

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

бакалавр
Освітній рівень

Програмно-апаратний пристрій моніторингу забруднення повітря на базі
Arduino.
Назва теми

КвРКІ 180240.18.02.18 ПЗ
Шифр

Галузь знань 12 «Інформаційні технології»
Шифр, назва

Спеціальність 123 «Комп'ютерна інженерія»
Шифр, назва

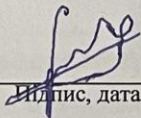
Освітня програма «Комп'ютерна інженерія»
Назва

Виконав: студент IV курсу, група КІ-18-2


Підпис

А.Ю. Побережна
Ініціали, прізвище

Керівник


Підпис, дата

К.Ю. Бобровнікова
Ініціали, прізвище

Нормоконтролер


Підпис, дата

С.М. Лисенко
Ініціали, прізвище

До захисту допускаю:
Зав. кафедри комп'ютерної
інженерії та інформаційних
систем


Підпис

Т.О. Говорущенко
Ініціали, прізвище

«8» червня 2022 р.

Хмельницький 2022

ХМЕЛЬНИЦЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

Факультет ІНФОРМАЦІЙНИХ ТЕХНОЛОГІЙ

Кафедра КОМП'ЮТЕРНОЇ ІНЖЕНЕРІЇ ТА ІНФОРМАЦІЙНИХ СИСТЕМ

Освітній рівень БАКАЛАВР

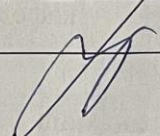
Галузь знань 12 ІНФОРМАЦІЙНІ ТЕХНОЛОГІЇ

Спеціальність 123 КОМП'ЮТЕРНА ІНЖЕНЕРІЯ

Освітня програма ОСВІТНЯ ПРОГРАМА «КОМП'ЮТЕРНА ІНЖЕНЕРІЯ»

ЗАТВЕРДЖУЮ

Зав. кафедри Т.О.Говорущенко


12.01.2022 р.

ЗАВДАННЯ НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ БАКАЛАВРА

Побережній Анні Юріївні

Прізвище, ім'я, по батькові студента

1. Тема проекту (роботи) Програмно-апаратний пристрій моніторингу забруднення повітря на базі Arduino

Керівник проекту (роботи) Бобровнікова К.Ю., к.т.н.

Прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання

Затверджена наказом ректора університету від _____

2. Строк подання студентом проекту (роботи) на кафедру 09.06.2022 р.

3. Вихідні дані до проекту (роботи) Завдання на дипломне проектування

4. Зміст пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити) _____

Дослідження завдання моніторингу забруднення повітря на базі Arduino та постановка задачі

Проектування програмно-апаратного пристрою моніторингу забруднення повітря на базі Arduino

Програмно-апаратна реалізація та тестування пристрою моніторингу забруднення повітря на базі Arduino


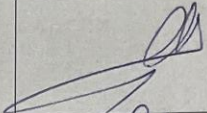
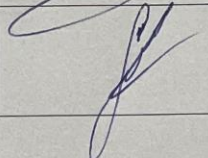
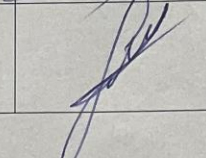
5. Перелік графічного матеріалу (із зазначенням обов'язкових креслень) _____

Схеми апаратних з'єднань

Схеми програмно-апаратного пристрою

Інтерфейси програмно-апаратного пристрою

6. Консультанти розділів дипломного проекту (роботи)

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
Нормоконтроль	Лисенко С.М., професор кафедри КІСП		
Антиплагіат	Нічепорук А.О., доцент кафедри КІСП		

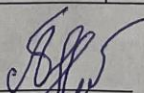
7. Дата видачі завдання 12.01.2022 р.

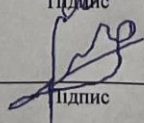
КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№з/п	Назва етапів (розділів) дипломного проекту (роботи)	Термін виконання етапів проекту (роботи)	Примітка
1	Вибір напрямку дослідження та узгодження тематики кваліфікаційної роботи з керівником	02.02.2022	виконано
2	Ознайомлення з предметною областю; формулювання мети та задач дослідження; визначення об'єкта та предмета дослідження	14.03.2022	виконано
3	Робота над розділом 1 – дослідження предметної області та постановка задачі	20.04.2022	виконано
4	Робота над розділом 2 – проектування підсистеми	30.04.2022	виконано
5	Робота над розділом 3 – програмно-апаратна реалізація підсистеми	1.05.2022	виконано
6	Оформлення пояснювальної записки згідно вимог	20.05.2022	виконано
7	Попередній захист ВКР	24.05.2022	виконано
8	Захист ВКР на засіданні ЕК	10.06.2022 року	

Студент

Керівник проекту (роботи)


Підпис


Підпис

А.Ю. Побережна
Ініціали, прізвище

К.Ю. Бобровнікова
Ініціали, прізвище

АНОТАЦІЯ

Тема кваліфікаційної роботи: «Програмно-апаратний пристрій моніторингу забруднення повітря на базі Arduino».

Автор роботи: Побережна Анна Юріївна.

Керівник роботи: Бобровнікова Кіра Юліївна.

Пояснювальна записка: 60с., 41 рис., 2 табл., 34 дод., джерел.

Графічна частина: 9 презентаційних слайдів.

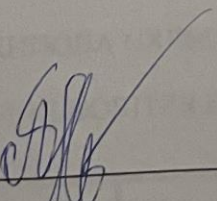
ПРОГРАМНО-АПАРАТНИЙ ПРИСТРІЙ, ЗАБРУДНЕННЯ ПОВІТРЯ, МОНІТОРИНГ СТАНУ ПОВІТРЯ, ARDUINO UNO.

Метою роботи є проектування та реалізація програмно-апаратного пристрою моніторингу забруднення повітря на базі Arduino, що надає можливість визначати параметри забруднення атмосферного повітря.

Об'єктом дослідження є процес моніторингу забруднення атмосферного повітря.

Предметом дослідження є програмно-апаратний пристрій моніторингу забруднення повітря на базі Arduino.

Практична цінність роботи полягає в спроектованому та створеному програмно-апаратному пристрої моніторингу забруднення повітря на базі Arduino, що надає можливість визначати параметри забруднення атмосферного повітря.


Підпис студента

09.06.2022

Дата

ЗМІСТ:

ВСТУП.....	5
1 ДОСЛІДЖЕННЯ ЗАВДАННЯ МОНІТОРИНГУ ЗАБРУДНЕННЯ ПОВІТРЯ ТА ПОСТАНОВКА ЗАДАЧІ.....	7
1.1 ЦІЛІ МОНІТОРИНГУ ЗАБРУДНЕННЯ ПОВІТРЯ.....	7
1.2 ПАРАМЕТРИ ЗАБРУДНЕННЯ ПОВІТРЯ.....	9
1.3 ЗАСТОСУВАННЯ СИСТЕМ МОНІТОРИНГУ ЗАБРУДНЕННЯ ПОВІТРЯ.....	10
1.4 КОНЦЕПЦІЇ ІНТЕРНЕТУ РЕЧЕЙ.....	12
1.5 АНАЛОГОВІ ПРИСТРОЇ ДЛЯ МОНІТОРИНГУ ЗАБРУДНЕННЯ ПОВІТРЯ.....	15
1.6 ВИСНОВКИ. ПОСТАНОВКА ЗАДАЧІ.....	19
2 ПРОЄКТУВАННЯ ПРОГРАМНО-АПАРАТНОГО ПРИСТРОЮ МОНІТОРИНГУ ЗАБРУДНЕННЯ ПОВІТРЯ НА БАЗІ ARDUINO.....	21
2.1 ОБҐРУНТУВАННЯ ВИБОРУ АПАРАТНИХ СКЛАДОВИХ ТА ПРОГРАМНОГО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ.....	21
2.1.1 Плата Arduino Uno.....	21
2.1.2 Газовий давач MQ135.....	25
2.1.3 Wi-Fi модуль ESP8266.....	27
2.1.4 Адаптер Wi-Fi ESP8266.....	29
2.1.5 Макетна плата.....	30
2.1.6 Перемикаючі дроти.....	33
2.1.7 Кабель USB 2.0 типу A/B.....	35
2.2 ЗАГАЛЬНА АРХІТЕКТУРА ПРОГРАМНО-АПАРАТНОГО ПРИСТРОЮ МОНІТОРИНГУ ЗАБРУДНЕННЯ ПОВІТРЯ НА БАЗІ ARDUINO.....	36
2.3 ПРИНЦИПОВА СХЕМА ПРОГРАМНО-АПАРАТНОГО ПРИСТРОЮ МОНІТОРИНГУ ЗАБРУДНЕННЯ ПОВІТРЯ НА БАЗІ ARDUINO.....	37

КвРКІ 180240.18.02.18 ПЗ

Л. №	Арк	№ док.ум.	Підпис	Дата	Літера	Аркуш	Аркушів
виконав		Побережна А.Ю.					
перевір.		Бобровнікова К.Ю.					
контр.		Лисенко С.М.					
ствер.		Говорущенко Т.О.					

Програмно-апаратний пристрій
моніторингу забруднення
повітря на базі Arduino

ХНУ, КІ-18-2

2.4 АЛГОРИТМ РОБОТИ ПРОГРАМНО-АПАРАТНОГО ПРИСТРОЮ МОНІТОРИНГУ ЗАБРУДНЕННЯ ПОВІТРЯ НА БАЗІ ARDUINO	38
2.5 Висновки.....	41
3 ПРОГРАМНО-АПАРАТНА РЕАЛІЗАЦІЯ ТА ТЕСТУВАННЯ ПРИСТРОЮ МОНІТОРИНГУ ЗАБРУДНЕННЯ ПОВІТРЯ НА БАЗІ ARDUINO	42
3.1 Встановлення програмного забезпечення ARDUINO IDE.....	42
3.2 Підключення Wi-Fi модуля ESP8266.....	44
3.3 Програмування роботи Wi-Fi ESP8266	49
3.4 Підключення бібліотек до програмної реалізації програмно-апаратного пристрою моніторингу забруднення повітря на базі ARDUINO	52
3.5 Підключення до THINGSPEAK.....	54
3.6 Підключення датчика газу MQ135	57
3.7 РЕЗУЛЬТАТИ РОБОТИ ПРОГРАМНО-АПАРАТНОГО ПРИСТРОЮ МОНІТОРИНГУ ЗАБРУДНЕННЯ ПОВІТРЯ НА БАЗІ ARDUINO	59
3.8 Висновки.....	62
ПЕРЕЛІК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ.....	65
ДОДАТОК А. Копія креслення «схеми апаратних з'єднань»	69
ДОДАТОК Б. Копія креслення «Схеми програмно-апаратного пристрою»	70
ДОДАТОК В. Копія креслення «Інтерфейси програмно-апаратного пристрою» ..	71
ДОДАТОК Г. Лістинг коду з програмного забезпечення arduino ide	72

СКОРОЧЕННЯ ТА УМОВНІ ПОЗНАКИ

AEG – Air Excellence Guide

AQI – Air Quality Indicator

PPB – Parts Per Billion

PPM – Parts Per Million

IoT – Internet of Things

LPG – Liquefied Petroleum Gas

IDE – Integrated Development Environment

LED – Light Emitting Diode

LCD – Liquid Crystal Display

GSM – Global System for Mobile communication

OEMs – Original Equipment Manufacturers

CCSA – China Communications Standards Association

API – Application Programming Interface

MCU – Micro Control Unit

IDE – Integrated Development Environment

					КВРКІ 180240.18.02.18 ПЗ	Арк
Зм.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата		4

ВСТУП

У теперішній час забруднення повітря стало однією з найважливіших проблем так як збільшується кількість транспорту, відбувається стрімкий приріст індустріалізації і урбанізації. Солі важких металів, які містяться у вихлопних газах автомобілів дуже токсичні, на такому ж рівні токсичності знаходиться і озон, який являється наслідком хімічної промисловості людей. Збільшення забруднення навколишнього середовища призвело до значних проблем людства. Чисте повітря впливає на здоров'я. Його забруднення викликає ряд страшних захворювань, а саме захворювання легень та серця. Також ця проблема значно змінює клімат нашої планети. Відбувається швидке погіршення стану навколишнього середовища у дуже великих масштабах. Це призводить до зменшення площі земель, які дають врожай. Наслідком цього стає голод. У зв'язку з цим в останні десятиліття зросла необхідність людства в постійному моніторингу забруднення повітря, щоб мати інформацію як ми живем і чим дихаємо.

Ця кваліфікаційна робота дозволяє провести моніторинг забруднення повітря. Дана система спостереження повітря розроблена для ефективного, зручного, простого і надійного рішення для постійного спостереження в режимі реального часу. Дані моніторингу дозволяють оцінити наскільки навколишнє середовище змінюється з кожним днем, що дозволить попередити ряд загроз. Інновації, які були реалізовані в цьому проєкті, являються практичним відображенням ідеї ІоТ. Ця детально розроблена робота являється дослідженням можливостей використання даної інновації, у світі де екологічно чисте повітря під загрозою. Програмно-апаратний пристрій забруднення повітря виконаний на базі Arduino.

Метою роботи є проектування та реалізація програмно-апаратного пристрою моніторингу забруднення повітря на базі Arduino, що надає можливість визначати параметри забруднення атмосферного повітря.

Об'єктом дослідження є процес моніторингу забруднення атмосферного повітря.

					КВРКІ 180240.18.02.18 ПЗ	Арк
						5
Зм.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата		

Предметом дослідження є програмно-апаратний пристрій моніторингу забруднення повітря на базі Arduino.

Практична цінність роботи полягає в спроектованому та створеному програмно-апаратному пристрої моніторингу забруднення повітря на базі Arduino, що надає можливість визначати параметри забруднення атмосферного повітря.

					КвРКІ 180240.18.02.18 ПЗ	Арк
						6
Зм.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата		

1 ДОСЛІДЖЕННЯ ЗАВДАННЯ МОНІТОРИНГУ ЗАБРУДНЕННЯ ПОВІТРЯ ТА ПОСТАНОВКА ЗАДАЧІ

1.1 Цілі моніторингу забруднення повітря

Розробка програмно-апаратного пристрою моніторингу забруднення повітря на пряму залежить від конкретно поставлених цілей даної задачі, визначених для управління і відслідковування повітря. Визначення вихідного впливу даної системи, проектування мережі та оптимізація ресурсів, які будуть затрачені на розробку також гарантують успішність проведеного дослідження.

При розробці програмно-апаратного пристрою моніторингу забруднення повітря можуть переслідуватись різні цілі.

Як правило дана система має на меті забезпечувати передачу даних та інформації в режимі онлайн із прямим автоматичним контролем зібраних даних. Для забезпечення контролю в режимі онлайн та передачі даних настає необхідність в використанні декількох моніторів, датчиків та систем збору даних.

Все ж основними цілями розробки програмно-апаратного пристрою спостереження та вимірювання забрудненості повітря є: моніторинг поточних рівнів складової повітря, як базових значень для проведення оцінювання навколишнього середовища, полегшення у вимірюваннях концентрації повітря, перевірка якості повітря щодо заданих стандартів або граничних значень, можливість порівняти дані з різних країн та регіонів, можливість розвитку технологій в безпечній для навколишнього середовища атмосфері, зменшити кількість вихлопних газів та інших шкідливих чинників. Чисте, не забруднене повітря дуже важливе для подальшого комфортного проживання на планеті Земля.

На рисунку 1.1 наочно показано, що буде з планетою при ігноруванні забруднення повітря і, який вона матиме вигляд при свіжому і чистому повітрі.

					КВРКІ 180240.18.02.18 ПЗ	Арк
Зм.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата		7



Рисунок 1.1 – Порівняння життя з забрудненим і чистим повітрям відповідно [1]

У майбутньому моніторинг забруднення повітря позитивно вплине на повсякденне життя кожної людини, дасть ряд можливостей у розробці стратегії в боротьбі з забрудненнями. При детальному спостереженні та аналізі отриманих в результаті даних виникне перспектива оцінити наслідки забруднення повітря для здоров'я людей, тварин та рослинності. Також підвищиться кількість інформації на дану тему, люди стануть більш інформовані та обізнані. Це призведе до уникнення ряду проблем. Можна зазначити те, що зібрані дані значно покращать наукову діяльність та підвищать рівень досліджень.

Взаємозв'язки між зібраними даними та інформацією, яка буде отримана на основі їх детального аналізу повинні враховуватись при плануванні, виконанні та складанні звітів моніторингу. Проведені спостереження та їх аналіз має бути проведений правильно з урахуванням всіх аспектів. Це є підтвердженням того, що участь спеціалістів у даній області та зацікавлених осіб у дослідженні є дуже великою. Всі необхідні ресурси для реалізації моніторингу забруднення повітря повинні бути перевірені спеціалістами і в подальшому надані.

1.2 Параметри забруднення повітря

Важливим параметром забрудненості повітря є діоксид вуглецю, який має позначення CO_2 . У нього не має запаху, він є безбарвним та являється негорючим газом. Діоксид вуглецю має здатність перешкоджати доступу кисню до тканин, що відносить його до категорії задушливих газів. CO_2 являється тим газом, який необхідний для життя, тому що він є одним із тих елементів, що розвивають процес фотозинтезу, який в свою чергу перетворює сонячну енергію на хімічну. Завдяки активному спалюванню залишків палива збільшилась концентрація CO_2 . Наслідком цього є те, що шкідливі, небажані рослини швидко ростуть. Для їх знищення потрібно збільшити використання хімічних речовин [2].

Наступним параметром, який буде розглядатись у даній роботі є діоксид сірки, його позначення виглядає так SO_2 . Кольору в нього не має але він має сильний запах і виражений смак. Так само як CO_2 його створення спричинено спалюванням викопного палива та в результаті виробничих процесів. Якщо людина отримає високі концентрації такого газу це може викликати проблеми з диханням, особливо у тих, що відносяться до чутливої групи таких як астматиків. Також SO_2 сприяє утворенню кислотних дощів.

Наступним важливим параметром є діоксид азоту (NO_2). Це коричневий газ, який можна легко виявити по запаху, сильно окислюючий та дуже їдкий. Як і попередні речовини його створення спричинено спалюванням викопного палива. Найчастіше NO , при потраплянні в атмосферу, перетворюється на NO_2 внаслідок хімічних процесів. Якщо потрапляння в організм даної речовини є дуже високим це призведе до проблем з диханням. Так само як і SO_2 він сприяє утворенню кислотних дощів.

Також важливою складовою є урахування скрапленого нафтового газу. Він має позначення LPG. Його властивістю є те, що він легко випаровується та перетворюється на газ. Також у нього не має запаху та кольору. Скраплений нафтовий газ відноситься до категорії легкозаймистих газів. Класифікувати його можна як канцероген та мутаген при умові, що вміст бутадієну становить понад 0,1%. LPG може існувати у двох станах газоподібному та рідкому. Якщо

					КВРКІ 180240.18.02.18 ПЗ	Арк
						9
Зм.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата		

скраплений нафтовий газ знаходиться у рідкому стані з часом він утворює велику хмару газу в повітрі, ця хмара більш щільна ніж повітря і зрештою вона опадає на землю. У той самий час коли пари LPG переміщуються на поверхні землі на невелику відстань, і в результаті збираються в підвалах або стоках, газ починає горіти або ж детонувати після прямого контакту із джерелом займання.

Ще одним із параметрів забруднення повітря, що будуть враховуватись у розробленому програмно-апаратному пристрої моніторингу забруднення повітря є дим. Приблизно один мільйон людей у цілому світі звикли до тютюнопаління і більшість з них живуть у країнах, що розвиваються. За даними 2019 року, приблизно 4,9 мільйонів людей щороку помирають саме через паління. Це можуть бути люди різного віку.

Останніми важливими факторами є температура та вологість повітря. Температура повітря вкрай важлива для безпеки людей та впливає на життя. Парниковий ефект можна отримати як результат вимірювання температури та порівняння змін температур з історичних та сучасних часів, особливо з періоду промислової революції, використовуючи кліматичні дані. Вологість являється типом газу, який захищає людей від ультрафіолетових променів сонця і допомагає втримувати тепло на планеті Земля, роблячи наш клімат приємним для життя. Але зі збільшенням вологості збільшується і тепло на планеті, наслідком чого є не зовсім комфортне життя. Вологість є необхідною складовою для зберігання та переробки харчових продуктів.

1.3 Застосування систем моніторингу забруднення повітря

Повітря – це одна із найголовніших складових, необхідних людині для виживання. Здорове та чисте повітря – це запорука здорового життя. Проте у наші часи в міському житті повітря стало небезпечним фактором. На сьогоднішній день забруднення повітря стало дуже актуальною проблемою. Різні забруднювачі повітря надають дуже шкідливий вплив на здоров'я людей та атмосферу. У більшій частині районів токсини є здебільшого продуктами згорання внаслідок космічного потепління, руху транспорту або ж вироблення електроенергії. Дані

					КВРКІ 180240.18.02.18 ПЗ	Арк
Зм.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата		10

речовини можуть надавати загрозу не лише якщо відбувається безпосередня близькість до них, вони діятимуть навіть на великих відстанях. Вплив шкідливих речовин залежить від віку людини. Якщо людина молода і стан її здоров'я не поганий, то помірні рівні забруднення повітря не матимуть серйозні наслідки для неї. Але якщо цей вплив довготривалий негативні наслідки неминучі. Стан здоров'я значно погіршиться. Це стосується не тільки системи запальної реакції та дихальну систему, а й призводить до більш серйозних наслідків таких як рак та різноманітні хвороби серця. Люди у, яких на момент ураження вже є захворювання легень або ж серця набагато уразливіші до забрудненого повітря. За дослідженнями лікарів забруднене повітря входить в десятку найбільших убивць у всьому світі, через нього в рік відбувається 29000 передчасних смертей у Великій Британії та 430000 у світі. Таке повітря може мати як короткотривалий вплив, так і довготривалий вплив на стан людини, тому багато хто стурбований шкідливим повітрям, адже всі ми ним дихаємо. До людей, які переживають за стан повітря можна віднести:

1) людей, які мають захворювання серця та легень або ж іншими проблемами з диханням, чиє здоров'я може значно погіршитись через забруднене повітря;

2) люди, які працюють у медичній сфері та дбають про здоров'я людей, що дуже чутливі до забрудненого повітря;

3) люди, які зацікавлені в якості повітря, досліджують дану тему та стурбовані своїм внеском задля подолання проблеми.

Місцевій владі потрібно проводити моніторинг забруднення повітря, а також і великим державним установам і приватним підприємствам, щоб виявити причини забруднення та у подальшому запобігти цьому. Промислові підприємства використовують прилади для виміру якості повітря для контролю на своїй території, щоб у подальшому уникнути непорозуміння з контролерами та населенням. У зв'язку з тим, що контроль якості повітря фінансується державою, для підприємств стає все більш важливим придбання обладнання для контролю повітря. Щоб отримати найточніші дані про забруднення, токсичності та шкідливості повітря потрібно використовувати апаратуру моніторингу якості

					КВРКІ 180240.18.02.18 ПЗ	Арк
						11
Зм.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата		

повітря. Програмно-апаратний пристрій моніторингу забруднення повітря – це пристрій, що вимірює рівень вмісту токсинів у навколишньому середовищі. Дані прилади можна встановлювати, як на вулиці так і вдома. Моніторинг в приміщенні є сенсорним, на базі датчиків. Системи моніторингу повітря широко використовуються у наш час.

1.4 Концепції Інтернету речей

IoT створює велику мережу з мільярдів та трильйонів так званих ‘речей’, що взаємодіють один з одним. Інтернет речі використовують існуючі технології, проте і ця концепція передбачає створення нових способів комунікації. IoT поєднує в собі віртуальний і фізичний світ шляхом перенесення різноманітних концепцій та технічних компонентів: новітня екосистема, мобільний зв’язок та зменшення кількості пристроїв. На рисунку 1.2 зображено групова взаємодія існуючих технологій за принципом IoT.

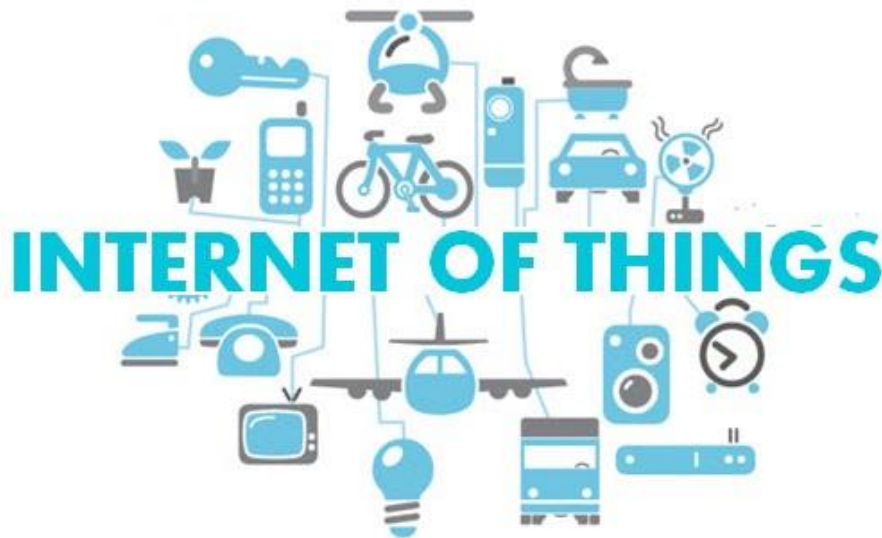


Рисунок 1.2 – Взаємодія існуючих технологій за принципом Інтернету речей [3]

За принципом IoT послуги, додатки і компоненти проміжного програмного забезпечення, послуги, мережі та кінцеві вузли структурно плануються та використовуються новими способами. Інтернет речі надають можливість поглянути на угоди та складні процедури. IoT передбачає симбіотичний зв'язок

					КВРКІ 180240.18.02.18 ПЗ	Арк
Зм.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата		12

між цифровим та фізичним світом: «речі» з часом стають контекстно-орієнтованими, вони спілкуються між собою, обмінюються даними, знаннями та інформацією. Новітні можливості відповідають вимогам бізнесу, а новітні послуги на основі даних фізичного світу та реального часу. Все, що є в фізичному або віртуальному світі має можливість бути підключеним до Інтернет речей. Всі мають отримати можливості IoT не зазнаючи великих витрат. Для Інтернету речей вкрай важливими вимогами є швидке розміщення об'єктів, інтерпретація інформації, захист від зловмисних атак та шахрайства, а також не менш важливим є захист конфіденційності та найкраще розуміння та інтерпретація інформації [4].

У цілому принцип Інтернет речей розглядається, як збільшення існуючої взаємодії між додатками і людьми через нововведений термін «речі», що забезпечить зв'язок та інтеграцію між ними. Сама розробка так званої IoT – це довготривалий, багатогранний, великомасштабний процес технологічної новизни. На перших стадіях впровадження Інтернету речей основним підходом до розробки є стимулювання специфічних запитів. Доменно-специфічним додатком може бути система промислового управління зі своїми галузевими особливостями. Додаток надає різноманітні послуги з управління підприємством у поєднанні з бізнес-процесами та галузевим виробництвом. Полімерні запити являються міжгалузевими програмами, заснованими на різних етапах інформаційного обслуговування населення. Дані запити дають свої послуги як промисловим підприємствам, так і користувачам з дому. Запити просуваються та надаються завдяки операторам зв'язку та постачальниками великого масштабу. Як приклад можна навести автомобіль, він інтегрований з технологією радіозв'язку та сенсорними мережами системою глобального позиціонування (GPS), що надає йому можливість всебічно виявляти навігацію, розваги та інші інформаційні послуги. Зберігаючи дану інформацію через платформу громадського обслуговування, споживачі та виробники оригінального обладнання (ОЕМ), агенції з організації транспортних засобів та постачальники технічного обслуговування можуть поширювати інформацію та сегментними послугами, щоб покращити транспорт, конструкцію компонентів з, яких складається транспортний засіб та процесами виробництва.

					КВРКІ 180240.18.02.18 ПЗ	Арк
						13
Зм.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата		

У цілому можна зазначити, що програми IoT мають наступні можливості. Вони можуть визначати розташування та обмінюватись інформацією про місцезнаходження: Інтернет речі мають при собі функцію, що дозволяє збирати інформацію про розташування станцій IoT та кінцевих вузлів, після чого пропонувати послуги на основі отриманої інформації про місцезнаходження. Географічне розташування також входить в інформацію про місцезнаходження. Отримання цих даних відбувається завдяки GPS, Cell-ID, RFID і т.д. Також загальний стан між речами дізнається завдяки місцезнаходженню. Мобільне відстеження активів: можна відстежити товар та подивитись його статус завдяки пристрою визначення положення та функції виписки, встановленої на товарі. Управління автопарком: менеджер, що працює в автопарку розробляє розклад транспорту та водіїв, що встановлені на комерційних поставках, всі ці дані отримуються на основі становища у реальному часі. Трафік інформаційної системи: дана програма отримує інформацію про стан дорожнього руху, перевантажені місця, завдяки спостереженню інформації про розташування дуже великої кількості транспортних засобів, та дорожні умови. Отже таким чином, дана система стає у пригоді водієві, який хоче вибрати найефективніший маршрут. Моніторинг довкілля: система Інтернету речей збирає, та на основі цих даних, обробляє різноманітні види хімічних або фізичних параметрів довкілля за допомогою широко організованих або локальних терміналів. Дані про навколишнє середовище включають вологість, температуру, видимість, шум, інтенсивність світла, випромінювання, спектр, забруднення (CO, CO₂ тощо). Визначення стану навколишнього середовища: системи Інтернету речей надають функції, що перевіряють стан екології та навколишнього середовища, можна привести приклад льодовика та лісу; нагляд за стихійними лихами, наприклад сейсмічними явищами та вулканами. Всі вони являються автоматичними системами сигналізації, які використовують інформацію з навколишнього середовища, що зібрана великою кількістю датчиків. Віддалений медичний моніторинг: Інтернет речі аналізують дані показників, зібраних з пристрою, що розміщені на клієнті медичного закладу, та надають пацієнтам інформацію про стан здоров'я та поради, щодо його покращення.

					КВРКІ 180240.18.02.18 ПЗ	Арк
Зм.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата		14

Ще однією функцією IoT, є дозвіл дистанційно керувати приладами. Користувачу надається можливість дистанційно контролювати робочий стан пристроїв через систему за принципу IoT. Люди віддалено впроваджують лікувально-профілактичні засоби, для того, щоб зменшити збитки, які спричинені різними катастрофами, згідно з моніторингом, що згадувався раніше.

1.5 Аналогові пристрої для моніторингу забруднення повітря

Існує велика кількість пристроїв, які призначені для визначення якості повітря. У сучасному ринку ця проблема є вкрай важливою і фірми виробники гаджетів це розуміють. Конкуренція цих апаратів вкрай висока тому у кожного є свої мінуси та плюси. Від їх кількості залежить ціна і як наслідок конкурентна спроможність на ринку. Однією з найвідоміших фірм на сьогоднішній день є Xiaomi. Але навіть у їхньої компанії є не один пристрій, який має призначення моніторингу повітря. Кожен сам обирає, який прилад йому обрати, що є важливим у ньому.

Першим пристроєм компанії Xiaomi, який буде розглянутий є Xiaomi Aqara Monitor Air Quality TVOC Apple HomeKit. Основним призначенням вказаного давача є вимірювання вологості, температури повітря та концентрації органічних речовин. Завдяки використанню напівпровідникових елементів у хімічних давачах та передовим технічним рішенням вдалось досягнути точності вимірювання 0.01 мг/м^3 . Окрім визначення показників якості повітря давача може проводити аналіз отриманих даних, а також надавати зведення і середні значення за певний проміжок часу. Так як давач сумісний з системою розумного будинку він може надавати сигнал іншим пристроям для спільної взаємодії. Прикладом може бути очищення повітря, щоб знизити рівень органічних речовин або увімкнення кондиціонера для зменшення температури в приміщенні. Даний пристрій, що має форму коробочки з пластику та E-ink дисплеєм можна закріпити в будь-якому місці. Завдяки енергоефективному екрану термін можливості використання приладу без заміни батареї становить практично один рік. На верхній частині приладу видно кнопку керування інтерфейсом. З двох боків є

					КВРКІ 180240.18.02.18 ПЗ	Арк
Зм.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата		15

спеціальні прорізи, щоб пристрій отримував доступ до повітря і міг розпізнавати чутливі елементи [5]. На рисунку 1.3 показано прилад Xiaomi Aqara Monitor Air Quality TVOC Apple HomeKit.



Рисунок 1.3 – Xiaomi Aqara Monitor Air Quality TVOC Apple HomeKit [5]

Наступним приладом компанії Xiaomi буде PM 2.5 Air Detector. Xiaomi PM 2.5 Air Detector – портативний аналізатор чистоти повітря. Завдяки ньому можна дізнатись про рівень забрудненості повітря. Він оснащений дисплеєм і на ньому можна побачити зібрані приладом дані про стан навколишнього середовища. Індикатор-смужка налічує три кольори: помаранчевий, червоний та зелений. Якщо індикатор показує зелений колір, то стан повітря хороший. Якщо ж індикатор світиться помаранчевий кольором це свідчить про незначне забруднення. Червоний колір сигналізує про те, що забруднення перевищило норми. Якщо відбувся варіант з червоним кольором то необхідно скористуватись очищувачем повітря або вжити інших заходів для вирішення даної проблеми. Користуватись цим пристроєм дуже легко. Це робиться завдяки рухам дотику або ковзанням. Ємнісна сенсорна панель, що розміщена у верхній частині детектора має підтримку керування натисканням або ж ковзанням задля перемикання

налаштувань. Вимірює показники наступних елементів PM10, PM2.5, CO2 вологість та температуру [6]. Пристрій зображено на рисунку 1.4.



Рисунок 1.4 – Xiaomi PM 2.5 Air Detector [6]

Ще одним пристроєм моніторингу повітря є Smartmi PM2.5 Detector. Даний давач якості повітря зроблений доволі компактним та зручним його легко тримати в руці. Він зроблений з дуже якісного АБС-пластику, що вкритий білою фарбою це надає йому гарний зовнішній вигляд. Давач Smartmi вміщує у собі вбудований вентилятор постійного струму, що дозволяє дуже з великою швидкістю «відбирати проби повітря» і завдяки точному лазерному давачу чітко визначати маленькі частинки в навколишньому середовищі та доволі швидко визначати концентрацію PM2.5 в режимі реального часу. Після того як відбулось зчитування вбудований давач OLED-екран відображає на собі значення PM та один з трьох індикаторів: помаранчевий, синій та червоний. При умові, що світиться зелене світло якість повітря при цьому відмінна, вона призначена для активного відпочинку. Світло помаранчевого кольору показує те, що навколишнє середовище забруднене на середньому рівні. У випадку чутливості людини до нього потрібно увімкнути фільтр. Якщо попередження загоряється червоним кольором це означає, що повітря дуже забруднене. Користувач пристрою, що це

					КВРКІ 180240.18.02.18 ПЗ	Арк
Зм.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата		17

вимірює має увімкнути фільтр або ж вжити інші запобіжні заходи щоб захистити своє здоров'я [7]. Smartmi PM2.5 Detector зображено на рисунку 1.5.



Рисунок 1.5 – Smartmi PM2.5 Detector [7]

Проаналізувавши характеристики приладу можна зробити таблицю 1.1.

Таблиця 1.1 – Порівняння характеристик приладів моніторингу забруднення повітря

Назва	Колір	Габарити	Сумісність	Бездротове підключення
Xiaomi Aqara Monitor Air Quality TVOC Apple HomeKit	Білий	41.6x76x14 мм	iOS	ZigBee
Xiaomi PM 2.5 Air Detector	Білий	63x63x34 мм	Android 4.0 і вище iOS 9 і вище	Wi-Fi
Smartmi PM2.5 Detector	Білий	100x80x20 мм	Android iOS	Wi-Fi

Незважаючи на всі хороші властивості описаних приладів у них є і ряд недоліків. Деякі речовини не визначаються вище зазначеними приладами наприклад дим, SO₂, нафтовий газ та NO₂. Також вагомим мінусом розглянутих пристроїв є їх дороговартість. Завдяки розробці нового приладу ці всі недоліки попередніх пристроїв будуть усунуті і спектр перевірки повітря збільшиться. Так як повітря може забруднюватись різними речовинами.

1.6 Висновки. Постановка задачі

У цьому розділі було проведено огляд чинників забруднення повітря. На його основі можна дійти висновку, що проблема не чистого повітря дуже поширена і вимагає її вирішення. Існує велика кількість відомих комерційних рішень задачі моніторингу забруднення повітря. Але вони містять ряд недоліків. А саме неможливість врахування всіх розглянутих речовин, забруднювачів навколишнього середовища. Також значним мінусом є висока ціна на придбання пристрою. Постає задача створення нового приладу, який би усунув описані недоліки.

На основі вище проведених досліджень, визначивши основні принципи роботи та функції моніторингу забруднення повітря, можна отримати множину функцій, які повинні виконувати розроблюваний програмно-апаратний пристрій забруднення повітря на базі Arduino:

- 1) отримання точних даних про вміст шкідливих домішок у повітрі;
- 2) аналіз отриманих даних з метою моніторингу забруднення повітря;
- 3) демонстрація результату моніторингу забруднення повітря.

Реалізація вищенаведених функцій дозволить усунути перераховані недоліки, отже актуальною є задача розроблення програмно-апаратного пристрою моніторингу забруднення повітря на базі Arduino.

Постановка задачі кваліфікаційної роботи може бути визначена наступним чином:

1. Проаналізувати представлені на ринку пристрої для моніторингу забруднення повітря.

					КВРКІ 180240.18.02.18 ПЗ	Арк
						19
Зм.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата		

2. Здійснити підбір апаратних складових для проектування програмно-апаратного пристрою моніторингу забруднення повітря на базі Arduino.
3. Спроекувати архітектуру програмно-апаратного пристрою моніторингу забруднення повітря на базі Arduino.
4. Спроекувати принципову схему програмно-апаратного пристрою моніторингу забруднення повітря на базі Arduino.
5. Скласти алгоритм роботи програмно-апаратного пристрою моніторингу забруднення повітря на базі Arduino.
6. Підключити до плати Arduino Uno апаратні складові (Wi-Fi модуль ESP8266 та давач газу MQ135).
7. Створити програмну реалізацію програмно-апаратного пристрою моніторингу забруднення повітря на базі Arduino.
8. Підключити ThingSpeak до програмної реалізації програмно-апаратного пристрою моніторингу забруднення повітря на базі Arduino.
9. Продемонструвати результат роботи програмно-апаратного пристрою моніторингу забруднення повітря на базі Arduino.

					КВРКІ 180240.18.02.18 ПЗ	Арк
Зм.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата		20

2 ПРОЄКТУВАННЯ ПРОГРАМНО-АПАРАТНОГО ПРИСТРОЮ МОНІТОРИНГУ ЗАБРУДНЕННЯ ПОВІТРЯ НА БАЗІ ARDUINO

2.1 Обґрунтування вибору апаратних складових та програмного забезпечення

Програмно-апаратний пристрій моніторингу забруднення повітря побудований з різними датчиками, які отримують дані з навколишнього середовища. Датчики беруть необхідні значення з повітря, які згодом перетворюються в цифрові за допомогою Arduino Uno, а потім відправляються на сервер, де вони зберігаються. Проектований програмно-апаратний пристрій моніторингу забруднення повітря на базі Arduino складається з наступних компонентів:

- arduino Uno;
- датчик газу MQ135;
- Wi-Fi модуль ESP8266;
- макетна плата;
- кабель USB 2.0 типу A/B;
- перемикаючі дроти;
- адаптер Wi-Fi ESP8266.

Вибір вище описаних компонентів має свої причини. Кожен прилад вміщує у собі певні властивості, які будуть описані далі.

2.1.1 Плата Arduino Uno

Arduino є головним компонентом розроблюваного програмно-апаратного пристрою моніторингу забруднення повітря. Прилади Arduino – це тип пристроїв з відкритим вихідним кодом та доволі зручним і простим у використанні обладнанням та програмуванням. Прилади Arduino вміщують у собі фізичну програмовану друковану плату (мікроконтролера) та середовище у, якому вони програмуються або ж інша назва IDE. Щоб розробка програмно-апаратного пристрою забруднення повітря була зручною на комп'ютері було встановлено

					КВРКІ 180240.18.02.18 ПЗ	Арк
Зм.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата		21

дане програмне забезпечення, код, що буде розроблений на пристрої передаватиметься на фізичну плату [8]. Є багато причин чому було обрано саме цей вид плати. Однією з них є те, що вона доволі поширена у використанні серед людей, які тільки починають роботу в сфері проектування пристроїв, і на це є досить вагомі причини. Плата Arduino здатна взаємодіяти з динаміками, світлодіодами, камерами, GPS-пристроями, Інтернетом, двигунами та навіть з сучасними телевізорами або мобільними телефонами. Arduino Uno – це модельна плата, що дуже підходить для початку користування з електричними пристроями через доволі привабливі та цікаві не тільки теоретичні, а й практичні проекти, що і було зроблено в цій бакалаврській роботі. Використана в програмно-апаратному пристрої моніторингу забруднення повітря плата зображена на рисунку 2.1.

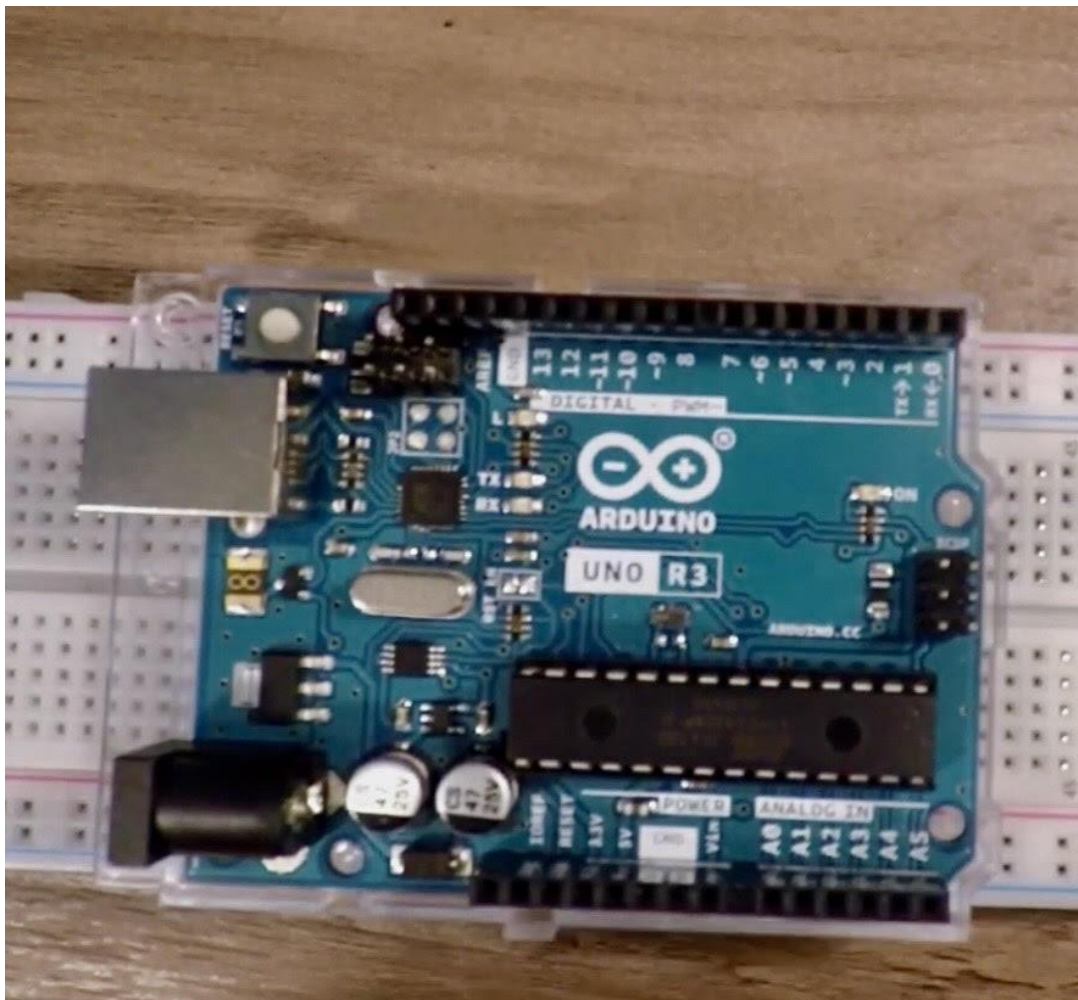


Рисунок 2.1 – Arduino Uno

Дана плата ідеально підходить для вирішення поставленого завдання так як відмінно підходить для вимірювання параметрів датчиків та реальних величин, а також є важливим інструментом для швидкого створення прототипів. При створенні програмно-апаратного пристрою моніторингу забруднення повітря на базі Arduino було використано з лінійки плат Arduino Uno. Вона вважається найбільш вживаною та документованою платою в лінійці Arduino. Дякуючи корисній та живій громадянській активності навколо Arduino Uno жоден не виявиться без провіанту. Arduino Uno являється мікроконтролерною платою, що базується на 8-бітному мікроконтролері з 32 КБ флеш-пам'яті та 2 КБ оперативної пам'яті і ATmega328P. Вона уміщує в собі все необхідне для правильної роботи мікроконтролера. Щоб розпочати роботу потрібно під'єднати її до комп'ютера завдяки кабелю USB або ж зробити запит від акумулятора або ж адаптера AC-DC. Arduino Uno є першою в серії USB-плат, що дає змогу без сумніву обрати її для розробки програмно-апаратного пристрою моніторингу забруднення повітря так як вміст USB є однією з основних потреб розробки. На рисунку 2.2 можна детально розглянути складові Arduino Uno.

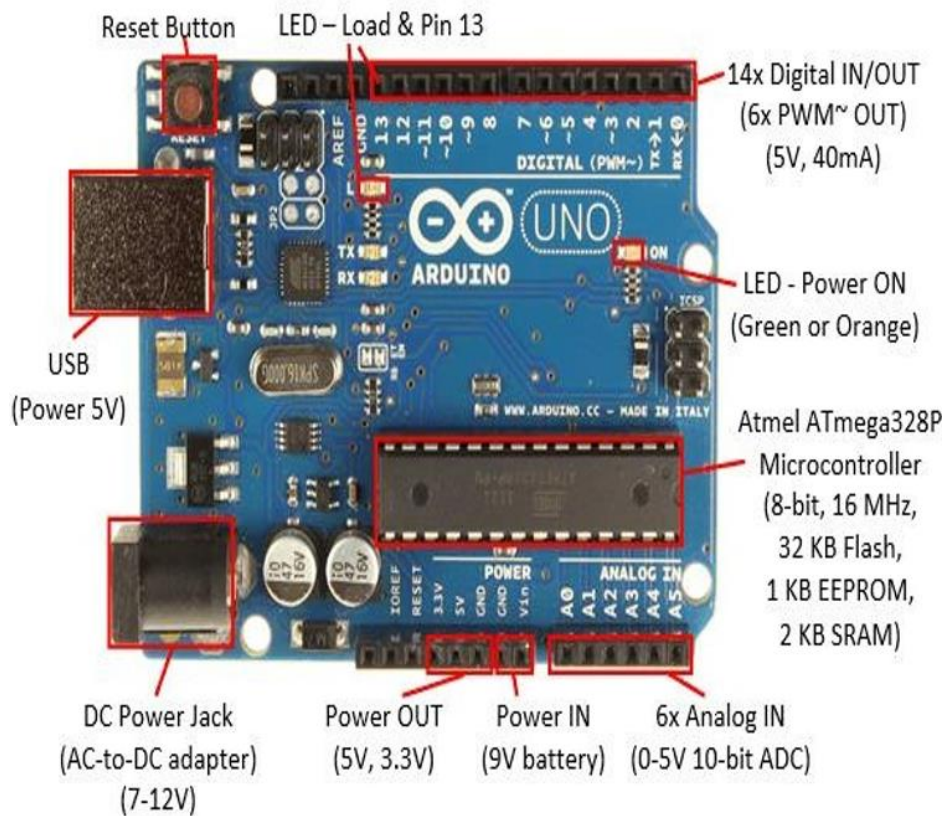


Рисунок 2.2 – Складові Arduino Uno [9]

Програмно-апаратний пристрій моніторингу забруднення повітря призначений для того, щоб надати можливість економічно та ефективно визначити ступінь забруднення повітря. Давач призначений для виявлення п'ятьох компонентів індексу забруднення повітря з навколишнього середовища, а саме: озону, чадного газу, твердих частинок, оксид азоту та діоксиду сірки. Цей пристрій виявляє всі ці забруднювачі, крім діоксиду сірки. Прилад також містить газовий давач, що попереджає користувача про витік газу або наявність горючих газів. Крім того, задіяно давач температури та вологості, оскільки вони можуть вплинути на роботу газових давачів. У подальшому потрібно буде повністю налаштувати роботу пристрою. Давачі, що використовуються, мають відносно низьку вартість і істотно відрізняються один від одного. Це максимально гнучка апаратна платформа на базі ATmega328P, яку можна використовувати для визначення забрудненості повітря. Вона має 6 аналогових входів, 14 цифрових входів/виходів (6 з них можуть бути використані як PWM-виходи), USB-роз'єм, кварцовий кристал 16 МГц, SPI, послідовний інтерфейс, кнопку скидання, роз'єм для живлення та ICSP-заголовок. Мікроконтролер Arduino призначений не тільки для технічних фахівців, але і для винахідників та початківців, оскільки його дизайн орієнтований на зручність використання, що допомагає досягти поставленої мети. Він є основним компонентом пристрою. Це мікроконтролерний прилад з відкритим вихідним кодом, з легкодоступною програмно-апаратною платформою і добре поєднується з доступними давачами, що визначають якість повітря. Все необхідне для його роботи є на платі. Потрібен тільки кабель USB, щоб безпосередньо підключити його до комп'ютера або забезпечити живлення за допомогою батареї або адаптера змінного та постійного струму для початку роботи. Також, якщо не вистачає коштів для придбання батареї та адаптера передбачено безкоштовне програмне забезпечення, тобто IDE (інтегроване середовище розробки). Завдяки доступності великої кількості вихідних кодів через Інтернет програмування Arduino стає легким. Зростаюча онлайн-спільнота, яка підтримує Arduino, включає велику кількість програмістів, які створюють свої приклади для інших, щоб зробити цю платформу більш надійною. Arduino переважно використовується в радіочастотних та інфрачервоних схемах. Ці

					КВРКІ 180240.18.02.18 ПЗ	Арк
Зм.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата		24

інтерпретатори в основному використовуються для дистанційного керування, таких приладів як охоронна сигналізація, сигналізація дверей автомобіля, охоронна система та інші.

2.1.2 Газовий давач MQ135

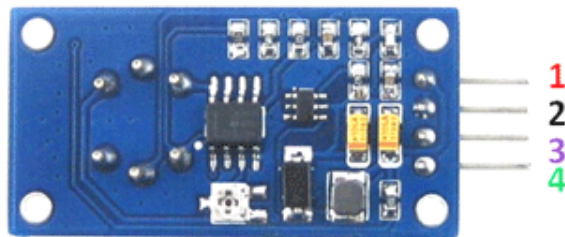
Газовий давач, який має назву MQ135 зазвичай використовується, щоб виявляти дим та інші шкідливі для навколишнього середовища газу. MQ135 має змогу виявляти самі різні небезпечні газу такі як NO_x , NH_3 , CO_2 , алкоголь, дим та бензол. Він має дуже сильну чутливість до бензолу, аміаку та сульфїду. Ще в його властивості входить чутливість до диму та інших некорисних газів. Описані ознаки дають підставу, щоб вибрати саме цей газовий давач для розробки програмно-апаратного пристрою моніторингу забруднення повітря. MQ135 використовує мікросхему детектора шкідливих газів та детектора якості навколишнього середовища. Другі складові, такі як мікросхема аналогового компаратора LM393 надають можливість без труднощів інтегрувати даний прилад в програмно-апаратний пристрій моніторингу забруднення повітря на базі Arduino, що дозволить виявити небезпечні газу. Газовий давач MQ135 зображений на рисунку 2.3.



Рисунок 2.3 – Газовий давач MQ135 [10]

					КВРКІ 180240.18.02.18 ПЗ	Арк
Зм.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата		25

На рисунку 2.4 можна детально розглянути складові MQ135.



Pin No.	Pin Name
1	Vcc(+5V)
2	Ground
3	Digital Out
4	Analog out

Рисунок 2.4 – Складові газового давача MQ135 [11]

Газовий давач вимагає джерела живлення 5В і забезпечує цифровий логічний вихід (1 або 0) і аналоговий вихід рівня (0-4В). Цифровий логічний вихід має НИЗЬКИЙ рівень (0), коли газ не виявлений, але стає ВИСОКИМ (1), коли концентрація небезпечного газу в навколишньому середовищі досягає встановленого порогу, що задається за допомогою потенціометра на приладі. Аналоговий вихід забезпечує вихідну напругу в діапазоні від 0 до 4В залежно від концентрації небезпечного газу в навколишньому середовищі. Значення 0В – мінімальна концентрація, 4В – максимальна концентрація. Він є чудовим рішенням для виконання завдання розробки даного програмно-апаратного пристрою моніторингу забруднення повітря так як цей давач можна використовувати для виявлення небезпечних газів, таких як аміак, оксид азоту, алкоголь, бензол, дим, чадний газ, діоксид вуглецю та інші забруднювачі повітря. Пристрій MQ135 використовує нагрівальний елемент. Після початкового ввімкнення живлення, потрібно зачекати щонайменше 20 секунд перед зчитуванням вихідних даних, щоб переконатися в достовірності даних. Чутливий матеріал, що використовується в газовому сенсори MQ135 – SnO₂. Провідність цього елементу нижча у чистому повітрі. Провідність сенсора збільшується зі

зростанням концентрації забруднюючого газу. MQ135 може контролювати різні види токсичних газів, таких як сульфід, аміак, бензол, пар та CO₂. Діапазон виявлення становить 10-10,000 ppm при напрузі близько 5.0V±0.1V змінного чи постійного струму. Важливими особливостями є тривалий термін служби, низька вартість, проста схема драйвера та хороша чутливість до токсичних газів. Газовий давач MQ135 широко використовується у промислових газових сигналізаторах, портативних газових детекторах та побутових газових сигналізаторах. У даному програмно-апаратному пристрої моніторингу забруднення повітря прилад MQ135 використовується для моніторингу CO₂ у повітрі. Кількість CO₂, що знаходиться в атмосфері, становить 400,7 ppm, відповідно до якого калібрується давач. На рисунку 2.5 зображено газовий давач, який використовується при розробці даного програмно-апаратного пристрою моніторингу забруднення повітря у навколишньому середовищі.

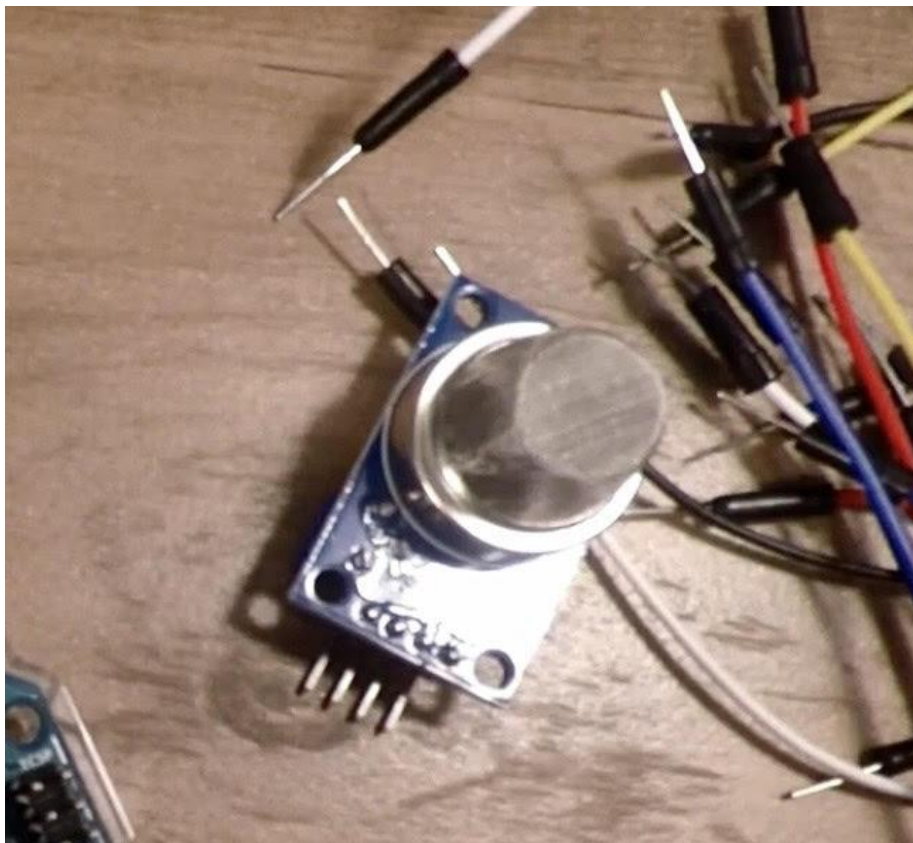


Рисунок 2.5 – Використаний газовий давач MQ135

2.1.3 Wi-Fi модуль ESP8266

					КВРКІ 180240.18.02.18 ПЗ	Арк
Зм.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата		27

ESP8266 – це не високовартісний мікрочіп Wi-Fi з повним стеком TCP/IP та можливостями мікроконтролера. Даний маленький модуль надає можливість мікроконтролерам чинити прості TCP/IP-з'єднання завдяки командам Hayes та підключатись до мережі Wi-Fi. Що дозволяє використати його у розробці програмно-апаратного пристрою моніторингу забруднення повітря, так як для його роботи потрібна Wi-Fi мережа. За допомогою розвитку інформаційних технологій у наш час існує документація, а саме інструкція у, якій написано про даний пристрій. Вона написана на англійській мові. Це дозволяє з легкістю використовувати ESP8266 для розробки програмно-апаратного пристрою моніторингу забруднення повітря. Дуже низька ціна і те, що на пристрої знаходиться вкрай мало зовнішніх компонентів, дозволяє дійти висновку того, що у кінцевому випадку він є дуже недорогим в обсязі. ESP8266 з 1 Мб вбудованої флеш-пам'яті, дозволяє створювати однокристальні пристрої, здатні підключатися до Wi-Fi. А найголовніше, що всі ці функції дозволяють спроектувати прилад, що має підключення до Wi-Fi. На рисунку 2.6 можна побачити детальний опис Wi-Fi модуля ESP8266.

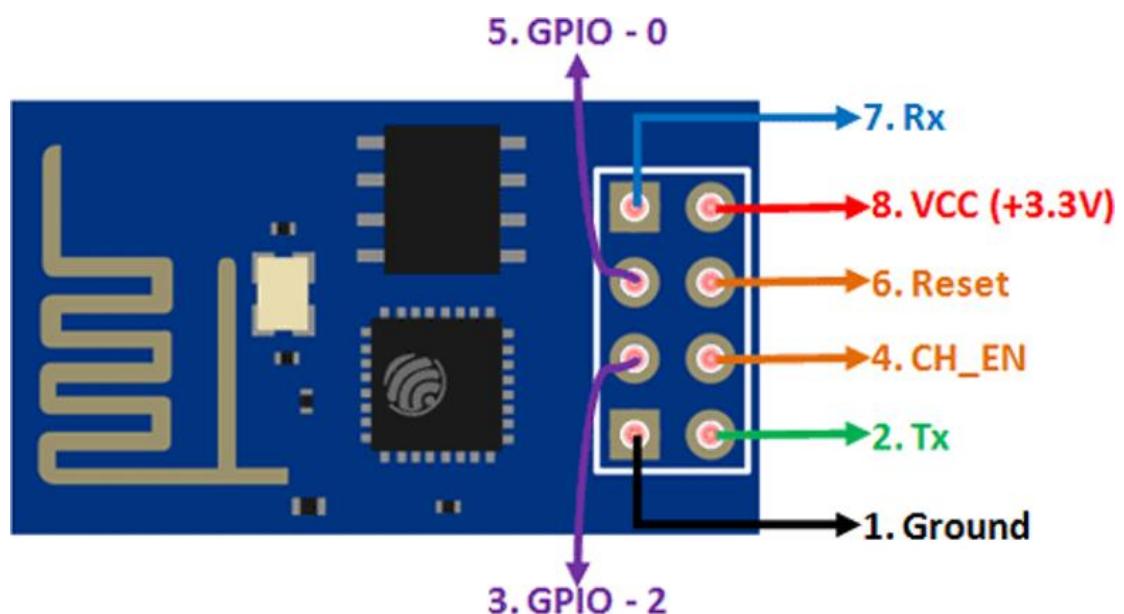


Рисунок 2.6 – Детальний опис Wi-Fi модуля ESP8266 [12]

Зм.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата

На рисунку 2.7 зображено Wi-Fi модуль ESP8266, який використовувався при проектуванні програмно-апаратного пристрою моніторингу забруднення повітря.

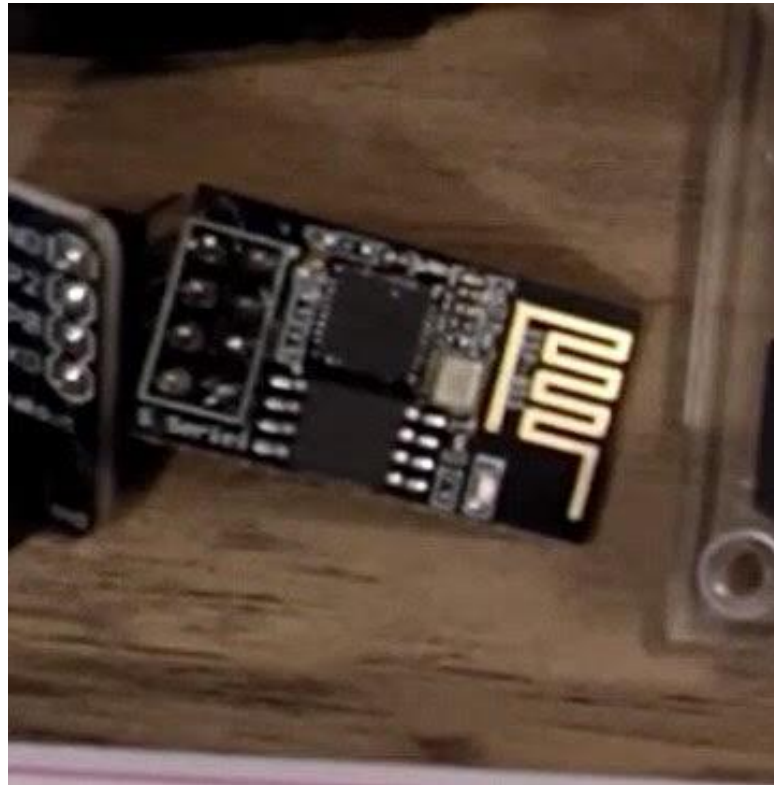


Рисунок 2.7 – Використаний Wi-Fi модуль ESP8266

2.1.4 Адаптер Wi-Fi ESP8266

Оскільки розташування контактів ESP01/ESP-01s не є зручним для макетної плати та не має маркування, це робить його не дуже зручним для створення програмно-апаратного пристрою моніторингу забруднення повітря. Адаптер макетної плати допоможе значно полегшити створення прототипу за допомогою модуля esp-01. Даний адаптер є необхідним для створення пристроїв за допомогою макетної плати. Вбудований конденсатор 0,1 мкФ забезпечує безперебійну роботу модуля Wi-Fi esp01 esp01s. На рисунку 2.8 можна побачити детальний опис адаптеру Wi-Fi ESP8266.

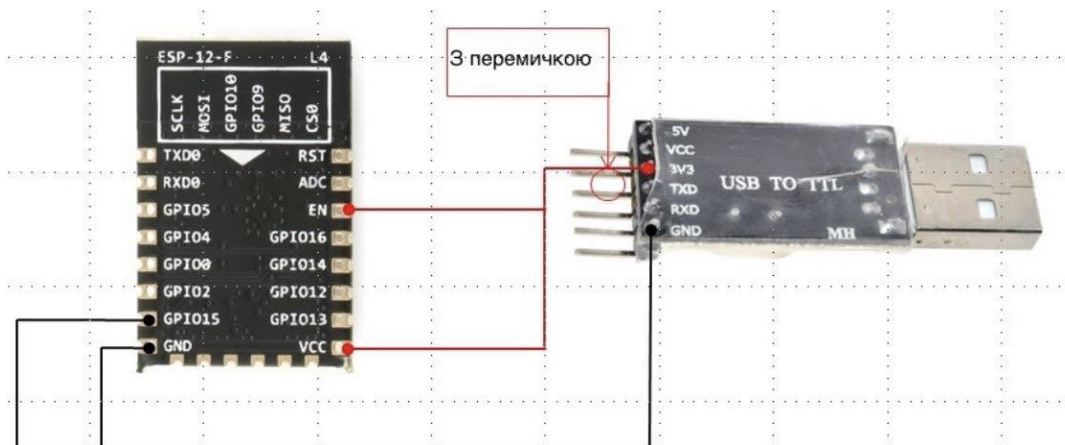


Рисунок 2.8 – Детальний опис адаптеру ESP8266 Wi-Fi [13]

На рисунку 2.9 зображено адаптер ESP8266 Wi-Fi, який використовувався при проектуванні програмно-апаратного пристрою моніторингу забруднення повітря.



Рисунок 2.9 – Використаний адаптер ESP8266 Wi-Fi Device

2.1.5 Макетна плата

Щоб навчитися легко створювати схеми, використовується макетна плата. Оскільки це важливий компонент для створення прототипу даного програмно-апаратного пристрою моніторингу забруднення повітря. Макетні плати виготовляються з пластику і мають невеликі отвори, які електронно з'єднані один з одним за певним шаблоном.

Зм.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата

Макетні плати бувають різноманітних розмірів. Їх величина напряму залежить від технічних характеристик приладу, що має бути виготовлений завдяки макетній платі. У загальному рекомендується застосовувати макетні плати великих розмірів у тому випадку якщо проект вміщує у собі декілька приладів. У випадку ж використання невеликої кількості пристроїв треба скористуватись макетною платою маленького розміру[14]. При розробці програмно-апаратного пристрою моніторингу забруднення повітря взято макетну плату великого розміру, так як на ній розмішуватиметься багато необхідних приладів.

Макетна плата також призначена для проведення тестування схеми, що дозволить упевнитись в правильності зробленого програмно-апаратного пристрою моніторингу забруднення повітря. За допомогою даної плати можна знаходити помилки та різноманітні проблеми у приладі. Це все робиться перш ніж схема буде виготовлена на інших сучасних платах, відомих як друковані плати (PCB). Макетна плата вміщує металеві смужки, що вбудовані у пластиковий корпус. Ці смужки також розробляються на комп'ютері, як і дизайн друкованих плат, які друкуються на комп'ютері та вимагають паяння для підключення пристроїв.

Макетна плата дозволяє обійтись без паяння та зібрати схему для використання. Це значно полегшує розробку програмно-апаратного пристрою моніторингу забруднення повітря, не використовуючи паяльні прилади [15]. Оскільки на сьогоднішній день макетна плата – це безпайкова монтажна плата для розробки прототипів або тимчасових електросхем без використання паяльника. У середині макетної плати прокладено проводки, що дозволяє зібрати програмно-апаратний пристрій для вимірювання забруднення повітря.

На обраній макетній платі є 830 контакти. Всього є чотири рейки, дві зверху та дві знизу. Вони призначені для підключення живлення та землі. Між ними – 126 груп з'єднаних між собою контактів, що розташовані на відстані 2,54 мм.

Вона поділяється на наступні з'єднання:

- 1) горизонтально з'єднаний блок;
- 2) вертикально з'єднаний блок.

					КВРКІ 180240.18.02.18 ПЗ	Арк
						31
Зм.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата		

З'єднання макетної плати можна пояснити за допомогою наступного рисунка 2.10.

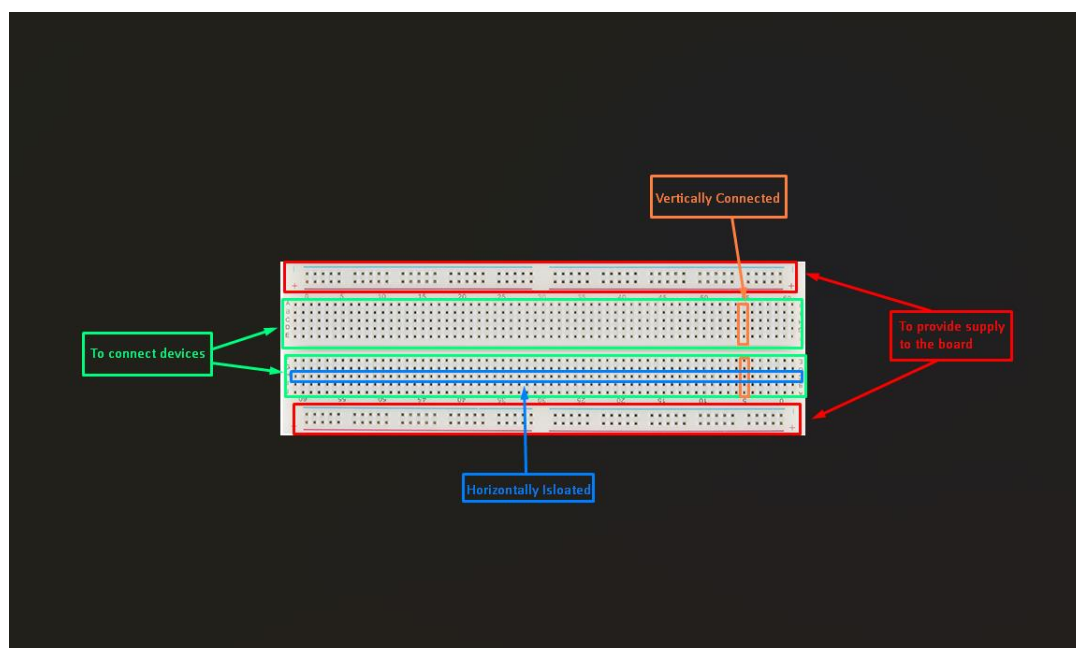


Рисунок 2.10 – З'єднання макетної плати [16]

Горизонтальні під'єднані контакти використовуються для подання живлення програмно-апаратним пристроям моніторингу забруднення повітря, оскільки до цих контактів можна легко отримати доступ у вертикально підключеній області [17]. З кожної сторони плати є блок позитивного та негативного живлення, що виділений червоним кольором, задля того, щоб кожен блок міг мати своє джерело живлення та щоб уникнути великих перемичок для підключення блоків, виділених зеленим кольором, від джерела живлення. Ці штирі з'єднуються тільки в горизонтальному напрямку.

Два блоки електрично не поєднані між собою. Вертикально з'єднані блоки виділені на рисунку зеленим кольором [18]. Шпильки у кожному блоці, виділені зеленим кольором та поєднані між собою у вертикальному напрямку. А ось виводи ізольовані один від одного в горизонтальному напрямку [19]. Обидва цих блоки також надають можливість з'єднувати їх завдяки перемичкам.

Тоді коли здійснилось під'єднання провідників до одного з отворів в окремому ряді, контакт одночасно під'єднався і до других контактів в іншому ряді.

Взагалі при розробці програмно-апаратного пристрою моніторингу забруднення повітря є можливість використання п'ятьох отворів на одній рейці, і є можливість підключення до п'ятьох компонентів включно до окремої рейки, вони будуть пов'язані між собою.

У центрі макетної плати є окрема рейка без контактів, що межує пластини між собою, розмежовуючи кожен ряд на самостійні відділи. Завдяки цьому можна встановлювати компоненти, не замикаючи контактів [20]. Це значно полегшує розробку програмно-апаратного пристрою моніторингу забруднення повітря. Крім ізоляції, ця рейка дозволяє використовувати мікросхеми форм-фактору Dual in-line Package (DIP). У DIP-мікросхем контакти розташовані по обидва боки і добре вміщуються на дві рейки по центру плати [21]. Ізоляція контактів – відмінний варіант, який дозволяє зробити розведення кожного контакту мікросхеми на окрему рейку з п'ятьма контактами.

На рисунку 2.11 зображено використану при створенні пристрою макетну плату.

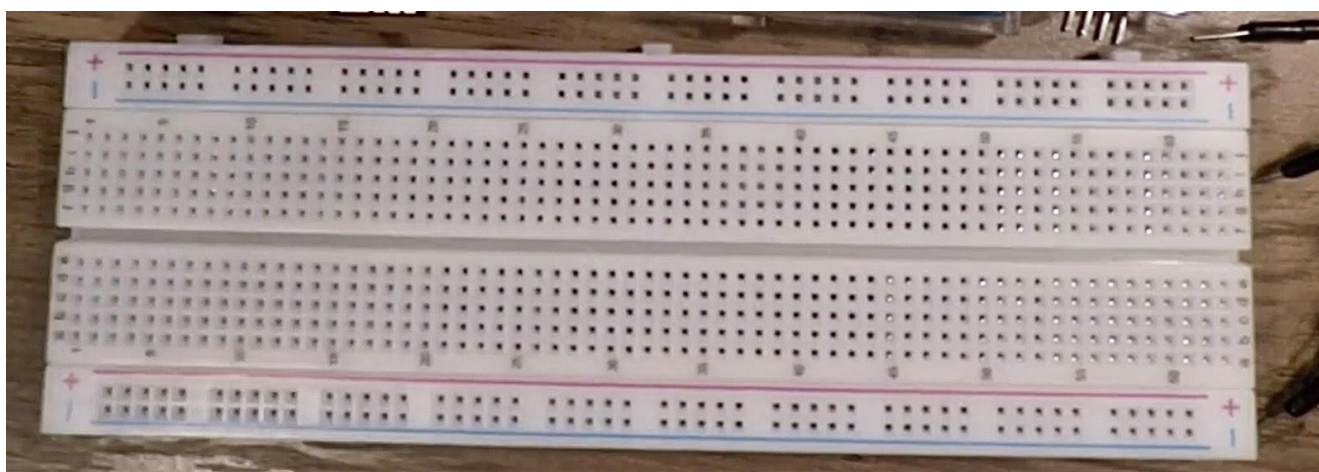


Рисунок 2.11 – Використана макетна плата

2.1.6 Перемикаючі дроти

Перемикаючий дріт — це електричний провід або група з проводів з роз'ємом або штифтом на кожному кінці, який зазвичай використовується для з'єднання компонентів макетної плати чи іншого прототипу чи тестової схеми всередині або з іншим обладнанням чи компонентами [22]. Такий вид проводів

був використаний при розробці програмно-апаратного пристрою моніторингу забруднення повітря. Всі компоненти між собою з'єднані саме ними. Перемикаючий дріт дуже компактний та зручний в експлуатації.

У використаний комплект входять наступні елементи. Кабелі-перемикачі для розробки пристроїв без паяння – ALLDE BB-018 кількістю в 3 шт., 400-контактний прототип друкованої плати та 3 шт. перемичок Dupont для Arduino. На рисунку 2.12 зображено перемикаючий дріт.



Рисунок 2.12 – Перемикаючі дроти [23]

Далі буде наведена загальна характеристика використаного макету. 400-контактний макет 94 x 64 x 8 мм складається з матеріалу ABS і має білий колір. Перемички 3 шт. 40-контактні, різнокольорові. Макет Dupont Jumper, дроти знаходяться в одній упаковці та продаються разом. Всі ці елементи є новими та високоякісними. Також комплект вміщує і собі 20-сантиметрові різнокольорові 40-контактні стрічкові кабелі з перемичками. Вони виготовлені з високоякісного мідного дроту [24]. Він є міцним, багаторазовим і портативним. Дизайн, простий. Ним можна користуватись без загрози так як він безпечний у використанні. Кабелі можна розділити, щоб утворити збірку, яка містить кількість проводів, необхідну для підключення. При розробці саме так і було зроблено, було розділено кабелі між собою і взято саме ту кількість, яка була потрібна для створення програмно-апаратного пристрою моніторингу забруднення повітря [25]. На рисунку 2.13 зображено використані при створенні перемикаючі дроти.



Рисунок 2.13 – Використані при створенні перемикаючі дроти

2.1.7 Кабель USB 2.0 типу A/B

Кабель USB 2.0 типу A/B використовується для підключення Arduino Uno, Arduino Mega 2560, Arduino 101 або будь-якої плати до USB порту-A комп'ютера. При розробці було підключено плату Arduino Uno [26]. Довжина кабелю приблизно 178 см. Колір кабелю чорний. Габарити кабелю наступні 16 x 11 x 3,51 см; 107,16 грам. На рисунку 2.14 зображено кабель USB 2.0 типу A/B.



Рисунок 2.14 – Кабель USB 2.0 типу A/B [27]

Зм.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата

На рисунку 2.15 зображено використаний при створенні кабель USB 2.0 типу A/B.



Рисунок 2.15 – Використаний кабель USB 2.0 типу A/B

2.2 Загальна архітектура програмно-апаратного пристрою моніторингу забруднення повітря на базі Arduino

Концепція Інтернету речей (IoT) переважно займається підключенням розумних пристроїв до Інтернету, використовуючи переваги багаторівневої архітектури OSI [28]. У контексті даної роботи було запропоновано кластер із газового давача MQ135 для моніторингу забруднення повітря, який використовується для вимірювання концентрації забруднюючих речовин у повітрі. Газові сенсори MQ135 взаємодіють із крихітною вкоріненою платформою, оснащеною іншими пристроями. Arduino Uno є платою розробки з відкритим вихідним кодом та чіпами ESP8266-12E [29]. Газовий сенсор MQ135 використовується для збирання вимірювань концентрації газу. Дані давача будуть зібрані та надіслані на Arduino Uno для збору даних на основі IoT (Інтернету речей).

Давач газу та пристрій ESP8266 Wi-Fi підключені до плати Arduino. Контролюється якість повітря через послідовний монітор за допомогою газового давача і подається сигнал тривоги, коли якість повітря падає нище певного рівня, тобто коли в повітрі є достатня кількість шкідливих газів, таких як CO₂, дим,

					КВРКІ 180240.18.02.18 ПЗ	Арк
Зм.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата		36

алкоголь, бензол та NH₃. Забрудненість повітря PPM відображається на послідовному моніторі, таким чином є можливість легко контролювати його [30]. Було використано датчик MQ135, який є найкращим вибором для моніторингу забрудненості повітря, так як він може виявити більшість шкідливих газів та точно виміряти їх кількість. У цьому програмно-апаратному пристрої моніторингу забруднення повітря завдяки IoT можна контролювати рівень забруднення з будь-якого місця за допомогою комп'ютера [31]. На рисунку 2.16 зображено схему програмно-апаратного пристрою моніторингу забруднення повітря.

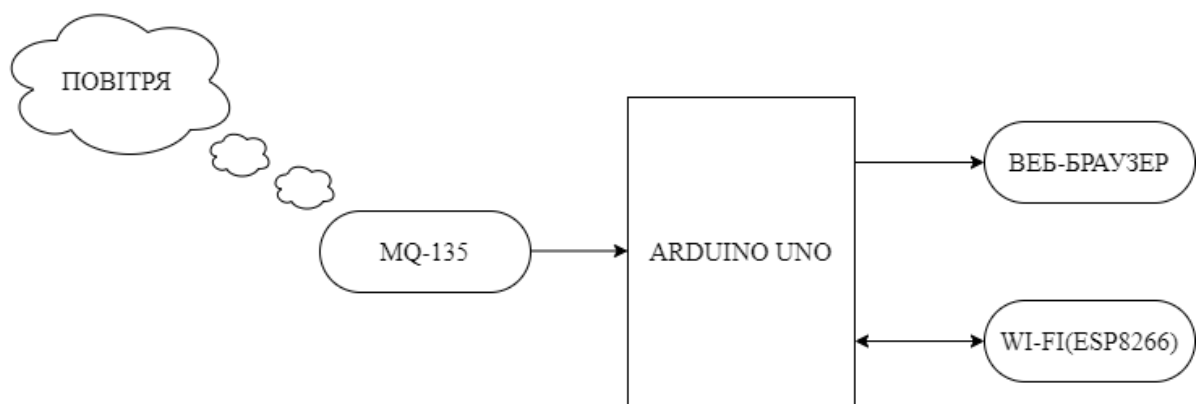


Рисунок 2.16 – Архітектура програмно-апаратного пристрою моніторингу забруднення повітря

2.3 Принципова схема програмно-апаратного пристрою моніторингу забруднення повітря на базі Arduino

Задля створення програмно-апаратного пристрою моніторингу забруднення повітря було здійснено ряд налаштувань. Перш за все з'єднано WI-FI ESP8266 з платою Arduino Uno. Wi-Fi модуль ESP8266 працює від 3.3В і підключений до VCC, GND підключений також до 3.3В контакту Arduino Uno [32]. Контакт RXD ESP8266 працює на 3,3В і взаємодіє з Arduino, коли підключається безпосередньо до Arduino через контакт 06. Потрібно підключити вивід TXD ESP8266 до виводу Arduino 05 [33]. Також необхідно з'єднати GND Arduino Uno з GND WI-FI ESP8266 і GPO WI-FI ESP8266 з землею GND мікроконтролера. Модуль Wi-Fi

Було проведено підключення давача газу MQ135 та Wi-Fi модуля ESP8266 до Arduino Uno. Підключено VCC та контакт землі давача до 5В та землі Arduino, а аналоговий контакт давача до A0 Arduino [36]. Давач MQ135 може розпізнавати NH₃, NO_x, алкоголь, бензол, дим, CO₂ та деякі інші гази, тому він є надійним газовим давачем для програмно-апаратного пристрою моніторингу забруднення повітря. Коли встановлено підключення до Arduino Uno, він визначає гази, і отримується рівень забруднення в PPM (частинах на мільйон). Газовий давач MQ135 видає сигнал у вигляді рівня напруги, і потрібно перетворити його на PPM. Давач видає значення 0,1, коли немає газу, а безпечний рівень якості повітря становить 0,5 PPM, і він не перевищує 0,5 PPM [37]. Якщо значення перевищує межу 0,5 PPM, це призводить до головного болю, сонливості, а якщо перевищує 1 PPM, це може викликати прискорене серцебиття та інші захворювання [38]. Якщо значення менше 0,5 PPM, на послідовному моніторі з'являється напис "Свіже повітря".

Якщо значення збільшується на 0,5 PPM, на моніторі з'являється повідомлення "Погане повітря, відкрийте вікна". Якщо значення збільшується на 1 PPM на моніторі відображається "Небезпека! Перейдіть на свіже повітря". Після завантаження коду здійснено підключення до Wi-Fi модуля ESP8266 на моніторі було показано IP-адресу (192.168.43.57) [39]. Якщо дана IP-адреса вводиться в браузері, вона показує результат. Для того, щоб побачити поточний стан повітря потрібно оновити сторінку знову. Після завантаження коду значення стає менше 0,5 PPM, тоді у веб-браузері відображається "Свіже повітря". Після завантаження коду значення збільшується на 0,5 PPM, тоді у веб-браузері відображається "Погане повітря, відкрийте вікна". Після завантаження коду, коли значення збільшується на 1,00 PPM у веб-браузері відображається "Небезпека! Перейдіть на свіже повітря" [40]. Роботу програмно-апаратного пристрою моніторингу забруднення повітря можна показати за допомогою блок-схеми, вона зображена на рисунку 2.18.

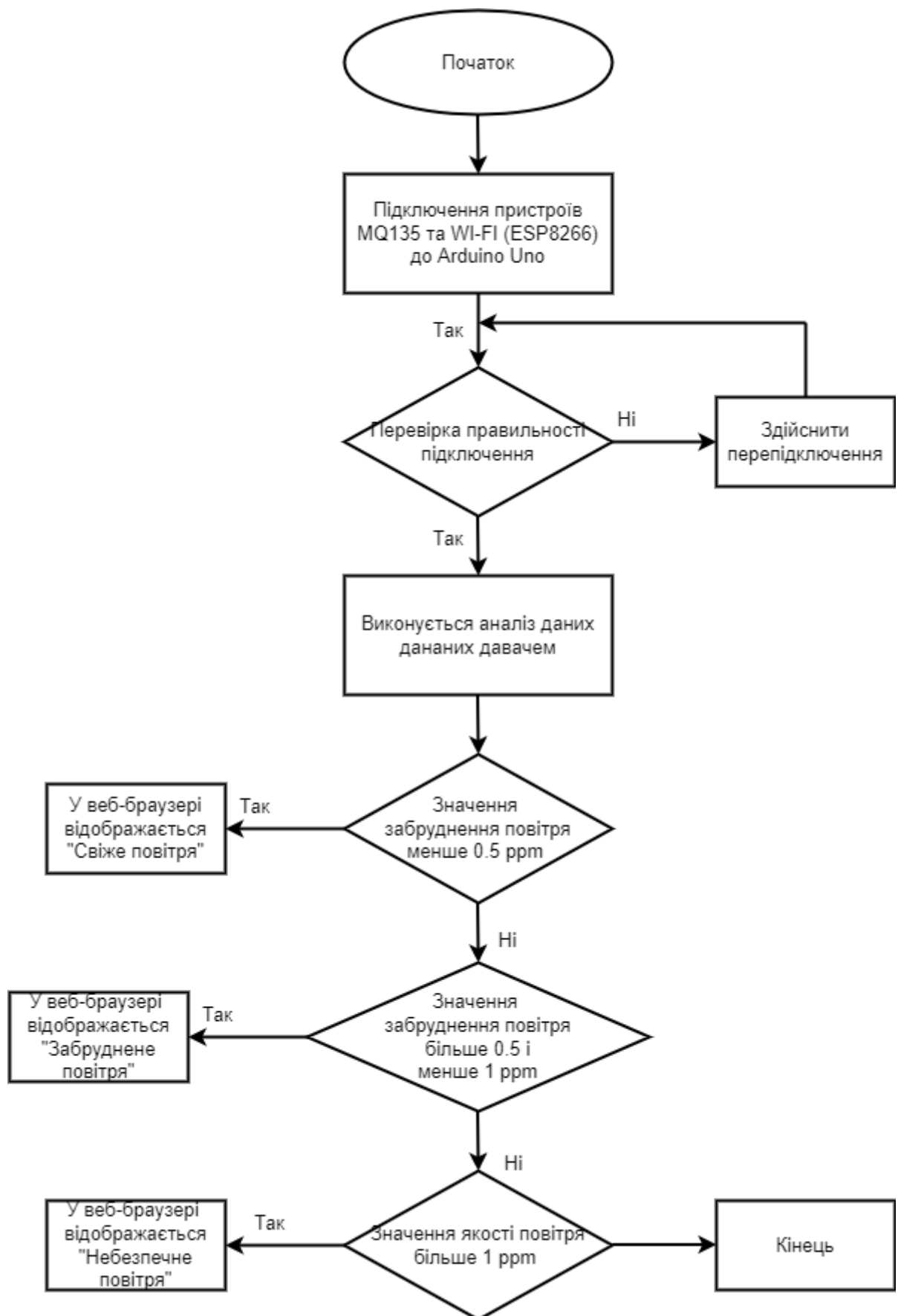


Рисунок 2.18 – Блок-схема алгоритму роботи програмно-апаратного пристрою моніторингу забруднення повітря

2.5 Висновки

У цьому розділі був проведений аналіз існуючого апаратного забезпечення, та було обране обладнання, яке найбільше підходить для створення програмно-апаратного пристрою моніторингу забруднення повітря на базі Arduino. Проведений аналіз доречності використання апаратних складових. Також представлена загальна архітектура, принципова схема та блок-схема алгоритму роботи програмно-апаратного пристрою моніторингу забруднення повітря.

					КвРКІ 180240.18.02.18 ПЗ	Арк
						41
Зм.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата		

3 ПРОГРАМНО-АПАРАТНА РЕАЛІЗАЦІЯ ТА ТЕСТУВАННЯ ПРИБРОЮ МОНІТОРИНГУ ЗАБРУДНЕННЯ ПОВІТРЯ НА БАЗІ ARDUINO

3.1 Встановлення програмного забезпечення Arduino IDE

Для реалізації апаратної складової програмно-апаратного пристрою моніторингу забруднення повітря потрібно встановити програмне забезпечення Arduino IDE. Версію було обрано 1.8.19. Програма сумісна з різними версіями операційних систем [29]. У даному випадку це операційна система Windows 10. Всі необхідні інструменти присутні у Arduino IDE. Що дає змогу втілити всі необхідні кроки до створення програмно-апаратного пристрою моніторингу забруднення повітря. Завдяки зручному інтерфейсу програмування пристрою буде здійснено правильно і без помилок.

Для завантаження програми потрібно зайти в браузер і знайти веб-сайт Arduino. На рисунку 3.1 зображено веб-сайт завантаження.

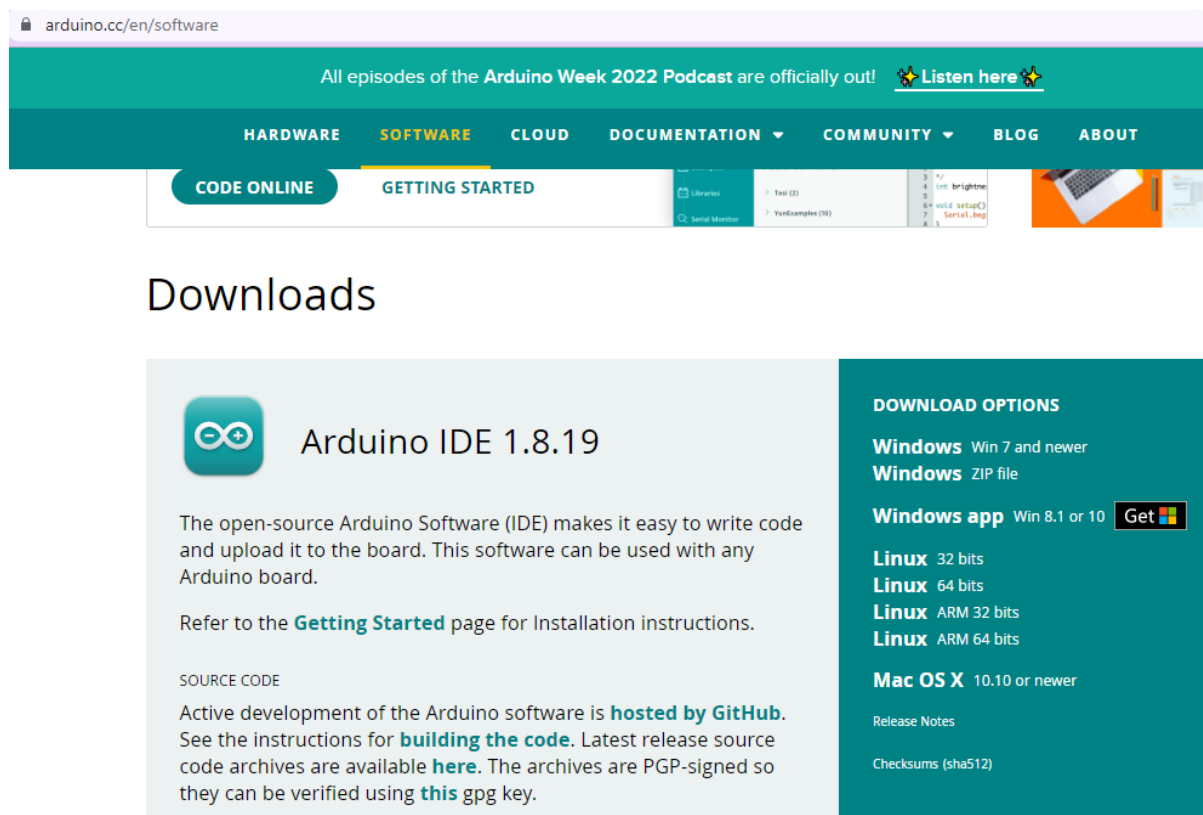


Рисунок 3.1 – Веб-сайт Arduino

Далі необхідно обрати версію для встановлення (вони є різні для кожної системи своя), а саме Windows. Як видно з рисунка 3.1 є два варіанти завантаження. Перший це через архів, а другий файл типу .exe. Натиснувши другий варіант відбувається перенаправлення на іншу сторінку веб-сайту. З двох кнопок можна обрати першу «Just Download», що означає безкоштовне завантаження програмного забезпечення або ж другу «Contribute & Download», яка надає можливість зробити внесок в 3, 5, 10, 25 або 50 доларів. На рисунку 3.2 показано дану сторінку вибору.



Рисунок 3.2 – Сторінка завантаження програмного забезпечення

Після натискання кнопки «Just Download» було встановлено необхідний файл .exe. Далі натиснувши на нього з'являється вікно з вимогами. Потрібно натиснути кнопку «I Agree». Далі обраються ті інструменти програми, які необхідні для розробки. Обираємо всі пункти зі списку, а саме «Install Arduino software», «Install USB driver», «Create Start Menu shortcut», «Create Desktop shortcut», «Associate .ino files». На рисунку 3.3 зображено вибір пунктів завантаження. Arduino IDE і можна переходити до наступного етапу розробки.

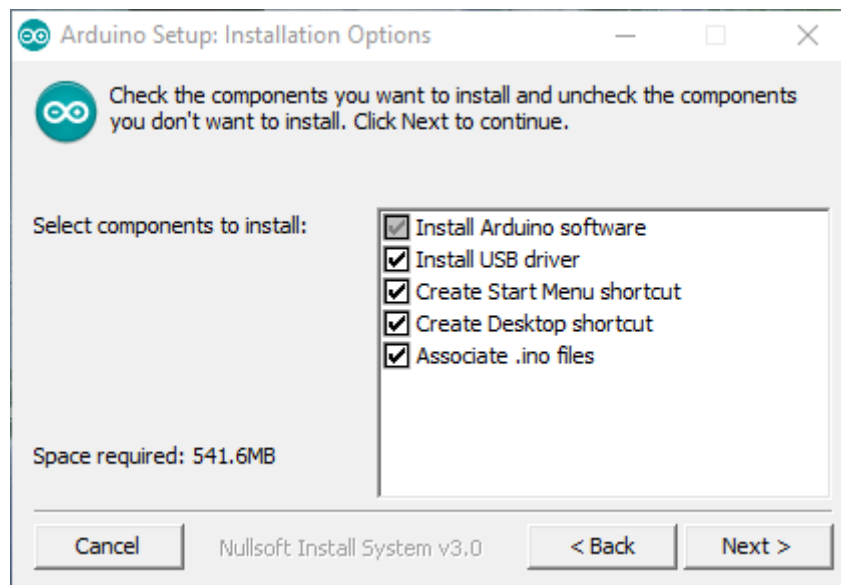


Рисунок 3.3 – Вибір пунктів завантаження

Останнім кроком буде обрання папки куди саме завантажиться програмне забезпечення. Після чого натиснувши кнопку «Install» розпочнеться встановлення.

3.2 Підключення Wi-Fi модуля ESP8266

Для підключення програмно-апаратного пристрою моніторингу забруднення повітря до мережі Інтернет необхідно використати Wi-Fi ESP8266. Також знадобиться плата Arduino Uno. Вона вміщує в собі власний мікроконтролер, який називається Atmega328P. Але щоб надалі запрограмувати Wi-Fi ESP8266 необхідно забрати мікроконтролер з плати Arduino Uno. Так як Wi-Fi модуль ESP8266 передбачає власний мікроконтролер. Це робиться дуже обережно щоб не допустити згибання контактів на мікроконтролері. Що і було зроблено. Після цього встановлюється адаптер ESP8266 на макетну плату. А до нього приєднується Wi-Fi ESP8266. Також на макетну плату потрібно покласти Arduino Uno. Всі з'єднання буде здійснено за допомогою раніше підготованих перемикаючих дротів різних кольорів (для наочності всіх підключень). На рисунку 3.4 можна побачити всі приготовані компоненти, що знадобляться для підключення Wi-Fi модуля ESP8266.

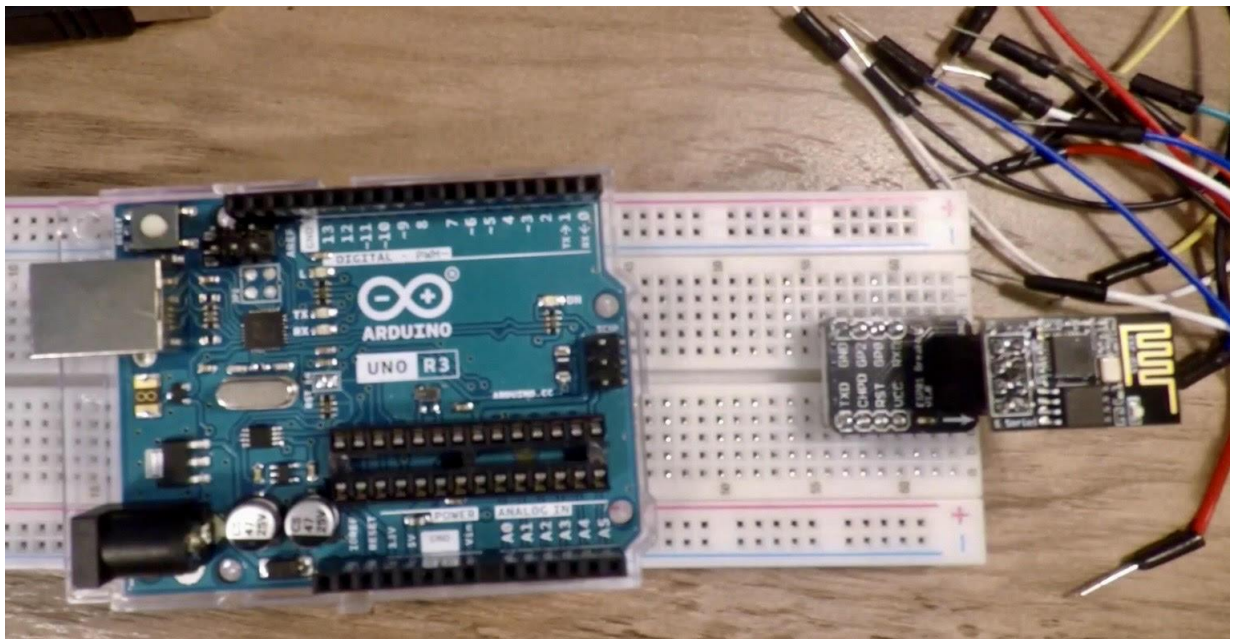


Рисунок 3.4 – Підключення Wi-Fi модуля ESP8266

Всі контакти, які будуть підключені в одному ряду макетної плати, що знаходяться по середині, тобто зверху під синьою лінією або ж над червоною знизу, з'єднані між собою також. Якщо подивитись на рисунок 3.4 стає видно, що кожен контакт Wi-Fi ESP8266, який розміщений на макетній платі може бути з'єднаний з декількома іншими входами. Це є дуже зручним в розробці програмно-апаратного пристрою моніторингу забруднення повітря. Але якщо взяти контакти, які розміщені в інших рядах вони не поєднані між собою. Кожен елемент покладено там де він має знаходитись для подальшої правильної роботи.

Отож розпочати роботу слід з того, що взяти перемикаючий дріт жовтого кольору і здійснити підключення від Arduino Uno 3.3В до макетної плати знизу, що позначена червоним кольором з знаком (+). Мінусом Arduino Uno є те, що до контакту 3.3В можливо здійснити тільки одне підключення, що значно ускладнює роботу. Але макетна плата з своїми властивостями дає змогу уникнути цієї проблеми. Завдяки такому підключенню до контакту 3.3В можна буде здійснювати під'єднання і далі. Тобто всі з'єднання, що розміщені на нижній червоній лінії матимуть доступ до контакту Arduino Uno 3.3В. У подальших підключеннях це дуже доречно. На лінії, що вже відповідає 3.3В необхідно

здійснити декілька підключень. Перше це, підключити джерело живлення Vcc адаптора Wi-Fi ESP8266. Для цього використовується перемикаючий дріт блакитного кольору. Друге це на тій же лінії червоного кольору з знаком (+) підключити CHPD адаптора Wi-Fi ESP8266. Ці підключення необхідні для постачання живлення. Вище описані підключення до джерела живлення можна побачити на рисунку 3.5.

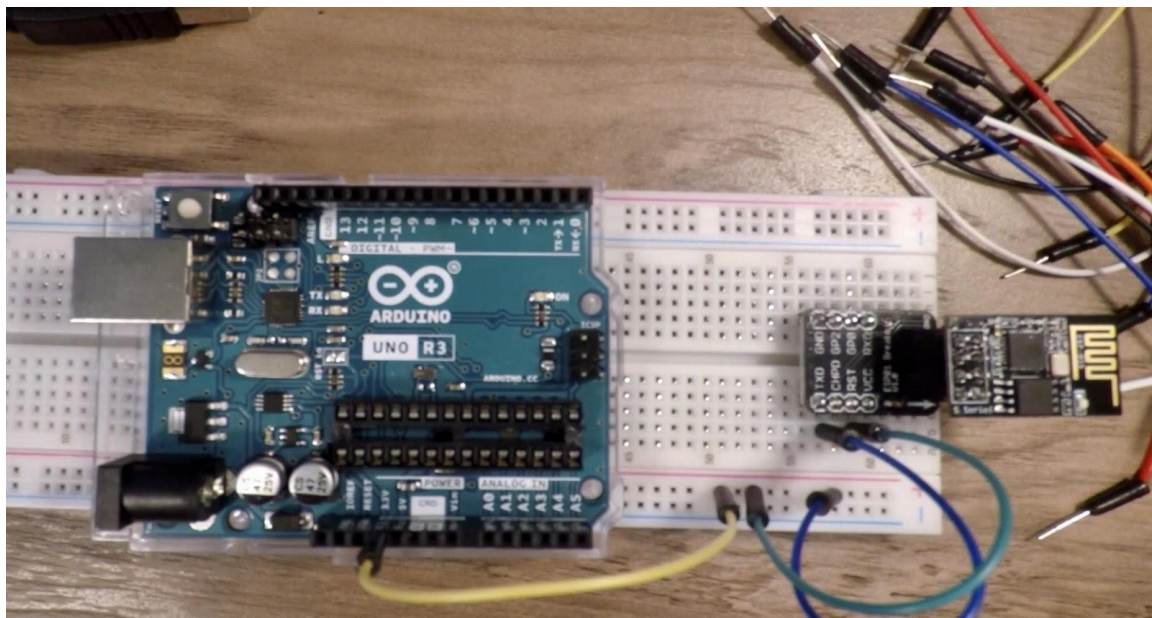


Рисунок 3.5 – Підключення Wi-Fi ESP8266 до контакту Arduino Uno 3.3В

Продовжується підключення елементів адаптору. На черзі вихід Rx, який необхідно під'єднати до Rx Arduino Uno, ця дія робиться кабелем помаранчевого кольору. Підключення з'єднує дві плати разом і надає їм можливість приймати інформацією один від одного. Аналогічним чином з'єднуються Tx входи адаптору та плати Arduino Uno за допомогою білого перемикаючого дроту. Виконане з'єднання робить передачу даних між платами. Отже основні підключення вже здійснено.

На Arduino Uno є багато заземлюючих контактів, а саме один у верхній частині та два у нижній. Вони позначаються як GND. Можна обрати будь-який з них. Було обрано один знизу. Після чого підключитись до самої нижньої частини макетної плати, що позначена синім кольором з знаком (-). Так само як і з лінією червоного кольору, що була підключена до живлення 3.3В, все що буде підключено до синьої нижньої лінії матиме зв'язок з контактом GND Arduino Uno.

					КВРКІ 180240.18.02.18 ПЗ	Арк
Зм.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата		46

Також підключається GND адаптору до нижньої лінії синього кольору макетної плати. Підключено дротом червоного кольору. Останнім кроком буде підключення контакту GP2 до заземленої лінії макетної плати. Коли контакт GP2 підключено до заземленого контакту або ж низькій напрузі необхідно встановлювати на нього новий код. Це і потрібно для реалізації програмно-апаратного пристрою моніторингу забруднення повітря. Контакт GP0 залишається відкритими до нього не потрібно робити підключень. Всі ці підключення зображені на рисунку 3.4.

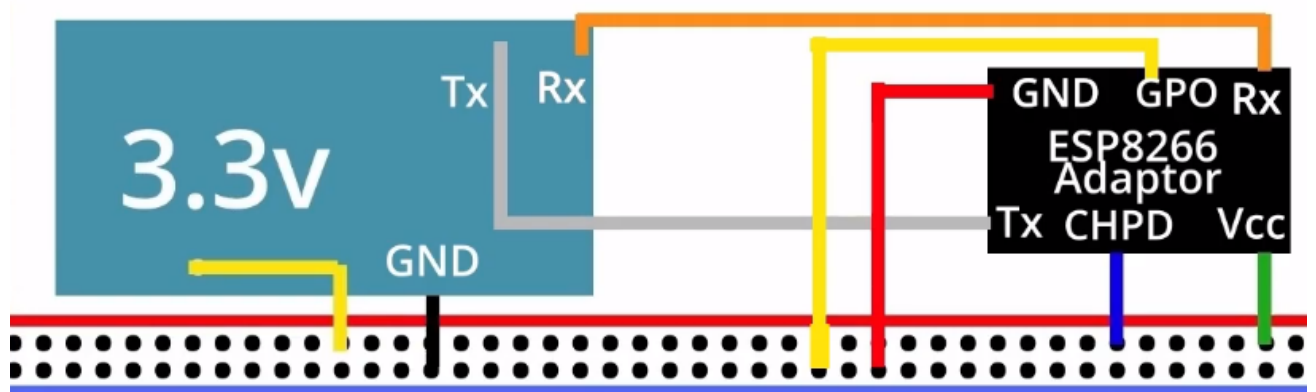


Рисунок 3.4 – Підключення необхідні для програмування Wi-Fi ESP8266

На рисунку 3.5 зображено Результат з'єднань для програмування Wi-Fi ESP8266.

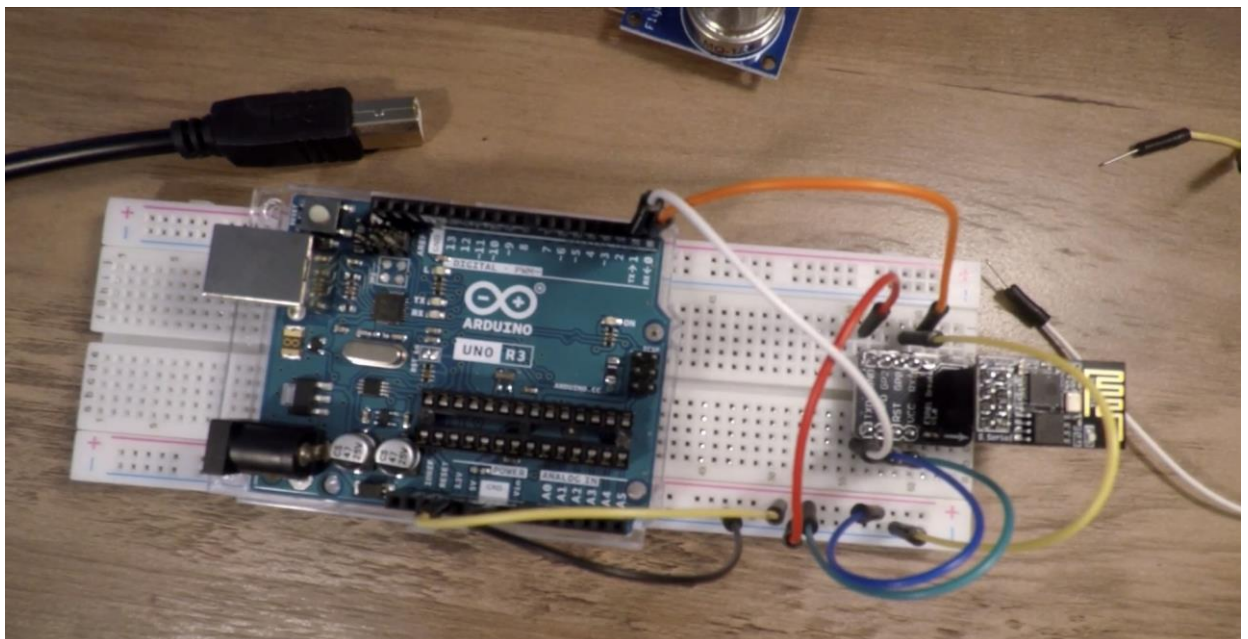


Рисунок 3.5 – Результат з'єднань для програмування Wi-Fi ESP8266

Зм.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата

Останнім кроком перед результатом попередніх налаштувань є встановлення універсального модуля ESP8266 Wi-Fi. Для цього необхідно зайти в панель налаштувань Arduino IDE обравши кнопку «Tools» з спливаючого вікна натиснути варіант Board: «Arduino Uno» далі «ESP8266 Boards (2.5.0)» і останнім обирається універсальний модуль «Generic ESP8266 Module».

Тепер можна компілювати написаний код і результатом є напис того, що все виконалось вірно «Done Compiling». Це означає, що компіляція пройшла успішно і помилок не знайдено.

Після цього можна приступати до підключення апаратної складової програмно-апаратного пристрою моніторингу забруднення повітря до комп'ютеру. Для цього береться кабель USB 2.0 типу A/B одним кінцем підключається до входу USB плати Arduino Uno, а іншим до комп'ютеру. Якщо все виконано правильно лампочка на Arduino Uno повинна блимати зеленим кольором.

Останнім кроком перед результатом попередніх налаштувань є встановлення універсального модуля ESP8266 Wi-Fi. Для цього необхідно зайти в панель налаштувань Arduino IDE обравши кнопку «Tools» з спливаючого вікна натиснути варіант Board: «Arduino Uno» далі «ESP8266 Boards (2.5.0)» і останнім обирається універсальний модуль «Generic ESP8266 Module».

Тепер можна компілювати написаний код і результатом є напис того, що все виконалось вірно «Done Compiling». Це означає, що компіляція пройшла успішно і помилок не знайдено.

Після цього можна приступати до підключення апаратної складової програмно-апаратного пристрою моніторингу забруднення повітря до комп'ютеру. Для цього береться кабель USB 2.0 типу A/B одним кінцем підключається до входу USB Connection плати Arduino Uno, а іншим до комп'ютеру. Якщо все виконано правильно лампочка на Arduino Uno повинна блимати зеленим кольором. При цьому йде завантаження коду на плату ESP8266 Wi-Fi і на ньому відображається синій колір. Правильність результату завантаження коду можна побачити на рисунку 3.6.

					КВРКІ 180240.18.02.18 ПЗ	Арк
						48
Зм.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата		

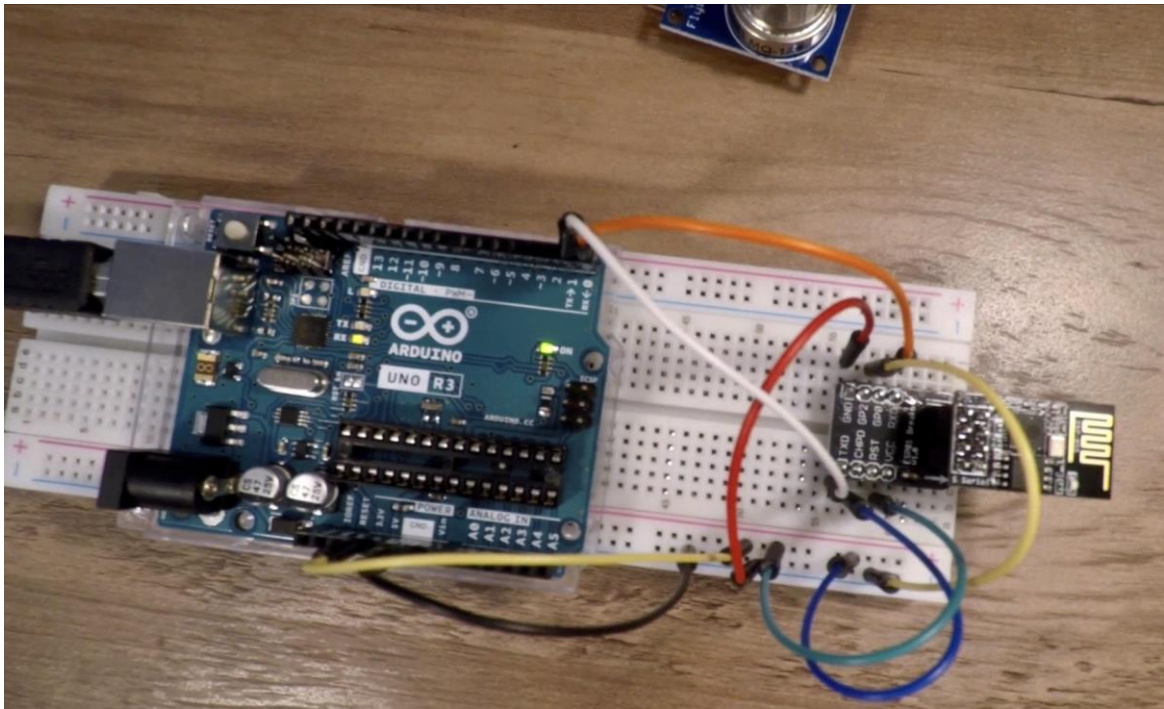


Рисунок 3.6 – Результат налаштувань ESP8266 Wi-Fi

На рисунку 3.6 видно, що все виконано правильно. Зеленим кольором на Arduino Uno світиться кнопка Tx та Rx, а також кнопка On, що означає ввімкнений режим. На платі ESP8266 Wi-Fi лампочка блимає синім кольором. Всі налаштування виконано правильно. Плату ESP8266 Wi-Fi запрограмовано.

3.3 Програмування роботи Wi-Fi ESP8266

У попередньому розділі було здійснено апаратне налаштування Wi-Fi ESP8266. Після цього можна розпочати написання коду для Wi-Fi модуля ESP8266. Для цього запускається раніше завантажене програмне забезпечення Arduino IDE. Розпочати кодування необхідно з наступного. Потрібно ввести ім'я та пароль Інтернет з'єднання, що встановлено в приміщенні у якому проводиться розробка програмно-апаратного пристрою моніторингу забруднення повітря. Вводити дані треба в лапки, що йдуть після знаку дорівнює (=).

```
char networkname[] = "";
```

```
char passcode[] = "";
```

Також в кодї є функція під назвою `setup()`, що означає налаштування. У ній є чотири рядки коду. Перший вміщує у собі властивість `Serial.begin()`, вона встановлює швидкість передачі інформації у бітах на секунду для послідовної передачі даних. У даному випадку встановлене значення становить 115200. У цілому плата ESP8266 може діяти як станція Wi-Fi, точка доступу або обидва варіанти. Щоб встановити необхідний режим Wi-Fi, використовується функція `WiFi.mode(WIFI_STA)`, що задає платі ESP8266 режиму станції, тобто вона підключається до раніше вказаної точки доступу. Третій та четвертий рядки коду `ThingSpeak.begin(client)`, `thingSpeak()` ініціалізують принцип Інтернету речей.

```
void setup()
{
  Serial.begin(115200);
  WiFi.mode(WIFI_STA);
  ThingSpeak.begin(client);
  thingSpeak();
}
```

Наступна функція має назву `loop()` і розпочинається з перевірки кількості символів, які надійшли в послідовний буфер і готові до зчитування та більші за 0. Якщо умова виконується відбувається цикл `while` у якому є функція `Serial.read()`, що повертає перший (найстаріший) символ у буфері та видаляє цей байт даних із буфера. Отже, коли всі дані зчитуються, а нові послідовності не надійшли, буфер порожній і `Serial.available()` поверне 0.

Наступною основною специфікою функції буде налагодження роботи принципу Інтернету речей. Перший рядок коду означає перевірку самого підключення до Інтернету та перевіряється умовою. Якщо умова `WL_CONNECTED` правдива то відбувається цикл підключення. Вводяться значення вказані раніше, а саме назва мережі та її пароль. Останнім кроком буде використання функції `delay()`, яка зупиняє виконання програми на задане в дужках значення. У цьому випадку задано значення в 5000 мілісекунд.

```
void thingSpeak()
{
```

					КВРКІ 180240.18.02.18 ПЗ	Арк
						50
Зм.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата		

```

if (WiFi.status() != WL_CONNECTED)
{
while (WiFi.status() != WL_CONNECTED)
{
WiFi.begin(networkname, passcode);
delay(5000);
}
}
}

```

Функція, що буде описуватись наступною виконує роботу запису значень в канали сервера Інтернету речей. Вона має назву pushData(). ThingSpeak.writeField() першим значенням записаним у дужках є номер ID, другим йде номер поля, третім ім'я поля ну і останнім API ключа. Якщо отримане значення не дорівнює 200 то виконується функція описана вище delay(), що зупиняє виконання програми на задане в дужках значення. У цьому випадку там стоїть значення в 15000 мілісекунд і рекурсивно викликається ця ж функція pushData().

```

void pushData()
{
int getData = ThingSpeak.writeField(tsChannelID, fieldOne, airQuaility,
tsWriteAPIKey);
if (getData != 200)
{
delay(15000);
pushData();
}
airQuaility = "";
}

```

Описані вище методи дозволяють програмно налаштувати плату розширення ESP8266 Wi-Fi у подальшому код буде змінено.

					КВРКІ 180240.18.02.18 ПЗ	Арк
Зм.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата		51

3.4 Підключення бібліотек до програмної реалізації програмно-апаратного пристрою моніторингу забруднення повітря на базі Arduino

Велика кількість програм працюють з бібліотеками. Вони роблять роботу з кодом простіше і правильніше. Програмне забезпечення Arduino IDE також містить у собі велику кількість різноманітних бібліотек. Можливості розробки значно збільшуються завдяки ним.

Бібліотеки значно розширюють функціональні можливості програм, що дуже потрібно в розробці програмно-апаратного пристрою моніторингу забруднення повітря. Так як необхідною частиною роботи є апаратна складова встановлення бібліотек є обов'язковим.

Деякі бібліотеки завантажені автоматично при встановленні програмного забезпечення Arduino IDE, а інші за потреби. У випадку роботи з програмно-апаратним пристроєм моніторингу забруднення повітря необхідністю є додатково додати бібліотеки ThingSpeak та Arduino Uno WiFi Dev Ed Library.

Щоб встановити бібліотеку необхідно запуснути програмне забезпечення Arduino IDE. У верхній частині екрану є меню вибору кнопок, а саме «File», «Edit», «Sketch», «Tools», «Help». З цього списку натискається кнопка «Sketch» після чого видно спливаюче меню у ньому обирається пункт «Include Library» і в ньому ж знову з'являється меню вибору. Там потрібно натиснути кнопку «Manage Libraries». Пошук меню завантаження бібліотек показано на рисунку 3.7.

Спочатку відбудеться завантаження бібліотеки ThingSpeak. Вона дозволяє Arduino або іншому сумісному апаратному забезпеченню записувати або зчитувати дані на ThingSpeak, відкриту платформу для Інтернету речей з аналітикою та візуалізацією MATLAB. У меню пошуку «Manage Libraries» вводимо назву бібліотеки «ThingSpeak» після чого необхідно обрати версію з меню найновіша це 2.0.1 вона і обирається. Останнім кроком буде натискання на кнопку встановлення «Install». Завантаження бібліотеки ThingSpeak зображено на рисунку 3.8.

					КВРКІ 180240.18.02.18 ПЗ	Арк
Зм.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата		52

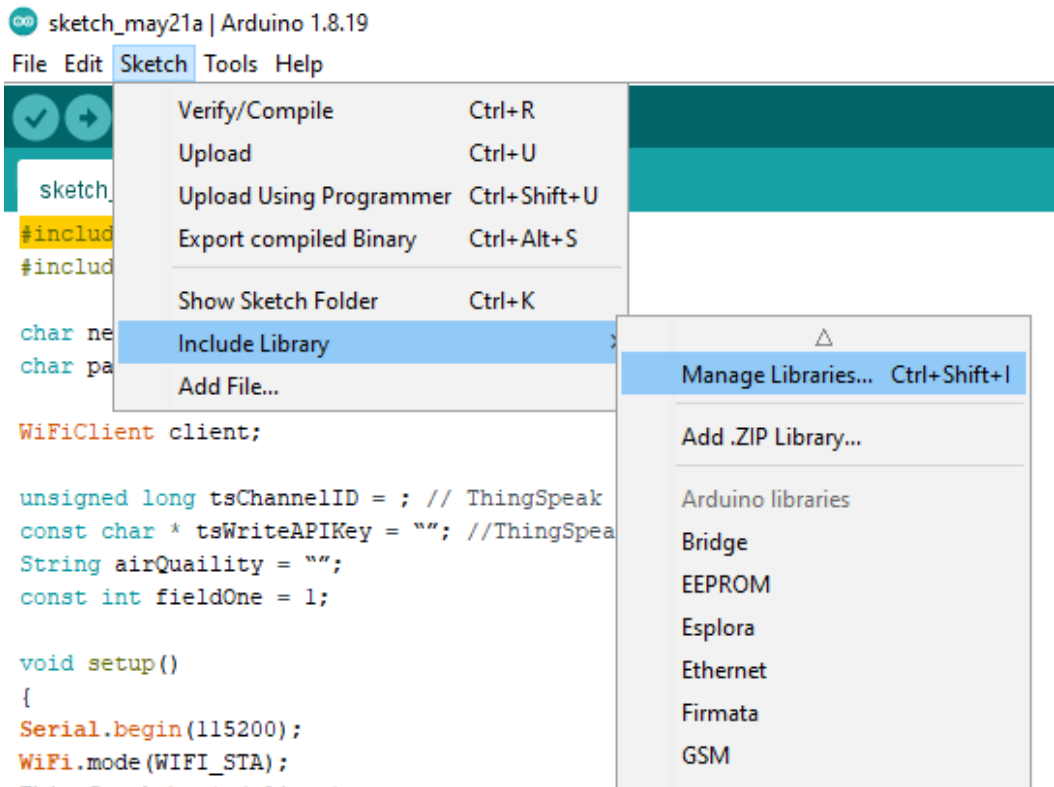


Рисунок 3.7 – Пошук меню завантаження бібліотек

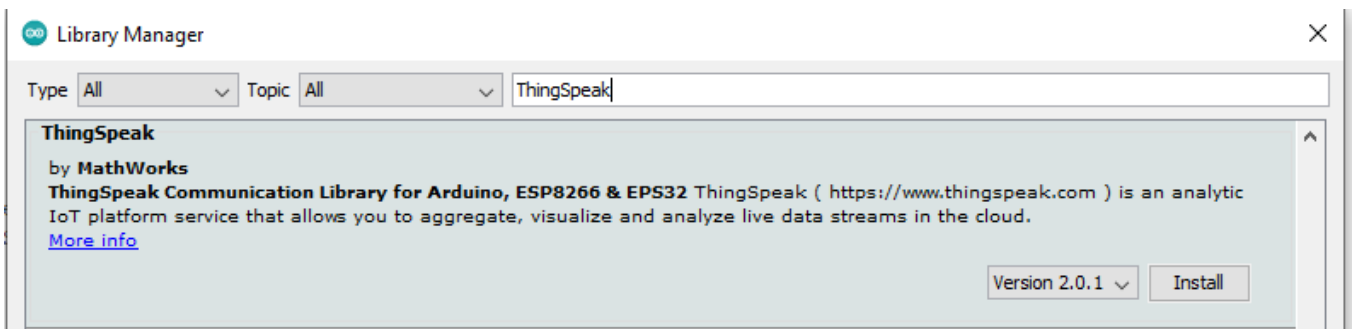


Рисунок 3.8 – Завантаження бібліотеки ThingSpeak

Щоб з'єднати програмно-апаратний пристрій вимірювання забруднення повітря з Інтернетом використовується ESP8266. Програмне налаштування цього приладу передбачає встановлення бібліотеки Arduino Uno WiFi Dev Ed Library. Ця бібліотека дозволяє використовувати такі функції мережі, як rest і mqtt. На рисунку 3.9 зображено завантаження бібліотеки Arduino Uno WiFi Dev Ed Library.

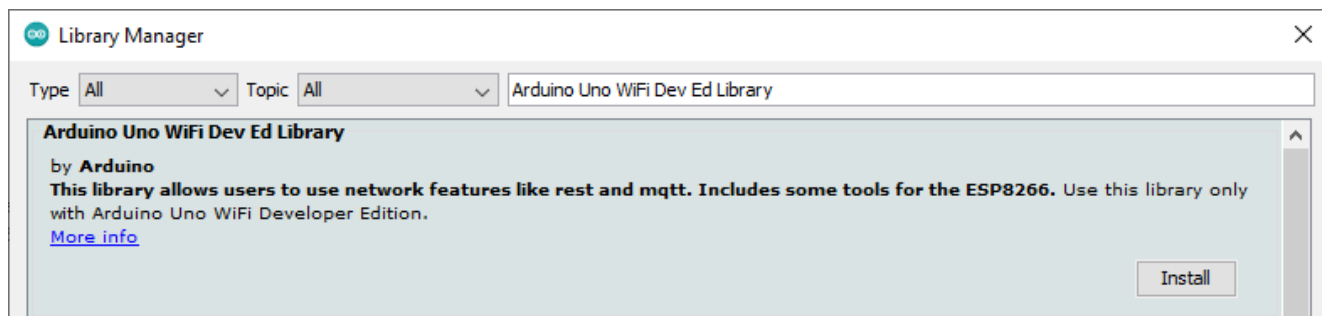


Рисунок 3.9 – Завантаження бібліотеки Arduino Uno WiFi Dev Ed Library

Коли бібліотеки встановлені в програмне забезпечення Arduino IDE їх підключають до коду. Для цього встановлюється текст «`#include <файл.h>`». Нижче наведено код встановлення бібліотек.

```
#include "ThinkSpeak.h"
```

```
#include <ESP8266WiFi.h>
```

3.5 Підключення до ThingSpeak

У веб-браузері вводиться назва сайту Інтернет речей, а саме ThingSpeak. Щоб користуватись IoT, потрібно увійти за допомогою наявного облікового запису MathWorks або створити новий. Це програмне забезпечення є безкоштовним.

Оскільки попередньо не було створено облікового запису це потрібно зробити. Створюється аккаунт для цього натискається кнопка «Create one» і вводиться значення, що вимагає система. Вводимо «Email Address» annapoberezhna4@gmail.com. Наступний пункт розташування «Location» це є вибір країни «Ukraine». Задається ім'я «First Name» Anna, «Last Name» Roberezhna. На рисунку 3.10 видно заповнену форму реєстрації облікового запису.

Email Address

annapoberezhna4@gmail.com



i To access your organization's MATLAB license, use your school or work email.

Location

Ukraine



First Name

Anna



Last Name

Poberezhna



Continue

Cancel

Рисунок 3.10 – Заповнена форма реєстрації облікового запису

На електронну пошту приходить повідомлення з підтвердженням створення аккаунту. Наступним пунктом реєстрації є вибір паролю. Реєстрація в IoT завершена успішно. Це дає можливість створювати нові проекти. На веб-сайті видно наступне зображення воно показано на рисунку 3.11.

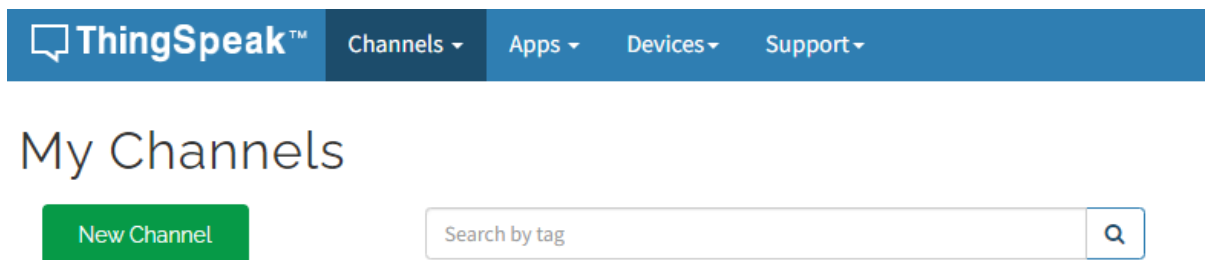


Рисунок 3.11 – Вигляд ThingSpeak після реєстрації

Зм.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата

КВРКІ 180240.18.02.18 ПЗ

Арк.

55

Для створення нового проекту потрібно натиснути кнопку «New Channel» і заповнити форму, що дає про нього інформацію. Вводиться ім'я цього каналу, а саме «Air Quality Monitoring System». У поле Description вводиться «MG135 ESP8266» і натиснути кнопку створити. На рисунку 3.12 показано створений канал Air Quality Monitoring System.

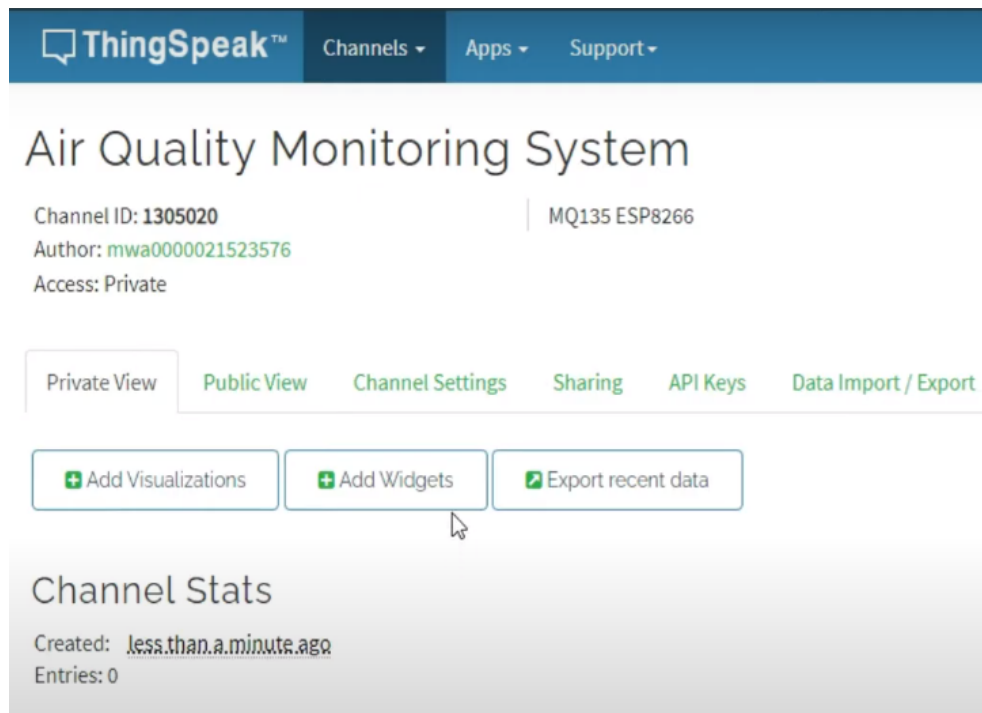


Рисунок 3.12 – Створений канал Air Quality Monitoring System

Як видно з рисунку 3.12 ID створеного каналу 1305020. У подальшому коли буде проводитись перевірка якості повітря з'явиться графік по якому видно зміни у навколишньому середовищі.

Наступною дією є перехід на вкладку API Keys де знаходиться адреса каналу. Ці данні вводяться у відповідний код в програмному забезпеченні Arduino IDE. Описаний крок дозволить записувати дані в створений аккаунт ThingSpeak. Отже першим потрібно записати Channel ID: 1305020, а потім вже дані з API Keys. Вводиться наступне значення саме в лапки інакше з'явиться повідомлення про помилку.

```
unsigned long tsChannelID = ;
```

```
const char * tsWriteAPIKey = "";
```

Описані вище налаштування зроблені. Отже можна розпочинати останню дію у підготовці програмного забезпечення Arduino IDE з ThingSpeak. У меню програми зверху є пункт «Preferences» там розміщені всі налаштування проекту. Зараз потрібно взяти посилання з Additional Boards Manager URLs. Налаштування у вкладці «Preferences» можна побачити на рисунку 3.13.

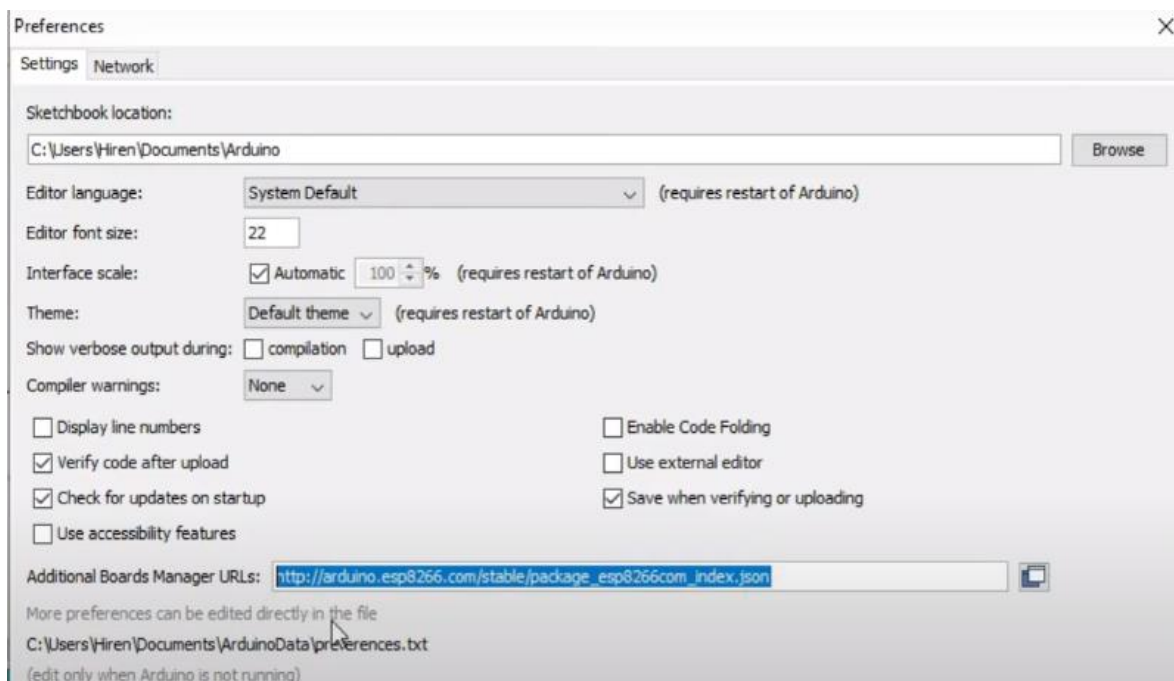


Рисунок 3.13 – Налаштування у вкладці «Preferences»

3.6 Підключення датчика газу MQ135

При попередніх налаштуваннях Wi-Fi модуля ESP8266 було вийнято з плати Arduino Uno мікроконтролер. Щоб підключити датчик газу потрібно встановити мікроконтролер на те місце де він був спочатку, а саме в спеціальний для цього створений роз'єм. Всі контакти при цьому повинні бути правильно встановлені і не пошкоджені.

Розпочати потрібно з встановлення датчика газу MQ135 на макетну плату. Потрібно пам'ятати, що всі контакти, які розміщені на одному ряду поєднані між собою, а це означає, що вони підключаються один до одного. На рисунку 3.14 зображено встановлення датчика газу MQ135 на макетну плату.

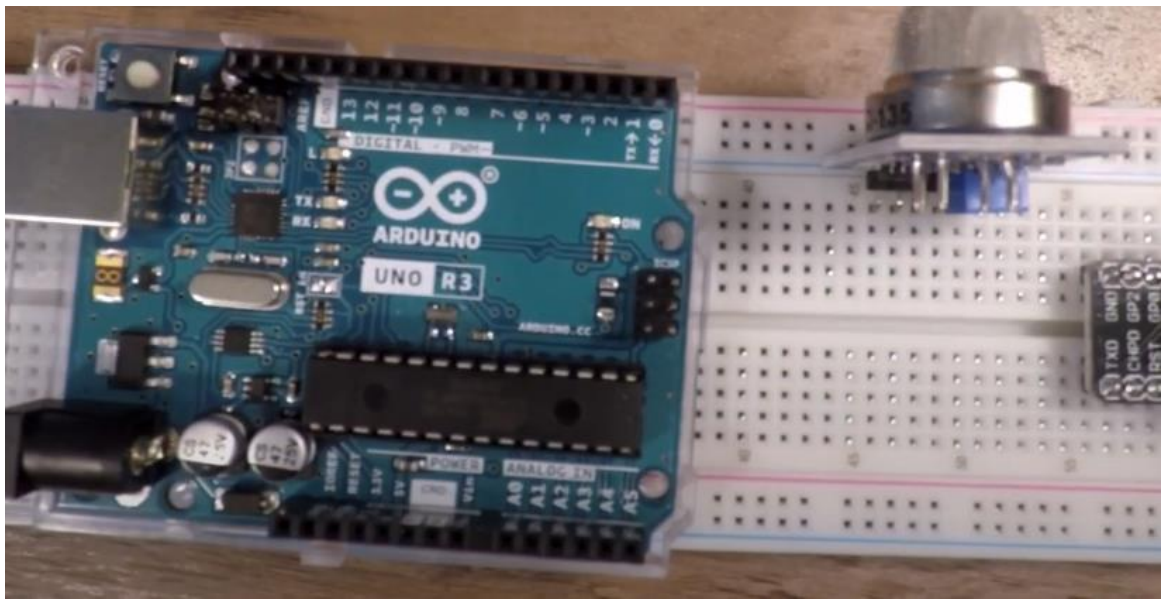


Рисунок 3.14 – Встановлення датчика газу MQ135 на макетну плату

На відміну від попереднього налаштування контакт 5В, що знаходиться на Arduino Uno необхідно підключити до другого входу, а саме до Vcc датчика газу MQ135. Підключення здійснено за допомогою перемикаючого дроту червоного кольору. Також потрібно підключити контакт GND Arduino Uno до GND датчика газу MQ135. MQ135 видає аналоговий сигнал через контакт A0. Цей пін з'єднується з піном A0 плати Arduino Uno. Далі необхідно здійснити підключення, яке було раніше. Воно пов'язане з Wi-Fi модулем ESP8266. Одним входом до контакту 3.3В Arduino Uno підключається перемикаючий дріт блакитного кольору, а іншим до макетної плати. Також на лінії макетної плати де було здійснено підключення 3.3В підключається пін Vcc Wi-Fi модуля ESP8266. Дріт за допомогою, якого здійснюється підключення має помаранчевий колір. Далі йде під'єднання на рейці червоного кольору, що позначається знаком (+) до контакту CHPD. Наступним кроком буде підключення заземлених контактів, а саме GND Arduino Uno з GND Wi-Fi модуля ESP8266. За допомогою перемикаючого дроту білого кольору здійснилось дане підключення. Також у Wi-Fi модуля ESP8266 є контакт GP0, який під'єднується до входу 6 Arduino Uno. Дріт, що здійснює дане підключення червоного кольору. Наступне підключення буде здійснено за допомогою білого дроту. Вхід Tx Wi-Fi модуля ESP8266 та 5

вхід мікросхеми Arduino Uno буде цим з'єднанням. Всі необхідні підключення здійснено. Результат описаних з'єднань можна побачити на рисунку 3.15.

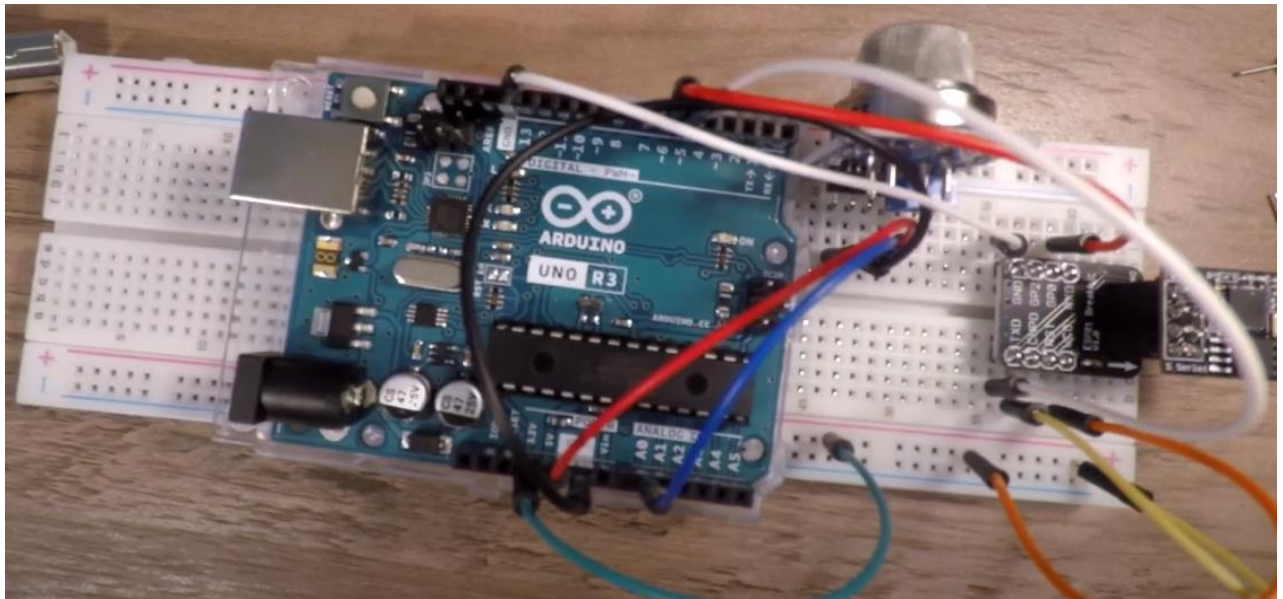


Рисунок 3.15 – Результат підключення датчика газу MQ135

3.7 Результати роботи програмно-апаратного пристрою моніторингу забруднення повітря на базі Arduino

Датчик MQ135 може визначати CO₂ та деякі інші гази, тому він ідеально підходить для створення програмно-апаратного пристрою моніторингу забруднення повітря. Коли відбувається підключення датчика газу до Arduino, він відчуває гази і отримується рівень забруднення в PPM (часток на мільйон). Датчик газу MQ135 дає вихід у вигляді рівнів напруги, і його потрібно перетворити в PPM [15]. Отже, для перетворення результату в PPM датчик показує значення 0,1, коли біля нього не було газу, а безпечний рівень якості повітря становить 0,5 PPM, і він не перевищує 0,5 PPM. Коли він перевищує межу в 0,5 PPM, то він починає викликати головний біль, сонливість і застійне, затхле, задушливе повітря, а якщо перевищує PPM, то може викликати збільшення частоти серцевих скорочень та багато інших захворювань. Якщо значення менше 0,5 PPM на веб-сторінці відобразиться «Свіже повітря». Щоразу, коли значення збільшується на 0,5 PPM на веб-сторінці відобразатиметься «Погане повітря, відкриті вікна».

					КВРКІ 180240.18.02.18 ПЗ	Арк
Зм.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата		59

Якщо воно збільшується на 1 PPM на веб-сторінці відобразатиметься «Небезпека! Вийдіть на свіже повітря».

Після попередньо описаних налаштувань та успішної компіляції коду, послідовний монітор відкрився, і він показує IP-адресу 192.168.43.57. На рисунку 3.16 показано успішну компіляцію коду.

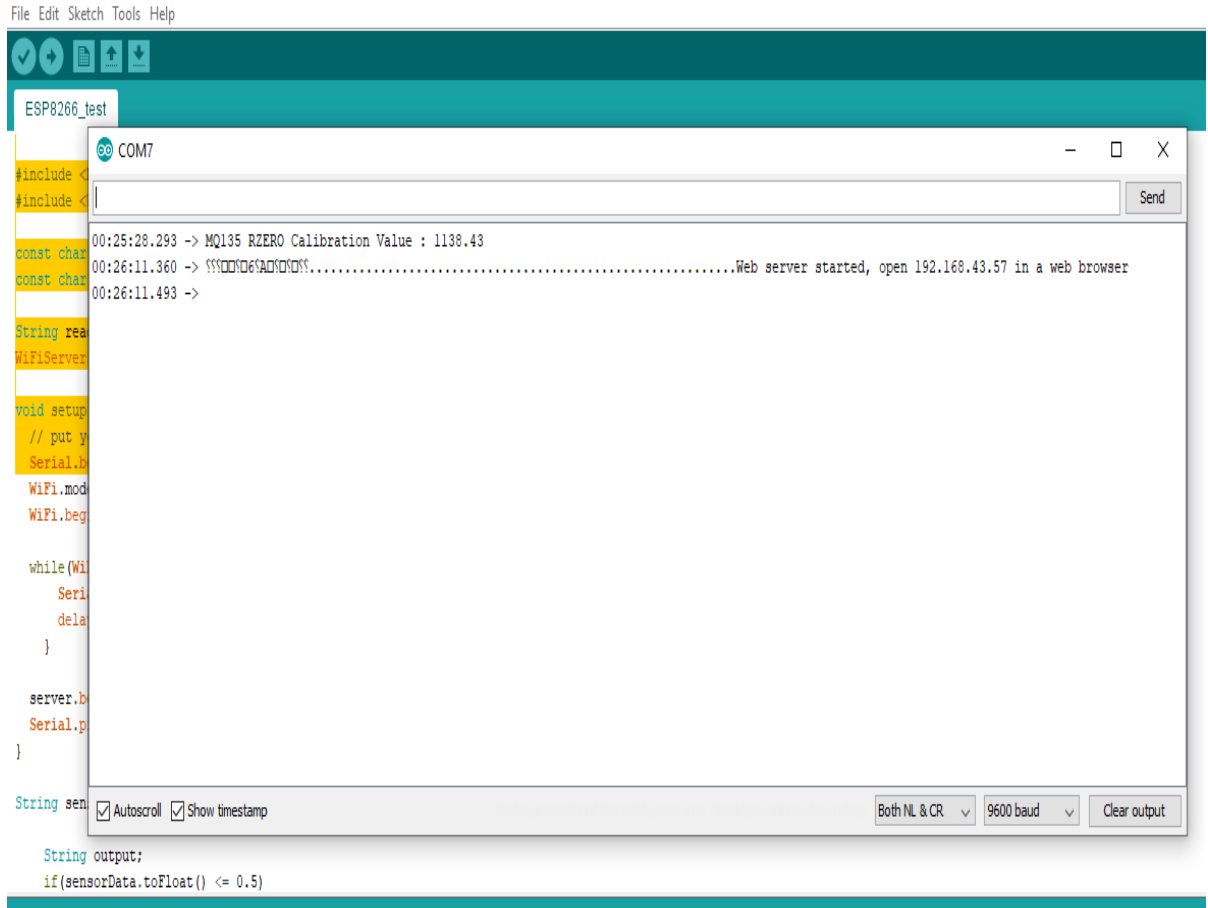


Рисунок 3.16 – Успішно скомпільований код

Далі необхідно ввести IP-адресу 192.168.43.57 у браузері. Наступним кроком буде оновлення сторінки веб-браузера, щоб побачити поточне значення забрудненості повітря в PPM. Якщо значення менше 0,5 PPM у веб-браузері відобразиться «Fresh Air», тобто чисте повітря. На рисунку 3.17 показано результат перегляду забруднення повітря при, якому воно чисте.

← → ↻ ⓘ Not secure | 192.168.43.57

Apps Arduino project Correlation in Excel...

CO2: 0.11 ppm

Fresh Air.

Рисунок 3.17 – Результат перегляду забруднення повітря при якому воно чисте

Після перезавантаження веб-браузеру результат змінюється. Значення збільшується на 0,5 PPM тому у веб-браузері відобразиться «Poor Air, Open Windows», погане повітря, відкрийте вікна. На рисунку 3.18 показано результат перегляду забруднення повітря при, якому воно забруднене.

← → ↻ ⓘ Not secure | 192.168.43.57

Apps Arduino project Correlation in Excel...

CO2: 0.86 ppm

Poor Air, Open Windows.

Рисунок 3.18 – Результат перегляду забруднення повітря при якому воно брудне

Останній раз відбувається перезавантаження веб-браузеру після чого зміст веб-сторінки знову зміниться. Значення збільшується на 1 PPM тому на ній відображається «Danger! Move to fresh Air», небезпека, перейдіть на свіже повітря. На рисунку 3.19 показано результат перегляду забруднення повітря при, якому воно дуже забруднене.

← → ↻ ⓘ Not secure | 192.168.43.57

Apps Arduino project Correlation in Excel... Soaurov

CO2: 2.35 ppm

Danger! Move to Fresh Air.

Рисунок 3.18 – Результат перегляду забруднення повітря при якому воно дуже брудне

					КВРКІ 180240.18.02.18 ПЗ	Арк
Зм.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата		61

Таблиця 3.1 показує результати роботи програмно-апаратного пристрою моніторингу забруднення повітря на базі Arduino.

Таблиця 3.1 – Результати роботи програмно-апаратного пристрою моніторингу забруднення повітря

Давач газу MQ135	Значення забрудненості повітря (AQV)	Відображення результату
CO ₂	AQV<0.5 PPM	Чисте повітря
CO ₂	AQV>0.5 & AQV<1 PPM	Забруднене повітря
CO ₂	AQV>1 PPM	Дуже забруднене повітря

3.8 Висновки

З метою програмно-апаратної реалізації пристрою моніторингу забруднення повітря на базі Arduino було реалізовано наступні кроки:

- 1) підключення до плати Arduino Uno апаратних складових (Wi-Fi модуль ESP8266 та давача газу MQ135);
- 2) створення програмної реалізації програмно-апаратного пристрою моніторингу забруднення повітря на базі Arduino;
- 3) підключення ThingSpeak до програмної реалізації програмно-апаратного пристрою моніторингу забруднення повітря на базі Arduino;
- 4) продемонстровано результат роботи програмно-апаратного пристрою моніторингу забруднення повітря на базі Arduino.

ВИСНОВКИ

На сьогоднішній день тема екологічно чистого навколишнього середовища у світі є вкрай важливою. Забруднене повітря – це не тільки сильний вплив на економіку та продовольство, а й медицину, що значно погіршує здоров'я людей. Сильний вплив забруднення повітря на самопочуття людини надзвичайно вражає, оскільки існує широка область джерел ураження, і їх особливий внесок відрізняється один від одного. Синтетичні речовини викликають широкий спектр проблем людства, а природні медичні проблеми посилюють вплив забруднення повітря на стан і самопочуття людини. Саме тому створення програмно-апаратного пристрою моніторингу забруднення повітря є дуже важливим і необхідним.

Метою роботи є проектування та реалізація програмно-апаратного пристрою моніторингу забруднення повітря на базі Arduino, що надає можливість визначати параметри забруднення атмосферного повітря.

Об'єктом дослідження є процес моніторингу забруднення атмосферного повітря.

Предметом дослідження є програмно-апаратний пристрій моніторингу забруднення повітря на базі Arduino.

У першому розділі кваліфікаційної роботи було проведено аналіз відомих існуючих рішень програмно-апаратного пристрою моніторингу забруднення повітря. Проведено огляд на основні джерела забрудненого повітря, параметри якості повітря. Також розглянуто суть концепції Інтернету речей, яка використовувалась при роботі. Визначено цілі створення програмно-апаратного пристрою моніторингу забруднення повітря.

У другому розділі був проведений аналіз існуючого апаратного забезпечення, та було обране обладнання, яке найбільше підходить для створення програмно-апаратного пристрою моніторингу забруднення повітря на базі Arduino. Проведений аналіз доречності використання апаратних складових. Також представлена загальна архітектура, принципова схема та блок-схема алгоритму роботи програмно-апаратного пристрою моніторингу забруднення повітря.

					КВРКІ 180240.18.02.18 ПЗ	Арк
						63
Зм.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата		

В третьому розділі було розроблено програмно-апаратний пристрій моніторингу забруднення повітря.

Практична цінність роботи полягає в спроектованому та створеному програмно-апаратному пристрої моніторингу забруднення повітря на базі Arduino, що надає можливість визначати параметри забруднення атмосферного повітря.

					КВРКІ 180240.18.02.18 ПЗ	Арк
Зм.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата		64

ПЕРЕЛІК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Odonkor S. T., Mahami T. Microbial Air Quality in Neighborhoods near Landfill Sites: Implications for Public Health. *Journal of Environmental and Public Health*. 2020. Vol. 2020. P. 1–10.
2. Детектор забруднення повітря Smartmi PM2.5 Detector: веб сайт. URL: <https://allo.ua/ru/datchiki-dlja-signalizacij/detektor-zagrjaznenie-vozduha-smartmi-pm2-5-detector.html> (дата звернення: 01.02.2022).
3. Розумний датчик якості повітря Hiaomi Aqara Monitor Air Quality: веб сайт. URL: <https://allo.ua/ru/datchiki-dlja-signalizacij/detektor-zagrjaznenie-vozduha-smartmi-pm2-5-detector.html> (дата звернення: 03.02.2022).
4. Аналізатор повітря Xiaomi PM 2.5 Air Detector (U2): веб сайт. URL: <https://allo.ua/ru/datchiki-dlja-signalizacij/analizator-vozduha-xiaomi-pm-2-5-air-detector-u2.html> (дата звернення: 05.02.2022).
5. Environmental Pollution and Nanotechnology / P. Mehndiratta et al. *Environment and Pollution*. 2013. Vol. 2, no. 2.
6. Validation of low-cost ozone measurement instruments suitable for use in an air-quality monitoring network / D. E. Williams et al. *Measurement Science and Technology*. 2013. Vol. 24, no. 6. P.
7. The legacy of regional industrial activity: Is loon productivity still negatively affected by acid rain? / K. Bianchini et al. *Biological Conservation*. 2021. Vol. 255. P. 108977.
8. Rickerby D. G., Morrison M. Nanotechnology and the environment: A European perspective. *Science and Technology of Advanced Materials*. 2007. Vol. 8, no. 1-2. P. 19–24.
9. IoT training in Patiala. Access mode: <https://industrialtraining.info/iot-training-in-patiala> (дата звернення: 5.04.2022).
10. Odonkor S. T., Mahami T. Microbial Air Quality in Neighborhoods near Landfill Sites: Implications for Public Health. *Journal of Environmental and Public Health*. 2020. Vol. 2020. P. 1–10.

					КВРКІ 180240.18.02.18 ПЗ	Арк
Зм.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата		65

11. Kanpur Rani V., Vallikanna A. L. Air Pollution Monitoring System using Internet of Vehicles and Pollution Sensors. *2020 4th International Conference on Electronics, Communication and Aerospace Technology (ICECA)*, Coimbatore, 5–7 November 2020.
12. Kaivonen S., Ngai E. C. H. Real-time air pollution monitoring with sensors on city bus. *Digital Communications and Networks*. 2020. Vol. 6, no. 1. P. 23–30.
13. Evaluating the performance of low cost chemical sensors for air pollution research / A. C. Lewis et al. *Faraday Discussions*. 2016. Vol. 189. P. 85–103.
14. Environmental Pollution and Nanotechnology / P. Mehndiratta et al. *Environment and Pollution*. 2013. Vol. 2, no. 2. P. 49–54.
15. Electronic Nose with Digital Gas Sensors Connected via Bluetooth to a Smartphone for Air Quality Measurements / P. Arroyo et al. *Sensors*. 2020. Vol. 20, no. 3. P. 786.
16. 5xBreadboard Adapter PCB for ESP8266 ESP-01 ESP-01S Breakout Serial. Access mode: Wifi Module <https://www.ebay.com/itm/282188368575> (дата звернення: 10.04.2022).
17. Characterising foliage influence on LoRaWAN pathloss in a tropical vegetative environment / M. Richardson Ansah et al. *IET Wireless Sensor Systems*. 2020. Vol. 10, no. 5. P. 198–207.
18. Bishoi B., Prakash A., Jain V. K. A Comparative Study of Air Quality Index Based on Factor Analysis and US-EPA Methods for an Urban Environment. *Aerosol and Air Quality Research*. 2009. Vol. 9, no. 1. P. 1–17.
19. Validation of low-cost ozone measurement instruments suitable for use in an air-quality monitoring network / D. E. Williams et al. *Measurement Science and Technology*. 2013. Vol. 24, no. 6.
20. Toward Massive Scale Air Quality Monitoring / N. H. Motlagh et al. *IEEE Communications Magazine*. 2020. Vol. 58, no. 2. P. 54–59.
21. Design and Implementation of LPWA-Based Air Quality Monitoring System / K. Zheng et al. *IEEE Access*. 2016. Vol. 4. P. 3238–3245.
22. Dale M. R. T., Fortin M.-J. Spatio-temporal analysis. *Spatial Analysis*. Cambridge. P. 319–360.

					КВРКІ 180240.18.02.18 ПЗ	Арк
Зм.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата		66

23. Urban Climates and Climate Change / V. Masson et al. *Annual Review of Environment and Resources*. 2020. Vol. 45, no. 1. P. 411–444.
24. Postolache O. A., Pereira J. M. D., Girao P. M. B. S. Smart Sensors Network for Air Quality Monitoring Applications. *IEEE Transactions on Instrumentation and Measurement*. 2009. Vol. 58, no. 9. P. 3253–3262.
25. Web Based Air Pollution Monitoring System (Air Pollution Monitoring Using Smart Phone). *International Journal of Science and Research (IJSR)*. 2016. Vol. 5, no. 3. P. 266–269.
26. S T. Arduino based air temperature, humidity and air quality monitoring system. *South Asian Journal of Engineering and Technology*. 2022. Vol. 12, no. 1. P. 91–95.
27. Sai P. Y. An IoT Based Automated Noise and Air Pollution Monitoring System. *IJARCCCE*. 2017. Vol. 6, no. 3. P. 419–423.
28. Menezes D. IOT based Air and Sound Pollution Monitoring System. *International Journal for Research in Applied Science and Engineering Technology*. 2019. Vol. 7, no. 4. P. 640–648.
29. How to use breadboard with Arduino. Access mode: <https://linuxhint.com/breadboard-arduino/> (дата звернення: 16.05.2022).
30. Kumbhare R. Smart Air Pollution Detection System using Arduino. *International Journal for Research in Applied Science and Engineering Technology*. 2019. Vol. 7, no. 3. P. 1259–1262.
31. IoT-Based Real Time Air Pollution Monitoring System / Cynthia J. et al. *International Journal of Grid and High Performance Computing*. 2019. Vol. 11, no. 4. P. 28–41.
32. Hussin F., Issabayeva G., Aroua M. K. Solar photovoltaic applications: opportunities and challenges. *Reviews in Chemical Engineering*. 2018. Vol. 34, no. 4. P. 503–528.
33. Enabling IoT platforms for social IoT applications: Vision, feature mapping, and challenges / B. Afzal et al. *Future Generation Computer Systems*. 2019. Vol. 92. P. 718–731.

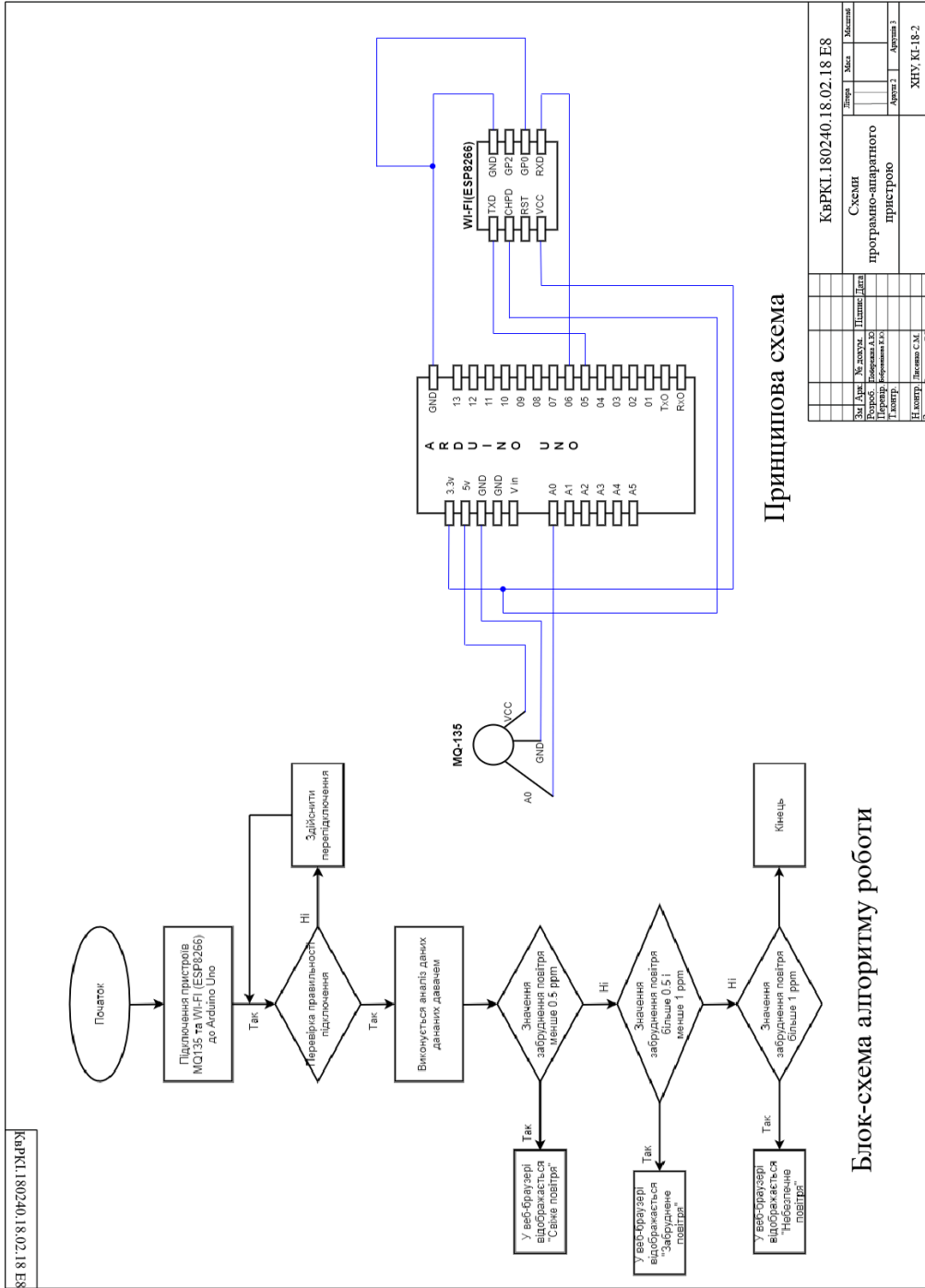
					КВРКІ 180240.18.02.18 ПЗ	Арк
Зм.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата		67

34. Air Pollution Monitoring System using IoT. *International Journal of Engineering and Advanced Technology*. 2019. Vol. 9, no. 2. P. 1727–1731.
35. Air Pollution Monitoring System using IoT. *International Journal of Engineering and Advanced Technology*. 2019. Vol. 9, no. 2. P. 1727–1731.
36. ITT, TOB mode access: <https://www.ua-region.com.ua/35668524>.
37. Dawoud D. S., Dawoud P. *Microcontroller and Smart Home Networks*. River Publishers, 2020. 350 p.
38. Ibrahim D. *Microcomputer systems. Arm-Based Microcontroller Multitasking Projects*. 2021. P. 1–12.
39. Arduino-based Digital Advanced Audiometer / N. H. Wijaya et al. *Journal of Robotics and Control (JRC)*. 2021. Vol. 2, no. 2.
40. Sai P. Y. An IoT Based Automated Noise and Air Pollution Monitoring System. *IJARCCCE*. 2017. Vol. 6, no. 3. P. 419–423.

					КВРКІ 180240.18.02.18 ПЗ	Арк
Зм.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата		68

Додаток Б (обов'язковий)

Копія креслення «Схеми програмно-апаратного пристрою»



Додаток Г

Лістинг коду з програмного забезпечення Arduino IDE

```
#include<SoftwareSerial.h> SoftwareSerial client(2,3); //RX, TXString webpage="";
int i=0,k=0; String readString;int x=0;
boolean No_IP=false;
String IP="";
char temp1='0';
void setup ()
{
Serial.begin(9600);client.begin(9600);wifi_init ();
Serial.println("System Ready...");
}
void wifi_init ()
{
connect_wifi("AT",100); connect_wifi("AT+CWMODE=3",100);
connect_wifi("AT+CWQAP",100); connect_wifi("AT+RST",5000);
void connect_wifi(String cmd, int t)
{
int temp=0,i=0;while(1)
{
Serial.println(cmd);
void sendwebdata(String webPage)
{
int ii=0; while(1)
{
unsigned int l=webPage.length(); Serial.print("AT+CIPSEND=0,");
client.print("AT+CIPSEND=0,");
void Send()
{
```

```
webpage = "<h1>Welcome to IoT based Air Pollution Detection  
Monitoring
```

```
System</h1><body bgcolor=f0f0f0>";sendwebdata(webpage); webpage=name;
```

```
webpage+=dat;
```

```
{
```

```
k=0;
```

```
Serial.println("Please Refresh your Page");while(k<1000)
```

Ім'я користувача:
Кафедра КІ

ID перевірки:
1011487146

Дата перевірки:
07.06.2022 12:58:59 EEST

Тип перевірки:
Doc vs Internet + Library

Дата звіту:
07.06.2022 13:01:20 EEST

ID користувача:
100005591

Назва документа: Побережна_Програмно-апаратний пристрій моніторингу забруднення повітря на базі Ardu...

Кількість сторінок: 61 Кількість слів: 10480 Кількість символів: 76097 Розмір файлу: 6.68 MB ID файлу: 1011364047

Виявлено модифікації тексту (можуть впливати на відсоток схожості)

1.77% Схожість

Найбільша схожість: 1.03% з джерелом з Бібліотеки (ID файлу: 1008383715)

0.46% Джерела з Інтернету

10

Сторінка 63

1.52% Джерела з Бібліотеки

71

Сторінка 63

4.49% Цитат

Цитати

1

Сторінка 64

Не знайдено жодних посилань

0% Вилучень

Немає вилучених джерел

Модифікації

Виявлено модифікації тексту. Детальна інформація доступна в онлайн-звіті.

Замінені символи

148

Підозріле форматування

10
сторінок

Anti-Plagiarism v-15.257

Максимальное совпадение с одним документом 0.0%

Словари проверки: en_US, ru_RU, ua_UA. Ошибок в документах: 10%

ID: 104673 Название: Програмно-апаратний пристрій моніторингу забруднення повітря на базі Arduino Добавлено в БД: 2022-06-07 Авторы: А.Ю. Побережна Руководители: К.Ю. Бобровнікова Консультанты: Опоненты:	Документ		Суммарное совпадение по Базе Данных	
	Символы	Лексемы	Символы	Лексемы
	69244	657	313 (0%)	4 (1%)

Источник плагиата

ID	Описание	Наличие плагиата в документе	
		Символы	Лексемы

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ХМЕЛЬНИЦЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

РЕЦЕНЗІЯ НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ

Дипломник: Побережна Анна Юріївна

Тема: Програмно-апаратний пристрій моніторингу забруднення повітря на базі Arduino

Спеціальність: 123 «Комп'ютерна інженерія»

Обсяг кваліфікаційної роботи:

Кількість листів креслень 3; кількість сторінок записки 60

1. Короткий зміст роботи та прийнятих рішень: Метою кваліфікаційної роботи є проектування та реалізація програмно-апаратного пристрою моніторингу забруднення повітря на базі Arduino, що надає можливість визначати параметри забруднення атмосферного повітря.
2. Висновок про відповідність роботи дипломному завданню: Кваліфікаційна робота повністю відповідає поставленому завданню.
3. Характеристика виконання кожного розділу, ступінь використання останніх досягнень науки і техніки і передових методів роботи: Розділ 1 – проведено аналіз предметної області, розглянуто відомі рішення для моніторингу забруднення повітря, розглянуто основні параметри забрудненості повітря, здійснено постановку задачі. Розділ 2 – здійснено обґрунтування вибору апаратних складових для проектування пристрою, описано роботу та спроектовано схеми програмно-апаратного пристрою моніторингу забруднення повітря на базі Arduino. Розділ 3 – розроблено програмно-апаратний пристрій моніторингу забруднення повітря на базі Arduino та продемонстровано результати його роботи. Усі розділи відповідають завданню.
4. Позитивні сторони роботи: застосування розробленого програмно-апаратного пристрою моніторингу забруднення повітря на базі Arduino, надає можливість визначати параметри забруднення атмосферного повітря.
5. Негативні сторони роботи:

6. Оцінка графічного оформлення та пояснювальної записки роботи: Оформлення пояснювальної записки відповідає діючим стандартам оформлення документації.

7. Відгук про роботу в цілому: Робота виконана на середньому інженерно-технічному рівні.

8. Інші зауваження: _____

9. Оцінка дипломної роботи: добре

Рецензент (прізвище, ім'я, по батькові, посада, місце роботи) Гурман Іван Васильович, к.т.н., доцент кафедри інженерії програмного забезпечення

08.06.2022 р.

 (підпис)

Завідувачу кафедри КІС
д-ру техн.наук, проф. Говорущенко Т. О.

Побережна А.Ю.

ІІБ здобувача вищої освіти

ФІТ, 4 курсу, групи КІ-18-2

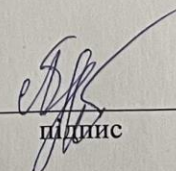
ЗАЯВА

З правилами чинного Положення «Про дотримання академічної доброчесності в Хмельницькому національному університеті» від 26.09.2020 (зі змінами від 26.11.2020), згідно з яким виявлення плагіату є підставою для відмови в допуску кваліфікаційної роботи до захисту та застосування заходів дисциплінарної та академічної відповідальності, ознайомлений (а). Про використання програмно-технічних засобів для перевірки кваліфікаційних робіт здобувачів вищої освіти на наявність плагіату ознайомлений(а) та надаю свою згоду на обробку та збереження університетом моєї роботи в інституційному репозитарії університету.

Також надаю університету право на передачу моєї роботи для обробки та збереження в базах даних програмно-технічних засобів (Unicheck та Anti-Plagiarism) та використання роботи для виявлення плагіату в інших роботах, які перевіряються програмно-технічними засобами та користувачами, що мають доступ до цих програмно-технічних засобів, виключно в обмежених цілях для виявлення плагіату в текстах робіт.

Робота для перевірки університетом надається в друкованому та електронному варіанті. Електронна версія моєї роботи збігається (ідентична) з друкованою.

07.06.2022
дата


підпис

РІШЕННЯ ЕКСПЕРТНОЇ КОМІСІЇ
КАФЕДРИ КОМП'ЮТЕРНОЇ ІНЖЕНЕРІЇ ТА ІНФОРМАЦІЙНИХ СИСТЕМ
ПРО ДОПУСК КВАЛІФІКАЦІЙНОЇ РОБОТИ ДО ЗАХИСТУ

Підтверджуємо ознайомлення з результатом звіту подібності щодо роботи, генерованого системою виявлення текстових збігів/ідентичності/схожості:

Назва: Програмно-апаратний пристрій моніторингу забруднення повітря на базі Arduino

Автор: Побережна Анна Юріївна

Спеціальність: 123 – Компютерна інженерія

Освітня програма: освітньо-професійна

Науковий керівник: Бобровнікова Кіра Юліївна, к.т.н, доц.

Після аналізу звіту подібності зроблено такий висновок:

№	Висновок	Позначка про відповідність
1	Запозичення, виявлені в роботі, є законними і не є плагіатом. Робота приймається до захисту.	відповідає
2	Виявлені запозичення не є плагіатом, розміщені в розділах, які не описують безпосередньо авторське дослідження, але кількість цитат перевищує обсяг, виправданий поставленою метою роботи. Робота приймається до захисту, але має бути відкоригована. Відкоригований варіант має бути поданий на кафедру за 2 дні до захисту, разом із заявою щодо самостійності виконання письмової роботи та ідентичності друкованої та електронної версії роботи	
3	Виявлені запозичення не є плагіатом, але частково розміщені в розділах, які описують безпосередньо авторське дослідження, а кількість цитат перевищує обсяг, виправданий поставленою метою роботи. В зв'язку з цим мета роботи та поставлені завдання не були досягнені. Робота може бути допущена до захисту (наступного року) після того як буде відкоригована та допрацьована і успішно пройде повторну перевірку на академічний плагіат.	
4	Робота містить навмисні текстові спотворення, передбачувані спроби укриття запозичень або інші прояви академічного плагіату. Робота містить фабрикацію або фальсифікацію даних. Робота не допускається до захисту.	

Підтвердження:

Запозичення, виявлені в роботі, є законними і не є плагіатом, оскільки:

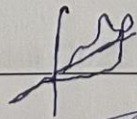
- 1) запозичення, які мають місце в розділах аналізу існуючих аналогів та прототипів, не описують безпосередньо авторське дослідження і не стосуються результатів роботи;
- 2) усі запозичення є фрагментарними, або мають належним чином оформленні посилання;
- 3) в якості запозичень в окремих місцях системою зафіксовано зарезервовані ключові слова мови програмування, які використовуються для розв'язку великої кількості задач і не можуть розглядатися як об'єкт авторських прав і, відповідно, їх порушення.
- 4) всі зафіксовані системою ознаки модифікації тексту відносяться до комбінування латинських символів із україномовними в текстах наведених фрагментів кодів, що не є модифікацією тексту.

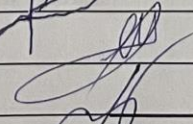
Сумарний обсяг всіх запозичень, визначений системою виявлення збігів/ідентичності/схожості, складає 1,77% і адресується до 81 першоджерела, що з урахуванням наведених обґрунтувань, відповідає характеру наукового дослідження і свідчить на користь кваліфікаційної роботи.

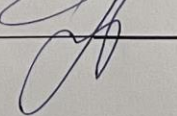
Керівник роботи

Гарант ОП

Завідувач кафедри КІС







К. Ю. Бобровнікова

С. М. Лисенко

Т. О. Говорущенко