

ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА»
ФАКУЛЬТЕТ КОМП'ЮТЕРНО-ІНТЕГРОВАНИХ ТЕХНОЛОГІЙ,
МЕХАТРОНІКИ І РОБОТОТЕХНІКИ
(повне найменування інституту, назва факультету)

Кафедра метрології та інформаційно-вимірювальної техніки
(повна назва кафедри)

Пояснювальна записка

до кваліфікаційної роботи бакалавра

на тему:

**«Комп'ютеризована система вимірювання витрат та контролю витоку
природного газу в побутовому секторі»**

Виконала: студентка 4 курсу, групи МТ-3
напряму 152 «Метрологія та інформаційно-
вимірювальна техніка»

(шифр і назва напряму підготовки, спеціальності)

Волинець Юлія Григорівна

(прізвище та ініціали)

Керівник д.т.н., професор

Подчашинський Ю.О.

(прізвище та ініціали)

Рецензент к.т.н., доцент, в.о. зав. кафедри

РЕА ім. проф. Б.Б. Самотокіна

Громовий О.А.

(прізвище та ініціали)

Житомир 2024

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА»
Факультет комп'ютерно-інтегрованих технологій, мехатроніки і
робототехніки
Кафедра метрології та інформаційно-вимірювальної техніки
Спеціальність 152 «Метрологія та інформаційно-вимірювальна техніка»

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри метрології та
інформаційно-вимірювальної техніки
д.т.н., професор Подчашинський Ю.О.

«18» квітня 2024 р.

ЗАВДАННЯ

на кваліфікаційну роботу бакалавра

Волинець Юлія Григорівна

1. Тема роботи: Комп'ютеризована система вимірювання витрат та контролю витоку природного газу в побутовому секторі

Затверджена Наказом по університету від «18» квітня 2024 р. № 140/с

2. Термін здачі закінченої роботи на кафедру «20» червня 2024 р.

3. Вихідні дані до роботи:

Удосконалення системи вимірювання витрати та контролю витоку природного газу шляхом додавання датчиків.

Умови функціонування – безперервний режим роботи.

4. Зміст пояснювальної записки (перелік питань, які підлягають розробці):

- провести аналіз аналогів системи для визначення актуальності розробки системи;

- здійснити підбір елементів системи для посилення якості роботи приладу;

- розробити структурну схему системи та друковану плату;

- розробка коду та складання макету пристрою;

- обрахувати точність та надійність роботи системи;

5. Перелік графічного матеріалу (з точним визначенням обов'язкових креслень): схема принципова електрична, блок-схема, структурна схема.

6. Консультанти з кваліфікаційної роботи бакалавра із зазначенням розділів роботи, що їх стосуються

Розділ	Консультант	Підпис, дата	
		Завдання видав	Завдання прийняв

7. Дата видачі завдання: 18 квітня 2024 року

Календарний план

№ з/п	Назва етапів кваліфікаційної роботи	Термін виконання етапів роботи	Примітка
1	Аналіз теми та обґрунтування задачі	18.04.2024-26.04.2024	
2	Розробка коду програми для пристрою	09.05.2024-13.05.2024	
3	Складання макету системи, виправлення помилок роботи системи	13.05.2024-19.05.2024	
4	Збір даних про аналоги	20.05.2024-24.05.2024	
5	Обробка відібраних джерел для основних розділів роботи	27.05.2024-04.06.2024	
6	Розробка структурної на функціональної схеми пристрою	05.06.2024-15.06.2024	
7	Оформлення роботи згідно вимог	16.06.2024-20.06.2024	

Студент

(підпис)

Волинець Ю. Г.

(прізвище та ініціали)

Керівник роботи

(підпис)

Подчашинський Ю. О.

(прізвище та ініціали)

АНОТАЦІЯ

Дипломна робота бакалавра на тему «Комп'ютеризована система вимірювання витрат та контролю витоку природного газу в побутовому секторі» містить 66 сторінок, 33 рисунки, 18 таблиць, 8 формул, 30 джерел.

В роботі проводиться обґрунтування актуальності створення системи вимірювання витрат та контролю витоку газу в побутовому секторі.

Розроблена структурна та принципова схема системи вимірювання витрат та контролю витоку газу. Прорахована надійність системи.

Розроблена блок-схема алгоритму роботи програми та відповідна програма.

Розроблена друкована плата системи.

Ключові слова: лічильник газу, система, датчик Холла, датчик газу.

ANNOTATION

Bachelor's thesis on the topic "Computerized system for measuring consumption and monitoring natural gas leaks in the domestic sector" contains 66 pages, 33 figures, 18 tables, 8 formulas, and 30 sources.

The thesis justifies the relevance of creating a gas consumption measurement and leak control system in the domestic sector.

A structural and schematic diagram of the gas consumption measurement and leak control system has been developed. The system's reliability has been calculated.

A flowchart of the program algorithm and the corresponding program have been developed.

The printed circuit board for the system has been designed.

Keywords: gas meter, system, Hall sensor, gas sensor.

ЗМІСТ

ВСТУП.....	6
1. ТЕХНІЧНЕ ЗАВДАННЯ.....	7
1.1. Призначення та межа застосування.....	7
1.2. Умови експлуатації.....	7
1.3. Технічні параметри системи.....	7
1.4. Вимоги до конструктивного оформлення.....	8
2. ОГЛЯД ТА АНАЛІЗ ЛІТЕРАТУРНИХ ДЖЕРЕЛ.....	9
2.1. Актуальність розробки.....	9
2.2. Будова лічильника.....	11
2.3. Аналіз аналогів.....	14
3. РОЗРОБКА СТРУКТУРНОЇ СХЕМИ.....	25
3.1. Функції системи.....	25
3.2. Вибір елементів системи.....	26
3.2.1. Вибір мікроконтролера.....	26
3.2.2. Вибір датчика Холла.....	31
3.2.3. Вибір датчика газу.....	34
3.2.4. Вибір екрана.....	39
3.3. Побудова структурної схеми.....	44
4. РОЗРОБКА ПРИНЦИПОВОЇ СХЕМИ.....	45
4.1. Вибір елементної бази.....	45
4.2. Розрахунок похибок.....	48
4.3. Розрахунок надійності системи.....	50
4.4. Принципова схема та друкована плата пристрою.....	53
5. РОЗРОБКА АЛГОРИТМУ ТА ПРОГРАМИ РОБОТИ СИСТЕМИ.....	56
6. ОХОРОНА ПРАЦІ.....	58
ВИСНОВКИ.....	63
ПЕРЕЛІК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ.....	64

					МММТ 480.003.003- ПЗ			
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат	Автоматизована система відловлення птахів Пояснювальна записка	Літ.	Арк.	Аркшів
Розробив	Волинець Ю.						5	66
	Подчашинськ							
Рецензен						ДУ «Житомирська політехніка» МТ-3		
Н. контр.								
Затверд.	Подчашинськи							

ВСТУП

У зв'язку з більш широким застосуванням природного газу в різних сферах промисловості і народного господарства загострюється необхідність повсюдного впровадження систем газової безпеки[1]. Невід'ємною частиною таких систем є пристрої, що перетворюють інформацію про витрату газу та його витоку в зрозумілу форму для користувача. Це пов'язано з тим, що звичайний метод зчитування показників не завжди є точним, а виявити невеликий витік газу дуже складно без спеціальних приладів.

Метою даного дипломного проекту є розробка пристрою для зчитування даних лічильника і витоку газу. Використання такого пристрою покращить процес зчитування показників, тобто зробить його автоматичним, а доповнення в вигляді датчику витоку газу допоможе виявити аварійні ситуації, що збільшить рівень безпеки для людей і навколишнього середовища.

Для виконання мети будуть виконані такі завдання:

- Розглянути існуючі аналоги пристрою зчитування інформації з лічильника;
- Аналіз складових для спрощення такого приладу;
- Розробка пристрою структурної схеми;
- Розробка принципової схеми;
- Розробка друкованої плати;
- Розробка блок-схеми алгоритму та програми;
- Розрахунок надійності та похибок.

Актуальність такого пристрою полягає в зниженні помилок та забезпеченні точного обліку споживання газу і підвищенні безпеки. Також цей пристрій може бути включеним в систему «розумного будинку» для комфортного користування і автоматизованого контролю.

					МММТ 480.003.003- ПЗ	Арк.
						6
Зм.	Арк.	№ докum.	Підпис	Дат		

1. ТЕХНІЧНЕ ЗАВДАННЯ

1.1 Призначення та межа застосування

Терміни розробки проекту:

–9-13 травня робота над кодом програми;

–13-19 травня робота над макетом пристрою.

Режими роботи пристрою:

–Режим опитування – в цьому режимі активний датчик витоку газу.

–Режим роботи – в цьому режимі усі системи працюють на повну потужність, результат ми бачимо на екрані.

Автоматична система контролю газу, що розробляється, призначена для застосування на вузлах обліку енергоресурсів, на яких встановлені лічильники з метою автоматизації обліку і надання даних з обліку службам розрахунку і нагляду. Система універсальна і може застосовуватися у приватному секторі також і на виробництвах. Результати роботи системи використовуються для контролю витрат та попередження небезпеки у зв'язку з витоком газу.

1.2 Умови експлуатації

–Кліматичні умови експлуатації системи: від 0 до + 40 °С;

–Нормальний атмосферний тиск та відносна вологість повітря при температурі не вище 25 °С без конденсації вологи до 95 %;

–Пристрій зафіксовано, тому механічні вібрації та удари не діють;

–Джерело енергії – 5В;

–Характер роботи об'єкту – безперервний.

–Система ремонтно придатна, є можливість усунення несправностей окремих складових частин, що вийшли з ладу.

1.3 Технічні параметри системи

–На вхід подається інформація яку зчитують датчики, на вихід подаються виміряні дані витрати газу та витоку газу;

					МММТ 480.003.003- ПЗ	Арк.
						7
Зм.	Арк.	№ докum.	Підпис	Дат		

–Режим роботи системи автоматичний

–Надійність: при безперервному режимі роботи пристрій працюватиме приблизно 13 тисяч годин.

–Точність: абсолютна похибка становить 0,0045 м³;

–Вимоги до вузлів:

Датчик газу MQ-9:

1.Напруга живлення: 1.5/5В;

2.Споживана потужність: до 350 мВт:

3.Діапазон робочих температур: від мінус 10°C до плюс 55°C[2].

Датчик Холла:

1.Напруга живлення: 5 В

2.Максимальний вихідний струм: 50 мА

3.Діапазон робочих температур: від мінус 40°C до плюс 85°C[3]

1.4. Вимоги до конструктивного оформлення

–Конструктивно система повинна знаходитись в пластиковому корпусі з певними доробками (отворами) під дисплей, датчик газу, датчик Холла і діод. Всі елементи повинні знаходитись в корпусі;

–Габарити установки : 125x145 (розмір плати 110x130);

–Дисплей підключається через інтерфейс I2C;

–Датчик газу підключається через інтерфейс I2C.

					МММТ 480.003.003- ПЗ	Арк.
						8
Зм.	Арк.	№ докum.	Підпис	Дат		

2. ОГЛЯД ТА АНАЛІЗ ЛІТЕРАТУРНИХ ДЖЕРЕЛ

2.1 Актуальність розробки

Облік ресурсів вручну відходить у минуле: постачальники електроенергії в США, Китаї та Західній Європі вже понад десять років отримують показники автоматично. Для цього використовують розумні пристрої та бездротові способи передавання даних.

Більшість абонентів досі користуються моделями електронних та аналогових електролічильників без розумних функцій. Тому постачальникам доводиться вести облік даних вручну: залучати контролерів і приймати показники користувачів телефоном або через інтернет.

Це завдає постачальникам низку незручностей:

– Несвоєчасне надходження показників. Абоненти забувають надіслати показники в установлений день.

– Утруднений доступ до лічильників. Користувачі можуть бути не вдома на час прибуття контролера чи не пустити його в оселю.

– Помилки. Іноді споживачі надсилають невірні дані, а оператор помиляється, вносячи показники в базу даних.

– Неточність. Старі лічильники класу точності «2» (особливо це стосується індукційних лічильників) менш чутливі до малих струмів, наприклад, зарядки телефона чи перебування електроприладу в режимі чекання. Тому такі облікові прилади можуть надсилати занижені дані про споживання, і постачальник, відповідно, отримає неповну оплату за надані ресурси.

– Розкрадання. Деякі моделі лічильників можна сповільнити, зупинити та навіть налаштувати на роботу у зворотному режимі[4].

					МММТ 480.003.003- ПЗ	Арк.
						9
Зм.	Арк.	№ док.м.	Підпис	Дат		

Усі розумні функції приладу обліку забезпечує вбудований радіомодуль. Цей пристрій зчитує імпульси, які генерує електролічильник, і зберігає їх в енергонезалежній пам'яті. Радіомодулі надсилають дані лічильників ресурсним компаніям через захищені бездротові канали зв'язку (мобільний зв'язок, Wi-Fi або 3G-з'єднання).

Різні моделі пристроїв можуть мати відмінності у функціях. Але всі вони працюють за одним принципом: зчитують показники з приладу обліку та передають дані на сервер.

Таблиця 2.1 – Перевага та користь приладу, що зчитує інформацію з лічильника.

№	Перевага	Користь
1	Прилади обліку повідомляють про аварійний стан мережі та самого лічильника.	Контроль стану лічильників і мережі. Можливість оперативно реагувати на аварійні ситуації.
2	Дають змогу постачальникові дистанційно від'єднати від мережі неплатника і знову надати йому послуги постачання, коли він погасить борг підприємству.	Контроль постачання газу боржникам і можливість мотивувати їх оплачувати ресурси.
3	Розміщують дані про споживання в трьох тимчасових тарифних регістрах.	Абоненти можуть планувати роботу приладів з огляду на економічні тарифи.
4	Фіксація магнітного впливу та можливість дистанційно припинити постачання газу абонентам, що використовують магніт.	Гарантія того, що споживачі не зможуть вплинути на роботу лічильника за допомогою магніту. Захист від розкрадань.
5	Корпуси лічильників надійно захищені від злому та стороннього проникнення.	Споживачі не зможуть непомітно розкрити корпус лічильника та під'єднати до нього будь-які пристрої. Захист від розкрадань.

					МММТ 480.003.003- ПЗ	Дрк.
Зм.	Дрк.	№ докum.	Підпис	Дат		10

6	Точний облік газу.	ОСББ і керівні компанії отримають точні дані та зможуть виставити мешканцям рахунки за весь спожитий газ.
7	Міжповірочний інтервал – від 1 до 2 років. Гарантійний строк – 5 років.	Гарантія якості продукту. Нечасті перевіряння лічильників зменшать витрати постачальника газу та зроблять експлуатацію приладів обліку комфортнішою для споживачів.
8	Енергонезалежна пам'ять.	Збереження даних у разі відключення електроенергії.

2.2 Будова лічильника

В даному підрозділі описані дані роторного лічильника. Пристрій, що розробляється в даному дипломному проекті, сконструйований спеціально для цього виду лічильників. Тому, що датчик Холла, який виконує основну функцію в цьому пристрої має зчитувати поворот ротора в лічильнику газу.

Лічильник газу складається з вимірювача та відлікового пристрою (склад та будова лічильників показана на рисунку 1). Вимірювач складається з корпусу (1) і розміщених в ньому двох роторів (2) вісімкоподібної форми, які розташовані у взаємно перпендикулярному положенні і обертаються в протилежних напрямках. Корпус з двох сторін закритий стінками (3), на яких змонтовані дві пари підшипників, що є опорами роторів. На валах роторів установлені синхронізуючі шестерні (4), які забезпечують належне положення одного ротора відносно іншого при їх обертанні. Шестерні герметично закриті кришкою (5), яка утворює камеру шестерень. На валу одного з роторів змонтована півмуфта. Вимірювач кришкою (6) герметично

					МММТ 480.003.003- ПЗ	Арк.
						11
Зм.	Арк.	№ докum.	Підпис	Дат		

відокремлений від пристрою відлікового. Пристрій відліковий (7) складається з механізму відлікового і кінематично зв'язаної з ним магнітної півмуфти.

Механізм відліковий складається з кронштейна і цифрових барабанів (8). Лічильник з двох сторін герметично закритий передньою (6) та задньою (5) кришками. В передній кришці лічильника є вікно, закрите склом, за яким знаходиться циферблат пристрою відлікового. На циферблаті є написи позначень та основних характеристик лічильника.

Штуцери відбору тиску (9) розміщені на корпусі лічильника і дозволяють проводити вимірювання тиску на вході і виході лічильника. Штуцер відбору тиску на вході позначений і служить для підключення датчика тиску, який входить до складу коректора об'єму газу[5]

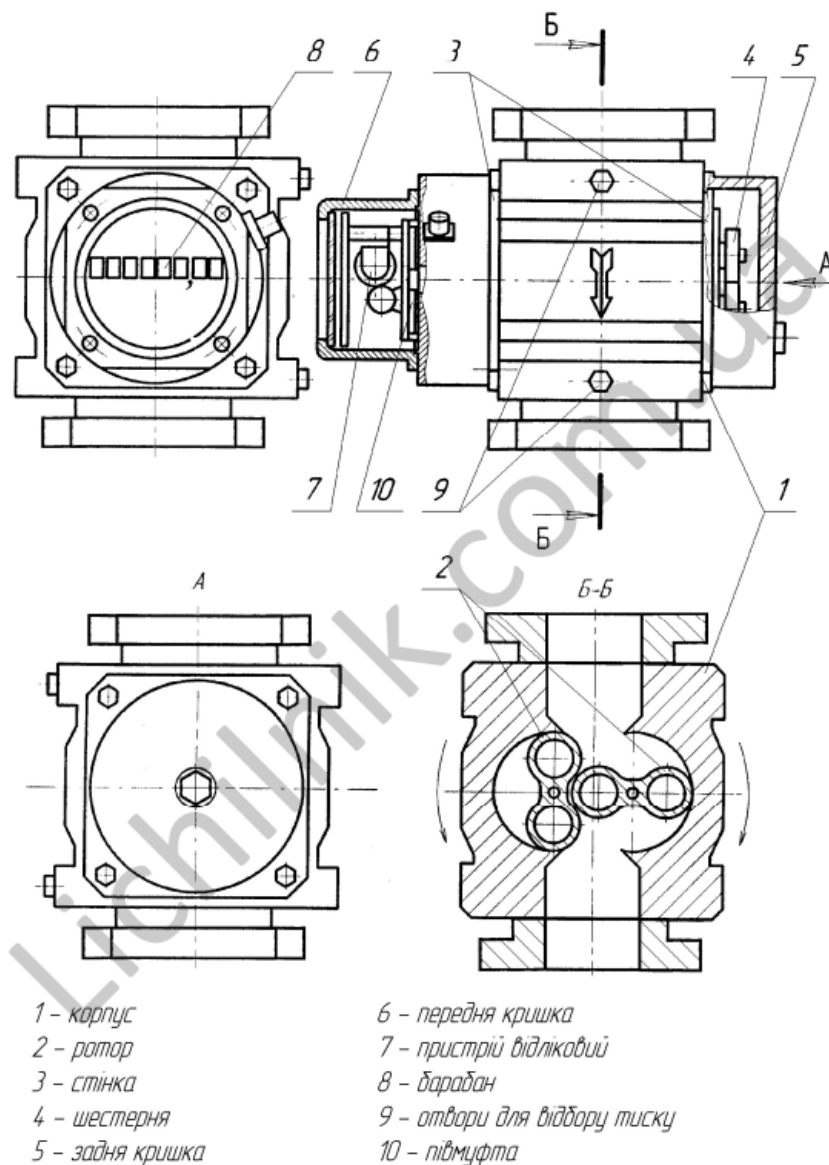
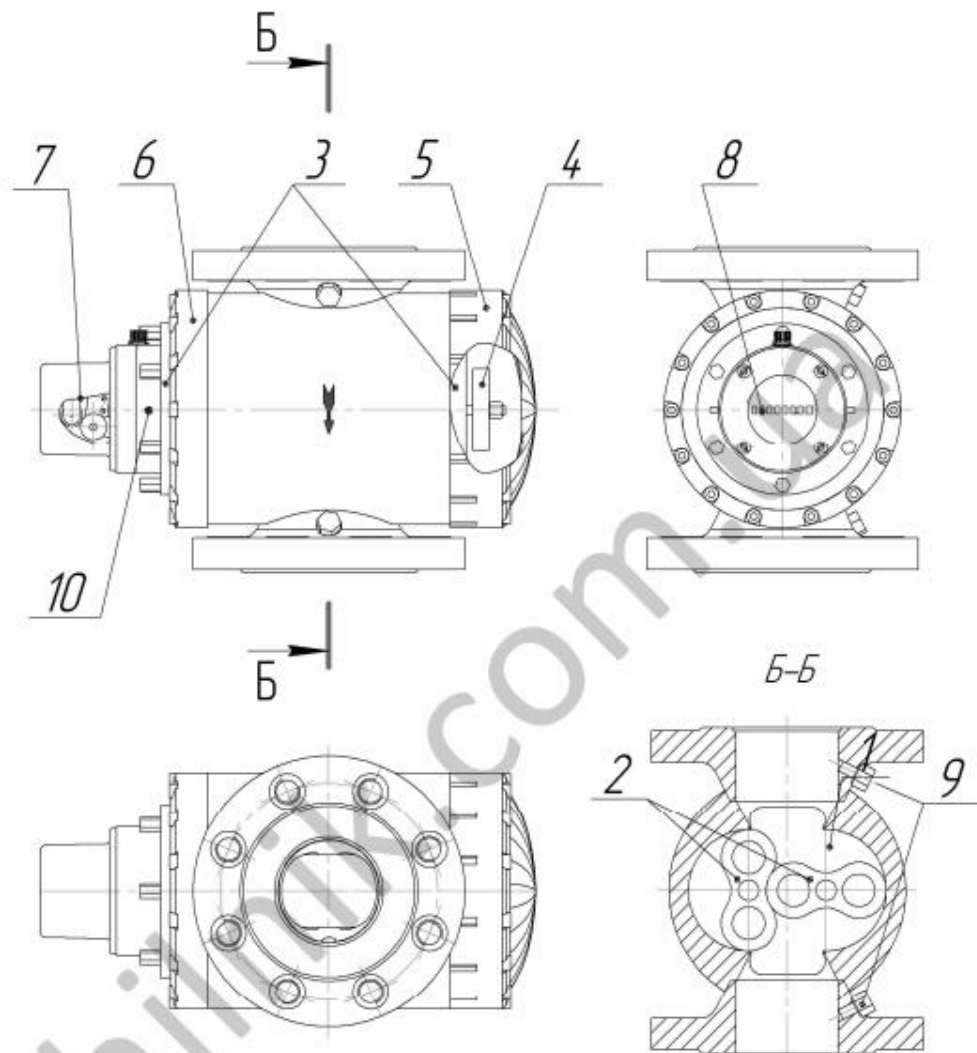


Рисунок 2.1 – Будова лічильників типорозмірів G25, G40, G65.

					МММТ 480.003.003- ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ док.м.	Підпис	Дат		12

Лічильник газу працює наступним чином (принцип роботи лічильника показаний на рисунку 2). При протіканні потоку газу через лічильник внаслідок різниці тисків на вході і виході вимірювача, ротори синхронно обертаються. Обертовий рух одного з роторів через магнітну півмуфту передається на пристрій відліковий.



1 – корпус;
2 – ротор;
3 – стінка;
4 – шестерня;
5 – задня кришка;
6 – передня кришка;

7 – відліковий пристрій;
8 – барабани;
9 – отвори для відбору тиску;
10 – гвинт.

Рисунок 2.2 – Будова лічильників типорозмірів G100, G160, G250, G400

При обертанні роторів ними відсікається певний об'єм газу, який відповідає об'єму камери, що створюється внутрішньою поверхнею корпуса і зовнішніми поверхнями роторів.

					МММТ 480.003.003- ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ док.м.	Підпис	Дат		13

За кожний повний оберт роторів два рази проходить наповнення камери газом і два рази – виштовхування газу. Механізм відліковий фіксує кількість газу, який протікає через лічильник.

Передавальне число пристрою відлікового вибране так, що відлік газу, який пройшов через лічильник в робочих умовах здійснюється безпосередньо в кубічних метрах[5].

2.3 Аналіз аналогів

Аналог 1 NB-IoT модем ТКБ (далі – модем), зображений на рисунку 3, призначений для застосування на вузлах обліку енергоресурсів, на яких встановлені лічильники з низькочастотними виходами з метою автоматизації обліку, організації інформаційних мереж і надання даних з обліку службам розрахунку і нагляду, відповідно до діючих правил обліку.

NB-IoT модем ТКБ встановлюються на лічильники які мають низькочастотний вихід типу «сухий контакт» з частотою до 2 Гц і тривалістю імпульсів не менше 50 мс (НЧ). Для зчитування інформації з лічильника в модемі використовується вбудований або виносний лічильник імпульсів EPL. У виконаннях, призначених для роботи з побутовими лічильниками газу, лічильник імпульсів EPL виробляється з датчиком Холла, застосування якого усуває ефект «брязкоту контакту» і підвищує надійність рахунку імпульсів [6].



Рисунок 2.3 – NB-IoT модем ТКБ

					МММТ 480.003.003- ПЗ	Арк.
						14
Зм.	Арк.	№ док.м.	Підпис	Дат		

Основні технічні дані[6]:

Таблиця 2.2 – Основні технічні дані модема

№	Назва параметра	Значення параметра
1	Робочі умови експлуатації: температура навколишнього середовища, °C відносна вологість повітря при температурі не вище 25 °C без конденсації вологи, %	від мінус 25 до плюс 55 до 95
2	Максимальна потужність випромінювання Class 3, dBm, не більше	23
3	Несуча частота, МГц	1800
4	Максимальний струм споживання, mA, не більше	500
5	Напруга електроживлення, В	від 2,7 до 3,6
6	Швидкість передачі даних: - DL, кбит/с - UL, кбит/с	26.15 62.5
7	Середнє напрацювання на відмову, год, не більше	17000
8	Маса, кг, не більше	0,3
9	Габаритні розміри, мм, не більше	60x101x27 мм;

Додаткові технічні дані:

- ступінь захисту IP54;
- періодичність відправки даних від 1 години;
- термін служби модема від вбудованої літєвої бітареї 3,6В до 8 років;
- реєстрація впливу зовнішнього магнітного поля;
- вихідна потужність Class 3 (23 dBm); Class 5 (03 dBm), передача даних через TCP/IP протокол;
- підтримка мобільного додатка;
- зручне встановлення на лічильник[5].;

					МММТ 480.003.003- ПЗ	Арк.
						15
Зм.	Арк.	№ докum.	Підпис	Дат		

Функції та переваги:

–Отримує імпульсні сигнали, що надходять від інноваційного датчика імпульсів лічильника EPL;

–Підсумовує об'єм в робочих умовах, згідно отриманих даних від датчика імпульсів лічильника та передає на сервер збору даних за заданим сценарієм;

–Накопичує і зберігає щодобові (112 діб), щомісячні (15 міс) архіви;

–Накопичує інформацію про зміни конфігурації NB-IoT модему ТКБ;

–Реєструє спроби впливу магнітом з метою спотворення показань лічильника (дату, час початку і закінчення дії магніту);

–Має можливість дистанційно змінювати графік виходу на зв'язок і обсяг переданої інформації на сервер збору даних;

–Передає дані про стан, рівень заряду і ресурсу батареї живлення, рівню сигналу та інші;

–Сертифіковані та включені до «Реєстру радіоелектронних засобів та випромінювальних пристроїв, що можуть застосовуватися на території України в смугах радіочастот загального користування» ДП «Український державний центр радіочастот»;

–Можливість отримання інформації споживачем через особистий кабінет HasGas[6].

Аналог 2 GPRS модем ТКБ, зображений на рисунку 4, призначений для застосування на вузлах обліку споживачів газу, води, тепла на яких встановлені прилади обліку енергоносіїв (надалі - лічильники) з метою автоматизації обліку, організації інформаційних мереж і надання даних з обліку службам розрахунку і нагляду, відповідно до діючих правил.

Для зчитування інформації з лічильника в модемі використовується вбудований лічильник імпульсів.

У виконаннях, призначених для роботи з побутовими лічильниками газу, лічильник імпульсів виробляється з датчиком Холла, застосування якого усуває ефект «брязкоту контакту» і підвищує надійність рахунку імпульсів[8].

					МММТ 480.003.003- ПЗ	Дрк.
						16
Зм.	Дрк.	№ докum.	Підпис	Дат		



Рисунок 2.4 – GPRS модем ТКБ.

Основні технічні дані[8]:

Таблиця 2.3 – Основні технічні дані модема

№	Назва параметра	Значення параметра
1	Робочі умови експлуатації: температура навколишнього середовища, °С відносна вологість повітря при температурі не вище 25 °С без конденсації вологи довкілля, %	від мінус 25 до плюс 50 від 40 до 98
2	Середній термін служби, років, не менше	2
3	Діапазони частот, МГц	GSM–GPRS 850/900/1800/1900
4	Вихідна потужність: Class 4 (850/900 МГц), Вт, не більше Class 1 (1800/1900 МГц), Вт, не більше	2 1
5	Передача даних	GPRS Class 10/8 B, вбудований TCP/IP протокол
6	Швидкість передачі даних: DL, кбит/с UL, кбит/с	26.15 62.5
7	Середня сила струму, споживаного GPRS модемом ТКБ: в режимі передавання сповіщень, мА не більше режимі приймання інформації мережею GSM, мА, не більше	120 20
8	Маса, кг, не більше	0,4
9	Габаритні розміри, мм, не більше	121x106x46 мм

Додаткові технічні дані:

- ступінь захисту IP54;
- періодичність відправки даних від 1 години;
- термін служби модема від вбудованої літієвої бітареї 3,6В до 8 років;
- реєстрація впливу зовнішнього магнітного поля;
- вихідна потужність Class 4 – 2 Вт; Class 1 – 1 Вт, передача даних GPRS Class 10/8 з підтримкою TCP/IP протокол
- підтримка мобільного додатка;
- зручне встановлення на лічильник[9].

Функції та переваги:

- Отримує імпульсні сигнали, що надходять від датчика імпульсів лічильника.
- Підсумовує обсяг в робочих умовах, згідно отриманих даних від лічильника та передає на сервер збору даних по GPRS каналу за заданим сценарієм.
- Накопичує і зберігає погодинні (64 діб), щодобові (128 діб), щомісячні (32 міс) архіви.
- Накопичує і зберігає протягом 128 діб інформацію про час і характер аварійних ситуацій.
- Накопичує інформацію про зміни конфігурації GPRS модема ТКБ.
- Реєструє спроби впливу магнітом з метою спотворення показань лічильника (дату, час початку і закінчення дії магніту).
- Має можливість дистанційно змінювати графік виходу на зв'язок і обсяг переданої інформації на сервер збору даних.
- Передає дані про стан, рівень заряду і ресурсу батареї живлення, рівню GSM сигналу інші.
- Фіксує знімання модема з лічильника.
- Відповідає вимогам технічного регламенту радіообладнання від 24.05.2017 р № 355 та має Сертифікат відповідності за № 1О094.007120-19 від 28.05.2019 р.

					МММТ 480.003.003- ПЗ	Арк.
						18
Зм.	Арк.	№ докum.	Підпис	Дат		

–Відповідає вимогам технічного регламенту обладнання та захисних систем, призначених для використання в потенційно вибухонебезпечному середовищі, затвердженого Постановою КМУ від 28.12.16 № 1055 (Модуль В (експертиза типу) та модуль Е (відповідність типу на основі забезпечення якості продукції) та має маркування: II 2G Ex ib IIA T4 Gb.

–Можливість отримання інформації споживачем через особистий кабінет HasGas[9].

Аналог 3 Радіомодуль ВЕГА-Т-LoRa, зображений на рисунку 5, а (далі – радіомодулі) призначені для застосування на вузлах обліку енергоресурсів, на яких встановлені лічильники з низькочастотними виходами з метою автоматизації обліку, організації інформаційних мереж і надання даних з обліку службам розрахунку і нагляду, відповідно до діючих правил обліку.

Радіомодулі ВЕГА–Т–LoRa встановлюються на лічильники які мають низькочастотний «сухий контакт» з частотою до 2 Гц і тривалістю імпульсів не менше 50 мс (НЧ). Для зчитування інформації з лічильника в радіомодулі використовується вбудований або виносний лічильник імпульсів EPL. У виконаннях, призначених для роботи з лічильниками газу, лічильник імпульсів EPL виробляється з датчиком Холла, застосування якого усуває ефект «брязкоту контакту» і підвищує надійність рахунку імпульсів[9]. Призначений для отримання даних про витрати енергоносіїв та додаткових технологічних параметрів з лічильників газу або води, задля автоматизації обліку, балансування і надання даних службам розрахунку і нагляду, відповідно до діючих правил обліку енергоресурсів. Працює виключно за наявності концентратора мережі МСК-LoRa[10].

					МММТ 480.003.003- ПЗ	Арк.
						19
Зм.	Арк.	№ докum.	Підпис	Дат		



Рисунок 2.5 – Радіомодуль BEGA-T-LoRa

Основні технічні дані[11]:

Таблиця 2.4 – Основні технічні дані модема

№	Назва параметра	Значення параметра
1	Робочі умови експлуатації: температура навколишнього середовища, °C відносна вологість повітря при температурі не вище 25 °C без конденсації вологи довкілля, %	від мінус 25 до плюс 55 до 95
2	Максимальна потужність випромінювання, мВт, не більше	25
3	Несуча частота, МГц	868
4	Максимальний струм споживання, мА, не більше	40
5	Швидкість передачі даних	від 300 біт/с до 50 кбіт/с
6	Модуляція	LoRa
7	Напруга електроживлення автономна, В	від 2,7 до 3,6
8	Середнє напрацювання на відмову, год, не більше	17000
9	Маса, кг, не більше	0,4
10	Габаритні розміри, мм, не більше	60x101x27 мм

					МММТ 480.003.003- ПЗ	Арк.
						20
Зм.	Арк.	№ докum.	Підпис	Дат		

Додаткові технічні дані:

- ступінь захисту IP54;
- періодичність відправки даних від 1 години;
- термін служби модема від вбудованої літієвої бітарей 3,6В до 8 років;
- реєстрація впливу зовнішнього магнітного поля;
- підтримка мобільного додатка;
- зручне встановлення на лічильник[10].

Функції та переваги:

–Рахує імпульсні сигнали, що надходять від лічильника за допомогою вбудованого інноваційного лічильника імпульсів EPL.

–Радіомодуль Вега-T-LoRa використовує датчик Холла, застосування якого усуває ефект «брязкоту контакту».

–Підсумовує обсяг в робочих умовах, згідно отриманих даних від лічильника та передає за допомогою LoRa-модему на концентратор МСК-LoRa з подальшою передачею цих даних на сервер за заданим сценарієм.

–Накопичує і зберігає щодобові (112 діб), щомісячні (15 міс) архіви.

–Бездротовий прийом запитів щодо зчитуванні архівів, корекція часу, скидання аварійних ситуацій і т.д.

–Реєструє спроби впливу магнітом з метою спотворення показань лічильника (дату, час початку і закінчення дії магніту).

–Контроль інтенсивності магнітного поля датчика імпульсів лічильника.

–Передає дані про стан, рівень заряду і ресурсу батареї живлення, рівню сигналу та інші.

–Зв'язок з концентратором МСК-LoRa підтримується на відстані не більше 500м в умовах щільної міської забудови або не більше 3000 м в умовах забудови приватного сектора.

–Відповідає вимогам технічного регламенту радіообладнання від 24.05.2017 р № 355 та має Сертифікат відповідності за № 1О094.007377-19 від 14.08.2019 р.

					МММТ 480.003.003- ПЗ	Арк.
						21
Зм.	Арк.	№ докum.	Підпис	Дат		

–Можливість отримання інформації споживачем через особистий кабінет HasGas[10].

Аналог 4 Радіомодуль ВЕГА-Т, зображений на рисунку 6, призначений для отримання даних про витрати енергоносіїв та додаткових технологічних параметрів з лічильників газу або, задля автоматизації обліку, балансування і надання даних службам розрахунку і нагляду, відповідно до діючих правил обліку енергоресурсів. Працює виключно за наявності концентратора мережі МСК-1[10].



Рисунок 2.6 – Радіомодуль ВЕГА-Т

Основні технічні дані[13]:

Таблиця 2.5 – Основні технічні дані модема

№	Назва параметра	Значення параметра
1	Робочі умови експлуатації: температура навколишнього середовища, °C відносна вологість повітря при температурі не вище 25 °C без конденсації вологи довкілля, %	від мінус 25 до плюс 55 до 95
2	Середній термін служби, років, не менше	15
3	Середнє напрацювання на відмову, год, не менше	17000
4	Максимальна потужність випромінювання, мВт, не більше	10

5	Передача даних	GPRS Class 10/8 B, вбудований TCP/IP протокол
6	Несуча частота, МГц	від 433,485 до 868,30
7	Струм споживання, мА, не більше	30
8	Напруга електроживлення, В	від 2,5 до 3,6
9	Маса, кг, не більше	0,3
10	Габаритні розміри, мм, не більше	60x101x27 мм

Додаткові технічні дані:

- ступінь захисту IP54;
- періодичність відправки даних від 1 години;
- термін служби модема від вбудованої літієвої бітарей 3,6В до 8 років;
- реєстрація впливу зовнішнього магнітного поля;
- підтримка мобільного додатка;
- зручне встановлення на лічильник[12].

Функції та переваги

–Рахує імпульсні сигнали, що надходять від лічильника за допомогою вбудованого інноваційного лічильника імпульсів EPL.

–Радіомодуль Вега-Т використовує датчик Холла, застосування якого усуває ефект «брязкоту контакту».

–Підсумовує обсяг в робочих умовах, згідно отриманих даних від лічильника та передає за допомогою радіо-модему на концентратор МСК з подальшою передачею цих даних на сервер за заданим сценарієм.

–Реєструє спроби впливу магнітом з метою спотворення показань лічильника (дату, час початку і закінчення дії магніту).

–Контроль інтенсивності магнітного поля датчика імпульсів лічильника.

–Передає дані про стан, рівень заряду і ресурсу батареї живлення, рівню сигналу та інші.

					МММТ 480.003.003- ПЗ	Арк.
						23
Зм.	Арк.	№ док.	Підпис	Дат		

–Зв’язок з концентратором МСК підтримується на відстані не більше 100 м в умовах щільної міської забудови або не більше 500 м в умовах забудови приватного сектора.

–Зв’язок побудовано по принципу MESH мережі.

–Можливо використання ретрансляторів.

–Відповідає вимогам технічного регламенту радіообладнання від 24.05.2017 р № 355 та має Сертифікат відповідності за № 1О094.006371-18 від 03.10.2018 р.

–Можливість отримання інформації споживачем через особистий кабінет HasGas[12].

					МММТ 480.003.003- ПЗ	Арк.
						24
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		

3. РОЗРОБКА СТРУКТУРНОЇ СХЕМИ

3.1 Функції системи

Система виконує декілька функцій:

- Зчитування показників лічильника газу;
- Зчитування показників датчика Холла;
- Виявлення витоку газу;
- Виведення результатів роботи датчиків на дисплей.

Мікроконтроллер Atmega 328 виконує основні функції пристрою:

- 1.Обробка сигналів з датчика Холла;
- 2.Обробка сигналів з датчика MQ-9;
- 3.Вивід результатів на екран;
- 4.Періодичне оновлення результатів;
- 5.Запам'ятовування оновлених даних.

Датчик Холла використовується для вимірювання кількості обертів ротора всередині лічильника газу.

1.Датчик фіксує магнітне поле і перетворює його зміни в електричні сигнали;

2.Обробка електричних сигналів для підрахунку обертів ротора і визначення об'єму спожитого газу;

3.Зберігає, обробляє зчитані показники для подальшої обробки.

4.Виводить оброблені дані на дисплей.

Датчик MQ-9 використовується для визначення наявності і концентрації окису вуглецю і метану в повітрі.

1.Датчик вимірює повітря на вміст газів кожну 1 секунд;

2.У випадку виявлення перевищення допустимого рівня газу, виводить попередження на дисплей.

LCD дисплей використовується для відображення результатів з двох датчиків.

					МММТ 480.003.003- ПЗ	Арк.
						25
Зм.	Арк.	№ докum.	Підпис	Дат		

3.2 Вибір елементів системи

3.2.1 Вибір мікроконтролера

Мікроконтролер – пристрій, конструктивно виконаний у вигляді великої інтегральної схеми (BIC), що містить усі компоненти мікропроцесорної системи: процесор, пам'ять даних, пам'ять програм, паралельні і послідовні порти введення–виведення та інші вузли. Основне призначення мікроконтролерів – побудова на їх основі систем керування технічними пристроями, об'єктами та технологічними процесами.

Однокристальним мікроконтролерам (МК) властиві такі особливості:

- система команд зорієнтована на виконання задач керування та регулювання;

- алгоритми, що реалізуються на МК, мають багато розгалужень залежно від зовнішніх сигналів;

- однокристальні мікроконтролери споживають малу потужність, мають малі габаритні розміри та вартість;

- за швидкодією та розрядністю однокристальні мікроконтролери поступаються сучасним однокристальним мікропроцесорам (МП);

- у порівнянні з універсальними комп'ютерами однокристальні мікроконтролери мають значно менший об'єм пам'яті та менш розвинутий склад периферійних пристроїв.

Однокристальні мікроконтролери є зручним інструментом для створення сучасних вбудованих пристроїв керування різним обладнанням у таких галузях, як побутова техніка, автомобільна електроніка, медична електроніка, верстатобудування, мобільний зв'язок тощо[14].

Вимоги до мікроконтролера для пристрою що буде виконувати задачі:

- Потрібні аналогові та цифрові входи для підключення датчиків;

- Швидкість вибірки повинна відповідати частоті сигналу датчиків;

- Достатня обчислювальна потужність для обробки сигналів та виконання алгоритмів;

- Частота процесора від 16 до 48 МГц;

					МММТ 480.003.003- ПЗ	Арк.
						26
Зм.	Арк.	№ докum.	Підпис	Дат		

- Підтримка напруги 3.3V або 5V;
- Енергоефективність для роботи від батарей;
- Мінімум 2-4 кБ оперативної пам'яті для обробки даних;
- 16-32 кБ флеш-пам'яті для зберігання програмного забезпечення;
- Підтримка роботи в необхідному температурному діапазоні;
- Наявність бібліотек та документації для роботи з датчиками;
- Зручні середовища розробки та інструменти відлагодження;

Далі будуть описані існуючі плати з мікроконтроллерами, що відповідають вимогам і підходять для виконання нашої задачі.

ESP8266 – мікроконтролер китайського виробника Espressif з інтерфейсом Wi-Fi. Окрім Wi-Fi, мікроконтролер здатний виконувати програми з зовнішньої флеш-пам'яті з інтерфейсом SPI[15].



Рисунок 3.1 – WeMos D1 mini на чіпі ESP-12F ESP8266

Таблиця 3.1 – Основні технічні дані WeMos D1 mini на чіпі ESP-12F ESP8266 [16].

№	Назва параметра	Значення параметра
1	Напруга живлення	5В
2	Напруга логічних сигналів	3,3В
3	Дискретних входів-виходів	11
4	Аналоговий вхід	1
5	Максимальна вхідна напруга	3,3В
6	Тактова частота процесора D1	80МГц/160МГц

7	Флеш пам'ять D1	4МБ
8	Габаритні розміри	34,2x25,6мм
9	Вага	10г

ESP32 – це серія мікроконтролерів типу «система на кристалі», що мають інтегровані контролери Wi-Fi і Bluetooth (дворежимний, англ. dual-mode), низьке енергоспоживання і невисоку ціну[17].



Рисунок 3.2 – Wemos Live D1 Mini ESP-32 WiFi/Bluetooth модуль ESP32

Таблиця 3.2 – Основні технічні дані Wemos Live D1 Mini ESP-32 WiFi/Bluetooth модуль ESP32 [18].

№	Назва параметра	Значення параметра
1	Напруга живлення через microUSB	3,3В 5В
2	Процесор	Dual Core Tensilica LX6, частота 240MHz
3	Пам'ять SRAM	520KB
4	Пам'ять Flash	4MB
5	Вбудований чіп WiFi	802.11BGN HT40
6	Безпека WiFi	PSK/Enterprise, AES / SHA2 / Elliptical Curve Cryptography / RSA-4096
7	Вбудований модуль Bluetooth	BLE
8	USB-UART конвертор	CP2104

9	Вбудовані датчики	Холла
10	GPIO висновки	33

Arduino Uno – це широко використовувана плата мікроконтролерів з відкритим кодом на базі мікроконтролера ATmega328P. У його склад входить все необхідне для зручної роботи з мікроконтролером.

На відміну від всіх інших плат Arduino, Uno в якості перетворювача інтерфейсів USB-UART використовує мікроконтролер ATmega16U2 (ATmega8U2 до версії R2) замість мікросхеми FTDI[19].

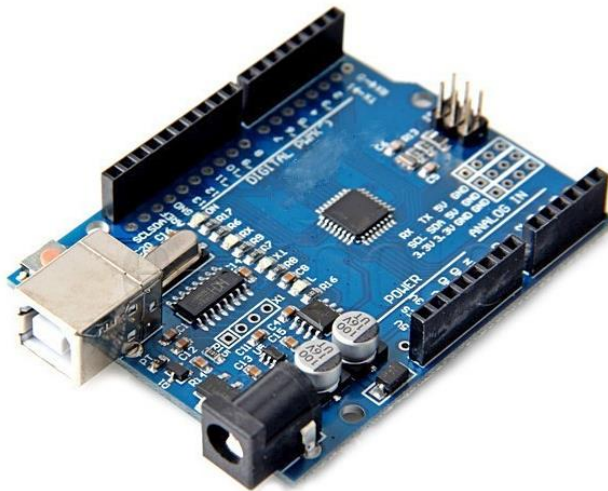


Рисунок 3.3 – Arduino UNO R3

Таблиця 3.3 – Основні технічні дані Arduino UNO R3 [20].

№	Назва параметра	Значення параметра
1	Мікроконтролер	ATmega328
2	Робоча напруга контролера: Вхід USB Вхід VCC Вхід Vin	5В 5В 7,5В-12В
3	Цифрових входів/виходів	14 (6 з них ШІМ)
4	Аналогових входів	6
5	Інтерфейси	I2C/TWI; SPI; PWM; Flash 32Kб

6	Оперативна пам'ять	2Кб
7	Частота	16 МГц
8	Габаритні розміри	68 x 53 x 15 мм
9	Вага	25 г

Мікроконтролер ATmega328 на відміну від інших систем надає ряд переваг:

–Мікроконтролер має декілька режимів низького енергоспоживання, що дозволяє ефективно використовувати його в пристроях на батарейках.

–ATmega328 має 14 цифрових пінів введення/виведення, 6 з яких можуть використовуватися як ШІМ-виходи, і 6 аналогових входів, що забезпечує гнучкість у підключенні датчиків та інших компонентів.

–Мікроконтролер має вбудований 10-бітний аналогово-цифровий перетворювач, який дозволяє точно зчитувати аналогові сигнали.

–ATmega328 є стабільним і надійним рішенням, перевіреним у багатьох комерційних та аматорських проектах.

–Просте і зручне середовище програмування. Середовище програмування Arduino зрозуміле і просте для початківців, але при цьому досить гнучке для просунутих користувачів.

–Розширюване програмне забезпечення з відкритим вихідним кодом. Програмне забезпечення Arduino має відкритий вихідний код, завдяки цьому досвідчені програмісти можуть змінювати і доповнювати його. Можливості мови Arduino можна також розширювати за допомогою C++ бібліотек.

–Кросплатформеність. Програмне забезпечення Arduino працює на операційних системах Windows, Macintosh OSX і Linux, в той час, як більшість подібних систем орієнтовані на роботу тільки в Windows.

–Завдяки великій спільноті розробників, користувачі мають доступ до численних ресурсів, форумів, уроків і бібліотек, що значно спрощує розробку проектів.

					МММТ 480.003.003- ПЗ	Арк.
						30
Зм.	Арк.	№ док.	Підпис	Дат.		

–Низька вартість. У порівнянні зі схожими апаратними платформами, плати Arduino мають відносно низьку вартість: готові модулі Arduino коштують не дорожче 50 \$, а можливість зібрати плату вручну дозволяє максимально заощадити кошти і отримати Arduino за мінімальну ціну[21].

Для виконання цієї задачі я обираю мікроконтролер ATmega328 згідно з перелічених переваг.

3.2.2 Вибір датчика Холла

Для зчитування показників лічильника газу можна використати кілька різних технологій, залежно від типу лічильника і вимог до системи.

1.Датчики Холла

–Принцип роботи: Датчики Холла можуть зчитувати магнітне поле, яке генерується обертанням ротора в лічильнику газу.

2.Оптичні датчики

–Принцип роботи: Оптичні датчики можуть зчитувати оберти за допомогою інфрачервоного світла, що відбивається від спеціальних міток на обертовому елементі лічильника.

–Переваги: Висока точність і можливість зчитування безконтактним методом.

3.Датчики тиску

–Принцип роботи: Датчики тиску можуть вимірювати тиск газу і передавати ці дані на мікроконтролер для обробки.

–Застосування: Використовуються в складніших системах, де важлива точність вимірювань.

З трьох варіантів найбільше підходить датчик Холла. Його використання дозволяє нам не змінювати будову лічильника та простоту у використанні, адже датчик для своїх вимірювань може знаходитись ззовні для обрахунку витрати газу і підходить для роторних лічильників, що широко використовуються.

					МММТ 480.003.003- ПЗ	Дрк.
						31
Зм.	Дрк.	№ докum.	Підпис	Дат		

Датчик Холла – це датчик магнітного поля. Він був так названий завдяки принципу своєї роботи – ефекту Холла: якщо в магнітне поле помістити пластину через яку протікає струм, то електрони в пластині будуть відхилятися в напрямку, перпендикулярному напрямку струму. У яку саме сторону будуть відхилятися електрони, залежить від полярності магнітного поля. Різна щільність електронів на сторонах пластини створює різницю потенціалів, яку можна посилити і виміряти, що датчики Холла і роблять.

Далі вказані варіанти датчиків Холла, які можна обрати (тобто вони підходять до вимог задачі).

Аналоговий датчик Холла КУ-035 перетворює індукцію поля на напругу. Величина, показана датчиком, залежить від полярності поля та його сили. Пристрій дозволяє вимірювати індукцію магнітного поля. Його призначення контроль дистанції до магніту та визначення полюса магніту. Спільно з КУ-035 для вимірювання різних величин застосовують прості пристрої, що дозволяють перетворити механічне переміщення в напрямку магніту в зміну магнітного поля, яке вимірюється датчиком Холла[22].



Рисунок 3.4 – Датчик Холла

Таблиця 3.4 – Основні технічні дані датчика Холла

№	Назва параметра	Значення параметра
1	Споживання	8 мА
2	Напруга живлення	5В

KY-024 – це модуль магнітного лінійного датчика Холла. Він використовує ефект Холла для вимірювання магнітного поля та забезпечує вихідний сигнал, що залежить від зміни положення магніту.

Модуль KY-024 має на борту датчик Холла, який виявляє магнітне поле, та має аналоговий вихідний сигнал, який змінюється в залежності від величини магнітного поля. Цей сигнал може бути використаний для вимірювання положення магніту або визначення відстані до об'єкта.

Модуль KY-024 легко підключається до мікроконтролера або плати Arduino за допомогою аналогового входу. Його можна використовувати його для вимірювання положення об'єктів, детектування магнітних полів, створення систем безконтактного перемикання та багатьох інших застосувань[23].

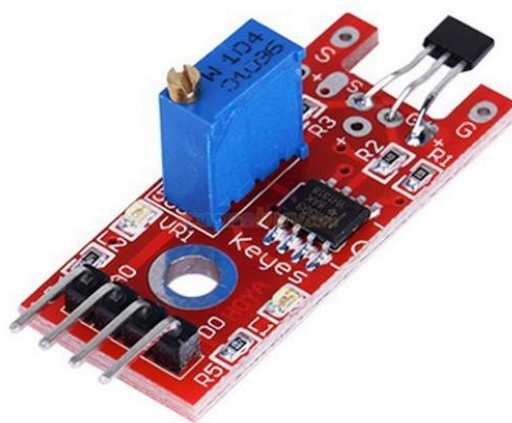


Рисунок 3.5 – Магнітний лінійний датчик Холла

Таблиця 3.5 – Основні технічні дані магнітного лінійного датчика Холла[24].

№	Назва параметра	Значення параметра
1	Використовується	подвійний компаратор LM393
2	Робоча напруга	DC 5 В
3	Регулювання чутливості	Потенціометр
4	Габаритні розміри	32x11x20 мм

Для спрощення системи і зменшення її вартості відібрано аналоговий датчик Холла КУ-035. Адаже вартість моделі КУ-035 становить 32 грн, а КУ-024 – 47 грн.

3.2.3 Вибір датчика газу

Сигналізатори газу побутові (газосигналізатор, детектор газу, англ. gas alarm) – це прилади газового контролю, які призначено для безперервного контролю концентрації природного побутового паливного газу ГОСТ 5542 (метану, CH_4) і (або), залежно від моделі, чадного газу (окису вуглецю, CO) у повітрі побутових і комунальних приміщень, видавання попереджувальних звукових і світлових сигналів у разі досягненні цими газами концентрацій, які можуть виявитися небезпечними для здоров'я та життя людей та тварин[25].

Чадний газ (CO) – це токсичний газ без кольору, запаху та смаку. Він утворюється в результаті неповного згоряння вуглецевого палива, такого як бензин, природний газ, пропан і деревина. При вдиханні вуглекислий газ може зв'язуватися з гемоглобіном у крові, зменшуючи кількість кисню, який організм може засвоїти, що призводить до серйозних проблем зі здоров'ям або навіть смерті. Таким чином, виявлення CO є критично важливим у багатьох промислових, комерційних і житлових приміщеннях

Незалежно від типу датчики чадного газу працюють за принципом виявлення наявності молекул CO в повітрі. Реакція датчика визначається концентрацією CO , чутливістю датчика та рівнем фоновому шуму. Вихід датчика може відображатися на лічильнику, світловій або звуковій сигналізації.

Типи датчиків чадного газу:

–Електрохімічні датчики є найпоширенішим типом датчиків чадного газу. Вони складаються з двох чутливих електродів, та електроліту. Коли молекули CO вступають у контакт з електродом, вони окислюють його поверхню, викликаючи електричний струм між двома електродами. Величина

					МММТ 480.003.003- ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ док.м.	Підпис	Дат.		34

струму пропорційна концентрації СО в повітрі. Електрохімічні датчики відомі своєю високою чутливістю, точністю та довготривалою стабільністю. Вони широко використовуються в житлових і комерційних детекторах чадного газу.



Рисунок 3.6 – Приклад електрохімічного побутового датчика.

–Датчики оксиду металу працюють на основі змін електричного опору, які виникають, коли молекули СО реагують із частинками оксиду металу. Ці датчики виготовлені з тонкої плівки оксиду металу (наприклад, оксиду олова), нанесеного на підкладку. Коли молекули СО взаємодіють із плівкою оксиду металу, вони змінюють електропровідність плівки, яку можна виміряти за допомогою зовнішнього контуру. Датчики оксиду металу відносно дешеві і можуть працювати при кімнатній температурі. Однак вони менш точні та менш стабільні, ніж електрохімічні датчики.



Рисунок 3.7 – Приклад побутового датчика оксиду металу.

–Напівпровідникові датчики засновані на зміні електричних властивостей напівпровідникового матеріалу в присутності СО. Коли молекули СО вступають у контакт з поверхнею напівпровідникового матеріалу, вони змінюють електропровідність матеріалу. Ця зміна може бути виявлена приладом, підключеним до датчика. Напівпровідникові датчики

					МММТ 480.003.003- ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докum.	Підпис	Дат		35

недорогі, малі та легкі, що робить їх придатними для портативних детекторів СО. Однак вони мають меншу чутливість і стабільність, ніж електрохімічні датчики.



Рисунок 3.8 – Приклад напівпровідникового датчика.

–Інфрачервоні датчики виявляють молекули СО на основі поглинання ними інфрачервоного випромінювання. СО має характерну смугу поглинання близько 4,5 мкм в інфрачервоному діапазоні. Інфрачервоний датчик випромінює промінь інфрачервоного випромінювання, який проходить через зразок повітря та виявляється детектором з іншого боку. Наявність СО у повітрі зменшить інтенсивність променя, дозволяючи датчику визначити концентрацію СО. Інфрачервоні датчики мають високу вибірковість і можуть виявляти інші гази, такі як метан і пропан. Однак вони дорогі та громіздкі порівняно з іншими типами датчиків[26].



Рисунок 3.9 – Приклад інфрачервоного датчика.

Газосигналізатори призначено також задля видавання зазначених попереджувальних сигналів у разі наближення концентрації природного

					МММТ 480.003.003- ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		36

побутового паливного газу до рівня, який у суміші з навколишнім повітрям, може призвести до вибуху.

Далі зазначені датчики газу які підходять для виконання завдання системи.

Датчик газу MQ-7 призначений для виявлення витоку в повітрі чадного (CO) або пального газу. Він має чутливий елемент, що складається з керамічної трубки, покритої оксидом алюмінію й нанесеного поверх нього високоактивного шару діоксиду олова. У разі появи в повітрі визначеного газу та збільшення його концентрації змінюватиметься опір тонкої плівки чутливого елемента.

Датчик газу – напівпровідниковий пристрій, однак для коректної роботи потрібно розігрівання вимірювальної трубки до тієї температури, за якої тонка плівка сприйнятлива до детектованого газу.

Чутливий шар MQ-7 має у своєму складі домішки, завдяки чому й відбувається розпізнавання газу. Нагрівання забезпечується нагрівальним елементом, встановленим усередині трубки. Нагрівання може бути увімкнене постійно або програмно за потреби вимірювання.

На виході є як цифровий, так і аналоговий сигнал. На аналоговому виході збільшення концентрації газів призводить до збільшення напруги. На цифровому виході поріг чутливості настраюється тример, залежно від вашого проєкту. Для під'єднання до Arduino використовується цифровий TTL-вихід. Датчик газу MQ-7 під'єднується до керівної електроніки по 5 дротів.

У процесі роботи датчик нагріватиметься, це його нормальний режим роботи. На показання чутливого елемента впливатимуть вологість і температура. Щоб датчик спрацював коректно, необхідно скомпенсувати ці дані.

					МММТ 480.003.003- ПЗ	Арк.
						37
Зм.	Арк.	№ докum.	Підпис	Дат		



Рисунок 3.10 – Датчик газу MQ-7

Таблиця 3.6 – Основні технічні дані датчика газу MQ-7.

№	Назва параметра	Значення параметра
1	Напруга живлення	5 В
3	Споживаний струм	150мА
4	Габаритні розміри	32x20x22 мм
5	Діапазон робочих температур	від мінус 10 °С до плюс 55°С

Датчик MQ-9 дозволяє виявляти витіку чадного газу (CO) та вуглеводневих газів (пропан, метан, тощо), таким чином виявляючи несправності газового обладнання або не вчасно перекриті крани.

Вихідний сигнал модуля є аналоговим, тому точного значення вмісту газів у навколишньому середовищі не дізнатися, зате для роботи з ним не потрібні додаткові бібліотеки. Чутливість датчика налаштовується за допомогою підстроювального резистора, розташованого на платі.

При роботі датчик грітиметься, і це його нормальний стан. У нього вбудований нагрівальний елемент, необхідний виявлення газів.

Показання датчика можуть змінюватись в залежності від температури та вологості навколишнього середовища.



Рисунок 3.11 – Датчик газу MQ-9

					МММТ 480.003.003- ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докum.	Підпис	Дат		38

Таблиця 3.7 – Основні технічні дані датчика газу MQ-9[2].

№	Назва параметра	Значення параметра
1	Напруга живлення	1,5-5 В
3	Споживаний струм	70мА
4	Тип вимірюваних газів	Чадний газ, вуглеводні (пропан, метан)
5	Діапазон вимірювань (чадний газ)	0,01-1 проміле
6	Діапазон вимірювань (вуглеводні(метан і т.д.))	0,1-10 проміле
7	Габаритні розміри	32x20x22 мм
8	Діапазон робочих температур	від мінус 10 °С до плюс 55°С

Обрано датчик газу MQ-9, тому що він дозволяє виявляти як чадний газ так і метан. Також для роботи з цим датчиком не потрібні додаткові бібліотеки і для його підключення потрібно лише 4 гнізда, в датчику MQ-7 потрібні 5.

3.2.4 Вибір екрана

Для виводу результатів роботи системи потрібен вузол. Можна використати наприклад:

1.Вивести результати в командне вікно

–Перевага: не потрібні зайві елементи системи;

–Недолік: пристрій має бути постійно підключений до комп'ютера;

2.Вивести результат через мигання діода

–Перевага: є можливість запрограмувати діод в залежності від накопичення метану чи вуглекислого газу в повітрі;

–Недолік: потрібно збільшити кількість елементів в системі, тому що потрібно вивести результат датчика Холла

–Рішення: для видимого реагування датчика можна запрограмувати діод який знаходиться в складі плати Arduino UNO на 13 виході;

3.Вивести результат через екран

–Перевага: можна одночасно вивести результати роботи обох датчиків, якщо пристрій живитиметься від батарейки, то система стане незалежною від комп'ютера;

–Недоліки: невелика кількість символів які можна вивести, але є різні моделі зі збільшеною кількістю, чого сповна вистачить.

З усіх варіантів пристроїв, через які можна вивести результат краще обрати екран і додатково запрограмувати діод в 13 гнізді плати ардуіно для підвищеної ефективності системи.

LCD Keypad Shield модуль використовується для роботи з LCD дисплеями у домашній автоматизації та в системі розумний будинок. Він підключається до Arduino контролера і розширює можливості роботи з дисплеями – дозволяє використовувати і переглядати більше графічної інформації, ніж вміщає робоча зона дисплея, за допомогою передбачених на платі кнопок.

Управління LCD Keypad Shield модулем здійснюється або від Arduino контролера, або іншого мікропроцесорного керуючого пристрою через відповідні висновки[27].

В даній системі потрібен екран для того щоб 1602A LCD – символний дисплей з блакитним підсвічуванням – рідкокристалічний дисплей (Liquid Crystal Display), екран якого здатний відображати одночасно до 32 символів (16 стовпців, 2 рядки).

Підключення до Arduino здійснюється за синхронним 8-бітовим паралельним інтерфейсом.

					МММТ 480.003.003- ПЗ	Арк.
						40
Зм.	Арк.	№ док.м.	Підпис	Дат		



Рисунок 3.12 – 1602A LCD символний дисплей

Таблиця 3.8 – Основні технічні дані 1602A LCD символного дисплею[28].

№	Назва параметру	Значення параметру
1	Живлення	DC 5V
2	Робоча температура	від 0°C до плюс 50°C
3	Підсвітка	блакитна
4	Колір символів	білий
5	Розмір символу	4.35 мм x 2.95 мм
6	Кількість символів	32 символи (16 стовпців x 2 рядків)
7	Розміри точки	0.5 мм x 0.5 мм
8	Інтерфейс	HD44780
9	Видима область	64.5 мм x 13.8 мм
10	Розміри	80 мм x 36 мм

DFRobot Gravity - 2x16 I2C LCD дисплей – синій. Дисплей взаємодіє з Arduino через шину I2C, підключення може бути полегшене за допомогою гравітаційного розширювача контактів, підготовленого виробником.



Рисунок 3.13 – 1602A LCD символний дисплей

Таблиця 3.9 – Основні технічні дані 1602A LCD символного дисплею[29].

№	Назва параметру	Значення параметру
1	Живлення	від 3,3 до 5V
2	Споживаний струм	до 20 мА
3	Робоча температура	від мінус 20°C до плюс 70°C
4	Підсвітка	блакитна
5	Колір символів	білий
6	Кількість символів	32 символи (16 стовпців x 2 рядків)
7	Розміри	87 мм x 32 x 13 мм

LCD екран 20 символів 4 рядки з управлінням по шині I2C (TWI, IIC), що дуже зручно при нестачі вільних виводів на Arduino, достатньо підключити всього два дроти (можна крім живлення) і можна повністю керувати дисплеєм.

Перед початком роботи необхідно налаштувати контрастність дисплея змінним резистором. В іншому випадку символи, що виводяться, не будуть видно.

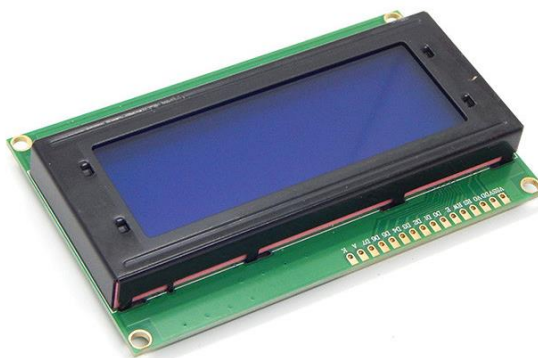


Рисунок 3.14 – LCD екран

Таблиця 3.10 – Основні технічні дані LCD екран [30].

№	Назва параметру	Значення параметру
1	Живлення	5V
2	Робоча температура	від 0°C до плюс 50°C
3	Підсвітка	блакитна
4	Колір символів	білий
5	Розмір символу	2.96 x 4.75 мм
6	Кількість символів	80 символів (20 x 4)
7	Крок символів	3.55 x 5.35 мм
8	Розміри точки	0.6 мм x 0.6 мм
9	Інтерфейс	PCF8574A
10	Видима область	64.5 мм x 13.8 мм
11	Розміри	98 x 60 x 20 мм

Для виведення результатів з переліку представлених екранів, не всі відповідають вимогам які потрібні, а саме більша кількість виведення символів. Кращим варіантом для системи буде LCD екран. Тому що він сприймає кирилицю, чого не робить перший варіант, також при нестачі виходів його можна підключити через 2 дроти.

3.3 Побудова структурної схеми

Структурна схема – показує основну частину даного виробу і може показувати їхні взаємозв'язки та можливе їхнє призначення.

Під функціональною типовою частиною мають на увазі певну складову схеми, це може бути функціональна група, функціональна ланка, елементи і пристрій.

Призначенням структурної схеми є відображення основних блоків, тобто вузлів даного приладу і зв'язків між ними.



Рисунок 3.15 – Структурна схема пристрою.

4. РОЗРОБКА ПРИНЦИПОВОЇ СХЕМИ

4.1 Вибір елементної бази

Для вимірювання магнітних імпульсів ротора лічильника газу буде використано датчик Холла моделі КУ-035. Для цього цифрового датчика не потрібні додаткові бібліотеки для роботи з Arduino, що спрощує інтеграцію в систему, також не має додаткових елементів на собі, на відміну від іншої моделі – КУ-024, що полегшує і пришвидшує роботу з ним. Особливо важливо вказати що цей датчик має високу чутливість, точність і швидкість відгуку.

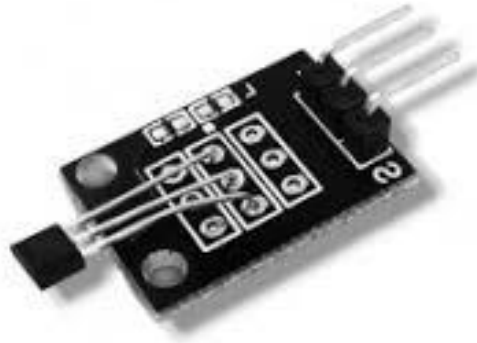


Рисунок 4.1 – Датчик Холла моделі КУ-035

Технічні характеристики:

- Напруга живлення: 5В;
- Робоча температура: від мінус 40°C до плюс 85°C;
- Магнітна індукція : 1000 Гс;
- Вага: 10 г;
- Габаритні розміри: 20х45 мм.

					МММТ 480.003.003- ПЗ	Арк.
						45
Зм.	Арк.	№ докum.	Підпис	Дат		

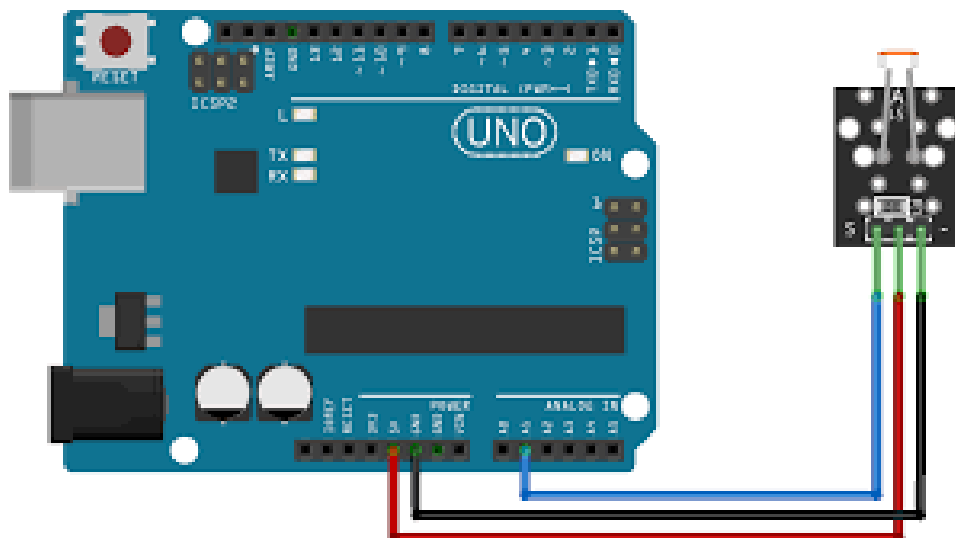


Рисунок 4.2 – Схема підключення датчика.

Для вимірювання концентрації вуглекислого газу та метану біля лічильника газу буде використано датчик MQ-9. Цей аналоговий датчик має малий час відгуку, стабільну роботу, довгий термін служби та просту схему підключення. Для роботи з цим датчиком не потрібні додаткові бібліотеки, що збільшує зручність роботи з ним.



Рисунок 4.3 – Датчик газу моделі MQ-9.

Технічні характеристики:

- Напруга живлення: 5В;
- Робоча температура: від мінус 20°C до плюс 55°C;
- Час розігріву від 60 до 90 секунд;
- Вага: 13,4 г;
- Габаритні розміри: 20x25,4 мм.

					МММТ 480.003.003- ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докum.	Підпис	Дат		46

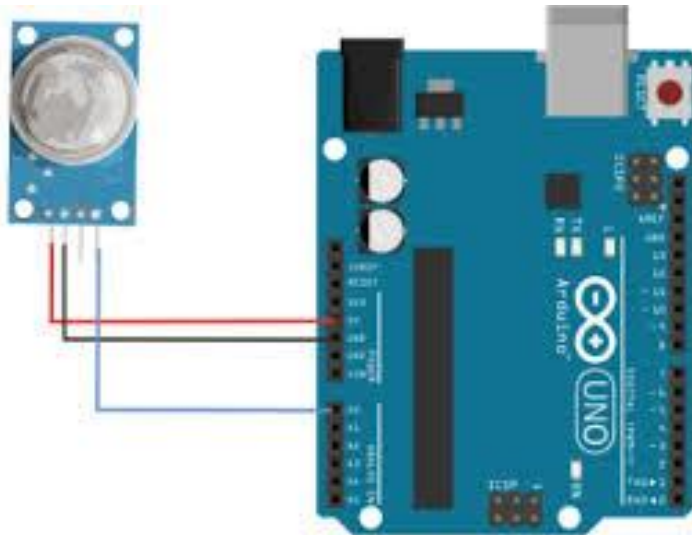


Рисунок 4.4 – Схема підключення датчика.

Для виведення даних з датчиків буде використано LCD дисплей. Цей дисплей має 20х4 символи для виводу інформації. Для роботи з ним потрібно підключити бібліотеку, як і з будь яким іншим дисплеєм. Особливо важливим є те, що цей символний рідкокристалічний дисплей має низьке енергоспоживання та простоту використання.



Рисунок 4.5 – LCD 2004 дисплей 20х4 (синій) HD44780.

Технічні характеристики:

- Напруга живлення: 5В;
- Рідкокристалічний дисплей;
- Підсвітка синього кольору;
- Розмір екрана: 76 x 25 мм;
- Вага: 73 г;
- Габаритні розміри: 98х60х14 мм.

					МММТ 480.003.003- ПЗ	Арк.
						47
Зм.	Арк.	№ докum.	Підпис	Дат		

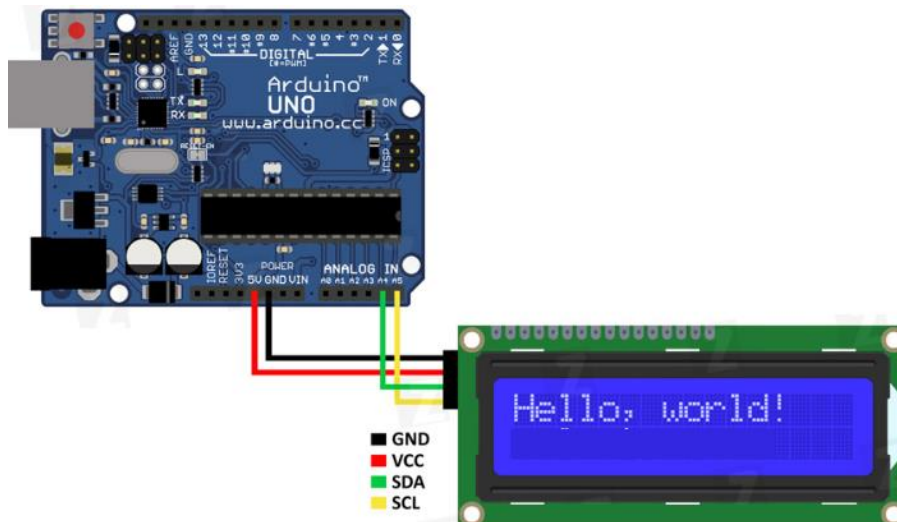


Рисунок 4.6 – Схема підключення LCD дисплея.

4.2 Розрахунок похибок

Для розрахунку похибок проведено 10 замірів датчиком Холла в нормальних умовах. Заміри проведено на роторному лічильнику газу G4, в якому один поворот ротора дорівнює $0,0016 \text{ м}^3$, що дорівнює 1,6 л.

Вибірка замірів:

$$V = (0.032, 0.045, 0.038, 0.050, 0.041, 0.036, 0.048, 0.039, 0.042, 0.037) \text{ м}^3$$

Далі за формулами обраховуємо:

1. Середнє арифметичне $\bar{V}$ (за формулою 4.1)

$$\bar{V} = \frac{1}{10} \sum_{i=1}^{10} V_i \cong 0,0408 \quad (4.1)$$

2. Похибки повторних вимірювань ΔV_i та ΔV_i^2 (4.2):

$$\Delta V = |\bar{V} - V_i| \text{ та } \Delta V_i^2 = (\bar{V} - V_i)^2, \quad (4.2)$$

де $i = 1, 2, \dots, 10$;

Для зручності результати обчислень оформимо в вигляді таблиці.

Таблиця 4.1 – Результати обчислень

№	$V, \text{ м}^3$	$\Delta V_i, \text{ м}^3$	$\Delta V_i^2, \text{ м}^3$
1	0,032	0,0088	0,00007744
2	0,045	0,0042	0,00001764

3	0,038	0,0028	0,00000784
4	0,050	0,0092	0,00008464
5	0,041	0,0002	0,00000004
6	0,036	0,0048	0,00002304
7	0,048	0,0072	0,00005184
8	0,039	0,0018	0,00000324
9	0,042	0,0012	0,00000144
10	0,037	0,0038	0,00001444
сер	0,0408	0,00438	0,00002184

Розрахуємо випадкову похибку вимірювання за (4.1). За даними табл. 4.2 знайдемо коефіцієнт Стюдента для 10 вимірювань і довірчої ймовірності 0,95 $t_{0,95}=2,26$; розрахуємо за (4.2) виправлене вибіркове середнє квадратичне відхилення:

$$\sigma_B = \sqrt{\frac{1}{10 \times 9} \sum_{i=1}^{10} (\bar{B} - B_i)^2} \approx 0,00117$$

та знайдемо випадкову похибку:

$$\Delta_B B = 2,26 * 0,00117 = 0,004 \text{ м}^3$$

3. Похибку заокруглення за (4.4):

$$\Delta B_3 = P \frac{h}{2}. \quad (4.3)$$

Для цього знайдемо інтервал заокруглення h як половину останнього розряду виміряної величини — 0,05. Отже:

$$\Delta B_3 = 0,95 * \frac{0,01}{2} \approx 0,0005 \text{ м}^3;$$

4. Загальну абсолютну похибку (4.5):

$$\Delta B = \sqrt{(\Delta_B B)^2 + (\Delta_P B)^2 + (\Delta_3 B)^2} = 0,0045 \text{ м}^3 \quad (4.4)$$

					МММТ 480.003.003- ПЗ	Арк.
						49
Зм.	Арк.	№ докum.	Підпис	Дат		

4.3 Розрахунок надійності системи

При розрахунку надійності визначалися наступні кількісні показники:

1. Імовірність безвідмовної роботи за заданий час $P(t)$;
2. Параметр потоку відмовлень $\lambda(t)$;
3. Середній наробіток до відмовлення T_e .

Безвідмовність – це властивість системи неперервно зберігати працездатність впродовж заданого інтервалу часу. Звичайно визначається імовірність безвідмовної роботи за даний інтервал часу, що вибирається рівним 500, 1000 чи 2000 годин.

Основним показником, що враховується при розрахунках надійності, є інтенсивність відмовлень $\lambda(t)$ – число відмовлень в одиницю часу, віднесене до числа елементів, що залишилися справними до початку даного інтервалу часу.

Розрахунок показників надійності проводився методом λ - характеристик, заснованому на інтенсивностях відмовлень комплектуючих виробів (КВ) і поправочних коефіцієнтах, що враховують реальні режими і умови експлуатації виробу.

Виріб призначений для роботи в приміщенні:

- робочий діапазон температури від 0 до плюс 40°C, нормальний атмосферний тиск та відносна вологість повітря при температурі не вище 25 °C без конденсації вологи до 95 %;
- конструктивно виконано для роботи ззовні лічильника газу, пристрій зафіксовано на лічильнику, тому механічні вібрації та удари не діють.

Склад виробу – автоматизована система контролю витрати газу та визначення витоку газу.

Критерієм відмовлення виробу вважається відмовлення будь-якої його складової частини (вузла), що приводить до порушення працездатності виробу і неможливості використання його по призначенню.

При розрахунку надійності були прийняті наступні допущення:

1. відмовлення КВ і ІС є подіями випадковими і незалежними;

					МММТ 480.003.003- ПЗ	Арк.
						50
Зм.	Арк.	№ докum.	Підпис	Дат		

2. відмовлення будь-якого КВ приводить до відмовлення виробу в цілому;

3. інтенсивність відмовлень КВ протягом терміну їхньої служби в тих самих робочих режимах і умовах є постійною;

4. закон розподілу в розрахунках безвідмовної роботи передбачається експоненціальним.

Розрахунок надійності спроектованого виробу проводиться в відповідності з електричною принциповою схемою виробу і з обліком заданих кліматичний категорії і виконання виробу.

Розрахунок параметра потоку відмовлень виробу проводиться по формулі:

$$\lambda = \sum_{i=1}^n N_i \lambda_i, \quad (4.5)$$

де n – загальне число групи КВ, що входять до складу проектного виробу; $N_i \lambda_i$ – кількість і інтенсивність відмовлень КВ i -ої групи відповідно.

Інтенсивність відмовлень КВ i -ої групи в робочому режимі визначалася по формулі

$$\lambda_i = \lambda_{oi} a_i \dots a_n. \quad (4.6)$$

де λ_{oi} – інтенсивність відмовлень КВ в номінальному режимі і нормальних умовах; $a_i \dots a_n$ – поправочні коефіцієнти, що враховують умови роботи (кліматичні і механічні впливи в залежності від призначення й умов майбутньої роботи), електричне навантаження КВ і температуру навколишнього середовища, ступінь інтеграції інтегральних мікросхем, а також співвідношення видів відмовлень.

По формулі (4.6) визначаємо потік відмовлень виробу (сума величин в таблиці 6.2):

$$\lambda = 6,56012 \cdot 10^{-6} \text{ 1/год.}$$

Ймовірність безвідмовної роботи виробу протягом часу t визначалася по формулі:

$$P(t) = e^{-\lambda t} \approx 1 - \lambda t \quad (4.7)$$

					МММТ 480.003.003- ПЗ	Арк.
						51
Зм.	Арк.	№ док.м.	Підпис	Дат		

де λ – параметр потоку відмовлень; t – час роботи виробу (год).

Дані розрахунку $P(t)$ приведені в таблиці 4.2.

Таблиця 4.2 – Ймовірність безвідмовної роботи виробу протягом часу t

250	500	750	1000	2000	5000	8000	10000
0,9837345	0,967732	0,95199	0,936504	0,87704	0,720359	0,591668	0,518917

На графіку, приведеному на рис 6.6 приведена залежність надійності $P(t)$.

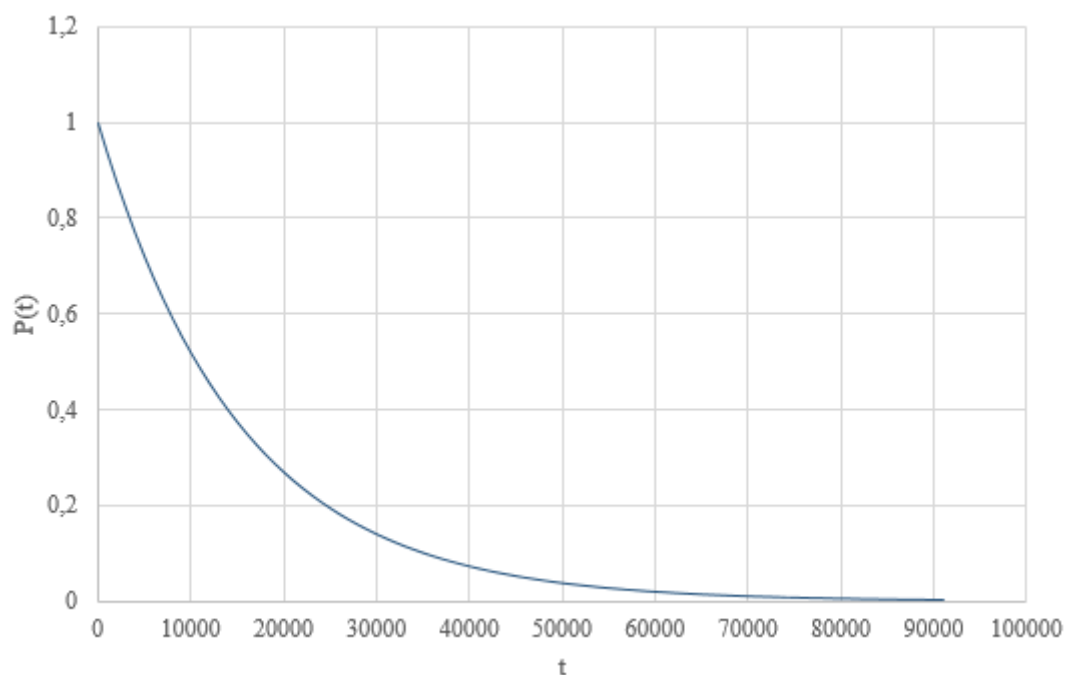


Рисунок 4.7 – Ймовірність безвідмовної роботи виробу протягом часу t

Середній наробіток до відмовлення виробу визначався по формулі:

$$T_0 = \lambda^{-1} \quad (4.8)$$

$$T = (6,56012 \cdot 10^{-6})^{-1} = 15243,62 \text{ годин.}$$

Таблиця 4.3 – Перелік комплектуючих виробів

Поз.	Найменування	Кіл.	$\lambda_{i0} \cdot 10^6$ год ⁻¹	Формула розрахунку λ_i	Коефіцієнти				$\Sigma \lambda_i \cdot 10^6$ год ⁻¹
					a ₁	a ₂	a ₄	a ₆	
1	Мікросхеми								
	Atmega 328	1	0,3	$\lambda_0 \cdot a_1 \cdot a_2 \cdot a_4 \cdot a_6$	1	1,04	1,03	1	0,321
2	Датчики								
	KY-035	1	0,3	$\lambda_0 \cdot a_1 \cdot a_2 \cdot a_4 \cdot a_6$	1	1,04	1,03	1	0,321
	MQ-9	1	0,3	$\lambda_0 \cdot a_1 \cdot a_2 \cdot a_4 \cdot a_6$	1	1,04	1,03	1	0,321
3	Діоди	1	0,3	$\lambda_0 \cdot a_1 \cdot a_2 \cdot a_4 \cdot a_6$	2,1	1	1,3	1	0,819
5	Дисплей LCD	1	0,3	$\lambda_0 \cdot a_1 \cdot a_2 \cdot a_4 \cdot a_6$	2,1	1	1,3	1	0,819

					МММТ 480.003.003- ПЗ				Дрк.
									52
Зм.	Дрк.	№ докum.	Підпис	Дат					

Поз.	Найменування	Кіл.	$\lambda_{i0} \cdot 10^6$	Формула	Коефіцієнти				$\Sigma \lambda_i \cdot 10^6$
6	Пайки	12	0,0001	$\lambda_0 \cdot a_1$	2,1	-	-	-	0,00021
7	Джерело живлення	1	30	$\lambda_0 \cdot a_1 \cdot a_4$	2,1			1	63
	Разом	22							65,60121

4.4 Принципова схема та друкована плата пристрою

Принципові електричні схеми призначенні для повного відображення взаємозв'язків пристроїв з урахуванням принципів їх дії і послідовності роботи. На принципових електричних схемах електричні елементи зображують за допомогою умовних позначень, а також вказують лінії зв'язків між ними, блоками та модулями. На схемі, також, розміщується наступна інформація: умовне зображення принципу роботи функціональних вузлів, пояснювальні написи, частини окремих елементів, діаграми переключення контактів, а також перелік використовуваних в даній схемі пристроїв.

Принципова електрична схема пристрою створена в середовищі Ms Visio.

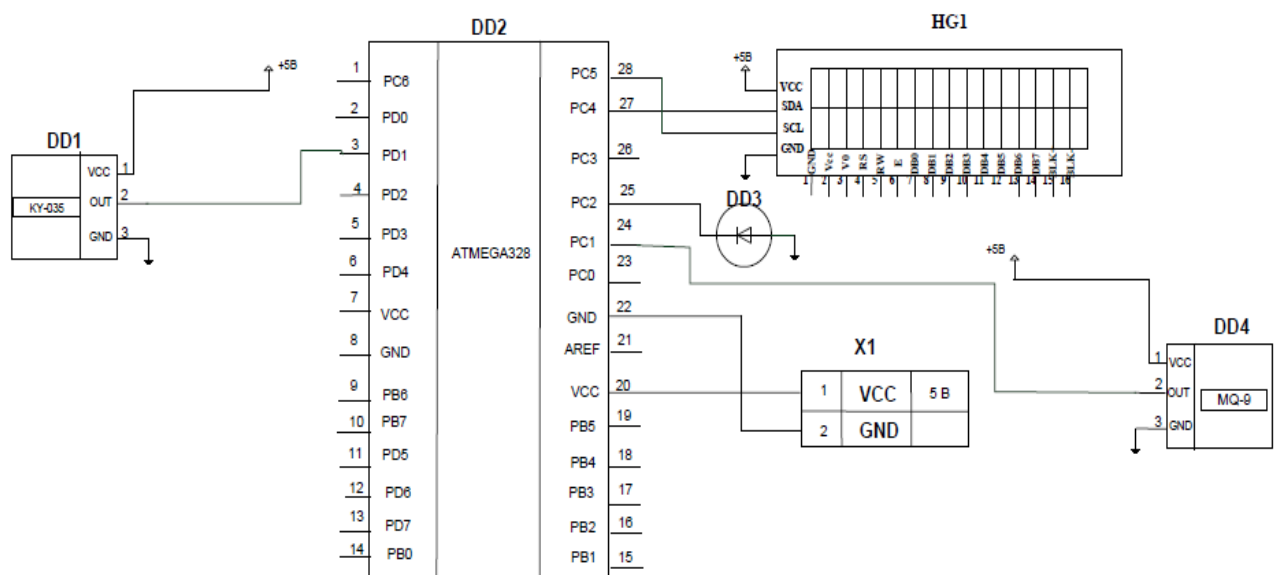


Рисунок 4.8 – Принципова електрична схема пристрою

Друкована плата пристрою створена в середовищі Easy Eda. На платі присутні всі елементи системи, а також додатковий порт для живлення плати.

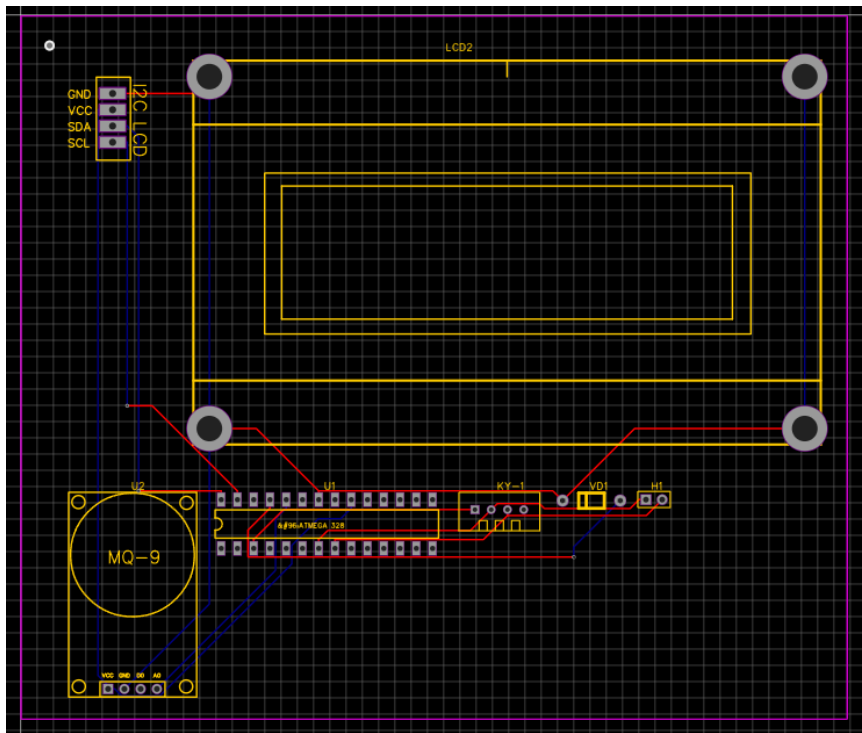


Рисунок 4.9 – Друкована плата пристрою

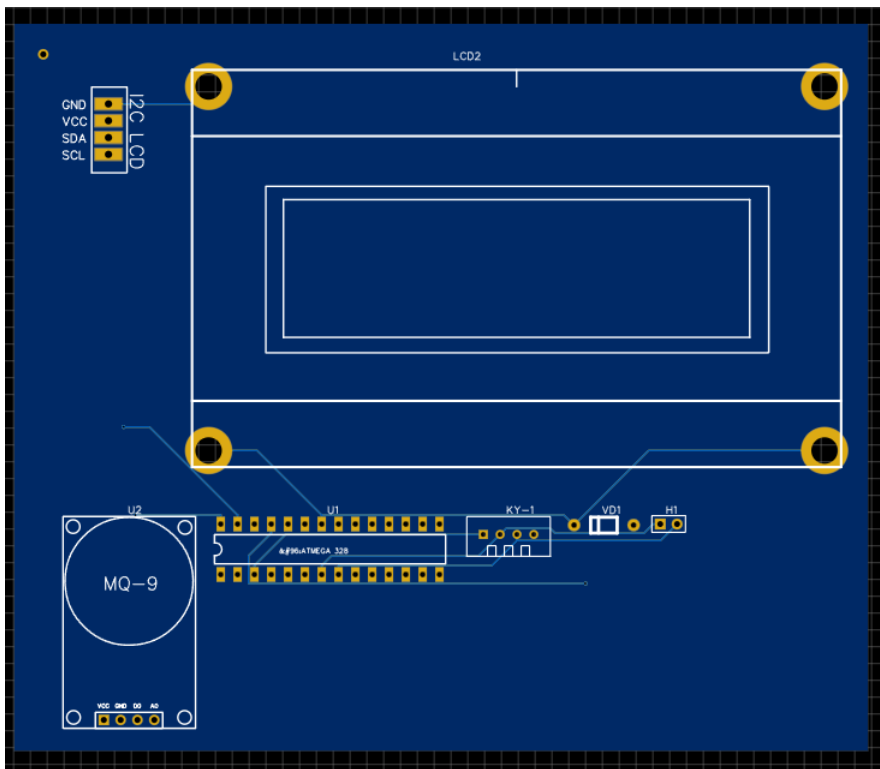


Рисунок 4.10 – Друкована плата пристрою в 2Д виді (верхній шар).

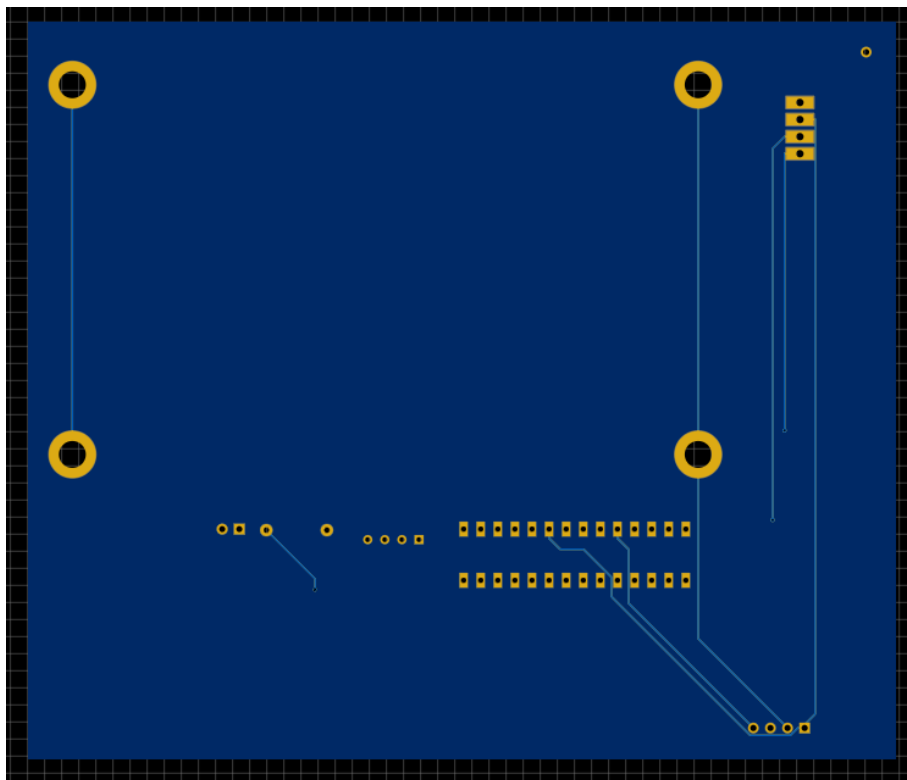


Рисунок 4.11 – Друкована плата пристрою в 2Д виді (нижній шар).

					МММТ 480.003.003- ПЗ	Арк.
						55
Зм.	Арк.	№ докum.	Підпис	Дат		

5. РОЗРОБКА АЛГОРИТМУ ТА ПРОГРАМИ РОБОТИ СИСТЕМИ

На рисунку представлена блок-схема роботи пристрою. На блок схемі показано що пристрій працює в циклі, тобто може працювати безперервно.

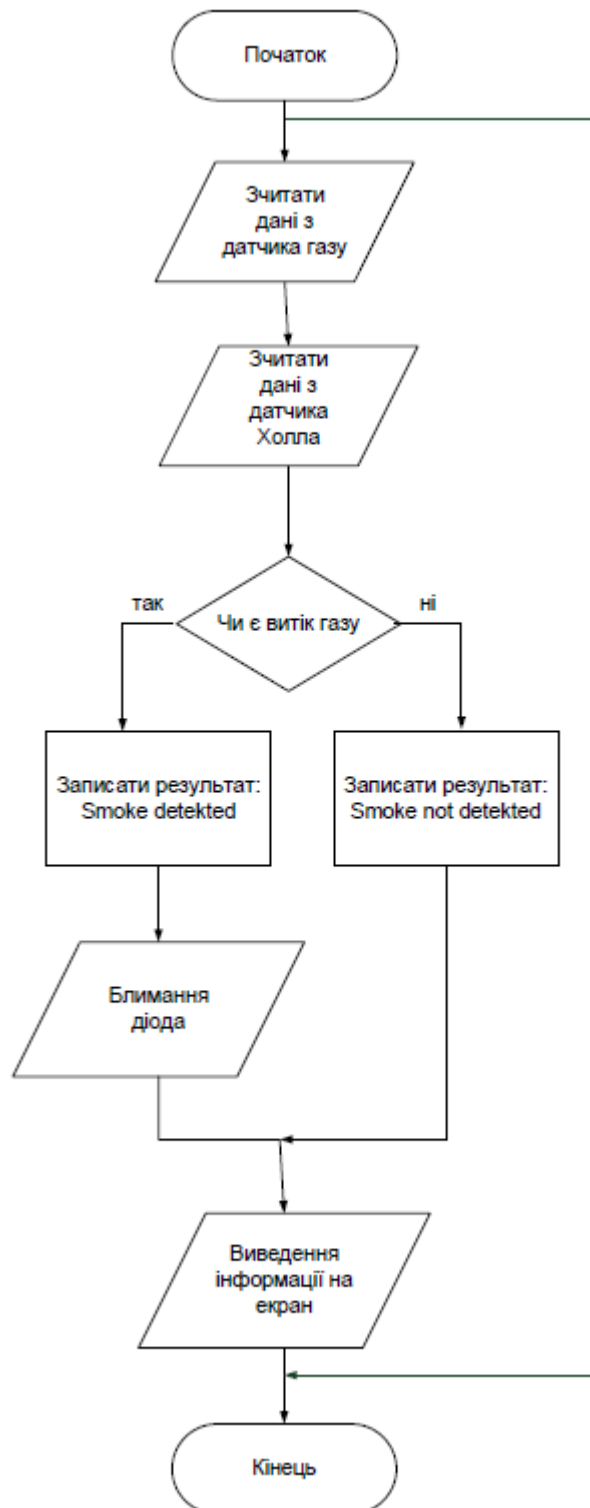


Рисунок 5.1 – Блок-схема пристрою.

Нижче буде вказано код програми :

```
#include <LiquidCrystal_I2C.h>
#include <Wire.h>
LiquidCrystal_I2C lcd(0x27,20,4);
const int gasSensorPin=A0;
const int digitalOutPin=0;

unsigned long lastflash;
int RPM;

void setup(){
  lcd.init();
  lcd.backlight();
  pinMode (gasSensorPin, INPUT);
  pinMode(digitalOutPin, INPUT);
  // initialize digital pin LED_BUILTIN as an output.
  pinMode(13, OUTPUT);
  Serial.begin(9600);

  attachInterrupt(0,sens,RISING);
  pinMode(3,OUTPUT);
  digitalWrite(3,HIGH);
}

void sens(){
  RPM=60/((float)(micros()-lastflash)/1000000);
  lastflash=micros();
}

void loop(){
  int analogValue = analogRead(gasSensorPin);
  int digitalValue = digitalRead(digitalOutPin);

  lcd.setCursor(0, 0);
  lcd.print("Gas=");
  lcd.print(analogValue);
  lcd.setCursor(0, 1);
  if (digitalValue==HIGH){
    lcd.print("Smoke : Not detected");

  }else{
    digitalWrite(13, HIGH); // turn the LED on (HIGH is the voltage level)
    delay(500);
    digitalWrite(13, LOW); // turn the LED on (HIGH is the voltage level)
    delay(500);
    lcd.print("Smoke:detected");

  }
  delay(1000);
  if((micros()-lastflash)>1000000){
    RPM=0;
  }

  lcd.setCursor(0,2);
  lcd.print("Speed=");
  lcd.print(RPM);
  delay(1000);
}
```

					МММТ 480.003.003- ПЗ	Арк.
						57
Зм.	Арк.	№ докum.	Підпис	Дат		

6. ОХОРОНА ПРАЦІ

1. Загальні вимоги до безпеки

Забезпечення безпеки життєдіяльності та охорони праці під час роботи з пристроєм. Пристрій призначений для виявлення концентрації метану в повітрі та зчитування показників лічильника газу, що є важливим заходом для запобігання вибухам і отруєнням, а також для точного обліку споживання газу. Лічильник газу забезпечує облік споживання природного газу в житлових і промислових приміщеннях, а додатковий датчик метану служить для оперативного виявлення витоків.

Основні потенційні небезпеки, пов'язані з експлуатацією даного пристрою, включають:

–Витік газу: Наявність високої концентрації метану в повітрі може призвести до вибуху або отруєння. Метан є безбарвним та без запаху, що робить його особливо небезпечним, оскільки витік може залишитися непоміченим без належного обладнання.

–Неправильне зчитування даних з лічильника газу: Неточні дані можуть призвести до неправильного обліку споживання газу та фінансових втрат. Це може спричинити конфлікти між споживачами та постачальниками газу, а також проблеми з точністю розрахунків.

–Електричний струм: Неправильне поводження з електронними компонентами, може призвести до ураження електричним струмом. Це може статися через коротке замикання, неправильне підключення або використання неякісних компонентів.

–Механічні пошкодження: Неправильне встановлення або експлуатація пристрою можуть спричинити механічні пошкодження, які можуть вплинути на точність вимірювань та загальну працездатність системи.

					МММТ 480.003.003- ПЗ	Арк.
						58
Зм.	Арк.	№ докum.	Підпис	Дат		

2.1. Захист від витоку газу

–Регулярна перевірка пристрою на наявність пошкоджень та правильної роботи датчика метану. Важливо проводити періодичну калібровку датчиків для забезпечення їх точної роботи.

–Встановлення пристрою в місцях з належною вентиляцією для забезпечення швидкого розсіювання газу у разі витоку. Приміщення повинні бути обладнані вентиляційними системами, які можуть оперативно знижувати концентрацію метану.

–Використання додаткових сигналізаційних систем для оповіщення у випадку виявлення небезпечної концентрації метану. Сигналізація повинна бути звуковою та світловою, щоб негайно привертати увагу до небезпеки.

2.2. Електробезпека

–Використання джерел живлення з відповідною напругою для електронних компонентів. Важливо дотримуватися специфікацій виробника щодо живлення та підключення компонентів.

–Дотримання правил роботи з електричними приладами, зокрема уникнення роботи з пристроєм у вологих умовах. Волога може спричинити коротке замикання та вихід з ладу електронних компонентів.

–Перевірка всіх з'єднань на наявність надійного контакту перед запуском пристрою. Погані з'єднання можуть призвести до нестабільної роботи пристрою та потенційно небезпечних ситуацій.

2.3. Механічна безпека

–Використання захисних кожухів для усіх рухомих частин пристрою, якщо такі є. Це запобігатиме випадковим пошкодженням та забезпечить безпеку користувачів.

–Регулярне технічне обслуговування та огляд пристрою для виявлення та усунення механічних пошкоджень. Це включає перевірку всіх кріплень, з'єднань та робочих елементів.

					МММТ 480.003.003- ПЗ	Док.
						59
Зм.	Док.	№ док.	Підпис	Дат		

–Встановлення пристрою на стабільній поверхні для уникнення його падіння або перекидання. Нестабільне розташування може призвести до механічних пошкоджень та неточних вимірювань.

3. Пожежна безпека

Оскільки метан є легкозаймистим газом, особливу увагу слід приділити заходам пожежної безпеки:

–Використання вогнестійких матеріалів для корпусу пристрою. Це зменшить ризик займання у випадку виникнення пожежонебезпечної ситуації.

–Розташування пристрою подалі від джерел відкритого вогню та високих температур. Навіть короточасний контакт з вогнем може призвести до займання метану.

–Наявність в приміщенні засобів пожежогасіння, зокрема вуглекислотних або порошкових вогнегасників. Персонал повинен бути навченим користуватися вогнегасниками у разі необхідності.

4. Інструктаж та навчання

–Проведення регулярних інструктажів для персоналу, що працює з пристроєм, з питань безпеки та порядку дій у разі аварійної ситуації. Інструктажі повинні включати практичні заняття та перевірку знань.

–Навчання правильного поводження з електронними компонентами та виконання процедур технічного обслуговування. Це включає знання про основні принципи роботи з Arduino Uno та іншими компонентами системи.

–Розробка та впровадження детальних інструкцій з експлуатації пристрою, які будуть доступні всім користувачам. Інструкції повинні містити крок за кроком опис всіх операцій та заходів безпеки.

5. Правильне поводження з лічильником газу

6.1. Встановлення лічильника газу

–Правильний вибір місця для встановлення: Лічильник газу повинен бути встановлений в місці, яке легко доступне для зчитування показників та технічного обслуговування. Місце повинно бути сухим, чистим та захищеним від механічних пошкоджень.

					МММТ 480.003.003- ПЗ	Арк.
						60
Зм.	Арк.	№ докum.	Підпис	Дат		

–Дотримання інструкцій виробника: Встановлення лічильника повинно проводитися згідно з інструкціями виробника, щоб забезпечити правильне функціонування та точність вимірювань.

–Проведення перевірки на герметичність: Після встановлення лічильника необхідно провести перевірку на герметичність всіх з'єднань для запобігання витокам газу.

6.2. Експлуатація лічильника газу

–Регулярне зчитування показників: Показники лічильника повинні зчитуватися регулярно для точного обліку споживання газу. Це дозволить вчасно виявляти відхилення в споживанні та потенційні проблеми.

–Перевірка на наявність пошкоджень: Лічильник та його з'єднання повинні регулярно перевірятися на наявність механічних пошкоджень та зношення. Будь-які виявлені дефекти повинні бути негайно усунені.

–Запобігання доступу сторонніх осіб: Лічильник повинен бути захищений від несанкціонованого доступу сторонніх осіб, які можуть пошкодити пристрій або змінити показники.

6.3. Технічне обслуговування лічильника газу

–Періодичне калібрування: Лічильник газу повинен періодично калібруватися для забезпечення точної роботи. Калібрування повинно проводитися спеціалістами з використанням відповідного обладнання.

–Очищення від забруднень: Лічильник та його з'єднання повинні бути чистими від пилу, бруду та інших забруднень, які можуть впливати на точність вимірювань. Очищення повинно проводитися з використанням відповідних засобів, що не пошкоджують пристрій.

7. Вимоги до приміщення

–Приміщення для встановлення пристрою повинно відповідати певним вимогам щодо вентиляції, освітлення та пожежної безпеки. Це включає наявність вентиляційних систем, пожежних датчиків та аварійного освітлення.

–Забезпечення легкого доступу до пристрою для проведення технічного обслуговування та оперативного реагування у разі виникнення аварійних

					МММТ 480.003.003- ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докum.	Підпис	Дат		61

ситуацій. Це включає зручне розташування та можливість швидкого відключення пристрою від джерела живлення.

—Регулярне проведення аудитів з безпеки для оцінки відповідності приміщення всім вимогам та стандартам. Аудити повинні проводитися спеціально навченою командою з безпеки.

8. Висновок

Дотримання вищезазначених заходів безпеки є обов'язковим для забезпечення надійної та безпечної експлуатації лічильника газу та розробленого пристрою. Забезпечення відповідних умов експлуатації та регулярне технічне обслуговування дозволить мінімізувати ризики та запобігти можливим аварійним ситуаціям. Правильна організація роботи, навчання персоналу та відповідальне ставлення до безпеки забезпечать ефективне та безпечне використання пристрою у різних умовах експлуатації.

					МММТ 480.003.003- ПЗ	Арк.
						62
Зм.	Арк.	№ докum.	Підпис	Дат		

ВИСНОВКИ

В результаті виконання дипломної роботи було виконано такі задачі:

–Проведено детальний аналіз існуючих аналогів систем вимірювання витрат природного газу. Це дозволило визначити ключові вимоги до розроблюваної системи та врахувати переваги і недоліки існуючих рішень.

–Створено комп'ютеризовану систему на основі Arduino Uno, що включає датчик Холла для вимірювання витрат газу, датчик газу для виявлення витоків та дисплей для візуалізації даних.

–Розроблені структурна та принципова схеми системи, які визначають логіку взаємодії компонентів та забезпечують надійну роботу пристрою. Це включає в себе детальну схему підключення датчиків, мікроконтроллера та дисплея.

–Створено дизайн друкованої плати, що забезпечує компактне та ефективне розташування всіх компонентів системи.

–Розроблено програмний код в середовищі Arduino, який реалізує алгоритми зчитування даних з датчиків, обробки цих даних, та виведення результатів на дисплей. Програма забезпечує точне вимірювання витрат газу та оперативне виявлення витоків.

–Створено функціональний макет системи, який підтвердив працездатність розробленого пристрою в реальних умовах. Макет продемонстрував високу точність вимірювань та надійність виявлення витоків газу.

Таким чином, розроблена комп'ютеризована система вимірювання витрат та контролю витоку природного газу повністю відповідає поставленим вимогам та показала високу ефективність у вирішенні задач, пов'язаних з безпекою та обліком споживання газу в побутовому секторі. Система може бути використана для покращення контролю за витратами газу, забезпечення своєчасного виявлення витоків та підвищення рівня безпеки споживачів природного газу.

					МММТ 480.003.003- ПЗ	Арк.
						63
Зм.	Арк.	№ докum.	Підпис	Дат		

ПЕРЕЛІК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Застосування детектору витоку побутового газу для моніторингу повітря [Електронний ресурс]. Режим доступу: <http://ecoj.dea.kiev.ua/archives/2023/1/16.pdf>.
2. Датчик газу MQ-9 модуль [Електронний ресурс]. Режим доступу: <https://www.mini-tech.com.ua/datchik-gaza-mq-9-modul>
3. Модуль датчика Холла А3144 [Електронний ресурс]. Режим доступу: <https://arduinka.biz.ua/modul-datchika-holla-ky-003-p835c74.html>
4. Як розумний електролічильник передає показники [Електронний ресурс]. Режим доступу: <https://jooby.eu/uk/blog/rozumnij-elektrolichilnik/>
5. Лічильники газу роторні РГС-Ех «Настанова з експлуатації Ф62.784.012 НЕ» ст.8-9, 26-27.
6. NB-IoT модем ТКБ [Електронний ресурс]. Режим доступу: <https://radmirtech.com.ua/product/nb-iot-modem-tkb/>
7. Паспорт NB-IoT модем ТКБ [Електронний ресурс]. Режим доступу: <https://radmirtech.com.ua/wp-content/uploads/2020/09/Pasport.-NB-IoT-TKB.pdf>
8. GPRS-модем ТКБ [Електронний ресурс]. Режим доступу: <https://radmirtech.com.ua/product/gprs-modem-tkb/>
9. Паспорт GPRS-модем ТКБ [Електронний ресурс]. Режим доступу: <https://radmirtech.com.ua/wp-content/uploads/2020/03/Pasport-TKB-RTEKh.464411.021.pdf> ст.3-5.
10. Радіомодуль ВЕГА-T-LoRa [Електронний ресурс]. Режим доступу: <https://radmirtech.com.ua/product/radiomodul-veha-t-lora/>
11. Паспорт Радіомодуль ВЕГА-T-LoRa [Електронний ресурс]. Режим доступу: https://radmirtech.com.ua/wp-content/uploads/2020/09/RADYOMODUL_VEHA_T_LoRa.W.pdf
12. Радіомодуль ВЕГА-T [Електронний ресурс]. Режим доступу: <https://radmirtech.com.ua/product/radyo-modul-veha-t-2-2/>
13. Паспорт Радіомодуль ВЕГА-T-LoRa [Електронний ресурс]. Режим доступу: https://radmirtech.com.ua/wp-content/uploads/2020/04/RADYOMODUL_

					МММТ 480.003.003- ПЗ	Арк.
						64
Зм.	Арк.	№ докum.	Підпис	Дат		

14. Мікропроцесорна техніка. Однокристальні мікроконтролери: навч. посібник / С.Р.Михайлов. – К.:, 2014. – 123 с.

15. ESP8266 [Електронний ресурс]. Режим доступу: <https://uk.wikipedia.org/wiki/ESP8266>

16. WeMos D1 mini на чіпі ESP-12F ESP8266 [Електронний ресурс]. Режим доступу: <https://artificer.com.ua/product/wemos-d1-mini-na-chipe-esp-12f-esp8266/>

17. ESP32 [Електронний ресурс]. Режим доступу: <https://uk.wikipedia.org/wiki/ESP32>

18. Wemos Live D1 Mini ESP-32 WiFi/Bluetooth модуль ESP32 [Електронний ресурс]. Режим доступу: <https://artificer.com.ua/product/wemos-live-d1-mini-esp-32-wifi-bluetooth-modul-esp32/>

19. Arduino UNO [Електронний ресурс]. Режим доступу: https://uk.wikipedia.org/wiki/Arduino_Uno

20. Офіційний сайт Arduino [Електронний ресурс]. - Режим доступу: <https://www.arduino.cc>.

21. Arduino UNO R3 [Електронний ресурс]. Режим доступу: <https://artificer.com.ua/product/arduino-uno-r3/>

22. KY-035 Модуль датчика Холла [Електронний ресурс]. Режим доступу: <https://artificer.com.ua/product/ky-035-modul-datchika-holla/>

23. KY-024 магнітний лінійний датчик Холла [Електронний ресурс]. Режим доступу: <https://myproject.com.ua/ru/ky-024-magnitnyj-linejnyj-datchik-holla-ru.html>

24. KY-024 магнітний лінійний датчик Холла [Електронний ресурс]. Режим доступу: <https://artificer.com.ua/product/ky-024-magnitnyj-linejnyj-datchik-holla/>

25. Сигналізатор газу побутовий [Електронний ресурс]. Режим доступу: https://uk.wikipedia.org/wiki/%D0%A1%D0%B8%D0%B3%D0%BD%D0%B0%D0%BB%D1%96%D0%B7%D0%B0%D1%82%D0%BE%D1%80_%D0%B3%D

					МММТ 480.003.003- ПЗ	Арк.
						65
Зм.	Арк.	№ докum.	Підпис	Дат		

0%B0%D0%B7%D1%83_%D0%BF%D0%BE%D0%B1%D1%83%D1%82%D0%BE%D0%B2%D0%B8%D0%B9

26. Датчик чадного газу [Електронний ресурс]. Режим доступу: <https://corelamps.com/elektromontazhne-obladnannia/datchyk-chadnoho-hazu/>

27. Дисплей LCD екран 1602 на платі Arduino (11725) [Електронний ресурс]. Режим доступу: <https://beegreen.com.ua/ru-ru/displej-lcd-ekran-1602-na-plati-arduino-11725>

28. LCD 1602 символний дисплей 16×2 (синій) [Електронний ресурс]. Режим доступу: <https://mehanika.net.ua/product/lcd-1602-simvolnij-displej-16x2-sinij/>

29. DFRobot Gravity - LCD дисплей 2x16 I2C – синій [Електронний ресурс]. Режим доступу: <https://botland.com.pl/gravity-wyswietlacze/12361-dfrobot-gravity-wyswietlacz-lcd-2x16-i2c-niebieski-6959420913428.html>

30. LCD 2004 I2C символний дисплей 20x4 (синій) [Електронний ресурс]. Режим доступу: <https://arduino.ua/ru/prod663-lcd-2004-i2c-simvolnii-displei-20x4-sinii>

					МММТ 480.003.003- ПЗ	Арк.
						66
Зм.	Арк.	№ док.м.	Підпис	Дат		