

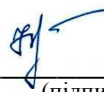
НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ УКРАЇНИ
«КИЇВСЬКИЙ ПОЛІТЕХНІЧНИЙ ІНСТИТУТ ім. Ігоря Сікорського»

ФАКУЛЬТЕТ ЕЛЕКТРОНІКИ

КАФЕДРА КОНСТРУЮВАННЯ ЕЛЕКТРОННО-ОБЧИСЛЮВАЛЬНОЇ
АППАРАТУРИ

«До захисту допущено»

Завідувач кафедри

 Лисенко О.М.
(підпис) (ініціали, прізвище)

«12» червня 2020р.

Дипломний проект


на здобуття ступеня бакалавра

зі спеціальності 172 Телекомунікації та радіотехніка
(код та назва напрямку підготовки або спеціальності)

на тему: Прилад організації штучного мікроклімату для тераріумних тварин

Виконала: студентка IV курсу, групи ДК-62

Довженко Богдана Ігорівна
(прізвище, ім'я, по батькові)

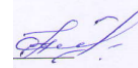

(підпис)

Керівник ст. викл. Антонюк О.І
(посада, вчене звання, науковий ступінь, прізвище та ініціали)


o.i.
(підпис)

Рецензент

д-р фіз.-мат. наук, к. т. н. Н.В. Кірилюк
(посада, вчене звання, науковий ступінь, прізвище та ініціали)


(підпис)

Засвідчую, що у цьому дипломному проекті немає запозичень з праць інших авторів без відповідних посилань.

Студент 
(підпис)

Київ - 2020 року

Національний технічний університет України
«Київський політехнічний інститут ім. Ігоря Сікорського»

Факультет електроніки


Кафедра конструювання електронно-обчислювальної апаратури

Освітньо-кваліфікаційний рівень – бакалавр

Спеціальність 172 Телекомунікації та радіотехніка
(код і назва)

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри


_____ Лисенко О.М.
(підпис) (ініціали, прізвище)

“17” ____ 02 ____ 2020р.

ЗАВДАННЯ

на дипломний проект студенту

_____ Довженко Богдани Ігорівни

(прізвище, ім'я, по батькові)

Тема проекту Прилад організації штучного мікроклімату для тераріумних тварин

Керівник проекту: Антонюк Олександр Ігорович

затверджені наказом по університету від 25.05.2020 року №1196-с

Термін подання студентом проекту 10 червня 2020 року

Вихідні дані до проекту. Прилад має кліматичне виконання УХЛ4.2 по стандарту ГОСТ 15150-69. Пристрій повинен виконувати вимірювання

температури в теплій і холодній зоні. Виконувати контроль температури в теплій зоні. Виконувати перевірку працездатності лампи ультрафіолетового випромінювання. Маса виробу не повинна перевищувати 1250гр.

1. Зміст розрахунково-пояснювальної записки:

- аналіз технічного завдання;
- огляд існуючих засобів керування;
- розробка структурної схеми;
- обґрунтування вибору елементної бази;
- розробка схеми електричної принципової;
- обґрунтування вибору друкованої плати;
- конструкторсько-технологічні розрахунки;
- електричний розрахунок друкованої плати;
- розрахунок надійності друкованої плати;
- проектування у Altium Designer;
- висновки.

2. Перелік графічного матеріалу (із зазначенням обов'язкових креслень, плакатів, презентацій тощо):

- схема електрична принципова;
- друкована плата;
- складальне креслення.

3. Дата видачі завдання 17.02.2020р.

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№	Назва етапів виконання дипломного проекту	Дата	Примітка
1	Аналіз технічного завдання	1.04.20-12.04.20	Виконано
2	Аналіз аналогів та вибір структури пристрою і його окремих складових	12.04.18-23.04.20	Виконано
3	Вибір елементної бази	19.04.20-27.04.20	Виконано
4	Розробка схеми електричної принципової	27.04.20-5.05.20	Виконано
5	Конструкторсько-технологічні розрахунки	6.05.20-8.05.20	Виконано
6	Електричний розрахунок друкованої плати	9.05.20-10.05.20	Виконано
7	Розробка друкованої плати	12.05.20-15.05.20	Виконано
8	Проектування у Altium Designer	17.05.20-20.05.20	Виконано
9	Розробка алгоритму роботи програми	21.05.20-27.05.20	Виконано
10	Виконання креслень друкованої плати та складального креслення	28.05.20-3.06.20	Виконано
11	Оформлення пояснювальної записки	3.06.20-6.06.20	Виконано

Студент _____


(підпис)

Довженко Б.І
(прізвище та ініціали)

Керівник проекту _____


(підпис)

АНТОНЮК О.І.
(прізвище та ініціали)

АНОТАЦІЯ

Робота виконана на 98 сторінках, складається з 5 розділів. В них увійшло 33 ілюстрацій, 22 таблиць та 30 джерел в переліку посилань.

Об'єктом розробки є пристрій організації штучного мікроклімату для тварин у тераріумі.

Метою є розробка приладу для організації штучного мікроклімату в тераріумі в домашніх умовах. Пристрій виконано на базі мікроконтролера STM32F411.

Дипломний проект складається із вступу, 5-ти розділів, висновків по роботі, а також списку використаних джерел та додатків.

У першому розділі розглянуто проблематику, розглянуто існуючі аналоги для вирішення поставленої проблеми, та поставлено вимоги до проектуємого приладу.

У другому розділі розроблено структурну схему приладу, обрано елементну базу, на основі якої створено електричну принципову схему.

У третьому розділі обрано тип та матеріал друкованої плати, проаналізовано класи точності та виконано розміщення компонентів на монтажному просторі для подальшого їх трасування.

У четвертому розділі виконано розрахунок елементів друкованої плати та електричний розрахунок друкованої плати; розрахунок надійності та теплового режиму.

У п'ятому розділі розглянуто алгоритм роботи приладу.

ABSTRACT

The work is done on 98 pages, consists of 5 sections. They included 33 illustrations, 22 tables and 30 sources in the list of references.

The object of development is a device for organization an artificial microclimate for animals in the terrarium.

The aim is to develop a device for organizing an artificial microclimate in the terrarium at home. The device is made on the basis of the STM32F411 microcontroller.

The diploma project consists of an introduction, 5 sections, conclusions on work, and also the list of the used sources and appendices.

In the first section the problem statement is considered, the existing analogues for the decision of the problem are considered, and requirements to the designing device are set.

In the second section the structural scheme of the device is developed, the element base on the basis of which the electric schematic scheme is created is chosen.

In the third section, the type and material of the printed circuit board are selected, the accuracy classes are analyzed and the placement of components on the assembly space for their further tracing is performed.

In the fourth section, the calculation of the elements of the printed circuit board and the electrical calculation of the printed circuit board are performed; calculation of reliability and thermal regime.




The fifth section discusses the algorithm of the device.

Пояснювальна записка до дипломного проекту

**на тему: Прилад організації штучного мікроклімату для
тераріумних тварин**

Зміст

Перелік використаних скорочень	6
Вступ.....	7
РОЗДІЛ 1. АНАЛІЗ ІСНУЮЧИХ ВАРІАНТІВ ТА ВИБІР ГОЛОВНИХ ХАРАКТЕРИСТИК.....	9
1.1 Проблематика	9
1.2 Огляд існуючих аналогів.....	10
1.3 Обґрунтування обраного рішення	17
Висновки до розділу	18
РОЗДІЛ 2. СХЕМОТЕХНІЧНЕ ПРОЕКТУВАННЯ.....	20
2.1 Розробка структурної схеми	20
2.2 Обґрунтування елементної бази	22
2.2.1 Вибір мікроконтролера.....	22
2.2.2 Вибір блоку живлення	24
2.2.3 Вибір дисплея.....	26
2.2.4 Вибір датчика температури.....	27
2.2.5 Вибір датчика УФ	30
2.2.7 Вибір кварцового резонатора	31
2.2.8 Вибір резисторів.....	31
2.2.9 Вибір конденсаторів	32
2.2.10 Вибір енкодера	33
2.2.11 Вибір реле	33

					<i>ДК62.4214.17.001ПЗ</i>			
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	<i>Прилад організації штучного мікроклімату для тераріумних тварин Пояснювальна записка</i>			
Розробив		<i>Б.І. Довженко</i>						
Перевірив								
Реценз.								
Н. Контр.		<i>О.І. Лисенко</i>						
Затвердив		<i>О.І. Антонюк</i>			Літ.	Арк.	Аркушів	
					2	98	КПІ ім.Ігоря Сікарського, ФЕЛ, КЕОА	

2.2.12	Вибір симістора і оптопари.....	33
2.2.13	Вибір транзистора	33
2.2.14	Вибір діодів.....	34
2.2.15	Вибір світлодіодів.....	34
2.2.16	Вибір вентилятора.....	34
2.2.17	Вибір роз'ємів.....	34
2.2.18	Вибір запобіжника	35
2.3	Розробка схеми електричної принципової з необхідними розрахунками.....	35
2.4	Опис роботи приладу.....	42
	Висновки до розділу	43
РОЗДІЛ 3. ПРОЕКТУВАННЯ ДРУКОВАНОЇ ПЛАТИ		45
3.1	Вибір типу та матеріалу друкованої плати	45
3.2.	Вибір класу точності.....	47
3.3	Вибір методу виготовлення ДП.....	48
3.4	Розміщення компонентів.....	50
3.5	Проектування друкованого вузлу в середовищі Altium Designer	52
	Висновки до розділу	54
РОЗДІЛ 4. РОЗРАХУНКИ, ЩО ПІДТВЕРДЖУЮТЬ ПРАВИЛЬНІСТЬ КОНСТРУКТОРСЬКОГО РІШЕННЯ ТА ЕЛЕКТРИЧНИЙ РОЗРАХУНОК ДП		56
4.2	Розрахунок елементів ДМ.....	56
4.2.1	Визначення мінімальної ширини друкованого провідника по постійному струмі для ланцюгів живлення та землі	56

4.2.2	Визначення мінімальної ширини провідника з урахуванням допустимого падіння на ньому напруги	58
4.2.3	Визначення номінального діаметру монтажного отвору	59
4.2.4	Визначення діаметру контактної майданчику.....	59
4.2.5	Визначення мінімальної та максимальної ширини провідника	61
4.2.6	Визначення мінімальної відстані між провідником та контактною площиною	62
4.2.7	Визначимо мінімальну відстань між двома сусідніми провідниками (між краями провідників).....	63
4.3	Електричний розрахунок ДП	64
4.3.1	Розрахунок допустимого падіння напруги на найдовшому провіднику.....	64
4.3.2	Визначення взаємної індуктивності двох паралельних провідників однакової довжини	65
4.3.3	Розрахунок потужності втрат двосторонньої друкованої плати	65
	Визначимо ємність між двома сусідніми провідниками	67
4.4	Розрахунок основних показників надійності ДВ.....	68
4.4.1	Коефіцієнти інтенсивності відмов при номінальних умовах	69
4.4.2	Коефіцієнти інтенсивності відмов елементів, що працюють в реальних умовах та режимах	69
4.4.2	Коефіцієнт навантаження.....	70
4.5	Розрахунок теплового режиму елементів.....	78
4.5.1	Стабілізатор напруги AMS1117	78
4.5.1	Симістор VT138-600	79

4.6 Розрахунок роботи батареїки.....	80
Висновки до розділу	80
РОЗДІЛ 5. Алгоритм роботи приладу та його реалізація	82
5.1 Підключення основних модулів	82
5.1.1 Підключення давачів	82
5.1.2 Підключення енкодера	83
5.1.3 Підключення дисплею.....	84
5.2 Програмування мікроконтролера та алгоритм роботи	85
Висновок до розділу	91
ВИСНОВКИ.....	92
Список використаної літератури.....	94
Додаток А – Технічне завдання	
Додаток Б - Матеріали конференції	
Додаток В - Прилад організації штучного мікроклімату для	
тераріумних тварин. Перелік елементів	
Додаток Г - Блок керування. Специфікація	
Додаток Д - Сенсор температури. Специфікація	
Додаток Е - Сенсор ультрафіолету. Специфікація	
Додаток Ж – Прилад. Специфікація	

Перелік використаних скорочень

УФ	Ультрафіолет
ДВ	Друкований вузол
ДП	Друкована плата
ТЗ	Технічне завдання
САПР	Система автоматизованого проектування
RTC	Real-time clock
I ² C	Inter-Integrated Circuit
GPIO	General-purpose input/output
ІБЖ	Імпульсний блок живлення
ШИМ	Широтно-імпульсна модуляція
МК	Мікросхема
ДП	Друкована плата
ДДП	Друкована двостороння плата
ДМ	Друкований монтаж
ДВ	Друкований вузол
УГП	Умовних графічних позначень
ПМ	Посадкові місця
МО	Монтажний отвір
КМ	Контактний майданчик
AD	Altium Designer
SDA	Serial Data Line
SCL	Serial Clock Line

Вступ

Багато років люди заводять домашніх улюбленців. Хтось не хоче відчувати себе самотнім, таким чином створює собі компанію, хтось прагне навчитися турбуватися про когось іще. Будь-яка тварина, буде віддана, прив'язана до свого господаря, якщо він буде за нею доглядати, піклуватися, створювати комфортні умови для її проживання. І рептилії не є виключенням. На сьогоднішній день, все частіше можна зустріти екзотичних тварин в ролі домашнього жителя. Хоча, відсоток господарів, які мають таких тварин, невеликий, близько 5-7%, з кожним роком він зростає, і складає конкуренцію звичним улюбленцям, таким як собаки, коти.

Незважаючи на те що список рептилій, які можуть проживати з людьми короткий, питання про їх утримання залишається відкритим. Для екзотичних тварин, як і для будь-яких, потрібно створити умови проживання, які максимально подібні до природніх. Якщо для чотирилапих друзів потрібно надати достатньо простору, спілкування з собі подібними, та правильне харчування, то ось для рептилій умови дещо складніше.

Найголовніше, що потрібно екзотичним тваринам в домашніх умовах – це створення штучного мікроклімату. Найбільш вагомими критеріями - це температурний режим і наявність ультрафіолетового(УФ) випромінювання.

Наразі існують прилади які можуть забезпечити створення бажаного температурного режиму, проте відсутня система, яка може забезпечити контроль двох найважливіших параметрів – температури, УФ випромінювання.

Мета роботи. Розробка приладу для організації штучного мікроклімату в тераріумі в домашніх умовах. Прилад повинен:

- в холодній зоні вимірювати та аналізувати температуру; в теплій зоні – вимірювати, аналізувати, контролювати температуру. Для її

									Лист
									7
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата	ДК62.4214.17.001ПЗ				

зменшення/збільшення температури, прилад повинен керувати вимиканням та вмиканням лампи обігріву, а у випадку, коли терміново необхідно знизити температуру в теплому кутку, пристрій буде вмикати вентилятор, який розташовано таким чином, щоб відбувався забір теплого повітря;

- надавати інформацію про справність УФ лампи. Оскільки, для кожної рептилії необхідно мати свій спектр випромінювання, то аналізувати довжини хвилі немає потреби, а лише фіксувати працездатність лампи.
- дотримуватися денного та нічного режиму.

Для виконання поставленого завдання головною частиною апаратного комплексу буде слугувати мікроконтролер серії STM32[1]. Такі прилади призначенні для побутового використання

У роботі виконано:

- огляд існуючих аналогів, обрано та обґрунтовано елементну базу, завдяки якій розроблено принципову схему;
- аргументовано вибір друкованого вузла(ДВ);
- виконано розрахунки, що підтверджують правильність конструктивних рішень;
- спроектовано друковану плату(ДП) у САПР Altium Designer;
- створено програмне забезпечення для мікроконтролера.

									Лист
									8
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата	ДК62.4214.17.001ПЗ				

РОЗДІЛ 1. АНАЛІЗ ІСНУЮЧИХ ВАРІАНТІВ ТА ВИБІР ГОЛОВНИХ ХАРАКТЕРИСТИК

1.1 Проблематика

Для того, щоб рептилія почувала себе комфортно в домашніх умовах потрібно забезпечити їй умови проживання близькі до природніх. До переліку необхідних умов для рептилій входить вибір потрібного за розміром тераріуму, наповнювача, створення необхідного мікроклімату. Для холоднокровних плазунів, таких як: черепахи, ящірки, змії найбільш вагомі є два аспекти при створенні кліматичних умов в домашніх умовах, це дотримання температурного режиму та наявність УФ випромінювання.

Занизька температура може призвести до сповільнення метаболізму, тривалого періоду відмови від їжі, виснаження. Таким чином, без необхідного тепла черепаха буде хворіти, їжа в шлунку буде набагато повільніше перетравлюватися, гнити. Зависока температура – призведе до перегріву, опіків, тепловому шоку. УФ випромінювання важливо, для засвоєння шкірою вітаміну D3, який допомагає регулювати мінеральний обмін, забезпечувати кістки кальцієм, до того ж підвищує апетит у рептилій. Через відсутність такого випромінювання у тварин може виникнути остеомалія і недорозвинення кісткової тканини. Інколи, господарі нехтують покупкою такої лампи, та використовують лише вітамін D3 як харчові добавки. Проте, не у всіх рептилій засвоюється цей вітамін таким шляхом, до того ж чим старша рептилія – тим рідше її потрібно годувати, таким чином життєво необхідний вітамін буде отримувати рідше. Тому, коли заводиться рептилія, потрібно одразу бути готовим до певних витрат та зусиль, адже якщо знехтувати ними, то це може призвести до страждання тварини, навіть до летальних випадків включно.

									Лист
									9
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата	ДК62.4214.17.001ПЗ				

Отже, для комфортних умов проживання рептилій потрібно створити певний мікроклімат, та підтримувати його. Для забезпечення цього найважливіше - це забезпечити наявність УФ, створити дві зони в тераріумі: теплу та холодну зона.

На сьогоднішній день відбувається швидкий розвиток технологій, і люди намагаються автоматизувати якнайбільшу кількість приладів. Оскільки, для забезпечення потрібних умов рептилії, потрібно включати/вимикати лампи, а також слідкувати за значенням температури та працездатністю лампи УФ, то присутнє безпосереднє втручання людини при встановленні окремих приладів для виконання необхідних задач. Таким чином, через присутність людського фактора є можливість невчасно, або взагалі - забути включити/вимкнути лампу, не вчасно зреагувати на підвищення або зниження температури в тераріумі, або ж не проаналізувати працездатність лампи УФ. Тому виникає потреба автоматизувати процес створення штучного мікроклімату для тварин, щоб мінімізувати втручання людини в даний процес.

1.2 Огляд існуючих аналогів

Як вже зазначалося, дотримання кліматичних умов для рептилій є важливим аспектом для їх комфортного проживання в домашніх умовах. В даному випадку мова йде не лише про комфорт, а й про здоров'я. Нехтування температурним режимом або УФ випромінюванням для цих екзотичних тварин, може закінчитися смертю улюбленця або серйозними проблемами для їх здоров'я.

Розглянемо, які існують варіанти приладів для створення потрібних умов. Одним з найдоступніших варіантів забезпечення мінімальних умов, полягає у використанні декількох пристроїв одночасно:

- термометру;

									Лист
									10
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата	ДК62.4214.17.001ПЗ				

- приладу для вимірювання УФ випромінювання;
- лампи розжарювання;
- лампи УФ випромінювання.

Перевагою такого методу є відносна дешевизна потрібних приладів. Проте, є перелік недоліків, які полягають у тому, що встановлення окремих приладів унеможливує забезпечення селективності по підтримці потрібних значень системи. Також, надання користувачу інформації від кількох незалежних пристроїв може ускладнити задачу, щодо адекватних дій для повернення системи до заданих параметрів. До того ж, встановлення декількох приладів, може забрати значну площу тераріуму.

Автоматизувати дотримання заданих умов, можна за допомогою більш складних приладів. Щоб спростити догляд за тваринами, деякі виробники, наприклад Lucky Reptile [2], випускають контролери температури, які мають давач, та в залежності від його значення виконують обігрів або охолодження середовища. Перевагою такого приладу є те, що він дозволяє дещо автоматизувати процес слідкування за температурним режимом. Але основний недолік полягає в тому, що проблема скупчення приладів досі залишається відкритою. До того ж потрібно враховувати, що для холоднокровних тварин, важливо контролювати температуру в холодній та в теплій зоні одночасно, тому потрібно ще термометр для аналізу температури в холодній зоні.

Компанія Simple Zoo [3] пропонує користувачам терморегулятор, що має два давача, це дозволяє аналізувати температуру одночасно в двох зонах. Такий підхід має перевагу в тому, що допомагає вирішувати задачу скупчення приладів і дозволяє швидше дізнаватися температуру в 2-х точках тераріуму. Проте, недоліками даного пристрою є те, що він не керує температурою, та не слідкує за УФ випромінюванням.

					ДК62.4214.17.001ПЗ	Лист
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		11

Вимірювання УФ також відіграє важливу роль. На даний момент, дуже складно знайти прилад для вимірювання цього випромінювання в домашніх умовах. На ринку представлені більш професійні прилади, найпростіший який вдалося знайти - це цифровий УФ радіометр UV 365M [4]. Його основний недолік полягає в тому, що він вимірює довжину хвилі лише до 365 нм, хоча деякі рептилії потребують – 390 нм. Однак, перевага даного приладу, в тому що він займає досить небагато місця, оскільки в тераріумі може бути прикріплений лише давач, а сам пристрій, де безпосередньо відображаються виміряне значення, в іншому зручному місці.

Одним з найпростіших методів вимірювання УФ для рептилій є використання карточок від фірми REPTI-ZO [5]. Для того, щоб заміряти рівень УФ випромінювання, карту потрібно тримати під УФ лампою в місці найбільш інтенсивної активності, щоб побачити інтенсивність випромінюваного світла (низький, середній або високий). Відстань між картою і джерелом світла залежить від власних потреб. Карта вимірює інтенсивність ультрафіолетового випромінювання протягом 10 секунд, і якщо карта не змінює колір, це означає занадто низький рівень ультрафіолетового випромінювання, що говорить про необхідність заміни джерела світла. Перевагою, такого підходу є дешевизна і простота, порівняно з вимірювачами УФ, проте решта недоліків залишається.

Таким чином, опираючись на недоліки проаналізованих приладів, можна зробити висновок, що потрібно створити прилад, який би аналізував температуру в 2-х точках тераріуму, разом з тим контролював її. До того ж, прилад має аналізувати працездатність УФ лампи. Опораючись на те, що кожній рептилії потрібно свій спектр даного випромінювання, тому аналізувати конкретну довжину хвилі немає потреби, а лише фіксувати працездатність лампи, оскільки такі лампи мають певний термін дії.

									Лист
									12
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата	ДК62.4214.17.001ПЗ				

Розглянемо прилади, які найближче підходять за принципом роботи. Серед існуючих аналогів, найближчим за даним параметром є термостат-гігостат з програматором - Repti-Zoo THC Deluxe THC10 [6] (рис. 1.1).

Термостат працює в режимі день-ніч, імітуючи природне середовище. Repti-Zoo THC10 регулює температуру всередині тераріуму, підтримуючи важливі умови для тварин. Поєднує в собі термостат і програматор, який регулює зміну часу дня і ночі. До такого контролера можна підключити два прилади: перший відповідає за нагрівальний пристрій, а до другий – за лампу для освітлення.

Переваги, такого приладу, є наступні:

- фіксується у будь-якому тераріумі;
- запам'ятовує налаштування у випадку збою живлення;
- може як підвищувати температуру, так і охолоджувати середовище;
- контроль температури та освітленості відбувається незалежно одне від одного;
- можливість налаштування температури дня і ночі.

Але існують і певні недоліки. На жаль, у цього приладу є можливість вимірювати температуру лише в одній зоні, до того ж, регулювання освітлення актуально не для всіх обраних рептилій. Найбільш актуальною дана задача є при розмноженні рептилій, або для окремих видів. В більшості випадків освітлення вистачає від лампи обігріву та лампи ультрафіолетового випромінювання. Також, при встановленні такого приладу все одно виникає необхідність контролювати працездатність лампи ультрафіолету.

					<i>ДК62.4214.17.001ПЗ</i>	Лист
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		13



Рисунок 1.1 - Repti-Zoo THC Deluxe THC10

Існують також і авторські проекти. Один з них представлений на рис. 1.2, який виконує вимір температури та вологості. Прилад зібраний на базі мікроконтролера АТМЕГА8А [7], [8], з виводом показників на двурядковий дисплей.

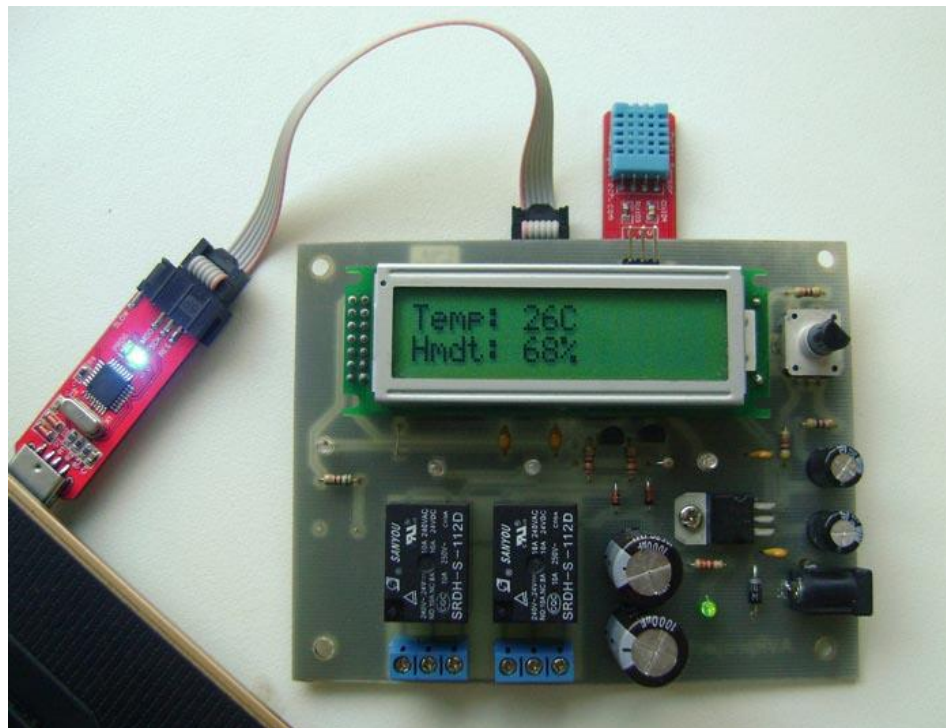


Рисунок 1. 2 – Регулятор температури та вологості(авторський проект)

Датчиком вологості/температури служить DHT22 [9].

					ДК62.4214.17.001ПЗ	Лист
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		14

Налаштування порогів температури і вологості відбувається за допомогою енодера з кнопкою, для цього організовано просте меню. При натисканні на кнопку з'являється можливість встановити поріг температури, значення встановлюється обертанням ручки енодера. При повторному натисканні кнопки, з'являється можливість встановити поріг вологості. Наступне натискання кнопки збереже установки в EEPROM, але тільки в тому випадку, якщо нові значення відрізняються від попередніх. Для індикації роботи пристрою є 5 світлодіодів:

- перший світлодіод, служить для демонстрації наявності живлення;
- другий світлодіод мигає раз в 5 секунд, що дає зрозуміти, чи виконується основна програма;
- третій світлодіод відображає чи є проблеми роботи з давачем;
- два наступні світлодіода вказують на те, яке з реле знаходиться у включеному стані.

Перевагою даного проекту є те, що він більш автоматизований ніж попередні прилади, які розглядалися. Можна вимірювати температуру та вологість одночасно, окрім того, прилад дозволяє контролювати температуру в тераріумі без втручання людини. Цікавим конструктивним рішенням є наявність лише одного енодера для встановлення потрібних параметрів порогів, а не декілька кнопок для вирішення цієї задачі.

Недолік такого проекту в розташуванні давача вологості і температури. Деякі користувачі, щоб знизити температуру обприскують водою потрібну зону, але в такому випадку якщо обприскується та сторона де висить датчик, то він одразу покаже надмірну вологість і наступна подача води не настане поки вологість не спадатиме, не зважаючи на значення температури. Крім того, що прилад не виконує функцію виміру УФ випромінювання, його оснащено лише одним давачем температури, тому потрібно буде ще окремо вимірювати температуру в холодній зоні.

					<i>ДК62.4214.17.001ПЗ</i>	Лист
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		15

Наступний авторський проект розроблений з допомогою мікроконтролера ESP8266 [10], [11] (рис. 1.3). Мета даного приладу керувати напругою для двох інших потужних електричних приборів в залежності від вхідних даних: температури та часу доби.

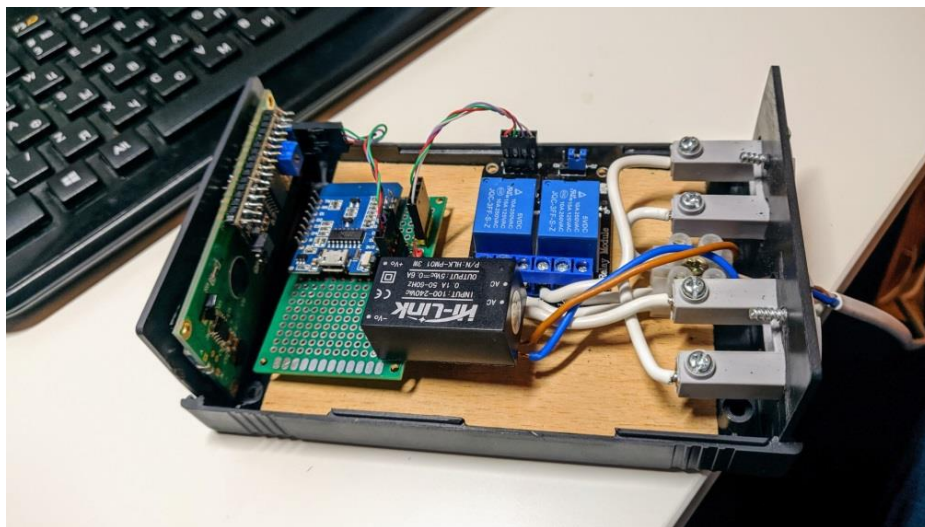


Рисунок 1.3 – Зборка приладу управління кліматом в тераріумі з мікроконтролером ESP8266

Даний проект, у порівняно з попереднім, має перевагу в тому, що окрім включення лампи обігріву він вмикає і лампу УФ. Такий прилад, встановлює денний та нічний режими. А головна його відмінність - це наявність веб-серверу (рис. 1.4).

Проте є ряд недоліків, які полягають в тому, що пристрій не слідкує за працездатністю лампи ультрафіолету, до того ж він не контролює температуру, а лише вимірює, і тільки в одній зоні.

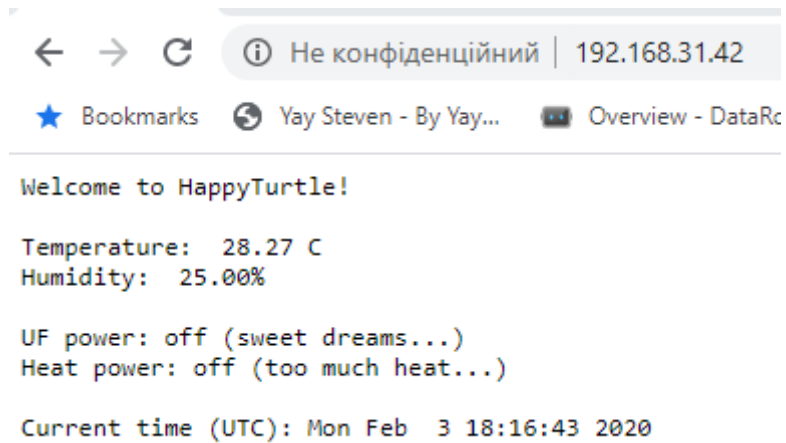


Рисунок 1.4 – Веб-сервер для моніторингу стану приладу

1.3 Обґрунтування обраного рішення

Виходячи з поставленої проблеми та аналізу аналогів пропонується комплексний підхід для реалізації пристрою, що допоможе максимально автоматизувати створення штучного мікроклімату для рептилій, слідкуючи за температурою та УФ випромінюванням.

Один з найбільш розповсюджених недоліків розглянутих аналогів, є те, що відсутня система, яка б одночасно вимірювала та контролювала температуру, та разом з тим перевіряла працездатність лампи УФ випромінювання. Є ряд приладів, які контролюють температурний режим, але не слід забувати, що випромінювання УФ хвиль з часом зменшується, тому аналіз працездатності лампи УФ є важливим. Таким чином, до будь-якого розглянутого приладу з пункту 1.2. потрібно ще мінімум один додатковий прилад, або постійне втручання людини. Тому основною задачею приладу, що створюється, постає забезпечити максимально автоматизовану систему, щоб мінімізувати втручання людини. До того ж, створення такої системи дозволяє уникнути ситуації, коли користувачу складно прийняти рішення, якщо якісь значення штучного мікроклімату відхилилися від норми.

					ДК62.4214.17.001ПЗ	Лист
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		17

З часом варто змінювати лампу обігріву або УФ. І для того, щоб користувачу було зрозуміліше, коли та чи інша лампа вийшла з ладу, прилад має «повідомляти» про це виводом короткої інформації на дисплей. Для привернення уваги користувача, пристрій буде подавати аварійний сигнал при виникненні проблеми.

Зважаючи на те, що прилад працює від мережі 220В, має панель керування та дисплей для відображення інформації, його потрібно кріпити за межами тераріуму, і лише давачі - в тераріумі.

Висновки до розділу

Для рептилій, як і для будь-яких тварин, потрібно створювати умови життя, які близькі до природних. Було проаналізовано до чого може призвести нехтування температурним режимом або УФ випромінюванням. Виходячи з цього, надзвичайно важливо підібрати такі прилади, які максимально допоможуть організувати потрібний штучний мікроклімат.

В цьому розділі було розглянуто наявні на сучасному ринку прилади для вирішення такої задачі. Було розібрано їх недоліки та переваги. Основна проблема полягає в неможливості встановлення кількох приладів, які будуть коректно взаємодіяти між собою, та працювати в залежності від заданого пріоритету. Також, користувачу складно самостійно проаналізувати показники приладів, відповідно - прийняти вірне рішення щодо подальших дій для покращення мікроклімату, коли параметри не відповідають бажаним.

Найбільш близькими аналогами, які відповідають бажаним вимогам є авторські проекти на мікроконтролерах ATMEGA8A та ESP8266. Перевага першого полягає в тому, що він окрім виміру температури ще контролює її. Другий прилад може вмикати і вимикати одразу два пристрої - це лампа обігріву та УФ випромінювання, але він не контролює параметри

					<i>ДК62.4214.17.001ПЗ</i>	Лист
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		18

мікроклімату. Обидва прилади додатково створюють денний та нічний режим, що також відіграє важливу роль.

Опираючись на розглянуті проблеми та аналіз схожих систем, як резюме складається перелік вимог до приладу:

- в теплій зоні: вимірювання, аналіз та контроль температури;
- в холодній зоні: вимірювання та аналіз температури;
- аналіз працездатності лампи УФ;
- інформування користувача про виникнення будь-якої проблеми;
- забезпечення комплексної роботи ламп згідно добового режиму.

									Лист
									19
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата	ДК62.4214.17.001ПЗ				

РОЗДІЛ 2. СХЕМОТЕХНІЧНЕ ПРОЕКТУВАННЯ

2.1 Розробка структурної схеми

Розглянувши вимоги, яким повинен задовольняти новий пристрій, було розроблено його структурну схему. Така схема пристрою для організації штучного мікроклімату в тераріумі зображена на рис. 2.1.

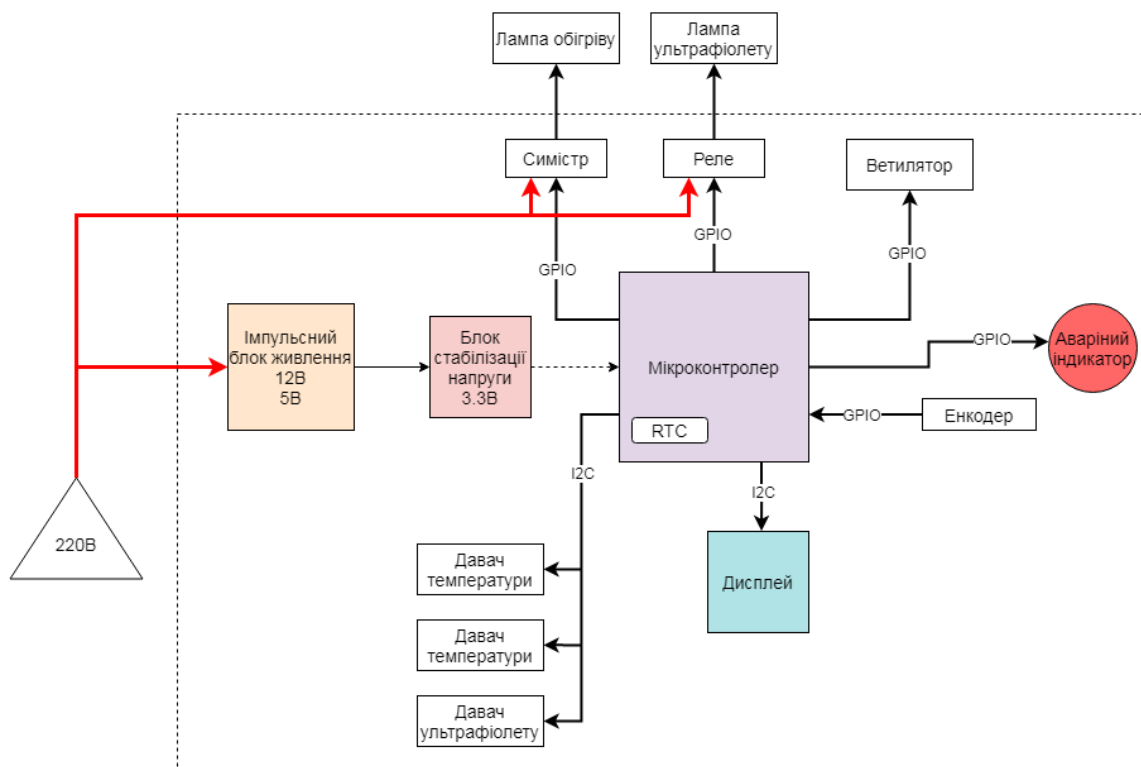


Рисунок 2. 1 - Структурна схема пристрою для організації штучного мікроклімату

Структурна схема нового пристрою на основі мікроконтролера складається з наступних блоків:

- > блок керування (мікроконтролер);
- > живлення:
 - блок живлення, що перетворює напругу 220 В у 12 В та 5В;
 - блок стабілізації напруги;
- > органи управління:

- енкодер;
- > органи для відображення інформації:
 - дисплей;
 - індикатор;
- > датчики, що потрібні для виміру двох найважливіших параметрів штучного мікроклімату:
 - 2 датчик температури;
 - датчик УФ;
- > роз'єми для наступних виконавчих приладів:
 - лампа обігріву;
 - лампа УФ випромінювання;
 - вентилятор.

Блок живлення. За допомогою даного блоку перетворюється напруга 220 В в 12 В та 5 В. Після цього застосовується блок стабілізації напруги на 3.3 В.

Добовий режим. RTC, що є внутрішнім блоком мікроконтролера, дозволяє працювати в режимі реального часу. За допомогою нього можна регулювати освітленням, створюючи режими дня і ночі.

Органи управління. Використовуючи енкодер з кнопкою, що з'єднаний за допомогою інтерфейсу GPIO з мікроконтролером, можна встановлювати порогові значення параметрів мікроклімату.

Органи для відображення інформації. Відображення значення вимірної температури в теплій та холодній зоні, а також інформацію про працездатність лампи УФ відображається на дисплеї, який під'єднано до мікроконтролеру за допомогою протоколу I2C. Індикатор слугує для привернення уваги користувача, якщо виникла критична ситуація(коли будь-яка лампа, або вентилятор вийшов з ладу).

					<i>ДК62.4214.17.001ПЗ</i>	Лист
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		21

Давачі. Давачі температури та давач УФ випромінювання під'єднано до мікроконтролеру за допомогою шини I2C. Ці модулі вимірюють основні параметри мікроклімату – це температура в двох зонах та працездатність лампи УФ випромінювання.

Прилади, для забезпечення бажаного штучного мікроклімату. Для того, щоб керувати мікрокліматом використовується лампа обігріву та ультрафіолету, що вмикаються в вбудовану розетку, а також вентилятор, який вбудований в конструкцію. Такі прилади дозволяють регулювати температурний режим, та надавати УФ випромінювання, яка видає життєво необхідний вітамін D3.

2.2 Обґрунтування елементної бази

2.2.1 Вибір мікроконтролера

Для того щоб забезпечити взаємну роботу блоку індикації, блоку давачів, живлення та блоку, що відповідає за створення мікроклімату можна використовувати різні системи обробки, наприклад, такі системи, як SOC чи мікроконтролери. Слід зазначити, що перший варіант, зазвичай, доцільно використовувати при вирішенні масштабних задач, бо він має досить високу вартість порівняно з іншими альтернативами, що по економічним показникам буде програвати розглянутим аналогам.

Оскільки робота не потребує складних обчислень, що мають виконуватися паралельно, і робота з периферією потребує наявності стандартних інтерфейсів, то вибір зупинили на мікроконтролерах.

Головним критерієм при виборі мікроконтролера є його дешевизна, доступність, можливість програмного доступу до Flash-пам'яті/EEPROM, де зберігаються бажані параметри мікроклімату, наявність шини I2C, та вбудованого таймеру реального часу.

					<i>ДК62.4214.17.001ПЗ</i>	Лист
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		22

Для вирішення поставленої задачі розглянуто популярні в даний час на ринку сімейства мікроконтролерів: AVR, ARM і PIC [12]. Їх зведена порівняльна характеристика наведена в табл. 2.1.

Таблиця 2.1 - Порівняльна характеристика сімейств мікроконтролерів

Параметр	AVR	ARM	PIC
Розрядність, біт	8/32	32/64	8/16/ 32
Інтерфейси	I2C, UART/USART, SPI, USB, CAN	SPI, I2C, UART, CAN, USB	SPI, I2S, UART, CAN, USART, Ethernet, USB
Пам'ять	Flash, SRAM, EEPROM	Flash, SRAM	SRAM, FLASH
Архітектура	RISC	RISC	RISC
Швидкість(такт на інструкцію)	1	1	4
Вартість	низька	низька	середня
Енергоспоживання	низьке	низьке	низьке

Також, існує і сімейство мікроконтролерів 8051, їх характеристики подібні до вже розглянутих, але ця серія більш застаріла, до того ж більш енерговитратна. Тому їх використання недоречне.

Як видно з таблиці, функціонал мікроконтролерів дуже схожий. Проте, в сімейства PIC одна інструкція виконується аж за 4 такти, крім того їх ціна вище порівняно з іншими.

Таким чином, залишається вибір між AVR та ARM.

Основна перевага ARM над AVR - це підтримка DMA (Direct Memory Access) – тобто прямого доступу до пам'яті. Відсутня EEPROM, а дані записуються у Flash пам'ять, там же знаходиться код інструкцій. Вона розбита по діапазнам, та взагалі - така структура пришвидшує читання та запис;

Виходячи з цього вибір зупинився на серії ARM.

STM32 – популярна лінійка мікроконтролерів на основі сімейства мікропроцесорних ядер ARM-Cortex-M. Компанія STMicroelectronics є однією з лідерів ринку напівпровідникових компонентів. Також, STM32 від ARM підтримує виконання DSP інструкцій, таким чином мінімізуючи затримки.

Серед даного сімейства було обрано STM32F411RE [13]. Даний мікроконтролер має 512 Кб флеш-пам'яті та максимальну тактову частоту 100 МГц. Також, він підтримує інтерфейс I2C і має вбудований RTC.

2.2.2 Вибір блоку живлення

У сучасній електротехніці успішно уживаються два принципи перетворення енергії для електричних пристроїв, які засновані на:

- використанні аналогових трансформаторних пристроїв для передачі потужності у вторинну обмотку;
- імпульсних блоках живлення(ІБЖ).

У трансформаторних блоках живлення(БЖ), пристроєм, що відповідає за перетворення напруги, є трансформатор. Він являє собою елемент, який складається із сердечника і, намотаних на нього первинної і вторинної обмоток, виготовлених, як правило, з мідного дроту. Крім понижувального трансформатора в такому БЖ встановлений випрямляч, зібраний на діодах. Як правило застосовується діодний міст і конденсатор в ролі вихідного фільтру. Схема трансформаторного БЖ зображена на рисунку 2.2.

					<i>ДК62.4214.17.001ПЗ</i>	Лист
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		24

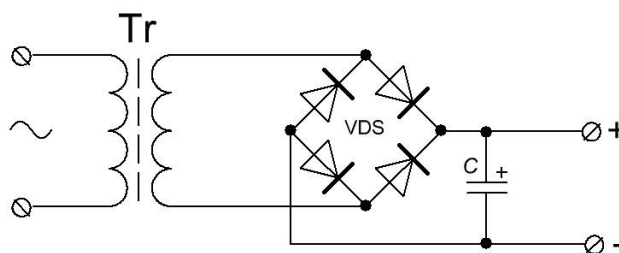


Рисунок 2.2 - Схема трансформаторного блоку живлення

В табл. 2.2 наведено основні недоліки і переваги трансформаторного БЖ.

Таблиця 2.2 – Переваги та недоліки трансформаторного БЖ

Переваги	Недоліки
Простота в конструюванні	Достатньо велика вага і габарити, особливо при великій потужності
Доступність складових компонентів	Компроміс між зниженням ККД і стабільністю вихідної напруги: для забезпечення стабільної напруги потрібно стабілізатор, що вносить додаткові втрати.
Висока надійність	

ІБЖ - це інверторний пристрій, в якому вхідна змінна напруга випрямляється, а потім отримана напруга перетворюється в імпульси високої частоти і встановленої скважності.

В ІБЖ часто використовуються невеликі за розмірами трансформатори - це викликано тим, що при зростанні частоти збільшується ефективність роботи пристрою, тим самим стають менші вимоги до розмірів магнітопроводу, необхідного для віддачі рівнозначної потужності.

В табл. 2.3 наведено основні недоліки і переваги ІБЖ.

Таблиця 2.3 – Переваги та недоліки ІБЖ

Переваги	Недоліки
Високий ККД (до 98%)	Імпульсні завади Труднощі в проведенні ремонту
Невелика вага	
Менша вартість	
Широкий діапазон напруги живлення і частоти	
Можливість досягти високого коефіцієнта стабілізації	
У більшості сучасних БЖ присутній вбудований ланцюг захисту від різних непередбачених ситуацій, наприклад від короткого замикання і від відсутності навантаження на виході	

Виходячи з вище описаних переваг, було вирішено використовувати ІБЖ. Вони перевершують трансформаторні за габаритами, якістю отриманої постійної напруги, мають широкі можливості регулювання вихідної напруги і струму, а також традиційно оснащені захистом від перевантаження по вихідному струму. І, не дивлячись, на те що в них є значний недолік, як наявність імпульсних завад, в більшості випадків вони не створюють значного впливу на роботу приладу, до того ж, сучасні блоки виготовляються з врахуванням мінімізації таких завад. Також, на сьогодні ІБЖ використовують значно частіше за лінійні.

Для даного приладу потрібно блок живлення, що видає на вихід стабілізовану напругу $5\text{ В} \pm 5\%$, та $12\text{ В} \pm 5\%$ на другому виході.

2.2.3 Вибір дисплея

На даний момент найбільш розповсюдженні є дві технології LCD та OLED. Основною відмінністю є те, що в LCD-екрані пікселі підсвічуються, а в OLED вони випромінюють власне світло, таким чином необхідність в підсвічуванні зникає.

Варто зазначити, що в OLED якість зображення буде вищою, його розміри будуть маленькими, порівняно з LCD. Проте, OLED дисплей буде

майже вдвічі дорожче. LCD, в свою чергу, є простішими у виготовленні, відповідно їх ціна нижче. Зазвичай, ці дисплеї є символьними та застосовуються для відображення текстової інформації.

Відповідно до умов експлуатації, які визначені у ТЗ, прилад передбачено для використання у закритих приміщеннях. Кількість сонячного випромінювання, в такому випадку, буде невеликою, тому немає потреби у високій контрастності екрану. До того ж, для відображення всієї потрібної інформації, буде створено меню, що дозволить слідкувати за всіма обраними параметрами. Таким чином, обрано технологію LCD.

Одним із найпоширеніших представників LCD екранів є модель LCD1602. Такий екран має формат виведення інформації по 16 символів у 2-х рядках, що буде цілком достатньо для поставленої мети.

LCD 1602 - це електронний модуль, заснований на драйвері HD44780 від Hitachi. Даний модуль має 16 контактів і може працювати в 4-бітному режимі (з використанням тільки 4 ліній даних) або 8-бітному режимі (з використанням усіх 8 рядків даних).

2.2.4 Вибір датчиків температури

Вибір датчиків температури виконується за матрицею параметрів. Для цього обрано 3 датчики, які аналогічні за своєю функціональністю, але різних серій та виробників: KY-028, LM75, DS18B20.

					<i>ДК62.4214.17.001ПЗ</i>	Лист
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		27

Таблиця 2.4 – Характеристики давачів, що порівнюються

Серія модулів	Характеристики				
	Напруга живлення, В	Максимальна температура, °С	Струм споживання, мА	Похибка температури, °С	Ціна, грн/шт
KY-028	3,3 – 5,5	+70	5	±0,5	33
DS18B20	3-5,5	+85	9	±0,5	40
LM75	2,7-5,5	+100	2	±2	25
Ваговий коеф.	0,2	0,15	0,3	0,1	0,25

При виборі значень вагових коефіцієнтів слід враховувати обмеження, що:

$$\sum_{j=1}^m b_j = 1 \quad (2.1)$$

Важливість вибору такого параметру, як ціна, забезпечує економію витрат при серійному виробництві. Також, важливий параметр струм споживання, тому що чим менший струм, ти менше нагрівання елемента, що дозволить точніше вимірювати температуру.

За допомогою табл. 2.4. складена наступна матриця але з деякими умовами:

- діапазон значень для параметру «напруга живлення» представлено у вигляді єдиного мінімального значення;
- похибку у вигляді «±» представлено модулем максимального відхилення.

Таблиця 2.5 – Матриця [X]

$$X = \begin{array}{|c|c|c|c|c|} \hline 3,3 & 70 & 5 & 0,5 & 33 \\ \hline 3 & 85 & 9 & 0,5 & 40 \\ \hline 2,7 & 100 & 2 & 2 & 25 \\ \hline \end{array}$$

Проаналізуємо та приведемо параметри матриці [X] до вигляду, коли найбільшому значенню параметру буде стояти у відповідність найкраща якість модуля. Параметри, котрі не підходять під задану умову, перераховуються за формулою:

$$Y_{ij} = \frac{1}{x_{ij}} \quad (2.2)$$

де $i = \overline{1, n}$ – кількість обраних ІС;

$j = \overline{1, m}$ – кількість параметрів ІС.

Тоді матриця приведених параметрів [Y] буде виглядати наступним чином:

Таблиця 2.6 – Матриця [Y]

$$Y = \begin{array}{|c|c|c|c|c|} \hline 0,303 & 0,0143 & 0,2 & 2 & 0,0303 \\ \hline 0,3333 & 0,0118 & 0,1111 & 2 & 0,025 \\ \hline 0,3704 & 0,01 & 0,5 & 0,5 & 0,04 \\ \hline \end{array}$$

Тепер матрицю [Y] приводимо до матриці нормованих параметрів – [A]. Нормування параметрів виконуємо за наступною формулою:

$$a_{ij} = \frac{\left(\max_j y_{ij} - y_{ij} \right)}{\max_j y_{ij}}, \quad (2.3)$$

де $\max_j y_{ij}$ - максимальний елемент у стовбці j матриці [Y];

y_{ij} - поточне значення елемента в стовпці j матриці [Y].

Таблиця 2.7 – Матриця [A]

$$A = \begin{bmatrix} 0,1818 & 0 & 0,6 & 0 & 0,2424 \\ 0,1 & 0,1765 & 0,7778 & 0 & 0,375 \\ 0 & 0,3 & 0 & 0,75 & 0 \end{bmatrix}$$

Для узагальненого аналізу системи параметрів вводять оціночну функцію - Q_i , яка визначається

$$Q = \sum_{j=1}^n a_j b_j \quad (2.4)$$

$$Q_{KY-028} = 0,27697$$

$$Q_{DS18B20} = 0,373554$$

$$Q_{LM75} = 0,12$$

Порахувавши оцінюючу функцію Q_i для кожного давача, що порівнювався, можна зробити висновок, що оптимальний по розглянутим параметрам є LM75. Це виходить з того, що меншому значенню Q відповідає найкращий давач.

LM75 [14] – це цифровий давач температури від фірми STMicroelectronics. Наявність інтерфейсу I2C в даному модулі дозволяє легко інтегрувати давач в мікроконтролерні проекти. Точність вимірювань датчика становить ± 3 °C в діапазоні температур від -55 °C до 125 °C, і ± 2 °C в діапазоні від -25 °C до +100 °C. Мікросхема працює в діапазоні напруг від 2,7 до 5,5 В.

2.2.5 Вибір давача УФ

При виборі давача УФ випромінювання важливо звертати увагу на простоту використання, наприклад, наявність послідовної шини для зв'язку, діапазон вимірювальних значень, доступність. В табл. 2.8. зведено характеристики 2-х давачів, які задовольняють поставленим вимогам.

Взявши до уваги вимоги та умови, що описані в ТЗ було обрано потрібний тип резистора, а саме резистори SMD типорозміру 0805. Такий корпус означає, що його параметри (довжина x ширина) становлять (0,08 x 0,05) дюйма. Даний тип компонента має нормований допуск 1% або 5%, в роботі використовується допуск 5%, і він є прийнятний для даної схеми. Робоча температура такого резистора знаходиться в межах від -55 °С до +125 °С, такий діапазон покриває температурний режим роботи цих елементів в даній схемі. Максимальна робота напруга дорівнює 150 В. Діапазон номінальних значень опору такого типу резистора знаходиться в межах від 0.1 Ом до 10 МОм, та 22 МОм, 47 МОм.

Також, використано два резистора в корпусі 2512 оскільки в них потужність розсіювання складає 1Вт, що важливо для коректної роботи симістора з оптопарою.

2.2.9 Вибір конденсаторів

Конденсатором називають пристрій, який має властивість накопичувати електричний заряд. Конструктивно цей елемент являє собою два провідники, які розділені діелектриком. Основними параметрами для вибору конденсаторів є: номінальна ємність, яка зазвичай вказується на корпусі конденсатора, температурний коефіцієнт ємності (ТКЕ), робоча напруга, тип конденсатора, необхідна точність, спосіб монтажу [16].

Провівши аналіз умов та вимог, які виписані в ТЗ було обрано керамічний конденсатор поверхневого монтажу в корпусі 0603 з типом діелектрика Х7R від виробника Kemet, оскільки він є найбільш розповсюджений та дешевий. Діапазон ємностей від 0,5 пФ до 3,3 мкФ; номінальна напруга від 25 В до 1000 В, а допуск ±10% - ±20%. Робоча температура -50 °С до +125 °С, що гарантує нормальну роботу схеми.

					<i>ДК62.4214.17.001ПЗ</i>	Лист
<i>Зм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		32

Для електролітичних конденсаторів буде використано конденсатор з типорозміром В, для поверхневого монтажу. Він має найменші габаритні розміри. Діапазон ємностей від 1мкф до 1500 мкф з робочою напругою від 4 В до 100 В, допустиме відхилення - $\pm 20\%$. Виробника було обрано Hitano.

2.2.10 Вибір енкодера

Особливих вимог до вибору енкодера не передбачено. Обрано модель енкодера з кнопкою, яка є простою у використанні та легко доступною - KY-040 [17].

2.2.11 Вибір реле

Основні вимоги до вибору реле, щоб витримувало потужність лампи обігріву та 220 В змінної напруги. Обрано модель SRD-12V DC-SL-C 10A, з напругою спрацювання 12 В, комутованим струмом 10 А, максимальною комутованою змінною напругою 250 В [18].

2.2.12 Вибір симістора і оптопар

Обрано модель симістора VT138-600 [19]. Така модель є доступною. Симістор є ключем змінної напруги, але для управління симістором варто використовувати оптопару, для того щоб забезпечити гальванічну розв'язку. Розглядаючи різні варіанти, зупинили вибір на оптопарі на MOC3063. Така модель містить детектор переходу в нуль комутованої напруги, що дозволяє уникнути використання додаткової обв'язки для детектування початку кожної півхвилі. Іншими словами симістор буде відкриватися в той момент часу, коли синусоїда проходить через нуль. Дана властивість дозволить продовжити життя комутованих пристроїв.

2.2.13 Вибір транзистора

Головні вимови до транзистора, щоб він був n-p-n, витримував напругу 12 В, а також, щоб струм колектора був більше за номінальний робочий

					<i>ДК62.4214.17.001ПЗ</i>	Лист
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		33

струм котушки реле(30 мА). Вибрано доступний транзистор BC847 [20], з максимальною напругою колектор-емітер максимум 45 В, та струмом колектора 0,1 А.

2.2.14 Вибір діодів

Діод для даного приладу повинен мати прямий струм не менше струму, що протікає через котушку реле. Обраний тип діодів BAT60JFILM виконаний у SMD корпусі, є легкодоступним і недорогим, його прямий струм складає 1 А [21].

2.2.15 Вибір світлодіодів

Обрано світло діоди серії AL336, оскільки вони є доступні та мають малий струм споживання, який складає 10-15 мА [22]. В схемі передбачено включення одного світлодіоду до контакту мікроконтролера, який видає 20 мА, таким чином використання обраної серії дозволяє підключатися до контролера без використання транзистора.

2.2.16 Вибір вентилятора

Вибір зроблено на вентиляторах серії Tidar RQD, яка є доступною, дешевою. Обрана модель RQD4010MS12VDC є малогабаритна, з розмірами 40x40x10 мм. Енергоспоживання при 12В складає 0,08 А [23].

Також, при виборі вентилятора для проектного приладу, важливо щоб його частота обертів була невелика, оскільки забір повітря з теплої зони має відбуватися поступово, щоб рептилія не простудилася.

2.2.17 Вибір роз'ємів

Відповідно до ГОСТ 12.2.007-75, якщо напруга живлення більше 42 В, то роз'єм, до якого підключається джерело, повинен бути типу «гніздо», а

									Лист
									34
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата	ДК62.4214.17.001ПЗ				

роз'єм, який є приймачем живлення повинен бути типу «вилка». Виходячи з цього для джерела живлення 220 В обрано роз'єм PWL-2R [24].

2.2.18 Вибір запобіжника

Обрано запобіжник скляний на 1 А, 250 В.

2.3 Розробка схеми електричної принципової з необхідними розрахунками

Основною складовою схеми є мікроконтролер STM32F411RE6, до нього безпосередньо будуть під'єднуватися всі блоки схеми: перетворювач напруги, датчі, індикатори, дисплей, енкодер та блоки схеми, що вмикають прилади навантаження.

Для коректної роботи обраного мікроконтролера встановлено кварцовий резонатор – ZQ2, який працює на частоті 8 МГц. Він під'єднаний до контактів PF0, PF1. Для того, щоб забезпечити навантаження коливального контуру, до резонатору підключають два конденсатори з номіналом від 5 пФ до 25 пФ. В документації на мікроконтролер виробники рекомендують конденсатори номіналом 20 пФ. Такі конденсатори забезпечують генерацію частоти на одній гармоніці.

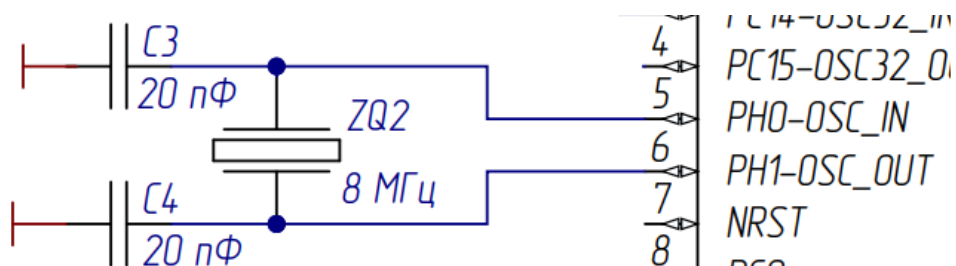


Рисунок 2. 3 - Схема тактування мікроконтролера

Без живлення елементи працювати не будуть, тому важливо забезпечити напругу для всіх елементів схеми. ІБЖ перетворює напругу мережі 220В в стабілізовану напругу 5 В $\pm 5\%$ та 12 В $\pm 5\%$, на другому

виході. Більшість блоків даної схеми живиться від напруги 5 В, яку видає ІБЖ, проте мікроконтролер живиться від напруги 3,3 В. Для того, щоб забезпечити цю напругу потрібно розробити схему перетворення вхідної напруги (див. рис. 2.4). Для цього використано стабілізатор напруги DA1, який підключений згідно технічної документації на нього. На вході стабілізатору додається електролітичний конденсатор номіналом не менше ніж 10 мкФ. Паралельно йому додано ще один конденсатор номіналом 0,1 мкФ. Таке рішення використовується для зменшення впливу паразитних шумів на живлення схеми. Для забезпечення надійності згідно технічної документації потрібно додати шунтуючий конденсатор номіналом 220 мкФ.

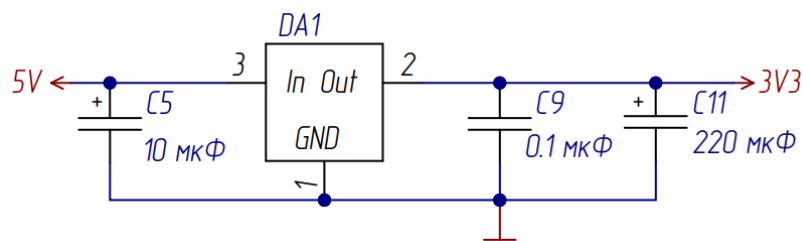


Рисунок 2. 4 - Стабілізатор напруги AMS1117-3.3

Також виробник контролера у документації на нього, рекомендує розмістити чотири конденсатора номіналом 0,1 мкФ на контакти живлення. Це потрібно для уникнення імпульсів та шумів в ланцюгах живлення.

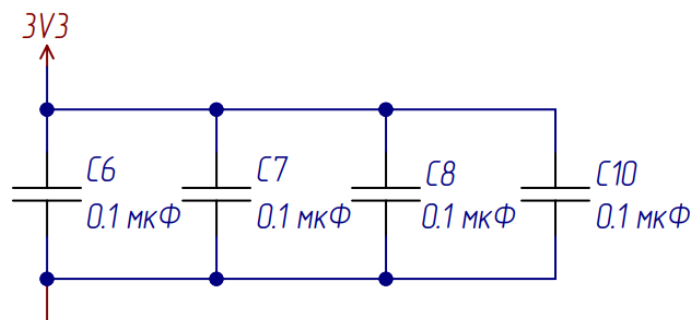


Рисунок 2. 5 - Конденсатори між виводами мікроконтролера

Прилад працює в реальному часі завдяки внутрішньому RTC. Для його роботи підключається зовнішній кварцовий резонатор на 32,768 кГц до

контактів PC14 і PC15 мікроконтролера. Також, потрібно встановити конденсатори біля ZQ1. Для цього скористаємося рекомендацією виробника і встановимо C1 і C2 з номіналом 4,3 пФ.

Модуль RTC розташований в окремій області мікроконтролера «Battery backup domain», яка має можливість зовнішнього живлення від батарейки. Напруга з неї подається на контакт VBAT мікроконтролера.

Діод VD1 встановлено для того щоб, в момент часу, коли зникло центральне живлення батарейка не живила всю схему.

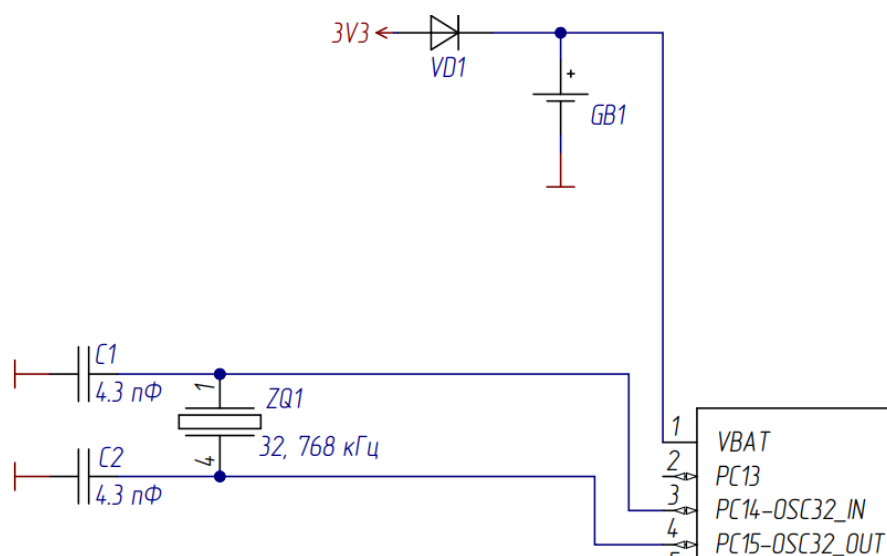


Рисунок 2. 6 - підключення RTC

До мікроконтролера під'єднуються датчі температури XP1, XP2 та УФ випромінювання XP3 по шині I2C. Їх контакти заведено для підключення по даному інтерфейсу на відповідні порти вводу/виводу PB7(SDA) і PB6(SCL).

Для того, щоб забезпечити синхронізацію 3-х датчів по одній шині I2C мікронотрлера, вони під'єднуються до шити формуючи схему включення монтажне «I».

Підтягуючі резистори R13 і R14 з номіналом 10 кОм, підключаються, для формування високого рівня на лінях.

									Лист
									37
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата	ДК62.4214.17.001ПЗ				

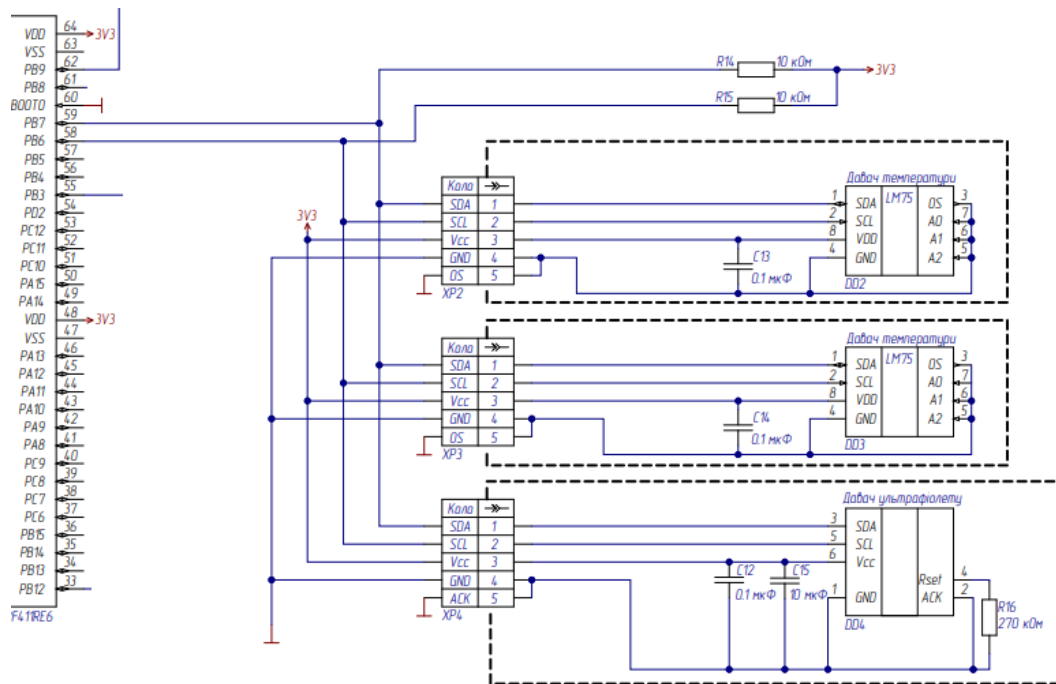


Рисунок 2. 7- Підключення датчиків

Обраний дисплей, для відображення всієї інформації, підключається до мікроконтролеру по лініям E, RS і чотири лінії даних DB4, DB5, DB6, DB7.

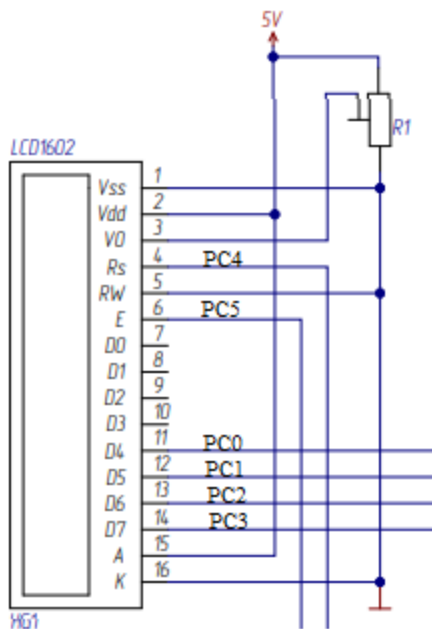


Рисунок 2. 8 - Підключення дисплею

Для того, щоб задавати потрібні параметри, встановлюється модуль енкодера BR1, який працює від напруги 5 В. Такий елемент підключений до

портів PA0, PA1 та PA2 мікроконтролера. Порти PA0, PA1 є каналами другого таймеру та будуть налаштовані для аналізу роботи енкодера. А на порт PA2 буде підключено кнопку, яка розташована в конструкції енкодера.

До контролера під'єднується і світлодіод HL1, який виконує роль аварійного сигналу. Він під'єднаний до контакту PB12 через обмежувачий резистор R5.

Для того щоб розрахувати його номінал, використовується наступна формула:

$$R = \frac{U_{VCC} - U_{led}}{I_{vd}}, \quad (2.5)$$

де, U_{VCC} – напруга живлення, яка дорівнює 5 В,

U_{led} – падінні напруги на світлодіоді, яка дорівнює 2 В,

I_{vd} – номінальний струм через світло діод, який дорівнює 12 мА.

$$R = \frac{3,3\text{В} - 2\text{В}}{0,012\text{ А}} = 108\text{ Ом}$$

Виходячи з розрахунків та з рядку E24 оптимальний номінал резистора буде 110 Ом.

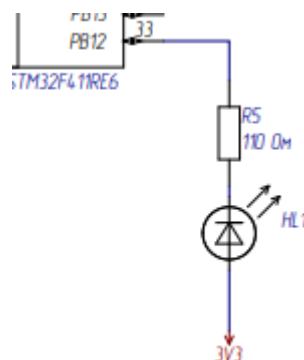


Рисунок 2. 9 - Підключення аварійної індикації

Для того, щоб підключити лампу УФ випромінювання використовується реле, для керування яким потрібно використовувати n-p-n-транзистор, включений за схемою спільного емітера і який працює в ключовому режимі. Резистор R3 потрібен для обмеження струму через базу, його номінал варіюється в широких межах (1-10 кОм). Також, потрібно підключити паралельно до котушки діод VD2, який потрібно поставити для захисту від негативних ефектів, що викликаються котушкою реле в момент її підключення і відключення до напруги живлення, іншими словами такий діод слугує захистом для VT1 від напруги самоіндукції.

Щоб включити навантаження, мікроконтролер виставляє на своєму виході, в даному випадку на виході PB9, сигнал логічної одиниці.

Розраховуємо номінал обмежувачого резистора R4 для інформаційного світлодіоду за формулою (2.4):

$$R = \frac{12\text{В} - 2,2\text{В}}{0,01\text{ А}} = 980\text{ Ом}$$

Виходячи з рядуку резисторів E24 ГОСТ 2825-67 обрано номінал 1к Ом.

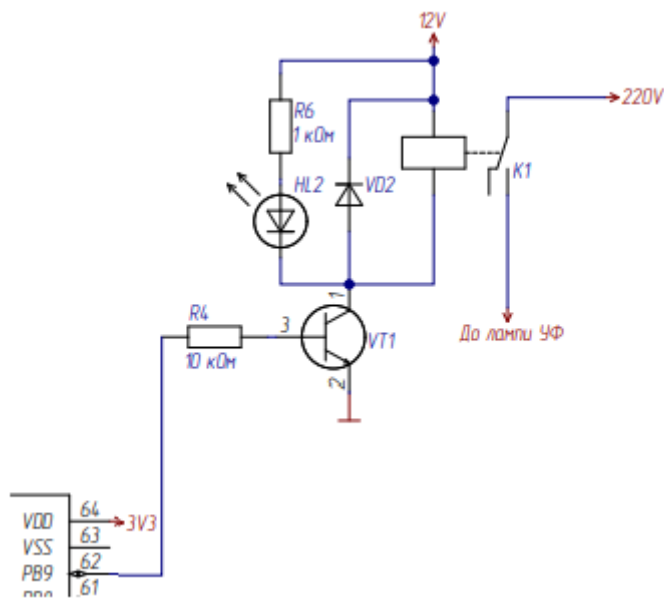


Рисунок 2. 10 - Підключення реле

									Лист
									40
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата	ДК62.4214.17.001ПЗ				

Для того, щоб керувати потужністю лампи обігріву використовується симістор. Такий елемент є ідеальним варіантом для створення приладу, за допомогою якого можна регулювати температуру поступово. Для керування симістром використовується оптопара, для того щоб забезпечити гальванічну розв'язку.

Для зменшення навантаження на симістор використовується оптопара з детектором нуля МОС3063.

Резистори R11, R12 обмежують струм через оптопару. Їх потужність повинна бути не менше 0,5 Вт.

Резистор R8 використовується для обмеження струму, що протікає через світлодіод оптопару та розраховується за формулою 2.6.

$$R = \frac{U_M - U_{\Pi}}{I_F}, \quad (2.6)$$

де, I_F - рекомендований мінімальний струм керування, який рівний 5 мА;

U_{Π} – максимальне падіння прямої напруги, яке дорівнює 1,5 В;

U_M – напруга живлення, що дорівнює 3,3 В.

Таким чином, $R8 = (3,3 \text{ В} - 1,5 \text{ В})/5 \text{ мА} = 360 \text{ Ом}$.

Для того, щоб було зрозуміло, що сигнал пішов на включення лампи використовується сигнальний світлодіод. Розрахуємо резистор R9 навантаження по формулі 2.5.

$$R = \frac{5\text{В} - 2,8\text{В}}{0,01 \text{ А}} = 220 \text{ Ом}$$

									Лист
									41
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата	ДК62.4214.17.001ПЗ				

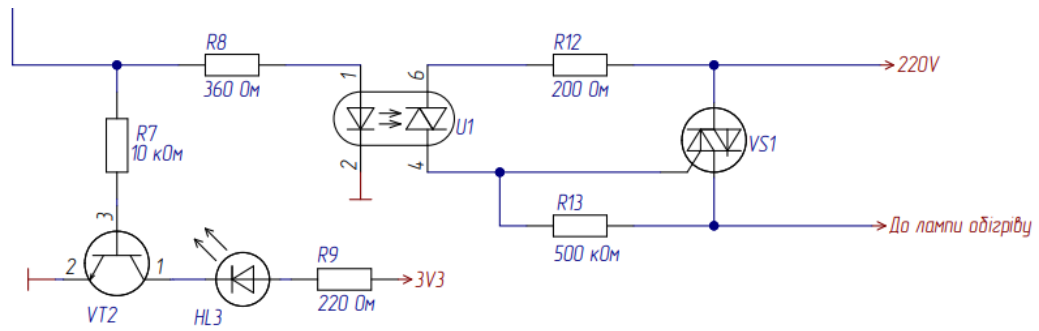


Рисунок 2. 11 - Підключення оптопарі і симістора

2.4 Опис роботи приладу

Пристрій призначений для аналізу та контролю штучного мікроклімату для рептилій у тераріумі. Головний блок керування приладом побудований на мікроконтролері. Він зчитує дані з датчиків, аналізує їх, та в залежності від результату посилає відповідні сигнали на індикатори, дисплей та виконавчі прилади.

За замовченням, температура в теплій зоні запрограмована на 32°C.

При прокручуванні ручки енкодера відбувається змінна «вкладок» меню, що дозволяє встановлювати та проглядати різні параметри.

Для корегування температури в теплій зоні використовується лампа обігріву, яка вмикається/вимикається поступово, що дозволяє точніше підібрати потужність лампи .

Щодо температури в холодній зоні, то її корегування непередбачено, вона має знаходитися в діапазоні 20-27 °С. Прилад вимірює значення температури в цій зоні, аналізує, і в разі відхилення - повідомляє про це користувача виводом інформації на дисплей та вмикає аварійний індикатор.

Якщо зависока температура в двох зонах, то вмикається вентилятор, щоб остудити холодну зону.

Вимірювання УФ не вимагає точних показників довжини хвилі, оскільки у різних рептилії різний спектр УФ. З часом лампа УФ видає меншу кількість випромінювання, тому варто лише слідкувати, щоб вона була працездатна. Якщо виміряна інтенсивність занижена, тоді вмикається аварійний індикатор, та виводиться інформація на дисплей про необхідність заміни лампи УФ.

Завдяки тому, що прилад працює у реальному часу, відбувається контроль за добовим режимом. Він полягає в тому, що в нічному режимі вмикається лампа УФ випромінювання, а також знижується значення порогової температури.

Також, прилад оснащено 4-ма індикаторами. Три з них інформують про включення кожного виконавчого органу окремо: лампи обігріву, УФ випромінювання та вентилятора. Четвертий індикатор слугує в якості аварійного сигналу. Це потрібно для того, щоб при виникненні несправності було краще зрозуміла проблема – це виконавчому приладі чи в пристрої, для організації штучного мікроклімату.

Висновки до розділу

Результат другого розділу – розроблено структурну схему пристрою. На її основі розроблено схему електричну принципову, та проведено всі необхідні розрахунки. Наведено опис принципу роботи пристрою. Структурна схема виконана з врахуванням раніше викладених вимог до приладу.

В ході опрацювання розділу прийнято рішення використовувати мікроконтролер STM32F411, в якості блоку керування приладом. Дане рішення дозволяє зменшити кількість задіяних компонентів, оскільки для більшості операцій використовується вбудована периферія. Було здійснено вибір елементної бази. При виборі елементів важливу роль відіграла їх

					<i>ДК62.4214.17.001ПЗ</i>	Лист
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		43

доступність на ринку, та низьке енергоспоживання, враховувався також і діапазон робочих напруг. За допомогою методу матриці параметрів був здійснений вибір давача температури.

Продемонстровано поетапне створення принципової схеми з відповідними розрахунками пасивних елементів для коректної роботи схеми. Для деяких компонентів, які необхідні для роботи мікроконтролера, номінали вибиралися згідно з рекомендаціями, що наведені в документації на нього.

Відображення даних відбувається завдяки LCD1602 дисплею, а введення потрібних даних можливо з використанням енкодера з кнопкою. Для того, щоб повідомити що надіслано сигнал на включення будь-якого приладу, або про аварійну ситуацію - встановлено світлодіоди, що свідчать про це.

Розроблена схема електрична принципова повністю відповідає вимогам ТЗ і забезпечує правильне функціонування пристрою.

									Лист
									44
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата	ДК62.4214.17.001ПЗ				

РОЗДІЛ 3. ПРОЕКТУВАННЯ ДРУКОВАНОЇ ПЛАТИ

3.1 Вибір типу та матеріалу друкованої плати

Друкована плата (ДП) — пластина, виконана з діелектрика (склотекстоліт, текстоліт, гетинакс, ситал і т.д.), на поверхні котрої сформовано хоча б один шар з провідними доріжками. На ДП монтуються електронні компоненти, які з'єднуються своїми виводами з елементами провідного рисунка паянням, у результаті чого складається електронний модуль — змонтована ДП [25].

За конструктивним виконанням ДП поділяються на:

- одnobічні (ОДП);
- двосторонні (ДДП);
- багат шарові (БДП).

ОДП - це пластина, на якій провідники розміщуються лише з одного боку. Установка компонентів на поверхню застосовується зазвичай в макетних конструкціях. Електричний монтаж виконується на одному шарі. Застосовують ОДП в більшості для виробництва бюджетної побутової техніки. Такий тип плат має низьку надійність та слабе кріплення елементів на платі, але при цьому цей тип дуже популярний. Його виробництво займає майже 30% від обсягу виготовлення ДП.

ДДП - даний вид плат має розташування провідників з двох сторін. Ці плати мають підвищену щільністю монтажу і надійність з'єднань, порівняно з ОДП.

БДП - застосовуються у випадках, коли розведення з'єднань на ДДП стає занадто складною. Виходячи із складності поставленої задачі розробник обирає потрібну кількість шарів. У БДП шари, які знаходяться всередині,

									Лист
									45
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата	ДК62.4214.17.001ПЗ				

призначенні для з'єднання компонентів один з одним. В свою чергу усі елементи монтуються по обидві сторони ДП,

У порівнянні з попередніми типами плат, БДП характеризується підвищеною надійністю і щільністю монтажу, стійкістю до механічних впливів, зменшенням розмірів і числа контактів. До недоліків такого типу відносяться труднощі при розробці, виробництві, ремонті та висока вартість.

Виходячи з того, що схема не складна, достатньо розмістити компоненти на ДДП. До того ж, даний тип є найпоширенішим різновидом ДП в виробництві модулів РЕА, володіє проміжним рівнем складності, крім того, сучасні можливості у відношенні ціна/технологія дозволяють використовувати двошарові ДП за дуже низькою ціною, що оптимізує витрати на розробку та тестування пристрою.

Матеріали, що використовується в якості основи для ДП повинні бути високо електроізоляційні, мати достатню механічну міцність, бути стійкими до кліматичних умов. Матеріали, що відповідають цим параметрам, – це: гетинакс, текстоліт і склотекстоліт.

В табл. 3.1 розглянуто основні властивості цих матеріалів.

Таблиця 3.1 – Основні властивості матеріалів друкованої плати

Параметри	Гетинакс	Текстоліт	Склотекстоліт
Щільність без фольги, г/см ³	1,3...1,4	1,3...1,45	1,6...1,8
Відносна діелектрична проникність	4,5...6	4,5...6	5...6
Холодостійкість, °С	-60	-60	-60
Питомий об'ємний опір, Ом·м	10 ¹² ...10 ¹⁴	10 ¹² ...10 ¹⁴	10 ¹⁴ ...10 ¹⁵
Гранична міцність, МПа: при розтягу на згин	80-100 130-150	50-65 90-120	120-180 200
Діапазон робочих температур, °С	-60...+80	-60...+105	-60...+120
Коефіцієнт теплопровідності, Вт/(м×К)	0,25...0,3	0,23...0,34	0,34...0,74

Отже, зважаючи на дані з табл. 3.1. в якості матеріалу ДП було обрано склотекстоліт, виходячи з кращих характеристик у порівнянні з гетинаксом та текстолітом.

Найбільш розповсюджені типи - склотекстоліт FR4 та склотекстоліт СТФ-2. Суттєвої різниці між ними немає, перший тип – імпортований, другий – вітчизняний. Згідно ТЗ, перевага надається вітчизняним матеріалам, тому обрано фольгований склотекстоліт СТФ-2-35-1,5 згідно ГОСТ 10316-78.

Такий матеріал виготовлюється завдяки комбінованому методу. Даний матеріал є доволі теплостійкий. Він являє собою листи, які виготовлені на основі склотканини, що просочені сполукою, на основі епоксидних смол і облицюванні з одного боку мідною, електролітичною гальваностійкою фольгою товщиною 35мкм. Гранично допустима температура від -60°C до +105°C. Має дуже високі механічні і електроізоляційні властивості, добре піддається механічній обробці різанням, свердлінням, штампуванням.

3.2. Вибір класу точності

Вітчизняним стандартом ГОСТ 23.751-86 передбачається 5 класів точності ДП.

Під час конструкторського-технологічного розрахунку, необхідно враховувати граничні значення елементів друкованого монтажу разом з похибками на їх виконання, які в свою чергу залежать від класу точності. Граничні значення елементів ДМ наведені в табл. 3.2.

Виготовляючи плати першого або другого класу точності не потрібно використовувати високотехнологічне обладнання, вони також є найбільш прості у виконання, надійні в експлуатації і, на додачу, мають досить низьку вартість. Але також слід пам'ятати, що вони не відрізняються високою щільністю трасування і компонування.

					<i>ДК62.4214.17.001ПЗ</i>	Лист
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		47

Друковані плати 3-го і 4-го класів точності вимагають використання високоякісних матеріалів, інструментів, устаткування, обмеження габаритних розмірів і так далі.

Для виготовлення плат п'ятого класу потрібно спеціалізоване високоточне обладнання, як правило, дорогі матеріали, ідеальна чистота в виробничих приміщеннях аж до створення термозон, тобто ділянок з кондиціонуванням повітря і підтримкою стабільного температурно-вологісного режиму [26].

Таблиця 3.2 – Граничні значення основних параметрів ДМ

Параметри	Позначення	Клас точності				
		1	2	3	4	5
Ширина друкованого провідника, мм	$b_{пр}$	0,75	0,45	0,25	0,15	0,10
Відстань між елементами друкованого монтажу, мм	L_r	0,75	0,45	0,25	0,15	0,10
Гарантований поясок, мм	$b_{по}$	0,30	0,20	0,10	0,05	0,025
Відношення номінального діаметру найменшого з металізованих отворів до товщини ДП, мм	$K_{дт}$	0,40	0,40	0,33	0,25	0,20

В рамках цього проекту виготовлення ДП 5-го класу точності не є доцільним. На ДП встановлюються МК, відстань між контактними доріжками яких дорівнює 0,2 мм. І для того, щоб забезпечити прокладання провідників між контактами SMD обрано 4-ий клас точності.

3.3 Вибір методу виготовлення ДП

Існує 2 методи виготовлення ДП, які в свою чергу класифікуються за різними параметрами. На рисунку 3.1 представлено класифікацію методів виготовлення ДП [27].

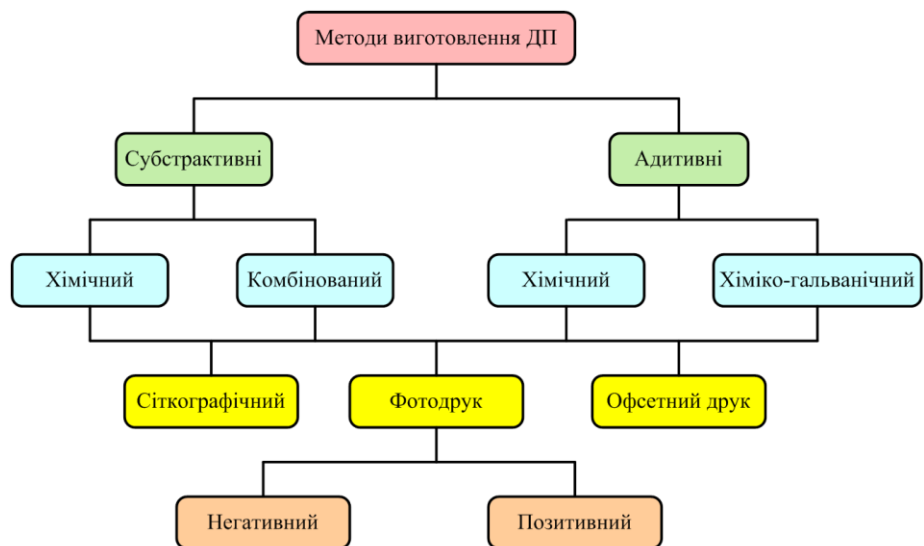


Рисунок 3. 1 – Класифікація методів виготовлення ДП

Вибір методу визначається конструкцією ДП, необхідною точністю й щільністю монтажу, продуктивністю обладнання й економічністю процесу.

В табл. 3.3 продемонстровано бажані методи виготовлення ДП для кожного типу.

Таблиця 3.3 – Рекомендовані методи виготовлення для різних типів ДП

Тип ДП	ОДП	ДДП	БДП
Метод виготовлення ДП	субтрактивно сіточний – хімічний або аддитивний	субтрактивні та адитивні технології; фрезеруванням, комбінованим позитивним методом	металізації наскрізних отворів; попарного пресування; пошарового нарощування

В субтрактивних методах в якості підстави для друкованого монтажу використовують фольговані діелектрики, на них формується малюнок шляхом видалення фольги з непровідних ділянок. Додаткова хіміко-гальванічна металізація МО призвела до створення комбінованих методів виготовлення ДП [28].

Адитивні методи базуються на виборчому осадженні струмопровідного покриття на діелектричну основу, на яку попередньо може наноситися шар клейової композиції. Перевага цього методу полягає у можливості металізації отворів. Недоліком даного процесу можна вважати складність виготовлення, оскільки така технологія залежить від якості реактивів та потребує дотримання технологічного процесу

Взявши до уваги можливість металізації отворів та отримання покриття з якісною адгезією, вибір зупинено на використанні комбінованої технології. Опираючись на рис. 3.1 даний метод для виготовлення ДДП поділяється ще на дві категорії: негативний та позитивний метод.

При використанні негативного методу, травлення виконують на початкових етапах технологічного процесу. В результаті цього діелектрична основа на пробільних ділянках попадає під вплив тривалій дії розчинів і електролітів, що погіршує зчеплення діелектрика з фольгою. В свою чергу, позитивний комбінований метод перспективніший, оскільки він дозволяє виготовляти ДП із підвищеною щільністю монтажу, високими електричними параметрами і високою міцністю зчеплення провідників.

З огляду до зробленого аналізу, прийнято рішення виготовити ДП комбінованим позитивним методом. Цей метод найкраще підходить для виготовлення ДДП, а також має ряд переваг порівняно з іншими.

3.4 Розміщення компонентів

Розміщення компонентів схеми розпочинається з спеціально відведених місць для елементів з якими буде відбуватися взаємодія з користувачем. В даному приладі - це енкодер, дисплей, та пристрої індикації. Як правило, такі елементи повинні бути розташовані зручним для користувача способом, оскільки саме з ними він постійно взаємодіятиме. Розташування цих елементів визначається конструктором.

					<i>ДК62.4214.17.001ПЗ</i>	Лист
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		50

Для початку виконаємо розміщення роз'ємів завдяки яким відбувається підключення давачів. Конектори XP2-XP4 розташуємо з одного краю плати, з цієї ж сторони розташовується і роз'єм XP5 для вентилятора. Також, ближче до цієї сторони розташовано роз'єми для підключення навантаження та джерело живлення 220В. Таке розташування зроблено для того щоб, все підключення було з одної сторони, це спростить роботу з ним, та дозволить в подальшому зручніше розміщувати прилад.

Дисплей HG1 розташовуємо ближче до правого краю плати, зверху над ним розташовуємо індикатори HL2, HL3, HL4, які відповідають за індикацію подачі сигналів на пристрої навантаження. Дещо відокремлено, розташовуємо аварійний індикатор HL1. Енкодер BR1 розташовуємо приблизно за 2см від сторони дисплею, щоб при прокручуванні ручки було чітко видно екран.

Біля роз'єму живлення XP1 розташовуємо мікросхему стабілізатора напруги DA1 з фільтруючими конденсаторами C5 і C11.

Оскільки мікроконтролер DD1 має зв'язки майже зі всіма елементами, його розташовуємо посередині. Поближче до DD1 розташовуються конденсатори C6, C7, C8, C10. Також, поближче до DD1 розташовано ZQ1 з конденсаторами C1 і C2, ZQ2 з C3 і C4.

Клема для батарейки GB1 розташована з краю плати.

Ближче до роз'ємну XP6 розташовується реле K1 та симістор VS1 з оптопарою U1 та резисторами R11 і R12. Таким чином, всі елементи що є в колі 220 В розташовано поруч.

Решта малогабаритних компонентів розташовано на вільні місця ДП.

Нижній шар повністю відведено на полігон «землі». Верхній шар поділено на декілька полігонів живлення, оскільки в пристрої присутні

									Лист
									51
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата	ДК62.4214.17.001ПЗ				

декілька живлень. Такі полігони дозволяють не впасти великій напрузі на певному вузлі живлення.

3.5 Проектування друкованого вузлу в середовищі Altium Designer

Для того, щоб автоматизувати проектування використовувався САПР - Altium Designer. AD – програмне середовище, система автоматизованого проектування друкованих плат. Програма дозволяє розробляти креслення друкованих плат, схеми електричні принципові та загалом всю необхідну документацію на виготовлення плати.

Під час написання дипломного проекту були розглянуті такі можливості програми:

- створення умовних графічних позначень (УГП) окремих елементів електричної схеми відповідно до ГОСТ 2.702-2011;
- розробка посадкових місць для всіх конструктивних електрорадіоелементів (ЕРЕ) електричної принципової схеми;
- розробка схеми електричної принципової;
- формування контуру друкованої плати і розміщення конструктивних елементів на ній;
- трасування провідників друкованих плат:
 - в інтерактивному або ручному режимах;
 - в автоматичному режимі.

Створення УГП завдяки даній програмі значно спростило створення креслення електричного принципового. ПМ для кожного компоненту були створені відповідно до документації та розрахунків. Для кращої візуалізації є можливість створення 3D моделі компонента, яка відобразиться на платі.

Після того, як створили бібліотеку УГД та відповідні ПМ, була створена принципова схема. Наступним кроком йде створення ДП. Створення файлу плати може бути виконано вручну. Для того щоб приступити до розробки плати, потрібно всі компоненти із принципової схеми перенести в простір майбутньої ДП, при цьому всі зв'язки між компонентами зберігаються.

Інструменти AD дозволяють проводити трасування як вручну, так і автоматизовано на основі схеми електричної принципової.

Результат трасування плати зображено на рис. 3.2 та 3.3.

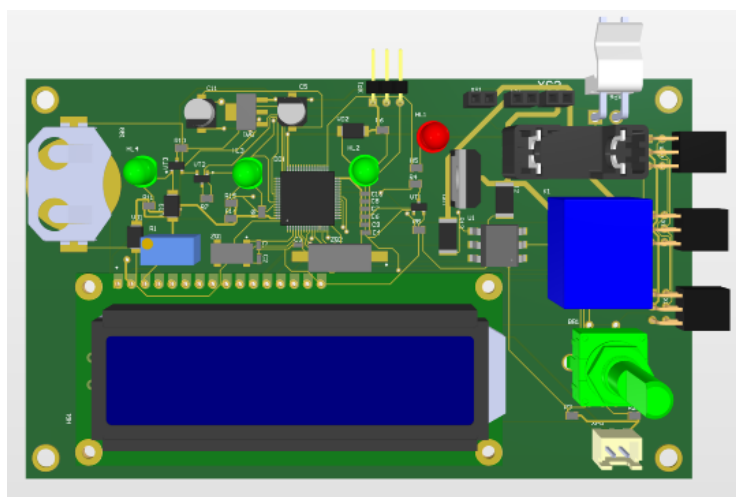


Рисунок 3. 2- Результат трасування плати керування

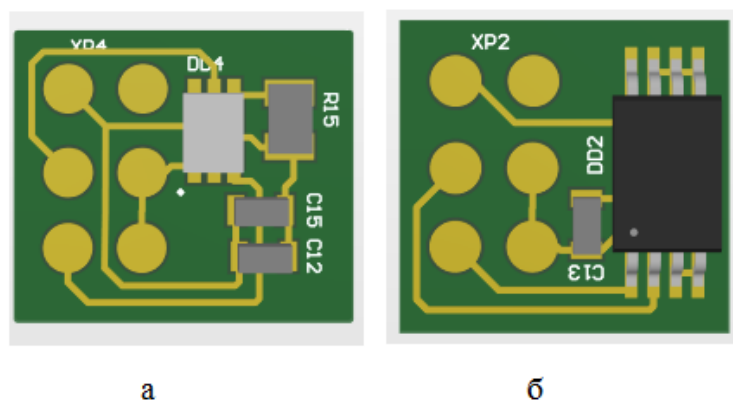


Рисунок 3. 3 - Результат трасування датчиків(а- датчик ультрафіолету, б - датчик температури)

Висновки до розділу

В даному розділі було обрано матеріал ДП, метод виготовлення, а також клас точності.

Даний ДВ буде виконуватися на двохсторонній ДП з матеріалу СТФ-2-35-1,5, що є досить розповсюдженим, та має хороші характеристики. Також було вирішено, що плата буде виготовлена комбінованим позитивним методом.

Розглянувши п'ять класів ДП, обрано - четвертий. Це найбільша точність, яка потрібна для проектуемого приладу. Також вибір був обґрунтований тим, що для цього класу точності не потрібно надточне обладнання та дорогі матеріали.

Використовуючи AD було пройдено такі етапи проектування ДП: створення бібліотеки УГП, бібліотеки посадкових місць з 3D моделями. За допомогою бібліотеки УГП створено принципову схему, та на її основі формувався монтажний простір.

На монтажному просторі, в першу чергу було розташовано елементи з якими відбувається взаємодія з користувачем. До того ж, розташування відбувалося таким чином, щоб роз'єми до яких будуть під'єднуватися давачі та навантаження були з одного боку, щоб в подальшому було зручніше розташувати готовий пристрій. Мікроконтролер розміщувався в центральній частині вузлу. Елементи, які є в одному колі живлення 220 В розміщено дещо окремо від основних компонентів.

Після того, як всі елементи розставлено, потрібно виконати трасування. Ця дія може бути зроблена вручну, або за допомогою автотрасування, яке виконується командою «AutoRoute». Але перед цим потрібно задати певні правила, такі як: мінімальна і максимальна ширина провідника, мінімальний і максимальний діаметр отворів, мінімальну відстань між компонентами,

									Лист
									54
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата	ДК62.4214.17.001ПЗ				

діаметр контактних майданчиків для отворів і ряд інших правил, що залежать від обраного класу точності. Проте, автоматичне трасування не завжди дає задовільний результат, тому було прийнято рішення розводити плату вручну.

					<i>ДК62.4214.17.001ПЗ</i>	<i>Лист</i>
<i>Зм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		<i>55</i>

РОЗДІЛ 4. РОЗРАХУНКИ, ЩО ПІДТВЕРДЖУЮТЬ ПРАВИЛЬНІСТЬ КОНСТРУКТОРСЬКОГО РІШЕННЯ ТА ЕЛЕКТРИЧНИЙ РОЗРАХУНОК ДП

3.2 Розрахунок елементів ДМ

Використані формули вказані в учбовому матеріалі ФТОК-1 [29].

4.2.1 Визначення мінімальної ширини друкованого провідника по постійному струмі для ланцюгів живлення та землі

За формулою (4.1) розраховується мінімальна ширина друкованого провідника по постійному струму b_{minI} (мм) для ланцюгів живлення та «землі».

$$b_{minI} = \frac{I_{max}}{j_{доп} \cdot t_{пров}}, \quad (4.1)$$

де I_{max} – максимально можливий струм у ланцюгу;

$j_{доп}$ – допустима щільність струму друкованого провідника, що виготовлений комбінованим позитивним методом, $j_{доп}=48$ А/мм²(ОСТ 4.010.022-85);

$t_{пров}$ – товщина друкованого провідника, що визначається виразом 4.2:

$$t_{пров} = h_{ф} + h_{ГМ} + h_{ХМ}, \quad (4.2)$$

де $h_{ф}$ – товщина фольги матеріалу $h_{ф}=0,035$ мм;

$h_{ГМ}$ – товщина гальванічно осадженої міді $h_{ГМ}=0,055$ мм;

$h_{ХМ}$ – товщина шару хімічно осадженої міді $h_{ХМ}=0,0065$ мм.

Тоді у формулу (4.2) підставимо вище зазначені значення:

$$t_{пров} = 0,035 + 0,055 + 0,0065 = 0,0965 \text{ (мм)}$$

					<i>ДК62.4214.17.001ПЗ</i>	Лист 56
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		

Параметр I_{\max} в виразі (4.1) визначається як сума струмів, що споживають усі активні елементи схеми, значення струмів наведені у табл. 4.1.

Таблиця 4.1 - Струми, які споживають елементи схеми

Позначення	Назва	К-сть елементів, N	$I_{\text{спож}}$, мА	$I_{\text{спож}}$, мА*N
Напруга живлення 12В				
K1	SRD-12V DC-SL-C	1	30	30
$I_{\max 12В}$				30
Напруга живлення 5В				
DA1	ASMS1117-3.3V	1	5	5
BR1	KY-040	1	10	10
HG1	HD44780	1	15	15
X	fan	1	80	80
$I_{\max 5В}$				110
Напруга живлення 3.3В				
DD1	STM32F411RE	1	250	250
DD3, DD4	LM75	2	0,28	0,56
DD5	VEML6070	1	0,25	0,25
DD2	МОС3063	1	50	50
VS1	BT138-600	1	25	25
$I_{\max 3.3В}$				325,81
Напруга живлення 220В				
220В	Навантаження	2	0.8	1000

Розраховуємо сумарний струм для ланцюга «3,3 В, 5 В, 12 В»:

$$I_{\max} = 30 \text{ мА} + 110 \text{ мА} + 325,81 \text{ мА} = 465,81 \text{ мА}$$

Підставляємо розраховані дані у формулу 4.1:

$$b_{\min I} = \frac{465,81 \cdot 10^{-3}}{48 \cdot 0,0965 \cdot 10^{-3}} \approx 0,1 \text{ (мм)}$$

Отримане значення $b_{\min} = 0,1$ мм мінімальної ширини провідника задовольняє четвертий клас точності $b_{\text{пр}} = 0,15$ мм.

Розрахуємо мінімальне значення для ланцюга живлення «220 В»:

$$b_{minI} = \frac{0,8 \cdot 10^{-3}}{48 \cdot 0,0965 \cdot 10^{-3}} = 0,17 \text{ (мм)}$$

Виходячи з розрахунків прийнято рішення, для ланцюга живлення 220В використовувати ширину провідника 1 мм.

Для ланцюгів живлення 3,3 В, 5 В, 12 В товщина провідника буде дорівнювати 0.4мм, для решти провідників – 0,2 мм, у вузьких місцях 0,15 мм.

4.2.2 Визначення мінімальної ширини провідника з урахуванням допустимого падіння на ньому напруги

За допомогою формули (4.3) обраховується мінімальна ширина провідника з урахуванням допустимого падіння напруги на ньому.

$$b_{minU} = \frac{\rho \cdot I_{max} \cdot L_{пров}}{t_{пров} \cdot U_{доп}}, \quad (4.3)$$

де ρ - питомий опір провідника, виготовленого комбінованим позитивним методом, $\rho=0,0175 \text{ Ом}\cdot\text{мм}^2/\text{м}$;

$L_{пров}$ – довжина найдовшого друкованого провідника на ДП, $L_{GND} = 297 \text{ мм}$;

$U_{доп}$ – допустима напруга, що виділяється на провіднику, не повинна перебільшувати 5% від напруги живлення.

Підставимо значення обраховані у формулу 4.3.:

$$b_{minU} = \frac{0,0175 \cdot 0,46581 \cdot 0,297}{0,0965 \cdot 0,165} \approx 0,15 \text{ (мм)}$$

Обрана ширина провідника більша за розраховану мінімальну.

									Лист
									58
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата	ДК62.4214.17.001ПЗ				

4.2.3 Визначення номінального діаметру монтажного отвору

Діаметри монтажних отворів задовольняють формулі (4.4):

$$d \geq d_{\text{вe}} + \Delta d_{\text{мо}} + r, \quad (4.4)$$

де $d_{\text{вe}}$ - діаметр виводу елемента, для якого визначається діаметр МО;

$\Delta d_{\text{мо}}$ - нижнє граничне відхилення від номінального діаметру МО;

r - різниця між мінімальним діаметром МО та максимальним діаметром виводу елемента.

У табл. 4.2. наведено елементи для яких буде виконуватися розрахунок, та потрібні параметри.

Таблиця 4.2 – Визначення номінального діаметру МО

	$d_{\text{вe}}$	$\Delta d_{\text{мо}}$	r	d
XS1, XS2	1,02	0,1	0,2	1,32
XP6	1,03	0,1	0,2	1,33
XP2-XP4	0,9	0,1	0,2	1,2
HL1-HL3	0,6	0,1	0,2	0,9
XP1	0,8	0,05	0,1	0,95
VS1	0,6	0,1	0,15	0,85

4.2.4 Визначення діаметру контактної майданчику

$$D_{\text{min}} = D_{\text{min1}} + 1,5h_{\text{ф}} + 0,03, \quad (4.5)$$

де D_{min1} – мінімальний ефективний діаметр контактної майданчика, який обробується за формулою (4.6);

$h_{\text{ф}}$ – товщина фольги матеріалу $h_{\text{ф}}=0,035$ мм, коефіцієнт $1,5h_{\text{ф}}$ враховує підтравлювання фольги друкованого провідника в ширину;

0,03 - КМ виготовляють комбінованим позитивним методом.

$$D_{min1} = 2 \left(b_{по} + \frac{d_{max}}{2} + \delta_o + \delta_{км} \right), \quad (4.6)$$

де d_{max} - максимальний діаметр просвердленого отвору, який обраховується за формулою (4.7);

$b_{по}$ - ширина пояска КМ;

δ_o - похибка розташування центру отвору відносно вузла;

$\delta_{км}$ - похибка розташування центру КМ відносно вузлу КС.

Значення для параметра $b_{по}$ обирається з табл. 3.2, а для δ_o , $\delta_{км}$ - з табл. 4.3.

Таблиця 4.3 - Допустимі похибки виконання елементів ДМ

Похибка	Позначення	Макс. Значення, мм
Зміщення провідників відносно ліній КС	$\delta_{сп}$	0,05
Розташування отворів (всіх) відносно вузлу КС	δ_o	0,07
Розташування КМ відносно вузлу КС	$\delta_{км}$	0,015(0,05)
Фотокопії та фотошаблону	$\delta_{фф}$	0,06
Розташування КМ відносно вузлу КС на фотошаблоні	$\delta_{фш}$	0,05

Максимальний діаметр просвердленого отвору:

$$d_{max} = d + \Delta d + (0,1 \dots 0,15), \quad (4.7)$$

де d - номінальний діаметр МО (значення було знайдено у попередньому пункті);

Δd - допуск на діаметр отвору, $\Delta d = 0,05$ мм.

Максимальний діаметр вираховується за формулою (4.8)

$$D_{max} = D_{min} + 0,02 \quad (4.8)$$

Розраховуємо всі вище описані параметри для елементів, які були обрано у попередньому пункті. Розраховані параметри записуємо у табл. 4.4.

Таблиця 4.4 – Визначення діаметру КМ

	d_{max}	D_{minl}	D_{min}	D_{max}
XS1, XS2	1,47	1,81	1,89	1,91
XP6	1,48	1,82	1,90	1,92
XP2-XP4	1,35	1,69	1,77	1,79
HL1-HL3	1,05	1,39	1,47	1,49
XP1	1,10	1,44	1,52	1,54
VS1	1,00	1,34	1,42	1,44

4.2.5 Визначення мінімальної та максимальної ширини провідника

Мінімальна ширина провідника:

$$b_{min} = b_{пр}^r + 1,5h_{\phi} + 0,03, \quad (4.9)$$

де $b_{пр}^r$ – мінімальна ширина провідника для обраного класу точності – в нашому випадку $b_{пр}^r = 0,15$ мм, що визначається за допомогою табл. 3.2;

h_{ϕ} – товщина фольги матеріалу $h_{\phi} = 0,035$ мм.

$$b_{min} = 0,15 + 1,5 \cdot 0,035 + 0,03 = 0,2325 \text{ (мм)}$$

Максимальна ширина провідника:

$$b_{max} = b_{min} + 0,02 \quad (4.10)$$

$$b_{max} = 0,2325 + 0,02 = 0,2525 \text{ (мм)}$$

4.2.6 Визначення мінімальної відстані між провідником та контактною площиною

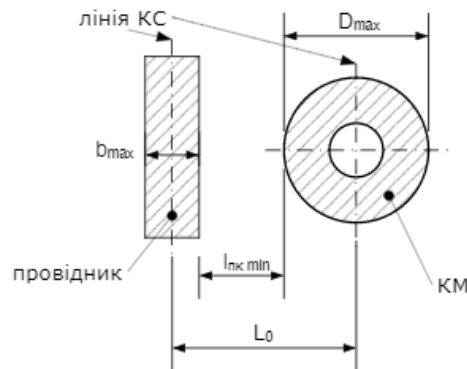


Рисунок 4. 1 - Мінімальна відстань між провідником і КП

$$l_{\text{ПКМ min}} = L_0 - \left(\frac{D_{\text{max}}}{2} + \delta_{\text{КМ}} + \frac{b_{\text{max}}}{2} + \delta_{\text{СП}} \right), \quad (4.11)$$

де L_0 - відстань між центрами отвору та друкованого провідника, що є кратним кроку КС, $L_0 = 1,25$ мм (це є найгіршим випадком);

D_{max} - максимальний діаметр КМ, що дорівнює 1,9 мм;

b_{max} - максимальна ширина провідника, що дорівнює 0,25 мм;

$\delta_{\text{КМ}}$ - похибка розташування центру КМ відносно вузлу КС, $\delta_{\text{КМ}} = 0,05$ мм (табл. 4.4) ;

$\delta_{\text{СП}}$ - похибка, що враховує зміщення провідника, $\delta_{\text{СП}} = 0,05$ мм.

$$l_{\text{ПКМ min}} = 1,25 - \left(\frac{1,9}{2} + 0,05 + \frac{0,25}{2} + 0,05 \right) = 0,065 \text{ (мм)}$$

4.2.7 Визначимо мінімальну відстань між двома сусідніми провідниками (між краями провідників)

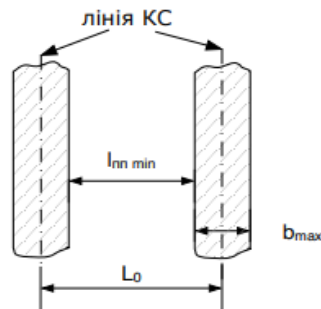


Рисунок 4. 2 - Взаємне розміщення двох провідників

$$l_{\text{пп min}} = L_0 - (b_{\text{max}} + 2\delta_{\text{сп}}) \quad (4.12)$$

$$l_{\text{пп min}} = 1,25 - (0,25 + 2 \cdot 0,05) = 0,9 \text{ (мм)}$$

4.2.8 Визначимо мінімальну відстань між двома контактними майданчиками

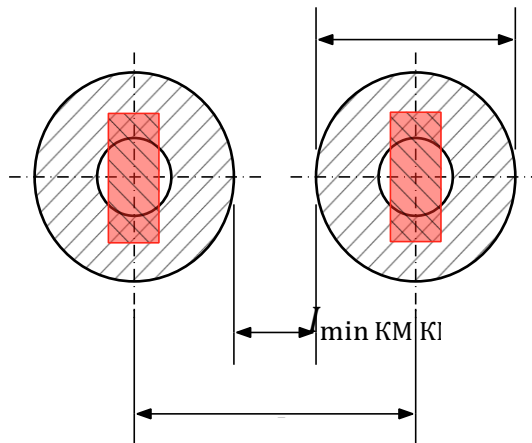


Рисунок 4. 3 - Взаємне розміщення двох площин

$$l_{\text{min KM KM}} = L'_0 - (D_{\text{max}} + 2\delta_{\text{KM}}) \quad (4.13)$$

де L'_0 відстань між центрами сусідніх КМ і дорівнює 2,54 мм;

D_{max} - максимальний діаметер КМ, який розраховано раніше і дорівнює 1,92 мм;

$\delta_{\text{КМ}}$, взято з табл. 4.4.

$$I_{\text{min КМ КМ}} = 2,54 - (1,92 + 2 \cdot 0,05) = 0,52 \text{ (мм)}$$

4.3 Електричний розрахунок ДП

4.3.1 Розрахунок допустимого падіння напруги на найдовшому провіднику

Падіння напруги визначається за формулою (4.14)

$$U_{\text{пад}} = \frac{\rho \cdot I_{\text{max}} \cdot l_{\text{пр}}}{b_{\text{пр}} \cdot t_{\text{пр}}} \quad (4.14)$$

де ρ - питомий об'ємний опір для комбінованого позитивного методу виготовлення ДП ($0,0175 \frac{\text{Ом} \cdot \text{мм}^2}{\text{м}}$);

$l_{\text{пр}}$ - максимальна довжин друкованого провідника, ($l_{\text{пр}} = 0,297 \text{ м}$);

$t_{\text{пр}}$ - товщина провідника, ($t_{\text{пр}} = 0,0965 \text{ мм}$);

I_{max} - максимальний струм у провіднику ($465,81 \text{ мА}$);

$b_{\text{пр}}$ - ширина друкованого провідника, $0,4 \text{ мм}$.

$$U_{\text{пад}} = \frac{0,0175 \cdot 0,46581 \cdot 0,297}{0,4 \cdot 0,0965} \approx 0,06 \text{ (В)}$$

Отриманий результат не виходить за межі норми в 5% від напруги живлення – $0,165 \text{ В}$ (для $3,3 \text{ В}$). Таким чином, в попередньому розділі була обрана коректна ширина провідника.

Розрахуємо допустиму напругу падіння для провідника з напругою 220 В .

Довжина такого провідника $l_{\text{пр}} = 15 \text{ мм}$, максимальний струм $I_{\text{max}} = 0,8 \text{ А}$, а товщина провідника 1 мм .

					<i>ДК62.4214.17.001ПЗ</i>	Лист
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		64

$$U_{\text{пад}} = \frac{0,0175 \cdot 0,8 \cdot 0,015}{1 \cdot 0,0965} = 0,002 \text{ (В)}$$

Отриманий результат не виходить за межі норми в 5% від напруги живлення 220 В – 11 В.

4.3.2 Визначення взаємної індуктивності двох паралельних провідників однакової довжини

$$M = 0,02 \left(l_{\text{пр}} \lg \frac{\sqrt{l_{\text{пр}}^2 + L_0^2} + l_{\text{пр}}}{L_0} - \sqrt{l_{\text{пр}}^2 + L_0^2} + L_0 \right), \quad (4.15)$$

де $l_{\text{пр}}$ – довжина перекриття паралельних провідників, 2,06 см;

L_0 -відстань між осевими лініями двох паралельних провідників, 0,08 см

$$\begin{aligned} M &= 0,02 \left(2,06 \cdot \lg \frac{\sqrt{4,2436 + 0,0064} + 1}{0,08} - \sqrt{4,2436 + 0,0064} + 0,08 \right) \\ &= 0,0309 \text{ (нГн)} \end{aligned}$$

4.3.3 Розрахунок потужності втрат двосторонньої друкованої плати.

Для того, щоб визначати цей параметр використовується формула (4.16).

Основними параметрами, що обумовлюють стабільність роботи друкованих плат, є тангенс кута діелектричних втрат $tg\sigma$ та діелектрична проникність ϵ , які найбільш підлягають зміні в процесі старіння органічної основи плати. Тому їх вплив необхідно враховувати при виборі діелектричного матеріалу, що використовується як основа ДП.

$$P_{\text{пот}} = 2 \cdot \pi \cdot f \cdot C \cdot E_n^2 \cdot tg\sigma \quad (4.16)$$

де $f=1 \text{ Гц}$, для розрахунку, що ведеться на постійному струмі,

									Лист
									65
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата	ДК62.4214.17.001ПЗ				

$f = 8\text{МГц}$, $f = 32768\text{ Гц}$ – оскільки в схемі присутні ці частоти для роботи мікроконтролера та RTC відповідно;

$tg\sigma$ - тангенс кута діелектричних втрат для матеріалу друкованої плати, розраховується за формулою (4.17);

C – ємність друкованої плати, що розраховується за формулою (4.18);

E_n - напруга живлення.

$$tg\sigma = \frac{\epsilon_{\text{лаку}} \cdot h_{\text{матеріалу ДП}} \cdot tg\sigma_{\text{матеріал ДП}} + 2 \cdot \epsilon_{\text{матеріалу ДП}} \cdot h_{\text{шару лаку}} \cdot tg\sigma_{\text{лаку}}}{2 \cdot \epsilon_{\text{матеріалу ДП}} \cdot h_{\text{шару лаку}} + \epsilon_{\text{лаку}} \cdot h_{\text{матеріалу ДП}}}, \quad (4.17)$$

де $\epsilon_{\text{лаку}}$ - діелектрична проникність лаку, що дорівнює 4,5 (УР-231 ТУ 6-21-14-90);

$h_{\text{матеріалу ДП}}$ - товщина ДП (1,5 мм);

$tg\sigma_{\text{матеріал ДП}}$ - тангенс кута діелектричних втрат для матеріалу ДП, 0,035;

$\epsilon_{\text{матеріалу ДП}} = 5,5$;

$h_{\text{шару лаку}} = 10\text{ мкм}$;

$tg\sigma_{\text{лаку}} = 0,03$.

$$C = \frac{0,009 \cdot \epsilon \cdot S_m}{h_{\text{матеріалу ДП}}}, \quad (4.18)$$

де ϵ – діелектрична проникність для СФ-2-35-1.5 (5,5);

S_m - площа металізації (1590 мм²).

Підставляємо дані у формулу 4.17 та 4.18

$$tg\sigma = \frac{4,5 \cdot 1,5 \cdot 10^{-3} \cdot 0,035 + 2 \cdot 5,5 \cdot 1 \cdot 10^{-6} \cdot 0,03}{2 \cdot 5,5 \cdot 1 \cdot 10^{-6} + 4,5 \cdot 1,5 \cdot 10^{-3}} \approx 0,0349$$

					<i>ДК62.4214.17.001ПЗ</i>	Лист
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		66

$$C = \frac{0,009 \cdot 5,5 \cdot 1590}{1,5} = 52,47 \text{ (пФ)}$$

$$P_{\text{пот}} = 2 \cdot 3,14 \cdot 1 \cdot 52,47 \cdot 10^{-12} \cdot 3,3^2 \cdot 0,0349 = 125 \text{ пВт (для } f = 1 \text{ Гц)}$$

$$P_{\text{пот}} = 2 \cdot 3,14 \cdot 8 \cdot 10^6 \cdot 52,47 \cdot 10^{-12} \cdot 3,3^2 \cdot 0,0349 = 1 \text{ мВт (для } f = 8 \text{ МГц)}$$

$$P_{\text{пот}} = 2 \cdot 3,14 \cdot 32768 \cdot 52,47 \cdot 10^{-12} \cdot 3,3^2 \cdot 0,0349 = 4 \text{ мкВт (для } f = 32768 \text{ Гц)}$$

Визначимо ємність між двома сусідніми провідниками, що розташовані на одній стороні друкованої плати та мають однакову ширину:

$$C = 0,12 \cdot \varepsilon \cdot l_{\text{пр}} \cdot \left[\lg \frac{2 \cdot S}{b_{\text{пр}} + t_{\text{пр}}} \right]^{-1}, \quad (4.19)$$

де S – відстань між двома паралельними провідниками, мм;

$b_{\text{пр}}$ - ширина друкованого провідника, 0,2 мм;

$t_{\text{пр}}$ - товщина друкованого провідника, 0,035 мм;

$l_{\text{пр}}$ - довжина взаємного перекриття двох паралельних провідників, мм;

ε - діелектрична проникність друкованої плати із урахуванням лаку, розраховується за формулою 4.20.

Розрахунок паразитної ємності C_n необхідно виконувати, вибираючи ті ділянки ДП, на яких вона може приймати найбільше значення. Для цього потрібно, щоб відстань між провідниками, а саме параметр S був максимально маленький, а довжина взаємного перекриття 2-х таких провідників - великою. Проаналізувавши схему, та розглянувши різні випадки, було прийнято рішення, що найгірший випадок, буде при умові коли:

									Лист
									67
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата	ДК62.4214.17.001ПЗ				

$$S = 0,6 \text{ мм}, l_{\text{пр}} = 20 \text{ мм}.$$

$$\varepsilon = \frac{\varepsilon_{\text{матеріалу ДП}} \cdot \varepsilon_{\text{шар лаку}} \cdot (h_{\text{матеріалу ДП}} + 2 \cdot h_{\text{шар лаку}})}{h_{\text{матеріалу ДП}} \cdot \varepsilon_{\text{шар лаку}} + 2 \cdot h_{\text{шар лаку}} \cdot \varepsilon_{\text{матеріалу ДП}}}, \quad (4.20)$$

де $\varepsilon_{\text{шар лаку}}$ - діелектрична проникність лаку, що рівна 4.5;

$h_{\text{матеріалу ДП}}$ - товщина ДП (1,5 мм);

$\varepsilon_{\text{матеріалу ДП}} = 5,5$;

$h_{\text{шару лаку}} = 10 \text{ мкм}$,

$$\varepsilon = \frac{5,5 \cdot 4,5 \cdot (1,5 \cdot 10^{-3} + 2 \cdot 1 \cdot 10^{-6})}{1,5 \cdot 10^{-3} \cdot 4,5 + 2 \cdot 1 \cdot 10^{-6} \cdot 5,5} \approx 5,49$$

$$C = 0,12 \cdot 5,49 \cdot 20 \cdot \left[\lg \frac{2 \cdot 0,6}{0,2 + 0,035} \right]^{-1} \approx 18,6 \text{ (пФ)}$$

4.4 Розрахунок основних показників надійності ДВ

Надійність — властивість засобу зберігати в часі в установлених межах значення всіх параметрів, які характеризують здатність виконувати потрібні функції в заданих режимах та умовах застосування, технічного обслуговування, зберігання, транспортування.

Важлива характеристика надійності - середній час безвідмовної роботи визначається:

$$T_{\text{ср}} = \frac{1}{\lambda_{\text{р}}} \quad (4.21)$$

де $\lambda_{\text{р}} = \lambda_{0\text{Е}} \cdot N \cdot K_{\text{н}} \cdot a_t \cdot a_b$

В свою чергу

$\lambda_{0\text{Е}}$ - інтенсивність відмов елементів при номінальних умовах;

									Лист
									68
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата	ДК62.4214.17.001ПЗ				

N – кількість елементів певного типу;

K_H – коефіцієнт навантаження;

a_b, a_t - поправочний коефіцієнт.

4.4.1 Коефіцієнти інтенсивності відмов при номінальних умовах

Інтенсивності відмов, λ_e , були обрані з довідників для кожного компонента. Інтенсивність відмов ЕРЕ є їх вихідною характеристикою надійності, залежить від режиму роботи та степені тяжкості таких зовнішніх впливів, як температура, тепловий удар, вологість, вібрації і т.д. Для номінальних умов температура середовища - $T_{\text{навк.серед}} = 20 \pm 5^\circ \text{C}$, відносна вологість - $65 \pm 15\%$.

4.4.2 Коефіцієнти інтенсивності відмов елементів, що працюють в реальних умовах та режимах

Оскільки, умови експлуатації суттєво впливають на надійність елементів, а це в свою чергу впливає на надійність всього виробу, то варто цими умовами не знехтувати. Обчислення інтенсивності відмов для реальних обставин, буде розраховуватися за формулою:

$$\lambda_e = f(T^\circ, P, F), \quad (4.22)$$

де T° - температура;

P – тиск;

F - вологість.

Зовнішні впливи враховуються відповідно a_t a_p a_F .

									Лист
									69
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата	ДК62.4214.17.001ПЗ				

Друкований вузол відноситься до наземної апаратури, експлуатується до $T_p = 60^\circ \text{C}$, інші умови експлуатації нормальні, тому беремо до уваги лише поправочний коефіцієнт, що відповідає за температуру.

За допомогою книги «Конструювання ЕОМ та систем Савельєв А.Я., Овчинніков В.А» [30] визначено поправочний коефіцієнт a_t , який показує в скільки разів інтенсивність відмов при даному K_H відрізняється від інтенсивності відмов при номінальних умовах при зміні температури.

На рисунку продемонстровано як вираховувати коефіцієнт для резистора з коефіцієнтом навантаження $\sim 0,8$.

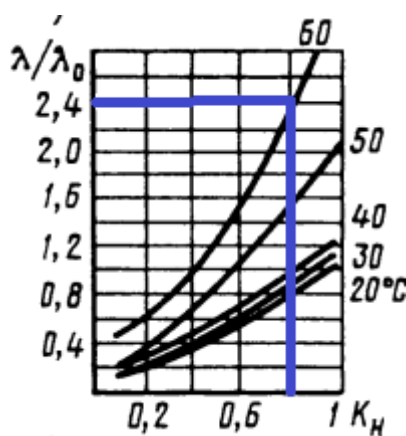


Рисунок 4. 4 - Приклад розрахунку at

З рисунка видно, що поправочний коефіцієнт a_t буде дорівнювати 2,4. Аналогічно шукаємо коефіцієнти для інших елементів, та записуємо в табл. 4.7.

4.4.2 Коефіцієнт навантаження

Для врахування впливу режиму роботи на інтенсивність відмов ЕОА вводять коефіцієнт навантаження $K_H = \frac{H_{роб}}{H_{ном}}$, що дорівнює відношенню навантаження в робочому режимі до навантаження в номінальному режимі.

Коефіцієнт навантаження для конденсаторів:

$$K_{Hc} = \frac{U_{роб}}{U_{ном}} \quad (4.24)$$

Таблиця 4.5 – Розрахунок коефіцієнтів навантаження для конденсаторів

№	C, Ф	$U_{роб}, V$	$U_{ном}, V$	K_{Hc}
C1	4,3П	5	50	0,1
C2	4,3П	5	50	0,1
C3	20П	5	50	0,1
C4	20П	5	50	0,1
C5	10МК	5	35	0,1429
C6	0,1МК	5	50	0,1
C7	0,1МК	5	50	0,1
C8	0,1МК	5	50	0,1
C9	0,1МК	5	50	0,1
C10	0,1МК	5	50	0,1
C11	220МК	5	35	0,1429

Коефіцієнт навантаження для діодів:

$$K_{HVD} = \frac{U_{роб}}{U_{ном}} \quad (4.25)$$

Таблиця 4.6 – Розрахунок коефіцієнтів навантаження для діодів

№	$U_{роб}, V$	$U_{ном}, V$	K_{HVD}
VD1	5	50	0,1
VD2	12	50	0,24
VD3	5	50	0,1

Коефіцієнт навантаження для транзисторів:

$$K_{HVT} = \frac{I_{роб}}{I_{ном}} \quad (4.26)$$

Чим більший струм, тим гірше для роботи транзистора. Струм прямопропорційно залежить від напруги, і обернено пропорційно – від опору. Так як, опір фіксований, то обираємо напругу максимально можливу в схемі.

$$I_{роб} = \frac{U_{роб} - U_{p-n}}{R} \quad (4.27)$$

$$I_{роб} = \frac{5 - 0,7}{10 * 10^3} = 0,43 \text{ мА (для транзисторів в колі напруги 5 В)}$$

$$I_{роб} = \frac{12 - 0,7}{10 * 10^3} = 1,13 \text{ мА (для транзисторів в колі напруги 12 В)}$$

$$K_{HVT} = \frac{0,43}{100} = 0,0043$$

$$K_{HVT} = \frac{1,13}{100} = 0,0113$$

Для інших елементів коефіцієнт навантаження взято за 1, вважаємо, що це найгірший випадок.

Після того, як знайшли всі дані, заповнюємо табл. 4.7.

					<i>ДК62.4214.17.001ПЗ</i>	Лист
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		73

Таблиця 4.7 – Вихідні дані для визначення λ_p

№	Компонент	N	K	$\lambda_{0e} \cdot 10^{-7},$ год ⁻¹	a_b	a_t	λ_{pi}
Резистори							
1	10000	3	0,02	0,02	20	0,001	0,000024
3	10000	1	0,1152	0,02	20	0,44	0,0202752
4	110	1	0,792	0,02	20	2,4	0,76032
5	1000	1	0,144	0,02	20	0,45	0,02592
6	360	1	0,242	0,02	20	0,6	0,05808
7	220	1	0,396	0,02	20	1	0,1584
9	300	1	0,6667	0,02	20	1,6	0,42666667
10	10000	3	0,0087	0,02	20	0,001	1,0454E-05
11	1000	1	0,009	0,02	20	0,001	0,0000036
12	500000	1	2E-05	0,02	20	0,001	7,2E-09
Конденсатори							
13	4,3п	2	0,1	0,3	20	0,1	0,12
14	20п	2	0,1	0,3	20	0,1	0,12
15	10мк	1	0,1429	0,3	20	0,1	0,08571429
16	0,1мк	5	0,1	0,3	20	0,1	0,3
17	220мк	1	0,2	0,3	20	0,1	0,12
Транзистори							
18	VT1	1	0,0113	0,15	20	1	0,0339
19	VT2, VT3	2	0,0043	0,15	20	1	0,0258
Діоди							
20	VD1, VD7	2	0,1	0,2	20	1	0,8
21	VD4	1	0,24	0,2	20	1	0,96
22	HL	4	1	0,2	20	1	16
23	Мікросхеми	2	1	1	20	1	40
24	Кварцевий резинатор	2	1	0,46	20	1	18,4
25	Стабілізатор напруги	1	1	1,45	20	1	29
26	Дисплей	1	1	1	20	1	20
27	розєми	6	1	0,2	20	1	24
28	Енкодер	1	1	0,16	20	1	3,2
29	Реле	1	1	0,115	20	1	2,3

Продовження таблиці 4.7

№	Компонент	N	K	$\lambda_{0e} \cdot 10^{-7},$ год ⁻¹	a _b	a _t	λ_{pi}
30	Батарейка	1	1	0,995	20	1	19,9
31	Симістор	1	1	4,4	20	1	88
32	Друкована плата	2	1	1	20	1	40
33	Пайка виводу	230	1	0,005	20	1	23
34	Перехідні отвори	95	1	0,0375	20	1	71,25
Суммарна інтенсивність							399,065114

Показники, які наведені в таблиці, для інтенсивності відмов, дещо завищені. Такий підхід дозволяє розглянути ситуацію для найгіршого випадку.

Середній час напрацювання до першої відмови розраховується за формулою 4.21:

$$T = \frac{1}{399,065 * 10^{-7}} \approx 25059$$

Ймовірність безвідмовної роботи протягом року розраховується за формулою 4.28:

$$P(t) = e^{-\lambda_p t} \quad (4.28)$$

де $t = 365 \cdot 24 = 8760$

Ймовірність відмов протягом року за наступною формулою:

$$Q(t) = 1 - P(t) \quad (4.29)$$

Розраховані значення записані до табл. 4.8.

Таблиця 4.8 – Середній час напрацювання, ймовірності безвідмовної роботи та відмов протягом року

T	25059
P	0,705
Q	0,295

За допомогою формул (4.28) і (4.29) змінюючи t було побудовано графіки залежності безвідмовної роботи ДВ та ймовірність відмов ДВ від часу(табл 4.9):

Таблиця 4.9 - Значення ресурсу роботи

t	P	Q
1	1	3,9906E-05
10	0,9996	0,00039899
100	0,996	0,0039827
1000	0,9609	0,03912073
10000	0,6709	0,32905299
100000	0,0185	0,98151233
1000000	5E-18	1
10000000	5E-174	1

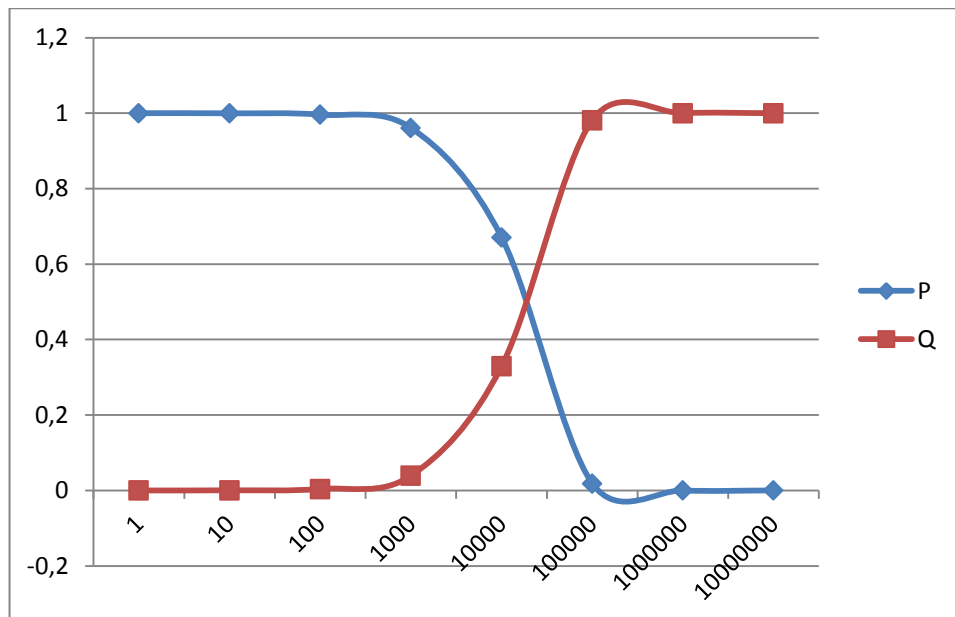


Рисунок 4. 5 – Ймовірність відмов і безвідмовної роботи протягом часу експлуатації

Для розрахунку ресурсу потрібно знайти точку перетину $P(t)$ і $Q(t)$. Для точнішого розрахунку, було взято більше точок з меншим інтервалом:

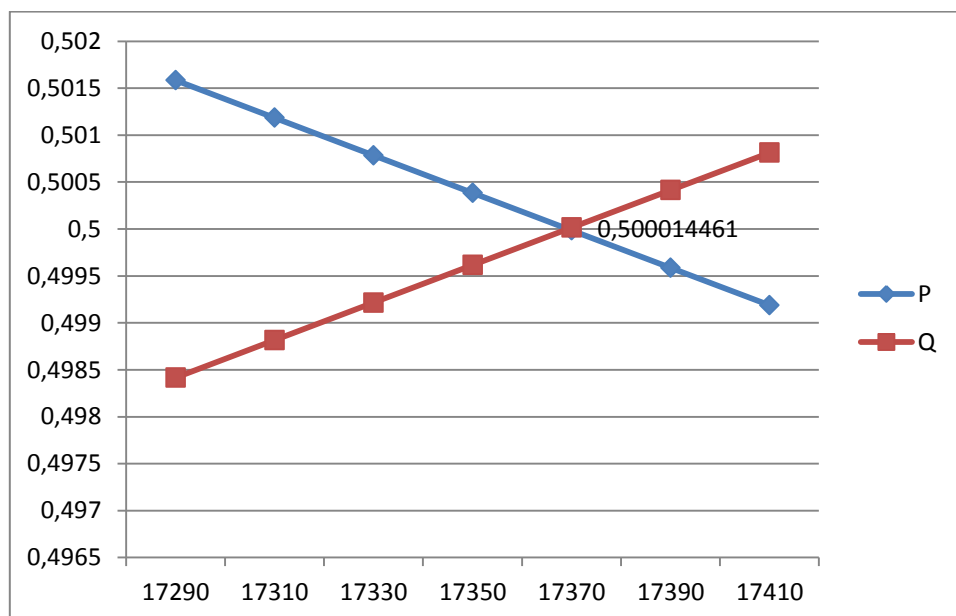


Рисунок 4. 6 - Точка перетину $P(t)$ і $Q(t)$.

З цього зробили висновок, що $P(t) = Q(t) \approx 0,5$. Така ситуацію буде, при $t = 17370$. Тому ресурс схеми буде рівний 17370годин. А це становить, приблизно два роки ресурсу.

4.5 Розрахунок теплового режиму елементів

4.5.1 Стабілізатор напруги AMS1117

Стабілізатор напруги AMS1117(DA1) має наступні характеристики:

- корпус SOT-223;
- максимальна робоча температура 125 °С;
- максимальна потужність розсіювання по документації 1,2 Вт;
- тепловий опір кристал-корпус для корпусу SOT-223 - $R_t = 15 \text{ °C/Вт}$.

Також, зазначимо що максимальна температура середовища дорівнює 40 °С.

Потужність, що розсіюється на стабілізаторі розраховується за формулою 4.30:

$$P_{\text{роз.}} = (U_{\text{вх.}} - U_{\text{стабл.}}) \cdot I_{\text{макс.}} \quad (4.30)$$

де $U_{\text{вх.}}$ – вхідна напруга, яка дорівнює 5 В;

$U_{\text{стабл.}}$ – напруга стабілізації, яка дорівнює 3,3 В;

$I_{\text{макс.}}$ – максимальний струм споживання від стабілізатора, що дорівнює 250,81мА(для розрахунків приймемо 300 мА).

Підставимо дані значення у формулу 4.30:

$$P_{\text{роз.}} = (5 \text{ В} - 3,3 \text{ В}) \cdot 0,3\text{А} \approx 0,51 \text{ Вт}$$

Результат розрахунку вказує на те, що при нормальних умовах потужність розсіювання не перевищує значення 50% від максимально допустимої потужності, а саме 1,08 Вт.

									Лист
									78
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата	ДК62.4214.17.001ПЗ				

Розрахуємо також, і максимально можливу температуру до якої зможе нагрітися корпус стабілізатора за формулою 4.31

$$\Delta T = R_t \cdot P, \quad (4.31)$$

де R_t - тепловий опір кристал-корпус;

P – знайдена потужність розсіювання на стабілізаторі.

$$\Delta T = 15 \frac{^{\circ}\text{C}}{\text{Вт}} \cdot 0,51 \text{ Вт} = 7,65 ^{\circ}\text{C}$$

Далі шукаємо максимальну температуру до якої нагрівається сам кристал:

$$T_{max} = T_{cp} + \Delta T, \quad (4.32)$$

$$T_{max} = 40^{\circ}\text{C} + 7,65 ^{\circ}\text{C} = 47,65^{\circ}\text{C}$$

Порівняємо гранично допустиму температуру із максимальною:

$$T_{max} (47,65 ^{\circ}\text{C}) < T_{доп} (125 ^{\circ}\text{C})$$

Мікросхема працюватиме без перегріву.

4.5.1 Симістор ВТ138-600

Потужність яка розсіюється на даному кристалі розраховується при використанні лампи обігріву на 60 Вт. Якщо підключити таку лампу, то струм, який вона споживає розраховується за формулою (4.33)

$$I = \frac{P}{V} = \frac{60 \text{ Вт}}{220 \text{ В}} \quad (4.33)$$

Виходячи з цієї формули, струм буде дорівнювати 0,27 А.

Для розрахунку взято максимально можливу напругу падіння, а саме 1.7В. За формулою 4.33 розраховуємо потужність при заданих параметрах:

$$P = 1,7 \text{ В} \cdot 0,27 \text{ А} = 0,45 \text{ Вт}$$

									Лист
									79
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата	ДК62.4214.17.001ПЗ				

Обраний корпус для симітсра TO220, розсіює потужність близько 2 Вт.

Тепловий опір кристал-корпус $R_{th j-a} = 60 \text{ K/W}$. (60 °C/Вт)

Обчислимо температуру перегріву $60 \text{ °C /Вт} * 0,45 \text{ Вт} = 27 \text{ °C}$.

Розрахуємо максимально температуру до якої може нагрітися кристал за формулою 4.32.

$$T_{max} = 27 + 40 = 67 \text{ °C}$$

Максимальна допустима температура кристала 125 °C, таким чином радіатор не потрібний.

4.6 Розрахунок роботи батарейки

В проєкті використовується батарейка CR2032 [31], яка використовує дуже мало енергії, тому її вистачає на тривалий час. Розрахуємо на скільки часу вистачить такої батарейки в умовах даного проєкту. Нагадаємо, що використовується батарейка для того, щоб в момент відключення основного живлення, RTC працював і далі.

Прийmemo, що номінальна потужність такої батарейки 210 мА/год. VBAT mode споживає при температурі 30°C близько 1мкА. Таким чином, пристрій зможе слідувати за часом без сновного живлення ще $210 \text{ мА/год} * 1 \text{ мкА} = 210000 \text{ год}$, а це в свою чергу, дорівнює близько 23,9 років. Саморозряд батарейки становить близько 240 років, оскільки в пасивному режимі VBAT mode споживає лише 0,1 мкА.

Висновки до розділу

В даному розділі виконались розрахунки, які повинні підтвердити коректність конструкторських рішень, правильність обраного класу точності ДВ.

									Лист
									80
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата	ДК62.4214.17.001ПЗ				

Спроекований прилад не потребує специфічних умов виготовлення плати. Вибір класу точності відбувався між 3-м та 4-м, але зважаючи на те, що в пристрої присутні елементи, які мають відстань 0,2мм між КМ було обрано 4 клас точності. Тому що, в 3-му класі точності мінімальна відстань 0.25мм не дозволяє проводити провідник між КМ деяких елементів. Розрахунки, які були проведені підтверджують що клас було обрано коректно.

Також, було виконано електричний розрахунок ДП. Цей розрахунок враховує фактори, що пов'язані з реальною конструкцією. З його допомогою визначається падіння напруги на найдовшому провіднику, потужність втрат, ємність між двома сусідніми провідниками і взаємна індуктивність двох паралельних провідників однакової довжини.

Температурний розрахунок стабілізатора та симістора показав, що додаткових засобів охолодження для компонентів не потрібно

Розрахувавши паразитну ємність та індуктивність, можна стверджувати, що вони не впливають на працездатність схеми. Оскільки, їхні величини дуже маленькі, а саме $C = 18,6$ пФ, $L = 0,0309$ нГн.

Розрахувавши напругу падіння на друкованих провідниках, встановили, що вона не перевищує 5% від напруги живлення.

В даному розділі також розраховано надійність ДВ. З розрахунків видно, що середній час напрацювання до першої відмови становить 25059 годин, що в свою чергу близько близько 2,8 років. Ймовірність безвідмовної роботи протягом року рівна 0,705, а ймовірність відмов відповідно 0,295. В даних розрахунках не враховуються, такі фактори як: старіння приладу, його знос і т.д.

					<i>ДК62.4214.17.001ПЗ</i>	Лист
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		81

коли передає дані по шині. Обмін закінчується коли ведучий формує стан STOP: на лінії SDA сигнал змінюється на 1, після переходу у високий стан лінії SCL.

Для підключення датчиків ініціалізуємо шину I2C1, при цьому будуть задіяні порти мікроконтролера PB7(SDA) і PB6(SCL).

5.1.2 Підключення енкодера

Для початку розглянемо принцип роботи енкодера. На виході цього елемента імпульси мають інформувати не лише про факт повороту валу, а й про напрямок повороту. Для цього необхідно використовувати два сигнали, які зазвичай позначаються А та В. Сигнали зміщені на 90 градусів відносно один одного. Вони підключені до механічних виводів енкодера, інші контакти з'єднані на виводі С.

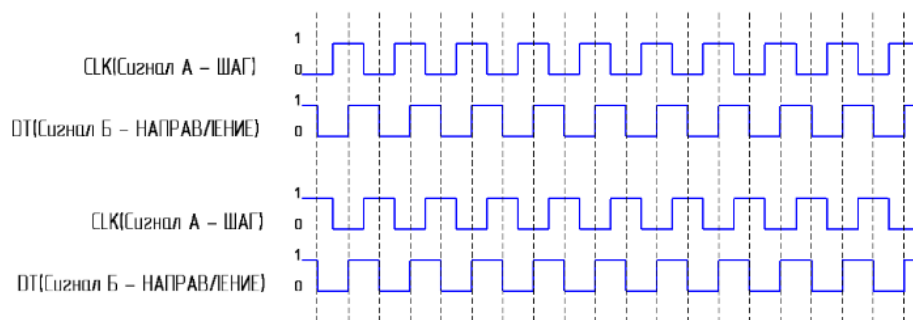


Рисунок 5. 2 - Діаграма вихідного сигналу

Тобто, алгоритм роботи виглядає наступним чином:

- при умові, якщо в момент переходу сигналу А в низький стан сигнал В знаходиться в високому рівні, то стався поворот за годинниковою стрілкою;
- якщо в момент переходу сигналу А в низький стан сигнал В знаходиться в низькому рівні, то був поворот проти годинникової стрілки.

Енкодер буде працювати завдяки використанню другого таймера мікроконтролер. Пристрій підключено до портів вводу/виводу мікроконтролера PA0 та PA1, які відповідають каналам другого таймеру. Порти будуть налаштовані для аналізу роботи енкодера. Кнопка, яка присутня у конструкції, буде підключена до порту вводу/виводу PA2.

5.1.3 Підключення дисплею

В табл. 5.1. наведено призначення контактів дисплею.

Таблиця 5.1. – Призначення контактів

Контакт	Назначення
GND	спільна земля
Vcc	напруга живлення +5
V0	контрастність
RS	вибір регістру
RW	вибір режиму запису або читання (при підключенні до землі, встановлюється режим запису)
E	лінія синхронізації
A	«+» живлення підсвічування
K	«-» живлення підсвічування
DB0-DB7	шина команд / даних

Дисплей може працювати в 2-ух режимах [32]:

- в 8-ми розрядному (тобто коли, для обміну інформацією використовуються контакти D0- D7), дані пересилаються за один такт;
- в 4-ох розрядному (для обміну використовуються тільки контакти D4 - D7), в цьому випадку дані пересилаються за 2-а такти, спочатку старші 4-ри біта, потім молодші 4-ри біта.

В даному проекті використовується підключення в 4-х розрядному режимі.



Рисунок 5. 4 - Основний алгоритм роботи приладу

Встановлення граничних даних відбувається завдяки енкодеру з кнопкою. При першому включенні потрібно встановити бажану температуру для рептилії в теплом кутку, заміряти інтенсивність УФ випромінювання, а також для роботи приладу в режимі реального часу, потрібно встановити поточну годину.

На рис. 5.5. зображено алгоритм контролю температурного режиму в теплій зоні після того, як були встановлені порогові значення.

В холодній зоні контроль за температурою відбувається дещо простіше, температура має знаходитися в межах діапазону від 20°C до 29°C. Якщо температура зависока в холодному кутку, відповідно вона зависока і в теплій зоні, тому вмикається вентилятор. Якщо значення з датчика в цій зоні нижче заданого діапазону, а температура в теплій зоні в межах дозволеної, тоді повідомляється користувача про дану ситуацію.

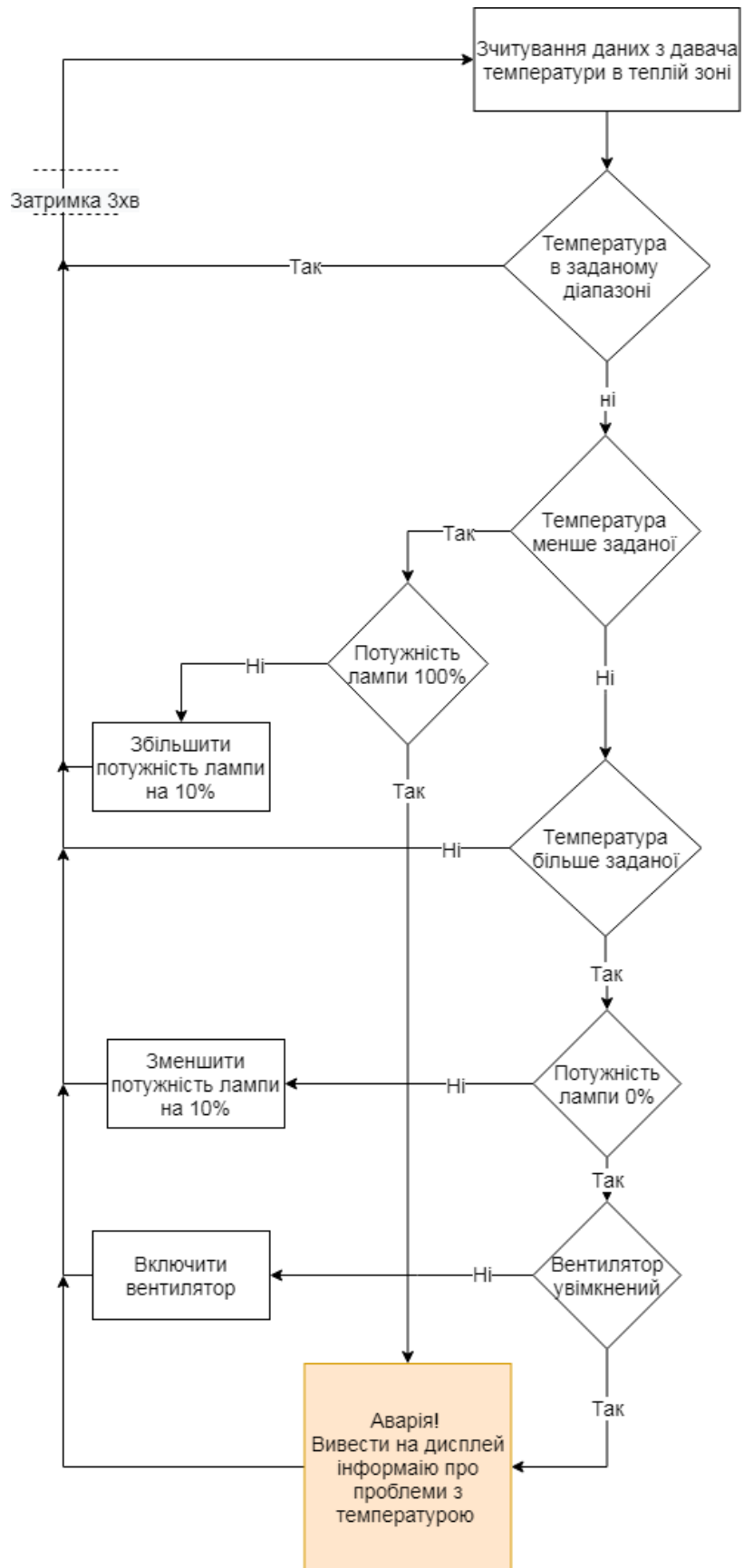


Рисунок 5. 5 - Алгоритм обробки даних з датчика температури в теплій зоні

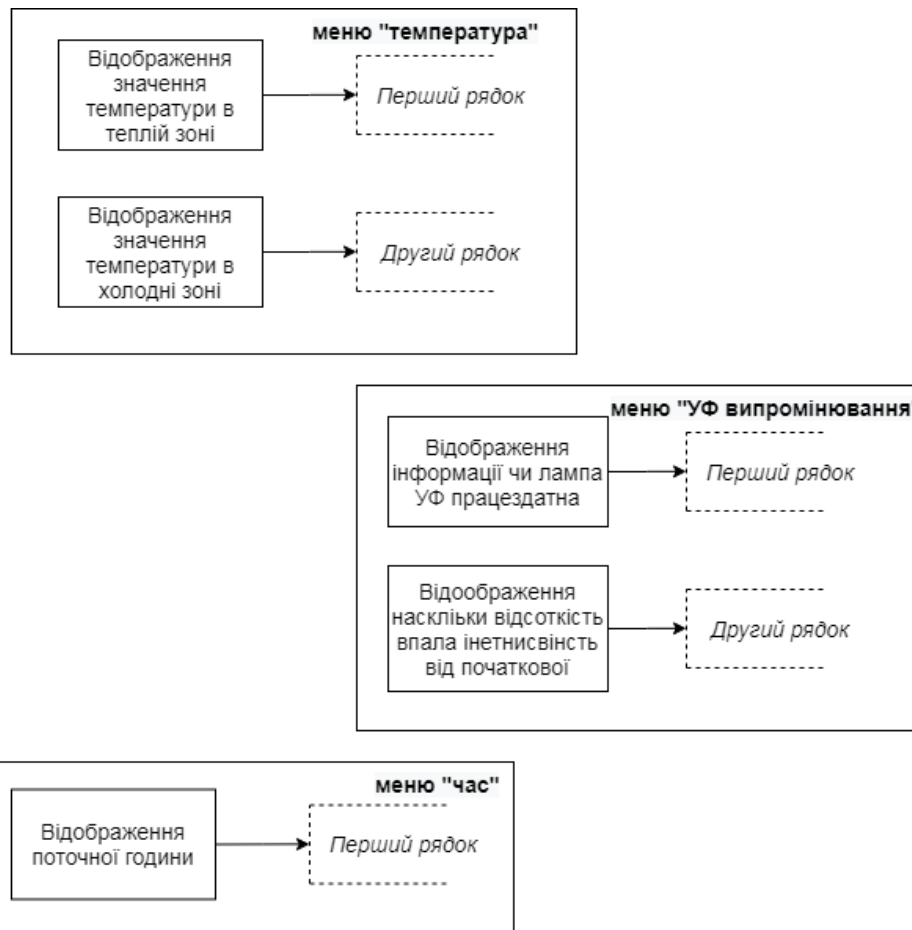


Рисунок 5. 6 - Меню дисплея

За допомогою енкодера та дисплею можна перезаписувати встановлені параметри. Для цього потрібно увійти в обране меню, це виконується натисканням кнопки енкодера, після цього прокручуючи вал змінити значення, та повторним натисканням його зберегти.

Коли виникає проблема з температурою або з рівнем УФ випромінювання тоді на дисплеї відображається відповідна інформація, незалежно від того, яке меню мало бути, вмикається аварійний індикатор.

Висновок до розділу

В даному розділі розглянуто основні моменти підключення периферії. Розглянуто головні частини алгоритму роботи приладу.

ВИСНОВКИ

Під час виконання дипломного проекту розроблено схемотехнічне рішення, друкований вузол та алгоритм роботи пристрою організації штучного мікроклімату для тераріумних тварин.

Розглянуто важливість та актуальність вирішення поставленої задачі, проаналізовано наслідки, до яких може призвести нехтування умовами мікроклімату для тварин, таких як: сухопутні черепахи, ящірки, змії. Проведено пошук існуючих варіантів вирішення завдання. Встановлено, що основний недолік полягає в неможливості встановлення кількох приладів, які будуть коректно взаємодіяти між собою та працювати в залежності від заданого пріоритету. До того ж, користувачу складно самостійно зробити висновок на основі показників приладів і, як наслідок, прийняти вірне рішення щодо подальших дій для покращення мікроклімату, коли параметри не відповідають бажаним. На основі проведеного аналізу недоліків та переваг існуючих рішень визначено вимоги до розроблюваного приладу.

Виконано проектування структурної схеми приладу, яка дозволила визначити принцип взаємодії всіх складових між собою. Обґрунтовано вибір елементної бази, на основі якої розроблявся друкований вузол. В якості давача температури обрано мікросхему LM75, а давача ультрафіолетового випромінювання - VEMML6070. Для взаємодії з користувачем обрано LCD дисплей та енкодер з кнопкою. Розроблено схему електричну принципову приладу та виконано необхідні розрахунки для її окремих елементів.

Виконано проектування друкованої плати приладу на основі вимог технічного завдання з наступними параметрами: двостороння друкована плата, метод виготовлення - комбінований позитивний, матеріал СТФ-2-35-1,5 згідно ГОСТ 10316-78, четвертий клас точності.

Проведено ряд розрахунків, що підтверджують правильність обраних конструкторських рішень, зокрема, конструкторсько-технологічні

					<i>ДК62.4214.17.001ПЗ</i>	Лист
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		92

розрахунки ширини доріжок, контактних майданчиків, діаметрів отворів задовольняють 4-ому класу точності, що підтверджують правильність прийнятих конструктивних рішень.

Електричний розрахунок друкованої плати підтвердив, що трасування провідників відбулося оптимально. При цьому отримано наступні результати: падіння напруги 0,06 В, паразитна ємність 18,6 пФ, паразитна індуктивність 0,144 нГн. Потужність втрат на постійному струмі дорівнює 125 пВт; для частоти 8 МГц – 1 мВт, а для 32768 Гц – 4 мкВт, що є незначним. Виходячи з цього витікає, що індуктивність та ємність не впливають на працездатність схеми. Розрахунок падіння напруги показав, що вона не перевищує 5% від напруги живлення.

Проведено розрахунок основних показників надійності. Отримане значення напрацювання на відмову дорівнює 25059 годин, що задовольняє поставленим вимогам технічного завдання (не менше 21900 годин). Ймовірність безвідмовної роботи протягом року склала 0,705, а ймовірність відмов відповідно 0,295, що також задовольняє вимогам технічного завдання.

Розроблено узагальнений алгоритм роботи приладу та алгоритм балансування температури в теплій зоні тераріуму та наведено їх опис.

Дипломний проект виконано у повному обсязі, а проведені розрахунки підтверджують працездатність приладу та задовольняють вимогам технічного завдання.

					<i>ДК62.4214.17.001ПЗ</i>	Лист
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		93

Список використаної літератури

1. STM32 32-bit Arm Cortex MCUs. [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: <https://www.st.com/en/microcontrollers-microprocessors/stm32-32-bit-arm-cortex-mcus.html>.
2. Термостат цифровой LUCKY REPTILE ‘Thermo Control II. [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: <https://otpravka.com.ua/product-termostat-thermo-control-pro-ii-lucky-reptile-8846576436.html>.
3. “Электронный термометр PetPetZone с двумя датчиками.” [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: <https://cutt.ly/vy3Wyxg>.
4. “Цифровой УФ радиометр UV 365М.” [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: <https://www.ptsndt.com/uk/prodazh/vymiriuvalni-prylady/uf-radiometry/965-tsyfrovyi-uf-radiometr-uv-365m>.
5. “Карточка для измерения УФ-излучения WaCool от террариумных ламп.” [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: <https://exoticzoo.com.ua/repti-zoo-oborudovanie-dlia-terrariumov-m94/izmerenie-uv-izlucheniya-terrariumniy-lampi-p8413.html>.
6. “Термостат с таймером Repti-Zoo THC Deluxe THC10.” [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: <https://aqua-deco.com.ua/shop/termostat-s-tajmerom-repti-zoo-thc-deluxe-thc10/>.
7. “РЕГУЛЯТОР ТЕМПЕРАТУРЫ И ВЛАЖНОСТИ на базе микроконтроллера АТМЕГА8А,” 2012. [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: http://avrproject.ru/publ/reguljator_temperatury_i_vlazhnosti/1-1-0-84.
8. Microcontroller, “АТмега8А АТмега8А,” pp. 1–27, 2018, [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: <https://cutt.ly/my3Wg0v>

					<i>ДК62.4214.17.001ПЗ</i>	Лист
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		94

9. L. Aosong EElectronics Co, “Dht22 Datasheet,” vol. 22, pp. 1–10, 2015, [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: <https://www.electroschematics.com/wp-content/uploads/2015/02/DHT22-datasheet.pdf>.
10. A. Stehniі, “Управління кліматом в тераріумі з мікроконтролером ESP8266.” [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: <https://medium.com/@anatoliistehniі/управління-кліматом-в-тераріумі-з-мікроконтролером-esp8266-93a78dd345e4>.
11. S. Alone, O. Capstone, C. Model, and C. C, “Technical Reference,” no. February, pp. 1–22, 2006, [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: https://www.espressif.com/sites/default/files/documentation/esp8266-technical_reference_en.pdf.
12. “Микроконтроллеры 8051, PIC, AVR и ARM: отличия и особенности,” 2018. [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: http://digitrode.ru/computing-devices/mcu_cpu/1253-mikrokontrollery-8051-pic-avr-i-arm-otlichiya-i-osobennosti.html.
13. STMicroelectronics, “Arm® Cortex®-M4 32b MCU+FPU, 125 DMIPS, 512KB Flash, 128KB RAM, USB OTG FS, 11 TIMs, 1 ADC, 13 comm. interfaces,” no. December, 2017, [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: <https://cutt.ly/Dy3nCBx>
14. “1m75 Цифровой датчик температуры STLM75.” [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: <http://uc.org.ru/node/45>.
15. “Цифровой датчик ультрафиолета на VEML6070 от Adafruit.” [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: <https://arduino.ua/prod1645-datchik-yltrafioleta-na-veml6070-ot-adafruit>.
16. М. В. Д. В.П. Олійник, Р.В. Колесник, С.М. Куліш, “ПАСИВНІ ЕЛЕКТРОРАДІОЕЛЕМЕНТИ (елементна база радіоелектронних

					<i>ДК62.4214.17.001ПЗ</i>	Лист
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		95

- апаратів),” 2009. [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: <http://k502.xai.edu.ua/lib/upos/passiveERE.pdf>.
17. “КУ-040 - модуль энкодер с кнопкой.” [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: <https://controller.in.ua/ky-040>.
 18. “Реле электромеханическое Songle SRD-12VDC-SL-C.” [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: <https://www.mini-tech.com.ua/srd-12vdc-sl-c>.
 19. “BT138-600,127, Симистор.” [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: <https://static.chipdip.ru/lib/204/DOC000204777.pdf>.
 20. “ТРАНЗИСТОР BC847.” [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: <https://www.radiolibrary.ru/reference/transistor-imp/bc847.html>.
 21. “BAT60JFILM.” [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: <http://www.farnell.com/datasheets/1689728.pdf>.
 22. “Светодиоды серии AL307.” [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: <https://www.radio-portal.ru/datasheet/145-semiconductors/parametry-svetodiodov/2056---307--336.html>.
 23. “Вентилятор RQD 4010MS 12VDC.” [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: <https://asenergi.com/catalog/ventilyatory-ac/ventilyator-dc-40x40/rqd4010ms12vdc.html>.
 24. “PWL- 2R (DS1072-2 MR).” [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: <https://static.chipdip.ru/lib/276/DOC000276438.pdf>.
 25. “Друковані плати.” [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: <https://studfile.net/preview/3742320/>.
 26. “Класи точності друкованих плат (вітчизняні та зарубіжні).” [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: <http://um.co.ua/8/8->

					<i>ДК62.4214.17.001ПЗ</i>	Лист
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		96

3/8-38473.html.

27. “Технология виготовлення ДП.” [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу:<https://ppt-online.org/30126>.
28. “Методи нанесення малюнка ДП.” [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: <https://studopedya.ru/1-23219.html>.
29. Губар В.Г. Курс лекцій по ФТОК. [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: <https://onedrive.live.com/?authkey=!AI8aWGHs9TrejwI&id=D1785C298F1B017B!221&cid=D1785C298F1B017B>.
30. О. В. А. Савельев А. Я., Конструирование ЭВМ и систем: Учебник для техн. вузов по спец. «Электрон. выч. маш.». 1984.
31. “CR2032 Datasheet.” [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу:<https://pdf1.alldatasheet.com/datasheet-pdf/view/82722/ETC/CR2032.html>.
32. “Работа с LCD display.” [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу:<http://s-engineer.ru/rabotaem-s-lcd-displeem-na-osnove-mikrokontrollera-hd44780-ch-1/>.
33. “STM32CubeMX.” [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: <https://www.st.com/en/development-tools/stm32cubemx.html>.

ГОСТ 15150-69 Машины, приборы и другие технические изделия. Исполнения для различных климатических районов. Категории, условия эксплуатации, хранения и транспортирования в части воздействия климатических факторов внешней среды

ГОСТ 12.2.007.0-75 Система стандартов безопасности труда (ССБТ).

ГОСТ 2.701-2008 СХЕМЫ Виды и типы. Общие требования к выполнению

					<i>ДК62.4214.17.001ПЗ</i>	Лист
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		97

ГОСТ 2825-67 Резисторы постоянные. Ряды номинальных сопротивлений

ГОСТ 10316-78 Гетинакс и стеклотекстолит фольгированные. Технические условия

ГОСТ 23.751-86 Платы печатные. Основные параметры конструкции

ГОСТ 2.702-2011 Единая система конструкторской документации (ЕСКД).
Правила выполнения электрических схем

ГОСТ 12.2.007-75 Система стандартов безопасности труда (ССБТ)

ОСТ 4.010.022-85 Платы печатные. Методы конструирования и расчета

ГОСТ 23770-79 Платы печатные. Типовые технологические процессы химической и гальванической металлизации

ТУ 6-21-14-90 Лаки эпоксиуретановые УР-231 и УР-231Л

ДСТУ 3008:2015 ЗВІТИ У СФЕРІ НАУКИ І ТЕХНІКИ Структура та правила оформлювання

					<i>ДК62.4214.17.001ПЗ</i>	Лист
<i>Зм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		98

Технічне завдання на проектування

1. Найменування та галузь використання

Пристрій для організації штучного мікроклімату для тварин в тераріумі. Використовується для створення комфортних умов проживання рептилій в штучних умовах.

2. Підстава для розробки

Підставою для розробки є завдання на дипломний проект згідно наказу по Національному Технічному Університету України «Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського» №.1405с від 25.05.2020 р.

3. Мета виконання роботи

Розробити пристрій, який дозволить виконувати аналіз та контроль мікроклімату в штучних умовах для рептилій, таких як: сухопутні черепахи, ящірки, змії.

4. Технічні вимоги

4.1. Склад виробу

Пристрій повинен складатися з:

- головного вузлу керування, на основі мікроконтролера STM32, який повинен забезпечити зчитування та обробку даних з датчиків;
- двох датчиків температури;
- датча ультрафіолетового випромінювання;
- вентилятора;
- дисплею та світлодіодних індикаторів;
- енкадера для встановлення параметрів;
- мати можливість для підключення лампи обігріву та УФ випромінювання.

4.2. Функціональні показники приладу

									Лист
									99
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата	ДК62.4214.17.001ПЗ				

Пристрій повинен забезпечувати:

- в теплій зоні: вимірювання, аналіз та контроль температури в діапазоні від 27 до 40°C;
- в холодній зоні: вимірювання та аналіз температури в діапазоні від 20 до 27°C;
- аналіз працездатності лампи УФ;
- інформування користувача про виникнення будь-якої проблеми;
- комплексну роботу ламп згідно добового режиму.

4.3. Вимоги до надійності

4.3.1. Середній час напрацювання на відмову повинен бути не менше 21900 год.

4.3.2. Ймовірність безвідмовної роботи має бути не менше 0,7.

4.3.3. Вимоги по надійності мають бути підтверджені розрахунками.

4.4. Вимоги до технологічності

4.4.1. Використовувати сучасні конструкторські підходи для розробки з орієнтацією на кінцеве виробництво на підприємствах України.

4.4.2. У виготовленні приладу мають максимально використовуватися відпрацьовані конструктивно-технологічні рішення, які забезпечують оптимальне значення показників виробничої і експлуатаційної технологічності.

4.4.3. Конструкція виробу має бути ремонтпридатною та забезпечувати можливість заміни елементів.

4.5. Вимоги до рівня уніфікації й стандартизації

Для виготовлення пристрою передбачається максимальне застосування стандартних, уніфікованих деталей та виробів.

4.6. Вимоги безпеки обслуговування

									Лист
									100
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата	ДК62.4214.17.001ПЗ				

Слідувати загальній системі стандартів вимог безпеки до апаратури високої напруги ГОСТ 12.2.007-75.

4.7. Вимоги до складових частин виробу, сировини, вихідних й експлуатаційних матеріалів

4.7.1. Матеріали для розробленого приладу мають зберігати задані характеристики протягом всього періоду експлуатації.

4.7.2. Матеріали, які використовуються для даного приладу мають бути екологічно безпечними.

4.7.3. Для виготовлення пристрою використовувати деталі, які можна швидко та легко дістати на території України.

4.8. Умови експлуатації

Прилад призначений для експлуатації в умовах помірного і холодного клімату при граничній робочій температурі від +1°C до +40°C. Дані умови відповідають кліматичному виконанню УХЛ4.2 по стандарту ГОСТ 15150-69.

4.9. Вимоги до транспортування і зберігання

4.9.1. Умови зберігання відносяться до груп Л1 по ГОСТ 151250-69.

Зберігати в закритих приміщеннях з опаленням, там де є можливість регулювати температурні умови, немає низьких температур.

4.9.2. Мають бути забезпечені наступні умови:

- робоча температура +5°C...+40°C;
- відносна вологість середньорічна 60% при +20°C ;
- атмосферний тиск 84...106,7кПа.

4.9.3. Транспортувати автомобільним, залізничним або авіаційним видами транспорту в спеціальній транспортній тарі.

									Лист
									101
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата	ДК62.4214.17.001ПЗ				

4.10.Додаткові технічні вимоги

Додаткові технічні характеристики представлені у табл. А. 1.

Таблиця А.1 – Додаткові технічні характеристики

Габаритні розміри приладу,мм	не більше 150x120x80
Маса всього приладу, г	не більше 1250
Напруга живлення, В	220±10%
Діапазон виміру температури, °С	10-40
Діапазон детектуємих хвиль УФ випромінювання, нм	290-350
Робота від батарейки	Не менше тижня

5. Результат роботи

5.1.Результати даної роботи можуть бути використані як вихідна документація по створенню прототипу пристрою, його програмування, налагодження й подальшого впровадження в серійне виробництво.

5.2.Дана робота (звітна документація), після виконання, надається на кафедру КЕОА для подальшого захисту й зберігання як навчальної документації.

6. Робота повинна містити в собі наступні документи

- пояснювальну записку (формату А4, до 120 ст.);
- схему електричну принципову та перелік елементів (формату А2, А4 відповідно);
- складальне креслення пристрою та специфікацію (формату А2, А4 відповідно);
- креслення друкованої плати (формату А2, А4);
- додатки (формату А1-А4).

Всі схеми і креслення наводяться в додатку до пояснювальної записки і виконуються у відповідності з ЄСКД.

					<i>ДК62.4214.17.001ПЗ</i>	Лист
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		102

7. Розгляд й приймання роботи

Порядок розгляду й приймання роботи на загальних умовах, прийнятих на кафедрі КЕОА. Рецензування й прийняття роботи комісією на загальних умовах.

8. Економічні показники

В умовах даного проекту не розглядаються.

9. Етапи розробки

№	Назва етапів виконання дипломного проекту	Дата
1	Аналіз технічного завдання	1.04.20-12.04.20
2	Аналіз аналогів та вибір структури пристрою і його окремих складових	12.04.20-23.04.20
3	Вибір елементної бази	19.04.20-27.04.20
4	Розробка схеми електричної принципової	27.04.20-5.05.20
5	Конструкторсько-технологічні розрахунки	6.05.20-8.05.20
6	Електричний розрахунок друкованої плати	9.05.20-10.05.20
7	Розробка друкованої плати	12.05.20-15.05.20
8	Проектування у Altium Designer	17.05.20-20.05.20
9	Розробка алгоритму роботи програми та створення програмного забезпечення	21.05.20-27.05.20
10	Виконання креслень друкованої плати та складального креслення пристрою	28.05.20-3.06.20
11	Оформлення пояснювальної записки	3.06.20-6.06.20

Додаток Б – Матеріали конференції

Взято участь у XIII МІЖНАРОДНІЙ НАУКОВО-ТЕХНІЧНІЙ КОНФЕРЕНЦІЇ
МОЛОДИХ ВЧЕНИХ «ЕЛЕКТРОНІКА-2020».



УКРАЇНА

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ УКРАЇНИ
“КИЇВСЬКИЙ ПОЛІТЕХНІЧНИЙ ІНСТИТУТ
імені ІГОРЯ СІКОРСЬКОГО”

Факультет електроніки
Комунальний позашкільний навчальний заклад
«Київська Мала академія наук учнівської молоді»
Громадська організація «Пані Наука»

ПРОГРАМА

XIII МІЖНАРОДНА НАУКОВО-ТЕХНІЧНА
КОНФЕРЕНЦІЯ МОЛОДИХ ВЧЕНИХ
«ЕЛЕКТРОНІКА-2020»

15-16 квітня 2020 року
Україна, м. Київ

									Лист
									104
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата	ДК62.4214.17.001ПЗ				

10:00 Секція №3 «Інформаційно-обчислювальні засоби радіоелектронних систем»

Керівник секції – д.ф-м.н., проф. Редько І.В.

1. Алдохін М.Д.

МІНІ-МЕТЕОСТАНЦЯ (МІНІАТЮРНИЙ ПРИСТРІЙ АВТОМАТИЧНОГО ВИМІРЮВАННЯ, ІНДИКАЦІЇ Й РЕЄСТРАЦІЇ КЛІМАТИЧНИХ ПОКАЗНИКІВ НАВКОЛИШНЬОГО СЕРЕДОВИЩА)

Рекомендація: к.т.н., доц. Корнев В.П.

2. Цимбал О.В.

МЕТОДИ КОМПЕНСАЦІЇ ТЕМПЕРАТУРНОЇ ЗАЛЕЖНОСТІ ВИХІДНОЇ НАПРУГИ В ДЖЕРЕЛАХ ОПОРНОЇ НАПРУГИ ІНТЕГРАЛЬНИХ МІКРОСХЕМ

3. Острячко О.В.

ПРИСТРІЙ ДЛЯ ПЕРЕВІРКИ ЕЛЕКТРОННИХ СИСТЕМ АВТОМОБІЛЯ

4. Довженко Б.І.

ПРИСТРІЙ ДЛЯ ОРГАНІЗАЦІЇ ШТУЧНОГО МІКРОКЛІМАТУ ДЛЯ ТВАРИН В ТЕРАРІУМІ

5. Тимошенко С.В.

ЕЛЕКТРОННЕ КЕРУВАННЯ ПЛАТФОРМОЮ З КОРИСНИМ НАВАНТАЖЕННЯМ

Взято участь та опубліковано в X МІЖНАРОДНІЙ НАУКОВО-ПРАКТИЧНІЙ ІНТЕРНЕТ-КОНФЕРЕНЦІЇ «Сучасний рух науки»



X Міжнародна науково-практична
інтернет-конференція

«Сучасний рух науки»

									Лист
									105
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата	ДК62.4214 17.001ПЗ				

Довженко Богдана Ігорівна, здобувач вищої освіти факультету електроніки
Національний технічний університет України
«Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського», Україна

**ПРИЛАД ДЛЯ АНАЛІЗУ ТА КОНТРОЛЮ
МІКРОКЛІМАТУ В ТЕРАРІУМІ ДЛЯ РЕПТИЛІЙ**

					ДК62.4214.17.001ПЗ	Лист
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		107

Справ. №		Перв. застосув.	
		ДК62.4214.17.001 ПЕЗ	
Поз. позначення	Найменування	Кіл.	Примітки
	<u>Енкодер</u>		
BR1	KY-040	1	China
	<u>Конденсатори</u>		
C1,C2	C-0603 4.3 нФ 5% X7R	2	Yageo
C3,C4	C-0603 20 нФ 5% X7R	2	Yageo
C5	Туре В 10 мкФ	1	Hitano
C6-C10	C-0603 0.1 мкФ 5% X7R	5	Yageo
C11	Туре В 220 мкФ	1	Hitano
C12-C14	C-0603 0.1 мкФ 5% X7R	3	Yageo
C15	C-0603 10 мкФ 5% X7R	1	Yageo
	<u>Мікросхеми</u>		
DA1	ASMS1117-3.3V	1	AMS
DD1	STM32F411RE6	1	STMicroelectronics
DD2, DD3	LM75	2	Texas Instruments
DD4	VEML6070	1	Vishay Siliconix

ДК62.4214.17.001 ПЕЗ				
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата
Розрад.	Б.І. Добженко			
Перев.				
Н.контр.	О.І. Лисенко			
Затв.	О.І. Антонюк			
Прилад організації штучного мікроклімату для тераріумних тварин				
Перелік елементів				
		Літ.	Аркуш	Аркушів
		0	1	4
КПІ ім. Ізоря Сікорського, ФЕЛ, КЕОА, ДК-62				
Інв. № подл.		Підп. та дата		Взам. інв. №
				Інв. № дудл.
				Підп. та дата

Поз. позначення	Найменування	Кіл.	Примітки
	<u>Запобіжники</u>		
F1	Fuse Holder 4527	1	Yageo
	<u>Батареї</u>		
GB1	CR2032	1	GP Batteries
	<u>Індикатори символні</u>		
HG1	LCD1602	1	Hitachi
	<u>Світлодіоди</u>		
HL1-HL4	A1336	4	Russia
	<u>Реле</u>		
K1	SRD-12V DC-SL-C	1	STMicroelectronics
	<u>Резистори</u>		
R1	3296W 10 кОм	1	Bourns
R2-R4	R-0805 0,125Вт 10 кОм 5%	3	Yageo
R5	R-0805 0,125Вт 110 Ом 5%	1	Yageo
R6	R-2512 1Вт 1 кОм 5%	1	Yageo
R7	R-0805 0,125Вт 10 кОм 5%	1	Yageo
R8	R-0805 0,125Вт 360 Ом 5%	1	Yageo

ДК62.4214.17.001 ПЕЗ					Арк. 2
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата	
Інв. № подл.		Підп. та дата		Взам. інв. №	Інв. № дубл.
		Підп. та дата			

Поз. позначення	Найменування	Кіл.	Примітки
	<u>Резистори</u>		
R9	R-0805 0,125Вт 220 Ом 5%	1	Yageo
R10	R-0805 0,125Вт 10 кОм 5%	1	Yageo
R11	R-0805 0,125Вт 300 Ом 5%	1	Yageo
R12	R-2512 1Вт 200 Ом 5%	1	Yageo
R13	R-2512 1Вт 500 кОм 5%	1	Yageo
R14-R15	R-0805 1Вт 0,125Вт 10 кОм 5%	2	Yageo
R16	R-0805 0,125Вт 270 кОм 5%	1	Yageo
	<u>Оптопара</u>		
U1	МОС3063	1	ETC
	<u>Діоди</u>		
VD1-VD3	BAT60JFILM	3	ST
	<u>Тристоры</u>		
VS1	BT138-600	1	WeEn Semiconductors
	<u>Транзистори</u>		
VT1-VT3	BC847	3	UNISO NIC TECHNOLOGIES

ДК62.4214.17.001 ПЕЗ					Арк. 3
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата	
Інв. № подл.		Підп. та дата		Взам. інв. №	Інв. № дубл.
		Підп. та дата			

Справ. №	Перв. застосув.
	ДК62.750706.001 СП

Формат	Зона	Позиція	Позначення	Найменування	Кіл.	Примітки
				<u>Документація</u>		
A2			ДК62.750706.001 СК	Складальне креслення. Блок керування	1	
				<u>Деталі</u>		
A2	1		ДК62.758724.001	Плата друкована. Блок керування	1	
				<u>Інші вироби</u>		
				<u>Батареї</u>		
	2			CR2032 GP Batteries	1	GB1
				<u>Діоди</u>		
	3			BAT60JFILM ST	3	VD1-VD3
				<u>Енкодер</u>		
	4			KY-040 China	1	BR1

ДК62.750706.001 СП				
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата
Разроб.		Б.І. Довженко		
Перев.				
Н.контр.		О.І. Лисенко		
Затв.		О.І. Антонюк		
Блок керування Специфікація				
		Лім.	Аркуш	Аркушів
		0	1	4
КПІ ім. Ігоря Сікорського, ФЕЛ, КЕОА				
Інв. № подл.		Підп. та дата		Взам. інв. №
				Інв. № дубл.
				Підп. та дата

Формат	Зона	Позиція	Позначення	Найменування	Кіл.	Примітка
				<u>Запобіжники</u>		
		5		Fuse Holder 4527 Yageo	1	F1
				<u>Індикатори символні</u>		
		6		LCD1602 Hitachi	1	HG1
				<u>Кварцеві резонатори</u>		
		7		ABS25-32.768KHZ-6-T ABRACON	1	ZQ1
		8		8 МГц 9SL8000012AFXHF0-SJ28 HongKongCrystal	1	ZQ2
				<u>Конденсатори</u>		
		9		C-0603 4.3 нФ 5% X7R Yageo	2	C1, C2
		10		C-0603 20нФ 5% X7R Yageo	2	C3, C4
		11		C-0603 0.1 мкФ 5% X7R Yageo	8	C6-C10 C12-C14
		12		Type B 10мкФ Hitano	1	C5
		13		Type B 220мкФ Hitano	1	C11
				<u>Мікросхеми</u>		
		14		STM32F411RE6 STMicroelectronics	1	DD1
		15		ASMS1117-3.3V AMS	1	DA1

					ДК62.750706.001 СП		Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата			2
Інв. № подл.		Підп. та дата		Взам. інв. №		Інв. № дубл.	Підп. та дата

Формат	Зона	Позиція	Позначення	Найменування	Кіл.	Примітка
				<i>Оптрон</i>		
		16		<i>МОС3063 ETC</i>	1	<i>U1</i>
				<i>Резистори</i>		
		17		<i>R-0805 0,125Вт 110 Ом 5% Yageo</i>	1	<i>R5</i>
		18		<i>R-0805 0,125Вт 220 Ом 5% Yageo</i>	1	<i>R9</i>
		19		<i>R-0805 0,125Вт 300 Ом 5% Yageo</i>	1	<i>R11</i>
		20		<i>R-0805 0,125Вт 360 Ом 5% Yageo</i>	1	<i>R8</i>
		21		<i>R-0805 0,125Вт 10 кОм 5% Yageo</i>	7	<i>R2-R4, R7</i>
						<i>R10</i>
						<i>R14, R15</i>
		22		<i>R-2512 1Вт 200 Ом 5% Yageo</i>	1	<i>R12</i>
		23		<i>R-2512 1Вт 1 кОм 5% Yageo</i>	1	<i>R6</i>
		24		<i>R-2512 1Вт 500 кОм 5% Yageo</i>	1	<i>R13</i>
		25		<i>3296W 10 кОм Bourns</i>	1	<i>R1</i>
				<i>Реле</i>		
		26		<i>SRD-12V DC-SL-C STMicroelectronics</i>	1	<i>K1</i>

					<i>ДК62.750706.001 СП</i>			Арк.
								3
<i>Зм.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підп.</i>	<i>Дата</i>				
<i>Інв. № подл.</i>		<i>Підп. та дата</i>		<i>Взам. інв. №</i>	<i>Інв. № дудл.</i>	<i>Підп. та дата</i>		

Формат	Зона	Позиція	Позначення	Найменування	Кіл.	Примітка
				<u>Роз'єми</u>		
		27		2355182-3 TE Connectivity	1	XP1
		28		PBD-6RR Ningbo connfly electronic	3	XP2-XP4
		29		JST XH2.54 2pin China	1	XP5
		30		PWL-2R CONNFLY	1	XP6
		31		PHU-2 CONNFLY	3	XS1-XS3
				<u>Світлодіоди</u>		
		32		A1336 Russia Green	3	HL2-HL4
		33		A1336 Russia Red	1	HL1
				<u>Сумісттор</u>		
		34		BT138-600 WeEn Semiconductors	2	VS1
				<u>Транзистори</u>		
		35		BC847 UNISO NIC TECHNOLOGIES	3	VT1-VT3
				<u>Матеріали</u>		
		36		Лак УР-231 ТЧБ-21-14-90	20мл.	
		37		ПОС 61 ГОСТ 21930-76	8г.	

					ДК62.750706.001 СП			Арк.
								4
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата				
Інв. № подл.		Підп. та дата		Взам. інв. №		Інв. № дудл.		Підп. та дата

Справ. №	Перв. застосув.
	ДК62.750706.002 СП

Формат	Зона	Позиція	Позначення	Найменування	Кіл.	Примітки
				<u>Документація</u>		
A4			ДК62.750706.002 СК	Складальне креслення. Сенсор температури	1	
				<u>Деталі</u>		
A4		1	ДК62.758721.002	Плата друкована. Сенсор температури	1	
				<u>Інші вироби</u>		
				<u>Конденсатори</u>		
		2		С-0603 0.1 мкФ 5% X7R Yageo	1	С13
				<u>Мікросхема</u>		
		3		LM75 Texas Instruments	1	DD2
				<u>Матеріали</u>		
		4		ПОС 61 ГОСТ 21930-76	12г.	
		5		Лак УР-231 ТУ6-21-14-90	2г.	

ДК62.750706.002 СП				
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата
Разроб.		Б.І. Довженко		
Перев.				
Н.контр.		О.І. Лисенко		
Затв.		О.І. Антонюк		
Сенсор температури Специфікація			Лім.	Аркуш
○			1	1
КПІ ім. Ігоря Сікорського, ФЕЛ, КЕОА				
Інв. № подл.	Підп. та дата		Взам. інв. №	Інв. № дубл.
				Підп. та дата

Справ. №	Перв. застосув.
	ДК62.750706.001СП

Формат	Зона	Позиція	Позначення	Найменування	Кіл.	Примітки
				Документація		
A2			ДК62.750706.001 СК	Складальне креслення. Блок керування	1	
A4			ДК62.750706.002 СК	Складальне креслення. Сенсор температури	2	
A4			ДК62.750706.003 СК	Складальне креслення. Сенсор ультрафіолету	1	
				Стандартні вироби		
		1		Саморіз 3x8 ГОСТ 1145-80	4	
		2		Вентилятор RQD 4010M	1	
		3		Кабель сигнальний 6 * 0,22 мідний екранований ГОСТ 1508-78	9 м.	
		4		Імпульсний блок живлення	1	
		5		Розетки РД 1, двополюсні ГОСТ ІЕС 60309-1 - 2016	2	
		6		ШВВП 2*2,5 южкабель ГОСТ 22483	1 м.	
		7		Саморіз 3x16 ГОСТ 1145-80	4	
		8		Гвинт М3x12 ГОСТ 17475-80	2	
		9		Гайка М3 ГОСТ 5915-70	2	
		10		Шайба М3 ГОСТ 11371-78	2	
		11		RR4817 ручка для енкодера	1	

					ДК62.750706.001СП		
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата	Прилад Специфікація		
Разроб.		Б.І. Довженко					
Перев.							
Н.контр.		О.І. Лисенко					
Затв.		О.І. Антонюк					
		Літ.	Аркуш	Аркушів			
		0	1	1	КПІ ім. Ігоря Сікорського, ФЕМ, КЕОА		
Інв. № подл.		Підп. та дата		Взам. інв. №	Інв. № дубл.		Підп. та дата