

Міністерство освіти і науки України  
Донбаська державна машинобудівна академія (ДДМА)

# **ПРОЕКТУВАННЯ ВБУДОВАНИХ МІКРОКОНТРОЛЕРІВ**

**Методичні вказівки  
до виконання лабораторних робіт**

**для студентів спеціальності 151  
денної та заочної форм навчання**

Затверджено  
на засіданні методичної ради  
Протокол № від 2019

Краматорськ  
ДДМА  
2018

УДК 681.3.06 (074.8)

Проектування вбудованих мікроконтролерів : методичні вказівки до виконання лабораторних робіт для студентів спеціальності 151 денної та заочної форм навчання / уклад. Є. І. Донченко. – Краматорськ : ДДМА, 2018. – 31 с.

Розглядаються особливості проектування систем на базі вбудованих мікроконтролерів. Наведено дані для вивчення і практичного освоєння курсу «Проектування вбудованих мікроконтролерів»

Укладач

Є. І. Донченко, ст. викл.

Відп. за випуск

Г. П. Кліменко, зав. кафедри

## ЗМІСТ

Вступ	4
Лабораторна робота 1	5
Лабораторна робота 2	21
Лабораторна робота 3	26
Додаток А	28

## ВСТУП

KiCad - це інтегрований, крос-платформний комплекс програм (КП) у вихідних кодах і з вільною ліцензією типу GPL, призначений для розробки електричних принципових схем і автоматизованої розводки друкованих плат (ПП). Під обгорткою (логотипом) KiCad міститься витончений пакет наступних автономних програмних інструментів:

KiCad менеджер проектів.

EESchema редактор електричних схем.

CVpcb програма вибору файлів посадочних місць для компонентів.

PCBnew редактор топології друкованих плат.

GerbView оглядач файлів формату Gerber або Drill.

PCB\_calculator розрахунок друкованих плат.

Bitmap2Component програма формування компонентів проекту з реєстрового способу. В даний час KiCad можна вважати досить зрілим комплексом програм, щоб використовувати його для успішної розробки і супроводу складних друкованих плат. KiCad не накладаються обмежень на розмір плати, з його допомогою можна розробляти плати містять до 16 мідних шарів (шарів металізації) і до 12 технічних шарів. У наскрізному циклі проектування KiCad дозволяє створити всі файли, необхідні для виробництва друкованих плат: Gerber-файли для виготовлення фотошаблонів ПП на фото-плоттерах, файли для свердління отворів в платах і установки на них компонентів, і інші. Маючи в своєму розпорядженні відкритим вихідним кодом (ліцензований GPL), KiCad являє собою ідеальний інструмент для проектів, орієнтованих на розробку електронних апаратних засобів в одному флаконі з відкритим програмним кодом.

# ЛАБОРАТОРНА РОБОТА 1

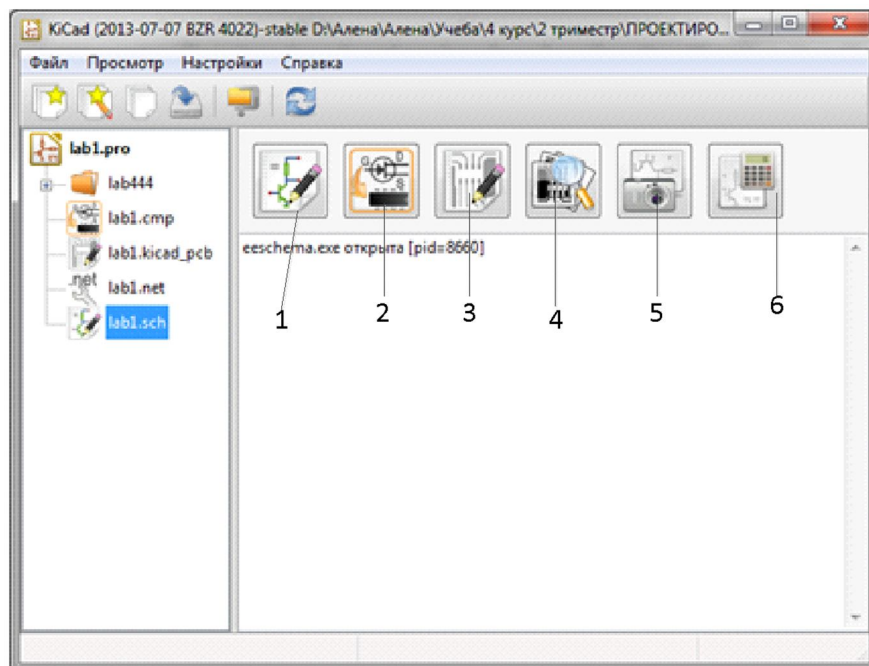
## Проектування систем управління на дискретній логіці

*Мета роботи:*

- познайомитися з програмним середовищем KiCad;
- на підставі заданої логічної функції навчитися розробляти функціональну схему, використовуючи логічні елементи низького ступеня інтеграції, а також виконувати розведення друкованої плати.

*Хід виконання роботи:*

1. Під Windows запустіть kicad.exe. Зараз ви перебуваєте в головному вікні менеджера проектів KiCad (рис. 1). Звідси ви маєте доступ до шести автономним програмним інструментам: EESchema (1), CVpcb (2), PCBnew (3), GerbView (4), Bitmap2Component (5) і PCB Calculator (6).



*Рисунок 1 – Головне вікно менеджера проектів KiCad*

2. Створіть новий проект: «File» → «New». Натисніть на кнопку «Нова папка» та назвіть вашу нову папку так само, як ваш проект: lab1. Відкрийте вашу нову папку, двічі клацнувши на неї. Всі ваші файли проекту будуть збережені тут. Файл проекту lab1. Файл проекту буде автоматично мати розширення pro.
3. Давайте почнемо з створення схеми. Запустіть редактор схем EESchema (1). Якщо відобразиться діалогове повідомлення про помилку, який повідомляє, що файл проекту не знайдений, ігноруйте його і натисніть ОК.

4. В першу чергу збережіть цілком проект схеми: Файл → Зберегти весь проект схеми. Натисніть на іконку Налаштування сторінки вгорі інструментальної панелі. Встановіть Розмір сторінки А4 і введіть заголовок Lab1. Ви побачите, що при необхідності тут може бути введено більше інформації. Натисніть ОК. Ця інформація буде внесена в основний напис схеми внизу праворуч. Використовуйте колесо прокрутки мишки для її збільшення.
5. Тепер ми розташуємо наш перший компонент. Натисніть на іконку Розмістити компонент в правій інструментальній панелі. Виконання цієї ж функції досягається натисканням клавіші швидкого набору команд. Розмістити компонент. Клікніть в середині поля схеми в місці розташування вашого першого компонента. З'явиться вікно Вибору компонента. Натисніть на кнопку Список всіх. З'явиться вікно Вибору бібліотеки. Тут у вас є список всіх можливих бібліотек.
6. Виберіть Бібліотеку 74xx подвійним кліком. З'явиться вікно Вибору компонента. Тут у вас є список компонентів, що входять до Бібліотеки 74xx, в якій досить повно представлені види схемних компонентів.
7. Прокрутіть список вниз і виберіть 74lso4. При цьому закриється вікно Вибір компонента і ви повернетесь назад в поле схеми.
8. Розмістіть компонент в поле схеми, клікнувши в тому місці, де ви б хотіли його помістити. Натисніть на лупу, щоб збільшити компонент. В якості альтернативи для збільшення і зменшення використовуйте колесо мишки.
9. Розмістіть хрестик мишки над компонентом 74lso4 і натисніть клавішу г. Відзначте, як повернути компонент. ПРИМІТКА: Вам не потрібно клікати на компонент, щоб повернути його.
10. Клацніть правою кнопкою в центр компонента і виберіть Правка компонента → Значення. Ви можете досягти того ж результату, розташувавши хрестик мишки над компонентом і натиснувши клавішу v. Як альтернатива, клавіша e надасть вам більш повне вікно редагування. Зауважте, як меню, спливаюче по правому кліку мишки (рис. 2) показує всі можливі комбінації клавіш набору команд для всіх доступних дій.
11. Додайте 7400. Просто клікніть в те місце, де б ви хотіли, щоб він з'явився. Знову з'явиться вікно Вибору компонента.
12. Обраний вами раніше 7400 фігурує в вашому листі історій як 7400. Натисніть ОК і помістіть компонент.
13. Якщо ви помилитеся і захочете видалити компонент, клікніть правою кнопкою на компонент і Видалити компонент. Це видалить компонент зі схеми. Інакше ви можете помістити хрестик мишки над компонентом і натиснути клавішу Delete.

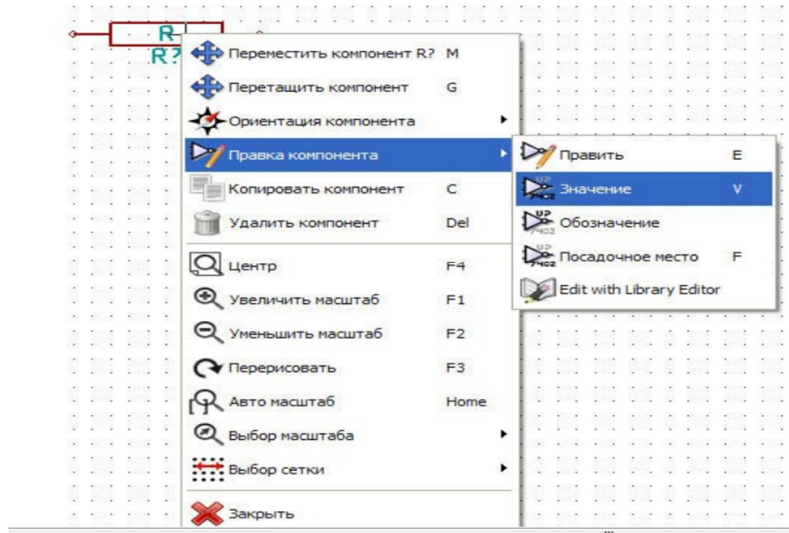


Рисунок 2 – Вікно редагування компонента

14. Ви можете також скопіювати компонент відразу на вашому аркуші схеми, розташувавши над ним хрестик мишки і натиснувши клавішу с. Натисніть туди, де б ви хотіли розташувати новий скопійований компонент.
15. Клацніть правою кнопкою на 7400. Виберіть Перетягнути компонент. Перемістіть компонент і лівим кліком залиште його. Той же результат може бути досягнутий, якщо ви розмістите хрестик мишки над компонентом і натиснете клавішу g. Щоб повернути компонент, використовуйте клавішу r. Кнопка x і клавіша y дзеркально змінюють орієнтацію компонента. ПРИМІТКА: Правий клік → пересунути компонент (рівносильно натискання клавіші m) є також прийнятним варіантом для повороту чого-небудь, але його краще використовувати тільки для позначень компонентів і для компонентів, які ще не пов'язані.

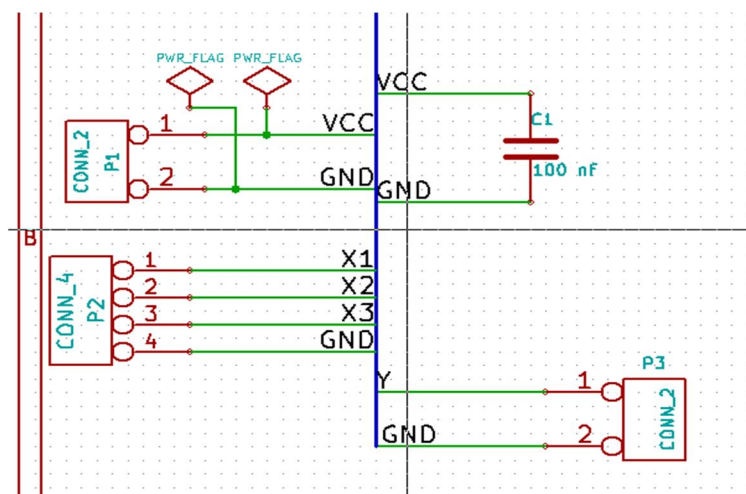
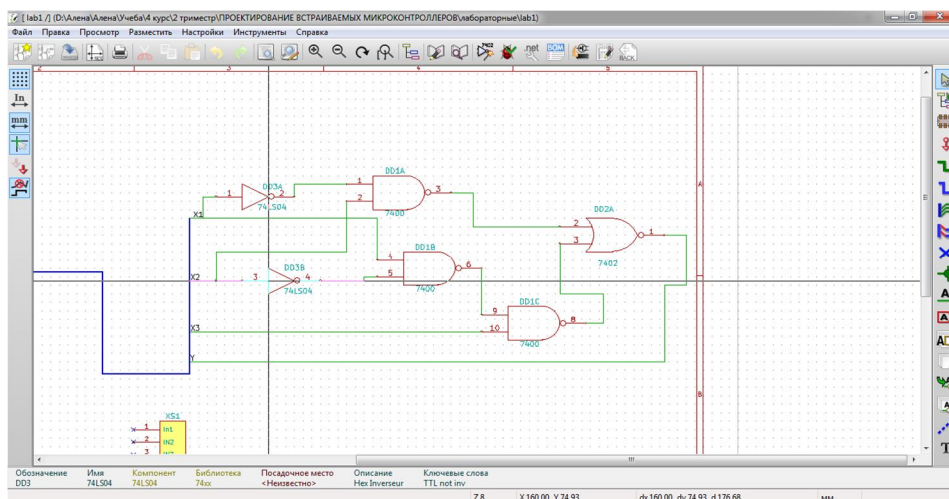


Рисунок 3 – Вікно редагування компонента

16. Виберіть Бібліотеку comp. Натисніть на компонент CONN4 і виберіть його. Для додавання конденсатора зайдіть в бібліотеку device і виберіть елемент C і дайте йому значення 100nf.
17. Змініть розмір сітки. Ви, мабуть, звернули увагу, що на аркуші схеми всі компоненти прив'язані до сітки з великим кроком. Ви можете легко змінити розмір сітки Правий клік → Вибір сітки. Взагалі для листа схеми рекомендується використовувати крок сітки 25.0 mils
18. Розмістіть всі компоненти на вашому аркуші схеми так, як показано на рис. 4.

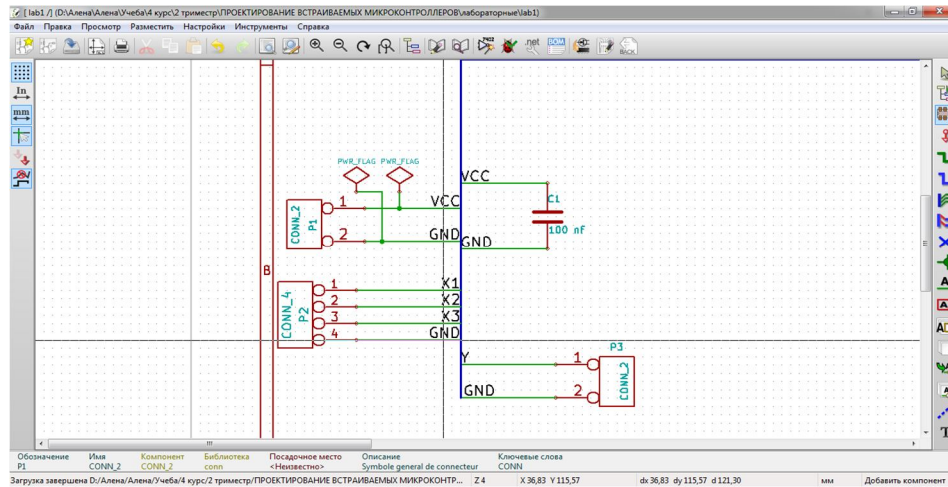


*Рисунок 4 – Розміщення компонентів на аркуші схеми*

19. Зараз нам потрібно створити схемний компонент MYCONN3 для нашого трьох-контактного роз'єму. Ви можете перейти до розділу під назвою Створення схемних компонентів в kicad (Редактор бібліотеки → новий компонент), щоб дізнатися, як створити цей компонент з нуля і потім повернутися назад для подальшої роботи з платою.
20. Прийшов час розмістити символи живлення і землі. Натисніть на кнопку. Розмістити порт харчування в правій інструментальній панелі. Можна також натиснути клавішу a і вибрати бібліотеку power. У вікні вибору компонента клікніть кнопку Список всіх. Покрутіть список вниз і виберіть VCC. Натисніть ОК.
21. Клікніть над виведенням резистора номіналом 100nf, щоб розташувати елемент VCC. Натисніть на ділянку над виведенням GND мікроконтролера. У розділі Список історії з вікна Вибору компонента виберіть VCC і розташуйте його за висновком GND. Повторіть процес додавання знову і розмістіть елемент VCC над виведенням VCC CONN2.
22. Повторіть послідовність додавання контактів, але тепер виберіть елемент GND. Додайте GND під висновком GND CONN2.
23. Повторіть цей прийом і з'єднайте провідниками всі інші

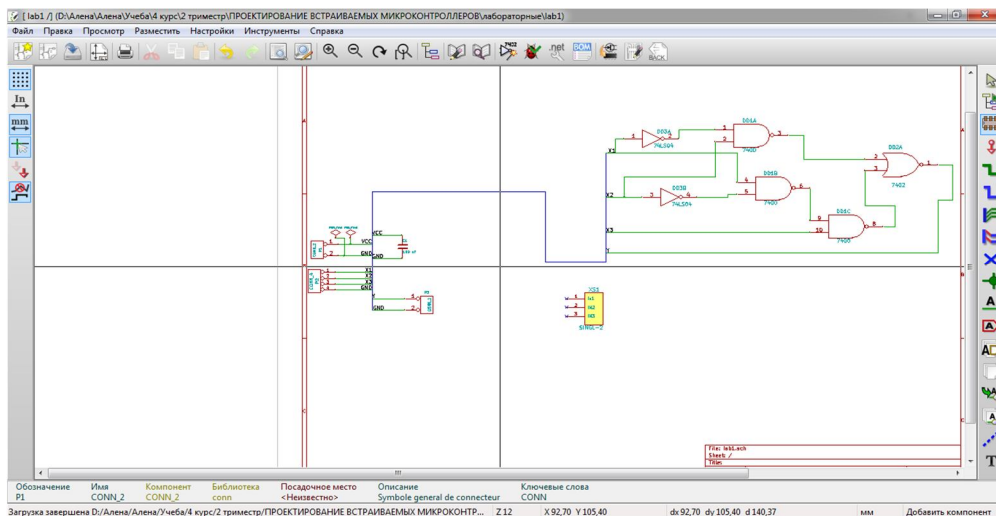


компоненти так, як показано на рис. 5. Закінчіть провідник тільки подвійним кліком. Коли прокладка провідників здійснюється до символів VCC і GND, провідник торкається до нижньої частини значка VCC і до середини верхньої частини значка GND.



*Рисунок 5 – Розміщення живлення*

24. Тепер ми розглянемо альтернативний шлях створення з'єднань, що використовує мітки. Виберіть інструмент маркування ланцюга, клікнувши на іконку. Розмістити ім'я ланцюга (локальна мітка) на правій інструментальній панелі. Ви можете також використовувати клавішу I.
25. Клікніть в середину провідника, з'єданого з CONN4 Ім'я цієї мітки X1.
26. Ви не можете відзначити дроти заземлення та харчування, оскільки вони за замовчуванням з'єдані з позначеними відповідно висновками елементів.
27. На рисунку 6 показано, як може виглядати кінцевий результат.



*Рисунок 6 – Кінцевий результат*

28. Давайте теперь разберемся с не приеднанными дротами. Будь-який контакт або провід, який ні з чим не з'єднаний, стане причиною попередження, будучи перевірений KiCad. Щоб уникнути цих попереджень, ви можете проінформувати програму, що дроти не приєднані навмісно, або вручну відзначити кожний не приєднаний провід або висновок, що не підключений.
29. Натисніть на іконку Розмістити прапор «не пов'язано» в правій інструментальній панелі. Натисніть на висновки 1,2,3. На них з'явиться X, що означає, що відсутність провідного з'єднання навмісно (рис. 7).

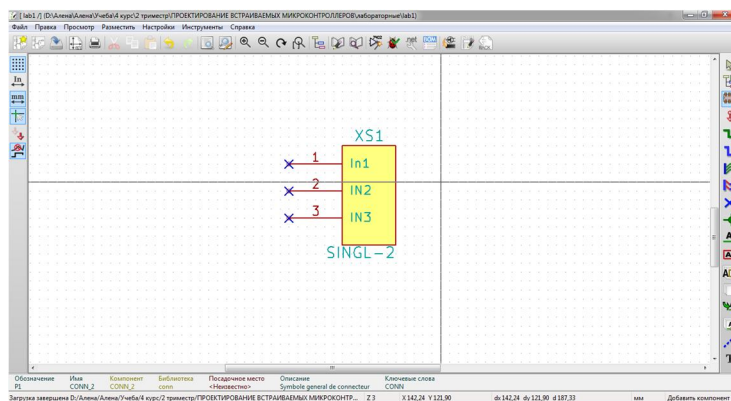


Рисунок 7 – Встановлення прапора «не пов'язано»

30. Тепер необхідно додати символи «Power Flag», які вкажуть KiCad, що використовується живлення від них. Натисніть а і виберіть Список всіх, двічі клікніть на бібліотеку power і відшукайте PWR\_FLAG. Додайте два з них. Підключіть їх до висновок GND і до VCC, як показано на рисунку 8.

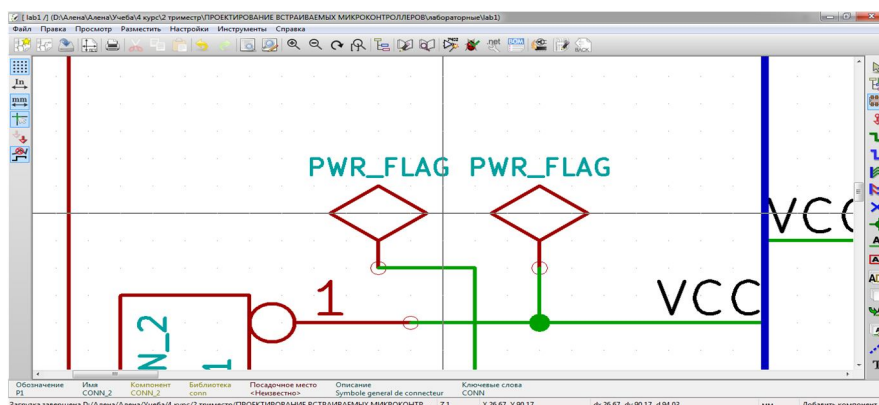


Рисунок 8 – Підключення прапорів живлення

31. Іноді корисно подекуди вставити коментарі. Додати коментарі на схему можна, використовуючи іконку Розмістити граф. текст (коментар) на правій інструментальній панелі.

32. Тепер всіма компонентами потрібно присвоїти унікальні позначення. Фактично, багато хто з наших компонентів все ще названі R? або J ?. Призначення позначення може здійснитися автоматично кліком на іконку «Позначити схему».
33. У вікні «Позначити схему» виберіть «По всій схемі» і клікніть на кнопку «Позначити компоненти». Натисніть ОК в підтверджує повідомленні і потім клацніть «Закрити». Зверніть увагу як все знаки «?» замінилися позиційними номерами. Кожне позначення тепер унікально.
34. Зараз ми перевіримо нашу схему на наявність помилок. Натисніть на іконку. Виконати перевірку електричних правил проектування. Натисніть на кнопку «Тест ERC». Буде сформовано звіт, який інформує вас про деякі помилки та попередження, таких що не з'єднані дроти. У вас повинно бути 0 помилок і 0 попереджень. У разі помилок або попереджень в місці, де вони виникають, з'явиться маленька червона стрілка. Поставте галочку у віконці «Створити ERC звіт» і натисніть кнопку «Тест ERC» ще раз, щоб отримати більше інформації про помилки.
35. Тепер схема закінчена. Зараз ми можемо створити Netlist - файл ланцюгів схеми, в якій ми повинні додати посадочне місце для кожного компонента. Натисніть на іконку Сформувати список ланцюгів на верхній панелі інструментів. Натисніть на «Список ланцюгів», потім клацніть на «Зберегти». За замовчуванням збережіть ім'я файлу.
36. Тепер ви можете вийти з схемного редактора. З вікна KiCad клікніть на іконку CvPcb на верхній панелі. Якщо спливе вікно помилки через відсутність даних, просто ігноруйте його, натиснувши ОК.
37. CvPcb надасть вам можливість зв'язати всі компоненти вашої схеми з посадочними місцями з бібліотеки KiCad. У лівій частині вікна відображаються всі компоненти, що використовуються у вашій схемі.
38. Можливо, що в області праворуч відобразиться тільки обрана підгрупа доступних 14 посадочних місць. Так відбувається тому, що KiCad намагається запропонувати вам підмножина відповідних посадочних місць. Натисніть на іконку Показати повний список посадочних місць, щоб скасувати фільтрацію.
39. Для C1 виберіть посадочне місце SM0805. Для DD1, DD2 і DD3 виберіть посадочне місце SSOP4. Для P1, P3 виберемо SIL-2, P2 SIL-4. Для XS1 - SINGL3.
40. Ви закінчили. Тепер ви можете оновити ваш файл списку ланцюгів з урахуванням всіх, пов'язаних з ним посадочних місць. Натисніть на Файл → Зберегти як. Ім'я по-замовчуванням lab1.net - це те, що треба, клікніть «Зберегти». Тепер ваш файл списку ланцюгів оновлений з урахуванням всіх посадочних місць. Зауваження про те, що у деяких пристроїв відсутні посадкові

місця, означає, що ви повинні створити свої власні посадкові місця. Це буде розглянуто в наступному розділі даного документа.

41. Ви можете закрити CvPcb і повернутися назад в схемний редактор EESchema. Збережіть проект, клікнувши на Файл → Зберегти весь проект схеми. Закрийте редактор схем.
42. Перейдіть в менеджер проектів KiCad.
43. Щоб створити список матеріалів (перелік елементів схеми), пройдіть в редактор схем EESchema і клікніть на іконку «Сформуванати перелік елементів і матеріалів» у верхній панелі інструментів.
44. Натисніть ОК і потім Зберегти.

### **Шинні з'єднання в kicad**

1. Нехай є три 4-контактних роз'єми, які ви повинні з'єднати разом контакт до контакту. Застосуйте спосіб, який використовує мітки (натисніть клавішу I), щоб прикріпити мітку 4-му висновку роз'єму P1. Позначте цю мітку a1. Тепер давайте натиснемо клавішу Insert, щоб виконати таку ж дію по відношенню до наступного висновку (pin 3). Зауважте, як команда автоматично змінилася на A2.
2. Натисніть Insert ще два рази. Натискання клавіші Insert аналогічно операції Повторити останню дію і це дуже корисна команда, яка може значно полегшити ваше життя.
3. Повторіть це ж саме діяння присвоєння мітки стосовно роз'ємів P2 і P3, і ви закінчили. Коли ви продовжите і зробите PCB (проект друкованої плати), ви побачите, що три роз'єми з'єдналися один з одним. На рисунку 9, б) показаний описаний нами результат. Для більш естетичного уявлення можна також виконати наступну послідовність: Розмістити введення провідника в шину, використовуючи іконку і «Розмістити шину», використовуючи іконку, як показано на рисунку 9, в). Запам'ятайте, однак, що це буде неефективно для ПП.

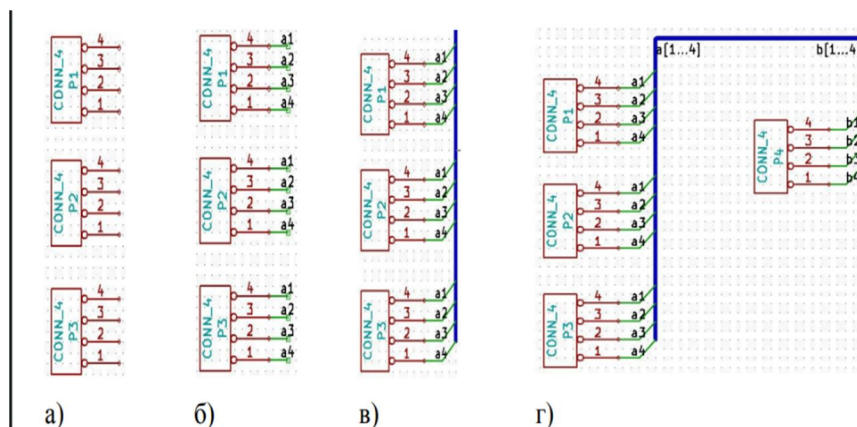


Рисунок 9 – З'єднання за допомогою шини

4. Тут буде показано, що короткий провід, з'єднаний з висновками (рис. 9, б) абсолютно не обов'язковий. Фактично, мітки можна було нанести прямо на висновки.
5. Давайте зробимо це на наступному етапі і припустимо, що у вас є четвертий роз'єм P4, маркування висновків якого чомусь трохи відрізняється (b1, b2, b3, b4). Зараз ми хочемо поєднати шину а з шиною b контакт до контакту. Тепер ми хочемо зробити це без використання маркування висновків (яка також можлива), а використовуючи маркування шини з однієї міткою для шини.
6. Підключіть і виділіть P4, використовуючи метод нанесення міток, описаний вище. Позначте висновки b1, b2, b3 і b4. Підключіть висновки: Розмістити введення провідника в шину, використовуючи іконку і Розмістити шину, використовуючи іконку, см. рисунок 9, г).
7. Помістіть мітку (натисніть клавішу l) на шину роз'єму P4 і назвіть її b [1..4].
8. Помістіть мітку (натисніть клавішу l) на попередню шину а й назвіть її а [1..4].
9. Щоб з'єднати шину а [1..4] з шиною b [1..4], використовуючи шину, потрібно скористатися кнопкою Розмістити шину
10. При з'єднанні двох шин разом, висновок a1 буде автоматично з'єднаний з висновком b1, a2 буде з'єднаний з b2 і т . д., рис. 9 г) показує, як виглядає кінцевий результат. ПРИМІТКА: Операція Повторити останню дію, викликана натисканням клавіші Insert, може бути вельми успішно застосовується при періодично повторюваних діях. Наприклад, короткі дроти, з'єднані з усіма висновками на рисунку 9 б), в) і г), можуть бути розміщені з використанням цієї операції. Вивчіть, як користуватися цією опцією, тому що вона зробить використання KiCad легше.
11. Операція Повторити останню дію, викликана натисканням клавіші Insert, може бути також широко застосовується при серійної операції Розмістити введення провідника в шину, використовуючи іконку.

### ***Розведення друкованої плати***

1. З менеджера проектів KiCad клікніть на іконку PCBNew (Редактор друкованих плат). Відкриється вікно PCBNew. Якщо ви отримаєте повідомлення про помилку, в якому говориться, що .brd-файлу ще не існує, ігноруйте його і натисніть ОК.
2. Почнемо введення інформації про схему. Натисніть на іконку Налаштування сторінки у верхній панелі інструментів. Встановіть Розмір сторінки A4 і Найменування lab 1.
3. Хороша думка - почати з установки розміру зазору і мінімальної ширини доріжки (провідника), задавши тим самим

вимоги до вашого виробнику друкованих плат. Взагалі ви можете встановити зазор 0.015 і ширину доріжки 0.01. Натисніть Налаштування правил → Правила проектування. Перейдіть на вкладку Редактор класів ланцюгів. Змініть значення в полі Зазор у верхній частині вікна на 0.0150 і значення в поле «Ширина» доріжки на 0.010 так, як показано на рисунку 10. Розміри тут вказані в дюймах.

	Зазор	Ширина дорожки	Діаметр перех.отв.	Сверло перех.отв.	Діаметр микроперех.отв.	Сверло микроперех.отв.
Default	0.0150	0.0100	0.0350	0.0250	0.0200	0.0050

*Рисунок 10 – Завдання за замовчуванням*

4. Перейдіть на вкладку Загальні правила проектування і встановіть Мінімальну ширину доріжки 0.010. Натисніть ОК, щоб зафіксувати ваші зміни і закрити вікно Правка правил проектування.
5. Тепер ми будемо імпортувати файл списку ланцюгів. Натисніть на іконку Сформувані список ланцюгів у верхній панелі інструментів. Натисніть на кнопку Перегляд файлів списків ланцюгів, виберіть tutel.net в діалозі вибору файлу і натисніть Прочитати поточний список ланцюгів. Потім клікніть кнопку Закрити.
6. Всі компоненти відобразяться в верхньому лівому кутку, тільки над сторінкою. Прокрутіть колесо мишки вгору, якщо ви хочете їх розглянути.
7. Виберіть всі компоненти мишкою і перемістити їх в середину плати. При необхідності, ви можете відобразити їх крупним планом і зменшити компоненти під час переміщення.
8. Всі компоненти зв'язані за допомогою групи тонких ліній сполук, які називаються не приєднання зв'язками (ratsnest). Переконайтеся, що кнопка «Приховати всі зв'язки» натиснута. Таким чином ви можете побачити лінії, що зв'язують всі компоненти. ПРИМІТКА: Спливаюча контекстна підказка має протилежний зміст, будучи такою, що натискує, ця кнопка, як не дивно, відображає всі зв'язки.
9. Ви можете пересунути кожен компонент, зависнувши над ним курсором і натиснувши клавішу g. Клікніть там, де б ви хотіли його розмістити. Наведіть всі компоненти так, щоб



мінімізувати кількість перетинів з'єднань (рис. 11). ПРИМІТКА: Якщо замість перетягування компонентів (клавіша g) ви пересунеться їх, використовуючи клавішу m, потім ви помітите, що втратили провідні з'єднання (те ж саме відбувається в редакторі схем). Т.ч. використовуйте завжди опцію перетягування (клавіша g).

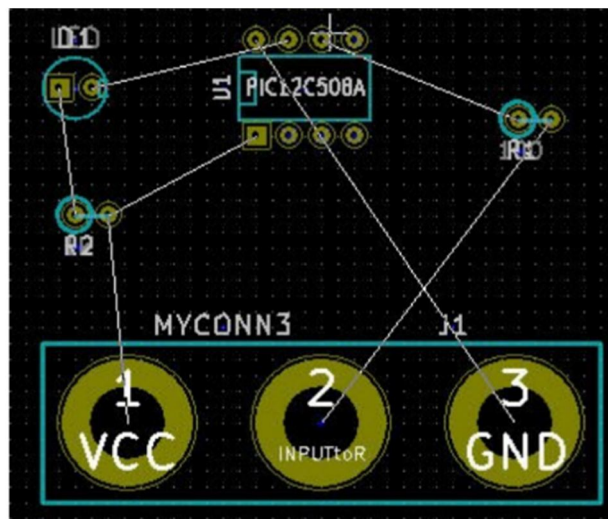


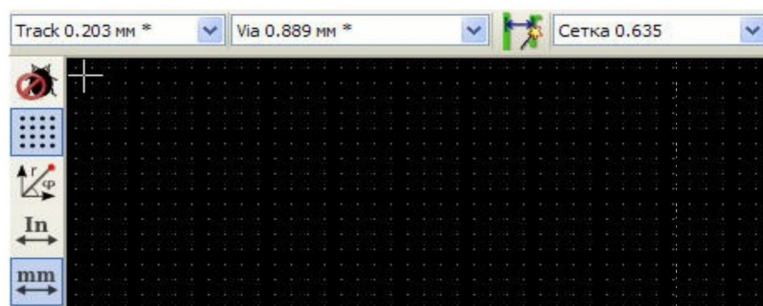
Рисунок 11 – Розміщення елементів

10. Якщо зв'язку зникли, або зображення на екрані вийшло заплутаним, клікніть правою кнопкою і виберіть «Перемалювати». Зауважте, що один контакт 100-омного резистора з'єднаний з шостим висновком компонента PIC. Це результат використання методу маркування, застосованого при з'єднанні контактів. Мітки часто краще реальних провідників, бо вони роблять схему більш акуратною.
11. Тепер ми побудуємо контур друкованої плати. Виберіть «Контур плати» з меню, що випадає у верхній панелі інструментів. Натисніть на іконку «Додати графічні лінії або полігони» в правій інструментальній панелі. Проведіть лінію по контуру плати, клікаючи в кожному кутку і не забудьте залишити невеликий зазор між зеленим контуром і контуром друкованої плати.
12. Далі підключимо всі дроти, крім заземлення. Фактично ми з'єднаємо всі заземлюючі провідники в один, збираючись використовувати «земляний» шар, розташований на нижньому мідному шарі плати (званому Back).
13. Тепер ми повинні вибрати, на якому мідному шарі ми хочемо працювати. Виберіть «Front» з меню, що випадає у верхній панелі інструментів (рис. 12). Це верхній мідний шар.



*Рисунок 12 – Вибір шару для малювання*

14. Якщо ви вирішите, наприклад, зробити 4-шарову ПП, виберіть «Налаштування правил» → «Налагодження шарів» і змініть «Мідні верстви» на 4. У таблиці «Шари» ви можете назвати шари і вирішити, для чого вони будуть використовуватися. Зауважте, що це дуже зручно задати, зробивши вибір за допомогою меню «Угруповання шарів».
15. Натисніть на іконку «Додати доріжки і перехідні отвори» на правій інструментальній панелі. Натисніть на висновок 1 від J1 і проведіть доріжку до контактної майданчику R1. Подвійним кліком встановіть точку, де доріжка закінчиться. Ширина цієї доріжки за замовчуванням буде 0.203 мм. Ви можете змінити ширину доріжки з меню, що випадає у верхній панелі інструментів. Зверніть увагу, що по-замовчуванням доступна ширина тільки однієї доріжки (рис. 13).



*Рисунок 13 – Завдання ширини доріжки*

16. Якщо ви захочете додати значення ширини для більшого числа джок, пройдіть «Налаштування правил» → «Правила проектування» → «Загальні правила проектування» і в правому нижньому кутку цього вікна додайте будь-яке інше потрібне вам значення ширини. Потім ви можете змінити



значення ширини доріжок з меню, що випадає під час розведення вашої плати (рис. 14).

	Ширина
Дорожка 1	0.0100
Дорожка 2	0.0200
Дорожка 3	0.0500
Дорожка 4	0.0800
Дорожка 5	0.1000
Дорожка 6	0.1500
Дорожка 7	0.2000

Рисунок 14 – Завдання ширини доріжок

17. В якості альтернативи, ви можете додати «Клас ланцюга», в якому задайте ряд опцій. Пройдіть «Налаштування правил» → «Правила проектування» → «Редактор класів ланцюгів» і додайте новий клас з назвою «power». Змініть ширину доріжки з 8 mil (відображається як 0.0080) на 24 (відображається як 0.0240). Далі додайте все, крім ground в клас power (виберіть По-замовчуванню зліва і power справа і скористайтесь стрілками.)
18. Якщо ви хочете змінити розмір сітки, виконайте «Правий клік» → «Вибір сітки». Переконайтеся у виборі відповідного розміру сітки можна до або після розміщення компонентів і з'єднання їх доріжками.
19. Прийmemo, наприклад, що 0.8мм компонент BGA має відстань від контакту до контакту близько 30mil (0.8мм) і було б похвально при трасуванні задати розмір сітки 5 mil.
20. Повторіть цей процес до тих пір, поки всі провідники будуть розведені, виключаючи третій висновок J1. Ваша плата буде виглядати так, як на рисунку 15.

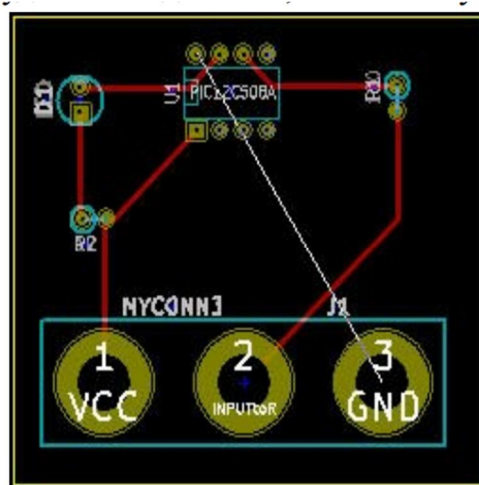
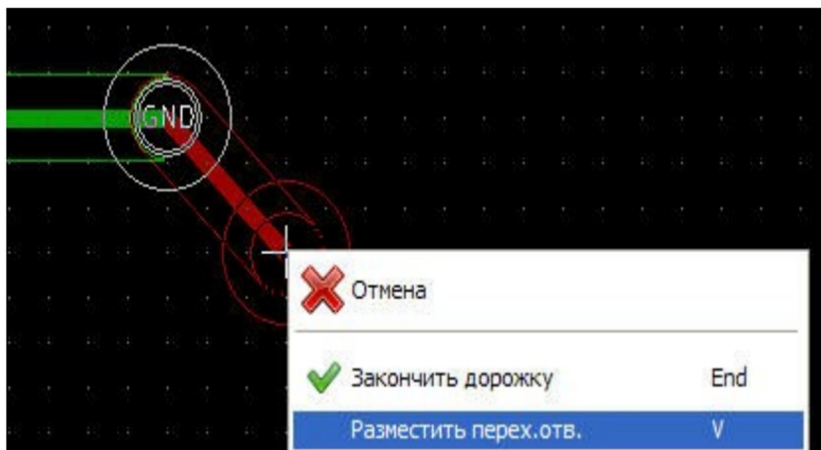


Рисунок 15 – Проведення доріжок

21. Давайте тепер проведемо доріжку по зворотному боці РСВ - стороні міді. Виберіть «Back» з меню, що випадає у верхній панелі інструментів. Натисніть на іконку «Додати доріжки і перехідні отвори». Намалюйте доріжку від контакту 3 J1 до контакту 8 U1. Насправді не обов'язково використовувати для цього шар землі (ground). Зверніть увагу, як змінився колір доріжки.
22. Пройдіть від виведення А до висновку В, змінюючи шар. Розміщуючи отвір в процесі проведення доріжки, можна змінити шар міді. Під час проведення доріжки по верхньому шару міді клікніть правою кнопкою і виберіть «Розмістити отвір» (рис. 16) або просто натисніть клавішу «v». Це дозволить перейти вам на нижній шар, тоді ви зможете закінчити доріжку.



*Рисунок 16 – Установка переходного отвору*

23. Коли ви захочете перевірити окрему зв'язок, клікніть на іконку «Підсвічування ланцюга» на правій інструментальній панелі. Натисніть на вивод 3 J1. Сама доріжка і все з'єднані з нею контактні площадки підсвітяться.
24. Тепер ми з'єднаємо земляний шар з усіма виводами GND. Натисніть на іконку «Додати зони» в правій панелі інструментів. Ми збираємося викреслити 20 прямокутну доріжку по контуру плати, тому клікніть туди, де б ви хотіли розмістити один з кутів. У діалозі встановіть «З'єднання конт. пл.» в «Терморазгрузка і Нахил контуру» в будь-який і натисніть ОК.
25. Проведіть доріжку по контуру плати, клікаючи в кожному кутку при повороті. Подвійним кліком закінчите ваш прямокутник. Правим кліком всередині області ви виконуете безпосередньо трасування. Активізуйте команду «Залити і

перезалить все зоны». Плата буде заповнена всередині зеленим кольором і набуде вигляду приблизно як на рисунку 17.

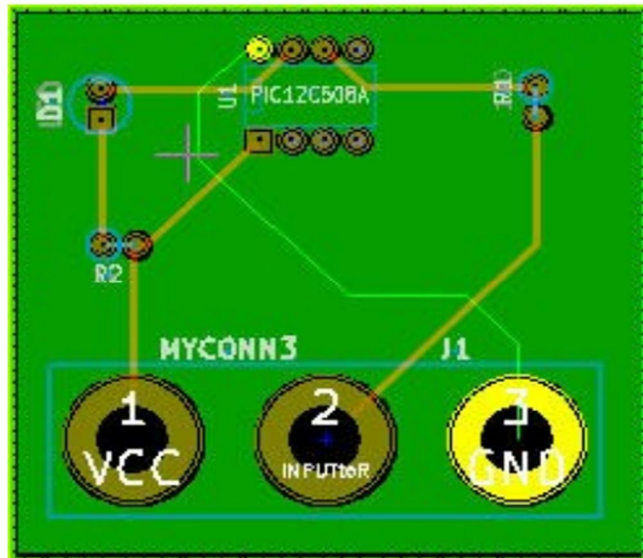


Рисунок 17 – Заповнення плати

26. Запустіть перевірку правил проектування, клікнувши на іконку «Виконати перевірку правил проектування» у верхній панелі інструментів. Помилки не повинно бути. Натисніть на «Ще не під'єднані». Ще не приєднаних доріжок не повинно бути. Натисніть ОК, щоб закрити діалог Контролю DRC.
27. Збережіть ваш файл, клікнувши «Файл» → «Зберегти». Помилуйтеся вашою платою в 3D вигляді. Натисніть «Перегляд» → «3D вид» (рис. 18).

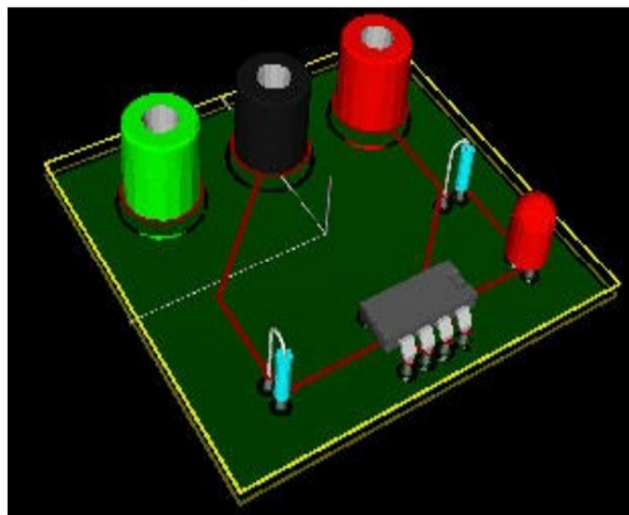


Рисунок 18 – Об'ємний вигляд друкованої плати

Таблиця 1 – Завдання до виконання лабораторної роботи 1

№	Індивідуальне завдання	№	Індивідуальне завдання
1	$Y = X1 \cdot \overline{X2} \cdot X3 \square \overline{X1} \cdot X2$	11	$Y = X1 \cdot \overline{X2} \square X2 \cdot \overline{X3} \square X1 \cdot X3$
2	$Y = X1 \cdot X2 \square \overline{X1} \cdot X2$	12	$Y = X1 \cdot X2 \square \overline{X2} \cdot X3 \square X1 \cdot \overline{X3}$
3	$Y = X1 \cdot \overline{X2} \square \overline{X1} \cdot X2 \cdot X3$	13	$Y = X1 \cdot \overline{X2} \square X2 \cdot \overline{X3} \square X1 \cdot X3$
4	$Y = (X1 \cdot X2) \cdot X3 \square X4$	14	$Y = X1 \cdot X2 \cdot X3 \square \overline{X2} \cdot X3$
5	$Y = \overline{X1} \cdot X2 \square X1 \cdot \overline{X2}$	15	$Y = \overline{X1} \cdot X2 \cdot X3 \square \overline{X2} \cdot X3$
6	$Y = X1 \cdot X2 \cdot X3 \square \overline{X1} \cdot X2$	16	$Y = X1 \cdot \overline{X2} \square \overline{X1} \cdot X2$
7	$Y = X1 \cdot X2 \cdot \overline{X3} \square \overline{X2} \cdot X3$	17	$Y = X1 \cdot X2 \square \overline{X1} \cdot \overline{X2}$
8	$Y = X1 \cdot \overline{X2} \cdot X3 \square X1 \cdot \overline{X3}$	18	$Y = X1 \cdot X2 \cdot \overline{X3} \square \overline{X2} \cdot X3$
9	$Y = \overline{X1} \cdot X2 \cdot \overline{X3} \square X1 \cdot X2 \cdot X3$	19	$Y = X2 \cdot \overline{X3} \square \overline{X1} \cdot X2 \cdot X3$
10	$Y = X1 \cdot X2 \square X2 \cdot X3 \square X1 \cdot X3$	20	$Y = X1 \cdot \overline{X2} \cdot \overline{X3} \square \overline{X1} \cdot X2$

*Контрольні питання:*

1. Арифметичні команди. Логічні команди.
2. Час виконання команд (поняття такту, машинного циклу).
3. Призначення і робота друкованої плати.
4. Апаратне усунення брязкоту контактів для схем з TTL.

## ЛАБОРАТОРНА РОБОТА 2

### Конструювання системи управління, що реалізує логічну функцію управління від клавіатури з ручним розміщенням і розведенням компонентів

*Мета роботи:*

- розробити функціональну схему;
- виконати розведення друкованої плати в ручному режимі.

*Хід виконання роботи:*

#### **Створення схемних компонентів в kicad**

1. Для створення нових компонентів ми можемо використовувати Редактор бібліотек (частина 23 EESchema). В папці нашого проекту dem01 давайте створимо папку library. У неї ми помістимо наш новий бібліотечний файл myLib.lib, як тільки створимо новий компонент.

2. Тепер ми можемо почати створення нашого нового компонента. З KiCad запусить EESchema, клікніть на іконку «Редактор бібліотек» - створення і редагування компонентів і потім клацніть на іконку «Створити новий компонент». З'явиться вікно «Властивості компонента». Назвемо новий компонент (Ім'я компонента) MYCONN3. «Позначення за замовчуванням» J, «Кількість елементів в корпусі» 1. Клацніть «ОК». Якщо з'явиться попередження, клікніть «ОК». На цьому етапі компонент представлений тільки своєю назвою. Давайте додамо кілька виводів. Натисніть на іконку Додати вивід компонента на правій інструментальній панелі. Додайте вивід лівим кліком в центрі листа схеми, але нижче мітки MYCONN3.

3. У вікні «Властивості контактів» встановіть «Ім'я виводу» VCC, «Номер виводу» 1 і Електричний тип «Вихід живлення» (рис. 19). Потім клікніть «ОК».

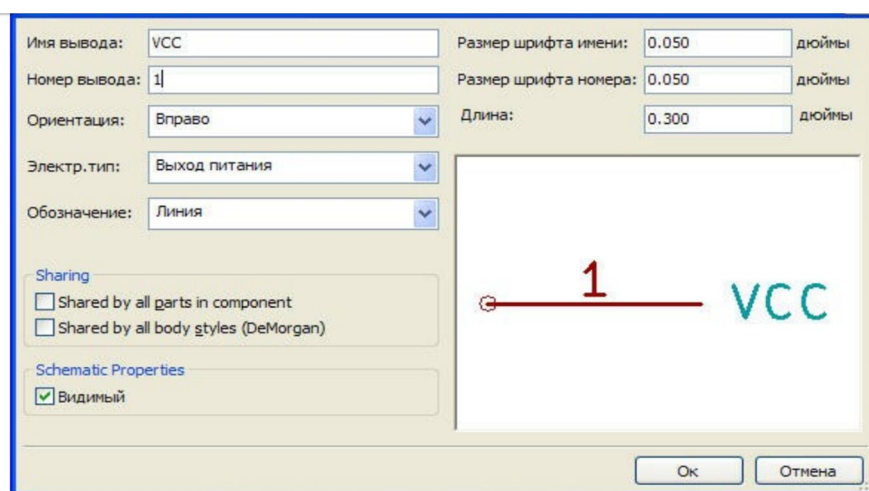


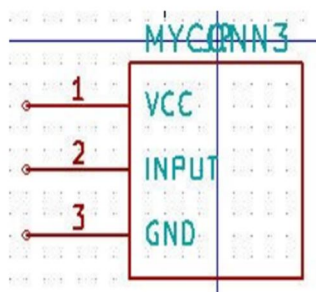
Рисунок 19 – Завдання властивостей виводів компонента

4. Розмістіть виводи в тому місці, де б ви хотіли його розмістити - правіше і нижче позначки.

5. Повторіть кроки розміщення висновків. На цей раз «Ім'я виводу» буде INPUT, «Номер виводу» буде 2, «Електричний тип» буде «Вхід живлення».

6. Повторіть кроки розміщення висновків. На цей раз Ім'я виведення буде GND, Номер виводу буде 3, Електричний тип буде Вихід живлення. Розмістіть контакти один над іншим. Мітка з ім'ям компонента MYCONN3 буде в центрі сторінки (там, де перетинаються сині лінії).

7. Далі намалюйте контур компонента. Натисніть на іконку «Додати прямокутник». Ми хочемо намалювати прямокутник відразу за контактами, як показано на рисунку 20. Щоб зробити це, клікніть туди, де б ви хотіли розташувати лівий верхній кут прямокутника. Натисніть знову туди, де б ви хотіли розташувати правий нижній кут прямокутника.



*Рисунок 20 – Створення бібліотечного компонента*

8. Збережіть компонент у вашій бібліотеці myLib.lib. Натисніть на іконку Зберегти поточний компонент в новій бібліотеці, пройдіть в папку demo1 / library / і збережіть новий бібліотечний файл з ім'ям myLib.lib.

9. Пройдіть «Установки» → «Бібліотека» і додайте demo1 / library в Користувальницькі шляху пошуку і myLib.lib в Файли бібліотеки компонентів.

10. Натисніть на іконку «Вибір робочої бібліотеки». У вікні «Вибрати бібліотеку» клікніть на myLib і натисніть «ОК». Зверніть увагу, як в назві вікна відобразилася поточна використовувана бібліотека, що стала тепер myLib.

11. Натисніть на іконку «Оновити поточний компонент» в поточній бібліотеці у верхній панелі інструментів. Збережіть всі зміни, клікнувши на іконку Зберегти поточну бібліотеку на диск у верхній панелі інструментів. Натисніть «Так», який з'явився в попереджувачому повідомленні. Новий компонент готовий і доступний в бібліотеці, яка відображається у статусному рядку вікна.

12. Тепер ви можете закрити вікно «Редактора бібліотеки компонентів». Поверніться у вікно «Редактора схеми». Ваш новий компонент буде доступний вам тепер з бібліотеки myLib.

13. Ви можете зробити ще один бібліотечний файл file.lib з додаванням маршруту до бібліотеки. З EESchema пройдіть «Установки» → «Бібліотека» і додайте: маршрут до неї в «Користувальницькі шляхи пошуку» і цей файл в «Файли бібліотеки компонентів».

***Експорт, імпорт і зміна бібліотечних компонентів. Замість створення бібліотечного компонента з нуля іноді легше взяти вже готовий і змінити його.***

1. Запустіть EESchema з KiCad, клікніть на іконку «Редактор бібліотек - створення і редагування компонентів», клікніть на іконку «Вибір робочої бібліотеки» і виберіть бібліотеку device. Натисніть на іконку Завантажити компонент для редагування з поточної бібліотеки і імпортуйте RELAY\_2RT.

2. Натисніть на іконку «Експорт компонента», пройдіть в каталог library і збережіть новий бібліотечний файл під ім'ям myOwnLib.lib.

3. Ви можете створити цей компонент і бібліотека myOwnLib.lib буде доступна вам при додаванні її в бібліотечний маршрут. З EESchema пройдіть Установки → Бібліотека і додайте: library / в Користувальницькі шляхи пошуку і myOwnLib.lib в Файли бібліотеки компонентів.

4. Натисніть на іконку Вибір робочої бібліотеки. У вікні Вибір бібліотеки клікніть на myOwnLib і натисніть «ОК». Зверніть увагу, як в назві вікна відобразилася поточна використовувана бібліотека, що стала тепер myOwnLib.

5. Натисніть на іконку Завантажити компонент для редагування з поточної бібліотеки і імпортуйте RELAY\_2RT.

6. Тепер ви можете змінити компонент так, як вам подобається.

7. Натисніть на іконку «Оновити поточний компонент в поточній бібліотеці» у верхній панелі інструментів. Збережіть всі зміни, клікнувши на іконку «Зберегти поточну бібліотеку на диск» у верхній панелі інструментів.

### ***Створення посадкових місць компонентів***

До складу KiCad входить велика бібліотека посадочних місць, але іноді ви можете виявити, що в бібліотеці KiCad немає посадкового місця потрібного вам компонента Ері. Тут крок за кроком розглядається процес створення посадочного місця для друкованої плати в KiCad:

1. З менеджера проектів KiCad запустіть Pcbnew. Натисніть на іконку Відкрити редактор модулів у верхній панелі інструментів. Відкриється Редактор модулів.

2. Ми збираємося зберегти нове посадочне місце в бібліотеку посадочних місць connect. Натисніть на іконку Вибрати активну бібліотеку у верхній панелі інструментів. Виберіть бібліотеку connect, хоча ви можете вибрати будь-яку бібліотеку для розміщення модуля за своїм бажанням.



3. Натисніть на іконку Новий модуль у верхній панелі інструментів. Наберіть MYCONN3 - позначення модуля. В середині екрану з'явиться мітка MYCONN3. Під цією міткою ви можете побачити мітку VAL \*\*. Правую кнопку мишки клацніть на MYCONN3 і пересуньте її над VAL \*\*. Клацніть правою кнопкою мишки на VAL \*\*, виберіть Редагувати текстовий модуль і перейменуйте його в SMD. Встановіть значення Показати в положення Невидимий.

4. Виберіть Додати контактну площадку - іконка в правій інструментальній панелі. Клікніть в робочу область креслення, щоб розмістити контактну площадку. Правую кнопку мишки клацніть на нову контактну площадку і виберіть Редагувати контактну площадку. Інакше ви можете використовувати клавішу e.

5. Встановіть «Номер контактної площадки» 1, «Форма контактної площадки» - «Прямокутник», «Тип контактної площадки» - «SMD» (планарная), «Геометрія контактної площадки» X - 0.4, Y - 0.8. Натисніть «ОК» (рис. 21). Натисніть на Додати контактну площадку знову і додайте ще дві контактні площадки (рис.22).

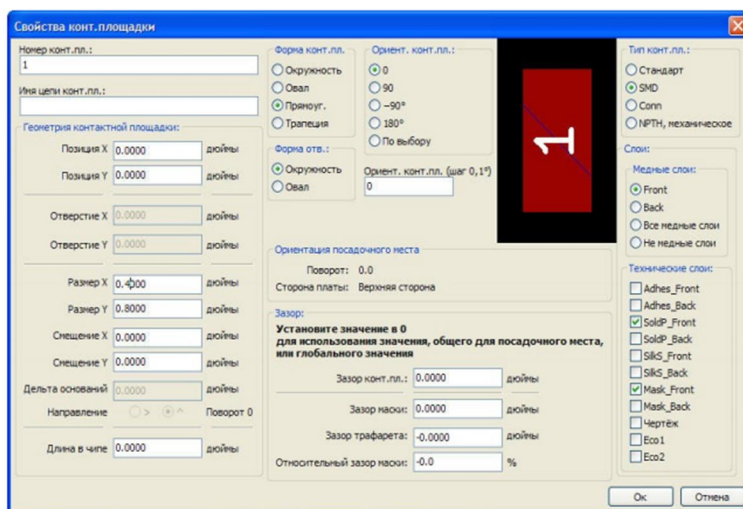


Рисунок 21 – Завдання властивостей контактної площадки

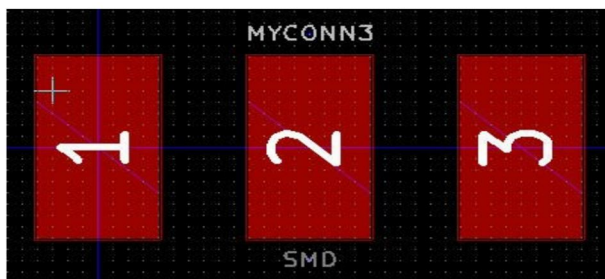


Рисунок 22 – Розміщення контактних майданчиків

6. Якщо ви хочете змінити розмір сітки, виконайте: «Правий клік» → «Вибір сітки». Переконайтеся у виборі підходящої сітки до установки компонентів.



7. З огляду на, наприклад, що компонент BGA 0.8мм має відстань від виведення до висновку близько 30міл, в більшості випадків для трасування буде зручно встановити розмір сітки 5 мил.

8. Наведіть мітки MYCONN3 і SMD так, як це показано на рисунку 23.

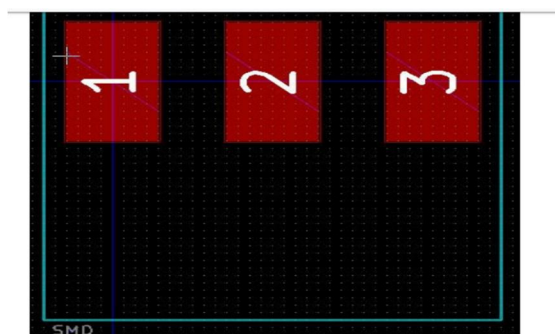


Рисунок 23 – Контур посадкового місця

9. У процесі розміщення контактних майданчиків часто необхідно використовувати відносні відстані. Помістіть курсор туди, де б ви хотіли розмістити центр відносної системи координат і натисніть в просторі прямокутника. Переміщайте курсор до тих пір, поки ви не побачите відображення відносних координат положення курсору внизу сторінки. Натисніть в простір прямокутника ще раз, щоб встановити новий початок координат.

10. Тепер потрібно додати контур посадкового місця. Натисніть на кнопку Додати графічні лінії або полігони в правій інструментальній панелі. Проведіть контур з'єднувача навколо компонентів.

11. Натисніть на іконку Зберегти модуль в активній бібліотеці у верхній панелі інструментів.

Таблиця 2 – Завдання до виконання лабораторної роботи 2

№	Індивідуальне завдання	№	Індивідуальне завдання
	1. $Y = \overline{X1} \cdot X2 \square \overline{X2} \cdot X3 \square X1 \cdot \overline{X3}$	11	$Y = \overline{X1} \cdot X2 \square X1 \cdot \overline{X2}$
2	$Y = X1 \cdot \overline{X2} \square X2 \cdot \overline{X3} \square \overline{X1} \cdot X3$	12	$Y = X1 \cdot X2 \cdot X3 \square X2 \cdot \overline{X3}$
3	$Y = X1 \cdot \overline{X2} \cdot X3 \square \overline{X3} \cdot X2$	13	$Y = X1 \cdot X2 \cdot \overline{X3} \square \overline{X1} \cdot X2$
4	$Y = X1 \cdot \overline{X2} \cdot X3 \square X1 \cdot X3$	14	$Y = X1 \cdot \overline{X2} \cdot X3 \square \overline{X1} \cdot X2$
5	$Y = X1 \cdot \overline{X2} \square X2 \cdot X3 \square X1 \cdot \overline{X3}$	15	$Y = X1 \cdot X2 \cdot X3 \square X1 \cdot \overline{X3}$
6	$Y = X1 \cdot X2 \square X2 \cdot X3 \square \overline{X1} \cdot X3$	16	$Y = X1 \cdot X2 \cdot \overline{X3} \square \overline{X1} \cdot X3$
7	$Y = X1 \cdot X2 \cdot \overline{X3} \square \overline{X1} \cdot X2$	17	$Y = X2 \cdot \overline{X3} \square \overline{X1} \cdot X2 \cdot X3$
8	$Y = \overline{X1} \cdot X2 \cdot \overline{X3} \square X2 \cdot X3$	18	$Y = X1 \cdot X2 \square \overline{X1} \cdot X2 \cdot X3$
9	$Y = X1 \cdot X2 \cdot \overline{X3} \square \overline{X2} \cdot X3$	19	$Y = X1 \cdot X2 \square X1 \cdot \overline{X2}$
10	$Y = X1 \cdot X2 \cdot X3 \square \overline{X1} \cdot X3$	20	$Y = \overline{X1} \cdot X2 \cdot \overline{X3} \square X1 \cdot \overline{X2}$

# ЛАБОРАТОРНА РОБОТА 3

## Конструювання мікроконтролерного модуля системи управління

*Мета роботи:* використовуючи елементи SMD монтажу, а також підстановку в разі необхідності, розробити функціональну схему і друковану плату мікропроцесорного модуля

*Хід виконання роботи:*

1. За вихідними даними збираємо функціональну схему в середовищі KiCad (рис. 24).

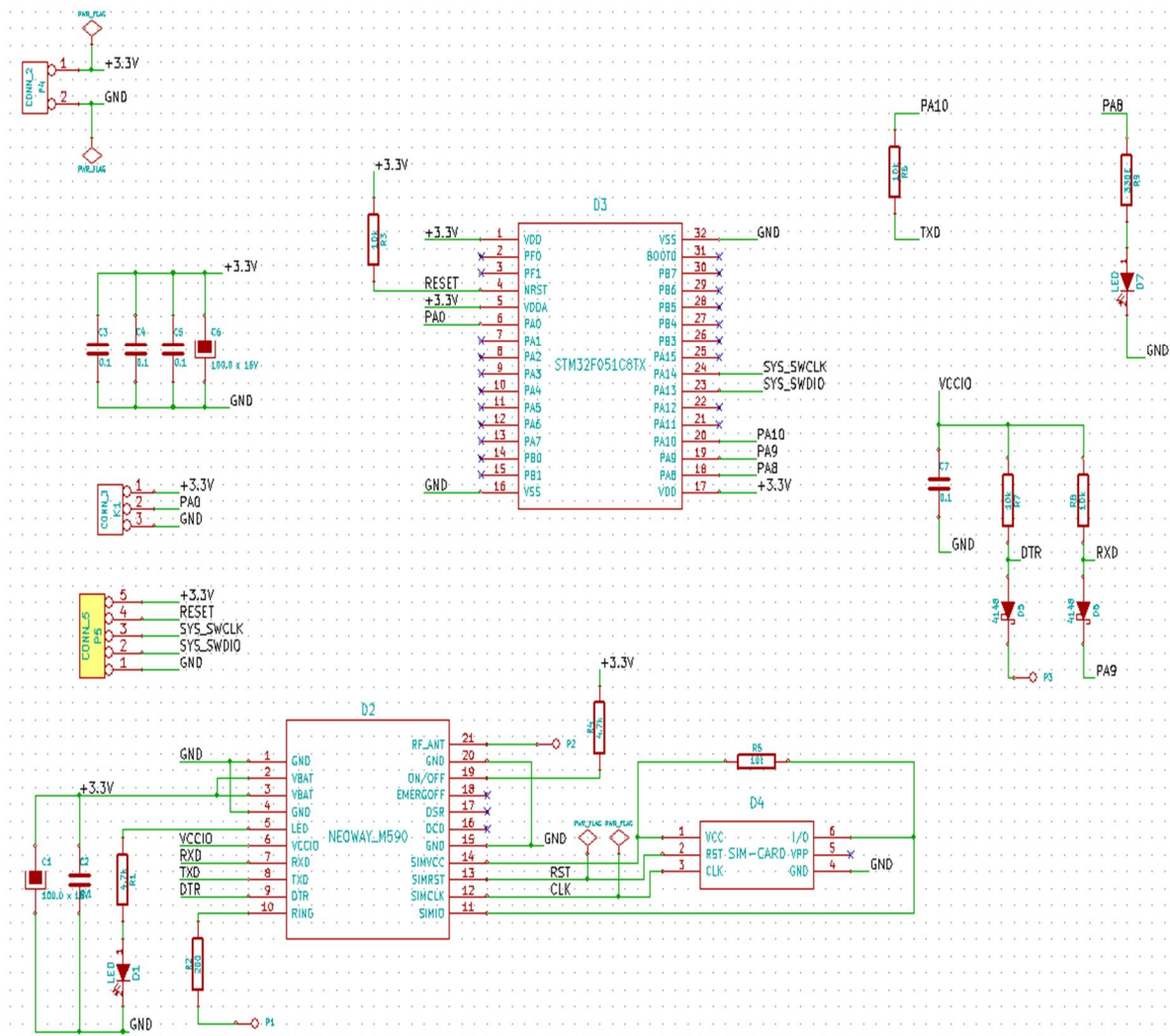
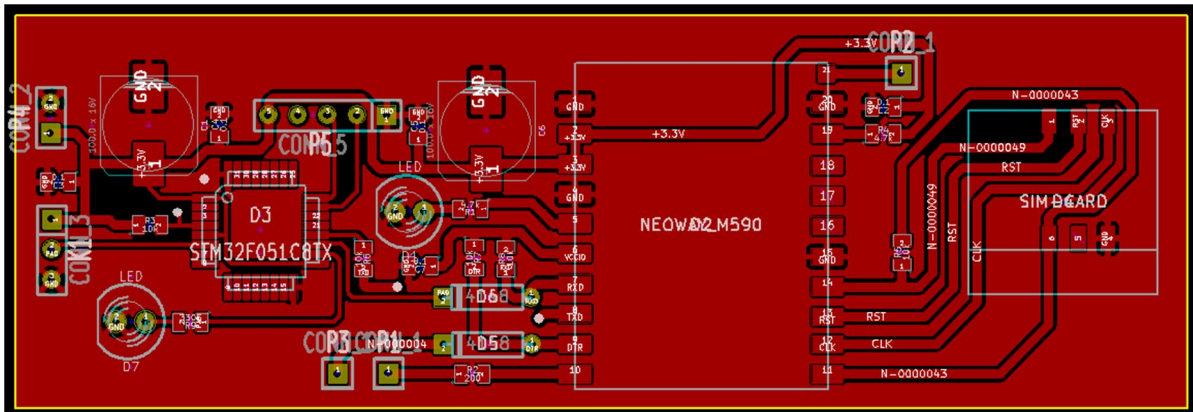
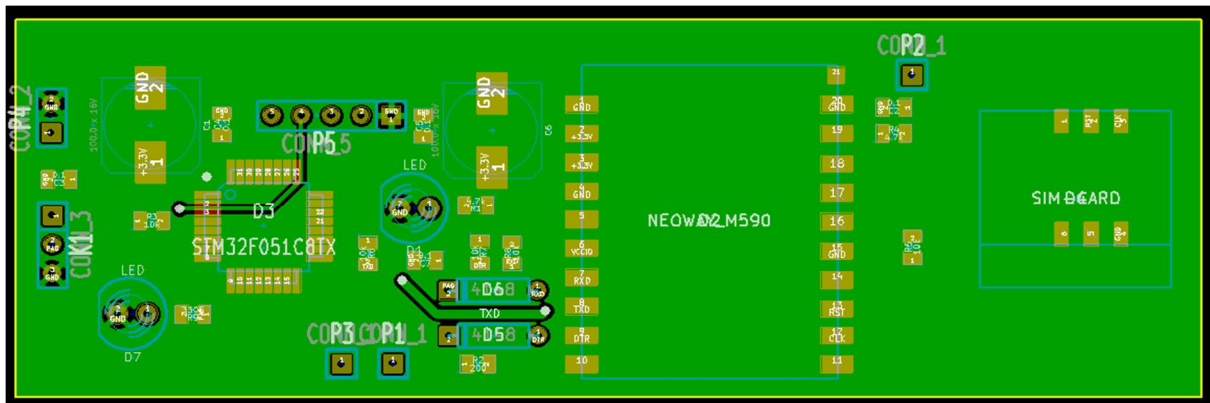


Рисунок 24 – Функціональна схема

2. Далі створюємо друковану плату (рис. 25).



а)



б)

а – вид зверху, б – вид знизу

Рисунок 25 – Друкована плата, побудована в середовищі KiCad

3. Робимо візуалізація друкованої плати пристрою (рис. 26).

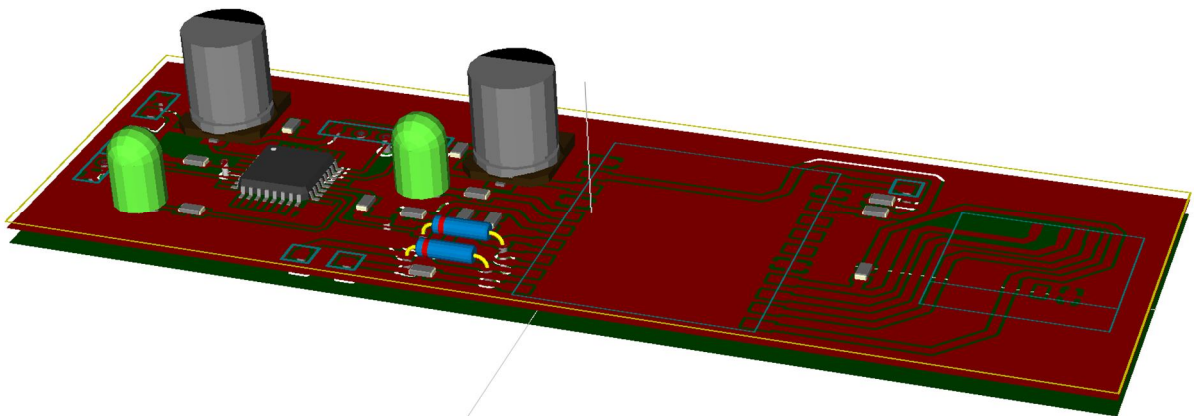
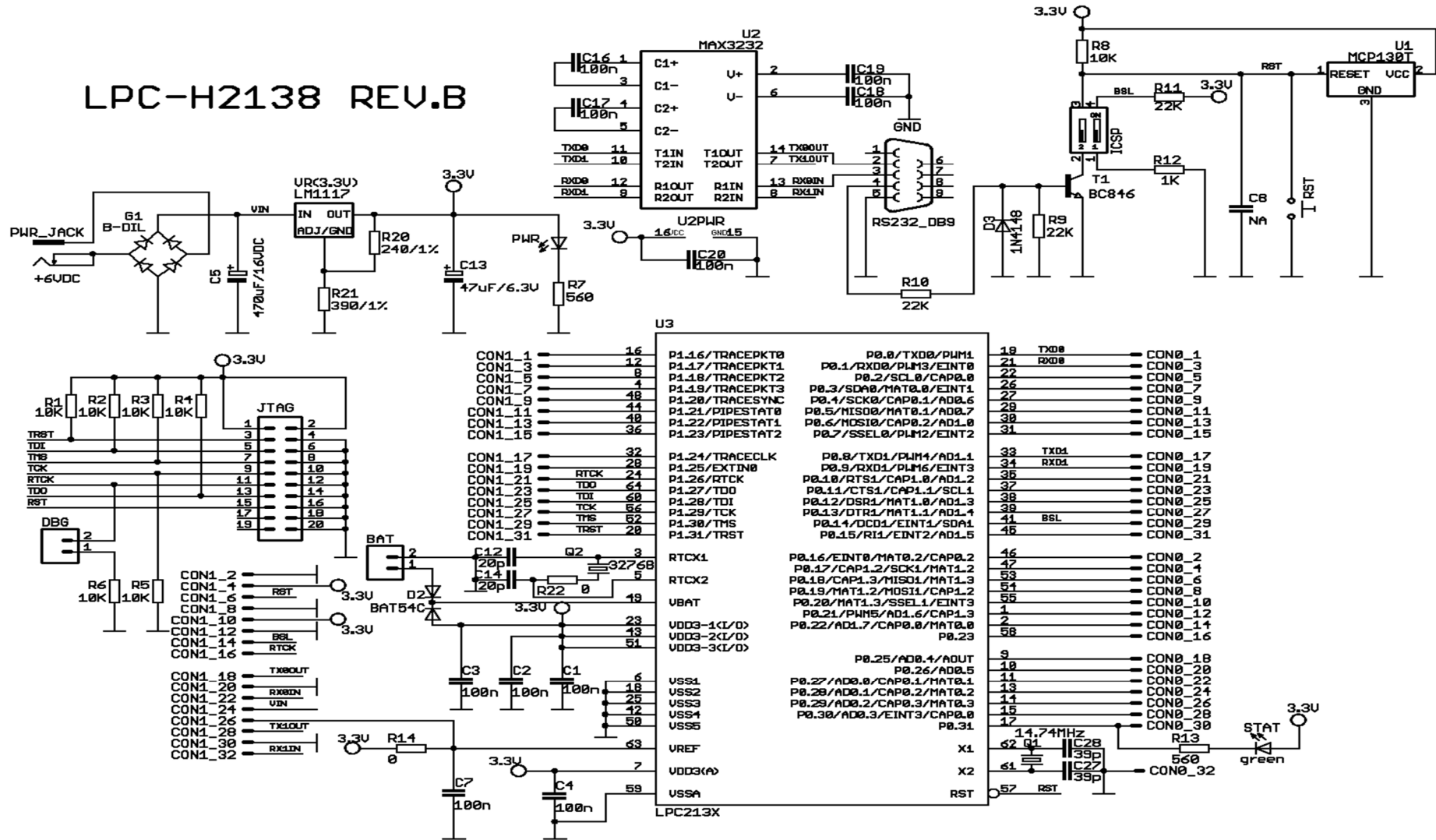
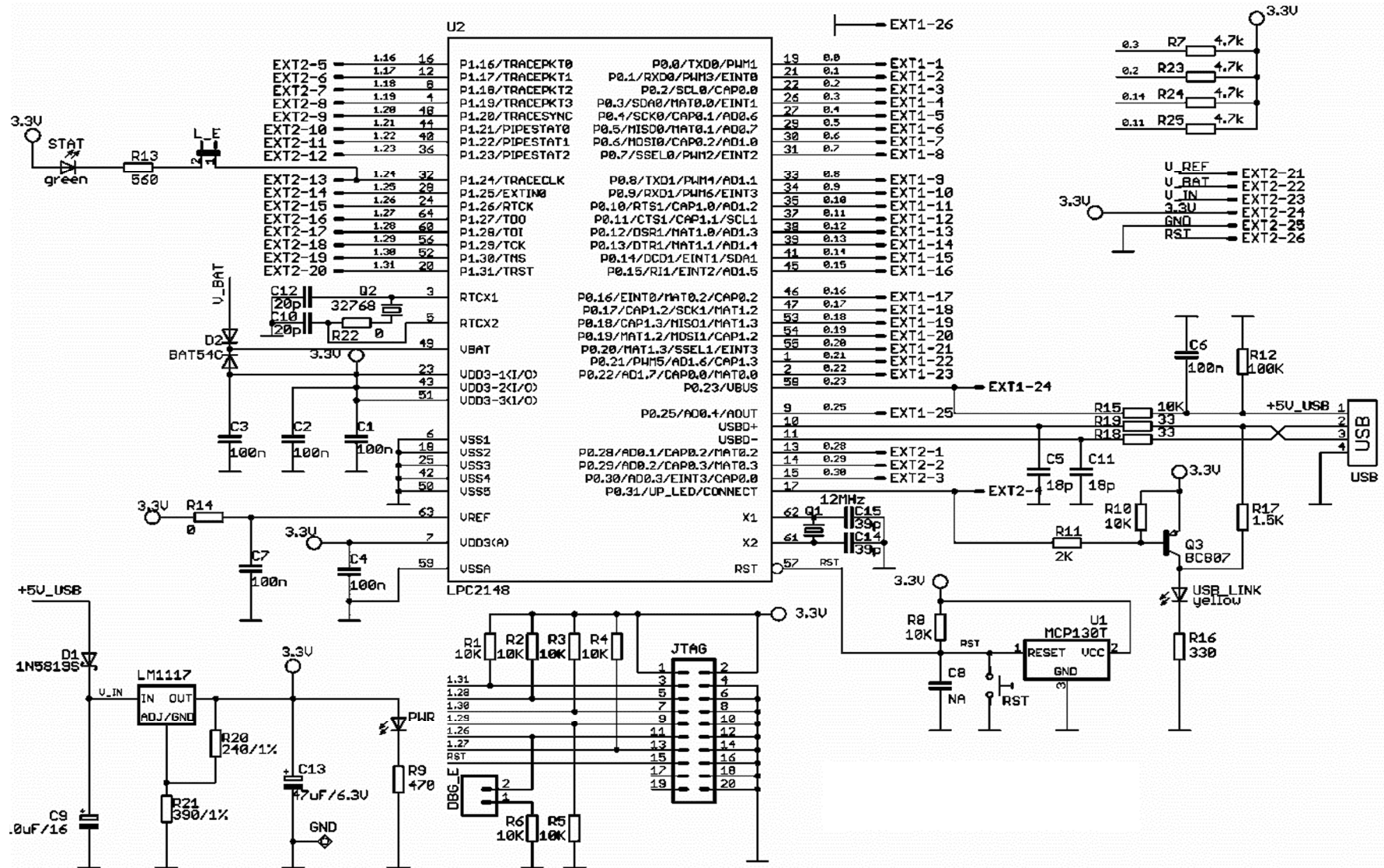


Рисунок 26 – Візуалізація плати

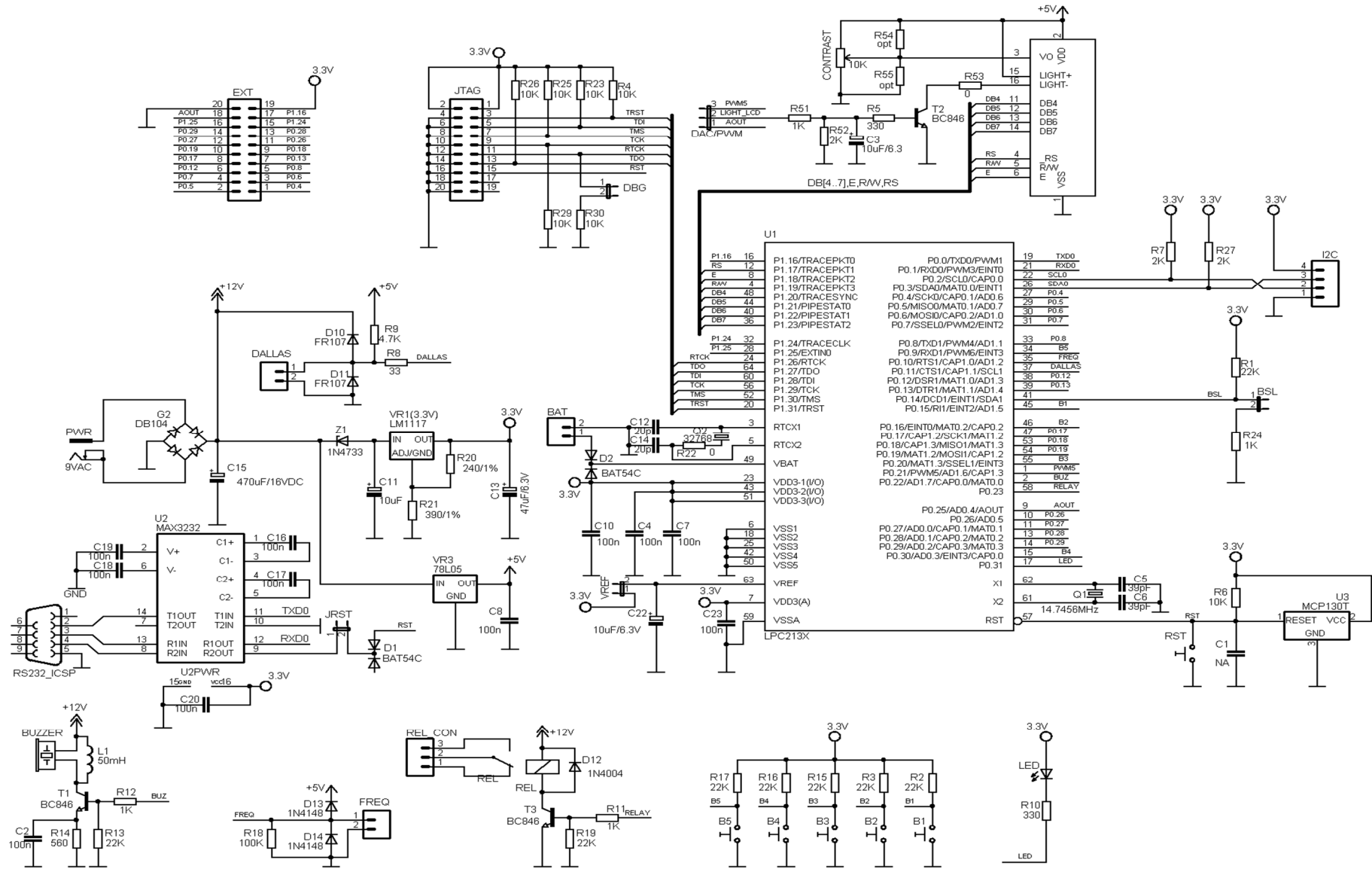
# Додаток А Варіант 1



## Вариант 2

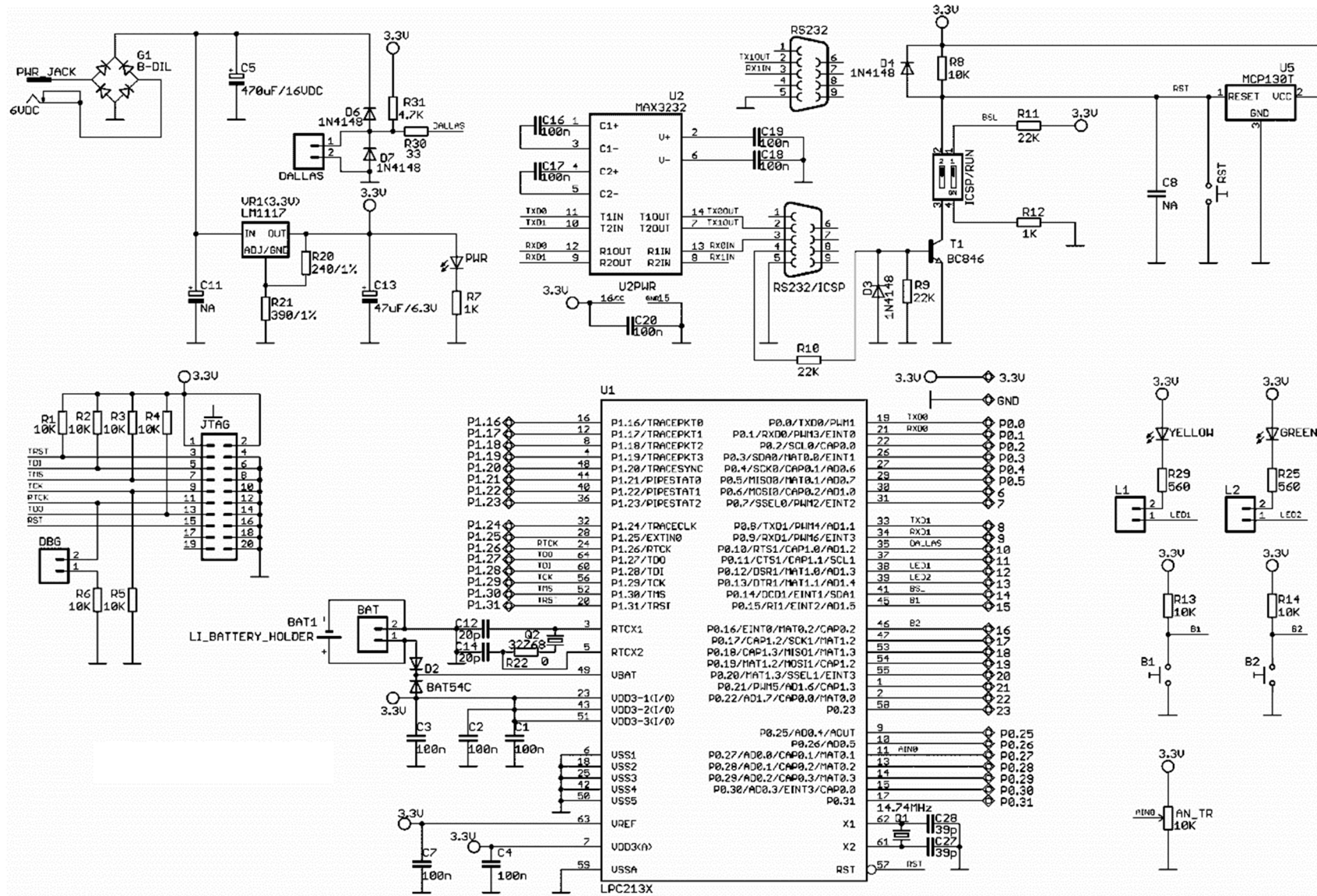


# Вариант 3





# Вариант 4







*Навчальне видання*

# **ПРОЕКТУВАННЯ ВБУДОВАНИХ МІКРОКОНТРОЛЕРІВ**

**Методичні вказівки  
до виконання лабораторних робіт**

**для студентів спеціальності 151  
денної та заочної форм навчання**

Укладач                      **ДОНЧЕНКО Євген Іванович**

За авторською редакцією  
Комп'ютерне верстання      **І. І. Дьякова**

142/2019. Формат 60 x 84/16. Ум. друк. арк. 1,8.  
Обл.-вид. арк. 0,87. Тираж 25 пр. Зам. №.....

Видавець і виготівник  
Донбаська державна машинобудівна академія  
84313, м. Краматорськ, вул. Шкадінова, 72.  
Свідоцтво суб'єкта видавничої справи  
ДК № 1633 від 24.12.2003