

Хмельницький національний університет
Факультет інженерії, транспорту та архітектури
Кафедра машин і апаратів, електромеханічних та енергетичних систем

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА МАГІСТРА

Розробка побутового пристрою для дистанційного
вимірювання параметрів мікроклімату приміщень

Галузь знань 14 «Електрична інженерія»

Шифр, назва

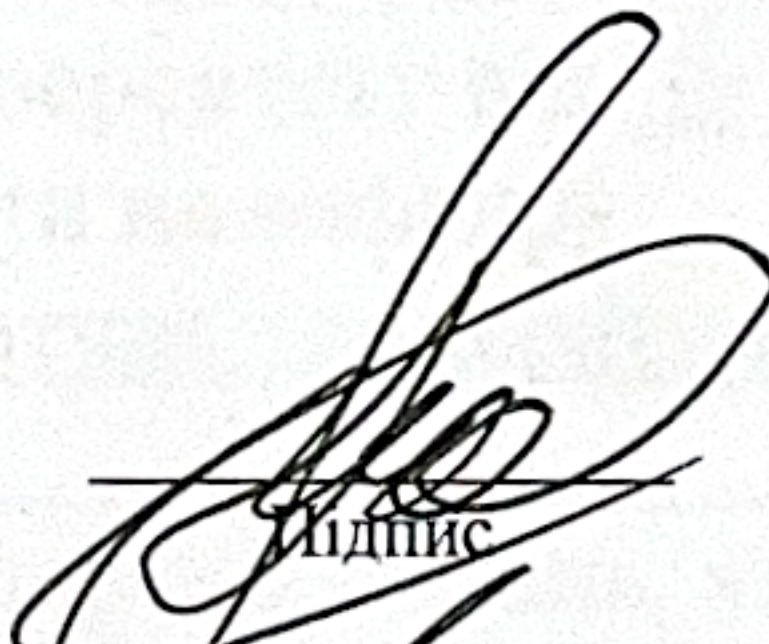
Спеціальність 141 «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка»

Шифр, назва

Освітня програма «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка»


Шифр МРМА 24.00.00.000 ПЗ

Виконав студент 2 курсу
група ЕТМ-23-1


Підпис

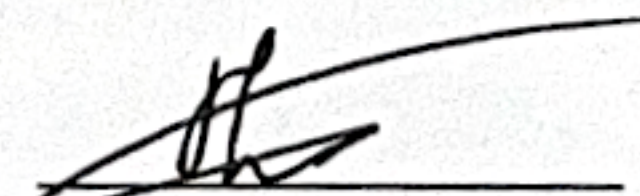
В.В. Медведь
Ініціали, прізвище

Керівник


Підпис, дата

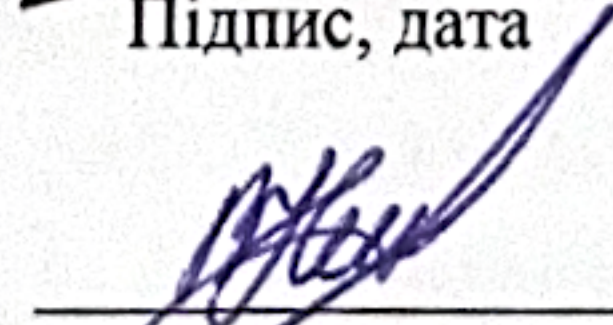
А.К. Кармаліта
Ініціали, прізвище

Нормоконтролер


Підпис, дата

С.І. Лукшин
Ініціали, прізвище

До захисту допускаю:


Підпис, дата

доц. В.С. Неймак
Ініціали, прізвище

Зав. кафедри МАЕЕС

17 12 2024 р.

Хмельницький 2024

ХМЕЛЬНИЦЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

Факультет інженерії, транспорту та архітектури

Кафедра машин і апаратів, електромеханічних та енергетичних систем

Освітній рівень магістр

Галузь знань 14 Електрична інженерія

Шифр і назва

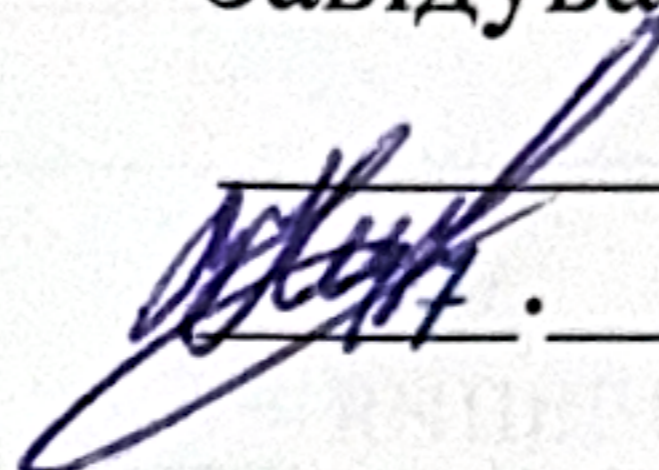
Спеціальність 141 Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка

Шифр і назва

Освітня програма Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри МАЕЕС



12

.2024р.

ЗАВДАННЯ НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ МАГІСТРА

Медведь Володимир Володимирович

Прізвище, ім'я, по батькові студента

1. Тема роботи Розробка побутового пристрою для дистанційного вимірювання параметрів мікроклімату приміщень

керівник роботи Кармаліта Анатолій Костянтинович, к.т.н., професор

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

Затверджено наказом ректора університету від 26 08 2024 р. № 60

2. Строк подання студентом роботи на кафедру _____

3. Вихідні дані до роботи датчик температури – -40...85°C, Raspberry PI B+ 1.2

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

Вступ. 1 Огляд та аналіз технічної літератури з тематики магістерської роботи. 2 Розробка побутового пристрою для дистанційного вимірювання параметрів мікроклімату приміщень. 3 Розрахунки та компонування побутового пристрою для дистанційного вимірювання параметрів мікроклімату приміщень. Висновки. Перелік джерел посилань.

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

1. Побутові метестанції (ДО, А1). 2. Побутовий пристрій для дистанційного вимірювання параметрів мікроклімату приміщень (Е1, А1). 3. Побутовий пристрій для дистанційного вимірювання параметрів мікроклімату приміщень (Е3, А1). 4. Плата побутового пристрою для дистанційного вимірювання параметрів мікроклімату приміщень (В31, А1). 5. Плата побутового пристрою для дистанційного вимірювання параметрів мікроклімату приміщень (В32, А1). 6. Плата модуля датчика тиску побутового пристрою для дистанційного вимірювання параметрів мікроклімату приміщень (В33-4, А1). 7. Корпус пристрою для дистанційного вимірювання параметрів мікроклімату приміщень (Д1, А2). 8. Побутовий

пристрій для дистанційного вимірювання параметрів мікроклімату приміщень (ДІ2, А2).

6. Консультанти розділів кваліфікаційної роботи

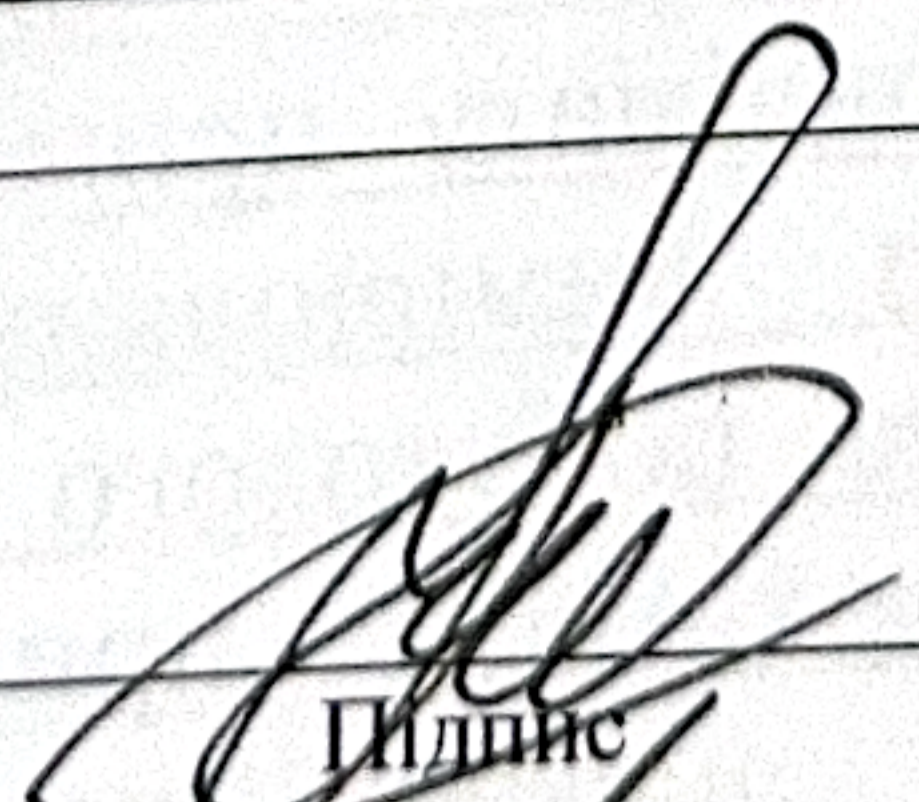
Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв

7. Дата видачі завдання _____

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

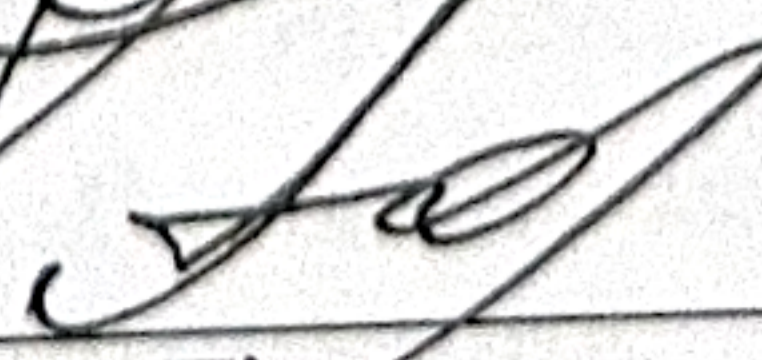
Назва етапів (розділів) кваліфікаційної роботи	Строк виконання етапів роботи	Примітка
1 Огляд та аналіз технічної літератури з тематики магістерської роботи	до 30.10.24р.	
2 Розробка побутового пристрою для дистанційного вимірювання параметрів мікроклімату приміщень	до 10.11.24р.	
3 Розрахунки та компонування побутового пристрою для дистанційного вимірювання параметрів мікроклімату приміщень	до 20.11.24р.	
4 Оформлення пояснювальної записки та графічного матеріалу	до 12.12.24р.	

Студент


Підпис

В. В. Медведь
Ініціали, прізвище

Керівник роботи


Підпис

А.К. Кармаліта
Ініціали, прізвище

АНОТАЦІЯ

до магістерської роботи студента
спеціальності 141 «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка»

1. Прізвище, ім'я та по батькові Медведь Володимир Володимирович
2. Тема магістерської роботи Розробка побутового пристрою для дистанційного вимірювання параметрів мікроклімату приміщень
3. Прізвище, ініціали, вчена ступінь та звання опонента _____
4. Об'єм магістерської роботи: креслень 7 арк., сторінок записки 64
5. З розвитком технологій в останні роки були розроблені нові методи та обладнання для моніторингу погоди та збору інформації про погоду. Використання нових технологій дає можливість робити більш точні прогнози на більш тривалі періоди часу. Актуальність роботи полягає в розробці універсального вимірювача метеорологічних параметрів на основі Raspberry Pi, який може бути широко використаний у багатьох сферах діяльності: для використання на фермах, теплицях, домашніх господарствах і т.д. В магістерській роботі розробляється побутовий пристрій для дистанційного вимірювання параметрів мікроклімату приміщень. В розрахунково-пояснювальній записці наведено всі необхідні розробки, а також розділи, що відповідають встановленим вимогам. В першому розділі проведено огляд та аналіз існуючих технічних та технологічних рішень з тематики магістерської роботи, а саме огляд метеорологічних станцій та їх класифікація. В другому здійснюється розробка побутового пристрою для дистанційного вимірювання параметрів мікроклімату приміщень. В третьому розділі проведено розрахунки та компонування побутового пристрою для дистанційного вимірювання параметрів мікроклімату приміщень.

Підпис студента _____

" 17 " 12 2024 р.

РІШЕННЯ ЕК:

Протокол 1 від " 23 " 12 2024 р.

Оцінка проекту ЕК добре / с
Рекомендації ЕК _____

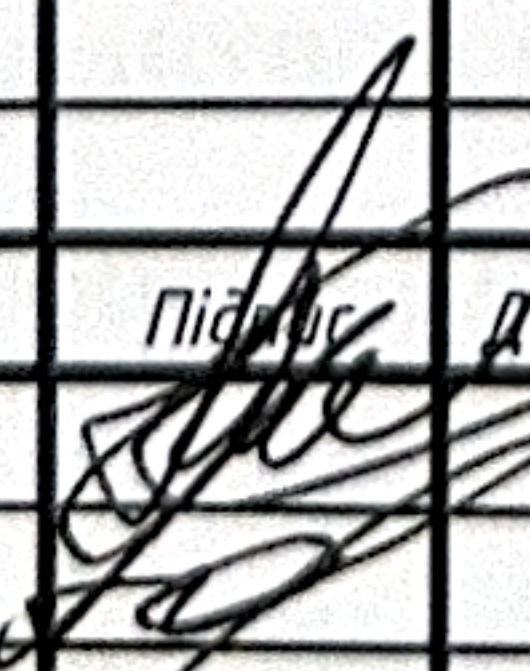
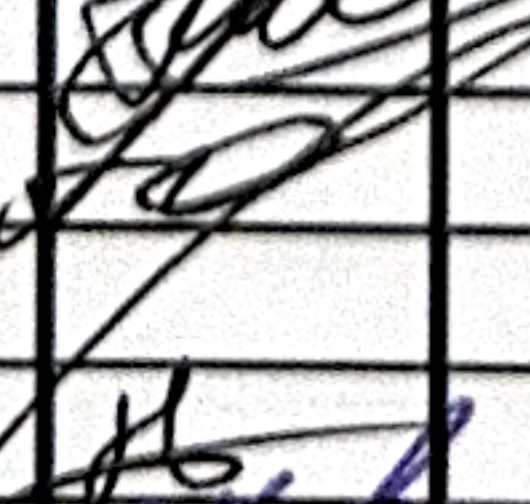
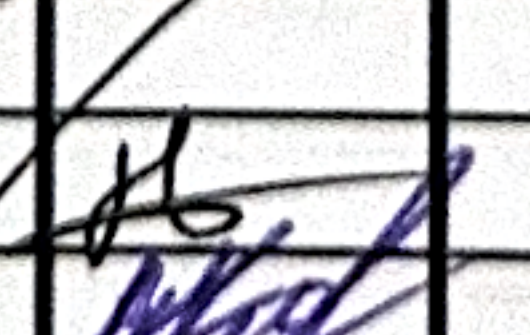
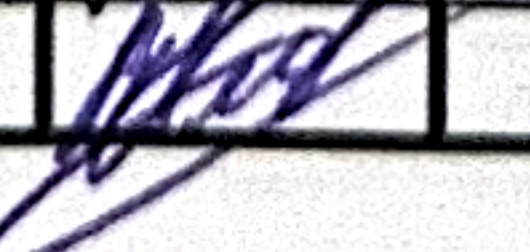
Особливі відмітки _____

Технічний секретар _____

" 23 " 12 2024 р.

ЗМІСТ

	стор.
Вступ.....	5
1 Огляд та аналіз технічної літератури з тематики магістерської роботи.....	7
1.1 Огляд метеорологічних станцій	7
1.2 Класифікація професійних метеостанцій.....	15
1.3 Огляд персональних метеостанцій.....	17
Висновки до першого розділу	20
2 Розробка побутового пристрою для дистанційного вимірювання параметрів мікроклімату приміщень.....	21
2.1 Розробка структурної схеми пристрою	21
2.2 Підбір обладнання.....	22
Висновки до другого розділу	43
3 Розрахунки та компонування побутового пристрою для дистанційного вимірювання параметрів мікроклімату приміщень	44
3.1 Апаратні засоби для створення метеостанції.....	44
3.2 Збірка метеостанції	46
3.3 Програмна реалізація.....	49
3.4 Розрахунок підсилювача	55
Висновки до третього розділу	61
Висновки	62
Перелік джерел посилань	63

МРМА 24.00.00.000 ПЗ								
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	Розробка побутового пристрою для дистанційного вимірювання параметрів мікроклімату приміщень	Літ.	Арк.	Аркушів
Розроб.		Медведь В. В.						
Перевір.		Кармаліта А. К.					4	64
Реценз.						ХНУ зр. ЕТМ-23-1		
Н. Контр.		Пунділа С. І.						
Затверд.		Неймак В. С.						

ВСТУП

Погода завжди мала великий вплив на життя людей і формувала їх культуру, звички суспільства, в якому вони живуть. Правильне прогнозування погоди має значення для виживання та процвітання людської раси. Прогнозування та моніторинг погоди проводилися протягом століть, і було зібрано багато знань та даних, які допомагають у розумінні та вивченні погоди. Було винайдено багато різних методів і обладнання, що допомагають у дослідженнях, і сьогодні цьому присвячена ціла галузь науки: метеорологія. З розвитком технологій в останні роки були розроблені нові методи та обладнання для моніторингу погоди та збору інформації про погоду. Використання нових технологій дає можливість робити більш точні прогнози на більш тривалі періоди часу.

На сьогоднішній день одним з найбільш часто використовуваних видів обладнання є цифрові метеостанції. Зазвичай вони складаються з декількох датчиків спостереження за погодою і комп'ютера, який отримує дані з датчиків. Деякі мають можливість зарядити джерело живлення (акумулятор), щоб продовжити термін служби. Сьогодні на ринку доступно багато різних типів цифрових метеостанцій.

Метою даної дипломної роботи є створення багатофункціональної метеостанції на базі одноплатного комп'ютера Raspberry Pi, який збирає дані про погоду та візуалізує їх. В ході роботи був розроблений прилад, що вимірює наступні метеорологічні параметри: швидкість, напрямок вітру, тиск, температуру ґрунту. Для досягнення цієї мети було поставлено такі завдання:

- вивчити сучасний стан і застосування метеостанцій і підібрати більш економічно придатне обладнання для прогнозування погодних умов;
- дослідити та прийняти рішення щодо програмного забезпечення;
- розробити теоретичний зразок приладу;

					<i>МРМА 24.00.00.000 ПЗ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		5

- побудувати прототип метеостанції за допомогою моделі;
- визначити економічну ефективність придбання створеної метеостанції за допомогою методу мінімальних теперішніх витрат;
- зробити розрахунок на безпеку життєдіяльності.

Актуальність даної роботи полягає в розробці універсального вимірювача метеорологічних параметрів на основі Raspberry Pi, який може бути широко використаний у багатьох сферах діяльності: для використання на фермах, теплицях, домашніх господарствах і т.д.

					<i>МРМА 24.00.00.000 ПЗ</i>	<i>Арк.</i>
						6
<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		

1 ОГЛЯД ТА АНАЛІЗ ТЕХНІЧНОЇ ЛІТЕРАТУРИ З ТЕМАТИКИ МАГІСТЕРСЬКОЇ РОБОТИ

1.1 Огляд метеорологічних станцій

В даний час на ринку представлені різні типи метеостанцій. Вони забезпечують вимірювання таких параметрів атмосфери, як температура повітря, відносна вологість, сонячна радіація, швидкість і напрямок вітру, а також атмосферний тиск і кількість опадів, причому перші три змінні є найбільш поширеними [1].

Між існуючими цифровими метеостанціями може бути багато відмінностей, залежно від їх використання та призначення. Одним із способів їх класифікації є спосіб їх використання. Одні станції розраховані на середньостатистичного споживача (персональні станції), а інші - на професіоналів. Таким чином, їх можна умовно розділити на дві категорії:

Персональні станції:

- відносно невисока вартість при обмежених можливостях;
- зазвичай оснащуються декількома видами менш точних датчиків;
- зазвичай немає можливості зареєструвати дані або перенести їх на комп'ютер;
- не стійкий до погодних умов, довговічний і не самодостатній.

Професійні станції:

- відносно дорогий з великими можливостями;
- оснащуються все більш точними датчиками;
- зазвичай може реєструвати дані в автономному режимі та передавати їх бездротовим способом (найчастіше лише на близькій відстані) на комп'ютер.
- всепогодні, довговічні і часто самодостатні.

Сучасні метеостанції є дуже підходящим інструментом для збору даних

					<i>МРМА 24.00.00.000 ПЗ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		7

про зміни атмосфери і широко використовуються в повсякденному житті. Вони призначені для визначення добової кліматичної зміни атмосфери. В даний час сучасні метеостанції використовуються в різних сферах діяльності.

Перевагою персональної метеостанції є швидке виявлення змін клімату. Області застосування персональних метеостанцій:

- в побутових умовах;
- для промислових цілей.

Персональні метеостанції працюють так само, як і професійні, але обробляють набагато менше даних, що надходять від одного або декількох датчиків, розташованих за вікном або в інших приміщеннях [1].

Персональні метеостанції відображають температуру в приміщенні, температуру на вулиці, вологість, барометричний тиск та інші дані [1].

Деякі з них також вимірюють швидкість і напрямок вітру та передбачають погоду на основі обробки даних, отриманих процесором. Вони працюють як від мережі, так і від змінних батарейок [1].

З розвитком більш досконалих і доступних технологій і обладнання, що випускається, сьогодні межа між цими двома категоріями починає розмиватися.

Персональні метеостанції близькі до професійних за точністю, кількістю видів датчиків та можливістю реєстрації. Дані з цих станцій іноді передаються в Інтернеті. Можна виділити програму Citizen Weather Observer1, яка цим займається [2].

Метою програми Citizen Weather Observer1 є:

- збирати дані про погоду, зібрані громадянами;
- зробити ці дані доступними для метеорологічних служб та національної безпеки;
- надсилати відгуки авторам даних, щоб вони мали інструменти для перевірки та покращення якості даних. Дані, завантажені на цей конкретний сайт, використовуються Національною метеорологічною службою США.

					<i>МРМА 24.00.00.000 ПЗ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		8

Основні параметри, за якими різняться різні моделі домашніх метеостанцій:

- кількість датчиків у комплекті (для повноцінного мікроклімату в будинку і на прилеглих дорогах необхідні один барометр, кілька термометрів, кілька гігрометрів і флюгер для вимірювання швидкості та напрямку вітру);

- вбудовані або виносні датчики (якщо датчики вбудовані в базу даних, то інформація надається тільки для одного приміщення).

- тип живлення: від мережі, від пальчикової батарейки або акумулятора (останній варіант найзручніший і найпрактичніший);

- тип живлення сповіщувача: круглий планшет або сонячна батарея;

- максимальний радіус передавання сигналу від сповіщувача до станції (з урахуванням стін та інших перешкод цей показник не має бути меншим за 30 м).

- максимальний період прогнозу (можна отримати достовірні дані при прогнозуванні змін погоди за 1–1,5 дня вперед, а також існують моделі з прогнозами на кілька годин);

- точність вимірювань (в технічних характеристиках, особливо в більш дешевих моделях, за відгуками покупців, можна знайти перераховані похибки виробника приладу, які дещо занижені);

- діапазон робочих температур (деякі пристрої можуть працювати тільки при позитивних температурах навколишнього середовища, в той час як інші справляються із завданням навіть при температурі мінус 30°C;

- графічне відображення (розташування і розмір цифр, наявність зображень, колірне оформлення);

- оснащений проектором, який відображає дані з усіх боків (можливо, зручніше переглядати результати вимірювань на стелі або стінах, не встаючи з постельних приладдя або диванів);

- наявність підсвічування дисплея (дуже зручно, якщо вам потрібен

					<i>МРМА 24.00.00.000 ПЗ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		9

контроль температури в нічний час);

Більшість домашніх метеостанцій мають додаткові функції, як-от відображення поточного часу, вбудований календар, будильник, вибір одиниці виміру температури (за Цельсієм або Фаренгейтом) і запис основних показників. Більшість моделей можна кріпити на стіну. Деякі моделі оснащені щомісячним календарем і можливістю підключення до ПК.

Розглянемо кілька існуючих домашніх метеостанцій.

Oregon Scientific BAR 808 HG є оптимальним варіантом для контролю мікроклімату в приміщенні і погоди за вікном. Зовнішній вигляд цього приладу представлено на рисунку 1.1. Має безпроводовий датчик на сонячних батареях. Дисплей Чорний-білий з підсвічуванням. Радіосигнал поширюється на радіус 30 м. У комплекті йде один датчик з можливістю підключення двох додаткових [2].



Рисунок 1.1 – Зовнішній вигляд Oregon Scientific BAR 808 HG

Основні характеристики «Oregon Scientific BAR 808 HG» представлені в таблиці 1.1.

					<i>MPMA 24.00.00.000 ПЗ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		10

Основні характеристики апарату "Oregon Scientific BAR 808 H

Живлення	Автономні, батарейки типу АА (в комплекті), індикація рівня заряду батареї
Діапазон вимірювання температури зовнішнього середовища	-40 ... +60° С
Вимірювання вологості	В приміщенні, на вулиці, в діапазоні 25–95%
Виносний датчик	бездротовий (радіус прийому 30 м), максимальна кількість датчиків – 3, в комплекті – 1
Передача даних	Збір даних кожні 40 с, частота передачі 433,92 МГц
Додаткові можливості	прогноз погоди, збереження температури значення, годинник, регулярний календар, місячний календар
Габаритні розміри (ШхВхГ), мм	175x94x46
Додаткові інформація	сонячна батарея; автоматичний синхронізація DCF-77; попередження повідомлення – спека, туман, мороз, буря, вітер
Відображення	З підсвічуванням

Наступний Ea2 BL508 – компактна метеостанція з бездротовим вуличним датчиком. Зовнішній вигляд пристрою показаний на рисунку 1.2. Він здатний зберігати та обробляти дані про погоду, надаючи детальний підсумок на монохромному дисплеї з підсвічуванням. Завдяки бездротовому

виносному датчику метеостанція може показувати температуру на вулиці в режимі реального часу, а також прогнозувати погоду на наступний день. Також є можливість вимірювати атмосферний тиск, вологість в приміщенні, виводити на дисплей поточний час, дату, використовувати два незалежних будильника з функцією затримки сигналу. Станція живиться від 3 батарейок типу ААА, а зовнішній датчик – від 2 [3].



Рисунок 1.2 – Зовнішній вигляд Ea2 BL508

Особливості Ea2 BL508:

- вимірювання атмосферного тиску;
- прогнозування погоди;
- інформативний дисплей з підсвічуванням;
- бездротовий зовнішній датчик;
- до трьох виносних датчиків;
- календар, будильник, годинник.

Основні технічні характеристики приладу «Ea2 BL508» представлені в таблиці 1.2.

					<i>MPMA 24.00.00.000 ПЗ</i>	Арк.
						12
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Основні технічні характеристики «Ea2 BL508»

Тип	Метеостанція
Температурний діапазон, °С	-40 ...+ 50
Вимірювання вологості	В приміщенні, в діапазоні 20–99%
Виносний датчик	Бездротовий зв'язок (радіус прийому 30 м), кількість датчиків - 3, в комплект - 1
Передача даних, МГц	Збір даних кожні 40 секунд, частота передачі: 433.92
Живлення	Автономні, батарейки типу ААА, індикація рівня заряду батареї
Відображення інформації	Цифри і символи, вибір одиниць виміру
Відображення	З підсвічуванням
Габаритні розміри (ВхШхГ), мм	158x80x19

Ea2 EN208 – метеостанція. Зовнішній вигляд цієї метеостанції показаний на рисунку 1.3.

Метеостанція Ea2 EN208 має великий функціонал. Його робота передбачає моніторинг і відображення даних про кліматичні умови зовні, а також температуру і вологість всередині будинку. Порівнюючи отримані дані, метеостанція виводить інформацію про погоду на дисплей у вигляді піктограми. Ea2 EN208 оснащений календарем, годинником і будильником, які важко ігнорувати. Його компактні розміри дозволять легко заощадити простір, незалежно від того, буде він стояти на тумбочці або кріпитися до стіни [4].



Рисунок 1.3 – Зовнішній вигляд метеостанції Ea2 EN208

Основні технічні характеристики «Ea2 EN208» представлені в таблиці 1.3.

Таблиця 1.3

Основні технічні характеристики «Ea2 EN208»

Тип	Метеостанція
Діапазон показників температури, °C	-40 ... +50
Додаткові можливості	Прогноз погоди, охорона природи значення температури, годинника, будильник, звичайний календар
Виносний датчик	бездротовий (радіус прийому 30 м), кількість датчиків - 3
Передача даних, МГц	Частота передачі: 433.92
Живлення	Автономні, батарейки типу ААА, індикація рівня заряду батареї

Відображення інформації	Цифри і символи, вибір одиниць виміру
Габаритні розміри (ВхШхГ), мм	80x158x19

Особливості пристрою «Еа2 ЕН208»:

- виносний датчик;
- велика кількість функцій;
- компактні розміри.

1.2 Класифікація професійних метеостанцій

Дорожні метеостанції. На додаток до перерахованих вище датчиків дорожні метеостанції використовують датчики температури поверхні та датчики температури на глибині до 30 см (під покриттям), контролер і модуль GPRS для передавання даних в інформаційний центр. Інформаційні табло, що відображають температуру поверхні та повітря, використовуються для інформування водіїв про погодні умови. На табло також можуть відображатися попередження (наприклад, про мокре дорожнє покриття, зустрічний вітер) [2].

Лісові метеостанції. Лісові метеостанції використовуються для запобігання можливим лісовим пожежам. Часто такі метеостанції працюють на батарейках. Станції збирають кліматичні дані, такі як вологість дерев, ґрунту і температура, на різних рівнях висоти в лісі. Отримані дані обробляють і моделюють карти пожежної активності, щоб допомогти пожежникам впоратися з пожежами і запобігти їхньому поширенню.

Гідрометеорологічні обсерваторії. Гідрометеорологічні станції (рис. 1.4) спостерігають за метеорологією та гідрологією океанів, морів, річок та озер. Такі метеостанції розташовані на континентальних і морських

					<i>МРМА 24.00.00.000 ПЗ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		15

плавучих обсерваторіях, а також здійснюють моніторинг річок і озер.

Побутові (персональні) метеостанції, які з'явилися на ринку порівняно недавно. Родоначальником побутових (персональних) метеостанцій є звичайний барометр [3].



Рисунок 1.4 – Професійні метеостанції

Функції домашньої метеостанції схожі з функціями метеостанції, але обробляється набагато менші дані, які надходять від одних або декількох датчиків, розташованих за вікном або в іншій кімнаті. Домашня метеостанція відображає температуру повітря в приміщенні і на вулиці, вологість і барометричний тиск, а процесор на основі обробок отримано даних формує прогнози погоди на день. Вони працюють від акумуляторів, мережі і від батарейок.

За останнє десятиліття кількість виробників та моделей персональних метеостанцій на ринку стрімко зростала: станом на початок 2020 року існують тисячі моделі цифрових побутових метеостанцій на будь-який вигляд, з різним набором користувацьких функцій і ціною від десятків до сотень доларів. Кількість моделей метеостанцій стрімко зростає [4].

Загальною тенденцією є застосування безпроводних датчиків, а також функції тимчасової корекції метеорологічних станцій на основах радіосигналів від атомних годинників.[5] у Європі, крім зазначених параметрів, найдосконаліша (і найдорожча, вартістю не менше 60-70 Євро) домашня метеостанція визначає швидкість і напрямок вітрів, кількість опадів, рівень ультрафіолетового випромінювання, а також дозволяє поширювати дані іншим користувачам (через Інтернет або через Аматорське радіо). На додаток до використання ваших власних безпроводних датчиків температур і вологості, ви будете отримувати дані про прогноз погоди за супутниковими сигналами на 3-5 днів (технологія Weather Direct). Останнє найбільш поширене в Німеччині, особливо на станціях: Aura, Galileo, Twister 300 і аналогічних компанії TFA-Dostmann [6].

У статті показаний запущений у виробництво у Франції пристрій, що складається з двох циліндричних блоків в алюмінієвому корпусі. Перший призначений для спостереження за погодою в приміщенні, другий

Станція здатна визначати не тільки температуру і атмосферний тиск, але і рівень вологості, освітлення, шуму, а також ступінь забруднення повітря. Він передає всі дані по бездротовому зв'язку на пристрій користувача, де встановлено програмне забезпечення. Станція є тренувальною: вона співвідносить реальну погоду з прогнозами погоди і з часом починає їх коригувати, підвищуючи надійність [7].

1.3 Огляд персональних метеостанцій

На сьогоднішній день на ринку електроніки представлено безліч різних персональних метеостанцій, які відрізняються якістю, стилем дизайну, режимом потужності і, звичайно ж, вартістю.

Ось кілька прикладів:

					<i>MPMA 24.00.00.000 ПЗ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		17

Персональна метеостанція Oregon Scientific BAR208HG - це багатофункціональний пристрій для контролю клімату в приміщенні та на вулиці. Може приймати сигнал від 3 датчиків температури одночасно. Розраховує вологість. Порівнюючи отримані дані про температуру, вологість і атмосферний тиск, пристрій прогнозує зміни погодних умов за 24 години вперед, результати цих вимірювань виводяться на екран у вигляді анімованих піктограм. Зберігання вимірювань в пам'яті дозволяє більш точно передбачати погодні умови.

Зміни клімату на пристрої показані як цифрами, так і графічно у вигляді стрілок. Наприклад, якщо температура або атмосферний тиск підвищується за останню годину, то на дисплеї навпроти цих значень з'являється стрілка «вгору», якщо вона не змінюється або падає, то «прямо» або «вниз» відповідно. Атмосферний тиск безпосередньо впливає на стан нашого організму, особливо це помітно для людей з нестабільним внутрішнім артеріальним тиском.

Oregon BAR208HG має вбудовані функції календаря з днем, місяцем і днем тижня, а також радіокерований годинник і будильник. Прилад також оснащений зеленим індикатором, який починає блимати, сигналізуючи про наближення морозів [8].

Метеостанція Oregon I-300 є комплексним інструментом для визначення та прогнозування погоди на найближчі 5 днів і в 5 різних містах. За допомогою спеціального програмного забезпечення і підключення до інтернету можна побачити, як змінюється погода і як вона може змінюватися в певному місті або іншій місцевості, або куди ви плануєте поїхати. У комплект пристрою входить спеціальний радіокерований модуль, який підключається до комп'ютера через USB-кабель і через нього дані передаються на основний пристрій. Досить підключати цей модуль всього на 30 хвилин в день, щоб пристрій зміг передбачити зміни погоди в інших містах. У режимі реального часу метеостанція Oregon I-300 відстежує зміни і

					<i>MPMA 24.00.00.000 ПЗ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		18

робить прогноз. Дані про температуру і вологість зчитуються з зовнішнього датчика, і зручно виводяться на дисплей приладу.

Станція також має вбудовану функцію календаря із зазначенням дня, місяця та дня тижня, а також радіокерований годинник та будильник. Будильник працює в 2 режимах: зі збільшенням гучності сигналу і функцією «дрімати». Будильник також має функцію раннього пробудження, яка прокидається за 30, 45 або 60 хвилин до передбачуваних заморозків [9].

Oregon Scientific WMR88 – багатофункціональна персональна метеостанція. Він призначений для визначення погодних умов на наступний день або 12 годин з великою ймовірністю. Температура визначається як всередині, так і зовні. Виміряні показання передаються на метеостанцію від бездротових датчиків, які працюють від звичайних батарейок.



Рисунок 1.5 – Oregon Scientific WMR88 і Oregon I-300

Також за бажанням можна підключити датчик для вимірювання ультрафіолетового випромінювання сонця. Радіус дії датчиків становить близько 100 метрів. Цього цілком достатньо, щоб легко визначити місцезнаходження метеостанції в будь-якому місці приміщення [10].

Висновки до першого розділу

Було проведено огляд існуючих метеорологічних станцій та їх класифікацію, а саме персональні та професійні метеостанції. Розглянуто переваги та недоліки кожного виду метеостанцій.

Метеостанції забезпечують вимірювання таких параметрів атмосфери, як температура повітря, відносна вологість, сонячна радіація, швидкість і напрямок вітру, а також атмосферний тиск і кількість опадів, причому перші три змінні є найбільш поширеними.

					<i>МРМА 24.00.00.000 ПЗ</i>	Арк.
						20
<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		

2 РОЗРОБКА ПОБУТОВОГО ПРИСТРОЮ ДЛЯ ДИСТАНЦІЙНОГО ВИМІРЮВАННЯ ПАРАМЕТРІВ МІКРОКЛІМАТУ ПРИМІЩЕНЬ

Дипломна робота спрямована на створення прототипу системи метеостанції, яка буде використовувати вбудовану систему Raspberry Pi. У цьому прототипі реалізована система моніторингу, яка надає інформацію про стан навколишнього середовища на більш локальному рівні, зони реалізації розділені на промислові та побутові (домашні або офісні), а також коротко торкаються технологічних досягнень в екологічному моніторингу.

Система контролюватиме навколишні погодні умови, включаючи вологість, температуру, вологість ґрунту, кількість опадів і швидкість вітру. Фермерам може бути зручно ефективно контролювати дані в будь-якому місці ферми та в будь-який час, що призводить до зниження витрат, економії активів та продуктивного управління сільським господарством. Прототип системи буде розроблений з використанням обладнання RPi та WIFI з відкритим вихідним кодом, які виявилися економічно ефективними та мають низьке енергоспоживання.

Датчики збирають дані та передають їх компанії RPi, яка виступає в ролі базової станції. Потім RPi передає дані за допомогою WIFI, а оброблені дані будуть відображатися на ноутбучі через веб-сервер, який знаходиться на стороні одержувача. Перш ніж приступити до розробки проекту, необхідно ознайомитися з його структурою і вивчити технологію апаратних компонентів.

2.1 Розробка структурної схеми пристрою

Перш ніж створювати власну систему автоматичного управління персональною метеостанцією, потрібно розібратися в її конфігурації та розглянути апаратні можливості, які дозволять нам створити таку систему

					<i>МРМА 24.00.00.000 ПЗ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		21

(рис. 2.1).

Після того, як ми визначилися, за якими показниками ми будемо стежити, а також що контролювати, нам потрібно вибрати апаратну базу для реалізації нашої системи. Для цього розглянемо основні методи і технології, проаналізуємо їх переваги і недоліки.

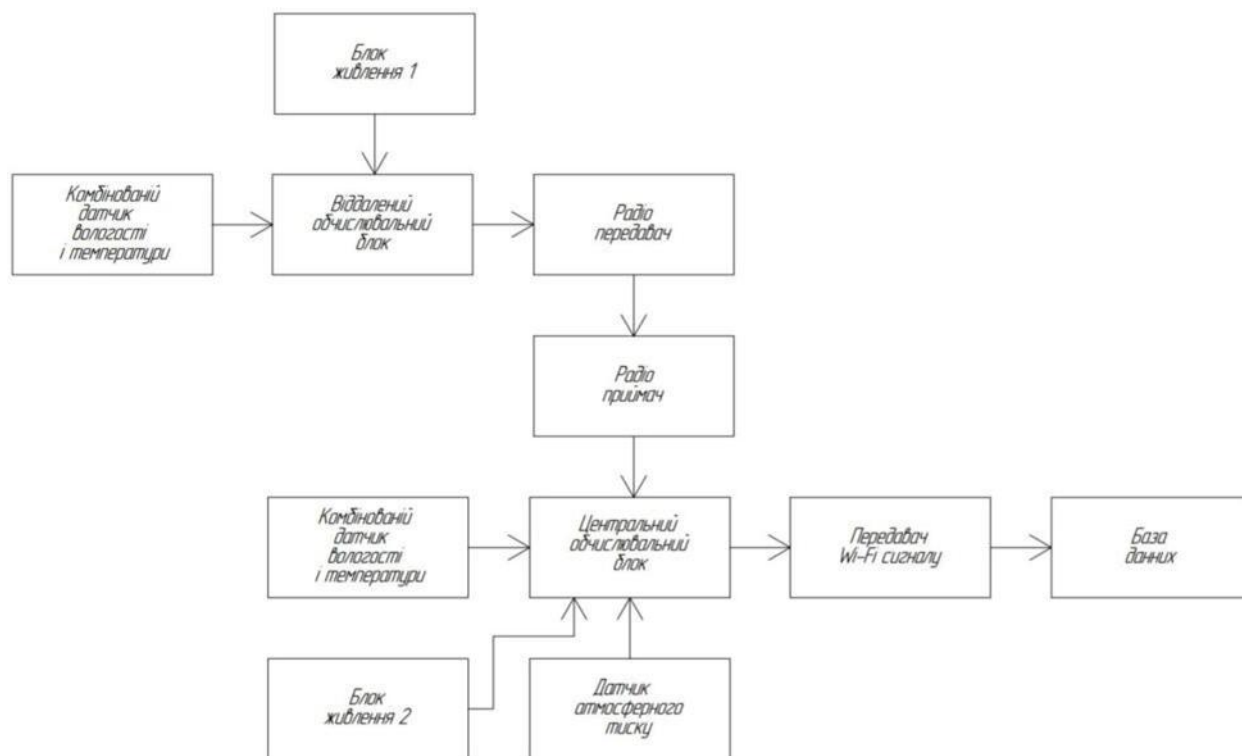


Рисунок 2.1 – Структурна схема побутового пристрою для дистанційного вимірювання параметрів мікроклімату приміщень

2.2 Підбір обладнання

2.2.1 Вибір мікрокомп'ютер

Для виробництва метеостанцій ми оберемо лідера з продажу та популярності – Raspberry Pi має відносно невисоких конкурентів, середню ціну і продуктивність, але в той же час володіє найбільшим співтовариством і програмним забезпеченням з відкритим вихідним кодом [3].

Raspberry Pi – це невеликий комп'ютер розміром з кредитну картку, на платі встановлений процесор, оперативна пам'ять та типове обладнання

моделі В, яке встановлюється на більшості комп'ютерів, Оперативна пам'ять у 2 рази більша, ніж у базової моделі А, 2 USB-роз'єми (для більш зручного підключення зовнішніх периферійних пристроїв без використання USB-концентратор) та підключення до локальної мережі. Він був обраний для Метеорологічного бюро з монітором погоди. Наприклад, роз'єм для доступу до локальної мережі та Інтернету.

Компонування компонентів і кільця входів і виходів одиночних для обох версій. Основною операційною системою Pi є Raspbian, яка базується на Debian. Основною підтримуваною операційною системою є Raspbiana, але ви можете встановити інші операційні системи, такі як Ubuntu mare, Ubuntu Core, OSMC, RIS OS та Windows 10.

Основні відмінності, однак, відбулися в процесорі та оперативній пам'яті, коли друге покоління оснащувалося 4-ядерним процесором ARM Cortex-A7 з тактовою частотою 900 МГц, а пам'ять була збільшена вдвічі до 1 ГБ. Цей однокамерний комп'ютер має все необхідне обладнання, крім Зберігання. Для оперативних установки система повинна бути вставлена карта micro SD об'ємом не менше 2 Гб в пристрої.

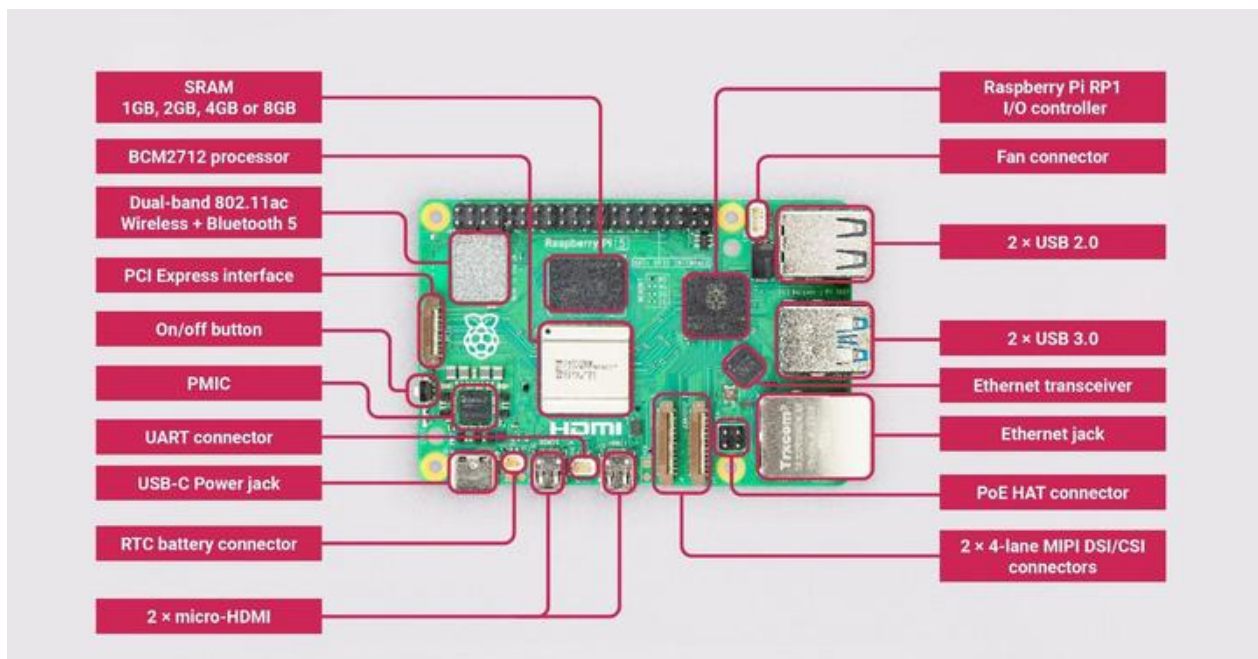


Рисунок 2.2 – Мікрокомп'ютер Raspberry Pi 5

Нова архітектура ядра ARMv7 забезпечує більш широкую підтримку дистрибутивів Linux, підтримка була перевстановлена в тісній співпраці з Microsoft Windows 101. У таблиці 2.1 наведені технічні параметри обох моделей мікрокомп'ютерів Raspberry Pi.

Таблиця 2.1

Порівняння моделей Raspberry Pi

Компоненти	Модель А	Моделі В+
Чіп	Broadcom BCM2835	Broadcom BCM2835
Процесор	700 МГц ARM1176JZ-F	700 МГц ARM1176JZ-F
Пам'ять	256 МБ SDRAM	512 МБ SDRAM
Технологія Ethernet	Ні	Роз'єм 10/100 Ethernet RJ45
Роз'єм USB 2.0	Один USB-роз'єм	Подвійний роз'єм USB
Відеовихід	HDMI, композитний RCA	HDMI, композитний RCA
Аудіо	3,5 мм, HDMI	3,5 мм, HDMI
Для зберігання даних	Слот для карт пам'яті SD,	Слот для карт пам'яті SD,
Операційна система	Лінукс	Лінукс
Розмір	86x54x15 мм	86x54x17 мм

Недоліком RPI 2 моделі В + є те, що він не має годинника реального часу, тому вам потрібно підключити RPI до NTP-сервера для синхронізації часу.

Для метеостанцій налаштування в режимі реального часу дуже важлива, оскільки вони регулярно зчитують показання датчиків і необхідні їм дані. RPi В + має той самий форм-фактор, що і попередній Pi (і Pi1 model B), і повністю сумісний з RPi1 і 2. У сімействі також є безліч зовнішніх модулів, що розширюють функціональність цього комп'ютера.

Наприклад, Gertboard дозволяє збільшити кількість ліній вводу-виводу порівняно з іншими можливими рішеннями. Основною функцією тут є

Мікроконтролер Atmega28 pin (одна з наступних моделей: АТmega48А/РА, 88А/ра, 168А/РА або 328/р). Завдяки підключенню Atmega розширюваність, притаманна інтегрованому середовищу розробки Arduino, тепер доступна на Raspberry Pi.

Основна перевага RPі полягає в тому, що, в порівнянні з класичним настільним комп'ютером або ноутбуком, він має виділені шини для апаратного підключення. Це розширення робить RPі не тільки іграшкою, але і інструментом моніторингу. RPі включає в себе три основних інтерфейси:

Контакти GPIO: забезпечує контакти вводу/виводу, особливо інтерфейс UART, шина I2C/SPI, а також підключає модулі розширення.

Модулі – це готові плати, які виконують багато інших функцій, яких у RPі не було. За допомогою GPIO ми можемо підключити велику кількість датчиків, розширювачів шин і перетворювачів до RPі (рис. 2.3).



Рисунок 2.3 – Мікрокомп'ютер Raspberry Pi 5 з модулем розширення

Інтерфейс камери CSI: використовується для підключення виділеної камери через інтерфейс CSI.

Інтерфейс дисплея DSI: використовується для підключення зовнішнього РК-дисплея.

Придивіться до інтерфейсу датчика Raspberry PI за допомогою якого

інформація передається на мікрокомп'ютер.

GPIO – набір портів вводу/виводу General Purpose – це контакти, які можна запрограмувати за допомогою програмного забезпечення.

Електричний сигнал може бути відправлений або отриманий від цих контактів, він може працювати з найнижчим рівнем обладнання на кінці. На малюнку 3 показаний інтерфейс GPIO з 40 контактами, включаючи 14 входів/виходів. Інтерфейс GPIO пропонує вихідну напругу 3,3 В і загальний нульовий потенціал під назвою GND. Подальший інтерфейс GPIO має дві шини I2C. Перша шина I2C0 використовується для ідентифікації модулів розширення НАТ, друга, що позначається I2C1, для підключення пристроїв або модулів. Ще два контакти для UART і останні 8 контактів для SPI.

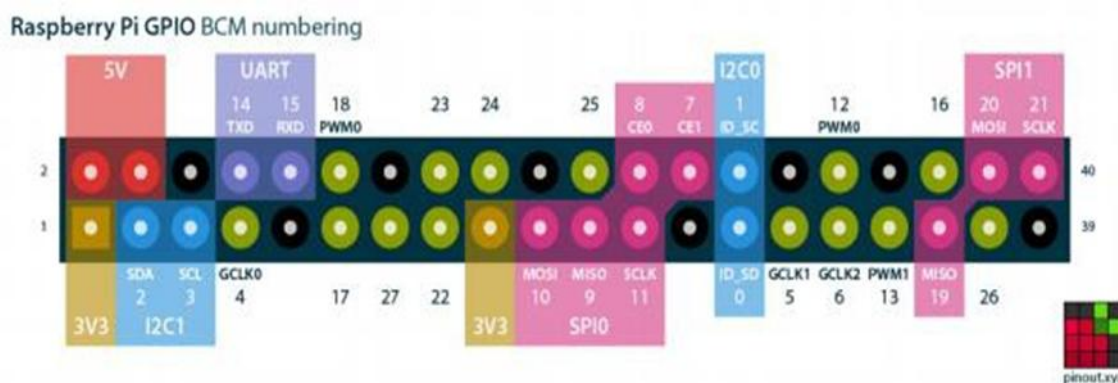


Рисунок 2.4 – Інтерфейс датчика GPIO на RPi 1,2V B+

Контакти GPIO RPi досить універсальні, і ви можете змінити багато їх характеристик за допомогою програмного забезпечення. Ви можете вмикати/вимикати гістерезис входних контактів, обмежувати швидкість наростання вихідного сигналу, а також керувати потужністю накопичувача джерела та споживаним струмом від 2 мА до 16 мА з кроком 2 мА. На схемі показана спрощена схема вводу/виводу (рис. 2.5).

Ці властивості встановлюються для блоку GPIO в цілому, а не для кожного контакту. Можливість струму джерела/приймача не обмежує струм на контакті або від нього, а лише вказує максимальний струм, для якого

будуть виконуватися вихідні специфікації високої/низької напруги.

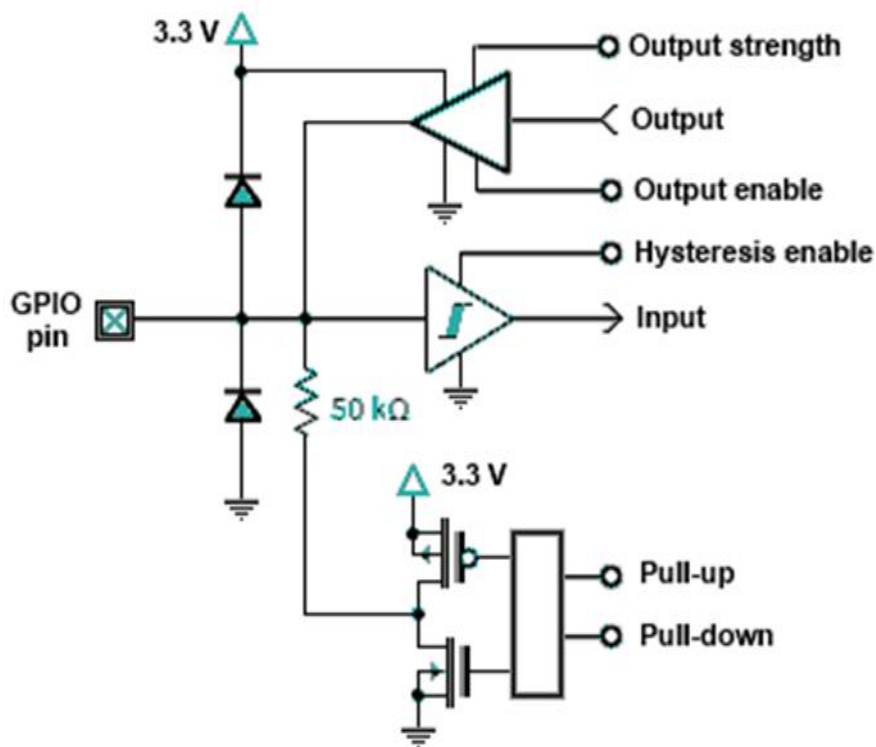


Рисунок 2.5 – Схема GPIO

При неправильному використанні вихідні контакти можуть бути пошкоджені надмірним струмом незалежно від запрограмованого струму джерела/споживача. Після скидання RPi виходить з виходами GPIO, налаштованими на роботу накопичувача ємністю 8 мА. Кнопковий перемикач з миттєвим контактом може використовуватися для включення і виключення RPi.

2.2.2 Вибір датчиків

Датчиків, які ще називають датчиками, дуже багато, і вони в першу чергу мають різне призначення. У всіх датчиків є свої методи взаємодії. Деякі з них можна просто підключити до плати, в той час як підключення інших вимагає додаткових маніпуляцій.

Наприклад, можуть знадобитися резистори або додаткові блоки живлення. Датчики розрізняються за типом сигналу на виході: аналоговий

або цифровий. При виборі датчиків можна помітити, що найчастіше згадується сумісність з Arduino і не згадується сумісність з RPi. Якщо датчик видає цифровий сигнал, його можна підключити до портів RPi GPIO. Якщо датчик видає аналоговий сигнал, то датчик може бути підключений безпосередньо до RPi тільки за допомогою аналого-цифрового перетворювача (АЦП), який часто включається на плату проявки RPi.

Датчики відрізняються за ціною, вартість датчика може бути \$2 або \$7, датчики з дуже високою точністю виявлення сигналу можуть коштувати значно дорожче. Нижче наведено список датчиків, які ми вибрали для моніторингу метеостанції, та описаний, що вони вимірюють.

Цифрові:

- BMP/BME – тиск повітря, вологість і температура (рис. 2.6);
- DS18B20 – температури (рис. 2.7);
- датчик швидкості вітру WH1080 (рис. 2.8);
- датчик, що визначає кількість опадів DFRobot (рис. 2.9).

Аналоговий:

- датчик напрямку вітру WH109.

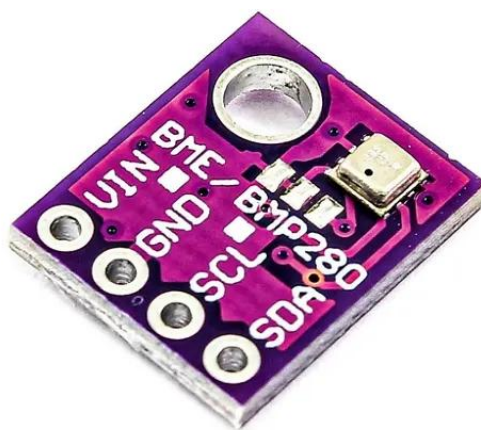


Рисунок 2.6 – Метеодатчик BMP/BME

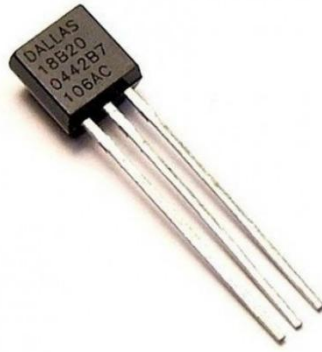


Рисунок 2.7 – Датчик температури DS18B20



Рисунок 2.8 – Датчик швидкості вітру WH1080



Рисунок 2.9 – Датчик кількості опадів DFRobot

					<i>МРМА 24.00.00.000 ПЗ</i>	Арк.
						29
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Оскільки RPi не має аналогових входів, нам потрібен аналого-цифровий перетворювач, яким і буде MCP 3008.

2.2.2.1 Датчик швидкості вітру

У нашому випадку контактний анемометр - це прилад, чутливим елементом якого є чашечка, вертушка або гвинт, на осі якого є пристрій, що замикає контакти один раз при обертанні осі (рис. 2.10). Таким чином, частота замикання контактів є функцією швидкості вітру. У найпростішому випадку на диску, що рухається разом з поворотним столом, закріплений палець, який в певному положенні диска стикається з нерухомою контактною пружиною.

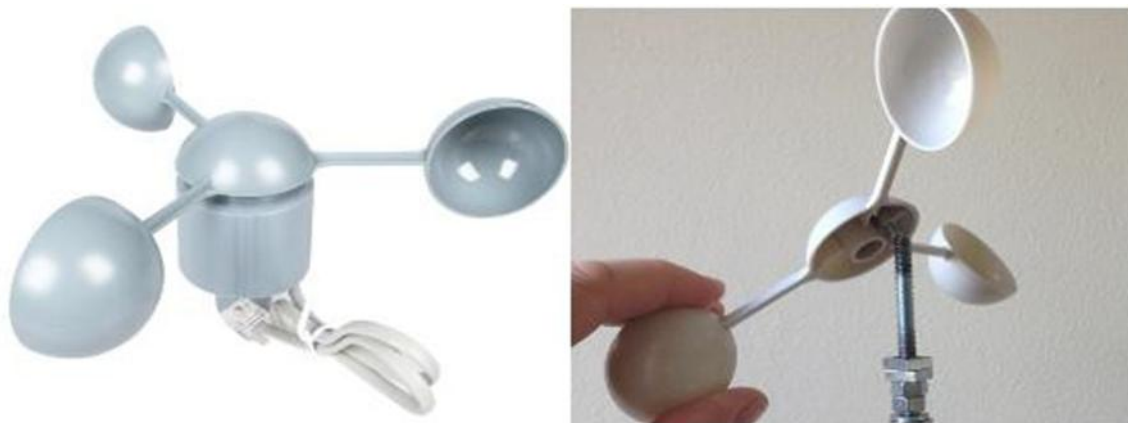


Рисунок 2.10 – Чашковий анемометр

У двох точках обертання магніту він запускає розумну частину електроніки, яка називається герконом (рис. 2.11).



Рисунок 2.11 – Геркон

Геркон має всередині два металевих контакту, які контактують між собою під впливом магніту. Тому за допомогою електроніки цей перемикач

					<i>MPMA 24.00.00.000 ПЗ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		30

працює точно так само, як кнопка, підключена до Raspberry Pi: коли анемометр обертається, його магніт проходить через геркон, змушуючи його миттєво утворювати замкнутий ланцюг. Таким чином, можна використовувати кількість герконів для розрахунку частоти обертання анемометра.

Щоразу, коли спрацьовує геркон, він генерує сигнал, який визначається через контакт GPIO. На кожен повний оборот анемометра датчик видає два детектованих сигналу. Підраховуючи і синхронізуючи ці сигнали, можна розрахувати швидкість вітру.

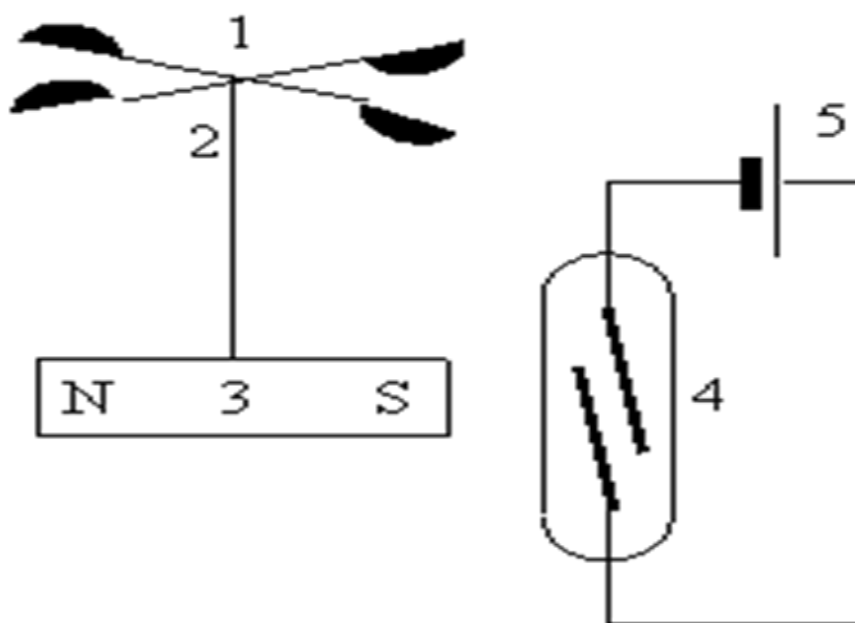


Рисунок 2.11 – Електрична схема анемометра – герконового перемикача

Недоліками такого простого пристрою є те, що контакти з часом зношуються через тертя та іскріння при розмиканні. Крім того, іскріння під час контактів уповільнює роботу вертушки. У сучасних анемометрах цього типу використовуються геркони або більш складні пристрої, що подають один імпульс під час обороту. Іноді для зниження частоти контактів використовується редуктор (наприклад, з черв'ячним редуктором). Показана

схема контактної анемометра з герконом. Тут (1) - вертушка чашки, (2) - вісь обертання, (3) - магніт, що обертається разом з поворотним столом, (4) - геркон, контакти якого замикаються при наближенні одного з полюсів магніту.

2.2.2.2 Розрахунок швидкості вітру

Анемометр видає два сигнали за один оберт, тому можна порахувати кількість повних обертів датчика, зменшивши кількість виявлених входів вдвічі. Потім це може бути використано для розрахунку швидкості вітру (2.1):

$$\vartheta = \frac{S}{t}, \quad (2.1)$$

де ϑ – швидкість вітра;

S – відстань;

t – час.

Щоб розрахувати швидкість, потрібно знати відстань, пройдену за певний проміжок часу. Час вимірювання досить простий, і ви можете порахувати кількість сигналів за фіксований проміжок часу, наприклад, п'ять секунд. Відстань, пройдена однією з чашок, дорівнюватиме кількості обертів, помноженому на відстань навколо краю кола (кола):

$$\vartheta = \frac{\omega \cdot R}{t}, \quad (2.2)$$

де ϑ – швидкість вітра;

ω – обертання;

R – радіус кола;

					<i>МРМА 24.00.00.000 ПЗ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		32

t – час.

Коло можна обчислити за умови, що відомий радіус або діаметр кола.

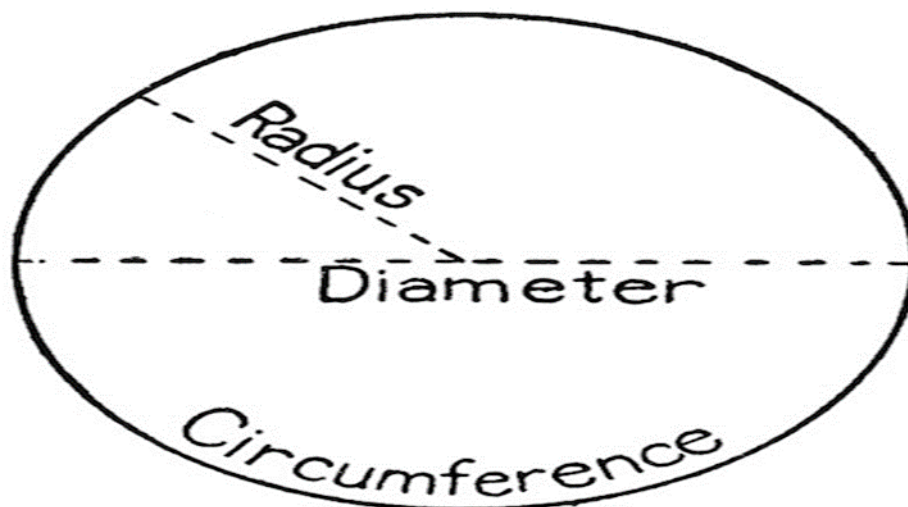


Рисунок 2.12 – Коло

Радіус кола, зробленого анемометром, ми можемо дізнатися, вимірявши відстань від центру до краю однієї з чашок. Після того, як радіус визначено, ми можемо знайти коло за формулою (2.3):

$$\omega = 2\pi R, \quad (2.3)$$

де R – радіус кола.

Не забувайте, що цілий оборот генерує два сигнали, тому потрібно зменшити кількість виявлених сигналів вдвічі:

$$\vartheta = \left(\frac{n}{2}\right) \cdot \left(\frac{2\pi R}{t}\right), \quad (2.4)$$

де n – кількість сигналів.

Радіус анемометра становить 9,0 см, і саме такий радіус буде використовуватися в наступних прикладах коду. Не забувайте змінювати це значення, якщо анемометр має різні розміри.

					MPMA 24.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		33

2.2.2.3 Вітрові лопаті

Лопать вітру (флюгер) показує напрямок вітру. На початку це може бути трохи заплутано, тому що стрілки на більшості погодних карт на телебаченні показують протилежне.



Рисунок 2.13 – Датчик напрямку вітру подібний до опадоміра або анемометра, лопаті вітру використовуються

Тут теж є геркони і обертовий магніт, але вони складніші і працюють зовсім по-іншому. Якщо ви заглянете всередину рекомендованої вітрової лопаті, то побачите вісім герконів, розташованих як спиці колеса.

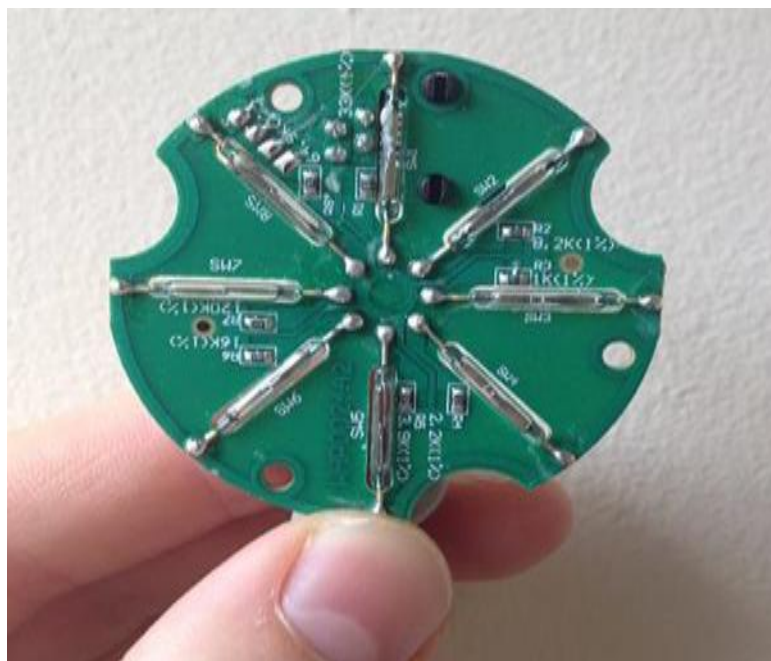


Рисунок 2.14 – Розташування герконів в флюгері

У вітровій лопаті також є вісім резисторів, і коли магніт обертається, різні геркони відкриваються та закриваються і, таким чином, вмикатимуть і вимикатимуть відповідний резистор у ланцюзі.

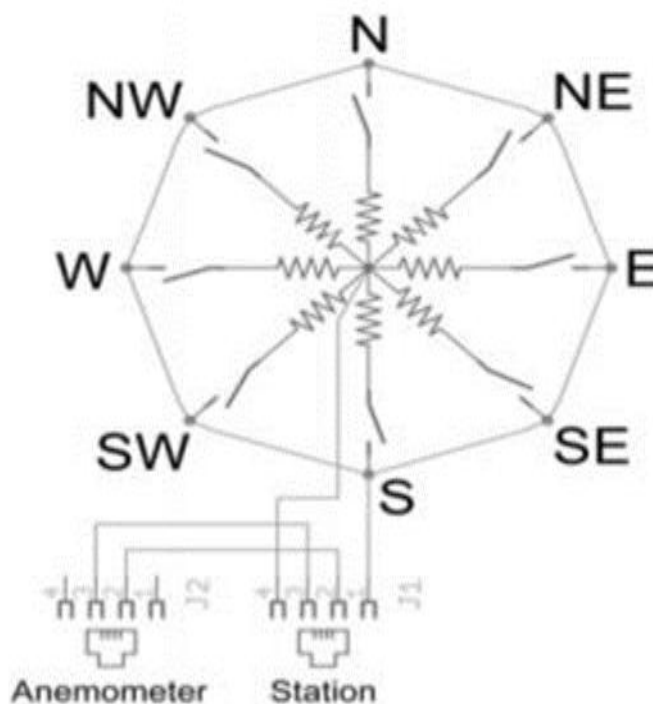


Рисунок 2.15 – Електрична схема підключення флюгера до резисторів анемометра

Резистори представляють собою невеликі компоненти, які зменшують протікання електричного струму без його зупинки. Резистори можуть мати різні значення опору, виражені в Омах. Ті, що мають низький опір, переносять майже весь струм, тоді як ті, що мають великий опір, несуть дуже малий струм.

Кожен з восьми резисторів має різне номінал, яке ви повинні бачити надрукованим білим кольором поруч (наприклад, праворуч можна побачити 8,2 кОм). Це дозволяє вітровій лопаті мати 16 можливих комбінацій опору, оскільки магніт може замикає два сусідніх геркона, коли він знаходиться посередині між ними. Більш детальну інформацію можна знайти в технічному паспорті. Більшість вітрових лопатей, які ви можете підключати

до Raspberry PI та працюють подібним чином, тому, якщо у вас інша модель, зверніться до її паспорта, щоб знайти значення для резисторів.

2.2.2.4 Використання дільника напруги

Дільники напруги є однією з найпростіших схем в електроніці і використовуються для зменшення більших напруг до менших.

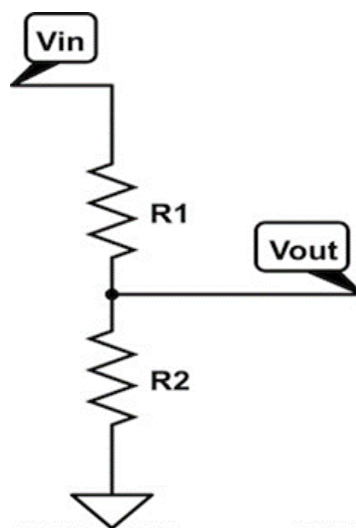


Рисунок 2.15 – Схема дільника напруги

В наведених вище схемі вихідна напруга U_{out} можна розрахувати за формулою (2.5):

$$U_{out} = U_{in} \cdot \frac{R_2}{R_1 + R_2} \quad (2.5)$$

Таким чином, змінюючи значення R_1 і R_2 , можна зменшити вхідну напругу U_{in} до вихідної напруги $U_{вих}$.

А тепер повернемося до діаграми, уявіть, що R_2 насправді є опір деякого змінного резистора (наприклад, світлозалежного резистора), і, виміривши $U_{вих}$, ми можемо обчислити R_2 стільки, скільки знаємо R_1 .

Вітрова пластина виконує роль змінного резистора, тому для вимірювання значення його опору в будь-який момент часу потрібно використовувати схему дільника напруги. Перш за все, вам потрібно знайти найкраще значення для використання R_1 .

Таблиця даних вітрових лопатей містить принципову схему дільника напружень і таблицю, в якій перераховані кут, опір і напруга. Значення, дане для R_1 цієї діаграми, дорівнює 10 кОм. Однак у цій схемі використовується опорна напруга U_{in} 5 В. Логічні рівні на Raspberry Pi становлять 3,3 В, тому ці числа U_{out} не зовсім підходять для того, що нам потрібно.

Використання значення $R_1 = 10\text{K}$ добре працює, коли опорна напруга становить 5 В, але слід зазначити, що деякі з можливих напруг досить близькі один до одного при використанні 3,3 В. Використовуючи менше значення для R_1 , ми можемо оптимізувати розподіл між різними напруженнями, які відповідають значенням опору, що генерується лезом. Пам'ятайте, що доступні лише певні стандартні значення опору.

Таблиця 2.2

Аналоговий вихід напруги з відповідним напрямком

Direction (Compass)	Direction (Degrees)	Voltage Output
N	0 / 360	3.84
N - NE	22.5	1.98
NE	45	2.25
E - NE	67.5	0.41
E	90	0.45
E - SE	112.5	0.32
SE	135	0.90
S - SE	157.5	0.62
S	180	1.40
S - SW	202.5	1.19
SW	225	3.08
W - SW	247.5	2.93
W	270	4.62
W - NW	292.5	4.04
NE	315	4.78 (4.33)
N - NW	337.5	3.43

2.2.2.5 Датчик кількості опадів

Більшість дощомірів вимірюють кількість опадів у міліметрах на висоті, зібраних на квадратний метр за певний період часу.

Рекомендований датчик дощу, який йде в комплекті Raspberry Pi Weather Station, насправді є простим механічним пристроєм.



Рисунок 2.16 – Опадомір

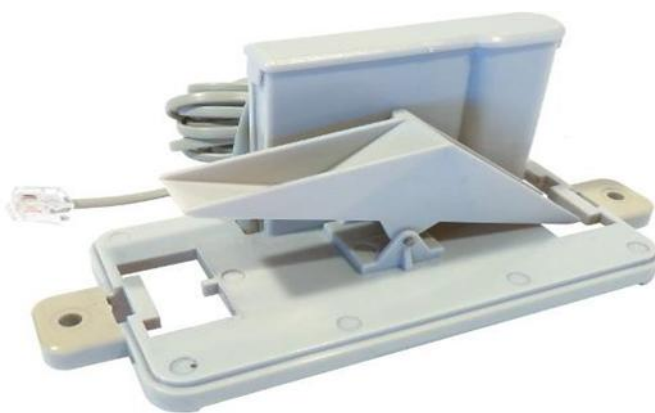


Рисунок 2.17 – Конструкція датчика

Принцип роботи човникового дощоміра показаний на рис. 2.14.

Цей опадомір по суті є самоочисним відром для перекидання. Дощ збирається і направляється у відро. Вода, зібрана приймачем опадів, через воронку 4 надходить в човник з секціями 3 і 5. Човник вільно обертається на осі 4 і може приймати два стійких положення, спираючись на обмежувачі 2 і

6. На малюнку показано положення човника при знаходженні секції 5 під воронкою 4. При попаданні певної кількості опадів на ділянку 5 човник перекидається і впирається в обмежувач 6, а вода в ньому зливається. Коли секція 3 наповнюється водою, човник знову перекидається. Так як перенесення човника відбувається при певній кількості води, то число окремих пересадок може служити мірою кількості опадів, що випали.

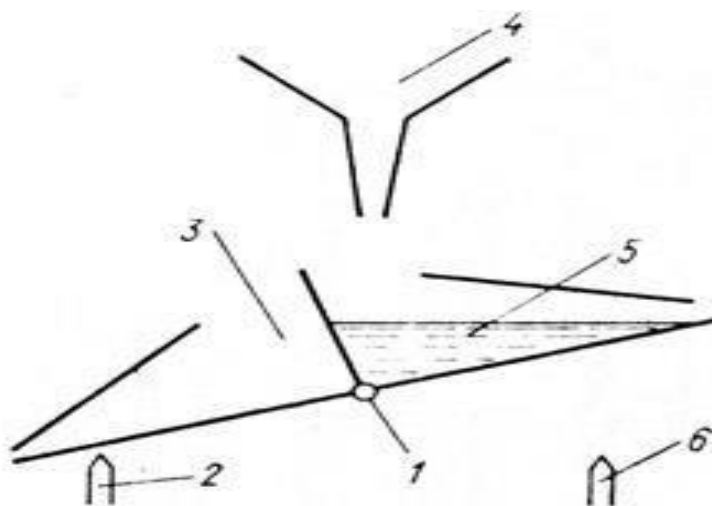


Рисунок 2.18 – Схема човникового механізму опадоміра

1 – вісь обертання човника, 2 і 6 – обмежувачі, 3 і 5 – секції човника,
4 – впускна воронка

У цих системах, коли шатл заповнюється до певного рівня, шатл швидко перекидається, зливаючи воду і повертаючи човник у початковий стан. Паспорт продукту говорить нам, що 0,2794 мм дощу перекине відро. Якщо ви використовуєте інший тип опадоміра, вам слід звернутися до відповідної специфікації або визначити об'єм води, необхідно для проведення експерименту. Зазвичай ці датчики оснащуються штекером RJ11, хоча в них використовуються лише два дроти: один червоний і один зелений. У середині гребінця між двома відрами є невеликий циліндричний магніт, який вказує на задню стінку. У середині задньої стінки є геркон. Верхня частина задньої стінки відривається, щоб побачити зсередини; Просто акуратно потягніть за плоский кінець, і він повинен звільнитися. У середині є

					МРМА 24.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		39

невелика друкована плата, яку можна зняти для огляду. Посередині зверніть увагу на геркон. Замініть друковану плату та задню кришку, перш ніж продовжити. Коли одне з відер перекидається, магніт проходить через геркон, викликаючи його миттєве закриття. Отже, як і у випадку з анемометром, якщо підключити датчик дощу до контакту GPIO на Raspberry PI, ви можете ставитися до нього як до кнопки і рахувати кількість натискань для розрахунку кількості опадів [5].

2.2.2.6 Роз'єми

Ці датчики зазвичай поставляються з роз'ємами RJ11 (вони схожі на стандартний телефонний роз'єм), які є міцними, і тому їх важко випадково вибити, тому метеостанція працюватиме навіть у шумному середовищі.

Існує три варіанти їх підключення до Raspberry PI:

– відрізати роз'єми RJ11 і підключити дроти за допомогою гвинтових клем або пайки;

– використовувати гніздові роз'єми RJ11 – вони дуже зручні у використанні з макетами, але можуть забезпечити дуже міцне з'єднання, якщо використовувати їх із друкованою платою (PCB) як частину постійної метеостанції.

– використовувати роздільні плати RJ11.

Вони можуть бути дуже корисними для створення прототипів, але великі можуть бути занадто громіздкими для тривалого розгортання.

Менші часто поставляються з паяними штифтами, які можна використовувати з картоном або прототипом НАТ для створення міцного з'єднання. На наступних кроках в інструкції зі збірки ці менші патч-плати будуть використовуватися для створення постійного апаратного рішення.

					<i>МРМА 24.00.00.000 ПЗ</i>	Арк.
						40
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

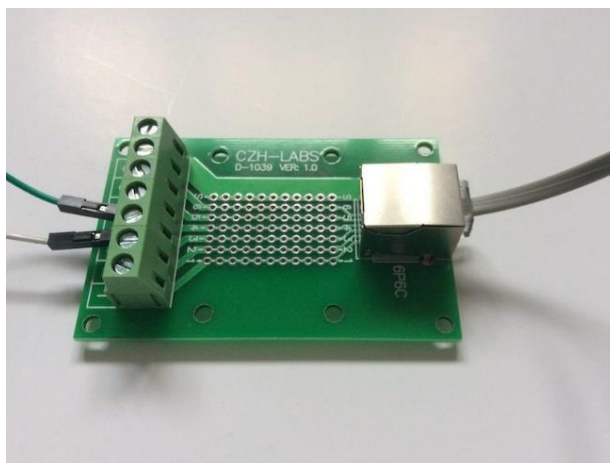


Рисунок 2.19 – Штифт

2.2.2.7 Аналого-цифровий перетворювач MCP 3008

Raspberry Pi не має вбудованих аналого-цифрових перетворювачів (АЦП), які можуть обмежувати типи датчиків, до яких він може підключатися безпосередньо; тільки цифровий. Простим і недорогим варіантом додавання декількох каналів аналогових входів є MCP3008 від Microchip.

Він має послідовний інтерфейс SPI, може працювати від 2,7 до 5,5 В постійного струму, має роздільну здатність 10 біт і може працювати в конфігурації одностороннього або диференціального входу. Таблиця даних наведена в кінці цієї статті.



Рисунок 2.20 – АЦП МКП 3008

Чотири контакти необхідні для зв'язку SPI, введення даних, виведення даних, тактового сигналу та вибору мікросхеми (CS). Інтерактивна

					<i>MPMA 24.00.00.000 ПЗ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		41

розпинування RPi розміщена на Gadgetoid. Необхідні з'єднання наведені в таблиці 2.3.

Таблиця 2.3

Підключення обладнання

Mcp3008 pin	Pi (модель b2) pin	Опис	Нотатки
1-8 ch0-ch7	немає	Аналоговий вхід	
9 dgnd	6, 9, 14, 20 або 25	Земля	Використовується тільки один пін
10 cs	24 (gpio 8) ce0 або 26 (gpio 7) ce1	Вибір каналу spi	Використовується тільки один пін
11 din	19 (gpio 10) mosi	Дані від pi до MCP3008	
12 dout	21 (gpio 9) miso	Дані в pi з MCP3008	Див. примітка. №1
13 clk	23 (gpio 11) sckl	Годинник	
14 agnd	немає	Загальна земля для аналогового входу	Див. примітка. №2
15 vref	немає	Опорна напруга аналогового входу	Див. примітка. №2
16 vdd	1 або 17 (3,3 в)	Робоча напруга	Див. примітка. №1

Приклад: аналог 2,5 В постійного струму при 5 постійного струму $V_{REF} = (1024 * 2,5) / 5 = 512$. Приклад: аналог 2,5 В постійного струму при 3,3 В постійного струму $V_{REF} = (1024 * 2,5) / 3,3 = 775$.

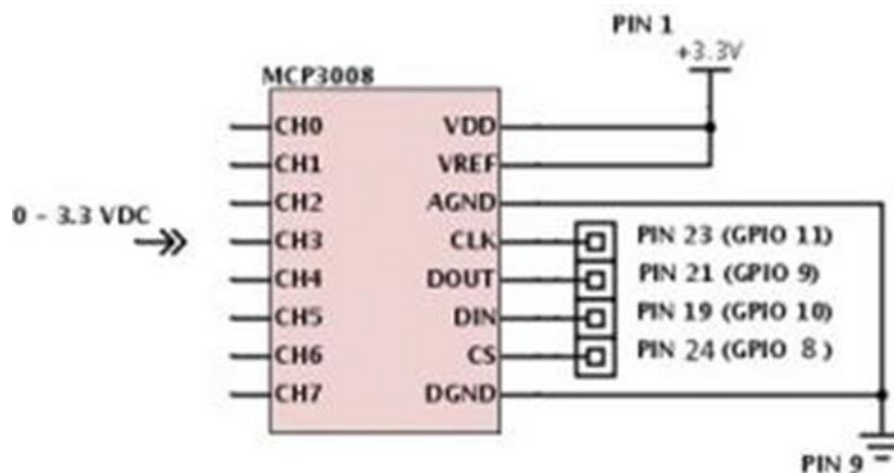


Рисунок 2.21 – Електрична схема підключення MCP3008

Примітка № 1: Якщо напруга живлення для MCP3008 перевищує 3,3 В постійного струму, цифрова вихідна лінія на інтерфейсі SPI може перевищити межу вхідної напруги Raspberry Pi 3,3 В!

Примітка № 2: Еталонний вхід (VREF) визначає діапазон напруги аналогового входу і використовується для обчислення цифрового вихідного коду. Формула для аналого-цифрового перетворення: $1024 \text{ (10 біт)} * \text{аналогова напруга в (VIN)} / \text{опорна напруга (VREF)}$.

Висновки до другого розділу

В даному розділі було розроблено структурну схему побутового пристрою для дистанційного вимірювання параметрів мікроклімату приміщень та проведено підбір обладнання для її виготовлення.

3 РОЗРАХУНКИ ТА КОМПОНУВАННЯ ПОБУТОВОГО ПРИСТРОЮ ДЛЯ ДИСТАНЦІЙНОГО ВИМІРЮВАННЯ ПАРАМЕТРІВ МІКРОКЛІМАТУ ПРИМІЩЕНЬ

3.1 Апаратні засоби для створення метеостанції


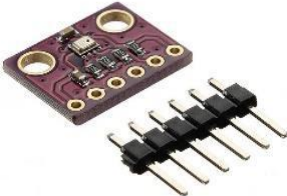


У складі метеостанції будуть встановлені такі пристрої:

- Raspberry Pi, або з вбудованим бездротовим з'єднанням, або з WiFi ключем;
- датчик тиску, температури та вологості BME280;
- цифровий термозонд DS18B20 (з відведенням 1 м);
- два резистори по 4,7 кОм;
- деякі 5 мм гвинтові клеми для монтажу на друковану плату;
- макет, кілька перемичок для дротів;
- анемометр, флюгер і дощомір;
- дві плати RJ11 (опція);
- мікросхема аналого-цифрового перетворювача MCP3008.


Набір комплектуючих є однією з ключових деталей при створенні механізму. Необхідно враховувати такі фактори, як невеликі розміри, простота монтажу механізму, висока безпека і, звичайно ж, відповідність необхідним робочим параметрам. У таблиці 3.1 наведені елементи системи із зазначенням їх основних характеристик із зображеннями.

					<i>МРМА 24.00.00.000 ПЗ</i>	Арк.
						44
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Використовувані елементи та їх характеристики

Назва	Модель	Параметри	Зовнішній вигляд
Мікрокомп'ютер	Raspberry PI B+ 1.2	<ul style="list-style-type: none"> - знижуючий ПП для 3,3 В та 1,8 В; - 5 В має захист від полярності, запобіжник 2 А та захист від «гарячої» заміни; - новий чіп контролера USB / Ethernet; - 4 порти USB замість 2 портів; - 40 контактів GPIO замість 26; - композитний (NTSC/PAL) відео тепер інтегровано до 4-полюсного 3,5-мм роз'єм для навушників; - MicroSD замість повнорозмірної SD-картки; - чотири монтажні отвори в прямокутній компоновці. 	
Датчик температури, вологості і тиску	BME/P280	<ul style="list-style-type: none"> - робочий діапазон тиск: 300...1100 кПа; - температура: -40...85°C; - абсолютна точність $\sim \pm 1$ кПа; - напруга живлення VDDIO 1,2...3,6 В; - роздільна здатність даних тиск: 0,01 кПа (<10 см); - температура: 0,01°C; - інтерфейс I²C та SPI. 	
Датчик температури ґрунту	DS18B20	<ul style="list-style-type: none"> - робоча напруга 3 – 5 В; - діапазон вимірюваних температур: від -55°C до +125°C; - похибка: $\pm 0,5$ °C (від -10 °C до +85°C); - форма виведення: 12-бітне слово (макс. 750 мс); - роздільна здатність: 9-12 біт. 	
Аналого-цифровий перетворювач	MCP3008	<ul style="list-style-type: none"> - напруга живлення: 2,7-5,5 В; - температурні режими: -40...+80°C; - розрядність: 10 біт; - швидкість перетворення: 200 тис.семплів/сек. 	

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

Анемометр	WH1080	<ul style="list-style-type: none"> - діапазон вимірювання швидкості вітру 1–35 м/с; - поріг чутливості датчика вітру 0,8 м/с; - межі абсолютної, що допускається похибки, $\pm(0,5+0,05V)$ м/с , де V- швидкість вітру; - живлення анемометра здійснюється від 4-х елементів типу 316 або АА загальною напругою 5 ст. - час безперервної роботи до заміни елементів живлення щонайменше 10 годин; - споживаний струм 50 мА; - потужність 0,25 Вт. 	
Датчик кількості опадів	WH108	<ul style="list-style-type: none"> - кількість опадів: 0... 9999мм; - живлення 3.3-5В; - дискретність: - кількість опадів: 0.1 мм (об'єм <1000 мм)/1мм(об'єм>1000). 	

3.2 Збірка метеостанції

Існує багато різних датчиків, які ми можемо використовувати для вимірювання погоди. Щоб зібрати персональну метеостанцію, потрібно знайти (або написати) бібліотеку на Python, яка працює з датчиками. Перераховані вище датчики і комплектуючі були обрані після врахування ряду факторів:

- спеціальні можливості;
- вартість;
- підтримка Linux/Python;
- надійність;
- точність;

– простота у використанні.

Обрані комплектуючі не тільки дешеві, точні і прості у використанні. Крім того, вони підходять під всі ці фактори. Наприклад, в деяких випадках точність була принесена в жертву на користь зручності використання. Вибираючи комплектуючі для персональної метеостанції, потрібно робити вибір, виходячи з того, що найбільш важливо для вашого конкретного проекту.

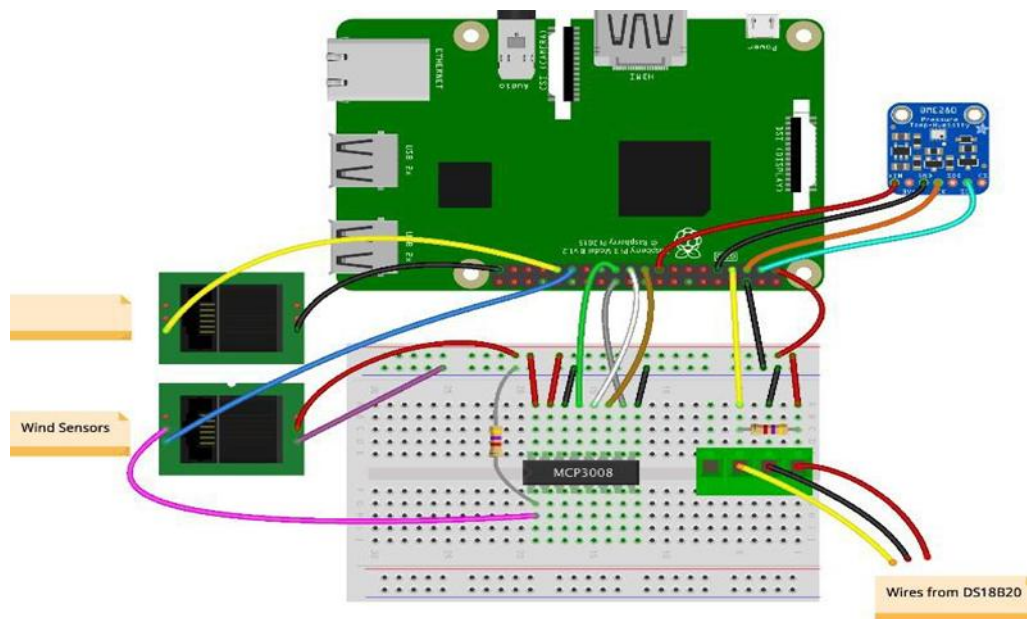


Рисунок 3.1 – Схема компонування компонентів

Перш за все, необхідно розробити і побудувати прототип метеостанції за наведеною вище схемою. Після того, як ми все запусимо, ми зможемо перетворити цей прототип на більш надійну збірку, щоб ми могли розгорнути його на вулиці, і він буде надійним у довгостроковій перспективі.

Правило №1. Підключити датчик BME280 до Raspberry Pi, як показано в таблиці 3.2.

Підключення датчика до портів RPI

Пі GPIO	BME280
17 (3V3)	Vin
6 (Gnd)	Gnd
3 (ПДД)	SDA (SDI)
5 (SCL)	SCL (SCK)

Необхідно перевірити правильність адреси I2C: для моделей Adafruit це 0x77, але інші версії можуть мати інші адреси (0x76 є поширеною альтернативою). Деякі інші патч-плати можуть мати інші контакти (наприклад, SDO або CSB), але вони зазвичай не потрібні.

Правило №2. Зазвичай DS18B20 поставляється з трьома оголеними проводами, тому найпростіший спосіб прототипу та тестування датчика – використовувати гвинтові клемні колодки для кріплення на друкованій платі, які також можна підключити до макетів. Додайте DS18B20 до своєї схеми, як показано на схемі. Зверніть увагу, що ви встановлюєте напругу 3.3 В і заземлюєте збоку макета. Вони будуть використані пізніше, при додаванні в схему додаткових датчиків.

Правило №3. Підключаєм анемометр. Побутові анемометри зазвичай мають два дроти. Підключіть один до контакту заземлення, а інший до GPIO 5. Якщо ви використовуєте роз'єми RJ11, анемометр використовує два середні дроти кабелю, які зазвичай є контактами 3 і 4 на патч-платах RJ11. Є багато способів зробити це за допомогою Python. Один із підходів полягає в тому, щоб розглядати датчик як кнопку, а потім використовувати бібліотеку для підрахунку кількості натискань.

Правило №4. Щоб перевірити датчик дощу, нам потрібно або зняти роз'єм RJ11 і зачистити дроти, або використовувати плату роз'єму RJ11. Датчик дощу підключається до 6-контактного кабелю GPIO (BCM), тому для стабільності ми використовуємо той самий контакт для вашого пристрою.

Використовуючи код, який записаний для анемометра як відправну точку, напишіть програму, яка викликається для виявлення, коли відро опадоміра перекинулося перекидання ковша.

Правило №5. Останнім кроком є переклад показань з леза в кути. Це ґрунтується на співвідношенні між кутом, опором і напругою. Для кожного значення напруги, виміряного АЦП, існує відповідна конфігурація опору вітрової лопаті, яка в свою чергу відповідає куту, під яким розташована лопать.



Рисунок 3.2 – Повністю зібрана метеостанція

3.3 Програмна реалізація

3.3.1 Налаштування Raspberry Pi

Raspberry Pi, згідно з главою 2, є невеликим комп'ютером з безліччю функцій. Однак він не має BIOS, і, як наслідок, завантажується лише з SD-карти. Щоб налаштувати плату Raspberry Pi, потрібна SD-карта об'ємом 8 ГБ,

					<i>МРМА 24.00.00.000 ПЗ</i>	Арк.
						49
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

ноутбук, бездротовий маршрутизатор, кабелі Ethernet та блок живлення micro USB. Рекомендована ОС Raspbian доступна на офіційному сайті і доступна для безкоштовного завантаження. Після завершення завантаження файл образу слід розпакувати, а виконуваний файл витягнути на SD-карту за допомогою програмного забезпечення Win32DiskImager (рис. 3.3)



Рисунок 3.3 – Win32DiskImager

Як тільки Raspbian записаний, SD-карта знову підключається до Raspberry Pi. Через відсутність монітора і клавіатури доступ до Raspberry Pi і управління ним здійснюється віддалено через локальну мережу за протоколом Secure Shell (SSH). SSH, за словами Ілонена та Лонріка (2006), є «протоколом для безпечного віддаленого входу та інших безпечних мережеских служб через небезпечну мережу». Одним із способів підключення Raspberry Pi по SSH є використання мережевого кабелю, показаного на рисунку 3.4.

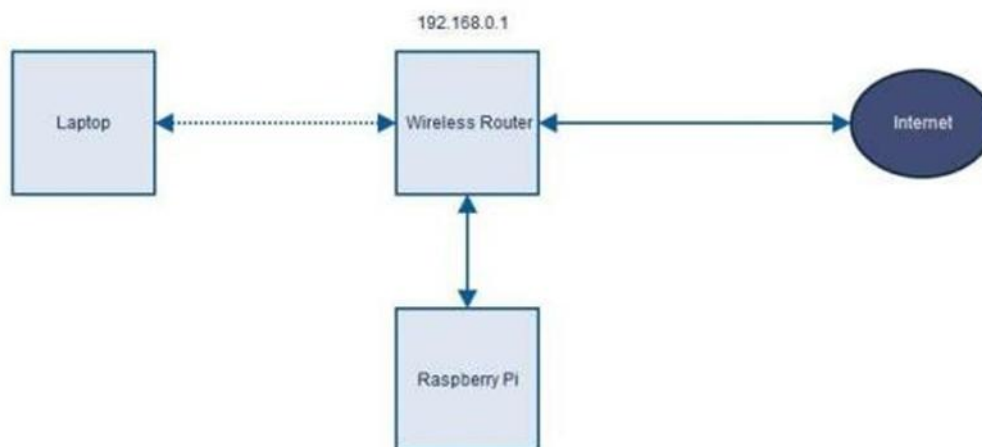


Рисунок 3.4 – Віддалене підключення Raspberry Pi

Підключаючи Raspberry Pi до мережі, роутер за замовчуванням надає динамічну IP-адресу. Динамічна IP-адреса може змінюватися при відключенні Raspberry Pi від мережі. Цю проблему можна вирішити, змінивши IP з динамічного на статичний. Щоб досягти цього, вам потрібно відредагувати файл `cmdline.txt` на SD-карті та додати IP-адресу, а також адресу шлюзу.

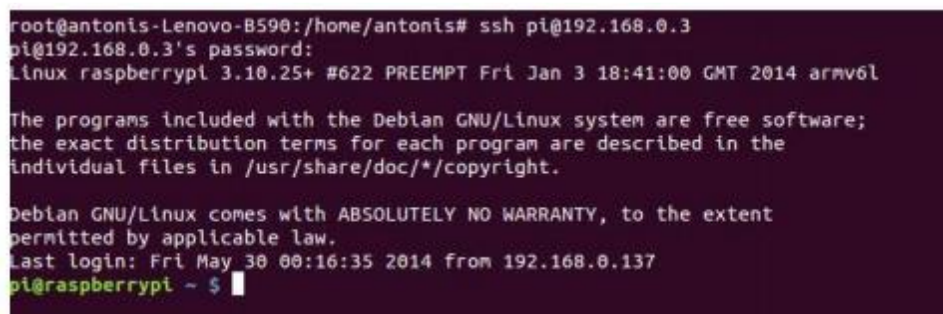
```
ip = 192.168.0.3::192.168.0.1
```

SD-карту знову підключили до Raspberry і включили плату.

У системі на базі Linux користувач має доступ до Raspberry через SSH, надавши наступну команду в терміналі.

```
ssh pi@192.168.0.3
```

Raspberry Pi вказує ім'я користувача за замовчуванням, а IP-адреса вже визначена на SD-карті. Функція безпеки доповнюється стандартним малиновим паролем.



```
root@antonis-Lenovo-B590:~/home/antonis# ssh pi@192.168.0.3
pi@192.168.0.3's password:
Linux raspberrypi 3.10.25+ #622 PREEMPT Fri Jan 3 18:41:00 GMT 2014 armv6l

The programs included with the Debian GNU/Linux system are free software;
the exact distribution terms for each program are described in the
individual files in /usr/share/doc/*/copyright.

Debian GNU/Linux comes with ABSOLUTELY NO WARRANTY, to the extent
permitted by applicable law.
Last login: Fri May 30 00:16:35 2014 from 192.168.0.137
pi@raspberrypi ~ $
```

Рисунок 3.5 – Вхід в Raspberry Pi

Після успішного доступу до Raspberry потрібно зібрати інформацію про роутер і Pi за допомогою наступної команди:

```
Ifconfig
```

На наступному рисунку показана інформація про підключення порту Ethernet 0, така як IP-адреса Raspberry (192.168.0.3), широкомовна адреса (192.168.0.255) і маска адреси підмережі (255.255.255.0).

```
pi@raspberrypi ~ $ ifconfig
eth0      Link encap:Ethernet  HWaddr b8:27:eb:cd:48:f8
          inet addr:192.168.0.3  Bcast:192.168.0.255  Mask:255.255.255.0
          UP BROADCAST RUNNING MULTICAST  MTU:1500  Metric:1
          RX packets:283  errors:0  dropped:0  overruns:0  frame:0
          TX packets:188  errors:0  dropped:0  overruns:0  carrier:0
          collisions:0  txqueuelen:1000
          RX bytes:23764 (23.2 KiB)  TX bytes:26672 (26.0 KiB)

lo        Link encap:Local Loopback
          inet addr:127.0.0.1  Mask:255.0.0.0
          UP LOOPBACK RUNNING  MTU:65536  Metric:1
          RX packets:0  errors:0  dropped:0  overruns:0  frame:0
          TX packets:0  errors:0  dropped:0  overruns:0  carrier:0
          collisions:0  txqueuelen:0
          RX bytes:0 (0.0 B)  TX bytes:0 (0.0 B)
```

Рисунок 3.6 – Конфігурації порту Ethernet 0

Наступна команда надає додаткові відомості про таблицю маршрутизації IP.

netstat-nr

```
pi@raspberrypi ~ $ netstat -nr
Kernel IP routing table
Destination      Gateway          Genmask         Flags   MSS Window  irtt Iface
0.0.0.0          192.168.0.1    0.0.0.0         UG      0 0        0 eth0
192.168.0.0      0.0.0.0        255.255.255.0   U       0 0        0 eth0
pi@raspberrypi ~ $
```

Рисунок 3.7 – Таблиця маршрутизації IP

Це показує адресу шлюзу 192.168.0.1, який з'єднує зовнішній світ із локальною мережею. Наступним кроком буде редагування конфігурації мережі за допомогою наступної команди:

sudo nano /etc/network/interfaces

```
auto lo
iface lo inet loopback
# iface eth0 inet dhcp
auto eth0

iface eth0 inet static
address 192.168.0.3
netmask 255.255.255.0
network 192.168.0.0
broadcast 192.168.0.255
gateway 192.168.0.1

allow-hotplug wlan0
iface wlan0 inet manual
wpa-roam /etc/wpa_supplicant/wpa_supplicant.conf
```

Рисунок 3.8 – Інформація про конфігурацію мережевого інтерфейсу

У файлі конфігурації мережі рядок, що включає DHCP, `iface eth0 inet dhcp`, повинен бути замінений на `iface eth0 inet static`. Нижче цього рядка інформацію про мережу слід додавати таким чином:

```
address 192.168.0.3
netmask 255.255.255.0
network 192.168.0.0
broadcast 192.168.0.255
gateway 192.168.0.1
```

Пристрій повинен перезавантажитися. Після реєстрації команда `ifconfig` знову використовує статичний ір. Наступним кроком є перевірка інтернет-з'єднання за допомогою команди `ping`.

На рисунку 3.9 видно, що всі пакети були успішно передані і отримані під час перевірки Google Address. Оскільки Raspberry підключена до Інтернету, наступні команди гарантують, що операційна система оновлена.

```
sudo apt-get update && apt-get upgrade
```

```
pi@raspberrypi ~ $ ping google.com -c10
PING google.com (193.229.108.49) 56(84) bytes of data:
64 bytes from 193.229.108.49: icmp_req=1 ttl=60 time=8.08 ms
64 bytes from 193.229.108.49: icmp_req=2 ttl=60 time=7.86 ms
64 bytes from 193.229.108.49: icmp_req=3 ttl=60 time=9.41 ms
64 bytes from 193.229.108.49: icmp_req=4 ttl=60 time=8.34 ms
64 bytes from 193.229.108.49: icmp_req=5 ttl=60 time=8.00 ms
64 bytes from 193.229.108.49: icmp_req=6 ttl=60 time=7.86 ms
64 bytes from 193.229.108.49: icmp_req=7 ttl=60 time=7.89 ms
64 bytes from 193.229.108.49: icmp_req=8 ttl=60 time=7.87 ms
64 bytes from 193.229.108.49: icmp_req=9 ttl=60 time=8.05 ms
64 bytes from 193.229.108.49: icmp_req=10 ttl=60 time=7.84 ms

--- google.com ping statistics ---
10 packets transmitted, 10 received, 0% packet loss, time 9013ms
rtt min/avg/max/mdev = 7.843/8.123/9.412/0.466 ms
pi@raspberrypi ~ $
```

Рисунок 3.9 – Перевірка наявності інтернет-з'єднання

Щоб налаштувати Raspberry Pi як веб-сервер, вам потрібно встановити сервер Linux Apache MySQL PHP Perl (LAMP). Це сервер з відкритим вихідним кодом, який підходить для динамічної веб-сторінки. Цей пакет підходить для цілей проекту, оскільки він містить веб-сервер Apache та PHP.

Щоб встановити LAMP-сервер на Raspberry Pi, він повинен встановлювати попередні компоненти по одному. Щоб встановити веб-сервер Apache, потрібно набрати у вікні терміналу наступну команду:

```
apt-get install apache2
```

Як тільки установка Apache завершена, PHP5 встановлюється за допомогою наступної команди:

```
apt-get install PHP5
```

Як тільки ви виконали всі необхідні для роботи на веб-сервері налаштування, переходимо до включення GPIO портів RPI.

Для цього встановіть бібліотеку портів і перевірте працездатність. Бібліотека дозволяє програмувати доступний в Raspberry Pi GPIO на мові

Python. Щоб його встановити, потрібно виконати такі дії:

Execute the command: `sudo apt-get update`

Execute the command: `sudo apt-get upgrade`

Execute the command: `sudo apt-get install python-dev python-RPi.gpio`

Після того, як ми налаштували ІРП. GPIO повинні завантажувати бібліотеки датчиків і їх програмне забезпечення, на основі якого вони працюють.

3.4 Розрахунок підсилювача

Підсилювачі вибираємо виконані на основі ОП, за схемою підсилювача, що інвертує.

Операційний підсилювач (ОП) - це багатоступінчастий підсилювач постійного струму (РРР) з диференціальним входом з великим коефіцієнтом посилення, високим входним опором і низьким вихідним опором на виході. Операційний підсилювач має 1 вихід і 2 входи. Він буває інвертуючим (позначений гуртком "pro") і неінвертуючим. Коли сигнал подається на вихідний сигнал, інвертуючий вхід зсувається на 180 градусів по фазі щодо входу (полярність вихідного сигналу протилежна входній) - це інвертуючий перемикач ОП, коли ОП включений неінвертуючим, сигнал подається на вхід. вхідний сигнал, а не інвертуючий, і вихідний сигнал знаходиться у фазі з вхідним сигналом.

При виборі ОП і розрахунку схеми на їх основі вони керуються основними параметрами, описаними в довіднику:

- коефіцієнт посилення по напрузі характеризує здатність ОУ посилювати диференційний сигнал, що подається на його вхід (зазвичай 103...106);

					<i>МРМА 24.00.00.000 ПЗ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		55

- вхідний опір R_{v0} -опір ОП вхідного сигналу. Є диференціальний вхідний резистор $R_{vх.dif}$, тобто Опір між двома вхідними клемми, і вхідний синфазний резистор $R_{vх.Sinf}$, тобто Опір між об'єднаними вхідними клемми і загальним проводом. Зазвичай в довідниках вказується тільки значення диференціального вхідного опору (10)... Воно в 100 разів менше синфазного опору і становить (104...1010) Ом.;

- вихідний опір R_{v0} -це внутрішній опір ОП, яке розглядається по відношенню до навантаження як еквівалентний джерело ЕРС (близько 100 Ом).;

- вхідна напруга зміщення $U_{см}$. Це значення характеризує дисбаланс і асиметрію вхідного диференціального каскаду ОП, чисельно дорівнює постійній напрузі, яку необхідно додати до входу ОП, щоб вихідна напруга дорівнювала нулю..10) мВ) ;

- вхідний струм. I_{VAX} ср (середній вхідний струм відключення) - операційний вхідний струм, необхідний для роботи вхідного каскаду (менше 10 мкА);

- різниця у вхідному струмі I_{vx} (струм зсуву) - це різниця у вхідному струмі зсуву, яка є результатом неоднакового коефіцієнта передачі струму h_{21e} транзистора вхідного каскаду ОП (менше 1 мкА).;

- гранична частота F_{max} (або одинична частота посилення 1F) вказує на те, що Модуль посилення дорівнює 1 (зазвичай (105...107));

- максимальна швидкість наростання вихідної напруги для більшості операційних систем становить $\sim(0,1...1)$ В/мкс.

При розрахунку схеми операційного підсилювача доречно сказати про виникнення додаткових помилок, пов'язаних з підбором значень опору і ємності з номінальних значень в загальному діапазоні (для цієї роботи використовується серія E24). Тому після вибору значень опору і ємності необхідно оцінити відносну похибку розрахунку, яка не повинна перевищувати 5%:

					<i>MPMA 24.00.00.000 ПЗ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		56

$$\delta_A = \left| 1 - \frac{A^{omp}}{A^{zad}} \right| \cdot 100\%, \quad (3.1)$$

де $A_{зад}$, $A_{отр}$ – відповідно задане за умовою та отримане в результаті розрахунків значення визначається величини (коефіцієнта посилення, опору, вихідної напруги, граничної частоти тощо).

Диференціальний підсилювач (вчитувач).

Схема диференціального підсилювача, що є комбінацією інвертуючого і неінвертуючого підсилювачів, наведена на рисунку 3.10.

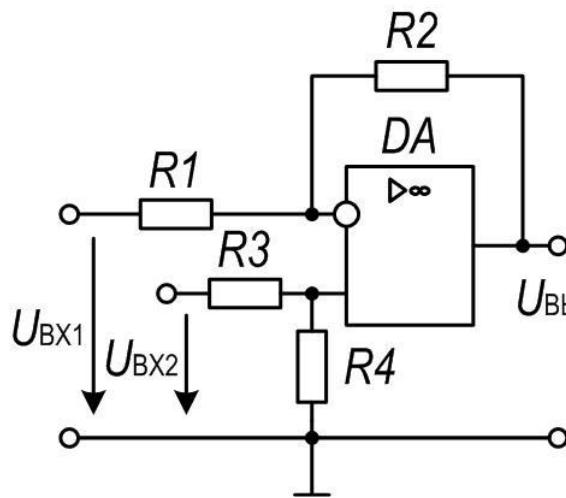


Рисунок 3.10 – Диференціальна схема алгебраїчного суматора операційного підсилювача

Диференціальний підсилювач посилює різницю сигналів $U_{ex.1}$ і $U_{ex.2}$, що подаються відповідно на інвертуючий та неінвертуючий входи. Вихідна напруга цієї схеми:

$$U_{вих.диф} = -\frac{R_1}{R_2} \cdot U_{ex.1} + \left(1 + \frac{R_2}{R_1}\right) \cdot U_{ex.2} \cdot \frac{R_4}{R_3 + R_4}. \quad (3.2)$$

Вхідні опори для інвертуючих і неінвертуючих входів:

$$R_{ex.inв} = R_1; R_{ex.неіне} = R_3 - R_4. \quad (3.3)$$

Якщо опори резисторів R1 – R4 такі, що

$$R_1 \cdot R_4 = R_2 \cdot R_3. \quad (3.4)$$

Візьмемо $R_1=R_3=100$ кОм з похибкою 0,01%, оскільки забезпечення високого коефіцієнта ослаблення синфазного сигналу необхідно забезпечити точне узгодження резисторів.

(зазвичай приймають $R_1= R_3, R_2 = R_4$), то вираз (3.2) набуде вигляду

$$U_{вих.диф} = (-U_{ex.1} + U_{ex.2}) \cdot \frac{R_2}{R_1}, \quad (3.5)$$

а коефіцієнт підсилення різницевого сигналу

$$K_{Uдиф} = \frac{R_2}{R_1}. \quad (3.6)$$

Коефіцієнт підсилення у операційного підсилювача К140УД1701А візьмемо $K_{Uдиф} = 2$. Відповідно $R_2=R_4=200$ кОм.

З урахуванням неідеальності операційного підсилювача під час виконання рівності:

$$K_{Uдиф} = \frac{R_2}{R_1} \cdot \frac{1}{1 + K_{U0} \left(1 + \frac{R_2}{R_1}\right)}, \quad (3.7)$$

$$R_{ex.inв} = R_1 + \frac{R_{ex} \cdot R_2}{R_{ex0} \cdot (1 + K_{U0}) + R_2}, \quad (3.8)$$

					<i>МРМА 24.00.00.000 ПЗ</i>	Арк.
						58
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$R_{вих.неінв} = R_1 + \frac{R_2 \cdot R_{ex0}}{R_2 \cdot \frac{K_{Uдиф}}{K_{U0}} + R_{ex0}}, \quad (3.9)$$

$$U_{вих.0}^{диф} = \left(1 + \frac{R_2}{R_1}\right) \cdot U_{см} + \Delta I_{ex} \cdot R_2. \quad (3.10)$$

Суматор використовується для підсумовування аналогових сигналів. Схема інвертуючого суматора показана на рисунку 3.11.

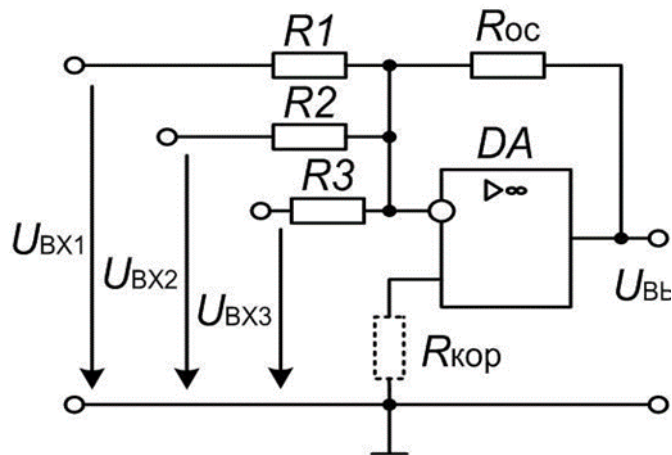


Рисунок 3.11 – Інвертуюча схема суматора

Вихідна напруга схеми без урахування реальних параметрів операційного підсилювача:

$$U_{вих.сум} = -\frac{R_{ос}}{R_1} \cdot U_{ex.1} - \frac{R_{ос}}{R_2} \cdot U_{ex.2} - \frac{R_{ос}}{R_3} \cdot U_{ex.3}. \quad (3.11)$$

Вхідний опір:

$$R_{ex1} = R_1; R_{ex2} = R_2; R_{ex3} = R_3. \quad (3.12)$$

При використанні реального підсилювача виразу набудуть вигляду

$$U_{вих.сум} = -R_{oc} \cdot \sum_{i=1}^3 \frac{U_{вх.i}}{R_{вх0} \cdot (1 + K_{U0}) + R_{oc}}, \quad (3.13)$$

де $U_{вх.i}$ - напруга на i -тому вході; R_i - опір резистора i - того входу.

Для зменшення вихідної напруги помилки, обумовленого вхідними струмами ОП, між неінвертуючим входом та загальним дротом включають резистор $R_{кор.}$ з опором:

$$\frac{1}{R_{кор.}} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3} + \frac{1}{R_{oc}}. \quad (3.14)$$

$$U_{вих.0}^{диф} = \left(1 + \frac{R_{oc}}{R_{кор.}}\right) \cdot U_{см} + \Delta I_{вх} \cdot R_{oc}. \quad (3.15)$$

У даному дипломному проєкті як суматор обраний операційний підсилювач К140УД1701А.

Основні технічні характеристики К140УД1701А представлені у таблиці 3.3.

Таблиця 3.3

Технічні характеристики К140УД1701А

Параметр	Одиниці виміру	Норма	
		К140УД1701А	
		Не менше	Не більше
Максимальна вихідна напруга	В	± 12	-
Нульова напруга переміщення	мкВ	-	± 75
Вхідний струм	нА	-	4,0
Різниця вхідних струмів	нА	-	3,8
Споживаний струм	мА	-	4,0
Коефіцієнт підсилення напруги	$\times 10^3$	200	-

Коефіцієнт ослаблення синфазної вхідної напруги	Дб	106	-
Температурний коефіцієнт нульової напруги	мкВ/°С	-	±3
Частота одиниці підсилення	МГц	0,4	-
Коефіцієнт впливу нестабільності електроживлення на нульову напругу зміщення	Дб	94	-

Відповідно до технічного опису операційного підсилювача К140УД1701А та необхідного коефіцієнта посилення вибираємо номінали резисторів:

$R_9=7,5\text{кОм}$; $R_{10}=4,7\text{кОм}$; $R_{11} = 12\text{кОм}$; $R_{12} = R_{13} = R_{16} = 6.8 \text{ кОм}$;
 $R_{14} = 20 \text{ кОм}$; $R_{15} = 100\text{кОм}$.

Висновки до третього розділу

Описано збірку побутового пристрою для дистанційного вимірювання параметрів мікроклімату приміщень на основі мікрокомп'ютера Raspberry Pi.

Розроблено програмне забезпечення на мові Linux/Python для зняття та обробки даних з датчиків.

В ході роботи розраховано та змодельована робота операційного підсилювача, розведена друкована плата пристрою.

					<i>МРМА 24.00.00.000 ПЗ</i>	Арк.
						61
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

ВИСНОВКИ

В результаті роботи над магістерською роботою було проведено огляд існуючих метеорологічних станцій та їх класифікацію, а саме персональні та професійні метеостанції. Розглянуто переваги та недоліки кожного виду метеостанцій.

Метеостанції забезпечують вимірювання таких параметрів атмосфери, як температура повітря, відносна вологість, сонячна радіація, швидкість і напрямок вітру, а також атмосферний тиск і кількість опадів, причому перші три змінні є найбільш поширеними

Було розроблено структурну схему побутового пристрою для дистанційного вимірювання параметрів мікроклімату приміщень та проведено підбір обладнання для її виготовлення.

Описано збірку побутового пристрою для дистанційного вимірювання параметрів мікроклімату приміщень на основі мікрокомп'ютера Raspberry Pi.

Розроблено програмне забезпечення на мові Linux/Python для зняття та обробки даних з датчиків.

В ході роботи розраховано та змодельована робота операційного підсилювача, розведена друкована плата пристрою.

В результаті проведених розрахунків отримано пристрій, який повністю відповідає технічному завданню дипломної роботи

					<i>МРМА 24.00.00.000 ПЗ</i>	Арк.
						62
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАНЬ

1. Метеорологічна станція [Електронний ресурс]. – Режим доступу : https://uk.wikipedia.org/wiki/%D0%9C%D0%B5%D1%82%D0%B5%D0%BE%D1%80%D0%BE%D0%BB%D0%BE%D0%B3%D1%96%D1%87%D0%BD%D0%B0_%D1%81%D1%82%D0%B0%D0%BD%D1%86%D1%96%D1%8F.
2. Шевченко А.О., Грищенко В.М. Системи моніторингу мікроклімату в побутових умовах // "Вісник технічних наук." - 2015. - № 98. - С. 45-50.
3. Савченко Л.П., Білоус В.В. Дистанційні сенсорні системи вимірювання параметрів мікроклімату // "Інженерний журнал України." - 2016. - № 105. - С. 52-59.
4. Лисенко О.М., Ковальчук Т.В. Інтелектуальні побутові системи для контролю мікроклімату // "Технічний прогрес та інновації." - 2016. - № 112. - С. 63-70.
5. Петренко О.С., Ткаченко А.В. Інтеграція сенсорних модулів для побутових пристроїв // "Сучасні технології управління." - 2018. - № 120. - С. 78-85.
6. Коваленко Т.П., Іванченко П.В. Розробка сенсорів для вимірювання температури і вологості повітря // "Журнал технічних досліджень." - 2019. - № 130. - С. 90-97.
7. Шаповалов І.М., Литвиненко Ю.О. Використання мікроконтролерів у системах моніторингу параметрів повітря // "Вісник інженерних наук." - 2020. - № 140. - С. 66-73.
8. Гончарук К.П., Демченко С.О. Розробка пристроїв для контролю мікроклімату у побутових умовах // "Технології та інновації." - 2021. - № 150. - С. 72-79.
9. Шевченко М.О., Савченко А.В. Оптимізація роботи побутових сенсорів для моніторингу клімату // "Сучасні рішення в електротехніці." - 2022. - № 160. - С. 88-95.

					<i>МРМА 24.00.00.000 ПЗ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		63

10. Кузьменко О.С., Бондаренко І.В. Використання хмарних технологій для дистанційного моніторингу мікроклімату // "Журнал сучасних технологій." - 2021. - № 170. - С. 60-67.

11. Литвиненко С.О., Гриценко О.В. Побутові пристрої для вимірювання рівня вуглекислого газу в приміщенні // "Інновації в побутових приладах." - 2020. - № 180. - С. 74-81.

12. Іванченко М.С., Коваленко А.П. Інтегровані системи для моніторингу кліматичних показників у житлових приміщеннях // "Журнал технічних інновацій." - 2019. - № 190. - С. 82-89.

13. Савчук В.О., Шевчук І.В. Побутові метеостанції з розширеними функціями // "Технічний вісник України." - 2016. - № 200. - С. 55-61.

14. Петренко Л.В., Гончаренко А.М. Сенсори для вимірювання параметрів мікроклімату з дистанційним управлінням // "Інженерні рішення." - 2017. - № 210. - С. 78-85.

15. Бондар О.О., Ткачук А.М. Автоматизація моніторингу мікроклімату в приміщеннях за допомогою ІоТ технологій // "Технічні системи та їх автоматизація." - 2018. - № 220. - С. 90-97.

					<i>МРМА 24.00.00.000 ПЗ</i>	Арк.
						64
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

ДОДАТКИ

					МРМА 24.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		65