

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

бакалавр  
Освітній рівень

Кіберфізична система вимірювання атмосферного тиску в багатофункційних та різноконфігурованих приміщеннях  
Назва теми

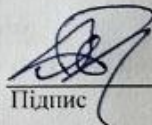
КВРКІ. 190196.22.03.22 ПЗ  
Шифр

Галузь знань 12 «Інформаційні технології»  
Шифр, назва

Спеціальність 123 «Комп'ютерна інженерія»  
Шифр, назва

Освітня програма «Комп'ютерна інженерія»  
Назва

Виконав: студент III курсу, група КІ2с-19-1

  
Підпис

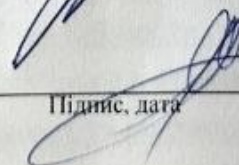
О. С. Пшеничко  
Ініціали, прізвище

Керівник

  
Підпис, дата

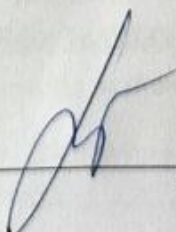
Є. Г. Гнатчук  
Ініціали, прізвище

Нормоконтролер

  
Підпис, дата

С.М. Лисенко  
Ініціали, прізвище

До захисту допускаю:  
Зав. кафедри комп'ютерної  
Інженерії та системного  
Програмування

  
Підпис

Т.О. Говорущенко  
Ініціали, прізвище

« 9 » червня 2022 р.

# ХМЕЛЬНИЦЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

Факультет ІНФОРМАЦІЙНИХ ТЕХНОЛОГІЙ

Кафедра КОМП'ЮТЕРНОЇ ІНЖЕНЕРІЇ ТА ІНФОРМАЦІЙНИХ СИСТЕМ

Освітній рівень БАКАЛАВР

Галузь знань 12 ІНФОРМАЦІЙНІ ТЕХНОЛОГІЇ

Спеціальність 123 КОМП'ЮТЕРНА ІНЖЕНЕРІЯ

Освітня програма ОСВІТНЯ ПРОГРАМА «КОМП'ЮТЕРНА ІНЖЕНЕРІЯ»

ЗАТВЕРДЖУЮ

Зав. кафедри Г.О.Говорушенко

“ 11 ” 01 2022 р.

## ЗАВДАННЯ НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ БАКАЛАВРА

Пшеничко Олександр Сергійовичу

Прізвище, ім'я, по батькові студента

1. Тема проекту (роботи) Кіберфізична система вимірювання атмосферного тиску в багатофункційних та різноконфігурованих приміщеннях

Керівник проекту (роботи) Гнатчук Є.Г., д.т.н., проф.

Прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання

Затверджена наказом ректора університету від 06.01.2022 р. № 1

2. Строк подання студентом проекту (роботи) на кафедру 07.06.2022 р.

3. Вихідні дані до проекту (роботи) Розробити кіберфізичну систему вимірювання атмосферного тиску в багатофункційних та різноконфігурованих приміщеннях

4. Зміст пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити)

Дослідження предметної області та постановка задачі

Проектування програмно-технічного засобу

Програмно-апаратна реалізація та тестування програмно технічного засобу

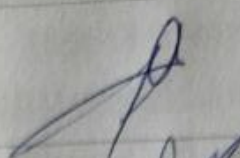



5. Перелік графічного матеріалу (із зазначенням обов'язкових креслень)

Структурна схема приладу

Функціональна схема приладу

Принципова схема приладу

## 6. Консультанти розділів дипломного проекту (роботи)

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання при
Нормоконтроль	Лисенко С.М., професор кафедри КПС		
Антиплагіат	Нічепорук А.О., доцент кафедри КПС		

7. Дата видачі завдання « 06 » 09 2021 р.

## КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№з/п	Назва етапів (розділів) дипломного проекту (роботи)	Термін виконання етапів проекту (роботи)	Прим
1	Вибір напрямку дослідження та узгодження тематики кваліфікаційної роботи з керівником	11.01.2022	ВИКОНА
2	Ознайомлення з предметною областю; формулювання мети та задач дослідження; визначення об'єкта та предмета дослідження	01.02.2022	ВИКОНА
3	Робота над розділом 1 – дослідження предметної області та постановка задачі	01.03.2022	ВИКОНА
4	Робота над розділом 2 – проектування програмно-технічного засобу	01.04.2022	ВИКОНА
5	Робота над розділом 3 – програмно-апаратна реалізація та тестування програмно-технічного засобу	30.04.2022	ВИКОНА
6	Оформлення пояснювальної записки згідно вимог	31.05.2022	ВИКОНА
7	Попередній захист ВКР	02.06.2022	ВИКОНА
8	Захист ВКР на засіданні ЕК	Червень 2022 року	

Студент

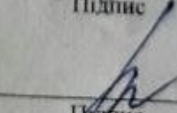


Підпис

О. С Пшеничко

Ініціали, прізвище

Керівник проекту (роботи)



Підпис

Є. Г. Гнатчук

Ініціали, прізвище

## АНОТАЦІЯ

Тема кваліфікаційної роботи: «Кіберфізична система вимірювання атмосферного тиску в багатофункційних та різноконфігурованих приміщеннях».

Автор роботи: Пшеничко Олександр Сергійович.

Керівник роботи: Гнатчук Єлизавета Геннадіївна.

Пояснювальна записка: 55 с., 26 рис., 12 табл., 3 дод., 40 джерел.

Структурна схема, цифрова інтегральна схема, принципова схема.

Метою роботи є вимірювання атмосферного тиску в багатофункційних та різноконфігурованих приміщеннях» за допомогою мікроконтролерного пристрою на базі Arduino.

В ході виконання дипломної роботи був розроблений та виготовлений мікроконтролерний пристрій для вимірювання атмосферного тиску на базі ARDUINO. Пристрій призначений для домашнього ознайомлення з змінами атмосферного тиску в цілях прогнозу погоди.

Згідно з вихідними даними, пристрій має такі характеристики:

- тип макетної плати контролера – Arduino Nano;
- тип індикатора – шкала;
- мова програмування мікроконтролера – Сі;
- тип роз'єму для підзарядки приладу – microUSB.

Підпис студента



Дата 08.06.2022



# ЗМІСТ

ВСТУП.....	4
1 ДОСЛІДЖЕННЯ ПРЕДМЕТНОЇ ОБЛАСТІ ТА ПОСТАНОВКА ЗАДАЧІ.....	6
1.1 Аналіз задачі, обґрунтування вибору моделі життєвого циклу для реалізації проекту .....	6
1.2 Аналіз ризиків проекту та управління ними.....	19
1.3 Висновки проведеної аналітики.....	20
2 ПРОЄКТУВАННЯ ПРОГРАМНО-ТЕХНІЧНОГО ЗАСОБУ .....	22
2.1 Розробка користувальницьких вимог.....	22
2.2 Функційні вимоги .....	23
2.3 Структурна схема приладу вимірювання.....	23
2.4 Бібліотеки, що необхідні для написання програмного коду алгоритму роботи приладу .....	25
2.5 Обґрунтування вибору апаратних ресурсів, мови програмування та CASE-засобів .....	27
2.5.1 Arduino Nano .....	27
2.5.2 Датчик атмосферного тиску .....	30
2.5.3 Контролер живлення .....	32
2.5.4 Сервопривід .....	33
2.6 Розробка графіка виконання робіт по проекту у контексті обраної моделі життєвого циклу .....	34
2.7 Висновки.....	35
3 ПРОГРАМНО-АПАРАТНА РЕАЛІЗАЦІЯ ТА ТЕСТУВАННЯ ПРОГРАМНО-ТЕХНІЧНОГО ЗАСОБУ .....	36
3.1 Розробка функціональної схеми пристрою .....	36

КВРКІ. 190196.22.03.22 ПЗ			
Арк.	№докум.	Підпис	Дата
Зробав	Пшеничко О. С.		
Перевір.	Гнатчук Є. Г.		
Контр.	Лисенко С.		
Затвер.	Говорущенко		
Кіберфізична система вимірювання атмосферного тиску в багатофункційних та різноконфігурованих приміщеннях Пояснювальна записка			Літера
			Аркуш
			Аркушів
			2
			55
ХНУ, КІ2с-19-1			

## ВСТУП

Вивчення погоди має практичне значення. Прогнози її потрібні всім галузям народного господарства.

Одним з найдавніших і практичних методів прогнозу погоди, що використовується по сьогоднішній день є вимірювання атмосферного тиску для передбачення його зміни.

На Землі, а саме на поверхні, зміна атмосферного тиску залежить від місцевості та часу. Особливу увагу варто звернути на неперіодичні перепади атмосферного тиску повітря, що пов'язані з виникненням, розвитком і руйнуванням повільно рухомих областей високого тиску — антициклонів і відносно швидко рухомих величезних вихорів — циклонів, у яких панує знижений тиск, що визначає погоду.

Зміни термічного поля Землі за сезонами року, обумовлені різницею в нагріванні океанів та материків, викликають коливання над ними і атмосферного тиску.

Взимку над материками повітря холодніше, ніж над океанами, однакова маса повітря над акваторіями займає більший обсяг — утворюються пагорби. Повітря по верху «стікає» з океанів на материки.

Загальна вага повітряного стовпа над континентами підвищується, тут утворюються області підвищеного тиску — антициклони.

Оскільки взимку над океанами повітря тепліше, над водною поверхнею вага повітря зменшується, утворюються області зниженого тиску — циклони.

Прогнозуванням погоди займаються спеціально вивчені в даній галузі спеціалісти – метеорологи.

Та для звичайної людини прогноз погоди є також важливою інформацією, тому для звичайних людей існують спеціальні інтернет ресурси з прогнозом погоди в їхньому регіоні, також існують спеціальні прилади для передбачення погоди або опадів, одним з таких є барометр – прилад для вимірювання атмосферного тиску.

Зм	Арку	Молодим	Підпис	Дата

Задачею дипломного проекту буде реалізація простого, але водночас функціонального приладу для вимірювання атмосферного тиску.

					КвРКІ. 190196.17.03.22 ПЗ	Арк
Зм	Арк	Напоум	Підпис	Дата		4

# 1 ДОСЛІДЖЕННЯ ПРЕДМЕТНОЇ ОБЛАСТІ ТА ПОСТАНОВКА ЗАДАЧІ

## 1.1 Аналіз задачі, обґрунтування вибору моделі життєвого циклу для реалізації проекту

В рамках задачі по аналізу було розглянуто існуючі методи вимірювання атмосферного тиску, а також вся елементна база за допомогою якої саме і проводяться дані вимірювання.

Детальніше про проведений аналіз, та висновки аналізу. Атмосферний тиск можна виміряти барометром.

Барометр – це прилад для вимірювання певного тиску повітря на предмети. Його винахідником став Е. Торрічеллі. У 1644 році барометр представляв собою трубку з ртуттю і вимірювальною шкалою.

В день, коли проводилися випробування барометра, рівень ртуті перебував на позначці 760 мм, що і послужило приводом вважати відмітку на цьому рівні нормальним тиском. Такі прилади досі використовуються метеорологічними станціями.

Через два століття, після винаходу ртутного барометра у результаті досліджень був сконструйований Люсьєном Віді принципово новий безрідинний вигляд.

Протягом всього часу існування анероїди придбали більшу популярність у багатьох користувачів, адже мають невеликий розмір, легкі і точні. Порівняно з ртутними барометрами - анероїди повністю безпечні у використанні.

Види барометрів. Ртутний барометр – прилад, що вимірює тиск. Принцип дії полягає в русі ртуті, щодо нанесеної шкали ртутний барометр приведений на рисунку 1.1.

Рідинний барометр – прилад, за допомогою якого рівень тиску вимірюється зрівноважуванням ваги стовпа рідини атмосферним тиском. Рідинний барометр приведено на рисунку 1.2.

Зм	Арку	Молодим	Підпис	Дата



Рисунок 1.1 – Ртутний барометр



Рисунок 1.2 – Рідинний барометр

Барометр-анероїд – принцип дії та відображення показників ґрунтується на зміні розмірів герметичній металевій коробці, заповнена розрідженим повітрям,

Зм	Арк	Напоум	Підпис	Дата

КвРКІ. 190196.17.03.22 ПЗ

Арк  
6

під дією на її поверхню атмосферного тиску. Барометр-анероїд приведено на рисунку 1.3. Це найпоширеніший з барометрів, завдяки своїм невеликим розмірам і відсутністю рідини в механізмі. Розглянемо його більш детально.

Будова атмосферного барометра:

- кругла срібно-нікелева пластина;
- коробка з ребристими підставами;
- передавальний механізм;
- поворотна пружина;
- вказівна стрілка.

Принцип роботи. В зібраному вигляді анероїд - це коробка з різними механізмами.

Коли з неї відкачують певна кількість повітря, це створює сильне розрідження повітря що впливає на рух поворотної пружини, вказівної стрілки і передавального між ними механізму. Під дією тиску стінки «барокамери» зменшуються або збільшуються в розмірах, а вказівна стрілка починає рухатися позначці в 760 мм.

На рисунку 1.3 подано зовнішній вигляд даного приладу



Рисунок 1.3 – Барометр-анероїд

Електронний барометр – це сучасний вид приладу, який перетворює лінійні показники класичного анероїда в електронний сигнал. Оброблені мікропроцесором сигнали, відображаються на рідкокристалічному екрані. Електронний барометр приведено на рисунку 1.4.



Рисунок 1.4 – Електронний барометр

Технології не стоять на місці, і тепер виміряти атмосферний тиск можна за допомогою мобільного пристрою.

Сучасна мініатюрна метеостанція дозволяє користувачеві телефону постійно перевіряти в електронному вигляді рівень атмосферного тиску.

Відстеживши показники тиску за певний час, можна дізнатися - наближається циклон або антициклон.

Можливості мобільного пристрою на цьому не зупиняються.

Зм	Арк	Молодим	Підпис	Дата

В електронному вигляді воно показує висоту, географічну ширину і довготу, що, в свою чергу, сприяє швидкому пошуку апарату та визначення точного місця його знаходження. Завдяки супутникам GPS процес швидкий і точний.

Мобільний барометр – це точний висотомір.

Точність визначення знаходження користувача зводяться до радіуса в 3 метри. Саме такими приладами користуються альпіністи в горах.

Але більшу популярність вони придбали в авіаційній сфері.

Мобільний барометр приведено на рисунку 1.5.



Рисунок 1.5 – Мобільний барометр

Для використання мобільного барометра користувачеві потрібно встановити на свій смартфон відповідне програмне забезпечення, також важливою деталлю є наявність самого датчика атмосферного тиску в смартфоні, тому слід відповідальні підійти до вибору девайсу.

До прикладу приведемо мобільний додаток Barometer & Altimeter.

Barometer & Altimeter — це проста програма для вимірювання атмосферного тиску та висоти.

Додаток використовує:

- вбудований GPS,
- вбудований датчик тиску / барометр (якщо пристрій не має барометричного датчика, програма отримує дані атмосферного тиску через Інтернет з найближчої метеостанції)

Головне меню додатку показано в рисунку 1.6

Зм	Арк	Напоум	Підпис	Дата



Рисунок 1.6 — Знімок екрану головного меню додатку для вимірювання атмосферного тиску

Особливостями даного додатку є те, що в разі, якщо в смартфоні немає датчика атмосферного тиску, додаток отримає дані атмосферного тиску в залежності від геолокації пристрою з якого запущено додаток, знімок екрану якого приведено на рисунку 1.6.

У разі, якщо у вас немає датчика атмосферного тиску в смартфоні, ви можете скористуватись наступним додатком Accurate Barometer.

Accurate Barometer відображає саме місцевий атмосферний тиск на основі геолокації. Знімок екрану додатка приведено на рисунку 1.7.



Рисунок 1.7 — Інтерфейс додатку Accurate Barometer

Барометр, вбудований в годинник.

Барометр — годинник у певних видах годинників представлений в електронному або механічному вигляді.

Електронний вигляд — нічим не відрізняється від подачі даних атмосферного тиску і їх виведення на екран, як на телефоні.

Годинник з механічним відображенням тиску є ідеально точної міні-копією анероїда.

Різниця лише у спрощеною шкалою відображення показань. Зовнішній вигляд пристрою подано на рисунку 1.8

Наведемо приклад простого електронного барометра на світлодіодних індикаторах, електрична принципова схема якого зображена на рисунку 1.10, зовнішній вигляд зображено на рисунку 1.11.



Рисунок 1.8 – Годинник з вбудованим барометром.

Особливості даного барометра:

- у пристрої застосований відкалібрований в заводських умовах термокомпенсаційний датчик тиску;
- у цьому пристрої запозичені п'єзорезистивні властивості мініатюрної кремнієвої пластини, що працює за принципом тензومتра, здатного фіксувати найменші коливання поверхні. Тут використовується датчик з термокомпенсацією (компанії Motorola), що відрізняється високою

точністю і прокалібрований в заводських умовах. Чутливість тензодатчика становить 0,2 мВ / кПа;

- у схемі передбачено регулювання чутливості датчика; установки середньої точки відліку тиску.

Розглянем готові рішення барометрів годинників.

Garmin Instinct 2 Solar. Даний годинник представляє собою флагманську модель годинника з високим функціоналом, який включає в себе датчик атмосферного тиску. Тому вимірювання відбуваються не через GPS датчик, а є високоточними. Зовнішній вигляд представлено на рисунку 1.9



Рисунок 1.9 – зовнішній вигляд годинника Garmin Instinct 2 Solar

Коротка метрологічна довідка. Незважаючи на те що за одиницю тиску в міжнародній системі СІ прийнятий паскаль (1 Па - 1 Н / м<sup>2</sup>), досить часто використовують бар, який дорівнює 100 ТОВ Па. Атмосферний тиск на шкалах домашніх стрілочних барометрів найчастіше вказується в мілібарах. Таким чином, нормальний атмосферний тиск становить значення відмічені в формулі 1.1.

Зм	Арх	Нолокум	Підпис	Дата

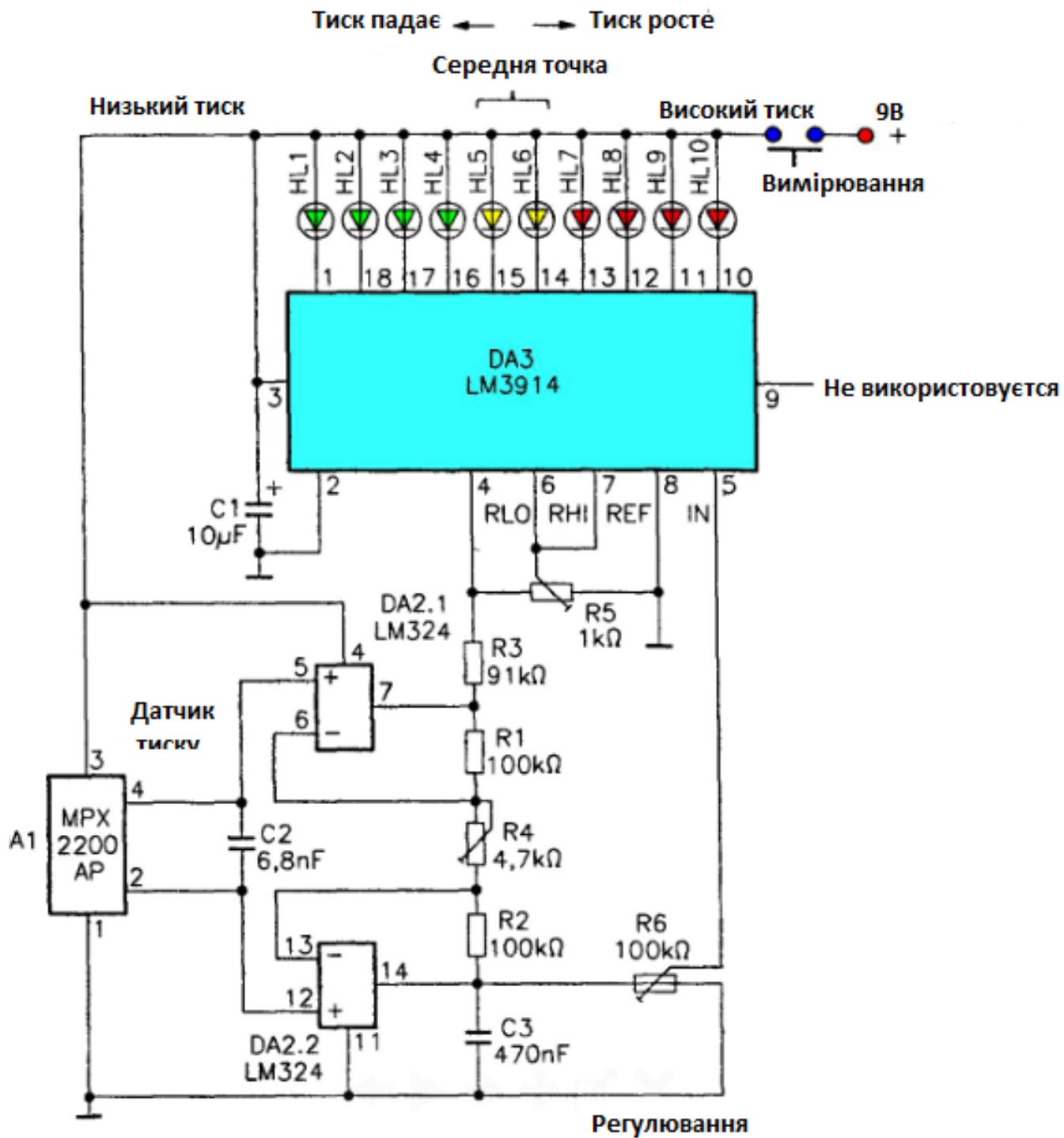


Рисунок 1.10 – Схема електрично-принципова електронного барометра із світлодіодним індикатором тиску

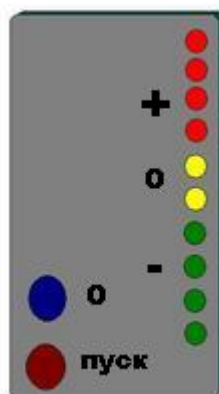


Рисунок 1.11 – Зовнішній вигляд електронного барометра на світлодіодним індикатором тиску

$$100\ 000\ \text{Па} = 100\ \text{кПа} - 1\ \text{бар} = 1\ 000\ \text{мбар} = 1\ 000\ \text{гПа}. \quad (1.1)$$

При цьому тиску напруга на виході тензодатчика (MPX 2200 AP) дорівнює  $100 \times 0,2\ \text{мВ} = 20\ \text{мВ}$ . На основі цього датчика можна виготовити барометр, якщо облаштувати його, наприклад, точним цифровим вольтметром. Однак для даного випадку в цьому немає ніякої необхідності, оскільки даний барометр показує як змінюється тиск: в сторону підвищення або зниження.

Індикатор зміни тиску можна реалізувати на основі шкали, що складається з декількох світлодіодів.

Напруга живлення на датчик тиску подається безпосередньо від батареї 9 В (виводи 1 і 3). З метою продовження служби батареї напруга живлення на схему подається тільки на час зчитування за допомогою кнопки, включеної в розрив ланцюга живлення. Сигнал з датчика тиску надходить на диференційний підсилювач, побудований на двох операційних підсилювачах DA2.1 і DA2.2 в корпусі (LM 324). Він посилює амплітуду сигналу тензодатчика в 50 разів.

За допомогою змінного резистора R4, включеного між двома резисторами з однаковими номінальними значеннями опору R1 і R2, можна зробити точне регулювання. З урахуванням коефіцієнта підсилення, при атмосферному тиску 1 ТОВ Па (100 кПа), отримуємо на виході диференціального підсилювача:

$$0,2 \times 100 \times 50 = 1000 \text{ мВ} = 1 \text{ В.}$$

Маючи в розпорядженні точний (наприклад, цифровий) вольтметр з межею вимірювання 2 В, можна перераховувати виміряну напругу в абсолютне значення атмосферного тиску.

Ця напруга знімається між виводами 7 і 14 диференціального підсилювача. Для візуального контролю, як і в описаному вище пристрої, застосована інтегральна схема дискримінатора LM 3914, що містить десять компараторів, у кожного з яких один вхід підключений до спільного виводу (5), а другі входи - до проміжних точках резистивного дільника. Потенціал на виводі 4 визначає нижню межу вимірювання тиску, а верхня межа встановлюється шляхом зміни потенціалу на об'єднаних виводах 6 і 7 за допомогою змінного резистора R5. Так, щоб верхня межа індикації атмосферного тиску становила 1060 мбар, слід задати на движку резистора R5 напруга близько 1,1В відносно вивода 8.

Цей пристрій призначений для того, щоб користуватися ним в домашніх умовах. Тому для нього не потрібно спеціальний герметичний корпус, що захищає елементи схеми від зовнішніх факторів в польових умовах. Всі компоненти барометра-індикатора, включаючи датчик тиску і елементи налаштування, зібрані на друкованій платі.

Мета наукової роботи - на підставі завдання на проектування розробити мікроконтролерний пристрій на базі Arduino для вимірювання атмосферного тиску.

Характеристики до яких повинен відповідати пристрій:

- висока автономність роботи пристрою за рахунок оптимізованої системи використання потужностей, відповідно, не високого споживання;
- портативність пристрою. Передбачити дистанційне джерело живлення з можливістю підзарядки, за рахунок використання літій-іонного акумулятора;
- легкий в реалізації. Передбачити просту та читабельну функціональну, структурну та електричну схеми для легкої можливості повторення ідентичного приладу. Використовувати елементи які є у відкритому

доступі для реалізації, а також мають чіткі та прозорі технічні характеристики, не потребують превентивних налаштувань.

- передбачити можливість загальнодоступного користувацького споживання, за рахунок можливості підзарядки через загальновідомий та масово вживаний інтерфейс microUSB, який є в доступі майже в кожного потенційного користувача приладом;
- забезпечити повну відсутність або мінімальний нагрів компонентів приладу за рахунок оптимізованого розміщення в корпусі, а також витримки максимальних потужностей компонентів приладу;
- забезпечити можливість модифікації приладу, за рахунок використання програмованого мікроконтролера Arduino Nano;
- компактність приладу, за рахунок використання малогабаритних деталей пристрою, невеликого корпусу, а також ефективного розміщення компонентів в середині пристрою;
- забезпечити похибку отриманих через пристрій значень в межах 15%, за рахунок використання високоточного датчика атмосферного тиску, а також якісного сервоприводу;
- повністю автоматизована система без необхідності управління користувачем;
- простий в експлуатації кінцевим користувачем. Фактично вимога виконується за рахунок попереднього пункту, а саме відсутність необхідності управління приладом, за рахунок автоматизації.

Сформулюємо загальний алгоритм роботи пристрою:

- зчитування даних з датчика атмосферного тиску;
- переведення в одиниці вимірювання Паскаль в одиницю вимірювання міліметр ртутного стовпа;
- увімкнення сервопривода;
- подача результатів на інформаційний вхід сервопривода;
- вимкнення сервопривода;
- сон проміжком в 30 секунд;

Зм	Арх	Ноложим	Підпис	Дата

- повторення вище вказаних функцій.

Пристрій повинен проводити синхронізацію при першому ввімкненні приладу, також, повинен вимикати сервопривід під час очікування для економії заряду акумулятора, індикацію розряду акумулятора виконує Arduino Nano, при критичному розряді в роботу вступає контролер живлення і вимикає прилад.

## 1.2 Аналіз ризиків проекту та управління ними

Для аналітики ризиків використовуємо матрицю ризиків, яка відображає рівень впливу та ймовірність(у % можливості того, що інцидент станеться протягом певного терміну). Матриця приведена на рисунку 1.12

Виходячи з матриці ми можемо бачити які ризики є критичними, а які не суттєвими. Розглянемо порядок дій для управління критичними ризиками і ризиками середньої критичності.

- технічний збій транзистора – транзистор який використовується в схемі не являється високої вартості і є легкодоступним, а також легко замінним. В рамках роботи із ризиком буде забезпечено запасний транзистор, для його швидкої заміни;
- технічний збій модуля TP4056 – Модуль не являється легкодоступним, тому даний ризик будемо запобігати, за рахунок регулярного обслуговування приладу;
- технічний збій датчика BMP 180 – контролер живлення вразливий до перепаду температур. Для запобігання ризику, було створено спеціальний корпус, і якому деталі приладу розміщенні ефективно в плані терморегуляції;
- Технічний збій мікроконтролера – мікроконтролер є легко замінним любым іншим мікроконтролером Arduino. В рамках заходів із роботою з ризиком, буде заміна мікроконтролера.

		Вплив		
		низький	середній	високий
Ймовірність	низька	Логічна помилка програмного коду	Перегиб пристрою	Технічний збій мікроконтролера
	середня	Поломка резисторів	Технічний збій датчика ВМР 180	Технічний збій модуля TP4056
	висока		Технічний збій транзистора	

Рисунок 1.12 – Матриця ризиків проекту.

### 1.3 Висновки проведеної аналітики

Відповідно до проведеного аналізу було оцінено всі наявні рішення вимірювання атмосферного тиску, а також сфери їх використання в хронологічному порядку винаходу пристроїв.

Оцінено всі недоліки та переваги існуючих рішень в результаті чого було визначено всі переваги створення саме кіберфізичної системи для вимірювання атмосферного тиску. Вона фактично збирає всі переваги наявних рішень а саме мобільність, стійкість від збоїв, не використовуються рідини, можливість використання протягом тривалого часу, легка заміна компонентів.

Побудовано план роботи проекту, відповідно якого будуть проводитись наступні етапи виконання

Було прийняте рішення створення саме електронного пристрою з мікроконтролерним датчиком вимірювання значень і сервоприводом з відображенням результатів вимірювання шляхом переміщення стрілки сервоприводу по шкалі значень атмосферного тиску.

Оцінено всі ризики з які можуть виникнути в ході реалізації, або експлуатації системи. Ризики було розділено на незначні, середні і критичні.

Незначні ризики не брались до уваги, так як їх виникнення не спричинить критичних змін в роботі системи, або ж є маловірогідними.

Критичні і середні ризики були розділені на 2 частини. Ризики яких можна запобігти і ризики, з якими потрібно працювати.

Було включено в графік роботи проекту заходи для запобігання виникнення ризиків, а також побудований план, в разі настання ризиків середнього і критичного рівня.

Зм	Арк	Напоум	Підпис	Дата

## 2 ПРОЄКТУВАННЯ ПРОГРАМНО-ТЕХНІЧНОГО ЗАСОБУ

### 2.1 Розробка користувальницьких вимог

Пристрій створюється для використання в широких масах. Тому основними вимогами для нього будуть простота використання, налаштування, а також дешевизна приладу.

Нижче призначено історію користувацького використання

Перше увімкнення приладу. Користувачеві, для початку роботи пристроєм достатньо подати напругу на контролер живлення, шляхом під'єднання літій-іонного акумулятора в спеціальний відсік, або підключення приладу через інтерфейс USB до джерела живлення.

Прилад повинен запустити спочатку калібрування сервоприводу, шляхом перевірки максимального діапазону повороту стрілки, після чого виміряти значення датчика атмосферного тиску і визначити необхідний діапазон, для відображення значень користувачеві отриманих із датчика. Калібрування приладу має відбуватись не більше 30 секунд. Далі прилад показує заряд акумулятора, за допомогою сервопривода, затримується на позначці заряду 30 секунду і встановлює стрілку сервопривода на значення отримане із датчика атмосферного тиску. Після калібрування, пристрій на 30 секунд входить в режим очкування. Кожні 30 секунд пристрій оцінює показники датчика, в разі змін значень подається напруга на сервопривід і стрілка переміщається на відповідне значення шкали.

Користувачеві для перевірки заряду приладу, достатньо від'єднати джерело живлення і під'єднати знову. Після під'єднання акумулятора повторно пристрій повинен провести калібрування в ході якого відобразить користувачеві рівень заряду акумулятора. Також для перевірки заряду акумулятора

Для перевірки значення атмосферного тиску користувачеві не треба проводити ніяких розрахунків, достатньо орієнтуватись на значення яке вказує стрілка сервопривода.

Зм	Арк	Напоум	Підпис	Дата

У разі низького рівня заряду акумулятора користувачеві потрібно під'єднати прилад до джерела живлення через інтерфейс USB.

Пристрій після подачі напруги на контролер живлення, має увімкнутись і показати поточний заряд акумулятора, у разі, якщо прилад був вимкнений, також провести калібрування сервоприводу відповідно значення отриманого від датчика атмосферного тиску. Після повного заряду акумулятора система повинна увімкнути відповідний індикатор в контролері живлення, а також припинити подачу напруги до літій-іонного акумулятора, для запобігання вибуху акумулятора.

## 2.2 Функційні вимоги

Функціонал приладу зображено в наступному переліку.

- 1) мобільність;
  - a) можливість роботи приладу із переносним джерелом живлення;
  - b) високий рівень часу автономної роботи;
- 1) малогабаритність;
  - a) використання компактного корпусу;
  - b) оптимізоване розміщення елементів всередині корпусу;
  - c) використання малогабаритних компонентів;
- 2) легкодоступність;
  - d) використання компонентів низької вартості;
  - e) використання простих в реалізації деталей
- 2) можливість підзарядки і індикація заряду;
  - a) використання контролера живлення з відповідним функціоналом.

## 2.3 Структурна схема приладу вимірювання

Пристрій повинен проводити синхронізацію при першому ввімкненні приладу, також, повинен вимикати сервопривід під час очікування для економії заряду акумулятора, індикацію розряду акумулятора виконує руїно, при критичному розряді в роботу вступає контролер живлення і вимикає прилад.

На підставі пропонованих вимог і алгоритму функціонування розробимо основні структурні блоки пристрою:

Пристрій повинен проводити синхронізацію при першому ввімкненні приладу, також, повинен вимикати сервопривід під час очікування для економії заряду акумулятора, індикацію розряду акумулятора виконує руїно, при критичному розряді в роботу вступає контролер живлення і вимикає прилад.

На підставі пропонованих вимог і алгоритму функціонування розробимо основні структурні блоки пристрою:

- датчик атмосферного тиску – виконує вимірювання атмосферного тиску;
- Arduino Nano - керує роботою всього пристрою: керування сервоприводом, розрахунок аналогових даних з датчика, управління пристроєм індикації;
- сервопривід – виводить дані атмосферного тиску на шкалу;
- контролер живлення – контролює заряд акумулятора, не даючи йому досягти критичних значень;
- акумулятор – подає живлення на прилад.

Структурна схема пристрою представлена на рисунку 2.1

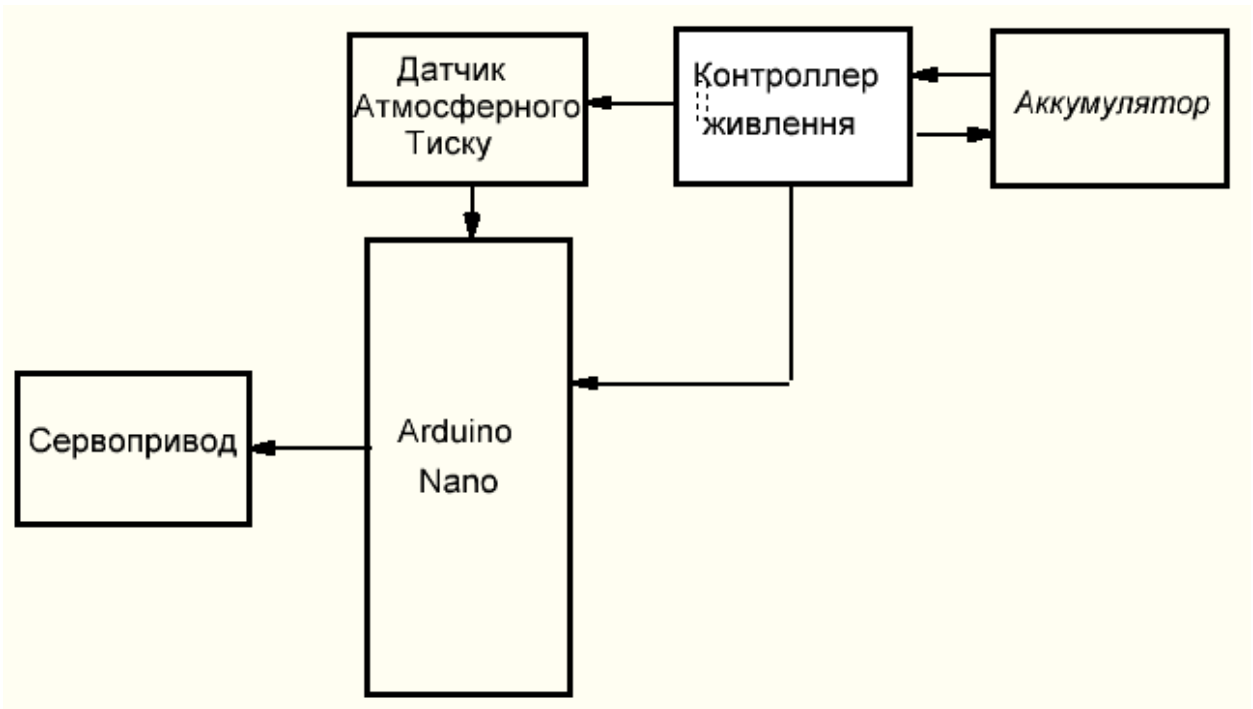


Рисунок 2.1 – Схема електрична структурна барометра на базі Arduino

2.4 Бібліотеки, що необхідні для написання програмного коду алгоритму роботи приладу

Бібліотеки, що використовуються в коді відмічені в таблиці 2.1

Таблиця 2.1 – Бібліотеки, що використовуються в коді приладу

Назва	Короткий опис
Servo	Використовується для управління сервоприводом.
Wire	Містить функціонал запису даних
Adafruit_BMP085	Бібліотека для зчитування даних із датчика атмосферного тиску.
LowPower	Бібліотека для зчитування даних рівня заряду акумулятора.

Servo. Ця бібліотека дозволяє Arduino керувати роботою серводвигунів. Сервопривід є двигуном з вбудованим редуктором і вихідним валом, положення якого можна точно контролювати.

Стандартні серводвигуни дозволяють ставити кут повороту валу в діапазоні від 0 до 180 градусів.

У двигунах з безперервним обертанням валу можна задавати швидкість його обертання.

У бібліотеці Servo реалізована можливість одночасного керування кількома двигунами: на більшості плат Arduino - до 12, на Arduino Mega - до 48. При цьому, на всіх платах Arduino (за винятком Arduino Mega) використання цієї бібліотеки призводить до непрацездатності ШІМ-функції analogWrite() на виводах 9 і 10 незалежно від того, підключений серводвигун до цих виводів, чи ні.

Підключення. У серводвигуна є три виводи: живлення, земля та сигнальний провід.

Провід живлення (зазвичай червоного кольору) має з'єднуватися з виведенням 5V плати Arduino.

Провід землі (як правило, чорний або коричневий) має бути приєднаний до відповідного виводу на платі Arduino.

Сигнальний провід (звичайно жовтого, помаранчевого або білого кольору) має з'єднуватися з цифровим виводом Arduino.

Wire. Ця бібліотека дозволяє Arduino взаємодіяти з різними пристроями за інтерфейсом I2C/TWI.

На платах Arduino версії R3, лінії SDA (дані) та SCL (тактові імпульси), пов'язані з цим інтерфейсом, розташовані на роз'єм біля контакту AREF.

Adafruit\_BMP085. Це бібліотека для датчиків барометричного тиску + температури BMP085/BMP180 розроблена спеціально компанією Adafruit

Ці датчики використовують інтерфейс I2C підключення якого потребує всього 2 контакти. Adafruit забезпечує регулярну підтримку і доповнення цього відкритого вихідного коду.

LowPower. Данна бібліотека призначена для управління режимами енергозбереження Arduino.

Зм	Арх	Нолокум	Підпис	Дата

Щоб перевести Arduino в потрібний режим, достатньо викликати відповідну функцію: `idle`, `adcNoiseReduction`, `powerDown`, `powerSave`, `powerStandby`, `powerExtStandby`, `standby`.

Кожна з цих функцій, має параметр для вказівки періоду попереднього перегляду мікроконтролера в цьому режимі (тобто буде створений таймер `WatchDog` для пробудження) - від 15 мс до 8 с.

Якщо періодичне пробудження не потрібно, то при виклику функції слід указати значення `SLEEP_FOREVER`.

Останні параметри функцій призначені для відключення периферії мікроконтролера.

В кінцевому коді бібліотека `Servo` буде використовуватись для керування сервоприводом віддалено. Бібліотека `LowPower` буде використовуватись для зчитування рівня заряду приладу.

## 2.5 Обґрунтування вибору апаратних ресурсів, мови програмування та CASE-засобів

Згідно з вихідними даними на дипломний проект, пристрій повинен бути реалізований на основі такої елементної бази:

- плата на мікроконтролері – `Arduino Nano`;
- датчик атмосферного тиску – `BMP180`;
- контролер живлення - `TP4056`.

Таким чином, виконаємо опис та вибір відповідних елементів барометра.

### 2.5.1 `Arduino Nano`

`Arduino Nano` — це повнофункціональний мініатюрний пристрій на базі мікроконтролера `ATmega328` (`Arduino Nano 3.0`) або `ATmega168` (`Arduino Nano 2.x`), адаптований для використання з макетної плати.

Даний мікроконтролер — це класична плата з мінімальними розмірами від Arduino, зручна для макетів. Arduino Nano поставляється з штифтовими роз'ємами, які дозволяють легко прикріпити їх до макетної плати, і оснащений роз'ємом Mini-B USB.

За функціональністю пристрій схожий на Arduino Duemilanove, і відрізняється від нього розмірами, відсутністю роз'єму живлення, а також іншим типом (Mini-B) USB-кабелю.

Arduino Nano розроблено і випускається фірмою Gravitech. Основні компоненти показано в таблиці 2.2

Умовно-графічне зображення Arduino Nano приведене на рисунку 2.1.

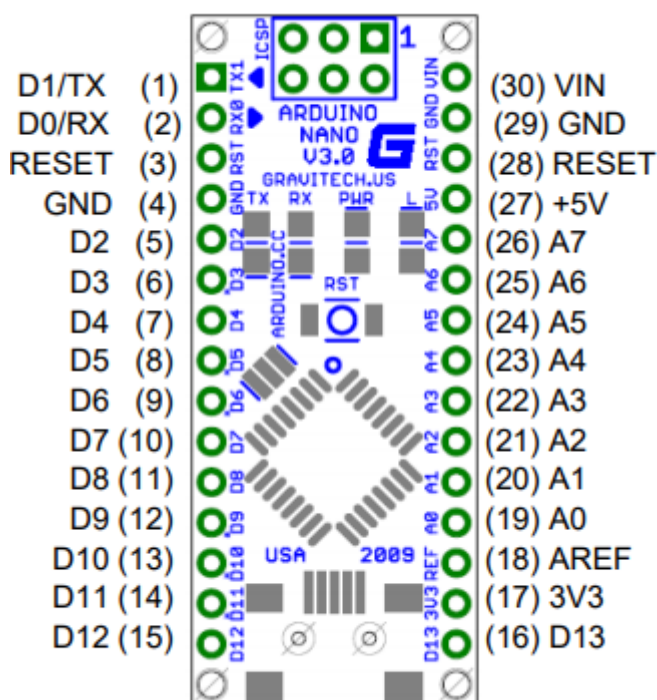


Рисунок 2.1 – Зовнішній вигляд Arduino Nano

Таблиця 2.2 – Параметри Arduino Nano

Параметр	Значення
Мікроконтролер	Atmel ATmega168 або ATmega328

Робоча напруга (логічний рівень)	5В
Напруга живлення (рекомендована)	7-12В
Напруга живлення (гранична)	6-20В
Цифрові входи / виходи	14 (з яких 6 можуть використовуватися як ШІМ-виходи)
Аналогові входи	8

Кінець таблиці 2.2 – Параметри Arduino Nano

Параметр	Значення
Максимальний струм одного виводу	40 мА
Flash-пам'ять	16 КБ (ATmega168) або 32 КБ (ATmega328) з яких 2 КБ використовуються завантажувачем
SRAM	1 КБ (ATmega168) або 2 КБ (ATmega328)
EEPROM	512 байт (ATmega168) або 1 КБ (ATmega328)

Для програмування мікроконтролера Arduino Nano модна використовувати наступні програмні комплекси:

- Arduino IDE;
- ArduinoCLI;
- Web Editor.

Призначення пінів Arduino Nano приведено в таблиці 2.3

Таблиця 2.3 – Призначення пінів Arduino Nano

Номер	Назва	Тип	Призначення
1-2,5-1 6	D0-D13	I/O	Логічний вхід/вихід
3,28	RESET	Input	Скидання
4,29	GND	PWR	Загальний
17	3V3	Output	+3.3В вихід
18	AREF	Input	АЦП
19-26	A0-A7	Input	Аналоговий вхід
27	+5V	Output or Input	Вихід + 5 В
30	VIN	PWR	Джерело живлення

### 2.5.2 Датчик атмосферного тиску

Основою цього модуля є новітня розробка фірми BOSCH - інтегральний п'єзорезистивний датчик тиску і температури BMP180, виготовлений по мікро-машиній технології. Зовнішній вигляд зображено на рисунку 2.2.

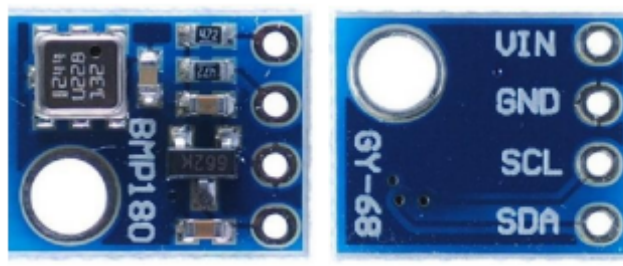


Рисунок 2.2 – Зовнішній вигляд датчика

Кожен датчик індивідуально калібрується на заводі. Вбудований термометр і калібрувальні коефіцієнти, що зберігаються в датчику, дозволяють отримати недосяжні раніше, для такого класу пристроїв, параметри. Датчик має високу

абсолютну точність і впевнено реєструє зміна тиску атмосфери при переміщенні по висоті на 0,2..0,3м! модуль можна застосувати в погодніх станціях, в висотомір і датчиках вертикальної швидкості літальних апаратів, для контролю тиску в медицині та системах вентиляції.

Основні параметри приведені в таблиці 2.4.

Таблиця 2.4 – Параметри датчика атмосферного тиску BMP180

Параметр	Значення
Діапазон вимірювання тиску	30kPa ... 110kPa
Похибка барометра	+/- 0,1kPa
Похибка термометра при 25 ° C	+/- 0,5 ° C

Кінець таблиці 2.4 – Параметри датчика атмосферного тиску BMP180

Параметр	Значення
Дискретність цифрового відліку	1Pa / 0,1 ° C
Шуми в режимі Ultra low power	6Pa (0,5m)
Шуми в режимі Advanced resolution	2Pa (0,17m)
Час у режимі Ultra low power	4mS
Час преобраз. в режимі Advanced	60mS
Робочий діапазон температури	-40 ° C + 85 ° C
Діапазон гарантованої точності	0 ° C. + 65 ° C
Напруга живлення "VIN"	2,7V ... 5,5V
Струм споживання в активних режимах	5-35µA

### 2.5.3 Контролер живлення

Модуль заснований на чіпі TP4056 - контролері зарядки літій іонних акумуляторів.

Даний модуль індукує розряд приладу, а також запобігає перегріванню акумулятора і забезпечує безпечний його заряд.

Умовне графічне позначення даного модуля представлено на рисунку 2.3.

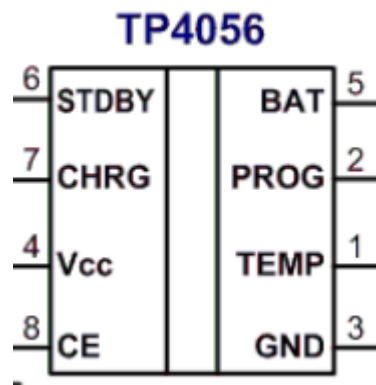


Рисунок 2.3 – Умовне графічне позначення TP4056

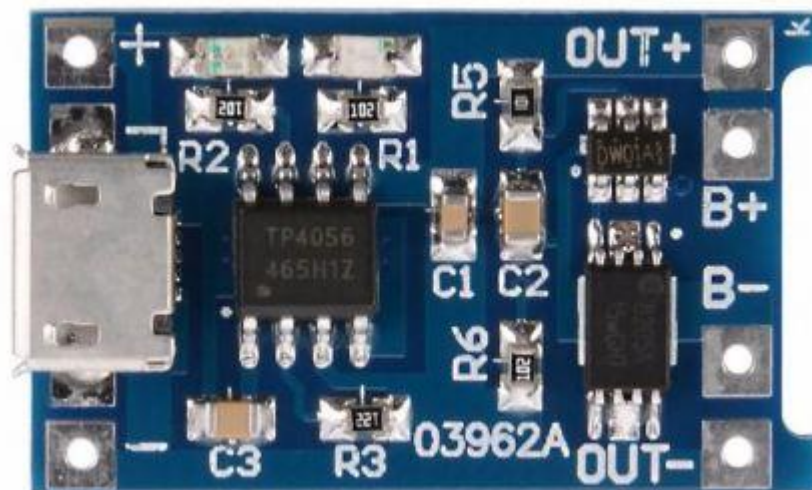


Рисунок 2.4 – Зовнішній вигляд модуля TP4056

Загальні характеристики та параметри модуля TP4056:

- напруга живлення +4,5 ... + 8,0 вольт (понад 5,5 В не рекомендується, чіп перегрівається);

- роз'єм Mini-USB на платі, для живлення від USB-порту комп'ютера або універсального блоку живлення;
- струм заряду 1,0 Ампер (1000 мА), легко програмується зміною значення резистора Rprog (від 1,2k до 10k (по даташиту, насправді до ~ 30k));
- напруга закінчення заряду акумулятора: 4,2 вольт;
- світлодіод індикації заряду;
- світлодіод індикації закінчення заряду;

#### 2.5.4 Сервопривід

Для реалізації поставленої задачі було взято сервопривід Tower Pro sg90. Зовнішній вигляд та функціонал виводів представлено на рисунку 2.5.



Рисунок 2.5 – Сервопривод sg90 Tower Pro.

Параметри сервопривода Tower Pro sg90 приведені в таблиці 2.5.

Таблиця 2.5 – Параметри Tower Pro sg90

Параметр	Значення
Робоча напруга	+ 5 В
Крутний момент	2.5кг / см
Швидкість роботи	0.1с / 60 °
Тип передач	Пластик
Обертання	0 ° -180 °
Вага двигуна	9гм

## 2.6 Розробка графіка виконання робіт по проекту у контексті обраної моделі життєвого циклу

Графік виконання робіт проходить в наступному порядку:

- Аналіз вхідних даних, та дослідження наявної бази в споріднених проектах;
- Формування вимог згідно з якими проект можна вважати успішно завершеним;
- Збір елементної бази, що буде відповідати вимогам описаним раніше;
- Розробка функціональної схеми роботи;
- Розробка електричної схеми роботи пристрою;
- Написання алгоритму роботи програми, за допомогою якої буде реалізовуватись логічна частина пристрою;
- Написання програмного коду;
- Технічна реалізація;
- Тестування;
- Збір документації по результату проекту.

## 2.7 Висновки

В результаті проектування було створено «історію використання приладу» за допомогою якої можна сформулювати чіткий перелік вимог до функціоналу системи, а також формат тестування кінцевого продукту.

Після побудови «історії використання» було сформовано перелік вимог до майбутньої системи. Основними вимогами являється можливість використання приладу кінцевим користувачем без додаткових кваліфікацій( інтуїтивно зрозумілий інтерфейс), безпека у використанні для кінцевого користувача і можливість масового використання.

Після виставлення вимог було сформовано структурну схему приладу для графічного відображення принципу роботи приладу. Основною вимогою до структурної схеми є читабельність схеми для будь-якої зацікавленої особи і навіть без відповідних кваліфікацій.

Після складання основних блоків схеми, було сформовано перелік необхідних апаратних ресурсів(компонентів приладу), апаратні ресурси було підібрано згідно з вимогами до кінцевого приладу і відповідають їм.

Для правильної взаємодії, а також керування компонентами, було зібрано перелік всіх необхідних бібліотек, що включають необхідні функції.

Зм	Арку	Напоум	Підпис	Дата

### 3 ПРОГРАМНО-АПАРАТНА РЕАЛІЗАЦІЯ ТА ТЕСТУВАННЯ ПРОГРАМНО-ТЕХНІЧНОГО ЗАСОБУ

#### 3.1 Розробка функціональної схеми пристрою

Побудова функціональної схеми повинна давати більш наглядне уявлення про послідовність взаємодії функціональних частин пристрою, ніж структурна.

Функціональна схема призначена для роз'яснення процесів, що відбуваються в окремих функціональних колах виробу або виробі в цілому.

На схемі зображують функціональні частини виробу (елементи, пристрої, функціональні групи) і зв'язки між ними.

Функціональні частини і зв'язки між ними зображують у вигляді умовних графічних позначень, встановлених у відповідних стандартах на умовні графічні позначення цих груп і елементів. У цьому випадку діють правила виконання принципів схем. Окремі функціональні частини на схемі допускається зображати у вигляді прямокутників. У цьому випадку ці частини схеми слід виконувати за правилами структурних схем.

Розробка функціональної схеми пристрою, який виконаний на мікроконтролері передбачає:

- визначення виводів МК, до яких буде підключатися BMP180 (датчик атмосферного тиску), індикатор розряду акумулятора, сервопривід, перемикач сервопривода;
- визначення виводів контролера живлення до яких буде підключатися BMP180 (датчик атмосферного тиску), сервопривод, МК;

Для визначення виводів Arduino Nano приведено його графічне позначення на рисунку 3.1 та призначення виводів приведено в таблиці 3.1. До мікроконтролера буде підключено BMP180 (датчик атмосферного тиску), його умовне графічне позначення на рисунку 3.2

Призначення виводів Arduino Nano приведено в таблиці 3.2.

Умовне графічне позначення контролера живлення приведено на рисунку 3.3, призначення використовуваних виводів в таблиці 3.3.

Зм	Арх	Наложим	Підпис	Дата

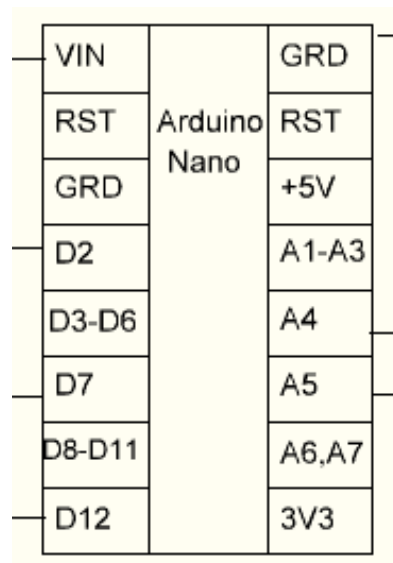


Рисунок 3.1 – Умовне функціональне позначення Arduino Nano

Призначення виводів мікроконтролера приведено в таблиці 3.1

Таблиця 3.1 – Підключення Arduino Nano.

Позначення	Функціональне застосування
+5V	Підключення живлення
D2	Вихід на інформаційний сервопривода
D7	Вихід на індикатор розряду
GND	Підключення мінуса живлення
D12	Вихід до перемикача, що контролює живлення сервопривода
A4	Підключення до виводу SCL датчика
A5	Підключення до виводу SDA датчика

Умовне графічне позначення датчика атмосферного тиску BMP180 приведено на рисунку 1.2

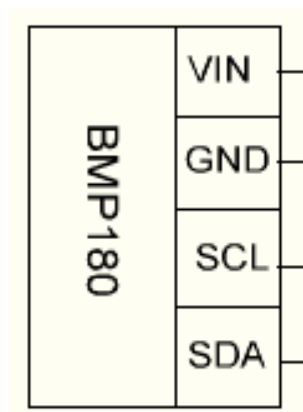


Рисунок 3.2 – Умовне графічне позначення BMP180

Призначення виводів датчика розміщено в таблиці 3.2

Таблиця 3.2 – Підключення датчика BMP 180

Позначення	Функціональне застосування
VIN	Живлення
GND	Земля
SCL	i2c Clock – побітне тактування
SDA	i2c Data – вхід / вихід даних

Умовне графічне позначення контролера живлення приведено на рисунку 3.2.

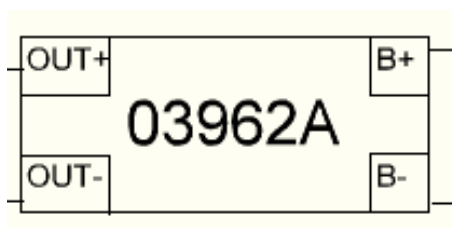


Рисунок 3.3 – Умовне графічне позначення TP4056

Призначення виводів контролера живлення подано в таблиці 3.3

Таблиця 3.3 – Підключення контролера живлення 03962

Позначення	Функціональне застосування
V+	Живлення на акумулятор
V -, OUT -	Загальний
OUT +	Живлення на прилад

3.2 Розробка вузлів, розрахунок елементів та опис принципової схеми пристрою

Розробка принципової схеми пристрою виконується по вузлам функціональної схеми з використанням елементної бази. Далі зазначено елементну базу.

### 3.2.1 Акумулятор

Літій-іонний акумулятор від фірми Sony на 3.7V 2200mAh. Підключається до пінів V+ та V- до контролера живлення.

### 3.2.1 Контролер живлення

Контролер живлення працює на мікросхемі TP4056 його внутрішня будова зображена на рисунку 3.4.

TP4056 - це повноцінний лінійний зарядний пристрій постійного струму/постійної напруги для одного елемента літій-іонні батареї. Його пакет SOP і низька кількість зовнішніх компонентів роблять TP4056 ідеальним для портативних застосувань. Крім того, TP4056 може працювати з USB.

Зм	Арк	Напоум	Підпис	Дата

Попередження у використанні. Модуль завдасть незворотного пошкодження в стані зворотної полярності входу. Модуль спричинить необоротні пошкодження в умовах тривалого перевантаження. Модуль спричинить необоротні пошкодження, якщо виходить за межі діапазону максимальної вхідної напруги. Щоб відповідати суворим вимогам безпеки, потрібно додати рекомендований зовнішній контур. Модуль у кожній температурі середовища, температура корпусу не повинна перевищувати максимальний рівень температури корпусу.

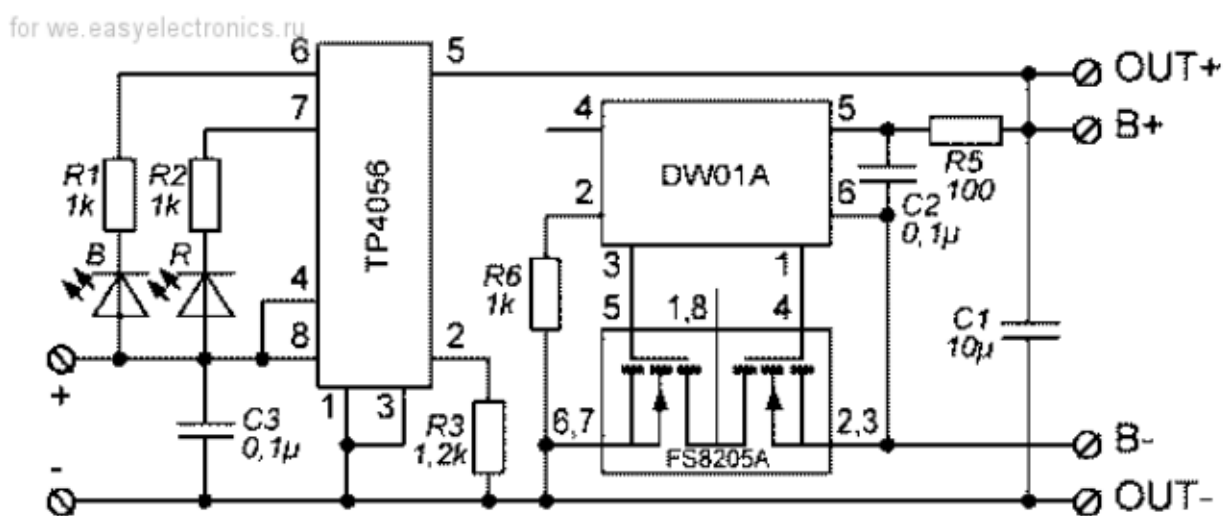


Рисунок 3.4 – Схема модуля контролера живлення

Процес зарядки складається з декількох етапів приведених в наступному переліку:

- контроль напруги підключеного акумулятора (постійно);
- зарядка струмом  $1/10$  від запрограмованого резистором  $R_{prog}$  (100mA при  $R_{prog} = 1.2k$ ) до рівня 2.9 В (за потреби); зарядка максимальним струмом (1000mA при  $R_{prog} = 1.2k$ );
- при досягненні на батареї напруги 4.2В йде стабілізація напруги на рівні 4.2В.
- Струм падає в міру зарядки;
- при досягненні струму  $1/10$  від запрограмованого резистором  $R_{prog}$  (100mA при  $R_{prog} = 1.2k$ ) зарядний пристрій відключається.

### 3.2.3 Датчик атмосферного тиску

Даний модуль був реалізований схемою на базі датчика BMP180. Схема зображена на рисунку 3.5.

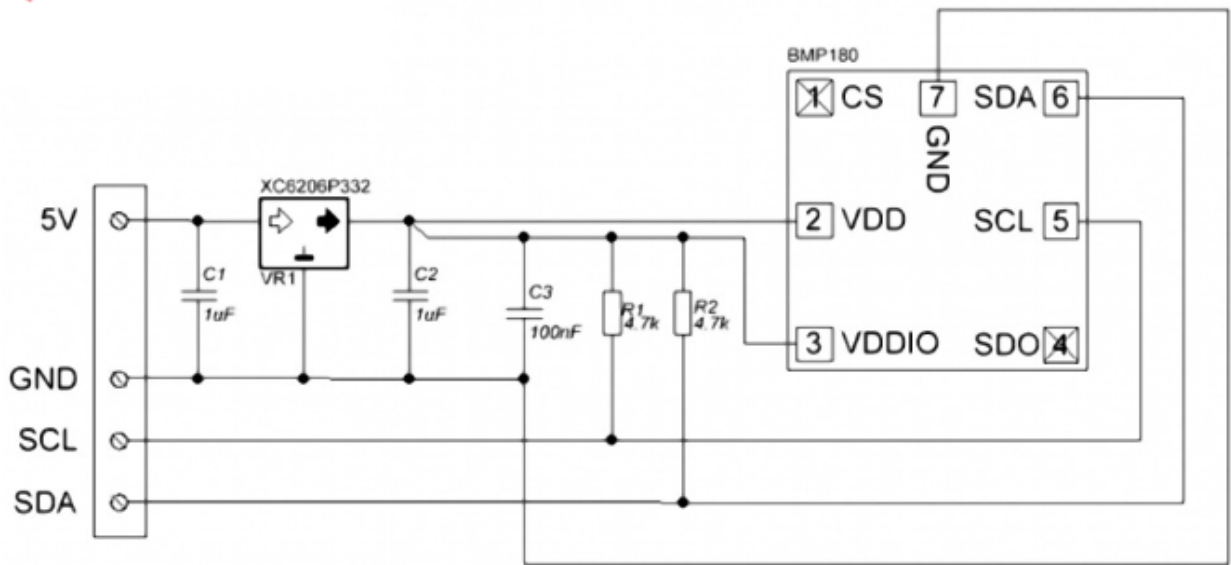


Рисунок 3.5 – Внутрішня будова датчика атмосферного тиску

BMP180 є функціонально-сумісним наступником BMP085, нового покоління високоточних цифрових датчиків тиску для споживчих застосувань.

Надмалопотужна низьковольтна електроніка BMP180 оптимізована для використання в мобільних телефонах, КПК, навігаційних пристроях GPS та зовнішньому обладнанні.

Завдяки низькій висоті шуму всього 0,25 м під час швидкого перетворення BMP180 забезпечує чудову продуктивність.

Інтерфейс I2C дозволяє легко інтегрувати систему з мікроконтролером. BMP180 заснований на п'єзорезистивній технології для забезпечення надійності ЕМС, високої точності та лінійності, а також довгострокової стабільності.

Robert Bosch є лідером світового ринку датчиків тиску в автомобільній промисловості. Базуючись на досвіді понад 400 мільйонів датчиків тиску в цій галузі, BMP180 продовжує нове покоління мікромеханічних датчиків тиску.

Вимірювання висоти датчиком тиску засноване на тому, що тиск атмосферного стовпа змінюється з висотою по відомому закону.

Діапазон вимірювань тиску датчика BMP180 від 30kPa до 110kPa відповідає висоті над рівнем моря від + 9000м до мінус 500м. для довідки, нормальний атмосферний тиск  $1\text{атм} = 760\text{мм.рт.ст.} = 101,3\text{kPa} = 1,013\text{ Bar}$ .

Прилад виконує вимірювання з періодичністю в 30 секунд. Для більшого енергозберігання в режимі очікування сервопривід вимикається за допомогою ключа.

Індикація розряду виконується світлодіодом VD1.

На рисунку 3.6 приведено схему підключення елементів до Arduino Nano.

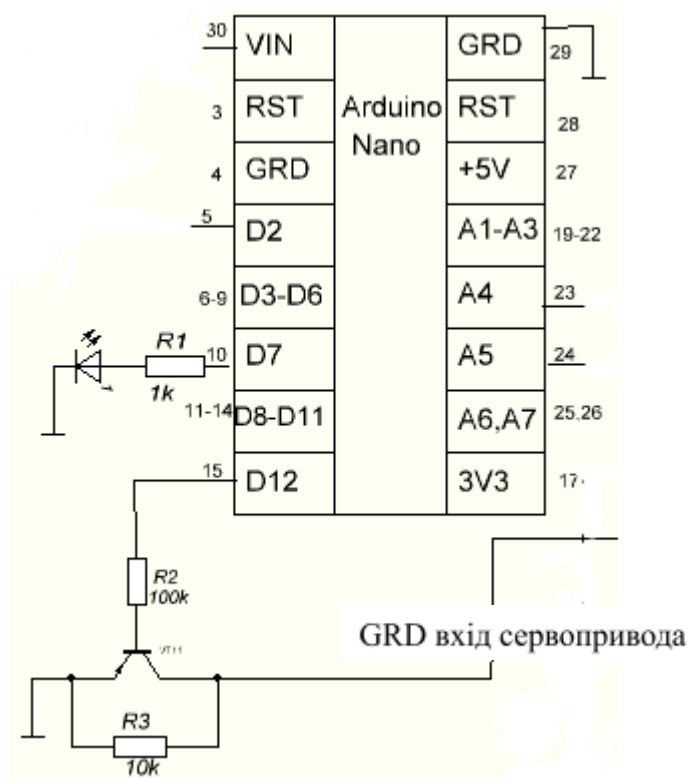


Рисунок 3.6 – Підключення елементів до Arduino Nano

Опір R3 визначається за законом Ома формула якого приведена в таблиці 3.1:

$$R3 = U_{\text{лог1}}/I_{\text{лог1}}[\text{Ом}] \quad (3.1)$$

Де  $U_{\text{лог1}}$  – напруга логічної одиниці;

$I_{\text{лог1}}$  – Струм логічної одиниці.

Підставимо відомі значення в формулу і отримаємо наступний розрахунок

$$R3 = 5\text{В}/0.05\text{мА} = 100\text{кОм}$$

Таким чином нам відомо, що опір на резисторі R3 складатиме 100кОм.

### 3.2.4 Розрахунок потужності споживання пристрою

Потужність споживання всієї схеми пристрою визначають за формулою 3.2

$$P_{\text{заг}} = \sum_{i=1}^n P_i + \sum_{j=1}^m P_j, \quad (3.2)$$

де  $P_{\text{заг}}$  – потужність споживання всієї схеми в цілому, мВт ;

$P_i$  – потужність споживання окремої мікросхеми, мВт;

$P_j$  – потужність споживання радіоелемента, мВт ;

$n$  – кількість мікросхем, шт;

$m$  – кількість елементів, шт.

Потужність споживання мікроконтролера визначають за формулою 3.3.

$$P = U_{\text{дж}} * I_{\text{сп}}, \quad (3.3)$$

де  $I_{\text{сп}}$  - струм споживання , А;

$U_{\text{дж}}$  – напруга живлення, В.

Таким чином, потужність споживання мікроконтролера згідно з формулою 3.2 складе:

$$P_{\text{ATMEGA328}} = 5 \text{ В} * 2 \text{ мА} = 10 \text{ мВт};$$

Потужність споживання датчика атмосферного тиску BMP 180 згідно з формулою 3.3 складе:

$$P_{\text{BMP180}} = I_k * U_{ke} = 3,3 \text{ В} * 2,5 \text{ мкА} = 8.25 \text{ мкВт},$$

Потужність споживання світлодіода було визначано за допомогою розрахунку

$$P_R = 3.3 \text{ В} * 20 \text{ мА} = 66 \text{ мВт}$$

Потужність споживання TP4056 згідно з формулою (3) буде відповідати наступному розрахунку:

$$P_{\text{TP4056}} = 5 \text{ В} * 3 \text{ мкА} = 15 \text{ мкВт}$$

Потужність споживання транзистора IRF3704ZPbF згідно з формулою (3.3) складе:

$$P_{\text{IRF3704ZPbF}} = 5 \text{ В} * 1 \text{ мА} = 5 \text{ мВт}$$

Потужність споживання резистора згідно з формулою (3.3) складе:

$$P_{\text{IRF3704ZPbF}} = 5 \text{ В} * 1 \text{ мА} = 5 \text{ мВт}$$

Потужності споживання елементів барометра зведені до таблиці 3.4

Таблиця 3.4 – Потужності споживання елементів барометра

Найменування елемента	Кількість елементів і-го типу, n, шт.	Потужність споживання і-го елемента, P <sub>i</sub> , мВт.	Потужність споживання n елементів, P <sub>in</sub> , мВт.
Arduino Nano	1	10	10
BMP 280	1	0,00825	0,00825
Світлодіод	1	66	66
TP4056	1	0.015	0.015
Транзистор	1	5	5
Резистор	2	5	10

Користуючись формулою 3.1 знаходимо загальну потужність, що споживається пристроєм від джерела живлення за наступним розрахунком:

$$P_{\text{заг}} = 10 + 0,00825 + 66 + 0,015 + 5 + 10 = 91 \text{ мВт}$$

Таким чином, потужність споживання пристрою складає 91 мВт.

### 3.2.4 Розрахунок надійності пристрою

Основними показниками надійності є: інтенсивність відмов, час напрацювання на відмову, функція надійності.

В таблиці 3.5 приведені кількості елементів різних типів, що застосовуються в схемі та інтенсивності відмов для кожного з них.

Таблиця 3.5 – Інтенсивність відмов окремих елементів пристрою

Найменування елементів	Інтенсивність відмов, $\lambda * 10^{-6} \text{ год}^{-1}$	Кількість
Arduino Nano	0.5	1
Датчик BMP 180	1	1
Модуль TP4056	1,5	1
Світлодіод	0,8	1
Транзистор	0.8	1
Резистор	0.3	2
Сума $\lambda_{\Sigma}, \text{ год}^{-1}$		5.2

Загальна інтенсивність відмов елементів пристрою розраховується за формулою 3.4.

$$\lambda_{\text{заг}} = \sum_{i=1}^n N_i * \lambda_i \quad (3.4)$$

де  $\lambda_{\text{заг}}$  – загальна інтенсивність відмов, 1/год ;

$\lambda_i$  – інтенсивність відмов елемента, 1/год;

$N_i$  – кількість елементів з інтенсивністю відмов даного типу, шт;

$N$  – кількість різновидів елементів в штуках.

Згідно з даними таблиці 3.5 загальна інтенсивність відмов пристрою складає:

$$\lambda_{\text{заг}} = 0.5 + 1 + 1.5 + 0.8 + 0.8 + 0.3 * 2 = 5,2 * 10^{-6} \text{ год}^{-1}$$

Середній час напрацювання на відмову визначається за формулою 3.5.

$$T_{\text{в}} = \frac{1}{\lambda_{\text{заг}}}, \quad (3.5)$$

Отже, середній час напрацювання на відмову складає результат наступного розрахунку

$$T_{\text{в}} = 1 / (5,2 * 10^{-6}) \approx 192307 \text{ год}$$

Імовірність безвідмовної роботи приладу визначається за формулою 3.6

$$P = e^{-(1/T_{\text{в}}) * t}, \quad (3.6)$$

Отримані результати розрахунку зведені в таблиці 3.6.

Таблиця 3.6 – Значення імовірності безвідмовної роботи пристрою для окремих проміжків часу

Інтервал часу $t$ , год	Імовірність безвідмовної роботи $P$
1000	0,999
2000	0,941
4000	0,867
6000	0,827
8000	0,799

### 3.4 Розробка програмного забезпечення

#### 3.4.1 Постановка задачі

Програмне забезпечення поділяється на системне та прикладне (спеціальне). Прикладне ПЗ реалізує алгоритми вирішення конкретних прикладних задач. Системне ПЗ призначене для організації функціонування мікропроцесорних систем, планування і керування процесом реалізації прикладних програм, розподілом системних ресурсів, вводу-виводу і керування даними, організації взаємодії з користувачем тощо.

Згідно з вихідними даними на курсовий проект необхідно розробити спеціалізоване програмне забезпечення для мікроконтролера ATMEGA на мові програмування Сі.

Входи і виходи якої підключаються до відповідних виводів мікроконтролера згідно зі схемою електричною функціональною розробленого пристрою.

#### 3.4.2 Алгоритм основної програми

Основна програма повинна виконувати наступну послідовність дій:

- зчитати дані з датчика;
- ввімкнути сервопривід;
- повернути стрілку сервопривода на значення на шкалі, що відповідає значенню атмосферного тиску;

- вимкнути сервопривід;
- перевірити акумулятор на розряд;
- спати 30 секунд;

Загальна блок-схема алгоритму виконання основної програми приведена на рисунку 3.5

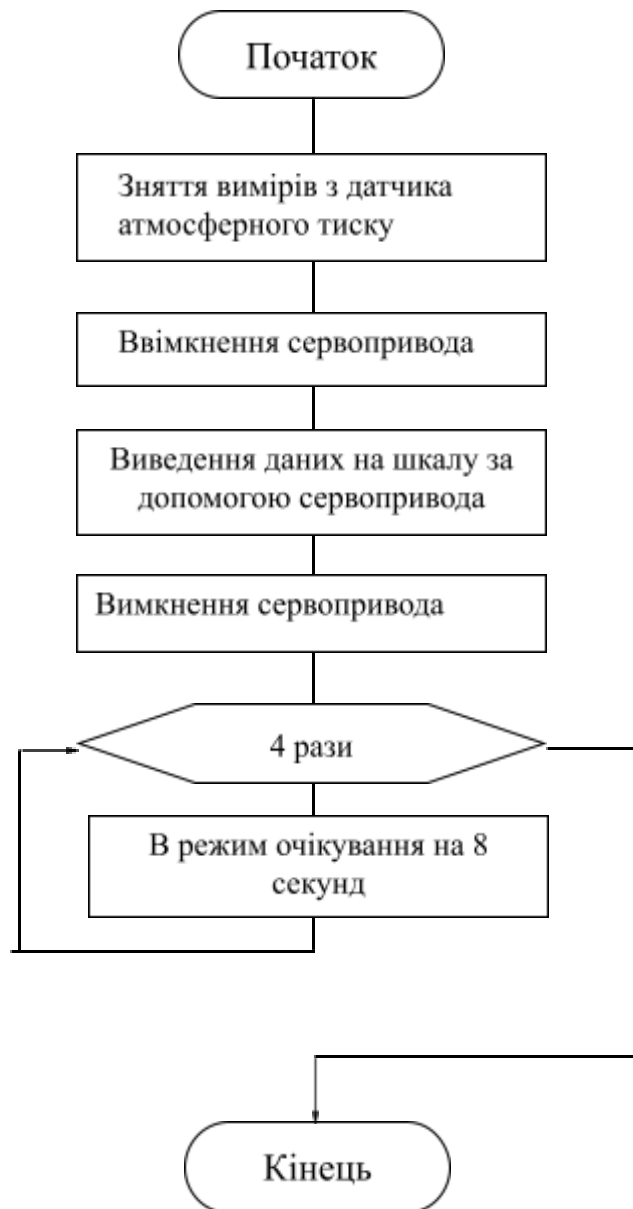


Рисунок 3.5 – Блок-схема алгоритму виконання основної програми

### 3.4.3 Алгоритм підпрограми «Завантажувальника»

Алгоритм роботи підпрограми описаний текстовим описом нижче.

- підключити сервопривід до 2го піна ;
- увімкнути датчик;
- увімкнути сервопривід;
- повернути стрілку сервопривода на 0;
- повернути стрілку сервопривода на 180;
- повернути стрілку сервопривода на 90;

- вимкнути сервопривід;
- спати 20 секунд для налаштування стрілки шкали.

Блок-схема алгоритму приведена на рисунку 3.6.

Нижче приведено фрагмент коду підпрограми для наглядного опису алгоритму

```
void setup() {
  Serial.begin(9600); //
  servo.attach(2);
  pinMode(A4, INPUT); // визначення піна входу
  pinMode(servo_Vcc, OUTPUT); // визначення піна виходу
  digitalWrite(PoverLow_Led, 0); // запис значення заряду
пристрою
  bmp.begin(BMP085_ULTRAHIGHRES);
  digitalWrite(servo_Vcc, 1);

  servo.write(0); // поворот стрілки на 0 градусів.
  delay(1000); // затримка 10 секунд
  servo.write(180); // поворот стрілки на 180 градусів
  delay(1000); // затримка 10 секунд
  servo.write(90); // поворот стрілки на 90 градусів
  digitalWrite(servo_Vcc, 1); // калібрування значень
пристрою
  delay(20000); // затримка 20 секунд
}
```



Рисунок 3.6 – Блок-схема алгоритму виконання процедури установки

### 3.4.5 Функції, що використовуються в кодї

Всі функції, які використовуються в кодї зазначено в таблиці 3.8

Таблиця 3.8 – програмні функції коду, програми

Назва функції	Короткий опис
pinMode(pin, mode)	Встановлює режим роботи окремого виводу
Servo.attach(pin)	Прикріплює сервопривід до окремого піна
Serial.begin()	Ініціює послідовне з'єднання і задає швидкість передачі даних
digitalWrite(PoverLow_Led,0)	Записує значення HIGH, або LOW в цифровому форматі.
bmp.begin()	Запуск датчика атмосферного тиску
servo.write(0)	Передає значення для управління сервоприводом
delay(1000)	Затримка в мілісекундах
readPressure	Зчитування значення атмосферного тиску із датчика
Serial.print	Передає дані через дослідницький порт як текст ASCII.
Serial.println	Передає дані через дослідницький порт як текст ASCII. Після передачі переходить на наступну строку
LowPower.powerDown	Команда вимкнення пристрою в період затримки
readVcc()	Функція визначення значення заряду акумулятора
return	Функція повернення результату

pinMode(). Конфігурує режим роботи заданого виводу: як вхід або як вихід. У Arduino версії 1.0.1 є можливість спрацювати внутрішнє підтягування резисторів за допомогою режиму INPUT\_PULLUP.

Синтаксис: pinMode(pin, режим), де pin – номер виводу, режим – назва режиму який встановлюється. Режим: приймає значення INPUT, OUTPUT або INPUT\_PULLUP.

Команда не повертає значень. Виводи, які є аналоговими входами, можуть також використовуватися як цифрові виводи під іменами A0, A1... .

Приклад використання зображено в наступному лістингу

```
int ledPin = 13; // Світлодіод приєднується до виводу
13
void setup() {
    pinMode(LEDpin, OUTPUT); // Встановлюємо режим
роботи
}
void loop() {
    digitalWrite(ledPin, HIGH); // вмикаємо світлодіод
    delay (1000); // очікуємо секунду
    digitalWrite(LEDpin, LOW); // вимикаємо світлодіод
    delay (1000); // очікуємо секунду
}
```

Servo.attach. Підключає сервопривід до заданого виходу, з якого забезпечується управління приводом.

На ранніх версіях Arduino (0016 і більш ранніх), бібліотека Servo підтримує управління тільки через порти 9 і 10.

Синтаксис: servo.attach(pin), або servo.attach(pin, min, max), де servo - змінна типу Servo, pin - номер виходу, до якого підключаємо сервопривід і яким

забезпечується управління приводом, min (опціональний): ширина імпульсу в мікросекундах, що відповідає мінімальному куту(0 градусів) положення сервоприводу (за замовчуванням 544), max (опціонально) - ширина імпульсу в мікросекундах, що відповідає максимальному куту(180 градусів) положення сервоприводу.

Приклад в наступному лістингу

```
#include <Servo.h>
Servo myservo;
void setup()
{
    myservo.attach(9);
}
void loop() {}
```

Serial.begin(). Встановлює швидкість передачі даних у бітах за секунду для послідовної передачі даних. Синтаксис; Serial.begin(speed), або Serial.begin(speed, config), де Serial - об'єкт послідовного порту, speed - швидкість в бітах на секунду (Дозволені типи даних: long), config: встановлює дані, парність і стоп-біти.

Приклад в наступному лістингу.

```
void setup() {
    Serial.begin(9600);
    Serial1.begin(38400);
    Serial2.begin(19200);
    Serial3.begin(4800);

    Serial.println("Hello Computer");
    Serial1.println("Hello Serial 1");
    Serial2.println("Hello Serial 2");
}
```

```
Serial3.println("Hello Serial 3");  
}  
  
void loop() {}
```

digitalWrite.Відправляє на цифрове виведення значення HIGH або LOW. Якщо функцією pinMode() вивід налаштований як вихід (OUTPUT), то при виконанні функції digitalWrite() його напруга буде змінено на відповідне значення: 5В (або 3.3В для плат, що працюють від 3.3В) при відправленні HIGH, 0В (земля) – при LOW.

Якщо вивід налаштований як вхід INPUT, то надсилання функцією digitalWrite() значення HIGH призведе до підключення внутрішнього підтягуючого резистора номіналом 20 Ком.

Запис значення LOW призведе до вимкнення підтяжки. Внутрішній підтягуючий резистор може забезпечити лише тьмяне світіння світлодіода.

Тому, якщо світлодіод горить, але дуже тьмяно, найімовірніша причина цього - резистор, що підтягує.

Щоб вирішити цю проблему, необхідно перевести відповідний висновок у режим виходу за допомогою функції pinMode().

Існують деякі складнощі при використанні виводу 13 як цифровий вхід. Причиною цього є світлодіод та резистор, які припаяні до цього висновку на більшості плат Arduino.

При включенні внутрішнього підтягуючого резистора 20 КОм, напруга на цьому виводі встановиться на рівні близько 1.7, замість очікуваних 5, оскільки світлодіод і послідовно з'єднаний резистор на платі знижують рівень напруги. Таким чином, вивід завжди буде в стані LOW.

Тому, щоб використовувати вивід 13 як цифровий вхід, необхідно використовувати зовнішній резистор.

Синтаксис digitalWrite(pin, value), де pin - номер виводу, value - значення HIGH або LOW, функція не повертає значень.

Приклад зображено в наступному лістингу.

Зм	Арх	Модифікум	Підпис	Дата

```

int ledPin = 13; // Світлодіод підключений до виводу
13
void setup() {
  pinMode(ledPin, OUTPUT); // перемикаємо цифровий
вивід в режим виходу
}
void loop()
{
  digitalWrite(ledPin, HIGH); // Вмикаємо світлодіод
  delay(1000); // Чекаємо 1 секунду
  digitalWrite(ledPin, LOW); // Вимикаємо світлодіод
  delay(1000); // Чекаємо 1 секунду
}

```

Програма встановлює на виводі 13 високий рівень HIGH, витримує паузу за 1 секунду, після чого повертає виведення в низький рівень LOW.

Servo.write(). Передає значення управління приводом. Для стандартного сервоприводу це кут повороту.

Для приводу постійного обертання, функція визначає швидкість обертання (0 - для максимальної швидкості обертання в один бік, 180 - для максимальної швидкості в іншу сторону і близько 90 для нерухомого стану).

Синтаксис: servo.write(angle), де servo- змінна типу Servo, angle - значення, що записується в servo, від 0 до 180.

Приклад використання показано в наступному лістингу

```

#include <Servo.h>
Servo myservo;
void setup()
{

```

```

myservo.attach(9);
myservo.write(90); //встановлюєм сервопривід в
середнє положення
}
void loop() {}

```

`delay()`. Зупиняє виконання програми на вказаний проміжок часу (мілісекунди). (В 1 секунді - 1000 мілісекунд.).

Синтаксис: `delay(ms)`, де `ms` - кількість мілісекунд, на які необхідно призупинити програму (`unsigned long`). Функція не повертає значень.

Нижче наведено приклад використання.

```

int ledPin = 13; // Світлодіод підключений до
цифрового виводу 13
void setup()
{
    pinMode(ledPin, OUTPUT); // Конфігуруємо цифровий
ВИСНОВОК ЯК ВИХІД
}

void loop()
{
    digitalWrite(ledPin, HIGH); // Вмикаємо світлодіод
    delay(1000); // Чекаємо секунду
    digitalWrite(ledPin, LOW); // Вимикаємо світлодіод
    delay(1000); // Чекаємо секунду
}

```

`readPressure`. Повертає значення атмосферного тиску із датчика. Тиск — це 32-бітове ціле число з тиском у Паскалях.

Тому знадобиться конвертувати в інше значення, щоб воно відповідало прогнозу погоди.

`Serial.print`. Передає дані через послідовний порт, як текст ASCII. Ця функція може приймати різні типи даних.

Такі цілі числа виводяться відповідними символами ASCII. Натуральні числа виводяться за допомогою двох символів ASCII для цілої та дрібної частини. Байти передаються як символ з відповідним номером.

Символи і строки відправляються як є. приклад:

```
Serial.print(80) передається як "80"
```

```
Serial.print(1.2322632) передається як "1.23"
```

```
Serial.print(byte(78)) передається як "N"
```

```
Serial.print('N') передається як "N"
```

```
Serial.print("Hello world.") передається як "Hello world."
```

За допомогою другого додаткового параметра можна задати базис (систему числення) для чисел.

Допустиме значення BYTE, BIN (двійковий), OCT, DEC, HEX. Для натуральних чисел другий параметр задає кількість знаків після коми.

Наприклад:

```
Serial.print(78, BYTE) виводить "N"
```

```
Serial.print(78, BIN) виводить "1001110"
```

```
Serial.print(78, OCT) виводить "116"
```

```
Serial.print(78, DEC) виводить "78"
```

```
Serial.print(78, HEX) виводить "4E"
```

```
Serial.println(1.23456, 0) виводить "1"
```

```
Serial.println(1.23456, 2) виводить "1.23"
```

```
Serial.println(1.23456, 4) виводить "1.2346"
```

Синтаксис `Serial.print(val)`, або `Serial.print(val, формат)`, де `val` - дані для передачі через послідовне з'єднання, `формат` - базис для цілого чисел або кількість знаків після коми. Приклад використання приведено нище.

```

int x = 0; // зміна
void setup() {
  Serial.begin(9600); // відкриваємо послідовне
з'єднання
}
void loop() {
  Serial.print("Привіт Світ");
  Serial.print("\t"); // табуляція
  Serial.print("DEC");
  Serial.print("\t");
  Serial.print("HEX");
  Serial.print("\t");
  Serial.print("OCT");
  Serial.print("\t");
  Serial.print("BIN");
  Serial.print("\t");
  Serial.println("BYTE");
  for(x=0; x< 64; x++){ // виводимо друковані символи
ASCII
    Serial.print(x); // виводим в десятичному, теж,
що і з "DEC" (за замовчуванням)
    Serial.print("\t");
    Serial.print(x, DEC);
    Serial.print("\t");
    Serial.print(x, HEX);
    Serial.print("\t");
    Serial.print(x, OCT);
    Serial.print("\t");
    Serial.print(x, BIN);
    Serial.print("\t");

```

```
Serial.println(x, BYTE}  
Serial.println(""); } }
```

#### 3.4.4 Висновки

На даному етапі була проведена фактична реалізація пристрою.

Для реалізації приладу нам потрібні функціональна, а також принципова схеми.

Після створення функціональної схеми було отримано роз'яснення процесів вже в окремих функціональних частинах приладу.

Функціональна схема використовується для більш глибокого відображення принципу роботи приладу.

Функціональна схема приведена в Додатку Б.

Принципова схема повністю стандартизована виконується відповідно всіх стандартів, на основі принципової схеми відбувається побудова приладу, а також принципова схема додається стандартизацію приладу.

Принципова схема приведена в Додатку В.

Після побудови приладу згідно із принциповою схемою було розроблено код програми для мікроконтролера відповідно якого працюватиме прилади.

Вище розписані всі функції які були використані в коді програми.

Зм	Арк	Напоум	Підпис	Дата

## ВИСНОВКИ

В ході виконання дипломної роботи був розроблений та виготовлений мікроконтролерний пристрій для вимірювання атмосферного тиску на базі ARDUINO.

Пристрій призначений для домашнього ознайомлення з змінами атмосферного тиску.

Згідно з вихідними даними, пристрій має такі характеристики:

- тип макетної плати контролера – Arduino Nano;
- тип індикатора – шкала;
- мова програмування мікроконтролера – Сі;
- тип ро'єму для підзарядки приладу – microUSB.

В результаті роботи над завданням розроблена структурна та функціональна схеми пристрою, розроблене програмне забезпечення для мікроконтролера, а також розраховані такі характеристики пристрою:

- потужність споживання - 91 мВт;
- середній час напрацювання на відмову – 20000 годин.

В ході розробки були вжиті всі необхідні заходи для запобігання ризиків. Досягнуто високу автономність приладу, за рахунок використання контролера живлення, а також логіки приладу відповідно якої, запуск відбувається кожні 30 секунд і прилад не споживає енергію регулярно.

Пристрій можна заряджати за допомогою інтерфейсу USB.

За допомогою усієї зібраної раніше документації, прилад є достатньо легким в реалізації.

Компоненти приладу, а також його реалізація не потребує великих ресурсів, що робить його легкодоступним.

За рахунок оптимізованого розміщення в корпусі елементів, використання контролера живлення і логіки «запуск кожних 30 секунд» був досягнений мінімальний нагрів пристрою. Використання програмованого мікроконтролера

Зм	Арх	Ноложим	Підпис	Дата

Arduino Nano дозволяє створювати модифікації приладу. повністю автоматизована система без необхідності управління користувачем.

Система повністю автоматизована, налаштування, калібрування і робота приладу відбувається автоматично.

Зм	Арх	Нолокум	Підпис	Дата

КвРКІ. 190196.17.03.22 ПЗ

Арх  
62

## ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАНЬ

1. Jeremy Blum. Exploring Arduino: Tools and Techniques for Engineering Wizardry 2nd Edition. Сполучені Штати Америки: 2019. 461 с.
2. Simon Monk. Raspberry Pi Cookbook: Software and Hardware Problems and Solutions 2nd Edition. Сполучені Штати Америки: 2016. 510 с.
3. Чарльз Платт. Електроніка для починаючих. Сполучені Штати Америки: 2017. 416 с.
4. Roland Siegwart, Illah Reza Nourbakhsh, Davide Scaramuzza. Introduction to Autonomous Mobile Robots, Second Edition. США, штат Массачусетс: 2004. 472 с.
5. Peter I. Corke. Robotics, Vision and Control: Fundamental Algorithms in MATLAB (Springer Tracts in Advanced Robotics). Австралія: 2013. 570 с.
6. David Cook. Robot Building for Beginners, 2nd Edition (Technology in Action). США, Нью-Йорк: 2009. 488 с.
7. Michael Predko. 123 PIC Microcontroller Experiments for the Evil Genius 1st Edition. США, Нью-Йорк: 2005. 384 с.
8. Owen Bishop. Robot Builder's Cookbook: Build and Design Your Own Robots. Сполучені Штати Америки: 2007. 384 с.
9. Рудий Ю. М. Modbus годинник із секундоміром IN-PROCESS. URL: <https://blog.uaid.net.ua/modbus-clock/>(дата звернення 04.03.2022).
10. Language Reference. URL: <https://www.arduino.cc/reference/en/>(дата звернення 31.05.2022).
11. A bug with multiple IR detectors. URL: <https://arduino.stackexchange.com/questions/89836/a-bug-with-multiple-ir-detectors> (дата звернення 31.05.2022).
12. Дмитро О. Р. EcoCity — мережа громадського моніторингу якості повітря за допомогою пристроїв на Arduino. URL: <https://dou.ua/lenta/articles/dou-projector-ecocity/> (дата звернення 03.03.2022)

Зм	Арх	Нолокум	Підпис	Дата

13. Arduino і основи електроніки. URL: <https://lampa.kpi.ua/education/> (дата звернення 05.06.2022)
14. Arduino Stack Exchange. URL: <https://arduino.stackexchange.com/> (дата звернення 20.03.2022)
15. Arduino Meta Stack Exchange. URL: <https://arduino.meta.stackexchange.com/> (дата звернення 23.04.2022)
16. Alan Rodgers. Wind and Air Pressure. Сполучені Штати Америки: 2007. 32 с.
17. David Burch. The Barometer Handbook: A Modern Look at Barometers and Applications of Barometric Pressure. Сполучені Штати Америки: 2009. 248 с.
18. Atmospheric Pressure. URL: <https://education.nationalgeographic.org/resource/atmospheric-pressure> (дата звернення 21.03.2022)
19. Barometer. URL: <https://education.nationalgeographic.org/resource/barometer> (дата звернення 21.04.2022)
20. Joe Rao. Atmospheric Pressure: Definition & Facts. URL: <https://www.livescience.com/39315-atmospheric-pressure.html> (дата звернення 24.05.2022)
21. What is Atmospheric Pressure and How is it Measured. URL: <https://www.maximum-inc.com/what-is-atmospheric-pressure-and-how-is-it-measured/> (дата звернення 24.02.2022)
22. Understanding Atmospheric Pressure. URL: <https://study.com/learn/lesson/atmospheric-pressure-causes-measurement.html> (дата звернення 12.02.2022)
23. Anne Marie Helmenstine. Barometer Definition and Function. URL: <https://www.thoughtco.com/definition-of-barometer-604816> (дата звернення 28.02.2022)

24. The Aneroid Barometer and How to use it. URL: <https://cultofsea.com/bridge-equipment/the-aneroid-barometer-and-how-to-use-it/> (дата звернення 01.04.2022)
25. Adam Hayes. Barometer. URL: <https://www.investopedia.com/terms/b/barometer.asp> (дата звернення 01.04.2022)
26. Mercurial barometer. URL: <https://www.ncpedia.org/media/mercurial-barometer> (дата звернення 07.04.2022)
27. Pressure measurement. URL: <https://www.sciencedirect.com/topics/engineering/fortin-barometer> (дата звернення 10.04.2022)
28. Russ Miles. Learning UML 2.0: A Pragmatic Introduction to UML. США, штат Каліфорнія
29. Scott W. Ambler. The Elements of UML™ 2.0 Style. США, штат Кембридж: 2005. 202 с.
30. Grady Booch. The Unified Modeling Language Reference Manual. Сполучені Штати Америки: 2010. 721 с.
31. Lenny Delligatti. SysML Distilled: A Brief Guide to the Systems Modeling Language. Сполучені Штати Америки: 2013. 304 с.
32. Data sheet BMP180 Digital pressure sensor. URL: <https://cdn-shop.adafruit.com/datasheets/BST-BMP180-DS000-09.pdf> (дата звернення 01.05.2022)
33. TP4056 1A Standalone Linear Li-Ion Battery Charger with Thermal Regulation in SOP-8. URL: <https://dlnmh9ip6v2uc.cloudfront.net/datasheets/Prototyping/TP4056.pdf> (дата звернення 02.05.2022)
34. Arduino Nano (V2.3) User Manual. URL: <https://www.arduino.cc/en/uploads/Main/ArduinoNanoManual23.pdf> (дата звернення 03.05.2022)
35. Piotr Gaczkowski, Software Architecture with C++. Сполучені Штати Америки: 2021. 540 с.

Зм	Арх	Нолокум	Підпис	Дата

36. Robert C. Seacord. Effective C: An Introduction to Professional C Programming. Сполучені Штати Америки: 2020. 272 с.

37. Mike McGrath. C Programming in easy steps, 5th Edition: Updated for the GNU Compiler version 6.3.0 and Windows 10. Сполучені Штати Америки: 2018. 197 с.

38. Brian W. Kernighan. The C Programming Language. Сполучені Штати Америки: 2015. 284 с.

39. Reema Thareja. Computer Fundamentals And Programming In C, 2Nd Edition. Сполучені Штати Америки: 2016. 525 с.

40. Tony Crawford. C in a Nutshell: The Definitive Reference. Великобританія: 2015. 803 с.

Зм	Арк	Напоум	Підпис	Дата

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ  
ХМЕЛЬНИЦЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

РЕЦЕНЗІЯ НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ

Дипломник: Пшеничко Олександр Сергійович

Тема: Кіберфізична система вимірювання атмосферного тиску в багатofункційних та різноконфігурованих приміщеннях

Спеціальність: 123 «Комп'ютерна інженерія»

Обсяг кваліфікаційної роботи:

Кількість листів креслень 3 Кількість сторінок записки 55

1. Короткий зміст роботи та прийнятих рішень: Кіберфізична система вимірювання атмосферного тиску в багатofункційних та різноконфігурованих приміщеннях.

2. Висновок про відповідність роботи дипломному завданню: Робота повністю відповідає поставленому завданню.

3. Характеристика виконання кожного розділу, ступінь використання останніх досягнень науки і техніки і передових методів роботи: В ході виконання дипломної роботи був розроблений та виготовлений мікроконтролерний пристрій для вимірювання атмосферного тиску на базі ARDUINO. Пристрій призначений для домашнього ознайомлення з змінами атмосферного тиску в цілях прогнозу погоди.

Згідно з вихідними даними, пристрій має такі характеристики:

- тип макетної плати контролера – Arduino Nano;
- тип індикатора – шкала;
- мова програмування мікроконтролера – Сі;
- тип роз'єму для підзарядки приладу – microUSB.

4. Позитивні сторони роботи: практична цінність роботи.

5. Негативні сторони роботи: недостатня увага приділена економічній обгрунтованості проекту.

6. Оцінка графічного оформлення та пояснювальної записки роботи:  
Пояснювальна записка оформлена коректно, згідно діючих стандартів оформлення документації.

7. Відгук про роботу в цілому: Робота виконана на достньому інженерно-технічному рівні.

8. Інші зауваження: \_\_\_\_\_

9. Оцінка дипломної роботи: задовільно (3.50/D)

Рецензент (прізвище, ім'я, по батькові, посада, місце роботи) \_\_\_\_\_

*Корнєцька Людмила Олександрівна доцент*  
*кафедри автоматизації та комп'ютерно-інтегрованих*  
*технологій КНУ*

“ 08 ” червня 2022 р.

 (підпис)

Ім'я користувача:  
Кафедра КІ

ID перевірки:  
1011513170

Дата перевірки:  
09.06.2022 07:49:09 EEST

Тип перевірки:  
Doc vs Internet + Library

Дата звіту:  
09.06.2022 07:49:26 EEST

ID користувача:  
100005591

Назва документа: Пшеничко\_Кіберфізична система вимірювання атмосферного тиску в багатофункційних та...

Кількість сторінок: 66 Кількість слів: 7225 Кількість символів: 58519 Розмір файлу: 1.01 MB ID файлу: 1011387906

## 17.2% Схожість

Найбільша схожість: 5.41% з Інтернет-джерелом (<http://poradu.pp.ua/dim/print:page,1,26942-barometr-ce-scho-za-prila..>)

14% Джерела з Інтернету

66

Сторінка 68

4.77% Джерела з Бібліотеки

97

Сторінка 69

## 0% Цитат

Цитати

1

Сторінка 70

Посилання

1

Сторінка 70

## 0% Вилучень

Немає вилучених джерел

## Модифікації

Виявлено модифікації тексту. Детальна інформація доступна в онлайн-звіті.

Замінені символи

29

# Anti-Plagiarism v-15.257

**Максимальное совпадение с одним документом 3.0%**

Словари проверки: en\_US, ru\_RU, ua\_UA. **Ошибок в документах: 12%**

ID: 104822 Название: Кіберфізична система вимірювання атмосферного тиску в багатофункційних та різноконфігурованих приміщеннях Добавлено в БД: 2022-06-09 Авторы: О.С. Пшеничко Руководители: Є.Г Гнатчук Консультанты: Опоненты:	Документ		Суммарное совпадение по Базе Данных	
	Символы	Лексемы	Символы	Лексемы
	42374	447	4828 (11%)	49 (11%)

## Источник плагиата

ID	Описание	Наличие плагиата в документе	
		Символы	Лексемы

Завідувачу кафедри КІСП  
д-ру техн.наук, проф. Говорущенко Т. О.

Пшеничко О. С.

ПІБ здобувача вищої освіти

ФПКТС, 3 курсу, групи КІ2с-19-1

### ЗАЯВА

З правилами чинного Положення «Про дотримання академічної доброчесності в Хмельницькому національному університеті» від 26.09.2020 (зі змінами від 26.11.2020), згідно з яким виявлення плагіату є підставою для відмови в допуску кваліфікаційної роботи до захисту та застосування заходів дисциплінарної та академічної відповідальності, ознайомлений (а). Про використання програмно-технічних засобів для перевірки кваліфікаційних робіт здобувачів вищої освіти на наявність плагіату ознайомлений(а) та надаю свою згоду на обробку та збереження університетом моєї роботи в інституційному репозитарії університету.

Також надаю університету право на передачу моєї роботи для обробки та збереження в базах даних програмно-технічних засобів (Unicheck та Anti-Plagiarism) та використання роботи для виявлення плагіату в інших роботах, які перевіряються програмно-технічними засобами та користувачами, що мають доступ до цих програмно-технічних засобів, виключно в обмежених цілях для виявлення плагіату в текстах робіт.

Робота для перевірки університетом надається в друкованому та електронному варіанті. Електронна версія моєї роботи збігається (ідентична) з друкованою.

\_\_\_\_\_09.06.2022\_\_\_\_\_

дата



підпис

**РІШЕННЯ ЕКСПЕРТНОЇ КОМІСІЇ**  
**КАФЕДРИ КОМП'ЮТЕРНОЇ ІНЖЕНЕРІЇ ТА ІНФОРМАЦІЙНИХ СИСТЕМ**  
**ПРО ДОПУСК КВАЛІФІКАЦІЙНОЇ РОБОТИ ДО ЗАХИСТУ**

Підтверджуємо ознайомлення з результатом звіту подібності щодо роботи, генерованого системою виявлення текстових збігів/ідентичності/схожості:

Назва: Кіберфізична система вимірювання атмосферного тиску в багатофункційних та різноконфігурованих приміщеннях

Автор: Пшеничко Олександр Сергійович

Спеціальність: 123 – Комп'ютерна інженерія

Освітня програма: освітньо-професійна

Науковий керівник: Гнатчук Єлизавета Геннадіївна, д.т.н, професор

Після аналізу звіту подібності зроблено такий висновок:

№	Висновок	Позначка про відповідність
1	Запозичення, виявлені в роботі, є законними і не є плагіатом. Робота приймається до захисту.	відповідає
2	Виявлені запозичення не є плагіатом, розміщені в розділах, які не описують безпосередньо авторське дослідження, але кількість цитат перевищує обсяг, виправданий поставленою метою роботи. Робота приймається до захисту, але має бути відкоригована. Відкоригований варіант має бути поданий на кафедру за 2 дні до захисту, разом із заявою щодо самостійності виконання письмової роботи та ідентичності друкованої та електронної версії роботи	відповідає
3	Виявлені запозичення не є плагіатом, але частково розміщені в розділах, які описують безпосередньо авторське дослідження, а кількість цитат перевищує обсяг, виправданий поставленою метою роботи. В зв'язку з цим мета роботи та поставлені завдання не були досягнені. Робота може бути допущена до захисту (наступного року) після того як буде відкоригована та допрацьована і успішно пройде повторну перевірку на академічний плагіат.	відповідає
4	Робота містить навмисні текстові спотворення, передбачувані спроби укриття запозичень або інші прояви академічного плагіату. Робота містить фабрикацію або фальсифікацію даних. Робота не допускається до захисту.	відповідає

Підтвердження:

Запозичення, виявлені в роботі, є законними і не є плагіатом, оскільки:

- 1) запозичення розміщені в розділах аналізу існуючих аналогів та прототипів, які не описують безпосередньо авторське дослідження і не стосуються результатів роботи;
- 2) усі запозичення фрагментарні, або мають належним чином оформленні посилання;
- 3) окремі виявлені збіги є загальноживаними фразами або виразами, про що свідчить посилання системи на збіг з 10-40 джерелами на один фрагмент речення;
- 4) в якості запозичень в окремих місцях системою зафіксовано послідовності чотирьохрозрядних двійкових кодів, які є вхідними даними до великої кількості задач і не можуть розглядатися як об'єкт авторських прав і, відповідно, їх порушення;
- 5) всі зафіксовані системою ознаки модифікації тексту відносяться до використання лістингів програмного коду, в якому використовуються команди, без модифікації.

Сумарний обсяг всіх запозичень, визначений системою виявлення збігів/ідентичності/схожості, складає 6.26% і адресується до 401 першоджерела, що, з урахуванням наведених обґрунтувань, відповідає характеру наукового дослідження і свідчить на користь кваліфікаційної роботи.

Керівник роботи

Гарант ОП

Завідувач кафедри КІС

Є. Г. Гнатчук

С. М. Лисенко

Т. О. Говорущенко