

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

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

## Пояснювальна записка

до кваліфікаційної роботи бакалавра

на тему:

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

Виконав: студент 2 курсу, групи МТК-3  
напря Метрологія та інформаційно-  
вимірювальна техніка

(шифр і назва напряму підготовки, спеціальності)

Тарчинець Гліб Олегович

(прізвище та ініціали)

Керівник д.т.н., проф. кафедри

М та ІВТ Пількевіч І.А.

(прізвище та ініціали)

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

РЕА ім. проф. Б.Б. Самотокіна

Громовий О.А.

(прізвище та ініціали)

Житомир 2024

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

ЗАТВЕРДЖУЮ

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

---

«5» квітня 2024\_р.

**ЗАВДАННЯ**

на кваліфікаційну роботу бакалавра

Студент Тарчинець Гліб Олегович

1. Тема роботи: Комп'ютеризована інформаційно-вимірювальна система для визначення атмосферного тиску з розширеними функціями  
Затверджена Наказом по університету від «5» квітня 2024 р. № 128/с
2. Термін здачі закінченої роботи на кафедрі «20» червня 2024 р.
3. Вихідні дані до роботи вивід значень атмосферного тиску на дисплей, точність системи 1%

- 
4. Зміст пояснювальної записки (перелік питань, які підлягають розробці)  
аналіз існуючих систем вимірювання тиску, розробка структурної схеми, розробка принципової схеми, розробка алгоритму та програми, розрахунок надійності та точності системи, розробка друкованої плати, охорона праці при роботі та виготовленні системи
  5. Перелік графічного матеріалу (з точним визначенням обов'язкових креслень)  
Структурна схема, принципова схема, друкована плата, блок-схема алгоритму

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

| Розділ | Консультант | Підпис, дата   |                  |
|--------|-------------|----------------|------------------|
|        |             | Завдання видав | Завдання прийняв |
|        |             |                |                  |
|        |             |                |                  |
|        |             |                |                  |

7. Дата видачі завдання 5 квітня 2024 року

#### Календарний план

| № з/п | Назва етапів кваліфікаційної роботи             | Термін виконання етапів роботи | Примітка |
|-------|-------------------------------------------------|--------------------------------|----------|
| 1     | Аналіз літературних джерел                      | 5.04.2024-15.04.2024           |          |
| 2     | Складання змісту роботи                         | 16.04.2024-20.04.2024          |          |
| 3     | Розробка структурної схеми                      | 21.04.2024-24.04.2024          |          |
| 4     | Розробка принципової схеми                      | 25.04.2024-29.04.2024          |          |
| 5     | Розробка алгоритму та програми                  | 1.05.2024-3.05.2024            |          |
| 6     | Розробка друкованої плати                       | 10.05.2024-13.05.2024          |          |
| 7     | Розрахунок надійності                           | 14.05.2024-17.05.2024          |          |
| 8     | Розрахунок точності                             | 18.05.2024-21.05.2024          |          |
| 9     | Охорона праці                                   | 25.05.2024-28.05.2024          |          |
| 10    | Оформлення пояснювальної записки та презентації | 1.06.2024-20.06.2024           |          |

Студент \_\_\_\_\_ Тарчинець Г.О.

Керівник роботи \_\_\_\_\_ Пількевич І.А.

## АНОТАЦІЯ

Кваліфікаційна робота бакалавра на тему «Комп'ютеризована інформаційно-вимірювальна система для визначення атмосферного тиску з розширеними функціями» містить 60 сторінок, 10 рисунків, 3 таблиці, 6 формул, 23 джерела.

В роботі проводиться актуальність системи для визначення атмосферного тиску. Проведений аналіз існуючих систем вимірювання атмосферного тиску.

Складена структурна та принципова схеми системи для визначення атмосферного тиску. Розроблена друкована плата. Розроблена блок-схема алгоритму роботи та відповідна програма.

Прорахована точність та надійність системи для визначення атмосферного тиску.

*Ключові слова:* атмосферний тиск, вимірювання атмосферного тиску, барометричний датчик, мікроконтролер.

## ANNOTATION

The bachelor's qualification work on the topic "Computerized information-measuring system for determining atmospheric pressure with advanced functions" contains 60 pages, 10 figures, 3 tables, 6 formulas, 23 sources.

The work substantiates the relevance of the system for determining atmospheric pressure. An analysis of existing atmospheric pressure measurement systems is carried out.

The structural and circuit diagrams of the system for determining atmospheric pressure are composed. A printed circuit board is developed. A flowchart of the operating algorithm and the corresponding program are developed.

The accuracy and reliability of the system for determining atmospheric pressure are calculated.

*Key words:* atmospheric pressure, measurement of atmospheric pressure, barometric sensor, microcontroller.

## ЗМІСТ

|                                                           |    |
|-----------------------------------------------------------|----|
| ВСТУП.....                                                | 7  |
| 1. ТЕХНІЧНЕ ЗАВДАННЯ.....                                 | 8  |
| 1.1. Призначення та область застосування.....             | 8  |
| 1.2. Умови експлуатації .....                             | 8  |
| 1.3. Технічні параметри системи.....                      | 8  |
| 1.4. Вимоги до конструктивного оформлення.....            | 9  |
| 2. ОГЛЯД ТА АНАЛІЗИСНУЮЧИХ СИСТЕМ .....                   | 10 |
| 2.1. Загальна інформація про атмосферний тиск .....       | 10 |
| 2.2. Існуючі системи вимірювання атмосферного тиску ..... | 11 |
| 3. РОЗРОБКА СТРУКТУРНОЇ ТА ФУНКЦІОНАЛЬНОЇ СХЕМ.....       | 17 |
| 3.1.Обґрунтування складових .....                         | 17 |
| 3.2. Обґрунтування мікроконтролеру.....                   | 18 |
| 3.3. Обґрунтування барометричного датчика.....            | 20 |
| 3.4. Обґрунтування дисплею.....                           | 21 |
| 3.5. Обґрунтування індикації.....                         | 22 |
| 3.6. Обґрунтування блока живлення.....                    | 23 |
| 3.7.Обґрунтування кнопки.....                             | 23 |
| 3.8. Структурна схема.....                                | 24 |
| 4. РОЗРОБКА ПРИНЦИПОВОЇ СХЕМИ.....                        | 26 |
| 4.1. Вибір мікроконтролеру.....                           | 26 |
| 4.2. Вибір барометричного датчика .....                   | 27 |
| 4.3. Вибір дисплея.....                                   | 29 |
| 4.4.Вибір індикації.....                                  | 30 |
| 4.5. Вибір кнопки.....                                    | 31 |
| 4.6. Вибір акумулятора.....                               | 33 |
| 4.7. Побудова принципово-електричної схеми.....           | 34 |
| 5. РОЗРОБКА ПРОГРАМИ ТА АЛГОРИТМУ.....                    | 36 |
| 5.1. Розробка алгоритму .....                             | 36 |
| 5.2. Розробка програми.....                               | 38 |
| 6. КОНСТРУКТОРЬСКА ЧАСТИНА.....                           | 43 |
| 6.1.Розробка друкованої плати.....                        | 43 |
| 6.2. Розрахунок надійності системи.....                   | 46 |
| 6.3. Розрахунок похибок .....                             | 50 |
| 7.ОХОРОНА ПРАЦІ.....                                      | 52 |
| 7.1. Охорона праці.....                                   | 52 |
| 7.2. Розробка заходів з охорони праці.....                | 53 |
| 7.3. Інструктажі з питань охорони праці.....              | 54 |
| ВИСНОВКИ.....                                             | 57 |
| ПЕРЕЛІК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ.....                          | 59 |

|                  |             |                 |               |            |                                                                                                                                   |                                    |             |               |
|------------------|-------------|-----------------|---------------|------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------|-------------|---------------|
|                  |             |                 |               |            | <b>МММТ 480.005.027- ПЗ</b>                                                                                                       |                                    |             |               |
| <b>Зм.</b>       | <b>Арк.</b> | <b>№ докум.</b> | <b>Підпис</b> | <b>Дат</b> |                                                                                                                                   |                                    |             |               |
| <b>Розробив</b>  |             | Тарчинець       |               |            | Комп'ютеризована інформаційно-вимірювальна система для визначення атмосферного тиску з розширеними функціями Пояснювальна записка | <b>Літ.</b>                        | <b>Арк.</b> | <b>Аркшів</b> |
|                  |             | Пількевич І.А.  |               |            |                                                                                                                                   |                                    | 5           | 60            |
| <b>Рецензен</b>  |             |                 |               |            |                                                                                                                                   | ДУ «Житомирська політехніка» МТК-3 |             |               |
| <b>Н. контр.</b> |             |                 |               |            |                                                                                                                                   |                                    |             |               |
| <b>Затверд.</b>  |             | Подчашинськи    |               |            |                                                                                                                                   |                                    |             |               |

## ВСТУП

Вимірювання атмосферного тиску має важливе значення у багатьох сферах:

1. Атмосферний тиск є одним з ключових параметрів, що використовуються для аналізу та прогнозування погодних умов, таких як утворення циклонів, антициклонів та атмосферних фронтів.

2. Точні дані про атмосферний тиск необхідні для безпечної та ефективної роботи літаків, оскільки він впливає на підйомну силу крил та роботу двигунів.

3. У багатьох промислових процесах, таких як дистиляція, сушіння та стерилізація, необхідно контролювати атмосферний тиск для забезпечення належних умов.

4. Моніторинг змін атмосферного тиску має велике значення в кліматології, геофізиці, метеорології та інших галузях науки.

5. Атмосферний тиск може впливати на стан здоров'я людей, особливо тих, хто страждає на певні захворювання, такі як серцеві та дихальні розлади.

6. Вимірювання атмосферного тиску допомагає передбачати погодні умови, що впливають на вирощування та збирання врожаю.

На сьогодні на ринку існує багато різних приладів для вимірювання атмосферного тиску на базі первинних перетворювачів: барометру, монOMETру, електронних датчиків тиску та розрідженого газу. Застосування кожного виду вимірювача тиску індивідуально для конкретного випадку. Більшість існуючих пристроїв вимірювання атмосферного тиску мають певні недоліки щодо точності, стабільності, надійності, високу вартість, зручності експлуатації або потребують періодичної калібрації та обслуговування.

Таким чином, точне вимірювання атмосферного тиску є актуальним для забезпечення надійного прогнозування погоди, безпеки в авіації, оптимізації промислових процесів, наукових досліджень, медичної діагностики та сільськогосподарської діяльності.

|     |      |          |        |     |                       |      |
|-----|------|----------|--------|-----|-----------------------|------|
|     |      |          |        |     | МММТ 480.005.027 - ПЗ | Арк. |
|     |      |          |        |     |                       | 6    |
| Зм. | Арк. | № докum. | Підпис | Дат |                       |      |

**Мета роботи:** Розробити комп'ютеризовану інформаційно-вимірювальну систему для визначення атмосферного тиску з розширеними функціями

**Задачі, які необхідно виконати для досягнення мети:**

1. Провести аналіз існуючих систем визначення атмосферного тиску;
2. Розробити структурну схему системи визначення атмосферного тиску;
3. Розробити принципову схему роботи визначення атмосферного тиску;
4. Розробити друковану плату визначення атмосферного тиску;
5. Розробити блок-схему алгоритму та написати відповідну програму до мікроконтролеру;
6. Розробити друковану плату та прорахувати розміри конструкції;
7. Розрахувати точність та надійність системи визначення атмосферного тиску.

|     |      |          |        |     |                       |      |
|-----|------|----------|--------|-----|-----------------------|------|
|     |      |          |        |     | МММТ 480.005.027 - ПЗ | Арк. |
|     |      |          |        |     |                       | 7    |
| Зм. | Арк. | № докum. | Підпис | Дат |                       |      |

# 1.ТЕХНІЧНЕ ЗАВДАННЯ

## 1.1 Призначення та область застосування

Комп'ютеризована інформаційно-вимірювальна система призначена для вимірювання атмосферного тиску .

Області застосування комп'ютеризованої інформаційно-вимірювальної системи наступні: метеорологія та погодні станції, промисловість та у наукових дослідженнях, геодезія та картографія, авіація та аерокосмічна промисловість.

Початок розробки 5 квітня 2024 року.

Кінець розробки 20 червня 2024 року.

## 1.2 Умови експлуатації

- Температура навколишнього середовища: від -10°C до 45°C;
- Відносна вологість в лабораторії до 85% при температурі 25°C;
- Атмосферний тиск 600-800 мм рт. ст.;
- Хімічно активні компоненти відсутні.
- Вібрація, тряска, удари: відсутні.
- Характер роботи: разової дії.
- Системна ремонтпридатна, відновлювальна;
- Живлення системи: 5 В.

## 1.3. Технічні параметри прилада

На вхід системи подається сигнал з двох барометричних датчиків, кнопки та джерела живлення. На вихід системи подається сигнал на дисплей, де виводиться виміряний атмосферний тиск та температура повітря. На інший вихід подається сигнал для світло діода, якій мерехтить кожні 6 секунд.

Режими роботи системи: автоматичний.

Напрацювання на відмову повинно складати не менше 13 000 годин.

|     |      |          |        |     |                       |      |
|-----|------|----------|--------|-----|-----------------------|------|
|     |      |          |        |     | МММТ 480.005.027 - ПЗ | Док. |
|     |      |          |        |     |                       | 8    |
| Зм. | Док. | № докum. | Підпис | Дат |                       |      |

Точність системи повиння становити не менше 6 мм рт. ст, похибка становитиме 1%.

Взаємозамінність блоків та вузлів виконується завдяки застосування уніфікованих блоків: мікроконтролеру, дисплея, світлодіода, барометричних датчиків, блока живлення.

#### **1.4.Вимоги до конструктивного оформлення**

Система розміщена в герметичному корпусі з розмірами 100х60х30 мм, з певними доробками під дисплей, світлодіод, кнопку та блок живлення.

Друкован плата з розміром 85 х 55 мм зафіксована в корпусі.

Дисплей використовується з інтрефеймои I2C.

|     |      |          |        |     |                       |      |
|-----|------|----------|--------|-----|-----------------------|------|
|     |      |          |        |     | МММТ 480.005.027 - ПЗ | Арк. |
|     |      |          |        |     |                       | 9    |
| Зм. | Арк. | № докum. | Підпис | Дат |                       |      |

## 2. ОГЛЯД ТА АНАЛІЗ ІСНУЮЧИХ СИСТЕМ

### 2.1. Загальна інформація про атмосферний тиск

Атмосферний тиск – це сила, що діє з боку атмосфери Землі на одиницю площі поверхні. Він вимірюється в одиницях тиску, наприклад, в паскалях (Па) або міліметрах ртутного стовпчика (мм рт.ст.).

Кілька ключових моментів про атмосферний тиск:

Він створюється вагою стовпа повітря над певною точкою на поверхні Землі.

На рівні моря середній атмосферний тиск становить близько 101,3 кПа або 760 мм рт.ст. Цей тиск називається нормальним атмосферним тиском.

Атмосферний тиск зменшується з висотою через зменшення маси повітряного стовпа вище.

Він відіграє важливу роль у багатьох атмосферних процесах, таких як утворення вітру, хмар та опадів.

Коливання атмосферного тиску використовуються для прогнозування погоди, оскільки низький тиск часто пов'язаний з негодою, а високий - із сонячною погодою.

Крім того, атмосферний тиск має значення для авіації, метеорології, фізичної географії та інших галузей науки.

Атмосферний тиск вимірюється за допомогою приладу, який називається барометр.

Барометр – це універсальний вимірювальний прилад для безпосереднього визначення величини атмосферного тиску (рис.2.1).



Рис 2.1 Зовнішній вигляд анероїдного барометра

|     |      |          |        |     |                       |      |
|-----|------|----------|--------|-----|-----------------------|------|
|     |      |          |        |     | МММТ 480.005.027 - ПЗ | Арк. |
|     |      |          |        |     |                       | 10   |
| Зм. | Арк. | № док.м. | Підпис | Дат |                       |      |

Існують кілька основних типів барометрів:

1. Ртутний барометр

Це найстаріший і найбільш точний тип барометра. Він складається із запаяної з одного кінця скляної трубки, що занурена відкритим кінцем у посудину з ртуттю. Різниця висоти стовпчиків ртуті всередині трубки і в посудині вимірює атмосферний тиск.

2. Анероїдний барометр

Він містить гнучку металеву коробочку, з якої видалене повітря. Коли атмосферний тиск змінюється, коробочка згинається, і це згинання передається на стрілку або електронний давач для показу тиску.

3. Барометр Бурдона

Це різновид анероїдного барометра, в якому використовується зігнута трубка еліптичного перерізу, з якої видалене повітря. Тиск повітря зовні згинає трубку, і це згинання передається на стрілку.

4. Цифровий барометр

Сучасні електронні барометри використовують напівпровідникові датчики тиску для вимірювання атмосферного тиску. Вони відображають значення цифрово на екрані.

Барометри широко використовуються в метеорології, авіації, при проведенні вимірювань висоти над рівнем моря та в багатьох інших сферах, де потрібно знати точне значення атмосферного тиску [1].

## 2.2. Існуючі системи вимірювання атмосферного тиску

Барометр MINGLE BKT381 рис.2.2. Виготовлений з високоякісного матеріалу ABS, твердого і міцного у використанні.?

Легка для читання шкала, точна міра висоти і барометричного тиску.

Без батареї, без технічного обслуговування, простий у використанні в дикій природі.

Поставляється з карабіном, портативним і зручним для перенесення.

|     |      |          |        |     |                       |      |
|-----|------|----------|--------|-----|-----------------------|------|
|     |      |          |        |     | МММТ 480.005.027 - ПЗ | Дрк. |
|     |      |          |        |     |                       | 11   |
| Зм. | Дрк. | № докum. | Підпис | Дат |                       |      |

Чудовий аксесуар для скелелазіння, катання на лижах та інших видів спорту на відкритому повітрі.



Рис 2.2. Зовнішній вигляд барометра MINGLE BKT381

Технічні характеристики:

- Матеріал: ABS;
- Діапазон вимірювання висотоміра: 0-5000 метрів;
- Діапазон тиску барометра: 580-1040hPa;
- Діапазон вимірювання температури: -30 за Цельсієм -50 за Цельсієм;
- Температура зберігання: -30 за Цельсієм -65 за Цельсієм;
- Коефіцієнт роздільної здатності: 20m;
- Діаметр циферблата: 60 мм / 2,4 дюйма;
- Розмір товару: 85 \* 68 \* 28 мм / 3,3 \* 2,7 \* 1,1 дюйма;
- Розмір упаковки: 14,5 \* 11 \* 3,5 см / 5,7 \* 4,3 \* 1,4 дюйма;
- Вага упаковки: 180g / 6.3oz.[2]

Барометр Altitude, 64 мм, латунь, Delite рис.2.3. Являє собою високочутливий барометр, торгової марки Altitude. З 2012 року право випуску продукції під брендом Altitude належить компанії Delite (Данія). Відмінний варіант для інтер'єру квартири, готелю, офісу.

|     |      |          |        |     |                       |      |
|-----|------|----------|--------|-----|-----------------------|------|
|     |      |          |        |     | МММТ 480.005.027 - ПЗ | Арк. |
| Зм. | Арк. | № док.м. | Підпис | Дат |                       | 12   |



Рис.2.3. Барометр Altitude (Delite)

Технічні характеристики:

- Корпус барометра виготовлений із високоякісного латунного листа завтовшки 0,8 мм.
- Прилад має дзеркально відполіровану поверхню із лаковим покриттям.
- Барометр оснащений акриловим склом.
- Точність виміру  $\pm 7$  мБар (hPa).
- Габаритні розміри:
  - діаметр приладу 64 мм;
  - зовнішній діаметр 97 мм;
  - висота 39 мм.[3]

Настінний механічний барометр Baro 132ТНВ рис.2.4.

Багатофункціональний настінний барометр Baro 132ТНВ у класичному металевому корпусі – ідеальний прилад для контролю атмосферного тиску, температури та вологості у вашій квартирі. Цей барометр є корисним інструментом для метеозалежних людей, а також для охочих спрогнозувати погоду на найближчу добу.

|     |      |          |        |     |                       |      |
|-----|------|----------|--------|-----|-----------------------|------|
|     |      |          |        |     | МММТ 480.005.027 - ПЗ | Адк. |
| Зм. | Адк. | № докum. | Підпис | Дат |                       | 13   |



Рис.2.4. Настінний механічний барометр Baro 132ТНВ

Baro 132ТНВ має кілька ключових переваг, що його відрізняють. Насамперед, він використовує безпечні механізми без використання ртуті, що робить його екологічно безпечним. Крім того, він має стильний зовнішній вигляд із двома кольоровими варіантами, що доповнюють будь-який інтер'єр. Його невисока ціна робить його доступним широкому колу користувачів.

Цей барометр може вимірювати атмосферний тиск, температуру та вологість, що дозволяє отримати повну інформацію про кліматичні умови у вашому приміщенні. Він має високу точність вимірювання і навіть дозволяє регулювати показання, що забезпечують максимальну точність.

Baro 132ТНВ підходить як для використання у приміщенні, так і на відкритому повітрі, що робить його універсальним інструментом для вимірювання кліматичних параметрів у різних умовах.

Характеристики:

- Тип виміру: Механічний;
- Принцип роботи: вплив атмосферного тиску на анероїдний чутливий елемент;
- Діапазон виміру тиску: від 980 до 1050 hPa;
- Діапазон виміру вологості: від 0 до 100%;

|     |      |          |        |     |                       |      |
|-----|------|----------|--------|-----|-----------------------|------|
|     |      |          |        |     | МММТ 480.005.027 - ПЗ | Арк. |
| Зм. | Арк. | № док.м. | Підпис | Дат |                       | 14   |

- Діапазон вимірювання температури: -20 до 60°C;
- Роздільна здатність: 1°C, 1% RH, 1 hPa;
- Межа припустимої похибки атмосферного тиску: hPa  $\pm 5$ ;
- Межа припустимої похибки відносної вологості:  $\pm 5\%$ ;
- Межа припустимої похибки температури повітря:  $\pm 2$  °C;
- Умови експлуатації: Температура °C -20+60/відносна вологість повітря до 98%;
- Кріплення: настінне;
- Матеріал: нержавіюча сталь, пластмаса;
- Розмір: 13 x 3,7 см.
- Вага: 130 гр.[4]

Барометр електронний testo 511 рис.2.5. Ручні барометри testo 511 застосовуються для вимірювання абсолютного тиску, необхідного для компенсації щільності при вимірюванні об'ємної витрати у повітроводах та виробничих процесах, а також для контролю перепаду тиску порівняно з атмосферним у чистих кімнатах лабораторій.



Рис.2.5. Ручний барометр testo 511

Цифровий барометр testo 511 здійснює вимірювання тиску у восьми розмірностях: гПа, мБар, Па, мм вод. ст., мм рт. ст, дюйми вод. ст., дюйми рт. ст., psi.

|     |      |          |        |     |                       |      |
|-----|------|----------|--------|-----|-----------------------|------|
|     |      |          |        |     | МММТ 480.005.027 - ПЗ | Адк. |
| Зм. | Адк. | № докum. | Підпис | Дат |                       | 15   |

Вимірювач абсолютного тиску testo 511 – компактний, інтуїтивно простий та максимально зручний у щоденному використанні прилад. З його допомогою ви зможете точно виміряти абсолютний тиск, враховуючи, що похибка вимірювань не перевищуватиме 3 гПа. Кишеньковий барометр testo 511 ідеально підійде для компенсації абсолютного тиску при вимірюванні об'ємної витрати повітря. А на підставі виміряного абсолютного тиску та введеної висоти над рівнем моря барометр автоматично розраховує барометричний тиск повітря. Додатково за допомогою приладу ви зможете виміряти барометричну висоту між двома точками.

У комплект поставки переносного барометра testo 511 входить шкіряний чохол із затискачем для кріплення на поясі, кришка для захисту дисплея, ремінець для перенесення, батарейки та заводський протокол калібрування.

Технічні характеристики:

- Тип: Цифровий барометр;
- Діапазон вимірів: 300...1 200 гПа;
- Похибка:  $\pm 3$  гПа;
- Одиниці виміру: Па, гПа, мБар, мм вод. ст., мм рт. Ст.;
- Вимірювання барометричного тиску води: Так;
- Вимірювання барометричної висоти між двома точками: Так;
- Робоча температура: 0...+50 °C;
- Тип батарейки: ААА, 2 шт;
- Габарити: 119 x 46 x 25 мм;
- Вага: 90 г;
- Офіційна гарантія: 24 місяці.[5]

Більшість існуючих пристроїв вимірювання атмосферного тиску мають певні недоліки щодо точності, стабільності, надійності, високу вартість, зручності експлуатації або потребують періодичної калібрації та обслуговування.

Враховуючі недоліки пропонується розробити вітчизняний пристрій для вимірювання атмосферного тиску.

|     |      |        |        |     |                       |      |
|-----|------|--------|--------|-----|-----------------------|------|
|     |      |        |        |     | МММТ 480.005.027 - ПЗ | Арк. |
|     |      |        |        |     |                       | 16   |
| Зм. | Арк. | № док. | Підпис | Дат |                       |      |

### 3. РОЗРОБКА СТРУКТУРНОЇ СХЕМИ

#### 3.1.Обґрунтування складових

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

- Система повинна вмикатися через кнопку;
- Вимірювати атмосферний тиск та температуру;
- Виводити виміряні дані атмосферного тиску та температури на дисплей;
- Світлове оповіщення роботи системи;
- Оброблювати входні сигнали з датчиків та подавати вихідні на дисплей та світло діод;
- Живитися комп'ютеризована інформаційно-вимірювальна система вимірювання атмосферного тиску повинна від батарейок.

Відповідно описаним функціям потрібні такі складові комп'ютеризованої системи вимірювання атмосферного тиску:

1. Мікроконтролер здійснює управління системи в цілому: приймає входні сигнали з кнопки, барометричних датчиків, обробляє виміряні значення та виводить на дисплей, виводить світлове оповіщення для індикації роботи;
2. Барометричний датчик для вимірювання значень атмосферного тиску та температури;
3. Кнопка для вмикання/вимикання роботи системи;
4. Світлодіод червоний для індикації роботи системи.
5. Дисплей для виводу виміряних значення атмосферного тиску та температури;
6. Блок живлення для подачі живлення системи.

|     |      |          |        |     |                       |      |
|-----|------|----------|--------|-----|-----------------------|------|
|     |      |          |        |     | МММТ 480.005.027 - ПЗ | Арк. |
|     |      |          |        |     |                       | 17   |
| Зм. | Арк. | № докum. | Підпис | Дат |                       |      |

### 3.2. Обґрунтування мікроконтролера

Використання мікроконтролера в пристрої для вимірювання атмосферного тиску забезпечує гнучкість, розширені можливості обробки даних, полегшує калібрування, підвищує точність вимірювань та дозволяє інтегрувати пристрій з іншими системами.

Мікроконтролер – це мініатюрний комп'ютер, вбудований на одному кристалі інтегральної схеми.

Основні складові мікроконтролера:

1.Центральний процесор (ЦП) – виконує обробку даних і інструкцій, керує роботою мікроконтролера.

2.Пам'ять програм (ПЗП) – зберігає програмний код, який виконується процесором.

3.Оперативна пам'ять (ОЗП, RAM) – використовується для зберігання тимчасових даних і змінних під час виконання програми.

4.Порти вводу/виводу (I/O) – забезпечують зв'язок мікроконтролера з зовнішніми пристроями, такими як датчики, дисплеї, клавіатури тощо.

5.Таймери/лічильники – використовуються для генерації затримок, вимірювання часових інтервалів та підрахунку подій.

6.Модулі послідовного інтерфейсу (UART, SPI, I2C) – дозволяють обмінюватися даними з іншими цифровими пристроями.

7.Аналого-цифровий перетворювач (АЦП) – перетворює аналогові сигнали, такі як напруга чи струм, у цифрові значення для обробки мікроконтролером.

8.Цифро-аналоговий перетворювач (ЦАП) – перетворює цифрові дані від мікроконтролера в аналогові сигнали для керування зовнішніми пристроями.

9.Модулі живлення та тактування – забезпечують живлення та синхронізацію роботи мікроконтролера.

Найпопулярніші серії мікроконтролерів включають:

1. AVR від Atmel (нині Microchip):

|     |      |          |        |     |                       |      |
|-----|------|----------|--------|-----|-----------------------|------|
|     |      |          |        |     | МММТ 480.005.027 - ПЗ | Арк. |
|     |      |          |        |     |                       | 18   |
| Зм. | Арк. | № докum. | Підпис | Дат |                       |      |

- ATmega, ATtiny – 8-біт RISC мікроконтролери;
- Широко використовуються в платформі Arduino.

## 2. PIC від Microchip:

- PIC16, PIC18, PIC24, PIC32 – 8-біт, 16-біт та 32-біт мікроконтролери;
- Популярні в промисловому та побутовому застосуванні.

## 3. ARM Cortex-M від ARM Holdings (нині Arm Ltd.):

- Cortex-M0, M0+, M3, M4, M7 – 32-біт мікроконтролери RISC;
- Використовуються в широкому діапазоні додатків від вбудованих до

Інтернету речей (IoT).

## 4. STM32 від STMicroelectronics:

- Засновані на ядрі ARM Cortex-M;
- STM32F, STM32L, STM32H – різні лінійки з різними можливостями.

## 5. RX від Renesas:

- RX600, RX200 – 32-біт мікроконтролери з підтримкою DSP;
- Популярні в промислових системах керування та автомобільній електроніці.

## 6. MSP430 від Texas Instruments:

- 16-біт мікроконтролери з низьким енергоспоживанням;
- Широко використовуються в портативних пристроях та системах збору даних.

## 7. ESP32 та ESP8266 від Espressif Systems:

- 32-біт мікроконтролери з вбудованим Wi-Fi модулем;
- Популярні в проектах Інтернету речей (IoT).

## 8. XMEGA від Microchip (колишній AVR):

- 8/16-біт мікроконтролери з розширеними функціями;
- Використовуються в промислових додатках та засобах автоматизації.[6]

Ці серії охоплюють широкий діапазон архітектур, продуктивності, споживання енергії та цін, що дозволяє вибрати відповідний мікроконтролер

|     |      |          |        |     |                       |      |
|-----|------|----------|--------|-----|-----------------------|------|
|     |      |          |        |     | МММТ 480.005.027 - ПЗ | Док. |
| Зм. | Док. | № докum. | Підпис | Дат |                       | 19   |

для різноманітних застосувань - від простих вбудованих систем до складних промислових пристроїв.

Враховуючі, популярність, сумісність з датчиками та простоту програмування обираємо мікроконтролер ATmega328P.

### 3.3. Обґрунтування барометричного датчика

Барометричний датчик – це пристрій, який використовується для вимірювання атмосферного тиску. Існують різні типи барометричних датчиків, але найпоширенішими є:

1. П'єзорезистивні датчики. Вони містять п'єзорезистивний матеріал (наприклад, кремнієву мембрану), опір якого змінюється при деформації під дією атмосферного тиску. Ця зміна опору перетворюється в електричний сигнал, пропорційний тиску.

2. Ємнісні датчики. У цих датчиках одна пластина конденсатора є нерухомою, а інша – гнучкою мембраною, яка деформується під дією тиску. Зміна відстані між пластинами призводить до зміни ємності конденсатора, яка вимірюється і перетворюється в значення тиску.

3. П'єзоелектричні датчики. Вони використовують п'єзоелектричний ефект, при якому в деяких матеріалах (наприклад, кварці) при механічній деформації виникає електричний заряд. Цей заряд вимірюється і перетворюється в значення тиску.

4. Резонансні датчики. У цих датчиках використовується коливальна система (наприклад, кремнієва балка), частота коливань якої змінюється під дією атмосферного тиску. Зміна частоти вимірюється і перетворюється в значення тиску.[7]

Датчики атмосферного тиску можуть бути аналоговими або цифровими, з різними діапазонами вимірювання та точністю. Враховуючі сумісність з мікроконтролером Atmega328, вимірювання атмосферного тиску та температури, обираємо датчик тиску та температури BMP180.

|     |      |          |        |     |                       |      |
|-----|------|----------|--------|-----|-----------------------|------|
|     |      |          |        |     | МММТ 480.005.027 - ПЗ | Арк. |
|     |      |          |        |     |                       | 20   |
| Зм. | Арк. | № докum. | Підпис | Дат |                       |      |

### 3.4. Обґрунтування дисплею

Дисплей – це візуальний пристрій, який демонструє дані в різних формах, таких як текст, малюнки, графіка чи відео. Дисплеї використовуються в багатьох електронних пристроях: смартфонах, телевізорах, комп'ютерних моніторах, ноутбуках, планшетах, годинниках, панелях приладів автомобілів тощо. Існують різноманітні типи дисплеїв з унікальними характеристиками. Ось найбільш поширені з них:

1. Рідкокристалічні (LCD) – відображають інформацію за допомогою рідких кристалів, які регулюють пропускання світла.

2. Світлодіодні (LED) – складаються з великої кількості світлодіодів, які формують піксельне зображення.

3. Плазмові (PDP) – використовують суміш інертних газів, яка світиться під дією електричного розряду.

4. Електролюмінісцентні (EL) – створюють зображення шляхом люмінесценції від прикладеної напруги.

5. Електронно-променеві трубки (ЕПТ) – зображення формується електронним променем, що вдаряється у люмінофор на екрані.

6. Проекційні – проектують зображення за допомогою світлодіодів, лазерів чи ламп на екран або поверхню.

7. Електрохромні – змінюють колір та прозорість під дією електричного струму.

8. Електронні чорнила (E-ink) – імітують зовнішній вигляд звичайного паперу шляхом переорієнтації частинок фарби.

Обираємо дисплей, враховуючі сумісність з мікроконтролером, кількістю знаків для виводу атмосферного тиску та температури, живлення обираємо дисплей LCD 1602 інтерфейсом I2C, якій має 2 строчки по 16 символів [8].

|     |      |          |        |     |                       |      |
|-----|------|----------|--------|-----|-----------------------|------|
|     |      |          |        |     | МММТ 480.005.027 - ПЗ | Арк. |
|     |      |          |        |     |                       | 21   |
| Зм. | Арк. | № докum. | Підпис | Дат |                       |      |

### 3.5. Обґрунтування індикації

Для індикації роботи пропонується використати червоний світлодіод.

Світлодіод (СД або LED – світловипромінюючий діод) – це напівпровідниковий пристрій, який випромінює світло при пропусканні через нього електричного струму. Основні характеристики та принцип роботи світлодіода:

1. Будова: Світлодіод складається з напівпровідникового кристалу, виготовленого з матеріалів III-V груп (наприклад, GaAsP, GaP), III-N груп (GaN) або органічних сполук. Кристал розміщений в корпусі з прозорою лінзою.

2. Принцип роботи: При пропусканні струму через р-п перехід напівпровідника, електрони переходять з області n-типу в область р-типу, рекомбінуючи з дірками. Ця рекомбінація супроводжується випромінюванням фотонів у видимому або інфрачервоному діапазоні.

3. Колір випромінювання: Довжина хвилі та колір випромінюваного світла залежить від складу та домішок напівпровідникового матеріалу. Доступні різні кольори: червоний, зелений, синій, білий та інші.

4. Переваги світлодіодів:

- Висока енергоефективність;
- Тривалий термін служби;
- Компактний розмір;
- Стійкість до вібрацій та ударів;
- Низьке тепловиділення;
- Можливість регулювання яскравості.

5. Застосування: Світлодіоди широко використовуються в різноманітних галузях, таких як освітлення, дисплеї, індикатори, оптичні передавачі даних, автомобільна промисловість тощо.

Пропонується використати червоний led світлодіод, який буде сумісний по напрузі живлення з мікроконтролером.

|     |      |          |        |     |                       |      |
|-----|------|----------|--------|-----|-----------------------|------|
|     |      |          |        |     | МММТ 480.005.027 - ПЗ | Док. |
|     |      |          |        |     |                       | 22   |
| Зм. | Док. | № докum. | Підпис | Дат |                       |      |

### 3.6. Обґрунтування блока живлення

Блок живлення – це пристрій, який перетворює вхідне джерело електроенергії (наприклад, змінний струм з електромережі) в необхідні для роботи електронних пристроїв види енергії (постійний струм різних напруг).

Типи блоків живлення:

1. Лінійні – простіші, але менш ефективні. Використовують трансформатор і лінійний стабілізатор.
2. Імпульсні – більш ефективні та компактні. Використовують високочастотні імпульсні перетворювачі замість трансформатора.
3. Модульні – окремі блоки для встановлення в пристрої, забезпечують швидку заміну.

Основні характеристики блоків живлення – потужність, вихідна напруга, стабільність, ефективність, надійність. Вони використовуються практично в будь-якій електронній апаратурі – комп'ютерах, зарядних пристроях, аудіо/відео системах, промисловому обладнанні тощо [9].

Пропонується використати модульний та автономний блок живлення, враховуючі живлення всіх елементів системи.

### 3.7. Обґрунтування кнопки

Для вмикання та вимикання системи пропонується використати кнопку.

Кнопки дуже широко використовуються в електроніці для різних цілей. Ось деякі основні види кнопок та їх застосування в електронних пристроях:

1. Тактові кнопки – прості кнопкові перемикачі, які замикають або розмикають коло при натисканні. Використовуються для запуску операцій, скидання, ввімкнення/вимкнення тощо.
2. Кнопки-штовхачі – циліндричні кнопки, які при натисканні висуваються, а при повторному натисканні повертаються у вихідне положення. Застосовуються для тимчасового ввімкнення/вимкнення функцій.

|     |      |        |        |     |                       |      |
|-----|------|--------|--------|-----|-----------------------|------|
|     |      |        |        |     | МММТ 480.005.027 - ПЗ | Док. |
| Зм. | Док. | № док. | Підпис | Дат |                       | 23   |

3. Поворотні кнопки – обертові кнопки, які змінюють значення якогось параметра залежно від кута повороту. Наприклад, для регулювання гучності.

4. Мембранні кнопки – плоскі гумові або пластикові кнопки без механічного ходу. Широко використовуються в портативній електроніці завдяки компактності.

5. Сенсорні кнопки – кнопки, що активуються при торканні ємнісним або резистивним сенсором. Зустрічаються на сенсорних панелях та екранах.

6. Кодувальні кнопки – кнопки, що передають закодовану комбінацію сигналів залежно від натискання. Використовуються в пультах керування та клавіатурах.[10]

Пропонується використати тактов унопку для системи.

### 3.8. Структурна схема

Структурна схема – це умовне графічне зображення, яке відображає основні складові частини деякого пристрою, системи або процесу, а також зв'язки між ними.

Структурна схема допомагає візуалізувати загальну концепцію побудови об'єкта, не заглиблюючись у деталі реалізації. Вона виконує роль спрощеної блок-схеми, де кожен блок представляє певний функціональний вузол чи елемент системи.

Основні властивості структурної схеми:

1. Наочність – схема дає чітке уявлення про внутрішню будову об'єкта.
2. Абстрактність – показує лише основні компоненти і зв'язки між ними, приховуючи деталі реалізації.
3. Умовність – використовує стандартизовані графічні позначення для блоків і зв'язків.
4. Ієрархічність – дозволяє розбивати складні системи на підсистеми різних рівнів абстракції.

|     |      |          |        |     |                       |      |
|-----|------|----------|--------|-----|-----------------------|------|
|     |      |          |        |     | МММТ 480.005.027 - ПЗ | Арк. |
|     |      |          |        |     |                       | 24   |
| Зм. | Арк. | № докum. | Підпис | Дат |                       |      |

Структурні схеми широко застосовуються в різних галузях, таких як електроніка, програмування, теорія управління, організація виробництва. Вони полегшують розуміння принципів роботи систем, допомагають в проектуванні та аналізі.

Головна перевага структурних схем – компактне і наочне представлення складних об'єктів, що значно спрощує їх сприйняття і подальшу розробку.[11]

Враховуючі, функції системи та складові побудуємо структурну схему.

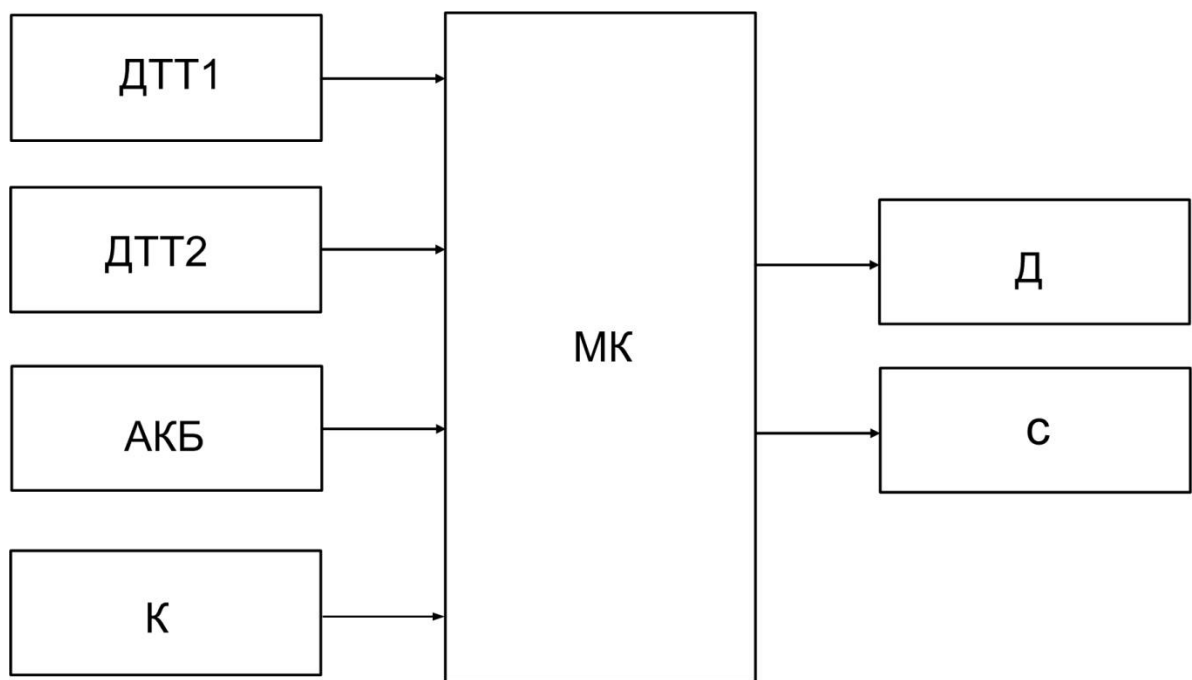


Рис 3.1 Структурна схема системи

Складові системи:

1. ДТТ1, ДТТ2 – датчик тиску та температури;
2. АКБ – акумуляторна батарея;
3. К – кнопка ;
4. МК – мікроконтролер;
5. Д – дисплей;
6. С – світлодіод.

## 4. РОЗРОБКА ПРИНЦИПОВОЇ СХЕМИ

### 4.1 Вибір мікроконтролера

Серед численних мікроконтролерів, що застосовуються в Arduino платформі, ATmega328 (рис.4.1, 4.2) посідає чільне місце за поширеністю використання. Розроблений колишньою компанією Atmel, яка нині є частиною Microchip Technology, даний мікроконтролер знайшов широке застосування у сферах вбудованих систем, створення прототипів пристроїв та розробці різноманітних гаджетів і пристроїв.



Рис.4.1. Мікроконтролер ATmega328P

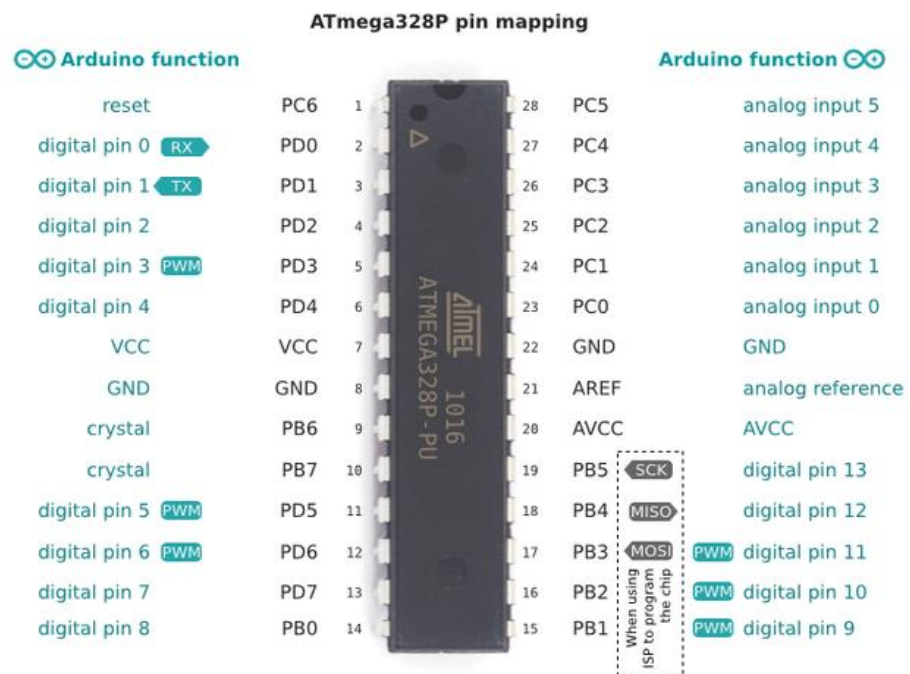


Рис 4.2. Розпіновка мікроконтролера ATmega328P

## Основні характеристики мікроконтролера ATmega328:

- Сімейство: ATMEGA;
- Напруга живлення: 1.8...5.5В;
- Об'єм Flash-пам'яті: 32кБ;
- Об'єм пам'яті EEPROM: 1кБ;
- Об'єм пам'яті SRAM: 2кБ;
- Тактова частота: 20 МГц;
- Інтерфейс :debugWIRE, I2C, SPI x2, UART;
- Особливості, периферія: watchdog, вбудований датчик температури, резонатор 32кГц для РТС;
- Кількість таймерів: 8біт 2;
- Кількість таймерів: 16біт 1;
- Кількість компараторів: 1;
- Кількість перетворювачів: A/D 10біт 8;
- Кількість каналів: input capture 1;
- Кількість каналів: output compare 6;
- Кількість зовнішніх переривань; 24;
- Кількість каналів ШІМ: 6;
- Кількість ємнісних каналів: 16.[12]

## 4.2.Вибір дисплею

Для вимірювань значень атмосферного тиску та температури пропонується використати дисплей LCD1602 рис.4.3.



Рис 4.3.Зовнішній вигляд дисплею lcd1602

|     |      |          |        |     |                       |      |
|-----|------|----------|--------|-----|-----------------------|------|
|     |      |          |        |     | МММТ 480.005.027 - ПЗ | Арк. |
|     |      |          |        |     |                       | 27   |
| Зм. | Арк. | № док.м. | Підпис | Дат |                       |      |

Рідкокристалічний дисплей (Liquid Crystal Display) LCD 1602 є добрим вибором для виведення рядків символів у різних проектах. Він коштує недорого, є різні модифікації з різними кольорами підсвічування, ви можете легко завантажити готові бібліотеки для скетч Ардуїно.

Але найголовнішим недоліком цього екрану є той факт, що дисплей має 16 цифрових висновків, з яких обов'язковими є мінімум 6. Тому використання цього екрану LCD без і2с додає серйозні обмеження для плат Arduino Uno або Nano. Якщо контактів не вистачає, вам доведеться купувати плату Arduino Mega або ж заощадити контакти, в тому числі за рахунок підключення дисплея через і2с.

Технічні характеристики дисплея:

- Символьний тип відображення є можливість завантаження символів;
- Світлодіодна підсвітка;
- Контролер HD44780;
- Напруга живлення 5В;
- Формат 16x2 символів;
- Діапазон робочих температур від -20°C до +70°C, діапазон температур зберігання від -30°C до +80°C;
- Кут огляду 180 градусів.[13]

Стандартна схема приєднання монітора безпосередньо до мікроконтролера Ардуїно по I2C виглядає як на рис.4.4.

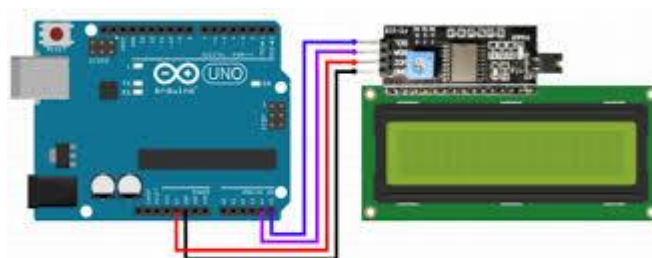


Рис.4.4. Стандартна схема приєднання дисплея до Ардуїно по I2C

Таке підключення дозволяє секономити виводи.

|     |      |          |        |     |                       |      |
|-----|------|----------|--------|-----|-----------------------|------|
|     |      |          |        |     | МММТ 480.005.027 - ПЗ | Арк. |
| Зм. | Арк. | № докum. | Підпис | Дат |                       | 28   |

### 4.3 Вибір барометричного датчику

Для вимірювання атмосферного тиску та температури пропонується використати барометричний датчик BMP180.



Рис 4.3. Датчик тиску та температури BMP180

Барометр BMP180 – це датчик атмосферного тиску з функцією вимірювання температури. Управляється по шині I2C (TWI).

Характеристики:

- діапазон вимірювань: 300 - 1100 гПа (9000 ... -500 метрів над рівнем моря);
- пропускна здатність: 0.03 гПа / 0.25 м;
- діапазон виміру температур: -40 to + 85 ° C (точність  $\pm 2$  град);
- управління по шині I2C;
- напруга живлення: 2 - 5V;
- споживання в режимі очікування: 0,1 мкА;
- модель: GY-65.[14]

Шина ІІС передбачає підключення декількох приладів (теоретично до 127). З'єднаємо датчик і дисплей як вказано на схемі:

|     |      |          |        |     |                       |      |
|-----|------|----------|--------|-----|-----------------------|------|
|     |      |          |        |     | МММТ 480.005.027 - ПЗ | Арк. |
|     |      |          |        |     |                       | 29   |
| Зм. | Арк. | № док.м. | Підпис | Дат |                       |      |

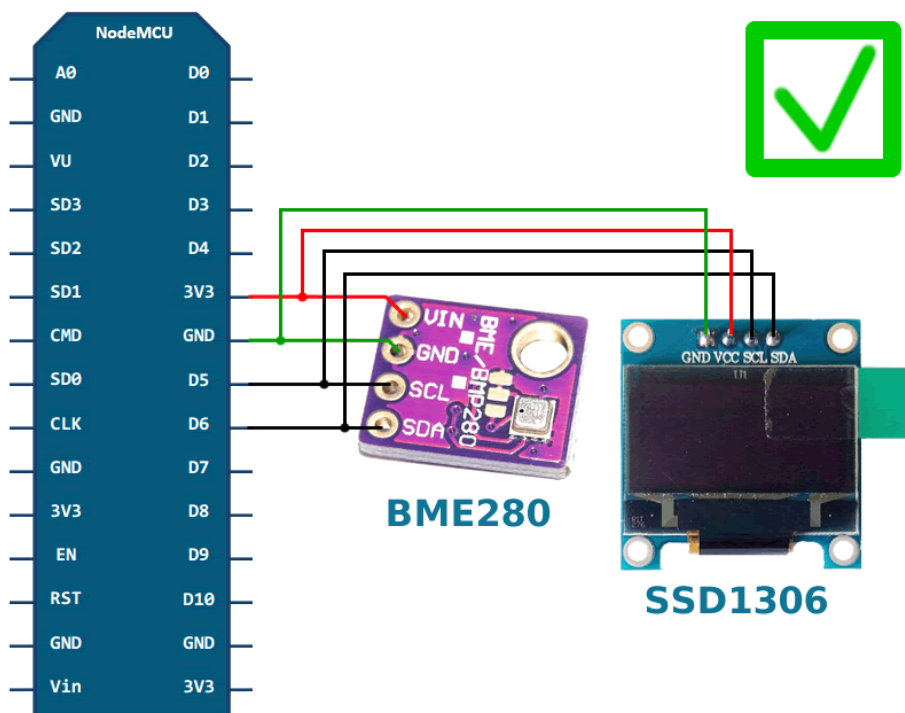


Рис 4.4. Датчик тиску та температури BMP180

На модулях дисплея і датчика вже встановлені підтягуючі резистори для ліній шини SDA і SCL, тому їх додавати не потрібно. При такій схемі виконується ініціалізація всіх приладів лише один раз і подальша робота не вимагає пере-ініціалізації ІС. Таке підключення приладів, які працюють по шині ІС є коректним. Приклад роботи датчика BME280 з дисплеєм SSD1306 та LCD1602.[15]

#### 4.4 Вибір індикації

Діод D1 вимикає підсвічування індикатора, коли живлення відсутнє. Це дозволяє подовжити час автономної роботи барометра, використовуючи енергію, яка зберігається в конденсаторі C1.

Світлодіод HL1 спалахує кожні 6 секунд, повідомляючи про оновлення результатів вимірювань на дисплеї барометра. Використовується червоний світлодіод діаметром 3 мм моделі L-1154GT від компанії Kingbright.

Світлодіод L-1154GT від компанії Kingbright представлений на рис.4.5.

|     |      |          |        |     |                       |      |
|-----|------|----------|--------|-----|-----------------------|------|
|     |      |          |        |     | МММТ 480.005.027 - ПЗ | Арк. |
|     |      |          |        |     |                       | 30   |
| Зм. | Арк. | № док.м. | Підпис | Дат |                       |      |



Рис.4.5.Червоний світлодіод моделі L-1154GT від компанії Kingbright

Технічні характеристики:

- Діаметр: 3mm;
- Колір світіння: Червоний;
- Довжина хвилі: 625-630nm;
- Корпус: Червоний дифузний;
- Яскравість: 500-700mcd;
- Кут світіння: 60° ;
- Напруга: 1.6-2.0V;
- Довжина висновків: 17mm.[16]

#### 4.5.Вибір кнопки

Тактові кнопки – це невеликі електромеханічні компоненти, які використовуються для встановлення тимчасового електричного з'єднання при натисканні. Вони складаються з рухомих частин та контактів, які замикаються під час натискання кнопки.

Особливості:

Компактний розмір та плоска форма для зручного натискання пальцем або іншим предметом.

|     |      |        |        |     |                       |      |
|-----|------|--------|--------|-----|-----------------------|------|
|     |      |        |        |     | МММТ 480.005.027 - ПЗ | Арк. |
|     |      |        |        |     |                       | 31   |
| Зм. | Арк. | № док. | Підпис | Дат |                       |      |

Внутрішні контакти, які з'єднуються на короткий проміжок часу при натисканні, замикаючи електричне коло.

Різні типи кріплення: монтаж на панелі, вбудований монтаж, вбудований в корпус пристрою тощо.

Доступні різноманітні матеріали корпусу: пластик, метал та їх комбінації.

Можливість вибору типу активації: натискна, утоплена, випукла тощо.

Довговічність та стійкість до зношування для забезпечення надійної роботи.

Тактові кнопки широко використовуються в електронних пристроях, панелях керування, іграх та автоматичі для ініціювання різних дій або команд одним натисканням.



Рис 4.6. Тактова кнопка

Технічні характеристики:

- Діапазон температур: -20 °C ... +60 °C;.
- Опір контактів: 30 мОм;
- Максимальна напруга: 250В (протягом 1 хвилини);
- Ліміт натисків: 10 000;
- Живлення: до 12 В.[17]

|     |      |          |        |     |                       |      |
|-----|------|----------|--------|-----|-----------------------|------|
|     |      |          |        |     | МММТ 480.005.027 - ПЗ | Арк. |
|     |      |          |        |     |                       | 32   |
| Зм. | Арк. | № докum. | Підпис | Дат |                       |      |

#### 4.6. Вибір акумулятора

Для живлення системи потрібно обрати конкретний блок живлення.

Враховавши те, що всі елементи запитуються від мікроконтролера. А мікроконтролер може живитися напругою до 5В. Тому обираємо акумуляторну батарею на 5 В.

Пропонується використати акумулятор на батарейкайках на 4,8 V вольт В 2300 Mah Ni-Mh рис.4.7.

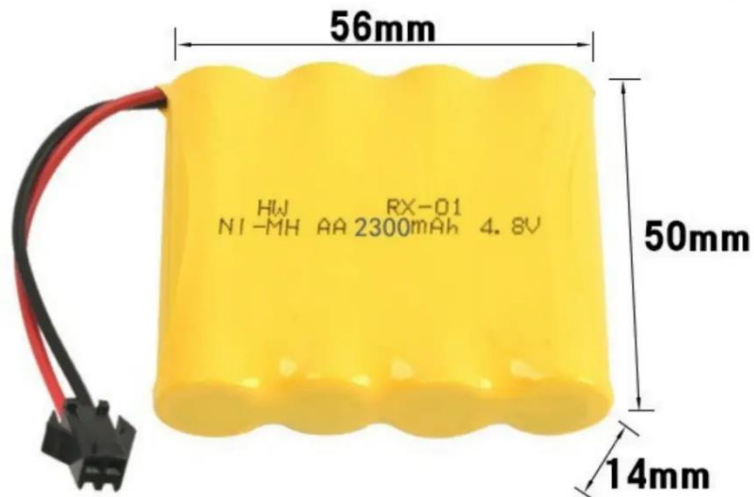


Рис 4.7. Акумулятор на 4,8 V вольт В 2300 Mah Ni-Mh

Характеристики акумулятора на 4,8 В 2300 Mah Ni-Mh:

- Країна виробник: Китай;
- Тип: Акумулятор;
- Тип акумулятора: Ni-Cd;
- Місткість акумулятора: 2300 мА/год;
- Напруга акумулятора: 4.8 В;
- Тип силового роз'єму: JST;
- Довжина: 56 мм;
- Ширина: 14 мм;
- Висота: 50 мм;
- Вага: 100 г.[18]

|     |      |          |        |     |                       |      |
|-----|------|----------|--------|-----|-----------------------|------|
|     |      |          |        |     | МММТ 480.005.027 - ПЗ | Арк. |
|     |      |          |        |     |                       | 33   |
| Зм. | Арк. | № док.м. | Підпис | Дат |                       |      |

#### 4.7. Побудова принципово-електричної схеми

Принципова електрична схема – це графічне зображення, яке показує з'єднання різних електронних компонентів та їх взаємодію в електричному колі. Вона є основним документом для опису функціонування електронного пристрою чи системи.

Принципова схема використовує стандартизовані умовні графічні позначення для представлення компонентів, таких як резистори, конденсатори, діоди, транзистори, мікросхеми тощо, а також з'єднувальні лінії для показу електричних зв'язків між ними.

Основні функції принципової електричної схеми:

1. Візуалізація принципу роботи електричного кола та взаємозв'язків між його елементами.
2. Надання інформації для проектування, виготовлення та ремонту електронних пристроїв.
3. Допомога в аналізі роботи схеми та пошуку несправностей.
4. Забезпечення стандартизованого способу документування електронних схем.

Принципові схеми можуть бути простими, з декількома компонентами, або дуже складними, що містять сотні чи тисячі елементів. Вони є невід'ємною частиною проектування будь-якого електронного пристрою чи системи, оскільки дозволяють інженерам передбачити та візуалізувати роботу кола ще до його виготовлення.

Враховуючі структурну схему системи, обрані складові елементи системи, їх технічні характеристики побудуємо принципову схему системи рис.4.8.

|     |      |          |        |     |                       |      |
|-----|------|----------|--------|-----|-----------------------|------|
|     |      |          |        |     | МММТ 480.005.027 - ПЗ | Арк. |
|     |      |          |        |     |                       | 34   |
| Зм. | Арк. | № докum. | Підпис | Дат |                       |      |

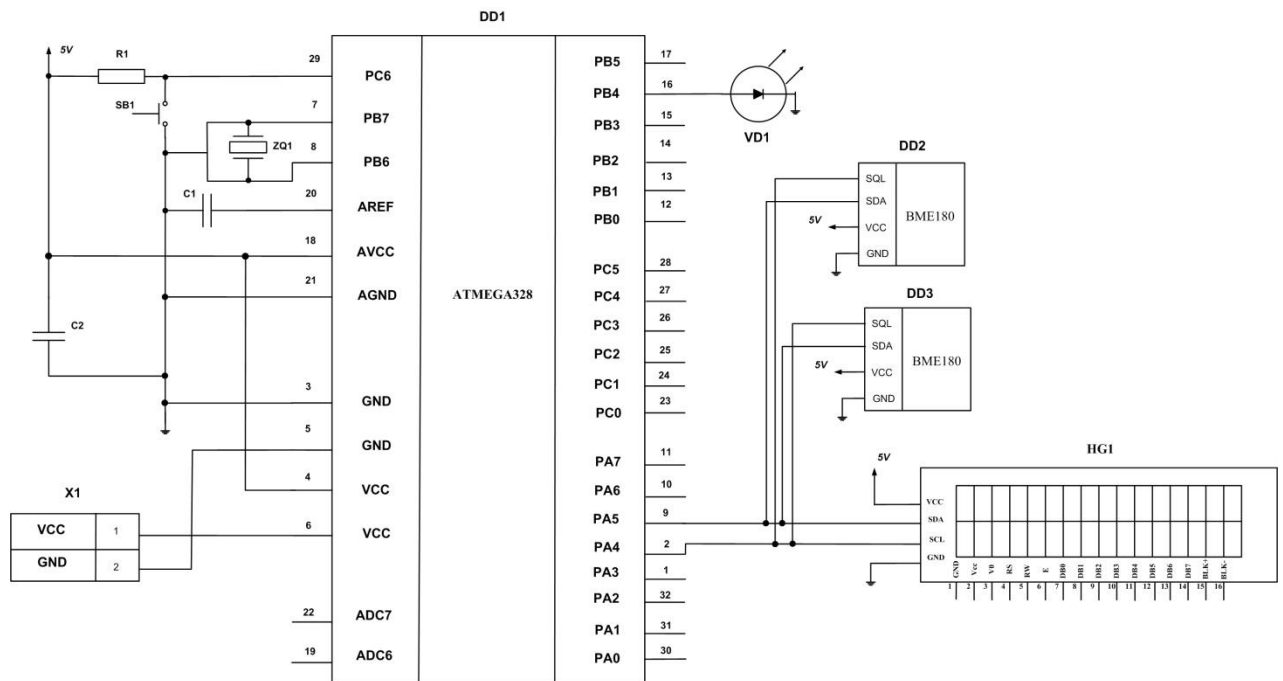


Рис 4.8. Принципова схема комп'ютеризованої інформаційно-вимірювальної системи для визначення атмосферного тиску з розширеними функціями

Складові елементи наступні:

- DD1 – мікроконтролер Atmega328;
- DD2, DD3 – барометричний датчик BME280;
- HG1 – ЖК-дисплей LCD-1602 з I2C;
- VD1 – світлодіод червоний L-1154GT;
- SB1 – тактова кнопка TTS5;
- R1 – 1 кОм;
- C1 – 100нФ;
- C2 – 4,7мкФ;
- ZQ1 – кварцевий резонатор 16МГц;
- X1 – роз'єм для акумулятора 4,8В.

## 5. РОЗРОБКА ПРОГРАМИ ТА АЛГОРИТМУ

### 5.1. Побудова алгоритму

Блок-схема алгоритму – це графічне зображення послідовності дій або кроків, які необхідно виконати для розв'язання певної задачі або досягнення мети. Вона є візуальним поданням алгоритму, що допомагає краще зрозуміти логіку і послідовність виконання операцій.

Блок-схема складається з різних символів, з'єднаних між собою стрілками, які вказують напрямок виконання. Основними елементами блок-схеми є:

1. Початок/Кінець – вказує на початок або завершення алгоритму.
2. Дія/Процес – представляє окремий крок або операцію, яку потрібно виконати.
3. Рішення/Умова – використовується для розгалуження алгоритму на основі певної умови (істина/хибність).
4. Введення/Виведення – вказує на операції введення або виведення даних.
5. Стрілки - показують напрямок руху алгоритму.

Блок-схеми допомагають візуалізувати та аналізувати логіку алгоритмів, полегшують розуміння послідовності операцій і забезпечують стандартизований спосіб представлення алгоритмів. Вони широко використовуються в програмуванні, проектуванні систем, документації процесів та інших галузях, де необхідно чітко визначити і проілюструвати послідовність дій.

Блок-схеми особливо корисні для складних алгоритмів з розгалуженнями, циклами та вкладеними структурами, оскільки дозволяють наочно відобразити їхню логіку та взаємодію між різними частинами алгоритму.

|     |      |          |        |     |                       |      |
|-----|------|----------|--------|-----|-----------------------|------|
|     |      |          |        |     | МММТ 480.005.027 - ПЗ | Арк. |
|     |      |          |        |     |                       | 36   |
| Зм. | Арк. | № докum. | Підпис | Дат |                       |      |

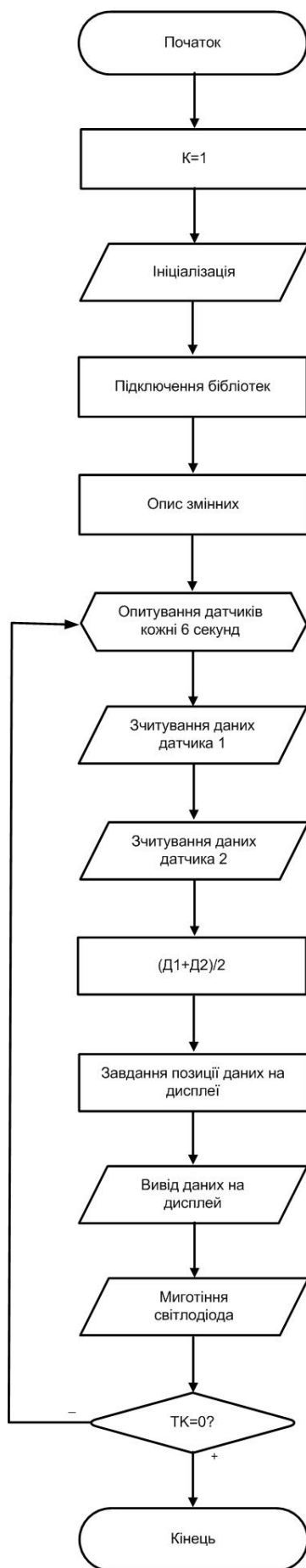


Рис 5.1. Алгоритм програми

|     |      |          |        |     |
|-----|------|----------|--------|-----|
|     |      |          |        |     |
|     |      |          |        |     |
| Зм. | Арк. | № докум. | Підпис | Дат |

МММТ 480.005.027 - ПЗ

Арк.

37

Ось опис алгоритму

1. Початок: Включення системи при натисканні кнопок.
2. Підключення бібліотек: Підключення необхідних бібліотек, які використовуються для роботи з датчиками температури та тиску, а також для роботи з дисплеєм.
3. Ініціалізація. Опис вхідних та вихідних портів. Підключення дисплея.
4. Опитування датчиків кожні 6 секунд: Являє собою цикл, який працює кожні 6 секунд.
5. Зчитування даних першим датчиком: Запуск опитування першого барометричного датчику.
6. Зчитування даних другим датчиком: Запуск опитування першого барометричного датчику.
7. Обробка виміряних даних: Розрахунок середнього значення з двох датчиків.
8. Вивід даних на дисплей: Виведення оброблених даних температури та тиску на дисплей.
9. Миготіння світлодіода, як індикація роботи системи кожні 6 секунд.
10. Опитування кнопки чи вона виключена. Якщо виключена, то програма йде на кінець. Якщо кнопка включена, то програма зациклюється.
11. Кінець: Завершення алгоритму та виключення системи.

## 5.2. Розробка програми

|     |      |          |        |     |                       |      |
|-----|------|----------|--------|-----|-----------------------|------|
|     |      |          |        |     | МММТ 480.005.027 - ПЗ | Арк. |
|     |      |          |        |     |                       | 38   |
| Зм. | Арк. | № докum. | Підпис | Дат |                       |      |

## 6 КОНСТРУКТОРСЬКА ЧАСТИНА

### 6.1 Розробка друкованої плати

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.[19]

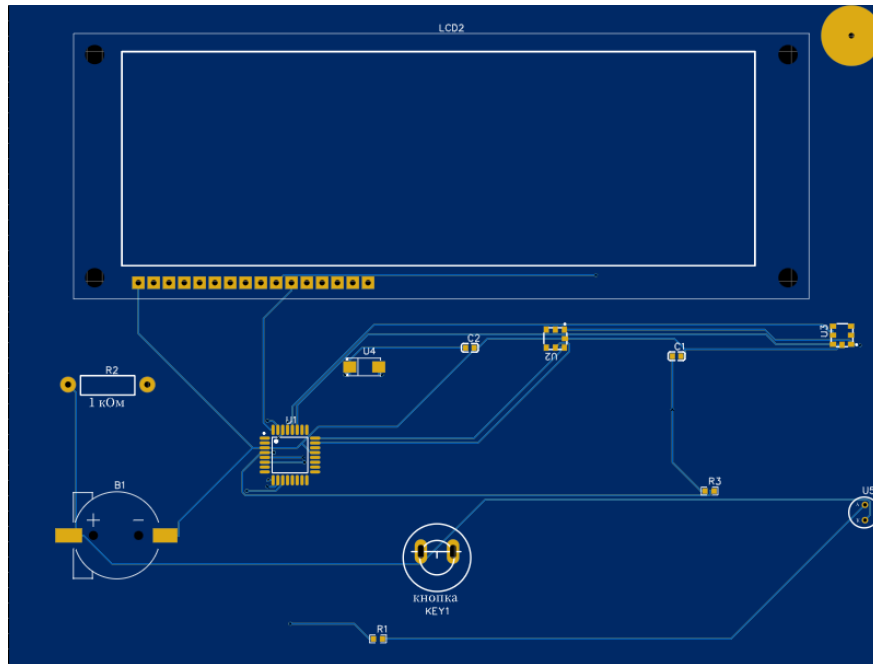


Рис 6.1. Друкована плата, верхня сторона

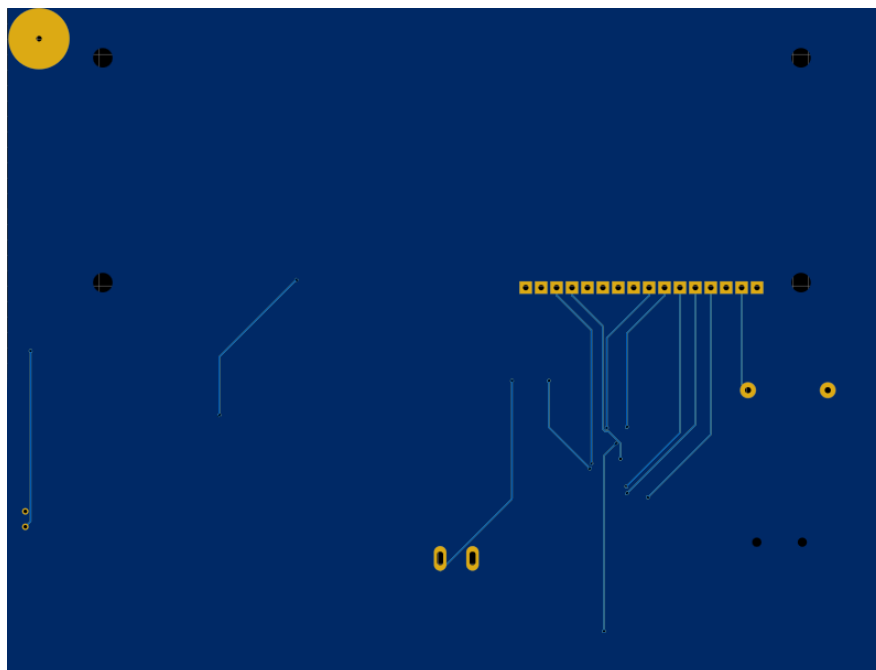


Рис 6.2. Друкована плата, нижня сторона

|     |      |                                          |        |     |      |
|-----|------|------------------------------------------|--------|-----|------|
|     |      | Плата складається з наступних елементів: |        |     | Арк. |
|     |      |                                          |        |     | 39   |
| Зм. | Арк. | № док.м.                                 | Підпис | Дат |      |

МММТ 480.005.027 - ПЗ

$$\lambda = 68,8 \cdot 10^{-6} \text{ 1/год.}$$

На графіку, приведеному на рис 6.1 приведена залежність надійності  $P(t)$ .

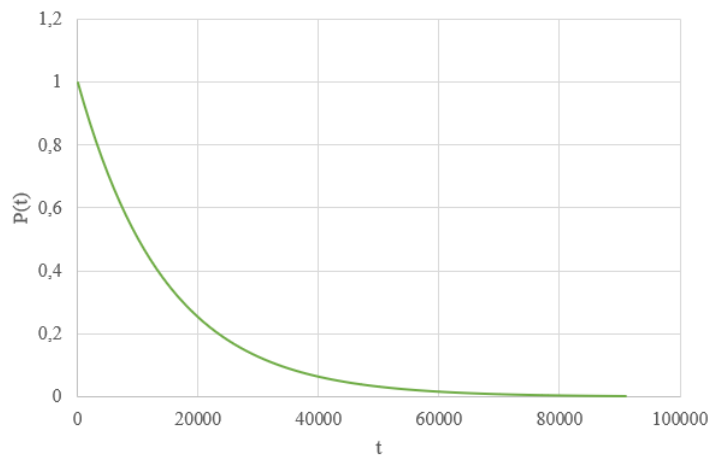


Рис 6.1. Ймовірність безвідмовної роботи виробу протягом часу  $t$

$$T = (68,8012 \cdot 10^{-6})^{-1} = 14\,535 \text{ годин}$$

### 6.3 Розрахунок похибок

|     |      |          |        |     |                       |      |
|-----|------|----------|--------|-----|-----------------------|------|
|     |      |          |        |     | МММТ 480.005.027 - ПЗ | Арк. |
|     |      |          |        |     |                       | 40   |
| Зм. | Арк. | № докum. | Підпис | Дат |                       |      |

## 7. ОХОРОНА ПРАЦІ

### 7.1. Охорона праці

Охорона праці – це система правових, соціально-економічних, організаційно-технічних, санітарно-гігієнічних і лікувально-профілактичних заходів та засобів, спрямованих на збереження життя, здоров'я і працездатності людини у процесі трудової діяльності.

Охорона праці є вкрай важливим аспектом у будь-якій сфері діяльності, оскільки забезпечує безпечні та здорові умови праці для працівників. Ось деякі ключові моменти щодо охорони праці:

1. Нормативні вимоги: Існують закони, нормативні акти та стандарти, які регулюють вимоги до охорони праці на різних підприємствах і в організаціях. Роботодавці зобов'язані дотримуватися цих вимог для захисту здоров'я та безпеки працівників.

2. Оцінка ризиків: Роботодавці повинні проводити оцінку ризиків на робочих місцях, виявляти потенційні загрози та вживати заходів для усунення або мінімізації цих ризиків.

3. Навчання та інструктажі: Працівників необхідно навчати правилам безпеки та проводити інструктажі з охорони праці. Це допомагає їм усвідомити ризики та навчитися правильно працювати з обладнанням, інструментами та матеріалами.

4. Засоби індивідуального захисту (ЗІЗ): Залежно від видів робіт, працівникам повинні надаватися відповідні ЗІЗ, такі як спецодяг, захисні окуляри, респіратори, навушники тощо.

5. Промислова гігієна: Це включає контроль та зменшення впливу шкідливих факторів виробничого середовища, таких як шум, вібрація, хімічні речовини, пил тощо.

6. Безпека обладнання: Обладнання та машини повинні бути безпечними для використання, регулярно обслуговуватися та мати відповідні захисні пристрої.

|     |      |          |        |     |                       |      |
|-----|------|----------|--------|-----|-----------------------|------|
|     |      |          |        |     | МММТ 480.005.027 - ПЗ | Арк. |
|     |      |          |        |     |                       | 41   |
| Зм. | Арк. | № докum. | Підпис | Дат |                       |      |

7. Ергономіка: Робочі місця та процеси повинні бути спроектовані з урахуванням ергономічних принципів для зменшення фізичного навантаження та запобігання травмам.

8. Аварійна готовність: На підприємствах мають бути розроблені плани дій на випадок надзвичайних ситуацій, проводитися тренування та забезпечуватися наявність необхідного обладнання та засобів.

Дотримання вимог охорони праці є обов'язковим для роботодавців і працівників, оскільки це допомагає запобігати нещасним випадкам, травмам, професійним захворюванням та створює безпечні умови праці.

## **7.2.Розробка заходів з охорони праці**

Охорона праці при роботі з барометрами передбачає дотримання певних вимог безпеки та заходів щодо запобігання ризикам і небезпекам, пов'язаним з використанням цих приладів. Ось деякі ключові моменти:

1. Навчання персоналу: Працівники, які використовують барометри, повинні пройти відповідне навчання з експлуатації приладів, розуміти принципи їх роботи та дотримуватися інструкцій з безпеки.

2. Захист від розбитого скла: Багато барометрів містять скляні елементи, такі як трубки або резервуари. Необхідно вжити заходів для захисту від можливого розбитого скла, наприклад, використовувати захисний кожух або екран.

3. Обережність з ртуттю: Деякі барометри, такі як ртутні барометри, містять ртуть, яка є токсичною речовиною. Необхідно обережно поводитися з такими приладами, уникати витоку ртуті та дотримуватися належних процедур очищення у разі розливу.

4. Застереження щодо підвищеного тиску: Барометри, призначені для вимірювання високого тиску, можуть становити ризик у разі вибуху або несподіваного викиду газів чи рідин під тиском. Слід дотримуватися інструкцій безпеки та використовувати відповідні захисні засоби.

|            |             |                 |               |            |                              |             |
|------------|-------------|-----------------|---------------|------------|------------------------------|-------------|
|            |             |                 |               |            | <i>МММТ 480.005.027 - ПЗ</i> | <i>Дрк.</i> |
| <i>Зм.</i> | <i>Дрк.</i> | <i>№ докum.</i> | <i>Підпис</i> | <i>Дат</i> |                              | 42          |

5. Електрична безпека: Якщо барометри живляться від електричної мережі, необхідно дотримуватися правил електробезпеки, використовувати належну ізоляцію та захист від короткого замикання.

6. Застереження щодо корозійних середовищ: У разі використання барометрів у корозійних середовищах слід вжити належних заходів безпеки, таких як використання захисного спорядження та забезпечення належної вентиляції.

7. Технічне обслуговування та калібрування: Регулярне технічне обслуговування та калібрування барометрів є важливим для забезпечення їх безпечної та надійної роботи.

Дотримання вимог охорони праці при роботі з барометрами допоможе мінімізувати ризики для здоров'я та безпеки персоналу, а також запобігти нещасним випадкам та пошкодженням обладнання[21].

### **7.3. Інструктажі з питань охорони праці**

Нормативна база: Типове положення про порядок проведення навчання і перевірки знань з питань охорони праці, затверджене наказом Держнаглядохоронпраці від 26.01.2005 № 15

Інструктажі з питань охорони праці на підприємстві мають проходити усі працівники під час прийняття на роботу і в процесі трудової діяльності, а також учні, курсанти, слухачі та студенти під час трудового і професійного навчання. Інструктаж, навчання та перевірку знань з охорони праці зобов'язаний організувати роботодавець за власний рахунок.

Перевірку знань працівників з питань охорони праці на підприємстві проводить комісія, склад якої затверджує своїм наказом керівник.

Законодавством заборонено допускати до робіт працівників та посадових осіб, які не пройшли навчання, інструктаж і перевірку знань з питань охорони праці.

|            |             |                 |               |            |                              |             |
|------------|-------------|-----------------|---------------|------------|------------------------------|-------------|
|            |             |                 |               |            | <i>МММТ 480.005.027 - ПЗ</i> | <i>Док.</i> |
|            |             |                 |               |            |                              | 43          |
| <i>Зм.</i> | <i>Док.</i> | <i>№ докum.</i> | <i>Підпис</i> | <i>Дат</i> |                              |             |

Відповідальність за організацію і проведення інструктажів несе роботодавець.

За характером і часом проведення розрізняють вступний, первинний, повторний, позаплановий та цільовий інструктажі, кожен з яких проводиться певним категоріям працівників та за певних умов.

Вступний інструктаж з охорони праці на підприємстві проводять:

- усім працівникам, яких беруть на постійну або тимчасову роботу, незалежно від їх освіти, стажу роботи та посади;
- працівникам інших організацій, які прибули на підприємство і беруть безпосередню участь у виробничому процесі або виконують інші роботи для підприємства;
- учням та студентам, які проходять на підприємстві трудове або професійне навчання;
- учасникам екскурсії на підприємство.

Первинний інструктаж з охорони праці проводять з працівниками:

- новоприйнятими на постійну чи тимчасову роботу;
- відрядженими з іншого підприємства;
- яких перевели з іншого структурного підрозділу підприємства;
- які виконуватимуть нову роботу;
- з учнями, курсантами, слухачами та студентами навчальних закладів:
- до початку трудового або професійного навчання;
- перед виконанням кожного навчального завдання, пов'язаного з використанням різних механізмів, інструментів, матеріалів тощо.

Повторний інструктаж з охорони праці:

Терміни проведення повторного інструктажу встановлюються НПАОП, які діють у галузі, або роботодавцем з урахуванням конкретних умов праці, проте не рідше:

- одного разу на три місяці – для робіт з підвищеною небезпекою;
- одного разу на шість місяців – для інших робіт.

|     |      |        |        |     |                       |      |
|-----|------|--------|--------|-----|-----------------------|------|
|     |      |        |        |     | МММТ 480.005.027 - ПЗ | Док. |
| Зм. | Док. | № док. | Підпис | Дат |                       | 44   |

Позаплановий інструктаж з охорони праці проводять у тому разі, якщо на підприємстві:

- введено в дію нові або переглянуті НПАОП, внесено зміни та доповнення до них;
- змінено технологічний процес, замінено або модернізовано устаткування, прилади, інструменти, вихідну сировину, матеріали тощо;
- працівниками порушено вимоги НПАОП, й це призвело до травм, аварій, пожеж тощо;
- у разі перерви понад 30 календарних днів у роботі виконавця робіт з підвищеною небезпекою та понад 60 днів – у роботі виконавця інших робіт.

Цільовий інструктаж з охорони праці проводять у разі ліквідації аварії або стихійного лиха та проведення робіт, на які потрібен наряд-допуск, наказ або розпорядження.

У разі виконання робіт, на які потрібно оформлювати наряд-допуск, цільовий інструктаж реєструють у цьому наряді-допуску, а в журналі реєстрації інструктажів – не обов’язково.[22]

|     |      |          |        |     |                       |      |
|-----|------|----------|--------|-----|-----------------------|------|
|     |      |          |        |     | МММТ 480.005.027 - ПЗ | Арк. |
|     |      |          |        |     |                       | 45   |
| Зм. | Арк. | № докum. | Підпис | Дат |                       |      |

## ВИСНОВКИ

Розроблена комп'ютеризована інформаційно-вимірювальна система для моніторингу атмосферного тиску є високотехнологічним рішенням, що забезпечує точні та детальні вимірювання тиску в режимі реального часу. Ця система складається з датчиків, які безперервно зчитують показники тиску та передають ці дані на комп'ютер для подальшої обробки. Система надає розширені можливості, включаючи збирання, зберігання та візуалізацію даних у зручному форматі, надсилання сповіщень у разі виявлення відхилень від заданих параметрів, а також можливість автоматичного керування іншими пристроями чи процесами на основі отриманих показників тиску. Крім того, вона може бути інтегрована з іншими системами моніторингу та контролю. Завдяки своїм передовим функціям ця система дозволяє операторам ретельно аналізувати зміни атмосферного тиску, отримувати своєчасні попередження про критичні ситуації та вживати необхідних заходів відповідно до встановлених правил. Така високоефективна система знаходить широке застосування у різноманітних галузях, де моніторинг атмосферного тиску відіграє важливу роль.

Одна з головних переваг такої системи - це зручність експлуатації та можливість автоматизації процесу вимірювання атмосферного тиску. Операторам немає потреби вручну виконувати складні обчислення чи записувати показники. Система автоматично зчитує дані з датчиків, оброблює їх та відображає на моніторі в наочному форматі. Крім того, вона здатна надсилати сповіщення або виконувати заздалегідь визначені дії у разі виходу показників за встановлені межі, що дає змогу операційному персоналу оперативно реагувати на зміни тиску.

Завдяки автоматизації та зручному інтерфейсу ця комп'ютеризована система значно полегшує процес вимірювання атмосферного тиску, забезпечуючи точність вимірювань, безперервний збір даних та можливість аналізу і реагування на підставі отриманих показників.

|     |      |          |        |     |                       |      |
|-----|------|----------|--------|-----|-----------------------|------|
|     |      |          |        |     | МММТ 480.005.027 - ПЗ | Дрк. |
| Зм. | Дрк. | № докum. | Підпис | Дат |                       | 46   |

Така система має спроможність бути надзвичайно корисною для прогнозування погодних умов, оскільки дозволяє відстежувати тенденції коливання атмосферного тиску та робити відповідні висновки. Крім того, виявлення аномалій або відхилень від звичайних патернів зміни тиску може сигналізувати про певні проблеми в системах, де стабільний тиск відіграє критично важливу роль.

Таким чином, ця система не лише забезпечує точне вимірювання та моніторинг атмосферного тиску в режимі реального часу, а й надає користувачам потужний аналітичний інструмент для глибокого аналізу даних, виявлення трендів і прогнозування на основі зібраної інформації про коливання тиску.

В дипломній роботі вирішені такі завдання:

- Проведений аналіз існуючих систем вимірювання атмосферного тиску;
- Обрано складові елементи комп'ютеризованої вимірювальної системи атмосферного тиску;
- Описана охорона праці при роботі з пристроями, які вимірюють атмосферний тиск.

|     |      |          |        |     |                       |      |
|-----|------|----------|--------|-----|-----------------------|------|
|     |      |          |        |     | МММТ 480.005.027 - ПЗ | Арк. |
|     |      |          |        |     |                       | 47   |
| Зм. | Арк. | № докум. | Підпис | Дат |                       |      |

## ПЕРЕЛІК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Атмосферний тиск і його вимірювання. Барометри [Електронний ресурс] – Режим доступу: <https://probapera.org/publication/13/56036/atmosfernyj-tysk-barometry.html>.
2. Барометр MINGLE BKT381 [Електронний ресурс] – Режим доступу: <https://www.joom.com/uk/products/611647446df02501ee0b3f88>.
3. Барометр Altitude (Delite) [Електронний ресурс] – Режим доступу: [Електронний ресурс] – Режим доступу: <https://shop.barkas.net/product/altitude>.
4. Настінний механічний барометр Baro 132ТНВ [Електронний ресурс] – Режим доступу: [Електронний ресурс] – Режим доступу: <https://foster.com.ua/nastennyi-barometr-baro-132thb>.
5. Ручний барометр testo 511 [Електронний ресурс] – Режим доступу: <https://www.testo.kiev.ua/ru/testo-511.html>.
6. Мікропроцесорні та мікроконтролерні системи : підручник. У 2 ч. Ч. 1. Мікропроцесорні системи/ А. О. Новацький. – Електронні текстові дані (1 файл: 16,7 Мбайт). – Київ : КПІ ім. Ігоря Сікорського, Вид-во «Політехніка», 2020. – 361с.
7. Що таке датчик тиску та які є види датчиків тиску [Електронний ресурс] – Режим доступу: <https://europromtrading.com.ua/shcho-take-datchik-tysku-ta-yaki-je-vidi-datchikv-tysku>.
8. Дисплей Засоби відображення інформації. Частина 1 : навчальний посібник / Л. В. Крилик, О. О. Селецька, І. В. Сухоцька. – Вінниця : ВНТУ, 2018. – 82 с.
9. Основи електроніки : навч. посіб. / А. С. Васюра, Г. Д. Дорощенко, В. П. Кожем'яко, Г. Л. Лисенко. – Вінниця : ВНТУ, 2018. – 197 с. 10.
10. Види кнопок [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://001.com.ua/uk/knopky-keruvannya>.
11. Структурна схема [Електронний ресурс]. – Режим доступу: [https://web.posibnyky.vntu.edu.ua/fksa/7bykov\\_metodvkaz\\_vykonannya\\_bakalavrs\\_kyh\\_dyplomnyh\\_robir/3.2.2.html](https://web.posibnyky.vntu.edu.ua/fksa/7bykov_metodvkaz_vykonannya_bakalavrs_kyh_dyplomnyh_robir/3.2.2.html).

|     |      |          |        |     |                       |      |
|-----|------|----------|--------|-----|-----------------------|------|
|     |      |          |        |     | МММТ 480.005.027 - ПЗ | Арк. |
|     |      |          |        |     |                       | 48   |
| Зм. | Арк. | № докum. | Підпис | Дат |                       |      |

12. Мікроконтролер Atmega328 [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://fd24.com.ua/ua/p1044866005-chip-atmega328p-dip.html>.
13. Дисплей LCD1602 [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://arduinoakit.com.ua/ua/p1433688907-displej-lcd-1602.html>.
14. Барометр BMP180 [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://arduino.ua/prod664-barometr-bmp180-datchik-atmosfernogo-davleniya>.
15. Підключення барометру BMP180 до мікроконтролеру [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://blog.avislab.com/esp8266-nodemcu-i2c-bme280>.
16. Червоний світлодіод моделі L-1154GT від компанії Kingbright [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://m-teh.com.ua/svetodyod-3mm-krasnyi-dyffuznyi>.
17. Кнопка тактова [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://m-teh.com.ua/knopka-taktova-tact-12x12-11.0>.
18. Акумулятор на 4,8 V вольт В 2300 Mah Ni-Mh [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://prom.ua/p2137723616-akkumulyator-dlya-igrushek.html>.
19. EasyEDA [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://easyeda.com>.
20. Дизайн друкованих плат [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://uk.fmuser.net/content/?17004.html>.
21. Основи охорони праці: підручник / В.І. Голінько; М-во освіти і науки України; Нац. гірн. ун-т. – 2-ге вид. – Д.: НГУ, 2014. – 271 с.
22. Види інструктажів з охорони праці [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://vinetc.org.ua/novini-ta-podii/instruktazh-pitan>.
23. Методичні вказівки до виконання кваліфікаційної роботи освітнього ступеня «бакалавр» // Розробники: Подчашинський Юрій, Чепюк Ларіна, Петросян Руслан, 2021. – 60с.

|     |      |        |        |     |                       |      |
|-----|------|--------|--------|-----|-----------------------|------|
|     |      |        |        |     | МММТ 480.005.027 - ПЗ | Арк. |
|     |      |        |        |     |                       | 49   |
| Зм. | Арк. | № док. | Підпис | Дат |                       |      |