

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ ТА НАУКИ УКРАЇНИ
СУМСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
КАФЕДРА ЕЛЕКТРОНІКИ І КОМП'ЮТЕРНОЇ ТЕХНІКИ

ПОЯСНОВАЛЬНА ЗАПИСКА

до кваліфікаційної роботи бакалавра на тему:

«Пристрій контролю параметрів мікроклімату у боксах для
утримання тварин»

Завідувач кафедри

Керівник

Студент гр. ЕС-61

Опанасюк А.С.

Знаменщиков Я.В.

Волобуєв В.В.

Суми 2021 р.

Сумський Державний Університет
Факультет ЕЛІТ
Кафедра електроніки і комп'ютерної техніки
Напрямок підготовки: 6.171 “Електронні системи”

ЗАТВЕРДЖЕНО:

Зав. Кафедри Опанасюк А. С.

«__» _____ 21 р.

ЗАВДАННЯ

на кваліфікаційну роботу бакалавра
студенту Волобуєву Владиславу

1. Тема проекту «Пристрій контролю параметрів мікроклімату у боксах для утримання тварин»

затверджено наказом по кафедрі від «__» _____ 21 р. №

2. Термін здачі студентом закінченого проекту: 07.06.2021

3. Вихідні дані до проекту _____

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

- розробка алгоритму функціонування пристрою;

- розробка структурної схеми пристрою;

- розробка функціональної схеми пристрою;

- розробка принципової електричної схеми;

- розробка програмного забезпечення.

5. Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень):

- блок-схема алгоритму роботи пристрою;

- структурна блок-схема роботи пристрою;

- функціональна схема пристрою;

- принципова схема пристрою.

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ п/п	Назва етапів дипломного проекту (роботи)	Термін виконання етапів дипломного проекту (роботи)	Примітка
1	Огляд літератури відповідно до теми дослідження	19.03 - 08.04.2021	
2	Аналіз виявленої літератури	08.04 - 14.04.2021	
3	Постановка задачі проектування	14.04 - 16.04.2021	
4	Розробка алгоритму роботи пристрою. Створення структурної блок-схеми.	17.04 - 22.04.2021	
5	Побудова функціональної схеми пристрою	22.04 - 29.04.2021	
6	Вибір елементної бази	29.04 - 10.05.2021	
7	Розрахунки та синтез основних електричних вузлів. Побудова схеми електричної принципової	11.05 - 19.05.2021	
8	Розробка програмного забезпечення	19.05 - 25.05.2021	
9	Структуризація всього матеріалу та оформлення дипломної роботи	25.05 - 30.05.2021	

Студент-дипломник Волобуєв В.В.

Керівник проекту Знаменщиков Я.В.

РЕФЕРАТ

Дипломний проект бакалавра містить 53 сторінки тексту, 27 рисунків, 8 таблиць, 14 джерел та графічний матеріал у вигляді схем: 1 принципова електрична схема, 1 функціональна схема, 1 блок-схема алгоритму роботи та 1 структурна блок-схема.

Ключові слова: дистанційне керування, система на базі мікроконтролера, мікроконтролер STM32 blue pill, датчик вологості, температури, CO₂, присутності, GSM/GPRS модуль.

У даному дипломному проекті бакалавра було розроблено пристрій контролю параметрів мікроклімату у боксах для утримання тварин. В роботі досліджено роботу різних мікроконтролерів, датчиків та виконавчих елементів.

Пояснювальна записка складається зі вступу, 4 розділів, висновку та 4 схем.

Перший розділ включає огляд джерел, аналіз існуючих рішень та постановки задачі.

Другий розділ містить інформацію про розробку алгоритму роботи, структурної та функціональної схеми пристрою.

Третій розділ включає в себе розробку принципової схеми пристрою. Проведено вибір елементної бази, розраховано та синтезовано основні електричні вузли.

Четвертий розділ містить розробку програмного забезпечення, розроблено програму та розгорнуто власний веб-сервер.

ЗМІСТ

ВСТУП.....	6
1 ЛІТЕРАТУРНИЙ ОГЛЯД.....	7
1.1 Огляд існуючих рішень	7
1.2 Огляд наявних мікроконтролерів та датчиків	13
1.2.1 Датчик вологості та температури.....	13
1.2.2 Датчик рівня CO ₂	15
1.2.3 Датчик присутності.....	16
1.2.4 Зв'язок з користувачем.....	17
1.3 Постановка задачі проектування.....	19
2 РОЗРОБЛЕННЯ ТА РОЗРАХУНКИ ЕЛЕКТРИЧНИХ СХЕМ ВУЗЛІВ І БЛОКІВ МЕРЕЖІ ПЕРЕДАЧІ ДАНИХ.....	20
2.1 Розробка алгоритму роботи	20
2.2 Розробка структурної схеми	22
2.3 Розробка функціональної схеми.....	23
3 РОЗРОБЛЕННЯ ПРИНЦИПОВОЇ ЕЛЕКТРИЧНОЇ СХЕМИ.....	25
3.1 Вибір елементної бази	25
3.2 Розробка схеми електричної принципової	32
4 РОЗРОБЛЕННЯ ПРОГРАМНОГО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ.....	37
4.1 Лістинг коду програми	37
ВИСНОВОК.....	51
СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ.....	52

					ЕЛІТ 6.171.00.10.314 ПЗ			
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата				
Розроб.		Волобуєв В.В.			Пристрій контролю параметрів мікроклімату у боксах для утримання тварин Пояснювальна записка	Літ.	Аркуш	Аркушів
Перевір.		Знаменщikov Я.В.					5	53
Т. Контр.						СумДУ, зр. ЕС-71		
Н. Контр.		Знаменщikov Я.В.						
Затверд.		Опанасюк А.С.						

ВСТУП

Оскільки тварини постійно знаходяться під впливом різних факторів навколишнього середовища, таких як: клімат, вода, корм, освітленість, тип тваринницького приміщення, то умови їх утримання досить часто є несприятливими внаслідок не контрольованих вище розглянутих факторів.

Найбільш важливими факторами навколишнього середовища, що мають значний вплив на терморегуляцію, обмін речовин та інші фізіологічні процеси тварин, є склад та швидкість руху повітря, температура, вологість, атмосферний тиск, що постійно змінюються і від стану яких залежить клімат і мікроклімат у приміщеннях для утримання тварин.

Стан мікроклімату залежить від таких факторів:

- типу клімату та погодних умов;
- тип приміщення;
- виду тварин;
- тип їх утримання.

Тому стан мікроклімату, в якому перебуває тварина, має досить суттєвий вплив на здоров'я та фізіологічні процеси. Ця проблема набуває особливого значення при утриманні чистопородних тварин, які потребують утримання з більш контрольованими параметрами мікроклімату у порівнянні з звичайними тваринами у яких погіршення параметрів мікроклімату може і не викликати суттєвих змін в їхніх фізіологічних процесах.

В процесі виконання роботи досліджуються основні існуючі варіанти реалізації системи контролю параметрів мікроклімату, аналізуються їх робочі характеристики, виокремлюються переваги та недоліки. Здійснюється підбір необхідної елементної бази та обґрунтовується їх доцільність і переваги у використанні. Розроблений пристрій контролю параметрів мікроклімату у боксах для утримання тварин, що є універсальним, може налаштовуватися під будь-які потреби користувача.

					ЕЛІТ 6.171.00.10.314 ПЗ	Арк.
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		6

1 ОГЛЯД ЛІТЕРАТУРИ. АКТУАЛЬНІСТЬ. ПОСТАНОВКА ЗАДАЧІ ДОСЛІДЖЕННЯ

1.1 Огляд існуючих рішень

Наразі спостерігається проблема значної захворюваності серед тварин та зниження їхньої активності. Однією із причин даної проблеми є те, що при утриманні тварини в несприятливих умовах здоров'я тварини значно погіршується тому особлива увага приділяється створенню оптимального мікроклімату.

Мікроклімат — це сумарне значення окремих факторів — температури, вологості, швидкості руху та газового складу навколишнього повітря, наявності пилу та мікроорганізмів, рівня радіації, іонізації, а також освітлення, атмосферного тиску тощо. Тобто для забезпечення найбільш оптимальних умов утримання тварин необхідне впровадження системи контролю параметрів мікроклімату. Розглянемо більш детально, що собою має являти дана система.

Найпростіша система контролю мікроклімату повинна складатися з:

- датчиків температури;
- датчиків вологості;
- датчиків рівня CO₂;
- системи керування вентиляції;
- системи нагрівання та охолодження повітря.

Функції які повинен виконувати пристрій контролю параметрів мікроклімату:

- підтримувати температуру повітря у заданих значеннях шляхом активування та деактивування систем нагріву або охолодження повітря;
- підтримувати відповідний рівень вологості за допомогою систем зволоження;
- в залежності від рівня CO₂ керувати системою вентиляції боксу.

Проаналізуємо наявні на даний момент готові бокси для утримання тварин із системою контролю параметрів мікроклімату.

					ЕлІТ 6.171.00.10.314 ПЗ	Арк.
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		7

Брудер Vet Pel MAX

Даний пристрій призначений для ветлікарень, дозволяє утримувати тварин в більш сприятливих умовах для існування та одужання. Пристрій управління системою побудований на основі мікроконтролера, що в свою чергу керує всіма необхідними процесами. Простий графічний інтерфейс дозволяє спростити роботу оператора з налаштуваннями та керуванням самим пристроєм.



Рисунок 1.1 – Зображення боксу для утримання тварин «Брудер Vet Pel MAX»

Розглянемо більш детально функціонал брудера. Серед функціональних можливостей можна виділити наступні параметри:

- Система має штучний інтелект, що дозволяє автоматизувати керування всіма процесами;
- Система вентиляції, що дозволяє в потрібних пропорціях подавати свіже повітря для відповідного балансу хімічного складу повітря, а саме регулювати співвідношення кисню та вуглекислого газу;
- Освітлення здійснюється за рахунок світлодіодів, інтенсивність освітлення залежить від освітленості навколишнього середовища;

					ЕЛІТ 6.171.00.10.314 ПЗ	Арк.
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		8

- Наявність ультрафіолетової лампи дозволяє проводити дезінфекцію внутрішнього простору брудера після перебування тварини у боксі ;
- Присутня аварійна сигналізація у разі перевищення допустимих норм параметрів мікроклімату.

Таблиця 1.1 Основні характеристики боксу для утримання тварин «Брудер Vet Pel MAX»

Характеристика	Значення
Контроль температури	Так (у межах 0-50°C)
Контроль вологості	Так (до 70%)
Контроль рівня CO ₂	Ні
Керування вентиляційною системою	Так
Габаритні розміри, мм	916x532x768
Вага, кг	61
Ціна, грн	86 021
Виробник (країна)	Rcom (Південна Корея)

Переваги:

- Різноманітність функцій, просте програмне забезпечення;
- Миттєве відображення даних;
- Керування вентиляційною системою;
- Статистика даних;
- Аварійне сповіщення та відключення у разі перевищення допустимих значень.

Брудер Curadle Pet Brooder 90

Призначення даного пристрою полягає в підтримуванні параметрів мікроклімату відповідно до заданих значень. Контроль параметрів та управління виконуючими пристроями здійснюється за допомогою мікроконтролера. Система має досить просте програмне забезпечення та зручний графічний інтерфейс. Конструктивні особливості дозволяють зробити бокс відносно не великої ваги, що дає можливість зручно транспортувати тварину у самому брудері.



Рисунок 1.2 – Зображення боксу для утримання тварин «Брудер Curadle Pet Brooder 90»

Серед функціональних можливостей можна виділити наступні особливості:

- Порівняно проста, легка та надійна конструкція;
- Досить точний контроль температури і вологості;
- Десять рівнів яскравості освітлення;
- Система підігріву води для зволоження приміщення, що не дає змоги повітрю конденсуватися і знижує ризик утворення бактерій;
- Вентиляційна система має в своєму складі вугільний фільтр для кращої очистки повітря;
- Зниження шуму вентиляційної системи реалізовується шляхом впровадження мотору типу BLD;
- Аварійна сигналізація у разі перевищення допустимих норм показників.

Таблиця 1.2 Основні характеристики боксу для утримання тварин «Брудер Curadle Pet Brooder 90»

Характеристика	Значення
Контроль температури	Так (у межах 20-38°C)
Контроль вологості	Так (у межах 40-60%)

Контроль рівня CO ₂	Ні
Керування вентиляційною системою	Так
Габаритні розміри, мм	855x470x440
Вага, кг	14.5
Ціна, грн	26 933
Виробник (країна)	Curadle (Південна Корея)

Переваги:

- Різноманітність функцій, просте програмне забезпечення;
- Миттєве відображення даних;
- Керування вентиляційною системою зі зниженим рівнем шуму;
- Наявність вугільного фільтра вентиляційної системи;
- Система підігріву води;
- Аварійне сповіщення та відключення у разі перевищення допустимих значень.

Брудер Brinsea TLC-40 Advance

Призначений для утримання різних видів тварин. Система побудована на базі мікроконтролера. Має досить точну систему контролю температури повітря та вологості. Для утримання постійної вологості повітря в заданих межах необхідно підключати додатковий резервуар для води з виносною помпою. Має досить простий набір параметрів та функцій що значно спрощує процес налаштування самого пристрою.



Рисунок 1.3 – Зображення боксу для утримання тварин Брудер Brinsea TLC-40 Advance

Брудер має наступні функціональні особливості:

- Точний контроль температури повітря і вологості ;
- У вентиляційній системі застосовуються фільтри зі спеціальним антибактеріальним покриттям для зниження ризику потрапляння бактерій у бокс де утримується тварина;
- Має окремий резервуар для води з виносною помпою для підтримання вологості повітря;
- Конструктивні особливості та матеріали, з яких виготовлено сам пристрій, дозволяють досягти відносно не великою ваги брудера, що в свою чергу робить його переносним.

Таблиця 1.3 Основні характеристики боксу для утримання тварин «Brinsea TLC-40 Advance»

Характеристика	Значення
Контроль температури	Так (у межах 20-40°C)
Контроль вологості	Так (у межах 20-80%)
Контроль рівня CO ₂	Ні
Керування вентиляційною системою	Так
Габаритні розміри, мм	470x485x375
Вага, кг	6.7
Ціна, грн	22 313
Виробник (країна)	Brinsea (Великобританія)

Переваги:

- Просте програмне забезпечення;
- Миттєве відображення даних;
- Наявність фільтра зі спеціальним антибактеріальним покриттям для вентиляційної системи;
- Система подачі води з власною помпою та резервуаром для рідини;
- Аварійне сповіщення та відключення у разі перевищення допустимих значень.

Для кращого порівняння розглянутих вище аналогів, занесемо їхні характеристики до спільної таблиці.

Таблиця 1.4 - Порівняння характеристик боксів для утримання тварин

Характеристика	Брудер Vet Pel MAX	Брудер Curadle Pet Brooder 90	Brinsea TLC-40 Advance»
Контроль температури	Так (у межах 0-50°C)	Так (у межах 20-38°C)	Так (у межах 20-40°C)
Контроль вологості	Так (до 70%)	Так (у межах 40-60%)	Так (у межах 20-80%)
Контроль рівня CO ₂	Ні	Ні	Ні
Керування вентиляційною системою	Так	Так	Так
Габаритні розміри, мм	916x532x768	855x470x440	470x485x375
Вага, кг	61	14.5	6.7
Ціна, грн	86 021	26 933	22 313
Виробник (країна)	Rcom (Південна Корея)	Curadle (Південна Корея)	Brinsea (Великобританія)

1.2 Огляд наявних мікроконтролерів та датчиків

1.2.1 Датчик вологості та температури

Для контролю таких параметрів мікроклімату як вологість та температура повітря необхідний цифровий датчик який би містив в собі АЦП для перетворення аналогових значень для температури та вологості та який би з легкістю можна було б підключити до мікроконтролера. Наразі на ринку наявні безліч таких датчиків які б задовольняли розглянуті вище вимоги. Розглянемо декілька найбільш популярних датчиків, що мають порівняно не високу ціну та досить широкі функціональні можливості.

Для порівняння візьмемо три найбільш широко розповсюджених датчиків, а саме: DHT11, DHT22 та AM2320.

DHT11

Це цифровий датчик. Базується на ємнісному датчику вологості та термісторі. Містить в своїй будові АЦП перетворення аналогових значень для

						ЕЛІТ 6.171.00.10.314 ПЗ	Арк.
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата			13

температури та вологості. Напруга живлення складає 3.3-5.5 В. Перейдемо до характеристик самого датчика.

Характеристики DHT11:

- Вимірювання вологості: 20-90% RH \pm 5% (макс.)
- Вимірювання температури: 0-50 °C \pm 2% (макс.)
- Частота опитування датчика: не більше 1 Гц
- 4 виводи : 1) VCC (3-5в живлення), 2) Data Out - вивід даних, 3) NC - не використовується, 4) Загальний.

DHT22

Це також цифровий датчик подібний до DHT11 але відрізняється підвищеною точністю та заводським калібруванням. Має низьке енергоспоживання. Сумісний з багатьма мікроконтролерами, оскільки є простим у підключенні та підтримує безліч бібліотек. Розглянемо характеристики даного датчика.

Характеристики DHT22:

- Вимірювання вологості: 0-100%
- Вимірювання температури: -40 ~ 80 °C
- Точність вимірювання вологості: \pm 2% RH
- Точність вимірювання температури: \pm 0.5 градуса
- напруга живлення: 3.6-6 В
- кількість виводів: 4

AM2320

Це також цифровий датчик проте має ряд переваг. Порівняно із серією DHT має більш точне заводське калібрування, наднизьке енергоспоживання, може працювати по шині I2C. Для кращого порівняння характеристик розглянутих вище датчиків занесемо їх до спільної таблиці.

Таблиця 1.5 - Порівняння характеристик датчиків температури вологості і температури повітря.

Характеристики	Датчики		
	DHT11	DHT22	AM2320
Діапазон температур	0 ... +50°C	-40 ... +80°C	-40 ... +80°C
Точність виміру температури	1°C	0,1°C	0,1°C

Характеристики	Датчики		
	DHT11	DHT22	AM2320
Похибка виміру температури	$\pm 2^{\circ}\text{C}$	$\pm 0,5^{\circ}\text{C}$	$\pm 0,5^{\circ}\text{C}$
Діапазон вологості	20 ... 90%	0 ... 100%	0 ... 99,9%
Точність виміру вологості	1%	0,1%	0,1%
Похибка виміру вологості	$\pm 5\%$	$\pm 5\%$	$\pm 3\%$
Ціна, грн.	33	121	77

Ціни були вказані виходячи із заявленої вартості на сайті Arduino.ua.

Як бачимо, серед розглянутих аналогів найкращі характеристики має AM2320. Він має кращу точність виміру, найменшу похибку вимірювання та найнижчу ціну.

1.2.2 Датчик рівня CO₂

Для забезпечення нормальних умов утримання тварини в закритому боксі необхідно забезпечити нормальну вентиляцію внутрішнього простору. Проте у кожної тварини різна інтенсивність дихання тому не можливо запрограмувати систему так щоб вона приводилася в дію з певними часовими інтервалами, адже не зможе вирішити проблему надмірної концентрації CO₂. Тому доцільно використовувати в розроблюваному пристрої датчик контролю рівня CO₂, за допомогою якого можна точно відстежувати концентрацію вуглекислого газу та вчасно приводити в дію вентиляційну систему для збагачення киснем внутрішнього простору боксу.

Датчик CO₂ повинен досить точно контролювати концентрацію вуглекислого газу, мати низьке енергоспоживання та компактні розміри, низьку вартість. Розглянемо декілька найпопулярніших датчиків рівня CO₂, а саме: датчик **MH-Z19B** та **CCS811**. За принципом роботи, функціональними можливостями та призначенням датчики досить схожі, тому краще зробити порівняльну характеристику даних модулів для кращого визначення переваг і недоліків.

Таблиця 1.6 - Порівняння характеристик датчиків рівня CO₂

						ЕлІТ 6.171.00.10.314 ПЗ	Арк.
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата			15

Характеристики	MH-Z19B	CCS811
Тип датчика	інфрачервоний	оксид метала
Напруга живлення	4.5V - 5.5V	1.8V - 3.6V
Споживання струму	60mA	30mA
Границі вимірювань	0 - 5000ppm	400-29206ppm
Інтерфейс	UART, PWM	I2C
Ціна	871 грн.	643 грн.

Ціни були вказані виходячи із заявленої вартості на сайті Arduino.ua.

Як бачимо із порівняльних характеристик кращим є датчик CCS811, що має більш низьке енергоспоживання, більші границі виміру та нижчу ціну.

1.2.3 Датчик присутності

В розроблюваному пристрої необхідно чітко визначати присутність тварини в боксі. Ця необхідність викликана тим, що у разі відсутності тварини повинна активуватися система дезинфекції внутрішнього простору боксу, оскільки для забезпечення нормальної життєдіяльності тварин необхідно не допускати розвиток бактерій. Дезинфекція приміщення буде виконуватися за допомогою ультрафіолетової лампи. Проте перебування тварини в боксі під час процесу дезинфекції небезпечно, тому і постає необхідність в датчику присутності. Принцип роботи датчика досить простий, коли об'єкт потрапляє в зону дії датчика, та на виході встановлюється високий рівень(логічна 1), в іншому ж випадку – низький рівень(логічний 0).

Датчики присутності(датчик руху) мають різне призначення, розміри, дальність дії, енергоспоживання, тип підключення. Для розроблюваного пристрою необхідний датчик присутності який можна досить просто приєднати

до мікроконтролера. На даний момент на ринку представлені два найбільш популярних датчики, а саме: HC-SR505 та HC-SR501. Для порівняння розглянемо їх характеристики.

Таблиця 1.7 - Порівняння характеристик датчиків присутності.

Характеристики	HC-SR505	HC-SR501
Дальність виявлення:	3 м	0 - 7 м
Кут спрацьовування:	80 ° -100 °	110 ° на дистанції до 7 м
Напруга живлення	,5 В - 20В	4.5 - 12 В
Споживаний струм	70mA	65 mA
Робоча температура	-20 до +80 ° С	-20 - +50 град. Цельсія
Ціна	40 грн.	33 грн.

Як бачимо із порівняльної характеристики кращі параметри має датчик HC-SR501.

1.2.4 Зв'язок з користувачем

Зв'язок з користувачем можна реалізувати за допомогою GSM/GPRS модуля. За своїм принципом дії GSM/GPRS модулі є приймачем хвиль радіочастоти з встановленою сім-картою стільникового зв'язку. Використовується для управління об'єктом на значній відстані або отримання від нього даних. Дозволяє Arduino працювати в мережах стільникового зв'язку за технологіями GSM / GPRS, SMS і голосового зв'язку для прийому і передачі даних.

Для використання модуля потрібно зібрати на його основі макет (підключити харчування, підключити до контролера, встановити SIM-карту і

антену). Потім джамперами налаштувати спосіб обміну даними з контролером (апаратне або програмне). Як і потреби підключити мікрофон і динамік. Як і потреби встановити батарейку для живлення вбудованого лічильника часу.

Для кращого розуміння переваг і недоліків датчиків приведемо їх порівняльну характеристику

Таблиця 1.8 - Порівняння характеристик GSM/GPRS модулів.

Характеристика	GSM модуль sim300	GSM модуль sim300c	GSM модуль sim900
GPRS Class	Class 10	Class 10	Class 10
TCP/IP протокол	Встроенный	Встроенный	Встроенный
АТ-команди	07.07 и 07.05, SIMCOM	07.07 и 07.05, SIMCOM	07.07 и 07.05, SIMCOM
Напруга живлення	3.4 - 4.5В	3.4 - 4.5В	3.2 - 4.5В
Рабоча температура	-20 °С - +55 °С	-20 °С - +55 °С	-20 °С - +55 °С
Діапазон робочих температур	-25 °С - +70 °С	-30 °С - +80 °С	-25 °С - +80 °С
Контроль LiOn АКБ	Нет	Есть	Есть
Наличие GPS	Нет	Нет	20-и канальный
Размеры (мм)	40 x 33 x 2.85	50 x 33 x 6.2	34 x 55 x 3
Вес	8 г	12 г	10 г

1.3 Постановка задачі проектування

Метою даного проекту є розробка пристрою контролю параметрів мікроклімату у боксах для утримання тварин.

У конкретному випадку, задача полягає в проектуванні системи, що виконує наступні функції:

- Збір даних з датчиків;
- Приводити в дію виконуючі пристрої для забезпечення відповідних параметрів мікроклімату;
- Передача даних від вузла збору даних на комп'ютер користувача з метою збору та моніторингу показань датчиків.

Для виконання поставлених задач необхідно:

- Розробити алгоритм роботи системи передачі даних.
- Розробити структурну та функціональну схеми системи передачі даних;
- Провести вибір елементної бази та розробити принципову електричну схему блоків системи передачі даних;
- Розробити протокол передачі даних та програмне забезпечення.

					ЕЛІТ 6.171.00.10.314 ПЗ	Арк.
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		19

2 РОЗРОБЛЕННЯ ТА РОЗРАХУНКИ ЕЛЕКТРИЧНИХ СХЕМ ВУЗЛІВ І БЛОКІВ МЕРЕЖІ ПЕРЕДАЧІ ДАНИХ

2.1 Розробка алгоритму роботи

Задачею розробленого пристрою є контроль параметрів мікроклімату відповідно до заданих значень та можливість дистанційного моніторингу даних. Даний пристрій є універсальним, тому може використовуватися для боксів різних розмірів. Проте, зі збільшенням розмірів боксу для тварин, виникає необхідність в застосуванні зонного контролю параметрів мікроклімату, що в свою чергу потребує встановлення додаткових датчиків та сенсорів а також встановлення нового скетчу. Систему можна поділити на дві основних частини: модулі керування виконавчими елементами та мобільний веб-ресурс для відображення відповідної інформації у зрозумілому для користувача вигляді та керування системою .

Відповідно до вище розглянутої поставленої задачі складемо алгоритм роботи розроблюваного пристрою.

Після того як на даний пристрій подається живлення відбувається його ініціалізація, наступним кроком є початкова установка режиму роботи пристрою. Далі йде встановлення зв'язку з web-сервером та запит необхідних значень параметрів мікроклімату. Наступним кроком відбувається опитування датчиків та порівняння отриманих значень із заданими. У разі якщо поточні показники, отримані з датчиків не співпадають із заданими, відбувається увімкнення виконуючого пристрою, показники виводяться на дисплей. Після досягнення заданих значень параметрів мікроклімату, виконуючий пристрій вимикається, відповідні показники виводяться на дисплей на пересилаються на web-сервер.

Схему алгоритму роботи пристрою керування параметрами мікроклімату представлено на рисунку 2.1.

					ЕлІТ 6.171.00.10.314 ПЗ	Арк.
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		20

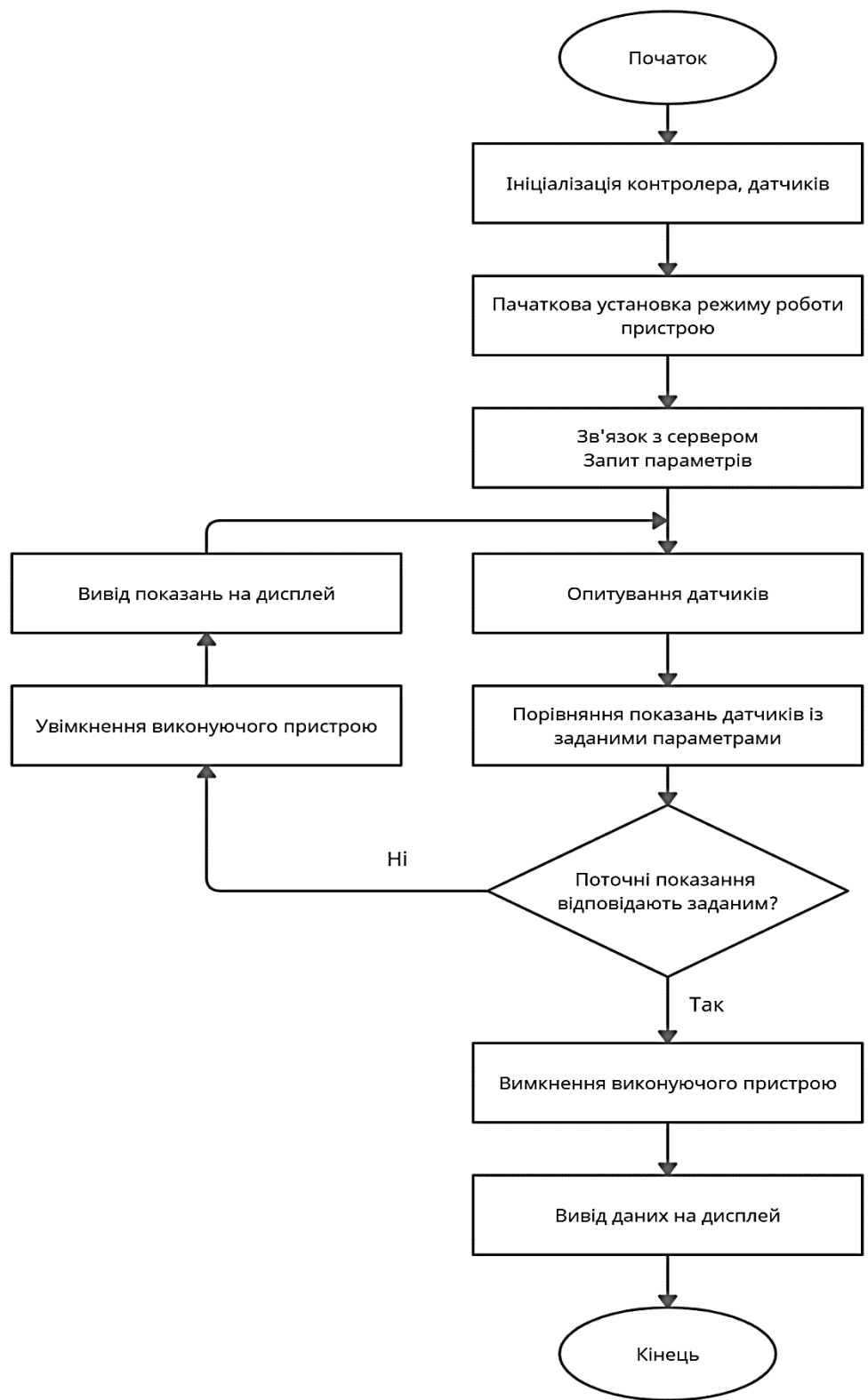


Рисунок 2.1 – Блок-схема алгоритму роботи пристрою керування параметрами мікроклімату

2.2 Розробка структурної схеми пристрою

Щоб реалізувати заданий алгоритм роботи необхідно застосувати функціональні блоки приведені на структурній схемі пристрою.

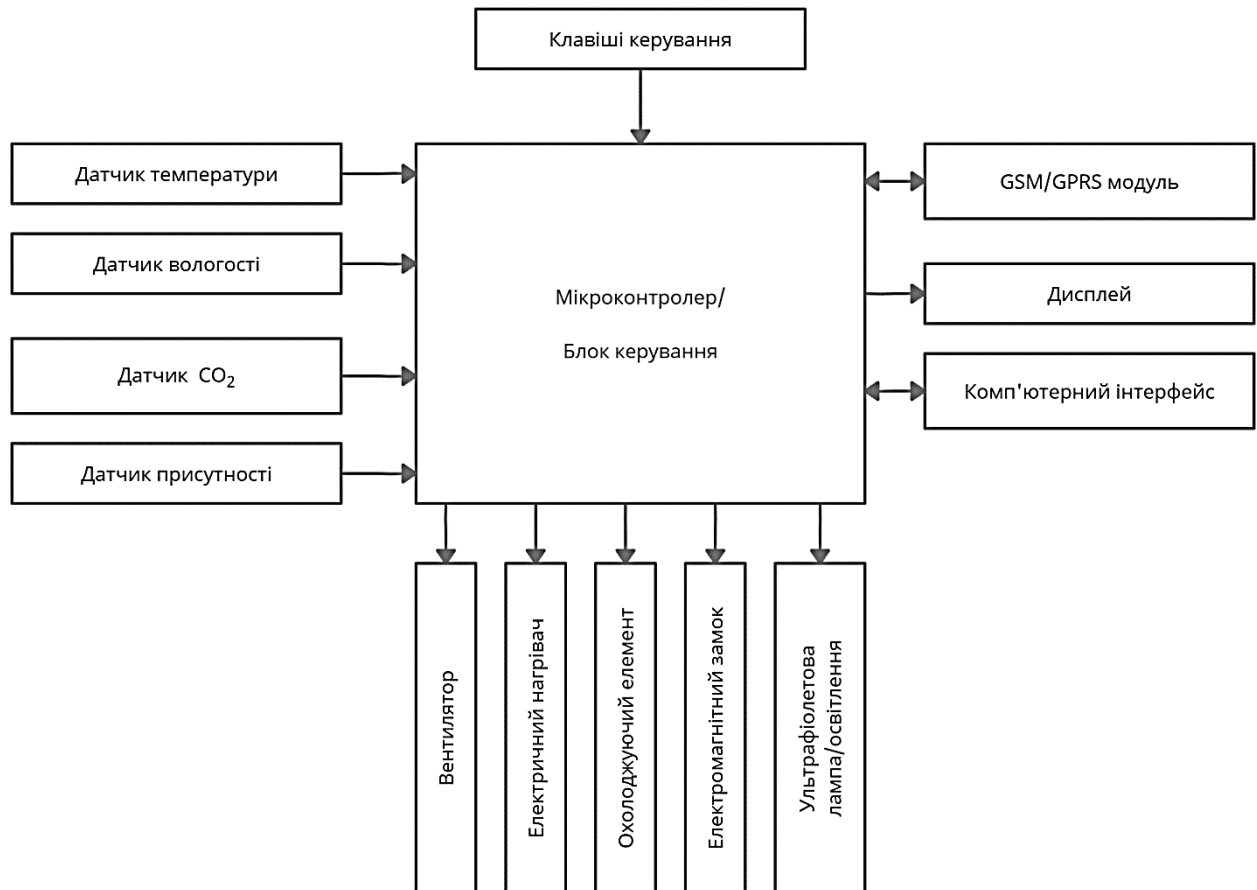


Рисунок 2.2 – Структурна схема пристрою

Пристрій, побудований за наведеною структурною схемою, може налаштовуватися як клавішами керування, так і за допомогою бездротового зв'язку. Модуль GSM/GPRS забезпечує бездротовий зв'язок та передачу інформації в обох напрямках, що в свою чергу дозволяє реалізувати власний web-сервер. Блок керування виступає центральним вузлом спроектованого пристрою. Блок керування відповідає за прийом та обробку даних, керування виконуючими пристроями (вентилятор, електричний нагрівач, охолоджуючий елемент, електромагнітний замок, освітлення), передачу даних на пристрої виведення інформації.

2.3 Розробка функціональної схеми пристрою

За побудованою структурною схемою зображеної на рис. 2.2 було розроблено функціональну електричну схему пристрою контролю параметрів мікроклімату у боксах для утримання тварин, що зображена на рис. 2.3.

Оскільки розроблений пристрій передбачає циклічне опитування датчиків, керування станами виконуючих пристроїв, виведення інформації на дисплей, передачу даних на web-сервер, то його доцільно виконати на базі мікроконтролера.

Розроблений пристрій можна розділити на декілька функціональних блоків:

- 1) мікроконтролер, задача якого керувати станами виконуючих елементів та аналізувати дані отримані з датчиків;
- 2) інтерфейс користувача;
- 3) виконуючі елементи.

При проектуванні пристрою постало питання про те, який саме інтерфейс краще використовувати для забезпечення зв'язку мікроконтролера з датчиками та виконуючими елементами. Виходячи із розглянутих, в літературному огляді, існуючих інтерфейсів, за основу було взято інтерфейс I²C. Оскільки I²C використовує для передачі даних дві двонаправлені лінії зв'язку, що мають назви шина послідовних даних SDA (Serial Data) та шина тактування SCL (Serial Clock), то постає необхідність у виборі мікроконтролера який би містив у собі необхідні порти. Такі параметри задовольняє мікроконтролер STM32, що має 4 порти: 42,43,45,46 (SDA та SCL відповідно).

Для контролю параметрів температури повітря, вологості а також рівня CO₂, були обрані цифрові датчики які передають інформацію по I²C. Достовірність отриманих значень с датчика температури та вологості перевіряється не за допомогою перевірки контрольної суми, а за рахунок перевірки циклічного надлишкового коду.

Датчик CO₂ підключається до мікроконтролера по I²C та має високу точність виміру параметрів. Висока точність датчика реалізована шляхом використанням в його будові метал-оксид-напівпровідникового(МОХ) сенсора. Для коректної роботи МОХ-сенсор потрібно постійно підтримувати стабільне

					ЕлІТ 6.171.00.10.314 ПЗ	Арк.
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		23

значення температури самого сенсора, що реалізується шляхом постійного підключення до джерела живлення.

Зв'язок з користувачем реалізується шляхом використання GSM/GPRS модуля. Даний модуль використовує інтерфейс UART для передачі даних. Дані передаються по різним лініям. Передача інформації відбувається через порт TxD мікроконтролера (Transmitter Data — передатчик даних), а за прийом даних відповідає порт RxD (Receiver Data — приймач даних) .

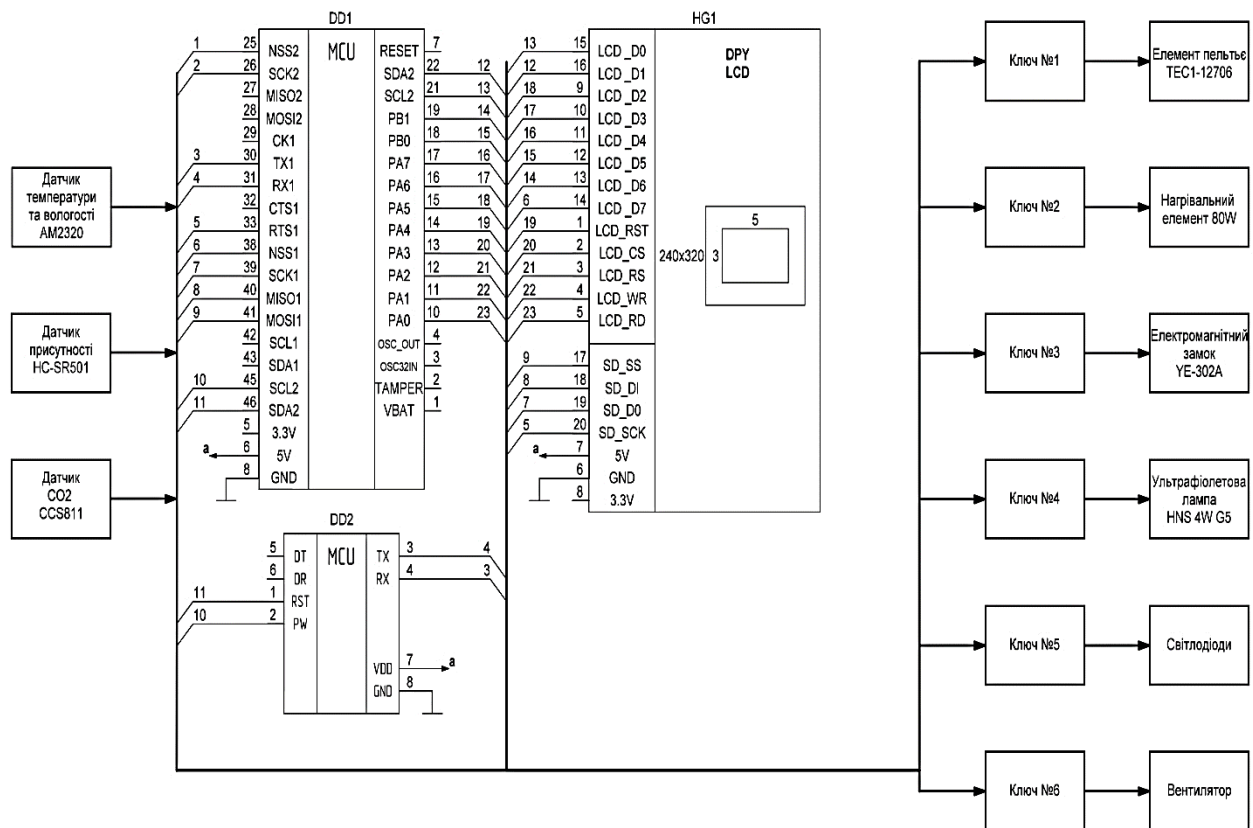


Рисунок 2.3 – Функціональна схема розроблюваного пристрою

3 РОЗРОБКА ПРИНЦИПОВОЇ ЕЛЕКТРИЧНОЇ СХЕМИ

3.1 Вибір елементної бази

Вибір елементної бази для розробки пристрою контролю параметрів мікроклімату виконується з урахуванням таких критеріїв: невисока ціна модулів(компонентів), доступність на ринку, висока точність вимірюваних параметрів, сумісність з платформою Arduino.

Вибір мікроконтролера .

Мікроконтролер пристрою контролю мікроклімату повинен мати високу тактову частоту для опитування датчиків та обробки даних, апаратний інтерфейси UART для обміну даними з комп'ютером, два вбудовані інтерфейси I2C для передачі даних на мікроконтролер, мати невисоку ціну та компактні розміри. Відповідно до вище поставлених вимог був обраний мікроконтролер STM32F103C8T6, зображений на рис. 3.1.

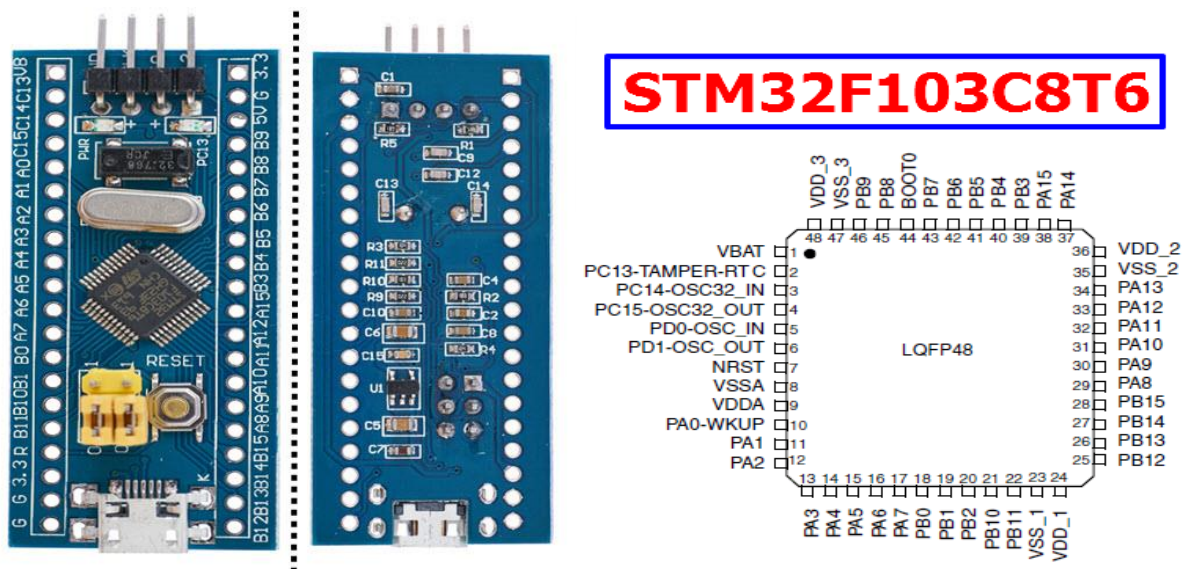


Рисунок 3.1 – Загальний вид плати мікроконтролера STM32F103C8T6 (зліва) та призначення виводів(справа).

Плата побудована на базі мікроконтролера ARM Cortex-M3 **STM32F103C8T6**. Має всі необхідні елементи для роботи за даним сімейством мікроконтролерів. Плату можна застосовувати з безпечною макетною платой завдяки зручному розташуванню виводів.

Нижче наведено характеристики STM32F103C8T6.

Таблиця 3.1 – Характеристики мікроконтролера STM32F103C8T6:

					ЕЛТ 6.171.00.10.314 ПЗ	Арк.
Зм..	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		25

Ядро	32-бітове Cortex-M3
Flash-пам'ять	128 КБ
RAM	8 КБ
Робоча частота	72 МГц
Режим відладки	SWD
Комунікаційні інтерфейси	2xSPI, 2xI2C, 3xUSART
АЦП	16-канальний 12-бітний
ЦАП	двоканальний 12-розрядний
Напруга живлення	2,0 ... 3,6 В

Вибір датчика температури та вологості.

Для контролю параметрів вологості та температури був обраний цифровий датчик **AM2320**, що має заводське калібрування та низьке енергоспоживання. Датчик складається із двох основних елементів: ємкісний елемент відповідає за збір даних про вологість повітря, інтегральний елемент вимірює температуру повітря. Підключення до мікроконтролера здійснюється по інтерфейсу I2C.

В таблиці 3.2 приведено основні характеристики, а на рисунку 3.2 зображено загальний вид датчика та призначення виводів.

Таблиця 3.2 – Характеристики датчика вологості та температури AM2320

Виробник	ASAIR
Тип датчика	цифровий
Модель	AM2320
Тип підключення:	шина I2C
Діапазон вимірювання вологості	1-99%
Діапазон виміру температури	-40 ~ +80 °C
Точність вимірювання вологості	± 3% RH
Точність вимірювання температури	0.1 °C
Похибка вимірювання температури	± 0.5 °C
Напруга живлення	3.3-5.5 В
Мін. час між зчитуванням показань	2 с
Розміри	20x12x4 мм

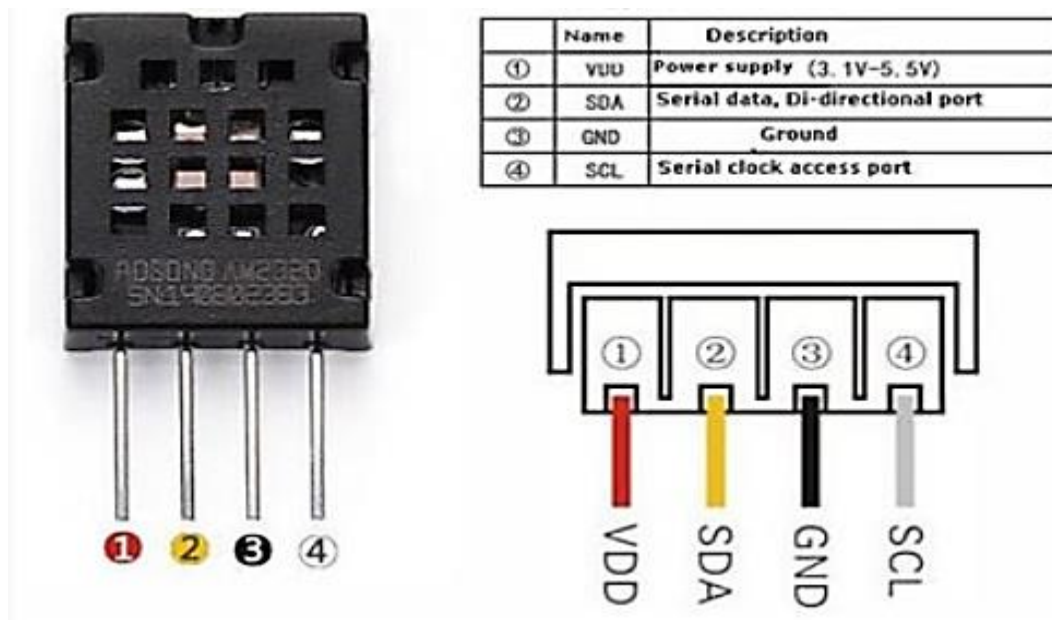


Рисунок 3.2 – Загальний вид датчика вологості та температури AM2320 (зліва) та призначення виводів(справа).

Вибір датчика рівня CO₂

Для контролю рівня CO₂ був обраний датчик якості повітря **CCS811**. Це цифровий датчик, що вимірює концентрацію CO₂ та визначає хімічний склад повітря. Складається з двох частин: вбудований мікроконтролер та датчика MOX (Metal Oxide Semiconductor). Завдання мікроконтролера полягає в опитуванні датчика, передавати дані по інтерфейсу I2C та керувати живленням. Перевага датчика полягає в тому, що він здатен підтримувати декілька режимів живлення. Наднизьке енергоспоживання датчика дозволяє використовувати його в системах з автономним живленням(батарея). Даний датчик можна використовувати в вентиляційних системах для визначення рівню TVOC та eCO₂. Для нормальної роботи з датчиком рекомендовано використовувати бібліотеку `Adafruit_CCS811`. На рисунку 3.3 зображено загальний вид датчика.

Даний модуль має 8 виводів, проте для підключення до мікроконтролера необхідно використовувати всього 5 основних виводів. Розглянемо більш детально призначення кожного із виводів.

Призначення виводів датчика CCS811:

- VDD – підключається до виводу мікроконтролера 3,3V.
- GND - підключається до виводу мікроконтролера GND.
- SCL - підключається до лінії тактування SCL шини I2C.
- SDA - підключається до лінії даних SDA шини I2C.

- WAK - підключається до паралельного виводу GND
- INT – не використовується.
- RST - не використовується.
- ADD - не використовується.

Основні характеристики датчика:

- Вимірювання основних летючих органічних сполук (TVOC): від 0 до 1 187 частин на мільярд.
- Вимірювання CO₂: від 400 до 8 192 частин на мільйон.
- Кількість режимів роботи: 5.
- Внутрішня обробка даних: вбудований мікроконтролер.
- Інтерфейс: I2C.
- Вимірювання температури: зовнішній термістор NTC.
- Напруга живлення: від 1,8 до 3,6 В.



Рисунок 3.3 –Загальний вид датчика рівня CO₂

Вибір датчика присутності

В якості датчика присутності був обраний інфрачервоний датчик руху **HC-SR501**. Датчик має три виводи, два з яких це живлення (+5 В і Земля) і один цифровий вихід, що відповідає за бір даних. Якщо датчик не виявляє ніяких перешкод на ньому встановлюється високий логічний рівень (3.3В), якщо є - то відповідно низький рівень (0В). Має перемикач положень в режими Н та L. В режимі Н на виході протягом всього часу буде встановлений високий рівень, до

					ЕЛІТ 6.171.00.10.314 ПЗ	Арк.
Зм..	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		28

того моменту поки знайдений об'єкт буде знаходитись в зоні дії датчика. В режимі L на виході з'являється окремий імпульс при кожному спрацьовуванні датчика. На рисунку 3.4 зображено загальний вид датчика та призначення виводів.

Характеристики датчика руху HC-SR501:

- дальність виявлення: 0 - 7 м
- кут спрацьовування: 110 ° на дистанції до 7 м
- напруга живлення (рекомендована): 4.5 - 12 В
- вихідна напруга логічного рівня: 0 - 3.3 В
- час затримки: 0.3 - 300 секунд (регулюється)
- метод спрацьовування: L є повторюваною перемикання; H повторюване перемикання
- споживаний струм: 65 мА
- робочі температури: -20 - +50 град. Цельсія
- розміри: 32x24 мм



Рисунок 3.4 – Загальний вид датчика руху HC-SR501 (справа) та призначення виводів(зліва).

Вибір дисплейного модуля

В якості дисплею був обраний **TFT LCD SPI модуль 2.8" 240x320**. Дисплей побудований на базі контролера ILI9341 з резистивною сенсорною панеллю. Дисплей має переваги виражені у мінімальних втратах на підключення для введення і виведення інформації на екран. Підключання до мікроконтролера

реалізується за допомогою послідовного SPI інтерфейсу. Напруга живлення складає 5В, проте можна підключити і від 3.3 В, але для цього потрібно закортити перемичку J1.

Характеристики дисплейного модуля:

- Тип: LCD TFT з сенсорною панеллю
- Розмір: 2.8 "
- Тип сенсорної панелі: резистивна
- Тип інтерфейсу: послідовний SPI
- Напруга логічних рівнів: 3,3 В
- Розмір дисплея: 59 x 48.96 мм
- Розмір плати: 85x48 мм
- Розміщення пікселів: RGB вертикально
- Контролер дисплея: ILI9341
- Підсвічування: біле світлодіодне
- Кут огляду: 70 градусів
- Глибина кольору: 262К / 65К
- Роздільна здатність: 240 * 320
- Напруга живлення: 3.3В (на платі встановлений стабілізатор напруги в 5В на 3.3В)
- Ліній керування дисплеєм: 4

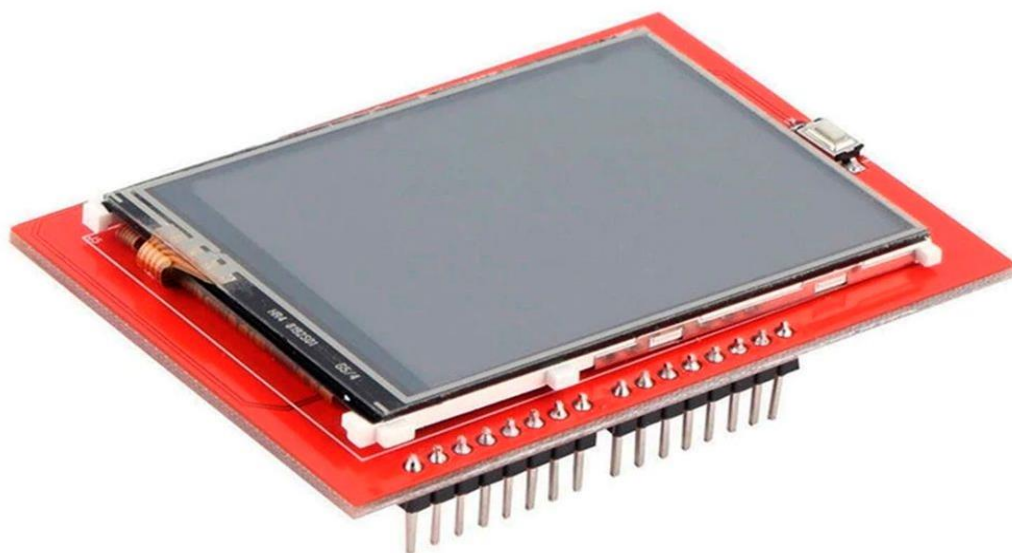


Рисунок 3.3 – Загальний вид дисплейного модуля TFT LCD SPI 2.8" 240x320.

Вибір GSM модуля. Модуль SIM900 - нове рішення від компанії SIMCom, одна з моделей нового покоління недорогих модулів GSM / GPRS. SIM900.

					ЕлІТ 6.171.00.10.314 ПЗ	Арк.
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		30

Особливу увагу розробники SIM900 приділили питанню збільшення надійності ПО, додані режими роботи з мінімальним енергоспоживанням, значно зменшені і розміри SIM900.

SIM900 має і прошивку з підтримкою технології Embedded AT, що дає можливість запису в пам'ять модуля коду користувача на мові С. Це дозволяє (в певних випадках) відмовитися від застосування зовнішнього мікроконтролера.



Рисунок 3.10 – Зовнішній вигляд та призначення виводів модуля SIM900.

Характеристики модуля SIM900:

- GSM: 850/900/1800/1900 МГц
- GPRS multi-slot class 10/8
- Відповідність стандарту GSM фази 2/2 +
- Клас потужності 4 (2 Вт в діапазонах 850/900 МГц)
- Клас потужності 1 (1 Вт в діапазонах 1800/1900 МГц)
- Управління AT командами (GSM 07.07, 07.05 і фірмові AT команди SIMCOM)
- Embedded AT - робота з додатками користувача
- Аудіокодеки HR, FR, EFR, AMR, придушення луни
- CSD до 14.4кбіт / с
- PPP-стек
- Вбудований стек TCP / IP, UDP / IP
- Напруга живлення 3,2 ... 4,8 В
- Робочий температурний діапазон: -40 ° С ... +85 ° С
- Розміри: 24 * 24 * 3 мм
- Маса: 6,2 г

3.2 Розробка схеми електричної принципової

Підключення мікроконтролера

Схема підключення мікроконтролера STM32F103C8T6 представлена на рис. 3.11.

Мікроконтролер розміщено в корпусі LQFP48. Напряга живлення складає 3,3В, до виводів живлення контролера підключені конденсатори ємністю 0,1мкФ, зашунтовані на «землю» для усунення перешкод на лінії живлення. До входів OCS1 та OSC2 підключений кварцовий резонатор з частотою 8 МГц, виводи якого підключені через керамічні конденсатори на шину «землі живлення». Інші виводи мікроконтролера підключені до датчиків, периферійних пристроїв, інтерфейсу обміну даними та сконфігуровані програмно на виконання відповідних функцій.

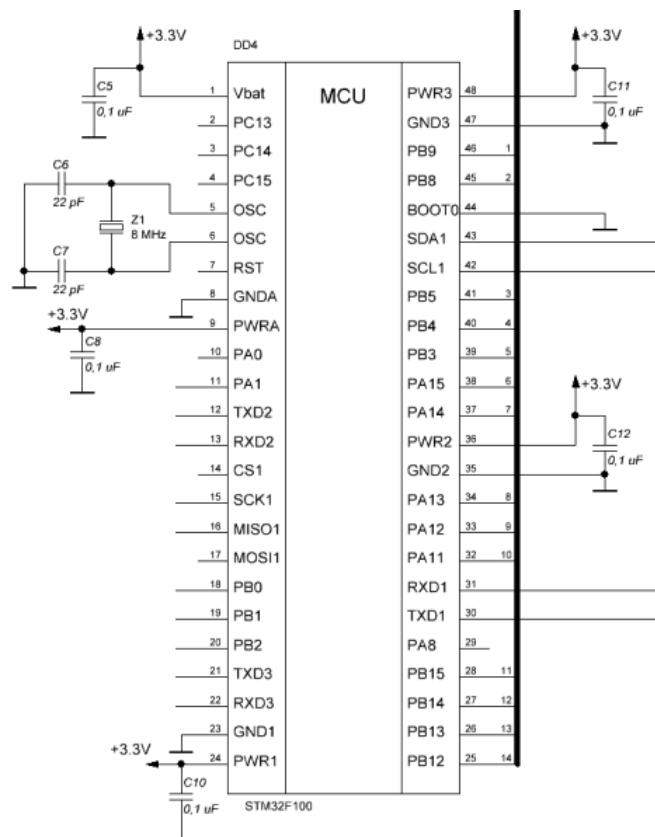


Рисунок 3.11 – Схема підключення мікроконтролера STM32F103C8T6

Підключення датчика температури та вологості AM2320

Схема підключення датчика температури та вологості AM2320 представлена на рис. 3.12. Датчик живиться від джерела +5 В. До мікроконтролера підключається по інтерфейсу I2C. Вивід VCC під'єднаний до виводу мікроконтролера +5В. Вивід SCL під'єднується до виводу GND. Вивід SDA під'єднується до 46 виводу мікроконтролера SDA2 та підтягується до шини живлення +5В резистором 10кОм.

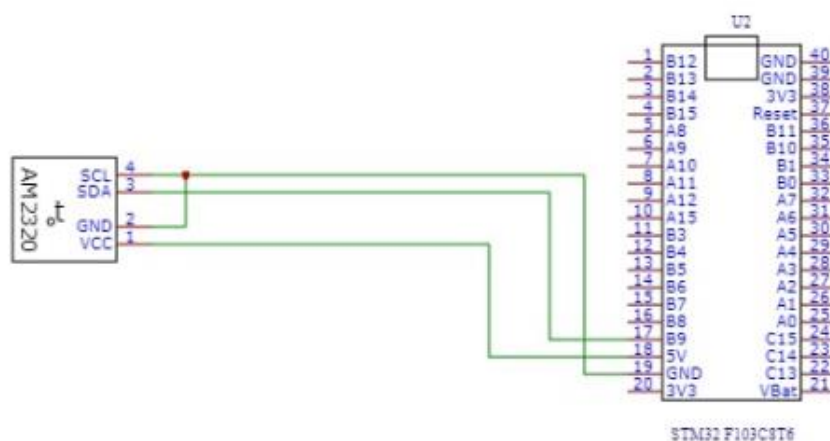


Рисунок 3.12 Схема підключення датчика температури та вологості AM2320.

Підключення датчика рівня CO₂

Схема підключення датчика рівня CO₂ представлена на рис.3.13. Напряга живлення, що подається на датчик, становить 3.3 В. Для підключення датчика до мікроконтролера використовуються наступні виводи: VDD – підключається до виводу мікроконтролера 3,3 В; GND - підключається до виводу мікроконтролера GND; SCL - підключається до лінії тактування SCL шини I2C; SDA - підключається до лінії даних SDA шини I2C; WAK - підключається до паралельного виводу GND.

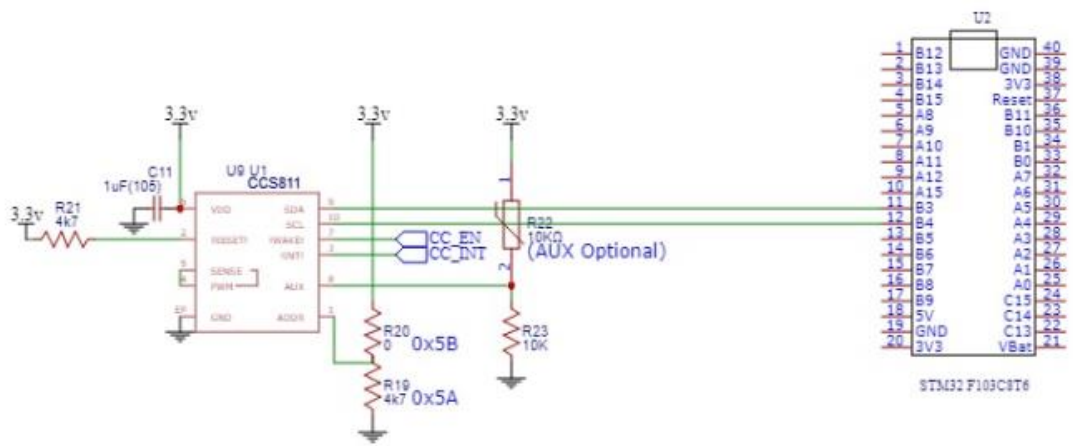


Рисунок 3.13 Схема підключення датчика рівня CO2.

Підключення датчика присутності HC-SR501

Схема підключення датчика присутності HC-SR501 представлена на рис.3.14. Напряга живлення датчика складає +5 В. Вивід GND підключається до виводу GND на мікроконтролері. VDD підключають до виводу мікроконтролера +5В, а вивід OUT підключають до виводу SCL2 на мікроконтролера.

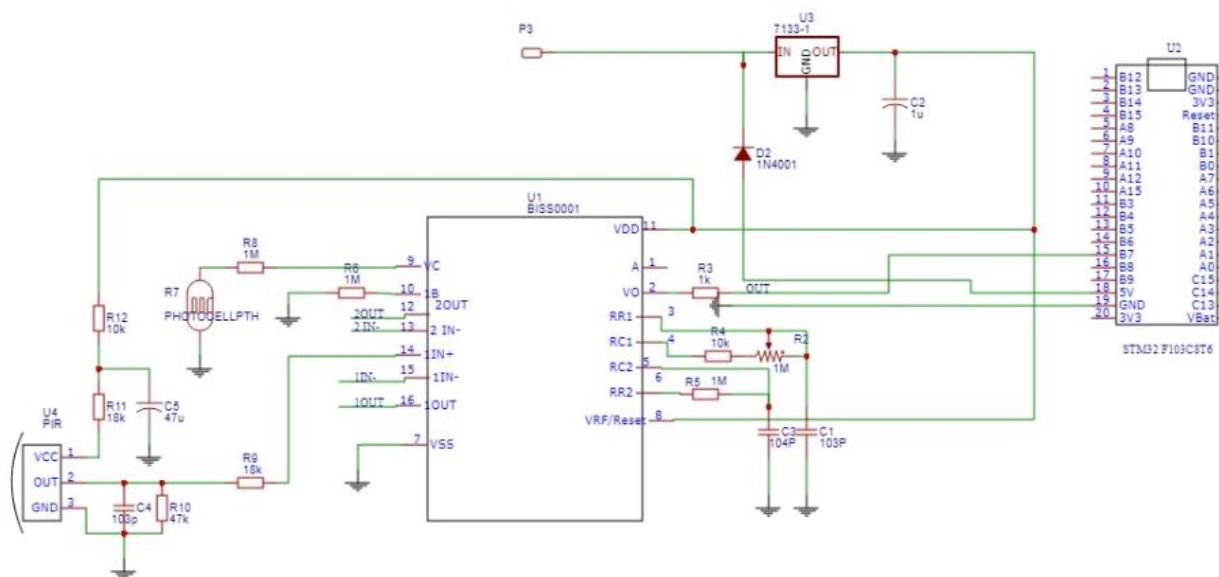


Рисунок 3.14 Схема підключення датчика присутності HC-SR501

Підключення GSM модуля SIM900.

Схема підключення модуля SIM900 показана на рис. 3.15. Виконання по модульному принципу дає можливість підключення компонента безпосередньо до мікроконтролера без застосування додаткових компонентів. Живлення модуля складає +5В, для задавання логічних рівнів інтерфейсу обміну даними з мікроконтролером вивід Vinterf підключається до шини +3,3В. Обмін даними з мікроконтролером відбувається по інтерфейсу UART.

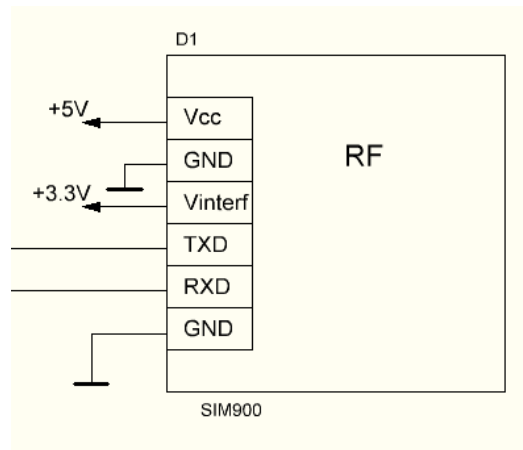


Рисунок 3.15 – Схема підключення модуля SIM900

Підключення сенсорного дисплею 2.8 TFT LCD

Схема підключення сенсорного дисплею 2.8 TFT LCD показана на рис. 3.16. Напруга живлення дисплею становить +5 В. Підключення до мікроконтролера здійснюється по інтерфейсу SPI. Регулювання яскравості екрану здійснюється програмним шляхом.

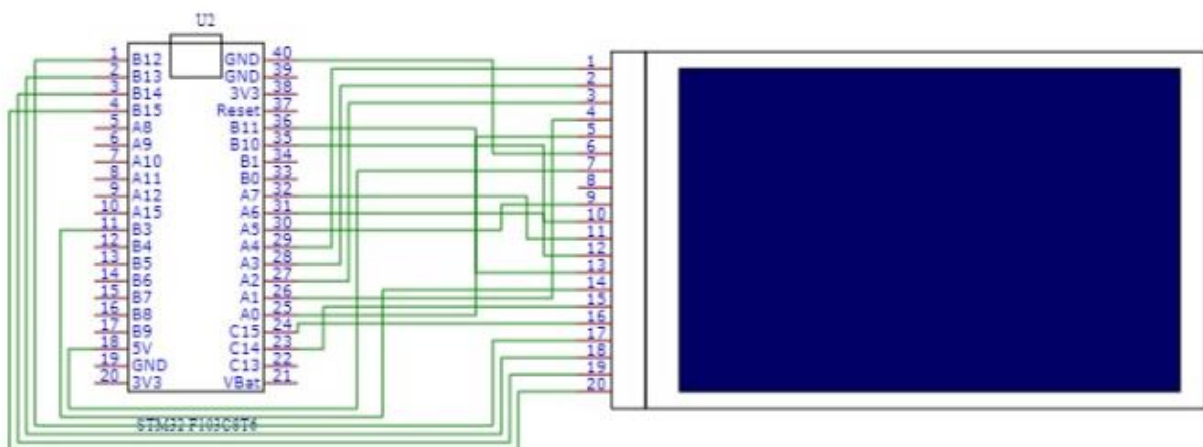


Рисунок 3.16. Схема підключення сенсорного дисплею 2.8 TFT LCD.

Підключення виконуючих пристроїв

Сам транзистор можна підключати напряму до виходів платформи STM32F103C8T6 але це підвищує шанс виходу транзистора з ладу або вигорання контакту на платформі STM

Щоб запобігти цьому явищу, необхідно затвор транзистора захистити резистором R1 (100Ом), це дозволить обмежити струм заряду ємності затвора.

Резистор R2 виконує роль простого підтягуючого резистора, який запобігає випадковому відкриванню польового транзистора. Схема підключення виконуючих пристроїв приведена на рисунку 3.17.

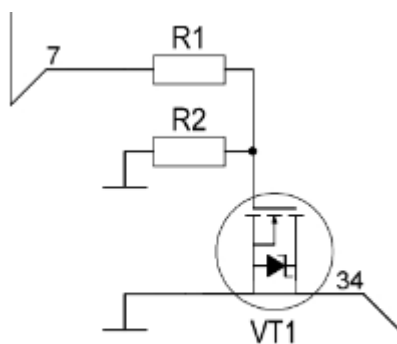


Рисунок 3.16. Схема підключення виконуючих пристроїв.

4 РОЗРОБКА ПРОГРАМНОГО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ПРИСТРОЮ

4.1 Лістинг коду програми

Для забезпечення роботи модулів пристрою напишемо код програми:

```
#include "Adafruit_CCS811.h"

/*****
*****/
/*!
  @brief Setups the I2C interface and hardware and checks for communication.
  @param addr Optional I2C address the sensor can be found on. Default is
  0x5A
  @returns True if device is set up, false on any failure
*/
/*****
*****/
bool Adafruit_CCS811::begin(uint8_t addr) {
  _i2caddr = addr;

  _i2c_init();

  SWReset();
  delay(100);

  // check that the HW id is correct
  if (this->read8(CCS811_HW_ID) != CCS811_HW_ID_CODE)
    return false;

  // try to start the app
  this->write(CCS811_BOOTLOADER_APP_START, NULL, 0);
  delay(100);

  // make sure there are no errors and we have entered application mode
```

					ЕлІТ 6.171.00.10.314 ПЗ	Арк.
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		37

```

if (checkError())
    return false;
if (!_status.FW_MODE)
    return false;

disableInterrupt();

// default to read every second
setDriveMode(CCS811_DRIVE_MODE_1SEC);

return true;
}

/*****
*****/
/*!
    @brief sample rate of the sensor.
    @param mode one of CCS811_DRIVE_MODE_IDLE,
    CCS811_DRIVE_MODE_1SEC,
    CCS811_DRIVE_MODE_10SEC, CCS811_DRIVE_MODE_60SEC,
    CCS811_DRIVE_MODE_250MS.
*/
void Adafruit_CCS811::setDriveMode(uint8_t mode) {
    _meas_mode.DRIVE_MODE = mode;
    this->write8(CCS811_MEAS_MODE, _meas_mode.get());
}

/*****
*****/
/*!
    @brief enable the data ready interrupt pin on the device.
*/
/*****
*****/
void Adafruit_CCS811::enableInterrupt() {

```

					ЕлІТ 6.171.00.10.314 ПЗ	Арк.
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		38

```

    _meas_mode.INT_DATARDY = 1;
    this->write8(CCS811_MEAS_MODE, _meas_mode.get());
}

/*****
*****/
/*!
    @brief disable the data ready interrupt pin on the device
*/
/*****
*****/
void Adafruit_CCS811::disableInterrupt() {
    _meas_mode.INT_DATARDY = 0;
    this->write8(CCS811_MEAS_MODE, _meas_mode.get());
}

/*****
*****/
/*!
    @brief checks if data is available to be read.
    @returns True if data is ready, false otherwise.
*/
/*****
*****/
bool Adafruit_CCS811::available() {
    _status.set(read8(CCS811_STATUS));
    if (!_status.DATA_READY)
        return false;
    else
        return true;
}

/*****
*****/
/*!

```

@brief read and store the sensor data. This data can be accessed with
getTVOC(), geteCO2(), getCurrentSelected() and getRawADCreading()

@returns 0 if no error, error code otherwise.

```
*/  
/*****  
*****/  
uint8_t Adafruit_CCS811::readData() {  
    if (!available())  
        return false;  
    else {  
        uint8_t buf[8];  
        this->read(CCS811_ALG_RESULT_DATA, buf, 8);  
  
        _eCO2 = ((uint16_t)buf[0] << 8) | ((uint16_t)buf[1]);  
        _TVOC = ((uint16_t)buf[2] << 8) | ((uint16_t)buf[3]);  
        _currentSelected = ((uint16_t)buf[6] >> 2);  
        _rawADCreading = ((uint16_t)(buf[6] & 3) << 8) | ((uint16_t)buf[7]);  
  
        if (_status.ERROR)  
            return buf[5];  
  
        else  
            return 0;  
    }  
}  
  
/*****  
*****/  
/*!  
    @brief set the humidity and temperature compensation for the sensor.  
    @param humidity the humidity data as a percentage. For 55.5% humidity, pass  
    in 55.5  
    @param temperature the temperature in degrees C as a decimal number.  
    For 25.5 degrees C, pass in 25.5  
*/
```

					ЕлІТ 6.171.00.10.314 ПЗ	Арк.
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		40


```

/*****
*****/
void Adafruit_CCS811::setEnvironmentalData(float humidity, float temperature) {
  /* Humidity is stored as an unsigned 16 bits in 1/512%RH. The
  default value is 50% = 0x64, 0x00. As an example 48.5%
  humidity would be 0x61, 0x00.*/

  /* Temperature is stored as an unsigned 16 bits integer in 1/512
  degrees; there is an offset: 0 maps to -25°C. The default value is
  25°C = 0x64, 0x00. As an example 23.5% temperature would be
  0x61, 0x00.
  The internal algorithm uses these values (or default values if
  not set by the application) to compensate for changes in
  relative humidity and ambient temperature.*/

  uint16_t hum_conv = humidity * 512.0f + 0.5f;
  uint16_t temp_conv = (temperature + 25.0f) * 512.0f + 0.5f;

  uint8_t buf[] = {
    (uint8_t)((hum_conv >> 8) & 0xFF), (uint8_t)(hum_conv & 0xFF),
    (uint8_t)((temp_conv >> 8) & 0xFF), (uint8_t)(temp_conv & 0xFF)};

  this->write(CCS811_ENV_DATA, buf, 4);
}

/*****
*****/
/*!
  @brief get the current baseline from the sensor.
  @returns the baseline as 16 bit integer. This value is not human readable.
  */
/*****
*****/
uint16_t Adafruit_CCS811::getBaseline() {
  /* baseline is not in a human readable format, the two bytes are assembled

```

```

to an uint16_t for easy handling/passing around */

uint8_t buf[2];

this->read(CCS811_BASELINE, buf, 2);

return ((uint16_t)buf[0] << 8) | ((uint16_t)buf[1]);
}

/*****
*****/
/*!
  @brief set the baseline for the sensor.
  @param baseline the baseline to be set. Has to be a value retrieved by
  getBaseline().
*/
/*****
*****/
void Adafruit_CCS811::setBaseline(uint16_t baseline) {
  /* baseline is not in a human readable format, byte ordering matches
  getBaseline() */

  uint8_t buf[] = {(uint8_t)((baseline >> 8) & 0xFF),
                   (uint8_t)(baseline & 0xFF)};

  this->write(CCS811_BASELINE, buf, 2);
}

/*****
*****/
/*!
  @deprecated hardware support removed by vendor
  @brief calculate the temperature using the onboard NTC resistor.
  @returns temperature as a double.
*/

```

```

/*****
*****/
double Adafruit_CCS811::calculateTemperature() {
  uint8_t buf[4];
  this->read(CCS811_NTC, buf, 4);

  uint32_t vref = ((uint32_t)buf[0] << 8) | buf[1];
  uint32_t vntc = ((uint32_t)buf[2] << 8) | buf[3];

  // from ams ccs811 app note
  uint32_t rntc = vntc * CCS811_REF_RESISTOR / vref;

  double ntc_temp;
  ntc_temp = log((double)rntc / CCS811_REF_RESISTOR); // 1
  ntc_temp /= 3380; // 2
  ntc_temp += 1.0 / (25 + 273.15); // 3
  ntc_temp = 1.0 / ntc_temp; // 4
  ntc_temp -= 273.15; // 5
  return ntc_temp - _tempOffset;
}

/*****
*****/
/*!
  @brief set interrupt thresholds
  @param low_med the level below which an interrupt will be triggered.
  @param med_high the level above which the interrupt will ge triggered.
  @param hysteresis optional hysteresis level. Defaults to 50
*/
/*****
*****/
void Adafruit_CCS811::setThresholds(uint16_t low_med, uint16_t med_high,
                                     uint8_t hysteresis) {
  uint8_t buf[] = {(uint8_t)((low_med >> 8) & 0xF), (uint8_t)(low_med & 0xF),
                   (uint8_t)((med_high >> 8) & 0xF), (uint8_t)(med_high & 0xF),

```

					ЕлІТ 6.171.00.10.314 ПЗ	Арк.
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		43

```

        hysteresis};

this->write(CCS811_THRESHOLDS, buf, 5);
}

/*****
*****/
/*!
    @brief trigger a software reset of the device
*/
/*****
*****/

void Adafruit_CCS811::SWReset() {
    // reset sequence from the datasheet
    uint8_t seq[] = {0x11, 0xE5, 0x72, 0x8A};
    this->write(CCS811_SW_RESET, seq, 4);
}

/*****
*****/
/*!
    @brief read the status register and store any errors.
    @returns the error bits from the status register of the device.
*/
/*****
*****/

bool Adafruit_CCS811::checkError() {
    _status.set(read8(CCS811_STATUS));
    return _status.ERROR;
}

/*****
*****/
/*!
    @brief write one byte of data to the specified register

```

```

    @param reg the register to write to
    @param value the value to write
*/
/*****
*****/
void Adafruit_CCS811::write8(byte reg, byte value) {
    this->write(reg, &value, 1);
}

/*****
*****/
/*!
    @brief read one byte of data from the specified register
    @param reg the register to read
    @returns one byte of register data
*/
/*****
*****/
uint8_t Adafruit_CCS811::read8(byte reg) {
    uint8_t ret;
    this->read(reg, &ret, 1);

    return ret;
}

void Adafruit_CCS811::_i2c_init() {
    Wire.begin();
#ifdef ESP8266
    Wire.setClockStretchLimit(500);
#endif
}

void Adafruit_CCS811::read(uint8_t reg, uint8_t *buf, uint8_t num) {
    uint8_t pos = 0;

```

```

// on arduino we need to read in 32 byte chunks
while (pos < num) {

    uint8_t read_now = min((uint8_t)32, (uint8_t)(num - pos));
    Wire.beginTransmission((uint8_t)_i2caddr);
    Wire.write((uint8_t)reg + pos);
    Wire.endTransmission();
    Wire.requestFrom((uint8_t)_i2caddr, read_now);

    for (int i = 0; i < read_now; i++) {
        buf[pos] = Wire.read();
        pos++;
    }
}

void Adafruit_CCS811::write(uint8_t reg, uint8_t *buf, uint8_t num) {
    Wire.beginTransmission((uint8_t)_i2caddr);
    Wire.write((uint8_t)reg);
    Wire.write((uint8_t *)buf, num);
    Wire.endTransmission();
}

```

					ЕЛІТ 6.171.00.10.314 ПЗ	Арк.
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		46

```

#include "AM2320.h"
#include <Wire.h>
AM2320::AM2320() {
    // do nothing
}
void AM2320::begin() {
    Wire.begin();
}
#ifdef ESP8266
void AM2320::begin(int sda, int scl) {
    Wire.begin(sda, scl);
}
#endif

float AM2320::getTemperature() {
    return _temperature;
}

float AM2320::getHumidity() {
    return _humidity;
}

bool AM2320::measure() {
    _errorCode = 0;

    if ( !_read_registers(0x00, 4) ) {
        _errorCode = 1;
        return false;
    }

    unsigned int receivedCrc = 0;    // allocate 16 bits for storing crc from
sensor
    receivedCrc = ((receivedCrc | _buf[7]) << 8 | _buf[6]); // pack high and low
byte together

```

					ЕлІТ 6.171.00.10.314 ПЗ	Арк.
Зм..	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		47

```

if (receivedCrc == crc16(_buf, 6)) {
    int humidity = ((_buf[2] << 8) | _buf[3]);
    _humidity = humidity / 10.0;

    int temperature = ((_buf[4] & 0x7F) << 8) | _buf[5];
    if ((_buf[2] & 0x80) >> 8 == 1) { // negative temperature
        _temperature = (temperature / 10.0) * -1; // divide data by 10
according to the datasheet
    }
    else { // positive temperature
        _temperature = temperature / 10.0; // divide data by 10 according
to the datasheet
    }

    return true;
}
else {
    _errorCode = 2;
    return false;
}
}

int AM2320::getErrorCode() {
    return _errorCode;
}

bool AM2320::_read_registers(int startAddress, int numByte) {
    _wake(); // wake up sensor

    Wire.beginTransmission(AM2320_ADDR);
    Wire.write(0x03); // function code: 0x03 - read register data
    Wire.write(startAddress); // begin address
    Wire.write(numByte); // number of bytes to read

    // send and check result if not success, return error code

```

					ЕлІТ 6.171.00.10.314 ПЗ	Арк.
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		48


```

if (Wire.endTransmission(true) != 0) {
    return false;           // return sensor not ready code
}
delayMicroseconds(1500);   // as specified in datasheet
Wire.requestFrom(AM2320_ADDR, numByte + 4); // request bytes from
sensor

                                // see function code description in datasheet
for ( int i = 0; i < numByte + 4; i++) { // read
    _buf[i] = Wire.read();
}

return true;
}

void AM2320::_wake() {
    Wire.beginTransmission(AM2320_ADDR);
    Wire.endTransmission();
}

unsigned int crc16(byte *byte, unsigned int numByte) {
    unsigned int crc = 0xFFFF; // 16-bit crc register

    while (numByte > 0) { // loop until process all bytes
        crc ^= *byte; // exclusive-or crc with first byte

        for (int i = 0; i < 8; i++) { // perform 8 shifts
            unsigned int lsb = crc & 0x01; // extract LSB from crc
            crc >>= 1; // shift be one position to the right

            if (lsb == 0) { // LSB is 0
                continue; // repete the process
            }
            else { // LSB is 1
                crc ^= 0xA001; // exclusive-or with 1010 0000 0000 0001
            }
        }
    }
}

```

					ЕлІТ 6.171.00.10.314 ПЗ	Арк.
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		49

```
    }  
        numByte--;    // decrement number of byte left to be processed  
    byte++;    // move to next byte  
}  
  
return crc;  
}
```

					Еліт 6.171.00.10.314 ПЗ	Арк.
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		50

ВИСНОВОК

У даній кваліфікаційній роботі розроблено пристрій контролю параметрів мікроклімату у боксах для утримання тварин. Даний пристрій реалізований на основі мікроконтролера STM32 Blue Pill, відповідає за збір показань датчиків, опрацювання даної інформації та залежно від встановлених користувачем параметрів, приводить в дію відповідні виконуючі пристрої для створення відповідних умов утримання тварини.

Перевагами даного пристрою є надійність, безпечність, універсальність, низьке енергоспоживання, невисока собівартість, простий та зрозумілий графічний інтерфейс, що значно спрощує процес налаштування пристрою.

У першому розділі роботи було проведено літературний огляд існуючих аналогів даного пристрою, виконано порівняння їх характеристик на основі чого було виокремлено ряд недоліків серед існуючих аналогів, розглянуто найбільш поширені датчики, приведено їх порівняльну характеристику та виокремлено ряд переваг та недоліків.

З використанням інформації, викладеної в літературному огляді, було розроблено алгоритм роботи, структурну, функціональну та принципову електричну схеми пристрою контролю параметрів мікроклімату у боксах для утримання тварин. Було розроблено програмне забезпечення для роботи модулів пристрою контролю параметрів мікроклімату.

					ЕЛІТ 6.171.00.10.314 ПЗ	Арк.
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		51

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Gil'mutdinov A.K., Ushakov P.A., El-Khazali R. Fractal Elements and their Applications Springer, 2017. — 252 p.
2. Gandhi T. (ed.) Microelectronics Failure Analysis Desk Reference — Materials Park: ASM International, 2019. — 718 p.
3. Haraoubia B. Nonlinear Electronics 1: Nonlinear Dipoles, Harmonic Oscillators and Switching Circuits — ISTE Press - Elsevier, 2018. — 351 p.
4. Iveringstel Publications. Fundamentals and Essentials of Electronic Circuits — Iveringstel Publications, 2020. — 152 p.
5. Satoshi Koizumi, Hitoshi Umezawa, Julien Pernot, Mariko Suzuki (eds.). Power Electronics Device Applications of Diamond Semiconductors — Kidlington: Woodhead Publishing, 2018. — 468 p.
6. Торгаев С.Н., Тригуб М.В. и др. Практическое руководство по программированию STM-микроконтроллеров — Томск: Изд-во Томского политехнического университета, 2015. — 111 с.
7. Емельянов В.В., Лимаренко П.В. Изучение архитектуры и принципа функционирования мобильной станции стандарта GSM — Методические указания, Харьков, 2012 г. — 5 стр.
8. Платунова С. М, Елисеев И.В., Авксентьева Е.Ю. Ethernet switches L2&L3. Проектирование, настройка, диагностика сетей передачи данных — Санкт-Петербург: НИУ ИТМО, 2018. — 87 с.
9. Исмаилов Т. А. Термостабилизация электронных плат с плотной компоновкой с использованием термоэлектрических преобразователей / Т. А. Исмаилов, Т. Э. Саркаров, Ш. А. Юсуфов // Термоэлектрики и их применения: ст. сб. тр. конф. — Санкт-Петербург: Физико-технический институт им. А. Ф. Иоффе Российской академии наук, 2015. — 506 с.
10. STM32F103C8T6 datasheet. Medium-density performance line ARM®-based 32-bit MCU with 64 or 128 KB Flash, USB, CAN, 7 timers, 2 ADCs, 9 com. interfaces [Электронный ресурс] - Режим доступа: <https://www.st.com/resource/en/datasheet/stm32f103c8.pdf>
11. AM2320 Sensor. Datasheet pdf. Equivalent - [Электронный ресурс] - Режим доступа: <https://datasheetpdf.com/pdf/952504/Aosong/AM2320/1>
12. HC-SR501 Datasheet – PIR Motion Detector – Sensor Module - [Электронный ресурс] - Режим доступа: http://www.datasheetcafe.com/hc-sr501-datasheet-detector/?gclid=CjwKCAjwn6GGBhADEiwAruUcKuy9t7jjhTpFbtXwG81n6vyNassMYtUup_ccjj-j6axGtX0iVwrx3BoCkkYQAvD_BwE

					ЕлІТ 6.171.00.10.314 ПЗ	Арк.
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		52

13. CCS811 Sensor. Datasheet pdf. Equivalent - [Електронний ресурс] - Режим доступу: <https://datasheetspdf.com/pdf/1115902/ams/CCS811/1>
14. SIM900 GSM/GPRS Module - [Електронний ресурс] - Режим доступу: <http://www.propox.com/download/docs/SIM900.pdf>

					ЕЛІТ 6.171.00.10.314 ПЗ	Арк.
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		53