

Київський національний університет імені Тараса Шевченка
Факультет радіофізики, електроніки та комп'ютерних систем
Кафедра комп'ютерної інженерії

Розробка макету метеостанції з передачею даних по WiFi

Дипломна робота магістра
студента 2 року навчання
спеціальність: 123 «Комп'ютерна інженерія»
Владислава Стецюка

Науковий керівник
канд. фіз. -мат. наук Олександр Баужа,
доцент кафедри кафедра комп'ютерної інженерії

Рецензент
канд. фіз. -мат. наук Богдан Сусь

До захисту допускаю:

Завідувач кафедру

Юрій БОЙКО /

Ухвалено на засіданні кафедри “_____” _____ 2022 р., протокол № _____

Київ - 2022

РЕФЕРАТ

Звіт з кваліфікаційної роботи магістра за об'ємом складає 43 сторінок, містить 22 рисунків, 2 таблиці, 1 додаток та використовує 23 інформаційних джерел.

Актуальність роботи полягає у тому, що сучасний світ не обходиться без використання електронних пристроїв і вміння користуватися такими пристроями, а також створювати таких пристроїв, відкривають для нас широкі перспективи.

Розроблено макет метеостанції з передачею даних по WiFi. Передача даних здійснюється модулем ESP-12E, що надсилає дані серверу Blynk.

ЗМІСТ

РЕФЕРАТ	2
ВСТУП	4
1 ТЕОРЕТИЧНА ЧАСТИНА	5
1.1 Огляд існуючих аналогів з віддаленим моніторингом	5
1.1.1 Explore Scientific (США)	5
1.1.3 TFA Nexus (Германія)	6
1.2 Бездротові технології передачі даних	7
1.2.1 Передача даних на аматорській частоті	8
1.2.2 Передача даних за допомогою Wi-Fi	9
1.2.3 Передача даних за допомогою Bluetooth	11
1.2.4 Передача даних за допомогою GSM	14
1.3 ESP-12E WiFi модуль (ESP8266)	17
1.3.1 Внутрішній мікроконтролер Tensilica L106	19
1.3.2 Внутрішня SRAM і ПЗУ	20
1.3.3 Зовнішня флеш-пам'ять SPI	21
1.4 Датчик вологості і температури DHT11	21
1.5 Датчик BMP280	22
1.6 Датчик GUVA-S12SD	24
1.7 Датчик освітленості GY-302	25
1.8 Датчик вологості ґрунту	27
1.9 Джерело живлення	28
2 ПРАКТИЧНА ЧАСТИНА	30
2.1 Організаційна структура приладу	30
2.2 Апаратний блок системи	30
2.2.1 Обґрунтування вибору способу передачі даних	31
2.2.2 Сервіс Інтернету речей Vlynk	33
2.2.3 Інтегроване середовище розробки програм	35
ВИСНОВКИ	37
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ	38
ДОДАТОК	40

ВСТУП

У сучасному світі, робототехніка і автоматизація дуже впливають на розвиток ІТ-технологій. Популярні в даний час різноманітні мікроконтролери і платформи, такі як Arduino, Raspberry Pi, NodeMCU і т.п. дозволяють розробляти безліч пристроїв, які можуть допомогти в повсякденному житті. Розробка електронних пристроїв, здається справою складною. Але сучасні технології дозволяють спростити їх створення.

Фірма Arduino (Італія), в свою чергу, спрощує процес роботи з мікроконтролерами, забезпечує ряд переваг перед іншими пристроями через просте і зрозуміле середовища програмування, низьку ціну та безліч плат розширення. Для учнів, студентів та любителів платформа Arduino може стати основним елементом для дослідження і вирішення завдань в областях автоматизації та робототехніки.

Сучасні світ не обходиться без використання електронних пристроїв, вміння користуватися таким пристроєм, а також створювати такі пристрої, відкривають для нас широкі перспективи.

Метою виконання кваліфікаційної роботи магістра є розробка апаратно-програмного комплексу “Метеостанція з передачею даних по WiFi”, ознайомлення з літературою, підбір необхідного периферійного обладнання і датчиків, що знадобляться при розробці портативної метеостанції.

До апаратної частини пристрою сформовано наступні вимоги:

- Моніторинг параметрів погоди (температура, вологість, тиск, рівень УФ випромінювання)
- Можливість установки додаткових датчиків
- Передача даних по каналу WiFi
- Віддалений моніторинг стану батареї
- Незалежність від зовнішнього джерела живлення
- Мінімізація затрат на виготовлення діючого пристрою
- Простота використання.

Даний пристрій має широку область застосувань, де потрібний моніторинг та контроль параметрів погоди. Може використовуватися в сільському господарстві, на агропідприємствах, складах, у виробництві, де потрібний контроль температури, вологості, тощо.

1 ТЕОРЕТИЧНА ЧАСТИНА

1.1 Огляд існуючих аналогів з віддаленим моніторингом

1.1.1 Explore Scientific (США)

Метеостанція Explore Scientific вміє проводити безліч вимірювань усередині та зовні приміщення, взаємодіяти з популярними погодними додатками, складати прогноз погоди на найближчий час та будувати графіки змін показань. Загальний вигляд приладу наведено на рис. 1.1. Також вона вимірює УФ-індекс та рівень сонячної радіації, показує час, дату та день тижня та має функцію нагадування.



Рисунок 1.1 – Метеостанція Explore Scientific

Особливості:

- Вимірює кількість опадів, швидкість та напрям вітру, температуру, вологість повітря, атмосферний тиск, УФ-індекс, рівень сонячної радіації
- Надає прогноз погоди на 12-24 години.
- Показує дату, час, день тижня, фазу Місяця, час заходу сонця та світанків
- Сумісна з популярними погодними програмами
- Можна підключити до 7 зовнішніх датчиків, відстань передачі – до 150 метрів

Вартість такого апарату – 450 \$;[1].

1.1.2 Bresser Weather Center (Германія)

Цифрова погодна станція Bresser Weather Center – це багато функціональний пристрій, який може визначити внутрішню і зовнішню

температуру та відносну вологість повітря, рівень опадів, а також напрямок вітру та його швидкість. На підставі погодних даних метеостанція створює локальний прогноз погоди на найближчі 12 годин. Загальний вигляд приладу наведено на рис. 1.2.



Рисунок 1.2 – Bresser Weather Center

Особливості:

- Прогнозування погоди на 12 годин.
 - Функція сигналізації та попередження про мороз/лід
 - Автоматична фіксація min/max значень
 - Шкала Бофорта
 - Звуковий сигнал при перевищенні погодних параметрів за встановлені значення
 - Відображає фазу місяця
 - Автоматично контрольований годинник за допомогою радіосигналу
- Вартість комплексу – 320 \$;[2].

1.1.3 TFA Nexus (Германія)

TFA Nexus – це повністю укомплектована домашня метеостанція, яка зможе виміряти всі необхідні погодні параметри для створення місцевого прогнозу погоди, а також для власного аналізу та контролю за температурою та вологою. Загальний вигляд приладу наведено на рис. 1.3.

Крім погодних даних, дисплей головного блоку відображає фазу Місяця – ця інформація буде корисна як любителям астрології, так і рибалкам.



Рисунок 1.3 – Метеостанція TFA Nexus

Особливості:

- Прогноз погоди на найближчі 12 години.
- Підключення до ПК по USB інтерфейсу
- Будує гістограму тиску
- Час сходу/заходу Сонця
- Відображає фазу місяця

Вартість комплексу – 401 \$;[3]

Вивчивши існуючі аналоги, слід зазначити, що це багато функціональні пристрої, які можуть вимірювати багато показників, деякі з яких можуть бути непотрібними. Слід зазначити, що ціни на такі пристрої починаються від 300\$. Тому було вирішено розробити макет метеостанції з нуля, з необхідним функціоналом та мінімізувати ціну такого пристрою.

1.2 Бездротові технології передачі даних

Бездротові технології – це клас технологій, що мають спільну властивість: відсутність підключення проводів для передавання інформації на відстань від одного приладу до іншого. Їм належить весь Інтернет речей і навіть найменша домашня мережа сьогодні не може функціонувати без них.

Бездротові технології класифікуються за різними ознаками. У повсякденному житті використовують їх маркетингове ім'я замість основної назви. Способи передачі інформації також різні: від радіохвиль до оптичних та інфрачервоних передавачів.

Основні типи:

- WMAN. Міські мережі широкосмугового зв'язку, наприклад WiMAX.
- WLAN. Локальні мережі, такі як Wi-Fi.
- WPAN. Персональні мережі, наприклад Bluetooth або ZigBee.

- WWAN. Самий глобальний різновид мереж, GPS, EDGE, HSPA і інші.

Кожна технологія має певні характеристики, які визначають її область застосування. Проведемо короткий огляд бездротових технологій[4].

1.2.1 Передача даних на аматорській частоті

Альтернативним варіантом бездротової передачі даних є використання пари радіомодулів RF433, що працює на частоті 433 МГц. Частота 433 МГц відноситься до аматорських та є дозволеною для вільного використання, що вказано в Національній таблиці розподілу смуг радіочастот України. Пара спряжених RF433 (див. рис. 1.4) має низьку вартість, малий розмір, але невелику відстань передачі даних (до 3 м)[5].

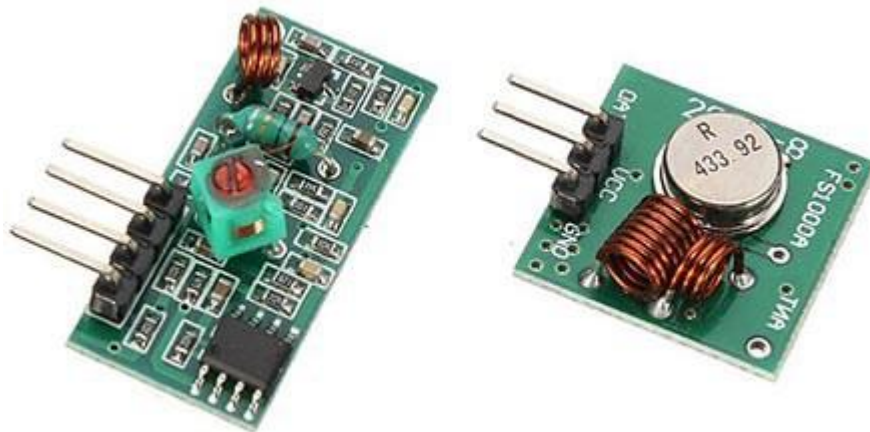


Рис. 1.4. Спряжена пара RF433: приймач і передавач

Для суттєвого збільшення діапазону передачі інформації (до 100 м) потрібно до передавача та приймача приєднати антену. В ролі антени використовується мідний дріт, довжиною приблизно 17 см (довжина антени повинна складати четверту частину довжини хвилі передачі даних; для частоти 433 МГц довжина хвилі становить близько 68 см). І приймач, і передавач для обробки інформації використовують один пін, який може набувати тільки два стани – низький (0 В) та високий (5 В). Важливою характеристикою приймача є обробка інформації не за станом, а за фронтом сигналу. Наприклад, постійна передача сигналу високого рівня буде сприйматися приймачем як відсутність вхідних даних. Варто зазначити, що частота 433 МГц є аматорською та дозволеною для загального використання, тому на передачу інформації сильно впливають зовнішні шуми. Для

уникнення спотворення даних та коректної передачі інформації необхідно використовувати кодування даних. Для кодування інформації використовується алгоритм On-off keying [6], робота якого основана на принципі амплітудної модуляції (амплітудна модуляція – тип модуляції, при якому параметром змінного сигналу несучої є амплітуда його коливань).

До переваг використання модулю RF433 варто віднести низьку вартість та просту схемотехнічну реалізацію. Недоліком є необхідність у використанні контролеру для реалізації алгоритму передачі даних між приймачем і передавачем, а також відсутність захисту від зовнішніх завад (наприклад, декілька пар пристроїв можуть спотворювати канал інформації один одного).

1.2.2 Передача даних за допомогою Wi-Fi

Wi-Fi є торговою маркою Wi-Fi Alliance і загальною назвою стандарту IEEE 802.11 для передачі цифрових потоків даних по радіоканалах. Пристрої, що відповідають стандарту IEEE 802.11, можуть пройти тест Wi-Fi Alliance і отримати відповідний сертифікат і право нанесення логотипу Wi-Fi. Найбільш розповсюдженим є протокол IEEE 802.11n.

IEEE 802.11 — це сімейство бездротових технологій. Сьогодні найпопулярнішою технологією є стандарт IEEE 802.11b, який дозволяє надсилати інформацію на швидкості 11 Мбіт/с на відстані до кількох кілометрів. Швидкість залежить від рівня перешкод пристрою. Бездротові локальні мережі (WLAN) побудовані на основі стандарту IEEE 802.11b.

Набір стандартів IEEE 802.11 діє на фізичному і каналному рівні транспортного протоколу. Стандарти відрізняються своєю реалізацією на фізичному рівні передачі, пропонуючи різні швидкості.

Робота пристроїв відбувається в межах частоти 2.4 ГГц або 5 ГГц. Для передачі даних між апаратними засобами за допомогою Wi-Fi технології існують відповідні схемотехнічні рішення. Як приклад розглянемо характеристики Wi-Fi плати ESP8266 типу ESP-01, що використовується для бездротового зв'язку апаратних компонент.

ESP8266 версії ESP-01 – Wi-Fi модуль на базі мікросхеми ESP8266 (див. рис. 1.5) з вбудованим стеком протоколу TCP/IP і можливістю керування за допомогою AT-команд. AT-команди (AT походить від англійського attention – «увага») – набір команд, розроблених в 1977 році компанією Hayes для власної розробки, модему «Smartmodem 300 baud». Набір команд складається з серій коротких текстових строк, які об'єднуються разом, щоб сформувані повні команди операцій, такі як набір номеру, початок з'єднання чи зміна параметрів підключення. Кожна команда завжди починається буквами AT чи at, доповнених одним чи більше ключовим словом (наприклад, AT+ROLE=1)[7].

Пропонують два варіанти використання модуля:

- 1) Як міст UART-Wi-Fi, де модуль підключається до апаратного блоку на базі мікроконтролера, а керування здійснюється AT-командами, забезпечуючи підключення блоку до Wi-Fi.
- 2) В ролі керуючого пристрою. Модуль можна використовувати як арифметико-логічний пристрій та змінювати логіку його роботи, що дозволяє уникнути використання додаткового керуючого пристрою. За замовчанням модуль ESP8266 налаштований для роботи через UART інтерфейс з використанням набору AT-команд.

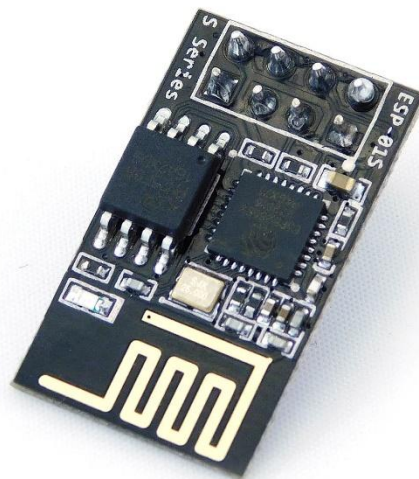


Рис. 1.5. Wi-Fi модуль ESP8266 версії ESP-01S

Розглянемо основні характеристики модуля:

- підтримка Wi-Fi протоколів 802.11 b/g/n;

- режими Wi-Fi Direct (P2P – клієнтський доступ типу точка-точка) і soft-AP (точка доступу);
- вбудований стек TCP/IP;
- номінальна напруга: 3.3 В;
- два порти вводу-виводу загального призначення;
- частота процесора: 80 МГц;
- об'єм пам'яті для коду: 64 КБ;
- об'єм оперативної пам'яті: 96 КБ;
- інтерфейси SDIO 2.0, SPI, UART;
- енергоспоживання в режимі Standby до 1.0 мВт;
- розмір: 24.5 мм. × 14 мм.

Wi-Fi модулі є розповсюдженими та зручними у використанні, однак використання Wi-Fi технології має недоліки. У діапазоні 2.4 ГГц працює велика кількість пристроїв, що погіршує електромагнітну сумісність. Частотний діапазон та експлуатаційні обмеження у країнах різні і неоднакові. У європейських країнах дозволяють використовувати два канали додатково, що заборонено у США. Японія має додатковий канал у верхній частині діапазону, тоді як інші країни, як-от Іспанія, забороняють низькочастотні канали. Деякі країни, наприклад Білорусь та Італія, вимагають реєстрації всіх відкритих Wi-Fi мереж або вимагають реєстрації операторів Wi-Fi.

1.2.3 Передача даних за допомогою Bluetooth

Bluetooth — це бездротова технологія, пов'язана з мережевою технологією, заснована такими компаніями як Ericsson, IBM, Intel, Nokia, Toshiba в 1998 році. Основне призначення Bluetooth – забезпечити економний (з точки зору споживання електроенергії) і недорогий радіозв'язок між різними типами електронних пристроїв, такими як мобільні телефони та аксесуари, ноутбуки та настільні комп'ютери, принтери тощо. Крім того, велика увага була приділена компактності електронних компонентів, що дозволило використовувати Bluetooth в невеликих пристроях[8].

Інтерфейс Bluetooth дозволяє передавати голос (64 Кбіт/с) і дані. Передача даних здійснюється асиметричними (57,5 Кбіт/с в одному напрямку і 720 Кбіт/с в іншому) і симетричними методами (432,6 Кбіт/с в обидві сторони). Трансивер (чіп Bluetooth) працює на частоті 2,4 ГГц і дозволяє встановлювати з'єднання в діапазоні до 10 або 100 метрів. Звичайно, різниця в відстані велика, але з'єднання в межах 10 метрів дозволяють зберігати низьке енергоспоживання, компактні розміри та відносно низьку вартість компонентів. Тому малопотужний передавач споживає лише 0,3 мА в режимі очікування і в середньому 30 мА при обміні інформацією. Стандарт Bluetooth шифрує передані дані за допомогою ефективною довжини ключа від 8 до 128 біт з можливістю односторонньої або двосторонньої аутентифікації. Крім того, шифрування на програмному рівні можна використовувати перед шифруванням на рівні протоколу.

Розглянемо характеристики та принципи роботи модуля HC-05, що використовується для встановлення Bluetooth-з'єднання між пристроями.

HC-05 модуль – простий у використанні Bluetooth SPP (Serial Port Protocol) модуль. Розмір плати складає 2.7x1.4 см. Загальний вигляд модуля наведено на рис. 1.6.



Рис. 1.6 – Bluetooth модуль HC-05

Технічні характеристики модуля:

- Чіп Bluetooth: HC-05 (BC417143)
- Діапазон частот радіозв'язку: 2,4-2,48 ГГц
- Потужність передачі: 0,25-2,5 мВт
- Чутливість: -80 dB

- Напруга живлення: 3,3-5 В
- Струм: 50 мА
- Радіус дії: до 10 метрів
- Інтерфейс: послідовний порт
- Режими: master, slave
- Температура зберігання: -40 ... 85 ° С
- Робочий діапазон температур: -25 ... 75 ° С
- Габарити: 27 x 13 x 2,2 мм

На платі розташований чіп BC417143, який забезпечує апаратну підтримку стеку Bluetooth 2.0 + EDR (Enhanced Data Rate), а також флеш-пам'ять ES29LV800DB-70WGI, об'ємом 8 Мбіт (1 МБ), що використовується для збереження прошивки та налаштувань. Bluetooth модуль може мати два режими роботи: master (керуючий пристрій) та slave (керований пристрій). Для пристрою HC-05 slave режим встановлений заводом-виробником – slave-режим – і змінюватися за допомогою AT команд не може (хіба що за допомогою зміни прошивки).

Розглянемо призначення виводів на платі[9]:

- *STATE* – на вивід дублюється сигнал з вбудованого світлодіоду: коли модуль активний - світлодіод блимає, коли зв'язок встановлено – горить;
- *RX* – вивід прийому даних;
- *TX* – вивід отримання даних;
- *GND* – земля;
- *VCC* – вивід живлення;
- *EN* – вивід ввімкнення/вимкнення, при передаванні логічної одиниці (чи просто 5 В), модуль вимкнеться; при передачі логічного нуля (чи просто не підключати цей вивід), то модуль буде працювати.

Керувати налаштуваннями модуля здійснюється AT командами. Нижче перераховані основні AT команди[9]:

- AT – команда перевірки з'єднання, повертає ОК;
- AT+VERSION – перегляд версії пристрою, повертає OKlinvorV1.5;

- AT+NAME=<Param> – встановлює ім'я пристрою (для інших Bluetooth пристроїв), наприклад: AT+NAMEmegabt. Повертає OKsetname;
- AT+PIN=<Param> – встановлює пін-код для доступу до пристрою. За замовченням, встановлений код 1234. Новий пароль стане активним після перезавантаження модулю. Повертає OKsetPIN;
- AT+BAUD=<Param> – встановлює Baud-швидкість. Повертає OK <швидкість>, наприклад OK57600. Всього є 9 режимів швидкості. За замовченням використовується 4-ий режим роботи (9600 baud);
- AT+PN – відключення контролю парності біту (встановлений за замовченням);
- AT+PO – встановлення перевірки по парному біту;
- AT+PE – встановлення перевірки по непарному біту.

1.2.4 Передача даних за допомогою GSM

GSM – світовий стандарт для мобільного цифрового стільникового зв'язку з розділенням каналу за принципом TDMA (Time division multiple access — це метод часового поділу одного фізичного каналу зв'язку) та високим рівнем безпеки за рахунок шифрування з відкритим ключем. Стандарт був розроблений під патронатом ETSI (European Telecommunications Standards Institute – розшифровується як Європейський інститут стандартизації електрозв'язку) наприкінці 1980-х років.

Більшість мереж GSM працюють у діапазоні 900 МГц або 1800 МГц. Деякі країни Америки використовують діапазони 850 МГц та 1900 МГц, оскільки стандартні діапазони 900 та 1800 МГц зайняті іншими системами.

Діапазони 400 та 450 МГц використовуються у деяких країнах (включаючи країни Скандинавії та деякі острівні країни).

При роботі у стандартному діапазоні 900 МГц використовуються діапазон 890–915 МГц для зв'язку від терміналу до базової станції, та 935–960 МГц для зв'язку від базової станції до терміналу. У деяких країнах діапазон частот GSM-900 був розширений до 880–915 МГц і 925–960 МГц,

завдяки чому максимальна кількість каналів зв'язку збільшилася на 50. Така модифікація була названа E-GSM (extended GSM)[10].

Послуги, що можуть надаватися мережами GSM:

- Передача голосової інформації.
- Послуга передачі даних (синхронний та асинхронний обмін даними, в тому числі пакетна передача даних — GPRS(General Packet Radio Service - це стандарт, що для передачі інформації застосовує не зайняту голосовим зв'язком смугу частот)).
- Передавання коротких повідомлень (SMS).
- Передавання мультимедійних повідомлень (MMS).
- Передавання текстових інформаційних повідомлень (Cell Broadcast)
- Передавання факсів.

Розглянемо характеристики та принципи роботи модуля SIM800L, що використовується для встановлення GSM-зв'язку між пристроями.

SIM800L - це чотиридіапазонний GSM/GPRS-модуль, який працює на частотах GSM850МГц, EGSM900МГц, DCS1800МГц і PCS1900МГц. Розроблений компанією SIMCom Wireless Solutions з технологією енергозбереження таким чином, щоб споживання струму було нижчим за 0,7 мА в режимі сну, та який може бути інтегрований у велику кількість IoT-проектів.

Модуль підтримує швидкість від 1200 кбіт/с до 115200 б/с з виявленням Auto-Baud, має контакти необхідні для зв'язку з мікроконтролером через UART. Загальний вигляд модуля наведено на рис. 1.7.

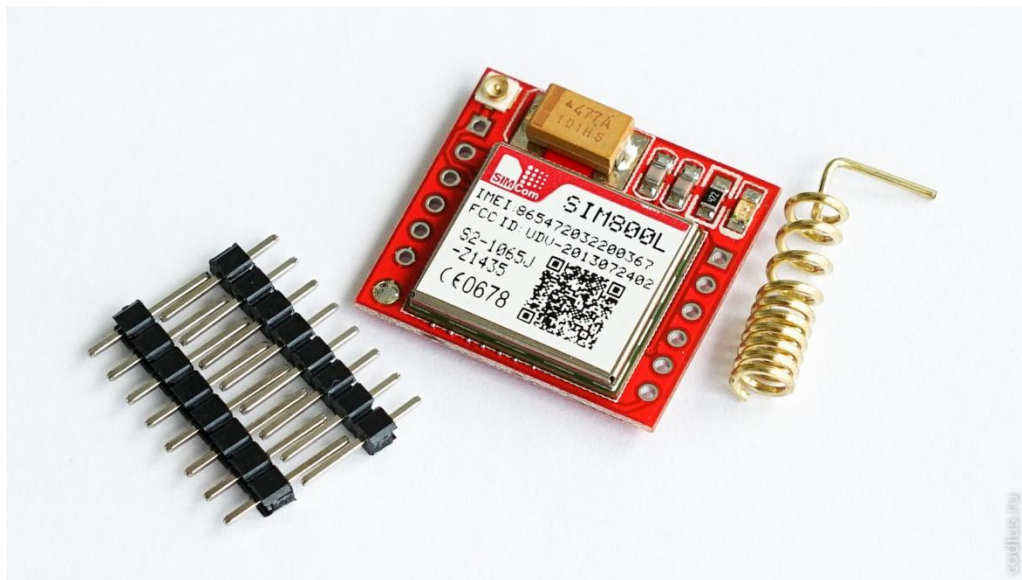


Рис. 1.7 – GSM модуль SIM800l

Може використовуватися для виконання майже всього, що може звичайний мобільний телефон з кнопками: відправляти/приймати текстових повідомлень, здійснювати або приймати телефонні дзвінки, підключатись до Інтернету через GPRS, TCP/IP тощо. На довершення до всього, модуль підтримує чотири діапазонну мережу GSM/GPRS, що означає, що він працює практично в будь-якій точці світу. Розпіновку модуля наведено на рис. 1.8.

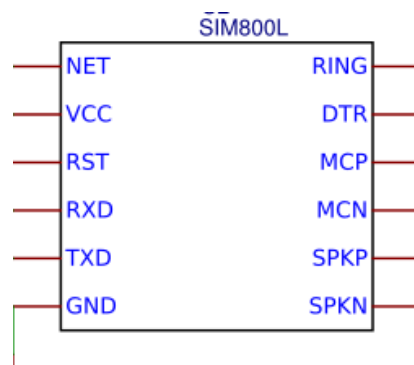


Рис. 1.8 – Розпіновка модуля SIM800l

Модулем можна керувати через персональний комп'ютер, через конвертер інтерфейсу USB-UART, або безпосередньо через мікроконтролер власної розробки або модуль UART Arduino, Raspberry Pi тощо. [11].

Особливості модуля:

- Напруга живлення: від 3.4В до 4.4В
- Рекомендоване напруга живлення: 4В
- Струм в режимі очікування: 0.7 мА

- Максимальний струм: 500 мА
- Максимальна напруга високого рівня інтерфейсу UART: 2.8 В
- Швидкість UART: 1200-115200 бод
- Підтримує чотиридіапазонні: GSM850, EGSM900, DCS1800 і PCS1900
- Підключайтеся до будь-якої глобальної мережі GSM за допомогою будь-якої 2G SIM-картки
- Здійснення та отримання голосових дзвінків за допомогою зовнішнього мікрофона динаміка 8Ω та електрети
- Надсилання й отримання SMS-повідомлень
- Надсилання та отримання GPRS-даних (TCP/IP, HTTP тощо)
- Сканування та отримання FM-радіопередач
- Потужність передачі:
 - Клас 4 (2 Вт) для GSM850
 - Клас 1 (1 Вт) для DCS1800
- Підтримує набір команд AT
- Роз'єми FL для клітинних антен
- Приймає мікро SIM-картку з живленням 3В і 1.8 В
- Робоча температура: - 30 до 75 град С
- Розміри: 25 x 25 мм

1.3 ESP-12E Wi-Fi модуль (ESP8266)

Wi-Fi модуль ESP-12E розроблений компанією Ai-thinker і побудований на базі процесора з ядром ESP8266, відмінною рисою якого є наявність радіоінтерфейсу Wi-Fi. Ядро ESP8266 інтегровано в Tensilica L106 - 32-бітний мікроконтролер з ультранизьким енергоспоживанням. Підтримка тактових частот 80 і 160 МГц, підтримка RTOS (Real-time operating system тип операційної системи для роботи систем реального часу та надання необхідного набору функцій), вбудовані Wi-Fi MAC / BB / RF / PA / LNA, антена на платі модуля.

Модуль підтримує стандарт IEEE802.11 b / g / n, повний стек TCP / IP протоколів[12]. Користувачі можуть використовувати модулі або в якості доповнення для підключення будь-якого пристрою до мережі, або в якості

окремого мережевого контролера. Загальний вигляд пристрою наведено на рис.1.9.

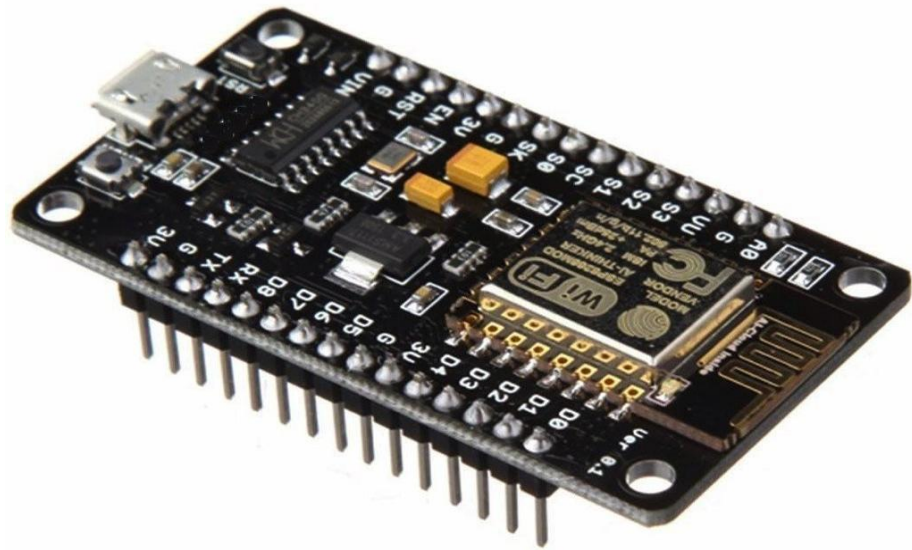


Рисунок 1.9 – Зовнішній вигляд модулю ESP8266

Всі основні характеристики WiFi модулю наведені в Таблиці 1.

Таблиця 1 – Загальні характеристики WiFi модулю

Категорія	Параметри	Значення
Параметри Wi-Fi	Протоколи Wi-Fi	802,11 б/г/п
	Частотний діапазон	2,4 ГГц-2,5 ГГц (2400М-2483,5М)
Характеристики апаратної частини	Периферійні шини	UART/HSPI/I2C/I2S/Віддалений інфрачервоний інтерфейс
	Робоча напруга	3,0 - 3,6 В
	Робочий струм	близько 80 мА
	Діапазон робочих температур	-40 –125 °С
	Розмір	16мм x 24мм x 3мм

Категорія	Параметри	Значення
Характеристики програмного забезпечення	Режим Wi-Fi	станція, програмне забезпечення точка доступу, програмне забезпечення точка доступу + станція
	Безпека	WPA/WPA2
	Шифрування	WEP/TKIP/AES
	Оновлення прошивки	завантаження через UART / OTA (через мережу) / завантаження та запис прошивки через хост
	Розробка програмного забезпечення	підтримка Cloud Server Development / SDK для розробки власної прошивки
	Мережеві протоколи	IPv4, TCP/UDP/HTTP/FTP
	Налаштування	Хмарний сервер AT,1000 Android/iOS

1.3.1 Внутрішній мікроконтролер Tensilica L106

ESP8266EX вбудований в 32-розрядний мікроконтролер (MCU) Tensilica L106, який має наднизьке енергоспоживання в 16-розрядній архітектурі RISC [13]. Годинник процесора - 80 МГц. Він також може досягати максимуму 160 МГц. Розташування пінів наведено на рис.1.10.

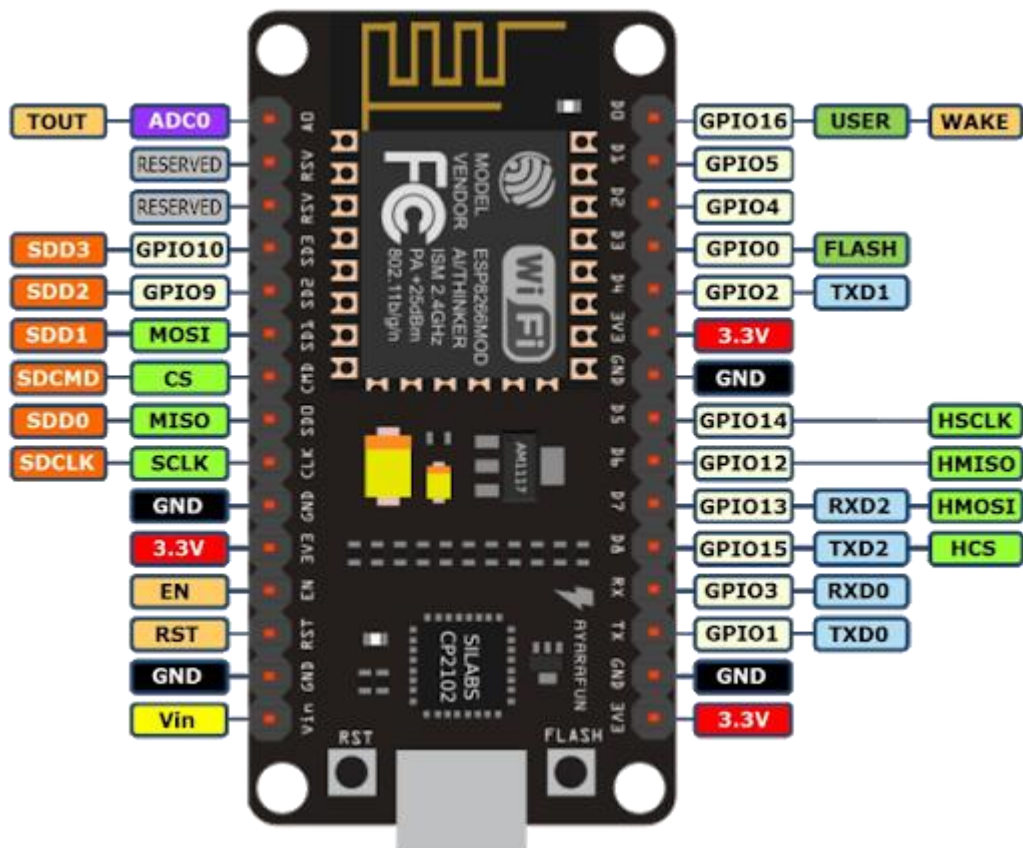


Рисунок 1.10 – Пін-конфігурація модулю ESP8266

ESP8266EX часто інтегрується із зовнішніми датчиками та іншими спеціальними пристроями через свої виходи GPIO; код для подібних програм поставляється в прикладах SDK (software development kit - це набір засобів розробки для програмного забезпечення) [14].

1.3.2 Внутрішня SRAM і ПЗУ

Однокристальні Wi-Fi системи ESP8266EX побудовані з контролером пам'яті; включаючи SRAM і ROM. MCU може отримувати доступ до пам'яті через інтерфейси iBus, dBus та AHB.

Відповідно до поточної версії SDK користувачеві доступний такий простір пам'яті:

- Розмір оперативної пам'яті < 36 Кбайт, тобто коли ESP8266EX працює в режимі клієнтської станції і підключений до роутера, програмний простір, доступний користувачеві в купі даних і розділі становить близько 36 КБ;

- В однокристальній системі немає пам'яті ПЗУ. Користувацька програма повинна зберігатися в зовнішній флеш-пам'яті SPI(Serial Peripheral Interface – шина, послідовний периферійний інтерфейс).

1.3.3 Зовнішня флеш-пам'ять SPI

Модуль для зберігання користувацьких програм має зовнішню флеш-пам'ять SPI розміром 4 Мбайт. Якщо потрібно збільшити об'єм, потрібно встановити більшу флеш-пам'ять. Теоретично підтримується потужність до 16 Мбайт.

Приблизна ємність SPI флеш-пам'яті:

- OTA(Over-The-Air - метод оновлення, налаштування, конфігурації нового програмного забезпечення) вимкнено: Мінімальний обсяг флеш-пам'яті, який потрібно підтримувати, становить 512 Кбайт;
- OTA увімкнена: Мінімальний розмір флеш-пам'яті, що підтримується, становить 1 Мбайт;

Підтримується декількома режимами SPI, включаючи Стандартний SPI, Dual SPI і quad SPI.

Перед завантаженням у флеш-пам'ять потрібно обрати правильний режим SPI, інакше завантажена мікропрограма/програми можуть не працювати належним чином.

1.4 Датчик вологості і температури DHT11

DHT11 – недорогий датчик вологості та температури. Він забезпечує високу надійність, відмінну довгострокову стабільність і дуже швидкий час відгуку. Для виміру температури навколишнього повітря, дані видає в цифровій формі по шині типу 1-wire.

Кожен DHT11 точно відкалібрований на заводі. Коефіцієнт калібрування зберігається у внутрішній пам'яті, і це значення використовується внутрішнім процесом виміру сигналу датчика. У використанні він досить простий, але вимагає точного визначення тривалості тимчасових сигналів, для декодування даних[15]. Зовнішній вигляд зображено на рис.1.11.

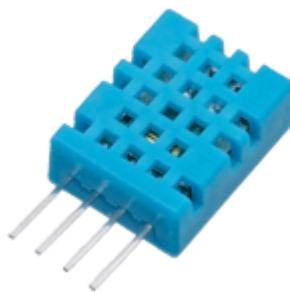


Рисунок 1.11 – Датчик DHT11

Датчики DHT11 складаються з двох частин, ємнісного датчика вологості і термістора. Всередині також є базовий 8-бітний чіп, який робить цифрове перетворення і відправляє цифровий сигнал з температурою і вологістю. Цифровий сигнал досить легко зчитується за допомогою будь-якого мікроконтролера. Має невеликі розміри, низьке енергоспоживання і передачу сигналу до 20 метрів, що робить його привабливим вибором для різних додатків.

Основні характеристики:

- Напруга живлення датчика: 3,3-5 В
- Робочий струм:
 - під час перетворення (під час запиту даних): 2,5 мА
 - в режимі спокою: 100 мкА
- Діапазон вимірюваної температури: від 0 ° С до 50 ° С ± 2 ° С
- Похибка температури: ± 2 ° С
- Діапазон вологості: 20-90%
- Частота дискретизації не більше 1 Гц (один раз на секунду)
- Похибка вологості: ± 5%
- Габарити: 25 × 25 мм

1.5 Датчик BMP280

BMP280 - це модуль для вимірювання атмосферного тиску від компанії BOSCH. Вважається одним з найкращих бюджетних рішень для точного зондування та вимірювання барометричного тиску з абсолютною точністю ±1 hPa та температурою з точністю ±1,0 °С. Оскільки тиск змінюється з висотою, а вимірювання тиску досить точні, можна використовувати його в

якості висотоміру з точністю ± 1 метра. Датчик BMP280 є покращеною версією модулю BMP180 і відрізняється меншими розмірами, зниженим енергоспоживанням та точністю показань[16]. Кожен модуль має точне заводське калібрування. Датчик має ті ж специфікації, може використовувати два послідовні інтерфейси: I2C або SPI. Зовнішній вигляд зображено на рис.1.12.

На відміну від моделей BMP180 та BMP085 датчик BMP280 має три режими роботи:

- NORMAL – режим у якому датчик самостійно прокидається, вимірює показники тиску і температури і засинає. Параметри цього режиму можна запрограмувати незалежно. Зчитувати дані у режимі можливо в будь-який час.
- FORCED - режим, аналогічний, до режиму роботи датчиків BMP085 і BMP180. Датчик виходить з режиму сну, проводить вимірювання, передає результати вимірювання контролеру і переходить в режим низького енергоспоживання з команди від контролера.
- SLEEP - режим низького енергоспоживання.



Рисунок 1.12 – Датчик BMP280

В модулі передбачено фільтрація результатів вимірювань. Можливо налаштування таких параметрів фільтрації:

- OVERSAMPLING для температури (16, 17, 18, 19, 20 біт)
- OVERSAMPLING для тиску (16, 17, 18, 19, 20 біт)

- TSB - час між вимірами (0.5, 62.5, 125, 250, 500, 1000, 2000, 4000 мс)
- FILTER_COEFFICIENT - коефіцієнт фільтрації

Характеристики:

- Напруга: від 1.71 В до 3.6 В
- Швидкість зчитування I2C інтерфейсу: 3.4 МГц
- Робочий струм: 2.7мкА
- Інтерфейс: I2C, SPI
- Калібрування: заводське
- Вимірювання тиску у діапазоні від 300hPa до 1100hPa
- Похибка: до 0.2 Па і 0.01 для температури
- Розмір: 21 мм x 18 мм

1.6 Датчик GUVA-S12SD

GUVA-S12SD - це датчик з калібрований УФ-чутливим елементом, який може обчислювати УФ-індекс. Він може обмінюватися даними по протоколу I2C (адреса 0x60). Ви можете підключити цей датчик до порту I2C на платі, який розташований в нижньому лівому куті плати ESP. Він вимірює потік видимого та інфрачервоного світла та використовує формулу для обчислення ультрафіолетового індексу до двох знаків десяткової коми [17]. Зовнішній вигляд зображено на рис.1.13.

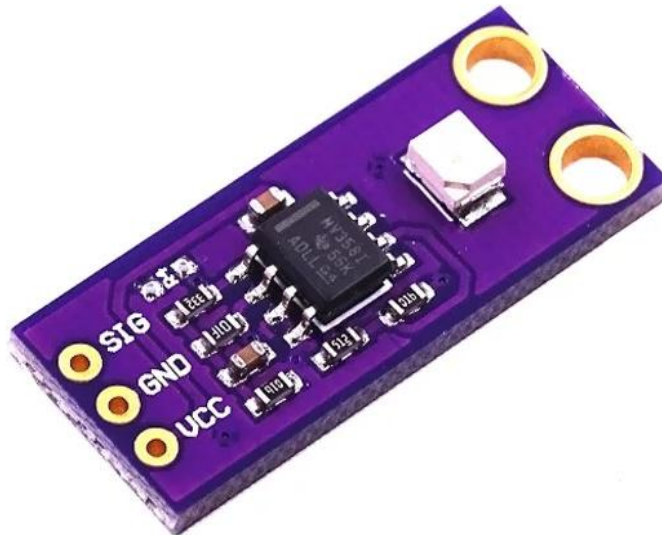


Рисунок 1.13 – Датчик GUVVA-S12SD

За рахунок лінійної залежності датчика вимірювань і цифрового інтерфейсу, датчик не потребує додаткових перетворень даних, що можуть знизити швидкість і точність вимірювань.

Характеристики датчика: GUVVA-S12SD:

- Напруга живлення модулю: 2.5 В – 5 В
- Робочий струм: 1 мА
- Діапазон вимірювання: 240 нм - 370 нм
- Тип світлочутливих елементів: діоди Шоттки
- Тип характеристики: лінійна
- Розміри: 11 мм x 27 мм
- Вага: 0.7 г

1.7 Датчик освітленості GY-302

Зовнішній модуль датчика світла GY-302 базується на мікросхемі датчика світла BH1750FVI. 16-розрядний датчик освітлення BH1750 (люксметр) з інтерфейсом I2C з перетворювачем світла в цифровий сигнал.

В склад датчика входить контролер, що видає результат вимірювання в люксах, тому подальших розрахунків не потрібно. Люкс - це одиниця вимірювання потужності світла. Він вимірює інтенсивність в залежності від кількості світла, що потрапляє на конкретну ділянку. Один люкс дорівнює

одному люмену на квадратний метр[18]. Загальний вигляд датчика зображено на рис.1.14.

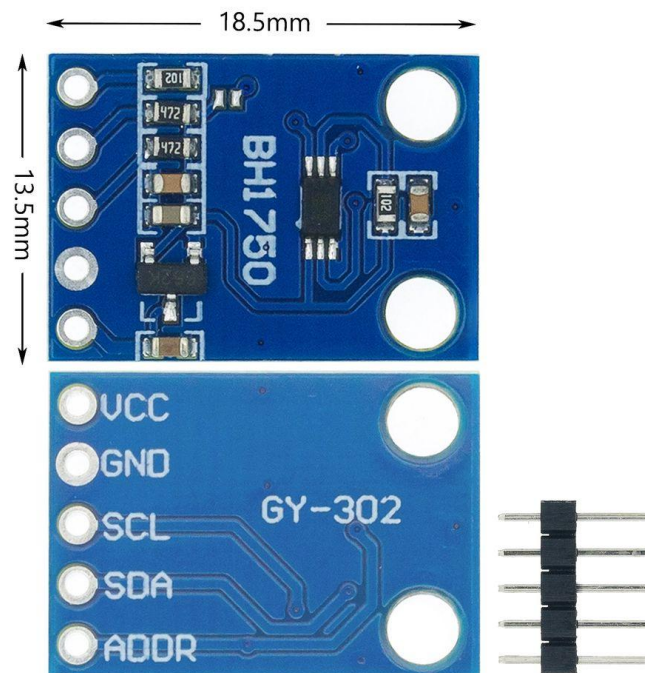


Рисунок 1.14 – Датчик GY-302 на мікросхемі BH1750FVI

Для зв'язку з зовнішніми пристроями, такими як ESP32, мікросхема датчика зовнішньої освітленості BH1750 використовує інтерфейс шини I2C.

Характеристики:

- Робоча напруга: 3 - 5 В.
- Діапазон передачі даних: 0 - 65535 лк.
- Чіп BH1750FVI ROHM.
- Спектральна характеристика близька до візуальної чутливості
- Цифровий вихід, що не потребує додаткових обчислень, перетворень і калібрування.
- Вбудований сенсор і цифровий перетворювач.
- Нечутливий до фонового світла.
- Для широкого діапазону, точність вимірювання - 1 люкс.
- Інтерфейс I2C
- Розміри: 13.9 X 18.5 mm

Згідно з документацією, датчик GY-302 чутливий до видимого світла і практично не схильний до впливу інфрачервоного випромінювання, тобто реагує на той же спектральний діапазон, що і людське око.

1.8 Датчик вологості ґрунту

Датчик вологості ґрунту (гігрометр) побудований на мікросхемі LM393, що має чутливий елемент з можливістю калібрування.

До комплекту входить мікросхема, для перетворення аналогового сигналу датчика в цифровий сигнал (нуль чи одиниця) та резистор, яким можна регулювати поріг спрацьовування датчика. Загальний вигляд датчика зображено на рис.1.15.

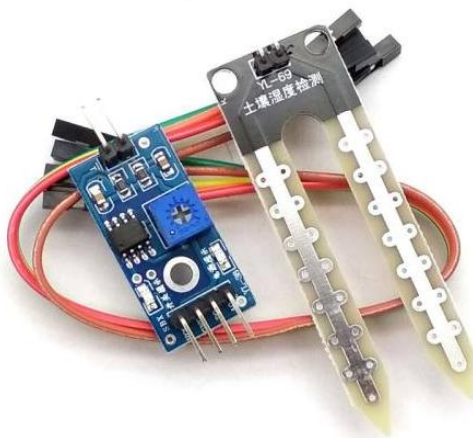


Рисунок 1.15 – Гігрометр на мікросхемі LM393

Принцип роботи полягає у створенні невеликої напруга між електродами датчика. Якщо ґрунт сухий, то опір буде великий і струм буде менше. Якщо ж земля волога – опір стає меншим, а відповідно струм більше. За аналоговим сигналом можна визначити ступінь вологості. Датчик вологості ґрунту видає на виході цифровий сигнал 1 або 0, в залежності від того, чи достатньо вологий ґрунт [19]. Керування датчиком здійснюється від контролера Arduino, Raspberry Pi, чи через інший мікропроцесор за допомогою спеціальних програм.

Датчик вологості ґрунту може підключатись до живлення чи мікроконтролера для передачі даних через два інтерфейси:

- для підключення до живлення чи мікроконтролеру використовується 4-контактний штировий інтерфейс, де: VCC позначена напруга живлення, GND - загальний контакт, а A0 - аналоговий вихід, D0 - цифровий вихід;

- для підключення чутливого елемента використовують 2-контактний інтерфейс.

Характеристики:

- Напруга живлення датчика: 3,3 – 5 В
- Вимірювальний елемент: металізований щуп
- Вироблено: на мікросхемі LM393
- Виходи датчика: цифровий та аналоговий
- Габарити модуля: 38 x 15,6 x 8 мм
- Довжина проводу: 20 см
- Вага: 11 г

1.9 Джерело живлення

Якщо встановлювати метеостанцію в віддаленому місці, може не бути доступу до електромережі для її живлення. Для безперервної роботи станції необхідно постійне електропостачання, інакше система не буде працювати. Кращий спосіб забезпечити безперервне живлення пристрою використовувати акумулятор. Але у випадку живлення з акумулятора виникає проблема, що через кілька днів роботи пристрій розрядиться. Тому було вирішено використання сонячної батареї, яка б використовувала безкоштовну енергію сонця для зарядки акумулятора і для живлення плати ESP32.

Для живлення вирішено використовувати літій-іонний акумулятор 18650. Акумулятор заряджається від сонячної панелі через зарядний модуль TP4056. Модуль TP4056 потрібно використовувати зі схемою захисту акумулятора при зарядці [20].

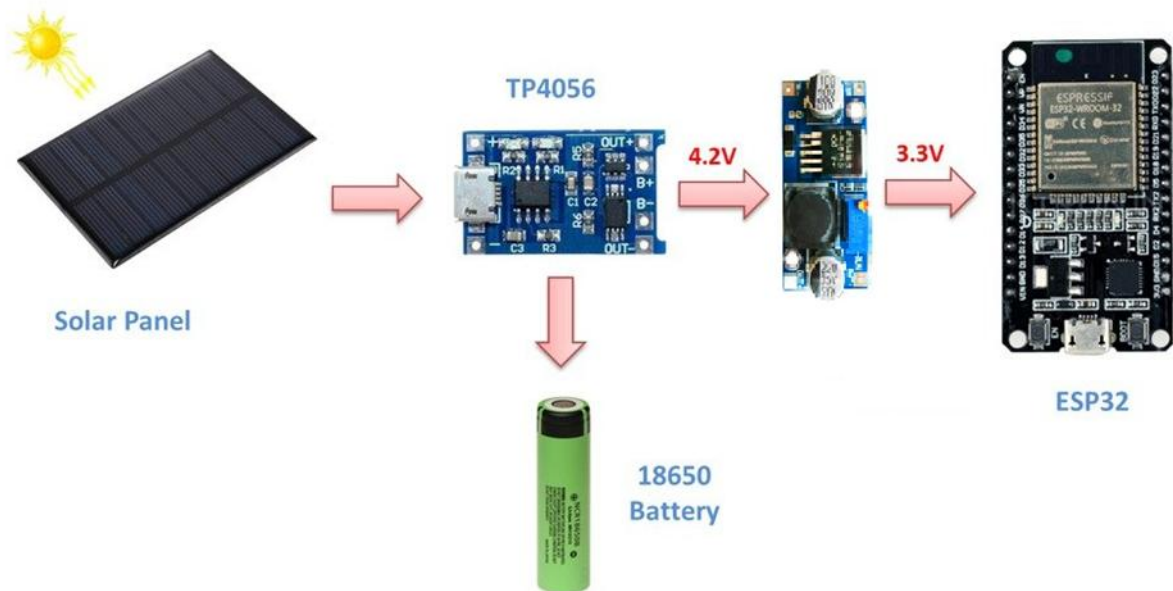


Рисунок 1.16 – Спосіб підключення джерела живлення

Акумулятор 18650 видає напругу 4,2 В. при повній зарядці. Напруга акумулятора понижується до 3,3 В за допомогою регулятора напруги. Вихід регулятора напруги живитиме ESP32 через вихід 3,3 В. Спосіб підключення джерела живлення можна переглянути на рисунку 1.16.

2 ПРАКТИЧНА ЧАСТИНА

2.1 Організаційна структура приладу

В ході кваліфікаційної роботи магістра розроблено макет портативної метеостанції. Реалізовано функціональність збереження результатів на сервер Blynk, даних температури і вологості.

Розглянемо детальніше послідовність роботи пристрою:

- 1) Для визначення температури і вологості навколишнього середовища обрано використовувати модуль DHT11, що передає данні в цифровій формі по шині типу 1-wire.
- 2) Для визначення рівня освітленості обрано використовувати датчик BMP280. Підключення датчика BMP280 відбувається по шині I2C.
- 3) Для вимірювання рівню ультрафіолетового випромінювання використовується датчик GUVA-S12SD. Він може обмінюватися даними по протоколу I2C (адреса 0x60).
- 4) Для визначення рівня освітленості обрано використовувати датчик BH1750. Підключення датчика BH1750 відбувається по шині I2C. Для отримання адрес підключення, можна скористатися програмою з додатку, що здійснює сканування пристроїв, які підключені до плати по шині I2C.
- 5) Зовнішня напруга може подаватись як через перетворювач напруги AC/DC(блок живлення) так і через акумуляторну батарею. Для зовнішнього живлення використовується акумуляторна літій-іонна батарея «18650», що є джерелом напруги номіналом 3.7 В. Даного значення напруги достатньо для коректної роботи схеми.
- 6) Після того, як всі дані зчитуються, вони завантажуються на сервер Blynk за допомогою WiFi модуля для подальшої обробки.
- 7) В подальшому пристрій вимикається для збереження заряду батареї.

2.2 Апаратний блок системи

Головним завданням апаратного блоку є отримання даних освітлення, вологості і температури та передача даних за допомогою WiFi.

Можливості користувача приладу можуть значно відрізнятись через рівень технічної грамотності, тому використання приладу має бути простим і зрозумілим для будь якого користувача.

Наступним пріоритетом є мінімізація ціни пристрою. На сучасному ринку існують подібні системи, але їх ціна досить велика.

Третім пріоритетом є розміри та портативність пристрою. Компактні розміри розробленого обладнання та його незалежність від електромережі, дозволять його використовувати з будь якого куточка світу, де діє WiFi .

2.2.1 Обґрунтування вибору способу передачі даних

Передача даних може здійснюватися декількома шляхами: USB-з'єднання, аудіо-потік, передача даних на аматорській радіочастоті, Bluetooth, Wi-Fi. Для способу передачі даних розглянуто USB-з'єднання на прикладі АМ-ВМ кабелю, передача даних на частоті 433 МГц на прикладі RF433, Bluetooth-з'єднання на прикладі HC-05 модулю, Wi-Fi-з'єднання на прикладі ESP8266 модулю чи за допомогою GSM/GPRS модулю.

USB-з'єднання забезпечує постійний надійний канал передачі даних, але тим самим має гальванічний зв'язок між комп'ютером/телефоном і приладом. Як наслідок, існує можливість потрапляння на прилад небезпечних напруг, наприклад, з корпусу комп'ютера, які можуть досягати до 110 В. Також, неможливість використання на великих відстанях робить даний варіант передачі даних незадовільним для поставленої задачі.

Передача даних на аматорській радіочастоті потребує використання пари радіо модулів, тобто необхідне фізичне існування двох пристроїв (передавач-приймач). Існування пари модулів збільшує розмір схеми в цілому і при цьому має найменшу відстань передачі серед розглянутих варіантів. Для суттєвого збільшення діапазону передачі інформації (до 100 м) потрібно до передавача та приймача приєднати антену. В ролі антени використовується мідний дріт, довжиною приблизно 17 см (довжина антени повинна складати четверту частину довжини хвилі передачі даних). Тим самим відбувається збільшення розмірів апаратного комплексу, що не задовольняє поставлену умову з урахуванням пріоритетів.

Bluetooth не вимагає прямої синхронізації по прямій видимості між пристроями. Наприклад, це дозволяє передавати дані на пристрій, розташований в іншій кімнаті. Безсумнівною перевагою є швидкість передачі даних, яка в останній версії досягає 1 Мбіт/с. Ще одна перевага, як уже згадувалося вище, полягає в тому, що технологія бездротова, тому кабелі та дроти не потрібні і проблем сумісності, також не повинно виникати. Це важливий фактор з огляду на зростаючу роль мобільності в нашому житті. Однак, незважаючи на це, все ж існує ряд істотних обмежень. Максимальна дальність – в межах 100 метрів. В табл. 2.1 наведено порівняння можливих способів передачі даних.

Таблиця 2.1 – Порівняння способів передачі даних

	Bluetooth	Wi-Fi	GSM/GPRS/EDGE
Частотний діапазон, МГц	2400–2483	2412–2484	900/1800
Швидкість передачі даних, кбіт/с	721	11000/54000	14,4/171/473
Дальність зв'язку, м	клас 1 — 100; клас 2 — 10; клас 3 — 1	100	по всій зоні покриття
Споживання струму, active mA/sleep мкА	70/20	450	350/3500
Модуляція, доступ до середовища	FHSS	DSSS	TDMA/ FDMA
Топологія системи	"точка-точка", "зірка", мережа	"точка-точка", "зірка", мережа	стільникові мережа
Частотний діапазон, МГц	2400–2483	2412–2484	900/1800

GSM та Wi-Fi модулі однаково задовольняють умови поставленої задачі. Ціна та розміри модулів сумірні, відстань передачі задовільна. Хоча на поширення сигналу Wi-Fi мережі впливає безліч факторів – загасання і відображення сигналу через різних перешкод (стін, предметів і інше), або інших електронних приладів і електричної проводки, а також сусідніх бездротових мереж, було прийнято рішення використовувати саме Wi-Fi модуль, бо GSM-модуль потребує SIM-картки, а одже і додаткових грошових витрат. Також основна задача Wi-Fi - об'єднання великої кількості пристроїв в мережу, що може нам знадобитися при підключенні додаткових датчиків.

2.2.2 Сервіс Інтернету речей Blynk

Blynk - це платформа, що сумісна зі смартфонами Android та iOS. Вона може взаємодіяти з різними мікроконтролерами (наприклад, Arduino, NodeMCU, Raspberry Pi, тощо). Вона була розроблена для Інтернету речей і дозволяє дистанційне управління апаратним забезпеченням і зберіганням / відображенням даних датчиків для будь-якого бажаного проекту. Blynk підходить для людей, які мають достатній рівень знань, необхідних для створення складних додатків, людей з низьким рівнем технічної грамотності або тим кому потрібне швидке прототипування IoT[21].

Платформа має три основні компоненти:

- Бібліотека Blynk - для всіх популярних апаратних платформ - забезпечує зв'язок з сервером і обробляє всі вхідні і вихідні команди.
- Сервер Blynk - відповідає за всі комунікації між смартфоном і апаратним забезпеченням. Ви можете скористатися хмарою Blynk або запустити свій приватний сервер Blynk локально. Платформа має відкритий вихідний код, що може легко обробляти тисячі пристроїв і може бути запущена на багатьох різних мікроконтролерах.
- Додаток Blynk - дозволяє створювати різноманітні інтерфейси для проектів користувача.

Особливості:

- API та подібний інтерфейс користувача для всіх підтримуваних апаратних засобів і пристроїв
- Підключення до хмари через:
 - Ethernet
 - Wi-Fi
 - Bluetooth і BLE
 - USB (послідовний)
- Колекція простих у використанні шаблонів
- Обробка прямих контактів без коду для запису

- Простота інтеграції та додавання нових функцій за допомогою віртуальних контактів
- Моніторинг історії даних за допомогою інструменту History Graph
- Зв'язок між пристроями за допомогою інструменту Bridge
- Надсилання електронних листів, твітів, push-повідомлень тощо.

Для початку роботи з Blynk необхідно мати відповідне апаратне забезпечення (Arduino, Raspberry Pi або аналогічний набір для розробки), що мають можливість підключення до інтернету та встановлений на смартфоні додаток Blynk, що працює як на iOS, так і на Android.

На рис. 2.1 наведений загальний вигляд макету.

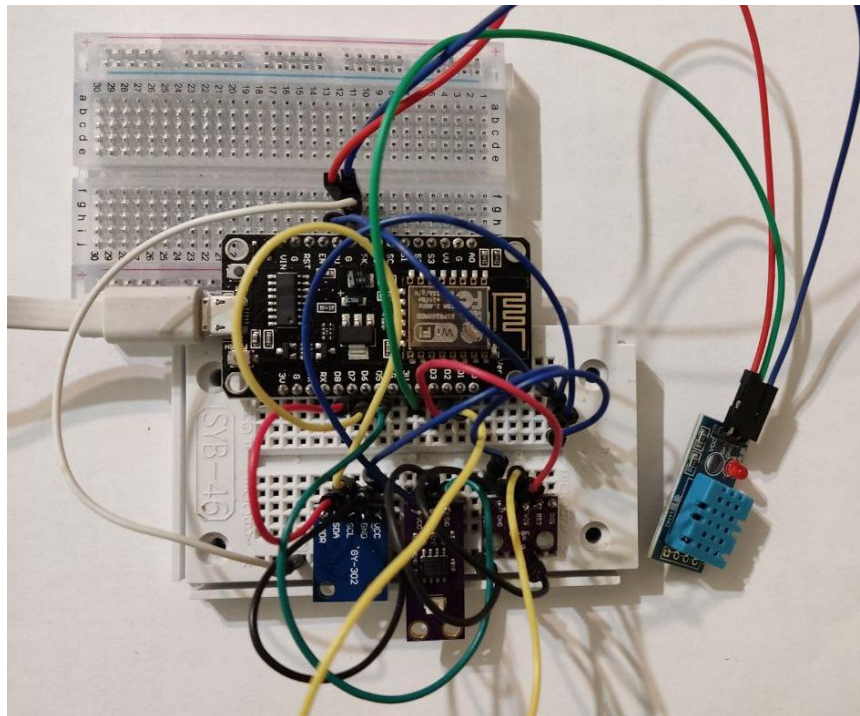


Рис. 2.1 – Загальний вигляд макету

Для зовнішнього живлення використовується акумуляторна батарея «18650», що є джерелом напруги номіналом 3.7 В. Даного значення напруги достатньо для коректної роботи схеми. На рис. 2.2 наведений вигляд графічного зображення даних на сервері Blynk що надходять з пристрою.

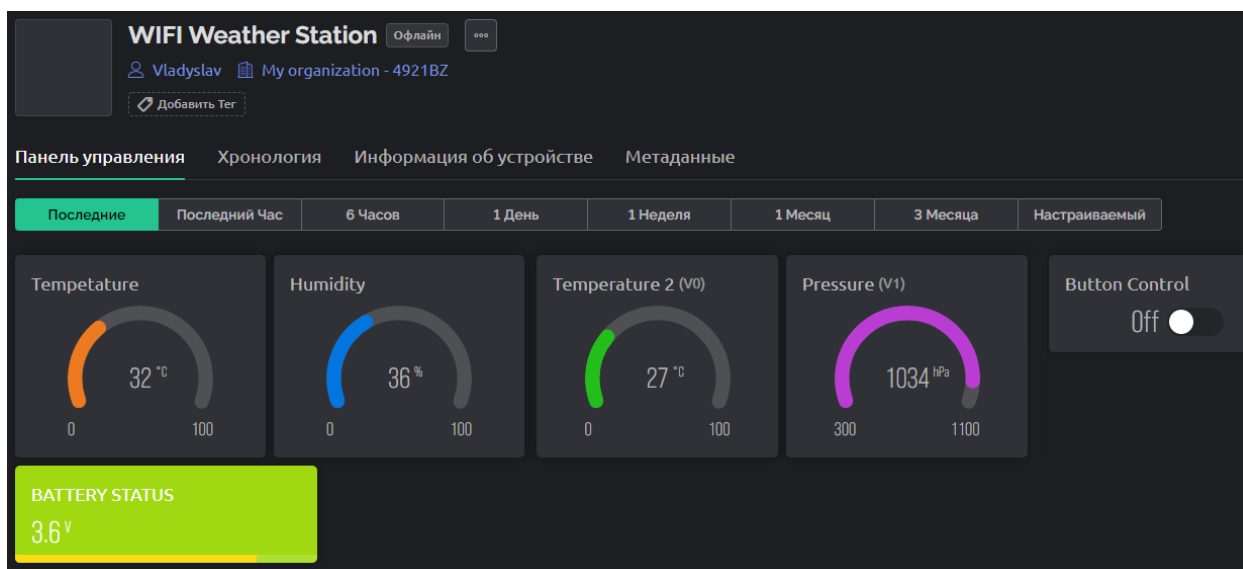


Рис. 2.2 – Відображення даних на сервері Blynk

Данні з пристрою надходять та зчитуються періодично, раз на годину, після вони завантажуються на сервер Blynk за допомогою WiFi модуля для подальшої обробки. На сервері данні приймають графічний вигляд для зручного сприйняття користувачем. В подальшому пристрій вимикається для збереження заряду батареї.

2.2.3 Інтегроване середовище розробки програм

Програму для роботи з мікроконтролером було створено за допомогою Arduino IDE. Аббревіатура IDE розшифровується як Integrated Development Environment, що перекладається як інтегроване середовище розробки.

Arduino IDE — це багатоплатформна програма написана на мові Java, яка включає редактор коду, компілятор і модуль передачі прошивки в плату. За допомогою цієї програми програмісти пишуть програми, причому роблять це набагато швидше і зручніше, ніж при використанні звичайних текстових редакторів. Мова програмування схожа на мову Wiring[22]. Загалом, це C++, з бібліотеками. Програми обробляються через препроцесор, а згодом компілюються через AVR-GCC.

Програми Arduino пишуться на мові програмування C або C++. Середовище розробки Arduino поставляється разом із бібліотекою програм «Wiring» (бере початок від проекту Wiring, який дозволяє робити багато стандартних операцій вводу/виводу набагато простіше)[23].

Користувачам необхідно визначити лише дві функції для того, щоб створити програму, яка буде працювати за принципом циклічного виконання:

- `setup()`: функція для задання початкових параметрів, виконується лише один раз при запуску програми.
- `loop()`: поки плата не відключиться, функція буде виконуватися циклічно.

ВИСНОВКИ

- Під час виконання кваліфікаційної роботи магістра була опрацьована література пов'язана з специфікацією різноманітної електроніки.
- Оглянуто та проаналізовано існуючі аналоги з віддаленим моніторингом.
- Було обрано використовувати модуль ESP-12F в якості головного обчислювального блоку метеостанції. Так як він містить всю необхідну обв'язку і дозволяє підключити не тільки обрані датчики, а й додаткові датчики для розширення функціональності.
- Серед низки існуючих датчиків, було підібрано необхідні для запланованого функціонування метеостанції, так враховано можливість додаткового підключення датчиків, що можуть застосовуватися разом або окремо в залежності від завдань.
- Розроблено макет програмно-апаратного комплексу "Метеостанція з передачею даних по WiFi".
- Застосовано сервіс Blynk для автоматичного зняття інформації та керуванням розробленим макетом.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Explore Scientific [Електронний ресурс] - Режим доступу: URL: <https://explorescientificusa.com/collections/explore-scientific-weather-stations/products/explore-scientific-7-in-1-wifi-professional-weather-station-with-weather-underground>
2. Bresser Weather Center [Електронний ресурс] - Режим доступу: URL: https://bt.rozetka.com.ua/bresser_weather_center_jc_xxl_5-in-1_white/p230257897/
3. TFA Nexus [Електронний ресурс] - Режим доступу: URL: <https://mexter.com.ua/tfa-nexus-351075/>
4. Бездротові технології [Електронний ресурс] - Режим доступу: URL: <http://ipkey.com.ua/uk/faq/965-wireless-technologies.html>
5. RF Basics, RF for Non-RF Engineers [Електронний ресурс] - Режим доступу: URL: <http://www.ti.com/lit/ml/slap127/slap127.pdf>
6. VirtualWire – AirSprayce [Електронний ресурс] - Режим доступу: URL: <http://www.airsprayce.com/mikem/arduino/VirtualWire.pdf>
7. ESP8266EX datasheet [Електронний ресурс] – Режим доступу: URL: http://espressif.com/sites/default/files/documentation/0a-esp8266ex_datasheet_en.pdf
8. Балонин, Н.А. Беспроводные персональные сети / М.Б. Сергеев // - Санкт-Петербург: ГУАП, 2012. – 69с.
9. Arduino и Bluetooth [Електронний ресурс] - Режим доступу: URL: <http://сhem.net/arduino/arduino63.php>
10. Global System for Mobile Communications [Електронний ресурс] – Режим доступу: URL: <https://studfile.net/preview/9937489/>
11. GSM-модуль SIM800L: мануал [Електронний ресурс] - Режим доступу: URL: http://www.codius.ru/articles/GSM_модуль_SIM800L_часть_1
12. Підключення до WiFi з використанням мікроконтролера ESP8266 NodeMCU [Електронний ресурс] – Режим доступу: URL: <https://ecoimpact-ple.com/ru/documents/5242.html>
13. Розпіновка ESP8266 [Електронний ресурс] – Режим доступу: URL: <https://myrobot.ru/wiki/index.php?n=Experiences.NodemcuV3Pinout>

14. SKD [Электронный ресурс] – Режим доступа: URL: <https://ecoimpact-ple.com/ru/documents/5242.html>
15. Датчики влажности и температуры [Электронный ресурс] - Режим доступа: URL: <https://catcatcat.d-lan.dp.ua/skachat/primeryi-postroeniya-koda-programm-dlya-pic-kontrollerov/dht11-datchik-vlazhnosti-i-temperaturyi/>
16. BMP280 datasheet [Электронный ресурс] - Режим доступа: URL: <https://www.alldatasheet.com/datasheet-pdf/pdf/1132069/BOSCH/BMP280.html>
17. GUVVA-S12SD datasheet [Электронный ресурс] - Режим доступа: URL: <https://cdn-shop.adafruit.com/datasheets/1918guva.pdf>
18. BH1750 - Цифровой датчик освещенности/люксметр [Электронный ресурс] - Режим доступа: URL: <https://micro-pi.ru/bh1750-gy-302>
19. Гигрометр, LM393 [Электронный ресурс] - Режим доступа: URL: <https://radiovolt.in.ua/ua/p1168909691-datchik-vlazhnosti-pochvy.html>
20. TP4056 datasheet [Электронный ресурс] - Режим доступа: URL: <https://dlnmh9ip6v2uc.cloudfront.net/datasheets/Prototyping/TP4056.pdf>
21. Wiring [Электронный ресурс] – Режим доступа: URL: <http://wiring.org.co/>
22. Started with Blynk [Электронный ресурс] – Режим доступа: URL: <https://blynk.io/blog/how-to-get-started-with-blynk/>
23. Программирование Arduino [Электронный ресурс] - Режим доступа: URL: <http://arduino.ru/Reference/>

ДОДАТОК

Програма пошуку адрес підключення по шині I2C

```
#include "Wire.h"

void setup() {
  Wire.begin();
  Serial.begin(14400);
}

void loop() {
  int devices;
  byte err, addr;
  Serial.println("Start scan I2C bus...");
  devices = 0;
  Serial.print(" 00 01 02 03 04 05 06 07 08 09 0A 0B 0C 0D 0E 0F");
  for(addr = 0; addr<= 127; addr++ ) {
    if((addr% 0x10) == 0) {
      Serial.println();
      if(addr< 16)
        Serial.print('0');
      Serial.print(addr, 16);
      Serial.print(" ");
    }
    Wire.beginTransmission(addr);err = Wire.endTransmission();
    if (err == 0) {
      if (addr<16)
        Serial.print("0");
      Serial.print(addr, HEX);
      devices++;
    }
    else {
      Serial.print("--");
    }
    Serial.print(" ");
    delay(1);
  }
  Serial.println();
```

```

if (Device == 0)
  Serial.println(" I2C не знайдений\n");
  delay(2500);
}

```

Програма для виміру вологості і температури

```

#include <DHT.h>
#include <BlynkSimpleEsp8266.h>
#include <ESP8266WiFi.h>
char auth[] = BLYNK_AUTH_TOKEN;
char ssid[] = "denis";
char pass[] = "29071972";
#define BLYNK_TEMPLATE_ID      "*****"
#define BLYNK_DEVICE_NAME     "WIFI Weather Station"
#define BLYNK_AUTH_TOKEN      "*****"
#define DHTPIN 4
#define BLYNK_PRINT Serial
#define DHTTYPE DHT11
DHT dht(DHTPIN, DHTTYPE);
BlynkTimer timer;
void setup()
{
  Serial.begin(14400);
  Blynk.begin(auth, ssid, pass);
  //Blynk.begin(auth, ssid, pass, "blynk.cloud", 80);
  //Blynk.begin(auth, ssid, pass, IPAddress(192,168,1,100), 8080);
  dht.begin();
  timer.setInterval(2000L, sendSensor);
}
void loop()
{
  Blynk.run();
  timer.run();
}
void sendSensor()
{
  float h = dht.readHumidity();
  float t = dht.readTemperature();

```

```

if (isnan(t) || isnan(h)) {
  Serial.println("Неможливо прочитати вологість і температуру!");
  return;
}
Blynk.virtualWrite(V5, h);
Blynk.virtualWrite(V6, t);
Serial.print("Температура: ");
Serial.print(t);
Serial.print("Вологість: ");
Serial.print(h);
Serial.print(" %t");
Serial.println(" *C ");
}

```

Програма для підтримки зв'язку з точкою WiFi та сервером Blynk

```

#include "BlynkSimpleEsp8266.h"
#include <ESP8266WiFi.h>
char BLYNKTOKEN = "TOKEN";
char SSID = "SSID";
char PASSWORD = "PASS";
void ReconBlynk(void);
void BlynkRun(void);
bool IsWiFiConnected = false;
int nTimerReconnect = 0;
void WiFiConnected(const WiFiEventStationModeGotIP& event);
void WiFiDisconnected(const WiFiEventStationModeDisconnected& event);
WiFiEventHandler GotIpEvent;
WiFiEventHandler DisconnectedEvent;
BlynkTimer timer;
void WiFiDisconnected(const WiFiEventStationModeDisconnected& event)
{
  IsWiFiConnected = false;
  Serial.printf("[%8lu] Interrupt: Disconnected to AP!\r\n", millis());
}
void ReconBlynk(void)
{
  if (!Blynk.connected())

```

```

{
  if (Blynk.connect())
  {
    Serial.printf("[%8lu] ReconBlynk: Blynk перепідключенно\r\n", millis());
  }
  else
  {
    Serial.printf("[%8lu] ReconBlynk: Blynk не перепідключенно\r\n", millis());
  }
}
else
{
  Serial.printf("[%8lu] ReconBlynk: Blynk connected\r\n", millis());
}
}
void setup()
{
  Serial.begin(9600);
  GotIpEvent = WiFi.onStationModeGotIP(&WiFiConnected);
  DisconnectedEvent = WiFi.onStationModeDisconnected(&WiFiDisconnected);
  WiFi.begin(SSID, PASSWORD);
  Blynk.config(BLYNKTOKEN);
  if(Blynk.connect())
  {
    Serial.printf("[%8lu] setup: Blynk під'єднується\r\n", millis());
  }
  else
  {
    Serial.printf("[%8lu] setup: Blynk помилка під'єднання\r\n", millis());
  }
  Serial.printf("[%8lu] Setup: Таймер пезапуску запущенно\r\n", millis());
  nTimerReconnect = timer.setInterval(60000, ReconBlynk);
}
void WiFiConnected(const WiFiEventStationModeGotIP& event)
{
  IsWiFiConnected = true;
  Serial.printf("[%8lu] Interrupt: Connected to AP, Ip: ", millis());

```

```
Serial.println(WiFi.localIP());
}
void loop()
{
  BlynkRun();
  timer.run();
}
void BlynkRun(void)
{
  if (IsWiFiConnected)
  {
    if(Blynk.connected())
    {
      if (timer.isEnabled(nTimerReconnect))
      {
        timer.disable(nTimerReconnect);
        Serial.printf("[%8lu] BlynkRun: Stop timer перепідключенно\r\n", millis());
      }
      Blynk.run();
    }
    else
    {
      if (!timer.isEnabled(nTimerReconnect))
      {
        timer.enable(nTimerReconnect);
        Serial.printf("[%8lu] BlynkRun: Start timer перепідключенно\r\n", millis());
      }
    }
  }
}
```