

Центральноукраїнський національний технічний університет
Механіко-технологічний факультет
Кафедра кібербезпеки та програмного забезпечення

”Допущено до захисту”
Завідувач кафедри кібербезпеки
та програмного забезпечення
д.т.н., професор
_____ Олексій СМІРНОВ
“___” _____ 2026 р.

ВИПУСКНА КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА
за першим (бакалаврським) рівнем вищої освіти
на тему:

**Програмне забезпечення системи моніторингу параметрів
мікроклімату виробничого приміщення на базі Atmega328**

Виконав здобувач вищої освіти
IV курсу, групи КІ-22-2
ОПП «Комп’ютерна інженерія»
спеціальності 123 «Комп’ютерна інженерія»
_____ Габелко А.О.
«___» _____ 2026 р.
Керівник проекту
кандидат технічних наук, доцент
_____ Кислун О. А.
«___» _____ 2026 р.
Рецензент _____

Центральноукраїнський національний технічний університет

Факультет Механіко-технологічний

Кафедра Кібербезпеки та програмного забезпечення

Рівень вищої освіти бакалавр

Галузь знань 12 "Інформаційні технології"

Спеціальність 123 "Комп'ютерна інженерія"

Освітньо-професійна (освітньо-наукова) програма "Комп'ютерна інженерія"

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри

д.т.н., проф.

Олексій СМІРНОВ

" " 2026 року

ЗАВДАННЯ НА ВИПУСКНУ КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ ЗА ПЕРШИМ (БАКАЛАВРСЬКИМ) РІВНЕМ ВИЩОЇ ОСВІТИ ЗДОБУВАЧА ВИЩОЇ ОСВІТИ

Габелку Андрію Олександровичу

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи Програмне забезпечення системи моніторингу параметрів мікроклімату виробничого приміщення на базі Atmega328

2. Керівник роботи Кислун Олег Андрійович, канд. техн. наук, доцент

(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

затверджені наказом закладу вищої освіти від "27" лютого 2026 року №136-02

3. Строк подання роботи до захисту 10.06.2026 р.

4. Мета та завдання випускної кваліфікаційної роботи. Метою роботи є розробка програмного забезпечення системи управління мікрокліматом приміщень

5. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити)

1. Призначення та область використання.

2. Перегляд аналогічних існуючих систем.

3. Опис і обґрунтування проектних рішень.

4. Етапи програмування системи.

5. Впровадження системи в промислову експлуатацію

6. Висновки.

6. Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень)

Структурна схема системи 1 аркуш

Функціональна схема системи 1 аркуш

Діаграма процесів 1 аркуш

Блок-схема алгоритму роботи системи керування 1 аркуш

Блок-схема алгоритму системи моніторингу 2 аркуші

7. Дата видачі завдання «27» лютого 2026 р.

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів випускної кваліфікаційної роботи за першим (бакалаврським) рівнем вищої освіти	Строк виконання етапів випускної кваліфікаційної роботи за першим (бакалаврським) рівнем вищої освіти	Примітка
1.	Аналіз існуючих систем керування	10.03.2026	
2.	Постановка задачі, оформлення ТЗ	15.03.2026	
3.	Розробка моделі компонента	20.03.2026	
4.	Розробка структур даних	25.03.2026	
5.	Розробка алгоритмів зв'язку та відображення	30.03.2026	
6.	Програмування алгоритмів	10.04.2026	
7.	Оформлення ПЗ	17.05.2026	
8.	Попередній захист роботи	23.05.2026	

Дата видачі завдання
«27» лютого 2026р.

Підпис керівника

(прізвище та ініціали)

Завдання прийнято до виконання
«__» _____ 2026р.

Підпис здобувача

(прізвище та ініціали)

АНОТАЦІЯ

Габелко А.О. Програмне забезпечення системи моніторингу параметрів мікроклімату виробничого приміщення на базі Atmega328. 123 Комп'ютерна інженерія. Центральноукраїнський національний технічний університет. Кропивницький. 2026.

В даній кваліфікаційній бакалаврській розроблено програмне забезпечення, яке призначено для системи моніторингу мікроклімату.

Система моніторингу мікроклімату виробничих приміщень призначена для безперервного вимірювання відносної вологості, температури та рівня загазованості повітря. Отримані дані обробляються мікроконтролером, аналізуються відповідно до заданого алгоритму та використовуються для прийняття рішень щодо активації виконавчих пристроїв і формування попереджувальних сповіщень. Поточна інформація відображається на символьному рідкокристалічному дисплеї та передається на персональний комп'ютер через послідовний інтерфейс для подальшого аналізу [1].

Розроблена система може застосовуватися як у стаціонарному режимі у виробничих та офісних приміщеннях, так і для мобільних вимірювань. До основних переваг системи належать низька собівартість, багатофункціональність, можливість автономної роботи від акумуляторної батареї або стаціонарного живлення від електромережі 220 В, а також висока надійність функціонування завдяки швидкому реагуванню на потенційно небезпечні ситуації. Система забезпечує своєчасне сповіщення про перевищення запрограмованих порогових значень температури та вологості, виявлення шкідливих газів у повітрі, а також про зниження рівня заряду акумуляторної батареї. Це дозволяє підвищити безпеку персоналу, своєчасно виявляти та усувати джерела небезпечних газів, а також підтримувати оптимальні та комфортні умови мікроклімату у приміщенні [1].

Під час розроблення системи використано сучасні електронні компоненти: плату Arduino Uno з мікроконтролером ATmega328P-PU [2,3],

датчик температури та вологості серії SHT [4], газові датчики серії MQ [5], а також символний рідкокристалічний дисплей [6].

Об’єкт дослідження – процес моніторингу параметрів мікроклімату у виробничих приміщеннях.

Предмет дослідження – апаратно-програмна система моніторингу мікроклімату виробничих приміщень.

Мета дослідження – розроблення апаратного та програмного забезпечення системи моніторингу параметрів мікроклімату у виробничих приміщеннях.

Ключові слова: система моніторингу, мікроклімат, газовий датчик MQ, датчик температури та вологості SHT, Arduino Uno, ATmega328P-PU, Proteus Design Suite, мова програмування C, Arduino IDE.

ABSTRACT

Gabelko A.O. Software for monitoring microclimate parameters in industrial premises based on Atmega328. 123 Computer Engineering. Central Ukrainian National Technical University. Kropyvnytskyi. 2026.

In this bachelor's qualification, software has been developed that is intended for a microclimate monitoring system.

The microclimate monitoring system for production facilities is intended for continuous measurement of relative humidity, temperature and air pollution levels. The received data are processed by a microcontroller, analyzed according to a given algorithm and used to make decisions on activating actuators and generating warning notifications. Current information is displayed on a symbolic liquid crystal display and transmitted to a personal computer via a serial interface for further analysis [1].

The developed system can be used both in stationary mode in production and office premises and for mobile measurements. The main advantages of the system include low cost, multifunctionality, the ability to operate autonomously from a battery or stationary power supply from a 220 V mains, as well as high reliability of operation due to rapid response to potentially dangerous situations. The system provides timely notification of exceeding the programmed threshold values of temperature and humidity, detection of harmful gases in the air, as well as a decrease in the battery charge level. This allows you to increase personnel safety, timely detect and eliminate sources of hazardous gases, and maintain optimal and comfortable microclimate conditions in the room [1]

The system was developed using modern electronic components: Arduino Uno board with ATmega328P-PU microcontroller [2,3], SHT series temperature and humidity sensor [4], MQ series gas sensors [5], as well as a symbolic liquid crystal display [6].

The **object** of the study is the process of monitoring microclimate parameters in production premises.

The **subject** of the study is a hardware and software system for monitoring the microclimate of industrial premises.

The **purpose** of the study is to develop hardware and software for monitoring the microclimate parameters in industrial premises.

Keywords: monitoring system, microclimate, MQ gas sensor, SHT temperature and humidity sensor, Arduino Uno, ATmega328P-PU, Proteus Design Suite, C programming language, Arduino IDE.

K6713_2026

ЗМІСТ

ПЕРЕЛІК УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ, СИМВОЛІВ, ОДИНИЦЬ І ТЕРМІНІВ	2
ВСТУП.....	3
1 ПРИЗНАЧЕННЯ ТА ОБЛАСТЬ ВИКОРИСТАННЯ	3
1.1 Призначення системи.....	5
1.2 Область застосування.....	8
2 ПЕРЕГЛЯД АНАЛОГІЧНИХ ІСНУЮЧИХ СИСТЕМ	10
2.1 Огляд існуючих систем, технологій, архітектур та програмних рішень за профілем теми випускної кваліфікаційної роботи за першим (бакалаврським рівнем вищої освіти)	10
2.2 Обґрунтування вибору засобів для побудови системи та мови програмування.....	14
2.3 Розгорнута постановка завдання	27
3 ОПИС І ОБҐРУНТУВАННЯ ПРОЕКТНИХ РІШЕНЬ	28
3.1 Опис функціонування системи	28
3.2 Розробка структурної схеми.....	45
3.3 Розробка функціональної схеми	47
3.4 Розробка діаграми процесів.....	50
4 РЕАЛІЗАЦІЯ РОБОТИ. РОЗРАХУНКИ І ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНІ ДАНІ, ЩО ПІДТВЕРДЖУЮТЬ ВІРНІСТЬ ПРОЕКТНИХ ТА ПРОГРАМНИХ РІШЕНЬ.....	53
4.1 Розробка блок-схем та опис алгоритмів функціонування системи.....	53
5 ВПРОВАДЖЕННЯ СИСТЕМИ В ПРОМИСЛОВУ ЕКСПЛУАТАЦІЮ	67
6 ОСНОВНІ ВИСНОВКИ.....	73
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ	75

					ВКРБ-123.26.0036.00.00.ПЗ			
Вим.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата	<i>Програмне забезпечення системи моніторингу параметрів мікроклімату виробничого приміщення на базі Atmega328</i>	Лім.	Аркуш	Аркушів
Розроб.	Габелко А.О.					Б	1	79
Перев.	Кислун О.А.					Ков ЦНТУ КІ-22-2		
Н.контр.	Коваленко А.С.							
Затв.	Смірнов О.А.							

ПЕРЕЛІК УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ, СИМВОЛІВ, ОДИНИЦЬ І ТЕРМІНІВ

APM	—	автоматизоване робоче місце
АСУ	—	автоматизована система управління
МК	—	мікроконтролер (microcontroller)
БС	—	дистанційне управління
Arduino Uno	—	апаратно-програмна платформа на МК АТmega328
AVR	—	лінійка мікроконтролерів фірми Atmel
LCD	—	рідкокристалічний індикатор/дисплей
RAM (ОЗП)	—	перативний запам'ятовуючий пристрій
ПДУ	—	пульти дистанційного управління
ПЗ	—	програмне забезпечення
ПЛК	—	програмувальні логічні контролери
USART	—	універсальний синхронний/асинхронний приймач та передавач
I ² C	—	послідовна шина даних для зв'язку інтегральних схем, що використовує дві двонаправлені лінії зв'язку (SDA і SCL).

ВСТУП

Сучасні мікроконтролерні платформи та цифрові сенсори суттєво розширюють можливості створення доступних за вартістю програмованих систем контролю й вимірювання. Зокрема, завдяки цим технологіям стає можливим ефективно впровадження систем спостереження за параметрами мікроклімату в умовах промислових об'єктів.

Метою даної роботи є розробка апаратної та програмної частин системи моніторингу мікроклімату для виробничих приміщень. Запроектована система призначена для вимірювання температури, вологості повітря та рівня загазованості, подальшої обробки отриманих даних і керування виконавчими пристроями відповідно до заданого алгоритму з метою оповіщення про відхилення від норми. Основні параметри відображатимуться на символьному рідкокристалічному дисплеї, а також передаватимуться на персональний комп'ютер через послідовний інтерфейс для подальшого аналізу. Система моніторингу мікроклімату може використовуватися як у стаціонарних виробничих та офісних приміщеннях, так і для виконання мобільних вимірювань.

Під час розробки апаратної частини системи контролю мікроклімату для виробничих умов запропоновано використати платформу Arduino Uno, яка працює на базі мікроконтролера AVR ATmega328P виробництва компанії Microchip (раніше Atmel).

На сьогодні мікроконтролери є ключовими елементами більшості сучасних електронних пристроїв. Їх головна перевага полягає у значному спрощенні та здешевленні реалізації алгоритмів роботи кінцевих систем. Мікроконтролери здатні керувати різноманітними вузлами, здійснювати збір і обробку даних, а також виконувати обчислення, використовуючи мінімальну кількість зовнішніх компонентів, оскільки більшість необхідних функцій інтегровано безпосередньо в

					ВКРБ-123.26.0036.00.00.ПЗ	Арк.
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		3

їхню структуру. Це дозволяє зменшити розміри пристроїв і підвищити їхню енергоефективність.

К6ПЗ_2026

					ВКРБ-123.26.0036.00.00.ПЗ	Арк.
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		4

1 ПРИЗНАЧЕННЯ ТА ОБЛАСТЬ ВИКОРИСТАННЯ

1.1 Призначення системи

Комфортні умови в робочому середовищі

Сучасний розвиток науки й техніки в умовах активного науково-технічного прогресу істотно впливає на всі напрями діяльності людини. Це зумовлює потребу в безперервному вдосконаленні систем управління, методів організації праці та стилів керівництва, а також у підвищенні результативності й якості управлінських рішень.

Запровадження механізованих і автоматизованих технологій у виробничі процеси висуває нові вимоги до рівня підготовки персоналу, що передбачає постійне підвищення кваліфікації та поглиблення знань у галузі сучасних інформаційних і високих технологій.

Широке застосування мікроелектроніки, персональних комп'ютерів, потужних засобів автоматизованої обробки текстової та графічної інформації, ефективних систем зберігання й пошуку даних, а також сучасних засобів зв'язку й комп'ютерних мереж створює передумови для формування так званих «електронних офісів майбутнього».

Одним із пріоритетних напрямів розроблення нових виробничих технологій і систем є дослідження та вирішення питань, пов'язаних із забезпеченням безпечних і здорових умов праці. Комплексний аналіз та своєчасне виявлення потенційних джерел виробничого травматизму, професійних захворювань, аварійних ситуацій, вибухів і пожеж, а також розроблення профілактичних заходів, спрямованих на їх запобігання, сприяють створенню комфортного та безпечного робочого середовища.

Умови праці істотно впливають на основні виробничі показники, зокрема продуктивність праці, якість продукції та її собівартість. Зростання продуктивності безпосередньо пов'язане зі збереженням здоров'я працівників,

					ВКРБ-123.26.0036.00.00.ПЗ	Арк.
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		5

раціональним використанням робочого часу та продовженням періоду активної трудової діяльності.

Поліпшення умов і безпеки праці сприяє зменшенню рівня виробничого травматизму та професійної захворюваності, що не лише забезпечує збереження здоров'я персоналу, а й дозволяє скоротити економічні витрати. Це стосується зменшення витрат на виплату пільг і компенсацій за роботу в шкідливих умовах, фінансування лікування наслідків професійної діяльності (тимчасова чи стійка втрата працездатності), а також витрат, пов'язаних із перепідготовкою кадрів унаслідок плинності персоналу, спричиненої незадовільними умовами праці.

Відповідно до ГОСТ 12.0003-74 небезпечні та шкідливі виробничі фактори класифікують залежно від характеру їх впливу на такі групи:

- **фізичні**, що включають дію електростатичних і електромагнітних полів, а також іонізуючого випромінювання, зокрема від високовольтних елементів електронно-променевих трубок моніторів;
- **біологічні**, які пов'язані з тривалим перебуванням працівника в одному положенні тіла, що може спричиняти порушення опорно-рухового апарату, а також із постійним зоровим навантаженням, здатним викликати головний біль і функціональні розлади різних органів;
- **психофізіологічні**, до яких належать явища стомлення та перенапруження організму;
- **хімічні**, що характеризуються складом повітряного середовища та параметрами мікроклімату на робочому місці.

Однією з необхідних умов забезпечення безпечної та ефективної трудової діяльності є підтримання нормативної чистоти повітря і сприятливих екологічних умов у робочій зоні приміщень. Під робочою зоною розуміють простір висотою до двох метрів над рівнем підлоги або робочого майданчика, у межах якого безпосередньо розміщуються робочі місця.

Комфортні умови праці визначаються такими параметрами мікроклімату. Температура повітря на робочому місці повинна становити:

					ВКРБ-123.26.0036.00.00.ПЗ	Арк.
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		6

– у закритих приміщеннях - 18–22 °С у теплий період року та 20-22 °С у холодний період;

– на відкритих майданчиках - 18–22 °С у теплий сезон і 7-10 °С у холодний період року. Відносна вологість повітря має підтримуватися в межах 40-54 %.

Швидкість руху повітря в робочій зоні не повинна перевищувати 0,2 м/с. Рівень концентрації токсичних речовин, виражений як кратність перевищення гранично допустимої концентрації (ГДК), має бути меншим за 0,8.

Для забезпечення нормативних параметрів повітряного середовища в робочій зоні необхідно реалізувати комплекс організаційно-технічних заходів, зокрема:

– автоматизацію та механізацію виробничих процесів із використанням дистанційного керування;

– упровадження технологій і обладнання, що запобігають утворенню шкідливих речовин або їх надходженню в робочу зону, а також забезпечення захисту від теплового випромінювання і встановлення ефективних систем вентиляції, кондиціонування та опалення;

– очищення повітря від шкідливих домішок і промислового пилу;

– контроль рівня освітленості відповідно до вимог СНіП із допустимим відхиленням у межах 1,3–1,5 разу.

Вплив зазначених факторів розглядається протягом стандартної восьмигодинної робочої зміни. Інші фактори не враховуються, оскільки їхні показники відповідають нормативним значенням і оцінюються в 1 бал. Заходи з поліпшення умов праці застосовуються у випадках перевищення допустимих параметрів. Зокрема, підвищена відносна вологість повітря може свідчити про наявність вологого підвального приміщення, що потребує виконання робіт з осушення та гідроізоляції. Підвищення температури повітря, як правило, пов'язане з недостатньою ефективністю вентиляційної системи, у зв'язку з чим виникає необхідність установа припливно-витяжної вентиляції.

					ВКРБ-123.26.0036.00.00.ПЗ	Арк.
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		7

Умови робочого середовища мають суттєвий вплив на стан здоров'я та безпеку працівників. До небезпечних для здоров'я належать чинники, які діють поступово й часто призводять до незворотних негативних змін в організмі. До них відносять хімічні, фізичні та біологічні фактори, зокрема вплив токсичних і канцерогенних речовин, а також психоемоційні навантаження. Наслідками такого впливу можуть бути онкологічні захворювання, отруєння, ураження органів дихання, депресивні стани та інші психічні розлади.

Професійні ризики значною мірою визначаються специфікою виробничих і технологічних процесів на підприємстві. Так, умови праці шахтарів, які постійно зазнають впливу вугільного пилу, є значно небезпечнішими порівняно з умовами роботи офісного персоналу. Аналогічно, працівники, що контактують із джерелами іонізуючого випромінювання, мають суттєво вищий ризик розвитку онкологічних захворювань, ніж, наприклад, педагоги загальноосвітніх закладів.

Незважаючи на те, що інженери та науковці постійно працюють над зниженням або усуненням виробничих небезпек і мінімізацією їх негативних наслідків, висока вартість окремих заходів часто ускладнює їх практичне впровадження на підприємствах. Ефективність програм у сфері охорони праці значною мірою залежить від співвідношення їх економічної доцільності та результативності. У цьому аспекті запропонована система екологічного моніторингу мікроклімату у виробничих приміщеннях є актуальним та економічно обґрунтованим рішенням для контролю умов праці.

1.2 Область застосування

В даній випускній кваліфікаційній бакалаврській роботі буде розроблятися програмне забезпечення системи моніторингу параметрів мікроклімату виробничого приміщення на базі мікроконтролера **ATmega328** призначене для безперервного контролю та аналізу основних параметрів повітряного середовища, що впливають на безпеку праці, технологічні процеси та якість продукції.

					ВКРБ-123.26.0036.00.00.ПЗ	Арк.
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		8

Система може застосовуватися у таких сферах:

- **Промислові підприємства** – для контролю температури, відносної вологості, рівня загазованості та задимленості у виробничих цехах, майстернях, складських і технологічних приміщеннях з метою забезпечення безпечних та нормативних умов праці.
- **Складські комплекси та логістичні центри** – для підтримання оптимальних кліматичних умов зберігання продукції, сировини, електроніки, хімічних матеріалів і готових виробів.
- **Агропромисловий сектор** – у зерносховищах, теплицях, тваринницьких приміщеннях та інших об'єктах, де необхідний постійний контроль температури і вологості повітря.
- **Енергетичні та технічні приміщення** – серверні, щитові, машинні зали, де перевищення температури або вологості може призвести до аварій чи виходу обладнання з ладу.
- **Навчальні та наукові лабораторії** – для моніторингу параметрів середовища під час проведення експериментів, досліджень та випробувань.
- **Системи автоматизації та “розумні” будівлі** – як складова комплексних систем диспетчеризації та автоматичного керування вентиляцією, опаленням і сигналізацією.

Завдяки використанню мікроконтролера **ATmega328**, система відзначається низькою вартістю, енергоефективністю, простотою впровадження та можливістю подальшого розширення функціоналу, що робить її придатною як для невеликих об'єктів, так і для масштабованих автоматизованих систем моніторингу.

					ВКРБ-123.26.0036.00.00.ПЗ	Арк.
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		9

2 ПЕРЕГЛЯД АНАЛОГІЧНИХ ІСНУЮЧИХ СИСТЕМ

2.1 Огляд існуючих систем, технологій, архітектур та програмних рішень за профілем теми випускної кваліфікаційної роботи за першим (бакалаврським) рівнем вищої освіти)

Аналіз наявних підходів до створення систем моніторингу мікроклімату приміщень

У результаті аналізу літературних джерел і матеріалів з інтернет-ресурсів було зібрано значний обсяг відомостей щодо розроблення різноманітних систем, призначених для вимірювання температури, вологості повітря та рівня загазованості середовища.

Сучасні тенденції свідчать про наявність великої кількості рішень у сфері цифрових систем моніторингу мікроклімату на виробничих об'єктах, у яких як основний елемент застосовуються мікроконтролери.

Більшість існуючих систем орієнтована на контроль окремих параметрів, зокрема температури, вологості або рівня загазованості приміщень. Водночас комплексні системи, що забезпечують одночасний моніторинг усіх основних параметрів мікроклімату у виробничих приміщеннях, практично відсутні на сучасному ринку.

Серед наявних рішень можна виділити систему «Страж-Клімат», призначену для контролю температури та вологості повітря. Вона знаходить широке застосування на різноманітних об'єктах, зокрема на складських приміщеннях, у сушарках деревини, грибних камерах, теплицях, інкубаторах, житлових будинках, друкарнях, музеях і книгарнях.

					ВКРБ-123.26.0036.00.00.ПЗ	Арк.
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		10



Рисунок 2.1 - Система «Страж-Клімат» для контролю температури і вологості складів, інкубаторів, житлових приміщень, типографій, музеїв і книгарень

На рисунку 2.1 зображено основні модулі системи «Страж-Клімат». Слід зазначити, що дана система не забезпечує вимірювання рівня загазованості приміщень, а її вартість є досить високою.

На українському ринку представлені відносно доступні за ціною датчики температури, вологості, диму та газоаналізатори. Проте більшість із них призначена для контролю лише одного з перелічених параметрів, що обмежує можливості їх використання в складі комплексних систем моніторингу.



Рисунок 2.2. - Логери серії DLT-01 (02)

Серія логерів DLT-01 (02) являє собою компактні електронні пристрої реєстрації з автономним джерелом живлення та інтерфейсом USB. Вони

					ВКРБ-123.26.0036.00.00.ПЗ	Арк.
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		11

призначені для вимірювання й збереження показників температури та відносної вологості у внутрішній пам'яті пристрою, а також для ведення журналу подій. Датчики температури та вологості (зліва направо):



Рисунок 2.3 - Датчики температури та вологості La Crosse WSTX141TH-BV2, UNI- UT333 та електронний термометр-гігрометр HTC-1

Серед приладів для вимірювання температури та відносної вологості повітря представлені такі моделі:

- La Crosse WSTX141TH-BV2 з орієнтовною вартістю 800–900 грн;
- UNI-UT333 китайського виробництва, середня ціна якого становить близько 1000 грн;
- електронний термометр-гігрометр HTC-1, доступний за ціною приблизно 140 грн.

Для контролю складу повітря та виявлення наявності газів можливе використання таких датчиків диму:



Рисунок 2.4 - Датчики диму СПД-3.3 та SUNLUXY

Датчик диму СПД-3.3, зображений зліва, широко застосовується у складі систем пожежної сигналізації. Крім того, на ринку представлений бездротовий датчик диму SUNLUXY китайського виробництва, який також використовується для виявлення задимлення в приміщеннях.

На рисунку 2.5 наведено датчики метану та чадного газу СТРАЖ М-502 (ліворуч) з орієнтовною вартістю 250 грн, а також бездротовий датчик метану й чадного газу Tecsar Alert SENS-CO (праворуч), ціна якого становить близько 990 грн.



Рисунок 2.5 - Датчики метану та чадного газу СТРАЖ М-502

Наявні на ринку датчики, як правило, орієнтовані на контроль окремих параметрів навколишнього середовища та оснащені засобами світлової і звукової сигналізації. Водночас бюджетні рішення, здатні забезпечити комплексний

					ВКРБ-123.26.0036.00.00.ПЗ	Арк.
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		13

моніторинг диму, рівня загазованості, вологості та температури одночасно, на сьогодні практично відсутні.

Отже, проведений аналіз ринку підтверджує актуальність розроблення доступної за вартістю системи екологічного моніторингу мікроклімату для використання у виробничих приміщеннях.

Висновки

У підрозділі здійснено аналіз сучасного стану проблемної області. Наведено класифікацію небезпечних і шкідливих виробничих факторів відповідно до вимог державного стандарту ДСТУ 12.0.003-74. Також розглянуто нормативні та комфортні умови, необхідні для забезпечення безпечної, здорової та високопродуктивної праці, а також формування сприятливого екологічного середовища в робочій зоні приміщень.

Крім того, виконано огляд літературних джерел і матеріалів з інтернет-ресурсів, присвячених існуючим підходам до проектування та реалізації систем моніторингу параметрів мікроклімату у виробничих приміщеннях.

2.2 Обґрунтування вибору засобів для побудови системи та мови програмування

Система автоматизованого проектування і моделювання програмованих пристроїв Proteus VSM

Система автоматизованого проектування і моделювання програмованих пристроїв Proteus VSM.

Proteus VSM є програмним комплексом автоматизованого проектування електронних схем, зокрема пристроїв, створених на основі мікроконтролерів різних архітектур. Даний програмний продукт розроблений британською компанією Labcenter Electronics. Proteus належить до потужних систем схемотехнічного моделювання, що базуються на використанні віртуальних моделей електронних компонентів. Однією з його основних переваг є можливість

					ВКРБ-123.26.0036.00.00.ПЗ	Арк.
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		14

імітації роботи програмованих електронних пристроїв, зокрема мікропроцесорів, мікроконтролерів і цифрових сигнальних процесорів (DSP).

Програмний пакет Proteus VSM надає широкі функціональні можливості для проєктування та аналізу електронних схем. За його допомогою можна створювати принципові електричні схеми, виконувати моделювання їх роботи з використанням віртуальних вимірювальних приладів, а також здійснювати налагодження вбудованого програмного забезпечення. Окрім цього, Proteus містить інструменти для проєктування та моделювання друкованих плат із підтримкою тривимірної візуалізації. Програма забезпечує симуляцію роботи широкого кола мікроконтролерів і процесорів, зокрема таких сімейств, як ARM7, 8051, PIC, AVR, Motorola, Basic Stamp, HC11 та ARM7/LPC2000. Вбудована бібліотека Proteus налічує понад 6000 аналогових і цифрових моделей електронних компонентів, що значно спрощує процес проєктування та аналізу схем.

Proteus VSM сумісний із більшістю сучасних компіляторів і асемблерів та забезпечує достатньо точне моделювання і налагодження навіть складних електронних систем, які містять декілька мікроконтролерів різних типів. Водночас слід враховувати, що жодна система програмного моделювання не здатна повністю відтворити роботу реального фізичного пристрою. Проте для загального аналізу та налагодження алгоритмів функціонування мікроконтролерів можливостей Proteus VSM є цілком достатньо.

Proteus має розширену бібліотеку електронних компонентів, а у разі відсутності необхідних моделей користувач може створювати їх самостійно. Крім того, програмний пакет підтримує використання SPICE-моделей, що є загальноприйнятою практикою серед виробників електронних компонентів. Це дає змогу, у випадку непрограмованих елементів, завантажувати їхні SPICE-моделі безпосередньо з офіційних ресурсів виробників і надалі інтегрувати ці моделі у відповідні корпуси.

					ВКРБ-123.26.0036.00.00.ПЗ	Арк.
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		15

До складу програмного пакета Proteus входять такі основні модулі:

- ISIS (Interactive Schematic Input System) - інтерактивне середовище моделювання електронних схем, яке виконує функції графічного редактора для створення принципових схем. Даний модуль забезпечує можливість симуляції роботи електронних схем, а також підготовку проєктів для подальшого проєктування друкованих плат у середовищі ARES. Після завершення налагодження пристрою в ISIS відповідна друкована плата може бути автоматично передана на розведення в модуль ARES.

- ARES (Advanced Routing and Editing Software) - система проєктування друкованих плат, що являє собою графічний редактор із вбудованим автотрасувальником ELECTRA. Модуль ARES підтримує автоматичну розстановку компонентів на друкованій платі та містить ефективний менеджер бібліотек, який значно спрощує роботу з елементною базою.

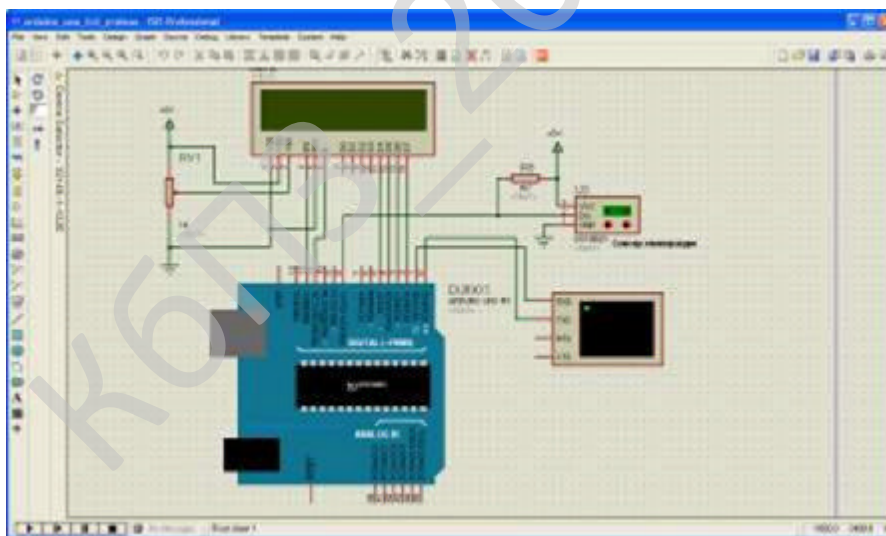


Рисунок 2.6 - Середовище Proteus ISIS

Proteus VSM надає розширені функціональні можливості, які забезпечують взаємодію віртуальних пристроїв із фізичними інтерфейсами персонального комп'ютера. Зокрема:

- компонент COMPIM призначений для підключення віртуального пристрою до реального COM-порту ПК;

– компонент USBCONN забезпечує встановлення з'єднання між змодельованим пристроєм і фізичним USB-портом комп'ютера.

Proteus VSM є потужною системою автоматизованого проєктування, яка забезпечує можливість розроблення, налагодження та тестування вбудованого програмного забезпечення ще на етапі моделювання, до виготовлення фізичного прототипу пристрою або системи. Завдяки сумісності з низкою поширених середовищ програмування дана платформа є гнучким та універсальним інструментом для інженерної розробки.

Proteus VSM підтримує роботу з такими середовищами розробки:

- Arduino (за умови встановлення відповідних бібліотек);
- CodeVisionAVR (для мікроконтролерів сімейства AVR);
- ICC (для мікроконтролерів AVR, MSP430 та ARM7);
- WinAVR (для мікроконтролерів AVR);
- HiTECH (для мікроконтролерів сімейств 8051 і PIC).

Середовище Arduino IDE для розробки програмного забезпечення вбудованих систем на платформі Arduino

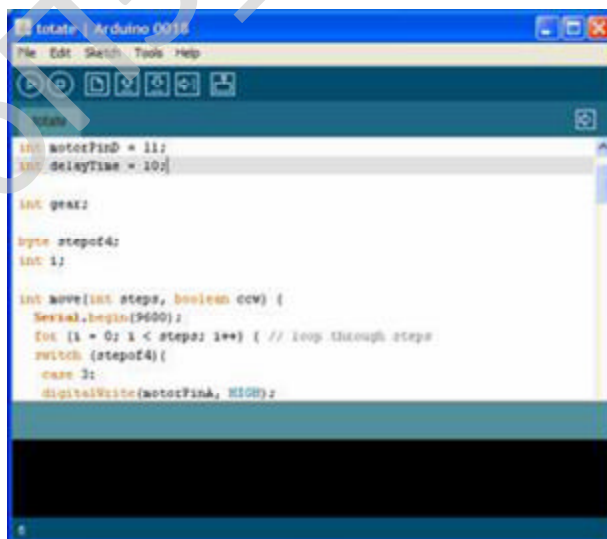


Рисунок 2.7 - Середовище розробки Arduino IDE

Arduino є доступною апаратно-програмною платформою та зручним електронним конструктором для швидкого прототипування, який широко

					ВКРБ-123.26.0036.00.00.ПЗ	Арк.
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		17

використовується як початківцями, так і досвідченими фахівцями. Її популярність у світі зумовлена простотою програмування, відкритою архітектурою та вільним доступом до вихідного коду. Програмування пристроїв здійснюється через USB-інтерфейс, що усуває потребу у використанні спеціалізованих програматорів. Завдяки різноманіттю сумісних датчиків платформа дозволяє здійснювати збір інформації про параметри навколишнього середовища, а також керувати виконавчими механізмами.

Розробка програм для Arduino виконується з використанням мов C/C++, що робить платформу відносно простою для опанування. На сьогодні Arduino вважається одним із найзручніших інструментів для програмування мікроконтролерів. Програмне забезпечення платформи має відкриту та розширювану архітектуру, що дає змогу досвідченим користувачам доповнювати його функціональність. Мова програмування може бути розширена за допомогою бібліотек C++, а також підтримується інтеграція коду, написаного в середовищі AVR-C.

Середовище розробки Arduino містить вбудований текстовий редактор для написання програмного коду, область службових повідомлень, консоль для виводу текстової інформації, панель інструментів із кнопками швидкого доступу до основних команд та систему меню. Завантаження програм у мікроконтролер здійснюється безпосередньо через підключення середовища розробки до апаратної платформи Arduino.

Програми для Arduino називаються скетчами (sketch). Їх створюють у спеціалізованому текстовому редакторі, який підтримує стандартні функції редагування, зокрема копіювання, вставку, пошук і заміну тексту. Під час збереження або компіляції проєкту в області повідомлень відображаються пояснення та можливі помилки, а консоль забезпечує детальний вивід системних повідомлень. Панель інструментів містить кнопки для перевірки коду, завантаження програм, створення, відкриття та збереження скетчів, а також для доступу до монітора послідовного порту.

					ВКРБ-123.26.0036.00.00.ПЗ	Арк.
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		18

Функціональне призначення кнопок середовища розробки Arduino IDE є таким:

- Verify/Compile (Перевірка / компіляція) - виконує аналіз програмного коду з метою виявлення синтаксичних і логічних помилок, після чого здійснює його компіляцію у формат, придатний для виконання мікроконтролером.
- Stop (Зупинити) - припиняє роботу монітора послідовного порту або деактивує активні інструменти керування середовища.
- New (Новий) - створює новий порожній шаблон скетчу для подальшого написання програми.
- Open (Відкрити) - забезпечує доступ до бібліотеки збережених скетчів і дозволяє відкрити необхідний файл, зазвичай у окремому діалоговому вікні.
- Save (Зберегти) - зберігає поточний скетч у вибраному каталозі.
- Upload to I/O Board (Завантажити на плату вводу/виводу) - виконує компіляцію скетчу та завантажує його безпосередньо на плату Arduino через інтерфейс зв'язку.
- Serial Monitor (Монітор послідовного порту) - запускає інструмент для відображення даних, отриманих з плати Arduino, а також для передавання даних від комп'ютера до мікроконтролера.

Додаткові функції середовища Arduino IDE згруповані у п'яти основних меню: File (Файл), Edit (Редагування), Sketch (Скетч), Tools (Інструменти) та Help (Довідка). Доступність окремих пунктів меню залежить від поточного режиму роботи та виконуваної операції.

Меню Edit (Редагування)

– Copy for Discourse (Копіювати для Discourse) - дає змогу скопіювати програмний код скетчу до буфера обміну із збереженням підсвічування синтаксису, що є зручним під час публікації коду на форумах та платформах для обговорень, зокрема Discourse.

– Copy as HTML (Копіювати як HTML) - дозволяє скопіювати код скетчу у форматі HTML, зберігаючи його структуру та форматування, що доцільно при

					ВКРБ-123.26.0036.00.00.ПЗ	Арк.
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		19

розміщенні коду на веб-сторінках.

Меню Sketch (Скетч)

– Verify/Compile (Перевірити / компілювати) - здійснює перевірку скетчу на наявність помилок і виконує його компіляцію.

– Import Library (Імпортувати бібліотеку) - забезпечує додавання необхідної бібліотеки до поточного скетчу з автоматичним вставленням директиви #include у програмний код.

– Show Sketch Folder (Показати папку скетчу) - відкриває на комп'ютері каталог, у якому збережено файл активного скетчу.

– Add File... (Додати файл...) - дозволяє додати до скетчу додатковий файл шляхом копіювання його з початкового розташування; після цього файл відображається як окрема вкладка у вікні середовища розробки. За потреби доданий файл може бути видалений через контекстне меню відповідної вкладки.

Меню Tools (Інструменти)

– Auto Format (Автоматичне форматування) - призначене для впорядкування програмного коду з метою підвищення його читабельності. Функція автоматично вирівнює пари відкривних і закривних дужок, а також коригує відступи відповідно до прийнятих стандартів оформлення.

– Board (Плата) - дає змогу вибрати тип плати Arduino, з якою здійснюється робота. У цьому підменю наведено перелік доступних плат разом із їх основними характеристиками.

– Serial Port (Послідовний порт) - відображає список усіх доступних на комп'ютері послідовних портів, як фізичних, так і віртуальних. Перелік портів автоматично оновлюється при кожному відкритті меню Tools.

– Burn Bootloader (Запис завантажувача) - містить команди для запису завантажувача (bootloader) безпосередньо в мікроконтролер плати Arduino. Зазвичай дана операція не є необхідною під час стандартної роботи, однак вона стає актуальною при використанні нового мікроконтролера ATmega, який не має попередньо встановленого завантажувача.

					ВКРБ-123.26.0036.00.00.ПЗ	Арк.
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		20

Перед виконанням процедури запису завантажувача необхідно переконатися, що в меню Board обрано коректну модель плати. У разі використання програматора AVR ISP також слід попередньо вибрати відповідний порт програматора в меню Serial Port.

Arduino Sketchbook

Середовище Arduino IDE використовує концепцію так званого блокнота (Sketchbook), який є стандартною директорією для зберігання всіх програм користувача, що називаються скетчами. Такий підхід забезпечує централізоване та зручне зберігання всіх проєктів в одному місці. Відкрити наявні скетчі можна через меню File → Sketchbook або за допомогою кнопки Open на панелі інструментів. Під час першого запуску Arduino IDE автоматично створює каталог Sketchbook. За потреби його розташування можна змінити в діалоговому вікні Preferences (Налаштування).

Вкладки, файли та компіляція в Arduino IDE

Середовище Arduino IDE дозволяє працювати з кількома файлами в межах одного проєкту, відображаючи кожен з них у вигляді окремої вкладки. Такий підхід спрощує організацію та подальший супровід програмного коду. У складі проєкту можуть використовуватися різні типи файлів: стандартні файли Arduino без розширення, файли мов C (.c) і C++ (.cpp), а також заголовкові файли (*.h), у яких зазвичай розміщуються оголошення функцій, змінних і структур даних. Усі зазначені файли компілюються одночасно, що дає можливість поділяти програму на логічні модулі та реалізовувати складні програмні рішення.

Завантаження скетчу на плату Arduino

Перед завантаженням скетчу на плату Arduino необхідно коректно налаштувати основні параметри в меню Tools (Інструменти):

- Tools → Board (Плата) — вибір моделі плати Arduino, яка використовується в проєкті;
- Tools → Serial Port (Послідовний порт) — вибір відповідного послідовного порту, до якого підключена плата.

					ВКРБ-123.26.0036.00.00.ПЗ	Арк.
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		21

Визначення послідовного порту

В операційній системі Windows послідовні порти можуть мати позначення COM1, COM2 (для плат із класичним послідовним інтерфейсом) або COM4, COM5, COM7 і вище (для плат із USB-інтерфейсом). Для точного визначення порту, до якого підключена плата Arduino, доцільно скористатися Диспетчером пристроїв Windows, де відповідний пристрій відображається у розділі, пов'язаному з USB або послідовними портами.

В операційній системі Linux послідовні порти зазвичай ідентифікуються як /dev/ttyUSB0, /dev/ttyUSB1 тощо.

Після вибору коректного послідовного порту та відповідної моделі плати для завантаження скетчу достатньо натиснути кнопку Upload на панелі інструментів або скористатися командою File → Upload to I/O Board. Сучасні плати Arduino автоматично перезавантажуються перед початком процесу завантаження, що значно спрощує роботу з ними. У разі використання застарілих моделей може виникнути потреба в ручному натисканні кнопки перезавантаження.

Під час процесу завантаження на більшості плат спостерігається миготіння світлодіодів RX і TX, що свідчить про передачу даних між комп'ютером і мікроконтролером. Після завершення процедури середовище Arduino IDE відображає повідомлення про успішне завантаження програми або інформує користувача про виявлені помилки.

Завантаження програмного коду на плату Arduino здійснюється за допомогою завантажувача (Bootloader) - спеціальної програми, яка попередньо записана в мікроконтролер плати. Завантажувач забезпечує можливість запису нового скетчу без використання зовнішніх програматорів. Він активується протягом кількох секунд після перезавантаження плати або під час початку завантаження програми. Його роботу зазвичай можна розпізнати за блиманням вбудованого світлодіода, найчастіше підключеного до виводу 13.

					ВКРБ-123.26.0036.00.00.ПЗ	Арк.
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		22

Розширення функціональних можливостей бібліотек в Arduino

Бібліотеки є одним із ключових елементів платформи Arduino, оскільки вони істотно розширюють функціональні можливості скетчів. Їх використання надає готові засоби для роботи з апаратними компонентами та виконання складних операцій обробки даних, що дозволяє розробнику уникнути необхідності створення програмного коду з нуля.

Для підключення бібліотеки до скетчу необхідно скористатися пунктом меню Sketch → Import Library. Після цього у початковій частині програмного коду автоматично додаються директиви `#include`, які забезпечують компіляцію коду бібліотеки разом зі скетчем. Слід враховувати, що кожна підключена бібліотека займає певний обсяг пам'яті мікроконтролера, тому у випадку, якщо бібліотека більше не використовується, відповідний рядок `#include` доцільно видалити з метою звільнення ресурсів пам'яті.

Актуальний перелік доступних бібліотек завжди можна знайти на офіційному вебсайті Arduino.cc. Частина бібліотек входить до стандартного комплекту Arduino IDE, тоді як інші доступні для завантаження з відкритих інтернет-ресурсів.

Для встановлення додаткової бібліотеки, завантаженої у вигляді архіву, необхідно виконати такі дії:

- у каталозі блокнота (Sketchbook) створити папку з назвою `libraries`;
- розпакувати архів бібліотеки безпосередньо в цю папку.

Наприклад, під час встановлення бібліотеки `DateTime` її файли мають бути розміщені у підкаталозі `/libraries/DateTime`, що знаходиться всередині основної директорії Sketchbook.

Монітор послідовного порту (Serial Monitor)

Монітор послідовного порту є важливим інструментом середовища Arduino IDE, який забезпечує перегляд даних, що надходять із плати Arduino незалежно від способу її підключення - через USB або стандартний послідовний інтерфейс. Для передавання інформації на плату через монітор достатньо ввести

					ВКРБ-123.26.0036.00.00.ПЗ	Арк.
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		23

необхідний текст у відповідне поле та натиснути кнопку Send або клавішу Enter.

Критично важливо, щоб швидкість обміну даними, обрана у випадяючому меню Serial Monitor, відповідала значенню, заданому у програмі за допомогою функції Serial.begin(). Невідповідність цих параметрів призводить до некоректного відображення або втрати даних.

Окрім використання з метою налагодження програм, Serial Monitor також може слугувати засобом обміну інформацією між платформою Arduino та зовнішніми програмами, зокрема такими середовищами, як Processing, Flash, MaxMSP та іншими програмними засобами, що підтримують послідовний інтерфейс.

Налаштування Arduino IDE

Середовище Arduino IDE дозволяє змінювати частину параметрів безпосередньо через вікно Preferences (Налаштування). Залежно від операційної системи доступ до цього вікна здійснюється через меню Arduino (у macOS) або File (у Windows та Linux). Інші параметри конфігурації зберігаються у спеціальному службовому файлі, шлях до якого також відображається у вікні Preferences. Це дає змогу досвідченим користувачам виконувати більш детальне налаштування середовища за потреби.

Різноманіття апаратних платформ Arduino

Платформа Arduino представлена кількома апаратними версіями, кожна з яких побудована на певному типі мікроконтролера. Такий підхід дозволяє обрати плату відповідно до вимог конкретного проекту щодо продуктивності, кількості входів/виходів та функціональних можливостей. До найпоширеніших платформ належать:

- Arduino Leonardo, що використовує мікроконтролер ATmega32u4;
- Arduino Uno та її попередник Duemilanove, побудовані на базі мікроконтролера Atmel ATmega328;
- старіші версії плат, зокрема Diecimila та перші модифікації Duemilanove, створені на основі ATmega168, а ще ранніші моделі – на мікроконтролері

					ВКРБ-123.26.0036.00.00.ПЗ	Арк.
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		24

ATmega8;

– Arduino Mega2560, більш потужна плата, що функціонує на базі мікроконтролера ATmega2560 та призначена для складніших проєктів.



Рисунок 2.8 – Апаратна платформа Arduino UNO

Вибір відповідної апаратної платформи Arduino суттєво впливає на основні параметри роботи системи. Зокрема, він визначає тактову частоту мікроконтролера, швидкість обміну даними, що використовуються під час компіляції та завантаження скетчів, а також параметри, необхідні для коректного запису завантажувача (Bootloader) у пам'ять мікроконтролера.

Arduino Duemilanove або Nano з мікроконтролером ATmega328

Плати Arduino Duemilanove та Arduino Nano, оснащені мікроконтролером ATmega328, функціонують на тактовій частоті 16 МГц. Вони підтримують автоматичне перезавантаження, що значно спрощує процес завантаження програмного коду. Аналогічна конфігурація (ATmega328, 16 МГц, живлення 5 В) використовується також у деяких модифікаціях плат Arduino Pro та Pro Mini.

Arduino Diecimila, Duemilanove або Nano з мікроконтролером ATmega168

Платформи Arduino Diecimila, ранні версії Duemilanove та Nano,

побудовані на базі ATmega168, також працюють на частоті 16 МГц і підтримують функцію автоматичного перезавантаження. Процеси компіляції та завантаження скетчів для цих плат аналогічні тим, що застосовуються для Arduino NG та інших старіших моделей з ATmega168. Водночас їхній завантажувач має скорочений інтервал очікування, що проявляється одноразовим миготінням світлодіода, підключеного до виводу 13, під час перезавантаження. Дана апаратна конфігурація (ATmega168, 16 МГц, 5 В) також використовується в окремих версіях Arduino Pro та Pro Mini.

Arduino Mega

Плата Arduino Mega оснащена мікроконтролером ATmega1280 і працює на тактовій частоті 16 МГц. Вона підтримує автоматичне перезавантаження, що забезпечує зручне та стабільне завантаження скетчів навіть для складних програм із великим обсягом коду.

Arduino Mini

Arduino Mini за своїми характеристиками близька до плат Arduino NG та ранніх версій із мікроконтролером ATmega168. Вона також працює на частоті 16 МГц, однак не підтримує автоматичне перезавантаження, що може вимагати ручного натискання кнопки Reset під час завантаження програми.

LilyPad Arduino з мікроконтролером ATmega328

Модифікація LilyPad Arduino на базі ATmega328 працює з тактовою частотою 8 МГц при напрузі живлення 3,3 В і підтримує автоматичне перезавантаження. За основними параметрами вона подібна до плат Arduino Pro або Pro Mini у виконанні на 3,3 В і 8 МГц.

LilyPad Arduino з мікроконтролером ATmega168

Версія LilyPad Arduino, що використовує мікроконтролер ATmega168, функціонує на тактовій частоті 8 МГц і призначена для енергоефективних застосувань, зокрема у wearable-проектах.

У другому розділі проаналізовано програмні та апаратні засоби, що застосовуються під час розроблення системи моніторингу мікроклімату у

					ВКРБ-123.26.0036.00.00.ПЗ	Арк.
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		26

виробничих приміщеннях. Розглянуто можливості системи автоматизованого проектування та схемотехнічного моделювання програмованих електронних пристроїв Proteus VSM.

Окрему увагу приділено середовищу розробки Arduino IDE, яке використовується для створення, налагодження та тестування програмного забезпечення вбудованих систем на платформі Arduino. Описані інструменти та їх функціональні можливості підтверджують доцільність їх застосування для реалізації апаратно-програмної частини системи моніторингу мікроклімату.

2.3 Розгорнута постановка завдання

Згідно з технічним завданням на кваліфікаційну роботу, реалізації розробка програмного забезпечення для управління мікрокліматом. В процесі розробки кваліфікаційної роботи необхідно виконати наступний обсяг проекту:

- а) провести аналіз існуючих систем-аналогів для виявлення їх позитивних і негативних якостей. Результати аналізу врахувати в подальших розробках;
- б) вибрати та обґрунтувати методику розробки відповідної системи та програмного забезпечення. Розробити функціональну та структурну схеми системи;
- в) розробити програмне забезпечення системи, що дозволить реалізувати поставлену технічним завданням задачу. Побудувати блок-схеми алгоритмів програми та підпрограми;
- г) організувати інтерфейс користувача з метою формування та виводу на екран результатів аналізу та тестування;
- д) розробити рекомендації по організаційних та методичних заходах, які забезпечать впровадження системи в промислову експлуатацію та її подальшу успішну експлуатацію;
- е) сформулювати висновки про виконаний обсяг робіт та одержані результати.

					ВКРБ-123.26.0036.00.00.ПЗ	Арк.
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		27

3 ОПИС І ОБҐРУНТУВАННЯ ПРОЕКТНИХ РІШЕНЬ

Склад системи

Для створення системи моніторингу параметрів мікроклімату у виробничих приміщеннях було обрано такі основні складові:

- апаратна платформа - використано плату Arduino Uno на базі мікроконтролера AVR ATmega328P;
- індикатор - застосовано символьний рідкокристалічний дисплей 16×2 жовто-зеленого типу (модель WH1602B-YGK-CTK);
- датчик температури та вологості - використано сенсор компанії Sensirion серії SHTxx;
- газові датчики - застосовано сенсори серії MQ.

3.1 Опис функціонування системи

Платформа Arduino Uno з МК AVR ATmega328P-PU

На сучасному ринку представлено велику кількість моделей мікроконтролерів від різних виробників. З урахуванням оптимального співвідношення вартості, продуктивності, енергоспоживання та зручності використання для проєкту було обрано платформу Arduino Uno, що базується на мікроконтролері AVR ATmega328P-PU.

Мікроконтролери сімейства AVR - це 8-розрядні пристрої з RISC-архітектурою, розроблені компанією Atmel. Вони широко застосовуються у вбудованих системах завдяки високій швидкодії, універсальності та простоті програмування. Однією з важливих переваг є можливість багаторазового перепрограмування (до 10 000 циклів) без вилучення мікроконтролера зі схеми.

Сімейство AVR поділяється на три основні підгрупи:

- Tiny AVR - компактні та недорогі мікроконтролери, зазвичай у корпусах

					ВКРБ-123.26.0036.00.00.ПЗ	Арк.
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		28

із невеликою кількістю виводів. Вони призначені для простих застосувань, де ключовими є мінімальні габарити та низька вартість.

– Classic AVR - базова серія мікроконтролерів із продуктивністю до 16 MIPS. Пристрої цієї лінійки мають FLASH-пам'ять програм обсягом 2–8 КБ, EEPROM 64–512 байт та оперативну пам'ять SRAM 128–512 байт.

– Mega AVR - більш потужні мікроконтролери, орієнтовані на складніші задачі. Їх продуктивність становить 4–20 MIPS, обсяг FLASH-пам'яті сягає 128 КБ, EEPROM - 64–512 байт, а SRAM - 2–4 КБ. Додатково вони оснащені вбудованим 10-розрядним 8-канальним аналого-цифровим перетворювачем.

Важливою особливістю мікроконтролерів AVR є уніфікована система команд у межах усього сімейства, що забезпечує просте перенесення програм між різними моделями без значної переробки коду.

На рисунку 3.1 на платі Arduino Uno виведені на роз'єми всі доступні сигнали мікроконтролера ATmega328P-PU, що забезпечує зручний доступ до його входів і виходів для підключення зовнішніх пристроїв та модулів.

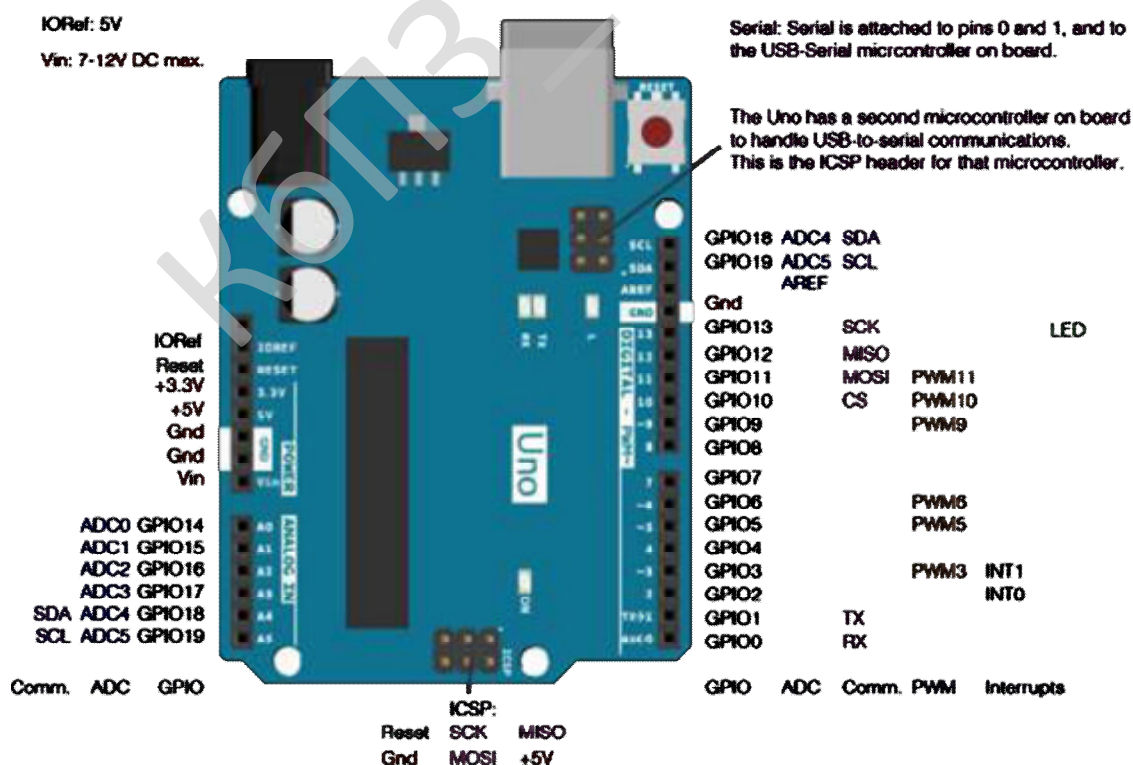


Рисунок 3.1 - Апаратна платформа Arduino UNO

Опис мікроконтролера AVR ATmega328P

ATmega328P - це продуктивний та енергоефективний 8-розрядний мікроконтролер сімейства AVR. Він оснащений 32 КБ вбудованої FLASH-пам'яті програм, яка підтримує внутрішньосхемне перепрограмування. Завдяки вдосконаленій RISC-архітектурі мікроконтролер забезпечує високу швидкість та гнучкість у застосуванні.

Основні архітектурні характеристики:

- набір команд: містить 131 інструкцію, більшість з яких виконуються за один машинний цикл, що забезпечує високу ефективність обчислень;
- регістрова структура: передбачає наявність 32 робочих регістрів загального призначення;
- режим функціонування: підтримує повністю статичний режим роботи;
- продуктивність: здатний досягати швидкодії до 20 MIPS при тактовій частоті 20 МГц;
- пам'ять: має незалежну пам'ять програм і даних;
- FLASH-пам'ять: 32 КБ внутрішньої системної програмованої FLASH-пам'яті з ресурсом до 10 000 циклів перезапису;
- EEPROM: 1 КБ EEPROM з допустимим ресурсом до 100 000 циклів стирання/запису;
- SRAM: 2 КБ внутрішньої оперативної пам'яті (SRAM).

Відлагодження та програмування:

- підтримує сканування пам'яті відповідно до стандарту JTAG;
- має вбудовану підтримку відладчика;
- дозволяє програмувати FLASH, EEPROM, охоронні та ключові біти через JTAG-інтерфейс.

Периферійні можливості

Мікроконтролер ATmega328P оснащений розвиненим набором вбудованих периферійних модулів, зокрема таймерами-лічильниками:

- таймери/лічильники:

					ВКРБ-123.26.0036.00.00.ПЗ	Арк.
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		30

- два 8-розрядні таймери-лічильники з програмованими дільниками частоти та режимами порівняння;
- один 16-розрядний таймер-лічильник із програмованим дільником, режимами порівняння та функцією захоплення;
- лічильник реального часу з програмованим тактовим генератором.

ШІМ (PWM):

6 ШІМ-генераторів для керування аналоговими пристроями.

АЦП (ADC): 8-канальний 10-бітний аналогово-цифровий перетворювач.

Послідовні інтерфейси:

- програмований USART;
- Master/Slave SPI послідовний інтерфейс.

Додаткові функціональні можливості:

- програмований сторожовий таймер (Watchdog) для контролю стабільності роботи системи;
- вбудований аналоговий компаратор;
- апаратні функції скидання під час подачі живлення, а також при зниженні напруги живлення;
- внутрішній калібрований RC-генератор тактової частоти;
- підтримка зовнішніх і внутрішніх переривань.

Режими роботи та фізичні характеристики.

Мікроконтролер ATmega328P підтримує шість режимів енергозбереження, що дозволяють оптимізувати споживання енергії залежно від умов роботи: Idle, режим придушення шумів АЦП, економний режим, режим вимкнення (Power-down), режим очікування (Standby) та режим розширеного очікування (Extended Standby).

Лінії введення/виведення: мікроконтролер має 32 програмовані цифрові входи/виходи.

Корпус: випускається у 28-вивідному корпусі PDIP або 32-вивідному корпусі TQFP.

					ВКРБ-123.26.0036.00.00.ПЗ	Арк.
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		31

Живлення: робочий діапазон напруги становить від 2,7 В до 5,5 В.

Тактова частота: підтримується частота від 0 до 20 МГц.

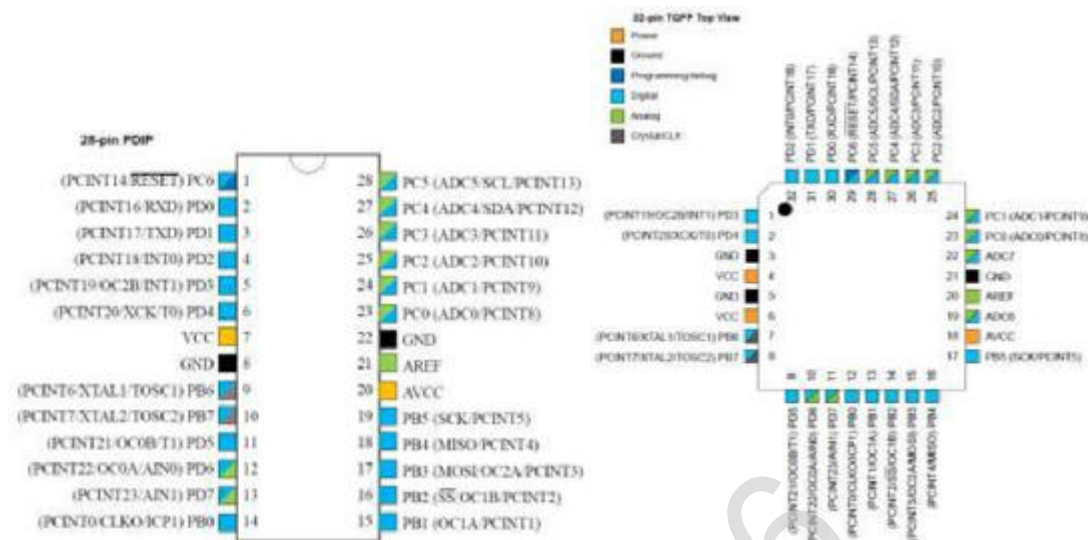


Рисунок 3.2 - Розташування виводів МК ATmega328P в корпусах PDIP та TQFP

Ядро AVR характеризується розширеним набором інструкцій і наявністю 32 робочих регістрів загального призначення. Усі регістри безпосередньо пов'язані з арифметико-логічним пристроєм (АЛП), що забезпечує можливість одночасного доступу до двох незалежних регістрів протягом одного машинного циклу. Така організація дозволяє досягати високої швидкодії та продуктивності, яка суттєво перевищує показники типових мікроконтролерів із CISC-архітектурою.

Мікроконтролер ATmega328P оснащений 32 КБ внутрішньої FLASH-пам'яті програм із підтримкою читання під час запису, а також має 1024 байти EEPROM і 2 КБ оперативної пам'яті SRAM. До його функціональних можливостей належать: 32 робочі регістри; інтерфейс JTAG для доступу до внутрішніх регістрів, налагодження та програмування; три універсальні таймери-лічильники з модулями порівняння; підтримка обробки внутрішніх і зовнішніх переривань; програмований послідовний інтерфейс USART; восьмиканальний 10-розрядний аналого-цифровий перетворювач; програмований сторожовий таймер

(Watchdog) з внутрішнім генератором; послідовні інтерфейси I²C та SPI; шість режимів енергозбереження. Зокрема, у режимі Idle центральне ядро призупиняє роботу, що дозволяє суттєво зменшити енергоспоживання пристрою.

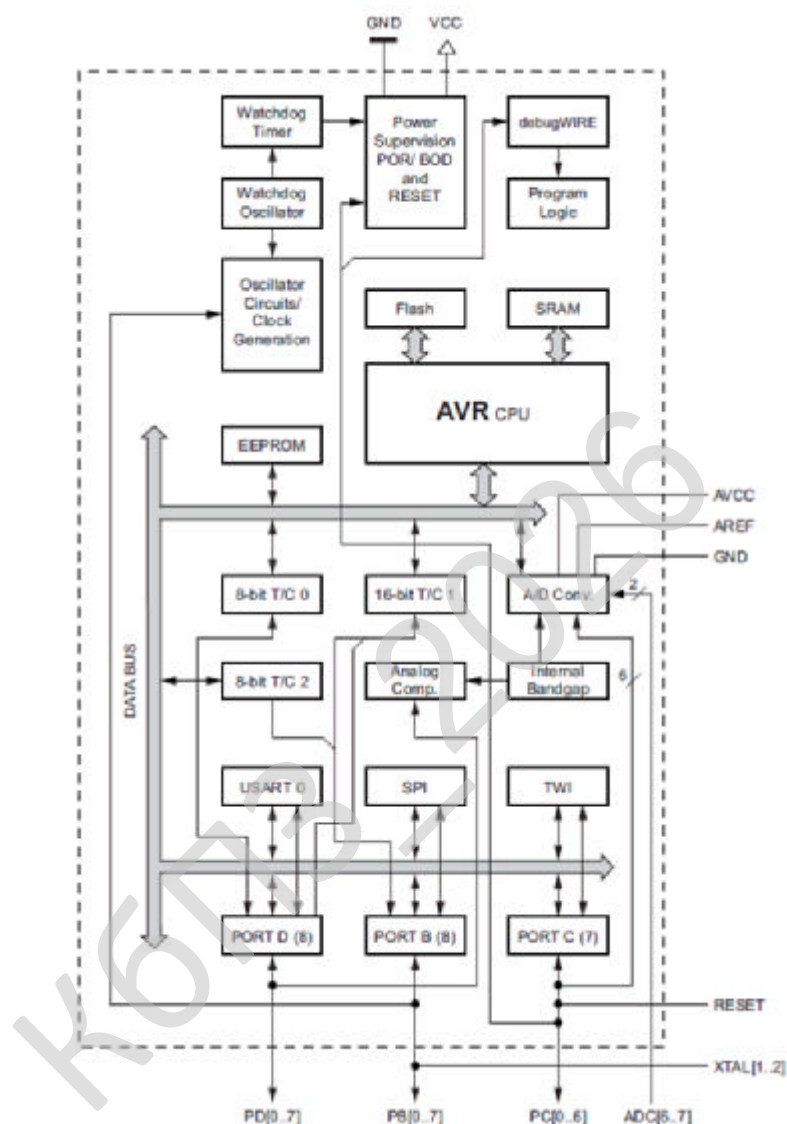


Рисунок 3.3 - Блок-схема МК AVR ATmega328P

У режимі простою Idle зупиняється лише центральний процесор, тоді як периферійні модулі продовжують працювати. Зокрема, активними залишаються інтерфейс USART, двопровідний інтерфейс (TWI/I²C), аналого-цифровий перетворювач, оперативна пам'ять SRAM, таймери-лічильники, інтерфейс SPI та система переривань. Мікроконтролер ATmega328P також підтримує спеціальний режим зниження шумів АЦП. У цьому режимі більшість функціональних блоків

переводиться у стан сну, а активними залишаються лише АЦП та асинхронний таймер, що дозволяє зменшити цифрові перешкоди під час аналого-цифрового перетворення та підвищити точність вимірювань.

У режимі вимкнення Power-down зберігається вміст регістрів процесора, припиняється робота тактових генераторів і зупиняються всі функціональні вузли мікроконтролера. Вихід із цього стану можливий лише за сигналом зовнішнього переривання або команди скидання (Reset). На відміну від цього, у режимі Standby продовжує працювати один тактовий генератор, тоді як інші функції залишаються неактивними. Завдяки швидкому відновленню нормального режиму роботи після переривання мікроконтролер ефективно реагує на зовнішні події, зменшуючи енергоспоживання.

У режимі Extended Standby функціонують як основний, так і асинхронний генератори. Вбудована ISP-FLASH пам'ять забезпечує можливість внутрішньосхемного перепрограмування програмної пам'яті. Це може виконуватися двома способами: за допомогою зовнішнього програматора через послідовний інтерфейс SPI або із застосуванням завантажувача (bootloader), який працює безпосередньо в ядрі AVR. Поєднання вдосконаленої 8-розрядної RISC-архітектури процесора та гнучкої FLASH-пам'яті забезпечує мікроконтролеру ATmega328P високу універсальність застосування та економічну доцільність.

Аналого-цифровий перетворювач у мікроконтролерах AVR ATmega328P

Мікроконтролери, зокрема ATmega328P, здебільшого працюють із цифровими сигналами, які інтерпретуються як логічний «0» або логічна «1». Наприклад, при живленні 5 В рівень логічного «0» відповідає напрузі приблизно від 0 до 1,5 В, тоді як логічна «1» — від близько 1,9 В до 5 В. Водночас у практичних застосуваннях часто виникає потреба вимірювати аналогові сигнали, значення яких можуть змінюватися в усьому діапазоні від 0 до напруги живлення.

Для реалізації таких задач мікроконтролери сімейства AVR, зокрема

					ВКРБ-123.26.0036.00.00.ПЗ	Арк.
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		34

АТmega328Р, оснащені вбудованим аналого-цифровим перетворювачем (АЦП). Він забезпечує перетворення аналогових сигналів у цифрову форму, що дозволяє мікроконтролеру виконувати подальшу обробку отриманих даних у програмному забезпеченні.

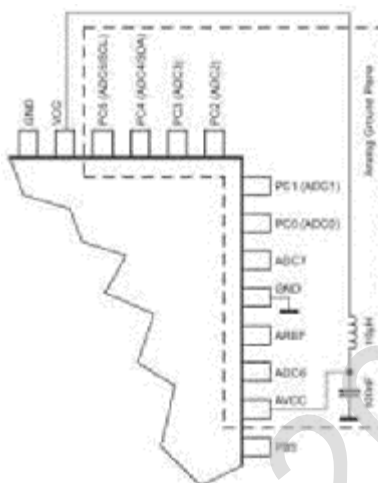


Рисунок 3.4 - Виводи АЦП в МК AVR АТmega328Р

У мікроконтролері АТmega328Р вбудований аналого-цифровий перетворювач може бути підключений до будь-якого входу порту С (PORTC). Для керування роботою АЦП та обробки результатів перетворення використовуються такі спеціалізовані регістри:

- ADCSRA - регістр керування та стану аналого-цифрового перетворювача;
- ADMUX - регістр керування мультиплексором АЦП і вибору каналу перетворення;
- SFIOR - регістр спеціальних функцій;
- ADCH - містить старший байт результату аналого-цифрового перетворення;
- ADCL - містить молодший байт результату аналого-цифрового перетворення.

Таблиця 3.1 - Вибір джерела опорної напруги (ДОН) АЦП

REFS1	REFS0	Джерело опорної напруги АЦП
0	0	Зовнішнє ДОН, підключено до AREF, внутрішнє VREF відключено
0	1	AVCC із зовнішнім конденсатором на виводі AREF
1	0	Зарезервовано
1	1	Внутрішнє ДОН 1,1 В із зовнішнім конденсатором на виводі AREF

Опорна напруга (U_{ref}) для аналого-цифрового перетворювача визначає робочий діапазон вимірювання аналогового сигналу. Якщо значення вхідної однополярної напруги перевищує U_{ref} , результат перетворення приймає максимальне значення - 0x3FF (для 10-бітного АЦП).

Мікроконтролер ATmega328P підтримує кілька варіантів вибору опорної напруги:

- AVCC - напруга живлення аналогової частини мікроконтролера, яка подається на АЦП через внутрішній комутаційний ключ;
- внутрішня опорна напруга 1,1 В - формується вбудованим еталонним джерелом та буферизується внутрішнім підсилювачем;
- зовнішня опорна напруга - може бути подана від зовнішнього джерела на вивід AREF.

Незалежно від вибраного джерела опорної напруги, вивід AREF безпосередньо підключений до входу АЦП. Для зменшення впливу перешкод на опорну напругу рекомендується встановити конденсатор між виводами AREF та GND. За необхідності значення U_{ref} можна перевірити, вимірявши напругу на виводі AREF за допомогою високоомного вольтметра.

Результати перетворення АЦП та доступ до регістрів

Аналого-цифровий перетворювач формує 10-розрядний результат, який записується у два регістри даних: ADCH (старший байт) і ADCL (молодший байт). За стандартними налаштуваннями результат вирівнюється праворуч, тобто займає молодші 10 біт 16-бітного слова. За потреби можна встановити ліве вирівнювання, активувавши біт ADLAR у регістрі ADMUX, після чого результат

розміщується у старших 10 бітах.

Порядок читання регістрів ADCH та ADCL

Для коректного зчитування даних необхідно дотримуватися визначеної послідовності доступу до регістрів. Після читання ADCL доступ до обох регістрів (ADCL і ADCH) з боку АЦП блокується. Якщо за цей час завершиться нове перетворення, результати не будуть оновлені, і дані втраяться. Лише після зчитування ADCH доступ до регістрів відновлюється, що дозволяє записати наступний результат перетворення.

Вибір каналу та режими аналогового входу

Вибір аналогового каналу та, за потреби, активація диференціального підсилювача здійснюються шляхом встановлення відповідних значень бітів MUX у регістрі ADMUX. В однополярному режимі як вхід АЦП можна використати будь-який із каналів ADC0-ADC7.

У диференційному режимі можливий вибір інвертуючого та неінвертуючого входів підсилювача. У цьому випадку підсилюється різниця напруг між обраною парою входів із заданим коефіцієнтом підсилення, після чого сигнал подається на вхід АЦП. Такий режим доцільний для вимірювання слабких сигналів або в умовах підвищеного рівня шумів, оскільки він дозволяє зменшити вплив синфазних завад.

При використанні однополярного режиму підсилювач не задіюється, і АЦП безпосередньо вимірює напругу на вибраному вході відносно спільної точки (GND).

Вбудований аналого-цифровий перетворювач (АЦП) містить інтегрований дільник частоти, який отримує тактовий сигнал від мікроконтролера. Коефіцієнт ділення може змінюватися в межах від 2 до 128 (ступенями двійки 2^n) і задається бітами ADPS у регістрі ADCSRA. Дільник активується одночасно з увімкненням АЦП - при встановленні біта ADEN у логічну «1» - та працює доти, доки цей біт залишається встановленим. Після скидання ADEN дільник також зупиняється.

Для забезпечення максимальної роздільної здатності (10 біт) тактова

					ВКРБ-123.26.0036.00.00.ПЗ	Арк.
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		37

частота АЦП повинна перебувати в діапазоні 50–200 кГц. Якщо допускається менша роздільна здатність, але потрібна більша швидкість, частоту можна підвищити понад 200 кГц. Зазвичай одне перетворення триває 13 тактів синхронізації АЦП. Перше перетворення після ввімкнення АЦП потребує 25 тактів через ініціалізацію аналогової частини. Після завершення перетворення результат записується до регістрів ADCL і ADCH, а прапорець ADIF встановлюється, сигналізуючи про готовність даних.

У режимі одиночного перетворення біт ADSC автоматично скидається після завершення операції. Для запуску наступного перетворення його необхідно знову встановити програмно, після чого перетворення розпочнеться з наступного фронту тактового сигналу. У режимі автоматичного перезапуску нове перетворення стартує одразу після завершення попереднього, при цьому біт ADSC залишається встановленим.

Біт ADSC керує запуском процесу перетворення: запис логічної «1» ініціює перетворення, і протягом усього процесу цей біт залишається встановленим, автоматично скидаючись після завершення. Якщо під час перетворення змінити вибраний аналоговий канал, АЦП спочатку завершить поточний цикл, а потім переключиться на новий вхід. Для безперервної оцифровки сигналу передбачено режим автоматичного перезапуску, який активується встановленням біта ADATE. У цьому режимі запуск відбувається за сигналом від обраного джерела, що визначається бітами ADTS у регістрі SFIOR.

Прапорець ADIF встановлюється після завершення перетворення та оновлення регістрів ADCH:ADCL. Якщо біти ADIE і I (у регістрі SREG) встановлені, завершення перетворення викликає переривання. Прапорець ADIF скидається апаратно під час переходу до обробника переривання або програмно - записом логічної «1». Слід враховувати, що операції типу «читання-модифікація-запис» із регістром ADCSRA, а також використання інструкцій SBI чи CBI, можуть ненавмисно вимкнути переривання, пов'язані з ADIF. Для коректної роботи переривання необхідно, щоб біт ADIE і глобальний біт I у регістрі SREG

були встановлені.

Після завершення аналого-цифрового перетворення цифровий результат зберігається у регістрах ADCL та ADCH.

Символьний РКІ-модуль WH1602B-YGK-СТК

Рідкокристалічні індикаторні модулі (РКІ) є доступним і практичним засобом, що дозволяє зменшити витрати часу та коштів під час розроблення електронних пристроїв. Вони забезпечують відображення значного обсягу інформації при низькому енергоспоживанні. Наявність підсвічування дає змогу використовувати такі модулі в умовах слабкого або відсутнього освітлення. Розширений робочий температурний діапазон (від -20°C до $+70^{\circ}\text{C}$) забезпечує їх надійну роботу у складних умовах, зокрема в портативній, польовій та бортовій апаратурі.

Конструктивно рідкокристалічний модуль складається з керуючого контролера та РК-панелі. Модулі оснащені світлодіодним підсвічуванням, а їх зовнішній вигляд наведено на рисунку 3.5. Розглянутий модуль призначений для відображення до 16 символів у кожному з двох рядків. Кожен символ формується матрицею 5×8 точок, причому між сусідніми символами передбачено інтервал шириною в одну точку.



Рисунок 3.5 - Жовто-зелений символьний РКІ-модуль WH1602B-YGK-СТК (16x2)

Жовто-зелений символьний рідкокристалічний дисплей WH1602B-YGK-СТК (16x2) забезпечує відображення темних символів на яскравому фоні. У комплекті постачаються елементи, необхідні для швидкого підключення: контактна гребінка для макетної плати, потенціометр 10 кОм для регулювання

контрасту та резистор 10 Ом для живлення підсвічування. Дисплей побудований на базі контролера, сумісного з HD44780, має два рядки по 16 символів і жовто-зелене світлодіодне підсвічування. Внутрішня структура модуля включає пам'ять кодів символів, користувацький знакогенератор та керуючу логіку РК-панелі, при цьому кожному відображеному символу відповідає код у комірці оперативної пам'яті.

Основні функціональні можливості модуля:

- перемикання між кириличним і латинським наборами символів за рахунок двох програмно доступних сторінок знакогенератора;
- можливість підключення через 8- або 4-бітну шину даних із вибором режиму під час ініціалізації;
- повний контроль обміну даними: прийом команд, запис і читання інформації з пам'яті, а також зчитування статусу дисплея;
- підтримка збереження до 8 користувацьких графічних символів;
- гнучке керування курсором — два режими відображення з можливістю миготіння або постійної індикації;
- регулювання контрасту та керування підсвічуванням для оптимального відображення інформації.

Алфавітно-цифрові рідкокристалічні модулі є економічно доцільним і практичним рішенням, що дозволяє скоротити витрати часу та ресурсів під час розроблення електронних пристроїв. Вони забезпечують відображення значного обсягу інформації при низькому енергоспоживанні, а наявність підсвічування робить їх придатними для роботи в умовах недостатнього або відсутнього освітлення. Розширений робочий температурний діапазон (від -20°C до $+70^{\circ}\text{C}$) забезпечує надійну експлуатацію в складних умовах, зокрема у портативній, польовій та бортовій апаратурі.

Керування РКІ-модулями

Щоб зрозуміти принципи керування РКІ-модулем, передусім потрібно розглянути внутрішню структуру контролера HD44780. Це допоможе краще

					ВКРБ-123.26.0036.00.00.ПЗ	Арк.
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		40

зрозуміти основні механізми роботи подібних пристроїв. Інші вузли, зокрема знакогенератор, формувач курсора, регістри зсуву та драйвери, не мають прямого зв'язку з керуючою програмою. Їхнє призначення — забезпечення відтворення зображення на РКІ.

Керування контролером виконується через інтерфейс керуючої системи, а головними елементами взаємодії є регістри DR (даних) та IR (інструкцій). Потрібний регістр обирається за допомогою сигналу RS:

- при RS = 0 активується регістр команд (IR);
- при RS = 1 активується регістр даних (DR).

Інформація, записана в регістр DR, потрапляє або до відеопам'яті (DDRAM), або до пам'яті знакогенератора (CGRAM) - залежно від встановленого режиму. Запис здійснюється за адресою, яку задає лічильник адреси (AC). Дані, що надходять у регістр IR, обробляються блоком виконання команд.

Відеопам'ять (DDRAM) обсягом 80 байтів призначена для зберігання кодів символів, що відображаються на екрані. Вона організована у вигляді двох рядків по 40 символів. При цьому адресація завжди здійснюється саме як до двох рядків по 40 символів, незалежно від фізичного формату РКІ-модуля (наприклад, 80×1 або 20×4).

Контролер динамічної індикації постійно циклічно оновлює дані на дисплеї. Сам РКІ являє собою матричну структуру, яка залежно від режиму може мати:

- 8 рядків по 200 сегментів (для одного рядка символів формату 5×7);
- 11 рядків по 200 сегментів (для одного рядка символів формату 5×10);
- 16 рядків по 200 сегментів (для двох рядків символів формату 5×7).

Вбудований драйвер контролера HD44780 має лише 40 виходів (SEG1–SEG40), тому самостійно може обслуговувати лише 8-символьні РКІ. Через це модулі до формату 8×2 зазвичай містять одну мікросхему HD44780. Для більших дисплеїв застосовуються додаткові драйвери, наприклад HD44100, кожен із яких керує ще 40 сегментами. Крім того, у контролері HD44780 передбачено систему

прапорців, що задають режими роботи його окремих вузлів.

Підключення та програмна взаємодія з LCD-модулями

Для роботи програм, написаних мовою C, з LCD-модулями на базі контролера Hitachi HD44780 або сумісних мікросхем застосовують спеціалізовані функції. Опис (прототипи) цих функцій міститься у файлі LiquidCrystal.h.

Бібліотека забезпечує підтримку різних типів LCD-дисплеїв, зокрема з розмірами: 1×8, 2×12, 3×12, 1×16, 2×16, 2×20, 4×20, 2×24 та 2×40 символів.

Типова схема підключення LCD-модуля до плати Arduino Uno наведена на рисунку 3.6.

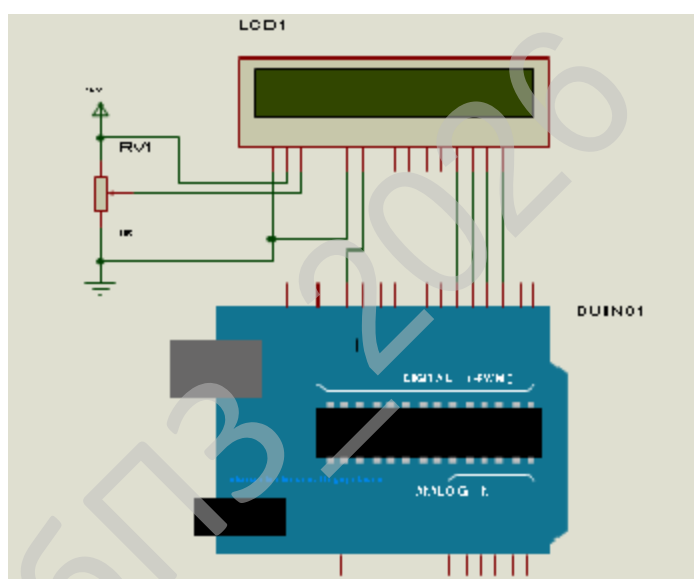


Рисунок 3.6 – Схема підключення РКІ-модуля LM016L до плати Arduino Uno

Цифровий датчик вологості і температури серії SHT

На сучасному ринку електронних компонентів доступний великий вибір датчиків температури та вологості. Вони відрізняються між собою основними характеристиками, зокрема чутливістю до змін температури й вологості, робочою напругою живлення та розмірами. Одними з найпоширеніших є датчики серій SHT1x та SHT7x компанії Sensirion, які відзначаються високою точністю вимірювання цих параметрів.

Датчики серій SHT1x і SHT7x оснащені цифровим інтерфейсом та постачаються вже відкаліброваними. Кожен сенсорний елемент поєднує в одному корпусі вимірювач температури і вологості. Вони забезпечують вимірювання відносної вологості в діапазоні 0...100% і температури від -40°C до $+120^{\circ}\text{C}$. Завдяки високій точності такі датчики широко застосовуються у системах контролю мікроклімату у виробничих приміщеннях.

На рисунку 3.7 показані датчики вологості серії SHTxx, а також модулі, створені на їх основі.

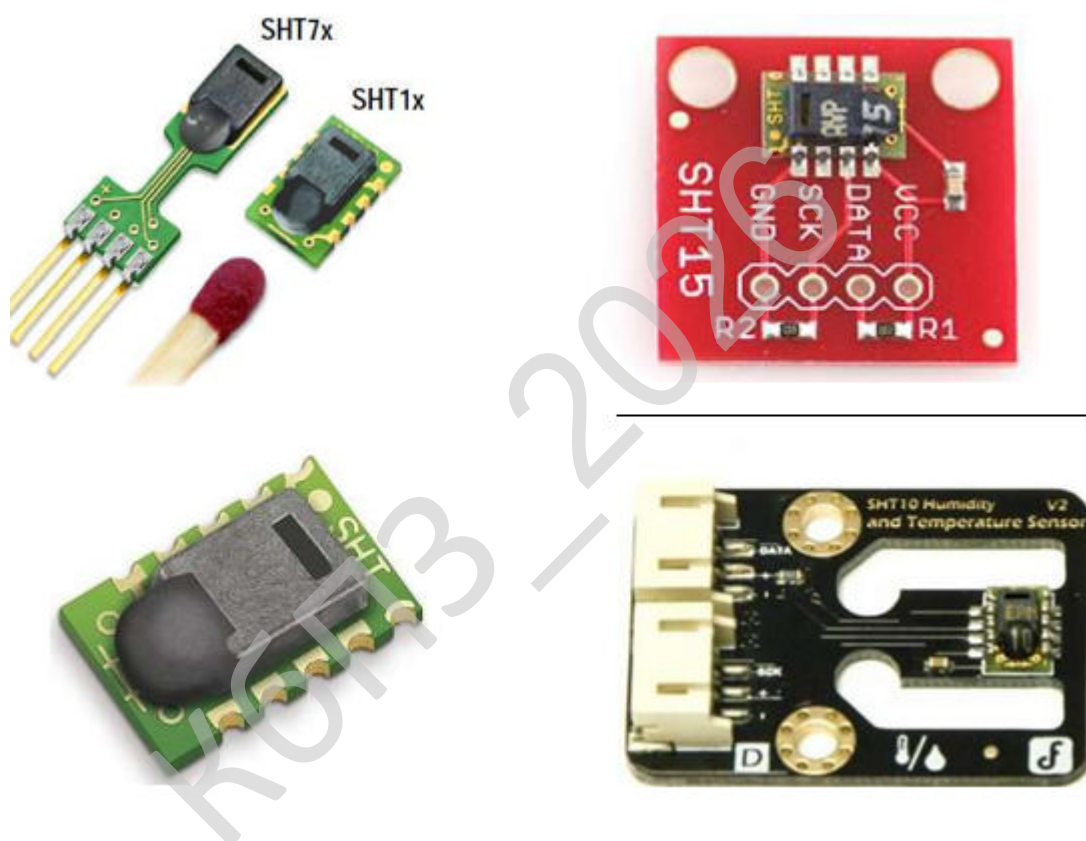


Рисунок 3.7 - Датчики вологості-температури серії SHTxx (SHT10, SHT11, SHT15, SHT75) та модулі на їх основі

В таблиці 3.2 представлені характеристики датчиків SHTxx.

Таблиця 3.2 Характеристики датчиків вологості-температури серії SHTxx

Назва датчика	Точність при вимірюванні вологості (%RH)	Точність при вимірюванні температури (K)
SHT11	+/- 3,0	+/- 0,4
SHT15	+/- 2,0	+/- 0,3
SHT71	+/- 3,0	+/- 0,4
SHT75	+/- 1,8	+/- 0,3

Для визначення рівня вологості застосовується спеціальний ємнісний полімерний сенсорний елемент. Кожен датчик проходить заводське калібрування, а відповідні калібрувальні коефіцієнти зберігаються у його внутрішній пам'яті.

Датчики серії SHTxx мають вбудований 14-розрядний аналого-цифровий перетворювач, який використовується для оцифровування значень відносної вологості та температури.

Крім того, сенсори оснащені двопровідним цифровим інтерфейсом, подібним до I2C, що спрощує їх підключення до мікроконтролерних систем. Типові варіанти підключення модулів SHTxx наведені на рисунку 3.8.

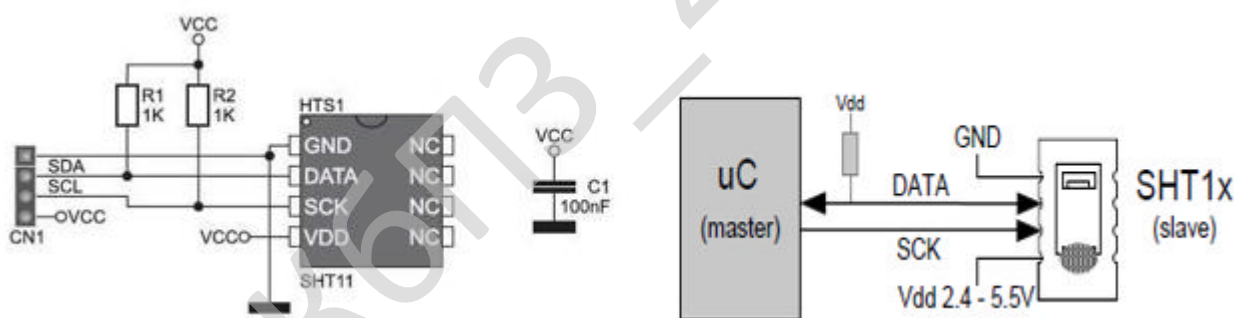


Рисунок 3.8 - Схеми підключення модулів датчиків SHTxx

Для функціонування датчиків необхідна напруга живлення в межах 2,4-5,5В. Контакт SCK використовується для синхронізації процесу передавання даних між сенсором і мікроконтролером. Контакт DATA слугує для двонаправленого обміну інформацією з мікроконтролером.

Для стабільної роботи лінії DATA рекомендується застосовувати підтягуючий резистор опором 1...10 кОм, який забезпечує встановлення логічної «1» на шині.

Ініціалізація обміну через інтерфейс I2C відбувається таким чином: лінія DATA переходить у стан логічного нуля, поки SCK перебуває у стані логічної одиниці, після чого DATA повертається до логічної одиниці з наступним імпульсом SCK (докладніше див. рис. 3.9).

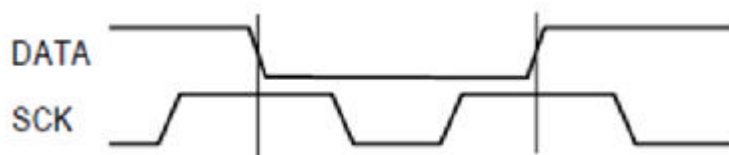


Рисунок 3.9 - Ініціалізації обміну по інтерфейсу I2C

3.2 Розробка структурної схеми

Структурна схема являє собою сукупність об'єктів, їхніх складових частин та взаємозв'язків між ними. Вона використовується для відображення загальної структури системи, включаючи її основні блоки, вузли та ключові зв'язки.

Основні функціональні блоки системи

1) Блок

датчиків

Призначений для вимірювання параметрів мікроклімату:

- датчик температури;
- датчик відносної вологості;
- датчик задимленості;
- датчик загазованості (метан, СО, інші шкідливі гази).

Датчики перетворюють фізичні параметри середовища у електричні сигнали, які подаються на мікроконтролер.

2) Мікроконтролерний блок (ATmega328)

Центральний елемент системи, що виконує:

- опитування датчиків;
- аналого-цифрове перетворення сигналів;
- обробку та аналіз виміряних значень;

- порівняння з допустимими нормами;
- формування сигналів керування та попередження.

3) Блок індикації

Відображає поточні параметри мікроклімату та стан системи:

- LCD-дисплей 16×2 або інший індикатор;
- світлодіодні індикатори стану;
- відображення аварійних повідомлень.

4) Блок сигналізації

Призначений для оповіщення про перевищення допустимих норм:

- звуковий сигналізатор (бузер);
- світлова аварійна індикація.

5) Блок зв'язку (за потреби)

Забезпечує передачу даних на зовнішні пристрої:

- UART / USB;
- бездротовий модуль (Bluetooth, Wi-Fi, GSM);
- підключення до комп'ютера або системи диспетчеризації.

6) Блок живлення

Забезпечує стабільне живлення всіх компонентів системи:

- мережевий або автономний блок живлення;
- стабілізатор напруги 5 В;

На рисунку 3.10 зображено структурну схему запропонованої системи.

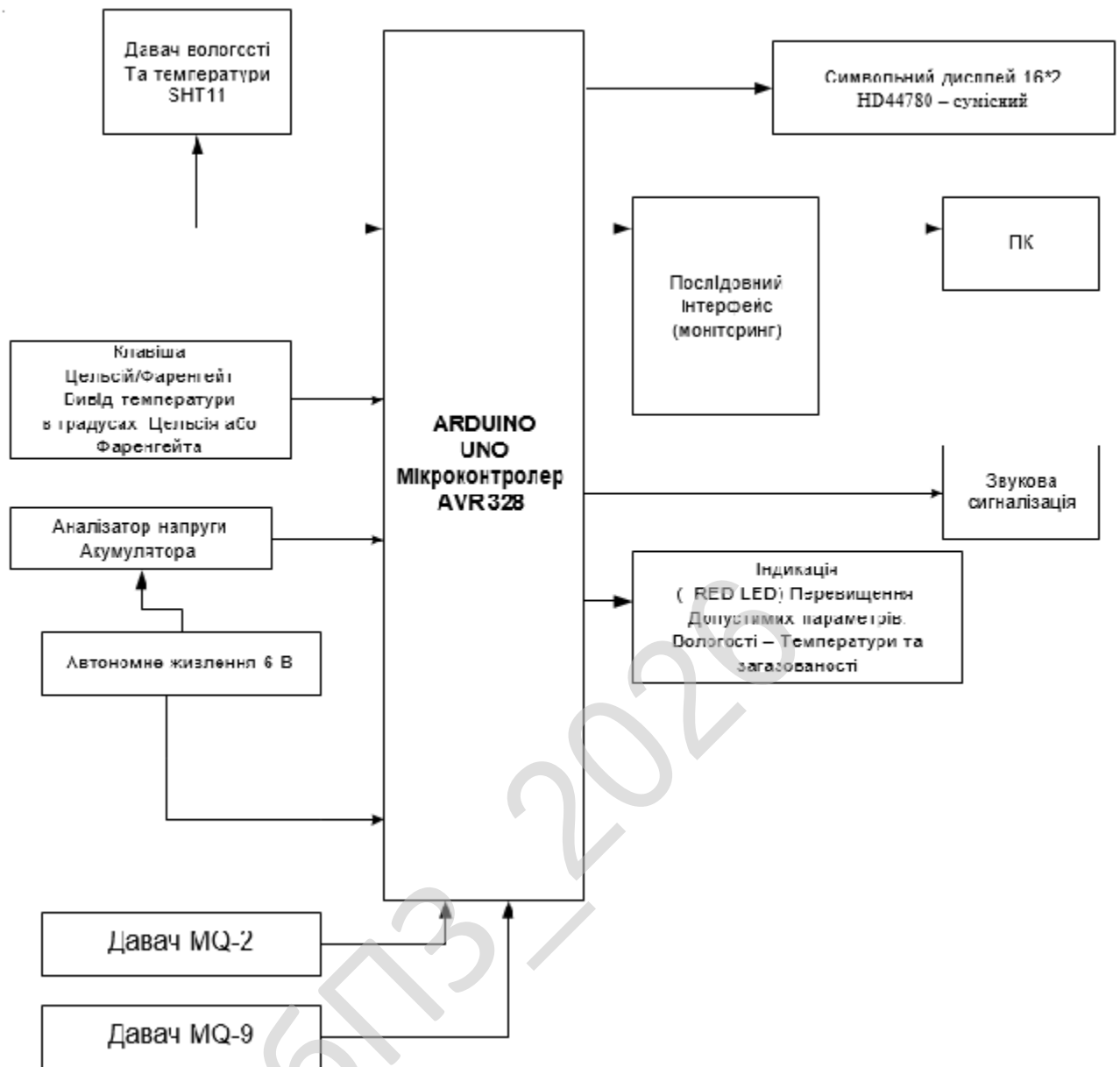


Рисунок 3.10 - Структурна схема системи

3.3 Розробка функціональної схеми

Функціональна схема системи моніторингу параметрів мікроклімату виробничого приміщення призначена для збору, обробки, відображення та передачі інформації про основні параметри повітряного середовища. Система побудована на базі мікроконтролера ATmega328, який виконує центральну роль у керуванні всіма функціональними блоками.

Блок датчиків

Блок датчиків здійснює вимірювання фізичних параметрів середовища. До його складу входять:

- датчик температури;
- датчик відносної вологості;
- датчик задимленості;
- датчик загазованості.

Датчики перетворюють фізичні величини у електричні сигнали, що надходять до мікроконтролера для подальшої обробки.

Блок обробки даних (мікроконтролер ATmega328)

Мікроконтролер виконує такі функції:

- опитування датчиків;
- аналого-цифрове перетворення сигналів;
- обробку та фільтрацію даних;
- порівняння отриманих значень із пороговими;
- формування сигналів керування;
- передавання інформації на блок індикації та зв'язку.

Блок індикації

Блок індикації призначений для відображення поточних значень параметрів мікроклімату та стану системи. Інформація може відображатися на LCD-дисплеї 16×2 або іншому індикаторі. У разі аварійних ситуацій виводяться попереджувальні повідомлення.

Блок сигналізації

Блок сигналізації активується при перевищенні допустимих норм параметрів мікроклімату.

До його складу входять:

- звуковий сигналізатор (бузер);
- світлодіодна індикація аварійного стану.

Блок зв'язку

Блок зв'язку забезпечує передачу даних на зовнішні пристрої або систему диспетчеризації.

Може використовуватися інтерфейс UART, USB або бездротові модулі (Wi-Fi, Bluetooth, GSM).

Блок живлення

Блок живлення забезпечує стабільне електроживлення всіх компонентів системи.

Включає джерело живлення, стабілізатор напруги та фільтри для зменшення перешкод.

Принцип роботи системи

Датчики вимірюють параметри середовища та передають сигнали до мікроконтролера.

Контролер обробляє отримані дані, порівнює їх із встановленими порогоми та передає результати на блок індикації. У разі перевищення допустимих значень активується блок сигналізації. За наявності блоку зв'язку дані передаються на зовнішні пристрої моніторингу.

На рисунку 3.11 зображено функціональну схему системи.

СИСТЕМА МОНИТОРИНГУ ПАРАМЕТРІВ МІКРОКЛІМАТУ У ВИРОБНИЧИХ ПРИМІЩЕННЯХ

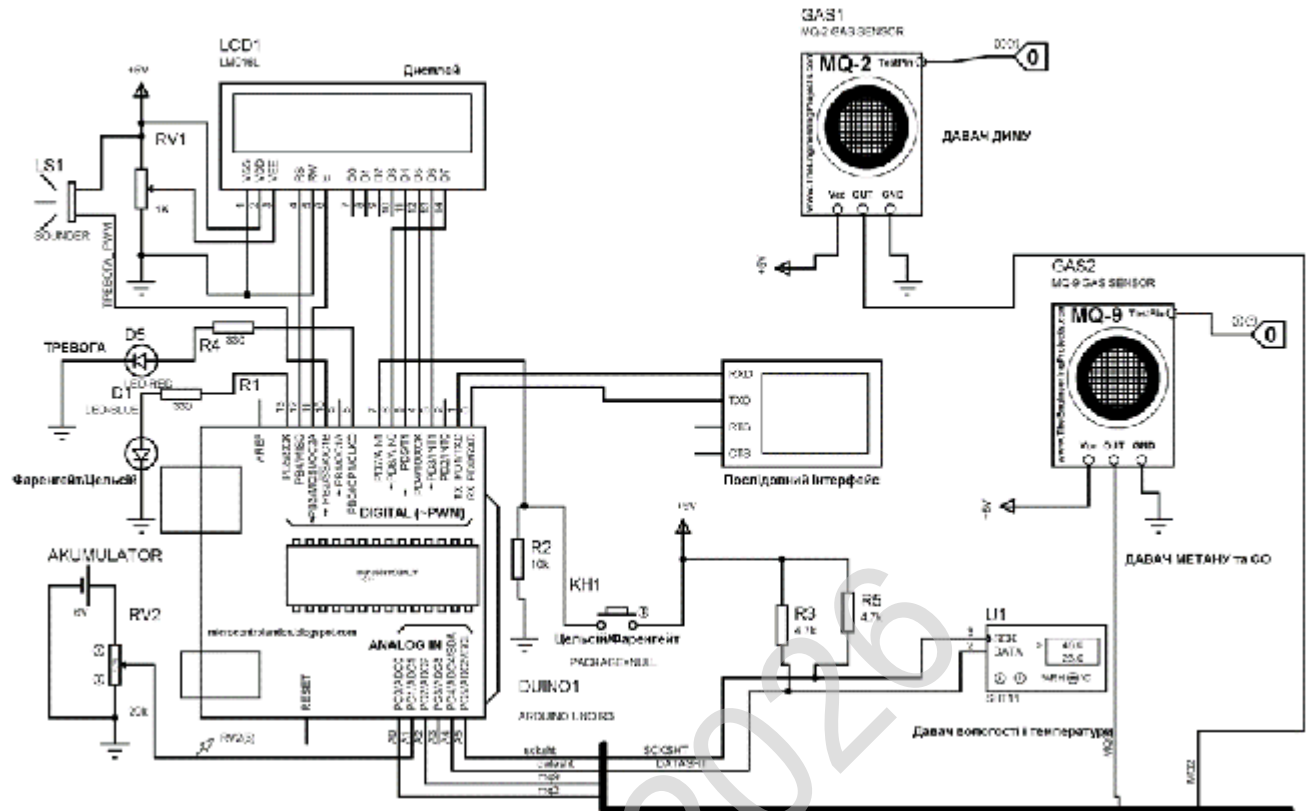


Рисунок 3.11 - Функціональна схема системи керування

3.4 Розробка діаграми процесів

Діаграма, що ілюструє взаємодію процесів у розробленій системі, створеній у межах випускної бакалаврської кваліфікаційної роботи, представлена на рисунку 3.12.

Діаграма процесів відображає послідовність виконання основних операцій програмного забезпечення системи моніторингу параметрів мікроклімату на базі мікроконтролера ATmega328. Вона описує логіку функціонування системи від моменту запуску до безперервного циклічного контролю параметрів середовища.

Основні процеси системи

Ініціалізація системи

Після подачі живлення виконується налаштування мікроконтролера:

- конфігурація портів вводу/виводу;
- ініціалізація датчиків;
- запуск АЦП;
- ініціалізація дисплея та інтерфейсів зв'язку;
- встановлення початкових порогових значень.

Зчитування даних з датчиків

Система виконує опитування датчиків температури, вологості, задимленості та загазованості. Аналогові сигнали подаються на АЦП мікроконтролера.

Обробка та фільтрація даних

Виконується перетворення сигналів у фізичні величини, усереднення показів, цифрова фільтрація шумів та підготовка даних до аналізу.

Аналіз параметрів

Отримані значення порівнюються з допустимими нормами. Визначається стан системи:

- нормальний режим;
- попередження;
- аварійний стан.

Відображення інформації

Поточні значення температури, вологості та стан системи відображаються на LCD-дисплеї. У разі аварії виводиться відповідне повідомлення.

Сигналізація

При перевищенні порогових значень активується звуковий сигналізатор і світлова індикація.

Передача даних

Дані передаються через інтерфейс зв'язку (UART / Wi-Fi / USB) на комп'ютер або систему диспетчеризації.

Повторення циклу

Після завершення всіх операцій система повертається до процесу

					ВКРБ-123.26.0036.00.00.ПЗ	Арк.
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		51

зчитування даних, забезпечуючи безперервний моніторинг.

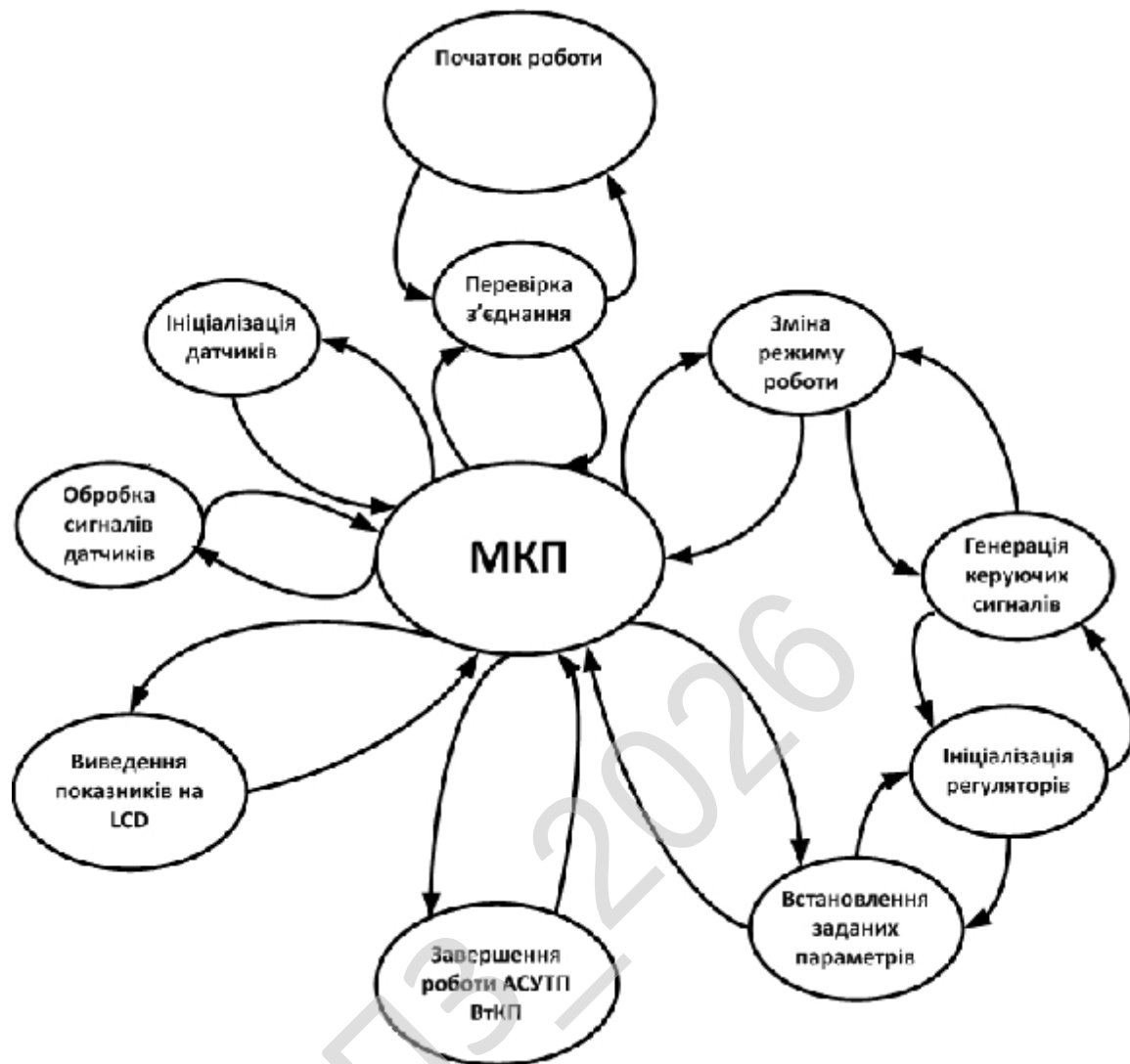


Рисунок 3.12 – Діаграма взаємодії процесів

Отже, після аналізу опису системи, структурної та функціональної схем, а також діаграми взаємодії процесів, переходимо до опису блок-схем основної програми та підпрограм, що використовуються для реалізації системи.

4 РЕАЛІЗАЦІЯ ПРОЕКТУ. РОЗРАХУНКИ І ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНІ ДАНІ, ЩО ПІДТВЕРДЖУЮТЬ ПРАВИЛЬНІСТЬ ПРОЕКТНИХ РІШЕНЬ

4.1 Розробка блок-схем та опис алгоритмів функціонування системи

Апаратно-програмне забезпечення

На рисунку 4.1 показано апаратну частину системи, призначеної для контролю температури та вологості у виробничих приміщеннях. Основним елементом цієї системи є датчик вологості SHT11.

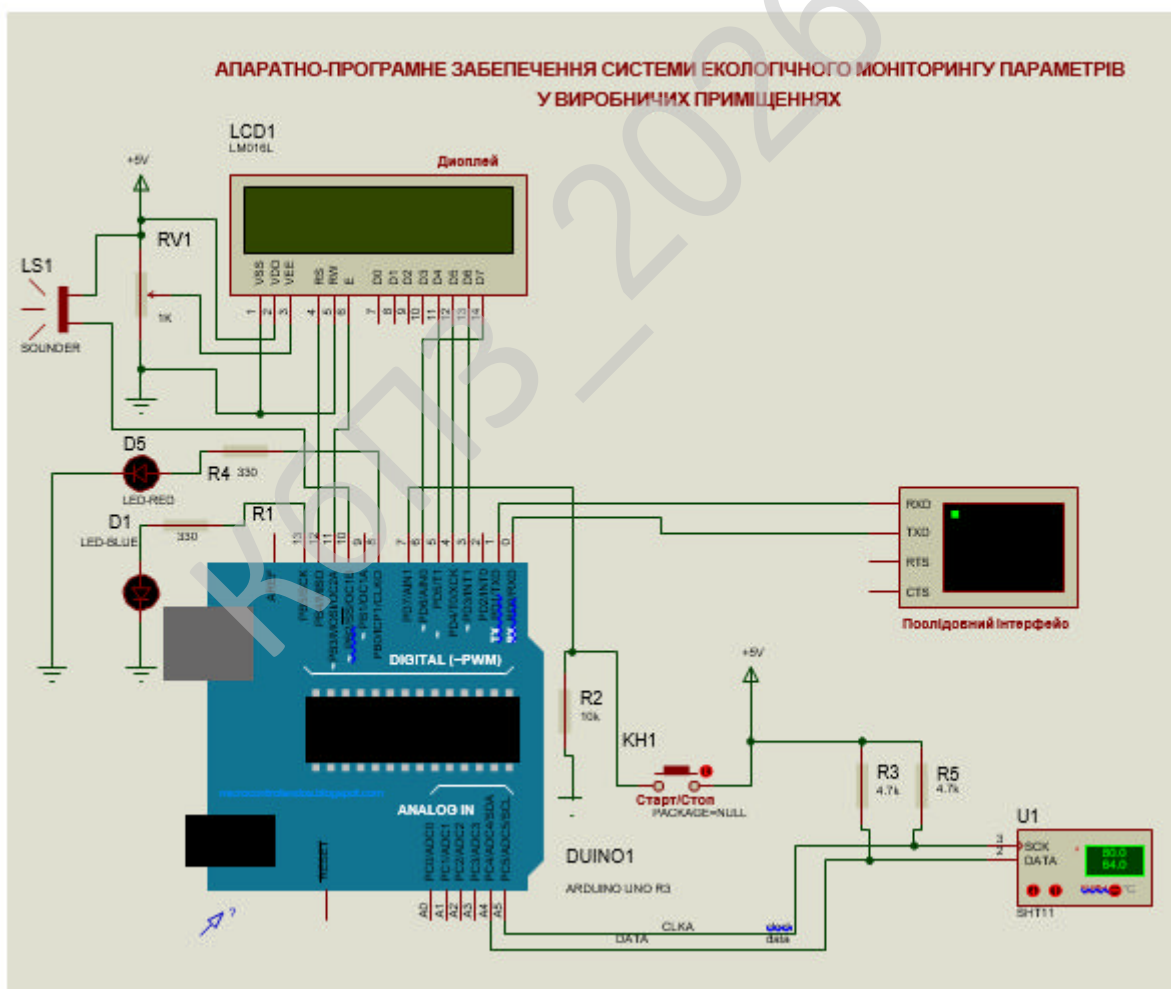


Рисунок 4.1 - Схема підключення датчика вологості і температури SHT11 до Arduino Uno

Давачі газів серії MQ

Для контролю параметрів мікроклімату у виробничих приміщеннях було розроблено апаратну систему на базі плати Arduino Uno. До її складу також входять датчики серії MQ, призначені для визначення концентрації шкідливих газів.

Газові сенсори серії MQ є доступними та широко використовуваними пристроями, здатними виявляти різні гази, що можуть бути присутніми у виробничому середовищі. Для плат Arduino випускаються готові модулі, які містять сенсор MQ разом із необхідною інтерфейсною електронікою (див. рис. 4.2).



Рисунок 4.2 - Давач газів та диму MQ-2 та модуль на його основі

Рівень концентрації газу визначається за значенням вихідної напруги сенсора: її збільшення вказує на підвищення концентрації, а зменшення — на її зниження. Живлення модуля здійснюється через виводи VCC (+5 V) і GND (земля).

Для зчитування інформації передбачено два виходи: аналоговий AOUT, який підключається до аналогового входу плати Arduino для отримання безперервного сигналу, та цифровий DOUT, що з'єднується з цифровим входом мікроконтролера.

Інтерфейсна частина модуля побудована на компараторі LM393 і містить регульовальний потенціометр. За допомогою потенціометра встановлюється поріг спрацювання компаратора, який визначає стан цифрового виходу DOUT

(логічний «1» або «0») залежно від рівня сигналу з сенсора. Детальні технічні характеристики окремих датчиків серії MQ наведені в таблиці 4.1.

Таблиця 4.1 - Характеристики деяких давачів газів MQ

Датчик MQ	Сполуки, які здатен виявляти
MQ-2	Дим та газ, що виникають при горінні
MQ-4	Метан (CH ₄)
MQ-9	Чадний газ, метан, природний газ (пропан або бутан)
MQ131	Озон
MQ135	Пари алкоголю, бензол, дим
MQ137	Аміак
MQ138	Алкоголь, ацетон, бензол, пропан, толуол

На рисунку 4.3 наведено функціональну схему апаратної частини системи контролю екологічних параметрів мікроклімату, зокрема рівня забруднення повітря. Вона ілюструє процес вимірювання концентрації шкідливих газів за допомогою модулів MQ-9 та MQ-2.

Система здійснює безперервний моніторинг вмісту небезпечних газів у повітрі. У штатному режимі, коли шкідливі гази відсутні або їх концентрація не перевищує допустимі значення, на РК-дисплей виводиться відповідне інформаційне повідомлення.

У разі перевищення гранично допустимого рівня концентрації газів система переходить у режим тривоги: вмикається червоний світлодіод, активується зумер, на РК-дисплеї з'являється попередження про небезпеку, а також через послідовний порт передається тривожне повідомлення.

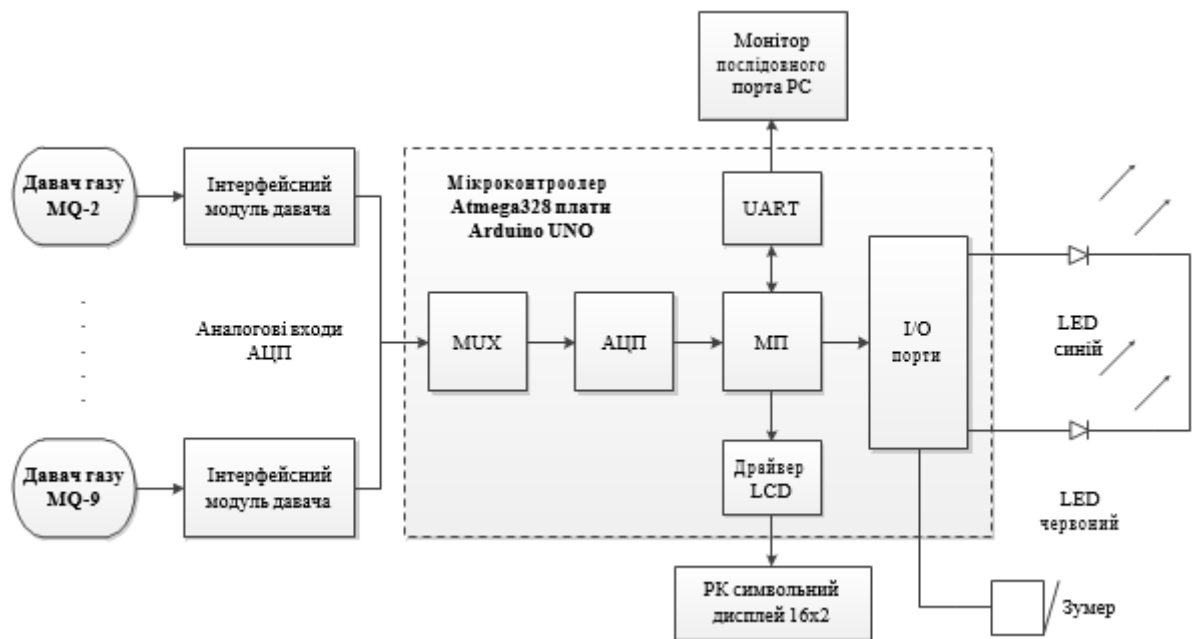


Рисунок 4.3 - Функціональна схема виявлення шкідливих газів у системі моніторингу мікроклімату виробничих приміщень.

Рисунок 4.4 демонструє модель системи в Proteus ISIS.

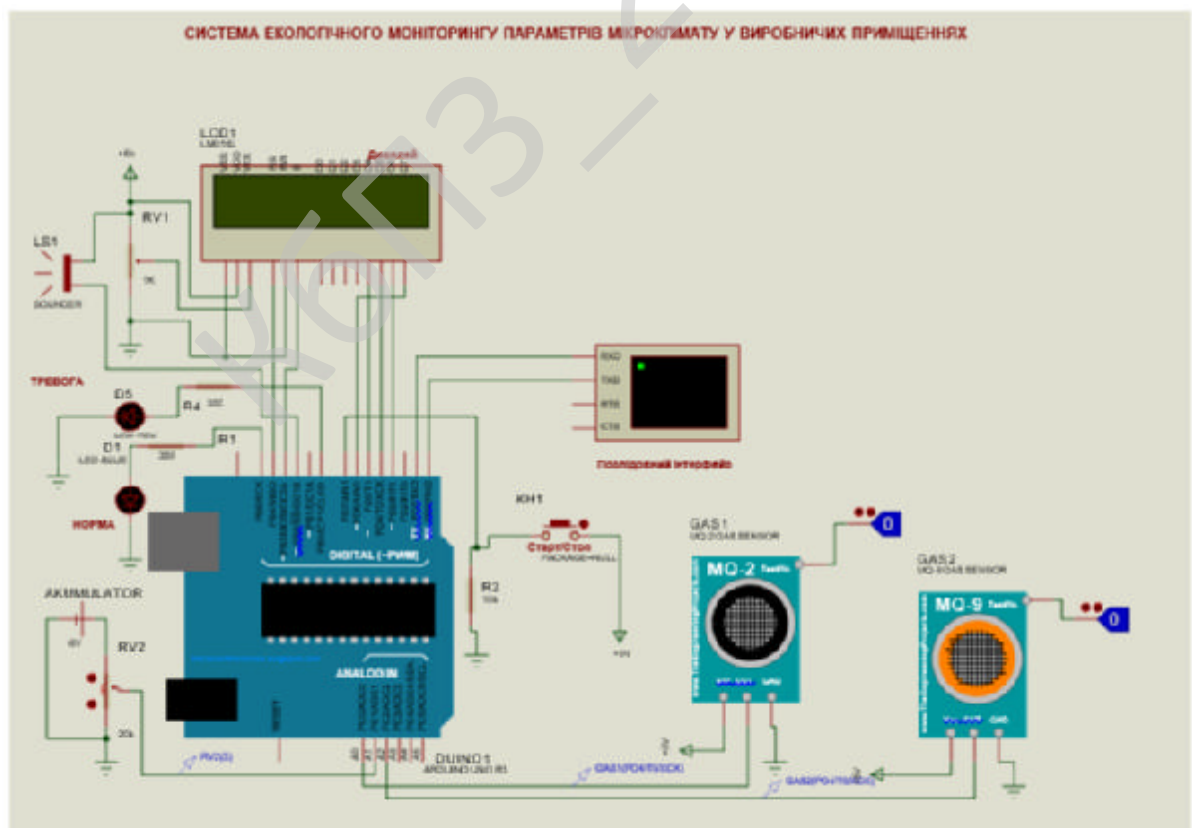


Рисунок 4.4 - Модель системи моніторингу шкідливих газів у середовищі Proteus ISIS

Датчики газу серії MQ обладнані компактним нагрівальним елементом і чутливим сенсорним елементом. Вони реагують на широкий спектр газів і призначені для використання в приміщеннях при кімнатній температурі. За потреби датчики можна відкалібрувати для виявлення заданої концентрації конкретних газів.

Схему підключення сенсора наведено на рисунку 4.5. Під час монтажу рекомендується з'єднати між собою обидва виводи з маркуванням «А», а також обидва виводи з маркуванням «В».

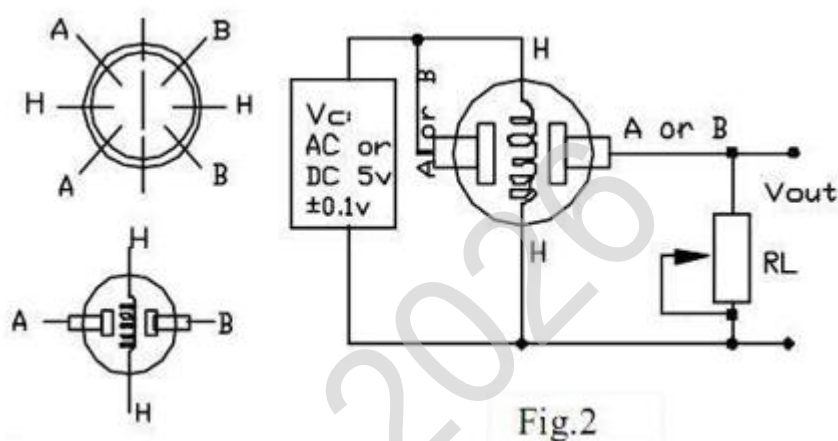


Рисунок 4.5 - Схема підключення датчика газу серії MQ

На рисунку 4.5 показано, що нагрівальний елемент живиться від напруги +5 В і підключений до обох виводів «А». Змінний резистор виконує функцію навантаження та дає змогу підібрати потрібне значення опору, хоча на практиці його зазвичай замінюють постійним резистором. Вихід Vout використовується для підключення до аналогового входу плати Arduino.

Сенсор диму MQ-2 здатний виявляти дим і широкий спектр горючих та легкозаймистих газів, зокрема LPG, бутан, пропан, метан, алкоголь і водень. Опір сенсорного елемента змінюється залежно від типу та концентрації газу. Модуль датчика оснащений потенціометром, за допомогою якого регулюється чутливість цифрового виходу D0, що дозволяє встановити необхідний рівень спрацювання під час виявлення газу.

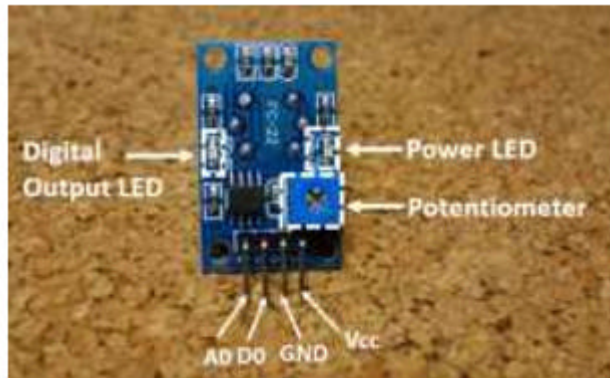


Рисунок 4.6 - Інтерфейсний модуль для давача диму і газу серії MQ



Рисунок 4.7 - Рівень напруги на виході давача залежить від концентрації газу

Спряження давача диму і газу MQ-2 з платою Arduino

Таблиця 4.2 - Спряження давача диму і газу MQ-2 з платою Arduino

Назва піну	Підключення до плати Arduino
Аналоговий вихід A0	Аналогові входи
Цифровий вихід D0	Цифрові входи
Земля GND	GND
Живлення VCC	5 V

Проектування системи моніторингу параметрів мікроклімату виробничих приміщень в Proteus ISIS

Розроблювана система контролю параметрів мікроклімату у виробничих приміщеннях призначена для вимірювання вологості, температури та рівня загазованості повітря. Вона здійснює обробку отриманих даних, передає їх на персональний комп'ютер через послідовний порт, а також подає сигнал тривоги у разі перевищення допустимих значень зазначених параметрів. Система включає апаратну та програмну складові. До апаратної частини входять такі елементи:

- модуль заряджання акумулятора;
- датчик температури та вологості SHT11;
- газові сенсори MQ-2 і MQ-9;
- плата Arduino Uno з мікроконтролером AVR ATmega328P;
- модуль відображення інформації;
- засоби звукової та світлової сигналізації;
- кнопка «старт–стоп» для вибору режиму відображення температури (у градусах Цельсія або Фаренгейта) у послідовному порту мікроконтролера та на РК-дисплеї.

Живлення системи моніторингу здійснюється від акумулятора напругою 6 В і ємністю 1,2 А·год. Заряджання акумулятора виконується за допомогою спеціального модуля (див. рис. 4.7). На вхід AC1–AC2 подається змінна напруга в межах 10–18 В, яка випрямляється діодним мостом BR1.

Після випрямлення напруга подається на DC–DC перетворювач U1, де стабілізується на рівні 6,8 В, що забезпечує ефективний процес заряджання акумулятора.

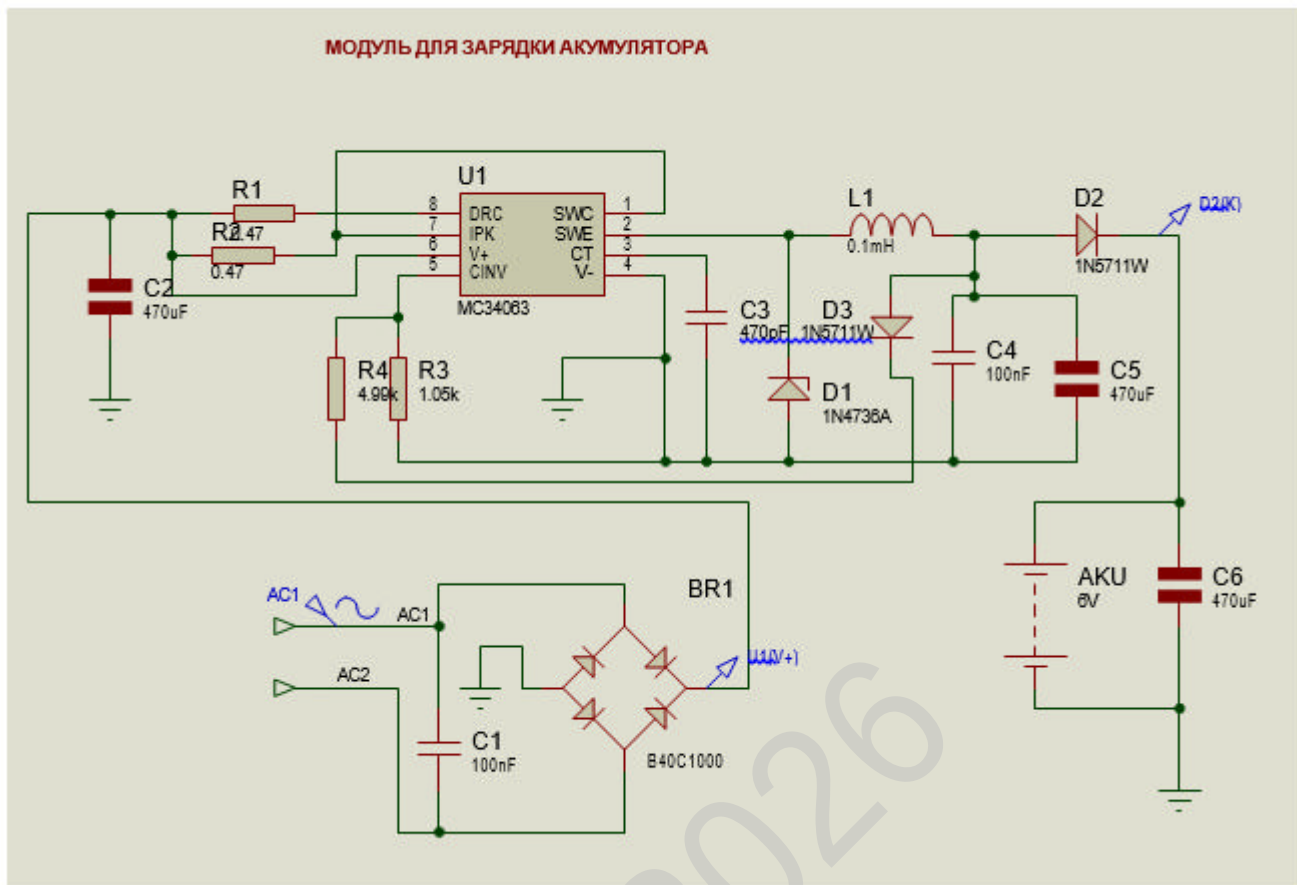


Рисунок 4.8 – Модуль для зарядки акумулятора

Плата Arduino Uno з мікроконтролером AVR ATmega328P є центральним елементом обробки даних у даній системі. Вона приймає сигнали від датчиків SHT11, MQ-2 і MQ-9, відображає необхідну інформацію на рідкокристалічному дисплеї, передає дані на комп'ютер через послідовний інтерфейс, а також керує звуковою та світловою сигналізацією.

На рисунку 4.9 наведено електричну схему системи контролю параметрів мікроклімату у виробничих приміщеннях. Система забезпечує безперервне вимірювання вологості, температури та рівня загазованості, відображає результати на РК-дисплеї та передає їх на ПК через послідовний порт.

У разі відхилення екологічних параметрів від заданих норм активується сигнал тривоги: вмикається звуковий індикатор (зумер LS1) і починає блимати червоний світлодіод «Тривога».

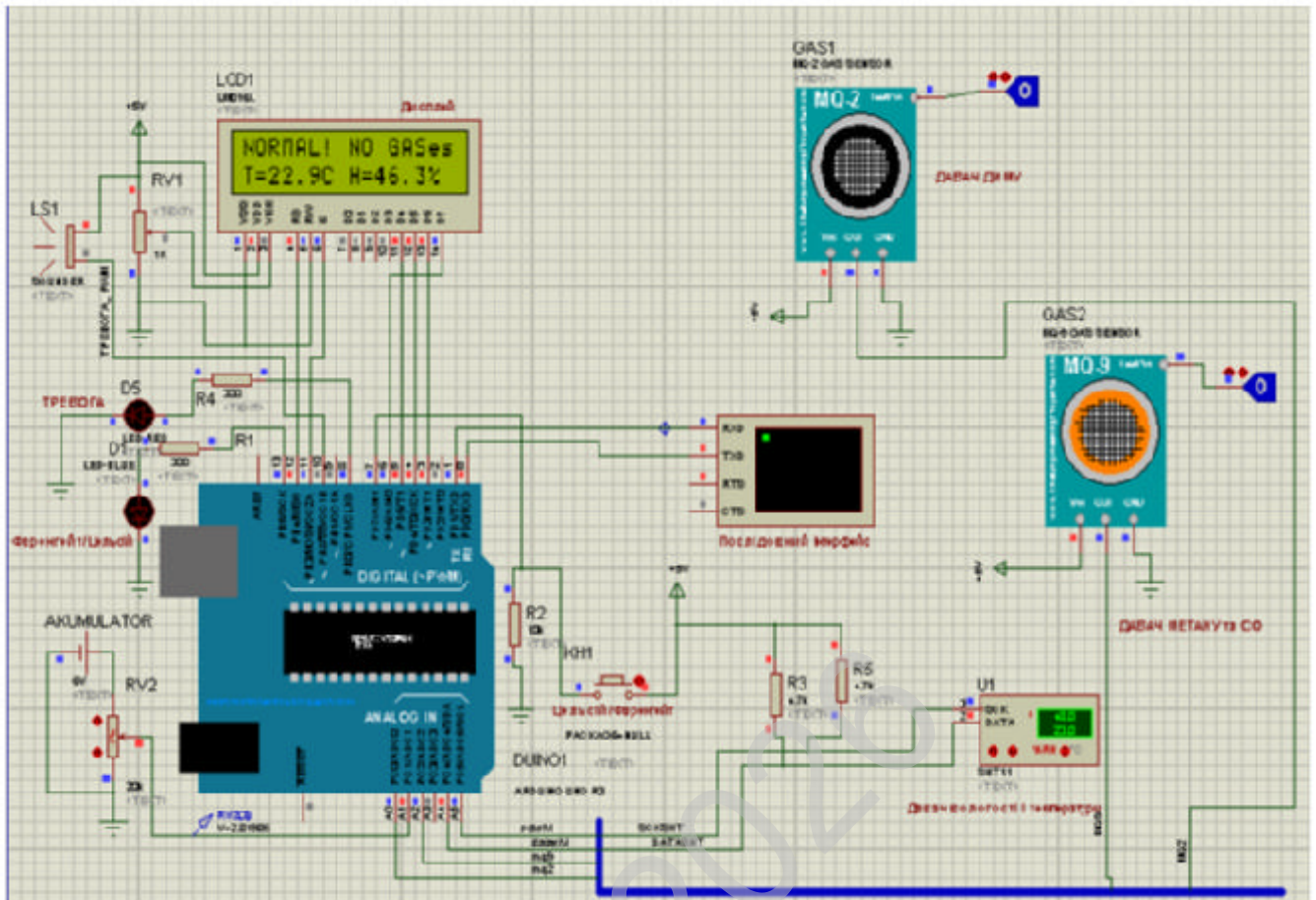


Рисунок 4.9 - Схема системи моніторингу параметрів мікроклімату виробничих приміщень на платформі Arduino Uno (спроектовано в Proteus ISIS)

На РК-дисплеї постійно відображаються основні параметри: рівень вологості, поточна температура та концентрація небезпечних газів у приміщенні. Для перемикавання відображення температури у шкалу Фаренгейта користувач повинен натиснути кнопку КН1 «Цельсій–Фаренгейт». Після цього засвічується синій світлодіод LED1, що сигналізує про відображення температури у Фаренгейтах. Повторне натискання кнопки вимикає LED1, при цьому температура на дисплеї продовжує показуватися у Фаренгейтах.

Для забезпечення коректної роботи системи здійснюється контроль рівня заряду акумулятора, який вимірюється через аналоговий вхід А1 плати Arduino Uno.

Програмне забезпечення розроблялося в середовищі Arduino IDE із використанням стандартних бібліотек. Компіляція, завантаження програми на

мікроконтролер Arduino Uno, а також моделювання роботи системи виконувалися за допомогою інструментів Arduino IDE та Proteus ISIS.

Алгоритм функціонування системи моніторингу параметрів мікроклімату виробничих приміщень

Алгоритм визначає послідовність роботи програмного забезпечення системи на базі мікроконтролера ATmega328, забезпечуючи безперервний контроль температури, вологості, рівня загазованості та задимленості у виробничому приміщенні.

1. Пуск системи

Після подачі живлення мікроконтролер переходить у режим ініціалізації.

2. Ініціалізація обладнання

Виконується:

- налаштування тактової частоти мікроконтролера;
- конфігурація портів вводу/виводу;
- ініціалізація датчиків температури, вологості, газу та диму;
- запуск АЦП;
- ініціалізація LCD-дисплея;
- ініціалізація інтерфейсу зв'язку (UART / Wi-Fi / USB);
- встановлення порогових значень параметрів;
- перевірка працездатності системи.

3. Основний цикл роботи

Система працює у безперервному циклі, що включає такі етапи:

3.1. Зчитування даних з датчиків

- вимірювання температури;
- вимірювання відносної вологості;
- вимірювання рівня загазованості;
- вимірювання рівня задимленості.

3.2. Перетворення та обробка даних

- аналого-цифрове перетворення сигналів;
- фільтрація шумів;

- усереднення значень;
- перетворення у фізичні одиниці.

3.3. Аналіз параметрів

- порівняння отриманих значень із заданими порогами;
- визначення режиму роботи:
- нормальний;
- попередження;
- аварійний.

3.4. Реакція системи

Нормальний режим:

- відображення параметрів на дисплеї;
- передача даних у систему моніторингу.

Попередження:

- індикація перевищення порогу;
- запис/передача попереджувального повідомлення.

Аварійний режим:

- активація звукової сигналізації;
- вмикання світлової індикації;
- передача аварійного сигналу;
- (за потреби) керування вентиляцією або виконавчими пристроями.

3.5. Відображення інформації

На дисплеї відображаються:

- температура;
- вологість;
- стан системи;
- повідомлення про аварії.

3.6. Передача даних

Передача параметрів та стану системи через інтерфейс зв'язку на

					ВКРБ-123.26.0036.00.00.ПЗ	Арк.
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		63

комп'ютер або систему диспетчеризації.

3.7. Затримка та повтор циклу

Після короткої затримки система повертається до етапу зчитування даних.

4. Завершення роботи

Система працює безперервно. Завершення можливе лише при вимкненні живлення або перезапуску.

Алгоритм функціонування системи наведено на рисунку 4.10 (а,б)

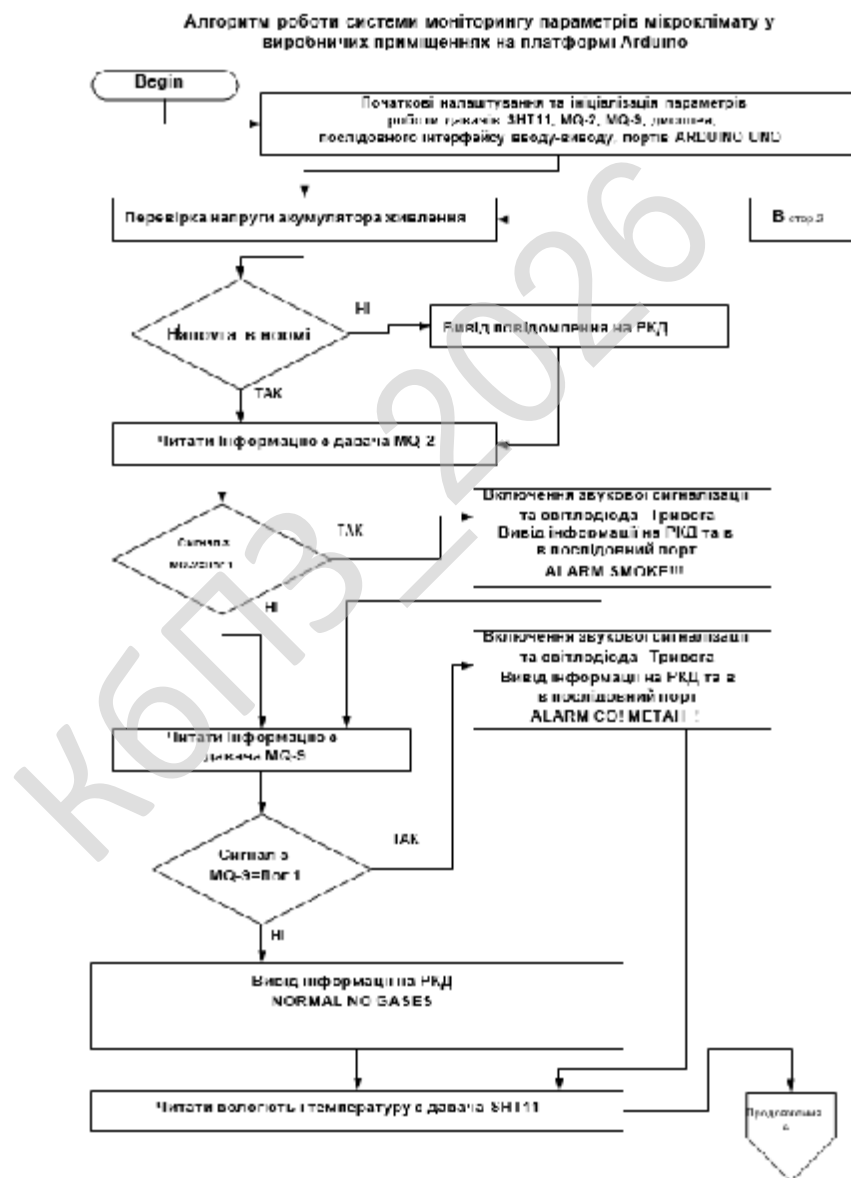


Рисунок 4.10 (а) - Алгоритм функціонування системи моніторингу параметрів мікроклімату виробничих приміщень

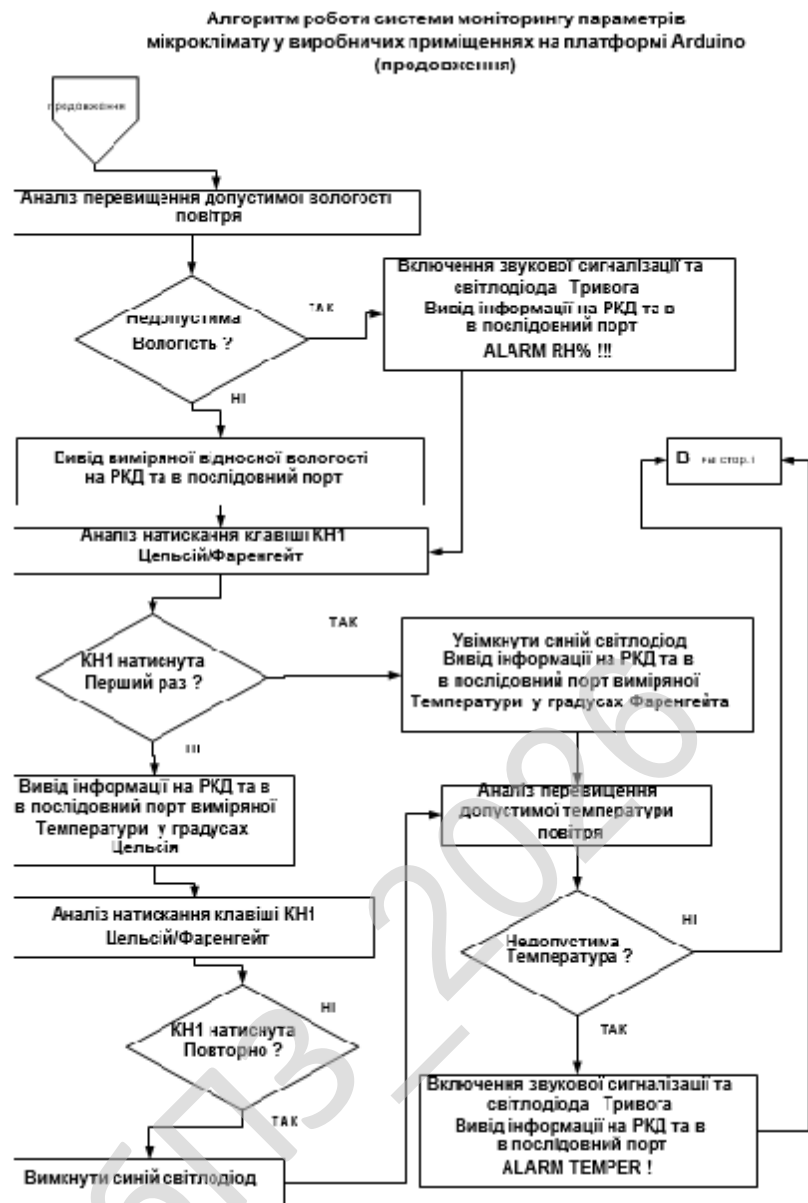


Рисунок 4.10 (б) - Алгоритм функціонування системи моніторингу параметрів мікроклімату виробничих приміщень

Висновки до розділу

Розділ присвячено апаратній частині системи моніторингу параметрів мікроклімату у виробничих приміщеннях, створеної на базі платформи Arduino. У ньому наведено детальний опис компонентів, використаних для побудови апаратного забезпечення системи. Серед них: плата Arduino Uno R3 з мікроконтролером ATmega328P-PU, рідкокристалічний дисплей WH1602B-YGK-СТК, цифровий датчик температури та вологості Sensirion SHT11, а також газові

сенсори MQ-2 і MQ-9.

Крім цього, у розділі подано загальну структурну схему та віртуальну модель системи моніторингу, розроблену в середовищі Proteus ISIS.

К6ПЗ_2026

					ВКРБ-123.26.0036.00.00.ПЗ	Арк.
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		66

5 ВПРОВАДЖЕННЯ СИСТЕМИ В ПРОМИСЛОВУ ЕКСПЛУАТАЦІЮ

Програмна реалізація робочого алгоритму системи моніторингу параметрів мікроклімату виробничих приміщень

Лістинг програми, що реалізує робочий алгоритм системи моніторингу параметрів мікроклімату у виробничих приміщеннях наведено в додатку.

Після компіляції програми для платформи Arduino Uno з мікроконтролером ATmega328P (сімейство AVR) у середовищі Arduino IDE формується файл із розширенням *.hex*, який надалі завантажується у мікроконтролер. Перевірка працездатності розробленої цифрової схеми та тестування прошивки виконуються у середовищі моделювання Proteus ISIS.

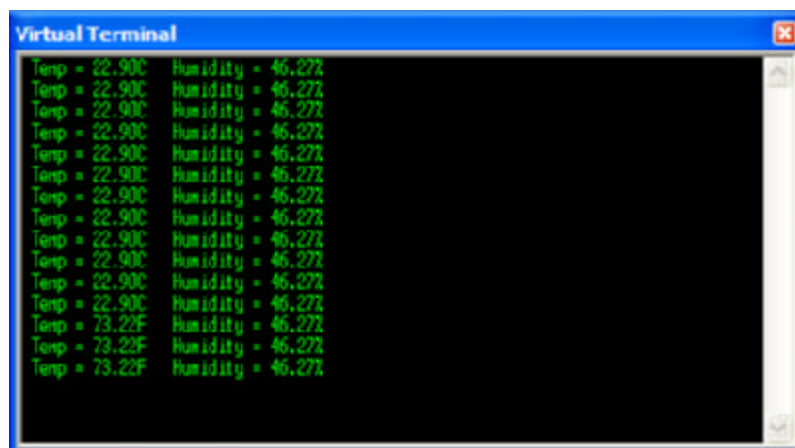
Proteus VSM є потужним засобом для моделювання та налагодження складних електронних систем, зокрема пристроїв із кількома мікроконтролерами різних архітектур. Нижче подано ілюстрації, що відображають процес моделювання роботи спроектованого цифрового пристрою.

Proteus VSM - це система автоматизованого проєктування електронних схем, розроблена компанією *Labcenter Electronics* (Велика Британія). Вона забезпечує моделювання функціонування програмованих пристроїв, включаючи платформи Arduino, мікроконтролери, мікропроцесори та DSP. Пакет Proteus VSM складається з двох основних модулів: ISIS - для створення та моделювання електронних схем, і ARES - для проєктування друкованих плат (PCB).

У робочому режимі рідкокристалічний дисплей відображає основні параметри: рівень загазованості, температуру та вологість. Синій світлодіод D1 виконує функцію індикатора, що сигналізує про відображення температури у градусах Фаренгейта.

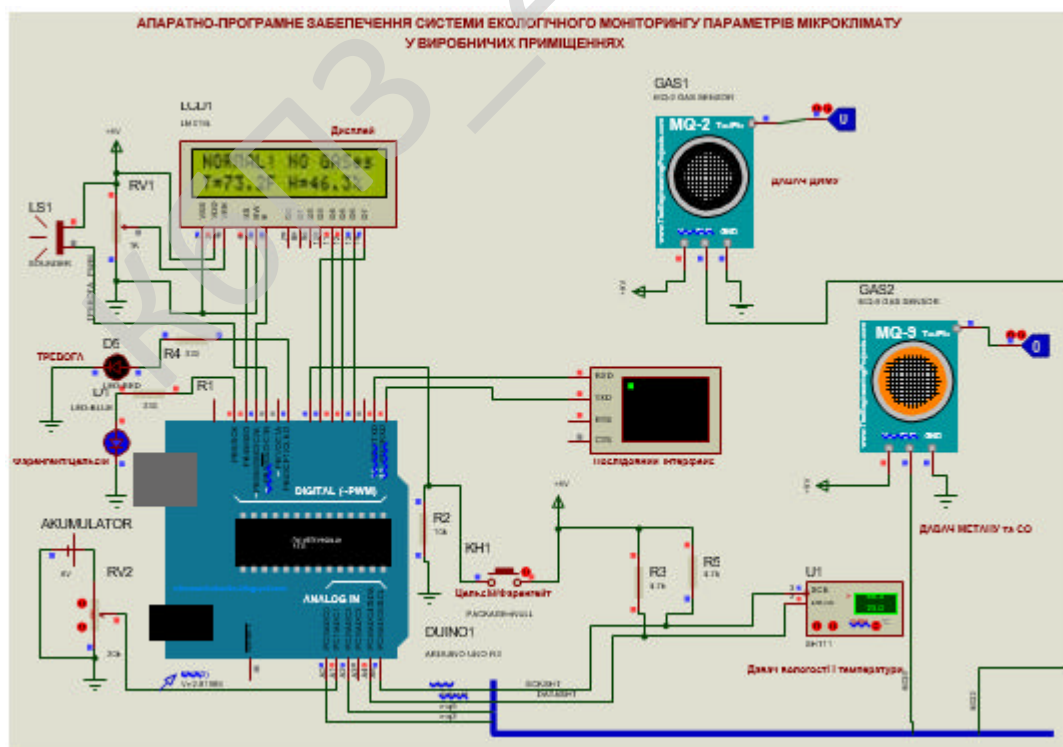
					ВКРБ-123.26.0036.00.00.ПЗ	Арк.
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		67

Одночасно з виведенням інформації на РК-дисплей усі дані передаються на персональний комп'ютер через послідовний інтерфейс. Оновлення показників здійснюється безперервно з інтервалом в одну секунду (рисуюнок 5.1).



Рисуюнок 5.1 - Передача даних на ПК через послідовний інтерфейс

На рисунку 5.2 наведено схему виведення температури - світиться синій світлодіод.



Рисуюнок 5.2 - Виведення температури у Фаренгейтах

У разі виникнення небезпечної екологічної ситуації система активує світлову та звукову сигналізацію: загоряється червоний світлодіод **D5 «Тривога»**, а також вмикається зумер **LS1**. Детальні повідомлення про характер загрози відображаються на дисплеї та передаються через послідовний порт. Можливі такі повідомлення:

- **«ALARM SMOKE !!!»** - сигнал тривоги через виявлення диму;
- **«ALARM CO! МЕТАН!»** - тривога, пов'язана з наявністю чадного газу або метану;
- **«ALARM RH% !!!»** - тривога через вихід вологості за межі допустимого діапазону;
- **«ALARM TEMPER!»** - тривога, спричинена відхиленням температури від нормального рівня.

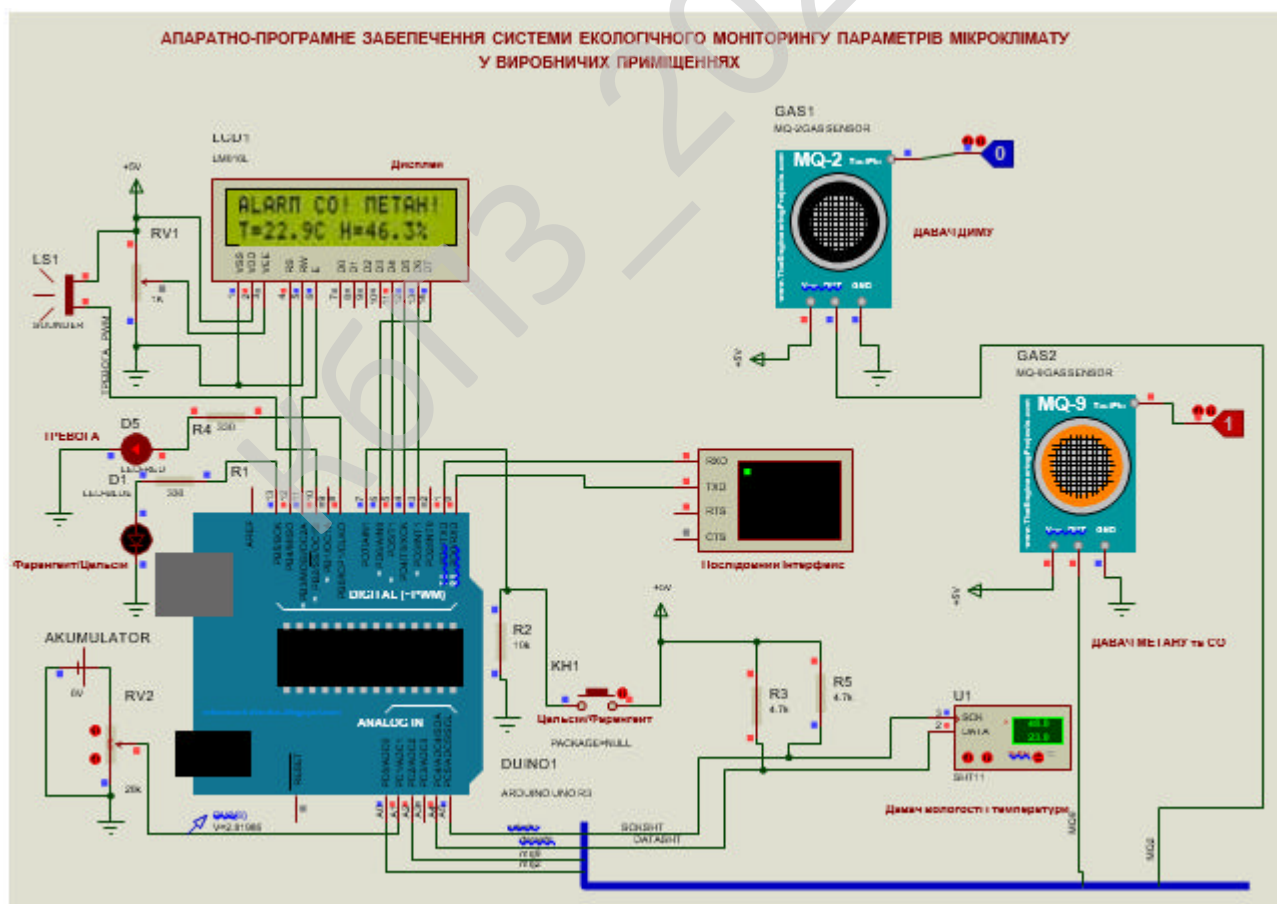


Рисунок 5.3 - Спрацювання датчика MQ-9 (метан або чадний газ)

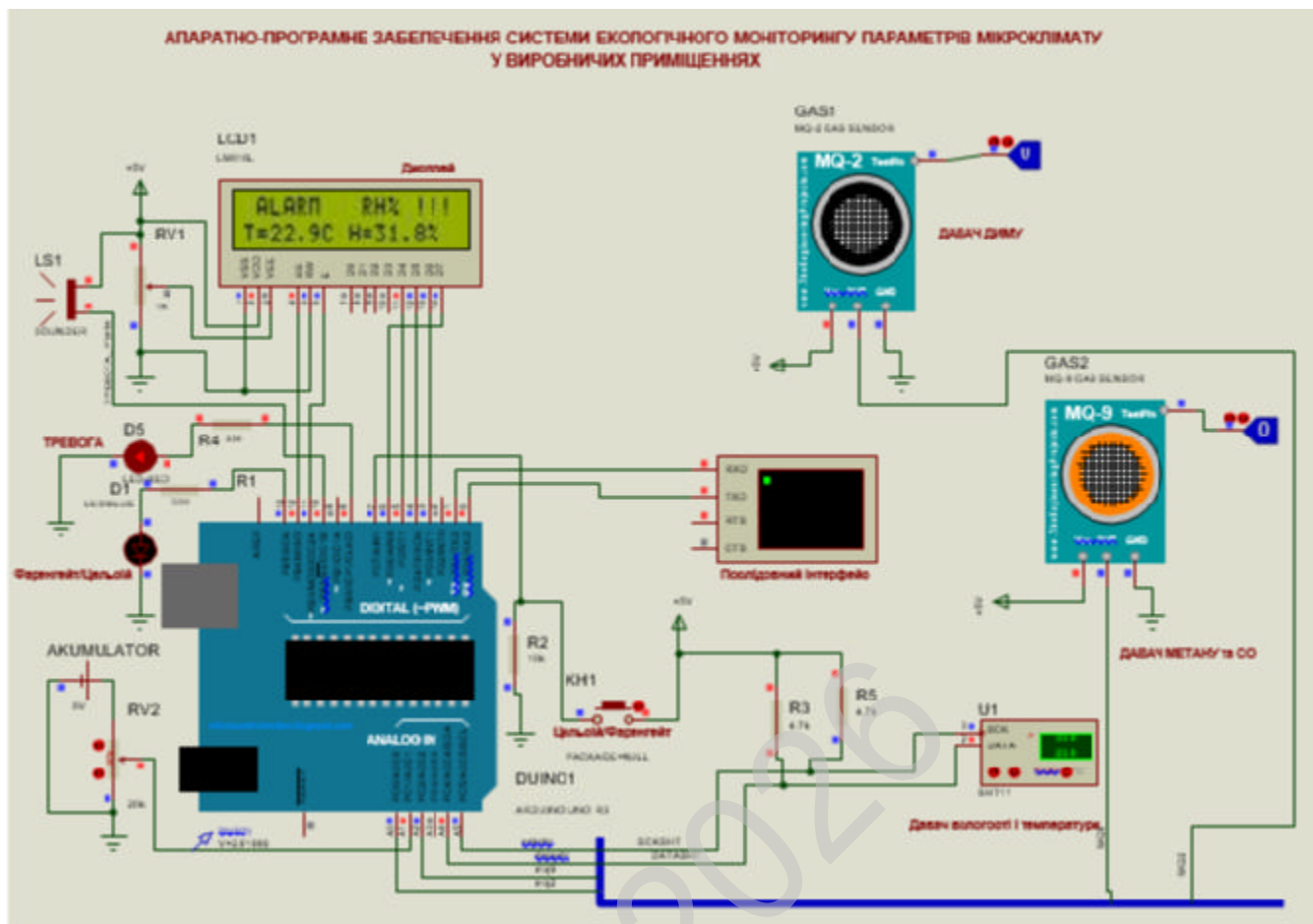


Рисунок 5.4 - Моделювання відхилення допустимої вологості в Proteus ISIS

Вологість у приміщенні вийшла за межі комфортного діапазону, який становить 35% (мінімальне значення H_{min}) - 60% (максимальне значення H_{max}) (див. Рис.5.5). Подібним чином температура також перевищила встановлені комфортні межі, що визначені як 18 °C (мінімум T_{min}) - 25 °C (максимум T_{max})

Зазначені порогові значення температури та вологості можна легко змінити, перепрограмувавши плату Arduino Uno.

Відповідні константи в коді виглядають так:

```
const float TMAX = 25; // максимально допустима температура (18-22)
const float TMIN = 18; // мінімально допустима температура.
```

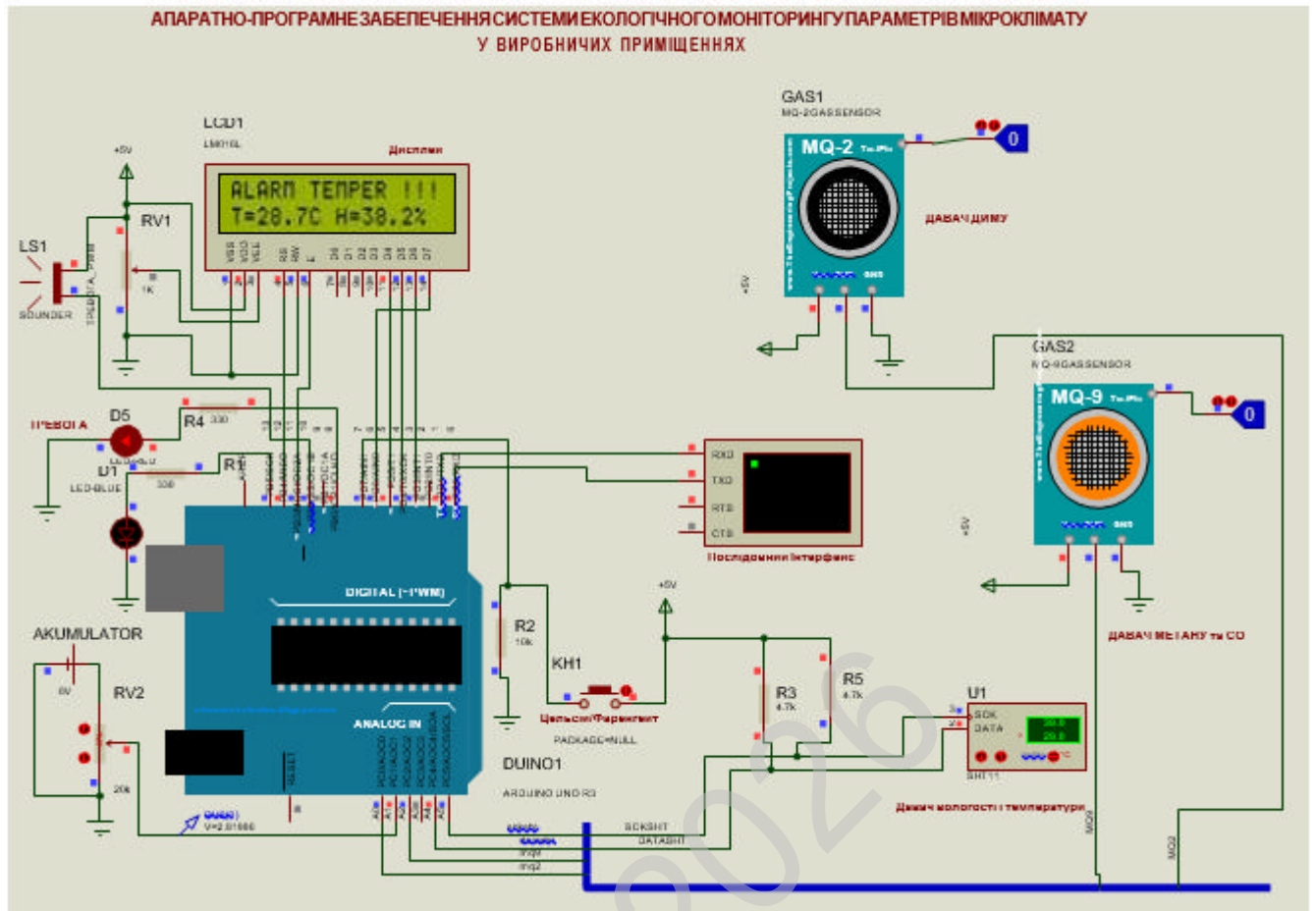


Рисунок 5.5 - Моделювання перевищення допустимої температури в Proteus ISIS

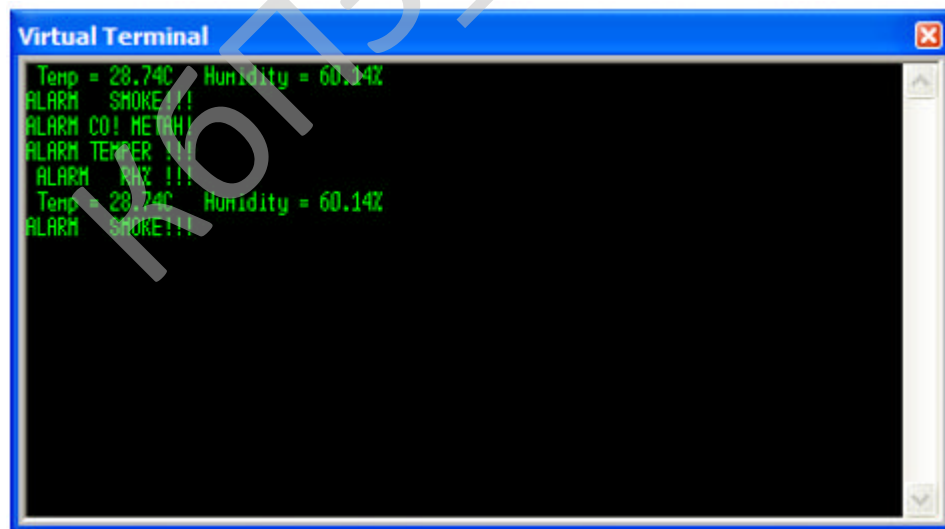


Рисунок 5.6 - Виведення даних у термінал при перевищенні допустимих норм і спрацюванні датчиків газів

У разі перевищення встановлених допустимих значень і спрацювання газових датчиків система негайно переходить у режим тривоги: загоряється червоний світлодіод D5 «Тривога» та вмикається звуковий сигнал (зумер LS1). Якщо ж контрольовані параметри перебувають у межах норми, усі індикатори тривоги залишаються вимкненими.

За нормальних екологічних умов у приміщенні на РК-дисплеї відображається відповідне інформаційне повідомлення, як показано на рисунку 5.7.

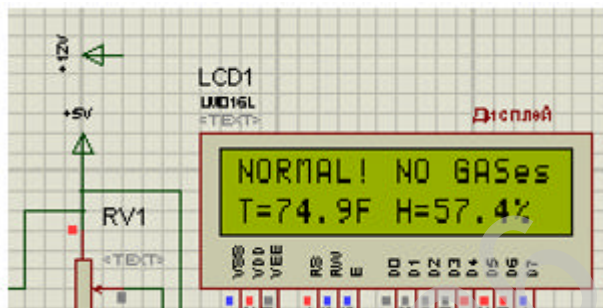


Рисунок 5.8 - НОРМА! Шкідливі гази відсутні!

Висновки до розділу

Четвертий розділ присвячено програмно-алгоритмічному забезпеченню системи моніторингу параметрів мікроклімату у виробничих приміщеннях, реалізованої на платформі Arduino. У розділі наведено опис розробленого алгоритму функціонування системи. Для забезпечення її роботи було створено спеціалізовані бібліотеки взаємодії з газовими датчиками серії MQ та цифровим датчиком температури і вологості SHT11.

На основі запропонованого алгоритму розроблено основне програмне забезпечення системи моніторингу. Крім того, проведено моделювання та дослідження віртуальної моделі системи в середовищі Proteus ISIS з метою перевірки її працездатності та функціональних можливостей

6 ОСНОВНІ ВИСНОВКИ

У випускній кваліфікаційній роботі виконано аналітичний огляд методів і засобів вимірювання вологості, температури та рівня загазованості у виробничих приміщеннях. Визначено основні технічні характеристики як первинних датчиків температури й вологості, так і сенсорів задимленості та вмісту шкідливих газів, зокрема метану та чадного газу.

На базі платформи Arduino Uno з мікроконтролером AVR ATmega328P розроблено систему моніторингу параметрів мікроклімату у виробничих приміщеннях. Система забезпечує вимірювання вологості, температури, а також виявлення диму, чадного газу та метану. Отримані дані передаються на персональний комп'ютер через послідовний інтерфейс і відображаються на рідкокристалічному дисплеї. Крім того, у разі перевищення допустимих значень температури, вологості або при виявленні диму чи шкідливих газів система формує попереджувальні сигнали.

Розроблена система відзначається низькою вартістю та багатофункціональністю. Вона може працювати як автономно від акумуляторного джерела живлення, так і у стаціонарному режимі від електромережі 220 В.

Система забезпечує високу надійність і швидко реагує на небезпечні ситуації, попереджаючи про перевищення допустимих значень вологості та температури, наявність шкідливих газів, а також про зниження рівня заряду акумулятора. Завдяки своєчасним повідомленням підвищується безпека людей, забезпечується швидке виявлення потенційних загроз і підтримуються комфортні умови в приміщенні шляхом постійного контролю мікроклімату.

Під час розроблення системи було використано сучасну елементну базу. Основними складовими є апаратна платформа Arduino Uno з мікроконтролером AVR ATmega328P, цифровий датчик температури та вологості серії SHTxx із послідовним інтерфейсом, компактні газові сенсори серії MQ, а також алфавітно-

					ВКРБ-123.26.0036.00.00.ПЗ	Арк.
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		73

цифровий рідкокристалічний дисплей.

Виконано проєктування принципової електричної схеми та проведено моделювання роботи системи моніторингу мікроклімату у середовищі Proteus VSM. Для платформи Arduino Uno розроблено алгоритм функціонування системи та відповідне програмне забезпечення, реалізоване мовою C з використанням середовища Arduino IDE.

Створено програмні модулі, що забезпечують взаємодію з датчиками серії SHTxx, контроль рівня заряду акумулятора та роботу газових сенсорів. Моделювання функціонування системи виконано в емуляторі Proteus ISIS, а отримані результати підтвердили правильність реалізації основного алгоритму та працездатність розроблених програмних модулів.

Виконання дипломної роботи дало змогу розширити теоретичні знання та набути практичного досвіду у створенні цифрових пристроїв на базі мікроконтролерів, зокрема у розробці алгоритмів, програмуванні та налагодженні вбудованих систем на платформі Arduino.

Слава Україні!!!!

					ВКРБ-123.26.0036.00.00.ПЗ	Арк.
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		74

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Koval V., Adamiv O., Proc. of the Third IEEE International Workshop on Intelligent Data Acquisition and Advanced Computing Systems: Technology and Applications (IDAACS'2005). – Sofia (Bulgaria). – 2005. – P. 120- 124.
2. Yasin, J.N., Mohamed, S.A.S., Haghbayan, MH. et al. Low-cost ultrasonic based object detection and collision avoidance method for autonomous robots. Int. j. inf. tecnol. 13, 97–107 (2021). <https://doi.org/10.1007/s41870-020-00513-w>.
3. Sabry F. Self Driving Car: Solving Full Self-driving Need Solving Real-world artificial Intelligence. One Billion Knowledgeable. 2022 . 293 p.
4. Shapiro D. G. Three Anecdotes from the DARPA Autonomous Land Vehicle Project. AI Magazine, 2008. 29(2), 40. <https://doi.org/10.1609/aimag.v29i2.2108>
5. Young R. Critical Analysis of Prototype Autonomous Vehicle Crash Rates Six Scientific Studies from 2015-2018 SAE International. 2021. 252 p.
6. Рудик А. В. Наукові основи та принципи побудови приладової системи вимірювання прискорення мобільного робота : дис. ... д-ра техн. наук : 05.11.01– Прилади та методи вимірювання механічних величин. Київ, 2018. – 460 с.
7. Поліщук М. М., Ткач М.М. Робототехнічні системи: проектування і моделювання: навч. посіб. Київ: КПП ім. Ігоря Сікорського, 2021. 112 с.
8. Мигаль В. Д. Інтелектуальні системи в технічній експлуатації автомобілів: монографія. Х.: Майдан, 2018. 262 с.
9. Staron M. Automotive Software Architectures: An Introduction. Second Edition Springer International Publishing A&G. 2022. 274 p.
10. Vargas J. et al. An Overview of Autonomous Vehicles Sensors and Their Vulnerability to Weather Conditions. Sensors. 2021; 21(16):5397.
11. Wevolver 2020 Autonomous Vehicle Technology Report. URL:<https://www.coursehero.com/file/62601304/Wevolver2020AutonomousVehiclec hnologyReportpdf/> (accessed 2023 June 1).

					ВКРБ-123.26.0036.00.00.ПЗ	Арк.
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		75

12. React.js [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу:
<https://uk.reactjs.org/>
13. AngularJS MVC [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу:
https://www.tutorialspoint.com/angularjs/angularjs_mvc_architecture.htm.
14. Vue.js [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу:
<https://vuejs.org/>
15. A Look Inside ADAS Modules. URL: <https://amkor.com/semiconductor-story/alook>.
16. AV and ADAS Sensors. URL [https://community.sw.siemens.com/s/article/AVand- ADAS-Sensors](https://community.sw.siemens.com/s/article/AVand-ADAS-Sensors) (accessed 2023 June 1).
17. Гуржій А. М. Основи автоматики та робототехніки: Навчальний посібник/ А.М. Гуржій, А. Т. Нельга, В. М. Співак, О. С. Ітякін:—Дніпро:«Гарант СВ», 2021.- 243с.
18. Lim, B.S. et al. Autonomous Vehicle Ultrasonic Sensor Vulnerability and Impact Assessment. In Proceedings of the IEEE World Forum on Internet of Things (WFIoT), Singapore, 5–8 February 2018; pp. 231–236.
19. Саліхов М. М. Arduino – перспективний інструмент протитопування у робототехніці // Концептуальні шляхи розвитку науки та освіти: матеріали VIII Міжнародної науково-практичної конференції м. Львів, 9-10 червня 2023 року.— Львів: Львівський науковий форум, 2023. – с. 73-79.
20. Bräunl T. Embedded Robotics: From Mobile Robots to Autonomous Vehicles with RaspberryPi and Arduino Springer Nature, 2022. 519 p.
21. Навігаційні системи [Електронний ресурс] : навч. посіб. для студ. Спеціальності 151 «Автоматизація та комп’ютерно-інтегровані технології» / С.Л. Лакоза; КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2021. — 80 с.
22. Imad M. et al. Navigation system for autonomous vehicle: A survey. JCSTS., vol. 2, no. 2, pp. 20–35, 2020.

23. Ковалець І. В. та ін. Технологія планування траєкторій руху мобільних об'єктів з урахуванням перешкод на складній місцевості. Енергетика і автоматика. - 2017. - № 1. - С. 110-122.

24. HTML [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: <https://developer.mozilla.org/uk/docs/Web/HTML>.

25. Aguilo I. et al. Artificial Intelligence Research and Development Hardcover by IOS Press. 2003. 500 p.

26. Гребенюк Б. А. Розробка підсистеми управління інтелектуальним роботом / Б. А. Гребенюк // «Automation and Development of Electronic Devices» ADED-2023: Collection of Students' Scientific Paper. – Kharkiv : Kind of Kharkiv National University of Radio Electronics [electronic edition], 2023. – Part 1. –336p. P. 263-269.

27. MongoDB [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: <https://uk.wikipedia.org/wiki/MongoDB>.

28. Becker M. et al Obstacle avoidance procedure for mobile robots. ABCM Symposium series in Mechatronics. Vol. 2, 2006. P. 250-257.

29. CORS, XSS [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: <https://dev.to/maleta/cors-xss-and-csrf-with-examples-in-10-minutes-35k3>.

30. AJAX [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: <https://uk.wikipedia.org/wiki/AJAX>.

31. Fetch API [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: https://developer.mozilla.org/ru/docs/Web/API/Fetch_API.

32. Звенігородський О.С. Інтелектуальна система планування тактики руху автономного робота в квазістаціонарному середовищі: Дис... канд. техн. наук: 05.13.23. — Д., 2002. — 127с.

33. Адамів, О.П. Моделі та інтелектуальні засоби адаптивного керування автономним мобільним роботом. Дис. канд.техн. наук. Одеса, 2007. 124 с.

34. Koval V., Adamiv O., Proc. of the Third IEEE International Workshop on Intelligent Data Acquisition and Advanced Computing Systems: Technology and Applications (IDAACS'2005). – Sofia (Bulgaria). – 2005. – P. 120- 124.

35. npm [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу:
<https://www.npmjs.com/>

36. Install MongoDB [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу:
<https://docs.mongodb.com/manual/administration/install-on-linux/>

37. Node.js [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу:
<https://www.digitalocean.com/community/tutorials/node-js-ubuntu-18-04-ua>.

38. Linux [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу:
<https://en.wikipedia.org/wiki/Linux>.

39. npm-audit [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу:
<https://docs.npmjs.com/cli/audit>.

40. Kojima T. et al. Intelligent Technology for More Advanced Autonomous Driving. 2018. Hitachi Review Vol. 67, No. 1. p. 58–63.

41. SQL [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу:
<https://uk.wikipedia.org/wiki/SQL>.

42. MongoDB Compass [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу:
<https://www.mongodb.com/products/compass>.

43. Postman [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу:
<https://www.postman.com/>

44. Саліхов М. М. Від автоматизованих до автономних транспортних засобів // Наукові досягнення та інновації: шлях до успіху. X Всеукраїнська мультидисциплінарна науково-практична Інтернет-конференція, 31 травня 2023, Україна, Київ : зб. матеріалів — Електрон. дан. — Київ : Яроченко Я. В., 2023. — с. 136-142.

45. SPA (Single-page application) [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: <https://developer.mozilla.org/en-US/docs/Glossary/SPA>.

					ВКРБ-123.26.0036.00.00.ПЗ	Арк.
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		78

46. Саліхов М.М. Самокеровані автомобілі та системи їх навігації// Практичні та теоретичні питання розвитку науки та освіти: матеріали VIII Міжнародної науково-практичної конференції: м. Львів, 19-20 червня 2023 року. – Львів: Львівський науковий форум, 2023. – С.53-59.

47. SPA (Single-page application) [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: <https://developer.mozilla.org/en-US/docs/Glossary/SPA>

48. Vargas J. et al. An Overview of Autonomous Vehicles Sensors and Their.

49. Vulnerability to Weather Conditions. Sensors. 2021; 21(16):5397.

50. <https://www.coursehero.com/file/62601304/Wevolver2020AutonomousVehiclesTechnologyReportpdf/> (accessed 2024 June 1).

К6ПЗ-2026

					ВКРБ-123.26.0036.00.00.ПЗ	Арк.
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		79