

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
Сумський державний університет
Факультет електроніки та інформаційних технологій
Кафедра електроніки і комп'ютерної техніки

«До захисту допущено»

Завідувач кафедри

_____ Анатолій ОПАНАСЮК

_____ 2023 р.

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

на здобуття освітнього ступеня бакалавра

зі спеціальності 171 «Електроніка та телекомунікації»,
освітньо-професійної програми «Електронні системи та компоненти»

На тему:

Пристрій вимірювання та контролю мікроклімату

Здобувача групи ЕС-91

Губіна Андрія Олександровича

Кваліфікаційна робота містить результати власних досліджень.
Використання ідей, результатів і текстів інших авторів мають
посилання на відповідне джерело.

Андрій ГУБІН

Керівник, старший викладач,

кандидат фізико-математичних наук, доцент

Олексій Д'ЯЧЕНКО

Суми – 2023

Сумський державний університет

Факультет ЕЛІТ Кафедра електроніки і комп'ютерної техніки

Спеціальність електронні системи

ЗАТВЕРДЖУЮ:

Зав. кафедри ЕКТ

Опанасюк А. С.

« » _____ 2023 р.

Завдання

на кваліфікаційну роботу бакалавра

Губіну Андрію Олександровичу

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема проєкту: «Пристрій вимірювання та контролю мікроклімату»
затверджено наказом університету від «30» березня 2023 р. № 0310-VI

2. Термін здачі студентом закінченого проєкту 30 травня 2023 р.

3. Вихідні дані до проєкту: пристрій має зчитувати показники мікроклімату, а саме значення температури та вологості в приміщенні; при збільшенні/зменшенні показників відносно заданих відбувається регулювання шляхом подачі цифрового сигналу на відповідний пін мікроконтроллера

4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які підлягають розробці)

Огляд літературних джерел по тематиці проєкту. Розробка схем функціонування пристрою кодування (схема алгоритм, структурна схема, електрична схема функціональна, електрична схема принципова).

5. Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень) схема алгоритму пристрою кодування; схема електрична структурна пристрою кодування; схема електрична функціональна пристрою кодування; схема електрична принципова пристрою кодування.

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ п/п	Найменування етапів дипломного проєкту	Термін виконання етапів проєкту	Примітка
1.	Огляд літератури по тематиці проєкту	15.04.23	
2.	Розробка схеми алгоритму	22.04.23	
3.	Розробка структурної схеми	29.04.23	
4.	Розробка схеми електричної функціональної	06.05.23	
5.	Розробка принципової електричної схеми	16.05.23	
6.	Оформлення графічної частини	20.05.23	
7.	Оформлення пояснювальної записки	30.05.23	
8.	Рецензування роботи та підготовка до захисту	07.06.23	

Студент-дипломник _____
(підпис)

Керівник проєкту _____
(підпис)

АНОТАЦІЯ

Робота містить 42 сторінки, 24 рисунків, 1 таблицю, схему алгоритму, структурну схему, функціональну схему, електричну принципову схему, перелік елементів.

У дипломному проєкті зроблено вибір тематики та пристрою для подальшого проєктування, описана актуальність проєктування, викладена загальна інформація про системи вимірювання та контролю мікроклімату, розглянуті відомі аналоги. Розроблений пристрій – пристрій вимірювання та контролю мікроклімату. Спроектowana принципова схема. Зроблено висновки щодо проєктованого пристрою.

Ключові слова: датчик, мікроконтролер, пін, дисплей, система, мікроклімат, температура, вологість, код, проєктування, розробка.

Keywords: sensor, microcontroller, pin, display, system, microclimate, temperature, humidity, code, design, development.

ЗМІСТ

1.	<i>ВСТУП</i>	5
	1.1 Загальна інформація про проблему контролю мікроклімату в приміщеннях	5
	1.2 Огляд наявної літератури та аналогів	6
	1.3 Мета та завдання дослідження	7
2.	<i>ТЕОРЕТИЧНА ЧАСТИНА</i>	9
	2.1 Загальні відомості про мікроконтролери. Опис основних можливостей МК Atmega 328p від Atmel. Його принципова схема.....	9
	2.2 Опис принципу роботи датчика DHT11 та OLED-дисплею.....	11
	2.3 Опис принципу роботи тактових кнопок	16
	2.4 Огляд мікросхеми стабілізації напруги LM7805	17
	2.5 Огляд технологій забезпечення живлення мікроконтролера та інших елементів системи	19
	2.5 Опис принципу роботи електромагнітного реле	24
3.	<i>РОЗРОБКА ПАРАТНОЇ ЧАСТИНИ</i>	26
	3.1 Загальний алгоритм роботи системи	26
	3.2 Створення живлення з перетворювача 220 В змінного струму на постійний 5 В	27
	3.3 Підключення датчика DHT11 до мікроконтролера.....	31
	3.4 Підключення OLED-дисплею до мікроконтролера.....	32
	3.5 Підключення кнопок та інших елементів до мікроконтролера.....	34
	3.6 Загальна принципова та структурна схеми системи	35
4.	<i>ПРОГРАМНА РОЗРОБКА</i>	38
	4.1 Написання коду для взаємодії мікроконтролера з датчиком, OLED-дисплеєм та тактовими кнопками	38
5.	<i>ТЕСТУВАННЯ ТА РЕЗУЛЬТАТИ</i>	41
	5.1 Проведення тестів для перевірки роботи пристрою	41
	5.2 Висновки про ефективність та доцільність використання розробленого пристрою.....	41

					ЕЛІТ 6.171.00.10.413 ПЗ					
<i>Зм.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>	Пристрій вимірювання та контролю мікроклімату			<i>Літ.</i>	<i>Арк.</i>	<i>Аркушів</i>
<i>Розроб.</i>		<i>Губін А..О</i>						3	45	
<i>Перевір.</i>		<i>Д'яченко О. В.</i>								
<i>Н. Контр.</i>		<i>Д'яченко О. В.</i>						СумДУ, ЕС-11		
<i>Затвердж.</i>		<i>Опанасюк А.С.</i>								

ВИСНОВКИ 43

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ 44

					ЕлІТ 6.171.00.10.413 ПЗ	Арк.
						4
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

1. ВСТУП

1.1 Загальна інформація про проблему контролю мікроклімату в приміщеннях

Контроль мікроклімату в приміщеннях є важливим аспектом для забезпечення комфортних умов проживання та роботи людей. Мікроклімат визначається комплексом фізичних та хімічних параметрів, таких як температура, вологість повітря, швидкість та напрямок руху повітря, концентрація різних речовин у повітрі тощо.

Недостатній контроль мікроклімату може призвести до різноманітних проблем, таких як несприятливі умови для роботи та відпочинку, посилення ризику захворювань дихальної системи, втрати продуктивності праці, пошкодження обладнання тощо.

Висока температура та вологість в приміщенні можуть мати негативний вплив на здоров'я людей. Особливо це стосується людей з певними захворюваннями та дітей. Наприклад, висока температура може призвести до головного болю, запаморочення, а також може збільшити ризик сонячного удару. Також при високій вологості може відбуватись більш інтенсивне розмноження бактерій та грибків, що може призвести до захворювань дихальних шляхів та шкіри.

При низькій температурі може знижуватись імунітет людини, що збільшує ризик захворювання на застуду та грип. Також низька температура може мати негативний вплив на деякі електронні прилади, такі як комп'ютери та мобільні пристрої, які можуть вимкнутись або пошкодитись при занадто низькій температурі.

При низькій вологості може зменшуватись якість повітря в приміщенні та зростати кількість пилу. Це може призвести до роздратування дихальних шляхів, підвищення ризику захворювання на астму та алергію. Також низька вологість може впливати на матеріали та предмети в приміщенні, наприклад,

					ЕЛІТ 6.171.00.10.413 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		5

дерев'яні меблі можуть тріскатись, а електронні прилади можуть висихати, що може призвести до їх поломки.

У зв'язку з цим, розробка пристроїв для контролю мікроклімату стає дедалі більш актуальною. Особливо це стосується приміщень, де відсутність ефективного контролю може призвести до серйозних наслідків.

1.2 Огляд наявної літератури та аналогів

В сучасному світі існує безліч пристроїв для контролю мікроклімату в приміщеннях, які можуть бути різного рівня складності та цінової категорії. Найпростіші з них - це термометри та гігрометри, які можна придбати у будь-якому господарському магазині за кілька десятків гривень. Такі пристрої зазвичай вимірюють температуру та вологість повітря у приміщенні, і не мають можливості зберігати дані про параметри мікроклімату, абсолютно немає мови про будь-який контроль та керування зовнішніми пристроями.

Одним із популярних пристроїв для контролю мікроклімату є "Розумний дім" від компанії Xiaomi. Він має вбудований датчик температури та вологості, а також інфрачервоний датчик, який вимірює рівень CO₂. "Розумний дім" можна з'єднати з мобільним додатком, який дозволяє отримувати повідомлення про зміни параметрів мікроклімату в реальному часі. Ціна на пристрій складає близько 35 доларів США.

Іншим пристроєм, який також дозволяє контролювати мікроклімат в приміщенні, є Nest Learning Thermostat від компанії Google. Він має вбудований датчик температури та вологості, і здатний розпізнавати різні режими роботи системи опалення та кондиціонування повітря. Nest Learning Thermostat можна з'єднати з мобільним додатком, який дозволяє контролювати та налаштовувати параметри мікроклімату в будинку з будь-якої точки світу. Ціна на пристрій становить близько 250 доларів США.

					ЕЛІТ 6.171.00.10.413 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		6

Ще одним популярним пристроєм для контролю температури є Ecobee SmartThermostat з додатковою можливістю контролювати вологість в приміщенні. Ціна на цей пристрій починається з 249 доларів.

Зважаючи на ціни на ринку, саморобний пристрій з використанням мікроконтролерів та датчиків температури та вологості може бути дуже привабливим з економічної точки зору. Адже в загальному ціна збору системи становить близько 10-15 доларів. Крім фінансової вигоди такий підхід дозволяє отримати повний контроль над функціональністю пристрою та можливість змінювати, розширювати функціонал в залежності від потреб користувача.

Узагальнюючи, багато компаній пропонують пристрої для контролю температури та вологості, від саморобних проєктів на основі Arduino до більш дорогих та продуманих пристроїв. Але бюджетними назвати всі наявні моделі складно. Тому розглянута далі система буде найвигіднішим вибором з точки зору як фінансової, так і функціональної.

1.3 Мета та завдання дослідження

Метою даного дослідження є створення пристрою для контролю температури та вологості в приміщеннях, який буде досить простим у збірці та зручним у використанні, а також здатним забезпечувати надійну та точну інформацію про мікроклімат в приміщенні.

Для досягнення цієї мети необхідно вирішити такі завдання:

- розробити схему та зібрати пристрій для контролю температури та вологості;
- перевірити точність та надійність пристрою;
- порівняти результати вимірювань з допустимими нормами мікроклімату для приміщень;
- дослідити можливості застосування пристрою у різних умовах та визначити його переваги та недоліки.

					ЕЛІТ 6.171.00.10.413 ПЗ	Арк.
						7
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Основним завданням дослідження є визначення можливостей та ефективності використання розробленого пристрою для контролю температури та вологості в приміщеннях, а також встановлення його переваг та недоліків порівняно з наявними аналогами.

Дослідження відповість на такі запитання: чи забезпечує розроблений пристрій точну та достовірну інформацію про мікроклімат в приміщенні, які переваги та недоліки використання даного пристрою порівняно з наявними аналогами, які можливості використання пристрою в різних умовах.

Для досягнення поставлених завдань необхідно провести ряд експериментів з метою встановлення точності та надійності пристрою, порівняти результати вимірювань з допустимими нормами мікроклімату для приміщень, провести порівняльний аналіз з існуючими пристроями, визначити

					ЕЛІТ 6.171.00.10.413 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		8

2. ТЕОРЕТИЧНА ЧАСТИНА

2.1 Загальний відомості про мікроконтролери. Опис основних можливостей МК Atmega 328p від Atmel. Його принципова схема

Мікроконтролери - це малий електронний пристрій, який містить процесор, пам'ять і різні входи-виходи. Вони зазвичай використовуються для керування різними пристроями, такими як датчики, мотори, світлодіоди.

Мікроконтролери можуть використовуватися в багатьох галузях, таких як медицина, промисловість, робототехніка, інтернет речей та інше. Вони можуть бути програмовані для виконання завдань з різною складністю. Для програмування мікроконтролерів можна використовувати різноманітні мови програмування, такі як C, C++, Python та інші. В подальшому буде розглянута програмна частина система, написана мовою c++.

Найбільш поширеними мікроконтролерами є серія AVR від компанії Atmel, яка включає в себе популярні моделі, такі як ATmega328P, ATmega2560 та інші. Ці мікроконтролери мають багато входів-виходів, включаючи аналогові та цифрові піни, що робить їх універсальними для використання в різних проектах. Тому і була обрана модель ATmega328P через свою відносно невисоку ціну та великий функціонал.

Одним з головних переваг мікроконтролерів є їх маленький розмір та низька вартість. Це дозволяє використовувати їх у пристроях з обмеженими ресурсами, таких як портативні пристрої, де необхідно економити місце і енергію.

					ЕЛІТ 6.171.00.10.413 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		9

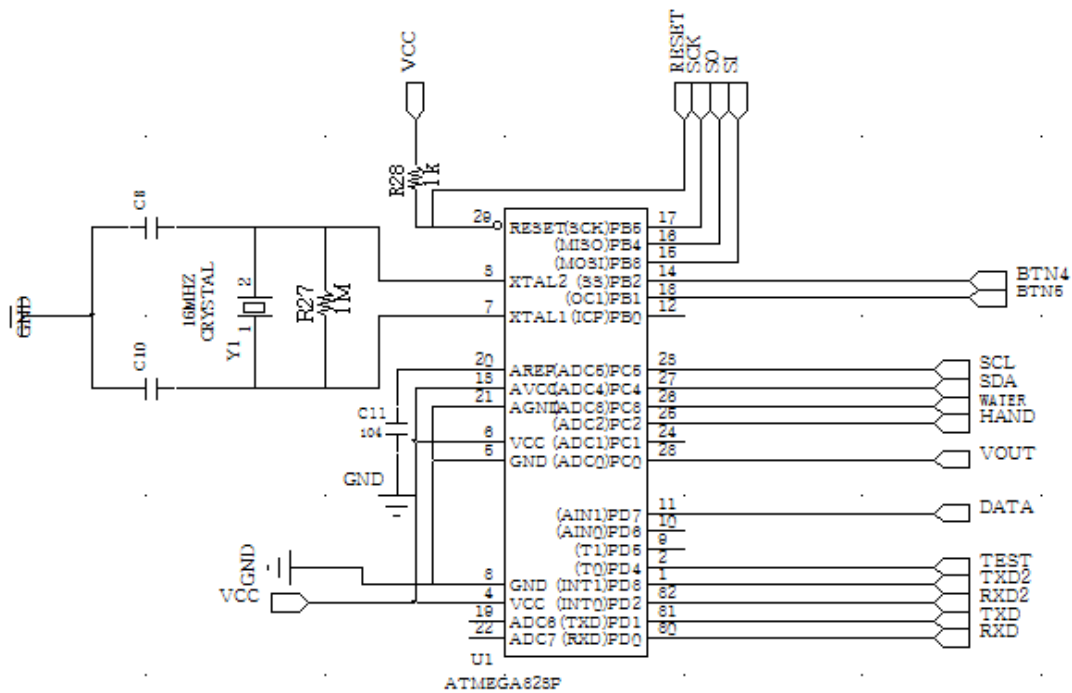


Рисунок 1 – Схема електричного кола Atmega328p

Основна функція мікроконтролерів - це керування різними елементами системи та забезпечення її правильної роботи. Для цього вони використовують вхідні дані з датчиків, обробляють їх, приймають рішення і виконують певні дії, керуючи вихідними сигналами на пристрої.

Atmega328p - це 8-бітний мікроконтролер виробництва компанії Atmel (зараз власність компанії Microchip). Це досить поширений мікроконтролер, який використовується в багатьох проектах, включаючи DIY електроніку, робототехніку, IoT-проекти та інше.

Atmega328p має 32 кб флеш-пам'яті для програми, 2 кб ОЗП та 1 кб EEPROM пам'яті. Він має 23 входи/виходи, з яких 6 можуть бути використані як PWM виходи, 6 як аналогові входи та є можливість використання вбудованих пристроїв, таких як таймери/лічильники, ШІМ-регулятори, АЦП та інше.

Мікроконтролер може працювати з такими інтерфейсами, як UART, SPI, I2C, і портами введення-виведення, що робить його досить гнучким для різних застосувань. Це дозволяє йому працювати зі звичайними периферійними пристроями, такими як сенсори, дисплеї, модулі Ethernet та інші.

					ЕЛІТ 6.171.00.10.413 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		10

Один з важливих аспектів Atmega328p - це його енергоефективність. Його потужність може бути зменшена шляхом використання різних режимів сну, що знижує споживання енергії та збільшує тривалість роботи від батареї.

Завдяки своїй простоті використання та гнучкості, Atmega328p є одним з найбільш популярних мікроконтролерів для DIY електроніки та промислових застосувань.

2.2 Опис принципу роботи датчика DHT11 та OLED-дисплею

DHT11 – цифровий датчик температури та вологості, дуже простий в користуванні, недорогий. Цей датчик попередньо відкалібрований та не потребує додаткових дій з ним. Датчик має досить непогану точність, вимірює з точністю до десятих. Єдиний недолік – це частота оновлення показників, яка складає від однієї секунди. Якщо мова йде не про жилі приміщення, де необхідна максимальна точність кожні 0.1 секунди та менше – то дана модель не підходить для використання. Але для побутового використання або комерційних приміщень (кав'ярні, ресторани, тощо) точності та функціональності цього датчика буде вистачати.

Серія датчиків DHT надана у вигляді двох основних та досить популярних моделей: DHT11 та DHT12. DHT22 являє собою більш дорогу модель з покращеними характеристиками, але і водночас є більш дорогим варіантом.

Основні характеристики та діапазони роботи датчика DHT11 наведені в таблиці 1:

					ЕлІТ 6.171.00.10.413 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		11

Таблиця 1 – Основні характеристики DHT11

Робоча напруга	от 3 до 5 В
Максимальний робочий струм	2,5 мА макс
Діапазон вимірювання вологості	20-80% / 5%
Діапазон вимірювання температури	0-50°C / ± 2°C
Частота виборки	1 Гц (чтение каждую секунду)

Складається DHT11 з: датчика вологості та термістора. Дані компоненти можна побачити на рисунку 2:

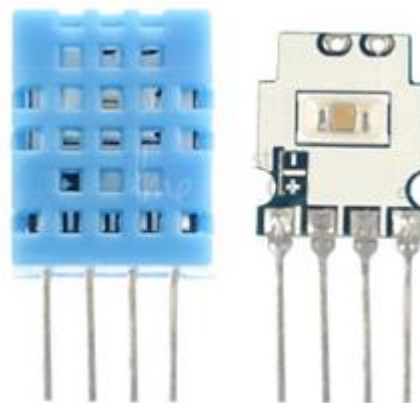


Рисунок 2 – DHT11 в розібраному вигляді

Чутливий до вологості компонент, який використовується, зрозуміло, для вимірювання вологості, має два електроди з вологоутримувальною підкладкою (зазвичай сіль або пластиковий полімер, що проводить струм), затиснутої між ними. У міру поглинання водяної пари підкладка вивільняє іони, що, своєю чергою, збільшує провідність між електродами. Зміна опору між двома електродами є пропорційна до відносної вологості. Більш висока відносна вологість зменшує опір між електродами, тоді як нижча відносна вологість збільшує опір. Детально оглянути структура датчика вологості можна на рисунку 3.

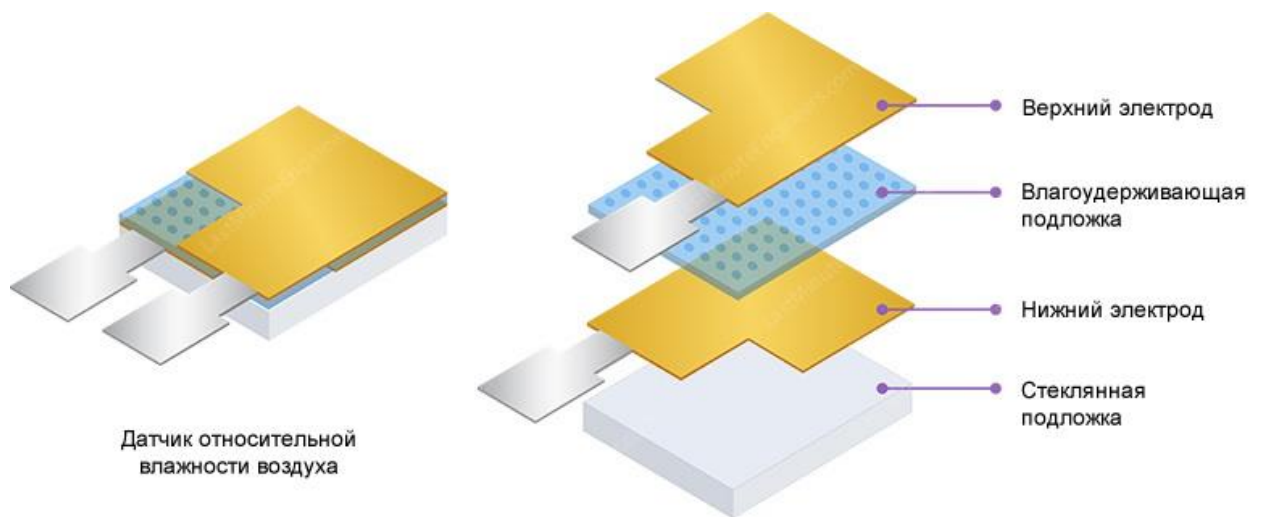


Рисунок 3 – Внутрішня структура датчика вологості

Крім того, в цих датчиках вимірювання температури є датчик температури NTC (термістор). Термістор це терморезистор резистор, який змінює свій опір в залежності від температури. Технічно всі резистори є термісторами - їх опір трохи змінюється в залежності від температури, але зазвичай ця зміна дуже мало і її важко виміряти.

Термістори зроблені так, щоб їхній опір різко змінювався при зміні температури, і зміна на один градус може становити 100 Ом або більше. Термін

					ЕЛІТ 6.171.00.10.413 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		13

"NTC" означає "Negative Temperature Coefficient" (негативний температурний коефіцієнт), що означає, що зі зростанням температури опір зменшується.

Датчик DHT11 має 4 виходи для підключення.

1. Vcc – «+» живлення, напруга в діапазоні від 3 до 5 В
2. GND – «-»
3. Data – цифровий пін, який в нашому випадку підключається до цифрового піна мікроконтролера
4. NC – не підключений, (Not Connected – додатовий виївд, який не має призначення. Додається для зручності монтажу датчика на платі)

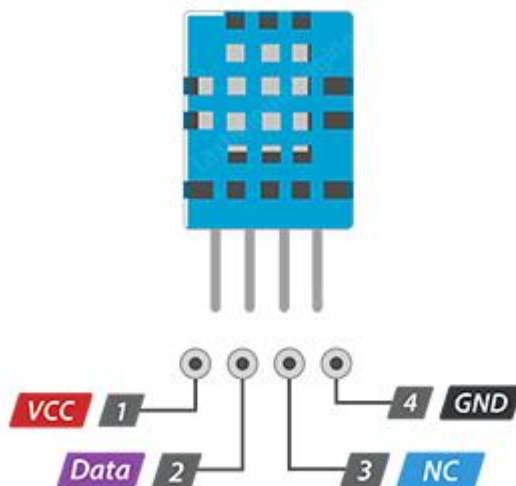


Рисунок 4 – Розпіновка датчика DHT11

OLED (Organic Light Emitting Diode) - це технологія дисплеїв, в якій кожний піксель складається з окремих світлодіодів, що випромінюють світло, коли на них подається електричний сигнал. Для OLED дисплеїв не потрібно підсвічування, вони мають високу якість відтворення кольорів та контрастності.

Загальний вигляд обраного для системи дисплею зображено на рисунку 5.

					ЕЛІТ 6.171.00.10.413 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		14



Рисунок 5 – Загальний вигляд OLED дисплею

Дисплей 0.96 OLED дисплеєм, який має розмір 0.96 дюйма та роздільну здатність 128x64 пікселів. Цей дисплей має вбудований контролер SSD1306, що дозволяє зручно керувати його роботою. Дисплей працює за принципом випромінювання світла на основі феномену електролюмінесценції органічних матеріалів.

Для забезпечення ефективної роботи дисплею необхідно мати на увазі його електроживлення. Дисплей використовує напругу живлення 3.3В та 5 В і має можливість підключення до мікроконтролера за допомогою шини I2C.

Оскільки OLED дисплеї використовують технологію органічних матеріалів, то вони мають деякі особливості використання. Наприклад, дисплей може бути чутливим до дії вологи або світла, тому необхідно дотримуватись певних правил зберігання та експлуатації. Також, OLED дисплеї мають обмежену час роботи через зношування органічних матеріалів, тому необхідно враховувати цей фактор при розробці пристрою.

Що ж, OLED дисплей 0.96 inch 128x64 підтримує два інтерфейси комунікації - I2C та SPI. У нашому випадку, ми використовуємо інтерфейс I2C для забезпечення зв'язку між мікроконтролером та дисплеєм. I2C (Inter-Integrated Circuit) є протоколом передачі даних між IC (Integrated Circuit)

					ЕЛІТ 6.171.00.10.413 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		15

пристроями. Він використовує дві лінії для передачі даних - SDA (Serial Data Line) та SCL (Serial Clock Line). Це дозволяє передавати дані з високою швидкістю та знижує кількість проводів, необхідних для забезпечення зв'язку між пристроями.

Дисплей відображає графічну інформацію, включаючи тексти та графічні зображення. Дисплей складається з багатьох пікселів, які можуть бути включені або вимкнені для створення текстової або графічної інформації.

2.3 Опис принципу роботи тактових кнопок

Тактові кнопки - це прості механічні пристрої, що використовуються для взаємодії з електронними системами. Вони працюють на принципі замикання контактів при натисканні на кнопку. При цьому генерується електричний сигнал, який може бути використаний для керування різними функціями пристрою. Тактові кнопки відрізняються за розміром, формою та кількістю контактів.

У пристрої, що розглядається, використовуються тактові кнопки з одним контактом. При натисканні на кнопку з'єднуються контакти, що призводить до замикання електричного кола і генерації сигналу. Цей сигнал зчитується мікроконтролером, який обробляє його і виконує певну дію. Наприклад, натискання на кнопку може призвести до зміни режиму роботи пристрою або виконання іншої команди.

Оскільки тактові кнопки відрізняються за розміром та формою, вони можуть бути інтегровані в різні пристрої. У даному пристрої використані кнопки з низьким профілем, що дозволяє їх використання в компактних пристроях.

					ЕЛІТ 6.171.00.10.413 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		16

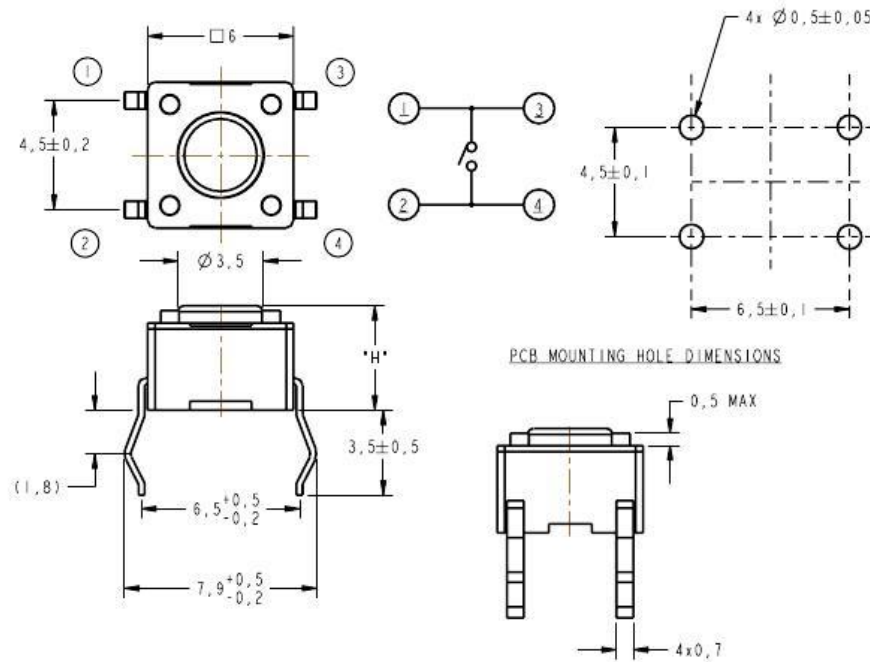


Рисунок 6 – Схематичний вид тактової кнопки

Узагальнюючи, тактові кнопки є дуже поширеними елементами у багатьох електронних пристроях, від простих пультів дистанційного керування до складних систем управління промисловим обладнанням. Вони є надійними та простими в експлуатації, що робить їх популярними серед виробників електроніки.

2.4 Огляд мікросхеми стабілізації напруги LM7805

LM7805 є лінійною мікросхемою стабілізації напруги, що використовується для стабілізації постійної напруги в діапазоні від 7 до 35 вольт (насправді нижня границя діапазону має бути не меншою ніж 5 В) до 5 вольт. Це дуже поширений інтегральний пристрій, що використовується в багатьох електронних пристроях.

Мікросхема стабілізації напруги LM7805 була розроблена в 1970 році американською компанією National Semiconductor. Вона стала першим

						ЕЛІТ 6.171.00.10.413 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата			17

популярним стабілізатором напруги на ринку електронних компонентів і досі є однією з найбільш поширених мікросхем у своєму класі.

Перші версії мікросхеми були створені для застосування в промислових приладах та військових системах, де важливо було забезпечити стабільну роботу обладнання в умовах високих температур та електричних перепадів.

Згодом, з поширенням використання електроніки в більш широкому спектрі пристроїв, мікросхема LM7805 стала надзвичайно популярною серед інженерів. Сьогодні ця мікросхема застосовується в різноманітних пристроях, від блоків живлення комп'ютерів до радіоаматорських проектів.

LM7805 має форму корпусу TO-220, що дозволяє йому відводити тепло від підсилювача стабілізатора. Основним елементом стабілізатора є внутрішній операційний підсилювач зі зворотним зв'язком, який порівнює вихідну напругу з потенціометром, який відповідає за задану вихідну напругу. Якщо вихідна напруга перевищує задану величину, вихідний транзистор згортає напругу з входу до виходу, щоб зменшити вихідну напругу.

LM7805 має вбудований захист від перевантаження та перевищення температури. Якщо струм споживання вихідної навантаження занадто великий або температура пристрою занадто висока, він автоматично відключає вихідний транзистор, щоб запобігти пошкодженню пристрою.

LM7805 має кілька пінів, які відповідають за різні функції. Вхідний пін є вхідним контактом для постійної напруги, що потребує стабілізації. Вихідний пін є вихідним контактом для стабілізованої напруги 5 В. Земляний пін є заземлюючим контактом.

Принципова схема мікросхеми LM7805 зображена на рисунку 7.

					ЕЛІТ 6.171.00.10.413 ПЗ	Арк.
						18
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

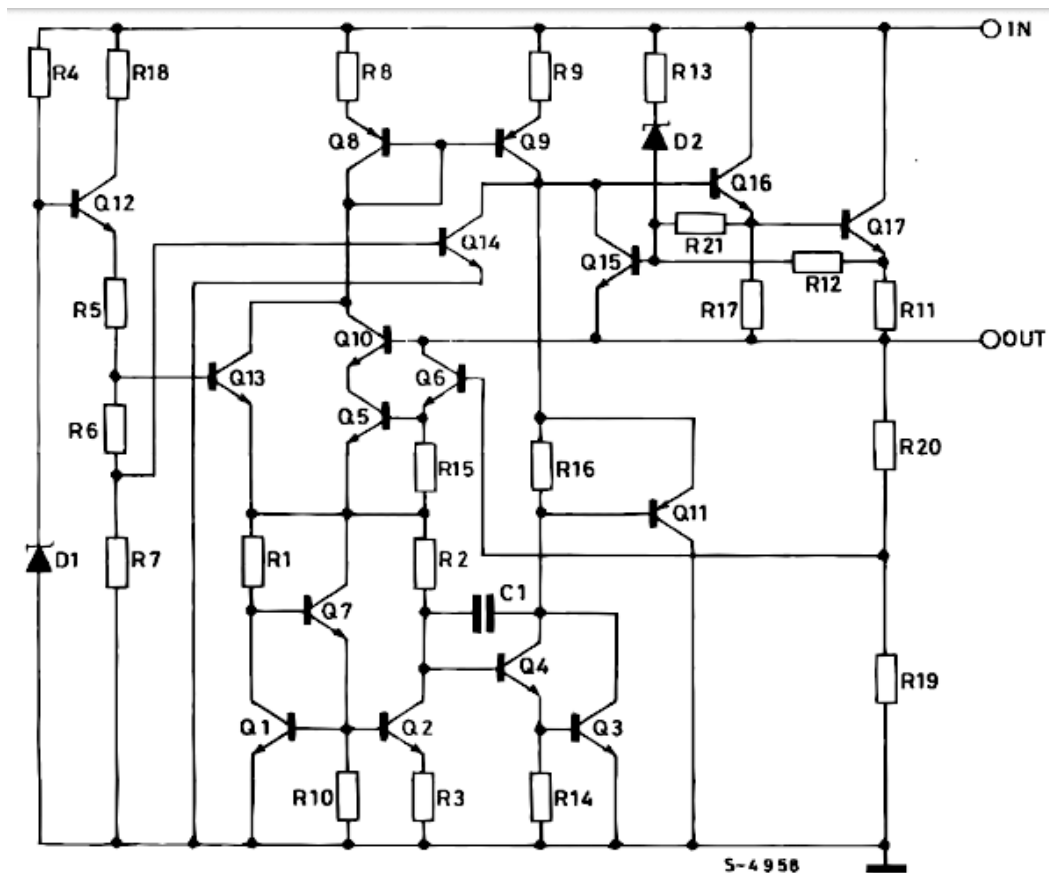


Рисунок 7 – LM7805: Принципова схема

2.5 Огляд технологій забезпечення живлення мікроконтролера та інших елементів системи

Всі елементи системи потребують живлення в 5 вольт постійного струму. Звичайно деякі модулі можуть працювати і від більш низької напруги, наприклад OLED має робочий діапазон напруги від 3.3 вольт до 5 вольт. Однак, для того щоб стандартизувати значення джерела було обрано напругу постійного струму 5 В.

Для отримання стабільних 5 В постійного струму з мережі 230 В буде застосована стандартна технологія, яка використовується в будь-якому блоці живлення: зменшення напруги за допомогою трансформатора, випрямлення та стабілізація напруги

					ЕЛІТ 6.171.00.10.413 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		19

-Трансформатор зменшує напругу близько до 7 В, забезпечує гальванічну ізоляцію між вхідним та вихідним колами, що забезпечує безпеку та захист від електричного шуму.

-Діодний міст перетворює змінний струм в постійний, забезпечуючи збереження піку напруги на рівні приблизно 7 В.

-Конденсатор фільтрує постійний струм, забезпечуючи гладку хвилі напруги.

-Регулятор напруги LM7805, який детальніше був описаний в попередньому розділі, стабілізує напругу на вихідному колі на постійні 5 В.

Але для того, щоб визначити номінали елементів схеми, спочатку треба знати максимальну можливу потужність яку споживає система.

Формула потужності:

$$P = UI \text{ (Вт)}$$

Напруга після стабілізація:

$$U = 5 \text{ (В)}$$

1. Atmega 328p: споживає в середньому 20 мА, але в максимальному режимі роботи може споживати до 200 мА.

$$I_1 = 0.2 \text{ А}$$

2. OLED дисплей 0.96 І2с: споживання струму залежить від яскравості дисплею. При нормальному режимі роботи він споживає від 15 до 30 мА, але в максимальному режимі може споживати до 60 мА.

$$I_2 = 0.06 \text{ А}$$

					ЕЛІТ 6.171.00.10.413 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		20

3. DHT11: споживає від 1 до 3 мА в залежності від режиму роботи.

$$I_3 = 0.003 \text{ A}$$

4. Два реле постійного струму моделі SRD-5VDC-SL-C: кожне реле в максимальному режимі споживає до 80 мА.

$$I_4 = 0.08 \text{ A}$$

Слід також згадати втрати енергії на резисторах, підключених між пінами датчика та дисплея. Споживання струму резисторами незначне і залежить від їхнього опору. При опорі в 10кОМ споживання може сягати до 0.0005 А. Отже, втратами на опорах можна нехтувати.

Таким чином:

$$I_{\max} = I_1 + I_2 + I_3 + I_4 = 0.343 \text{ A}$$

$$P_{\max} = I_{\max} * U = 5 * 0.343 = 1.715$$

Для отримання надійного блоку живлення трансформатор не слід навантажувати більше ніж на 70%. Тобто:

$$P_t = P_{\max} / 70\% * 100\% = 1.715 / 70\% * 100\% = 2.45 \text{ (Вт)}$$

Округливши значення в більшу сторону отримуємо, що потужність трансформатора, для надійної роботи блоку живлення, має бути не меншою ніж $P_t = 3 \text{ (Вт)}$

Наступний крок – розрахунок номіналів діодів, необхідних для створення діодного моста.

					ЕЛІТ 6.171.00.10.413 ПЗ	Арк.
						21
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Для розрахунку номіналів діодів в діодному мості необхідно знати наступні параметри: максимальний струм та максимальна зворотна напруга діода. Максимальний струм відомий та наведений вище.

Максимально зворотна напруга визначається за формулою:

$$U_{зв} = U_T * \sqrt{2} - U_f, \text{ де}$$

U_T – напруга на виході трансформатора (напруга на вторинній обмотці трансформатора)

U_f – напруга переносу на діоді, цей параметр залежить від матеріалу, з якого виготовлений діод. Для кремнієвих діодів $U_f = 0.7 \text{ В}$.

$U_T = 7 \text{ В}$, таке значення підходить для стабілізатора напруги LM7805

Таким чином:

$$U_{зв} = 7 * 1.4 - 0.7 = 9.1 \text{ (В)}$$

В результаті, кремнієвий діод, який задовольняє умови будуть діоди серії 1N4*** або аналоги, але з не меншими значеннями критичних параметрів. Непоганий варіант для малопотужних пристроїв - 1N4007, з максимальним струмом в 1А та зворотною напругою 700 В.

Наступний крок – визначення типу конденсатору та значень його необхідних характеристик. Так, як струм буде постійний після випрямлення через діодний міст, то конденсатор має бути полярним. Основні характеристики необхідного конденсатору – це ємність та робоча напруга.

Через те, що випрямляч двохнапівперіодний, то для розрахунку ємності конденсатора використовується формула:

$$C = 3200 * I_{max} / (U_T * K_p), \text{ мкФ}$$

де K_p – коефіцієнт пульсації, від 1 до 0,0001 %. Де «1» - для пристроїв чутливим до струму, а 0,0001 – для чутливих пристроїв. Для даного проекту буде достатньо 0,1

					ЕЛІТ 6.171.00.10.413 ПЗ	Арк.
						22
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Отже:

$$C = 3200 * 0.343 / (7 * 0.1) = 1568 \text{ (мкФ)}$$

Робоча напруга має бути вища ніж напруга на виході діодного мосту, тобто не менше 7 Вольт.

Оскільки немає задовольняючих потреб конденсаторів, то найкраще рішення – це паралельне з'єднання двох конденсаторів, адже за правилом паралельного з'єднання ємність конденсаторів:

$$C_{\text{заг}} = C_1 + C_2 + \dots C_n$$

Тоді можна обрати два конденсатори ємністю 470 та 1000 мкФ, з робочою напругою в 16 В та з'єднати їх паралельно:

$$C_{\text{заг}} = 1000 + 470 = 1470 \text{ (мкФ)}$$

Отримане значення близьке до необхідного.

В результаті отримали напругу постійного струму в 7 Вольт.

Наступним кроком буде стабілізація напруги до 5 В для отримання стабільного живлення системи. Як було сказано раніше для цього застосуємо популярну мікросхему LM7805 в транзисторному корпусі ТО-220.

Підключення LM7805 елементарне: середня ніжка відповідає за мінусовий контакт, ніжка ліворуч – вхід випрямляча, ніжка праворуч – вихід з стабілізованою напругою $U_c = 5 \text{ В}$.

Але для додаткової фільтрації сигналу на виході стабілізатора додатково встановлено конденсатор ємністю 470 мкФ.

Тоді, загальна схема живлення системи буде мати вигляд:

					ЕЛІТ 6.171.00.10.413 ПЗ	Арк.
						23
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

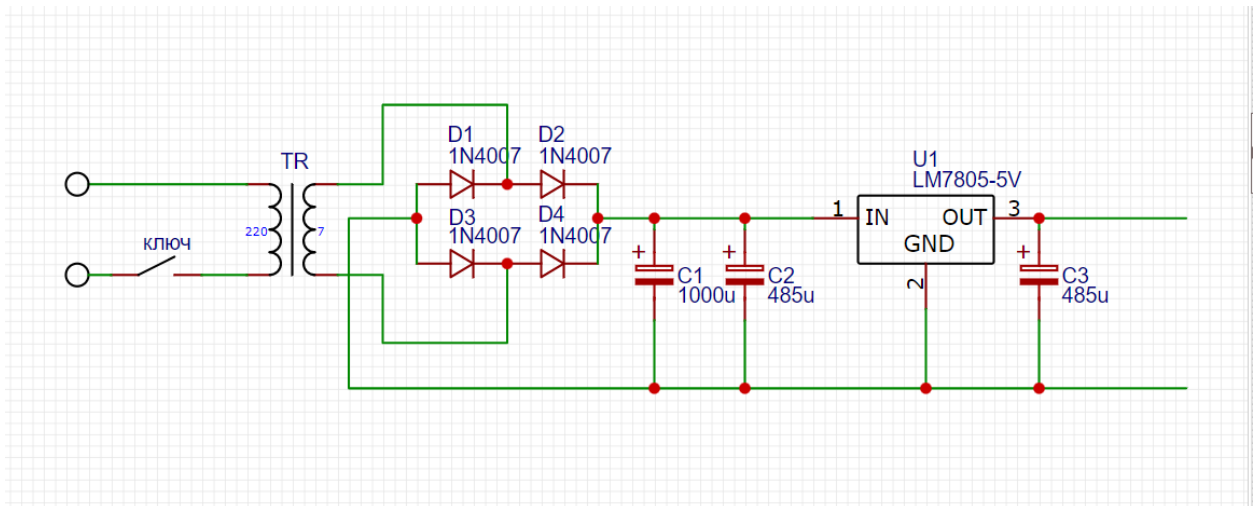


Рисунок 8 – Принципова схема живлення системи

2.5 Опис принципу роботи електромагнітного реле

Електромагнітне реле є пристроєм, який використовує електромагнітну силу для перемикання контактів. Реле складається з двох основних частин: котушки та контактного блоку.

Котушка складається з провідної намотки, яка розміщена на феромагнітному сердечнику. Коли котушка підключена до джерела живлення, через неї протікає струм, що створює магнітне поле, яке приводить до протягування контактного блоку.

Контактний блок складається з набору контактів, які зазвичай знаходяться в двох станах - відкритому і закритому. Коли котушка реле не підключена до джерела живлення, контакти реле знаходяться в одному зі станів, зазвичай - відкритому. Однак, коли котушка реле підключена до джерела живлення та створюється магнітне поле, контактний блок перемикається в інший стан, в результаті чого контакти реле переходять в інший стан.

Реле може бути використано для перемикання великих електричних навантажень, таких як обігрівачі, насоси, тощо. Оскільки реле можна

					ЕЛІТ 6.171.00.10.413 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		24

керувати за допомогою низьковольтних сигналів, його можна використовувати для керування високовольтними пристроями.

В даному проекті використані модулі реле, які являють собою розпаяне електромеханічне реле SRD-5VDC-SL-C на текстоліті з додаванням діода для індикації та контактної площадки для зручного підключення модулю як до пінів МК, так і для зовнішніх пристроїв.

Зовнішній вигляд модулю реле можна розглянути на рисунку 9.

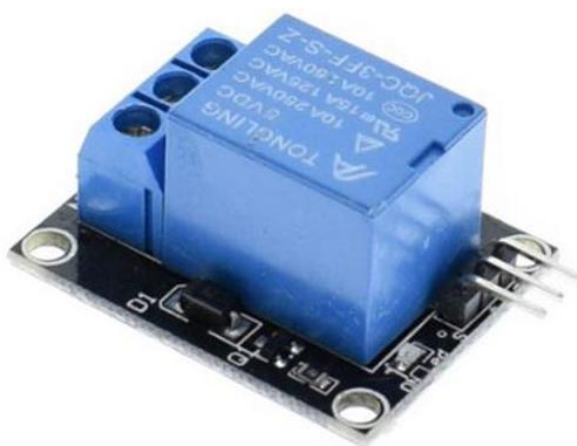


Рисунок 9 – Зовнішній вигляд модуля реле

					ЕЛІТ 6.171.00.10.413 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		25

3. РОЗРОБКА АПАРАТНОЇ ЧАСТИНИ

3.1 Загальний алгоритм роботи системи

Для проектованого пристрою було розроблено алгоритм функціонування:

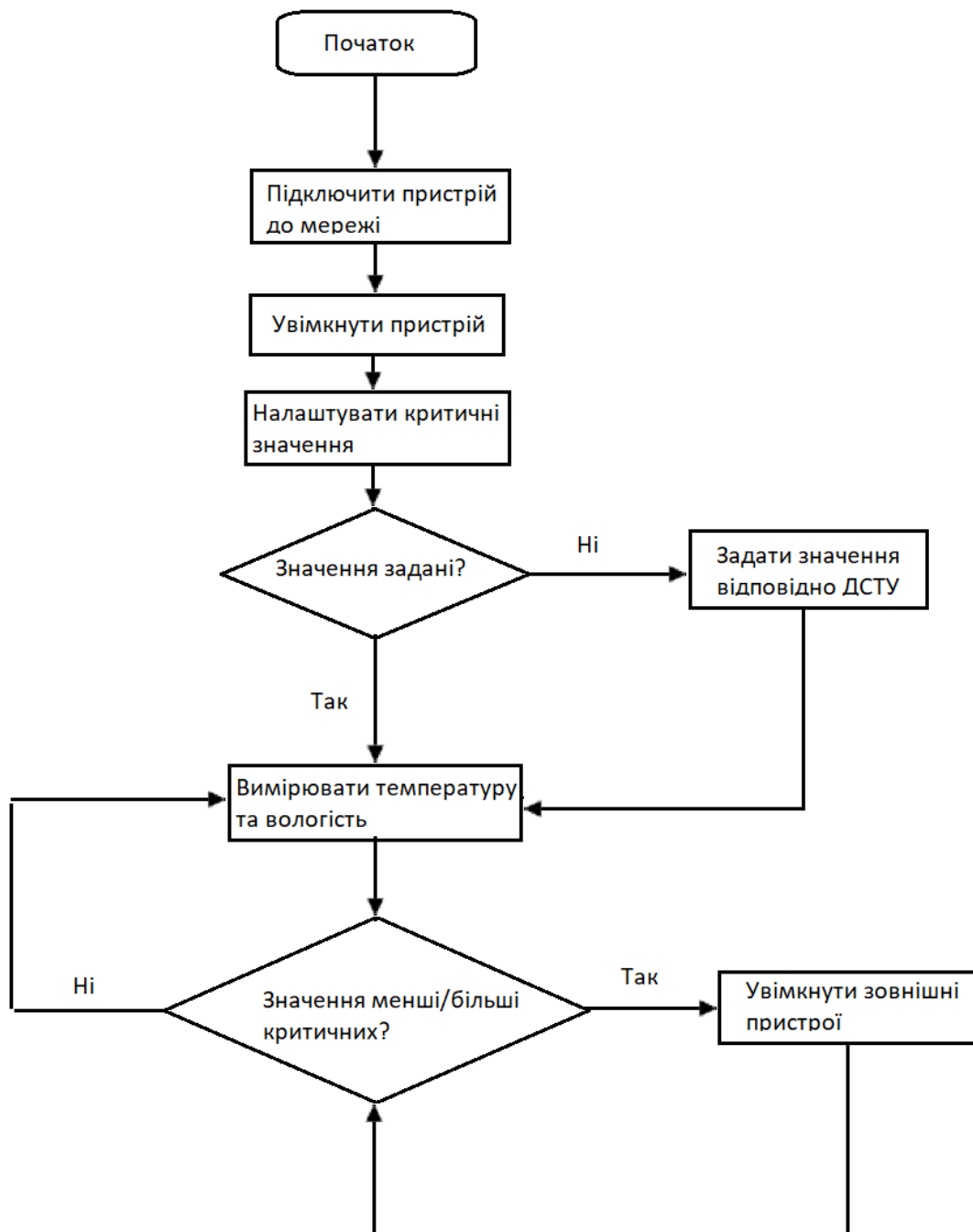


Рисунок 10 – Алгоритм функціонування

Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

Такий алгоритм функціонування дозволяє забезпечити надійну та точну роботу пристрою з можливістю швидкої реакції на критичні значення температури та вологості.

3.2 Створення живлення з перетворювача 220 В змінного струму на постійний 5 В

В першу чергу придбав всі необхідні елементи для створення блоку живлення (рисунок 11).



Рисунок 11 – Компоненти живлення системи

Окремо слід відмітити трансформатор, адже його потужність більше ніж 3 Вт. Але так як інших варіантів з необхідною вихідною напругою не знайшлося, то дана модель буде використана для розробки (рисунок 12).

					ЕЛІТ 6.171.00.10.413 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		27

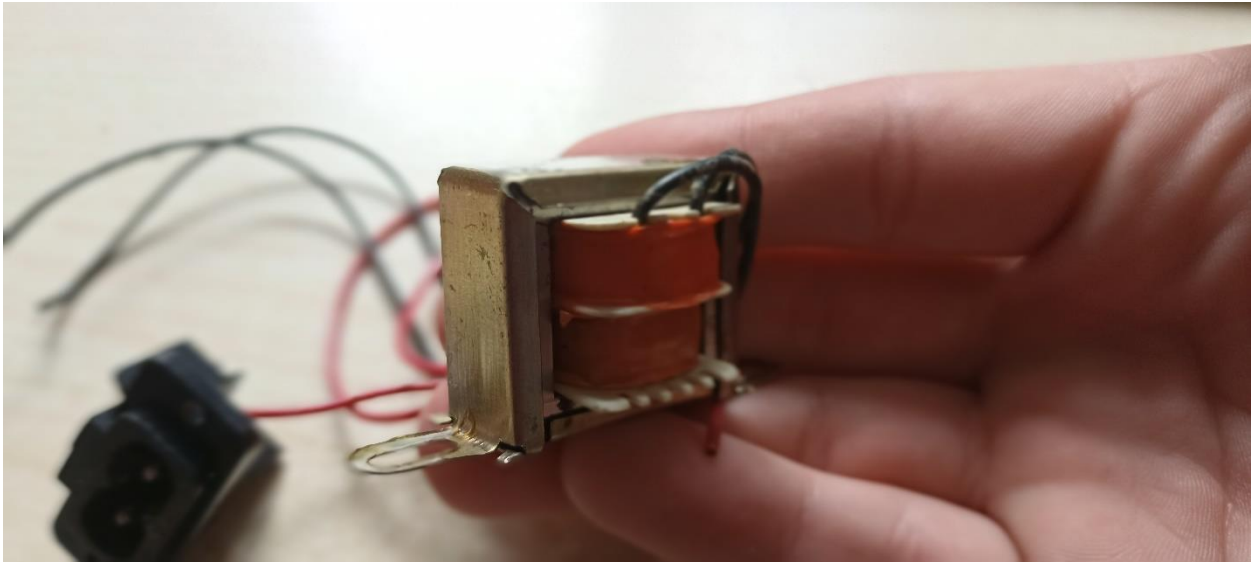


Рисунок 12 – Зовнішній вигляд наявного трансформатора

Збірка приладу, для зручності тестування, буде зроблена на макетній платі з використанням спеціальних з'єднувальних проводів. Зовнішній вигляд макетної плати зображено на рисунку 13.

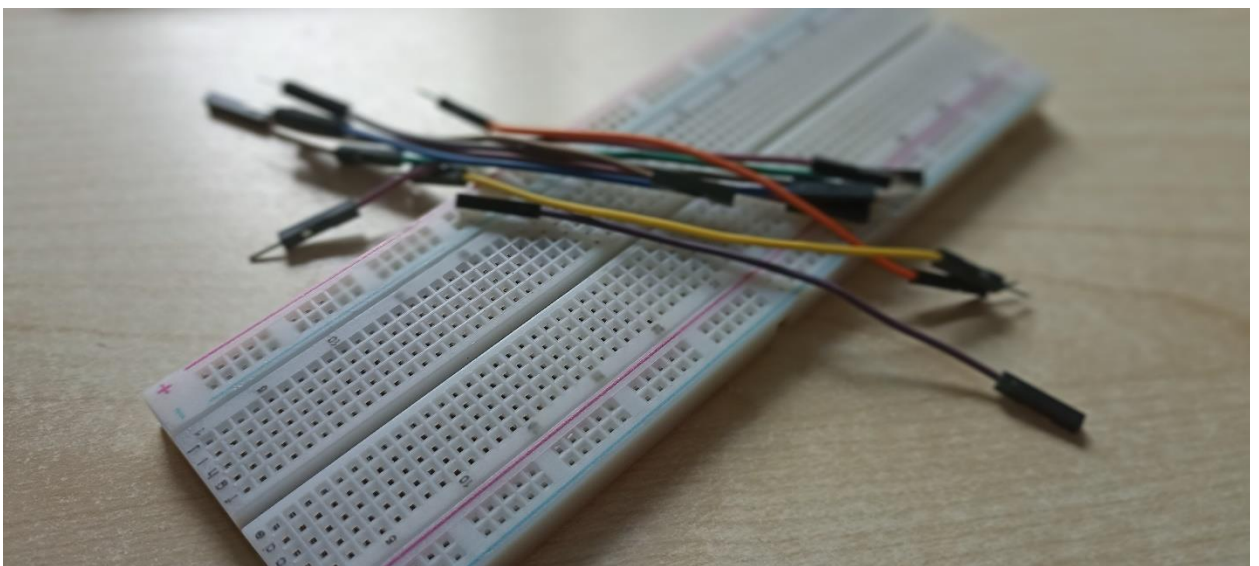


Рисунок 13 – Макетна плата з проводами

В першу чергу слід переконатися, що на вторинній обмотці трансформатора є необхідні 7 Вольт змінного струму. Для цього підключив первинну обмотку до мережі та виміряв необхідну напругу:

					ЕЛІТ 6.171.00.10.413 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		28

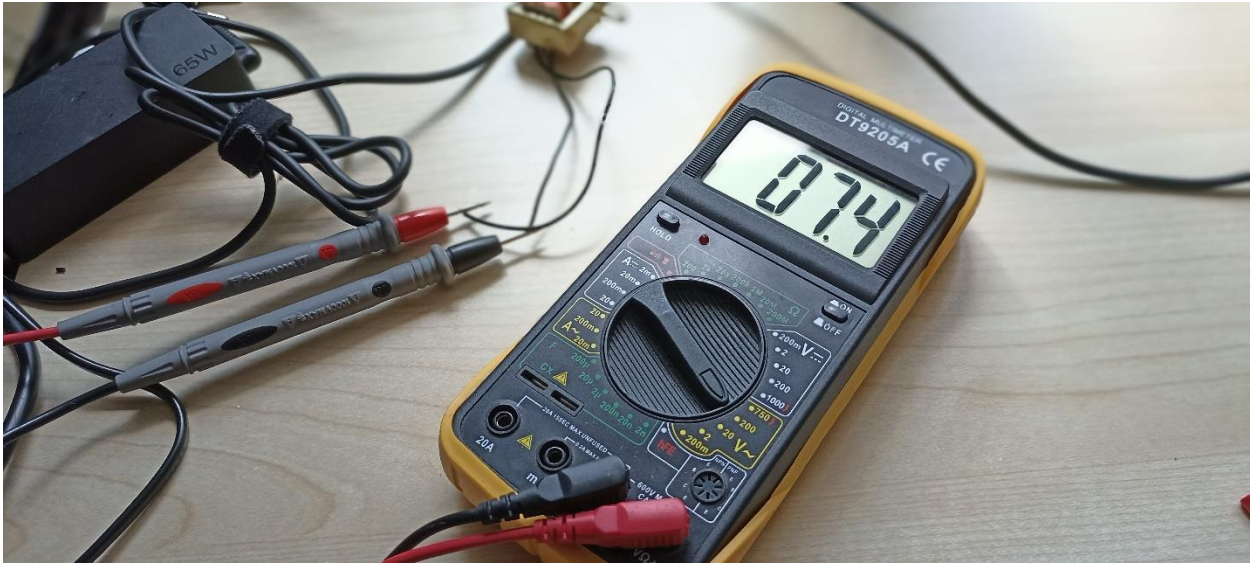


Рисунок 14 – Виміряне значення напруги на вторинній обмотці трансформатора

Середнє значення після кількох вимірів:

$$U_t = 7.4 \text{ В}$$

Встановимо контакти вторинної обмотки на макетну плату. Додаємо діодний міст на основі кремнієвих діодів моделі ІН 4007 та згладжувальні конденсатори, виміряємо напругу на виході. Результати виміру можна побачити на рисунку 15.

Отримали 10.53 Вольт постійного струму. Підвищення напруги з 7-ми В пов'язане з накопиченням заряду конденсаторами. Тобто, в загальному вигляді напруга падає на, приблизно 2.8 В на діодному мості, а потім підвищується завдяки зарядам конденсаторів.

					ЕЛІТ 6.171.00.10.413 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		29

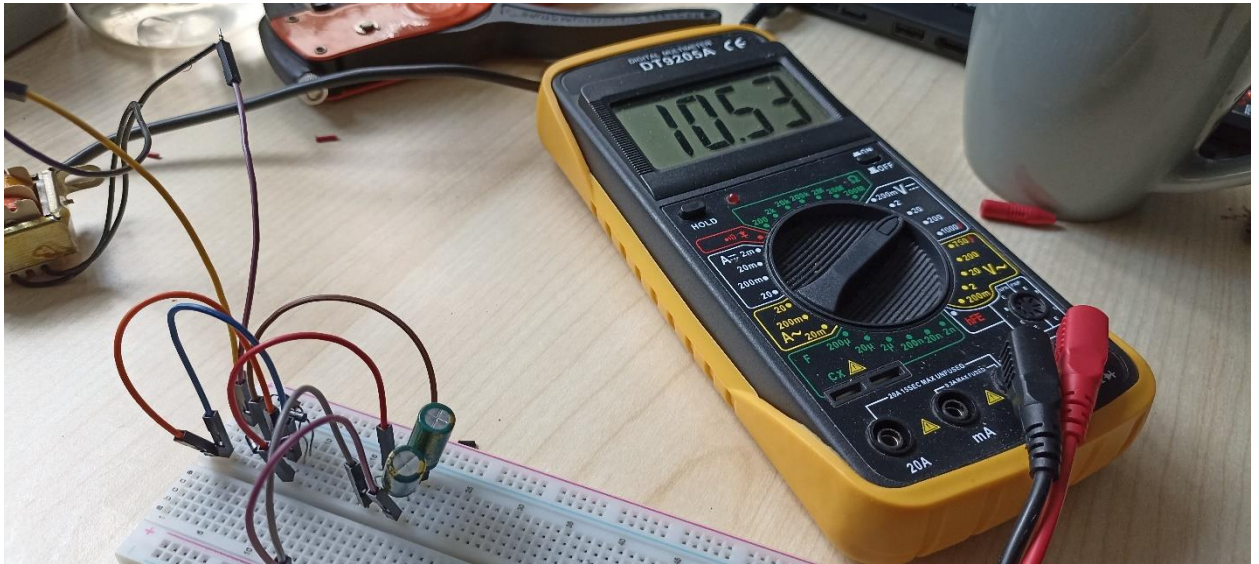


Рисунок 15 – Показники напруги на виході діодного моста

Але в результаті таке значення напруги буде задовільне, оскільки отримане значення входить в діапазон стабілізації.

Підключимо мікросхему LM7805. Результат зображено на рисунку 16.



Рисунок 16 – Вимірювання стабілізованої напруги

Отримали значення напруги в 5.02 Вольт, що задовольняє умови.

					ЕЛІТ 6.171.00.10.413 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		30

3.3 Підключення датчика DHT11 до мікроконтролера

Для підключення датчика DHT11 до мікроконтролера необхідно знати, що він має 3 основні піни:

- GND
- VCC
- Data

Існує і 4-й пін NC, але, як було розглянуто раніше, він не потребує підключення, так як не має особливого призначення.

Перш за все необхідно підключити датчик до живлення, що може бути здійснене через пін VCC та GND на датчику, використовуючи відповідні піни на мікроконтролері.

Пін «Data» підключимо до 13-го цифрового піна мікроконтролера.

Між плюсом та мінусом датчика встановимо конденсатор для додаткового згладжування сигналу. Достатньо буде конденсатора ємністю 10 мкФ.

Для забезпечення стабільного живлення датчику рекомендується використовувати напругу живлення рівною 3.3 Вольта.

Для цього використав лінійний стабілізатор напруги AMS1117 з трьома пінами:

- GND
- Vin
- Vout

Де Vout підключено до Vcc піна датчика DHT11.

					ЕЛІТ 6.171.00.10.413 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		31

3.4 Підключення OLED-дисплею до мікроконтролера

Підключення OLED-дисплею до мікроконтролера вимагає кількох кроків, включаючи підключення землі та живлення, встановлення правильних адрес з допомогою інтерфейсу I2C та ініціалізацію дисплею.

Для початку, OLED-дисплей підключається до мікроконтролера через двох провідний інтерфейс зв'язку I2C. Цей інтерфейс складається з двох проводів - SDA (дані) та SCL (годинник) - які підключаються до відповідних пінів мікроконтролера.

Для підключення OLED-дисплею також необхідно підключити провід землі та провід живлення до відповідних пінів мікроконтролера. Так як живлення буде загальне для всіх модулів (+5 Вольт), то підключення також відповідно буде до +5 Вольт та землі (GND).

Крім того, для роботи з OLED-дисплеєм необхідно ініціалізувати його. Це включає налаштування режиму роботи, яскравості та контрастності дисплею, а також розміру та місцезнаходження тексту та графіки на дисплеї. Ініціалізацію OLED-дисплею можна виконати за допомогою бібліотеки для роботи з дисплеєм. Більшість бібліотек є повністю доступними для використання та знаходяться у вільному доступі в інтернет-мережі.

Між пінами «+» та «-» також встановив конденсатор малої ємності для додаткової фільтрації.

Для економії живлення системи запропоновано відключення дисплею в режимі простою, та його включення після натискання на одну з кнопок або під час сигналу про перевищення критичних значень.

Для цього обрано MOSFET (польовий) транзистор IRF3205. Транзистор має набагато більший запас по струму, ніж того вимагає OLED дисплей. Але для можливих майбутніх апгрейдів дисплею був обраний саме цей транзистор, який має наступні характеристики:

- Напруга сток-витік $U_{си}$ (max): 55В
- Струм сток-витік при 25 С $I_{си}$ (max): 110А

					ЕЛІТ 6.171.00.10.413 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		32

- Напруга затвор - витік $U_{зи}$ (max): $\pm 20V$
- Опір каналу у відкритому стані $R_{си}$: 8 мОм
- Потужність $R_{си}$ (max): 200Вт
- Крутизна характеристики : 44S
- Порогове значення напруги на затворі: 2...4В
- Корпус: TO-220AB

Щодо підключення: ліва ніжка транзистора до цифрового піна мікроконтролера, права ніжка – загальна земля (GND), середня ніжка – мінус OLED дисплею.

Між лівою ніжкою та піном мікроконтролера встановлено резистор в 100 Ом для захисту цифрового піна, між затвором та витоком – резистор на 10 кОм як захист від замкнення електричного кола.

Керування польовим транзистором виконується цифровим піном 11.

Схему підключення можна оглянути на рисунку 17.

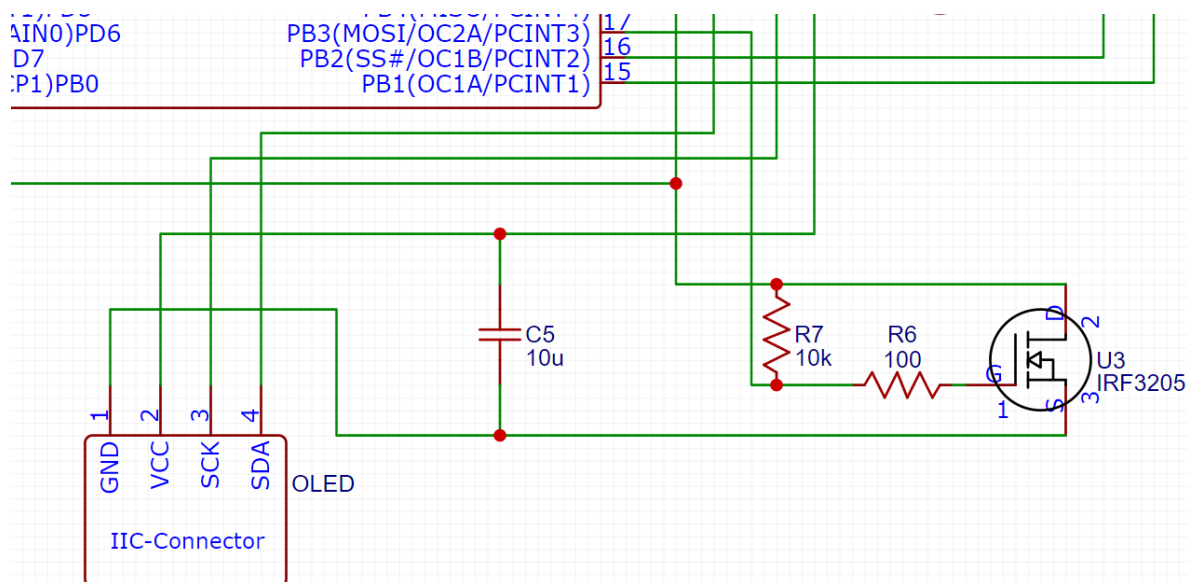


Рисунок 17 – Схема підключення дисплею до мікроконтролера

				ЕЛІТ 6.171.00.10.413 ПЗ		Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		33

3.5 Підключення кнопок та інших елементів до мікроконтролера

Підключення кнопок являє собою замикання GND на певний цифровий пін (оскільки використовується функція «INPUT_PULLUP»). Між землею та контактом кнопки встановлено захисний резистор на 10кОм.

Додатково, для індикації роботи системи, встановлено два світлодіода зеленого та червоного кольорів.

Для обмеження струму встановлені резистори опорами 270 Ом. Ці номінали були розраховані наступним чином:

Обчислимо значення напруги на резисторі, що гасить, для цього нам потрібно знати падіння напруги на світлодіоді, це можна з'ясувати за довідником для конкретного світлодіода.

Приблизні значення падіння напруги:

- Червоні світлодіоди 1.8...2 В
- Зелені 2...2.4 В

Розрахуємо напруги на світлодіодах:

Для червоного:

$$U_{d1} = U_{дж} - U_{п} = 5 - 2 = 3 \text{ В}$$

Для зеленого:

$$U_{d1} = U_{дж} - U_{п} = 5 - 2.4 = 2.6 \text{ В}$$

Додатково нам треба знати струм через світлодіод. Для малопотужних світлодіодів – це приблизно 20 мА (0.02 А)

Таким чином, за законом Ома, опори резисторів для світлодіодів будуть:

$$R_{ч} = U_{d1}/I = 3/0.02 = 150 \text{ Ом}$$

					ЕЛІТ 6.171.00.10.413 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		34

$$R_3 = U_d^2 / I = 2,6^2 / 0,02 = 130 \text{ Ом}$$

Для спрощення було взято два резистори номіналами 150 Ом.

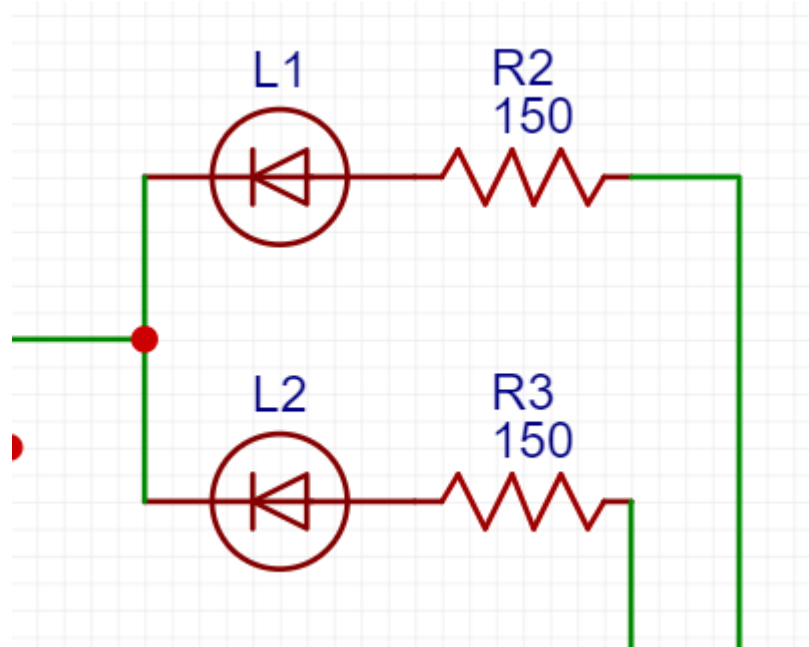


Рисунок 18 – Схема підключення світлодіодів

Що стосується модулів реле – то їх підключення наступне:

- GND до GND
- VCC до VCC
- Пін керування – до цифрових пінів мікроконтролера

3.6 Загальна принципова та структурна схеми системи

Структурна схема, відповідно до заданого алгоритму, буде мати вигляд:

					ЕЛІТ 6.171.00.10.413 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		35

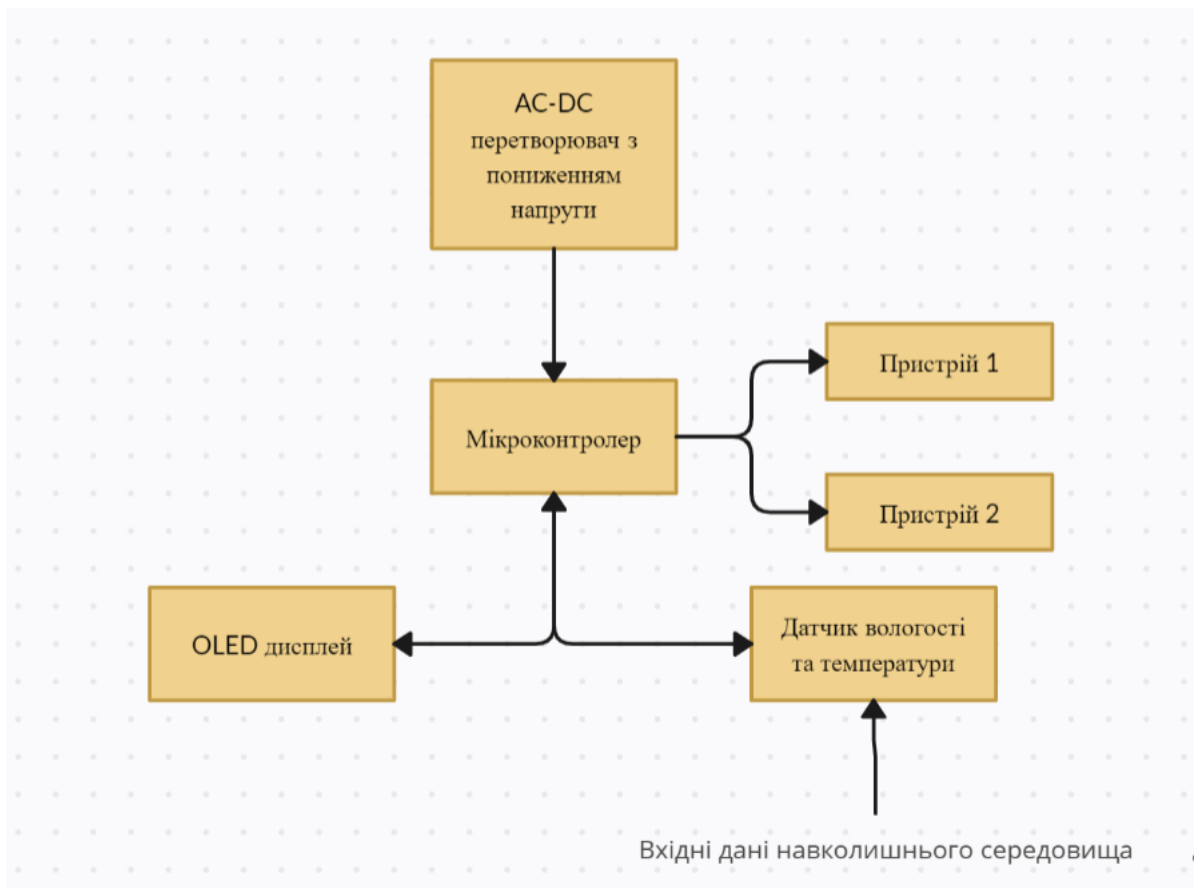


Рисунок 19 - Структурна схема системи

Беручи до уваги схему AC-DC конвертера можна скласти загальну принципову схему системи. Однак з невеликим доповненням: на вході системи додано ключ з вимиканням живлення (кнопку з фіксацією).

Отже, загальний вигляд принципової схеми з урахуванням номіналів кожного елемента зображено на рисунку 20.

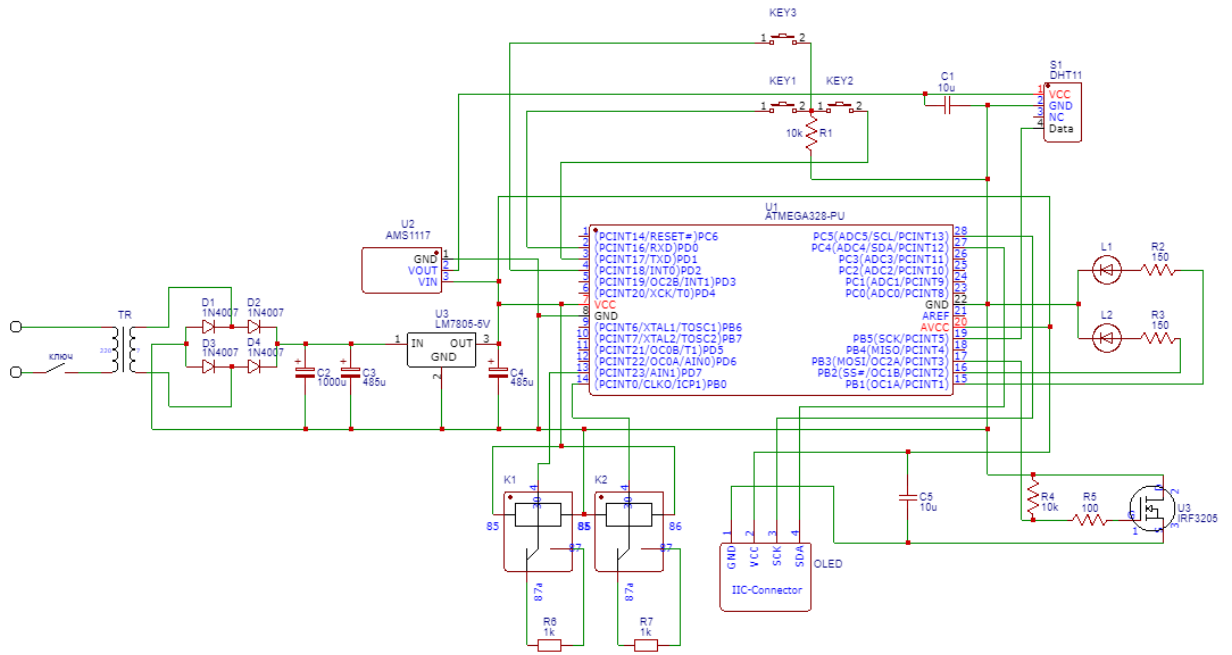


Рисунок 20 – Принципова електрична схема

Взявши до уваги основні компоненти складемо функціональну схему системи:

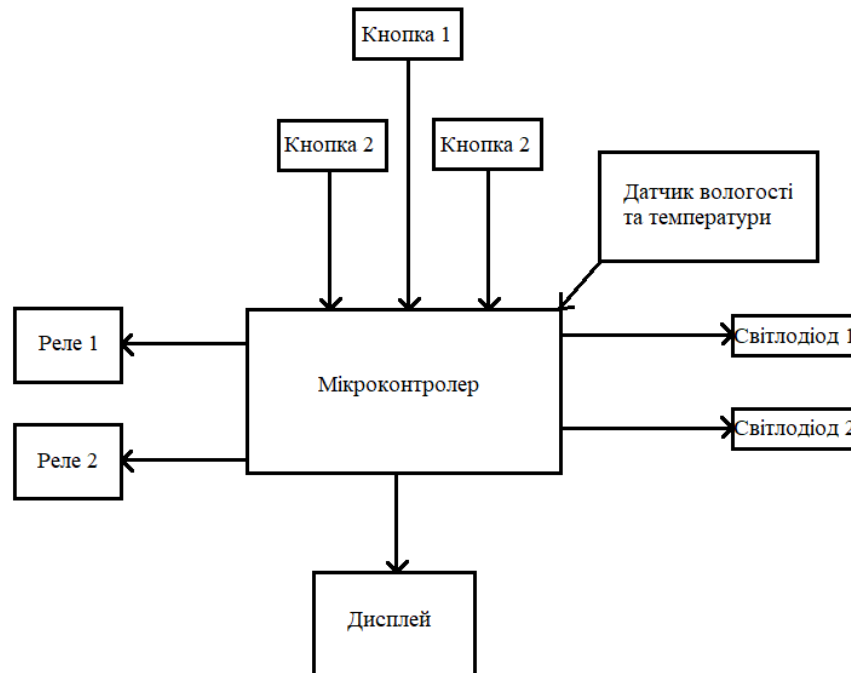


Рисунок 21 – Функціональна схема системи

4. ПРОГРАМНА РОЗРОБКА

4.1 Написання коду для взаємодії мікроконтролера з датчиком, OLED-дисплеєм та тактовими кнопками

Написання програмного коду відбулося в середовищі Arduino IDE, яке, завдяки певним бібліотекам, підтримує більшість існуючих мікроконтролерів сімейства AVR.

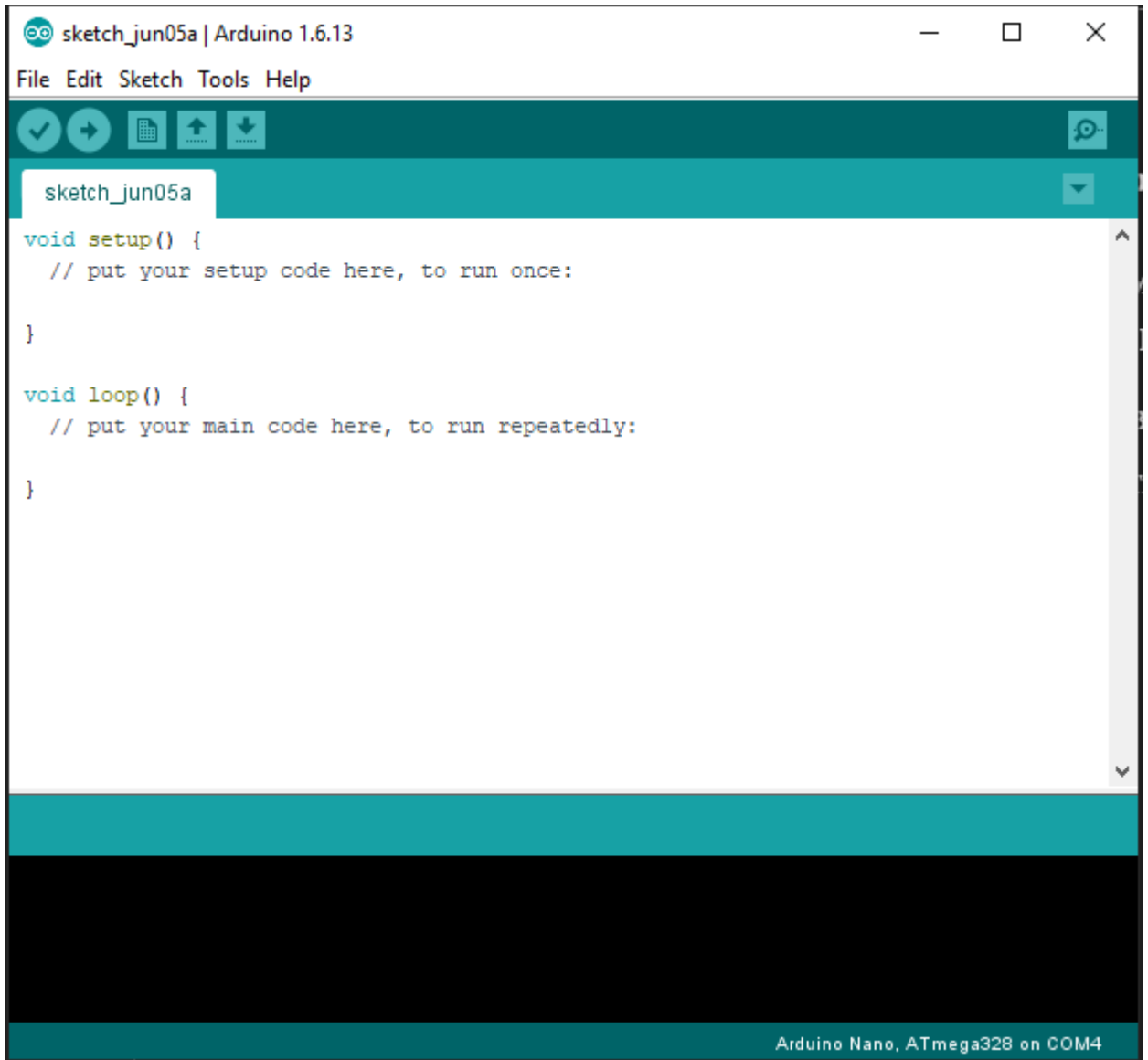


Рисунок 22 – Зовнішній вигляд середовища Arduino IDE

					ЕЛІТ 6.171.00.10.413 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		38

Для керування OLED дисплея та зчитування значень з датчика DHT11 були використані відповідні бібліотеки відкритого доступу:

OLED_I2C-master та DHT-sensor-library-1.3.8

Завдяки наданим прикладам був написаний необхідний програмний код.

Завантаження коду відбувалося через програматор USBASP версії V2.



Рисунок 23 – Загальний вигляд USBASP програматора

Розмістивши необхідні компоненти на макетній платі отримали готову систему, яка зображена на рисунку 24.

					ЕЛІТ 6.171.00.10.413 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		39

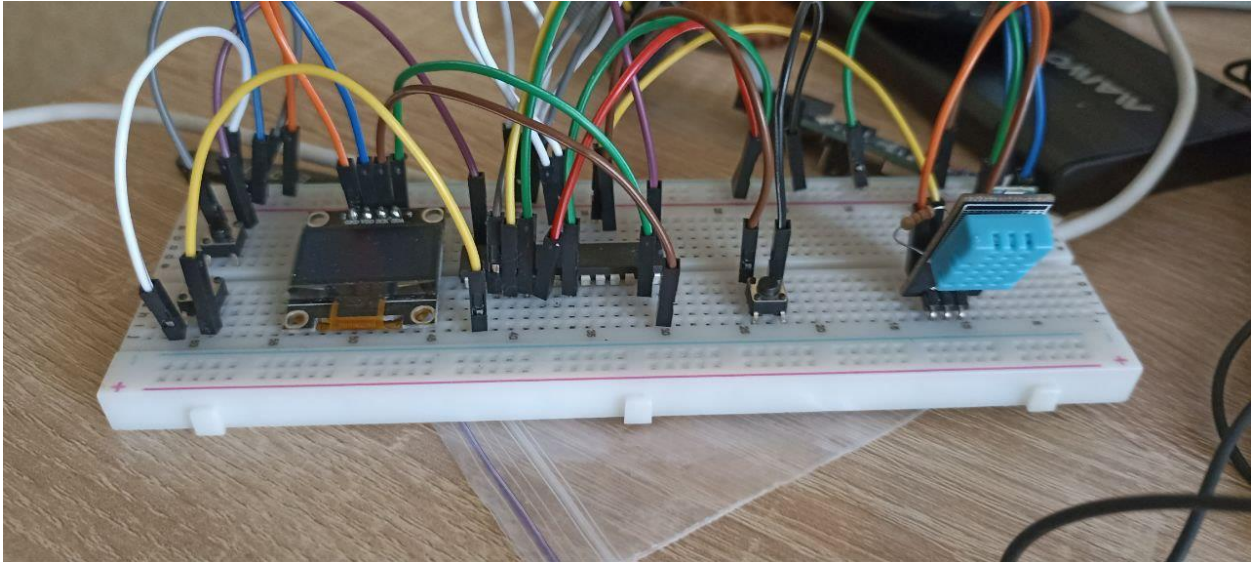


Рисунок 24 – Фото системи зібраної на макетній платі

					ЕЛІТ 6.171.00.10.413 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		40

5. ТЕСТУВАННЯ ТА РЕЗУЛЬТАТИ

5.1 Проведення тестів для перевірки роботи пристрою

Оскільки принцип роботи сигнальних пінів ідентичний, то проведено тестування з одним зовнішнім пристроєм: тепловим вентилятором.

При зміні вологості (її перебільшенні критичного значення) було реалізовано, що пристрій подає сигнали високого рівня на відповідний пін з електромагнітним реле, який в свою чергу вмикає тепловий вентилятор для сушіння повітря.

При цьому, вмикається червоний світлодіод біля дисплею, який виконує функції сповіщення про зміну клімату, при цьому зелений світлодіод перестає світитися.

Оскільки в наявності немає пристрою для обігріву або зволожувача повітря, то роботу іншого функціоналу було перевірено за допомогою вимірювання наявності високого сигналу на відповідних пінах.

5.2 Висновки про ефективність та доцільність використання розробленого пристрою

Розроблений пристрій здатний зчитувати дані про температуру та вологість за допомогою датчика DHT11. Це дозволяє забезпечити контроль над мікрокліматом у приміщенні, що може бути корисним у різних ситуаціях. Наприклад, він може бути використаний для забезпечення комфортних умов у житлових приміщеннях або контролю клімату у складських приміщеннях.

Проект містить OLED дисплей з діагоналлю 0,96 дюйма, який дозволяє зручно відображати отримані дані про температуру та вологість. Цей дисплей має високу контрастність та добре видимість навіть при невеликому розмірі, що забезпечує зручну інтерактивність з пристроєм.

Завдяки використанню мікроконтролера ATmega328p та вбудованого середовища Arduino IDE, розроблений пристрій стає досить простим у

					ЕлІТ 6.171.00.10.413 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		41

використанні та програмуванні. Це дозволяє навіть людям без значного досвіду в розробці пристроїв легко освоїти його та змінювати функціонал за потребою.

Ремонтопридатність: у разі виходу зі строю певного компонента або модуля користувач може виконати самостійну заміну, оскільки в системі використані досить поширені та недорогі компоненти.

					ЕлІТ 6.171.00.10.413 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		42

ВИСНОВКИ

Розроблений пристрій на основі мікроконтролера ATmega328p та датчика DHT11 є ефективним і доцільним рішенням для контролю мікроклімату. Він забезпечує точне вимірювання температури та вологості, що дозволяє користувачам забезпечити комфортні умови у різних приміщеннях. OLED дисплей дозволяє зручно відображати ці дані, а простота використання та програмування робить пристрій доступним для широкого кола користувачів.

Завдяки гнучкості та розширюваності пристрою, в нього можуть бути додані додаткові функції або забезпечено взаємодію з іншими пристроями.

Загалом, розроблений пристрій є успішним результатом дослідження та розробки, який може знайти практичне застосування в різних областях, пов'язаних з контролем мікроклімату: як житлові приміщення, так і комерційні.

Завдяки модульності та певного запасу по потужності пристрій можна вдосконалити. Конкретно:

1. Збільшити кількість сенсорів. Завдяки наявності запасних цифрових пінів можна додати додаткові датчики вологості та температури, для забезпечення більшої точності або присутності більше ніж одного приміщення
2. Можливо виконати заміну датчика DHT11 на більш точний DHT22, при тому для взаємозаміни фактично нічого не треба робити (лише зміна типу датчика на початку програмного коду)
3. Заміна дисплею на більший. Завдяки керуванню живлення за допомогою польового транзистора та запасу по пам'яті (використано близько 40 % доступної пам'яті мікроконтролера) можлива заміна дисплею на більший та потужніший.

					ЕЛІТ 6.171.00.10.413 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		43

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Monk, S. Programming with Arduino: навчальний посібник. Sebastopol : O'Reilly Media, 2016. - 352 с.
2. Kernighan B. W., Ritchie D. M. The C Programming Language: науково-технічний посібник. - Prentice Hall, 1988. - 274 с.
3. Barrett S. F. Atmel AVR Microcontroller Primer: Programming and Interfacing: навчальний посібник. - Morgan & Claypool Publishers, 2012. - 350 с.
4. radio-lis. //Інтернет-журнал. URL: <https://radiolis.pp.ua/> (дата звернення: 12 травня 2023).
5. Radio Prog. //Інтернет-журнал. URL: <https://radioprogram.ru/> (дата звернення: 12 травня 2023).
6. Technical Scientist RM. //Веб-сайт. URL: <https://www.technicalscientistrm.com/> (дата звернення: 14 травня 2023).
7. Joyta: все для радіолюбителя //Веб-сайт . URL: <http://www.joyta.ru/> (дата звернення: 14 травня 2023).
8. Mini-Tech. //Інтернет-магазин. URL: <https://www.mini-tech.com.ua/> (дата звернення: 15 травня 2023).
9. Radiostorage.net: радіоелектроніка, схеми, статті та програми для радіолюбителів. //Веб-сайт. URL: <http://www.radiostorage.net/> (дата звернення: 21 травня 2023).
- 10.Заметки Ардуинщика.//Канал на YouTube (дата звернення: 25 травня 2023)

					ЕЛІТ 6.171.00.10.413 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		44

ДОДАТОК 1

Код програми

```
#define BTN_UP 5
#define BTN_DWN 6
#define BTN_OK 7
#define Red 4
#define Green 8
#define Device1 9
#define Device2 10
#define Device3 11
#define Device4 12

#include <OLED_I2C.h>
OLED myOLED(SDA, SCL, 8);
extern uint8_t SmallFont[];
extern uint8_t BigNumbers[];

#include "DHT.h"
#define DHTPIN 3
#define DHTTYPE DHT11
DHT dht(DHTPIN, DHTTYPE);

bool ex = true;
bool ex1 = false;
int critT = 0;
int critH = 0;

void setup()
```

```

{
  pinMode(Red, OUTPUT);
  pinMode(Green, OUTPUT);
  pinMode(BTN_UP, INPUT_PULLUP);
  pinMode(BTN_DWN, INPUT_PULLUP);
  pinMode(BTN_OK, INPUT_PULLUP);
  myOLED.begin();
  dht.begin();
  digitalWrite (Red, LOW);
  digitalWrite (Green, LOW);
  digitalWrite (Device1, HIGH);
  digitalWrite (Device2, LOW);
  digitalWrite (Device3, LOW);
  digitalWrite (Device4, LOW);
  myOLED.setFont(SmallFont);
}

void loop()
{
  while (ex1 == false)
  {
    myOLED.print("Setting mode", 28, 28);
    myOLED.print("-----", CENTER, 4);
    myOLED.print("-----", CENTER, 58);
    myOLED.update();
    delay(3000);
    myOLED.clrScr();
    critT = 0;
    critH = 0;
    ex1 = true;
  }
}

```



```

    ex = false;
}

while (ex == false)
{
    myOLED.setFont(BigNumbers);
    myOLED.printNumI (critH, 45, 5);
    myOLED.printNumI (critT, 45, 40);
    myOLED.setFont(SmallFont);
    myOLED.print("%", 77, 5);
    myOLED.print("*C", 77, 40);
    myOLED.update();

    if (!digitalRead(BTN_UP))
    {
        critH ++;
        delay(100);
        if (critH > 100)
        {critH = 0; myOLED.clrScr();}
        myOLED.update();
    }

    if (!digitalRead(BTN_DWN))
    {
        critT ++;
        delay(100);
        if (critT > 100)
        {critT = 0; myOLED.clrScr();}
        myOLED.update();
    }
}

```

```

if (critH > 100)
    {critH = 0; myOLED.clrScr();}
if (critT > 100)
    {critT = 0; myOLED.clrScr();}

if (!digitalRead(BTN_OK) && critT != 0 && critH != 0)
{
    ex = true;
}
if (!digitalRead(BTN_OK) && critT == 0 && critH == 0)
{
    critT = 24;
    critH = 50;
    ex = true;
}
}

float h = dht.readHumidity();
float t = dht.readTemperature();

myOLED.setFont(BigNumbers);
myOLED.printNumF(t, 1, 30, 40);
myOLED.printNumF(h, 1, 30, 5);
myOLED.setFont(SmallFont);
myOLED.print("*C", 90, 40);
myOLED.print("%", 90, 5);
myOLED.update();
myOLED.clrScr();

```

```
if (t >= (critT+3))
{
    digitalWrite (Red, HIGH);
    digitalWrite (Green, LOW);
    digitalWrite (Device1, HIGH);
}else if (t >= critT && t < (critT+3))
{
    digitalWrite (Red, LOW);
    digitalWrite (Green, HIGH);
    digitalWrite (Device1, LOW);
}
```

```
if (t <= (critT - 3))
{
    digitalWrite (Red, HIGH);
    digitalWrite (Green, LOW);
    digitalWrite (Device2, HIGH);
}else if (t <= critT && t > (critT-3))
{
    digitalWrite (Red, LOW);
    digitalWrite (Green, HIGH);
    digitalWrite (Device2, LOW);
}
```

```
if (h >= (critH+8))
{
    digitalWrite (Red, HIGH);
    digitalWrite (Green, LOW);
    digitalWrite (Device3, HIGH);
```

```

}else if (h >= critH && h < (critH+8))
{
digitalWrite (Red, LOW);
digitalWrite (Green, HIGH);
digitalWrite (Device3, LOW);
}

if (h <= (critH - 8))
{
digitalWrite (Red, HIGH);
digitalWrite (Green, LOW);
digitalWrite (Device4, HIGH);
}else if (h <= critH && h > (critH-8))
{
digitalWrite (Red, LOW);
digitalWrite (Green, HIGH);
digitalWrite (Device4, LOW);
}

if (!digitalRead(BTN_DWN) && !digitalRead(BTN_UP))
{
myOLED.clrScr();
myOLED.update();
ex1 = false;
}
}

```

Позн.	Найменування	Кіл.	Примітка
Конденсатори			
C1, C5	10 мкФ ± 10%	2	
C2	1000 мкФ ± 10%	1	
C3, C4	485 мкФ ± 10%	2	
Мікросхеми			
U2	AMS1117	1	
U3	LM7805-5v	1	
Мікроконтролери			
U1	ATMEGA328-PU	1	
Резистори			
R1, R4	10 кОм ± 5%	2	
R2, R3	150 Ом ± 5%	2	
R5	100 Ом ± 5%	1	
R6, R7	1 кОм ± 5%	2	
Діоди			
D1-4	1N4007	4	
Трансформатори			
TR	Силовий трансформатор змінного струму 220 В – 7 В	1	
Світлодіоди			
L1, L2	Малопотужні світлодіоди червоного та зеленого кольорів	2	
Кнопки			
KEY1-2	Низькопрофільні тактові кнопки	3	
Датчики			
S1	Датчик температури та вологості DHT11	1	
Дисплеї			
OLED	OLED дисплей діагоналю 0.96 дюйма, I2C		
Електромагнітне реле			
K1, K2	SRD-05VDC-SL-C 5B	2	

ЕЛІТ 6.171.00.10.413 ПЕ

Зм.	Арк	№ докум.	Підпис	Дата	Пристрій вимірювання та контролю мікроклімату	Літ.	Аркуш	Аркушів
Розроб.		Губін А.О.						
Перевір.		Д'яченко А. В.					1	1
Реценз.						СумДУ, гр. ЕС-11		
Н. Контр.		Гапич В. М.						
Затв.		Опнасюк А. С.						