НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ УКРАЇНИ
«КИЇВСЬКИЙ ПОЛІТЕХНІЧНИЙ ІНСТИТУТ
імені ІГОРЯ СІКОРСЬКОГО»

Радіотехнічний факультет

Кафедра радіоконструювання та виробництва радіоапаратури

«На правах рукопису»
УДК 621.528.6

До захисту допущено:
Зав. кафедри
_____ Є. А. НЕЛІН
«___»_____20__ р.

Магістерська дисертація

на здобуття ступеня магістра

за освітньо-професійною програмою «Інтелектуальні технології мікросистемної радіоелектронної техніки»

за спеціальністю 172 «Телекомунікації та радіотехніка»

на тему: «Портативний переносний газоаналізатор»

Виконав (-ла):
студент (-ка) 2 курсу, групи РІ-91мп
Павленко Костянтин Олександрович _____ _____

Керівник:
Проф. д. т. н. Яненко Олексій Пилипович _____

Рецензент:
Доцент, к.т.н. каф.РТПС Товкач Ігор Олегович _____ _____

Засвідчую, що у цій магістерській дисертації немає запозичень з праць інших авторів без відповідних посилань.
Студент (-ка) _____

Київ – 2020 року

Павленко К.О. РІ-91мп, 2020

Національний технічний університет України

«Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»

Радіотехнічний факультет

Кафедра радіоприймання та оброблення сигналів

Рівень вищої освіти – другий (магістерський)

Спеціальність – 172 «Телекомунікації та радіотехніка»

Освітньо-професійна програма «Радіозв`язок і оброблення сигналів»

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри

_____ Є. А. НЕЛІН

«___»_____20__ р.

ЗАВДАННЯ
на магістерську дисертацію студента
Павленка Костянтина Олександровича

1.Тема дисертаї **«Портативний переносний газоаналізатор»**
науковий керівник дисертації Яненко Олексій Пилипович, проф. д. т. н.
затверджені наказом по університету від «5» листопада 2020 р. №3223-с

2. Термін подання студентом дисертації 11 грудня 2020 року

3. Об'єкт дослідження Пристрій для детектування газів

4. Вихідні дані детектований газ - пропан-бутан, діапазон, точність, межа, вимірювання; діапазон концентрації 500 - 10000 ppm; час аналізу < 2с

5. Перелік завдань, які потрібно розробити провести аналіз існуючих рішень для детектування небезпечних газів; розробити концептуально-технологічні рішення для безперервного детектування газів різного типу

6. Орієнтовний перелік графічного (ілюстративного) матеріалу 15 слайдів

Павленко К.О. РІ-91мп, 2020

7. Орієнтовний перелік публікацій _____

_____

9. Дата видачі завдання 02 вересня 2020 року

Календарний план

№ з/п	Назва етапів виконання магістерської дисертації	Термін виконання етапів магістерської дисертації	Примітка
1	Аналітичний огляд та розробка ТЗ	Початок 02.092020-23.09.2020	
2	Аналіз та розгляд спеціальних рі	24.09.2020-08.10.2020	
3	Проведення експериментальних до	09.10.2020-18.10.2020	
4	Кореляційне тестування спеціальн	19.10.2020-01.11.2020	
5	Оформлення та підготовка до	02.11.2020-25.11.2020	

Студент Павленко К. О.

Науковий керівник Яненко О. П.

Павленко К.О. РІ-91мп, 2020

РЕФЕРАТ

Обсяг пояснювальної записки становить 105 сторінок, яка включає в себе 31 ілюстрацію, 5 додатків, 22 таблиці.

Актуальність пристрою обумовлена необхідністю пристрою, який допоможе з уникнення небезпеки в разі наявності у повітрі шкідливих речовин.

Мета роботи — забезпечення можливості детектування небезпечних речовин у просторі.

Завдання дисертації:

1. Розробити макет друкованої плати в середовищі Altium Designer.
2. Розробити конструкцію приладу.
3. Провести експериментальні дослідження пов'язанні з детектуванням датчика у різних середовищах.

Об’єкт дослідження—пристрій для детектування газів

Предмет дослідження — конструкція та характеристики пристрою. Похибка результатів виміру.

Методи дослідження: теоретичний розрахунок та експериментальне дослідження параметрів макету пристрою.

Наукова новизна полягає в пропозиції нової концепції вимірювача та в покращенні представлення вимірювальних даних.

Павленко К.О. РІ-91мп, 2020

ABSTRACT

The volume of the recording note is 105 pages, which includes 31 illustrations, 5 appendices, 22 tables.

The urgency of the device is due to the need for a device that will help to avoid danger in the presence of harmful substances in the air.

The purpose of the work is to provide the possibility of detecting hazardous substances in space.

Dissertation objectives:

1. Develop a layout of the printed circuit board in the Altium Designer environment.

2. Develop the design of the device.

3. Conduct experimental studies of measurement errors associated with use in different environments.

The object of study is a device for detecting gases

The subject of research - the design and characteristics of the device. Measurement error.

Research methods: theoretical calculation and experimental study of the parameters of the device layout.

The scientific novelty is to propose a new concept of the meter and to improve the presentation of measurement data.

Павленко К.О. РІ-91мп, 2020

ЗМІСТ

Перелік скорочень..... **Ошибка! Закладка не определена.**

Вступ..... **Ошибка! Закладка не определена.**

1 Огляд існуючих рішень. Розробка та аналіз технічного завдання ..... **Ошибка! Закладка не определена.**

1.1 Огляд та аналіз аналогів на ринку **Ошибка! Закладка не определена.**

1.2 Аналіз схемотехнічних рішень. **Ошибка! Закладка не определена.**

1.3 Аналіз технічного завдання..... **Ошибка! Закладка не определена.**

2 Розробка конструкції та конструктивні елементи **Ошибка! Закладка не определена.**

2.1 Структурна схема ..... **Ошибка! Закладка не определена.**

2.2 Схема електрична принципова. **Ошибка! Закладка не определена.**

2.3 Вибір елементної бази ..... **Ошибка! Закладка не определена.**

2.3.1 Вибір мікроконтролера..... **Ошибка! Закладка не определена.**

2.3.2 Резистори ..... **Ошибка! Закладка не определена.**

2.3.3 Конденсатори..... **Ошибка! Закладка не определена.**

2.3.4 Транзистори ..... **Ошибка! Закладка не определена.**

2.3.5 Вибір давача вологості і температури **Ошибка! Закладка не определена.**

2.3.6 Вибір модуля давачу газу... **Ошибка! Закладка не определена.**

2.3.7 Діоди..... **Ошибка! Закладка не определена.**

2.3.8 Модуль реального часу..... **Ошибка! Закладка не определена.**

2.3.9 ЖК-экран..... **Ошибка! Закладка не определена.**

Павленко К.О. РІ-91мп. 2020

2.3.10 Електромагнітний випромінювач звуку**Ошибка! Закладка не определена.**

2.3.11 Вибір кварцового резонатора**Ошибка! Закладка не определена.**

2.3.12 Вибір перемикача.....**Ошибка! Закладка не определена.**

2.4 Розрахунок Друкованого вузла **Ошибка! Закладка не определена.**

2.4.1 Вибір типу друкованої плати**Ошибка! Закладка не определена.**

2.4.2 Вибір класу точності і конфігурації друкованої плати .**Ошибка! Закладка не определена.**

2.4.3 Розрахунок геометричних розмірів ДП**Ошибка! Закладка не определена.**

2.4.4 Розрахунок мінімальної ширини провідника по постійному струму .....**Ошибка! Закладка не определена.**

2.4.5 Розрахунок мінімальної ширини провідника за допустимим падінням напруги .....**Ошибка! Закладка не определена.**

2.4.6 Розрахунок максимальної ширини провідників .....**Ошибка! Закладка не определена.**

2.4.7 Розрахунок мінімальної відстані між елементами провідникового рисунку .....**Ошибка! Закладка не определена.**

2.4.8 Розрахунок мінімальної відстані між провідниками і контактною площиною у вузьких місцях**Ошибка! Закладка не определена.**

2.5 Розрахунки що підтверджують працездатність**Ошибка! Закладка не определена.**

2.5.1 Розрахунок напрацювання на відмову**Ошибка! Закладка не определена.**

Павленко К.О. РІ-91мп, 2020

2.5.2 Розрахунок вібромiцностi друкованого вузла.....**Ошибка! Закладка не определена.**

2.5.3 Розрахунок теплостійкості.**Ошибка! Закладка не определена.**

2.5.4 Розрахунок радіатора-пластини**Ошибка! Закладка не определена.**

3 Розробка програмного забезмечення**Ошибка! Закладка не определена.**

3.1 Вибір мови програмування.....**Ошибка! Закладка не определена.**

3.2 Програмне налаштування сигналізації**Ошибка! Закладка не определена.**

3.3 Підключення додаткового давача**Ошибка! Закладка не определена.**

3.4 Лістинг програми для Arduino.**Ошибка! Закладка не определена.**

4 Експериментальні дослідження.....**Ошибка! Закладка не определена.**

4.1 Перетворення значень АЦП в ppm**Ошибка! Закладка не определена.**

4.2 Температурна компенсація.....**Ошибка! Закладка не определена.**

4.3 Переносимо модель в мікроконтролер**Ошибка! Закладка не определена.**

4.4 Результати розрахунків.....**Ошибка! Закладка не определена.**

4.5 висновок.....**Ошибка! Закладка не определена.**

5 Розробка стартам проекту .....**Ошибка! Закладка не определена.**

5.1 Опис ідеї .....**Ошибка! Закладка не определена.**

5.2 Технологічний аудит ідеї проекту**Ошибка! Закладка не определена.**

5.3 Аналіз ринкових можливостей запуску**Ошибка! Закладка не определена.**

Павленко К.О. РІ-91мп, 2020

Висновки ..... **Ошибка! Закладка не определена.**

Перелік джерел посилань ..... **Ошибка! Закладка не определена.**

Додатки ..... **Ошибка! Закладка не определена.**

Павленко К.О. РІ-91мп, 2020

Перелік скорочень

БДП – багатошарові друковані плати;

ГДП – гнучкі друковані плати;

ДВ – друкований вузол;

ДДП – двосторонні друковані плати;

ДП – друкована плата;

ІМС – інтегральна мікросхема

МК — мікроконтролер;

ОДП – односторонні друковані плати;

ПК – персональний комп’ютер;

РЕА – радіоелектронна апаратура;

САПР – система автоматизованого проектування;

UART– universal asynchronous receiver transmitter (універсальний асинхронний прийомопередавач).

USB – universal serial bus (універсальна послідовна шина).

Павленко К. О. РІ-91мп, 2020

Вступ

Актуальність. У сучасному світі завдання попередження аварійних ситуацій, пов'язаних з витоком горючих та токсичних газів в атмосферу, є одним із пріоритетних. На великих виробничих об'єктах хімічної промисловості використовуються провідні автоматизовані системи контролю токсичних і вибухонебезпечних газів [1]. У технологічних процесах, пов'язаних з видобутком, транспортуванням, переробкою, отриманням, зберіганням і застосуванням горючих та токсичних газів, завжди є висока ймовірність утворення вибухонебезпечних і токсичних суміщей. Висока концентрація горючих газів може призвести до займання або вибуху, а також може бути причиною важкого отруєння персоналу [1]. В Україні, та в інших країнах у даний час причинами вибухів і отруєнь найбільш часто є грубе порушення правил безпечної експлуатації обладнання, відсутність контролю над технологічними процесами.

Таким чином, контроль газового середовища на об'єктах промисловості є дуже актуальною задачею.

Тому стоїть завдання розробки системи моніторингу, яка мала б кращі характеристики в порівнянні з існуючими функціональними аналогами [2]. Для її вирішення необхідно постійно удосконалювати існуючі газоаналізатори - підвищувати їх надійність, точність вимірювання концентрацій, а також універсальність і легкість в експлуатації. актуальним завданням є розробка комплексних газоаналізаторів, які відповідають сучасним вимогам по швидкодії і точності, стабільно функціонуючих в умовах збуджуючих факторів зовнішнього середовища [1].

Сучасний розвиток електроніки дозволяє створити більш компактні, багатофункціональні і надійні газоаналізатори, з використанням передових технологій електронної компонентної бази (ЕКБ). Розробка і вдосконалення дозволяє віддалено проводити контроль природного середовища для виявлення в режимі реального часу витоку горючих та токсичних газів.

Павленко К.О. РІ-91мп, 2020

Мета роботи. Метою дисертаційної роботи є розробка конструктивно технологічних рішень створення портативних автономних газоаналізаторів з покращеними технічними і експлуатаційними характеристиками.

Задачі. Для досягнення поставленої мети необхідно вирішити такі задачі:

1. Провести аналіз існуючих технічних рішень для контролю небезпечних газів с метою створення пристрою з покращеними технічними і експлуатаційними характеристиками.

2. Розробити конструктивно-технологічні рішення, що забезпечують інтеграцію газових сенсорів різного типу і мають кращі характеристики в порівнянні з існуючими аналогами.

3. Розробити конструктивно-технологічні рішення, що забезпечують створення компактного та автономного пристрою.

4. Розробити алгоритм обробки сигналу газових сенсорів різного типу.

5. Розробити оптимальний алгоритм для проведення калібрування датчика.

7. Розробити математичну модель функціонування датчика в різних навколишніх умовах.

Об'єкт дослідження. Пристрій для детектування газів

Предмет дослідження. Конструкція та характеристики пристрою.

Наукова новизна. Наукова новизна дисертаційного дослідження полягає в наступному:

1. Запропоновано конструктивно-технологічні рішення по створенню газоаналізаторів, що забезпечують інтеграцію різних газових сенсорів.

2. Розроблено алгоритм обробки сигналу газових сенсорів різного типу.

3. Запропоновано оригінальний алгоритм, що забезпечує більш точну роботу пристрою в умовах не призначених для гарної роботи датчика.

4. Розроблено математичну модель, що описує функціонування датчика в різних навколишніх умовах.

Павленко К. О. РІ-91мп, 2020

Практична значимість. Створена на основі розробленого пристрою автоматична система моніторингу дозволяє контролювати витоки небезпечних газів в навколишнє середовище. Результати дисертації можуть бути використані в різних галузях виробництва: на підприємствах газової і нафтової промисловості, хімічної галузі, енергетики, гірничодобувної та вугільної промисловості, металургії та ЖКГ.

Розроблені газоаналізатори можуть працювати в системах промислової безпеки та екологічного моніторингу. Програмне забезпечення керуючого мікроконтролера дозволяє збільшити час автономної роботи пристрою. Вбудоване програмне забезпечення мікроконтролера дозволяє інтегрувати різні газові сенсори.

Особистий внесок. Всі винесені на захист результати і положення, які складають основний зміст дисертаційної роботи, розроблені і отримані автором або за його участі.

Розробка моделей та дослідження детектування газів в різних умовах навколишнього середовища.

Проведення моделювання схеми апарата в програмному середовищі Altium Designer.

Розробка алгоритму коригування датчика в різних умовах використання.

Методи дослідження. У процесі вирішення поставлених задач використовувалися принципи системного підходу і об'єктно-орієнтованого програмування, методи лінійного програмування, а також експериментальні методи дослідження.

Структура та обсяг дисертаційної роботи. Дисертація складається із вступу, чотирьох розділів, висновків, переліку посилань.

Павленко К.О. РІ-91мп, 2020

1 Огляд існуючих рішень. Розробка та аналіз технічного завдання

1.1 Огляд та аналіз аналогів на ринку

Газосигналізатор "СТРАЖ S51A3K" [3] призначений для автоматичного контролю концентрацій природного газу (далі метан) в побутових, комунальних, виробничих приміщень і котелень.

Виготовляються прилади в ударостійкому пластмасовому корпусі стаціонарного виконання з вбудованою світловою і звуковою індикацією.

Газосигнализатор [3] має високий рівень гучності сигналу тривоги, низький рівень споживання електроенергії, тривалий термін експлуатації, малі габарити і вагу

Газоаналізатор «СТРАЖ S51A3K» зображено на рис. 1.1 [3].

Рисунок 1.1 — Газоаналізатор «СТРАЖ S51A3K»

- Поріг спрацьовування по метану (CH_4): 0,5% (10% НКПР)
- Поріг спрацьовування по перевищенню температури +55 С °
- Рівень звукового сигналу тривоги на відстані 1 м: не менше 85 дБ

Павленко К.О. РІ-91мп. 2020

- Час прогріву: не більше 30 хв
- Поріг спрацьовування по чадному газу - 0,01%
- Час спрацьовування на метан під час прогріву: не більше 300 с
- Час спрацювання сигналізації на метан: не більше 30 с
- Вихід для управління електромагнітним клапаном на 220В
- Вихід для управління світлозвуковим пристроєм і / або витяжкою
- Живлення від мережі змінного струму 110 В - 220 В 50 Гц
- Споживана потужність в режимі очікування: не більше 2,2 Вт
- Клас захисту від попадання в корпус твердих і рідких речовин: IP22D
- Клас захисту по ступеню електрозахисту: II
- Повний середній термін служби: не менше 6 років
- Контроль газового середовища в температурному діапазоні: від -10 до +40 С °
- Контроль перевищення температури повітря до +60 С °

До недоліків слід віднести детектування одного виду газу та неавтономність

Газоаналізатор «WP6900» зображено на рисунку 1.2 [4].

Рисунок 1.2 — Газоаналізатор «Bautech WP6900»

Павленко К.О. РІ-91мп, 2020

Тестер проводить аналіз повітря, яке надходить в два отвори вгорі корпусу приладу [4].

Тестер портативний [4], має невеликий розмір 11,8 см х 5,5 см х 2,2 см та вагу (100 грам).

Прилад [4] володіє наступними технічними параметрами:

- Модель: WP6900
- Діапазон вимірювань формальдегіду: 0 ~ 1.999 мг / м 3
- Діапазон вимірювання вуглекислого газу: 0 ~ 9.999 мг / м 3
- Робоча температура: -10 ° C + 45 ° C
- Тип датчика: напівпровідниковий
- Живлення: 2 батарейки типу AA, 1,5 В
- Розмір: 11,8 см х 5,5 см х 2,2 см
- Вага: 100 грам

До недоліків відноситься детектування одного виду газу.

До найбільш сучасних газоаналізаторів слід віднести прилад фірми «WINTACT» який зображено на рисунку 1.3 [5].

Рисунок 1.3 — Газоаналізатор «WINTACT WT8801»

Павленко К.О. РІ-91мп, 2020

WT8801 - вимірювач концентрації горючих газів, виробництва компанії Wintact [5]. Вимірювач концентрації горючих газів WT8801 використовує високоякісний газовий датчик [5], який гарантує високу чутливість, точність (до 3%) і повторюваність вимірювань. Відповідає стандартам: GB3836.1-2010

Особливості детектора горючих газів WT8801 [6]:

- Кольоровий дисплей, простий для користувача інтерфейс
- Сигналізація небезпечних рівнів газу: звукова / світлова / вібро
- Обсяг пам'яті 120 тис. Записів
- Похибка ± 5%
- Тип датчика: вбудований
- Час відгуку: 3000 мс
- Додаткові вимірювання: вологість, температура
- Визначається газ: горючі гази

До недоліків слід віднести високу вартість.

Газоаналізатор «WINTACT WT8820» зображено на рисунку 1.4 [7].

Рисунок 1.4 — Газоаналізатор «WINTACT WT8820»

Детектор горючих газів (10% LEL) WINTACT WT8820 [7] може виявляти витік газу в приміщенні за допомогою чутливого датчика і сигналізувати про наявність витоку газу.

Він [7] широко використовується в моніторингу навколишнього середовища, нафтохімічної промисловості, очищення стічних вод, сільськогосподарських дослідженнях, медицині та інших областях виявлення. Особливості: Висока чутливість датчика, здатного виявити невелику витік газу; Індикація витоку через сигнальну лампочку; 30 см довжина датчика; Швидкий пошук витоку.

Павленко К.О. РІ-91мп, 2020

- Похибка ± 5%
- Час відгуку: 2000 мс
- визначається газ: горючі гази
- довжина датчика: 3000 мм

Недолік цього приладу [7] є відсутність дисплею, що унеможливлює здатність виявити поточний рівень газу.

З переваг та недоліків вищезазначених приладів можна зробити висновки:

Всі прилади мають багато переваг таких як розміри корпусу, кількість підключених датчиків, можуть визначати різну кількість газів, мати різну точність, додаткові функції але всі прилади мають високу вартість. Прилади зі схожими характеристиками мають дуже велику різницю в ціні, що є погано.

1.2 Аналіз схемотехнічних рішень

Напівпровідникові датчики оксиду вуглецю значно дешевше електрохімічних, але їх застосовують, як правило, лише для сигналізації про наявність чадного газу в повітрі, але не для точного вимірювання його концентрації, для чого необхідно використовувати електрохімічні датчики.

Якщо описувати роботу електрохімічного датчика просто, можна сказати, що при його роботі детектуючий газ проникає в зону, де на електроді відбувається окислювально-відновна реакція, що і призводить до появи сигналу. Електрохімічний датчик газу складається з двох або трьох електродів для електрохімічної каталітичної реакції, занурених в електроліт. Напруга на робочому електроді датчика прямо пропорційно концентрації газу, яку можна дізнатися, вимірюючи цю напругу.

Опис аналізатора концентрації оксиду вуглецю з використанням двоелектродного електрохімічного датчика було опубліковано в [5]. У ньому використаний датчик TO55042 – відносно недорогий, але має низьку чутливість, що не дозволяє вимірювати малі концентрації CO_2 з високою

Павленко К.О. РІ-91мп, 2020

точністю. А вимірювач концентрації чадного газу, згідно нормативним документам, повинен визначати саме малі значення його концентрації, починаючи з одиниць міліграмм на кубічний метр.

Документи [2, 3] вимагають, щоб концентрація оксиду вуглецю у відкритому повітрі не перевищувала 3 мг / м^3 (середньодобову) і 5 мг / м^3 (пікова). В повітрі закритого приміщення концентрація не повинна перевищувати 20 мг / м^3 протягом усього робочого дня, 50 мг / м^3 - протягом години, 100 мг / м^3 - протягом 30 хв або 200 мг / м^3 протягом 15 хв.

Схема вимірювача рівня концентрації чадного газу з таким датчиком зображена на рис. 1.5

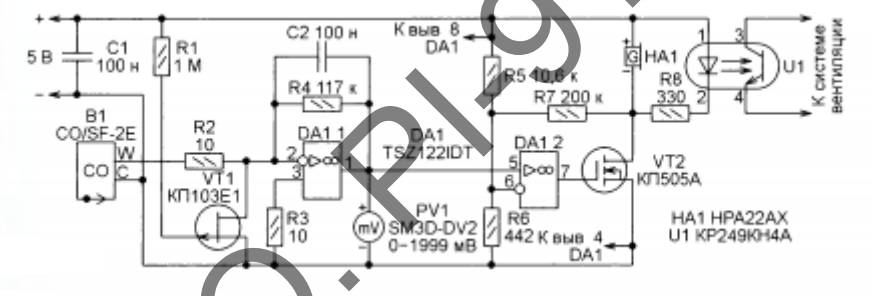


Рисунок 1.5 — Схема включення електрохімічного датчика газу що складається з двох електродів

У порівнянні з вимірювачем, описаним в, змінена лише елементна база. Як DA1.1 використана мікросхема Т52122ЮТ, що складається з двох прецизійних ОУ, що дозволяє вимірювати концентрацію чадного газу з більш високою точністю. Типове значення вхідної напруги зсуву цих ОУ - 1 мкВ, а вхідного струму - 50 нА. ОУ DA1.1 перетворює вихідний струм датчика в напругу. Опір резистора В4 вибрано таким, щоб отримати коефіцієнт перетворення 10 мВ на 1 мг / м^3 . Індикатором служить вбудований цифровий вольтметр з межею вимірювання 1999 мВ, що дозволяє вимірювати концентрацію чадного газу до 199,9 мг / м^3 з дискретністю 0,1 мг / м^3 .

ОУ DA1.2 і транзистор VT2 утворюють компаратор напруги. Його

Павленко К.О. РІ-91мп, 2020

поріг спрацьовування, заданий резисторами R5 і R6, дорівнює 200 мВ, що відповідає концентрації чадного газу 20 мг / м^3. Резистор R7 забезпечує невеликий гістерезис в характеристиці перемикання компаратора, запобігаючи брязкоту його вихідної напруги в момент спрацьовування. Спрацювавши компаратор включає пєзовипромінювач звуку HA1 (з вбудованим генератором), що подає звуковий сигнал тривоги. Через оптрон V1 сигнал тривоги надходить в пристрій управління елементами системи вентиляції приміщення - фрамужними відкривачами вікон і витяжними вентиляторами.

Щоб запобігти поляризації датчика B1, необхідно при вимкненому живленні тримати його електроди з'єднаними між собою. Для цього призначений р-канальний польовий транзистор VT1, відкритий за відсутності живлення, але закривається при подачі на його затвор напруги +5 В щодо витоку.

Розкид чутливості датчиків CO_2 досягає ± 20%. Тому необхідне калібрування виготовленого приладу за показаннями зразкового вимірювача концентрації оксиду вуглецю, бажано повіреного в одній з багатьох лабораторій з технічного обслуговування систем контролю загазованості. У процесі калібрування чутливість приладу регулюють підбіркою опору резистора B4. Поріг спрацьовування компаратора досить встановити з точністю ± 5%.

Триелектродні датчики в порівнянні з двохелектродними володіють більш високими технічними характеристиками, що збільшує точність вимірювань. Але схема включення такого датчика складніша.

Якщо використовувати триелектродний електрохімічний датчик 2ФС-90л [6] російського виробництва, вимірювач концентрації оксиду вуглецю можна зібрати за схемою, зображеної на рис. 1.6.

Павленко К.О. РІ-91мп, 2020

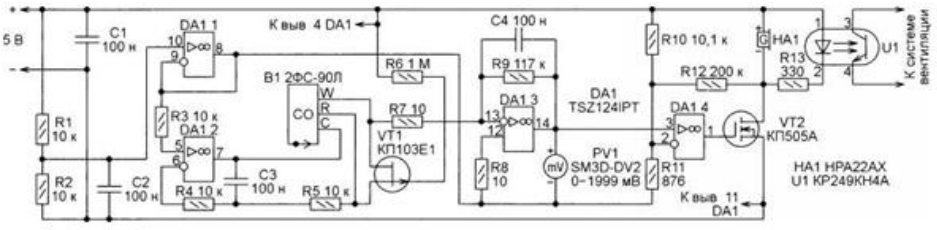


Рисунок 1.6 — Схема включення електрохімічного датчика газу що складається з трьох електродів

Цей датчик має три електроди: W- вимірювальний або робочий електрод, С - електрод порівняння, В - допоміжний електрод. Для живлення триелектродного датчика зазвичай використовують спеціальний вузол - потенциостат, який повинен з високою точністю забезпечити нульовий зсув потенціалу вимірювального електрода до електрода порівняння. Як правило, потенциостат для триелектродного датчика збирають за стандартною схемою, яку можна знайти в керівництві по застосуванню датчиків, що видаються їх виробниками.

У вимірювачі використана мікросхема Т571241РТ, що містить чотири таких же ОУ, як в Т57122ЮТ. Транзистор VT1 служить для запобігання поляризації датчика. Резистивний подільники напруги R1, R2 і ОУ DA1.1 створюють "землю", потенціал якої дорівнює половині напруги живлення пристрою. Резистор R9 задає коефіцієнт перетворення струму електрода датчика в напругу. Як і в попередньому випадку, якщо R9 = 117 кОм, концентрації чадного газу 1 мг / м^3 відповідає напруга 10 мВ на виході потенціостата.

Виробник датчика 2ФС-90Я гарантує його чутливість 100 нА / ррпл з відхиленням не більше 10%. Якщо така точність вимірювань достатня, можна обійтися без калібрування приладу, хоча його повірка за показаннями зразкового вимірювача не завадить.

Щоб вимірювати концентрацію чадного газу в ppm (мільйонних частках), в обох варіантах вимірювача досить зменшити опір резистора, що задає коефіцієнт перетворення струму датчика в напругу, до 100 кОм

Павленко К.О. РІ-91мп, 2020

(виходячи зі співвідношення 1 мг / м^3 = 0,86 ppm). При необхідності можна передбачити дві шкали вимірювання, ввівши в прилад двопозиційний перемикач резисторів.

Для живлення обох приладів можна використовувати джерело безперебійного живлення. Блок живлення працює як від мережі 230 В, так і від гальванічного елемента напругою 1,5 В. Це дозволяє користуватись приладом не тільки в стаціонарних, але і в польових умовах.

1.3 Аналіз технічного завдання

В процесі виконання магістерської роботи необхідно розробити газоаналізатор з наступними параметрами.

1. Живлення пристрою можна робити від зовнішнього джерела змінної напруги 220 В.
2. Захист від механічних впливів при транспортуванні виконується пакуванням.
3. Для одназначної індикації режиму роботи пристрою використовуються світлодіоди .
4. Детектуючий газ - горючий газ, дим, пропан, метан, бутан, спирт.
5. Діапазон чутливості 300-10000 ppm
6. Час оклику ≤ 2 с
7. Чутливість (R у повітрі)/(R в присутності характерного газу) ≥ 5с
8. Умови зберігання температура: -20 ~ +50°C, влажність: ≤70%RH

Функціонально пропонований пристрій складається з модуля реального часу Tiny RTC [8], на випадок відключення від джерела живлення він зберігає інформацію в оперативній пам’яті модуля [8]. датчик температури і вологості DNT22 [9], який встановлено всередині корпусу де температура більше ніж зовні але на результат виміру вона не впливає.

Згідно ГОСТ 16019-2001 [10], умови експлуатації приладу С1: стаціонарна апаратура, що встановлюється в неопалюваних наземних чи

Павленко К.О. РІ-91мп, 2020

підземних спорудах. Такі умови експлуатації [10] мають наступні основні характеристики, що подані в таблиці 1.1:

Таблиця 1.1 — Характеристики і значення механічних та кліматичних чинників

Чинник	Характеристика чинника	Значення чинника
Синусоїдальна вібрація	Діапазон частот, Гц	10-70
	Амплітуда прискорення, м/с^2 (g)	19,6 (2)
	Тривалість впливу, хв	90
Знижена температура	Робоча, °С	+5
	Гранична, °С	-10
Підвищена температура	Робоча, °С	+50
	Гранична, °С	+55
Знижений атмосферний тиск	Тиск, кПа	55

Даний прилад призначений для макрокліматичних районів з помірним кліматом (У), для експлуатації в приміщеннях зі штучно регульованими кліматичними умовами (4), для експлуатації в лабораторних, капітальних житлових і інших подібних приміщеннях (2) з такими умовами:

- робочі температури, +10 … +35 С;
- граничні температури, +1 … +40 С;
- верхнє значення відносної вологості, 80 % при 25 °С;

Павленко К.О. РІ-91мп, 2020

2 РОЗРОБКА КОНСТРУКЦІЇ ТА КОНСТРУКТИВНІ ЕЛЕМЕНТИ

Розглянувши аналоги, які представлені на ринку та визначившись із функціоналом системи, потрібно створити структурну схему

2.1 Структурна схема

На рис 2.1 представлена структурна схема газоаналізатора

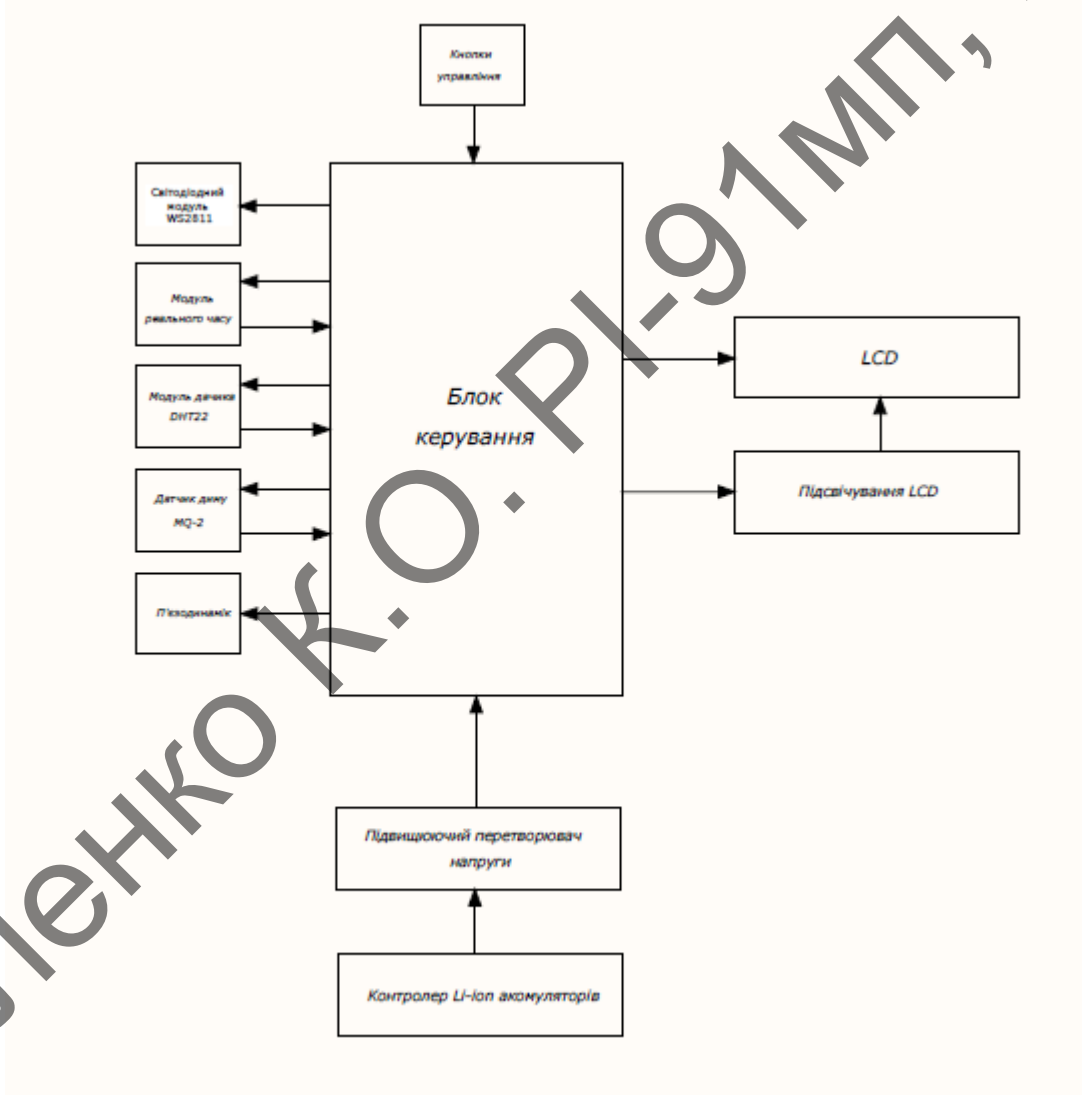


Рисунок 2.1 — Схема підключення модулів приладу

Складові структурної схеми:

- Блок керування виконано на основі мікроконтролера ATmega328 [11]

Павленко К.О. РІ-91мп, 2020

- модуль годин реального часу [8],
- датчик диму MQ-2 [12],
- датчик температури і вологості DNT22[9],
- дві лінійки керованих світлодіодів WS2811[13],
- фоторезистор і резистор на 10 кОм,
- П’єзодинамік,
- три кнопки,
- LCD екран
- Підсвічування екрану
- Підвищуючий перетворювач напруги на базі мікроконтролера TP4056 [13]
- Контроллер Li-ion акумуляторів на базі XL6009 [14]

Датчики є повністю взаємозамінні тому замість одного можна легко встановити інший датчик, що реагує тільки на метан або тільки на чадний газ, і перевірити його роботу. У продажу є більше десятка різних газоаналізаторів [11].

Усередині датчика [11] є нагрівальний елемент, тому при роботі вони стають теплими. А споживання струму складає близько 150 мА. На кожному є два виходи A0 і D0, аналоговий і цифровий. На цифровому виводі видається логічний нуль або одиниця, чутливість спрацьовування налаштовується потенціометром заду [11], коли спрацьовує, то додатково загоряється другий світлодіод. А на аналоговому виході йде динамічне значення напруги від нуля до 5 вольт і цей вихід використовується для аналізу значень з датчика.

При тестуванні на дим, найкраще себе показав датчик MQ-2 [11]. Це датчик загального призначення. Він реагує на пропан, метан, чадний газ, а також на зважені частинки, які утворюються при горінні, тобто на дим.

Тепер при спрацьовуванні тривоги по диму або на будильник буде працювати не тільки екран, але і світлодіоди.

Павленко К.О. РІ-91мп, 2020

Фоторезистор потрібен для реалізації адаптивного підсвічування екрану, він разом з 10 кОм резистором утворює дільник напруги.

Фоторезистор і резистор розміщено для зручності на невеличкій макетній платі. Датчик вологості [9], пьезодинамік, датчик диму, його підключено багатожильним проводом, він постійно буде споживати 150 мА на нагрів.

Екран з корпусом з’єднано за допомогою саморізів, відповідні отвори вже передбачені при 3D друку. Провід в місцях пайки також залито термоклеем, це убезпечить їх від зламів і висмикування. Зверху розташовано датчик вологості і фоторезистор, зліва на корпусі датчик диму.

Для перевірки було використано лабораторний блок живлення і провід з USB роз'ємом. Встановлювана напруга 5 вольт і обмеження по струму до 100 мА.

Павленко К.О. РІ-91мп, 2020

2.2 Схема електрична принципова

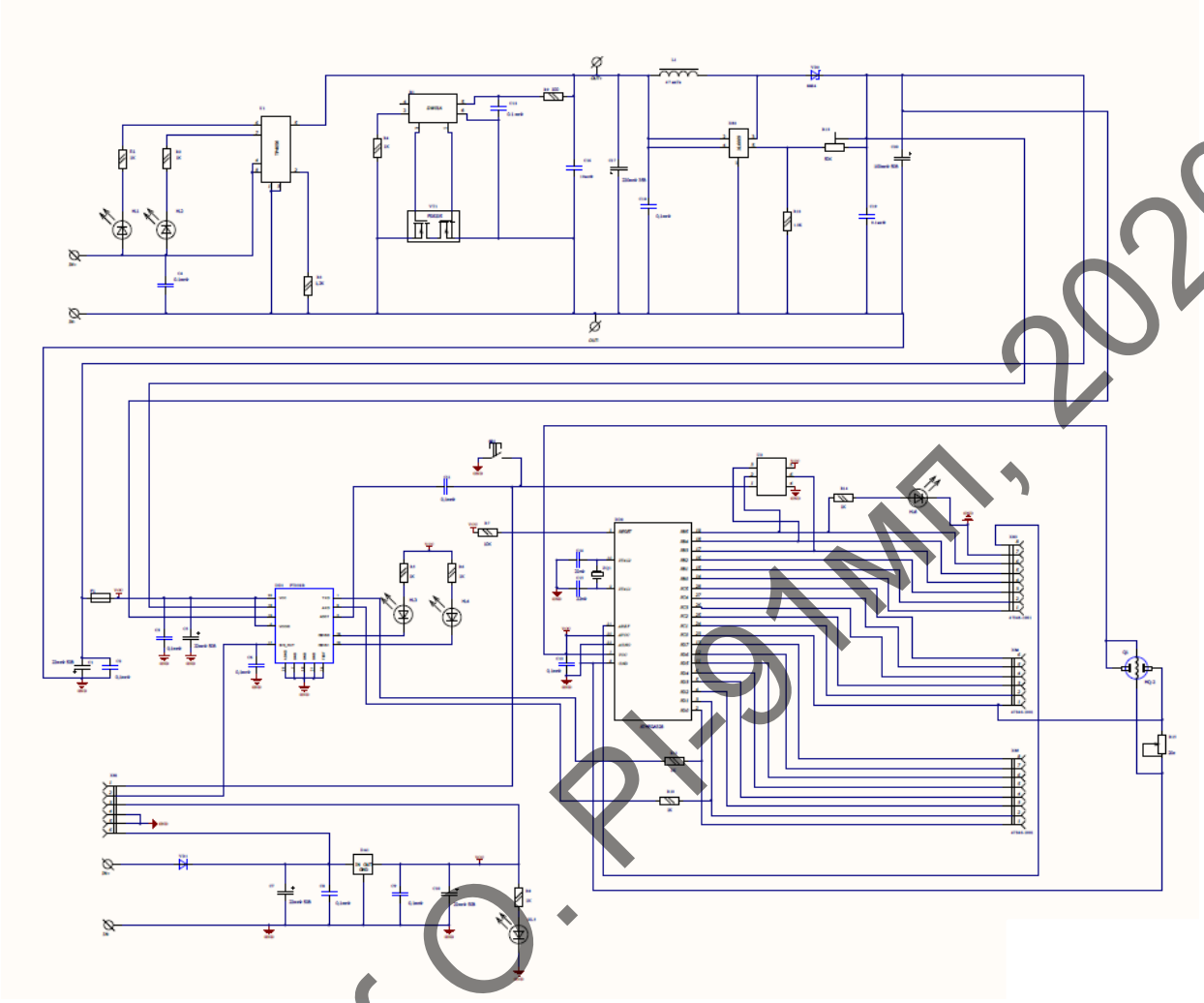


Рисунок 2.2 — Схема автономного переносного газоаналізатора

Підвищуючий перетворювач постійного струму XS2 [13], використовується для підвищення вхідної напруги в схемі. Регулювання вихідної напруги здійснюється через резистор R13. Блок підвищуючого перетворювача напруги [13] виконано по топології boost що дозволяє здійснювати перетворення вхідної напруги постійного струму в вихідну більш високу напругу постійного струму з високим ККД, має захист від короткого замикання та перегріву. Є дві стадії роботі перетворювача напруги [13]:

– Стадія накопичення заряду: У момент включення перетворювача вихідна ємність C20 перебуває під вхідним потенціалом , тому що струм

Павленко К.О. РІ-91мп, 2020

проходить через дросель L1 і діод VD2. Керуючий мікроконтролер B1 [14] починає генерувати ШІМ-сигнал і подає його на вхід XS2 через що ланцюг замикається, індуктивність L1 підключається з джерела живлення і починає накопичувати енергію. Струм через VD2 не протікає.

– Стадія розряду індуктивності: Тепер ШІМ-сигнал змінює своє значення з 1 на 0 і мікроконтролер XS2 [13] закривається. У цей момент дросель L1 прагне підтримати значення струму, шляхом збільшення потенціалу. На вході дроселя потенціал такий же, а отже потенціал виростає в точці «дросель-анод VD2». Коли потенціал в даній точці побільшає, ніж потенціал на катоді VD1 ток починає протікати через VD2 в навантаження і паралельно заряджати вихідну ємність C20. На цій стадії ланцюг так само замикається, але вже не через XS2[13], а через дорогу «L1-VD2-C20»: Далі ці стадії просто чергуються і перетворювач [13] працює. У момент, коли XS2 закрився дросель L1 починає розряджатися і в момент цієї «розрядки» напруга на ньому буде обмежена опором навантаження, й зворотнім зв'язком. У момент включення в вихідному конденсаторі C20 практично немає збереженої енергії, але після першої стадії розряду він заряджений і має потенціал, А значить на наступних стадіях накопичення енергії ця ємність C20 буде забезпечувати навантаження енергією, в результаті для навантаження не буде перебоїв в отриманні енергії. З цього випливає, що C20 повинен мати таку ємність, щоб збереженої енергії вистачило на забезпечення живлення навантаження на тривалість відкриття XS2 [13]. Відповідно з 2-го кола повторення стадій - етап накопичення заряду виглядає так. Дві замкнені ланцюги: ланцюг замикається через XS2 [13] і відбувається заряд дроселя, ланцюг замикається через навантаження. «Змішування» процесів в даному випадку не відбувається через присутність діода VD2, тому що в будь-який момент часу потенціал на катоді VD2 буде вище, ніж потенціал на аноді.

Павленко К.О. РІ-91мп, 2020

Блок контролера [14] заснований на чіпі B1 - контролері зарядки Li-Ion акумуляторів на 3.7В з термодатчиком, й з лінійним зарядом за принципом постійна напруга / постійний струм.

B1 [14] автоматично завершує цикл зарядки при досягненні напруги на ньому 4.2В і зниженні струму заряду до 1/10 від запрограмованої величини. У схемі є індикація процесу заряду. У момент заряду світиться червоний світлодіод HL1, а коли батарея буде повністю заряджена засвітиться зелений світлодіод HL2, червоний при цьому згасне. Також в блоці передбачена схема захисту акумулятора від перерозряду, перезаряду, перевантаження й короткого замикання. Яка складається з контролера B1 [14] та здвоєного ключа VT1.

Підключення до зарядки відбувається через контакти «+» і «-«. Акумулятор підключається до контактів «OUT +» і «OUT-».

Процес зарядки складається з декількох етапів:

- Контроль напруги підключеного акумулятора (постійно);
- Зарядка струмом 1/10 від запрограмованого резистором R3 (100мА так як R3 = 1.2к) до рівня 2.9 В;
- Зарядка максимальним струмом (1000мА);
- При досягненні на батареї 4.2 В йде стабілізація напруги на рівні 4.2В. Струм падає в міру зарядки;
- При досягненні струму 1/10 від запрограмованого резистором R3 (100мА при R3 = 1.2к) зарядний пристрій відключається. Перехід до п. 1.

Контролер [14] має хороший профіль CC / CV і може бути адаптований до багатьох різних конфігурацій зарядки і типам Li-ion акумуляторів. Номінальний зарядний струм може бути змінений підбором резистора R3. У схемі є кілька пристроїв для здійснення зв'язку з комп'ютером. DD2 [11] підтримує послідовний інтерфейс UART TTL (5 В), здійснюваний виводами 0 (RX) і 1 (TX). Встановлена мікросхема DD1 [11] направляє даний інтерфейс через USB, а драйвери FTDI (включені в програму) надають віртуальний COM порт програмі на комп'ютері. Моніторинг послідовної шини (Serial

Павленко К.О. РІ-91мп, 2020

Monitor) програми Arduino дозволяє передавати і отримувати текстові дані при підключенні до платформи. Світлодіоди HL3 і HL4 на платформі будуть світитись при передачі даних через DD1 [11]. Після завантаження програми, вона починає відразу виконуватися, якщо не відключене живлення контролера. Мікросхема DD1 [11] має вихідний сигнал для автоматичного перезапуску мікроконтролера, необхідного при завантаженні скетчу. Контролер може живитись як від usb, так і від зовнішнього джерела живлення (5-25 В) через мікросхемний стабілізатор DA1 [11]. Присутній запобіжник F1 1000 мА по +5 В. За допомогою роз'єму ICSP можна програмувати мікроконтролер зовнішнім програматором. Кнопка, SB1, скидає роботу мікроконтролера, і він починає виконання завантаженої програми заново. Діод VD1 захищає мікроконтролер від переполюсовкі живлення.

Всі цифрові і аналогові контакти працюють в діапазоні від 0 до 5 В. При подачі живлення, що виходить за рамки цих значень, напруга буде обмежуватися захисним діодом VD1. У цьому випадку сигнал повинен підключатися через резистор R8, щоб не вивести контролер з ладу.

На платі є 4 світлодіода, які показують стан сигналу. Вони позначені як HL3, HL4, HL5 і HL6. Перші два світлодіода засвітяться, коли рівень сигналу буде низький, і показуватиме, що сигнал TX або RX активний. Світлодіод HL6 засвітиться при напрузі в 5 В і показуватиме, що підключено живлення. Світлодіод HL5 - засвітиться, коли подається високий сигнал.

Аналогові піни позначаються літерою A і використовуються як входи. В них відсутні резистори, вони вимірюють подану на них напругу і повертають значення за допомогою функції analogRead ().

На деяких цифрових пінах можна побачити значок ~. Такі контакти можуть бути легко використовувати в якості виходів ШІМ. Є шість таких контактів - це Піни D3, D5, D6, D9, D10, D11. Для роботи з ШІМ виводами використовується функція analogWrite ().

Павленко К.О. РІ-91мп, 2020

Виводи працюють при напрузі 5 В. Кожен вивід має навантажувальний резистор (стандартно відключений) 20-50 кОм і може пропускати до 40 мА. Деякі виводи мають особливі функції:

– Послідовна шина: 0 (RX) і 1 (TX). Висновки використовуються для отримання (RX) і передачі (TX) даних TTL. Дані висновки підключені до відповідних висновків мікросхеми послідовної шини.

– Зовнішнє переривання: 2 і 3. Дані висновки можуть бути налаштовані на виклик переривання або на молодшому значенні, або на передньому чи задньому фронті, або при зміні значення. Детальна інформація знаходиться в описі функції attachInterrupt ().

– ШІМ: 3, 5, 6, 9, 10, і 11. Будь-який з висновків забезпечує ШІМ з роздільною здатністю 8 біт за допомогою функції analogWrite ().

– SPI: 10 (SS), 11 (MOSI), 12 (MISO), 13 (SCK). За допомогою даних висновків здійснюється зв'язок SPI, яка, хоча і підтримується апаратною частиною.

– LED: 13. Вбудований світлодіод, підключений до цифрового висновку 13. Якщо значення мають високий потенціал, то світлодіод горить.

встановлено кілька пристроїв для здійснення зв'язку з комп'ютером. DD2 підтримує послідовний інтерфейс UART TTL (5 В), здійснюваний висновками 0 (RX) і 1 (TX). Встановлена мікросхема DD1 направляє даний інтерфейс через USB, а драйвери FTDI (включені в програму) надають віртуальний COM порт програмі на комп'ютері. Моніторинг послідовної шини (Serial Monitor) програми Arduino дозволяє передавати і отримувати текстові дані при підключенні до платформи. Світлодіоди HL3 і HL4 на платформі будуть мигати при передачі даних через DD1

2.3 Вибір елементної бази

В даному розділі приведений вибір елементної бази для даної роботи, розрахунок параметрів друкованого монтажу ДП, а також розрахунки, які

Павленко К.О. РІ-91мп, 2020

підтверджують працездатність приладу. Елементна база пристрою, що проектується, вибирається з таких міркувань:

- повинна стабільно працювати в умовах зміни навантажень;
- повинна забезпечувати коректну роботу пристрою у заданих кліматичних умовах;
- визначає габаритні параметри виробу;

2.3.1 Вибір мікроконтролера

Мікроконтролером оберемо ATmega328 [11], адже дана схема розрахована саме на цей мікроконтролер. Ядро AVR мікроконтролера [11] поєднує в собі різноманітний набір функцій та 32 інструкції з робочими регістрами загального призначення. Всі регістри безпосередньо зв'язані з арифметично-логічним приладом (АЛП), це дозволяє використовувати два незалежних регістра, для доступу до інструкцій, які виконуються один цикл. В результаті отримуємо архітектуру більш ефективну, коли при цьому досягається пропускна здатність, яка в десять раз більше, ніж у звичайних CISC мікроконтролерів.

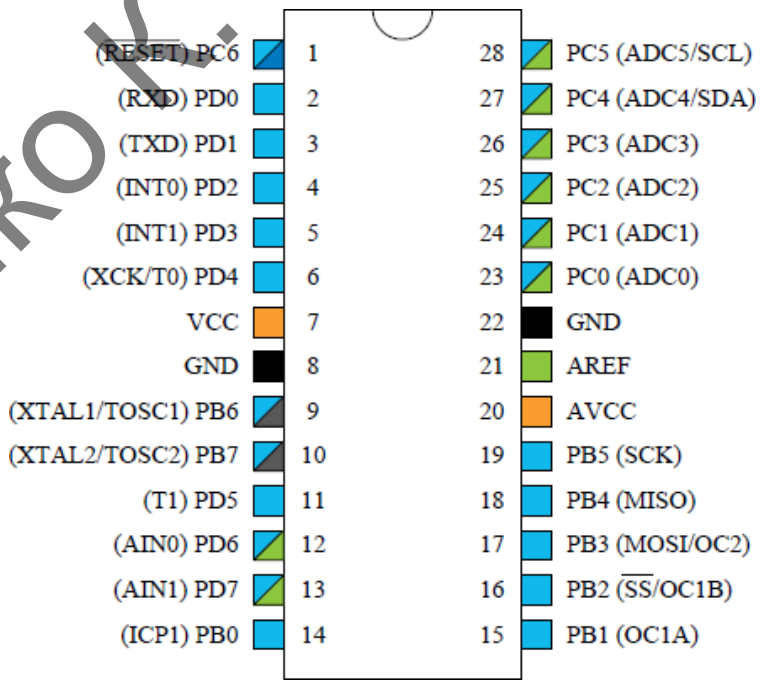


Рисунок 2.3 — Топологія мікросхеми

Павленко К. О. РІ-91мп, 2020

Мікроконтроллер [11] - мікросхема, призначена для управління електронними пристроями. Типовий мікроконтролер поєднує на одному кристалі функції процесора і периферійних пристроїв, містить ОЗУ і (або) ПЗУ. По суті, це однокристальний комп'ютер, здатний виконувати досить прості завдання.

Особливості [8]:

- тип: мікроконтролер;
- виробник: Atmel;
- тип корпусу: TQFP32;
- модель: ATMEGA328P-AU
- Ядро: avr Розрядність: 8
- Тактова частота, МГц: 20
- Обсяг ROM-пам'яті: 1k
- Обсяг RAM-пам'яті: 2k
- Внутрішній АЦП, кількість каналів: 8
- –Внутрішній ЦАП, кількість каналів: 8
- Напруга живлення, В: 1.8 ... 5.5
- Температурний діапазон, С: -40 ... 85
- Цифрові входи / виходи: D0-D13.
- Аналогові входи / виходи: A0-A7 (10-розрядний АЦП).
- ШІМ: Піни 3, 5, 6, 9, 10, 11.
- UART: D0 і D1 (TX і RX відповідно).
- –I2C: SDA - A4, SCL -A5.
- SPI: MOSI - 11, MISO - 12, SCK - 13, SS (10).

Піни:

- 0 - TX (передача даних UART), D0.
- 1 - RX (прийом даних UART), D1. RX і TX можуть використовуватися для зв'язку по послідовному інтерфейсу або як звичайні порти даних.
- 3, 29 - скидання.

Павленко К.О. РІ-91мп, 2020

- 4, 29 - земля.
- 5 - D2, переривання INT0.
- 6 - D3, переривання INT1 / ШІМ / AIN0.
- 7 - A4, лічильник T0 / шина I2C SDA / AIN1. AIN0 і AIN1 - входи для швидкодіючого аналогового компаратора.
- 8 - A5, лічильник T1 / шина I2C SCL / ШІМ.
- 9 - 16 - порти D6-D13, з яких D6 (9 й), D9 (12 й), D10 (13 й) і D11 (14й) використовуються як виходи ШІМ. D13 (16 й пін) - світлодіод. Також D10 - SS, D11 - MOSI, D12 - MISO, D13 - SCK використовуються для зв'язку по інтерфейсу SPI.
- 18 - AREF, це опорна напруга для АЦП мікроконтролера.
- 19 - 26: аналогові входи A0 ... A7. Розрядність АЦП 10 біт. A4 (SDA), A5 (SCL) - використовуються для зв'язку по шині I2C. Для створення використовується спеціальна бібліотека Wire.

2.3.2 Резистори

При виборі резисторів [15] необхідно звернути увагу на їх характеристики: габаритні розміри, електричний опір, надійність, стійкість до зовнішніх чинників та вартість.

Виходячи з вимог забезпечення малої ваги, займаного об’єму, надійності, вартості і температурного коефіцієнту опору зупиняємо вибір на резисторах [15] типу ОМЛТ, С2-23, С2-29. Складаємо порівняльну таблицю і визначимо оптимальний тип резистора.

Таблиця 2.1 — Параметри резисторів

Показник\Тип резистора	TKR 1/℃	Габарити, мм	Маса, г	Вартість за 10 шт. в у.о.	Σ

Павленко К.О. РІ-91мп, 2020

Ваговий коефіцієнт	0,1		0,2		0,3		0,1		1
ОМЛТ	0,06		2х6		0,15		0,59		2,0
	3	0,3	2	0,4	2	0,6	1	0,1	
С2-23	0,03		2х6		0,15		0,56		2,3
	2	0,2	2	0,4	2	0,6	2	0,2	
С2-29	0,01		3х9		0,3		0,51		1,2
	1	0,1	1	0,2	1	0,3	3	0,3	

З таблиці видно, що оптимальним є резистор [15] типу С2-23. Дані резистори відрізняються широким діапазоном робочих температур, високою надійністю і стабільністю параметрів, якісним зовнішнім використанням, при цьому він має мінімальну ціну [9].

Особливості:

- потужність 0,125 Вт;
- точність 10%;
- ряд Е24;
- діапазон температур –55…+125°С;
- шуми 0,2 мкВ/В;

Подальший вибір елементів буде проводитись за таким же принципом, як і резистори [15].

2.3.3 Конденсатори

Електролітичний конденсатор [16] 10 мкФ х 16 В призначений для використання в ланцюгах живлення і виконує функцію фільтру (щоб перешкода через мережу живлення не потрапила в основний ланцюг). В якості даного конденсатора оберемо К50-68 [16].

В якості фільтруючих конденсаторів на 0,1 мкФ, було вирішено вибрати керамічні конденсатори К10-17Б [16] групи М47.

Павленко К.О. РІ-91мп, 2020

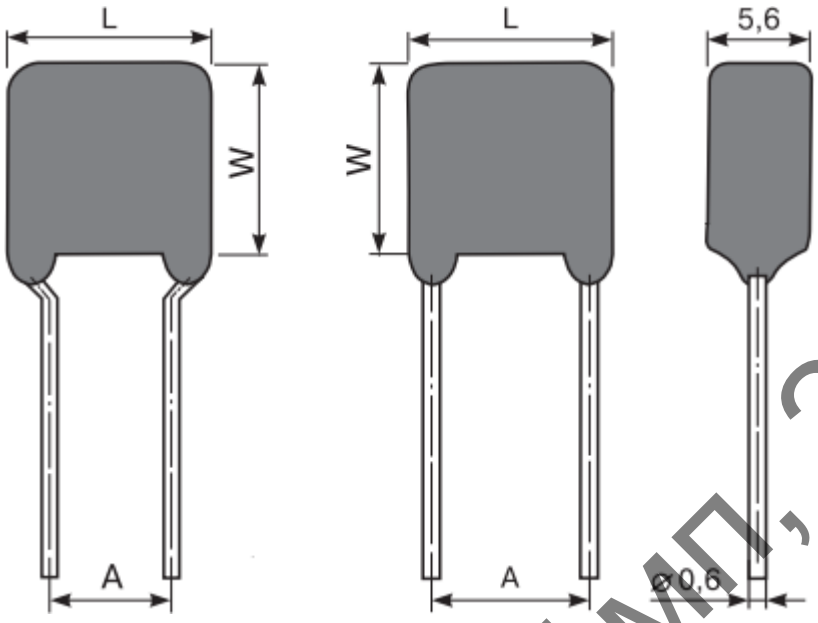


Рисунок 2.4 — Конденсатор К10-17Б

Таблиця 2.2 — Розміри конденсатора К10-17Б

L,мм	*W*, мм	*A*, мм
5,6	4	5

Конденсаторами ємністю 22 пФ також оберемо К10-17Б групи Н90.

Конденсатори даної групи мають такі ж розміри, як і групи М47 (табл. 3.3)

2.3.4 Транзистори

Вихідними даними для вибору транзисторів [17] є : параметри з рисунку 3.6. У схемі можна використовувати транзистори з максимальним струмом 100 мА. Максимальна напруга стік-витік, максимальний струм стоку - краще вибрати з запасом, щоб напевно не згорів.

Павленко К.О. РІ-91мп, 2020

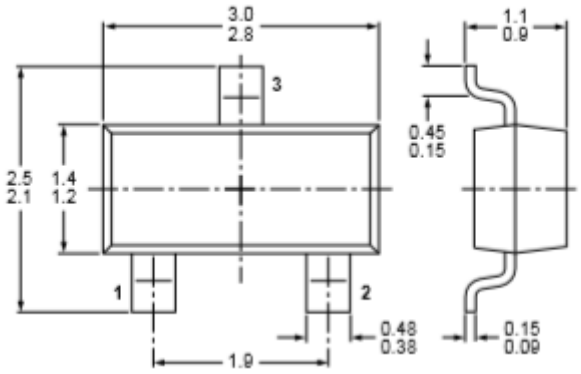
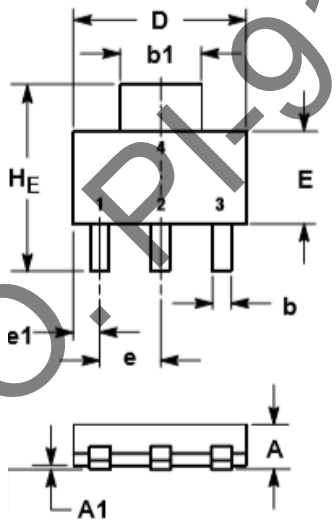


Рисунок 2.5— Транзистор BS856

На рисунку зображені габаритні розміри транзистора BS856



DIM	MILLIMETERS			INCHES		
	MIN	NOM	MAX	MIN	NOM	MAX
A	1.50	1.63	1.75	0.060	0.064	0.068
A1	0.02	0.06	0.10	0.001	0.002	0.004
b	0.60	0.75	0.89	0.024	0.030	0.035
b1	2.90	3.06	3.20	0.115	0.121	0.126
c	0.24	0.29	0.35	0.009	0.012	0.014
D	6.30	6.50	6.70	0.249	0.256	0.263
E	3.30	3.50	3.70	0.130	0.138	0.145
e	2.20	2.30	2.40	0.087	0.091	0.094
e1	0.85	0.94	1.05	0.033	0.037	0.041
L	0.20	---	10°	0.008	---	10°
L1	1.50	1.75	2.00	0.060	0.069	0.078
HE	6.70	7.00	7.30	0.264	0.276	0.287
θ		–			–	

Рисунок 2.6— Транзистор BCP53

Павленко К.О. РІ-91мп, 2020

З таблиці видно що дані транзистори [17] задовільнять поставленим вимогам.

2.3.5 Вибір давача вологості і температури

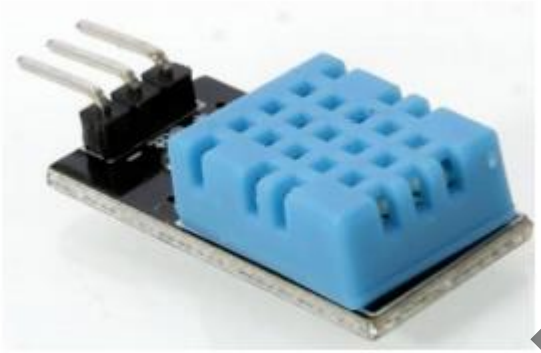


Рисунок 2.7— датчик вологості і температури

Для вимірів вологості і температури у довкіллі доцільно використати давач DHT11 [18]. Це цифровий давач температури і вологості, що дозволяє коригувати цифровий сигнал на виході [18]. Модуль складається з ємнісного давача вологості і термістора. Також давач містить в собі АЦП для перетворення аналогових значень вологості і температури [18].

Для слідкуванням за змінами значень вологості і температури у приміщенні. Розглянемо параметри цього модуля, які наведені в таблиці 2.5.

Таблиця 2.3 — Характеристики модуля давача DHT11

Параметр	Значення
Діапазон робочої напруги	3,5-5,5 В
Діапазон температури	0-50 ° С
Діапазон вологості	20-90%
Похибка температури	± 2 ° С
Розміри	15,5 х 12 х 5,5 мм

Модуль DHT11 [18] є кращим в своїй ціновій категорії, є більш точні аналоги, але вони значно дорожчі, тому для бюджетного прототипу, більш

Павленко К.О. РІ-91мп, 2020

підходить вищезгаданий модуль. Розробник модуля надає у вільному доступі бібліотеки для програмування на різних мікроконтролерах [11], Arduino nano в тому ж числі. Безумовно невелика ціна, маленькі габарити та непогані показники вимірювання ставлять модуль цього типу лідируючим на ринку аналогів.

2.3.6 Вибір модуля давачу газу

Рисунок 2.8— датчик газу

Оскільки давач газу відіграє важливу роль в захисті майна від пожежі, потрібно підібрати давач газу, який можна під'єднати до Arduino, тому обрано давач газу, побудований на базі газоаналізатора MQ-2 [11], який дозволяє виявляти наявність в навколишньому повітрі вуглеводневих газів, таких як (пропан, метан, н-бутан), диму (зважені частинки, які є результатом горіння), водню.

Давач можливо використовувати для виявлення витоку промислового газу і задимлення. Для давача вихідним результатом є аналоговий сигнал, пропорційний змісту газів, до яких чутливий газоаналізатор. Чутливість може бути налаштована за допомогою триммера на платі давача [11].

Виводи зліва направо:

— VCC: позитивне живлення (5 V);

— GND;

— перемикання вихідного сигналу TTL;

Павленко К.О. РІ-91мп, 2020

— AT: вихід аналогового сигналу.

Таблиця 2.4 — параметри давача газу MQ-2 [11]

Параметри	**Значення**
Напруга живлення:	5 В
Струм:	160 мА
Діапазон вимірювань	
Пропан	0,2 - 5 проміле
Бутан	0,3 - 5 проміле
Метан	5 - 20 проміле
Водень	0,3 - 5 проміле
Пари спиртів	0,1 - 2 проміле

Модуль давача газу MQ-2 [11], має непогані параметри, для забезпечення інформації у наявності шкідливих речовин у повітрі. Також він легко приєднується до плати Arduino Nano. Розробник надає на нього бібліотеку для програмування будь-яких мікроконтролерів, Arduino Nano в тому числі.

2.3.7 Діоди

У схемі можна використовувати діоди [18] типу 1N4148, 1N4004 - вони є найбільш економічними і задовільняють необхідні вимоги.

Таблиця 2.5—Параметри діодів

	Uобр, В	Iпр, А	Iобр, А
1N4148	40	0.3	2

Павленко К.О. РІ-91мп, 2020

1N4004	40	0.24	2

2.3.8 Модуль реального часу

Рисунок 2.9— Модуль реального часу

Це годинник DS1307 [8] в реальному часі. Модуль повністю зібраний і попередньо запрограмований з плином часу. Доступ до DS1307 [8] здійснюється через протокол I2C.

- Два дроти I2C інтерфейс
- Час: Хвилини: Секунди AM / PM
- День місяць, дата рік
- Розмір: 28x25x10мм
- Компенсація високосного року
- Точний календар на 2030 рік
- 1 Гц вихідний штир
- 56 байт пам'яті доступно користувачеві

2.3.9 ЖК-экран

Основними перевагами символьних рідкокристалічних індикаторів (дисплеїв) є простота використання, не велика споживана потужність, робочі напруги 3..5 В, довговічність (до 15 років безперервної роботи).

Павленко К.О. РІ-91мп, 2020

Оскільки нам не потрібна велика кількість символів на екрані, то доцільно буде вибрати WH0802 [19]. На дисплеї є 16 pin роз'єми для підключення. Виводи промарковані на тильній стороні плати.

Рисунок 2.10 — LCD WH0802 [19]

1. (*VSS*) – живлення контролера (-);
2. (*VDD*)–живлення контролера(+);
3. (*VO*) – вивід керування контрастом;
4. (*RS*) –вибір регістру;
5. (*R/W*) – читання/запис(режим запису при з’єднанні з землею);
6. (*E*) – Enable
7. *(DB0-DB3)* – молодші біти 8-бітного інтерфейсу
11. *(DB4-DB7)* –старші біти інтерфейсу
15. (*A*) – анод (+) живлення підсвітки
16. (*K*) – катод (-) живлення підсвітки

2.3.10 Електромагнітний випромінювач звуку

Електромагнітним випромінювачем звуку оберемо BMT-1203UX [20].

Павленко К.О. РІ-91мп, 2020

Рисунок 2.11—BMT-1203UX

Характеристики:

- робочий струм: 30 мА;
- робоча температура: –20 – 70°C;
- робоча напруга: 2 – 5 В;
- рівень звуку: 82 дБ;
- частота звуку: 2,3 кГц.

Він [20] має відносно невеликі габаритні розміри і цілком задовольняє наші вимоги.

2.3.11 Вибір кварцового резонатора

У зв’язку з тим, що нас не влаштовує внутрішній генератор тактових сигналів обраного мікроконтролера [11], було прийнято рішення встановити кварцовий резонатор.

Основні критерії при виборі кварцу були наступні:

- інтервал робочих температур;
- стабільність в інтервалі температур;
- динамічний опір;
- ємність навантажень;

Павленко К.О. РІ-91мп, 2020

Таблиця 2.6 — параметри обраного кварцового резонатора

Робоча частота, МГц	Інтервал робочих температур, ℃	Динамічний опір, Ом	Ємність навантаження, пФ
16	–40…+70	25	30

Було вирішено вибрати кварцовий резонатор HC-49/U [21].

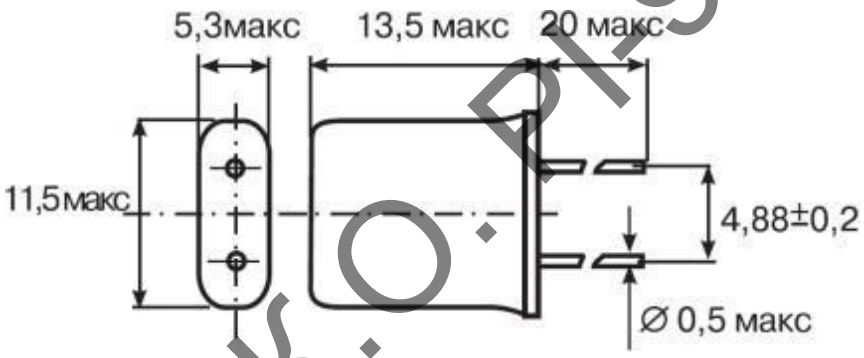


Рисунок 2.12 — Кварцовий резонатор у корпусі *HC*-49/*U*

2.3.12 Вибір перемикача

Для того, щоб можна було вимикати та вмикати пристрій на передній панелі повинен знаходитись перемикач. Оберемо – *KCD*-102-1 [22].

Павленко К.О. РІ-91мп, 2020

Таблиця 2.5 — Характеристики перемикача *KCD*-102-1.

Параметр	Значення
Наявність фіксації	Так
Максимальний струм	6А
Максимальна напруга	250 В
Ресурс	10000 циклів

Рисунок 2.13 — Зовнішній вигляд KCD-102-1

Ця кнопка має невисоку ціну, достатню розповсюдженість на ринку, та великий робочий ресурс. Дана модель нам повність підходить за умовами ТЗ.

2.4 Розрахунок Друкованого вузла

В ході проектування ультразвукового далекоміра для незрячих необхідно розрахувати всі параметри друкованого монтажу. Це дозволить створити друковану плату оптимальних розмірів із потрібною функціональністю.

Павленко К.О. РІ-91мп, 2020

2.4.1 Вибір типу друкованої плати

За конструкцією друковані плати з жорсткими і гнучкими основами поділяються на такі типи: односторонні(ОДП), двосторонні (ДДП) і багатошарові (БДП).

Односторонні друковані [23] плати характеризуються можливістю забезпечувати підвищені вимоги до точності виконання провідникового рисунку, встановлення елементів на поверхню плати на стороні протилежній стороні пайки без додаткової ізоляції без додаткового використання перемичок без ізоляції ,відносно малою вартістю.

Двосторонні друковані [24] плати мають високі комутаційними властивостями, більш високою міцністю сполуки виведення навісного елемента з провідниковим малюнком плати порівняно з ОДП, і меншими розмірами плати і більш високою вартістю (у порівнянні з ОДП).

Провівши аналіз схеми пристрою контролю (див. РК51.421413.001Е3), приходимо до висновку, що зважаючи невеликого числа елементів, що містяться на схемі, доцільно застосування ДДП. Оскільки розробка ведеться з урахуванням можливої модернізації пристрою контролю, результатом якої може з'явитися ускладнення його принципової схеми (збільшення кількості елементів), то в цьому випадку ймовірне виникнення проблеми збереження габаритних розмірів (по довжині і ширині) для модернізованого пристрою, рівних розробляється. Для виключення такої проблеми доцільно дещо завищити необхідні габаритні розміри друкованої плати. При цьому щільність друкованого малюнка буде відносно невелика (для розроблювального варіанти).

Враховуючи вищесказане приймаємо як тип ДП односторонні друковану плату [23], як найбільш відповідну зазначеним вимогам.

Павленко К.О. РІ-91мп, 2020

2.4.2 Вибір класу точності і конфігурації друкованої плати

За точністю виконання елементів конфігурації ДП [23] діляться на п'ять класів точності. Друковані плати 1-го і 2-го класів точності найбільш прості у виконанні, надійні в експлуатації і мають мінімальну вартість. ДП [23] третього і четвертого класів вимагають використання високоякісних матеріалів, дорогих інструментів та обладнання, обмеження габаритних розмірів.

Враховуючи вимоги за мінімальною вартістю, вибираємо третій клас точності, зважаючи на наявність вузьких місць, що виникають, як правило, при трасуванні многовиводних елементів (мікросхем).

Габаритні розміри ДП повинні відповідати ГОСТ10317-79 [23] при максимальному співвідношенні довжини і ширини ДП 1: 1, а розмір ДП по великій стороні при його величині до 100 мм повинен бути кратним 2,5 мм. Товщина ДП [23] визначається товщиною вихідного матеріалу і вибирається залежно від використовуваної елементної бази та діючих механічних навантажень з ряду 0,8; 1,0; 1,5; 2,0 мм.

На основі попереднього аналізу товщину плати прийнято 2 мм.

2.4.3 Розрахунок геометричних розмірів ДП

Вихідними даними для розрахунку ДП [23] , є габаритні розміри елементів.

Для визначення площі плати треба розрахувати мінімальну площу, що відповідає загальній площі всіх елементів кожної сторони, тобто елементів поверхневого монтажу та вивідних елементів окремо.

Мінімальна площа плати — 6795 мм^2

Для кращого тепловідведення, а також компоновки елементів та резервування місця для кріпильних отворів обрана плату розмірами

Павленко К.О. РІ-91мп. 2020

100 мм х 70 мм площа якої 7000 мм^2 .

Таблиця 2.6— Площа елементів

	Елементи	площа	кількість	Пл.*кільк	коеф	площа *коеф	загальна
1	SOIC127P600X175-9N	42	1	42	-	-	6795
2	SHDR2W110P0X500	76	1	76	3	228	
3	SHDR3W100P0X500	76	6	456	3	228	
4	EEEHB1C100R	5	7	35	1,5	7,5	
5	UCV1V681MNL1GS	6	4	24	1,5	9	
6	MC0805B474K160CT	44	1	44	3	132	
7	GRM21BR61E106KA73K	157,5	1	157,5	3	472,5	
8	sp360	198	5	990	1	198	
9	FUSC1005X40N	2,5	2	5	1	2,5	
10	UU9LFNPB103	259	1	259	1,5	388,5	
11	RESC6434X90N	7	5	35	1	7	
12	L-1334GT	19,50	4	78	1	19,5	
13	RESC3116X65N	11	9	99	1	11	
14	BS270	111	2	222	3	333	
15	WR-TBL	76	1	76	-	-	
16	TO92	25,5	1	25,5	-	-	
17	1N4004	25	1	25	1	25	
18	1N4148	56	1	56	1	56	

Павленко К.О. РІ-91мп, 2020

	RESC2012X60N	32	2	64	1	32	
1	TO254P483X1000X2009	59	1	59	-	-	
2	TO254P480X1000X1900	118	2	236	-	-	
3	TO170P457X1022X2349	56	1	56	1	56	
4	P2K	180	4	720	-	-	
5	RESC2013X60N	5	12	60	1	5	
6	BS270	111	1	111	3	333	
7	TS01CBE	96	1	96	-	-	

2.4.4 Розрахунок мінімальної ширини провідника по постійному струму

Всі розрахунок проводився у середовищі Mathcad.

Розрахунок проводимо за формулою :

$$b_{\min 1} = \frac{I_{\max}}{j_{don} \cdot h_0} \qquad (2.1)$$

де I_{max} – максимальний струм в друкованому провіднику ;

$j_{доп}$ - допустима потужність струму в друкованому провіднику при заданих зовнішніх умовах і температурі перегріву провідника ;

h_0 – товщина фольги ДП.

Максимальний струм за результатами аналізу схеми електричної принципової це струм в колі живлення .Згідно документації виробника не перевищує 1,5А.

Павленко К.О. РІ-91мп, 2020

Згідно п. 2.4 ГОСТ 23751-86 значення допустимої густини струму при найгірших умовах дорівнює 80 А/мм^2, h0=35 мкм

bmin=0.536mm

2.4.5 Розрахунок мінімальної ширини провідника за допустимим падінням напруги

Розрахунок проводимо за формулою :

$$b_{\min 2} = \frac{I_{\max} \cdot P \cdot l}{h_0 \cdot U_{доп}}, \quad (2.2)$$

где Р –питомий опір міді ;

Р=0,0175 Ом⊕мм^2/м;

$U_{доп}$ – допустиме падіння напруги на провіднику. Задамо $U_{доп}$=0,01 В.

l – довжина провідника. За результатами трасування протяжність найдовшого провідника не перевищує 0.04м.

bmin2=0.056mm

Мінімально можлива ширина друкованого провідника у вузькому місці ДП складає 0,35 мм, що відповідає третьому класу точності рисунка ДП.

2.4.6 Розрахунок максимальної ширини провідників

Розрахунок проводимо за формулою :

$$b_{max}=b_{min}+(0,02…0,07) \quad (2.3)$$

$$b_{max}=1,1+0,03=1.13мм. \quad (2.4)$$

Таким чином, ширина провідника визначається технологічною нормою на виготовлення і дорівнює 1.13мм.

Павленко К.О. РІ-91мп, 2020

2.4.7 Розрахунок мінімальної відстані між елементами провідникового рисунку

Розрахунок проводимо за формулою :

$$S_{1\min} = L_0 - \left[\frac{D_{\max}}{(2+b_p)} + \frac{b_{\max}}{(2+\delta_e)} \right], \quad (2.5)$$

™$_e$, ™$_p$ = 0,1 мм [1],

де L_0 –відстань між центрами елементів, L_0 = 2,5 мм.

Smin=0.35mm

2.4.8 Розрахунок мінімальної відстані між провідниками і контактною площиною у вузьких місцях

Розрахунок проводиться для одного і двох провідників мінімальної ширини (0,6мм) між площинами (див. рис. 5.1)

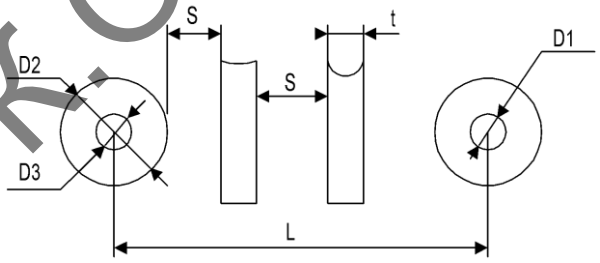


Рисунок 2.13—Ескіз вузького місця на ДП

Розрахунок проводимо за формулою :

$$S = \frac{D_1 + D_2}{2} + t \cdot n + S(n+1) + T_1 \quad (2.6)$$

де n – кількість провідників,

T_1 – позиційний допуск розташування друкованого провідника відносно сусіднього провідникового T_1=0,05 мм.

Павленко К.О. РІ-91мп, 2020

S=2.3mm

2.5 Розрахунки що підтверджують працездатність

2.5.1 Розрахунок напрацювання на відмову

Прилад, що розробляється, належить до побутової апаратури з можливістю носіння. У випадку відмови він підлягає відновленню, після якого може знову використовуватися за призначенням у штатному режимі. З цього випливає, що пристрій можна віднести до відновлюваної радіоелектронної апаратури [25].

У даному підрозділі буде проведений розрахунок напрацювання на відмову. Для розрахунків приймемо наступні умови:

1) Відмова будь якого з елементів пристрою призводить до відмови пристрою загалом;

2) Відмови елементів є взаємно випадковими та взаємо незалежними подіями;

3) Інтенсивність відмов (λ_0) або потоки відмов (ω_0) елементів не залежать від часу, тобто $\lambda_0 = const$ та $\omega_0 = const$.

Згідно з методикою, що описана у джерелі [25], були отримані дані, що занесені до таблиці 6.1. Оскільки пристрій, що розробляється, належить до лабораторної апаратури, то поправковий коефіцієнт K_e, який враховує умови експлуатації пристрою, дорівнює 2,2.

За відомої інтенсивності відмов всіх компонентів схеми можна визначити сумарний потік відмов за формулою:

$$\omega = \sum_{i=1}^{n} \lambda_p \cdot N_i, \tag{2.7}$$

Павленко К.О. РІ-91мп, 2020

де n — кількість елементів;

Таблиця 2.7 – Параметри надійності елементів схеми

Тип та назва елемента	$\lambda_0 \cdot 10^6$, $1/год$	N_i, шт.	K_1	K_H	$\lambda_p \cdot 10^6$, $1/год$
SMD-резистор	0,06	16	1,1	0,75	0,1
Конденсатор керамічний	0,7	11	0,1	0,4	0,3
Конденсатор електролітичний	3	3	0,15	0,5	0,7
Мікросхема	2	2	0,5	0,4	2,2
Транзистор	2,5	2	0,25	0,4	2
Світлодіоди	1,5	4	0,3	0,5	2
Діоди	3	7	0,3	0,5	1,9
Роз’єми	1	2	0,23	1	0,5
Перемикачі	3	5	0,24	1	1,5
дросель	1,5	2	0,3	0,3	0,8
Діоди	3	3	0,3	0,5	1,3
Роз’єми	1	3	0,23	1	0,5

λ_p — робоче значення інтенсивності відмов;

N_i — кількість елементів кожного типу.

При відомому значенні сумарного потоку відмов можна визначити час напрацювання розробленого пристрою на відмову за формулою:

$$T_0 = \frac{1}{\omega}, \tag{2.8}$$

Павленко К.О. РІ-91мп, 2020

K_1 — поправковий коефіцієнт, який враховує електричне та теплове навантаження на елемент.

K_H — коефіцієнт електричного навантаження елемента.

За даними з таблиці 2.4. отримаємо наступне значення сумарного потоку відмов: $w = 2.63 * 10^{-5}$ 1/год

Знаючи потік відмов, можна розрахувати час напрацювання пристрою на відмову відповідно до формули (6.2):

$$T_0 = \frac{1}{2.55*10^{-5}} \cong 37984 \text{ год} \qquad (2.9)$$

Отриманий результат становить 37984 годин. Дане значення цілком відповідає вимогам технічного завдання щодо терміну безвідмовної роботи пристрою. Для пристрою можна запропонувати термін гарантійної служби строком 4 роки.

2.5.2 Розрахунок віброміцності друкованого вузла

Проведемо розрахунок віброміцності друкованого вузла, за визначеною методикою. Розрахунок частоти власних коливань друкованої плати. Вихідні дані:

- довжина плати a=0.115м;

- ширина плати b=0.075 м;

-товщина плати $h=2*10^{-3}$ м

Матеріал друкованої плати – двосторонній фольгований склотекстоліт

FR- 4 з параметрами:

-модуль пружності $E=3,02*10^{10}$ Н/м^2

-щільність $\rho=1,8*10^3$ кг/м^3

Павленко К.О. РІ-91мп, 2020

-коефіцієнт Пуассона ξ =0,22

Маса встановлених на платі елементів M= 0,1 кг

Визначимо приведену масу друкованої плати:

$$mn := ro \cdot h = 3.6 \ \text{кг/м}^2 \qquad (2.10)$$

Визначимо приведену масу плати з деталями:

$$m1 := mn + \frac{M}{a \cdot b} = 14.711 \ \text{кг/м}^2 \qquad (2.11)$$

Розраховуємо циліндричну жорсткість:

$$D := \frac{E \cdot h^3}{12\left(1 - \xi^2\right)} = 22.418 \ \text{Нм} \qquad (2.12)$$

Визначаємо значення функції для кріплення плати в чотирьох точках:

$$\varphi := \pi^2 \sqrt{\frac{1 + 1.621 \cdot \frac{\xi}{1.1} + \frac{1}{1.1^2}}{1 + 1.621 \cdot \frac{\xi}{1.1} + \frac{1}{1.1^6}}} \qquad (2.13)$$

$$\varphi = 10.$$

де 1.1 – коефіцієнт, залежний від співвідношення довжини і ширини плати.

Визначимо значення резонансної частоти плати:

Павленко К.О. РІ-91мп, 2020

$$f := \frac{\varphi}{2\pi \cdot a^2} \cdot \sqrt{\frac{D}{m1}} = 207 \text{ Гц}$$

(2.14)

Так як резонансна частота плати f0=207 Гц майже в 4 рази перевищує максимальну частоту вібраційних впливів (f=60 Гц) , то обраний варіант кріплення плати влаштовує вимоги віброміцності.

2.5.3 Розрахунок теплостійкості

ВХІДНІ ДАНІ:

довжина платы, мм 115.0

ширина платы, мм 75.0

товщина платы, мм 2.000

Теплофізичні параметри процесу теплообміну

критерій тепловіддачі від

бічних поверхонь плати 12.0 Вт/м^2.K

критерій тепловіддачі від

торців плати у напрямку осі X 5.0 Вт/м^2.K

критерій тепловіддачі від

торців плати у напрямку осі Y 5.0 Вт/м^2.K

критерій тепловіддачі від

бічних поверхонь ТВЕ 20.0 Вт/м^2.K

критерій теплопровідності

матеріалу плати 0.3 Вт/м.K

Павленко К.О. РІ-91мп, 2020

Параметри тепловиділяючих елементів:

N розміри, мм координати, мм потужність бічна поверхня площа основи температура.

	dxis	dyis	dzis	xis	yis	P Вт	S, мм^2	So, мм^2	T, град C
1	10.5	4.7	15.2	65.0	54.0	83.0	150	49	2599.8
2	8.8	3.7	3.7	48.0	65.0	2.0	33	33	159.7
3	5.0	4.0	1.8	53.0	27.0	1.4	7	20	123.9
4	5.0	4.0	1.8	46.0	20.0	1.4	7	20	109.3

температура оточуючого середовища, град C

Toc = 20.0

2.5.4 Розрахунок радіатора-пластини

На транзисторі виділяється потужність 83 Вт , через протікання максимального зарядного струму ,тому його необхідно встановлювати на штирьовий алюмінієвий тепловідвід, який встановлюється зовні корпусу на його бічній стінці голками до неї, розмір не менше 35 × 20 мм

Павленко К.О. РІ-91мп, 2020

3 РОЗРОБКА ПРОГРАМНОГО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ

3.1 Вибір мови програмування

Мови програмування для приладів Arduino основані на мовах Assembler, C і C++ [26]. Це пов'язано з тим, що в порівнянні з стаціонарним комп'ютером у них дуже обмежені ресурси, всього кілобайти пам'яті, та мегагерци на процесорі. Тому потрібна мова програмування, яка може компілюватися і використовуватись ефективно. Тобто переводитися нулі і одиниці якомога оптимальніше, без витрат дорогоцінних комірок пам'яті. Використовуючи мови Assembler, C і C++ [26] навіть у вузьких рамках ресурсів мікроконтролера, можна писати багаті можливостями програми, які працюють швидко. Assembler, не можна назвати найпростішим і елегантним і, як результат, фаворитом для Arduino є C/C ++ [26]. Мова програмування C ++ [26] - це надбудова над мовою програмування C. Будь-яка програма на C є коректною програмою для C ++ [26], але не навпаки. Але є можливість користуватися і тим і іншим. В даній дисертації була обрана мова програмування C ++ [26], це обумовлено тим, що мова C ++ не вимагає високої кваліфікації програміста, легко прошивается через кросс-платформний додаток Arduino IDE (integrated development environment). Для перевірки датчика використана бібліотека HAL, значення для коригування надходили з датчика BME280. В заголовки визначаємо деякі постійні значення для Сетап.

3.2 Програмне налаштування сигналізації

Для користувача який не має великого досвіду у програмуванні, потрібно максимально спростити задачу з прошивкою Arduino. Тому потрібно розробити скетч з налаштуваннями сигналізації під потреби користувача. У джерелі [26] вказане посилання до гугл диску, звідки можна завантажити скетч для прошивки сигналізації. Розглянемо більш детально лістинг налаштування програми. Почнемо з підключення бібліотеки давачів.

Павленко К.О. РІ-91мп, 2020

```
#   define WTD_ENABLE   0 // Используем watchdog
#   define IR_ENABLE    0 // библиотека для ик приёмника
#   define BEEP_ENABLE  0 // пищалка, не работает совместно с IR_ENABLE
#   define DHT_ENABLE   1 // библиотека датчиков DHT11, DHT21 и DHT22
#   define TERM_ENABLE  1 // библиотека для термистора
#   define MOVE_ENABLE  1 // библиотека датчика движения
#   define RADAR_ENABLE 1 // библиотека микроволнового датчика
#   define FIRE_ENABLE  0 // датчик огня
#   define GAS_ENABLE   1 // датчик газа
```

Рисунок 3.1 — Бібліотеки давачів

На рис 3.1 перераховуються використовувані давачі. Потрібно залишити тільки ті, які використовуються у сигналізації. Решта рядків зробити коментарями за допомогою подвійного слеша або для відключення бібліотеки і економії пам'яті 1 змінюємо на 0 і навпаки.

Переходимо до перерахування пінів, на які підключені модулі до Arduino [26]. Оскільки це простий перелік, номер наступного піна буде на один більше попереднього. Якщо за коментувати якісь модулі вище, то їх піни не враховуватимуться в перерахуванні. На рис 3.3 зображено перерахування пінів, якщо якийсь давач не використовується, тоді потрібно видалити рядок коду.

```
enum pins {
    RING_PIN = 2,   //2 отслеживает вызовы с модема
    POWER_PIN,      //3 отслеживает наличие питания
    DOOR_PIN,       //4 датчик двери (геркон). Один конец на GND, второй на цифровой пин arduino.
    MOVE_PIN,       //5 все датчики движения вешаем на один пин
    RADAR_PIN,      //6 RCWL-0516
    FIRE_PIN,       //7 датчик огня
    DHT_PIN,        //8 датчик температуры и влажности DHT11, DHT21 или DHT22
    BEEP_PIN,       //9 пищалка
    RECV_PIN = 11,  //11 ИК приёмник
    BOOT_PIN        //12 перезагрузка модема
    };
```

Рисунок 3.3 — Перерахування пінів давачів

Якщо у користувача інший давач (не з списку), опишіть його аналогічно, і додайте в SENSORS_INIT [26]

Номер параметра і значення:

Павленко К.О. РІ-91мп, 2020

— пін Arduino;

— тип давача. Типи давачів перераховані в "sensor.h" [26];

— унікальне ім'я давача. Поводитиметься в звітах; — рівень на цифровому піні давача в спокійному режимі (LOW або HIGH);

— час на підготовку давача при старті в секундах;

коли до нього не можна звертатися, щоб не отримати помилкові дані. Якщо не вказати, то він буде дорівнює 10 секунд. — поріг спрацьовування аналогового давача, за замовчуванням дорівнює 200. Потрібно вписати до масиву свої давачі. Обов'язково, розмір масиву повинен дорівнювати кількості давачів.

```
Sensor(DOOR_PIN,    DIGITAL_SENSOR,     "DOOR",    HIGH,   0),     \
Sensor(MOVE_PIN,    DIGITAL_SENSOR,     "MOVE",    LOW),           \
Sensor(A0,          ANALOG_SENSOR,      "GAS",     LOW,    120),   \
Sensor(A1,          TERMISTOR,          "TERM",    LOW,    10, 45),\
Sensor(DHT_PIN,     DHT11,              "DHT",     LOW,    10, 45));
```

Рисунок 3.4 — Масив давачів

Потрібно вписати до масиву свої давачі. Обов'язково, розмір масиву повинен дорівнювати кількості давачів.

У define SLEEP_MODE_ENABLE [26] потрібно дозволити або заборонити переходити у режим економії енергії. З увімкненим режимом економії енергії, батареї вистачає на довше, але система реагує секунд на 10 повільніше. У рядку define SERIAL_RATE [26] потрібно вказати швидкість роботи GSM модему з оператором, цю інформацію можна знайти в інтернеті. У рядку define RESET_COUNT [26] потрібно вказати число невдалих запитів, яку потрібно зробити GSM модему, до перезавантаження системи. У рядку define ALARM_MAX_TIME [26] потрібно вказати число секунд, скільки буде працювати режим тривоги, після спрацювання давачів.

Павленко К.О. РІ-91мп, 2020

3.3 Підключення додаткового давача

Якщо потрібно додати новий давач, який не використовується у цьому проекті потрібно у папці з програмним рішенням перейти до програмного файлу «sensor.h», який знаходиться у дереві папки «Arduino/libraries/Sensor» [26] , та доробити код лістингу.

```
enum {  // датчик с одним цифровым выходом
        DIGITAL_SENSOR,
        // датчик с одним цифровым выходом,
        // с проверкой от ложного срабатывания
        CHECK_DIGITAL_SENSOR,
        // датчик с аналоговым выходом
        ANALOG_SENSOR,
        // беспроводной датчик с ик диодом
        IR_SENSOR,
        // датчик температуры - термистор
        TERMISTOR
        //DHT11, DHT21, DHT22 - датчики температуры
        // и влажности. объявлены в gcDHT.h
```

Рисунок 3.6 — Типи давачів

На рис 3.6 зображені типи давачів які можуть використовуватись, якщо потрібно додати нові типи давачів, тоді потрібно дописати скетч коду.

Дана програма є бібліотекою для типу давачів. Вона містить інформацію про типи, рівні пінів, кількість спрацювань давачів, на підготовку давача до старту в секундах(це той час коли помилкових спрацювань давачів, якщо час не вказувати, то за замовчуванням він дорівнює 10 секунд).

3.4 Лістинг програми для Arduino

Текст програми:

```
// Часы детектор дыма

// Креатед бай voltNik (c) в 2018 году нашей эры

#include <Wire.h>

#include <LiquidCrystal_I2C.h>
```

Павленко К.О. РІ-91мп, 2020

```
#include <FastLED.h>
#include <stdio.h>
#include <DS1302.h>
#include <EEPROMex.h>
#include <SimpleDHT.h>
#include "tones.h" // файл нот, лежит в папке прошивки
//**************************
#define vers "SmokeClock 1.2"
// пины кнопок управления
#define BTN_UP 10  // кнопка увеличения
#define BTN_DOWN 9  // кнопка уменьшения
#define BTN_SET 8 // кнопка установки

// пины подключения модуля часов
#define kCePin 5  // RST
#define kIoPin 6  // DAT
#define kSclkPin 7  // CLK

  // пины подключения датчика дыма
  #define MQ2_A0 14  // A0 в A0
#define  MQ2_DEFAULT  300   // начальный уровень сигнализации (при первой прошивке)
```

Павленко К.О. РІ-91мп, 2020

```
#define DHT22_PIN 2 // пин подключения датчика влажности DHT22


#define NUM_LEDS 16 // количество управляемых светодиодов
#define LED_PIN 4  // пин подключения ленты


#define FOTORES 15    // A1 пин подключения фоторезистора
#define LCD_LED 3  // ШИМ пин подключения подсветки LCD
#define BUZZER_PIN 12 // пин подключения спикера


#define BTN_PROTECT 100         // защита дребезга кнопки
#define LCD_RENEW 250           // обновление экрана
#define HEATING 60000           // прогрев датчика дыма 60сек
//*****************************
LiquidCrystal_I2C lcd(0x3F,20,4);  // обычно китайские модули I2C для экрана имеют адрес 0x27 или 0x3F
CRGB leds[NUM_LEDS];
DS1302 rtc(kCePin, kIoPin, kSclkPin);
SimpleDHT22 dht22;
Time t = rtc.time();
//*****************************
int bright, btn_up_val, btn_down_val, btn_set_val, now_year, mq2, mq2_alarm;
float now_temp, now_hum;
byte now_disp, now_month, now_date, now_hour, now_min, now_sec, now_week_day, alarm_hour, alarm_min;
```

Павленко К.О. · РІ-91мп, 2020

```
long now_millis, lcd_millis, time_millis, btn_up_millis, btn_down_millis, btn_set_millis, disp_millis, horn_millis, mq2_start_alarm;

boolean dot, blnk, alarm, horn, horn_smoke, note, time_changed;

uint8_t gHue = 0;

byte set_time;

char sep;

int disp[4] = {25000,3000,3000,3000}; // тайминг работы экранов основной 25сек, остальные по 3сек

//*****************************

int melody[] = { NOTE_D7, NOTE_D8, NOTE_D7, NOTE_D8, NOTE_D7, NOTE_D8, NOTE_D7, NOTE_D8 }; // мелодия

int noteDurations[] = { 4, 4, 4, 4, 4, 4, 4, 4 };

//*****************************

String week_day[7] = {"Mon", "Tue", "Wed", "Thu", "Fri", "Sat", "Sun", };

//*****************************

byte stolb[8][8] =  {    // столбцы для графика (еще не используется)

{ B11111, B11111, B11111, B11111, B11111, B11111, B11111, B11111},

{ B00000, B11111, B11111, B11111, B11111, B11111, B11111, B11111},

{ B00000, B00000, B11111, B11111, B11111, B11111, B11111, B11111},

{ B00000, B00000, B00000, B11111, B11111, B11111, B11111, B11111},

{ B00000, B00000, B00000, B00000, B11111, B11111, B11111, B11111},

{ B00000, B00000, B00000, B00000, B00000, B11111, B11111, B11111},

{ B00000, B00000, B00000, B00000, B00000, B00000, B11111, B11111},

{ B00000, B00000, B00000, B00000, B00000, B00000, B00000, B00000}
```

Павленко К.О. РІ-91мп, 2020

```
};

// Eight programmable character definitions

byte custom[8][8] = {   // символы большого шрифта

{ B11111,B11111,B11111,B00000,B00000,B00000,B00000,B00000 },

{ B11100,B11110,B11111,B11111,B11111,B11111,B11111,B11111 },

{ B11111,B11111,B11111,B11111,B11111,B11111,B01111,B00111 },

{ B00000,B00000,B00000,B00000,B00000,B11111,B11111,B11111 },

{ B11111,B11111,B11111,B11111,B11111,B11111,B11110,B11100 },

{ B11111,B11111,B11111,B00000,B00000,B00000,B11111,B11111 },

{ B11111,B00000,B00000,B00000,B00000,B11111,B11111,B11111 },

{ B00111,B01111,B11111,B11111,B11111,B11111,B11111,B11111 }

};


// Characters, each with top and bottom half strings

// \nnn string encoding is octal, so:

// \010 = 8 decimal (8th programmable character)

// \024 = 20 decimal (space)

// \377 = 255 decimal (black square)


const char *bigChars[][2] = {   // символы из новых букв

{"\024\024\024", "\024\024\024"}, // Space

{"\377", "\007"}, // !

{"\005\005", "\024\024"}, // "
```

Павленко К.О. РІ-91мп, 2020

```
{"\004\377\004\377\004", "\001\377\001\377\001"}, // #
{"\010\377\006", "\007\377\005"}, // $
{"\001\024\004\001", "\004\001\024\004"}, // %
{"\010\006\002\024", "\003\007\002\004"}, // &
{"\005", "\024"}, // '
{"\010\001", "\003\004"}, // (
{"\001\002", "\004\005"}, // )
{"\001\004\004\001", "\004\001\001\004"}, // *
{"\004\377\004", "\001\377\001"}, // +
{"\024", "\005"}, // ,
{"\004\004\004", "\024\024\024"}, // -
{"\024", "\004"}, // .
{"\024\024\004\001", "\004\001\024\024"}, // /
{"\010\001\002", "\003\004\005"}, // 0
{"\001\002\024", "\024\377\024"}, // 1
{"\006\006\002", "\003\007\007"}, // 2
{"\006\006\002", "\007\007\005"}, // 3
{"\003\004\002", "\024\024\377"}, // 4
{"\377\006\006", "\007\007\005"}, // 5
{"\010\006\006", "\003\007\005"}, // 6
{"\001\001\002", "\024\010\024"}, // 7
{"\010\006\002", "\003\007\005"}, // 8
{"\010\006\002", "\024\024\377"}, // 9
```

Павленко К.О. РІ-91мп, 2020

```
{"\004", "\001"}, // :
{"\004", "\005"}, // ;
{"\024\004\001", "\001\001\004"}, // <
{"\004\004\004", "\001\001\001"}, // =
{"\001\004\024", "\004\001\001"}, // >
{"\001\006\002", "\024\007\024"}, // ?
{"\010\006\002", "\003\004\004"}, // @
{"\010\006\002", "\377\024\377"}, // A
{"\377\006\005", "\377\007\002"}, // B
{"\010\001\001", "\003\004\004"}, // C
{"\377\001\002", "\377\004\005"}, // D
{"\377\006\006", "\377\007\007"}, // E
{"\377\006\006", "\377\024\024"}, // F
{"\010\001\001", "\003\004\002"}, // G
{"\377\004\377", "\377\024\377"}, // H
{"\001\377\001", "\004\377\004"}, // I
{"\024\024\377", "\004\004\005"}, // J
{"\377\004\005", "\377\024\002"}, // K
{"\377\024\024", "\377\004\004"}, // L
{"\010\003\005\002", "\377\024\024\377"}, // M
{"\010\002\024\377", "\377\024\003\005"}, // N
{"\010\001\002", "\003\004\005"}, // 0/0
{"\377\006\002", "\377\024\024"}, // P
```

Павленко К.О. • PI-91мп, 2020

```
{"\010\001\002\024", "\003\004\377\004"}, // Q
{"\377\006\002", "\377\024\002"}, // R
{"\010\006\006", "\007\007\005"}, // S
{"\001\377\001", "\024\377\024"}, // T
{"\377\024\377", "\003\004\005"}, // U
{"\003\024\024\005", "\024\002\010\024"}, // V
{"\377\024\024\377", "\003\010\002\005"}, // W
{"\003\004\005", "\010\024\002"}, // X
{"\003\004\005", "\024\377\024"}, // Y
{"\001\006\005", "\010\007\004"}, // Z
{"\377\001", "\377\004"}, // [
{"\001\004\024\024", "\024\024\001\004"}, // Backslash
{"\001\377", "\004\377"}, // ]
{"\010\002", "\024\024"}, // ^
{"\024\024\024", "\004\004\004"}, // _
};

int writeBigChar(char ch, int x, int y) {
  const char *(*blocks)[2] = NULL; // Pointer to an array of two strings (character pointers)
  if (ch < ' ' || ch > '_') // If outside our table range, do nothing
  return 0;
  blocks = &bigChars[ch-' ']; // Look up the definition
```

Павленко К.О. · РІ-91мп, 2020

```
  for (int half = 0; half <=1; half++) {
    int t = x; // Write out top or bottom string, byte at a time
    for (const char *cp = (*blocks)[half]; *cp; cp++) {
      lcd.setCursor(t, y+half);
      lcd.write(*cp);
      t = (t+1) % 40; // Circular scroll buffer of 40 characters, loop back at 40
    }
    lcd.setCursor(t, y+half);
    lcd.write(' '); // Make space between letters, in case overwriting
  }
  return strlen((*blocks)[0]); // Return char width
}
//*****************************
void setup()
{
  Serial.begin(9600);
  Serial.println(vers);

  //кнопки управления
  pinMode(BTN_UP, INPUT_PULLUP);
  pinMode(BTN_DOWN, INPUT_PULLUP);
  pinMode(BTN_SET, INPUT_PULLUP);
```

Павленко К.О. РІ-91мп, 2020

```
  pinMode(FOTORES, INPUT);
  pinMode(MQ2_A0, INPUT);
  pinMode(LCD_LED, OUTPUT);
  analogWrite(LCD_LED, 255);
  pinMode(BUZZER_PIN, OUTPUT);


  alarm_hour = EEPROM.readByte(0);
  alarm_min = EEPROM.readByte(1);
  alarm = EEPROM.readByte(2);
  mq2_alarm = EEPROM.readInt(3); Serial.print("Alarm level: ");
Serial.println(mq2_alarm);
  if ((mq2_alarm<0)or(mq2_alarm>1000)) mq2_alarm = MQ2_DEFAULT; // установка дефолтного уровня если не задан другой


  rtc.writeProtect(false);
  rtc.halt(false);
  // первичная установка времени, если требуется из программы
  //Time t(2017, 2, 6, 1, 39, 50, 1); // год-месяц-дата-час-минута-секунда-день.недели
  //rtc.time(t);


  FastLED.addLeds<WS2811, LED_PIN, GRB>(leds, NUM_LEDS).setCorrection( TypicalLEDStrip );
  // запуск светодиодов
```

Павленко К.О. РІ-91мп, 2020

```
  FastLED.setBrightness(100);
  for (int i=0;i<NUM_LEDS;i++) {
    leds[i] = CRGB::Blue;
    FastLED.show();
    FastLED.delay(50);
  }

  lcd.init();
  lcd.backlight();
  lcd.clear();

  for (int i=0; i<8; i++) lcd.createChar(i+1, custom[i]);

  writeBigString("GAS", 0, 0);
  writeBigString("1.2", 0, 2);
  lcd.setCursor(10,2);
  lcd.print("SmokeClock");
  lcd.setCursor(13,3);
  lcd.print("voltNik");

  tone(BUZZER_PIN, NOTE_D7, 100);     // разово пищим при старте. проверка зуммера
  delay(1000);
```

Павленко К.О. РІ-91мп, 2020

```
  lcd.clear();
  time_read();
}
//*****************************
void(* resetFunc) (void) = 0;  // функция ресета раз в 50 дней. так надо.
//*****************************
void loop()
{
  now_millis = millis();
  // считываем состояние кнопок
  btn_up_val = digitalRead(BTN_UP);
  btn_down_val = digitalRead(BTN_DOWN);
  btn_set_val = digitalRead(BTN_SET);


  // обработка нажатия кнопок с защитой от дребезга
  if ((btn_up_val == LOW) & (now_millis - btn_up_millis)> BTN_PROTECT) {   // обработка кнопки вверх
    horn = false;
    switch (set_time) {
      case 1:
        now_hour++;
        time_changed = true;
        if (now_hour >= 24) now_hour=0;
```

Павленко К.О. • PI-91мп, 2020

```
  break;
case 2:
  now_min++;
  time_changed = true;
  if (now_min >= 60) now_min=0;
  break;
case 3:
  now_sec = 0;
  time_changed = true;
  set_time_now();
  disp_millis = now_millis;
  set_time = 0;
  break;
case 4:
  alarm_hour++;
  if (alarm_hour >= 24) alarm_hour=0;
  break;
case 5:
  alarm_min++;
  if (alarm_min >= 60) alarm_min=0;
  break;
case 6:
  alarm = !alarm;
```

Павленко К.О. РІ-91мп, 2020

```
  break;
case 7:
  now_year++;
  time_changed = true;
  if (now_year >= 2100) now_year=2000;
  break;
case 8:
  now_month++;
  time_changed = true;
  if (now_month >= 13) now_month=1;
  break;
case 9:
  now_date++;
  time_changed = true;
  if (now_date >= 32) now_date=1;
  break;
case 10:
  now_week_day++;
  time_changed = true;
  if (now_week_day >= 7) now_week_day=0;
  break;
case 11:
  mq2_alarm += 50;
```

Павленко К.О. РІ-91мп, 2020

```
      if (mq2_alarm > 1000) mq2_alarm=0;
      break;
    }

    btn_up_millis = now_millis + 300;
  }
  if ((btn_down_val == LOW) & (now_millis - btn_down_millis)> BTN_PROTECT) {  // обработка кнопки вниз
    horn = false;
    switch (set_time) {
      case 1:
        now_hour--;
        time_changed = true;
        if (now_hour == 255) now_hour=23;
        break;
      case 2:
        now_min--;
        time_changed = true;
        if (now_min == 255) now_min=59;
        break;
      case 3:
        now_sec = 0;
        time_changed = true;
```

Павленко К.О. РІ-91мп, 2020

```
  set_time_now();
  disp_millis = now_millis;
  set_time = 0;
  break;
case 4:
  alarm_hour--;
  if (alarm_hour == 255) alarm_hour=23;
  break;
case 5:
  alarm_min--;
  if (alarm_min == 255) alarm_min=59;
  break;
case 6:
  alarm = !alarm;
  break;
case 7:
  now_year--;
  time_changed = true;
  if (now_year == 2000) now_year=2099;
  break;
case 8:
  now_month--;
  time_changed = true;
```

Павленко К.О. РІ-91мп, 2020

```
      if (now_month == 0) now_month=12;
      break;
    case 9:
      now_date--;
      time_changed = true;
      if (now_date == 0) now_date=31;
      break;
    case 10:
      now_week_day--;
      time_changed = true;
      if (now_week_day == 255) now_week_day=6;
      break;
    case 11:
      mq2_alarm -= 50;
      if (mq2_alarm < 0) mq2_alarm=1000;
      break;
  }
  btn_down_millis = now_millis + 300;
 }
 if ((btn_set_val == LOW) & (now_millis - btn_set_millis)> BTN_PROTECT) {   //
обработка кнопки установки
  horn = false;
  if (now_disp!=0) {now_disp=0; lcd.clear(); }
```

Павленко К.О. РІ-91мп, 2020

```
  set_time = (set_time + 1) % 13;
  if (set_time == 12) { // выход из режима установки и запись времени
    set_time_now();
    set_time = 0;
    now_disp=0;
    disp_millis = now_millis;
  }
  btn_set_millis = now_millis + 300;
 }


 if (now_millis - time_millis > 1000) { // обновление времени раз в секунду
  dot = !dot;
  if (dot) {sep = ':';} else {sep = '.';};
  if (set_time == 0) {
    time_read();
  }
  set_lcd_led();
  if ((now_hour == alarm_hour)and(now_min == alarm_min)and(now_sec<2)and(alarm)) { horn = true; Serial.println("WAKE UP!!!");} // проверка будильника
  if ((now_hour != alarm_hour)or(now_min != alarm_min)) { horn = false;} // отключение будильника через 1 минуту
  if ((mq2 >= mq2_alarm)and(set_time == 0)) {horn_smoke = true; mq2_start_alarm = now_millis; Serial.println("SMOKE!!!");} // проверка датчика дыма
```

Павленко К.О. • РІ-91мп, 2020

```
  if ((now_millis-mq2_start_alarm > 10000)and(mq2 <= mq2_alarm)) {horn_smoke = false;} // отключение тревоги


  if (millis()>4000000000) {resetFunc();}; // проверка переполнения millis и сброс раз в 46 суток. максимально возможно значение 4294967295, это около 50 суток.
  time_millis = now_millis;
 }


 if (set_time == 0) {  // сигналы
  if ((horn)and(now_millis - horn_millis > 250)) { // будильник часов
   if (note) {
    noTone(BUZZER_PIN);
    tone(BUZZER_PIN, NOTE_D7, 250);
    analogWrite(LCD_LED, 255);
    for (int i=0;i<NUM_LEDS;i++) leds[i] = CRGB::Blue;
    FastLED.setBrightness(100);
    FastLED.show();
    writeBigString("WAKE!", 1, 1);
    lcd_millis = now_millis;
   } else {
    noTone(BUZZER_PIN);
    tone(BUZZER_PIN, NOTE_D6, 250);
    analogWrite(LCD_LED, 0);
    for (int i=0;i<NUM_LEDS;i++) leds[i] = CRGB::Green;
```

Павленко К.О. РІ-91мп, 2020

```
    FastLED.setBrightness(100);
    FastLED.show();
    writeBigString("WAKE!", 1, 1);
    lcd_millis = now_millis;
   }
   note = !note;
   horn_millis = now_millis;
  }
  if ((horn_smoke)and(now_millis - horn_millis > 250)and(now_millis > HEATING)) { //
сигнализация дыма
   if (note) {
    noTone(BUZZER_PIN);
    tone(BUZZER_PIN, NOTE_D8, 250);
    analogWrite(LCD_LED, 255);
    for (int i=0;i<NUM_LEDS;i++) leds[i] = CRGB::Blue;
    FastLED.setBrightness(100);
    FastLED.show();
    writeBigString("ALRM!", 1, 1);
    lcd_millis = now_millis;
   } else {
    noTone(BUZZER_PIN);
    tone(BUZZER_PIN, NOTE_D7, 250);
    analogWrite(LCD_LED, 0);
```

Павленко К.О. РІ-91мп, 2020

```
    for (int i=0;i<NUM_LEDS;i++) leds[i] = CRGB::Red;
    FastLED.setBrightness(100);
    FastLED.show();
    writeBigString("ALRM!", 1, 1);
    lcd_millis = now_millis;
   }
   note = !note;
   horn_millis = now_millis;
  }
 }

 if ((now_millis - disp_millis  > disp[now_disp])and(set_time==0)) {  // смена экранов по таймингу
   now_disp = (now_disp + 1) % 5;
   lcd.clear();
   disp_millis = now_millis;
 };
 if (now_millis - lcd_millis > LCD_RENEW) {  // обновление экрана
  print_lcd();
   if (!horn) {
    fill_rainbow( leds, NUM_LEDS, gHue, 7);
    FastLED.show();
    gHue++;
```

Павленко К.О. РІ-91мп, 2020

```
  }
  lcd_millis = now_millis;
 }
}
//*****************************
void print_lcd(void) { // отрисовка экрана
 char time_str[6], sec_str[3], date_str[15], pres_str[21], alarm_str[6], set_str, mq_str[5], hum_str[3], temp_str[3];

 snprintf(time_str, sizeof(time_str), "%02d%c%02d", now_hour, sep, now_min);
 snprintf(sec_str, sizeof(sec_str), "%02d", now_sec);
 snprintf(date_str, sizeof(date_str), "%04d-%02d-%02d %s", now_year, now_month, now_date, week_day[now_week_day].c_str() );
 snprintf(temp_str, sizeof(temp_str), "%02d", now_temp);

 if (now_millis < HEATING) {snprintf(mq_str, sizeof(mq_str), "HEAT");}
 else if (set_time == 0) {snprintf(mq_str, sizeof(mq_str), "%04d", mq2);}
 else {snprintf(mq_str, sizeof(mq_str), "%04d", mq2_alarm);}

  dtostrf((float)now_temp, 2, 0, temp_str);
  dtostrf((float)now_hum, 2, 0, hum_str);
  snprintf(pres_str, sizeof(pres_str), "T:%sC H:%s", temp_str, hum_str );
  snprintf(alarm_str, sizeof(alarm_str), "%02d:%02d", alarm_hour, alarm_min);
  if (alarm) {set_str='+';} else {set_str='-';};
```

Павленко К.О. РІ-91мп, 2020

```
if ((set_time!=0)and(blnk)and(now_disp==0)) {  // мигание при установке времени
 switch (set_time) {
   case 1:
     time_str[0]=' '; time_str[1]=' ';
     break;
   case 2:
     time_str[3]=' '; time_str[4]=' ';
     break;
   case 3:
     sec_str[0]=' '; sec_str[1]=' ';
     break;
   case 4:
     alarm_str[0]=' '; alarm_str[1]=' ';
     break;
   case 5:
     alarm_str[3]=' '; alarm_str[4]=' ';
     break;
   case 6:
     set_str=' ';
     break;
   case 7:
     date_str[0]=' '; date_str[1]=' '; date_str[2]=' '; date_str[3]=' ';
```

Павленко К.О. PI-91мп, 2020

```
      break;
    case 8:
      date_str[5]=' '; date_str[6]=' ';
      break;
    case 9:
      date_str[8]=' '; date_str[9]=' ';
      break;
    case 10:
      date_str[11]=' '; date_str[12]=' '; date_str[13]=' ';
      break;
    case 11:
      mq_str[0]=' '; mq_str[1]=' '; mq_str[2]=' '; mq_str[3]=' ';
      break;
  }
}
blnk = !blnk;

switch (now_disp) {
  case 0:
   lcd.setCursor(0,0);
   lcd.print(date_str);
   lcd.setCursor(16,0);
   lcd.print(mq_str);
```

Павленко К.О. РІ-91мп, 2020

```
 lcd.setCursor(18,1);
 lcd.print(sec_str);
 writeBigString(time_str, 0, 1);
 lcd.setCursor(0,3);
 lcd.print(alarm_str);
 lcd.print(set_str);
 lcd.setCursor(9,3);
 lcd.print(pres_str); lcd.print("%");
 break;
case 1:
 writeBigString(hum_str, 4, 1); writeBigString("%", 13, 1);
 break;
case 2:
 writeBigString(time_str, 0, 0);
 writeBigString(time_str, 2, 2);
 break;
case 3:
 writeBigString(temp_str, 4, 1); writeBigString("C", 13, 1);
 lcd.setCursor(0,0);
 lcd.print(vers);
 lcd.setCursor(10,3);
 lcd.print("by voltNik");
 break;
```

Павленко К.О. РІ-91мп, 2020

```
 }
}
//*****************************
void writeBigString(char *str, int x, int y) { // пишем большие буквы
  char c;
  while ((c = *str++))
  x += writeBigChar(c, x, y) + 1;
}
//*****************************
void time_read() { // читаем время и данные с датчиков и записываем значения в переменные для работы


  mq2 = analogRead(MQ2_A0);
  Serial.print("Датчик дыма MQ-2: "); Serial.print(mq2);


  dht22.read2(DHT22_PIN, &now_temp, &now_hum, NULL);
  Serial.print("  датчик влажности DHT22: "); Serial.print((float)now_temp); Serial.print("C, ");
  Serial.print((float)now_hum); Serial.println("%");


  t = rtc.time();
  now_year = t.yr;
  now_month = t.mon;
  now_date = t.date;
```

Павленко К.О. PI-91мп, 2020

```
  now_hour = t.hr;
  now_min = t.min;
  now_sec = t.sec;
  now_week_day = t.day;
}
//****************************
void set_lcd_led() { // установка уровня яркости подстветки экрана
  bright = map(analogRead(FOTORES), 320, 1024, 0, 5);
  if (bright < 1) bright = 1;
  analogWrite(LCD_LED, bright*51);
  FastLED.setBrightness(100);
  //FastLED.setBrightness(bright*51);  // адаптивная подсветка светодиодов

}
//****************************
void set_time_now() { // установка времени и запись в энергонезависимую память будильника и уровня порога датчика дыма
  if (time_changed) {
    Time tt(now_year, now_month, now_date, now_hour, now_min, now_sec, now_week_day);
     rtc.time(tt);
  };
  time_changed = false;
  EEPROM.writeByte(0, alarm_hour);
```

Павленко К.О. PI-91мп, 2020

```
EEPROM.writeByte(1, alarm_min);

EEPROM.writeByte(2, alarm);

EEPROM.writeInt(3, mq2_alarm);
```

Наведений лістинг демонструє основний алгоритм. Програма прослуховує запити, надіслані від користувачів та від давачів до яких підключена Arduino. Після знаходження запиту вона виконує закладену функцію, у разі спрацювання давачів подає сигнал на GSM модуль, яка сповіщає користувача про спрацювання.

Павленко К.О. РІ-91мп, 2020

4 ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНІ ДОСЛІДЖЕННЯ

Чутливий елемент датчика [12], в силу своїх хімічних властивостей, змінює опір при різній концентрації газів, і виступає в якості резистора дільника напруги з якого ми отримуємо значення напруги через АЦП [12]. Властивості ці проявляються при певній температурі елемента для чого датчик необхідно нагріти.

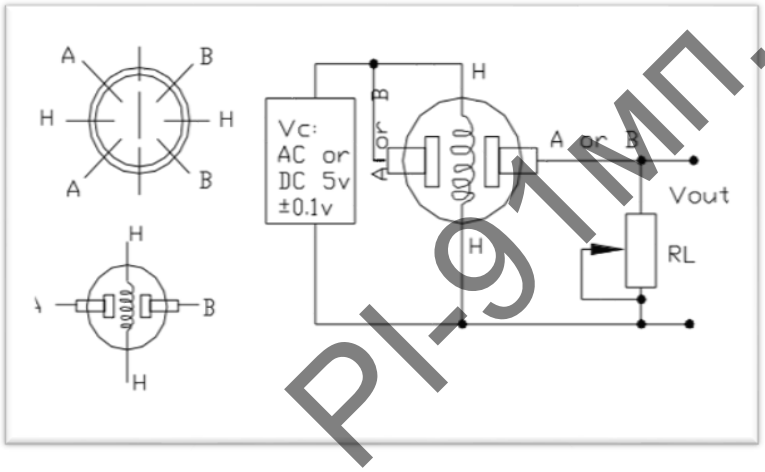


Рисунок 4.1—Схема включення датчика газу

Вище - схематичне уявлення датчика [12], і схема дільника, де H - спіраль нагріву (33 Ом - близько 150 мА, струми завеликі для виробів з контролерами, потрібно врахувати при проектуванні схеми живлення), AB - висновки чутливого елемента зі змінним опором в залежності від концентрації газу , RL - другий резистор дільника, рекомендований даташітом [12] - 10 кОм.

Інформації та статей по датчикам [12] дуже багато, але більшість обмежена розпіновкою стандартного модуля, іноді принципів роботи. Про точне визначення абсолютних значень інформації немає. Тому на основі експериментальних досліджень та значень з datasheet[12], треба побудувати модель на основі якої буде проведена корекція показів дачика. Побудова моделі буде проходити в середоввищі Graph 4.4.2

Павленко К.О. РІ-91мп, 2020

4.1 Перетворення значень АЦП в ppm

На виходах дільника АЦП [12] ми знімаємо значення напруги (Uadc) виходячи з якого можемо розрахувати опір датчика Rs (знаючи номінал другого резистора дільника RL), тобто визначити, що саме нам передає датчик[12]:

$$Rs=(Vref\times RL)/Uadc-RL \quad (4.1)$$

Маючи значення Rs ми вже можемо визначити концентрацію газу за графіком з даташіта[12]. Для визначення концентрації використовується нехитра співвідношення Rs / Ro. Ro в даному випадку - опір елемента датчика[12], при концентрації детекуючих газів 1000 ppm.

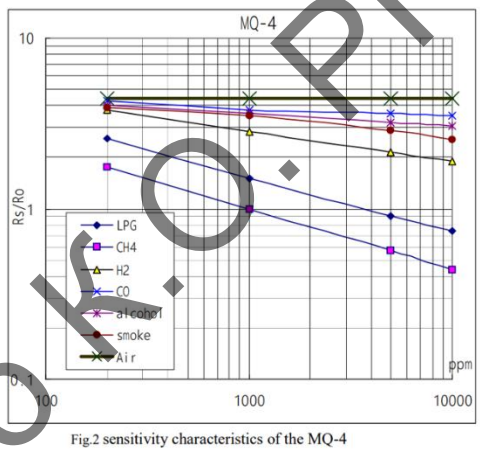


Fig.3 is shows the typical sensitivity characteristics of the MQ-4 for several gases.
in their: Temp: 20℃、
Humidity: 65%、
O_2 concentration 21%
RL=20kΩ
Ro: sensor resistance at 1000ppm of CH_4 in the clean air.
Rs:sensor resistance at various concentrations of gases.

Fig.2 sensitivity characteristics of the MQ-4

Рисунок 4.2—графік залежності опору датчика від ppm

На даному етапі, завдяки АЦП [12] і формулою, ми знаємо тільки значення поточного опору (Rs) від якого будемо відштовхуватися. Будемо вважати, що ми заміряли його в чистому (від детекуючих газів) повітрі, при калібрувальній температурі і вологості (по даташиту 20С, 65%).

Таким чином опорне значення Ro для датчика MQ-2 [12] вважаємо:

$$Ro=Rs/4.4 \quad (4.2)$$

Павленко К.О. РІ-91мп, 2020

На графіку, і в тексті даташит [12] зазначено, що чутливість датчика лежить в межах Rs / Ro для метану - 1.8 ... 0.43, для диму - 3.8 ... 2.6. Таким чином обробляючи дані з датчика можна провести селекцію диму. Решта гази, як правило, «замішуються» в ці діапазони. Це підтверджується коротким експериментом з тліючим папером. Значення Rs/Ro опускаються до 2.8

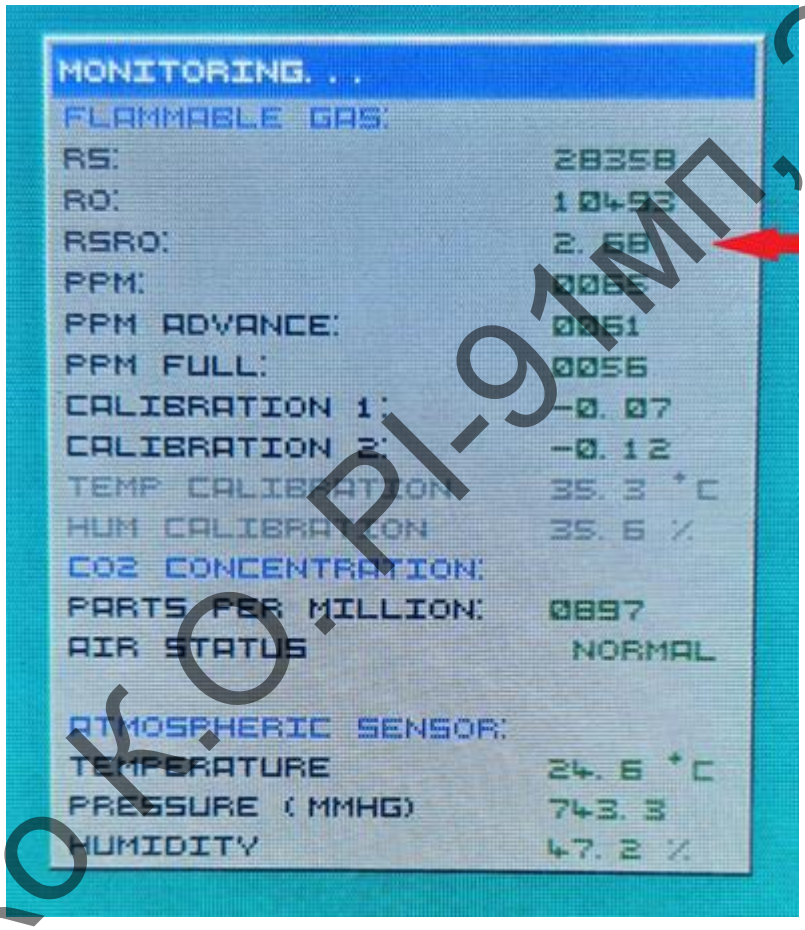


Рисунок 4.3—ppm датчика в нормальних умовах без коригування

Розрахунок реальної концентрації газу трохи ускладнюється кривизною графіка[12], і відсутністю виразних контрольних точок, за якими цей графік можна відкоригувати.

Для уточнення розрахунків найбільш наочні значення рознесені на сітку координат. За контрольними точками визначена функція залежності показників ppm від Rs / Ro:

Графік функції обмежений чутливістю датчика 400 ... 10000 ppm. Детектовані значення в різних даташитах [12] (Winsen / Hanwei) вказані

Павленко К.О. РІ-91мп, 2020

починаючи від 200 і 400 ppm, для функції взяті гарантовані 400. Уточнений графік залежності ppm від Rs/Ro, де x = ppm/1000; y = (Rs / Ro) * 10:

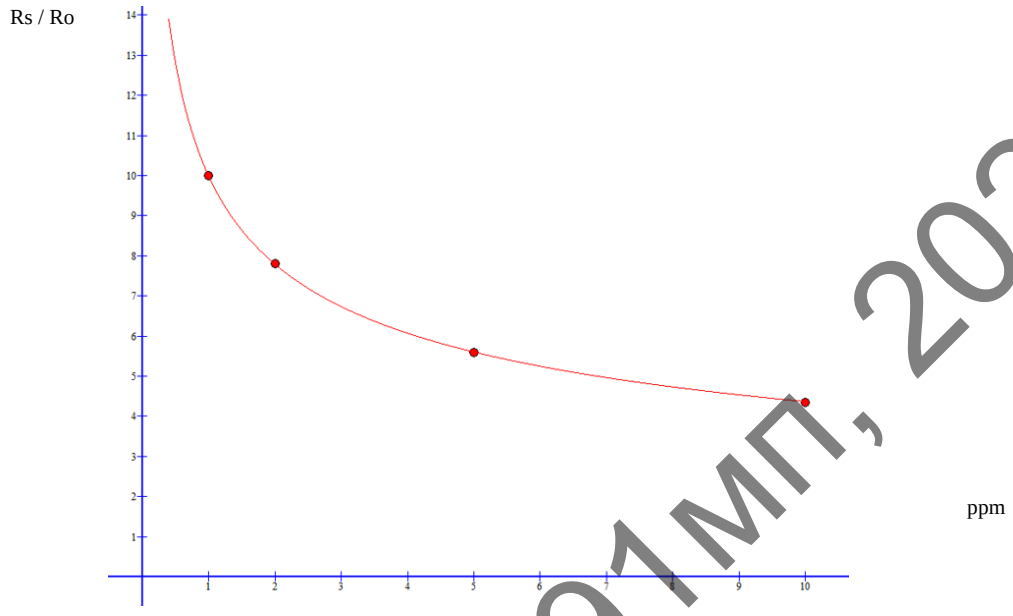


Рисунок 4.4—графік залежності опору датчика від ppm

Побудований графік відповідає функції:

$$f(x) = 10x^{-0.36} \tag{4.3}$$

Таким чином кількість ppm дізнаємося за формулою:

$$ppm = \left(\frac{10}{RsRo \times 10}\right)^{1/0.36} \times 1000 \tag{4.4}$$

4.2 Температурна компенсація

Виходячи з наступного графіка даташит [12] відомо, що в залежності від середовища, в якій використовується датчик, показання відхиляються від дійсних.

Згідно даташит [12], типове значення вологості середовища в якій працює прилад = 65%. Хвилює невідповідність значень вологості в графіку RsRo / ppm (з якого отримуємо значення ppm) і RsRo / Temp (з якого отримуємо значення похибки). У графіках зазначено значення Rs / Ro = 1 при

Павленко К.О. РІ-91мп, 2020

ppm = 1000 для температури 20 oC, але в різних випадках: вологості 33% і 65%. Це досить велика різниця. Ймовірно, графік температурної компенсації заснований на експериментах, які проводилися саме при вологості 33%. Це потрібно буде врахувати при корекції або калібрування.

Для більш точного визначення залежності показників від навколишнього середовища, також був побудований графік функції, датчик обмежений температурним діапазоном -10 ° C ... +50 ° C (x = TEMP / 10; y = RsRo (error) * 100):

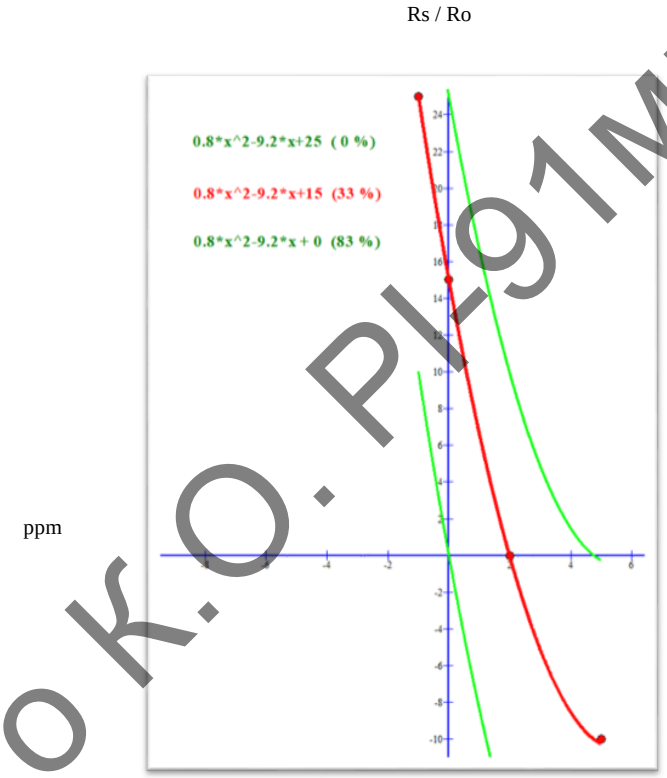


Рисунок 4.5—графік залежності опору датчика від ppm при різній вологості вологості

Графік відповідає функції:

$$f(x)=0.83x2-9.2x+25-(0.3\times HUM) \quad (4.5)$$

За основу взято графік з вологістю 33% (він же, судячи з перетинання 1, є калібрувальним). Якщо звернути увагу на вологість, то 1% вологості зміщує графік на 0.3 по Y (в реальних значеннях коригування Rs/Ro буде розділений

Павленко К.О. РІ-91мп, 2020

на 100 - в графіку застосований коефіцієнт для наочності). «+25» зміщує положення графіка по Y для «нульовий» вологості, «0.3 x HUM» повертає положення по Y для актуальною вологості. Деяка зміна «ваги» 1% вологості в крайніх температур малозначне і не враховується. Все це застосовується, якщо калібрування проведена в чистому повітрі при вологості 33% і температурі 20 градусів. Значення коригування Rs/Ro (error) яке потрібно буде додати до значень Rs/Ro для компенсації впливу середовища, можна розрахувати за формулою:

$$\mathrm{RsRo}_{\mathrm{error}} = \frac{\left(0.83 \times \left(\frac{TEMP}{10}\right)^2 - 9.2 \times \left(\frac{TEMP}{10}\right) + 25 - (0.3 \times HUM) \right)}{100} \quad (4.6)$$

Оскільки ми будемо калібрувати датчик в своєму середовищі, яке не буде відповідати вимогам даташит [12], (20C / 33%), можна додати вирівнювання функції визначення RsRo (error) для компенсації середовища калібрування:

$$\mathrm{RsRo}_{\mathrm{error}} = \frac{\left(0.83 \times \left(\frac{TEMP + (20 - TEMP_{cal})}{10}\right)^2 - 9.2 \times \left(\frac{TEMP + (20 - TEMP_{cal})}{10}\right) + 25 - (0.3 \times HUM) + (0.3(HUM_{cal} - 33)\right)}{100} \quad (4.7)$$

У цьому випадку графік зміщується по Y на різницю вологості калібрування - тут все просто. Трохи гірше йдуть справи зі зміщенням по X: просте переміщення буде давати похибка на кривизну. Якщо не проводити калібрування в крайніх температура, а все ж в наближених до кімнатної, ця похибка не буде значною.

Проби датчика [12] в різних умовах показали, що опір дійсно змінюється в залежності від температури, а вологість в деяких випадках зовсім не змінювалась.

Розрахунку компенсованого значення:

Павленко К.О. РІ-91мп, 2020

$$\mathrm{RsRo}_{\mathrm{comp}} = RsRo - \mathrm{RsRo}_{\mathrm{error}} \quad (4.8)$$

4.3 Переносимо модель в мікроконтролер

Для перевірки датчика використаний мікроконтролер STM32F407VET і бібліотека HAL, значення для коригування надходили з датчика BME280[13].

mq4.h

```
#ifndef MQ4_H_
#define MQ4_H_

int mq4_default_work (void); //PPM без температурной компенсации
int mq4_advanced_work (float temp, float hum); //PPM с применением компенсаци
и
int mq4_full_work (float temp, float hum, float temp_cal, float hum_cal); //P
PM с применением компенсации и условий калибровки
int mq4_calib_Ro(void); //калибровка
int mq4_get_adc (void); //функция возвращает десятичное значение, снятое с АЦ
П

#define MQ4_ADC hadc1 //АЦП к которому подключен датчик
#define MQ4_ADC_PRECISION 4096 //разрядность АЦП в целых значениях (4096 = 12
bit)
#define MQ4_REFERENCE_VOLTAGE 3.3f //опорное напряжение АЦП
#define MQ4_STATIC_RESISTOR 20000 //RL - использованный постоянный резистор д
елителя
#define MQ4_RO_DEF 13600 //Ro - сопротивление при 1000 ppm (RsRo=1), значение
#define MQ4_HUM_WEIGHT 0.3f //Вес влажности в функции коррекции (смещение по
y)
#define MQ4_AIR_RSRO 4.4f //соотношение RsRo для чистого воздуха (в даташите
к датчику)
#endif /* MQ4_H_ */
```

mq4.c

```
mq4.c
#include "mq4.h"
#include "adc.h"
#include "math.h"

int mq4_Rs; //текущее сопротивление датчика
int mq4_adc_value; //значение АЦП
float mq4_volts; //вольт АЦП
float mq4_RsRo; //соотношение измерянного сопр. с сопр. 1000 ppm
float mq4_calib_value;  //значение коррекции для RsRo
float mq4_calib_value2; //значение коррекции для RsRo (с поправкой на среду к
алибровки)

extern int mq4_Ro; //сопротивление при концентрации 1000ppm
extern int mq4_temp_cal; //температура при которой проведена калибровка
extern int mq4_hum_cal; //влажность при которой проведена калибровка
```

Рисунок 4.6— Функція розрахунку ppm

Розрахунок ppm (без корекцій)

Павленко К.О. РІ-91мп, 2020

```
int mq4_default_work (void)
{
int ppm;
int mq4_adc;
float volts;
int Rs;
float RsRo;
//значение измерений АЦП:
mq4_adc = mq4_get_adc();
//напряжение АЦП в Вольтах:
volts = mq4_adc/(MQ4_ADC_PRECISION/MQ4_REFERENCE_VOLTAGE);
//сопротивление датчика в момент измерения:
Rs = ((MQ4_REFERENCE_VOLTAGE * MQ4_STATIC_RESISTOR)/volts)- MQ4_STATIC_RESI
STOR;
//значение для сверки с даташитом:
RsRo = (float)Rs / (float)mq4_Ro;

//записываем глобальные переменные (для отладки, можно удалить):
mq4_RsRo = RsRo;
mq4_adc_value = mq4_adc;
mq4_volts = volts;

if (RsRo>0.437) //отсекаем высокую концентрацию газов (иначе ошибочные знач
ения)
 //накладываем соотношение на график из даташита:
 {ppm = (pow((10/(RsRo*10)),(1/0.36152689)))*1000;}
 //если концентрация превышает чувствительность датчика - записываем 9999 P
PM:
 else {ppm=9999;}

 return (int)ppm;
}
```

Рисунок 4.7— Функція розрахунку ppm з компенсацією

Розрахунку ppm з корекцією на поточну температуру і вологість

```
int mq4_advanced_work (float temp, float hum)
{
int ppm;
int mq4_adc;
float volts;
int Rs;
float RsRo;
float K; //погрешность

//получаем значение измерений АЦП:
mq4_adc = mq4_get_adc();
//вычисляем напряжение АЦП в Вольтах:
volts = mq4_adc/(MQ4_ADC_PRECISION/MQ4_REFERENCE_VOLTAGE);

//сопротивление датчика в момент измерения
Rs = ((MQ4_REFERENCE_VOLTAGE * MQ4_STATIC_RESISTOR)/volts)- MQ4_STATIC_RESIST
OR;
//значение для сверки с даташитом:
RsRo = (float)Rs / (float)mq4_Ro;
//расчет погрешности:
K = ((0.83*(pow((temp/10),2)))-(9.2*(temp/10))+ 25 - (hum*MQ4_HUM_WEIGHT))/10
0;
//применяем значение погрешности
RsRo = RsRo - K;

//отсекаем высокую концентрацию газов (иначе ошибочные значения)
if (RsRo>0.437)
//накладываем соотношение на график из даташита:
{ppm = (pow((10/(RsRo*10)),(1/0.36152689)))*1000;}
//если концентрация превышает чувствительность датчика - записываем 9999ppm:
else {ppm=9999;}

//записываем в глобальные переменные (для отладки, можно удалить):
mq4_RsRo = RsRo;
mq4_calib_value = K;
mq4_adc_value = mq4_adc;
mq4_Rs = Rs;

    return ppm;
 }
```

Павленко К.О. РІ-91мп, 2020

```
int mq4_full_work (float temp, float hum, float temp_cal, float hum_cal)
//аргументы: текущие температура и влажность, температура и влажность при кот
орых проведена калибровка
{
int ppm;
int mq4_adc;
float volts;
int Rs;
float RsRo;
float K;
//учитываем температуру калибровки:
temp = temp + (20 - temp_cal);

//получаем значение измерений АЦП:
mq4_adc = mq4_get_adc();
//вычисляем напряжение АЦП в Вольтах:
volts = mq4_adc/(MQ4_ADC_PRECISION/MQ4_REFERENCE_VOLTAGE);

//вычисляем сопротивление датчика в момент измерения:
Rs = ((MQ4_REFERENCE_VOLTAGE * MQ4_STATIC_RESISTOR)/volts)- MQ4_STATIC_RESIST
OR;
//соотношение сопротивлений датчика:
RsRo = (float)Rs / (float)mq4_Ro;
//определяем погрешность (в этом случае - MQ4_HUM_WEIGHT*(hum_cal-33) приводи
т в соответствие погрешность к температуре при которой проведена калибровка):
K = ((0.83*(pow((temp/10),2)))-(9.2*(temp/10))+ 25 - (hum*MQ4_HUM_WEIGHT)+(MQ
4_HUM_WEIGHT*(hum_cal-33)))/100; //
//применяем компенсацию к RsRo:
RsRo = RsRo - K;

if (RsRo>0.437) ppm = (pow((10/(RsRo*10)),(1/0.36152689)))*1000;
else {ppm=9999;}

//записываем в глобальные переменные (для отладки, можно удалить)
mq4_RsRo = RsRo;
mq4_calib_value2 = K;
mq4_adc_value = mq4_adc;
mq4_Rs = Rs;

   return ppm;
 }
```

Рисунок 4.8— Функція розрахунку ppm

Розрахунок ppm (з компенсацією температури / вологості і поправкою на середу калібрування)

```
int mq4_get_adc (void)
 {
 int mq4_adc_bits;
 HAL_ADC_Start(&MQ4_ADC);
 HAL_ADC_PollForConversion(&MQ4_ADC,100);
 mq4_adc_bits = HAL_ADC_GetValue(&MQ4_ADC);
 HAL_ADC_Stop(&MQ4_ADC);
    return mq4_adc_bits;
 }
```

Павленко К О. РІ-91мп, 2020

```
int mq4_calib_Ro(void)
{
float mq4_adc_volts;
int Rs;
int Ro;
int mq4_adc;
mq4_adc = mq4_get_adc();
mq4_adc_volts = (float)mq4_adc/((float)MQ4_ADC_PRECISION/MQ4_REFERENCE_VOLTAG
E);
//Получаем данные о текущем сопротивлении датчика
Rs = (((float)MQ4_REFERENCE_VOLTAGE * (float)MQ4_STATIC_RESISTOR)/mq4_adc_vol
ts)- (float)MQ4_STATIC_RESISTOR;
//определяем значение сопротивления при 1000 ppm (согласно даташиту в чистом
воздухе соотношение RsRo 4.4 для MQ-4):
Ro = Rs/MQ4_AIR_RSRO;
   return Ro;
 }
```

main.c

```
#include "main.h"
#include "adc.h"
#include "gpio.h"
#include "mq4.h"

int ppm_def;  //ppm без коррекций
int ppm_adv;  //ppm с поправкой на изменение среды
int ppm_full;  //ppm с поправкой на изменение среды и среду калибровки

float mq4_temp_cal = 20; //температура при которой проведена калибровка
float mq4_hum_cal = 33; //влажность при которой проведена калибровка
extern float mq4_calib_value; //значение коррекции для RsRo
extern float mq4_calib_value2; //значение коррекции для RsRo с учетом среды калибровки

int mq4_Ro = MQ4_RO_DEF; //сопротивление датчика при 1000ppm корректируется калибровкой
extern int mq4_Rs;   //сопротивление датчика в текущий момент
extern int mq4_adc_value; //значение АЦП
extern float mq4_volts; //Вольт АЦП
extern float  mq4_RsRo; //соотношение послежнего измеряемого сопр. с сопр. 1000 ppm

//ПЕРЕМЕННЫЕ АТМОСФЕРНОГО ДАТЧИКА:
float tf = 0.0f, hf = 0.0f; //значения текущих показателей влажности и температуры

int main(void)
{
 HAL_Init();
 MX_GPIO_Init();
 MX_ADC1_Init();
}

while (1)
{
 //запускаем расчеты в разных форматах:
 ppm_def = mq4_default_work();
 ppm_adv = mq4_advanced_work(tf,hf);
 ppm_full= mq4_full_work(tf,hf,mq4_temp_cal,mq4_hum_cal);
 //нажимаем кнопку для калибровки:
 if(HAL_GPIO_ReadPin(KEY_1_GPIO_Port, KEY_1_Pin)==GPIO_PIN_RESET)
   {
    mq4_Ro = mq4_calib_Ro(); //калибровка
    mq4_temp_cal = tf;   //записываем температуру при которой проведена калибровка
    mq4_hum_cal = hf;   //записываем влажность при которой проведена калибровка
    }
}
```

Рисунок 4.9 — значення АЦП

Занесення значень АЦП для розрахунку

Павленко К.О. РІ-91мп, 2020

4.4 Результати розрахунків

Визначення значення ppm: де PPM - без температурной компенсации; PPM advanced - с применением компенсаци; PPM full - с применением компенсации и условий калибровки.

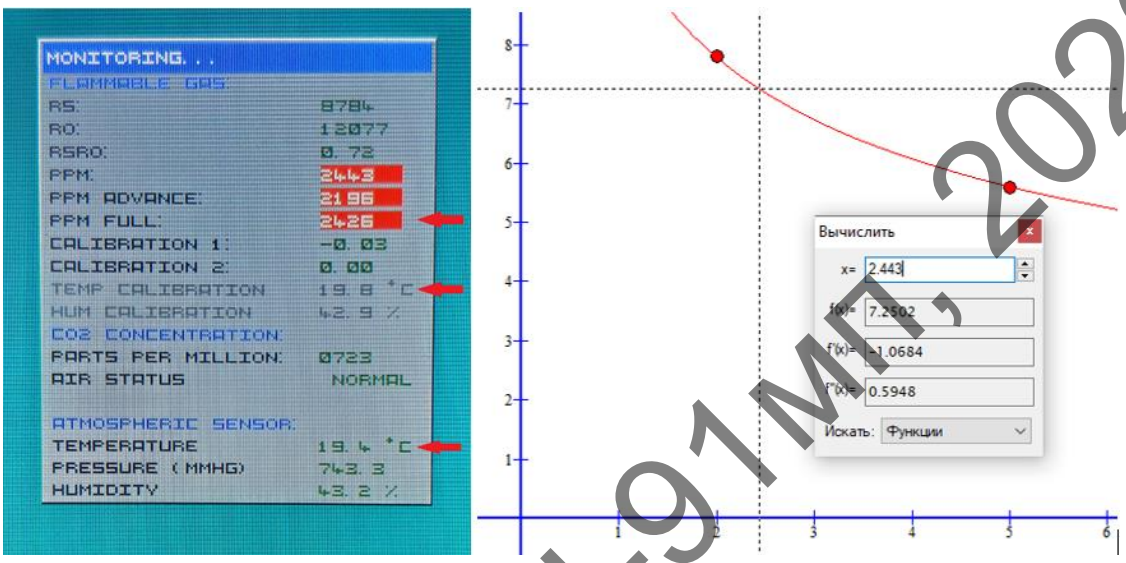


Рисунок 4.10 — порівняння значень PPM

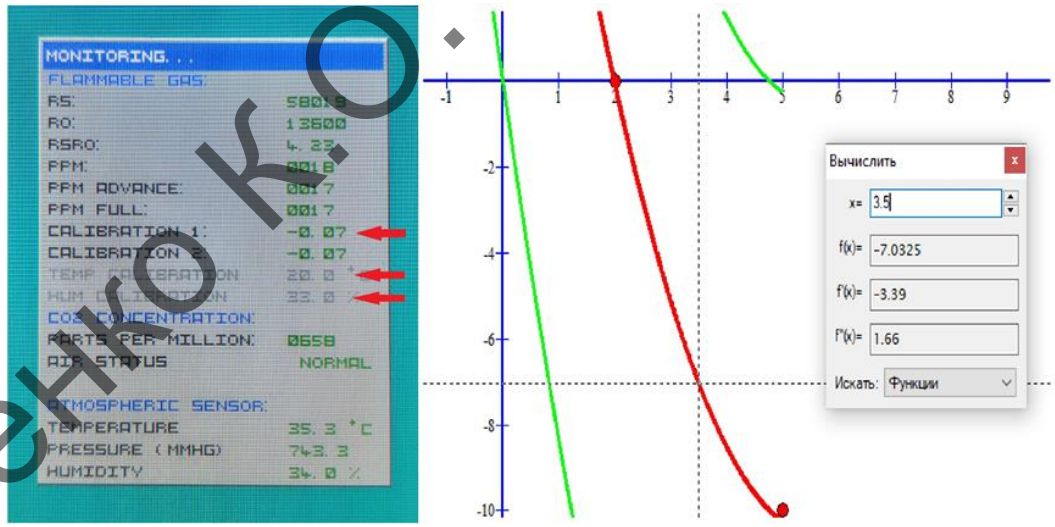


Рисунок 4.11 — Робота функції розрахунку температурної компенсації (в даному випадку при однаковій вологості):

Павленко К.О. · РІ-91мп, 2020

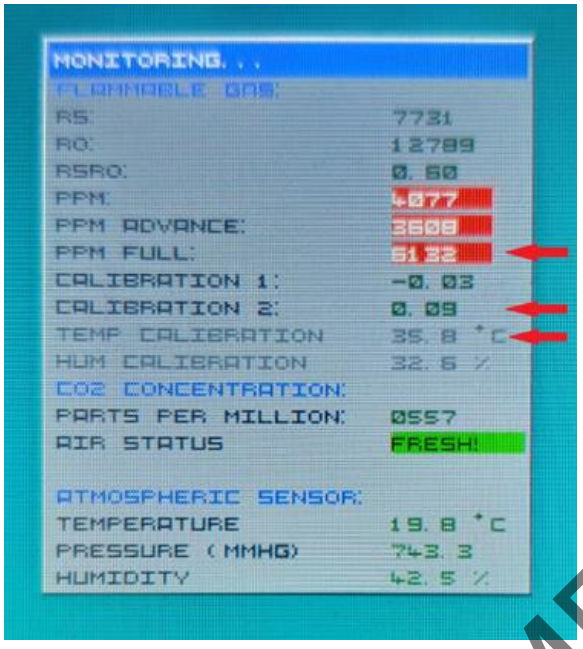


Рисунок 4.12 — Корекція значень при калібровці в нестандартних умовах

Як можна побачити значення до калібровки и після відрізняються

4.5 висновок

1. Принципи, описані в розділі, підходять для роботи і з іншими датчиками. У тому числі точними датчиками TGS2611 (вартість перевищує в 15-20 разів розглянутий MQ-2). Для адаптації коду до інших датчиків необхідно внести зміни в header-файл і формулу функції визначення ppm

2. У середовищі, чистого від детектируемого газу, показник Rs/Ro може змінюватися на 0,5 ... 0,8, в залежності від різних факторів (в першу чергу температури). Таблиця корекції може бути застосована тільки в стані детектування (наявності детектируемого газу близько 1000 ppm), тобто не може бути застосована для режиму очікування, де діють зовсім інші співвідношення. Звичайно ж, можна простежити закономірність, але особливого сенсу в цьому немає - в кожному окремому випадку показники 4 ... 5 Rs/Ro свідчать про відсутність газів.

Павленко К.О. РІ-91мп, 2020

3. Температурна корекція в робочому режимі дійсно необхідна. Поправку на вологість можна або виключити, або знизити «вага» відсотка вологості в header-файлі (і вирівняти стартову позицію по Y).

4. Корекція з поправкою на температуру, при якій проведена калібрування, сумнівна. Бажано калібрувати датчик в умовах згідно даташит (20 градусів Цельсія, 33% вологості (або 65% з зі зміщенням графіка залежності вологості)).

5. При зборці дільника має сенс звернути увагу на якість пайки, фільтри і похибка резистора RL (даташит рекомендує використовувати 20 ком, або в межах 10 ... 47 кому).

Павленко К.О. РІ-91мп, 2020

5 РОЗРОБКА СТАРТАП-ПРОЕКТУ

Мета розділу — проведення маркетингового аналізу стартап проекту задля визначення принципової можливості його ринкового впровадження та можливих напрямів реалізації цього впровадження.

5.1 Опис ідеї

В межах цього підрозділу аналізується зміст ідеї, можливі напрямки застосування, основі вигоди які може отримати користувач товару та відмінності від існуючих аналогів та замінників.

Таблиця 5.1— Опис ідеї стартап-проекту

Зміст ідеї	Напрямки застосування	Вигоди для користувача
Розробка конструкції газоаналізатора та відповідного для роботи програмного забезпечення	Побут	Більш точне визначення концентрації газу

Основним конкурентом розробленого приладу є інші пристрої визначення відстані(лазерні далекоміри). Основною відмінністю є алгоритм роботи, спосіб відтворення результатів та доступність пристрою.

Таблиця 5.2— Визначення характеристик ідеї

№ п/п	Техніко- економічні характеристики ідеї	W (слабка сторона)	N (нейтральна сторона)	S (сильна сторона)
1	Простота			+
2	Дешевизна			+
3	Швидкодія		+	

Павленко К.О. РІ-91мп, 2020

5.2 Технологічний аудит ідеї проекту

В межах даного підрозділу проводиться аудит технології, за допомогою якої можна реалізувати ідею проекту.

Визначення технологічної здійсненності ідеї проекту передбачає аналіз таких складових табл. 5.3:

- за якою технологією буде виготовлено товар згідно ідеї проекту?
- чи існують такі технології, чи їх потрібно розробити/доробити?
- чи доступні такі технології авторам проекту?

Таблиця 5.3 — Технологічна можливість проекту

	Ідея проекту	Технології її реалізації	Наявність технологій	Доступність технологій
	Покращення параметрів та характеристик активної безпеки автомобіля та розширення її застосування	Технологія 1 (надання послуги)	Потрібно розробити	Доступні
		Технологія 2 (Наявність бази досліджень)	Наявні	Доступні
		Технологія 3 (База проведення досліджень (ви-пробувань))	Потрібно розробити	Доступні
		Технологія 4 (Оформлення результатів дослідження)	Потрібно розробити	Доступні
Обрана технологія реалізації ідеї проекту: Технологія 2				

Павленко К.О. РІ-91мп, 2020

5.3 Аналіз ринкових можливостей запуску

В межах даного підрозділу проводиться визначення ринкових можливостей, які можна використати під час ринкового впровадження проекту, та ринкових загроз, які можуть перешкодити реалізації проекту. Визначення ринкових можливостей дозволяє планувати напрями розвитку проекту з урахуванням стану ринкового середовища, потреб потенційних клієнтів та пропозицій проектів-конкурентів.

Таблиця 5.4 — Попередня характеристика потенційного ринку

№ п/п	Показники стану ринку	Характеристика
1	Кількість головних гравців, од	1
2	Середня норма рентабельності в галузі, %	Невідома
3	Динаміка ринку	Зростає
4	Наявність обмежень для входу	Невідома
5	Специфічні вимоги до стандартизації та сертифікації	Існують

За результатами аналізу важливо зробити висновок щодо привабливості для впровадження проекту за попереднім оцінюванням.

Визначимо потенційні групи клієнтів. Цільова аудиторія — підприємства робота яких може викликати небезпечну концентрацію газів у повітрі.

Проведемо аналіз ринкового середовища: складемо таблиці факторів, що сприяють ринковому впровадженню проекту, та факторів, що йому перешкоджають.

Павленко К.О. РІ-91мп, 2020

Таблиця 5.4— Фактори загроз

№ п/п	Фактор	Зміст загрози	Можлива реакція компанії
1	Новий функціонал ПЗ конкурентів	Покращення технології, що призведе до збільшення точності вимірів або зменшення собівартості	Вихід з ринку

Таблиця 5.5— Фактори можливостей

№ п/п	Фактор	Зміст можливості	Можлива реакція компанії
1	Новий функціонал проекта що розробляється	Покращення технології, що приведе до збільшення точності вимірів або зменшення собівартості	Розроблення цього функціоналу

Проведемо SWOT-аналіз.

Таблиця 5.6 —— SWOT-аналіз стартап-проекту

Сильні сторони:	**Слабкі сторони:**
Простота Дешевизна Швидкодія	Невідома компанія Відсутність стартового капіталу
Можливості:	**Загрози:**
Розширення функціоналу Нові технології	Продукти-замінники

Павленко К.О. РІ-91мп, 2020

За результатами аналізу можна зробити висновок, що працювати на даному ринку можна незважаючи на конкурентну ситуацію. Для поширення

продукту він повинен володіти рядом факторів, які відрізняють його від існуючого конкурента.

З огляду на SWOT-аналіз можна прийти до висновку що немає потреби розробляти альтернативи ринкового впровадження цього проекту.

Розробимо три-рівневу маркетингову модель товару з метою уточнення ідеї продукту, його фізичних складових, особливостей його надання табл. 5.7.

Таблиця 5.7—трирівнева маркетингова модель

Рівні товару	Сутність та складові
I. Товар за задумом	Опис базової потреби споживача, яку задовольняє товар (згідно концепції), її основної функціональної вигоди
II. Товар у Реальному виконанні	Властивості/характеристики
	1. Нові способи відтворення результатів. 2. Зниження вартості більш точного виміру відстані
	Якість: стандарти, нормативи, параметри тестування то-що
	Пакування
	Марка: назва організації-розробника + назва товару
III. Товар із підкріпленням	До продажу — рівень розробки
	Після продажу — алгоритм та метод роботи
За рахунок чого потенційний товар буде захищено від копіювання: Захист інтелектуальної власності	

Варто відзначити, що товар буде захищено від копіювання за рахунок захисту ідеї товару (захист інтелектуальної власності).

Павленко К. О. РІ-91мп, 2020

Висновки

Перераховані основні результати, отримані в дисертаційній роботі:

1. Розроблено конструктивно-технологічні рішення по створенню газоаналізатора, конструкція якого може використовувати газові сенсори різного типу. Створений пристрій дозволяє контролювати витік небезпечних газів.

2. Розроблено алгоритми роботи, а також програмне забезпечення вбудованого мікроконтролеру. Проведено лабораторні випробування. Випробування дозволили налагодити алгоритми температурної корекції і діагностики газового датчика.

3. Представлено програмне забезпечення керуючого мікроконтролера пристрою, яке забезпечує роботу алгоритму обробки і перетворення інформації з АЦП, кодування і зберігання вимірювальної інформації в автономному режимі.

4. Лабораторні дослідження і математичне моделювання підтвердили правильність конструктивно-технологічного рішення, яке забезпечує автономне функціонування протягом тривалого часу.

Павленко К.О. РІ-91мп, 2020

Перелік джерел посилань

1. СТРАЖ S51A3K [Електронний ресурс]. — Режим доступу: https://pipl.ua/komplekt-signalizacii-ajax-starterkit — Назва з екрану.

2. Bautech WP6900»[Електронний ресурс]. — Режим доступу: https://ek.ua/TECSAR-ALERT-WARD— Назва з екрану.

3. WINTACT WT8820 [Електронний ресурс]. — Режим доступу: https://secur.ua/besprovodnaja-pozharno-ohrannaja-sistema-lifesosls-30-lr — Назва з екрану.

4. «WINTACT WT8801» [Електронний ресурс]. — Режим доступу: http://www.diagram.com.ua/list/guard/3-50 — Назва з екрану

5. Мехатроніка.–[Електронний ресурс] — Режим доступу http://uk.wikipedia.org — назва з екрану.

6. Пирогова Е. В. Проектирование и технология печатных плат. — М .: ФОРУМ: ИНФА-М, 2005.

7. Методичні вказівки до курсового та дипломного проектування. Методи розрахунку елементів конструкцій радіоелектронних засобів на статичну, вібраційну, ударну міцність та витривалість / Укл .: Б.М. Уваров. - Київ: КПІ, 1998.

8. Мікроконтролер Atmega328 [Електронний ресурс]. — Режим доступу: http://robolive.ru/mikrokontroller-atmega328-opisanie-xarakteristiki/— Назва з екрану

9. Resistor`s datasheet. [Електронний ресурс] — Режим доступу http://www.rcscomponents.kiev.ua/datasheets/RC_series.pdf — назва з екрану.

10. Capacitor`s datasheet . [Електронний ресурс] — Режим доступу http://www.rcscomponents.kiev.ua/datasheets/NPO.pdf — назва з екрану.

11. датчик вогості і температури DHT11 [Електронний ресурс]. — Режим достпу: http://codius.ru/articles/GSM_%D0%BC%D0%BE%D0%B4%D1%83%D0%BB%D1%8C_SIM800L_%D1%87%D0%B0%D1%81%D1%82%D1% 8C_1— Назва з екрану

12. Давач газу MQ-2 [Електронний ресурс]. — Режим доступу: https://arduino.ua/prod588-datchik-otkritiya-dverei-mc-38— Назва з екрану.

Павленко К.О. РІ-91мп, 2020

13. WH0802 [Електронний ресурс]. — Режим доступу: https://arduino.ua/prod185-datchik-vlajnosti-i-temperatyridht11— Назва з екрану

14. BMT-1203UX [Електронний ресурс] — Режим доступу http://www.rcscomponents.kiev.ua/datasheets/RC_series.pdf — назва з екрану.

15. HC-49/U [Електронний ресурс] — Режим доступу http://www.rcscomponents.kiev.ua/datasheets/RC_series.pdf — назва з екрану.

16. *KCD*-102-1 [Електронний ресурс] — Режим доступу http://www.rcscomponents.kiev.ua/datasheets/RC_series.pdf — назва з екрану.

17. Скетч для прошивки Arduino [Електронний ресурс]. — Режим доступу:https://drive.google.com/open?id=1UiRdUDNR73C7TX3CjLF_w7l9kf tO4s1x/— Назва з екрану

18. Elektronik Standard Parts [Електронний ресурс]. — Режим доступу: https://katalog.weonline.com/en/pbs/search/capacitors/multilayer_ceramic_chip_capacitors — Назва з екрану.

19. Mouser Electronics [Електронний ресурс]. — Режим доступу: https://eu.mouser.com/Electronic-Components/ — Назва з екрану.

20. Board-to-Board Elektronik [Електронний ресурс]. — Режим доступу: https://katalog.we-online.de/en/em/search/connectors/board-toboard_connectors — Назва з екрану.

21. РКС Компоненты – РАДИОМАГ Elektronik [Електронний ресурс]. — Режим доступу: https://www.rcscomponents.kiev.ua/catalog/pereklyuchatelitumblery/111 — Назва з екрану.

22. Комбінований позитивний метод [Електронний ресурс]. — Режим доступу : http://pcbdesigner.ru/pcb/sposobi-izgotovleniya-pechatnihplat/kombinirovannye-metody.html — Назва з екрану.

23. RadioRadar [Електронний ресурс]. — Режим доступу: http://www.radioradar.net/radiofan/measuring_technics/ultrasonic_rangefinder_hc_sr04_without_microcontroller_part2.html — Назва з екрану.

24. Joel Ngonga's Blog [Електронний ресурс]. — Режим доступу: https://blogelect.wordpress.com/2016/01/04/interfacing-hcsr04-ultrasound-sensor-with-pic-microcontroller/ — Назва з екрану.

Павленко К.О. РІ-91мп, 2020

25. General Purpose Chip Resistors — Panasonic [Електронний ресурс]. — Режим доступу:

26. ГОСТ 16019-2001 — Требования по стойкости к воздействию механических и климатических факторов и методы испытаний.

Павленко К.О. РІ-91мп, 2020

Додатки

До додатків виносяться:

Додаток А Технічне завдання;

Додаток Б Конструкторська документація;

Павленко К.О. РІ-91мп, 2020