

ХМЕЛЬНИЦЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

Факультет програмування та комп'ютерних і телекомунікаційних систем

Кафедра автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології

## КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

бакалавр

Освітній рівень

на тему «Автоматичний пристрій вимірювання барометричного тиску в безпілотних літаках»

КРБАКІТ.2017033.01.11 ПЗ

Галузь знань 15 Автоматизація та приладобудування

Спеціальність 151 Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології

Освітня програма Бакалавр з автоматизації та комп'ютерно-інтегровані технології

Виконав: студентка 4 курсу, група АКІТ-17-1

  
підпис

Ю. С. Цюрпіта  
Ініціали, прізвище

Керівник

  
підпис, дата

О. К. Яновицький  
Ініціали, прізвище

Нормоконтролер

  
підпис, дата

Н. Д. Короткова  
Ініціали, прізвище

До захисту допускаю:  
Зав. кафедри автоматизація  
та комп'ютерно-інтегровані  
технології

  
підпис

В. В. Мартинюк  
Ініціали, прізвище

22 06 2021 р.

Хмельницький 2021

# ХМЕЛЬНИЦЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

Факультет ПРОГРАМУВАННЯ ТА КОМП'ЮТЕРНИХ І ТЕЛЕКОМУНІКАЦІЙНИХ СИСТЕМ

Кафедра АВТОМАТИЗАЦІЯ ТА КОМП'ЮТЕРОНО-ІНТЕГРОВАНІ ТЕХНОЛОГІЇ

Освітній рівень БАКАЛАВР

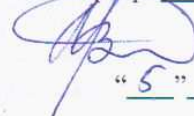
Галузь знань 15 АВТОМАТИЗАЦІЯ ТА ПРИЛАДОБУДУВАННЯ

Спеціальність 151 АВТОМАТИЗАЦІЯ ТА КОМП'ЮТЕРОНО-ІНТЕГРОВАНІ ТЕХНОЛОГІЇ

Освітня програма «АВТОМАТИЗАЦІЯ ТА КОМП'ЮТЕРОНО-ІНТЕГРОВАНІ ТЕХНОЛОГІЇ»

ЗАТВЕРДЖУЮ

Зав. кафедри В.В.Мартинюк



"5" 02 2021 р.

## ЗАВДАННЯ НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ БАКАЛАВРА

Цюрпіті Юлії Степанівній

Прізвище, ім'я, по батькові студента

1. Тема проекту (роботи) Автоматичний пристрій вимірювання барометричного тиску в безпілотних літаках

Керівник проекту (роботи) Яновицький О.К., к.т.н., доцент.

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

Затверджена наказом ректора університету від 05.02.2021 р. № 11

2. Строк подання студентом проекту (роботи) на кафедру 07.06.2021 р.

3. Вихідні дані до проекту (роботи) Завдання на дипломне проектування

4.

Зміст пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити)

Дослідження предметної області та постановка задачі

Моделювання та проектування системи автоматичного вимірювання висоти

Апаратна та програмна реалізація системи





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

Структурна схема системи

Принципова схема системи

Логічні схеми алгоритмів

6. Консультанти розділів дипломного проекту (роботи)

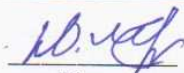
Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
Нормоконтроль	Жоравська Л.О.		
Антиплагіат	Федула М.В.		

7. Дата видачі завдання « 11 » 01 2021 р.

**КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН**

№з/п	Назва етапів (розділів) дипломного проекту (роботи)	Термін виконання етапів проекту (роботи)	Примітка
1	Вибір напряму дослідження та узгодження тематики кваліфікаційної роботи з керівником	11.01.2021	виконано
2	Ознайомлення з предметною областю; формулювання мети та задач дослідження; визначення об'єкта та предмета дослідження	06.02.2021	виконано
3	Робота над розділом 1 – дослідження предметної області та постановка задачі	01.03.2021	виконано
4	Робота над розділом 2	03.04.2021	виконано
5	Робота над розділами 3-4	30.04.2021	виконано
6	Оформлення пояснювальної записки згідно вимог	26.05.2021	виконано
7	Захист КР	Червень 2021 року	

Студент



Ю. С. Цюрбіта

Підпис

Ініціали, прізвище

Керівник роботи



О. К. Яновицький

Підпис

Ініціали, прізвище

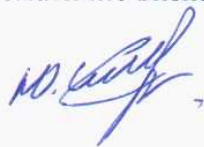
## АНОТАЦІЯ

Кваліфікаційна робота бакалавра на тему «Автоматичний пристрій вимірювання барометричного тиску в безпілотних літаках» виконана студенткою групи 4-го курсу АКІТ-17-1 Цюрпітою Юлею Степанівною на кафедрі «Автоматизація та комп'ютерно-автоматизовані технології» Хмельницького національного університету у 2021 р. Керівник роботи Яновицький Олександр Костянтинівич.

Робота складається із вступу, 4-х розділів, основних висновків по роботі, списку використаних джерел (9 бібліографічних посилань, 1 сторінка) та 4 додатків (5 сторінок). Загальний обсяг роботи, в якому викладено основний зміст, складає 64 сторінок. Повний обсяг роботи 80 сторінок.

Кваліфікаційна робота присвячена розгляду питань створення автоматичного пристрою вимірювання барометричного тиску в безпілотних літаках. В роботі висвітлено наступні питання: проведено аналіз методів вимірювання барометричного тиску на безпілотних літальних апаратах для автоматичного визначення висоти; проведено аналіз методів передачі даних з безпілотного літального апарату на пуль оператора. Розроблено алгоритм роботи передаючої та приймальної частини системи. Розроблено апаратне та програмне забезпечення.

*Ключові слова:* барометричний тиск, безпілотний літальний апарат, автоматичне визначення висоти.



22.06.2021р.

## ЗМІСТ

ВСТУП .....	4
РОЗДІЛ 1. ЗАГАЛЬНІ ВІДОМОСТІ ПРО МЕТОДИ ВИМІРЮВАННЯ БАРОМЕТРИЧНОГО ТИСКУ НА БЕЗПІЛОТНИХ ЛІТАЛЬНИХ АПАРАТАХ ДЛЯ АВТОМАТИЧНОГО ВИЗНАЧЕННЯ ВИСОТИ .....	6
1.1 Огляд сфер використання та методів автоматичного визначення висоти літальних апаратів.....	6
1.2 Загальні відомості про різновиди барометричних датчиків тиску .....	11
1.3 Аналіз методів передачі даних з безпілотного літального апарату на пульт оператора.....	15
1.4 Вимоги до системи автоматичного визначення висоти та опис технічного завдання.....	16
1.5 Висновки до першого розділу. ....	16
РОЗДІЛ 2. ПРОЕКТУВАННЯ ПРИСТРОЮ .....	17
2.1 Структурна схема автоматизованої системи визначення висоти .....	17
2.2 Перевірка одиниць структурної схеми на відповідність вимогам технічного завдання, їх проектування та опис як окремих пристроїв .....	18
2.3 Опис принципів розрахунку висоти за допомогою метода барометричного нівелювання. ....	24
2.4 Опис людино-машинного інтерфейсу та засобів взаємодії з пристроєм ...	25
2.5 Висновки до другого розділу.....	25
РОЗДІЛ 3. ПРОГРАМНО-АПАРАТНА РЕАЛІЗАЦІЯ .....	27

<b>КРБАКІТ.2017033.01.11</b>								
Зм.	Лист	№ докум.	Підп.	Дата	Автоматичний пристрій вимірювання барометричного тиску в безпілотних літальних апаратах	Лит.	Лист	Листів
Розроб.		Цюрпіта Ю.С.	<i>Ю.С.А.</i>	22.06.21				
Перев.		Яновицький О.К.	<i>О.К.</i>	22.06.21			2	59
Н.Контр.		<i>Корсунська І.О.</i>	<i>І.О.</i>	22.06.21		ХНУ АКИТ-17-1		
Затв.								

3.1 Апаратна оцінка окремих одиниць системи .....	27
3.2 Алгоритми програмної реалізації роботи модулів системи .....	33
3.3 Прототипування апаратної частини автоматизованої системи вимірювання барометричного тиску в безпілотних літаках.....	38
3.4 Алгоритми програмної реалізації роботи цілої системи та опис програмного забезпечення .....	43
3.5 Висновки до третього розділу .....	52
<b>РОЗДІЛ 4. ТЕСТУВАННЯ ТА ОЦІНКА РОБОТИ АВТОМАТИЗОВАНОГО ПРИСТРОЮ.....</b>	<b>53</b>
4.1 Похибка барометричного датчика тиску.....	53
4.1.1 Оцінка похибки у режимі максимального розширення (advanced resolution mode).....	53
4.1.2 Оцінка похибки у режимі мінімального споживання (ultra low power mode).....	54
4.2 Оцінка відстані передачі даних .....	54
4.3 Висновки до четвертого розділу .....	56
<b>ВИСНОВКИ.....</b>	<b>58</b>
<b>ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАННЯ .....</b>	<b>59</b>
<b>ДОДАТКИ</b>	

## ВСТУП

*Мета і задачі проекту.* Метою кваліфікаційної роботи є розробка автоматичного пристрою вимірювання барометричного тиску в безпілотних літаках.

Безпілотні літальні апарати (БПЛА) все більше набувають популярність. З самого початку безпілотники широко використовувалися для вирішення військових завдань (проведення розвідки). Також однією з перших сфер застосування був метеопрогноз.

Розвиток БПЛА стимулює появу нових професій на ринку праці, таких як «Оператор з управління безпілотними літальними апаратами». Розвиток даної сфери вже давно є перспективним та доцільним.

На сьогоднішній день безпілотники можна застосовувати для вирішення таких задач:

- моніторинг об'єктів виробничої інфраструктури, лісових і сільськогосподарських угідь, здійснення розпорощення хімреактивів сільськогосподарських цілях;
- проведення фото і кінозйомки;
- моніторинг клімату і атмосфери, стану природних ландшафтів і рослинного покриву;
- в науково-дослідних цілях;
- з метою забезпечення безпеки;
- в розважальних цілях.

БПЛА викликають величезний інтерес не тільки у військових колах, а й у промислових підприємствах для вирішення їх завдань. Все вище перелічене на сьогоднішній день можливо завдяки розвитку технологій і мікроелектроніки.

					<i>КРБАКІТ.2017033.01.11</i>	<i>Лист</i>
<i>Зм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підп.</i>	<i>Дата</i>		

У наш час існує велика кількість безпілотників, що відрізняються за зовнішнім виглядом, своїми розмірами, функціоналу і дальності польоту. Їх можна розподілити за способом керування. Вони бувають:

- дистанційно керовані;
- автоматичні;
- некеровані.

За своїм розміром безпілотні літальні апарати умовно ділять на класи:

- мікро (від 0 до 10 кг);
- міні (від 10 до 50 кг);
- міди (від 50 кг до 1 тонни);
- важкі ( $> 1$  тонни).

З усього вище описаного можна зробити висновок, що БПЛА дуже перспективна сфера в наш час. З введенням сучасних технологій можливість повної заміни авіації з традиційної на безпілотну є реальною.

У процесі виконання польоту, як правило, керування БПЛА здійснюється автоматично за допомогою безлічі бортових комплексів навігації та керування. До основних параметрів відносяться такі як:

- визначення висоти польоту;
- підтримка заданих висот і швидкості польоту;
- збір і передача телеметричної інформації та параметрів польоту.

У даній кваліфікаційній роботі охоплюється два з перелічених вище основних параметрів. Робота направлена на автоматичне визначення висоти БПЛА за допомогою зняття показів барометричного тиску, збір та передачу даних на пульт оператора безпілотного літального апарату.

У сфері виготовлення БПЛА наразі є велика необхідність, автоматичного збору даних, їх обробки та передачі, адже без вирішення таких проблем, неможливо виконувати такі функції як автопідтримка висоти польоту безпілотника. Дана функція широко використовуються у аграрній, промислових та воєнній галузях.

					<i>КРБАКІТ.2017033.01.11</i>	<i>Лист</i>
<i>Зм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підп.</i>	<i>Дата</i>		

## РОЗДІЛ 1

### ЗАГАЛЬНІ ВІДОМОСТІ ПРО МЕТОДИ ВИМІРЮВАННЯ БАРОМЕТРИЧНОГО ТИСКУ НА БЕЗПЛОТНИХ ЛІТАЛЬНИХ АПАРАТАХ ДЛЯ АВТОМАТИЧНОГО ВИЗНАЧЕННЯ ВИСОТИ

#### 1.1 Огляд сфер використання автоматичного визначення висоти літальних апаратів

Безпілотні літальні апарати (БПЛА), на даний час є найбільш інноваційним елементом, що використовується в різноманітних промислових секторах. Темпи розвитку цієї сфери наздоганяють зростання сфери інформаційних технологій.

БПЛА можуть використовуватися в різних видах діяльності як державного і приватного сектора, таких як:

- державна сфера: військові, прикордонники або служби, які надають допомогу у разі стихійних лих;
- підприємницька сфера: моніторинг та обслуговування будівель, технологічний супровід тваринних комплексів, ферм, аграрного бізнесу, геологічні відкриття або аерофотозйомка;
- сфера обслуговування: доставка товарів, ігри, реклама.

Використання безпілотних літальних апаратів стає все більш популярним в діях рятувальних загонів. Найбільш часто використовувані безпілотні літальні апарати - це мультикоптер, здатні до вертикального зльоту і зависання, а також літаки або моторні планери, злітають з місця або спеціальної катапульты. Вибір відповідного типу БПЛА тягне за собою врахування певних переваг і недоліків. Основним недоліком багатогвинтових літаків є їх довготривалість польоту, як правило, вона знаходиться в діапазоні від 1 до 60 хвилин в залежності від ємності батареї. З іншого боку,

					КРБАКІТ.2017033.01.11	Лист
Зм.	Лист	№ докум.	Підп.	Дата		

основною перевагою багатогвинтових літаків є їх маневреність, яка в поєднанні з їх оснащенням спеціальною камерою може значно знизити вплив умов місцевості при використанні БПЛА для пошукової діяльності.

Варто зазначити, що БПЛА завжди були досягненням військових технологій, проте останнім часом такі їх представник безпілотників, як квадрокоптер, завойовують своє місце ще й у різних сферах цивільного життя. Дронам пророкують долю мобільних телефонів, тобто в недалекому майбутнього вони можуть стати незамінним атрибутом нашого життя. Це пояснюється, порівняно невеликою вартістю даних пристроїв, простотою керування, малими витратами на експлуатацію та обслуговування [1].

На сьогоднішній день можна перелічити безліч прикладів використання БПЛА, нижче наведені основні:

1) Картографія

Сьогодні широко використовують невеликі, легкі безпілотники, які завдяки спеціальному програмному забезпеченні можуть досліджувати природні та міські ландшафти, промислові карти, створюючи не тільки фото, а й тисячі цифрових зображень, які об'єднуються у 3D-моделі.

2) Захист дикої природи

Уряд США, Малайзії та Індонезії вже використовує БПЛА для захисту своїх земель та тварин що їх населяють. Так, за допомогою повітряних зйомок проводяться заходи по збереженню рідкісних диких тварин, вивчається їх розподіл та щільність на певній території. Використання БПЛА є дієвим способом моніторингу у густих лісах адже наземні способи спостереження є дорогими та мають менший результат. У деяк національних парках світу використання безпілотників зменшує таке негативні явище, як браконьєрство.

3) БПЛА в аграрній справі

Ефективне землеробство неможливе без знання точної площі полів. Більш того, відомостей про стан рослин та ґрунту є також дуже важливі. Аерозйомка з повітря - це найбільш дієвий метод для отримання таких даних.

					<i>КРБАКІТ.2017033.01.11</i>	<i>Лист</i>
<i>Зм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підп.</i>	<i>Дата</i>		

Кілька хвилин польоту на невеликій контролюємій висоті дозволять отримати детальні карти сантиметрової точності і 3D-моделі рельєфу. З допомогою БПЛА можна виконувати інвентаризацію та моніторинг земель, проводити точні агрохімічні дослідження і контролювати стан рослин.

#### 4) Безпілотні літальні апарати у рятувальних цілях

Дрони, що обладнанні спеціальними інфрачервоними датчиками дають можливість виявляти людей, Які попали у полон пожежі, автоаварії, завали будівель, снігових лавин та других катастроф як природного, так и техногенного характеру, коли людські ресурси не можуть зібрати потрібну інформацію про тих, кого ще можна врятувати [2].

Все вище перелічене не можливе без оцінки висоти БПЛА, адже це надзвичайно важлива інформація при виконанні таких маневрів польоту, як посадка, зліт, політ на малій висоті і т.д. Найпоширенішим пристроєм вимірювання висоти, що присутній практично в будь-якій бортовій системі, є барометр. Найважливішою характеристикою цього приладу є те, що він вимірює висоту (above middle sea level) AMSL, а не (Above Ground Level ) AGL. Це означає, що висоту над рівнем моря необхідно оцінювати, використовуючи висоту зльоту.

Також одним з способів оцінки висоти може бути GPS. Однак стандартний GPS має вертикальну точність від 25 до 50 метрів та при передачі в міському середовищі чутливий до перешкод. Незважаючи на те, що він підходить для польотів на великій висоті, для будь-яких операцій на малих висотах, даний метод є не ефективним та створюється необхідність використання датчику, який може вимірювати висоту AGL з похибкою близько метра або менше. Для вирішення цього завдання були розроблені візуальні методи дослідження та оцінки висоти, для досягнення цієї мети використовують камери та методи машинного навчання.

Найбільш широко вживані в комерційних цілях методи - це оптичні методи, методи на основі радіолокаційних станцій, що пов'язано з їх простотою і надійністю. Оскільки вони не вимагають високої

					<i>КРБАКІТ.2017033.01.11</i>	<i>Лист</i>
<i>Зм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підп.</i>	<i>Дата</i>		

обчислювальної потужності і з меншою ймовірністю генерують артефакти (в порівнянні з методами комп'ютерного зору), ці системи використовуються в безлічі БПЛА. Радіолокаційні альтиметри часто використовують у об'єднанні з технологією GPS, для визначення висоти виключно при зльоті та посадці.

Функція Altitude Hold Mode (автоматичне утримання висоти) присутня в багатьох моделях, вона корисна при проведенні аерофото зйомок, та також стане в нагоді і починаючому оператору БПЛА.

Завдяки спеціальним датчикам, встановленим на безпілотні літальні апарати вони легко утримують сталу висоту над землею, навіть якщо пілот відпускає пульта керування.

Для професійних операторів - це можливість зосередитися на зйомці, а для новачків - справжня знахідка, адже в такому режимі знижується аварійність ситуацій, і як наслідок - значна економія на ремонті та усуненні дрібних поломок.

В цьому режимі пілот керує нахилами вправо/вліво, не змінюючи висоти польоту. Якщо з'являється потреба змінити висоту, тоді використовуються команди джойстика пульта оператора що відповідають за дану команду.

Найбільш часто моделі БПЛА оснащені цифровими барометричними датчиками (барометрами). Принцип роботи таких моделей досить простий: зі збільшенням висоти, атмосферний тиск падає, а значить, польотний контролер реагує відповідним чином і подає необхідні сигнали на двигуни, регулюючи потужність моторів.

Однак не у всіх випадках система працює коректно, оскільки на невеликій відстані від землі, різниця тиску практично не відчутна, а тому барометр може давати збій на малих висотах.

При необхідності відносно великої точності на висоті 8-10 метрів, використовують ультразвук. Ультразвукові датчики часто застосовують в селфі-дронах, головна функція яких - фото, на невеликих висотах і навіть у

					<i>КРБАКІТ.2017033.01.11</i>	<i>Лист</i>
<i>Зм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підп.</i>	<i>Дата</i>		

приміщенні. Але такі датчики теж можуть дати збій, якщо польоти проводяться у приміщенні зі звукоізоляцією.

Наступний вид сенсорів для активації режиму утримання висоти - детектори візуального позиціонування. По суті - це спеціальна відеокамера, яка в он-лайн режимі знімає і постійно моніторить поверхню, над якою зависає дрон. Такий принцип часто використовується в більш дорогих моделях від відомих виробників. Нажаль, ця система також може дати збій, у випадках коли поверхня під коптером занадто яскраво освітлена, або навпаки, дуже темна.

Дорожчі моделі мають в своєму списку переваг GPS приймачі - обладнання останнього покоління, яке використовує дані супутникових навігаційних систем.

Переваги і недоліки кожного виду датчиків можливо переглянути у таблиці 1.1 [3].

Таблиця 1.1 - Переваги і недоліки кожного виду датчиків

<b>Види датчиків</b>	<b>Переваги, коректна робота</b>	<b>Недоліки, некоректна робота</b>
Барометричний датчик	Коректна робота на висоті від 1.5-2м	В погану погоду (вплив природних перепадів атмосферного тиску)
GPS - датчик	На відкритій місцевості	У приміщеннях, складність пошуку супутників
Ультразвукові датчики	На висоті до 10м та в приміщеннях	На висоті вище 10м, в приміщеннях з звукоізоляцією та над не рівними поверхнями.
Сенсори візуального позиціонування	В приміщенні та на вулиці (висота від 0,3 до 10 метрів)	На висоті вище 10 метрів. Політ над яскравими поверхнями, над водою та поверхнями без чітких контурів.

## 1.2 Загальні відомості про різновиди барометричних датчиків тиску

Усі барометри можна розділити на чотири групи:

- ртутний барометр;
- рідинний барометр;
- механічний барометр;
- електронний барометр.

У даній кваліфікаційній роботі використовується останній тип. Розглянемо можливі варіанти електронних барометрів. Серед безлічі модулів датчиків барометричного тиску, є найпростіші у використанні та найдоступніші, до них відносяться такі модулі:

- модуль датчика барометричного тиску MS5611;
- модуль датчика барометричного тиску HX710B;
- модуль датчика барометричного тиску BMP180;
- модуль датчика барометричного тиску BME280.

Розглянемо окремо параметри кожного з них.

Модуль MS6511 (GY-63) зображений на рис.1.1 – це датчик абсолютного атмосферного тиску. Зчитування даних відбувається по шині I2C (TWI).

Характеристики модуля MS6511:

- 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) ;
- керування по шині I2C;
- напруга живлення: 2 - 5В;
- споживання в режимі очікування: 0,1 мкА.

					<i>КРБАКІТ.2017033.01.11</i>	<i>Лист</i>
<i>Зм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підп.</i>	<i>Дата</i>		



Рисунок 1.1 – Загальний вигляд модуля MS6511

До складових модуля входить цифровий датчик барометричного тиску BMP085 (рис.1.2). Фірма-виробник – Bosch [4].



Рисунок 1.2 – Вигляд датчика BMP085

Наступним розглядається модуль HX710B (рис.1.3)– на мініатюрній платі, розмірами всього 19x18 мм. розташовані датчик тиску MPS20N0040D-D (рис.1.4) з діапазоном вимірювання 0-40 кПа, що дорівнює приблизно 0,4 атм. і 24 бітний аналого-цифровий перетворювач HX710B / TM7711.



Рисунок 1.3 – Загальний вигляд модуля HX710B

Зм.	Лист	№ докум.	Підп.	Дата

КРБАКІТ.2017033.01.11

Лист

Характеристики модуля НХ710В:

- напруга: 3,3-5 В;
- діапазон вимірюваного тиску: 0-40 кПа;
- АЦП: 24 біт;
- діапазон виміру температур: -40 to + 85 ° С.

Даний датчик використовується не тільки для виміру атмосферного тиску, а також в автомобільній індустрії [5].

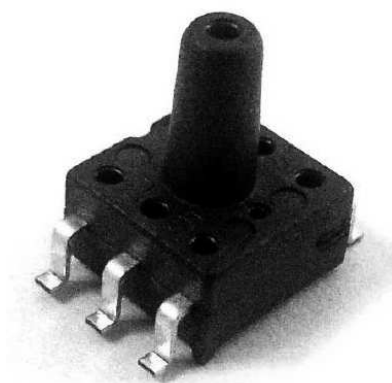


Рисунок 1.4 – Вигляд датчика MPS20N0040D-D

Модуль датчика барометричного тиску BMP180 (рис.1.5) – це датчик атмосферного тиску з функцією вимірювання температури. Керується по шині I2C (TWI).



Рисунок 1.5 – Загальний вигляд модуля BMP180

До складових модуля входить цифровий датчик барометричного тиску BMP085(рис.1.2), що також входить і до модуля MS5611 . Фірма-виробник – Bosch [4].

					<i>КРБАКІТ.2017033.01.11</i>	<i>Лист</i>
<i>Зм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підп.</i>	<i>Дата</i>		

Характеристики модуля барометричного тиску BMP180:

- 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 ± 2 град) ;
- керування по шині I2C;
- напруга живлення: 2 - 5В;
- споживання в режимі очікування: 0,1 мкА.

Модуль датчика BME280 зображений на рис.1.6 – це нове покоління датчиків тиску, що дозволяють вимірювати не тільки значення атмосферного тиску, а й температуру і вологість. Датчик характеризується високою точністю вимірювання, високою швидкістю інтерфейсу та надмалим споживанням.



Рисунок 1.6 – Загальний вигляд модуля BME280

До складових модуля входить цифровий однойменний датчик барометричного тиску BME280 (рис.1.7). Фірма-виробник – Bosch. Недоліком даного датчика є велика собівартість [6].



Рисунок 1.7 – Вигляд датчика BME280

Характеристики модуля ВМЕ280:

- інтерфейси підключення: I2C;
- межі вимірювання температури: від -40 до 85 градусів;
- межі вимірювання вологості: від 0 до 100%;
- межі вимірювання тиску: від 300 до 1100 ГПа;
- напруга живлення: від 1.8 до 5 В;
- струм в режимі вимірювання тиску: 714 мкА;
- струм в режимі сну: від 0.1 мкА до 0.5 мкА.

### 1.3 Аналіз методів передачі та індикації даних з безпілотного літального апарату на пульт оператора

На сьогоднішній день існує багато методів взаємодії та передачі даних з безпілотного літального апарату на пульт оператора. Керування та збір інформації з БПЛА може здійснюватися за допомогою таких каналів зв'язку:

- за допомогою GPS модулів;
- по каналу WIFI;
- по каналу bluetooth;
- по каналам мобільного зв'язку GSM, 3G, LTE;
- по радіоканалам мегагерцових діапазонів.

У кваліфікаційній роботі передача даних між БПЛА та пультом оператора відбуватиметься за допомогою радіоканалу частотою 433 МГц. Для цього використовується радіомодуль RF 433 (рис.1.8), до складу якого входять приймач та передавач [7].

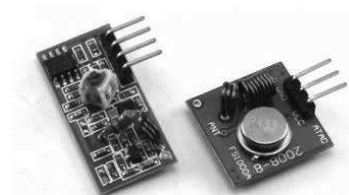


Рисунок 1.8 – Загальний вигляд приймача та передавача радіомодуля RF 433

## 1.4 Вимоги до системи автоматичного визначення висоти та опис технічного завдання

Постановка задачі кваліфікаційної роботи полягає у створенні автоматизованої системи визначення висоти на основі показів барометричного тиску. Система складатиметься з передавача, що знаходиться на борті БПЛА, та з приймальної частини що буде знаходитись біля пульта, для виведення даних висоти на індикатор, що інформуватиме оператора безпілотного літального апарату.

Основними вимогами до системи є:

- створення фільтру барометричних даних, для максимального наближення показників до реальних;
- низька собівартість системи;
- дальність передачі даних, що відповідає відстані керування безпілотним апаратом;
- створення робочої системи.

## 1.5 Висновки до першого розділу

1. На основі проведеного аналізу різновидів барометричних датчиків вибрано той що відповідає основним вимогам.

2. Проаналізувавши існуючі методи передачі даних, обрано канал радіозв'язку на частоті 433 МГц.

3. Було визначено функціональні вимоги щодо автоматизованої системи визначення висоти на основі показників барометричного тиску.

					<i>КРБАКІТ.2017033.01.11</i>	<i>Лист</i>
<i>Зм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підп.</i>	<i>Дата</i>		

## РОЗДІЛ 2

### ПРОЕКТУВАННЯ ПРИСТОРОЮ

#### 2.1 Структурна схема автоматизованої системи визначення висоти

Згідно структурної схеми системи автоматизованого визначення висоти (рис 2.1) можна зробити перелік основних структурних одиниць:

Передавач системи складається з:

- барометричного датчика тиску BMP180;
- модуля передавача FS1000A;
- плати мікроконтролера на базі Atmega 168P.

Приймач системи складається з:

- плати мікроконтролера на базі Atmega 168P;
- дисплея індикації TM1637;
- модуля-приймача MX-RM-5V.

Частина передавача знаходиться на борту безпілотного літального апарату. В той час як приймач знаходиться на пульті оператора та по радіоканалу RF433 приймає дані з борту БПЛА.

На структурній схемі видно що плата мікроконтролера у передавачі опитує датчик барометричного тиску на що він надсилає відповідні дані, що запитував мікроконтролер, тобто зв'язок між ними є двохстороннім. Модуль передавача має односторонній зв'язок, мікросхема даного модуля виконує роль перетворювача цифрових даних у амплітудно модульований радіосигнал.

У приймачі системи автоматичного визначення висоти, також є плата мікроконтролера, що приймає дані з модуля-приймача MX-RM-5V та висвітлює їх на дисплеї індикації TM1637.

					КРБАКІТ.2017033.01.11	Лист
Зм.	Лист	№ докум.	Підп.	Дата		

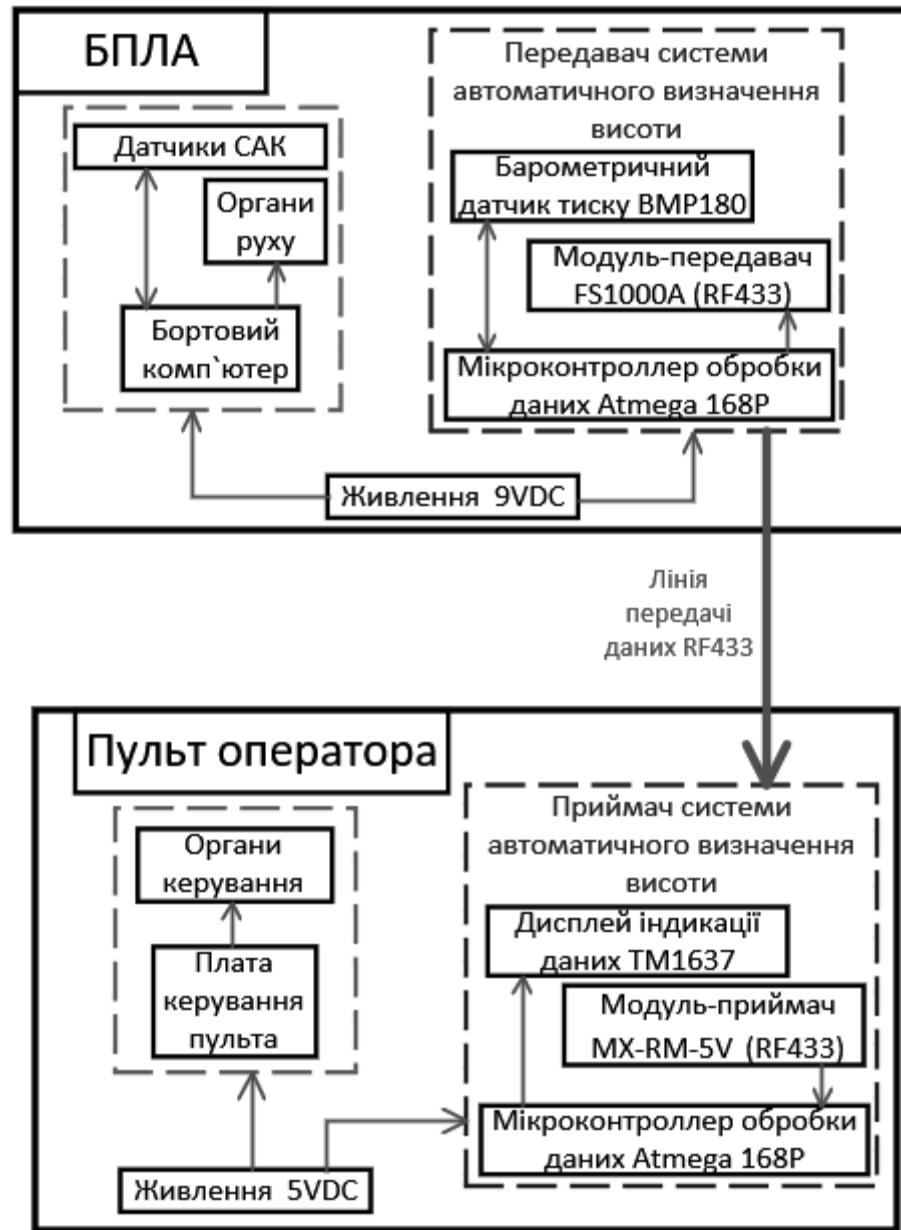


Рисунок 2.1 - Структурна схема автоматизованої системи визначення висоти

## 2.2 Перевірка одиниць структурної схеми на відповідність вимогам технічного завдання, їх проектування та опис як окремих пристроїв

Для адекватної оцінки вимог технічного завдання нижче описані основні функції що має виконувати система. Функції пристрою:

- вимірювання поточної висоти;
- постійне виведення висоти на семисигментний дисплей індикації;

Зм.	Лист	№ докум.	Підп.	Дата

- можливість відображення від'ємних та додатних значень показу висоти;

- передача даних з допомогою радіоканалу RF433;

- вивід даних з точністю до 0,5м.

За нульову точку відліку приймається висота на якій було включено живлення пристрою. Для конструювання барометричного висотоміру на базі Atmega 168P необхідні такі елементи:

- барометричний датчик висоти (BMP180);

- чотирьохрозрядний LED – дисплей на базі мікросхеми TM1637;

- плата мікроконтролера Arduino Nano(2 шт.);

- передавач FS1000A (RF433);

- приймач MX-RM-5V (RF433).

Модуль BMP180 - є недорогим і простим у використанні сенсорним датчиком, що дозволяє виміряти атмосферний тиск і температуру навколишнього середовища. Даний датчик був обраний завдяки малій собівартості та можливості виміру температури, що дає змогу корегування точності обрахунків висоти в залежності від зміни температури навколишнього середовища.

Характеристики модуля BMP180:

- мінімальний робочий струм: 5 мкА;

- діапазон вимірювання: 300hPa .. 1100hPa;

- точність вимірювання тиску: 0,1 hPa;

- діапазон виміру температур: -40 to + 85 ° C (точність ± 2 град) ;

- напруга живлення: 2 - 5В;

- точність вимірювання температури: 0,1 ° C;

- інтерфейс підключення: I2C.

Відповідність пінів для підключення модуля до плати Arduino Nano зображено у таблиці 2.1.

					КРБАКІТ.2017033.01.11	Лист
Зм.	Лист	№ докум.	Підп.	Дата		

Таблиця 2.1 - Відповідність пінів для підключення модуля до плати Arduino Nano

Arduino Nano	Модуль BMP180
A4	SDA
A5	SCL
VIN	+5 або +3.3 В
GND	GND

LED - дисплей на базі мікросхеми TM1637(рис.2.2) - це модуль семисегментного 4-розрядного дисплея 0,36 дюйма з керуванням по послідовній шині на драйвері TM1637. Модуль керується як від контролера Arduino так і від Raspberry Pi або будь-якого іншого міні-комп'ютера.

Особливості:

- драйвер – мікросхема TM1637;
- 4 семисегментні цифри і розділові точки з спільним анодом;
- всього 4 контакти підключення;
- регулювання яскравості дисплея, 8 рівнів яскравості;
- логічні рівні 5В або 3.3В;
- струм споживання до 80 мА.



Рисунок 2.2 - Чотирьохрозрядний LED – дисплей на базі мікросхеми TM1637

Підключення дисплея зображено нижче у таблиці 2.2.

Таблиця 2.2 - Таблиця підключення дисплея до плати Arduino

Arduino Nano	Модуль дисплея
Pin 6	CLK
Pin 7	DIO
Pin GND	GND
Pin VCC (+5VDC)	VCC

Arduino Nano - плата на базі контролера ATmega168P. На платі є 12 цифрових виходів введення / виведення (з яких 6 забезпечують вихід PWM), 8 аналогових виходів, контактами 0 (RX) і 1 (TX), які використовуються для прийому (RX) і передачі (TX) TTL-последовних даних, USB Mini-B роз'єм та також присутня кнопка скидання. Плату Arduino Nano зображено на рис. 2.3.

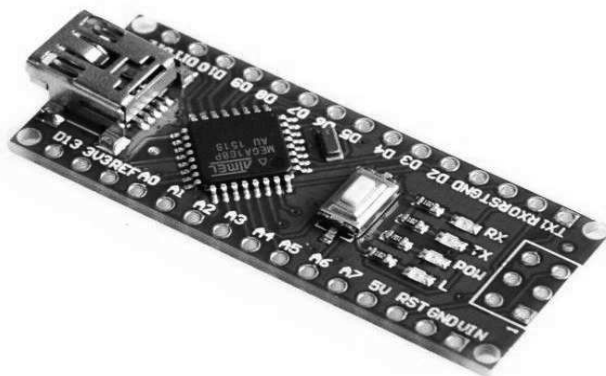


Рисунок 2.3 - Плата мікроконтролера Arduino Nano

Характеристики плати мікроконтролера Arduino Nano:

- мікроконтролер Atmel - ATmega168P;
- робоча частота мікроконтролера: 16 МГц;
- постійна пам'ять: 16КБ;
- пам'ять оперативна: 1 КБ;
- 12 цифрових входів / виходів D2 ~ D13;

- 8 виводів аналогових входів: A0 ~ A7;
- TTL-UART: виводи 0 (RX) і 1 (TX);
- 6 виводів з ШІМ: D3, D5, D6, D9, D10, D11;
- роз'єм USB Mini-B для завантаження прошивки та живлення;
- підтримка зовнішнього джерела живлення 7-12 В постійного струму.

Піни Arduino використовуються для підключення зовнішніх приладів і можуть працювати як в режимі входу (INPUT), так і в режимі виходу (OUTPUT). До кожного входу може бути підключений встановлений резистор 20-50 кОм за допомогою команди `pinMode()` в режимі `INPUT_PULLUP`. Допустимий струм на кожному з виходів – 20 мА, не більше 40 мА. Для зручності деякі піни поєднують у собі декілька функцій: піни 0 та 1 – контакти UART (RX та TX відповідно); піни з 10 по 13 – контакти SPI (SS, MOSI, MISO та SCK відповідно); піни A4 та A5 – контакти I2C (SDA та SCL відповідно).

Піни з номерами від 0 до 13 є цифровими(табл.2.3). Це каже про те, що ми можемо зчитувати та подавати на них тільки два види сигналу: HIGH та LOW. За допомогою ШІМ також можливо використовувати цифрові порти для керування потужністю підключених приладів.

Таблиця 2.3 - Розпіновка цифрових пінів

Номер піна Arduino	Адресація в скетчі	Спеціальне призначення	ШІМ
Цифровий пін 0	0	RX	
Цифровий пін 1	1	TX	
Цифровий пін 2	2	Вхід для переривання	
Цифровий пін 3	3	Вхід для переривання	ШІМ
Цифровий пін 4	4		
Цифровий пін 5	5		ШІМ
Цифровий пін 6	6		ШІМ



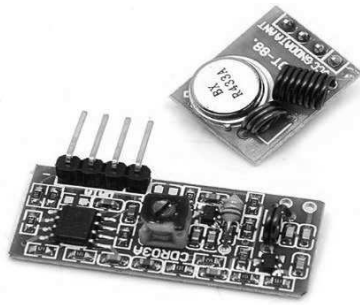


Рисунок 2.4 - Радіомодуль RF433

Радіо подовжувач RF433МГц складається з передавача і приймача, зазвичай використовується для віддаленого керування.

Характеристики:

- частота 433МГц;
- амплітудна модуляція;
- живлення передавача: 3-12В (чим вище напруга, тим більше потужність передачі);
- розмір передавача: 19x19мм;
- розмір приймача: 30x14мм.

Дальність зв'язку у відкритому просторі: до 150м, у приміщенні до 20м.

### 2.3 Опис принципів розрахунку висоти за допомогою метода барометричного нівелювання

Для перетворення даних тиску, що видає датчик, у даній кваліфікаційній роботі використовується метод барометричного нівелювання.

Метод передбачає у собі визначення різниці висот між двома точками простору за допомогою різниці тиску між ними. Атмосферний тиск окрім висоти над рівнем моря також залежить від інших чинників, таких як вологість повітря ( $e$ ), температура ( $t$ ), широта ( $\varphi$ ).

					<i>КРБАКІТ.2017033.01.11</i>	<i>Лист</i>
<i>Зм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підп.</i>	<i>Дата</i>		

Дані чинники можна врахувати в формулі Лапласа (2.1).

$$h = 18401,2(1 + 0,00366t) \left(1 + 0,378 \frac{e}{p_0}\right) (1 + 0,0026 \cos 2\varphi)(1 + \beta h) \lg \frac{p_0}{p_h}, \quad (2.1)$$

де  $\varphi$  – широта місця виміру тиску,  $e$  - абсолютна вологість повітря,  $t$  – температура повітря,  $p_0$  – значення тиску в першій точці,  $p_h$  - значення тиску в другій точці.

У даній кваліфікаційній роботі використовується простіша формула 2.2, яка з усіх чинників враховує тільки температуру. Формулу 2.2 було вибрано через, можливість з її допомогою зменшення часу обчислення. Врахування тільки температури не є критичним фактором обрахунку висоти, адже час та дальність польоту безпілотної не настільки великі, щоб в період польоту накопилася велика похибка.

Формула 2.2 називається формулою Бабіне (Жак Бабіне – французький фізик 1794-1872):

$$h = 8000 \frac{2(p_0 - p_h)}{p_0 + p_h} (1 + \alpha t), \quad (2.2)$$

де  $\alpha$  – коефіцієнт розширення газів, дорівнює  $\frac{1}{273}$ .

В період без комп'ютерів, дані обрахунки були досить складними та займали час, тому були створені допоміжні таблиці барометричних ступенів.

Барометричний ступінь – зміна висоти, при якій тиск знижується на 1мм.рт.ст. Для побудови таких таблиці використовується спрощена формула Бабіне (2.3).

$$h = 8000 \frac{(1 + \alpha t)}{p}, \quad (2.3)$$

					<i>КРБАКІТ.2017033.01.11</i>	Лист
Зм.	Лист	№ докум.	Підп.	Дата		

де  $\alpha$  – коефіцієнт розширення газів, дорівнює  $\frac{1}{273}$ ,  $h$  – висота,  $t$  – температура навколишнього середовища,  $p$  – тиск повітря.

## 2.4 Опис людино-машинного інтерфейсу та засобів взаємодії з пристроєм

Людино-машинний інтерфейс — термін, що охоплює інженерні рішення, котрі забезпечують взаємодію оператора з керованими ним машинами. Під "машиною" в цьому випадку розуміється система з усіх технічних засобів, що бере участь у процесі вимірювання, контролю, сигналізації та керуванні, а під «людиною» – оператор, який бере безпосередню участь в процесі керування.

У даній кваліфікаційній роботі, роль людино машинного інтерфейсу виконує чотирьохрозрядний LED-дисплей на базі мікросхеми TM1637 (рис.2.2).

Даний дисплей дає можливість виконувати правила сприйняття що є одним з найважливіших речей у людино- машинному інтерфейсі. Дисплеї повинен бути розбірливими. Чіткість і якість відтворення, важлива для розробки зручного дисплея. Якщо відтворювані символи або об'єкти, будуть мало помітними, оператор не зможе керуватись ними. Дану проблеми при використанні обраного дисплея можливо використати програмно при прошивці керуючого мікроконтролера кодом, що програмує максимальну яскравість дисплея.

Сприймаючи чітко виведену інформацію на дисплеї оператора пульта керування БПЛА, може корегувати висоту польоту безпілота.

## 2.5 Висновки до другого розділу

1. Розроблено структурну схему системи автоматизованого визначення висоти на основі барометричного датчику тиску.

					<i>КРБАКІТ.2017033.01.11</i>	<i>Лист</i>
<i>Зм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підп.</i>	<i>Дата</i>		

2. Перевірено одиниці структурної схеми на відповідність вимогам технічного завдання.

3. Описано взаємодію інтерфейсу пристрою з оператором БПЛА.

					<i>КРБАКІТ.2017033.01.11</i>	<i>Лист</i>
<i>Зм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підп.</i>	<i>Дата</i>		

## РОЗДІЛ 3

### ПРОГРАМНО-АПАРАТНА РЕАЛІЗАЦІЯ

#### 3.1 Апаратна оцінка окремих одиниць системи

Розглянемо апаратну оцінку модуля датчика тиску BMP180. BMP085 зроблено за «ultra-low power» технологією, оптимізована для використання в мобільних телефонах, GPS-навігаційних пристроях та зовнішньому обладнанні. З похибкою до 0,5 м та швидкою обробкою даних BMP085 має чудові характеристики.

Інтерфейс I2C дозволяє легко інтегрувати датчик у систему з мікроконтролером. BMP085 забезпечує міцність, високу точність та лінійність електромагнітної сумісності, а також довготривалу стабільність.

Датчик BMP085 призначений для підключення безпосередньо до мікроконтролера мобільного пристрою через шину I2C. Дані про тиск і температуру компенсовані даними калібрування записаними у E2PROM BMP085.

BMP085 складається з п'єзрезонансного датчика (чутливий елемент), аналого-цифрового перетворювача (АЦП), модулем керування з EEPROM та послідовним інтерфейсом I2C. Даний датчик забезпечує компенсоване значення тиску та температури. EEPROM зберігає 176 біт даних індивідуального калібрування. Це використовується для компенсації зміщення, температурної залежності та інших параметрів датчика.

Під час написання кваліфікаційної роботи необхідним є розглядання принципу дії п'єзрезонансного датчика тиску. Датчики такого типу використовують п'єзоефект, тут застосовується зворотній п'єзоефект (видозміна конфігурації п'єзоматеріала в залежності від поданого струму). Такі датчики використовують резонатор (наприклад пластину) з п'єзо-

					<i>КРБАКІТ.2017033.01.11</i>	<i>Лист</i>
<i>Зм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підп.</i>	<i>Дата</i>		

матеріалу, на яку з двох сторін нанесені електроди. На ці електроди по-змінно подається напруга різного знаку. Зі зміною частоти подачі, пластина вигинається то в одну то в протилежну сторону. Однак, в разі подачі на цю пластину сили, наприклад, барометричний тиск на мембрану, то зміниться частота коливань резонатора. Значення частоти коливань резонатора буде відповідати величині, з якою тиск тисне на мембрану.

Загальна функціональна схема зображена на рис.3.1.

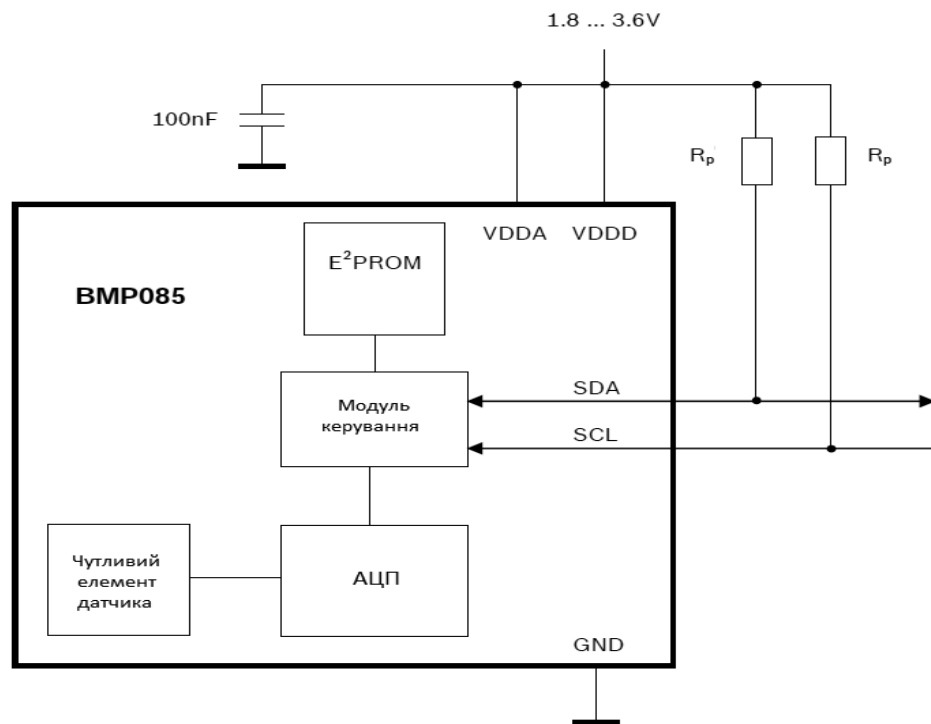


Рисунок 3.1 – Функціональна схема BMP085

Під час створення кваліфікаційної роботи було розглянуто принцип дії тензорезистивного датчика тиску (рис.3.2) АЦП датчика оцифровує значення опору тензорезисторів які змінюються в залежності від атмосферного тиску на діафрагму чутливого елемента (рис.3.2). Чутливий елемент таких датчиків представлений тензорезистивним -елементом, який в залежності від деформування змінює свій опір. Такі тензорезистори встановлюються на чутливу до зміни тиску мембрану. В результаті, під дією тиску мембрана вигинається сама і згинає тензорезистори, закріплені на ній. В підсумку, опір

на тензорезисторами змінюється, а також змінюється величина струму в ланцюзі.

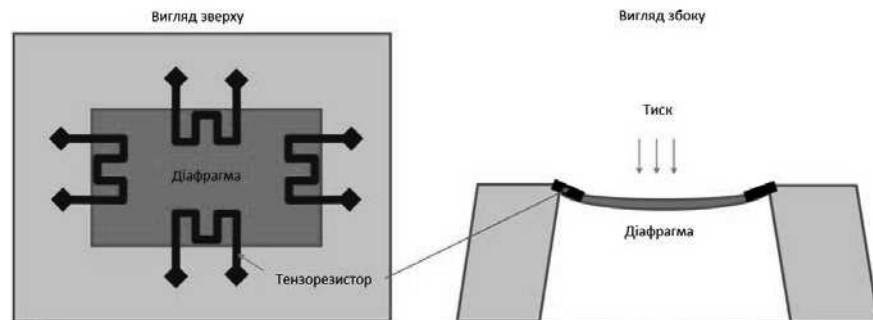


Рисунок 3.2 – Будова чутливого елемента

Передавач FS1000A (RF433) зображений на рис.3.3 передає сигнал через один цифровий вхідний контакт, який при високому значенні змушує передавач безперервно передавати сигнал на частоті 433 МГц. Швидкість передачі даних (4 Кбіт / с).

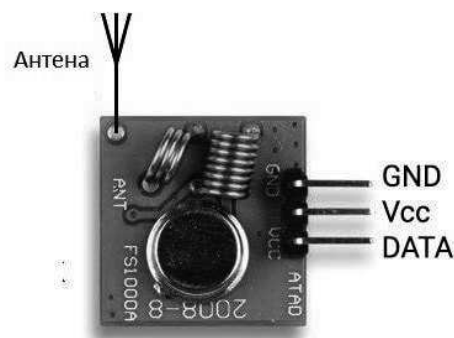


Рисунок 3.3 – Зовнішній вигляд модуля FS1000A

Модуль представляє собою простий однокаскадний мікропотужний передавач на транзисторі Q1 (рис.3.4) і ключ для маніпуляції на транзисторі Q2. Тобто, передавач розрахований виключно на передачу даних, які у вигляді імпульсів надходять на базу транзистора Q2, який в ключовому режимі «комутує» живлення генератора ВЧ на транзисторі Q1.

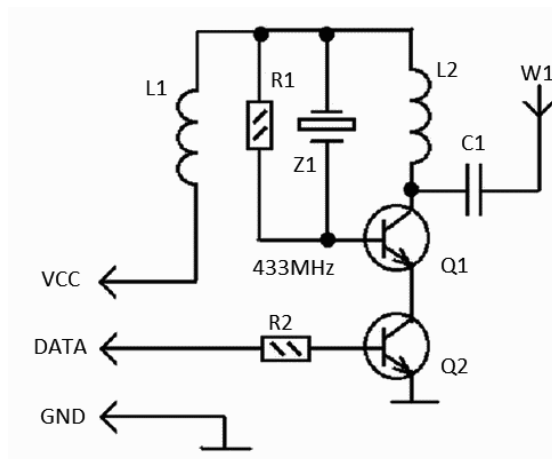


Рисунок 3.4 – Принципова схема FS1000A

Характеристики модуля передавача представлені у таблиці 3.1.

Таблиця 3.1 – Характеристики модуля передавача

Модель	FS1000A
Дальність передачі	50-150 м (в залежності від напруги живлення)
Робоча напруга	3,5-12 В
Розміри	19 * 19 мм
Швидкість передачі АМ	4 Кбіт / с (4000 біт в секунду)
Потужність передачі	10мВт

Супергетеродинний приймач зображений на рис 3.5 являє собою свержрегенератор, на виході якого стоїть компаратор. Приймачі такого типу є дуже простими через малу кількість компонентів, мають високу чутливість і автоматичне регулювання підсилення, однак є і недоліки, через високу чутливості і широку смугу пропускання, він ловить багато перешкод та на виході завжди присутній шум. Плата приймача має чотири виходи: Vcc, Gnd, data - вихід у вигляді двох суміщених виходів.

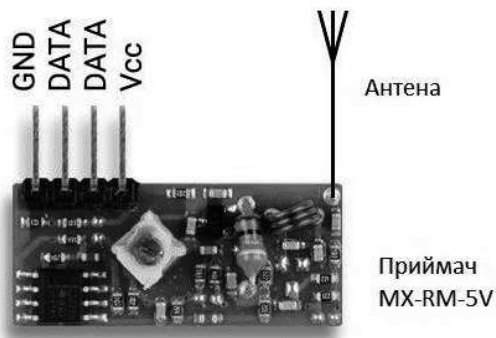


Рисунок 3.5 – Зовнішній вигляд приймача

На виході застосовується компаратор на базі операційного підсилювача LM358 (рис. 3.6). Приймач чутливий до пульсацій по живленню. Невеликі пульсації можуть розцінюватися приймачем як сигнал, після чого модуль може не реагувати на передавач. Для зменшення впливу пульсацій на приймач, так само бажано або сам приймач, або пристрої, що вносять пульсації (ШІМ, сервоприводи і т.д.), живити від окремого стабілізованого джерела живлення. Дросель L2 може бути представлений на платі в SMD виконанні або у вигляді безкаркасної котушки.

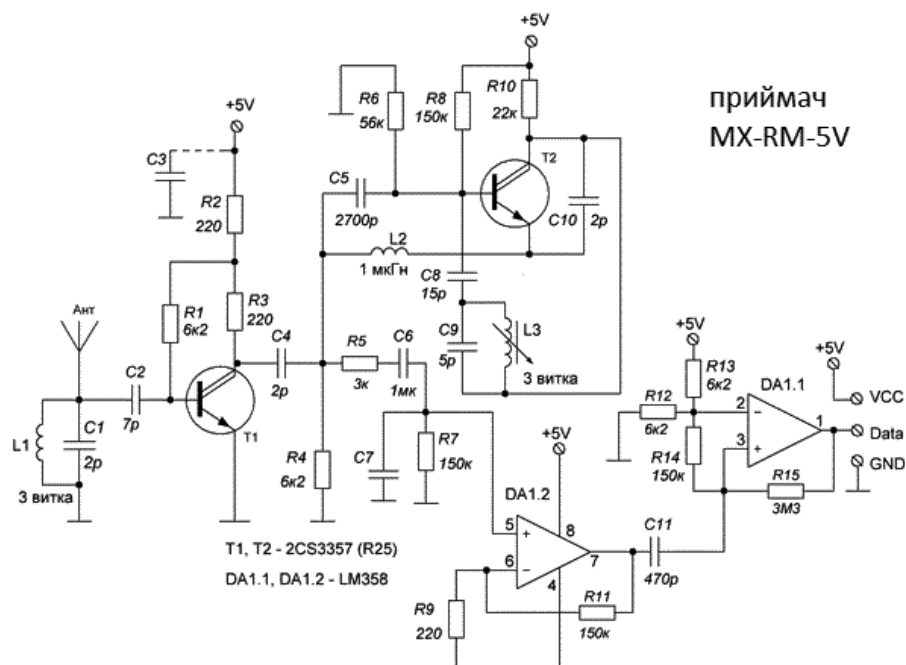


Рисунок 3.6 – Принципова схема приймача

Зм.	Лист	№ докум.	Підп.	Дата

Чутливість приймача: 100дБм (50Ω). Живлення може бути в межах 4,5 - 5В, струм споживання 4 мА. Приймач працює в широкому діапазоні температур від -10 до + 70 ° С.

Приймач і передавач можуть працювати без зовнішніх антен. Для збільшення якості зв'язку можна застосувати антену у вигляді чвертьхвильового вібратора (173мм).

Характеристики модуля приймача розташовані у таблиці 3.2

Таблиця 3.2 - Характеристики модуля приймача

Модель	MX-RM-5V
Робоча напруга	5В
Струм спокою	4мА
Частота приймача	433 МГц
Чутливість приймача	-150 дБ
Розмір	30*14*7 мм

Інформація на пульт керування оператора виводиться за допомогою LED-дисплея на базі мікросхеми TM1637 (рис. 3.7).

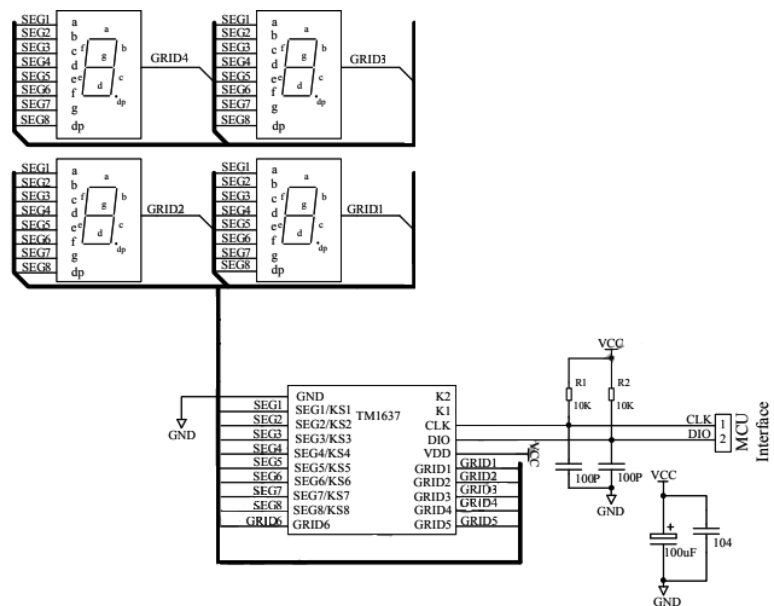


Рисунок 3.7 – Принципова схема підключення мікросхеми TM1637

TM1637 - це світлодіодний драйвер керування семисегментними LED-індикаторами з цифровим інтерфейсом MCU та вбудованими регістрами пам'яті, що дозволяє опитувати раніше записані в нього дані.

Характеристики драйвера:

- можливість відображення 6 семисегментних розрядів, підтримує вихід через загальний анод;
- схема регулювання яскравості (8 робочих режимів яскравості);
- two-wire serial interface (CLK, DIO);
- вбудований RC-генератор;
- вбудована схема скидання живлення.

### 3.2 Алгоритми програмної реалізації роботи модулів системи

Керуючий мікроконтролер відправляє послідовність команд для запуску початку вимірювання тиску або температури. Після перетворення АЦП датчика, значення результату можна прочитати через інтерфейс I2C. Для розрахунку температури в °C та тиску в гПа слід використовувати дані калібрування. Ці дані можна прочитати з BMP085 EEPROM через I2C інтерфейс за допомогою програмного забезпечення.

Частоту дискретизації можна збільшити до 128 разів на секунду (стандартний режим) для динамічного вимірювання. У цьому випадку температуру достатньо вимірювати лише раз на секунду і використовувати це значення для всіх вимірювань тиску на той період часу.

Використовуючи різні режими вимірювання, можна вибрати оптимальний варіант між споживанням енергії, швидкістю та точністю. (таблиця 3.3).

					<i>КРБАКІТ.2017033.01.11</i>	<i>Лист</i>
<i>Зм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підп.</i>	<i>Дата</i>		

Таблиця 3.3 – Опис режимів роботи датчика

Режим	Параметри дискретизації	Внутрішній номер параметру	Час перетворення АЦП (мс)	Споживання струму (мкА)	Похибка (м)
малого споживання	0	1	4,5	3	0,5
стандартний	1	2	7,5	5	0,4
високої роздільності	2	4	13,5	7	0,3
ультрависока роздільність	3	8	25,5	12	0,25

Користуючись технічною документацією датчика BMP085, використано алгоритм перетворення значень даних з регістрів у фізичні величини (рис.3.8).

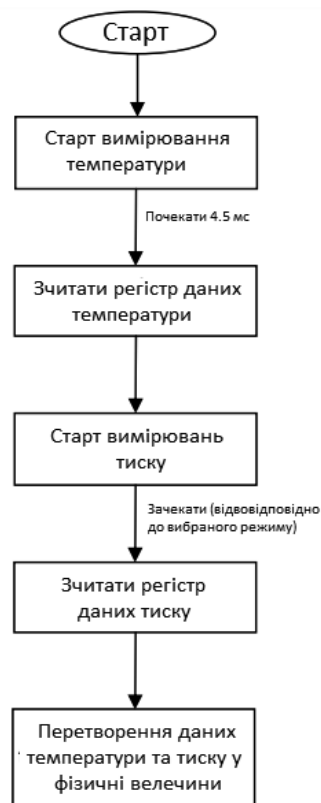


Рисунок 3.8 – Алгоритм отримання показників датчика

Алгоритм роботи передавача з керуючим мікроконтролером зображено на рис.3.9.

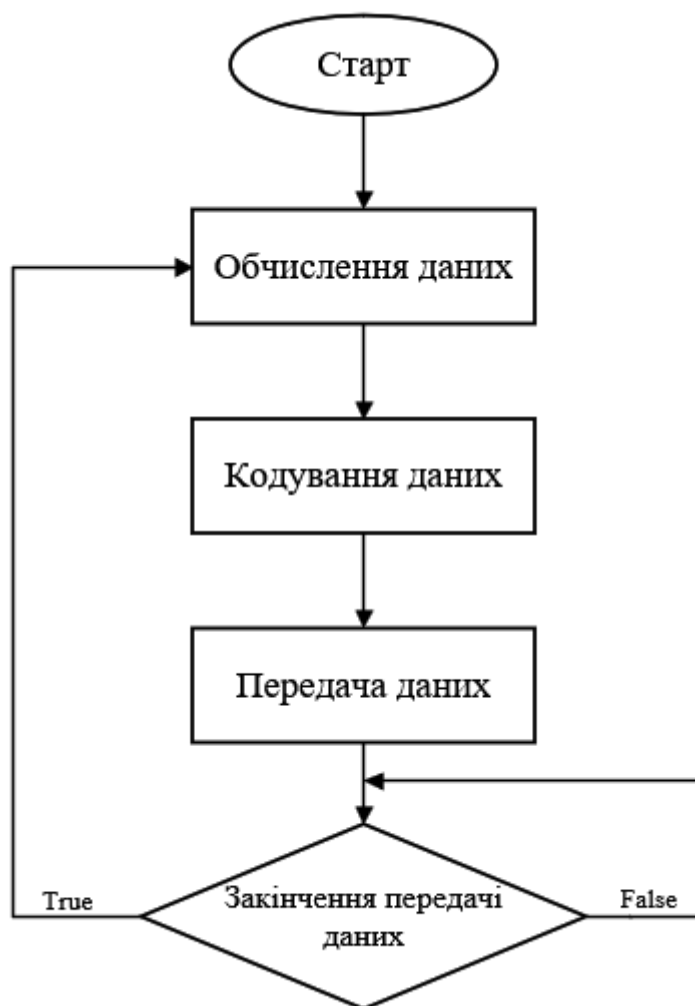


Рисунок 3.9 – Алгоритм роботи передавача

Керуючий мікроконтролер, після обробки даних з датчика готує їх для передачі та кодує. Після кодування, він передає дані по інтерфейсу 1-wire по входу передатчика та слідкує за закінченням передачі. Потім програма повторює цикл.

Алгоритм роботи приймача з керуючим мікроконтролером зображено на рис.3.10.

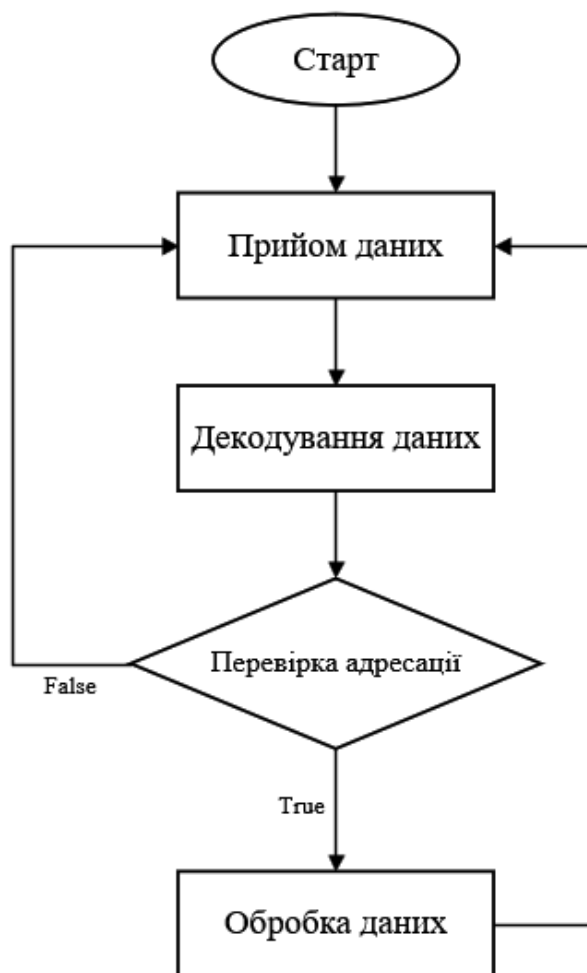


Рисунок 3.10 – Алгоритм роботи приймача

Керуючий мікроконтролер здійснює прийом пакета даних, що надійшли з передаючого пристрою. Після декодування, він перевіряє ID адресації, та порівнює зі своїм ID-адресом. Якщо дані адресовані йому то відбувається обробка даних та цикл повторюється. При не співпадінні ID-адрес, виконання програми переходить на початок циклу.

Алгоритм роботи керуючого мікроконтролера з LED-дисплеєм на базі TM1637 зображено на рис.3.11.



Рисунок 3.11 – Алгоритм роботи приймача

Після запуску програми відбувається ініціалізація, а згодом обчислення даних. Далі відбувається перетворення змінних та перевірка адресації. Якщо результат «так», то відбувається передача на дисплей та повернення до обчислення. Якщо результат «Ні», то відбувається повернення до обчислення даних.

Зм.	Лист	№ докум.	Підп.	Дата

### 3.3 Прототипування та розробка апаратної частини автоматизованої системи вимірювання барометричного тиску в безпілотних літаках

Під час виконання кваліфікаційної роботи було розглянуто прототипування передавальної частини. Прототип передаючої частини автоматизованої системи розроблявся за схемою, що зображена на рис. 3.12.

Для прототипування використовувались такі модулі:

- модуль датчика барометричного тиску BMP180;
- модуль-передавач каналу RF433 FS1000A;
- плата Arduino Nano.

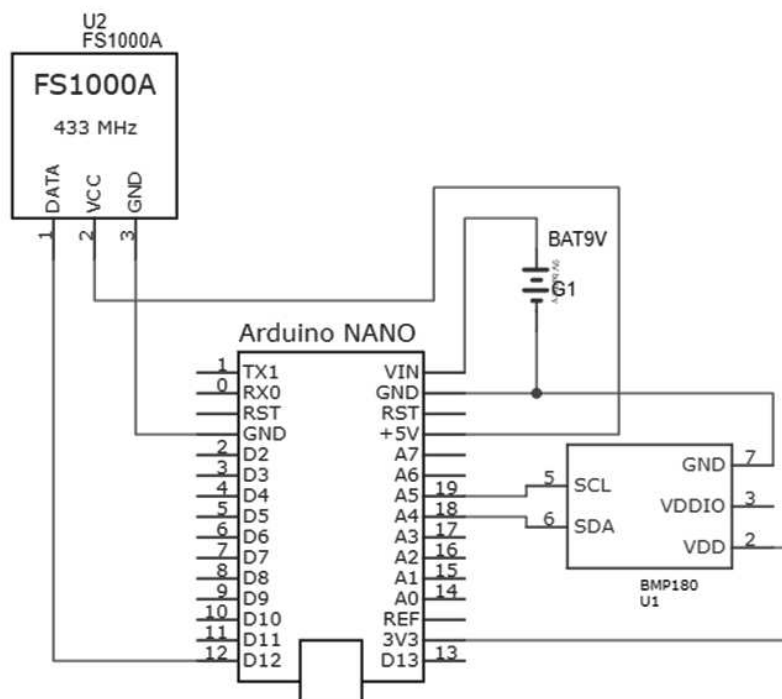


Рисунок 3.12 – Схема прототипу передавальної частини барометричного висотоміра

Схема створювалась за допомогою безплатного програмного забезпечення EASYEDA. Дане програмне забезпечення дозволяє створювати і редагувати принципові, змішані аналогові та цифрові схеми.

Зовнішній вигляд готового прототипу автоматизованої системи вимірювання барометричного тиску в безпілотних літаках зображено на рис. 3.13.

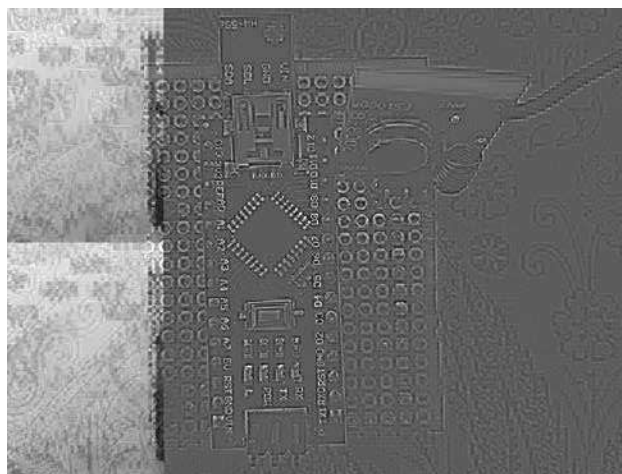


Рисунок 3.13 – Зовнішній вигляд готового прототипу передавача системи

Для розпайки елементів використовувалась двостороння макетна плата для прототипування пристроїв (рис 3.14).



Рисунок 3.14 – Двухстороння макетна плата

Для полегшення розпайки плати та розуміння шляху прокладання доріжок, було розведено РСВ плату у програмному забезпеченні EASYEDA. На рисунку 3.15 зображено фото РСВ файлу.

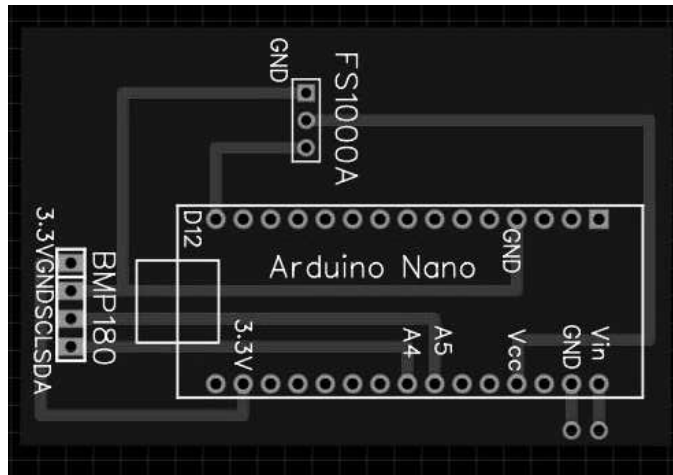


Рисунок 3.15 – Зображення PCB файлу

На рисунку 3.16 зображено фото розпаяної макетної плати прототипу передаючої частини системи.

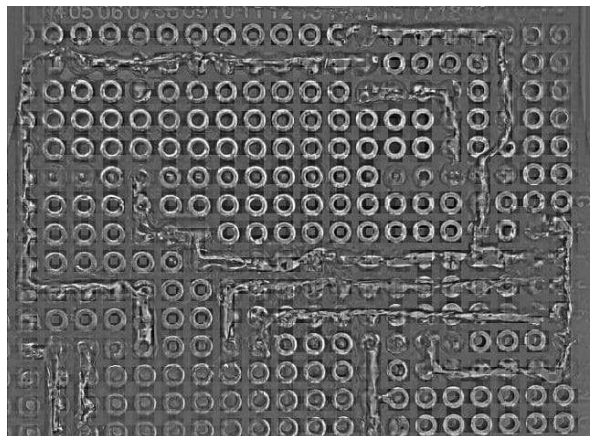


Рисунок 3.16 – Фото розпаяного прототипу

Для передаючої частини пристрою немає необхідності у розробці корпусу, адже сам пристрій буде знаходитись на борту безпілотного літального апарату.

Прототип приймаючої частини автоматизованої системи розроблявся за схемою, що зображена на рисунку 3.17. Для прототипування використовувались такі модулі:

- модуль 4-розрядного 7-сигментного дисплея TM1637;
- модуль-приймач каналу RF433 MX-RM-5V;
- плата Arduino Nano.



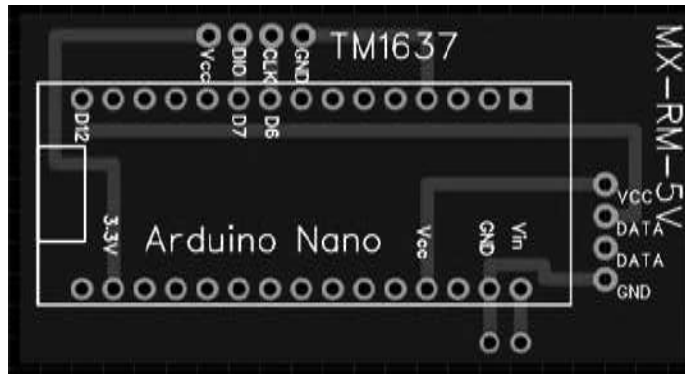


Рисунок 3.19 – Зображення PCB файлу

На рисунку 3.20 зображено фото розпаяної макетної плати прототипу передаючої частини системи.

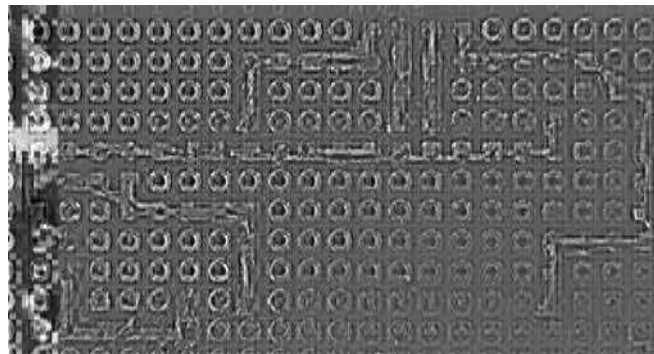


Рисунок 3.20 – Фото розпаяного прототипу

Для розпайки елементів використовувалась двостороння макетна плата для прототипування пристроїв.(рис 3.14).

### 3.4 Алгоритми програмної реалізації роботи цілої системи та опис програмного забезпечення

Алгоритм роботи передавача у передаючій частині системи вимірювання висоти за допомогою барометричного тиску (рис 3.21).







атмосферного тиску після чого обраховує значення висоти за формулою Бабіне(1.2).

Для передачі даних змінну що відповідає за покази висоти необхідно перетворити у відповідний тип даних для коректного надсилання на передавач. Після закінчення передачі цикл повторюється починаючи з вимірювання температури.

Нижче вказані та прокоментовані стрічки коду, що відповідають за роботу з датчиком тиску.

```
#include <SFE_BMP180.h>
#include <SFE_BMP180.h>
// підключення бібліотеки
SFE_BMP180 h;// задання назви датчику
int p0;
double t,p,p1,h1;
int t1,inth1;// створення змінних для подальшої роботи
////////////////////////////////////
void setup(void)
{ h.begin();// ініціалізація
////////////////////////////////////
}
void loop(void) // початок циклу програми
{double i = h.startTemperature();// запрос на вимір
температури
    delay(i);// час виміру
    h.getTemperature(t);// зняття показів у змінну
    i = h.startPressure(3);// запрос на вимірювання та
встановлення режиму виміру тиску
    delay(i);// час виміру
    p1 = 0; // онулювання змінної, для запобігання помилок
виміру
    for (int i =0 ; i<100; i++)
    // початок циклу для знаходження середнього значення серед
100 виборок
```





```

// перевірка умови отримання повідомлення
{
    int i;
// створення змінної що описує положення символу в масиві
    if (buf[0] != 'z')    // перевірка ID передавача
    {
        return;
    }
    char command = buf[2];
// command - команда що описує фізичну величину
    i = 4;    // число починається з 4 розряду масиву
    double number = 0;// створення змінної для прийнятих
значень
    while (buf[i] != ' ')
        // Оскільки передача посимвольна потрібно перетворити набір
символів в число
    {
        number *= 10;
        number += buf[i] - '0';
        i++;
    }
    while (command == 'h')    // виведення даних на дисплей
при виконанні умови, що відповідає за фізичну величину
    {
        //////////////////////////////////////
    }
}
}
}

```

Алгоритм роботи програмного коду приймаючої частини, що відповідає за вивід даних на дисплей (рис3.4.4)

					<i>КРБАКІТ.2017033.01.11</i>	<i>Лист</i>
<i>Зм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підп.</i>	<i>Дата</i>		

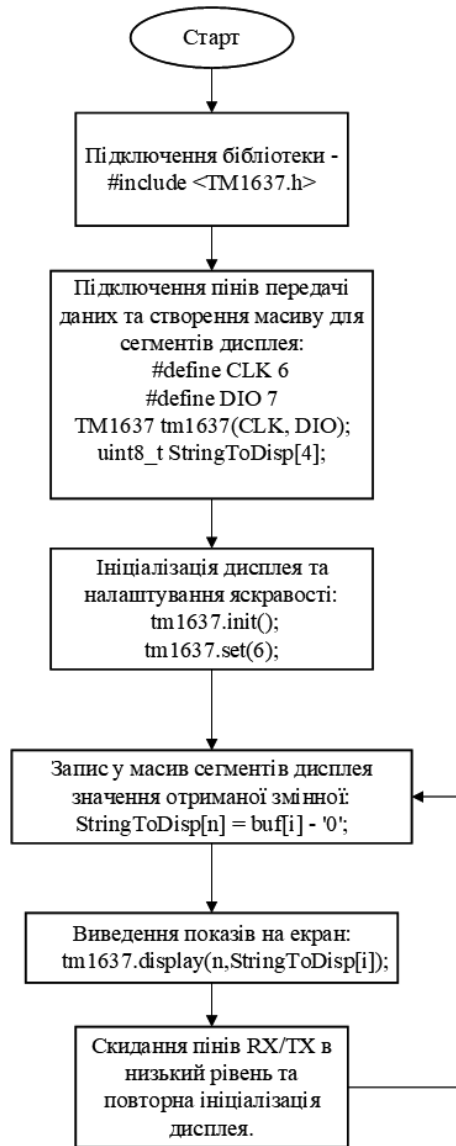


Рисунок 3.24 – Блок-схема алгоритму виводу даних на дисплей

Після підключення бібліотеки для роботи з дисплеєм, відбувається програмне підключення пінів CLK та DIO. Також створюється чотирьохсимвольний масив для чотирьохрозрядного дисплея.

Ініціалізація дисплея відбувається у двох місцях коду, на самому початку та у кінці кожного циклу після скидання в нуль пінів CLK та DIO. Далі програмне забезпечення зводиться до записі отриманої змінної у масив сегментів дисплея після чого відбувається виведення даних на екран. В кінці циклу програмного коду є обов'язковим скидання пінів передачі даних інакше вони будуть блокувати роботу приймача.

Нижче вказані та прокоментовані стрічки коду, що відповідають за роботу з дисплеєм.

```
////////////////////////////////////  
#include "TM1637.h" // Підключення бібліотеки роботи з  
дисплеєм  
  
#define CLK 6 //Підключення піна даних  
#define DIO 7// Підключення піна даних  
TM1637 tm1637(CLK, DIO);  
//Звертаємось до об'єкту tm1637 класу TM1637  
uint8_t StringToDisp[4];  
//Створюємо масив для відображення на дисплеї  
void setup(void)  
{  
tm1637.init();//Ініціалізація дисплея  
////////////////////////////////////  
tm1637.set(6);//налаштування яскравості  
}  
void loop(void) // початок циклу програми  
{  
// прийом та обробка даних  
////////////////////////////////////  
while (command == 'c') // початок виведення даних на  
дисплей при виконанні умови, що відповідає за фізичну величину  
StringToDisp[0] = 12;  
StringToDisp[1] = buf[4] - '0';  
StringToDisp[2] = buf[5] - '0';  
StringToDisp[3] = buf[6] - '0';  
  
// Запис даних що надійшли на дисплей у масив  
tm1637.display(0,StringToDisp[0]);  
tm1637.display(1,StringToDisp[1]);  
tm1637.display(2,StringToDisp[2]);  
tm1637.display(3,StringToDisp[3]);  
// Виведення даних що надійшли, на дисплей
```

					<i>КРБАКІТ.2017033.01.11</i>	<i>Лист</i>
<i>Зм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підп.</i>	<i>Дата</i>		

```

        delay (200); // затримка для сприйняття виведеної
інформації

        digitalWrite(6, LOW);
        digitalWrite(7, LOW);

// скидання пінів RX/TX в низький рівень
        tm1637.init(); // ініціалізація дисплея
    }
}
}

```

### 3.5 Висновки до третього розділу

1. Було проведено апаратну оцінку окремих одиниць системи.
2. Створено алгоритми програмної реалізації роботи модулів системи.
3. Було виконано прототипування апаратної частини автоматизованої системи вимірювання бараметричного тиску в безпілотних літаках.
4. Створено алгоритми програмної реалізації роботи цілої системи та описано програмне забезпечення.

					<i>КРБАКІТ.2017033.01.11</i>	<i>Лист</i>
<i>Зм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підп.</i>	<i>Дата</i>		

## РОЗДІЛ 4

### ТЕСТУВАННЯ ТА ОЦІНКА РОБОТИ АВТОМАТИЗОВАНОГО ПРИБОРУ

#### 4.1 Оцінка похибки барометричного датчику тиску

Даний датчик було перевірено у двох режимах: "ultra low power mode", "advanced resolution mode". Дані режими мають різні рівні завад. Режим максимального розширення (advanced resolution mode) - 0.06 гПа (0.5м). Режим мінімального споживання (ultra low power mode) - 0.02 гПа (0.25м).

##### 4.1.1 Оцінка похибки у режимі максимального розширення (advanced resolution mode)

Було проведено тестування датчику у даному режимі. Принцип оцінки похибки полягав у тому, що вхідні дані на мікроконтролер пересилались по СОМ-порту на консоль програмного забезпечення, після чого дані вносились у Excel таблицю для побудови графіку залежності висоти від часу, що зображено на рис. 4.1.

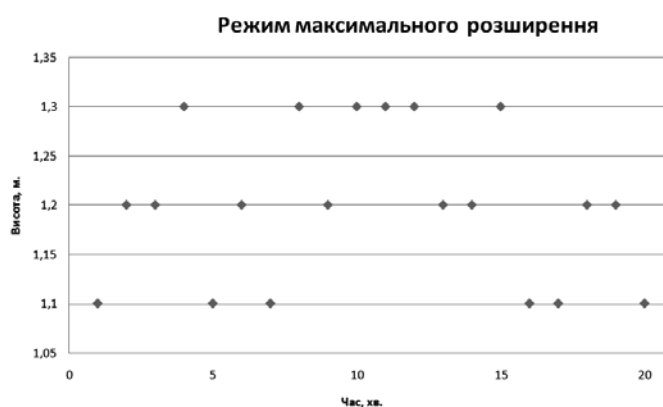


Рисунок 4.1 –Зображення графіку у режимі максимального розширення

Збір даних відбувався раз у хвилину протягом 20 хвилин. Після запуску пристрою, датчик ставився на висоту 1.2 метра.

З графіку видно, що похибка зібраних даних відповідає заявленим у технічній документації на датчик BMP180 у даному режимі.

#### 4.1.2 Оцінка похибки у режимі мінімального споживання (ultra low power mode)

Оцінка похибки датчика у даному режимі було проведено таким чином. Вхідні дані, що надходять на мікроконтролер пересилались по СОМ-порту та виводились у консолі програмного забезпечення, після чого дані вносились у Excel таблицю для побудови графіку залежності висоти від часу, що зображено на рис. 4.2.

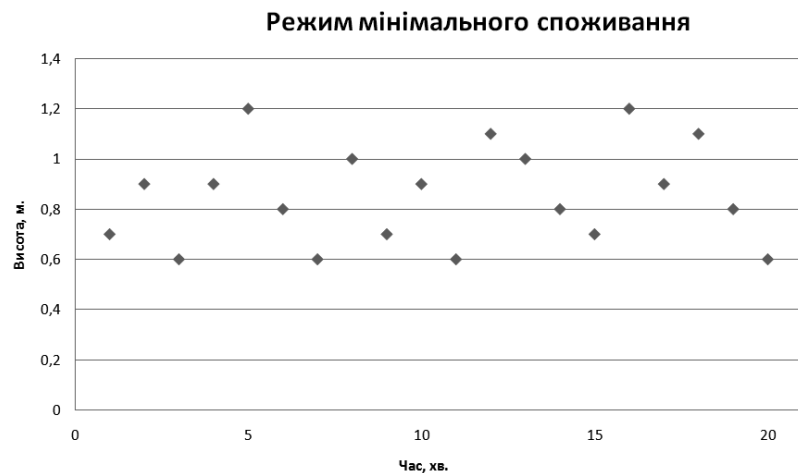


Рисунок 4.2 –Зображення графіку у режимі мінімального споживання

Вихідні дані формувались усередненням 100 вибірок раз у хвилину протягом 20 хвилин. Після запуску пристрою, датчик ставився на висоту 1.2 метра. З графіку видно, що похибка зібраних даних відповідає заявленим у технічній документації на датчик BMP180 у даному режимі.

#### 4.2 Оцінка відстані передачі даних

Для оцінки відстані передачі даних було проаналізовано три випадки:

- 1) живлення передавача 5VDC, антена - штирьова (рис. 4.3);
- 2) живлення передавача 5VDC, антена - спіральна (рис. 4.5);

3) живлення передавача 9VDC, антена – штирьова.

При перевірці першого випадку використовувалась штирьова антена довжиною 16.6см. Дані отримані за допомогою калькулятора (рис. 4.4).

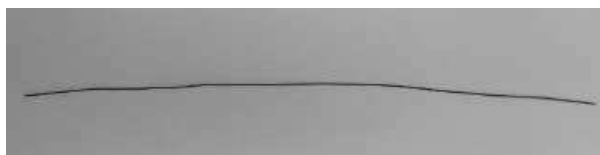


Рисунок 4.3 –Зображення штирьової антени

Частота:	<input type="text" value="433.6"/>	Мгц	<input type="button" value="Ввести частоту вручну"/>
Диаметр провуда	<input type="text" value="0.5"/>	мм	
<input type="button" value="Рассчитать"/>			
РЕЗУЛЬТАТ:			
Длина штыря А	<input type="text" value="166.4"/>	[мм]	

Рисунок 4.4 –Зображення розрахунку штирьової антени

На практиці перевірено, що передавач з штирьовою антеною при живленні 5VDC відстань стабільного прийому сигналу є 120м, а при 130м сигнал приходить з затримками (табл. 4.1).

При перевірці другого випадку, бралось до уваги те, що спіральні антени (рис. 4.5) компактніші ніж штирьові, але вони дещо гірші і дуже залежні від оточення. На практиці перевірено, що передавач з даною антеною має відстань стабільного прийому сигналу біля 95м, а при відстані 100м сигнал приходить з затримками (табл. 4.1), це вказує на те, що спіральна антена має гірші показники, які є меншими приблизно на 20%.



Рисунок 4.5 –Зображення спіральної антени

Спіральна антена була зроблена за критеріями, що вказані нижче;

- довжина спіралі: 20 мм;
- довжина продовження: 10 мм;
- довжина вигину: 7 мм;
- зовнішній діаметр: 5 мм;
- внутрішній діаметр: 3,5 мм;
- діаметр провідника: 0.5 мм.

Так як використання штирьової антена дало кращі показники, для третього випадку було вирішено взяти саме її.

На практиці перевірено, що передавач з штирьовою антеною при живленні 9VDC відстань стабільного прийому сигналу є 145м, а при 160м сигнал приходить з затримками (табл. 4.1).

У таблиці 4.1 вказані дані, що були отримані на практиці.

Таблиця 4.1 - Таблиця даних відстані, що отримано на практиці

Тип антени	Живлення передавача,	Відстань стабільного сигналу, м.	Відстань сигналу з затримками, м.
Штирьова	5VDC	120	130
Спіральна	5VDC	95	100
Штирьова	9VDC	145	160

Очевидно, що використання штирьової антени з живленням передавача 9VDC є самим ефективним. Тому було вирішено використовувати даний варіант.

### 4.3 Висновки до четвертого розділу

1. Було оцінено похибку барометричного датчику тиску BMP180.
2. Перевірено на практиці відстань передачі даних передаючої частини.

## ВИСНОВКИ

Метою даного проекту є розробка автоматичного пристрою вимірювання барометричного тиску в безпілотних літаках. У ході виконання роботи було проведено аналіз датчиків барометричного тиску. Серед датчиків було обрано BMP180, що є найоптимальніший для даної роботи. Також було проведено огляд радіомодуля та його характеристики.

Створено структурну та принципові схеми прототипів передаючих та приймальних елементів автоматизованої системи визначення висоти. Також було створено РСВ-файли прототипів системи.

У кваліфікаційній роботі розглянуто та описано обрахунок висоти методом барометричного нівелювання.

Наведено блок-схеми та описано алгоритми роботи програмного забезпечення.

Розроблено програмне забезпечення на мові програмування C++, для передаючої та приймаючої частини автоматизованої системи вимірювання висоти.

Було проведено експерименти в результаті яких було обрано режим роботи датчика BMP180 та обрано тип антени та живлення у передавача.

					<i>КРБАКІТ.2017033.01.11</i>	Лист
<i>Зм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підп.</i>	<i>Дата</i>		

## ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАННЯ

1. Hentschke M.: Evaluation of Altitude Sensors for a Crop Spraying Drone [Electronic resource] // Federal University of Rio Grande do Sul (UFRGS), August 1, 2018 : Proceedings. – Mode of access: WWW.URL: <https://www.mdpi.com/2504-446X/2/3/25/htm>

2. Marzena Półka, Szymon Ptak, Łukasz Kuziora and Aneta Kuczyńska (June 27th 2018). The Use of Unmanned Aerial Vehicles by Urban Search and Rescue Groups, Drones - Applications, George Dekoulis, IntechOpen, DOI: 10.5772/intechopen.73320. Available from: <https://www.intechopen.com/books/drones-applications/the-use-of-unmanned-aerial-vehicles-by-urban-search-and-rescue-groups3>. <https://www.rc-hobby.com.ua/infocenter/obzory-i-stati/dlya-chego-v-kvadrokoptere-barometr-ili-kak-rabotaet-rezhim-uderzhaniya-vysoty/>

4. Datasheet BMP 085 [Електронний ресурс]: Режим доступу: [https://arduino.ua/docs/BMP085\\_DataSheet\\_Rev.1.0\\_01July2008.pdf](https://arduino.ua/docs/BMP085_DataSheet_Rev.1.0_01July2008.pdf)

5. Datasheet MPS20N0040D-S [Електронний ресурс]: Режим доступу: [https://softroboticstoolkit.com/files/sorotoolkit/files/mps20n0040d-s\\_datasheet.pdf](https://softroboticstoolkit.com/files/sorotoolkit/files/mps20n0040d-s_datasheet.pdf)

6. Datasheet BME 280 [Електронний ресурс]: Режим доступу: <https://www.mouser.com/datasheet/2/783/BST-BME280-DS002-1509607.pdf>

7. Complete Guide for RF 433MHz Transmitter/Receiver Module With Arduino [Електронний ресурс]: Режим доступу: [http://www.energiazero.org/arduino\\_sensori/Complete%20Guide%20for%20RF%20433MHz%20Transmitter.pdf](http://www.energiazero.org/arduino_sensori/Complete%20Guide%20for%20RF%20433MHz%20Transmitter.pdf)

8. Яновицький О. Метод вимірювання барометричного тиску на безпілотних літальних апаратах для автоматичного визначення висоти. / Яновицький О.С., Горященко К.Л., Цюрпіта Ю.С., Свачій О.І. // Вісник Хмельницького національного університету - 2021. - №1. - С. 105-112.

					<i>КРБАКІТ.2017033.01.11</i>	<i>Лист</i>
<i>Зм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підп.</i>	<i>Дата</i>		

9. Аналіз сучасних засобів знищення безпілотних літальних апаратів [Електронний ресурс]: <https://www.ukrmilitary.com/2017/10/zasoby-proty-bpla.html>

10. Любчик В.Р. Електронний перетворювач аналогової величини барометричного датчика висоти в цифровий код літакових відповідачів / В.Р. Любчик, О.К. Яновицький, О.С. Яновицький // Вимірювальна та обчислювальна техніка. Хмельницький національний університет. - 2018. - № 2. - С.113-116.

11. Пристрій вимірювання висоти літакових відповідачів. Любчик В.Р., Яновицький О.К., Яновицький О.С. Патент на корисну модель №125100, G01S5/00, Опубл. 25.04.2018, Бюл. №8. 2018 р.

12. Кваліфікаційна робота: методичні вказівки щодо її виконання для студентів спеціальності 151 «Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології» / уклад.: Ю.В. Форкун, Г.І. Радельчук, І.В. Форкун, А.С. Каштальян, В.В. Мартинюк. Хмельницький: ХНУ, 2020. 50с.

					<i>КРБАКІТ.2017033.01.11</i>	<i>Лист</i>
<i>Зм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підп.</i>	<i>Дата</i>		

## ДОДАТОК А

## Лістинг коду передавача

```

#include <VirtualWire.h>
#include <SFE_BMP180.h>
#include <Wire.h> // бібліотеки

SFE_BMP180 h; // змінна висоти

int p0 = 760;
double t,p,p1,h1,k;
uint8_t data[]={0,0,0,0};
int s,x,t1,inth1;

double Volt = 0;
int Voltstr = 0;
int n =0;
// введення змінних

void setup(void)
{
  Serial.begin(9600);
  h.begin();
  vw_set_ptt_inverted(true);
  vw_setup(3000);
}

void loop(void) // цикл
{
  double i = h.startTemperature(); // час зняття значення температури
  delay(i);
  h.getTemperature(t); // зняття значення температури
  t1=t;
  i = h.startPressure(3); // час зняття значення барометричного тиску
  delay(i);
  p1 = 0;
  for (int i =0 ; i<100; i++) // вибірка зі 100 значень
  {
    delay(1);
    h.getPressure(p,t); // зняття значення барометричного тиску
    p1= p1+p;
  }
  p1=((p1/100)/1.333224);
  h1 = (8000*((2*(p0-p1))/(p0+p1))*(1+1/273*(t))); // обрахунок висоти
  inth1=h1*100;
  if (inth1<0)
  inth1= inth1 *(-1);
  Serial.print (" h = ");
  Serial.println(h1, 4);
  Serial.print (" t = ");
  Serial.println(t, 4);
  delay(100);

  //////////////////////////////////////
  int number = -123;
  if (n==0)
  {
    char symbol = 'h';

```

```

String strMsg = "z ";
strMsg += symbol;
strMsg += " ";
strMsg += inth1;
strMsg += " ";

char msg[255];

strMsg.toCharArray(msg, 255);

Serial.println(msg);
// кодування масиву та виведення

vw_send((uint8_t *)msg, strlen(msg));
vw_wait_tx();
delay(200);
// надсилання масиву на приймач

}

}

```

### Лістинг коду приймача

```

#include <VirtualWire.h> // Підключення бібліотеки
#include "TM1637.h" // Підключення бібліотеки роботи з дисплеєм
#define CLK 6 //Пін підключення
#define DIO 7//Пін підключення
TM1637 tm1637(CLK, DIO); //Звертаємось до об'єкту tm1637 класу TM1637
uint8_t StringToDisp[4]; //Створюємо масив для відображення на дисплеї

void setup()
{
    tm1637.init(); //Ініціалізація дисплея
    Serial.begin(9600); // задання швидкості для виводу даних на
    послідовний порт
    vw_set_ptt_inverted(true);
    vw_setup(3000); // Встановлюємо швидкість прийому
    vw_rx_start(); // Починаємо моніторинг
    tm1637.set(6); //налаштування яскравості
}

void loop()
{
    vw_rx_start(); // Починаємо моніторинг
    uint8_t buf[VW_MAX_MESSAGE_LEN]; // масив для даних
    uint8_t buflen = VW_MAX_MESSAGE_LEN; // довжина масиву

    if (vw_get_message(buf, &buflen)) // перевірка умови отримання
    повідомлення
    {
        int i;
        if (buf[0] != 'z') // перевірка чи нам надіслані дані
        {
            Serial.println("pomulka");
            return;
        }
        char command = buf[2]; // Команда знаходиться на індексі 2
        i = 4; // число починається з 4 розряду масиву
    }
}

```

```

    double number = 0;
    while (buf[i] != ' ') // Оскільки передача посимвольна ми
перетворюємо набір символів в число
    {
        number *= 10;
        number += buf[i] - '0';
        i++;
    }
    while (command == 'c') // Оскільки передача посимвольна ми
перетворюємо набір символів в число
    {
        if (command == 'c')
        {
            StringToDisp[0] = 12; // Виведення даних що надійшли на дисплей

        }
        if (command == 'v')
        {
            StringToDisp[0] = 10; // Виведення даних що надійшли на дисплей

        }
    }
    if ( command != 'c' )
    {
        return; // повернення на початок

    }
    StringToDisp[1] = buf[4] - '0'; // Виведення даних що надійшли
на дисплей
    StringToDisp[2] = buf[5] - '0'; // Виведення даних що надійшли
на дисплей
    StringToDisp[3] = buf[6] - '0'; // Виведення даних що надійшли
на дисплей
    Serial.print(command);
    Serial.print(" ");
    Serial.println(number/100);

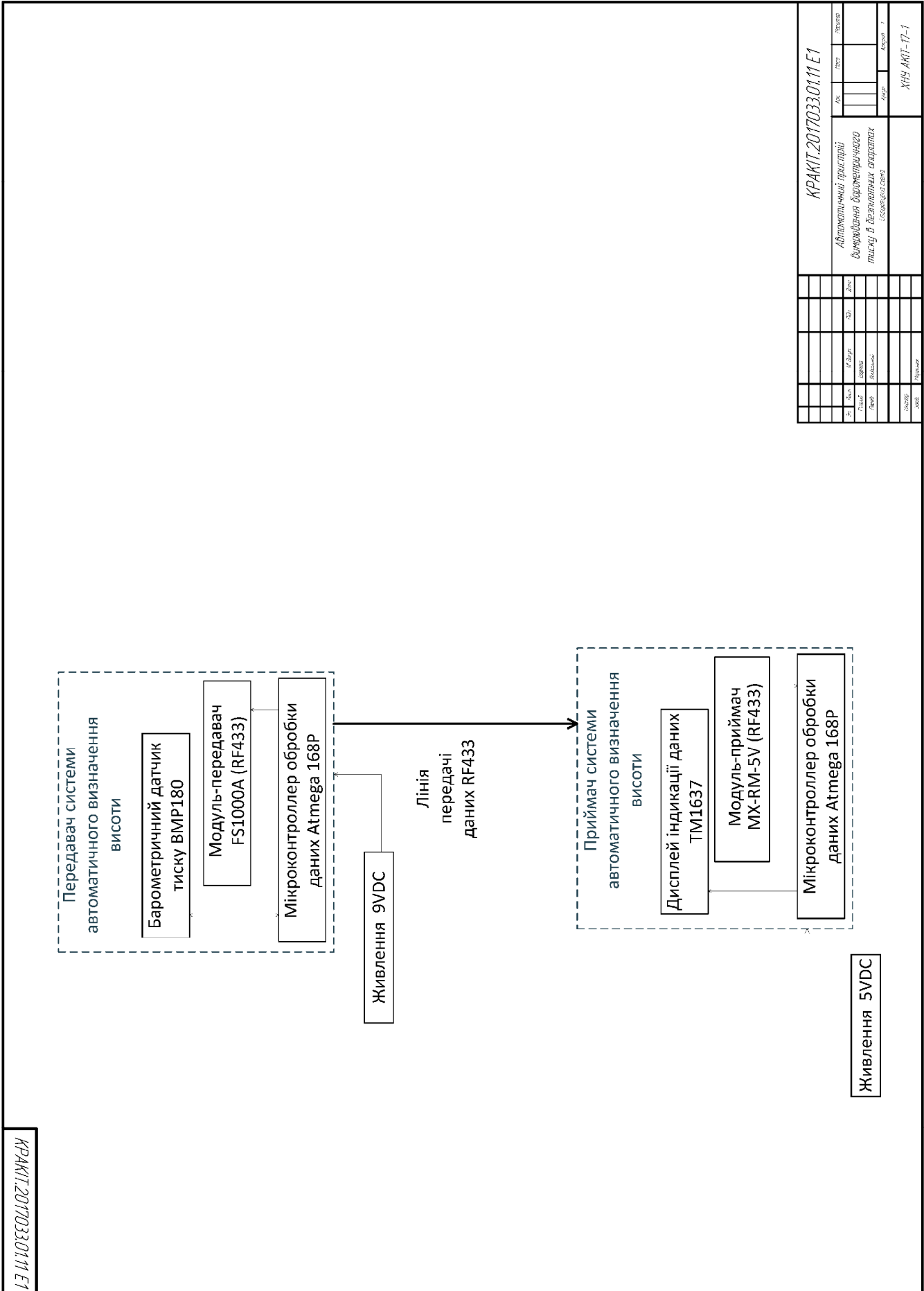
    tm1637.display(0,StringToDisp[0]); // Виведення даних що
надійшли на дисплей
    tm1637.display(1,StringToDisp[1]); // Виведення даних що
надійшли на дисплей
    tm1637.display(2,StringToDisp[2]); // Виведення даних що
надійшли на дисплей
    tm1637.display(3,StringToDisp[3]); // Виведення даних що
надійшли на дисплей
    delay (1000);
    digitalWrite(6, LOW); // скидання пінів RX/TX в низький рівень
    digitalWrite(7, LOW); // скидання пінів RX/TX в низький рівень
    tm1637.init();
    return;

}
}
}

```

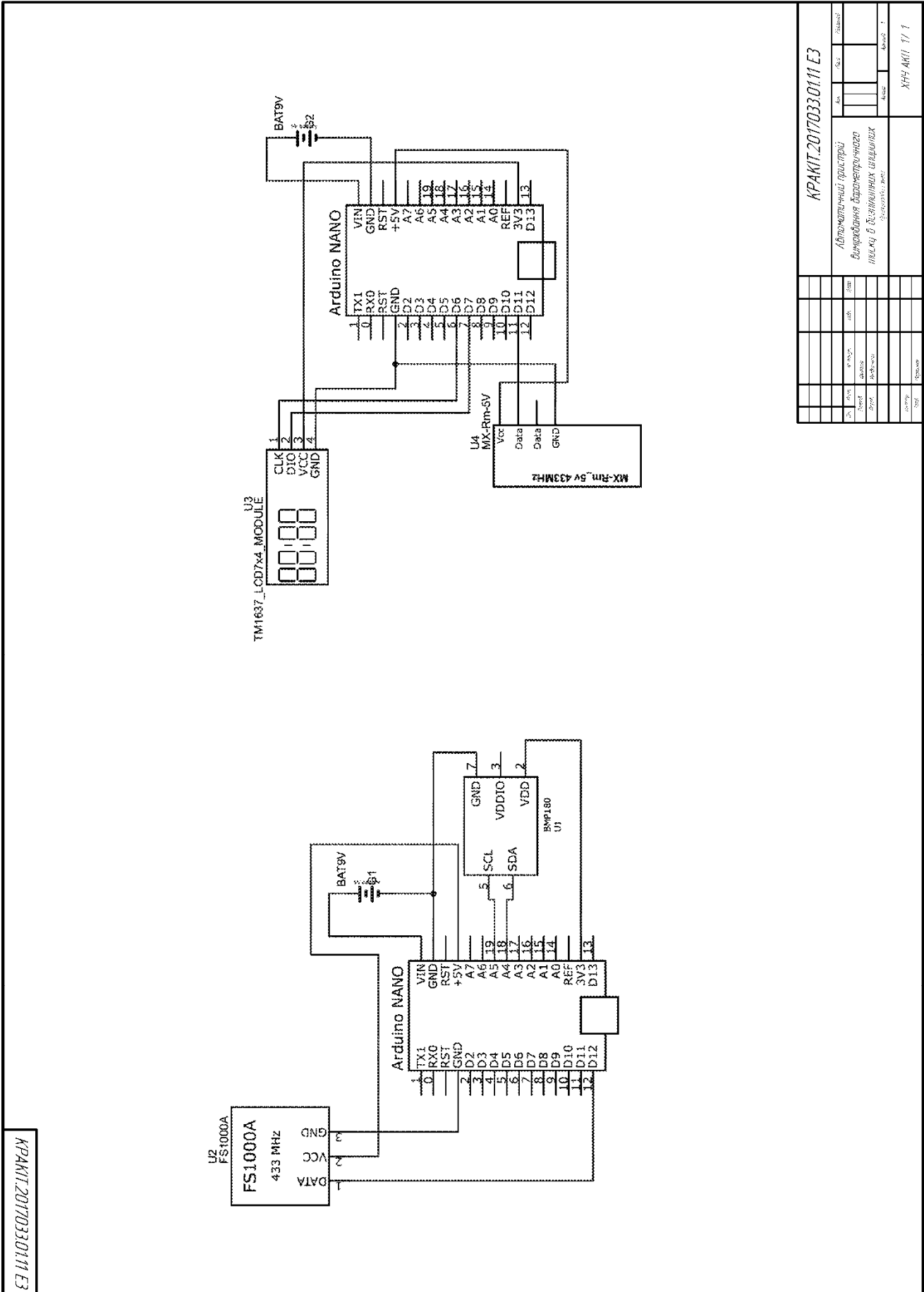
# ДОДАТОК Б

## Копія структурної схеми системи



# ДОДАТОК В

## Копія принципової схеми системи



КРАКІТ.20170330.111 ЕЗ

КРАКІТ.20170330.111 ЕЗ		№	дата	класифікація
Автоматичний пристрій		№	дата	класифікація
Вироблення бездротового		№	дата	класифікація
посилання в діагностичних шифрах		№	дата	класифікація
Продуктова лінія		№	дата	класифікація
КРАКІТ.20170330.111 ЕЗ		№	дата	класифікація



Ім'я користувача:  
Кафедра АКІТІТК

ID перевірки:  
1008328508

Дата перевірки:  
18.06.2021 14:05:56 EEST

Тип перевірки:  
Doc vs Internet

Дата звіту:  
18.06.2021 14:08:17 EEST

ID користувача:  
100005862

Назва документа: Кваліфікаційна\_Цюрпіта\_АКІТ\_17\_1\_Плагіат

Кількість сторінок: 64 Кількість слів: 8049 Кількість символів: 61957 Розмір файлу: 2.34 MB ID файлу: 1008399861

Виявлено модифікації тексту (можуть впливати на відсоток схожості)

**5.86%**  
**Схожість**

Найбільша схожість: 1.19% з Інтернет-джерелом ([https://arduino.ua/prod664-Barometr\\_BMP085](https://arduino.ua/prod664-Barometr_BMP085))

5.86% Джерела з Інтернету

65

Сторінка 66

Пошук збігів з Бібліотекою не проводився

**0% Цитат**

Вилучення цитат вимкнене

Вилучення списку бібліографічних посилань вимкнене

**0%**  
**Вилучень**

Немає вилучених джерел

**Модифікації**

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

Замінені символи

5

Підозріле форматування

20  
сторінок

# Anti-Plagiarism v-15.257

**Максимальное совпадение с одним документом 27.0%**

Словари проверки: en\_US, ru\_RU, ua\_UA. **Ошибок в документах: 9%**

ID: 94757 Название: Бакалаврська робота Цюрпіти Юлії Додавлено в БД: 2021-06-18 Автори: Цюрпіта Ю. Руководители: Яновицький О.К. Консультанты: Опоненты:	Документ		Суммарное совпадение по Базе Данных	
	Символы	Лексемы	Символы	Лексемы
	42846	429	11775 (27%)	103 (24%)

## Источник плагиата

ID	Описание	Наличие плагиата в документе	
		Символы	Лексемы
91487	Название: Звіт з переддипломної практики на базі ДП "Новатор" Додавлено в БД: 2021-05-27 Авторы: Цюрпіта Юлія Степанівна Руководители: Яновицький Олександр Костянтинівч Консультанты: Опоненты:	11712 (27.0%)	110 (26.0%)

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ  
ХМЕЛЬНИЦЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

РЕЦЕНЗІЯ НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ

Дипломник: Цюрпіта Ю.С.

Тема: Автоматичний пристрій вимірювання барометричного тиску в безпілотних літаках

Спеціальність: 151 Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології

Обсяг кваліфікаційної роботи

Кількість листів креслень 2. Кількість сторінок записки 64

1. Короткий зміст роботи та прийнятих рішень: Метою кваліфікаційної роботи є розробка автоматичного пристрою вимірювання барометричного тиску в безпілотних літаках.

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: У вступі описується актуальність дипломної роботи. В першому розділі кваліфікаційної роботи розглянуто сфери використання та методи автоматичного визначення висоти літальних апаратів. Такі як: барометричні, ультразвукові, GPS-датчики та сенсори візуального позиціонування. Внаслідок аналізу було обрано барометричні датчики тиску. У другому розділі розроблено структурну схему пристрою автоматичного пристрою вимірювання барометричного тиску в безпілотних літаках, приймач та передавач системи автоматичного визначення висоти. На базі структурної схеми розроблена принципова електрична схема в якій використовуються радіомодуль, модуль датчика барометричного тиску, дві плати розробника Arduino NANO, та модуль семисегментного дисплея. З схеми видно, що передаюча частина живиться від батареї безпілотного літального апарату (9 VDC).

У третьому розділі розроблено блок-схеми алгоритмів роботи автоматичного пристрою вимірювання барометричного тиску в безпілотних літаках за допомогою якого виконуються всі задані цикли автоматичного вимірювання висоти, а також розроблено програмне забезпечення для передаючої та приймаючої частини пристрою.

4. Позитивні сторони роботи: Слід відмітити, що в основу реалізації проекту увійшов метод вимірювання висоти за допомогою датчику барометричного тиску, що у даному випадку є найбільш оптимальним рішенням.

5. Негативні сторони роботи: немає оцінки перевірки пристрою на борту літака.

6. Оцінка графічного оформлення та пояснювальної записки роботи: Графічне оформлення виконане відповідно до теми дипломної роботи. Пояснювальна записка оформлена згідно вимог чинних стандартів.

7. Відгук про роботу в цілому: Робота виконана на належному науково-технічному рівні і відповідає вимогам технічного завдання.

8. Інші зауваження:

9. Оцінка дипломної роботи: відмінно

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

Говорущенко Тетяна Олександрівна, доктор технічних наук, професор,  
зав. каф. КІСП, Хмельницький національний університет

22 06

2021 р.



(підпис)

Завідувачу кафедри АКІТіТК  
проф. Мартинюку В.В.  
Цюрпіти Ю.С.  
ФПКТС, 4 курсу, групи АКІТ-17-1

### 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-технічно 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.

11.06.2021

дата

  
підпис

РІШЕННЯ ЕКСПЕРТНОЇ КОМІСІЇ  
КАФЕДРИ АВТОМАТИЗАЦІЙ, КОМП'ЮТЕРНО-ІНТЕГРОВАНИХ ТЕХНОЛОГІЙ І  
ТЕЛЕКОМУНІКАЦІЙ

ПРО ДОПУСК КВАЛІФІКАЦІЙНОЇ РОБОТИ ДО ЗАХИСТУ

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

Назва: Автоматичний пристрій вимірювання барометричного тиску в безпілотних літаках

Автор: Цюрпіта Ю.С.

Спеціальність: 151 Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології

Освітня програма: Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології

Науковий керівник: к.т.н., доцент Яновицький О.К.

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 не 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 версій роботи.	
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 дорпрацьована і успішно пройде повторну перевірку на академічний плагіат.	
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.	

Підтвердження:

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




- 1) запозичення не описують безпосередньо авторське дослідження і не стосуються отриманих в роботі результатів;
- 2) усі запозичення фрагментарні, або мають належним чином оформлені посилання;
- 3) окремі виявлені збіги є загальноживаними фразами або виразами;
- 4) в якості запозичень в окремих місцях системою зафіксовано таблиці істинності деяких елементів, які є вхідними даними до великої кількості задач і не можуть розглядатись як об'єкт авторських прав і, відповідно, їх порушення;
- 5) всі зафіксовані системою ознаки модифікації тексту відносяться до комбінування латинських символів із україномовними скороченнями індексів в формулах, що не є модифікацією тексту.

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

Керівник роботи

Гарант ОП

Завідувач кафедри АКІТіТК

 Яновицький О.К.  
 Форкун Ю.В.  
 Мартинюк В.В.

## ВІДГУК

на кваліфікаційну роботу  
студентки групи АКІТ-17-1 Юлії ЦЮРПІТИ

### АВТОМАТИЧНИЙ ПРИСТРІЙ ВИМІРЮВАННЯ БАРОМЕТРИЧНОГО ТИСКУ В БЕЗПІЛОТНИХ ЛІТАЛЬНИХ АПАРАТАХ

У роботі студентки Цюрпіти Ю.С. предметом дослідження є апаратна та програмна реалізація автоматичного пристрою вимірювання барометричного тиску в безпілотних літальних апаратах. На сьогоднішній день, це доволі стрімко набуває популярності. Для подальшого розвитку даної сфери фірми починають розвивати безпілотні літальні апарати. Основним з задач є автоматичне вимірювання висоти.

Проектована система містить у собі такі інтерфейси передачі даних, як OneWire, SPI. Приймальна та передаюча система реалізована на базі плат розробника Arduino та модулів, що орієнтовані на дані плати.

У ході виконання проекту було створену структурну схему та принципову схему усієї системи автоматичного вимірювання висоти.


Для обрахунку залежності різниці тиску від висоти було використано метод барометричного нівелювання, що реалізовується за допомогою формули Бабіне.

Під час виконання роботи студентка Юлія ЦЮРПІТА проявила креативність, наполегливість, вміння застосовувати набуті знання для вирішення завдань, що були поставлені у кваліфікаційній роботі.

Кваліфікаційна робота на тему «Автоматичний пристрій вимірювання барометричного тиску в безпілотних літальних апаратах» виконано на високому рівні. Він є актуальним на сьогоднішній день, а студентка Цюрпіта Ю.С. заслуговує оцінки **«відмінно»**.

**Керівник:**

**к.т.н., доцент**

  
22.06.21

**Яновицький О.К.**