

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ОДЕСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ ЕКОЛОГІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

Гідрометеорологічний інститут
Кафедра Автоматизованих систем
моніторингу навколишнього
середовища

МАГІСТЕРСЬКА КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

на тему: Аналіз засобів вимірювання атмосферного тиску та розробка
електронного барометра.

Виконав студент 2 курсу групи МАГ- 18
спеціальності 103 Науки про Землю
Ібрагімов Максим Ігорович

Керівник к.т.н., доц.
Лавріненко Юліан Володимирович

Консультант _____

Рецензент к. геогр. н., доц.
Лужбін Анатолій Михайлович

Одеса 2019

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ
ОДЕСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ ЕКОЛОГІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

Інститут, факультет Гідрометеорологічний інститут
Кафедра Автоматизованих систем моніторингу навколишнього середовища
Рівень вищої освіти магістр
Спеціальність 103 Науки про Землю
(шифр і назва)

ЗАТВЕРДЖУЮ
Завідувач кафедри _____

“ 28 ” жовтня 2019 року

З А В Д А Н Н Я
НА МАГІСТЕРСЬКУ КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ СТУДЕНТУ

Ібрагімову Максиму Ігоровичу
(прізвище, ім'я, по батькові)
Тема роботи Аналіз засобів вимірювання атмосферного тиску та розробка електронного барометра

Керівник роботи Лавріненко Юліан Володимирович, к.т.н., доц.
(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

затверджені наказом вищого навчального закладу від “ 18 ” жовтня 2019р. №235 «С»

2. Строк подання студентом роботи 10.12.2019р.
3. Вихідні дані до роботи: автоматизація вимірювання атмосферного тиску з високою точністю потребує цифрових методів зняття та обробки інформації; пристрій має забезпечувати роботу у цифровій мережі та мати локальну індикацію; має забезпечуватись мінімальні затрати енергії і габаритні розміри.
4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити): Тиск атмосфери та як він вимірюється; види барометрів; порівнююча характеристика перспективних барометрів; метрологічні характеристики барометрів; розробка структурної схеми цифрового барометра; розробка принципової схеми електронного барометра; розробка алгоритму роботи керуючої програми; розробка керуючої програми
5. Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень)
Рідинний барометр; Барометр деформації; Електронний барометр; Барометр анероїд; Зовнішній вигляд барометру БРС-1М; Зовнішній вигляд барометру БРС-1М; Ідентифікаційні дані програмного забезпечення; Метрологічні і технічні характеристики барометра БРС-1М; Метрологічні і технічні характеристики; Порівняння метрологічних характеристик трьох типів барометрів; Структурна схема цифрового барометра; Схема електрична принципова цифрового барометра; Схема електрична принципова Arduino Uno; Перелік елементів схеми електричною

принциповою пристрою що розробляється; Загальний вигляд програми, що управляє; Блок-схема підпрограми setup(); Блок-схема підпрограми loop(); Блок-схема підпрограми Pressure (float P); Блок-схема підпрограми Temperature (int Tin, int Tout); Блок-схема підпрограми CalcTemperature (float AD).

6. Консультанти розділів роботи

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв

7. Дата видачі завдання 28 жовтня 2019р.

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів магістерської роботи	Термін виконання етапів роботи	Оцінка виконання етапу	
			у %	за 4-х бальною шкалою
1	Отримання завдання на магістерську роботу			
2	Вивчення літератури за темою магістерської роботи			
3	Вивчення властивостей барометрів			
4	Написання першого розділу магістерської роботи			
5	Написання другого розділу магістерської роботи			
6	Написання третього розділу магістерської роботи			
7	Написання четвертого розділу магістерської роботи			
8	Рубіжна атестація			
9	Аналіз сучасних барометрів			
10	Написання п'ятого розділу магістерської роботи			
11	Написання шостого розділу магістерської роботи			
12	Написання сьомого розділу магістерської роботи			
13	Написання восьмого розділу магістерської роботи			
14	Здача магістерської роботи керівнику			
15	Перевірка на плагіат			
16	Рецензування			
17	Інтегральна оцінка виконання етапів календарного плану (як середня за етапами)			

Студент

(підпис)

(прізвище та ініціали)

Керівник роботи

(підпис)

(прізвище та ініціали)

SUMMARY

The topic of this thesis, made by Ibrahimov Maxim Igorovich is «Analysis of atmospheric pressure measurement means and electronic barometer development»

The aim of the master's work is to develop an electronic barometer based on the Arduino microprocessor with the possibility of measuring temperature and humidity. it is an introduction to the devices by which it is measured and a trailer of their operation.

To achieve this goal, the following tasks must be solved:

- get acquainted with the concept of "atmospheric pressure";
- to get acquainted with devices that measure atmospheric pressure and the principle of their operation;
- identify weaknesses in existing counterparts;
- develop a schematic diagram for an electronic barometer;
- to develop an algorithm of operation of the management program;
- Develop a management program.

In my master's thesis I considered the types of barometers, how they work, as well as the possibility of developing digital devices on a microcontroller based on an AT Mega328 microprocessor as part of an instrument for designing electronic equipment - Arduino Uno, its structural and schematic diagrams, as well as the algorithm of system functioning and the functioning of the system programs.

The master's thesis contains: 66 pages, fig. 16, table. 6, Appendix 1, References 25.

KEYWORDS: Atmospheric pressure, barometer, metrological characteristics, schematic diagram.

ЗМІСТ

ВСТУП.....	6
1 ТИСК АТМОСФЕРИ ТА ЯК ВІН ВИМІРЮЄТЬСЯ	7
2 ВИДИ БАРОМЕТРІВ.....	9
3 ПОРІВНЮЮЧА ХАРАКТЕРИСТИКА ПЕРСПЕКТИВНИХ БАРОМЕТРІВ.....	16
3.1 Барометр цифровий робочий мережевий БРС-1М.....	16
3.2 Барометр зразковий переносний БОП-1М.....	20
3.3 Барометр авіаметеорологічний БА-1.....	23
4 МЕТРОЛОГІЧНІ ХАРАКТЕРИСТИКИ БАРОМЕТРІВ	26
5 РОЗРОБКА СТРУКТУРНОЇ СХЕМИ ЦИФРОВОГО БАРОМЕТРА.....	32
6 РОЗРОБКА ПРИНЦИПОВОЇ СХЕМИ ЕЛЕКТРОНОГО БАРОМЕТРА.....	34
7 РОЗРОБКА АЛГОРИТМУ РОБОТИ КЕРУЮЧОЇ ПРОГРАММИ.....	38
8 РОЗРОБКА КЕРУЮЧОЇ ПРОГРАМИ.....	44
ВИСНОВКИ.....	51
ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАНЬ.....	52
Додаток А Графічна частина магістерської роботи.....	55

ВСТУП

Тиск, який чиниться атмосферою Землі на всі предмети що в ній знаходяться, називається атмосферним тиском. Найбільший тиск, обумовлене вагою повітря, відчуває поверхню Землі, а також всі тіла, що знаходяться на ній. Атмосферний тиск можна вимірювати в міліметрах ртутного стовпа (мм. Рт. Ст.), а також в мілібарах. Атмосферний тиск рівне 760мм.рт.ст прийнято вважати нормальним. Атмосферний тиск змінюється не тільки з висотою. В одному і тому ж пункті на земній поверхні атмосферний тиск, то збільшується, то зменшується. Причина коливань атмосферного тиску полягає в тому, що тиск повітря також залежить від його температури.

Для того, щоб виміряти атмосферний та слідкувати за змінами атмосферного тиску винайшли пристрій – барометр, їх є дуже багато видів але всі вони мають різноманітні недоліки, тому метою цієї роботи є розробка цифрового барометра на базі мікропроцесора, який буде працювати максимально ефективно.

Одним з найважливіших напрямів науково-технічного прогресу є розвиток і застосування мікропроцесорів. Їх малі розміри, висока надійність, великі обчислювальні і логічні здібності дозволяють створювати контролюючі цифрові облаштування високої якості і низької вартості, що управляють і оброблюють. Мікроконтролери застосовуються системах промислової автоматики, у вимірювальній техніці, в управлінні транспортом, в побутовій техніці, де потрібна не стільки потужність процесора, скільки баланс між ціною і достатньою функціональністю [1].

Таким чином дана робота буде присв'ячена розробці цифрового барометру на базі мікропроцесора.

1 ТИСК АТМОСФЕРИ ТА ЯК ВІН ВИМІРЮЄТЬСЯ

Тиск атмосфери — це тиск, який діє атмосферним повітрям на всі розміщені в ньому предмети і на земну поверхню. Хоч повітря й не важке, проте сила, з якою вся товща атмосфери тисне на земну поверхню, величезна. На дні повітряного океану на кожний квадратний сантиметр земної поверхні, чи то суші, чи води, атмосфера тисне з силою близько одного кілограма. Це означає, що на людську долоню поверхнею 150 см^2 повітря тисне з силою в 150 кг. Однак наш організм пристосований до такого тиску, тому ми його не помічаємо. З висотою тиск атмосфери безперервно зменшується. Середній тиск повітря на рівні океану відповідає вазі ртутного стовпчика висотою 760 мм з перерізом 1 см^2 . Цей тиск називається нормальним. Одиницею вимірювання тиску атмосфери є мілібари: 1 мм тиску становить 1,33 мб. Відстань по вертикалі, на якій атмосферний тиск зменшується на одиницю виміру (1 мм або 1 мб), називається баричним ступенем. У нижніх шарах атмосфери біля земної поверхні тиск зменшується приблизно на 1 мм на кожні 10,5 м висоти [2].

Атмосферний тиск вимірюють за допомогою спеціального приладу — барометра. У перекладі з грецької це слово означає “вимірювач важкості”.

На метеостанціях використовують ртутний барометр. Основна його частина — скляна трубка завдовжки 1 м, запаяна з одного кінця. В неї налито ртуть — важкий рідкий метал. Відкритим кінцем трубка занурена у широку чашу, також заповнену ртуттю. При перевертанні ртуть з трубки вилилася тільки до певного рівня і зупинилася. Чому ж вона зупинилася, а не вилилася вся? Тому що повітря чинить тиск на ртуть у чаші і не випускає її всю з трубки. Якщо атмосферний тиск зменшується, то ртуть у трубці опускається і навпаки. За висотою стовпа ртуті в трубці, на яку нанесена шкала, визначають величину атмосферного тиску в міліметрах [3].

На паралелі 45^0 на рівні моря при температурі повітря 0^0C під тиском повітря стовпчик ртуті піднімається в трубці на висоту 760 мм. Такий тиск

повітря вважається нормальним атмосферним тиском. Якщо стовп ртуті в трубці піднімається вище 760 мм, то тиск підвищений, нижче – знижений. Отже, тиск стовпа повітря всієї атмосфери урівноважується вагою стовпа ртуті заввишки 760 мм.

У барометрах анероїдах на тиск реагує металевий короб з гофрованими стінками, всередині якої створений вакуум. Чим сильніше атмосферний тиск, тим більше прогинаються стінки короба, які пов'язані за допомогою механічної передачі зі стрілкою, що показує по градуйованій шкалою знаходиться на приладі атмосферний тиск. Шкала приладу відображає значення атмосферного тиску в міліметрах ртутного стовпа, мілібарах та гектопаскалях [3].

Барометр-анероїд виробляється в різних виконаннях: лабораторні; побутові; сувенірні та інші. Серед лінійки барометрів-анероїд є такий вид приладів як барограф. Це пристрій чудовий тим, що він веде постійний облік змін атмосферного тиску. В основі приладу використовується звичайний барометр-анероїд. Єдина відмінність полягає в тому, що замість стрілки, що вказує тиск за шкалою до анероїдних, через систему важеля прикріплено перо самописця ведучого відображення змін (збільшення - лінія повзе вгору, зменшення - вона опускається донизу) атмосферного тиску на спеціальній паперовій стрічці. Стрічка може мати розмітку, як в мілібарах, так і в міліметрах ртутного стовпа.

Електронний - мікропроцесорний пристрій з датчиками абсолютного тиску. Призначені такі барометри для аеродромів і метеостанцій, вони здатні працювати в різних системах гідрометеорології. Для їх точного і безперебійного дії необхідно електроживлення та дотримання температурного режиму від 5 до 40 ° С.

Таким чином вимір атмосферного тиску є дуже важливим в багатьох галузях, щоб слідкувати за зміною тиску винайшли барометри різних типів, для кожної галузі він окремий, та зі своїми особливостями.

2 ВИДИ БАРОМЕТРІВ

Барометр - це пристрій для вимірювання атмосферного тиску. З його допомогою можна передбачити погоду. Прилад може знімати дані атмосферного тиску перебуваючи в приміщенні або на відкритій місцевості. Також подібні пристрої використовуються в авіації для визначення висоти польоту над рівнем моря. Нормою вважається атмосферний тиск на рівні 760 мм ртутного стовпа при температурі +15 градусів. Існує кілька різновидів барометрів:

- рідинні;
- барометри деформації.

В рідинних барометрах у якості рідини використовується ртуть. Ртутний барометр був винайдений найпершим. Його творцем є італійський фізик Еванджеліста Торрічеллі, який в 1844 році розмістив в тарілці зі ртуттю вертикально встановлену пробірку заливний горловиною вниз. Їм було помічено, що рівень ртуті в колбі змінювався в залежності від погодних умов. Вчений порівняв дані і прийшов до висновку, що на цей показник впливає тиск повітря. Застосовувана ним конструкція була дуже точною, але була незручною. Крім цього, ртуть шкідлива для здоров'я, тому її застосування в такій великій кількості, для заповнення тарілки, і знаходження на відкритому повітрі є небезпечним [4]. Ртутні барометри відрізняються підвищеною точністю, тому їх більш досконалі модифікації зустрічаються досі. Їх застосовують на метеорологічних станціях для проведення контролю за погодою

Одним з найвідоміших модифікацій рідинних барометрів окрім ртутних є гліцеринові моделі (рис.2.1) [5].



Рисунок 2.2 – Рідинний барометр

Барометри деформації - найпопулярніші. Вони набагато компактніші, ніж перші дві категорії. Крім цього, механічні прилади відрізняються цілком достатньою точністю. Подібні пристрої складні у виготовленні і на відміну від ртутних, є повністю безпечними. Зовнішній корпус такого обладнання нагадує класичні круглий годинник, але бувають і прямокутні настільні моделі. Усередині корпусу знаходиться пустотіла ємність, зроблена з двох жерстяних мембран. У ємності створений вакуум, а її стінки надійно запаєні. Завдяки відсутності повітря, мембрани гостро реагують на зміну рівня атмосферного тиску. При його збільшенні вони стискаються, а при зменшенні навпаки роздуваються (рис. 2.2) [6].

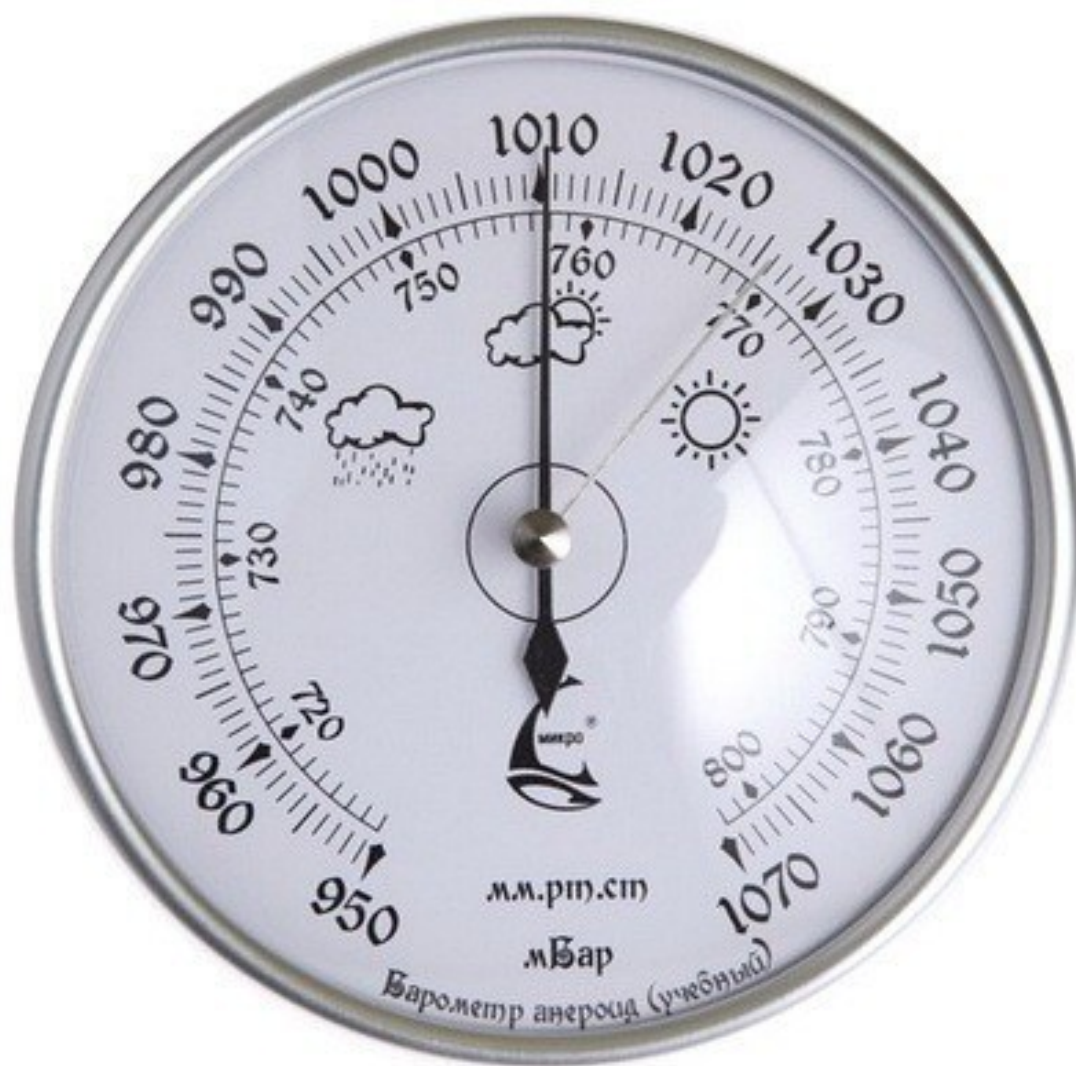


Рисунок 2.2 – Барометр деформації

Електронні барометри - це високоточні і компактні прилади. В їх основі також використовується вакуумна коробка, але зняття показань забезпечується завдяки чутливим датчикам. Також в цій конструкції передбачається мікропроцесорний блок. Показання виводяться на рідкокристалічний дисплей. Одна з особливостей таких приладів полягає в тому, що часто вони комбінують в собі більше одного пристрою одночасно. Вони можуть працювати не тільки як барометр, але і як термометр, компас і годинник. Найчастіше електронні пристрої роблять у вологозахищеному корпусі. (рис. 2.3) [7].



Рисунок 2.3 – Електронний барометр

Як було сказано, барометр застосовується для проведення точного вимірювання атмосферного тиску. Воно виражається у фізичній одиниці - міліметрах ртутного стовпа. На основі цих свідчень можна судити про подальшій зміні погодних умов при порівнянні з даними про тиск, отриманими в попередній день або кілька годин. Справа в тому, що показник атмосферного тиску безпосередньо впливає на погодні умови.

Якщо рівень в певній місцевості знижується, то повітряні потоки прибувають з іншої території. Саме так створюється вітер, який попутно приносить важкі дощові хмари. Як наслідок, завдяки застосуванню барометра нескладно передбачити опади. У тому випадку, якщо тиск починає рости, то це говорить про те, що наявні на даній місцевості повітряні потоки перемістяться на іншу територію, де тиск знижений. При цьому вони приберуть хмари, тому буде спостерігатися сонячна погода. Таким чином, чим вище тиск, тим більше суха погода очікується.

Дуже розповсюдженими є прилади зі спеціальною розміткою на шкалі, що вказує на погодні умови, які потрібно очікувати при напрямку стрілки на

певний показник. При самому низькому тиску може бути написано «шторм», або намальована відповідна картинка. Для самого високого тиску застосовується термін «суш» або малюється палюче сонце. При цьому потрібно враховувати, що показники можуть змінюватися в залежності від температурних умов. З цієї причини таке позначення є неточним, але дає приблизне розуміння, що очікувати від погоди (рис. 2.4) [8].

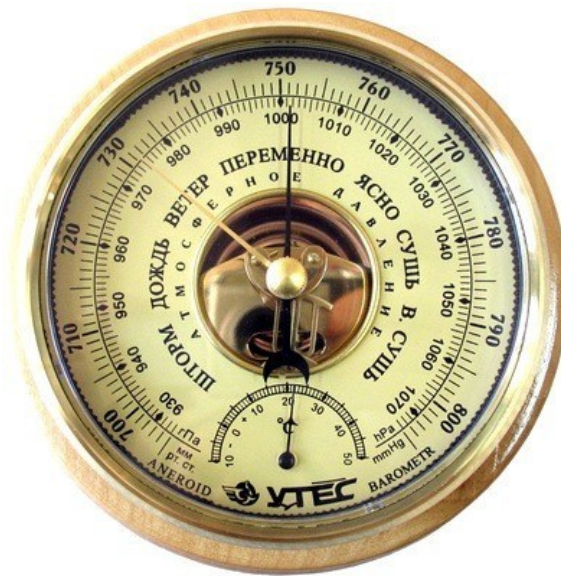


Рисунок 2.4 – Барометр - анероїд

Слід розуміти, що барометр не є пристроєм, який дозволяє точно передбачити погодні умови і визначити очікувану температуру або рівень опадів. Ґрунтуючись тільки на даних отриманих з цього приладу можна визначити, які повітряні потоки прибудуть із сусідніх територій. Для передбачення погоди метеорології застосовують крім даних з барометрів багато іншої інформації, що і дозволяє робити прогноз більш точним.

Використання барометра дає можливість лише передбачити напрямок, в якому буде змінюватися погода. Чи буде вона йти на поліпшення або погіршення. Люди, чутливі до зміни атмосферного тиску, використовують барометр, щоб визначити зміну свого самопочуття [8].

Якщо в зимовий час тиск підвищується, то потрібно очікувати заморозка, а якщо знижується, то буде потепління і швидке випадання опадів. Влітку підвищення тиску говорить про очікувану спеці і посухи. Зниження сигналізує про прохолоду і незабаром дощі. Також за інтенсивністю зміни показань атмосферного тиску можна приблизно судити про можливі зміни погоди. Так, якщо тиск знижується поступово, то протягом дня підійде циклон з похмурої погодою. Швидше за все, будуть опади і сильний вітер. При дуже різкому падінні тиску прибуде холодний фронт, який буде супроводжуватися штормом і грозами. При цьому час до його початку зазвичай становить не більше 2 годин. Якщо тиск стабілізувався і підтримується на одному рівні, то можна очікувати зниження інтенсивності вітру і зупинку опадів [9].

Для того щоб передбачати зміну погоди необхідно періодично стежити за рівнем тиску, яке показує барометр. Робити це потрібно мінімум двічі в день. Якщо погода змінюється різко, то інтенсивність вимірювання проводиться з періодичністю раз в 2-4 години.

З приходом електронних барометрів потреба в поведінці настройки відпала, але на ринку пропонується ще маса механічних моделей, які потрібно періодично підлаштовувати. Користувачі як і раніше вважають за краще купувати механічні барометри в зв'язку з їх більш презентабельним видом і відсутністю необхідності в установці батарейок. Колекціонери, які збирають барометри, також віддають перевагу саме механічні моделі. Для того щоб прилад показував точні дані його потрібно підлаштовувати, на що потрібно всього кілька хвилин. Для початку потрібно дізнатися про точне тиску, яке спостерігається на даній місцевості в момент проведення настройки. Це можна зробити, відвідавши сайт найближчій метеостанції або переглянувши зведення, які періодично озвучують в телевізійному і радіоефірі. Маючи реальні показники про наявний атмосферному тиску, яке знято на високоточному ртутному барометр, можна порівняти дані з тими, що отримані на власному механічному пристрої.

Якщо дані відрізняються, слід перевернути прилад, і знайти на задній стінці регулювальний гвинт. За допомогою викрутки потрібно провести його вкручування або викручування до тих пір, поки стрілка не займе той показник, який озвучила метеослужба. Якщо гвинта немає, то виробник передбачає іншу можливість настройки. Досить просто трохи повернути шкалу, підставивши потрібний показник під стрілку .

Таким чином існує два основні типи барометрів – рідинні (ртутні) та барометри деформації. Рідинні використовуються в стаціонарних умовах на метеостанціях, а барометри деформації в різноманітних галузях [10].

3 ПОРІВНЮЮЧА ХАРАКТЕРИСТИКА ПЕРСПЕКТИВНИХ БАРОМЕТРІВ

3.1 Барометр цифровий робочий мережевий БРС-1М

Барометр цифровий робочий мережевий БРС-1М (рис. 3.1, 3.2) (далі по тексту - барометр) призначений для вимірювання абсолютного тиску повітря, механізації тваринницьких ферм барометрів і манометрів абсолютного тиску.

Принцип дії барометра заснований на використанні вібраційно-частотного перетворювача абсолютного тиску, виконаного на базі тонкостінного циліндричного резонатора, і датчика температури, виконаного у вигляді термочутливого кварцового резонатора.

Під впливом вимірюваного абсолютного тиску змінюється вихідна частота f_p , яка форм вібраційно-частотним перетворювачем і автогенераторною схемою «АГР», а під впливом температури навколишнього середовища змінюється вихідна частота f_t , яка формується датчиком температури і автогенераторною схемою «АГт». Вихідні частоти f_p і f_t , керовані комутатором, надходять на частотний перетворювач, де вони перетворюються в цифрові коди. Далі цифрові коди надходять в контролер, який по вступленим даними обчислює значення виміряного тиску і передає його на рідкокристалічний індикатор, а також через пристрій виведення інформації на електричний роз'єм RS-232 [11].

Конструктивно барометр має корпус прямокутної форми. На передній панелі розташовані наступні органи управління і індикації:

- посередині поля панелі - шестирозрядна цифрове табло, виконане на базі рідкокристалічного індикатора;
- зліва від цифрового табло - індикатори режимів роботи барометра;

- праворуч від цифрового табло - індикатори одиниць вимірювання тиску «гПа» і «мм рт.ст.», і кнопка «ОД. Виміряти », за допомогою якої оператор встановлює одну з одиниць вимірювання тиску.

На задній панелі барометра робочого мережевого знаходяться:

- в лівій частині панелі - вимикач «МЕРЕЖА» для виключення електроживлення барометра від мережі змінного струму, висновок « $\perp$ » для заземлення барометра, вставка плоска на 0,5 А і палять для підключення до мережі електроживлення;

- в правій частині панелі - штуцер «Р» типу «ялинка» для подачі вимірюваного тиску в робочу площину барометра, електричний роз'єм «X1» інтерфейсу RS-232 для підключення барометра до ПЕОМ типу IBM PC, електричний роз'єм для підключення барометра до джерела постійного струму ;

- в нижній частині панелі - кнопки корекції, за допомогою яких здійснюється введення і запис поправок ПЗУ барометра і перегляд старих поправок.

Барометр робочий мережевий складається з наступних функціональних вузлів:

- модуля тиску, що складається з вібраційно-частотного перетворювача абсолютного тиску, виконаного на базі тонкостінного циліндричного резонатора, і датчика температури, що представляє собою термочутливий кварцовий резонатор;

- автогенераторних схем «АГР» і «АГт», призначених для підтримки незатухаючих коливань резонаторів перетворювача тиску і датчика температури;

- частота перетворювача; - комутатора (рис.3.1, рис 3.2).



Рисунок 3.1 – Зовнішній вигляд барометру БРС-1М



Рисунок 3.2 – Зовнішній вигляд барометру БРС-1М

Барометр робочий мережевий типу БРС-1М має вбудоване програмне забезпечення. Програмне забезпечення управляє роботою вбудованих вимірювальних перетворювачів тиску, збір, обробку, передачу, відображення на дисплеї даних, перевірку стану перетворювачів тиску [12].

Ідентифікаційні дані програмного забезпечення та метрологічні і технічні характеристики барометра БРС-1М приведені в таблиці 3.1, 3.2.

Таблиця 3.1 – Ідентифікаційні дані програмного забезпечення

Найменування програмного забезпечення	Ідентифікаційне найменування програмного забезпечення	Номер версії (ідентифікаційний номер) програмного забезпечення	Цифровий ідентифікатор програмного забезпечення (контрольна сума виконуваного коду)	Алгоритм обчислення цифрового ідентифікатора програмного забезпечення
«BRS-1М-1»	Brs1.tsk	7.03*	0x5C31EF59	CRC32
«BRS-1М-3»	Brs3.tsk	4.01*	0x3451DEA	CRC32

Таблиця 3.2 – Метрологічні і технічні характеристики барометра БРС-1М

Найменування характеристики	Значення характеристики		
	БРС-1М-1	БРС-1М-2	БРС-1М-3
Діапазон вимірювань абсолютного тиску, гПа	600 – 1100	600 – 1100	5 – 1100
Межі абсолютної похибки, Па	± 33	± 20	± 20
Роздільна здатність індикації, Па, не більше	1	1	1
Час технічної готовності, хв. не більше	2	2	2
Напруга живлення від мережі змінного струму, В	220 – 33/+22	220 – 33/+22	220 – 33/+22
Частота харчування від мережі змінного струму Гц	50±1	50±1	50±1
Потужність по ланцюгу змінного струму, ВА, не більше	10	10	10
Напруга живлення від джерела постійного струму, В	12 – 3/+2	12 – 3/+2	12 – 3/+2
Струм по ланцюгу постійного струму, мА, не більше	200	200	200
Габаритні розміри, мм	205x180x65	205x180x65	205x180x65
Маса (без монтажних і запасних частин), кг, не більше	2	2	2

3.2 Барометр зразковий переносний БОП-1М

Барометр зразковий переносний БОП-1М (далі по тексту - барометр) призначені для вимірювань абсолютного (атмосферного) тиску. Барометр є робочим еталоном першого розряду відповідно до ГОСТ Р 8.840-2013 ГСИ.

Принцип дії барометрів заснований на деформації чутливого елемента - резонуючого тонкостінного циліндра. Вимірюється тиск повітря викликає зміна частоти резонансу тонкостінного циліндра, що формується автогенераторною схемою. Під впливом температури навколишнього середовища змінюється вихідна частота, яка формується датчиком температури і автогенераторною схемою. Вихідні частоти датчика тиску і датчика температури надходять в частотний перетворювач, що формує з частот цифрові коди, які вводяться в мікроконтролер. Мікроконтролер по котрі вступили даними обчислює значення виміряного тиску, використовуючи для цього індивідуальні градуювальні характеристики датчиків тиску і температури у вигляді коефіцієнтів апроксимації, що зберігаються в пристрої мікроконтролера. Обчислення тиску проводиться за допомогою статечних поліномів. Коефіцієнти апроксимації визначаються за результатами градуювання барометрів в процесі їх виготовлення.

Обчислення значення тиску мікроконтролер передає на індикатор візуально відображає значення виміряного тиску через пристрій виведення інформації на електричний з'єднувач інтерфейсу RS-232.

Якщо під час написання поправок шкали за допомогою блоку корекції в постійний запам'ятовуючий пристрій вносяться обчислені за результатами повірки барометра нові значення поправок [12].

У режимі вимірювання, поправки з постійного пам'яті передаються в мікроконтролер, який використовує їх для корекції градуювальних характеристик датчика тиску, здійснюючи, таким чином, компенсацію зсуву показань барометра, що мав місце в процесі експлуатації.

Конструктивно барометри виконаний в єдиному корпусі, усередині якого розміщені:

- чутливий елемент, що представляє собою вібраційно-частотний перетворювач абсолютного тиску в частоту, виконаний на базі тонкостінного циліндричного резонатора;
- друкована плата, на якій знаходяться: датчик температури для додаткової температурної компенсації барометра у вигляді термочутливого кварцового резонатора, автогенераторна електронна схема, частотний перетворювач, мікроконтролер;
- індикатор, призначений для візуального відображення значень виміряного тиску в гПа або мм рт.ст., поправок шкали, що вводяться для запису в енергонезалежну пам'ять в режимі корекції показань барометра, для перегляду старих поправок шкали, а також для індикації інформації в режимі самоконтролю;
- пристрій виведення інформації, що виконує передачу в зовнішній приймач інформації обчислених значень тиску по лініях інтерфейсу RS-232;
- блок живлення, що забезпечує живлення функціональних вузлів барометра напругами постійного струму 5 і 24 В;
- генератор опорної частоти, призначений для забезпечення роботи частотного перетворювача і мікроконтролера.

Програмне забезпечення: для роботи барометра використовується вбудоване програмне забезпечення (ПО), яке зберігається в незалежній пам'яті мікроконтролера і виконує функції вимірювання частоти датчика тиску, частоти датчика температури, обчислення тиску, відображення обчисленого тиску на цифровому індикаторі та передачу на зовнішні пристрої. Вбудоване ПО повністю метрологічно значуще.

Захист вбудованого ПО забезпечується повним обмеженням доступу до нього за рахунок механічного захисту корпусу і електричного з'єднувача режиму корекції Програмно апаратний інтерфейс RS-232 функціонує тільки на передачу даних вимірювань споживачам [13].

Вплив ПО враховано при нормуванні метрологічних характеристик. Рівень захисту програмного забезпечення від ненавмисних і навмисних змін «високий» по Р 50.2.077-2014.

Таблиця 3.3 – Метрологічні і технічні характеристики

Найменування характеристики	Значення
Діапазон вимірювань абсолютного тиску, гПа (мм рт.ст.)	от 300 до 1100 (от 225 до 825)
Межі абсолютної похибки вимірювань абсолютного тиску, Па (мм. Рт. Ст.) - в діапазоні від 300 до 1100 гПа - в діапазоні від 5 до 1100 гПа	$\pm 10 (\pm 0,08)$
Межі відносної похибки вимірювань абсолютного тиску в діапазоні св. 1100 до 2800 гПа, %	-
Параметри електричного живлення від мережі змінного струму Напруга змінного струму, В Частота змінного струму, Гц	220 50 $\pm$ 1
Час готовності барометра до роботи, хв., Не більше	60
Споживана потужність, В · А, не більше - в перші 10 хв після включення - в наступні часи роботи	40 15
Маса, кг, не більше	2,5

Повірка здійснюється по документу ІКЛВ.406525.001 Д52 «Барометр зразковий переносний БОП-1М. Методика повірки », затвердженим ФГУП «ВНИИМ ім. Д.І. Менделєєва »21.08.2017 р

Основні засоби повірки:

- Манометр вантажопоршневий серії 2000, реєстраційний номер 40259-08;
- Датчик тиску мембрано-ємнісний Баратрон 690А, реєстраційний номер 31851;

- Допускається застосування аналогічних засобів повірки, що забезпечують визначення метрологічних характеристик повіряються СІ з необхідною точністю.

3.3 Барометр авіаметеорологічний БА-1

Барометр авіаметеорологічний БА-1 призначений для вимірювань абсолютного (атмосферного) тиску повітря. (далі барометри БА-1), він має два виконання, які відрізняються складом первинних перетворювачів абсолютного тиску.

Принцип дії барометрів авіаметеорологічних БА-1 виконання 1 (АНДС.406524.001) заснований на перетворенні абсолютного атмосферного тиску пьезо- електричним первинним перетворювачем в цифровий сигнал [18].

Принцип дії барометрів авіаметеорологічних БА-1 виконання 2 (АНДС.406524.002) заснований на перетворенні абсолютного атмосферного тиску первинним перетворювачем в цифровий сигнал.

Барометри авіаметеорологічних автоматично БА-1 на основі вимірюваних значень атмосферного тиску розраховують тиск на рівні злітно-посадкової смуги (QFE) і тиску на рівні моря (QNH), необхідних для метеорологічного забезпечення авіації та моніторингу навколишнього середовища.

Конструктивно барометри БА-1 виконані в єдиному корпусі. На передній панелі (рисунок 1) корпусу розміщені органи управління і дисплей відображає результати вимірювань. На задній панелі (рис. 3.6) розташовуються інтерфейсні роз'єми, штуцер первинного перетворювача і кнопка включення. У середині корпусу розміщені: первинний перетворювач, обчислювальні блоки і блок живлення.

Управління барометрами БА-1 може здійснюватися за допомогою зовнішньої USB-клавіатури або пульта дистанційного керування [13].

Програмне забезпечення: барометри БА-1 мають програмне забезпечення «Barometr» (ПО «Barometr»), яке є вбудованим ПО. ВО «Barometr» забезпечує збір, обробку, архівування, прийом і передачу даних, відображення результатів вимірювань на дисплеї [14].

Рівень захисту програмного забезпечення від ненавмисних і навмисних змін відповідає рівню «низький» по Р 50.2.077-2014.

Вплив ПО враховано при нормуванні метрологічних характеристик (табл. 3.4).

Таблиця 3.4 – Метрологічні і технічні характеристики

Найменування характеристики	Значення
Діапазон вимірювань абсолютного (атмосферного) тиску, гПа	от 600 до 1100
Межі абсолютної по- похибки вимірювань абсолютного (атмосферного) тиску, гПа	$\pm 0,33$
Ціна одиниці молодшого розряду, гПа	0,01
Електричне живлення від джерела змінного струму: - напруга, В - частота, Гц	220 50 $\pm$ 1 5
Електричне живлення від джерела постійного струму: - Напруга, В	5
Споживана потужність, Вт, не більше	1
Габаритні розміри, не більше - ширина - висота - довжина	230 80 190
Маса, кг, не більше	1,39

Повірка здійснюється по документу МП 2551-0173-2017 «Барометри авіаметеорологічних БА-1. Методика повірки », затвердженим ФГУП« ВНИИМ ім. Д. І. Менделєєва »12.05.2017 р

Основні засоби повірки: барометри зразкові переносні БОЗ-1М, (реєстраційний номер 26469-04). Допускається застосування аналогічних засобів повірки, що забезпечують визначення метрологічних характеристик повіряються з необхідною точністю. Знак повірки наноситься на свідоцтво про повірку [16].

Таким чином на основі аналізу (табл. 3.5) сучасних цифрових барометрів можна сформулювати вимогу до барометра що буде проектуватись.

Таблиця 3.5 – Порівняння метрологічних характеристик трьох типів барометрів.

Найменування характеристики	Значення		
	БА - 1	БОП-1М-1	БРС-1М-1
Діапазон вимірювань абсолютного (атмосферного) тиску, гПа	600 – 1100	300 – 1100	600 – 1100
Межі абсолютної похибки вимірювань абсолютного (атмосферного) тиску, гПа	$\pm 0,33$	$\pm 0,08$	$\pm 0,33$
Ціна одиниці найменшого розряду, гПа	0,01	0,01	0,01

Він має бути:

- економічним;
- точним;
- доступним в виробництві;
- малогабаритним;
- захищеним від кліматичних факторів;
- мати можливість в підключенні до цифровій мережі.

4 МЕТРОЛОГІЧНІ ХАРАКТЕРИСТИКИ БАРОМЕТРІВ

Одним з найважливіших характеристик вимірюючих засобів - метрологічні характеристики. Барометр являється також вимірюючим засобом, тому він має мати відповідні характеристики.

Метрологічними характеристиками вимірювальних приладів і установок є: діапазон показань, діапазон вимірювань, ціна ділення шкали, довжина поділки шкали, чутливість і варіація та інше.

Метрологічними характеристиками називаються технічні характеристики, що визначають властивості вимірювальних приладів і мають вплив на результати і на похибки вимірювань. Вони призначені для оцінки технічного рівня і якості засобу вимірювань.

Технічні характеристики відносяться до показників точності, який впливає на результати вимірювань

Діапазон показань - область значень шкали, обмежена початковим і кінцевим значеннями шкали. Найбільше і найменше значення вимірюваної величини, відмічені на шкалі, називають початковим і кінцевим значеннями шкали приладу. Наприклад, для оптиметра типу ІКВ - 3 діапазон показань за шкалою складає $\pm 0,1$ мм, для дліномер типу ИЗВ діапазон показань за шкалою становить 0 - 100 мм [15].

Діапазон вимірювань - область значень вимірюваної величини з нормованими допускаються похибками кошти вимірів. Для оптиметра типу ІКВ - 3 діапазон вимірювань розмірів становить 0 - 200 мм, для дліномер - 0 - 250 мм.

Ціна поділки шкали - різниця значень величини, що відповідають двом сусіднім позначок шкали. Наприклад, для оптиметра і дліномер це - 0,001 мм, а для мікрометра - 0,01 мм.

Довжина поділки шкали - відстань між осями (центрами) двох сусідніх відміток шкали, измеренное уздовж уявної лінії, що проходить через

середини малих відміток шкали. Очевидно, чим більше довжина поділки шкали, тим вище посилення і тим комфортніше сприймається спостерігачем вимірювальна інформація.

Чутливість вимірювального приладу - відношення зміни сигналу на виході вимірювального приладу до викликає його зміни вимірюваної величини. Так, якщо при вимірюванні діаметру валу з номінальним розміром $x = 100$ мм зміна вимірюваної величини дорівнює 0,01 мм викликало переміщення стрілки пристрою, що показує на 10 мм, абсолютна чутливість приладу складає $10 / 0,01 = 1000$, відносна чутливість дорівнює $10 \cdot (0,01/100) = 10.000$ [16].

Метрологічні характеристики вимірювальних приладів є інформацію про властивості вимірювальних приладів і факторів, що впливають на результати вимірювань і їх точність. Метрологічній характеристикою називають властиві даному типу засобів вимірювання показники, що мають кількісне вираження. Контрольовані параметри, що підлягають вимірюванню, встановлюються нормативною документацією і називаються метрологічними характеристиками. Всі метрологічні характеристики вимірювальних приладів (див. Класифікація засобів вимірювання) підрозділяють на:

- параметри, що визначають сферу використання засоби вимірювання;
- параметри, що визначають достовірність отриманих результатів.

Метрологічним параметрами, які характеризують сферу використання вимірювальних приладів, відносять межі вимірюваних їм значень і межа чутливості приладу. Межамивимірювань засоби вимірювання називається діапазон значень, що фіксуються приладом від мінімальних до максимальних значень. В межах діапазону зміни вимірюваної величини регламентуються межі похибки для кожного вимірювального засобу. Нижньою і верхньою межами вимірювання називаються крайні значення вимірюваних величин, які вказуються знизу і зверху основного значення [17].

Межа чутливості приладу є характеристикою того, наскільки найменша зміна вимірюваного параметра фіксується спостерігачем у вигляді зміни вихідного сигналу приладу. Наприклад, для ваг з межею сенситивності 10 мг ця цифра є характеристикою, що позначає початок руху стрілки ваг при досягненні цього значення.

Похибкою вимірювального приладу називається різниця між вимірюваними показаннями приладу і істинними значеннями. Справжні значення представляють собою ідеальні вимірювання без похибок - на практиці недосяжні. Відхилення від істинних значень засобів вимірювання залежить від умов вимірювання, точності засобів вимірювання, досвіду людини, що фіксує показання приладів. Похибкою вимірювального приладу є величина, на яку відрізняється виміряне і справжнє значення вимірюваного параметра. Оскільки істинні значення параметрів невідомі, на практиці використовують дійсні значення параметрів. Для кожного засобу вимірювання в якості дійсного значення використовують дані робочого еталона меншого розряду. Наприклад, для вимірювального еталона 4 розряду порівняльною базою є значення величини для еталона 3 розряду. Похибки вимірювальних приладів за різними ознаками класифікуються наступним чином:

- за способом представлення результатів - абсолютні і відносні;
- за типом прояви - систематичні і випадкові;
- по відношенню до умов використання - головні і допоміжні.

Систематичними називаються похибки, постійні за величиною або змінюються за відомими законами і відтворюються при повторному вимірі того ж параметра. Причинами, що викликають систематичні помилки, є відхилення від зазначених в технічній документації умов роботи приладу або пов'язані з недоліками способу вимірювання. В принципі систематичні похибки переборні при аналізі можливих причин їх виникнення і приведення умов проведення вимірювань відповідно до технічної документації [19].

Прикладом систематичної помилки може бути зрушення осі стрілки щодо центру шкали в приладі з круговою шкалою і вказівний стрілкою, наприклад, манометрі. Значення похибок даного типу виключаються з результатів і коригуються з використанням поправочного коефіцієнта. Систематична помилка характеризує ступінь відповідності вимірюваних значень реальним і висловлює адекватність вимірювального приладу.

Випадкова складова похибки виміру варіюється при повторному вимірі однієї і тієї ж величини і характеризується тим, що її зміна носить випадковий характер. Випадкова похибка вимірювання може накопичуватися за рахунок ряду некоректних вимірювань і спотворювати остаточний результат. Однією з можливостей виключення помилки даного типу є проведення повторного вимірювання. Дані помилки є немінучими і невід'ємними, однак при проведенні багатогранних і достовірних повторних вимірів можна отримати поле розкиду результатів вимірювання, повністю характеризують вимірюваний параметр.

Характеристиками розкиду значень є середньоарифметична помилка, середньоквадратичне відхилення і розкид результатів вимірювань щодо середніх значень. З огляду на, що характер розкиду результатів носить імовірнісний характер, то при вказівці випадкової помилки вказують її ймовірність.

Оцінка похибок показань вимірювальних засобів, які використовуються для перевірки показників якості продукції, визначаються характерними особливостями сфери застосування продукції. Наприклад, помилка оцінки колірної гами плитки з кераміки для внутрішнього оздоблення приміщень використовується на порядок нижче, ніж для зразків, одержуваних в серійному виробництві. Різниця в кольоровій гамі, закріпленої на стіні кахельної плитки, буде яскравою, чого не буде спостерігатися в разі розрізненого застосування окремих фрагментів загальної картини, отриманої серійним способом.

Сукупність регламентованих метрологічних характеристик засобів вимірювання залежить від умов використання, області застосування виробу і інших чинників. У високоточних засобів вимірювання регламентуються до десяти і більше показників, що визначаються в технічній документації і технічних умовах. Необхідно враховувати вплив зовнішніх факторів на показники коректності приладу для забезпечення необхідної точності вимірювань. На практиці при використанні вимірювальних засобів для оцінки цих факторів найбільшого поширення набув інтегральний показник - клас точності. Клас точності представляє собою характеристику, що визначає межі основних і допоміжних похибок і інших властивостей, що впливають на адекватність результатів вимірювання. Для кожного типу вимірювальних засобів класи точності регламентуються в нормативній документації. Ці вимоги, відмінні для кожного класу точності, встановлюють конкретні вимоги до метрологічних характеристик, в загальному вигляді виражають ступінь точності даного класу вимірювальних засобів.

Кожному засобу вимірювання в результаті приймальних тестів присвоюється певний клас точності. У процесі використання метрологічні характеристики можуть погіршуватися, тому можливе зниження класу точності в залежності від результатів періодичної повірки приладів. Клас точності дає інформацію про те, в яких межах знаходиться помилка вимірювання для приладу такого класу. Ця інформація необхідна на практиці при виборі вимірювального приладу при зазначеній точності вимірювання [20].

Нормування метрологічних характеристик - це регламентування меж відхилень значень реальних метрологічних характеристик засобів вимірювальної техніки від їх номінальних значень. Головна мета нормування метрологічних характеристик - це забезпечення їх взаємозамінності та єдності вимірювань. Значення реальних метрологічних характеристик встановлюються в процесі виробництва засобів вимірювання, в подальшому під час експлуатації засобів вимірювання ці значення повинні перевірятися.

У разі, якщо одна або кілька нормованих метрологічних характеристик виходить з регламентованих меж, засіб вимірювання повинно бути або негайно відрегульовано, або вилучено з експлуатації.

Значення метрологічних характеристик регламентуються відповідними стандартами засобів вимірювання. Причому метрологічні характеристики нормуються окремо для нормальних і робочих умов застосування засобів вимірювання. Нормальні умови застосування - це умови, в яких змінами метрологічних характеристик, зумовленими впливом зовнішніх чинників (зовнішні магнітні поля, вологість, температура), можна знехтувати. Робочі умови - це умови, в яких зміна впливають величин має більш широкий діапазон.

Використовувати для вимірювань слід тільки ті прилади, які визнані метрологічно справними. Порушення хоча б однієї нормованої характеристики вважається метрологічним відмовою кошти вимірів, навіть якщо воно зберегло технічну працездатність. Поняття відмова взято з такою області оцінювання якості, як надійність.

Таким чином метрологічними характеристиками називаються технічні характеристики, що визначають властивості вимірювальних приладів і мають вплив на результати і на похибки вимірювань. Вони призначені для оцінки технічного рівня і якості засобу вимірювань [21].

5 РОЗРОБКА СТРУКТУРНОЇ СХЕМИ ЦИФРОВОГО БАРОМЕТРУ

Електронний (або цифровий) барометр - сучасний різновид даного приладу, лінійні показники звичайного барометра-анероїда перетворюються в електронний сигнал, який обробляється мікропроцесором і виводиться на рідкокристалічний екран. Структурна схема цифрового барометра приведена на рисунку 5.1.

Пристрій складається з чотирьох блоків: джерела живлення, цифрового програмованого пристрою (мікропроцесор) , семисегментного дисплея, датчика атмосферного тиску і датчика температури .

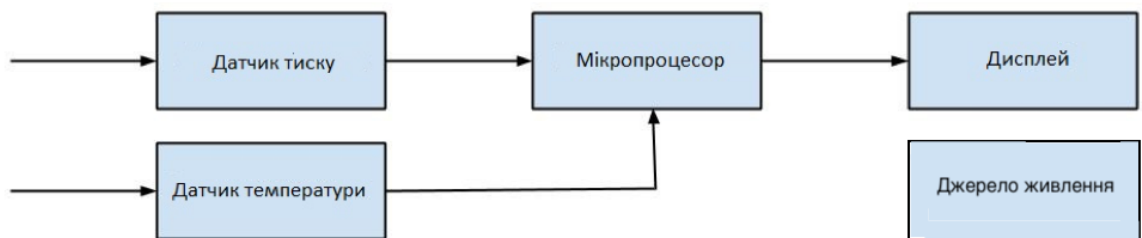


Рисунок 5.1 – Структурна схема цифрового барометра

Основою цифрового барометра є цифровий програмований пристрій (ЦПУ). На базі мікроконтролера ATmega328 у складі модуля Arduino Uno R3. Воно виконує такі функції, як набуття значень температури і тиску з датчиків, обробка отриманих даних і виведення інформації на дисплей. Датчик BMP085 вимірює атмосферний тиск з високою точністю, а також отримує дані про температуру повітря і висоти над рівнем моря. Він відрізняється продуктивністю, точністю (мінімальне значення виміру тиску - 0.03hpa) і дуже низьким енергоспоживанням. [21].

Принцип дії датчика зовнішньої температури полягає у використанні термістора - напівпровідникового приладу, електричний опір якого змінюється залежно від його температури. ЦПУ набуває значення падіння напруги з термістора, перетворює його в цифровий код і передає його в

програму, що управляє. Розрахунок значення температури робиться шляхом зіставлення отриманої напруги значенню з таблиці відповідних температур. Рідкокристалічний модуль МТ-10Т7 складається з ВІС контроллера і ЖК панелі і може відображати 10 знакомісць [3].

6 РОЗРОБКА ПРИНЦИПОВОЇ СХЕМИ

На даний момент цифрові пристрої можуть будуватися на базі різних типових мікропроцесорів, найбільшу розповсюдженість отримав мікропроцесор Arduino с комплектом засобів забезпечення.

Arduino-апаратна обчислювальна платформа, основними компонентами якої є проста плата вводу / виводу і середовище розробки на мові Processing / Wiring. Arduino може використовуватися як для створення автономних інтерактивних об'єктів, так і підключатися до програмного забезпечення, що виконується на комп'ютері (наприклад, Macromedia Flash, Processing, Max / MSP, Pure Data, SuperCollider).

Плата Arduino складається з мікроконтролера Atmel AVR (ATmega328 і ATmega168 в нових версіях і ATmega8 в старих), а також елементів обв'язки для програмування та інтеграції з іншими схемами. На багатьох платах присутній лінійний стабілізатор напруги +5 або +3,3 В. Тактирование здійснюється на частоті 16 або 8 МГц кварцовим резонатором (в деяких версіях керамічним резонатором [4]). У мікроконтролер попередньо прошивається завантажувач BootLoader, тому зовнішній програматор не потрібен [21].

На концептуальному рівні всі плати програмуються через RS-232 (послідовне з'єднання), але реалізація цього способу відрізняється від версії до версії. Плата Serial Arduino містить просту інвертує схему для конвертації рівнів сигналів RS-232 в рівні TTL, і навпаки. Поточні розсилаються плати, наприклад, Diecimila, програмуються через USB, що здійснюється завдяки мікросхемі конвертера USB-to-Serial FTDI FT232R. У версії платформи Arduino Uno в якості конвертера використовується мікроконтролер Atmega8 в SMD-корпусі. Дане рішення дозволяє програмувати конвертер так, щоб платформа відразу визначалася як миша, джойстик або інший пристрій на розсуд розробника з усіма необхідними додатковими сигналами управління. У деяких варіантах, таких як Arduino

Mini або неофіційною Boarduino, для програмування потрібне підключення окремої плати USB-to-Serial або кабеля. Плати

Arduino дозволяють використовувати більшу частину I / O висновків мікроконтролера в зовнішніх схемах. Наприклад, в платі Diecimila доступно 14 цифрових входів / виходів, 6 з яких можуть видавати ШІМ сигнал, і 6 аналогових входів. Ці сигнали доступні на платі через контактні площадки або штирові роз'єми. Також доступні декілька видів зовнішніх плат розширення, званих «shields» («Шілд»), які приєднуються до плати Arduino через штирові роз'єми.

Переваги використання Arduino:

1. Мова Arduino - це видозмінений C ++, а це означає наступне: для тих хто володіє "плюсами" Arduino буде освоїти дуже легко, а якщо ж ви не володієте C ++, Arduino дозволить освоїти його;
2. Швидкість проектування і розробки на Arduino набагато вище ніж у інших мікроконтролерів, це зумовлене простий але в той же час добре відпрацьованої архітектурою;
3. Невисока ціна і доступність. Оригінальну Arduino Uno можна купити в межах 1000 гривень, її китайські аналоги коштують смішні 100 – 200 гривень;
4. Комплектуючі. На даний момент існують тисячі периферійних пристроїв і датчиків, що підключаються до Arduino, починаючи від простих кнопок, закінчуючи ЖК екранами;
4. Величезне ком'юніті Arduino. Існує безліч книг, статей в інтернеті.

Ось чому для цього проекту був вибраний саме мікропроцесор Arduino.

Принципова схема електронного барометру на базі мікропроцесора ардуіно показана на рисунку 6.1. Вхідна напруга подається на вхід VCC датчика тиску, на вхід VSS дисплея і в ланцюг з термістором, виконуючу функцію датчика зовнішньої температури.

Виводи датчика BMP085 SCL і SDA підключені до портів Arduino Uno A5/SCL і A4/SDA відповідно. За допомогою цих виведень на Arduino здійснюється зв'язок I2C і передача інформації між датчиком і мікропроцесором.

Порт призначення адреси А дисплея підключений до виведення D10 Arduino Uno, порти DB0 - DB3, що виконують функцію шин адреси/даних, підключені до D7 - D4 відповідно. Порти дисплея R/W і RS призначені для запису даних в модуль, підключені до виведень D9 і D8. Порти D4 - D10 є цифровими входами, з яких D5, D6, D9, D10 забезпечують широко-імпульсну модуляцію з дозволом 8 біт для отримання аналогового сигналу. [19]

Принципова схема Arduino Uno показана на рис. 6.2.

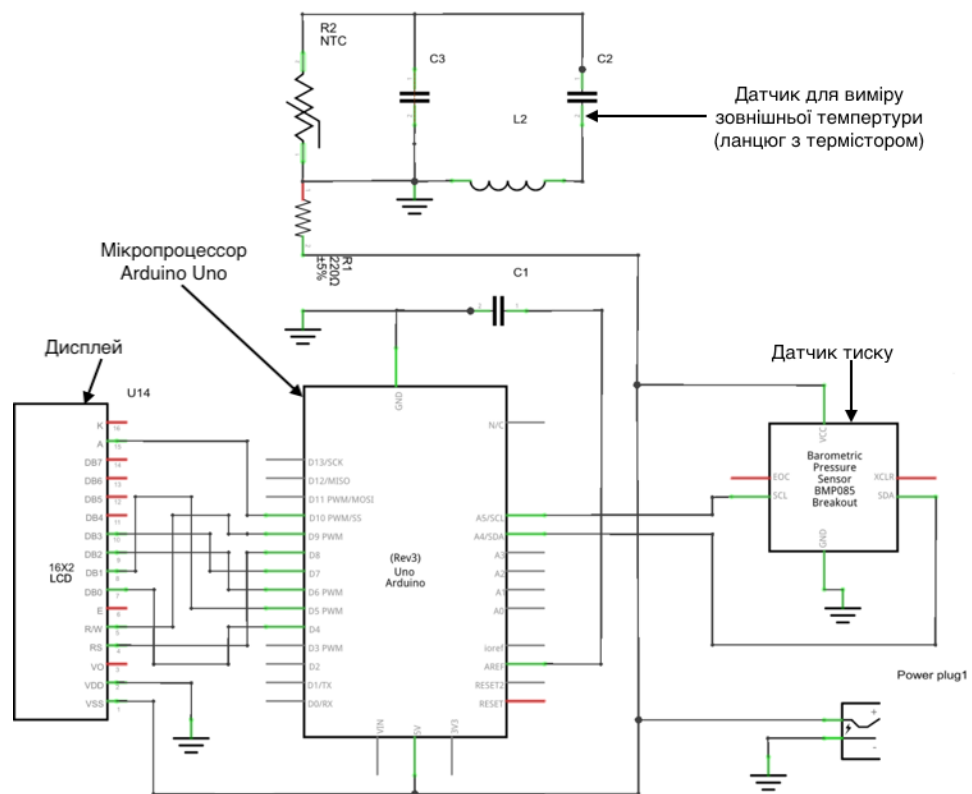


Рисунок 6.1 – Схема електрична принципова цифрового барометра

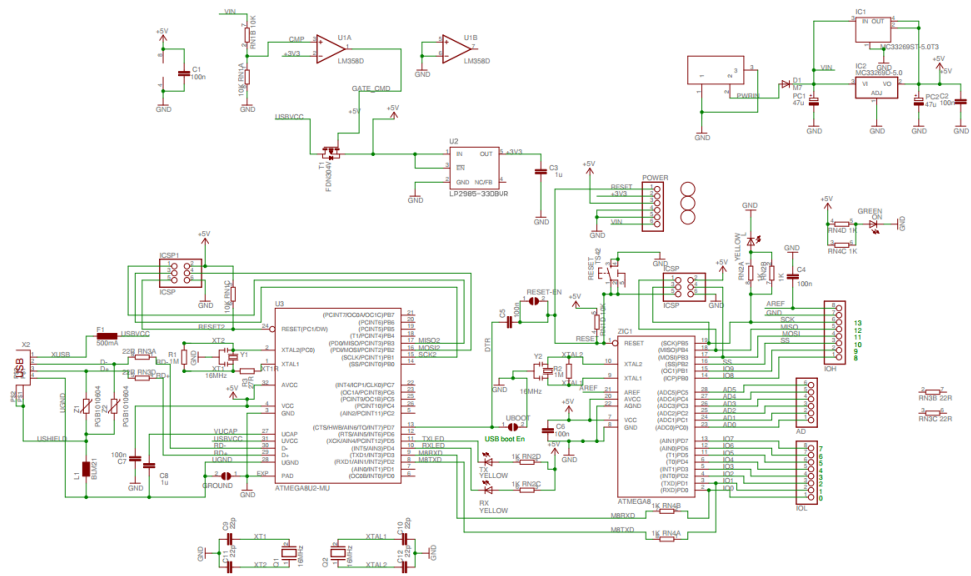


Рисунок 6.2 – Схема електрична принципова Arduino Uno

Для данного пристрою специфікація приведена в табл. 6.1.

Таблица 6.1 - Перелік елементів схеми електричною принциповою пристрою, що розробляється

Позначення	Найменування	Кіль.	Примітка
Мікросхеми			
DD1	Uno Arduino	1	
Дисплей			
DD2	ЖК модуль MT-10T7	1	
Резистори			
R1	Резистор вивідний - 10 кОм	1	
R2	Термістор - 2,2 кОм	1	
Конденсатори			
C1	Конденсатор - 100 нФ	1	
C2–C3	Конденсатор - 0.1 мкФ	2	
Дроселі			
L2	Дросель вивідний - 10 мкГн	1	

7 РОЗРОБКА АЛГОРИТМУ РОБОТИ КЕРУЮЧОЇ ПРОГРАММИ

Для реалізації пристрою «Цифровий барометр на базі мікропроцесора Arduino uno необхідно розробити керуючу програму, по перше розроблюється алгоритм структурна схема якої має вигляд блок – схеми [23].

У вигляді блок-схеми програма, що управляє, показана на рис. 7.1.



Рисунок 7.1 – Загальний вигляд програми, що управляє

Загальна блок-схема програми представлена на рис. 7.1. При підключенні живлення одноразово виконується підпрограма `setup()`, перевіряюча підключення датчика і така, що ініціалізувала дисплей. Після цього циклічно виконується підпрограма `loop()`, яка прочитує і перетворює отримані з датчиків дані в зрозумілу користувачеві форму і виводить інформацію на дисплей, до того моменту, поки живлення не буде відключено. Свідчення тиску і температури змінюють один одного з інтервалом в три секунди. Блок-схеми програм `setup()` n `loop()` представлені на рис. 7.2, рис. 7.3 [23].

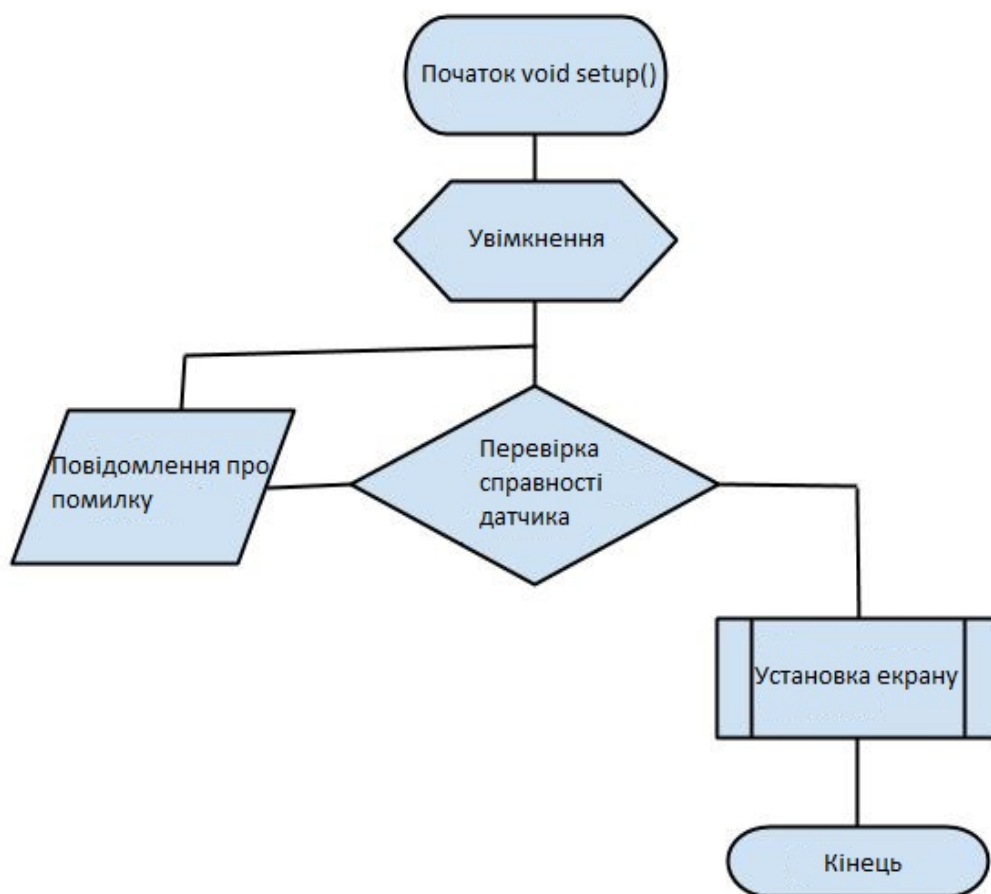


Рисунок 7.2 – Блок-схема підпрограми `setup()`

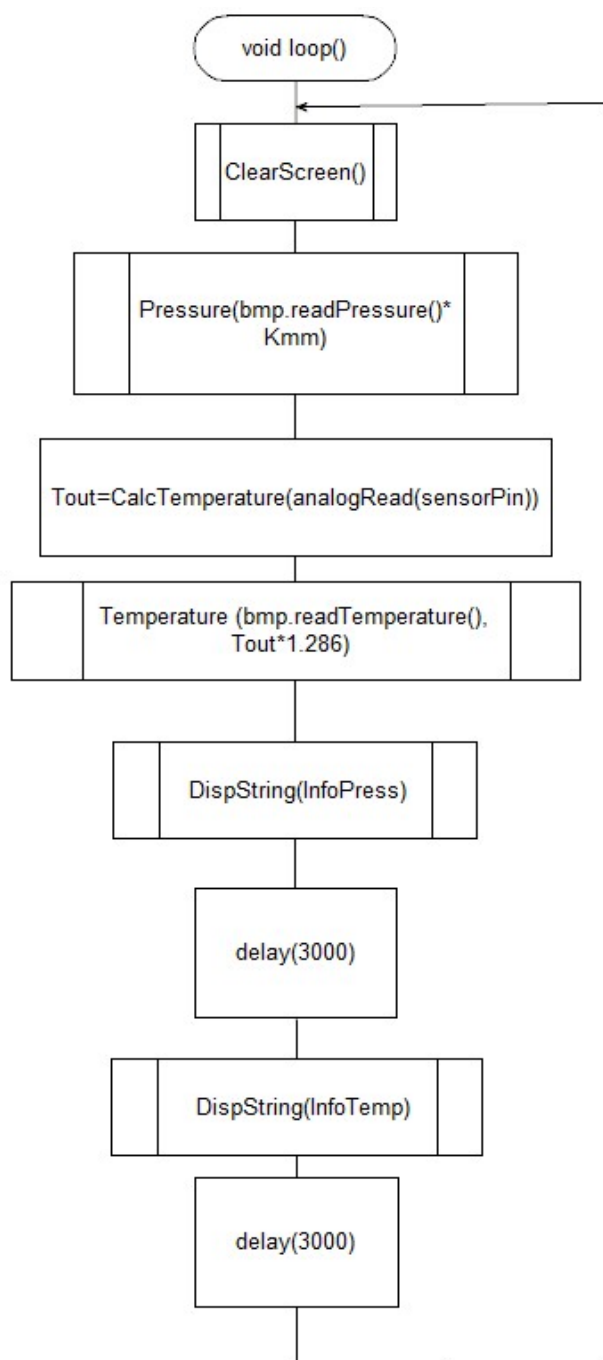


Рисунок 7.3 – Блок-схема підпрограми loop()

Свідчення атмосферного тиску прочитується з датчика BMP085, множиться на перевідний множник Kmm для перекладу з паскалів в міліметри ртутного стовпа і передаються в підпрограму Pressure (float P), де обробляється для коректного виведення на дисплей. Перетворені дані

(значення розрядів числового значення тиску з точністю до 0,01 мм ртутного стовпа) передаються в рядок InfoPress [23].

Свідчення температури усередині приміщення прочитується з датчика BMP085 і аналогічно значенню тиску передається в підпрограму Temperature (int Tin, int Tout).

Механізм зчитування і обробки зовнішньої температури дещо складніший. В якості датчика зовнішньої температури використаний терморезистор, тому перш, ніж передавати отримане значення в підпрограму Temperature (int Tin, int Tout), вимагається провести лінійну інтерполяцію отриманого значення напруги з термістора і співвіднести отримане значення падіння напруги з відповідним значенням температури [9]. Для цього отримане значення напруга передається в підпрограму CalcTemperature (float AD), яке повертає значення температури. Після цього отримане числове значення передається в підпрограму Temperature (int Tin, int Tout) разом зі значенням внутрішньої температури. Значення Tout множиться на поправочний множник 1,286 для мінімізації погрішності. Оброблена інформація заноситься в рядок InfoTemp[10]. Блок-схеми підпрограм Pressure (float P), Temperature (int Tin, int Tout) і CalcTemperature (float AD) приведені на рисунках рис.7.4, рис. 7.5, рис. 7.6 [24].

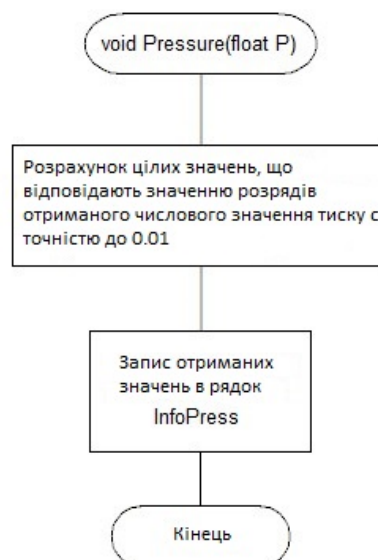


Рисунок 7.4 – Блок-схема підпрограми Pressure (float P)

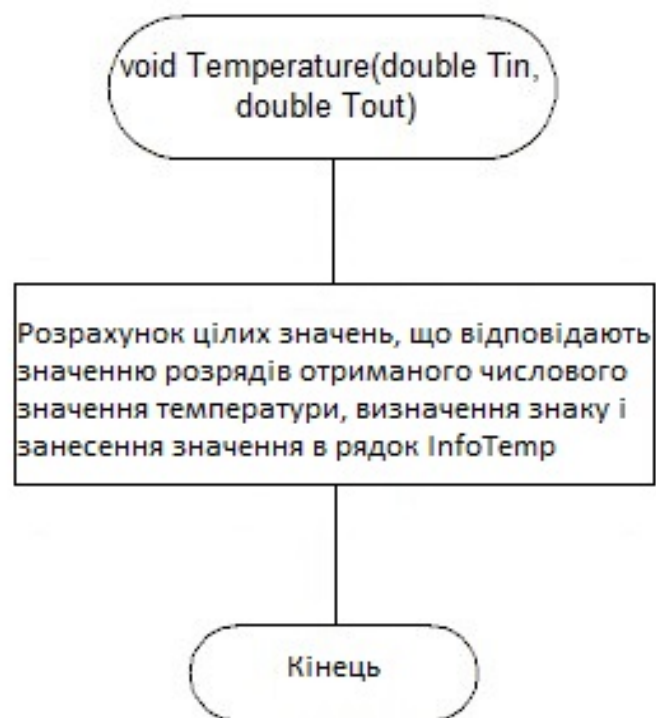


Рисунок 7.5 – Блок-схема підпрограми Temperature (int Tin, int Tout)

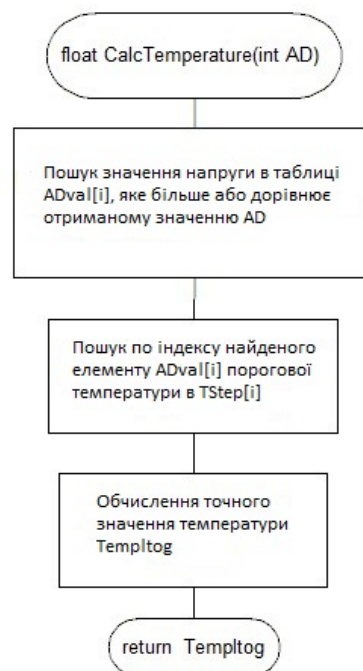


Рисунок 7.6 – Блок-схема підпрограми CalcTemperature (float AD)

Для відображення обробленої інформації використовується підпрограма `DispString (char Str)`. Після встановлення початкової адреси символу з кожної позиції переданого рядка встановлюється відповідність з масиву `SegmentMap`, який містить передавані на семисегментний дисплей коди символів. Блок-схема цієї підпрограми зображена на рис. 7.7 [24].



Рисунок 7.7 – Блок-схема підпрограми `DispString (char Str[10])`

Таким чином була розроблена блок-схема керуючої програми, на базі якої можна писати програмний код.

8 РОЗРОБКА КЕРУЮЧОЇ ПРОГРАМИ

Наступним шагом, для розробки цифрового барометру, після розробки алгоритму керуючої програми є написання програмного коду.

Лістинг програми, що управляє :

```
#include <Wire.h>

#include <Adafruit_BMP085.h>

Adafruit_BMP085 bmp;

float Kmm = 0.00750063755419211

byte StPin = 4; //start pin No for output 4 bits DB0-DB3

byte WR1pin = 8; //pin No for WR1

byte WR2pin = 9; //pin No for WR1

byte ADpin = 10; // address/data signal

int sensorPin = A0; // select the input pin for the potentiometer

int ledPin = 13; //select the pin for the LED

int sensorValue = 0; // variable to store the value coming from the sensor

byte SegmentMap[30] = {B11101110, B01100000, B00101111,
B01101101, B11100001,
B11001101, B11001111, B01101000, B11101111, B11101101,
B00100011, B11000001, B11100110, B11101010, B10101001,
B10001110, B00000001, 0, B01000011, 0,
B11111110, B01110000, B00111111, B01111101, B11110001,
B11011101, B11011111, B01111000, B11111111, B11111101};

byte MaskLow[4] = {B00000001, B00000010, B00000100, B00001000};

byte MaskHigh[4] = {B00010000, B00100000, B01000000, B10000000};

char InfoPress[10];

char InfoTemp[10];

#define ArrSize 20

int TStep[ArrSize] = {-40, -35, -30, -25, -20, -15, -10, -5, 0, 5, 10, 15, 20,
25, 30, 35, 40, 45, 50, 55};
```



```

int ADval[ArrSize] = {884, 842, 794, 738, 677, 612, 545, 480, 417, 359,
307, 260, 220, 185, 155, 130, 109, 92, 77, 65};

int Tout=0;

void setup() {
  Serial.begin(9600);
  if (!bmp.Begin())
  {
    Serial.println("Could not find a valid BMP085 sensor, check wiring!");
    while (1) {}
  }
  InitScreen();
}

void loop() {
  ClearScreen();
  Pressure(bmp.readPressure()*Kmm);
  Tout=CalcTemperature(analogRead(sensorPin));
  Temperature (bmp.readTemperature(), Tout*1.286);
  DispString(InfoPress);
  delay(3000);
  DispString(InfoTemp);
  delay(3000);
}

void DispString(char Str[10]) {
  byte i=0;
  WriteAddr0();
  for (i=0; i<=10; i++) {
    DispChar(Str[i]); }
}

void InitScreen() {
  byte pin=0;

```

```

//Assign pins for LCD
pinMode(WR1pin, OUTPUT);
pinMode(WR2pin, OUTPUT);
pinMode(ADpin, OUTPUT);
for (pin=StPin; pin<=StPin+3; pin++) {
pinMode(pin, OUTPUT); }
//Init service pins
digitalWrite(WR1pin,LOW);
digitalWrite(WR2pin,LOW);
digitalWrite(ADpin,HIGH);
//Unblock LCD trigger
for (pin=StPin; pin<=StPin+3; pin++) {
digitalWrite(pin, HIGH); }
StrobeAD();
}

/////////////////////////////////////////////////////////////////

void ClearScreen() {
byte i=0;
WriteAddr0();
for (i=0; i<=9; i++) {
DataClr(); }
}

/////////////////////////////////////////////////////////////////

void Pressure(float P)
{
int pos1, pos2, pos3, pos4, pos5;
pos1=P/100;
pos2=(P-pos1*100)/10;
pos3=P-pos1*100-pos2*10;
pos4=(P-pos1*100-pos2*10-pos3)*10;

```

```

pos5=(P-pos1*100.0-pos2*10.0-pos3-pos4/10)*100;
    InfoPress[0]=pos1;
    InfoPress[1]=pos2;
    InfoPress[2]=pos3+20;
    InfoPress[3]=pos4;
    InfoPress[4]=pos5;
    InfoPress[5]=17;
    InfoPress[6]=18;
    InfoPress[7]=18;
    InfoPress[8]=18;
    InfoPress[9]=18;
}

/////////////////////////////////////////////////////////////////

void Temperature(double Tin, double Tout)
{
    InfoTemp[0]=TempSign(Tin);
    InfoTemp[1]=TempConvers1(Tin);
    InfoTemp[2]=TempConvers2(Tin);
    InfoTemp[3]=14;
    InfoTemp[4]=15;
    InfoTemp[5]=TempSign(Tout);
    InfoTemp[6]=TempConvers1(Tout);
    InfoTemp[7]=TempConvers2(Tout);
    InfoTemp[8]=14;
    InfoTemp[9]=15;
}

/////////////////////////////////////////////////////////////////

int TempConvers1 (double T)
{ int pos1;
pos1=abs(T)/10;

```

```

return pos1;

}

/////////////////////////////////////////////////////////////////

int TempConvers2 (double T)
{ int pos2;
pos2=abs(T)-TempConvers1(T)*10;
return pos2;
}

/////////////////////////////////////////////////////////////////

int TempSign(double T)
{if (T>=0) {return 17;}
else {return 16;}
}

/////////////////////////////////////////////////////////////////

float CalcTemperature(int AD)
{ int p=1, q=ArrSize, s;
float TempPrev, TempItog, del, porAD;

while (p<q)
{
s=(p+q)/2;
if (ADval[s]>=AD)
{
p=s+1;
}
else
{q=s;
}
}
}

```

```

TempPrev=TStep[s-1];
del=(5.0/(ADval[s-1]-ADval[s]));
TempItog=TempPrev+(ADval[s]-AD)*del;
return TempItog;
}

////////////////////////////////////

void StrobeAD() {
digitalWrite(ADpin,LOW);
digitalWrite(WR1pin,HIGH);
delayMicroseconds(1);
digitalWrite(WR1pin,LOW);
digitalWrite(ADpin,HIGH);
}

////////////////////////////////////

void WriteAddr0() //write address 00 to LCD
{int pin=0;
for (pin=StPin; pin<=StPin+3; pin++) {
digitalWrite(pin, LOW); }
StrobeAD();
}

////////////////////////////////////

void DispChar(byte Code) {
int Ln=0;
//Display Low part
for (Ln=0; Ln<=3; Ln++) {
digitalWrite(StPin+Ln,(SegmentMap[Code] & MaskLow[Ln])); }
StrobeWR();
//Display High part
for (Ln=0; Ln<=3; Ln++) {
digitalWrite(StPin+Ln,(SegmentMap[Code] & MaskHigh[Ln]));

```

```

}
StrobeWR();
}
////////////////////////////////////
void StrobeWR() {
digitalWrite(WR1pin,HIGH);
delayMicroseconds(1);
digitalWrite(WR1pin,LOW);
}
////////////////////////////////////
void DataClr() {
int pin=0;
for (pin=StPin; pin<=StPin+3; pin++) {
digitalWrite(pin, LOW); }
StrobeWR();
StrobeWR();
} [8]

```

Таким чином реалізація цієї керуючої програми дозволяє зробити цифровий барометр на базі мікропроцесора Arduino с заданими характеристиками.

ВИСНОВКИ

Сучасна тенденція така, що засоби вимірювання атмосферного тиску повинні забезпечувати такі параметри з можливістю дистанційної передачі даних в цифрових вигляді. Я можу зробити висновок що найкраще для роботи підходять електронні барометри, їх існує багато моделей що підійдуть на любий смак.

У цій магістерській роботі розглядена можливість розробки цифрових пристроїв на мікроконтролері на базі мікропроцесора AT Mega328 у складі інструменту для проектування електронних облаштувань Arduino Uno R3, його структурна і принципова схеми, а також алгоритм функціонування системи і лістинг програми. Таким чином, цілі роботи магістерські проектування були досягнуті в повному об'ємі. Кінцевим результатом проведеної роботи є електронний барометр з можливістю виміру температури, та вологості

ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАНЬ

1. Каган Б.М., Сташин В.В. Основы проектирования микропроцессорных устройств автоматики. М.: Энергоатомиздат, 1987. 78с.
2. Хартов В. Я. Микроконтроллеры AVR. Практикум для начинающих. – М.: Изд-во МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2007. 122с.
3. The Invention of the Barometer, Weather Doctor's Weather People and History, retrieved October 6, 2015. 48с.
4. ГОСТ 8.009. 8 ГСИ «Нормируемые метрологические характеристики средств измерений», 8с.
5. Liu, H. and G. Darkow, 1989: Wind effect on measured atmospheric pressure. Journal of Atmospheric and Oceanic Technology, Volume 6, Issue 1, pp. 5–12.
6. Поздняк В. Стаття "Питання проектування, вибору і експлуатації датчиків тиску для технологічних процесів". Челябінськ: Журнал "Електронні компоненти", №9, 2004, 132с.
7. Чижикова Т.М. «Стандартизация, сертификация, метрология»: Уч. пособие - М.:Колос, 2002. 81с.
8. Strangeways, Ian. Measuring the Natural Environment. Cambridge University Press, 2000, p. 92.
9. Крылова Г.Д. «Основы стандартизации, сертификации метрологии»: Учебник для вузов. - М.:ЮНИТИ-ДАНА,2001, 302с.
10. Miksad, R., 1976: An omni-directional static pressure probe. Journal of Applied Meteorology, Volume 15, pp. 1215.1225.
11. Петин В. Проекты с использованием контроллера Arduino. – М.: BHV, 2015 281с.
12. Global Journal of Advanced Research in Electrical, Electronics and Instrumentation Engineering, Vol. 2, Issue 7, July 2013, Copyright to IJAREEIE www.ijareeie.com 3470Design, Modeling and Simulation of a Microcontroller

Based Temperature Control in a Ventilation System, K.A Akpado¹, C.O Ezeagwu², A. Ejiofor³, A.O Nwokeke.

13. Global Journal of Innovative Research in Science, Building and Technology Vol. 4, Issue 7, July 2015 Copyright to IJIRSET.Design and Fabrication of Temperature based DC Fan Speed Control System utilizing Microcontroller and Pulse Width Modulation Technique Surabhi¹, Upendra Prasad², Vivek Kumar Jain³.

14. Хансуваров К.І., Цейтлін В.Г. Техніка вимірювання тиску, витрати, кількості і рівня рідини, газу та пара: Навчальний посібник для технікумів - М.: Видавництво стандартів, 1990 173с.

15. Технічні вимірювання та прилади. Ч. 1. Вимірювання теплоенергетичних параметрів: Учеб. Посібник. Ангартськ: АГТА, 2000 – 442с.

16. Поздняк В. Стаття "Питання проектування, вибору і експлуатації датчиків тиску для технологічних процесів". Челябінськ: Журнал "Електронні компоненти", №9, 2004 132с.

17. Каган Б.М., Сташин В.В. Основы проектирования микропроцессорных устройств автоматики. М.: Энергоатомиздат, 1987

18. Хартов В. Я. Микроконтроллеры AVR. Практикум для начинающих. М.: Изд-во МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2007.

19. Бабин А.И., Шипилов. Электрические машины и схемы управления: Методические указания для студентов очной формы обучения по дисциплине автоматизированный электропривод. 2010 65 с.

20. Зайцев С. А. Контрольно-вимірювальні прилади інструменти.-М.: Изд центр «Академія», 2006 451с.

21. Іванова Г.М., Теплотехнічні вимірювання та прилади: підручник для вузів, Изд. МЕТ, 2005 460с.

22. Фарзана Н.Г., Ілясов П.В., Азімзаде А.Ю. Технологічні вимірювання і прилади. Підручник. Москва. Вища школа.1989 281с.

23. Джереми Б. Изучаем Arduino Б. Джереми СПб.: Издательский центр «БХВ-Петербург», 2015. 401с
24. Москаленко В.В. Автоматизированный электропривод: Учебник для вузов.- М.: Энергоатомиздат, 2008. 416 с.
25. Преображенський В.П. Теплотехнічні вимірювання та прилади, 1978 г. 452с.

Додаток А
Графічна частина магістерської роботи

**АНАЛІЗ ЗАСОБІВ ВИМІРЮВАННЯ
АТМОСФЕРНОГО ТИСКУ ТА РОЗРОБКА
ЕЛЕКТРОННОГО БАРОМЕТРА**

**КАФЕДРА АВТОМАТИЗОВАНИХ СИСТЕМ МОНІТОРИНГУ
НАВКОЛИШНЬОГО СЕРЕДОВИЩА**

КЕРІВНИК: ЛАВРІНЕНКО Ю.В.

ВИКОНАВ СТУДЕНТ 2 КУРСУ ГРУПИ МАГ-18 ІБРАГІМОВ М.І.

=

Рисунок А.1 – Тема роботи

МЕТА

- Мета магістерської роботи – розробка електронного барометру на базі мікропроцесора «Arduino» з можливістю вимірювання температури та вологості, ознайомлення з приладами, якими він вимірюється, та принципом їх роботи.

Рисунок А.2 – Мета роботи

ТИСК АТМОСФЕРИ ТА ЯК ВІН ВИМІРЮЄТЬСЯ

- Тиск атмосфери — це тиск, який діє атмосферним повітрям на всі розміщені в ньому предмети і на земну поверхню.
- Середній тиск повітря на рівні океану відповідає вазі ртутного стовпчика висотою 760 мм. Цей тиск називається нормальним.
- Одиницею вимірювання тиску атмосфери є мілібари: 1 мм тиску становить 1,33 мб. Відстань по вертикалі, на якій атмосферний тиск зменшується на одиницю виміру (1 мм або 1 мб), називається баричним ступенем.
- Атмосферний тиск вимірюється за допомогою барометру. Барометр - це пристрій для вимірювання атмосферного тиску. З його допомогою можна передбачити погоду. Прилад може знімати дані атмосферного тиску перебуваючи в приміщенні або на відкритій місцевості.
- Існує кілька різновидів барометрів – рідинні та барометри деформації.

Рисунок А.3 – Поняття про тиск атмосфери

ПЕРШИЙ РІДИННИЙ БАРОМЕТР

- Ртутний барометр був винайдений найпершим. Його творцем є італійський фізик Еванджеліста Торрічеллі, який в 1844 році розмістив в тарілці зі ртуттю вертикально встановлену пробірку залитий горловиною вниз.
- Принцип роботи покладає в тому, що при зміні атмосферного тиску змінюється й рівень ртуті у колбі на якій є градувальна шкала, по ній можна визначити який зараз тиск.
- Ртутні барометри відрізняються підвищеною точністю, їх застосовують на метеорологічних станціях для проведення контролю за погодою

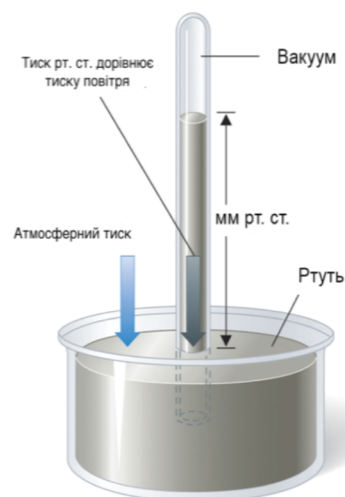


Рисунок А.4 – Перший рідинний барометр

РІДИННИЙ БАРОМЕТР З ГЛІЦЕРИНОМ

Одним з найвідоміших модифікацій рідинних барометрів окрім ртутних є гліцеринові моделі



Рисунок А.5 – Рідинний барометр з гліцерином

БАРОМЕТР ДЕФОРМАЦІЇ МЕХАНІЧНИЙ

- Барометри деформації – найпопулярніші з представлених типів барометрів. Вони набагато компактніші в порівнянні з рідинними, та більш практичні.
- У середині корпусу знаходиться пустотіла ємність, зроблена з двох жерстяних мембран. У ємності створений вакуум, а її стінки надійно запаяні. Завдяки відсутності повітря, мембрани гостро реагують на зміну рівня атмосферного тиску. При його збільшенні вони стискаються, а при зменшенні навпаки роздуваються
- Маю гарну точість вимірювання та використовуються в багатьох галузях починаючи з авіації, закінчуючи сільським господарством.



Рисунок А.6 – Барометр деформації механічний

БАРОМЕТР ДЕФОРМАЦІЇ ЕЛЕКТРОННИЙ

- Електронні барометри - це високоточні і компактні прилади. В їх основі також використовується вакуумна коробка, але зняття показань забезпечується завдяки чутливим датчикам.
- А цій конструкції передбачається мікропроцесорний блок, а показання виводяться на рідкокристалічний дисплей.
- Одна з особливостей таких приладів полягає в тому, що часто вони комбінують в собі більше одного пристрою одночасно. Вони можуть працювати не тільки як барометр, але і як термометр, компас і годинник.



Рисунок А.7 – Барометр деформації електронний

БАРОМЕТР РОБОЧИЙ МЕРЕЖЕВИЙ БРС-1М

- Принцип дії барометра заснований на використанні вібраційно-частотного перетворювача абсолютного тиску, виконаного на базі тонкостінного циліндричного резонатора, і датчика температури, виконаного у вигляді термочутливого кварцового резонатора.
- Під впливом вимірюваного абсолютного тиску змінюється вихідна частота f_p , яка формується вібраційно-частотним перетворювачем і автогенераторною схемою, а під впливом температури навколишнього середовища змінюється вихідна частота f_t , яка формується датчиком температури і автогенераторною схемою.
- Вихідні частоти f_p і f_t керовані комутатором, надходять на частотний перетворювач, де вони перетворюються в цифрові коди, далі цифрові коди надходять в контролер, який по вступленим даним обчислює значення виміряного тиску і передає його на рідкокристалічний індикатор, а також через пристрій виведення інформації на електричний роз'єм RS-232



Рисунок А.8 – Барометр мережевий БРС-1

ХАРАКТЕРИСТИКИ БРС-1М

Найменування характеристики	Значення характеристики		
	БРС-1М-1	БРС-1М-2	БРС-1М-3
Діапазон вимірювань абсолютного тиску, гПа	600 – 1100	600 – 1100	5 – 1100
Межі абсолютної похибки, Па	± 33	± 20	± 20
Роздільна здатність індикації, Па, не більше	1	1	1
Час технічної готовності, хв. не більше	2	2	2
Напруга живлення від мережі змінного струму, В	220 – 33/+22	220 – 33/+22	220 – 33/+22
Частота харчування від мережі змінного струму, Гц	50±1	50±1	50±1
Потужність по ланцюгу змінного струму, ВА, не більше	10	10	10
Напруга живлення від джерела постійного струму, В	12 – 3/+2	12 – 3/+2	12 – 3/+2
Струм по ланцюгу постійного струму, мА, не більше	200	200	200
Габаритні розміри, мм	205x180x65	205x180x65	205x180x65
Маса (без монтажних і запасних частин), кг, не більше	2	2	2
Умови експлуатації: - діапазон робочих температур, С - відносна вологість, %	5 – 50 95	15 – 35 80	15 – 35 80
Середній термін служби, років	10	10	10

Рисунок А.9 – Характеристики барометру БРС-1М

БАРОМЕТР ЗРАЗКОВИЙ ПЕРЕНОСНИЙ БОП-1М

- Принцип дії барометрів заснований на деформації чутливого елемента - резонуючого тонкостінного циліндра.
- Під впливом температури навколишнього середовища змінюється вихідна частота, яка формується датчиком температури і автогенераторною схемою.
- Вихідні частоти датчика тиску і датчика температури надходять в частотний перетворювач, що формує з частот цифрові коди, які вводяться в мікроконтролер.
- Мікроконтролер по котрі вступили даними обчислює значення вимірюваного тиску. Обчислення значення тиску мікроконтролер передає на індикатор візуально відображає значення вимірюваного тиску через пристрій виведення інформації на електричний з'єднувач інтерфейсу RS-232.



Рисунок А.10 – Барометр мережевий БОП-1М

ХАРАКТЕРИСТИКИ БОП-1М

Найменування характеристики	Значення
Діапазон вимірювань абсолютного тиску, гПа (мм рт.ст.)	от 300 до 1100 (от 225 до 825)
Межі абсолютної похибки вимірювань абсолютного тиску, Па (мм. Рт. Ст.) - в діапазоні від 300 до 1100 гПа - в діапазоні від 5 до 1100 гПа	±10 (±0,08) -
Межі відносної похибки вимірювань абсолютного тиску в діапазоні св. 1100 до 2800 гПа, %	-
Параметри електричного живлення від мережі змінного струму	
Напруга змінного струму, В	220
Частота змінного струму, Гц	50±1
Час готовності барометра до роботи, хв., Не більше	60
Споживана потужність, В · А, не більше	
- в перші 10 хв після включення	40
- в наступні часи роботи	15
Маса, кг, не більше	2,5
Габаритні розміри, мм, не більше (по корпусу)	
- довжина	251
- ширина	200
- висота	86
Умови експлуатації:	
- температура повітря, С	от +4 до +40 от
- відносна вологість повітря, %	30 до 90
Термін служби барометра, років	12

Рисунок А.11 – Характеристики барометру БОП-1М

БАРОМЕТР АВІАМЕТЕОРОЛОГІЧНИЙ БА-1

- Принцип дії барометра авіаметеорологічного БА-1 першого виконання заснований на перетворенні абсолютного атмосферного тиску п'єзо - електричним первинним перетворювачем в цифровий сигнал.
- Барометр авіаметеорологічний автоматичний БА-1 на основі виміряних значень атмосферного тиску розраховують тиск на рівні злітно-посадкової смуги (QFE) і тиску на рівні моря (QNH), необхідних для метеорологічного забезпечення авіації та моніторингу навколишнього середовища.



Рисунок А.12 – Барометр авіаметеорологічний БА-1

ХАРАКТЕРИСТИКИ БА-1

Найменування характеристики	Значення
Діапазон вимірювань абсолютного (атмосферного) тиску, гПа	от 600 до 1100
Межі абсолютної по- похибки вимірювань абсолютного (атмосферного) тиску, гПа	±0,33
Ціна одиниці молодшого розряду, гПа	0,01
Електричне живлення від джерела змінного струму:	
- напруга, В	220
- частота, Гц	50±1 5
Електричне живлення від джерела постійного струму:	
- Напруга, В	5
Споживана потужність, Вт, не більше	1
Габаритні розміри, не більше	
- ширина	230
- висота	80
- довжина	190
Маса, кг, не більше	1,39
Умови експлуатації	
- температура повітря, С;	от +10 до +30
- відносна вологість повітря, %;	от 40 до 80
Термін служби, років	8

Рисунок А.12 – Характеристика баромету БА-1

ПОРІВНЯННЯ МЕТРОЛОГІЧНИХ ХАРАКТЕРИСТИК ТРЬОХ БАРОМЕТРІВ

Найменування характеристики	Значення		
	БА - 1	БОП-1М-1	БРС-1М-1
Діапазон вимірювань абсолютного (атмосферного) тиску, гПа	600 – 1100	300 – 1100	600 – 1100
Межі абсолютної похибки вимірювань абсолютного (атмосферного) тиску, гПа	±0,33	±0,08	±0,33
Ціна одиниці найменшого розряду, гПа	0,01	0,01	0,01

Рисунок А.13 – Порівняльна характеристика

МЕТРОЛОГІЧНІ ХАРАКТЕРИСТИКИ БАРОМЕТРІВ

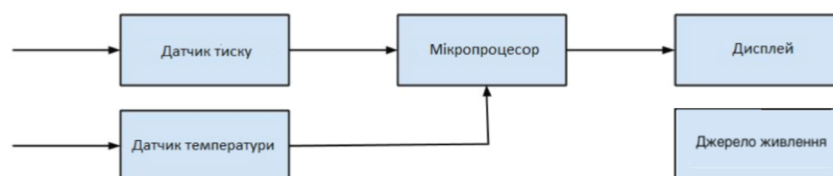
- Одним з найважливіших характеристик вимірюючих засобів є метрологічні характеристики. Барометр являється також вимірюючим засобом, тому він має мати відповідні показники.
- Метрологічними характеристиками називаються технічні характеристики, що визначають властивості вимірювальних приладів, мають вплив на результати і на похибки вимірювань. Вони призначені для оцінки технічного рівня і якості засобу вимірювань.
- Метрологічними характеристиками вимірювальних приладів і установок є: діапазон показань; діапазон вимірювань; ціна ділення шкали; довжина поділки шкали; чутливість; варіація та інше.

Г

Рисунок А.14 – Метрологічна характеристика

РОЗРОБКА СТРУКТУРНОЇ СХЕМИ ЦИФРОВОГО БАРОМЕТРА

- Електронний (або цифровий) барометр - сучасний різновид даного приладу, лінійні показники звичайного барометра-анероїда перетворюються в електронний сигнал, який обробляється мікропроцесором і виводиться на рідкокристалічний екран.
- Пристрій складається з чотирьох блоків: джерела живлення, цифрового програмованого пристрою (мікропроцесор), семисегментного дисплея, датчика атмосферного тиску і датчика температури.



- Основою цифрового барометра є цифровий програмований пристрій (ЦПУ). На базі мікроконтролера ATmega328 у складі модуля Arduino Uno R3. Він виконує такі функції, як набуття значень температури і тиску з датчиків, обробка отриманих даних і виведення інформації на дисплей. Датчик BMP085 вимірює атмосферний тиск з високою точністю, а також отримує дані про температуру повітря і висоти над рівнем моря. Він відрізняється продуктивністю, точністю (мінімальне значення виміру тиску - 0.03hPa) і дуже низьким енергоспоживанням.

Рисунок А.15 – Структурна схема цифрового барометру

ПРИНЦИПОВА СХЕМА ЦИФРОВОГО БАРОМЕТРА

Вхідна напруга подається на вхід VCC датчика тиску, на вхід VSS дисплея і в ланцюг з термістором, виконуючу функцію датчика зовнішньої температури.

Виводи датчика BMP085 SCL і SDA підключені до портів Arduino Uno A5/SCL і A4/SDA відповідно. За допомогою цих виведень на Arduino здійснюється зв'язок I2C і передача інформації між датчиком і мікропроцесором.

Порт призначення адреси A дисплея підключений до виведення D10 Arduino Uno, порти DB0 - DB3, що виконують функцію шин адрес/даних, підключені до D7 - D4 відповідно. Порти дисплея R/W і RS призначені для запису даних в модуль, підключені до виведень D9 і D8. Порти D4 - D10 є цифровими входами, з яких D5, D6, D9, D10 забезпечують широко-імпульсну модуляцію з дозволом 8 біт для отримання аналогового сигналу.

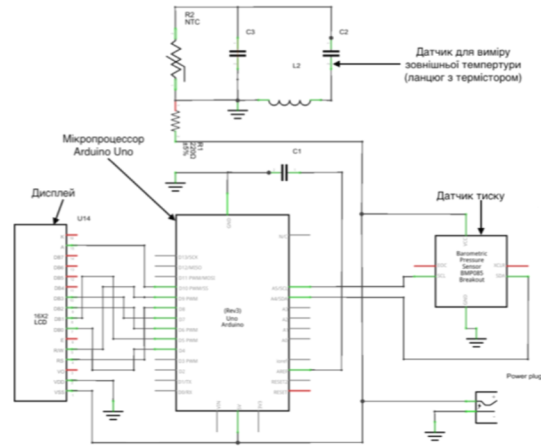


Рисунок А.16 – Принципова схема цифрового барометру

РОЗРОБКА АЛГОРИТМУ РОБОТИ КЕРУЮЧОЇ ПРОГРАМИ

- Для реалізації пристрою «Цифровий барометр на базі мікропроцесора Arduino uno» необхідно розробити керуючу програму, по перше розроблюється алгоритм структурна схема якої має вигляд блок – схеми.
- При підключенні живлення одноразово виконується підпрограма `setup()`, перевіряючи підключення датчика і така, що ініціалізувала дисплей. Після цього циклічно виконується підпрограма `loop()`, яка прочитує і перетворює отримані з датчиків дані в зрозумілу користувачеві форму і виводить інформацію на дисплей, до того моменту, поки живлення не буде відключено.



Рисунок А.17 – Алгоритм керуючої програми

БЛОК СХЕМА ЗЧИТУВАННЯ АТМОСФЕРНОГО ТИСКУ

- Свідчення атмосферного тиску прочитується з датчика BMP085, множиться на перевідний множник K_{mm} для перекладу з паскалів в міліметри ртутного стовпа і передаються в підпрограму `Pressure(float P)`, де обробляється для коректного виведення на дисплей. Перетворені дані (значення розрядів числового значення тиску з точністю до 0,01 мм ртутного стовпа) передаються в рядок `InfoPress`.



Рисунок А.18 – Блок схема зчитування атмосферного тиску

БЛОК СХЕМА ЗЧИТУВАННЯ ТЕМПЕРАТУРИ В ПРИМІЩЕННІ

- Свідчення температури усередині приміщення прочитується з датчика BMP085 і аналогічно значенню тиску передається в підпрограму `Temperature(int Tin, int Tout)`.

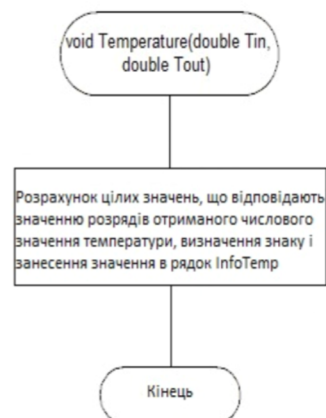


Рисунок А.19 – Блок схема зчитування температури в приміщенні

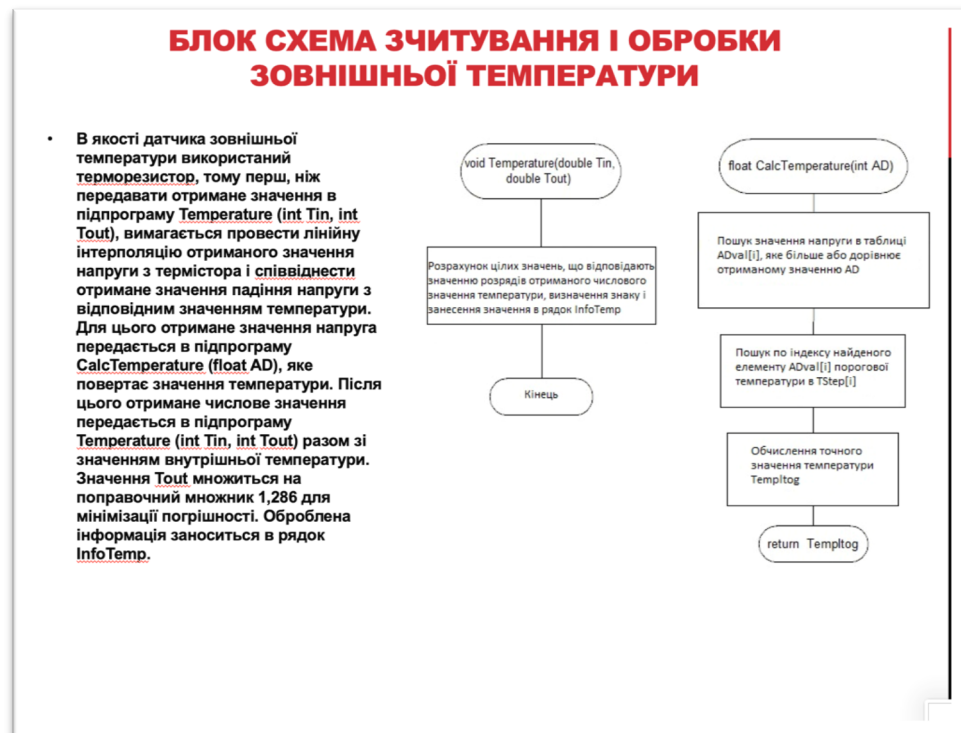


Рисунок А.20 – Блок схема зчитування і обробки зовнішньої температури

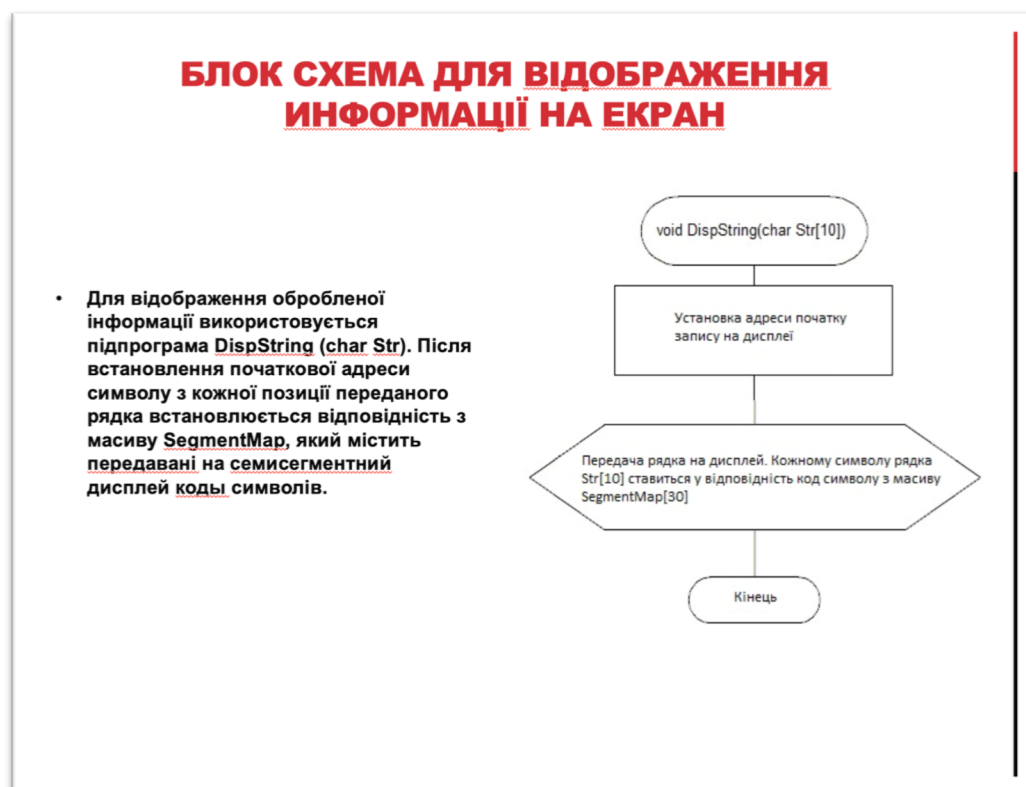


Рисунок А.21 – Блок схема відображення інформації на екрані

ВИСНОВОК

- Сучасна тенденція така, що засоби вимірювання атмосферного тиску повинні забезпечувати такі параметри з можливістю дистанційної передачі даних в цифрових вигляді. Я можу зробити висновок що найкраще для роботи підходять електронні барометри, їх існує багато моделей що підійдуть на любий смак.
- У цій магістерській роботі розглядена можливість розробки цифрових пристроїв на мікроконтролері на базі мікропроцесора AT Mega328 у складі інструменту для проектування електронних облаштувань Arduino Uno R3, його структурна і принципова схеми, а також алгоритм функціонування системи і лістинг програми. Таким чином, цілі роботи магістерські проектування були досягнуті в повному об'ємі. Кінцевим результатом проведеної роботи є електронний барометр з можливістю виміру температури, та вологості

Рисунок А.22 – Висновки