Capture

Призначений для створення та редагування принципових електричних схем.

Основні можливості:

- створення електричних схем;
- додавання компонентів із бібліотек;
- формування переліку з'єднань (Netlist);
- перевірка електричних правил (ERC);
- експорт схемної документації.

Модуль PCB Layout

Призначений для проєктування друкованих плат.

Основні можливості:

- розміщення компонентів на платі;
- ручне та автоматичне трасування;
- налаштування правил проєктування;
- перевірка DRC;
- створення Gerber-файлів.

Модуль Component Editor

Використовується для створення та редагування бібліотек електронних компонентів.

Модуль Pattern Editor

Призначений для створення посадкових місць електронних компонентів (Footprints).

2. Інтерфейс програми

Після запуску одного з модулів DipTrace відкривається головне вікно програми (рис.1.2).

Основними елементами інтерфейсу, на прикладі модуля **модуля Schematic Capture** є:

Головне меню

Містить команди керування проєктом: File (Файл); Edit (Редагування); View (Вигляд); Route (Трасування); Verification (Перевірка); Tools (Інструменти); Help (Довідка).

Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю відповідає ДСТУ ISO 9001:2015	Ф-22.06-05.02/2 /G5.00.1/Б/ОК19-2026
	Екземпляр № 1	Арк 41 / 7

Панелі інструментів

Забезпечують швидкий доступ до найуживаніших команд.

Робоча область

Призначена для створення схем електричних принципових або конструкцій друкованих плат.

Менеджер бібліотек

Містить бібліотеки компонентів та посадкових місць.

Рядок стану

Відображає поточні координати курсора та режим роботи.

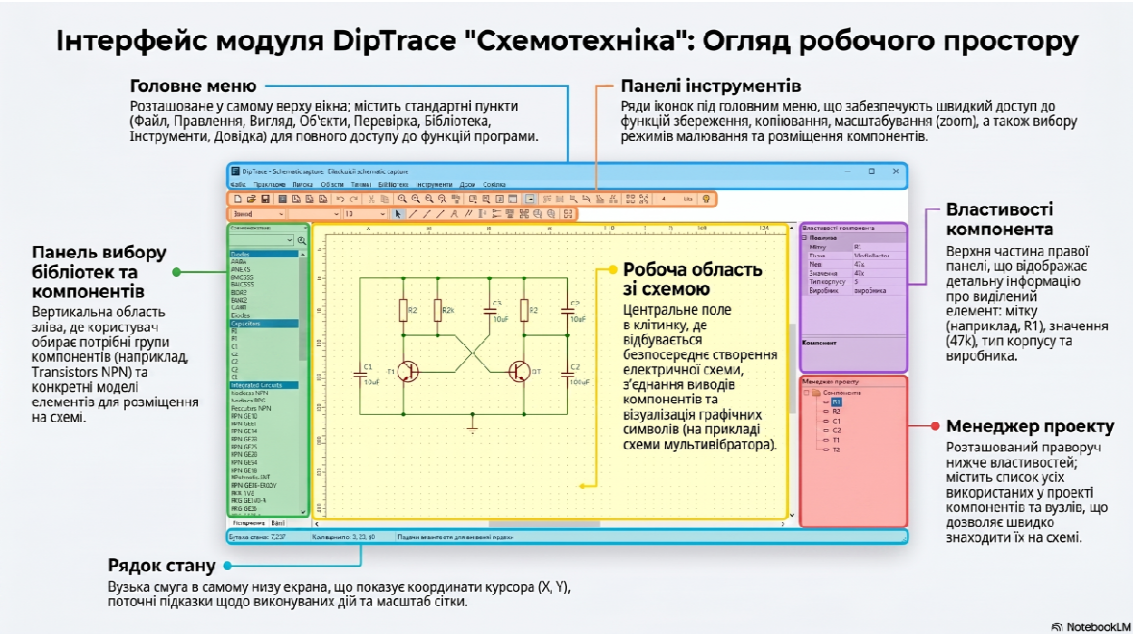


Рисунок 1.2 – Головне вікно модуля Schematic Capture

3. Налаштування робочого середовища

Перед початком роботи рекомендується виконати налаштування:

- одиниць вимірювання (мм або mil);
- кроку сітки (Grid);
- кольорової схеми;
- параметрів відображення шарів;

Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю відповідає ДСТУ ISO 9001:2015	Ф-22.06- 05.02/2 /G5.00.1/Б/ОК19- 2026
	Екземпляр № 1	Арк 41 / 8

- параметрів автозбереження.

Правильно налаштована сітка значно спрощує розміщення елементів та трасування друкованих провідників.

НАВЧАЛЬНІ ЗАВДАННЯ І МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ ДО ЇХ ВИКОНАННЯ

Завдання 1. Запуск програмного комплексу DipTrace

1. Запустити програму DipTrace.
2. Ознайомитися зі стартовим вікном.
3. Визначити доступні модулі програми.
4. Записати їх призначення у звіт.

Завдання 2. Ознайомлення з модулем Schematic Capture

1. Відкрити модуль Schematic Capture.
2. Розглянути структуру головного меню.
3. Ознайомитися з панелями інструментів.
4. Визначити розташування менеджера бібліотек.
5. Створити новий проєкт.

Завдання 3. Налаштування параметрів програми.

1. Відкрити меню View.
2. Установити метричну систему вимірювання.
3. Налаштувати крок сітки 2,5 мм.
4. Увімкнути відображення координат.
5. Зберегти налаштування.

Завдання 4. Робота з бібліотеками компонентів.

1. Відкрити менеджер бібліотек.
2. Ознайомитися зі структурою бібліотек.
3. Знайти такі компоненти: резистор; конденсатор; світлодіод; транзистор.
4. Записати результати у звіт.

Завдання 5. Створення тестового проєкту.

1. Створити новий проєкт.
2. Додати резистор та світлодіод.
3. Розмістити компоненти на схемі.
4. Зберегти проєкт під назвою: **Lab1_Прізвище.dch**.

Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю відповідає ДСТУ ISO 9001:2015	Ф-22.06- 05.02/2 /G5.00.1/Б/ОК19- 2026
	Екземпляр № 1	Арк 41 / 9

Зміст звіту

Звіт повинен містити:

1. Назву та мету роботи.
2. Короткі теоретичні відомості.
3. Перелік модулів DipTrace та їх призначення.
4. Скріншот головного вікна програми.
5. Скріншот створеного тестового проєкту.
6. Висновки.

Контрольні запитання

1. Для чого призначений програмний комплекс DipTrace?
2. Які модулі входять до складу DipTrace?
3. Для чого використовується модуль Schematic Capture?
4. Які функції виконує PCB Layout?
5. Для чого призначений Component Editor?
6. Для чого використовується Pattern Editor?
7. Які основні елементи містить головне вікно DipTrace?
8. Що таке бібліотека компонентів?
9. Для чого використовується сітка (Grid)?
10. Які одиниці вимірювання підтримує DipTrace?
11. Як створити новий проєкт?
12. Як зберегти створений проєкт?
13. Які типи файлів використовуються в DipTrace?
14. Які переваги використання САПР під час проєктування друкованих плат?
15. Які етапи проєктування електронного пристрою можна виконати за допомогою DipTrace?

Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю відповідає ДСТУ ISO 9001:2015	Ф-22.06-05.02/2 /G5.00.1/Б/ОК19-2026
	Екземпляр № 1	Арк 41 / 10

ЛАБОРАТОРНЕ ЗАНЯТТЯ 2

Тема: Створення бібліотек компонентів у DipTrace

Мета роботи – набути практичних навичок зі створення та редагування бібліотек електронних компонентів у модулі Component Editor системи автоматизованого проєктування DipTrace.

Матеріально-технічне забезпечення

1. персональний комп'ютер;
2. встановлене програмне забезпечення DipTrace;
3. методичні рекомендації до виконання лабораторної роботи;
4. інструкція користувача DipTrace;
5. довідкові дані (Datasheet) електронних компонентів.

Теоретичні відомості

Бібліотека компонентів містить умовні графічні позначення електронних елементів, їхні параметри та зв'язок із посадковими місцями. Створення власних бібліотек дозволяє використовувати нестандартні компоненти, які відсутні у стандартних бібліотеках DipTrace.

Для роботи з бібліотеками використовується модуль **Component Editor**, який забезпечує:

1. створення нових бібліотек компонентів;
2. редагування існуючих бібліотек;
3. створення умовних графічних позначень (УГП);
4. задання електричних виводів;
5. присвоєння посадкових місць (Pattern);
6. імпорт та експорт бібліотек.

Основні елементи компонента показані на рис.2.1.



Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю відповідає ДСТУ ISO 9001:2015	Ф-22.06- 05.02/2 /G5.00.1/Б/ОК19- 2026
	Екземпляр № 1	Арк 41 / 11

Рисунок 2.1 – Основні елементи компонента.

НАВЧАЛЬНІ ЗАВДАННЯ І МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ ДО ЇХ ВИКОНАННЯ

Завдання 1. Створення нової бібліотеки

1. Запустити модуль **Component Editor**.
2. Виконати команду: **File** → **New Library**
3. Зберегти бібліотеку під назвою **MyComponents.elb**

Завдання 2. Створення компонента «Резистор».

1. Виконати команду **Component** → **Add New Component**
2. У полі **Name** ввести: **R**
3. За допомогою інструмента **Place Pin** розмістити два контакти.
4. Встановити номери контактів: Pin 1; Pin 2.
5. За допомогою інструмента **Line** побудувати умовне графічне позначення резистора.
6. Зберегти компонент.

Завдання 3. Створення компонента «Конденсатор».

1. Створити новий компонент.
2. Ввести ім'я: **C**
3. Розмістити два контакти.
4. Побудувати графічне позначення конденсатора.
5. Зберегти компонент.

Завдання 4. Створення компонента «Світлодіод».

1. Створити новий компонент.
2. Встановити ім'я: **LED**
3. Розмістити два контакти: **Anode**; **Cathode**.
4. Побудувати графічне позначення світлодіода.
5. Зберегти компонент.

Завдання 5. Призначення посадкового місця.

1. Відкрити вкладку **Pattern**
2. Натиснути кнопку **Attach Pattern**
3. Вибрати необхідний корпус: **RES400** — для резистора; **CAP200** — для конденсатора; **LED5MM** — для світлодіода.
4. Зберегти зміни.

Завдання 6. Перевірка створеного компонента.

Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю відповідає ДСТУ ISO 9001:2015	Ф-22.06- 05.02/2 /G5.00.1/Б/ОК19- 2026
	Екземпляр № 1	Арк 41 / 12

1. Запустити модуль **Schematic Capture**.
 2. Відкрити бібліотеку MyComponents.elb.
 3. Розмістити створені компоненти на схемі.
 4. Перевірити правильність нумерації контактів.
- Виконати команду **Verification** → **Check Design**

Зміст звіту

Звіт повинен містити:

1. Назву роботи.
2. Мету роботи.
3. Короткі теоретичні відомості.
4. Послідовність виконання роботи.
5. Зображення створених компонентів: резистора; конденсатора; світлодіода.
6. Висновки.

Контрольні запитання

1. Яке призначення модуля Component Editor?
2. Для чого використовуються бібліотеки компонентів?
3. Які елементи входять до складу компонента?
4. Для чого призначені контакти (Pins)?
5. Як створити новий компонент?
6. Як виконати нумерацію контактів?
7. Для чого використовується вкладка Pattern?
8. Як прив'язати посадкове місце до компонента?
9. Які формати бібліотек використовуються у DipTrace?
10. Як перевірити правильність створення компонента?

Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю відповідає ДСТУ ISO 9001:2015	Ф-22.06-05.02/2 /G5.00.1/Б/ОК19-2026
	Екземпляр № 1	Арк 41 / 13

ЛАБОРАТОРНЕ ЗАНЯТТЯ 3

Тема: Створення посадкових місць у Pattern Editor

Мета роботи – ознайомитися з можливостями модуля **Pattern Editor** системи автоматизованого проєктування DipTrace та набути практичних навичок зі створення та редагування посадкових місць (корпусів) електронних компонентів.

Матеріально-технічне забезпечення

1. персональний комп'ютер;
2. встановлене програмне забезпечення DipTrace;
3. методичні рекомендації до виконання лабораторної роботи;
4. інструкція користувача DipTrace;
5. довідкові дані (Datasheet) електронних компонентів.

Теоретичні відомості

Посадкове місце (Pattern) — це сукупність контактних майданчиків, провідних і непровідних областей, які забезпечують монтаж компонента на друкованій платі. Для створення та редагування посадкових місць у DipTrace використовується модуль **Pattern Editor**.

Основні елементи посадкового місця показані на рис.3.1:

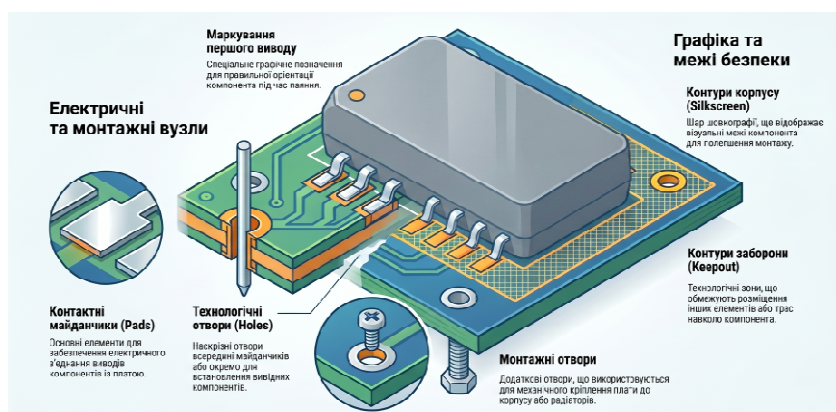


Рисунок 3.1 – Основні елементи посадкового місця.

Pattern Editor дозволяє:

1. створювати нові корпуси;
2. редагувати стандартні посадкові місця;
3. імпортувати STEP-моделі;
4. задавати параметри контактних майданчиків;

Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю відповідає ДСТУ ISO 9001:2015	Ф-22.06-05.02/2 /G5.00.1/Б/ОК19-2026
	Екземпляр № 1	Арк 41 / 14

5. створювати багат шарові посадкові місця;
6. перевіряти правильність конструкції.

НАВЧАЛЬНІ ЗАВДАННЯ І МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ ДО ЇХ ВИКОНАННЯ

Завдання 1. Створення нової бібліотеки корпусів.

1. Запустити модуль **Pattern Editor**.
2. Виконати команду: **File → New Library**
3. Зберегти бібліотеку під назвою **MyPatterns.lib**

Завдання 2. Створення посадкового місця для резистора типу DIN0207.

Вихідні дані

Параметр	Значення
Кількість виводів	2
Відстань між выводами	10 мм
Діаметр отвору	0,8 мм
Діаметр контактного майданчика	1,8 мм

Порядок виконання завдання 2:

1. Виконати: **Pattern → Add New Pattern**
2. Ввести ім'я корпусу **RES_DIN0207**
3. Вибрати: **Place → Pad**
4. Розмістити два контактні майданчики.

Координати контактів

Контакт	X, мм	Y, мм
1	0	0
2	10	0

5. У властивостях майданчиків встановити: Shape — Round; Hole Diameter — 0,8 мм; Pad Diameter — 1,8 мм.
6. За допомогою інструмента **Line** побудувати контур корпусу.
7. Позначити перший вивід.
8. Зберегти посадкове місце.

Завдання 3. Створення посадкового місця для конденсатора.

Вихідні дані

Параметр	Значення
Кількість контактів	2
Крок між выводами	5 мм

Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю відповідає ДСТУ ISO 9001:2015	Ф-22.06-05.02/2 /G5.00.1/Б/ОК19-2026
	Екземпляр № 1	Арк 41 / 15

Діаметр отвору	0,8 мм
Діаметр майданчика	1,8 мм

Порядок виконання завдання 3:

1. Створити новий Pattern.
2. Ввести назву CAP_RADIAL_5MM
3. Розташувати два контактні майданчики.

Координати контактів

Контакт	X, мм	Y, мм
1	0	0
2	5	0

4. Побудувати контур корпусу.
5. Позначити позитивний вивід.
6. Зберегти посадкове місце.

Завдання 4. Створення посадкового місця DIP-8

Вихідні дані

Параметр	Значення
Кількість виводів	8
Крок між виводами	2,54 мм
Відстань між рядами	7,62 мм
Діаметр отвору	0,8 мм

Порядок виконання завдання 4:

1. Створити новий корпус: DIP-8
2. Виконати команду **Pattern** → **Component Wizard**
3. Вибрати: Dual Inline Package (DIP)
4. Задати параметри: Number of Pins = 8; Pitch = 2,54 мм; Row Spacing = 7,62 мм; Hole Diameter = 0,8 мм; Pad Diameter = 1,8 мм.
5. Натиснути **Finish**.
6. Перевірити нумерацію контактів.
7. Зберегти корпус.

Завдання 4. Прив'язка 3D-моделі.

1. Виконати команду **Pattern** → **3D Model**
2. Натиснути: Attach 3D Model
3. Вибрати STEP-файл.

Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю відповідає ДСТУ ISO 9001:2015	Ф-22.06- 05.02/2 /G5.00.1/Б/ОК19- 2026
	Екземпляр № 1	Арк 41 / 16

4. Встановити: масштаб; положення по осях X, Y, Z; кут повороту.

5. Зберегти зміни.

Завдання 5. Перевірка посадкового місця.

Виконати: **Verification** → **Check Pattern**

Переконатися у відсутності: накладання контактів; помилок нумерації; неправильних діаметрів отворів; порушення геометрії корпусу.

Зміст звіту

Звіт повинен містити:

1. Назву лабораторної роботи.
2. Мету роботи.
3. Теоретичні відомості.
4. Таблиці параметрів корпусів.
5. Рисунки створених посадкових місць: RES_DIN0207; CAP_RADIAL_5MM; DIP-8.
6. Висновки.

Контрольні запитання

1. Яке призначення модуля Pattern Editor?
2. Що називають посадковим місцем?
3. Які основні елементи входять до складу корпусу?
4. Для чого використовуються контактні майданчики?
5. Як задається діаметр отвору?
6. Для чого призначений Component Wizard?
7. Як створити корпус DIP-8?
8. Для чого використовується шар Silkscreen?
9. Як виконується прив'язка STEP-моделі?
10. Які перевірки виконує команда Check Pattern?

Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю відповідає ДСТУ ISO 9001:2015	Ф-22.06- 05.02/2 /G5.00.1/Б/ОК19- 2026
	Екземпляр № 1	Арк 41 / 17

ЛАБОРАТОРНЕ ЗАНЯТТЯ 4

Тема: Створення принципової електричної схеми

Мета роботи – ознайомитися з можливостями модуля **Schematic Capture** системи автоматизованого проєктування DipTrace та набути практичних навичок зі створення принципових електричних схем, розміщення компонентів, з'єднання їх електричними провідниками та перевірки правильності схеми.

Матеріально-технічне забезпечення

1. персональний комп'ютер;
2. встановлене програмне забезпечення DipTrace;
3. методичні рекомендації до виконання лабораторної роботи;
4. інструкція користувача DipTrace;
5. стандартні бібліотеки компонентів DipTrace.

Теоретичні відомості

Принципова електрична схема являє собою графічний документ, який визначає склад елементів електронного пристрою та електричні зв'язки між ними. Побудова принципової схеми є першим етапом проєктування друкованої плати.

Для створення та редагування принципових схем у DipTrace використовується модуль **Schematic Capture**, який забезпечує:

- розміщення електронних компонентів;
- створення електричних з'єднань;
- присвоєння позиційних позначень;
- перевірку правильності схеми;
- передачу схеми до модуля PCB Layout;
- формування списку з'єднань (Netlist).

До основних елементів принципової схеми (рис.4.1) відносять:

Електронні компоненти – зображуються у вигляді строго визначених УГП (умовних графічних позначень): резистор – прямокутник 10x4 мм, конденсатор – дві паралельні лінії довжиною 8мм.

Електричні з'єднання – лінії зв'язку, які проводяться лише вертикально або горизонтально.

Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю відповідає ДСТУ ISO 9001:2015	Ф-22.06-05.02/2 /G5.00.1/Б/ОК19-2026
	Екземпляр № 1	Арк 41 / 18

Шини – потовщені лінії зв'язку (удвічі товстіші за звичайні), що використовуються для спрощення схеми при передачі груп сигналів (наприклад, шини даних чи адрес).

Точки з'єднання – чіткі темні крапки діаметром від 3-х товщин ліній, які ставляться виключно у місцях електричного контакту (Т-подібні або хрестоподібні перетини).

Джерела живлення – стрілки або лінії з позначенням потенціалу (наприклад, +5V) зверху схеми та стандартне трилінійне позначення заземлення (GND) знизу.

Позиційні позначення – літерно-цифрові коди (наприклад, R1, C1, VT1), які розташовуються зверху або праворуч від компонента стандартним шрифтом.

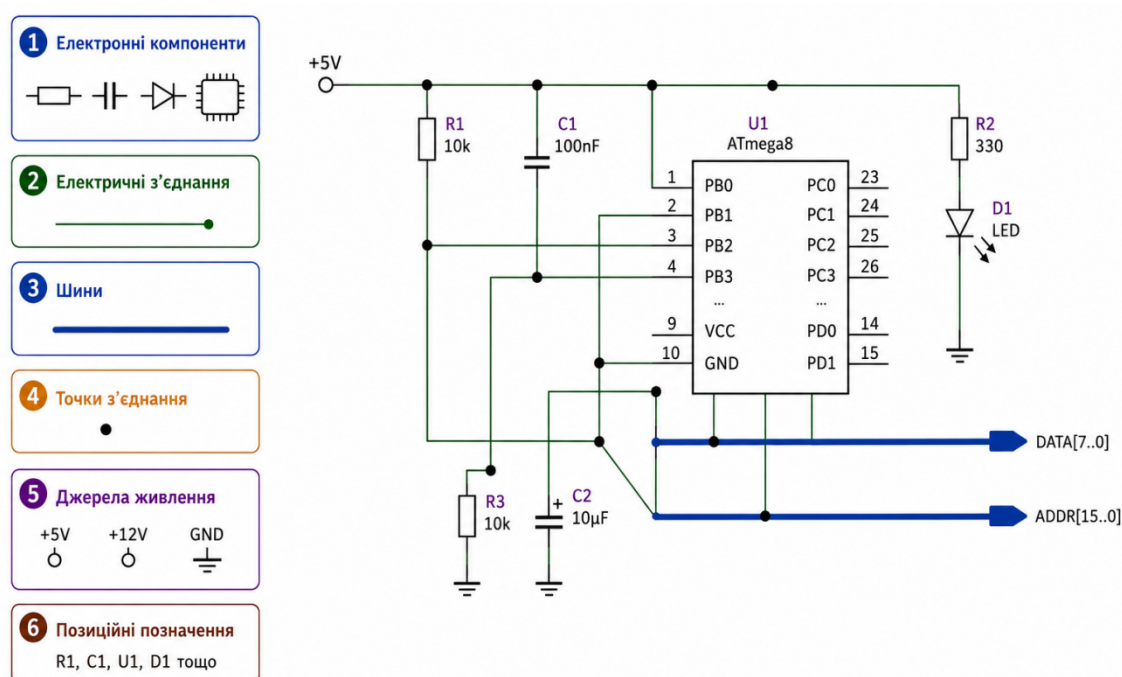


Рисунок 4.1 – Основні елементи принципової схеми

НАВЧАЛЬНІ ЗАВДАННЯ І МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ ДО ЇХ ВИКОНАННЯ

Завдання 1. Запустити програмний модуль **Schematic Capture**. В робочому вікні зібрати схему електричну принципову згідно варіанта або схему запропоновану викладачем.

Порядок виконання роботи:

1. Створення нового проєкту.
 - 1.1. Запустити модуль **Schematic Capture**.
 - 1.2. Виконати команду: **File** → **New**
 - 1.3. Зберегти проєкт під назвою: **Lab4_Прізвище.dch**.
2. Розміщення компонентів.

Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю відповідає ДСТУ ISO 9001:2015	Ф-22.06-05.02/2 /G5.00.1/Б/ОК19-2026
	Екземпляр № 1	Арк 41 / 19

2.1. Натиснути кнопку **Component**.

2.2. Вибрати необхідні компоненти згідно переліку елементів.

2.3. Розмістити компоненти на робочому полі.

3. З'єднання компонентів.

3.1. Вибрати інструмент **Place Wire**.

3.2. З'єднати компоненти відповідно до схеми електричної принципової.

3.3. Встановити точки з'єднання.

4. Встановити призначення параметрів. Наприклад для резистора: позначення: R1; номінал: 330 Ом. Для світлодіода: позначення: LED1; тип: LED Red.

5. Перевірка схеми. Виконати команду: **Verification → Check Electrical Rules**.
Переконатися у відсутності:

А. не'єднаних виводів;

Б. помилок електричних з'єднань;

В. конфліктів між ланцюгами.

6. Автоматична нумерація компонентів. Виконати команду: **Tools → Annotate** та перевірити правильність присвоєння позиційних позначень.

7. Передача схеми до модуля PCB Layout. Виконати команду: **Convert to PCB** та зберегти файл друкованої плати.

Зміст звіту

Звіт повинен містити:

1. Назву роботи.

2. Мету роботи.

3. Теоретичні відомості.

4. Принципову електричну схему.

5. Послідовність виконання роботи.

6. Результати перевірки схеми.

7. Висновки.

Контрольні запитання

1. Яке призначення модуля Schematic Capture?

2. Що називають принциповою електричною схемою?

3. Які основні елементи містить схема?

Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю відповідає ДСТУ ISO 9001:2015	Ф-22.06- 05.02/2 /G5.00.1/Б/ОК19- 2026
	Екземпляр № 1	Арк 41 / 20

4. Для чого використовуються електричні з'єднання?
5. Як виконується розміщення компонентів?
6. Для чого призначена команда Annotate?
7. Яке призначення перевірки Electrical Rules?
8. Що таке Netlist?
9. Як передати схему до модуля PCB Layout?
10. Які файли створюються у Schematic Capture?

Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю відповідає ДСТУ ISO 9001:2015	Ф-22.06-05.02/2 /G5.00.1/Б/ОК19-2026
	Екземпляр № 1	Арк 41 / 21

ЛАБОРАТОРНЕ ЗАНЯТТЯ 5

Тема: Розміщення конструктивних елементів на друкованій платі

Мета роботи – ознайомитися з принципами компоновання друкованих плат у модулі **PCB Layout** системи автоматизованого проєктування DipTrace та набути практичних навичок розміщення електронних компонентів відповідно до вимог технологічності, електромагнітної сумісності та надійності.

Матеріально-технічне забезпечення

- персональний комп'ютер;
- встановлене програмне забезпечення DipTrace;
- методичні рекомендації до виконання лабораторної роботи;
- інструкція користувача DipTrace;
- файл принципової електричної схеми;
- бібліотеки компонентів DipTrace.

Теоретичні відомості

Розміщення конструктивних елементів є одним із найважливіших етапів проєктування друкованих плат. Від правильного розташування компонентів залежить якість трасування, рівень електромагнітних завад, габарити пристрою та його надійність (рис.5.1).

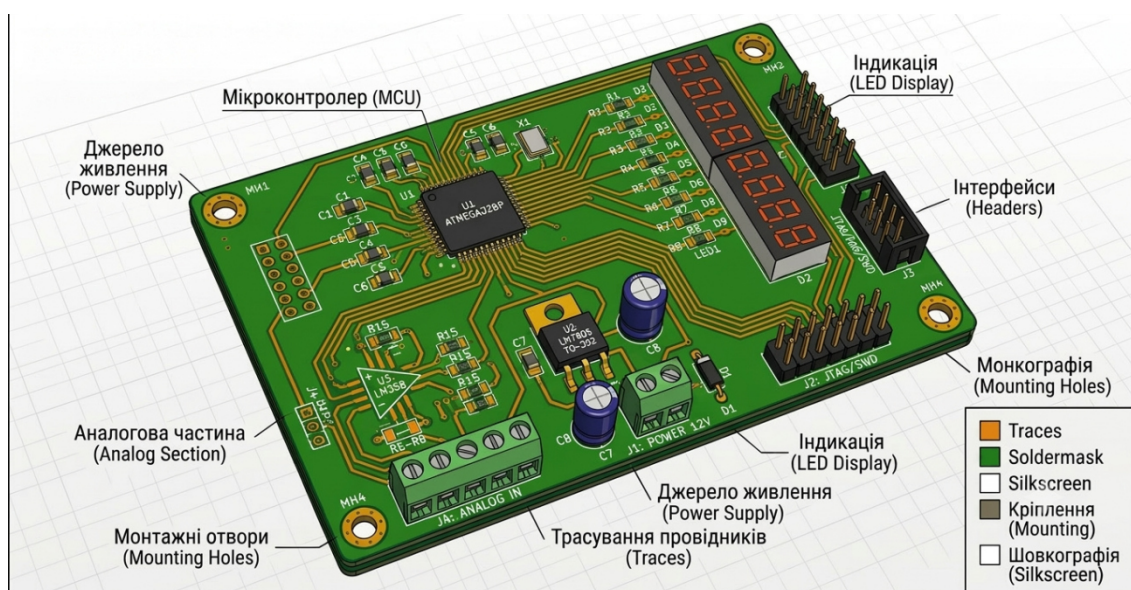


Рисунок 5.1 – План розміщення конструктивних елементів на друкованій платі

Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю відповідає ДСТУ ISO 9001:2015	Ф-22.06-05.02/2 /G5.00.1/Б/ОК19-2026
	Екземпляр № 1	Арк 41 / 22

Для виконання компоновання використовується модуль **PCB Layout**, який забезпечує:

- імпорт списку з'єднань із модуля Schematic Capture;
- створення контуру друкованої плати;
- ручне та автоматичне розміщення компонентів;
- редагування параметрів шарів;
- контроль технологічних відстаней;
- підготовку плати до трасування.

Основні правила розміщення компонентів за категоріями, які допоможуть уникнути типових помилок (Design for Manufacturing — DFM):

1. Механіка та інтерфейси (Ергономіка):

1.1. Роз'єми, світлодіоди та органи керування (кнопки) необхідно розміщувати біля країв плати. Користувач пристрою не повинен просовувати пальці всередину корпусу, щоб підключити кабель чи натиснути кнопку Reset.

1.2. Зона безпеки навколо кріпильних отворів: Мало просто залишити місце під отвір. Потрібно враховувати діаметр капелюшка гвинта, шайби або стійки. Якщо провести доріжку занадто близько, металевий гвинт під час закручування просто здере захисну маску і влаштує коротке замикання.

2. Електрика та теплофізика:

2.1. Функціональне групування (Блоки): Розділяйте плату на логічні зони: цифровий блок, аналоговий блок та силову частину (живлення). Наприклад, конденсатори фільтра повинні стояти максимально близько до виводів живлення мікросхеми, для якої вони призначені. Це мінімізує довжину доріжок і рівень шумів.

2.2. Тепловий менеджмент: Компоненти, що сильно гріються (транзистори, лінійні стабілізатори, потужні резистори), не можна ставити поруч із «ніжними» елементами.

Важливо: Електролітичні конденсатори дуже не люблять високих температур – від перегріву вони швидко висихають і втрачають ємність.

3. Технологічність монтажу (DFM):

3.1. Заборона на перетинання корпусів: Сучасні CAD-системи (Altium, KiCad, DipTrace) мають вбудовану функцію перевірки зазорів (DRC – Design Rule Check). Завжди перевіряйте плату у 3D-режимі перед відправкою у виробництво.

3.2. Орієнтація компонентів: Бажано розміщувати однотипні компоненти (наприклад, усі SMD-резистори та конденсатори) паралельно один одному та з однаковою орієнтацією ключів

Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю відповідає ДСТУ ISO 9001:2015	Ф-22.06-05.02/2 /G5.00.1/Б/ОК19-2026
	Екземпляр № 1	Арк 41 / 23

мікросхем. Це значно прискорює автоматичний монтаж на лінії та полегшує ручну пайку чи контроль якості.

3.3. Доступ для сервісу: Необхідно забезпечувати зручність монтажу та обслуговування. Завжди залишайте достатньо місця навколо великих компонентів, щоб туди можна було підлізти жалом паяльника, пінцетом або соплом термофену для ремонту.

НАВЧАЛЬНІ ЗАВДАННЯ І МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ ДО ЇХ ВИКОНАННЯ

Завдання 1. Запустити програмний модуль **PCB Layout**. В робочому вікні виконати розміщення елементів на друкованій платі для схеми згідно варіанта або схеми запропонованої викладачем.

Порядок виконання роботи:

1. Відкриття проекту друкованої плати.

- 1.1. Запустити модуль **PCB Layout**.
- 1.2. Відкрити файл, створений після перетворення принципової схеми.
- 1.3. Переконаватися у наявності всіх компонентів та ліній зв'язку (Ratsnest).

2. Створення контуру плати.

2.1. Виконати команду: **Place** → **Board Outline** та побудувати прямокутний контур плати розміром А×В мм.

3. Розміщення компонентів.

3.1. Розташувати елементи згідно рекомендацій, що наведені вище.

4. Редагування положення компонентів.

- 4.1. За допомогою миші:
 - перемістити компоненти;
 - повернути їх на кут 90°;
 - вибрати оптимальне розташування для подальшого трасування.

5. Контроль правильності компонування.

- 5.1. Перевірити:
 - відсутність накладання корпусів;
 - зручність трасування;
 - мінімальну довжину з'єднань;
 - доступність монтажних елементів.

6. Збереження проекту.

Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю відповідає ДСТУ ISO 9001:2015	Ф-22.06- 05.02/2 /G5.00.1/Б/ОК19- 2026
	Екземпляр № 1	Арк 41 / 24

6.1. Виконати команду: **File** → **Save** та зберегти проект.

Зміст звіту

Звіт повинен містити:

1. Назву роботи.
2. Мету роботи.
3. Короткі теоретичні відомості.
4. Контур друкованої плати.
5. Результат розміщення компонентів.
6. Скріншот вікна PCB Layout.
7. Висновки.

Контрольні запитання

1. Яке призначення модуля PCB Layout?
2. Що називають компонуванням друкованої плати?
3. Які фактори впливають на розміщення компонентів?
4. Де рекомендується встановлювати роз'єми?
5. Для чого використовуються лінії Ratsnest?
6. Як виконується поворот компонентів?
7. Чому компоненти живлення слід розташовувати поруч із мікросхемами?
8. Які вимоги висуваються до тепловиділяючих елементів?
9. Для чого створюється контур плати?
10. Як перевірити правильність компонування?

Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю відповідає ДСТУ ISO 9001:2015	Ф-22.06-05.02/2 /G5.00.1/Б/ОК19-2026
	Екземпляр № 1	Арк 41 / 25

ЛАБОРАТОРНЕ ЗАНЯТТЯ 6

Тема: Трасування провідників на друкованій платі

Мета роботи – ознайомитися з можливостями модуля PCB Layout системи автоматизованого проєктування DipTrace та набути практичних навичок ручного й автоматичного трасування провідників друкованої плати, а також перевірки відповідності проєкту правилам проєктування.

Матеріально-технічне забезпечення

- персональний комп'ютер;
- встановлене програмне забезпечення DipTrace;
- методичні рекомендації до виконання лабораторної роботи;
- інструкція користувача DipTrace;
- файл друкованої плати, створений у попередній лабораторній роботі.

Теоретичні відомості

Трасуванням називається процес створення електричних з'єднань між контактними майданчиками компонентів за допомогою провідників друкованої плати (рис.6.1). Якість трасування визначає електричні характеристики пристрою, його надійність та технологічність виготовлення.

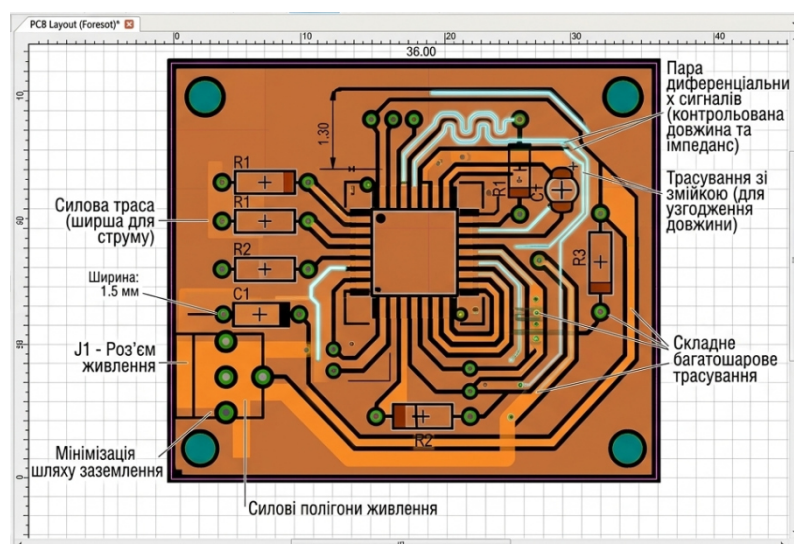


Рисунок 6.1 – Приклад друкованої плати

Погана топологія доріжок може перетворити ідеальну схему на непрацюючий шматок текстоліту через перешкоди, просідання напруги або спотворення сигналів.

Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю відповідає ДСТУ ISO 9001:2015	Ф-22.06-05.02/2 /G5.00.1/Б/ОК19-2026
	Екземпляр № 1	Арк 41 / 26

Розглянемо головні правила та критерії якості, якими керуються інженери під час трасування:

1. Геометрія та кути доріжок.

1.1. Жодних кутів 90°: Провідники повинні повертати під кутом 45° або за плавними дугами. Гострі та прямі кути створюють ризик відшарування фольги під час виробництва, а на високих частотах вони працюють як мікроантени, що випромінюють завади.

1.2. Ширина має значення: Силові доріжки (живлення та заземлення) мають бути значно ширшими за сигнальні. Чим більший струм протікає через провідник, тим ширшим він має бути, щоб уникнути перегріву та падіння напруги.

2. Цілісність сигналів (Signal Integrity).

2.1. Короткий шлях для ВЧ-сигналів: Високочастотні та критично важливі сигнальні лінії (наприклад, тактові частоти Quartz, інтерфейси USB, SPI) мають бути максимально короткими та прямими.

2.2. Узгодження довжини (Диференціальні пари): Для швидкісних інтерфейсів доріжки, що йдуть парою, повинні мати абсолютно однакову довжину. Для цього використовують трасування «змійкою» (meander), щоб вирівняти їх до міліметра.

2.3. Мінімізація перехідних отворів (Vias): Кожен перехідний отвір додає колу небажану індуктивність та ємність. Для сигнальних ліній краще звести їхню кількість до мінімуму.

3. Електромагнітна сумісність (EMC).

3.1. Суцільне заземлення (Ground Plane): У багатошарових платах один або кілька шарів виділяють суцільно під «землю». Це екранує сигнальні лінії та забезпечує найкоротший шлях зворотного струму.

3.2. Розділення сигналів: Не можна пускати чутливі аналогові доріжки паралельно поруч із шумовими цифровими або силовими лініями, інакше виникне ефект наведення завад (crosstalk).

Порада: Сучасний золотий стандарт проектування – спочатку трасувати шини живлення та заземлення (або створювати для них полігони), потім найскладніші швидкісні інтерфейси, і лише в кінці – звичайні низькочастотні сигнальні доріжки.

До основних елементів трасування (рис.6.2) відносять наступні складові:

1. Провідники (Tracks / Traces). Це сформовані з мідної фольги смужки, які виконують роль «дротів» на платі, забезпечуючи фізичне проходження електричного струму між компонентами.

Головні параметри: Ширина та товщина.

Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю відповідає ДСТУ ISO 9001:2015	Ф-22.06-05.02/2 /G5.00.1/Б/ОК19-2026
	Екземпляр № 1	Арк 41 / 27

Особливості: Ширина провідника напряму залежить від струму, який через нього проходить (силові доріжки роблять ширшими, сигнальні — тонкими). Також важлива геометрія: для зменшення завад доріжки трасують під кутом 45° або з плавними заокругленнями, уникаючи прямих кутів (90°).

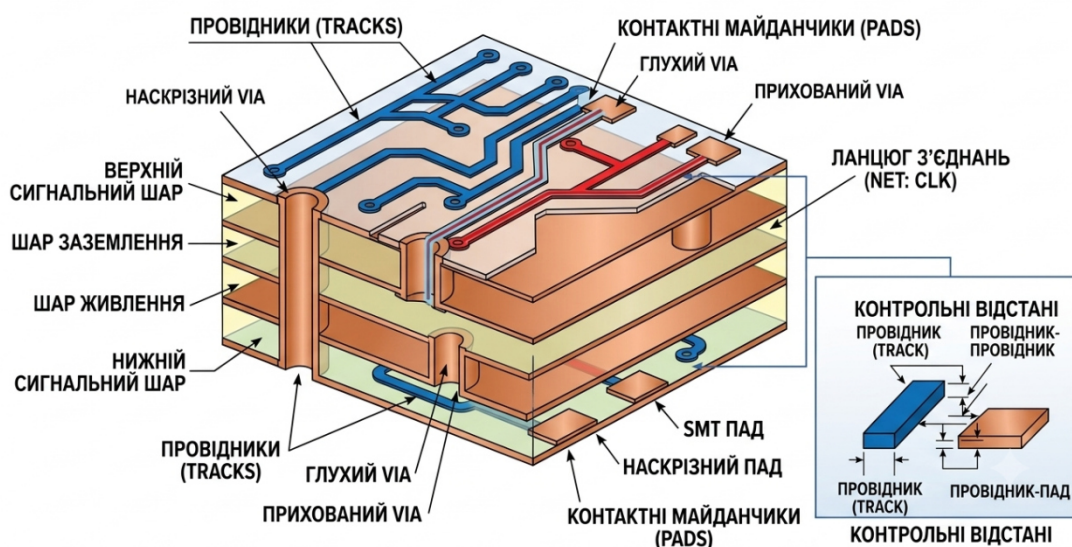


Рисунок 6.2 – Основні елементи трасування друкованої плати.

2. Контактні майданчики (Pads). Металізовані ділянки на поверхні плати, призначені для механічного кріплення та електричного підключення (припаювання) виводів радіодеталей.

Типи: SMD (Surface Mount Technology): Майданчики лише на поверхні плати для елементів поверхневого монтажу.

THT (Through-Hole Technology): Майданчики з отвором всередині для монтажу компонентів, виводи яких проходять крізь плату.

3. Перехідні отвори (Vias). Металізовані зсередини отвори, які використовуються як «ліфти» для електричного сигналу, дозволяючи перестрибувати з одного шару плати на інший.

Типи: Наскрізні (Through-hole): Проходять через усю товщину плати від верхнього шару до нижнього.

Глухі (Blind): З'єднують один із зовнішніх шарів із внутрішнім.

Приховані (Buried): Знаходяться повністю всередині плати і з'єднують лише внутрішні шари між собою.

4. Шари друкованої плати (Layers). Конструктивні рівні плати, на яких розміщуються провідники та полігони. Плати бувають одношаровими, двошаровими (найпопулярніші) та багатошаровими (від 4 до десятків шарів).

Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю відповідає ДСТУ ISO 9001:2015	Ф-22.06-05.02/2 /G5.00.1/Б/ОК19-2026
	Екземпляр № 1	Арк 41 / 28

Розподіл за призначенням:

Сигнальні шари (Signal layers): Для трасування основних сигнальних доріжок.

Внутрішні плани (Power/Ground planes): Суцільні пластини міді, виділені суто під живлення та заземлення для екранування та зниження опору.

5. Ланцюги з'єднань (Nets). Це логічне поняття в CAD-системах, яке об'єднує всі контактні майданчики та провідники, що мають перебувати під однаковим електричним потенціалом згідно зі схемою. **Приклад:** Усі виводи компонентів, що мають підключатися до мінуса батареї, об'єднуються в один ланцюг, який зазвичай називають **GND** (Ground). Ланцюг живлення — **VCC** або **+5V**. Під час трасування програма підсвічує зв'язки (лінії зв'язку — *Ratsnest*), підказуючи, що з чим з'єднувати.

6. Контрольні відстані між провідниками (Clearance / Spacing). Мінімально допустимий ізоляційний простір (зазор) між будь-якими сусідніми струмопровідними елементами на платі (трек-трек, трек-пад, пад-пад).

Призначення: Запобігання виникненню короткого замикання, електричного пробоя (особливо у високовольтих колах) та зменшення паразитного взаємного впливу сигналів (наведення завад).

Параметри контрольних відстаней та ширини провідників об'єднуються у так звані **Правила проектування (Design Rules)**. Перед відправкою плати на завод CAD-система автоматично перевіряє (DRC), чи не порушив розробник жодного з цих критичних зазорів.

У модулі **PCB Layout** передбачено два способи трасування:

- ручне трасування (Manual Route);
- автоматичне трасування (Auto Router).

Ці два способи відображають абсолютно різні підходи до проектування: один покладається на людську інтуїцію, досвід та естетику, а інший – на математичні алгоритми та обчислювальну потужність комп'ютера.

Розглянемо особливості, переваги та недоліки кожного підходу, а також те, як їх ефективно поєднувати.

1. Ручне трасування (Manual Route).

При ручному трасуванні інженер самостійно прокладає кожну доріжку, вибирає її ширину, визначає місця для перехідних отворів та обходить перешкоди. У сучасних CAD-системах цей процес зазвичай підтримується режимом **інтерактивного трасування (Interactive Routing)** – коли програма допомагає «підштовхувати» сусідні доріжки, не порушуючи правил DRC.

Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю відповідає ДСТУ ISO 9001:2015	Ф-22.06-05.02/2 /G5.00.1/Б/ОК19-2026
	Екземпляр № 1	Арк 41 / 29

Переваги:

Найвища якість: Людина краще за будь-який алгоритм розуміє фізику процесу (де йдуть наведення завад, як краще пустити зворотний струм заземлення).

Ідеально для складних ділянок: Тільки вручну можна якісно розвести високочастотні лінії, диференціальні пари або силові ланцюги.

Економія місця та шарів: Досвідчений конструктор мінімізує кількість перехідних отворів (Vias), що здешевлює виробництво плати.

Недоліки:

Величезні затрати часу: На розведення складної багатошарової плати вручну можуть піти дні, а то й тижні рутинної роботи.

2. Автоматичне трасування (Auto Router).

Користувач задає правила проектування (ширину доріжок, зазори, пріоритети), натискає кнопку, і алгоритм трасування намагається самостійно з'єднати всі контактні майданчики на основі логічних зв'язків (Nets).

Переваги:

Колосальна швидкість: Програма здатна з'єднати сотні контактів за лічені секунди або хвилини.

Ефективна перевірка компоновання: Якщо автотрасувальник зміг розвести плату на 100%, це означає, що компоненти розміщені вдало. Якщо він «застряг» на 70% – потрібно міняти розташування компонентів.

Недоліки:

«Хаотичний» результат: Алгоритми часто плодять величезну кількість зайвих перехідних отворів і ведуть доріжки заплутаними зигзагами.

Сліпота до завад: Без дуже складного (і довгого) попереднього налаштування автотрасувальник легко може пустити лінію чутливого аналогового сигналу поруч із силовим імпульсним провідником.

Професійні розробники рідко використовують чистий **Auto Router** для всієї плати.

Найефективніший метод — **гібридний**:

1. Спочатку вручну трасують критично важливі кола: живлення, заземлення, швидкісні шини та аналогові блоки.

2. Ці доріжки «блокують» (функція *Lock*), щоб вони не посунулися.

3. Для решти простіших сигнальних ліній (наприклад, статичні сигнали керування, світлодіоди) запускають автотрасувальник, що суттєво економить час.

Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю відповідає ДСТУ ISO 9001:2015	Ф-22.06- 05.02/2 /G5.00.1/Б/ОК19- 2026
	Екземпляр № 1	Арк 41 / 30

НАВЧАЛЬНІ ЗАВДАННЯ І МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ ДО ЇХ ВИКОНАННЯ

Завдання 1. Запустити програмний модуль **PCB Layout**. В робочому вікні виконати ручне та автоматичне трасування друкованої плати для схеми згідно варіанта або схеми запропонованої викладачем.

Порядок виконання роботи:

1. Відкриття проекту друкованої плати.

- 1.1. Запустити модуль **PCB Layout**.
- 1.2. Відкрити файл друкованої плати.
- 1.3. Переконалися в правильності розміщення компонентів.

2. Налаштування параметрів трасування

2.1. Виконати команду: **Route** → **Trace Properties** та встановити: ширину сигнальних провідників – 0,3 мм; ширину ліній живлення – 0,6 мм; мінімальний зазор між провідниками – 0,2 мм.

3. Ручне трасування.

- 3.1. Виконати команду: **Route** → **Manual Route**
- 3.2. Послідовно з'єднати контактні майданчики відповідно до ліній Ratsnest.
- 3.3. За необхідності виконати: зміну напрямку провідника; перехід між шарами за допомогою Via; редагування траєкторії доріжок.

4. Автоматичне трасування.

4.1. Виконати команду: **Route** → **Run Autorouter** та вибрати: кількість шарів; ширину провідників; технологічні зазори.

Після завершення роботи автотрасувальника проаналізувати отриманий результат.

5. Перевірка правил проєктування.

5.1. Виконати команду: **Verification** → **Check Design Rules**. Переконалися у відсутності: незавершених ланцюгів; перетинів провідників; порушень мінімальних зазорів; конфліктів між доріжками та контактними майданчиками.

6. Редагування доріжок.

6.1. За необхідності: змінити ширину провідників; перемістити сегменти доріжок; видалити помилкові провідники; повторно виконати перевірку DRC.

7. Збереження проєкту.

7.1. Виконати команду: **File** → **Save** та зберегти результати роботи.

Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю відповідає ДСТУ ISO 9001:2015	Ф-22.06- 05.02/2 /G5.00.1/Б/ОК19- 2026
	Екземпляр № 1	Арк 41 / 31

Зміст звіту

Звіт повинен містити:

1. Назву лабораторної роботи.
2. Мету роботи.
3. Теоретичні відомості.
4. Початкове розміщення компонентів.
5. Результати ручного трасування.
6. Результати автоматичного трасування.
7. Результати перевірки DRC.
8. Висновки.

Контрольні запитання

1. Що називають трасуванням друкованої плати?
2. Які способи трасування підтримує DipTrace?
3. Що таке провідник (Track)?
4. Для чого використовуються перехідні отвори (Via)?
5. Що таке Nets?
6. Які параметри визначають правила трасування?
7. Для чого призначений Autorouter?
8. Яке призначення перевірки DRC?
9. Чому небажано використовувати велику кількість перехідних отворів?
10. Які вимоги висуваються до ширини провідників живлення?

Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю відповідає ДСТУ ISO 9001:2015	Ф-22.06-05.02/2 /G5.00.1/Б/ОК19-2026
	Екземпляр № 1	Арк 41 / 32

ЛАБОРАТОРНЕ ЗАНЯТТЯ 7

Тема: Тривимірна візуалізація друкованої плати

Мета роботи – ознайомитися з можливостями тривимірного перегляду друкованих плат у модулі PCB Layout системи автоматизованого проєктування DipTrace та набути практичних навичок використання 3D-візуалізації для контролю конструкції електронного пристрою.

Матеріально-технічне забезпечення

- персональний комп'ютер;
- встановлене програмне забезпечення DipTrace;
- методичні рекомендації до виконання лабораторної роботи;
- інструкція користувача DipTrace.
- файл друкованої плати (.dip), створений у попередніх лабораторних роботах.
- бібліотеки тривимірних моделей компонентів.

Теоретичні відомості

Тривимірна візуалізація друкованої плати дозволяє отримати просторове зображення виробу та оцінити правильність розміщення компонентів, відповідність конструкції корпусу пристрою та наявність можливих механічних конфліктів (рис.7.1).

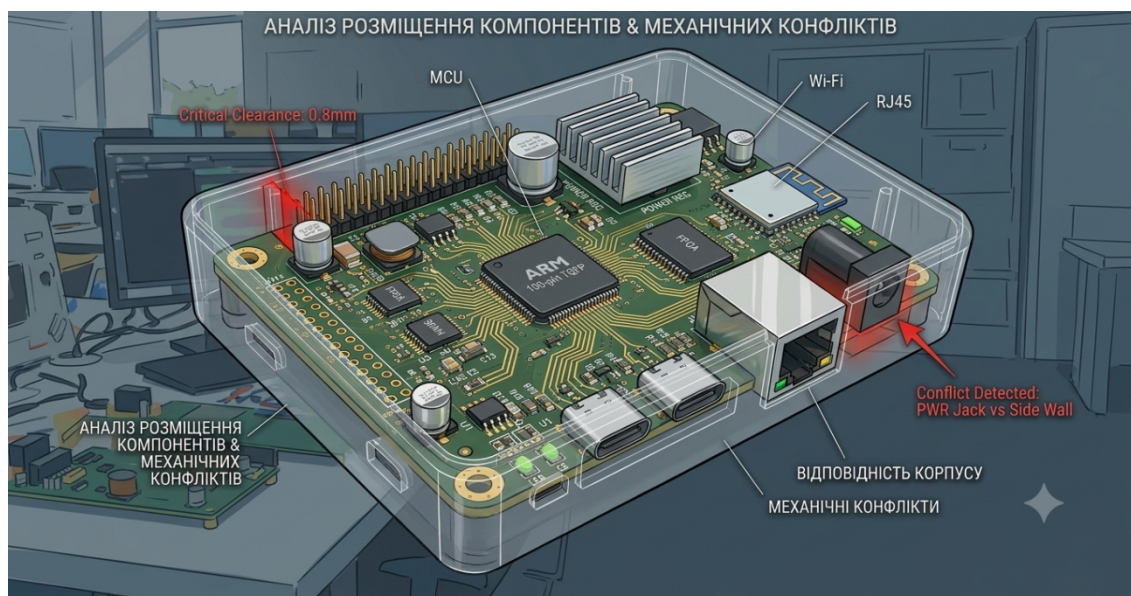


Рисунок 7.1 – Тривимірна візуалізація друкованої плати.

Для системи проєктування **DipTrace** тривимірна візуалізація є однією з ключових переваг, оскільки вона має вбудований та досить потужний 3D-модуль **3D Preview**, який забезпечує:

Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю відповідає ДСТУ ISO 9001:2015	Ф-22.06-05.02/2 /G5.00.1/Б/ОК19-2026
	Екземпляр № 1	Арк 41 / 33

1. просторове відображення друкованої плати;
2. перегляд верхньої та нижньої сторін плати;
3. масштабування та обертання моделі;
4. відображення тривимірних моделей компонентів;
5. контроль взаємного розташування елементів;
6. експорт моделі у формат STEP.

DipTrace постачається з великою бібліотекою готових 3D-моделей (у форматах STEP, IGES, VRML), які автоматично прив'язуються к корпусам компонентів. Крім того є можливість **Експорту корпусу**. Ви можете завантажити 3D-модель вашого майбутнього корпусу пристрою, щоб прямо в програмі побачити, чи не впирається високий конденсатор або роз'єм у верхню кришку. Модуль дозволяє візуально оцінити критичні відстані та уникнути механічних конфліктів ще до відправки плати у виробництво (Перевірка колізій (Clearance)).

НАВЧАЛЬНІ ЗАВДАННЯ І МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ ДО ЇХ ВИКОНАННЯ

Завдання 1. Запустити програмний модуль **PCB Layout**. В робочому вікні виконати тривимірну візуалізацію друкованої плати та експортувати модель у формат STEP.

Порядок виконання роботи:

1. Відкриття проекту друкованої плати.

- 1.1. Запустити модуль **PCB Layout**.
- 1.2. Відкрити файл друкованої плати.
- 1.3. Перевірити правильність розташування компонентів.

2. Перехід у режим 3D-візуалізації.

2.1. Виконати команду: **View → 3D Preview**. У вікні тривимірного перегляду переконалися у правильності відображення: друкованої плати; провідників; контактних майданчиків; електронних компонентів.

3. Керування тривимірною моделлю.

3.1. Виконати: обертання моделі; масштабування; перегляд верхньої та нижньої сторін; зміну кута огляду.

4. Прив'язка 3D-моделей компонентів.

- 4.1. Для компонентів, які не мають тривимірного представлення:
 - 4.1.1. Виділити компонент.

Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю відповідає ДСТУ ISO 9001:2015	Ф-22.06-05.02/2 /G5.00.1/Б/ОК19-2026
	Екземпляр № 1	Арк 41 / 34

4.1.2. Виконати команду: **Pattern Properties** → **3D Model**. Вибрати STEP-модель компонента.

4.1.3. Налаштувати: положення по осях X, Y, Z; кут повороту; масштаб.

5. Аналіз конструкції.

5.1. Перевірити: правильність розміщення компонентів; відсутність механічних конфліктів; відповідність висоти компонентів; наявність необхідних зазорів.

6. Експорт тривимірної моделі.

6.1. Виконати команду: **File** → **Export** → **STEP**. Зберегти модель у форматі .step.

7. Збереження проєкту.

7.1. Виконати команду: **File** → **Save** та зберегти зміни.

Зміст звіту

Звіт повинен містити:

1. Назву роботи.
2. Мету роботи.
3. Теоретичні відомості.
4. Зображення друкованої плати у режимі 3D Preview.
5. Опис процесу прив'язки тривимірних моделей.
6. Результати аналізу конструкції.
7. Висновки.

Контрольні запитання

1. Для чого використовується режим 3D Preview?
2. Які переваги має тривимірна візуалізація?
3. Як відкрити режим 3D Preview у DipTrace?
4. Які операції можна виконувати над тривимірною моделлю?
5. Для чого використовуються STEP-моделі?
6. Як прив'язати 3D-модель до компонента?
7. Які параметри можна змінювати при налаштуванні 3D-моделі?
8. Для чого виконується перевірка механічних конфліктів?
9. У якому форматі експортується тривимірна модель?
10. Які CAD-системи підтримують формат STEP?

Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю відповідає ДСТУ ISO 9001:2015	Ф-22.06-05.02/2 /G5.00.1/Б/ОК19-2026
	Екземпляр № 1	Арк 41 / 35

ЛАБОРАТОРНЕ ЗАНЯТТЯ 8

Тема: Формування Gerber-файлів

Мета роботи – ознайомитися з процедурою підготовки друкованої плати до виробництва та набути практичних навичок формування Gerber-файлів і файлів свердління (NC Drill) у програмному комплексі DipTrace.

Матеріально-технічне забезпечення

- персональний комп'ютер;
- встановлене програмне забезпечення DipTrace;
- методичні рекомендації до виконання лабораторної роботи;
- інструкція користувача DipTrace.
- файл друкованої плати (.dip), створений у попередніх лабораторних роботах.

Теоретичні відомості

Після завершення проєктування друкованої плати необхідно підготувати комплект виробничих файлів, які використовуються для виготовлення друкованих плат (рис.8.1).

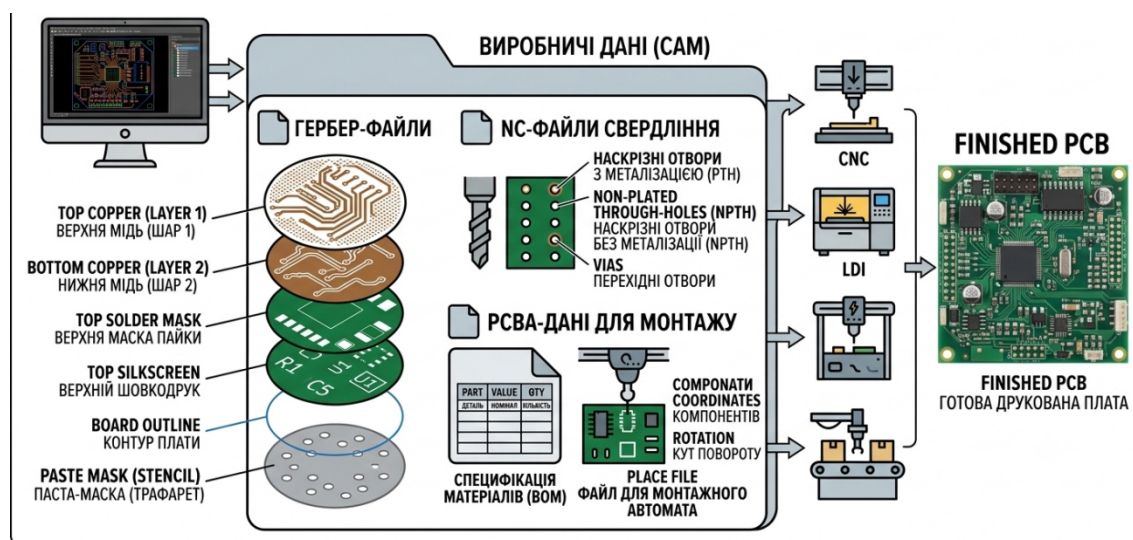


Рисунок 8.1 – Комплект виробничих файлів, які використовуються для виготовлення друкованих плат.

Основним стандартом обміну даними між системами автоматизованого проєктування та виробничим обладнанням є формат **Gerber RS-274X**.

Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю відповідає ДСТУ ISO 9001:2015	Ф-22.06-05.02/2 /G5.00.1/Б/ОК19-2026
	Екземпляр № 1	Арк 41 / 36

Gerber RS-274X (або *Extended Gerber*) – це де-факто світовий стандарт файлового формату, який використовується в індустрії друкованих плат для передачі дизайну від інженера (з CAD-системи) до виробничих верстатів (на CAM-системи).

Якщо говорити просто: це текстовий файл, який описує векторну графіку. Він розповідає верстату на заводі, де саме на платі потрібно залишити мідь, де зробити маску, а де надрукувати текст.

До появи RS-274X існував старий формат **RS-274D** (Standard Gerber). І це був справжній головний біль для інженерів:

Старий формат містив лише координати (X, Y), але не мав опису інструментів (форм та розмірів «пензлів», якими ці лінії малювати).

Опис інструментів – **апертур** – знаходився в окремому файлі таблиці апертур (.apt або .ger). Якщо інженер забував прикріпити цей файл або завод переплутав таблиці, верстат міг замість тонкої доріжки шириною 0.2 мм намалювати силову шину в 2 мм. Плата перетворювалася на брак. Буква **X (Extended)** означає, що всі визначення апертур (розміри колів, квадратів, овалів для падів та ліній) зашиті **прямо всередину одного файлу** разом із координатами. Формат став повністю автономним («plug-and-play»).

Як влаштований Gerber-файл зсередини?

Якщо відкриєте файл **.GTL** (верхня мідь) або **.GTS** (верхня маска) у звичайному Блокноті, ви не побачите картинку. Ви побачите ASCII-текст, що складається з команд, які дуже схожі на G-код для 3D-принтерів чи ЧПУ-верстатів.

Файл складається з трьох основних блоків:

1. Заголовок (Параметри). Задає загальні правила для виготовлення друкованих плат: одиниці вимірювання (міліметри чи дюйми) та формат координат.

Фрагмент коду:

```
%FSLAX34Y34*% <- Формат координат
%MOIN*% <- Одиниці вимірювання: дюйми (Inches)
```

2. Опис апертур (Пензлів). Команда %AD (Aperture Definition) створює інструменти під номерами (D-кодами).

Фрагмент коду:

```
%ADD10C,0.0100*% <- Створити круглий (C) інструмент D10 діаметром 0.01 дюйма
%ADD11R,0.05X0.05*% <- Створити квадратний (R) інструмент D11 розміром 0.05x0.05 дюйма
```

3. Координати та дії. Верстат обирає потрібний «пензель» і починає рухатися по платі.

Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю відповідає ДСТУ ISO 9001:2015	Ф-22.06-05.02/2 /G5.00.1/Б/ОК19-2026
	Екземпляр № 1	Арк 41 / 37

D01 – прокласти лінію (експонувати лазер з точки А в точку Б).

D02 – переміститися в нову координату з вимкненим лазером.

D03 – «спалах» (Flash), тобто поставити готовий майданчик (пад) заданої форми в цій точці.

Фрагмент коду:

D11* <- Обрати квадратний інструмент D11

X1000Y1000D02* <- Перейти в точку X=1.0, Y=1.0

D03* <- Клац! Поставити там квадратний пад (Flash)

D10* <- Змінити інструмент на круглу лінію D10

X2000Y2000D01* <- Провести лінію (трасу) до точки X=2.0, Y=2.0

Переваги формату Gerber RS-274X:

1. **Універсальність:** Підтримується 100% виробників у світі.
2. **Надійність:** Апертури вбудовані, ризик людської помилки мінімальний.
3. **Простота:** Легко перевірити через безкоштовні програми (Gerber Viewers).

Обмеження формату Gerber RS-274X:

1. **Немає інтелектуальних даних:** Файл не знає назв компонентів (наприклад, що це резистор R1) чи назв ланцюгів (що це лінія GND). Для нього це просто набір ліній та точок.

2. **Багато файлів:** Для однієї плати все одно потрібно генерувати окремий файл на кожен шар.

У сучасних версіях **DipTrace 5.x** також рекомендується використовувати формат **Gerber X2**, оскільки цей формат є розширенням стандарту RS-274X і містить додаткову інформацію про шари та їх призначення, що спрощує підготовку виробництва друкованих плат.

Формат **Gerber X2** є розвитком стандарту RS-274X і, крім графічної інформації, містить додаткові атрибути, які визначають: тип шару друкованої плати; призначення контактних майданчиків; інформацію про металізовані отвори; типи компонентів; характеристики провідних шарів; службову інформацію для автоматизації виробництва.

Тобто додає «розумні» атрибути: він може прямо у файлі вказати верстату: «Ось ця доріжка – це диференціальна пара», або «Цей майданчик – це Top Pad мікросхеми U1». Це дозволяє заводським програмам автоматично тестувати плату на помилки ще до її виготовлення.

Основні переваги формату **Gerber X2**:

1. автоматичне розпізнавання шарів виробником;
2. зменшення ймовірності помилок під час виготовлення;
3. підтримка сучасними САМ-системами;
4. сумісність зі стандартом RS-274X;
5. можливість передачі додаткових атрибутів компонентів і отворів.

Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю відповідає ДСТУ ISO 9001:2015	Ф-22.06-05.02/2 /G5.00.1/Б/ОК19-2026
	Екземпляр № 1	Арк 41 / 38

Основні файли Gerber X2 показані в таблиці 6.1.

Таблиця 6.1.

Файл	Призначення
Top.gbr	Верхній провідний шар
Bottom.gbr	Нижній провідний шар
TopMask.gbr	Верхня паяльна маска
BottomMask.gbr	Нижня паяльна маска
TopPaste.gbr	Верхній шар паяльної пасти
BottomPaste.gbr	Нижній шар паяльної пасти
TopSilk.gbr	Верхня шовкографія
BottomSilk.gbr	Нижня шовкографія
BoardOutline.gbr	Контур друкованої плати
Drill.drl	Файл координат свердління (Excellon)

Для формування координат свердління використовується файл **NC Drill (Excellon)**.

НАВЧАЛЬНІ ЗАВДАННЯ І МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ ДО ЇХ ВИКОНАННЯ

Завдання 1. Запустити програмний модуль **PCB Layout**. В робочому вікні сформувати комплект Gerber-файлів та файл свердління для двосторонньої друкованої плати для схеми згідно варіанта або схеми запропонованої викладачем в форматі **Gerber RS-274X**.

Порядок виконання роботи:

1. Відкриття проєкту

- 1.1 Запустити модуль **PCB Layout**.
- 1.2. Відкрити завершений проєкт друкованої плати.
- 1.3. Переконаватися у відсутності помилок DRC.

2. Формування Gerber-файлів.

- 2.1. Виконати команду: **File** → **Export** → **Gerber**. У вікні налаштування вибрати шари: Top Layer; Bottom Layer; Top Silk; Bottom Silk; Top Mask; Bottom Mask; Board Outline.
- 2.2. Встановити: формат RS-274X; одиниці вимірювання — мм; точність координат 4.4.
- 2.3. Натиснути кнопку: **Export** та зберегти файли у вибраній папці.

3. Формування файлу свердління.

- 3.1. Виконати команду: **File** → **Export** → **N/C Drill**. У вікні параметрів встановити: формат Excellon; метричну систему; ведучі нулі (Leading Zeros); точність 4.4.
- 3.2. Натиснути: **Export** та зберегти файл свердління.

Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю відповідає ДСТУ ISO 9001:2015	Ф-22.06-05.02/2 /G5.00.1/Б/ОК19-2026
	Екземпляр № 1	Арк 41 / 39

4. Перевірка Gerber-файлів.

4.1. Виконати команду: **File** → **Export** → **Gerber Preview**. Переконалися у правильному відображенні: провідників; контактних майданчиків; контурів плати; паяльної маски; маркування компонентів.

5. Перевірка комплекту виробничих файлів.

5.1. Перевірити наявність файлів: Top.gbr; Bottom.gbr; TopMask.gbr; BottomMask.gbr; TopSilk.gbr; BottomSilk.gbr; BoardOutline.gbr; Drill.drl.

6. Збереження результатів.

6.1. Створити папку: **Gerber_Project** та скопіювати до неї всі сформовані файли.

Завдання 2. Запустити програмний модуль **PCB Layout**. В робочому вікні сформувати комплект Gerber-файлів та файл свердління для двосторонньої друкованої плати для схеми згідно варіанта або схеми запропонованої викладачем в форматі **Gerber X2**.

Зміст звіту

Звіт повинен містити:

1. Назву лабораторної роботи.
2. Мету роботи.
3. Теоретичні відомості.
4. Таблицю призначення Gerber-файлів.
5. Скріншот вікна налаштування експорту.
6. Перелік отриманих файлів.
7. Результати перевірки Gerber Preview.
8. Висновки.

Контрольні запитання

1. Для чого використовуються Gerber-файли?
2. Який формат Gerber підтримує DipTrace?
3. Яку інформацію містить файл Top Layer?
4. Для чого призначений файл Bottom Layer?
5. Що таке паяльна маска?
6. Для чого використовується шар Silkscreen?
7. Яке призначення файлу NC Drill?

Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю відповідає ДСТУ ISO 9001:2015	Ф-22.06- 05.02/2 /G5.00.1/Б/ОК19- 2026
	Екземпляр № 1	Арк 41 / 40

8. Який формат має файл свердління?
9. Для чого використовується Gerber Preview?
10. Які файли передаються виробнику друкованих плат?

Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю відповідає ДСТУ ISO 9001:2015	Ф-22.06-05.02/2 /G5.00.1/Б/ОК19-2026
	Екземпляр № 1	Арк 41 / 41

Рекомендована література

1. DipTrace Team. DipTrace User Manual Version 5.2. URL: https://diptrace.com/downloads/tutorials/DipTrace_Tutorial.pdf (дата звернення: 19.05.2026).
2. DipTrace Team. DipTrace PCB Design Software. URL: <https://diptrace.com> (дата звернення: 19.05.2026).
3. Григор'єв О. В. Основи автоматизованого проєктування електронних пристроїв : навч. посіб. Харків : ХНУРЕ, 2020. 280 с.
4. Мартінов В. В. Проєктування електронних пристроїв та друкованих плат : навч. посіб. Київ : КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2018. 215 с.
5. Жарко В. О., Славінський А. К. Основи проєктування електронної апаратури : навч. посіб. Київ : Каравела, 2017. 272 с.
6. IPC-2221B. Generic Standard on Printed Board Design. Bannockburn : IPC Association Connecting Electronics Industries, 2012. 112 p.
7. IPC-7351B. Generic Requirements for Surface Mount Design and Land Pattern Standard. Bannockburn : IPC Association Connecting Electronics Industries, 2010. 160 p.
8. Gerber Layer Format Specification Revision 2024.02. Ucamco. URL: <https://www.ucamco.com/en/gerber> (дата звернення: 19.05.2026).
9. The Gerber Layer Format Specification. Ucamco. URL: <https://www.ucamco.com/en/gerber/specification> (дата звернення: 19.05.2026).
10. ДСТУ 8302:2015. Інформація та документація. Бібліографічне посилання. Загальні положення та правила складання. Чинний від 2016-07-01. Вид. офіц. Київ : УкрНДНЦ, 2016. 16 с.