

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА»
Факультет комп'ютерно-інтегрованих технологій, мехатроніки і робототехніки
Кафедра інформаційно-вимірювальних технологій

ПОЯСНЮВАЛЬНА ЗАПИСКА

до кваліфікаційної роботи

магістра

на тему: **Комп'ютеризована інформаційно-вимірювальна система
для визначення атмосферного тиску з розширеними функціями**

Виконав: студент 2 курсу, групи ІВТ-2м

Спеціальності: 175 «Інформаційно-
вимірювальні технології»

Малиновський Назар В`ячеславович

(прізвище та ініціали)

Керівник: д.т.н., професор

Пількевич Ігор Анатолійович

(науковий ступінь, вчене звання, посада, прізвище та ініціали)

Рецензент:

(науковий ступінь, вчене звання, посада, прізвище та ініціали)

Житомир – 2024

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА»
Факультет комп'ютерно-інтегрованих технологій, мехатроніки і робототехніки
Кафедра метрології та інформаційно-вимірювальної техніки
Спеціальність 175 «Інформаційно-вимірювальні технології»

ЗАТВЕРДЖУЮ
 Завідувач кафедри інформаційно-
 вимірювальних технологій
 д.т.н., професор Подчашинський Ю.О.

« 14 » листопада 2024 р.

ЗАВДАННЯ

на кваліфікаційну роботу магістра

Студент Малиновський Назар В`ячеславович

1. Тема роботи: Комп'ютеризована інформаційно-вимірювальна система для визначення атмосферного тиску з розширеними функціями

Керівник роботи: д.т.н., професор Пількевич Ігор Анатолійович

затверджена наказом по університету від « 14 » листопада 2024 р. № 654/с

2. Термін здачі закінченої роботи на кафедру « 23 » грудня 2024р.

3. Вихідні дані до роботи Вимірювання атмосферного тиску та температури повітря, включення системи, вивід вимірюваних значень атмосферного тиску та температури на дисплей; передача визначених показників на відстань; галузь застосування електротехніка та електроніка, комп'ютеризовані інформаційно-вимірювальні технології

4. Зміст пояснювальної записки (перелік питань, які підлягають розробці) огляд та аналіз існуючих методів вимірювання атмосферного тиску, розробка структурної схеми системи, вибір технічних засобів вимірювальної системи, розробка алгоритму та програми для вимірювальної системи та обробки вимірювальної інформації, оцінка вимірюваних значень витрати води та розрахунок метрологічних характеристик системи

5. Перелік графічного матеріалу

структурна схема вимірювань, принципова схема вимірювальної системи, блок-схема алгоритму роботи вимірювальної системи

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

Розділ	Консультант	Підпис, дата	
		Завдання видав	Завдання прийняв
1-2	Пількевич І.А.		
3-4	Пількевич І.А.		

7. Дата видачі завдання _____

Календарний план

№ з/п	Назва етапів кваліфікаційної роботи	Термін виконання етапів роботи	Примітка
1	Огляд та аналіз існуючих пристроїв атмосферного тиску	14.11.24 – 17.11.24	Виконано
2	Формулювання завдання роботи	18.11.24 – 19.11.24	Виконано
3	Вибір методу вимірювань атмосферного тиску	20.11.24 – 23.11.24	Виконано
4	Розробка структурної схеми	24.11.24 – 25.11.24	Виконано
5	Вибір технічних засобів вимірювальної системи	26.11.24 – 28.11.24	Виконано
6	Розробка алгоритму та програми роботи	29.11.24 – 30.11.24	Виконано
7	Розробка програми оцінки метрологічних характеристик	1.12.24 – 11.12.24	Виконано
8.	Проведення експерименту з виміряними даними атмосферного тиску	12.12.24 – 14.12.24	Виконано
9	Оформлення пояснювальної записки та презентації	15.12.24 – 23.12.24	Виконано

Студент

Малиновський Н.В.

(підпис)

Керівник роботи

Пількевич І.А.

(підпис)

АНОТАЦІЯ

В даній кваліфікаційній роботі розроблено комп'ютеризовану інформаційно-вимірювальну систему для визначення атмосферного тиску з розширеними функціями.

В першому розділі роботі були розглянуті існуючі пристрої та методи для вимірювання атмосферного тиску.

В другому розділі описані функції системи та обґрунтований склад елементів. До запропонованого складу елементів була побудована структурна схема.

В третьому розділі були обрані конкретні елементи, розглянуті їх технічні характеристики та схеми підключення до мікроконтролеру. На базі елементної бази та їх зв'язів була побудована принципова схема та розроблена друкована плата.

В четвертому розділі був розроблений алгоритм та відповідна програма для мікроконтролеру. Також була розроблена програма веб-сторінки та програма для оцінювання вимірюваних показників.

Ключові слова: мікроконтролер, атмосферний тиск, барометричний датчик, похибки визначення вимірювань, інформаційно-вимірювальна система.

ABSTRACT

In this qualification work, a computerized information and measuring system for determining atmospheric pressure with extended functions was developed.

In the first section of the work, existing devices and methods for measuring atmospheric pressure were considered.

In the second section, the functions of the system and the justified composition of elements were described. A structural diagram was built for the proposed composition of elements.

In the third section, specific elements were selected, their technical characteristics and connection diagrams to the microcontroller were considered. Based on the element base and their connections, a schematic diagram was built and a printed circuit board was developed.

In the fourth section, an algorithm and a corresponding program for the microcontroller were developed. A web page program and a program for evaluating measured indicators were also developed.

Keywords: microcontroller, atmospheric pressure, barometric sensor, measurement determination errors, information and measuring system.

ЗМІСТ

ПЕРЕЛІК	УМОВНИХ	7
ПОЗНАЧЕНЬ.....		
ВСТУП.....		8
..		
1. ОГЛЯД ТА АНАЛІЗ МЕТОДІВ ВИМІРЮВАННЯ АТМОСФЕРНОГО		1
ТИСКУ		1
.....		
1.1.Огляд існуючих рішень вимірювання атмосферного тиску		1
		1
1.2. Опис існуючих методів вимірювання атмосферного тиску		1
.....		7
Висновки	до	1 2
розділу.....		0
2.	РОЗРОБКА	СТРУКТУРНОЇ
СХЕМИ.....		1
2.1.Обґрунтування	побудови	структурної
схеми.....		1
2.2.Обґрунтування		2
мікроконтролеру.....		1
2.3.Обґрунтування	вибору	wi-fi
модуля.....		4
2.4.Обґрунтування	вибору	барометричного датчика
.....		5
2.5.Обґрунтування		вибору
дисплея.....		6
2.6.Обґрунтування		вибору
кнопки.....		7
2.7.Обґрунтування	вибору	світлової
сигналізації.....		8
2.8.Обґрунтування		вибору
живлення.....		0
2.9.Структурна		3
схема.....		2
Висновки	до	2 3
розділу.....		3
3.	РОЗРОБКА	ПРИНЦИПОВОЇ
СХЕМИ.....		4
3.1. Вибір мікроконтролеру.....		3
		4
3.2.	Вибір	wi-fi
модуля.....		8
3.3.	Вибір	барометричного датчика
.....		1

3.4.	Вибір	4
дисплею.....		3
3.5.	Вибір тактової	4
кнопки.....		4
3.6.	Вибір світлової сигналізації	4
.....		5
3.7.	Вибір блока	4
живлення.....		6
3.8.	Побудова електрично-принципової	4
схеми.....		8
3.9.Розробка	друкованої	4
плати.....		9
Висновок	до	3
розділу.....		2
4.РОЗРОБКА ПРОГРАМНО-АЛГОРИТМІЧНОГО ТА		
МЕТРОЛОГІЧНОГО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ КОМП'ЮТЕРИЗОВАНОЇ		
СИСТЕМИ.....		5
...		3
4.1.Розробка		5
алгоритму.....		3
4.2.Розробка	програми для	5
мікропроцесору.....		5
4.3.	Розробка програми для веб-	6
сторінки.....		0
4.4.Методи	програмно-алгоритмічної обробки вимірювальної	
інформації.....		6
...		2
Висновок	до	4
розділу.....		9
ВИСНОВКИ.....		7
...		0
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ЛІТЕРАТУРНИХ		7
ДЖЕРЕЛ.....		2
ДОДАТКИ.....		7
...		4
Додаток		7
А.....		5
Додаток		7
Б.....		7
Додаток		7
В.....		9
Додаток		8
Г.....		1
Додаток		8
Д.....		3

ПЕРЕЛІК УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ

АКБ – акумуляторні батареї

АЦП – аналогово-цифровий перетворювач

ДП – друкована плата

ДТТ – датчик температури та тиску

КІВС – комп'ютеризована інформаційно-вимірювальна система

МК – мікроконтролер

ОЗП – оперативно-запам'ятовуюча пам'ять

ПВ – перетворювач вторинний

ПЗП – постійно запам'ятовуюча пам'ять

СКВ – середнє квадратичне відхилення

ВСТУП

Актуальність теми. Контроль атмосферного тиску відіграє визначальну роль у різноманітних галузях людської діяльності. Метеорологи використовують ці дані для створення точних прогнозів погоди, аналізуючи рух повітряних мас та формування різних атмосферних явищ. В авіації показники тиску критично важливі для безпечного польоту, оскільки безпосередньо впливають на аеродинамічні характеристики літальних апаратів.

Промисловість також значною мірою залежить від атмосферного тиску - багато технологічних процесів потребують його ретельного контролю. Науковці різних галузей, від кліматології до геофізики, постійно відстежують його зміни для проведення досліджень. У медицині моніторинг тиску допомагає передбачати можливий вплив на самопочуття пацієнтів із серцево-судинними та респіраторними захворюваннями. Аграрії також покладаються на ці дані для планування сільськогосподарських робіт.

Сучасний ринок пропонує широкий спектр вимірювальних приладів - від традиційних барометрів до складних електронних датчиків. Проте кожен тип обладнання має свої обмеження: одні потребують регулярного калібрування, інші мають високу вартість або недостатню точність вимірювань.

Враховуючи важливість точних показників атмосферного тиску для численних сфер – від забезпечення безпеки польотів до оптимізації виробничих процесів та наукових досліджень - розробка надійних методів його вимірювання залишається актуальною задачею.

Метою даної роботи є розробка комп'ютеризованої інформаційно-вимірювальної системи для визначення атмосферного тиску з розширеними функціями та підвищеними метрологічними характеристиками.

Для досягнення даної мети необхідно вирішити наступні задачі:

- вибір контрольованого параметра і розробка на його основі структури КІВС для вимірювання атмосферного тиску;
- розробка структурної та принципової схеми комп'ютеризованої системи вимірювання атмосферного тиску;

- розробка блок-схеми алгоритму та програми забезпечення вимірювання атмосферного тиску;

- розробка метрологічного забезпечення КІВС шляхом експериментального підтвердження метрологічних похибок виміряних значень атмосферного тиску.

Об’єкт дослідження – процеси вимірювання атмосферного тиску з розширеними функціями.

Предмет дослідження – комп’ютеризована система для вимірювання атмосферного тиску з розширеними функціями.

Методи дослідження базуються на аналітичному виведенні рівнянь математичної моделі вимірювального каналу, використанні методів визначення атмосферного тиску, використанні обчислювальних блоків у вимірювальному каналі, застосуванні методів комп’ютерного моделювання з наступною статистичною обробкою отриманих результатів.

Наукова новизна даної роботи полягає в:

- 1) Удосконалено структурну схему комп’ютеризованої системи для вимірювання атмосферного тиску;

- 2) Удосконалено програмно-алгоритмічний метод визначення атмосферного тиску та дистанційного виводу на веб-сторінку.

Практична цінність даної роботи полягає в:

- 1) вибрано сучасну елементну базу системи для вимірювання атмосферного тиску;

- 2) розраховано метрологічні характеристики комп’ютеризованої системи для вимірювання атмосферного тиску;

- 3) пропонується додати до схеми wi-fi модуль та створити веб-сторінку, що дозволить передачу виміряних даних атмосферного тиску на відстань безконтактним шляхом.

Структура та обсяг роботи. Дана робота складається з анотації, вступу, 3 основних розділів, висновків, переліку використаних літературних джерел та додатку. Робота викладена на 74 сторінках основного тексту і містить 23 рисунків, 4 таблиці та 21 джерел.

1. ОГЛЯД ТА АНАЛІЗ МЕТОДІВ ВИМІРЮВАННЯ АТМОСФЕРНОГО ТИСКУ

1.1.Огляд існуючих рішень вимірювання атмосферного тиску

Існує багато приладів для вимрювання атмосферного тиску. Розглянемо декілька аналогів.

Метеостанція-компас 8в1 Kkmoon MT-501 представлена на рис.1.1.



Рис. 1.1. Метеостанція-компас 8в1 Kkmoon MT-501

Спеціально для рибалок, туристів і мисливців раді представити Багатофункціональний гаджет туриста 8 в 1 електронний компас, альтиметр, барометр, термометр, висотомір KKKMOON MT-501, з годинником, календарем, прогнозом погоди і підсвічуванням.

Даний прилад призначений для інформування власника про різного роду корисної інформації, так як прилад поєднує в одному корпусі барометр, висотомір, термометр, компас, метеостанція. Даний прилад може бути використаний рибалками для можливості збільшення улову, так як атмосферний тиск впливає на хід риболовлі (в позитивну сторону). Як тиск безпосередньо впливає рибу досі повністю не зрозуміло, але, знаючи, поточний тиск з

допомогою цього приладу з вбудованим барометром Ви зможете значно підвищити ваші шанси на улов. Даний цифровий барометр «рибака» призначений для любителів рибної ловлі, як професіоналів так і любителів посидіти на березі з вудкою. Даний прилад має багато функцій крім барометра, це і висотомір, і компас, і термометр, і метеостанція.

Аналізатор погоди (метеостанція) здатна з великим ступенем ймовірності передбачити погоду на найближчі 12-24 години. Завдяки компасом Ви ніколи не заблукаєте, навіть в самому дрімучому лісі, тому дана опція буде дуже корисна для туристів або любителів спортивного орієнтування.

Функція точної оцінки температури навколишнього повітря допоможе бути готовим до всього, що може підкинути вам мати-природа на шляху до рибної ловлі (можливість вимірювання за Фаренгейтом і за Цельсієм).

Висотомір покаже висоту, а годинник будуть тримати в курсі часу. Завдяки великому екрану без праці можна розглянути всі дані які показує прилад. І навіть ніч не станемо Вам на заваді, так як даний прилад оснащений підсвічуванням і може підсвічувати екран за допомогою світлодіодів.

Технічні характеристики:

- Розмір екрану: 2,2 дюйма;
- Альтиметр: діапазон від -700 метрів до 9000 метрів;
- Барометр: в діапазоні від 300 до 1100 мбар мбар;
- Термометр: в діапазоні від -10 С до +60 С (С / F);
- Електронний компас: є;
- Прогноз погоди: ясно, хмарно, дуже хмарно, дощитиме;
- Живлення: 2 батарейки типу ААА;
- Розміри: 9, 2 x 5 x 1,8 см;
- Вага: 113 грам.[1]

Барометр механічний Baro 70B для вимірювання атмосферного тиску представлений на рис.1.2.

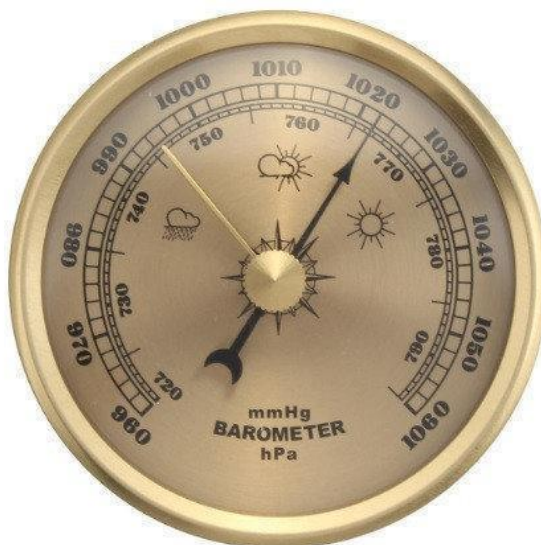


Рис.1.2. Барометр механічний Baro 70В для вимірювання атмосферного тиску

Механізми барометрів Baro виготовляються з металів, що не схильні до корозії і не реагують на вплив електромагнітних полів. Злагоджений механізм чуйно реагує будь-яку зміну атмосферного тиску. В цілому дизайн приладу виконаний у строгому стилі: класична, кругла форма, градування шкали, що добре читається.

Барометри даного типу відрізняються надійністю та довговічністю. На дисплеї відображається барометричний тиск із символами прогнозу погоди.

Атмосферний тиск відповідає вазі навколишніх повітряних мас та залежить від погодних умов та висоти місцевості над рівнем моря. Спостерігаючи за зміною атмосферного тиску, можна судити про майбутню зміну погоди. Тиск падає – на погану погоду. Тиск падає швидко за короткий період часу – до грози та шторму. Тиск зростає – на хорошу погоду. Тиск зростає швидко за короткий період – до короточасного поліпшення погоди. Барометр рекомендується використовувати людям, чутливим до перепадів атмосферного тиску.

Характеристики:

- Тип виміру: Механічний;

- Принцип роботи: Вплив атмосферного тиску на чутливий анероїдний елемент;
- Діапазон вимірювання тиску: 960 до 1060 hpa;
- Умови експлуатації: Температура °C -20+60;
- Кріплення: Настінне;
- Матеріал: Нержавіюча сталь, пластмаса;
- Діаметр: 70 мм;
- Товщина: 28 мм. [2]

Метеостанція Micol з гігрометром термометром і барометром цифрова представлені на рис.1.3.



Рис.1.3. Метеостанція Micol з гігрометром термометром і барометром цифрова

Метеостанція Micol з гігрометром термометром і барометром - це метеостанція, завдяки якій Ви зможете виміряти температуру, вологість як в приміщенні так і на вулиці. ЖК-екран досить великий, з підсвічуванням зеленого кольору. Живлення метеостанції від 3 батарейок АА, а Живлення датчика від 2 батарейок типу ААА.

Технічні характеристики:

- Матеріал: Пластик;

- Розмір метеостанції 18,5 см x 10 см ;
- Дальність передачі: 100 м;
- Прогноз погоди: Символічний;
- Час відображається в форматі 12/24;
- Частота передачі: 433 МГц;
- Підсвічування: Зеленого кольору;
- Живлення метеостанції від 3 батарейок АА;
- Живлення датчика від 2 батарейок типу ААА;
- Діапазон зовнішньої вологості від + 20% до + 99%, а в приміщенні приміщенні: + 1% до + 99%;
- Дозвіл вологості: 1%;
- Діапазон вимірювання температури в приміщенні від 0 ° С до 50 ° С, діапазон виміру на вулиці від -40 ° С до 65 ° С;
- Одиниці виміру ° С / ° F;
- Точність складає ± 1 ° С.[3]

Метеостанція TFA LIFE 35115301 представлена на рис.1.4.



Рис.1.4. Метеостанція TFA LIFE 35115301

Температура та вологість зовнішнього повітря визначається власним бездротовим передавачем на місці. Ви також бачите температуру та вологість у приміщенні та завжди можете підтримувати клімат у межах комфортної зони за допомогою цільового опалення та вентиляції. Це створює приємне і здорове місце існування і навіть економить витрати на опалення.

Максимальні та мінімальні значення відображаються під час натискання кнопки. Метеостанція має годинник з датою, а також зручне сенсорне керування. Дисплей з підсвічуванням. Два додаткові передавачі можуть бути підключені для контролю температури та вологості, наприклад, у дитячій, спальні, підвалі чи гаражі.

Основні особливості:

- Бездротова передача зовнішньої температури та вологості через макс. 3 передавачі (макс. 60 м);
- Внутрішня температура та вологість;
- Максимальні та мінімальні значення;
- Символ погоди (на основі змін значень вологості);
- Годинник з датою;
- Зручне сенсорне керування;
- Підсвічування;
- Настінний або настільний монтаж;
- Зареєстрований TFA патент на дизайн.

Технічні характеристики:

- Габарити станції (ВхШхГ): 12.5 x 13.8 x 2.8 см;
- Габарити датчика (ВхШхГ): 9.1 x 4.9 x 3.1 см;
- Вага Вага: 0.19 кг;
- Матеріал корпусу: Пластик.[4]

1.2.Опис існуючих методів вимірювання атмосферного тиску

Тиском називають відношення сили, що діє перпендикулярно до поверхні, до площі цієї поверхні. Тиск - одна з основних величин, що визначає термодинамічний стан речовин. Тиском у чому визначається хід технологічного процесу, стан технологічних апаратів і режими їх функціонування. Із завданням вимірювання тиску доводиться стикатися при вимірюваннях певних технологічних параметрів, наприклад витрати газу або пари, при змінених термодинамічних параметрах рівня рідини.

Атмосферний (барометричний) тиск (P_b) – тиск, створюваний масою повітряного стовпа земної атмосфери. Він має змінне значення, що залежить від висоти місцевості над рівнем моря, географічної широти і метеорологічних умов (погоди). [5]

Основні методи вимірювання атмосферного тиску: ртутний барометр, aneroid (механічний барометр), цифрові барометри, барограф, гіпсотермометр.

Ртутний барометр показує атмосферний тиск як висоту ртутного стовпа, яку можна виміряти по прикріпленій поруч шкалі. Ртутний барометр – це скляна трубка довжиною біля 90 см, заповнена ртуттю, запаяна з одного кінця і перекинута в чашку з ртуттю. Під дією сили ваги частина ртуті виливається з трубки в чашку, а через тиск повітря на поверхню чашки ртуть піднімається по трубці. Коли між цими двома протидіючими силами встановлюється рівновага, висота ртуті в трубці над поверхнею рідини в резервуарі відповідає атмосферному тискові. Якщо тиск повітря зростає, рівень ртуті в трубці піднімається. Середня висота ртутного стовпа в барометрі на рівні моря складає біля 760 мм.

Барометр-анероїд складається з запаяної коробки, з якої частково відкачано повітря. Одна її поверхня являє собою еластичну мембрану. Якщо атмосферний тиск збільшується, мембрана прогинається усередину, якщо зменшується – вигинається назовні. Прикріплений до неї показчик фіксує ці зміни. Барометри-анероїди компактні і порівняно недорогі і використовуються як у приміщенні, так і на стандартних метеорологічних радіозондах. В анероїді рідини немає (грец. «анероїд» – «безводний»). Він показує атмосферний тиск,

що діє на гофровану тонкостінну металеву коробку, у якій створене розрідження. При зниженні атмосферного тиску коробки злегка розширюється, а при підвищенні – стискується і впливає на прикріплену до неї пружину.

На практиці часто використовується кілька (до десяти) анероїдних коробки, з'єднаних послідовно, і встановлюється підйомна передатна система, що повертає стрілку, яка рухається по круговій шкалі, проградуєваній по ртутному барометру. Як і в сифонного ртутного барометра, на шкалі анероїда можуть бути зроблені написи («дощ», «змінно», «ясно», «дуже сухо»), що вказують на погодні умови. Анероїд менше ртутного барометра, і його показання легше знімати. Їм можна користуватися в експедиційних умовах, на морських судах, літаках.

Цифрові барометри – це сучасні електронні прилади для вимірювання атмосферного тиску, які використовують різні типи датчиків тиску для перетворення фізичного тиску в електричний сигнал з подальшою цифровою обробкою та відображенням результатів.

Основою роботи цифрового барометра є перетворення атмосферного тиску в електричний сигнал за допомогою спеціалізованих датчиків. Цей процес включає наступні етапи:

1. Первинне перетворення тиску в механічну деформацію чутливого елемента.
2. Перетворення деформації в електричний сигнал.
3. Підсилення та фільтрація сигналу.
4. Аналого-цифрове перетворення.
5. Цифрова обробка та відображення результатів.

Барограф – це самописний прилад для автоматичної безперервної реєстрації змін атмосферного тиску. Він складається з чутливого елемента (анероїдної коробки) та механізму запису показань на спеціальну стрічку або барограму.

Конструкція та компоненти:

- Анероїдні коробки (3-8 штук).
- Виготовлені з тонкого гофрованого металу.

- Вакуумовані всередині.
- З'єднані послідовно для підвищення чутливості.
- Система важелів та передач.
- Барабан з годинниковим механізмом.
- Записуючий пристрій (перо).
- Стрічка для запису (барограма).

Принцип роботи базується на:

- Деформація анероїдних коробок під впливом зміни тиску.
- Передача руху через систему важелів.
- Посилення переміщення за допомогою механічної передачі.
- Запис показань на барограму, що обертається.

Гіпсотермометр – пристрій для вимірювання атмосферного тиску.

Принцип дії ґрунтується на залежності точки кипіння рідини від атмосферного тиску. Кипіння рідини починається в той момент, коли пружність пари, що насичує стає рівною зовнішньому атмосферному тиску. Таким чином, зі збільшенням тиску крапка кипіння рідини підвищується і навпаки. Наприклад, при тиску 760 мм рт. ст. температура пари окропу дорівнює 100°C, при 800 мм рт. ст. – 101,4 °, а при 700 мм рт. ст. – 97,7°C. Гіпсотермометр складається із спеціального термометра та кип'ятильника. Термометр градує або в градусах Цельсія до 0,01, або в одиницях тиску (мм рт. ст. або мб). Кип'ятильник є металевою посудиною, наповненою дистильованою водою, на яку зверху наставляється металева трубка з подвійними стінками. Термометр міститься всередині цієї трубки і при кипінні води омивається парою. Воду в окропі нагрівають за допомогою спиртування.[6]

Висновки до 1 розділу

У першому розділі проведено загальний огляд існуючих систем для вимірювання атмосферного тиску. Були розглянуті механічні барометри, сучасні цифрові метеостанції: метеостанція-компас Kkmoon, метеостанція TFA LIFE, метеостанція Micol та барометр механічний Baro. Вони мають такі переваги, як висока точність, надійність, компактність, простота використання, зберігання даних, наочність представлення даних. До недоліків можна віднести таке, як токсичність ртуті, громіздкість деяких приладів, чутливість до ударів, постійне обслуговування та висока вартість.

Також розглянуті методи вимірювання атмосферного тиску. Основні методи вимірювання атмосферного тиску: ртутний барометр, анероїд (механічний барометр), цифрові барометри, барограф, гіпсотермометр.

Для розробки вимірювальної системи атмосферного тиску обрано вимірювання на базі цифрового барометра.

2. РОЗРОБКА СТРУКТУРНОЇ СХЕМИ

2.1. Обґрунтування побудови структурної схеми

Комп'ютеризована інформаційно-вимірювальна система для визначення атмосферного тиску з розширеними функціями буде виконувати наступні функції:

- Виведення вимірних значень атмосферного тиску на дисплей та веб-сторінку;
- Світлова сигналізація про критичний рівень атмосферного тиску;
- Передача вимірних даних на відстань
- Включення/виключення системи.

Для виконання цих функцій необхідно такі складові:

- 1) Барометричний датчик для визначення атмосферного тиску.
- 2) Дисплей для виводу показів атмосферного тиску;
- 3) Червоний світлодіод для світлової індикації при критичному рівні атмосферного тиску;
- 4) Модуль wi-fi для передачі значень атмосферного тиску на відстань до веб-сторінки;
- 5) Блок живлення для подачі живлення системи;
- 6) Кнопка для включення системи;
- 7) Мікроконтролер для керування всіма процесами в системі.

2.2. Обґрунтування мікроконтролеру

Мікроконтролер потрібен для керування різними електронними пристроями та системами. Ось основні причини використання мікроконтролерів:

1. Автоматизація процесів – мікроконтролер може самостійно керувати різними компонентами системи за заданою програмою.
2. Обробка сигналів – може приймати сигнали від датчиків (температури, тиску, руху тощо) та відповідно реагувати на них.

3. Економічність – мікроконтролери значно дешевші за повноцінні комп'ютери, але можуть виконувати багато необхідних завдань.

4. Компактність – займають мало місця і споживають мало енергії.

5. Надійність – спеціалізовані для конкретних задач, тому працюють стабільно.

Мікроконтролер – це спеціалізована мікросхема, яка об'єднує в собі процесор, пам'ять (оперативну та постійну), порти введення-виведення та інші периферійні пристрої на одному кристалі. Це по суті маленький комп'ютер, оптимізований для керування електронними пристроями та вбудованими системами.

Ключові компоненти мікроконтролера:

- Процесор (CPU) – виконує обчислення та обробку команд;
- Оперативна пам'ять (RAM) – для тимчасового зберігання даних;
- Постійна пам'ять (ROM/Flash) – зберігає програму та постійні дані;
- Порти введення-виведення – для взаємодії із зовнішніми пристроями;
- Таймери та лічильники;
- Аналого-цифрові та цифро-аналогові перетворювачі.

Серед широкого розмаїття мікроконтролерів на ринку особливо виділяються кілька основних серій. До них належать AVR (включаючи популярний ATmega328P), PIC, ARM, а також лінійка STM32. Окремо варто відзначити WiFi-enabled мікроконтролери ESP8266 та ESP32. Кожне з цих серій має власні унікальні характеристики та переваги, що дозволяє розробникам обирати саме той мікроконтролер, який найкраще відповідає вимогам їхнього конкретного проекту. Така різноманітність забезпечує гнучкість у виборі компонентів при розробці електронних пристроїв.

Порівняння характеристик відомих серій мікроконтролерів зведені в таблиці 2.1. Варто зазначити, що в межах кожної серії існують різні моделі з різними характеристиками. При виборі конкретного мікроконтролера важливо враховувати:

1. Вимоги вашого проекту до обчислювальної потужності;
2. Необхідний об'єм пам'яті;

3. Потреби в периферійних пристроях;
4. Енергоспоживання;
5. Вартість;
6. Доступність інструментів розробки [7].

Таблиця 2.1. Порівняння характеристик відомих серій мікроконтролерів

Серія	Архітект ура	Тактова частота	Пам'ять програм	RAM	Особливості
AVR	8-біт RISC	1-20 МГц	2-256 КБ Flash	0.5-8 КБ	Простота програмування Низьке енергоспоживання Багато безкоштовних інструментів
PIC8	8/16-біт RISC	1-48 МГц	1-256 КБ Flash	064-16 КБ	Широкий вибір моделей Вбудовані периферійні пристрої Гарна документація
ARM Cortex-M	32-біт RISC	До 400 МГц	До 2 МБ	До 512 КБ	Висока продуктивність Розширені периферійні можливості Підтримка складних операційних систем
STM3232	32-біт ARM	48-480 МГц	16-2048 КБ4	4-640 КБ	Відмінне співвідношення ціна/можливості Багато периферії Велика екосистема розробки
ESP8266	32-біт RISC	80-160 МГц	До 4 МБ	До 160 КБ	Вбудований Wi-Fi Низька ціна Компактність
ESP32	32-біт Dual-Core	160-240 МГц	До 16 МБ	До 520 КБ	Wi-Fi + Bluetooth Два ядра Багато периферії

Враховуючи простоту програмування, низьке енергоспоживання, розповсюдженість, надійність та сумісність по енергоспоживанню з барометричними датчиками, модулем вай-фай обираємо мікроконтролер серії AVR моделі Atmel.

2.3. Обґрунтування вибору wi-fi модуля

Для дистанційної передачі до веб-сторінки вимірянних даних атмосферного тиску необхідно застосувати wi-fi модуль.

Wi-Fi модуль для мікросхем – це електронний компонент, який додає можливість бездротового підключення до мережі Інтернет або локальної мережі для мікроконтролерів та інших електронних пристроїв.

Основні функції Wi-Fi модуля:

- Забезпечення бездротового зв'язку;
- Підтримка різних протоколів передачі даних;
- Шифрування даних для безпечної передачі;
- Перетворення цифрових сигналів у радіосигнали і навпаки.

Розповсюджені wi-fi модулі в електроніці наступні: ESP8266, ESP32, CC3000, RTL8710, HLK-M30.

ESP8266:

- Доступна ціна (2-5\$);
- Вбудований 32-бітний процесор;
- Підтримка Wi-Fi 802.11 b/g/n;
- Напруга живлення 3.3В;
- Широка підтримка спільноти;
- Ідеальний для початківців та простих IoT проектів.

ESP32:

- Потужніший двоядерний процесор;
- Вбудований Wi-Fi та Bluetooth;
- Більше GPIO портів;
- Більше пам'яті та можливостей.

CC3000:

- Виробництва Texas Instruments;
- Низьке енергоспоживання;
- Вбудований TCP/IP стек;
- Добра документація;

- Використовується в промисловості.

RTL8710:

- Сумісність з Arduino;
- Вбудований SSL;
- Компактні розміри;
- Гарне співвідношення ціна/якість.

HLK-M30:

- Висока надійність;
- Промислове застосування
- Розширені налаштування безпеки;
- Стабільна робота [8].

Враховуючі мініатюрність розробки можемо застосувати ESP8266 версії ESP-01.

2.4. Обґрунтування вибору барометричного датчика

Для вимірювання атмосферного тиску пропонується використати барометричний датчик.

Датчик атмосферного тиску (барометричний датчик) – це електронний компонент, який вимірює атмосферний тиск повітря та може визначати висоту над рівнем моря.

Найпопулярніші моделі барометричного датчику: BMP280, BME280, MS5611. Зведемо порівняння цих датчиків в таблицю 2.2.

Таблиця 2.1. Порівняння барометричних датчиків

Характеристики	BMP280	BME280	MS5611
Діапазон вимірювання	300-1100 hPa	300-1100 hPa	10-1200 hPa
Точність	± 1 hPa	± 1 hPa	± 1.5 hPa
Роздільна здатність	0.16 Pa	0.16 Pa	0.065 Pa
Інтерфейси	I2C/SPI	I2C/SPI	I2C/SPI
Напруга живлення	1.71-3.6В	1.71-3.6В	1.8-3.6В

Енергоспоживання (1 Hz)	2.7μA	3.6μA	12.5μA
Додаткові функції	Температура	Температура, вологість	Температура
Ціна	2-3\$	5-7\$	8-10\$

Враховуючі діапазон вимірювання, розповсюдженість, точність, ціну, інтерфейс, підключення до мікроконтролера Atmel обираємо BMP180 [9].

2.5. Обґрунтування вибору дисплея

Для виводу виміряних даних атмосферного тиску пропонується використати пристрій для виводу інформації.

Дисплей – електронний пристрій візуального виводу інформації (текст, графіка, відео). Дисплеї знаходяться в різних пристроях, включаючи мобільні телефони, телевізори, комп'ютерні монітори, ноутбуки, планшети, годинники, автомобільні прилади та багато інших.

Існує кілька типів дисплеїв, кожен з яких має свої унікальні особливості. Ось декілька найпоширеніших типів дисплеїв:

1. LCD (рідкокристалічний дисплей): Цей тип дисплея використовує рідкі кристали, які реагують на електричні сигнали і формують зображення. Вони складаються з пікселів, які утворюють матрицю. LCD-дисплеї часто використовуються в моніторах, ноутбуках та телевізорах.

2. OLED (органічний світлодіодний дисплей): Цей тип дисплея використовує органічні світлодіоди, які випромінюють світло при проходженні електричного струму. OLED-дисплеї мають більш насичені кольори, глибоку чорноту та широкий кут огляду. Вони зустрічаються в смартфонах, телевізорах та планшетах.

3. LED (світлодіодний дисплей): Цей тип дисплея використовує світлодіоди як основний джерело світла. LED-дисплеї енергоефективні, мають яскраві кольори та високу контрастність. Вони широко використовуються у

великих рекламних панелях, табло на спортивних стадіонах та інших великих масштабних застосуваннях.

4. E-ink (електронний чорнильний дисплей): Цей тип дисплея використовує мікрокапсули з чорнилом, які пересуваються, реагуючи на електричні сигнали.

E-ink-дисплеї відрізняються високою енергоефективністю, чіткістю зображення та здатністю зберігати відображення без енергії. Вони широко використовуються в електронних книгах та електронних табло для читання.

Крім цих основних типів, існують інші новітні технології дисплеїв, такі як QLED (квантово-точковий світлодіодний дисплей), MicroLED (мікросвітлодіодний дисплей) та інші, які пропонують ще більш високу якість зображення, яскравість та енергоефективність. Кожен тип дисплея має свої переваги та обмеження, і вибір залежить від конкретних вимог і застосувань. З розвитком технологій дисплеїв постійно вдосконалюються, що веде до покращення якості зображення, роздільної здатності, тонкості, кольорової гамми та енергоефективності.

Застосуємо для цього рідкокристалічний дисплей LCD 1602. Передача даних можлива на дисплей послідовно за допомогою модуля I2C. LCD 1602 з I2C модулем – оптимальний вибір для відображення даних, оскільки потребує лише 4 контакти: 2 для живлення (VCC, GND) та 2 для передачі даних (SDA, SCL) [10].

2.6. Обґрунтування вибору кнопки

Для керування включення системи пропонується застосувати кнопку.

Кнопка, також відома як кнопочний перемикач або кнопковий вимикач, є простим електронним пристроєм, який служить для введення вхідного сигналу до електричної системи. Вона складається з механічного контакту, який можна натиснути або відпустити.

Основна функція кнопки полягає в перемиканні електричного кола, тобто встановленні або знятті електричного з'єднання між двома контактами. Коли

кнопка натискається, контакти зчиняються, дозволяючи електричному струму проходити через них. Коли кнопку відпускають, контакти роз'єднуються, і електричне з'єднання переривається.

Кнопки широко застосовуються в електроніці для керування пристроями та системами. Їх основні призначення:

1. Керування: Кнопки часто використовуються для включення або вимкнення електричного пристрою або системи. Натискання кнопки може активувати або деактивувати функцію, запустити або зупинити процес.

2. Введення даних: Кнопки можуть використовуватись для введення вхідних даних, наприклад, установки параметрів, вибору пунктів меню або виконання команд.

3. Сигналізація: Кнопки можуть служити для виклику сигналу або сповіщення. Натискання кнопки може активувати звуковий сигнал, спалах світлодіода або інші види сигналу, що привертають увагу користувача.

4. Управління функціями: У деяких випадках кнопки можуть використовуватись для управління певними функціями або режимами пристрою. Наприклад, кнопка може переключати режими роботи, змінювати налаштування або виконувати інші команди.

Кнопки можуть мати різні форми та розміри, включаючи механічні кнопки, тачскріни, сенсорні кнопки та інші варіації, що використовуються в залежності від конкретних потреб і характеристик пристрою чи системи.

Пристрій для вимірювання атмосферного тиску повинен бути зручний та компактний, тому обираємо тактову кнопку для вмикання.

2.7. Обґрунтування вибору світлової сигналізації

Для сигналізації критичного значення атмосферного тиску пропонується використати світлову сигналізацію. При критично значенні атмосферного тиску буде загорятися червоний світлодіод.

Світлодіод (світловий діод), відомий також як LED (Light Emitting Diode), є електронним пристроєм, який випромінює світло, коли через нього

пропускається електричний струм. В порівнянні з традиційними джерелами світла, такими як лампочки і люмінесцентні лампи, світлодіоди мають кілька важливих переваг, таких як висока ефективність, тривалість роботи, компактні розміри, швидкий включення і вимкнення та керуваність світловим потоком.

Основним елементом світлодіода є напівпровідниковий матеріал, який називається p-n перехід. Він складається з двох типів напівпровідників - позитивного (p-типу) та негативного (n-типу), які з'єднані разом. При подачі напруги на світлодіод, електрони з n-типу переходять у p-тип і зустрічаються з дірками, що призводить до випромінення фотонів світла.

Одна з ключових переваг світлодіодів – висока ефективність перетворення електричної енергії в світло. Традиційні джерела світла випромінюють багато тепла, що є втратою енергії, тоді як світлодіоди майже не втрачають енергію у вигляді тепла.

Це робить світлодіоди набагато енергоефективнішими та екологічно чистими.

Колір світла, яке випромінює світлодіод, залежить від використаного напівпровідникового матеріалу. Наприклад, світлодіоди на основі галію (Ga) та арсеніду галію (GaAs) випромінюють червоне світло, а індій галій фосфід (InGaP) – помаранчеве. Додавання інших елементів, таких як алюміній (Al) і індій (In), дозволяє створювати світлодіоди зеленого, синього та фіолетового кольору.

Крім того, світлодіоди можуть бути організовані в матриці, що дозволяє створювати багатофункціональні світлодіодні дисплеї та екрани. Вони також можуть бути димовими, кольірними, багатоцокольними та програмованими, що відкриває безліч можливостей для освітлення, сигналізації, декору та інших застосувань.

У сучасному світі світлодіоди широко використовуються в різних галузях, включаючи освітлення приміщень, автомобілів, вулиць, електроніку, медичні пристрої, телекомунікації, сигналізацію та багато інших. Їхні переваги ефективності, довговічності та гнучкості використання роблять світлодіоди незамінними компонентами у сучасній технології освітлення та електроніці.

Світлодіоди можна поділити на наступні групи:

- Освітлювальні елементи встановлюються в LED-лампочках, спалахах фотоапаратів та світлодіодних світильниках.
- Індикаційні елементи монтуються в різних побутових приладах і системах управління (пульти, контролери, датчики).
- Лазерні елементи використовуються в комп'ютерних мишках, оптичних накопичувачах для зчитування дисків, в інформаційних комунікаційних системах та для виконання різних медичних завдань.

Для системи вимірювання атмосферного тиску оберемо LED світлодіод. Враховуючи популярність, сумісність з мікроконтролером по живленню обираємо індикаторний світлодіод за DIP-технологією. [11]

2.8. Обґрунтування вибору живлення

Для живлення системи визначення атмосферного тиску потрібно використати джерело живлення.

Пристрій можна живити від будь-якого джерела постійного струму (зарядного пристрою мобільного телефону, блока живлення будь-якого гаджета) з вихідною напругою від 3 до 5 В.

Для системи можа передбачити такі варіанти живлення: Основні варіанти включають:

1. Зовнішнє джерело живлення: Плата на мікроконтролері Atmel може живитися від зовнішнього джерела живлення через гніздо живлення (наприклад, від адаптера постійного струму). У такому випадку, важливо переконатися, що напруга та струм живлення відповідають вимогам плати.

2. Батарейне живлення: Іншим варіантом є живлення плати від батарей. Це можуть бути стандартні батареї, такі як батарейки AA або AAA, або спеціалізовані батареї, такі як літій-іонні акумулятори. Для цього можна використовувати спеціальні модулі живлення, які дозволяють підключати батареї до плати.

3. Сонячне живлення: У деяких випадках можна використовувати сонячні панелі для живлення плати. Це особливо корисно в мобільних або віддалених системах, де немає доступу до джерела живлення. Для цього зазвичай використовують сонячні панелі разом з акумуляторами для збереження енергії.

При виборі системи живлення варто враховувати напругу всіх складових елементів на платі.

Акумулятор (або акумуляторна батарея) – це пристрій, який зберігає електричну енергію у хімічному вигляді та може видавати її у вигляді електричного струму під час потреби. Акумулятори є перезарядними джерелами енергії, що відрізняє їх від простих одноразових батарей.

Існує багато різних типів акумуляторів, які використовують різні хімічні реакції для зберігання та видачі енергії. Ось кілька поширених типів акумуляторів:

1. Свинцево-кислотні акумулятори (Pb-Acid): Це найстаріший та найбільш поширений тип акумуляторів. Вони використовують свинцеві пластини та кислотний електроліт для зберігання енергії. Використовуються у автомобільних акумуляторах, електростанціях та інших великих застосуваннях.

2. Літій-іонні акумулятори (Li-Ion): Цей тип акумуляторів використовує літій-іони для зберігання енергії. Вони широко використовуються у портативних електронних пристроях, таких як мобільні телефони, ноутбуки, планшети тощо. Літій-іонні акумулятори відомі своєю високою енергетичною щільністю та малим саморозрядом.

3. Нікель-метал-гідридні акумулятори (NiMH): Цей тип акумуляторів використовує нікель, метал та гідридні сполуки для зберігання енергії. Вони використовуються у різних електронних пристроях, таких як фотоапарати, портативні інструменти та іграшки.

4. Літій-полімерні акумулятори (Li-Po): Цей тип акумуляторів також використовує літій для зберігання енергії, але вони відрізняються від літій-іонних акумуляторів своєю полімерною електролітом. Вони широко

використовуються у мобільних пристроях, робототехніці та інших додатках, де важлива легкість та тонкість.

Це лише деякі типи акумуляторів, існує ще багато інших, включаючи нікель-кадмієві акумулятори (NiCd), акумулятори з різними високопотенційними хімічними системами та інші. Кожен тип акумулятора має свої переваги та обмеження, і вибір залежить від конкретного застосування та вимог щодо енергетичної щільності, тривалості роботи, зарядження та інших факторів.

Для системи вимірювання атмосферного тиску пропонується використати нікель-метал-гідридні акумулятор.[12]

2.9. Структурна схема

Структурна схема комп'ютеризованої системи для визначення атмосферного тиску представлена на рис.2.7.

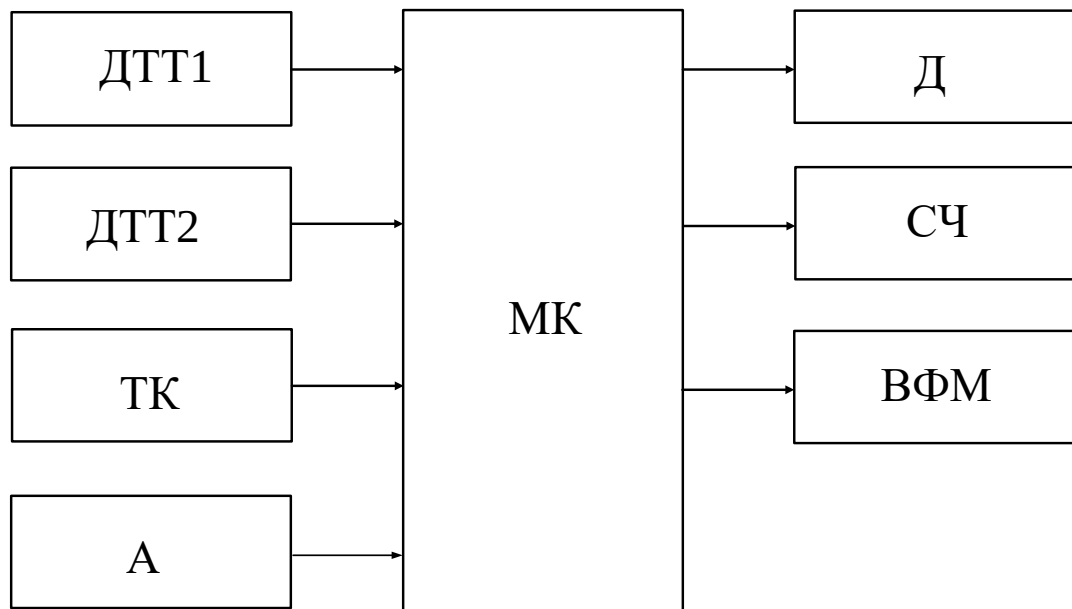


Рис. 2.7. Структурна схема системи для визначення атмосферного тиску

Схема складається з наступних елементів:

- МК – мікроконтролер;
- ВФМ – Wi-fi модуль (вай-фай модуль);

- ДТТ1, ДТТ2 –Датчик тиску та температури;
- ТК – Тактова кнопка включення/виключення;
- СЧ– світлодіод;
- Д – рідкокристалічний дисплей;
- А – акумулятор.

Висновки до 2 розділу

В другому розділі було розглянуті функції системи для визначення атмосферного тиску. Система буде виконувати вимірювання атмосферного тиску, виводити значення на дисплей та передавати по wi-fi на веб-сторінку, підсвічувати червоний світлодіод при критичних значеннях, включення системи через кнопку, живлення системи. Згідно функцій було проведено обґрунтування вибору елементів структурної схеми враховуючі сумісність з мікроконтролером Atmel. На основі обраних елементів побудована структурна схема.

3. РОЗРОБКА ПРИНЦИПОВОЇ СХЕМИ

3.1. Вибір мікроконтролеру

В якості мікроконтролеру було обрано мікронтролер серії Atmel. Враховуючі популярність обиремо ATmega328P. В мікроконтролері ATmega328 є три різних типа корпусу, що представлені на рис.3.1-3.3.[13]

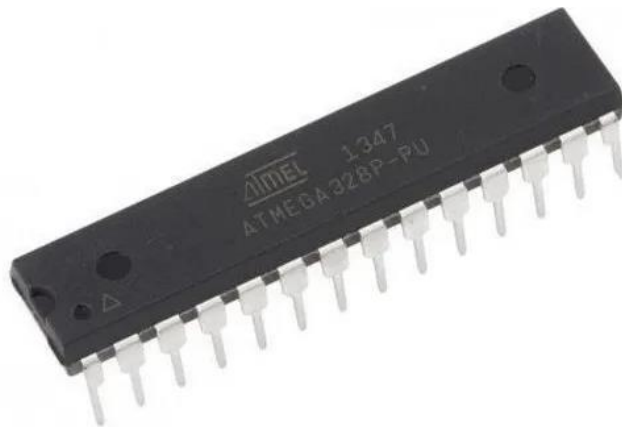


Рисунок 3.1. ATmega328P в корпусі PDIP

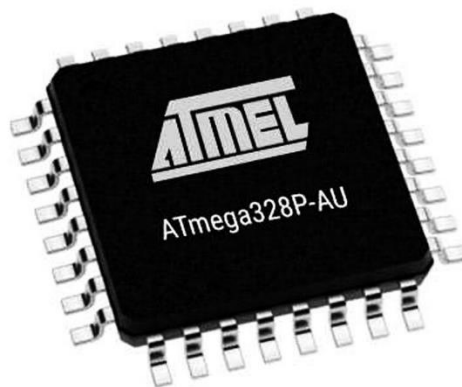


Рисунок 3.2. ATmega328P в корпусі TQFP

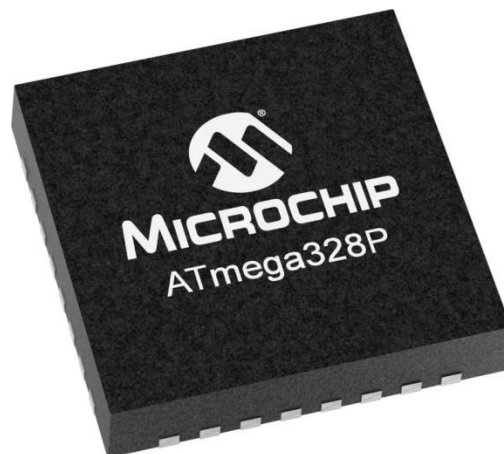


Рисунок 3.3. ATmega328P в корпусі MLF

ATmega328P в DIP-корпусі має встановлений завантажувач Arduino UNO (16МГц). Це дозволить використовувати код Arduino в проектах користувача без фактичного використання плати Ардуїно.

Для повноцінної роботи необхідно додатковий 16МГц резонатор, 5В живлення та послідовне з'єднання.

Основні характеристики мікроконтролера ATmega328 включають:

1. Архітектура: ATmega328 використовує архітектуру RISC (Reduced Instruction Set Computer) з 8-бітним процесором. Це означає, що він оптимізований для виконання простих команд, що дозволяє досягти високої продуктивності при низькому споживанні енергії.

2. Частота: ATmega328 працює на частоті до 20 МГц, що дозволяє виконувати швидкі обчислення та операції з введенням/виведенням даних.

3. Пам'ять: Вбудована пам'ять ATmega328 складається з 32 кілобайт флеш-пам'яті для збереження програмного коду, 2 кілобайт оперативної пам'яті (SRAM) для збереження змінних та 1 кілобайт EEPROM для збереження постійних даних.

4. Введення/виведення: Мікроконтролер має 23 цифрових входи/виходи, з яких 6 можуть бути використані як виходи PWM (Pulse Width Modulation), та 6 аналогових входів, які можуть бути використані для зчитування аналогових сигналів.

5. Комунікаційні інтерфейси: ATmega328 підтримує такі комунікаційні інтерфейси, як UART (Universal Asynchronous Receiver/Transmitter) для зв'язку з персональним комп'ютером або іншими пристроями, SPI (Serial Peripheral Interface) та I2C (Inter-Integrated Circuit) для зв'язку з іншими пристроями та датчиками.

6. Живлення: Мікроконтролер може працювати в діапазоні напруги від 1.8 В до 5.5 В. Він підтримує різні джерела живлення, включаючи батарейне живлення, зовнішнє джерело живлення або живлення від USB.

7. Програмування: ATmega328 може бути програмований за допомогою мови Arduino, яка базується на мові C/C++. Є різні середовища розробки, такі як Arduino IDE, що полегшують розробку програм для цього мікроконтролера.

Блок діаграма АТмега328Р представлена на рис.3.4.

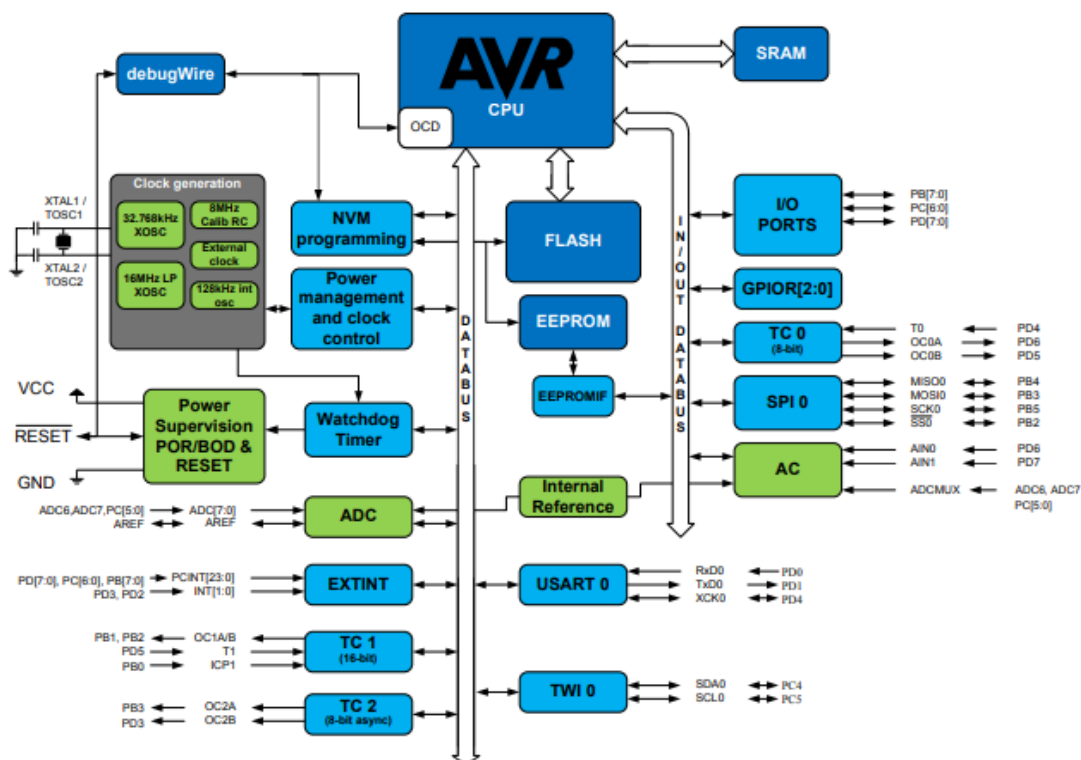


Рисунок 3.4. Блок діаграма АТмега328Р

Розпіновка виводів представлени на рис.3.5-3.6 АТмега328Р.

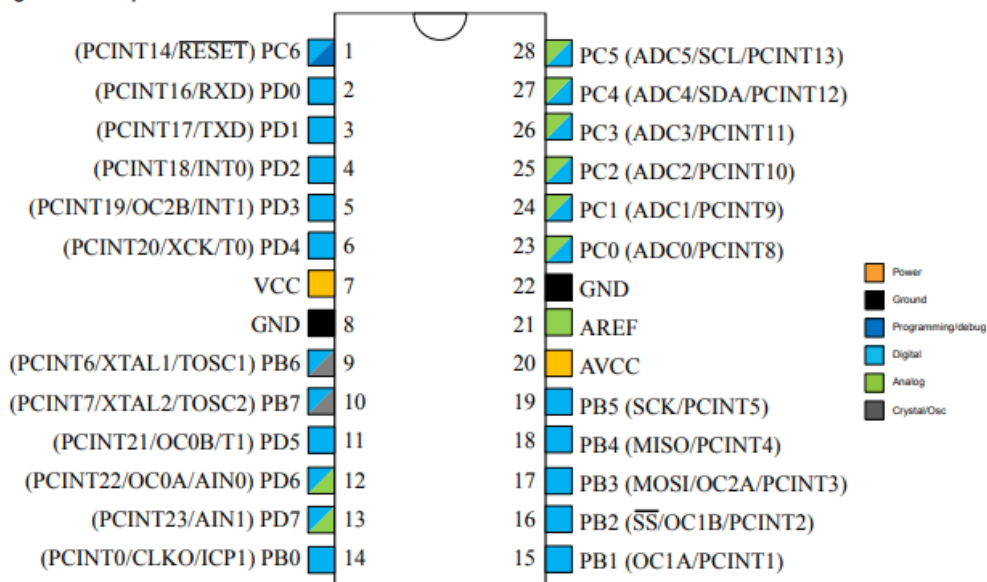


Рисунок 3.5. Розпіновка виводів АТмега328Р в корпусі PDIP з 28

виводами

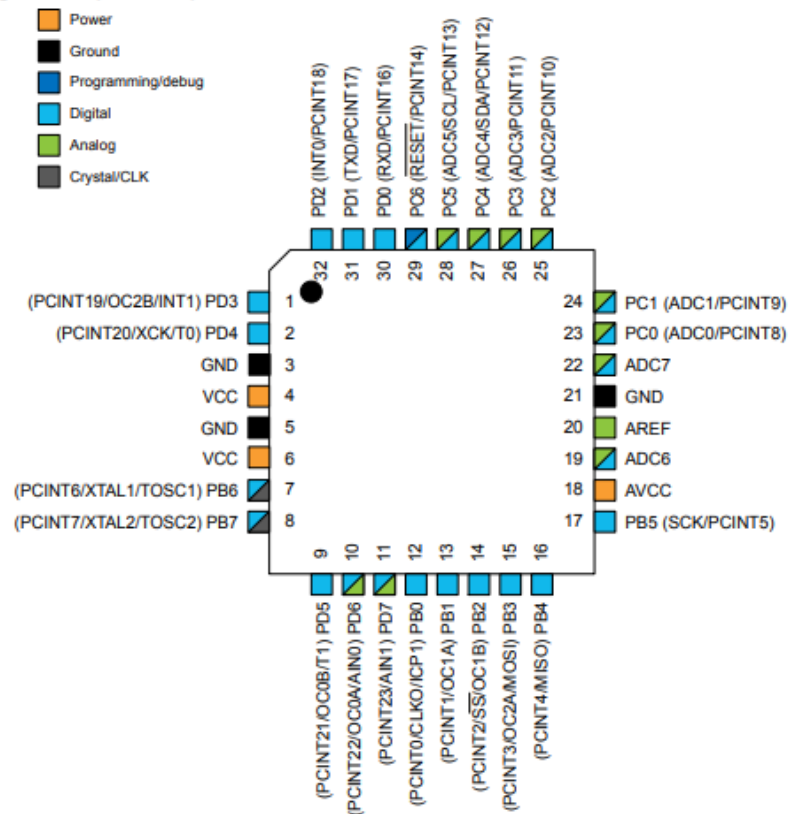


Рисунок 3.6. Розпіновка виводів ATmega328P в корпусі TQFP з 32

виводами

ATmega328P Це мікроконтролер, створений Atmel, який належить до серії megaAVR. В даний час він належить Microchip.

Технічні характеристики:

- 8-розрядна архітектура AVR;
- 32 Кб флеш-пам'яті;
- 1 КБ EEPROM
- 2 КБ SRAM;
- 23 лінії вводу-виводу загального призначення;
- 32 реєстри загального призначення;
- 3 таймери / лічильники з режимом порівняння;
- Внутрішні / зовнішні переривання (24);
- Програміст режиму UART;
- Послідовний інтерфейс ;
- SPI, I2C;
- 8-канальний 10-бітний АЦП;

- 6 ШІМ-каналів;
- Програмований сторожовий собака з внутрішнім генератором;
- 5 програмних режимів енергозбереження;
- Живлення від 1.8 до 5.5 В;
- Він досягає 1 MIPS продуктивності, тобто мільйон інструкцій, що виконуються щосекунди;
- Тактова частота 20 МГц. [14]

3.2. Вибір wi-fi модуля

Для передачі даних до веб-сторінки необхідно застосувати wi-fi модуль. Обираємо сумісний з мікроконтролером ATmega328P ESP-01 модуль, що представлений на рис.3.7.

Схема призначення виводів представлена на рис.3.7. Схема підключення до мікроконтролеру представлена на рис.3.8.[1]

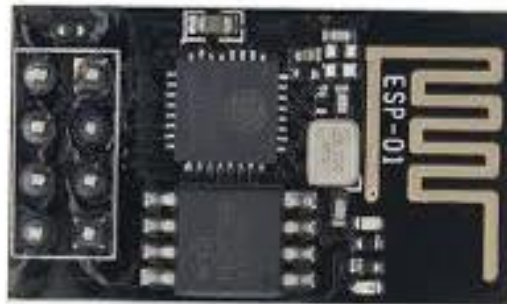


Рисунок 3.7.Wi-fi модуль ESP-01

ESP-01 – це найпопулярніший Wi-Fi модуль серії ESP8266, який керується з комп'ютером або мікроконтролером через UART за допомогою набору AT-команд. Крім того, модуль можна використовувати як самостійний пристрій, для цього необхідно завантажити свою прошивку з користувацьким кодом. Сам мікроконтролер ESP8266 являє собою мережеве рішення з Wi-Fi трансівером на борту плюс можливість виконання додатків, що записуються в його пам'ять.

Модуль ESP-01 дуже дешевим та широкого використовується в пристроях IoT (Інтернет речей), в розумному будинку та охоронних системах. Наприклад в GSM-сигналізації ОКО-7S він використовується, як альтернативний канал передачі охоронних сигналів.

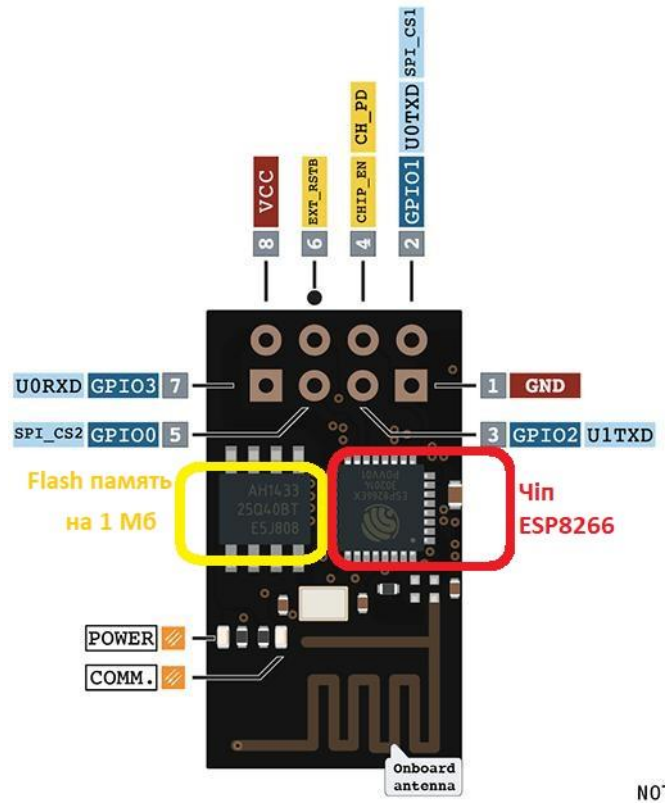


Рисунок 3.8. Розташування виводів wi-fi модуля ESP-01

Модуль ESP-01 є невеликою платою, на якій розташовані два основних чіпи, це мікроконтролер ESP8266 і flash пам'ять на 1 Мб (на ній міститься прошивка, оскільки мікроконтролер не має внутрішньої flash пам'яті). Поруч розташований кварцовий резонатор та друкована антена. На платі встановлено два світлодіоди, червоний та блакитний. Червоний світлодіод, світиться коли на модулі є живлення, а синій блимає при виконанні команд (У версії плати ESP-01S червоний світлодіод відсутній по причині споживання електроенергії). Для підключення модуля ESP-01, передбачено вісім виводів (з кроком 2,54 мм).

Призначення виводів ESP-01:

- GND: “-” живлення модуля;
- TX: UART передача;
- GPIO2: (Digital I/O програмований);

- CH_PD: (включення/відключення живлення, повинні бути виведені на 3,3 В безпосередньо або через резистор);
- GPIO0: (Digital I/O програмований, також використовується для режимів завантаження);
- RST: скидання, необхідно підтягнути до 3.3В;
- RX: UART прийом;
- VCC: “3,3В” живлення модуля.

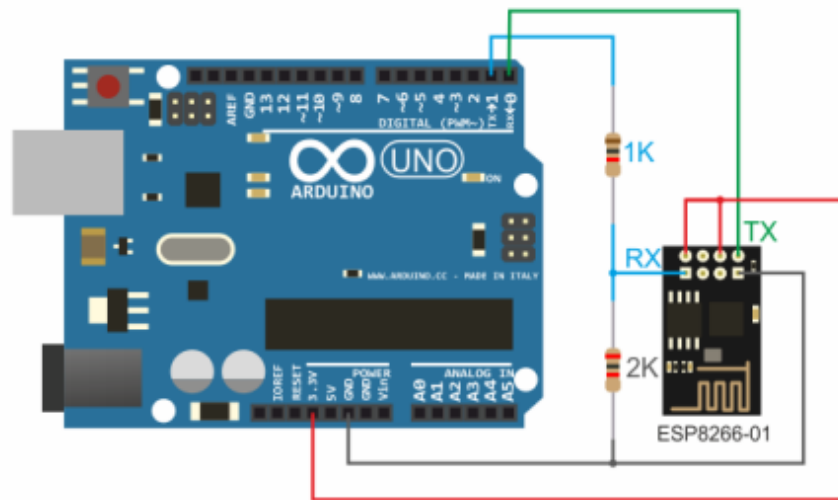


Рисунок 3.9. Схема підключення Ардуіно до wi-fi модуля ESP-01

Технічні характеристики модуля:

- Wi-Fi 802.11 b/g/n, 2,4 ГГц;
- Режими Wi-Fi: P2P (клієнт), soft-AP (точка доступу);
- Вихідна потужність Wi-Fi – 19,5 дБ;
- Напруга живлення – 1,8 – 3,6 В;
- Струм споживання – 220 мА;
- Портів GPIO: 2;
- Тактова частота процесора – 80 МГц;
- Об'єм пам'яті для коду – 1024 Кб;
- Оперативна пам'ять – 96 КБ;
- Розміри – 24,8 мм x 14,3 мм x 8 мм.[15]

3.3.Вибір барометричного датчика

Для вимірювання атмосферного тиску потрібно застосувати барометричний датчик. В якості такого датчика обирають барометричний датчик BMP180, що представлений на рис.3.10.



Рисунок 3.10. Барометричний датчик BMP180

Мініатюрний датчик-барометр BMP180 (GY-68) часто використовується у проектах на базі Arduino для вимірювання тиску та температури. Цифровий модуль атмосферного тиску та температури використовується також як висотомір, висота визначається виходячи з вимірювань тиску та температури. Характеристики датчика BMP180 дозволяють застосовувати його у мультикоптерах, повітряних кулях, зондах, дельтапланах. Модуль використовується у складі самостійного висотоміра або разом із приладом GPS для уточнення висоти.

Схема підключення барометричного датчика представлена на рис.3.11.

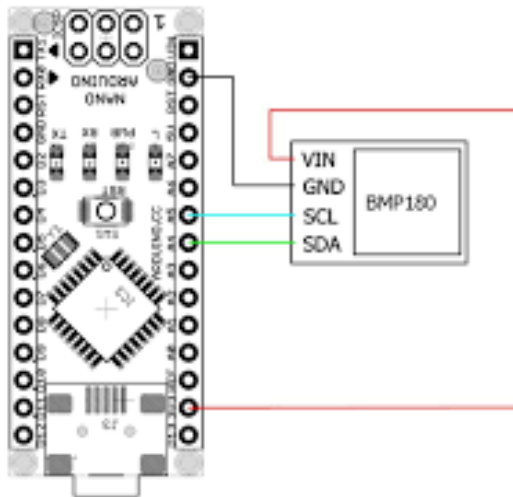


Рисунок 3.11. Схема підключення барометричного датчика BMP180

Технічні характеристики:

- Напруга живлення: 3,3 або 5 В;
- Струм живлення: 0,1 мкА - в режимі очікування, зростає 0,5 мкА при збільшенні частоти вимірювань на 1 Гц;
- Діапазон вимірювання тиску: від 300 до 1100 гПа (висота -500...9000 м);
- Точність вимірювання тиску: $\pm 0,02$ гПа;
- Діапазон вимірювання температури: 0...65 °C;
- Точність вимірювання температури: ± 2 °C;
- Роздільна здатність: 16 біт;
- Максимальна швидкість інтерфейсу: 3,4 Мбод;
- Адреса 7 біт на шині I2C значенням 0x77;
- Час відгуку: 7,5 мс;
- Діапазон робочих температур: -40 ... 85 °C;
- Отвір під гвинт: 3 мм;
- Розміри: 36 x 38 x 9,3 мм. [16]

3.4. Вибір дисплею

Для виводу виміряних значень атмосферного тиску пропонується використати рідкокристалічний дисплей LED 1602 з модулем I2C (рис.3.12).

Символьний синій рідкокристалічний дисплей LCD 1602 з адаптером I2C дає можливість відтворювати значення і дані датчиків безпосередньо на LCD дисплей, а не на екран комп'ютера. Дисплей має 2 рядки по 16 символів, в його пам'яті можна записати до 8-и довільних символів користувача (стандартно підтримується тільки латиниця, але при використанні спеціальних бібліотек, може підтримуватися також і кирилиця).

Дисплей LCD 1602 з I2C адаптером підключається до контролера по двох дротах, на контролері також є регулювання яскравості підсвічування (змінний резистор).



Рис. 3.12. Дисплей LCD 1602 з I2C

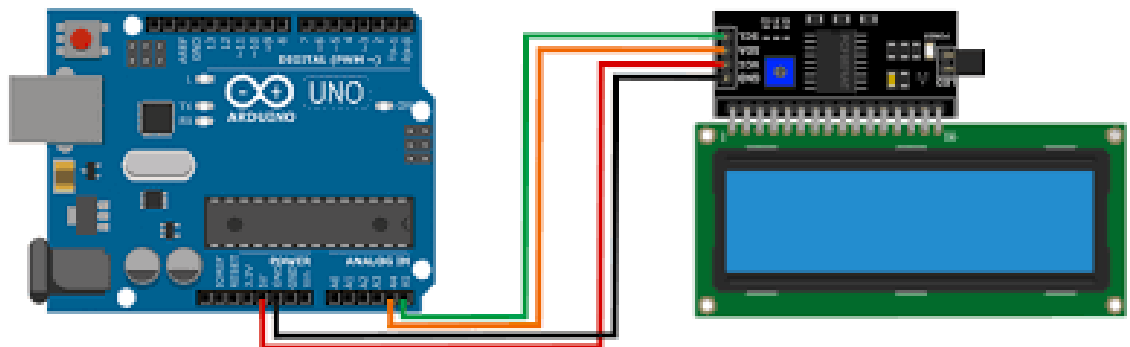


Рис. 3.13. Підключення LCD 1602 I2C до Arduino

Характеристики:

- Модель: LCD 1602 I2C1
- Бренд: TENSTAR ROBOT1
- Напруга живлення: 5В;
- Тип відображення: символний із можливістю завантаження символів;
- Формат відображення: 2 рядки по 16 символів;
- Колір підсвічування: синій або зелений;
- Колір символів: білий
- Технологія: STN, Transflective, Positive
- Контролер: HD44780;
- Інтерфейс: 8-бітний паралельний інтерфейс;
- Підсвічування: світлодіодне;
- Змінний резистор – для ручного регулювання контрастності дисплея;
- Кут огляду: 180 °;
- VLCD підстроювання контрасту: 5.0 V (Vop.);
- Робоча температура: -20 °C - +70 °C;
- Температура зберігання: -30 °C - +80 °C;
- Розмір дисплея: 2,6”;
- Габаритні розміри: 80мм x 35мм x 11мм;
- Вага ~ 40г.[17]

3.5. Вибір тактової кнопки

Для включення системи пропонується застосувати тактову кнопку. Для таких пристроїв необхідна надійна кнопка, так як враховується велика кількість натиснень. Пропонується обрати тактову кнопку ТАСТ 6х6-8.5 2-pin (рис. 3.14).

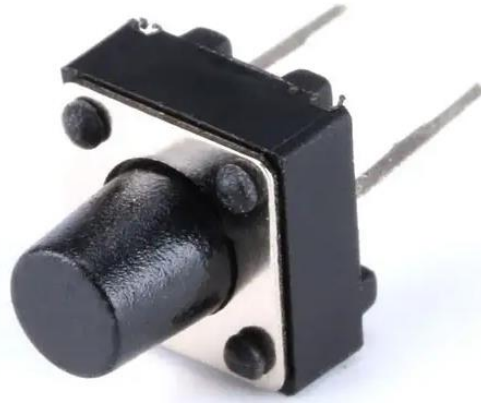


Рис. 3.14. Кнопка тактова ТАСТ 6х6-8.5 2-pin

Технічні характеристики:

- Типо розмір: 6х6 мм;
- Перемикач: тактова кнопка;
- Кількість положень: 2;
- Кількість полюсів: 1;
- Контактні групи: SPST;
- Алгоритм роботи: OFF-(ON);
- Максимальний струм: 50 мА;
- Макс. напруга : 12 В;
- Висота кнопки 8.5 мм;
- Орієнтація толкача: пряма 180°;
- Матеріал корпусу: пластик;
- Робоча температура: -25 ° С ... +70 ° С. [18]

3.6. Вибір світлової сигналізації

Для сигналізації про критичні значення атмосферного тиску пропонується застосувати червоний DIP світлодіод (рис. 3.15).



Рис. 3.15. DIP світлодіод червоного кольору

Технічні характеристики:

- Колір: червоний;
- Розміри: 5 (мм);
- Потужність: 1 Ват;
- Вхідна напруга: 1.8-2.2В;
- Напруга: 10mA;
- Кут випромінення: 10 градусів;
- Матеріал підкладки: мідь;
- Термічний опір: ≤ 5 ($^{\circ}$ /Вт);
- Світлова ефективність: 100 (лм/Вт);
- Кольорова толерантність: < 5 (SDCM);
- Сила світла/Світловий потік: 10 (лм);
- Індекс передачі кольору: 60-70. [19]

3.7.Вибір блока живлення

Врахуємо всі складові системи для визначення атмосферного тиску:

- Мікроконтролер ATmega328P: 3-5В;
- Барометричний датчик BMP180: 3,3 або 5 В
- Модуль wi-fi ESP-01: 1,8 – 3,6 В
- LCD 1602 I2C: 5В
- Тактова кнопка: до 12В;

– Світлодіод: 1.8-2.2В.

Як видно з всіх складових для системи достатньо напруги до 5В. Тому пропонується використати акумулятор АА 2300мАч 4.8V Ni-Mh рис.3.16.



Рис. 3.16. Акумулятор АА 2300мАч 4.8V Ni-Mh

Акумулятор – батарея з напругою 4.8V, типу Ni-MH (Нікель-метал-гідридний), потужністю 2300 mAh універсальна, багатозадачна модель АА розміру, яка ідеально підходить для безлічі дитячих іграшок, включаючи радіокерованих роботів-трансформерів, машинок, танків.

Технічні характеристики:

- Тип хімії: Ni-MH (Нікель-метал-гідридний);
- Ємність: 2300 mAh;
- Напруга: 4.8 В;
- Стан: Новий;
- Тип силового роз'єму: JST;
- Вес: 0.119 кг;
- Розміри: довжина – 58 мм. / ширина – 52 мм. / Товщина - 15 мм. [20]

3.8. Побудова електрично-принципової схеми

На основі обраних елементів побудуємо принципову схему для системи визначення атмосферного тиску (рис. 3.17).

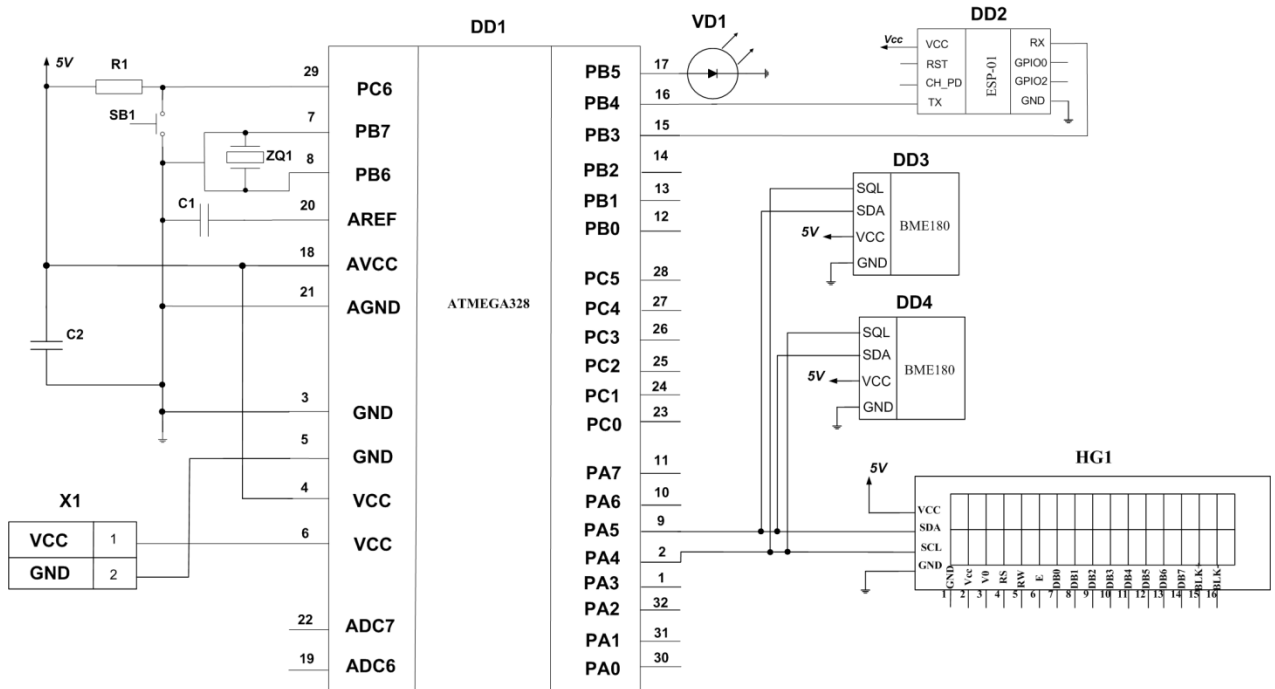


Рис. 3.17. Принципова схема

Складові схеми системи наступні:

- DD1 – мікроконтролер ATmega328P;
- DD2 – wi-fi модуль ESP-01;
- DD3- DD4 – барометричний датчик BMP180;
- HG1 – рідкокристалічний дисплей LCD 1602 I2C;
- SB1 – тактова кнопка ТАСТ 6x6-8.5 2-pin;
- VD1– світлодіод червоний DIP;
- ZQ1 – кварцевий резонатор 16МГц;
- R1– 1 кОм;
- C1– 100нФ, C2 – 4,7мкФ;
- X1 – роз'єм для акумулятора 4,8В.

3.9. Розробка друкованої плати

Для побудови плати я використав середовище Easy EDA (рис.3.18): EasyEDA є онлайн-платформою для проектування електронних схем та друкованих плат (PCB). Вона надає зручні інструменти для створення, редагування та спільної роботи над проектами електронних пристроїв.

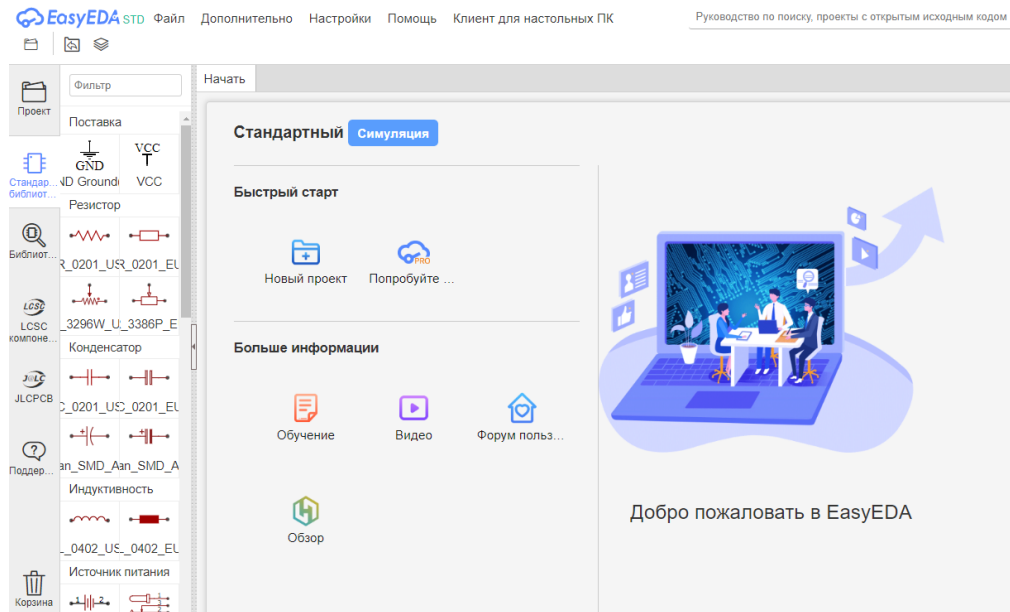


Рис. 3.18. Вікно для роботи в EasyEda

Основні можливості EasyEDA:

Проектування схем: EasyEDA має інтуїтивно зрозумілий інтерфейс, що дозволяє легко створювати електричні схеми. В програмі можна використовувати готові компоненти з бібліотеки або створювати свої власні. Програма автоматично з'єднує елементи та забезпечує перевірку правильності з'єднань.

EasyEDA надає різноманітні інструменти для редагування схем, включаючи переміщення, поворот, масштабування та копіювання елементів. В програмі можна змінювати властивості елементів, такі як значення, мітки тощо.

Симуляція: EasyEDA має вбудований симулятор, який дозволяє перевірити роботу вашої схеми перед виготовленням друкованої плати. Ви можете виконувати аналогові, цифрові та змішані симуляції для перевірки працездатності вашої схеми.

Проектування печатних плат (PCB): EasyEDA дозволяє легко перетворити вашу схему в друковану плату. В програмі можна розміщувати компоненти, встановлювати з'єднання, розташовувати сліди та стежки, виконувати правила розміщення компонентів і розподіл слідів.

Спільна робота: EasyEDA підтримує можливість спільної роботи над проектами. Ви можете запрошувати інших користувачів для спільного доступу до проекту, обмінюватися думками, коментарями та вносити зміни в реальному часі.

Виготовлення печатних плат: EasyEDA надає можливість замовити виготовлення друкованих плат безпосередньо з платформи. Ви можете вибрати параметри, такі як кількість шарів, матеріал плати та інші налаштування, і замовити виготовлення проекту.

EasyEDA є потужним інструментом для проектування електронних пристроїв та дозволяє легко переходити від створення схеми до розробки друкованої плати. Вона є доступною та зручною для початківців, а також має достатні функціональні можливості для професіоналів.

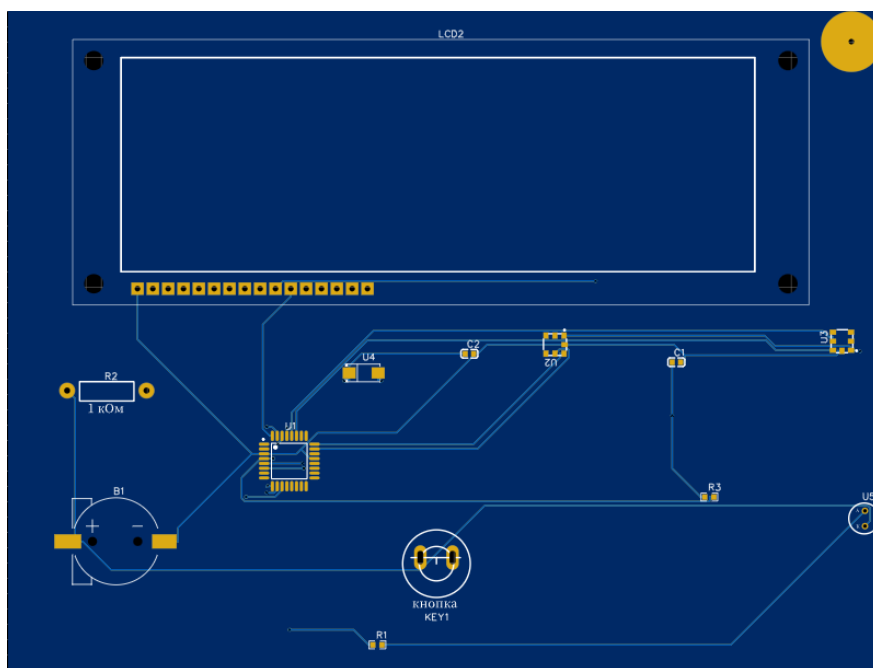


Рис 3.19. Друкована плата, верхня сторона

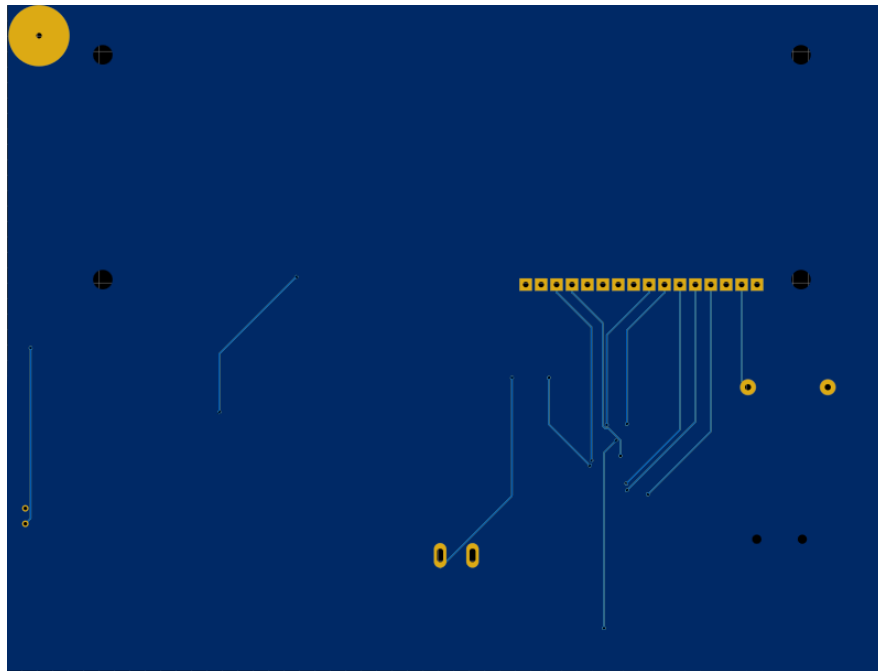


Рис 3.20. Друкована плата, нижня сторона

Плата складається з наступних елементів:

- Два модуля з датчиками: BMP180: 180 x 150 мм;
- Мікроконтролер ATmega328p 7 x 7 мм плата 45 x 18 мм;
- Випрямний діод: 1N4007 4.8 x 2.5 x 3.9 мм;
- LCD-дисплей: WH1602L 84 x 44 x 12 мм;
- Світлодіод L-1154GT: 3 x 6 мм;
- Електролітичний конденсатор: 4700 мкФ x 16В 10 x 16 мм і
електролітичний; Конденсатор: 220 мкФ x 16 В 8 x 12 мм;
- Резистор: 1кОм 6.3 x 2.5 мм;
- Підстроювальний резистор: 10 кОм 6 x 3 мм;
- Резистор: 100 Ом 0.5 ВА 6 x 2 мм;
- Кнопка 6 x 6x 5 мм.

В третьому розділі були описані обрані елементи системи. В якості міоконтролеру була був обраний ATmega328P. Для визначення атмосферного тиску барометричний датчик BMP180. Для модуля wi-fi обрано ESP-01. Для дисплею обрано LCD 1602 I2C. Для світлової сигналізації був обраний червоний світлодіод. Для кнопки вмикання тактова кнопка. Для живлення акумулятор AA 2300мАч 4.8V Ni-Mh.

На основі обраних елементів була створена принципова схема та друкована плата.

4. РОЗРОБКА ПРОГРАМНО -АЛГОРИТМІЧНОГО ТА МЕТРОЛОГІЧНОГО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ КОМП'ЮТЕРИЗОВАНОЇ СИСТЕМИ

4.1. Розробка алгоритму

Для роботи комп'ютеризованої системи для визначення атмосферного тиску було побудовано алгоритм, що представлений на рис.4.1.

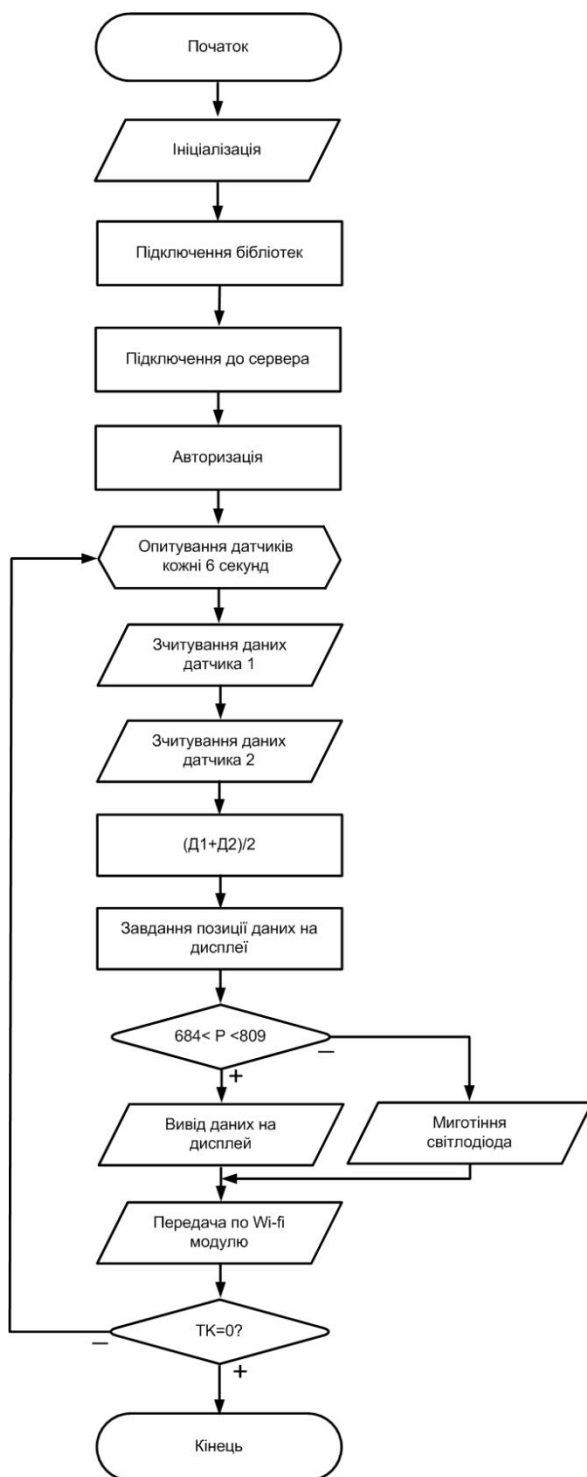


Рис.4.1.Алгоритм роботи системи

Опис алгоритму наступний:

- 1.Початок: Виконання початкових налаштувань перед роботою алгоритму.
- 2.Ініціалізація змінних: Створення та ініціалізація змінних, які використовуються для збереження вимірених даних температури та тиску.
- 3.Підключення бібліотек: Підключення необхідних бібліотек, які використовуються для роботи з датчиками температури та тиску, а також для виводу даних на дисплей.
- 4.Блок підключення до серверу виконує пошук смартфоном/планшетом/ноутбуком системи визначення атмосферного тиску.
- 5.Блок авторизація виконує введення паролю та підключення до серверу (система вимірювання витрат води).
- 6.Опитування датчиків кожні 6 секунд: Запуск циклу, який повторюється кожні 6 секунд.
- 7.Вимірювання температури та атмосферного тиску з двох датчиків: Запуск процесу вимірювання температури та тиску за допомогою барометричного датчику.
8. Обробка вимірених даних: Обробка вимірених даних температури та тиску. Наприклад, розрахунок середнього значення, максимального або мінімального значення тощо.
9. Завдання позицій тексту на дисплеї.
10. Аналіз вимірених даних. Відзначено коливання атмосферного тиску (на рівні моря) у межах 684—809 мм рт. ст. Якщо виміряне значення виходять за межі цих показників, то відбувається світлова сигналізація. Якщо ні, то далі програма йде на наступний крок.
11. Вивід даних на дисплей: Виведення оброблених даних на дисплей. Це може бути текстове відображення температури та тиску або графічне відображення з використанням додаткових графічних бібліотек.
12. Відображення температури та тиску даних на веб-сторінку.

13. Аналіз чи вимкнена кнопка. Якщо кнопка не вимкнена, то програма знову починає опитування. Якщо кнопка натиснута, то програма завершує свою роботу.

14. Кінець: Завершення алгоритму або повторення циклу від початку, якщо потрібно.

Цей алгоритм описує загальний хід роботи з датчиками температури та тиску, обробку даних та вивід результатів на дисплей.

4.2.Розробка програми для мікроконтролеру

Даний код написаний в середовищі програми Arduino.IDE, на мові програмування Arduino. Він використовує бібліотеки `'Wire.h'`, `'Adafruit_BMP085.h'` і `'LiquidCrystal.h'` для взаємодії з різними пристроями та модулями.

Цей код виконує наступні дії:

1. Імпортує необхідні бібліотеки.
2. Ініціалізує об'єкти `'LiquidCrystal'` та `'Adafruit_BMP085'`.
3. Визначає змінні та константи, необхідні для обробки даних про тиск та температуру.
4. У функції `'setup'` виконується налаштування підключень та перевірка наявності датчика тиску (`'bmp'`).
5. У функції `'loop'` виконується головний цикл програми.
6. В середині циклу вимірюються значення тиску та температури, обчислюються відхилення тиску від середнього значення, індикатори світлодіода керуються відповідно до результатів.
7. Значення тиску та відхилення від середнього значення виводяться на рядковий LCD-дисплей.
8. Кожні 10 хвилин виконується обрахунок відхилення тиску за останню годину, 3 години та 10 годин і виводяться на другий рядок дисплея.
9. Значення в масиві `'sum_p'` зсуваються вправо.

Цей код призначений для використання з мікроконтролерами Arduino та датчиком BMP085 для вимірювання тиску та температури. Він використовує LCD-дисплей для виведення результатів вимірювань.

Програму в даному випадку рекомендується писати в середовищі Arduino IDE на мові програмування Arduino з кількох причин:

1. Простота використання: Arduino IDE є спеціалізованим середовищем для розробки програмного забезпечення для платформи Arduino. Воно надає простий та зрозумілий інтерфейс, який дозволяє легко створювати, компілювати та завантажувати програми на платформу Arduino.

2. Бібліотеки та ресурси: Arduino IDE має велику кількість вбудованих бібліотек, які спрощують роботу з різними модулями та пристроями, включаючи LCD-дисплеї, датчики тощо. Це полегшує розробку програми та зменшує час, потрібний для написання коду з нуля.

3. Підтримка мікроконтролерів Arduino: Arduino IDE спеціально розроблене для роботи з мікроконтролерами Arduino, такими як Arduino Uno, Arduino Nano тощо. Це забезпечує високу сумісність та оптимізацію коду для цих конкретних пристроїв.

4. Широке співтовариство: Arduino є популярною платформою для проектів DIY та IoT. Існує велике співтовариство користувачів Arduino, де можна знайти багато ресурсів, підручників, прикладів та підтримку. Arduino IDE надає доступ до цього співтовариства, що полегшує вирішення проблем та отримання допомоги в разі потреби.

5. Інтеграція з апаратними засобами: Arduino IDE працює в парі з апаратними платформами Arduino, що дозволяє безпосередньо завантажувати та виконувати програми на цих пристроях.

Це спрощує розробку, тестування та відлагодження програм на реальних пристроях.

Загалом, Arduino IDE є зручним та потужним інструментом для розробки програм для платформи Arduino. Якщо ви працюєте з Arduino-сумісними пристроями, використання Arduino IDE є рекомендованим підходом.

Опис частин коду і їх функціональність:

1. Підключення бібліотек:

```
```cpp
#include <Wire.h>
#include <Adafruit_BMP085.h>
#include <LiquidCrystal_I2C.h>
```
```

У цій частині коду ми підключаємо необхідні бібліотеки для роботи з датчиком тиску (Adafruit_BMP085) і рідкокристалічним дисплеєм (LiquidCrystal_I2C). `Wire.h` - це бібліотека для комунікації по шині I2C, яка використовується для зв'язку з датчиком тиску та дисплеєм.

2. Ініціалізація об'єктів:

```
```cpp
Adafruit_BMP085 bmp;

LiquidCrystal_I2C lcd(0x27, 16, 2);
```
```

Створюємо об'єкти `bmp` для роботи з датчиком тиску та `lcd` для роботи з рідкокристалічним дисплеєм. `0x27` - адреса дисплея на шині I2C, `16` - кількість символів у рядку, `2` - кількість рядків на дисплеї.

3. Глобальні змінні:

```
```cpp
int p1, p2;
float sum_p[60], sum_p6_2, sum_t6_2, dif_p1, dif_p3, dif_p10, dif_p2, dif_p4,
dif_p11, mid_p;
float hg_p1, hg_p2;
```
```

Оголошуємо глобальні змінні для збереження значень тиску, сум тиску та температури, різниць тиску та інших допоміжних змінних.

4. Підключення до серверу, авторизація

```
#include <avr/wdt.h> // Include this to handle watchdog timer
ESP8266WebServer server(80); //підключення до сервера
const char* ssid = "Atmospheric pressure monitoring ";
const char* password = "123456789"; //пароль
bool wifiConnected = false; // Статус з'єднання
// Wireless configuration parameters -----
unsigned char local_ip[] = {
  192,168,216,199}; // IP address of WiShield
unsigned char gateway_ip[] = {
  192,168,216,1}; // router or gateway IP address
unsigned char subnet_mask[] = {
  255,255,255,0}; // subnet mask for the local network
```

```
const prog_char ssid[] PROGMEM = {
  "Guests"};          // max 32 bytes
```

5. Функція `setup()`:

```
```cpp
void setup() {
 Serial.begin(9600);
 lcd.begin(16, 2);
 bmp.begin();
 for (int i = 0; i < 60; i++) {
 sum_p[i] = 0;
 }
}
```
```

У функції `setup()` налаштовуємо початкові параметри: ініціалізуємо з'єднання з монітором через порт Serial з швидкістю 9600 бод, ініціалізуємо роботу з дисплеєм, ініціалізуємо роботу з датчиком тиску та встановлюємо початкові значення для масиву `sum\_p`.

6. Головний цикл програми:

```
```cpp
void loop() {
 for (int i = 0; i < 59; i++) {
 sum_p[i] = sum_p[i + 1];
 }

 sum_p[59] = bmp.readPressure();

 p1 = sum_p[0];
 p2 = sum_p[59];

 dif_p1 = p1 - p2;
 dif_p3 = p1 - sum_p[54];
 dif_p10 = p1 - sum_p[49];
 dif_p2 = sum_p[54] - sum_p[59];
 dif_p4 = sum_p[46] - sum_p[59];
 dif_p11 = sum_p[39] - sum_p[59];
 mid_p = (p1 + p2) / 2;
 hg_p1 = mid_p * 0.0075;
 hg_p2 = p2 * 0.0075;

 lcd.setCursor(0, 0);
 lcd.print("P1:");
```

```

lcd.print(p1);
lcd.setCursor(10, 0);
lcd.print("P2:");

lcd.print(p2);
lcd.setCursor(0, 1);

lcd.print("Diff: ");
if (dif_p1 >= 0.5 || dif_p1 <= -0.5) {
 if (dif_p1 >= 0) lcd.print(" ");
 lcd.print(dif_p1, 1);
 lcd.print(" ");
} if (dif_p3 >= 0.5 || dif_p3 <= -0.5) {
 if (dif_p3 >= 0) lcd.print(" ");
 lcd.print(dif_p3, 1);
 lcd.print(" ");
}

if (dif_p10 >= 0.5 || dif_p10 <= -0.5) {
 if (dif_p10 >= 0) lcd.print(" ");
 lcd.print(dif_p10, 1);
}

if (dif_p2 >= 0.5 || dif_p2 <= -0.5) {
 if (dif_p2 >= 0) lcd.print(" ");
 lcd.print(dif_p2, 1);
 lcd.print(" ");
}

if (dif_p4 >= 0.5 || dif_p4 <= -0.5) {
 if (dif_p4 >= 0) lcd.print(" ");
 lcd.print(dif_p4, 1);
 lcd.print(" ");
}

if (dif_p11 >= 0.5 || dif_p11 <= -0.5) {
 if (dif_p11 >= 0) lcd.print(" ");
 lcd.print(dif_p11, 1);
}

if (dif_p1 < 0.5 && dif_p1 > -0.5 && dif_p3 < 0.5 && dif_p3 > -0.5 &&
dif_p10 < 0.5 && dif_p10 > -0.5 &&
 dif_p2 < 0.5 && dif_p2 > -0.5 && dif_p4 < 0.5 && dif_p4 > -0.5 &&
dif_p11 < 0.5 && dif_p11 > -0.5) {
 lcd.print(" OK");
}

```

```

 delay(3000);
}
...

```

У цьому циклі ми отримуємо нові значення тиску з датчика, оновлюємо значення масиву `sum_p`, обчислюємо різниці тиску та інші величини для відображення на дисплеї. Потім ми використовуємо функції `lcd.setCursor()` та `lcd.print()` для виведення значень на дисплей. Цей цикл повторюється з паузою 3 секунди за допомогою `delay(3000)`.

Це загальний опис різних частин коду і їх функціональності.

.[30] Код програми для розробленої системи представлений в Додатку А.

### 4.3. Розробка програми для веб-сторінки

Для розробки веб-сторінки з визначення атмосферного тиску та температури потрібно використати верстку сайту.

Основою проекту стануть HTML та CSS, які забезпечать табличну структуру для відображення ключових показників: дати вимірювань, температури та атмосферного тиску. За допомогою HTML була створена базова структура таблиці, а CSS надає привабливого та зручного для користувача вигляду.

Для забезпечення інтерактивності та динамічного оновлення даних було використано JavaScript. Ця мова програмування дозволить керувати вмістом сторінки в режимі реального часу, не вимагаючи перезавантаження.

Обмін даними між клієнтською частиною та сервером буде реалізовано за допомогою формату JSON. Цей легкий та ефективний формат даних ідеально підходить для передачі структурованої інформації через мережу, не потребуючи додаткових плагінів чи сторонніх технологій. JSON забезпечить швидкий та надійний обмін даними в реальному часі. [21]

Код програми для веб-сторінки представлена в Додатку Б та стилі представлені в Додатку В.

Фото робочої веб-сторінки роботи системи при зміні часу представлені на рис.4.2.



Рис.4.2. Скріншот 1 робочої веб-сторінки



Рис.4.3. Скріншот 2 робочої веб-сторінки

На даних скріншотах відображається інтерфейс системи. Сторінка зверстана в вигляді таблиці.

1. 10 записів з погодинними вимірюваннями.
2. Зміни атмосферного тиску (поступове підвищення з 762 до 767 мм.рт.ст.).
3. Природне підвищення температури протягом дня (з 17°C о 5:00 до 22°C о 14:00)
4. Десяткові значення температури для більшої точності вимірювань.

#### 4.4. Методи програмно-алгоритмічної обробки вимірювальної інформації

За робочий день було проведено зняття показів витрати води. Протягом дня кожні 30 хвилин був здійснений моніторинг витрати води на промисловому підприємстві. Показники витрати води були зведені в таблицю 4.1.

Таблиця 4.1. Показники атмосферного тиску та температури

№	Дата та час	Атмосферний тиск (мм.рт.ст.)	Температура (°C)
1	26.12.2024 14:00	745	22.0
2	26.12.2024 13:00	748	21.5
3	26.12.2024 12:00	750	21.0
4	26.12.2024 11:00	755	20.5
5	26.12.2024 10:00	760	20.0
6	26.12.2024 09:00	762	19.5
7	26.12.2024 08:00	764	19.0
8	26.12.2024 07:00	765	18.5
9	26.12.2024 06:00	740	18.0
10	26.12.2024 05:00	735	17.5
11	26.12.2024 04:00	758	17.0
12	26.12.2024 03:00	760	16.5
13	26.12.2024 02:00	752	16.0
14	26.12.2024 01:00	763	15.5
15	26.12.2024 00:00	765	15.0
16	25.12.2024 23:00	766	14.5
17	25.12.2024 22:00	730	14.0
18	25.12.2024 21:00	762	13.5
19	25.12.2024 20:00	764	13.0

№	Дата та час	Атмосферний тиск (мм.рт.ст.)	Температура (°C)
20	25.12.2024 19:00	765	12.5

Потрібно зробити обробку результатів вимірювання. Вимірювання можуть бути з помилками та грубими відхиленнями. Для автоматизації обрахунку потрібно написати програму для методів програмно-алгоритмічної вимірювальної інформації.

Для виключення грубих похибок застосовують апарат перевірки статистичних гіпотез. У метрології використовуються статистичні гіпотези, під якими розуміють гіпотези про вид невідомого розподілу, або про параметри відомих розподілів.

Областю прийняття гіпотези (областю допустимих значень) називають сукупність значення критерію, при яких гіпотезу приймають. Критичною називають сукупність значень критерію, при яких нульову гіпотезу відкидають. Область прийняття гіпотези і критична область розділені критичними точками, що дорівнюють табличним значенням критеріїв.

Нульова статистична гіпотеза підтверджує належність "підозрілого" результату вимірювання (спостереження) даній групі вимірювань, що перевіряється. Формальним критерієм аномальності результату спостережень (підставою для ухвалення конкуруючої гіпотези: "підозрілий" результат не належить даній групі вимірювань) при цьому служить межа, що відстоїть від центру розподілу на величину  $tS$ .

Таким чином, межі похибок залежать від виду розподілу, об'єму вибірки і вибраної довірчої ймовірності. При обробці вже наявних результатів спостережень довільно відкидати окремі результати не слід, оскільки це може привести до фіктивного підвищення точності результату вимірювань. Група вимірювань (вибірка) може містити декілька грубих похибок і їх виключення проводять послідовно, тобто поодинці.

Всі методи виключення грубих похибок (промахів) можуть бути

розділені на два основні типи:

- а) методи виключення при відомому генеральному СКВ;
- б) методи виключення при невідомому генеральному СКВ.

Оскільки на практиці частіше зустрічаються вимірювання при невідомому СКВ (обмежене число спостережень), далі розглянуті такі критерії перевірки підозрілих (з точки зору похибок) результатів спостережень:

1)Критерій Ірвіна – для отримання еспериментальних даних визначають коефіцієнт по формулі:

$$u = \frac{(x_{n+1} - x_n)}{S} \quad (4.1)$$

де  $x_{n+1}$ ,  $x_n$  – найбільші значення випадкової величини;  $S$  – середнє квадратичне відхилення, обчислене по всіх значеннях вибірки. Потім цей коефіцієнт порівнюється з табличним значенням  $\lambda_q$ , можливі значення якого наведені в додатку Г (Табл. 1). Якщо  $\lambda > \lambda_q$ , то нульова гіпотеза не підтверджується, тобто результат – помилковий, і він має бути виключений при подальшій обробці результатів спостережень.

2)Критерій Романовського – конкуруюча гіпотеза про наявність грубих похибок в підозрілих результатах підтверджується, якщо виконується нерівність:

$$|x_n - \bar{x}| \geq t_p S \quad (4.2)$$

де  $t_p$  – квантиль розподілу Стюдента при заданій довірчій ймовірності з числом мір свободи  $k = n - k_n$ . Значення квантилів для розподілу Стюдента представлені в додатку А (Табл. 2.). Точкові оцінки розподілу  $x$  і СКВ результатів спостережень обчислюється без урахування  $k_n$  —підозрілих результатів спостережень.

3)Критерій Діксону – заснований на припущенні, що похибки вимірювань мають нормальний закон розподілу (заздалегідь необхідна

побудова гістограми результатів спостережень і перевірка гіпотези про приналежність нормальному закону розподілу). При використанні критерію обчислюють коефіцієнт Діксону (спостережуване значення критерію) для перевірки найбільшого або найменшого екстремального значення залежно від числа вимірювань.

Нульова гіпотеза про відсутність грубої похибки виконується, якщо виконується нерівність  $r < r_q$ . Якщо  $r > r_q$ , то результат визнається грубою похибкою і виключається з подальшої обробки.

Також для обчислень цих критеріїв вибірки потрібно обрахувати середнє арифметичне значення, середнє квадратичне значення, медіану.

Визначення середньо арифметичного значення результатів багатократних вимірювань фізичної величини обраховується за формулою:

$$\bar{x} = \frac{1}{n} \sum_i x_i \quad (4.3)$$

Визначення середньгеометричного значення результатів багатократних вимірювань фізичної велечини обраховується за формулою:

$$G(x) = \sqrt[n]{\prod_{j=1}^n x_j} \quad (4.4)$$

Визначення значення медіани результатів багатократних вимірювань фізичної велечини, так як масив має парне число значень, формула для знаходження медіани обраховується за формулою:

$$M = \frac{x_{(n/2)} + x_{(n/2)+1}}{2} \quad (4.5)$$

Відносно оцінки фізичної велечини знаходимо значення незміщеної оцінки дисперсії сукупності спостережених значень. Знаходження дісперсії обраховується за формулою:

$$S = \sqrt{\frac{\sum i(x_i - \bar{x})^2}{n - 1}} \quad (4.6)$$

Знаходимо незміщену оцінку середньоквадратичного відхилення середнього значення. Знаходження середньоквадратичного відхилення середнього значення обраховується за формулою:

$$S_x = \frac{S}{\sqrt{20}} \quad (4.7)$$

Для обрахунку вимірних значень була створена програма Додаток Б.

Проведемо експеримент з вибіркою в 20 значень та отримаємо відповідні дані табл.4.2.

Вибірка X1:

X1 = [745 748 750 755 760 762 764 765 740 735 758 760 752 763 765 766 730 762 764 765];

Середньоарифметичного значення результатів багатократних вимірювань опору для вибірки X1:

$$\bar{x} = \frac{1}{n} \sum_i x_i = 755.450.$$

Середньо геометричного значення результатів багатократних вимірювань опору для вибірки X1:

$$G(x) = \sqrt[n]{\prod_{j=1}^n x_j} = 755.375.$$

Значення медіани результатів багатократних вимірювань фізичної величини опору для вибірки X1:

$$M = \frac{x_{(n/2)} + x_{(n/2)+1}}{2} = 760.00.$$

Оцінки випадкової величини наступні:

Оцінка дисперсії: 10.841.

Середньоквадратичного відхилення середнього значення: 2.424.

Висновок: значення не перевищують допустимий діапазон.

Визначаємо закон розподілу результатів вимірювань на основі

побудови гістограми для вибірки X1 рис.4.2.

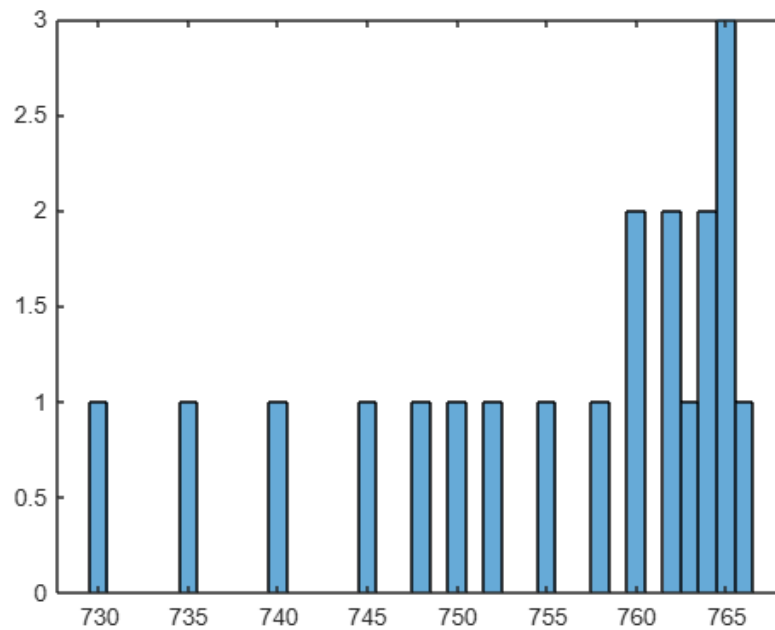


Рис.4.2. Закон розподілу результатів вимірювань на основі побудови гістограми для вибірки X1

Виконуємо перевірку на наявність грубих помилок за критерієм Ірвіна, для цього визначаємо коефіцієнти по формулі (4.1).

Таблиця 4.2. Обрахунок наявності похибки у вибірці за критерієм Ірвіна

<i>N</i>	<i>X1</i>	Похибка
1	745	Відсутня
2	748	Відсутня
3	750	Відсутня
4	755	Відсутня
5	760	Відсутня
6	762	Відсутня
7	764	Відсутня
8	765	Відсутня
9	740	<b>Присутня</b>
10	735	Відсутня
11	758	<b>Присутня</b>

12	760	Відсутня
13	752	Відсутня
14	763	Відсутня
15	765	Відсутня
16	766	Відсутня
17	730	<b><i>Присутня</i></b>
18	762	<b><i>Присутня</i></b>
19	764	Відсутня
20	765	Відсутня

Як бачимо з результатів обчислення, декілько результатів вимірювання вважається помилковим, тому їх потрібно виключити при подальшій обробці результатів спостережень.

За критерієм Романовського обрахуємо помилки табл.4.3.

Таблиця 4.3. Обрахунок наявності похибки у вибірці за критерієм

<b><i>N</i></b>	<b><i>X<sub>1</sub></i></b>	<b><i>Похибка</i></b>
1	745	Відсутня
2	748	Відсутня
3	750	Відсутня
4	755	Відсутня
5	760	Відсутня
6	762	Відсутня
7	764	Відсутня
8	765	Відсутня
9	740	Відсутня
10	735	Відсутня
11	758	Відсутня
12	760	Відсутня
13	752	Відсутня
14	763	Відсутня
15	765	Відсутня
16	766	Відсутня

17	730	<i>Присутня</i>
18	762	Відсутня
19	764	Відсутня
20	765	Відсутня

За обрахунками значення з грубою помилкою виявилось 730, тому при подальшій роботі з вибіркою потрібно виключити це значення.

Оцінки елімінованого масиву за критерієм Діксона.

Середнє значення: 755.450.

Допустимий діапазон: 755.450 +/- 4.218.

### **Висновки до 4 розділу**

В четвертому розділі були розроблені програми для системи з мікроконтролером, код для веб-сторінки та програма для оцінки метрологічних характеристик.

Для роботи керування системою був створений алгоритм та написана програма для мікроконтролера. В програмі вимірюється кожні 6 секунд атмосферний тиск та температура повітря, виміряні дані виводяться на дисплей та відправляються по wi-fi на веб-сторінку. Веб-сторінка відображає покази дати, атмосферного тиску та температури повітря.

Для експерименту було відібрано 20 значень температури та атмосферного тиску з проміжком через годину. Для аналізу експериментальних значень була створена програма. В програмі обраховується середнє значення, медіана, середнє квадратичне значення, дисперсія. Значення вибірки оцінені за критеріями Ірвіна, Романовського та Діксона. За критерієм Ірвіна програма виявила чотири не припустимих значення, за критерієм Романовського програма виявила одне не припустиме значення.

## ВИСНОВКИ

У результаті виконання кваліфікаційної роботи розроблено комп'ютеризована інформаційно-вимірювальна система для визначення атмосферного тиску з розширеними функціями.

У першому розділі проведено загальний огляд існуючих систем для вимірювання атмосферного тиску. Були розглянуті механічні барометри, сучасні цифрові метеостанції: метеостанція-компас Kkmoon, метеостанція TFA LIFE, метеостанція Micol та барометр механічний Baro. Вони мають такі переваги, як висока точність, надійність, компактність, простота використання, зберігання даних, наочність представлення даних. До недоліків можна віднести таке, як токсичність ртуті, громіздкість деяких приладів, чутливість до ударів, постійне обслуговування та висока вартість.

Також розглянуті методи вимірювання атмосферного тиску. Основні методи вимірювання атмосферного тиску: ртутний барометр, anerоїд (механічний барометр), цифрові барометри, барограф, гіпсотермометр.

Для розробки вимірювальної системи атмосферного тиску обрано вимірювання на базі цифрового барометра.

В другому розділі було розглянуті функції системи для визначення атмосферного тиску. Система буде виконувати вимірювання атмосферного тиску, виводити значення на дисплей та передавати по wi-fi на веб-сторінку, підсвічувати червоний світлодіод при критичних значеннях, включення системи через кнопку, живлення системи. Згідно функцій було проведено обґрунтування вибору елементів структурної схеми враховуючі сумісність з мікроконтролером Atmel. На основі обраних елементів побудована структурна схема.

В третьому розділі були описані обрані елементи системи. В якості міоконтролеру була був обраний ATmega328P. Для визначення атмосферного тиску барометричний датчик BMP180. Для модуля wi-fi обрано ESP-01. Для дисплею обрано LCD 1602 I2C. Для світлової сигналізації був обраний червоний світлодіод. Для кнопки вмикання тактова кнопка. Для живлення акумулятор AA 2300мАч 4.8V Ni-Mh.

На основі обраних елементів була створена принципова схема та друкована плата.

В четвертому розділі були розроблені програми для системи з мікроконтролером, код для веб-сторінки та програма для оцінки метрологічних характеристик.

Для роботи керування системою був створений алгоритм та написана програма для мікроконтролера. В програмі вимірюється кожні 6 секунд атмосферний тиск та температура повітря, виміряні дані виводяться на дисплей та відправляються по wi-fi на веб-сторінку. Веб-сторінка відображає покази дати, атмосферного тиску та температури повітря.

Для експерименту було відібрано 20 значень температури та атмосферного тиску з проміжком через годину. Для аналізу експериментальних значень була створена програма. В програмі обраховується середнє значення, медіана, середнє квадратичне значення, дисперсія. Значення вибірки оцінені за критеріями Ірвіна, Романовського та Діксона. За критерієм Ірвіна програма виявила чотири не припустимих значення, за критерієм Романовського програма виявила одне не припустиме значення.

## СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Метеостанція-компас 8в1 Kkmoon MT-501 [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://epicentrk.ua/ua/shop/mplc-meteostancia-kompas-8v1-kkmoon-mt-501-10506327-1ede45eb-a151-670a-80ad-370c2fe88765.html>.
2. Барометр механічний Baro 70В для вимірювання атмосферного тиску [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://epicentrk.ua/ua/shop/mplc-barometr-mehanicnij-baro-70b-dla-vimiruvanna-atmosfernogo-tisku-1efa8a04-4f80-6ccc-9bad-6d9ebbc9398e.html>.
3. Метеостанція Micol з гігрометром термометром і барометром цифрова [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://epicentrk.ua/ua/shop/mplc-meteostantsiya-micol-z-gigrometrom-termometrom-i-barometrom-tsifrova-1eceb169-056b-6d16-939c-69ff809b03e4.html>.
4. Метеостанція TFA LIFE 35115301 [Електронний ресурс]. – Режим доступу: [https://bt.rozetka.com.ua/tfa\\_life\\_35115301/p148984313](https://bt.rozetka.com.ua/tfa_life_35115301/p148984313).
5. Атмосферний тиск: Методичні вказівки до лабораторних робіт з метеорології / Укл. О. В. Моргоч. Чернівці: Рута, 2003. 24 с.
6. Проценко Г.Д. Метеорологія та кліматологія: Навчальний посібник. – К. 2007. 265с.
7. Програмування мікроконтролерів AVR: [навчальний посібник] / С. М. Цирульник, О. Д. Азаров, Л. В. Крупельницький, Т. І. Трояновська. – Вінниця : ВНТУ, 2018. – 111 с.
8. Кемерон Н. Електронні проекти на основі ESP8266 та ESP32: створення веб-сторінок, програм та пристроїв з підтримкою Wi-Fi / Ніл Кемерон., 2022. – 458 с.
9. Huang, Y., Fan, X., Chen, S.C. та Zhao, N. (2019), «Нові технології гнучких датчиків тиску: матеріали, моделювання, пристрої та виробництво», *Advanced Functional Materials*, Vol.29No.12, p. 1808509.
10. Принцип роботи LCD дисплея [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://vmtehnika.com.ua/ru/blog/lcd-displeyi-riznovidiv-bagato-princip-diyi-odin>.

11. Енергоефективні світлодіодні освітлювальні системи: [монографія] / З. Готра, В. Корнага, В. Мартіросова, Г. Нікітський, І. Пастух, А. Рибалочка, В. Сорокін, В. Щиренко; ред.: В. Сорокін; НАН України, Ін-т фізики напівпровідників ім. В. Є. Лашкарьова, Нац. ун-т «Львів. політехніка», НАМН України, Ін-т медицини праці. – Київ: Авіцена, 2016. – 334, [1] с.

12. Типи акумуляторних батарей: повний огляд [Електроний ресурс]. – Режим доступу: <https://deps.ua/ua/knowegable-base/reference-information/10591.html>.

13. ATmega328P [Електроний ресурс]. – Режим доступу: <https://www.microchip.com/en-us/product/ATmega328P>.

14. Datasheet ATmega328P [Електроний ресурс]. – Режим доступу: <https://uk.hwlibre.com/atmega328p>.

15. Wi-Fi-модуль ESP-01 [Електроний ресурс]. – Режим доступу: <https://oxorona.com/esp-01>.

16. Барометричний датчик BMP180 [Електроний ресурс]. – Режим доступу: <http://www.kosmodrom.com.ua/el.php?name=BMP180>.

17. LCD 1602 I2C [Електроний ресурс]. – Режим доступу: <https://greenchip.com.ua/0-0-1072-0.html>.

18. Тактова кнопка ТАСТ 6x6-8.5 2-pin [Електроний ресурс]. – Режим доступу: <https://m-teh.com.ua/knopka-taktova-tact-6x6-8.5-2-pin>.

19. Червоного світлодіод [Електроний ресурс]. – Режим доступу: <https://prom.ua/p2122307233-svetodiod-vyvodnoj-krasnyj.html>.

20. Акумулятор AA 2300мАч 4.8V Ni-Mh [Електроний ресурс]. – Режим доступу: <https://akumo.com.ua/p1304913117-akkumulyator-2300mach-48v.html>.

21. JSON: The Fat-Free Alternative to XML [Електроний ресурс]. – Режим доступу: <https://www.json.org/fatfree.html>.