

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
Національний університет «Запорізька політехніка»

Інститут інформатики та радіoeлектроніки,
Факультет комп'ютерних наук і технологій
(повне найменування інституту, назва факультету)

Кафедра програмних засобів
(повне найменування кафедри)

Пояснювальна записка

до дипломного проєкту (роботи)

магістр

(ступінь вищої освіти)

на тему ДОСЛІДЖЕННЯ ТА ПРОГРАМНА РЕАЛІЗАЦІЯ ЗАСОБУ ДЛЯ
ОЦІНКИ ТА МОНІТОРИНГУ ЯКОСТІ ПОВІТРЯ
RESEARCH AND SOFTWARE IMPLEMENTATION OF THE TOOL FOR AIR
QUALITY ASSESSMENT AND MONITORING

Виконав: студент 2 курсу, групи КНТ-110м
Спеціальності 121 Інженерія програмного
забезпечення

(код і найменування спеціальності)

Освітня програма (спеціалізація)
Інженерія програмного забезпечення

Гутаров А.О.

(прізвище та ініціали)

Керівник Каплієнко Т.І.

(прізвище та ініціали)

Рецензент Шитікова О.В.

(прізвище та ініціали)

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
Національний університет «Запорізька політехніка»
(повне найменування закладу вищої освіти)

Інститут, факультет ІРЕ, ФКНТ
Кафедра програмних засобів
Ступінь вищої освіти магістр
Спеціальність 121 Інженерія програмного забезпечення
(код і найменування)
Освітня програма (спеціалізація) Інженерія програмного забезпечення
(назва освітньої програми (спеціалізації))

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри ПЗ, д.т.н, проф.
С.О. Субботін
“ ” 20 року

З А В Д А Н Н Я
НА ДИПЛОМНИЙ ПРОЄКТ СТУДЕНТА

Гутарова Андрія Олександровича
(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема проєкту (роботи) Дослідження та програмна реалізація засобу для оцінки та моніторингу якості повітря

Research and Software Implementation of the Tool for Air Quality Assessment and Monitoring

керівник проєкту (роботи) Каплієнко Тетяна Ігорівна, к.т.н., доцент,
(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

затверджені наказом закладу вищої освіти від “5” листопада 2021 року № 435

2. Строк подання студентом проєкту (роботи) 01 грудня 2021 року

3. Вихідні дані до проєкту (роботи) рекомендована література, технічне завдання

4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити) 1. Опис предметної області. 2. Аналіз апаратних засобів. 3. Аналіз програмних засобів. 4. Керівництво програміста. 5. Керівництво користувача.

5. Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень) Слайди презентації

6. Консультанти розділів проєкту (роботи)

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	прийняв виконане завдання
1-5 Основна частина	Каплієнко Т.І., доцент		
Нормоконтроль	Белова А.В., асистент		

7. Дата видачі завдання “ 04 ” вересня 2021 року.

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів дипломного проєкту (роботи)	Строк виконання етапів проєкту (роботи)	Примітка
1	Постановка завдання роботи	1 тиждень	Завдання, ТЗ
2	Опис предметної області	2-3 тижні	Розділ 1
3	Аналіз предметної області	4-5 тиждень	Розділ 2
4	Аналіз програмних засобів	6-7 тиждень	Розділ 3
5	Керівництво програміста	8-9 тиждень	Розділ 4
4	Керівництво користувача	10-11 тиждень	Розділ 5
8	Оформлення пояснювальної записки та документів до неї. Нормоконтроль та рецензування	12-13 тиждень	ПЗ, Додатки
9	Захист роботи	14 тиждень	

Студент

(підпис) Гутаров А.О.
(прізвище та ініціали)

Керівник проєкту (роботи)

(підпис) Каплієнко Т.І.
(прізвище та ініціали)

РЕФЕРАТ

Пояснювальна записка до кваліфікаційної роботи магістра: 90 с., 10 табл., 53 рис., 2 дод., 37 джерел.

ARDUINO, DHT, PPM, ДАТЧИК ГАЗУ, CO₂, ДИСПЛЕЙ, МОНІТОРИНГ, ПОВІТРЯ, МІКРОКОНТРОЛЕР.

Об'єкт дослідження – шкідливі гази у повітрі та їх вплив на здоров'я людини.

Предмет дослідження – методи та засоби вимірювання вмісту газів у повітрі.

Мета роботи – підвищення грамотності людей в питанні якості повітря у приміщенні шляхом створення засобу для його оцінки та моніторингу.

Завдання роботи – дослідити предметну область, розробити засіб для оцінки та моніторингу якості повітря.

Матеріали, методи та технічні засоби: датчик газу mq-135, oled дисплей waveshare 1,3 дюйма 128x64пк, сенсорна кнопка ttp223b, модуль температури та вологості повітря dht11, активний п'єзодинамік, плата arduino uno, з'єднальні дроти.

Результати. Розроблено засіб для аналізу та моніторингу якості повітря.

Галузь використання – робоче місце, місця з підвищеним вмістом вуглекислого газу, оселя.

ABSTRACT

Explanatory note to the diploma qualifying work of the master: 90 pages, 10 tables, 53 figures, 2 appendixes, 37 sources.

ARDUINO, DHT, PPM, GAS SENSOR, CO₂, DISPLAY, MONITORING, AIR, MICROCONTROLLER.

Object of study is harmful gases in the air and their impact on human health.

Subject of study is methods and means of measuring the content of gases in the air.

The purpose of the work is to increase people's literacy in indoor air quality by creating a tool for its assessment and monitoring.

Tasks of work is to investigate the subject area, to develop a tool for assessing and monitoring air quality.

Materials, methods and technical means: gas sensor mq-135, oled waveshare display 1.3 inches 128x64px, touch button ttp223b, temperature and humidity module dht11, buzzer, arduino uno board, connecting wires.

Results. A tool for analysis and monitoring of air quality has been developed.

Area of use - workplace, places with high carbon dioxide content, home.

ЗМІСТ

ПЕРЕЛІК СКОРОЧЕНЬ ТА УМОВНИХ ПОЗНАК	8
ВСТУП	9
1 ОПИС ПРЕДМЕТОЇ ОБЛАСТІ	11
1.1 Основні поняття	11
1.2 Розвиток моніторингу якості повітря у світі.....	17
1.3 Огляд існуючих рішень	19
1.4 Висновки	21
2 АНАЛІЗ АПАРАТНИХ ЗАСОБІВ	23
2.1 Види газів.....	23
2.1.1 Чадний газ.....	23
2.1.2 Вуглекислий газ	24
2.1.3 Природний газ	24
2.1.4 Зріджений природний газ.....	25
2.1.5 Озон	26
2.2 Датчики газу	27
2.2.1 Датчик газу MQ-2.....	27
2.2.2 Датчик газу MQ-4.....	27
2.2.3 Датчик газу MQ-5.....	28
2.2.4 Датчик газу MQ-7.....	28
2.2.5 Датчик газу MQ-131.....	29
2.2.6 Датчик газу MQ-135.....	29
2.2.7 Порівняння датчиків газу	29
2.3 Дисплей	30
2.3.1 Світлодіодний дисплей.....	30
2.3.2 Органічний світлодіод	33
2.3.3 Рідкокристалічний дисплей	34
2.3.4 Плазмовий дисплей.....	36
2.4 Шини даних	37
2.4.1 I2C.....	37

2.4.2 SPI.....	39
2.5 Вибір екрану	40
2.6 Вимоги до засобу	41
2.7 Мікроконтролери Arduino	41
2.7.1 Arduino Uno	41
2.7.2 Arduino Nano.....	43
2.7.3 Arduino Mega	44
2.7.4 Порівняння мікроконтролерів	45
2.8 Висновки	46
3 АНАЛІЗ ПРОГРАМНИХ ЗАСОБІВ.....	47
3.1 Огляд особливостей обраного середовища розробки	47
3.2 Архітектура системи засобу для моніторингу якості повітря.....	48
3.3 Висновки	53
4 КЕРІВНИЦТВО ПРОГРАМІСТА	54
4.1 Призначення і умови використання засобу моніторингу	54
4.2 Архітектура системи.....	54
4.3 Огляд особливостей програмної реалізації	55
4.4 Налаштування скетчу.....	58
5 КЕРІВНИЦТВО КОРИСТУВАЧА	61
5.1 Призначення застосунку	61
5.2 Використання засобу	61
5.3 Тестування засобу	65
ВИСНОВКИ.....	68
ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАННЯ	69
ДОДАТОК А Текст програми.....	73
ДОДАТОК Б Слайди презентації	79

ПЕРЕЛІК СКОРОЧЕНЬ ТА УМОВНИХ ПОЗНАК

CS	– Chip Select;
I2C	– Inter-Integrated Circuit;
MISO	– Master In Slave Out;
MOSI	– Master Out Slave In;
SCL	– Serial Clock Line;
SDA	– Serial data line;
SPI	– Serial Peripheral Interface;
АЦП	– аналого-цифровий перетворювач;
РК	– рідкокристалічний дисплей;
ТЧ	– тверді частинки;
ЦАП	– цифро-аналоговий перетворювач.

ВСТУП

Для нормальної праці та проживання людині необхідно перебувати у чистій від шкідливих газів середі. Це сприяє підвищенню ефективності та продуктивності праці. Натомість різні гази, своєю концентрацією у повітрі можуть шкідливо впливати на стан людини, тим самим знижуючи показники ефективності та продуктивності праці аж до неможливості працювати, або навіть завдати довготривалої шкоди. Забруднене повітря може вплинути на серце, легені, очі, ніс, горло та шкіру, що призведе до таких розладів, як проблеми з диханням, рак легенів, бронхіт та пневмонія.

Тому для уникнення подібних ситуацій людина повинна контролювати рівень газів у повітрі, регулярно провітрюючи приміщення та не допускаючи або швидко нейтралізуючи витік газу.

Зазвичай, вимірювання забруднення проводяться за допомогою дорогого обладнання (устаткування) у фіксованих місцях або за допомогою спеціальних мобільних (пересувних) обладнаних лабораторіях [1]-[2].

Вирішення цієї проблеми є метою дипломної роботи, а саме створення засобу для оцінки та моніторингу якості повітря з використанням мікроконтролеру Arduino Uno. Це може заощадити кошти у порівнянні з використанням існуючих систем моніторингу та буде доступним для кожного засобом.

Розроблений засіб зможе визначати рівень вуглекислого газу в приміщенні та сповістити користувача, якщо виявить що якість повітря шкідлива для здоров'я.

Об'єкт дослідження – шкідливі гази у повітрі та їх вплив на здоров'я людини.

Предмет дослідження – методи та засоби вимірювання вмісту газів у повітрі.

Мета роботи – підвищення грамотності людей в питанні якості повітря у приміщенні шляхом створення засобу для його оцінки та моніторингу.

Завдання роботи – дослідити предметну область, розробити засіб для оцінки та моніторингу якості повітря.

1 ОПИС ПРЕДМЕТОЇ ОБЛАСТІ

1.1 Основні поняття

Забруднення повітря продовжує бути однією з найбільших небезпек для здоров'я людей у всьому світі, сприяючи близько 7 мільйонам передчасних смертей щорічно (3,7 мільйонів віднесено до забруднення зовнішнього повітря, 3,3 до повітря у приміщеннях) 600 тисяч з яких діти[3]-[4].

Ускладнює цю приголомшливу кризу здоров'я те, що забруднення повітря за оцінками обійдеться світовій економіці в 2,9 трлн доларів на рік (3,3% світового ВВП) лише за рахунок викидів викопного палива, а також сприяючи ряду серйозних екологічних проблем [5].

Але останній час люди стали більше міркувати про своє здоров'я та слідкувати за ним. Однак, якщо від шкідливої їжі, алкоголю чи куріння людина може самостійно відмовитися, то перестати дихати ні.

Серед критеріїв забруднюючих речовин, які зазвичай вимірюються в режимі реального часу, наразі розуміються дрібні тверді частинки (ТЧ_{2,5}) як найбільш шкідливі для здоров'я людини через його поширеність та довготривалі ризики для здоров'я. Вплив ТЧ_{2,5} має бути пов'язане з негативними наслідками для здоров'я, такими як серцево-судинні захворювання, захворювання органів дихання та передчасна смертність.

ТЧ_{2,5} визначається як атмосферні частинки, що містяться у повітрі розміром до 2,5мкм (рисунок 1.1). До цих частинок можна віднести цілий ряд хімічних складів, які надходять з різних джерел. Найпоширеніші джерела, створені людиною, включають транспортні засоби на викопному паливі, виробництво електроенергії, промислову діяльність, сільське господарство та спалювання біомаси. Мікроскопічних розмір ТЧ_{2,5} дозволяє цим частинкам поглинатися глибоко в кровотік при вдиханні, потенційно викликаючи довготривалі наслідки для здоров'я, такі як астма, рак легенів та хвороби серця. Вплив ТЧ_{2,5} також пов'язаний з низькою масою тіла при народженні, загостренням респіраторних інфекцій та інсультом.

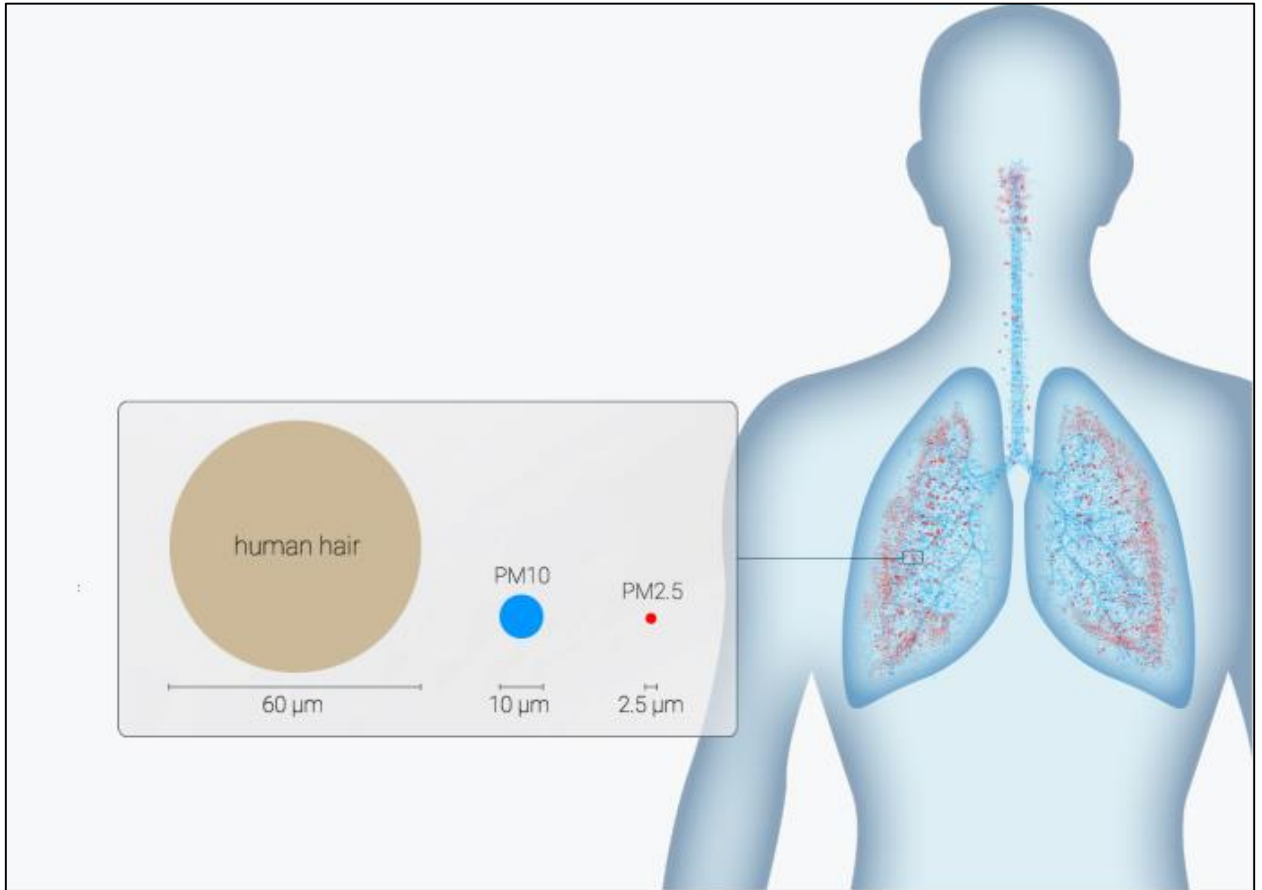


Рисунок 1.1 –Розмір дрібних частинок до 2,5мкм [5]

Згідно світової доповіді про якість повітря у 2020 році серед 106 країн Україна посіла 8 в Європі та 43 місця за забрудненістю повітря дрібнодисперсними частинками PM2.5 (таблиця 1.1, рисунок 1.2).

Таблиця 1.1 – Рейтинг країн світу за забрудненістю повітря

Місце	Країна	Середнє значення ТЧ
1	Бангладеш	77,1
2	Пакистан	59,0
3	Індія	51,9
4	Монголія	46,6
5	Афганістан	46,5
6	Оман	44,4
7	Катар	44,3

Продовження таблиці 1.1

Місце	Країна	Середнє значення ТЧ
8	Киргизстан	43,5
9	Індонезія	40,7
10	Боснія і Герцеговина	40,6
...	...	...
43	Україна	19,2
...	...	...
104	Американські Віргінські Острови	3,7
105	Нова Каледонія	3,7
106	Пуерто Ріко	3,7

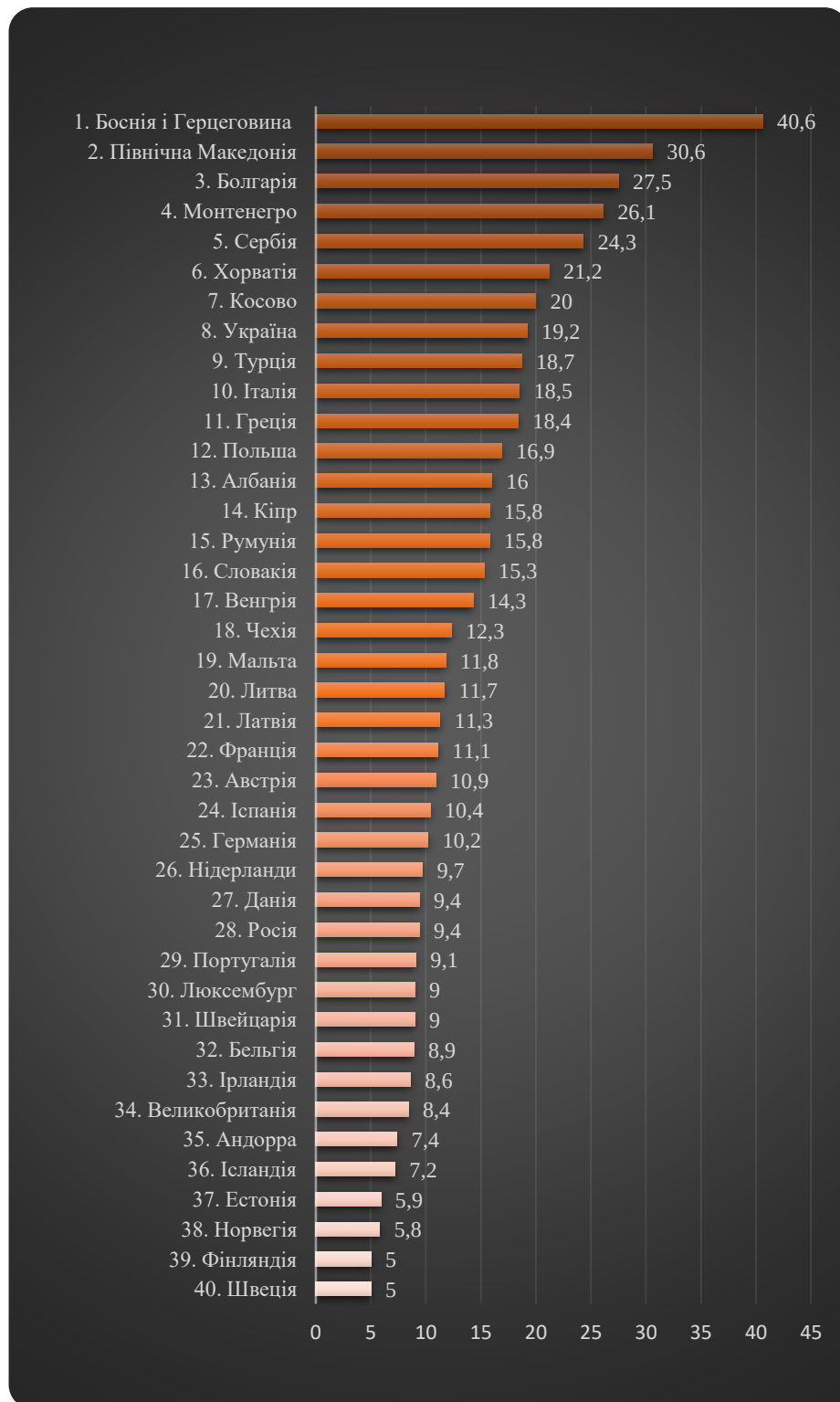


Рисунок 1.2 - Рейтинг країн Європи за забрудненістю повітря

Через пандемію COVID-19 та локдауни загальна картина забруднення повітря у світі поліпшилась. Так за минулий рік покращилась якість повітря у багатонаселених містах світу таких як Пекін, Чикаго, Делі, Лондон, Париж, Сеул та інші від 10 до 20 відсотків порівнюючи з 2019 роком [6].

Натомість ці показники в Україні погіршились, за минулий рік країна піднялась на 5 місць в Європі та 17 у світі, а Київ піднявся на 10 сходинок серед світових столиць та займає 39 місце за забрудненістю повітря (таблиця 1.2).

Таблиця 1.2 – Рейтинг столиць світу за забрудненістю повітря

Місце	Столиця, Країна	Середнє значення ТЧ
1	Делі, Індія	84,1
2	Дакка, Бангладеш	77,1
3	Улан-Батор, Монголія	46,6
4	Кабул, Афганістан	46,5
5	Доха, Катар	44,3
6	Бішкек, Киргизстан	43,5
7	Сараєво, Боснія і Герцеговина	42,5
8	Манама, Бахрейн	39,7
9	Джакарта, Індонезія	39,6
10	Катманду, Непал	39,2
...	...	...
39	Київ, Україна	39,0
...	...	...
88	Таллінн, Естонія	6,2
89	Веллінгтон, Нова Зеландія	6,0
90	Гельсінкі, Фінляндія	5,2
91	Стокгольм, Швеція	3,8

У 2020 році забруднення повітря призвело до загибелі більше 160 000 чоловік в п'яти найбільших містах світу (Токіо, Делі, Шанхай, Мехіко, Сан-Пауло). Економічні витрати забруднення повітря через зниження продуктивності тільки для цих п'яти міст оцінюються більш ніж в 85,1 мільярда доларів [7].

Багато з цих смертей можна було запобігти - вони, можливо, не відбулися б, якби ці 160 000 осіб не піддавалися впливу забруднення повітря. Ці оцінки говорять про необхідність більшої уваги громадськості до запобігання і контролю забруднення повітря, а також до інвестицій в технології очищення та моніторингу повітря [7].

Погана якість повітря найбільш відчутна в мегаполісах. Розрахунки, що виконуються за допомогою засобу оцінки вартості забруднення повітря, являються собою знімок у реальному часі основних медичних та економічних витрат, пов'язаних із забрудненням повітря. Ці оцінки говорять про те, що робиться недостатньо для порятунку життів та поліпшення якості життя у всьому світі. Надмірні втрати людських життів і фінансів через забруднення повітря вимагають більшої активності у сферах моніторингу якості повітря, вчасному оповіщенню щодо надмірної забрудненості та запобіжним заходам на основі технологій чистого повітря.

Однією з необхідних умов нормальної життєдіяльності людини є забезпечення нормальних метеорологічних умов у приміщеннях, що істотно впливають на теплове самопочуття людини. Метеорологічні умови, або мікроклімат, залежать від теплофізичних особливостей технологічного процесу, клімату, сезону року, умов опалення та вентиляції. Вплив високих та низьких температур докілья викликає порушення теплообміну і призводить відповідно до перегріву та переохолодження організму. Основними видами терморегуляції, як відомо, є теплоутворення та тепловіддача. Теплоутворення у організмі здійснюється хімічним шляхом. Тепловіддача відбувається фізичним шляхом: випромінюванням, проведенням тепла та випаровуванням. Оптимальними метеорологічними умовами для людини є температура повітря 18-30°C при відносній вологості 40-60 та швидкості руху повітря 0,5-1,0 м/с. Переносність людиною температури, як і її тепловідчуття, значною мірою залежить від вологості та швидкості навколишнього повітря. При підвищеній вологості та високій температурі повітря, коли випаровування утруднене, найчастіше виникає гостре перегрівання організму. Такі умови нерідко виникають при роботі в щільному невентильованому одязі. Перегріванню

організму сприяє і цілий ряд інших факторів: велике фізичне навантаження, недостатнє вживання води для пиття, переїдання (особливо білкової їжі), вживання алкоголю, перенесені захворювання, ожиріння та ін. Високі температури негативно впливають на здоров'я людини. Робота в умовах високої температури супроводжується інтенсивним потовиділенням, що призводить до зневоднення організму, втрати мінеральних солей та водорозчинних вітамінів, викликає серйозні та стійкі зміни у діяльності серцево-судинної системи, збільшує частоту дихання, а також впливає на функціонування інших органів та систем – послаблюється увага, погіршується координація рухів, уповільнюються реакції тощо [8].

При гіпертермії і як наслідок тепловому ударі спостерігаються головний біль, запаморочення, загальна слабкість, спотворення колірного сприйняття, сухість у роті, нудота, блювота. Пульс та дихання прискорені, у крові збільшується вміст азоту та молочної кислоти. При цьому спостерігається блідість, синюшність, зіниці розширені, часом виникають судоми, непритомність. Сонячний удар є своєрідною формою перегріву, зумовленої безпосередньою локальною дією сонячних променів на незахищену голову. При цьому може не спостерігатися загальне перегрівання організму. З'являються загальна слабкість, почуття нездужання, біль голови, запаморочення, миготіння "мушок" перед очима, стиснення у грудній клітці, шум у вухах, іноді носові кровотечі, нудота, блювання [8].

1.2 Розвиток моніторингу якості повітря у світі

В останні роки глобальний моніторинг якості повітря стрімко виріс. З 2018 року кількість станцій моніторингу якості повітря збільшилася більш ніж на 289 відсотків, в той час як кількість країн, в яких наявна хоча б одна станція моніторингу, зросла на 33 відсотки [9].

Розвиток інфраструктури моніторингу якості повітря значним чином пояснюється новими державними проєктами з створення мереж моніторингу, також значним внеском громадян по усьому світу і неурядових організацій в

якості створення проєктів для бізнес-інкубаторів, стартапів та комерційних проєктів [9].

Проте, незважаючи на стрімкий розвиток у цій сфері, багато країн світу, а найбільше країни Африки, Латинської Америки і Західної Азії не ведуть належним чином моніторинг якості повітря, що пов'язано з відсутністю якісних та відносно не дорогих рішень, що відповідно впливає на загальний рівень інформаційної наповненості щодо цього питання. Відповідно недостатність інформації у цьому питанні призводить до відтермінування вирішення проблеми забрудненості [9].

Ретельно відкалібровані і перевірені недорогі датчики якості повітря надають можливість швидко заповнити інформаційну прогалину. Датчики, які можна розгорнути з меншими витратами ресурсів і без згоди уряду, в даний час надають єдині доступні дані про якість повітря [9].

На жаль Україна входить до ряду таких країн. Але у 2018 році було створено перший в Україні екологічний бот для моніторингу якості повітря, де кожен може переглянути дані поблизу.

Він отримує та аналізує інформацію з постів моніторингу розташованих по всій країні. В Україні є 162 стаціонарних, 2 маршрутних та 2 станції транскордонного переносу, підпорядковані Державній гідрометеорологічній службі. Загалом спостереження за забрудненням атмосферного повітря проводять у 53 містах України [10].

Пост моніторингу якості повітря – це павільйон або автомобіль, обладнаний відповідними приладами та встановлений на чистій земельній ділянці [10].

Стаціонарний пост цілодобово фіксує та реєструє небезпечні забруднюючі речовини для виявлення довготривалих змін вмісту найбільш поширених із них, таких як, пил, вуглець, діоксид сірки, оксид азоту, формальдегід, бензопірен та свинець. Маршрутний та пересувний пост моніторингу використовують тоді, коли недоцільно встановити стаціонарний пост або необхідно більш детально вивчити стан забруднення атмосфери в окремих районах [10].

1.3 Огляд існуючих рішень

Але крім зовнішнього, існує необхідність проводити моніторинг у приміщеннях (квартирі, підприємствах, офісах). У цьому допоможуть портативні аналізатори якості повітря, такі як:

- Xiaomi PM 2.5 Air Detector (рисунок 1.3);
- Z-Wave MCO Home 230V (рисунок 1.4);
- IQAir AirVisual Pro (рисунок 1.5);
- ClearGrass Air Detector (рисунок 1.6).



Рисунок 1.3 – Аналізатор якості повітря Xiaomi PM 2.5 Air Detector [11]



Рисунок 1.4 – Аналізатор повітря Z-Wave MCO Home 230V [12]



Рисунок 1.5 – Аналізатор повітря IQAir AirVisual Pro [13]



Рисунок 1.6 – Аналізатор повітря ClearGrass Air Detector [14]

1.3.1 Порівняння аналізаторів якості повітря

Нижче приведена таблиця з порівняннями існуючих портативних аналізаторів повітря (таблиця 1.3).

Таблиця 1.3 – Порівняння існуючих портативних аналізаторів якості повітря

Назва	CO ₂	Температура	Вологість	Погода	Ціна
Xiaomi PM 2.5 Air Detector	+	-	-	-	2600грн
MCOHome CO ₂ Monitor	+	+	+	-	5100грн
IQAir AirVisual Pro;	+	+	+	+	9400грн
ClearGrass Air Detector	+	+	+	+	5000грн

Як видно із таблиці усі розглянуті існуючі засоби аналізу якості повітря мають високу вартість та не можуть скрізь використовуватися. Тому для збільшення місць з аналізаторами якості повітря вирішено розробити власний засіб для моніторингу якості повітря за меншу вартість.

1.4 Висновки

В першому розділі було розглянуто особливості предметної області, досліджено рівень забруднення в Україні та способи його моніторингу.

Було вирішено розробити власний засіб для моніторингу якості повітря, за меншу вартість, яка дозволить отримувати інформацію про якість, а також температуру та вологість повітря.

2 АНАЛІЗ АПАРАТНИХ ЗАСОБІВ

2.1 Види газів

Для максимального охоплення користувачів треба розглянути різні види газів, їх вплив на організм та як часто людина зустрічається з ними у повсякденному житті.

2.1.1 Чадний газ

Для початку варто розібратися що таке CO і в чому його відмінність від CO_2 . По-перше, CO це монооксид вуглецю, який також називають чадним газом, окисом вуглецю або оксидом вуглецю (II). CO газ дуже підступний. Він надзвичайно отруйний, але при цьому не має ні кольору, ні запаху. Потрапивши в приміщення з чадним газом, ви тільки за непрямими симптомами зрозумієте, що зазнаєте впливу отрути. Спочатку головний біль, запаморочення, задишка, серцебиття, потім посиніння трупа. Чадний газ з'єднується з гемоглобіном крові, через що останній перестає переносити кисень тканинам вашого організму, і першим страждає головний мозок і нервова система [15].

По-друге, окис вуглецю відмінне паливо і може горіти не гірше за інші горючі гази. При певних концентраціях він утворює вибухонебезпечну суміш, яка готова рознести в тріски будь-який об'єм, де накопичився газ упереміш з киснем. Так, монооксид вуглецю легший за повітря, тому активно проникає на другий, третій і наступні поверхи будівель [15].

Основним джерелом виділення, як не дивно, є згоряння вуглецевого палива при недостатній кількості кисню. Вуглець «не догоряє» і замість вуглекислого газу CO_2 в атмосферу викидається чадний газ CO . У побутовому розумінні відмінним джерелом, при неправильній експлуатації, можуть виступати дров'яні печі, газові конфорки, газові котли та інша опалювальна техніка, що працює на вуглецевому паливі. Не варто забувати і про автомобілі,

у вихлопі бензинового двигуна може бути до 3%, а за гігієнічними нормами його повинно бути не більше 20 мг/м³ (близько 0,0017%) [15].

2.1.2 Вуглекислий газ

CO₂, він також діоксид вуглецю, вуглекислий газ, двоокис вуглецю, оксид вуглецю (IV) або просто вугільний ангідрид, не менш цікавий газ. З вуглекислим газом ми зустрічаємося набагато частіше у повсякденному житті, ніж з чадним газом, коли:

- п'ємо газовану воду, де розчиняють діоксид вуглецю;
- користуємося сухим льодом для збереження морозива в парку спекотного літнього полудня
- видихаємо двоокис вуглецю в божевільних обсягах.

Та й природні об'єкти, типу вулканів, боліт чи сміттєзвалищ здатні генерувати неабияку кількість вуглекислого газу.

CO₂ газ не є ніжнішим і безпечнішим за газ CO. Високі концентрації CO₂ призводять до не менш тяжких наслідків, аж до смерті. А підняти концентрацію можна легко і невимушено лише закривши кватирку в спальні на ніч. Більше того, на відміну від CO, вугільний ангідрид важчий за повітря і небезпечно накопичується в низинах, підвалах та інших несподіваних місцях. CO₂ газ теж без кольору, запаху та смаку, тому його наявність визначити органолептично майже і неможливо, крім як контролювати настання явно вираженої задухи [15].

2.1.3 Природний газ

Природний газ – це корисна копалина, яка перебуває в газоподібному стані. За хімічним складом він є сумішшю різних вуглеводнів, серед яких переважну частку займає метан (більше 80 %), що не є токсичним [16]. Цей елемент може викликати задуху лише при вмісті його в повітрі понад 20 %.

Саме тому природний газ часто називають метаном. Також складовими природного газу є інші небезпечні гази, які не мають кольору, а саме: етан, пропан, бутан, водень, сірководень, вуглекислий газ, азот та гелій [16]. За своїми фізичними властивостями природний газ є вибухонебезпечною та горючою речовиною, яка не має кольору та запаху [16]. Саме така комбінація характеристик зумовлює необхідність додавати до складу природного газу, який постачається кінцевим побутовим та промисловим споживачам, спеціальну речовину з особливим запахом – одорант. Завдяки йому людина в змозі відчувати витік газу за межі його належного місцезнаходження [16].

2.1.4 Зріджений природний газ

Зріджений природний газ - природний вуглеводневий газ, який за нормальної температури й тиску навколишнього середовища перебуває в газоподібному стані, але за дуже низької температури переходить у рідинний стан, що полегшує його зберігання і перевезення [17].

Він безбарвний горючий газ, без запаху (при використанні в побуті в нього додають речовини – одоранти з сильним запахом для швидкого виявлення витікання), важчий за повітря, при витіканні збирається в нижніх зонах приміщень, у підвалах, не розчиняється у воді, суміш із повітрям є вибухонебезпечною [17]. Вибухонебезпечна концентрація зрідженого газу в обмеженому просторі повітря становить 1,8% – 9 %. Для вибуху газоповітряної суміші необхідне відкрите полум'я [17].

Зріджений газ, потрапивши на шкіру людини, інтенсивно випаровується і поглинає тепло, що викликає обмороження, а при потраплянні в очі можлива втрата зору [17]. При значних концентраціях зрідженого газу в повітрі і довготривалому вдиханні незначних концентрацій зрідженого газу можливе отруєння [17].

2.1.5 Озон

Озон – газ, токсичний при вдиханні. Він дратує слизову оболонку очей та дихальних шляхів, ушкоджує сурфактант легень [18].

За суті, озон є нестабільною і з високою реакційною здатністю формою кисню [19]. Молекула озону складається з трьох атомів кисню, які пов'язані один з одним, в той час як кисень, яким людина дихає (O_2) містить тільки два атома кисню. З людської точки зору, озон корисний і шкідливий, хороший і поганий [19].

Малі концентрації озону відбувається природним чином в стратосфері, яка є частиною верхньої атмосфери Землі [19]. На цьому рівні, озон допомагає захистити життя на Землі, поглинаючи ультрафіолетове випромінювання від сонця, яке може викликати рак шкіри і катаракту, пошкодження сільськогосподарських культур, і знищити деякі види морської флори і фауни [19].

Озон створюється в стратосфері, коли ультрафіолетове світло від сонця розщеплює молекулу кисню на два окремі атоми кисню [19]. Кожен з цих атомів кисню потім зв'язується з молекулою кисню з утворенням молекули озону. Виснаження стратосферного озону становить серйозну небезпеку для здоров'я людини і навколишнього середовища, небезпечні для планети, і багато країн заборонили або обмежили використання хімічних речовин, які вносять вклад в руйнування озонового шару [19].

Техногенний озон, який утворюється в тропосфері є надзвичайно токсичним і корозійним [19]. Вдихання озону при багаторазовій дії можуть призвести до пошкодження легких або до страждання від респіраторних інфекцій [19]. Вплив озону може привести до зниження функції легень або збільшити існуючі респіраторні захворювання, такі як астма, емфізема або бронхіт. Озон також може викликати біль у грудях, кашель, подразнення горла чи носа [19].

2.2 Датчики газу

Для вибору необхідного датчика для моніторингу якості повітря методом виявлення газів була розглянута лінійка датчиків MQ та у таблиці 2.1 наведено їх порівняння. Принцип роботи датчиків заснований на чутливому детекторі суміші оксидів алюмінію і олова, в якому за рахунок нагрівання відбувається хімічна реакція. Саме тому в процесі роботи газоаналізатор суттєво нагрівається. Залежно від чутливості елемента до певних газів досягається ефект виявлення.

2.2.1 Датчик газу MQ-2

Датчик газу MQ-2 дозволяє реєструвати концентрацію таких газів як водень, чадний газ, дим та горючі вуглеводневі гази (метан, пропан, бутан). Датчик має аналоговий та цифровий вихід. На цифровий вихід сигнал подається при перевищенні певного порога концентрації газу, який налаштовується резистором підлаштування. Датчик простий у підключенні, має високу чутливість та малий час відгуку [20].

2.2.2 Датчик газу MQ-4

В залежності від чутливості елемента до певних газів досягається ефект їх виявлення. Датчик MQ-4 відноситься до напівпровідникових приладів. Принцип роботи датчика заснований на зміні опору тонкоплівкового шару діоксиду олова SnO_2 при контакті з молекулами газу, що визначається. Чутливий елемент датчика складається з керамічної трубки з покриттям Al_2O_3 та нанесеного на неї чутливого шару діоксиду олова. У середині трубки проходить нагрівальний елемент, який нагріває чутливий шар до температури, при якій він починає реагувати на газ. Чутливість до природного газу досягається варіюванням складу домішок у чутливому шарі [21].

2.2.3 Датчик газу MQ-5

Датчик призначений для визначення вмісту зрідженого нафтового, вугільного та природного газів. Може бути використаний як альтернатива датчику MQ-2. При цьому MQ-5 відрізняється більшою чутливістю при менших концентраціях газу. Датчик можна використовувати у проектах виявлення витоків газу. Аналого - цифровий модуль дозволяє отримувати дані про вміст газів до яких сприйнятливий газоаналізатор, так і працювати безпосередньо з пристроями, видаючи цифровий сигнал про перевищення/зменшення порогового значення. Має регулятор чутливості, що дозволяє підлаштовувати датчик під потреби конкретного проекту. Модуль має два світлодіоди: перший (червоний) – індикація живлення, другий (зелений) – індикація перевищення/зменшення порогового значення [22].

Основним робочим елементом датчика є нагрівальний елемент, за рахунок якого відбувається хімічна реакція, в результаті якої виходить інформація про концентрацію газу [22].

2.2.4 Датчик газу MQ-7

Датчик виявляє у повітрі чадний газ. Підійде для проєктів виявлення чадного газу в закритих приміщеннях, де важливо знайти його присутність (наприклад, гаражі). Аналого - цифровий модуль дозволяє отримувати дані про вміст газів до яких сприйнятливий газоаналізатор, так і працювати безпосередньо з пристроями, видаючи цифровий сигнал про перевищення/зменшення порогового значення. Має регулятор чутливості, що дозволяє підлаштовувати датчик під потреби конкретного проекту. Модуль має два світлодіоди: перший (червоний) – індикація живлення, другий (зелений) – індикація перевищення/зменшення порогового значення.

Основним робочим елементом датчика є нагрівальний елемент, за рахунок якого відбувається хімічна реакція, в результаті якої з'являється інформація про концентрацію газу.

2.2.5 Датчик газу MQ-131

Чутливим матеріалом газового датчика MQ131 є WO₃. Коли озоновий газ існує у повітрі, провідність датчика стає меншою з підвищенням концентрації газу. Користувачі можуть конвертувати зміни провідності на відповідний вихідний сигнал концентрації газу через просту схему. Датчик газу озону MQ131 має високу чутливість до озону, а також має чутливість до сильного оксиду, наприклад Cl₂, NO₂ тощо. Він протилежно реагує на органіку інтерференційні гази.

2.2.6 Датчик газу MQ-135

Модуль датчика якості повітря MQ135 призначений для визначення вмісту та кількості шкідливих і небезпечних газів в повітрі таких як: NH₃, NO_x, пари алкоголю, бензину, диму, CO₂ і т.д. Побудований на датчику MQ135. На платі модуля передбачений компаратор для визначення порогового значення концентрації шкідливих речовин. Поріг спрацьовування задається потенціометром [23].

2.2.7 Порівняння датчиків газу

Таблиця 2.1 – Порівняння датчиків газу

Параметр	MQ-2	MQ-4	MQ-5	MQ-7	MQ-131	MQ-135
Живлення	5 вольт	5 вольт	5 вольт	5 вольт	5 вольт	5 вольт
Споживаний струм	180мА	150мА	150мА	160мА	160мА	160мА
Чутливість	300-10000ppm	200-10000ppm	200-10000ppm	20-2000ppm	10-1000ppm	10-10000ppm
Робоча температура	Від -10 до +50 °C	Від -10 до +50 °C	Від -10 до +50 °C	Від -10 до +50 °C	Від -10 до +50 °C	Від -10 до +50 °C
Вологість повітря	Не більше 95%	Не більше 95%	Не більше 95%	Не більше 95%	Не більше 95%	Не більше 95%

Продовження таблиці 2.1

Параметр	MQ-2	MQ-4	MQ-5	MQ-7	MQ-131	MQ-135
Інтерфейс	Аналоговий та цифровий	Аналоговий та цифровий	Аналоговий та цифровий	Аналоговий та цифровий	Аналоговий та цифровий	Аналоговий та цифровий
Основний газ	Зріджений нафтовий газ	Метан	Природний газ	Чадний газ	Озон	Вуглекислий газ

Так як людина найчастіше «зустрічається» з вуглекислим газом, та сама виробляє його було вирішено вести моніторинг вмісту вуглекислого газу у повітрі за допомогою датчику газу MQ 135. Для відображення результату роботи, а саме, вмісту газу у повітрі, буде використовуватись дисплей.

2.3 Дисплей

Дисплей – електронний засіб для відтворювання графічної й алфавітно-цифрової інформації. Дисплеї служать для передавання інформації від електронного пристрою до людини. Їх широко використовують у вимірювальних приладах, електронних годинниках, термометрах, калькуляторах, мобільних телефонах тощо.

2.3.1 Світлодіодний дисплей

Світлодіодний дисплей – пристрій відображення і передачі візуальної інформації, в якому кожною точкою, пікселем є один або кілька напівпровідникових світлодіодів [24].

Повнокольорове зображення створюють шляхом використання світлодіодів 3-х кольорів: червоного, зеленого та синього, в матриці або кластері, які утворюють одиничний піксель (точку). Матриця світлодіодного екрану - це керуюча плата, з інтегрованими в неї світлодіодами, комутаційними контактами і захисними фільтрами. Світлодіоди в матриці

розташовуються в строгому порядку з рівним інтервалом по горизонталі (піксельний крок) і рівним інтервалом (відстані між лініями світлодіодів по вертикалі теж однакові) [24].

Кластер - це елемент світлодіодного екрана, що представляє собою окремий герметичний корпус, в якому міститься три (червоний, зелений, синій) і більш світлодіодів. Із зовнішнього боку кластер закритий пластиковою лінзою. У кластерних світлодіодних екранах кластер є одиничним пікселем.

Дозвіл світлодіодного екрану - щільність пікселів на одиницю поверхні. Чим вище цей показник, тим якісніше зображення [24].

Світлодіодний екран складається з:

- набору світлодіодних модулів, що утворюють поле світлодіодного екрана;
- системи керування світлодіодним екраном - комп'ютер, відеопроцесор і контролери;
- системи електроживлення модулів і контролерів [24].

Система керування світлодіодним екраном як би "розбиває" все зображення на окремі "шматочки", кількість яких дорівнює кількості світлодіодних модулів дисплею і передає через контролери, для відображення, кожен "шматочок" відповідному світлодіодному модулю. Таким чином і формується на світлодіодному екрані ціле зображення [24].

Окремий світлодіодний модуль, як матриця, складається з світлодіодних пікселів, які і є випромінюючими елементами світлодіодного екрана, з яких формується повне зображення [24].

Система керування світлодіодним екраном забезпечує як показ попередньо підготовлених рекламних відео за заданим розкладом, так і можливість роботи від зовнішніх джерел відеосигналу, включаючи роботу в режимі прямої відеотрансляції від телевізійних камер [24].

Ще одну важливу функцію виконує система керування світлодіодним екраном. Вона має програмний модуль "віртуального пікселя", який

забезпечує поліпшення якості сприйманого глядачем зображення на світлодіодному екрані [25].

Світлодіодні екрани за принципом побудови поділяються на два типи - кластерні і матричні [24].

У кластерних екранах кожен піксель, що містить від трьох до кількох десятків світлодіодів, об'єднаний в окремому світлоізовлюваному корпусі, який залитий герметизуючим компаундом. Такий конструктивний елемент називається кластером [24].

Кластери, що утворюють інформаційне поле екрану, закріплені за допомогою гвинтів на лицьовій поверхні екрана [24]. Від кожного кластера відходить джгут проводів, що підключається, за допомогою електричного з'єднувача, до відповідної схеми управління (плати) [24]. Такий спосіб побудови повнокольорових світлодіодних екранів поступово відмирає, поступаючись місцем більш технологічному матричному принципу [24].

У випадку матрично-світлодіодних екранів кластери і керуюча плата об'єднані в єдине ціле - матрицю, тобто на керуючій платі змонтовані і світлодіоди і комутуюча електроніка, які залиті герметизуючим компаундом [24]. В залежності від розміру і роздільної здатності екрану, кількість світлодіодів, що становлять піксель, може коливатися від трьох до кількох десятків. А розподіл кількості світлодіодів за кольорами в пікселі змінюється від типу застосовуваних світлодіодів в інтересах дотримання балансу білого [24].

Світлодіодні екрани мають деякі переваги:

- висока яскравість;
- можливість збірки екрану великих розмірів (до сотень метрів в ширину і висоту);
- довільне співвідношення висота / ширина;
- надійність (пошкодження частини екрана не веде до його непрацездатності в цілому).

До недоліків можна віднести:

- досить велика зернистість екрану;
- найчастіше вельми низька роздільна здатність;
- складність самотійного компонування;
- висока вартість [24].

2.3.2 Органічний світлодіод

Organic Light Emitting Diode – світло випромінюючий органічний світлодіод або, коротко, Олед. Для його виробництва використовують тонкоплівкові структури, що створюються шляхом нашарування вуглецевих матеріалів один на одного. При пропущенні через себе електроструму органічні світлодіоди випромінюють світло. Відповідно, на відміну від РК-екранів, дисплей Oled не потребує додаткового підсвічування [26].

Для виробництва органічних світлодіодів застосовуються тонкі плівки, що створюються з великої кількості полімерних шарів. При подачі електроструму на позитивно заряджений анод електроліти починають рухатися до нього від негативно зарядженого катода. Одночасно з цим останній передає електрони в емісійний шар, і анод отримує їх з провідного шару. Остаточний результат: емісійний шар стає негативним, а провідний шар – позитивно зарядженим [26].

Позитивні та негативні частинки, що рухаються назустріч один одному під впливом напруги, в якусь мить рекомбінують. Рух негативних частинок відбувається швидше, ніж позитивних. У зв'язку з цим рекомбінація здійснюється біля емісійного шару: енергія електрона знижується, у зоні видимого світла утворюється електромагнітне випромінювання. При негативному заряді анода екран працювати не стане, так як електрони переміщатимуться у зворотному напрямку, не ініціюючи процеси рекомбінації [26].

Для виробництва катодів, як правило, вибирають алюміній або кальцій, з огляду на низьку роботу виходу цих металів. Для створення анодів зазвичай

використовується оксид індію, що легується оловом. У таких анодів чудова робота виходу, що сприяє утворенню «дір» у полімерних шарах. Крім того, для видимого світла анод прозорий [26].

Переваги органічного світлодіода у порівнянні з плазмовими дисплеями:

- менші габарити і вага;
- більш низьке енергоспоживання при тій же яскравості;
- можливість створення гнучких екранів [27].

Переваги органічного світлодіода у порівнянні з рідкокристалічними дисплеями:

- менші габарити і вага;
- відсутність необхідності в підсвічуванні;
- великі кути огляду – зображення видно без втрати якості з будь-якого кута;
- миттєвий відгук (на кілька порядків вище, ніж у LCD) – власне повна відсутність інерційності;
- висока контрастність;
- можливість створення гнучких екранів;
- великий діапазон робочих температур (від -40 до $+70^{\circ}\text{C}$) [27].

Недоліки органічного світлодіода:

- малий термін служби люмінофорів деяких кольорів (близько 2-3 років);
- як наслідок першого, неможливість створення довговічних повноцінних Truecolor дисплеїв;
- дорожня технологія по створенню великих матриць [27].

2.3.3 Рідкокристалічний дисплей

Екран LCD представляє собою масив маленьких сегментів (пікселями), якими можна маніпулювати для відображення інформації. LCD має кілька шарів, де ключову роль відіграють дві панелі, виготовлені з вільного від

натрію та дуже чистого скляного матеріалу, який називається субстрат або підкладка. Шари, власне, містять тонкий шар рідких кристалів між собою [28].

Будь-який LCD монітор складається з таких компонентів:

- РК матриці;
- джерело світла;
- контактного джгута;
- обрамлення (корпус).

РК матриця представляє собою дві скляні пластини, між якими розташовується тонкий шар рідких кристалів. Це масив, що складається з величезної кількості осередків (пікселями). Кожен піксель матриці складається з кількох молекул рідких кристалів та двох поляризаційних фільтрів. Площини цих фільтрів розташовані перпендикулярно один до одного [28].

Кожен піксель матриці розташований між двома спеціальними прозорими електродами, що дозволяє керувати розташуванням молекул у кожному пікселі окремо. LCD технологія може ґрунтуватися на проходженні або відображенні світла, залежно від пристрою монітора через молекули рідких кристалів [28].

Недоліки рідкокристалічних дисплеїв:

- багато РК-моніторів мають порівняно малий контраст і глибину чорного кольору. Підвищення фактичного розмаїття нерідко пов'язані з простим посиленням яскравості підсвічування, до некомфортних значень. Широко застосовуване глянсове покриття матриці впливає лише на суб'єктивну контрастність за умов зовнішнього освітлення [28];

- через жорсткі вимоги до постійної товщини матриць існує проблема нерівномірності однорідного кольору (нерівномірність підсвічування) - на деяких моніторах є неусувна нерівномірність передачі яскравості (смуги в градієнтах), пов'язана з використанням блоків лінійних ртутних ламп [28];

– залежність контрасту від кута огляду досі залишається істотним мінусом технології [28].

2.3.4 Плазмовий дисплей

Плазмовий дисплей – пристрій виведення інформації, дисплей, дія якого ґрунтується на явищі свічення люмінофору під впливом ультрафіолетових променів, що виникають при електричному розряді в іонізованому газі, тобто у плазмі.

Робота плазмової панелі заснована на світінні люмінофора під впливом ультрафіолету. Панель плазмового дисплея складається з величезної кількості мікроколб, заповнених спеціальним газом. При подачі напруги на окрему колбу газ іонізується та випромінює ультрафіолет. Ультрафіолет, потрапляючи на люмінофор, нанесений на внутрішню поверхню колби, починає світитися одним із трьох кольорів (RGB). У плазмових дисплеях відсутня розгортка. Саме з цієї причини, на відміну від електронно-променевих моніторів, плазмові панелі не мерехтять. Панель, що складається з колб, наповнених газом, прошита вертикальними та горизонтальними електродами для подачі напруги, причому з лицьового боку електроди прозорі. Перемиканням напруги керує спеціальний процесор.

Перша перевага плазмової панелі – висока контрастність зображення. Чудовий чорний колір і висока контрастність зображення на плазмових панелях пояснюється тим, що колби, на які не подається напруга, залишаються практично чорними. Характерно, що на відміну від плазмових панелей, панелі типу LCD не забезпечують подібної контрастності зображення, оскільки крізь вимкнені осередки LCD панелі проникає світло від ламп підсвічування.

Друга перевага плазмової панелі – широкий кут огляду плазмових панелей (160 градусів) у порівнянні з LCD панелями (40 – 70 градусів).

Третя перевага плазмової панелі - висока якість передачі кольорів та висока швидкість реакції матриці. Якість кольору плазмових панелей і в даний час оцінюється вище, ніж в LCD панелях.

Недоліки плазмових дисплеїв:

- обмежений ресурс роботи плазмової панелі внаслідок вигорання люмінофора;
- більше енергоспоживання плазмової панелі в порівнянні з LCD;
- ефект постсвітлення плазмової панелі. Виявляється на плазмовій панелі, якщо тривалий час показувати на ній ту саму картинку.

2.4 Шини даних

2.4.1 I2C

I2C – послідовна шина даних для зв'язку інтегральних схем, розроблена фірмою Philips на початку 1980-х як проста шина внутрішнього зв'язку для створення керуючої електроніки [29]. Використовується для з'єднання низькошвидкісних периферійних компонентів з материнською платою, вбудовуваними системами та мобільними телефонами [29]. Назва є аббревіатурою слів Inter-Integrated Circuit. 1 жовтня 2006 року скасовані ліцензійні відрахування за використання протоколу I2C. Однак, відрахування зберігаються для виділення ексклюзивної підлеглої адреси на шині I2C [29].

I2C використовує дві двонапрямлених лінії, підтягнуті до напруги живлення та керовані через відкритий колектор або відкритий стік – послідовна лінія даних (SDA) і послідовна лінія тактування (SCL) (рисунк 2.1). Стандартні напруги +5 В або +3,3 В, проте допускаються й інші [29].

Класична адресація включає 7-бітовий адресний простір з 16 зарезервованими адресами [29]. Це означає до 112 вільних адрес для підключення периферії на одну шину [29].

Основний режим роботи – 100 кбіт/с; 10 кбіт/с в режимі роботи із зниженою швидкістю [29]. Зауважимо, що стандарт допускає припинення тактування для роботи з повільними пристроями [29].

Після перегляду стандарту 1992 року стає можливим підключення ще більшої кількості пристроїв на одну шину (за рахунок можливості 10-бітної

адресації), а також велику швидкість до 400 кбіт/с у швидкісному режимі. Відповідно, доступна кількість вільних вузлів зросла до 1008 [29]. Максимальна допустима кількість мікросхем, приєднаних до однієї шини, обмежується максимальною ємністю шини в 400 пФ [29].

Версія стандарту 2.0, випущена 1998 року представила високошвидкісний режим роботи зі швидкістю до 3,4 Мбіт/с зі зниженим енергоспоживанням. Остання версія 2.1 2001 року включила лише незначні доопрацювання [29].

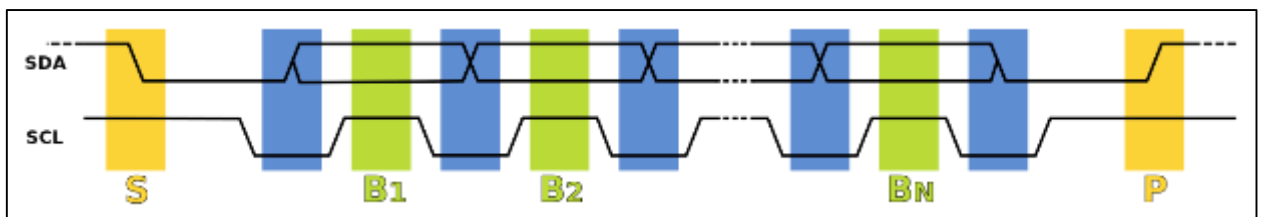


Рисунок 2.1 – Тактування послідовності передачі даних [29]

I2C знаходить застосування в пристроях, які передбачають простоту розробки та низьку собівартість виготовлення при відносно непомірній швидкості роботи [29].

Список можливих застосувань:

- доступ до модулів пам'яті NVRAM;
- доступ до низькошвидкісних цифро-аналогового перетворювача (ЦАП)/ аналого-цифрового перетворювача (АЦП);
- регулювання контрастності, насиченості та колірного балансу моніторів;
- регулювання звуку в динаміках;
- керування світлодіодами, в тому числі в мобільних телефонах;
- читання інформації з датчиків моніторингу та діагностики устаткування, наприклад, термостат центрального процесора або швидкість обертання вентилятора охолодження;
- читання інформації з годинника реального часу (кварцових генераторів);

- керування включенням/виключенням живлення системних компонент;
- інформаційний обмін між мікроконтролерами [29].

Переваги:

- необхідний всього один мікроконтролер для керування набором пристроїв;
- використовується всього дві лінії введення-виведення загального призначення;
- стандарт передбачає «гаряче» підключення та відключення пристроїв в процесі роботи системи;
- вбудований в мікросхеми фільтр придушує сплески, забезпечуючи цілісність даних [29].

2.4.2 SPI

SPI – фактичний послідовний синхронний повнодуплексний стандарт передачі даних, розроблений фірмою Motorola для забезпечення простого сполучення мікроконтролерів та периферії. SPI також називають чотирьох-провідним інтерфейсом [30].

На відміну від стандартного послідовного порту, SPI є синхронним інтерфейсом, в якому кожна передача синхронізована з тактовим сигналом, що генерується ведучим пристроєм (мікроконтролером) [30]. Периферійний пристрій синхронізує отримання бітової послідовності з тактовим сигналом. До одного послідовного периферійного інтерфейсу ведучого мікроконтролера можна під'єднати декілька мікросхем [30]. Головний пристрій вибирає ведений пристрій, активуючи сигнал «вибір кристалу» на потрібній мікросхемі. Інші пристрої, не вибрані ведучим, не беруть участі в передачі по SPI [30].

Для передачі даних в інтерфейсі SPI використовуються чотири сигнали:

- MOSI або SI – вихід ведучого, вхід веденого. Служить для передачі даних від ведучого пристрою до веденого;
- MISO або SO – вхід ведучого, вихід веденого. Служить для передачі даних від веденого пристрою до ведучого;
- SCLK або SCK – послідовний тактовий сигнал. Служить для передачі тактового сигналу для ведених пристроїв;
- CS або SS– сигнал початку/завершення сеансу зв'язку. По завершенні обміну даних має бути знятий, що дасть змогу приймачу даних вийти з режиму читання/запису та перейти до режиму обробки даних [30].

2.5 Вибір екрану

Були розглянуті наступні дисплеї:

- LCD дисплей з синім підсвічуванням 2004 I2C;
- OLED дисплей Waveshare 1,5 дюймів 128x128;
- OLED дисплей Waveshare 1,3 дюймов 128x64.

Порівняння оглянутих дисплеїв приведено у таблиці 2.2

Таблиця 2.2 – Порівняння оглянутих дисплеїв

Характеристика	LCD дисплей з синім підсвічуванням 2004 I2C	Waveshare 1,5 дюймів 128x128	Waveshare 1,3 дюймів 128x64
Тип підключення	I2C	I2C/SPI	I2C/SPI
Драйвер	Синій	SSD1327	SH1306
Роздільна здатність	20 знаків на 4 строки	128x128пк	128x64пк
Вхід живлення постійного струму	5В	3,3-5В	3,3В

Продовження таблиці 2.2

Характеристика	LCD дисплей з синім підсвічуванням 2004 I2C	Waveshare 1,5 дюймів 128x128	Waveshare 1,3 дюймів 128x64
Розмір	~4 дюйма	1,5 дюймів	1,3 дюймів
Ціна	~145грн	~525грн	~225грн

2.6 Вимоги до засобу

Функціональні вимоги засобу для аналізу та моніторингу якості повітря:

- цілодобовий моніторинг якості повітря та аналіз цих даних;
- зміна режимів аналізу;
- звукове сповіщення про перевищення нормативних значень вмісту газу;
- збереження даних за останні 6 годин.

До інтерфейсу засобу для моніторингу якості повітря висуваються наступні вимоги:

- виводити поточні значення наявності газу, температури та вологості повітря;
- виведення мінімального та максимального значення газу та виведення графіку за 1 та 6 години.

2.7 Мікроконтролери Arduino**2.7.1 Arduino Uno**

Arduino Uno контролер побудований на ATmega328. Платформа має 14 цифрових вход/виходів (6 з яких можуть використовуватися як виходи ШІМ), 6 аналогових входів, кварцовий генератор 16 МГц, USB-роз'єм, силовий

роз'єм, роз'єм ICSP і кнопку перезавантаження [31]. Для роботи необхідно підключити платформу до комп'ютера за допомогою кабелю USB або подати живлення за допомогою адаптера AC/DC або батареї [31].

Зовнішнє живлення (не USB) може подаватися через перетворювач AC/DC (блок живлення) або акумуляторною батареєю [31]. Перетворювач напруги підключається за допомогою роз'єму 2.1 мм із центральним позитивним полюсом. Провід від батареї підключається до виходів Gnd і Vin роз'єму живлення [31].

Платформа може працювати при зовнішньому живленні від 6 до 20 В. При напрузі живлення нижче 7 В, висновок 5V може видавати менше 5 В, при цьому платформа може працювати нестабільно [31]. При використанні напруги вище 12 В регулятор напруги може перегрітися та пошкодити плату. Рекомендований діапазон від 7 до 12 В [31].

Arduino Uno (рисунок 2.2) може отримувати живлення через підключення USB або зовнішнього джерела живлення [31]. Джерело живлення вибирається автоматично [31].

Виходи живлення:

- VIN. Вхід використовується для подачі живлення від зовнішнього джерела (без 5 В від роз'єму USB або іншого регульованого джерела живлення). Подача напруги живлення відбувається через дане виведення;
- 5V. Регульоване джерело напруги, що використовується для живлення мікроконтролера та компонентів на платі. Живлення може подаватися від виведення VIN через регулятор напруги або від роз'єму USB, або іншого регульованого джерела напруги 5 В;
- 3V3. Напруга на виведенні 3.3 В генерується вбудованим регулятором на платі. Максимальне споживання струму 50 мА;
- GND. Виведення заземлення [31].

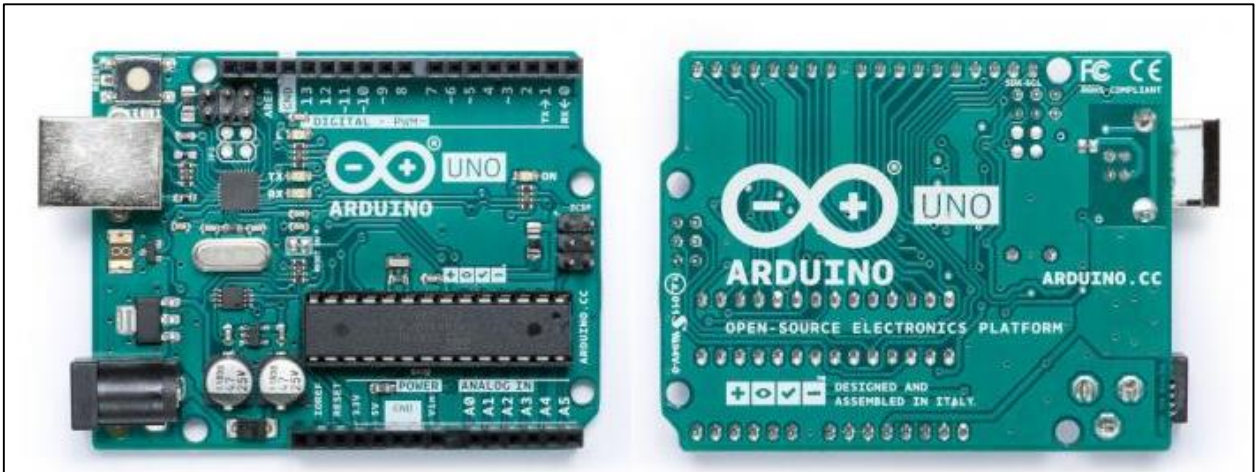


Рисунок 2.2 – Плата Arduino Uno [31]

2.7.2 Arduino Nano

Платформа Nano (рисунок 2.3), побудована на мікроконтролері ATmega328 (Arduino Nano 3.0) або ATmega168 (Arduino Nano 2.x), має невеликі розміри та може використовуватись у лабораторних роботах [32]. Вона має схожу на Arduino Duemilanove функціональність, проте відрізняється збіркою [32]. Відмінність полягає у відсутності силового роз'єму постійного струму та роботі через кабель Mini-B USB [32]. Nano розроблена та продається компанією Gravitech [32].

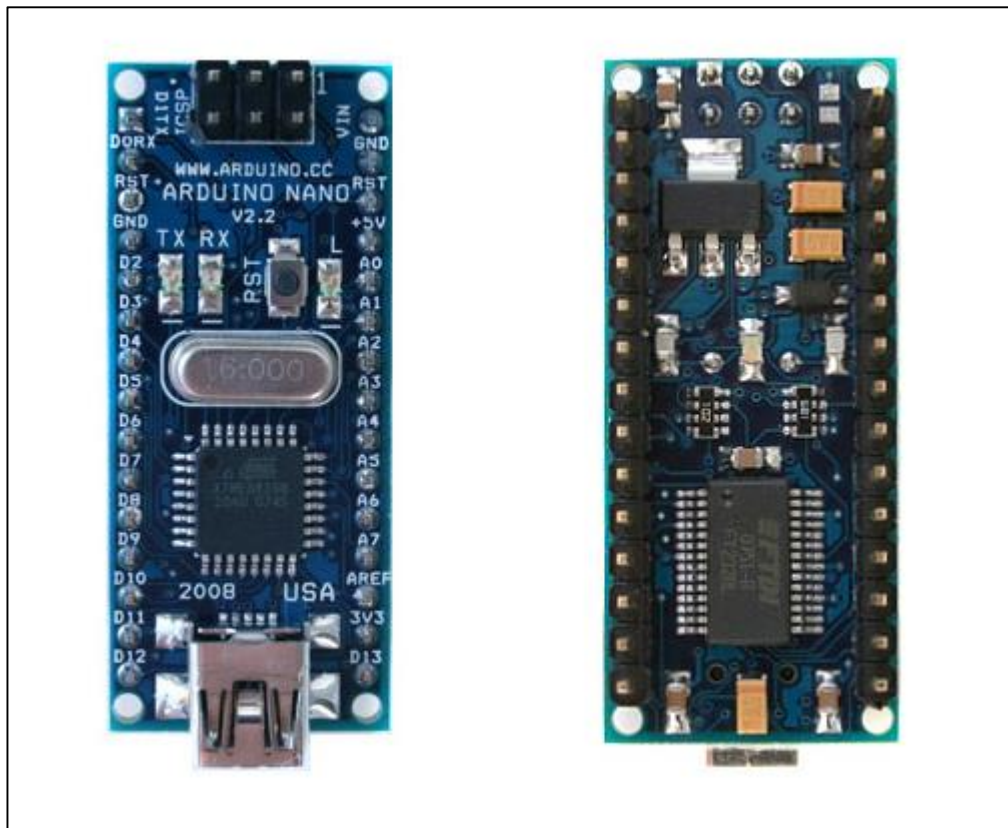


Рисунок 2.3 – Arduino Nano [32]

2.7.3 Arduino Mega

Arduino Mega (рисунок 2.4) побудовано на мікроконтролері ATmega2560. Плата має 54 цифрових входу/виходів (14 з яких можуть використовуватися як виходи ШІМ), 16 аналогових входів, 4 послідовних порту UART, кварцовий генератор 16 МГц, USB конектор, роз'єм живлення, роз'єм ICSP і кнопка перезавантаження [33]. Для роботи необхідно підключити платформу до комп'ютера за допомогою кабелю USB або подати живлення за допомогою адаптера AC/DC або акумуляторною батареєю [33]. Arduino Mega 2560 сумісна з усіма платами розширення, розробленими для платформ Uno або Duemilanove [33].

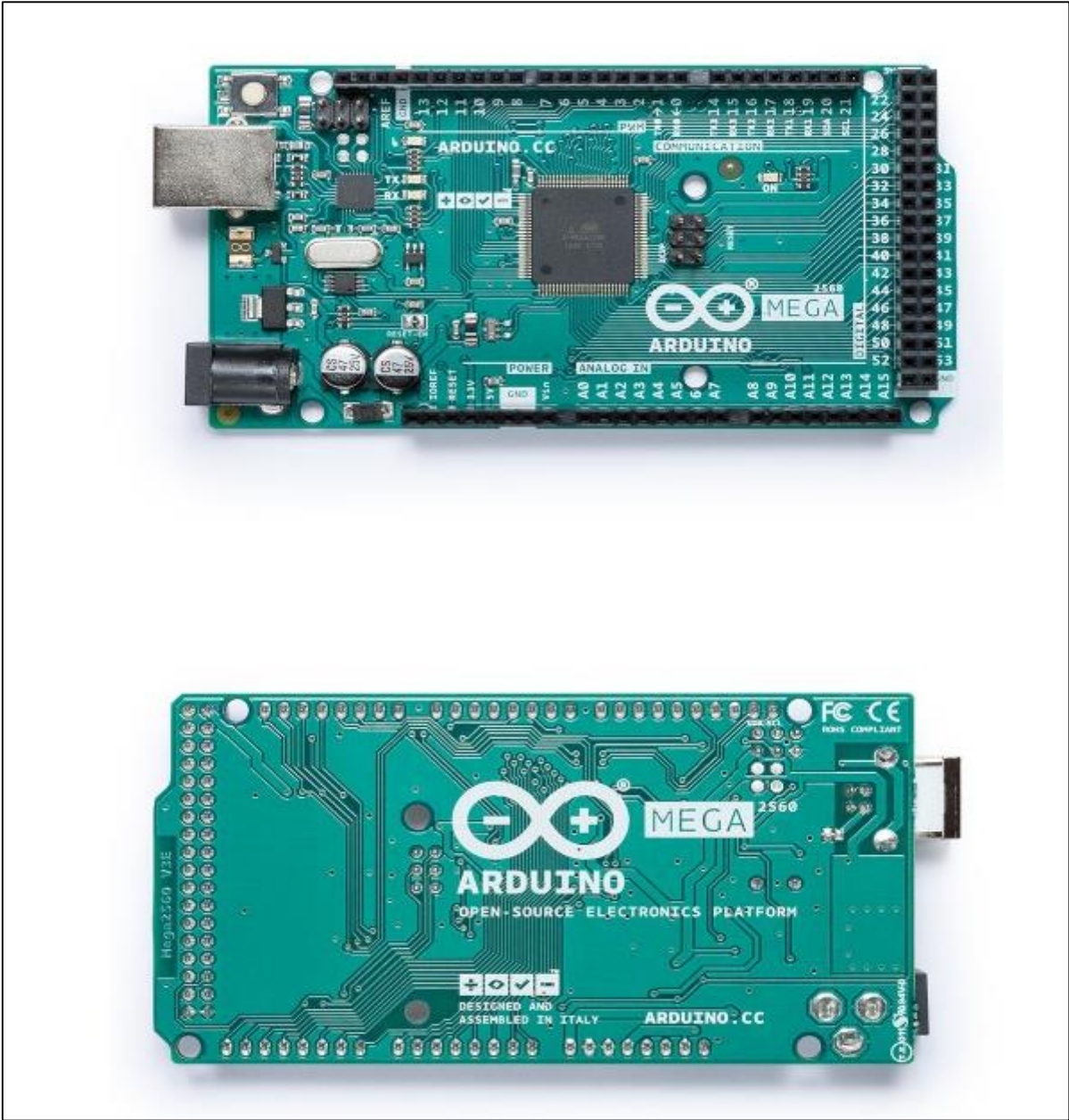


Рисунок 2.4 – Arduino Mega [33]

2.7.4 Порівняння мікроконтролерів

Порівняння мікроконтролерів наведено у таблиці 2.3 [31-33].

Таблиця 2.3 – Порівняння мікроконтролерів

Характеристика	Arduino Mega	Arduino Nano	Arduino Uno
Мікроконтролер	ATmega2560	Atmel ATmega168 або ATmega328	ATmega328
Робоча напруга	5 В	5 В	5 В

Продовження таблиці 2.3

Характеристика	Arduino Mega	Arduino Nano	Arduino Uno
Вхідна напруга (рекомендована)	7-12 В	7-12 В	7-12 В
Вхідна напруга (гранична)	6-20 В	6-20 В	6-20 В
Цифрові входи/виходи	54 (14 з яких можуть використовуватися як виходи ШІМ)	14 (6 з яких можуть використовуватися як виходи ШІМ)	14 (6 з яких можуть використовуватися як виходи ШІМ)
Аналогові входи	8	16	6
Флеш пам'ять	16 Кб (ATmega168) або 32 Кб (ATmega328) при цьому 2 Кб використовуються для завантажувача	256 Кб (з яких 8 Кб використовуються для завантажувача)	32 Кб з яких 0.5 Кб використовуються для завантажувача
ОЗУ	1 Кб (ATmega168) або 2 Кб (ATmega328)	8Кб	2 Кб
EEPROM	1 Кб	1 Кб	1 Кб
Тактова частота	16 МГц	16 МГц	16 МГц

2.8 Висновки

В цьому розділі було розглянуто вимоги до ПЗ, вибрано плату Arduino Uno, а також проаналізувавши вищезазначені гази та їх датчики було вирішено вибрати вуглекислий газ для моніторингу, через те що людина зустрічається з ним найчастіше, та датчик MQ-135, тому що встановивши такий датчик на підприємстві, у офісі або вдома можна зменшити ризики отримати шкідливі наслідки для здоров'я від газу.

3 АНАЛІЗ ПРОГРАМНИХ ЗАСОБІВ

3.1 Огляд особливостей обраного середовища розробки

Arduino IDE – інтегроване середовище розробки для Windows, MacOS та Linux, розроблене на C та C++, призначене для створення та завантаження програм на Arduino-сумісні плати, а також на плати інших виробників [34].

Вихідний код середовища випущений під загальнодоступною ліцензією GNU версії 2. Підтримує мови C і C++ з використанням спеціальних правил структурування коду. Arduino IDE надає бібліотеку програмного забезпечення з проекту Wiring, яка надає безліч загальних процедур введення та виведення [34]. Для написаного користувачем коду потрібні лише дві базові функції для запуску ескізу та основного циклу програми, які скомпільовані та пов'язані із заглушкою програми `main ()` у виконувану циклічну програму з ланцюжком інструментів GNU, також включеною до дистрибутиву IDE [34]. Використовує програму `avrdude` для перетворення коду, що виконується, в текстовий файл у шістнадцятковому кодуванні, який завантажується в плату Arduino програмою-завантажувачем у вбудованому програмному забезпеченні плати [34].

Мова програмування Arduino називається Arduino C і є мовою C++ з фреймворком Wiring, вона має деякі відмінності в частині написання коду, який компілюється і збирається за допомогою `avr-gcc`, з особливостями, що полегшують написання працюючої програми – є набір бібліотек, що включає у собі функції та об'єкти. При компіляції програми IDE створює тимчасовий файл із розширенням `*.cpp` [35].

Головні відмінності Arduino IDE від інших систем розробки програмного забезпечення:

- програми, написані програмістом Arduino, називаються начерки або скетчі (транслітерація від англ. `sketch`) і зберігаються у файлах із розширенням `*.ino`. Ці файли перед компіляцією обробляються препроцесором Ардуїно; Також існує можливість створювати та підключати до проєкту стандартні файли C++ [34];

- програміст повинен написати дві обов'язкові для Arduino функції `setup()` та `loop()`. Перша викликається одноразово при старті, друга виконується у нескінченному циклі [34];
- у текст своєї програми (скетчу) програміст не зобов'язаний вставляти заголовні файли використовуваних стандартних бібліотек. Ці файли заголовків додасть препроцесор Arduino відповідно до конфігурації проекту. Однак користувацькі бібліотеки потрібно вказувати [34];
- менеджер проекту Arduino IDE має нестандартний механізм додавання бібліотек. Бібліотеки у вигляді вихідних текстів на стандартному C++ додаються до спеціальної папки в робочому каталозі IDE. Назва бібліотеки додається до списку бібліотек у меню IDE. Програміст зазначає необхідні бібліотеки, і вони вносяться до списку компіляції [34];
- Arduino IDE не пропонує жодних налаштувань компілятора та мінімізує інші налаштування, що спрощує початок роботи для новачків та зменшує ризик виникнення проблем; але є директиви препроцесора, такі як `#define`, `#include` та багато інших [34].

3.2 Архітектура системи засобу для моніторингу якості повітря

Загалом система засобу для моніторингу якості повітря складається з наступних елементів:

- сенсорна кнопка `ttp223b` (рисунок 3.1);
- модуль температури та вологості повітря `dht11` (рисунок 3.2);
- oled дисплей `waveshare 1,3` дюйма 128x64пк (рисунок 3.3);
- датчик газу `mq-135` (рисунок 3.4);
- активний п'єзодинамік (рисунок 3.5);
- плата `arduino uno`;
- з'єднальні дроти.

Загальна схема підключення засобу показана на рисунку 3.6.

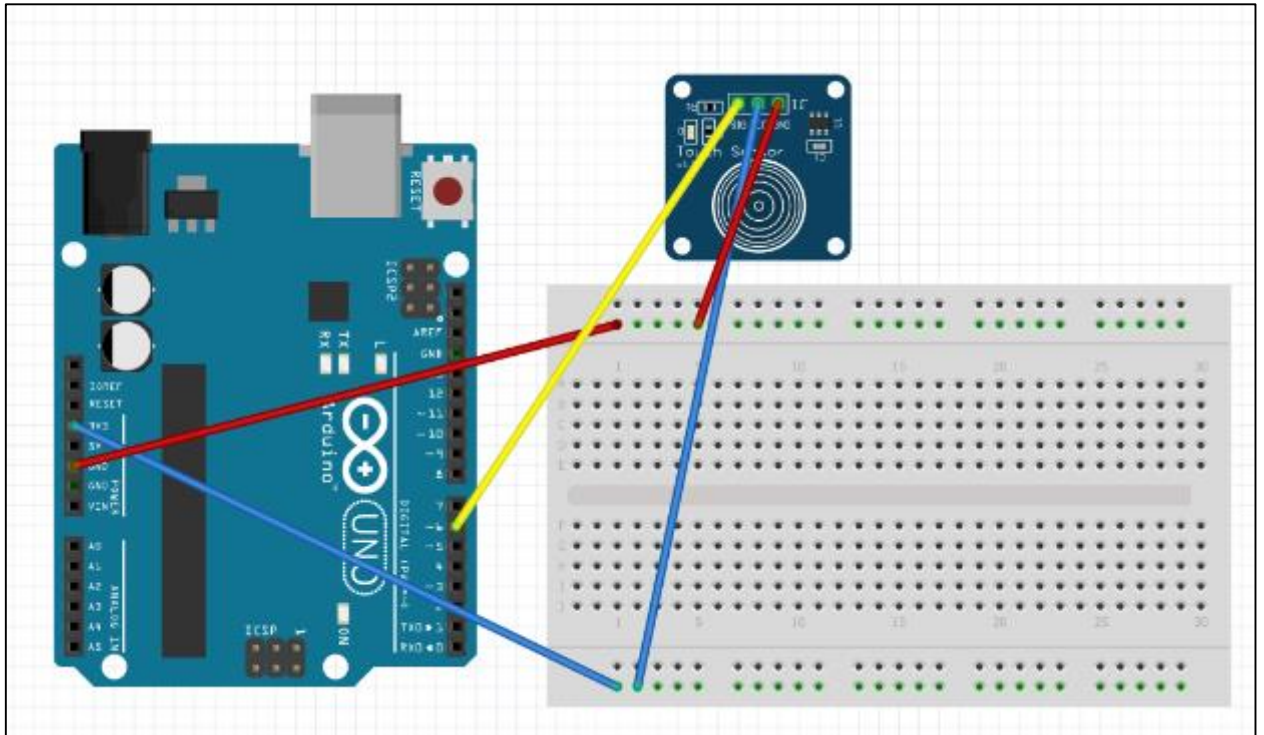


Рисунок 3.1 – Схема підключення сенсорної кнопки

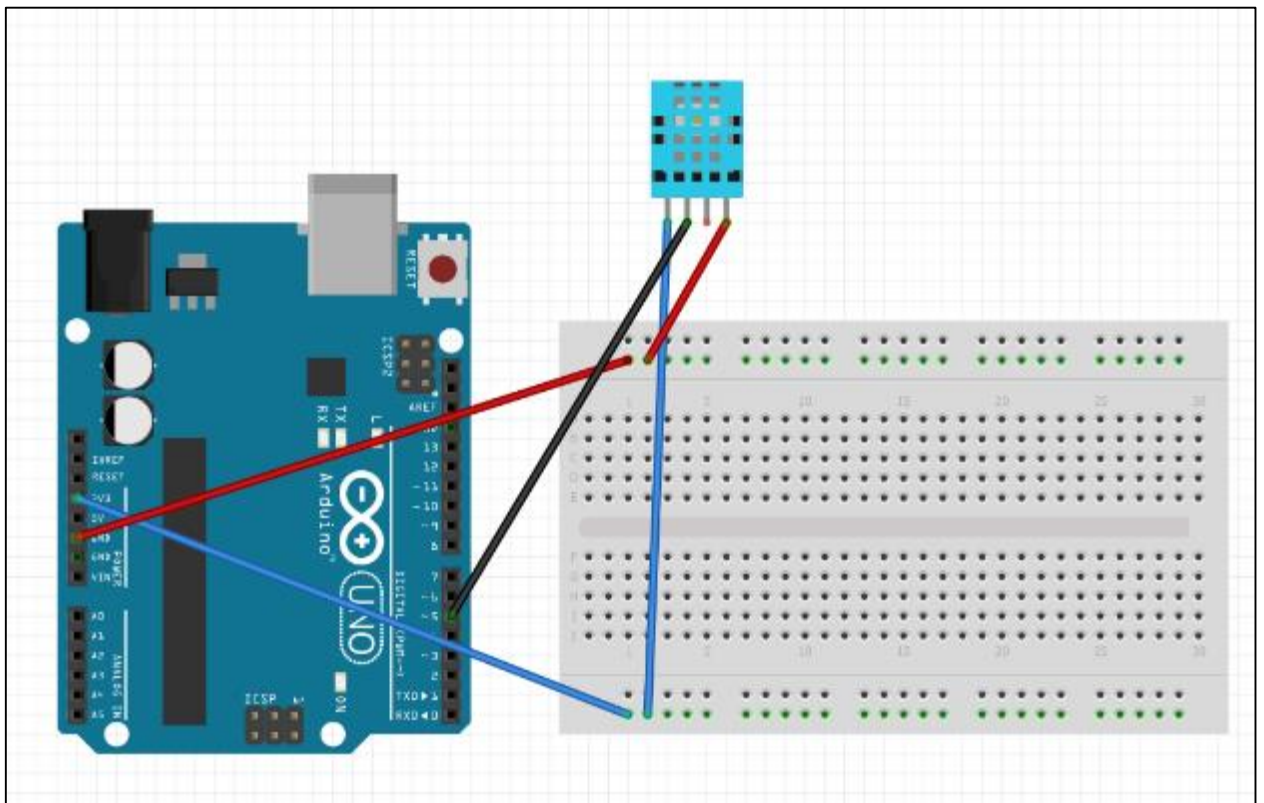


Рисунок 3.2 – Схема підключення датчику вологості та температури

Рисунок 3.4 – Схема підключення датчика газу

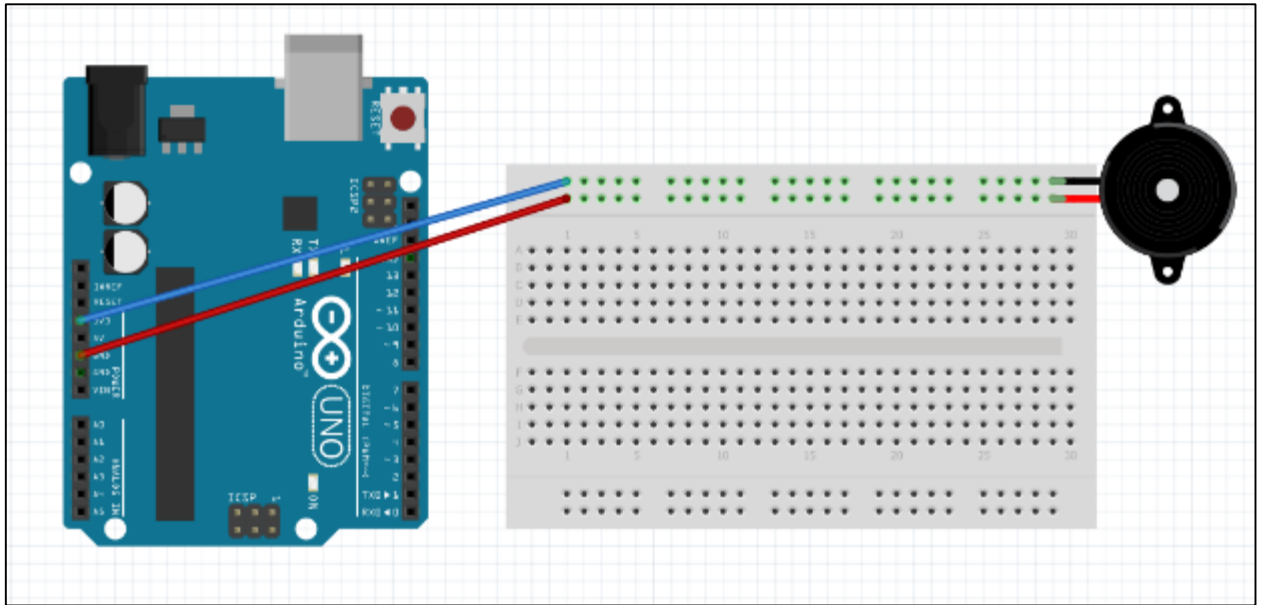


Рисунок 3.5 – Схема підключення п'єзодинаміка

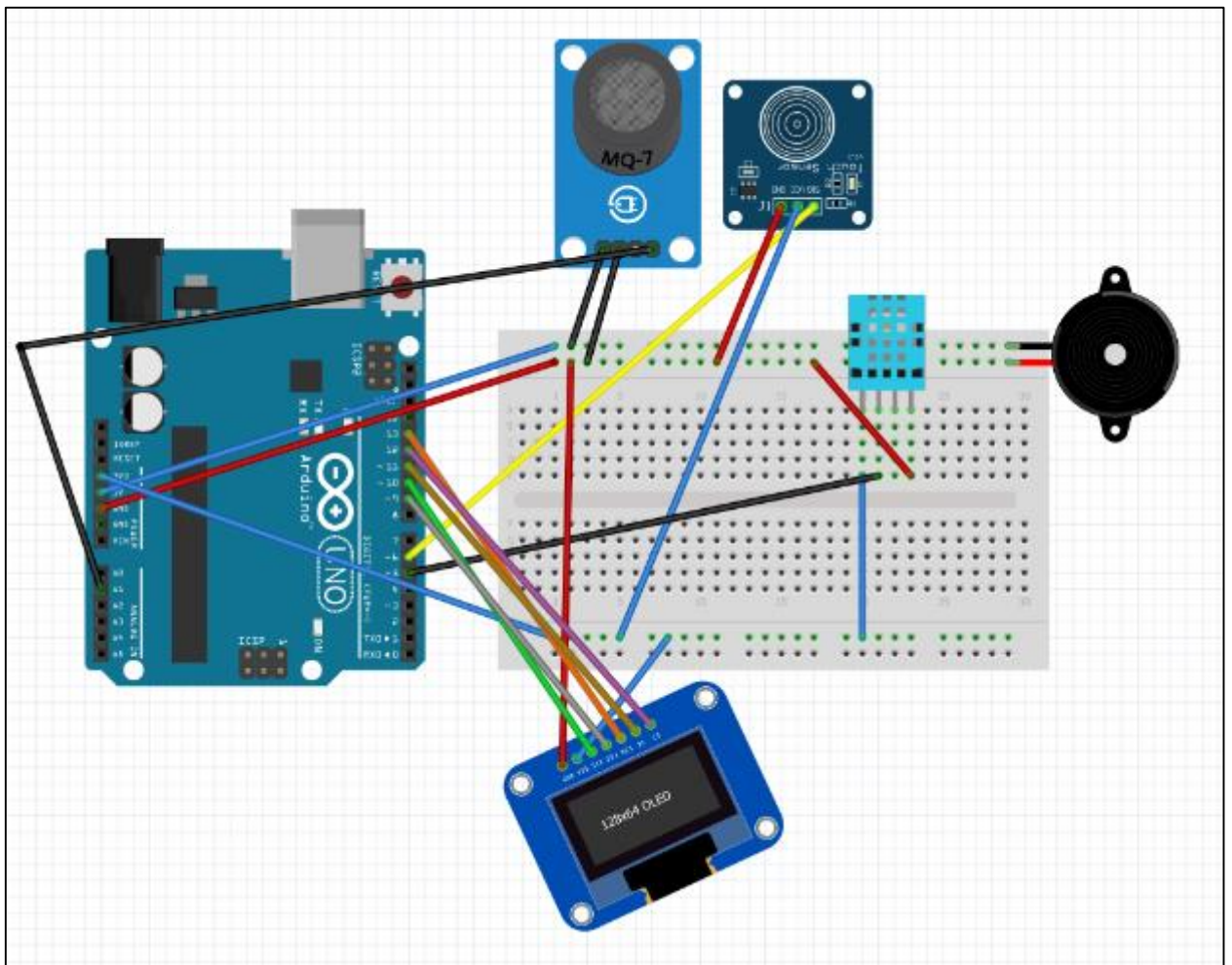


Рисунок 3.6 – Схема підключення усього засобу

Для реалізації програмної частини проєкту було використано бібліотеки, які наведено у таблиці 3.1.

Таблиця 3.1 Підключенні бібліотеки

Бібліотека	Призначення
U8glib	Робота з дисплеєм
DHT	Робота з датчиком вологості та температури
GyverButton	Робота з сенсорною кнопкою
MQ135	Робота з датчиком вмісту вуглекислого газу

Увесь код засобу знаходиться у файлі GasSensor.ino у якому реалізовані методи, які наведено у таблиці 3.2.

Таблиця 3.2 Методи засобу

Метод	Опис
getGas()	Отримання та збереження даних вмісту вуглекислого газу
buzz()	Звукове попередження про шкідливу якість повітря
getknock()	Управління режимами відображення даних за допомогою сенсорної кнопки
dhtdata()	Отримання даних температури та вологості повітря
DrawGas()	Виведення на дисплей поточного значення вмісту вуглекислого газу, температури та вологості повітря

Продовження таблиці 3.2

Getlimits()	Отримання мінімального та максимального значення за бажаний період
DrawHour()	Виведення текстового аналізу даних вмісту вуглекислого газу за останню годину
DrawHourTotal()	Виведення текстового аналізу даних вмісту вуглекислого газу за останні 6 годин
Rzero()	Виведення значення поточного опору відносно атмосферних даних
Draw()	Вибір режиму для відображення
Drawchart()	Виведення графіку вмісту вуглекислого газу за необхідний час
Collectdata()	Збереження даних вмісту вуглекислого газу за необхідний час

Засіб моніторингу якості повітря повинен моніторити вміст вуглекислого газу у повітрі, вимірювати температуру та вологість повітря, виводити мінімальне та максимальне значення вмісту вуглекислого газу у повітря за 1 та 3 години та повідомляти звуковим ефектом про перевищення допустимої норми вмісту вуглекислого газу у повітрі.

3.3 Висновки

В даному розділі було розглянуто середовище програмування Arduino IDE, мову програмування C++, а також необхідні компоненти для функціонування засобу моніторингу та оцінки якості повітря.

4 КЕРІВНИЦТВО ПРОГРАМІСТА

4.1 Призначення і умови використання засобу моніторингу

Засіб призначений для моніторингу та оцінку вмісту вуглекислого газу у повітря.

Для бездоганної роботи засобу необхідно мати персональний комп'ютер з такими характеристиками:

- процесор з тактовою частотою – 2 ГГц;
- оперативна пам'ять – 4 Гб.

Програмна платформа повинна відповідати наступним характеристикам:

- операційна система Windows, Linux або MacOS;
- Arduino IDE.

Окрім цього повинні бути у наявності монітор, клавіатура та маніпулятор «миша» або touchpad.

4.2 Архітектура системи

Загалом система засобу моніторингу та оцінки якості повітря складається з наступних компонентів:

- датчик газу mq-135;
- oled дисплей waveshare 1,3 дюйма 128x64пк;
- сенсорна кнопка ttp223b;
- модуль температури та вологості повітря dht11;
- активний п'єзодинамік;
- плата arduino uno.

4.3 Огляд особливостей програмної реалізації

Для власного налаштування засобу передбачені глобальні змінні. Вони наведені у таблиці 4.1.

Таблиця 4.1 – Глобальні змінні налаштувань

Змінна	Призначення
BTN_PIN	Пін для підключення сенсорної кнопки
RZERO	Опір відносно даних атмосфери
MQPIN	Пін для підключення датчику газу
BUZZERPIN	Пін для підключення п'єзодинаміка
DHTPIN	Пін для підключення модулю температури та вологості
DHTTYPE	Тип модулю температури та вологості
BUZZCOUNT	Кількість звукових сигналів в одному циклі
BUZZTIMER	Інтервал між циклами сигналів
BUZZDELAY	Інтервал між сигналами в циклі
BUZZFREQUENCY	Частота звукового сигналу
BUZZDURATION	Тривалість одного звукового сигналу у циклі

Для роботи засобу було підключено наступні бібліотеки:

- U8glib.h;
- DHT.h;
- GyverButton.h;
- MQ135.h.

Для їх встановлення потрібно або за допомогою гарячих клавіш «Ctrl+Shift+I» або у меню вибрати «Скетч → Підключить бібліотеку → Управлять бібліотеками» (рисунок 4.1), ввести назву необхідної бібліотеки та встановити (рисунок 4.2).

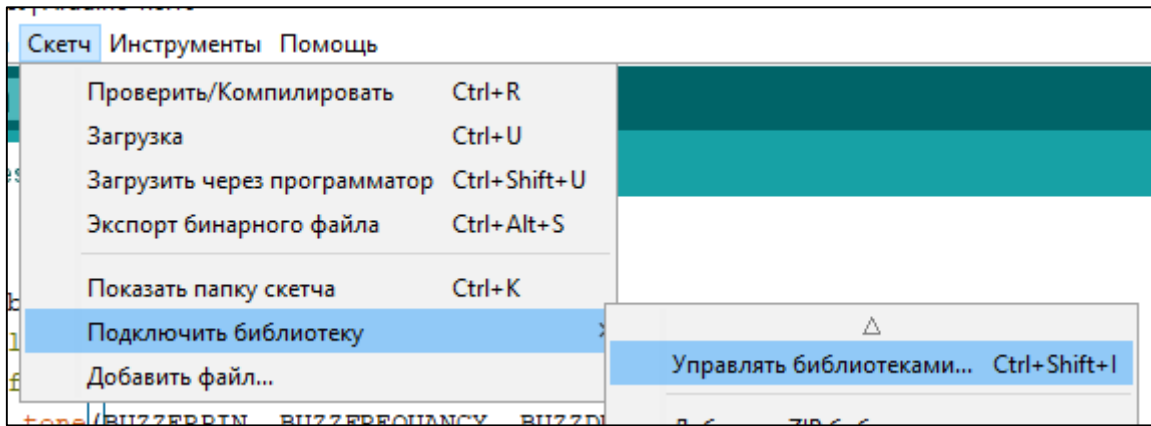


Рисунок 4.1 – Управління бібліотеками

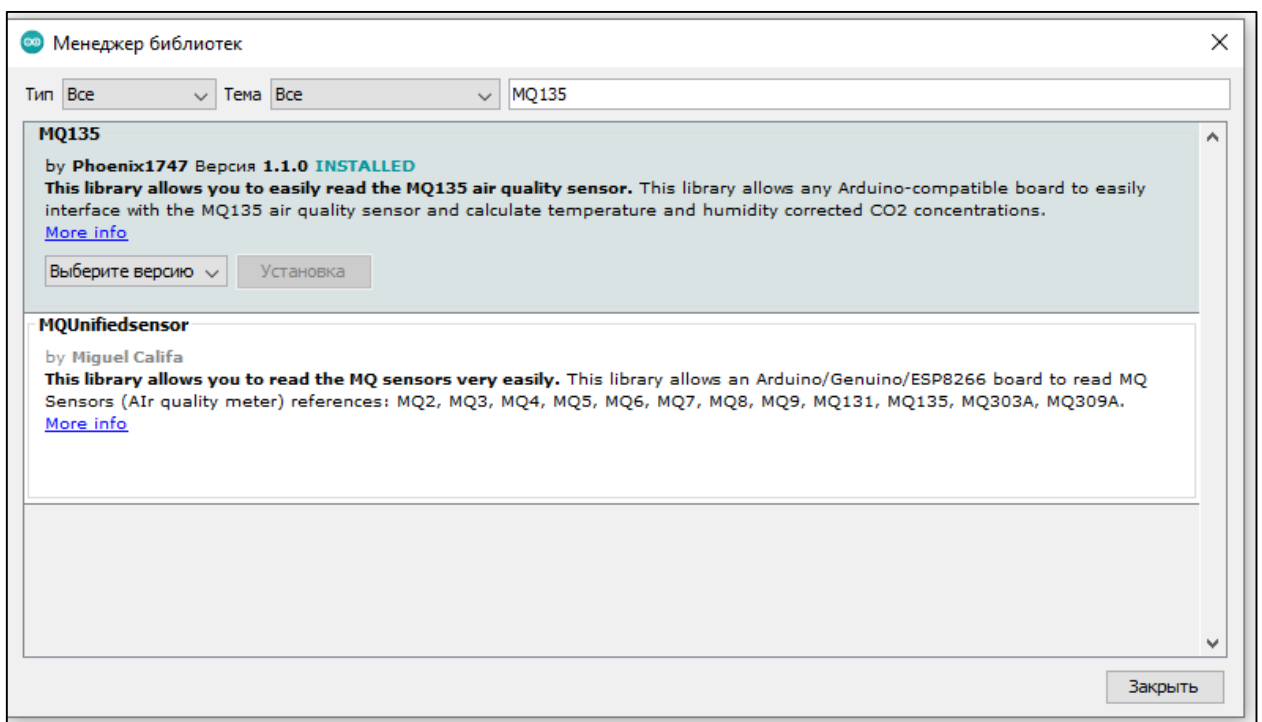


Рисунок 4.2 – Встановлення бібліотеки

Для отримання поточного значення вмісту вуглекислого газу (формула 4.2) потрібно спочатку розрахувати його опір для перетворення аналогових даних до цифрового формату (формула 4.1), розрахувати опір відносно даних вмісту вуглекислого газу у атмосфері (формула 4.3). Програмна реалізація цих формул зображена на рисунку 4.3 [36].

$$Resistatce = \left(\frac{1023}{val} - 1 \right) \times rload, \quad (4.1)$$

де val – аналогове значення датчику;

rload – значення розрядності аналого-цифрового перетворювача мікроконтролера.

$$PPM = PARA \times \left(\frac{Resistance}{Rzero} \right)^{-PARB}, \quad (4.2)$$

де PARA, PARB – константи розраховані відносно наведених розробником даних чутливості датчика до вуглекислого газу і дорівнюють 116.6 та 2.76 відповідно;

Resistance – результат формули 4.1;

Rzero – опір даних датчику відносно вмісту вуглекислого газу у атмосфері.

$$Rzero = \left(\frac{ATMOCO2}{PARA} \right)^{1/PARB}, \quad (4.3)$$

ATMOCO2 – поточне значення вмісту вуглекислого газу у атмосфері, можна переглянути на сайті «<https://www.co2.earth/>».

```
float MQ135::getRZero() {
    return getResistance() * pow((ATMOCO2/PARA), (1./PARB));
}

float MQ135::getPPM() {
    return PARA * pow((getResistance()/_rzero), -PARB);
}

float MQ135::getResistance() {
    int val = analogRead(_pin);
    return ((1023./(float)val) - 1.)*_rload;
}
```

Рисунок 4.3 – Програмна реалізація обчислення вмісту газу

4.4 Налаштування скетчу

Після встановлення Arduino IDE необхідно вибрати плату «Arduino uno» у пункті меню «Інструменти→Плата» (рисунок 4.4) можна відкрити файл проєкту GasSensor.ino для редагування глобальних змінних зазначених вище, приведено на рисунку 4.5.

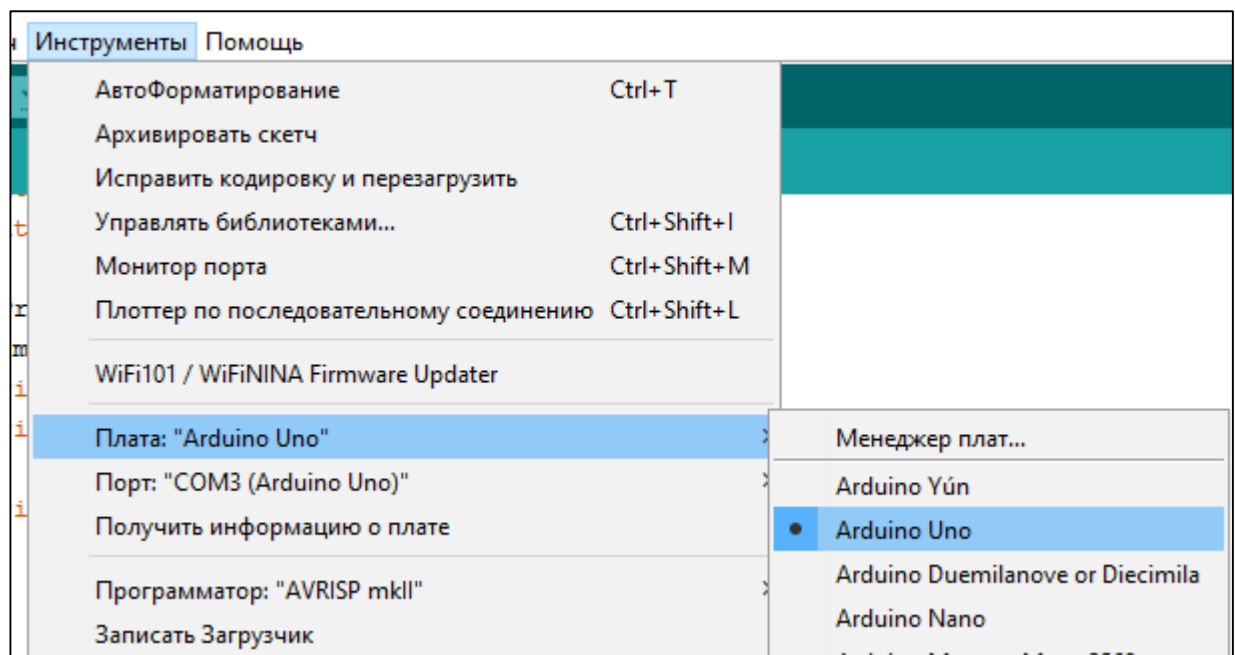


Рисунок 4.4 – Вибір плати у Arduino IDE

```

6 #define BTN_PIN 4
7 #define MQPIN A1
8 #define BUZZERPIN 3
9 #define DHTPIN 5
10 #define DHTTYPE DHT11
11 #define BUZZCOUNT 5
12 #define BUZZTIMER 5000
13 #define BUZZDELAY 500
14 #define BUZZFREQUENCY 1000
15 #define BUZZDURATION 200
16 // #define RZERO 135
17 #ifdef RZERO
18 MQ135 mql35_sensor(MQPIN, RZERO);
19 #endif
20 MQ135 mql35_sensor(MQPIN);

```

Рисунок 4.5 – Глобальні змінні

Для більш коректних даних вмісту вуглекислого газу, необхідно спочатку виставити засіб на свіже повітря приблизно на 20-30 хвилин та вибрати режим відображення поточного опору відносно атмосферних даних. Після отримання необхідного значення відкоментувати строку `#define RZERO` та записати отримане раніше значення.

Блок-схема збереження даних вмісту вуглекислого газу приведено на рисунку 4.6, блок схема малювання діаграми даних приведено на рисунку 4.7.

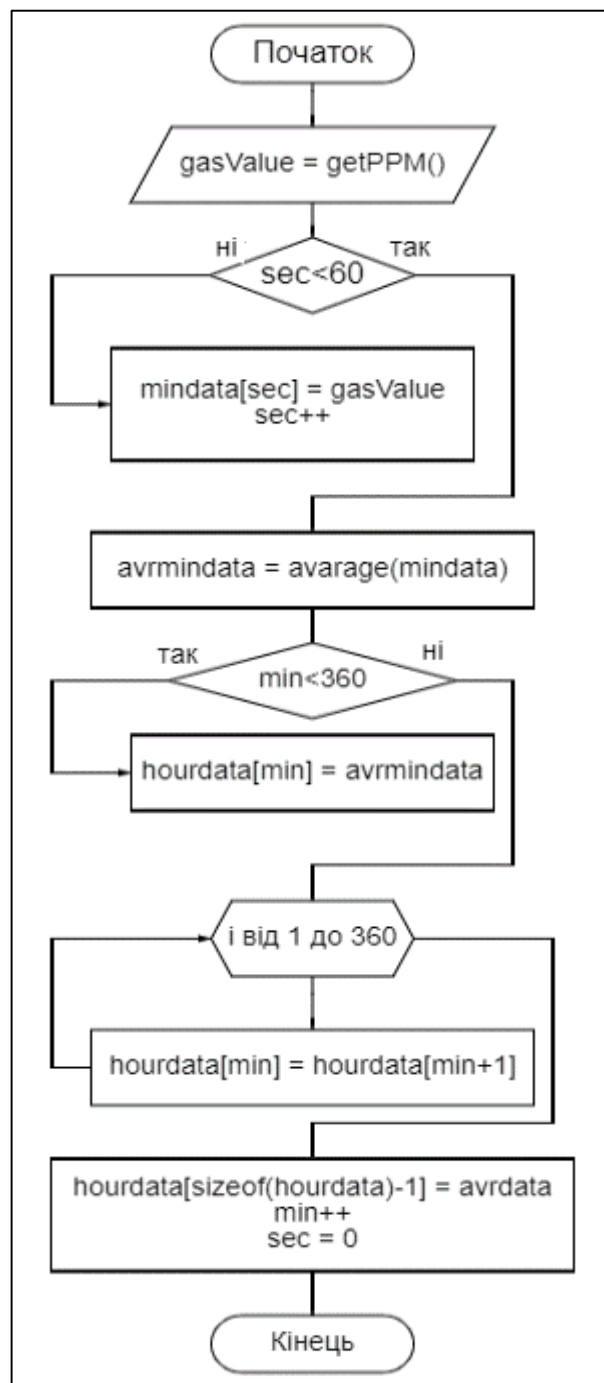


Рисунок 4.6 – Блок-схема збереження даних датчика

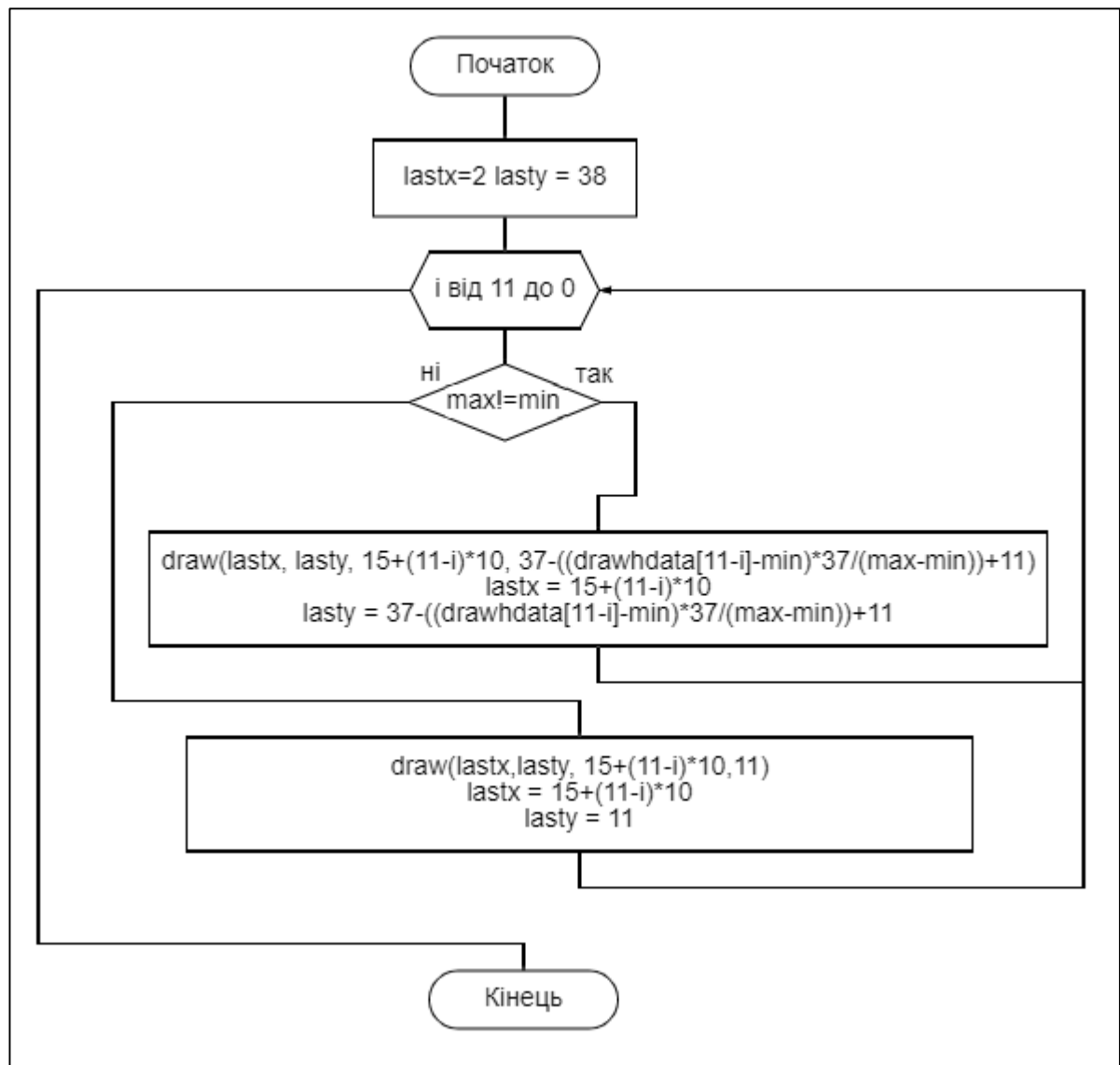


Рисунок 4.7 – Блок-схема малювання діаграми

5 КЕРІВНИЦТВО КОРИСТУВАЧА

5.1 Призначення застосунку

Застосунок необхідний для аналізу рівня вуглекислого газу у приміщенні та повідомлення користувача звуковим сигналом у разі перевищення норми вмісту газу.

5.2 Використання засобу

Для роботи з засобом для оцінки та моніторингу якості повітря потрібно підключити його до живлення або за допомогою кабелю USB-Type B або блок живлення з вхідною напругою 220 В, вихідною напругою 5 В, вихідним струмом 3 А.

У засобі є 6 режимів відображення результатів роботи:

- 1) поточні дані вмісту газу (рисунок 5.1);
- 2) графік даних за останню годину з проміжком в 5 хвилин (рисунок 5.2);
- 3) текстовий аналіз даних за останню годину (рисунок 5.3);
- 4) графік даних за останні 6 годин з проміжком в 30 хвилин (рисунок 5.4);
- 5) текстовий аналіз даних за останні 6 годин (рисунок 5.5);
- 6) відображення поточного опору відносно даних вмісту вуглекислого газу у атмосфері для більшого уточнення вмісту вуглекислого газу (рисунок 5.6).

Переключення між першими 5 режимами відбувається шляхом одноразового натиснення на сенсорну кнопку. Останній же відображується після подвійного натиснення на кнопку.

Якщо поточний вмісту вуглекислого газу перевищує позначку в 1000ppm, кожні 5 секунд с інтервалом в 500 мілісекунд, тривалістю 200 мілісекунд лунатиме сигнал частотою 1000Гц.



Рисунок 5.1 – Виведення поточних даних вмісту газу

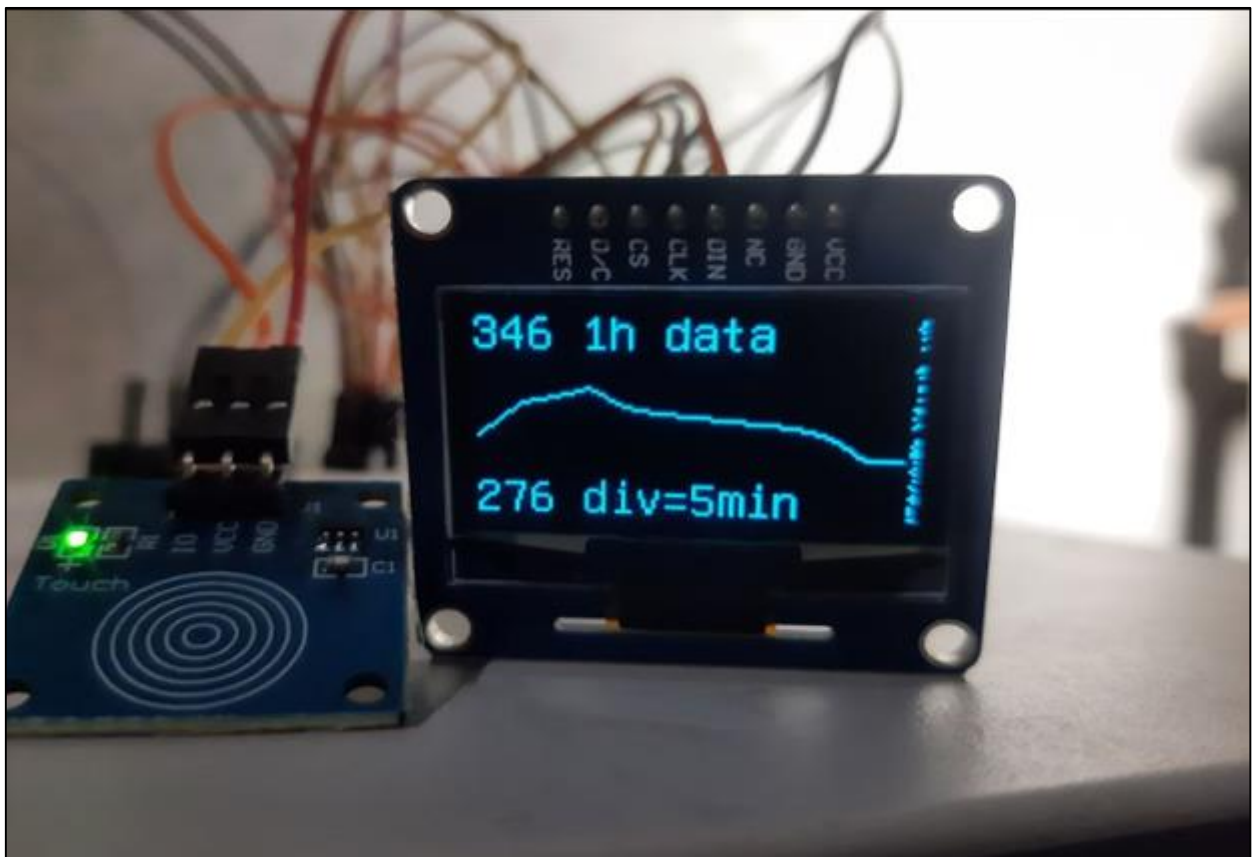


Рисунок 5.2 – Виведення графіку даних за останню годину



Рисунок 5.3 – Виведення текстового аналізу даних за останню годину



Рисунок 5.4 – Виведення графіку даних за останні 6 годин



Рисунок 5.5 – Виведення текстового аналізу даних за останні 6 годин



Рисунок 5.6 – Виведення поточного опору відносно даних атмосфери

5.3 Тестування засобу

Тестування проводилось в умовах кімнати та тривало 72 години. Графічних та обчислювальних помилок в роботі засобу за цей період виявлено не було. Було проведено тест заміру вмісту вуглекислого газу з відкритим та закритим вікном. На рисунку 5.7 зображено графік зміни вмісту вуглекислого газу при закритті вікна. На рисунку 5.8 зображено графік зміни вмісту вуглекислого газу після відкриття вікна. На рисунку 5.9 зображено графік зміни вмісту вуглекислого газу, який поєднує обидва спостереження.



Рисунок 5.7 – Графік зміни вмісту вуглекислого газу при закритті вікна

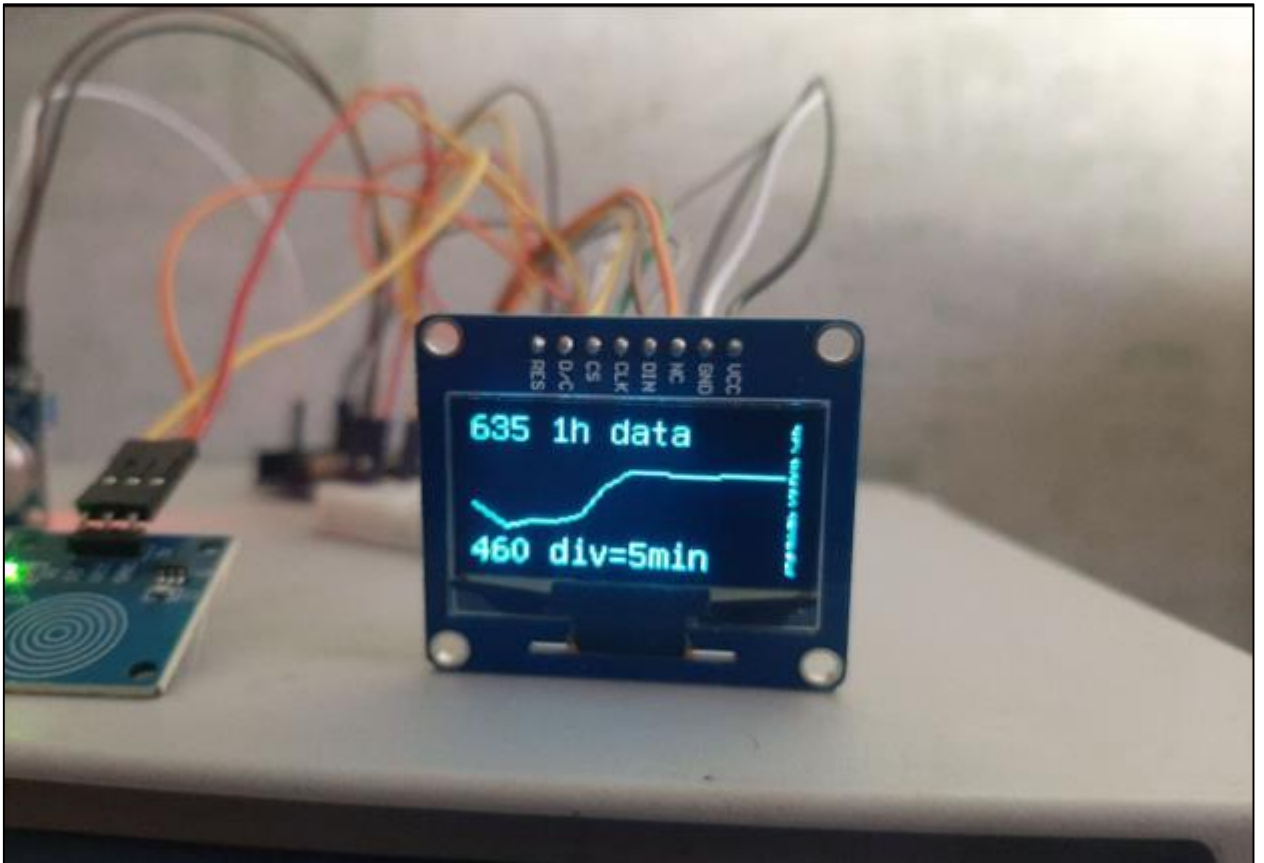


Рисунок 5.8 – Графік зміни вмісту вуглекислого газу при відкритті вікна

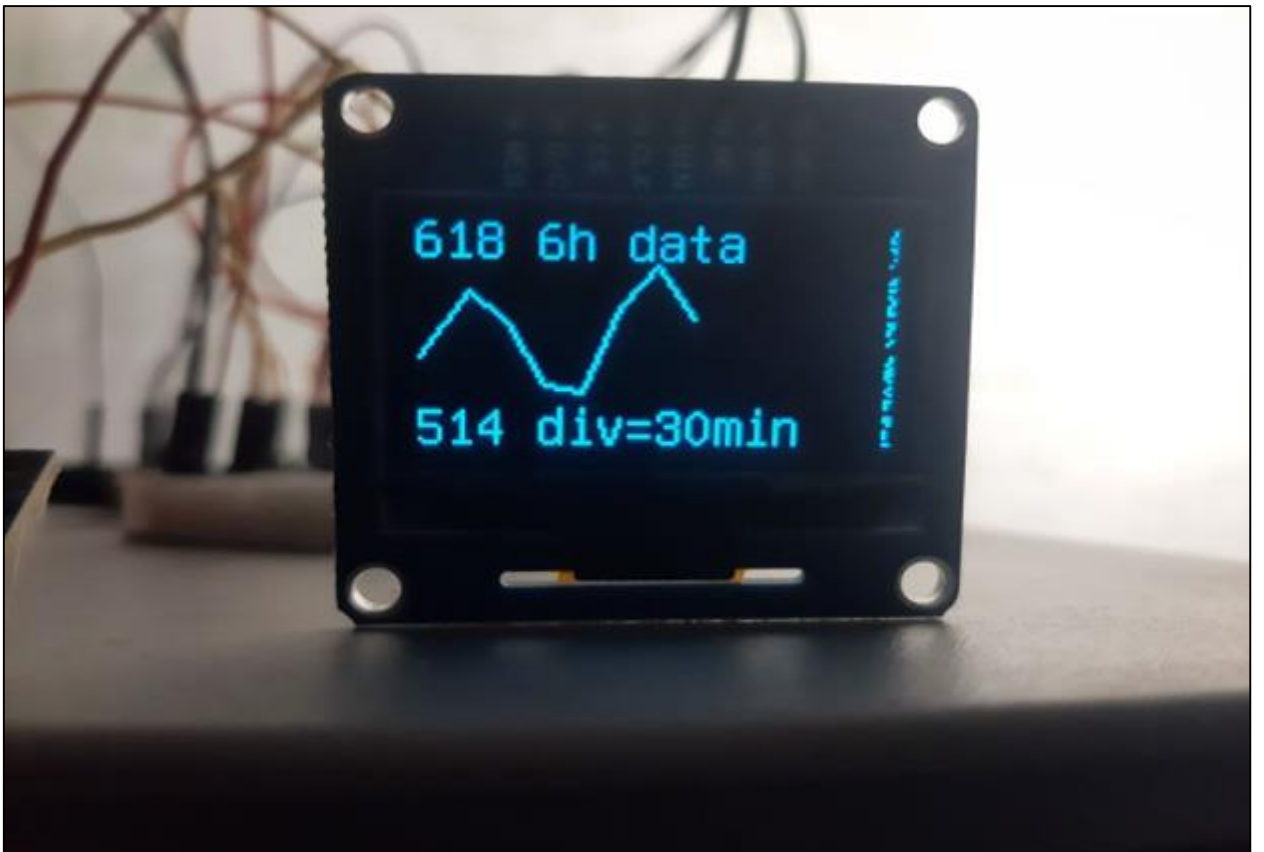


Рисунок 5.9 – Графік зміни вмісту вуглекислого газу після обох досліджень

У таблиці 5.1 наведено вплив вуглекислого газу на людину при різному концентрації у повітрі [37].

Таблиця 5.1 – Вплив вуглекислого газу на людину

Вплив на дорослу людину	Концентрація газу, ppm
Нормальний рівень на відкритому повітрі	350-450
Прийнятні рівні	<600
Скарги на несвіже повітря	600-1000
Максимальний рівень стандартів ASHRAE та OSHA	1000
Загальна млявість	1000-2500
Можливі небажані ефекти на здоров'я	2500-5000
Максимально допустима концентрація протягом 8 годин	5000

За цими даними можна сказати, що рівень вмісту вуглекислого газу у приміщенні знаходиться на прийнятному значенні.

ВИСНОВКИ

У дипломній роботі було проведено дослідження впливу шкідливих газів у повітрі, його температури та вологості на здоров'я людини та розроблено засіб для оцінки та моніторингу якості повітря.

Через те, що забруднення повітря продовжує бути однією з найбільших небезпек для здоров'я людей у всьому світі, людина повинна контролювати рівень газів в приміщенні, регулярно провітрюючи його та не допускаючи або швидко нейтралізуючи виток газу.

За допомогою отриманих даних можна контролювати безпечний рівень вмісту та фіксувати витoki вуглекислого газу у приміщенні, покращити таким чином самопочуття та підвищити ефективність та продуктивність праці.

Застосунок було зібрано за допомогою датчику газу mq-135, oled дисплею waveshare 1,3 дюйма 128x64пк, сенсорної кнопки ttp223b, модулю температури та вологості повітря dht11, активного п'єзодинаміка, плати arduino uno, з'єднальні дроти. Загальна вартість засобу становить близько 700 грн, роблячи його більш доступним порівняно з вже існуючими засобами для моніторингу якості повітря.

ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАННЯ

1. Lanjewar, U. M. Int. J. Adv. Comput. Res. Vol 2 / U. M. Lanjewar, J.J. Shah. – Bhopal: Accent Social and Welfare Society, 2012. – 19p.
2. Kaur, N. Int. j. innov. res. sci. eng. technol. Vol 5 / N. Kaur, R. Mahajan, D. Bagai. – Chennai: IJRSET, 2016. – 9635-9646p.
3. World Health Organization. (2014). Burden of disease from the joint effects of Household and Ambient Air Pollution for 2012 [Electronic resource]. – Access mode: https://www.who.int/phe/health_topics/outdoorair/databases/FINAL_HAP_AAP_BoD_24March2014.pdf?ua=1.
4. World Health Organization. (2018, October 29). More than 90% of the world's children breathe toxic air every day [Electronic resource]. – Access mode: <https://www.who.int/news/item/29-10-2018-morethan-90-of-the-worlds-children-breathe-toxic-air-every-day>.
5. 2020 World Air Quality Report – Greenpeace [Electronic resource]. – Access mode: https://www.greenpeace.org/static/planet4-romania-stateless/2021/03/d8050eab-2020-world_air_quality_report.pdf.
6. 2020 World Air Quality Report reveals substantial air quality changes [Electronic resource]. – Access mode: <https://www.iqair.com/blog/press-releases/covid-19-reduces-air-pollution-in-most-countries>.
7. The cost of air pollution in 2020 [Electronic resource]. – Access mode: <https://www.iqair.com/blog/air-quality/the-cost-of-air-pollution-in-2020>.
8. Действие высоких температур на человека [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://34.rospotrebnadzor.ru/content/193/5764/>.
9. Global map of PM2.5 exposure by city in 2020 [Electronic resource]. – Access mode: <https://www.iqair.com/world-air-quality-report>.
10. Що таке пост моніторингу якості повітря і для чого він потрібен місту? [Електронний ресурс]. – Режим доступу: https://ecoclubrivne.org/air_quality_monitoring_post/.
11. Xiaomi PM 2.5 Air Detector [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://www.xiaomi.ua/mi-smart-home/mi-home-air-clearness-pm25->

detector/#photos-1.

12. Z-Wave MCO Home 230V [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://z-wave.com.ua/p637004486-datchik-uglekislogo-gaza.html>.

13. IQAir AirVisual Pro [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://www.iqair.com/ru/air-quality-monitors/airvisual-pro/buy>.

14. ClearGrass Air Detector [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://allo.ua/ru/datchiki-dlja-signalizacij/analizator-kachestva-vozduha-xiaomi-mijia-cleargrass-air-detector-cgs1-black.html>.

15. Разбираемся с датчиками СО и метана MQ-4 и MQ-7 [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://blog.kvv213.com/2016/09/razbiraemsa-s-datchikami-co-i-metana-mq-4-i-mq-7/>.

16. Природний газ: склад, властивості та процес видобування [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://skat-trade.com/publikaci%D1%97/prirodnyi-gaz-sklad-vlastivosti-ta-proces-vydobuvannya/>.

17. З настанням холодів – нагадуємо вимоги безпеки при використанні зрідженого вуглеводневого газу (пропан-бутану) в побуті [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://ks.dsp.gov.ua/2019/11/26/z-nastannyam-holodiv-nagaduyemo-vimogi-bezpeki-pri-vikoristanni-zridzhenogo-vuglevodneвого-gazu-propan-butanu-v-pobuti/>.

18. Вплив озону на організм, бактерії і віруси. [Електронний ресурс]. – Режим доступу: https://dentaum.com.ua/index.php?route=product/product&path=93&product_id=348.

19. Корисно або шкідливо? Правда про Озоні [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://www.greelane.com/uk/%D0%BD%D0%B0%D1%83%D0%BA%D0%B0%D1%82%D0%B5%D1%85%D0%BD%D0%BE%D0%BB%D0%BE%D0%B3%D1%96%D1%8F-%D0%BC%D0%B0%D1%82%D0%B5%D0%BC%D0%B0%D1%82%D0%B8%>

D0%BA%D0%B0/%D1%81%D0%BE%D1%86%D1%96%D0%B0%D0%BB%D1%8C%D0%BD%D1%96-%D0%BD%D0%B0%D1%83%D0%BA%D0%B8/the-good-and-bad-of-ozone-1204081/.

20. Підключення mq 2 arduino. Датчики газу серія MQ (Trema-модуль v2.0). Програмний код для Arduino IDE [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://nanbaby.ru/uk/podklyuchenie-mq-2-k-arduino-datchiki-gaza-seriya-mq-trema-modul-v2-0/>.

21. Датчик природного газу MQ-4 [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://wiki.amperka.ru/продукты:mq4>.

22. Модуль датчика газу MQ-5 [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://know.smartelements.ru/main:sensors:mq5>;

23. Модуль датчика якості повітря MQ-135 [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://arduino.ua/prod1201-modul-datchika-kachestva-vozdyha-mq135>.

24. Світлодіодний дисплей [Електронний ресурс]. – Режим доступу: https://uk.wikipedia.org/wiki/%D0%A1%D0%B2%D1%96%D1%82%D0%BB%D0%BE%D0%B4%D1%96%D0%BE%D0%B4%D0%BD%D0%B8%D0%B9_%D0%B4%D0%B8%D1%81%D0%BF%D0%BB%D0%B5%D0%B9.

25. Принцип роботи світодиодних екранів [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://www.nao-pro.ru/ru/screens/basics.html>.

26. Органічний світодиод і Oled дисплей, виконаний на його основі: особливості і принципи пристрою [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://prosvetodiod.ru/svetodiodnye-led-lampy-dlya-doma/organicheskij-svetodiod-i-oled-displej-vypolnennyj-na-ego-osnove-osobennosti-i-printsipy-ustrojstva>.

27. Органічний світлодіод [Електронний ресурс]. – Режим доступу: https://uk.wikipedia.org/wiki/%D0%9E%D1%80%D0%B3%D0%B0%D0%BD%D1%96%D1%87%D0%BD%D0%B8%D0%B9_%D1%81%D0%B2%D1%96%D1%82%D0%BB%D0%BE%D0%B4%D1%96%D0%BE%D0%B4

28. Жидкокристаллический дисплей [Електронний ресурс]. – Режим

доступа: <https://dic.academic.ru/dic.nsf/ruwiki/919265>.

29. I²C [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://uk.wikipedia.org/wiki/I%C2%B2C>.

30. Serial Peripheral Interface [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://uk.wikipedia.org/wiki/Serial_Peripheral_Interface

31. Arduino Uno [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://arduino.ru/Hardware/ArduinoBoardUno>.

32. Arduino Nano [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://arduino.ru/Hardware/ArduinoBoardNano>.

33. Arduino Mega 2560 [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://arduino.ru/Hardware/ArduinoBoardMega2560>.

34. Arduino IDE [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://ru.wikipedia.org/wiki/Arduino_IDE.

35. Как программируют Arduino [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://thecode.media/arduino-code/>.

36. Cheap CO₂ meter using the MQ135 sensor with AVR ATmega [Electronic resource]. – Access mode: <http://davigironi.blogspot.com/2014/01/cheap-co2-meter-using-mq135-sensor-with.html#.YbXqE71ByUl>.

37. ГДК CO₂ у повітрі робочої зони [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://iceoom.com.ua/blog/predelno-dopustimaya-koncentracuya-pdk/>.

ДОДАТОК А
Текст програми

```

#include "U8glib.h"
#include "DHT.h"
#include <GyverButton.h>
#include <MQ135.h>

#define BTN_PIN 4
#define MQPIN A1
#define BUZZERPIN 3
#define DHTPIN 5
#define DHTTYPE DHT11
#define BUZZCOUNT 5
#define BUZZTIMER 5000
#define BUZZDELAY 500
#define BUZZFREQUENCY 1000
// #define RZERO 135
#ifdef RZERO
MQ135 mq135_sensor(MQPIN,
RZERO);
#endif
MQ135 mq135_sensor(MQPIN);

DHT dht(DHTPIN, DHTTYPE);

int32_t maximum = 0, minimum =
100000;
int32_t drawtmr, datatmr, buzztmr;
int32_t gasValue = 0;
int mode = 0;
bool drawflag = false;
unsigned int mindata[60],
drawhdata[12], drawtotaldata[4];
unsigned int hourdata[360];
int sec, secirl, mints, pointer,
buzzcount = 0;
int32_t avrdata;
float h, t;
float rzero;

GButton touch(BTN_PIN,
LOW_PULL, NORM_OPEN);

////U8GLIB_SSD1309_128X64
u8g(13, 11, 10, 9); // SPI Com: SCK
= 13, MOSI = 11, CS = 10, A0 = 9

```

```

U8GLIB_SSD1306_ADAFRUIT_12
8X64 u8g(10, 9, 12, 11);

```

```

void getgas() {
    rzero = mq135_sensor.getRZero();
    gasValue =
mq135_sensor.getPPM();
    if (sec < 60) {
        mindata[sec] = gasValue;
        sec++;
    }

    else {
        Serial.println(sizeof(mindata) /
sizeof(int));
        avrdata = avarage(mindata);
        Serial.print("Min data: ");
        for (int i = 0; i < 60; i++) {
            Serial.print(mindata[i]);
            Serial.print(",");
        }
        Serial.println();
        Serial.print("Avr min = ");
        Serial.println(avrdata);
        if (mints < sizeof(hourdata) /
sizeof(int) - 1) {
            hourdata[mints] = avrdata;
        } else {
            for (int i = 0; i < sizeof(hourdata) /
sizeof(int) - 1; i++)
            {
                hourdata[i] = hourdata[i + 1];
            }
            hourdata[sizeof(hourdata) /
sizeof(int) - 1] = avrdata;
            mints = sizeof(hourdata) /
sizeof(int) - 1;
        }
        mints++;
        Serial.print("Hour data");
        for (int i = 0; i < sizeof(hourdata) /
sizeof(int) - 1; i++) {
            Serial.print(hourdata[i]);
            Serial.print(",");
        }
    }
}

```

```

    Serial.println();
    memset(mindata, 0,
sizeof(mindata));
    mindata[0] = gasValue;
    sec = 0;
}
if (gasValue > 1000 & millis() -
buzztmr >= BUZZTIMER) {
    buzztmr = millis();
    buzz();
}
}

void buzz() {
    while (buzzcount < BUZZCOUNT)
    {
        if (millis() - buzztmr >=
BUZZDELAY) {
            tone(BUZZERPIN,
BUZZFREQUENCY, 200);
            buzztmr = millis();
            buzzcount++;
        }
    }
    buzzcount = 0;
}

int avarage(int a[]) {
    int32_t sum = 0;
    for (int i = 0; i < 60; i++) {
        sum += a[i];
    }
    Serial.print(" Sum ");
    Serial.print(sum);
    Serial.print(" min ");
    Serial.print(minimum);
    Serial.print(" max ");
    Serial.print(maximum);
    Serial.println();
    return sum / 60;
}

void u8g_prepare() {
    u8g.setFont(u8g_font_unifont);
}

```

```

void getknock() {
    touch.tick();
    if (touch.isSingle()) {
        mode >= 4 ? mode = 0 : mode++;
        drawflag = true;
    }
    if (touch.isDouble()) {
        mode = 5;
        drawflag = true;
    }
}

void dhdata() {
    h = dht.readHumidity();
    t = dht.readTemperature();
}

void DrawGas() {
    u8g.setPrintPos(1, 10); //5x10

    u8g.print("CO2: ");
    u8g.print(gasValue);
    u8g.print("ppm ");

    u8g.setPrintPos(1, 37);
    u8g.print("Temp: ");
    u8g.print(t);
    u8g.print(" C");

    u8g.setPrintPos(1, 64);
    u8g.print("Hum: ");
    u8g.print(h);
    u8g.print("%");
}

void getlimits(int hours) {
    maximum = 0;
    minimum = 100000;
    for (int i = mints; i > mints - 60 *
hours; i--) {
        if (i >= 0 & hourdata[i] != 0) {
            maximum = max(hourdata[i],
maximum);
            minimum = min(hourdata[i],
minimum);
        }
    }
}

```

```

    }
}

void DrawHourGraph() {
    Collectdata(mints, 1, 5);
}

void DrawHour() {
    getlimits(1);
    u8g.setPrintPos(1, 10);
    if (maximum) {
        u8g.print("max ");
        u8g.print(maximum);
    } else {
        u8g.print("no data");
    }
    u8g.print(" 1h data");

    u8g.setPrintPos(1, 37);
    u8g.print("CO2: ");
    u8g.print(gasValue);
    u8g.print("ppm");

    u8g.setPrintPos(1, 64);
    if (maximum) {
        u8g.print("min ");
        u8g.print(minimum);
    } else {
        u8g.print("no data");
    }
}

void DrawHoursGraph() {
    Collectdata(mints, 6, 30);
}

void DrawHourTotal() {
    getlimits(6);
    u8g.setPrintPos(1, 10);
    if (maximum) {
        u8g.print("max ");
        u8g.print(maximum);
    } else {
        u8g.print("no data");
    }
    u8g.print(" 6h data");

    u8g.setPrintPos(1, 37);
    u8g.print("CO2: ");
    u8g.print(gasValue);

    u8g.setPrintPos(1, 64);
    if (maximum) {
        u8g.print("min ");
        u8g.print(minimum);
    } else {
        u8g.print("no data");
    }
}

void Rzero() {
    u8g.setPrintPos(1, 10);
    u8g.print("Rzero: ");
    u8g.print(rzero);
    // u8g.setPrintPos(1, 25);
    // u8g.print("(");
    // u8g.print(analogRead(A1));
    // u8g.print(")");
}

void draw() {
    u8g_prepare();
    switch (mode) {
        case 0: DrawGas(); break;
        case 1: DrawHourGraph(); break;
        case 2: DrawHour(); break;
        case 3: DrawHoursGraph(); break;
        case 4: DrawHourTotal(); break;
        case 5: Rzero(); break;
    }
}

void drawchart(int division) {
    int lasty = 38;
    int lastx = 2;
    for (int i = 11; i >= 0; i--) {
        //Serial.print(drawhdata[i]);
        //Serial.print(",");
        if (drawhdata[11 - i] != 0) {
            if (minimum != maximum) {
                u8g.drawLine(lastx, lasty, (15 +
                    ((11 - i) * 10)), 37 - ((drawhdata[11 -

```

```

i] - minimum) * 37 / (maximum -
minimum)) + 11);
    lastx = (15 + ((11 - i) * 10));
    lasty = 37 - ((drawhdata[11 - i] -
minimum) * 37 / (maximum -
minimum)) + 11;
    }
    else {
        u8g.drawLine(lastx, lasty, (15 +
((11 - i) * 10)), 11);
        lastx = (15 + ((11 - i) * 10));
        lasty = 11;
    }
}
}
u8g.setPrintPos(1, 10);
u8g.print(maximum);
u8g.print(" ");
u8g.print(division * 12 / 60);
u8g.print("h data");
u8g.setPrintPos(1, 64);
u8g.print(minimum);
u8g.print(" div=");
u8g.print(division);
u8g.print("min");
}

```

```

void setup(void) {
    pinMode (4, INPUT); //button pin
    dht.begin();
    Serial.begin(9600);
}

```

```

void Collectdata(int minutes, int
hours, int division) {

```

```

    int counter, count, sumcount = 0;
    int32_t sum = 0;
    memset(drawhdata, 0, 24);
    maximum = 0;
    minimum = 100000;
    counter = 0;
    pointer = 0;

```

```

    switch (hours) {

```

```

        case 1 : count = (minutes <= 60) ?
minutes / division : 12;
        case 6 : count = minutes / division;
        }
        if (minutes > 0)
            pointer = minutes - 1;
        else
            pointer = 0;
        // Serial.println(pointer);
        while (counter < count & pointer >=
4) {
            sum = 0;
            sumcount = 0;
            for (int i = pointer; i > pointer -
division; i = i - 1) {
                if (hourdata[i] != 0) {
                    sum += hourdata[i];
                    sumcount++;
                }
            }
            if (sumcount != 0) {
                drawhdata[counter] = sum /
sumcount;
                if (sum / sumcount > maximum)
                    maximum = sum / sumcount;
                if (sum / sumcount < minimum)
                    minimum = sum / sumcount;
            }
            else
                drawhdata[counter] = 0;
            counter++;
            pointer -= division;
        }
        drawchart(division);
    }

```

```

void loop(void) {
    getknock();
    if (millis() - datatmr >= 1000) {
        datatmr = millis();
        dhtdata();
        getgas();
    }

```

```

        if (drawflag || (millis() - drawtmr >=
1000)) {

```

```
drawtmr = millis();  
u8g.firstPage();  
do {  
    draw();  
} while (u8g.nextPage());  
drawflag = false;  
}
```

ДОДАТОК Б
Слайди презентації

ДОСЛІДЖЕННЯ ТА ПРОГРАМНА РЕАЛІЗАЦІЯ ЗАСОБУ ДЛЯ ОЦІНКИ ТА МОНІТОРИНГУ ЯКОСТІ ПОВІТРЯ

1

Група: КНТ-110м

Студент: Гутаров Андрій Олександрович

Керівник к.т.н., доцент Каплієнко Тетяна Ігорівна

Рисунок Б.1 – Слайд 1

Мета, об'єкт, предмет і задачі дослідження

2

- Об'єкт дослідження – шкідливі гази у повітрі та їх вплив на здоров'я людини.
- Предмет дослідження – методи та засоби вимірювання вмісту газів у повітрі.
- Мета роботи – підвищення грамотності людей в питанні якості повітря у приміщенні шляхом створення засобу для його оцінки та моніторингу.

Рисунок Б.2 – Слайд 2

Актуальність проблеми

3

Для нормальної праці та проживання людині необхідно перебувати у чистій від шкідливих газів середі. Це сприяє підвищенню ефективності та продуктивності праці. Різні гази своєю концентрацією у повітрі можуть шкідливо впливати на стан людини та можуть завдати довготривалої шкоди на такі органи як: серце, легені, очі, ніс, горло та шкіру, що призведе до таких розладів, як проблеми з диханням, рак легенів, бронхіт та пневмонія.

На жаль забруднення повітря продовжує бути однією з найбільших небезпек для здоров'я людей у всьому світі, сприяючи близько 7 мільйонам передчасних смертей щорічно (3,7 мільйонів віднесено до забруднення зовнішнього повітря, 3,3 до повітря у приміщеннях) 600 тисяч з яких діти.

Місце	Країна	Середнє значення ТЧ
1	Бангладеш	77,1
2	Пакистан	59,8
3	Індія	51,9
4	Монголія	46,6
5	Афганістан	46,5
6	Оман	44,4
7	Катар	44,3
8	Киргизстан	43,5
9	Австрія	40,7
10	Боснія і Герцеговина	40,6
---	---	---
43	Україна	19,2
---	---	---
104	Американські Віргінські Острови	3,7
105	Нова Каледонія	3,7
106	Пуерто Ріко	3,7

Рисунок Б.3 – Слайд 3

Огляд існуючих засобів моніторингу якості повітря

4

Назва	CO ₂	Температура	Вологість	Погода	Ціна
Xiaomi PM 2.5 Air Detector	+	-	-	-	2600грн
MCOHome CO ₂ Monitor	+	+	+	-	5100грн
IQAir AirVisual Pro;	+	+	+	+	9400грн
ClearGrass Air Detector	+	+	+	+	5000грн

Рисунок Б.4 – Слайд 4

Вимоги до засобу, що розроблюється

5

Функціональні вимоги:

- Цілодобовий моніторинг якості повітря та аналіз цих даних;
- Зміна режимів аналізу;
- Звукове сповіщення про перевищення нормативних значень вмісту газу;
- Збереження даних за останні 6 годин.

Вимоги до інтерфейсу:

- Виведення поточні значення наявності газу, температури та вологості повітря;
- Виведення мінімального та максимального значення газу та виведення графіку за 1 та 6 години.

Рисунок Б.5 – Слайд 5

Дослідження газів

6

Для максимального охоплення користувачів треба розглянути різні види газів, їх вплив на організм та як часто людина зустрічається з ними у повсякденному житті.

Були розглянуті:

- Чадний газ;
- Вуглекислий газ;
- Природний газ;
- Зріджений природний газ;
- Озон.

Проаналізувавши вищезазначені гази було вирішено вибрати вуглекислий газ для моніторингу, через те що людина зустрічається з ним найчастіше.

Рисунок Б.6 – Слайд 6

Вибір датчику газу

7

Параметр	MQ-2	MQ-4	MQ-5	MQ-7	MQ-131	MQ-135
Живлення	5 вольт	5 вольт	5 вольт	5 вольт	5 вольт	5 вольт
Споживаний струм	180мА	150мА	150мА	160мА	160мА	160мА
Чутливість	300-10000ppm	200-10000ppm	200-10000ppm	20-2000ppm	10-1000ppm	10-10000ppm
Робоча температура	Від -10 до +50 °C	Від -10 до +50 °C	Від -10 до +50 °C	Від -10 до +50 °C	Від -10 до +50 °C	Від -10 до +50 °C
Вологість повітря	Не більше 95%	Не більше 95%	Не більше 95%	Не більше 95%	Не більше 95%	Не більше 95%
Інтерфейс	Аналоговий та цифровий	Аналоговий та цифровий	Аналоговий та цифровий	Аналоговий та цифровий	Аналоговий та цифровий	Аналоговий та цифровий
Основний газ	Зріджений нафтовий газ	Метан	Природний газ	Чадний газ	Озон	Вуглекислий газ

Рисунок Б.7 – Слайд 7

Вибір мікроконтролера

8

Характеристика	Arduino Mega	Arduino Nano	Arduino Uno
Мікроконтролер	ATmega2560	Atmel ATmega168 або ATmega328	ATmega328
Робоча напруга	5 В	5 В	5 В
Вхідна напруга (рекомендована)	7-12 В	7-12 В	7-12 В
Вхідна напруга (гранична)	6-20 В	6-20 В	6-20 В
Цифрові входи/виходи	54 (14 з яких можуть використовуватися як виходи ШІМ)	14 (6 з яких можуть використовуватися як виходи ШІМ)	14 (6 з яких можуть використовуватися як виходи ШІМ)
Аналогові входи	8	16	6
Елеш пам'ять	16 Кб (ATmega168) або 32 Кб (ATmega328) 2 Кб використовуються для завантажувача	256 Кб (з яких 8 Кб використовуються для завантажувача)	32 Кб з яких 0.5 Кб використовуються для завантажувача
ОЗУ	1 Кб (ATmega168) або 2 Кб (ATmega328)	8 Кб	2 Кб
EEPROM	1 Кб	1 Кб	1 Кб
Тактова частота	16 МГц	16 МГц	16 МГц

Рисунок Б.8 – Слайд 8

Вибір дисплею

9

Характеристика	LCD дисплей з синім підсвічуванням 2004 I2C	Waveshare 1,5 дюймів 128x128	Waveshare 1,3 дюймів 128x64
Тип підключення	I2C	I2C/SPI	I2C/SPI
Драйвер	Синій	SSD1327	SH1306
Роздільна здатність	20 знаків на 4 строки	128x128пк	128x64пк
Вхід живлення постійного струму	5В	3,3-5В	3,3В
Розмір	~4 дюйма	1,5 дюймів	1,3 дюймів
Ціна	~145грн	~525грн	~225грн

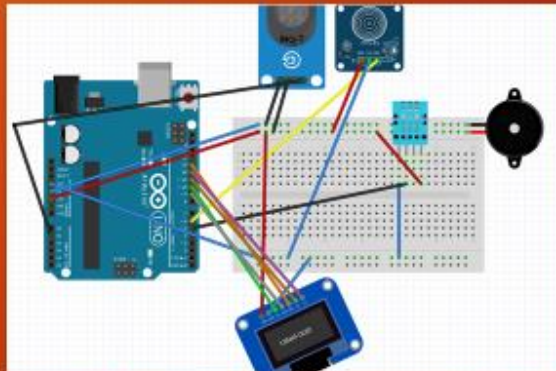
Рисунок Б.9 – Слайд 9

Схема збору засобу для аналізу та моніторингу якості повітря

10

Система засобу для моніторингу якості повітря складається з наступних елементів:

- сенсорна кнопка ttp223b;
- модуль температури та вологості повітря dht11;
- oled дисплей waveshare 1,3 дюйма 128x64пк;
- датчик газу mq-135;
- активний п'єзодинамік;
- плата arduino uno;
- з'єднальні дроти.



Середовищем розробки було обрано Arduino IDE та мову програмування C++ з фреймворком Wiring.

Рисунок Б.10 – Слайд 10

Розроблені методи

11

Метод	Опис
getGas()	Отримання та збереження даних вмісту вуглекислого газу
buzz()	Звукове попередження про шкідливу якість повітря
getKnock()	Управління режимами відображення даних за допомогою сенсорної кнопки
dhtdata()	Отримання даних температури та вологості повітря
DrawGas()	Виведення на дисплей поточного значення вмісту вуглекислого газу, температури та вологості повітря
Getlimits()	Отримання мінімального та максимального значення за бажаний період
DrawHour()	Виведення текстового аналізу даних вмісту вуглекислого газу за останню годину
DrawHourTotal()	Виведення текстового аналізу даних вмісту вуглекислого газу за останні 6 годин
Rzero()	Виведення значення поточного опору відносно атмосферних даних
Draw()	Вибір режиму для відображення
Drawchart()	Виведення графіку вмісту вуглекислого газу за необхідний час
Collectdata()	Збереження даних вмісту вуглекислого газу за необхідний час

Рисунок Б.11 – Слайд 11

Блок-схеми моніторингу та виведення даних

12

Відповідні алгоритми реалізовані в методах getGas() та Drawchart()



Збереження даних



Малювання діаграми даних

Рисунок Б.12 – Слайд 12

Розрахунок вмісту газу

13

Для отримання поточного значення вмісту вуглекислого газу (формула 2) потрібно спочатку розрахувати його опір для перетворення аналогових даних до цифрового формату (формула 1), розрахувати опір відносно даних вмісту вуглекислого газу у атмосфері (формула 3).

$$Resistance = \left(\frac{1023}{val} - 1 \right) \times rload \quad (1)$$

$$PPM = PARA \times \left(\frac{Resistance}{Rzero} \right)^{-PARB} \quad (2)$$

$$Rzero = \left(\frac{ATMOCO2}{PARA} \right)^{1/PARB} \quad (3)$$

```
float MQ135::getRZero() {
    return getResistance() * pow(ATMOCO2/PARA, {1./PARB});
}

float MQ135::getPPM() {
    return PARA * pow(getResistance()/_rzero, -PARB);
}

float MQ135::getResistance() {
    int val = analogRead(_pin);
    return ((1023./(float)val) - 5.)*_rload;
}
```

Рисунок Б.13 – Слайд 13

Налаштування засобу

14

Зміна	Призначення
BTN_PIN	Пін для підключення сенсорної кнопки
RZERO	Опір відносно даних атмосфери
MQPIN	Пін для підключення датчику газу
BUZZERPIN	Пін для підключення п'єзодинаміка
DHTPIN	Пін для підключення модулю температури та вологості
DHTTYPE	Тип модулю температури та вологості
BUZZCOUNT	Кількість звукових сигналів в одному циклі
BUZZTIMER	Інтервал між циклами сигналів
BUZZDELAY	Інтервал між сигналами в циклі
BUZZFREQUENCY	Частота звукового сигналу
BUZZDURATION	Тривалість одного звукового сигналу у циклі

Рисунок Б.14 – Слайд 14

Робота засобу

15



Рисунок Б.15 – Слайд 15

Робота засобу

16



Рисунок Б.16 – Слайд 16

Робота засобу

17

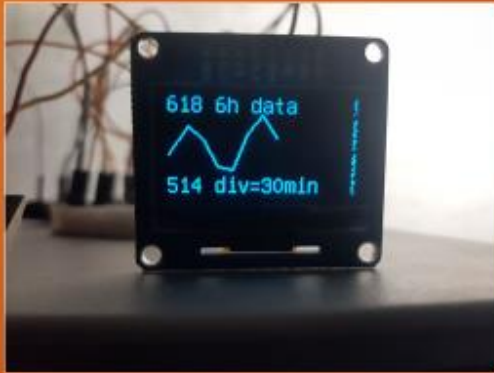


Рисунок Б.17 – Слайд 17

Робота засобу

18



Рисунок Б.18 – Слайд 18

Тестування засобу

19

Тестування проводилось в умовах кімнати та тривало 72 години. Графічних та обчислювальних помилок в роботі засобу за цей період виявлено не було. Було проведено тест заміру вмісту вуглекислого газу з відкритим та закритим вікном.

За даними тесту та порівнянню з табличними значеннями впливу вуглекислого газу на людину, можна сказати, що рівень вмісту вуглекислого газу у приміщенні знаходиться на прийнятному значенні.

Вплив на дорослу людину	Концентрація газу, ppm
Нормальний рівень на відкритому повітрі	350-450
Прийнятні рівні	<600
Скарги на несвіже повітря	600-1000
Максимальний рівень стандартів ASHRAE та OSHA	1000
Загальна млявість	1000-2500
Можливі небажані ефекти на здоров'я	2500-5000
Максимально допустима концентрація протягом 8 годин	5000

Умова	Значення до	Значення після
Закрите вікно	462	633
Відкрите вікно	635	460

Рисунок Б.19 – Слайд 19

Техніко-економічні показники

20

Загальна вартість засобу становить близько 700 грн, роблячи його більш доступним, порівняно з вже існуючими засобами для моніторингу якості повітря.

Використання розробленого засобу має підвищити грамотність в питанні якості повітря у приміщенні та знизити загальну кількість передчасних смертей від шкідливих газів у повітрі в приміщенні, яких зараз щорічно налічується близько 3,3 мільйонів по всьому світу.

Рисунок Б.20 – Слайд 20

Висновки

21

У дипломній роботі було проведено дослідження впливу шкідливих газів у повітрі, його температури та вологості на здоров'я людини та розроблено засіб для оцінки та моніторингу якості повітря.

Через те, що забруднення повітря продовжує бути однією з найбільших небезпек для здоров'я людей у всьому світі, людина повинна контролювати рівень газів в приміщенні, регулярно провітрюючи його та не допускаючи або швидко нейтралізуючи виток газу.

За допомогою отриманих даних можна контролювати безпечний рівень вмісту та фіксувати витoki вуглекислого газу у приміщенні, покращити таким чином самопочуття та підвищити ефективність та продуктивність праці.

Рисунок Б.21 – Слайд 21