ПАСПОРТ

«METRIX Adapter M-Bus v1»

(прилад зчитування-опрацювання показників лічильників з інтерфейсом M-Bus)

Виробник: ФОП Жук Вадим Валентинович

Рівне-2025

ЗМІСТ

Технічні умови ТУ У

1. Структурно-функціональна схема пристрою
2. Принципова електрична схема пристрою
3. Схемотехнічна модель пристрою
4. Топологічна схема розміщення компонентів
5. Монтаж та схеми електричних з’єднань
6. Порядок роботи з пристроєм
7. Вимоги до техніки безпеки та безпечного поводження
8. ДОДАТКИ

Технічні умови (ТУ У 27.1–XXXXX–001:2025)

1. Призначення

Адаптер mbus призначений для зчитування імпульсних сигналів з електро-, газо- або водолічильників та передачі зібраної інформації на центральний хаб за допомогою LoRa-зв’язку. Забезпечує низьке споживання енергії.

2. Основні технічні характеристики

Номінальна споживана сила струму, In, А	До 0.5 А
Максимальна споживана сила струму, Імакс, А	Не більше 2 А
Робоча напруга адаптера живлення, В	220 В
Діапазон робочої напруги адаптера живлення	0,8-1,15 $U_н$
Діапазон робочих температур	-10 ...+50°С
Максимальна споживана потужність, Вт	Не більше 10 Вт.
Основне живлення мікроконтролера	5V (через USB Type-C)
Частота безпровідної комунікації	868 МГц
Потужність передавача	до 30 дБм (1 Вт)
Дальність зв’язку	до 5 км на відкритій місцевості

3. Вимоги до виготовлення

- Плати виготовляються відповідно до затверджених креслень.
- Антена LoRa підключається через SMA-конектор.

4. Випробування

- Тестування інтерфейсів вводу-виводу, комунікаційного інтерфейсу Mbus.
- Перевірка передачі LoRa-повідомлень.
- Випробування на живлення та споживання струму.

5. Маркування

На корпусі вказується:

- Назва виробу
- Серійний номер
- Вхід/вихід, LoRa-антена, живлення

6. Комплектація/пакування

- Картонна коробка
- Інструкція
- Блок живлення 5В, 2А
- Кабель 1м.

- Пристрій з наліпкою
- Антена

7. Гарантії

- Гарантія — 12 міс.
- Термін служби — ≥ 5 років

1. Структурно-функціональна схема пристрою

Пристрій збору даних від лічильників, побудований на базі мікроконтролерного модуля ESP32 та радіомодуля LoRa-зв’язку, призначений для автоматизованого зчитування та бездротової передачі даних зі споживчих облікових приладів (лічильників електроенергії, води, газу тощо) та подальшої передачі отриманих даних на хаб.

Пристрій виконує функцію автономного вузла в системі телеметрії з підтримкою LoRa-зв’язку для роботи на великих відстанях. Основними функціональними блоками є джерело живлення, стабілізатор напруги, центральний обчислювальний модуль, вхідний інтерфейс для підключення лічильників, LoRa-модуль для передачі даних, а також конфігураційний інтерфейс через UART або USB.

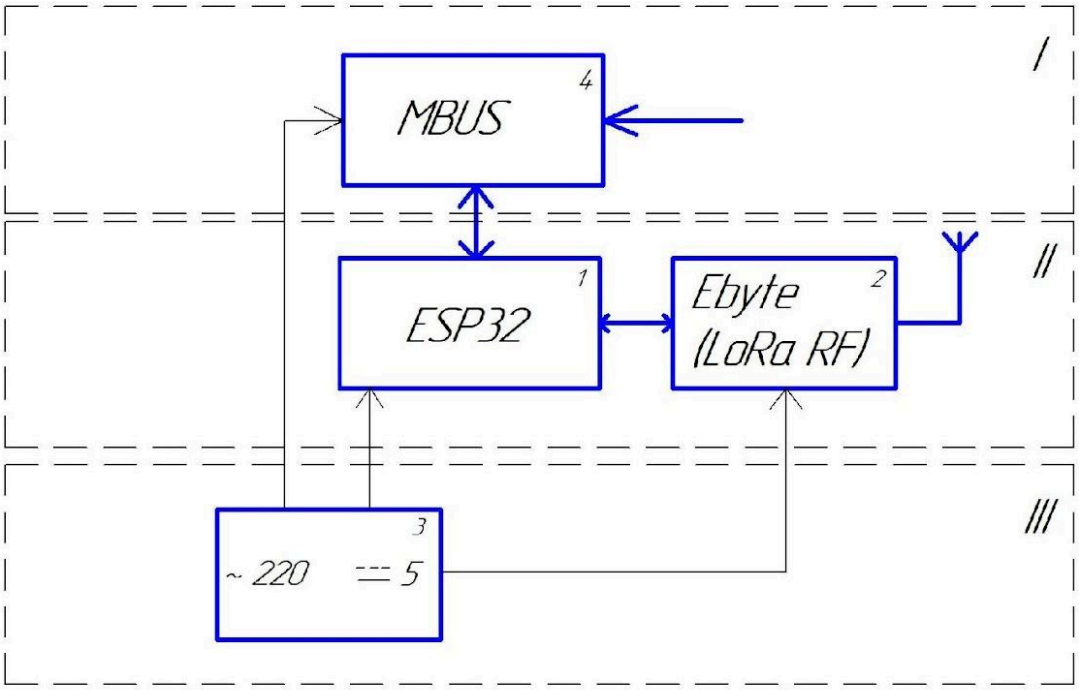


Рис. 1.1. Структурно-функціональна схема пристрою

1 – Керуючий мікроконтролер на базі ESP32

2 – Радіомодуль LoRa на базі LLCC68

3 – Блок живлення, 5 В, 2 А

4 – Перетворювач інтерфейсу Mbus

Живлення пристрою здійснюється від стабільного джерела постійної напруги 5 В. Центральним обчислювальним елементом виступає ESP32 — високопродуктивний двоядерний мікроконтролер з підтримкою бездротових інтерфейсів Wi-Fi та Bluetooth, основна комунікація реалізується через зовнішній LoRa-модуль. Мікроконтролер здійснює обробку даних з лічильників, формує пакети даних згідно з внутрішнім протоколом і передає їх на радіомодуль.

Радіомодуль, що працює в діапазоні 868 МГц, реалізує фізичний рівень передачі даних з використанням LoRa-модуляції. Він забезпечує надійний зв’язок на відстані до 5 км у прямій видимості та підтримує гнучке налаштування параметрів передачі (адресація, швидкість, потужність, канали).

Взаємодія з пристроєм для налаштування, діагностики та оновлення прошивки здійснюється через вбудований UART/USB-конфігуратор, що дозволяє проводити технічне обслуговування без демонтажу пристрою з інсталяційного місця.

Таблиця 1.1. Апаратні специфікації пристрою

Компонент	Характеристики
Модуль ESP32	2 ядра, 240 МГц, 520 КБ SRAM, 4 МБ Flash, Wi-Fi/Bluetooth, UART, GPIO
LoRa Ebyte	Потужність 30 дБм, дальність до 5 км, UART, модуляція LoRa, 868МГц
Живлення пристрою	5 В DC
Інтерфейси лічильників	GPIO для імпульсів, UART для цифрових протоколів (Modbus, IEC, DLMS)
Стабілізатор живлення	3.3 В LDO, струм до 800 мА, захисти від КЗ та перегріву
Конфігуратор	UART або USB-UART
Антена	Зовнішня SMA 868 МГц, 2–5 dBi, 50 Ом

2. Принципова електрична схема пристрою

У процесі розробки пристрою збору даних (хабу) було виконано проєктування принципової електричної схеми, яка є основою апаратної частини системи. До складу схеми входить модуль на базі мікроконтролера ESP32, що виконує функції керування, живлення, обробки даних та взаємодії з бездротовим модулем зв’язку. Для організації далекобійної

передачі інформації передбачено LoRa-модуль Ebyte, який підключено до ESP32 із використанням додаткових ліній керування.

Для забезпечення живлення пристрою використано блок живлення напругою 5 В та максимальним струмом 2 А. Таке рішення забезпечує надійну роботу та забезпечує захист елементів системи. Принципова електрична схема відображена на Рис. 2.1.

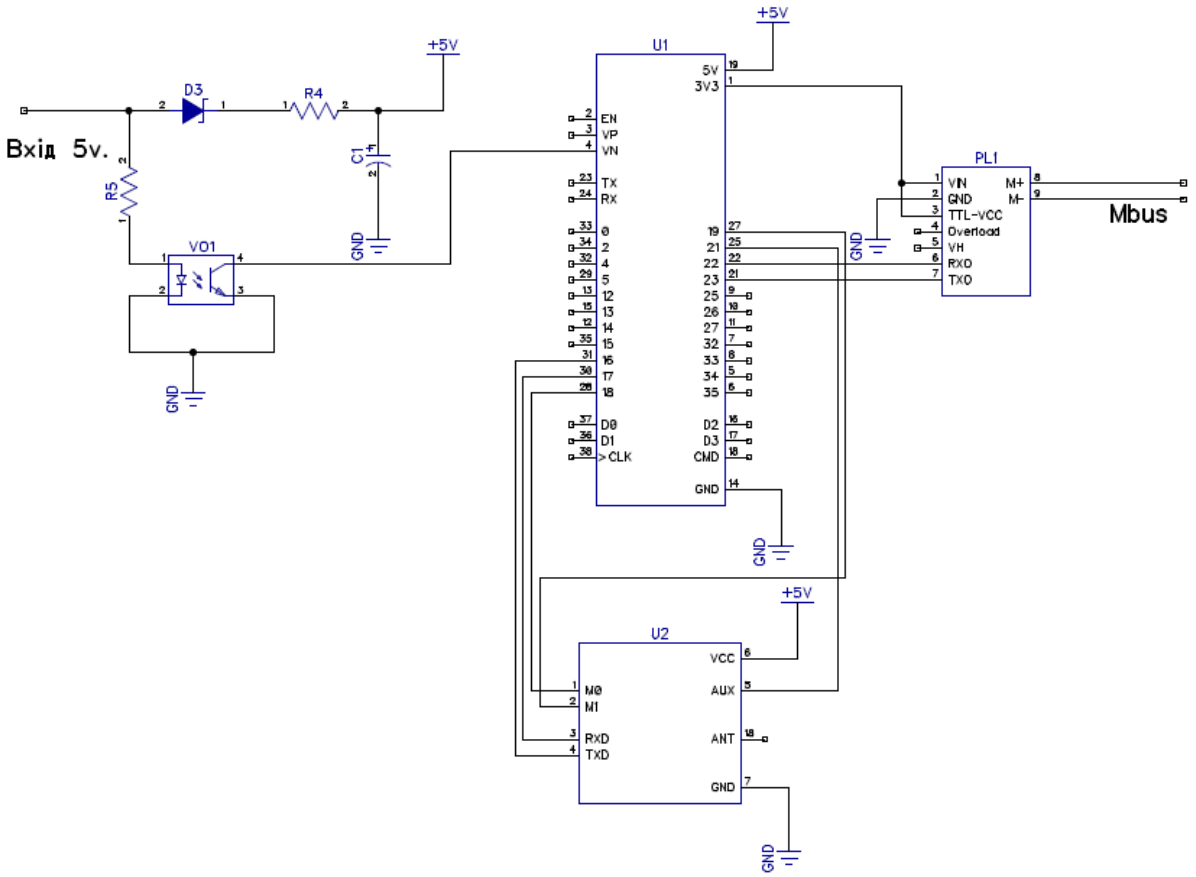


Рис. 2.1. Принципова електрична схема адаптера Mbus

Особливу увагу приділено елементам індикації та управління. У пристрій інтегровано три світлодіоди, у форматі RGB-індикатора, які відображають стан живлення, передачу даних і помилки або режим очікування, що значно полегшує технічне обслуговування та моніторинг у польових умовах ,або в умовах недостатньої інформації. Для взаємодії користувача з пристроєм передбачено одну контактну кнопку, яка дозволяє активувати режим налаштування, виконати скидання або переключити конфігурацію. Контактна кнопка є комплексним компонентом разом із RGB-індикатором.

Загалом, спроєктована електрична схема забезпечує гнучкість, енергоефективність, високу функціональність та можливість масштабування, що робить пристрій придатним для інтеграції в системи "розумного" обліку води, газу чи електроенергії.

3. Схемотехнічна модель пристрою

Схемотехнічна модель хаба у бездротовій системі збору даних на основі ESP32 та LoRa-модуля Ebyte виконує функції центрального вузла обробки та маршрутизації даних, отриманих з адаптерів, підключених до лічильників. У складі моделі передбачено мікроконтролер ESP32, що виконує логіку взаємодії з периферією, модуль LoRa для бездротової комунікації, три світлодіоди для візуальної індикації стану (живлення, активність, помилка) та одну кнопку для ручного керування або ініціалізації подій.

Готова модель, що додається до супровідної документації, відображена на Рис. 3.1.

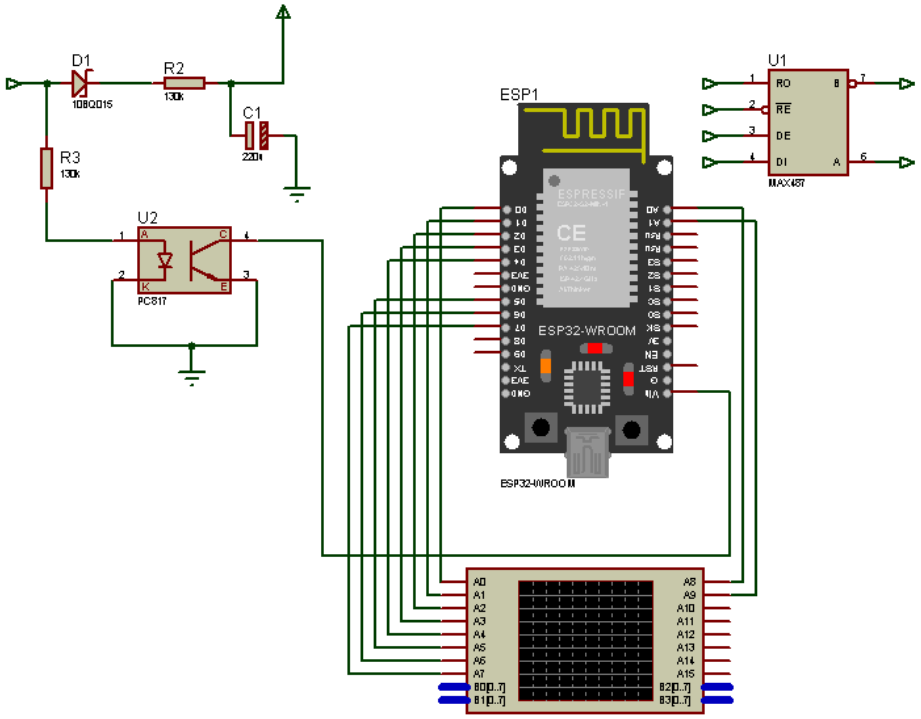


Рис. 3.1. Схемотехнічна модель пристрою

4. Топологічна схема розміщення компонентів

У межах розробки пристрою збору телеметричних даних на базі мікроконтролера ESP32 та бездротового модуля Ebyte було спроєктовано друковану плату (PCB), що забезпечує компактне, енергоефективне та електромагнітно-сумісне апаратне рішення. Вибрано двошарову плату розміром орієнтовно 120×80 мм на основі FR4 з товщиною 1.6 мм, з можливістю масштабування до чотиришарової конфігурації за потреби. Розміщення елементів виконано з урахуванням функціонального зонування, мінімізації завад, терморегуляції та оптимізації трасування.

Мікроконтролер розміщено в центральній частині плати, із виведеними GPIO-лініями до периферії. Під модулем реалізовано тепловий контакт із землею (GND-область), що дозволяє ефективно відводити тепло. Ключові сигнальні виводи (EN, IO0, UART) спроєктовані таким чином, щоб забезпечити прямий доступ до них через конектори або кнопки. LoRa-модуль E220 розташовано на краю плати, максимально близько до RF-конектора (типу SMA або IPEX), з мікросмужковою лінією, узгодженою на 50 Ом, для стабільного радіочастотного з'єднання. Лінії керування (M0, M1, AUX) підключені до ESP32 через короткі сигнальні траси із фільтрувальними елементами.

Блок живлення включає в себе джерело 5 В (через micro-USB або клему), стабілізатор типу LDO для зниження напруги до 3.3 В, а також необхідні захисні. Живильні шини трасовано широкими доріжками, із суцільною GND-областю на обох шарах, що одночасно служить як захисний екран та тепловідвід.

Індикатор живлення та активності передбачені на фронтальній панелі у вигляді світлодіодів. Колодка живлення (роз'єм usb type-c) розміщена так, щоб забезпечити короткий шлях живлення до основних елементів та зменшити втрати на трасах. Також враховано можливість заміни джерела живлення без повного демонтажу пристрою.

Окремо варто відзначити використання зібраної відлагодженої плати на базі ESP32. Трасування виконано з дотриманням принципів оптимізації довжин сигнальних шляхів, розділення цифрових і аналогових зон, уникнення петель живлення та перехресних перешкод.

Траси UART і LoRa ізольовано від високочастотних ліній і живлення. Для мікросмужкової RF-лінії використано обчислення ширини доріжки відповідно до 50-омного узгодження, з контролем довжини та вигинів траси.

Трасування плати відображено на Рис. 4.1.

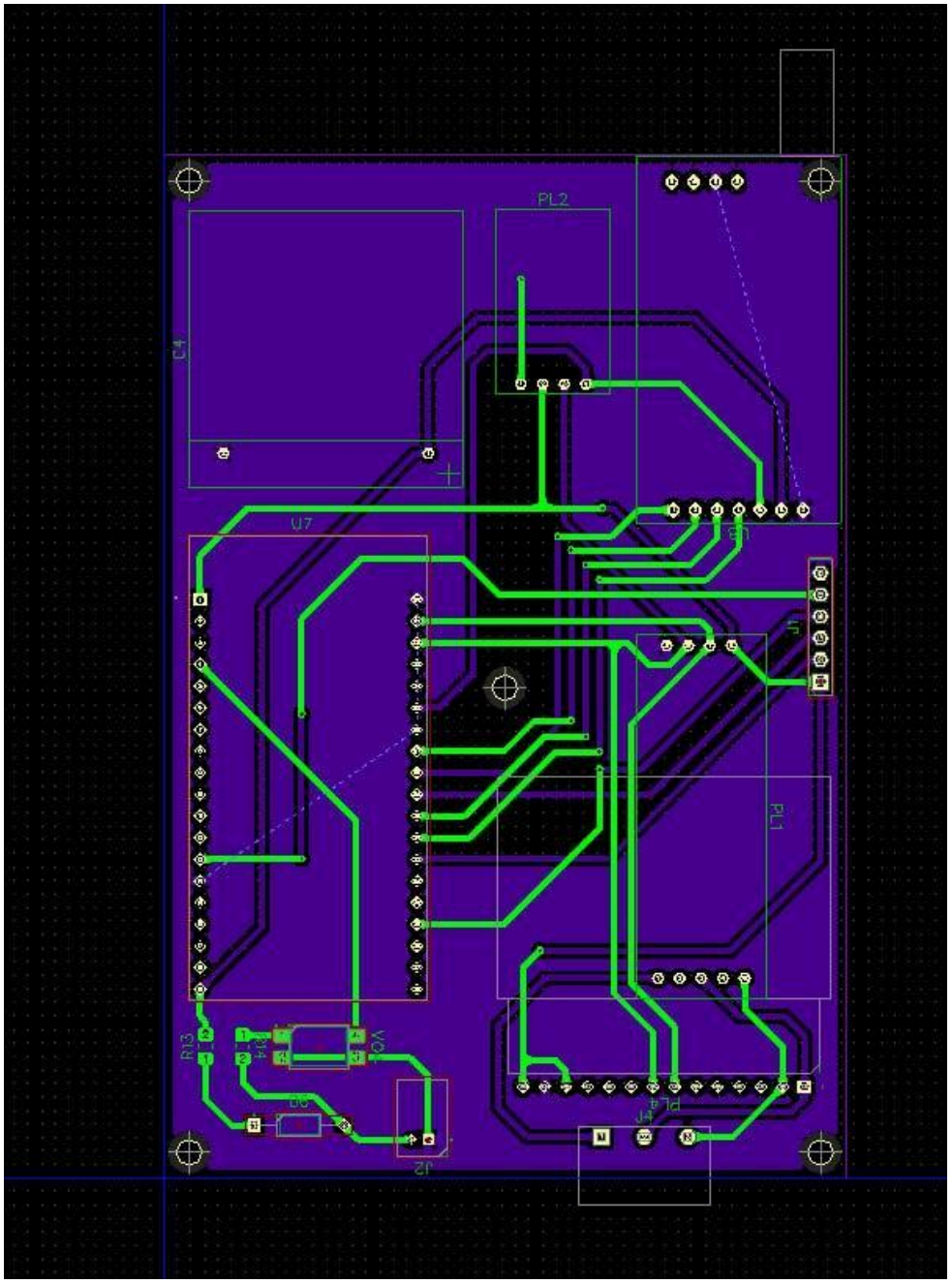


Рис. 4.1 Трасування монтажної плати

Усі компоненти підібрано з урахуванням можливості ручного та автоматизованого монтажу. Застосовано стандарт SMD-формату 1206, а для силових компонентів — SOIC або SOT-23. Критично важливі сигнали винесені на тестові точки. Створена плата є готовою до інтеграції в корпус, передбачено монтажні отвори, а також опціональні кріплення для антени або зовнішніх сенсорів. Пристрій оптимізований для промислового використання з мінімальною потребою в обслуговуванні та високою надійністю передачі даних.

5. Монтаж та схеми електричних з’єднань

У системі реалізовано бездротовий принцип збору даних з приладів обліку (лічильників) на базі мікроконтролера та радіомодуля, що працюють у складі адаптерів та центрального хаба. Монтажна схема передбачає фізичне та електричне встановлення двох ключових типів пристроїв: адаптерів збору даних, які монтуються безпосередньо біля лічильників, та центрального хаба, що слугує вузлом прийому, обробки й передачі даних до подальших систем або інтерфейсів.

Монтаж адаптерів виконується у місцях, максимально наближених до облікових приладів. Кожен адаптер має компактний корпус (із ступенем захисту не нижче IP54), що містить електронну плату з ESP32, LoRa-модулем, схемою живлення, а також входами для зчитування імпульсів з лічильника. Монтаж передбачає надійне кріплення корпусу на технічній поверхні (стіні, щитку, рейці), виведення антени для стабільного радіозв’язку та акуратне підключення сигналів від лічильника до вхідних клем або роз'ємів.

Центральний хаб встановлюється в зручному для обслуговування місці — з можливістю візуального контролю стану через 3 світлодіоди індикації (живлення, активність, помилка) та одну кнопку керування. Живлення хаба здійснюється через USB-конектор type-c з використанням адаптера живлення. Усі сигнальні з'єднання виконуються згідно з принциповою електричною схемою, показаною в П.2.

У процесі монтажу дотримуються наступні технічні вимоги:

1. Використання провідників з відповідним перерізом (не менше 0.25 мм² для живлення).
2. Розділення сигнальних та силових ліній для зменшення наводок.
3. Гальванічна розв’язка між лічильником та мікроконтролером.
4. Спільня «земля» у межах одного пристрою.
5. Надійна фіксація дротів, антен, роз’ємів та захист від механічного пошкодження.
6. Доступ до мережі електроживлення (мережа змінного струму 220 В на відстані не більше 1м. від приладу)

Особлива увага приділяється безпечному підключенню до лічильників, що може включати роботу з мережевими елементами. Для цього використовуються інструкції та дотримуються правил монтажу слабкострумових систем.

Перевагою обраної схеми є її модульність і масштабованість: кожен адаптер працює автономно, передаючи дані на центральний хаб без необхідності прокладки проводів між усіма точками збору. Це дозволяє встановлювати систему в існуючих будівлях з мінімальним втручанням у інфраструктуру.

Монтажну схему із функціональними можливостями хабу показано на Рис. 5.1.

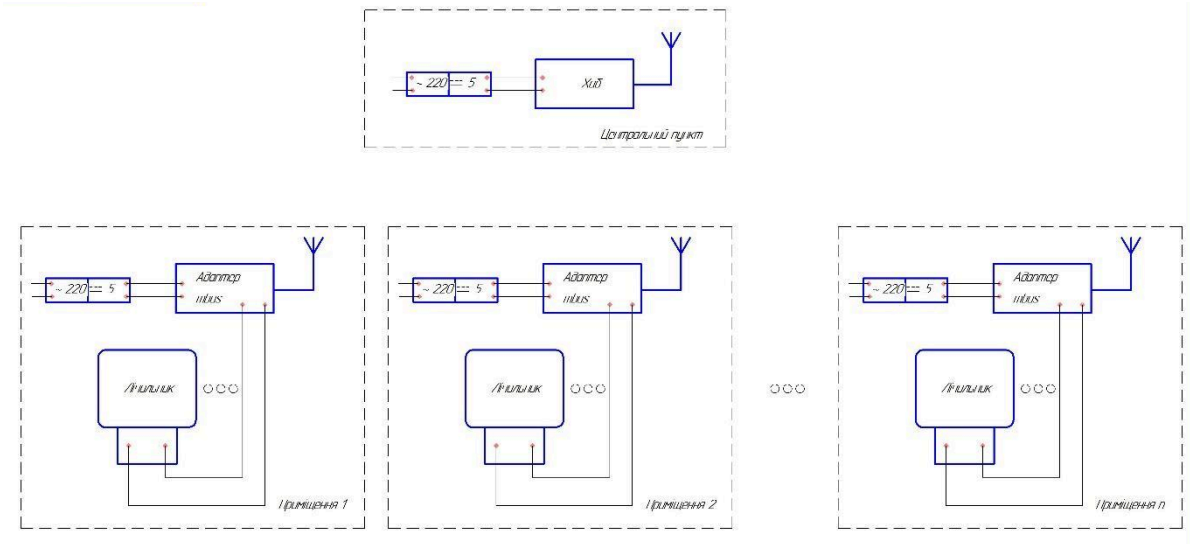


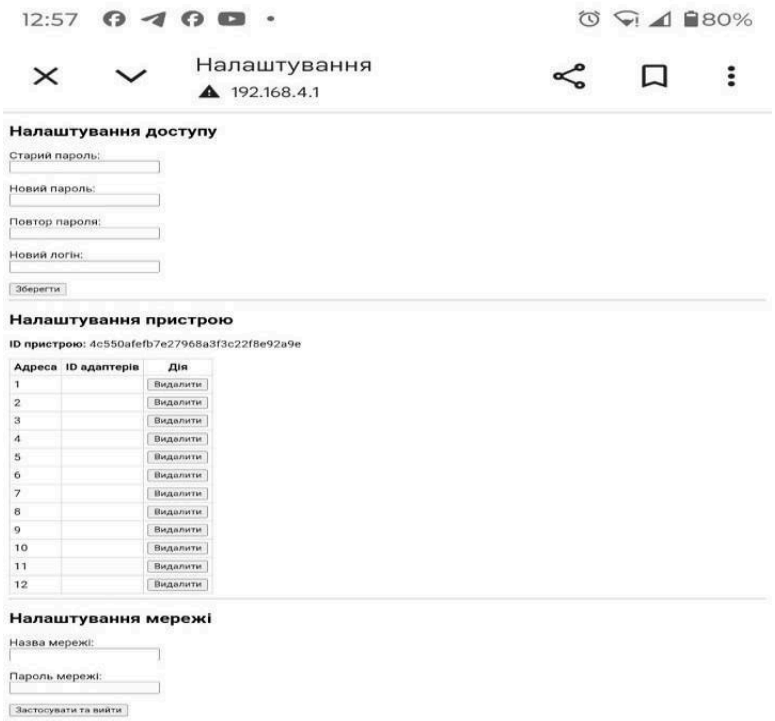
Рис. 5.1. Схема монтажу та підключення пристроїв в систему

Монтажна схема враховує також аспекти подальшого обслуговування — зокрема, можливість оновлення прошивки, доступ до кнопки керування, зручність діагностики за допомогою LED-індикації.

Таким чином, дана система та її монтажна реалізація відповідає сучасним вимогам до надійності, енергоефективності та безпеки бездротових технологій збору даних в умовах житлових і комерційних об’єктів.

6. Порядок роботи з пристроєм

Для того щоб інсталювати систему, спочатку маємо встановити хаб, по можливості неподалік від роутера. **Антена LoRa модуля має бути підключена до підключення живлення!** Після підключення хаба до живлення індикатор має світитися синім кольором. Це означає, що хаб в режимі налаштування, він працює як точка доступу в мережі Netzero Rivne. Підключаємося до мережі, вводимо пароль «12345678» після переходу на адресу 192.168.4.1 потрапляємо на сторінку яка захищена, Логін «admin», пароль «1234» Вона має наступний вигляд:



В даному випадку нас цікавить вкладка «Налаштування мережі», де ми вводимо назву та пароль мережі, яку роздає роутер, та натискаємо кнопку «Застосувати та вийти» Індикатор на хабі вимикає синій колір, вмикає зелений. Якщо зелений постійно світиться, не гасне, немає червоних спалахів, це означає, що хаб знайщов мережу, під'єднався до нєї, синхронизував свій годинник з годинником точного часу, та знаходиться в робочому режимі. Тепер нам треба натиснути на кнопку, та дочекатися, доки індикатор знову не засвітиться синім, після чого відпустити кнопку. Тепер хаб знову в режимі налаштувань, та готовий «прописувати» адаптери. **Слід пам'ятати що не можна прописати більше 12 адаптерів до одного хабу!**

Тепер можна монтувати адаптери. **Живлення на адаптер слід під'єднувати після монтажу інтерфейсів, та антени LoRa модулю!** Після включення адаптер намагається встановити зв'язок з хабом на «каналі знайомств» Це адреса 255 на каналі 29. Поки адаптер буде «прописуватися», його індикатор буде світитися синім кольором. Адаптер надсилає свій ID та хаб прописує його на свій наймолодший за номером вільний слот. Номер слоту і є новою адресою адаптера. У відповідь хаб надсилає адаптеру пакет з директивою налаштувати певний канал зв'язку та адресу, а також висилає мітку часу для синхронізації Адаптер міняє канал та адресу, переходячи в робочий режим, колір його індикатора міняється на зелений. У відповідному рядку таблиці на сторінці налаштувань хаба з'являється відповідний ID адаптера. Якщо натиснути кнопку «Видалити» навпроти рядка, то адаптер «виписується», його слот звільняється, та може бути зайнятий наступним адаптером, якій буде налаштовуватися. Щоб «перепрописати» адаптер, треба зажати його кнопку, доки індикатор не засвітиться синім кольором. Адаптер «пропишеться» в наймолодший вільний слот, та перейде в робочий режим. Коли всі адаптери налаштовані, треба на сторінці хаба натиснути «Застосувати та вийти». Як тільки індикатор засвітиться постійним зеленим кольором, це буде означати, що система адаптерів та хаба в роботі.

7. Вимоги до техніки безпеки та безпечного поводження

Під час монтажу, налагодження та експлуатації пристрою необхідно суворо дотримуватись вимог техніки безпеки, які забезпечують захист персоналу, цілісність обладнання та уникнення аварійних ситуацій.

7.1. Електробезпека

1. Усі роботи, пов’язані з монтажем або ремонтом, повинні виконуватися при відключеному живленні.

7.2. Захист від електростатичного розряду

1. При роботі з мікроконтролерами, чипами пам’яті, LoRa-модулями та іншими чутливими компонентами необхідно використовувати антистатичні браслети або заземлені килимки.

2. Забороняється торкатись відкритих виводів мікросхем голими руками без попередньої розрядки статичного потенціалу.

7.3. Пожежна безпека

1. Під час ремонту чи модернізації використовувати виключно справне паяльне обладнання з терморегуляцією.

2. Усі роботи з легкозаймистими матеріалами (наприклад, очищувачами флюсу, спиртом) повинні виконуватись у добре провітрюваному приміщенні, подалі від джерел відкритого вогню.

7.4. Температурна та механічна безпека

1. Під час експлуатації модулів не допускається їх перегрів: температура корпусу мікросхем не повинна перевищувати рекомендованих значень (для ESP32 — до 85 °C).

2. Плата не повинна зазнавати згинання, перекручування або ударів — це може призвести до мікротріщин і відшарування шарів друкованої плати.

3. Робота з антенами та клемами повинна проводитися з використанням ізольованих інструментів.

7.5. Радіочастотна безпека

1. Забороняється експлуатація LoRa-модуля без підключеної антени — це може спричинити пошкодження вихідного каскаду передавача.

2. Під час випробувань пристрою з увімкненим передавачем необхідно дотримуватися правил використання радіочастотного спектру.

3. Заборонено використовувати потужні LoRa-передавачі в безпосередній близькості до інших чутливих електронних приладів (особливо медичних).

7.6. Організаційна безпека

1. Роботи з монтажу, налаштуванню, ремонту та модернізації мають виконуватися тільки особами, які мають відповідну кваліфікацію.

2. Робоче місце повинно бути чистим, організованим, без зайвих предметів, з відповідним освітленням та вентиляцією.

3. Після завершення робіт необхідно знеструмити всі пристрої, прибрати інструменти, очистити поверхні від флюсу та залишків дротів.

Дотримання вищезазначених вимог дозволяє гарантувати не лише безпечну експлуатацію пристрою, але й підвищити загальний рівень надійності, зменшити ризик аварійних ситуацій, забезпечити довготривалу роботу електронних компонентів у складних умовах експлуатації.

ДОДАТКИ

Додаток А Модуль на базі ESP32

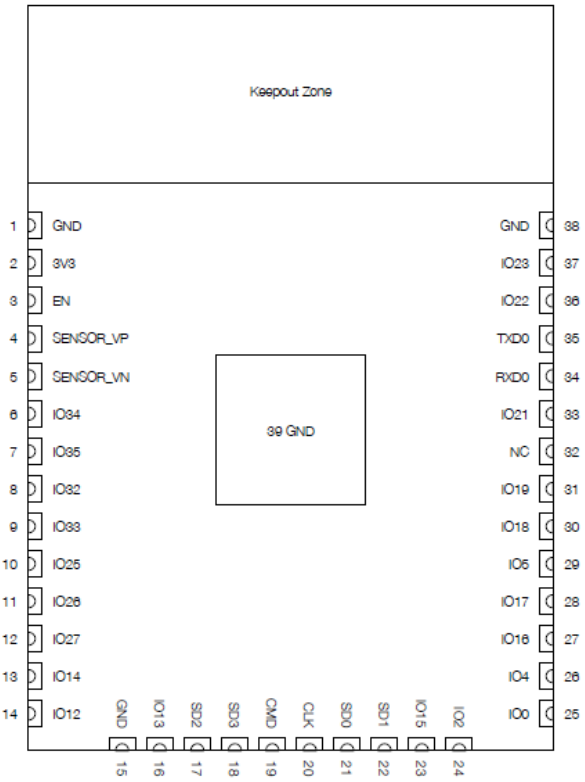


Рис. А1 Контактні ділянки мікроконтролера ESP32

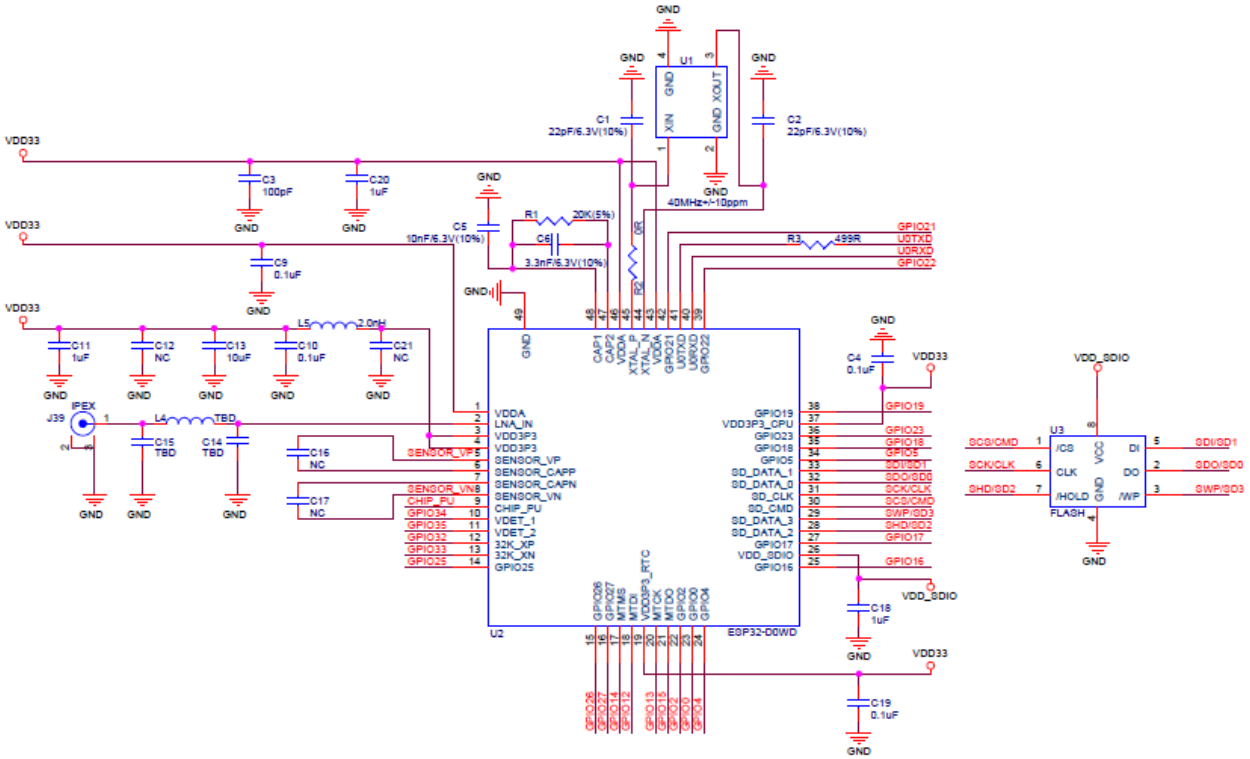


Рис. А2 Принципова електрична схема елементів схемотехнічної обв’язки мікроконтролера ESP32

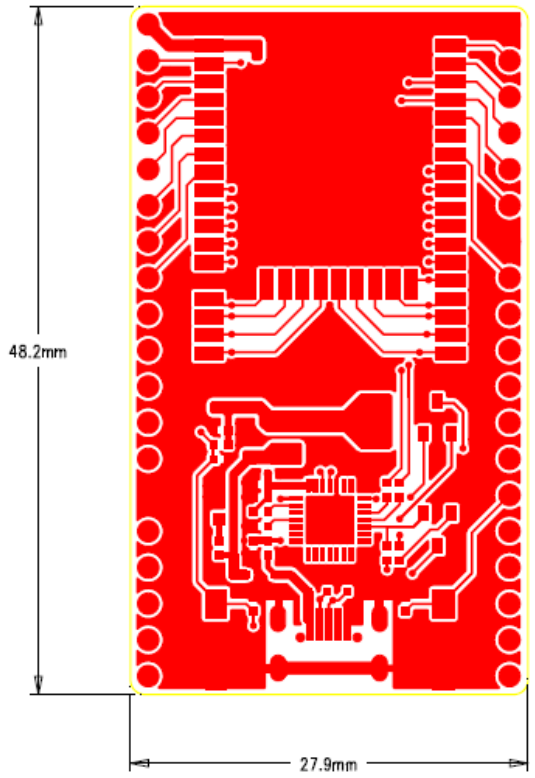


Рис. А3 Топологічна схема плати модуля на базі мікроконтролера ESP32 (сторона А)

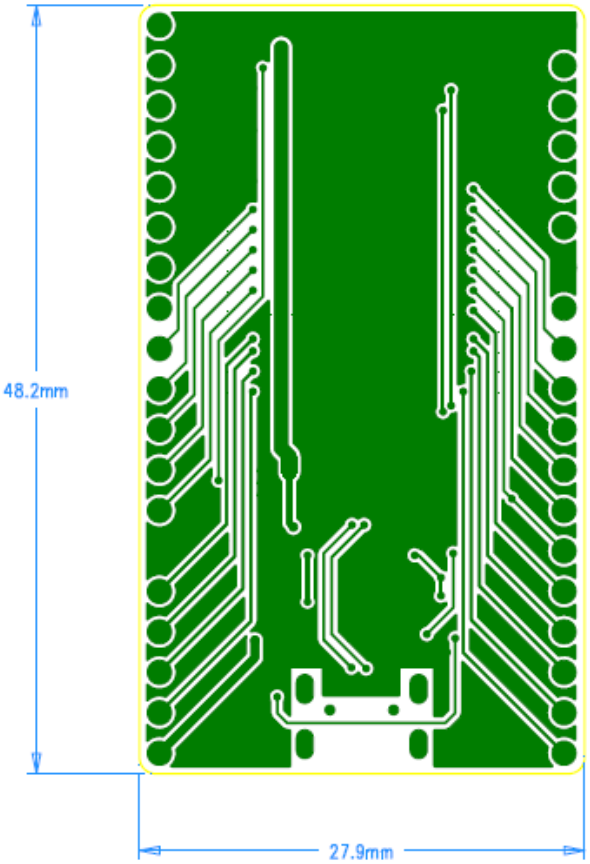


Рис. А4 Топологічна схема плати модуля на базі мікроконтролера ESP32 (сторона Б)

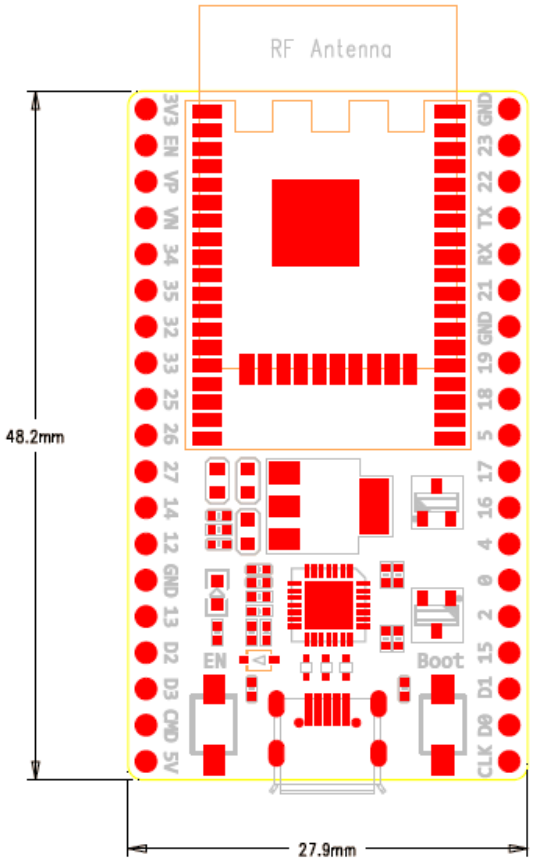


Рис. А5 Схема розташування елементів на платі модуля на базі мікроконтролера ESP32 (сторона А)

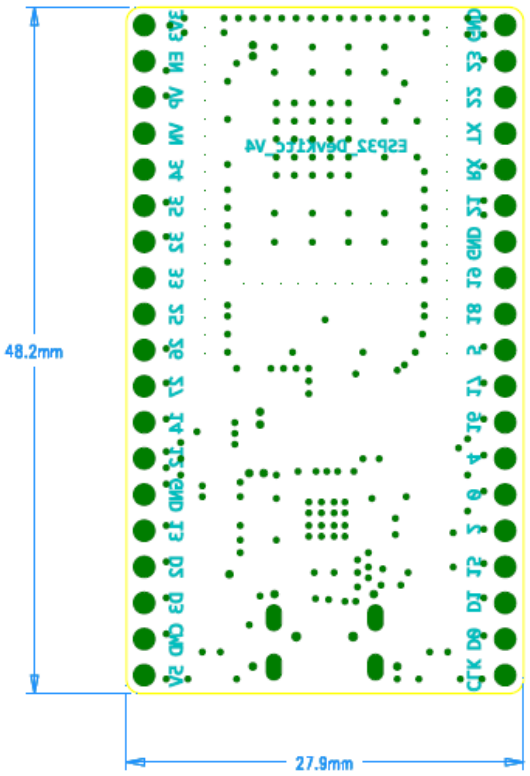


Рис. А6 Схема розташування елементів на платі модуля на базі мікроконтролера ESP32 (сторона Б)

Додаток Б Радіомодуль на базі LLCC68

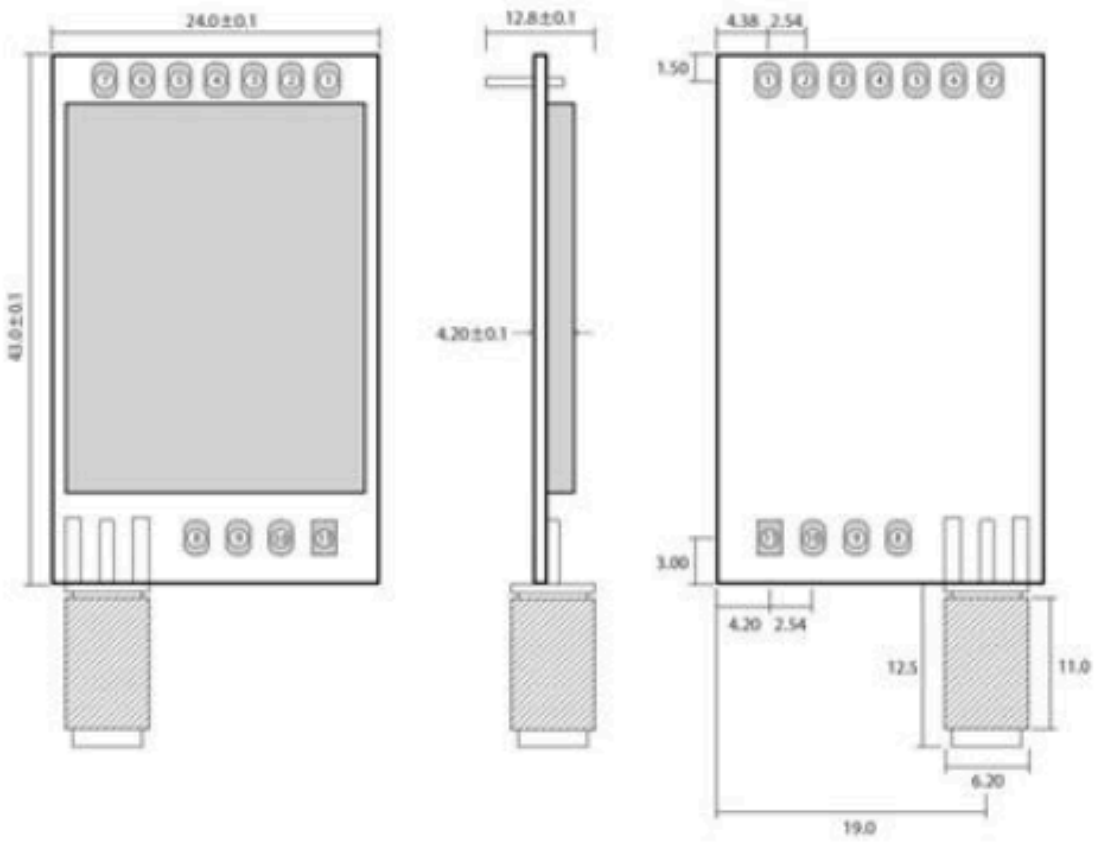


Рис. Б1 Загальний вигляд радіомодуля на базі LLCC68

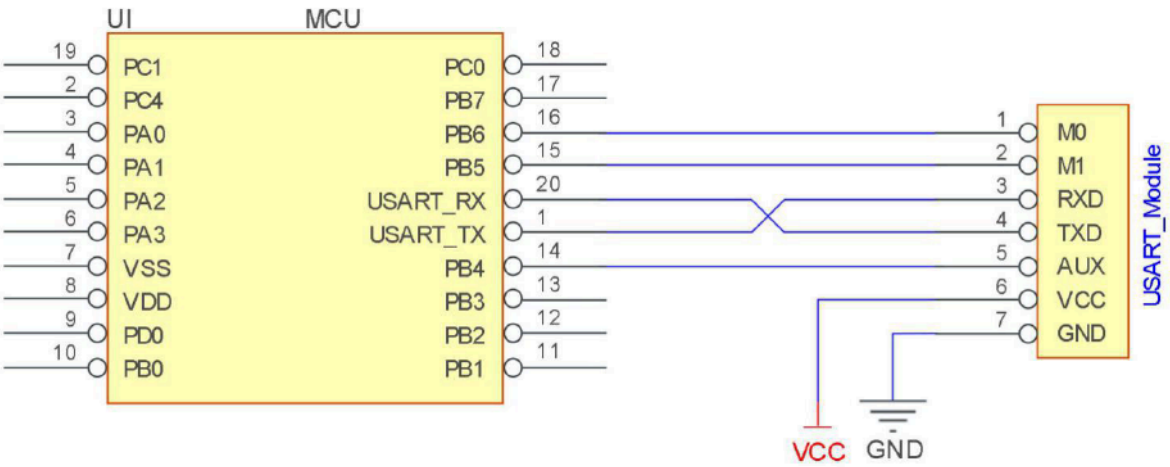


Рис. Б2 Електрична схема підключення радіомодуля на базі LLCC68