

DipTrace

SCHEMATIC AND
PCB DESIGN SOFTWARE

Посібник користувача

НАВМИСНО ПОРОЖНЯ СТОРІНКА

Вступ

Цей посібник дозволить легко та швидко навчитися проєктувати схеми, друковані плати, бібліотеки корпусів та компонентів, а також вивчити різноманітні додаткові можливості пакету програм з проєктування друкованих плат DipTrace. Якщо у вас виникли питання під час вивчення керівництва, зв'яжіться з нами через Портал підтримки на нашому веб-сайті або по e-mail: support@diptrace.com. Цей посібник створено для DipTrace версії 4.1.3 (червень 2021), але буде актуальним у тій чи іншій мірі для інших версій програми також.

Зміст

	0
Розділ I Створення простої схеми	6
1 Визначення розміру сторінки та формування рамки.....	6
2 Налаштування бібліотек.....	11
3 Проєктування схемотехніки.....	13
4 Перетворення в плату.....	33
Розділ II Розробка друкованої плати	33
1 Підготовка до трасування.....	33
2 Автоматичне трасування.....	44
3 Робота зі шарами.....	48
4 Міжшарові переходи.....	52
5 Класи мереж.....	57
6 Ручне трасування.....	60
7 Вимірювання довжини трас.....	71
8 Обирання об'єктів за типом, шаром.....	73
9 Розташування тексту та графічних елементів.....	76
10 Створення заливки.....	80
11 Блокування об'єктів.....	91
12 Перевірка проєкта.....	93
13 Інформація про плату.....	96
14 Панелізація.....	97
15 Друк.....	101
Розділ III Експорт файлів для виробництва	104
1 DXF.....	104
2 Gerber RS-274X.....	106
3 Gerber X2.....	111
4 Excellon N/C Drill.....	113
5 ODB++.....	113
Розділ IV Створення бібліотек	114
1 Розробка бібліотеки корпусів.....	115
Налаштування редактора корпусів	116
Створення та збереження бібліотеки	117
Створення корпусу резистора	119
Власноруч.....	119
Під'єднання 3D-моделі.....	127
Автоматично (Генератор корпусів)	129
Створення корпусу BGA-144/13x13	132
Власноруч.....	132
Автоматично.....	139

Створення корпусу SOIC-28	142
2 Створення бібліотеки компонентів	145
Налаштування редактора компонентів	145
Створення компонента резистора	147
Створення конденсатора (компонент)	151
Створення символів VCC та GND	159
Створення мультисекційного компонента	162
Застосування користувацьких полей	170
Створення PIC 18F24K20	172
Значення Spice	181
Перевірка бібліотеки	182
Встановлення компонентів	184

Розділ V Інші функції та інструменти 189

1 З'єднання	190
Робота з шинами та міжсторінковими переходами	190
Робота з портами	196
З'єднання без зв'язків	197
Таблиця зв'язків у Схемотехніці та Редакторі плат	201
2 Як шукати компоненти в бібліотеках	202
3 Мітки компонентів	206
4 Автопозиціонування та автотрасування	209
5 Стос шарів	219
6 Високошвидкісні мережі та диференційні сигнали	224
Вирівнювання довжин	224
Затримка сигналу	230
Створення диференційної пари	231
Трасування та редагування диференційних пар	235
Перевірка та підлаштування фаз	240
Менеджер диференційних пар	245
Зв'язані виводи диференційної пари	246
7 Оновлення плати зі схеми	249
8 Зворотнє перейменування	250
9 Ієрархійна схемотехніка	252
10 SPICE симуляція	262
11 Зберігання/завантаження правил	266
12 Перевірка зв'язків (ERC)	267
13 Перевірка цілісності мереж	269
14 Встановлювання переходів	272
15 Специфікація (BOM)	276
16 Імпорт-експорт списку з'єднань (нет-листів)	282
17 Перегляд 3D та експорт	284
18 Корисні посилання	290

1 Створення простої схеми

У цій частині посібника ви дізнаєтесь як створити просту схему та згенерувати друковану плату за допомогою програмного забезпечення DipTrace.

Почнемо зі схеми. Відкрийте модуль DipTrace Схемотехніка, перейдіть до "Пуск/Усі програми/DipTrace/Schematic" у ОС Windows або використовуйте DipTrace Launcher у MacOS.

Після запуску ви можете налаштувати графічний режим ("Вигляд/Графічний режим" з головного меню): OpenGL встановлено за замовчуванням як найбільш універсальний; також можна перейти в зазвичай більш швидкий режим Direct3D, але він більше залежить від обладнання/драйверів/версій. Спробуйте Windows GDI, якщо ви працюєте на застарілому комп'ютері.

Чорне тло використовується за замовчуванням як найбільш зручне для очей, але ми перейдемо на біле, бо воно більш прийнятне для друку цього посібника. Щоби змінити колірну схему або встановити власні кольори перейдіть до головного меню "Вигляд/Колірні установки". Оберемо біле тло зі списку Шаблон.

Редактор компонентів та Редактор корпусів використовують колірні налаштування Схемотехніки та Редактора плат відповідно.

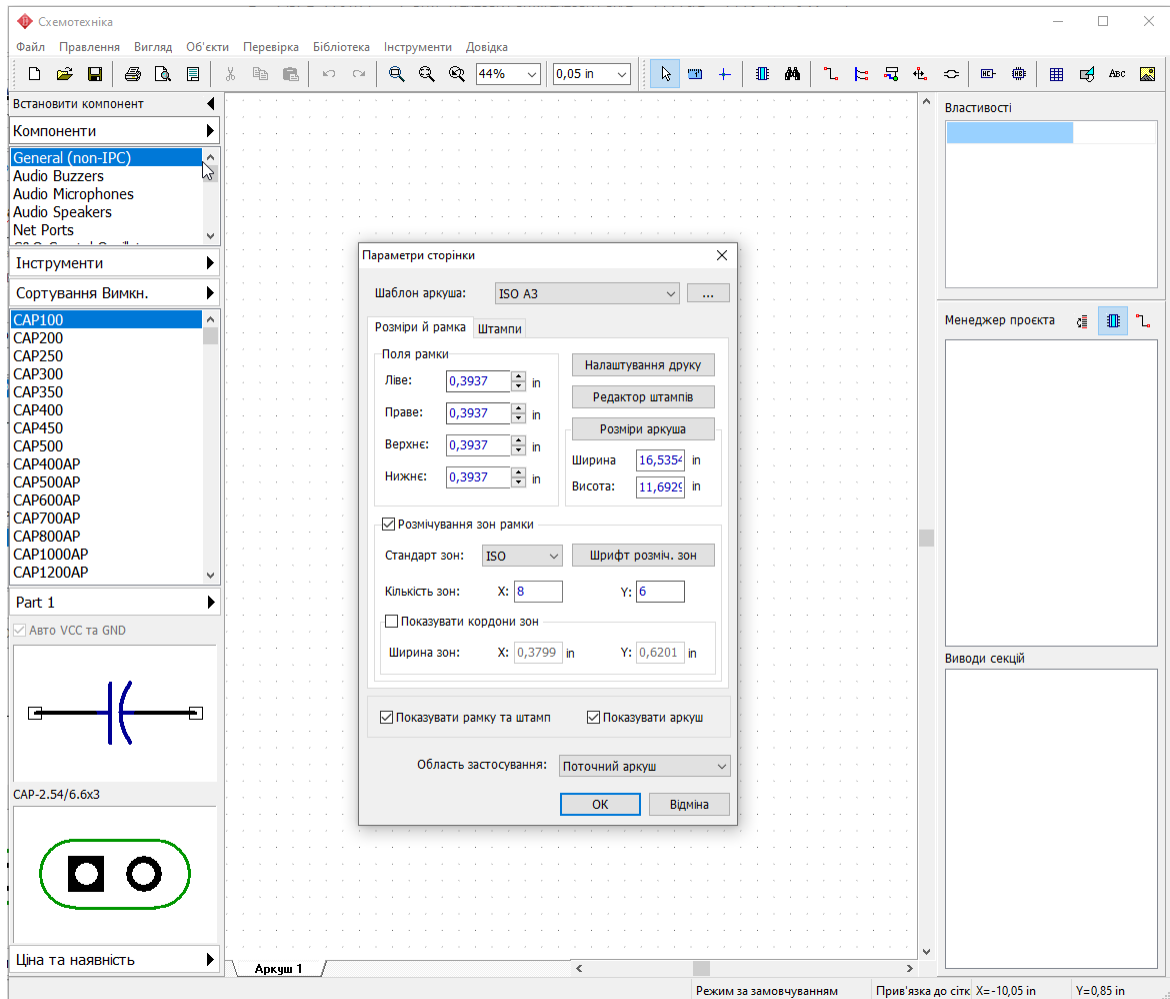
Зверніть увагу, що відносні розміри панелей на знімках екрана можуть відрізнятися від того, що ви бачите на екрані через обмеження роздільної здатності, застосовані в цьому посібнику у форматі PDF.

Іноді ми будемо приховувати панель Менеджер проекту, яка знаходиться в правій частині екрана, щоб додати місце для проектування, але якщо у вас екран з високою роздільною здатністю, вам цього робити не потрібно. Виберіть "Вигляд/ Панелі інструментів/Менеджер проекту" в головному меню, щоб відобразити/приховати панель Менеджер проекту, або натисніть клавіші Ctrl + 2, встановлені для цієї команди за промовчанням.

Деякі приклади схем і друкованих плат, представлені в цьому посібнику, призначені виключно для демонстрації інструментів, що використовуються, вони не обов'язково є робочими прототипами.

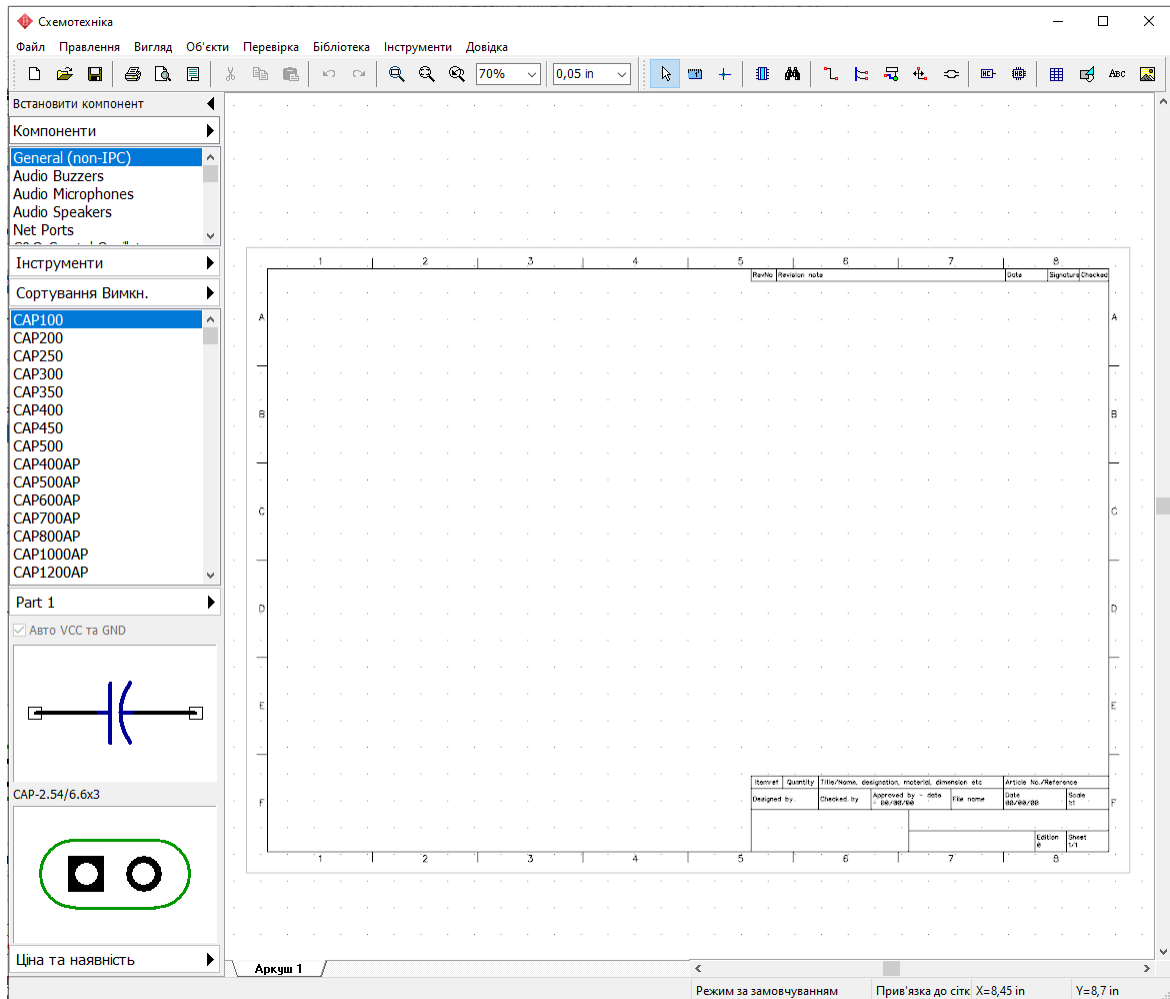
1.1 Визначення розміру сторінки та формування рамки

Встановіть розмір сторінки та креслярської рамки: "Файл/Параметри сторінки" з головного меню, виберіть **ISO A3** у шаблонах аркуша, потім у нижній частині вікна встановіть позначки **Показувати рамку та штамп** та **Показувати аркуш**, завершіть дію натиснувши **ОК**.



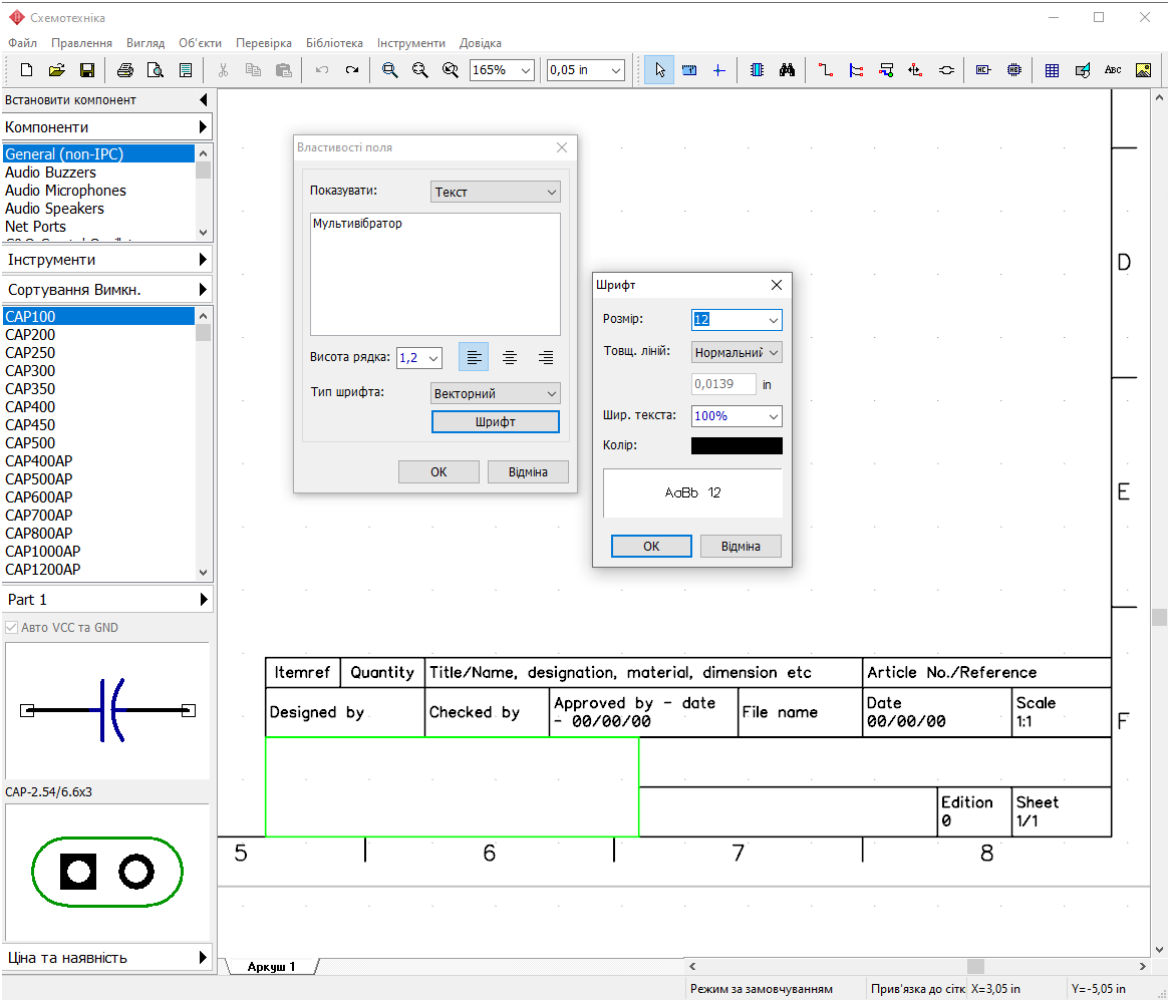
Рамку та аркуш можна приховати або зобразити, обравши "Вигляд/Рамка та штамп" та "Вигляд/Межі аркуша" з головного меню.

Натисніть кнопку "-" (мінус) кілька разів, доки межі аркуша не з'являться. Кнопки "+" (плюс) або "-" (мінус), а також колісцатко миші змінюють масштаб схеми. Крім того, можна змінити масштаб, обравши значення з меню, що випадає, на Стандартній панелі, або ввести власне. Наведіть вказівник на потрібну область для більш точного масштабування. Зверніть увагу, що ви можете приховати панель Менеджер проекту, розташовану праворуч (поєднання клавіш Ctrl+2) для звільнення місця в області побудови.

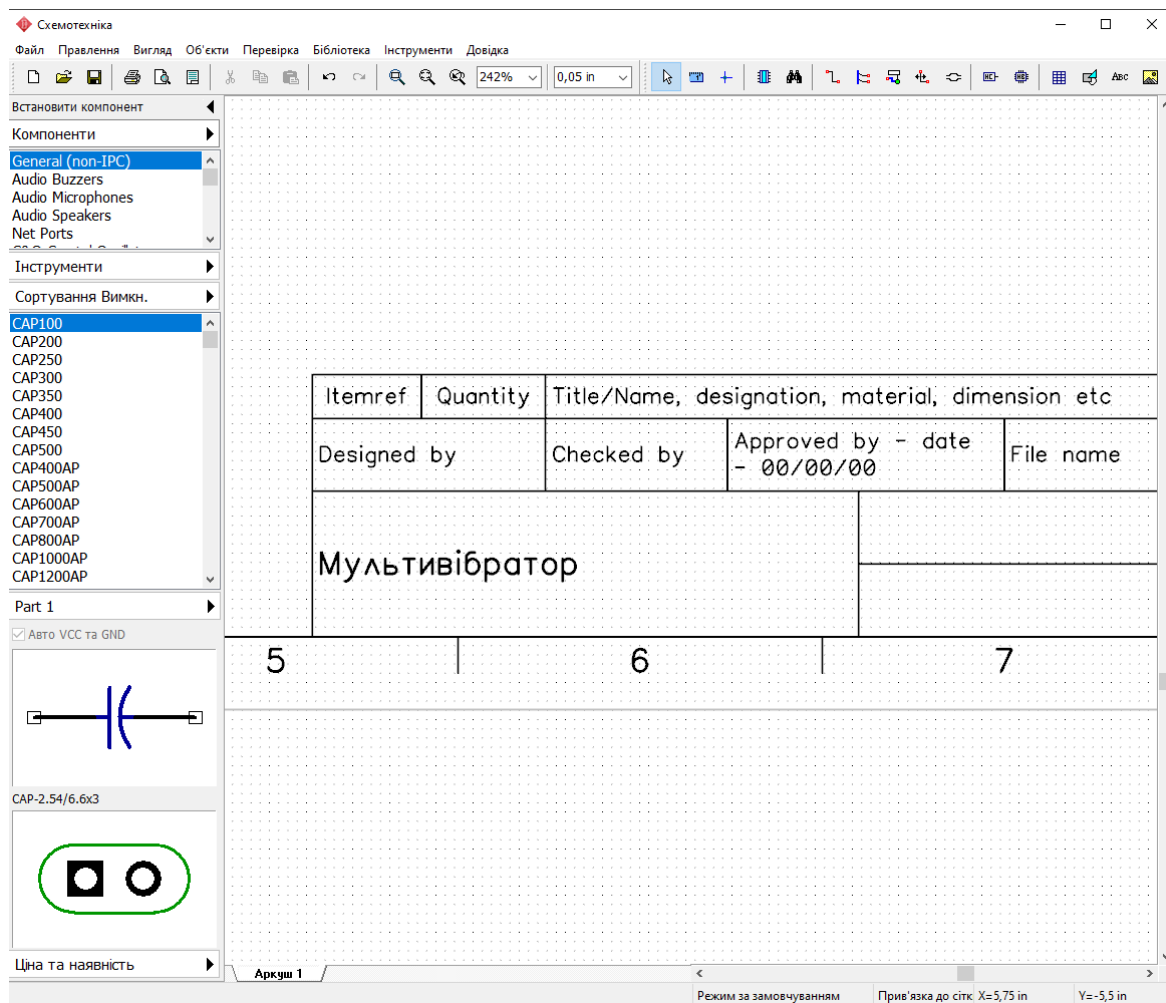


Щоб ввести текст у поле всередині рамки, наведіть курсор на потрібне поле (воно має підсвітитися зеленим), потім натисніть ліву кнопку миші. З'явиться вікно з властивостями поля. У цьому діалоговому вікні можна ввести текст, вибрати його положення та шрифт.

Для нашої схеми введіть текст "Мультивібратор", натисніть кнопку **Шрифт** і виберіть розмір шрифту 12. Натисніть **ОК**, щоб закрити діалогове вікно шрифту, після чого - ще раз **ОК**, щоб закрити вікно властивостей поля і застосувати зміни.



Зауважте, що в полі можна вводити і багатий рядковий текст. Цей текст буде збережено лише для поточного проекту. Для створення шаблонів користувача з певним текстом, скористайтеся Редактором шрифтів (додаткову інформацію ви знайдете в розділі Title Block Editor у Довідці з схемотехніки).



Поля шаблону можна масштабувати, вказавши курсором на потрібне місце та натискаючи клавішу "+" або коліщатком миші.

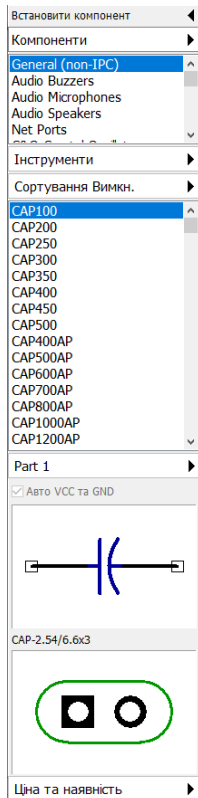
Ви можете використовувати інструмент **Масштабувати вікно**. Для збільшення масштабу визначеного прямокутника на все вікно: клацніть кнопку

Масштабувати вікно , вкажіть курсором лівий верхній кут області, яку ви хочете збільшити, натисніть та утримуйте ліву кнопку миші та перемістіть курсор до протилежного кута області, потім відпустіть кнопку.

Щоб повернутися до попереднього масштабу та положення, натисніть .

Виберіть "Файл/Зберегти як..." з головного меню, введіть ім'я файлу, до якого ви хочете зберегти схему, та оберіть каталог. Потім натисніть кнопку **Зберегти**.

1.2 Налаштування бібліотек



У DipTrace інтегровано систему управління бібліотеками. Таким чином, зміни зроблені в одному модулі програми автоматично з'являються в інших модулях.

Усі бібліотеки впорядковано за групами бібліотек. Для пошуку компонента використовуються сортувальні фільтри, що можна налаштувати.

На панелі **Встановити компонент** є всі необхідні інструменти для керування бібліотеками та встановлення компонентів на схему. Щоби відрегулювати ширину панелі, клацніть на ній правою кнопкою миші та виберіть потрібний варіант або просто наведіть вказівник миші на межу панелі та посуньте її.

Налаштування груп бібліотек

Натисніть **Компоненти** (назва кнопки відображає активну групу бібліотек). За промовчанням у програмі є три групи бібліотек:

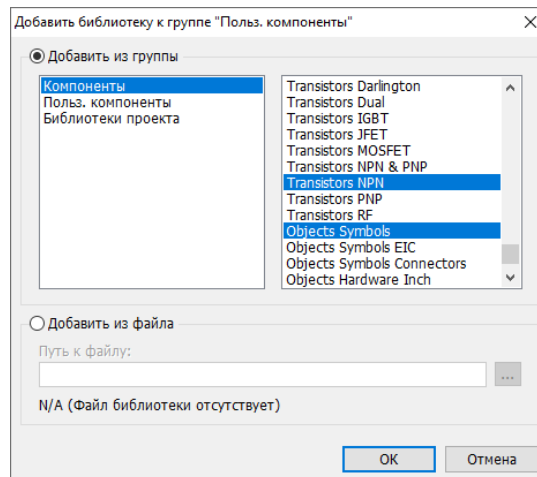
Компоненти – група, де містяться всі стандартні бібліотеки компонентів, вони сортовані за алфавітом та типом; Зверніть увагу, програма не дозволяє вносити зміни до бібліотек цієї групи.

Користувацькі компоненти – відпочатку ця група порожня і пропонується як місце зберігання бібліотек користувача; відповідно, користувач може додавати або видаляти бібліотеки у цій групі.

Бібліотеки проєкту – ця група містить лише компоненти поточної схеми у бібліотеці **Кеш проєкту**; група порожня, якщо в області побудови не встановлено жодного компонента.

Для зручності всі необхідні для створення нашої схеми компоненти ми зберемо в одній групі - **Користувацькі компоненти**. Виберіть групу **Корист.**

компоненти, потім натисніть **Інструменти** та виберіть **Додати бібліотеку до групи "Корист. компоненти"**. У діалоговому вікні виберіть групу бібліотек **Компоненти** зі списку **Додати з групи**. Група бібліотек **Компоненти** містить усі стандартні бібліотеки компонентів, які встановлюються разом із програмою. Оберіть бібліотеки: **General (non-IPC)**, **Objects Symbols** та **Transistors NPN**. Для одночасного вибору кількох бібліотек використовуйте клавішу **Ctrl**. Після завершення натисніть **OK**.



Обрані бібліотеки з'являться у групі **Корист. компоненти** і ми зможемо розпочати створення схеми власного проекту.

Додати бібліотеку з файлу

Якщо у вас є бібліотека у вигляді файлу на диску та у DipTrace не відображається, її необхідно додати в систему бібліотек програми, щоб можна було з нею працювати. Ця функція корисна у випадку, коли ви отримали бібліотеку від іншої людини або після перевстановлення програми.

Натисніть **Інструменти**, оберіть **Додати бібліотеку до групи <назва групи>**, оберіть пункт **Додати з файлу**, а потім натисніть **...** та виберіть файл бібліотеки з диска комп'ютера.

Крім того, бібліотеки можна підключати у діалоговому вікні **Під'єднання бібліотек**. Там також наявні інструменти для налаштування та створення нових груп бібліотек. Щоб відкрити діалогове вікно Підключення бібліотек, виберіть пункт "Корист. компоненти (<Поточна Група Бібліотек>)/Підключення бібліотек" на панелі **Встановити компонент**.

*Зверніть увагу, діалогове вікно **Під'єднання бібліотек** є спільним для всіх модулів програми, тому в ньому відображаються як бібліотеки компонентів, так і бібліотеки корпусів, хоча безпосередньо на панелі **Встановити компонент** у Схемотехніці бібліотеки корпусів недоступні.*

1.3 Проєктування схемотехніки

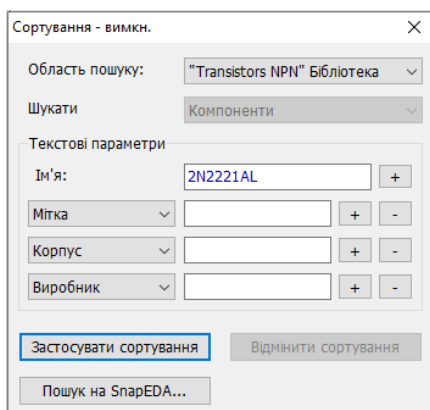
В даному розділі ми розглянемо базові принципи роботи у модулі DipTrace "Схемотехніка".

У Схемотехніці встановіть розмір сітки 0,1 дюйми. Якщо зображення сітки вимкнено, його можна увімкнути за допомогою клавіші F11. Відповідний розмір сітки можна вибрати зі списку на панелі "Інструменти" (при першому запуску встановлено сітка 0.05), або ж збільшити розмір сітки за допомогою комбінації Ctrl + знак плюса ("+"). Щоб зменшити сітку, використовуйте клавіші Ctrl + знак мінуса ("-").

Якщо потрібного розміру сітки немає, його можна додати, для цього виберіть "Вигляд/Зміна стандартних" з головного меню. Точність сітки та інших параметрів, що використовуються в проєкті, можна встановити в діалоговому вікні "Точність значень" ("Вид/Точність"). Ви звернули увагу, що ми використовуємо дюйми? У DipTrace можна змінити поточні одиниці вимірювання на міліметри або мілі без втрати точності. Для цього оберіть "Вид/Одиниці вимірювання" або скористайтесь поєднанням клавіш Shift+U. У цьому посібнику ми будемо користуватися лише клавішами, встановленими за замовчуванням. Можна призначити комбінації клавіш певним діям у діалоговому вікні "Інструменти/Параметри гарячих клавіш". Тут також можна відновити гарячі клавіші за замовчуванням.

Перейдемо до створення схеми. На панелі **Встановити компонент** оберіть бібліотеку **Transistors NPN** із групи **Корист. компоненти**.

Пошук компонента у бібліотеці



Коли вибрано бібліотеку, внизу відображається перелік компонентів цієї бібліотеки. Знайдіть транзистор 2N2221AL або скористайтесь сортуванням. Виберіть "Об'єкти/Пошук компонентів" у головному меню або натисніть

Сортування Вимкн. ►

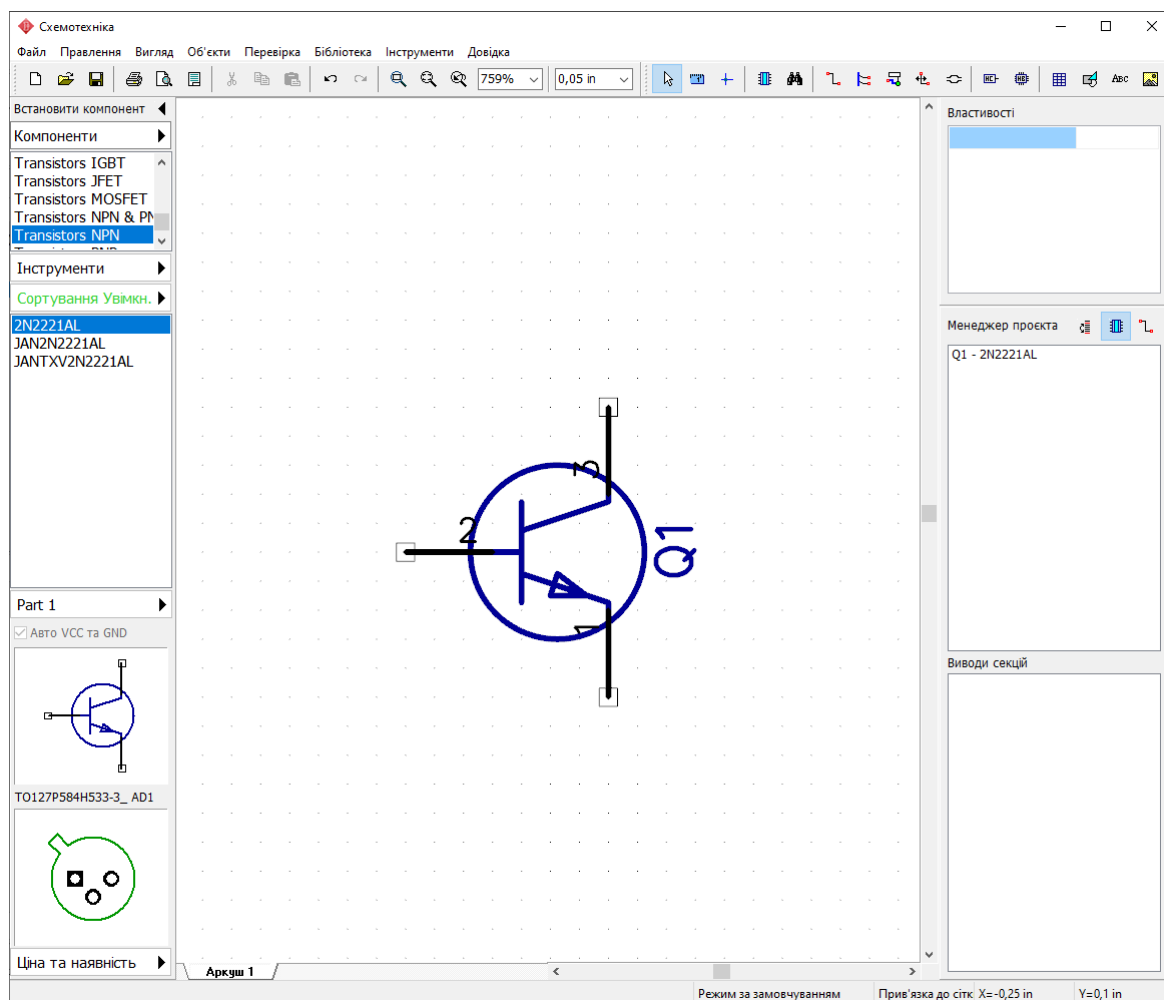
Переконайтеся, що у діалоговому вікні як область пошуку обрано бібліотеку Transistors NPN, потім введіть "2N2221AL" у полі **Ім'я** та натисніть **Застосувати сортування**. Тепер у списку компонентів бібліотеки відображаються лише компоненти з іменами, в яких є "2N2221AL". Інші компоненти бібліотеки приховані, а сама кнопка тепер світиться зеленим і показує поточний статус фільтрів сортування.

Закрийте діалогове вікно.

Зверніть увагу: діапазон компонентів можна розширити, якщо ввести частину імені компонента. Якщо одного імені компонента недостатньо, можна додати нові сортувальні фільтри, що зв'язать результати сортування. Можна відобразити лише компоненти з певною позначкою, корпусом, значенням, документом, виробником тощо. Щоб додати або видалити фільтри натисніть  або .

Встановлення компонентів

Клацніть лівою кнопкою по потрібному транзистору на панелі **Встановити компонент**, потім клацніть в області побудови, щоб розмістити там транзистор. Клацніть правою кнопкою миші на порожньому місці області побудови, щоб вийти з режиму встановлення компонентів.

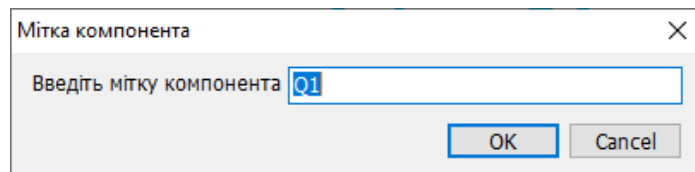


Щоб перемістити вже встановлений компонент наведіть на нього курсор та натисніть ліву кнопку миші. Захопивши таким чином компонент, перемістіть його в потрібне місце утримуючи ліву кнопку миші.

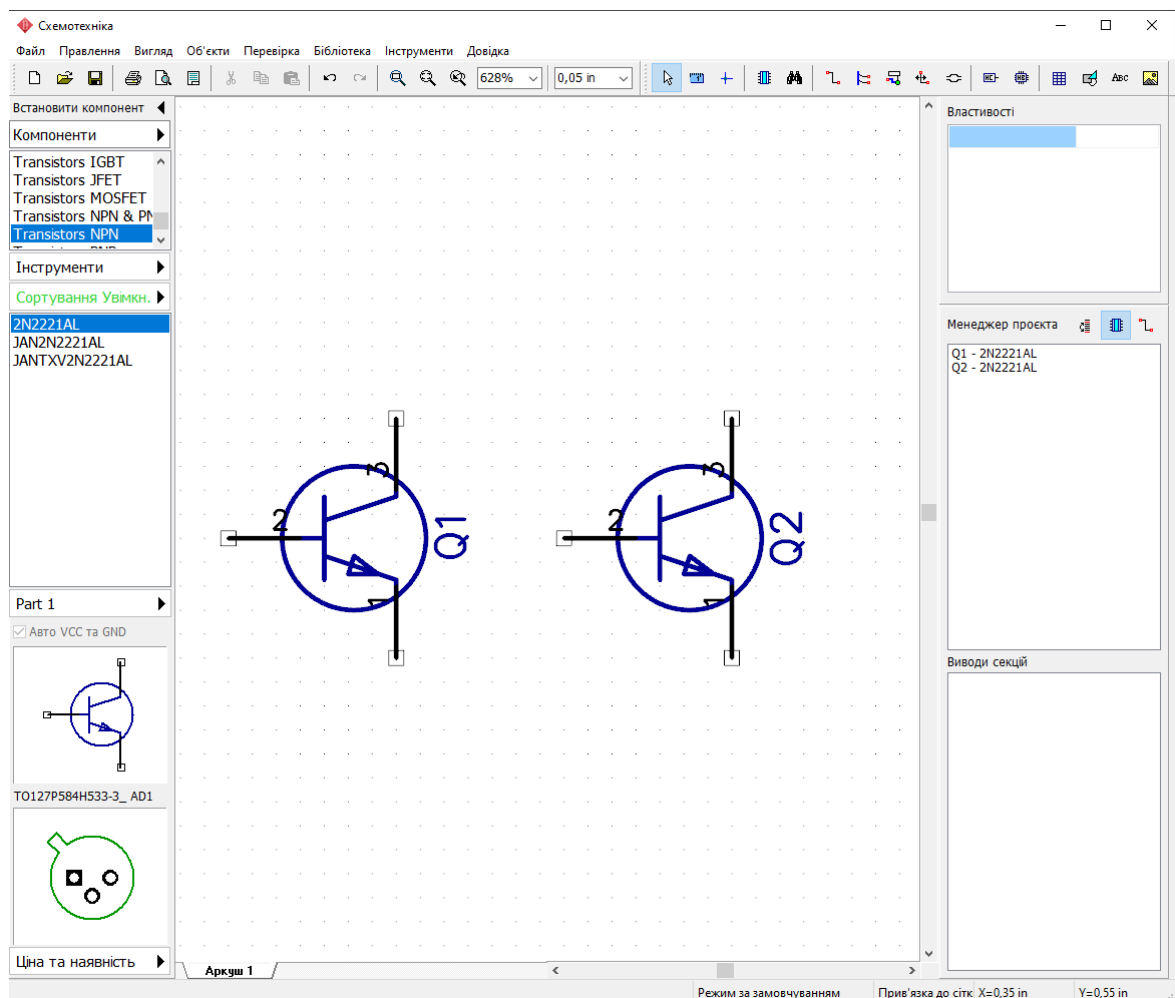
Також можна перемістити кілька компонентів одночасно. Для цього їх потрібно спочатку обрати. Щоб обрати кілька об'єктів, натисніть та утримуйте клавішу Ctrl, при цьому клацніть по кожному символу, який ви хочете обрати. Або в інший

спосіб: перемістіть курсор у верхній лівий кут групи символів, клацніть лівою кнопкою та, утримуючи її в натиснутому стані, перемістіть курсор у нижній правий кут групи, потім відпустіть кнопку та перемістіть виділені об'єкти. Скасувати виділення одного з об'єктів можна за допомогою лівого клацання із клавішею Ctrl.

Зауважте, що мітка компонента (RefDes) транзистора - Q1. Якщо ви бажаєте змінити її, наведіть курсор на символ і натисніть праву кнопку. Оберіть перший пункт (позначка компонента) у контекстному меню. У діалоговому вікні вкажіть нову позначку та натисніть **ОК**. Ми залишимо мітку транзистора без змін.



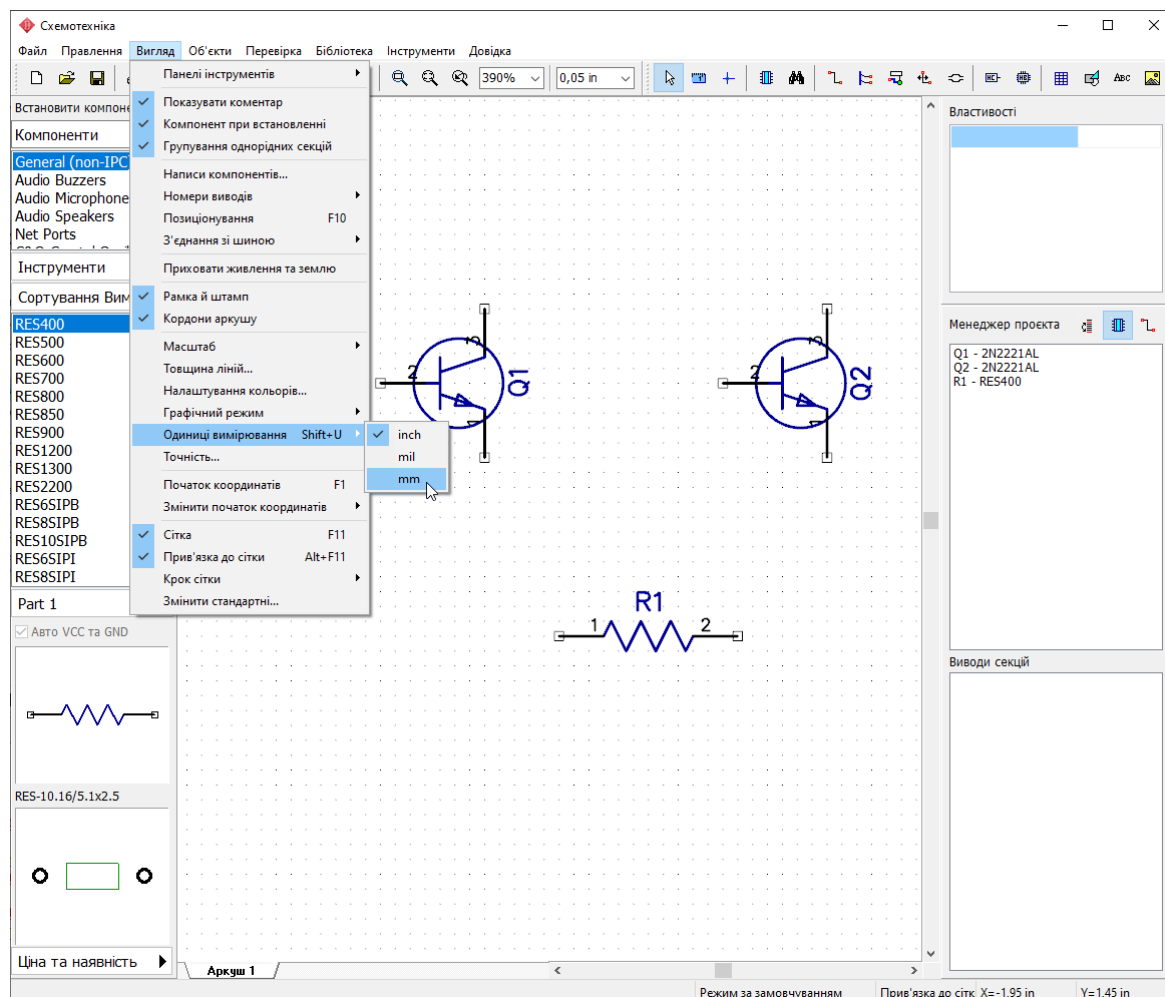
Для даної схеми нам потрібні два транзистори, тому виберіть повторно транзистор 2N2221AL у списку компонентів та розмістіть його на робочій області. Зверніть увагу, що для другого транзистора не потрібно змінювати позначку, це відбувається автоматично. Щоби повернути компонент перш ніж встановити його в області побудови натисніть клавішу *Пробіл* або *R* на клавіатурі.



Ви можете активувати опцію "Прив'язування до сітки", якщо вона вимкнена (Вигляд / Прив'язування до сітки або Alt + F11), і всі знову розміщені компоненти вирівнюватимуться по сітці. Статус прив'язування до сітки відображається в рядку стану в нижній частині екрана.

Коли сортування активне (про що свідчить напис на відповідній кнопці на панелі Встановити компонент), всі компоненти бібліотеки, які не відповідають встановленим сортувальним фільтрам, будуть приховані. Натисніть Сортування Увімк., а потім натисніть Скасувати сортування та закрийте діалогове вікно.

Виберіть бібліотеку General (non-IPC) та знайдіть у ній компонент RES400 (з імені зрозуміло, що це резистор із відстанню між висновками 400 мілів). Розмістіть компонент у робочій області. До речі, якщо ви волієте працювати з метричними одиницями виміру, просто оберіть "Вигляд / Одиниці виміру / mm", ми ж поки цього робити не будемо.

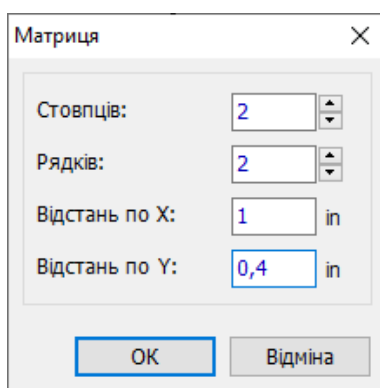


Копіювання компонентів

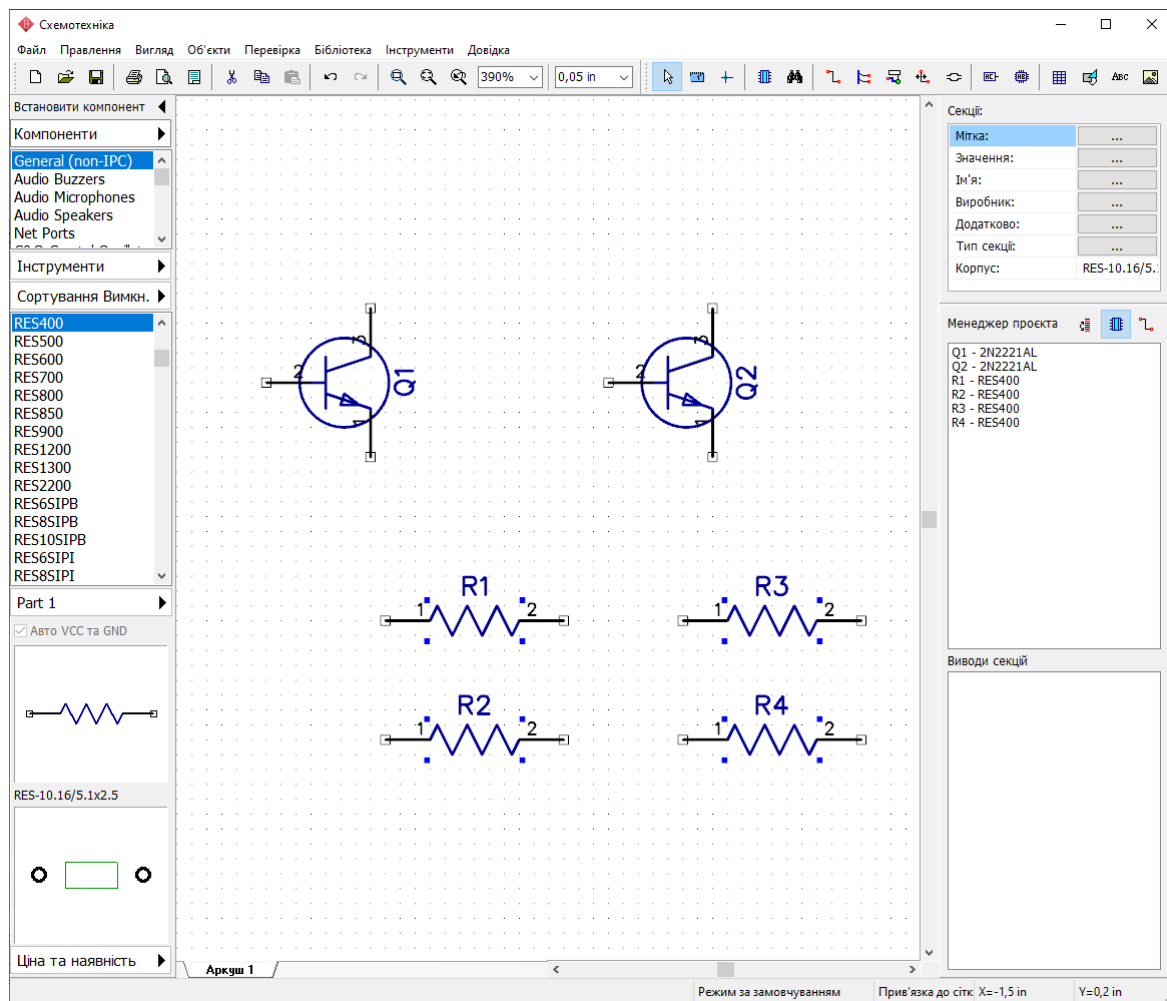
Для схеми нам потрібні 4 резистори. Ви можете їх встановити так само, як транзистори Q1 та Q2, але ми скористаємося іншим методом.

Оберіть резистор, який ви вже встановили, скопіюйте та вставте його тричі. Це можна зробити двома способами:

1. Оберіть компонент і клікніть "Правка/Копіювати" в головному меню або клацніть на компоненті правою кнопкою миші та виберіть Копіювати з підменю (Ctrl+C), а потім "Правка/Вставити" (Ctrl+V) три рази або клацніть правою кнопкою миші на тому місці, де ви хочете вставити символ і виберіть **Вставити** в підменю.
2. Другий метод називається "Створити матрицю". Цей метод пасуватиме для масового копіювання та розподілу компонентів на робочій області. Оберіть резистор, потім "Правлення/Створити матрицю" в головному меню (або просто натисніть комбінацію Ctrl+M).

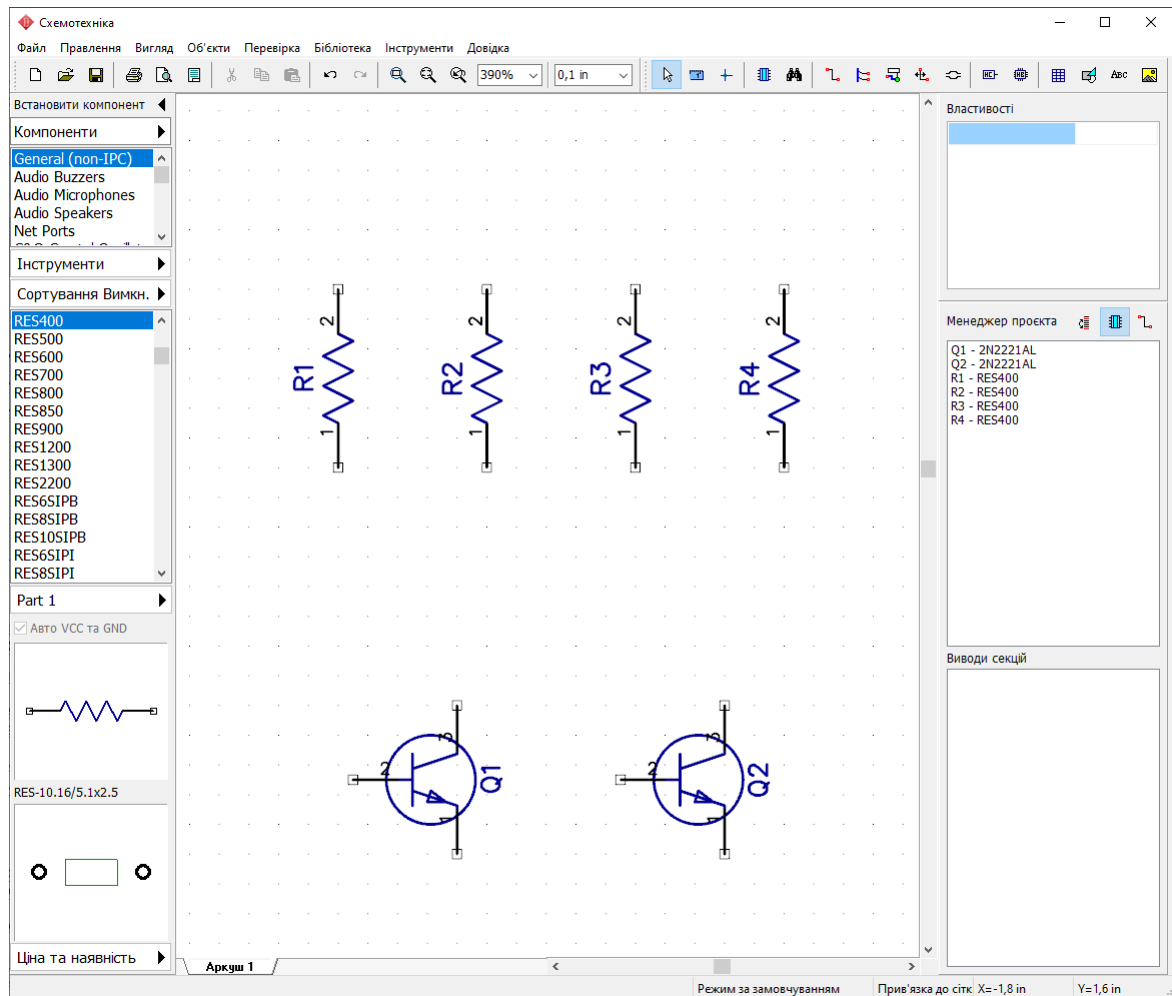


У діалоговому вікні **Матриця** вкажіть кількість стовпців та рядків (у нашому випадку 2 стовпці та 2 рядки дадуть 4 резистори) та відстані (у нашому випадку 1 дюйм між стовпцями та 0,4 дюйма між рядками), потім натисніть **ОК**. Вийшла матриця резисторів:



Розташуйте резистори як на зображенні нижче (використовуйте мишку або стрілки на клавіатурі для ортогонального переміщення, Пробіл або клавішу R для обертання обраного на 90 градусів). Також можна вибрати команду "Редагування/Обертання" з головного меню або клацнути правою кнопкою миші на символі і вибрати **Обертання** з підменю. При пересуванні символів за допомогою миші з'являться напрямні, які допомагають підрівнювати об'єкти.

Зауважте, що проект можна панорамувати за допомогою правої кнопки або коліщатка миші: встановіть курсор в області побудови, потім натисніть та утримуйте праву кнопку або коліщатко миші та перемістіть проект у нове положення.



Налаштування маркування компонента

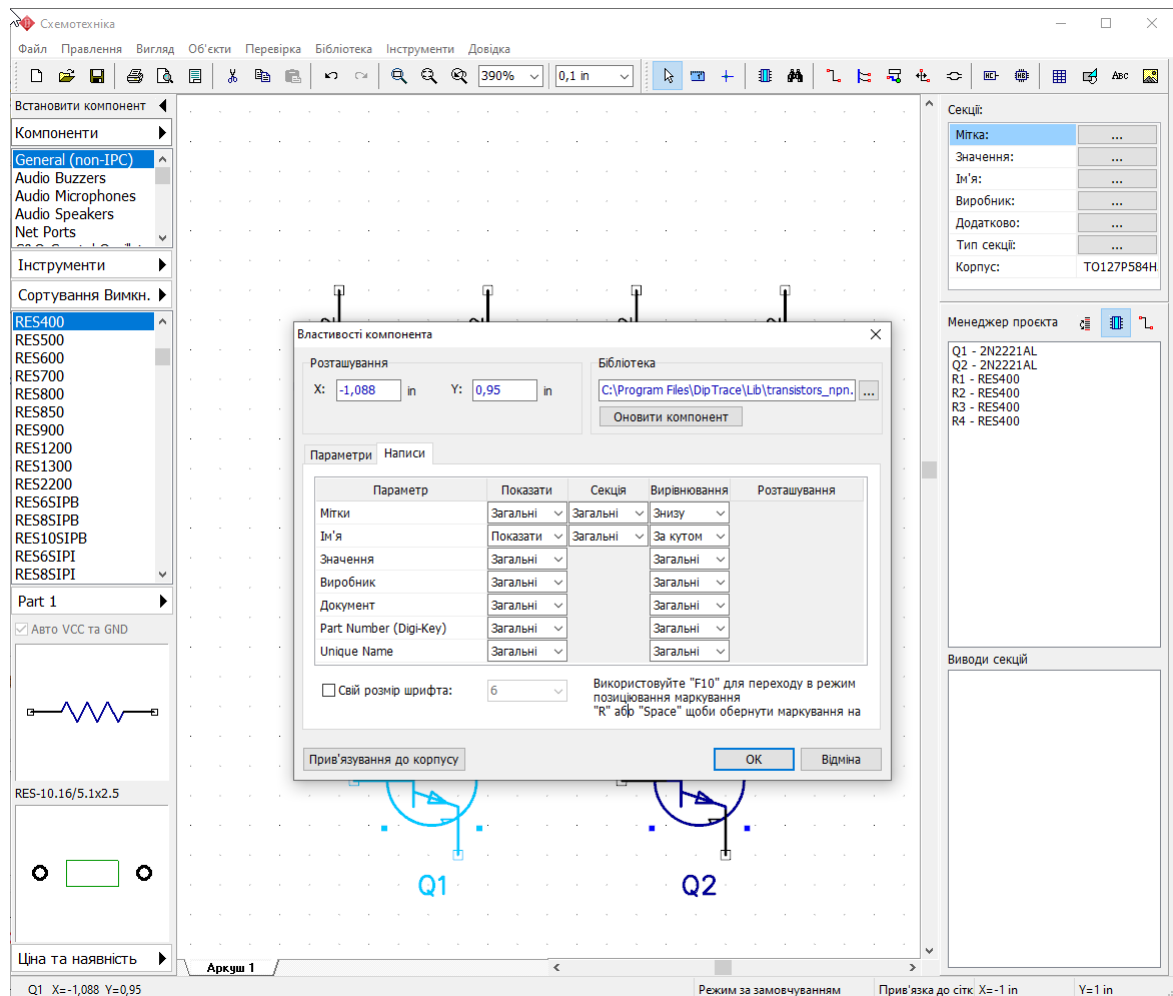
Розміщення позначок компонентів Q1 та Q2 нас не влаштовує. Ми хочемо, щоби вони були під символами компонентів, а не поруч із ними. Для зміни положення позначок, оберіть обидва транзистори, потім клацніть правою кнопкою миші по одному з них і виберіть **Властивості** з підменю. У діалоговому вікні виберіть закладку **Написи** і виберіть **Вирівнювання: Знизу** для параметра "Мітки".

Нам потрібно бачити не лише мітки, а й імена цих транзисторів прямо на схемі. Для цього виберіть варіант **"Показати"** зі списку **Показати** та **"Вирівнювання: По куту"** для параметра "Ім'я".

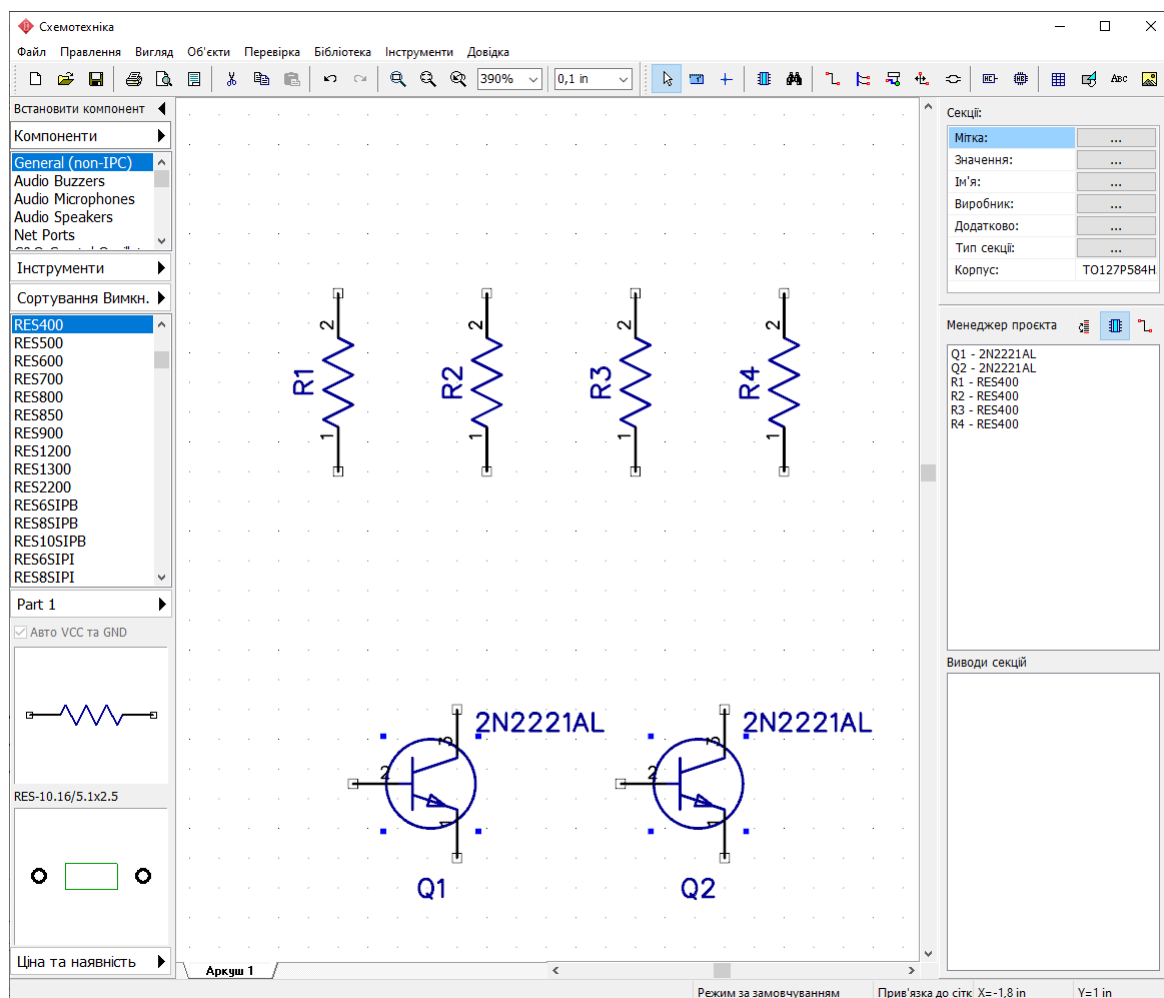
Зверніть увагу, позначки компонентів вже відображені в області побудови, хоча ми їх не вибирали, і в цих полях стоїть значення **Загальні**. Це означає, що використовуються загальні параметри відображення, встановлені для всіх компонентів схеми (задаються через "Вигляд/Написи компонентів").

Якщо потрібно більш точно налаштувати положення маркування відносно компонента у списку "Вирівнювання" виберіть варіант **Розташування** - стовпець **Розташування** активується і з'явиться можливість встановити

координати X та Y, а також кут повороту для відповідного маркування.
Натисніть , для зміни положення точки прив'язки та її координатів.



Погодьтеся з налаштуваннями натиснувши **OK**.



Якщо ви не бажаєте бачити номери виводів компонентів на всій схемі, виберіть "Вигляд/Новини висновків/ Сховати" у головному меню.

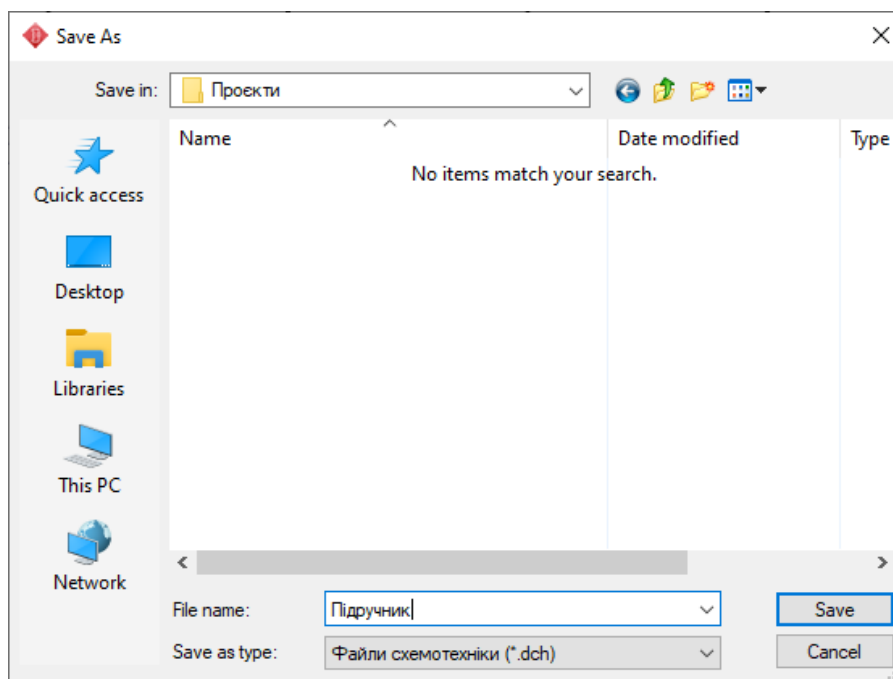
Для налаштування відображення номерів виводів на схемі лише для деяких компонентів: клацніть по них правою кнопкою миші, виберіть **Номери виводів** та потрібний варіант (Показати/Приховати/Загальні налаштування) з підменю.

Іноді не вдається досягти бажаного розташування автоматично, тому маркування будь-якого компонента можна рухати прямо на схемі за допомогою миші. Виберіть "Вигляд/Позиціонування F10" з головного меню або натисніть F10 на клавіатурі, після чого захопіть маркування курсором та перемістіть у потрібне положення. Також краще вимкнути (Alt + F11) прив'язування до сітки для вільного переміщення. Текст маркування можна обертати під час переміщення клавішами *Пробіл* або *R*.

Для доступу до різноманітних параметрів відображення маркувань проекту, що мають бути встановлені за замовчуванням, зверніться до головного меню "Вигляд/Написи компонентів". Ці налаштування застосовуються до всіх компонентів на схемі, крім заданих користувачем окремо.

Якщо ви вчинили помилкову дію: стан схеми можна повернути на крок назад або вперед за допомогою кнопок на стандартній панелі інструментів  . DipTrace запам'ятовує до 50 кроків.

Не забувайте зберігати схему. Виберіть "Файл/Зберегти" або натисніть на дискету на стандартній панелі інструментів. Якщо поточна схема досі ще не зберігалася, з'явиться діалогове вікно **Зберегти як**, в ньому слід вибрати директорію та ввести ім'я файлу схеми. Якщо схема вже збережена у файлі, достатньо буде простого натискання Ctrl+S. Діалогове вікно **Зберегти як** можна викликати окремо за допомогою головного меню (пункт "Файл") і зберегти схему в ще одному файлі. Це може знадобитися як застережний захід.

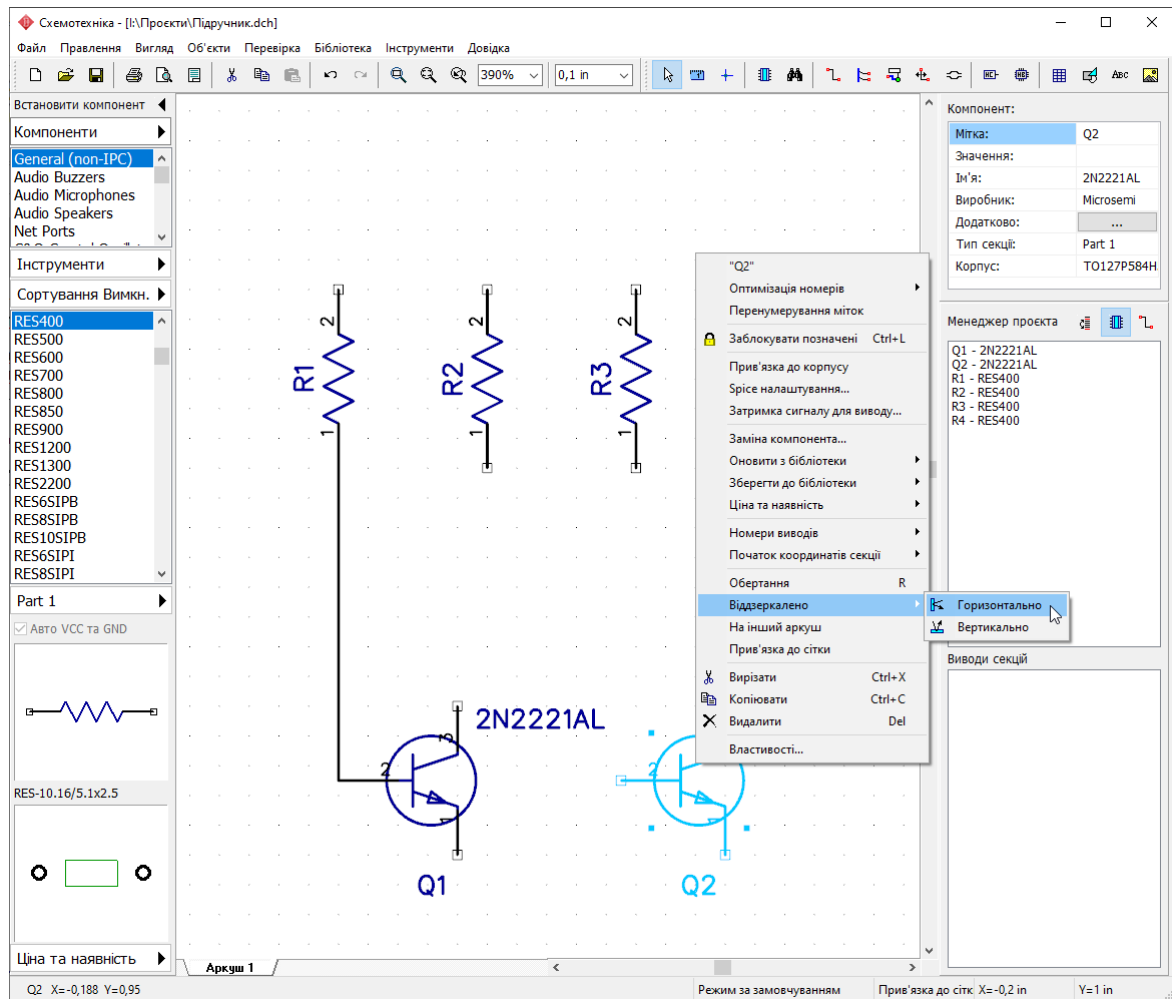


Створення зв'язків

З'єднаймо вивід №1 резистора R1 з базою транзистора Q1 (вивід №2). Спочатку переконаємося, що ми перебуваємо в режимі за замовчуванням

(кнопку  затиснено). Наведіть курсор миші на вивід №1 резистора R1, клацніть по ньому один раз лівою кнопкою - режим **Установка зв'язку** активується автоматично; потім наведіть мишу на вивід бази транзистора Q1 і натисніть на ньому, щоб створити зв'язок між компонентами.

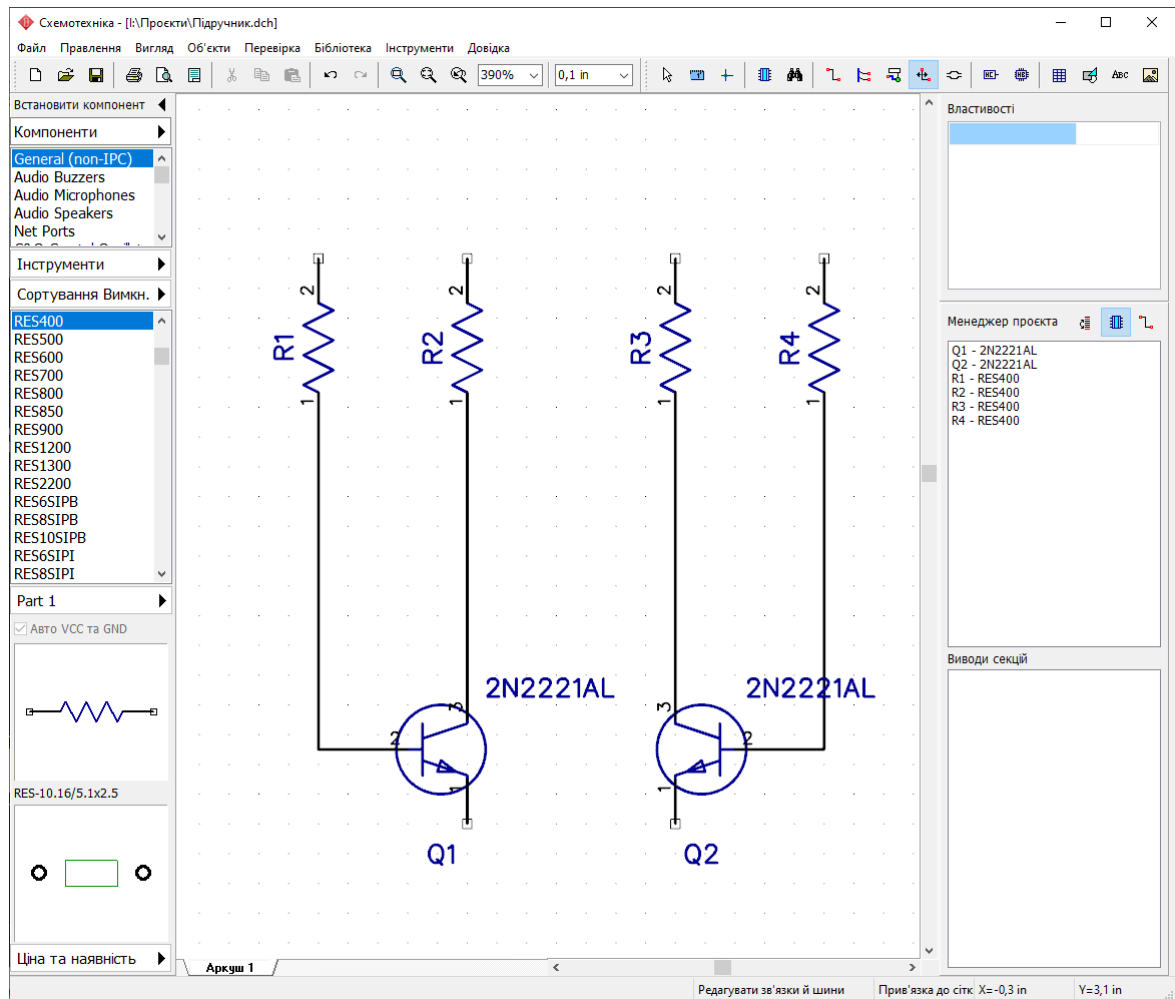
Тепер, для полегшення малювання схеми, потрібно дзеркально відобразити транзистор Q2. Спочатку поверніться в режим **За замовчуванням** (клацніть правою кнопкою на порожньому місці). Тепер клацніть правою кнопкою по транзистору та виберіть "Дзеркально/Горизонтально" з підменю.



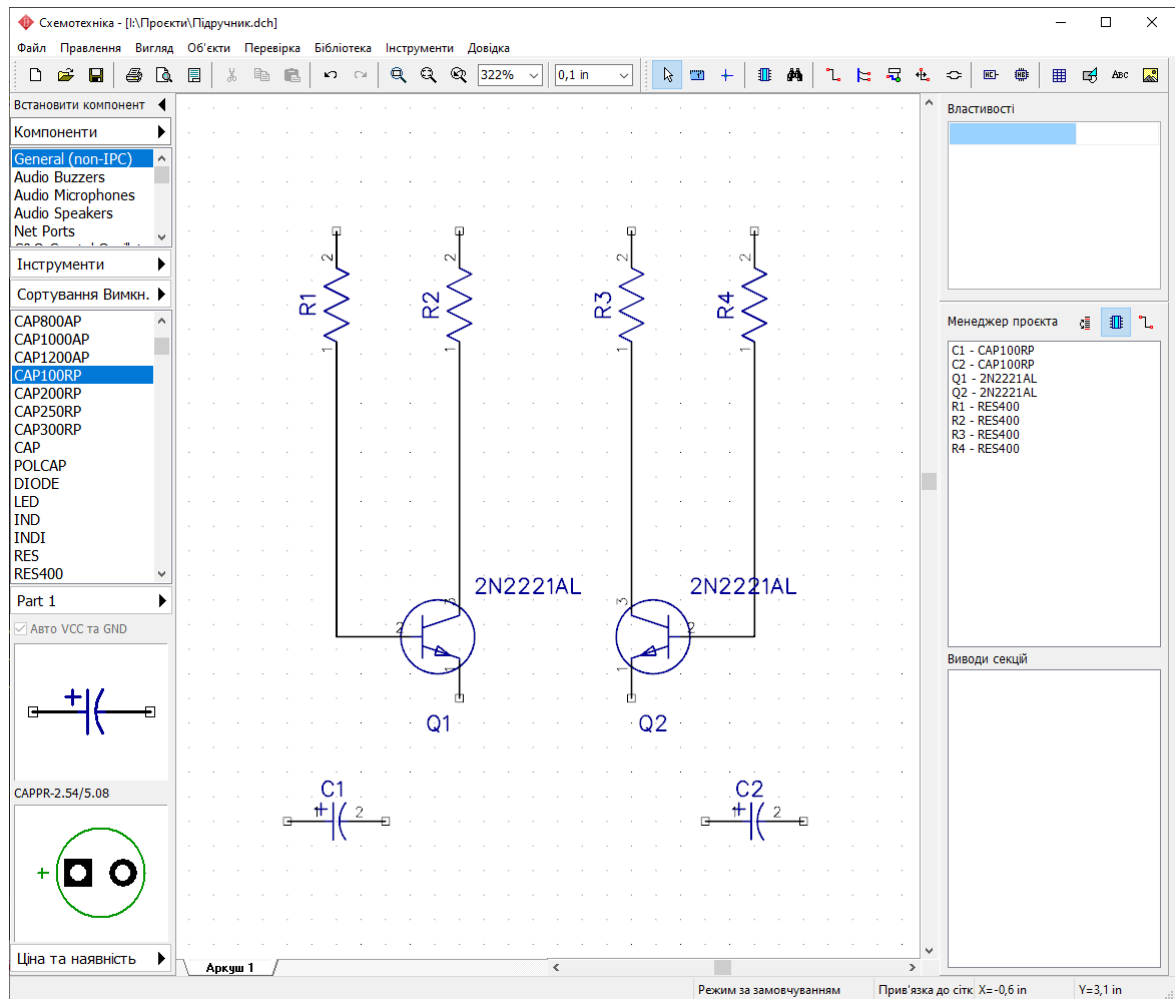
Під'єднайте R4 до бази Q2, R2 до колектора Q1 та R3 до колектора Q2, як зображено на малюнку нижче.

За замовчуванням DipTrace створює лінії зв'язків в автоматичному режимі. Якщо хочете повністю контролювати те, як малюється лінія зв'язку між висновками, потрібно в режимі встановлення зв'язку (коли натиснута кнопка ) на панелі **Установка зв'язку** справа вибрати **Ручний** у полі **Режим розведення**, або просто натисніть **M** на клавіатурі.

Напевно, для охайного вигляду, потрібно буде трохи посунути лінії зв'язку або компоненти, щоб вони розташувалися рівненько. Для пересування резистора наведіть курсор на нього, натисніть ліву кнопку та утримуючи її рухайте компонент. Відпустіть кнопку в потрібному положенні.



Тепер оберіть конденсатор **CAP100RP** з бібліотеки **General (non-IPC)** та встановіть його двічі.

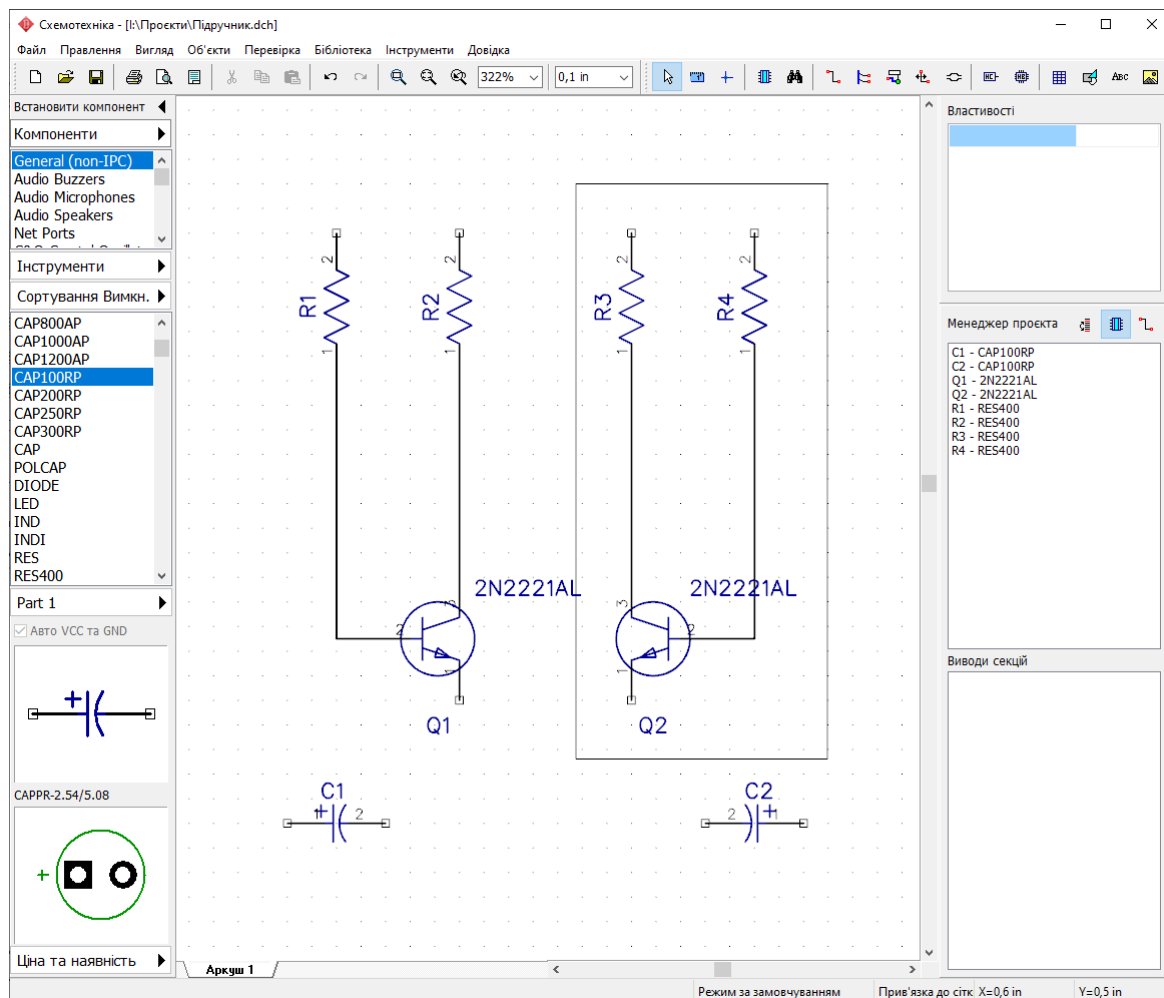


Відбийте дзеркально C2, щоби позитивний вивід був з правого боку: клацніть правою кнопкою і виберіть "Дзеркально/ Горизонтально" з підменю компонента.

Пересуньте конденсатори C1 та C2 у положення між транзисторами Q1 та Q2 з дотриманням полярності.

Якщо відстань між компонентами недостатня, схему потрібно трохи підкоригувати.

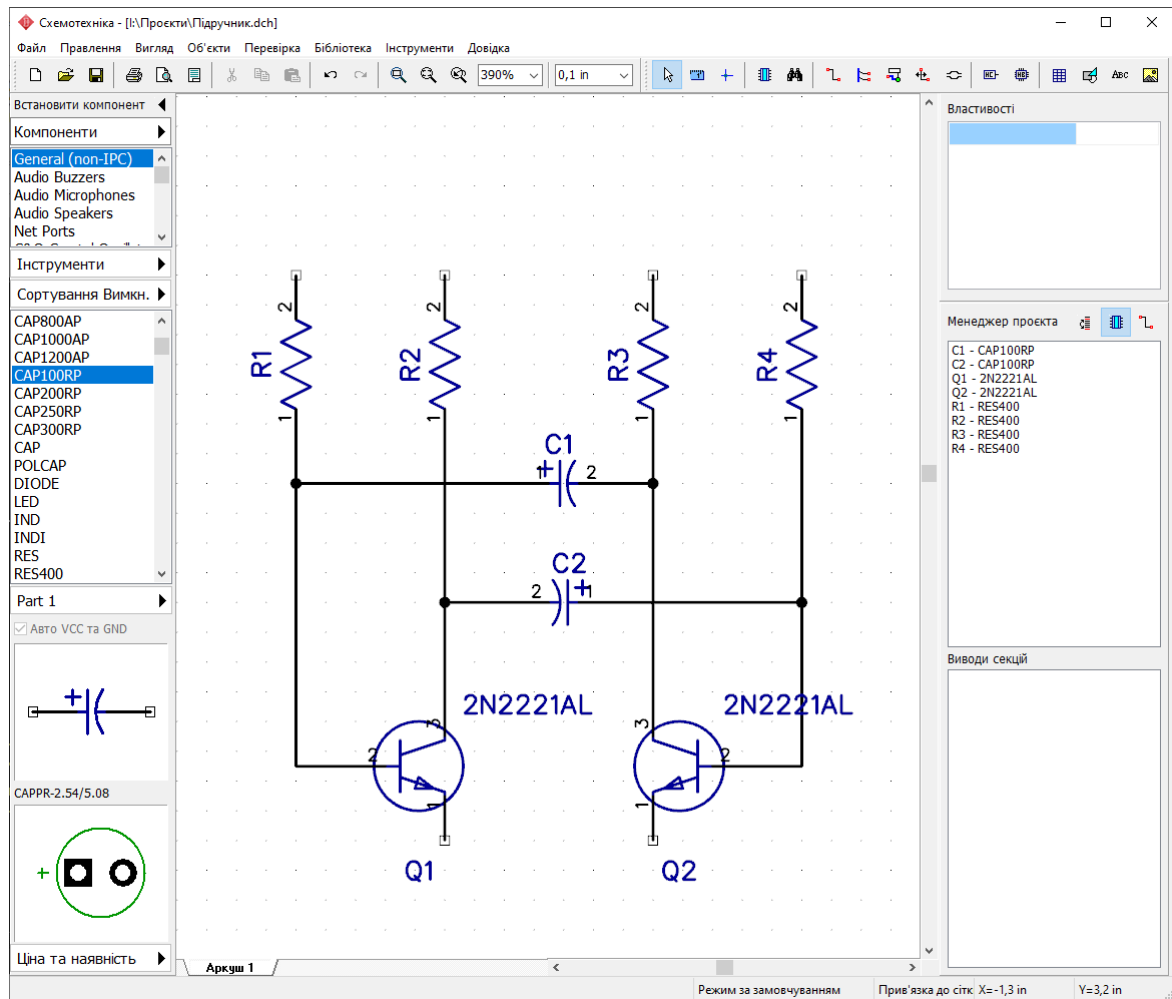
Оберіть компоненти Q2, R3, R4 та зв'язки між ними, щоб згодом зсунути їх (затиснувши ліву кнопку миші, перемістіть курсор так, щоб позначити прямокутну область виділення, всі об'єкти всередині цього прямокутника будуть вибрані, коли ви відпустите кнопку миші).



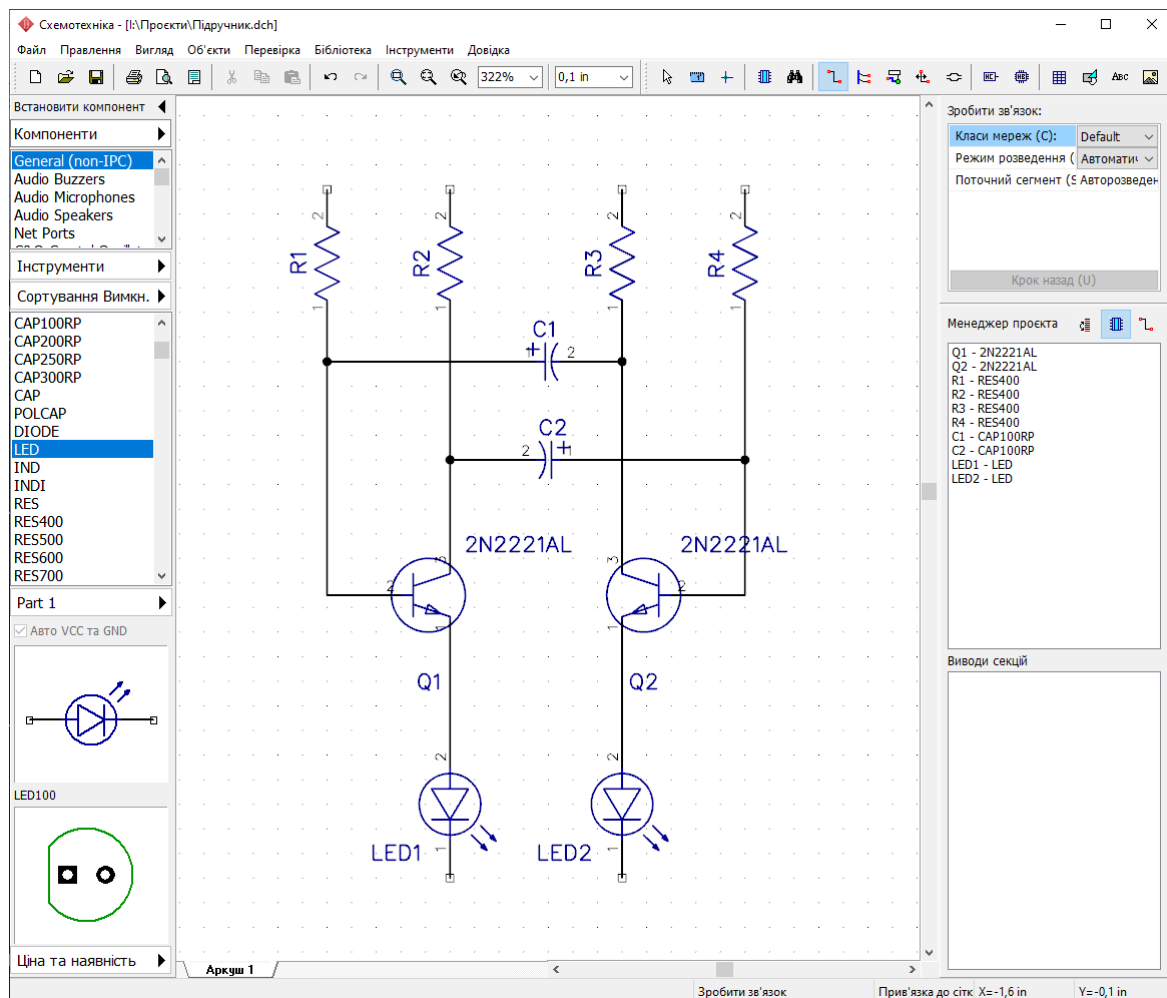
Тепер, щоби звільнити більше місця для зручного під'єднання конденсаторів, затисніть ліву кнопку миші на одному з обраних компонентів та зсуньте їх усі трохи правіше.

Натисніть праву кнопку миші один раз для скасування обирання, якщо ви в режимі за замовчуванням, або двічі, якщо ви в іншому режимі (перше клацання повертає в режим за замовчуванням, друге - скасовує обирання).

З'єднайте C1: 1 (+) з базою Q1: підведіть курсор миші до виводу C1:1 (+), зробіть клацання лівою кнопкою, а потім клацніть лівою кнопкою по лінії зв'язку між висновками R1:1 та Q1:2. Якщо з'єднання виконано успішно, у точці з'єднання ліній зв'язку з'явиться маленьке коло. З'єднайте вивід №2 конденсатора C1, а також конденсатор C2 між колектором Q1 та базою Q2, як наведено на малюнку.

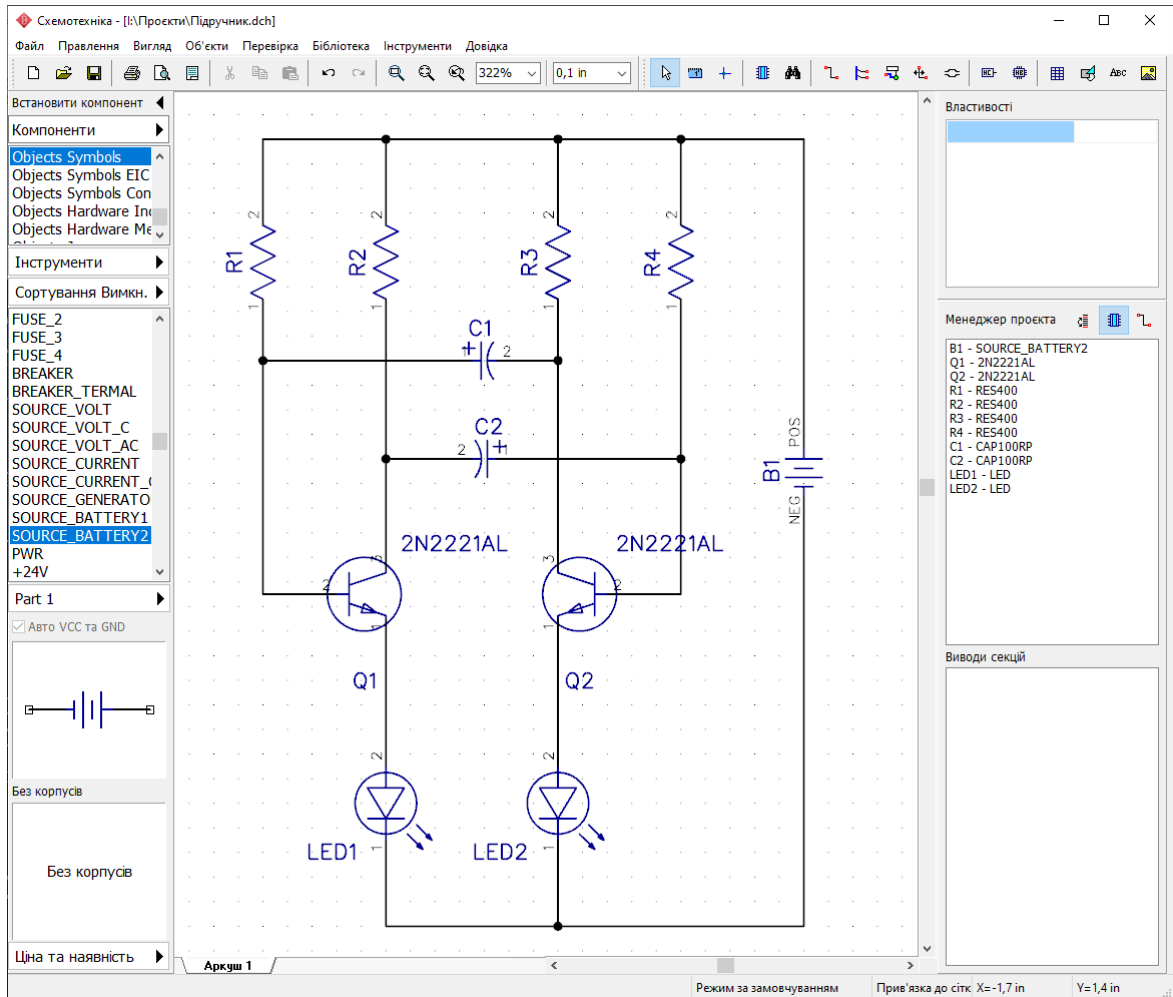


Прокрутіть список компонентів бібліотеки **General (non-IPC)** трохи нижче, щоби знайти компонент **LED** і встановить два таких на схему. Потім змініть їх позначки на "LED1" та "LED2" (потрібно клацнути правою кнопкою по компоненту і вибрати найвищий пункт з підменю), поверніть ці компоненти як показано на малюнку (натисніть **R** три рази). Напевно, може знадобитися підкоригувати положення та кут повороту міток світлодіодів. Для цього скористайтеся інструментом Позиціонування (клавіша **F10**). Під'єднайте світлодіоди до схеми.



Тепер на схему потрібно додати батарею. Встановимо символ батареї **SOURCE_BATTERY2** із бібліотеки **Objects Symbols**. Під'єднайте її до схеми, як наведено на малюнку нижче. Зверніть увагу, в місцях з'єднання двох провідників (ліній зв'язку) обов'язково мають бути невеликі чорні кола. Якщо їх немає, значить провідники не з'єднані.

Зверніть увагу, можна автоматично вирівняти компоненти горизонтально або вертикально відносно один одного. Оберіть компоненти, які ви хочете вирівняти, клацніть правою кнопкою миші по одному з них, виберіть **Вирівнювання об'єктів** у підменю, після чого налаштуйте параметри вирівнювання. Проте, для поточної схеми це буде зайвим.



Якщо ви бажаєте перемістити існуючу лінію зв'язку, наведіть на неї курсор (лінія зв'язку підсвітиться і буде показано можливі напрями її переміщення), тепер натисніть ліву кнопку миші та, утримуючи її, перемістіть лінію в нове бажане положення.

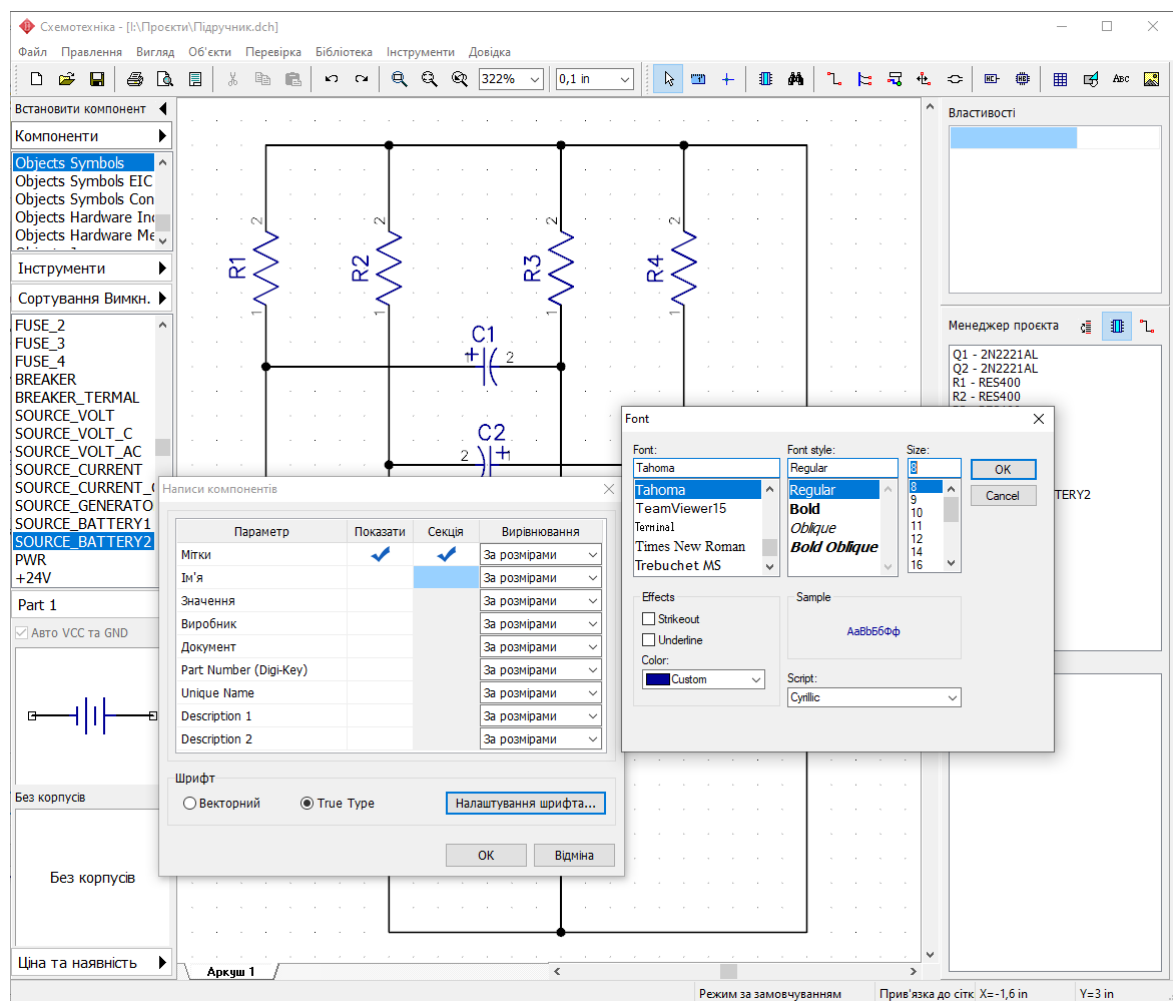
Зауважте, якщо в режимі **Встановлення зв'язку** клацнете по існуючому зв'язку, то почнеться створення нової лінії зв'язку замість редагування існуючої. Режим **Встановлення зв'язку** автоматично активується, якщо ви натиснете один із виводів компонента. Більш того, ви можете активувати цей режим з головного меню "Об'єкти/Схема/Установка зв'язку" або натисканням кнопки.

Якщо деякі об'єкти не підсвічуються при наведенні на них курсора, клацніть правою кнопкою миші на вільній ділянці зони побудови, щоби перейти в режим **За замовчуванням**.

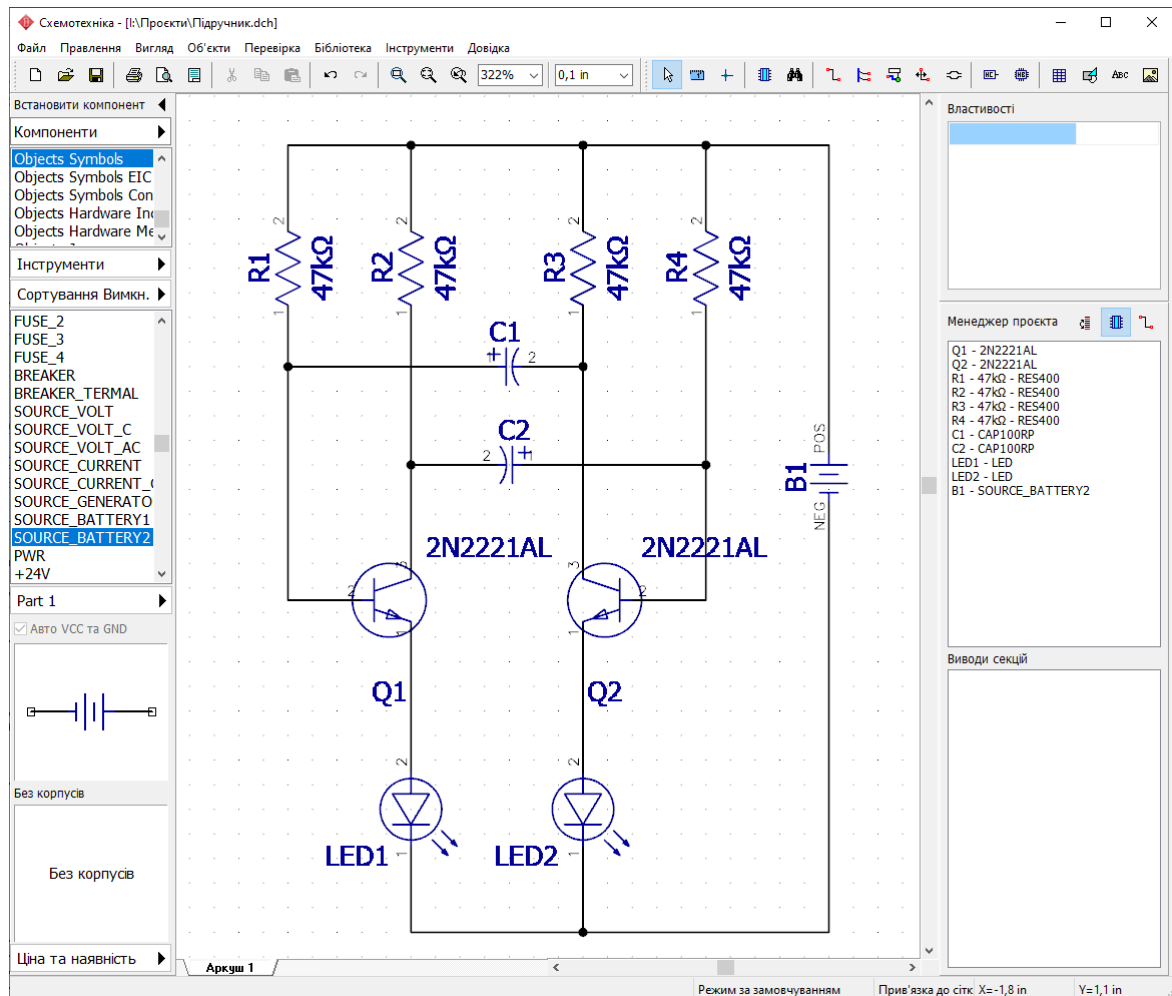
Якщо бажаєте видалити зв'язок (ділянка між двома вузлами), наведіть курсор на лінію зв'язку, натисніть праву кнопку миші та виберіть **Видалити зв'язок**. Щоби видалити лінію зв'язку, виберіть **Видалити лінію** з підменю. Зауважте, можна використати команду **Крок назад** для повернення до попереднього стану схеми.

Тепер давайте додамо значення опору 47k Ω для всіх резисторів на цій схемі. Оскільки літера "омега" - це символ Unicode, він може некоректно відображатись у векторних шрифтах, які за умовчанням встановлені у програмі. Для того, щоб символ " Ω " було коректно інтерпретовано у DipTrace потрібно використовувати шрифти TrueType. Виберіть "Вигляд/Написи компонентів..." у головному меню. У діалоговому вікні встановіть шрифт TrueType. Оскільки символи шрифтів цього типу виглядають трохи інакше, можливо, потрібно буде змінити його розмір. Натисніть кнопку Налаштування шрифту та встановіть розмір 8 пунктів.

Спеціальні символи можна вводити у різний спосіб. Ми рекомендуємо копіювати їх із Таблиці Символів ("Пуск/Програми/Стандартні/Службові/Таблиця символів", якщо ви працюєте у Windows).



Тепер оберіть чотири резистори, клацніть правою кнопкою на одному з виділених резисторів, виберіть **Властивості** в підменю, і введіть "47k Ω " у поле **Значення** на вкладці **Параметри**. Потім клацніть вкладку **Написи**, а потім у стовпці **Показати** зі списку, що випадає, виберіть **Показати** для параметра **Значення**, а потім натисніть **ОК**.



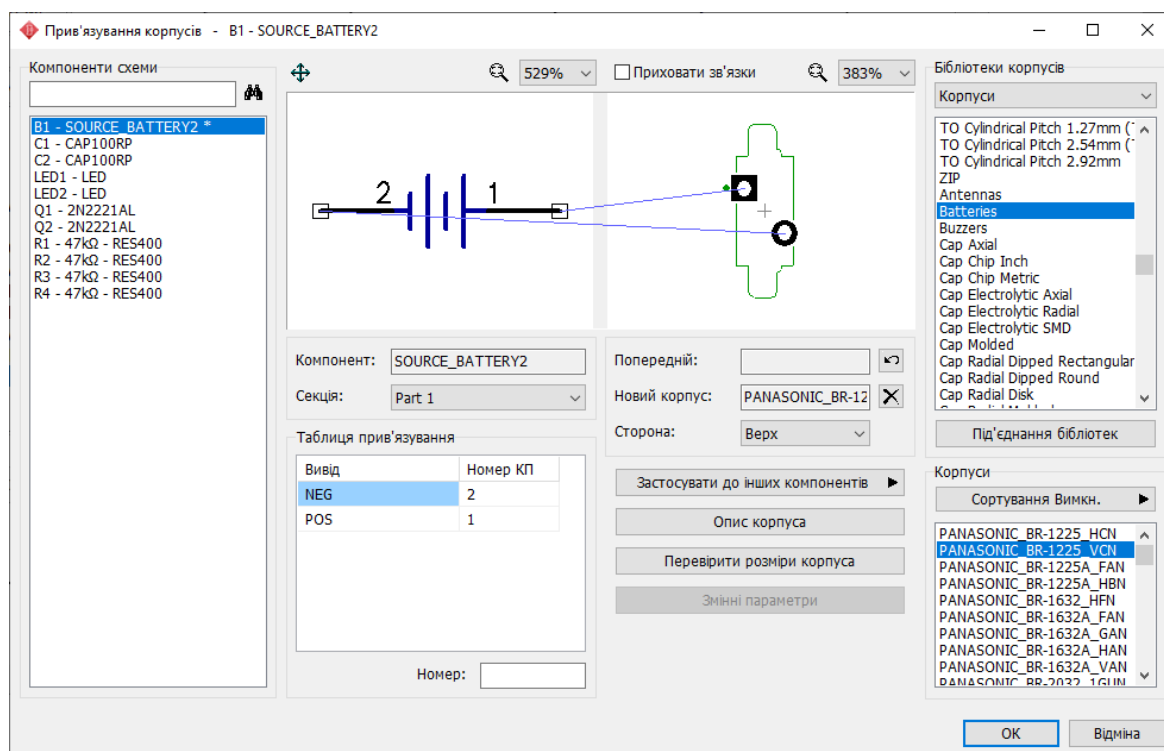
Зауважте, що компонент батареї ми взяли з бібліотеки Objects Symbols. Усі компоненти у цій бібліотеці мають лише символи і не мають корпусів (про це говорить напис "Без корпусів" на панелі **Встановити компонент**). Отже, такий компонент на платі не відобразиться, а програма видасть попередження про помилку.

Необхідно прикріпити корпус до цього символу, щоб отримати повноцінний робочий компонент. Клацніть правою кнопкою миші на компоненті батареї та виберіть **Прив'язка до корпусу** в підменю. У лівій частині діалогового вікна ви побачите список всіх компонентів поточної схеми, переконайтеся, що вибрано B1 - SOURCE_BATTERY2 і у вікні попереднього перегляду ви бачите символ компонента.

У правій частині діалогового вікна у списку **Бібліотеки корпусів** виберіть групу бібліотек **Корпусу**. Як ви вже знаєте, у цій групі містяться лише стандартні бібліотеки корпусів компонентів окремо від їх схематичних символів. Виберіть бібліотеку **Batteries**, і в списку **Корпусу** (дещо нижче) знайдіть корпус **PANASONIC_BR-1225_VCN** (за бажання, можна скористатися сортувальними фільтрами). У більшості випадків програма сама знаходить і призначає схематичним виводам відповідні контактні площинки корпусу (КП), **але у випадку даного символу цього не відбувається**.

Позитивна КП батареї зазвичай має квадратну форму, а негативна – круглу. Для встановлення відповідності скористаємось **Таблицею прив'язки**. Клацніть по виводу в таблиці та введіть відповідний номер контактної площинки в стовпчик **Номер КП**. Негативний вивід має бути підключений до КП №2, а позитивний – до КП №1.

Ви також можете призначити відповідні контактні площинки за допомогою миші. Для цього потрібно клацнути лівою кнопкою по виводу в полі попереднього перегляду символу, а потім по відповідній КП в полі попереднього перегляду корпусу.



Натисніть **OK**, для застосування змін та закрити діалогове вікно **Прив'язка корпусів**.

Зверніть увагу, що деякі символи навмисно не мають корпусів (наприклад, символи мережевих портів VCC, GND та інші в бібліотеці Net Ports).

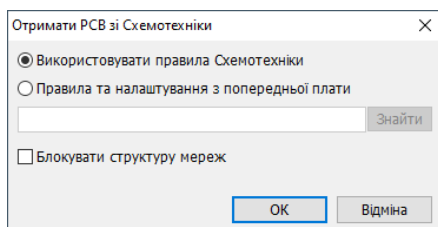
Тепер наша схема повністю готова і може бути перетворена на плату. Не забудьте зберегти схему у файл. Виберіть "Файл/Зберегти" з головного меню, натисніть на дискету на Панелі інструментів або скористайтесь клавішами Ctrl+S.

Схему можна роздрукувати чи зберегти у форматі BMP, JPG чи PNG. Для збереження у PDF форматі необхідно встановити сторонній PDF-принтер і вибрати його списку принтерів під час виведення на друк (такі програми є широко поширеними в інтернеті).

Виберіть "Файл / Попередній перегляд" із головного меню, щоб повністю підготувати схемотехніку до друку. Натисніть **Друкувати все**, щоб надрукувати всі аркуші схеми, або **Друкувати поточний аркуш** — для друку вибраного аркуша. Натисніть **Зберегти**, щоб зберегти схему у вигляді BMP/JPG/PNG-файлу зі заданою роздільною здатністю.

1.4 Перетворення в плату

Збережені файли Схемотехніки DipTrace (*.dch) можна відкривати в Редакторі плат (PCB Layout), але куди простіше вибрати "Файл / Перетворити на плату" з головного меню Схемотехніки, також можна скористатися поєднанням клавіш Ctrl+B. У діалоговому вікні можна застосувати поточні правила схеми для плати, або використовувати будь-які інші плати. Натисніть **ОК**, і схема відкриється в Редакторі плат.



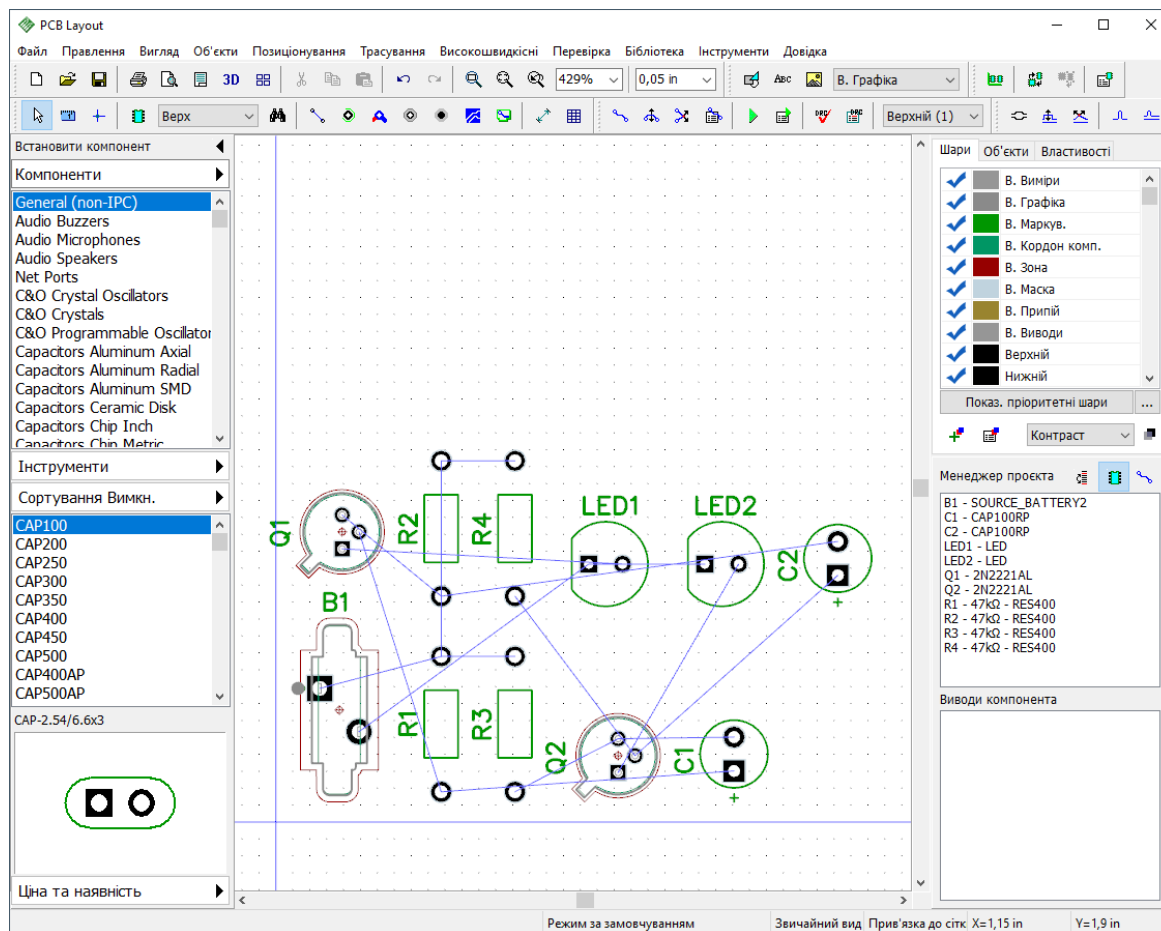
У разі некоректного виходу з програми або, якщо ви випадково забули зберегти проєкт, можна спробувати відновити його. Виберіть "Файл/ Відновити останній" з головного меню Схемотехніки або Редактора плат.

2 Розробка друкованої плати

2.1 Підготовка до трасування

Трасування є одним із завершальних етапів розробки плати, але її результати залежать від того, наскільки добре проєкт був підготовлений. Одразу після перетворення схеми на плату компоненти розташовані абияк.

Натисніть  на **Панелі позиціонування** або виберіть "Позиціонування / Впорядкувати компоненти" з головного меню, щоб усі компоненти були акуратно згруповані біля точки початку координат в області побудови (перетин синіх ліній) відповідно до параметрів позиціонування.

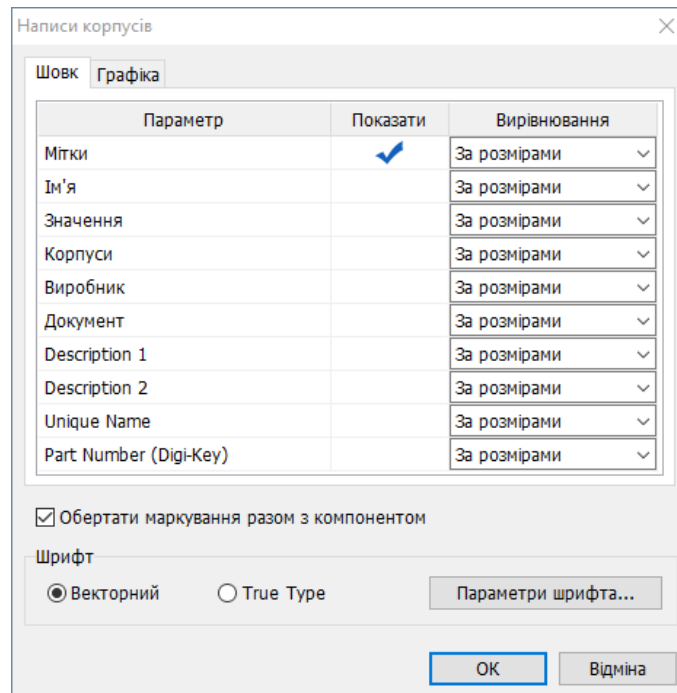


Після перетворення на плату також можна використовувати інструменти Автопозиціонування та Позиціонування за списком, які дозволяють отримати максимум від ручного та автоматичного позиціонування компонентів. Зараз ми розташуємо компоненти вручну, а з автоматичним позиціонуванням познайомимося у третій частині керівництва на прикладі складніших плат.

Написи компонентів (маркування)

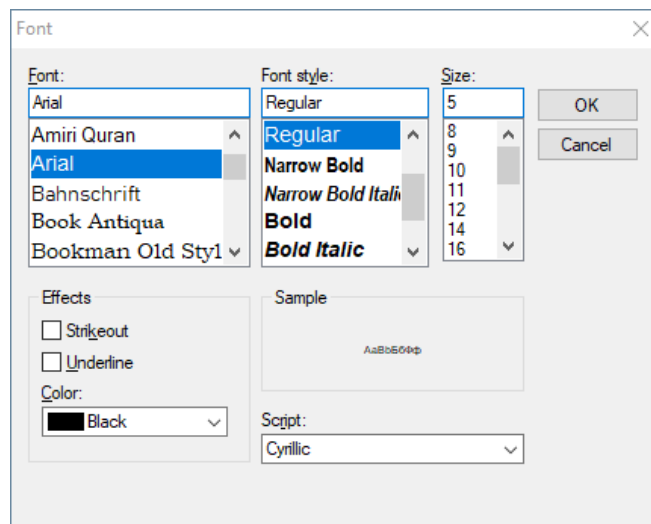
Перш за все, переконаймося, що позначки компонентів відображаються в області побудови. Для цього виберіть пункт "Вигляд/Написи корпусів" з головного меню. У діалоговому вікні, що з'явилася, ви можете встановити параметри відображення міток у шарах **Шовкографія** і **Складальний** для всіх корпусів компонентів, за винятком тих, у яких встановлені користувацькі налаштування.

У стовпці «Показати» позначте параметри, які потрібно відображати. Зараз виберемо лише **Мітки**. Ви можете залишити режим автоматичного вирівнювання "За розмірами", що дозволить DipTrace вибрати найкращий варіант вирівнювання для міток, або встановити будь-який інший доступний режим (по центру, зверху, знизу, ліворуч, праворуч, по куту). Зніміть позначку "Повертати маркування разом із компонентом" для того, щоб мітка зберігала своє положення при повороті компонента.



Зазвичай для Редактора Плат краще використовувати векторні шрифти, але для коректного відображення символів Unicode необхідно перейти на шрифт TrueType.

Щоб змінити параметри шрифта тексту написів, натисніть кнопку «Параметри шрифта». Ви можете обрати будь-який розмір, але не робіть його надто великим (ми встановимо 5 пунктів).



Для того, щоби будь-який компонент на платі мав інші налаштування відображення написів, клацніть правою кнопкою по корпусу компонента і виберіть **Властивості** з підменю, потім перейдіть на вкладку **Написи** та змініть необхідні параметри.

Не забувайте, завжди можна скористатися інструментом ручного переміщення написів корпусів, що задіюється клавішею F10 або через

"Вигляд/Позиціонування F10". У цьому режимі можна переміщувати або обертати будь-які текстові об'єкти на платі (з кроком 90 градусів).

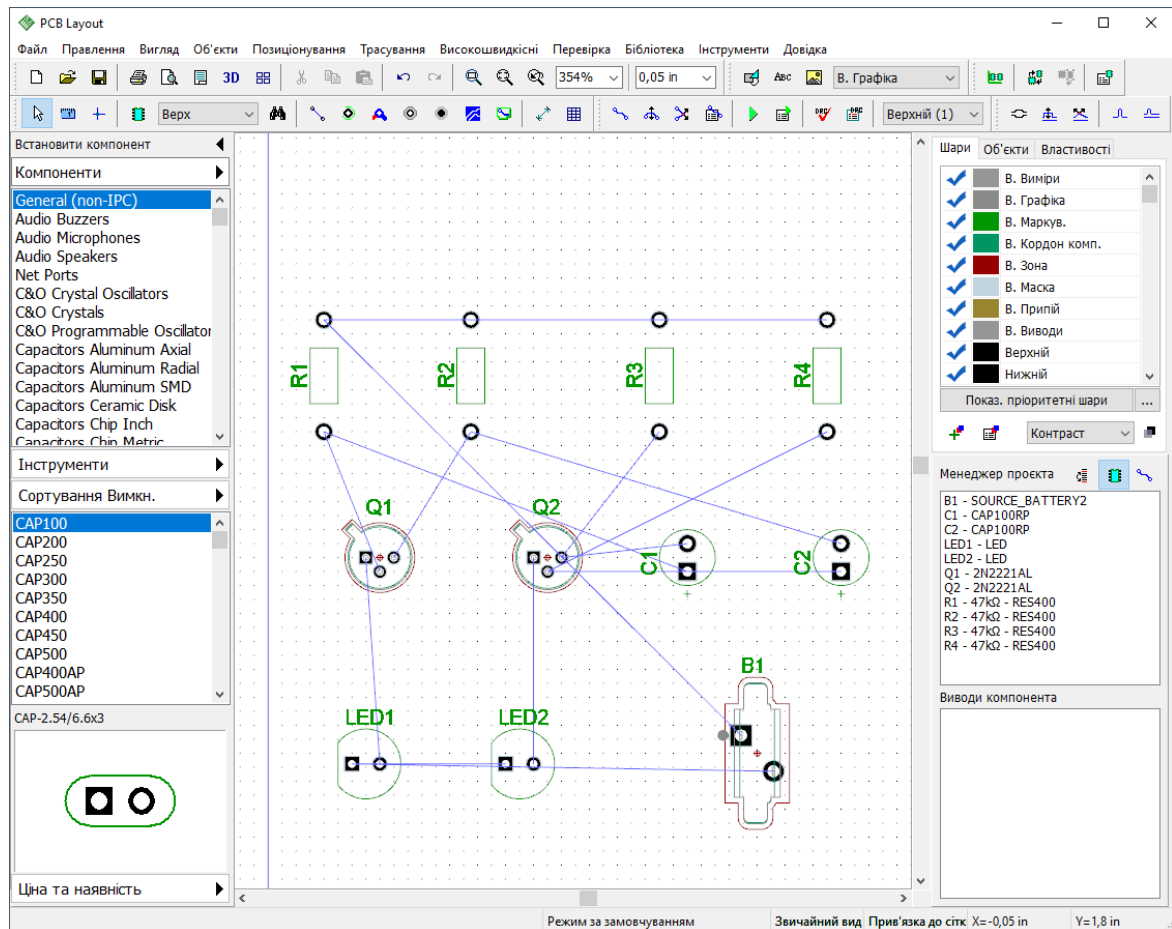
Ручне позиціонування корпусів

Спозиціонуємо компоненти відповідно до наших уподобань та вимог проекту.

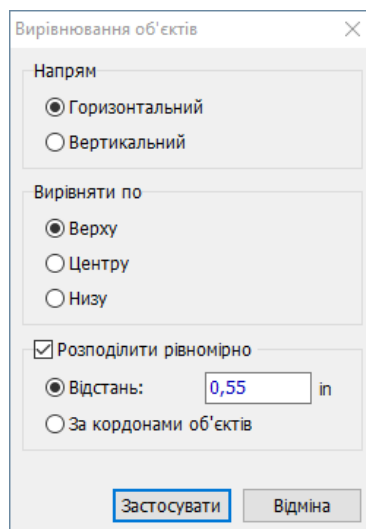
Найчастіше компоненти живлення групуються в одній частині плати, а функціональні блоки – в іншій. Якщо мережі високочастотні, не забувайте дотримуватися необхідних вимог розведення та враховувати диференційні сигнали. Зараз використовується сітка розміром 0,05 дюйма (1,27 мм). Змінити розмір сітки можна на панелі інструментів. Щоби змінити одиниці вимірювання, виберіть "Вигляд/Одиниці вимірювання" в головному меню або натисніть *Shift+U*.

Налаштувати точність всіх значень, що використовуються в поточному проекті, встановити мінімальний розмір та точність сітки можна у діалоговому вікні: пункт "Точність" у меню "Вигляд".

Розташуймо компоненти подібно до зображення нижче: резистори у верхній та світлодіоди в нижній частині плати. Перетягуйте компоненти в області побудови затискаючи ліву кнопку миші. Для обертання компонентів на 90 градусів під час перетягування використовуйте гарячі клавіші *R* або *Пробіл*. Щоб повернути компонент на інший кут, клацніть правою кнопкою миші на ньому і виберіть пункт **Поворот на кут** або **Режим обертання** – та поверніть компонент відповідно на бажаний кут.



Вирівнювання об'єктів



Поточний проект простий і напрямні лінії, що з'являються при переміщенні компонентів, допоможуть вам вирівняти їх відносно один одного. Також можна використовувати інструмент **"Вирівнювання об'єктів"** для автоматичної організації компонентів у рядки та стовпці. Для прикладу, оберіть чотири резистори (використовуйте клавішу **Ctrl** для одночасного обрання кількох об'єктів), потім клацніть один із них правою кнопкою миші та виберіть у підменю **Вирівнювання об'єктів**. У спливаючому діалоговому вікні завдайте напрям **Горизонтально**, встановіть позначки **Розподілити рівномірно** та **Відстань**, введіть проміжок 0,55 дюйма у полі **Відстань**.

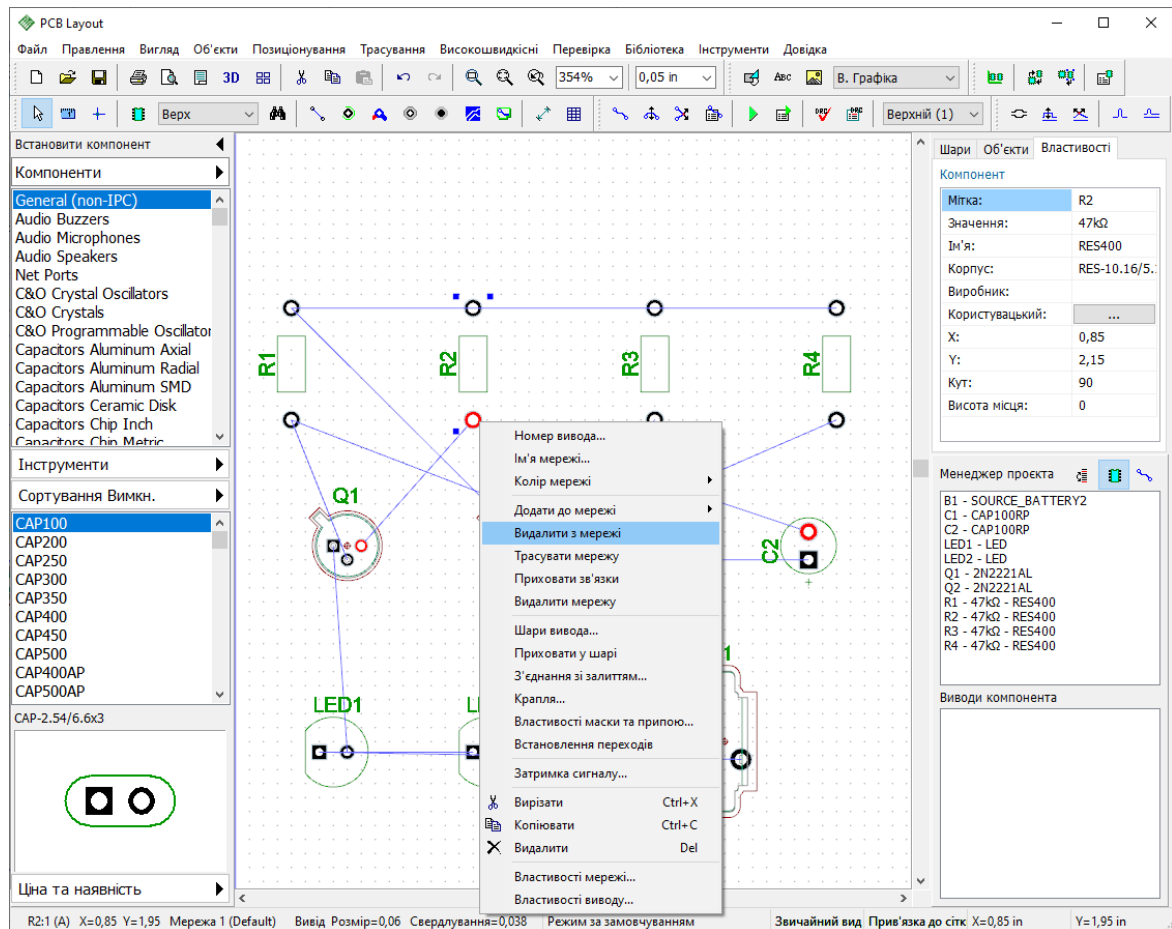
Розділ **"Вирівняти за"** у цьому діалоговому вікні зараз не матиме значення, бо вирівнюються схожі корпуси. Натисніть **Застосувати**.

Натисніть **F12** для оптимізації ліній зв'язків (тонкі сині лінії в області побудови). Це не вплине на структуру мереж, а лише змінює відображення мереж.

Як змінити структуру мереж проекту

Задля практики у зміні структури мереж на платі розгляньмо як можна додавати та видаляти зв'язки. Сині тонкі лінії між контактами показують логічні з'єднання.

Наведіть курсор на один із виводів (наприклад, R2:1), клацніть правою кнопкою, виберіть **Видалити з мережі**. Вивід буде видалено з мережі, лінії зв'язку з іншими виводами зникнуть.

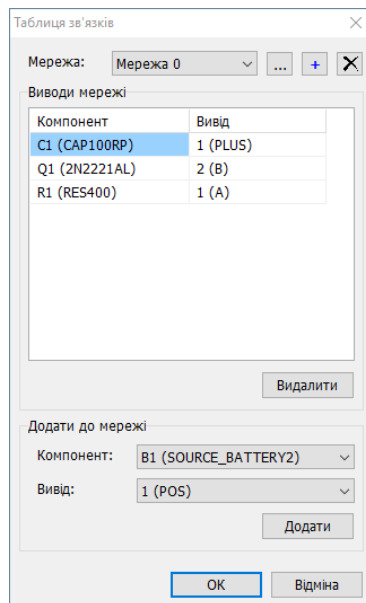


Для створення зв'язку вручну натисніть кнопку **Створити зв'язок**  на Панелі об'єктів, потім перемістіть курсор і клацніть лівою кнопкою миші спочатку на першій, а потім на другій КП. Зв'язок між виводами створено (з'явилася синя лінія). Щоби видалити існуючий зв'язок: натисніть правою кнопкою на виводі, а в підменю виберіть **Видалити зв'язок**.

Також, можна додати кілька виводів до мережі не створюючи лінії зв'язку вручну: натисніть правою кнопкою на виводі та виберіть "Додати до мережі/Вибрати зі списку" та виберіть мережу зі списку всіх мереж проекту.

В інакший спосіб змінити структуру мереж можна за допомогою таблиці зв'язків. Гадаємо, цей спосіб є найзручнішим для створювання, видалення та перейменовування мереж, а також додавання або видалення контактних

площинок корпусів з мереж. Щоб відкрити таблицю виберіть "Трасування / Таблиця зв'язків" у головному меню.



Виберіть мережу зі списку **Мережа** – трохи нижче з'являться всі компоненти та контактні площинки, під'єднані до цієї мережі (їх можна додавати або видаляти). Для того, щоб додати нову КП до мережі, потрібно вибрати компонент та вивід через меню в секції **Додати до мережі** та натиснути кнопку **Додати**.

Тепер, якщо ви вносили будь-які зміни до структури мереж, будь ласка, поверніться до попереднього стану проєкта (натисніть кнопку **Крок назад** певну кількість разів).

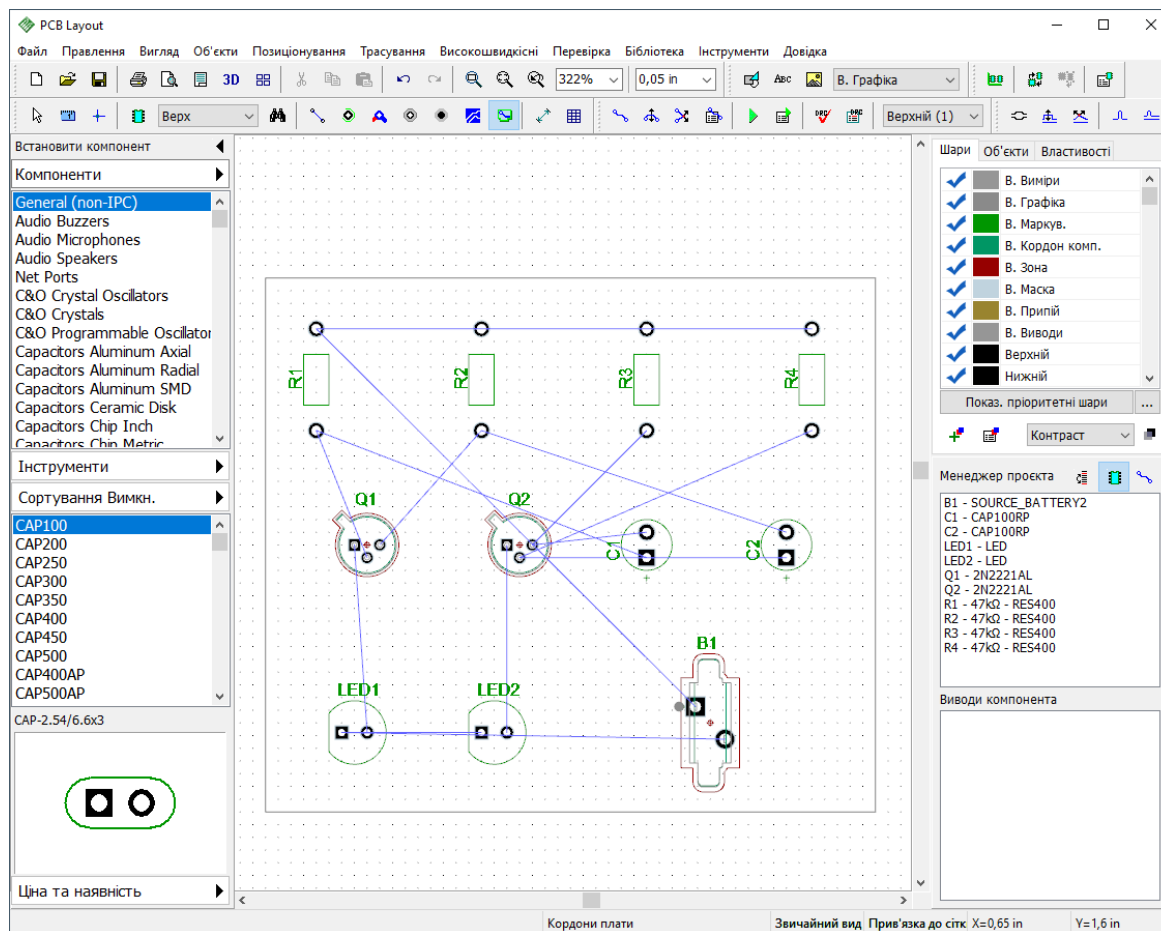
Закрийте таблицю зв'язків. До речі, якщо якимось чином плату або схему буде втрачено через некоректний вихід із програми або системний збій, скористайтеся функціями "Файл/ Відновити останній" у Редакторі плат або Схемотехніці.

Для виключення випадкових змін у структурі мереж проєкта існує функція "Трасування/Заблокувати структуру зв'язків".

Кордони плати

Зауважте, досі кордони плати не було встановлено. При використанні автотрасувальника межі плати (багатокутник для складних, чотирикутник для простих плат) створюється автоматично залежно від обмежень, заданих в налаштуваннях автотрасування. Однак, у більшості випадків, розміри плати заздалегідь визначаються перед розміщенням компонентів та трасуванням. Кордони плат простих форм можна створювати прямо в DipTrace. Якщо ж форма плати досить складна, доречним буде скористатися DXF-імпортом.

Виберіть "Об'єкти/Межі плати" з головного меню або натисніть , потім, клацнувши лівою кнопкою миші, визначте кутові точки плати, клацніть правою кнопкою для завершення полігону і виберіть **Введення** з підменю або натисніть клавішу *Enter*. Для поточного проєкту нам знадобиться прямокутна або квадратна плата з довжиною сторін близько 2,5 дюйми.

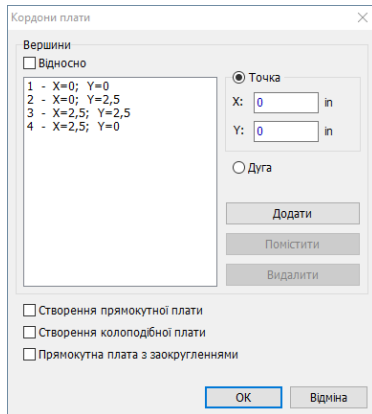


Зауважте, ви можете побудувати меж плати або її фрагмент у вигляді дуги: при створенні меж плати клацніть правою кнопкою і виберіть **Дуга** з підменю. Також через підменю, можна обрати найбільш зручний режим побудови дуги: через початок-кінець-середню точку; початок-центр-кут; початок-кінець-радіус.

Щоб вставити точку в уже завершений полігон, клацніть правою кнопкою в потрібному місці кордону плати і виберіть **Вставити точку** з підменю, а потім перетягніть її за потреби. Через підменю точки можна перетворити прилеглі до неї лінійні сегменти в дугу, а також видалити точку полігону. Координати точки відображаються як спливаюча підказка при наведенні курсору.

Ще один спосіб намалювати контур плати – розмістити фігуру або ряд фігур (лінії, полілінії, дуги) так, щоб вони утворювали безперервний контур у шарі **Вирізи** в платі (його слід вибрати у списку на панелі інструментів **Малювання**), потім виберіть фігуру(и) та клацніть правою кнопкою миші – у підменю, що з'явилося, виберіть **Перетворити в плату**.

Є ще один спосіб створити контур плати в DipTrace, який не передбачає малювання. Виберіть "Об'єкти/Координати вершин..." у головному меню програми.



Тут можна додавати, вставляти і видаляти точки кордонів плати. Координати можуть відображатися та редагуватися в абсолютних та відносних (зазвичай зручніше) значеннях.

Можна створювати дуги: для цього потрібно поставити позначку Дуга і обрана точка стане середньою точкою дуги, утвореною цією двома сусідніми точками.

Для автоматичного створення прямокутної плати встановіть позначку **"Створення прямокутної плати"** та задайте ширину й висоту плати.

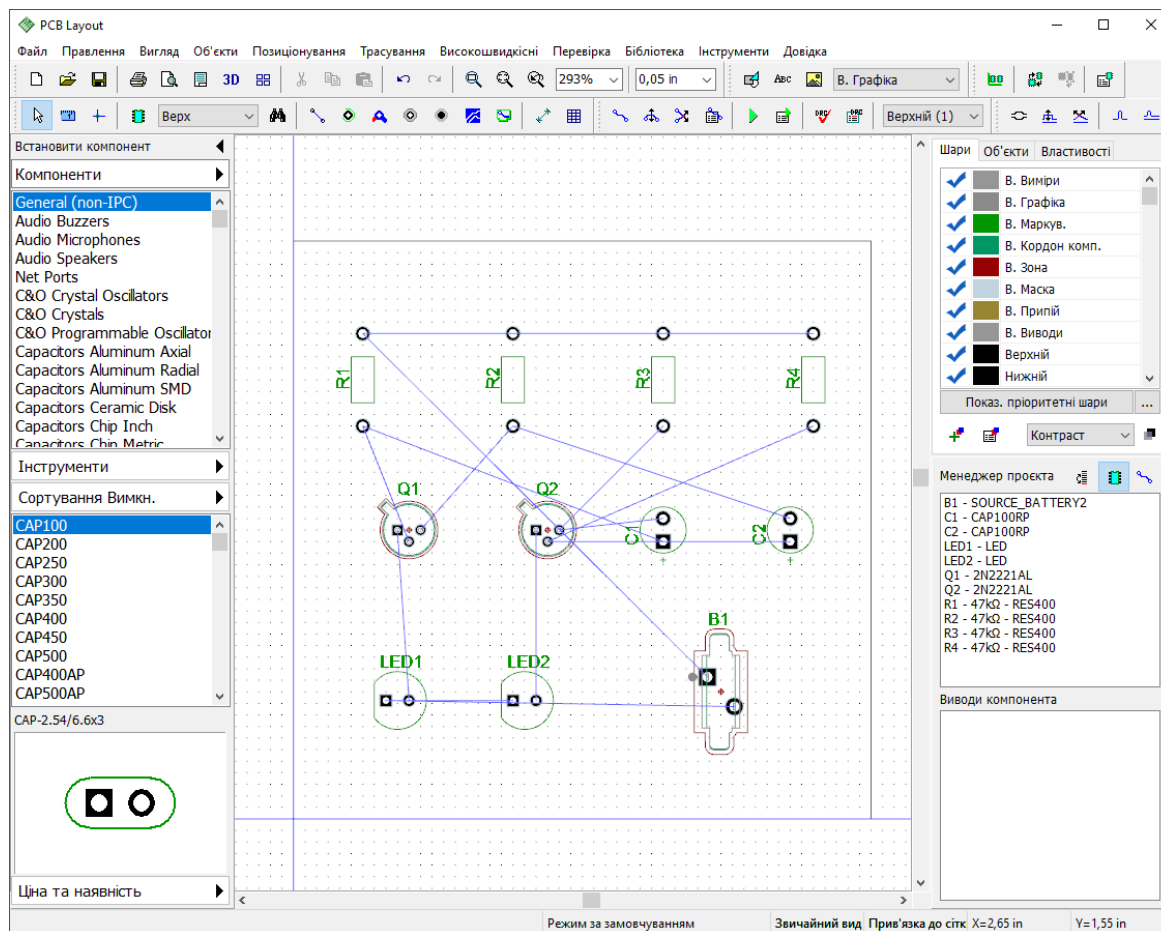
Більш того, автоматично можна створювати круглі плати та прямокутні плати зі заокругленими кутами. Натисніть ОК щоби погодитися зі змінами або Скасувати для їх відкидання.

Також можна використовувати "Об'єкти/Видалити межі плати" з головного меню для видалення меж плати.

Початок координат

Зверніть увагу, початок координат проекту має суттєве значення і багато в чому визначає те, наскільки зручною буде подальша робота з проектом. Радимо завжди розташовувати точку початку координат у лівому нижньому куті плати (якщо плата має кути). Якщо ви ретельно дотримувалися інструкцій посібника, то точка початку координат вже має бути розташована правильно, вона позначається перетином двох тонких синіх ліній. Якщо ви не бачите цих ліній в області побудови, виберіть "Вигляд/Початок координат" з головного меню або натисніть на гарячу клавішу **F1**. Якщо положення початку координат

невідповідне, натисніть  і клацніть лівою кнопкою миші в нижньому лівому куті плати. Програма допомагає встановити необхідне положення роблячи прив'язку до ключових точок.

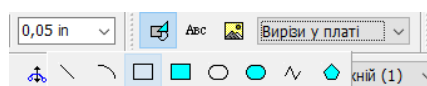


Тепер усі координати в програмі будуть відображатися та редагуватися відносно точки початку координатів. Її положення завжди можна змінювати.

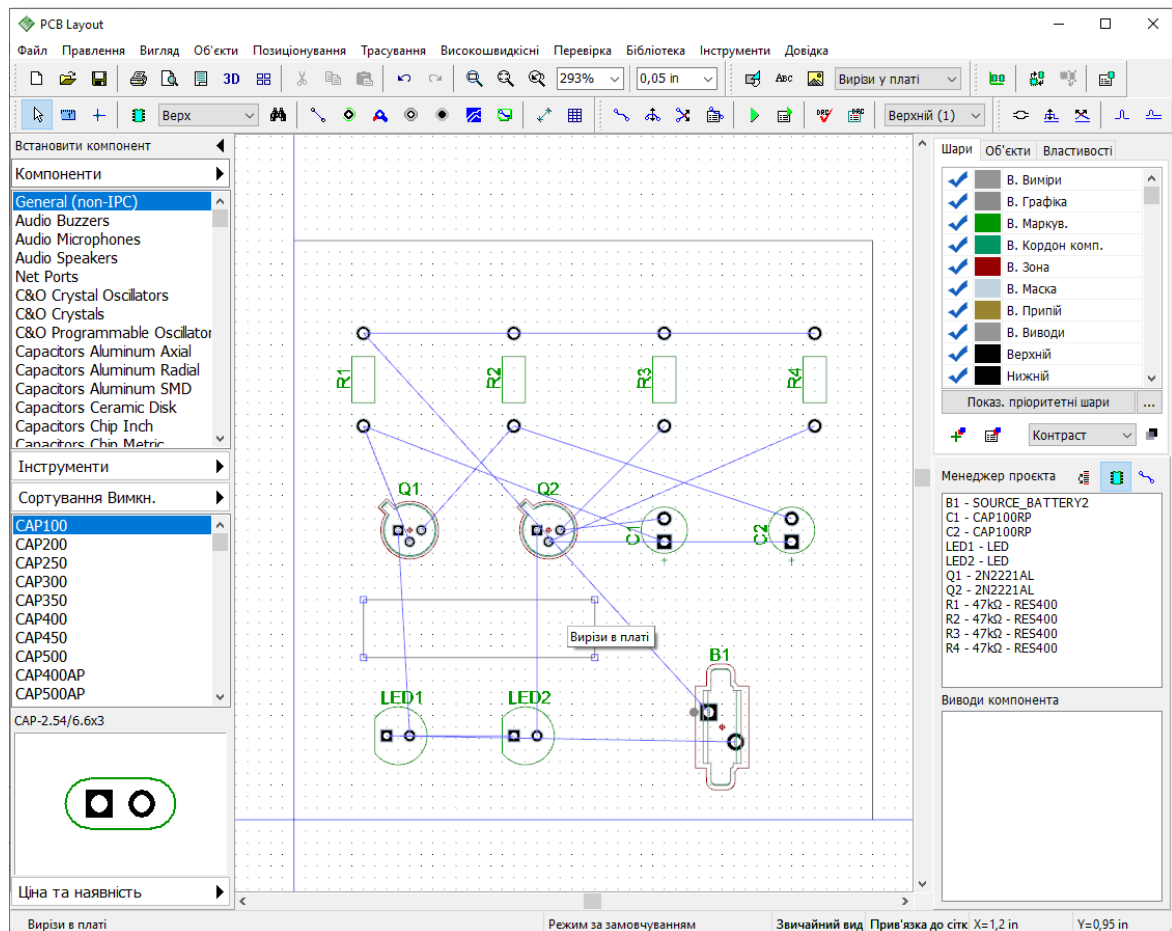
Зауважте, всі корпуси мають власні точки початку координат, які визначаються у Редакторі корпусів. Корпуси розставляються виходячі з їхніх власних точок початку координат. Для відображення або приховання точки початку координат для обраних корпусів натисніть правою кнопкою на одному з них і виберіть "Початок координат корпусу/ Приховати (Показати)" з підменю.

Виріз у платі

У DipTrace можна створювати вирізи у платі будь-якої форми. Ми створимо простий прямокутний виріз між світлодіодами та транзисторами, задля ознайомлення з цією функцією.



Виберіть шар **Вирізи в платі**, використовуючи меню, що випадає на Панелі малювання, потім виберіть інструмент прямокутник і намалюйте прямокутник на відповідній ділянці плати. Можливо, для максимальної точності, область побудови потрібно буде наблизити, масштабувати або змінити одиниці виміру.

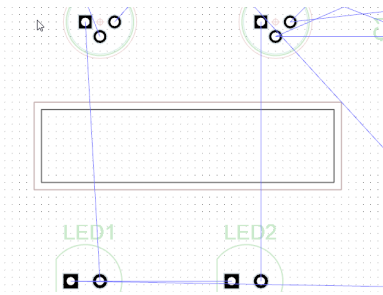


Також можна просто намалювати фігуру на будь-якому шарі плати або імпортувати фігуру з DXF-файлу, після чого клікнути по ній правою кнопкою, вибрати **Властивості** в підменю. У діалоговому вікні вибрати **Тип: Вирізи у платі** та натиснути **ОК**.

Зверніть увагу, що візуально шари кордонів плати та вирізу плати не відрізняються. Будьте уважні коли малюєте плату, не переплутайте їх.

Бар'єр трасування

Бар'єр трасування – це область на платі, де не повинно бути мідних струмопровідних елементів (доріжки, заливки). У цій області автотрасувальник доріжок не створюватиме. Якщо ви намалюєте їх там вручну, то програма повідомлятиме про помилки.



Значення відступу до меж плати не працюватиме для шару **Вирізи в платі**, що може у майбутньому створити незручності. Тому скористаймося бар'єром трасування для забезпечення відступу мідних елементів від вирізу.

Оскільки трасувати плату плануємо тільки в одному шарі (Нижній), оберемо його, натиснувши на **2**, а потім встановимо шар **Бар'єр** у випадяючому списку на **Панелі малювання** і намалюємо прямокутник, який буде трохи більше, ніж виріз плати в Нижньому шарі. Перед початком малювання рекомендуємо змінити розмір сітки на 0,025 дюйма. Після малювання поверніться на верхній шар за допомогою клавіші **1**.

2.2 Автоматичне трасування

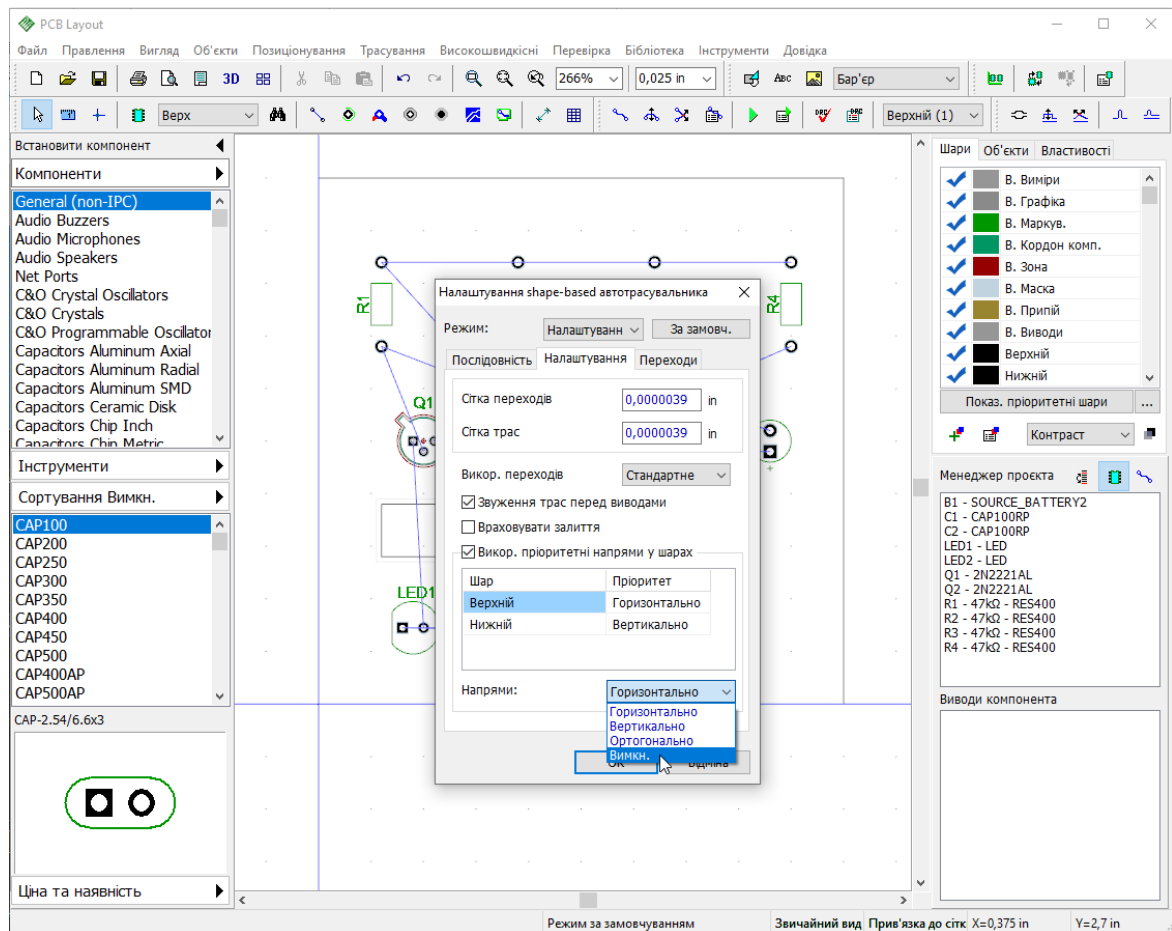
Настав час трасувати нашу плату. DipTrace пропонує два автотрасувальники: високоякісний сучасний "Shape-based" і простий сітковий трасувальник, що дозволяє трасувати нескладні плати з перетинками.

Прості плати можуть бути трасовані в одному (як правило, нижньому) шарі, що дає наявні переваги – ефективність і швидкість отримання кінцевого прототипу. При односторонньому трасуванні доріжки, ймовірно, будуть довгими, ніж при двосторонньому, проте для простих проектів це не є критичним.

Налаштуймо параметри автотрасування. Відкрийте пункт головного меню "Трасування/Вибір автотрасувальника" та виберіть Shape Router. Тепер вибраний автотрасувальник потрібно налаштувати: виберіть "Трасування/Параметри автотрасування".

Зауважте, вікно налаштування параметрів автотрасування відрізнятиметься залежно від обраного автотрасувальника.

У діалоговому вікні **Налаштування Shape-based автотрасувальника**, перейдіть на вкладку **Налаштування**, поставте позначку **Використовувати пріоритетні напрями по шарах**, виберіть **Верхній** шар у таблиці та, використовуючи список **Напрями**, виберіть **Вимкн**. Таким чином, автотрасувальник вже не буде створювати доріжки у верхньому шарі плати. Натисніть **ОК**, щоб застосувати зміни та закрити вікно параметрів автотрасувальника.

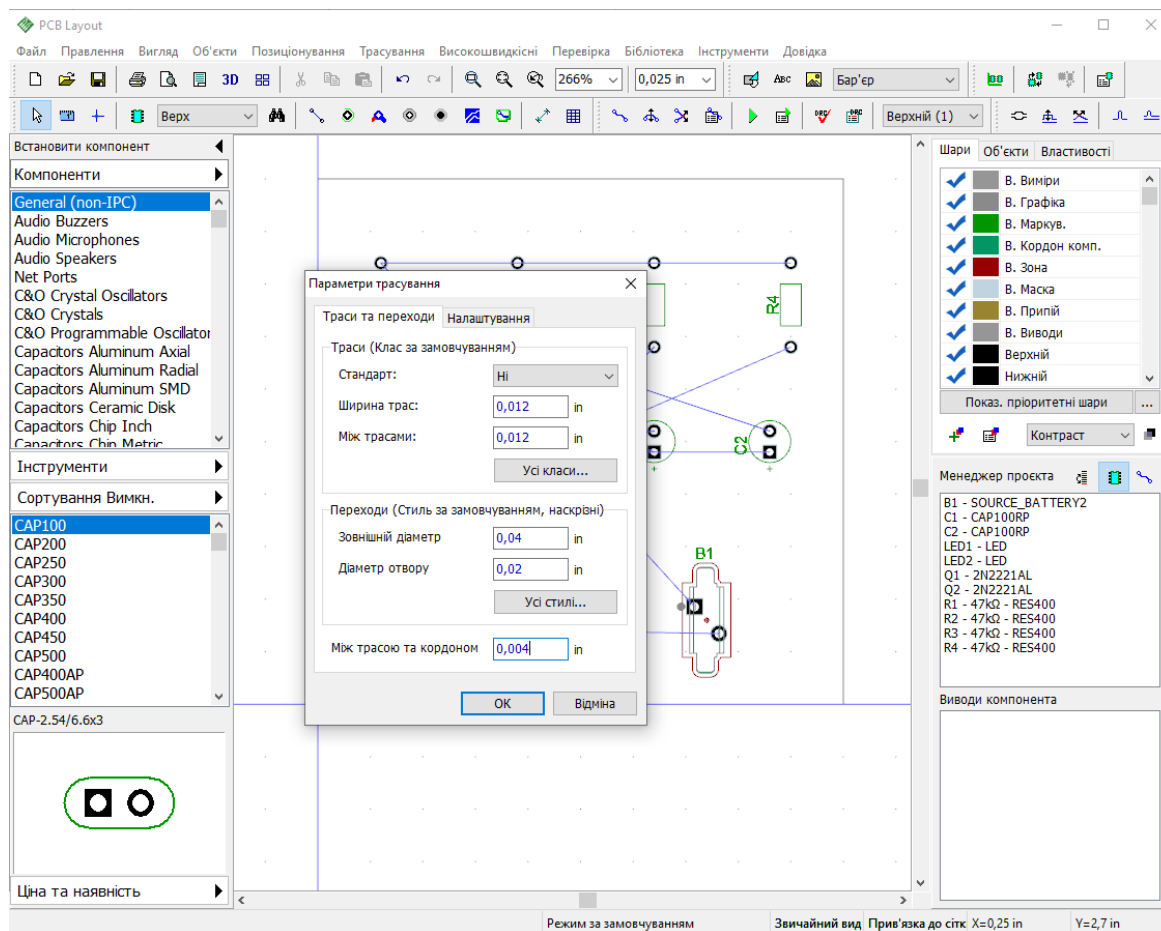


Якщо ви хочете отримати плату з перетинками, потрібно вибрати як автотрасувальник Grid Router та поставити галочку Використовувати перетинки у вікні налаштувань автотрасувальника. У нашому випадку робити цього не потрібно.

Тепер виберіть "Трасування/Параметри трасування". У цьому вікні можна змінити значення ширини трас, проміжків між трасами та виводами, параметри для міжшарових переходів за замовчуванням.

*Зауважте, змінюючи параметри за замовчуванням, ви змінюєте параметри класу мереж **Default** та стилю міжшарових переходів **Default**.*

Діалогове вікно **Параметри трасування** – найшвидший спосіб змінити ці параметри. Складніші проекти вимагатимуть використання кількох класів мереж та стилів переходів. Ви можете натиснути **Усі класи**, для відкриття діалогового вікна класів мереж та **Усі стилі** – вікна стилів переходів відповідно. Як працювати з шарами та переходами подивимося дещо пізніше. Також можна встановити деякі інші параметри трасування у вкладці **Установки**.

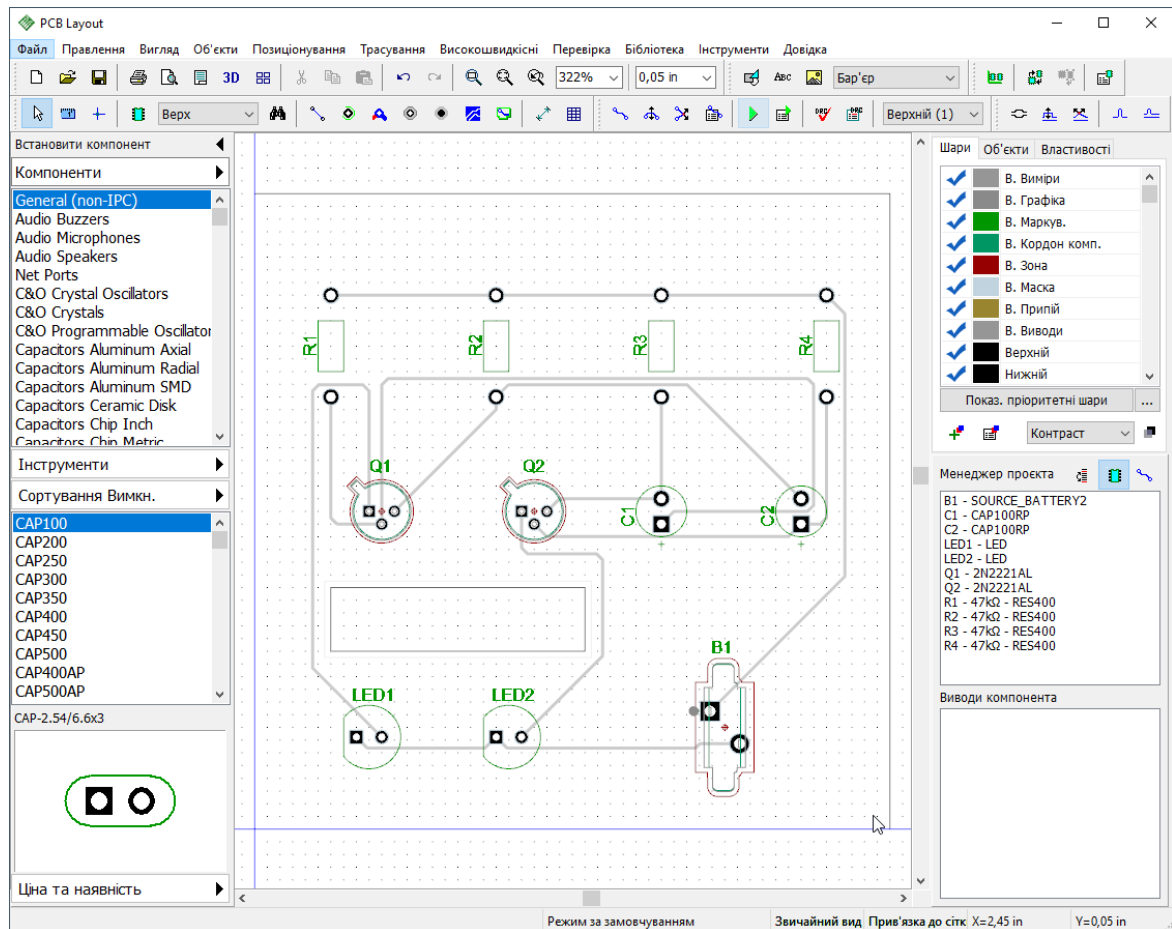


Для поточного проєкту рекомендуємо встановити параметри відповідно до малюнку вище задля уникнення невідповідностей при подальшій роботі з посібником. Натисніть кнопку **ОК** і знову встановіть розмір сітки 0,05 дюйма.

Запустіть трасування плати, вибравши "Трасування/Запуск". Також для запуску автотрасувальника можна використовувати клавіші *Ctrl+F9*.

Ви отримаєте розведення, подібне до зображеного нижче. Ваш проєкт не обов'язково мав бути ідентичним, тому не варто перейматися через неповний збіг.

Зверніть увагу, колір доріжок та контактних площинок залежить від кольору активного шару плати. Ми будемо працювати з шарами у наступному розділі посібника.



Автоматичне перевірення DRC

У DipTrace існує кілька процедур перевірки на багатьох етапах розробки, наприклад, Перевірка помилок (DRC). Вона перевіряє розміри об'єктів та проміжки між ними, а також відслідковує дотримання параметрів довжини та фази високошвидкісних сигналів відповідно до правил, які визначає користувач. Усі порушення відображаються у спливаючому списку, а також позначаються прямо в області побудови кільцями червоного та пурпурового кольору. Перевірка DRC може працювати у звичайному режимі або режимі реального часу (Real-time DRC). Якщо опція **Realtime DRC** увімкнена, то ви вже мали помітити результати її роботи – червоні кільця, що з'являються в місцях, де проміжки між об'єктами ставали дуже маленькими, наприклад, при переміщенні компонентів або створенні доріжок. Втім, за замовчуванням ця опція відключена, тому до деталей її функціонування ми повернемося пізніше.

Перевіряння помилок запускається автоматично після завершення автотрасування. Наш проект дуже простий, тому помилок не має бути. Якщо програма вказує на наявність помилок, виправте їх та запустіть **Перевірку помилок** ще раз: виберіть "Перевірка/Показати помилки трасування" з

головного меню, або натисніть на Панелі інструментів . Для перегляду або редагувати правил перевірки, виберіть "Перевірка/Параметри перевірки помилок". Щоби приховати кольорові кільця помилок в області побудови

виберіть "Перевірка/Приховати помилки трасування". Також, ви можете відключити автозапуск DRC після автотрасування. Для цього приберіть позначку "Трасування/Вибір Автотрасувальника/Запустити DRC після автотрасування" у головному меню.

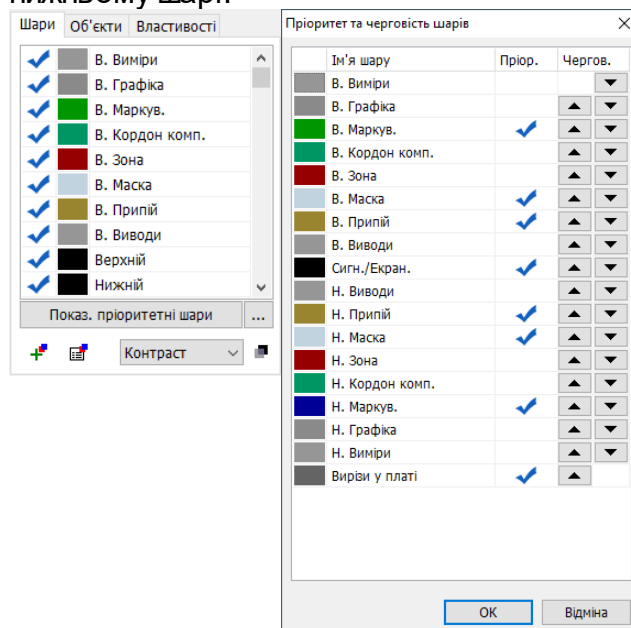
Тепер збережіть плату. Виберіть "Файл / Зберегти" в головному меню, а в діалоговому вікні виберіть папку, задайте ім'я файлу і натисніть **Зберегти**.

Якщо ви хочете закінчити проект якнайшвидше, можете пропустити всі наступні пункти аж до "Друку", тому що плата вже фактично готова. Але ми радимо продивитися хоча б поточний розділ підручника для ознайомлення з базовими функціями програми.

2.3 Робота зі шарами

Вы обратили внимание на низкую контрастность отображения дорожек на плате? Это обусловлено тем, что активен верхний слой и по умолчанию включен контрастный режим показа слоев с 50% непрозрачности, а у нас дорожки только на нижнем слое.

Звернули увагу на низьку контрастність відображення доріжок на платі? Це пов'язано з тим, що активний верхній шар і, за замовчуванням, увімкнено контрастний режим показу шарів із 50% непрозорості, а у нас доріжки лише на нижньому шарі.

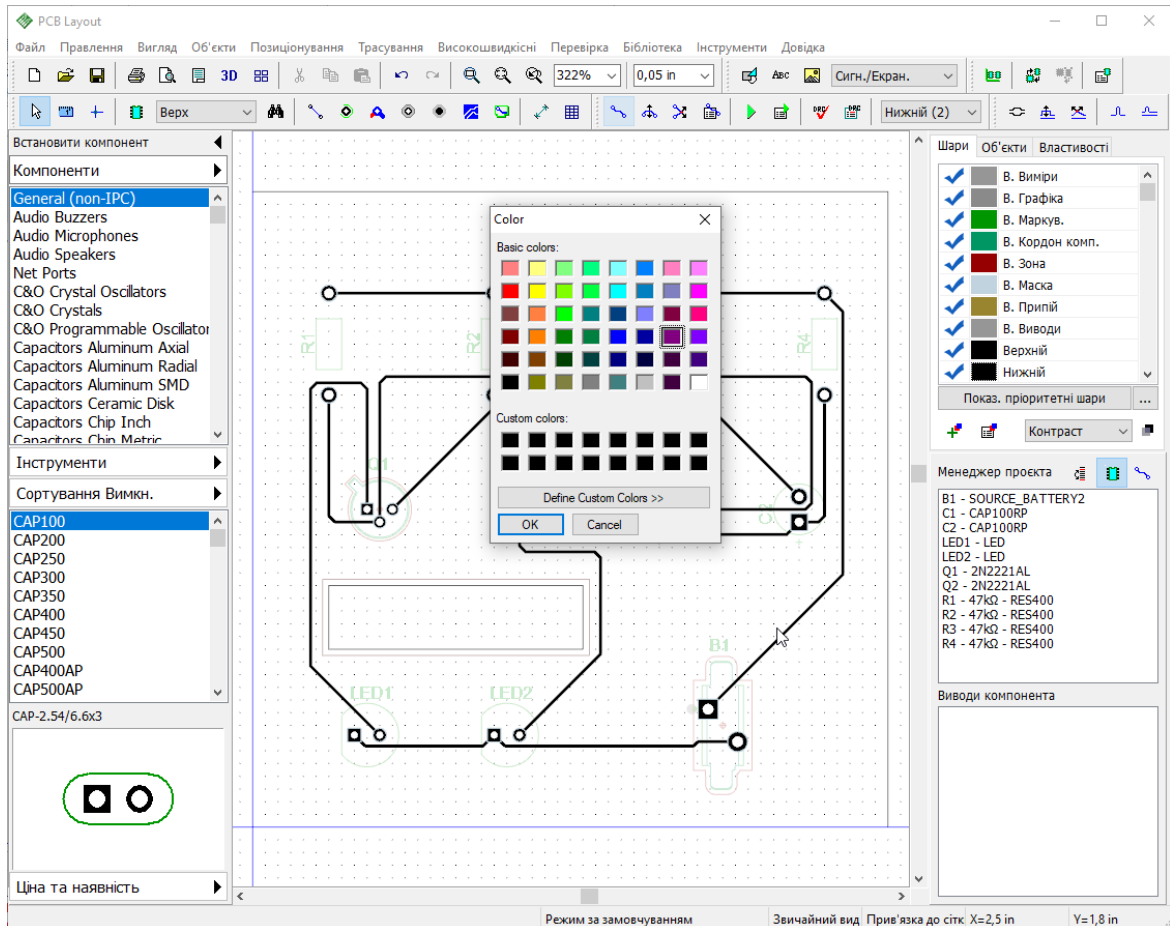


Зверніть увагу на вкладку Шари на панелі Менеджера проекту (натисніть комбінацію Ctrl+2, якщо ця панель прихована). Варто відзначити, що ви можете організувати відображення шарів на свій розсуд обравши пріоритетні шари та розташувавши їх у зручному порядку в списку. Натисніть кнопку та позначте шари, що мають відображатися у списку, в стовпці "Пріоритет". Використовуйте кнопки зі стрілками у стовпці "Черга" для переміщення шарів вгору та вниз у списку. Залишімо відображення всіх шарів.

Для перемикання на інший шар клацніть двічі лівою кнопкою по потрібному шару на панелі **Шари**, або скористайтеся відповідною клавішею швидкого доступу на клавіатурі (вони вказані в дужках поруч із назвою шару в списку, що випадає на панелі Трасування; для верхнього і нижнього також можна використовувати клавіші *T* та *B* відповідно). Крім того, активний шар можна вибрати за допомогою списку, що випадає, поруч із кнопками DRC.

Скористайтеся зручним для вас способом. Ми ж зробили подвійний клік на шарі **Нижній** у списку, щоб активувати його (зверніть увагу, що клікати потрібно саме

по назві шару, а не по синій позначці або прямокутнику). Змінимо колір шару: клікніть лівою кнопкою на кольоровому прямокутнику поряд з нижнім шаром і виберіть бажаний колір у діалоговому вікні. Потім натисніть **ОК**, щоб встановити новий колір для нижнього шару. Також, за бажанням, можна змінити кольори інших шарів.

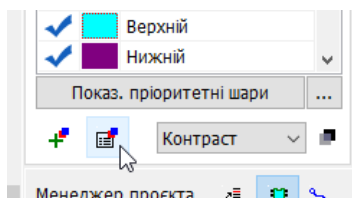


Усі шари у програмі можна розділити на два основні типи: сигнальні та несигнальні. Їх можна додавати, видаляти та редагувати. Наш проєкт має всього два сигнальні шари: Верхній та Нижній. Але, як бачите, у списку на панелі Менеджера проєкту шарів значно більше. Графіка, Маркування, Маска, Паста – стандартні несигнальні шари. DipTrase створює їх автоматично на обох боках плати та надає їм відповідні назви. Кожен зі шарів несе певний тип інформації.

Верхнє/Нижнє Маркування – це шари шовкографії, сюди автоматично додаються мітки компонентів та інша графічна інформація. Шари Верхня/Нижня паста та маска – це шари, що вказують виробникові де потрібно друкувати маску та наносити припій. Деякі несигнальні шари потрібні для виробництва, деякі лише додають функціонал, наприклад, для зручності свердління у домашніх умовах. Докладніше розглянемо шари в пункті присвяченому експорту Gerber-файлів.

Сигнальні шари

Доріжки та заливка можна створювати лише у сигнальних шарах. Їх, у свою чергу, можна розділити безпосередньо на сигнальні та екранні шари. Перші містять доріжки й іноді мідні заливки, на екранних шарах (в основному, це внутрішні шари плати) часто розташовують один або декілька полігонів мідним заливкам. Автоматичний трасувальник не створює доріжки на екранних шарах, він працює виключно зі сигнальними шарами.

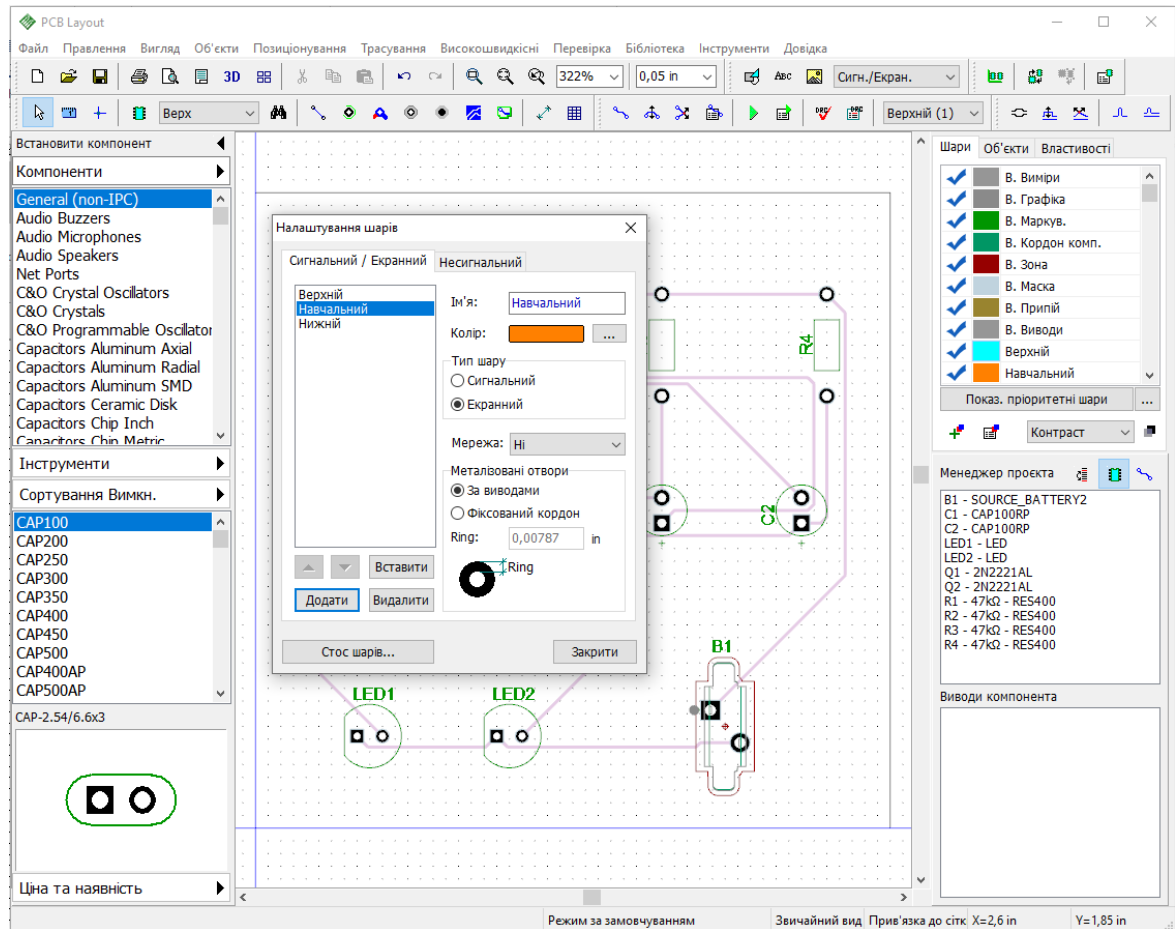


Щоб додати новий сигнальний/екранний або несигнальний шар, виберіть

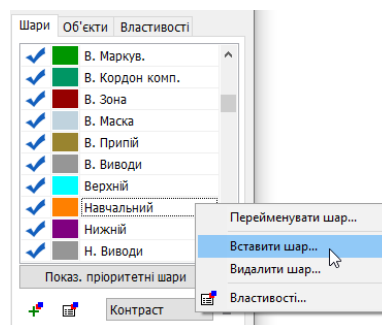
"Трасування/Властивості шарів" або натисніть  на вкладці **Шари** з панелі **Менеджера проектів**.

Вибравши закладку **Сигнальний/Екранний** у діалоговому вікні можна додати, видалити, змінити ім'я, тип або колір кожного сигнального або екранного шару плати. Зверніть увагу, набір параметрів, які можна змінювати, залежить від вибраного шару.

Додамо новий екранний шар і назвемо його "Навчальний шар". Натисніть кнопку **Додати** у вікні **Властивості шарів**, введіть назву шару, виберіть тип **Екранний** і колір. Натисніть ОК і новий шар з'явиться у списку шарів. Параметри шарів можна легко редагувати. Екранні шари можна під'єднувати до мереж. Зазвичай це мережі землі або живлення. У нашому випадку залишимо його непід'єднаним. Можна також встановити параметри отворів металізації (за виводами або з фіксованою межею), але вони завжди будуть круглі, оскільки це внутрішні шари.



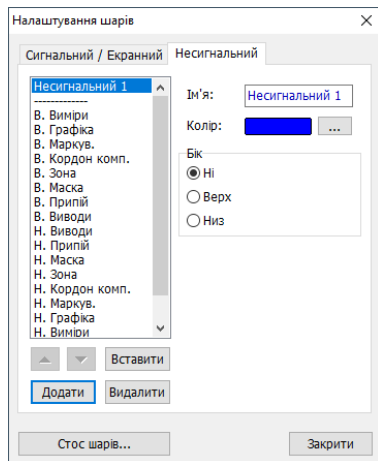
Натисніть **Закрити**. Учбовий шар вже з'явився у списку всіх шарів на панелі Менеджера проектів між верхнім та нижнім шарами.



Створімо ще один екранний шар, оскільки плати зазвичай мають парну кількість шарів. Клацніть правою кнопкою миші на Учбовому шарі у списку шарів на панелі **Менеджера проекту** для виклику підменю для швидкого редагування списку та шарів. Виберіть **Вставити шар** із підменю та створіть ще один екранний шар. Коли вже є два екранні шари, клацніть правою кнопкою миші у списку шарів для пересування шарів вгору та вниз. Пересуньте Учбовий шар так, щоб він був вище Учбового шару 2.

Натисніть кольоровий прямокутник для зміни кольору відповідного шару.

Несигнальні шари



Користувачі Несигнальні шари використовуються для найрізноманітніших цілей, допомагають інженеру зробити розробку максимально комфортною і простою, а також повідомити виробнику плат додаткову інформацію. Щоб створити несигнальний шар, виберіть закладку **Несигнальний** у діалоговому вікні **Властивості шарів** ("Трасування/Властивості шарів" з головного меню). Натисніть кнопку **Додати**, введіть ім'я шару та оберіть колір і бік плати: Ні, Верх, або Низ. Якщо вибрано варіант "Ні" це означає, що шар не буде закріплений за будь-якою стороною плати.

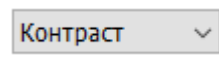
Зараз не будемо створювати несигнальні шари, тому закрийте це вікно та зверніть увагу на кнопки швидкого доступу на закладці шарів на панелі Менеджера проекту:



– Додати шар;



– Властивості шарів;



– Режим відображення шарів;



– Налаштування рівня контрасту.

Пам'ятайте про те, що ви можете скористатися гарячими клавішами 1, 2, 3, 4 тощо для швидкого вибору потрібного шару. Щоб змінити колір шару, натисніть на кольоровий прямокутник поруч із ним – з'явиться стандартна панель вибору кольору. Якщо хочете вимкнути відображення якогось шару, просто приберіть синю позначку поряд із ним на панелі.

Зауважте, що у DipTrace за замовчуванням ми бачимо нижній шар як крізь плату, це може бути незвичним для користувачів-початківців. Виберіть "Вигляд/Дзеркальне відображення" у головному меню, щоб відобразити друковану плату у звичному ракурсі. Тепер ви бачите, як виглядає нижній шар насправді. Однак, з практичної точки зору в цьому немає необхідності, оскільки це лише особливості відображення плати в програмі, і при експорті файлів для виробництва автоматично створюється "віддзеркалене" розведення міди на нижньому шарі.

Видаліть несигнальний шар, якщо такий створювався, але НЕ видаляйте два екранні шари, які ми створили. Для цього проекту вони не потрібні, але знадобляться нам пізніше. Збережіть плату.

2.4 Міжшарові переходи

DipTrace підтримує наскрізні та глухі міжшарові переходи (якщо розділяти їх за фізичними властивостями). Більш того, переходи також поділяються на два логічні типи, незалежно від їх фізичного типу:

Звичайні (динамічні) переходи, які є частиною доріжки та автоматично з'являються при переході траси в інший шар.

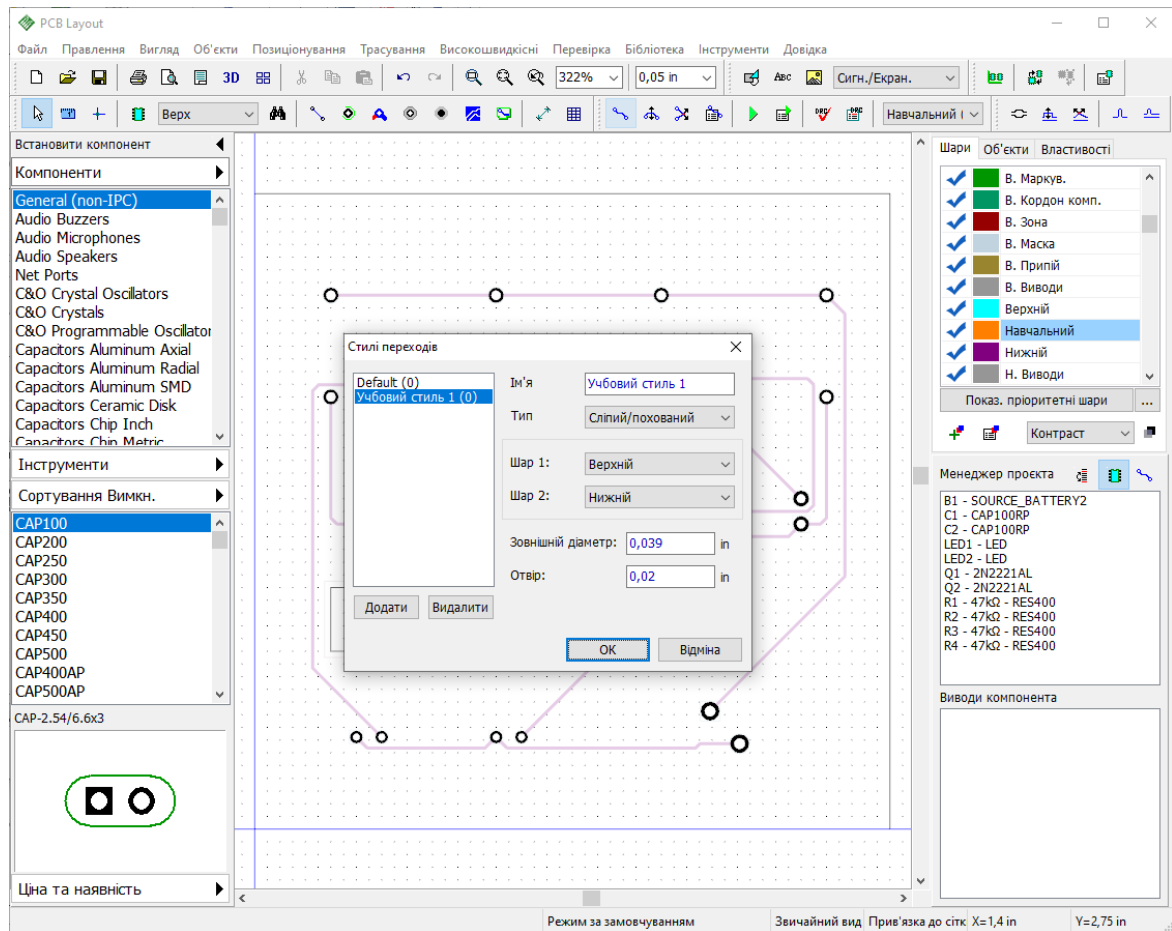
Статичні переходи, які багато в чому схожі на звичайні контактні площинки та надають значно більше налаштувань, ніж звичайні міжшарові переходи.

Всі міжшарові переходи в DipTrace організовані за стилями, незалежно від їхнього логічного типу.

Для цього проекту немає необхідності використовувати кілька стилів переходів, але подивімося як працювати з ними.

Створімо два додаткові стилі переходів: один з глухими переходами того ж діаметра, що й в стилі Default (0.039 дюйма з отвором 0.02 дюйма); другий стиль має бути з наскрізними переходами, але більшого діаметра ніж Default. Виберіть "Трасування/Стилі переходів" з головного меню і переконайтеся, що стиль Default має наведені вище параметри. Змініть їх, якщо потрібно. Потім натисніть кнопку Додати в діалоговому вікні. Новий стиль з'явиться у списку, одразу під стилем Default. У дужках поруч із ім'ям стилю вказується кількість переходів цього стилю на платі. У нашому випадку, на платі поки що немає переходів.

Тепер клацніть лівою кнопкою по новоствореному стилю і введіть його ім'я – Учбовий стиль 1. Змініть тип на **Ненаскрізний** та за допомогою списків, що випадають, виберіть пару шарів (верхній і нижній шар для переходів даного стилю). У нашому випадку ненаскрізний перехід з'єднуватиме Верхній та Учбовий шари. Зауважте, на двошаровій платі не може бути ненаскрізних переходів, всі переходи будуть лише наскрізними. Наша плата має чотири шари, які ми створили для покрокової демонстрації робочого процесу. Введіть параметри стилю як на зображенні нижче.



Створіть другий стиль для наскрізних міжшарових переходів та назвіть його, наприклад, "Учебний стиль 2". Для цього стилю вкажіть зовнішній діаметр 0,065 дюйми та отвір 0,03 дюйми. Натисніть кнопку **ОК**.

Динамічні міжшарові переходи

Стилі міжшарових переходів створено. Попрацюймо з міжшаровими переходами на практиці. Детрасуймо якусь мережу, щоби потім намалювати її доріжки вручну.

Перейдіть в нижній шар плати (якщо він досі не активний). Клацніть правою кнопкою по мережі, яку ви вирішили трасувати вручну (у нашому випадку це мережа, що з'єднає резистори з батареєю) і виберіть **Розтрасувати мережу** з підменю. Доріжка зникне, а мережа знову відображається у вигляді тонких синіх ліній з'єднання.

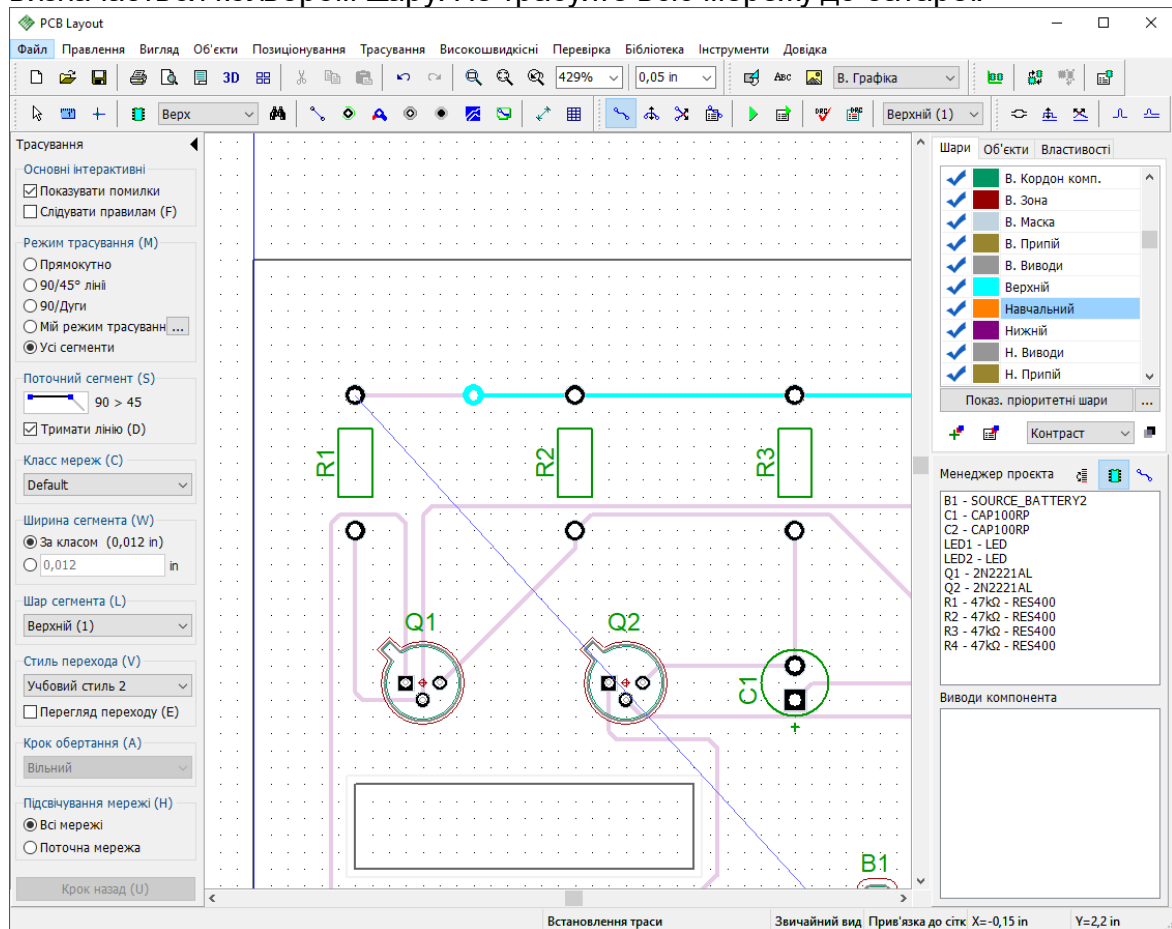
Перейдіть у режим ручного трасування. Для цього виберіть "Трасування/ Ручне Трасування/ Додати трасу" в головному меню або натисніть клавішу "~".

Тепер клацніть лівою кнопкою на першій контактній площинці (R1:2) і почніть прокладати доріжку у напрямку КП (R2:2), але не доводьте її до кінця, а лише до якоїсь точки між R1 та R2. Натисніть гарячу клавішу V і виберіть Учебний стиль 2 у спливаючому меню, щоб застосувати його до перехідних отворів, які будуть створені при зміні шарів. У варіанті **Авто** DipTrace використовуватиме стиль перехідних отворів, що займає менше місця на платі, але в нашому випадку ми

навмисно обираємо стиль з неоптимальними перехідними отворами більшого розміру (Учбовий стиль 2).

Активуймо опцію **Перегляд переходів** на панелі **Трасування** (також можна використовувати клавішу **E**). Наприкінці траси з'явилося кільце, що відповідає параметрам обраного стилю перехідного отвору.

Тепер клацніть лівою кнопкою миші, щоб зафіксувати сегмент траси між контактними площинками. Потім клацніть правою кнопкою миші та виберіть у підменю «Шар сегмента/Верхній» (якщо трасуєте у нижньому шарі). Перехідний отвір з'явиться автоматично. Вимкніть попередній перегляд за допомогою гарячої клавіші **E** та продовжіть трасування з протилежного боку плати до другої контактної площинки, клацніть її лівою кнопкою миші, щоб завершити сегмент. Створіть ще одну доріжку між компонентами R2 та R3. Зауважте, колір доріжки визначається кольором шару. Не трасуйте всю мережу до батареї.



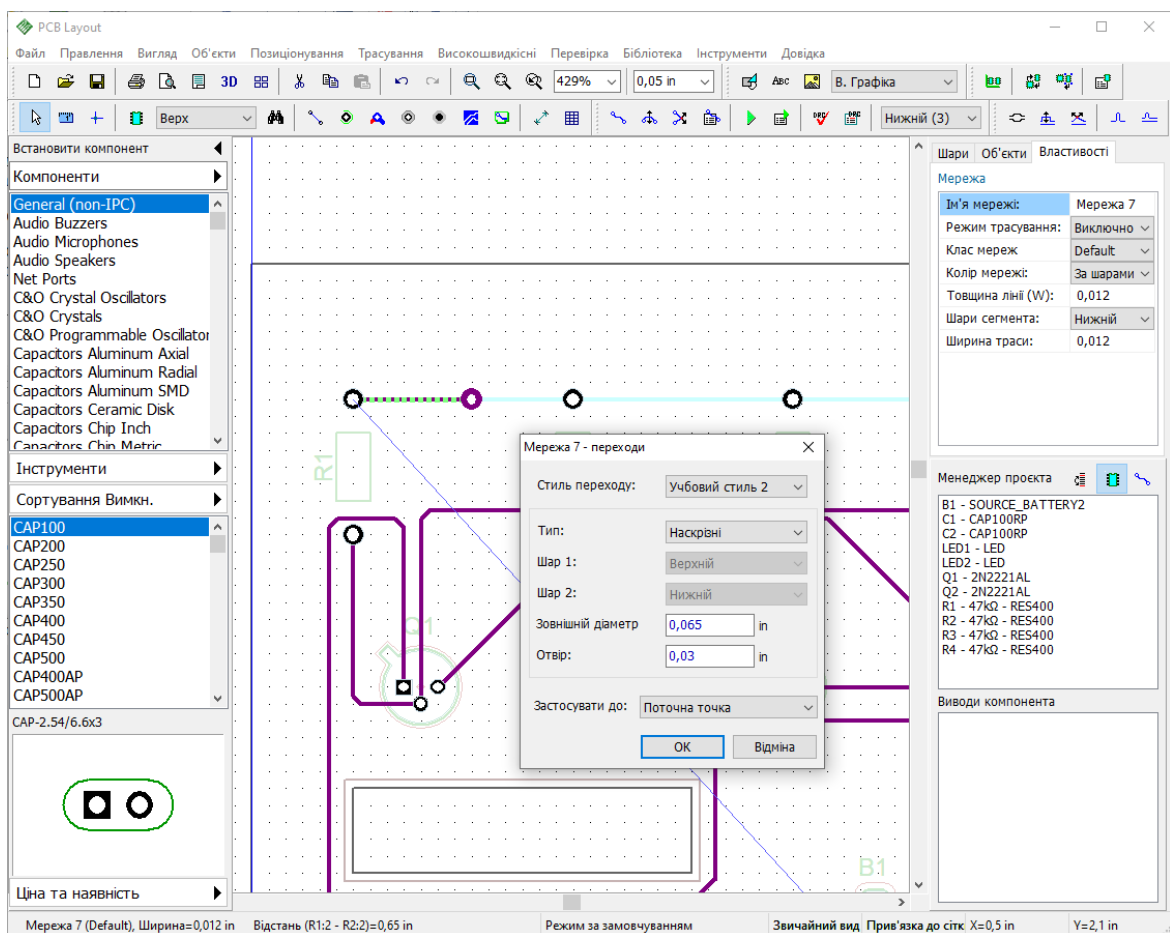
Створіть ще один міжшаровий перехід та продовжіть трасування мережі до КП B1:1 батареї у нижньому шарі.

Статичний міжшаровий перехід

Щоби встановити на платі статичний міжшаровий перехід, натисніть . Також можна натиснути правою кнопкою по динамічному переходу та вибрати **Перетворити на статичний перехід**, а далі вибрати, які саме переходи перетворити: поточний, обрані лінії, обрані траси, або всі переходи. Як зазначалося раніше, статичні переходи в DipTrace з погляду їх властивостей – це практично контактні площинки.

Зауважте, якщо змінюєте параметри стилю переходів, то нові параметри застосовуються до всіх міжшарових переходів цього стилю, у тому числі до вже існуючих на платі.

Можна натиснути правою кнопкою миші на будь-якій мережі зі статичними або динамічними переходами та вибрати **Міжшарові переходи** з підменю – відкриється невелике діалогове вікно властивостей переходів. У ньому можна швидко змінити стиль, тип, розміри та застосувати параметри до поточного переходу, обраних сегментів, трас або мереж. Якщо стилю переходів із заданими параметрами не існує, DipTrace автоматично запропонує створити його.



Статичний перехід можна перетворити на динамічний. Клікніть на ньому правою кнопкою та виберіть із підменю **Перетворити на динамічний перехід**. Не забудьте вказати, яких саме переходів стосуватиметься перетворення. Якщо відпочатку був встановлений статичний перехід, то перетворити його на динамічний не можна.

Тепер перетрасуйте плату в одному шарі, але не використовуйте інструмент **Крок назад**, адже створені в цій темі стилі переходів знадобляться в майбутньому.

2.5 Класи мереж

Усі мережі у програмі організовані за класами. Класи мереж дозволяють легко та швидко застосовувати до мереж численні параметри. Класи мереж підтримуються як при ручному, так і при автоматичному трасуванні. Налаштовувати їх потрібно перед трасуванням плати.

Для того, щоб навчитися працювати з класами мереж, нам доведеться детрасувати всю плату. Зробити це нескладно: виберіть "Трасування/Детрасувати все" з головного меню. Тепер виберіть "Трасування/Класи мереж", щоб відкрити діалогове вікно **Класи мереж**. Ліворуч у списку всіх класів буде лише один клас Default, до якого належать усі мережі проєкту за замовчуванням. Додамо ще один клас, натиснувши кнопку **Додати**. Новий клас з'явився у списку. Натисніть на ньому лівою кнопкою миші та назвіть його.

В закладці **Властивості класу** налаштуйте ширину трас та параметри проміжків. Ми хочемо створити клас, мережі якого будуть легко помітні та відрізнятися від інших на платі, тому вкажемо ширину 0.03 дюйми із зазором 0.05 дюйми. Зазначені параметри значно відмінні від мереж класу Default.

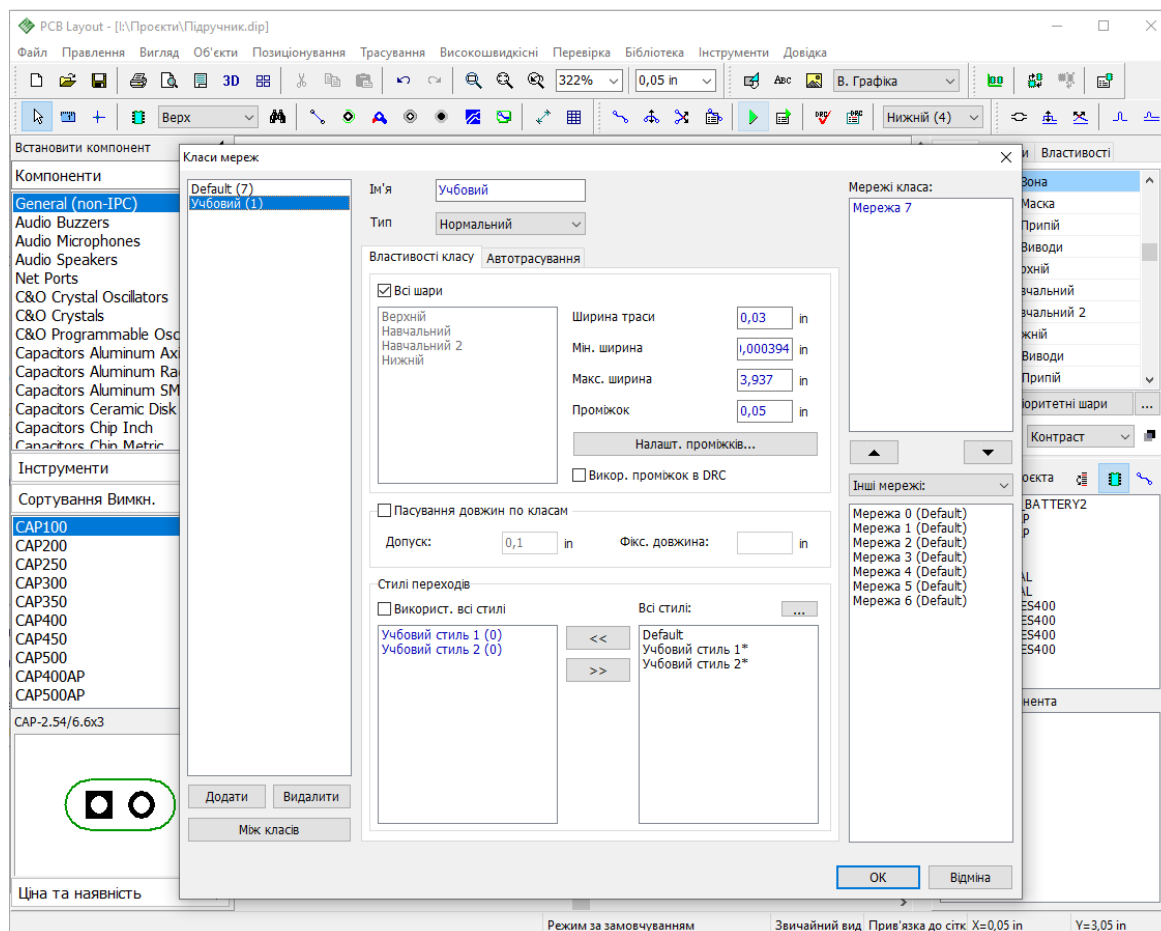
Символ зірочки (*) у полях параметрів класу позначає значення за замовчуванням.

Якщо прибрати позначку **Всі шари**, можна встановити різноманітні параметри ширини трас і проміжків мереж класу для різних шарів плати.

Кожному класу мереж можна призначити окремі стилі міжшарових переходів. Приберіть позначку **Використовувати всі стилі** в секції **Стилі переходів** і за допомогою кнопок << та >> переміщуйте стилі переходів зі списку всіх стилів, доступних у програмі, до списку активних стилів даного класу мереж і навпаки. Натисніть  для перегляду параметрів кожного стилю переходів. Новоствореному класу мереж було дозволено використовувати лише стилі переходів, які було створено у попередній темі цього підручника (див. зображення нижче).

Новий клас вже існує, але його існування не має сенсу, якщо до нього не належить жодна мережа. Додамо мережі до цього класу. У нижньому правому куті діалогового вікна є перелік усіх мереж проєкту, а у дужках вказується клас кожної мережі (Default у нашому випадку). Виберіть одну або декілька мереж, використовуючи клавішу Ctrl, і натисніть  для додавання обраної мережі до списку **Мережі класу**.

У нашому випадку ми додали до новоствореного **Учбового** класу лише одну мережу, яка з'єднає світлодіоди з батареєю (Мережа 7).

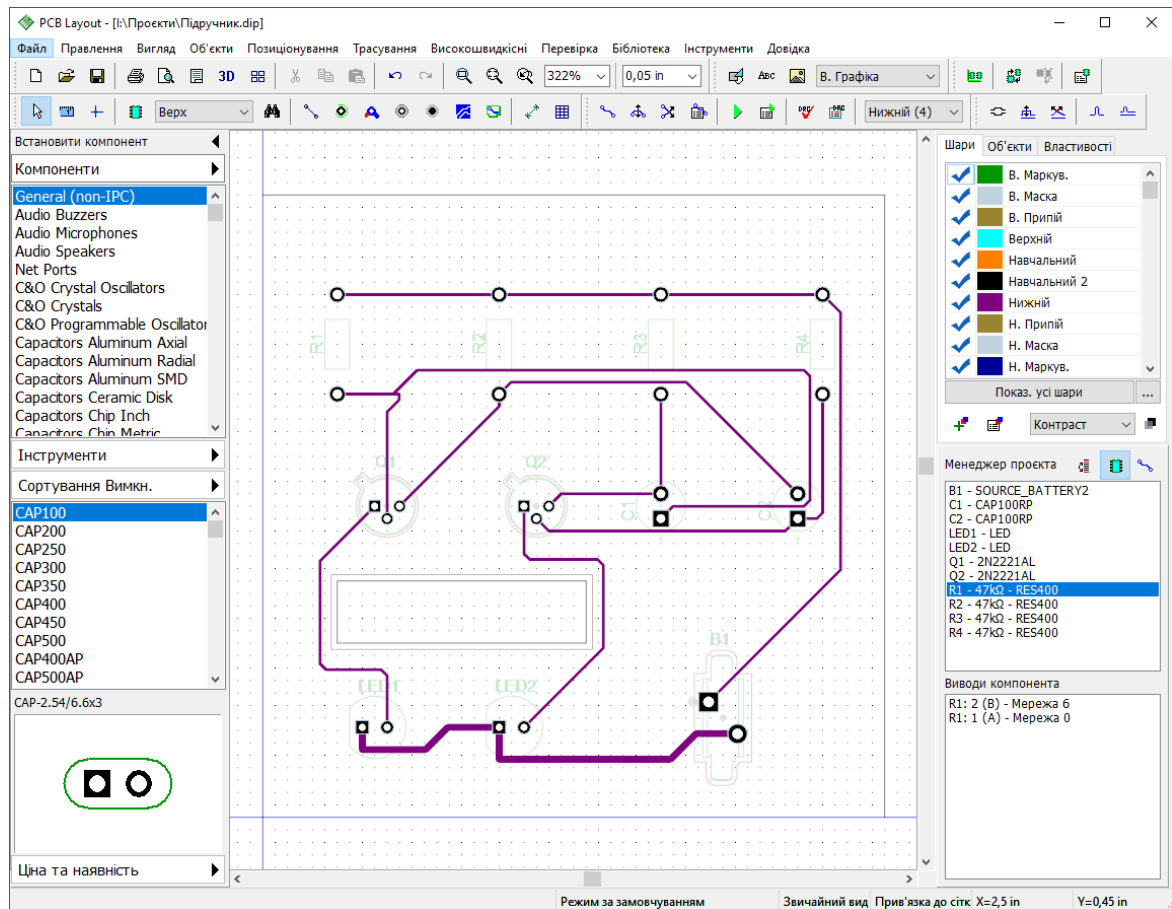


Якщо натиснути кнопку **Налаштування проміжків**, можна встановити відмінні значення відстаней між різними об'єктами плати. Натисніть **Між класами**, щоб вказати мінімальний проміжок між мережами різних класів. Цей параметр застосовується під час перевірки правил трасування і є більш пріоритетним для автоматичної перевірки, ніж проміжки встановлені всередині класів. Перевірте, чи не встановлена позначка **Використовувати зазор у DRC**, та натисніть **ОК**, щоб закрити діалогове вікно **Класи мереж** та зберегти зміни.

Автотрасування з класами мереж

На нашій платі одна мережа належить до класу **Учбовий**, а решта – до **Default**. Для запуску автотрасувальника виберіть "Трасування/Запуск" з головного

меню, натисніть кнопку  або **Ctrl+F9** на клавіатурі. В результаті маєте отримати плату, схожу на ту, що зображена нижче, з однією мережею, ширшою за інші.

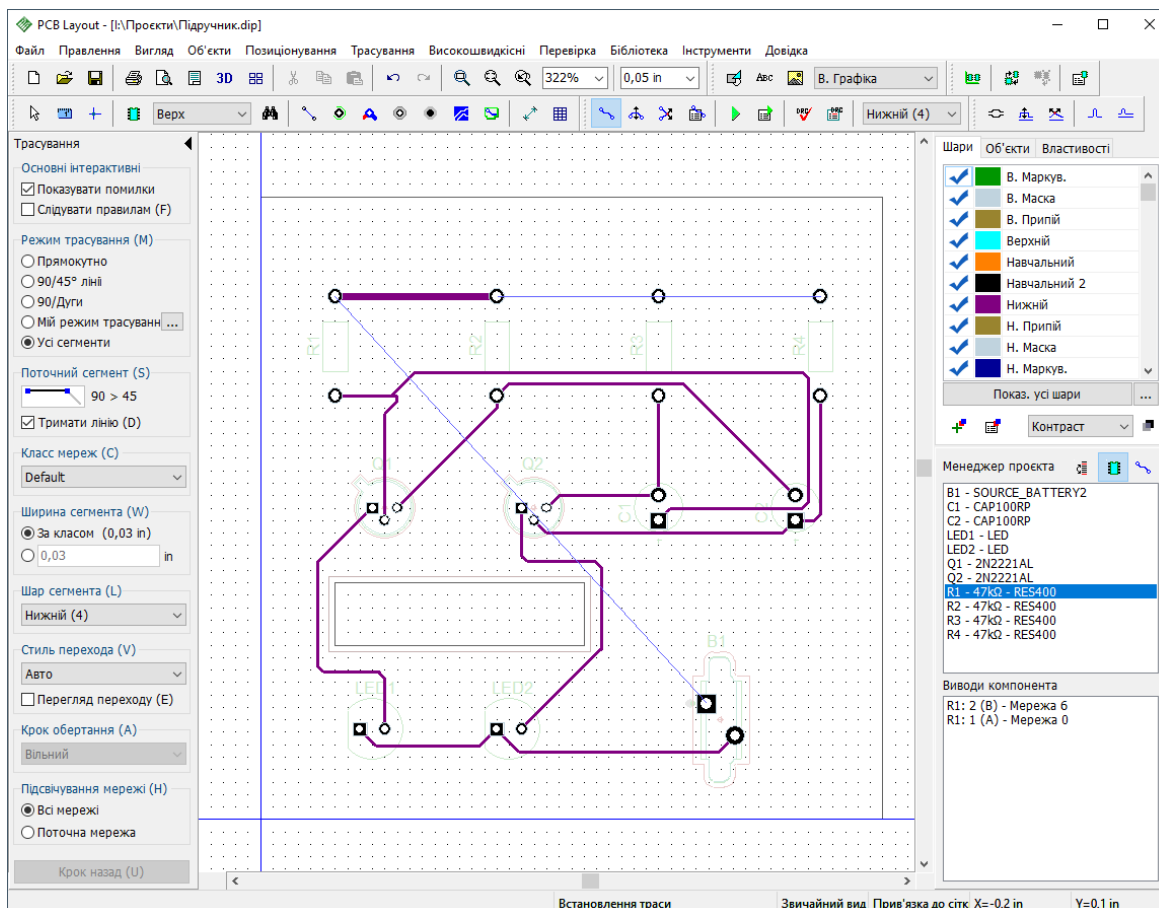


Знову детрасуйте всю плату ("Трасування/Детрасувати все"), відкрийте діалогове вікно **Класи мереж** і перемістіть мережу з класу Учбовий назад у Default (використовуйте кнопку). Збережіть зміни, натиснувши **ОК**, після чого запустіть автотрасувальник. В результаті, всі мережі на платі будуть трасовані доріжками однієї ширини, при цьому клас Учбовий існує, але не впливає на інші мережі, бо до нього не під'єднана жодна з них.

Ручне трасування з класами мереж

Як було вже згадано, класи мереж використовуються не тільки при автоматичному, але і при ручному трасуванні. Переконайтеся, що зараз активний нижній шар, у якому розміщуються всі доріжки нашого проекту. Тепер клацніть лівою кнопкою по будь-якій мережі (наприклад, Мережа 6, яка з'єднує резистори з батареєю) і зверніть увагу на панель **Менеджера проекту**, там відкрилася вкладка **Властивості**, в якій відображаються властивості вибраної мережі. У списку **Клас мереж** виберіть Учбовий, потім клацніть правою кнопкою по цій же мережі і виберіть **Детрасувати мережу** з підменю. Тепер натисніть клавішу "~" на клавіатурі для активації режиму ручного трасування, клацніть лівою кнопкою по першій контактній площинці (R1:2) і створіть доріжку до наступної КП (R2:2), клацнувши по ній. Одразу буде помітно, що доріжка набагато ширша за решту на платі, оскільки ця мережа належить до іншого класу.

Зауважте, що програма дозволяє змінити клас трасованої мережі, однак якщо параметри нового класу суперечать існуючому трасуванню, програма запропонує оновити його. Щоб параметри нового класу були застосовані, мережу необхідно детрасувати та трасувати заново.



Таке розмаїття доріжок на платі зовсім не потрібне, тому скористайтесь функцією **Крок назад** (*Ctrl+Z*) або видаліть усі користувацькі класи мереж, стилі переходів та шари, щоб отримати плату, з виглядом як після першого автотрасування.

Збережіть плату ("Файл/Зберегти" з головного меню).

2.6 Ручне трасування

Прості проекти може бути достатньо трасувати автоматично, але складніші плати напевно вимагатимуть ручного трасування. У DipTrace на одній платі можна використовувати ручне трасування у поєднанні з автоматичним. Це найоптимальніший варіант для великих складних проектів, адже важливі сигнальні мережі трасуються вручну, а решта – автотрасувальником.

Для нашого простого проекту ми взяли за результат версію, створену за допомогою автотрасувальника, але для складніших проектів результати роботи трасувальника часто доводиться коригувати.

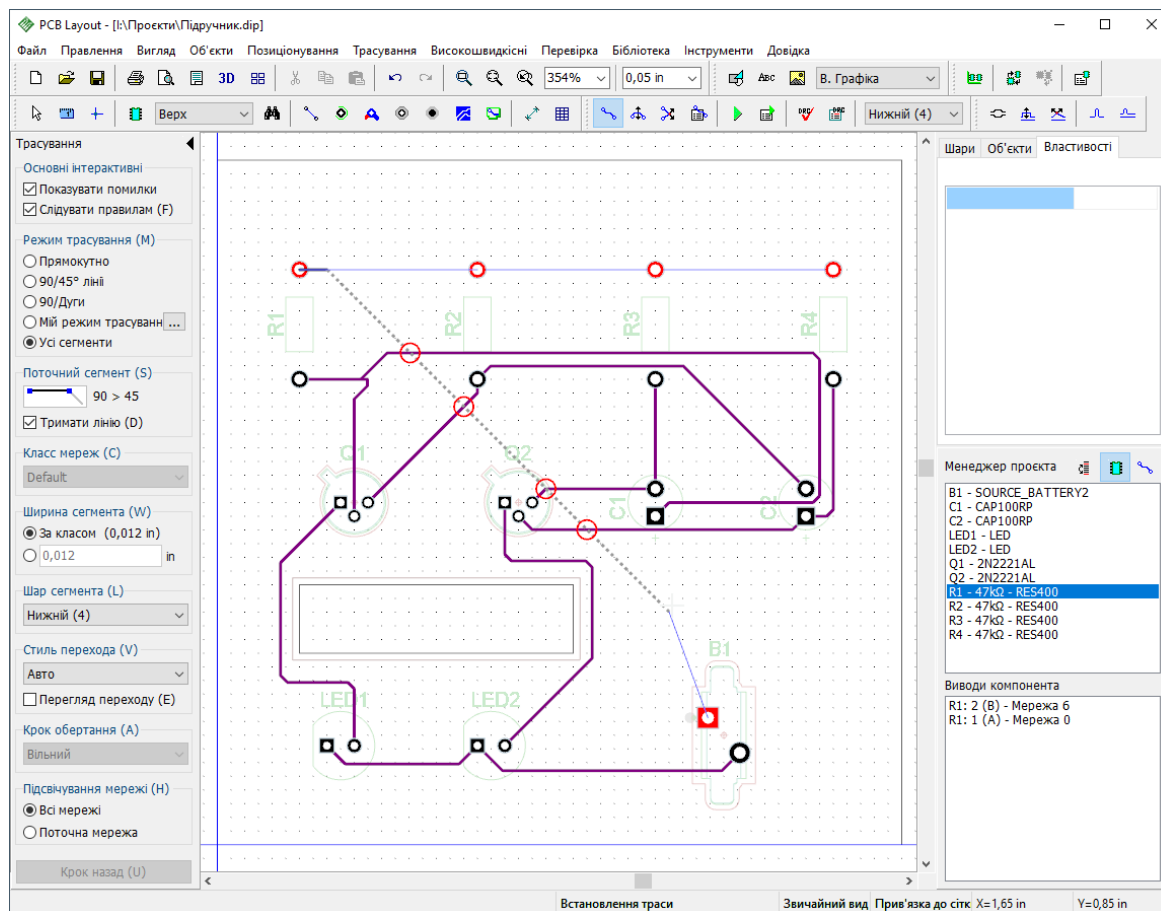
Панель ручного трасування

Ручне трасування надає більшої свободи, але ймовірність помилки відповідно вища. На щастя, DipTrace має функції, які перевіряють плату в реальному часі та дозволяють користувачеві відслідковувати можливі помилки, перш ніж вони будуть зроблені або зовсім не дозволяють створення траси з порушеннями правил проектування. Щоб скористатися цими функціями, натисніть кнопку

Встановлення траси вручну  та зробіть позначку **Показувати помилки** та/або **Слідувати правилам** на панелі **Трасування**, що з'являється ліворуч. Коли увімкнено опцію **Показувати помилки**, всі помилки трасування під час створення або редагування доріжки будуть позначені червоними кільцями в реальному часі. Якщо активована опція **Слідувати правилам**, DipTrace не припустить порушень встановлених правил проектування під час трасування існуючих мереж.

Тепер клацніть правою кнопкою миші одну з мереж і виберіть у підменю **Детрасувати мережу**. Ми вибрали Мережу 6, але ви можете вибрати іншу. Команда "Детрасувати мережу" з підменю мережі застосовується до всіх вибраних мереж.

Клацніть лівою кнопкою миші по будь-якій контактній площинці, що належить до нерозведеного електричного кола, і навмисно проведіть трасу через інші траси. Ви можете бачити, що з'являються червоні кільця, що вказують на помилки, а через те, що опція **Дотримуватися правил** активована, сегмент доріжки, проведений з порушеннями правил проектування, перетворився на пунктирну лінію і програма не дозволяє його встановити.

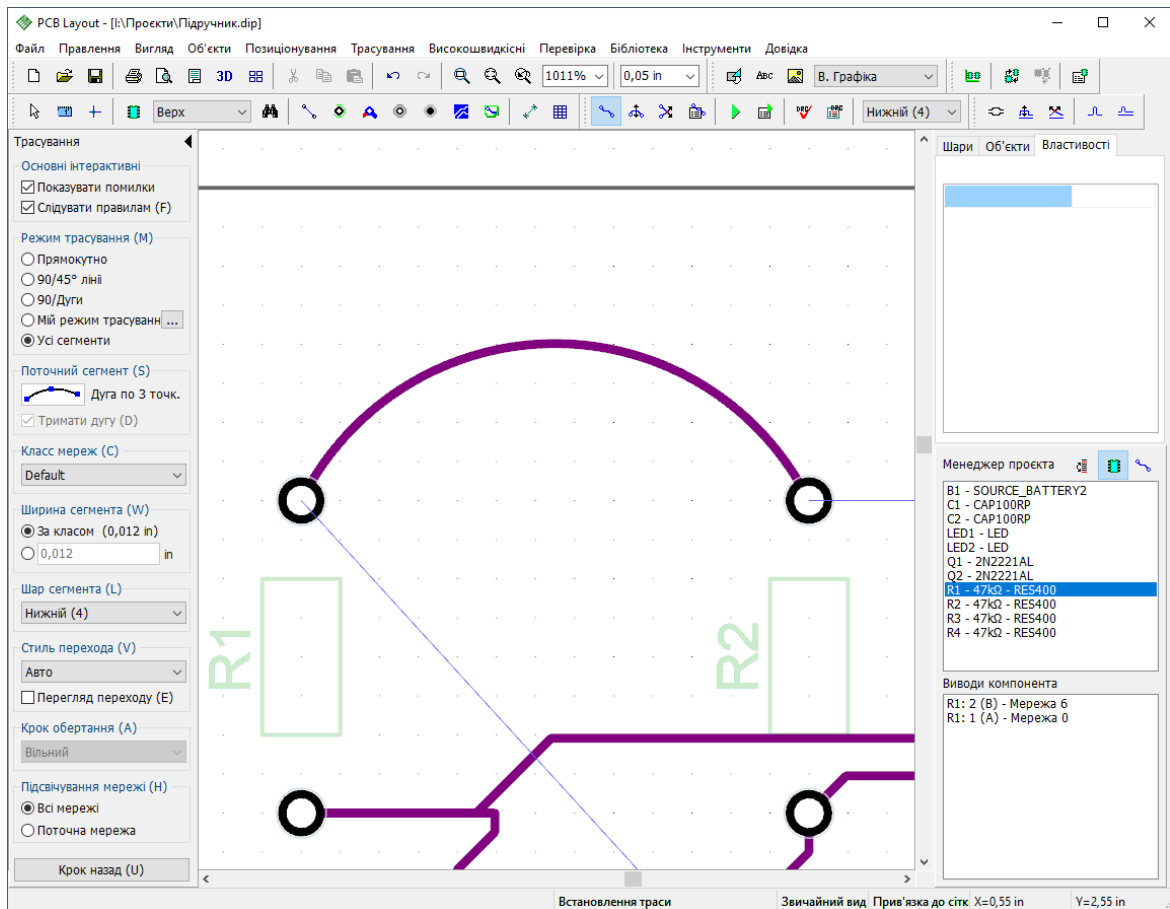


Наразі застосовуються правила, визначені DRC. Докладніше про DRC буде викладено пізніше.

Тепер клацніть правою кнопкою миші та виберіть **Скасувати** у підменю або натисніть *Esc*, щоб видалити доріжку, яку ми намагалися розвести.

Настав час ґрунтовно попрактикуватися в ручному трасуванні. Зауважте, що у списку **Режим трасування** (на панелі **Трасування**) ви можете вибрати групу сегментів, які вам знадобляться для трасування. Таким чином, ви зможете вибрати поточний сегмент не зі списку всіх сегментів, а зі списку сегментів одного режиму. Для цього знадобиться налаштувати "Мій режим" трасування.

Виберіть режим трасування "Всі сегменти", потім клацніть лівою кнопкою миші в полі "Поточний сегмент" і виберіть "Дуга з 3 тчк.". Клацніть лівою кнопкою миші на одній з площинок мережі, потім клацніть лівою кнопкою миші на іншій площинці та перемістіть мишу, щоб відрегулювати радіус дуги, після чого зафіксуйте її лівим кліком.



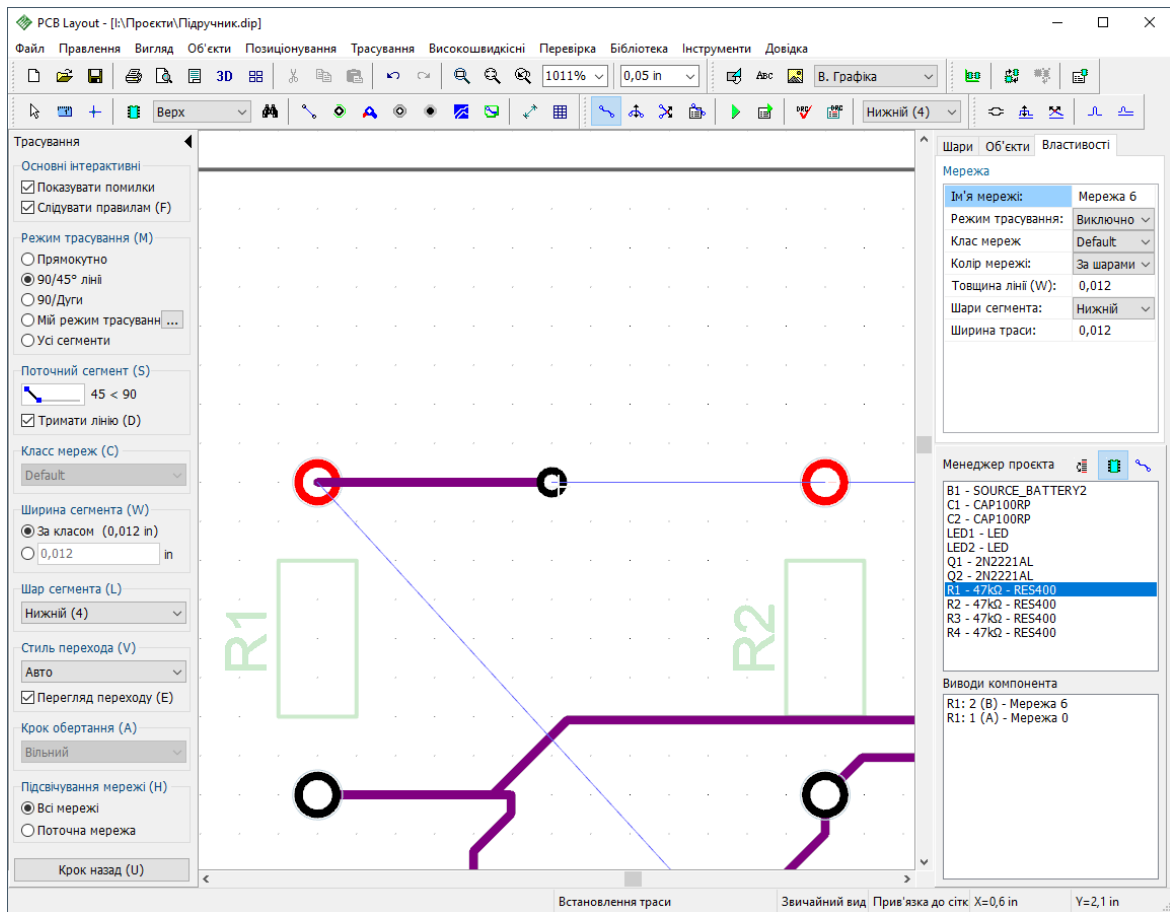
Поточний проект доволі простий, але при роботі над складнішими може бути зручним фіксувати лише одну частину ламаної лінії та закруглених сегментів під час розведення траси. Увімкніть опцію **Фіксувати одну лінію** на панелі **Трасування** або використовуйте гарячу клавішу **D**, якщо потрібно, щоб програма фіксувала лише першу частину сегмента та залишила другу в режимі трасування. Також для практики можна змінити режим трасування на **90/45 лінії**.

*Не намагайтеся змінити клас існуючої мережі на панелі **Трасування**, клас мережі має визначатися в діалогових вікнах **Властивості мережі** або **Класи Мереж** перед трасуванням. Якщо ви зміните клас поточної мережі на панелі трасування, цю зміну буде застосовано виключно до новоствореної мережі. Пам'ятайте, мережа існує незалежно від того, розведена вона чи ні.*

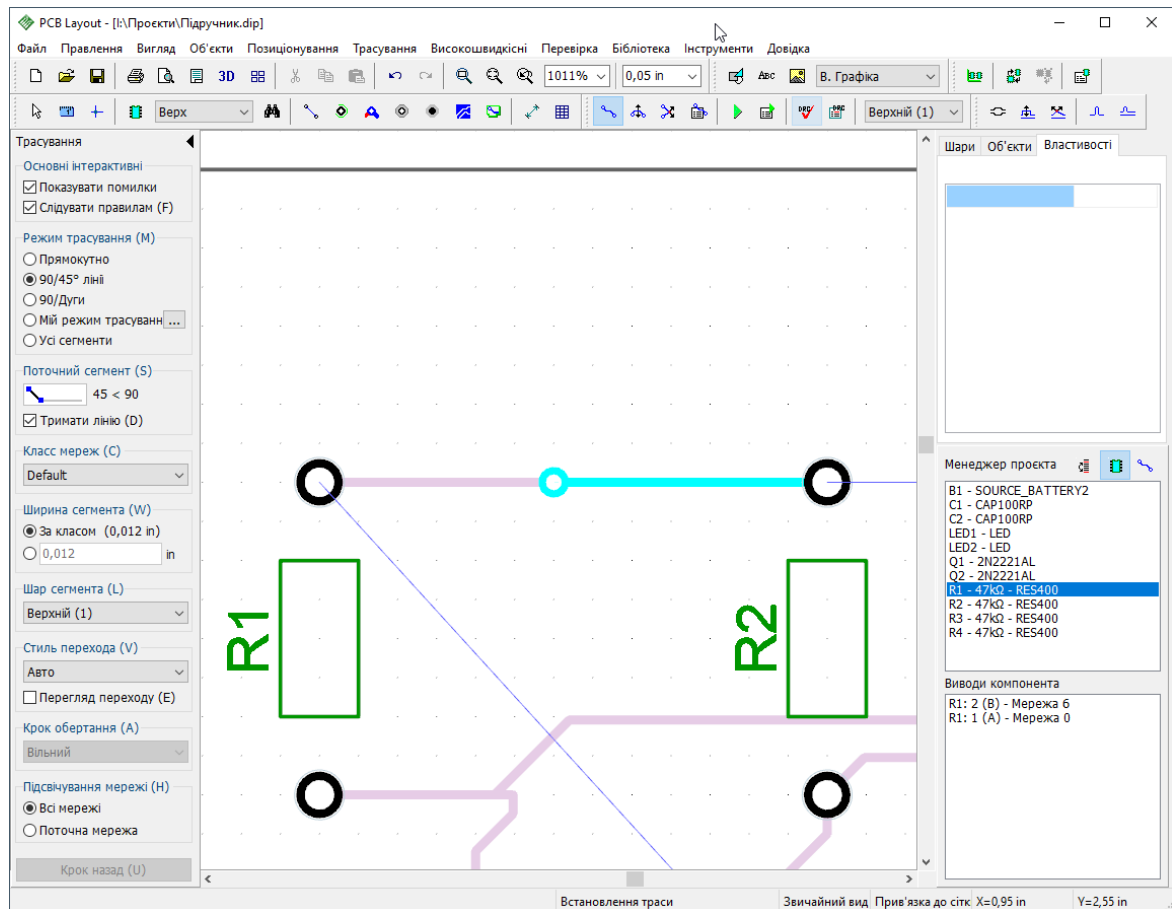
Запобігаючи створенню плутанини, працюватимемо лише з одним класом мереж.

DipTrase дозволяє змінювати шар трасованої доріжки. Видаліть дугу: клацніть правою кнопкою миші на ній і виберіть у підменю **Детрасувати лінію**. Також можна вибрати сегмент та просто натиснути гарячу клавішу **Del**. Встановіть режим трасування **90/45 лінії**, клацніть лівою кнопкою миші по першій контактній площинці (R1: 2) і проведіть трасу до довільної точки між першою і другою (R2: 2) контактною площинкою, клацніть лівою кнопкою миші, щоб зафіксувати її. Тепер активуйте **Перегляд переходів**, натиснувши гарячу клавішу **E**.

Використовуйте клавішу **V** для зміни стилю переходу, який буде автоматично розміщений при зміні шару трасування.



Натисніть **1** для переходу на верхній шар, та **E**, щоби вимкнути перегляд переходів. Під'єднайте доріжку до контактного майданчика R2:2.



Під час ручного трасування можна налаштувати підсвічування мереж. Для підсвічування трасування лише поточної мережі, а щоби доріжки інших мереж не позначалися взагалі, навіть за торкання їх у процесі трасування, то в розділі **Підсвічування мережі** на панелі **Трасування** виберіть варіант **Поточна мережа**.

У режимі ручного трасування **Крок назад** можна зробити за допомогою гарячої клавіші **U**. Зауважте, для прискорення ручного трасування багатьом діям надано гарячі клавіші:

F – увімкнути/вимкнути опцію "Дотримуватись правил";

M – переключити поточний режим трасування;

S або **Пробіл** – змінити сегмент;

D – фіксувати лише перший сегмент ламаних та заокруглених ліній;

W – змінити ширину траси;

T – переключитися у верхній шар;

B – переключитися в нижній шар;

L – швидкий вибір шару трасування;

J – встановити перетинки і перейти назад (якщо працюєте в нижньому шарі, перетинку буде встановлено у верхньому шарі та навпаки);

V – змінити стиль міжшарових переходів;

E – активувати перегляд динамічного міжшарового переходу;

A – змінити крок повороту доріжки;

H – змінити опції підсвічування;

1 до 0 на клавіатурі – швидке перемикання між шарами.

Для налаштування та зміни гарячих клавіш для різноманітних функцій та діалогових вікон, виберіть "Інструменти / Налаштування гарячих клавіш" з головного меню. Більше інформації про гарячі клавіші знайдете у Довідці DipTrace

Натисніть *Ctrl+Z* кілька разів, щоб повернути проєкт до стану, який був після автотрасування.

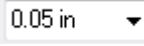
Режими редагування

Нагадаємо як створювати доріжки: виберіть "Трасування / Ручне трасування /

Додати трасу" з головного меню або натисніть , клацніть лівою кнопкою по одній КП, а потім по наступній КП. Переконайтеся, що вибраний потрібний шар (у нашому випадку нижній).

Редагування доріжок відбувається в інший спосіб. Натисніть  або просто клацніть лівою кнопкою миші по доріжці мережі та, затиснувши ліву кнопку, перетягніть її. Режим редагування траси дозволяє пересувати вже існуючі доріжки зі збереженням кутів, під якими розташовані їхні сегменти (90 або 45 градусів). Утворюючи додаткові сегменти траси прямі кути можна легко зрізати до 45 градусів. Якщо потрібно рухати доріжку без збереження кутів, то скористайтеся режимом вільного редагування – "Трасування/ Ручне

трасування/ Вільне редагування" з головного меню або кнопка .

Змінійте розмір сітки за необхідності (скористайтеся списком, що випадає, на Стандартній панелі  або комбінаціями клавіш *Ctrl+знак плюса* і *Ctrl+знак мінуса*). Якщо потрібного розміру сітки у списку немає, додайте його, вибравши "Вигляд/Зміна стандартних" у головному меню. Сітку можна вимкнути зовсім за допомогою гарячої клавіші *F11* або зняттям позначки в пункті **Сітка** у меню **Вигляд**. Налаштувати точність сітки та встановити мінімальне значення розміру сітки можна у діалоговому вікні "Вигляд/Точність" з головного меню.

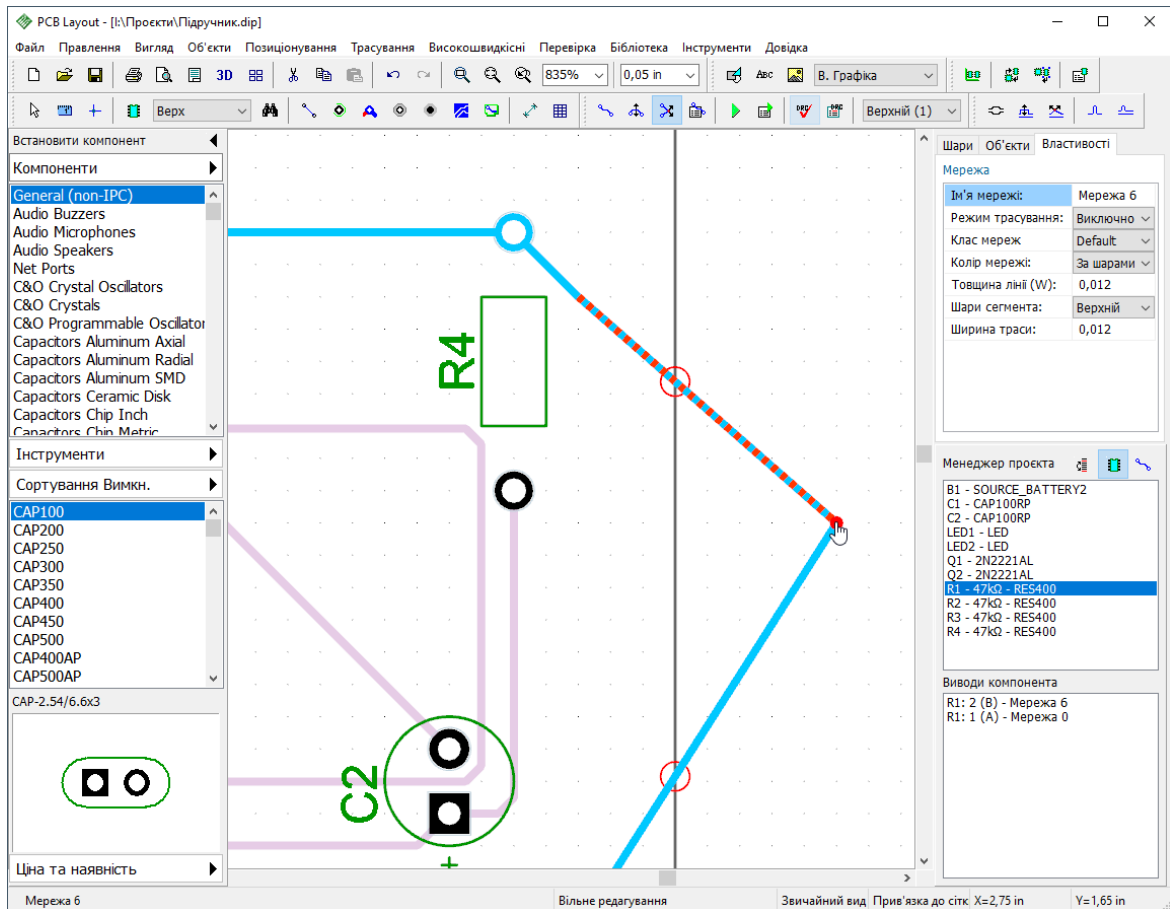
Зауважте, якщо ви не впевнені щодо поточного режиму, просто кілька разів клацніть правою кнопкою на вільному місці в області побудови, щоб відключити активний режим, скасувати вибір об'єкта і перейти в режим за замовчуванням.

Вузли доріжок

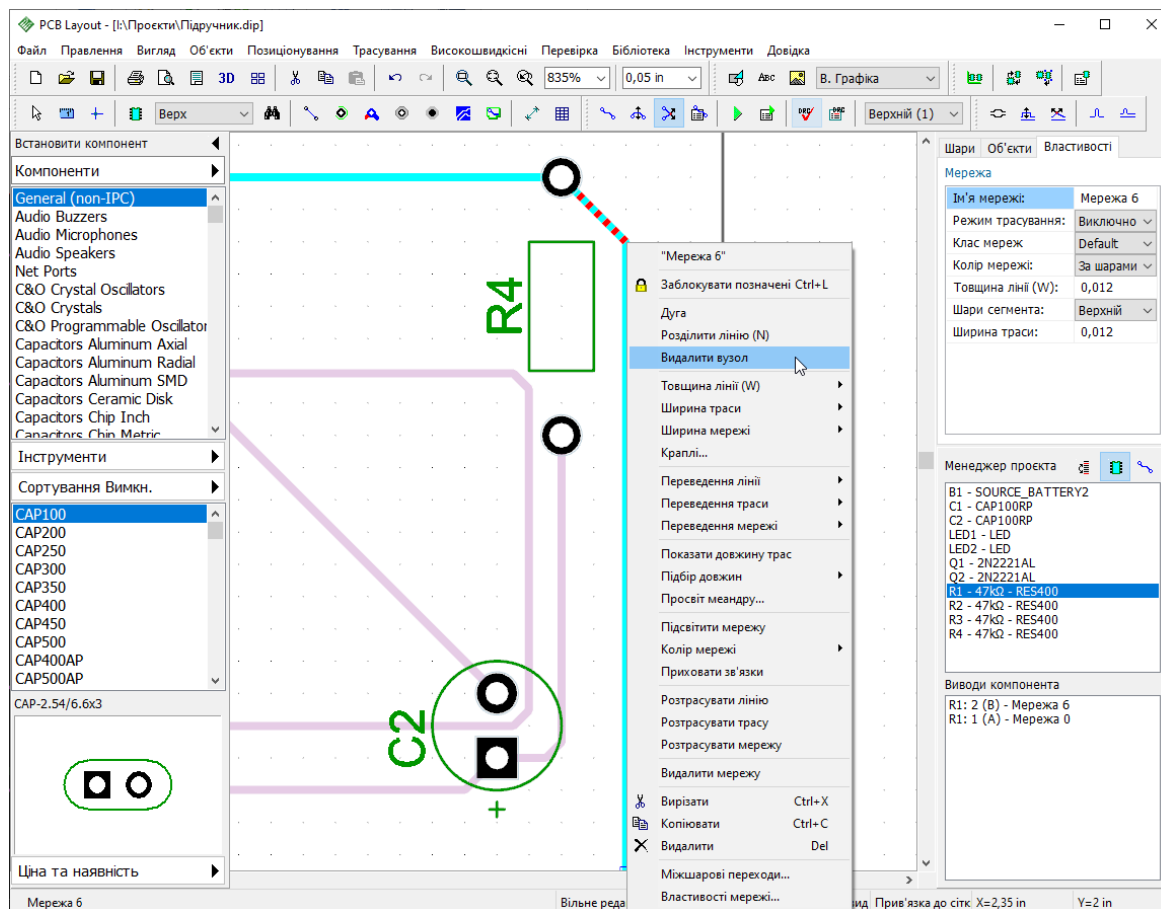
Будь-яка трасована мережа на платі поділяється на лінії та траси. Траса – це доріжка між двома контактними площинками мережі, а лінія – доріжка між двома вузлами траси. Вузол – це точка на трасі, яка поділює трасу на лінії. Вузли відображаються як маленькі квадрати або червоні крапки на обраній доріжці.

Додамо вузол: клацніть лівою кнопкою миші по будь-якій доріжці та натисніть *N* на клавіатурі або клацніть правою кнопкою по трасі та виберіть **Розділити**

лінію з підменю. Виберіть створений вузол і перетягніть за межі плати затиснувши ліву кнопку миші (вузол можна переміщувати тільки в режимі вільного редагування).



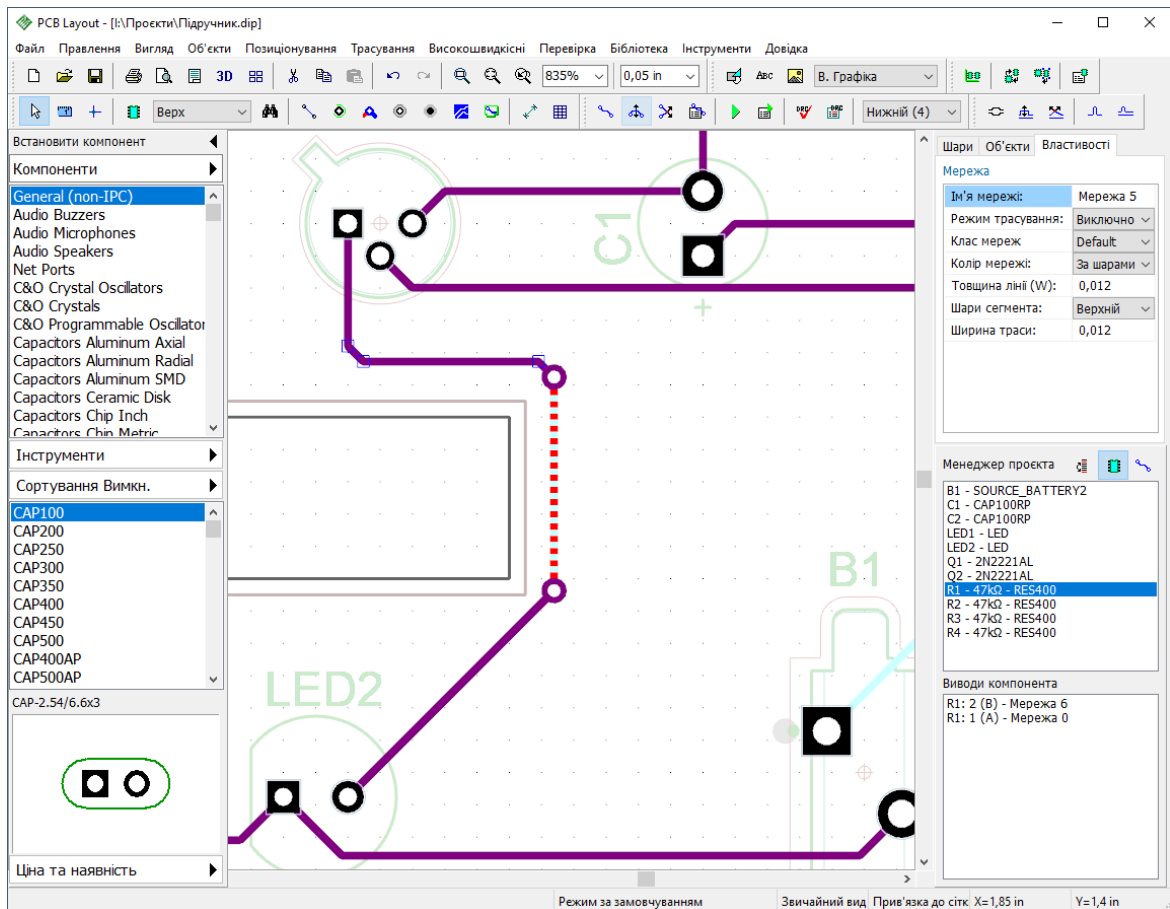
Скасуйте вільне редагування та клацніть правою кнопкою миші в області побудови, щоб повернутися до стандартного режиму. Якщо будь-який вузол більше не потрібний, його можна видалити – клацніть вузол правою кнопкою миші та виберіть у підменю "Видалити вузол". У тому ж підменю можна змінити ім'я, колір, ширину і шар мережі, траси або сегмента тощо.



Зміна шару

DipTrace дозволяє перемістити існуючу мережу (трасу або її сегменти) на інший шар – клацніть правою кнопкою миші на трасі будь-якої мережі і виберіть "Переведення лінії / Верхній" або використовуйте список "Шар сегмента" на панелі **Властивості мережі** Менеджера проекту. Динамічні міжшарові переходи з'являються автоматично. Можна обрати декілька сегментів однієї або різних мереж за допомогою кнопок *Ctrl* або *Shift* та одночасно змінити їх властивості.

Зверніть увагу, гарячу клавішу Tab можна використовувати для перемикання між обиранням лінії, траси або всієї мережі.



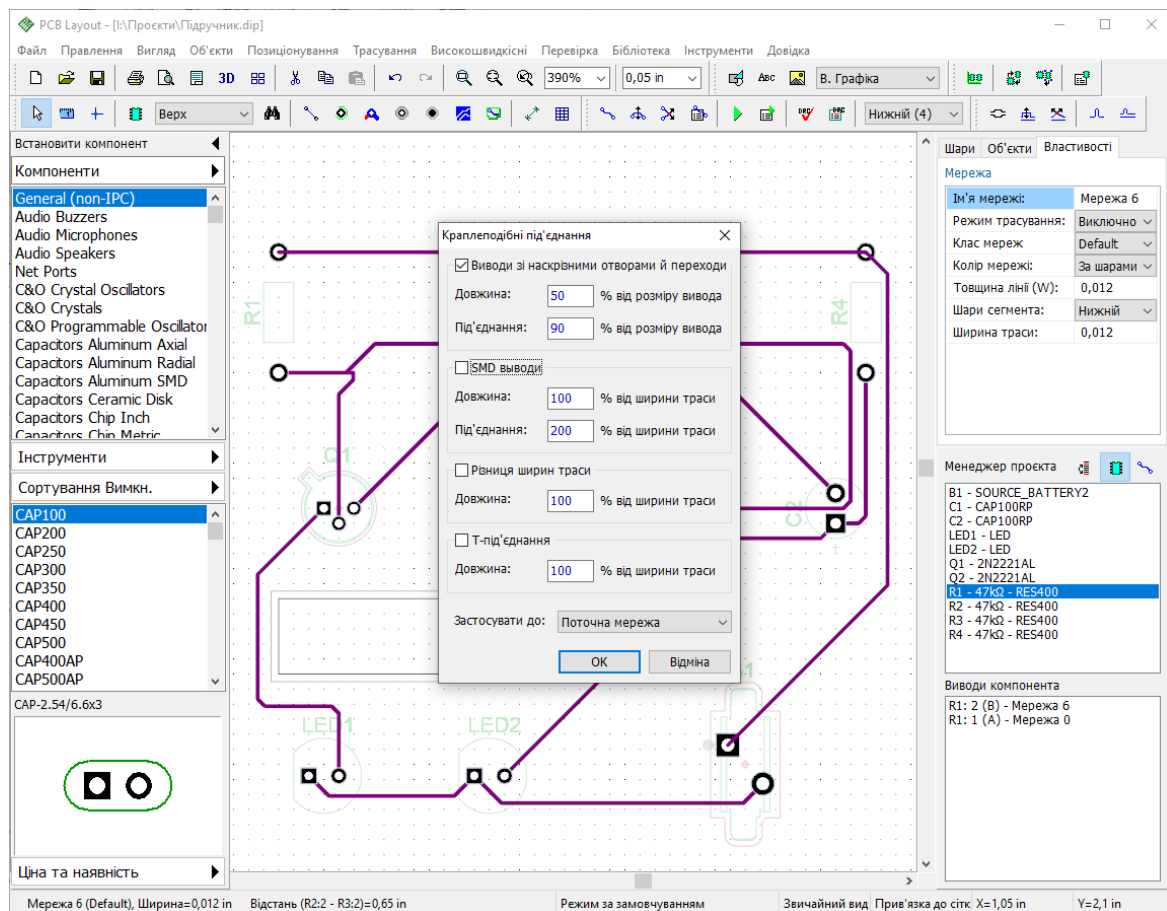
Тепер поверніть лінію мережі назад на нижній шар і виберіть нижній шар.

Краплі

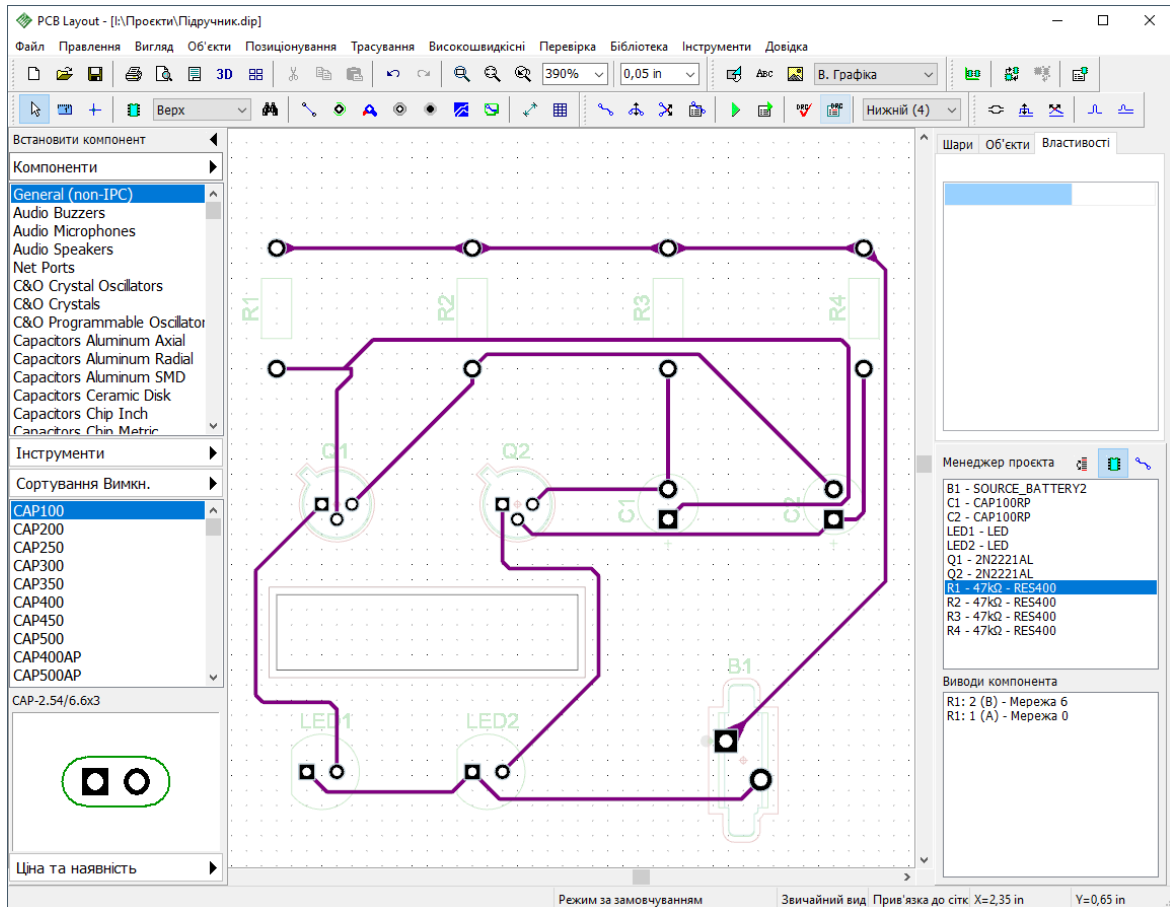
DipTrace дозволяє створювати краплеподібні елементи на стику перехідних отворів, контактних майданчиків і доріжок. Основна мета крапель – покращити структурну цілісність під дією термічних чи механічних навантажень у процесі виготовлення, а також збільшити виробничі допуски.

У PCB Layout параметри краплеподібних під'єднань встановлюються залежно від розміру контактної площинки/перехідного отвору або доріжки, а застосувати їх можна до одного або кількох обраних об'єктів, або до всіх об'єктів на платі визначеного типу.

Погляньмо, як використовувати цю функцію. Клацніть правою кнопкою миші на Мережі 6 в області побудови або у списку мереж на панелі **Менеджера проєкту** та виберіть **Краплі** з підменю. У спливаючому діалоговому вікні позначте **Виводи з наскрізними отворами та переходи** та встановіть значення 50% для параметра **Довжина**, а для **Під'єднання** – 90% від розміру виводу. Не будемо встановлювати параметри крапель для SMD-виводів та Т-під'єднань трас тому що їх немає у поточному проєкті. У списку **Застосувати до** виберіть **Поточна мережа**.



Як бачите, стики між доріжжками та всіма виводами з наскрізними отворами, що належать до Мережі 6, мають форму краплі.



Також можна додавати краплі до окремих контактних площинок або перехідних отворів – просто використовуйте аналогічний діалог, який запускається з підменю відповідних об'єктів для встановлення їх параметрів.

Створити краплі у всіх місцях з'єднань траси з певними об'єктами плати (контактні площинки з наскрізними отворами, міжшарові переходи SMD тощо) можна використовуючи діалогове вікно Додати/змінити краплі (Трасування/Краплі з головного меню).

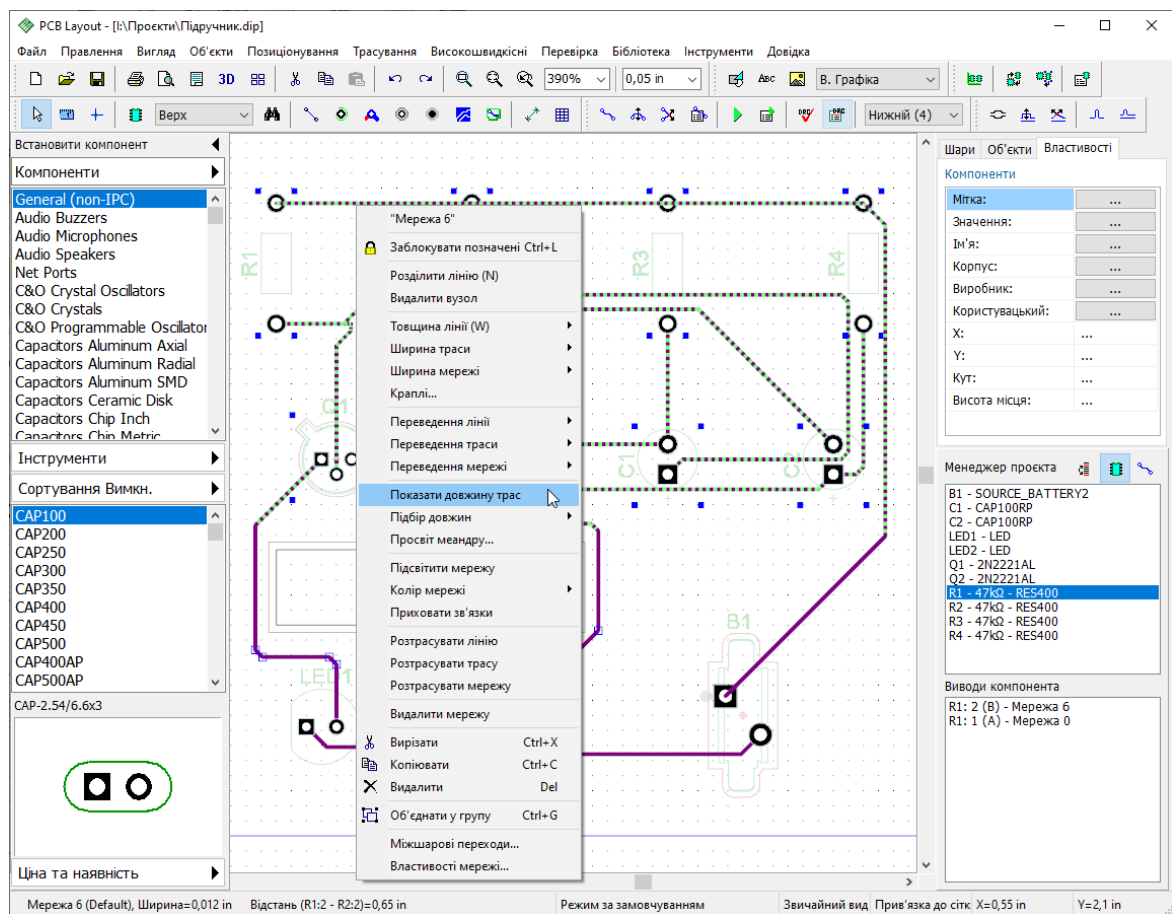
Скасуйте дію(дії), щоби видалити краплі.

2.7 Вимірювання довжини трас

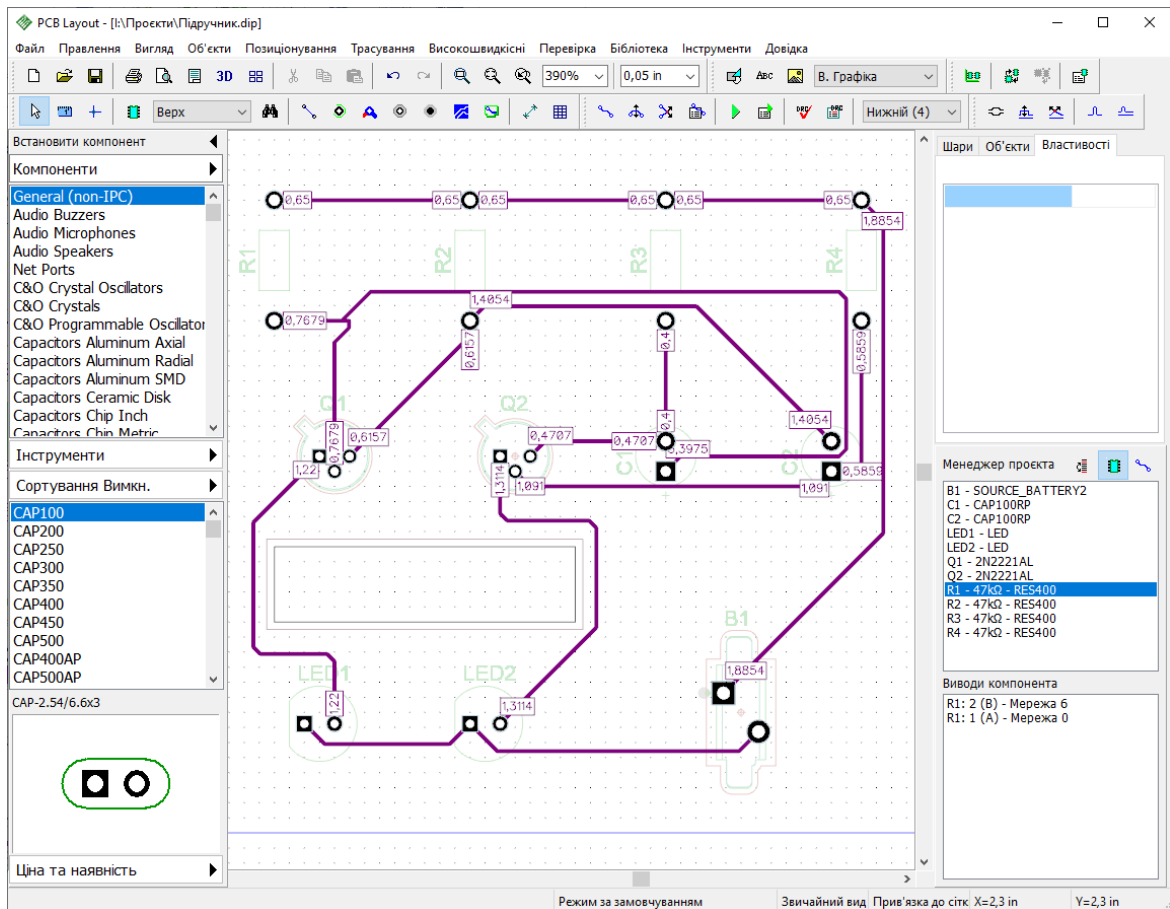
У поточному проекті інформація про довжину доріжок є надлишковою, але якщо потрібно працювати з високочастотними сигналами, цей параметр набуває великої ваги.

Довжина траси може міститися у підказці, що відображається при наведенні курсору на трасу: виберіть "Вигляд/Показувати коментар/Додати параметри об'єкта". Ця інформація може бути корисною, але недостатньою для інтерактивного коригування довжини трас.

Оберіть кілька трас (через прямокутну область або використовуючи клавішу **Ctrl** для вибору кількох доріжок). Клацніть правою кнопкою на одній із трас і виберіть **Показати довжину трас** із підменю.



З'являться невеликі прямокутні поля біля кожного виводу обраних мереж, в яких вказана довжина трас. Вони підсвічуються за наведенням мишею на обрану трасу. Значення довжини відображається у поточних одиницях вимірювання (дюймах у нашому випадку) та змінюється під час редагування траси.



Зверніть увагу, що DipTrace може розрахувати фазовий зсув з урахуванням товщини шарів (висота міжшарових переходів) та довжини з'єднань усередині компонента (визначеною затримкою сигналу).

За замовчуванням DipTrace не враховує ці значення для обчислення довжини траси. Якщо потрібно їх враховувати, перейдіть до "ВЧ Трасування/Вирівнювання довжини" в головному меню, потім натисніть кнопку  і позначте **Використати стос шарів** та **Використовувати затримки виводів** у діалоговому вікні **Налаштування вимірювання довжини та фази**.

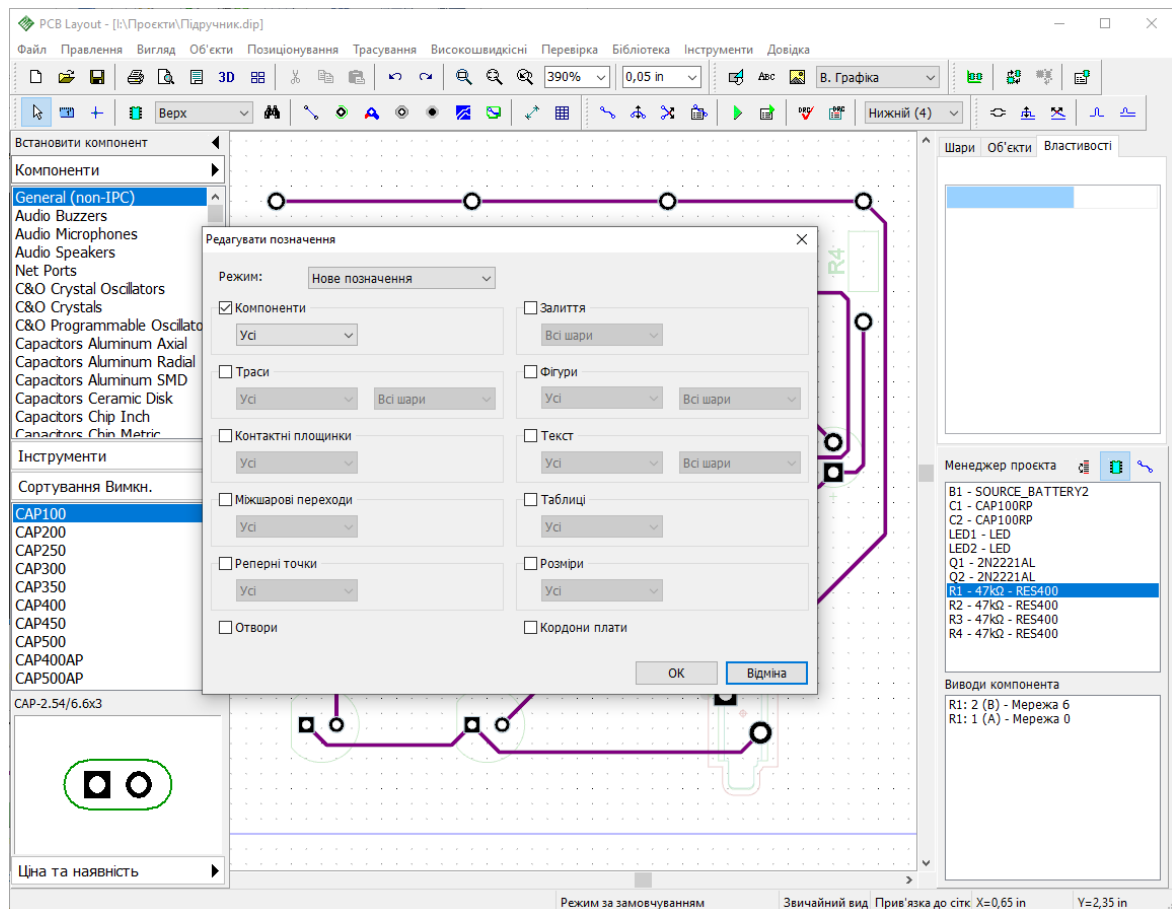
Тепер приховуйте довжину трас, використовуючи підменю мережі (клікніть той самий пункт знову) або натисніть **Крок назад** на панелі інструментів (**Ctrl+Z**).

2.8 Обирання об'єктів за типом, шаром

Іноді потрібно обрати лише об'єкти одного шару або лише компоненти, мережі, переходи тощо. На нашій платі це легко зробити за допомогою миші та кнопки **Ctrl**, проте на великих платах візуально відшукати та обрати необхідне може виявитися досить складним завданням.

Виберіть "Правлення / Редагувати позначення" з головного меню.

Для початку оберемо всі компоненти на платі, для цього просто поставте позначку **Компоненти** та натисніть **ОК**.



Обрано всі компоненти. Однак, зазвичай необхідно виділити об'єкти більш вибірково.

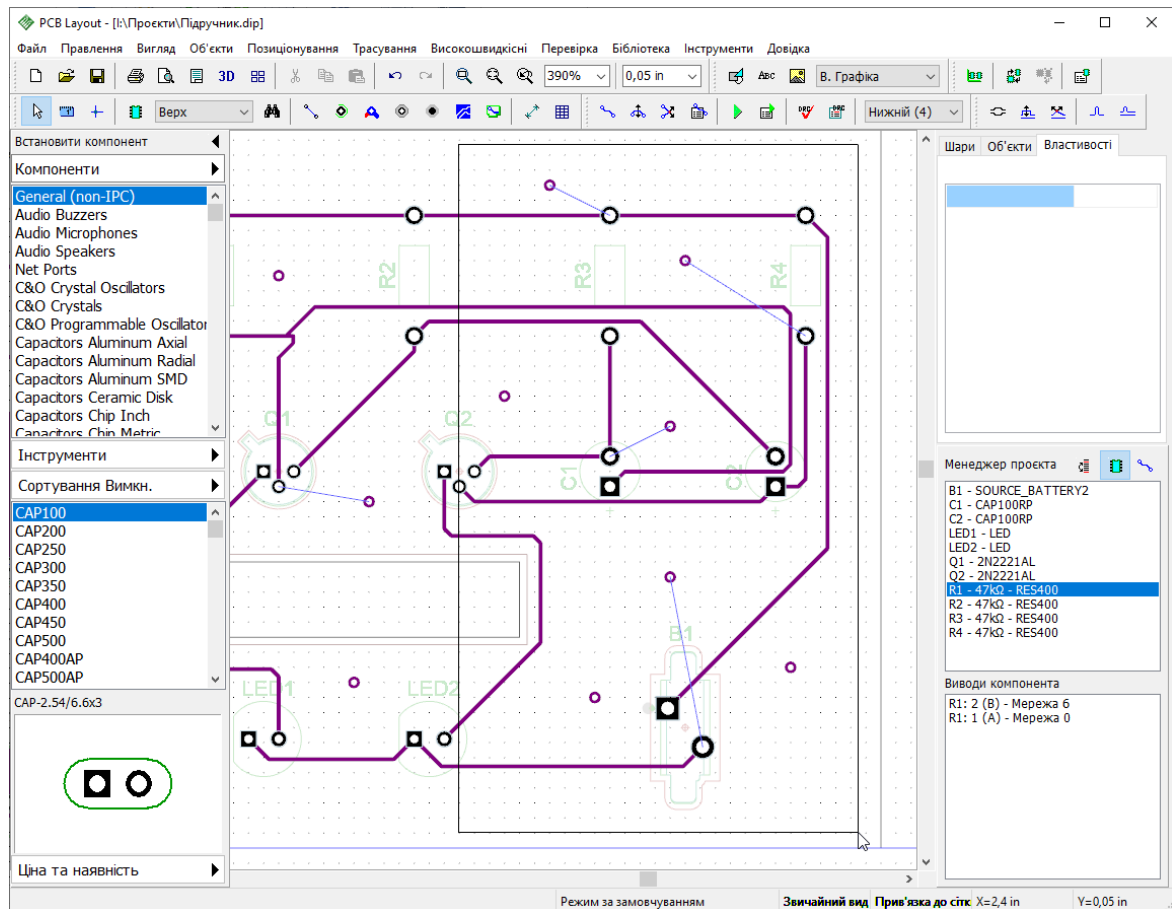
Ускладнімо завдання і спробуємо виділити тільки не підключені міжшарові переходи і тільки в деякій області плати.

Перш за все, скасуйте виділення компонентів, клацнувши правою кнопкою миші десь на порожньому місці. Тепер додайте кілька статичних міжшарових

переходів у різних місцях плати за допомогою кнопки  і під'єднайте **лише**

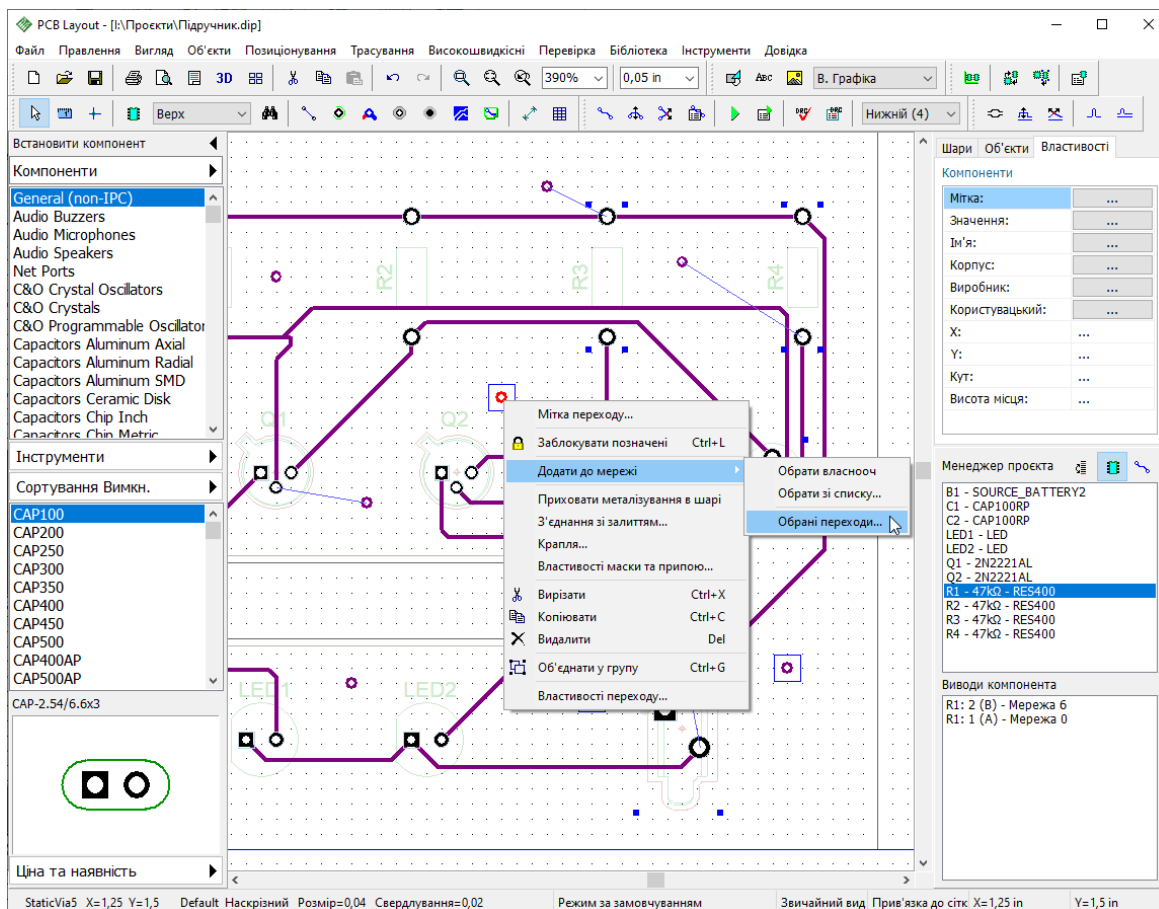
деякі з них до мереж за допомогою інструмента . Клікайте по міжшаровому переходу, а потім по контактній площинці, щоб створити мережу між ними.

Тепер вкажіть область обирання (так, щоб деякі як під'єднані так і непід'єднані переходи залишилися за її межами). Зверніть увагу, що ми знаходимося на нижньому шарі, де розташовані усі доріжки.



Всі об'єкти в заданій області обрано, але з них оберемо лише непідключені міжшарові переходи. Відкрийте "Правлення / Редагувати позначення" та змініть режим на **Залишити обраним**. Оберіть лише **Міжшарові переходи** (всі інші об'єкти мають бути невибраними), і **Непід'єднані** з меню **Міжшарових переходів**, що випадає. Натисніть **ОК** – і лише непід'єднані перехідні отвори виявляться обраними.

Наступним кроком буде під'єднання переходів до мережі. Клацніть правою кнопкою по одному з обраних міжшарових переходів, коли він буде підсвічений, і виберіть **Додати до мережі/Обрані переходи**. Зазвичай, таким способом користуються для підключення мідних заливок мереж землі.



Оберіть будь-яку мережу зі списку та натисніть **ОК**. Зверніть увагу, лише непід'єднані перехідні отвори буде під'єднано до обраної мережі.

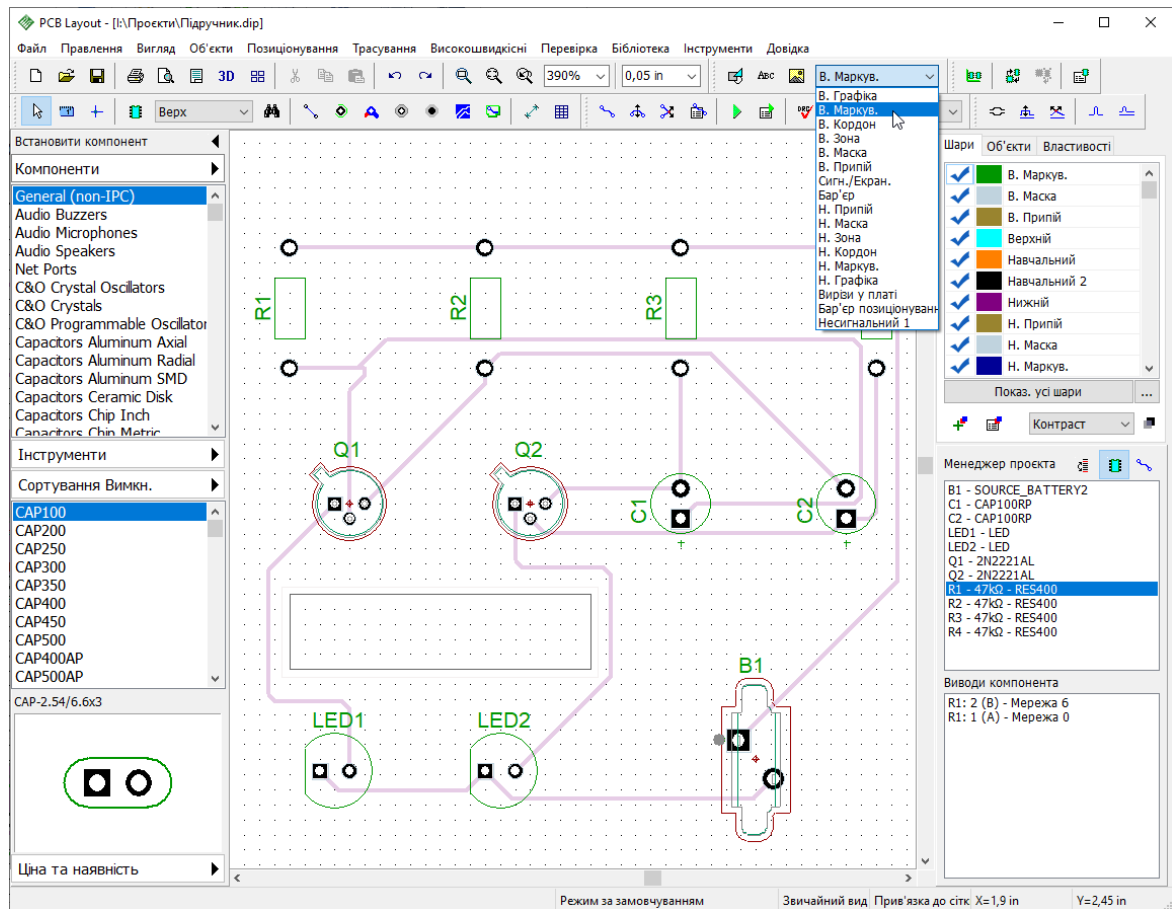
Тепер, коли ми розібралися з цією функцією, видаліть усі міжшарові переходи з плати, щоб повернутися до попереднього стану проєкту (виберіть усі міжшарові переходи та натисніть *Del*, або скористайтесь кнопкою "Крок назад").

2.9 Розташування текста та графічних елементів

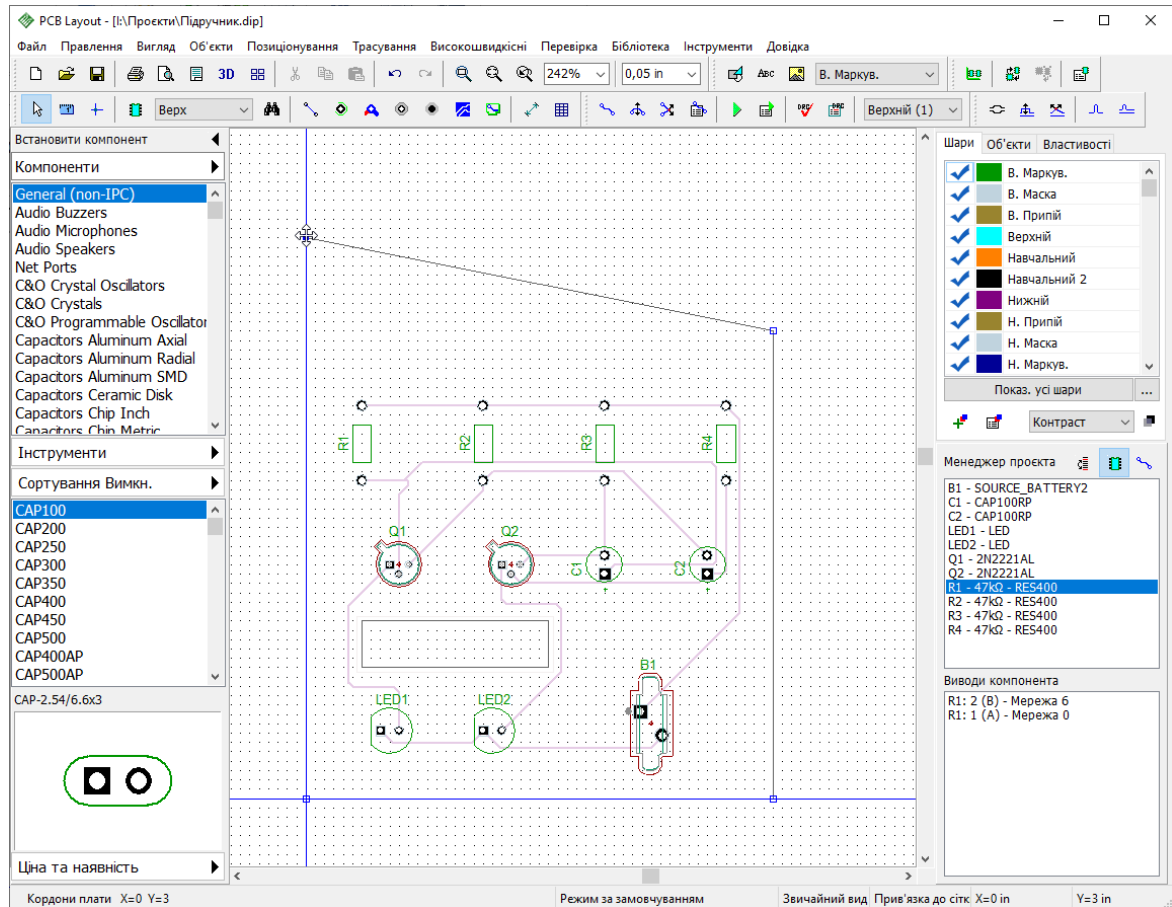
У DipTrace на плату можна додавати текст, фігури, зображення (логотипи) у форматах PNG, BMP, DXF або JPEG. Все це експортуватиметься до "Гербер"-файлів.

Додамо на плату текст. Перш за все, виберіть шар, на якому необхідно розмістити текст або малюнок (ми виберемо **Верхнє Маркування**), вибрати шар можна подвійним кліком на панелі **Шари** або у списку на Панелі малювання.

Якщо на панелі малювання вибрати Сигнал/Екран, то графічні елементи будуть з'являтися на поточному сигнальному або екранному шарі, який вибрано у списку на панелі трасування.



Треба зробити плату дещ більшою для додаткового тексту вгорі. Наведіть курсор на лівий верхній кут плати та перетягніть цю точку вгору. Клікати потрібно не по лінії кордону плати, а саме по точці. Пам'ятайте, вдало обраний розмір сітки істотно спрощує роботу.



Тепер посуňte правий кут, як і лівий.

Якщо потрібно перемістити кордони плати, просто перетягніть їх, затиснувши ліву кнопку миші на лінії, а не на точці.

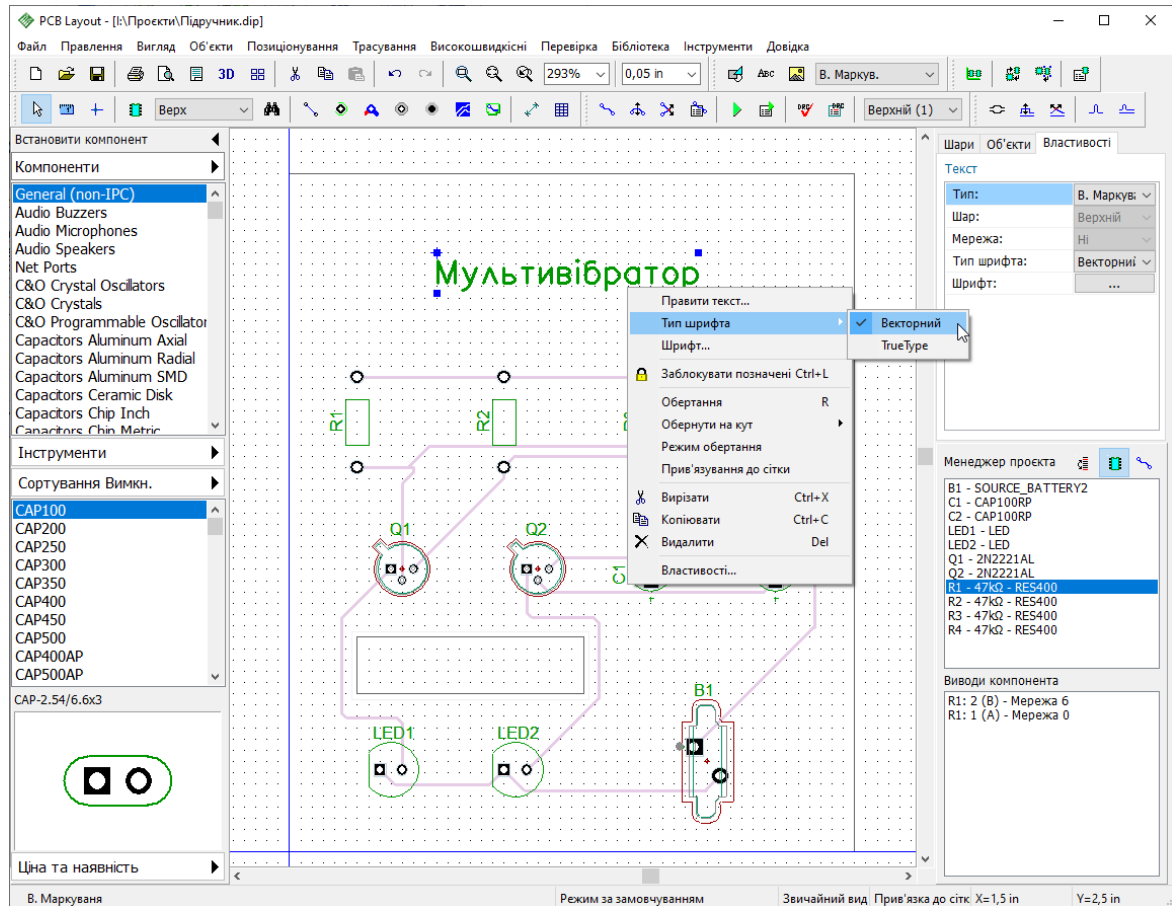
Зауважте, якщо ви не можете обрати потрібні об'єкти або редагувати їх, можливо, ви не в режимі за замовчуванням. Правий клік по порожньому місцю в області побудови поверне у цей режим.

Об'єкти, розміщені в неактивних сигнальних/екранних шарах, неможливо редагувати (за винятком випадків, коли активовано режим **Контраст з редагуванням** ("Вигляд/Відображення шарів/ Контраст з редагуванням"). Тому звертайте увагу на те, який шар є поточним.

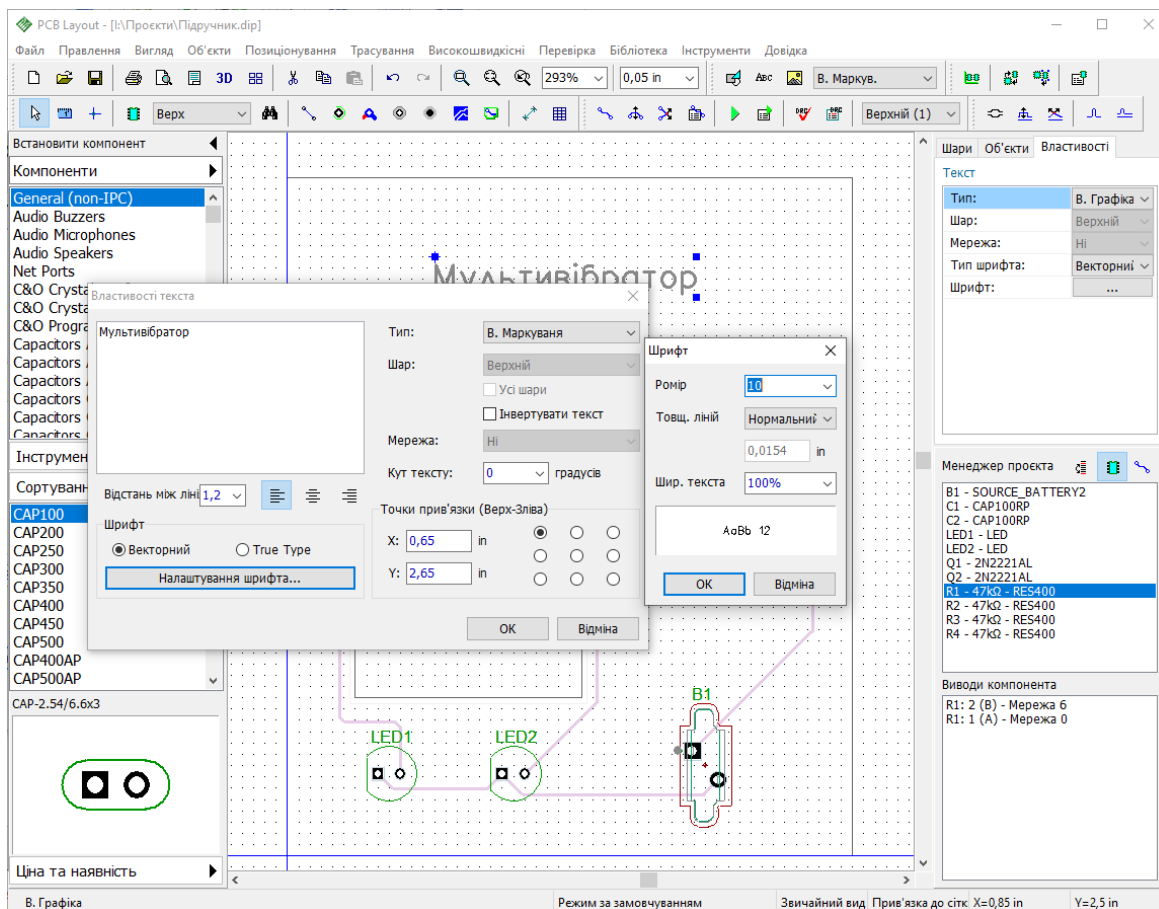
Натисніть кнопку  на панелі малювання, потім натисніть лівою кнопкою там, де бажаєте розташувати текст, введіть текст, натисніть *Enter* для переходу на наступний рядок. Клацніть правою кнопкою миші на вільній області, щоби повернутися до стандартного режиму.

Використовуйте мишу або клавіші стрілок (об'єкт має бути обраний попередньо) для пересування тексту на платі, доки не знайдете оптимальне положення. Пам'ятайте про налаштування зручного кроку сітки. Якщо обрано текстовий об'єкт, на панелі **Менеджера проєкту** у вкладці **Властивості** можна зробити налаштування шрифту, типу (векторний або TrueType) та шару. Також можна змінити параметри тексту, вибравши відповідні пункти з контекстного меню.

Радимо використовувати векторні шрифти, оскільки безпосередньо вони експортуються до "Гербера". Однак, коли потрібно використовувати спецсимволи, TrueType стане у нагоді. Шрифти такого типу експортуються до "гербер" у вигляді дрібних ліній (їх генерує спеціальний алгоритм).



Текстовий об'єкт розташований у шарі цювографії та успадковує колір шару. Якщо потрібно змінити колір тексту, перемістіть текстовий об'єкт у шар **Верхня графіка**, а потім змініть колір цього шару. Ви можете змінити параметри текстового об'єкта в будь-який час, клацніть його правою кнопкою миші і виберіть у підменю **Властивості**.



У спливаючому діалоговому вікні можна редагувати текст, параметри його відображення, кут повороту, положення та координати точки прив'язки. У списку, що розкривається, можна вибрати **Тип текстового об'єкта** і перемістити його на інший шар, а також визначити інші властивості (наприклад, створити бар'єр трасування, що використовується для автотрасування тощ). У нашому випадку, просто залишаємо цей текст на шарі **Верхнє маркування**.

Зауважте, опція "Інвертувати текст" дозволяє розташовувати текст, який буде витравлено у шовкографії або мідній заливці.

Інші графічні елементи, як-то фігури, можна розташовувати у шарах складання, маски, пасти, сигналу, бар'єру трасування, а також у шарах контуру плати та вирізів. Властивості таких фігур можна визначити у діалоговому вікні "Властивості фігури" (Правий клік/Властивості).

2.10 Створення заливтня

Мідні заливтня використовуються на платах як малоімпедансний провідник для мереж землі та живлення. Найчастіше заливтня розташовуються у внутрішніх шарах плати, але можуть бути і у верхньому або нижньому шарі.

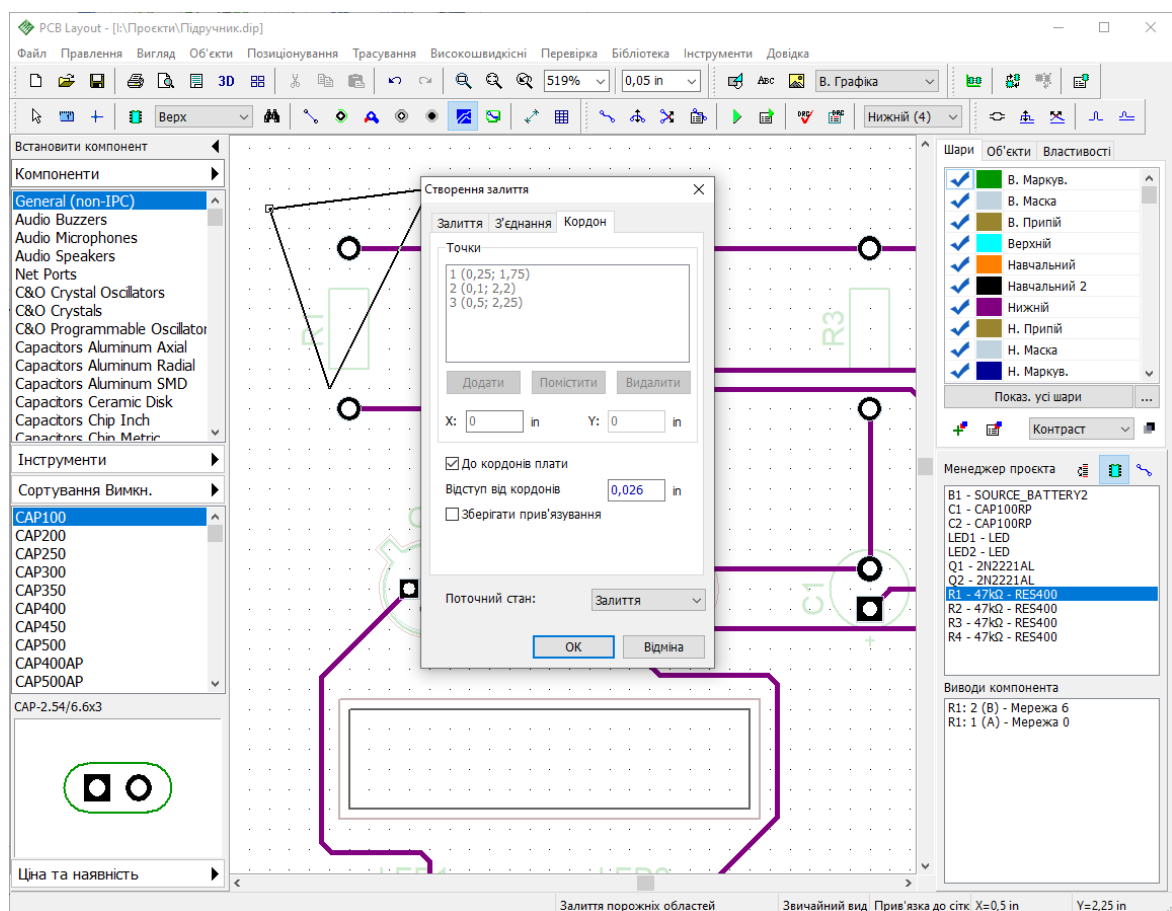
Як встановити мідне заливтня

DipTrace дозволяє створювати мідне заливтня для плат будь-якого розміру. Спочатку встановіть розмір сітки 0.025 дюйма. Виберіть нижній шар, потім "Об'єкти/Заливтня порожніх областей" у головному меню або натисніть кнопку



з **Панелі об'єктів**. Тепер намалюйте полігон заливки на платі клацаючи лівою кнопкою для створення вузлових точок. В останній точці клацніть правою кнопкою миші та виберіть **Введення** з підменю – з'явиться діалогове вікно **Створення заливки**, яке дозволяє налаштувати параметри та під'єднання заливки. Нам потрібно створити заливку, яке вкриє всю нижню поверхню плати. Можна намалювати його вручну, але це досить довго. Створімо спочатку полігон будь-якої форми (наприклад, як на малюнку нижче) і потім скористаємося спеціальною функцією **За кордонами плати** (діалогове вікно Створення заливки, вкладка Кордони). Поверхня вкриється заливкою автоматично.

Ви можете змінювати розмір сітки на свій розсуд у будь-який момент розташування або редагування мідного заливки.



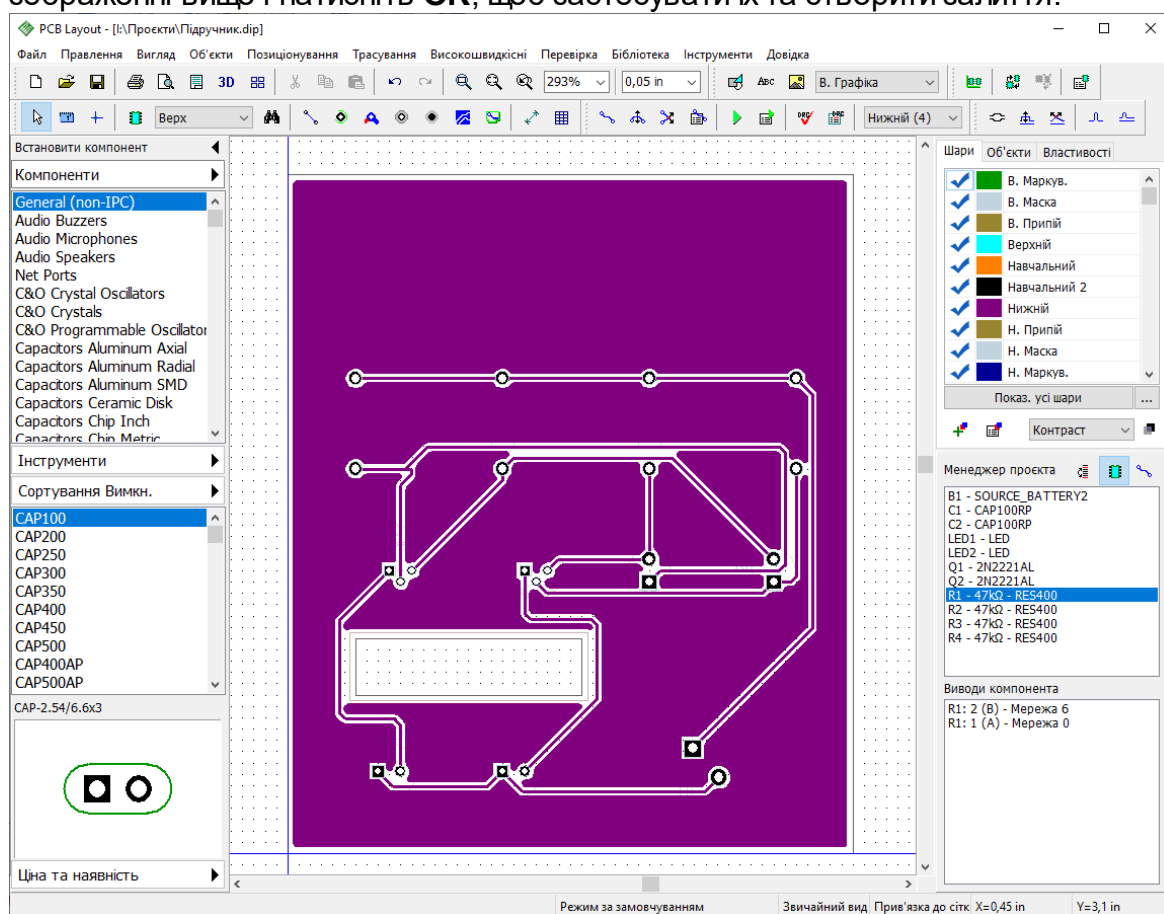
У діалоговому вікні створення заливки є три вкладки: Залиття, З'єднання та Кордон.

Залиття – дозволяє вибрати тип заливки, встановити проміжки, ширину ліній, проміжки між ліній, опції видалення острівців, параметри пріоритету та стану (заливка або її межі). Параметр проміжку класу мереж можна застосувати як проміжок заливки скориставшись відповідною позначкою. DipTrace має безсіткову систему створення заливки. Область металізування формується з ліній фіксованої ширини. Параметр **Між лініями** використовується, якщо вибрано заливку несучільного типу.

З'єднання – тут можна під'єднати заливку до якоїсь мережі проекту, встановити типи термобар'єрів для компонентів поверхневого монтажу та монтажу в отвори. Параметр **Приховувати зв'язки** автоматично показує сині лінії зв'язків лише у випадку, якщо немає електричного з'єднання, або налаштувати інші варіанти відображення ліній зв'язку.

Кордон – встановити або змінити кордони полігону заливки. Опція **За кордонами плати** зекономить час, створюючи полігон заливки на всю плату (з урахуванням визначених проміжків). Якщо активна опція **Зберегти прив'язку**, полігон заливки буде змінюватися після зміни кордонів плати.

Поставте позначку **За кордонами плати**, інші параметри вкажіть, як на зображенні вище і натисніть **ОК**, щоб застосувати їх та створити заливку.



Проміжок контуру плати, визначений у налаштуваннях заливки міді, не застосовується до вирізів плати. Завжди розміщуйте бар'єр трасування для забезпечення певного проміжку між мідним заливкам та вирізом, як ми це зробили раніше.

Заливка може бути у двох станах: Заливка або Кордон. Другий режим дуже зручний для редагування об'єктів у шарі зі заливкам, адже тоді відображаються лише межі заливки. Для зміни стану заливки, його оновлення та для того, щоб відкрити діалогове вікно властивостей клацніть правою кнопкою по межі заливки (а не по самій заливці), виберіть **Стан** та необхідний варіант із підменю. Коли заливка обрана, його параметри можна змінювати на панелі

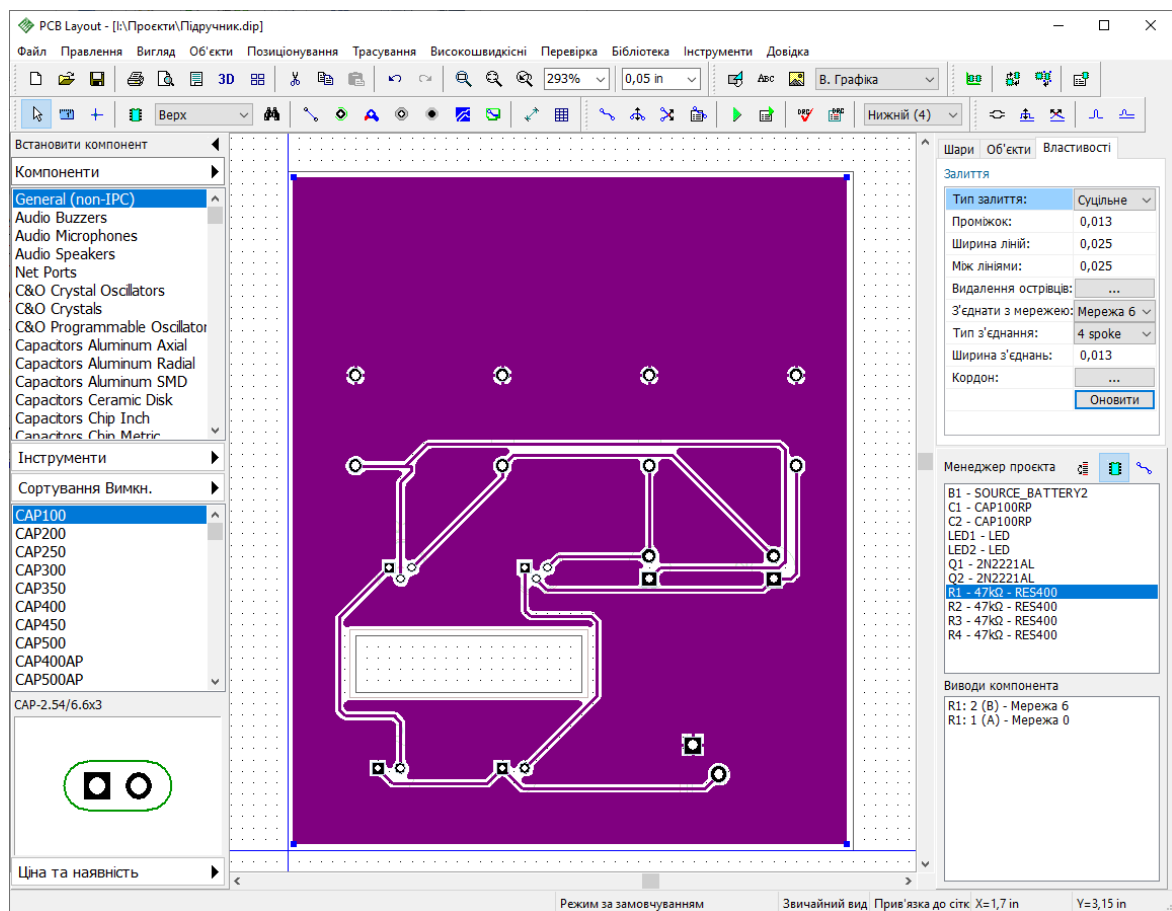
властивостей у верхньому правому куті екрана, яка з'являється замість списку шарів.

Наша плата містить заливтє, але його не під'єднано. З'єднаймо дві різні мережі за допомогою двох заливтє на одному шарі плати.

Під'єднання мідних заливтє

Детрасуйте одну з мереж на платі (наприклад, Мережу 6, що з'єднує резистори з батареєю), клацніть правою кнопкою по трасі та виберіть **Детрасувати мережу**. Запам'ятайте її ім'я (ми детрасували Мережу 6). Тепер, клацніть правою кнопкою по кордону заливтє, виберіть **Властивості**, перейдіть на вкладку **З'єднання**, виберіть **З'єднати з мережею: Мережа 6**. Встановіть тип термобар'єрів (**Тип з'єднання: 4 Spoke**). SMD-компонентів на платі немає, тому ставити для них інший тип буде зайвим. Натисніть **ОК** для оновлення заливтє.

Зауважте, для доступу до діалогового вікна властивостей заливтє обов'язково потрібно натискати на кордоні заливтє (а не на кордоні плати або по площі заливтє).



Сині лінії з'єднань обраної мережі приховані, а контактні площинки мережі під'єднані до заливтє за допомогою обраних термобар'єрів.

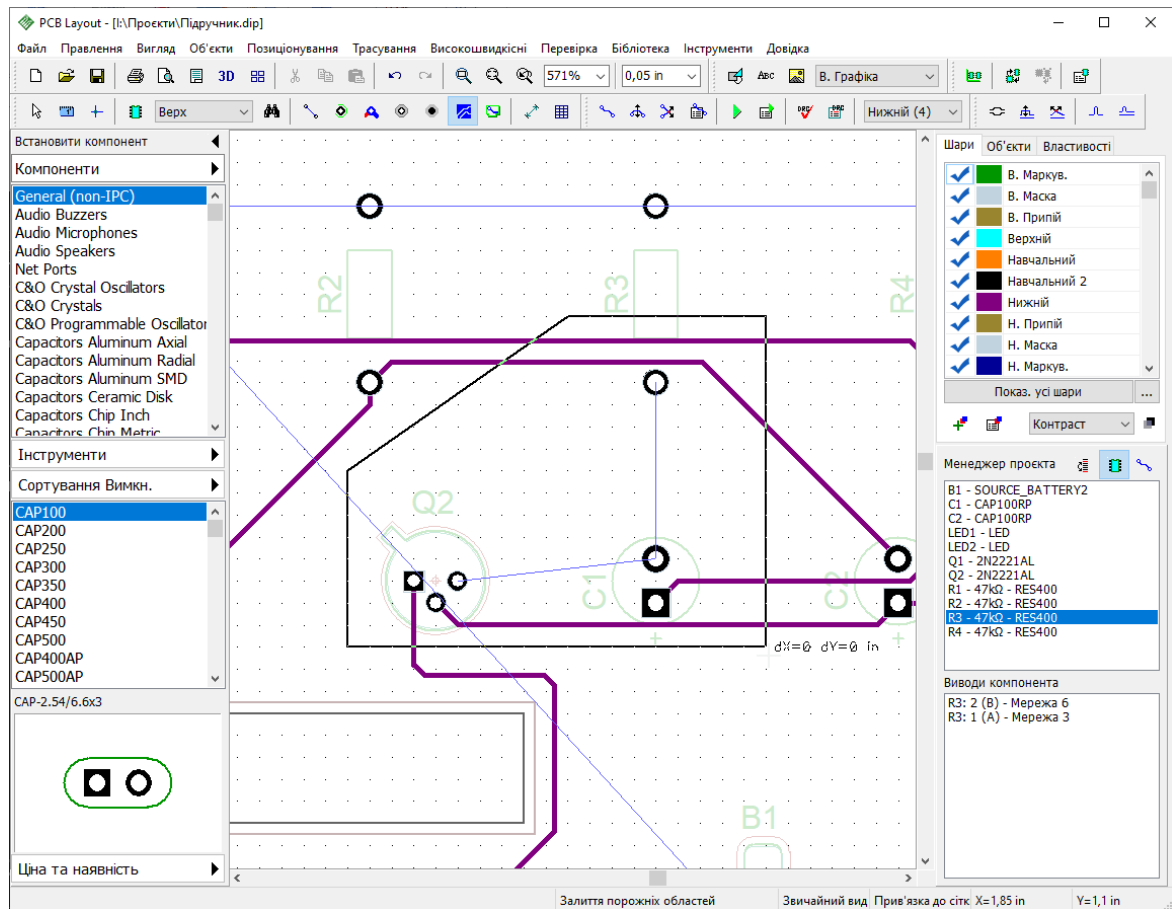
DipTrace дозволяє розташовувати на одному шарі кілька заливтть та під'єднувати їх до різних мереж проєкту. Виберіть другу мережу для під'єднання через заливття, наприклад, мережа яка з'єднує виводи R3:1, C1:2 і Q2:3. У нашому випадку це Мережа 3. Детрасуйте обрану мережу, потім клацніть правою кнопкою по краю заливття та відкрийте діалогове вікно **Властивості заливття**. У цьому вікні встановіть **Поточний стан: Кордони**, але не закривайте його.

Пріоритет заливтть

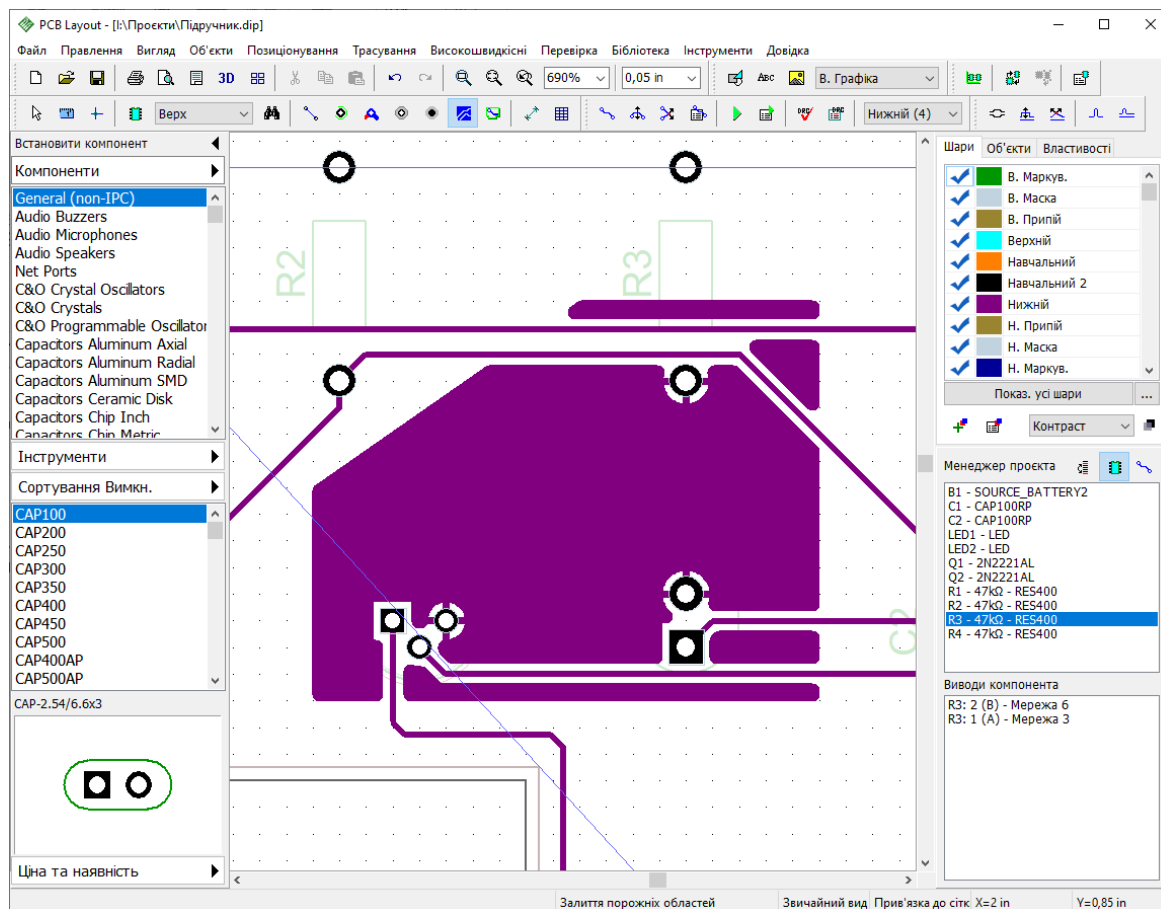
Тепер давайте встановимо рівень пріоритету заливття. У вкладці **Заливття** в полі **Пріоритет заливття** введіть значення 1. Можна ввести будь-яку цифру, все залежить від кількості заливтть, щр планується на одному шарі. Чим менше значення, тим вищий пріоритет цієї заливки; тобто заливка зі значенням 0 матиме більш високий пріоритет, ніж заливття зі значенням 1.

Зауважте, за замовчуванням в усіх заливтть встановлено значення 0. Якщо заливття з однаковим пріоритетом перетинаються, то **Перевірка проєкту** повідомить про численні помилки.

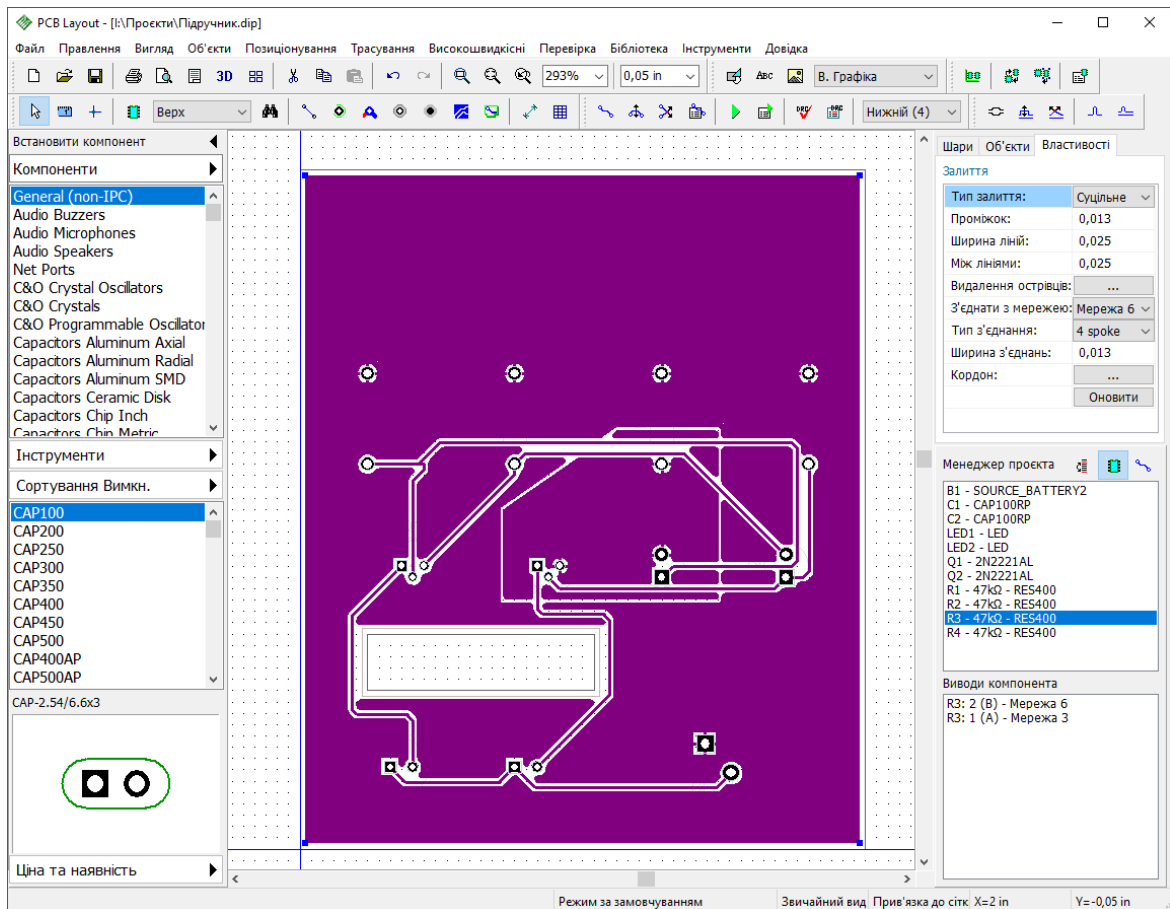
Натисніть **ОК**, для застосування нових установок. Зверніть увагу, сині лінії з'єднань з'явилися автоматично. Це вказує на те, щр мідне заливття є в незалитому стані. Переконайтеся, щр Мережа 3 детрасована, після чого виберіть інструмент для створення мідного заливття (Об'єкти/Заливття порожніх областей) і намалюйте друге заливття так, щрб контактні площинки детрасованої мережі (Мережа 3) були з'єднані, як на малюнку нижче.



Завершіть створення полігону, натиснувши клавішу *Enter*. У діалоговому вікні властивостей заливки у вкладці **З'єднання**, під'єднайте заливку до детрасованої мережі (Мережа 3), оберіть тип під'єднання **4 spoke** і натисніть **ОК**, щоби нове заливка з'явилося на платі.



Тепер виберіть перше залиття, під'єднане до Мережі 6. Клацніть правою кнопкою її кордону і в підменю виберіть **Стан**, а потім **Залиття**. Ви побачите, що тепер на цьому шарі розташовано два залиття, що з'єднують дві різні мережі. Велике залиття, яке з'єднує Мережу 6, змінило свою форму, адаптуючись під інше залиття, оскільки для першої встановлено нижчий рівень пріоритету.

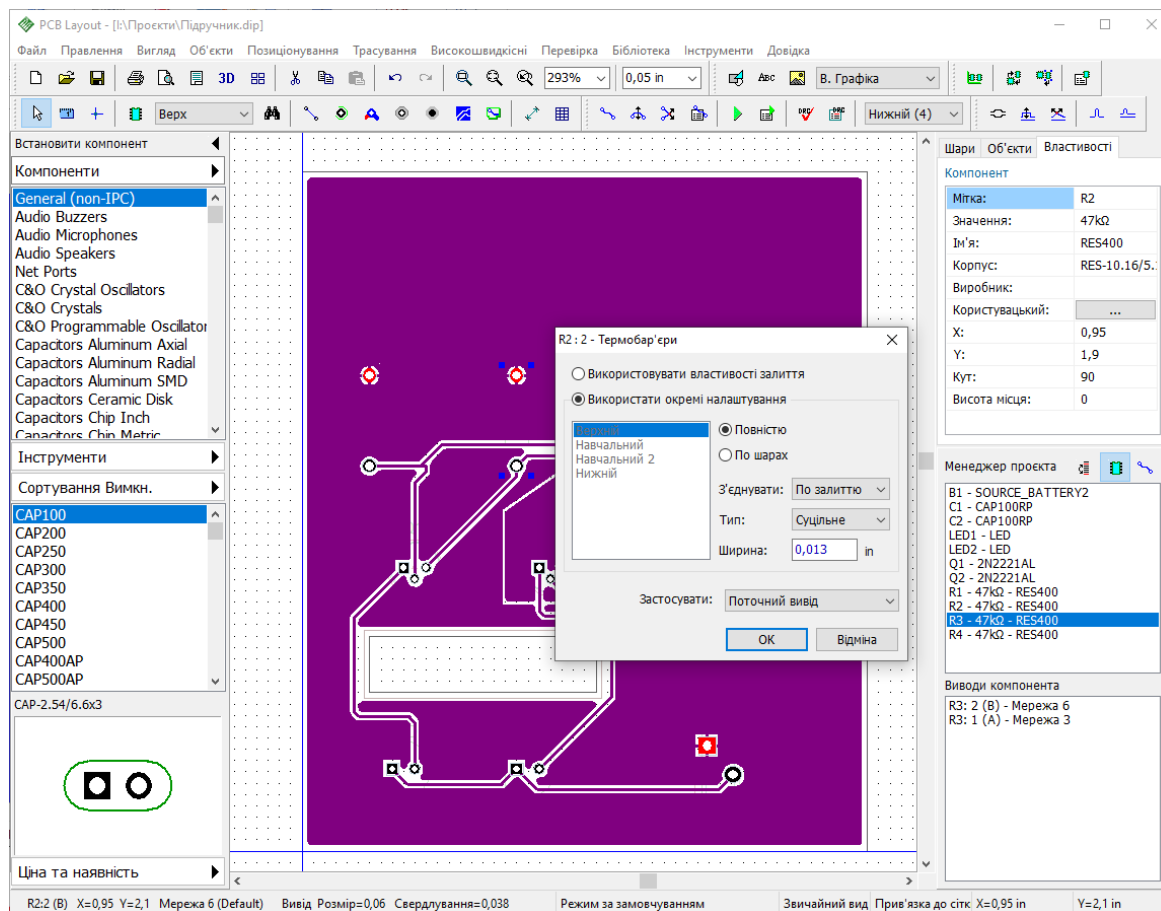


Тип термобар'єру

Ви вже знаєте, як встановлювати термобар'єри для всіх контактних площинок мережі у властивостях заливки, але іноді необхідно, щоб окремі контактні площинки під'єднувалися до заливки в інший спосіб. Такі ситуації можуть виникати, коли, наприклад, один із виводів мережі фізично не може бути під'єднаний за допомогою стандартного термобар'єру заливки.

DipTrace дозволяє будь-якому виводу мати власний тип під'єднання. Для прикладу з'єднаємо один із виводів резистора R2 зі заливкою без термобар'єру. Тобто, встановимо суцільне з'єднання. Наведіть мишу на вивід (щоб він підсвітився), клацніть правою кнопкою і виберіть **З'єднання зі заливкою з підменю**. У діалоговому вікні клацніть **Використовувати користувацькі налаштування** та оберіть тип **Суцільне під'єднання**.

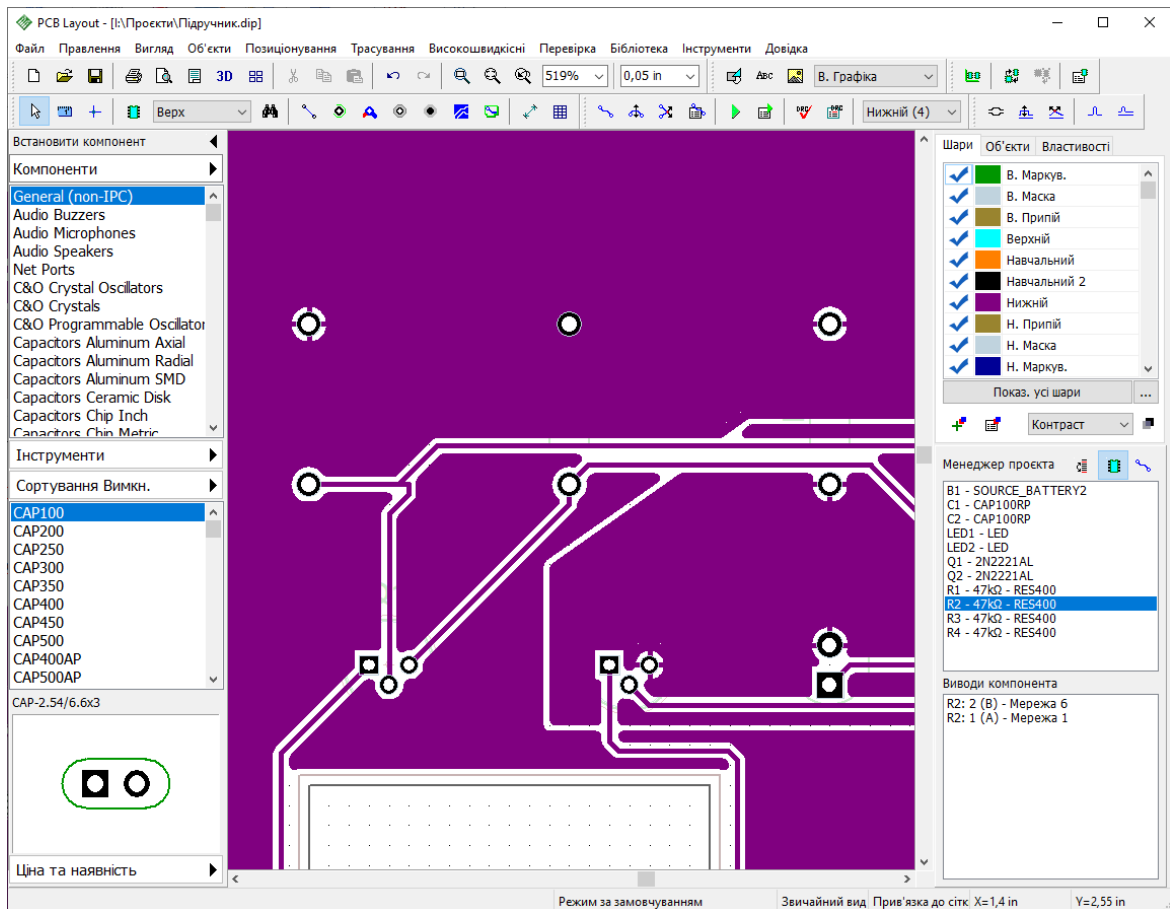
Деякі контактні площинки можуть від'єднатися після розміщення мідної заливки через вибраний тип термобар'єра та структуру розведення (про такі випадки повідомить перевірка цілісності мереж), але встановлення індивідуальних налаштувань термобар'єрів для контактних площинок допоможе вам вирішити цю проблему.



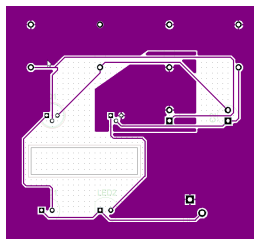
Після зміни параметрів термобар'єру, клацніть **ОК**, для набуття чинності змін, а діалогове вікно закрилося. Потім клацніть правою кнопкою контур заливття та оберіть **Оновити** в підменю. Тепер вивід R2:B під'єднаний до заливття суцільним з'єднанням.

*Усі заливття плати можна оновити автоматично, для цього в **Об'єкти** головного меню виберіть **Оновити всі заливття**.*

Для практики, аналогічним чином встановіть термальні під'єднання різних типів для інших виводів резисторів.



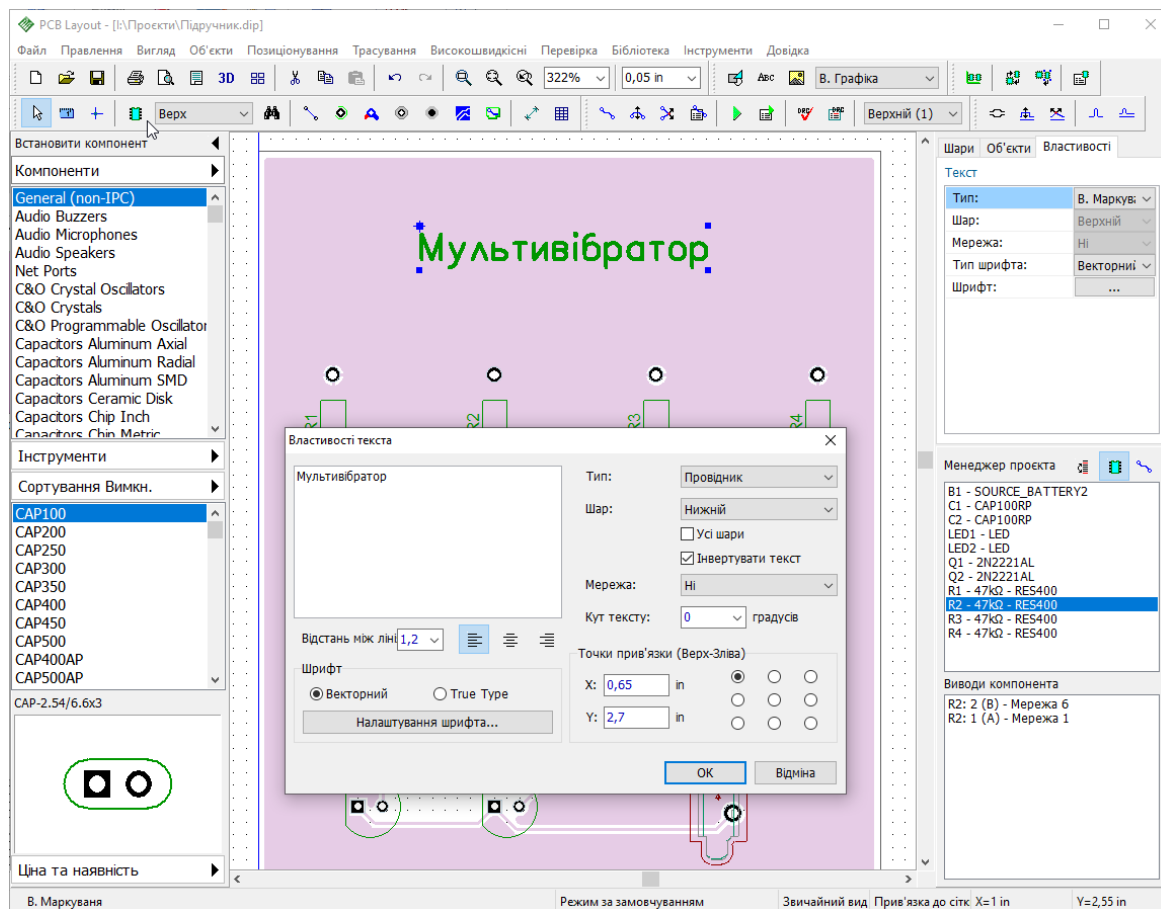
На зображенні вище ви бачите, що для одної контактної площинки першого резистора ми встановили тип підключення **4-spoke 45 градусів**, другого – під'єднується безпосередньо, а третього – термобар'єр **2-spoke 90 градусів**.



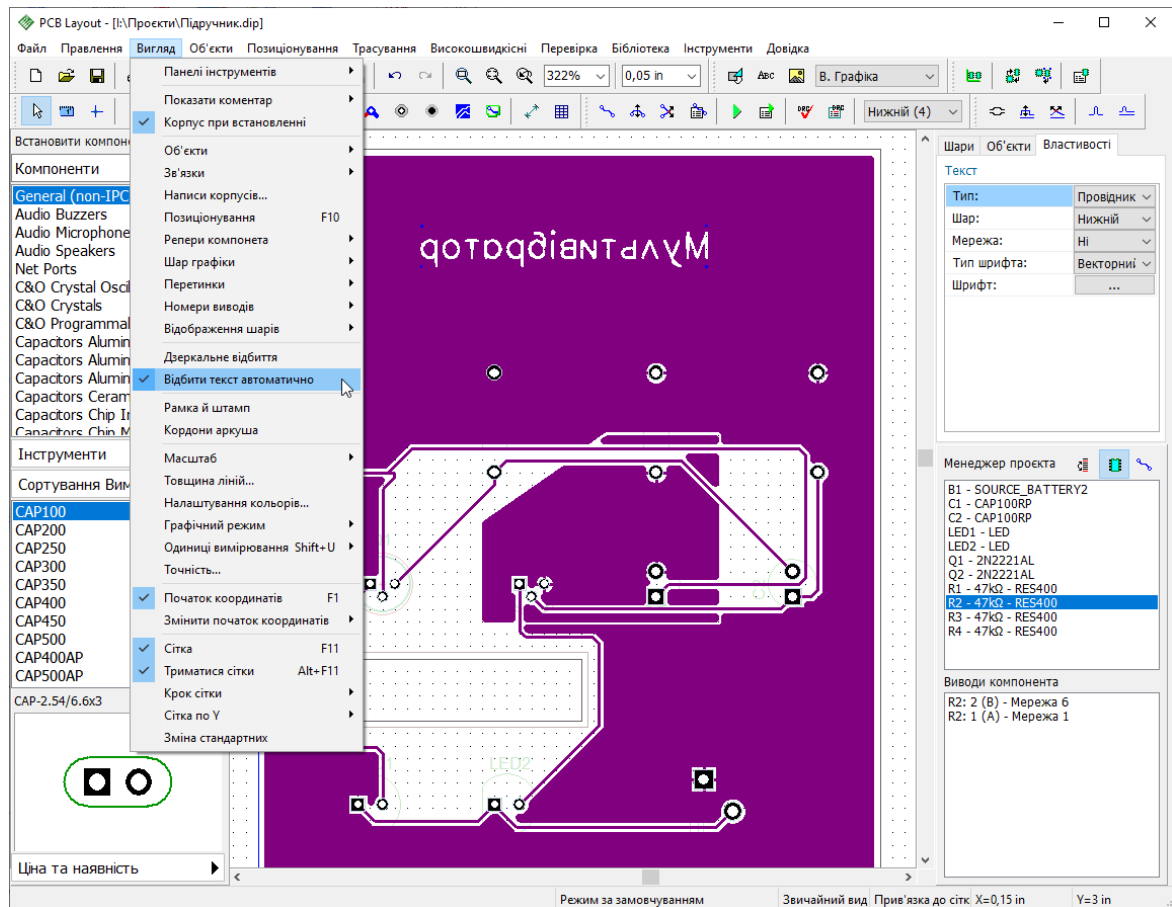
Коли заливка використовується в екранних шарах для живлення та землі, SMD-виводи з'єднуються зі заливкою за допомогою міжшарових переходів. Переходи можуть бути створені автоматично за допомогою функції створення переходів або автотрасувальником.

Як бачите, на нашій платі утворилося кілька непід'єднаних островців заливки. Їх можна прибрати автоматично. Для цього необхідно відкрити діалогове вікно **Властивості заливки** (правий клік по кордону заливки, **Властивості**) та у вкладці **Залиття**, у розділі **Видалення островців** поставити позначку **Непід'єднані**. Натисніть кнопку **ОК**.

Розмістимо текст, що буде витравлено у мідному заливці. Перейдіть на верхній шар, на якому ми раніше розмістили текст. Клацніть правою кнопкою миші текстовий об'єкт і відкрийте діалогове вікно **Властивості**. Виберіть **Тип – Провідник**, Шар – **Нижній** та позначте **Інвертувати текст**. Натисніть кнопку **ОК**.



Тепер нам потрібно переключитися на нижній шар і оновити мідне залиття. Тепер видно, що текст був витравлений у міді та віддзеркалений (ви можете вимкнути функцію **Відбивати текст автоматично** в меню **Вигляд**, щоб текст не відображався дзеркально на нижньому шарі).



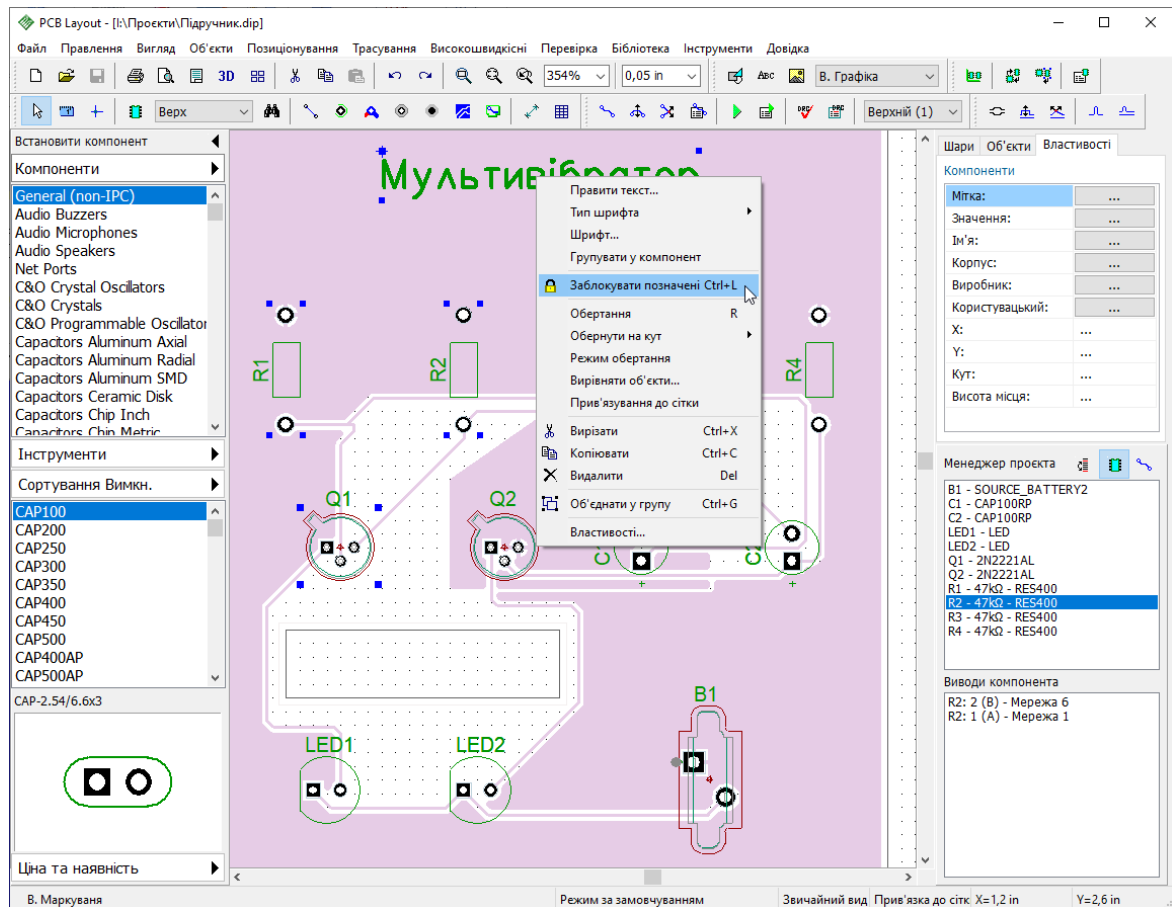
Скасовуйте зміни, доки текст не повернеться до шару В. Графіка, або просто змініть налаштування в діалоговому вікні **Властивості** тексту. Збережіть проект.

2.11 Блокування об'єктів

Іноді необхідно заблокувати деякі об'єкти на платі для запобігання їхньому випадковому переміщенню або зміні властивостей.

Перейдіть на верхній шар і виберіть кілька об'єктів проекту. Клацніть правою кнопкою по одному з них та виберіть

Заблокувати обрані в підменю або натисніть **Ctrl+L**.



Зауважте, заблоковані об'єкти підсвічуються менш контрастно, ніж незаблоковані (у нашому випадку колір схожий на колір мідної заливки, тому ми змінили режим відображення шарів і зробили видимим тільки активний шар (список, що випадає в нижній частині панелі **Шари**)). Підказка для таких об'єктів містить текст "Заблоковано". Ви не зможете переміщувати, змінювати розміри або редагувати заблоковані об'єкти.

Тепер розблокуйте всі об'єкти: оберіть все (*Ctrl+A*) і розблокуйте "Правлення/Розблокувати обране" з головного меню, або скористайтесь клавішами *Ctrl+Alt+L*.

Також можна блокувати компоненти після встановлення їх у верхній або нижній шар. Виберіть "Правлення/Блокування компонентів/Верхні (або Нижні)" з головного меню, щоб блокувати компоненти на відповідному шарі. Використовуючи блокування можна трасувати плату і не турбуватися, що деякі важливі об'єкти можуть бути випадково переміщені. Щоби розблокувати компоненти шару, виберіть той самий пункт головного меню ("Правлення/Блокування компонентів/Верхні (або Нижні)") ще раз.

Поверніться в режим контрастного відображення шарів, використовуючи список, що випадає, на вкладці **Шари** (Менеджер проєкту).

2.12 Перевірка проєкта

DipTrace має кілька функцій для перевірки плати проєкту. Всі опції об'єднані в пункті головного меню **Перевірка: Перевірка помилок трасування (DRC), Перевірка цілісності мереж та Порівняння плати зі схемою**.

Перевірка помилок трасування (DRC)

Ця функція є однією з найважливіших перевірок. Вона дозволяє користувачеві перевіряти відстані між різними об'єктами на платі, контролювати припустимі розміри об'єктів та параметри диференційних пар, щоб вони відповідали правилам трасування.

DRC працює у двох режимах: "Real-Time" (в реальному часі) та "Звичайний". Real-time DRC здійснює перевірку всіх дій користувача безпосередньо під час їх виконання. Наприклад, коли ви прокладаєте трасу або розташовуєте будь-який компонент надто близько до іншого об'єкта на платі (залиття, траси, переходу, компонента тощо), Real-time DRC за допомогою червоних кілець позначає в області побудови місця, де зазор стає менший за припустимий.

Якщо Real-time DRC повністю вимкнено, то жодних повідомлень про помилки ви не побачите доти, доки не запустите перевірку DRC у звичайному режимі, вибравши "Перевірка/Показати помилки трасування" з головного меню або натиснувши **F9**. В результаті з'явиться перелік помилок або повідомлення про їхню відсутність. Швидше за все, на нашій простій платі помилок не буде.

Щоб встановити правила перевірки, тобто встановити еталонні значення для перевірки DRC, з головного меню виберіть **Перевірка**, а потім **Параметри перевірки помилок**.

У діалоговому вікні чотири вкладки: **Відстань**, **Розміри**, **Real-time DRC** та **Додатково**.

Відстань – Встановіть проміжки між різними типами об'єктів. Якщо прибрати позначку **Усі шари**, то з'явиться можливість встановлювати для шарів різні параметри проміжків. Обирайте шар зі списку та вводьте потрібне значення. *Зауважте, параметри проміжків, що встановлюються в цьому вікні, не застосовуються до мереж, у яких у діалоговому вікні Класів мереж увімкнено властивість Використовувати проміжок у DRC або встановлені проміжки між класами.*

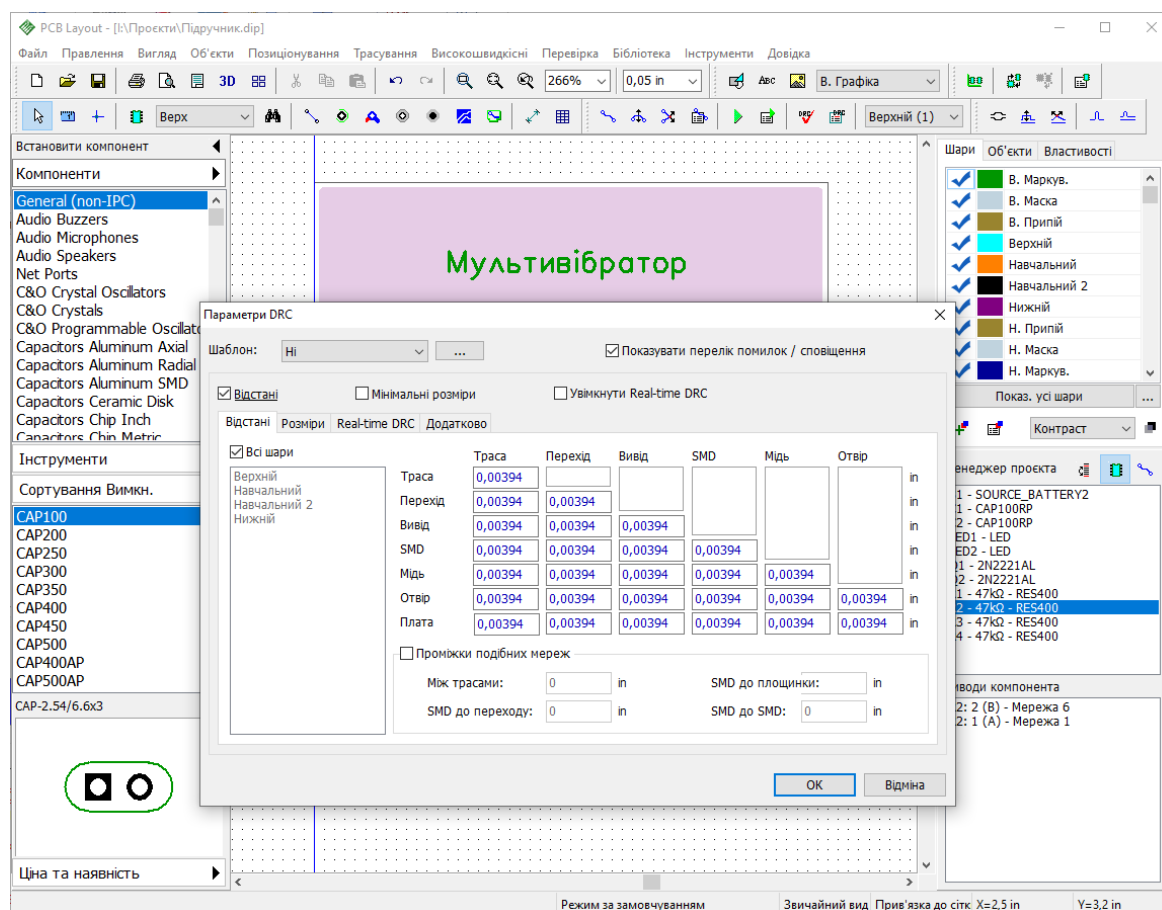
Якщо хочете перевірити зазори між певними об'єктами однієї мережі, Встановіть позначку **Проміжки для однакових мереж** та введіть відповідні значення.

Розміри – Встановлення максимальних та мінімальних допустимих розмірів для деяких об'єктів на різних шарах.

Real-time DRC – налаштування Real-time DRC. Перевірку в реальному часі можна увімкнути/вимкнути для деяких дій, наприклад, для ручного трасування, створення/редагування або переміщення об'єктів. Якщо прибрати позначку **Включити Real-time DRC** у верхній частині діалогового вікна, то перевірка буде відбуватися лише якщо ви запустите її власноруч. Однак, якщо увімкнути опцію "Показувати помилки" на панелі **Трасування**, це активує перевірку

правил у режимі реального часу при ручному трасуванні, навіть якщо позначку "Увімкнути Real-time DRC" знято – помилки будуть відмічені червоними кільцями. Крім того, при активації опції **Дотримуватися правил** контролюватиметься дотримання всіх правил проектування і не допускатиметься трасування сегментів трас, якщо виявлені будь-які порушення.

Якщо ви знімете позначки з усіх елементів на відповідній вкладці і залиште активним лише елемент **Увімкнути Real-Time DRC**, ви побачите помилки відразу після завершення певної дії, а не під час виконання. Наприклад, якщо позначений пункт "Переміщення об'єктів", ви побачите помилки перед розміщенням компонента в новому місці. Якщо цей параметр не позначений – ви побачите помилки одразу після його переміщення, при цьому немає необхідності запускати DRC окремо. Якщо позначку **Увімкнути Real-Time DRC** знято, ви не побачите жодних помилок (якщо ви не увімкнете опцію **Show Errors** для ручного трасування), доки ви не запустите DRC вручну. **Додатково** – додаткові опції перевірки.



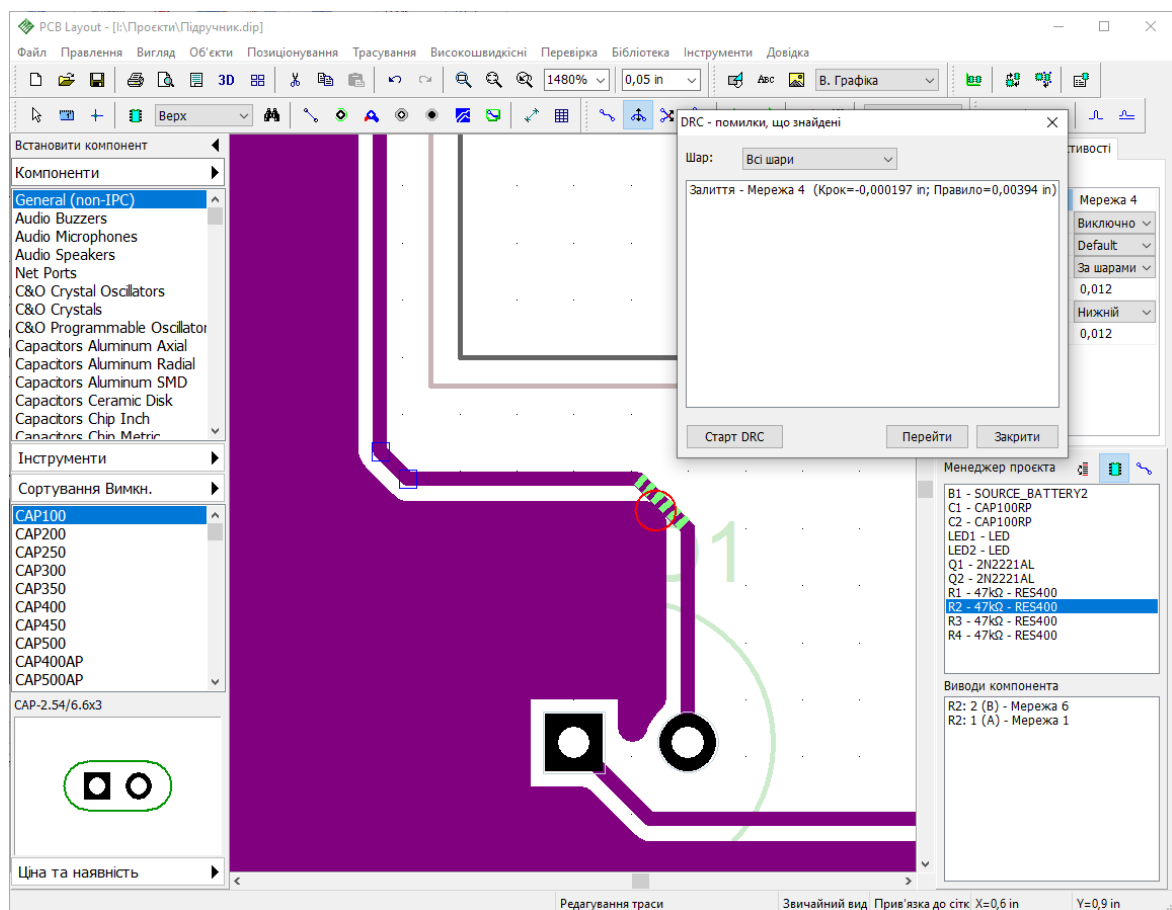
Для нашого проекту ми радимо прибрати позначки **Мінімальні розміри** та **Увімкнути Real-time DRC**. Переконайтеся, що встановлено позначки для опцій **Відстань** та **Показувати список помилок/повідомлення**. Залиште параметри, як на зображенні вище (ці значення досить малі, але все ж таки знаходяться в межах технічних можливостей більшості виробників друкованих плат).

Перейдіть на вкладку **Додатково** та виберіть опції **Перевірити правила між класами**, **Перевіряти заливття**, **Перевіряти перетинки** та **Шовкографію згори площинок**, а також будь-які інші параметри проекту, які ви хочете перевірити на відповідність. Натисніть **ОК**, щоби закрити діалогове вікно **Параметри DRC**.

Тепер подивімося, як працює перевірка правил проекту, що запущено власноруч. Радимо завжди запускати DRC вручну перед експортуванням "Гербер"-файлів, навіть якщо ви розробляли проект із включеною Real-time DRC. Так буде менше шансів зробити помилку.

На нашій платі помилок немає, тому їх доведеться створити навмисно. Перейдіть в нижній шар (виберіть **Нижній** на панелі трасування, або просто натисніть клавішу **B** (англ.)), вимкніть сітку (гаряча клавіша **F11**) і перемістіть одну або кілька ліній трас так, щоби вони торкалися заливття або іншої траси.

Тепер запустіть перевірку DRC, натиснувши кнопку  з Панелі трасування або гарячу клавішу **F9**. З'явиться вікно зі списком знайдених помилок (у цьому випадку одна помилка).



Кожна помилка у списку має пояснення, вказуються поточне та значення, яке має бути. Клацніть лівою кнопкою миші помилку в списку, а потім натисніть кнопку **Перейти**, або просто подвійний клік на помилці – і програма автоматично покаже місце, де сталася помилка. Червоні кільця – це помилки проміжків, пурпурові – порушення розмірів.

За допомогою списку **Шар**, що розкривається, можна включити відображення помилок по шарах, що зручно для багат шарових плат. У нашому випадку, просто поверніть доріжку на місце і натисніть **Запуск DRC**. На цей раз помилок не виявлено.

Перевірка цілісності мереж

Ця функція перевіряє, чи всі мережі проекту правильно з'єднані. Для нашої плати це не дуже актуально, адже такий огріх легко виявити візуально, але для великих складних плат така перевірка потрібна. Вона виводить список нез'єднаних чи замкнених мереж. Виберіть "Перевірка/Перевірка цілісності мереж" з головного меню, потім оберіть, які об'єкти можна вважати провідниками, та натисніть **ОК**. Ви, напевно, побачите повідомлення, що помилок не знайдено. Ми розглянемо цю перевірку пізніше.

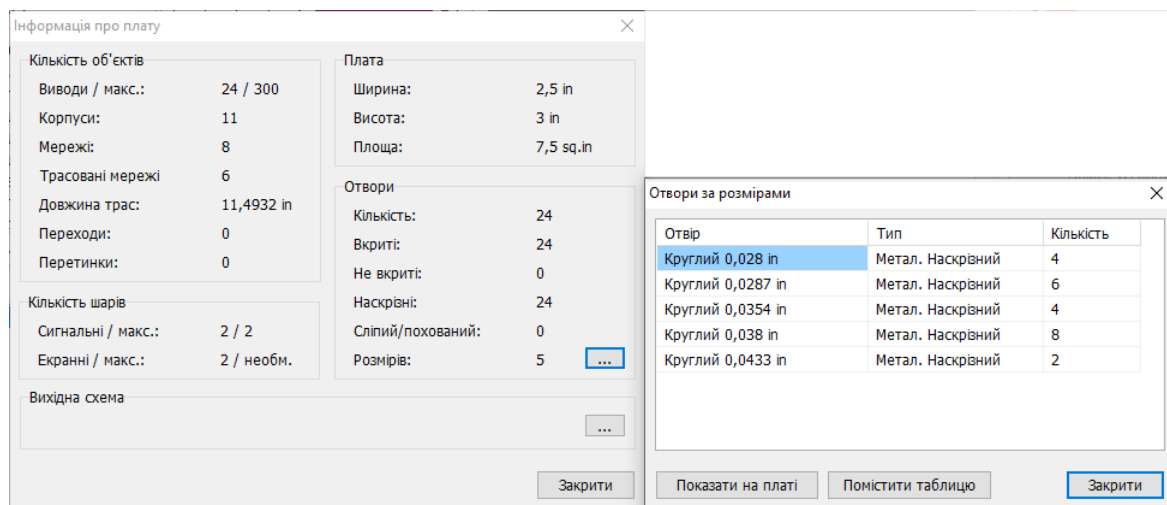
Порівняння зі схемою

Ця опція DipTrace перевіряє відповідність проекту плати вихідному файлу Схемотехніки. Функція показує помилки у структурі мереж та невідомі компоненти. Виберіть "Перевірка/Порівняння зі Схемою" з головного меню, потім виберіть файл із вихідною схемою та натисніть **ОК**. Якщо структура проекту не змінювалася, то з'явиться повідомлення про відсутність помилок. Або, якщо змінювалася – список невідповідностей.

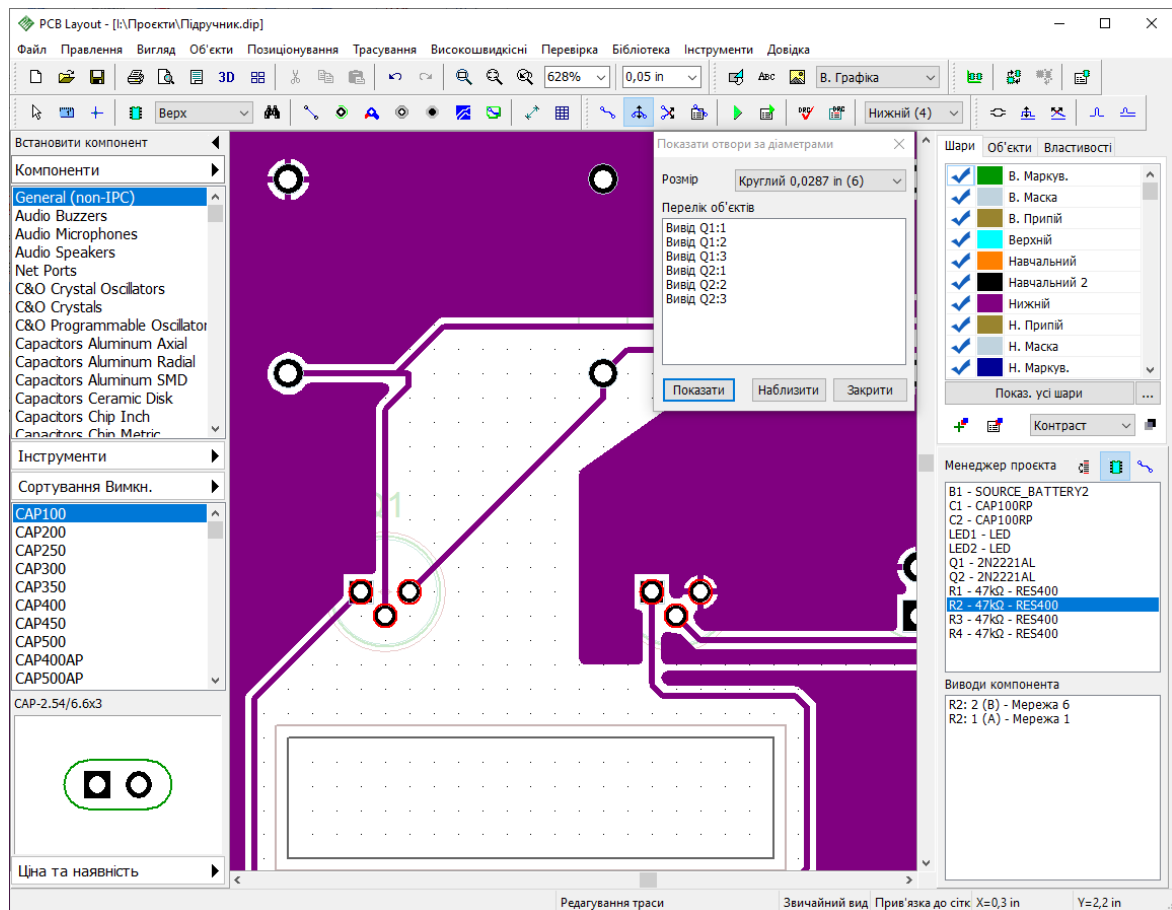
Усі функції перевірки працюють за схожим, інтуїтивно-зрозумілим принципом: виберіть помилку у списку для показу місця допущення її на платі та виправляйте її.

2.13 Інформація про плату

Щоби підрахувати кількість виводів або площу плати оберіть "Файл/Інформація про плату" з головного меню.



Тут наявна інформація про розміття об'єктів на платі: виводи, шари, мережі, розміри плати тощо. Також можна дізнатися кількість отворів різного діаметра та показати їх на платі. Це може бути корисним для оптимізації проекту для використання меншої кількості інструментів та, відповідно, зменшення вартості виробництва. Щоб відкрити таблицю **Отвори за розмірами**, натисніть кнопку  в розділі **Отвори**. Щоб показати отвори обраного розміру на платі, натисніть **Показати на платі**.



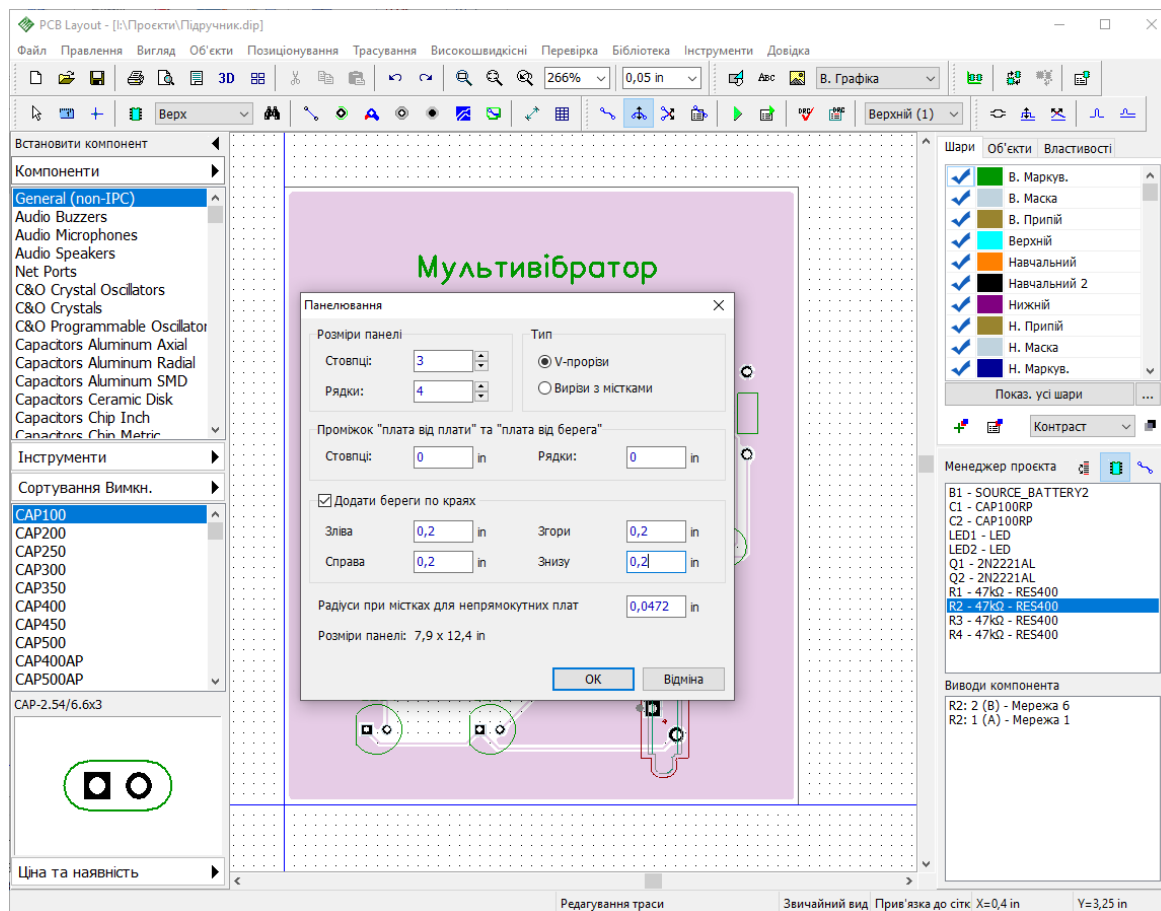
Закрийте це діалогове вікно та збережіть плату.

2.14 Панелізація

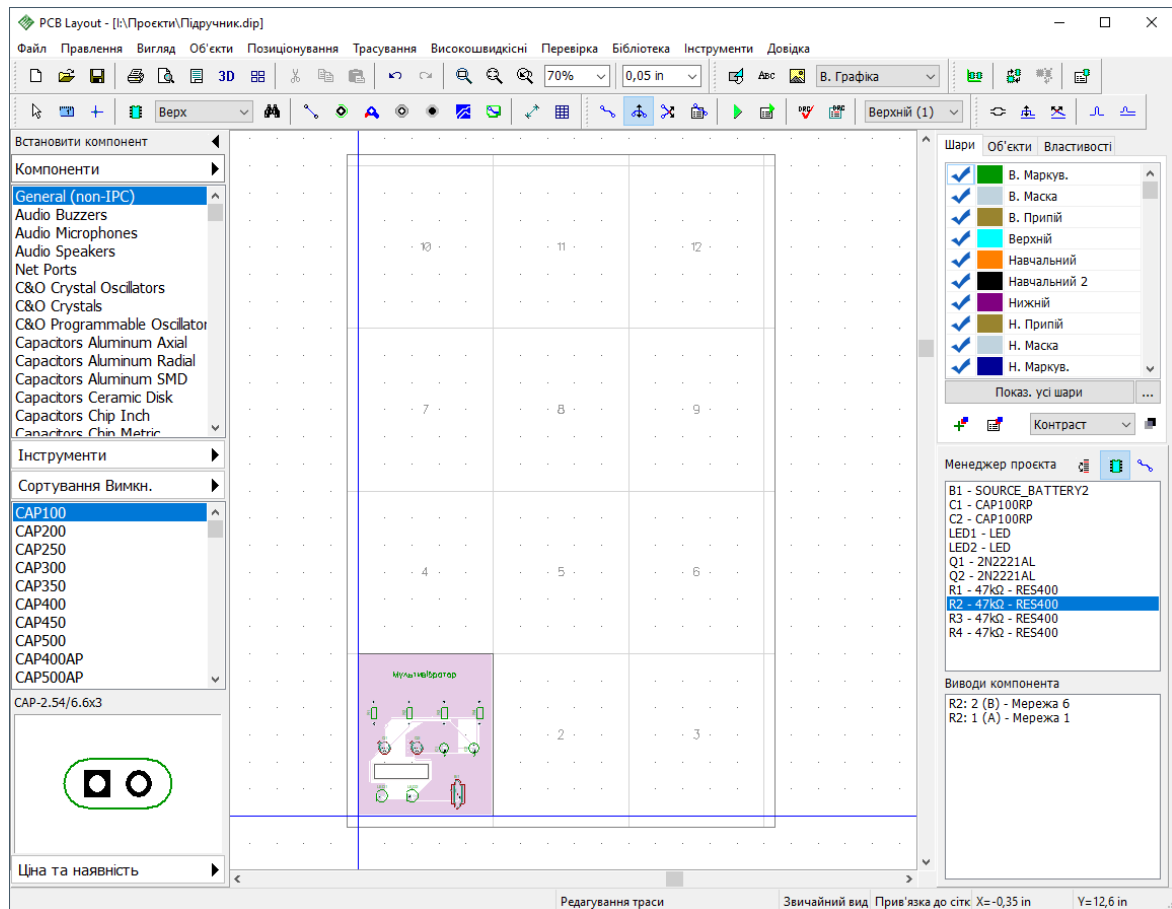
За допомогою DipTrace можна поєднувати кілька однакових або різних плат на одній панелі.

Панелізація проекту

Якщо потрібно розташувати кілька копій однієї плати, виберіть "Інструменти/Панелізація" з головного меню або натисніть кнопку .

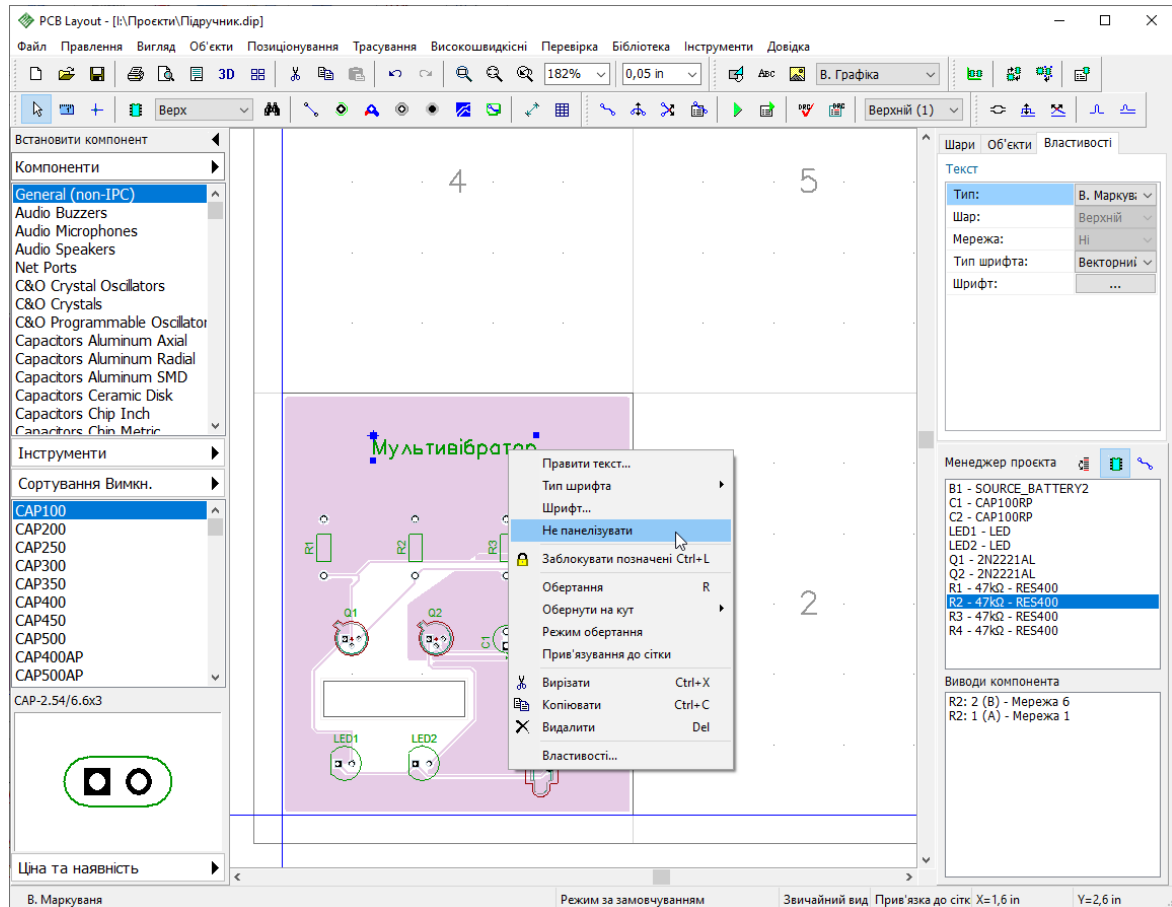


Зробимо дюжину копій цієї друкованої плати у вигляді матриці 3x4. Оскільки наша плата має правильну форму та компоненти на ній не виходять за кордон плати, оберемо тип **V-прорізи (Видряпування, скрайбування)**. Відстань між платами та між платою та напрямними дорівнюватиме нулевій (проте, завжди перевіряйте відповідність до вимог виробника). Для додавання рамки по периметру панелі, яка потрібна для промислового складання, встановіть позначку "Додати напрямні по краях" і введіть 0,2 дюйми для кожної сторони. Натисніть кнопку **OK**.



В області побудови буде зображено лише прямокутні сектори з номером копії плати, однак у друк або експорт у виробничі файли будуть передаватися повноцінні зображення.

Деякі об'єкти можна виключити з панелізації (наприклад, отвори або фігури). Щоби виключити будь-який об'єкт, клацніть правою кнопкою на ньому та виберіть опцію **Не панелізувати**. Ця функція стане активною лише коли увімкнено панелізацію.



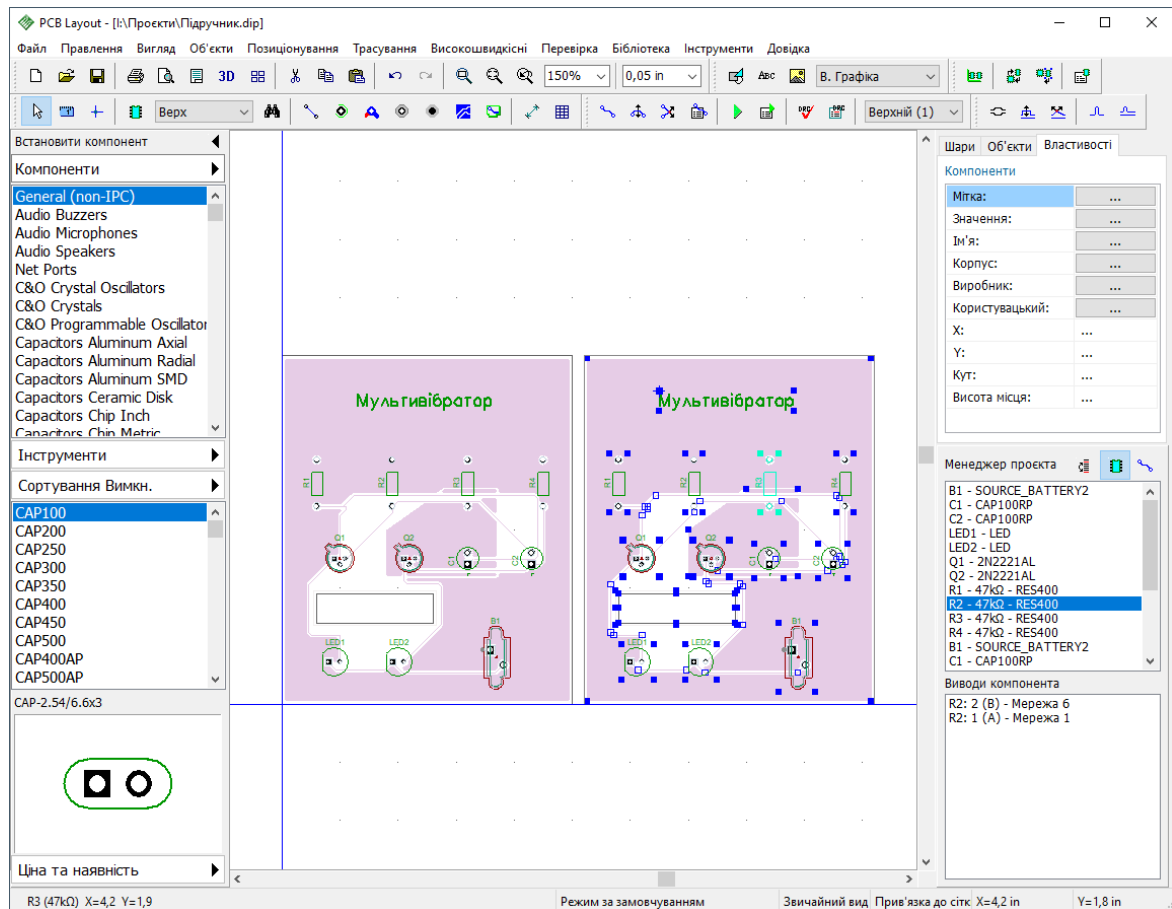
Зверніть увагу, що панелізація працює лише якщо визначено лінію кордонів плати.

Для отримання більш детальної інформації про панелізацію з фрезеруванням, а також фрезеруванням та видряпуванням (скрайбуванням) одночасно, будь ласка, зверніться до довідки з PCB Layout.

Тепер відкрийте діалогове вікно панелізації та змініть кількість стовпців та рядків на 1 (це видалить всі копії плати).

Панелізація різних плат

Виберіть опцію "Правлення/Не змінювати мітки при копіюванні" з головного меню. Потім відкрийте іншу плату в іншому вікні DipTrace (ми будемо використовувати цю саму плату), виберіть усі об'єкти другої плати за допомогою **Ctrl+A** та натисніть **Ctrl+C**, щоб скопіювати. Тепер перейдіть у вікно першої плати та клацніть правою кнопкою в порожній області (у цій точці буде розташований верхній лівий кут другої плати) та виберіть **Помістити**.



Ми отримали другу копію нашої плати (але це може бути будь-яка інша плата) без зміни позначок компонентів. Не забудьте намалювати загальну лінію меж плати, а також скористатися вирізами у платі, якщо це необхідно.

Зверніть увагу, що кордони плати, що вставляється, автоматично переносяться на службовий шар Верхня Графіка. Додатково також можуть знадобитися нові несигнальні шари для коректного виробництва. Детальнішу інформацію ви можете отримати, переглянувши відео на нашому каналі: [YouTube channel](#).

Якщо опцію **Не змінювати мітки при копіюванні** увімкнено, обмеження версії за кількістю виводів (у Free, Lite, Standard тощо) не застосовуватиметься. Відтак, ви можете панелізувати декілька плат з трьома сотнями виводів навіть у безкоштовній версії.

2.15 Друк

Наполегливо радимо використовувати вікно попереднього перегляду для друку плат, виберіть "Файл/Попередній перегляд" у головному меню або натисніть

кнопку  зі Стандартної панелі.

Якщо ви бажаєте надрукувати форматку, виберіть "Файл / Параметри сторінки" з головного меню і далі, наприклад, A4 ГОСТ 2.301-68 у списку **Шаблон аркуша**. Потім поставте позначки **Показувати рамку та штамп** та **Показувати аркуш**. Натисніть кнопку **ОК**.

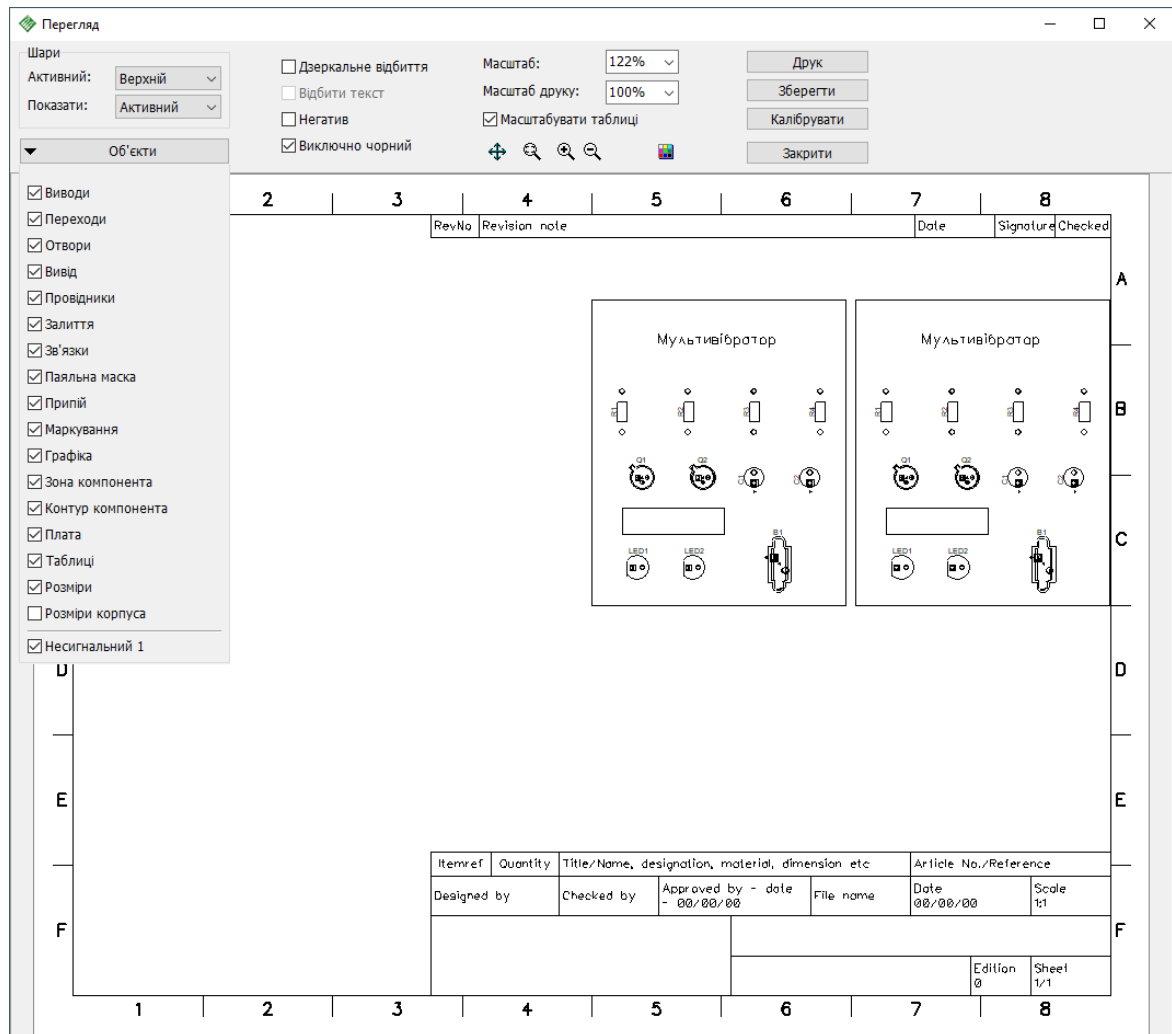
Додаткову інформацію щодо управління штампами та розробки нових форматів ви знайдете у Довідці PCB Layout ("Допомога/Довідка з PCB Layout").

У діалоговому вікні Попередній перегляд ви можете настроїти відображення плати за допомогою увімкнення/вимкнення пунктів у групі **Об'єкти**. Якщо потрібно змінити масштаб друку, виберіть його в полі Масштаб друку або натисніть "Збільшити/ Зменшити масштаб друку". Для переміщення плати по аркушу використовуйте кнопку .

У верхньому лівому куті вікна попереднього перегляду ви можете вибрати поточний Сигнальний/Екранний шар і режим відображення шарів. Якщо хочете отримати дзеркально відображену плату та/або текст, поставте позначку **Дзеркальне відображення** та/або **Відбити текст** відповідно.

Натисніть **Друк**, щоб надіслати файл на друк. Щоб зберегти зображення в файлах BMP, JPEG або PNG, натисніть **Зберегти**.

Невелика кольорова кнопка праворуч від кнопки зменшення масштабу дозволяє встановити кольори об'єктів під час друку. За замовчуванням використовується біле тло. Щоб вибрати чорно-білий друк, виберіть опцію **Тільки чорний**.



Примітка для аматорів: деякі лазерні принтери через нагрівання паперу можуть спотворювати розміри об'єктів під час друку. Багато залежить від моделі принтера та якості паперу. Найчастіше ця похибка несуттєва, але в деяких випадках її треба враховувати. Тому, щоб уникнути спотворень, радимо попередньо прогріти папір, пропустивши його кілька разів через принтер. Друкуйте порожній аркуш або єдину символічну крапку в кутку. Втім, якщо у вас лазерний принтер, то це ще не означає, що він обов'язково спотворюватиме об'єкти під час друку. Але ви маєте знати про таку ймовірність. А для того, щоб цей ефект усунути або мінімізувати, використовуйте функцію калібрування в діалоговому вікні попереднього перегляду. Для струменевого принтера гріти папір не потрібно, оскільки у ньому використовується інша технологія друку.

Існують два способи виготовлення прототипів друкованих плат у домашніх умовах: використовуючи передавання тонером та УФ-технологія. Для першого способу можливе використання лазерного принтера, для другого – струмінного.

Закрийте діалогове вікно попереднього перегляду та натисніть кнопку **Крок назад**, щоб видалити копію плати. Збережіть проект.

3 Експорт файлів для виробництва

3.1 DXF

Ви можете використовувати формат DXF для передачі проекту в інші CAD, CAM програми, наприклад, AutoCad.

Експорт DXF

Для експорту плати у форматі DXF оберіть "Файл / Експорт / DXF" з головного меню. Тепер оберіть шар плати зі списку шарів і встановіть відповідні позначки в розділі **Об'єкти** для визначення об'єктів, що мають бути включені в DXF-файл вибраного шару (траси, таблиці, зображення тощо). За необхідності, встановіть зсув точки початку координат, параметри шарів паяльної маски та припою. Кожен шар плати можна зберегти в окремий файл DXF або зберегти всю плату в один багатошаровий файл DXF. Для цього зручно натиснути **Обрати всі**.

Зауважте, шари Обведення_Верхній та Обведення_Нижній не обрано. Технічно вони і не є шарами плати, а потрібні тільки для виготовлення плати шляхом фрезерування на верстаті.

Натисніть **Експортувати**, введіть ім'я файлу, виберіть папку та збережіть файл DXF.

The 'Export DXF' dialog box is shown with the following settings:

- Шари:** A list of layers with 'В. Зона' selected. Other layers include 'Верхня маска', 'Верхня п. маска', 'В. Виводи', 'Верхній', 'Навчальний', 'Навчальний 2', 'Нижній', 'Отвори_Верхній', 'Отвори_Навчальний', 'Отвори_Навчальний', 'Отвори_Нижній', 'Н. Виводи', 'Нижня п. маска', 'Нижня маска', 'Н. Зона', 'Н. Кордон комп.', 'Нижнє маркування', 'Нижня графіка', 'Нижній розмір', 'Кордони плати', 'Несигнальний 1', 'Обведення_Верхній', and 'Обведення_Нижній'.
- Об'єкти:** Checkboxes for 'Траси', 'Виводи', 'Переходи', 'Отвори', 'Техн. отвори', 'Текст', 'Таблиці', 'Зображення', 'Рамка й штамп', and 'Розміри:'. The 'Отвори' section has radio buttons for 'Всі', 'Метал.', and 'Неметал.', with 'Всі' selected.
- Налаштування:** Input fields for 'Ширина кордонів плати: 0,006 in', 'Припуск захисної маски: 0,0019 in', and 'Припуск паяльної пасты: 0,0019 in'. Checkboxes for 'Паяльна паста тільки для SMT' and 'Векторний текст як лінії' are checked.
- Обведення об'єктів:** Input field for 'Обведення об'єктів: 0,008 in' and 'Кількість проходжень фрезою: 1'.
- Одиниці:** A dropdown menu set to 'inch'.
- Зсув початку координатів:** Input fields for 'X: 0 in' and 'Y: 0 in'. A checkbox for 'Використовувати координати проєкта' is unchecked.

Buttons at the bottom include 'Позначити все', 'Експорт', and 'Відміна'.

Отриманий таким чином файл DXF можна відкрити в AutoCad або іншій програмі, що підтримує DXF.

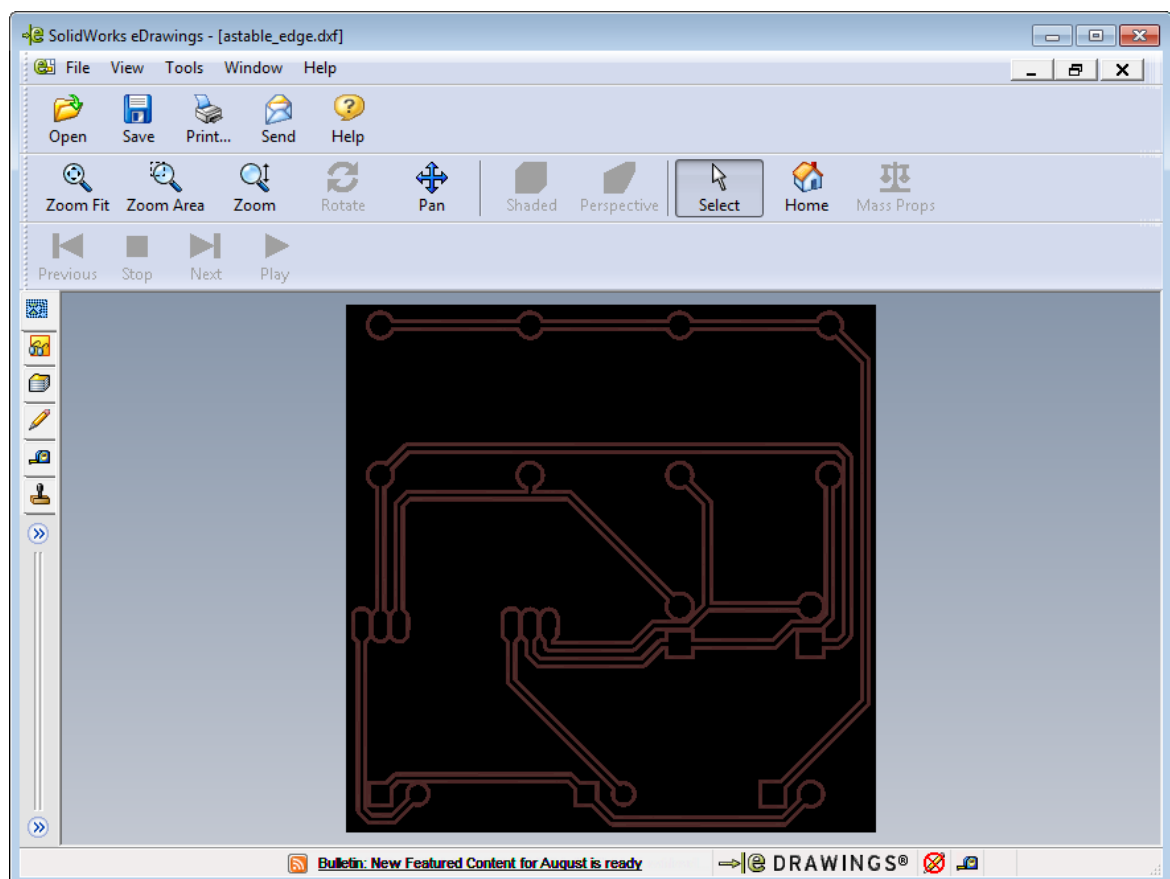
Файли для фрезерування (DXF та G-Code)

Фрезерування – це зручний та недорогий спосіб виробництва простих плат.

Зауважте, потрібно прибрати всі заливки. Адже вони не використовуються, якщо планується фрезерувати плату, а не друкувати.

Будь-ласка, скасуйте заливки (клацніть правою кнопкою по її кордонах і виберіть **Стан**, а потім **Кордони**) та трасуйте мережу. Виберіть "Файл / Експорт / DXF". У діалоговому вікні Експорт DXF оберіть шар **Обведення_Нижній** (адже всі траси нашої плати знаходяться в нижньому шарі) і поставте позначку **Дзеркально**, щоб побачити плату такою, як вона є. Якщо ви не надто знайомі з іншими налаштуваннями, можна залишити все як є або змінити значення **Обведення об'єктів**. Центральна лінія фрези буде проходити від інших об'єктів на відстані, що дорівнює половині значення **Обведення об'єктів**. Також, від ширини обведення та кута інструменту залежить глибина фрезерування.

Натисніть кнопку **Експорт**, щоб зберегти файл.



Обведення, експортоване з DipTrace, складається з поліліній з визначеною шириною. DipTrace перевіряє проєкт перед експортом і, якщо відстань будь-де між об'єктами менша за ширину обведення (0.008 дюйма у нашому випадку), програма видасть попередження та перелік помилок.

Зауважте, CAD-програми зазвичай показують полілінії з прямими кутами, але, коли ви виготовите плату або змоделюєте процес в CAM-програмах, все буде виглядати інакше через технологічний радіус інструменту.

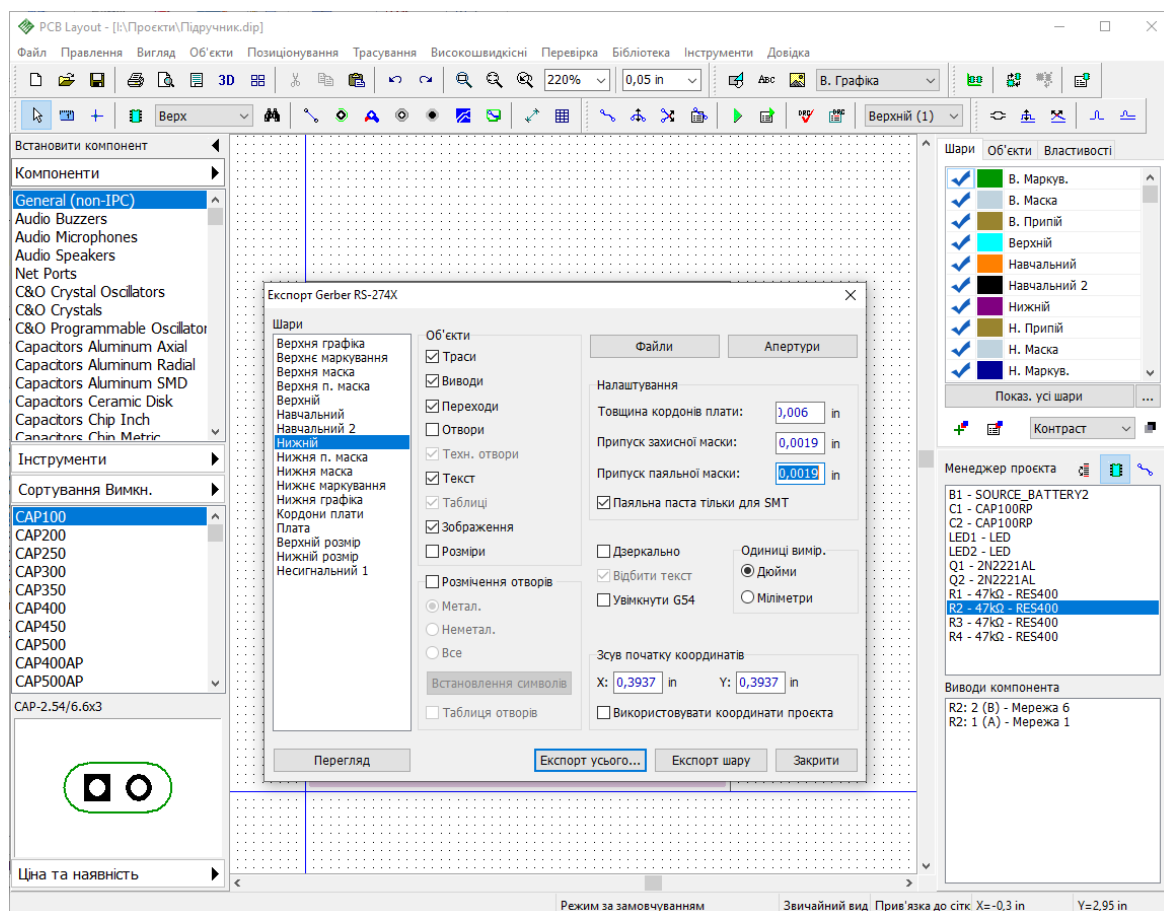
Фрезерні верстати зазвичай працюють з форматом G-Code. DXF можна легко перевести в G-Code, використовуючи безкоштовні програми, такі як ACE Converter або FlatCAM.

Якщо ви видаляли заливку – поверніть його, перш ніж перейти до наступної теми підручника.

3.2 Gerber RS-274X

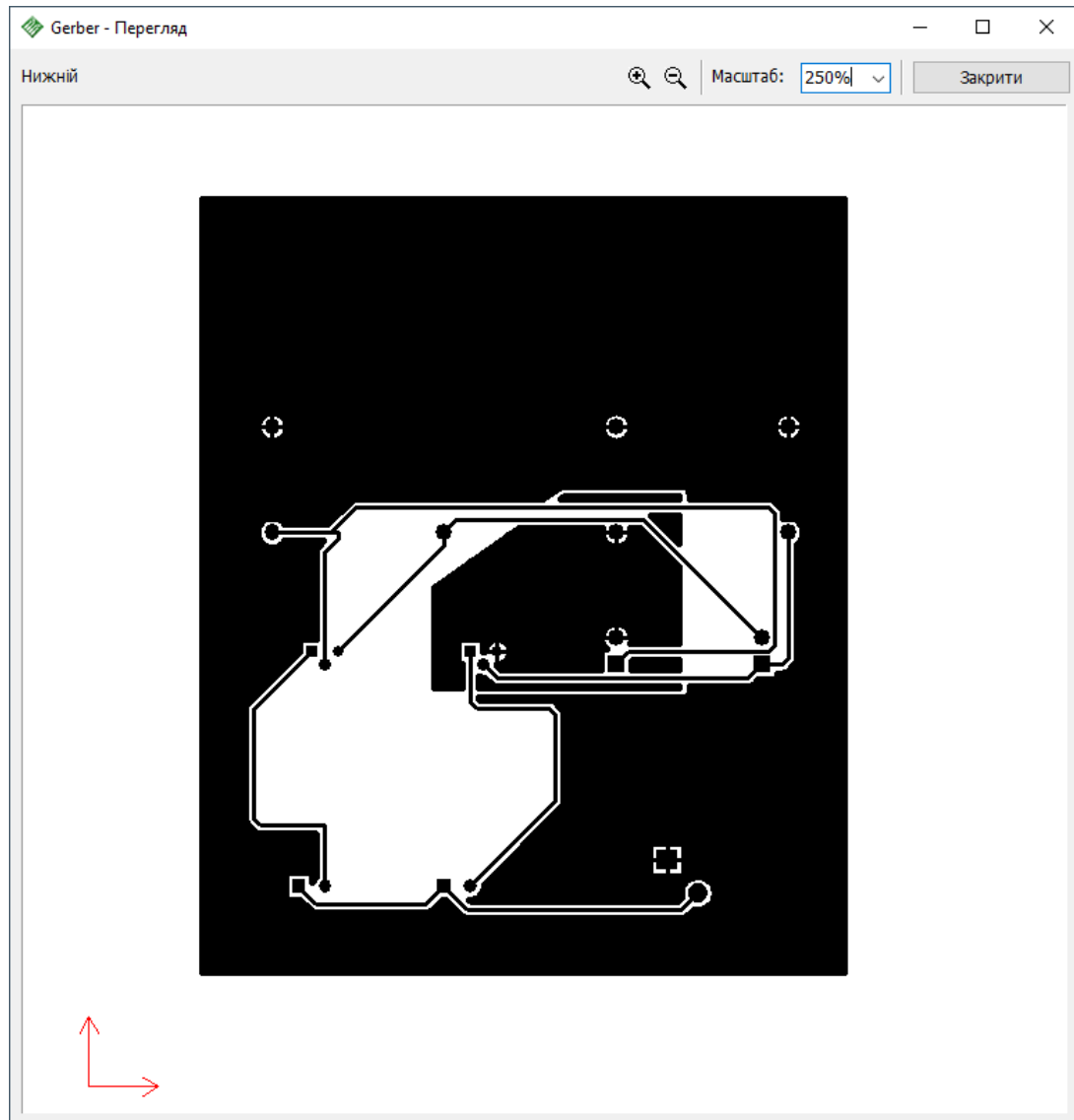
DipTrace дозволяє користувачеві експортувати друковану плату у формат Gerber, який приймають майже всі виробники плат у світі.

Виберіть "Файл/ Експорт/ Gerber" у головному меню. У діалоговому вікні виберіть шари плати (використовуйте *Ctrl* і *Shift* для вибору кількох шарів), потім поставте позначки біля об'єктів, які мають бути включені до обраного шару під час його експорту до "гербера".



Натисніть кнопку **Перегляд**, щоб переглянути шар так, як він буде експортований. На відміну від DXF, кожен шар плати потрібно зберігати окремо (один шар – один файл). Нижче показаний попередній перегляд нижнього шару

плати нашого проєкту при експорті в Gerber. У вікні перегляду зображення можна наближати/віддаляти та масштабувати. Натисніть **Закрити**, щоб закрити перегляд.



Натисніть **Експорт усіх**, і DipTrace запропонує вам кілька варіантів збереження файлів: zip-архів тільки з файлами Gerber, zip-архів з файлами Gerber та файлами свердлування NC Drill (пам'ятайте, що крім файлів Gerber, також виробникам для виготовлення друкованої плати потрібні і N/C Drill, тому не забудьте експортувати їх перед відправкою замовлення) або файли для кожного шару окремо. Після експорту їх можна надсилати на виробництво.

Шари в Gerber

1. **Верхня графіка** – це шар із додатковою інформацією, він включає всі фігури/тексти, розташовані у шарі Верхня графіка, а також об'єкти, зазначені в головному меню "Вид/Шар графіки". Якщо запустити попередній перегляд для нашої плати, цей шар буде порожнім (за умови, що у "Вигляд / Шар графіки" використовувалися налаштування за замовчуванням).

2. **Верхнє маркування** – цей шар включає шовкографію корпусів, інші фігури та текст у шарі Верхнє маркування. Не змінюючи налаштувань, перейдіть до попереднього перегляду. Зверніть увагу, якщо використовуються шрифти TrueType, деякі частини тексту можуть бути невидимими (залежить від розміру та шрифту).

3. **Верхня маска** – це шар захисної маски. Він створюється автоматично на основі розмірів контактних площинок, їхніх налаштувань та параметра **Припуск захисної маски** у вікні експорту Gerber. Шар також включає об'єкти (фігури, текст тощо), які встановлено в шарі Верхня маска. Якщо ви бажаєте, щоб перехідні отвори були покриті захисною маскою, приберіть позначку **Переходи** в розділі **Об'єкти**. Якщо для деяких контактних площинок потрібно, щоб їх захисна маска відрізнялася від стандартної, в області розробки клацніть правою кнопкою вивід та оберіть **Властивості маски та припою** для користувацьких налаштувань контактної площинки.

4. **Верхня П. маска** – шар паяльної пасти або припою. Він потрібний для автоматизованого паяння елементів на плату. Зазвичай використовується тільки для поверхневих площинок, тому оберіть опцію **Паяльна маска лише для SMT**.

5. **Сигнальні шари (Верхній, Нижній тощо)** – це шари мідних провідників. Для цих шарів обов'язково має бути позначка **Переходи** у розділі **Об'єкти**. Ставити позначку **Отвори** у розділі **Об'єкти** слід лише в тому випадку, якщо збираєтеся свердлити отвори вручну (не промисловим способом). Якщо опція **Отвори** буде активна, то "гербер" файл матиме два шари: один міститиме основну частину графіки, а другий – вирізи в місцях розташування отворів.

6. **Нижня п.маска, Нижня маска, Нижня Маркування та Нижня графіка** – це аналоги шарів з такою ж назвою на верхній стороні плати. За замовчуванням текстові об'єкти на нижній стороні відображатимуться, див. опцію "Вигляд/Відобразити текст автоматично" у головному меню.

7. **Кордони плати** – цей шар включає контури плати або панелі, якщо плата панелізована, а також вирізи у платі у вигляді ліній визначеної ширини.

8. **V-Scoring** – містить лінії, за якими проводиться прошкрябування (скрайбування); шар присутній, якщо використовується цей тип панелізації.

9. **Плата** – плата у вигляді залитого полігону.

10. **Верхній розмір і Нижній розмір** – шари, у яких розташовуються всі розміри, зазначені у сфері розробки. У поточному проекті розміри відсутні, тому ці шари порожні.

Не всі шари необхідні для виробництва плати – все залежить від проекту та замовлених у виробника опцій.

Інші налаштування

Параметр **Зміщення початку координат** в діалогових вікнах DXF, Gerber, N/C Drill та Pick and Place експортів – це зміщення нижнього лівого кута плати відносно точки початку координат. Ви можете використовувати точку початку координат або ввести нове значення.

Назва Gerber-файлів, а також їхній формат можуть бути визначені заздалегідь індивідуально для кожного шару. Натисніть **Файли** у верхньому правому куті діалогового вікна – відкриється таблиця, виберіть потрібний шар зі списку, потім у полі внизу введіть ім'я та розширення файлу. Зауважте, що програма також підтримує теги "ім'я шару" та "ім'я файлу проекту".

Будь-який шар можна виключити з функції **Експорт усіх** (тобто шар не буде експортуватися автоматично при натисканні відповідної кнопки, але його можна буде експортувати вручну). Також можна використовувати додаткові опції в нижній частині діалогового вікна для налаштування експорту файлів Gerber та свердлування під час вибору варіанта експорту всіх файлів (Gerber + NC Drill) одним архівом. Ми нічого міняти не будемо, залишимо тег <layer> – всі файли будуть називатися так само, як і шари. Натисніть кнопку **ОК**.

Gerber-файли

Шар	Ім'я файла	Додати до "Експорт усіх"
Верхня графіка	<layer>.gbr	Так
Верхнє маркування	<layer>.gbr	Так
Верхня маска	<layer>.gbr	Так
Верхня п. маска	<layer>.gbr	Так
Верхній	<layer>.gbr	Так
Навчальний	<layer>.gbr	Так
Навчальний 2	<layer>.gbr	Так
Нижній	<layer>.gbr	Так
Нижня п. маска	<layer>.gbr	Так
Нижня маска	<layer>.gbr	Так
Нижнє маркування	<layer>.gbr	Так
Нижня графіка	<layer>.gbr	Так
Кордони плати	<layer>.gbr	Так
Плата	<layer>.gbr	Ні
Верхній розмір	<layer>.gbr	Так

Так

Ім'я файлу може містити наступні частини:
<layer> - ім'я шару
<project> - ім'я файлу проекту (без розширення)

Налаштування експорту всіх шарів

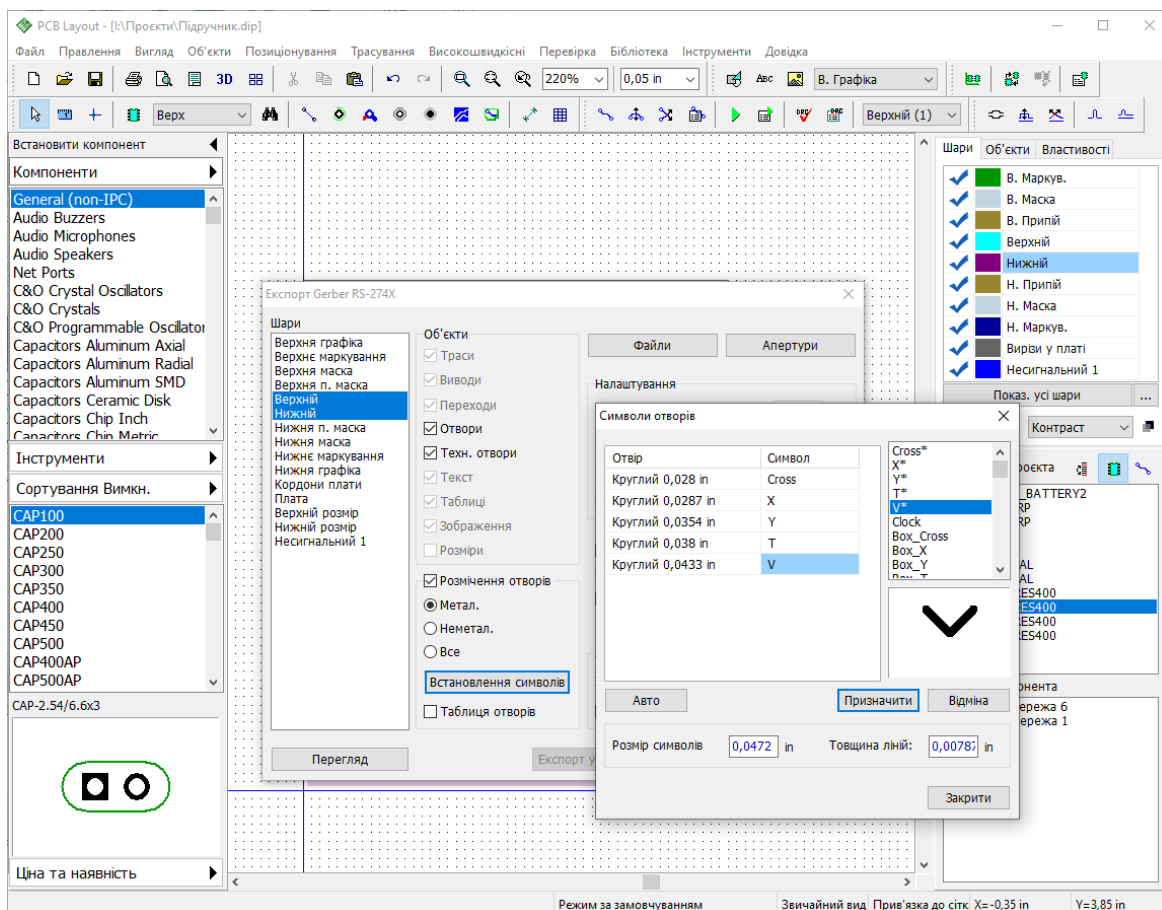
☐ Записати Gerber та свердлування у різні каталоги всередині zip-архіва

☐ Свердлування: експортувати металізовані та неметалізовані отвори поокремо

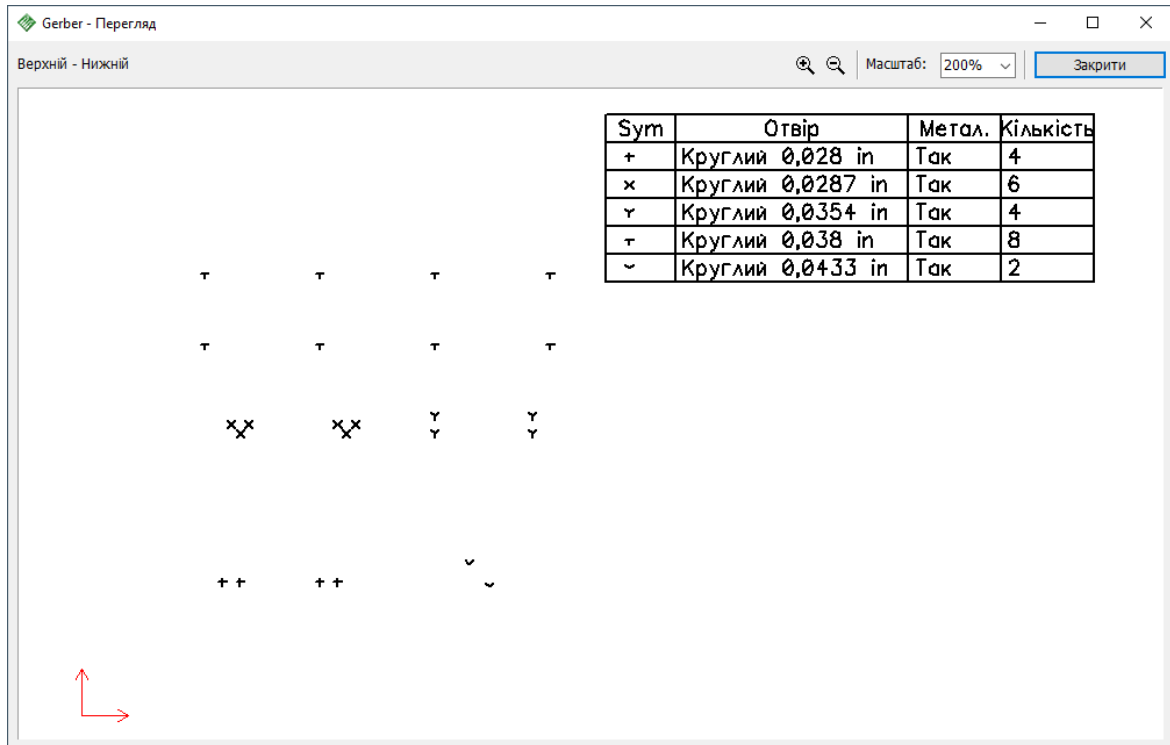
ОК Відміна

Розмічування отворів

Деякі виробники можуть вимагати спеціальний файл розмітки отворів (іноді Символи свердлувань). DipTrace дозволяє експортувати його у вигляді окремого "гербер"-файлу. Зробіть позначку **Розмічування отворів** у діалоговому вікні Експорт Gerber RS-274X, потім натисніть **Установка символів**. У правій частині діалогового вікна для кожного типу отворів потрібно вибрати власний спеціальний символ або натиснути Авто, щоб символи призначилися автоматично. Тепер закрийте це вікно.



Зробіть позначку **Таблиця отворів** у вікні Експорт Gerber RS-274X та натисніть **Попередній перегляд**. Ви побачите розмітку отворів у вигляді призначених символів та таблицю відповідності.



Закрийте перегляд і натисніть **Експорт** для збереження розмітки отворів в окремому файлі Gerber. Якщо апертури не призначені програма запропонує зробити це автоматично.

Тепер приберіть позначку **Розмітка отворів**, бо ви не зможете експортувати шари плати.

DipTrace дозволяє користувачеві експортувати в Gerber формат будь-які текстові об'єкти, Unicode символи, а також зображення. Програма звекторизує всі ці об'єкти.

Задля уникнення помилок радимо перед відправкою виробнику друкованих плат переглядати Gerber-файли за допомогою стороннього переглядача.

Найкращим вибором під час перегляду буде та програма, якою користується виробник через дещо різне трактування програмами специфікації RS-274X.

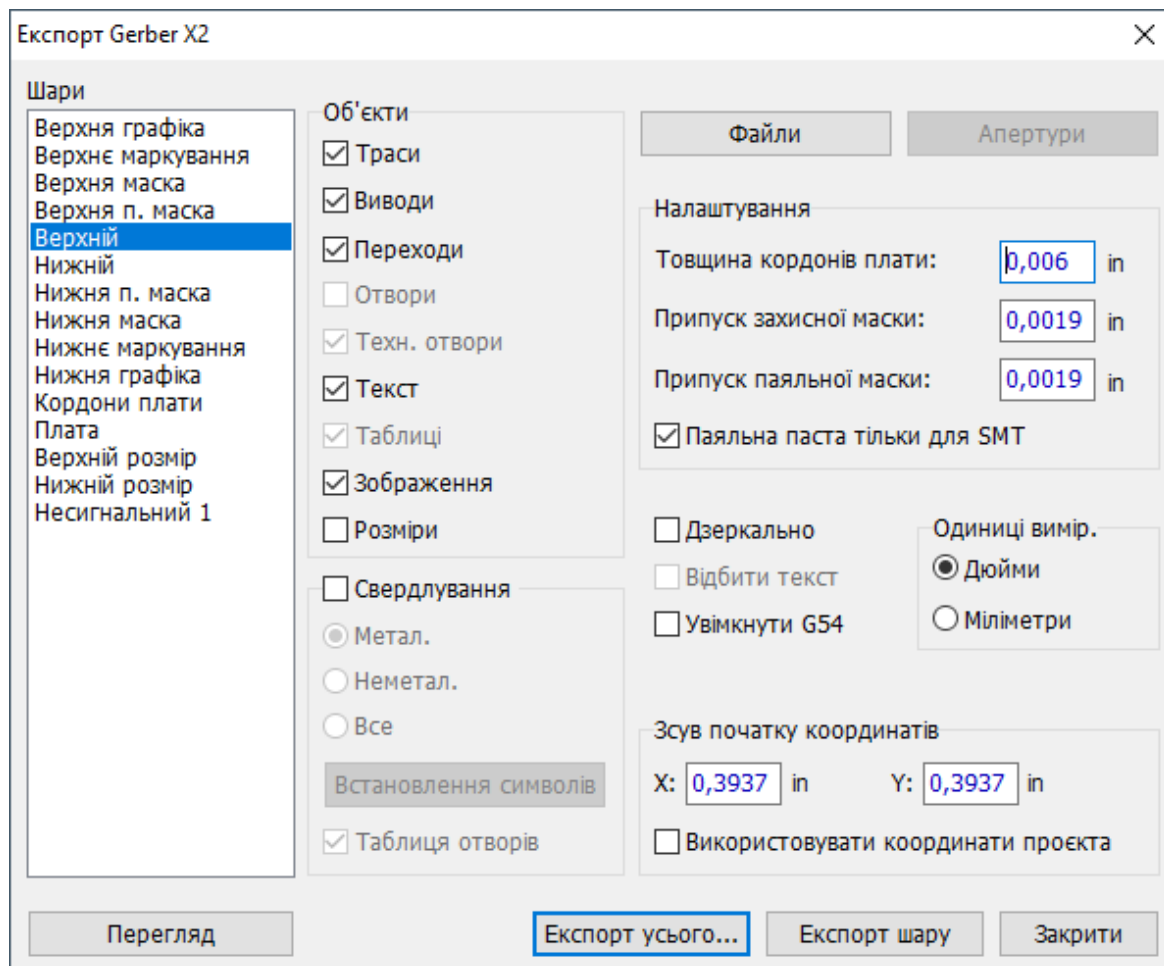
DipTrace намагається врахувати особливості різних CAM продуктів при розробці експорту Gerber, але у будь-якому разі, перевірка файлів не зашкодить.

Якщо ви не знаєте, якою програмою користується виробник плат, ми радимо Pentalogix Viewmate, оскільки він повністю відповідає специфікації RS-274X та має безкоштовну версію.

3.3 Gerber X2

Формат Gerber X2, крім інформації, що експортується в Gerber RS-274X, містить дані про порядок шарів плати, функції кожного шару, загальні атрибути плати і функції контактних площин.

Виберіть "Файл/ Експорт/ Gerber X2" з головного меню модуля Редактора плат. Gerber X2 повністю сумісний з Gerber RS-274X, тому налаштування та керування нічим не відрізняються – можна впевнено дотримуватися інструкцій, що викладено попередній темі посібника.

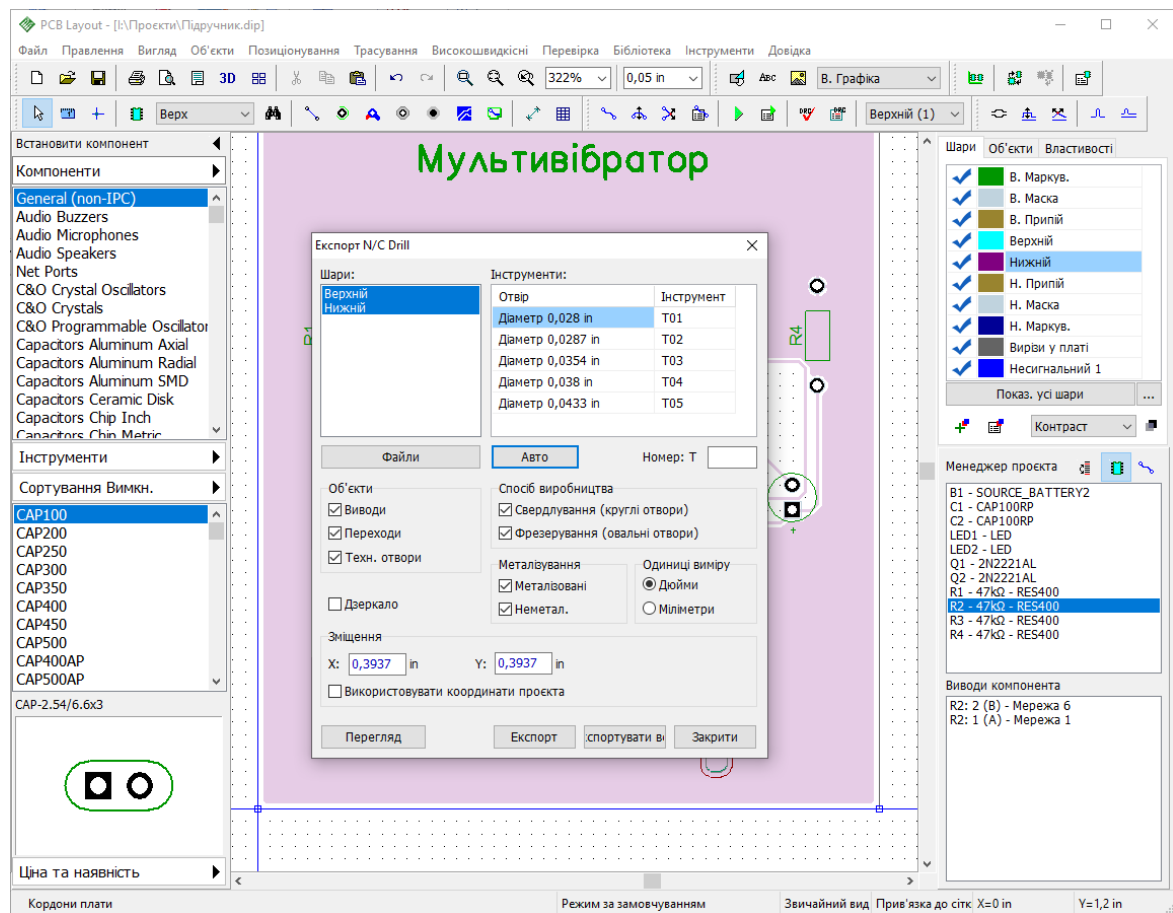


У той же час, Gerber X2 надає можливість зберегти повноцінне свердлування плати у графічному вигляді (а не просто розмітку отворів, як у випадку з Gerber RS-274X). Для того, щоб експортувати свердлування, зробіть позначку **Свердлування**, оберіть всі струмопровідні шари плати (це має статися автоматично) щоб експортувати наскрізні отвори, або натисніть **Експортувати всі** та оберіть один з наявних варіантів – Zip-архів: Gerber X2 або Всі файли поокремо – для автоматичного збереження всіх отворів плати у Gerber-файл. Кожен тип отворів зберігається в окремому файлі свердлування. Зверніть увагу, більшості виробників також знадобляться файли свердлувань у форматі N/C Excellon. Ви можете експортувати файли Gerber X2 та NC Drill одночасно – натисніть кнопку **Експортувати все** та виберіть опцію Zip-архів: Gerber X2 + NC Drill.

Проконсультуйтеся з виробником плат. Якщо він не приймає свердлування у форматі Gerber X2, то екпортуйте її у форматі N/C Drill.

3.4 Excellon N/C Drill

Якщо ви замовляєте виробництво плат і експортуєте струмопровідні шари у формат Gerber, **обов'язково потрібно експортувати проєкт у форматі N/C Drill** задля передавання виробникові інформації про свердлування. Виберіть "Файл/ Експорт/ N/C Drill" у головному меню, а потім натисніть **Авто** для автоматичного призначення інструментів. Натисніть кнопку **Файли**, якщо треба скорегувати назви файлів N/C Drill, що поименовалися автоматично. Натисніть **Експорт всіх** для автоматичного експорту усіх файлів. Також можна натиснути **Передперегляд**, для візуальної оцінки свердлування.



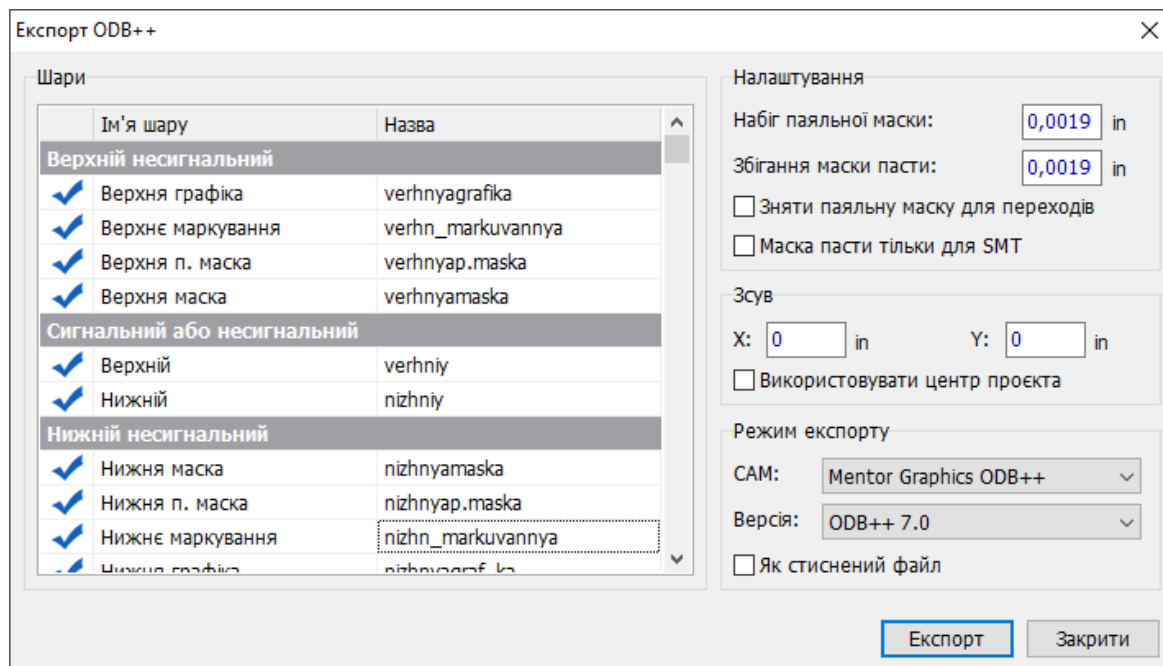
Щоби зберегти окремі отвори лише певного типу, потрібно вибрати пару шарів, які з'єднують дані отвори та натиснути **Експорт**. Пам'ятайте, що також можна експортувати файли Gerber та N/C Drill одним кліком миші у діалоговому вікні експорту Gerber.

Для експорту наскрізних отворів необхідно вибирати всі шари плати, для ненаскрізних – лише верхній та нижній шар, встановлені для цього стилю перехідних отворів.

3.5 ODB++

Щоб експортувати плату у виробничі файли формату ODB++ оберіть "Файл/ Експорт/ ODB++" з головного меню. Тут можна включити або виключити шари

плати з експортованих файлів (використовуючи відповідні позначки); налаштувати розміри припусків паяльної маски та припою використовуючи поля введення та відповідні опції; налаштувати зсув початку координат, а також вибрати режим експорту з двох – CAM350 і Mentor Graphics ODB++ (для останнього наявна версія ODB++ 8.1). Стандартні налаштування найбільш універсальні, тому в більшості випадків змінювати їх не варто.



Якщо опцію **Стиснений файл** увімкнено, DipTrace стисне всі ODB++ файли в один zip-архів, який зручно відправляти виробникові. Натисніть **Експортувати** та виберіть папку для експортованих файлів. Для перегляду файлів ODB++ можна використовувати Mentor Graphics ODB++ Viewer.

4 Створення бібліотек

У цій частині посібника розглянемо як створювати бібліотеки компонентів та корпусів використовуючи Редактор компонентів та Редактор корпусів. У багатьох випадках, напевно, знайдеться відповідний компонент або корпус у стандартних бібліотеках, але вивчимо як створювати їх від початку.

Зауважте:

У цьому посібнику ми часто називаємо компоненти корпусами або посадковими місцями (якщо йдеться про проектування друкованої плати), у той час як на схемі компоненти часто називаються символами, символами компонентів або схемотехнічними символами, при цьому всі ці терміни використовуються для позначення одного і того ж фізичного електронного компонента.

Звичайний компонент DipTrace складається зі схемотехнічного символу, корпусу і, бажано, 3D-моделі. Всі три елементи представляють той самий

компонент, але на різних етапах розробки: схемотехніка, плата, 3D-перегляд та експорт відповідно.

Схемотехнічні символи та призначені їм корпуси компонентів зберігаються у бібліотеках компонентів у файлах із розширенням `.eli`. Компоненти завжди зберігаються у бібліотеках. Якщо вам потрібно створити лише один компонент, вам потрібно створити для нього окрему бібліотеку, або додати його до наявної користувацької бібліотеки.

Корпуси також доступні як окремі елементи та зберігаються в бібліотеках корпусів – файлах з розширенням `.lib`. Ці бібліотеки доступні лише у Редакторі плат та Редакторі корпусів.

`*.wrl`, `*.3ds`, `*.iges`, і `*.step`-файли містять у собі 3D-моделі. Корпус і символ можуть існувати як самостійні елементи, але правильний компонент обов'язково повинен включати обидва, при цьому вони повинні бути правильно під'єднані.

Цілком різні компоненти можуть мати однакові корпуси, в той же час як однаковий схемотехнічний компонент може бути представлений у різних корпусах.

У DipTrace для створення схемотехнічних символів компонента та прив'язки корпусу використовується Редактор компонентів. Але створювати чи редагувати корпус можна лише у Редакторі Корпусів.

Для отримання більш детальної інформації ви завжди можете звернутися до теми *Working with libraries* у Довідці з Редактора компонентів та Редактора корпусів.

4.1 Розробка бібліотеки корпусів

Відкрийте Редактор Корпусів DipTrace: Пуск/ Усі програми/ DipTrace/ Pattern Editor. Якщо у вас MacOS, використовуйте DipTrace Launcher.

Під час створювання нового компонента завжди краще починати з посадкового місця (корпусу) яке можна призначити певному схемотехнічному символу в Редакторі компонентів. Якщо відомо, що шаблон вже доступний у стандартних бібліотеках шаблонів, можна перейти безпосередньо до Редактора компонентів, щоби намалювати схематичний символ, приєднати до нього існуючий корпус і зберегти цілісний компонент у бібліотеці компонентів (файл `*.eli`).

Почнімо зі створення посадкового місця для уявлення про процес проектування.

Існує два способи створення корпусів – вручну та автоматично (за допомогою Генератора корпусів). Розглянемо обидва методи створення корпусів компонентів для наскрізного та поверхневого монтажу.

4.1.1 Налаштування редактора корпусів

Після запуску Редактора корпусів зобразіть вісі та початок координат (якщо досі вони були невидимі) – виберіть "Вигляд / Початок координат" з головного меню або просто натисніть F1.

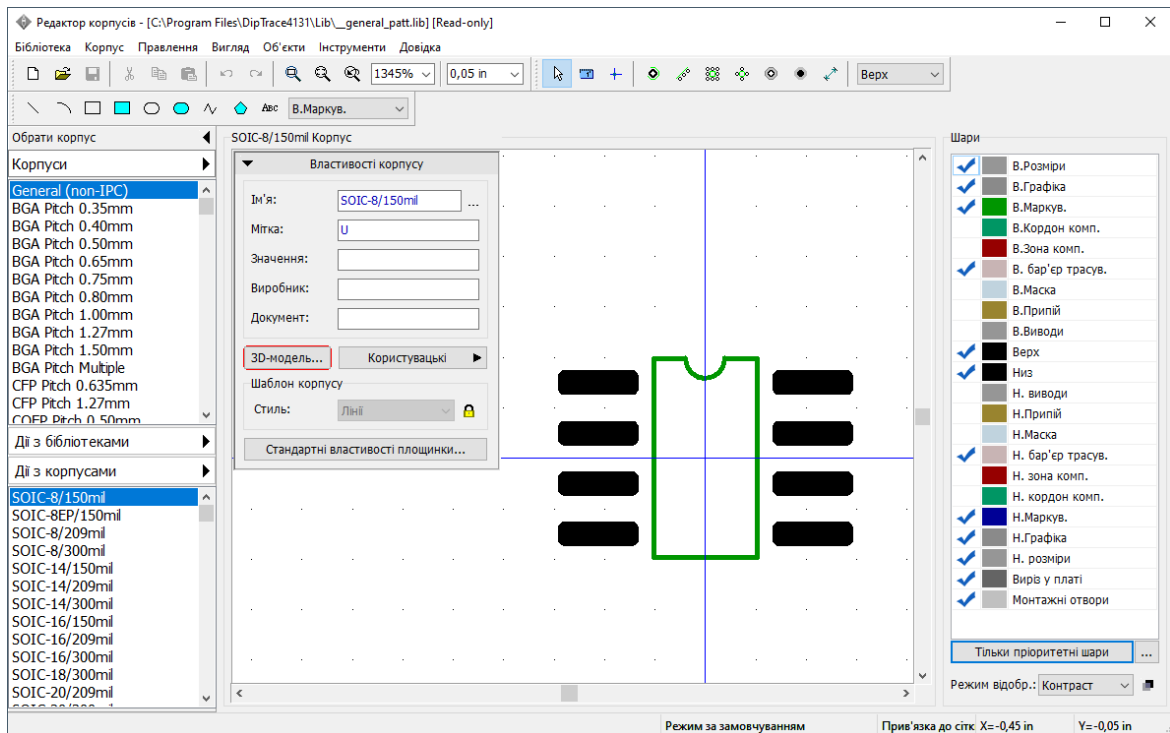
Розташування точки початку координат можна змінити будь-якої миті за

допомогою кнопки . Коли корпус буде на платі в **Редакторі плат**, точка початку координат є центром компонента при обертанні або розташуванні компонента шляхом визначення його координат.

Перед початком роботи можна налаштувати рівень точності, вказавши кількість десяткових знаків (до десяти) для всіх значень, що використовуються в проєкті з урахуванням одиниць вимірювання. Також встановити мінімальний розмір сітки та її точність для поточних одиниць за допомогою діалогового вікна Точність значень ("Вигляд" / Точність").

Зауважте, високі показники точності використовуються лише на етапі проєктування. Під час збереження проєкту в файл застосовується точність до 0,001 мілів.

На панелі **Властивості корпусу**, розташованій у верхньому лівому куті області побудови, наявні найнеобхідніші інструменти та налаштування для створення корпусів: вибір шаблону типу корпусу, кількість контактних площинок, властивості КП за замовчуванням, а також підключення 3D-моделів. Натисніть на маленьку стрілку, щоб згорнути панель або виберіть "Вигляд/Панелі інструментів/Властивості корпусу" з головного меню, для приховання/відображення панелі. Панель можна перемістити, а також змінити її розмір, захопивши лівим клацанням її кордон.



Щоби збільшити або зменшити масштаб у редакторах компонентів і корпусів, використовуйте клавіші +/-, коліщатко миші або просто виберіть або визначіть необхідний масштаб на панелі Інструментів. Перейдіть до "Вигляд/Номери контактних площинок/...", щрб показати/приховати номери КП.

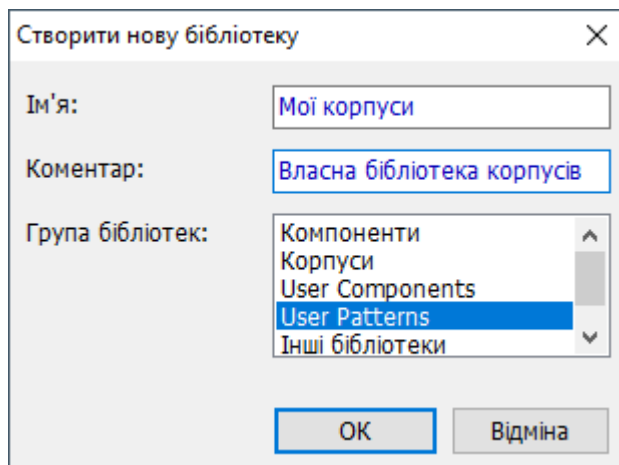
Ви також можете вибрати, показувати стандартну або докладну підказку (з розмірами площинок/отворів) для об'єктів в області побудови (виберіть "Вид/Показувати коментар").

Зауважте, щр підказка також відображається в нижньому лівому куті екрана під час наведення курсору на об'єкт.

4.1.2 Створення та збереження бібліотеки

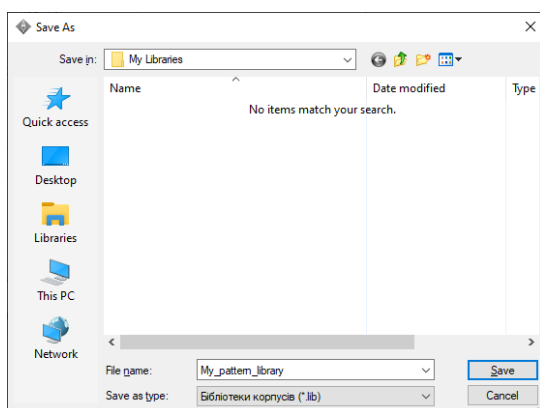
Створення бібліотеки

Натисніть **Дії з бібліотеками** / Нова бібліотека на панелі **Менеджера бібліотек** з правого боку екрана. У діалоговому вікні введіть назву бібліотеки (вона має бути короткою) та коментар. Також можна обрати групу бібліотек, у якій ви хочете створити нову. За промовчанням програма пропонує зберігати всі бібліотеки корпусів у групі бібліотек Корист. корпуси.



Назва бібліотеки з'явиться на панелі Менеджера бібліотек, а програма автоматично змінить поточну групу бібліотек на Корист. корпуси. Тепер необхідно зберегти створену бібліотеку в файл.

Збереження бібліотеки



Виберіть "Бібліотека/Зберегти" в головному меню або натисніть кнопку зі зображенням дискети на Стандартній панелі у лівому верхньому куті. Виберіть папку, в якій хочете зберегти бібліотеку. Користувачам Windows ми радимо зберігати бібліотеки в папці "Документи/DipTrace /My Libraries", яка пропонується за замовчуванням. Однак, ви можете вибрати іншу папку для збереження бібліотек. (Примітка: користувачам MacOS рекомендується зберігати бібліотеки (та інші файли DipTrace) усередині Wine-префіксу, задля уникнення будь-яких проблем з доступом до файлів із програми. Але у разі перевстановлення або видалення програми користувач має потурбуватися про збереження резервної копії своїх файлів перед виконанням вищенаведених дій).

З метою збереження цілісності своїх даних, DipTrace не дозволяє зберігати нові бібліотеки користувача в одній папці зі стандартними бібліотеками програми.

Введіть ім'я файлу (воно не відображатиметься у програмі) та натисніть **Зберегти**.

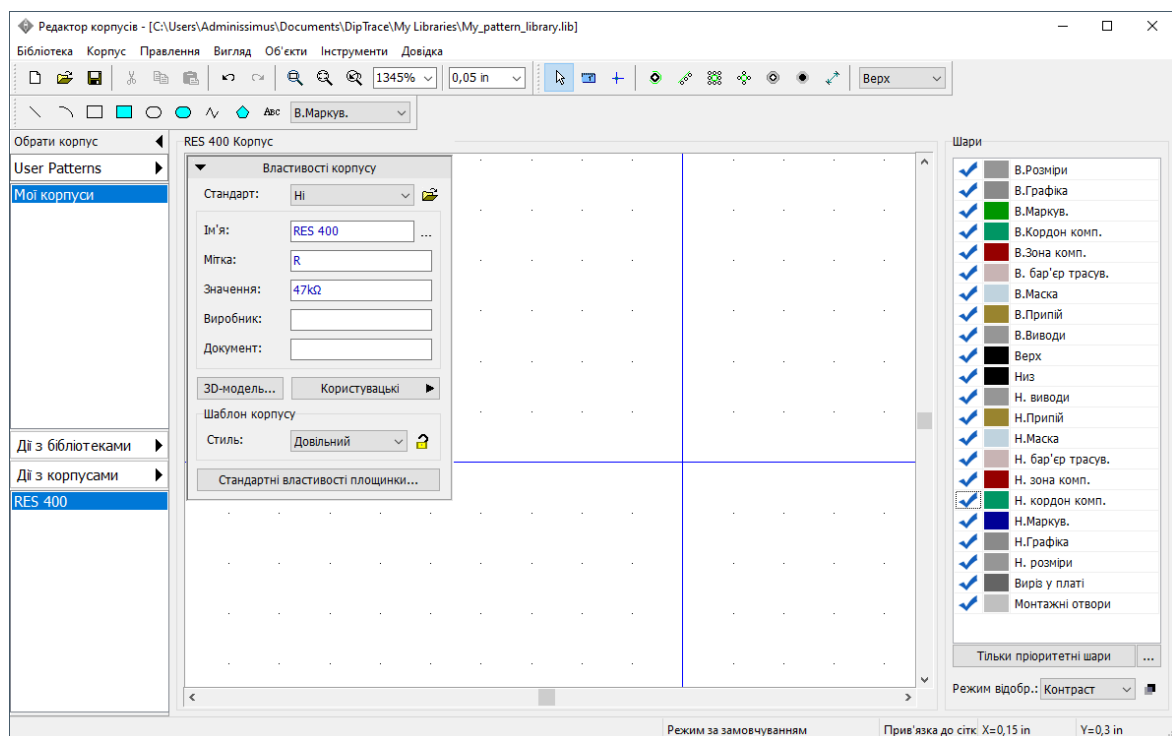
Тепер у нас є нова бібліотека користувача, що називається "Мої корпуси", її збережено у файлі My_pattern_library.lib. Поточний файл та його розташування відображаються у заголовку вікна програми.

4.1.3 Створення корпусу резистора

Розробимо перший корпус у новій бібліотеці. Це буде резистор із відстанню між виводами 400 міл. Спочатку створимо його власноруч, а потім перейдемо до автоматичної генерації.

4.1.3.1 Власноруч

Для початку потрібно назвати корпус та заповнити основні поля опису. Введіть "RES 400" у рядку **Ім'я**, "R" – у рядку **Мітка** та "47kΩ" – у рядку **Значення** на панелі **Властивостей корпусу**. У редакторі компонентів та редакторі корпусів ви визначаєте мітки, які будуть використовуватись за замовчуванням. При створенні проєкту мітка компонента, що розміщується, з'явиться автоматично, наприклад, R1, R2, R3 тощо. Якщо мітку не задано, програма використовуватиме мітку "U". Задійте таблицю спеціальних символів Windows, щоб знайти та скопіювати/вставити спеціальні символи для позначення "Ом", "Фарад" тощо.



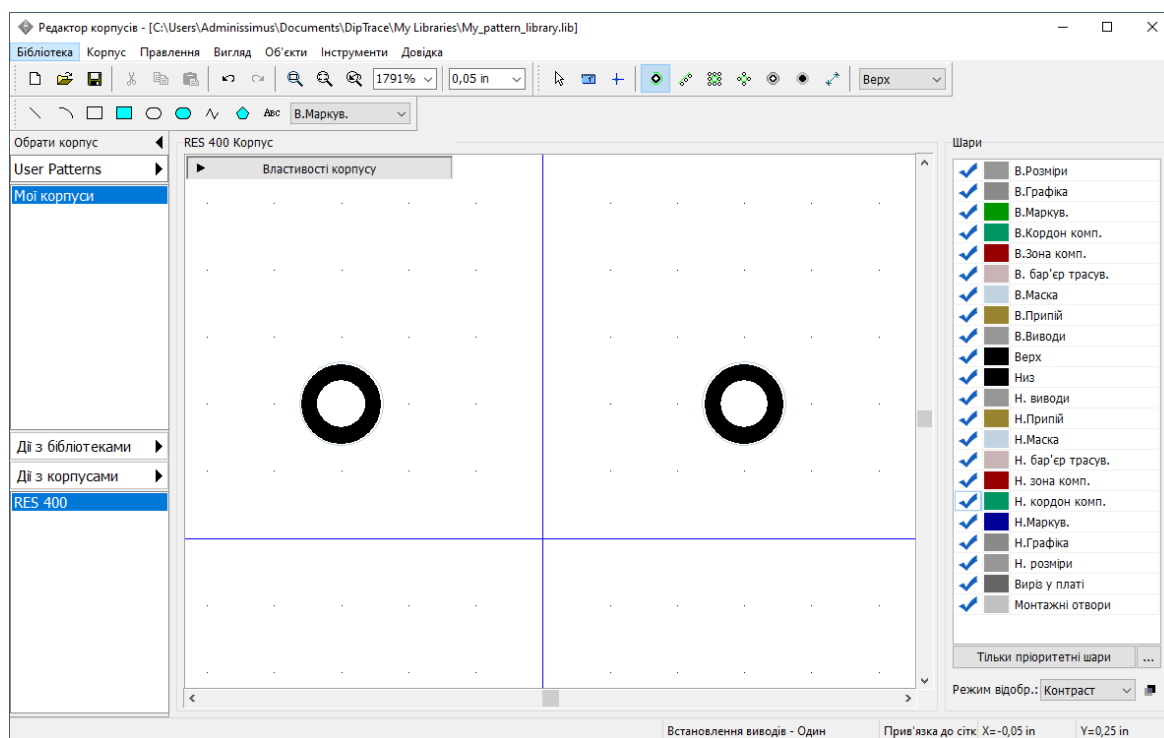
Для поточного корпусу оберемо Довільний Стиль шаблону корпусу, хоча ефективніше створювати такі корпуси, використовуючи стиль Ліній. Розглянемо цей стиль в одному з наступних розділів.

Встановлювання контактних площинок

Переконайтеся, що розмір сітки є 0,05 дюйма (одиниці вимірювання можна змінити, вибравши пункт "Вид/Одиниці вимірювання" з головного меню або натиснувши клавіші *Shift+U*). Тепер згорніть панель Властивостей корпусу. Для зручності, можна активувати опцію "Прив'язка до сітки" в меню "Вид". Натисніть

кнопку **Вивід**  на панелі інструментів Об'єкти та клацніть лівою кнопкою миші двічі в області побудови, щоб створити дві контактні площадки (КП), як на зображенні нижче. Зробіть правий клік, щоб вийти з режиму встановлення виводів.

Примітка: для контактних площадок із наскрізним отвором Редактор корпусів застосовує налаштування кольору, встановлені в Редакторі плат ("Вигляд/Колірні налаштування"), тому в нашому випадку вони є чорного кольору, а не синього.



Установка вручну – не надто точний метод, тому доведеться скоригувати координати виводів. Але спершу встановимо розмірну лінію, що дозволить наочно розуміти, що потрібно зробити. Виберіть "Об'єкти /Розмістити розмір/ Горизонтальний" у головному меню або оберіть відповідний інструмент на панелі інструментів. Клацніть лівою кнопкою миші по центру лівої КП, потім по центру правої КП, перемістіть курсор трохи вище і клацніть ще раз для встановлення розміру. Вузлові точки об'єктів підсвічуються коли ви підводите курсор до них, тому визначити центр виведення дуже просто. Відстань перераховуватиметься автоматично, якщо об'єкти переміщуються.

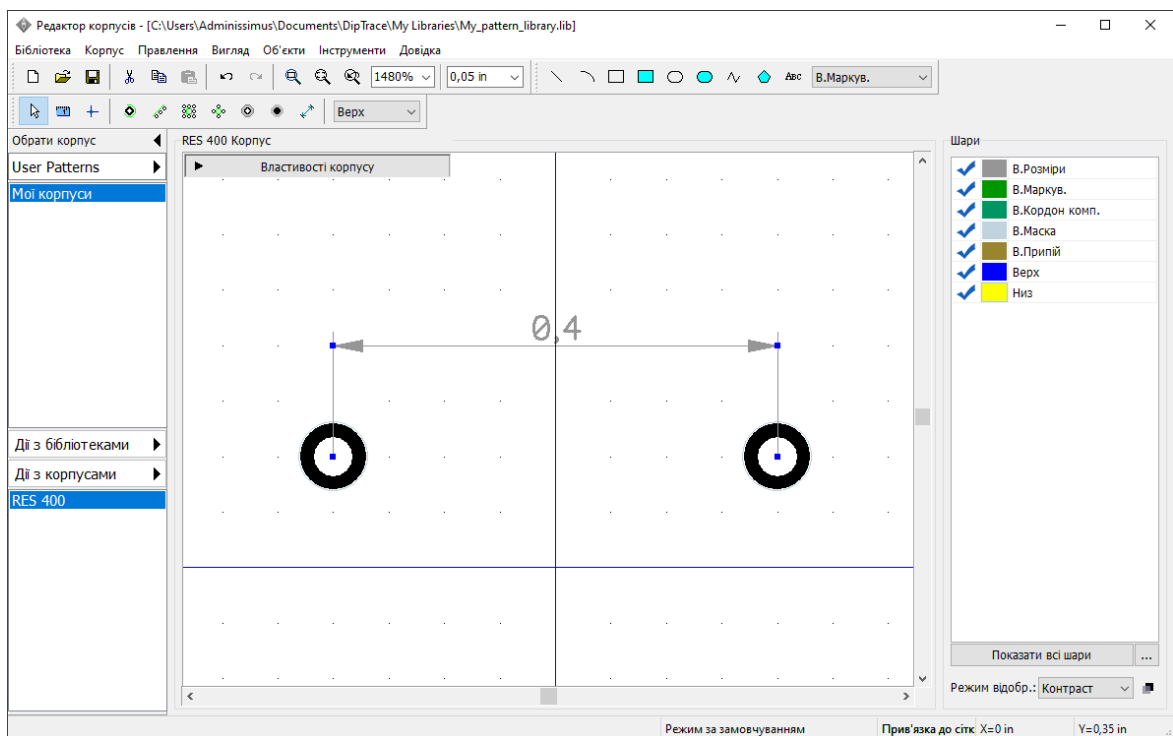
Клацніть правою кнопкою на розмірній лінії, оберіть Властивості – і ви побачите, що цей об'єкт можна переносити на інші шари, змінювати одиниці виміру, розміри стрілок тощо. Розмірну лінію можна перетягувати як і будь-який

інший об'єкт проекту. Відрегулюйте відстань проміж контактними площинками, щоб вона становила 0,4 дюйми (400 міл).

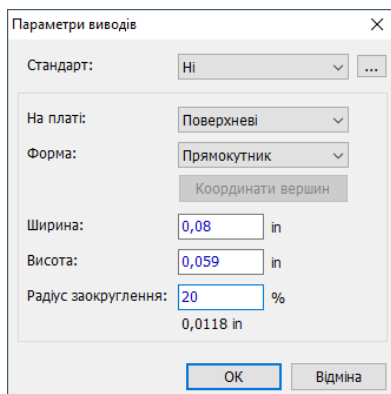
Шари

Тепер спробуємо використати панель Шари. Вона розташована праворуч від області побудови. Тут відображаються всі сигнальні та несигнальні шари корпусу. Панель спрощує управління шарами: ви можете показати/приховати шар в області побудови, клацнувши відповідну синю позначку, змінити колір шару (клацання лівою кнопкою миші по кольоровому прямокутнику) та швидко обрати шар для розташування об'єкта.

Скоротімо список шарів, лишаючи лише ті, що необхідні для роботи. Натисніть кнопку , у спливаючому вікні виберіть В.розміри, В.графіка, В.зона комп., В. маска, В. припій, а також шари Верх і Низ у стовпці **Пріоритет**. Ви можете змінити порядок шарів у списку, використовуючи кнопки зі стрілками у стовпці **Черговість**, але зараз залишимо порядок шарів без змін. Натисніть кнопку **ОК**, щоб закрити діалогове вікно. Натисніть "Тільки пріоритетні шари", щоб відобразити у списку лише раніше вибрані шари.



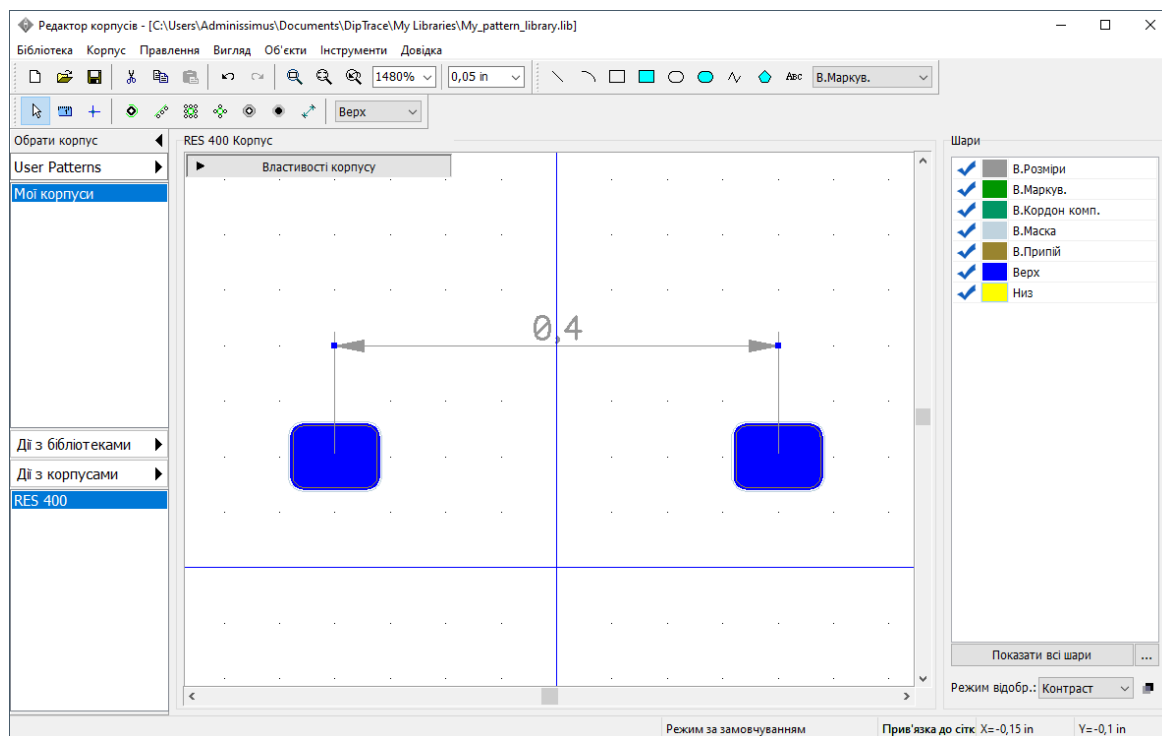
Параметри виводів



Контактні площадки (вивиди) можуть мати стандартні чи індивідуальні налаштування. Стандартні застосовуються за замовчуванням до всіх виводів корпусу, а індивідуальні лише до обраних КП.

Щоб змінити стандартні параметри, виберіть "Корпус/Стандартні властивості площадки" з головного меню або натисніть **Стандартні властивості площадки** на панелі Властивостей корпусу. У діалоговому вікні, що з'явиться, можна змінити форму виводу на: Еліпс, Овал, Прямокутник, D-форма або Багатокутник (якщо вибраний Багатокутник, натисніть Координати вершин для визначення його параметрів). Для прямокутних КП можна встановити радіус кутів. Наскрізні КП можуть мати отвори круглої або овальної форми.

Стандарти виводів дозволяють за секунди застосувати раніше визначені параметри до нових виводів як у Редакторі корпусів, так і в Редакторі плат. Виберіть **Поверхневі** в полі **На платі**, змініть форму виводів на **Прямокутник**, ширину встановіть 0.08, висоту – 0.059 дюймів, **Радіус заокруглення** – 20%. Натисніть кнопку **ОК**.



Зверніть увагу, що для поверхневих виводів можна змінити бік, тобто встановити контактні площадки на нижній бік майбутньої плати. Щоби змінити сторону, на якій встановлено контактну площадку, клацніть правою кнопкою по виводу та виберіть **Змінити бік**. Поточна сторона встановлення нових

майданчиків та фігур може бути вибрана на панелі Об'єктів (випадаюче меню з текстом "Верх") або на панелі шарів.

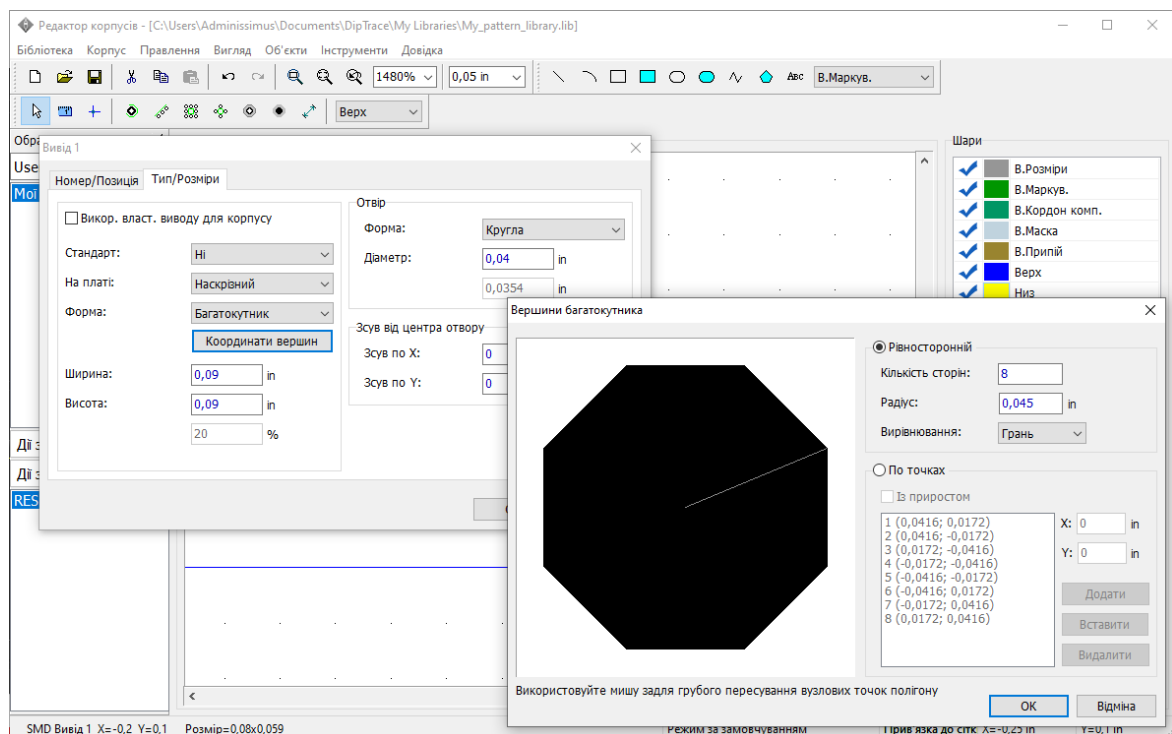
Тепер змінімо властивості одного з контактних майданчиків. Наведіть курсор на перший контактний майданчик, він повинен підсвітитися, якщо цього не відбувається, отже потрібно перейти в режим за замовчуванням, натиснувши

кнопку . Тепер клацніть правою кнопкою миші по КП і виберіть **Параметри виводів**. У вікні є дві вкладки: Номер / Позиція і Тип / Розміри. Координати та орієнтацію виводу можна змінити у вкладці **Номер/Позиція**. Ми ж зараз виберемо вкладку **Тип/Розміри** та приберемо позначку **Використовувати властивості виводу для корпусу**, щоб можна було задати індивідуальні параметри для цього виводу.

Полігональні виводи (багатокутники)

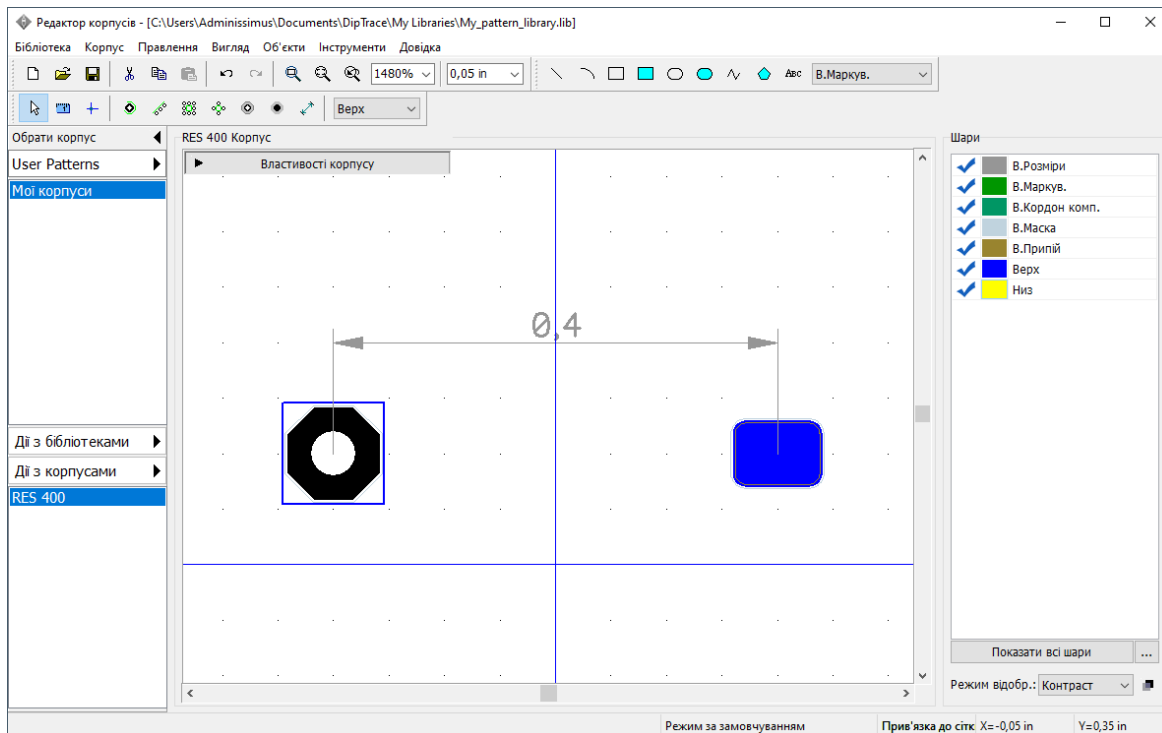
Створімо восьмикутну КП. Найшвидшим способом буде вибрати відповідний стандарт, але зробимо все вручну. Не призначаючи стандарту, виберіть значення **Наскрізний** для параметра **На платі**, змініть форму на **Багатокутник**, ширину та висоту на 0,09 дюйма, діаметр отвору має бути 0,04, потім натисніть **Координати вершин** для доступу до вершин багатокутника. Тут можна задати тип полігонального виводу та, якщо він неправильної форми, визначити його точки.

Виберіть **Рівносторонній**, **Кількість сторін: 8**, з радіусом 0.045 дюйма. Складні форми можна редагувати за допомогою таблиці або візуально в полі перегляду (просто захоплюйте та пересувайте точки вершин багатокутника).



Натисніть кнопку **ОК**, щоб створити багатокутник.

Ви можете змінити координати КП та кут на вкладці **Номер/Положення** цього діалогового вікна, але не робіть цього зараз. Натисніть кнопку **ОК**. Зміни буде застосовано до всіх обраних КП.



Є й інші способи створення багатокутних КП, наприклад, можна вибрати інструмент Багатокутник на Панелі малювання та намалювати вивід прямо в області побудови, фігура має бути розташована у сигнальному шарі (виберіть **Сигнальний** на Панелі малювання або відповідний шар на панелі Шарів (подвійний клік) перед початком малювання). Або змініть шар розміщення фігури на сигнальний після її створення в діалозі властивостей фігури (правий клік/**Властивості**). Відколи фігура на сигнальному шарі готова, необхідно клацнути по ній правою кнопкою та вибрати **Перетворити на вивід**. Ця опція працює тільки для багатокутників.

Встановіть такі властивості для виводів:

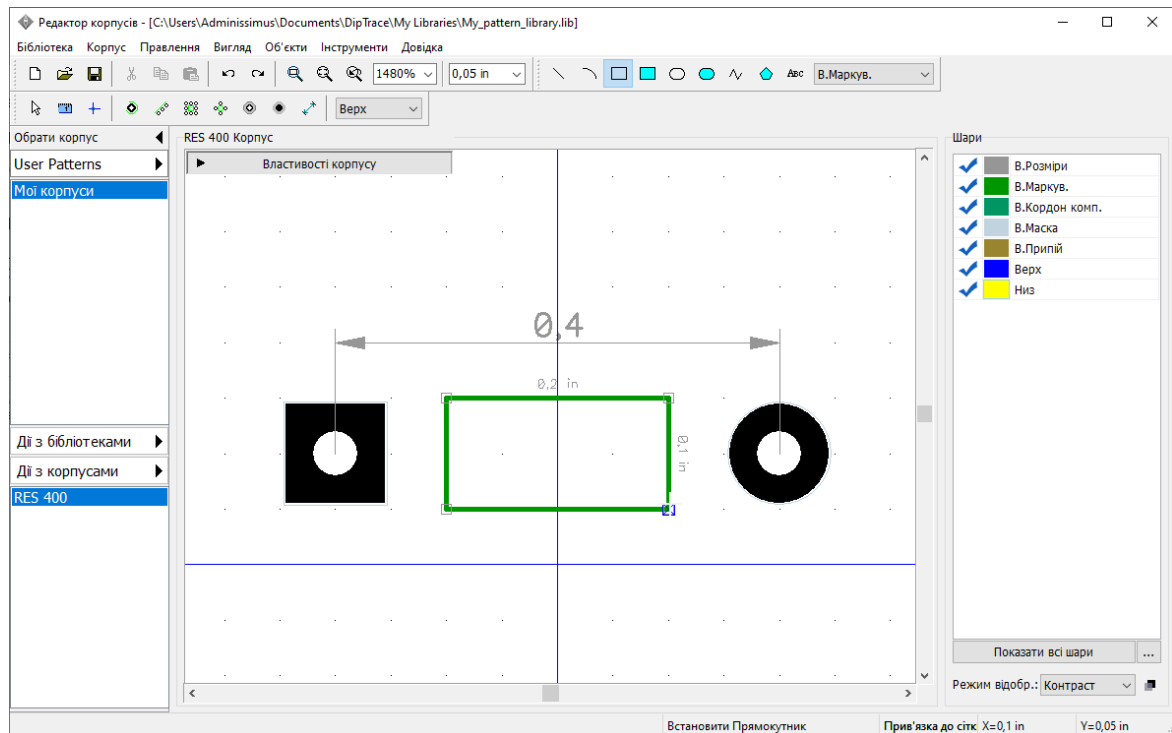
перший вивід – 0.09 x 0.09, прямокутний, наскрізний, отвір – круглий, діаметр отвору 0,04;

другий – 0.09 x 0.09, овал, наскрізний, отвір – круглий, діаметр отвору 0,04;

Розташуймо графічне позначення резистора у шарі шовкографії.

Переконайтеся, що обрано шар В. маркув., натисніть кнопку **Прямокутник** на Панелі малювання та клацніть лівою кнопкою у двох протилежних точках фігури в області побудови.

Зверніть увагу, під час розташування фігури DipTrace показує розміри.

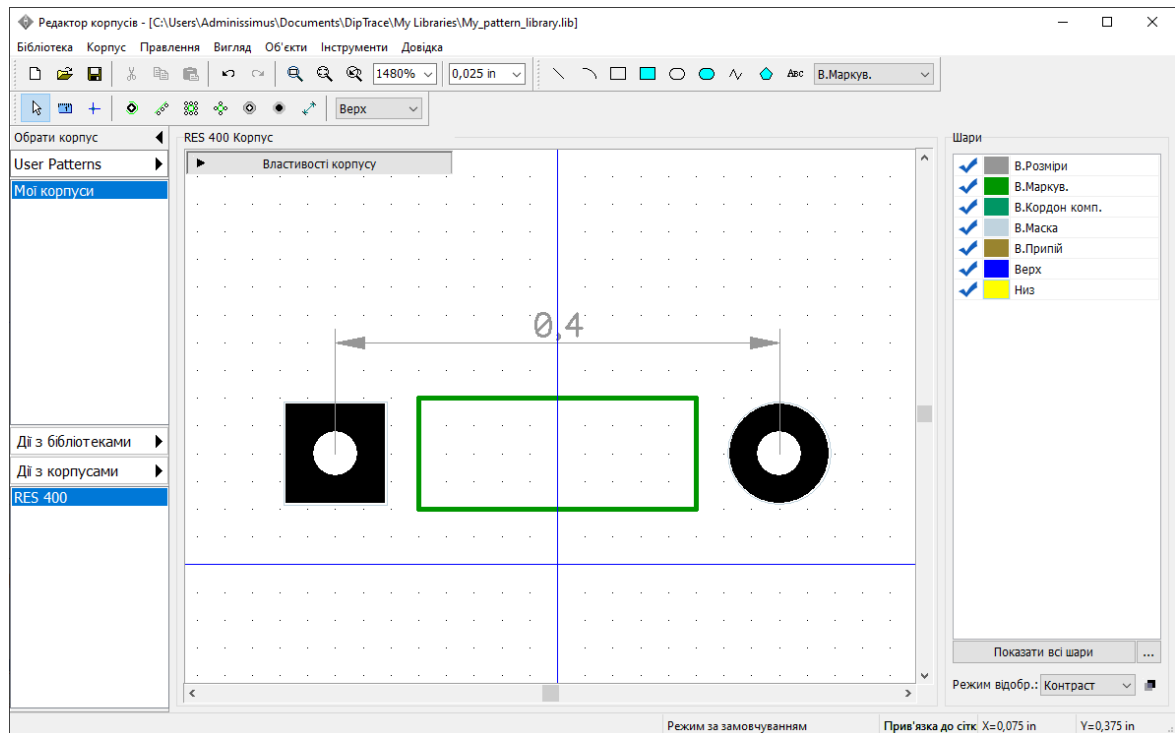


Тепер перейдіть до стандартного режиму, натиснувши .

Швидше за все, прямокутник вийшов менший за потрібний, але його можна редагувати. Зробити це можна у такі способи:

- 1) клацніть по фігурі правою кнопкою миші, виберіть "Властивості" і введіть нові значення ширини та висоти у діалоговому вікні;
- 2) перетягніть точки вершин фігури (щоб використовувати цей варіант, вимкніть параметр "Прив'язка до сітки" в меню "Вид", щоб мати можливість розміщувати фігуру між точками сітки або змініть розмір сітки).

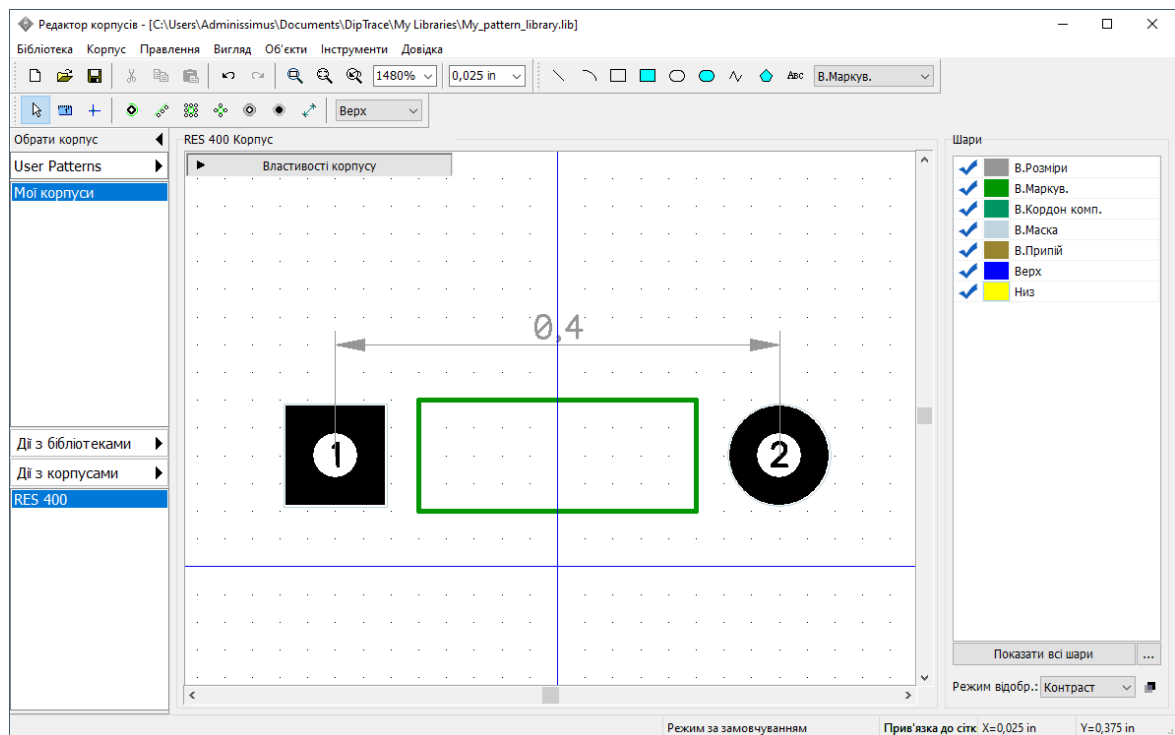
Скористаймося останнім способом, але спочатку змінимо розмір сітки на 0.025 дюйма, натиснувши *Ctrl* + *знак мінуса*. Тепер просто перетягніть кутові точки прямокутника так, щоб малюнок корпусу був правильнішим (курсор показує можливі напрямки переміщення).



Відцентруйте корпус, вибравши "Правка/Центрувати" з головного меню або скористайтеся клавішами *Ctrl+Alt+C*.

Щоб зобразити номери КП, виберіть "Вигляд/Номери контактних площинок/Показати".

Резистор готовий.



Спробуйте обертати та дзеркально відбити перший компонент вашої бібліотеки, вибравши "Правка/Обертати корпус" для обертання та "Правка/Відбити корпус/Вертикально (Горизонтально)" для відбиття.

Натисніть кнопку **Зберегти** на стандартній панелі інструментів. У наступному розділі цього посібника приєднаємо 3D-модель до цього резистора.

4.1.3.2 Під'єднання 3D-моделі

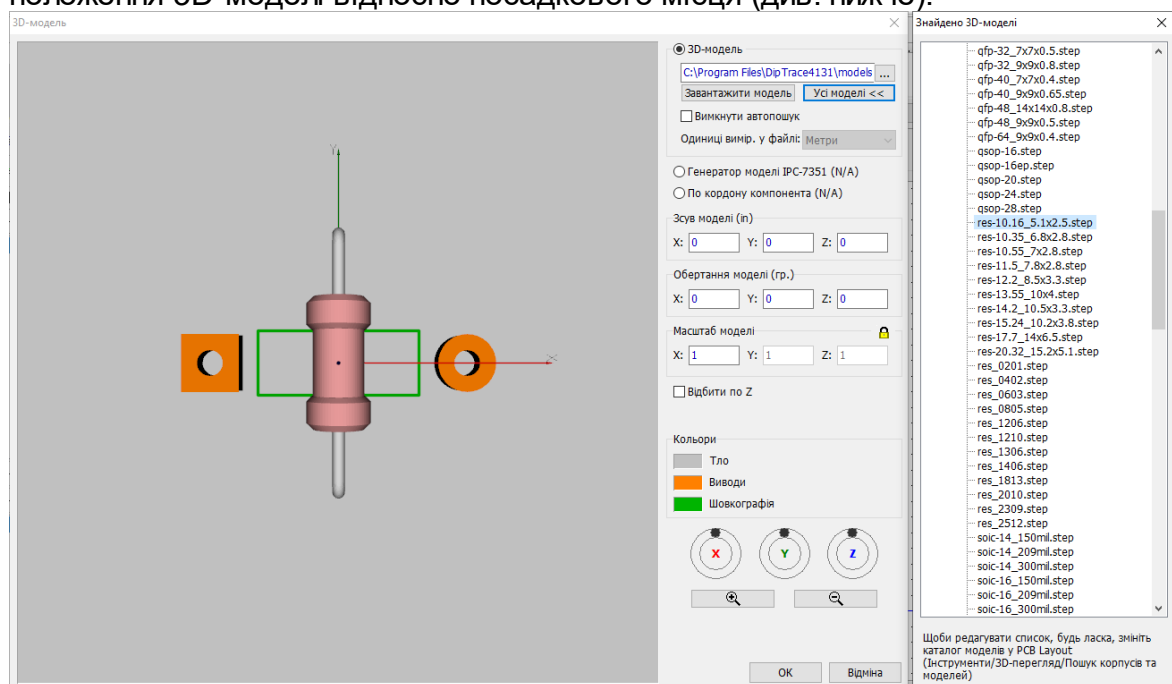
У DipTrace є три варіанти під'єднання 3D-моделі: можна використати файл STEP із 3D-моделлю вашого компонента; застосувати модель з Генератора корпусів (працює для корпусів, створених за допомогою цього інструменту); або створити модель по контуру компонента (цей варіант найкраще підходить для пристроїв поверхневого монтажу, оскільки створюється тривимірна фігура з визначеними параметрами, що імітує SMD-компонент).

Наразі ми скористаємося першим варіантом під'єднання 3D-моделі.

Перш за все, завантажте та встановіть стандартну бібліотеку 3D-моделей із сайту DipTrace, яка налічує понад 10 000 3D-моделей для різних компонентів.

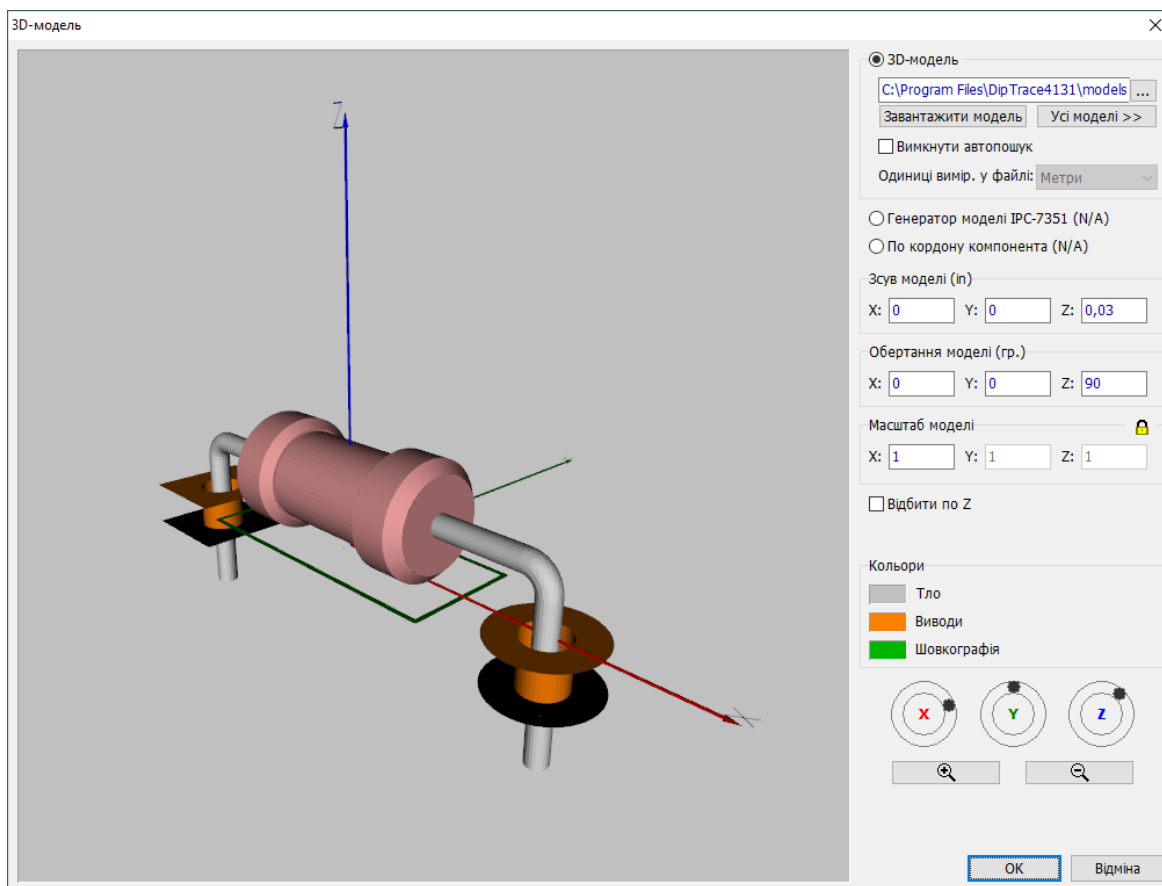
Коли посадкове місце готове, потрібно підключити до нього 3D модель.

Натисніть кнопку **3D-модель** на панелі **Властивостей корпусу**. У діалоговому вікні натисніть **Усі моделі >>**, щоб відкрити список усіх підключених до програми моделей компонентів (у стандартному пакеті моделі відсортовані за бібліотеками корпусів для зручності). Відповідну модель ми знайдемо в бібліотеці **_General**. Виберіть цю бібліотеку і прокрутіть список моделей вниз, поки не знайдете модель **res-10.16_5.1x2.5.step**, клікніть по ній лівою кнопкою і вона з'явиться в полі перегляду на посадковому місці. Іноді виникає необхідність підкоригувати положення 3D-моделі відносно посадкового місця (див. нижче).



Коригування положення 3D-моделі корпусу

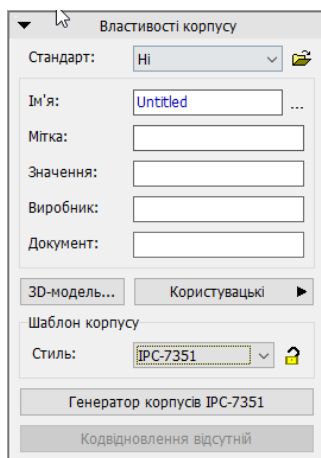
Програма автоматично розташовує 3D-модель на посадковому місці корпусу, але в окремих випадках положення або масштаб моделі потрібно буде підкоригувати. Для цього достатньо ввести потрібні значення у відповідні поля у розділі **Властивості 3D-моделі** (зсув, поворот, масштаб по вісях). У нашому випадку нам необхідно повернути модель резистора на 90 градусів і трохи зсунути, щоб вона не була нижче за площину майбутньої плати. Для цього в полі **Поворот моделі** введемо 90 градусів у поле **Z** та встановимо **Зміщення моделі** по вісі **Z** на 0.03 дюйма. Корпус і модель можна обертати по всіх вісях і масштабувати прямо у вікні перегляду, для цього використовуйте кнопки та коліщатко миші або інструменти на бічній панелі.



Натисніть кнопку **ОК**, щоб під'єднати модель. Зауважте, кнопка **3D-модель** на панелі **Властивості корпусу** підсвічується зеленим. Це означає, що модель підключено. Збережіть бібліотеку корпусів.

Більш детальну інформацію про роботу з 3D-переглядом ви знайдете в кінці цього підручника, а також у Довідці (Довідка/Довідка Редактора корпусів).

4.1.3.3 Автоматично (Генератор корпусів)



DipTrace пропонує ще один спосіб для створення корпусів – автоматичний. Але перш ніж почати, додамо до нашої бібліотеки новий корпус. Переконайтеся, що вибрано Мої корпуси в групі корпусів. Перейдіть до меню **Корпус** та виберіть «Додати новий до бібліотеки "Мої корпуси"».

Тепер потрібно запустити генератор корпусів. Для цього виберіть **IPC-7351** з випадаючого списку **Стиль** на панелі **Властивості корпусу** – нижче з'явиться кнопка **Генератор корпусів IPC-7351**. Натисніть на неї для запуску **Генератора**.

У генераторі корпусів зробимо посадкове місце для резистора **HVR37** з мідним кінцевим дротом, використовуючи даний [технічний опис](#).

Спочатку виберіть тип **"Наскрізні виводи"**. Потім виберіть **Axial** зі списку **"Родина"** у лівій частині діалогового вікна.

У центральній частині вікна генератора корпусів потрібно буде ввести всі ключові параметри. У списку **"Підсімейство"**, що розкривається, виберіть **«Резистор»**. Встановіть міліметри як одиниці виміру в нижній частині вікна.

Відкрийте технічний опис на сторінці 2, де вказано розміри. Перевірте зображення **Конфігурації корпусу** в Генераторі компонентів, щоб знайти потрібні параметри.

Перше поле – Крок – пофарбоване у зелений колір. Це означає, що поле не обов'язково заповнювати. Лишимо його порожнім і дозволимо DipTrace розрахувати його.

Заповніть Обов'язкові поля, що залишилися, їх позначено червоним: **Амакс** – 4 мм (це значення відсутнє в даташиті, тому будемо вважати, що $A = E$ = діаметр резистора), **бмін** – 0,67 мм, **бмакс** – 0,73 мм, **Дмакс** – 12 мм, **Емакс** – 4 мм.

Цих значень вистачить для створення посадкового місця. Для всіх інших параметрів можна залишити значення, встановлені за замовчуванням.

Додаткову інформацію про налаштування параметрів для генерації компонентів ви знайдете у Довідці Редактора корпусів.

Генератор корпусів за IPC-7351

Родина
☐ SMD монтаж
☒ Накрівні виводи

Родина
 Axial
 Crystal (HC-49)
 DIP
 DIP Socket
 Header (Vertical)
 Header (Right Angle, Non-Shrouded)
 Header (Right Angle, Shrouded)
 Header (Right Angle, Receptacle)
 Oscillator
 PGA
 Radial (Dipped, Round)
 Radial (Dipped, Rectangular)
 Radial (Dipped, Rectangular, Offset Leads)
 Radial (Disk)
 Radial (Disk, Offset Leads)
 Radial (Electrolytic)
 Radial (Inductor)
 Radial (Molded)
 Radial (Round LED)
 Radial (Rectangular LED)
 SIP
 TO Cylindrical
 TO-220 Horizontal
 TO-220 Vertical
 TO-92
 Mounting Hole

Конфігурація корпусу

Дані креслення Опції компонента Опції виводів Правила 3D

Підродина: Резистор

Крок: e

Символ	Мін	Ном	Макс	+Дод	-Дод
A			4		
b	0,67	0,7	0,73	0,03	-0,03
D			12		
E			4		

Поле "e" обраховується автоматично, якщо порожнє.

Приклад Clear - обов'язково - опційно

Конфігурація виводів

1 or C 2 or A

W1 W

☒ Використовувати розрахункові розміри корпусу

☐ Використовувати розміри, які рекомендовані виробником

W W1

☒ Використовувати стандартне ім'я корпусу

Untitled

☐ Використовувати унікальне ім'я корпусу

Код корпусу або номер деталі

Виробник... None

Додати до користувацьких полів

☒ Пояснення імені

☒ Унікальне ім'я

☒ Виробник

☒ Висота 3D-моделі

☐ Додати всі рівні щільності до бібліотеки (+2 корпуси)

Показати деталі

mm inch mil

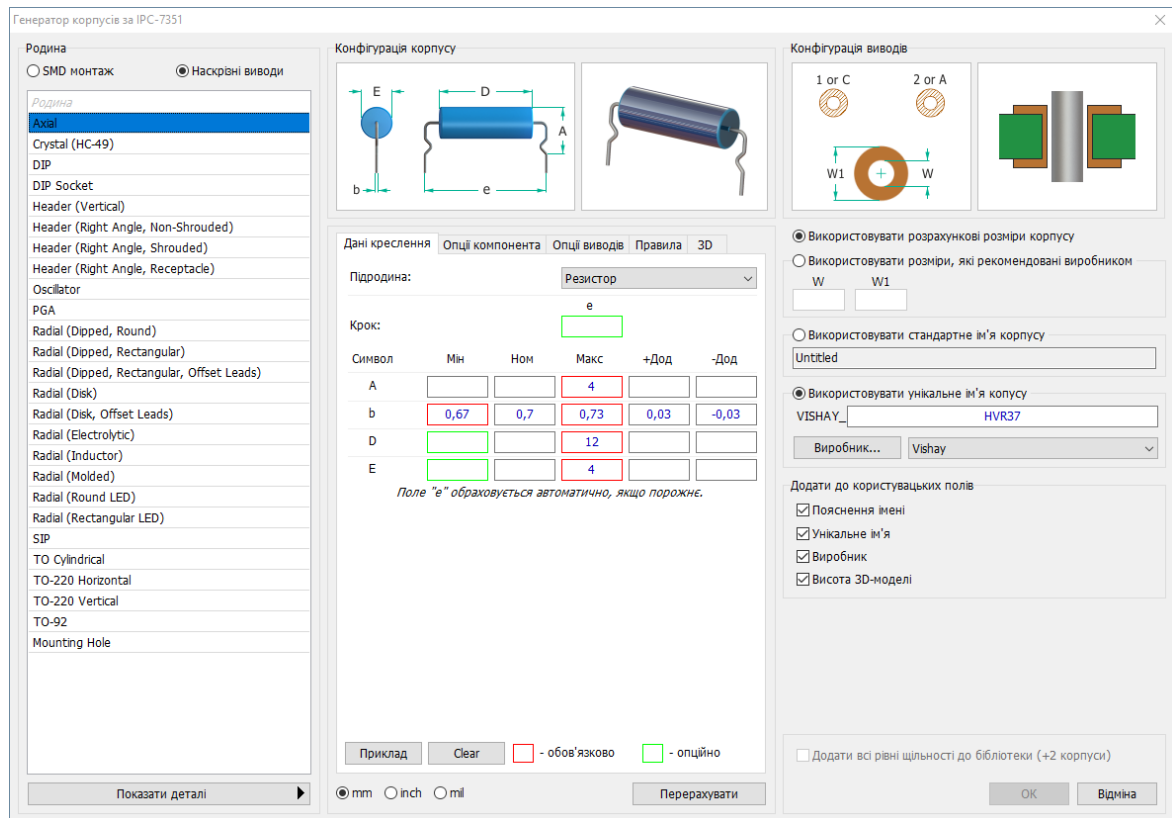
Перерахувати

OK Відміна

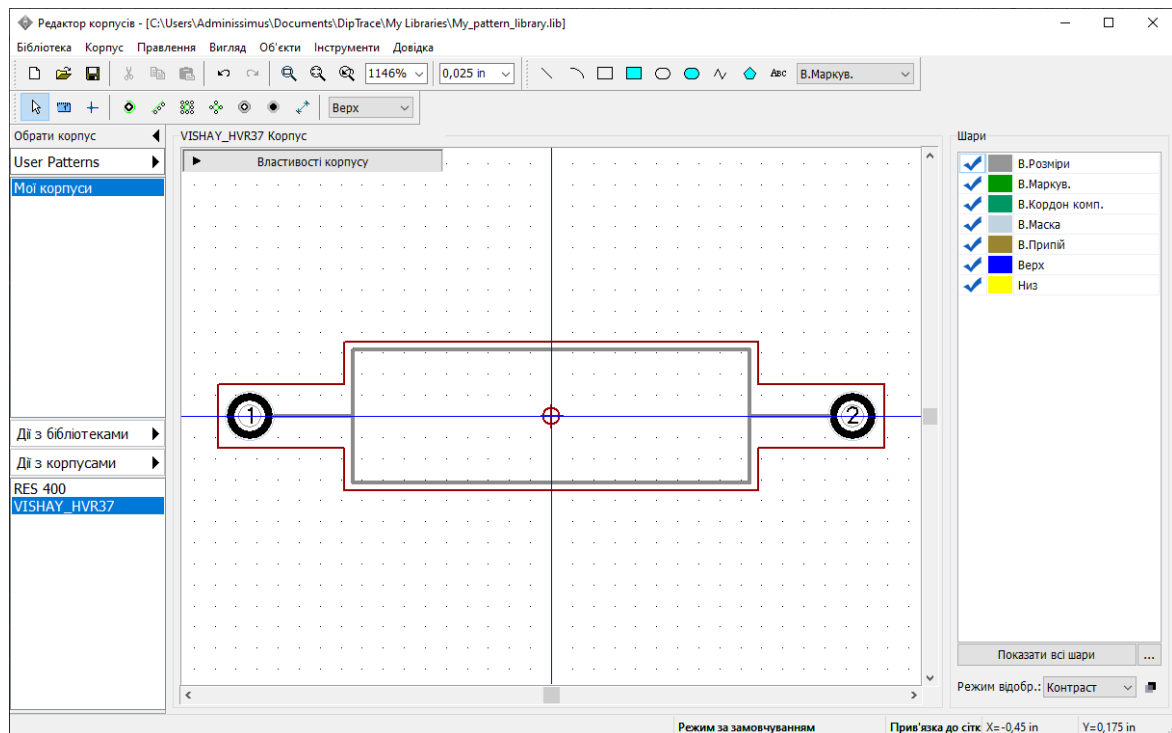
Натисніть кнопку **"Перерахувати"** і DipTrace розрахує розміри корпусу на основі стандарту IPC-7351 (див. праву частину вікна Генератора), однак ви завжди можете змінити розраховані значення на ті, що рекомендовані виробником.

Програма також згенерувала стандартне ім'я корпусу. Його можна відредагувати або вибрати варіант **"Використовувати унікальне ім'я корпусу"**. Виберемо останній варіант. Введіть HVR37 та обов'язково виберіть виробника зі списку, у нашому випадку це Vishay.

*Зверніть увагу, що для параметра **"Використовувати унікальне ім'я корпусу"** необхідно вказати виробника, бо інакше корпус не буде згенерований.*



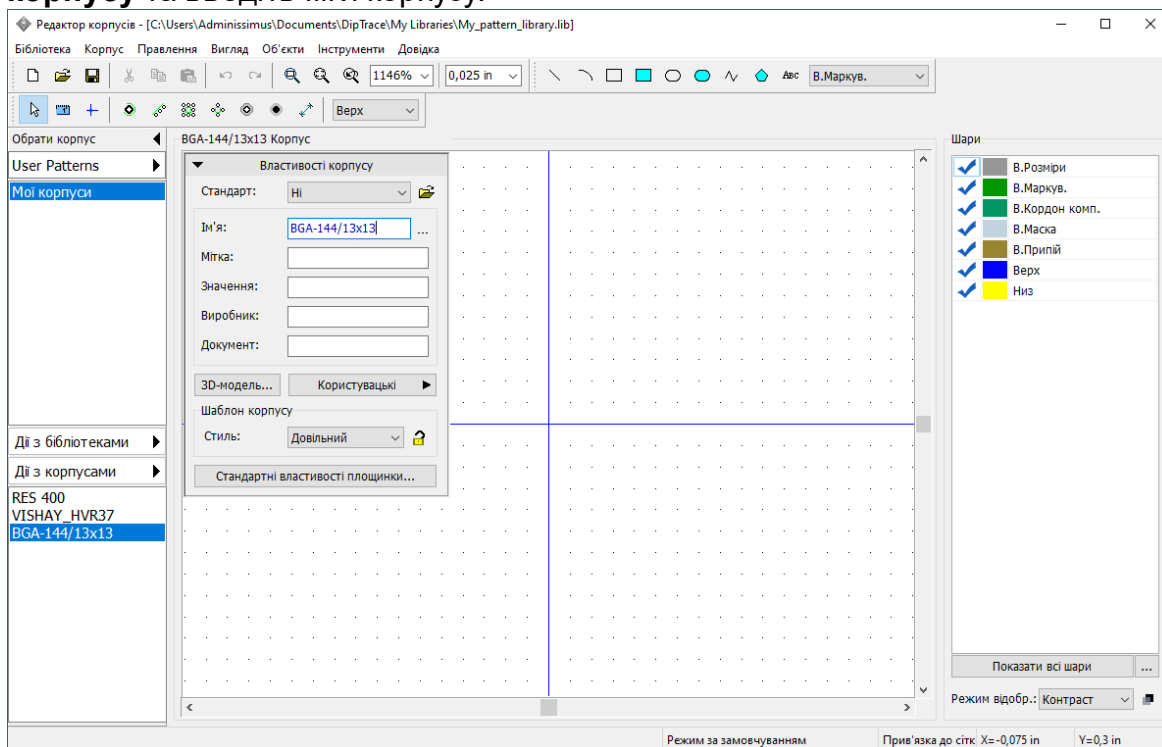
Знову натисніть кнопку "Перерахувати", а потім **ОК** – і DipTrace згенерує корпус.



4.1.4 Створення корпусу BGA-144/13x13

4.1.4.1 Власноруч

Натисніть **Дії з корпусами** на панелі Менеджера бібліотек та виберіть **Додати новий корпус до бібліотеки "Мої корпуси"**. Створимо посадкове місце для корпусу **BGA-144/13x13(x0.8_10x10)**, використовуючи стилі корпусів та функцію автоматичної нумерації виводів. Розгорніть панель **Властивостей корпусу** та введіть ім'я корпусу.



Натисніть **...**, якщо потрібно додати опис імені та унікальне ім'я для створюваного корпусу.

Змініть одиниці вимірювання на мм, скориставшись поєднанням клавіш **Shift+U**. Встановіть розмір сітки 0,635 мм.

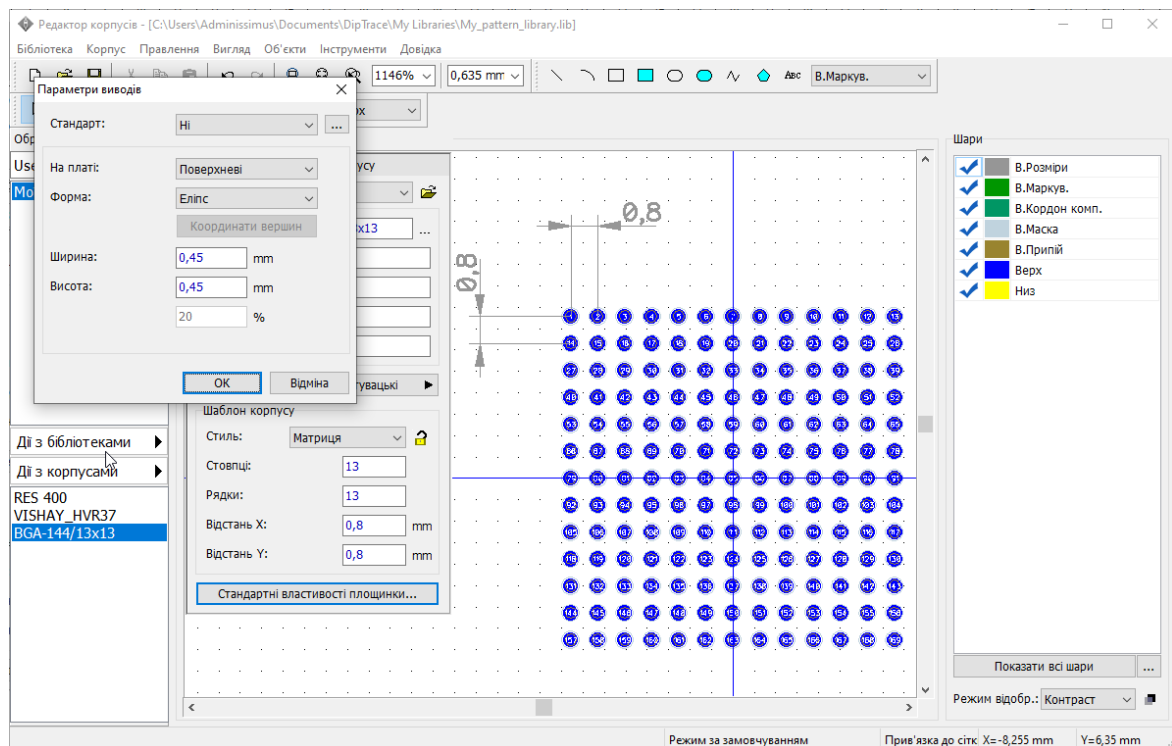
Виберіть "Корпус/ Стандартні властивості площинки" з головного меню та

вкажіть: **На платі: Поверхневі, Форма: Еліпс, Ширина: 0,45, Висота: 0,45.**

Натисніть **ОК**, щоби встановити стандартні параметри для контактних площинок компонента. Тепер на панелі **Властивостей корпусу** виберіть: **Стиль:**

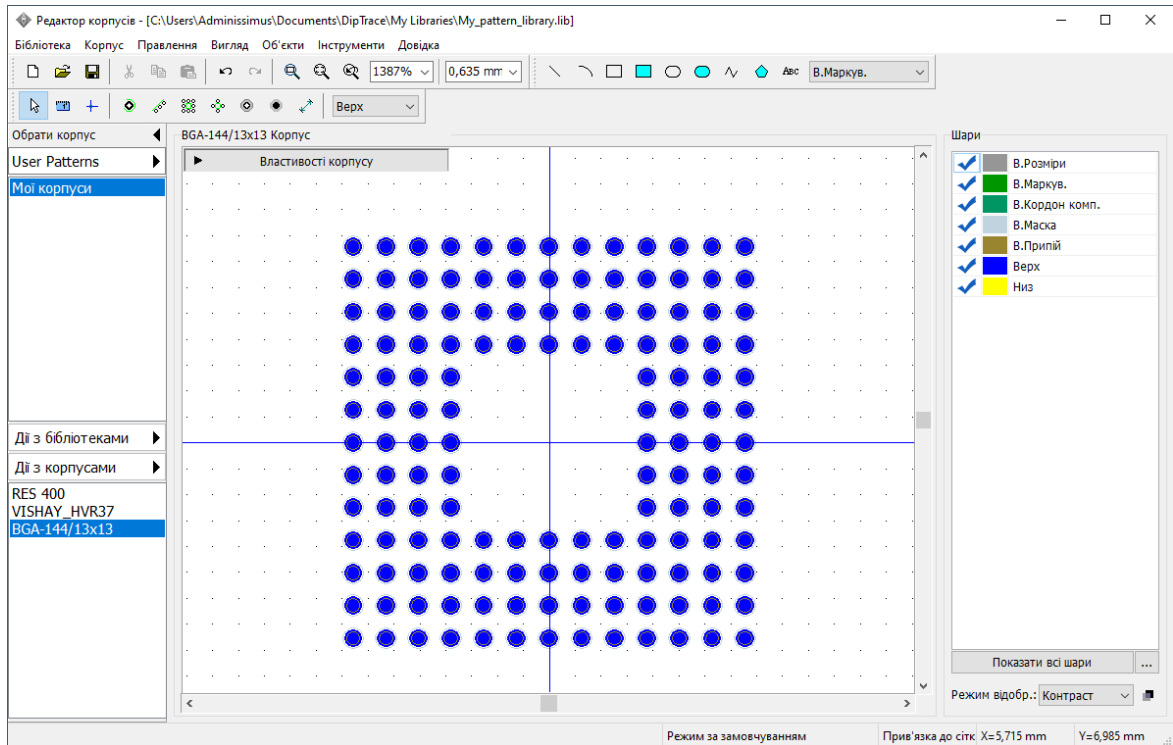
Матриця, Столпці: 13, Рядки: 13, Відстань X: 0,8, Відстань Y: 0,8. Ви

побачите матрицю виводів 13 на 13 та розмірні лінії, що вказують відстань між КП.

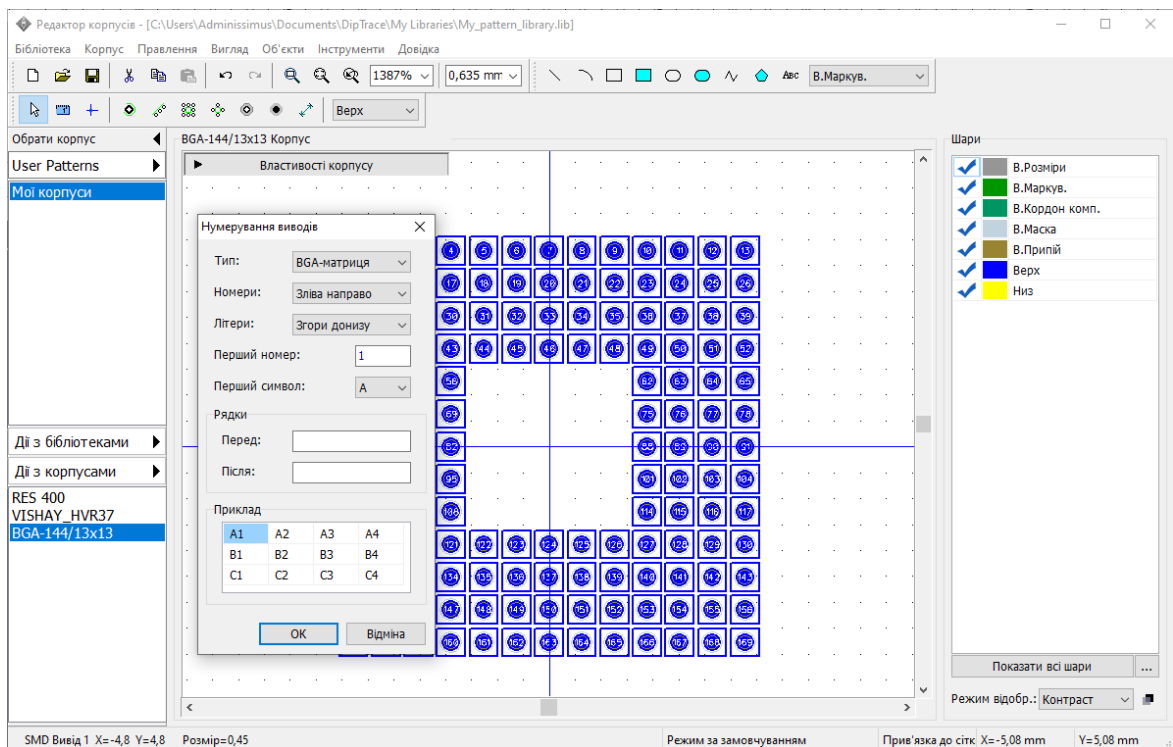


Зabloкуйте властивості, натиснувши  на панелі властивостей для запобігання випадковій зміні параметрів. Згорніть панель властивостей, перетягніть робочу область, щоб розташувати контактні майданчики в центрі екрана (клацніть правою кнопкою на вільній ділянці та, утримуючи її, перемістіть робоче поле).

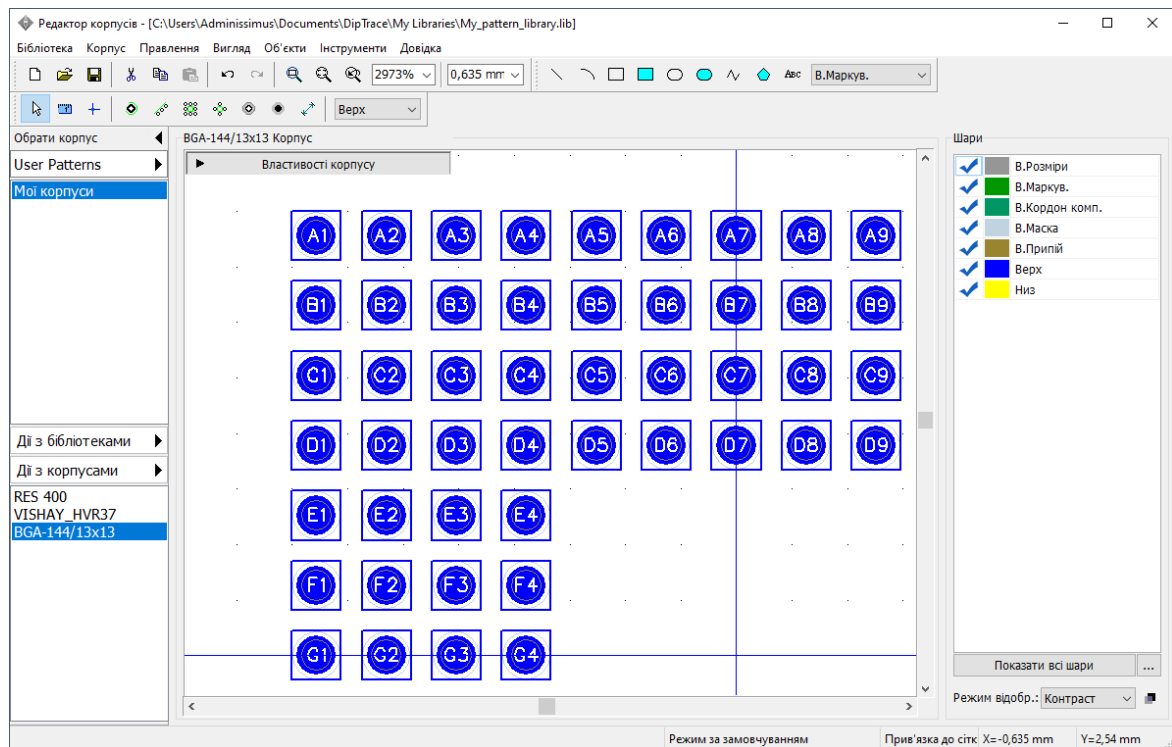
Для корпусу BGA-144/13x13 нам потрібно видалити квадрат 5 на 5 виводів у центрі корпусу. Оберіть виводи (підведіть курсор до лівого верхнього кута, клацніть лівою кнопкою і утримуючи її перетягніть до правого нижнього кута області, що обирається, потім відпустіть ліву кнопку) і натисніть кнопку *Delete*.



Виберіть "Вигляд/Номери контактних площадок/Показати" з головного меню, щоби зобразити номери виводів. Зверніть увагу, що матриця має нумерацію від 1 до 169, але для BGA корпусів прийнято буквенно-символьну нумерацію, тому оберіть всі контактні майданчики (**Ctrl+A**), клацніть правою кнопкою по одному з виводів і виберіть **Нумерування позначених** з підменю. У діалоговому вікні вкажіть **Тип: BGA матриця**, решту налаштувань залиште без змін і натисніть **ОК**.

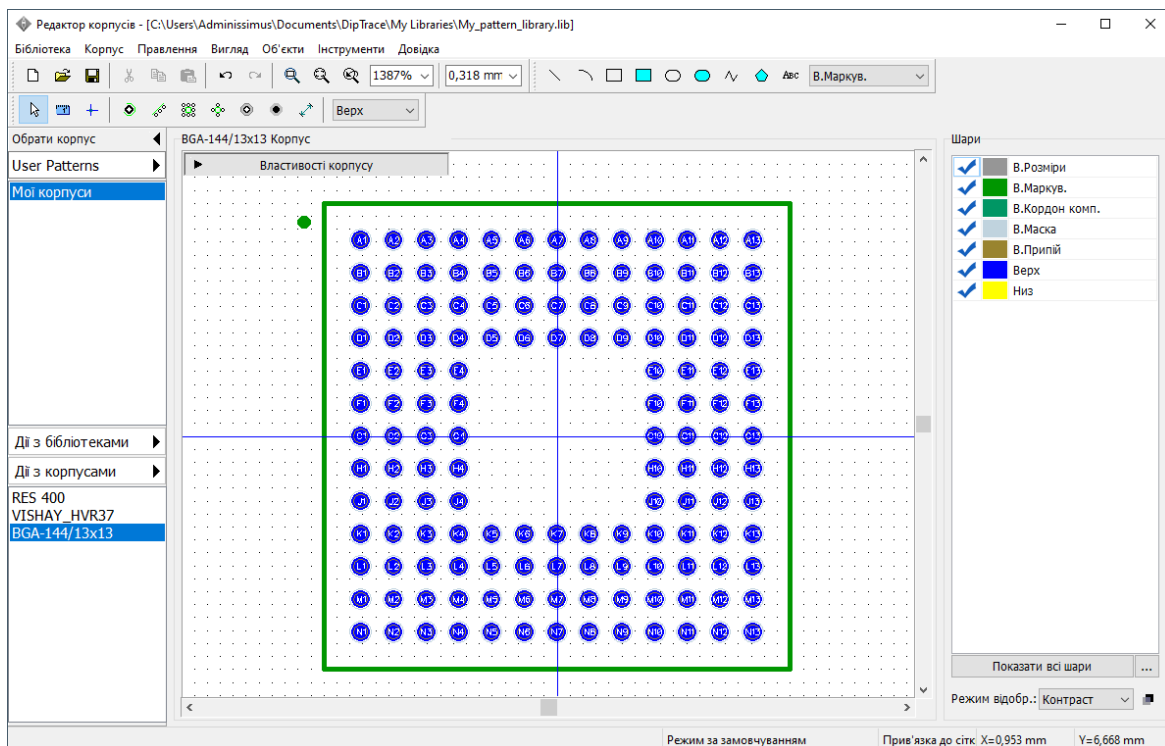


Тепер нумерація контактних майданчиків для матриці BGA є вірною.



Якщо ж обрати нумерацію по контуру, то контактні площинки буде пронумеровано по контуру, починаючи з тієї, по якій клацнули правою кнопкою. Тобто, таким чином можна автоматично визначати нумерацію для корпусів QFP, QFN та PLCC.

Тепер намалюйте шовкографію корпусу (як на зображенні нижче), використовуючи інструменти на Панелі малювання. Крок сітки може бути змінено за допомогою клавіш *Ctrl* + *Знак плюса*, *Ctrl* + *Знак мінуса* або прибрати сітку за допомогою *F11*. У нашому випадку підійде сітка 0.318 мм. Об'єкти можна перетягувати в області малювання.



BGA-корпус готовий, натисніть **Ctrl+S** або кнопку **Зберегти**. Тепер можна під'єднати до нього 3D-модель.

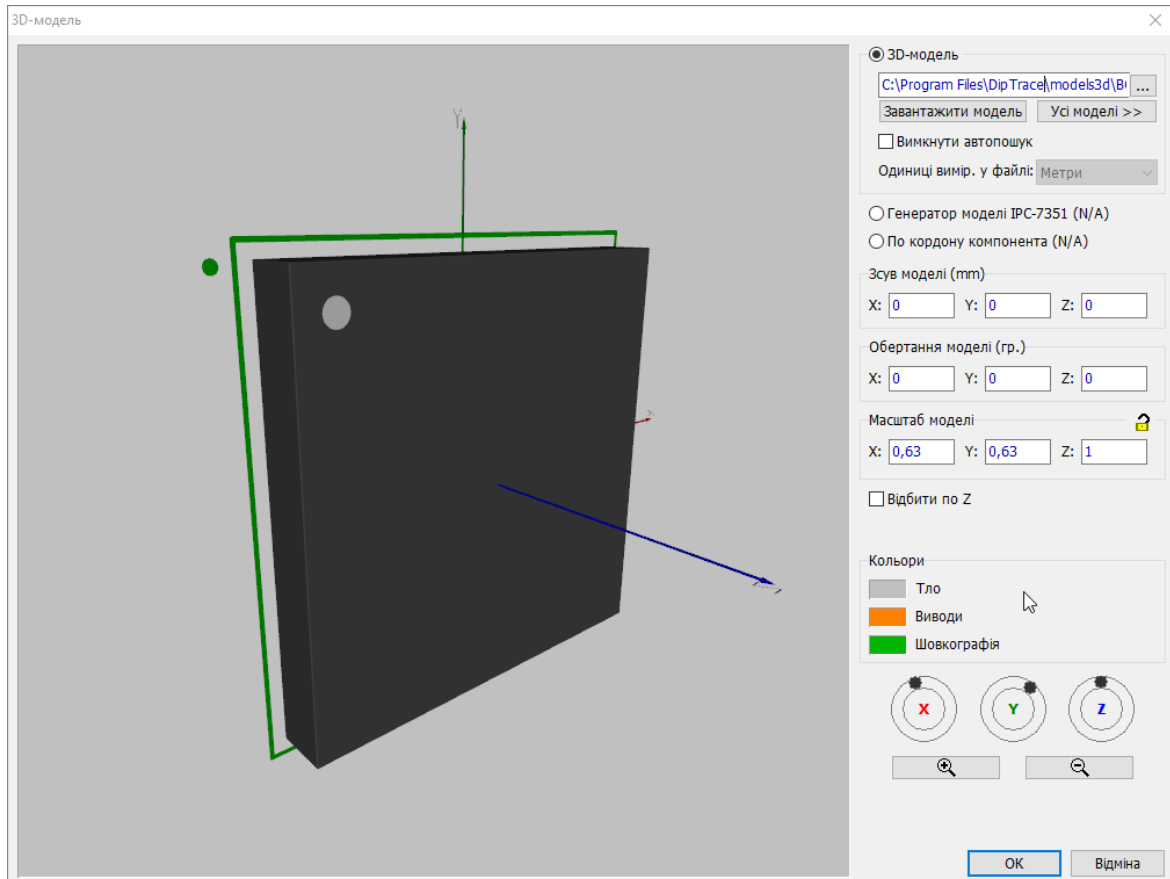
Під'єднання 3D-моделі з файлу

У ситуаціях, коли в стандартних бібліотеках 3D-моделей необхідна модель відсутня, можна використовувати схожі через те, що зазвичай не потрібна стовідсоткова точність для 3D-моделі. DipTrace дозволяє користувачеві під'єднувати будь-які 3D-моделі у форматах *.3ds, *.wrl, *.step та *.iges до будь-якого посадкового місця. Можете завантажити моделі з веб-сайтів виробників компонентів або створити їх у будь-якому спеціалізованому САПР.

Натисніть **3D-модель...** на панелі **Властивостей корпусу**.

Якщо відповідна модель є на комп'ютері, натисніть кнопку , виберіть файл 3D-моделі та натисніть "Відкрити". Також можна ввести шлях до диска, на якому зберігається 3D-модель, і натиснути кнопку "Завантажити модель" – 3D-модель з'явиться в області попереднього перегляду. Змініть положення/властивості 3D-моделі, якщо вони не відповідають посадковому місцю.

Наприклад, ми вирішили взяти 3D-модель bga-144_12x12x1.27_17x17.step зі стандартної бібліотеки 3D-моделей BGA (натисніть кнопку "Всі моделі", виберіть бібліотеку BGA та відповідну модель в ній) і трохи зменшити її, щоб вона відповідала посадковому місцю (див. малюнок нижче).

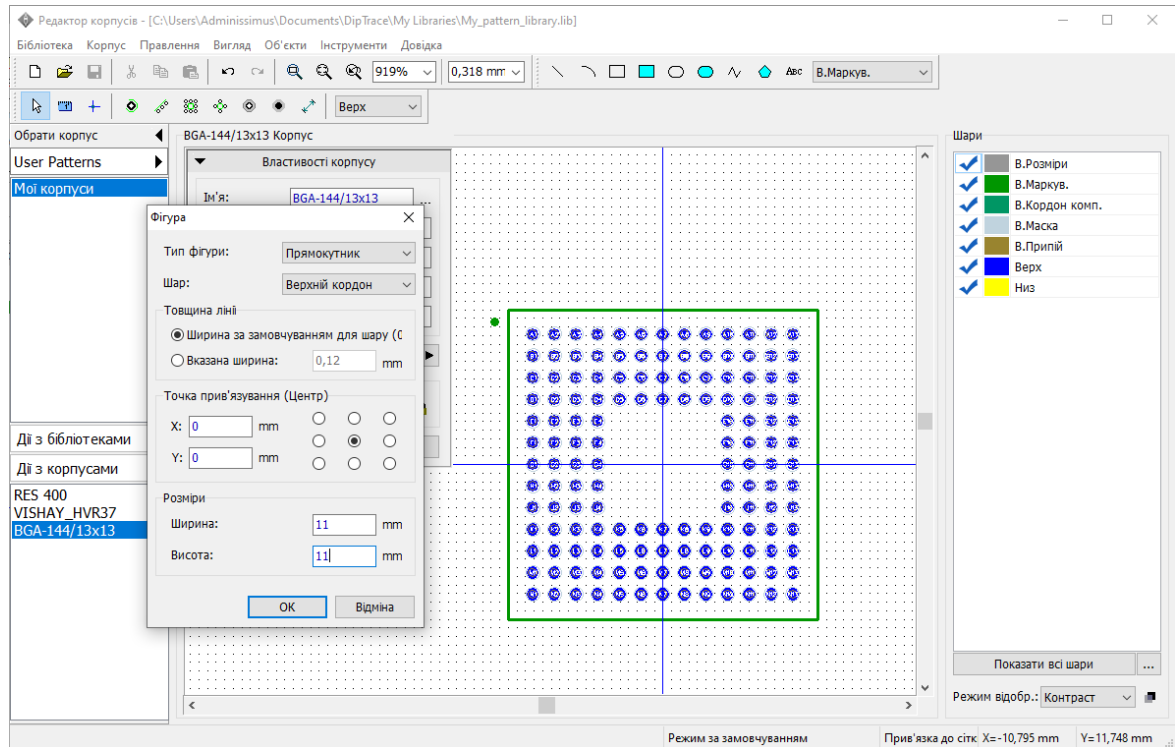


Спробуйте ввести різні значення в поля, і ви зрозумієте як змінювати розташування моделі. Натисніть кнопку **ОК**. Зверніть увагу, що кнопка **3D-модель...** світиться зеленим, коли до корпусу під'єднано тривимірну модель.

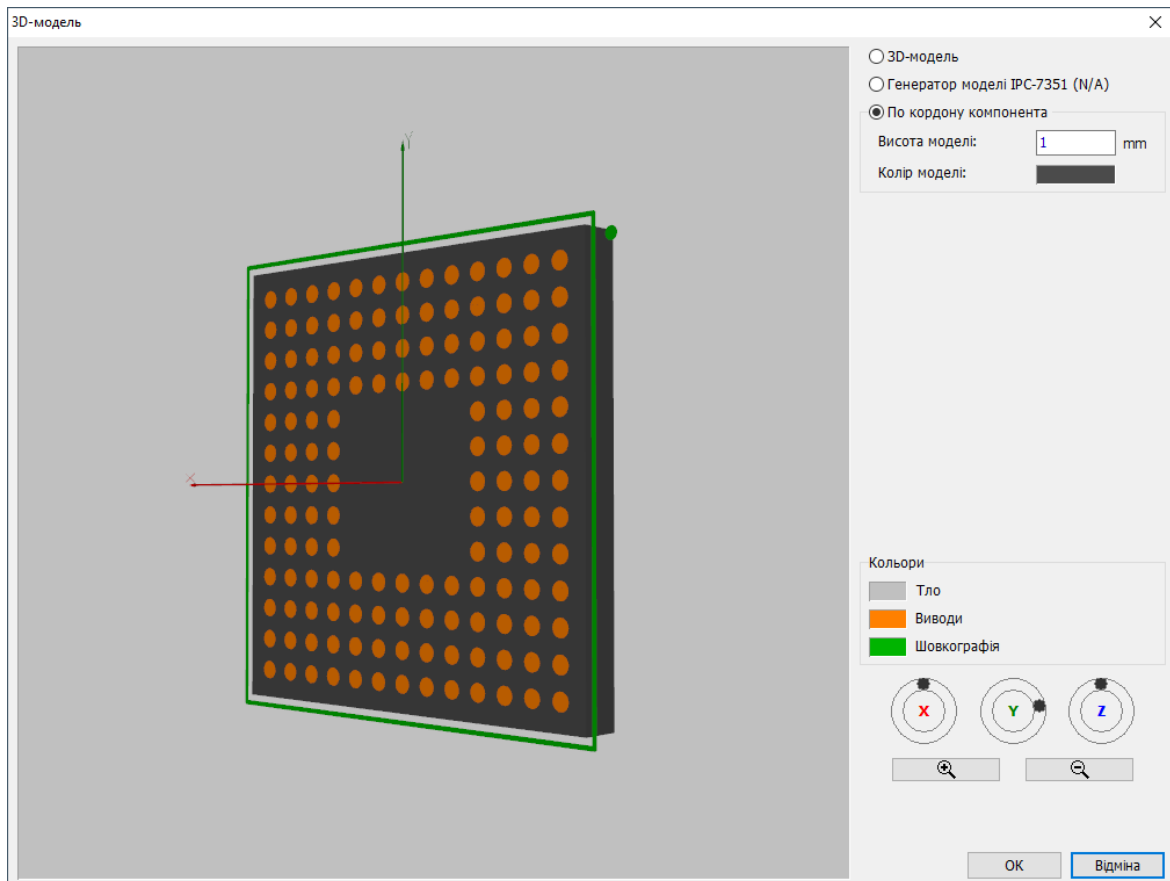
Збережіть бібліотеку корпусів (*Ctrl+S* або кнопка Зберегти на стандартній панелі інструментів).

Створення 3D-моделі по кордонах компонента

Існує ще один спосіб створення 3D-моделі – по кордонах компонента. Це особливо зручний варіант для компонентів поверхневого монтажу. Щоб розмістити кордон, перейдіть до "Об'єкти/Точна встановлення фігур" у головному меню. У спливаючому вікні вкажіть такі параметри: **Тип фігури** – Прямокутник; **Шар** – Верхній кордон; **Точка прив'язки** – центр; **Висота та Ширина** – 11 мм і натисніть **ОК**.



Після розташування кордону натисніть кнопку **3D модель...** на панелі «Властивості компонента». У спливаючому вікні оберіть параметр "По кордону компонента" та встановіть **висоту моделі 1 мм**. DipTrace створить тривимірну фігуру за контуром корпусу. Натисніть кнопку OK.



4.1.4.2 Автоматично

Тепер скористаймося генератором корпусів для автоматичного створення корпусу BGA.

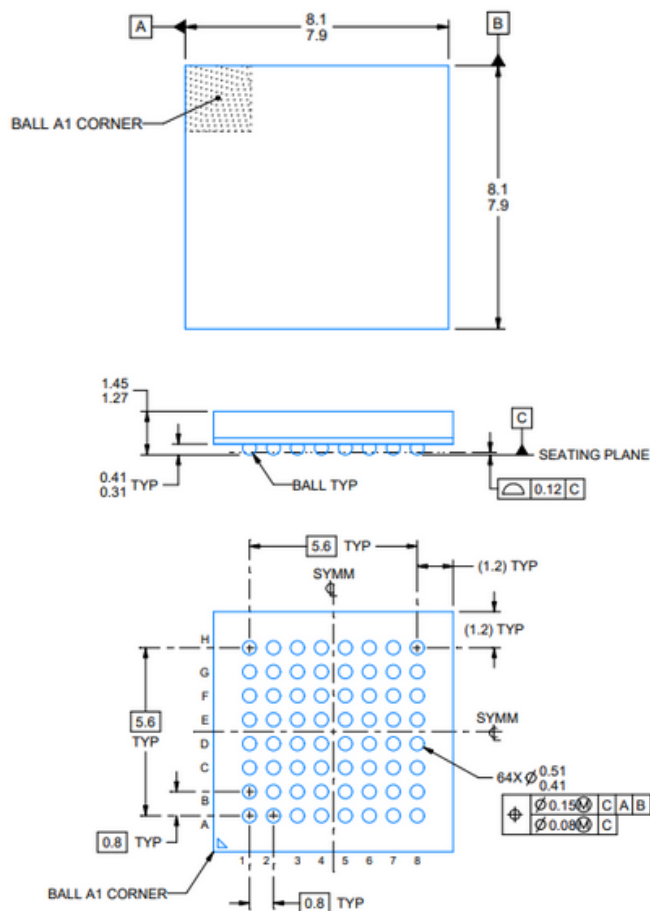
Створімо корпус 16-канального аналого-цифрового перетворювача використовуючи параметри, викладені в даному [технічному описі](#).

Насамперед, потрібно додати новий корпус до нашої бібліотеки. Переконайтеся, що у групі Користувачькі корпуси вибрано бібліотеку "Мої корпуси". Перейдіть до меню **Корпус** та виберіть «**Додати новий до бібліотеки "Мої корпуси"**».

Запустіть генератор корпусів: виберіть IPC-7351 зі списку **"Стиль"** на панелі **Властивості корпусу** – нижче з'явиться кнопка Генератор корпусів IPC-7351. Натисніть на неї для запуску генератора.

Виберіть сімейство: SMD монтаж/BGA. Натисніть кнопку "Clear" (Очистити), якщо поля на вкладці "Дані креслення" заповнені значеннями з прикладу. Тут потрібно буде ввести всі ключові параметри пристрою. Встановіть міліметри як одиниці виміру в нижній частині вікна.

Відкрийте технічний опис на сторінці 27, де вказано розміри.



Знайдіть потрібні параметри на зображенні **Конфігурація корпусу** у вікні **Генератора корпусів**.

Заповніть обов'язкові поля, що позначено червоним кольором:

Кількість виводів: D – 8, E – 8.

Крок: 0,8 мм.

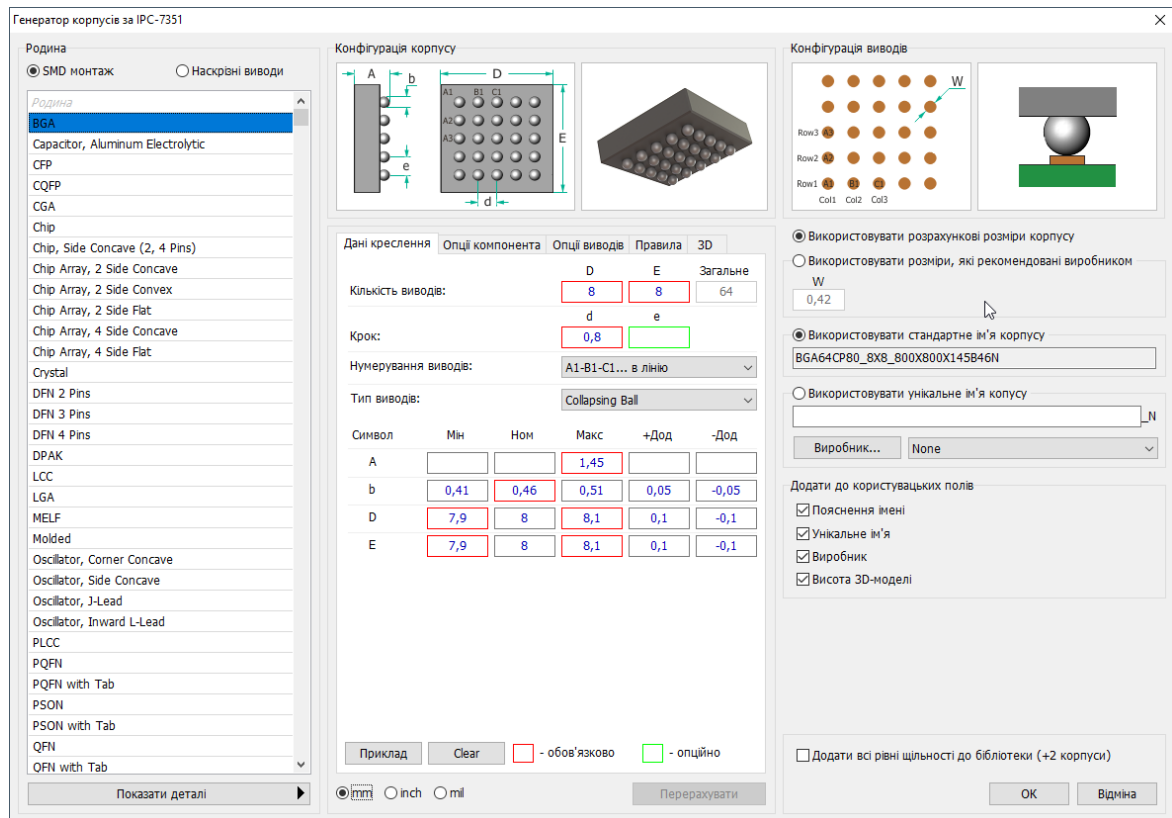
Нумерування виводів: A1-B1-C1 ... у лінію.

Тип виводів: Collapsing Ball.

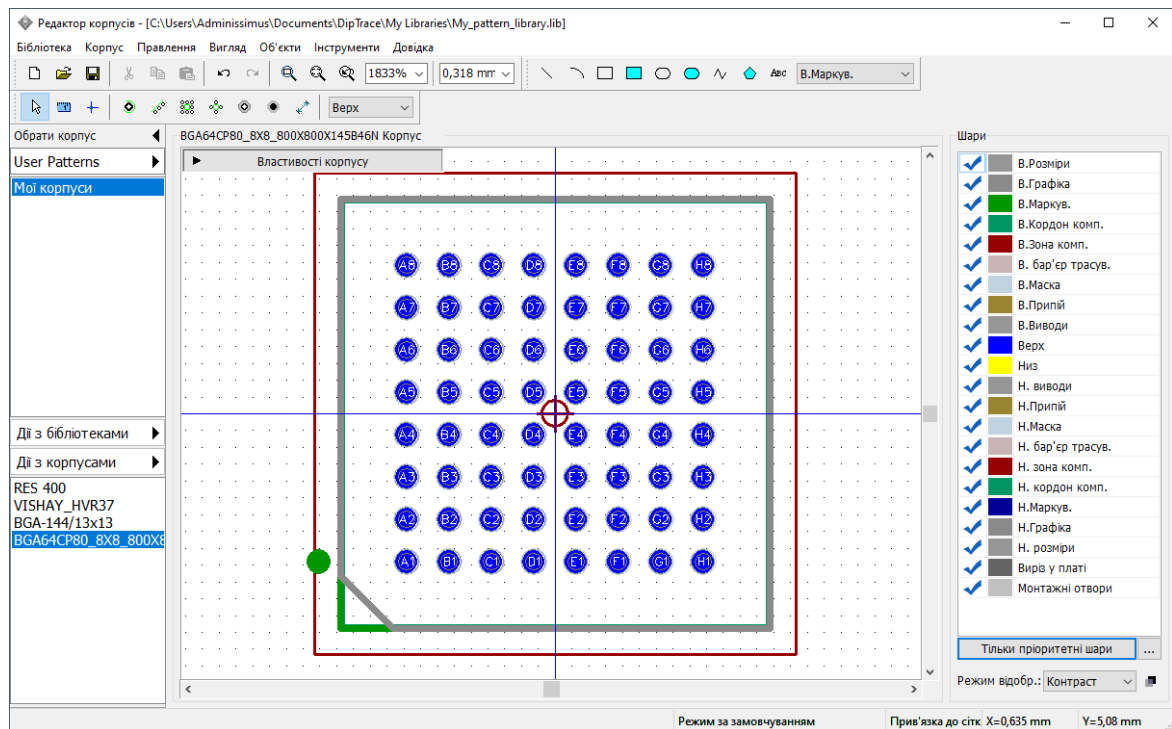
Амакс – 1,45 мм.

Необхідного значення **вном** немає, тому введіть **вмін** – 0,41 мм та **вмакс** – 0,51 мм і DipTrace обчислить значення.

Дмін, Емін – 7,9 мм; **Дмакс, Емакс** – 8,1 мм.

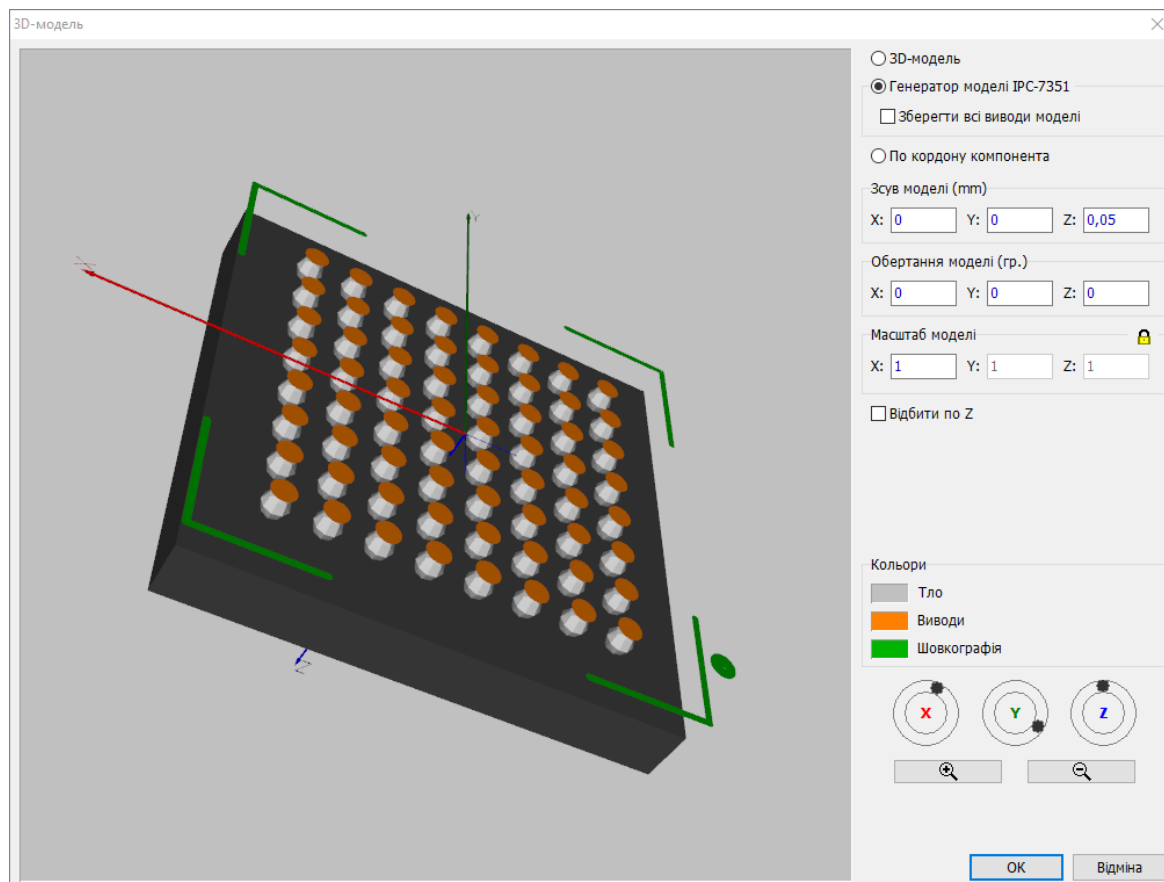


Введених значень достатньо для створення корпусу, всі інші параметри можна залишити за замовчуванням. Натисніть "Перерахувати", а потім кнопку "ОК".



Додаткову інформацію про налаштування параметрів для створення корпусів ви знайдете в Довідці Редактора корпусів.

DipTrace також створив 3D-модель пристрою. Ви можете перевірити її, натиснувши кнопку 3D-модель на панелі властивостей корпусу.



4.1.5 Створення корпусу SOIC-28

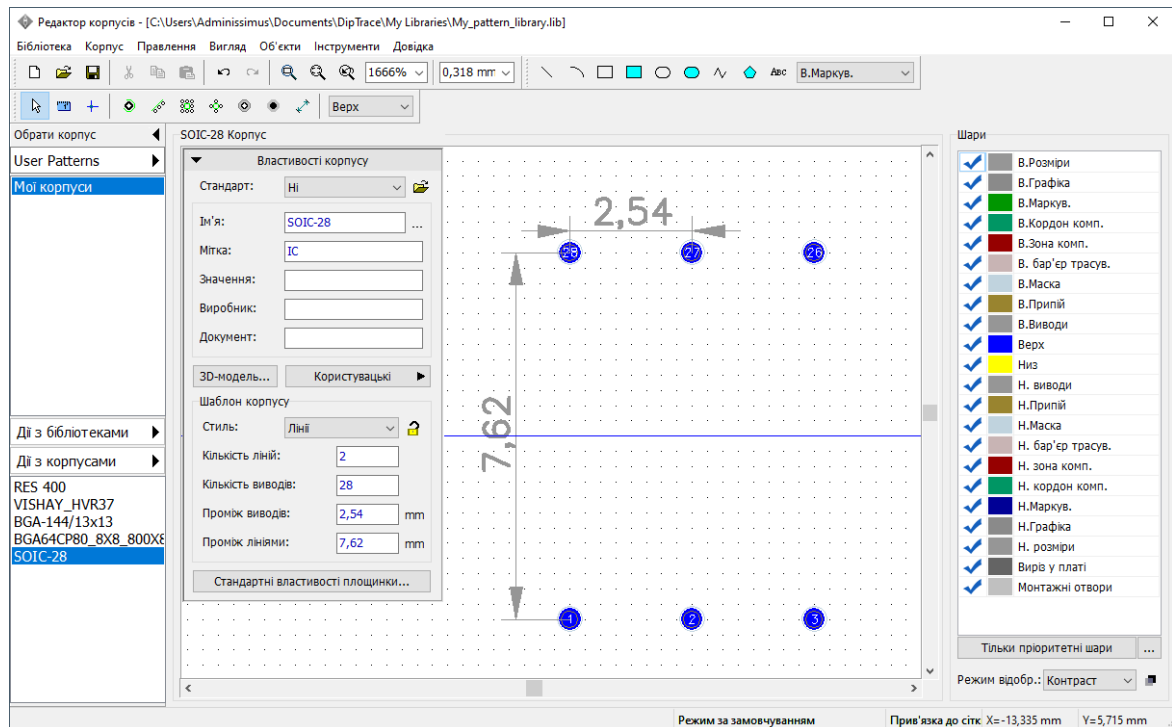
Тепер, коли ви ознайомилися з усіма основами створення корпусів, попрактикуймося у створенні компонента вручну відповідно до його "даташита". Візьмемо, наприклад, простий компонент Microchip PIC18F24K20 у корпусі SOIC-28.

Якщо ви створюєте компонент з нуля і знаєте, що у вас немає відповідного корпусу, завжди радимо починати зі створення корпусу, а потім братися до створення схематехнічного символу.

Спершу зробимо корпус SOIC-28. Додайте новий корпус до бібліотеки ("Корпус /Додати до бібліотеки "Мої корпуси" з головного меню), потім введіть його ім'я "SOIC-28" та мітку "IC".

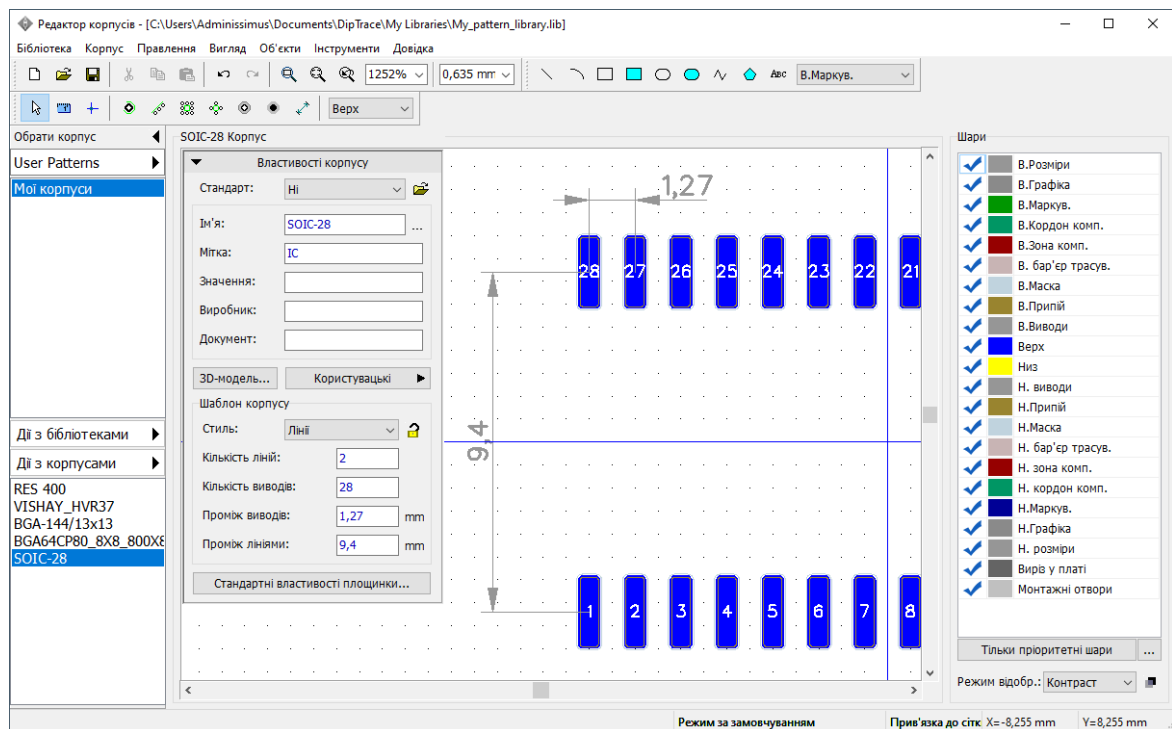
Виберіть **Стиль: Лінії** та **Кількість виводів: 28** на панелі **Властивості корпусу**.

У нашому випадку КП замалі для цього корпусу.

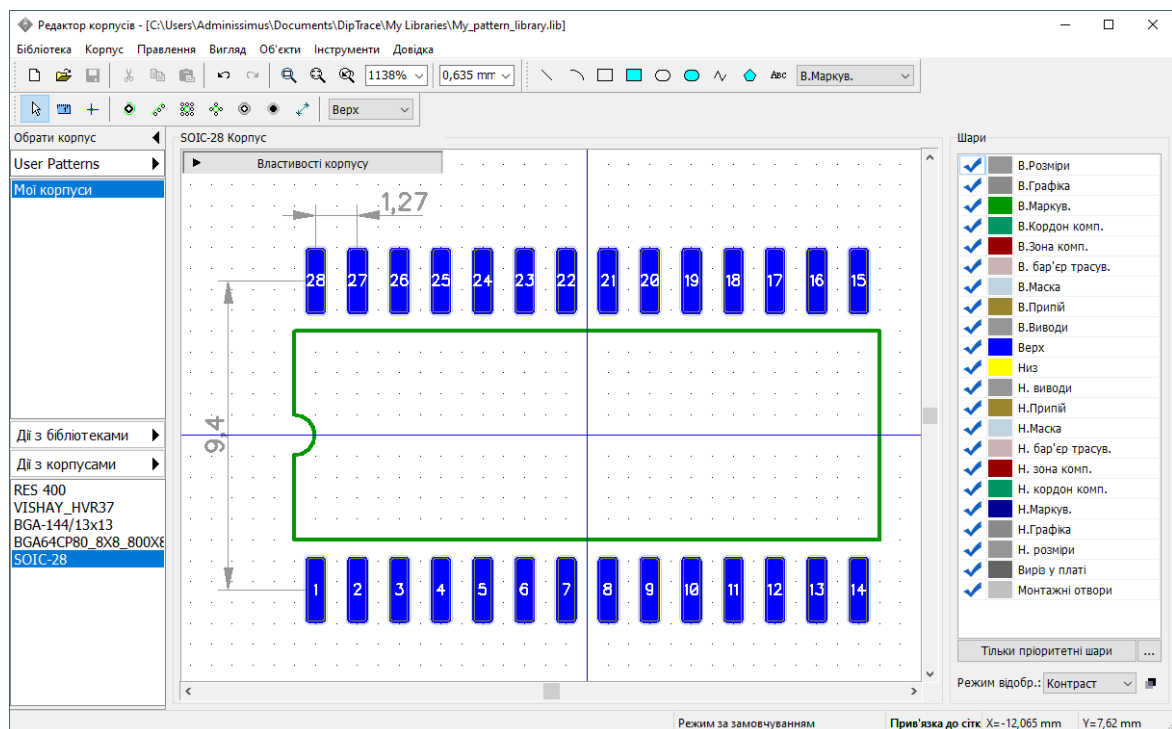


Важливо не помилитися та вказати правильні параметри. Точні розміри корпусу SOIC-28 (7,50 mm) можна знайти у [специфікації компонента на сайті Microchip](#) (сторінка 197 на момент написання посібника), або можна взяти, як приклад, корпус SOIC-28 зі стандартних бібліотек DipTrace.

Спочатку вкажемо параметри контактних площинок (натисніть кнопку **Стандартні властивості площинки**, щоб відкрити відповідне діалогове вікно): **На платі**: Поверхневі, **Форма**: Прямокутник, **Ширина**: 0,6, **Висота** 2. Натисніть **ОК**. Потім вкажіть: **Між выводами**: 1,27 мм, **Між лініями**: 9,4 на панелі властивостей корпусу. Перевірте, чи вірно задано параметри.



Номери площинки вказані вірно, тому перенумеровувати їх не потрібно. Заблокуйте параметри корпусу, щоб запобігти випадковим змінам. Намалюйте шовкографію посадкового місця, як на зображенні нижче використовуючи інструменти Лінія, Полінія та Дуга на Панелі Малювання (змінить розмір сітки, якщо необхідно (0.635 мм підійде), можете також згорнути панель Властивостей корпусу, щоб вона не заважала).



Відповідно до специфікації, корпус має бути орієнтований вертикально, тому виберіть "Правлення/Обертати корпус" з головного меню або скористайтесь поєднанням клавіш *Ctrl+Alt+R*.

Під'єднайте 3D-модель *soic-28_300mil.step* із бібліотеки **_General** до корпусу. Відкоригуйте її положення щодо посадкового місця за необхідності. Пізніше підключимо цей корпус до символу *PIC18F24K20*, створенню якого буде присвячено наступний розділ.

Пам'ятайте, що ви можете легко створити такий само корпус та 3D-модель за допомогою Генератора корпусів.

Збережіть бібліотеку та закрийте Редактор корпусів.

4.2 Створення бібліотеки компонентів

Відкрийте Редактор компонентів: Пуск/ Усі Програми/ DipTrace /Редактор компонент для користувачів Windows OS. Якщо у вас MacOS, використовуйте DipTrace Launcher.

Редактор компонентів призначений для створення та редагування компонентів та їх бібліотек. У Редакторі компонентів можна під'єднати схемотехнічний символ до корпусу, але редагувати корпус та під'єднувати до нього 3D-модель можна лише у Редакторі корпусів.

4.2.1 Налаштування редактора компонентів

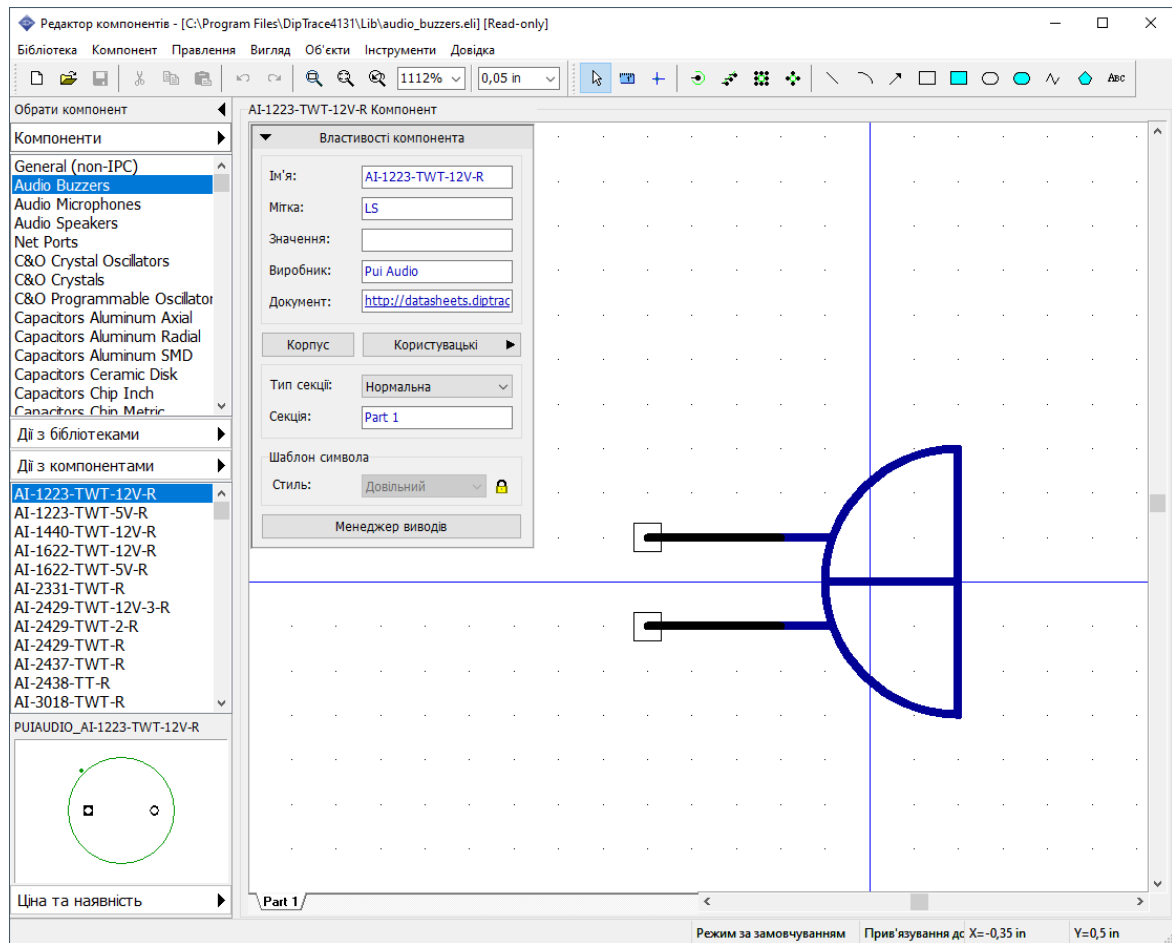
Налаштування Редактора компонентів подібне до налаштування Редактора корпусів. Після запуску програми, виберіть "Вигляд / Початок координат" у головному меню або просто натисніть *F1* для зображення точки початку координат. Панель властивостей компонента у верхньому лівому куті подібна тій, що використовується в редакторі корпусів. Її можна згорнути або приховати використовуючи кнопки на панелі або команди в головному меню ("Вигляд/ Панелі інструментів/Властивості компонента").

На панелі Властивостей компонента можна вибрати один з чотирьох стилів: Довільний (без будь-яких визначених властивостей), 2-бічний (виводи з двох сторін), 2-бічна мікросхема (виводи з двох сторін + прямокутний корпус) і 4-бічна мікросхема (виводи з 4-х сторін + прямокутний корпус).

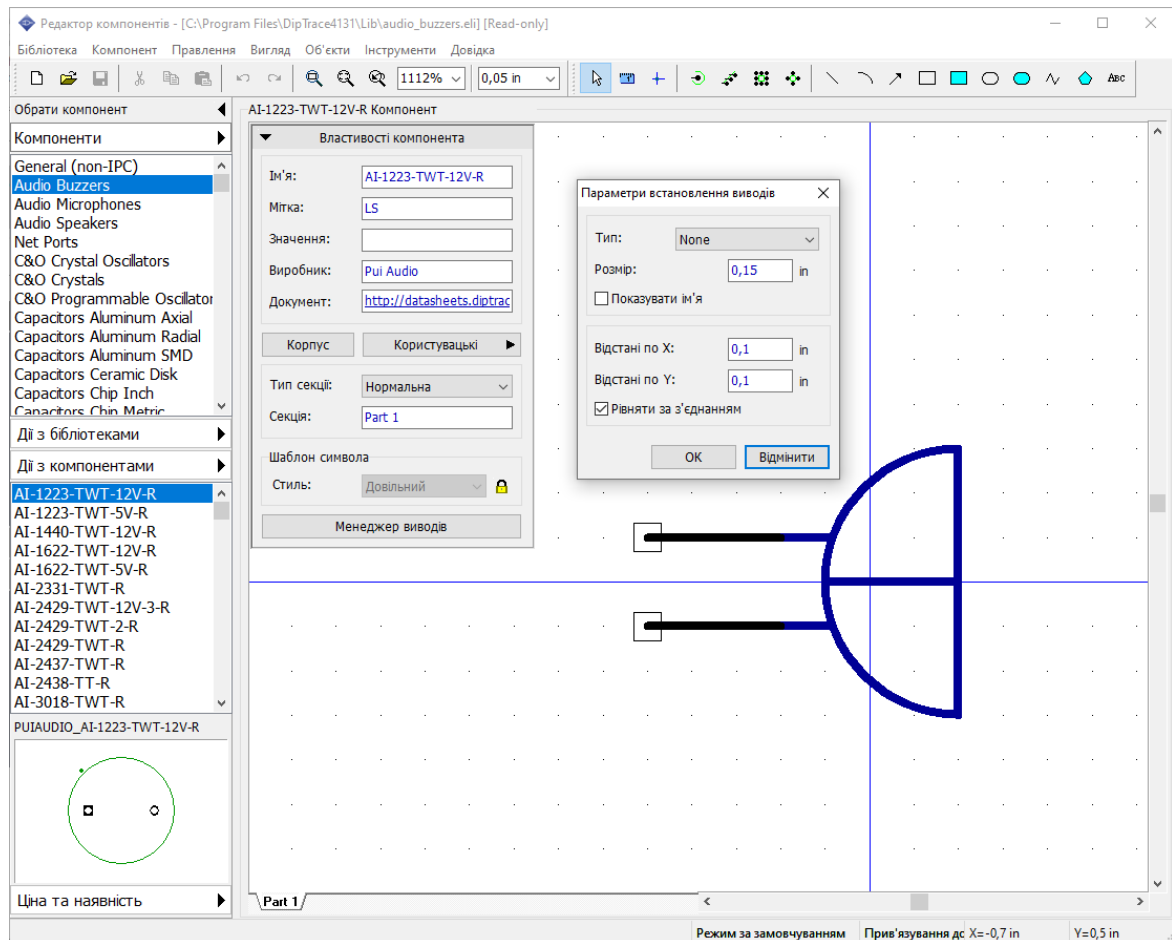
Відмінними будуть поля **Типи секцій** та **Секція**.

Секції можуть бути трьох типів: Нормальна, Живлення та земля, а також Порт. Якщо ви хочете приховати виводи живлення мікросхеми на схемі, то створіть окремо секцію живлення та перенесіть усі виводи землі та живлення до неї. Порти – це спеціальні односекційні компоненти, розроблені для з'єднання мереж без візуальних зв'язків, зазвичай вони застосовуються до мереж GND і VCC. Будемо створювати мережеві порти пізніше.

Поле **Секція** демонструє активну секцію багатосекційного компонента (у нашому випадку це не важливо).



Якщо ви хочете встановити властивості виводів перед створенням компонента, то оберіть "Об'єкти/Параметри встановлення виводів" у головному меню. Не змінюватимемо зараз ці налаштування, але варто пам'ятати, що довжину та відстані по X- та Y-вісях слід обирати кратними розміру сітки так, щоб кінці виводів збігалися з точками сітки. Радимо використовувати сітку 0.1 дюйми для розташування виводів та вирівнювання виводів по сітці.

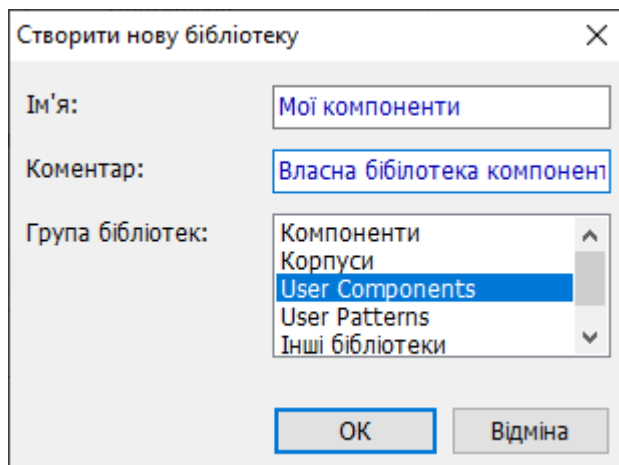


4.2.2 Створення компонента резистора

Як і в Редакторі корпусів, спочатку необхідно створити бібліотеку, тому що DipTrace не дозволить додати нові компоненти до стандартних бібліотек.

Створення бібліотеки компонентів

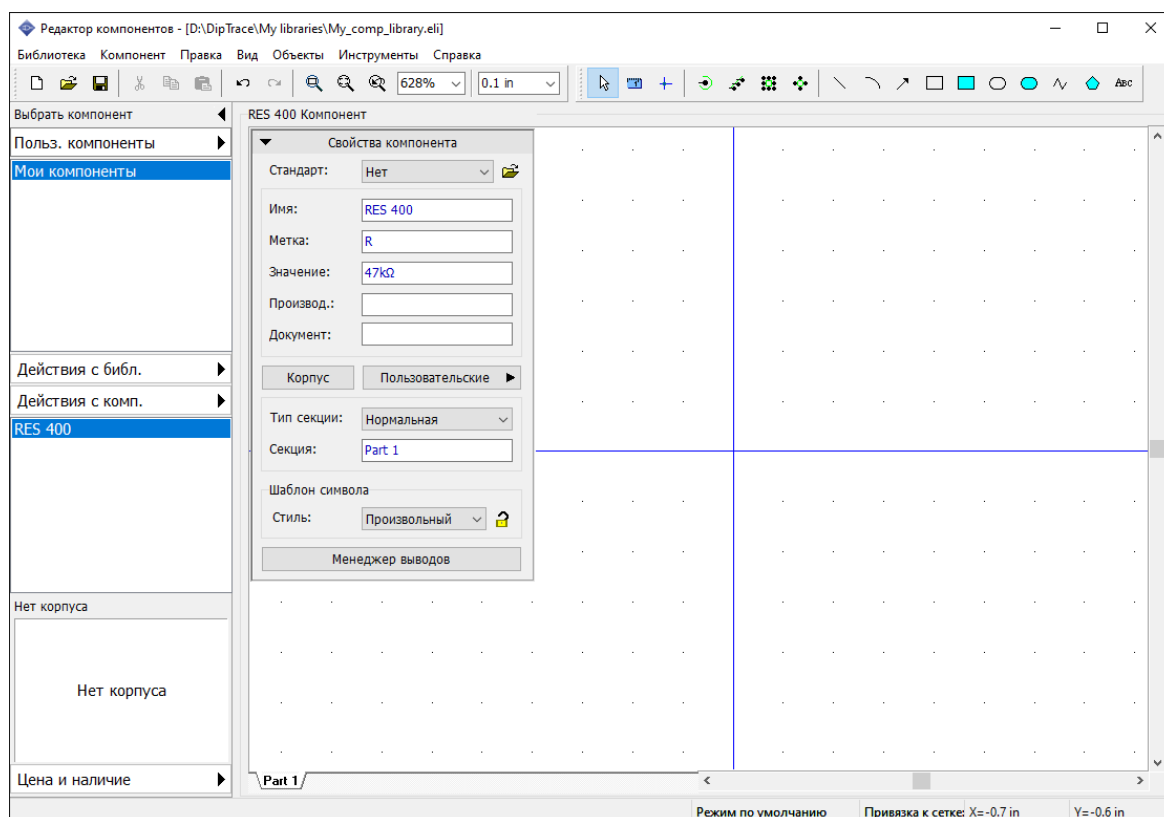
На панелі Менеджера бібліотек натисніть **Дії з бібліотеками** та виберіть **Нова бібліотека**. У діалоговому вікні введіть ім'я бібліотеки (воно має бути коротким) і коментар. Також, слід обрати групу бібліотек серед яких буде створюватися нова. За замовчуванням програма пропонує зберігати всі бібліотеки компонентів у групі бібліотек **Корист. компоненти** (Користувацькі компоненти), її і залишимо обраною. Натисніть **ОК**.



Створімо резистор, використовуючи Довільний стиль та візуальну установку виводів. Необхідно визначити назву (RES 400), мітку компонента (R) і значення (47kΩ), використовуючи відповідні поля на панелі **Властивостей компонента**.

Збережіть бібліотеку, натиснувши кнопку зі зображенням дискети на Стандартній панелі у лівому верхньому кутку. Виберіть папку, де хочете зберегти файл. Користувачам, які працюють з ОС Windows, радимо зберігати бібліотеки в папці "Документи/ DipTrace/ My Libraries", куди також зберігаються бібліотеки корпусів (*.lib).

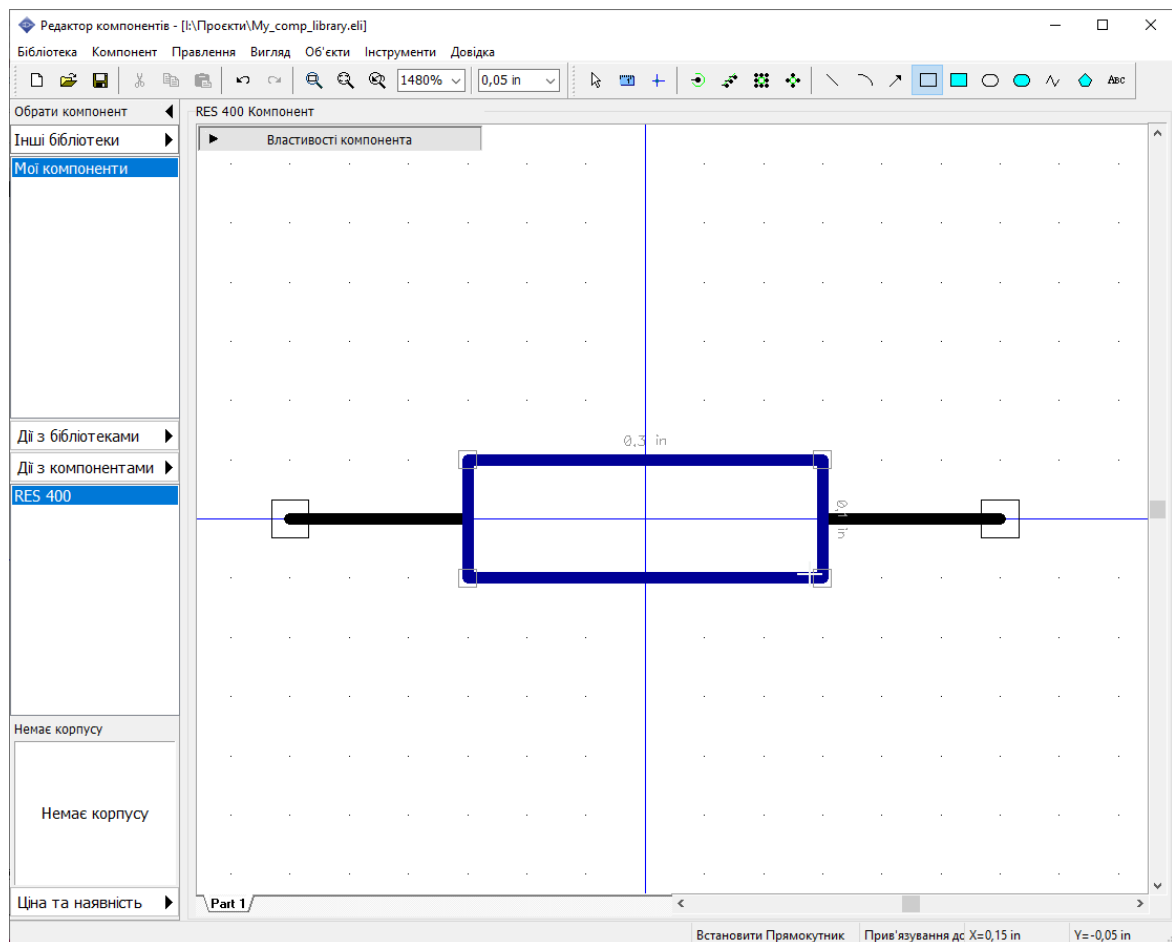
Введіть ім'я файлу та натисніть **Зберегти**. Тепер є нова користувацька бібліотека компонентів, яка називається "Мої компоненти", збережена у файлі My_comp_library.eli.



Після визначення атрибутів поверніть панель властивостей, натиснувши на стрілку в її лівому верхньому куті.

Встановлення виводів

Натисніть кнопку Вивід  на Панелі об'єктів і клацніть двічі в області побудови, щоб встановити два виводи. Поверніть один із виводів на 180 градусів. Для цього оберіть його та натисніть клавішу *R* двічі. Виводи мають бути встановлені по сітці 0,1 дюйма. Тепер змініть розмір сітки на 0,05 дюйма (використовуйте гарячі клавіші *Ctrl+Знак плюс*, *Ctrl+Знак мінус*), після виберіть інструмент **Прямокутник** на Панелі малювання та створіть кордони резистора в шарі шовкографії. Має вийти, як на малюнку нижче.



Ви можете пересувати виводи, просто перетягуючи їх мишею. Для пересування або обертання кількох виводів їх потрібно обрати.

Для автоматичного розташування кількох об'єктів у лінію або стовпець можна використовувати інструмент **Вирівнювання об'єктів**. Виберіть об'єкти в області побудови, а потім виберіть Вирівнювання об'єктів у контекстному меню, щоб встановити напрямок та інтервал вирівнювання.

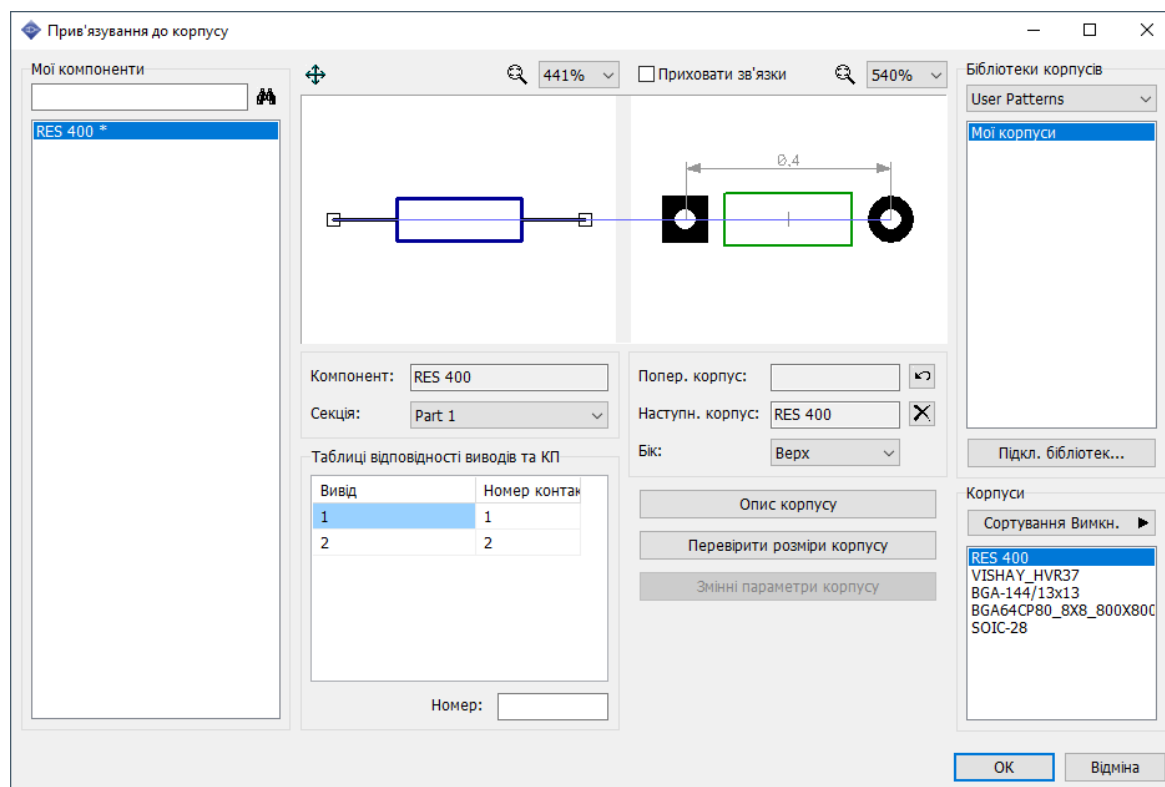
Приєднання корпусу до символу

Символ резистора вже готовий, але нам потрібно приєднати до нього корпус, інакше компонент не відображатиметься на платі. Щоби прикріпити корпус до компонента, виберіть "Компонент/ Прив'язування до корпусу" з головного меню або натисніть **Корпус** на панелі **Властивостей компонента**. Ми хочемо під'єднати до цього символу корпус резистора, що був створений у Редакторі корпусів у попередньому розділі посібника. У діалоговому вікні виберіть групу бібліотек **Користувацькі корпуси**, оскільки саме там ми зберегли бібліотеку з нашим корпусом (див. розділ Створення корпусу резистора). У цій групі бібліотек є лише одна бібліотека ("Мої корпуси"), тому оберіть її, а потім оберіть корпус RES 400, що був створений раніше.

Програма автоматично з'єднає виводи символу з виводами корпусу (контактними площинками) на підставі номерів. За необхідності зв'язки можна призначати вручну.

Звірте з'єднання між символом і корпусом зі зображенням нижче.

Для створення або зміни існуючих зв'язків, натисніть на виводі символу, потім натисніть на відповідній контактній площинці корпусу. Щоби видалити зв'язок, клацніть правою кнопкою вивід корпусу або символу і виберіть **Від'єднати вивід від контактної площинки** з підменю. Коли ви наводите курсор миші на один зі з'єднаних виводів, то підсвічуються як вивід символу, так і під'єднана контактна площинка корпусу. Під час роботи зі складними компонентами найбільш зручним способом з'єднання виводів та контактних площинок є **Таблиця відповідності виводів та КП**. Щоб під'єднати КП, достатньо ввести її номер у полі таблиці навпроти відповідного виводу.



Якщо обраний корпус не підходить, його можна прибрати або повернути попередній натисканням відповідної кнопки біля полів **Поперед. корпус** та **Новий корпус**. Для зміни сторони посадкового місця корпусу на платі потрібно вибрати її зі списку, що випадає.

Всі компоненти поточної бібліотеки компонентів відображаються у списку в лівій частині вікна, таким чином можна призначати корпуси для кількох символів компонентів не закриваючи поточне вікно. У нашому випадку в бібліотеці лише один компонент.

Натисніть **ОК**, щоби приєднати корпус до символу резистора та закрити діалогове вікно.

Для зміни номерів виводів символу (та, відповідно, їхнього підключення до КП корпусу) також можна використовувати **Менеджер виводів** (натисніть **Менеджер виводів** на панелі **Властивостей компонента**) або перепризначити з'єднання конкретного виводу в діалоговому вікні **Властивості виводу** (клацніть правою кнопкою по виводу та оберіть **Властивості виводу** з підменю).

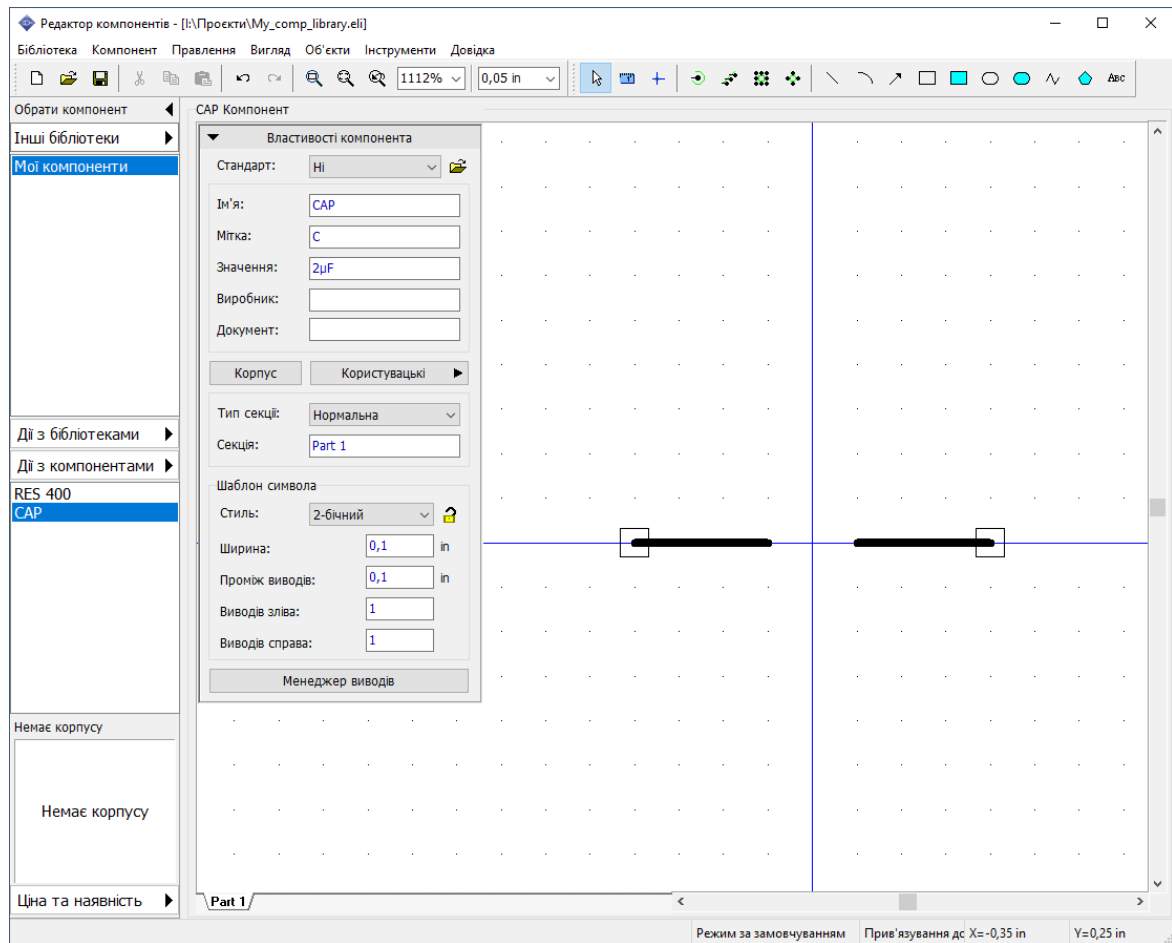
Компонент повністю готовий: він має правильно з'єднані між собою схемотехнічний символ, корпус (посадкове місце) та 3D-модель.

Збережіть зміни в бібліотеці компонентів.

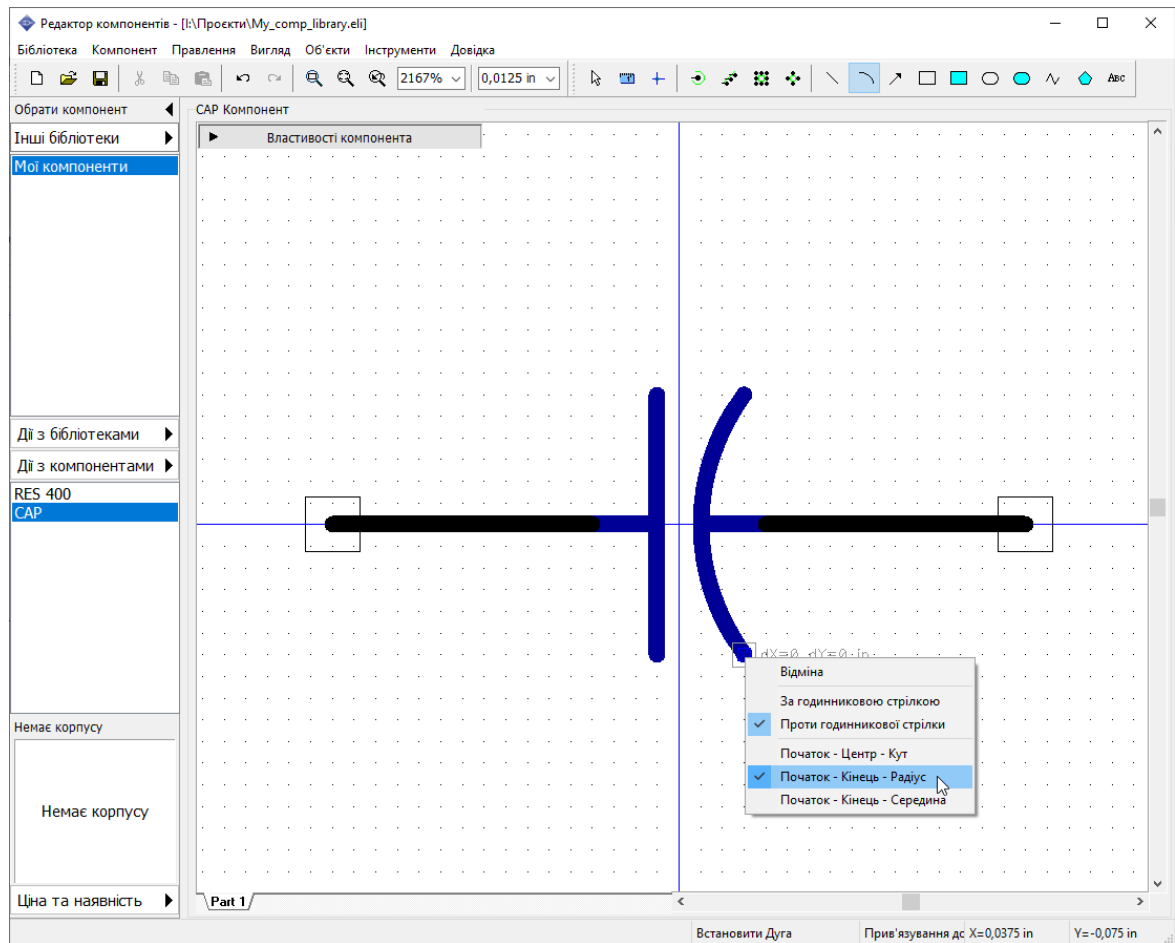
4.2.3 Створення конденсатора (компонент)

Натисніть "Компонент/ Додати новий до бібліотеки "Мої компоненти"" у головному меню.

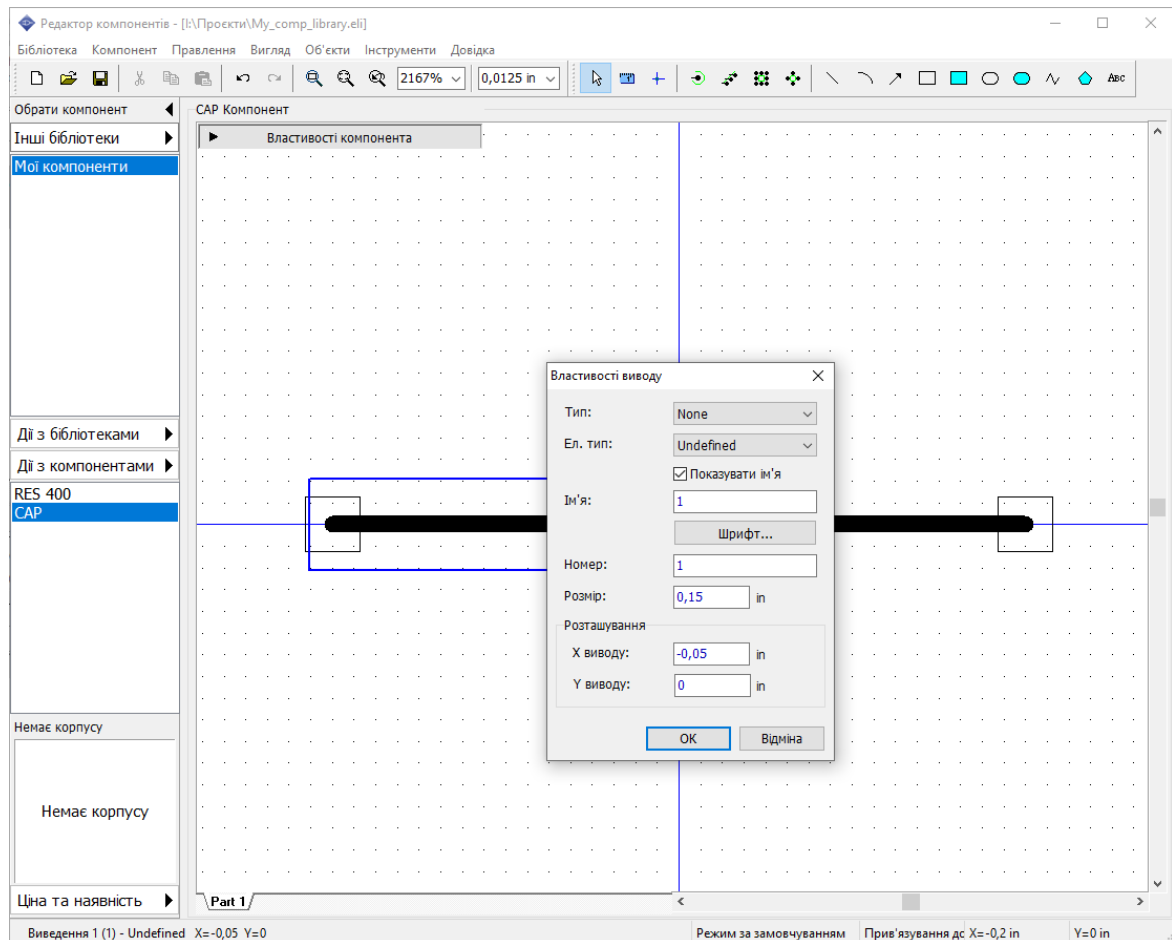
Створімо конденсатор, використовуючи стиль **2-бічний**. Спочатку визначте ім'я "CAP", мітку компонента – "C", значення – "2μF", а потім оберіть 2-бічний у полі **Стиль** на панелі **Властивостей компонента**. Переконайтеся, що дюйми встановлені як одиниці виміру, і змініть ширину між выводами на 0,1 дюйми, кількість виводів ліворуч і праворуч має дорівнювати 1.



Згорніть панель **Властивостей компонента**, встановіть розмір сітки 0,0125 дюйма та намалуйте символ конденсатора використовуючи три лінії та дугу (у даному випадку для створення дуги зручно використовувати режим **Початок-Кінець-Радіус** та напрям малювання **Проти годинної стрілки**).

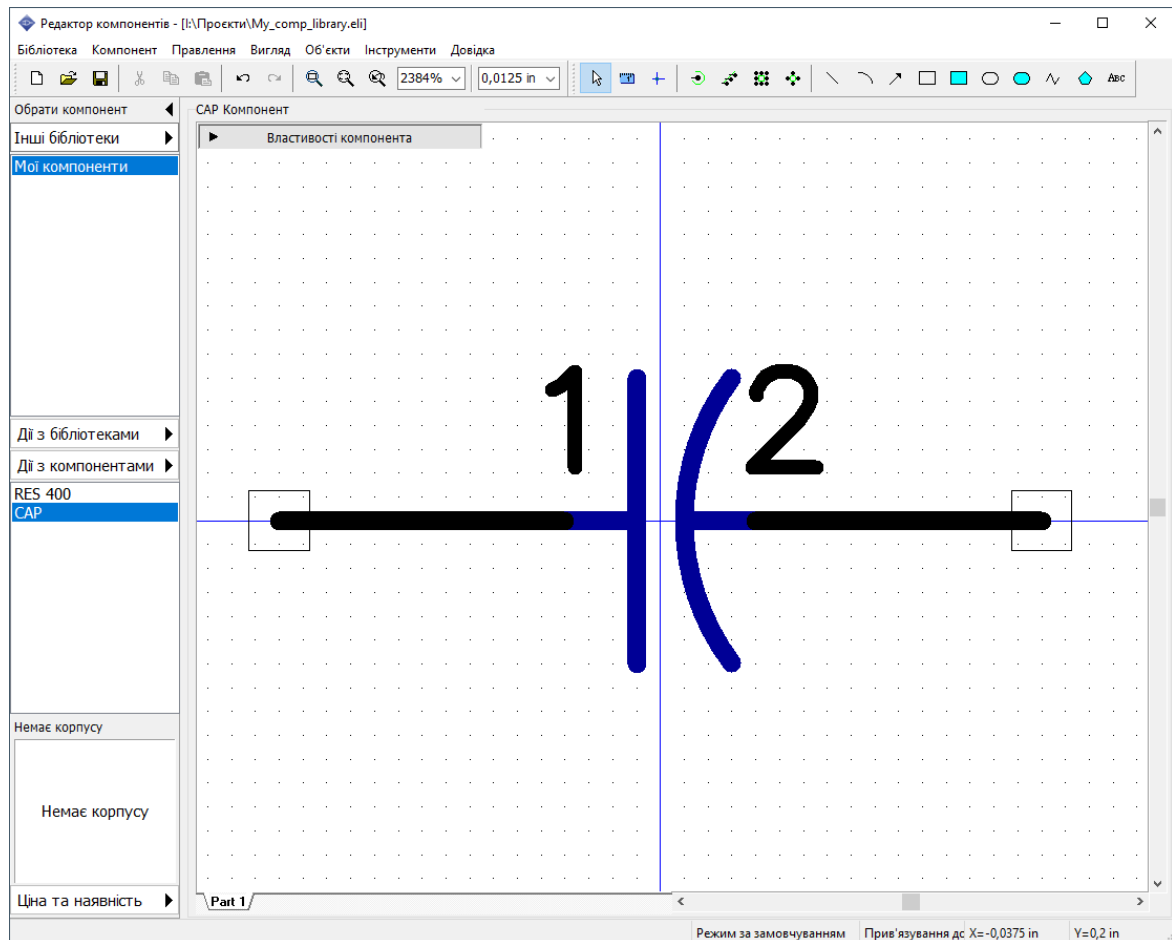


Для зображення імен виводів символів, оберіть виводи (для обирання всіх об'єктів натисніть **Ctrl+A**), клацніть правою кнопкою по одному з них та виберіть **Властивості виводу** у підменю. У діалоговому вікні, що з'явилось, позначте **Показувати ім'я** і натисніть **ОК** для підтвердження змін і закриття вікна.

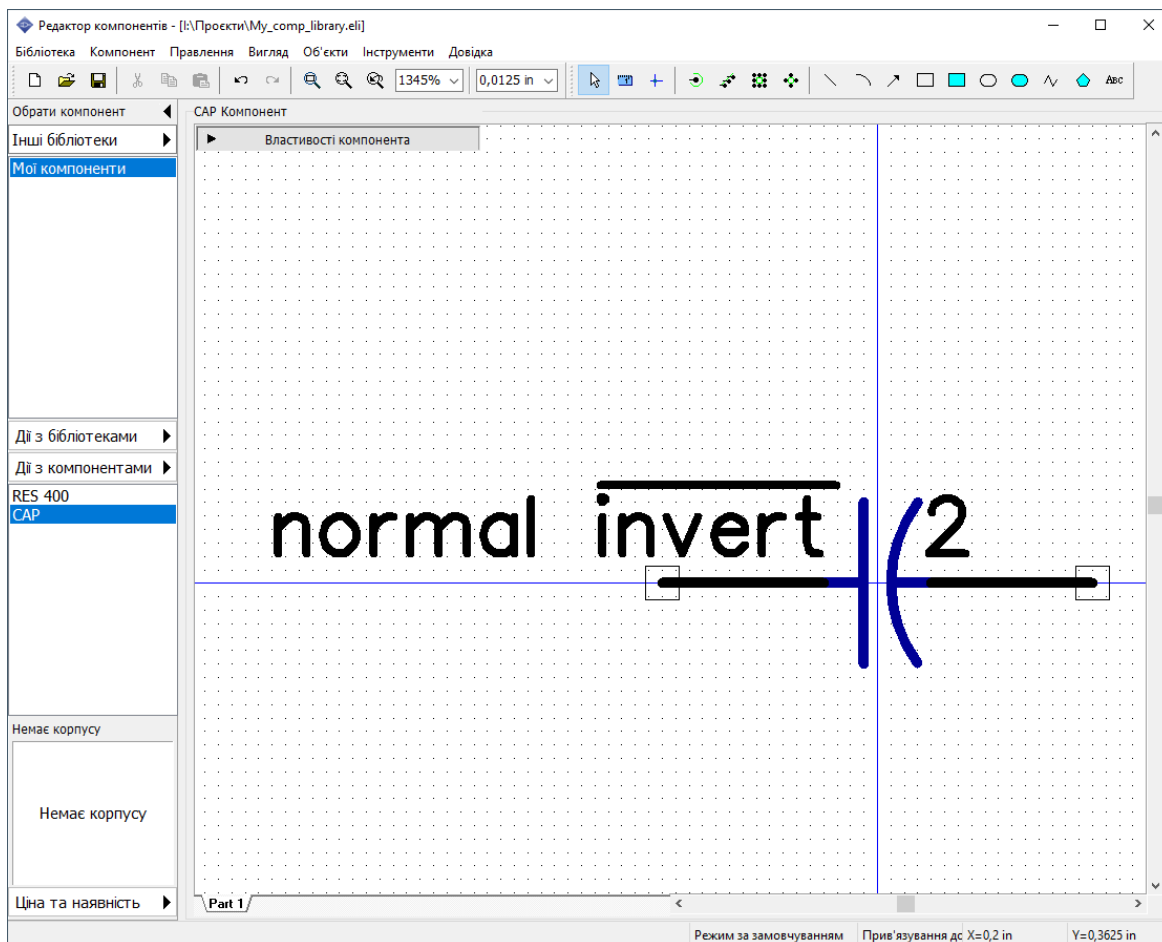


Тепер імена виводів відображаються, але знаходяться у невідповідних місцях. Перемістимо їх. Виберіть "Вигляд/Позиціонування" з головного меню або просто натисніть *F10*. Потім лівою кнопкою миші перетягуйте імена виводів у нові місця. Щоб повернутися до стандартного режиму, клацніть правою кнопкою миші на порожньому місці робочого поля.

Режим позиціонування можна використовувати для переміщення виводів, номерів, міток тощо у всіх модулях програми.



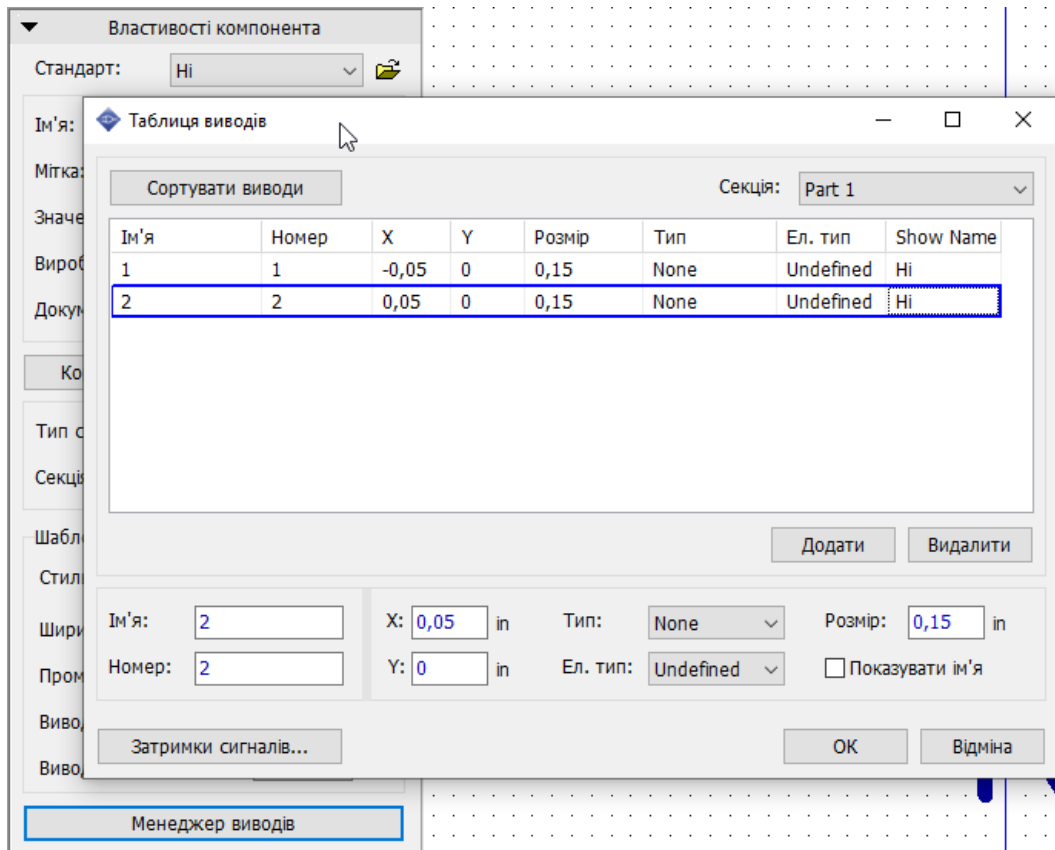
DipTrace дозволяє додати знак інверсії до імені виводу. Перейменуємо один із виводів задля демонстрації інверсії в його імені. Клацніть правою кнопкою на виводі, виберіть **Ім'я виводу** із підменю та введіть текст "normal ~invert". Натисніть OK та перемістіть нове ім'я виводу за допомогою інструмента *F10*. Тільда в імені виводу означає початок і кінець інверсії, так що можна визначати інверсію для різних частин (сигналів) імені виводу.



На практиці, швидше за все, не буде потреби відображати імена виводів для таких простих компонентів як конденсатор.

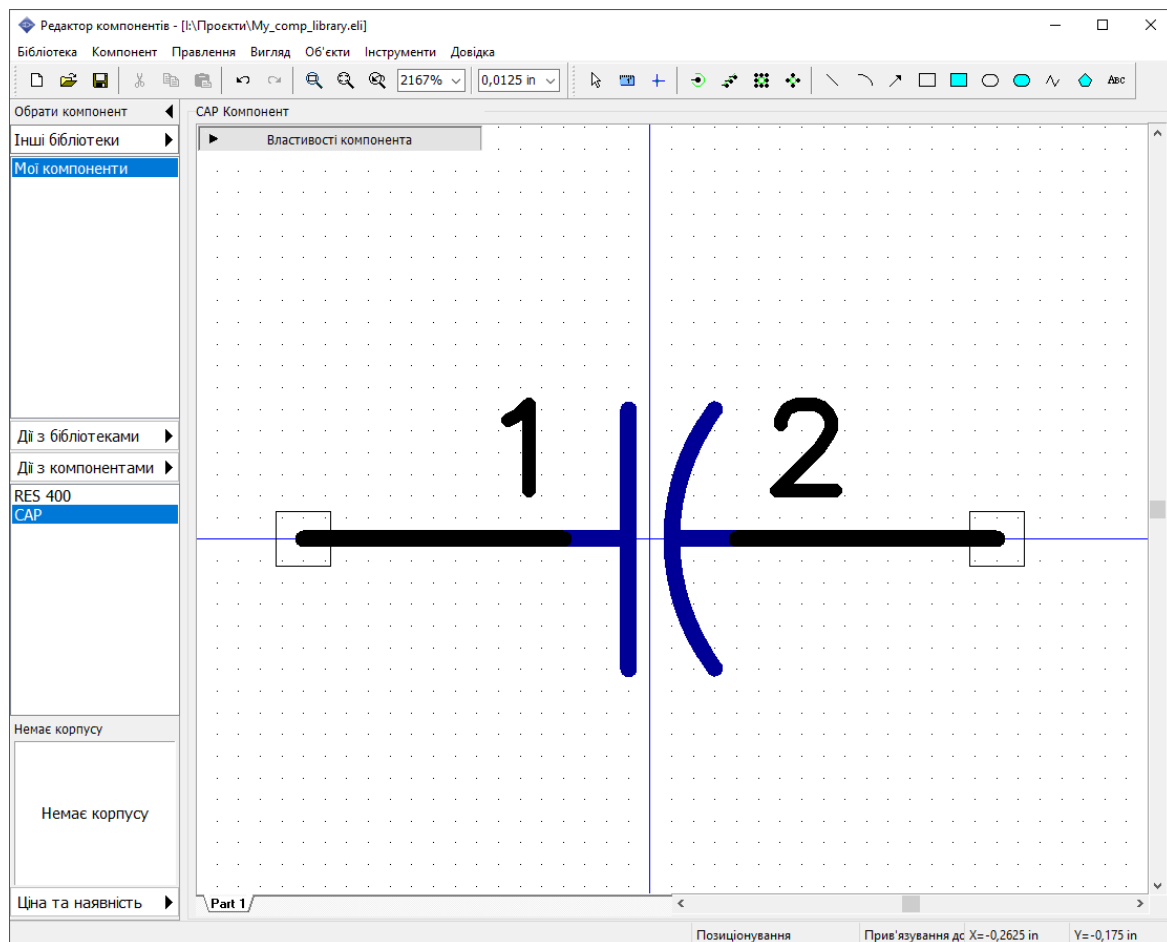
Виберіть "Компонент/ Таблиця висновків" у головному меню, щоб відкрити вікно **Таблиці виводів**, або натисніть кнопку **Менеджер виводів** на панелі **Властивостей компонента**. У таблиці виберіть вивід з іменем normal ~invert та поміняйте його назад на 1. Тепер приховуйте імена обох виводів: виберіть відповідний рядок у таблиці та зніміть позначку **Показувати ім'я**. Закрийте таблицю виводів.

Зверніть увагу, що в Таблиці виводів можна швидко та зручно змінювати номер, координати, довжину та електричний тип виводів.



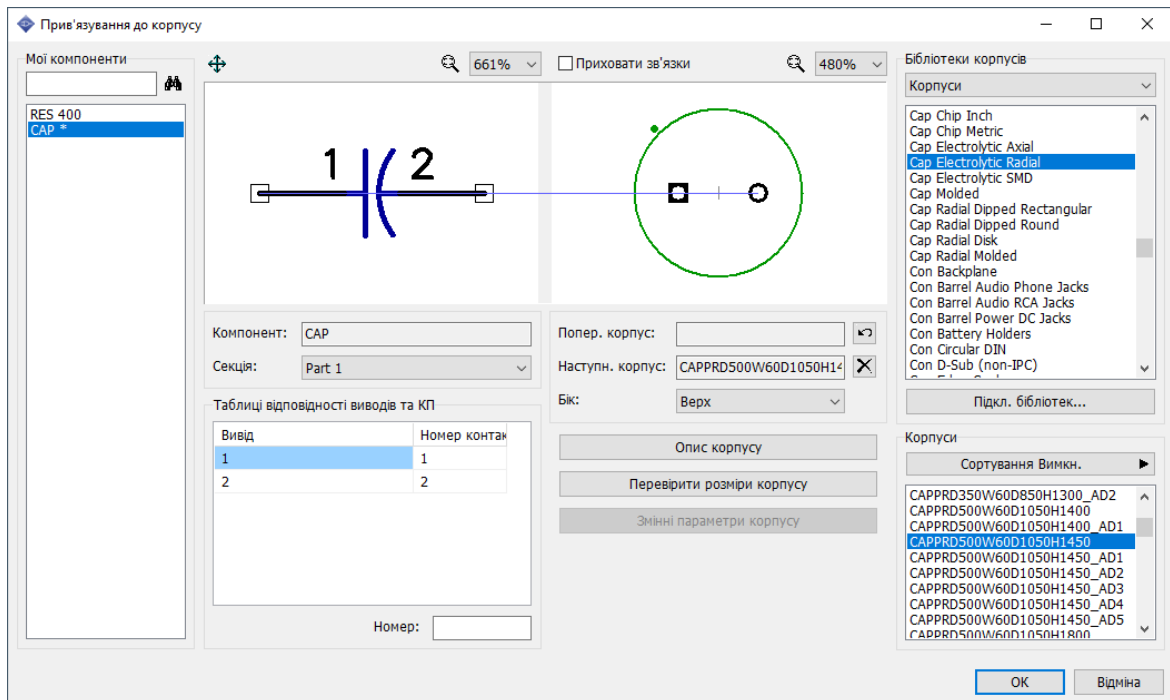
У Редакторі компонентів можна визначати індивідуальні налаштування відображення номерів виводів ("Компонент / Номери виводів" у головному меню) та загальні програмні налаштування (ті ж, що й у Схемотехніці), використовуючи пункт головного меню "Вигляд/Номери виводів".

Встановіть **Показувати** у налаштуваннях відображення номерів виводів компонента. За необхідністю посуньте написи виводів, використовуючи функцію переміщення написів (*F10*).



Наступний крок – під'єднання корпусу до конденсатора. Виберіть "Компонент/Прив'язування до корпусу" у головному меню. Для цього компонента ми не малювали корпус, тому візьмемо його зі стандартних бібліотек корпусів DipTrace. Виберіть групу бібліотек **Корпуси** в полі **Бібліотеки корпусів**, потім виберіть бібліотеку Cap Electrolytic Radial та корпус CAPPRD500W60D1050H1450. Можете використовувати сортувальні фільтри.

Відповідності виводів КП, пропоновані програмою правильні, тому їх змінювати не треба.



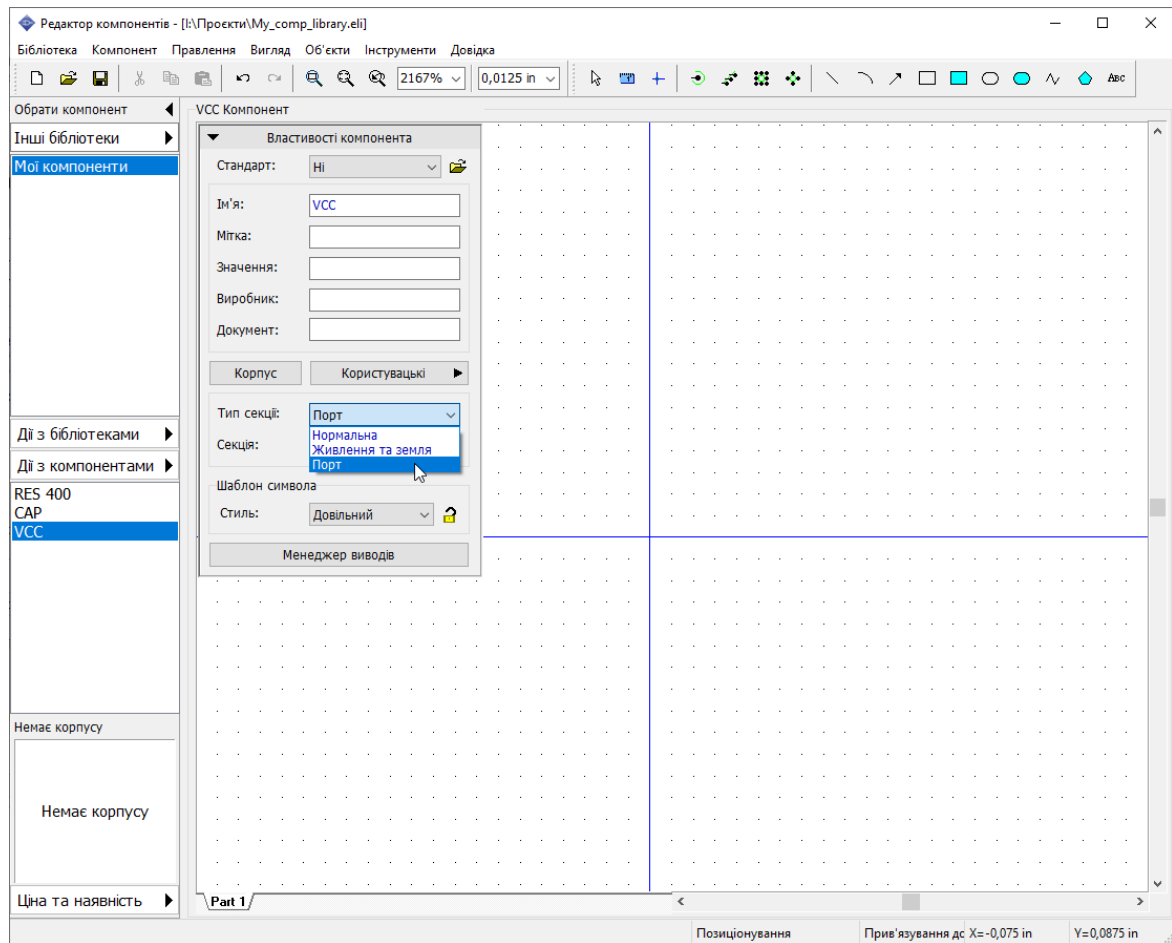
Натисніть **ОК**. Конденсатор готовий. Збережіть зміни.

4.2.4 Створення символів VCC та GND

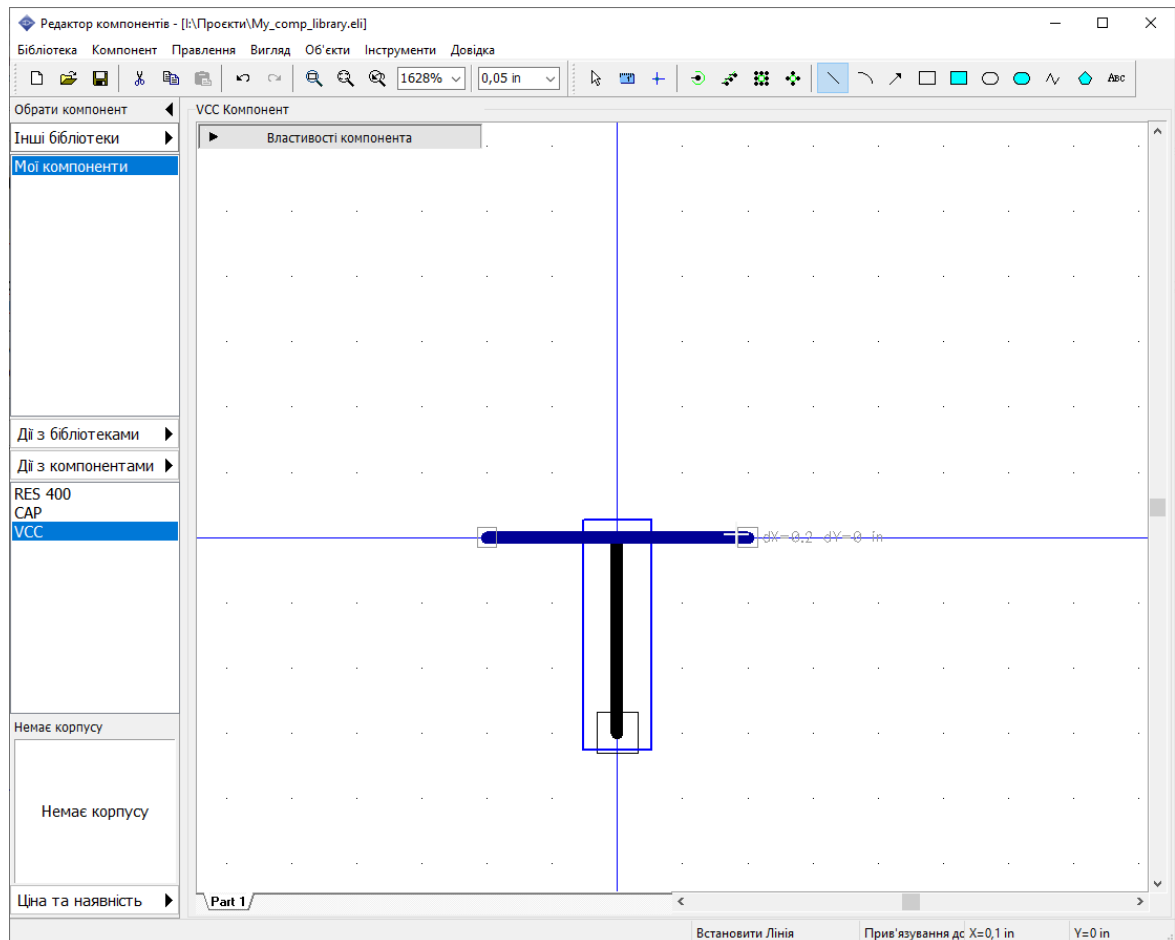
Попрактикуймося тепер у створенні мережевих портів розробляючи символи VCC та GND.

VCC

Виберіть "Компонент/ Додати новий до бібліотеки "Мої компоненти"". Введіть ім'я VCC на панелі **Властивостей компонента** та виберіть **Порт** у полі **Тип секції**.



Згорніть панель **Властивостей компонента**, виберіть інструмент **Вивід**  і встановіть один вивід в області побудови. Оберніть його вертикально (виберіть вивід й натисніть *R*). Тепер оберіть інструмент **Лінія** на Панелі малювання та намалюйте лінію як на малюнку нижче. Найкраще підійде сітка 0,05 дюйми.

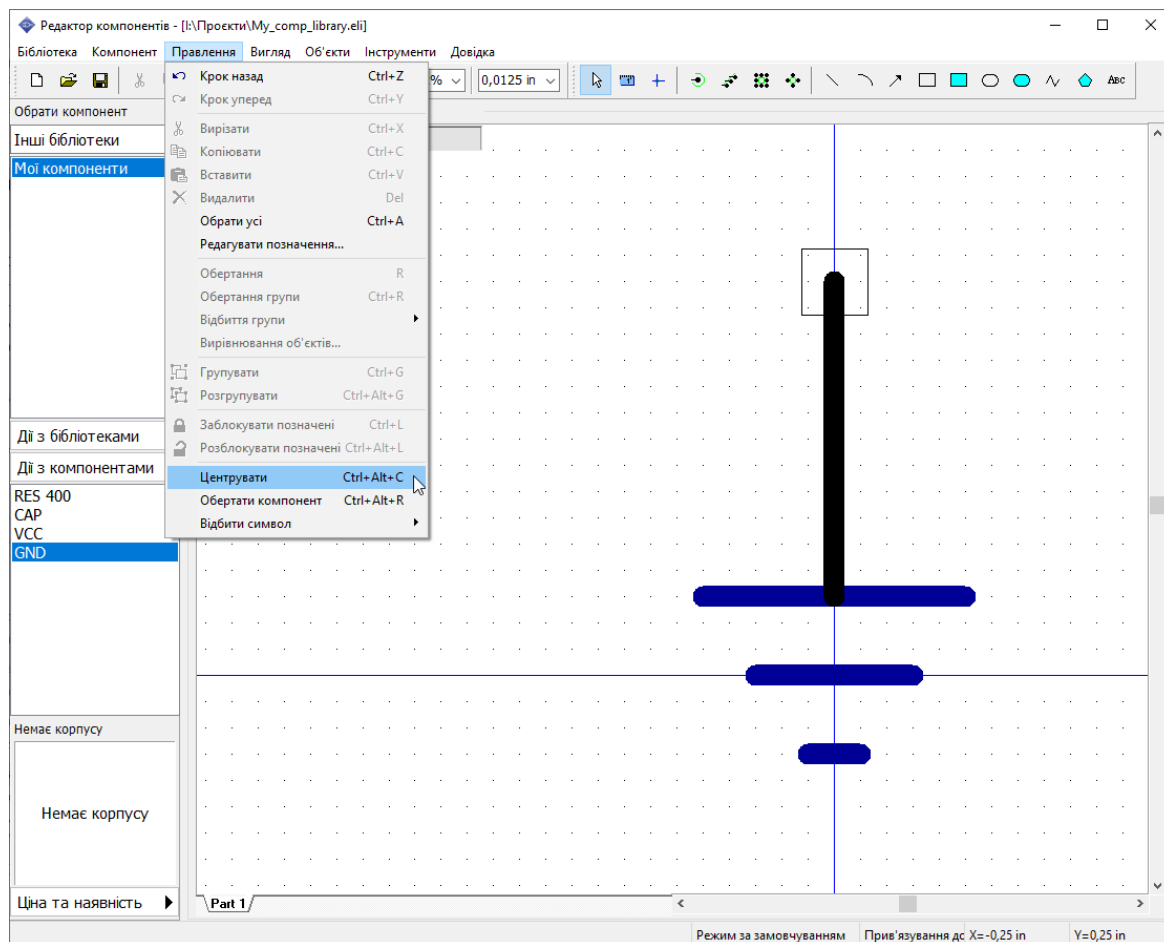


Приховуйте нумерацію висновків, натиснувши "Компонент/ Номери висновків/ Приховати" у головному меню, якщо вони відображаються. Символ VCC готовий.

GND

Додайте новий компонент (*Ctrl+Insert*) та намалюйте символ GND подібним чином. Для малювання символу GND ми використали сітку 0,0125 дюйми.

Виберіть "Правка/Центрувати" або натисніть *Ctrl+Alt+C*, бо в нашому випадку початок координат символу не співпадає з центром. Тому необхідно його центрувати, щоб у Схемотехніці початок координат компонента був прихований за замовчуванням.



До символів мережевих портів не потрібно підключати корпуси. Це особливий тип компонентів, який використовується лише для створення логічного зв'язку між виводами та фізично не існує на платі.

Збережіть бібліотеку.

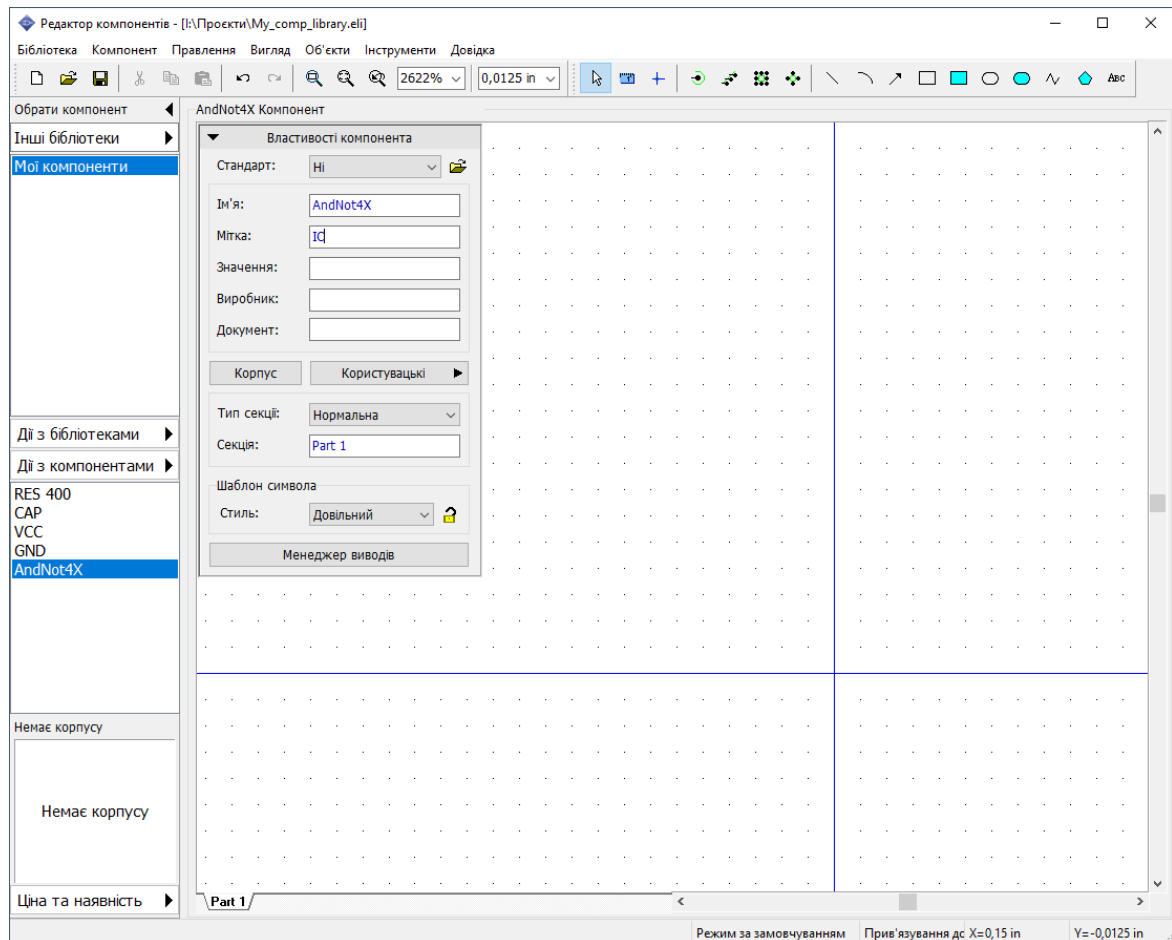
4.2.5 Створення мультисекційного компонента

Схемотехнічні символи деяких компонентів можуть складатися з кількох символів (секцій), але на платі такий компонент знаходиться в одному фізичному корпусі. Створення багатосекційних компонентів має свої особливості.

Створення символу

Створімо простий мультисекційний компонент, що містить чотири елементи I-HI, а також елемент живлення, і приєднаємо до нього корпус DIP-14 зі стандартних бібліотек програми.

Додайте новий компонент до бібліотеки: натисніть **Дії з комп.**, а потім **"Додати новий компонент до бібліотеки "Мої компоненти"**. Введіть ім'я та мітку компонента.



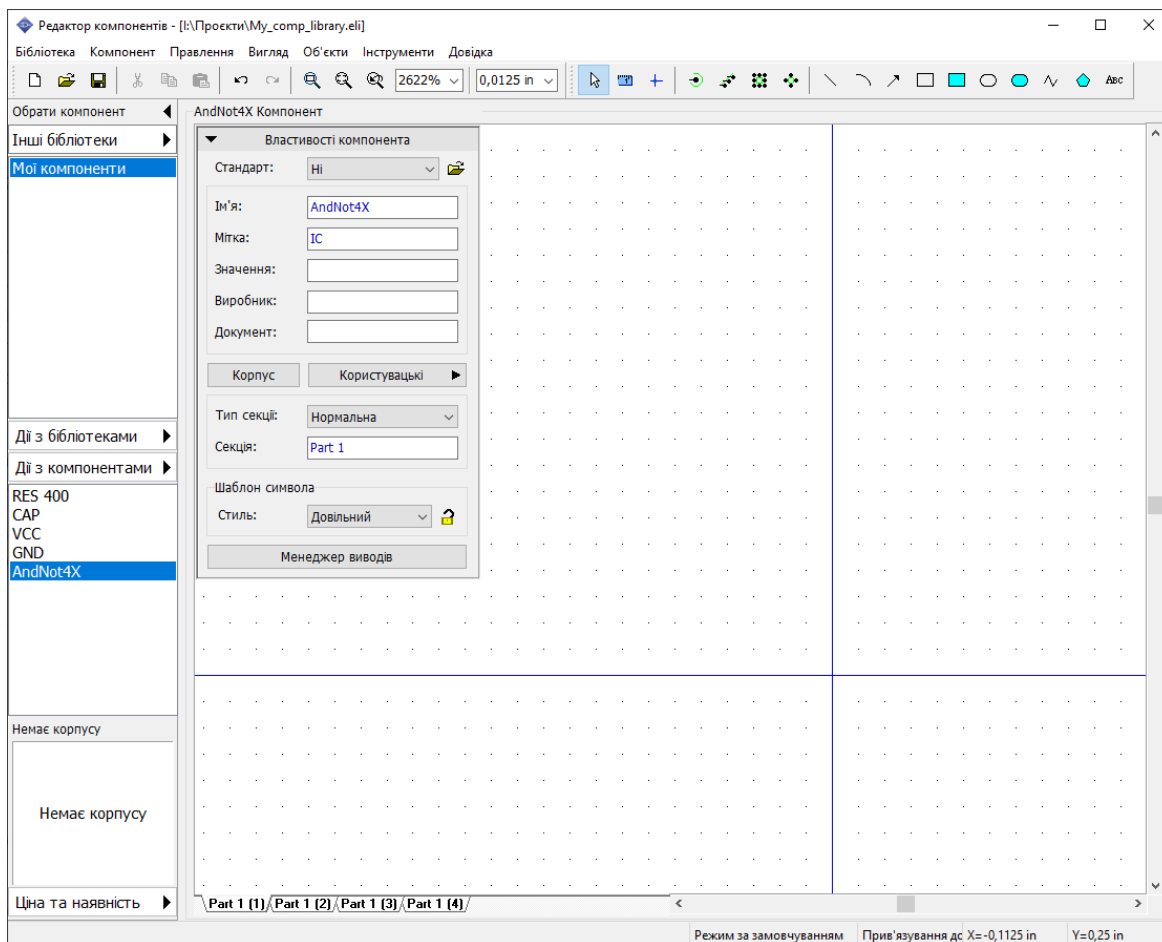
Створення секцій

Можна створювати багатосекційні компоненти, що складаються з роздільних або однорідних секцій. Суттєво ці два види не відрізняються – для однорідних секцій автоматично успадковується графіка і розташування виводів символу, тому немає необхідності малювати їх для кожної секції. Створімо компонент з однорідних секцій, які потім можна буде групувати в Схемотехніці для зручності.

Кожна секція багатосекційного компонента може мати свій тип (Нормальний, Порт, Живлення і Земля). Секції живлення та землі у Схемотехніці можна приховати. Один компонент повинен мати не більше однієї секції типу Живлення та Земля.

Створімо компонент, що містить 4 схожі секції "I-II" і одну загальну секцію живлення. Виберіть "Компонент/Створити групу однорідних" з головного меню, потім введіть кількість секцій "4" і натисніть **ОК** – секції з'являться у вигляді вкладок внизу області побудови.

Однорідні секції автоматично успадковують графіку та розташування виводів.



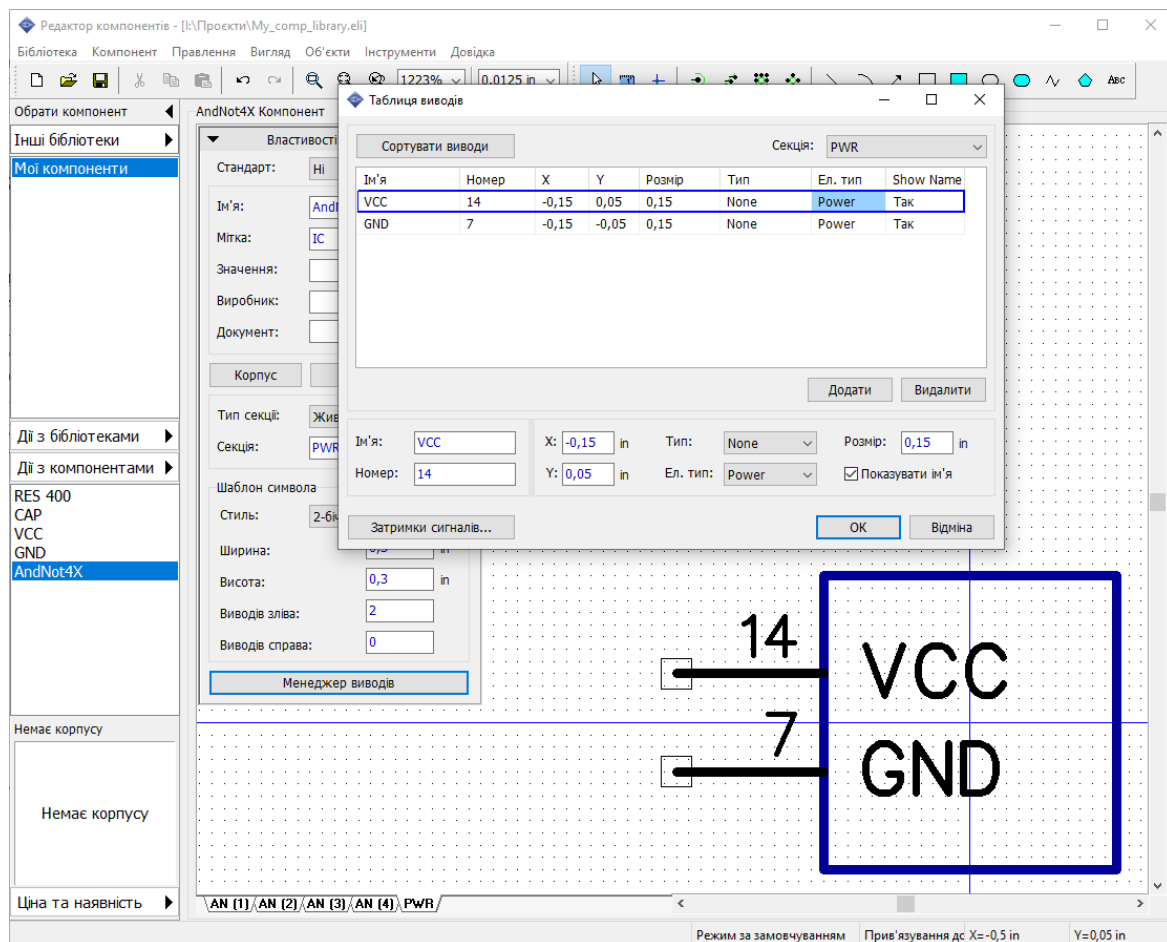
Тепер ви бачите наступні секції: Part 1 (1), Part 1 (2), Part 1 (3) та Part 1 (4). Всі однотипні секції успадковують і ім'я також. Змініть його на "AN", для цього оберіть відповідну секцію та введіть нове ім'я в полі **Секція** на панелі **Властивостей компонента**.

Бракує п'ятої секції живлення. Оскільки секція живлення має іншу графіку, її потрібно створити як окрему секцію, а не подібну до інших. Виберіть "Компонент/ Додати нову секцію" в головному меню, потім виберіть секцію (вкладка Part 1 у лівому нижньому куті області побудови) і перейменуйте її на "PWR".

Додана секція – це окрема секція, яка не належить до групи "AN".

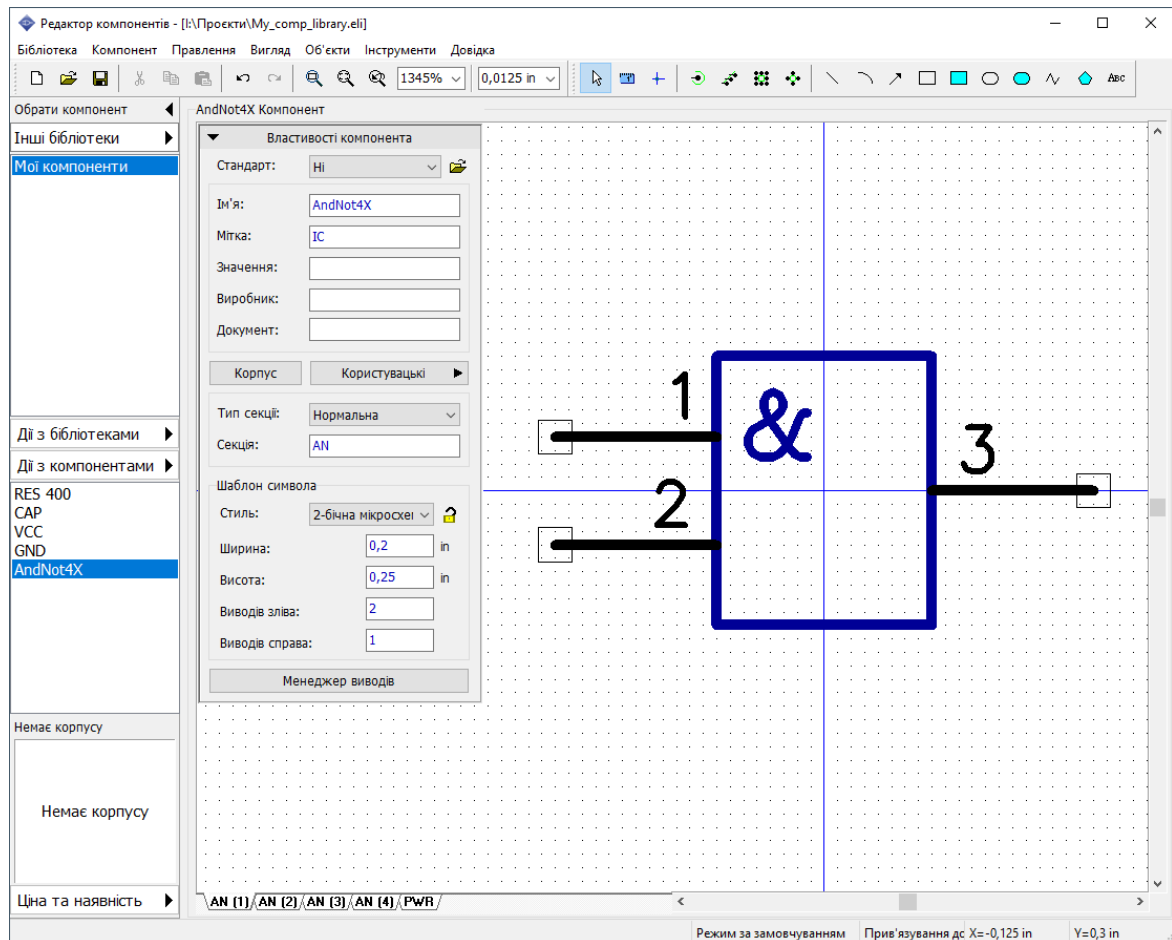
Почнемо малювання графіки зі секції живлення. На панелі **Властивостей компонента** виберіть **Стиль: 2-бічна мікросхема**, **Ширина: 0,3**, **Висота: 0,25**, **Виводів зліва: 2**, **Виводів справа: 0** (всі розміри в дюймах). Потім оберіть **Живлення та земля** в полі **Тип секції**.

Відобразіть імена виводів компонента, якщо вони приховані ("Вигляд/Номери висновків/Показати" з головного меню).



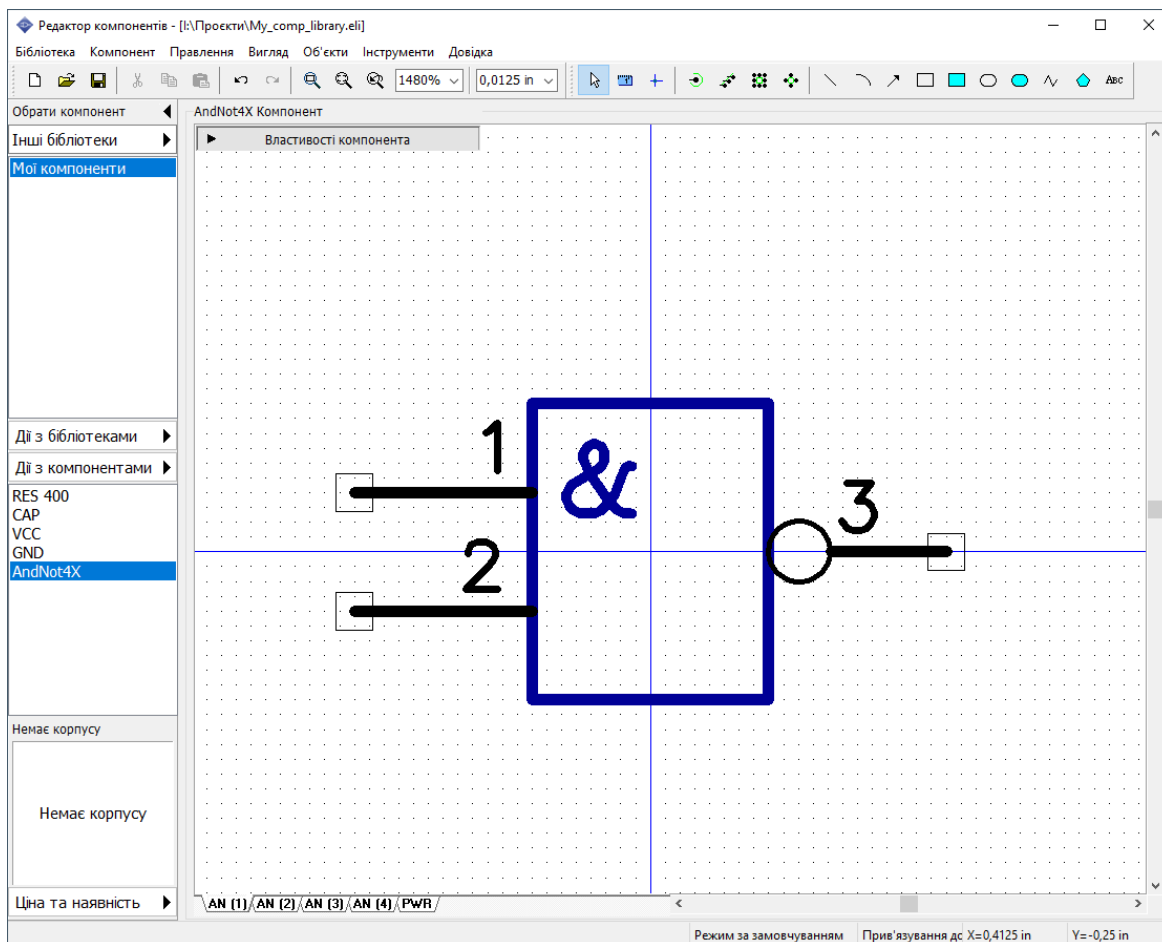
Залишилися створити решту секцій: виберіть одну з AN секцій і, використовуючи панель **Властивостей компонента**, визначте наступні параметри: **Стиль**: 2-бічна мікросхема, **Ширина**: 0,2, **Висота**: 0,25, **Виводів зліва**: 2, **Виводів справа**: 1. Тепер згорніть панель властивостей, виберіть інструмент **Текст**

(кнопка ) , клацніть усередині прямокутника символу та надрукуйте текст "&". Клацніть правою кнопкою миші, щоб повернутися до стандартного режиму. Текст можна перетягнути, якщо він перекриває графіку символу.



Ми створюємо секцію компонента "I-NI", тому правий вивід має бути інверсним або "Dot" типу. Клацніть правою кнопкою по третьому виводу, виберіть **Властивості виводу** у підменю, виберіть "Dot" у полі **Тип**, потім натисніть **ОК**, щоб підтвердити зміни та закрити діалогове вікно.

Вам не доведеться малювати інші секції "AN", якщо вони були створені як група однорідних секцій. Вони вже готові, адже успадковують графіку та розташування виводів уже намальованої секції.



Відкрийте AN (3) або AN (4) та переконайтеся, що секції ідентичні. Єдине, що однорідні секції не успадковують – нумерацію виводів.

Менеджер виводів

Виберіть "Компонент/ Таблиця виводів" у головному меню. У діалоговому вікні таблиці виводів секцію (випадаючий список праворуч угорі), задайте номери виводів секції, потім виберіть наступну секцію і так доти, доки не введете номери виводів для всіх секцій AN. Не обов'язково обирати виводи мишею, достатньо натиснути *стрілку Вниз* або кнопку *Enter* на клавіатурі, щоб вибрати наступний вивід.

Не забудьте, що вивід із номером 7 вже існує в секції живлення, тому при нумерації виводів інших секцій пропустіть цей номер.

Також вкажіть електричний тип для виводів однієї з секцій AN (два виводи Input та один вивід Output). Інші секції успадкують це. Натисніть кнопку **OK**.

Таблиця виводів

Секція: AN (3)

Сортувати виводи

Ім'я	Номер	X	Y	Розмір	Тип	Ел. тип	Show Name
1	8	-0,1	0,05	0,15	None	Undefined	Hi
2	9	-0,1	-0,05	0,15	None	Undefined	Hi
3	10	0,1	0	0,15	Dot	Undefined	Hi

Додати Видалити

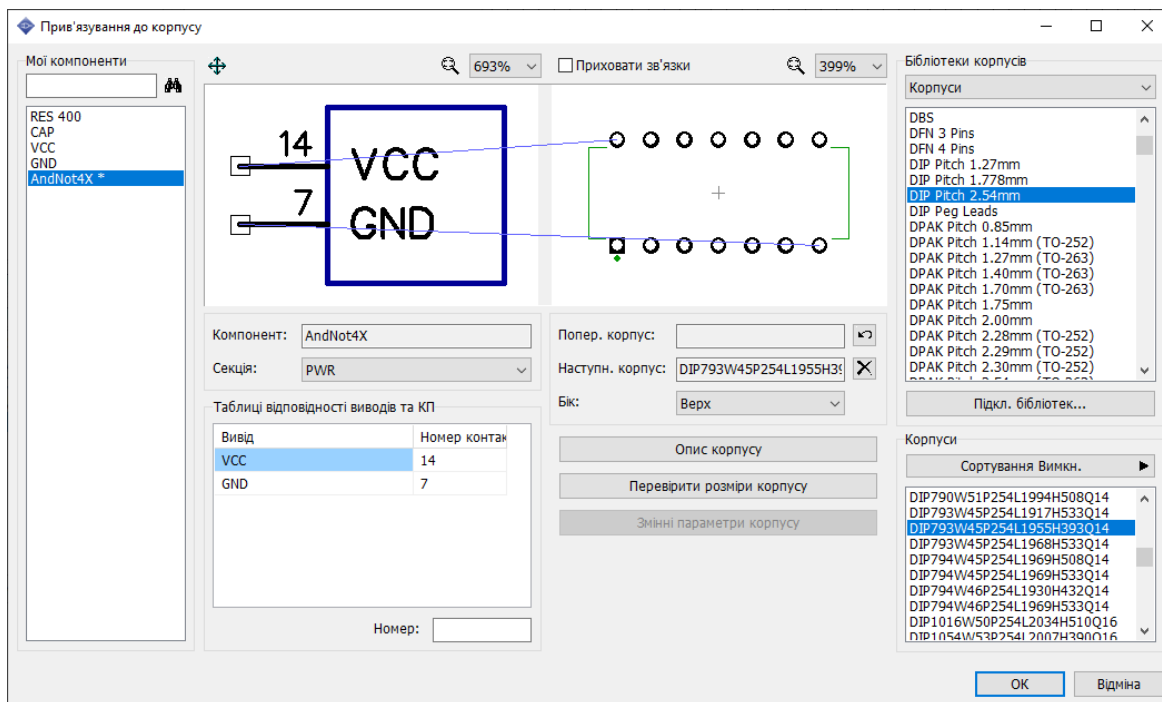
Ім'я: 1 X: -0,1 in Тип: None Розмір: 0,15 in
Номер: 8 Y: 0,05 in Ел. тип: Undefined ☐ Показувати ім'я

Затримки сигналів... OK Відміна

Наступним кроком стане приєднання корпусу до мультисекційного компонента. Натисніть кнопку **Корпус** на панелі **Властивостей компонента**, у випадяючому меню **Бібліотеки** корпусів виберіть **Корпуси**, потім виберіть бібліотеку **DIP Pitch 2.54mm** і корпус **DIP793W45P254L1955H393Q14** (для зручності, можете скористатися сортуванням).

Зауважте, в нашому випадку не потрібно визначати зв'язки між виводами символу та контактними площинками корпусу, адже при розробці символу ми продумали це та вказали правильні номери виводів, щоб програма автоматично зробила ці зв'язки.

Виберіть по черзі різні секції компонента (список, що випадає в області попереднього перегляду), щоб візуально перевірити правильність підключення виводів до КП. Натисніть **ОК**, щоб приєднати корпус та закрити діалогове вікно.

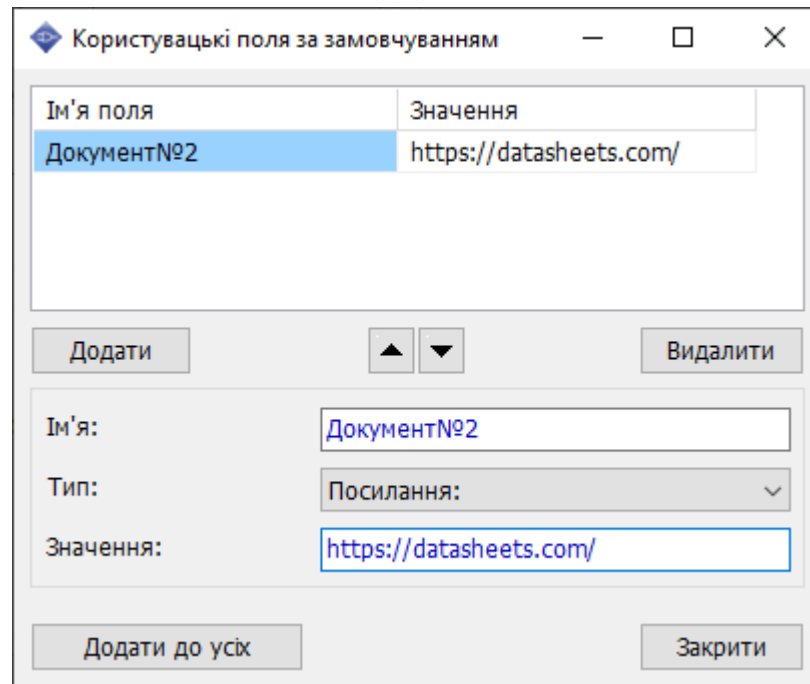


Мультисекційний компонент готовий до застосування у ваших проєктах.
Збережіть зміни у файлі бібліотеки.

4.2.6 Застосування користувацьких полей

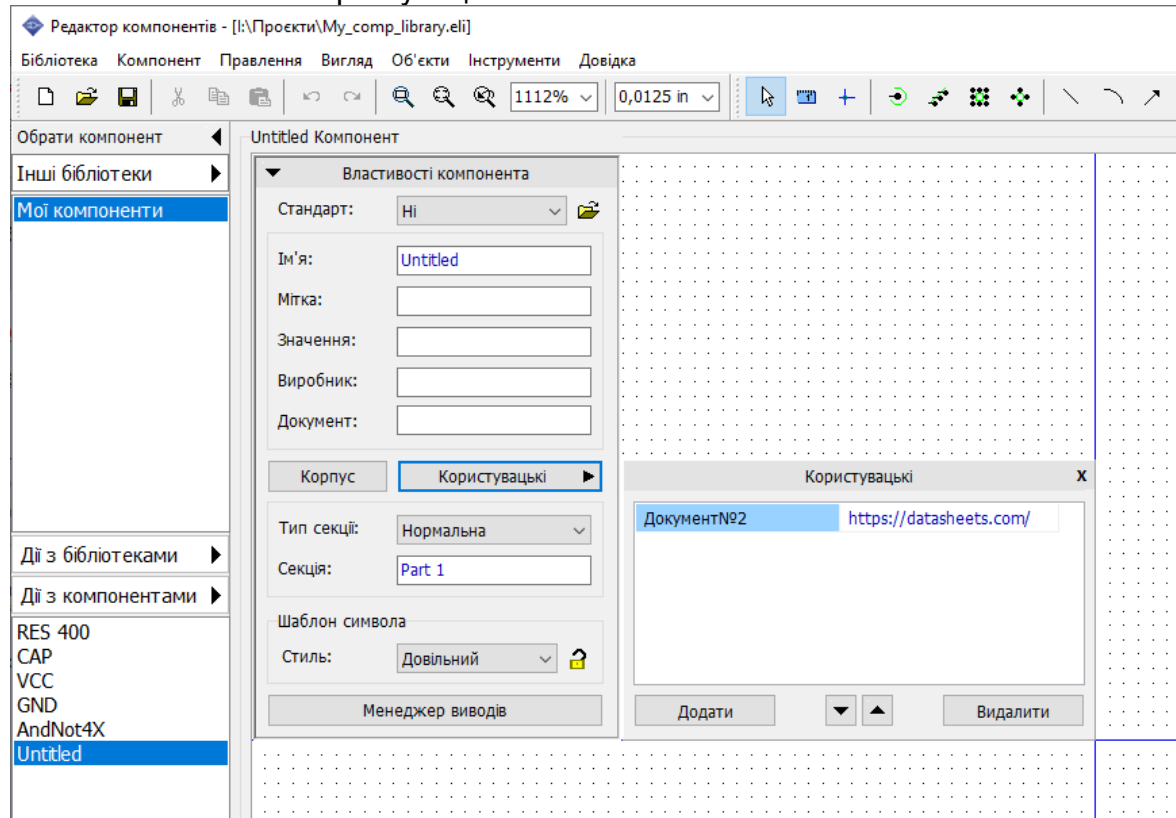
За замовчуванням, всі компоненти DipTrace мають п'ять полів: Ім'я, Мітка, Значення, Виробник та Документ ("даташит"). Однак, іноді потрібно додати інші поля, що будуть використовуватися за замовчуванням до компонентів вашої бібліотеки. У цьому випадку можна використовувати поля користувача, призначення та текст яких вказується окремо.

Виберіть "Компонент / Користувацькі поля за замовчуванням" у головному меню. У діалоговому вікні можна створити додаткові поля і вказати значення для них. Припустимо, що нам потрібно додати ще одне поле з "даташитом" компонента. Введіть "Документ №2" у полі **Ім'я**, виберіть **Тип**: Посилання, введіть посилання на документ і натисніть **Додати**. Це додаткове поле тепер застосовано **до всіх нових компонентів** бібліотеки. Якщо потрібно додати це поле користувача до всіх наявних та майбутніх компонентів бібліотеки, натисніть кнопку **Додати до всіх**.



Відтепер всі компоненти в бібліотеці матимуть нове поле користувача з інтернет посиланням на ще один "даташит". Закрийте діалогове вікно

Користувацькі поля за замовчуванням. Натисніть **Дії з компонентами** та виберіть "Додати новий компонент до бібліотеки "Мої компоненти"". На панелі **Властивостей компонента** натисніть кнопку **Користувацькі**, щоб побачити та змінити користувацькі поля поточного компонента.



Як бачите, у новоствореного компонента вже з'явилося додаткове користувацьке поле.

Тепер видаліть порожній компонент **Untitled**. Клацніть правою кнопкою на панелі **Менеджера бібліотек** і виберіть **Видалити компоненти**, або скористайтесь поєднанням клавіш **Ctrl+Del**. Таким чином, можна видалити кілька вибраних компонентів бібліотеки за раз.

Ви можете додати додаткові користувацькі користувача окремим компонентам. Для цього виберіть компонент у бібліотеці, натисніть кнопку **Користувацькі** на панелі **Властивостей компонента**, а потім кнопку **Додати**, щб створити поле і задати його значення.

Користувацькі поля в Схемотехніці

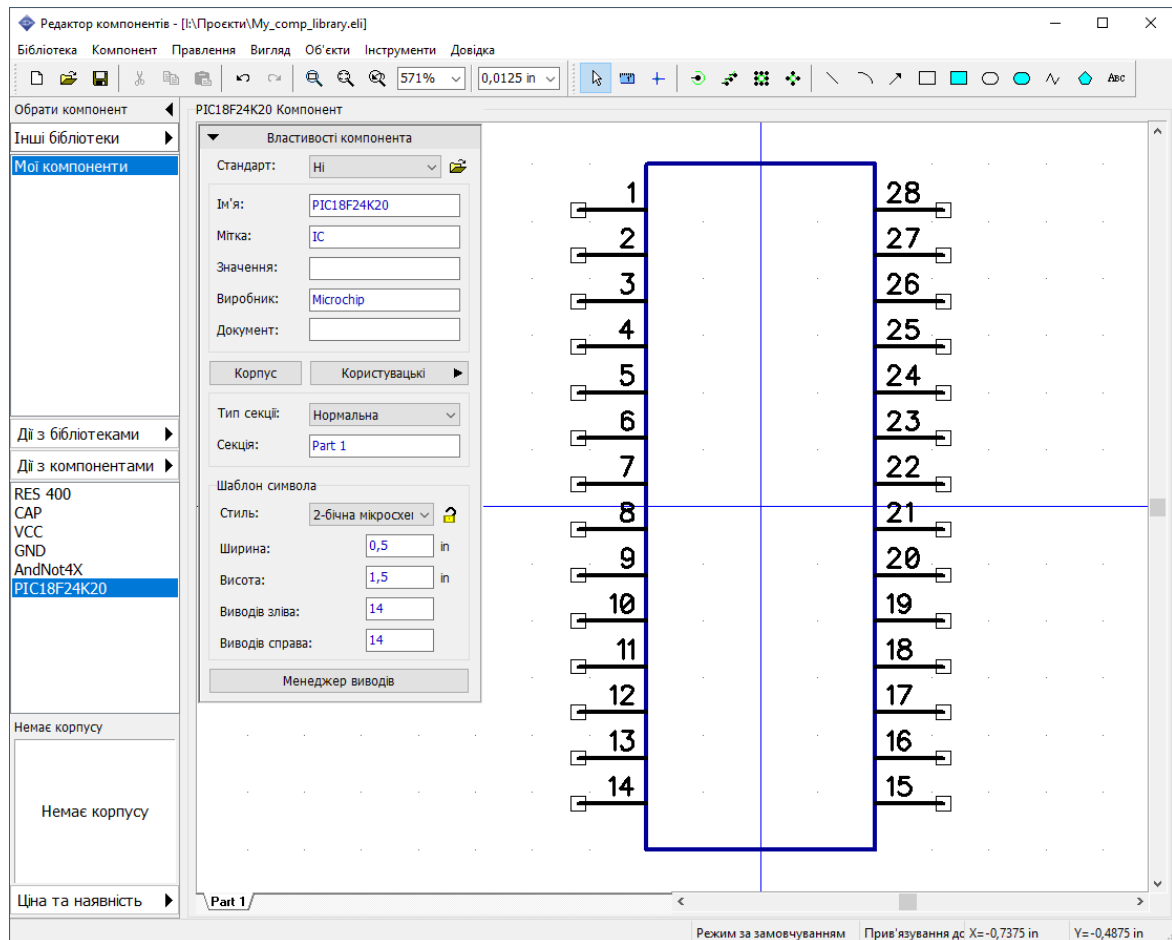
У Схемотехніці DipTrace, в області побудови клацніть правою кнопкою по компоненту з користувацькими полями і виберіть **Посилання** з підменю, щб відкрити посилання на документ в інтернет-браузері, встановленому за замовчуванням на вашому комп'ютері. Крім того, користувацькі поля також можна встановлювати як маркування компонентів за замовчуванням або застосувати тільки до вибраних компонентів.

4.2.7 Створення PIC 18F24K20

Створімо компонент **PIC18F24K20** за "даташитом" з сайту виробника і приєднаймо до нього корпус SOIC-28, щр був створений раніше.

Відкрийте сайт [Microchip](http://www.microchip.com), знайдіть компонент "PIC18F24K20" і оберіть Datasheets зліва, де ви знайдете документацію до зазначеної мікросхеми. Також можна скористатися [прямим посиланням](#) (проте, з часом вона може перестати працювати). Відкрийте сторінку Pin Diagrams, перша діаграма – те, щр нам потрібно.

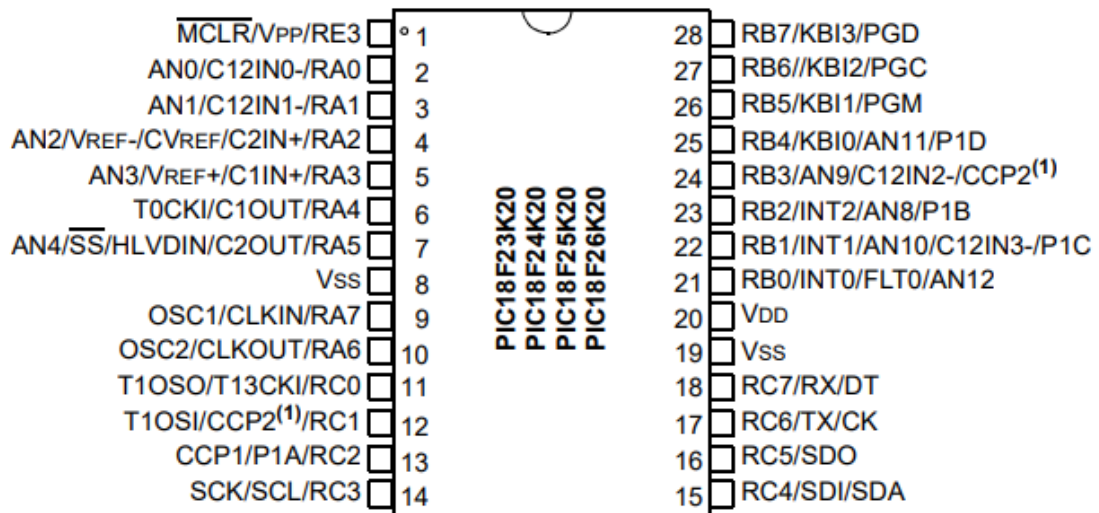
Повернімося до Редактора компонентів та додамо новий компонент (**Ctrl+Insert**). Введіть ім'я "PIC18F24K20", мітку "IC" і виробника, встановіть: **Стиль**: 2-бічна мікросхема, **Виводів зліва**: 14, **Виводів справа**: 14.



Часто можна обійтися без переписування назв виводів, адже в DipTrace можна імпортувати цю інформацію з файлу BSDM ("Бібліотека/ Імпорт/Список виводів з файлу BSDL"). Але зараз все ж таки зробимо це власноруч.

Натисніть **Менеджер виводів** на панелі **Властивостей компонента** та введіть імена виводів, використовуючи інформацію з "Даташита". Ви можете змінити розміри вікна та ширину стовпців (ми зробили стовпець з ширшими іменами).

Користуйтеся клавішею *Enter* для переходу з поточного виводу до наступного в таблиці. Оскільки виводів багато і вони зі складними іменами, цей процес триватиме деякий час.



Таблиця виводів

Сортувати виводи

Секція: Part 1

Ім'я	Номер	X	Y	Розмір	Тип	Ел. тип	Show Name
RC6/TX/CK	17	0,25	-0,45	0,15	None	Undefined	Так
RC7/RX/DT	18	0,25	-0,35	0,15	None	Undefined	Так
VSS	19	0,25	-0,25	0,15	None	Power	Так
VDD	20	0,25	-0,15	0,15	None	Power	Так
RB0/INT0/FLT0/AN12	21	0,25	-0,05	0,15	None	Undefined	Так
RB1/INT1/AN10/C12IN3-/P1C	22	0,25	0,05	0,15	None	Undefined	Так
RB2/INT2/AN8/P1B	23	0,25	0,15	0,15	None	Undefined	Так
RB3/AN9/C12IN2-/CCP2	24	0,25	0,25	0,15	None	Undefined	Так

Додати Видалити

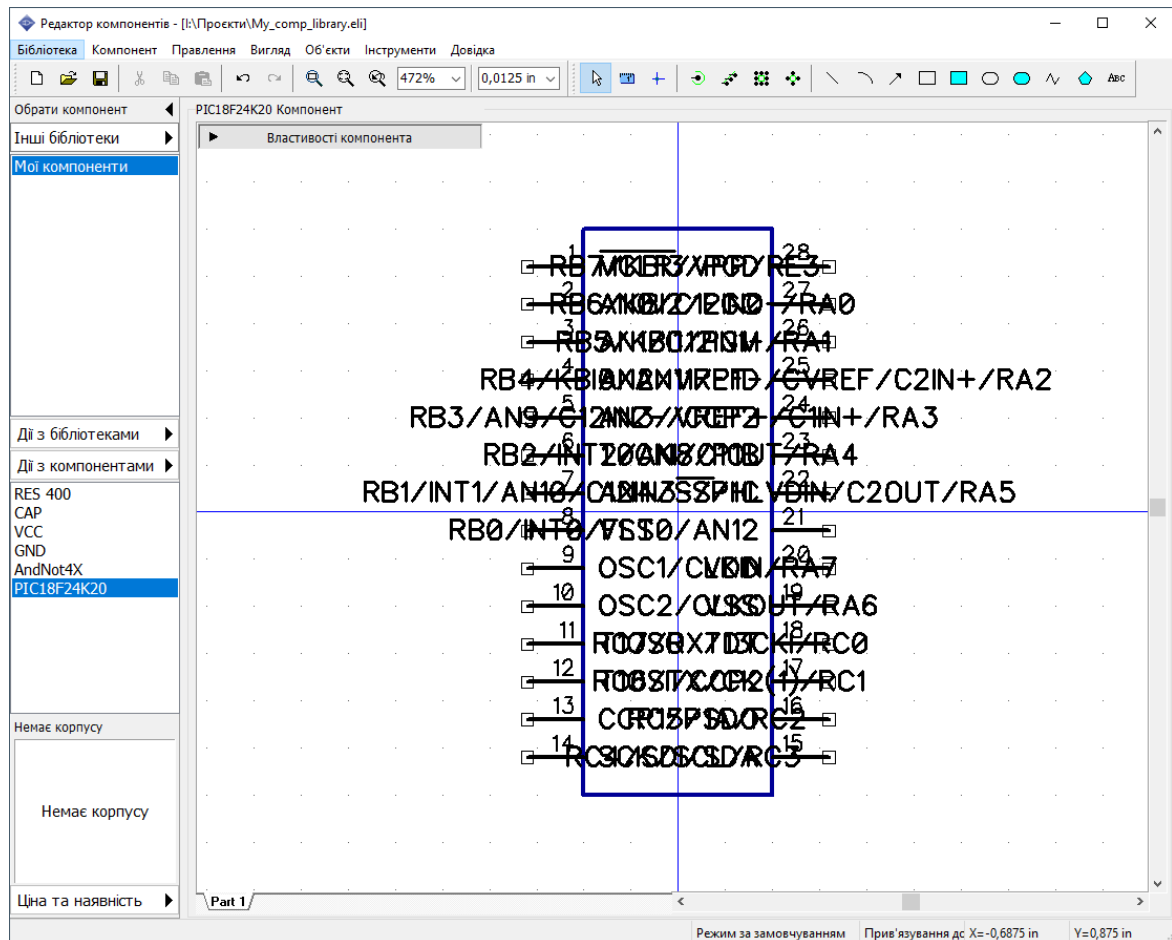
Ім'я: VDD X: 0,25 in Тип: None Розмір: 0,15 in

Номер: 20 Y: -0,15 in Ел. тип: Power ☒ Показувати ім'я

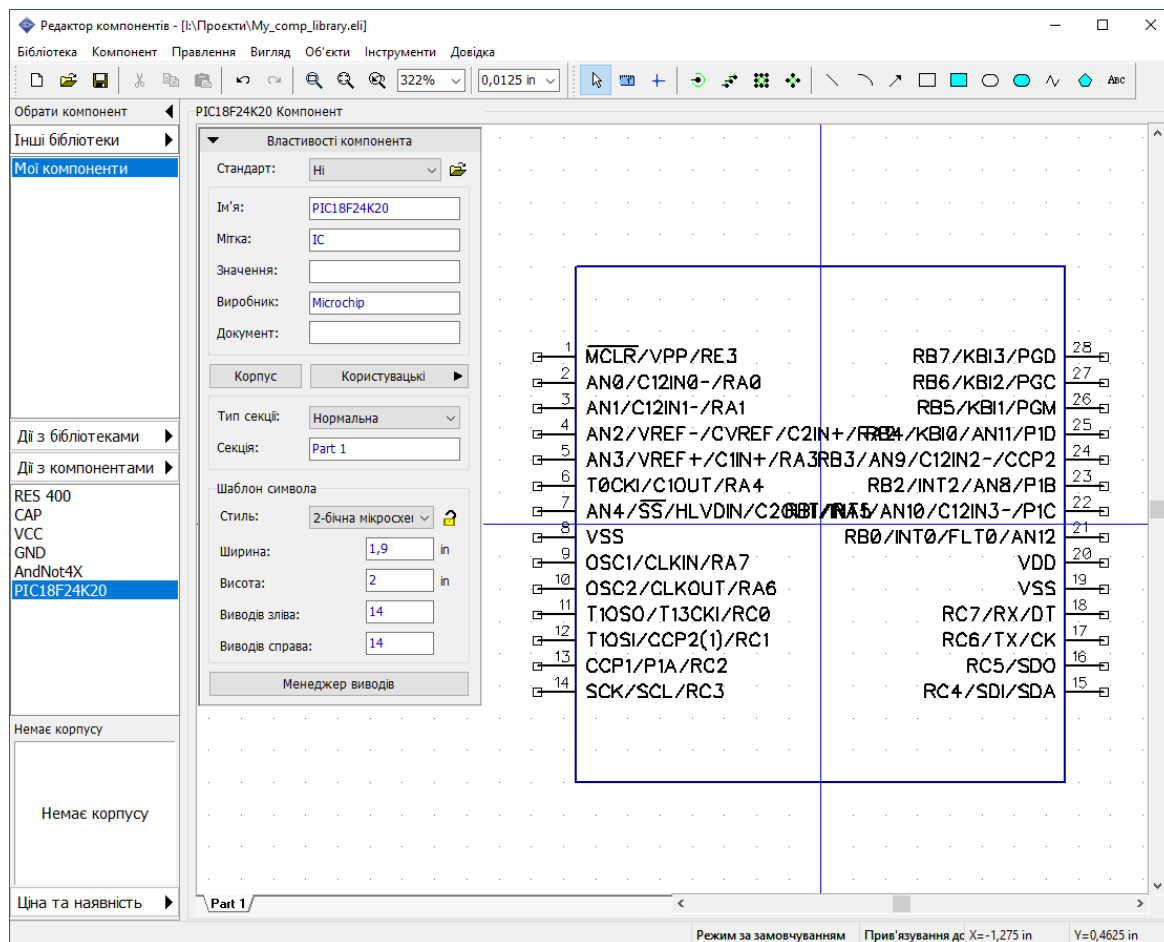
Затримки сигналів... OK Відміна

Після введення імен виводів, вкажіть електричний тип для них та виберіть опцію **Показувати ім'я** для всіх виводів. Можна обирати декілька виводів для одночасної зміни їхніх властивостей.

Закрийте таблицю виводів, натиснувши кнопку **ОК**. Компонент виглядатиме приблизно як на малюнку нижче, адже його ширина невелика, а імена виводів накладаються один на одне.



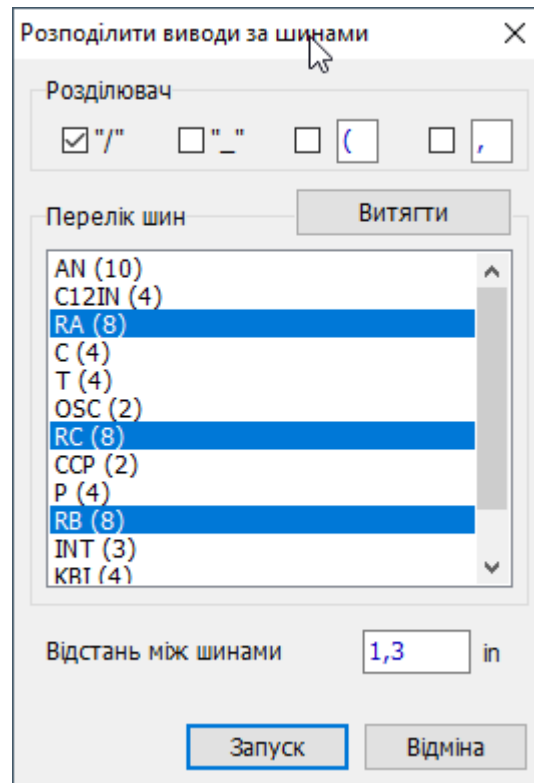
На панелі **Властивостей компонента** змініть ширину на 1,9 та висоту на 2 дюйми. Імена виводів все ще трохи накладаються, але це виправиться після розділення на групи. Велика висота символу компонента необхідна для групування виводів та розташування їх уздовж прямокутника. За необхідності, висоту можна зменшити. Якщо у вас розмір сітки відрізняється, змініть його на 0,05 дюйми. Сітка цього розміру найбільш зручна для розташування виводів. Розмістіть виводи по сітці: виберіть всі, клацніть правою кнопкою миші на одному з них та виберіть **Вирівняти по сітці** з підменю.



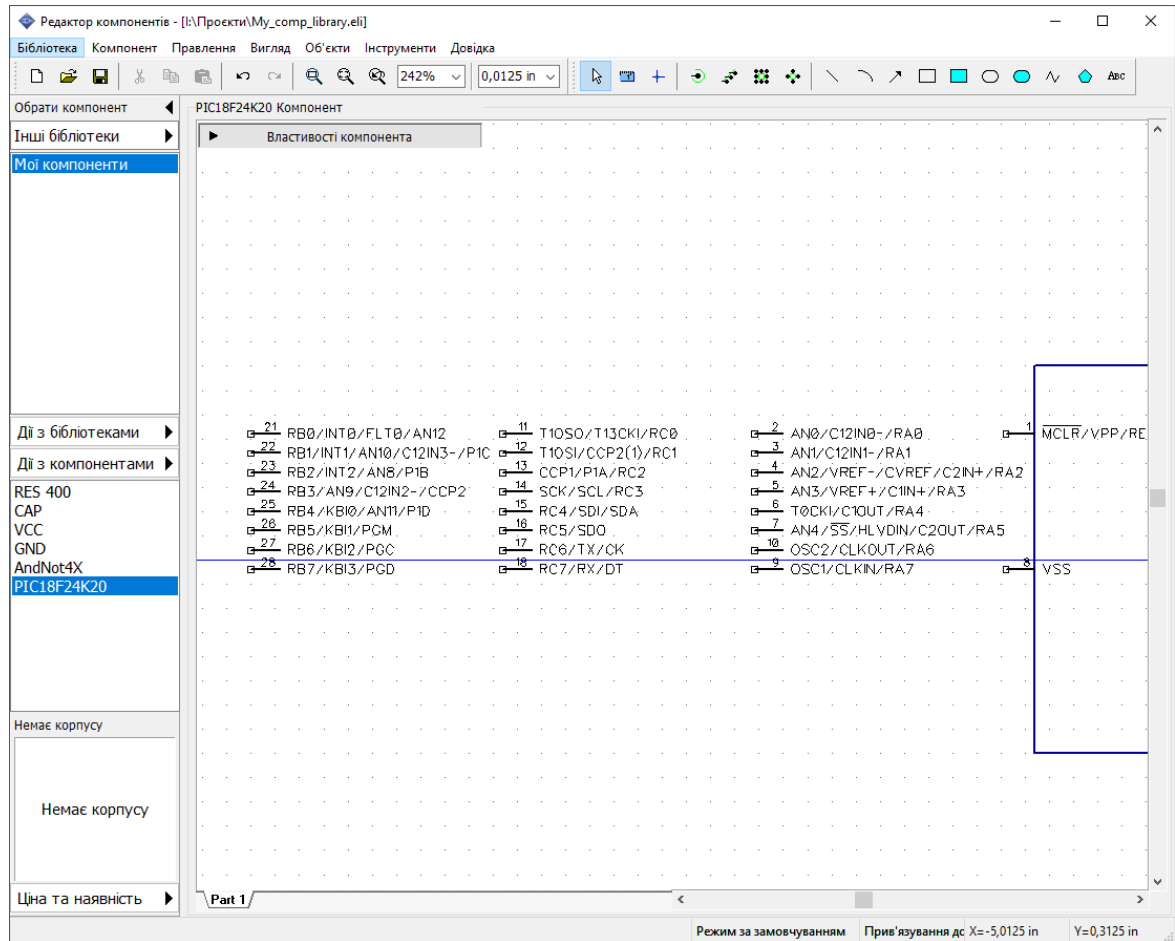
Автоматичне сортування виводів по шинам

Потрібно об'єднати виводи з логічних груп (шин). Виберіть з головного меню "Компонент/ Згрупувати виводи за шинами". Ця опція дозволяє знайти шини, виходячи з імен виводів та згрупувати виводи у шини. У спливаючому діалоговому вікні можна вказати припустимі роздільники між шинами. За замовчуванням вибрано лише "/", але для цього вистачить для поточного компонента. Однак, інші виробники можуть використовувати інші роздільники в іменах виводів.

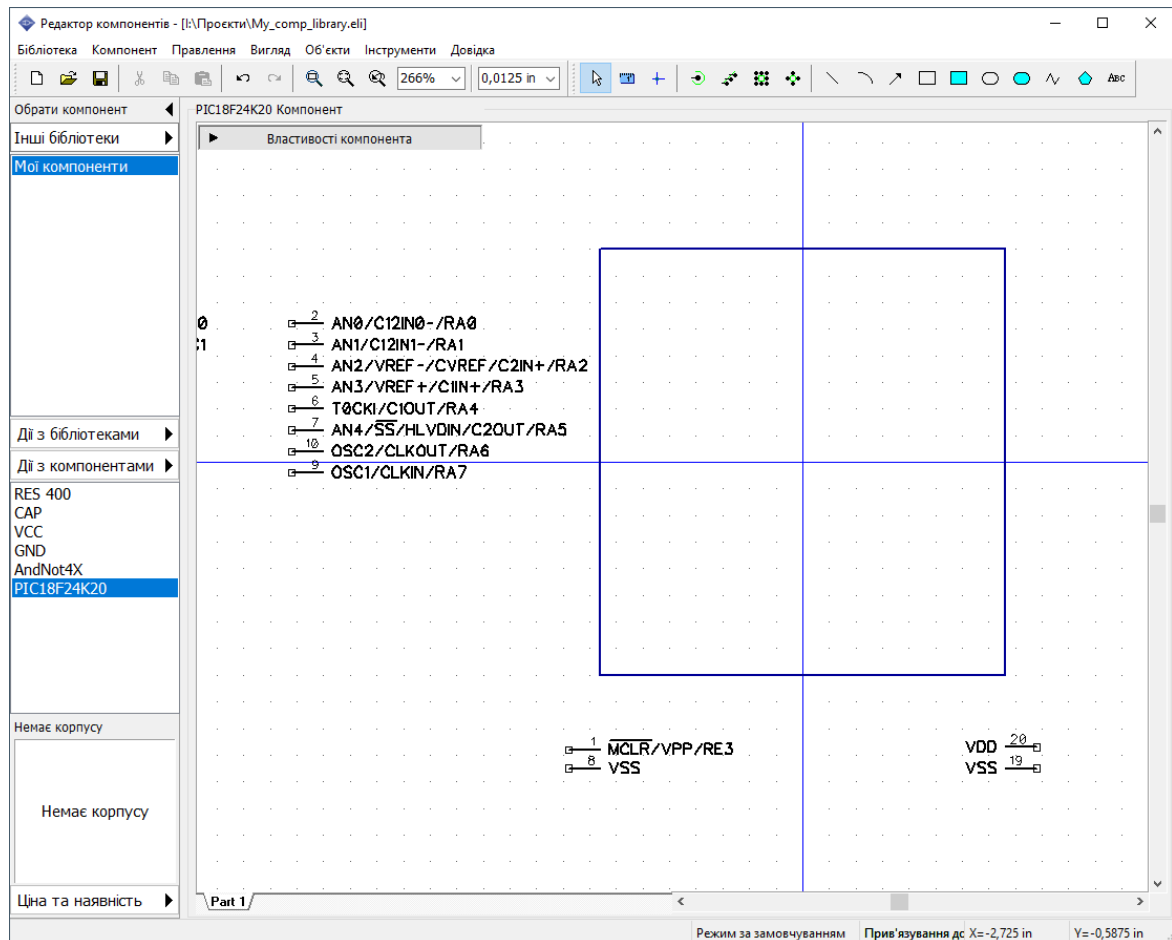
Натисніть Видобути – з'явиться список знайдених шин, а також кількість виводів у них. Оберемо три шини – RA, RC та RB, використовуючи клавішу **Ctrl**. Введіть 1.3 у полі **Відстань між шинами**, оскільки імена виводів досить довгі.



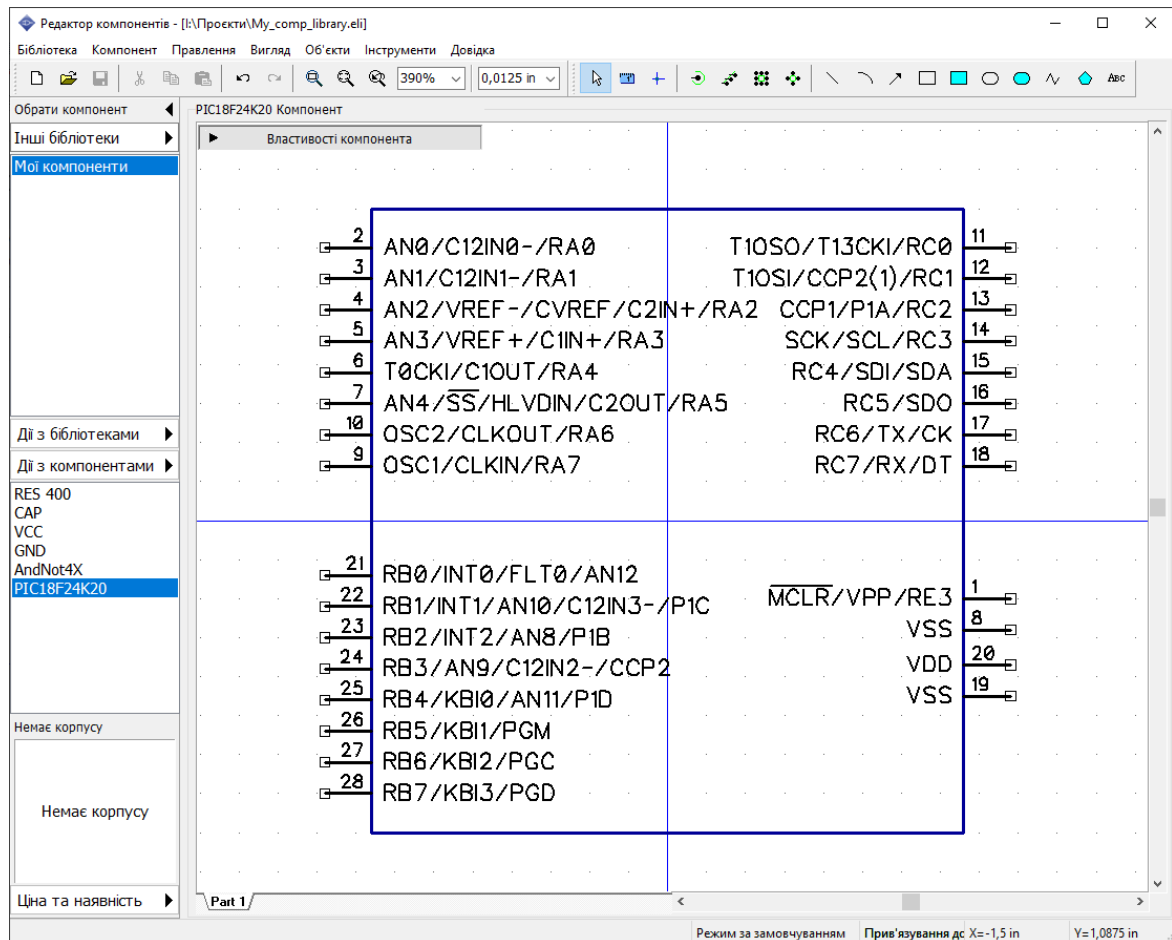
Натисніть кнопку **Запуск**, щоб сформувати шини та закрити діалогове вікно. Шини будуть розташовані у лівому верхньому куті відносно компонента та посортовані за номерами. Як бачимо, з'явилися три колонки, кожна з яких відповідає вибраним шинам RA, RB та RC.



Тепер оберіть всі виводи, які не увійшли до шин (4 вивода компонента), використовуйте *Ctrl* або обираючи область. Перемістіть виводи вниз, щоб звільнити місце для встановлення шин, як на малюнку нижче.



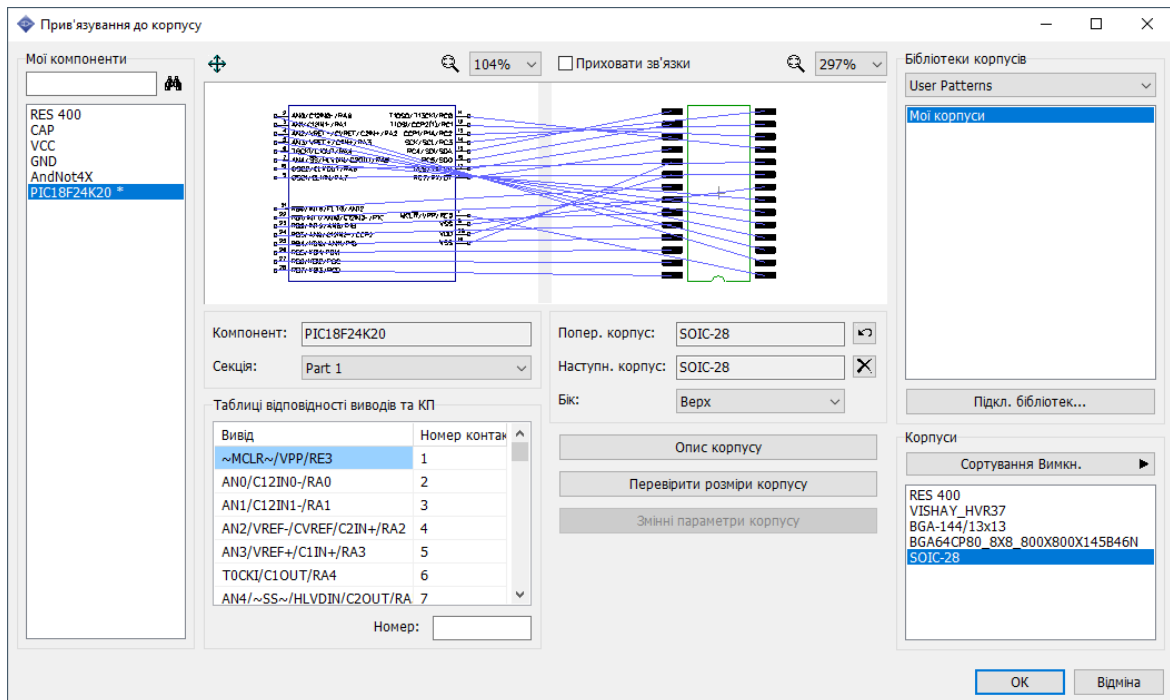
Розташуйте шини вздовж прямокутника мікросхеми. Використовуйте обирання області для вибору шини, а потім перетягніть її. Використовуйте *Shift+R* для обертання шини, а *Shift+F* – для віддеркалення виводів вертикально або горизонтально. Ці команди можуть бути виконані з підменю виводу (праве клацання по одному з виводів у шині). Коли шини встановлено, перемістіть виводи, що знаходяться внизу, назад до мікросхеми.



Іноді потрібно відсортувати виводи за електричним типом. Виберіть "Вигляд/Колір виводів за електричним типом" з головного меню – і програма призначить різні кольори для виводів, залежно від їхнього електричного типу.

Натисніть  для блокування подальших змін на панелі **Властивостей компонента**.

Залишився фінальний крок – підключення корпусу SOIC-28. Для цього натисніть кнопку Корпус на панелі **Властивостей корпусу** та виберіть **Корист. корпуси** у списку **Бібліотеки корпусів**. Потім виберіть бібліотеку **Мії корпуси** та корпус SOIC-28. Всі імена та номери виводів вже заповнено, тому не потрібно нічого змінювати, просто натисніть **ОК**.

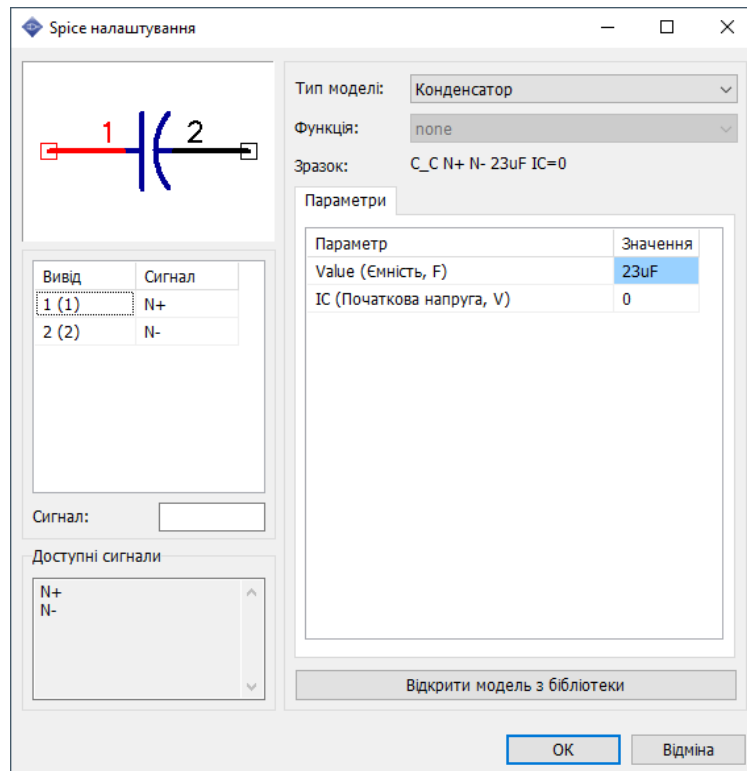


Компонент **PIC18F24K20** готовий. Збережіть бібліотеку.

4.2.8 Значення Spice

У DipTrace немає вбудованого симулятора роботи схеми, але є повноцінний експорт SPICE, що дозволяє провести симуляцію в сторонніх програмах, наприклад, LT Spice. У цьому розділі не будемо детально розглядати процес симуляції (на цьому зупинимося в третій частині посібника), а просто познайомимося з базовими SPICE-параметрами компонентів, адже без їхнього коректного налаштування симуляція буде неможливою.

У Spice параметрах компонента вкажемо, що наш компонент CAP – це конденсатор із деяким значенням ємності. Будь ласка, оберіть компонент CAP зі списку компонентів, потім виберіть "Компонент/Spice налаштування" з головного меню. У діалоговому вікні, що з'явиться, вкажіть: **Тип Моделі: Конденсатор**, потім зробіть подвійний клік у таблиці **Параметри** в полі **Значення** (поле з текстом "1uF") і введіть "23uF". Натисніть *Enter* або переведіть курсор на наступне поле. У рядку **Зразок** відображається опис компонента у SPICE-нетлисті. У нашому випадку, відповідність вивід-сигнал є вірним, проте якщо доведеться редагувати ці зв'язки, просто введіть ім'я сигналу навпроти кожного виводу в таблиці в лівій частині діалогового вікна. Список наявних сигналів розташований прямо під таблицею.



Конденсатор є простішим типом компонента, тому модель не потрібно вказувати (текстовий файл з описом його роботи). Достатньо вибрати тип і вказати ємність. Однак, для транзисторів можна завантажувати моделі зі зовнішніх файлів (зазвичай, SPICE-моделі доступні на сайті виробника), або ввести текст зі SPICE описом моделі вручну (відповідно документації на мову SPICE). Також є **Тип моделі "Підпрограма"**, де модель можна завантажити у вигляді підпрограми.

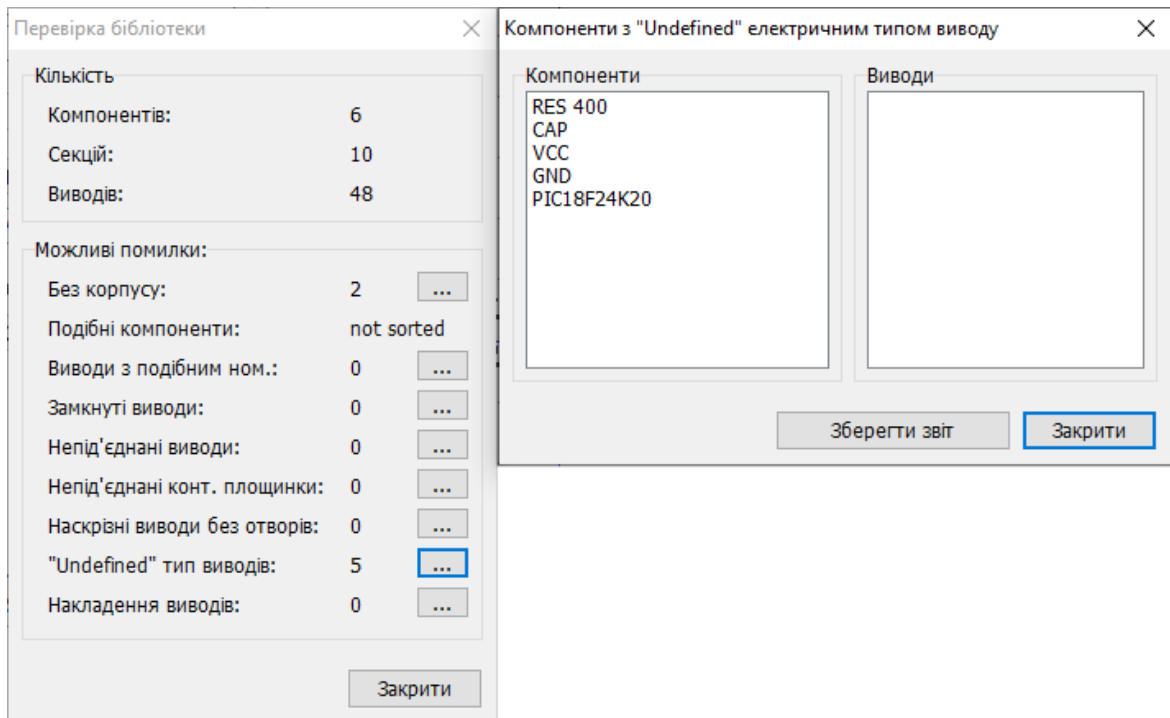
Натисніть **Відкрити модель з бібліотеки**, щоб завантажити SPICE-модель з іншої бібліотеки компонентів DipTrace. Зверніть увагу, подібне вікно є в Схемотехніці, тому налаштування SPICE можна ввести прямо на схемі.

Розробку бібліотеки завершено, натисніть **OK** та закрийте налаштування Spice. Не забудьте зберегти всі зміни у бібліотеці.

4.2.9 Перевірка бібліотеки

Дуже важливо перевірити бібліотеку на наявність потенційних помилок. Ми вивчили роботу наших дизайнерів бібліотек та втілили перевірку бібліотек, додавши туди всі можливі помилки, що можуть бути знайдені автоматично.

У Редакторі компонентів виберіть "Бібліотека / Перевірити бібліотеку "Мої компоненти"" з головного меню. У цьому діалоговому вікні можна побачити загальну кількість компонентів, секцій, виводів у бібліотеці та можливі помилки.



Наступні види помилок можуть бути знайдені автоматично:

1. Компоненти без прив'язки до корпусу – до цієї категорії програма зараховує компоненти, які не мають прив'язки до корпусу. *Зверніть увагу, деякі компоненти мають тільки схемотехнічний символ, наприклад, мережні порти, тому це може бути не помилкою.*
2. Подібні компоненти – перевірка бібліотеки на наявність компонентів з однаковим ім'ям. Зверніть увагу, функція працюватиме коректно лише коли бібліотеку відсортовано ("Бібліотека / Сортувати компоненти в бібліотеці "Мої компоненти" в головному меню). У нашому випадку бібліотека не відсортована.
3. Виводиз однаковим номером – кілька виводів мають однаковий номер (з'єднуються з однією площиною). У 99% випадків це виявиться помилкою в компоненті. Будь ласка натисніть кнопку "..." та перевірте номери виводів для зазначених компонентів.
4. Замкнені виводи – один або декілька виводів замкнені через використання внутрішніх зв'язків.
5. Непід'єднані виводи – один або кілька виводів не мають прив'язки до контактної площинки. Це не завжди помилка, таке трапляється і у правильних компонентах.
6. Непід'єднані контактні площинки – деякі виводи корпусу не використовуються (немає відповідних виводів у символі компонента). Може траплятися й у правильних компонентах.
7. Наскрізнi виводи без отворів – здебільшого це помилка в SMD-корпусі, будь ласка переконайтеся, щр площинка дійсно поверхнева.

8. "Undefined" тип виводів – деяким виводам не призначений електричний тип.

9. Накладення виводів – деякі виводи символу наклалися один на одний, здебільшого це помилка.

Щоб побачити подробиці помилки (список компонентів та висновків) натискайте кнопку поряд з типом помилки, виявленої в компонентах бібліотеки. У діалоговому вікні, що з'явиться, показані компоненти в яких є відповідна помилка, натиснувши на один з них ви побачите імена висновків, які не пройшли перевірку. Ви також можете зберегти список помилок у текстовому файлі, щоб розпочати виправлення помилок, виходячи з даних цього файлу.

Закрийте діалогове вікно. Збережіть зміни та закрийте Редактор компонентів.

4.2.10 Встановлення компонентів

Схемотехніка

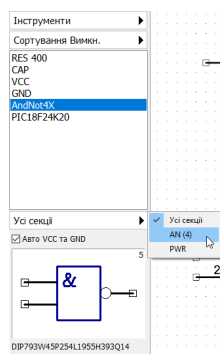
Відкрийте програму Схемотехніка (виконайте "Пуск/ Все програми/ DipTrace/ Schematic", якщо ви користувач Windows або Applications/ DipTrace Launcher/ Schematic, якщо працюєте з Mac OS). Виберіть бібліотеку **Мої компоненти** із групи бібліотек **Корист. компоненти**. Встановіть у області побудови кілька резисторів та конденсаторів: клікайте по компоненту на панелі **Менеджера бібліотек**, а потім в області побудови. Якщо в Схемотехніці відображається точка початку координат проекту, її можна приховати натиснувши **F1**. Як правило, при побудові схеми вона не потрібна.

Компоненти можна встановлювати за допомогою діалогового вікна, яке з'являється при виборі пункту головного меню "Об'єкти/Вставити

компонент" або натискання кнопки  на Панелі об'єктів.

Колірна гама залежить від обраного колірного шаблону та налаштувань користувача ("Вигляд/ Колірні установки").

Встановлення багатосекційних компонентів



Виберіть багатосекційний компонент (AndNot4X). Програма позначає тип компонента (Порт або багатосекційний у вікні перегляду символу на панелі **Встановити компонент** (<кількість секцій> або текст Net Port)).

Ми створили компонент AndNot 4X з чотирма однорідними секціями та секцією живлення.

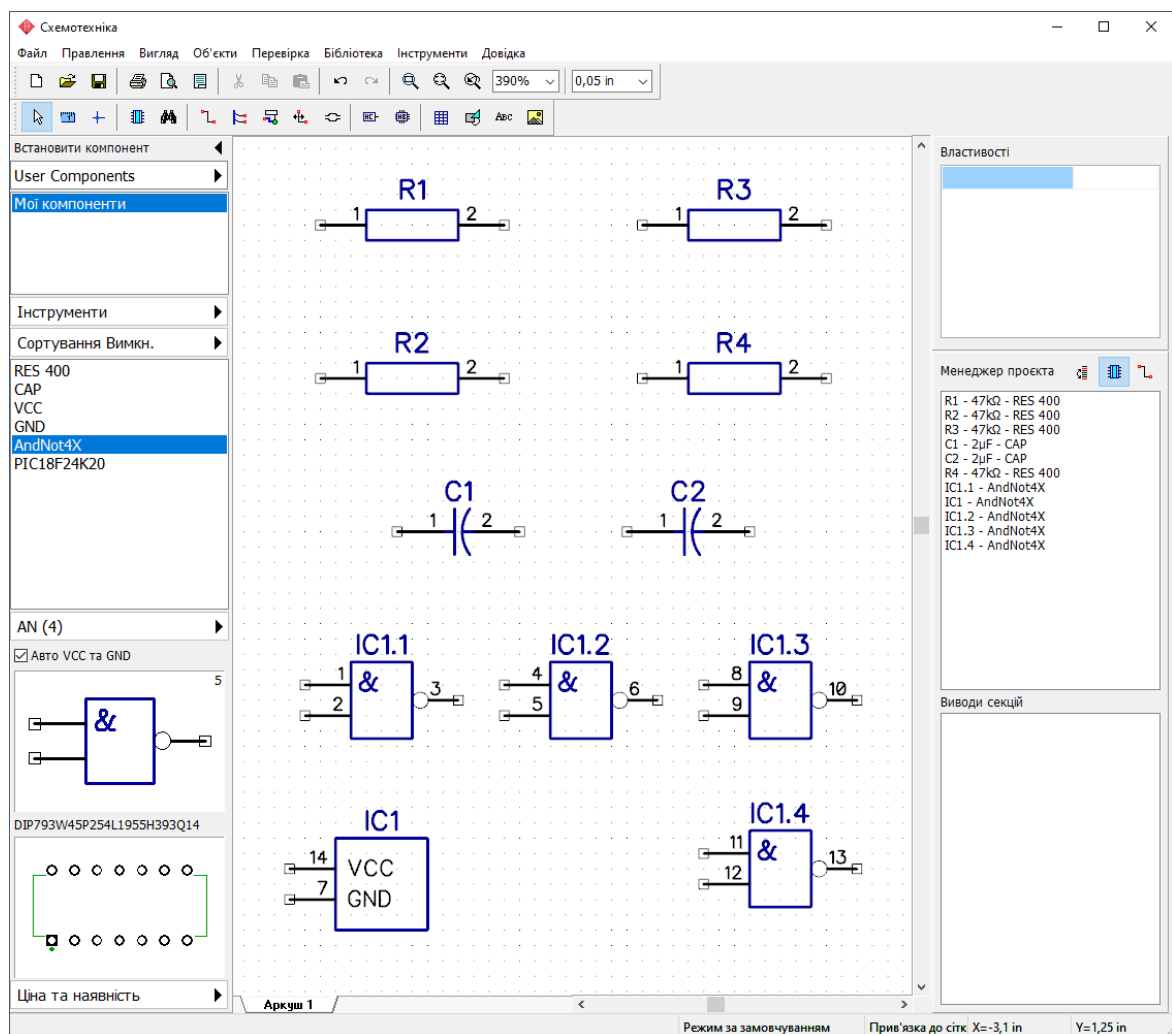
Всі секції можна встановити на схему одночасно або поокремо. Натисніть

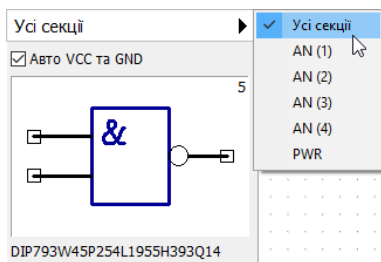
Усі секції

та виберіть у списку спосіб розміщення багатосекційного компонента. Можна вибрати AN(4), щоб встановити секції поокремо одна за одною, або PWR, щоб встановити окремо секцію живлення. Зауважте, якщо є позначка **Авт. VCC і GND**, то секція живлення встановлюється автоматично разом із першою секцією компонента.

Виберіть **AN(4)**, залиште позначку **Auto PWR/GND** та встановіть на схемі компонент **AndNot4X**.

DipTrace автоматично перемикається до наступної секції відколи попередню встановлено. Переконайтеся, що ви встановили лише один компонент (мітки з 1.1 до 1.4), як на зображенні нижче.



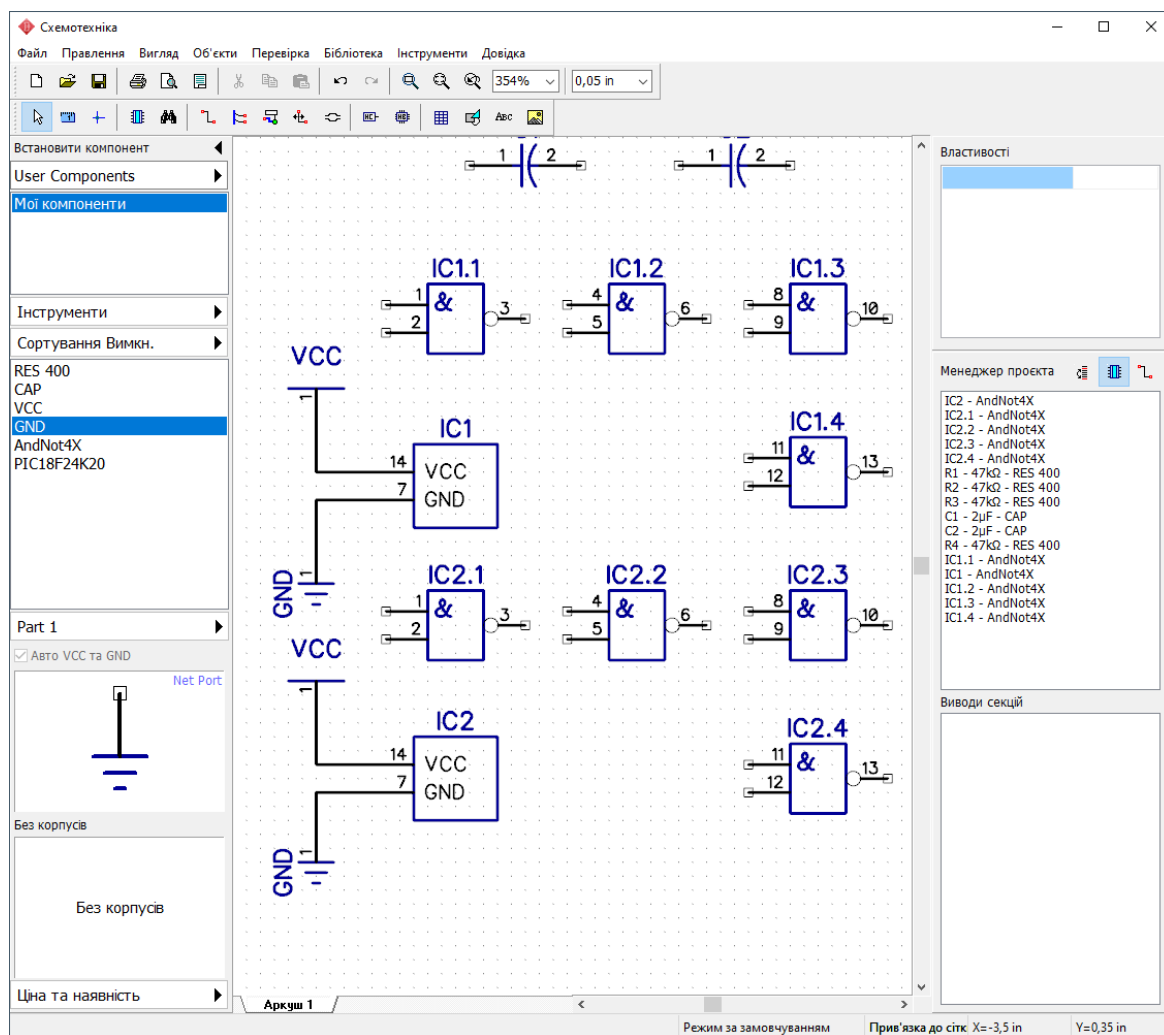


Як бачите, всі однорідні секції компонента у списку **Усі секції** згруповані. Щоб розгрупувати однорідні секції AN у меню кнопки **Усі секції** на панелі **Встановити компонент**, виберіть "Вигляд / Групування однорідних секцій" з головного меню.

З'єднання за допомогою мережевих портів

Встановіть другий багатосекційний компонент AndNot у області побудови (IC2). Виберіть мережні порти VCC та GND на панелі **Установити компонент** та встановіть їх на схему. З'єднайте виводи як на зображенні нижче.

Два провідники, під'єднані до мережних портів одного типу, автоматично об'єднуються в одну мережу.



Щоби перейменувати мережу, клацніть правою кнопкою по з'єднанню та виберіть верхній пункт з підменю, або правий клік по виводу та виберіть "Ім'я мережі" з підменю.

*Імена компонентів можна змінювати прямо в Схемотехніці у вікні **Компонент** на панелі **Менеджера проєкту** справа або через діалогове вікно **Властивостей компонента** (правий клік на компоненті/Властивості).*

Схемотехніка дозволяє:

- 1) Під'єднувати виводи до мереж без використання провідників (правий клік по виводу, **Додати до мережі**, оберіть мережу, зробіть позначку **З'єднати без зв'язку** та **ОК**).
- 2) Об'єднувати мережі за ім'ям (для цього достатньо зробити позначку **Об'єднати з мережами за ім'ям** в діалоговому вікні **Властивості мережі**).
- 3) Автоматично під'єднувати виводи до мереж за ім'ям (зробіть позначку **Під'єднати до виводів за ім'ям** в діалоговому вікні **Властивості мережі**). Цей метод найбільш ефективний для з'єднання відповідних виводів компонентів мережі VCC, GND, CLK тощ. Детально про це йтиметься у наступному розділі посібника.

Тепер можете закрити схемотехніку, зміни не зберігайте.

Редактор плат PCB Layout

Відкрийте Редактор корпусів PCB Layout за допомогою Пуск/ Усі програми/ DipTrace/ PCB Layout на Windows OS або Applications/ DipTrace Launcher/ PCB Layout для користувачів Mac OS.

Як ви вже знаєте, повноцінний компонент завжди складається хоча б із схемотехнічного символу та корпусу (посадкового місця). Схемотехніка працює лише із символами компонентів, а Редактор плат – із корпусами відповідних компонентів. Ви можете вибрати бібліотеку компонентів у Редакторі плат, але, якщо до символу не під'єднано корпус, то встановити його в області побудови плати буде неможливо. Зауважте, в групі бібліотек Корпусу для зручності зібрані всі корпуси стандартних бібліотек DipTrace без схемотехнічних символів.

У попередньому розділі посібника було створено бібліотеку корпусів з якої под'єднували корпуси до компонентів. Оберемо її у Редакторі плат PCB Layout. Виберіть групу бібліотек **Корист. корпуси**, а потім виберіть бібліотеку **Мої корпуси**. Ви побачите всі корпуси, які були створені у розділі "Розробка бібліотеки корпусів".

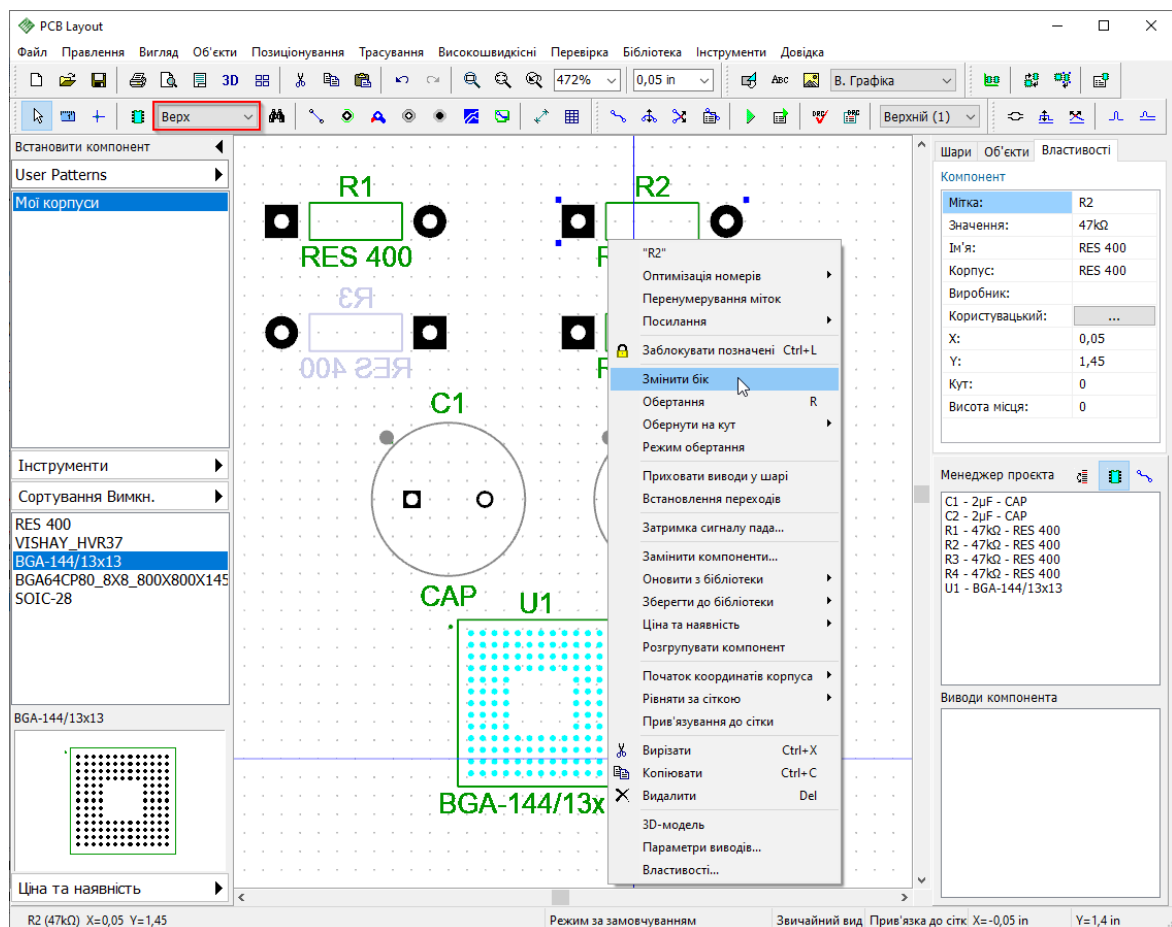
Тепер виберіть групу бібліотек **Корист. компоненти** та виберіть бібліотеку **Мої компоненти**. У цій бібліотеці компонентів немає корпусів лише у мережевих портів, отже, встановити їх на плату ми не зможемо. Встановіть

кілька компонентів на плату (лівий клік на компоненті на панелі **Встановити компонент**, потім клік в області побудови, щоб встановити його).

Поверніться до групи бібліотек **Корист. корпуси** та встановіть корпус **BGA-144/13x13**. Він доступний тільки в бібліотеці корпусів, оскільки цей корпус ми не приєднували до якогось компонента.

Змініть загальні параметри відображення міток корпусів, щоб імена та мітки корпусів відображалися в області побудови ("Вигляд / Написи корпусів", у колонці **Показати** зробіть позначку для параметра **Мітки** та **Ім'я; Вирівняти** – За розмірами). Щоб змінити індивідуальні налаштування корпусу, клацніть правою кнопкою по ньому в області побудови, виберіть **Властивості** та виберіть вкладку **Написи**.

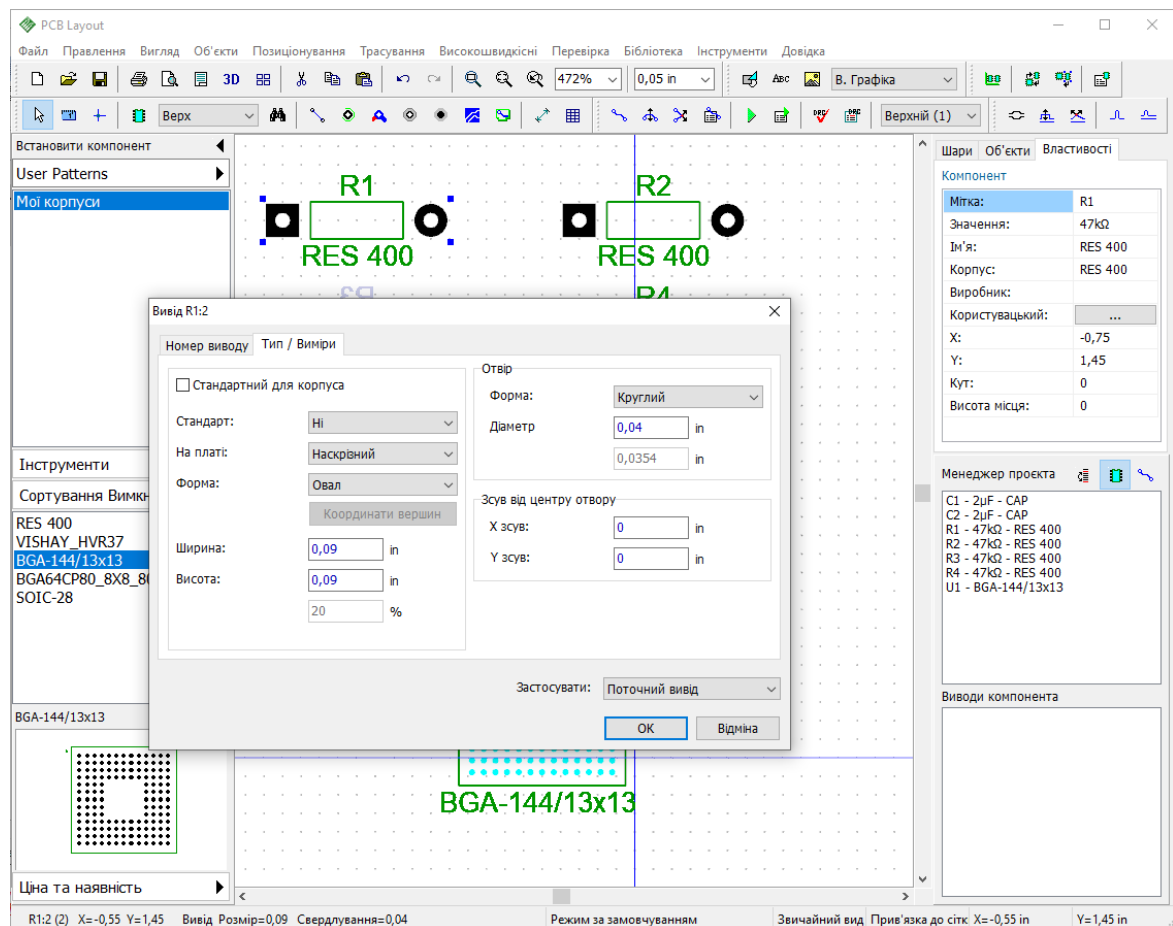
Якщо ви бажаєте встановити корпус на нижній бік плати, виберіть **Низ** у спадаючому меню з **Панелі об'єктів**. Можна змінити сторону установки компонентів після того, як їх було встановлено (правий клік по компоненту в області побудови та виберіть **Змінити сторону** з меню, щб випадає). Наприклад, на малюнку нижче один із резисторів (R3) встановлений на нижньому боці плати.



У DipTrace є можливість змінити параметри КП (контактних площинок) як для корпусу, так і кожного контактної площинки окремо. Наприклад, змінимо один із виводів резистора. Наведіть курсор на вивід (він має підсвітитися), клацніть

правою кнопкою та виберіть **Властивості виводу** з підменю. У діалоговому вікні приберіть позначку **Стандартний для корпусу**, щоб відкрити індивідуальні параметри виводу, та змініть їх.

Якщо у вікні властивостей виводу натиснете кнопку **Властивості площинки корпусу**, відкриється вікно загальних параметрів площинки корпусу, які застосовуються до всіх виводів. Для редагування загальних параметрів площинки корпусу можна також клацнути правою кнопкою по корпусу (має підсвітитись увесь корпус, а не тільки вивід) та вибрати **Параметри виводів**.



Зауважте, якщо точка початку координат корпусу не співпадає з центральною точкою корпусу (корпус не відцентрований у Редакторі корпусів), то програма зображатиме точку початку координат під час встановлення корпусу на плату.

Зображення точки початку координат можна увімкнути в ручному режимі для обраних компонентів. Достатньо клацнути правою кнопкою по корпусу і вибрати **Початок координат корпусу**, а потім вибрати **Показати**. Спробуйте обернути корпуси для переконання, що вони обертаються навколо центральної точки, яка також є і початком координат.

5 Інші функції та інструменти

Ця частина посібника включає опис важливих функцій, які не були розглянуті раніше. У цьому розділі ми покладаємося на те, що користувач має базові

навички роботи з програмою.

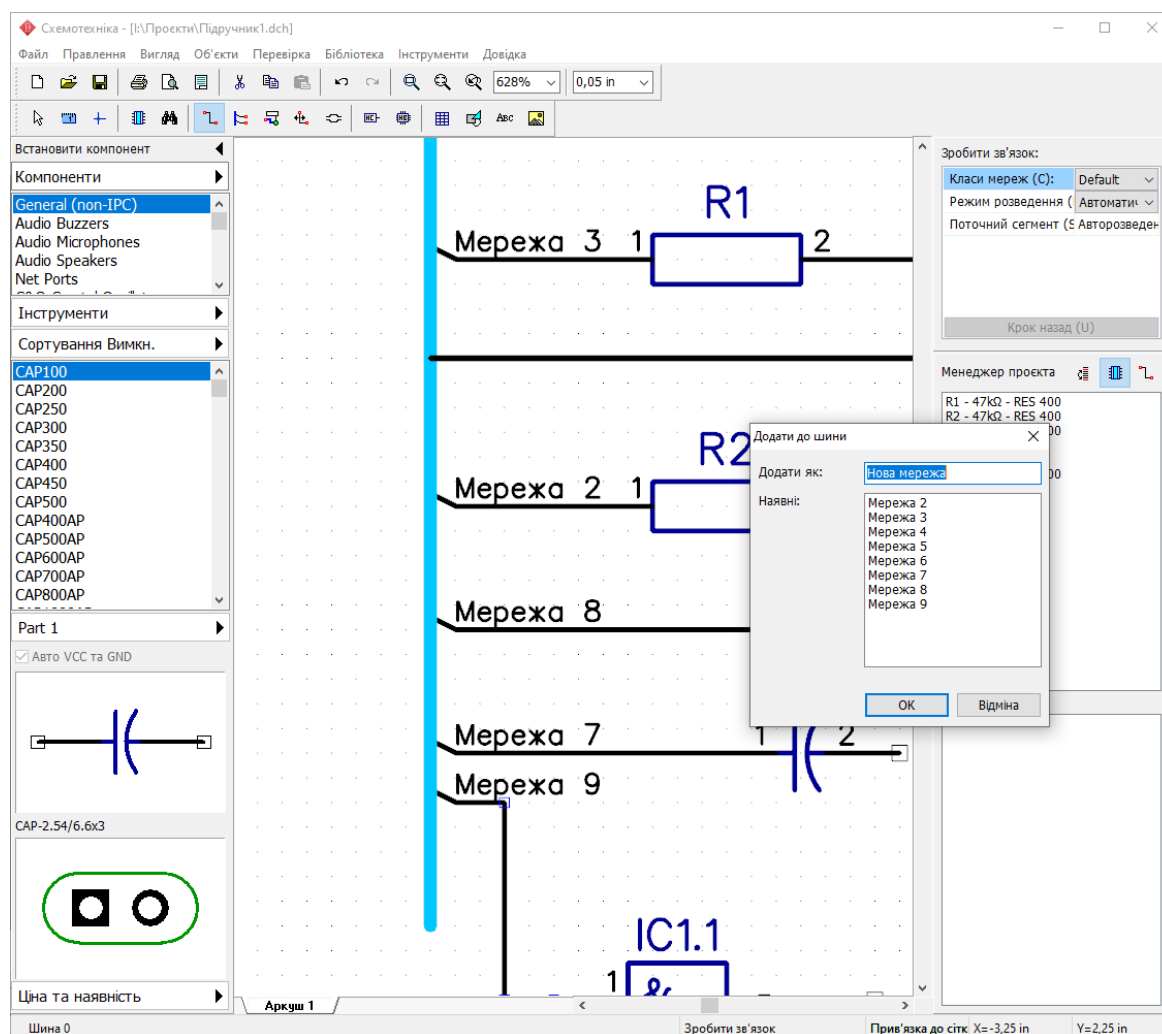
5.1 З'єднання

5.1.1 Робота з шинами та міжсторінковими переходами

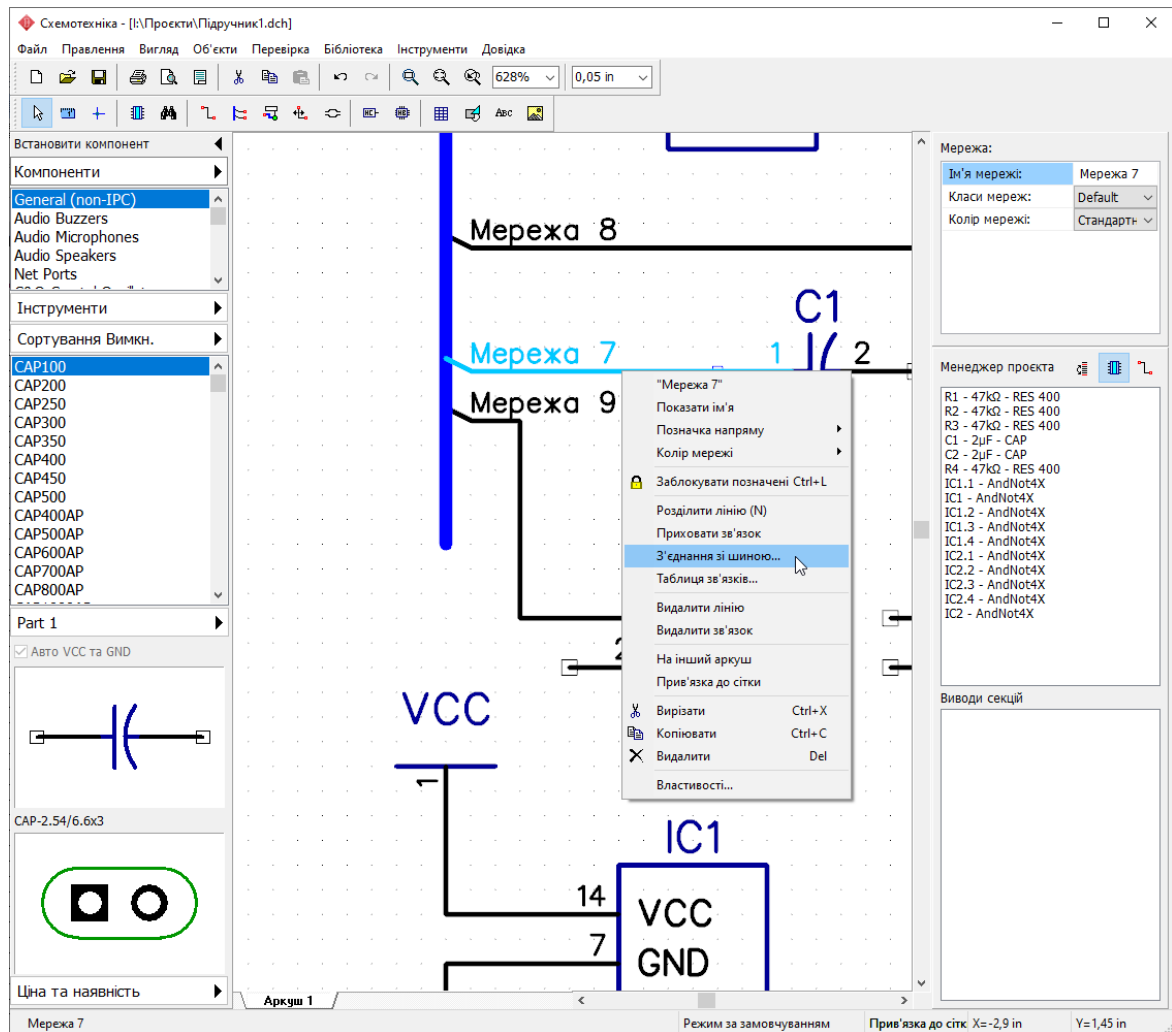
Можна продовжити працювати зі схемою, яка була створена у попередній частині посібника, або створити нову схему із будь-якими компонентами виключно для практики.

Як створити шину

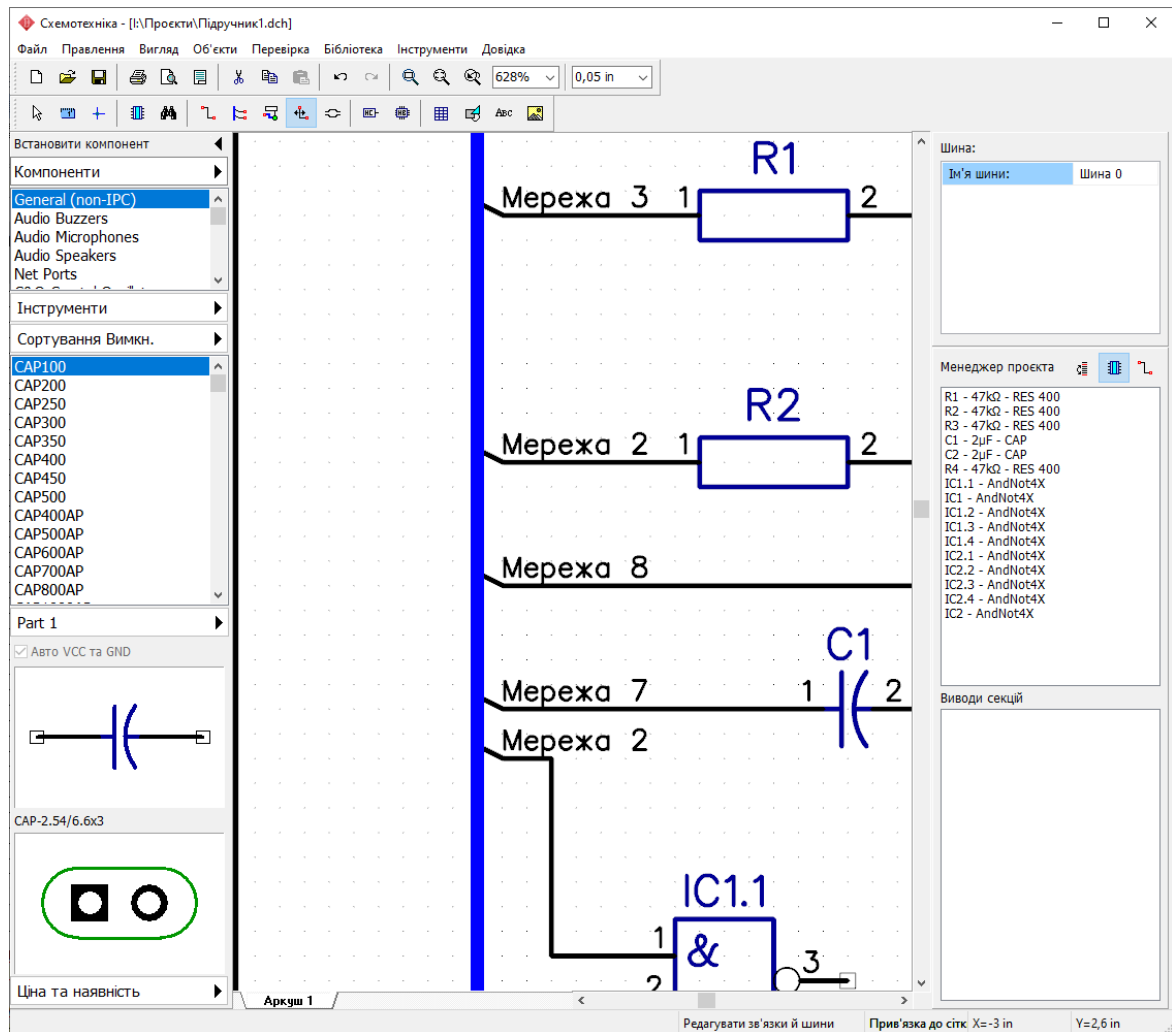
Виберіть "Об'єкти / Схема / Установка шини" або натисніть  на Панелі об'єктів, потім намалюйте шину в області побудови, задаючи її вузлові точки. Клацніть правою кнопкою та виберіть **Введення** для завершення встановлення шини, а потім клацніть правою кнопкою в області побудови, щоб повернутися до стандартного режиму. Підведіть курсор до виводу будь-якого компонента та клацніть лівою кнопкою на ньому, потім проведіть лінію до шини та клацніть ще раз лівою кнопкою для з'єднання. У діалоговому вікні, що з'явилася, можна створити нову мережу в шині або підключити вивід до мережі, яка вже існує і під'єднана до цієї шини.



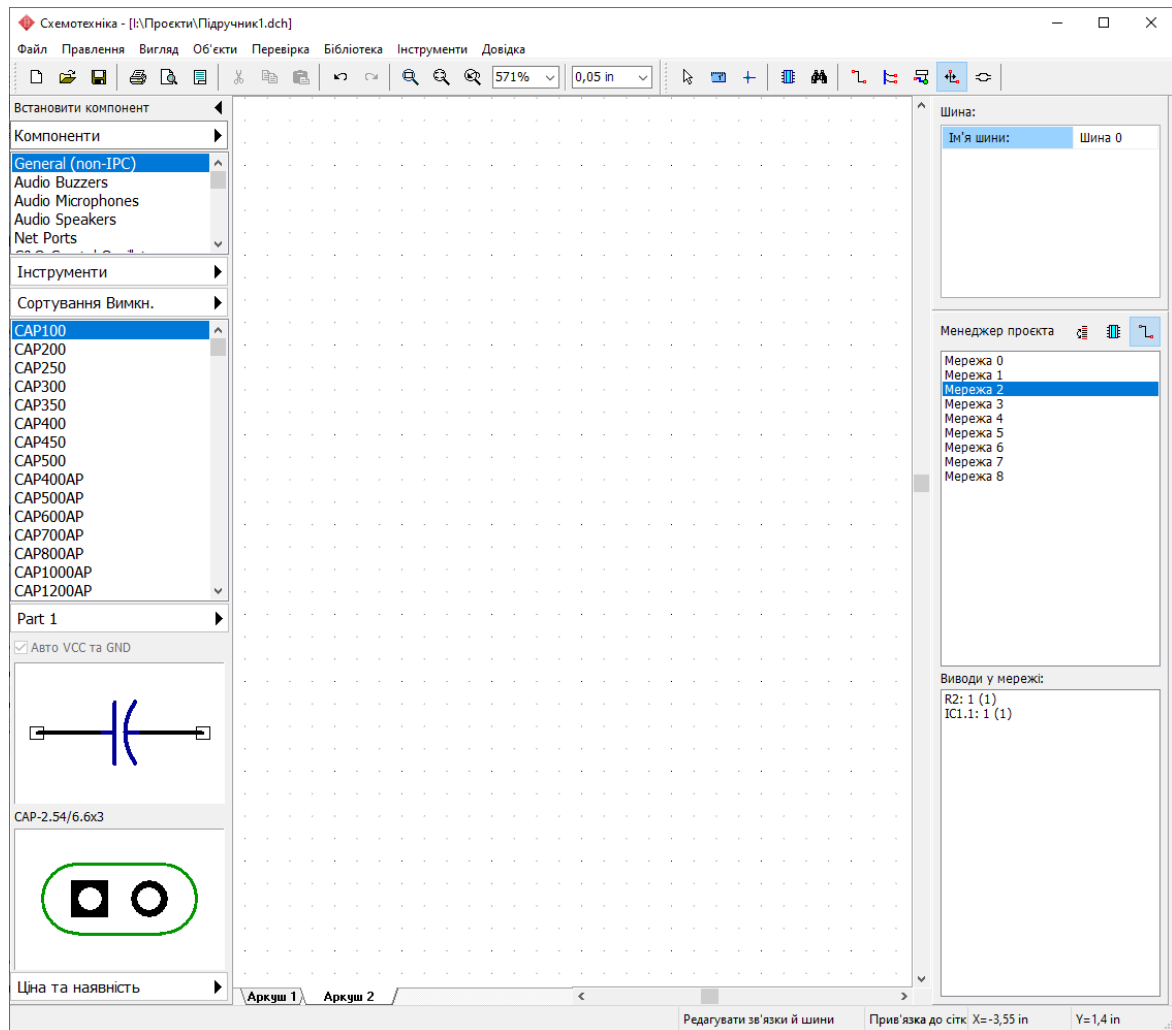
На малюнку вище при під'єднанні кожного виводу до шини ми створювали нову мережу, тому зараз маємо шість окремих мереж (з Мережі 0 по Мережу 5). Провідники можна перепризначати будь-якої миті вже після їхнього підключення до шини, для цього клацніть правою кнопкою по провіднику і виберіть **З'єднання з шиною**. З'явиться те саме вікно, що і при першому підключенні дроту до шини, де можна з'єднати провідник з будь-якою мережею.



За допомогою діалогового вікна **Додавання до шини** з'єднаймо Мережу 6 із Мережею 2. Для цього виберемо Мережу 2 у списку наявних мереж. Тепер на схемі більше немає мережі 6, а є мережа 2, яка з'єднує виводи R2 і U1 через шину.



Тепер додайте ще один аркуш до схеми, виберіть "Правка / Додати аркуш" з головного меню, або натисніть *Ctrl+Ins*. Новий лист з'явився у лівому нижньому кутку області побудови. Виберіть його, натиснувши по відповідній вкладці. Розглянемо особливості роботи з багатоаркушними та ієрархійними схемами пізніше.

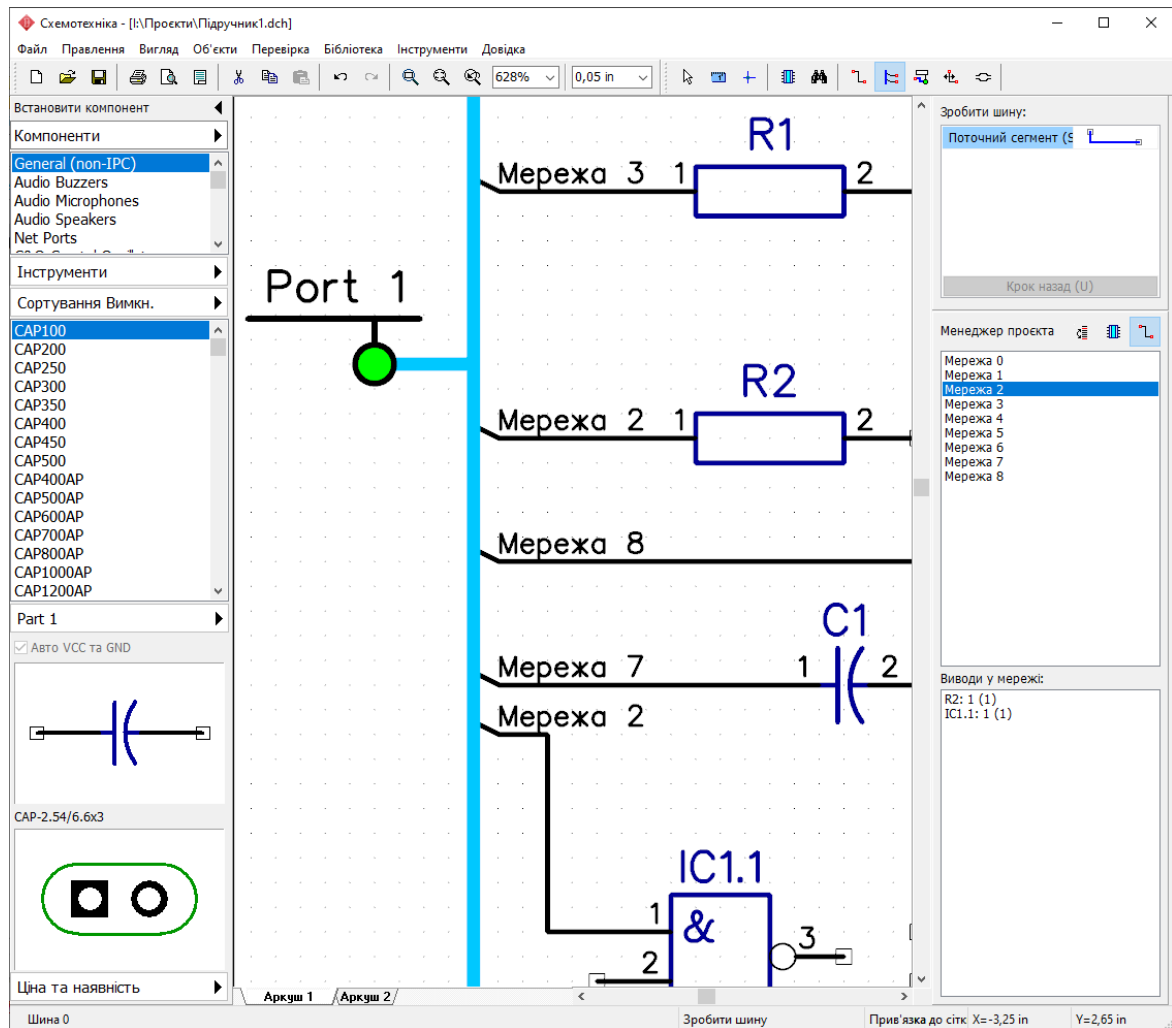


Аркуші можна видаляти, перейменовувати або вставляти нові між двома наявними. Натисніть правою кнопкою на вкладках з іменами аркушів у лівому нижньому куті області побудови та виберіть потрібну дію з підменю.

Міжсторінковий перехід (порт для шин)

Натисніть  на **Панелі об'єктів** і встановіть міжсторінковий перехід (порт шин) на Аркуші 2. Він має автоматично назватися "Port 0". Тепер перейдіть на перший лист схеми і встановіть там ще один міжсторінковий перехід – Port 1. Тепер потрібно під'єднати шину до переходу Port 1. Виберіть "Об'єкти / Схема / Установка шини" і з'єднайте шину з переходом, клацніть лівою кнопкою по шині, а потім по міжсторінковому переходу.

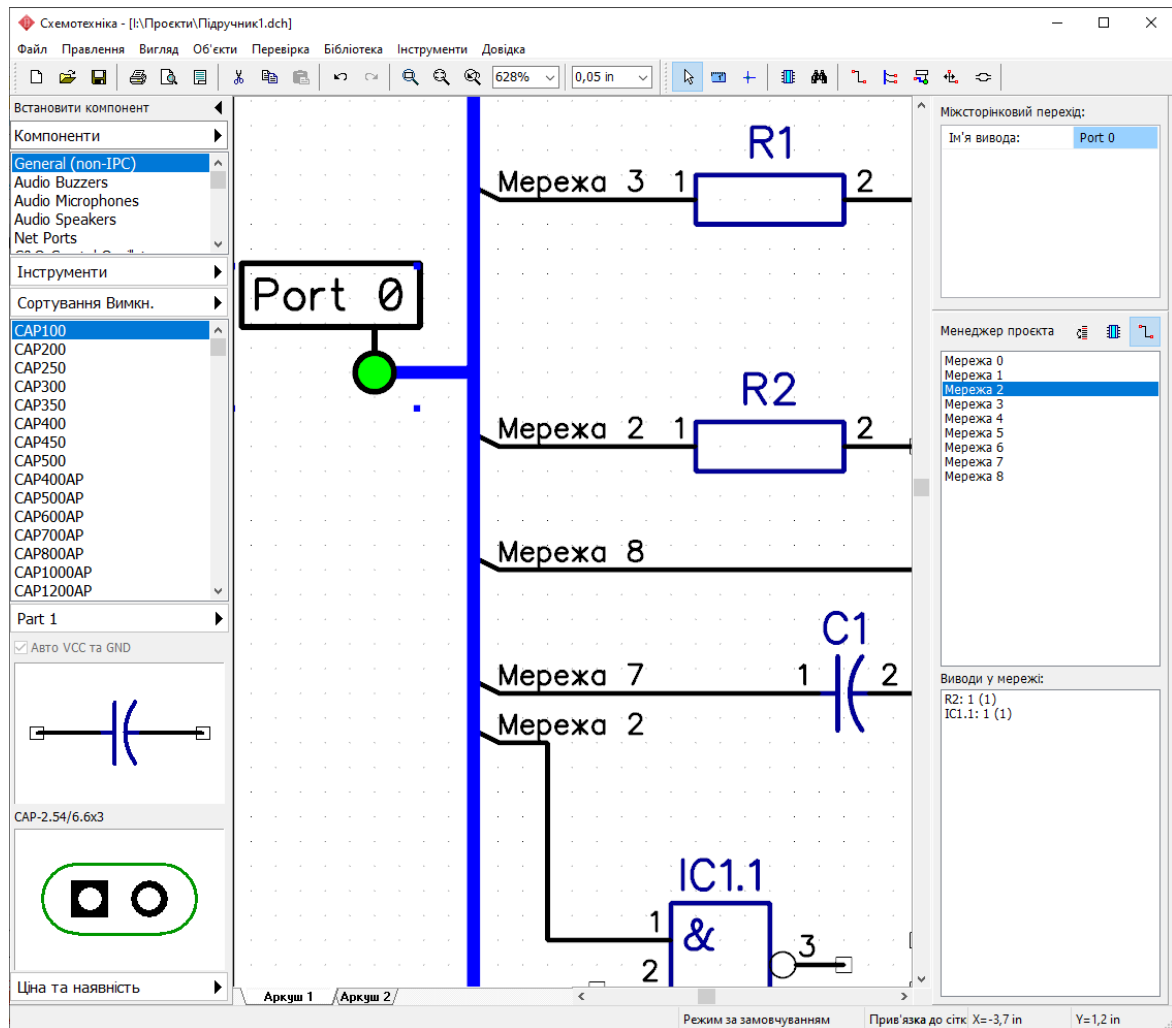
Зауважте, якщо шина правильно підключена до переходу, то синє коло міжсторінкового переходу стає зеленим. Якщо вона не світиться зеленим, то шину не під'єднано.



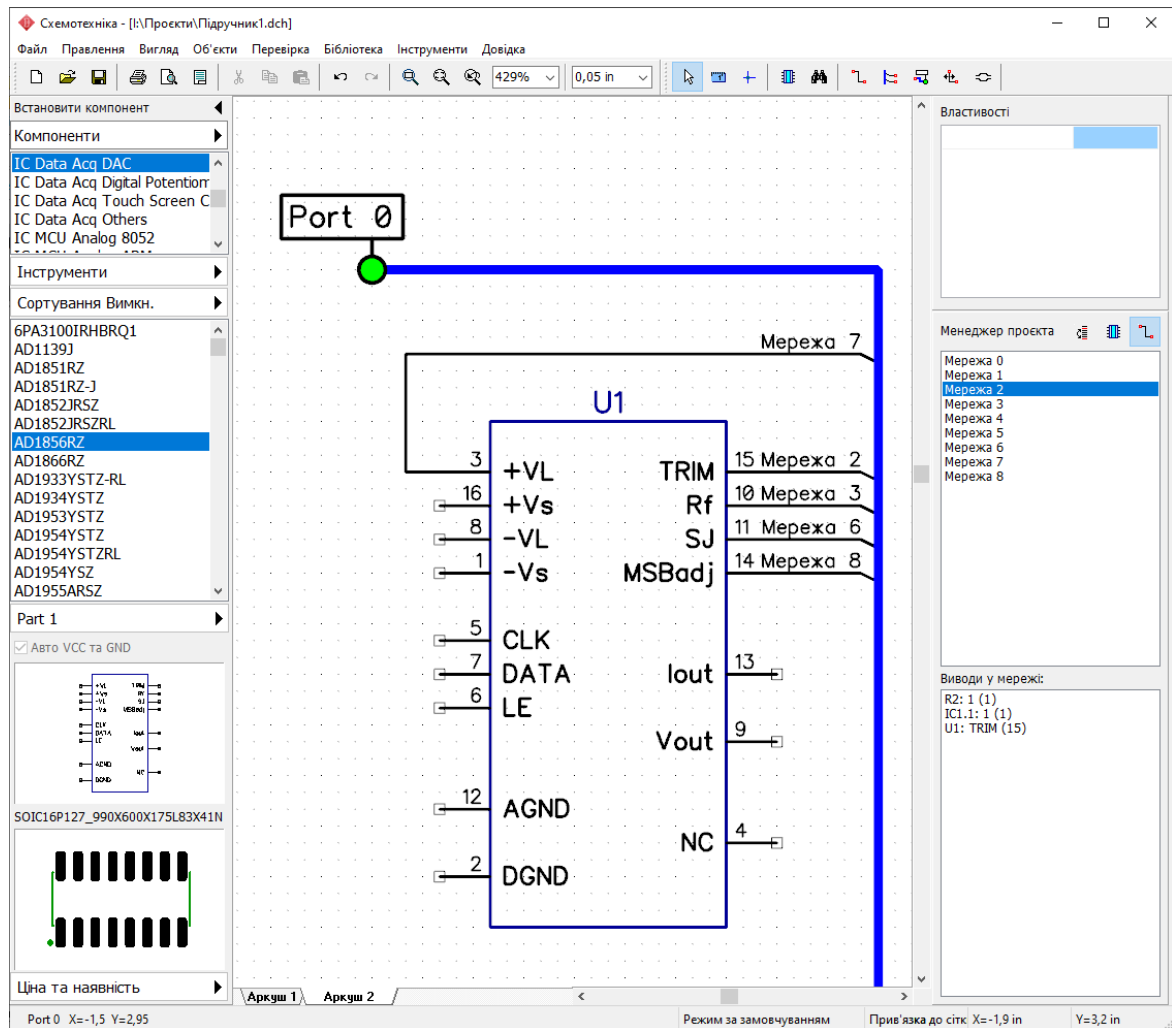
Лише встановити два порти не значить, що ці порти з'єднані між собою. Щоб порти були з'єднані між собою, вони мають мати однакове ім'я.

Перейменуйте "Port 1" на "Port 0" (це ім'я переходу з другого аркуша). Клацніть правою кнопкою по міжсторінковому переходу, виберіть перший пункт із підменю та введіть "Port 0". Натисніть кнопку **ОК**. Відразу після цього навколо імені порту з'явиться рамка. Це означає, що цей порт підключено до іншого порту з ідентичним ім'ям.

Можна з'єднати між собою скільки завгодно портів називаючи їх однаково.



Таким чином, ми щойно об'єднали шини на першому та другому аркушах схеми в одну шину. Тепер виберіть Аркуш 2 і створіть шину, з'єднану з Port 0. Ім'я цієї шини таке саме, як і шини на Аркуші 1, тобто, це та сама шина. Додамо кілька компонентів на Аркуш 2 схеми, наприклад, AD1856RZ з бібліотеки IC Data Acq DAC. Підключіть виводи цих компонентів до шини. Аналогічним чином, за допомогою шин можна з'єднувати виводи на різних аркушах схеми.

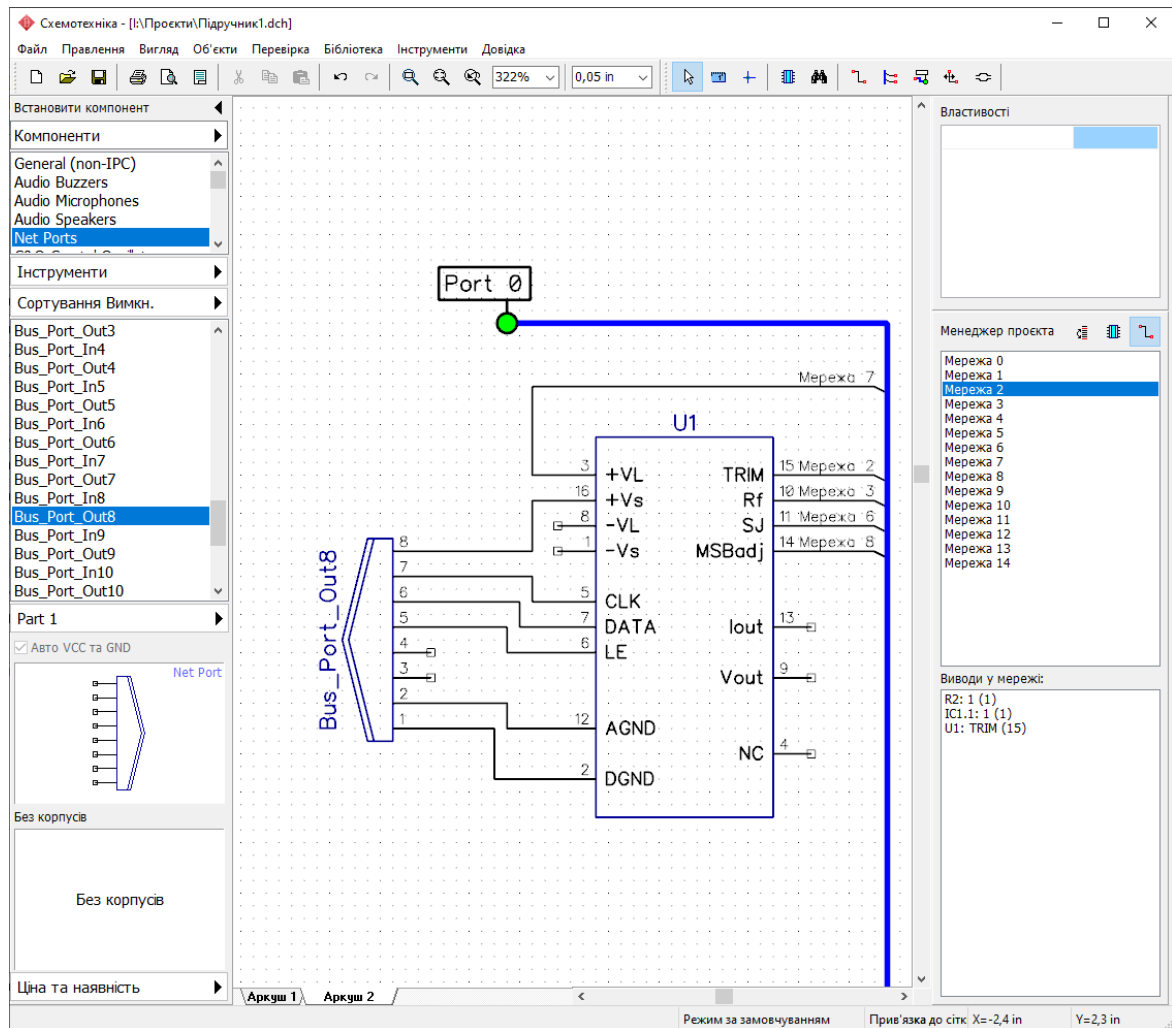


5.1.2 Робота з портами

Ми вже використовували мережні порти для з'єднання мереж VCC і GND. У більшості випадків вони використовуються саме таким чином, однак є порти з декількома виводами, що дозволяють з'єднувати кілька мереж за один раз.

Продовжимо працювати зі схемою з попереднього розділу. Переконайтеся, що на ній є непідключені виводи на Аркуші 2. Тепер виберіть бібліотеку **Net Ports** із групи бібліотек **Компоненти**, знайдіть у ній компонент **Bus_Port_Out 8** і встановіть його в області побудови.

Під'єднайте виводи компонента до Bus_Port_Out 8, потім перейдіть на Аркуш 1 і встановіть ньому порт **Bus_Port_Out8** і приєднайте кілька мереж. Зверніть увагу, що провідники, приєднані до однакових виводів Bus Port 8 на різних аркушах, об'єдналися. Тобто, всі зв'язки, з'єднані з виводом 1 Bus Port 8, з'єднані в одну мережу, так само з іншими виводами порту. Ви можете з'єднувати або від'єднувати порти між собою перейменовуючи їх (клацніть правою кнопкою, виберіть **Властивості**).

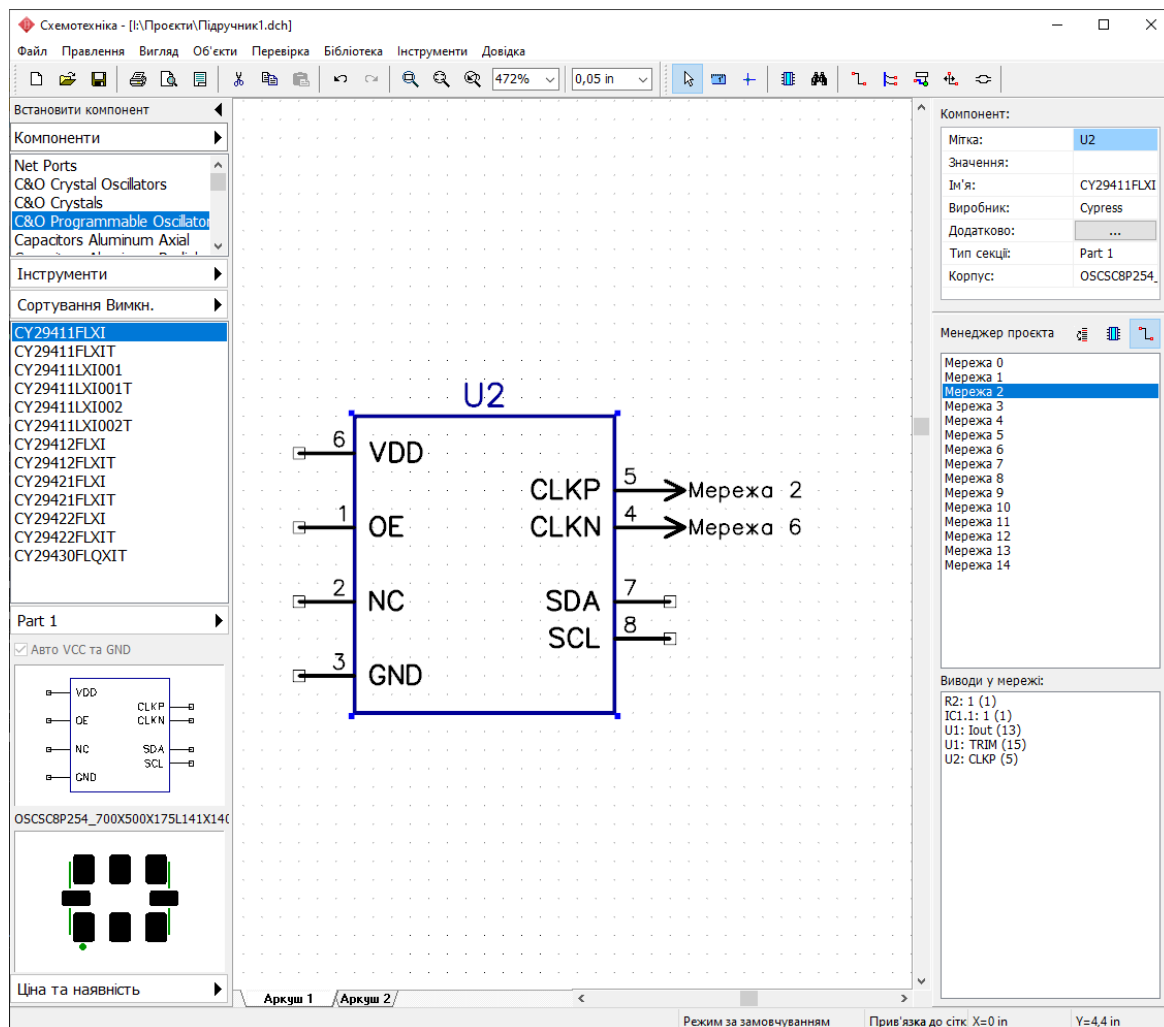


5.1.3 З'єднання без зв'язків

У DipTrace виводи компонентів можна з'єднувати як візуально (проводами та шинами), так і логічно (за ім'ям, без з'єднань, через порти).

З'єднання виводів без зв'язків

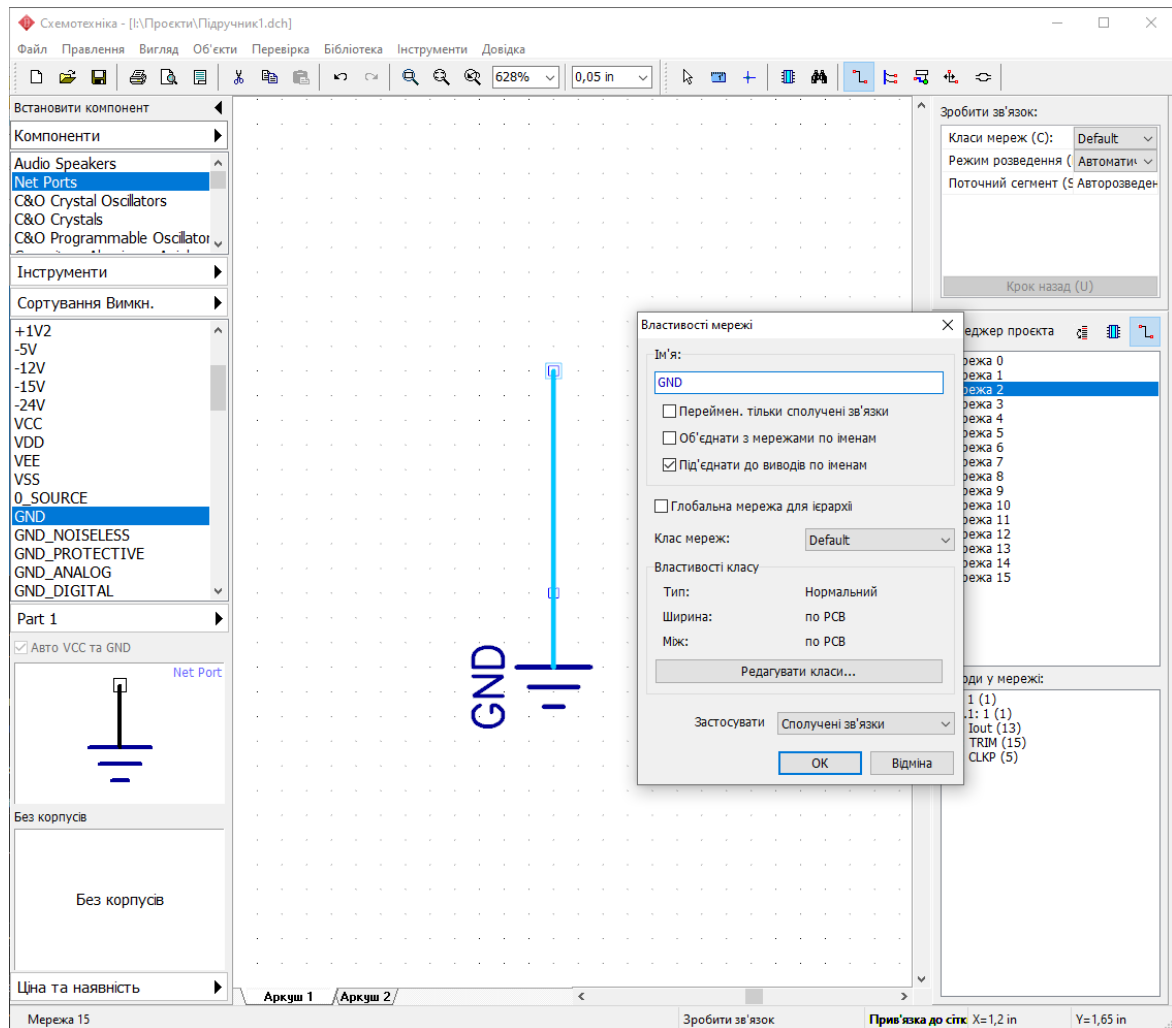
Виводи можна з'єднувати логічно – у такому разі з'єднання не залежить від розташування компонента чи листа. Підведіть курсор до вивода, який ще не з'єднаний, клацніть правою кнопкою по ньому, виберіть **Додати до мережі**. Виберіть мережу і встановіть позначку **З'єднати без зв'язку**, потім натисніть **ОК**.



З'єднання мережі за ім'ям

Спробуємо приєднати виводи до мережі за ім'ям. Знайдіть вільне місце на аркуші та розмістіть один символ **GND** з бібліотеки **Net Ports**. Клацніть лівою кнопкою по його виводу, перемістіть курсор трохи вгору і натисніть клавішу *Enter*, щоб створити частину провідника, під'єданого тільки до GND. Після цього зробіть правий клік по провіднику, виберіть **Властивості** та введіть "GND" у полі **Ім'я**. Зробіть позначку **Підключити до виводів за ім'ям**, натисніть **OK**.

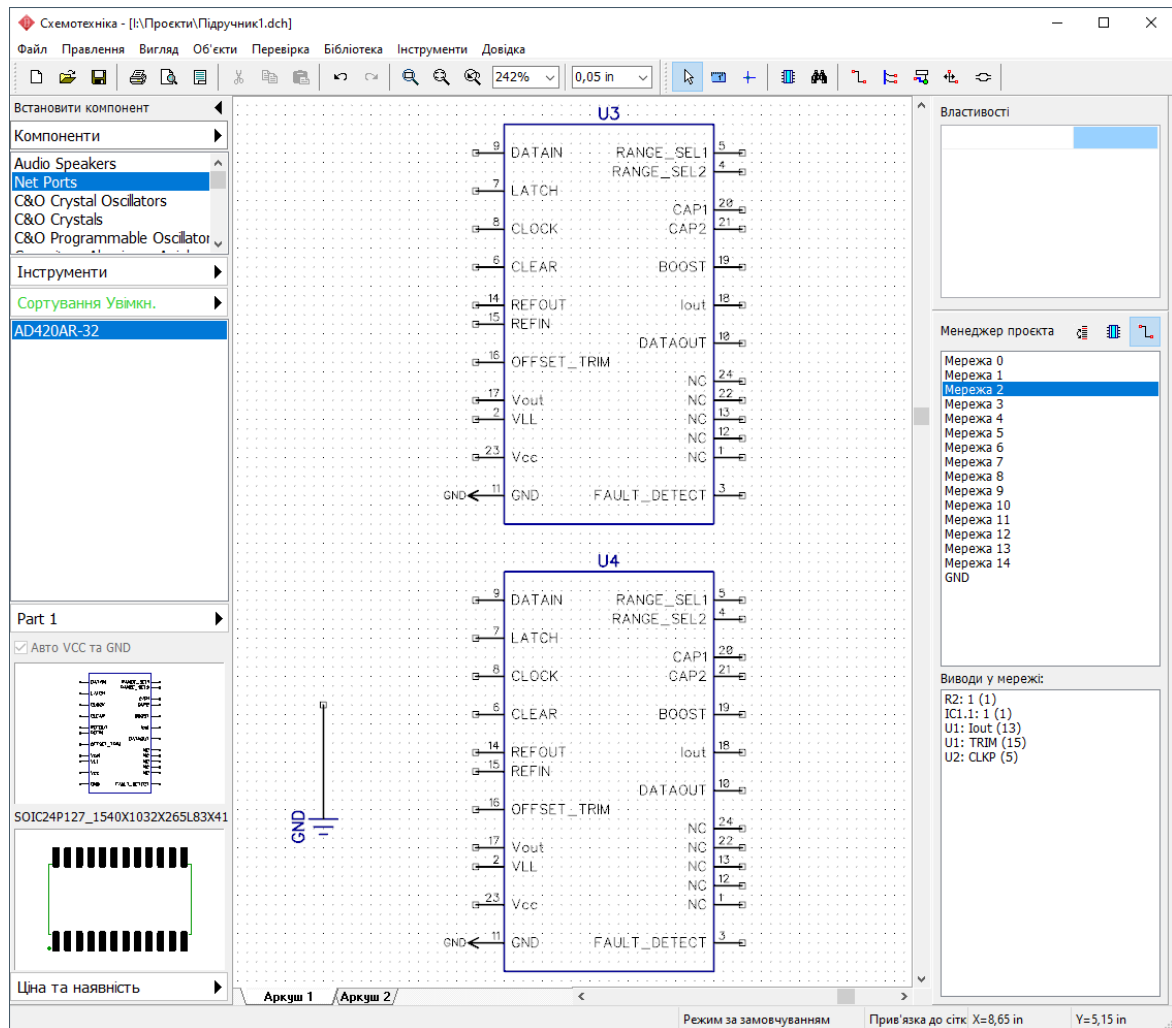
Програма автоматично приєднає всі непідключені GND-виводи компонентів на схемі до відповідної мережі.



Тепер виберіть бібліотеку IC Data Acq DAC і знайдіть у ній компонент

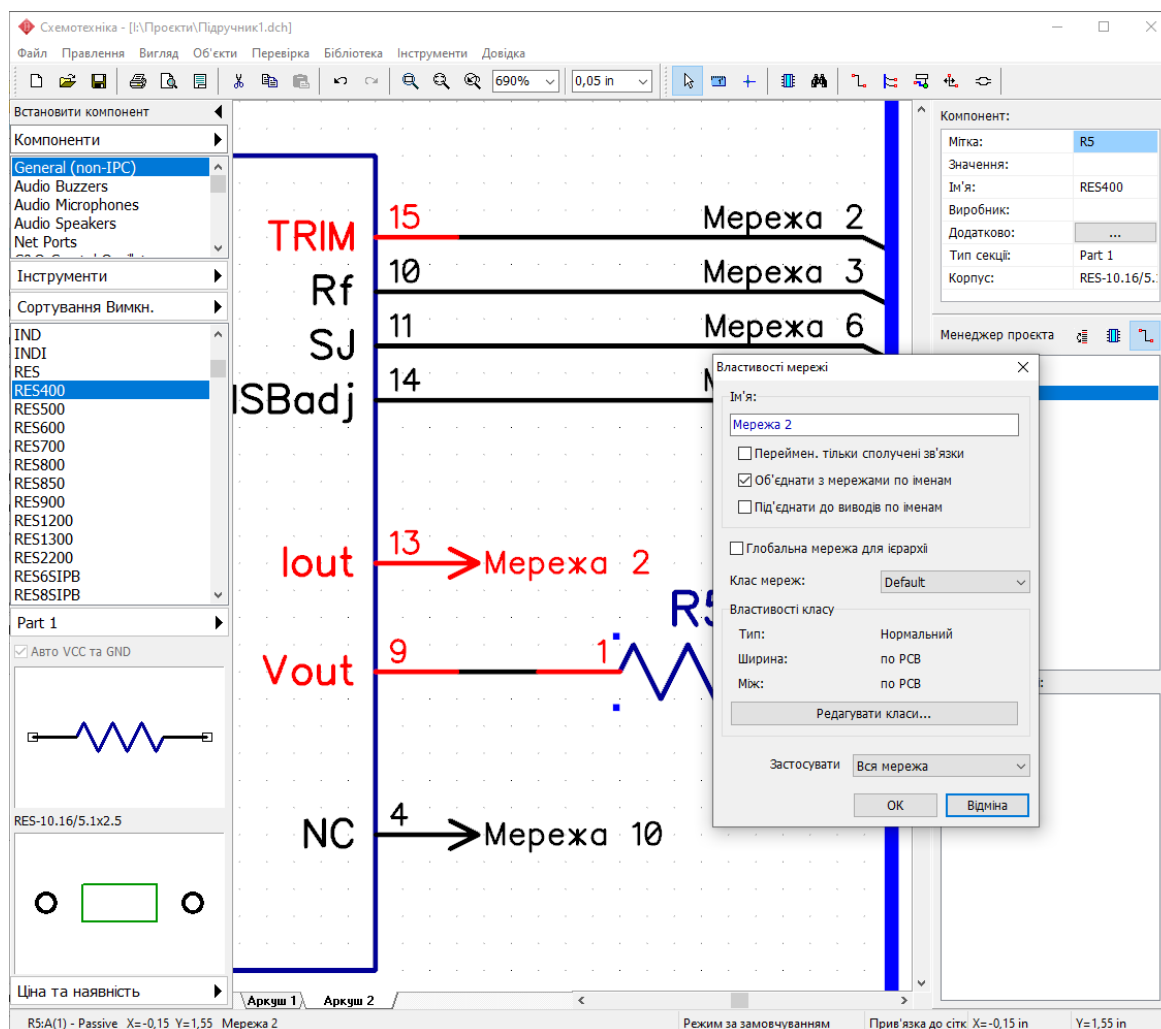
AD420AR-32 (натисніть **Сортування Вимкн.**, введіть "AD420AR-32" у полі **Ім'я** та натисніть **Застосувати сортування**). Встановіть цей компонент декілька разів у області побудови.

Зверніть увагу, що всі виводи GND у встановлених компонентах автоматично приєднуються до мережі GND без провідників, оскільки було включено опцію **Підключити до виводів за ім'ям** для мережі GND у діалоговому вікні **Властивості мережі**. Програма перевіряє всі присутні компоненти на наявність вільних виводів, ім'я яких збігається з ім'ям мережі. Це найпростіший спосіб з'єднання всіх виводів схеми з однаковим ім'ям. Найчастіше він використовується для з'єднання виводів живлення, сигналів тактового генератора (CLK), шини даних тощо.



З'єднання мереж за ім'ям

Крім того, в Схемотехніці DipTrace мережі на різних аркушах можна з'єднувати за ім'ям, без використання мережевих портів або шин. Просто виберіть якусь мережу на першому аркуші вашої схеми, запам'ятайте її ім'я, перейдіть на другий аркуш схеми, зробіть правий клік на мережі, яку хочете підключити до мережі з першого аркуша і виберіть **Властивості** з підменю. У діалоговому вікні, що з'явилось, перейменуйте вибрану мережу (введіть ім'я мережі з першого аркуша), потім поставте позначку **Об'єднати з мережами за ім'ям** і натисніть **ОК**.

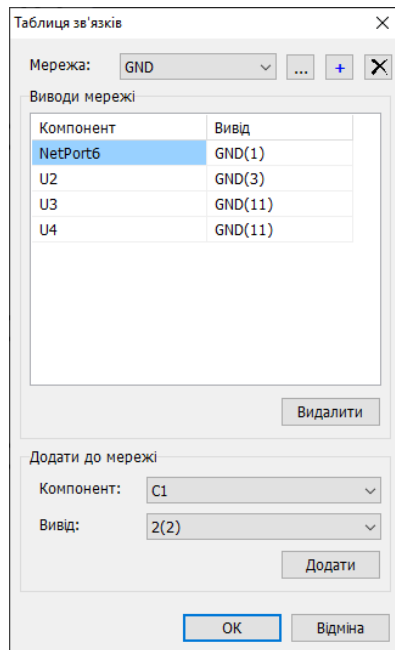


Зверніть увагу, що ця функція працює так само, якби ви просто перейменовували мережу. Якщо ви вводите ім'я мережі, яка вже існує, програма обов'язково перепитає, чи ви хочете з'єднати мережі за ім'ям.

*Не можна з'єднати мережі за ім'ям, якщо вони знаходяться на різних рівнях ієрархійної схеми. Тут потрібно використовувати **глобальні мережі**. Про це буде у розділі, присвяченому ієрархійній схемотехніці.*

5.1.4 Таблиця зв'язків у Схемотехніці та Редакторі плат

Одним із способів створення/редагування/видалення з'єднань у Схемотехніці та PCB Layout є таблиця зв'язків. Виберіть "Об'єкти/Таблиця зв'язків" з головного меню Схемотехніки або "Трасування/Таблиця зв'язків" у Редакторі плат.



Відкрийте таблицю зв'язків у Схемотехніці. Виберіть одну з мереж за допомогою списку, що випадає, вгорі вікна – ви побачите виводи, під'єднані до цієї мережі.

Тепер можна легко додавати виводи до мережі або видаляти їх. Щоб додати вивід, виберіть компонент та його вивід внизу вікна, потім натисніть Додати.

Зауважте, що відображаються лише вільні виводи, тому якщо ви не можете знайти потрібний вивід у списку, це означає, що він вже підключений до іншої мережі.

Натисніть , щоб створити нову мережу,  – щоб перейменувати мережу,  – щоб видалити мережу.

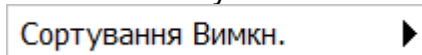
Натисніть **ОК**, щоб прийняти зміни та закрити таблицю зв'язків або **Скасувати**, щоб закрити діалогове вікно та повернутися до попередньої структури мереж.

5.2 Як шукати компоненти в бібліотеках

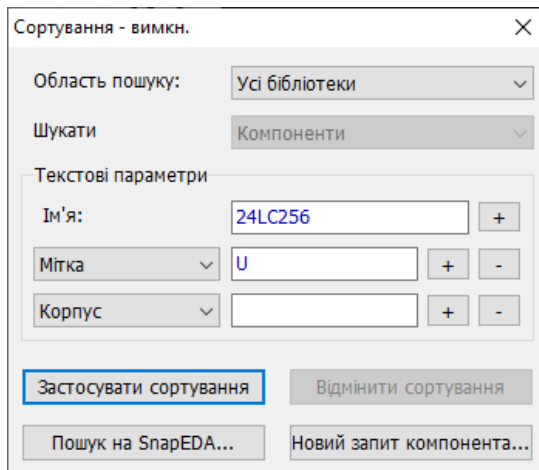
DipTrace 4.X встановлюється разом із пакетом стандартних бібліотек, що поновлюється. Наразі у пакеті міститься більше 170 тисяч компонентів. Компоненти відсортовані за типами. Усі бібліотеки задля зручності розташовуються у групах бібліотек. Зміни, що внесені до структури бібліотек в одному модулі програми, відразу ж з'являються у всіх інших. Для пошуку можна використовувати багаторівневі пошукові (сортувальні) фільтри.

Сортувальні (пошукові) фільтри

Для налаштування та запуску фільтра для пошуку в Схемотехніці виберіть "Об'єкти / Пошук компонентів" у головному меню або натисніть



на панелі Встановити компонент.



У діалоговому вікні виберіть область пошуку: *усі бібліотеки, у поточній групі бібліотек або у поточній бібліотеці* та введіть ім'я або частину імені компонента. Компоненти можна фільтрувати за ім'ям, міткою, значенням, корпусом, виробником, документом або за користувацькими полями.

Натисніть  або  для додавання або видалення фільтра та оберіть відповідну опцію у випадаючому списку.

Шукаємо компонент 24LC256 з позначкою "U", як на малюнку вище.

Натисніть **Застосувати сортування**. Зупинити пошук можна у будь-який момент, натиснувши кнопку **Зупинити сортування**. Після завершення сортування у списку компонентів бібліотеки на панелі **Встановити компонент** відображатимуться лише ті компоненти, які відповідають пошуковим фільтрам.

Поточний стан сортувальних пошукових фільтрів відображається на панелі **Встановити компонент** – "Сортування Вимкн./Увімкн.". Для вимкнення фільтрів, відкрийте знову діалогове вікно **Сортування** і натисніть **Скасувати сортування**.

Пошук із визначеними параметрами можна перенаправити до бази SnapEDA натиснувши кнопку **Пошук на SnapEDA** (докладний опис див. нижче), або замовити розробку компонентів інженерами DipTrace (кнопка **Замовити компонент**).

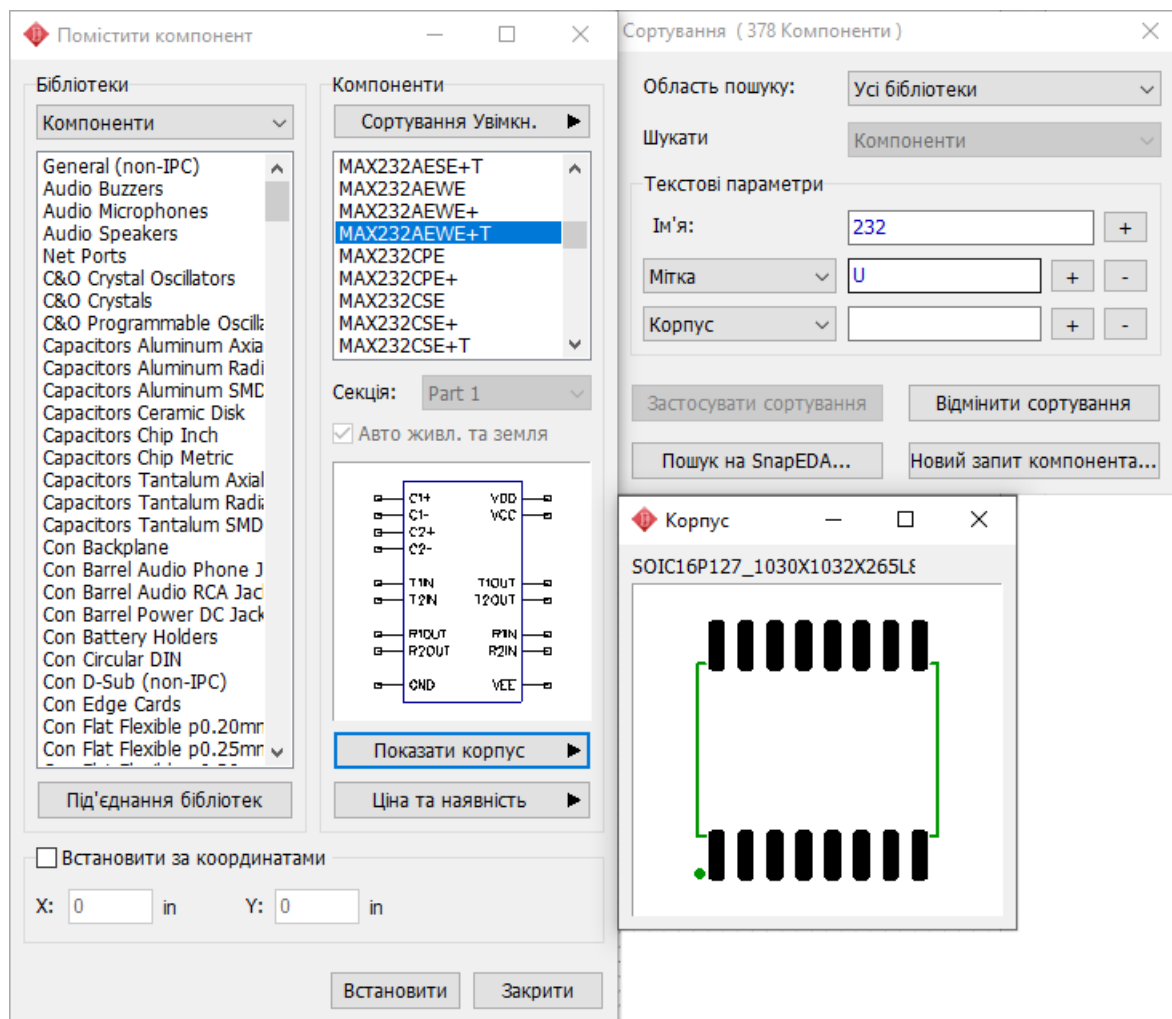
Встановити компонент

Для пошуку компонентів можна використовувати діалогове вікно **Помістити компонент** ("Об'єкти / Помістити компонент" у Схемотехніці). Діалогове вікно розділене на 2 області – Бібліотеки та Компоненти. Виберіть групу бібліотек у списку, а потім виберіть бібліотеку у списку нижче та компонент у списку праворуч. Можна скористатися сортуванням для спрощення пошуку.

*Діалогове вікно **Встановлення компонента** ідентичне як у Схемотехніці, так і Редакторі плат.*

Наприклад, нам потрібен компонент, який містить "232" у своєму імені. Натисніть **Сортування Вимкн.**, виберіть **Усі бібліотеки** в полі **Область пошуку**, введіть "232" у полі **Назва** та натисніть **Застосувати сортування**. Програма знайшла 379 компонентів, які містять у назві "232". Компоненти

відображаються списком безпосередньо під кнопкою. Виберіть компонент, щб побачити його символ, або натисніть **Показати корпус**, щб побачити його.



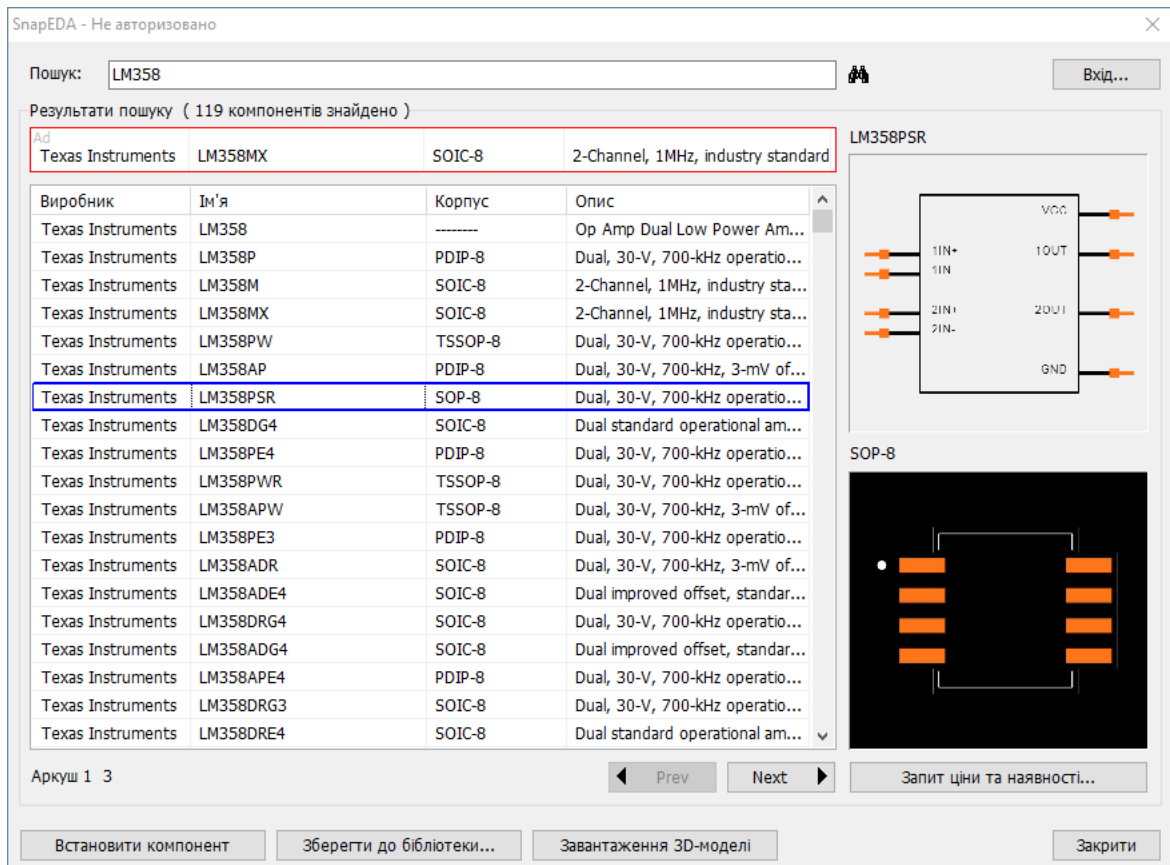
Увімкніть додаткові сортувальні фільтри для звуження кола пошуку. Також ви можете перенаправити пошук із визначеними даними до бази даних SnapEDA, натиснувши кнопку **Пошук на SnapEDA**.

Натисніть кнопку **Ціна та наявність**, щб дізнатися ціни та перевірити наявність вибраного компонента у постачальника, або у всіх постачальників з каталогу Octopart.

Натисніть **Встановити** та клацніть в області побудови, щб встановити компонент або поставте позначку **Встановити за координатами** та введіть координати для встановлення компонента у визначеному місці на схемі. У цьому діалоговому вікні також зручно працювати з багатосекційними компонентами.

База даних SnapEDA

DipTrace містить інтегрований інструмент, що дозволяє виконувати пошук у базі даних SnapEDA з будь-якого модуля програми. Щоб запустити діалог пошуку в Редакторі плат, перейдіть в "Об'єкти/Пошук компонентів на SnapEDA". Зареєструйте безкоштовний обліковий запис SnapEDA – і все готове до роботи. Спробуймо знайти підсилювач: введіть *LM358* у рядок **Пошук** та натисніть . Виберіть **LM358PSR** зі списку результатів.

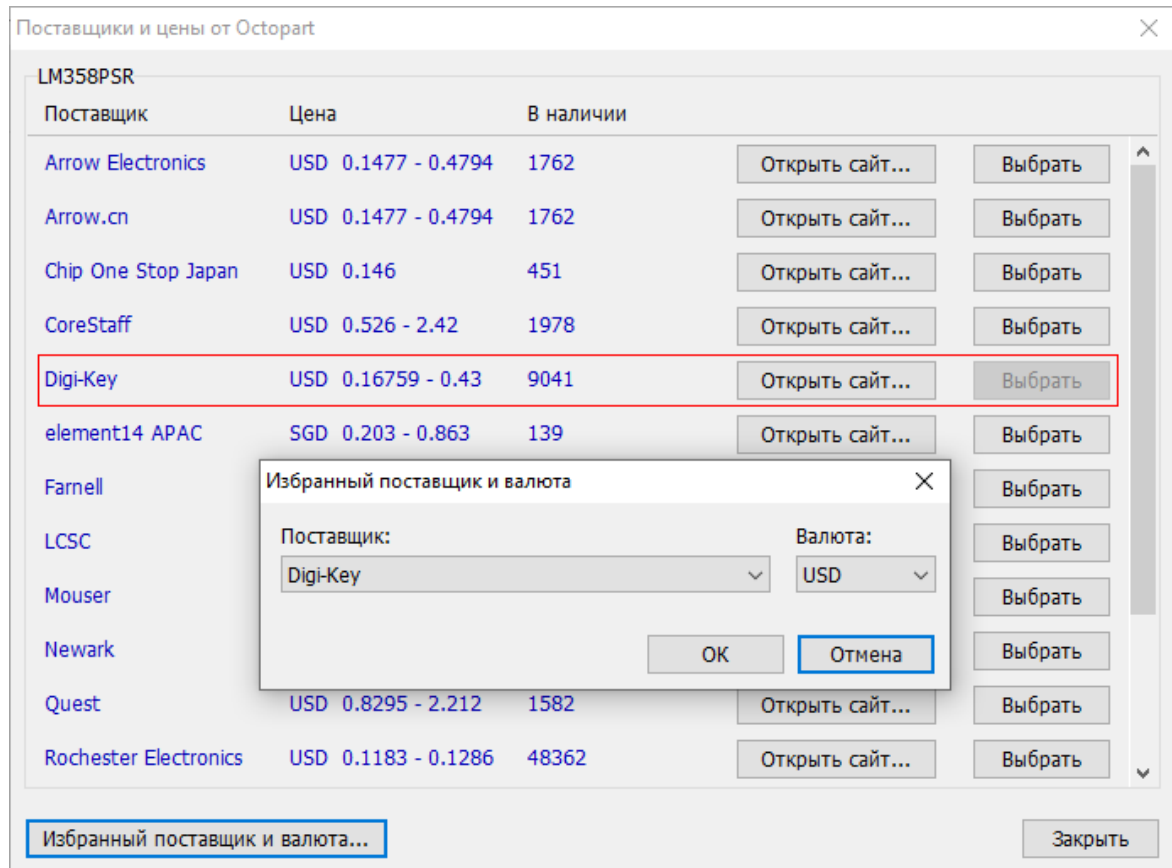


Тепер натисніть кнопку "Встановити компонент", щоб розмістити корпус в області побудови. Більш того, можна натиснути кнопку "Зберегти в бібліотеку", щоб зберегти його в існуючій бібліотеці користувача або ж створити нову. Зауважте, стандартні бібліотеки редагувати не можна.

Зверніть увагу, кнопка **Завантаження 3D-моделі** активна – таким чином позначено, що в базі даних існує 3D-модель для даного компонента. Натисніть і збережіть файл .step на комп'ютері. 3D-модель прикріплюється до компонента автоматично, проте, радимо перевірити її розташування відносно посадкового місця та за необхідності відкоригувати його.

Щоб вибрати найбільш підходящий компонент для проекту, необхідно знати, чи доступний він в даний час і його ціну. Натисніть кнопку **Дізнатися ціну та наявність** – тут буде запропоновано проконсультуватися на сайті Digi-Key або переглянути пропозиції всіх постачальників з каталогу Octopart. Виберіть другий варіант. У спливаючому вікні ви побачите ціни, встановлені різними постачальниками і наявність компонента на даний момент.

Зверніть увагу, що Digi-Key є стандартним постачальником за замовчуванням. Ви можете обрати іншого: натисніть кнопку "Обраний постачальник і валюта", виберіть бажаного постачальника і валюту зі списку, що розкривається, натисніть **ОК**.



5.3 Мітки компонентів

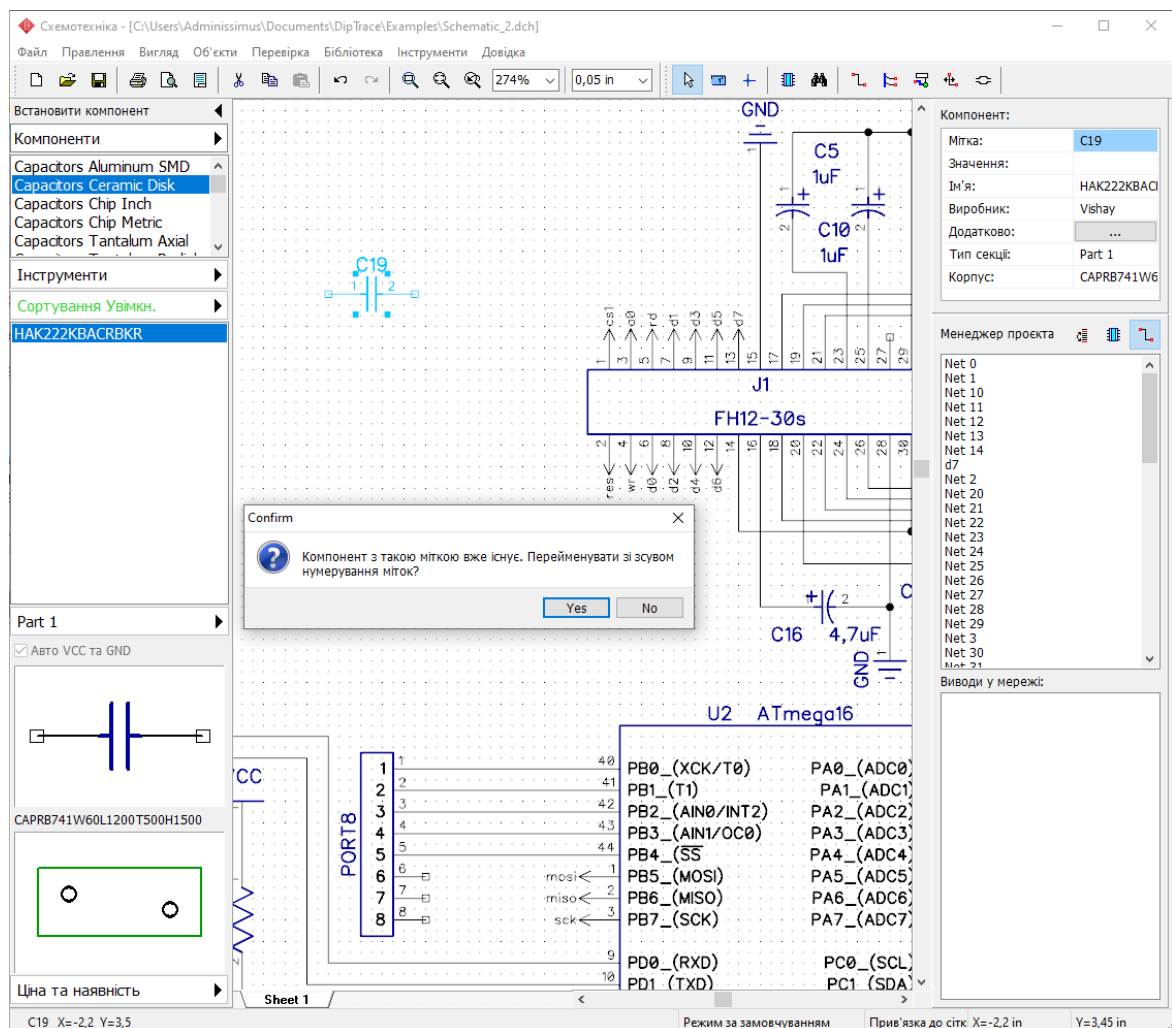
Попрацюймо з прикладом схеми, що знаходиться в папці "Документи/DipTrace/Examples". Відкрийте файл Schematic_2.dch.

На цій схемі ви можете побачити різні типи з'єднання виводів, проте сконцентруймося на роботі з мітками. Поточна схема містить 23 конденсатори від C1 до C24 (C19 відсутній).

Оптимізація міток

Під час створення/редагування схеми часто доводиться додавати або видаляти компоненти. Наприклад, додамо один конденсатор: виберіть **NAK222KBACRBKR** із бібліотеки **Capacitors Ceramic Disk** та розмістіть його в області побудови. Ми хочемо, щоб новий компонент мав мітку C5, але програма призначила C19, адже саме така мітка відсутня, а компонент із міткою C5 на схемі є. Змініть мітку вручну: зробіть правий клік на компоненті C19, виберіть перший пункт у підменю, введіть "C5" та натисніть **ОК**. Програма покаже

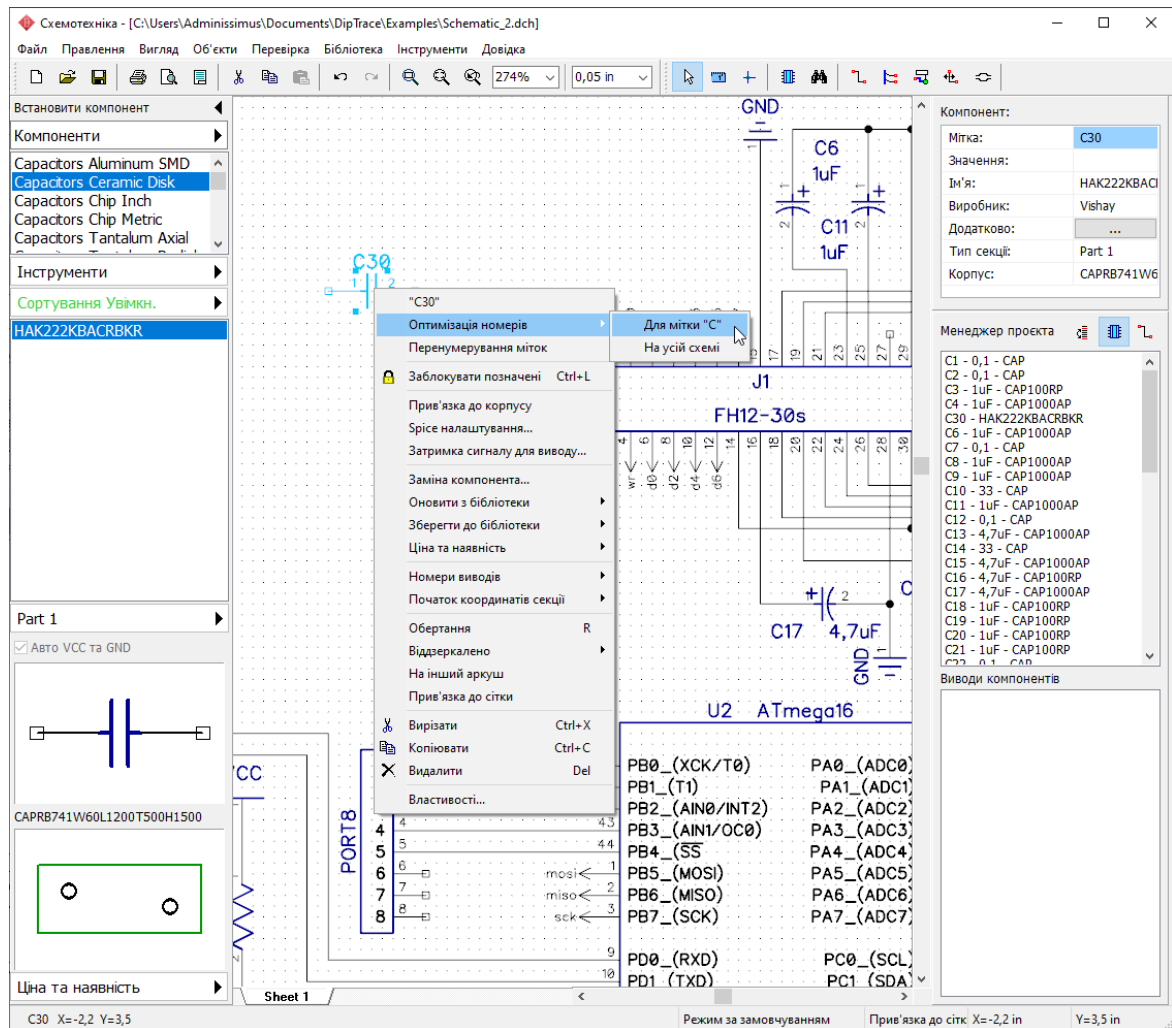
попередження та запропонує перейменувати компонент зі зсувом нумерування міток. Натисніть **Yes**.



Конденсатор C19 став C5 і відбувся зсув нумерування індексів: той, що мав мітку C5, став C6 і так далі, аж до C18, який тепер має мітку C19. На панелі **Менеджера проєкта** ви можете переконатися, що в нумеруванні міток тепер немає пропусків завдяки тому, що було встановлено C5 і перейменували його в C19 (посортуйте компоненти, натиснувши кнопку ).

Тепер змініть мітку конденсатора C5 на C30, потім перевірте мітки конденсаторів у таблиці зв'язків на панелі **Менеджера проєкта** (Ctrl+2 щоб

приховати/показати панель,  – сортувати список) – індекси C5 та C25-C29 пропущено. Щоб це виправити, клацніть правою кнопкою на будь-якому конденсаторі в області побудови і виберіть **Оптимізація номерів**, а потім **Для позначки "С"**. C30 стане C24 і нумерування міток тепер йтиме послідовно, а пропуски виключаться (C6-C24 стануть C5-C23, а C30 стане C24).

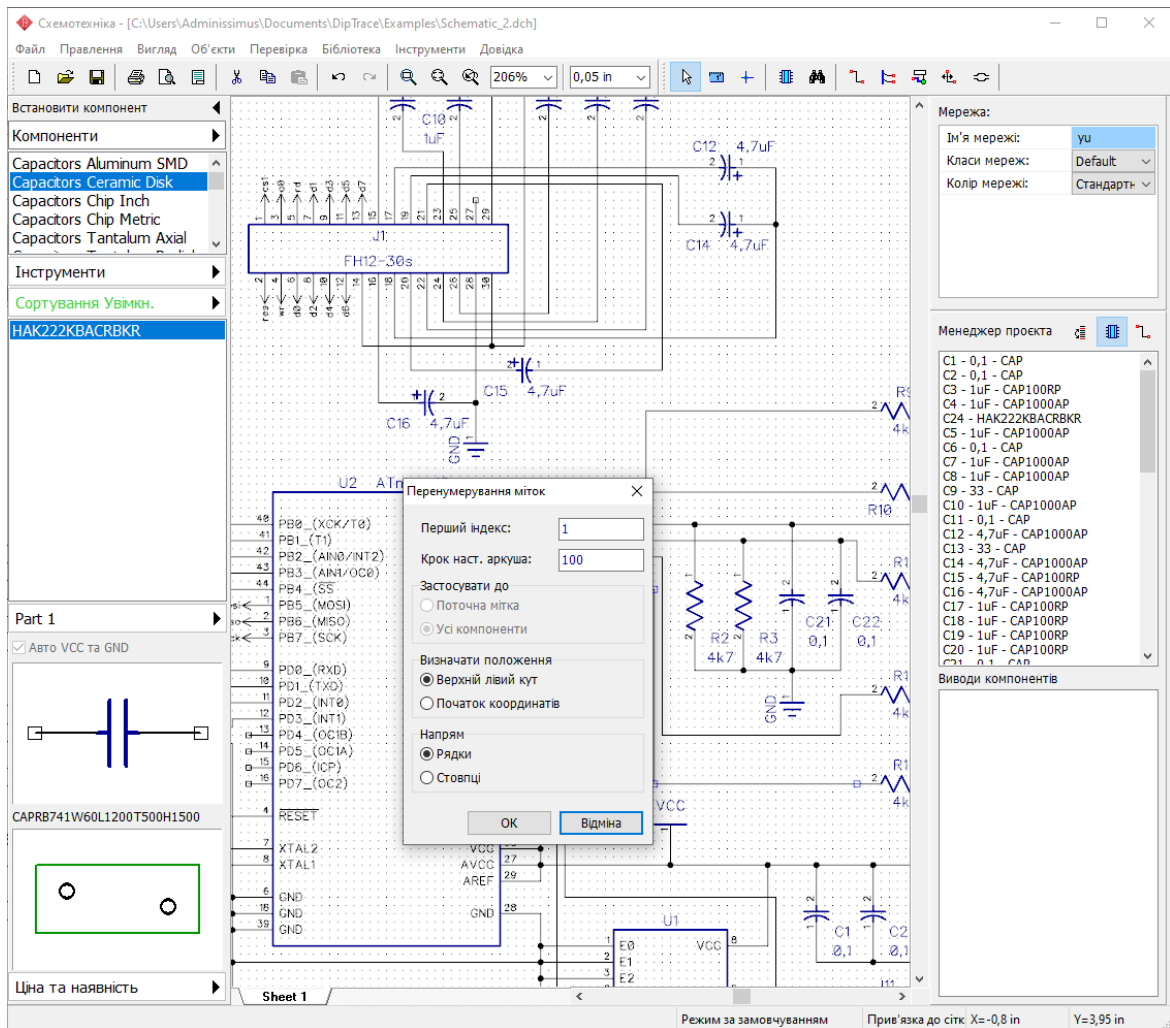


Зміна нумерування міток

DipTrace дозволяє перенумерувати мітки компонентів, щоби схема стала зрозумілішою та простішою для сприйняття. Виберіть "Інструменти/Перенумерування міток" у головному меню. У вікні, що з'явилося, не змінюйте значення полів **Перший індекс** (точка відліку для зміни нумерування) і Крок між аркушами (якщо крок між аркушами = 100, то мітки на другій сторінці схематехніки будуть починатися зі 101, тобто R101, R102, IC101 тощо.). Встановіть напрям перенумерування (по рядках або стовпцях) і виберіть, яким чином програмі відраховувати компоненти, адже вони бувають різних форм і розмірів. Якщо вибрати **Верхній лівий кут**, то програма буде рахувати компоненти за їхніми верхніми лівими кутами, а якщо вибрати опцію **Початок координат** – то по точці початку координат компонента, незалежно від його форми.

Зауважте, перенумерування починається з верхнього лівого кута схеми і здійснюється зверху донизу і зліва направо, не важливо по стовпцях або по рядках.

Натисніть кнопку **ОК**.



Якщо потрібно перенумерувати лише мітки компонентів певного типу (наприклад, тільки C або тільки R), то клацніть правою кнопкою на одному з компонентів з такою міткою та виберіть Перенумерування міток. У діалоговому вікні можна застосувати перенумерування тільки до певних позначок.

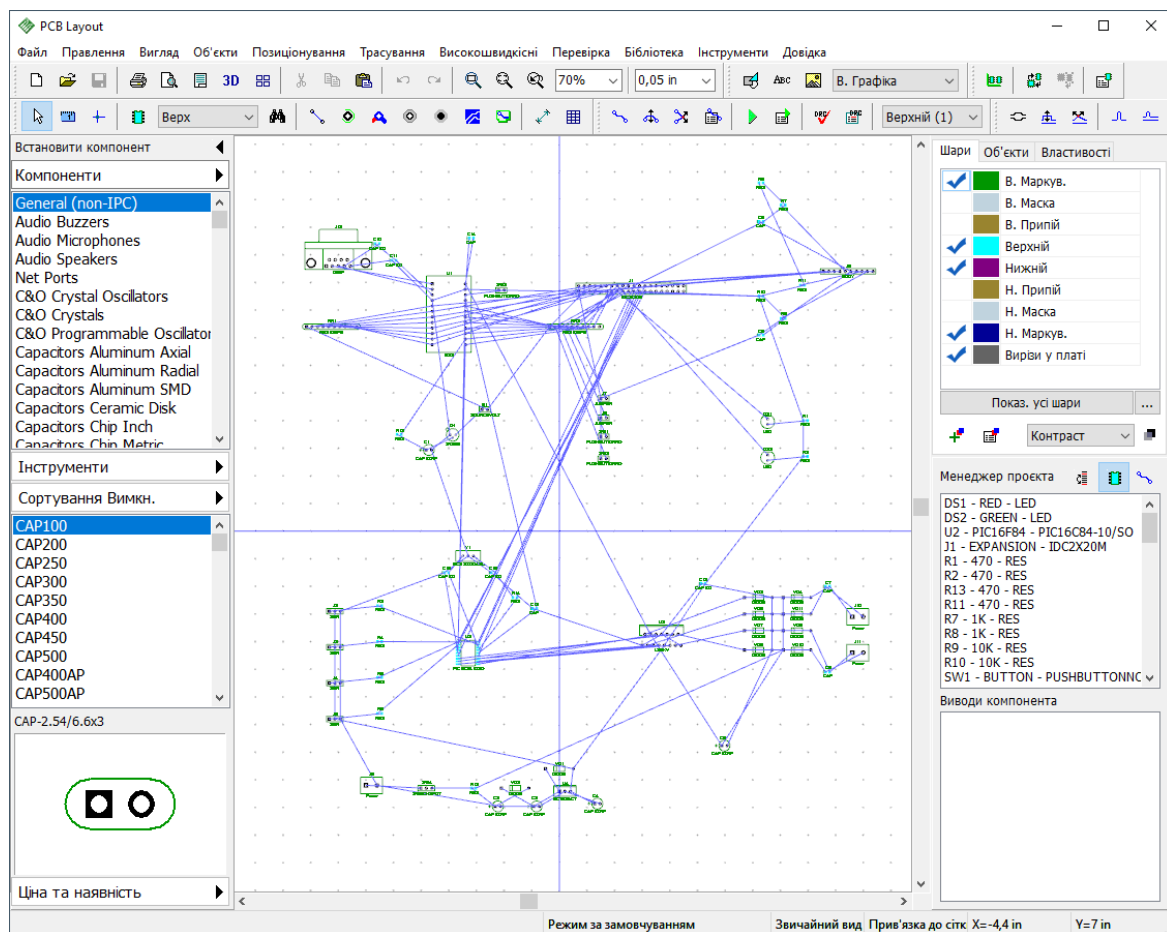
У редакторі плат перенумерування працює так само.

Закрийте схемотехніку, **не** зберігаючи зміни. Відкрийте Редактор плат PCB Layout.

5.4 Автопозиціонування та автотрасування

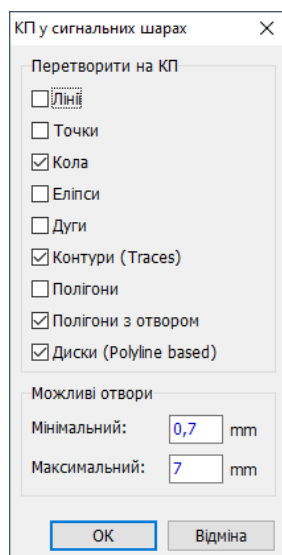
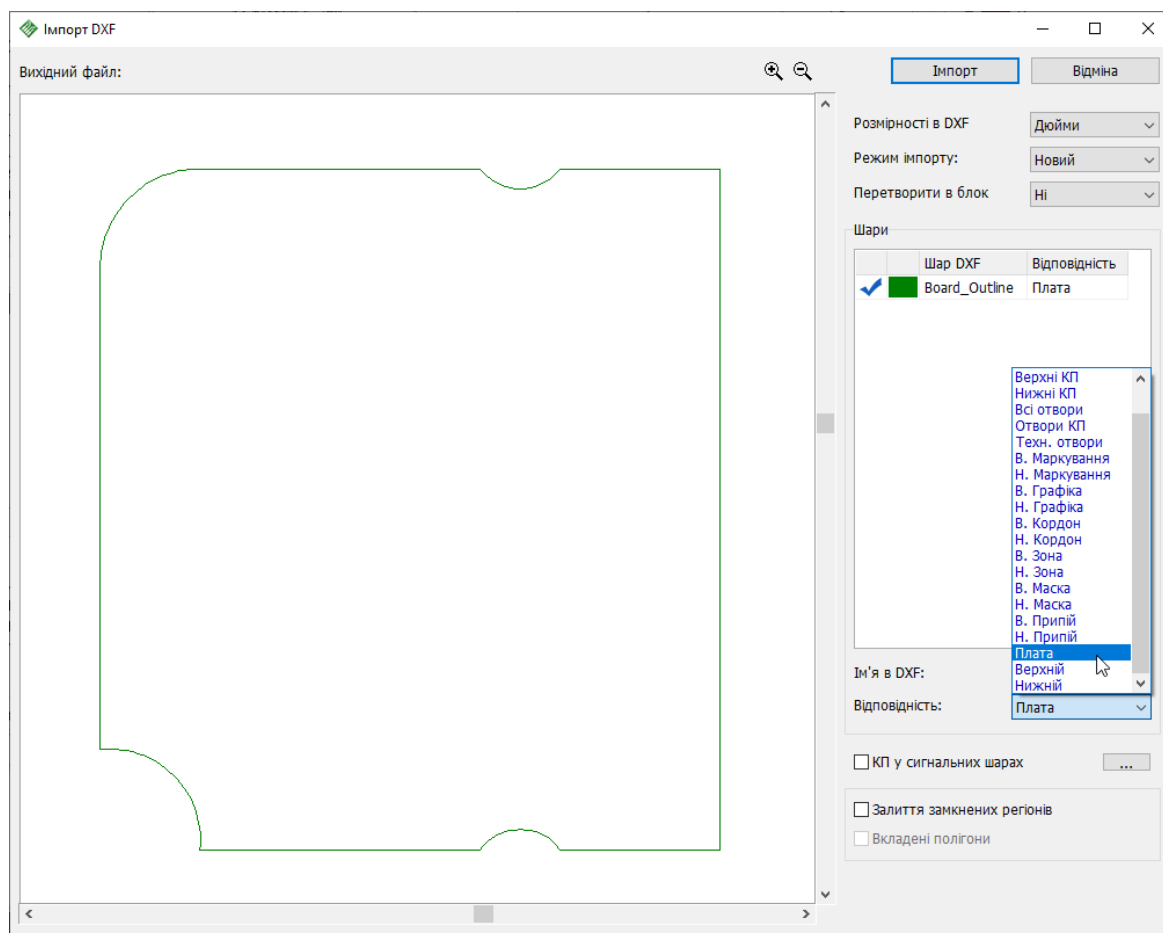
Розвинені функції розташування компонентів, а також вбудований модуль автопозиціонування роблять процес розташування компонентів легким і швидким. Розгляньмо, як ці функції працюють на одному з наших прикладів.

Запустіть PCB Layout, виберіть "Файл/Відкрити" та відкрийте проект "Документи/DipTrace/Examples/ Schematic_4.dch", виберіть варіант "Використовувати правила Схемотехніки". Ви побачите щось подібне до зображення нижче: всі корпуси розкидані по платі так само, як у схемі. Збирати їх вручну забере невиправдано багато часу, тому ми радимо організовувати корпуси автоматично. Однак, спочатку потрібно визначити кордони плати.



Імпорт з формату DXF

Імпортуйте кордони плати з DXF. Виберіть "Файл / Імпорт / DXF" та відкрийте файл "Документи/DipTrace/Examples/outline.dxf". У діалоговому вікні, що з'явилася, ви побачите зміст DXF-файлу, що імпортується. Виберіть шар **Board Outline** у списку Шари, а в полі **Відповідність** встановіть **Плата**.

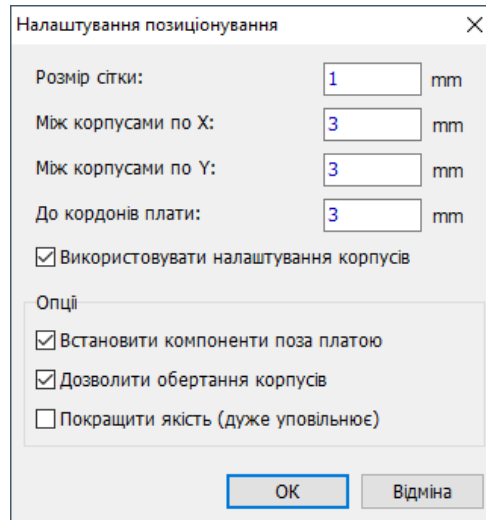


Ви можете заливати замкнені регіони та вирізати отвори у **Вкладених полігонах**, позначаючи відповідні опції у вікні експорту DXF (зазвичай креслення в DXF зроблено без заливки і включають тільки кордони фігур). Залиття вкладених полігонів працює виключно для сигнальних шарів, паяльної маски та припою.

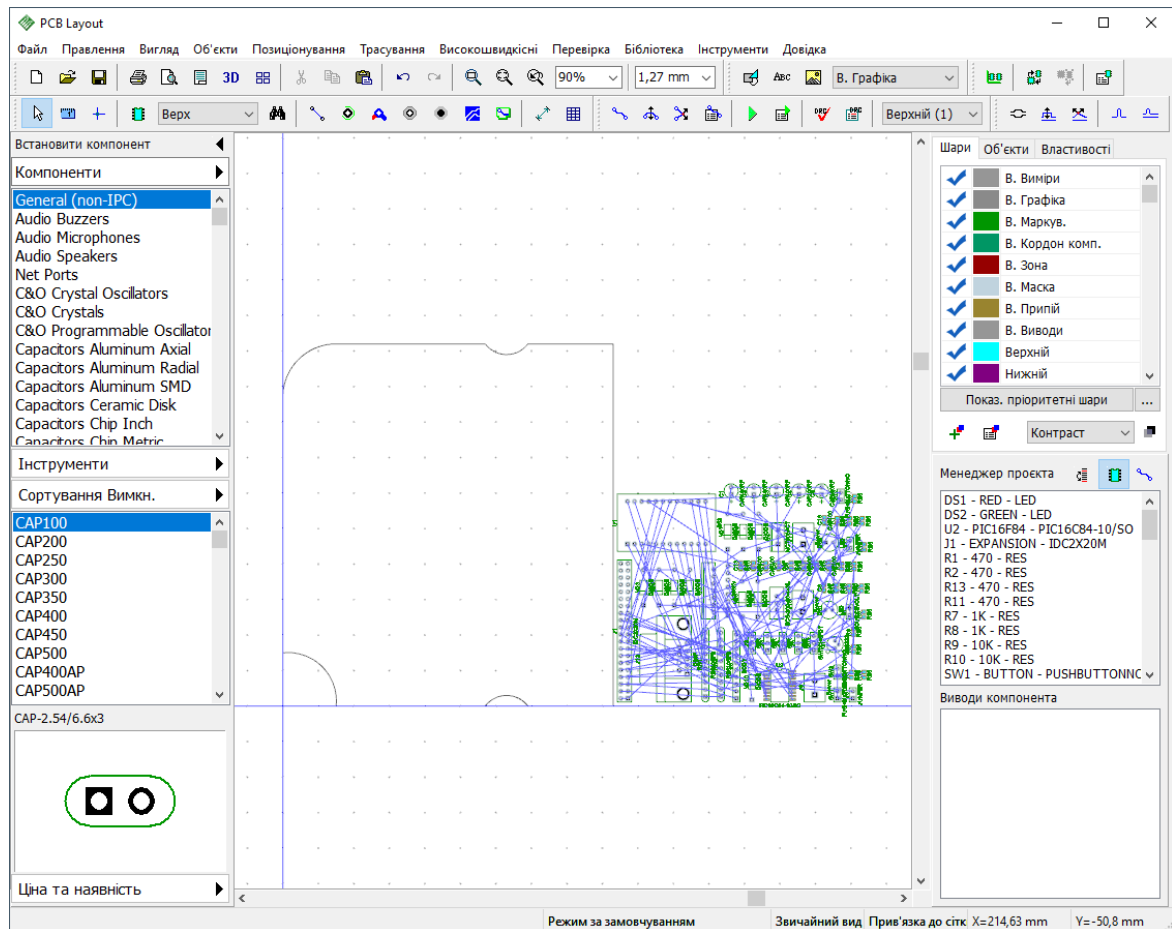
Якщо ви імпортуєте **КП у сигнальному шарі**, можна натиснути на кнопку  і вибрати, які саме фігури програма вважатиме контактними площинками та звірити їх можливі розміри.

Виберіть **Додати** в полі **Режим імпорту**, щоб додати кордони плати до існуючого проекту, а не створювати нові. Переконайтеся, що обрано одиниці вимірювання "дюйми" і натисніть кнопку **Імпорт** у верхньому правому куті діалогового вікна.

В результаті ви побачите кордони плати в області побудови, але розташування компонентів, як і раніше, є хаотичним. Виберіть "Позиціонування / Налаштування позиціонування" з головного меню.



Поставте позначку **Встановити компоненти поза платою**, щоб упорядкувати компоненти біля кордонів плати. Інші налаштування можна залишити, як на малюнку вище. Тепер клацніть **ОК**, для застосування зміни, і натисніть  на Панелі позиціонування або виберіть "Позиціонування/Упорядкувати компоненти" з головного меню.



Функція спрацьовує миттєво, оскільки компоненти просто розташовувалися без розрахунку оптимальних відстаней між виводами мереж. Усі компоненти тепер знаходяться поряд із кордоном плати.

Зверніть увагу, що функції **Упорядкувати компоненти** та **Автопозиціонування** – не є те саме.

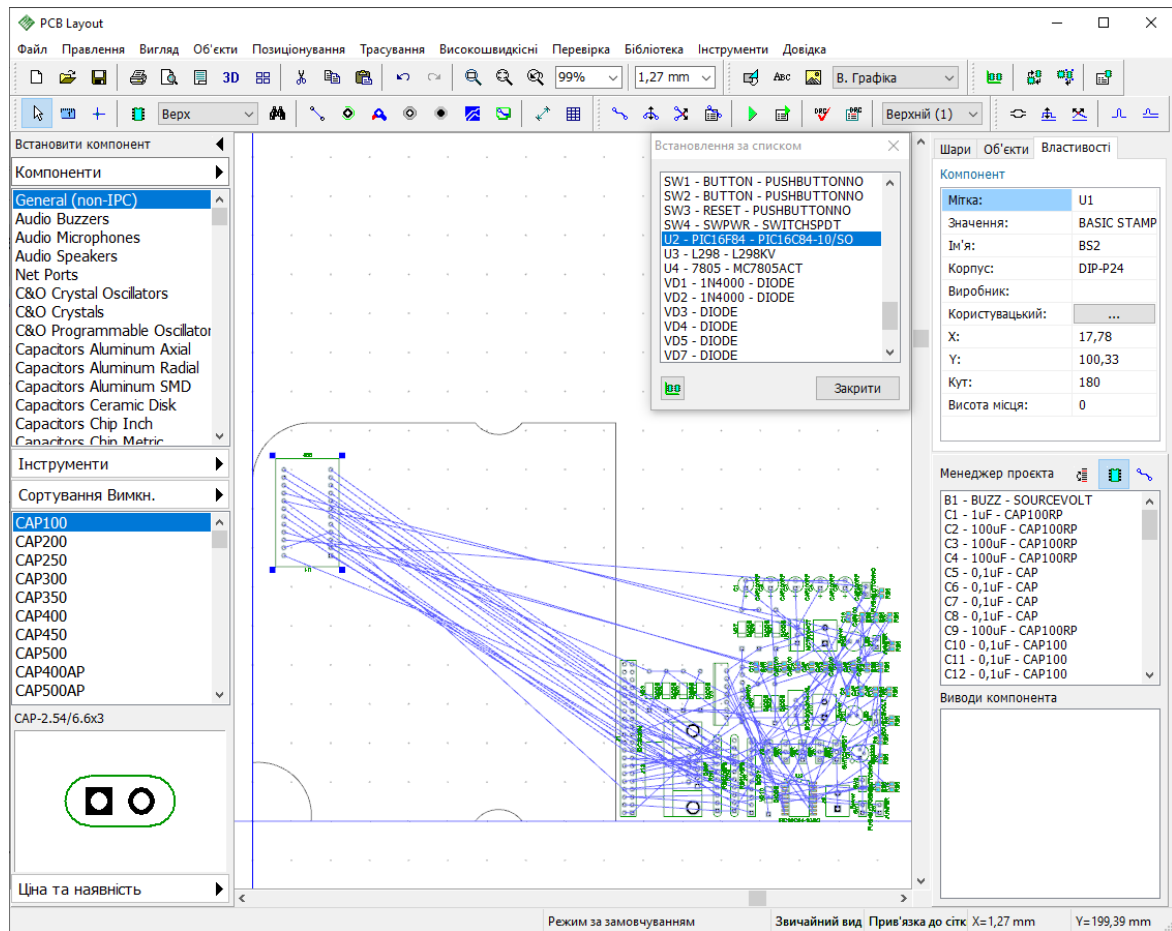
При автоматичному позиціонуванні компоненти розміщуються на платі так, щоб загальна довжина з'єднань між контактними площинками компонентів була мінімально можливою. Функція "Упорядкувати компоненти" просто розташовує всі компоненти в одному місці і спрощує роботу з ними.

Незважаючи на те, що можна здійснити якісне автоматичне позиціонування, на практиці дуже широко застосовується ручне розташування компонентів, оскільки часто не кожен компонент можна розташувати на платі в довільному місці. DipTrase дозволяє використовувати комбінацію автоматичного та ручного позиціонування для досягнення найкращих результатів та робить процес ручного позиціонування максимально зручним завдяки спеціальним функціям.

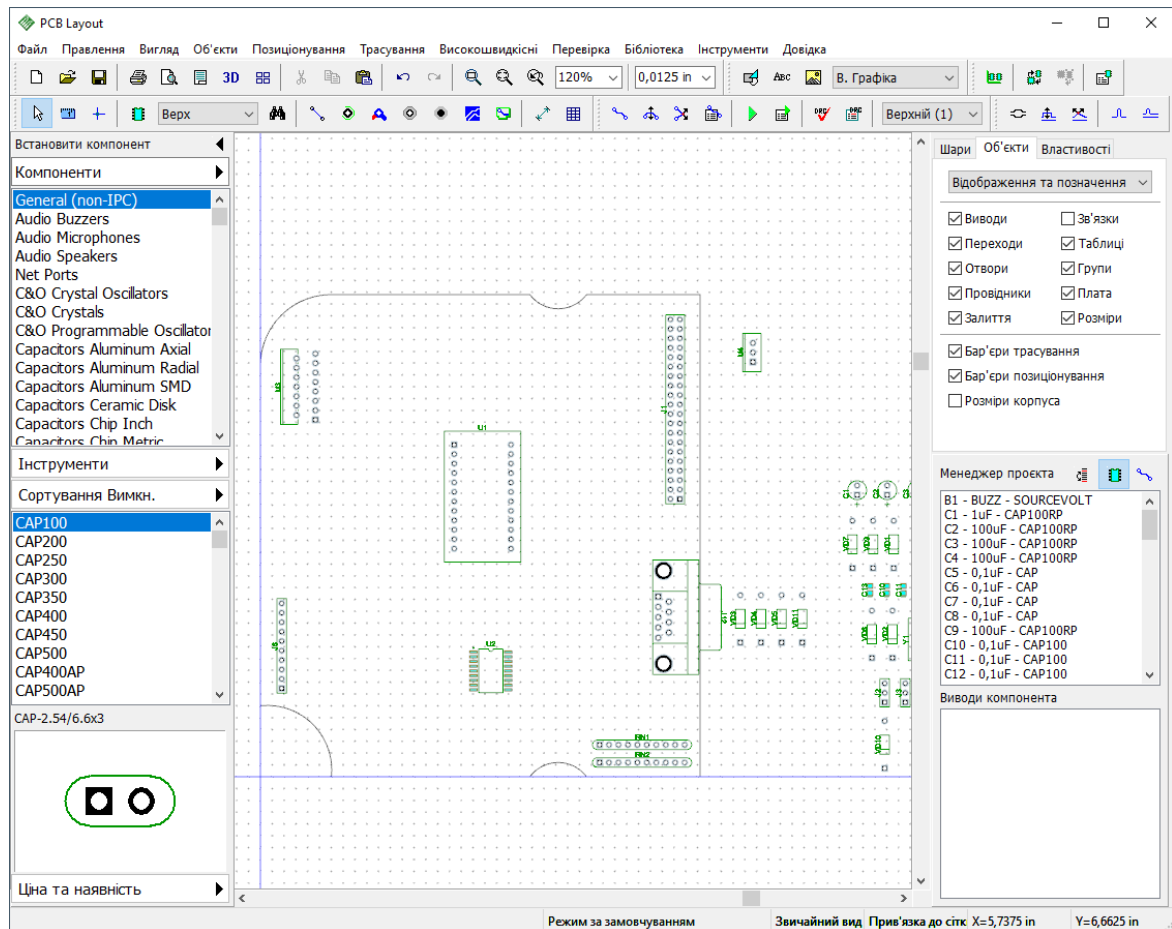
Позиціонування за списком

Виберіть "Позиціонування/Позиціонування за списком" у головному меню, потім у спливаючому діалоговому вікні виберіть компонент зі списку (клацніть його

лівою кнопкою миші), перемістіть мишу до контуру плати та клацніть всередині контуру плати, щоб розмістити вибраний компонент там.

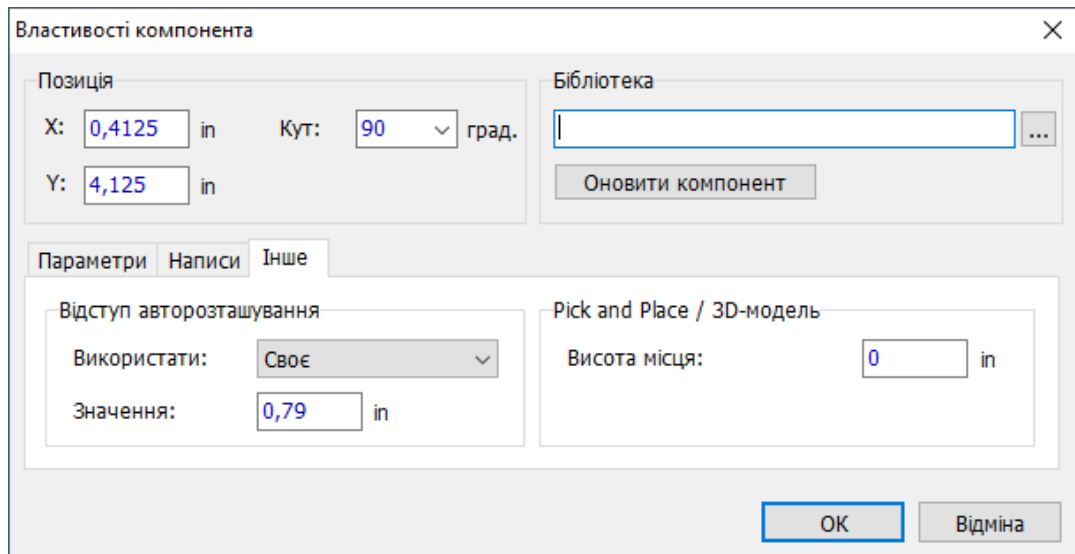


Компонент зникає зі списку після розташування (у списку відображаються ті компоненти, які знаходяться за межами контуру плати). Встановіть компоненти U1, U2, U3, J1, J8, J12, RN1 та RN2 вручну, як показано на малюнку нижче. Ви можете оптимізувати лінії з'єднання за допомогою гарячої клавіші F12 або приховати їх, знявши позначку з пункту **Зв'язки** на вкладці **Об'єкти** на панелі Менеджера проекту. Після завершення закрийте діалогове вікно "Установка за списком".



Індивідуальні проміжки компонентів

Проміжки навколо компонента за замовчуванням встановлюються у діалоговому вікні "Параметри позиціонування" (Між корпусами X і Y). Нам потрібно, щоби решта компонентів знаходилася на відстані не менше 20 мм від компонента U3. Тому для цього компонента ми встановимо індивідуальні проміжки. Клацніть правою кнопкою миші U3 і виберіть підменю "Властивості", потім відкрийте вкладку "Інші" і визначіть наступне: **Використати: Своє та Значення: 0,79 дюйма** (приблизно 20 мм). Натисніть **ОК**, щб закрити діалогове вікно та застосувати зміни.



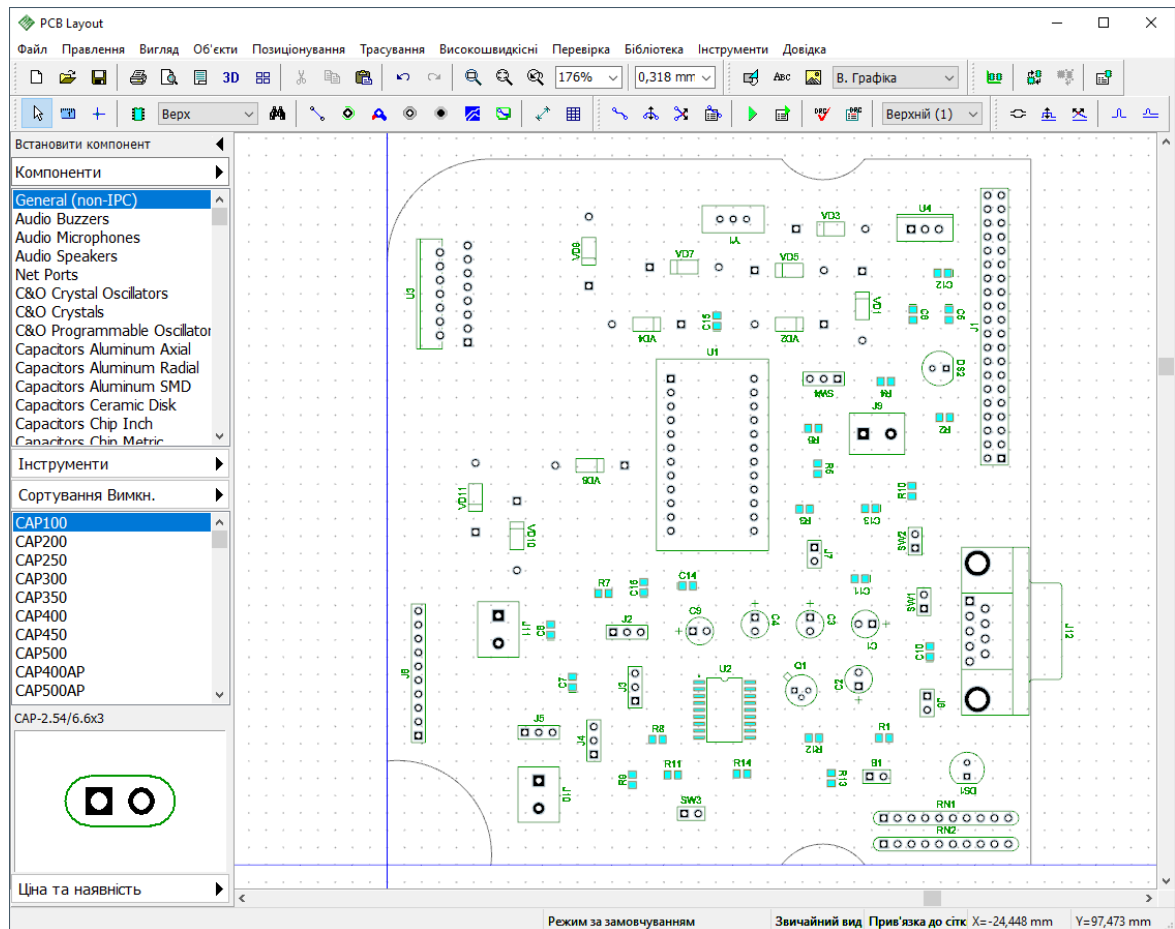
Тепер оберіть всі компоненти, які вже розташовані на платі, та заблокуйте їх (гарячі клавіші *Ctrl + L*).

Автоматичне розташування

До решти компонентів у нас немає особливих вимог, тому ми можемо розмістити їх автоматично із зазором 5 мм. Змініть одиниці вимірювання (поєднання клавіш *Shift + U*). Виберіть "Позиціонування/Налаштування позиціонування" в головному меню, змініть інтервал між корпусами по X та Y на 5 мм і встановіть зазор до кордонів плати 3 мм. Перевірте, чи встановлено позначку **Дозволити обертання корпусів** (іноді краще вимкнути його, наприклад, для односторонніх плат із перетинками). Зніміть позначку "Встановити компоненти за межами плати" та переконайтеся, що встановлено позначку "Використовувати налаштування корпусів", це дозволить програмі використовувати індивідуальний проміжок 20 мм (0,79 дюйма) для компонента U3. Ми не радимо зараз активувати опцію "Покращення якості" (ви можете спробувати її пізніше). Натисніть **ОК**, щоб застосувати зміни, а потім натисніть



кнопку на панелі інструментів Позиціонування або виберіть "Позиціонування / Старт автопозиціонування" у головному меню. DipTrace відшукає найкраще розташування для кожного компонента. Ви отримаєте плату з розташуванням компонентів приблизно як на зображенні нижче (зверніть увагу, що панель Менеджер проекту прихована (гарячі клавіші *Ctrl + 2*), лінії з'єднань також приховані).



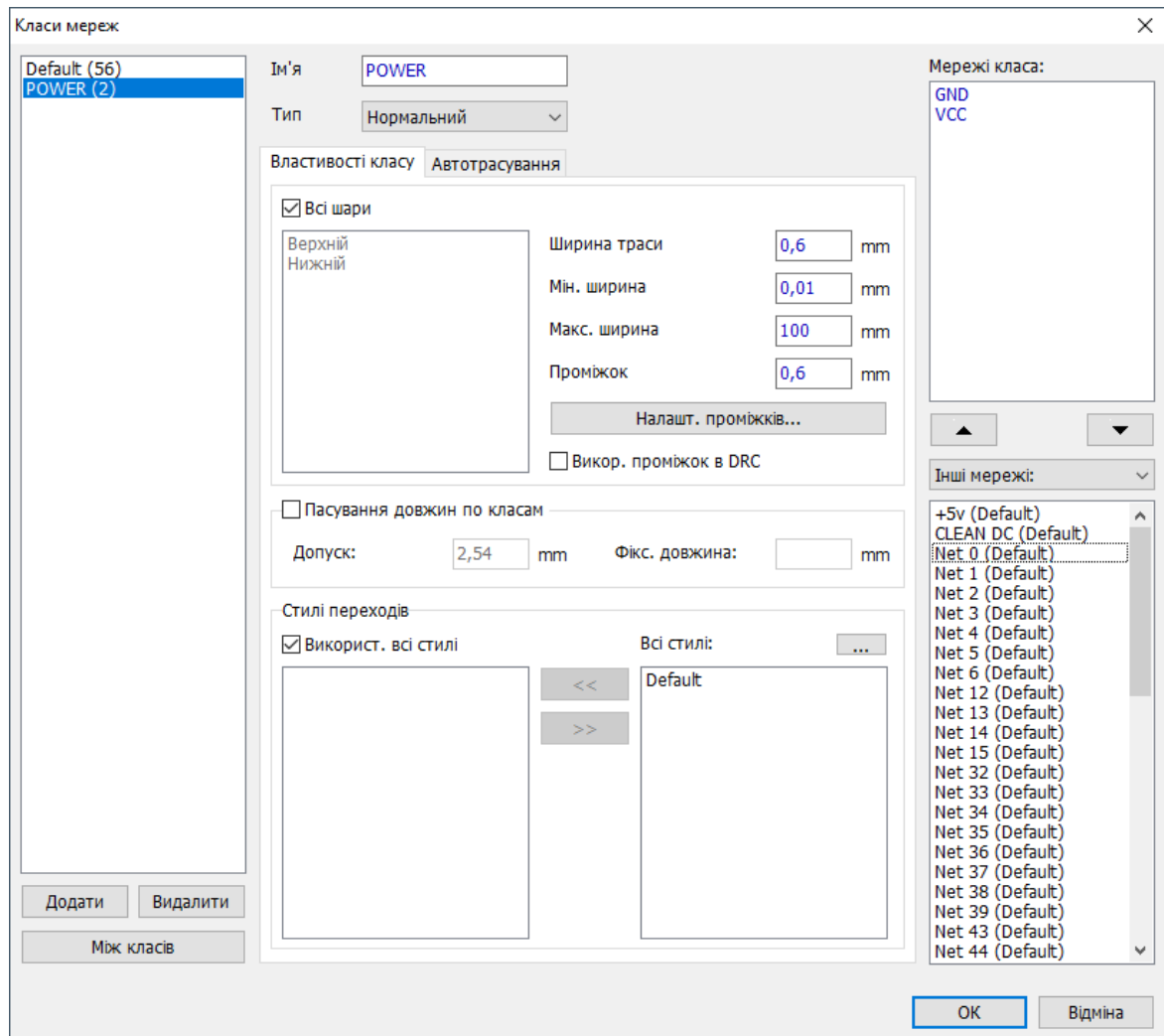
Деякі з'єднання не є оптимальними, тому що ми розташували великі компоненти вручну. Якщо всі компоненти плати розташує автоматично, звісно, отримаєте найкращі результати, але в реальному житті це зазвичай не матиме практичного сенсу.

Добре видно, що на платі жоден компонент не розташовується на відстані менше 20 мм до U3 через встановлений індивідуальний проміжок для даного компонента.

Автотрасування з використанням класів мереж

Перевірте властивості переходів у головному меню "Трасування/Стилі переходів". Для цього проєкту достатньо одного стилю перехідного отвору (ми використовуватимемо переходи 1,2 мм з отвором 0,6 мм). Тепер нам потрібно створити окремий клас для мереж Power та Ground, тому що траси цих мереж мають бути дещо ширшими. Виберіть "Трасування/Класи мереж" у головному меню. Усі мережі належать до класу Default. Натисніть кнопку **Додати**, щоб створити новий клас мереж, потім виберіть його зі списку та введіть ім'я ("POWER"). Вкажіть: **Ширина траси**: 0,6 мм. **Проміжок**: 0,6 мм. Натисніть кнопку **Налаштування проміжків** і в діалоговому вікні встановіть **Траса/Вивід**: 0.5 мм, натисніть **ОК**.

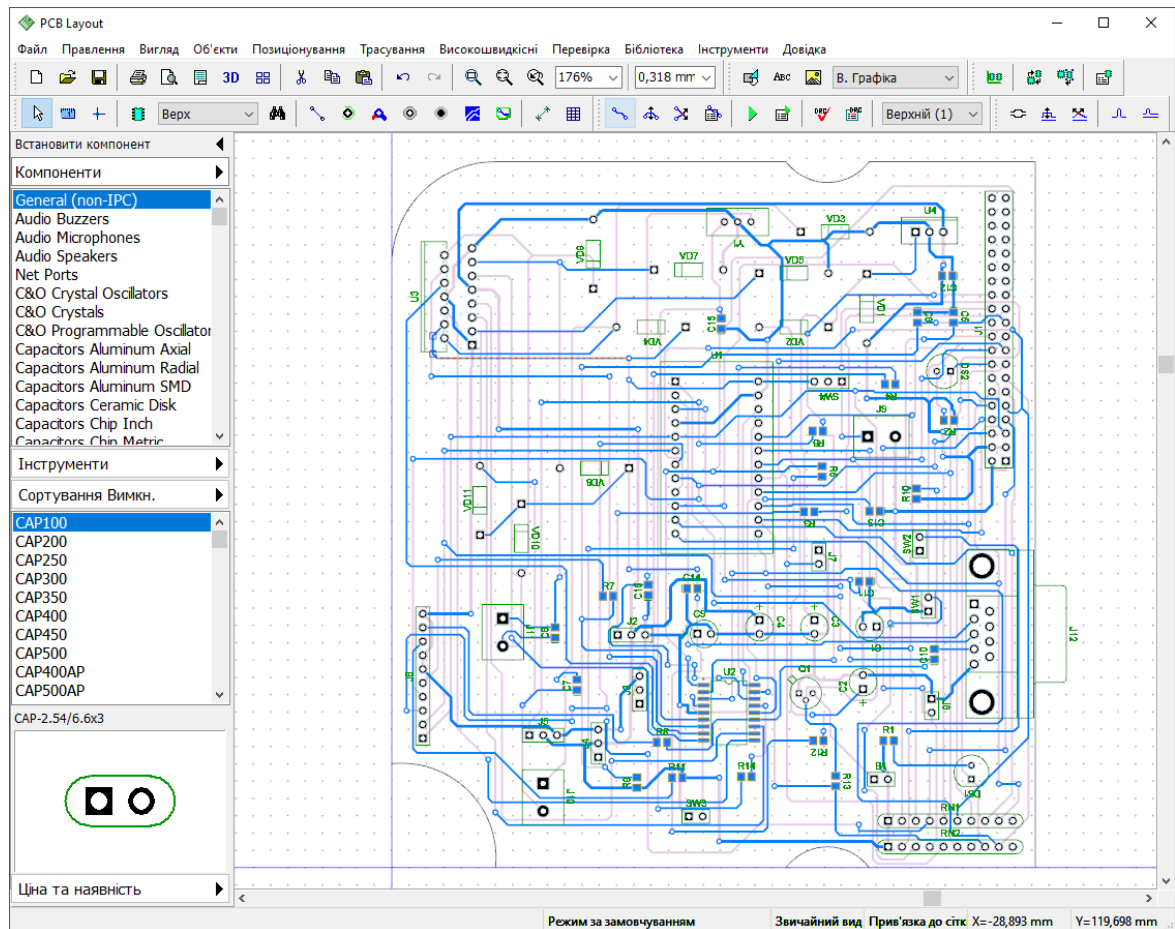
Виберіть мережі VCC та GND зі списку всіх мереж проєкту у правому нижньому куті діалогового вікна та додайте їх до класу мереж "POWER" (натисніть кнопку  над списком).



Тепер виберіть клас мереж Default та визначіть наступні параметри: **Ширина траси**: 0,4 мм, **Проміжок**: 0,4 мм, **Траса/ Вивід**: 0,3 мм. Використовуйте всі стилі отворів для обох класів мереж (як ви пам'ятаєте, у нас є тільки один стиль перехідних отворів). Натисніть **ОК**, щоб закрити діалогове вікно Класи мереж.

Переконайтеся, що активний Shape Router ("Трасування/Вибір трасувальника/Shape Router"), потім оберіть "Трасування/Параметри автотрасування", у діалоговому вікні на вкладці "Налаштування" приберіть позначку "Використовувати пріоритетні напрями по шарах".

Тепер натисніть **Ctrl+F9** або  на панелі інструментів Трасування, щоб запустити автотрасувальник. За кілька секунд ви отримаєте результат. За бажанням, можна змінити кольори шарів.



Детальний опис налаштувань автотрасувальника доступний у Довідці PCB Layout ("Довідка/Довідка PCB Layout" з головного меню). Якщо все ще є нерозведені мережі, натисніть кнопку **Крок назад**, змініть ширину траси/проміжок, параметри позиціонування або інші налаштування, потім знову запустіть автотрасувальник. Однак, якщо ви будете дотримуватися вищезгаданих інструкцій, у вас не має виникнути жодних проблем.

5.5 Стос шарів

DipTrace забезпечує повний контроль над стосом провідних та ізолюючих шарів друкованої плати у діалоговому вікні **Стос шарів плати** та створює таблицю, яка чітко документує стос шарів друкованої плати для інженерів-технологів.

Запустіть Редактор плат PCB Layout та відкрийте файл PCB_6.dip з папки "Документи/DipTrace/Приклади". Це чотиришарова друкована плата. Виберіть

"Трасування/Властивості шарів" у головному меню або натисніть кнопку  на вкладці Шари, у діалоговому вікні натисніть кнопку **Стос шарів**.

У діалоговому вікні **Стос шарів плати** можна переглянути таблицю, що відображає поперечний переріз друкованої плати. У нашому випадку DipTrace автоматично вибрав 4-шаровий стос за замовчуванням (4 Layers Default Stackup) зі списку "Шаблон", тому що цей проєкт має два сигнальні шари.

Стек плати

Шаблон: 4 Layers Default Stackup Редагувати шаблони...

#	Шар	Тип	Матеріал	Товщина (mm)	Константа
		Діелектрик	Solder Resist	0,01	3,5
1	Top	Провідник	Copper 1 Oz	0,0348	
		Діелектрик	Prepreg 2113	0,102	4,6
		Діелектрик	Prepreg 2113	0,102	4,6
2	Gnd	Основний шар	Copper 1 Oz	0,0348	
		Діелектрик	FR-4	1	4,6
3	Pwr	Основний шар	Copper 1 Oz	0,0348	
		Діелектрик	Prepreg 2113	0,102	4,6
		Діелектрик	Prepreg 2113	0,102	4,6
4	Bottom	Провідник	Copper 1 Oz	0,0348	
		Діелектрик	Solder Resist	0,01	3,5

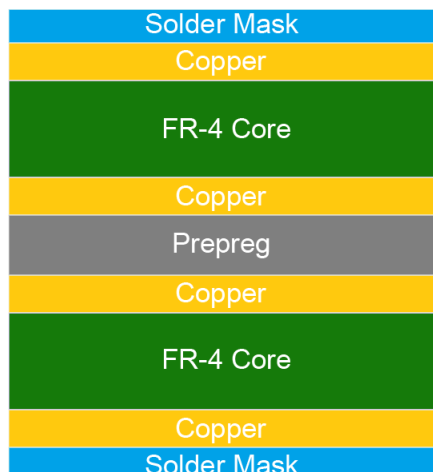
Вставити перед Вставити після Перемістити вгору Перемістити вниз Видалити

Матеріал: Solder Resist Товщина: 0,01 mm Редагувати матеріали...

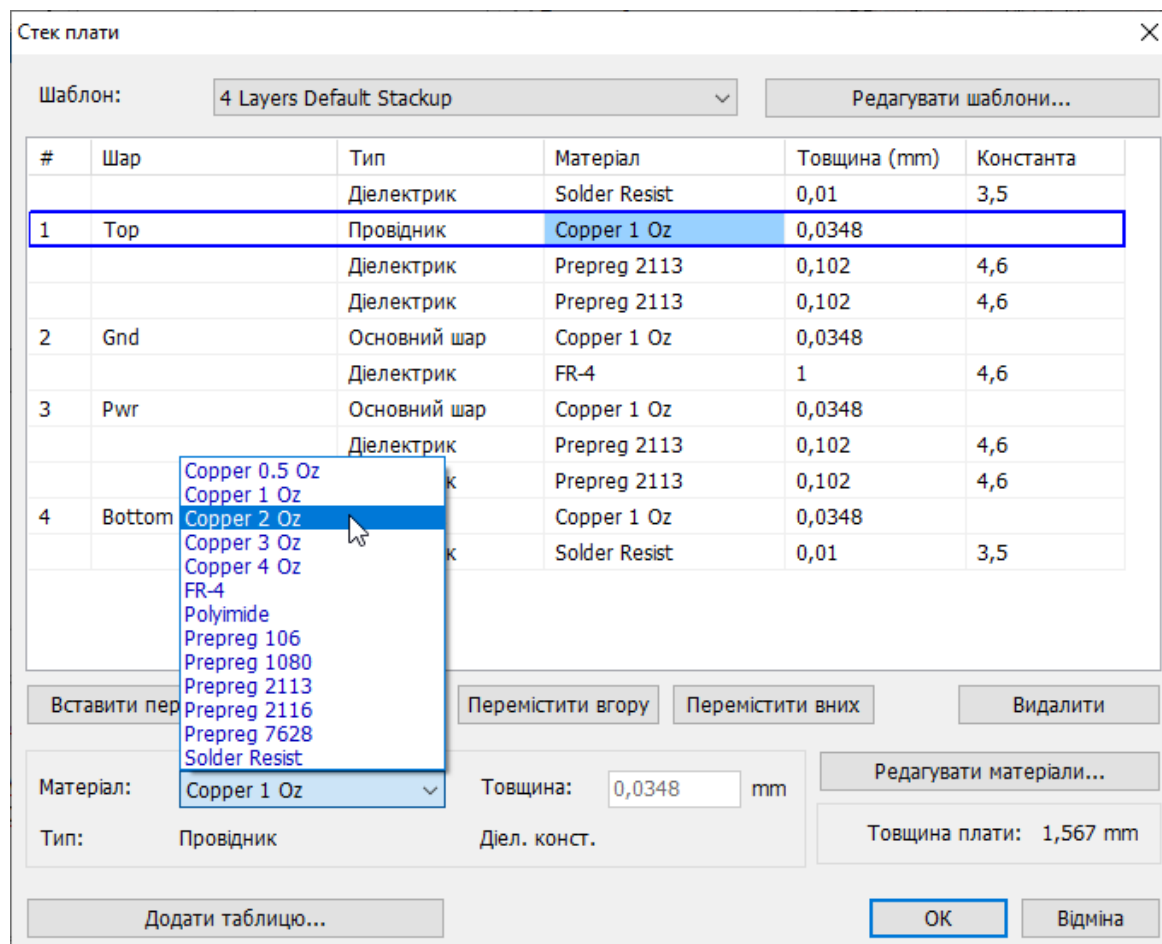
Тип: Діелектрик Діел. конст. 3,5 Товщина плати: 1,567 mm

Додати таблицю... OK Відміна

На ринку існує безліч варіантів стосу шарів друкованих плат, але стандартні стоси, визначені в програмі, зазвичай є найбільш поширеними і, отже, найдешевшими. Однак, ви можете створити будь-який стос. Як видно зі списку, цей 4-шаровий стос заснований на одному сердечнику FR-4 та додаткових препрегах для поділу шарів міді. Ми створимо 4-шаровий стос, що здатний проводити великі струми та містить два шари сердечника FR-4 (як на малюнку нижче).



Насамперед, змінімо товщину міді до 2 унцій, задля забезпечення здатності проводити великі струми. Зазвичай це найбільша товщина міді, яка не призводить до значного підвищення вартості, і вона є у більшості виробників друкованих плат. Клацніть лівою кнопкою миші по шару №1 (Top) у списку і виберіть матеріал **Copper 2 Oz** зі списку "**Матеріал**", що розкривається, потім зробіть те ж саме для всіх провідних шарів. Оскільки шари міді стають товстішими, загальна товщина друкованої плати перераховується автоматично.



Тепер клацніть лівою кнопкою миші на шарі **Prepreg** прямо під шаром №1 **Top** та змініть його матеріал на **FR-4**, потім виберіть інший шар діелектрика **Prepreg 2113** і перемістіть його вниз по стосу (натисніть кнопку **Перемістити вниз**). Організуйте шари стосу так, щоб отримати двошаровий препрег 2113, що розділяють шари міді (як на зображенні нижче). Вам прийдеється видалити один шар Prepreg 2113.

Стек плати

Шаблон: Hi Редагувати шаблони...

#	Шар	Тип	Матеріал	Товщина (mm)	Константа
		Діелектрик	Solder Resist	0,01	3,5
1	Top	Провідник	Copper 2 Oz	0,0696	
		Діелектрик	FR-4	1,5	4,6
2	Gnd	Провідник	Copper 2 Oz	0,0696	
		Діелектрик	Prepreg 2113	0,102	4,6
		Діелектрик	Prepreg 2113	0,102	4,6
3	Pwr	Провідник	Copper 2 Oz	0,0696	
		Діелектрик	FR-4	1	4,6
4	Bottom	Провідник	Copper 2 Oz	0,0696	
		Діелектрик	Solder Resist	0,01	3,5

Вставити перед
Вставити після
Перемістити вгору
Перемістити вниз
Видалити

Матеріал: Solder Resist
 Товщина: 0,01 mm
 Редагувати матеріали...

Тип: Діелектрик
 Діел. конст. 3,5

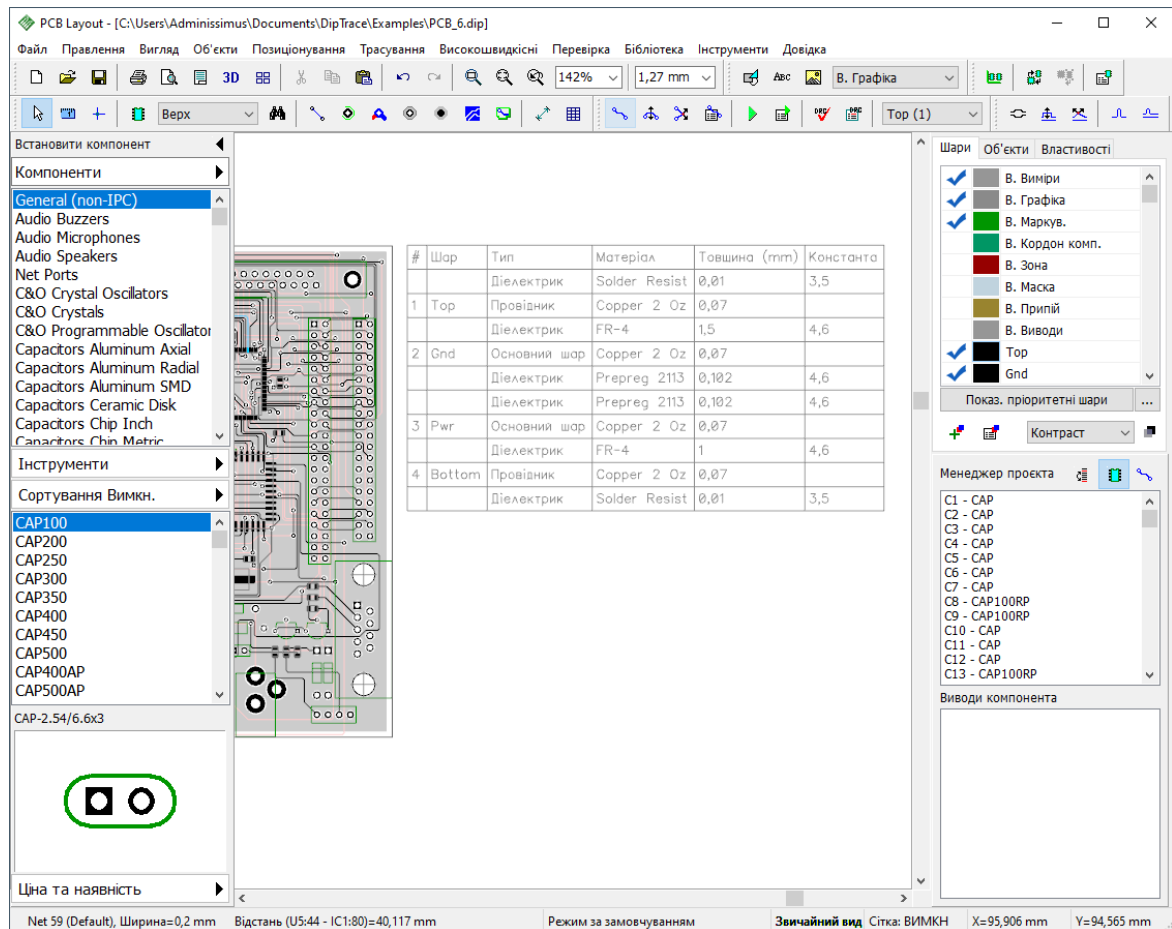
Додати таблицю...
OK
Відміна

Товщина плати: 3,002 mm

Завершальний етап – документування стосу шарів у Gerber-файлі для виробника плати. Натисніть **Додати таблицю**. У спливаючому діалоговому вікні виберіть несигнальний шар розміщення таблиці стосу шарів плати (найшкраще – у шарі верхньої графіки). Ви можете змінити шрифти, одиниці вимірювання та попередньо переглянути загальні розміри таблиці.

Зверніть увагу, що таблиця оновлюється автоматично після внесення змін у діалоговому вікні **Сток шарів плати**. Ви можете використовувати комбінацію клавіш **Shift+U** для зміни одиниць виміру, усі значення перерахуватимуться одразу.

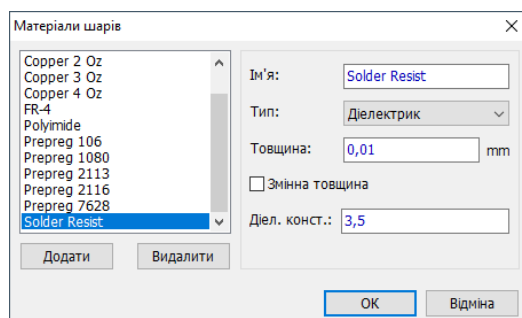
Натисніть **"Встановити"** і клацніть лівою кнопкою миші в області побудови, щоб розмістити таблицю стосу шарів плати. Товщина шарів у стосі впливає на висоту перехідного отвору та враховується інструментами налаштування фази та довжини траси. Отже, програма запитає, чи ви хочете враховувати стос шарів для розрахунку довжини траси (якщо ця опція ще не активована).



Колір таблиці залежить від кольору шару друкованої плати. Тепер інженер-технолог зможе зрозуміти, який стос шарів є бажаним. Тим не менш, перед внесенням змін у стос шарів краще проконсультуватися з вашим виробником.

Наразі не зберігайте жодних змін у файлі PCB_6.dip.

Додавання нових матеріалів до стосу шарів



Якщо ви не можете знайти потрібний матеріал у списку доступних матеріалів діалогового вікна **Стосу шарів плати**, натисніть кнопку **Редагувати матеріали**. З'явиться діалогове вікно **Матеріали шарів**, в якому ви можете додавати нові та змінювати властивості існуючих матеріалів

(Тип, Товщина та Діелектрична константа). Усі матеріали поділяються на три основні типи: провідник, опорний шар, діелектрик. Використовуйте відповідні кнопки для додавання/видалення/редагування матеріалів.

Встановіть позначку "Змінна товщина", щоб дозволити зміну товщини шару безпосередньо в діалоговому вікні **Стосу шарів плати**.

5.6 Високошвидкісні мережі та диференціальні сигнали

5.6.1 Вирівнювання довжин

Одне з основних ускладнень при трасуванні високошвидкісних мереж – це контроль того, щоб певні критичні сигнали надходили у відповідний час. Для синхронізації сигналу мідні доріжки мають бути приблизно однакової довжини.

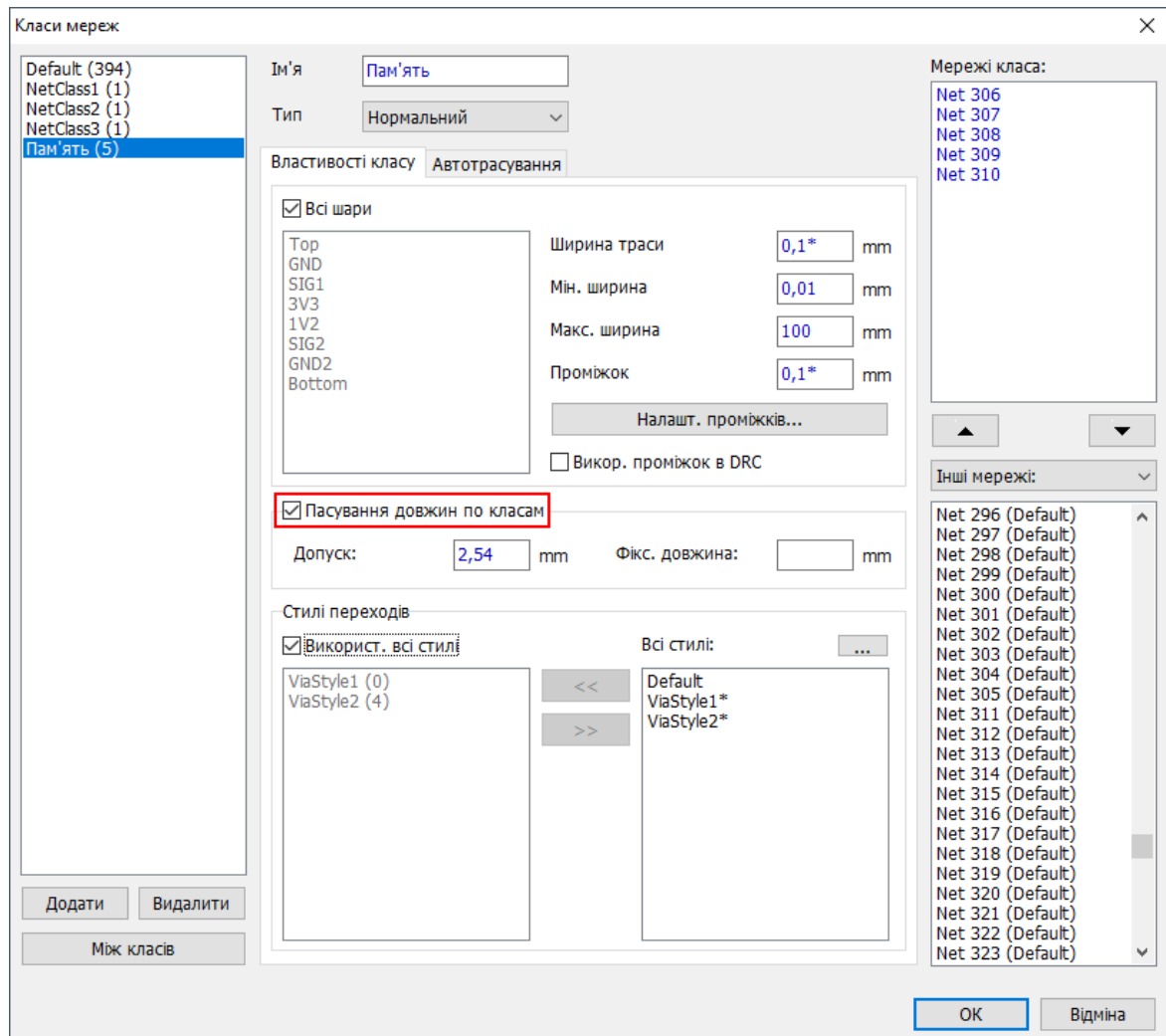
DipTrace пропонує елегантне вирішення для вирівнювання довжин трас, що допомагає при трасуванні високошвидкісних шин даних або будь-яких критичних сигналів, що потребують точної синхронізації.

Для практики скористаймося одним із стандартних прикладів друкованих плат DipTrace. Запустіть DipTrace PCB layout та відкрийте файл BGA_autorouter.dip з папки "Документи/ DipTrace /Examples".

Якщо трасуєте високошвидкісну шину, радимо створити для неї окремий клас мереж. Таким чином, буде автоматично створено правило для перевірки відповідності довжини, яке враховуватиметься DRC. Однак ви можете обрати також кілька мереж і створити правило вирівнювання довжин для DRC без створення окремого класу мереж.

Вирівнювання довжини шин

Насамперед, потрібно створити окремий клас мереж, у якому будуть розміщені всі мережі, довжину яких необхідно вирівняти (Мережі 306-310). В даному випадку існує клас мереж "Пам'ять", що включає кілька мереж, які з'єднують ПЛІС U6 з модулем пам'яті U14. Коли всі траси додані до класу мереж, встановіть позначку **"Пасування довжин по класу"**, щоб створити нове правило узгодження довжини, яке перевірятиметься DRC.



Можна порівнювати довжину трас із параметром фіксованої довжини або одну з одну з урахуванням допуску. Наразі не змінюйте значення допуску за замовчуванням. Наприклад, потрібні траси довжиною приблизно 30 мм. Введіть 30 у полі "**Фіксована довжина**" (значення допуску автоматично зміниться на 1,27 мм більше та менше від фіксованої довжини, що відповідатиме діапазону допуску 2,57 мм). Натисніть **ОК**, щоб створити клас мережі та правило.

Тепер перейдіть до "ВЧ Трасування/Вирівнювання довжини" в головному меню або клацніть правою кнопкою по відповідній трасі та виберіть у підменю "Вирівнювання довжини/Відкрити вирівнювання довжини".

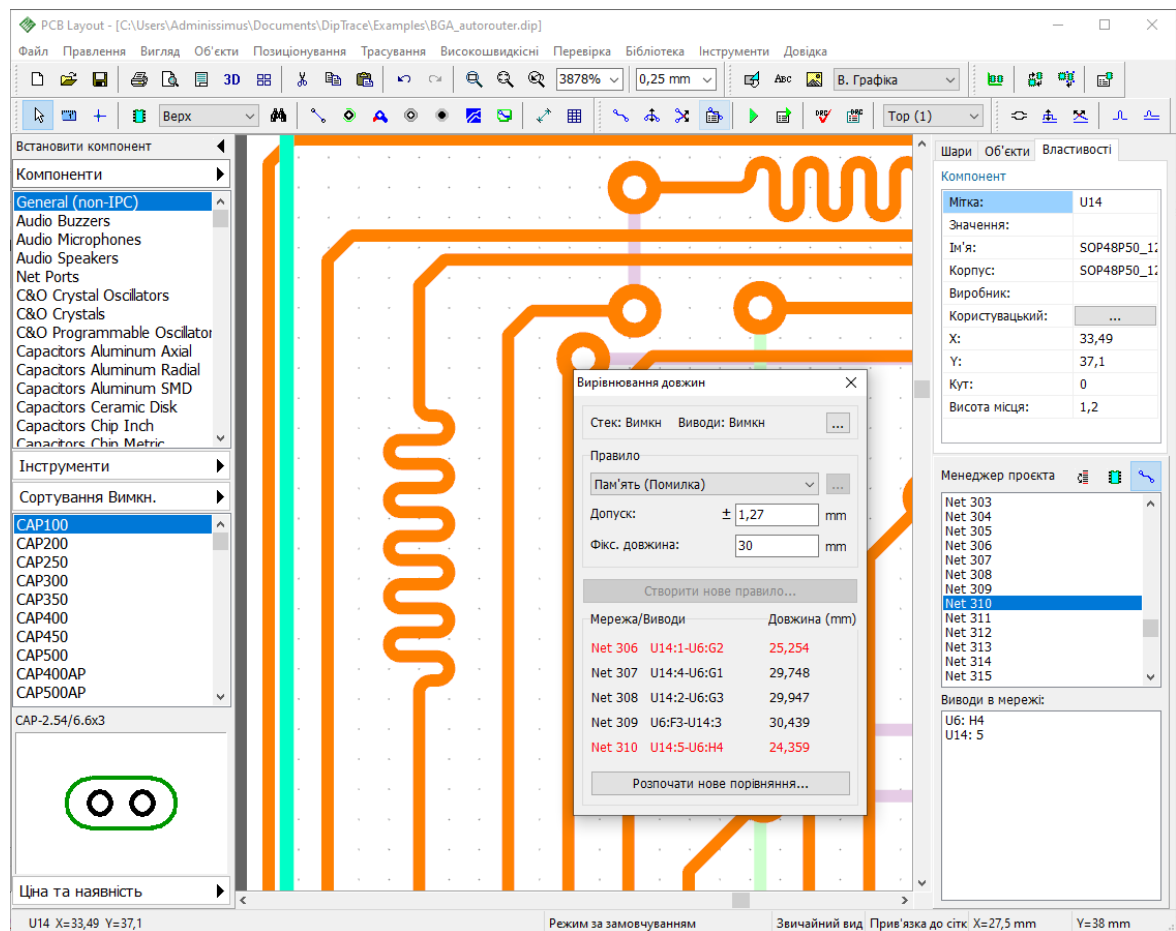
У спливаючому діалоговому вікні виберіть **Пам'ять** (ім'я класу мережі) у списку Правило. Всі мережі шини даних пам'яті, які ми надали класові мереж **Memory** з'являться нижче. Деякі мережі виділені червоним, це вказує на порушення допуску за довжиною. Клацніть лівою кнопкою миші мережу у списку, щоб відобразити її в області побудови, або наведіть вказівник миші на мережу, щоб обрати її. У нашому випадку є чотири мережі, які необхідно відрегувати, щоб привести до вимог правила.



Виберіть "ВЧ Трасування/Додати меандр" у головному меню або натисніть на панелі інструментів ВЧ Трасування. Тепер наведіть курсор на трасу, захопіть лівою кнопкою миші та перетягніть убік, щоб намалювати меандр. Меандри утворюються по одному. Перемістіть курсор миші правіше та створіть більше меандрів. Програма допомагає створювати меандри однакового розміру. Перетягніть нижні вершини меандрів, утримуючи ліву кнопку миші, для створення меандру подібного до малюнку нижче.



Довжина траси перераховуватиметься водночас зі змінами. Коли довжина доріжки стане близько $30 \pm 1,27$ мм, програма не позначатиме мережу червоним.

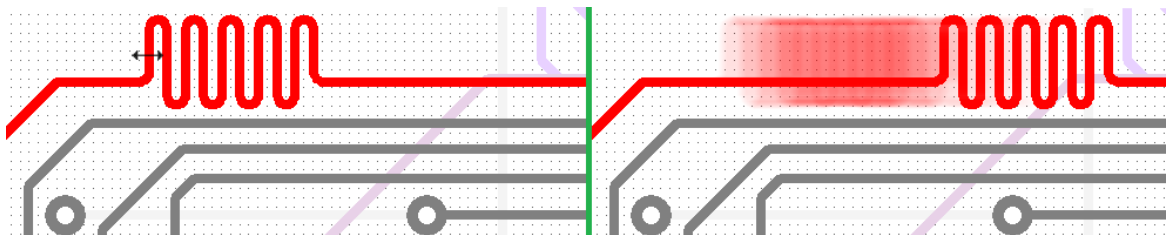


DipTrace може враховувати висоту міжшарових переходів (отриману зі стосу шарів) та затримку сигналу контактної площинки при обчисленні довжини траси.

Натисніть кнопку  в діалоговому вікні **Вирівнювання довжин** і встановіть позначки "Використовувати стос шарів" та "Використовувати затримки виводів". Оскільки є траси, які проходять по кількох шарах, довжина деяких з них може виходити за межі допуску, тому потрібно змінити кількість меандрів або їх розмір.

Редагування меандрів

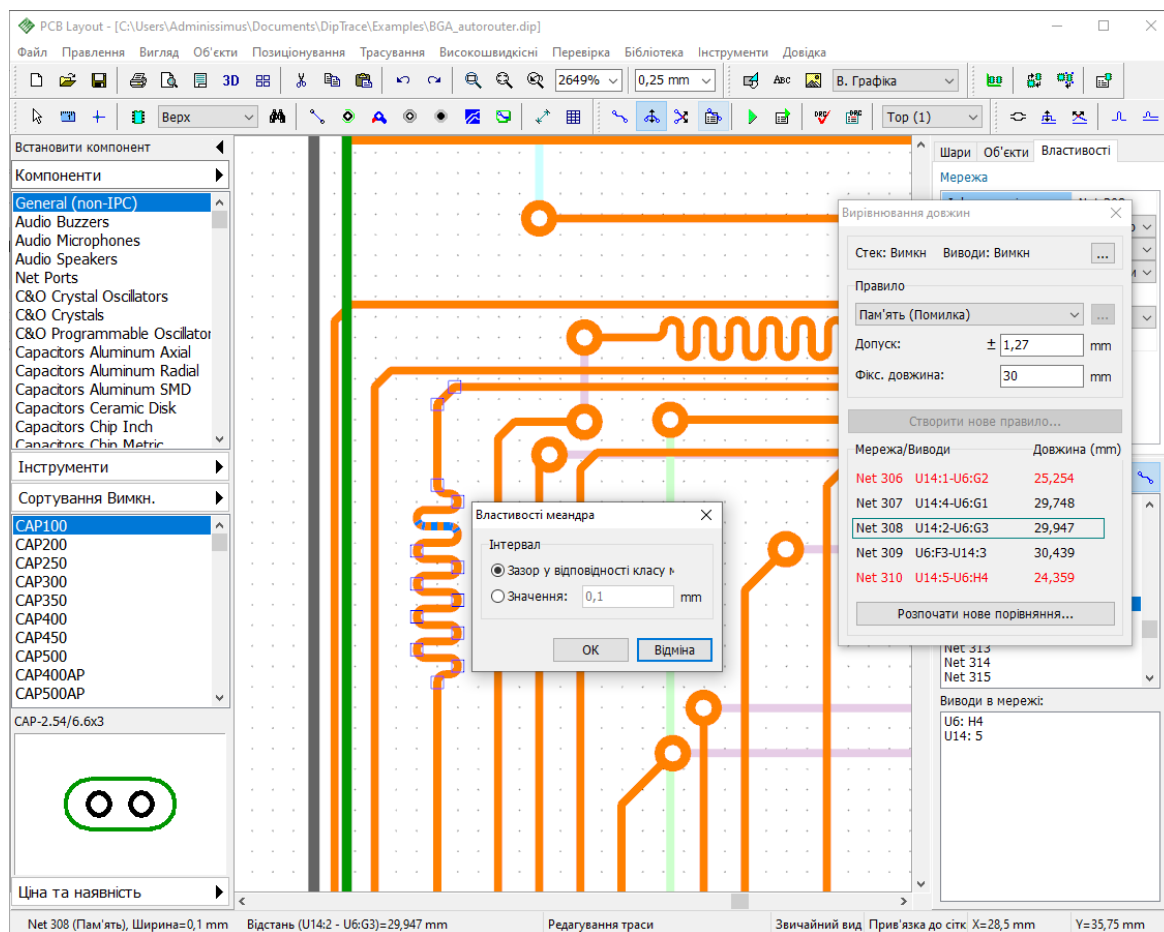
Щоб пересунути меандри вздовж сегмента траси, натисніть кнопку  (якщо ви ще не в режимі "Додати меандр") та клацніть лівою кнопкою миші сегмент траси, розташований з боку, протилежному бажаному напрямку зміщення та перетягніть меандри.



Зверніть увагу, що також можна пересувати меандри вздовж трас та змінювати амплітуду меандрів у звичайному режимі редагування трас (кнопка ).

За замовчуванням проміжок між меандрами визначається проміжком класу мережі. Щоб встановити проміжок меандра, клацніть трасу правою кнопкою миші і виберіть у підменю **Просвіт меандру**. У спливаючому діалоговому вікні встановіть позначку "Значення", введіть новий проміжок (наприклад, 0,3 мм) і натисніть кнопку **ОК**.

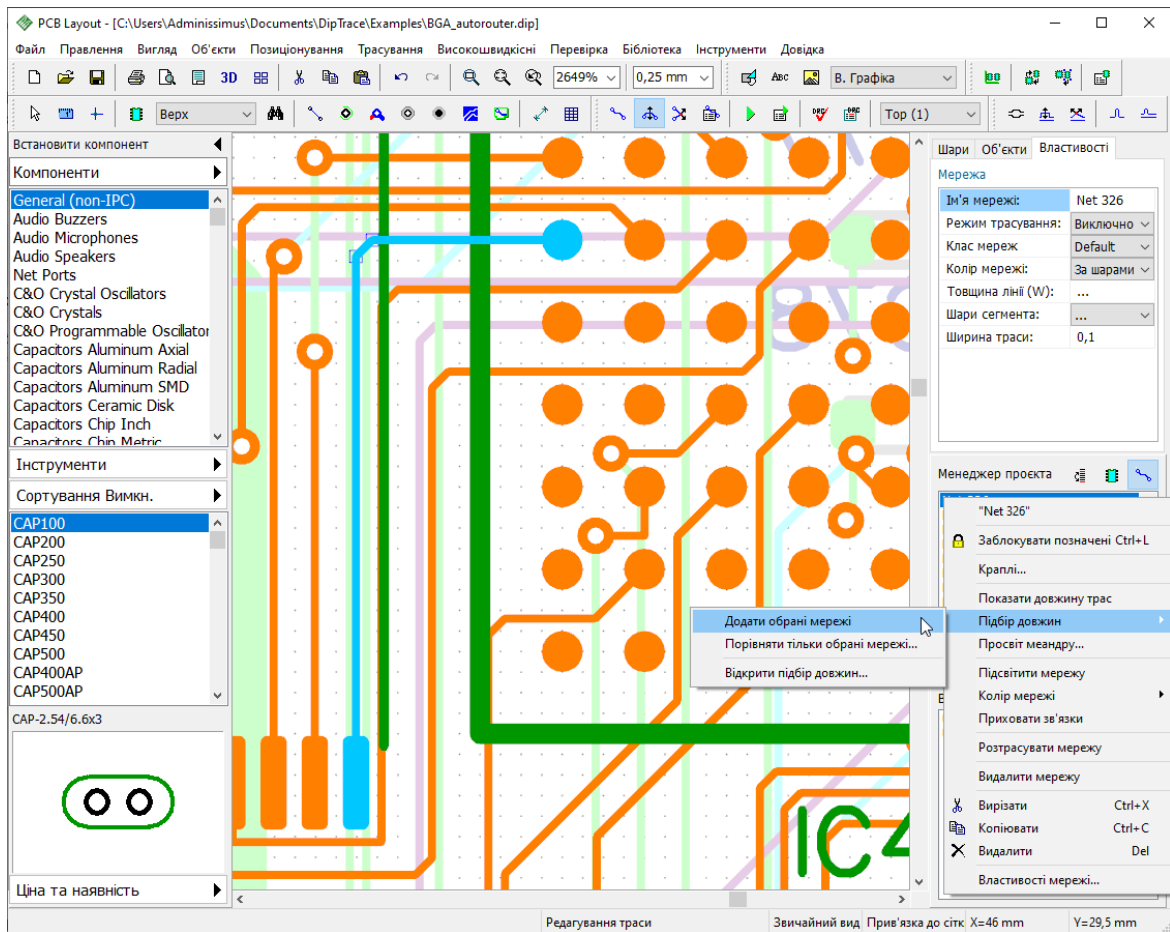
Зауважте, що при прокладанні трас високошвидкісних мереж краще уникати гострих кутів.



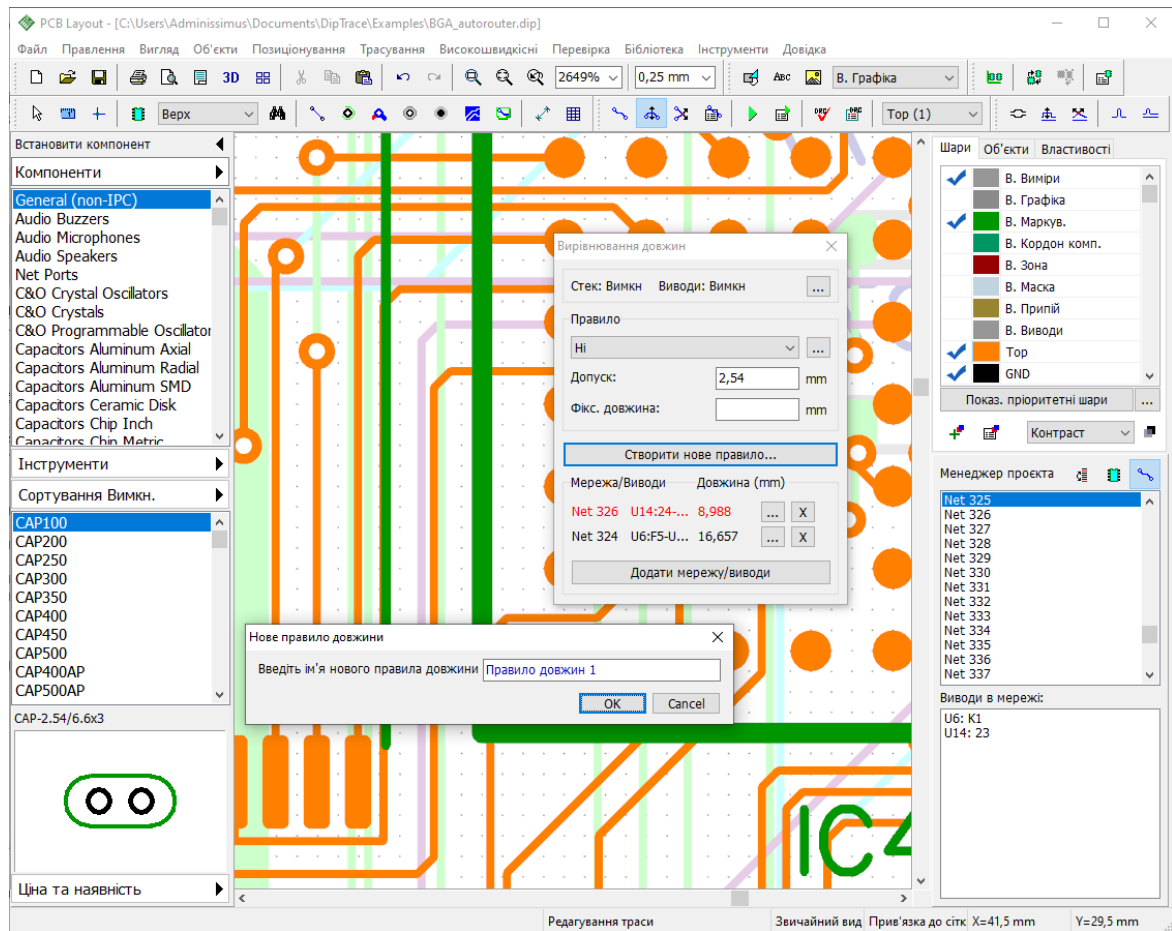
Виправте решту помилок, додавши меандри та відредагувавши інші траси.

Вирівнювання довжин мереж

Не обов'язково створювати новий клас мереж, щоб вирівняти довжину певних мереж. Просто клацніть правою кнопкою миші сегмент траси або мережу у списку з'єднань на панелі Менеджер проєкту та виберіть "Вирівнювання довжини/Додати вибрані мережі", щоб відкрити діалогове вікно "Вирівнювання довжин". Також можна вибрати по декілька сегментів різних мереж, клацнути правою кнопкою миші та вибрати варіант "Вирівнювання довжини/Порівняти лише вибрані мережі" у підменю. У діалоговому вікні **Вирівнювання довжин** можна порівнювати мережі одну з одною або з фіксованим показником довжини.



Вам необхідно створити нове правило (натисніть "Створити нове правило" і введіть ім'я у діалоговому вікні); в іншому випадку DRC не перевіряє обмеження, встановлені для вирівнювання довжин.



Натисніть кнопку ОК, щоб створити правило.

Також можна додати нові мережі до порівняння за допомогою кнопки **"Додати мережу / виводи"**.

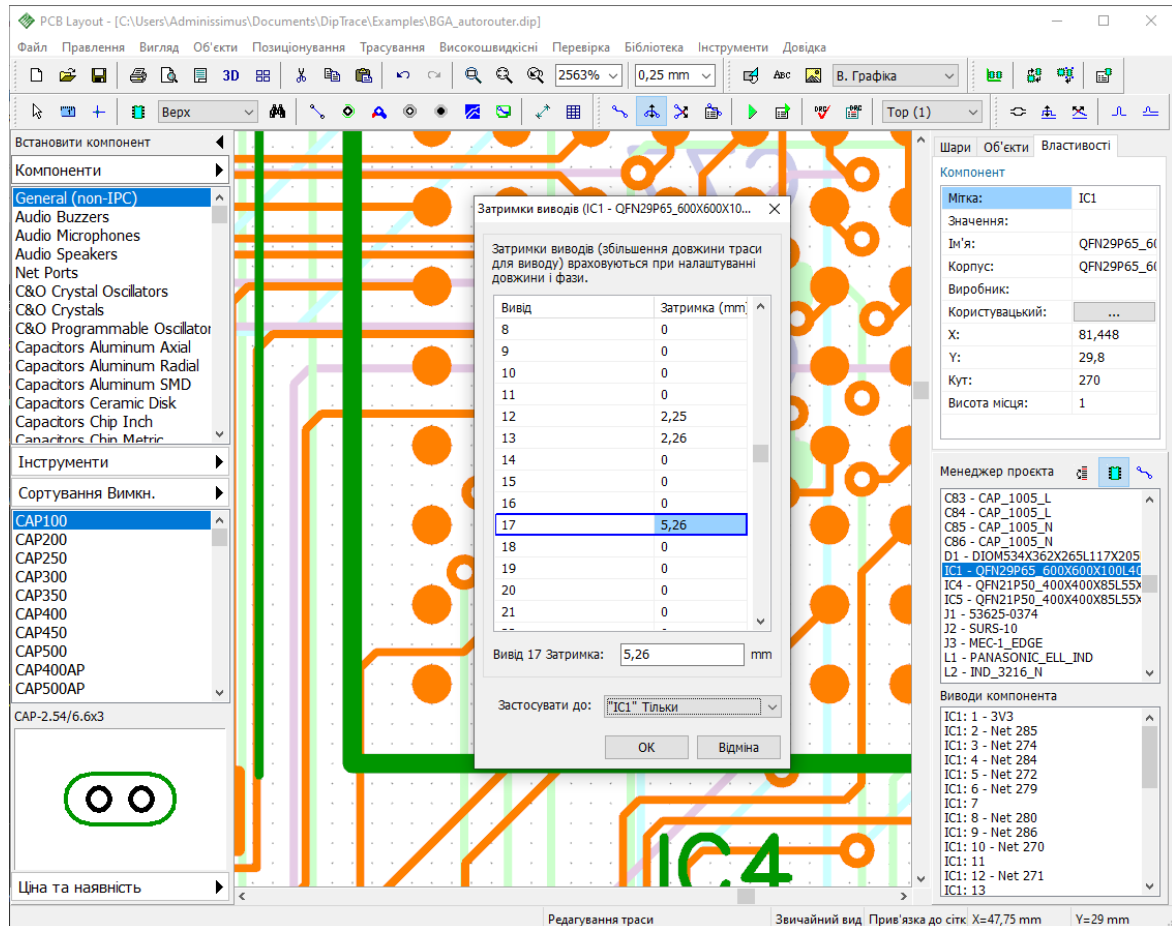
Якщо ви працюєте з мережами, що з'єднують більше двох контактних площинок, і хочете вирівняти довжину лише певної ділянки мережі (трасу між двома контактними площинками), виберіть відповідні контактні площинки зі списків, що розкриваються після вибору мережі в діалоговому вікні **"Додати мережу / Виводи"**.

5.6.2 Затримка сигналу

З'єднуючі дроти – це дроти всередині корпусу електронного компонента, які з'єднують контактні площинки з кристалом. Ці дроти викликають затримку сигналу, яку слід враховувати у високошвидкісних схемах. Цей показник, вказаний у вигляді величини в пікосекундах або у вигляді довжини, можна знайти в "даташиті" пристрою.

Значення затримки сигналу виводу враховується для налаштування фази та вирівнювання довжин трас та додається до загальної довжини трас. Ми радимо налаштовувати затримки сигналів під час проектування компонента в Редакторі компонентів DipTrace, але також можна встановити затримку сигналу в модулях Схемотехніки та Редактора плат.

Щоб встановити затримку сигналу контактної площинки в Редакторі плат, клацніть правою кнопкою миші компонент і виберіть "Затримка сигналу для виводу" з підменю або клацніть правою кнопкою миші контактну площинку та виберіть "Затримка сигналу". Виберіть вивід зі списку (якщо він досі не обраний) та введіть затримку сигналу в міліметрах, мілах або дюймах (використовуйте гарячі клавіші *Shift + U* для зміни одиниць вимірювання).



Виберіть, чи потрібно застосувати параметр затримки сигналу лише до вибраного компонента або до всіх компонентів з тим самим ім'ям на друкованій платі. Натисніть **ОК**. DipTrace покаже попереджувальне повідомлення, якщо значення затримки сигналу виводу для розрахунку довжини та фази траси не використовується, пропонуючи застосувати значення затримки сигналу виводу для розрахунку довжини траси. Натисніть **Так** у діалоговому вікні попередження.

Ви можете Увімкнути/Вимкнути обрахування затримки сигналу виводу для розрахунку довжини траси, просто перейдіть до "ВЧ Трасування/Вирівнювання довжин" в головному меню. У верхній частині спливаючого вікна натисніть кнопку та встановіть/зніміть позначку "Використовувати затримки виводів".

5.6.3 Створення диференційної пари

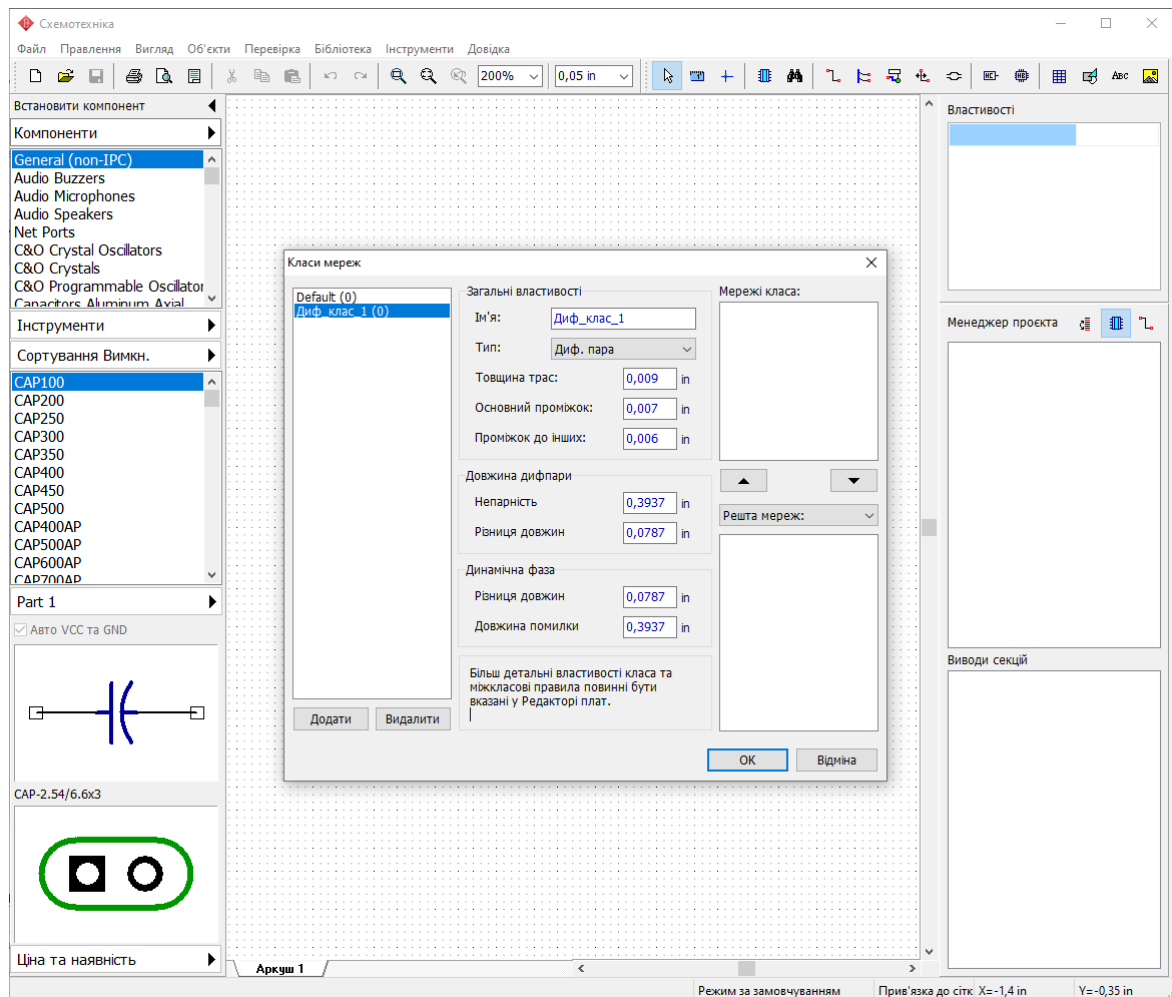
Диференційні пари – це спосіб передачі високочастотних сигналів із використанням двох пов'язаних доріжок на платі. По одній доріжці передається

сам сигнал, а по другій – його така ж за амплітудою, але протилежна за фазою копія.

Диференційні пари нечутливі до електричних завад і вони створюють менше небажаного шуму, ніж з'єднання з одним провідником. Фактично, диференційні пари – єдиний прийнятний спосіб передачі з високою швидкістю.

У Схемотехніці DipTrace виберіть пункт головного меню "Об'єкти/Класи мереж". Саме за допомогою класів мереж у DipTrace організовано роботу з диференційними парами. Диференційна пара не може існувати поза відповідним класом мереж.

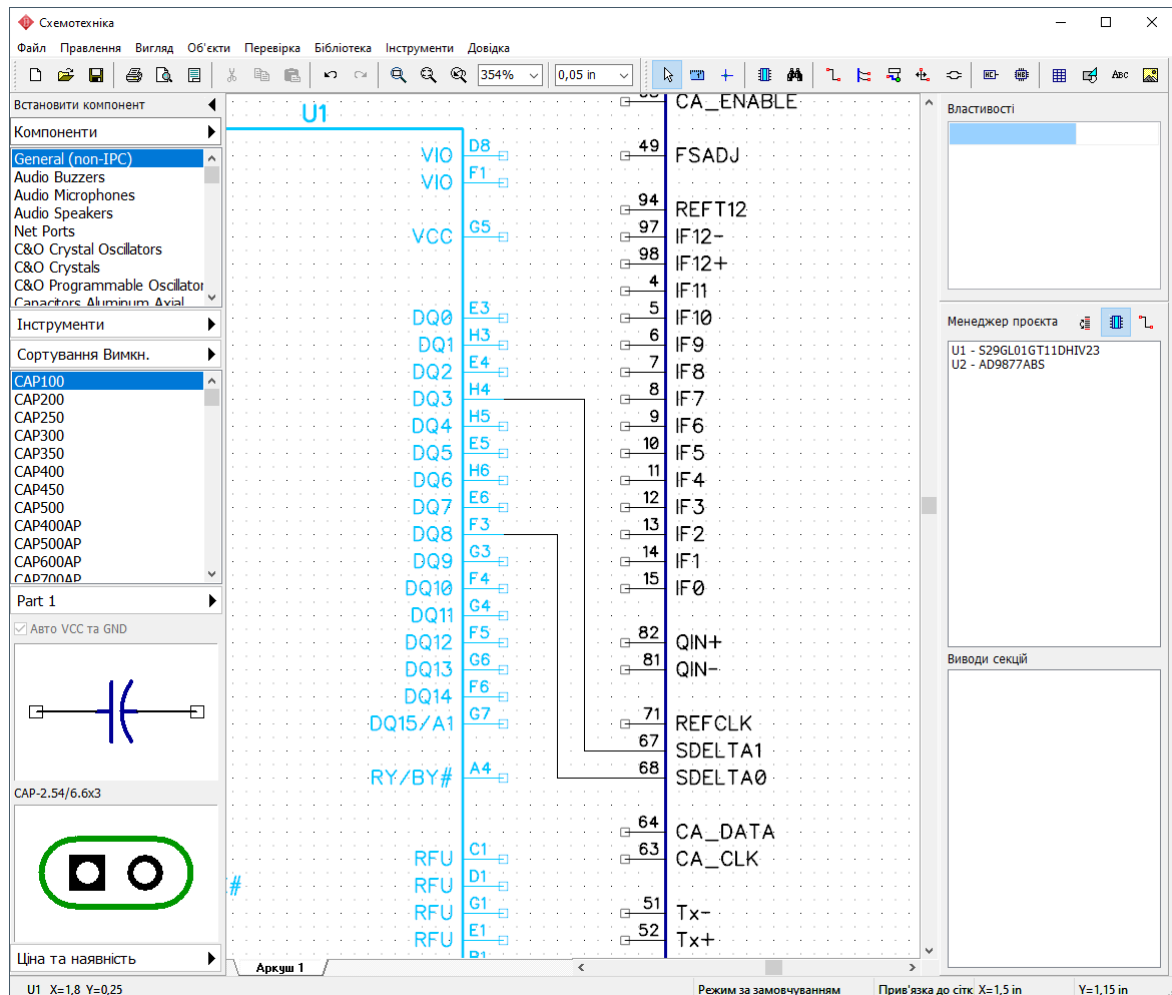
Перш ніж створити диференційну пару, необхідно додати відповідний клас. У діалоговому вікні **Класи мереж** натисніть кнопку **Додати**, введіть ім'я класу (наприклад, "Диф_клас_1") і змініть **Тип** на **Диф. пара**. Тепер можна вводити параметри майбутніх диференційних пар.



Введіть ширину доріжок (0.009 дюйма), проміжок між ними (0.007 дюйма) та проміжок, що застосовується до інших об'єктів на платі (0.006 дюйма). В інших полях залишимо параметри за замовчуванням. На даний момент клас мереж порожній, але це тому, що порожня схема.

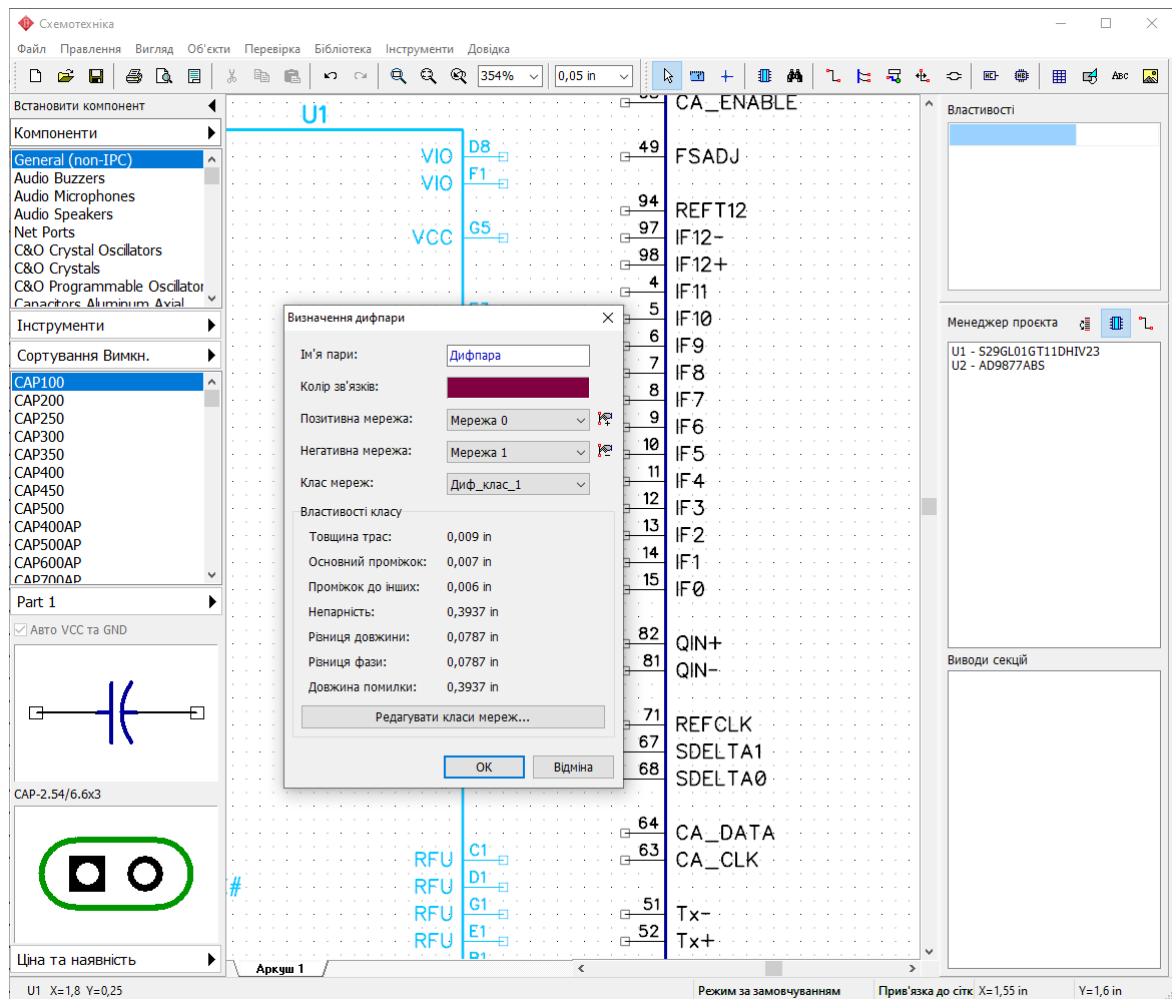
Натисніть ОК, щоб закрити діалогове вікно Класи мереж та застосувати зміни.

Тепер потрібно додати компоненти на схему. Для практики можна взяти будь-які мікросхеми. Додамо компонент S29GL01GT11DHV23 (бібліотека IC Memory Others) та AD9877ABS (бібліотека IC Data Icq AFE), оберніть останній на 180 градусів (оберіть компонент і двічі натисніть клавішу *Пробіл*). Створіть дві мережі, щ згодом стануть диференційною парою. Наприклад, ми створили Мережу 0, яка з'єднає вивід H4 з виводом №67, та Мережу 1, яка з'єднає F3 з виводом №68.

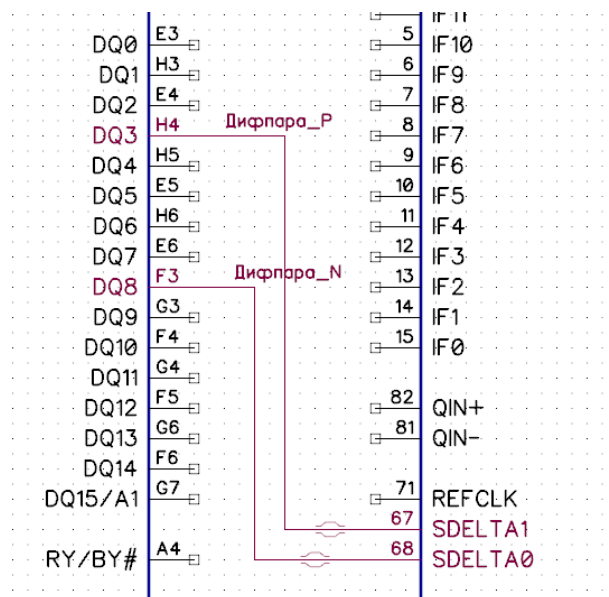


Тепер натисніть  або оберіть "Об'єкти / ВЧ трасування / Визначити диференційну пару" з головного меню. У діалоговому вікні вкажіть позитивну і негативну мережу диференційної пари. Наприклад, вкажемо **Мережа 0** у полі **Позитивна мережа** та **Мережа 1** у полі **Негативна мережа**. Ви можете просто натиснути на кнопки  або  , щб вибрати потрібні мережі або виводи в області побудови візуально.

Оскільки у нас лише один клас мереж **Диф. пара**, програма автоматично визначила вибрані мережі в цей клас. Параметри класу мереж відображаються у вікні **Визначення диференційних пар**. Якщо потрібно змінити параметри класу, натисніть **Редагувати класи мереж**.



Натисніть кнопку **ОК**. Мережа 0 і Мережа 1 тепер стали диференційною парою, програма перейменувала їх у Дифпара_P і Дифпара_N і позначила спеціальним символом в області побудови. При наведенні миші на одну з мереж пари, друга мережа теж підсвічується. Можете показати імена мереж в області побудови, клацнувши правою кнопкою по кожній мережі та вибравши пункт **Показати ім'я**.



Перейдемо до Редактора плат PCB Layout і продовжимо вчитися налаштовувати, трасувати та перевіряти диференційні пари.

5.6.4 Трасування та редагування диференційних пар

Вбудований автотрасувальник не підтримує диференційні пари. Їх можна трасувати або вручну, або у зовнішніх автотрасувальниках.

Виберіть "Файл/Перетворити на плату" в головному меню **Схемотехніки**, використовуйте правила схемотехніки. У Редакторі плат посуньте компоненти трохи ближче один до одного. На платі, як і Схемотехніці, диференційні пари помічаються спеціальною позначкою. Розгорніть компонент U2, виберіть його і натисніть **R**.

Все майже готове до трасування, перевіримо лише параметри диференційних пар. Частина з них вже було вказано у Схемотехніці. Натисніть "Трасування / Класи мереж" та виберіть клас Диф_клас_1.

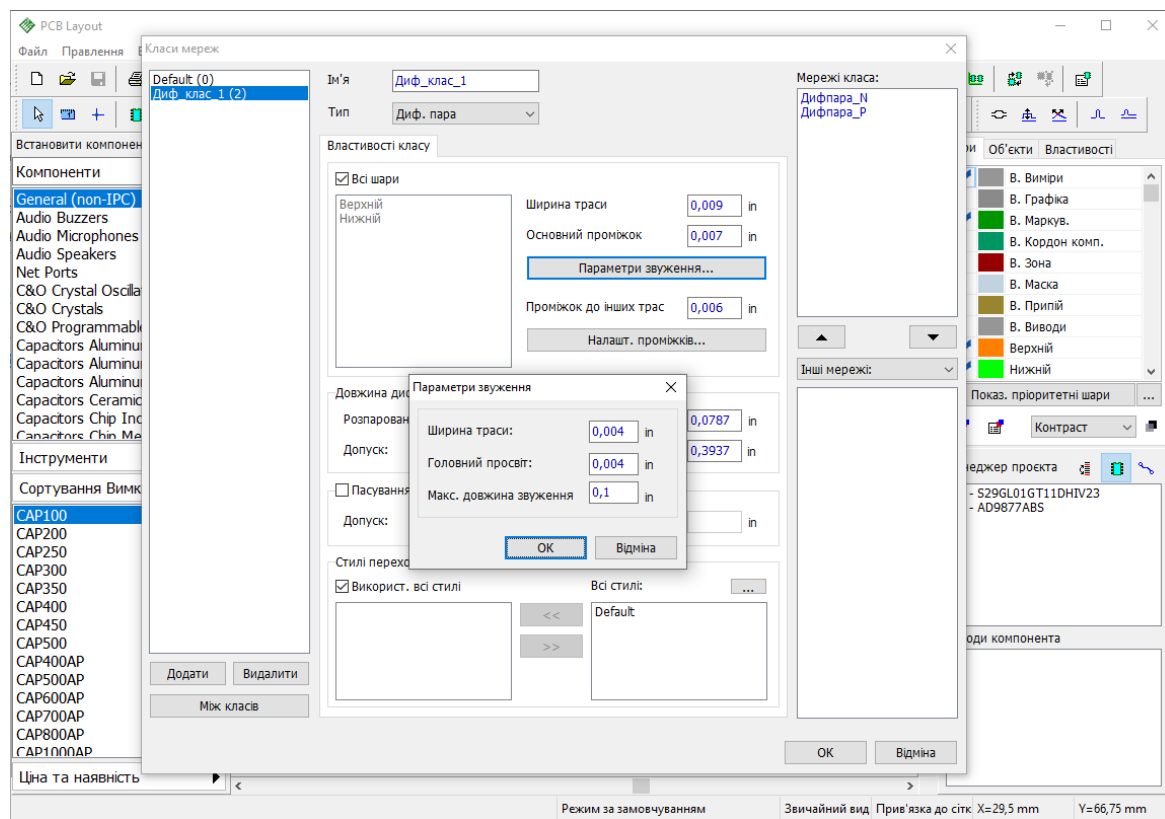
Параметри трасування диференційних пар

Параметри класу диференційних мереж застосовуються не тільки під час трасування диференційної пари, але й під час перевірки трасування DRC. Потрібно вказати Непарність (максимально дозволена довжина непарних ділянок), Різниця довжини між двома доріжками, Різниця довжини по динамічній фазі (відмінності по довжині між двома пов'язаними сегментами доріжок) та Довжину помилки по динамічній фазі (програма повідомлятиме про фазовий зсув тільки якщо він відбувається за межею цього значення).

Введімо дані: 0.04 дюйми в полі **Різниця довжини** по динамічній фазі і 0.03 дюйми в полі **Довжина помилки**, інші значення залишимо без змін.

Оскільки у нас є компоненти з маленьким проміжком між контактними майданчиками (BGA), то доріжки з шириною і проміжком 0.009 дюйма між виводами не прокладуться. У програмі можна налаштувати параметри

звуження, що будуть використані на доріжках диференційної пари в потрібних місцях. Щоб встановити їх, натисніть кнопку **Параметри звуження**.



У цьому діалоговому вікні вкажемо ширину траси та проміжок 0.004 дюйма та 0.1 дюйма – припустима довжина звуження (це означає, що DRC вважатиме помилкою ситуацію, коли звуження доріжок відбувається на довжині більше 0.1 дюйма). Натисніть **ОК**, щоб застосувати параметри звуження, а потім натисніть **ОК**, щоб застосувати нові параметри класу мереж.

Створімо ще одну диференційну пару прямо на платі. Спочатку додайте пару мереж за допомогою інструмента . Наприклад, як на зображенні нижче.

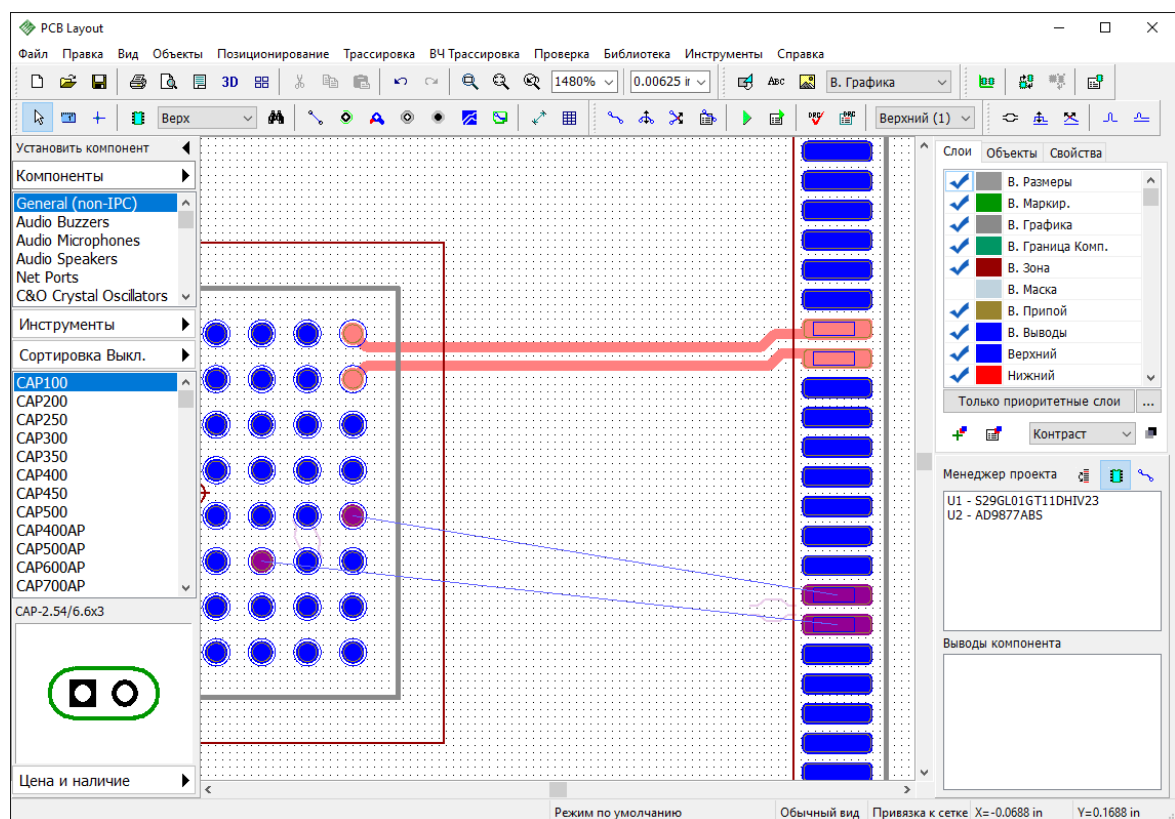


Тепер скористайтесь діалоговим вікном **Визначення диференційних пар**

(кнопка ). Це діалогове вікно подібне до відповідного у Схемотехніці. Виберіть позитивну та негативну мережу, змініть колір для зручності (ми обрали червоний) та застосуйте до нової пари клас мереж **Диф_клас_1**. Натисніть **ОК**, щоб створити пару.

Тепер натисніть  і клацніть лівою кнопкою на одній із КП другої диференційної пари – дві доріжки почнуть з'являтися одночасно. Трасування диференційних пар не відрізняється від трасування поодиначних мереж. Сині лінії з'єднань показують напрям трасування мережі. Трасуйте доріжки від компонента U1 до компонента U2, клацніть лівою кнопкою по цільовій контактній площинці U2, щоб закінчити трасування. Друга доріжка пари автоматично підключиться до відповідного виводу. На панелі **Трасування** або за допомогою меню, яке з'являється при натисканні правою кнопкою під час трасування диференційної пари можна на ходу змінювати шар трасування, режим, поточний сегмент доріжок та інші параметри.

Щоб змінити провідну доріжку пари, клацніть правою кнопкою під час трасування та виберіть **Поміняти провідну трасу** з підменю.

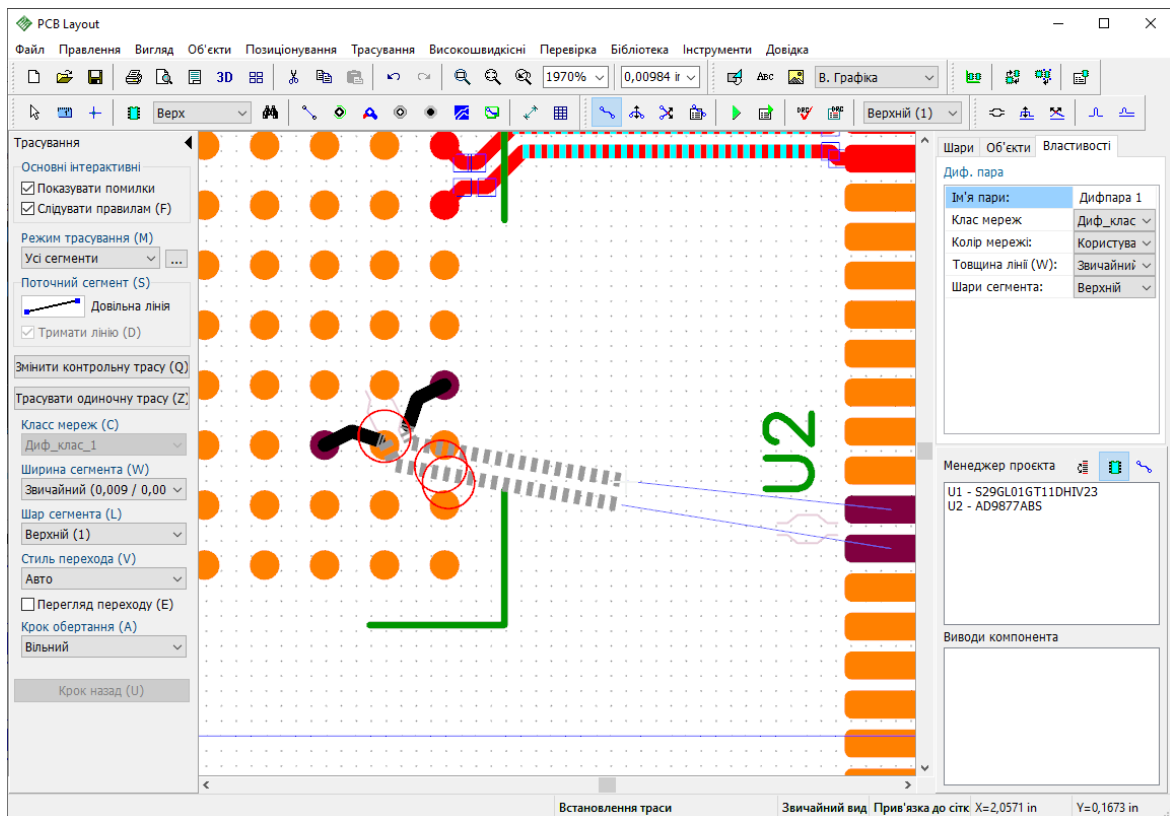


Режим поодиначного трасування диференційної пари

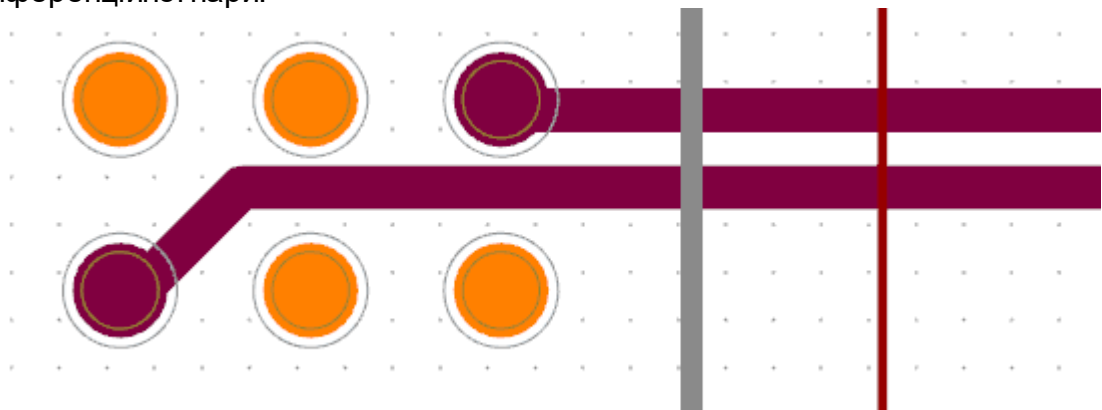
На практиці найчастіше зустрічаються ситуації набагато складніше, ніж змодельована вище, тому дуже часто доріжки пари доводиться трасувати по одній.

Натисніть на панелі Трасування або виберіть "Трасування / Ручне трасування / Додати трасу" у головному меню. На панелі **Трасування** змініть **Поточний сегмент** на **Довільна лінія** (або двічі натисніть S) та почніть трасувати першу диференціальну пару від компонента U2 до U1. Практично відразу ви помітите, що диференціальна пара між висновками U1 ніяк не пройде, а значить час застосувати звуження, яке було налаштовано раніше в налаштуваннях класів

мереж. Наближаючись до компонента U1, клацніть правою кнопкою та виберіть **Сегмент звуження** з підменю. Тепер клацніть лівою кнопкою ще ближче до U1, щоб створити маленький звужений сегмент доріжок (трасовані доріжки підсвічені кольором шару, а не чорним). Тепер доріжки зможуть пройти між виводами BGA, але завершити трасування пари поки що не вдається (наведіть курсор на КП пари і ви побачите, що трасування, яке пропонує програма, зовсім не підходить).



А ось трасувати доріжки по одній, напевно, вдасться. Клацніть правою кнопкою та виберіть **Вести одну трасу** в підменю або натисніть клавішу Z, потім на панелі **Трасування** змініть поточний сегмент на звичайні лінії з кутом 45 градусів (або скористайтесь клавішею S) і клацніть лівою кнопкою по цільовому виводу. DipTrace автоматично переключиться на наступну доріжку пари. Клацніть по другій контактній площинці, щоб завершити трасування диференційної пари.



Щоб змінити доріжку, яку трасуєте, клацніть правою кнопкою під час трасування і виберіть **Поміняти провідну трасу** з підменю.

Контроль довжин трас

Контроль за точною довжиною трас дуже важливий під час трасування високошвидкісних з'єднань. Клацніть правою кнопкою на будь-якій доріжці диференційної пари та виберіть **Показати довжину трас**. Довжина трас відображатиметься в районі КП диференційної пари та автоматично перераховуватиметься під час редагування. Щоб приховати довжину траси, знову виберіть той самий пункт із підменю траси. У нашому випадку довжина трас прихована, щоб проєкт залишався незахащеним.

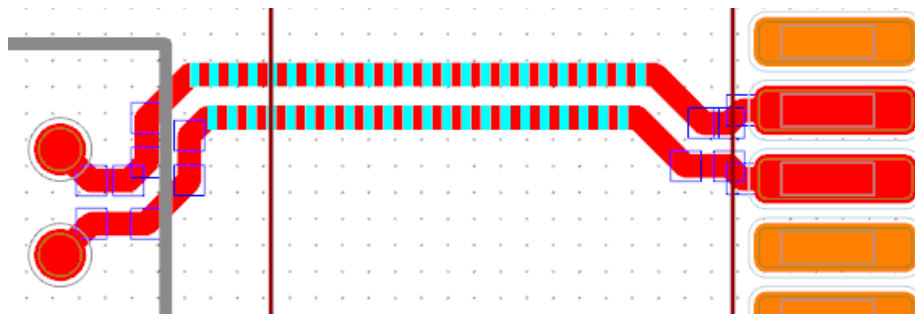
Редагування диференційних пар

Просто клацніть правою кнопкою по дифф. парі та виберіть дію з підменю. Доріжки пари або окремі сегменти можна детрасувати, змінити колір, шар доріжок та сегментів, конвертувати дифф. пару назад у звичайні доріжки тощо.

Існує два базові режими редагування доріжок диференційної пари: звичайний режим і режим редагування трас пари по одній. Кожен із цих режимів може бути

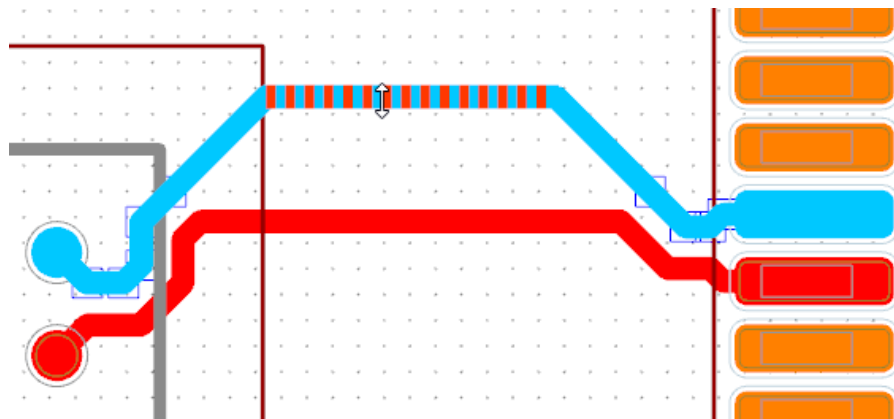
довільним або з обмеженнями. Наприклад, натисніть  на Панелі трасування та дещо перетягніть доріжки пари. Ви побачите, що дві траси переміщуються одночасно і при цьому дотримується зазор між ними та парність.

Можете перейти в режим довільного редагування (натисніть ) , але він також застосовується до зв'язки двох трас.



Режим роздільного редагування дає такі самі можливості, як і редагування традиційних трас: він також може бути довільним, але застосовується до окремих трас диференційної пари.

Натисніть  на Панелі **ВЧ трасування** та перемістіть одну з трас пари далі від іншої, утворивши непарні ділянки.



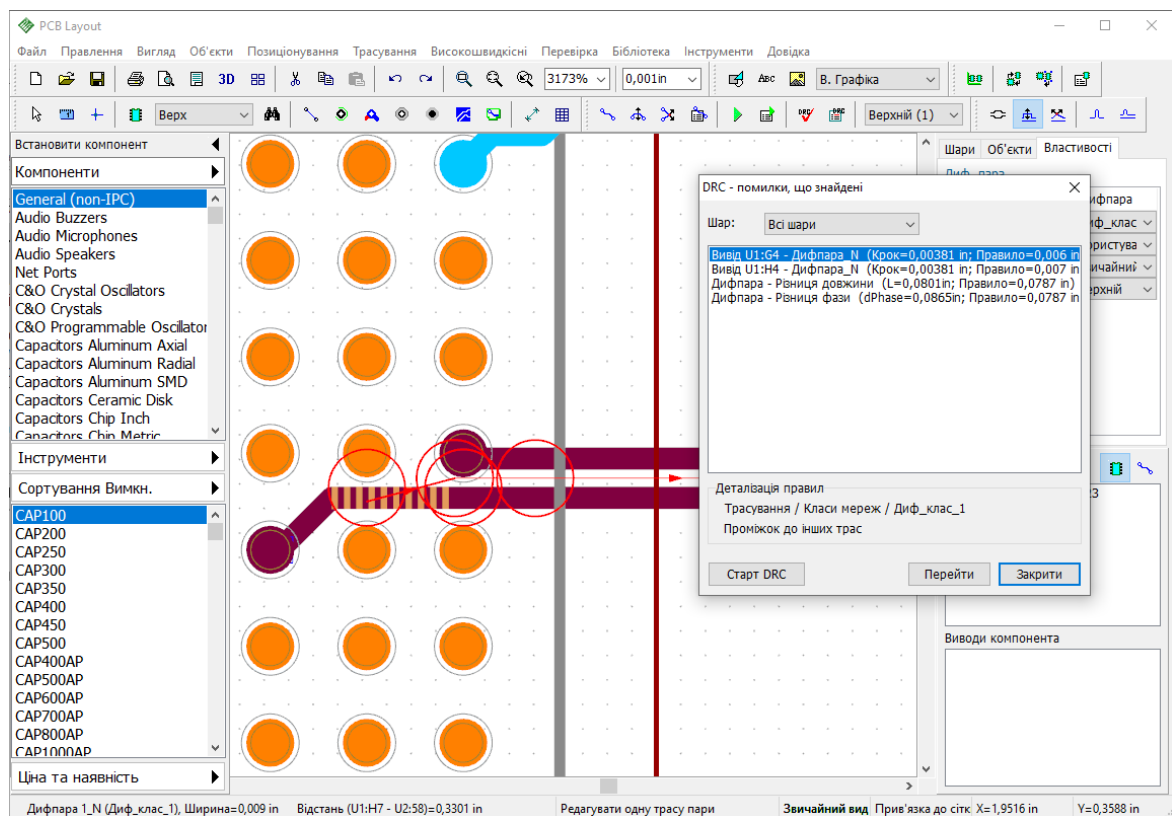
Режим **Довільного редагування однієї траси** викликається кнопкою  на Панелі ВЧ трасування.

Можете попрактикуватися, змінюючи шар доріжок і виконуючи будь-які дії, але після цього обов'язково усуньте зміни, адже ми продовжимо роботу з цими диференціальними парами в наступному розділі посібника.

5.6.5 Перевірка та підлаштування фаз

У нашому випадку Real-time DRC вимкнена і помилок в області побудови ми не бачимо, хоча вони, швидше за все, є. Увімкнемо перевірку в реальному часі, так нам буде легше робити необхідні виправлення, а потім запустимо DRC у звичайному режимі, адже зручніше мати список помилок з детальною інформацією про кожну з них.

DRC перевіряє проєкт на відповідність допусків за розмірами та проміжками, встановленими у вікні "Перевірка/Параметри перевірки помилок", а диференційні пари перевіряються виходячи з параметрів відповідного класу мереж. У нашому випадку перевірка видає помилки, пов'язані з диференційною парою. У списку помилок ви бачите не тільки поточне та значення, яке має бути але й інформацію, у якому діалозі програми це правило встановлено (розділ Опис правил).

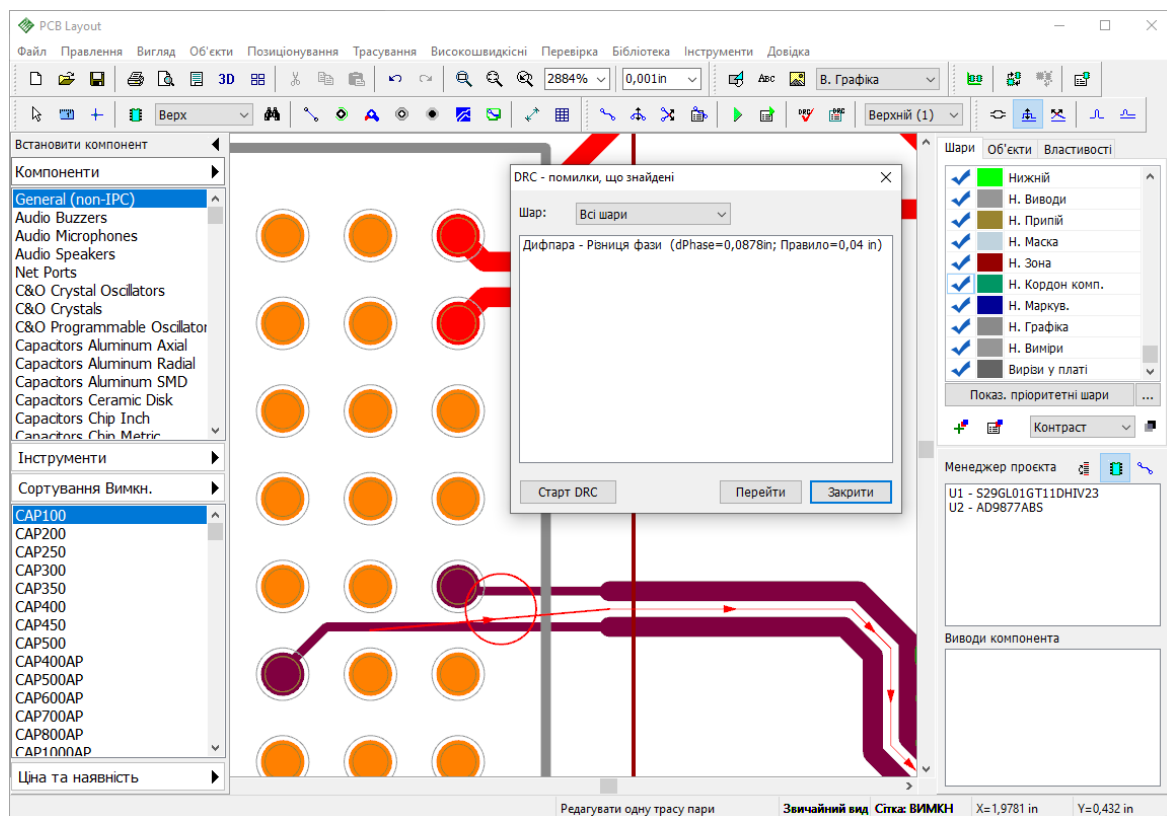


Перемістіть вікно помилок, щоб воно не прикривало область побудови. Спершу скоротимо сегмент звужених доріжок, щоб вкластися в 0.1 дюйми, які були

вказані в параметрах класу мереж. Натисніть  на Панелі трасування, потім наведіть курсор на місце, де починається звуження трас, поки курсор не перетвориться на подвійну стрілку перпендикулярну до доріжок. Тепер перетягніть

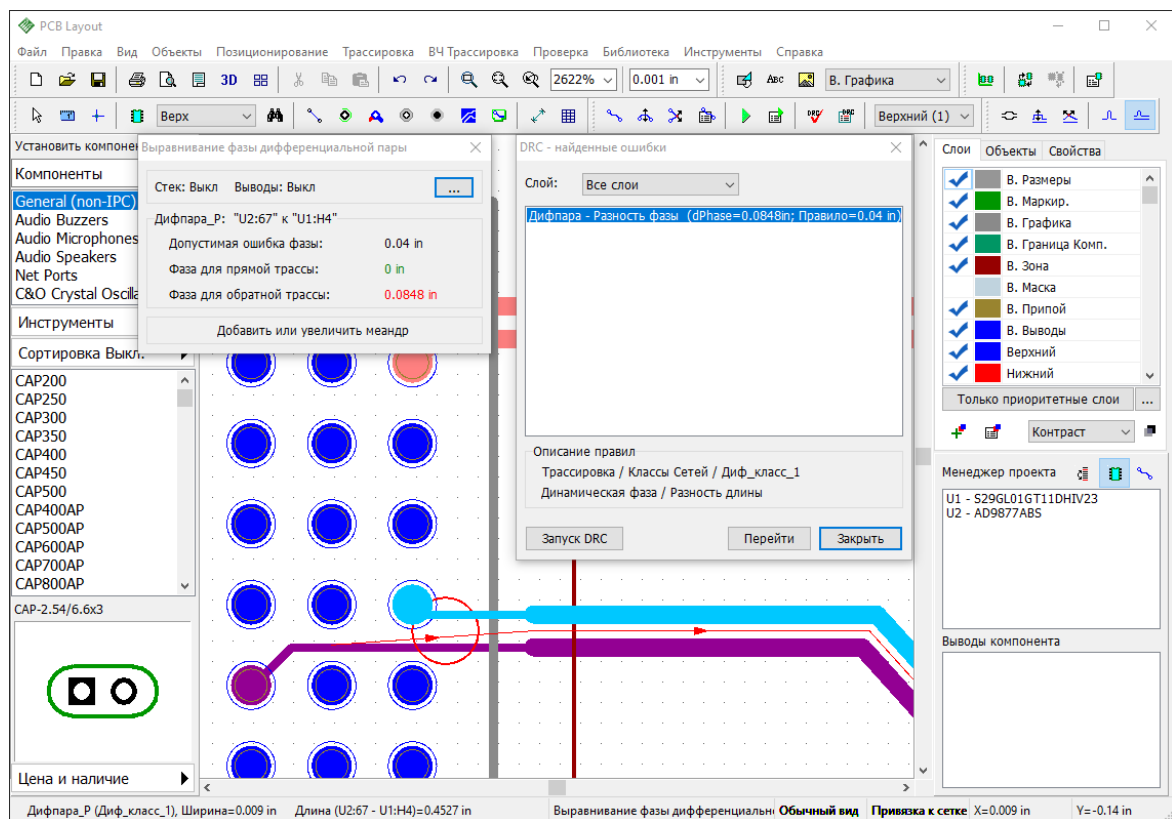
місце звуження трохи ближче до виводів U1. Перевірка в реальному часі допоможе не підводити доріжки надто близько до КП. Якщо не вдається скоротити довжину обох сегментів, можна скористатися режимом редагування

поодиначних доріжок (кнопка  на Панелі ВЧ трасування).

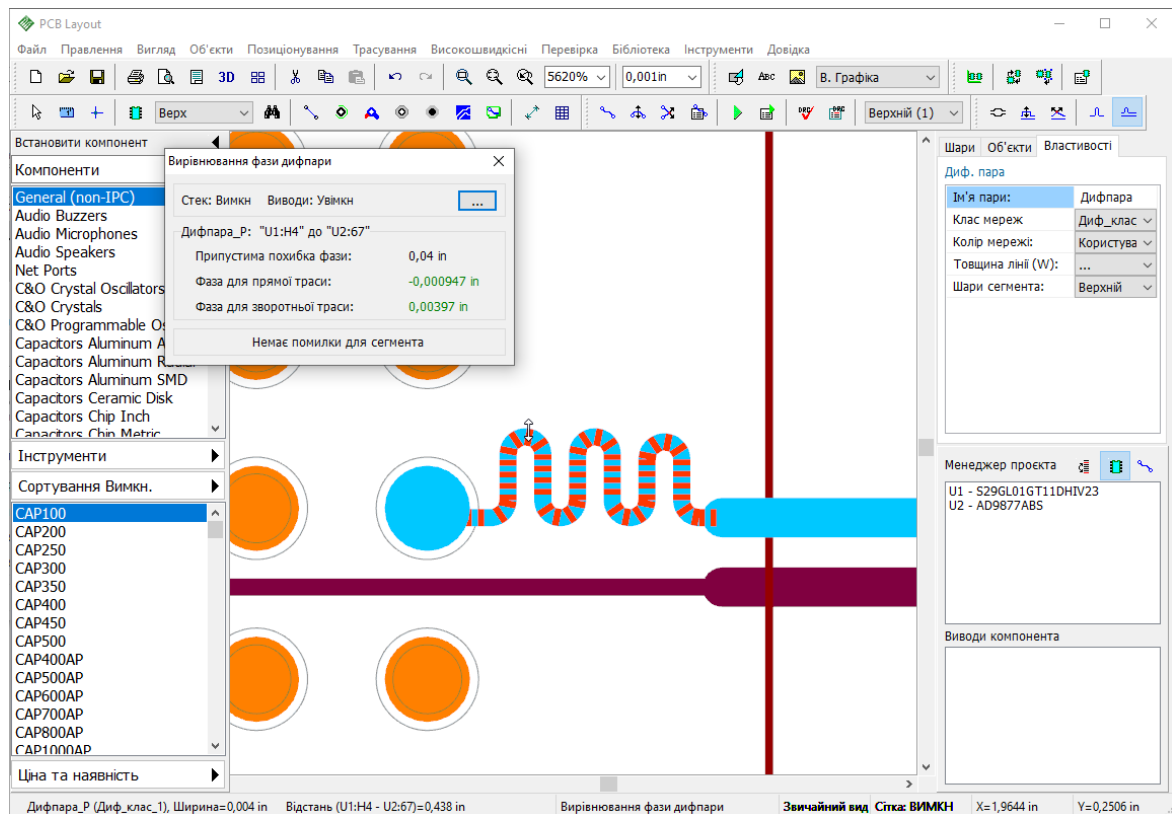


Опис помилки вказує на те, що між доріжками диференційної пари занадто велика різниця по довжині. Причиною цієї помилки став зсув фаз на досить довгій ділянці (більше, ніж значення **Довжина помилки динамічної фази** в діалоговому вікні **Класи мереж**). Зробимо більш коротку доріжку трохи довшою, оскільки наша диференціальна пара досить прямолінійна, можливо, нам вдасться виправити помилку, використовуючи інструмент **Вирівнювання фази**.

Натисніть  на Панелі ВЧ трасування або виберіть "ВЧ трасування/ Інструменти диференційних пар/ Вирівнювання фази" з головного меню. Діалогове вікно, що з'явилося, допомагає визначити, на якому саме сегменті відбувається зсув фаз сигналів, для цього просто наводьте курсор миші на різні сегменти доріжки і дивіться на значення в полях **Припустима помилка фази** у вікні інструмента **Вирівнювання фази диференційної пари**. Наведіть курсор на нижню доріжку – значення зеленого кольору, крім значення "Фаза для зворотної траси" і програма пропонує збільшити довжину протилежної траси, тепер наведіть курсор на верхню доріжку – значення зсуву фази підсвічено червоним і програма пропонує додати або збільшити меандр.



У нашому випадку сигнал по верхній доріжці значно обганяє сигнал по нижній. Клацніть лівою кнопкою миші по верхній доріжці, щоб створити меандр, який подовжить трасу. Не розташовуйте меандр надто близько до компонента U1 і не робіть його надто великим. Необхідно подовжити доріжку рівно на стільки, скільки потрібно для виправлення помилки.



Натисніть кнопку **Запустити DRC**, щоб перевірити проєкт ще раз і переконатися, що всі помилки виправлено.

Якщо ви наводите вказівник миші на сегмент траси і виявляєте, що зсув фаз для зворотної траси досі є, але DipTrace не повідомляє про це як про помилку при запуску DRC, це означає, що зсув відбувається на сегменті коротше, ніж значення параметра **Довжина помилки динамічної фази** в діалоговому вікні **Класи мереж**, отже перебуває у межах, які не порушують роботу майбутнього пристрою. Тепер можна закрити діалогові вікна **Вирівнювання фаз** та **Помилки DRC** і перейти в режим за замовчуванням.

Ви можете змінити розмір меандру пізніше в будь-який час, просто натисніть кнопку  на панелі інструментів Трасування та відредагуйте меандр.

Зверніть увагу, що DipTrace може розрахувати фазовий зсув з урахуванням стосу шарів (висоти міжшарових переходів) та довжини з'єднувальних проводів усередині компонента (затримкою сигналу, що визначається).

За замовчуванням DipTrace не враховує ці значення. Якщо ви хочете їх враховувати, натисніть кнопку  в діалоговому вікні "Вирівнювання фази диференціальної пари" і позначте відповідні елементи у діалоговому вікні. Однак, у нашому випадку це не суттєво, бо в поточному проєкті немає диференціальних пар, які перебували б у різних шарах.

5.6.6 Менеджер диференційних пар

Якщо ви працюєте з великими проектами, з безліччю високочастотних з'єднань, виникає потреба в інструменті, який допоміг би організувати роботу з диференційними парами. Менеджер диференційних пар – це діалогове вікно, яке дає можливість редагувати, створювати та видаляти диференційні пари найшвидшим та зручнішим способом. Виберіть "ВЧ трасування/Менеджер диференційних пар" у головному меню.

У діалоговому вікні доступні всі диференціальні пари проекту. Використовуючи поле **Клас мереж**, можна відобразити тільки диференційні пари певного класу або ж вибрати варіант Усі класи, щоб побачити всі диференційні пари проекту у списку нижче. Однак, у нашому проекті лише дві диференціальні пари, що належать до одного класу мереж, тому не суттєво який варіант обраний.

Щоб створити нову диференційну пару, натисніть кнопку **Додати**.

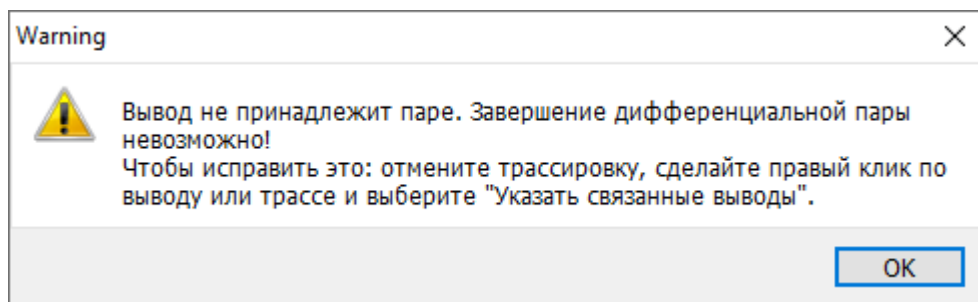
Для зміни параметрів диференційної пари достатньо вибрати її зі списку, після чого можна її редагувати. Можна змінити ім'я та колір пари, режим трасування, перепризначити мережі пари та змінити клас мереж. Нижче відображаються параметри класу (правила трасування) та поточні параметри трасованої диференційної пари. Червоним підсвічуються порушення в допусках. У нашому

випадку зсув фази в обраній диференційній парі перевищує припустиме значення, але це не вважається помилкою, якщо немає порушення заданої довжини помилки динамічної фази.

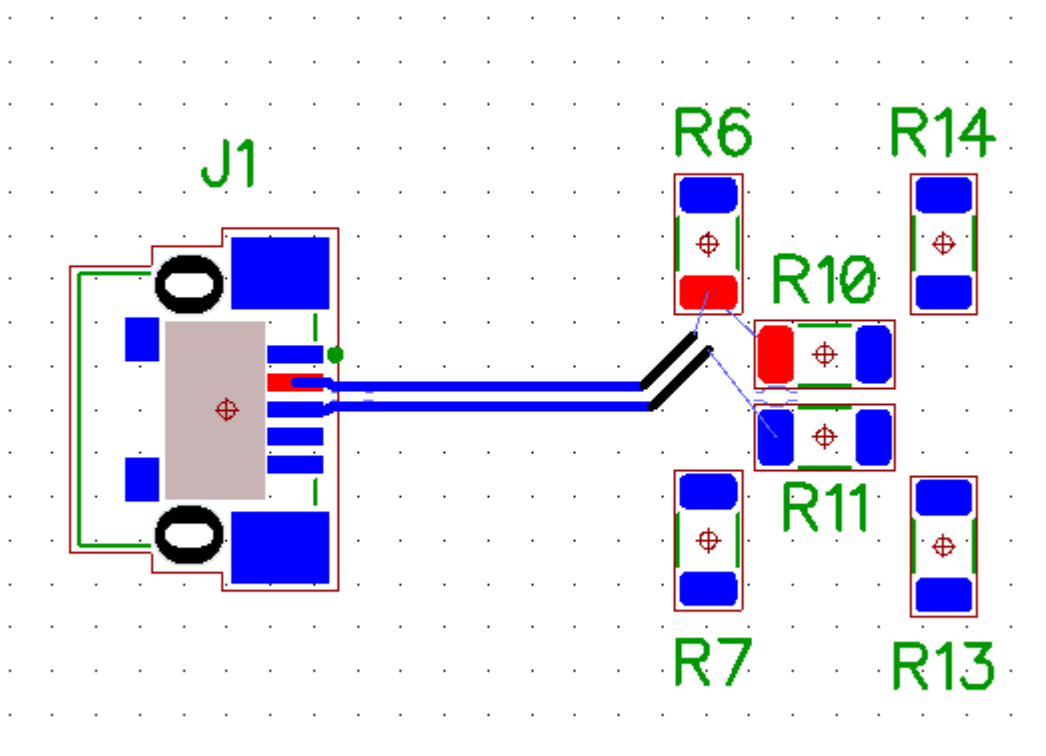
Натисніть **Редагувати класи мереж**, якщо потрібно змінити параметри класів мереж.

5.6.7 Зв'язані виводи диференційної пари

У дуже рідкісних випадках на високочастотних платах з великою щільністю компонентів програма може мати труднощі зі знаходженням кінцевих КП і не зможе завершити трасування диференційної пари. У цьому випадку видається повідомлення, яке пропонує скористатися функцією призначення пов'язаних виводів.

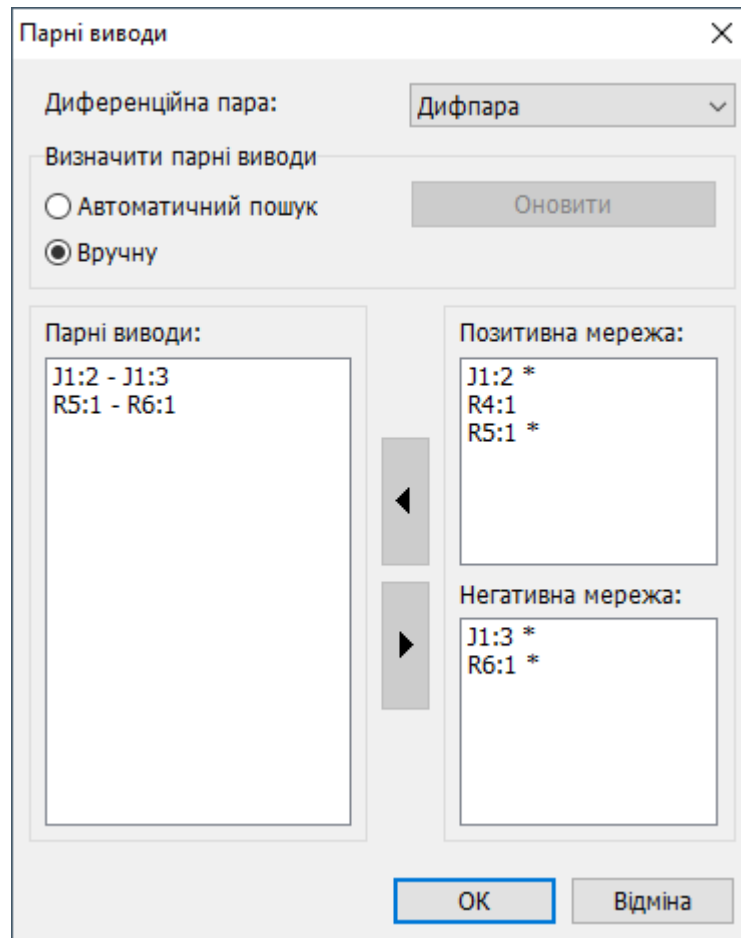


Ось приклад такої ситуації. КП R6 та R10 належать до негативної мережі пари, а виводи R11 та R7 – до позитивної. У цьому випадку програма може намагатися завершити трасування другої доріжки на виводі R7 замість R11 або видаватиме лише повідомлення про помилку.

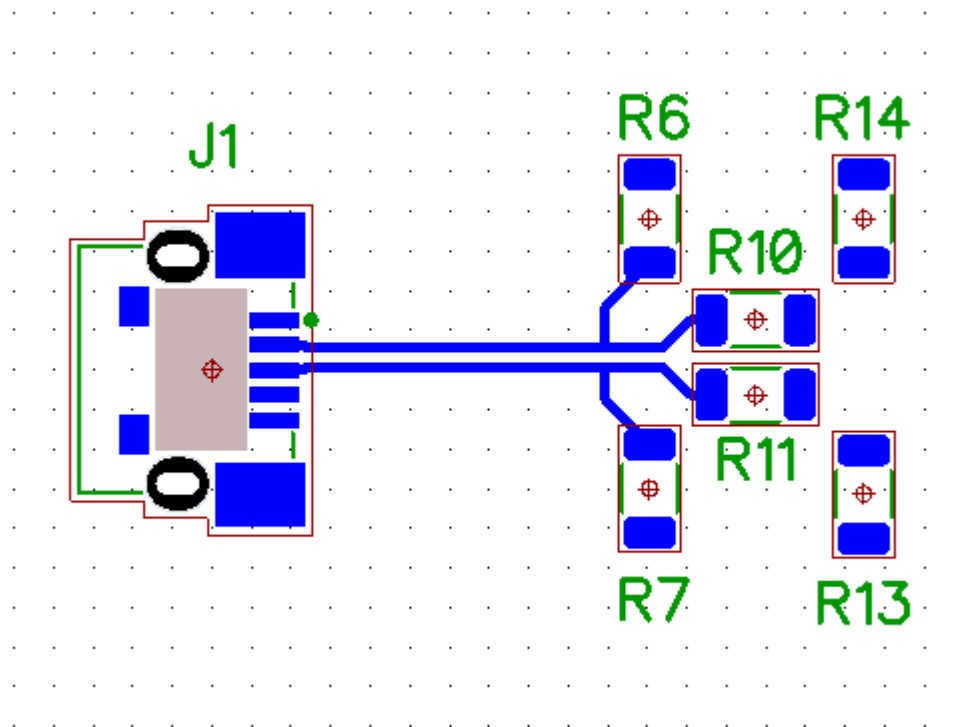


Щоб усунути помилку, необхідно вказати зв'язані виводи. Виберіть "ВЧ трасування/ Визначити спаровані пади" з головного меню. З'явиться діалогове вікно, де в полі **Диференційна пара** потрібно вибрати пару, з якою виникла проблема. Далі натисніть **Оновити** та програма спробує знайти виводи автоматично. Якщо результату не буде, виберіть опцію **Вручну**, щоб самостійно визначити зв'язані виводи, використовуючи поля нижче.

У нашому випадку у списку є лише одна пара виводів з боку гнізда J1 (J1:2 та J1:3). Виберіть R10:2 у списку **Позитивна мережа** та R11:2 у списку **Негативна мережа**, оскільки ми хочемо, щоб диференційна пара була трасована саме до цих виводів. Натисніть стрілку між списками, щоб додати вибрані контактні площинки до списку **Парні виводи**, а потім натисніть **ОК**, щоб застосувати зміни.



Наразі диференційна пара легко трасується, адже програма чітко розуміє, на яких виводах їй необхідно завершити доріжки. Після трасування доріжок до R10 та R11, приєднайте резистори R6 та R7.



5.7 Оновлення плати зі схеми

Іноді необхідно внести значні зміни до вже готового проєкту, наприклад, додати новий компонент або мережу. Радимо завжди починати вносити зміни до схеми проєкту, а не до його плати. Але зміни у схемотехніці не застосовуються автоматично в Редакторі плат, для цього потрібно запускати функцію **"Оновити структуру із схеми"**.

Якщо ви внесли зміни до схеми проєкту та хочете, щоб ці зміни з'явилися на платі, виберіть **"Файл / Оновити структуру зі схеми"** у головному меню Редактора плат PCB Layout, а потім виберіть один із доступних режимів:

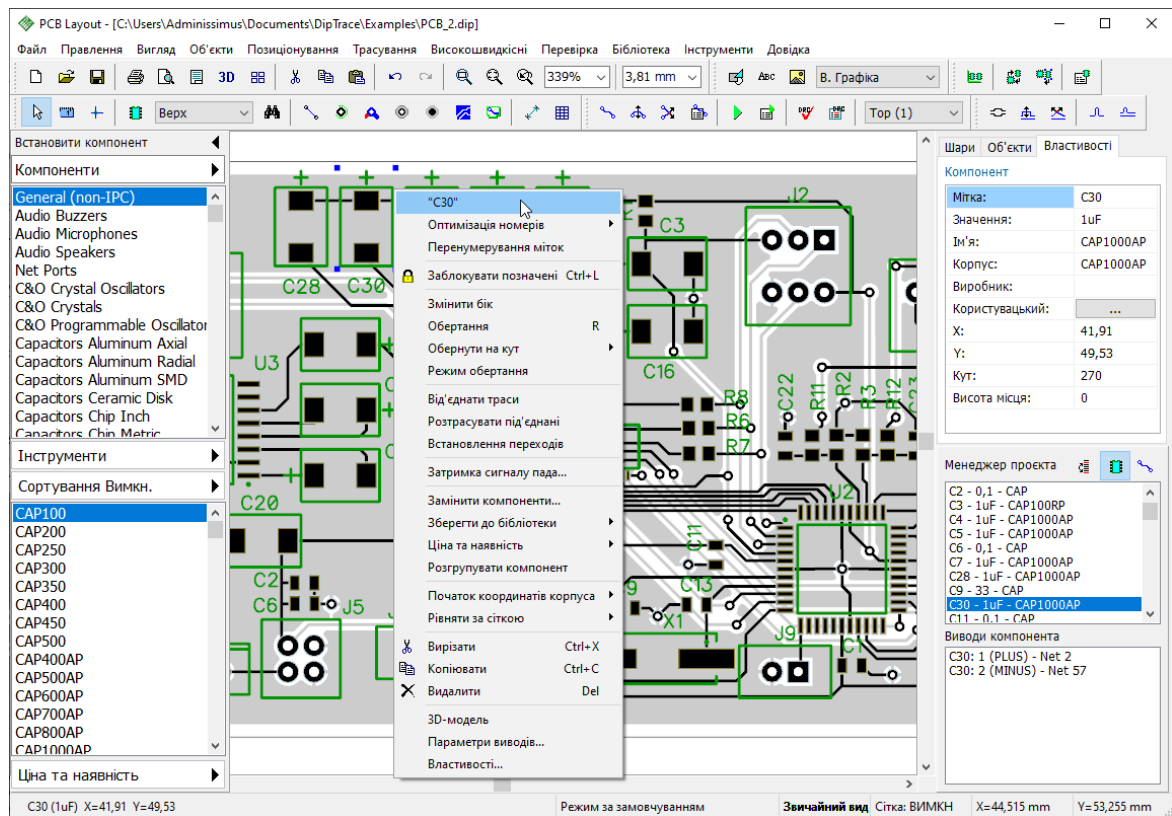
- 1) **За компонентами.** При використанні цього варіанта зв'язок між символами та корпусами проєкту обчислюється за прихованими ідентифікаторами. Цей режим доречний, якщо вихідна схема була розроблена у Схемотехніці DipTrace. Оновлення компонентів не залежатиме від міток компонентів, отже, мітки одних і тих же компонентів у Схемотехніці та Редакторі плат можуть не збігатися.
- 2) **За мітками.** У цьому випадку програма співвідносить символ та корпус виключно за мітками. За такого оновлення дуже важливо, щоб символи та прив'язані до них корпуси мали однакову мітку.
- 3) **Вихідна схема.** Це те саме, що й оновлення за компонентами, але не потрібно щоразу вибирати файл схемотехніки, адже використовується файл вихідної схемотехніки. Змінити поточний файл вихідної схемотехніки можна, вибравши **"Файл/Інформація про плату"** з головного меню.

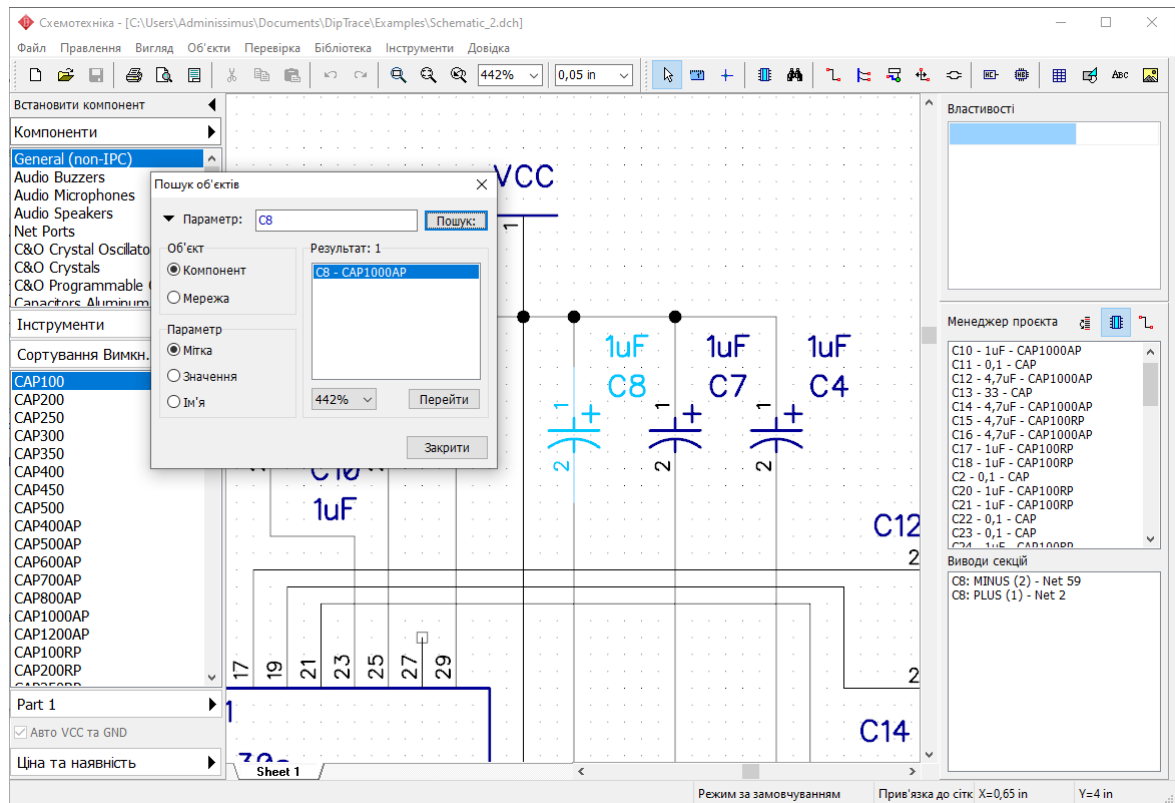
Виберіть файл схеми та натисніть **Відкрити**. Програма збереже трасування та розташування компонентів на платі, що оновлюється, а нові компоненти з'являться поруч із кордонами плати.

5.8 Зворотнє перейменування

За допомогою зворотного перейменування можна оновити схему з плати, тобто автоматично передати зміни, внесені на платі, у схемотехніку проєкту. Зворотнє перейменування DipTrace має обмежений функціонал (на відміну від [Оновлення плати зі схеми](#)^[249]), тому користуватися цією функцією слід вкрай уважно.

Запустіть Редактор плат PCB Layout та відкрийте файл PCB_2.dip з папки "Документи/DipTrace/Examples". Скористайтеся панеллю Менеджера проєкту, щоб знайти конденсатори C8 та C10. Змініть їхні мітки корпусів на C28 і C30: клацніть по компоненту в списку правою кнопкою миші та виберіть перший пункт з підменю. Після зміни міток виберіть "Файл/Зберегти як" з головного меню та збережіть цю плату під іншим ім'ям, наприклад, "PCB_2_ver1".



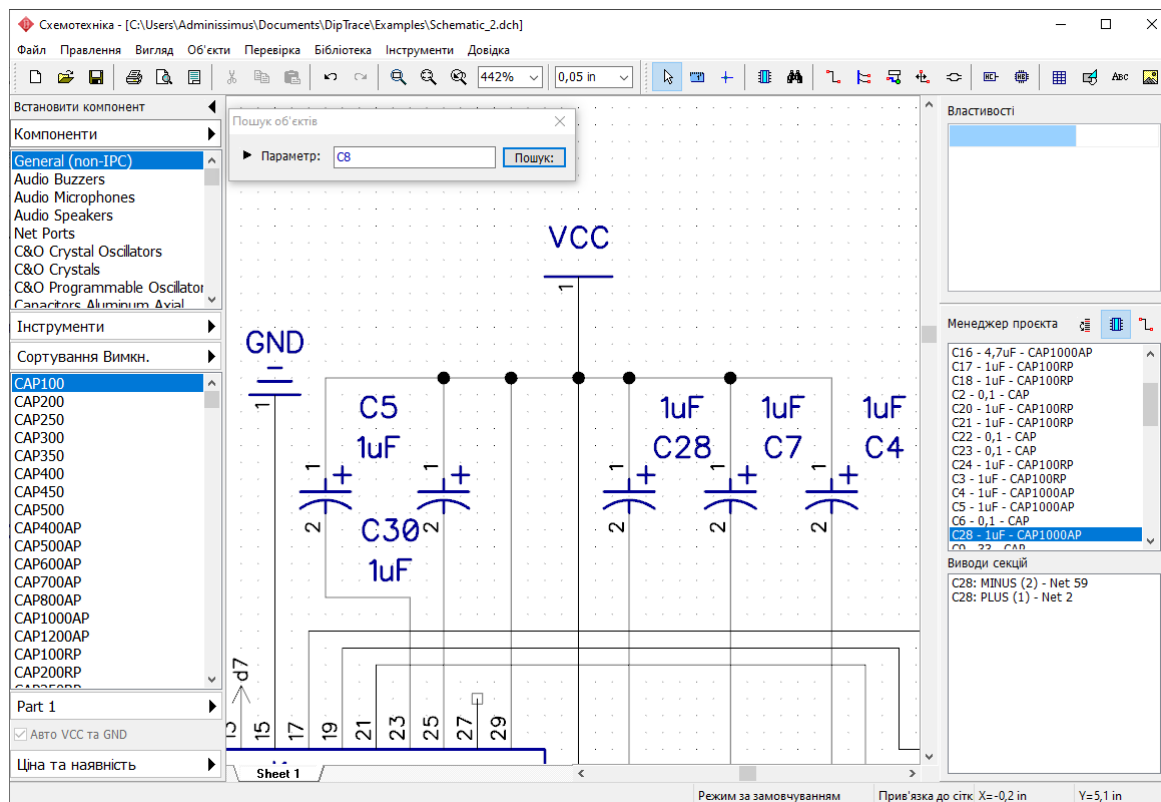


Для зручності можна згорнути панель **Пошук об'єктів**, натиснувши на стрілку у верхньому лівому куті, щоби не викликати її надалі.

Наблизьте область побудови, щб краще бачити компоненти C8 та C10. Плата PCB_2 пов'язана зі схемою Schematic_2, але, як ви пам'ятаєте, ми змінили позначки компонентів C8 і C10 прямо на платі. Мітки відповідних компонентів на схемі можна змінити вручну, або скористатись функцією **Зворотнє перейменування**.

Виберіть "Файл/Зворотнє перейменування" з головного меню, виберіть файл плати "PCB_2_ver1", в якому ми зберегли її копію, і натисніть **Відкрити**. Мітки компонентів C8 і C10 в ту ж мить зміняться відповідно до плати.

Зворотнє перейменування також може оновлювати імена мереж та класи мереж з плати, але нові компоненти або мережі додавати воно не може.



5.9 Ієрархійна схемотехніка

Розробимо дуже просту ієрархійну схему, щоб продемонструвати роботу цієї функції на схемі та на платі.

Ієрархійні блоки

Відкрийте Схемотехніку. У DipTrace ієрархійні блоки розташовуються на окремих аркушах відповідного типу. Спочатку додамо два додаткові аркуші до схеми: оберіть "Правка / Додати лист" двічі з головного меню. Потім треба вказати, що ці аркуші є ієрархійними блоками: оберіть Аркуш 2 у лівому нижньому куті та змініть тип аркуша за допомогою "Правка/Тип сторінки/Ієрархійний блок" з головного меню. Зробіть те саме для Аркуша 3.

Оберіть основний (перший) лист і додайте кілька компонентів на нього (ми встановили три компоненти MAX6050AEUR-T із бібліотеки IC PMIC Voltage References). Це буде нашою основною схемою, тут поки що немає встановлених ієрархійних блоків.

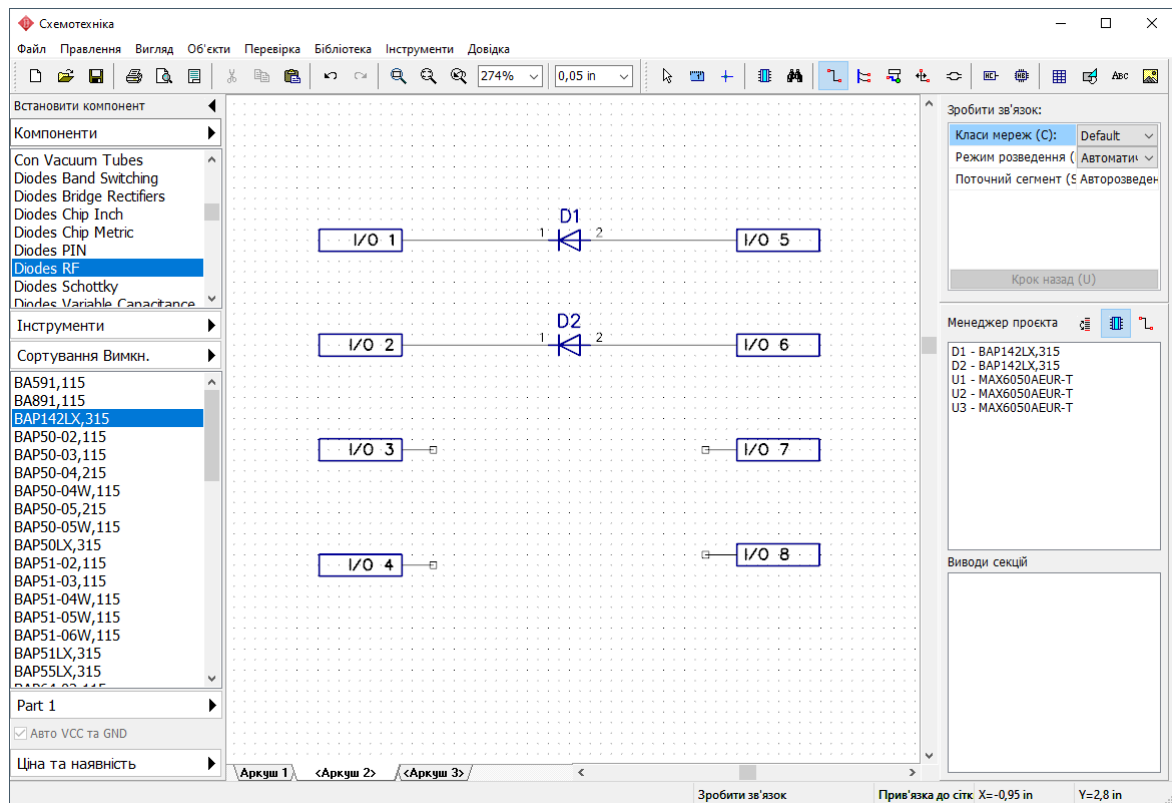
Перейдіть на другий аркуш, який вже є ієрархійним блоком, і оберіть "Об'єкти /

Ієрархія / Додати вивід" з головного меню або натисніть  на Панелі об'єктів. Додайте кілька ієрархічних виводів на Аркуш 2 (зверніть увагу, що не можна встановити ієрархічний вивід на звичайний аркуш, який не є ієрархійним блоком).

Ці виводи будуть входами та виходами ієрархійного блоку. Розташування та кут повороту ієрархічних виводів усередині блоку збігатиметься з розташуванням

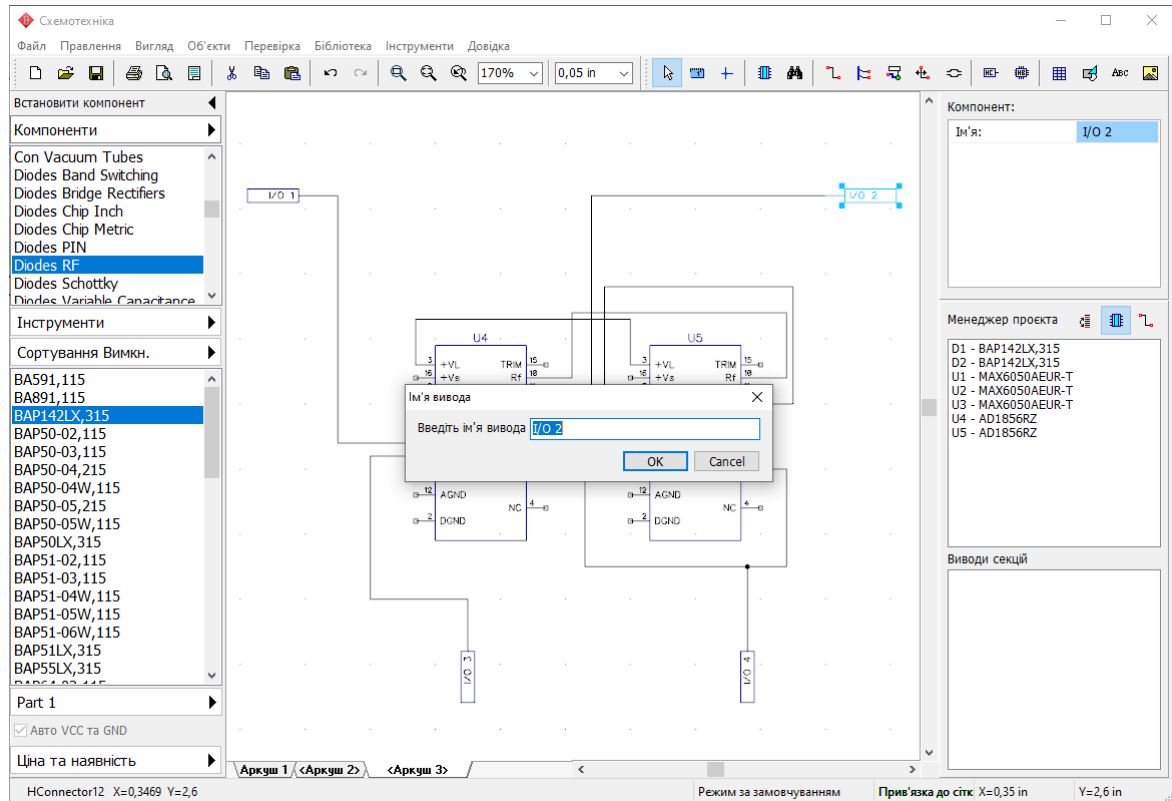
виводів ієрархійного блоку, коли його буде встановлено на головний аркуш схеми.

Встановимо 8 виводів: 4 з лівого боку та 4 з правого. Використовуйте гарячі клавіші *R* або *Пробіл*, щоб повернути вивід перед установкою. Також встановіть два діоди з бібліотеки Diodes RF і з'єднайте їх з ієрархійними виводами, залишивши при цьому місце для встановлення ще двох ієрархійних блоків.



Виберіть Аркуш 3 і створіть другий ієрархійний блок: додайте кілька виводів (два по сторонах і два знизу), встановіть декілька компонентів (наприклад, AD1856RZ з бібліотеки IC Data Acq DAC) та з'єднайте їх.

Ієрархійні виводи можна перейменувати, для цього клацніть правою кнопкою та виберіть Перейменувати в підменю. Імена висновків у блоці передаються на головну схему.



DipTrace підтримує багаторівневу ієрархію. Тобто, можна встановити будь-який ієрархійний блок всередині іншого блоку стільки разів, скільки це потрібно.

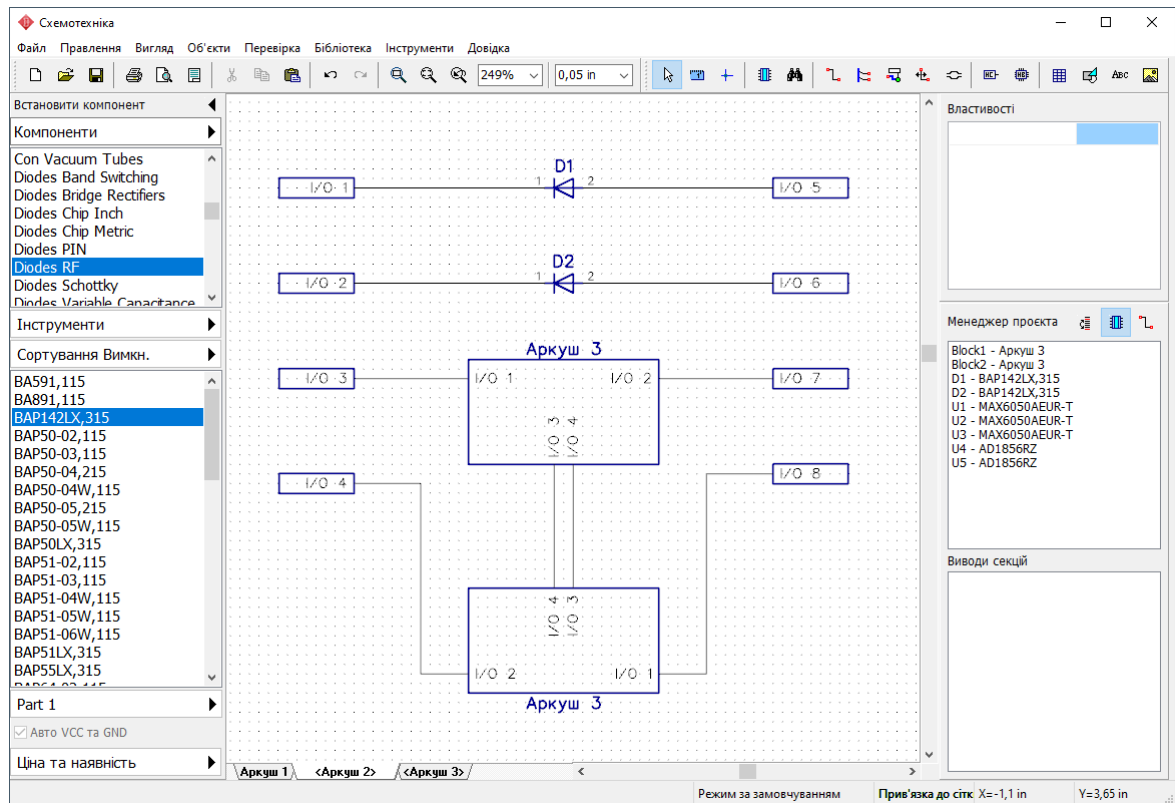
Перейдіть на Аркуш 2, оберіть "Об'єкти / Ієрархія / Додати блок" або натисніть



на Панелі об'єктів. У діалоговому вікні, що з'явилось, у списку ієрархійних блоків виберіть Аркуш 3, натисніть **Встановити** і встановіть два блоки (Аркуш 3) на Аркуші 2. Блоки можна обертати так само, як і звичайні компоненти (клавіші *R* або *Пробіл*).

Зверніть увагу, можна встановити блок Аркуш 2 на Аркуш 2, зробивши замкнене коло з блоків. Для уникнення цього, використовуйте "Перевірка/Перевірити ієрархію" з головного меню. Модуль PCB Layout також перевіряє ієрархію під час завантаження схемотехніки та видає попередження, якщо є помилки.

Зараз не будемо робити жодних замкнених контурів, просто розташуйте два блоки Аркуш 3 на Аркуш 2 і підключіть їх до виводів, як на зображенні нижче.

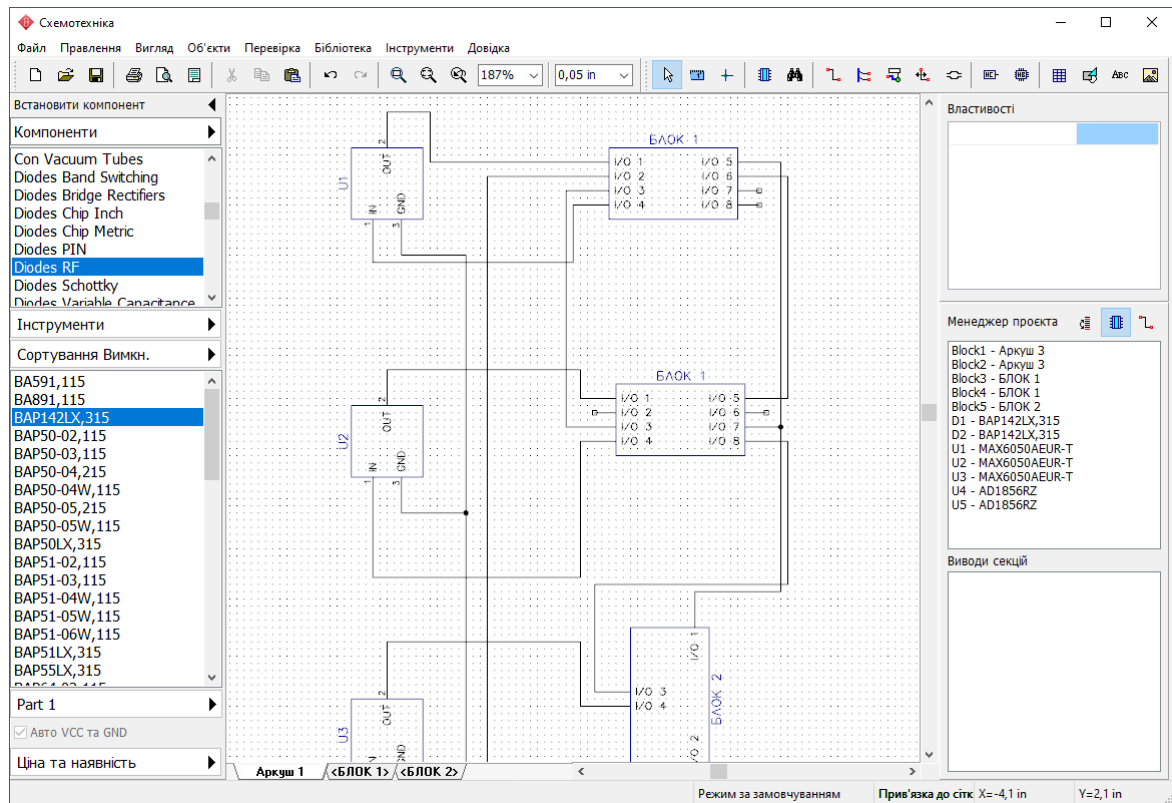


Ієрархійні блоки можна перейменовувати як і звичайні аркуші. Перейменуйте ієрархійні блоки, наприклад, на "БЛОК 1" та "БЛОК 2": просто клацніть правою кнопкою по закладці блока в лівому-нижньому куті області побудови та виберіть **Перейменувати**.

Перейдіть на Аркуш 1 (основна схема) та додайте ще кілька ієрархійних блоків (два БЛОК 1 та один БЛОК 2). З'єднайте їх з іншими компонентами.

Робота з ієрархійними блоками на головній схемі мало чим відрізняється від роботи зі звичайними компонентами.

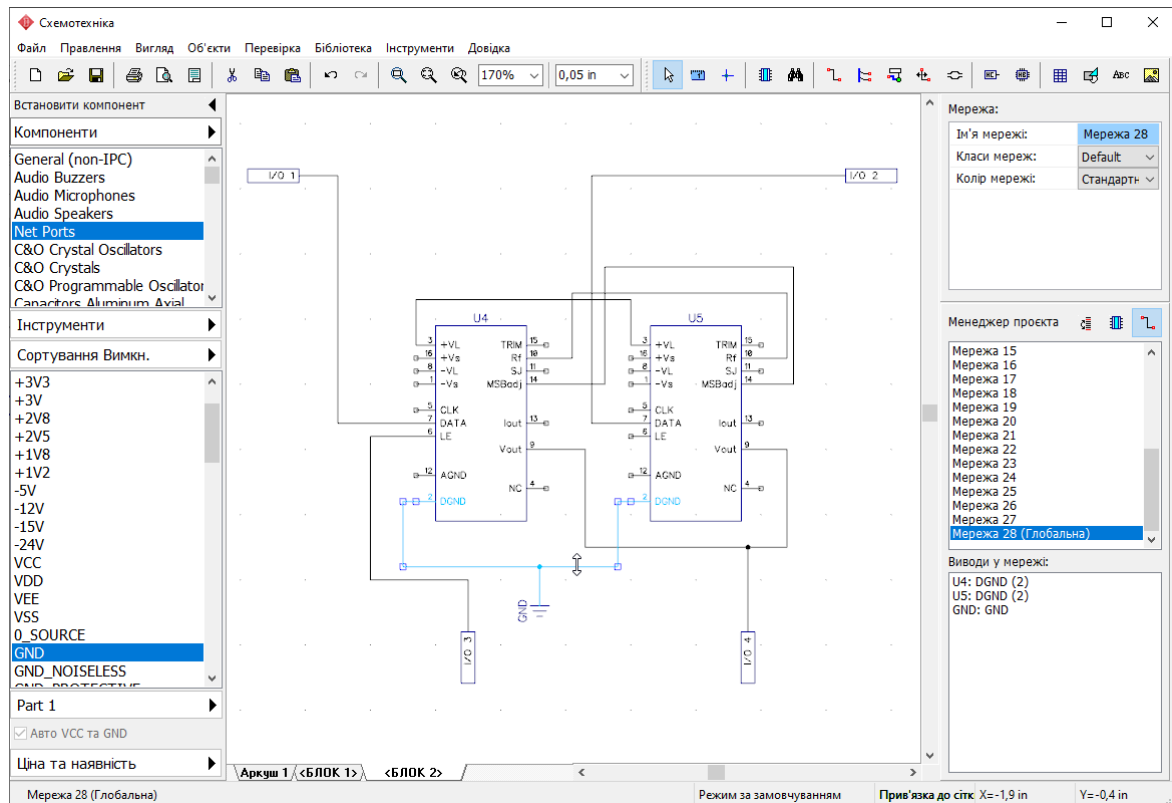
Нагадаємо, що дана схема лише демонстраційний приклад, а не робочий прототип.



Глобальні мережі

Як ви [знаєте](#)¹⁹⁷, не можна створити одну мережу на різних рівнях ієрархії, крім особливого типу мереж – глобальних мереж. Глобальні мережі існують на різних ієрархічних рівнях та не залежать від них.

Поверніться на аркуш БЛОК 2 і встановіть там мережевий порт GND з бібліотеки Net Ports. Потім під'єднайте його до виводів землі DGND компонентів U4 та U5. Зауважте, що мережа землі автоматично перетворилася на глобальну. Це видно при наведенні курсору миші.



Виберіть Аркуш 1 (основна схема) і поставте там мережевий порт GND, потім підключіть його (створіть з'єднання від мережевого порту до вільного виведення GND). Ви помітите, що ця мережа стала мережею 28 (глобальною). Маємо єдину глобальну мережу на двох ієрархічних рівнях. Ми можемо продовжити цю мережу до наступного аркуша тощо. Перейменуйте мережу на "GND".

Зверніть увагу, що однакові мережеві порти в будь-якому місці ланцюга автоматично підключаються до однієї мережі (глобальної, якщо вони є в ієрархічному блоці).

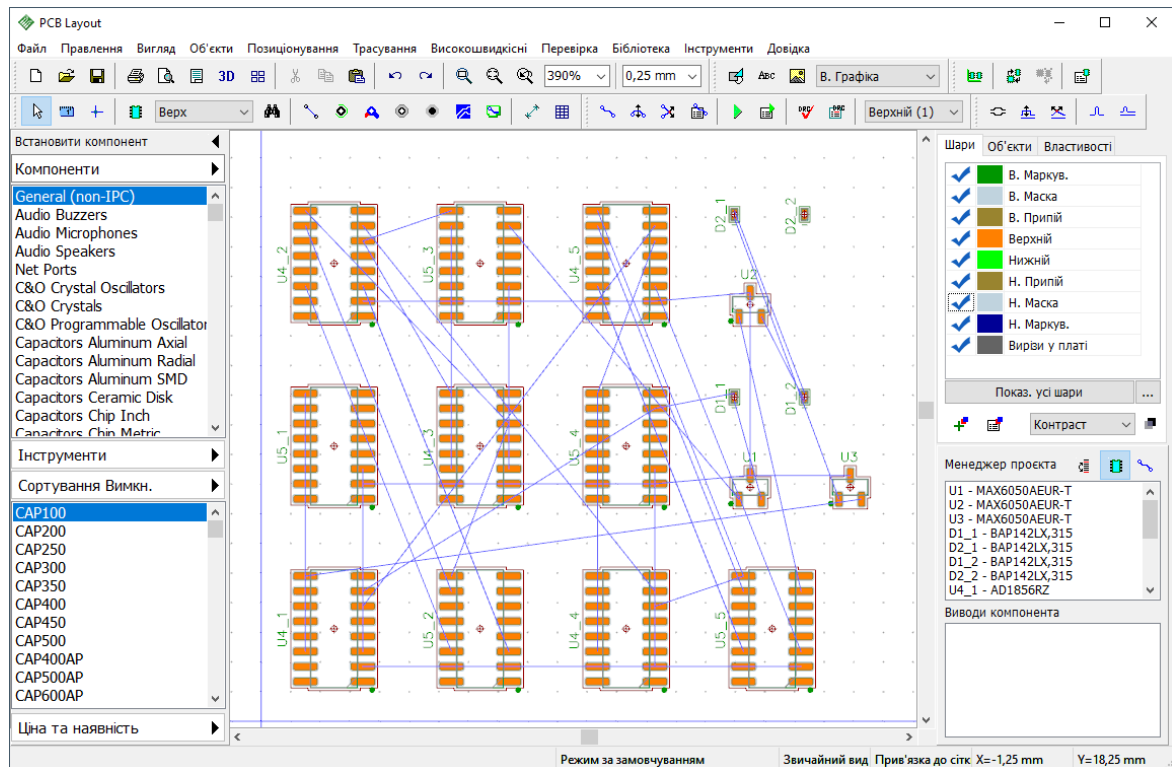
Вже відомо як об'єднувати мережі за ім'ям. Цю ж методику можна застосувати до створення глобальних мереж, не використовуючи мережеві порти. Клацніть правою кнопкою по якійсь мережі та виберіть **Властивості**. зробіть позначку **Глобальна мережа для ієрархії** та **Об'єднати з мережами за ім'ям**, потім введіть ім'я вже існуючої глобальної мережі та натисніть **ОК**.

Ієрархія в Редакторі плат

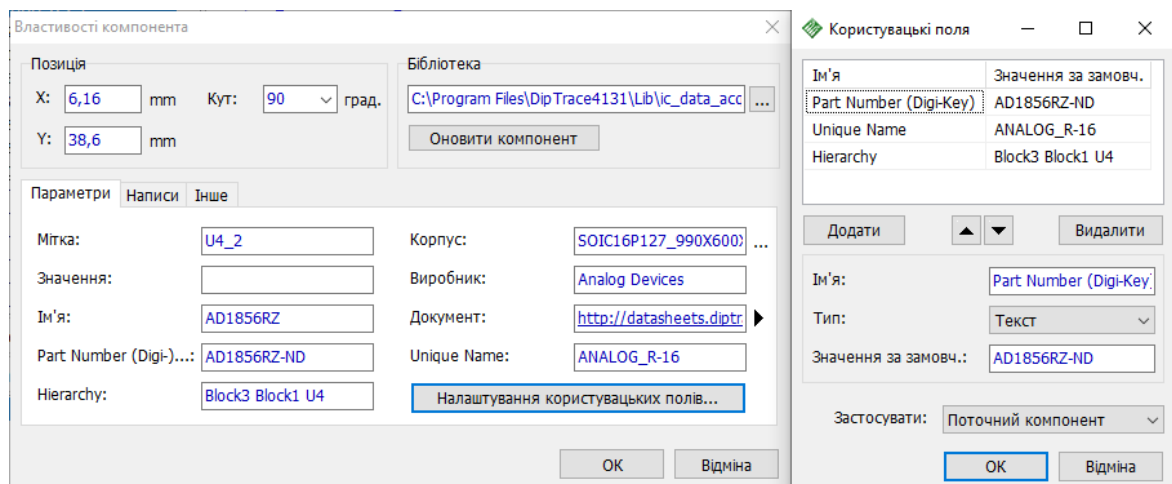
Тепер перетворимо схему на плату, натисніть **Ctrl+B** і виберіть **Використовувати Схемотехнічні правила** в діалоговому вікні. У Редакторі Плат PCB Layout компоненти, які були в ієрархічних блоках, накладаються один на один, тому спочатку скористаймося функцією Впорядкувати компоненти (кнопка ).

Зауважте, компоненти ієрархічних блоків мають такі самі позначки, як і в Схемотехніці + індекс їхнього ієрархічного блоку.

Виберіть "Вигляд/Написи корпусів" і позначте **Показувати** для **Міток**, якщо мітки компонентів приховані.



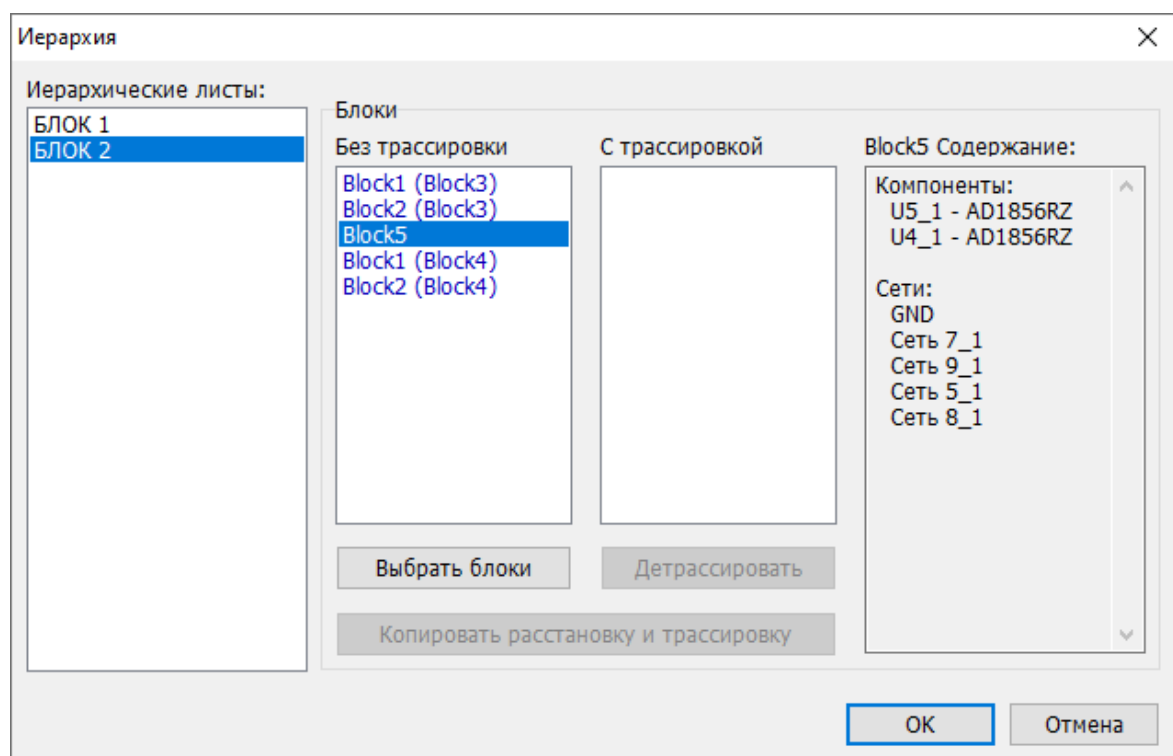
Клацніть правою кнопкою на будь-якому компоненті з ієрархічного блоку і виберіть **Властивості** з підменю. Мітка компонента з ієрархічного блоку відрізняється від мітки компонента, що не належить до ієрархічного блоку, наявністю нижнього підкреслення та ідентифікатора блоку. Додаткове поле у властивостях компонента використовується при оновленні плати зі схеми ("Файл / Оновити структуру зі схеми" з головного меню) та повідомляє всі подробиці про місце розташування вибраного компонента в ієрархічному блоці.



DipTrace пропонує зручну функцію роботи з ієрархійними схемами прямо на платі: **компоненти можуть бути відсортовані по ієрархічних блоках, а трасування та позиціонування компонентів одного блоку можуть бути застосовані до інших аналогічних ієрархічних блоків автоматично.** На друкованій платі всі компоненти, незалежно від рівня їхньої ієрархії, знаходяться на одному шарі.

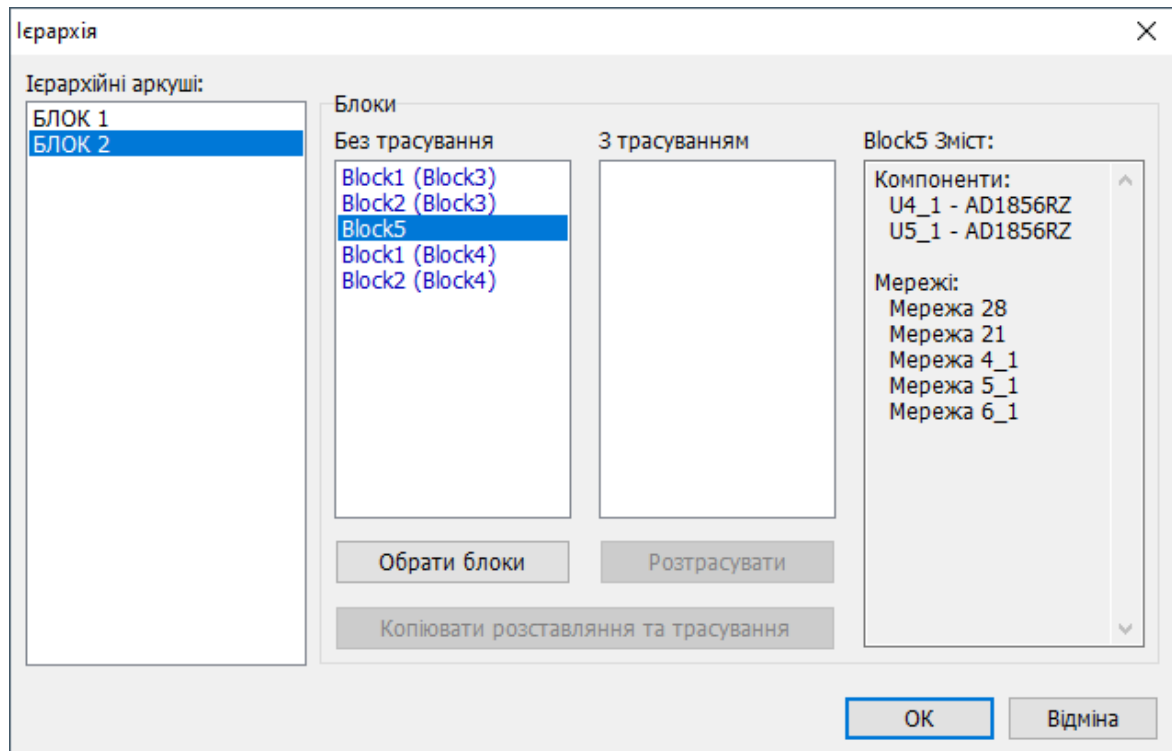
Виберіть "Трасування/Ієрархія" з головного меню. З'явиться діалогове вікно з кількома полями та списками. Розібратися у ньому просто, при цьому достатньо пам'ятати ієрархічну структуру основної схеми. У лівому списку вказано два ієрархічні листи схеми. Виберіть аркуш БЛОК 1 і ви побачите, що в ньому є два ієрархічні блоки, тому що БЛОК 1 був двічі встановлений на головному аркуші схеми. Виберіть БЛОК 2 і в ньому є п'ять ієрархічних блоків, адже БЛОК 2 був двічі встановлений всередині БЛОК 1 і один раз прямо на головному аркуші схеми. Зверніть увагу, що блоки вищого ієрархічного рівня вказуються у дужках в іменах блоків нижчого рівня.

При виборі блоку зі списку, всі компоненти та мережі, що належать до вибраного ієрархічного блоку, відображаються в полі Зміст.



Жоден із блоків зараз не трасований.

Для початку потрібно відсортувати всі корпуси на платі по блоках, а потім трасувати зв'язки. Для цього просто вибирайте блоки у списку – і всі їхні компоненти будуть показані прямо в області побудови на платі.



Натисніть кнопку "Обрати блоки", щоб упорядкувати компоненти обраних ієрархічних блоків.

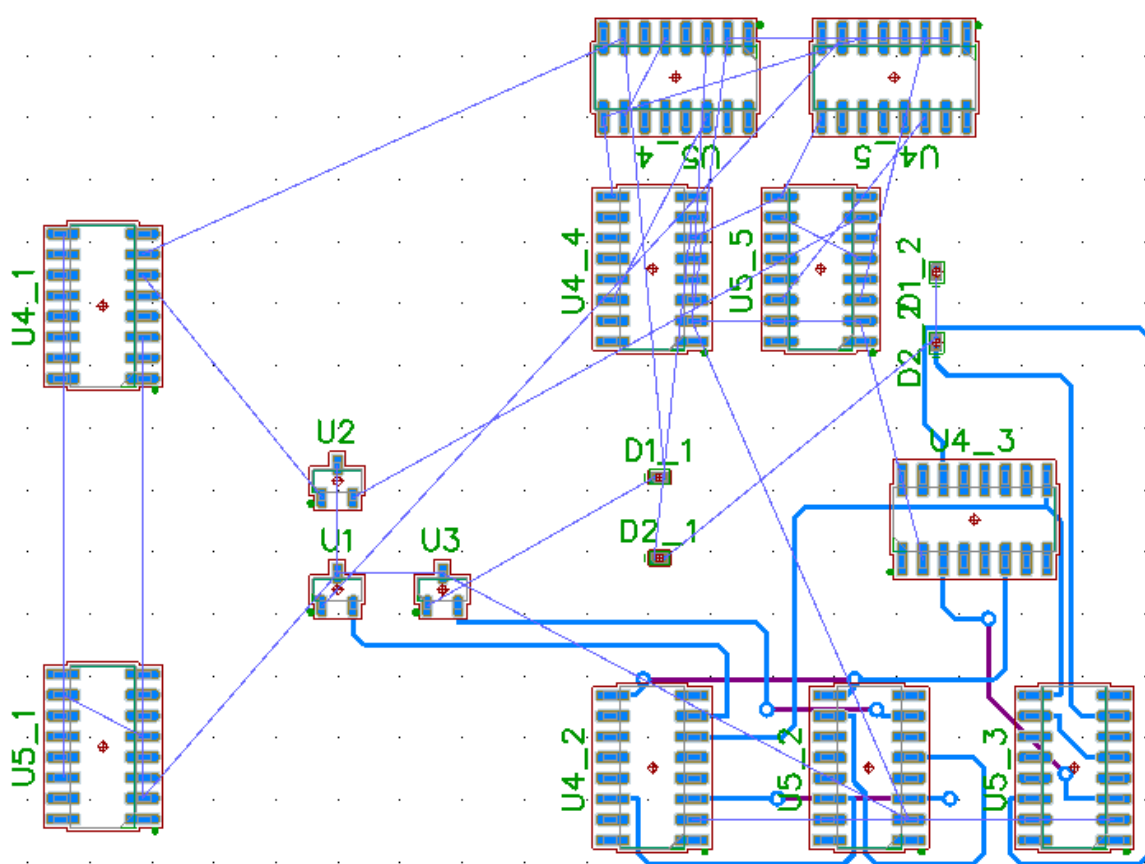
Відсортуйте компоненти двох ієрархічних блоків на платі. Виберіть Block3 та Block4 зі списку ієрархічного аркуша БЛОК 1 (використовуйте клавішу *Ctrl* для вибору обох блоків), натисніть **Обрати блоки**, потім натисніть **OK**, щоб закрити діалогове вікно та застосувати зміни. Тепер два ієрархічні блоки чітко видно на платі. Будемо працювати з Block3, який розташований нижче Block4.

Вручну розташуйте всі корпуси всередині Block3, а потім трасуйте за допомогою автотрасувальника тільки його внутрішні мережі, глобальні мережі трасувати не треба. Оскільки мережа GND є глобальною, виключимо її з автотрасування. Клацніть правою кнопкою миші на мережі GND у списку на панелі Менеджер проекту, виберіть пункт **Властивості мережі** з підменю. У спливаючому діалоговому вікні вкажіть **Не трасувати** в полі **Режим трасування** та натисніть **OK**.

Глобальні мережі можна трасувати лише після того, як завершилося трасування та позиціонування корпусів усередині ієрархічного блоку.

Розпочнімо трасування. Зробіть правий клік по корпусу та виберіть **Трасувати приєднані**, щоб розвести всі доріжки мереж компонента, або правий клік по КП корпусу та виберіть **Трасувати мережу**, щоб трасувати кожну мережу окремо. Після трасування мережі можна редагувати. Автотрасувальник автоматично створює прямокутну плату.

Зверніть увагу, ми не трасували всю плату, в основному тільки мережі всередині Block3 і лише кілька мереж до Block4 і до компонентів, які розташовувалися на головному аркуші схеми.



Копіювання трасувань та позиціонування проміж ієрархійними блоками

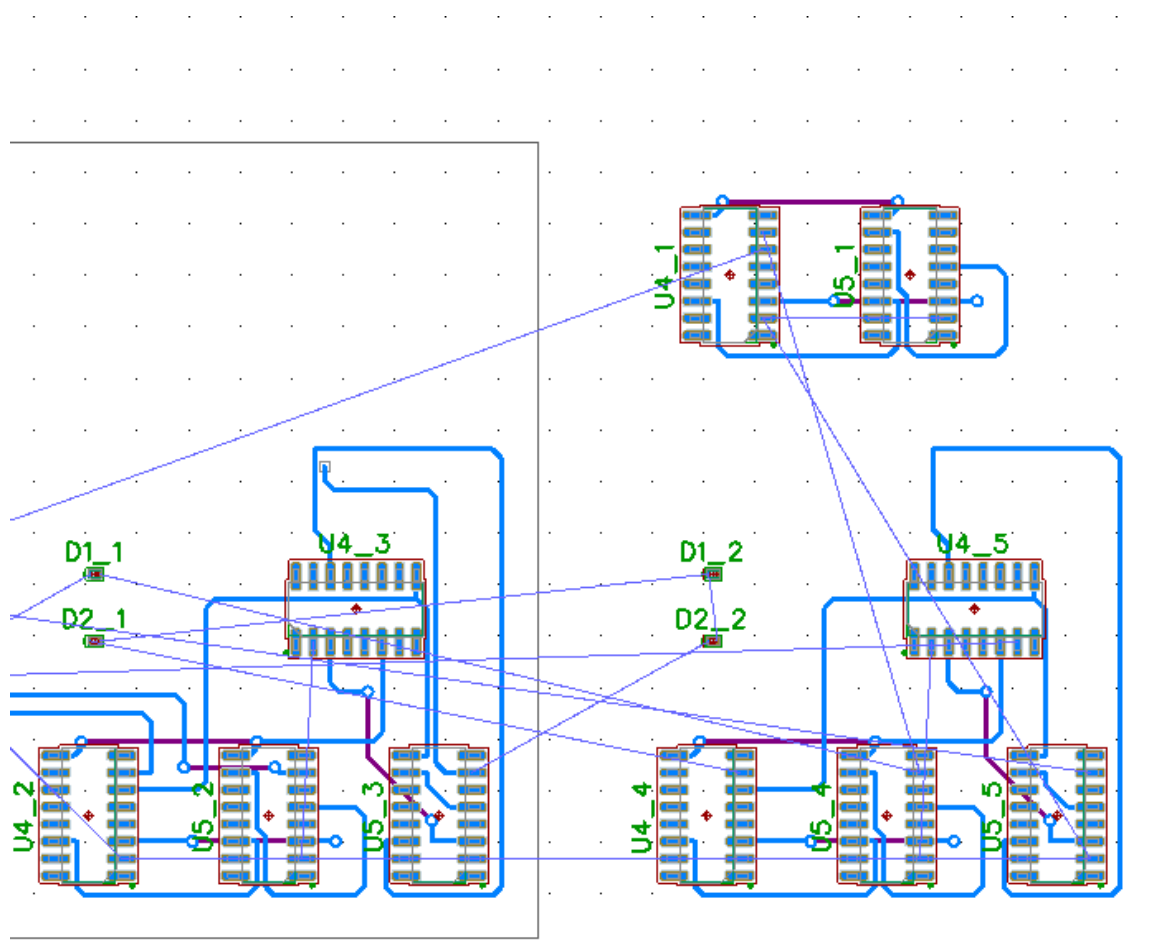
Виберіть "Трасування / Ієрархія" з головного меню, після чого виберіть схемотехнічний аркуш БЛОК 1. Цього разу Block3 відображається у списку **3 трасуванням**, а Block4 – у списку **Без трасування**. Виберіть Block3 та Block4. Натисніть кнопку **Копіювати розташування та трасування**, щоби розташування корпусів та трасування мереж з Block3 була застосована до Block4.

Якщо трасувалося багато доріжок від Block 3 до Block 4, то у списку **3 трасуванням** може з'явитися і Block4, хоча він і не розтрасований повністю. У такому випадку достатньо обрати цей блок і натиснути **Детрасувати**, а потім застосувати трасування іншого блоку.

Тепер давайте застосуємо розташування та трасування до Block5. Для цього виберіть ієрархічний аркуш Block 2, потім Block5, а потім один із трасованих блоків і натисніть **Копіювати розташування та трасування знову**. Натисніть **ОК**.

Трасовані ієрархічні блоки виникають поруч із межами плати. Оберіть їх та перемістіть у потрібне місце на платі.

Траси, які ведуть за межі одного ієрархічного блоку, автоматично не копіюються інші блоки.



5.10 SPICE симуляція

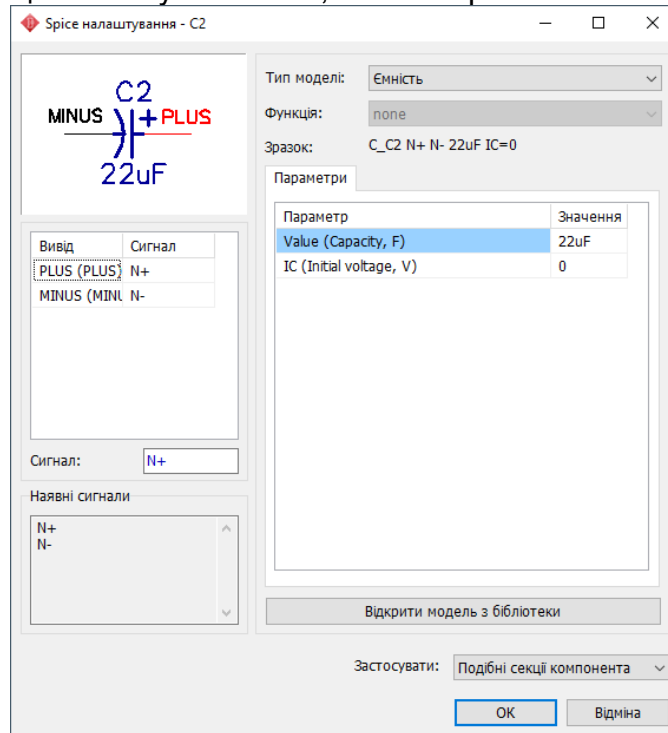
У DipTrace немає вбудованого симулятора, проте працездатність схем, створених у цій програмі, легко перевірити використовуючи доступні безкоштовні симулятори та експорт списку з'єднань у формат SPICE. Спробуємо симулювати нашу схему з першої частини посідбника, використовуючи програму [LT Spice](#). Якщо ви використовуєте інший сумісний симулятор, можете скористатися ним.

Редагування налаштувань SPICE

Запустіть Схемотехніку та відкрийте файл "Документи/DipTrace/Examples/Spice/Astable_Flip_Flop_Spice.dch" (не переплутайте з файлом Astable_Flip_Flop.dch, де параметри Spice не встановлені). Усі налаштування цієї схеми визначені. Перегляньмо властивості кількох компонентів задля ознайомлення з ними ближче. Клацніть правою кнопкою на конденсаторі C2 і виберіть **Spice установки** в підменю. Для конденсатора дії прості: вам потрібно вибрати **Конденсатор** у полі **Тип моделі**, ввести значення ємності в таблицю параметрів (у нашому випадку –

22uF) та уточнити підключення позитивного та негативного виводів. Щоб вказати відповідність виводів та сигналів, введіть значення прямо у поле таблиці у лівій частині діалогового вікна. У нашому випадку всі параметри вже визначені.

Рядок **Зразок** демонструє, як виглядатиме опис компонента на мові SPICE. Ви можете прокрутити його праворуч, якщо опис не вміщується у вікні. Переконайтеся, що налаштування такі, як на зображенні нижче.

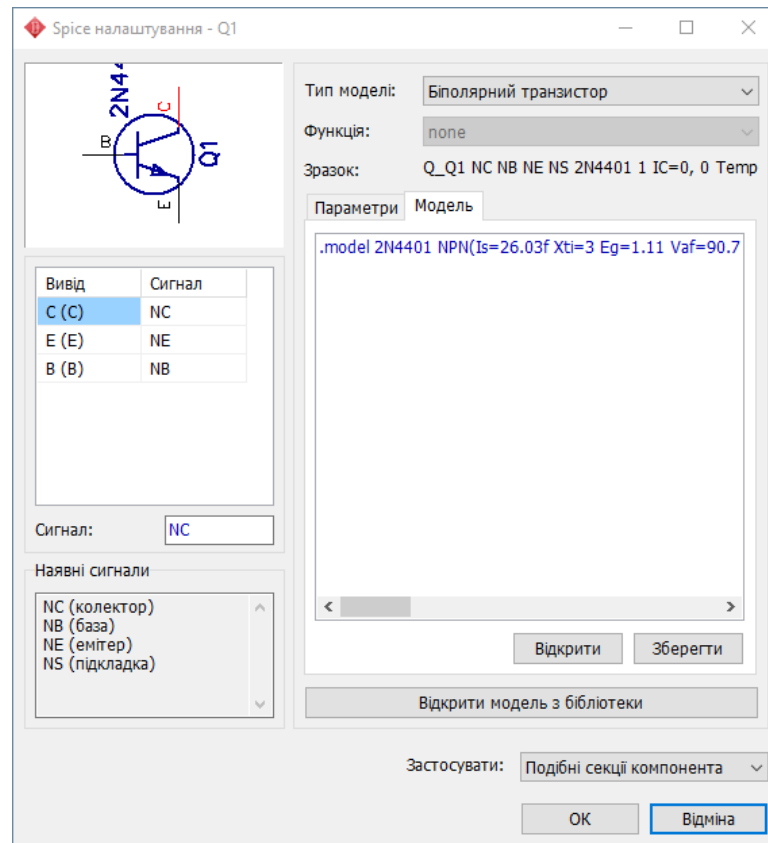


Спробуйте обрати інший тип моделі, наприклад **Джерело струму**. У полі **Функція** виберіть **PWL()**. Введіть кількість точок кусково-лінійної функції та натисніть **ОК**. Тепер можна занести ці точки до таблиці **Параметри**. Різні функції потребують різних параметри (амплітуда, фаза тощо). Дивіться документацію з мови SPICE для отримання більш детальної інформації.

Повернімося до конденсатора, скасуйте будь-які зміни і натисніть **ОК**, або ж просто закрийте діалогове вікно.

SPICE-модель

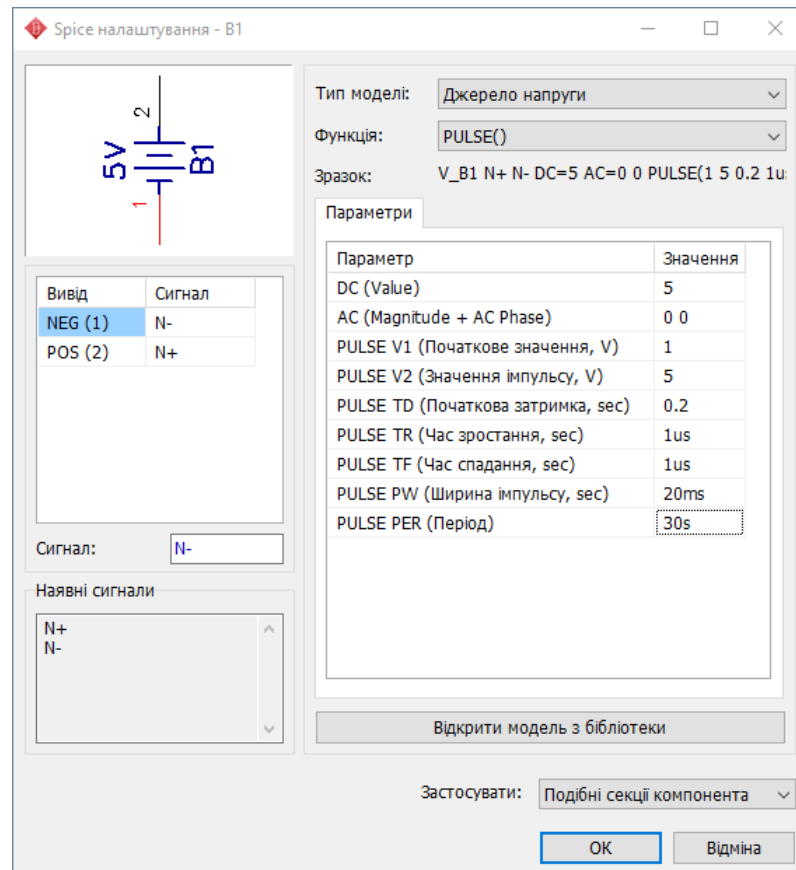
На відміну від конденсатора, транзистор потребує додаткового опису моделі. Клацніть правою кнопкою Q1 і виберіть **Spice установки**. Виберіть вкладку **Модель** праворуч від вкладки **Параметри**. Тепер можна ввести опис моделі як звичайний текст або завантажити його з файлу (кнопки **Відкрити** та **Зберегти**). Деякі виробники компонентів надають Spice-моделі до своїх компонентів.



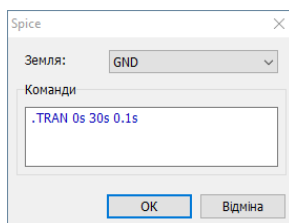
Зауважте, що модель Spice можна взяти з іншої бібліотеки DipTrace (кнопка **Відкрити модель з бібліотеки**).

Натисніть кнопку **ОК** або **Скасувати**, щоб закрити діалогове вікно. Не застосовуйте налаштування, якщо ви щось змінювали.

Файл, який ми відкрили (Astable_Flip_Flop_Spice.dch), не має моделі Spice для джерела живлення, тому маємо визначити її вручну. Клацніть правою кнопкою по компоненту B1 і виберіть **Spice установки** з контекстного меню. Буде видно, що тип моделі (джерело напруги) обрано, але немає відповідної функції. Виберіть функцію **PULSE()**, а потім у таблиці нижче вкажіть наступні параметри: **Pulse V2=5, Pulse PW=20s, Pulse PER=30s**. Натисніть кнопку **ОК**. Відтепер є джерело напруги, яке циклічно видає 5V протягом 20-ти секунд з 10-секундною паузою. Натисніть кнопку **ОК**. Все готове до симуляції.



Експорт списку з'єднань SPICE

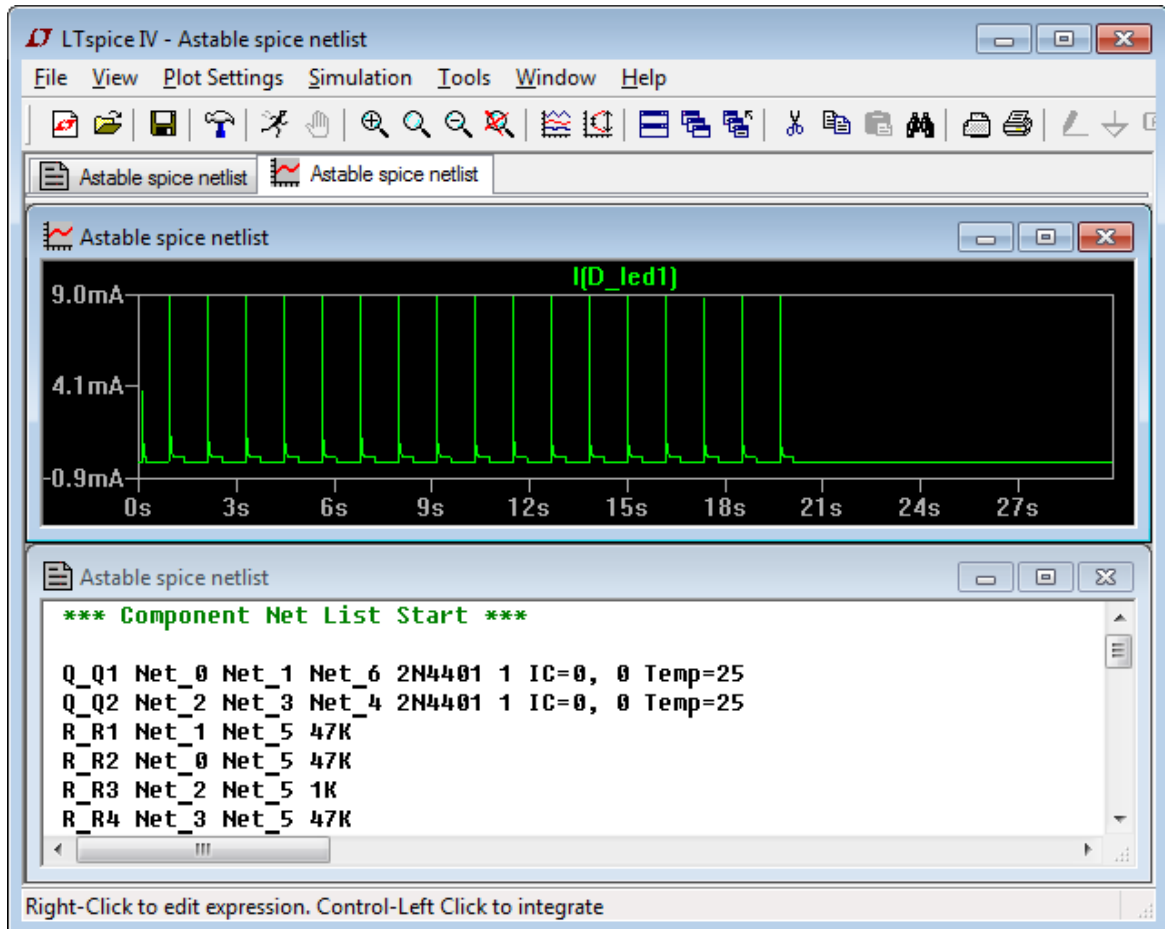


Виберіть "Файл/ Експорт/Spice netlist" з головного меню. У невеликому діалоговому вікні виберіть мережу Земля: GND (мережа з нульовим потенціалом) і вкажіть команду ".TRAN 0s 30s 0.1s" у списку команд, щоб симулювати поведінку схеми від 0 до 30 сек. з кроком 0,1 сек.

До речі, додавати чи видаляти команди можна безпосередньо у програмі-симуляторі.

Натисніть кнопку **ОК** і збережіть *.cir файл. Тепер запусить програму-симулятор. Скористаймося LT Spice (завантажити його можна зі сайту [Linear Technologies](http://www.linear.com)).

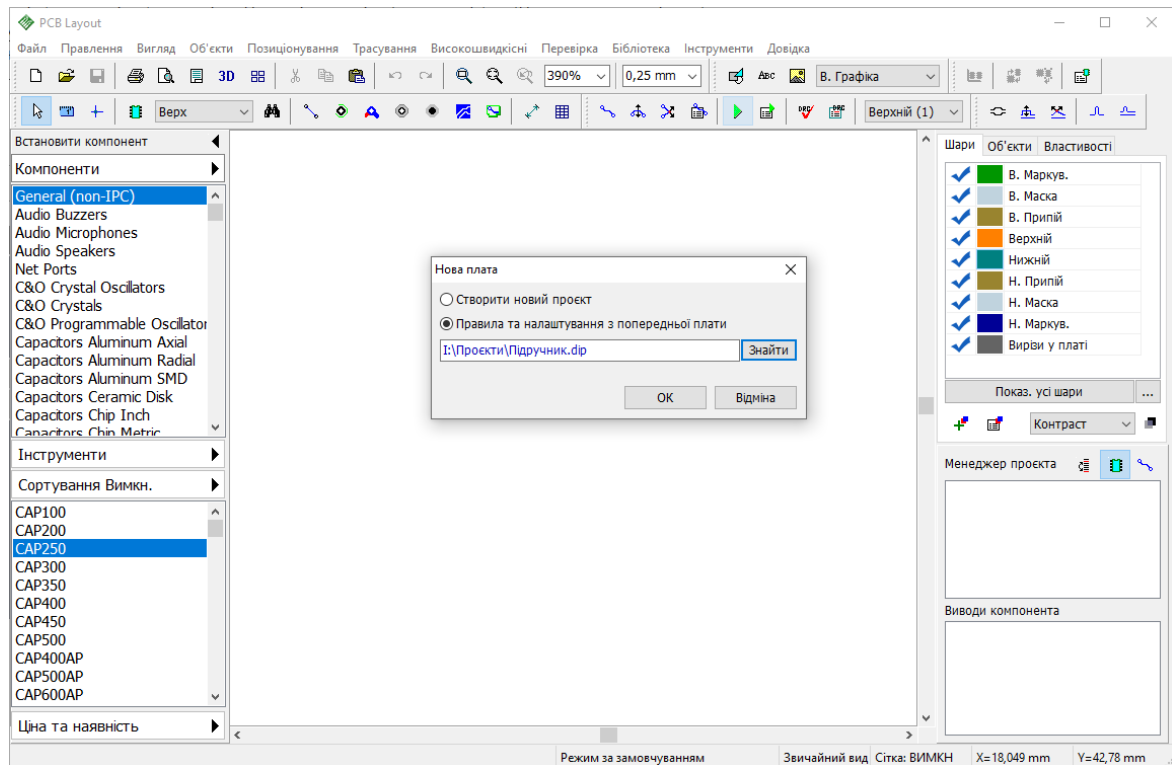
Виберіть "File / Open в LTSpice" і відкрийте файл *.cir, який було збережено раніше (зверніть увагу, має бути обраний правильний тип файлів). Ви побачите "нетлист" у текстовому вигляді. Виберіть "Simulate/Run" з головного меню LT Spice та закрийте вікно з логами про помилки. Виберіть "Plot Settings / Visible Traces" та вкажіть I(D_led1). Ви побачите як працює схема. Можна також обрати інші сигнали, щоб перевірити їхнє функціонування.



5.11 Зберігання/завантаження правил

У розділі "[Перетворення схеми на плату](#)^{33]}" ми вже згадували про те, що можна використовувати схемотехнічні правила або правила з іншого проекту плати при конвертуванні схеми на плату. Вам не треба буде додавати шари, класи мереж, стилі переходів та правила трасування тощо, їх буде взято з іншого проекту.

У Редакторі Плат PCB Layout виберіть "Файл/Новий" з головного меню, або натисніть гарячі клавіші *Ctrl+N*. На екрані з'явиться вікно, в якому можна вибрати Створити новий проект або Використовувати правила та налаштування попередньої плати.



Зробіть позначку **Використовувати правила та налаштування з попередньої плати**, натисніть **Знайти** та виберіть *.dpr файл, налаштування якого ви хочете використовувати на цій платі. Зараз виберемо файл плати, яку ми створювали у першому розділі цього посібника. Одразу буде видно, що кольори шарів та параметри перевірки трасування змінилися.

У Редакторі плат PCB Layout налаштування програми (шари, стилі переходів, класи мереж, правила трасування) можна зберегти окремо від файлу проекту до спеціального файлу. Виберіть "Трасування/Зберегти правила", введіть ім'я файлу та натисніть **Зберегти**. Тепер ці збережені налаштування можна використовувати на новому файлі - просто виберіть "Трасування/Завантажити Правила" та виберіть *.dpr або *.rul файл.

Будь ласка, додайте новий клас мереж з випадковими параметрами, два внутрішніх екранних шари GND та PWR та збережіть цей *.rul файл. Використаємо його в темі [Встановлювання переходів](#)²⁷².

5.12 Перевірка зв'язків (ERC)

Функція перевірки зв'язків у Схемотехніці (ERC) дозволяє значно знизити ймовірність помилки під час проектування схемотехніки. ERC перевіряє схему на наявність коротких замикань, конфліктів типів виводів, непід'єднаних та таких, що накладаються, а також мереж, під'єднаних тільки до одного виводу.

Запустіть програму Схемотехніка та відкрийте файл Schematic_2.dch з папки "Документи/DipTrace/Examples". Перш за все, маємо встановити правила перевірки, тому виберіть "Перевірка / Правила зв'язку виводів" в головному меню. У діалоговому вікні, що з'явилося, можна визначити несумісність різних

типів виводів і те, як програма на них буде реагувати (Немає помилки, Попередження, Помилка). Для цього **натискайте на поля** зі зеленими, жовтими та червоними квадратами.

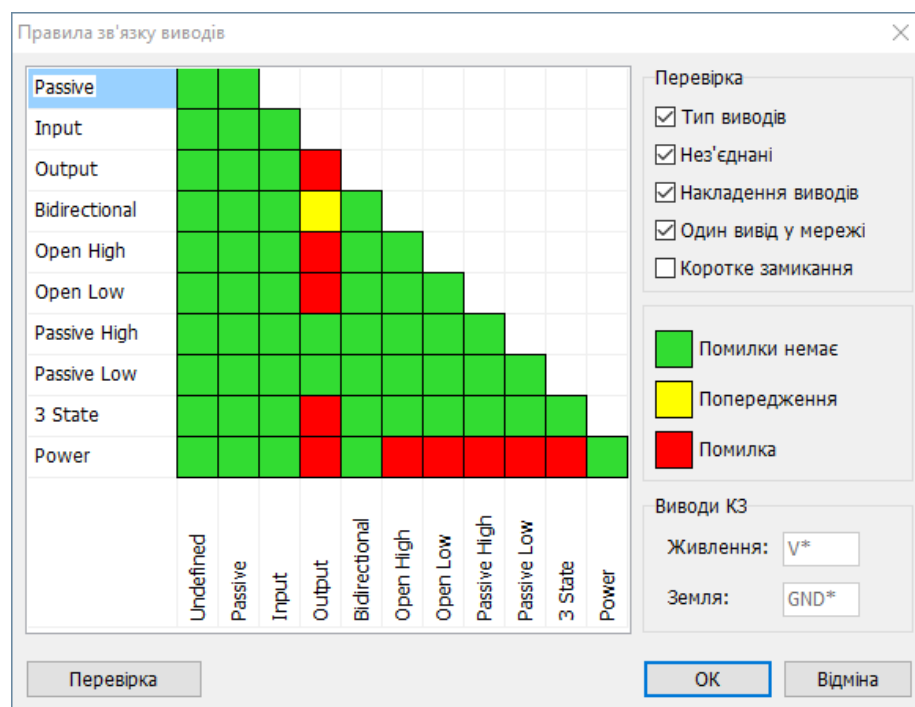
Тип виводів – перевірка зв'язків між выводами, спираючись на правила, що визначені в колірній таблиці.

Нез'єднані – програма перевіряє схему на наявність непід'єднаних виводів компонентів.

Накладення виводів – програма шукає виводи компонентів, що накладаються один на один.

Тільки один вивід – програма шукає мережі, під'єднані лише до одного виводу.

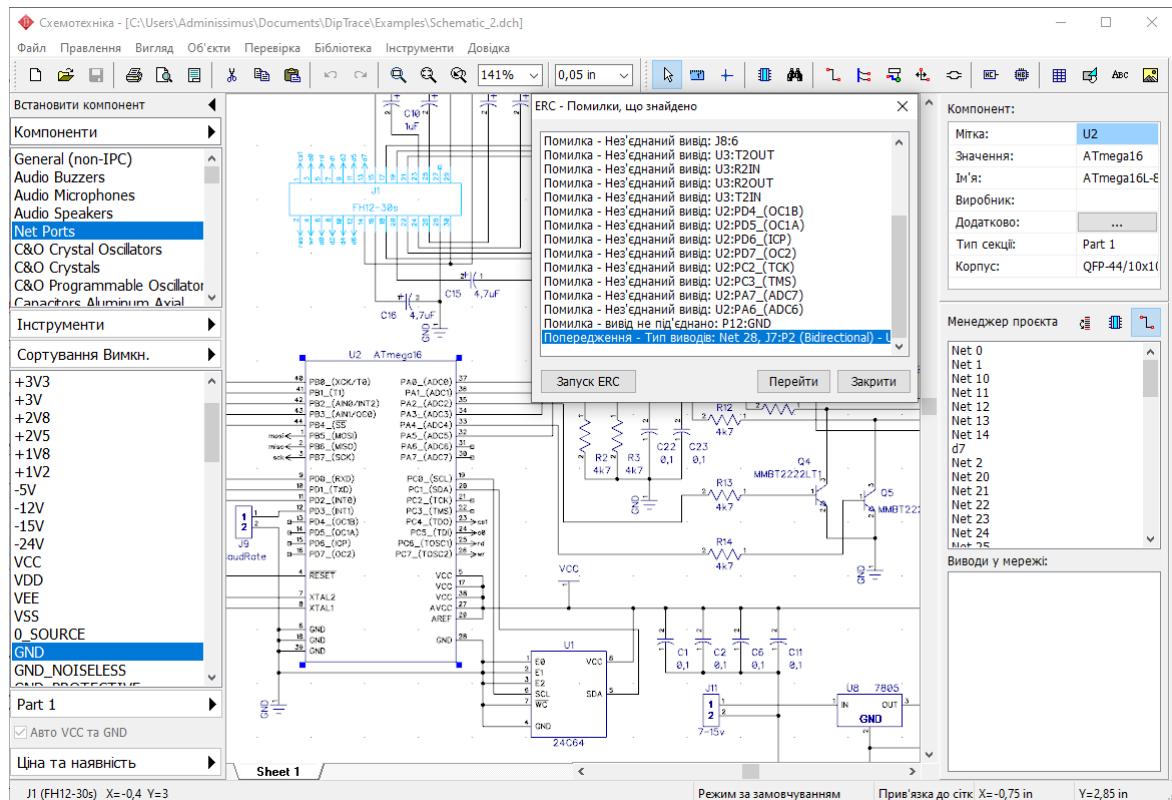
Коротке замикання – перевіряються з'єднання живлення та землі на наявність замикань. Ви можете встановити імена мереж живлення та землі в розділі **Виводи для КЗ**.



Лишіть налаштування без змін та натисніть **ОК**.

Тепер виберіть "Перевірка/Перевірка зв'язків" у головному меню або натисніть **F9**. Якщо ви запуснете перевірку для Schematic_2.dch при поточних налаштуваннях ERC, вона покаже одне попередження щодо несумісності типів виводів Bidirectional to Output та безліч непід'єднаних виводів. Щоби перейти до помилки та показати її в області побудови, зробіть подвійний клік по помилці у списку або оберіть помилку та натисніть **Перейти**.

Виправляти помилки можна не закриваючи діалог ERC. А для запуску перевірки ще раз натискайте кнопку **Запуск ERC**.



Зауважте, на багатьох схемах не обов'язково, щоб усі виводи компонентів були під'єднані до мереж. Отже, програма не має вважати деякі непід'єднані виводи помилками. У такому випадку просто клацніть правою кнопкою по виводу та виберіть **Не приєднаний** у підменю, щоб заборонити підключення до цього виводу.

Можна також вимкнути опцію перевірки **Нез'єднані**, але ми не радимо так вчиняти, адже програма перестане перевіряти під'єднання **для всіх** виводів.

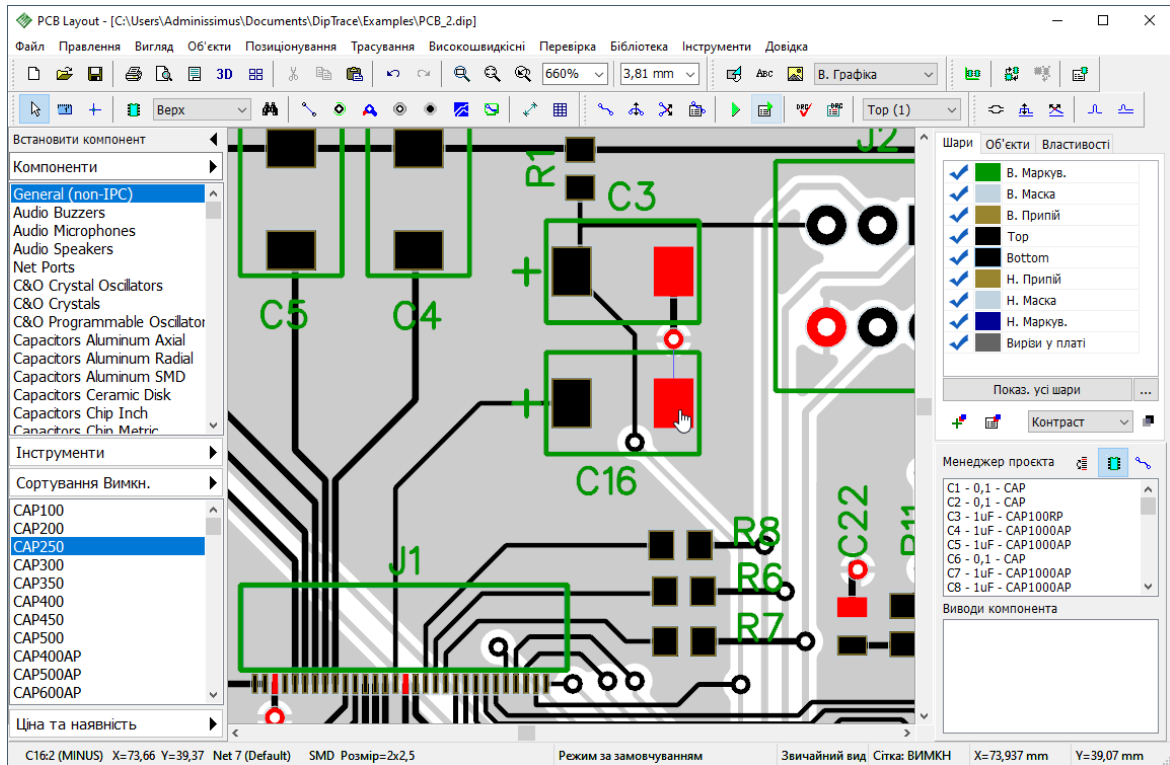
5.13 Перевірка цілісності мереж

Перевірка цілісності мереж дозволяє переконатись, що всі мережі плати трасовані коректно. Перевірка цілісності мереж повідомляє про всі розірвані з'єднання або ізольовані області (незалежно від типу об'єкта, що проводить: траси, заливки або фігури).

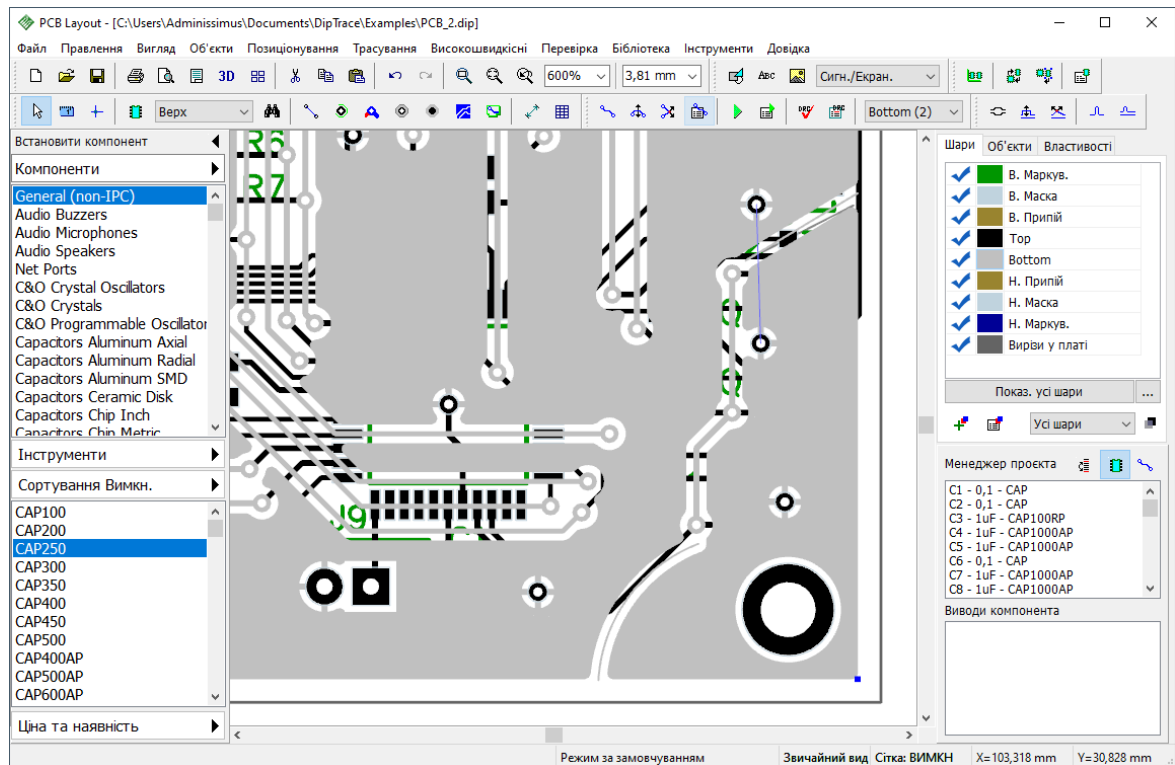
Запустіть Редактор плат PCB Layout та відкрийте файл PCB_2.dip з каталогу "Документи\DipTrace\Examples". Оберіть "Перевірка/Перевірка цілісності мереж" у головному меню. У діалоговому вікні Оберіть, які об'єкти будуть вважатися провідниками. Радимо залишити всі пункти обраними. Потім натисніть кнопку **ОК** для запуску перевірки.

З'явиться індикатор прогресу перевірки, а потім повідомлення "Помилки не знайдено". Це означає, що трасування виконано правильно. Тому навмисно зробимо декілька помилок для демонстрації роботи функції перевірки.

Закрийте вікно повідомлення про відсутність помилок. Натисніть кнопку  на Панелі трасування, потім підведіть курсор до траси, що з'єднує вивід C16:2 з перехідним отвором на заливттю землі у шарі Bottom, клацніть правою кнопкою та виберіть **Розтрасувати трасу**. Це перша помилка.

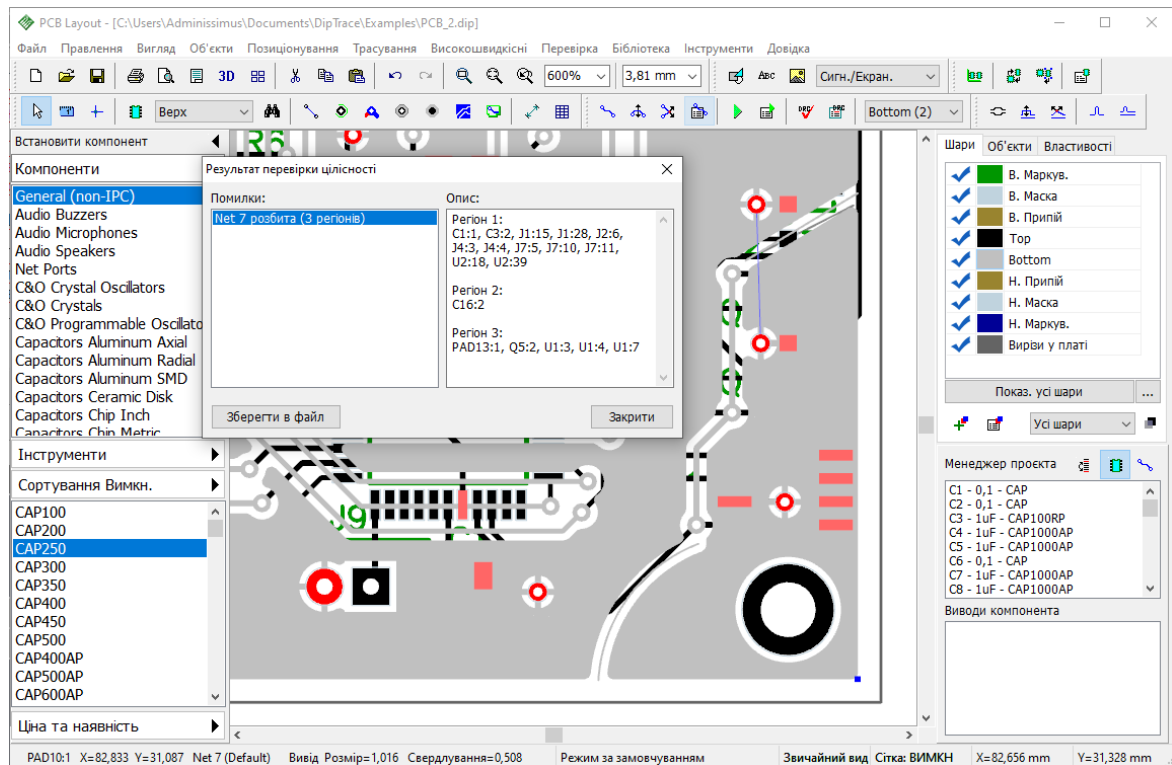


Другою помилкою будуть ізолювані області заливтття. Змініть шар на Bottom і перемістіться у нижній правий кут плати. Тепер розмістіть лінію та дугу в сигнальному шарі так, щоби відрізати частину заливтття. Для цього скористайтесь кнопками на Панелі малювання. Тепер оновіть заливтття (зробіть правий клік по краю заливтття та з підменю оберіть **Оновити**).



Це прості ситуації, які на цій платі легко виявити візуально, але для складних проектів з кількома шарами та тисячами виводів ізолювані області заливтть та нерозведені виводи легко не помітити.

Тепер оберіть "Перевірка / Перевірка цілісності мереж" та натисніть **ОК** у вікні, що з'явилося. Ви побачите звіт перевірки зі зазначенням окремих регіонів мережі Net 7. Клацніть лівою кнопкою по помилці у списку та перегляньте список **Опис**, щоб побачити всі виводи мережі, а також регіон, в якому вони знаходяться. Перший регіон заливтть є найбільшим, у ньому розташувалися практично всі виводи. Другий регіон – від'єднаний вивід компонента C16 (ми детрасували мережу, до якої він належить, на початку цього розділу). Регіон 3 з'явився внаслідок ізолювання ділянки мідного заливтть у нижньому шарі плати.



Зовсім не потрібно щоразу закривати діалогове вікно **Результати перевірки цілісності** щоб виправити помилки. Лише трохи зсуньте його вбік.

Іноді складно зрозуміти, як знайти та виправити помилки в області побудови. Радимо використовувати Менеджер проекту для зручної навігації. Прокрутіть список компонентів і двічі клацніть компонент у списку, щоб виділити його в області побудови.

Щоб зробити процес коригування зручнішим, результати перевірки можна зберегти у текстовому файлі.

5.14 Встановлювання переходів

Автоматичне встановлювання переходів або Fanout дозволяє швидко підключити виводи компонентів типу BGA, SOIC і QFP або поверхневі контактні площинки обраної мережі до внутрішніх екранних шарів використовуючи обрані власноруч міжшарові переходи.

Відкрийте програму Редактор Плат і виберіть "Файл / Новий" у головному меню

або натисніть кнопку на стандартній панелі , щоб створити новий проект. Тепер завантажте налаштування проєкту з файлу *.tul, який було збережено нами у розділі [Збереження/Завантаження правил](#)²⁶⁶. Таким чином, у нас з'являться два внутрішні екранні шари, один додатковий клас мереж та три стилі переходів.

Установка переходів для корпусу

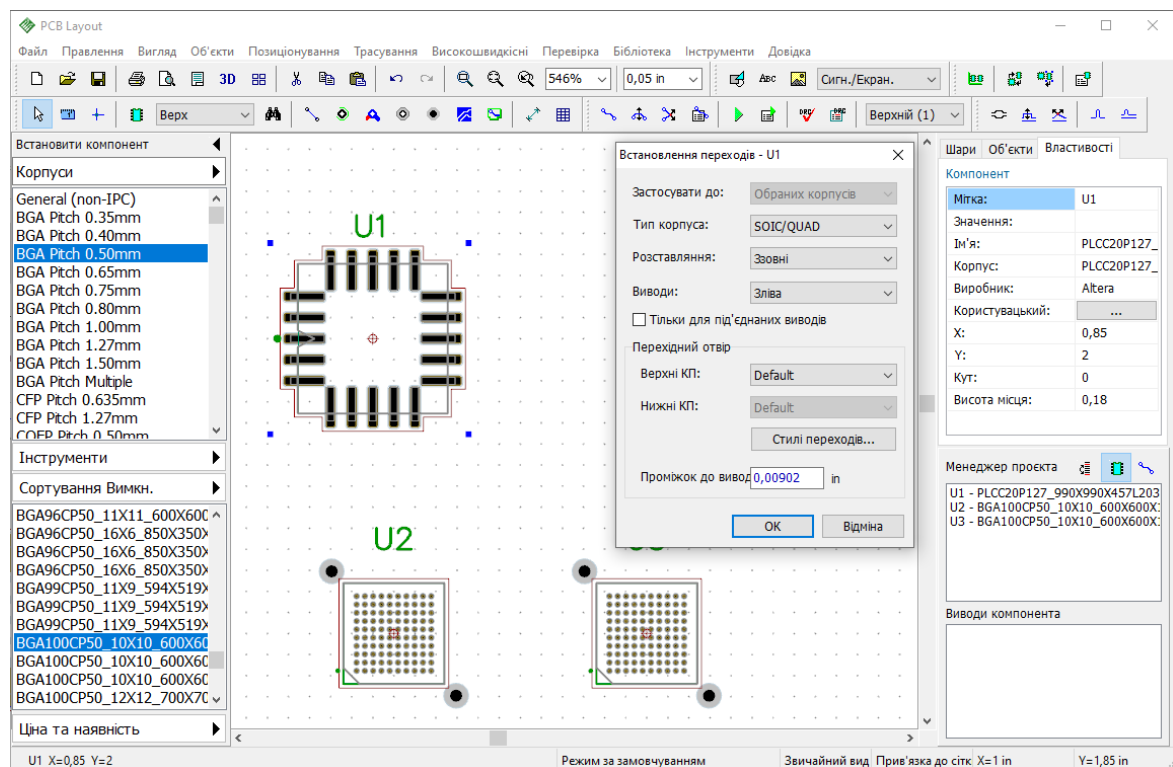
Тепер виберіть групу бібліотек **Корпуси** та встановіть один корпус PLCC20P127_990X990X457L203X43N з бібліотеки **PLCC** та два корпуси

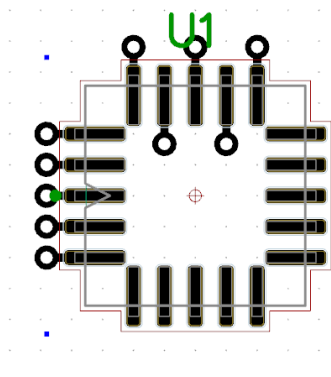
BGA100CP50_10X10_600X600X100B30N з бібліотеки **BGA Pitch 0.50 mm**. Ми будемо використовувати ці компоненти для демонстрації, але ви можете обрати інші.

Клацніть правою кнопкою миші по корпусу PLCC і виберіть пункт **Встановлення переходів** у підменю. У вікні виберіть: **SOIC/QUAD** в полі **Тип корпусу**, в полі **Розставляння** встановіть опцію **Ззовні**, а в полі **Виводи** – **Ліворуч** (переходи будуть створені тільки для лівого ряду виводів).

Переконайтеся, що позначку **Тільки для під'єднаних виводів** знято, адже потрібно створити переходи для всіх контактних площинки незалежно від того, підключені вони до мереж чи ні. Можна обрати різні стилі переходів для виводів на верхньому та нижньому шарі плати (дана опція не активна, якщо на якійсь зі сторін немає контактних площинки).

Натисніть **Стилі переходів**, щоб переглянути поточні параметри стилів міжшарових переходів. У нашому випадку, маємо три стилі переходів: один із наскрізними отворами, один із глухими та стиль переходів Default з порівняно великими отворами. Виберіть найвідповідніший (у нашому випадку – Default).



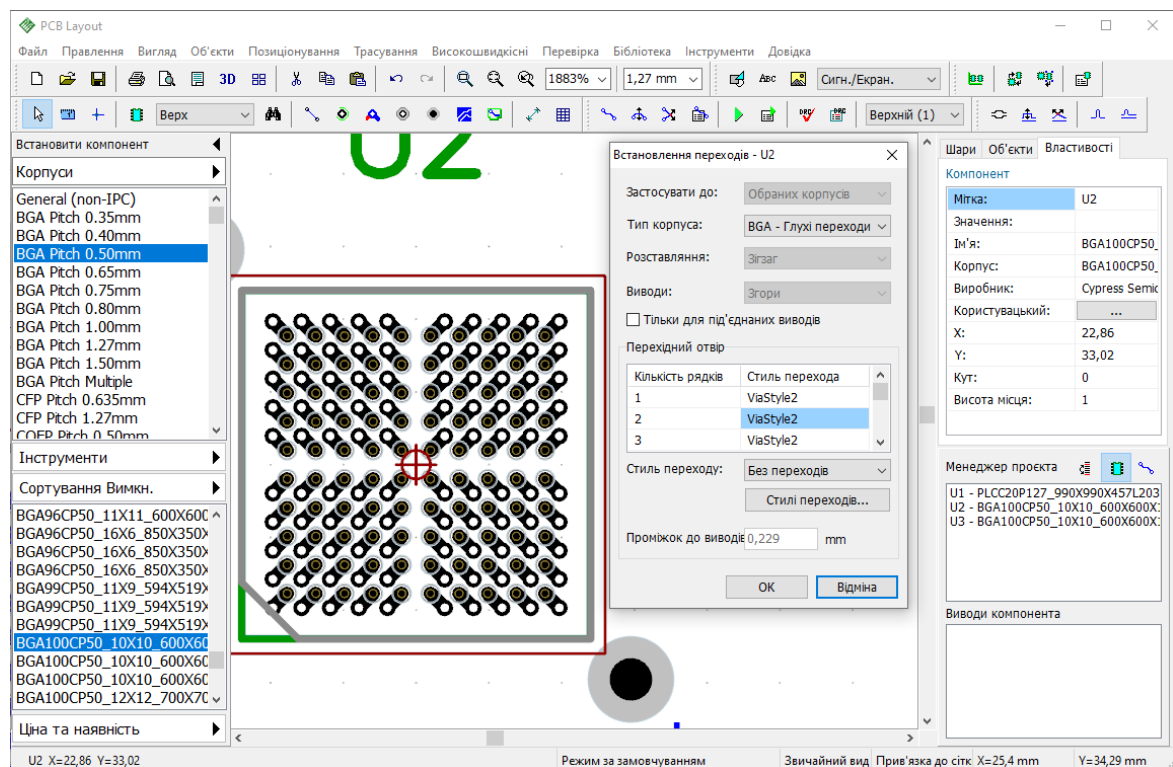


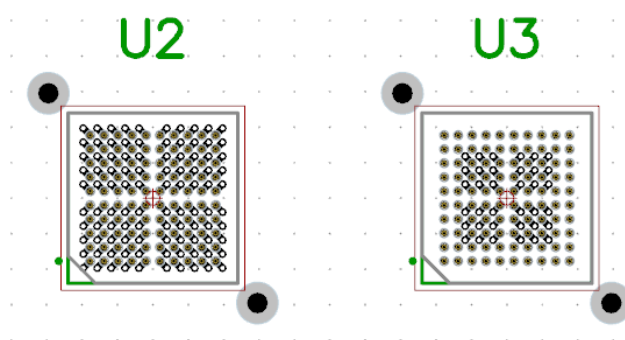
Натисніть **ОК** – і біля корпусу PLCC з'явиться ряд міжшарових переходів. Тепер зробіть правий клік по тому ж корпусу PLCC і знову виберіть **Встановлення переходів**, але цього разу оберіть **Розстановка: Zig-Zag** та **Виводи: Згори**. Натисніть кнопку **ОК**.

Тепер створімо наскрізні виводи для одного корпусу BGA та глухі – для другого. Створіть стилі переходів із відповідними за розмірами переходами. Для компонентів BGA будуть потрібні невеликі перехідні отвори (у нашому випадку це переходи діаметром **0.3 мм** з отворами **0.15 мм**).

Клацніть правою кнопкою по BGA корпусу, виберіть **Встановлення переходів** і налаштуйте **Тип корпусу: BGA – наскрізні переходи**, а також виберіть стиль переходів зі наскрізними отворами відповідного розміру. Натисніть **ОК**.

Виберіть другий корпус, відкрийте вікно установки переходів, виберіть **BGA – Глухі переходи** у полі **Тип корпусу**. Тепер програма дозволяє вибрати стиль переходу окремо для кожного ряду виводів корпусу BGA. Просто натискайте на потрібному рядку в списку і вибирайте стиль переходу зі списку.





Не будемо створювати переходи для перших двох рядків корпусу BGA, тому в таблиці для цих рядків виберіть значення **Без переходів**. Натисніть **ОК**.

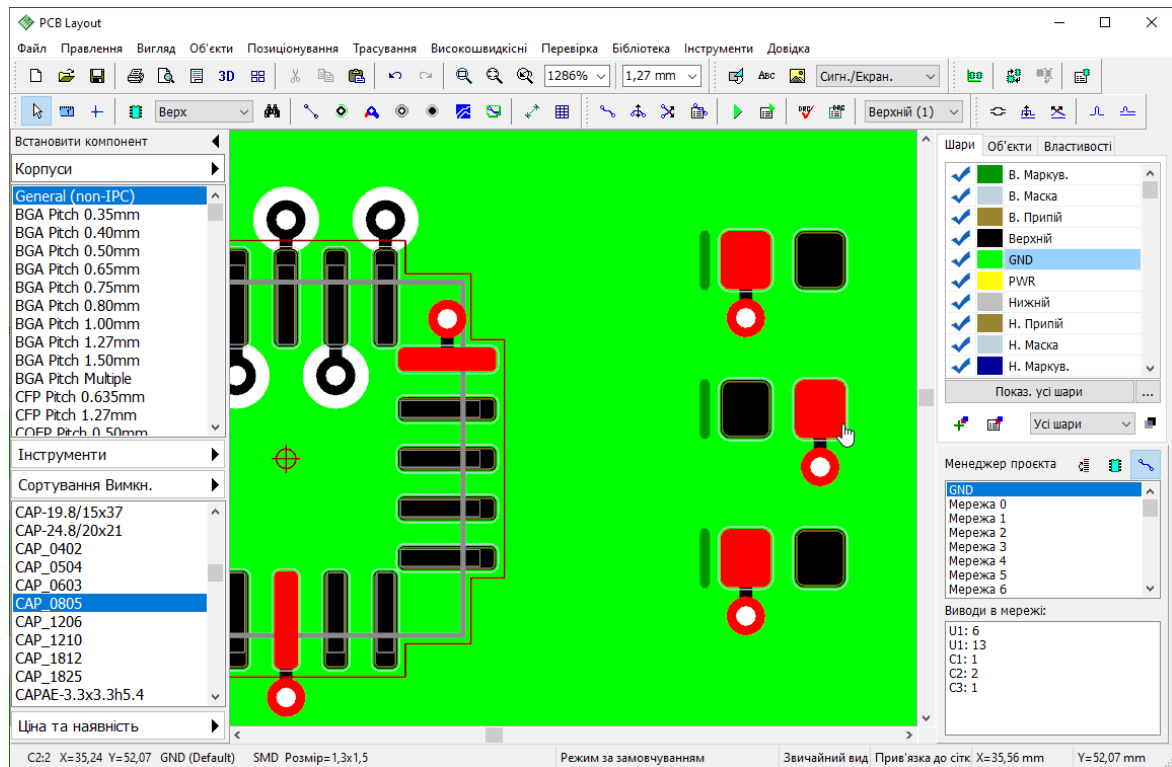
Зазвичай, для BGA корпусів не створюють переходи для зовнішніх двох рядів КП, адже їх легко розвести в поточному шарі.

Автоматичне встановлення міжшарових переходів для мережі

Розгляньмо як автоматично підключити кілька поверхневих КП до шару GND. Встановіть декілька SMD-корпусів та корпусів із наскрізними отворами. З'єднайте деякі виводи цих корпусів в одну мережу (припустимо, що це мережа GND, яку хочемо з'єднати через полігон живлення на внутрішньому шарі плати).

Використовуйте кнопку  для швидкого створення з'єднань. Перейменуйте створену мережу на GND (якщо ви не бачите тонких синіх ліній мережі, поставте позначку **Зв'язки** у вкладі **Об'єкти** на панелі **Менеджера проєкту**).

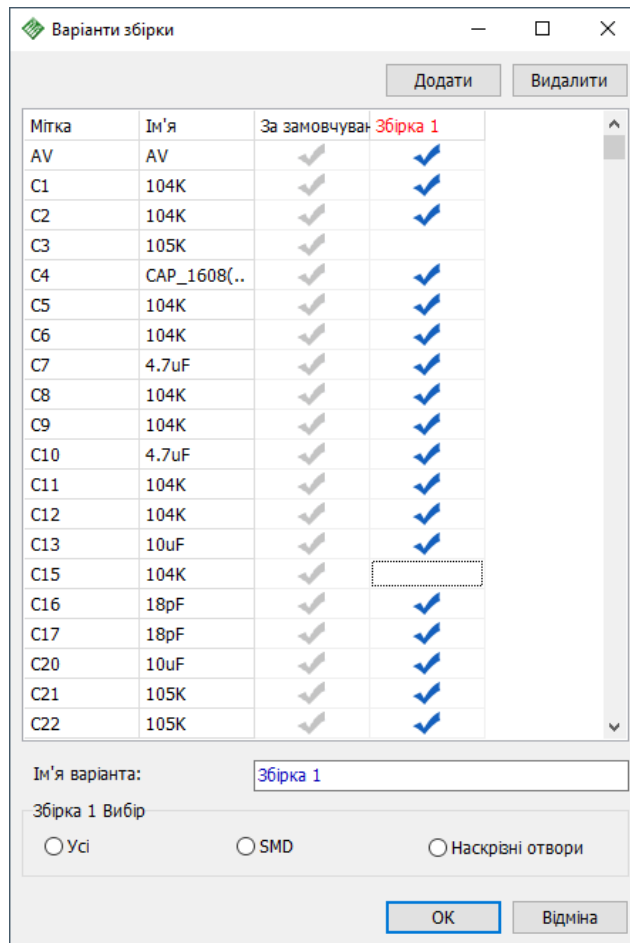
Переконайтеся, що у вас є стиль глухих переходів із Верхнього шару на шар GND. Клацніть правою кнопкою по одному з виводів (не по корпусу) цієї мережі та виберіть **Встановлення переходів**. У діалоговому вікні виберіть відповідний стиль переходів та натисніть **ОК**. Тепер всі виводи мережі GND під'єднані до відповідного внутрішнього шару плати, де ми попередньо встановили заливку та підключили її до мережі GND.



5.15 Специфікація (BOM)

Специфікацію матеріалів у DipTrace можна створити в модулях Схемотехніка та Редактор плат. Цей інструмент схожий в обох модулях, але має більш розширені параметри в Редакторі плат, тому розглянемо його детальніше.

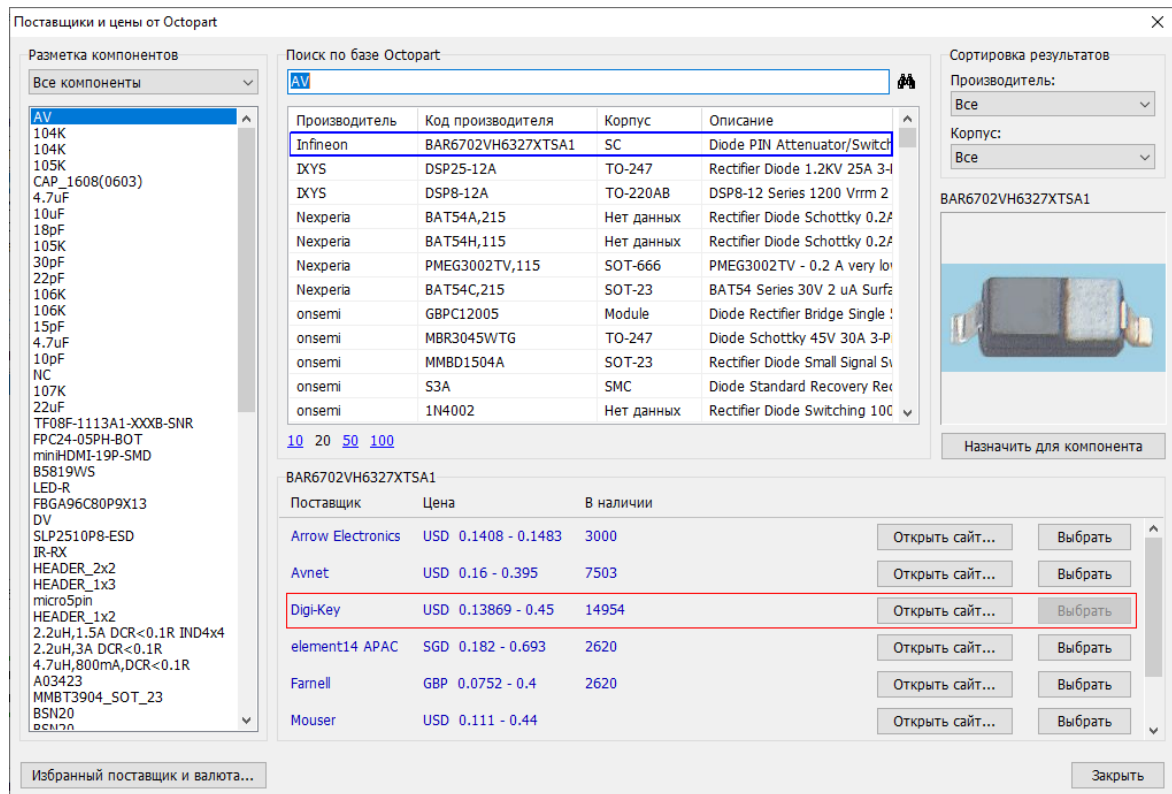
Відкрийте проект Banana_Pi.dip з прикладів DipTrace (Документи/DipTrace/Examples). Щоб створити специфікацію матеріалів для друку, виберіть "Файл/ Експорт/Список деталей (BOM)..." з головного меню.



Можна налаштувати кілька варіантів. Після завершення збережіть їх, натиснувши **ОК**. Тепер варіанти складання з'являться в списку, що розкривається. Варіант за замовчуванням є вихідною платою і не підлягає редагуванню.

Список, що відкривається "**Постачальник**" дозволяє створювати специфікації на основі статусу "**Постачальник**" компонентів. Можна створити специфікацію, яка включає всі компоненти, компоненти певного постачальника або компоненти, яким не був призначений жоден постачальник. Останні два варіанти працюють лише в тому випадку, якщо хоча б для деяких компонентів плати обрано постачальників. Ми ще не призначили постачальників, зробимо це зараз.

Натисніть кнопку **Постачальники та ціни** в нижньому лівому кутку – з'явиться діалогове вікно "Постачальники та ціни від Octopart".



У списку компонентів ліворуч виберіть компонент. У центральній частині діалогу показані доступні пристрої.

Програма шукає пристрої в каталозі Octopart на основі даних, вказаних у полі Ім'я. Компоненти можна шукати в каталозі самостійно, вказавши необхідні дані у рядку пошуку та натиснувши кнопку .

Виберіть пристрої і призначте постачальників довільно, виключно для практики.

Як видно, Digi-Key автоматично обирається як постачальник пристрою, тому що він встановлений як обраний постачальник (натисніть кнопку **Обраний постачальник та валюта** в лівому нижньому куті, щоб змінити це), але ми можемо легко вибрати іншого постачальника, натиснувши кнопку **"Обрати"** у відповідному рядку. Після вибору постачальника натисніть кнопку **"Призначити для компонента"**, щоб підтвердити вибір пристрою та постачальника для поточного компонента. Для практики, призначте пристрій та постачальника іншим компонентам та закрийте діалог після.

Для отримання додаткової інформації зверніться до Довідки з PCB Layout (PCB Layout > Objects > Component > Assign Supplier).

Тепер потрібно налаштувати яким чином інформацію буде організовано за рядками та стовпцями у таблиці специфікації.

У списку, що розкривається **Групувати рядки за** виберіть **Компоненти**. Використовуйте позначки нижче для додавання заголовку, номерів рядків та загальну кількість компонентів/ціну.

У розділі праворуч "**Стовпці**" додайте стовпці у файл специфікації з налаштуваннями, як на зображенні нижче. У списку **Показати**: виберіть відповідний елемент (Ім'я, Мітка, Значення, Кількість, Постачальник, Ціна тощо) і натисніть кнопку "**Додати**". Ви можете змінити порядок елементів за допомогою кнопок зі стрілками, а також додати або видалити стовпчики з таблиці. Крім того, можна вибрати спосіб вирівнювання даних у таблиці, а також вказати ширину стовпців.

Якщо ви збираєтеся розмістити таблицю специфікації безпосередньо в проєкті, використовуйте розділ діалогу "**Таблиця**" для визначення параметрів шрифту та висоти рядка. Натисніть кнопку "Обрати шрифт", щоб налаштувати. Для Unicode-символів використовуйте лише шрифти TrueType.

По завершенню налаштування таблиці BOM, є чотири варіанти її створення.

1. Розмістити Таблицю в області побудови. Для цього натисніть кнопку "**Додати таблицю**" та клацніть лівою кнопкою миші на області побудови в точці, де хочете розташувати верхній лівий кут таблиці. Інтерактивну таблицю з усіма компонентами буде розміщено на верхньому шарі збірки. Якщо оберете компонент у таблиці, він підсвітиться на платі. Таблиця оновлюється автоматично, тому можна продовжувати редагувати плату і після її розміщення – всі наступні зміни будуть внесені до таблиці.

2. Інтерактивна специфікація у Редакторі плат. Натисніть кнопку "**Інтерактивна специф.**" та виберіть варіант "У Редакторі плат" – з'явиться спливаюча таблиця, що відповідає визначеним раніше параметрам. Компоненти, що обрані в таблиці, підсвітяться на платі. Натисніть "**Показати**" – і програма покаже по центру області побудови компонент з обраного рядка.

3. Експорт у файл. Збереження файлів специфікації можливе у двох форматах: Excel CSV та файли з розширенням *.bom. При експорті до файлу потрібно буде встановити роздільник стовпців і вирішити, чи використовувати лапки для значень. Зауважте, що ви можете додавати рядки і стовпці у файл специфікації в будь-якому редакторі електронних таблиць.

4. Експорт HTML – ця опція забезпечує простий обмін та редагування специфікації поза середовищем DipTrace. Збережіть файл HTML, а потім відкрийте його у браузері.

Placed	Reference(s)	Name	Value	Pattern	Supplier	Price	Order Link
☐	AV	AV	1005	TP	Future Electronics	0.134 USD	Visit Site
☐	C1	104K	(1608)	CAP_1608 (0603)	Digi-Key	0.53 USD	Visit Site
☐	C2	104K	(1005)	CAP_1005 (0402)	Mouser	0.37 USD	Visit Site
☐	C3	105K	(1608)	CAP_1608 (0603)	Digi-Key	0.31 USD	Visit Site
☒	C4	CAP_1608 (0603)	(1608)	CAP_1608 (0603)	Allied Electronics & Automation	9.97 USD	Visit Site
☐	C5	104K	(1005)	CAP_1005 (0402)	Mouser	0.37 USD	Visit Site
☐	C6	104K	(1005)	CAP_1005 (0402)	Mouser	0.37 USD	Visit Site
☐	C7	4.7uF	(1608)	CAP_1608 (0603)	Arrow.cn	0.4897 USD	Visit Site
☐	C8	104K	(1608)	CAP_1608 (0603)	Digi-Key	0.53 USD	Visit Site
☐	C9	104K	(1608)	CAP_1608 (0603)	Digi-Key	0.53 USD	Visit Site
☐	C10	4.7uF	(1608)	CAP_1608 (0603)	Arrow.cn	0.4897 USD	Visit Site
☐	C11	104K	(1005)	CAP_1005 (0402)	Mouser	0.37 USD	Visit Site
☐	C12	104K	(1005)	CAP_1005 (0402)	Mouser	0.37 USD	Visit Site

Використовуйте кнопки у верхньому правому куті для налаштування параметрів специфікації, режим відображення таблиці та плати.

U (Розгрупувати) – показати кожен компонент друкованої плати у специфікації окремо.

NL (Netlist) – сформувати список всіх мереж.

N (Component Name) – групувати компоненти у таблиці специфікації за ім'ям компонента.

NV (Component Name and Value) – групувати компоненти в таблиці специфікації за ім'ям та значенням компонента.

NP (Component Name and Pattern) – групувати компоненти в таблиці специфікації за ім'ям компонента та корпусом.

NVP (Component Name, Value and Pattern) – групувати компоненти в таблиці специфікації за ім'ям компонента, значенню і корпусом.

BOM – показати лише таблицю специфікації.

LR – відображення специфікації зліва, а плати праворуч.

TB – відображення специфікації вгорі, а плати – у нижній частині вікна.

T – показати специфікацію та верхню сторону плати.

TB – показати специфікацію та обидві сторони плати.

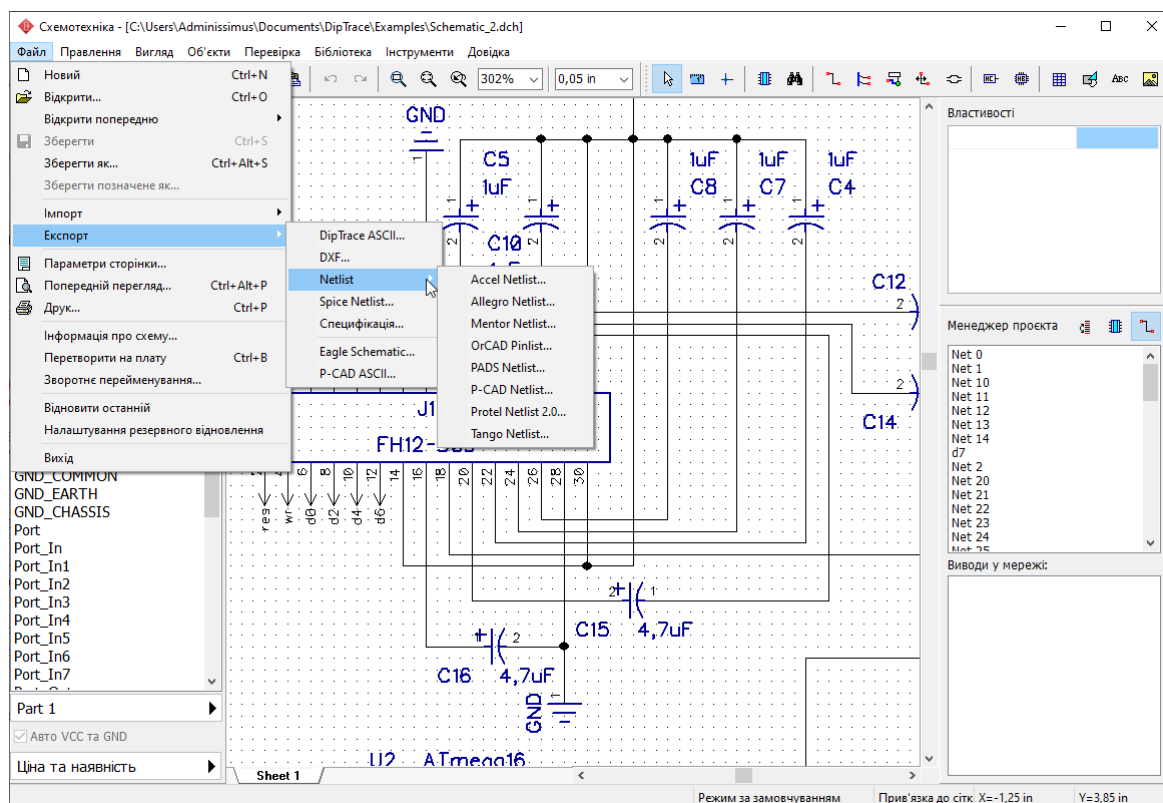
B – показати специфікацію та нижню сторону плати.

5.16 Імпорт-експорт списку з'єднань (нет-листів)

Схемотехніка DipTrace дозволяє створювати "нет-лісти" (списки з'єднань) різних форматів для передачі схем до інших програм (Accel, Allegro, Mentor, OrCAD, PADS, P-CAD, Protel, Tango). "Нет-лісти" можуть бути використані для перевірки структури схеми за допомогою текстового редактора або іншого САПР.

Експорт списку з'єднань

Для експорту (створення) списку з'єднань у Схемотехніці потрібно вибрати "Файл/Експорт/Netlist" та вибрати формат. Після того, як вказано ім'я файлу та каталог, список з'єднань буде створено зі схеми, відкритої у поточному вікні Схемотехніки.



Імпорт списку з'єднань

Розгляньмо на прикладі процес імпорту нет-ліста з формату Tango, створеного програмою P-CAD. Для цього відкрийте Редактор плат, оберіть "Файл/Імпорт/Netlist/Tango Netlist" з головного меню, а після цього файл "нет-ліста": "tango_1.net" з каталогу "Документи / DipTrace / Examples". З'явиться

діалогове вікно, в якому у вигляді таблиці представлений перелік компонентів із зазначенням їхньої мітки, типу та корпусу.

Компоненти на друкованій платі представлені у вигляді посадкових місць, тому перший крок при імпорті нет-ліста – це переконатися в тому, що кожного компонента під'єднаний корпус, інакше цей компонент не з'явиться на платі. Перевірте всі корпуси в таблиці **Список компонентів з нетліста**:

Колонка Мітка відображає позначки компонентів у списку з'єднань.

Колонка Ім'я відображає ім'я компонента.

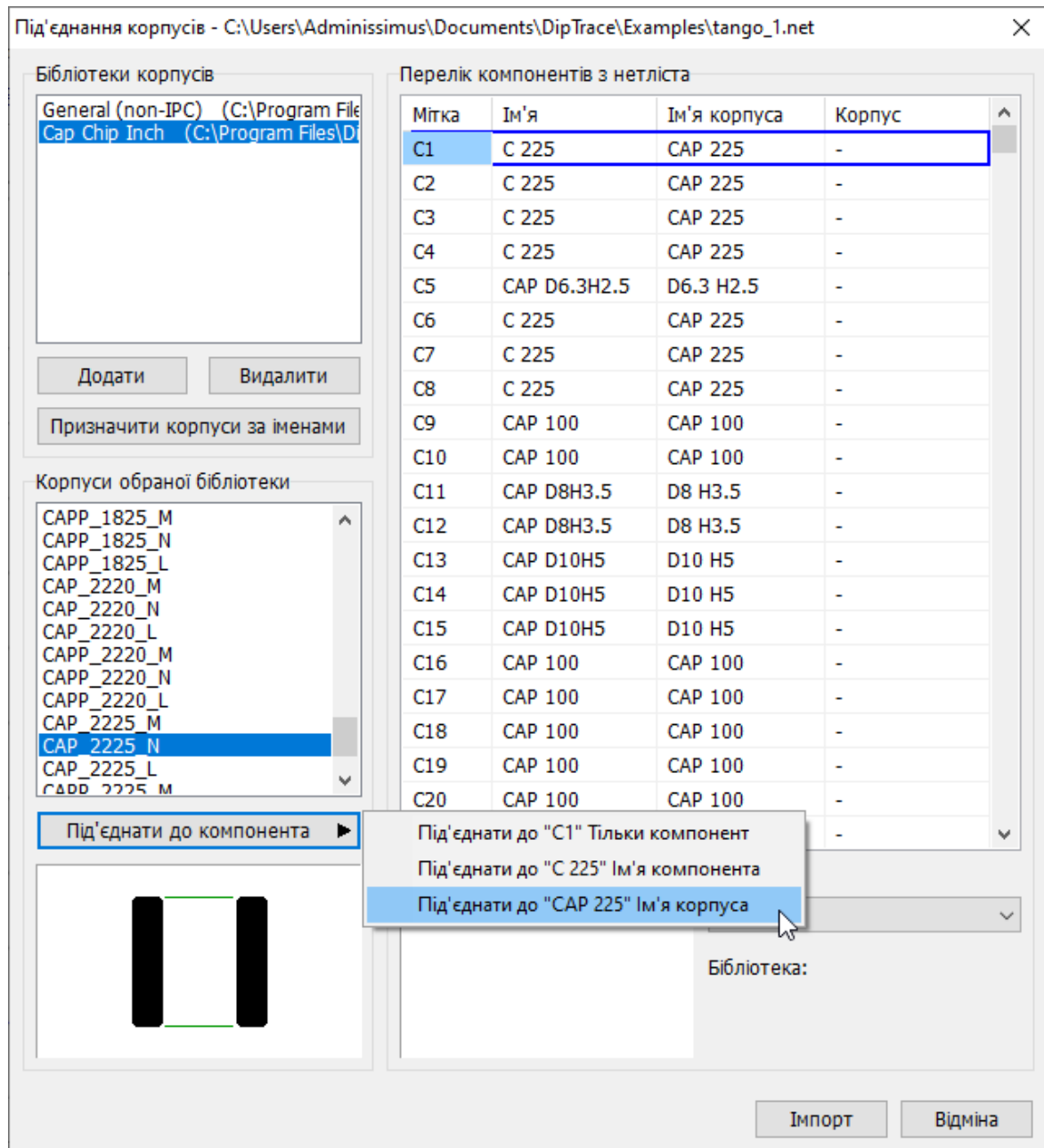
Колонка Ім'я корпусу відображає назву корпусу у списку з'єднань.

Колонка Корпус відображає під'єднаний корпус DipTrace (якщо воно порожнє, то корпус не під'єднаний).

Натисніть **Додати**, щоб додати бібліотеки, з яких братимуться корпуси для компонентів. Стандартні бібліотеки корпусів програми за замовчуванням розташовані в папці "C:\Program Files\DipTrace\Lib", а користувацькі бібліотеки в папці "Документи/DipTrace/My Libraries". Додайте бібліотеку Cap Chip Inch, звідки братимуться корпуси для компонентів з позначкою C 225, та деякі інші бібліотеки. Обирайте декілька бібліотек водночас за допомогою клавіш *Shift* та *Ctrl*.

Оберіть бібліотеку зі списку та натисніть **Призначити корпуси за іменами**, щоб програма знайшла та призначила корпуси на основі імен компонентів автоматично.

Якщо один і той же корпус у "нетлисті" і DipTrace називається по-різному, то автоматично призначити їх програма не зможе, це доведеться робити вручну. Виберіть компонент зі **Списку компонентів нетліста**, виберіть потрібну бібліотеку та корпус у відповідних списках. Тепер натисніть **Під'єднати до компонента** та виберіть під'єднати корпус до компонентів із певною міткою, певним ім'ям або певним корпусом. Наприклад, було під'єднано корпус CAP_2225_N до всіх компонентів, у яких в "нетлисті" вказаний корпус CAP 225.



Зірочка "*" після імені корпусу позначає, що цей корпус було під'єднано вручну.

Коли всім компоненти будуть призначені корпуси, натисніть **Імпорт**.

5.17 Перегляд 3D та експорт

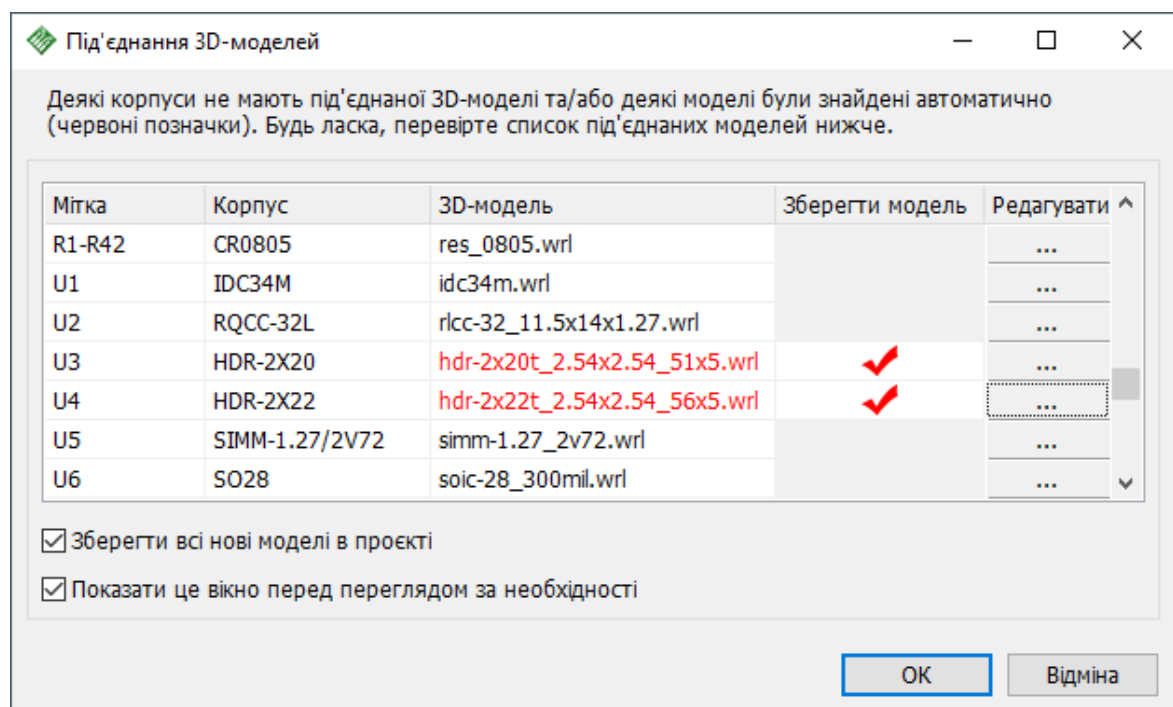
Редактор плат DipTrace має вбудований модуль 3D-візуалізації з можливістю експорту тривимірної моделі плати у формати STEP та VRML. Цей інструмент дозволяє користувачеві візуально перевірити друковану плату з усіма встановленими компонентами та експортувати модель друкованої плати до механічних програм САПР для розробки корпусу пристрою та інших цілей.

Будь ласка, **завантажте та встановіть стандартну бібліотеку 3D-моделей зі [сайту DipTrace](#)**, в якій містяться понад 11000 моделей корпусів. Якщо компонент не має 3D-моделі, у режимі 3D-перегляду на друкованій платі відображається тільки його посадкове місце.

У Редакторі плат виберіть "Файл / Відкрити" у головному меню (або натисніть Ctrl+O), а потім виберіть файл "Документи

\DipTrace\Examples\example_routed.dip". Тепер натисніть  на Стандартній панелі або виберіть Інструменти / 3D-перегляд / 3D-візуалізація з головного меню. Якщо на платі є корпуси без 3D-моделей, з'явиться діалогове вікно **Підключення 3D-моделей**. DipTrace перевіряє, чи всі компоненти мають 3D-моделі, та намагається знайти правильні моделі для компонентів, що не мають. У цьому вікні можна переглянути або призначити інші моделі корпусам на платі.

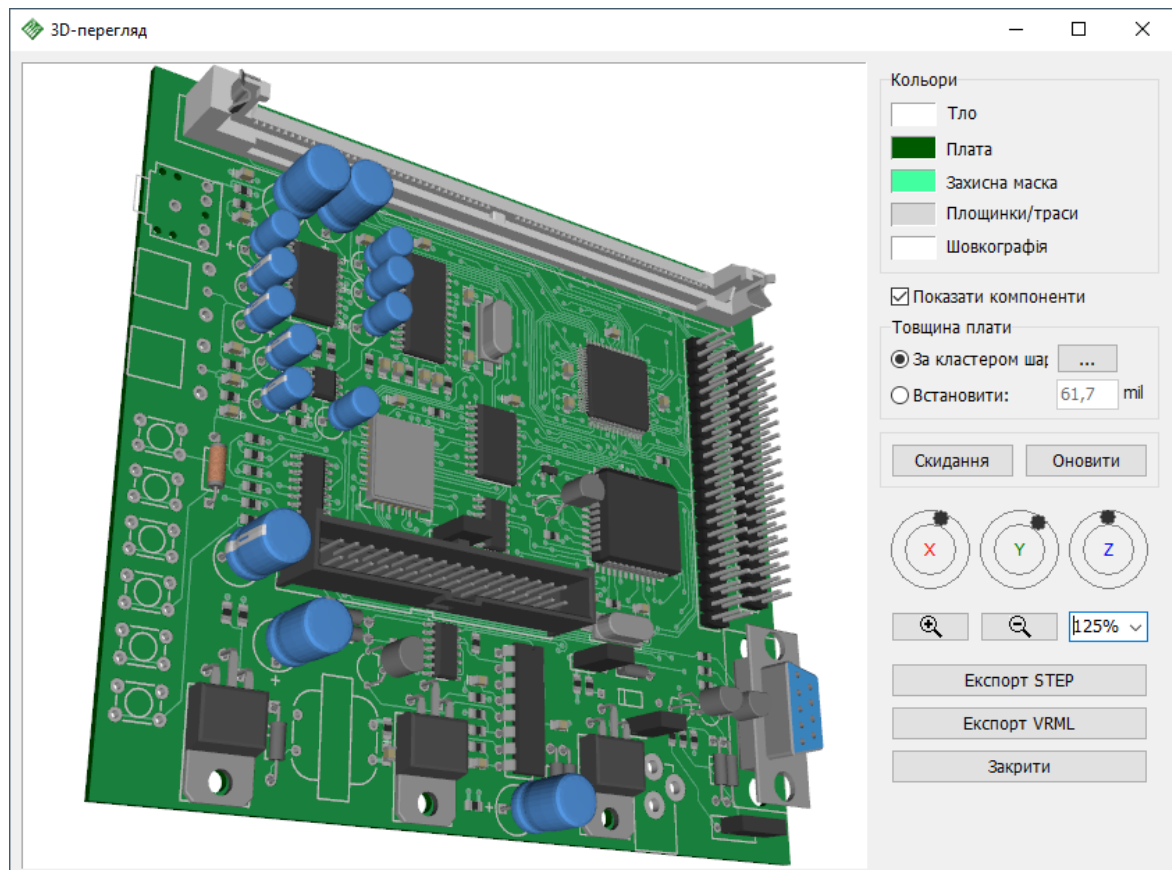
Додаткову інформацію можна знайти у розділі "Попередній перегляд та експорт у 3D" (3D preview and export) у довідці з Редактора плат ("Довідка / Довідка з PCB Layout" у головному меню).



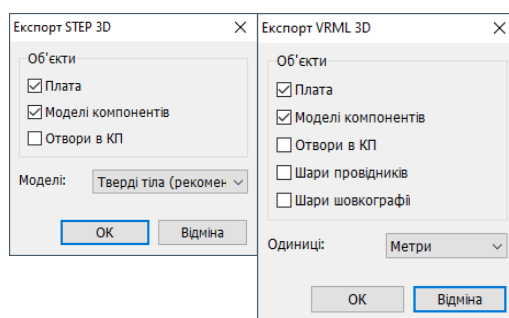
Не зважаючи на те, що наразі є корпуси без 3D-моделей, просто натисніть **ОК**. Ви побачите тривимірну модель плати, її можна масштабувати, обертати по трьох вісях і рухати як заманеться.

Колір плати, тла, захисної маски, контактних площинок та трас можна змінювати. Деякі зміни набудуть чинності лише після натискання **Перемалювати**.

Зверніть увагу, що загальні параметри маски задаються у [вікні експорту Gerber](#)¹¹¹.



Експорт 3D-моделі



Модуль 3D-перегляду дозволяє зберігати тривимірну модель плати у форматах STEP (*.step) та VRML 2.0 (*.vrl), які легко імпортується у будь-яку "механічну" САПР програму.

В режимі **3D-перегляду плати**, натисніть **Експорт STEP** і поставте позначки біля тих об'єктів, які мають бути вміщені в файл, що експортується (плата, моделі, отвори), а також оберіть режим експорту 3D-моделей. Натисніть **ОК**, виберіть каталог і вкажіть ім'я для файлу. Радимо використовувати режим Тверді тіла під час експорту у формат STEP. *Зауважте, експорт отворів значно сповільнює процес.* Для експорту у формат VRML 2.0, натисніть **Експорт VRML**, оберіть об'єкти, вкажіть одиниці вимірювання і натисніть **ОК**, щоб зберегти файл.

Налаштувати відображення 3D-моделі

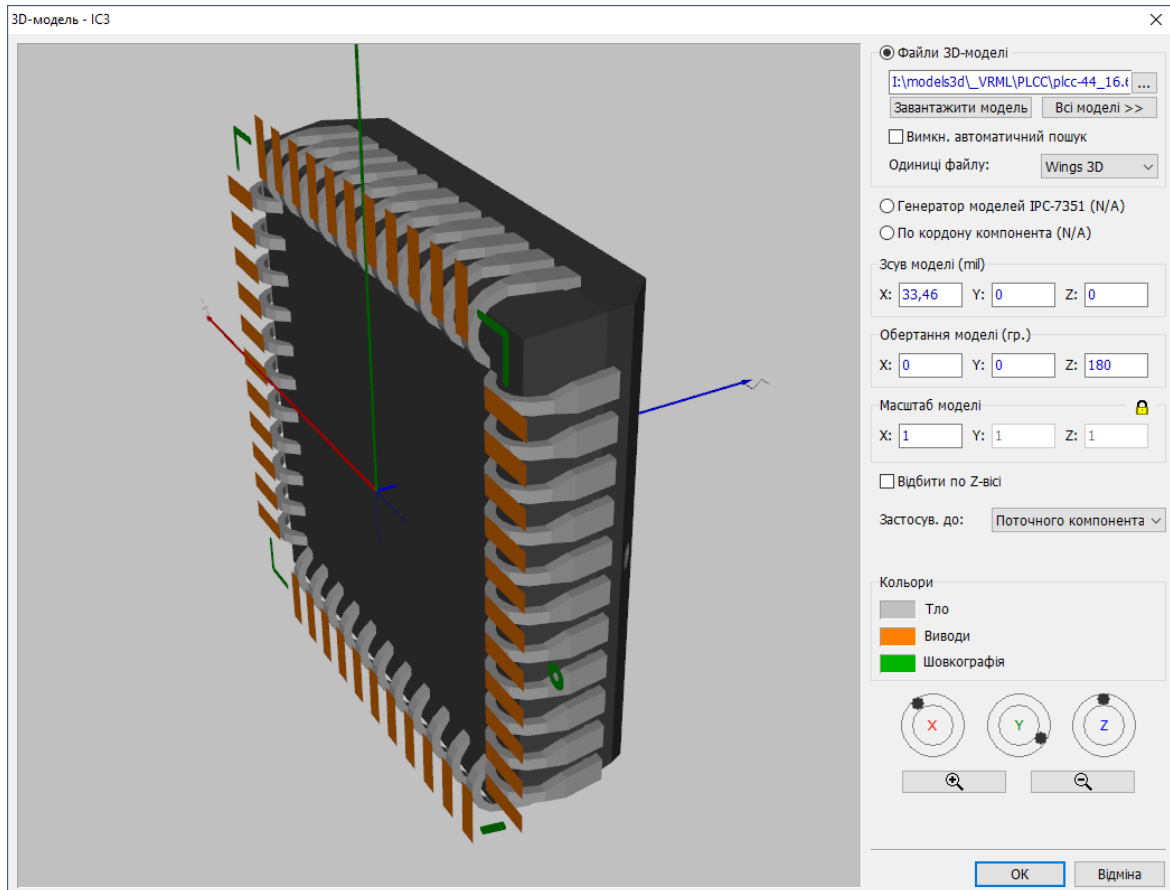
Натисніть  у діалоговому вікні **Підключення 3D-моделей** або клацніть правою кнопкою миші на компоненті та виберіть **3D-модель**. З'явиться діалогове вікно **3D-моделі**. Тривимірна модель розташована на посадковому місці корпусу, її можна обертати, переміщувати, змінювати кольори тощо.

Щоби обрати іншу 3D-модель, натисніть **Усі моделі>>** та виберіть відповідну зі списку всіх моделей, наявних у програмі. Моделі у списку згруповані за бібліотеками корпусів для зручності.

Для підключення 3D-моделі з окремого файлу, натисніть  та вкажіть шлях до файлу 3D моделі. Програма підтримує моделі у форматах 3DS, VRML, STEP та IGES.

Якщо для створення 3D-моделі використовувався **Генератор корпусів**, ви можете переглянути її, вибравши параметр **"Генератор моделей IPC-7351"** у вікні перегляду 3D-моделі компонента. 3D-модель може бути згенерована програмою автоматично на підставі контуру компонента. Щоб скористатися цією опцією, виберіть **"По межі компонента"**. Однак, щоб ця опція спрацювала, попередньо необхідно створити межу компонента в Редакторі корпусів. Після цього потрібно вказати лише висоту моделі і DipTrace створить 3D-форму, що імітує пристрій. DipTrace намагається правильно розмістити 3D-модель на посадковому місці, але іноді це не виходить. У таких випадках доведеться власноруч налаштувати розташування моделі відносно посадкового місця. Для цього достатньо полями налаштувань у розділах **Зміщення**, **Обертання** та **Масштаб моделі**.

Налаштування, визначені в полі попереднього перегляду моделі, застосовуються негайно, тому одразу можна оцінити їх правильність і зкоригувати за потреби. У темі **"Підключення 3D-моделі"** це показано на наочному прикладі, або зверніться до Довідки.

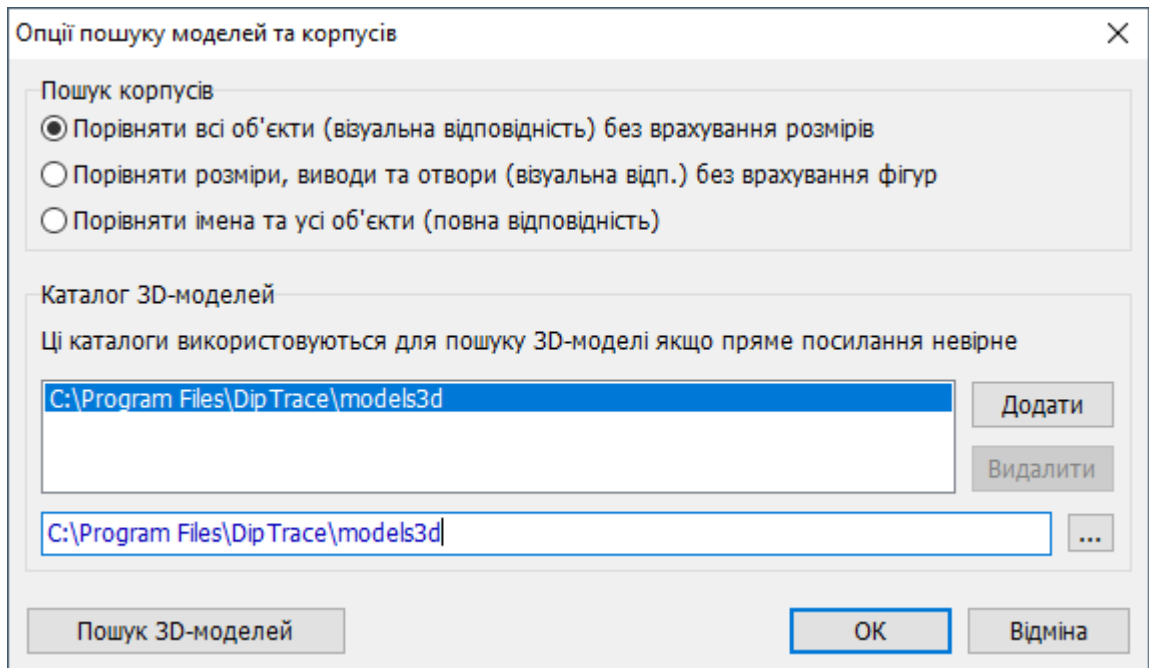


Натисніть **ОК**, щоб закрити це вікно та застосувати зміни.

Пошук 3D-моделей

Виберіть "Інструменти / 3D-перегляд / Пошук корпусів і моделей". У цьому вікні можна налаштувати пошук 3D-моделей програмою, а також вказати каталоги, де це буде робитися.

У розділі **Пошук корпусів** можна визначити наскільки точно 3D-модель, яку програма знайшла в каталогах 3D-моделей, має відповідати корпусові, що не має призначеної моделі. Натисніть **Пошук 3D-моделей**, щоб оцінити ефективність змін.



Якщо 3D-моделі містяться не в каталозі зі стандартними моделями, має бути вказано їхнє розташування. Для цього потрібно додати ці папки до списку **Каталог 3D-моделей**. За замовчуванням, стандартні бібліотеки 3D-моделей встановлюються в папку "C:\Program Files\DipTrace\models3d".

Будь ласка, завантажте та встановіть стандартну бібліотеку 3D-моделей зі [сайту DipTrace](#). 3D-моделі не містяться у звичайному інсталяторі DipTrace.

Радимо підключати 3D-моделі безпосередньо під час створення корпусів у Редакторі корпусів.

5.18 Корисні посилання

[Офіційний сайт DipTrace.](#)

[Часті питання.](#)

[Керівництво з інсталяції.](#)

[Поставити питання.](#)

[Відділ продажів DipTrace.](#)

[Завантажити найновішу версію](#) (відкрийте "Довідка/Про програму" для інформації про поточну версію).

[Придбання DipTrace.](#)

[Завантаження бібліотек.](#)

[Канал у YouTube](#)

[Форум DipTrace](#) – запропонуйте нові інструменти, обговоріть DipTrace, поділіться досвідом та поставте питання.

[Послуги з розробки плат.](#)

[Послуги з розробки бібліотек.](#)

