

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ДЕРЖАВНИЙ ВИЩИЙ НАВЧАЛЬНИЙ ЗАКЛАД
«УЖГОРОДСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ»
КАФЕДРА ПРИЛАДОБУДУВАННЯ

БАЗОВІ ПРИНЦИПИ ПРОЕКТУВАННЯ ТА РОЗРОБКИ ТЕХНІЧНОЇ
ДОКУМЕНТАЦІЇ СУЧАСНИМИ ЗАСОБАМИ САПР

Методичні вказівки до лабораторних робіт з дисципліни:
«Проектування засобів та систем автоматизації»
(магістерський рівень)

Ужгород – 2023

УДК 004.056.55, 003.26

Мешко Р.О. Базові принципи проектування та розробки технічної документації сучасними засобами САПР. Методичні вказівки до лабораторних робіт з дисципліни «Проектування засобів та систем автоматизації». Ужгород: в-во УжНУ, 2023, 35 с.

Укладач:

Роман Мешко – старший викладач кафедри приладобудування ДВНЗ «УжНУ»

Відповідальний за випуск – Михайло РЯБОЩУК., канд. фіз.-мат. наук, доцент кафедри приладобудування ДВНЗ «УжНУ».

Методичні рекомендації розглянуто та схвалено на засіданні кафедри приладобудування, протокол № 9 від 21.06.2023 року.

ЗМІСТ

ВСТУП	4
1 Лабораторна робота №1. Створення ескізів в САПР – SolidWorks	5
2 Лабораторна робота №2. Створення об'ємних деталей в SolidWorks	15
3 Лабораторна робота №3. Інтеграція CAD - SolidWorks та програм розробки друкованих плат Proteus 8	23
ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАНЬ ТА РЕКОМЕНДОВАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ	35

ВСТУП

Одним з важливих етапів вивчення дисципліни «Проектування засобів та систем автоматизації» є цикл лабораторних робіт, під час виконання якого студенти набувають практичних навичок роботи з сучасними пакетами САПР на прикладі SolidWorks та Altium Designer, які забезпечують повний цикл розробки конструкції радіoeлектронного виробу, включаючи електронну та механічну частини.

Відповідно до освітньої програми, лабораторні роботи з навчальної дисципліни сприяють формуванню у здобувачів вищої освіти таких компетентностей:

- здатність здійснювати автоматизацію складних технічних й технологічних об'єктів і комплексів та створювати сучасні кіберфізичні системи на основі інтелектуальних методів управління та цифрових технологій з використанням робототехнічних та інтелектуальних мехатронних пристроїв.

- здатність проектувати та впроваджувати високо надійні технічні системи автоматизації й робототехнічні комплекси та їх прикладне програмне забезпечення.

- здатність здійснювати захист прав інтелектуальної власності на нові проектні та інженерні рішення та коректного використання науково-технічної інформації з урахуванням авторських прав. Здатність проводити патентні дослідження.

- здатність управління проектами, маркетингом, організацією роботи проектних і виробничих підрозділів, які займаються автоматизацією технологічних процесів та виробництв з використанням комп'ютерно-інтегрованих технологій та робототехніки.

Лабораторна робота №1

Створення ескізів в САПР - SolidWorks

Мета роботи: ознайомитися з інтерфейсом програми SolidWorks, освоєння навичок створення ескіза деталей, робота з довідковими розмірами та взаємозв'язками.

Теоретичні відомості

Одним з важливих етапів вивчення даної дисципліни є цикл лабораторних робіт, під час виконання якого студенти набувають практичних навичок роботи з конструювання РЕА з використанням сучасних пакетів САПР на прикладі SolidWorks та Altium Designer, які забезпечують повний цикл розробки конструкції радіоелектронного виробу, включаючи електронну та механічну частини.

За призначенням із поширених САПР можна виділити наступні:

MCAD ([англ. mechanical computer-aided design](#)) — автоматизоване проектування механічних пристроїв. Це машинобудівні САПР, застосовуються в автомобілебудуванні, суднобудуванні, авіакосмічній промисловості, охоплюють розробку деталей і збирання (механізмів) з використанням параметричного проектування на основі конструктивних елементів, технологій поверхневого й об'ємного моделювання ([SolidWorks](#), [Autodesk Inventor](#), [КОМПАС](#), [CATIA](#));

EDA ([англ. electronic design automation](#)) або ECAD ([англ. electronic computer-aided design](#)) — САПР електронних пристроїв, радіоелектронних засобів, інтегральних схем, друкованих плат тощо, ([Altium Designer](#), [OrCAD](#), [PCAD](#), [Proteus](#)).

AEC CAD ([англ.](#) architecture, engineering and construction computer-aided design) або CAAD ([англ.](#) computer-aided architectural design) — САПР в області архітектури й будівництва. Використовуються для проектування будівель, промислових об'єктів, доріг, мостів та ін. (Autodesk Architectural Desktop, AutoCAD Revit Architecture Suite, Piranesi, ArchiCAD, [БудКАД](#), [ПК ЛІРА](#)).

CALS — постійна інформаційна підтримка постачання і життєвого циклу.

SolidWorks є однією з найбільш поширених багатофункціональних САПР.

Для полегшення проектування використовуються допоміжні програми:

- SolidWorks Enterprise PDM - управління інженерними даними;
- SolidWorks Simulation Professional, SolidWorks Simulation Premium, SolidWorks Flow Simulation - інженерні розрахунки;
- SolidWorks Electrical - електротехнічне проектування;
- SolidWorks Composer - розробка інтерактивної документації;
- CAMWorks - механообработка на обладнанні із ЧПК;
- CAMWorks Virtual Machine – верифікація управляючих програм (УП) для ЧПК;
- SolidWorks Inspection - контроль якості;
- SolidWorks Plastics, DFM - аналіз технологічних процесів.

Деякі із програмних продуктів, такі як CircuitWorks, забезпечують інтеграцію електронних та механічних САПР, створення збирання друкованої плати в SolidWorks, розрахунок та автоматизацію прокладки джгутових з'єднань в приладі.

Для симулювання теплових процесів використовується модулі COSMOSWorks (побудова теплових ізоклін, розрахунок власних частот та деформацію матеріалу) та COSMOSFloWorks

(розрахунок задач переносу рідин та газів з можливістю паралельного вирішення задач теплопровідності та теплопередачі).

Враховуючи базовий функціонал, додаткові модулі та допоміжні програми, SolidWorks є потужною САПР, яка дозволяє виконати комплексне проектування механічних та радіоелектронних пристроїв різного рівня складності.

Altium Designer є однією з найбільш потужних та поширених САПР розробки друкованих плат, яка містить інструменти для комплексного проектування та аналізу електромагнітної сумісності радіоелектронного виробу, якості розробки внутрішніх екранних шарів, використання 3D моделей компонентів та створення 3D вигляду друкованої плати з дотриманням зазорів між компонентами як в 2D так і в 3D. Altium Designer має Open Source аналог Circuit Maker та спрощену версію Circuit Studio, створюючи таким чином потужний набір інструментів починаючи від радіолюбителів і закінчуючи потужними компаніями з найскладнішими проектами.

Основа будь-якої твердотілої деталі (моделі радіоелементу, корпусу, монтажних елементів, тощо), яка створюється користувачем, будується на основі ескізу (2D об'єкту). Створивши ескіз, його можна легко перетворити в об'ємну деталь (3D об'єкт) за допомогою команд видавлювання, обертання, лофітнгу, а потім додати до неї похідні об'єкти (які теж створюються на основі ескізів).

Під час створення ескізів використовуються команди з панелі інструментів «Ескіз» (див. рисунок 1.1), які дозволяють провести лінію, дугу, сплайн, розмітити прямокутник, коло, допоміжні елементи (площину, осьову лінію, точку). Крім того, в цій же панелі розміщуються команди модифікації елементів ескізу – заокруглення, дзеркального відображення,

зміщення, обрізки та продовження об'єктів. Остання група команд панелі дозволяє додати взаємозв'язки, які допомагають певним чином фіксувати елементи ескизу.

Перш ніж приступити до створення ескизу, користувач повинен продумати стратегію та послідовність виконання всієї деталі.

Визначення алгоритму побудови деталі є першим важливим етапом при створенні моделей SolidWorks. Алгоритм побудови визначає спосіб поведінки моделі при зміні її розмірів.

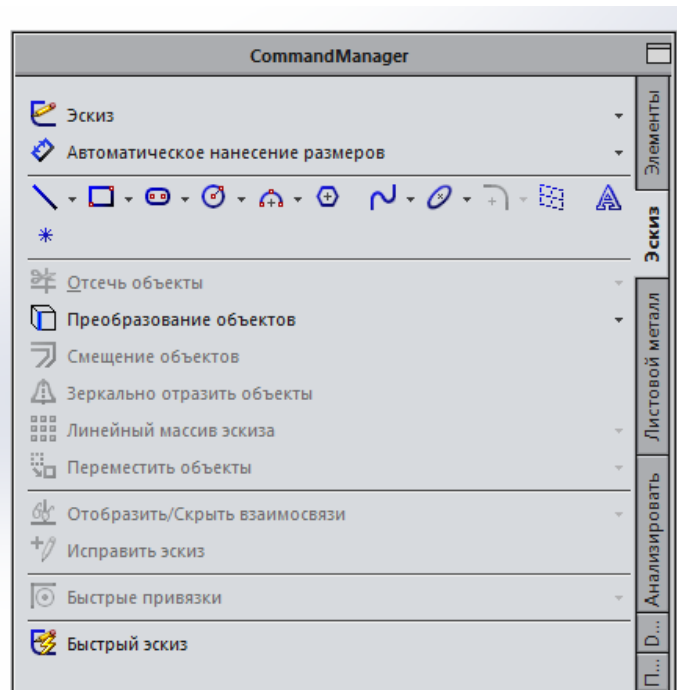


Рисунок 1.1 – Панель інструментів «Ескиз»

Наприклад – спосіб створення і нанесення розмірів на отвір в блоці. Отвір може знаходитись на певній відстані від кута чи кромки, або ж, наприклад, посередині грані. При зміні розмірів блоку чи отвору деталь повинна перебудовуватись коректно.

На рисунку 1.2 показана коректна поведінка моделі при зміні розмірів.

Обов'язково продумуйте послідовність створення моделі і всі зв'язки, які є між елементами моделі. Пам'ятайте, що правильно створена модель веде себе передбачено при зміні розмірів. Це дозволяє створити набори (конфігурації) однотипних елементів – болтів, шайб, конденсаторів (електролітичні різних розмірів), SMD резисторів та конденсаторів (1206, 0805, 0604, 0402, 0201), мікросхем (наприклад, DIP8, DIP14, DIP16 та ін.).

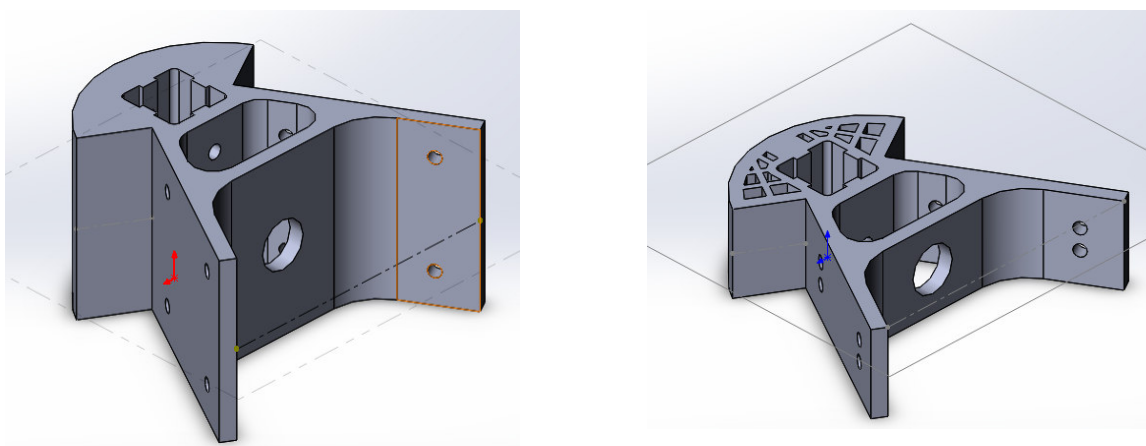


Рисунок 1.2 – Приклад зміни розмірів в деталі

Для коректної перебудови моделі при зміні розмірів ескізу використовуються взаємозв'язки, які задають взаємне розташування елементів ескізу. Приклади основних взаємозв'язків і їх зображення в програмі показані на рис. 1.3.



Рисунок 1.3 – Види і позначення взаємозв'язків

В загальному випадку, краще використовувати нескладні ескізи при великій кількості елементів, а не навпаки. Прості ескізи простіше створювати, обслуговувати, змінювати, крім того, в них простіше вказати розміри й вони більш передбачувані. Наведений на рисунку 1.4 перший варіант ескізу є невдалим, так як заокруглення входять до самого ескізу, і щоб змінити радіус заокруглення, треба заходити в ескіз і змінювати кожен радіус заокруглення (чи використовувати зв'язки значень розмірів). Другий варіант більш простий, а створення заокруглення в ньому виконується окремою командою.

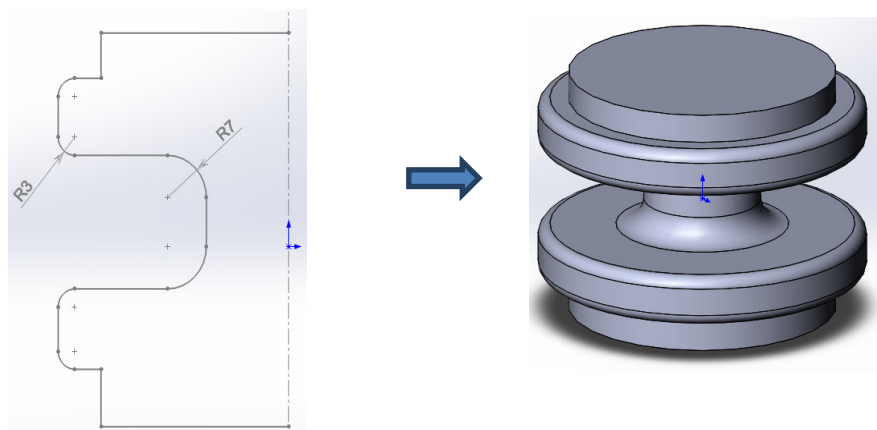


Рисунок 1.4 – Приклад складного ескіза

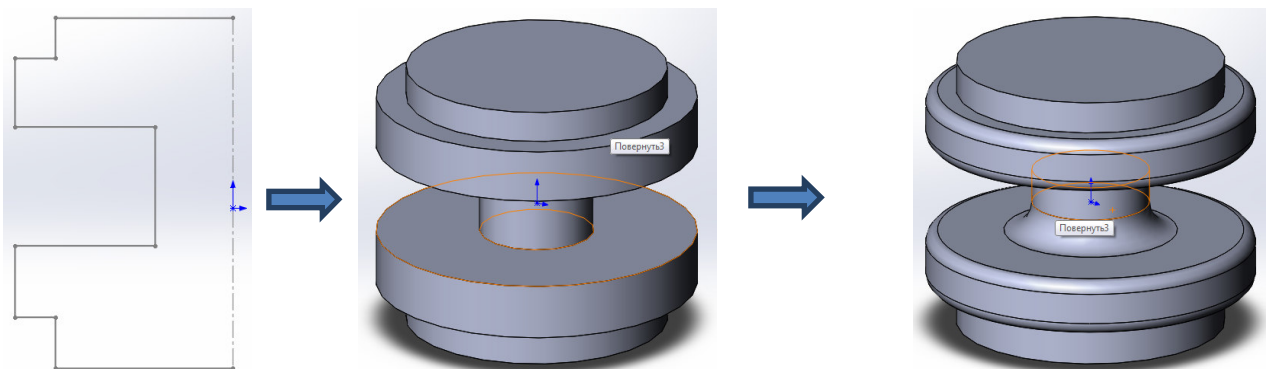


Рисунок 1.5 – Приклад перетворення простого у складний ескіз

Однак, в даній лабораторній роботі, для ознайомлення з усім набором інструментів для створення та редагування ескізів, завдання повинні бути виконані саме у тому вигляді, як показано.

Підготовка до виконання лабораторної роботи

Перед виконанням лабораторної роботи рекомендується ознайомитись з прикладами створення ескізів, встановлення розмірів і взаємозв'язків, що розглянуті в методичних вказівках до самостійної роботи [5], курсі лекцій, а також допоміжній літературі [1-3]. Особливу увагу потрібно звернути на створення взаємозв'язків між різними елементами ескізу, так як вони значно полегшують його подальшу модифікацію, наприклад, при зміні встановлених спочатку розмірів.

Хід роботи

1. Варіанти завдання згідно таблиці деталей.
2. Побудувати стратегію побудови ескізу деталі, вказаної у завданні.
3. Провести побудову елементів ескізу на площині «спереду», яка повинна обов'язково включати графічні елементи ескізу (напр., лінії, кола, дуги, прямокутники та ін.), розміри і взаємозв'язки таким чином, щоб ескіз став повністю визначеним.
4. Показати результат виконання, та вказати варіанти оптимальної побудови.
6. Продемонструвати усі етапи виконання ескізу, зберегти файл деталі.

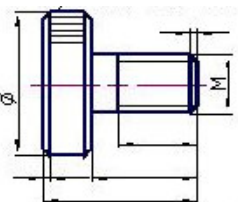
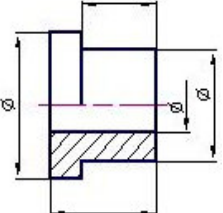
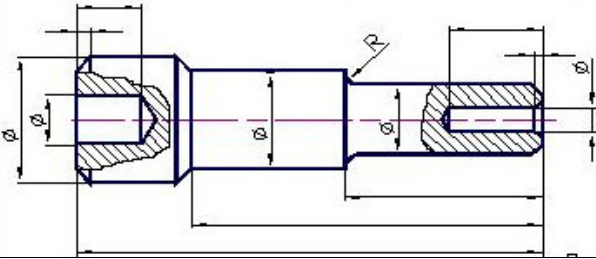
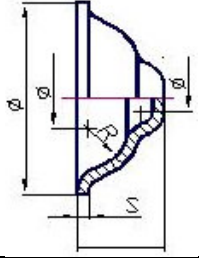
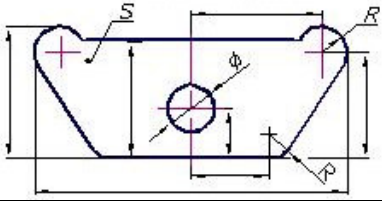
Вимоги до оформлення звіту

Звіт з лабораторної роботи обов'язково повинен містити наступну інформацію:

- послідовність створення ескізу;
- аналіз особливостей створення ескізу (наявність спеціалізованих команд, наприклад, динамічного віддзеркалення, масивів і т. ін.);
- альтернативні способи побудови елементів ескізу (наприклад, використання спеціалізованої команди slot замість набору дуг, тощо);
- перелік типів взаємозв'язків, які використовувались під час створення ескізу;
- графічні копії екрану SolidWorks з накресленим ескізом у відповідності до завдання;

Завдання для захисту лабораторної роботи

Прості деталі з довільними розмірами (розміри не вказано)

Деталі обмежені поверхнями обертання	
	
Деталь 1	Деталь 2
	
Деталь 3	Деталь 4
Деталь із листового матеріалу	
	
Деталь 5	

Результати виконання лабораторних робіт оформлюються у вигляді звітів на аркушах формату А4, кожен з яких містить:

- 1) титульний аркуш встановленого зразку з повною назвою лабораторної роботи, номером групи, прізвищем студента та його підписом;
- 2) завдання на лабораторну роботу з номером варіанту;
- 3) результат виконання (більш докладна інформація наведена у відомостях до кожної роботи);
- 4) висновки щодо отриманих результатів.

Лабораторна робота №2.

Створення об'ємних деталей в SolidWorks

Мета роботи: здобути навички створювати і використовувати довідкову геометрію; створювати деталі механічних та електронних компонентів за допомогою команд витягування, обертання, створення вирізів, заокруглень і фасок, а також за допомогою методу виділення контурів; навчитися використовувати команди комбінації і розділення тіл.

Теоретичні відомості

Створення елементів деталі на основі ескізу – один з основних етапів роботи в SolidWorks, і саме йому в довідниковій літературі приділяється найбільша увага. Кінцевим результатом розробки деталі є твердотільна модель певного виробу тощо. Інформація з моделі може бути використана як для створення візуальної 3D моделі радіоелектронного виробу, так і в якості технологічної основи для виготовлення окремих складових (наприклад, модель

корпусу виробу може бути виготовлена за допомогою відливки металу, або ж інжекційної плавки пластику). В такому випадку, розроблена в SolidWorks деталь буде використовуватись (або конвертуватись в інший формат) в додаткових програмах, які будуть генерувати технологічні файли для роботи обладнання (створення відливок на фрезерних CNC-машинах, або виготовлення прототипу з пластику за допомогою 3D-принтеру).

Існує значна кількість команд, які дозволяють перейти від 2D- (3D) вимірного ескізу до твердотілого елементу. Взагалі, існує два основних шляхи створення твердотілих елементів у SolidWorks:

1) Шляхом витягування/обертання ескізів, вирізів на основі ескізів (подібний підхід розглядається у більшості книжок, що описують роботу з зазначеною програмою).

2) Шляхом перетворення набору створених поверхонь у твердотільний елемент (команди «На расстояние», «Заполнить поверхность», «Вытянуть до поверхности» та ін.). Така методика дозволяє створити корпуси електронних пристроїв дуже складної форми. Однак, цей підхід майже не розглядається в доступній літературі.

Ескізи, на основі яких створюються елементи деталі, можуть мати як внутрішні взаємозв'язки, так і взаємозв'язки із зовнішніми по відношенню до ескізу елементами.

Також слід відзначити, що створена деталь може мати одне тверде тіло, для якого задано один матеріал, а також декілька окремих твердих тіл. Створити таку деталь можна за допомогою стандартних режимів витягування ескізу без опції «Результат слияния». Відповідно, такимчином ми можемо задати різні матеріали (пластмаса, метал, скло) в одній деталі. Такий підхід широко використовується при проектуванні моделей електронних компонентів (роз'ємів і з'єднувачів,

кнопок, мікросхем) для створення більш точних масових характеристик та фотореалістичного зображення.

Під час створення однотипних деталей, які відрізняються лише певними розмірами, доцільно використовувати конфігурації деталей. Приклад деталі з декількома конфігураціями – SMD резистор або конденсатор (різні розміри), мікросхема SO (різні розміри і різна кількість виводів). Конфігурація – набір розмірів, записаних у вигляді таблиці параметрів.

Підготовка до виконання лабораторної роботи

Перед виконанням лабораторної роботи рекомендується ознайомитись з методикою створення твердотілих деталей на основі ескізів, розглянутою в методичних вказівках до самостійної роботи [5] та допоміжній літературі [1-3].

Особливу увагу потрібно звернути на:

- складні інструменти та режими витягування «До поверхности», «На расстоянии от поверхности» (розділи «Профессиональные инструменты моделирования», [3]);
- режими створення деталей з декількома твердими тілами (прапорець «Результат слияния»);
- створення елементів на основі вже створених ескізів і елементів (команда «Смещение»);
- використання взаємозв'язків в ескізах при побудові елементів деталі;
- створення конфігурацій деталей;
- створення взаємозв'язків між різними елементами ескізу, так як вони значно полегшують його подальшу модифікацію, наприклад, при зміні встановлених спочатку розмірів.

Хід роботи

1. Отримати варіант завдання.
2. Продумати послідовність виконання деталі, вказаної у варіанті.
3. Виконати побудову ескізів і елементів деталі у відповідності до варіанту. Всі ескізи деталі повинні бути повністю визначеними, під час виконання не допускається використання команди «Полностью определенный эскиз».
4. Зберегти файл деталі на диск.
5. Показати результат виконання викладачу, відповісти на питання, які ставитиме викладач під час захисту роботи.
6. Внести зміни, якщо це буде потрібно, у створену деталь, зберегти файл деталі для подальшого оформлення звіту з лабораторної роботи.

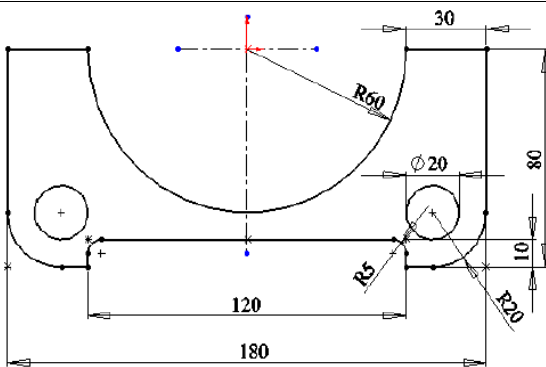
Вимоги до оформлення звіту

Звіт з лабораторної роботи обов'язково повинен містити наступну інформацію:

- послідовність створення деталі з переліком команд, що використовувались для побудови;
- альтернативні команди, які можуть бути використані для побудови деталі
- графічні копії екрану SolidWorks, які ілюструють послідовність створення деталі (декілька основних кроків);
- перелік рівнянь і конфігурацій (якщо вони використовувались);
- статистика деталі (кількість ескізів, елементів, конфігурацій і т.п.).

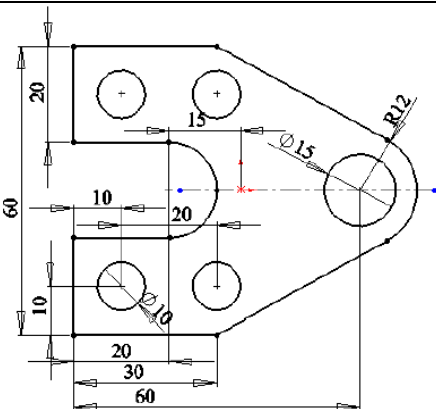
Завдання для лабораторної роботи

	Деталь 1 На основі створеного ескізу створіть (3D) деталь. Напрям видавлювання 1: глибина = 10 мм.
	Деталь 2 На основі створеного ескізу створіть об'ємну деталь. Кут обертання – 360°, товщина стінок – 1 мм (тобто деталь пустотіла).
	Деталь 3 Створіть деталь. Побудуйте ескіз і проставте на ньому розміри за допомогою функції автоматичного нанесення розмірів. Глибина витягування = 25 мм.



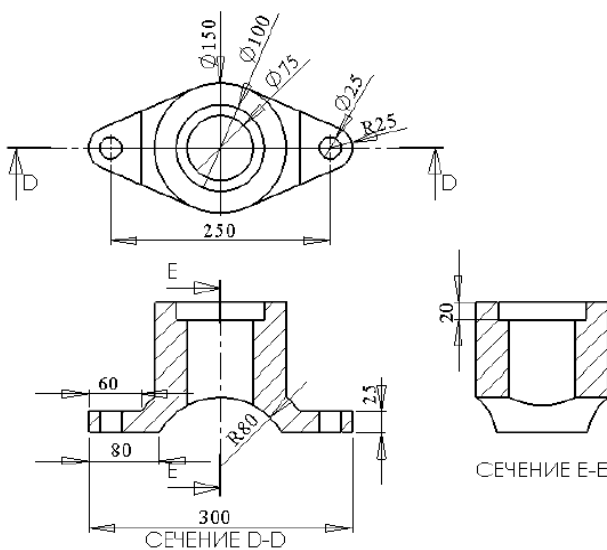
Деталь 4

Створіть деталь. Побудуйте ескіз і проставте на ньому розміри за допомогою функції автоматичного нанесення розмірів. Глибина витягування = 15 мм.



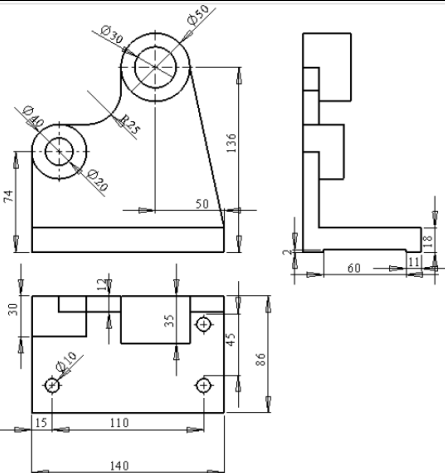
Деталь 5

Створіть деталь. Побудуйте ескіз і проставте на ньому розміри.



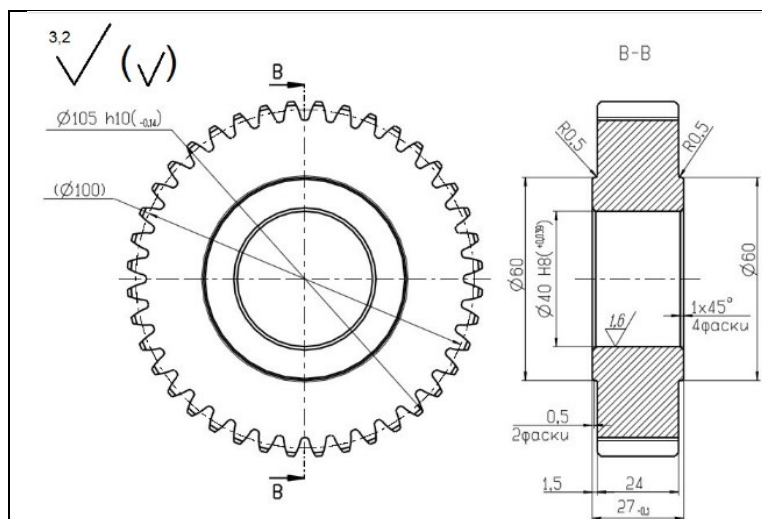
Деталь 6

Створіть деталь. Побудуйте ескізи і проставте на них розміри.



Деталь 7

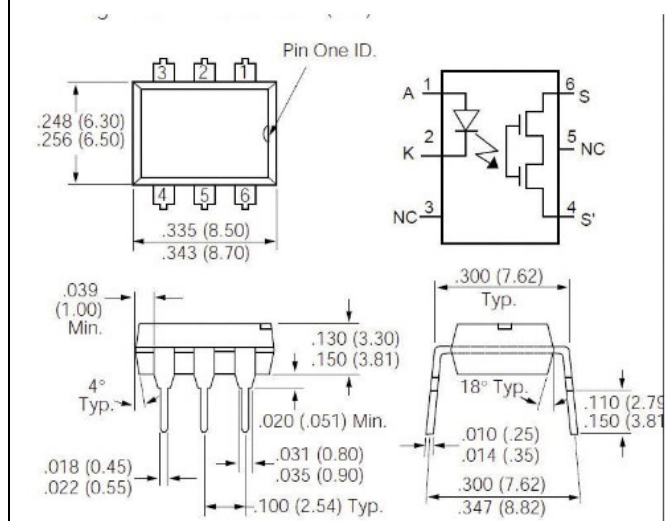
Створіть деталь. Побудуйте ескізи і проставте на них розміри.



Деталь 12

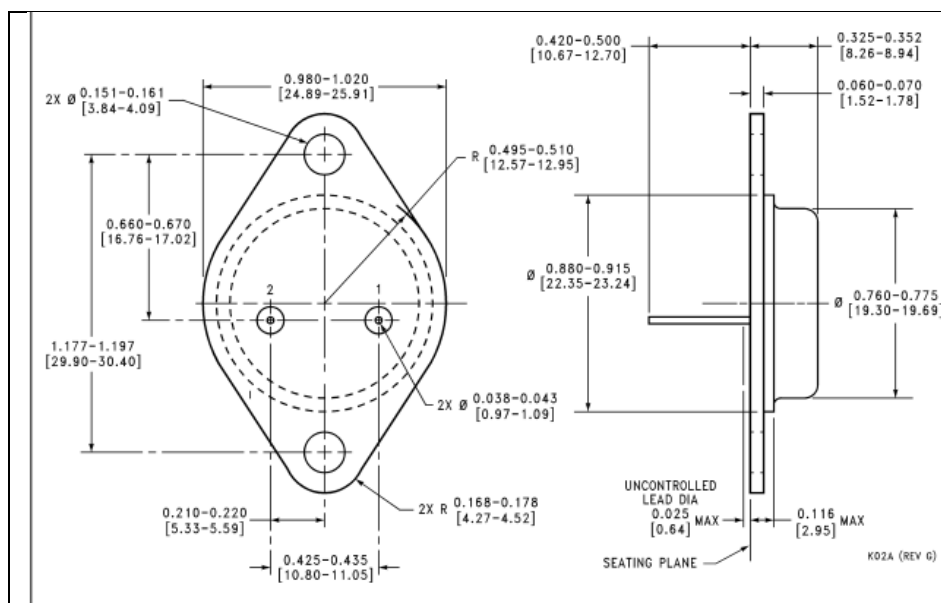
Створіть деталь шестерні циліндричної, прямозубої, 40 – зубів, модуль - 2,5. Побудуйте ескізи і проставте на них розміри

Vishay High-voltage Solid State Relay



Деталь 13

Створіть деталь DIP -8 корпуса електронного компонента. Побудуйте ескізи і проставте на них розміри



Деталь 14

Створіть деталь корпуса TO-3 електронного компонента. Побудуйте ескізи і проставте на них розміри

Результати виконання лабораторних робіт оформлюються у вигляді звітів на аркушах формату А4, кожен з яких містить:

1) титульний аркуш встановленого зразку з повною назвою лабораторної роботи, номером групи, прізвищем студента та його підписом;

2) завдання на лабораторну роботу з номером варіанту;

3) результат виконання (більш докладна інформація наведена у відомостях до кожної роботи);

4) висновки щодо отриманих результатів.

Оформлення результатів виконання кожної лабораторної роботи має свої особливості, які вказані у розділах «Вимоги до оформлення звіту» даних методичних вказівок. Після оформлення звіту він здається викладачу на перевірку, й у випадку відсутності грубих помилок викладач виставляє оцінку за оформлення роботи. Якщо звіт оформлено не за встановленими правилами, то він повертається на переробку.

Лабораторна робота №3

Інтеграція CAD - SolidWorks та програм розробки друкованих плат Proteus 8.

Мета роботи: навчитися імпортувати в SolidWorks дані про друковану плату з електронних САПР (CAD), створювати складальне креслення друкованих плат в SolidWorks з використанням програми CircuitWorks. Освоїти основні підходи у проектуванні електронних конструкцій та друкованих плат з можливістю 3D – моделювання із застосуванням САПР - Proteus 8.

Теоретичні відомості

Розробка електронного пристрою може виконуватись двома шляхами. За першим спочатку розробляється дизайн корпусу пристрою та його розміри, а потім на основі цих даних обираються місця розміщення, форма друкованих плат, виконується розміщення елементів схеми електричної принципової та трасування з'єднань.

Можливий варіант, коли корпус обирається з ряду типових, які вже випускаються. Тобто, це проектування «Зверху-вниз». Другий шлях полягає в першочерговій розробці друкованої плати (як правило – прямокутної форми), після чого по вже відомим розмірам проектується корпус пристрою.

Говорячи термінологією SolidWorks, цей шлях можна назвати шляхом проектування «Знизу-вверх». Звичайно, і перший і другий варіант розробки можуть містити декілька ітерацій, пов'язаних з тим, що в попередньо розроблений корпус «не влазить» друкована плата, або ж, під розроблену плату не вдається знайти готовий корпус. Але головне, що треба відзначити – на цьому етапі перетинаються два типи програм: САПР друкованих плат (так звані Electronic CAD, ECAD), та механічні САПР (Mechanic CAD, MCAD).

Задача сполучення цих видів програмних засобів спочатку не знаходила свого розв'язання, що призводило до збільшення строків проектування та збільшення імовірності помилок за рахунок подвійного виконання роботи (створення друкованої плати в ECAD та MCAD окремо).

Починаючи з 2000 року для SolidWorks з'явилась додаткова програма-конвертор CircuitWorks, яка через формат IDF (Intermediate Data Format) передавала з електронних САПР інформацію про габарити друкованої плати, розташування і габаритні розміри радіоелементів,

розташування і діаметр отворів. Результатом роботи конвертора є збирання, яке складається з окремих деталей. В подальшому, на основі цього збирання можна розробити корпус пристрою з врахуванням висоти і габаритів компонентів.

У випадку, якщо розташування компонентів, виконане в (Proteus 8) не підходить, його можна скоректувати в SolidWorks і виконати зворотну конвертацію плати в програму (Proteus 8). Це може бути, наприклад, коли корпус пристрою вже обраний, і один з елементів, розташованих на платі перетинається з відсіком для акумуляторів.

У випадку наявності заздалегідь створених 3D-моделей компонентів, на моделі друкованої плати в SolidWorks конвертор розташовуватиме саме їх замість спрощеного габаритного зображення.

Деякі виробники електронних компонентів розташовують на своїх електронних сторінках в Інтернет вже готові 3D-моделі, які можна використовувати для власних потреб, що значно прискорює процес розробки та проектування електронних пристроїв. Крім того, найбільш поширені 3D-моделі корпусів мікросхем, конденсаторів, резисторів, роз'ємів розташовані у вільному доступі на сайті www.3dcontentcentral.com.

Слід додати, що подібні до CircuitWorks програми-конвертори вже розроблені і для інших САПР: конвертер IDF для T-FLEX CAD, PCBto3D для SolidEdge.

В найбільш сучасних САПР друкованих плат також є режими 3D-візуалізації друкованої плати.

Так, австралійська САПР Altium Designer підтримує 3D-моделі корпусів радіоелементів у форматі STEP, які з легкістю імпортуються з файлів SolidWorks і додаються до інтегрованої бібліотеки компонентів. Особливістю Altium Designer є

можливість додавати до друкованої плати 3D-модель корпусу пристрою, що дозволяє не виходячи з програми перевіряти порушення проміжків чи перетинання компонентів друкованої плати та механічних деталей корпусу пристрою. Існує також можливість імпортувати профіль друкованої плати та монтажні отвори з SolidWorks, що безумовно суттєво спростить розробку пристрою з складною формою плати.

Крім Altium Designer 3D-режим моделювання друкованої плати мають також програми Proteus та KiCad (останній є вільним GPL-програмним продуктом).

Імпортування даних проекту друкованої плати у SolidWorks.

Перший етап - створити проект друкованої плати в електронній САПР в форматі IDF. Для прикладу розглянемо цю дію в програмі Proteus 8. Попередньо використано просту принципову схему підсилювача на базі операційного підсилювача CA3140 (рис. 3.1).

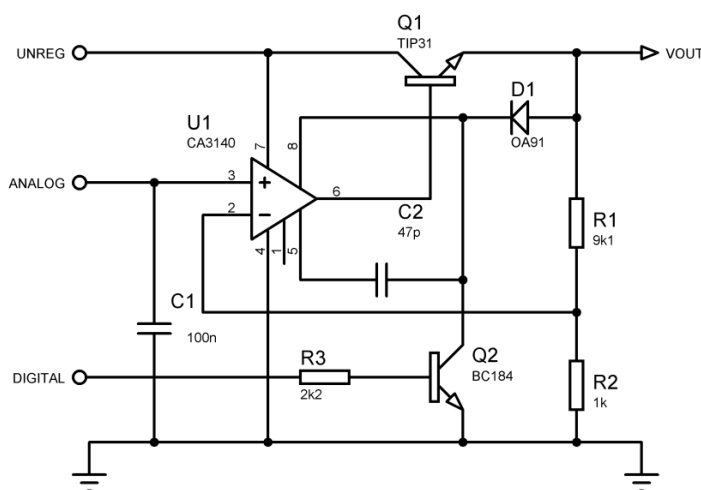


Рисунок 3.1 - Принципова схема для приведенного прикладу друкованої плати у (Proteus 8)

Вигляд друкованої плати в CAD - Proteus 8 до процедури імпорту показано на рис. 3.2. Для створення простої 3D-моделі друкованої плати нам потрібна наступна інформація:

- контур плати,
- координати монтажних отворів та отворів контактних площадок елементів,
- габарити (ширина, довжина і висота) і координати компонентів.

Вся зазначена інформація крім висоти вже є у файлі друкованої плати. Що стосується висоти – то її можна встановити, за допомогою властивості компоненту Height (див. рис. 3.3).

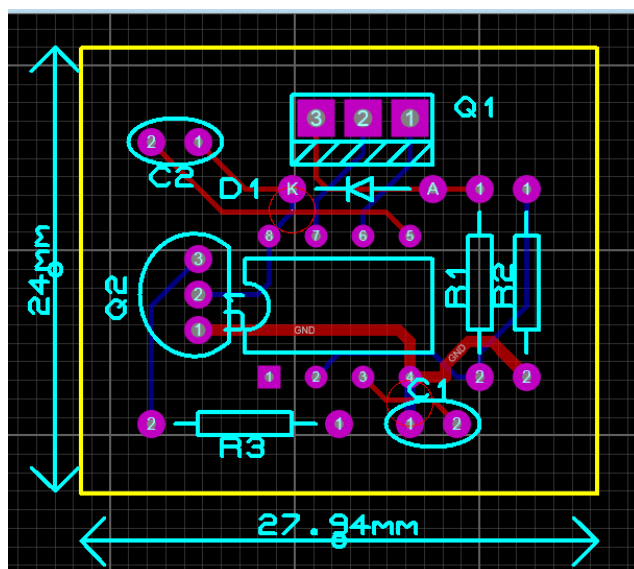


Рисунок 3.2 – Вигляд друкованої плати в програмі Proteus 8

Після встановлення висоти всіх компонентів друкованої плати у

Proteus 8 за допомогою команди File → Export → IDF Board виконаємо конвертацію файлу в зазначений формат.

Вікно налаштування експорту показане на рисунку 3.4, як видно, в ньому ми можемо виставити передачу певних частин проекту – контуру плати, просвердлених отворів, місць

розташування компонентів, встановити товщину плати та задати інші параметри, активні шари проектування.

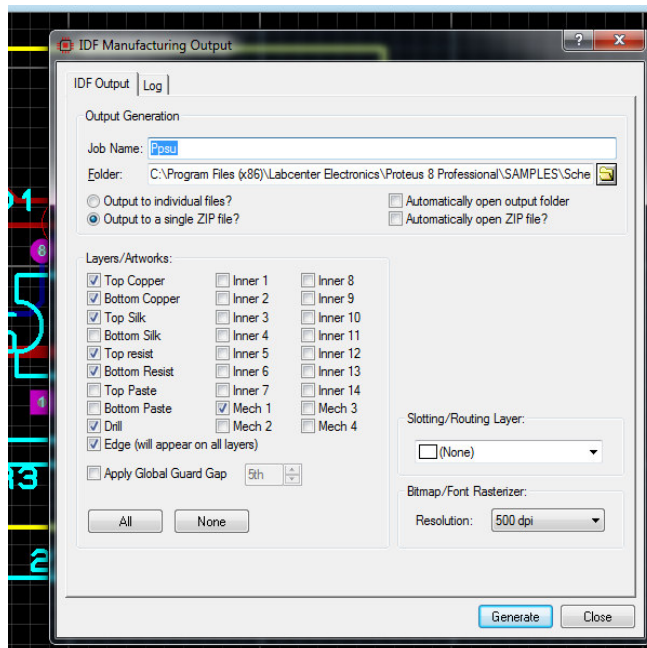


Рисунок 3.3 – Вікно експорту в обмінний формат (*.IDF), у програмі Proteus 8

На цьому роботу в програмі Proteus 8 можна вважати завершеною. Запускаємо SolidWorks, і обираємо імпорт IDF-файлу за допомогою кнопки на відповідній панелі інструментів, або ж команди меню (рисунок 3.4).

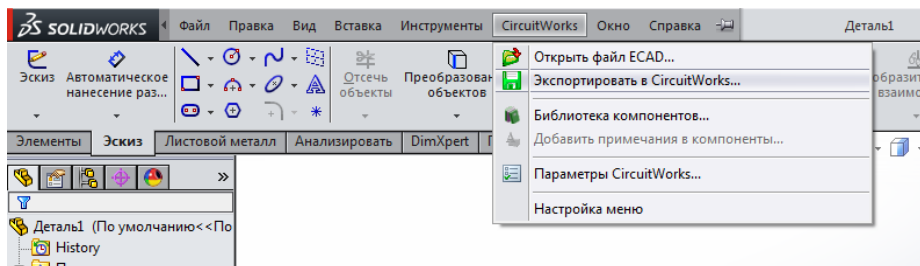


Рисунок 3.4 – Імпорт файлу IDF в SolidWorks

Тут слід додати, що фактично під час генерації IDF-файлу створюється не один, а два файли:

*.emn – файл з інформацією про друковану плату (містить габарити плати, координати й діаметр отворів, координати компонентів), і

*.emp – бібліотечний файл з інформацією про геометрію компонентів.

Тому, якщо ви створюєте просту 3D-модель друкованої плати («витягнуті» на певну висоту прямокутники компонентів) й копіюєте експортовані файли, наприклад додому, то не забудьте про файл *.pro.

При імпорті файлу в форматі IDF в CircuitWorks відкривається вікно, показане на рис. 3.5. Робочий простір конвертору розбитий на дві частини: зліва – дерево перегляду складових друкованої плати справа – основний робочий простір, в якому показана вся плата. Найбільш важливою є інформація про компоненти в дереві перегляду.

Для перегляду інформації про компонент можна обрати команду Properties, яка відкриває в правій частині робочого простору властивості компоненту. Для прикладу, компонент C_2 має нульову висоту, і в цьому ж вікні можна її змінити на реальне значення.

Зазвичай краще за все перевіряти й своєчасно виправляти висоту всіх компонентів під час імпорту. Також у вікні вказується звідки завантажується 3D модель компоненту – з бібліотеки (в CircuitWorks є власна бібліотека, куди можна додавати моделі компонентів вручну, або ж створювати їх «з нуля», не перевіряючи їх наявність в бібліотеці).

Якщо встановлено «from library», то в цьому випадку спочатку компонент перевіряється з бібліотеки, і якщо він там відсутній (перевірка йде по назві) – то створюється новий і завантажується в бібліотеку. Переглянути бібліотечні елементи можна викликавши відповідне вікно (рисунок 3.6).

Для прикладу, в бібліотеці вже відкритий елемент C_2, який буде завантажений при імпорті плати.

У випадку, якщо певні компоненти вже були розроблені в SolidWorks, їх потрібно додати до бібліотеки CircuitWorks, для цього можна скористатись командою File → Add Component, або ж File → Add Multiple Components (при цьому можна завантажити всі моделі компонентів з папки). Для кожного компоненту потрібно задати ім'я, номер, ім'я та шлях до файлу (встановлюється автоматично при виборі файлів), ім'я конфігурації (якщо модель має кілька варіантів), префікс позиційного позначення, та висоту компоненту (даний параметр можна не задавати, якщо є 3D модель).

Генерація 3D-збірки друкованої плати відбувається по команді Build Model з групи команд SolidWorks. У випадку, якщо певні компоненти мають нульову висоту, CircuitWorks попередить про це й запропонує повернутись та встановити реальну висоту.

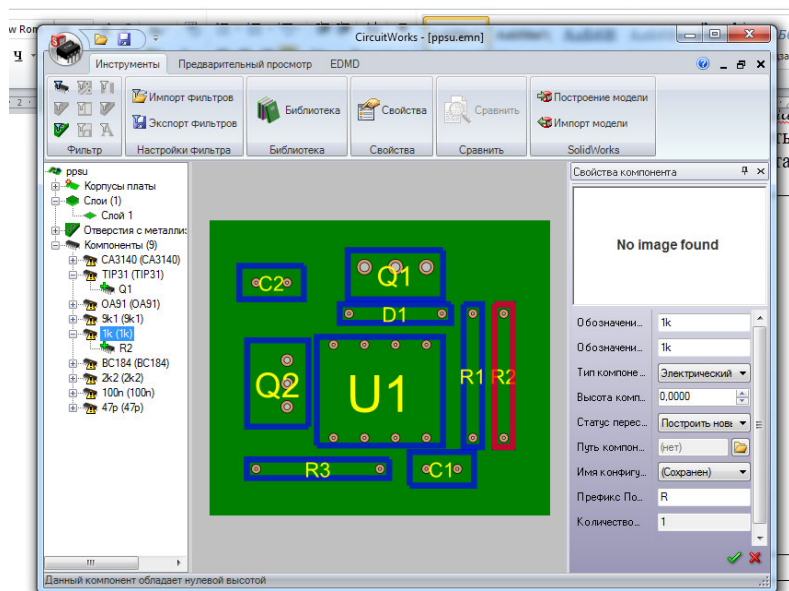


Рисунок 3.5 – Вікно конвертора CircuitWorks

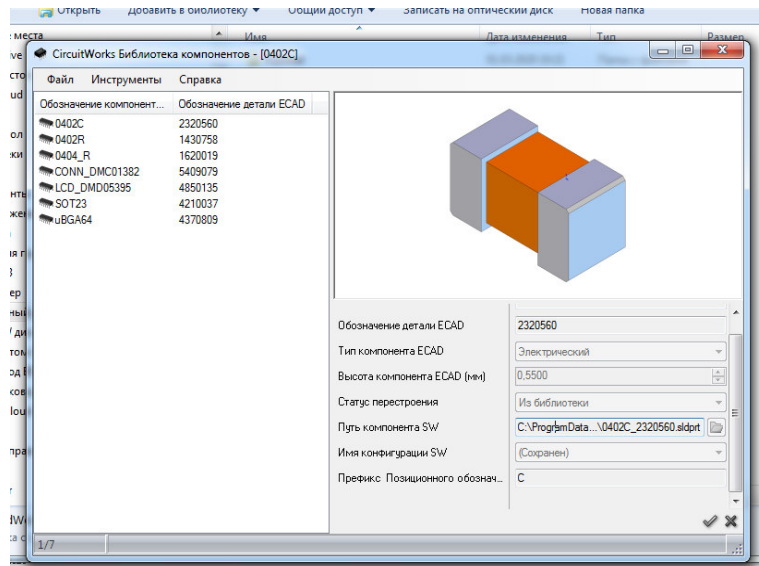


Рисунок 3.6 – Вбудовані елементи із бази CircuitWorks

Результат роботи по створенню «простої» 3D-моделі друкованої плати показаний на рисунку 3.7.

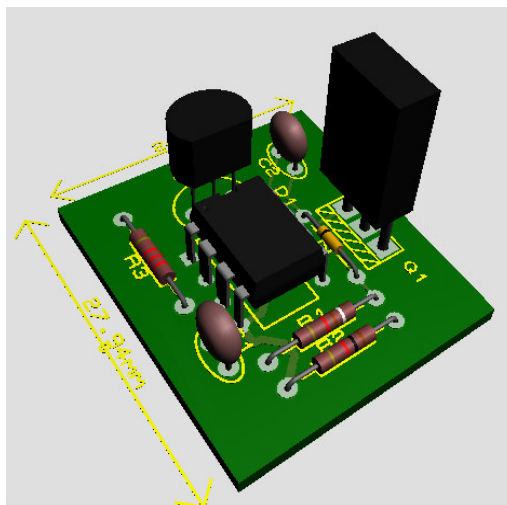


Рисунок 3.7 – «Проста» модель плати, створена за допомогою CircuitWorks

Як видно, така модель є дуже спрощеною, і може бути використана лише для попередньої компоновки пристрою.

Більш точну модель плати можна створити, якщо заздалегідь створити 3D-деталі всіх компонентів, і розташувати їх в папці "C:\ProgramData\SolidWorks\CircuitWorks\Components\".

Найбільш поширеними проблемами при цьому можуть бути:

- неправильна орієнтація 3D-деталі порівнюючи з посадковим місцем в Proteus 8 (приклад правильної орієнтації показаний на рисунку 3.8),
- неспівпадіння координати точки прив'язки посадкового місця і початкової точки 3D-моделі (для простоти рекомендується розташовувати їх в середині першого виводу),
- різні назви посадкового місця і 3D-моделі.

Назва деталі повинна співпадати з назвою посадкового місця (Footprint) компоненту бібліотеки Proteus 8. Наприклад, компонент мікросхеми CA3140 має посадкове місце, яке в бібліотеці Proteus 8 має назву - DIP8, саме так рекомендується назвати компонент у SolidWorks.

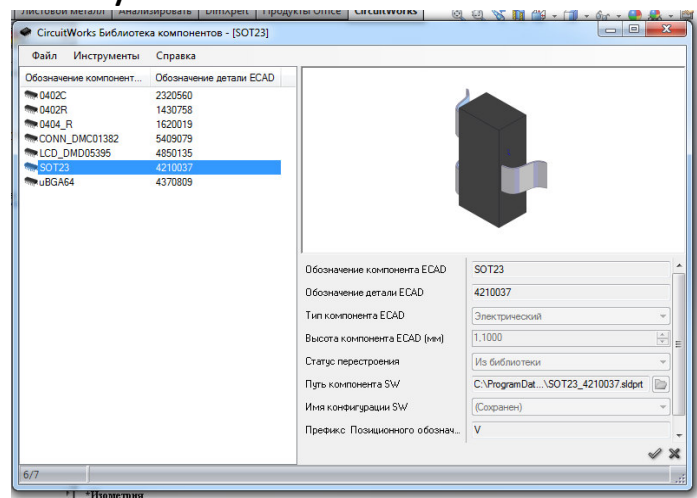


Рисунок 3.8 – Орієнтація 3D-деталі SolidWorks і посадкового місця

Слід додати, що CircuitWorks підтримує деталі з декількома конфігураціями. Вибрати потрібну конфігурацію для радіoelementу можна за допомогою команди CircuitWorks → Tools → Library.

У списку (рисунок 3.9) необхідно вказати необхідну деталь, і в контекстному меню обрати команду Edit Component. Наприклад, в SolidWorks можна створити одну

деталь Res_SMD з конфігураціями 0201, 0402, 0603, 0805, 1206 і співставити її з відповідними посадковими місцями компонентів з бібліотеки P-CAD.

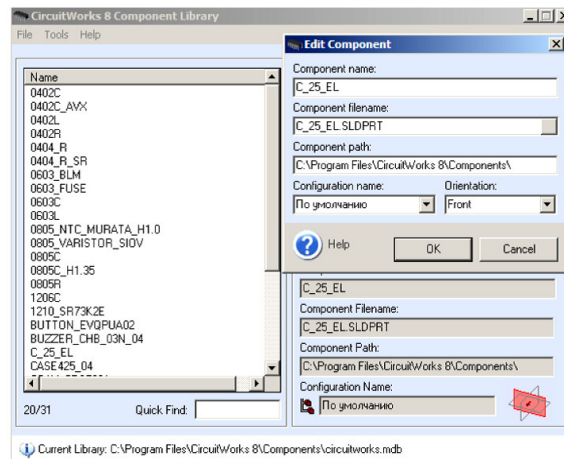


Рисунок 3.9 – Асоціація компонентів SolidWorks і компонентів P-CAD

Вся інформація про 3D-моделі радіоелементів та їх параметри зберігається в файлі бази даних (*.mdb), за необхідністю його можна відкрити у MS Access і відредагувати не запускаючи SolidWorks.

Вигляд 3D-моделі друкованої плати з використанням попередньо створених деталей радіоелементів показаний на рисунку 3.7.

Підготовка до виконання лабораторної роботи

Перед виконанням лабораторної роботи рекомендується ознайомитись з можливостями програми CircuitWorks, а також переглянути 3D-моделі доступних компонентів, вбудованих бібліотек Proteus 8.[6]. Також рекомендується виконати імпорт будь-якої розробленої в P-CAD друкованої плати для перевірки роботи конвертора CircuitWorks.

Хід роботи

1. Отримати варіант завдання.
2. Переглянути у відповідній електронній САПР схему та друковану плату.
3. Зробити пошук у інтернет ресурсах компонентів, які розміщені на платі.
4. За результатами пошуку відмітити ті елементи, які потрібно створити самостійно.
5. Знайти документацію на розміри корпусів тих радіоелементів, які потрібно створити самостійно.
6. Створити необхідні деталі компонентів.
7. Застосовуючи конвертор CircuitWorks створити 3D-складальну конструкцію друкованої плати, перевірити наявність та правильну орієнтацію всіх деталей у відповідності до завдання. У випадку неправильної орієнтації – змінити необхідну деталь або створити нову.
8. Показати результат виконання, відповісти на питання, які ставитиме викладач під час захисту роботи.
9. Внести зміни, якщо це буде потрібно, у створену конструкцію, зберегти файли для подальшого оформлення звіту з лабораторної роботи.

Вимоги до оформлення звіту

Звіт з лабораторної роботи обов'язково повинен містити наступну інформацію:

- послідовність самостійно створених деталей компонентів;
- графічні копії екрану SolidWorks, які ілюструють роботу конвертора CircuitWorks;
- графічні копії екрану Proteus 8 зі створенним проектом друкованої плати у стандартних проекціях.

ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАНЬ ТА РЕКОМЕНДОВАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Tanenbaum, Andrew S., Computernetworks / Andrew S. Tanenbaum, David J. Wetherall. – 5th ed., 2010. – 943 p.
2. Hennessy, John L. Computer architecture : a quantitative approach / John L. Hennessy, David A. Patterson ; with contributions by Andrea C. Arpaci-Dusseau [et al.]. – 4th ed. – 705 p.
3. Operating Systems Design and Implementation (2006), Third Edition. By Andrew S. Tanenbaum – Vrije Universiteit Amsterdam, The Netherlands, Albert S. Woodhull – Amherst, Massachusetts Publisher: Prentice Hall. – 1080 p.
4. Jackson, Jeffrey C. Web technologies: a computer science perspective / Jeffrey C. Jackson. – 590 p.
5. Discrete Mathematics for New Technology Second Edition Rowan Garnier and
6. John Taylor - Institute of Physics Publishing Bristol and Philadelphia, 2002. – 756 p.
7. Russell, Stuart J. (Stuart Jonathan) Artificial intelligence: a modern approach / Stuart Russell, Peter Norvig, 2008. – 946 p.
8. Leigh J. R. Control Theory. A guided tour. Published by The Institution of Engineering and Technology, London, United Kingdom. – 3rd ed., 2012. – 472 p.

**Формат 60x84/16. Умовн. друк. арк. 2,55. Зам. № 27. Наклад 50 прим.
Видавництво УжНУ «Говерла».
88000, м. Ужгород, вул. Капітульна, 18. E-mail: goverla-print@uzhnu.edu.ua**

**Свідоцтво про внесення до державного реєстру
видавців, виготівників і розповсюджувачів видавничої продукції –
Серія Зт № 32 від 31 травня 2006 року**