

Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю відповідає ДСТУ ISO 9001:2015 та ДСТУ ISO 21001:2019			Ф-22.06- 05.02/2/172.00.1/Б / ОК22-1-2026
	Випуск 1	Зміни 1	Екземпляр № 1	Арк 33 / 1

ЗАТВЕРДЖЕНО

Науково-методичною радою
Державного університету
«Житомирська політехніка»

протокол від _____ 2026 р. № ____

МЕТОДИЧНІ РЕКОМЕНДАЦІЇ для проведення практичних та лабораторних занять з навчальної дисципліни «Архітектура та технології IoT»

для студентів освітнього ступеня «бакалавр»
спеціальності 172 «Електронні комунікації та радіотехніка»
освітньо-професійна програма «Телекомунікації та радіотехніка»,
«Інформаційні відеосистеми та системи контролю доступу»
факультет інформаційно-комп'ютерних технологій
кафедра комп'ютерних технологій у медицині та телекомунікаціях

Схвалено на засіданні кафедри
комп'ютерних технологій у
медицині та телекомунікаціях
протокол від 25.08.2026 р. № 8

Розробник: к.т.н., доц. кафедри комп'ютерних технологій у медицині та
телекомунікаціях АНДРЕЄВ Олександр

Житомир
2026 - 2027

Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю відповідає ДСТУ ISO 9001:2015 та ДСТУ ISO 21001:2019			Ф-22.06- 05.02/2/172.00.1/Б / ОК22-1-2026
	Випуск 1	Зміни 1	Екземпляр № 1	Арк 33 / 2

Зміст

Вступ.....	3
Практичне заняття 1. Налаштування середовища Arduino IDE для роботи з мікроконтролером ESP8266.....	4
Лабораторне заняття 1. Створення проектів IoT з використанням NTP-серверів.....	6
Практичне заняття 2. Локальний вебсервер у проектах IoT.....	8
Лабораторне заняття 2. Використання Telegram Messenger для створення проектів IoT.....	9
Практичне заняття 3. Принципи використання RFID технологій.....	11
Лабораторне заняття 3. Створення системи контролю доступу на базі RFID модуля RC522.....	13
Практичне заняття 4. Використання технології ESP_NOW для побудови проектів IoT.....	14
Лабораторне заняття 4. Використання технології ESP_NOW для створення сенсорної мережі.....	15
Практичне заняття 5. Використання радіомодулів NRF24L01 для створення локальної сенсорної мережі.....	16
Лабораторне заняття 5. Створення шлюзу бездротової сенсорної мережі на базі радіомодулів nRF24L01 для передавання даних до хмарного сервісу ThingSpeak.....	19
Практичне заняття 6. IoT проекти з використанням Web- камери на базі модуля ESP32-CAM.....	20
Лабораторне заняття 6. Використання технології BLE для реалізації IoT-проектів.....	22
Практичне заняття 7. Створення проекту дистанційного керування та передавання даних з використанням MQTT брокера.....	23
Лабораторне заняття 7. Віддалене керування через вебсервер з використанням радіомодулів nRF24L01.....	27
Практичне заняття 8. Створення пристрою вимірювання концентрації чадного газу у повітрі з використанням аналогового датчика MQ-2.....	28
Лабораторне заняття 8. Використання хмарного сервісу Blynk IoT для відображення вимірів концентрації чадного газу у повітрі.....	31
Перелік літератури.....	33

Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю відповідає ДСТУ ISO 9001:2015 та ДСТУ ISO 21001:2019			Ф-22.06- 05.02/2/172.00.1/Б / ОК22-1-2026
	Випуск 1	Зміни 1	Екземпляр № 1	Арк 33 / 3

Вступ

У повсякденному житті ми все частіше стикаємось з тим, що навколишні предмети забезпечуються мініатюрними ідентифікаційними та сенсорними пристроями. За наявності необхідних каналів зв'язку з ними, можна не тільки відстежувати ці об'єкти у просторі та часі, але й керувати ними. Сукупність різноманітних датчиків, виконавчих пристроїв, об'єднаних у мережу за допомогою будь-яких доступних каналів зв'язку, що використовують різні протоколи взаємодії між собою та єдиний протокол доступу до глобальної мережі Інтернет отримали назву Інтернету речей (IoT). Під «речами» тут розуміються фізичні або віртуальні об'єкти, які можуть бути ідентифіковані та об'єднані через комунікаційні мережі.

Складовою частиною IoT є WEB of Things, який забезпечує взаємодію різних інтернет-речей з використанням стандартів та механізмів Інтернету. При цьому інтернет-речі повинні мати власну IP-адресу або ім'я, за яким до них можна звернутися з будь-якої клієнтської програми і вони мають виконувати функції веб-сервера. Інтерфейс з такими речами зазвичай виконаний у вигляді web-ресурсу з графічним інтерфейсом для керування за допомогою веб-браузера, а дані інтернет-речей або управління ними мають бути доступними через www-сторінки.

Більшість стандартів бездротових сенсорних мереж не підтримують протокол IP, використовуючи власні протоколи зв'язку. Тому для взаємодії з ними використовується спеціальний інтернет-шлюз, який перетворює зовнішні запити у формат запиту до специфічного API пристрою, підключеного до цього шлюзу. Пристрої і компоненти, які раніше не були підключені до світової мережі, тепер мають можливість ділитися зібраною інформацією із зовнішнім світом. Обмін інформацією між інтернет-речами та користувачем може забезпечуватися за допомогою посередницької платформи даних, що реалізується на віддаленому централізованому сервері. Це також надає надійні засоби зберігання та обробки інформації, дозволяє інтернет-речам взаємодіяти один з одним та користуватися хмарними сервісами. Інтегруючись із глобальною мережею Інтернет, бездротові сенсорні мережі дозволяють забезпечити простий зв'язок як між різними технічними пристроями, так і з зовнішніми сервісами.

Основною метою при проведенні практичних і лабораторних занять є набуття практичних навичок використання сучасних технологій IoT при створенні проектів різноманітного призначення.

Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю відповідає ДСТУ ISO 9001:2015 та ДСТУ ISO 21001:2019			Ф-22.06- 05.02/2/172.00.1/Б / ОК22-1-2026
	Випуск 1	Зміни 1	Екземпляр № 1	Арк 33 / 4

Практичне заняття 1. Налаштування середовища Arduino IDE для роботи з мікроконтролером ESP8266.

ESP8266 – це недорогі модулі Wi-Fi, які ідеально підходять для самостійних проєктів у галузі Інтернету речей (IoT). Мікроконтролер ESP8266 має вбудований інтерфейс Wi-Fi і підключається до комп'ютера через WiFi або USB порт. Створювати програмні коди для мікроконтролера ESP8266 можна в середовищі розробки «Arduino IDE». Успішне виконання завдання на всіх практичних заняттях оцінюється у 2 бали.

Порядок виконання.

1. Встановлення плати ESP8266 в середовищі Arduino IDE.

Встановіть середовище Arduino IDE на комп'ютері. Зайдіть у меню «Інструменти» - «Плата» та подивіться чи є у списку плат ESP8266. Якщо такої плати немає, то за допомогою «Менеджера плат» додайте плату ESP8266 до списку плат. Для цього у середовищі «Arduino IDE» виберіть пункт меню «Файл» > «Параметри». у полі «Додаткові посилання для Менеджера плат», введіть рядок: http://arduino.esp8266.com/stable/package_esp8266com_index.json та натисніть на кнопку «Ок». Виберіть пункт меню "Інструменти" > "Плата" > "Менеджер плат". У вікні "Менеджер плат" виберіть пункт "esp8266 by ESP8266 Community" зі списку і натисніть на кнопку "Установка". Після появи повідомлення "INSTALLED" про успішне встановлення плати, закрийте «Менеджер плат», натиснувши кнопку «Закрити». Тепер у списку плат є розділ «ESP8266 Boards».

2. Для роботи з платами потрібно вибрати COM-порт, який з'явився у списку доступних портів після підключення плати до комп'ютера через порт USB. Визначити номер порту можна в меню «Комп'ютер» > «Властивості системи» > «Диспетчер пристроїв» (рис.1.1):



Рис.1.1

Якщо після підключення плати новий порт не з'явився, то не встановлено драйвер для чіпа CH340G / CP2104. Встановіть драйвер, назва якого вказано на рис.1.1.

3. Перевірка працездатності плати ESP8266.

3.1. Використання світлодіода, що вбудований у плату ESP 8266. Підключіть мікроконтролер ESP 8266 до комп'ютера через USB порт. Виберіть у списку плат ESP8266 тип NodeMCU 1.0 (ESP-12E Module). Для перевірки справності світлодіода, що вбудований у плату завантажте програмний код (скетч) у меню «Файл» > «Приклади» > «Basics» > «Blink». Після появи рядочків коду на моніторі натисніть кнопку «Завантаження» у середовищі Arduino IDE. Зачекайте, поки код компілюється і завантажувється в плату. Після завантаження на платі повинен заблимати світлодіод.

Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю відповідає ДСТУ ISO 9001:2015 та ДСТУ ISO 21001:2019			Ф-22.06- 05.02/2/172.00.1/Б / ОК22-1-2026
	Випуск 1	Зміни 1	Екземпляр № 1	Арк 33 / 5

Мікроконтролери ESP8266 підтримують стандартну функцію Arduino «analogWrite(GPIO, value)» для керування широтно-імпульсною модуляцією, яка використовується для зміни яскравості світлодіода, або інтенсивності звучання пасивного зумера. Доробіть програмний код «Blink» для миготіння світлодіодом з використанням цієї функції. В меню «Інструменти» - «Bultin Led» визначить номер GPIO, на який підключений вбудований світлодіод. Замініть у програмному коді команди «digitalWrite» на «analogWrite(GPIO,255);» та «analogWrite(GPIO,0);», відповідно. Перевірте працездатність коду шляхом компіляції.

Підключіть пасивний зумер «+» до GPIO4 та «-» до GND контролера, додайте рядочки ініціалізації GPIO4 до програмного коду. Замініть у команди «analogWrite(4,200);» та «analogWrite(4,50);», відповідно. Перевірте працездатність коду шляхом компіляції. Порівняйте інтенсивність звуку для різних значень «value».

3.2. Перевірка працездатності інтерфейсу Wi-Fi плати ESP 8266.

Відкрийте приклад коду у меню «Файл»>«Приклади»> «ESP8266WiFi» > «WiFi Scan». Проаналізуйте порядок команд у коді для проведення сканування точок доступу Wi-Fi. Натисніть кнопку «Завантаження» у середовищі Arduino IDE. Зачекайте, поки код компілюється і завантажувється в плату. Після завантаження відкрийте вікно послідовного COM-порту «Монітор порту» середовища Arduino IDE та налаштуйте швидкість передачі на 115200 бод. Якщо все пройшло, як очікується, після повідомлення компілятора «Завантаження завершено», у вікні послідовного COM-порту буде виведено повідомлення, що наведене на рис.1.2.

```

COM4
ESP8266
Starting WiFi scan...
12 networks found:
00: [CH 01] [90:F6:52:83:A9:4C] -54dBm * V lanos
01: [CH 01] [24:7F:3C:B7:53:C4] -94dBm * H
02: [CH 02] [C0:4A:00:7C:A5:36] -91dBm * V koroleva
03: [CH 03] [84:16:F9:35:81:22] -63dBm * V TaSaZh
04: [CH 05] [04:95:E6:20:8B:20] -90dBm * V Tenda_208B20
05: [CH 06] [B0:48:7A:C8:0F:D2] -91dBm * V TP-LINK
06: [CH 01] [00:72:63:C0:C9:15] -93dBm * V EVRO MEDSTAR
07: [CH 10] [D0:7A:B5:92:75:24] -86dBm * V 777
08: [CH 10] [F4:F2:6D:4B:F7:F6] -80dBm * V TP-LINK_F7F6
09: [CH 10] [74:DA:88:D2:58:3E] -73dBm * V Freenet 32
10: [CH 11] [B8:C3:85:69:C8:AC] -76dBm * V KV-16
11: [CH 11] [B0:BE:76:2F:07:D0] -91dBm * V TP-Link_07D0

```

Рис.1.2

Визначить у скільки разів відрізняється максимальна і мінімальна потужність сигналу на вході приймача Wi-Fi модему для різних точок доступу?

4. Програмування плати ESP8266 через інтерфейс Wi-Fi.

Оновлення через інтерфейс Wi-Fi (OTA - Over the Air) – це процес завантаження нової прошивки контролера ESP8266 за допомогою Wi-Fi з'єднання, а не через USB порт. Цей тип функціональності надзвичайно корисний у разі відсутності фізичного доступу до модуля ESP8266. Для реалізації OTA - проекту скористайтесь прикладом автора Rui Santos за

Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю відповідає ДСТУ ISO 9001:2015 та ДСТУ ISO 21001:2019			Ф-22.06- 05.02/2/172.00.1/Б / ОК22-1-2026
	Випуск 1	Зміни 1	Екземпляр № 1	Арк 33 / 6

посиланням <https://randomnerdtutorials.com/esp8266-ota-updates-with-arduino-ide-over-the-air/>. Продемонструйте створення віртуального порту викладачу.

Лабораторне заняття 1. Створення проектів IoT з використанням NTP-серверів.

Основний сервер точного часу розташований в Києві та забезпечений надійним підключенням до мережі Інтернет. Сервер точного часу ntp.time.in.ua є офіційним та активним учасником проекту pool.ntp.org та обробляє чималу частку NTP-запитів з даного кластера.

Сервіс точного часу надає можливість синхронізації за протоколом NTP (Network Time Protocol) та SNTP (Simple Network Time Protocol) іншим серверам та комп'ютерам, що мають підключення до мережі Інтернет. Синхронізація NTP-сервера здійснюється за сигналами супутників системи глобального позиціонування. Для формування запитів до NTP - серверів точного часу використовуються такі адреси:

ntp.time.in.ua – основний сервер точного часу;
ntp2.time.in.ua – резервний сервер точного часу;
ntp3.time.in.ua – резервний сервер точного часу;
pool.ntp.org - сервер точного часу Північної Америки.

Порядок виконання.

1. Створення проекту «Розумна розетка, що синхронізується за NTP-сервером» (1бал).

У меню «Інструменти» > «Менеджер плат» виберіть плату ESP8266. Завантажте скетч з прикладу вбудованої бібліотеки NTPClient "IsTime.ino" для плати ESP8266, який дозволяє корегувати час та вимикати світлодіод у визначений час. Введіть ім'я та пароль точки доступу. Змініть першу константу у команді «NTPClient timeClient(ntpUDP,"pool.ntp.org", 10800, 60000);» для виведення місцевого часу. Номер вихідного GPIO для керування світлодіодом змініть на «2», а константи «hour» та «minute» задайте такими, що відповідають бажаному часу вимкнення світлодіода. Якщо NTPClient.h бібліотека відсутня, то знайдіть і підключить її через менеджер бібліотек. Після вдалої компіляції завантажте скетч у контролер. Відкрийте монітор послідовного порту і спостерігайте за поточним часом і моментом вимкнення світлодіода.

Переробіть цей код для керування світлодіодом (розеткою при наявності силового комутатора), що підключений до виходу «2» так, щоб він вмикався у визначений Вами час та вимикався через визначений інтервал часу. Збережіть скетч з ім'ям «Surname_Smart.ino» і після успішної компіляції продемонструйте результат роботи проекту. Якщо все пройшло, як очікується, після повідомлення компілятора «Завантаження завершено», у вікні послідовного COM-порту буде

Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю відповідає ДСТУ ISO 9001:2015 та ДСТУ ISO 21001:2019			Ф-22.06- 05.02/2/172.00.1/Б / ОК22-1-2026
	Випуск 1	Зміни 1	Екземпляр № 1	Арк 33 / 7

виведено повідомлення про поточний час, а світлодіод, який імітує вмикання перемикача, запрацює згідно завдання.

2. Відображення поточного часу на OLED дисплеї (2бали).

Для автоматичної прив'язки до місцевого часового поясу з врахуванням переходу на літній/зимовий час зручно користуватися для контролера ESP8266 бібліотекою “ezTime.h”. Це дуже проста у використанні бібліотека часу й дати Arduino, яка забезпечує пошук часу в мережі NTP, широку підтримку часових поясів, відформатовані рядки часу й дати з точністю до мілісекунд. Приклад використання цієї бібліотеки розглянемо з використанням скетчу ”MiniClock_Netherlands.ino”, який виводить поточний час на міні OLED дисплей SSD1306_128x32, що автоматично прив'язується до Нідерландів. OLED дисплей SSD1306_128x32 має інтерфейс I2C. Тому у програмному коді необхідно визначити виходи контролера, до яких буде підключатися шина I2C. На рис.1.3 наведено призначення GPIO контролера ESP8266. Як видно з наведеного рисунку, контролер має апаратний інтерфейс I2C, а саме GPIO4–SDA та GPIO5–SCL. Підключіть OLED SSD1306 до вказаних GPIO, а вихід VCC дисплею - до 3,3V плати ESP8266. З'єднайте загальні виводи GND обох пристроїв. Для початку роботи необхідно завантажити з інтернету zip – бібліотеку “esp8266-timezone-master” та “u8g2-master.zip”, що забезпечують виведення даних на цей тип дисплею.

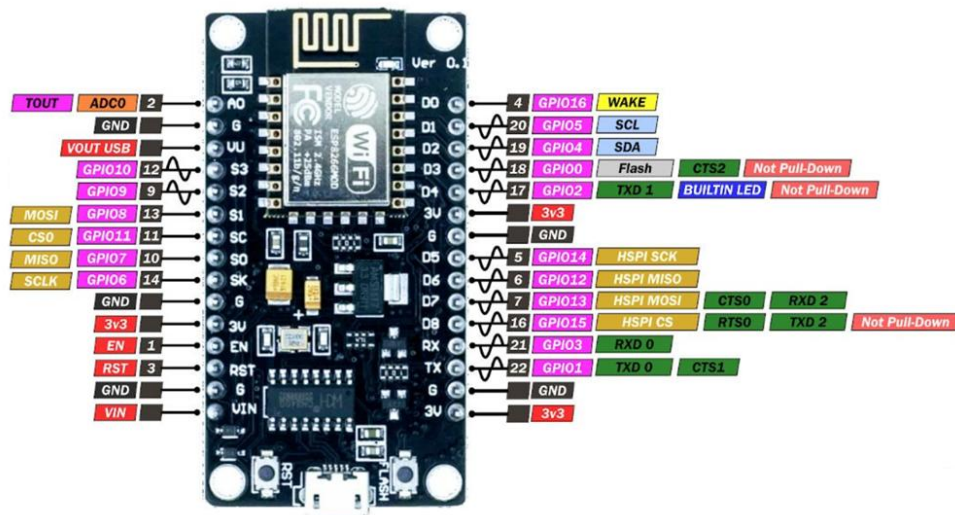


Рис.1.3

Переробіть даний скетч для виведення поточного місцевого часу для часової зони “Europe/Kiev”. Збережіть скетч з ім'ям «Surname_Time.ino» і після успішної компіляції завантажте у контролер ESP8266. Якщо все зроблено правильно, то на OLED дисплей послідовно буде виводитися поточна дата та місцевий час. Покажіть результат роботи проекту викладачу.

Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю відповідає ДСТУ ISO 9001:2015 та ДСТУ ISO 21001:2019			Ф-22.06- 05.02/2/172.00.1/Б / ОК22-1-2026
	Випуск 1	Зміни 1	Екземпляр № 1	Арк 33 / 8

3. Створення проекту «Розумна розетка» з можливістю оновлення програмного коду методом ОТА (2 бали).

Для реалізації цього проекту скористайтеся прикладом автора Rui Santos за посиланням <https://randomnerdtutorials.com/esp8266-ota-updates-with-arduino-ide-over-the-air/>. Додайте до раніше розробленого програмного коду «розумної розетки» необхідні рядки для можливості завантаження програмного коду по повітрю. Продемонструйте роботу проекту викладачу.

Практичне заняття 2. Локальний вебсервер у проектах IoT.

Локальний вебсервер — це спеціальне програмне забезпечення, яке перетворює контролер на мініатюрний аналог справжнього інтернет-сервера. Це дозволяє створювати вебсторінки чи вебдодатки прямо на пристрої без необхідності підключення до глобальної мережі Інтернет.

Порядок виконання.

1. Відображення показань датчика DHT11 на вебсервері.

Розташуйте мікроконтролер ESP8266 і датчик DHT11 на макетній платі. З'єднайте загальні виводи обох пристроїв, а вихід VCC датчика з виходом 3,3V плати. Також необхідно підключити вихід датчика S до GPIO5 мікроконтролера (див. рис.1.2).

Налаштуйте програмне середовище Arduino.IDE на роботу з відповідною платою. Встановіть бібліотеку «DHT sensor library» by Adafruit для датчиків DHT. Відкрийте скетч «work_web_temp_hum.ino» та вкажіть облікові дані WiFi роутера. Завантажте скетч у контролер. У моніторі послідовного порту з'явиться повідомлення «WiFi connected..! Got IP:192.168.0.106 HTTP server started». Скопіюйте IP та вставте його у рядок адреси браузера Google Chrome. На вебсторінку буде виведено значення температури і вологості DHT11.

Щоб замість символу «°C» не виводилося «B°C», необхідно замінити рядок `ptr += "°C</p>";`

на

`ptr += "<span>°C</span>";`

`ptr += "C</p>";`

Для оновлення показань датчика на веб-сторінці налаштуйте автооновлення сторінки, додавши ще один тег "meta" в HTML-документ, шляхом вставлення в тег <head> документа, рядка, який визначає інтервал автооновлення сторінки:

`ptr += "<meta http-equiv='refresh' content='10'>\n";`

Завантажте скетч у контролер. Якщо все зроблено правильно, то після запуску браузера та введення IP-адреси, відкриється сторінка із вмістом, дані якої оновлюються з інтервалом 10с.

Спробуйте змінити колір букв заголовка з чорного на червоний, змінивши у рядку

Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю відповідає ДСТУ ISO 9001:2015 та ДСТУ ISO 21001:2019			Ф-22.06- 05.02/2/172.00.1/Б / ОК22-1-2026
	Випуск 1	Зміни 1	Екземпляр № 1	Арк 33 / 9

ptr += "body{margin-top: 50px;} h1 {color: #444444;margin: 50px auto 30px;}\\n";
кодування кольору на значення #991111;

Завантажте скетч у контролер. Після запуску браузера та введення IP-адреси, відкриється сторінка із червоним коліром букв заголовка, дані якої оновлюються з інтервалом 10с.

2. Віддалене керування вбудованим діодом плати ESP8266 через веб-сторінку.

Для створення коду, що дозволяє керувати вбудованим діодом плати ESP8266 через веб-сторінку візьміть за основу проект автора Rui Santosa за посиланням:

<https://randomnerdtutorials.com/esp8266-web-server/>

Переробіть цей код для керування вбудованим світлодіодом та подачею звукового сигналу оповіщення.

Лабораторне заняття 2. Використання Telegram Messenger для створення проектів IoT.

Telegram Messenger – це хмарний сервіс обміну миттєвими повідомленнями та IP-телефонії. Telegram дозволяє створювати ботів, які можна використовувати для надсилання повідомлень. Боти – це сторонні програми, які працюють у Telegram. Користувачі можуть взаємодіяти з ботами, надсилаючи їм повідомлення, команди та запити. Ви керуєте своїми ботами за допомогою HTTPS-запитів до Telegram Bot API. Для взаємодії з ботом Telegram зручно використовувати універсальну бібліотеку ботів Telegram, яка надає досить простий інтерфейс для Telegram Bot API.

Порядок виконання.

1. Віддалений запит даних датчика DHT11 та керування вбудованим діодом плати ESP8266 через бот Telegram (2бали).

Для створення коду, що дозволяє запитувати дані датчика DHT11 через бот Telegram, візьмемо за основу проект, який дозволяє запитувати показання датчика BME280 та надсилати повідомлення до боту Telegram за посиланням <https://randomnerdtutorials.com/telegram-request-esp32-esp8266-nodemcu-sensor-readings/>. Створіть свого бота Telegram за інструкціями, що містяться на сайті. Додайте у цей код необхідні зміни, що дозволять запитувати дані датчика DHT11 замість BME280 через бот Telegram. Для внесення змін можете використовувати програмний код, який був створений на попередньому занятті для отримання вимірювань датчика DHT11 «work_web_temp_hum.ino». Підключіть датчик DHT11 до плати ESP8266. Поточні показання температури та вологості датчика DHT11 виводяться у бот за запитом «/ readings», який буде додано до вітального повідомлення. Перевірте правильність роботи створеного проекту.

Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю відповідає ДСТУ ISO 9001:2015 та ДСТУ ISO 21001:2019			Ф-22.06- 05.02/2/172.00.1/Б / ОК22-1-2026
	Випуск 1	Зміни 1	Екземпляр № 1	Арк 33 / 10

Приклад програмного коду для керування вбудованим у плату діодом з боту Telegram наведено за посиланням: <https://randomnerdtutorials.com/telegram-control-esp32-esp8266-nodemcu-outputs/>.

Використовуючи цей код доробить проект віддаленого запиту показань датчика DHT11 так, щоб після запуску програми в чат приходило повідомлення про початок роботи бота з переліком команд управління ботом:

/start - команда, за якою виводиться вітальне повідомлення із зазначенням команд для керування платою;

/led_on и /led_off - команда, за якою плата ESP включає/виключає світлодіод та виводить поточний стан;

/state – команда, за якою ESP посилає в бот поточний стан світлодіода;

/ readings - повертає поточні показання температури та вологості датчика DHT11.

Перевірте правильність роботи створеного проекту.

2. Система сигналізації з відправкою повідомлень про спрацювання датчика руху у бот Telegram (1бал).

Підключіть PIR датчик руху до ESP8266: вихід V - до живлення +3,3V, вихід G – до загальної шини Gnd, а сигнальний вихід S датчика – до GPIO16. Для створення проекту перейдіть до прикладу за посиланням:

<https://randomnerdtutorials.com/telegram-esp8266-nodemcu-motion-detection-arduino/>

Даний приклад проекту дозволяє надсилати у чат з ім'ям бота повідомлення про початок роботи "Bot started up", а потім при виявленні руху щоразу надходитиме повідомлення "Motion detected!". У серійний монітор порту, крім того, буде виводитися інформація про підключення до точки доступу WiFi та IP address, а також повідомлення про спрацювання датчика руху "Motion detected!" та повернення у вихідний стан "Motion ended!". Додайте до коду рядочки, які дозволять вмикати вбудований діод при виникненні руху та вимикати при відсутності руху. Перевірте правильність створеного коду проекту «Telegram_PIR.ino».

3. Система сигналізації з відправкою повідомлень про спрацювання датчика диму у бот Telegram (2бали).

Модуль датчика диму MQ-2 живиться від джерела з напругою 3,...,5В. Напруга на цифровому виході «D0» змінюється з високого рівня на низький при перевищенні певного порогу, що встановлюється змінним резистором модулю. При подачі живлення на плату датчика диму MQ-2 світиться лише зелений світлодіод, якщо значення концентрації чадного газу менше встановленого порогового рівня. При спрацюванні датчика диму MQ-2 вмикається червоний світлодіод, а на цифровому виході «D0» з'являється низький потенціал, за яким мікроконтролер надсилає повідомлення про небезпечне перевищення СО у приміщенні у мобільний додаток «Telegram». При зниженні концентрації СО

Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю відповідає ДСТУ ISO 9001:2015 та ДСТУ ISO 21001:2019			Ф-22.06- 05.02/2/172.00.1/Б / ОК22-1-2026
	Випуск 1	Зміни 1	Екземпляр № 1	Арк 33 / 11

менше порогового рівня червоний світлодіод вимикається.

Підключіть вихід V датчика MQ-2 до живлення +3V плати ESP8266, вихід G – до загальної GND, а цифровий вихід «D0» датчика – до GPIO16. Для створення проекту перейдіть до прикладу за посиланням:

<https://randomnerdtutorials.com/telegram-esp8266-nodemcu-motion-detection-arduino/>

Додайте до коду рядочки, які дозволять вмикати звукову сигналізацію при небезпеці та вимикати при відсутності. Продемонструйте роботу створеного проекту викладачу.

Практичне заняття 3. Принципи використання RFID технологій.

Radio - Frequency Identification (RFID) використовує радіохвилі для читання інформації, що зберігається на мітці (карті, брелоку). Мітку можна прочитати на відстані до декількох сантиметрів і для відстеження не обов'язково перебувати в межах прямої видимості від пристрою, що зчитує. Зчитувач RFID - це пристрій, який використовується для збору інформації з мітки RFID. Пасивна мітка - це мітка RFID, живлення якої забезпечується зчитувачем. Коли радіохвилі від пристрою зчитування зустрічаються з пасивною міткою RFID, спіральна антена всередині мітки утворює магнітне поле, від якого отримують живлення ланцюги в чіпі.

Порядок виконання.

1. Підключення RFID зчитувача та ознайомлення зі структурою RFID мітки.

Зчитувач RFID з модулем RC522 живиться від напруги 3,3В і випромінює радіохвилі на частоті 13,56 МГц та підключається до мікроконтролера за інтерфейсом SPI (рис.3.1).



Рис.3.1

Для роботи з модулем RFID RC522 знадобиться бібліотека MFRC522, яка спрощує читання і запис в RFID мітки. Для підключення бібліотеки зайдіть у «Скетч» > «Підключити бібліотеку» та натисніть «Управляти бібліотеками...». Відкриється нове вікно "Менеджер бібліотек", у вікні пошуку введіть "MFRC522" та встановіть бібліотеку. Підключіть виходи RFID модуля RC522 до ESP 8266, користуючись таблицею 3.1 та рис.1.2.

Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю відповідає ДСТУ ISO 9001:2015 та ДСТУ ISO 21001:2019			Ф-22.06- 05.02/2/172.00.1/Б / ОК22-1-2026
	Випуск 1	Зміни 1	Екземпляр № 1	Арк 33 / 12

Таблиця 3.1– Підключення RFID зчитувача RC522

ESP8266		RFID
GPIO02	D4	SS
GPIO14	D5	SCK
GPIO13	D7	MOSI
GPIO12	D6	MISO
GPIO0	D3	RST

Після того, як схема буде готова, перейдіть до меню > Приклади > MFRC522 > Dumpinfo. Поміняйте номери виводів у рядочках програмного коду #define RST_PIN * та #define SS_PIN * згідно табл.1 Завантажте код до плати ESP8266. Відкрийте монітор послідовного порту. Прикладіть мітку до зчитувача та почекайте, поки не зчитуються всі дані. Структура даних мітки наведена на рис.3.2. Кожен сектор має 4 блоки, а кожен блок містить 16 байт. Тому загальний обсяг пам'яті карти 1024 байти. У нульовому блоці зберігається службова інформація. Ця інформація не перезаписується та прошита виробником.

```

Card UID: 07 E3 2D 72
Card SAK: 08
PICC type: MIFARE 1KB
Sector Block 0 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 15 AccessBits
15 63 00 00 00 00 00 00 FF 07 80 69 FF FF FF FF FF FF [ 0 0 1 ]
62 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 [ 0 0 0 ]
61 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 [ 0 0 0 ]
60 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 [ 0 0 0 ]
2 11 00 00 00 00 00 00 FF 07 80 69 FF FF FF FF FF FF [ 0 0 1 ]
10 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 [ 0 0 0 ]
9 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 [ 0 0 0 ]
8 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 [ 0 0 0 ]
1 7 00 00 00 00 00 00 FF 07 80 69 FF FF FF FF FF FF [ 0 0 1 ]
6 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 [ 0 0 0 ]
5 20 20 20 20 20 20 20 20 20 20 20 20 20 20 20 40 [ 0 0 0 ]
4 4F 6C 65 6B 73 61 6E 64 72 20 20 20 20 20 20 20 [ 0 0 0 ]
0 3 00 00 00 00 00 00 FF 07 80 69 FF FF FF FF FF FF [ 0 0 1 ]
2 20 20 20 20 20 20 20 20 20 20 20 20 20 20 20 40 [ 0 0 0 ]
1 44 75 62 69 6E 61 20 20 20 20 20 20 20 20 20 20 [ 0 0 0 ]
0 07 E3 2D 72 BB 08 04 00 62 63 64 65 66 67 68 69 [ 0 0 0 ]

```

Рис.3.2

У перших чотирьох байтах знаходиться ідентифікатор RFID мітки UID, а в байтах, що залишилися, інформація про виробника. Третій, сьомий і т.д. блоки використовувати не можна, оскільки там зберігається інформація про ключі доступу до сектора. Перші шість байтів блоку 1 містять інформацію про прізвище власника картки у шістнадцятковому вигляді, а в перших дев'яти байтах блоку 4 записано ім'я власника картки. Користуючись таблицею ASCII, з'ясуйте прізвище та ім'я власника картки.

2. Читання персональних даних RFID мітки.

Перейдіть до меню «Приклади >MFRC522 >RFID_read_personal_data». Поміняйте номери виводів у скетчі згідно табл.3.1. Завантажте код до плати ESP

Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю відповідає ДСТУ ISO 9001:2015 та ДСТУ ISO 21001:2019			Ф-22.06- 05.02/2/172.00.1/Б / ОК22-1-2026
	Випуск 1	Зміни 1	Екземпляр № 1	Арк 33 / 13

8266. Відкрийте монітор послідовного порту. Піднесіть брелок та карту до зчитувача. Ви повинні побачити в моніторі послідовного порту зображення (рис.3.3). Перевірте правильність раніше проведеного декодування прізвища та ім'я власника.

```

Read personal data on a MIFARE PICC:
**Card Detected:**
Card UID: 0A DC CB 6E
Card SAK: 08
PICC type: MIFARE 1KB
Name: TengBo
**End Reading**

**Card Detected:**
Card UID: 73 B3 3C 02
Card SAK: 08
PICC type: MIFARE 1KB
Name: TengBo
**End Reading**

```

Рис.3.3

3. Запис персональних даних на RFID мітку.

Перейдіть до меню Приклади > MFRC522 > RFID_write_personal_data. Переробіть цей скетч для запису до блоку 1 прізвища співробітника, а до блоку 4 – імені. Необхідно також додати рядки, які після успішного запису виведуть у послідовний порт повідомлення: «Запис вдало завершений, заберіть мітку». Збережіть скетч з ім'ям «RFID_write14». Запишіть на мітку своє ім'я та прізвище. Використовуючи скетч «RFID_read_personal_data», перевірте правильність запису даних на RFID мітку.

Лабораторне заняття 3. Створення системи контролю доступу на базі RFID модуля RC522.

RFID технології часто використовуються для організації доступу до приміщення за ідентифікатором мітки UID.

Порядок виконання.

1. Створення проекту системи контролю доступу до офісного приміщення з використанням RFID зчитувача RC522 (2бали).

Для групи з трьох співробітників, необхідно виготовити іменні RFID-мітки для допуску їх до офісу:

- головний інженер - синій брелок;
- інженер - жовтий брелок;
- технік - картка.

Для випуску іменних карток співробітників до офісу необхідно скористатися раніше розробленим програмним кодом «RFID_write14» і записати до блоку 1 прізвище співробітника, а до блоку 4 – ім'я. Використовуючи скетч «RFID_read_personal_data», перевірте правильність запису даних на RFID мітку.

Створіть програмний код для доступу до приміщення осіб, які володіють RFID мітками з певними UID згідно завдання, використовуючи інформацію про

Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю відповідає ДСТУ ISO 9001:2015 та ДСТУ ISO 21001:2019			Ф-22.06- 05.02/2/172.00.1/Б / ОК22-1-2026
	Випуск 1	Зміни 1	Екземпляр № 1	Арк 33 / 14

UID мітки та приклад програмного коду «RFID_rc522_Access.ino». Завантажте у контролер розроблений код і перевірте роботу проекту з виведенням результатів доступу до послідовного порту. Покажіть результат роботи проекту викладачу.

2. Використання Telegram Messenger у системі контролю доступу до офісного приміщення (3бали).

Доробіть програмний код «RFID_rc522_Access.ino» для передавання до боту «Telegram» повідомлення про результати допуску до приміщення. При цьому, необхідно забезпечити доступ до офісного приміщення лише головному інженеру з передаванням до боту «Telegram» повідомлення про авторизований доступ із вказанням прізвища особи, що отримала доступ. При намаганні доступу до цього приміщення інших осіб у «Telegram» передається повідомлення про неавторизований доступ із вказанням прізвища особи. Проведіть компіляцію розробленого коду та завантажте його у контролер. Покажіть результат роботи проекту викладачу.

Практичне заняття 4. Використання технології ESP_NOW для побудови проектів IoT.

Мікроконтролери ESP8266 та ESP32 використовують спрощений протокол WiFi для зв'язку з передачею коротких пакетів між пристроями, який отримав назву ESP-NOW. Додаткові процедури, пов'язані з підтримкою протоколу WiFi, не використовуються, що прискорює процес обміну пакетами до 250 байт корисної інформації із швидкістю передачі не більше 1 Мбіт/с. ESP-NOW підтримує зв'язок між 20 парами пристроїв з інформуванням прикладного рівня про успішність або збій передачі. Ця технологія може застосовуватися в IoT для дистанційного керування актуаторами та отримання інформації від сенсорів. Наприклад, для передавання вимірів відстані між контролерами з використанням технології ESP_NOW та відображенням даних на віддаленому моніторі.

Порядок виконання.

1. Ультразвуковий вимірювач відстані з використанням технології ESP_NOW.

Вимірювач відстані будемо реалізовувати на основі мікроконтролера ESP8266 та ультразвукового датчика HC-SR04. Передавання вимірів відстані до іншого мікроконтролера ESP8266 буде здійснюватися з використанням технології ESP_NOW та відображатися у com-порту.

Ультразвукові датчики наближення використовуються у технологіях паркування автомобілів і в системах захисту від зіткнень. Датчик має чотири виходи: VCC- живлення, Trig – керування передавачем; Echo – вихід приймача та Gnd. В основі виміру дальності до об'єкту полягає принцип ехолокації. Після отримання високого потенціалу тривалістю 10 μ s на вході Trig модуль генерує

Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю відповідає ДСТУ ISO 9001:2015 та ДСТУ ISO 21001:2019			Ф-22.06-05.02/2/172.00.1/Б / ОК22-1-2026
	Випуск 1	Зміни 1	Екземпляр № 1	

сигнал частотою 40 кГц у вигляді восьми імпульсів і встановлює високий рівень на піні Echo. Після отримання відбитого сигналу модуль встановлює низький рівень на виході Echo. Дальність розраховується на основі виміру часу, витраченого на проходження звуку від датчика до об'єкта та у зворотному напрямі. Ультразвуковий сигнал поширюється широко спрямованою хвилею 30°. Найбільш ефективний кут виміру 15°. Датчик вимірює відстань від 0,02 до 4 м з точністю $\pm 0,3$ см. У проектах IoT ультразвукові датчики також використовують для віддаленого вимірювання відстані та при створенні автономних систем позиціонування з віддаленим передаванням вимірів відстані між контролерами з використанням технології ESP_NOW.

Підключаємо датчик до плати ESP8266 наступним чином: вихід VCC – до +3V, Trig – до Gpio 13, Echo – до Gpio 12, Gnd з'єднайте з Gnd.

2. Написання програмного коду для передавальної і приймальної сторони з використанням технології ESP_NOW. Використовуючи приклад вбудованої бібліотеки датчика HC-SR04 та приклади написання коду для передавальної і приймальної сторони з використанням технології ESP_NOW (<https://RandomNerdTutorials.com/esp-now-esp8266-nodemcu-arduino-ide/>), напишіть програмний код проекту ультразвукового вимірювача відстані HC-SR04 з виведенням даних вимірів відстані у віддалений com-порт. Проведіть компіляцію розроблених скетчів з ім'ям «Send.ino», «Resive.ino».

Завантажте розроблені скетчі у контролери передавальної та приймальної сторін. Результати вимірів відстані будуть виводиться у монітор послідовного порту на приймальній стороні, а підтвердження про успішність або збій передачі буде відображатися у моніторі послідовного порту на передавальній стороні. Продемонструйте роботу проекту викладачу.

Лабораторне заняття 4. Використання технології ESP_NOW для створення сенсорної мережі.

Порядок виконання.

1. Відображення вимірів відстані на віддаленому OLED дисплеї (2бали).

Доробіть програмний код приймача «Resive.ino» для виведення вимірів відстані у сантиметрах на зовнішній OLED дисплей SSD1306_128x32. Необхідні бібліотеки та фрагменти програмного коду для виведення інформації на цей дисплей візьміть з раніше розробленого коду «Time.ino» для відображення поточного часу на OLED дисплеї.

Проведіть компіляцію розробленого скетчу з ім'ям «1306_resive.ino» та перевірте працездатність проекту.

2. Командою у складі трьох осіб розробіть IoT- проект, у якому з двох вузлів сенсорної мережі надсилатимуться показники датчиків DHT11, з використанням протоколу ESP-NOW, на один приймач ESP8266. На приймальному вузлі мережі виміри датчиків DHT11 повинні відображатися на локальній вебсторінці (3бали).

Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю відповідає ДСТУ ISO 9001:2015 та ДСТУ ISO 21001:2019			Ф-22.06- 05.02/2/172.00.1/Б / ОК22-1-2026
	Випуск 1	Зміни 1	Екземпляр № 1	

Для розробки проекту скористайтесь прикладом за посиланням:

<https://randomnerdtutorials.com/esp8266-esp-now-wi-fi-web-server/>

Закоментуйте всі рядочки, що пов'язані із датчиком BME 280 та додайте до коду передавачів необхідні рядки для роботи із датчиком DHT11. Локальну веб-сторінку із показниками вимірів двох плат можна відображати на екрані ноутбуку або мобільного телефону. Продемонструйте роботу проекту викладачу.

Практичне заняття 5. Використання радіомодулів NRF24L01 для створення локальної сенсорної мережі.

При розробці електронних пристроїв нерідко виникає потреба в передачі даних на деяку відстань, наприклад, виміри вуличного датчика температури необхідно передати до засобу відображення, що знаходиться у приміщенні. У цих випадках зручно використовувати радіомодулі NRF24L01, що працюють в ISM діапазоні частот. Модуль NRF24L01 можливо використати при створенні системи бездротового доступу, мережевої системи збору даних, бездротової системи охорони, спостереження і моніторингу та ін. Модуль має 125 частотних каналів, що розміщені у діапазоні від 2,4 ГГц до 2,525 ГГц з кроком 1МГц. На одному частотному каналі одночасно можуть працювати 7 пристроїв (1 приймач і 6 передавачів) з різними адресами. Тобто функціонально радіомодуль NRF24L01 передбачає можливість організації міні-мережі. Один радіомодуль NRF24L01 буде приймати на одному частотному каналі відразу сигнали шести передавачів, що містять виміри різних датчиків.

Порядок виконання.

1. Підключення радіомодуля NRF24L01. Радіомодуль NRF24L01 живиться напругою 3,3В та підключається до мікроконтролера по інтерфейсу SPI (рис.5.1).

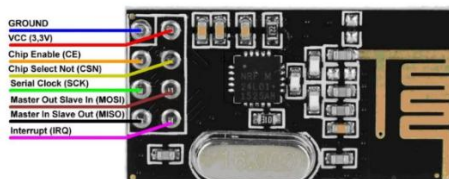


Рис.5.1

Для роботи з модулем NRF24L01 знадобиться бібліотека RF24. Для підключення бібліотеки зайдіть в «Скетч» > «Підключити бібліотеку» та натисніть «Додати Zip-бібліотеку...» і завантажте бібліотеку. Підключіть виводи модуля NRF24L01 до ESP 8266, використовуючи табл.5.1.

2. Створення скетчу для передавання вимірів датчика температури та вологості DHT11. Завантажте в середовище Arduino IDE приклад коду для передачі даних з використанням плати ESP 8266:

```
#include <nRF24L01.h>; // Файл конфігурації для бібліотеки RF24
#include <RF24.h>; // Бібліотека для роботи з модулем NRF24L01
```

Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю відповідає ДСТУ ISO 9001:2015 та ДСТУ ISO 21001:2019			Ф-22.06- 05.02/2/172.00.1/Б / ОК22-1-2026
	Випуск 1	Зміни 1	Екземпляр № 1	Арк 33 / 17

```
#include <RF24_config.h>
#include <SPI.h>; // Бібліотека для роботи із шиною SPI
#include "DHT.h"
#define DHTTYPE DHT22// DHT 22
uint8_t DHTPin =16;
DHT dht (DHTPin,DHTTYPE);
#define PIN_CE 1 // Номер піна, до якого підключено CE радіомодуля
#define PIN_CSN 3 // Номер піна, до якого підключено CSN радіомодуля
RF24 radio(PIN_CE, PIN_CSN); // Створюємо об'єкт radio
float DHT_value[2]; // Масив для передачі даних датчика
```

Таблиця 5.1 – Підключення NRF24L01

ESP8266		NRF
GPIO02	D4	CE
GPIO14	D5	SCK
GPIO13	D7	MOSI
GPIO12	D6	MISO
GPIO4	D2	CSN
	3,3v	VCC
	GND	GND

```
void setup() {
  Serial.begin(9600); // Ініціалізація серійного порту
  delay(100);
  pinMode(DHTPin, INPUT);
  dht.begin(); // Ініціалізація DHT
  SPI.begin(); // Ініціалізація SPI
  radio.begin(); // Ініціалізація NRF24L01
  radio.setChannel(5); // Обмін даними на п'ятому каналі (2,405 ГГц)
  radio.setDataRate (RF24_1MBPS); // Швидкість обміну даними 1 Мбіт/сек
  radio.setPALevel(RF24_PA_HIGH); // Обираємо високу потужність передавача
  radio.openWritingPipe (0x7878787878LL); // Відкриття каналу з унікальним ID
  delay(1000); }

void loop() {
  DHT_value[0] = dht.readTemperature(); // Отримання
  DHT_value[1] = dht.readHumidity(); // вимірів
```

Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю відповідає ДСТУ ISO 9001:2015 та ДСТУ ISO 21001:2019			Ф-22.06- 05.02/2/172.00.1/Б / ОК22-1-2026
	Випуск 1	Зміни 1	Екземпляр № 1	Арк 33 / 18

```
radio.write(DHT_value, sizeof(DHT_value)); // Передача по радіоканалу
// Виведення у послідовний порт
Serial.print("t="); Serial.print(DHT_value[0]); Serial.println("°C");
Serial.print("h="); Serial.print(DHT_value[1]); Serial.println("%");
delay(1000); }
```

Переробіть цей код для випадку підключення виводів модуля NRF24L01 к ESP8266 згідно табл.5.1. та використання датчика DHT11, який підключений до GPIO5. Збережіть скетч «TRnRF.ino» та перевірте його правильність шляхом компіляції.

3. Створення скетчу для приймання вимірів датчика DHT11. Підключіть виводи другого модуля NRF24L01 к іншому контролеру ESP 8266. Завантажте в середовище Arduino IDE приклад коду для приймання даних з використанням плати ESP 8266 та переробіть цей код для випадку підключення виводів модуля NRF24L01 к ESP 8266 згідно табл.5.1:

```
#include <nRF24L01.h>
#include <RF24.h>
#include <RF24_config.h>
#include <SPI.h>;
#define PIN_CE 1 // Номер піна, до якого підключено CE радіомодуля
#define PIN_CSN 3 // Номер піна, до якого підключено CSN радіомодуля
RF24 radio(PIN_CE, PIN_CSN);
float DHT_value[2];

void setup() {
  Serial.begin(9600);
  radio.begin();
  radio.setChannel(5);
  radio.setDataRate (RF24_1MBPS);
  radio.openReadingPipe(1, 0x7878787878LL);
  radio.startListening(); // Починаємо слухати канал
}

void loop() {
  if (radio.available()) { // Перевірка надходження даних по радіоканалу
    radio.read(&DHT_value, sizeof(DHT_value)); // Читання даних
    Serial.print("Temperature="); Serial.print(DHT_value[0]); Serial.println("°C");
    Serial.print("Humidity="); Serial.print(DHT_value[1]); Serial.println("%");
    delay(1000); }}
```

Збережіть скетч "RRF24.ino" та перевірте його правильність шляхом компіляції.

Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю відповідає ДСТУ ISO 9001:2015 та ДСТУ ISO 21001:2019			Ф-22.06- 05.02/2/172.00.1/Б / ОК22-1-2026
	Випуск 1	Зміни 1	Екземпляр № 1	Арк 33 / 19

Після завантаження скетчів у плати, відкрийте монітор послідовного порту. Якщо все зроблено правильно, то у моніторі послідовного порту передавача та приймача повинні виводитися однакові виміри датчика DHT11. Продемонструйте працездатність розробленого проекту викладачу.

Лабораторне заняття 5. Створення шлюзу бездротової сенсорної мережі на базі радіомодулів nRF24L01 для передавання даних до хмарного сервісу ThingSpeak.

На основі радіомодулів NRF24L01 можливо організувати локальну сенсорну мережу, у якій один радіомодуль NRF24L01 виконує функції центрального вузла і приймає сигнали від шести передавачів кінцевих вузлів, що містять виміри різних датчиків. Однак ця бездротова сенсорна мережа не підтримує протокол IP, а використовує власний протокол взаємодії. Тому для виходу у глобальну мережу Інтернет центральний вузол повинен мати інтернет-шлюз, який перетворює зовнішні запити у формат запиту до специфічного API радіомодулю, підключеного до цього шлюзу. Інтернет-шлюз, при бездротовій технології передачі даних, має приємо - передавач, сумісний з сенсорною мережею та мікроконтролер, що має доступ до глобальної бездротової мережі Інтернет і виконує функції перетворення пакетів однієї мережі в формат іншої.

ThingSpeak - це хмарна платформа IoT, яка дозволяє збирати, відображати та аналізувати поточкові дані. Зберігання даних у хмарі забезпечує швидкий доступ до них. ThingSpeak дозволяє будувати IoT-системи без налаштування серверів та розробки веб-додатків.

Порядок виконання.

1. Використання хмарного сервісу ThingSpeak для віддаленого добового контролю якості повітря у приміщенні (2бали).

Для дистанційного моніторингу стану повітря у приміщенні будемо використовувати датчик температури та вологості DHT11 та датчик MQ-2. Проект будемо реалізовувати на базі мікроконтролера ESP8266 з графічним відображенням зміни контрольованих параметрів у хмарній платформі IoT “ThingSpeak”.

Для створення проекту можна скористатися прикладом “ Sending Multiple Fields (Temperature, Humidity, and Pressure) ” передавання даних у хмарну платформу IoT “ThingSpeak” за посиланням:

<https://randomnerdtutorials.com/esp8266-nodemcu-thingspeak-publish-arduino/> .

Доробіть цей скетч для передавання замість параметра «Pressure» показників CO у ppm датчика MQ-2.

Зайдіть у свій акаунт ThingSpeak та створіть канали для виведення вимірів вологості DHT11 та CO у ppm датчика MQ-2.

Проведіть компіляцію створеного скетчу "TS_ Quality.ino" та після успішної компіляції завантажте у контролер для перевірки працездатності

Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю відповідає ДСТУ ISO 9001:2015 та ДСТУ ISO 21001:2019			Ф-22.06- 05.02/2/172.00.1/Б / ОК22-1-2026
	Випуск 1	Зміни 1	Екземпляр № 1	Арк 33 / 20

розробленого проекту. Відкрийте свій обліковий запис «Thingspeak Account» і перейдіть до приватного перегляду. Покажіть викладачу, що дані вимірів у «Thingspeak Account» співпали з тими, що передавалися.

2. Створення шлюзу на базі мікроконтролера ESP8266 з використанням радіомодулів NRF24L01 (3бали).

Використовуючи розроблений скетч "TS_ Quality.ino" розробіть проект із створення шлюзу на базі мікроконтролера ESP8266 для підключення до мережі інтернет з метою передавання прийнятих даних у хмарний сервіс “ThigSpeak” з використанням радіомодулів NRF24L01.

Додайте до скетчу "RRF24.ino" рядки для передавання даних вимірів якості повітря у хмарний сервіс “ThigSpeak”. Збережіть скетч "Shluz.ino".

Для перевірки працездатності розробленого проекту шлюзу завантажте скетчі "TRF24.ino" та "Shluz.ino" до мікроконтролерів ESP8266 на боці передавача та приймача радіолінії.

Відкрийте свій обліковий запис «Thingspeak Account» і перейдіть до приватного перегляду. Покажіть викладачу графічні залежності вимірів якості повітря у часі на сервер Thingspeak.

Практичне заняття 6. IoT - проекти з використанням Web- камери на базі модуля ESP32-CAM.

Модуль ESP32-CAM поєднує плату для розробки ESP32 і камеру OV2640 2MP. Завдяки тому, що в плату вбудована камера, такий пристрій можна використовувати як відеокамеру систем спостереження з функцією розпізнавання обличчя, фотофіксації та багатьох інших цілей. Плата підтримує зв'язок через Bluetooth та WiFi, має слот для картки пам'яті SD об'ємом до 4 Гб. Модуль має два вбудовані світлодіоди білого та червоного кольору. Білий світлодіод підключений до GPIO4 і може використовуватися як спалах. Червоний світлодіод знаходиться на зворотньому боці плати і підключений до GPIO33. Для програмування модуля ESP32-CAM у середовищі Arduino IDE необхідно використовувати плату ESP32-CAM- MB.

Порядок виконання.

1. Встановлення плати ESP32-CAM в середовищі Arduino IDE і перевірка її працездатності.

Виберіть пункт меню «Файл» > «Параметри». У вікні заповніть поле «Додаткові посилання для Менеджера плат», ввівши в нього рядок: https://dl.espressif.com/dl/package_esp32_index.json і натисніть кнопку «ОК».

Запустіть «Менеджер плат», вибравши пункт «Інструменти» > «Плата» > «Менеджер плат». У вікні "Менеджер плат" введіть у пошуку "ESP32" і натисніть кнопку "Установка" для "ESP32 by Espressif Systems". Після успішного встановлення, у списку, навпроти назви "ESP32 by Espressif Systems" з'явиться

Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю відповідає ДСТУ ISO 9001:2015 та ДСТУ ISO 21001:2019			Ф-22.06- 05.02/2/172.00.1/Б / ОК22-1-2026
	Випуск 1	Зміни 1	Екземпляр № 1	Арк 33 / 21

фраза "INSTALLED". Закрийте «Менеджер плат», натиснувши кнопку «Закрити». На цьому налаштування Arduino IDE для роботи з платами і ESP32 завершено. Тепер у списку плат є розділ «ESP32». Підключіть модуль ESP32-CAM до плати ESP32-CAM-MB (рис.6.1).



Рис.6.1 – Підключення ESP32-CAM

В менеджері плат виберіть плату AI_THINKER ESP32 – CAM. Відкрийте в Arduino IDE приклад роботи з камерою ESP32 — CameraWebServer. У програмному коді виберіть модель камери шляхом розкоментування потрібної моделі: `#define CAMERA_MODEL_AI_THINKER // Has PSRAM`. Вставте облікові дані мережі (SSID і пароль) для підключення по Wi-Fi.

Завантажте програмний код у мікроконтролер і відкрийте Serial Monitor. На екрані з'являться рядки, що сигналізують про успішне підключення до мережі Wi-Fi: Camera Ready! Use 'http://192.168.43.198' to connect. Перейдіть в браузері за вказаною IP-адресою, щоб побачити результат роботи програми. Після натискання кнопки Start Stream на екрані з'явиться зображення з OV2640.

За допомогою веб-сервера, який відображає потокове відео від ESP32-CAM можливо керувати возиком дистанційно, навіть якщо він поза вашим полем зору. Перевірте роботу проекту «ESP32-CAM Remote Controlled Car Robot Web Server» за посиланням: <https://randomnerdtutorials.com/esp32-cam-car-robot-web-server/>.

2. Керування ESP32-CAM та передавання фотографій у бот «Telegram».

Для реалізації проекту скористаємося ресурсом: «Telegram: ESP32-CAM Take and Send Photo» (<https://randomnerdtutorials.com/telegram-esp32-cam-photo-arduino/>), який передбачає створення бота Telegram для ESP32-CAM, що відповідає на три команди:

/start - надсилає вітальне повідомлення з командами керування платою ESP32-CAM;

/photo - ESP32-CAM робить нову фотографію та надсилає її до чат боту Telegram;

/flash - вмикає світлодіодний спалах ESP32-CAM.

Вставте свої облікові дані мережі (ssid і password), BOTtoken Telegram і ідентифікатор користувача CHAT_ID Telegram. ESP32-CAM відповідатиме лише на повідомлення, що надходять з ідентифікатора вашого облікового запису Telegram.

Завантажте програмний код у мікроконтролер та відкрийте Serial Monitor. На екрані з'являться рядки, що сигналізують про успішне підключення до мережі Wi-Fi. Перейдіть до свого боту і почніть спілкування з ним з команди /start.

Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю відповідає ДСТУ ISO 9001:2015 та ДСТУ ISO 21001:2019			Ф-22.06- 05.02/2/172.00.1/Б / ОК22-1-2026
	Випуск 1	Зміни 1	Екземпляр № 1	Арк 33 / 22

Ввімкніть світлодіодний спалах ESP32-CAM, надіславши боту команду /flash. Надішліть боту команду /photo і отримайте зображення камери у своєму чаті боті. Вимкніть світлодіодний спалах ESP32-CAM повторним надсиланням боту команди /flash.

3. Передавання фотографій у бот «Telegram» при спрацюванні датчика руху.

Для реалізації проекту скористаємося ресурсом: «ESP32-CAM with Telegram: Take Photos, Control Outputs, Request Sensor Readings and Motion Notifications» (<https://randomnerdtutorials.com/esp32-cam-shield-pcb-telegram/>). У цьому проекті ESP32-CAM автоматично фотографує та надсилає фотографію у бот Telegram при спрацюванні датчика руху.

Завантажте код до Arduino IDE. Вставте у код облікові дані мережі (ssid і password), BOTtoken Telegram і ваш ідентифікатор користувача CHAT_ID Telegram. Видаліть усі рядки, що пов'язані з вимірами датчика BME 280. Підключіть вихід датчика руху до GPIO, який прописаний у програмному коді, та подайте живлення з виходу контролера 3,3В. Завантажте програмний код у мікроконтролер. Відкрийте Serial Monitor. Після появи на екрані повідомлення про успішне підключення до мережі Wi-Fi, перейдіть до боту і почніть спілкування з ним з команди /start. Після імітації руху відбувається автоматичне фотографування з відправленням повідомлення про спрацювання датчика руху разом із отриманою фотографією. Покажіть результат роботи проекту викладачу.

Лабораторне заняття 6. Використання технології BLE для реалізації IoT-проектів.

У мікроконтролері ESP32 є два інтегрованих модулі Bluetooth: стандартний Bluetooth і Bluetooth Low Energy.

Порядок виконання.

1. Дистанційне керування регулятором температури з використанням технології BLE (2бали).

Розглянемо приклад обміну даними між платою ESP32 і мобільним телефоном за допомогою стандартного модуля Bluetooth. Для відправки та отримання даних необхідно встановити у мобільному телефоні термінальний додаток Bluetooth, наприклад – «Serial Bluetooth Terminal».

Завантажте у плату ESP32 код «ESP32_CamDio_BLE.ino». Скетч працює наступним чином - якщо з терміналу Android програми відправити 1, то на платі ESP32 загориться світлодіод, а якщо відправити 0, то світлодіод згасне. В «Serial Bluetooth Terminal» буде виводиться текст підтвердження виконання операції. Для роботи програми підключіть бібліотеку «Bluetooth Serial.h» через менеджер бібліотек. Включіть Bluetooth у смартфоні. Виберіть у «Налагодженнях Bluetooth» ім'я пристрою, до якого треба приєднатися. Відкрийте додаток «Serial Bluetooth Terminal» і підключіться до нового устаткування з відповідним ім'ям.

Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю відповідає ДСТУ ISO 9001:2015 та ДСТУ ISO 21001:2019			Ф-22.06- 05.02/2/172.00.1/Б / ОК22-1-2026
	Випуск 1	Зміни 1	Екземпляр № 1	Арк 33 / 23

Після з'єднання з платою можна відправляти 0 або 1, при цьому світлодіод на платі ESP32 буде загорятися або гаснути, а в «Serial Bluetooth Terminal» буде виводиться текст підтвердження виконання операції. Для контролю стану виходу ESP32 використовувався світлодіод, але можна адаптувати створений код для керування будь-яким пристроєм. Наприклад, реле, яке буде вмикати підігрів, якщо температура у приміщенні менше ніж потрібно. При цьому команду керування світлодіодом можна використовувати для запиту значення температури і вологості у приміщенні. Доробіть цей програмний код для використання датчика DHT11 у проекті «Дистанційне керування регулятором температури», результат роботи якого наведений на рис. 6.2.

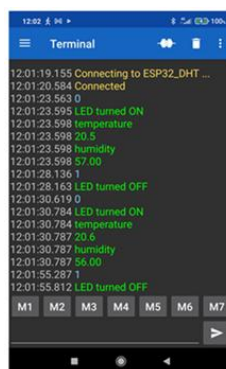


Рис.6.2

Після завантаження програмного коду від'єднайте модуль від плати ESP32-CAM- MB. Живлення модуля здійснювати від зовнішнього джерела живлення з підключенням до входу 5V ESP32-CAM. Покажіть роботу проекту викладачу.

2. Дистанційне керування возиком з використанням технології BLE (Збали).

Використовуючи попередній програмний код, розробіть IoT-проект керування возиком, що оснащений модулем ESP32CAM через мобільний додаток Bluetooth. При цьому у програмний код потрібно додати рядки формування команд керування драйвером моторів L298N з прикладу: <https://randomnerdtutorials.com/esp32-cam-car-robot-web-server/>.

Також треба забезпечити вмиканням спалаху при русі у будь-якому напрямі та вмиканням червоного світлодіоду при русі назад та зупинці. Завантажте програмний код у мікроконтролер та продемонструйте роботу проекту викладачу.

Практичне заняття 7. Створення проекту дистанційного керування та передавання даних з використанням MQTT брокера.

MQTT (Message Queuing Telemetry Transport) – це легкий протокол обміну даними, розроблений для роботи в умовах обмежених ресурсів, таких як низька пропускна здатність мережі, висока затримка або ненадійне з'єднання. Його часто використовують у проектах IoT, де необхідно передавати дані від датчиків чи пристроїв до серверів або для керування актуаторами.

Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю відповідає ДСТУ ISO 9001:2015 та ДСТУ ISO 21001:2019			Ф-22.06-05.02/2/172.00.1/Б / ОК22-1-2026
	Випуск 1	Зміни 1	Екземпляр № 1	

Порядок виконання.

1. IoT- проект передавання вимірів датчика DHT11 та керування вбудованим діодом ESP8266 через MQTT брокер.

Використовуючи безкоштовний сервіс HiveMQ Cloud, створіть власний MQTT брокер за посиланням: <https://www.hivemq.com/products/mqtt-cloud-broker/>. Зареєструйтеся на сайті, після реєстрації натисніть «Create» та створіть брокер. Перейдіть в «Access Management» та створіть нового користувача.

У середовищі Arduino IDE встановіть бібліотеку “PubSubClient.h”. Додайте у програмний код “MQTT_ESP8266.ino” необхідні налаштування мережі та брокера. Завантажте програмний код у контролер. У послідовному порті спостерігайте процес передавання повідомлень брокеру.

Підключіться до хмарного кластера HiveMQ за допомогою своїх облікових даних через опцію “Web_Client”, натиснувши “Connect”. Підпишіться на топик “esp8266/test”. У полі “Messages” повинні з’явитися повідомлення від брокера з обраним топиком. Введіть у полі “Send Message” ім’я топика та у полі “Message” повідомлення, яке передається, наприклад, цифри 0 та 1. У послідовному порті спостерігайте процес приймання повідомлень від брокера.

Користуючись кодом “MQTT_ESP8266.ino”, або прикладом створення і підписки на топіки вбудованої бібліотеки “mqtt_ESP8266.ino” розробіть IoT-проект надсилання топиків із даними вимірів датчика DHT11 у брокер HiveMQ Cloud та керування вбудованим діодом ESP8266 шляхом підписки на топик.

2. Налаштування мобільного додатку “IoT_MQTT_panel” для дистанційного керування та передавання даних через MQTT брокер.

Для отримання практичних навичок використання сучасних бездротових технологій IoT будемо використовувати розроблений компанією Certa шлюз GSMGATE. Шлюз призначений для віддаленого моніторингу та керування приладами, які працюють в локальній мережі RS-485. Обмін даними здійснюється через MQTT брокер з використанням стандарту GPRS мобільного зв’язку GSM. Компанія Certa також розробила і надала для проведення досліджень спеціальні стенди, до складу яких, окрім обладнання шлюзу GSMGATE, входить певний набір сенсорів та актуаторів. Дані для підключення до брокерів наведені у табл.7.1, а перелік топиків – у табл.7.2.

Створіть “Dashboard” з ім’ям, наприклад, GSMGate. Підключіться до брокера (див.рис.7.1), який відповідає назві стенду, використовуючи параметри табл.7.1. Після підключення до брокера у панелі “Connections” натисніть на іконку  для активації кнопки «ADD A PANEL» (див. рис.7.2). Натисніть кнопку “ADD A PANEL” та зі списку елементів оберіть потрібний віджет, наприклад, “Gauge” (див. рис.7.3). Налаштуйте його для відображення топика, наприклад, температури, що обирається з переліка, який наведений у табл.7.2. та натисніть “CREATE”.

Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю відповідає ДСТУ ISO 9001:2015 та ДСТУ ISO 21001:2019			Ф-22.06- 05.02/2/172.00.1/Б / ОК22-1-2026
	Випуск 1	Зміни 1	Екземпляр № 1	Арк 33 / 25

Таблиця 7.1 – Облікові дані для підключення до брокерів

Назва стенду	GSMGate №0090	GSMGate №0091	GSMGate №0092
Адреса брокера	mqtt1.certa.net.ua	mqtt1.certa.net.ua	mqtt1.certa.net.ua
Порт	1883	1883	1883
Ім'я користувача	G005a-1	G005b-1	G005c-1
Пароль	0pLnsCAud	Plm9ostdj	U2wQrGDZL
Клієнт ID	G005a-1	G005b-1	G005c-1
Топік	G005a/#	G005b/#	G005c/#

Таблиця 7.2 – Перелік топіків стендів

Топік	Опис
G005n/user/pub/in/in_0	Кнопка 1
G005n/user/pub/in/in_1	Кнопка 2
G005n/user/pub/in/in_2	Перемикач
G005n/user/pub/in/in_3	Датчик руху
G005n/user/pub/cl/cl_0	Динамік
G005n/user/pub/cl/cl_1	Світлодіод 1
G005n/user/pub/cl/cl_2	Світлодіод 2
G005n/user/pub/cl/cl_3	Світлодіод 3
G005n/user/pub/ir/ir_0	Напруга датчика MQ7(CO), В
G005n/user/pub/ir/ir_1	Значення температури (C)
G005n/user/pub/ir/ir_2	Значення вологості (%)
G005n/user/pub/ir/ir_3	Значення освітлення (lux)
n – набуває значень a, b, c відповідно стенду.	

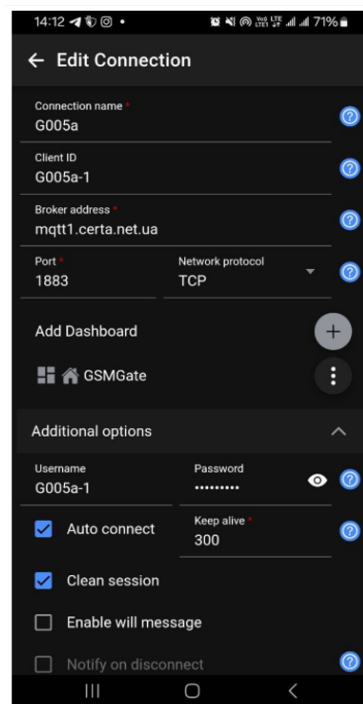


Рис. 7.1

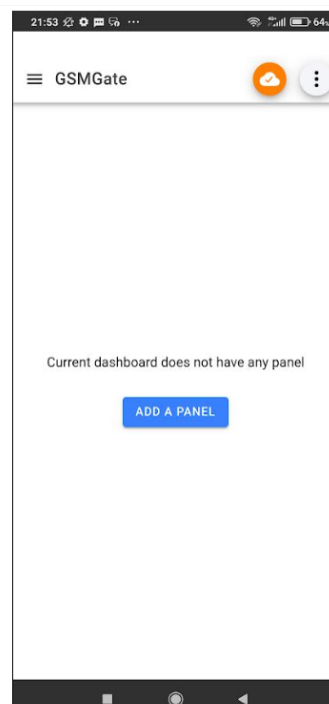


Рис. 7.2

Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю відповідає ДСТУ ISO 9001:2015 та ДСТУ ISO 21001:2019			Ф-22.06-05.02/2/172.00.1/Б / ОК22-1-2026
	Випуск 1	Зміни 1	Екземпляр № 1	

Підпишіться на один із наборів топіків:

варіант1: кнопка1, світлодіод1, датчик MQ7;

варіант2: кнопка2, світлодіод2, датчик температури;

варіант 3: датчик руху, світлодіод 3, датчик вологості.

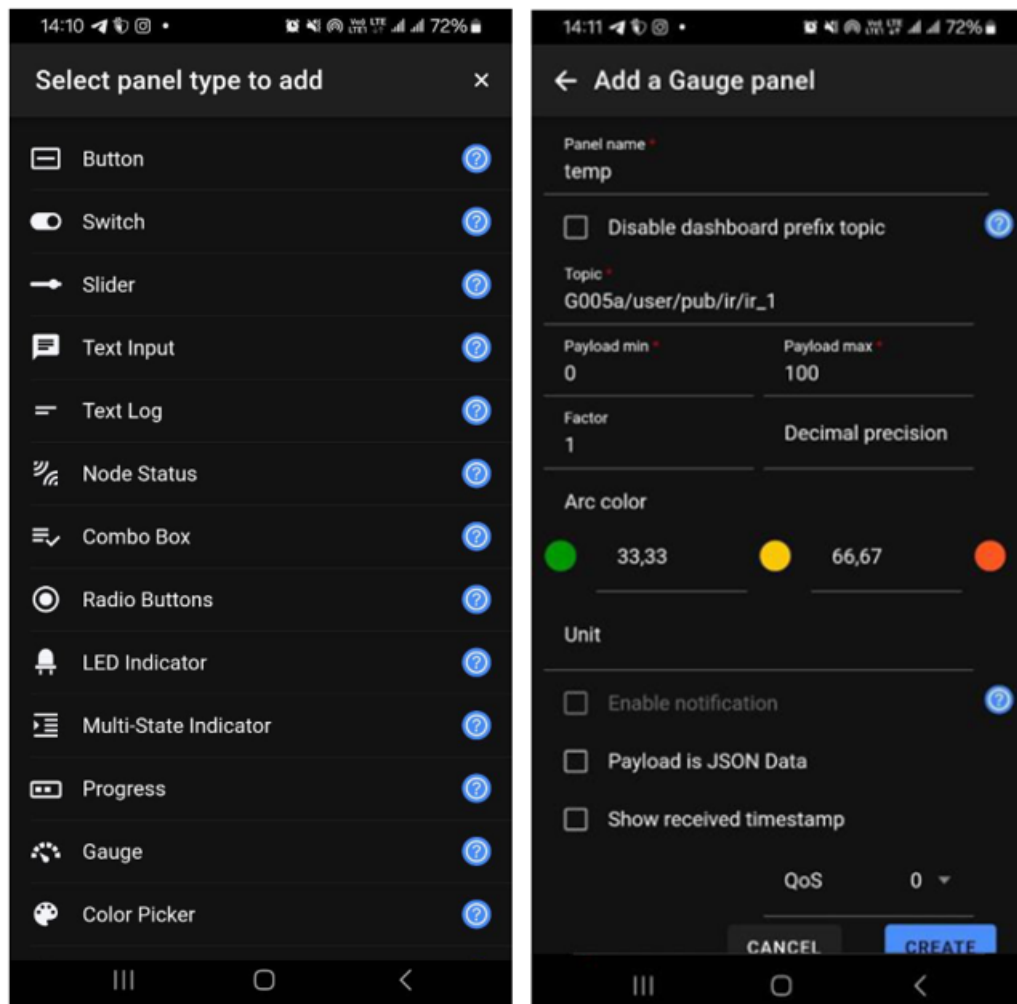


Рис. 7.3

Після успішного налаштування на екрані мають відображатися дані обраного датчика, наприклад, температури, що показано на рис.7.4.

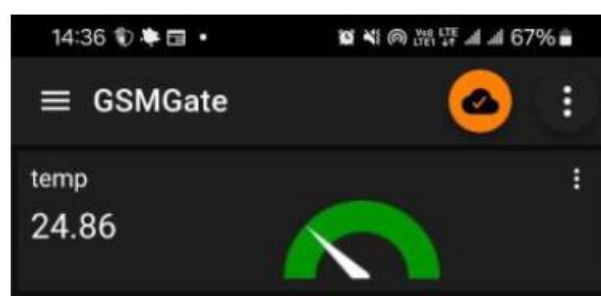


Рис. 7.4

Продемонструйте викладачу роботу проекту згідно обраного варіанту підписки на топіки.

Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю відповідає ДСТУ ISO 9001:2015 та ДСТУ ISO 21001:2019			Ф-22.06- 05.02/2/172.00.1/Б / ОК22-1-2026
	Випуск 1	Зміни 1	Екземпляр № 1	Арк 33 / 27

Лабораторне заняття 7. Віддалене керування через вебсервер з використанням радіомодулів nRF24L01.

При розробці електронних пристроїв нерідко виникає потреба в бездротовому передаванні команд керування на деяку відстань, наприклад керування возиком із камерою. Модуль NFR24L01 із додатковим підсилювачем потужності та зовнішньою SMA антеною забезпечує дальність зв'язку до 1 км.

Порядок виконання.

Робота виконується командою у складі двох студентів. Один із студентів створює програмний код для радіопередавального модуля, а інший – для радіоприймального модуля системи дистанційного керування. Кожний студент отримує 5 балів за успішне виконання своєї частини проекту.

1. Створення радіопередавального модуля системи дистанційного керування.

Для створення коду, що дозволяє формувати п'ять команд керування “Forward”, “Backward”, “Left”, “Right”, “Stop” через веб-сторінку плати ESP8266 можливо взяти за основу проект автора Rui Santosa за посиланням:

<https://randomnerdtutorials.com/esp8266-web-server/>

Переробіть цей код для формування п'яти команд. Підключіть до плати ESP8266 радіомодуль NRF24L01. Радіомодуль NRF24L01 живиться напругою 3,3В та підключається до мікроконтролеру по інтерфейсу SPI (рис.5.1).

Для роботи з модулем NRF24L01 знадобиться бібліотека RF24. Якщо раніше бібліотека не була встановлена, то для підключення бібліотеки зайдіть в «Скетч» > «Підключити бібліотеку» та натисніть «Добавити Zip-бібліотеку...» і завантажте бібліотеку. Підключіть виводи модуля NRF24L01 до ESP 8266, використовуючи табл.5.1. Більш детально з порядком налагодження та використання радіомодуля NRF24L01 можна ознайомитись за посиланням: <https://randomnerdtutorials.com/nrf24l01-2-4ghz-rf-transceiver-module-with-arduino/#more-10220>.

Додайте до коду керування через веб-сторінку рядочки для передавання радіомодулем NRF24L01 команд керування, з виведенням надісланої з веб-сторінки команди у послідовний порт контролера передавача. Перевірте правильність створеного коду, провівши компіляцію.

2. Створення радіоприймального модуля системи дистанційного керування.

Підключіть виводи другого модуля NRF24L01 к іншому контролеру ESP8266. При цьому вихід радіомодуля CE підключіть до GPIO 0 (D3 плати ESP 8266). Розробіть програмний код для приймання команд керування та виведення прийнятих команд у монітор послідовного порту і відображенням на зовнішньому OLED дисплеї SSD1306_128x32. Перевірте правильність створеного коду, провівши компіляцію.

Після завантаження скетчів у плати, відкрийте монітори послідовних портів для контролю роботи проекту. Якщо все зроблено правильно, то при виборі

Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю відповідає ДСТУ ISO 9001:2015 та ДСТУ ISO 21001:2019			Ф-22.06- 05.02/2/172.00.1/Б / ОК22-1-2026
	Випуск 1	Зміни 1	Екземпляр № 1	Арк 33 / 28

команди на веб сторінці у монітор послідовного порту передавача та приймача буде виведено найменування сформованої команди. На приймальному кінці блакитний світлодіод буде світитися постійно, а вимикатися буде лише при надходженні прийнятих даних по SPI. Для візуального контролю потрібно додати до коду затримку на 1с. Проект вважається завершеним, якщо на зовнішньому OLED дисплеї буде відображатися команда, що обирається на веб сторінці і передається по радіолінії керування. Продемонструйте роботу проекту викладачу.

Практичне заняття 8. Створення пристрою вимірювання концентрації чадного газу у повітрі з використанням аналогового датчика MQ-2.

Порядок виконання.

1. Алгоритм розрахунку концентрації чадного газу.

Датчик серії MQ-2 використовує невеликий нагрівач всередині з електрохімічним датчиком для вимірювання різних видів комбінації газів. Датчик газу MQ2 змінює значення внутрішнього опору R_S відповідно до концентрації газу. Схематично датчик зображено на рис. 8.1. Послідовно з сенсором включається змінний резистор навантаження R_L , який забезпечує регулювання чутливості датчика, опір якого змінюється від 2кОм до 47 кОм.

Нагрівальний елемент всередині датчика MQ-2 підключається до зовнішнього джерела живлення. Для визначення внутрішнього опору сенсора R_S необхідно врахувати, що вихід модуля датчика фактично являє дільник напруги джерела живлення V_{in} , який створюється опором датчика R_S та послідовним включенням резистора навантаження R_L . Розглянемо порядок розрахунку концентрації чадного газу в частці на мільйон (ppm).

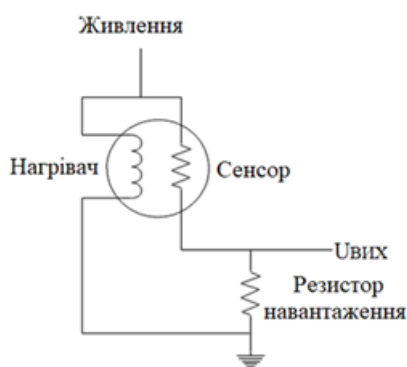


Рис. 8.1

Оскільки значення резистору навантаження R_L відоме і стало, то на основі виміряного значення вихідної напруги датчика V_{out} , можна розрахувати опір датчика R_S :

$$R_S = \left(\frac{V_{in}}{V_{out}} - 1 \right) \cdot R_L. \quad (1)$$

На рис. 8.2 зображено графік, що показує концентрацію газу в ppm від відношення опорів RS/R_0 , де R_0 – опір датчика у чистому повітрі. Отже для визначення концентрації чадного газу необхідно визначити значення опорів R_0 датчика у чистому повітрі. Для цього за допомогою мультиметру виміряли опір резистору навантаження на платі датчика MQ-2, який становив $RL = 2\text{кОм}$. Далі датчик був підключений до джерела живлення $V_{in} = 3,3\text{В}$ та залишений на прогрівання у середовищі з чистим повітрям протягом однієї години.

Через одну годину було виміряно напругу на виході датчику, яка становила $V_{out} = 0,091\text{В}$. Було розраховано опір сенсора RS за виразом (1):

$$RS = \left(\frac{3,3}{0,091} - 1 \right) \cdot 2 = 70,5\text{кОм}.$$

З рис. 8.2 видно, що у чистому повітрі відношення $RS/R_0 = 9,8$. Тоді значення опорів R_0 у чистому повітрі:

$$R_0 = \frac{RS}{9,8} = \frac{70,5}{9,8} = 7,2\text{кОм}.$$

При відомому значенні опорів датчика R_0 у чистому повітрі можна, згідно рис. 8.2, визначити значення концентрації газу, яке відповідає розрахованому відношенню виміряного значення внутрішнього опорів датчика RS до опорів датчика у чистому повітрі R_0 .

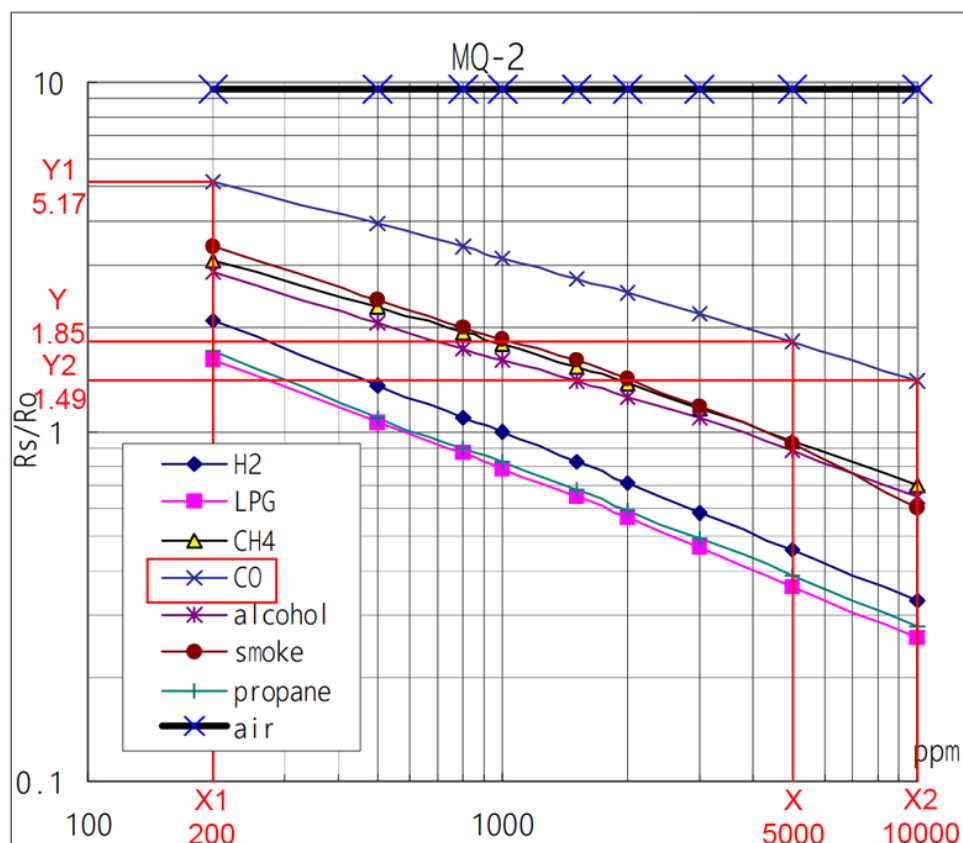


Рис. 8.2

Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю відповідає ДСТУ ISO 9001:2015 та ДСТУ ISO 21001:2019			Ф-22.06- 05.02/2/172.00.1/Б / ОК22-1-2026
	Випуск 1	Зміни 1	Екземпляр № 1	Арк 33 / 30

Згідно (1) для розрахунку виміряного значення внутрішнього опору датчика RS необхідно виміряти поточне значення напруги на виході датчика. Для вимірювання напруги підключимо аналоговий вихід датчика газу MQ-2 до входу A0 вбудованого 10-ти бітного АЦП плати ESP 8266. Тоді поточне значення вихідної напруги датчика можна розрахувати за формулою:

$$V_{out} = \frac{V_{adc} \cdot V_{ref}}{2^n}, \quad (2)$$

де V_{adc} – цифровий код на виході АЦП;
 V_{ref} – опорна напруга АЦП, яка дорівнює напрузі V_{in} ;
 n – розрядність АЦП.

Графік залежності концентрації газу від відношення $RS/R0$ на рис. 8.2 подано у логарифмічному масштабі, тобто :

$$\log(y) = m \cdot \log(x) + b, \quad (3)$$

де y – відношення опорів $RS/R0$;
 x – значення концентрації газу в ppm;
 m – нахил лінії;
 b – точка, де графік функції перетинає вісь Y.
Нахил лінії розраховується за виразом:

$$m = \frac{\log(y_2) - \log(y_1)}{\log(x_2) - \log(x_1)}, \quad (4)$$

де x_1 – X координата точки початку лінії на графіку;
 y_1 – Y координата точки початку лінії на графіку;
 x_2 – X координата точки кінця лінії на графіку;
 y_2 – Y координата точки кінця лінії на графіку.

Згідно рис. 8.2 початкова точка (x_1, y_1) має координати (200; 5,17), а координати кінцевої точки (x_2, y_2) становлять (10000; 1,49). Тоді, згідно (4):

$$m = \frac{\log(1,49) - \log(5,17)}{\log(10\,000) - \log(200)} = -0,32.$$

Після розрахунку нахилу лінії m можна визначити з виразу (3) значення b :

$$b = \log(y_0) - m \cdot \log(x_0), \quad (5)$$

де (x_0, y_0) – координати точки, що відповідає середині графіку.

Координати точки, що відповідає середині графіку, становлять (5000; 1,85). Тоді згідно (5):

$$b = \log(1,85) - m \cdot \log(5000) = 1,44.$$

Отже, як передусє з виразу (3), $\log(x) = \frac{\log(y) - b}{m}$, а виміряне значення концентрації газу у ppm може бути визначено згідно виразу:

$$x = 10^{\frac{\log(y) - b}{m}} = 10^{\frac{\log(RS/R0) - b}{m}}. \quad (6)$$

Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю відповідає ДСТУ ISO 9001:2015 та ДСТУ ISO 21001:2019			Ф-22.06- 05.02/2/172.00.1/Б / ОК22-1-2026
	Випуск 1	Зміни 1	Екземпляр № 1	Арк 33 / 31

2. Відображенням вимірів концентрації чадного газу у послідовному порту.

Налаштуйте програмне середовище Arduino IDE на роботу с платою ESP8266. Розробіть програмний код для виведення концентрації чадного газу у послідовний порті згідно вище наведеного алгоритму.

Для цього додайте до коду рядки, що визначають аналоговий вхід, до якого підключено датчик MQ-2 та типи змінних, що використовуються у розрахунках концентрації газу, наприклад:

```
#define adcPin A0 // Пін входу АЦП
float VCC = 3,3; // Напруга живлення датчику, В
float Vref = 3,3; // Опорна напруга АЦП, В
float RL = 2; // Номінал резистору RL, кОм
float RO = 7.2; // Відкаліброване значення R0
float coCurve[2] = { -0.32, 1.44}; // Розраховані значення функції для CO
int coPPM; // Змінна для зберігання значень у ppm.
```

У void setup() активуйте функцію виведення у послідовний порт.

У void loop() додайте рядки, які дозволяють читати дані аналогового входу A0 «analogRead(adcPin)» та визначати значення вимірної напруги на виході датчика V_{out} згідно виразу (2). На основі виміряного значення вихідної напруги датчика V_{out} розрахуйте опір датчика RS згідно виразу (1) та відношення RS/RO. Використовуючи отримане значення RS/RO, розрахуйте вимірне значення концентрації газу CO у ppm згідно виразу (6). Зауважимо, що для обчислення значення виразу (6) зручно використовувати функцію pow:

«int ppm = pow(10, (log10(ratio) - curve[1]) / curve[0]); ». Перевірте правильність створеного коду "MQ2.ino", провівши компіляцію. Продемонструйте зміну показника загазованості повітря у послідовному порту при дмуханні на датчик.

Лабораторне заняття 8. Використання хмарного сервісу Blynk IoT для відображення вимірів концентрації чадного газу у повітрі.

Blynk IoT — це популярна платформа IoT, яка дозволяє легко підключати мікроконтролери та апаратні платформи до інтернету й керувати ними за допомогою мобільних або вебдодатків. Вона дає змогу створювати графічні інтерфейси з кнопками, повзунками, графіками та іншими віджетами, практично не вимагаючи глибоких навичок у програмуванні інтерфейсів чи створенні складних серверів.

Порядок виконання.

1. Розробка програмного коду для відображення концентрації чадного газу у хмарному сервісі Blynk IoT (3бали).

Налаштуйте програмне середовище Arduino IDE на роботу с платою ESP8266. Підключіть бібліотеку «Blynk» у середовищі «Ардуіно – IDE». Підключіть датчик MQ2 до плати ESP8266.

Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю відповідає ДСТУ ISO 9001:2015 та ДСТУ ISO 21001:2019			Ф-22.06- 05.02/2/172.00.1/Б / ОК22-1-2026
	Випуск 1	Зміни 1	Екземпляр № 1	Арк 33 / 32

Розробіть програмний код для відображення концентрації чадного газу у повітрі у хмарному сервісі «Blynk_IoT». Для цього можна використати вбудований приклад бібліотеки "Blynk - Boards_WiFi - Sparkfun_ Blynk_ Board". Розкоментуйте у коді вбудованого прикладу бібліотеки рядок
«`//#define BLYNK_TEMPLATE_ID "YourTemplateID"`».

Додайте до цього коду рядки з програмного коду "MQ2.ino" для отримання вимірів концентрації чадного газу у ppm.

2. Налаштування хмарного середовища «Blynk IoT» для відображення вимірів концентрації чадного газу у повітрі (2бали).

Після успішної реєстрації на сайті (<https://blynk.io/>) налаштуйте програмне середовище «Blynk IoT» під свій проект, для чого перейдіть з головного меню на “Quickstart” та проведіть налаштування згідно інструкцій. Рекомендується обрати значення віртуального піну V4. Скопіюйте параметри налаштування: "TemplateID" та "AuthToken" для подальшого вставлення у програмний код.

3. Допишіть у коді після "Blynk.run();" рядок для виведення інформації: «`Blynk.virtualWrite(V4, value);`», де V4 - обране Вами значення віртуального піну, а value - назва параметру, що відображається.

Замініть поля "YourTemplateID" та "YourAuthToken" на скопійовані раніше параметри. Для підключення до точки доступу WiFi необхідно ввести пароль та логін.

4. Перевірте правильність створеного коду "Blynk.ino", провівши компіляцію. Якщо компіляція була успішною, завантажте код у контролер для перевірки працездатності розробленого проекту. Через меню «My Device» сервісу «Blynk IoT» оберіть створений пристрій і після завантаження програмного коду у контролер спостерігайте за динамікою зміни концентрації чадного газу CO при дмуханні на датчик. Покажіть результат роботи створеного проекту дистанційної системи контролю концентрації чадного газу у приміщенні з відображенням даних вимірів датчика MQ2 у хмарному сервісі «Blynk IoT» викладачу.

Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю відповідає ДСТУ ISO 9001:2015 та ДСТУ ISO 21001:2019			Ф-22.06- 05.02/2/172.00.1/Б / ОК22-1-2026
	Випуск 1	Зміни 1	Екземпляр № 1	Арк 33 / 33

Перелік літератури

1. ITU-T Rec. Y.2060 (06/2012): Overview of the Internet of things [Ел. ресурс] / Режим доступу: [http:// T-REC-Y.2060-201206-I!!PDF-R.pdf](http://T-REC-Y.2060-201206-I!!PDF-R.pdf).
2. Жураковський Б. Ю. Технології інтернету речей. Навчальний посібник / Б. Ю. Жураковський, І. О. Зенів. – Київ: КПП ім. Ігоря Сікорського, 2021. – 271 с. [Ел. ресурс] / Режим доступу: <https://ela.kpi.ua/handle/123456789/42078>.
3. Архітектура та технології Інтернету речей: навч. посіб. [Електронне видання] / І.В. Пулеко, А.А. Єфіменко. – Житомир: Державний університет «Житомирська політехніка», 2022. – 234 с.
4. Андреев О.В. Архітектура і технології IoT: конспект лекцій [Електронне видання] / О.В. Андреев. – Житомир: Державний університет Житомирська політехніка", 2022. - 128 с.
5. Андреев О.В., Дубина О.Ф., Нікітчук Т.М. Комбінована система сигналізації на базі ESP32CAM. Технічна інженерія. 2022. Вип. 2(90). С. 131–135.
6. Donald Noris. The Internet of Things: Do-It-Yourself Projects with Arduino, Raspberry Pi and BeagleBone Black. 2015 by McGraw-Hill Education. –580 p. ISBN: 978-0-07-183521-3.
7. Korenivska O., Nikitchuk T., Vakaliuk T., Benedytskyi V., Andreiev O. IoT monitoring system for microclimate parameters in educational institutions using edge devices. Proceedings of the 3rd Edge Computing Workshop. Zhytomyr, Ukraine, April 7, 2023. Edited by Tetiana A. Vakaliuk, Serhiy O. Semerikov. CEUR Workshop Proceedings. Vol. 3374. 2023. pp. 66-80. – URL: <https://ceur-ws.org/Vol-3374/paper05.pdf>
8. Vakaliuk T., Andreiev O., Dubyna O., Korenivska O., Andreieva Y. Wireless Technologies in IoT Projects with Distributed Computing. Proceedings of the 4th Edge Computing Workshop (doors 2024), Zhytomyr, Ukraine, April 5, 2024. Edited by Tetiana A. Vakaliuk, Serhiy O. Semerikov. CEUR Workshop Proceedings. Vol. 3666. 2024. pp. 4-13. – URL: <https://ceur-ws.org/Vol-3666/paper01.pdf>