

ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА»
ФАКУЛЬТЕТ КОМП'ЮТЕРНО-ІНТЕГРОВАНИХ ТЕХНОЛОГІЙ,
МЕХАТРОНІКИ І РОБОТОТЕХНІКИ
(повне найменування інституту, назва факультету)

Кафедра метрології та інформаційно-вимірювальної техніки
(повна назва кафедри)

Пояснювальна записка

до кваліфікаційної роботи бакалавра

на тему:

**Комп'ютеризована система для вимірювання та контролю
температурного поля будинку**

Виконав: студент 4 курсу, групи МТ-2
спеціальності

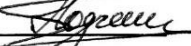
152 Метрологія та інформаційно-
вимірювальної техніки

(шифр і назва напрямку підготовки, спеціальності)

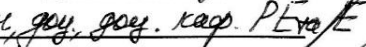
Мирончук Олексій Сергійович 

(прізвище та ініціали)

Керівник д.т.н., зав. каф.М та ІВТ

Подчашинський Ю.О. 

(прізвище та ініціали)

Рецензент К.Т.Н., доц. доц. каф. РЕМ 

(прізвище та ініціали)

Шавурський Ю.О. 

Житомир 2023

ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА»

факультет комп'ютерно-інтегрованих технологій, мехатроніки і робототехніки

кафедра Метрології та інформаційно-вимірювальної техніки

освітній ступінь бакалавр

спеціальність 152 Метрологія та інформаційно-вимірювальна техніка

(шифр і назва)

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри Метрології та інформаційно-вимірювальної техніки

д.т.н., проф. Подчашинський Ю.О.

30 " березня 2023 р.

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

Мирончуку Олексію Сергійовичу

(прізвище, ім'я, по батькові)

Тема роботи Комп'ютеризована система для вимірювання та контролю температурного поля будинку

Рівень роботи Подчашинській Ю.О., дтн, проф. зав. кафедри Метрології та інформаційно-вимірювальної техніки

(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

Затверджені наказом вищого навчального закладу від "30" березня 2023 року №129/с

Строк подання студентом роботи "10" червня 2023 року

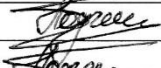
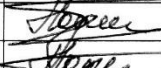
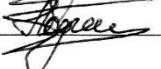
Вихідні дані до роботи матеріали звіту про переддипломну практику, сканування об'єкту, вмикання/вимикання системи, визначення теплового поля об'єктів, вивід виміряних значень теплового поля об'єкту на екран, вибір режиму відображення на екрані.

Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити) технічне завдання, огляд та аналіз існуючих визначення методів теплового поля об'єктів, розробка структурної, принципової схем, розробка програми та алгоритму, конструкторська частина

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

структурна схема, принципова схема, блок-схема алгоритму та друкована плата

5. Консультанти розділів роботи

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
1, 2, 3, 4	Подчашинській Ю.О., дтн, проф.		
5, 6, 7	Подчашинській Ю.О., дтн, проф.		

7. Дата видачі завдання 30.03.2023

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з п	Назва етапів дипломної роботи	Строк виконання етапів роботи	Примітка
1.	Підготувати звіт про переддипломну практику	02.03.2023 – 11.03.2022	
2.	Збір літературних даних за темою дипломної роботи та відомих систем визначення теплового поля будинку	12.03.2023 – 28.03.2023	
3.	Ознайомитись з основними принципами побудови систем визначення теплового поля будинку	2-.03.2023 – 07.04.2023	
4.	Розробка структурної схеми системи визначення теплового поля будинку	08.04.2023 – 23.04.2022	
5.	Розробка принципової схеми системи визначення теплового поля будинку	24.04.2023 – 03.05.2023	
6.	Вибір компонентів визначення теплового поля будинку	04.05.2023 – 22.05.2023	
7.	Розробка блок-схеми алгоритму та програми визначення теплового поля будинку	23.05.2023- 30.05.2023	
8.	Оформлення пояснювальної записки та презентаційного матеріалу	01.06.2023 - 08.06.2023	

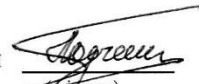
Студент


 (підпис)

О.С. Мирончук

(прізвище та ініціали)

Керівник роботи


 (підпис)

Ю.О. Подчашинський

(прізвище та ініціали)

АНОТАЦІЯ

Кваліфікаційна робота бакалавра на тему «Комп'ютеризована система для вимірювання та контролю температурного поля будинку» містить 72 сторінки, 17 рисунків, 4 таблиць, 8 формул, 24 джерел.

Для підтвердження актуальності створення системи контролю для вимірювання та контролю температурного поля будинку в роботі був проведений аналіз існуючих систем.

Обґрунтовані складові системи та розроблена структурна схема. На базі структурної схеми побудована принципова схема системи. Обрана елементна база, спроектована друкована плата. Враховуючи необхідність вимірювання температурного поля будинку, була проаналізована точність вимірювання температури. Враховуючи всі складові системи, обрахована надійність. Обраний мікроконтролер, відповідно до нього розроблений алгоритм роботи системи та програма.

Ключові слова: мікроконтролер STM32, інфрачервоний датчик температури, температурне поле об'єкту

ANNOTATION

The bachelor's qualification work on the topic "Computerized system for measuring and controlling the temperature field of the house" contains 72 pages, 17 figures, 4 tables, 8 formulas, 24 sources.

For the relevance of creating a control system for measuring and controlling the temperature field of the house, an analysis of existing systems was carried out in the work.

Reasoned components of the system and a developed structural system. On the basis of the structural scheme, the principle scheme of the system is built. The element base is selected, the printed circuit board is designed. Taking into account the measurement of the temperature field of the house, the accuracy of the temperature measurement was analyzed. Reliability is calculated taking into account all components of the system. A microcontroller is selected, an operating algorithm and a program are developed in accordance with it.

Keywords: STM32 microcontroller, infrared temperature sensor, temperature field of the object.

РЕФЕРАТ

Метою даної кваліфікаційної роботи бакалавра є розробка комп'ютеризованої системи для вимірювання та контролю температурного поля будинку.

Робота складається зі вступу, семи розділів, висновку та додатків. У вступі проведений опис мети створення системи та задачі, які потрібно виконати для досягнення мети.

В першому розділі наведене технічне завдання.

В другому розділі розглянуто умови проведення тепловізійної зйомки та сучасні системи для визначення температурного поля об'єкту.

В третьому розділі надано обґрунтування для вибору складових компонентів системи. На базі обраних складових компонентів розроблена структурна схема.

В четвертому розділі обрано електричні компоненти комп'ютеризованої вимірювальної системи та розроблена принципова схема.

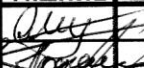
В п'ятому розділі розроблений алгоритм та написана програма для обраного мікроконтролеру.

В шостому розділі спроектована друкована плата та прораховані показники надійності системи.

В сьомому розділі розглянута охорона праці.

ЗМІСТ

ВСТУП.....	7
1. ТЕХНІЧНЕ ЗАВДАННЯ.....	9
1.1. Призначення та область застосування.....	9
1.2. Умови експлуатації	9
1.3. Технічні параметри системи.....	9
2. ОГЛЯД ТА АНАЛІЗІСНУЮЧИХ СИСТЕМ	11
2.1. Задачі та умови проведення тепловізійної зйомки.....	11
2.2. Огляд та аналіз існуючих технічних рішень.....	15
3. РОЗРОБКА СТРУКТУРНОЇ СХЕМИ.....	22
3.1. Обґрунтування мікроконтролеру.....	22
3.2. Обґрунтування інфрачервоного датчика.....	28
3.3. Обґрунтування кнопок.....	29
3.4. Обґрунтування дисплею.....	30
3.5. Обґрунтування стабілізаторів.....	32
3.6. Обґрунтування світлової та звукової індикації.....	32
3.7. Обґрунтування блока живлення.....	33
3.8. Структурна схема.....	34
4. РОЗРОБКА ПРИНЦИПОВОЇ СХЕМИ.....	35
4.1. Вибір мікроконтролеру.....	35
4.2. Вибір інфрачервоного датчика.....	37
4.3. Вибір кнопок.....	38
4.4. Вибір дисплея.....	39
4.5. Вибір стабілізаторів.....	41
4.6. Вибір світлової та звукової сигналізації.....	44
4.7. Вибір блока живлення.....	47
4.8. Побудова принципово-електричної схеми.....	48
4.9. Розрахунок визначення похибок температурного поля.....	48
5. РОЗРОБКА ПРОГРАМИ ТА АЛГОРИТМУ	54
5.1. Розробка алгоритму	54
5.2. Розробка програми.....	55
6. КОНСТРУКТОРЬСКА ЧАСТИНА.....	58
6.1. Розробка друкованої плати.....	58
6.2. Розрахунок надійності системи.....	62
7. ОХОРОНА ПРАЦІ.....	66
7.1. Охорона праці.....	66
7.2. Вимоги до проведення тепловізійного обстеження.....	66
ВИСНОВКИ.....	70
ПЕРЕЛІК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ.....	71
ДОДАТКИ.....	73

					МММТ 480.011.011 - ПЗ		
Зм.	Арк.	№ док.	Підпис	Дат.	Комп'ютеризована система для вимірювання та контролю температурного поля будинку		
Розробив	Мирончук	Подчашинський					
Рецензент	Шабурський	Рибак			ДУ «Житомирська політехніка» МТ-2		
Н. контр.							
Затверд.							
					Літ.	Арк.	Архівів
						6	72

Оцінка якості виконаних будівельно-монтажних робіт із утеплення фасаду.

Мета даної дипломної роботи – розробка комп’ютеризована система для вимірювання та контролю температурного поля будинку.

Для виконання мети потрібно виконати такі задачі:

1. Порівняння існуючих систем для вимірювання та контролю температурного поля будинку;
2. Обґрунтування складових системи та побудова структурної схеми;
3. Вибір елементної бази та побудова принципової схеми;
4. Розрахунок та аналіз точності вимірювання системи температурного поля будинку;
5. Проектування друкованої плати та розрахунок надійності системи;
6. Проектування алгоритму та програми для роботи комп’ютеризованої системи;
7. Опис охорони праці.

					МММТ 480.011.011 - ПЗ	Лист
						8
Зм	Лист	№ докум	Підпис	Дат		

1. ТЕХНІЧНЕ ЗАВДАННЯ

1.1. Призначення та область застосування

Комп'ютиризована система повинна вимірювати та контролювати температурне поле будинків.

Комп'ютеризована система для вимірювання та контролю температурного поля будинку

Областю застосування є використання для будинків, тобто вимірювання та контролю температурного поля будинку для виявлення витоків тепла та зменшення витрати витрат тепла на оплення будинку.

1.2. Умови експлуатації

- Температура навколишнього середовища в межах від 0°C до $+85^{\circ}\text{C}$.
- Відносна вологість до 60 % при температурі $+25^{\circ}\text{C}$;
- Атмосферний тиск 700-800 мм рт. ст.
- Відсутність опадів та сухий будинок;
- Відсутність потрапляння прямих та відбитих сонячних променів;
- Оптимальне дослідження зранку в осені та в зимку;
- Хімічно активні компоненти присутні.
- Вібрація, тряска, удари присутні
- Характер роботи перервний.
- Напруга живлення –5В.

1.3. Технічні параметри системи

Комп'ютиризована система повинна забезпечити рішення наступних завдань:

- Включення/виключення системи;
- Звукова індикація при включенні/виключенні системи;
- Опитування датчика температури;
- Обробка даних картинки з врахуванням теплового поля;

					МММТ 480.011.011 - ПЗ	Лист
						9
Зм	Лист	№ докум	Підпис	Дат		

- Вивід зображення з врахуванням теплового поля на дисплей;
- Перегляд та зупинка поточної картинки;
- Копіювання картинки з обчисленими даними температури;
- Програмний вибір шкал: автоматичний, фіксування поточного;
- Переключення видів палітри;
- Світлова індикація при зарядці комп'ютеризованої системи;
- Кут огляду максимальний 60° ;
- Абсолютна похибка вимірювання температури не більше 1°C ;
- Швидкість оновлення зйомки 10 кадрів в сек.

Елементи комп'ютеризованої системи вимірювання розмістити в корпусі Sanhe 20-22: мікроконтролер, дисплей, інфрачервоний датчик температури, червоний світлодіод, мікросхема стабілізатора напруги, літій-іонний акумулятор, контролер заряду літій-іонний акумулятор, дві тактові кнопки, динамік, роз'єм micro usb, шина PLS-5, резистори, конденсатори, транзистори та діоди.

Габарити корпусу вимірювальної системи (ДхШХВ)– 92х58х23 мм.

Напрацювання на відмову повинно складати не менше 13000 годин.

					МММТ 480.011.011 - ПЗ	Лист
						10
Зм	Лист	№ докум	Підпис	Дат		

2. ОГЛЯД ТА АНАЛІЗ ІСНУЮЧИХ СИСТЕМ

2.1. Задачі та умови проведення тепловізійної зйомки

Метою робіт з тепловізійного обстеження будівель є визначення фактичних теплозахисних якостей конструкцій будівлі, що захищають, та їх відповідності сучасним нормативним вимогам. Оцінка якості виконаних будівельно-монтажних робіт із утеплення фасаду.[1]

Одним з найнеприємніших наслідків недобросовісного виконання будівельних робіт є приховане порушення теплоізолюючих властивостей будівлі. Виявити такі помилки за допомогою візуального огляду вкрай важко, тому останніми роками при проведенні приймальних випробувань все частіше виконують повне тепловізійне обстеження будинку.

Даний тип діагностики (приклад діагностики рис.2.1) є виключно ефективним інструментом комплексної діагностики та застосовується будівельниками вже понад 30 років. Але якщо раніше таку можливість мали тільки великі організації, то сьогодні, з появою портативних скануючих пристроїв, ця послуга стала доступною практично кожному.

Ключова особливість сучасних методів будівництва приватних будинків та котеджів полягає в тому, що для виконання робіт часто залучаються кілька незалежних підрядних організацій. Кожна з них намагається якнайшвидше завершити свій обсяг завдань, тому при виявленні якихось нестандартних відхилень від проекту їх часто намагаються приховати, щоб не порушувати загальний графік виконання замовлень.

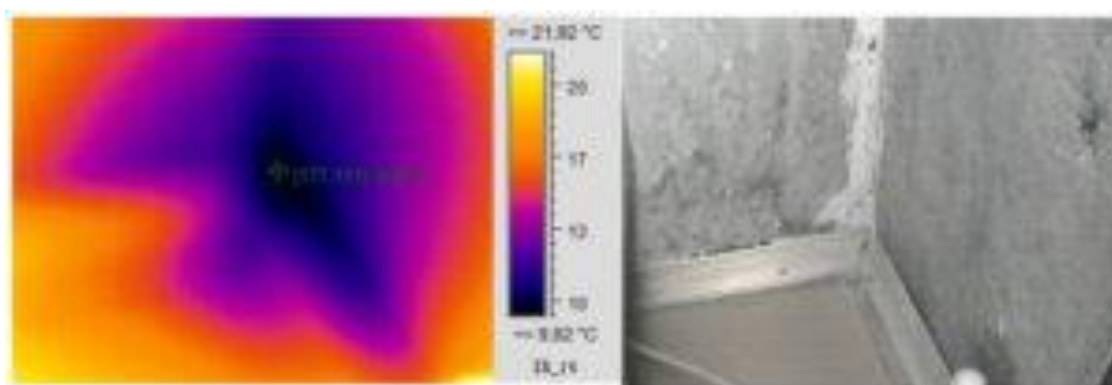


Рис.2.1.Промерзаючий кут

					МММТ 480.011.011 - ПЗ	Лист
						11
Зм	Лист	№ докум	Підпис	Дат		

Результатом такого підходу можуть бути будинки із замаскованими перекосами між плитами, з відсутністю ущільнень між швами і навіть із відверто бракованими елементами огорож, що утеплюють.

Найнеприємніше в такій ситуації те, що ці будинки та квартири виглядають цілком презентабельно, і в ході прийомодавчих заходів не виявляється жодних порушень. Але вже в перший опалювальний сезон проявляються промерзаючі кути та стіни, а витрати на опалення виявляються в рази більшими за проектні.

Очевидно, що ліквідація таких проблем у вже заселеному будинку та із завершеними оздоблювальними роботами буде в рази дорожчою, порівняно з етапом прийомоздавального контролю.

Тим часом, всі подібні дефекти можуть бути виявлені відразу після побудови за допомогою термографічної зйомки теплового поля будинку.

За допомогою спеціальних приладів – тепловізорів – це випромінювання можна перетворити на видимий спектр і проаналізувати щодо аномальних відхилень.

Можна зазначити, що ця методика настільки універсальна, що застосовується на всіх видах будівельних майданчиків – від контролю якості залізобетонних конструкцій на промислових об'єктах до перевірки теплоізоляції в дачних котеджах з газобетону або дерева.

Зокрема, в галузі котеджного будівництва, у такий спосіб виявляють такі проблеми:

- неякісну теплоізоляцію дахів;
- невідповідність нормам температурного режиму всередині приміщень;
- недостатній тепловий опір стін та вікон;
- тріщини у стінах та фундаменти;
- порушення гідроізоляції;
- проблеми у зовнішніх та внутрішніх мережах розподілу електроенергії та у комутаційних панелях електрообладнання.

					МММТ 480.011.011 - ПЗ	Лист
						12
Зм	Лист	№ докум	Підпис	Дат		

Практична мета обстеження тепловізором – виявити теплові аномалії, якими можна будувати висновки про характері пошкоджень теплоізоляції.

Повний цикл діагностики включає як зовнішню, і внутрішню зйомку.

У ході зовнішнього термографування про несправність сигналізують «гарячі» ділянки стін та міжпанельних стиків.

При внутрішній перевірці шукаються найхолодніші зони, температура яких відповідає вимогам.

На рис.2.2. представлений приклад зовнішньої зйомки теплові зором.

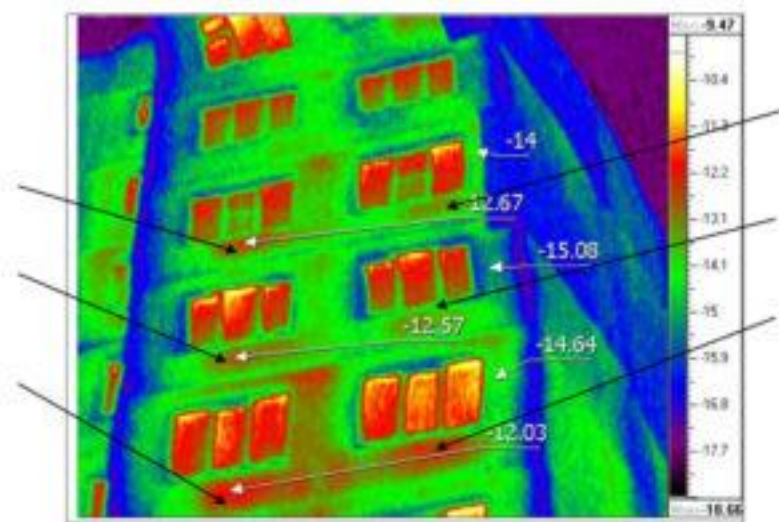


Рис.2.2.Зовнішня зйомка тепловізором

Як вже згадувалося вище, багато з перерахованих вище дефектів теплоізоляції можуть бути виявлені за допомогою візуального або контактного огляду (дослідження щупом, контактним термометром, простукування, свердління діагностичних отворів тощо).

Але тільки за допомогою тепловізора можна виявити до 90% недоробок, не вдаючись до демонтажу обшивки, дорогих висотних і монтажних робіт.

Тому головна перевага тепловізійного методу діагностики теплоізоляції – його дистанційність.

Другим не менш важливим плюсом термографічної діагностики є найвища швидкість досягнення результатів.

Так, наприклад, щоб перевірити теплоізоляцію котеджу знадобиться

лише 1-4 години зйомок та добу на обробку результатів.

Ключовим моментом у методиці проведення тепловізійних випробувань теплоізоляції є наявність достатнього теплового розмаїття між внутрішньою та зовнішньою температурою будівлі.

Для середньої лінії України оптимальна різниця температур перебуває у інтервалі 12-150С. В інших випадках для розрахунку точних значень температурного інтервалу слід використовувати спеціальні формули.

Друга важлива умова – режими теплообміну, що встановилися.

Насправді перелічені вимоги означають таке:

- будівля, що перевіряється, повинна бути протоплена з закритими дверима і вікнами протягом 12-16 годин;
- у момент проведення зйомок зовнішні поверхні теплоізоляції мають бути сухими;
- перед проведенням вимірювань бажано не допускати попадання на поверхню прямих і відбитих сонячних променів, що перевіряється.

Тобто оптимальними умовами для тепловізійної діагностики є ранковий годинник осінньо-зимового періоду.

Цикл робіт з термографування теплоізоляції будівельних конструкцій складається з наступних етапів:

- 1) Візуальний огляд з визначенням ймовірно стабільних температурних зон. У цих зонах встановлюються маркери, які відіграватимуть роль контрольних точок при робочому градуванні приладів.
- 2) Фіксація в журнал або комп'ютерну програму даних, що описують зовнішні умови вимірювань (температура, вологість, сила вітру та ін.).
- 3) Виконує покадрову зйомку з реєстрацією кожного кадру в журналі.
- 4) Виявлення проблемних зон та виконання більш докладного дослідження таких ділянок.
- 5) Повторна реєстрація у журналі зовнішніх умов вимірів.

Послідовність дій для внутрішніх робіт з тепловізором така сама, але інтерпретація теплових потоків проводиться за інверсною схемою. [2]

					МММТ 480.011.011 - ПЗ	Лист
						14
Зм	Лист	№ докум	Підпис	Дат		

2.2.Огляд та аналіз існуючих технічних рішень

Тепловізор Elitech П 1000ТВ (рис.2.3). Тепловізор Elitech П 1000ТВ є сучасним термодетектором, здатним виконати вимірювання температури різних об'єктів на невеликій відстані (дистанційно). Вимірювання проводяться в діапазоні від -50 до +200 °С з незначною похибкою. Для експлуатації приладу рекомендуються температурні умови від -10 °С до +40 °С. Отримані дані відображаються на 2,4-дюймовому РК-моніторі.



Рис. 2.3. Тепловізор Elitech П 1000ТВ

Основні переваги тепловізора Елітек П 1000ТВ:

- 1) Цей технічний пристрій відрізняється компактними розмірами і незначною вагою (всього 0,22 кг).
- 2) Користувач має можливість вибору палітри кольорів.
- 3) Крапки з мінімальною та максимальною температурою визначаються автоматично.
- 4) Вимір температури може виконуватися в градусах Цельсія або Фаренгейта.
- 5) Показ приладу фіксується.
- 6) Коефіцієнт випромінювання коригується.
- 7) Передбачено компенсацію відображеної температури фону.

					МММТ 480.011.011 - ПЗ	Лист
						15
Зм	Лист	№ докум	Підпис	Дат		

- 8) Ця модель Елітек оснащена лазерним прицілом.
- 9) Також є підсвічування світлодіодного дисплея.
- 10) Об'єм вбудованої пам'яті дорівнює 8 Мб, можна також використовувати SD card FAT 32 до 32 Gb.
- 11) Тепловізор може працювати від акумулятора 18650 Li-Ion.
- 12) Прилад має режим автоматичного вимкнення.

Технічні характеристики:

- Діапазон вимірів: від -50°C до +200°C;
- Похибка: $\pm 3\%$ ($\pm 3^\circ\text{C}$);
- Час відгуку: 250 мс;
- Спектральний діапазон: 8-14;
- Автоматичне відключення: Є;
- Температура експлуатації: від -10 ° C до +40 ° C;
- Живлення: 3x1,5В (ААА) / 1x18650 мАг Li-Ion
- Вага: 0.22 кг;
- Розміри (Д x Ш x В): 210x60x101 мм;
- Підсвічування дисплея: Є;
- Дистанційний вимір: Є
- Лазерний приціл: Є;
- Фіксація показань:Є.[3]

Тепловізор CONDROL IR-CAM 2 представлений на рис.2.4. CONDROL IR-CAM 2 має 2 камери, одна з яких працює як звичайна камера, а друга в інфрачервоному діапазоні та дозволяє накладати зображення з двох камер з 5 градаціями. Модель має режим автоматичного визначення мінімальних та максимальних значень температури на екрані. Вибір кольірних шкал градієнта дозволяє адаптувати зображення на екрані для різних умов роботи, а коефіцієнт емісії, що регулюється, дає можливість контролю температури при роботі з різними матеріалами.

					МММТ 480.011.011 - ПЗ	Лист
						16
Зм	Лист	№ докум	Підпис	Дат		

Прилад комплектується картою SD на 4 гігабайт, на якій зберігається архів всієї виконаної роботи. У комплект поставки також входить «кобура» з поясным кріпленням і застібка для носіння на плечі або зап'ястя.

У будівельній сфері тепловізор IR-CAM 2 відмінно підходить для швидкого та ефективного аналізу втрат енергії у будинках. Температурний дозвіл дозволяє отримати деталізовані термограми теплових містків і з неякісною ізоляцією. Модель ідеально підходить для реєстрації та документування даних про втрати енергії через зовнішні стіни, двері, рольставні, вікна.



Рис. 2.4. Тепловізор CONDROL IR-CAM 2

Технічні характеристики:

- Елементи живлення: 4 x 1,5 V AA;
- Пам'ять: 4 Гб
- Температура експлуатації: -5 °C...+40 °C;
- Габаритні розміри: 212*95*62 мм;
- Вага: 320 г;
- Похибка вимірювання: $\pm 2\%$ / ± 2 °C;

					МММТ 480.011.011 - ПЗ	Лист
Зм	Лист	№ докум	Підпис	Дат		17

- Дисплей: Кольоровий РК-дисплей з широким кутом огляду, 2,4 дюйми
- Роздільна здатність ІЧ зображення: 60х60 (3600) пікс.
- Роздільна здатність видимого зображення: 0,3 Мп;
- Кут огляду/мінімальна фокусна відстань: 20 ° х 20 ° / 0,5 м;
- Температурна чутливість: 0,15 °С;
- Діапазон вимірювання температури поверхні: -20 ° С ... +300 ° С;
- Коефіцієнт теплового випромінювання: 0.1-1.0;
- Режими накладання ІЧ та видимого зображення: 5 варіантів;
- Температура зберігання: -20 °С...+50 °С;
- Поле огляду: 20 ° х 20 °.[4]

Тепловізор СЕМ DT-870 (рис.2.5). Тепловізор DT-870 є найбільш недорогим тепловізором, оснащений матрицею 80х80, з чутливістю 0,1 °С., похибка $\pm 2^{\circ}\text{C}$.



Рис. 2.5. Тепловізор СЕМ DT-870

Thermview+ є програмний додаток мобільного телефону. За допомогою цієї програми можна передавати результати вимірювань на смартфон за допомогою системи Bluetooth.

					МММТ 480.011.011 - ПЗ	Лист
						18
Зм	Лист	№ докум	Підпис	Дат		

Технічні характеристики:

- Діапазон вимірювань: від -20 до +380 °С;
- Темпер.чутливість: < 100 мК;
- Похибка: $\pm 2^{\circ}\text{C}$ / $\pm 2\%$ від змін. Значення;
- Тип зонду: Інфрачервоний;
- Дисплей: 2” TFT, 320 x 240 пікселів;
- Розмір детектора; 80x80 пікселів;
- Пам'ять: Вбудована пам'ять;
- Тип батареї: Li-Ion акумулятор;
- Ресурс: 6 год;
- Вага: 177 г;
- Робоча температура: від -10 до +45°С °С;
- Темп.зберігання: - 30 ° С до +55 ° С.

Переваги СЕМ DT-870:

- Матриця: 80x80;
- Швидкі вимірювання дійсних температур (6400 пікселів);
- Ергономічний та сучасний дизайн;
- Функція контролю температур гарячої, холодної та середньої точок;
- Передача через Bluetooth;
- Функція фіксації температурного діапазону ІЧ-зображення;
- Яскравий графічний TFT дисплей, що легко читається;
- Тривала робота до 8 годин від акумуляторної батареї;
- Режим світлодіодного ліхтарика. [5]

Тепловізор RGK TL-70 представлений на рис.2.6.

Тепловізор RGK TL-70 використовується для обстеження об'єктів та обладнання в інфрачервоному діапазоні. Він відображає на екрані ІЧ-зображення, де легко виявляються місця, де відбуваються тепловтрати, витікає нагріта рідина або пара, відбувається перегрів запобіжників або проводки.

					МММТ 480.011.011 - ПЗ	Лист
						19
Зм	Лист	№ докум	Підпис	Дат		



Рис.2.6. Тепловізор RGK TL-70

Пристрій оснащений інфрачервоною матрицею з роздільною здатністю 80 на 80 пікселів. Поле зору чутливого сенсора 21 на 21° мінімальна відстань для фокусування 10 см. Частота оновлення 50 Гц дає можливість спостерігати за температурними явищами в динаміці без ривків. Можливе цифрове 32-кратне збільшення зображення для огляду дрібних деталей.

Зображення виводиться на вбудований 2,8-дюймовий РК-екран роздільною здатністю 240x320 пікселів. Передбачена можливість зйомки відео в процесі обстеження об'єкта із записом у внутрішню пам'ять тепловізора RGK TL-70 або карту пам'яті MicroSD.

Прилад дозволяє автоматично визначати температуру в центральній точці зображення, а також обчислювати мінімальне та максимальне значення у всьому секторі сканування. Для зручного обстеження об'єкта в умовах поганої видимості передбачено світлодіодне підсвічування зони, де проводиться вимірювання.

Вимірювання температури виконується у двох діапазонах: від -20 до +150° і від 0 до 350°З роздільною здатністю 0,1°. При виконанні вимірювань похибка знаходиться в межах 2°С або 2% залежно від значення, що фіксується.

					МММТ 480.011.011 - ПЗ	Лист
						20
Зм	Лист	№ докум	Підпис	Дат		

Для з'єднання RGK TL-70 з комп'ютером використовується кабель USB. Завдяки цьому ви можете швидко скопіювати дані вимірювань для подальшого формування звітів та експертних висновків.

Живлення пристрою забезпечується літієвою батареєю. Час безперервної роботи від одного заряду акумулятора становить 4:00. Передбачено функцію автоматичного вимкнення при бездіяльності, яка заощаджує заряд елемента живлення.

Технічні характеристики:

- Поле зору/мінімальна відстань фокусування: 21°x21° / 0,1 м;
- Просторова роздільна здатність (IFOV): 4,53 мрад;
- Теплова чутливість (NETD): 0,1 ° С при +30 ° С / 100 мК;
- Частота поновлення кадрів: 50 Гц;
- Фокусування: Ручне;
- Збільшення: 1-32X безперервне, цифрове;
- Тип детектора: Неохолодний мікроболометр, 80x80 пікселів;
- Екран: 2,8 дюйми ЖК, 240x320 пікселів;
- Режим відображення (зображення) ІЧ;
- Кольорові палітри: Залізо, веселка, сірий, контраст;
- Температурний діапазон об'єкта: -20 ° до +150 ° С; 0° до +350°С;
- Похибка: $\pm 2^{\circ}\text{C}$ або $\pm 2\%$ від показання.[6]

3. РОЗРОБКА СТРУКТУРНОЇ ТА ФУНКЦІОНАЛЬНОЇ СХЕМ

Комп'ютиризована система повинна забезпечити рішення наступних завдань:

- Включення/виключення системи;
- Звукова індикація при включенні/виключенні системи;
- Опитування датчика температури;
- Обробка даних картинки з врахуванням теплового поля;
- Вивід зображення з врахуванням теплового поля на дисплей;
- Перегляд та зупинка поточної картинки;
- Копіювання картинки з обчисленими даними температури;
- Програмний вибір шкал: автоматичний, фіксування поточного;
- Переключення видів палітри;
- Світлова індикація при зарядці комп'ютеризованої системи.

Для виконання перерахованих завдань системи контролю та вимірювання температури будинку необхідно використати такі складові;

1. Мікроконтролер для управління вимірювальною системою в цілому;
2. Інфрачервоний датчик температурного поля об'єкту для вимірювання температури частин будинку;
3. Дисплей графічний для відображення картинки з визначеними значеннями температури;
4. Кнопки для керування системою: включення/виключення та переключення режимів;
5. Динамік для звукової індикації включення/виключення системи;
6. Зелений світлодіод для світлової індикації зарядки вимірювальної системи;
7. Стабілізатори напруги для врівноваження напруг в системі;
8. Блок живлення в вигляді акумулятора літій-іонного на 5В та micro usb роз'єм для зарядки системи від мережевого адаптеру чи комп'ютера.

					МММТ 480.011.011 - ПЗ	Лист
						22
Зм	Лист	№ докум	Підпис	Дат		

3.1. Обґрунтування мікропроцесору

На даний час в світі найпопулярніші мікропроцесори таких корпорацій, як PIC, AVR, STM та відповідні готові плати з цими мікропроцесорами.

При виборі мікропроцесору враховують такі вимогами:

- Повинен працювати в режимі реального часу;
- Висока надійність;
- Доступність на ринку;
- Доступність специфікації;
- Перешкодостійкість;
- Простота в обслуговуванні та програмуванні.

Для вибору мікропроцесора порівняємо всі відомі мікропроцесори та представимо це в таблиці 3.1.

Таблиця 3.1 Порівняльна таблиця параметрів відомих мікропроцесорів

Параметр	STM32F100C4T6B	ATmega48PA-PU	ATtiny13A-SSU	PIC16F505-I/SL
Середня ціна*	12 грн.	20 грн.	8 грн.	9 грн.
Обсяг флеш пам'яті (ROM, пам'яті програм)	16 КБайт	4 КБайта	1 КБайт	1 КБайт
Обсяг оперативної пам'яті (RAM, пам'яті даних)	4096 Байт	512 Байт	64 Байта	72 Байта
Тактова частота	24 МГц, 30 DMIPS	20 МГц	20 МГц	20МГц
Ліній введення/виведення	37	23	6	12
АЦП	16-каналів12-біт	8-каналів10-біт	4-каналу10-біт	0
ЦАП	12-бітний	0	0	0
USART	2	1	0	0
SPI	1	1	1	0
I2C	1	1	0	0
Кількість таймерів	5	3	1	1

З табл.3.1 можна зробити висновок, що всім вимогам задовольняють мікропроцесори SMT.

STM – це сімейство мікроконтролерів, розроблених фірмою STMicroelectronics. Усі мікроконтролери сімейства поділяються на 8-бітові STM8 і 32-бітові STM32, засновані на ядрі ARM. Кожен мікроконтролер складається з ядра процесора, статичної RAM-пам'яті, флеш-пам'яті, налагоджувального інтерфейсу та різних периферійних пристроїв залежно від моделі. Контролери STM32 є найпродуктивнішими. Найпотужнішими як за набором периферії та FLASH-пам'яті, так і швидкодією є серія STM32F4.

Мікропроцесори STM32 засновані на 32-бітових RISC ядрах ARM Cortex M0/M0+, M3, M4 та M7 і діляться на 4 основні сімейства:

- Для бездротових рішень: STM32WB3 та STM32WL3;
- Малоспоживаючі: STM32L0, STM32L1, STM32L5, STM32L4 та STM32L4+;
- Базові характеристики: STM32F0, STM32G0, STM32F1, STM32F3 та STM32G4;
- Висока продуктивність: STM32F2, STM32F4, STM32F7 та STM32H7.

Ядра Cortex-M0-M7 відрізняються продуктивністю (Cortex-M0 - 0.84 DMIPS/МГц, Cortex-M3/M4 - 1.25DMIPS/МГц), системою команд та деякими особливостями ядра (чим більше номер ядра, тим більша продуктивність та більше функцій).

Мікропроцесори серії STM32L0 мають ядро Cortex-M0+ і, в основному, призначені для додатків, що критичні до споживання енергії. Тактова частота до 32 МГц мають від 16 до 128 кБ флеш пам'яті, від 2 до 20 кБ ОЗУ, 512 байтів EEPROM. Периферійні модулі включають до 51 ліній вводу/виводу; 12-бітовий АЦП; 7 каналів DMA; USART; SPI; I2C; 16-ти бітний таймер з 4-ма каналами захоплення/порівняння, два 16-ти бітних таймери з 2-ма каналами захоплення/порівняння та один 16-ти бітний таймер з ультранизким споживанням енергії; системний таймер – SysTick; таймер для відліку часу/дати – RTC; 2 сторожові таймери watchdogs; модуль підрахунку

					МММТ 480.011.011 - ПЗ	Лист
						24
Зм	Лист	№ докум	Підпис	Дат		

контрольної суми – CRC. Деякі моделі мають по 2 12-бітових ЦАП, контролери датчиків дотику, USB та контролер управління рідкокристалічним індикатором (до 8x40 ліній підкладок/сегментів).

Мікропроцесори серій STM32F0 має ядро Cortex-M0 і відносяться до базового сімейства та призначені для широкого кола завдань, не дуже вимогливих до швидкодії. Тактова частота до 48 МГц мають від 16 до 256 кБ флеш пам'яті, від 4 до 32 кБ ОЗУ. Периферійні модулі включають до 87 ліній вводу/виводу, 12-бітовий АЦП (до 16 каналів), 5 або 7 каналів DMA, до 6-ти USART, до 2-х SPI, до 2-х I2C.

Мікропроцесори включають один 16-ти бітний таймер з розширеними можливостями – з 4-ма каналами захоплення/порівняння і виходами для 6-ти ШІМ каналів для керування трифазним електродвигуном, а також до п'яти 16-ти бітових таймера з 4-ма каналами захоплення/порівняння і один 16-бітний базовий таймер, системний таймер - SysTick, таймер для відліку часу/дати - RTC, 2 сторожові таймери watchdogs, модуль підрахунку контрольної суми - CRC. Деякі моделі мають по 2 12-бітових ЦАП, контролери датчиків торкання, USB.

Мікропроцесори серії STM32L1 мають більш продуктивне ядро - Cortex-M3 порівняно з ядром Cortex-M0+ у STM32L0 і призначені для додатків, критичних до споживання енергії. Тактова частота також до 32 МГц, мають від 32 до 512 кБ флеш пам'яті, від 4 до 80 кБ ОЗП, 16 кБ EEPROM. Периферійні модулі включають до 115 ліній вводу/виводу, до 34 ліній контролера датчиків дотику, 12-бітовий АЦП (до 40 каналів), до 2-х 12-ти бітних ЦАП, до 12 каналів DMA, модуль USB, до 5-ти USART, до 8-ми SPI, 2 модулі I2C, один 32-бітний таймер, до 6-ти 16-ти бітних таймера з 4-ма каналами захоплення/порівняння, до 2-х 16-ти бітових базових таймера, системний таймер - SysTick, таймер для відліку часу/дати – RTC, 2 сторожові таймери watchdogs, модуль підрахунку контрольної суми – CRC та модуль шифрування – AES 128 біт, контролер керування рідкокристалічним дисплеєм (до 8x40 ліній підкладок/сегмент).

					МММТ 480.011.011 - ПЗ	Лист
						25
Зм	Лист	№ докум	Підпис	Дат		

Мікропроцесори серії STM32F1 мають більш продуктивне ядро Cortex-M3 у порівнянні з ядром Cortex-M0/M0+ у STM32F0/G0 і призначені для додатків, що потребують більшої продуктивності. Тактова частота до 72 МГц (проти 48/64 МГц у STM32F0/G0) мають від 16 кБ до 1 МБ флеш пам'яті, від 4 до 96 кБ ОЗУ. Периферійні модулі включають до 112 ліній вводу/виводу, до 3-х 12-бітових АЦП (до 21 каналів), до 2-х 12-ти бітних ЦАП, до 12 каналів DMA, модуль USB, до 5-ти USART, до 8-ми SPI, 2 модулі I2C, до 2-х CAN інтерфейсів, можуть включати SDIO контролер для підключення SD/MMC карт пам'яті та 10/100 Мбіт Ethernet контролер.

Таймери включають один або два 16-бітні таймери для керування трифазними електродвигунами з розширеними можливостями - з 4-ма каналами захоплення/порівняння, виходами для 6-ти ШІМ каналів і генератором мертвого часу; до 10-ти 16-ти бітних таймерів з 4-ма каналами захоплення/порівняння, до 2-х 16-ти бітових базових таймерів для керування 2-ма ЦАП, системний таймер - SysTick, таймер для відліку часу/дати – RTC, 2 вартових таймера watchdogs, модуль підрахунку контрольної суми – CRC.

Мікропроцесори серії STM32F2 мають таке саме ядро Cortex-M3, як у STM32F1, але працюють на частоті 120 МГц і мають від 128 кБ до 1 МБ флеш пам'яті, до 128 кБ ОЗУ. Периферійні модулі включають до 140 ліній вводу/виводу, з них 136 ліній мають частоту до 60 МГц. Включає три швидших (0,5 мкс проти 1 мкс у STM32F1) 12-бітових АЦП і мають до 24 каналів; два 12-ти бітних ЦАП; до 16 каналів DMA; до 4-ти USART та 2 USART з частотою до 7,5 МГц; до 3-х SPI (30 МГц); 3 модулі I2C; 2-х CAN інтерфейсу (2.0 B); USB; 10/100 Мбіт Ethernet контролер та апаратний прискорювач AES 128/192/256.

Таймери включають один або два 16-бітні таймери для керування трифазними електродвигунами з розширеними можливостями - з 4-ма каналами захоплення/порівняння, виходами для 6-ти ШІМ каналів і генератором мертвого часу; до 10-ти 16-ти бітних таймерів з 4-ма каналами захоплення/порівняння, до 2-х 16-ти бітових базових таймерів для керування

					МММТ 480.011.011 - ПЗ	Лист
						26
Зм	Лист	№ докум	Підпис	Дат		

2-ма ЦАП, системний таймер - SysTick, таймер для відліку часу/дати – RTC, 2 сторожових таймерів watchdogs, модуль підрахунку контрольної суми – CRC.

Мікропроцесори серії мають найвищу продуктивність серед всього сімейства STM32, мають 1 або 2 ядра Cortex-M4 або Cortex-M7, працюють на частотах від 240 МГц до 480 МГц, інтерфейси для роботи з камерою, TFT LCD, JPEG кодек, відеоакселератор Chrom-ART, до 4-х DMA, до 2 МБ флеш пам'яті, до 1 МБ ОЗП, до 2-х інтерфейсів з SDMMC до 16+16 кБ для збільшення продуктивності при читанні з флеш пам'яті.

Мікропроцесори нового сімейства STM32G0 мають ядро Cortex-M0+ і мають більш високі характеристики, ніж STM32F0. Тактова частота до 64 МГц мають від 32 до 128 кБ флеш пам'яті, від 8 до 36 кБ ОЗУ. Периферійні модулі включають до 60 ліній вводу/виводу, 12-бітовий АЦП (до 16 каналів) і часом вибірки 0,4 мкс, до 2-х ЦАП, 7 каналів DMA, до 4-х USART, USART з низьким споживанням енергії, До 2-х SPI, до 2-х I2C.

Два таймери мають підвищену частоту тактування до 128 МГц:

16-ти бітний таймер для керування трифазними електродвигунами з розширеними можливостями – з 4-ма каналами захоплення/порівняння, виходами для 6-ти ШІМів та генератором мертвого часу; 32-бітний таймер.

Також мікропроцесори включають до п'яти 16 бітних таймера з 4-ма каналами захоплення/порівняння і можуть включати один 32 бітний таймер, 1 або 2 16 бітних базових таймера, системний таймер - SysTick, таймер для відліку часу/дати RTC, 2 сторожові таймери watchdogs, модуль підрахунку контрольної суми – CRC та модуль шифрування – AES 128 біт. Деякі моделі мають по 2 12-бітових ЦАП, контролери датчиків торкання, USB.[7]

Отже для нашої вимірювальної системи всім вимогам задовольняють мікропроцесори серії STM32F.

					МММТ 480.011.011 - ПЗ	Лист
						27
Зм	Лист	№ докум	Підпис	Дат		

3.2. Обґрунтування інфрачервоного датчика

Для визначення температурного поля будинку потрібно використати спеціальний датчик температури. В якості такого датчика використовують інфрачервону відеокамеру (рис.3.1).



Рис. 3.1.Зображення в інфрачервоному спектрі електричної панелі, отримане за допомогою тепловізійної камери

ІК-відеокамера (камера з інфрачервоним підсвічуванням) – це відеокамера, яка через невидиму для людського ока підсвічування, дозволяє записувати зображення в умовах низької освітленості або повної темряви. Протягом дня ІК-відеокамера працює як звичайна відеокамера спостереження, але при досягненні певного порогу освітленості, вона включає інфрачервоний режим для здійснення нічного моніторингу.

У сучасних камерах відеоспостереження присутня світлочутливість, яка вимірюється в люкс. З кожним роком чутливість в камерах покращується, для прикладу, що видно при тих, чи інших параметрах люкс.

0,1 лк – це освітленість вночі, як при повному місяці

0,01 - 0.001 лк – можна розглянути, що відбувається перед камерою без використання додаткових джерел світла.

Кут огляду відеокамери повинен відповідати куту випромінювання у інфрачервоного підсвічування. У світлодіодних приладів потік випромінювання сконцентрований у центрі, він поступово спадає до країв.

Камера з ІК-підсвічуванням при меншому куті світить далі. Правильно вибравши кут випромінювання, можна уникнути браку при отриманні зображення.

Термін служби ІК-підсвічування при безперервній експлуатації становить від 5 до 30 років.

Слабкі сторони у відеокамер з інфрачервоним підсвічуванням:

- зворотне розсіювання й відображення від зовнішнього середовища (сніг, дощ, запиленість повітря), в найближчій зоні від камери;
- підсвічений туман засвічує камеру, тим самим позбавляє можливість спостереження;
- мерехтливе зображення через нестабільні джерела підсвічування й частоти пульсації освітленості.

Відображення ІК випромінювання від деяких видів тканин одягу, косметичних виробів, окулярів, фарбованого волосся.[8]

Пропонується обрати в якості інфрачервоної камери спеціальний модуль теплового датика для вимірювання температури дому.

3.3. Обґрунтування кнопок

Кнопки будуть використовуватись для я включення та виключення вимірювальної системи, для вибору режимів роботи системи. Функціювати кнопки будуть наступним чином:

- натискання верхньої кнопки зупиняє та запускає оновлення поточної картини;
- затискання кнопки верхньої копіює поточну картинку зі шкалою градієнта в поточній палітрі та масштабом температур у нижню зону;
- натискання нижньої кнопки перемикає по колу типи шкал: автоматичне обчислення, фіксація поточної, фіксована +40.. +16 градусів, фіксована +80..-5 градусів;
- утримання нижньої кнопки включає/виключає прилад;

					МММТ 480.011.011 - ПЗ	Лист
						29
Зм	Лист	№ докум	Підпис	Дат		

– при утриманні дві кнопки відбувається перемикання варіантів палітри.

– через кілька хвилин бездіяльності підсвічування пригасає, при цьому після натискання на будь-яку кнопку спочатку відбудеться відновлення повної яскравості підсвічування, а безпосередньо дія кнопки відбудеться тільки після наступного натискання.

Кнопки для даного пристрою можуть бути таких типів:

- кнопки сенсорного типу;
- кнопки механічного типу.

Виходячі з того, що пристрій буде використовуватись на вулиці в, інспектор може знаходитися в рукавицях або бути з брудними руками, тому застосування сенсорних кнопок відкидається. Доречно застосувати для вимірювальної системи звичайну механічну кнопку. Так як вимірювальна система невелика, пропонується застосувати тактові кнопки.

Тактові кнопки – найпоширеніші засоби комутації електричних сигналів у різних ланцюгах. Тактові кнопки можуть бути з фіксацією або без, з підсвічуванням.

Тактові кнопки використовуються у різних режимах та виконують різні функції. Конструктивне виконання таких виробів може сильно змінюватись.

Тактові кнопки встановлюються на друковані плати вертикально або під певним кутом. Їх активно використовують у побуті та промисловості.

Зазвичай, тактові кнопки встановлюють під спеціальні фальшпанелі (за такою технологією виготовляють комп'ютерні клавіатури), але в деяких випадках також використовуються спеціальні ковпачки. [9]

3.4. Обґрунтування дисплею

Результат сканування та визначення температурного поля об'єкту буде відображатися на екрані дисплея.

					МММТ 480.011.011 - ПЗ	Лист
						30
Зм	Лист	№ докум	Підпис	Дат		

Дисплей – перекладається з англійської як «показувати». Це електронний пристрій, який використовується для візуального відображення інформації.

Дисплеї бувають:

- Рідкокристалічні;
- Газорозрядні.

Рідкокристалічний дисплей або ЖК-дисплей визначає своє визначення із самого назви. Це поєднання двох станів речовини - твердого та рідинного. РК-екран використовує рідкий кристал для отримання видимого зображення. Рідкокристалічні дисплеї – це надзвичайно тонкі дисплеї, які зазвичай використовують на екранах портативних комп'ютерів, телевізорів, мобільних телефонів та портативних відеоігор. Технології LCD дозволяють дисплеям бути набагато тоншими порівняно з технологією електронно-лучової трубки (ЕЛТ).

Газорозрядний екран (від англійська калька «плазмова панель») – пристрій відображення інформації, може бути в якості монітору, що заснований на явищі світіння люмінофора під впливом ультрафіолетових лучів, що виникають при електричному розряді в іонізованому газі, інакше кажучи в плазмі.

Плазмова панель є матрицею газонаповнених осередків, укладених між двома паралельними скляними пластинами, усередині яких розташовані прозорі електроди, що утворюють відповідно шини сканування, підсвічування і адресацію. Розряд у газі протікає між розрядними електродами (сканування і підсвічування) на лицьовій стороні екрану і електродом адресації на задній стороні. [10]

Враховуючи прикладну задачу умови звикористання пропонується обрати рідкокристалічний дисплей.

3.5. Обґрунтування стабілізаторів

Для живлення різних вимірювальних перетворювачів, пристроїв радіоелектронної апаратури (РЕА) найчастіше застосовують стабілізатори напруги. Стабілізатором напруги називається пристрій, призначений для автоматичної підтримки на входах приймачів електричної енергії сталості величини напруги незалежно від коливань напруги мережі живлення та величини навантаження.

За принципом дії стабілізатори напруги поділяють на параметричні та компенсаційні. До параметричних відносяться стабілізатори, у яких регулюючий елемент впливає на регульовану величину з метою наблизити її значення до значення заданої величини, не враховуючи при цьому різниці регульованої та заданої величин.[11]

Потрібно використати узгоджування напруг для роз'єма mini usb. Перетворювач, що підвищує напругу на акумуляторі до величини +5В, необхідний для більш повного використання ємності акумулятора. Лінійний стабілізатор знижує напругу до +3.3В. Дільник для вимірювання напруги на акумуляторі потрібно увімкнути після ключа, для того щоб не розряджався акумулятор у вимкненому стані.

3.6. Обґрунтування світлової та звукової індикації

Для світлової та звукової індикації потрібно використати динамік та світлодіод.

Для сповіщення натисканні кнопок необхідно подавати звуковий сигнал.

Для візуального сповіщення процесу зарядки акумулятора через mini usb роз'єм застосуємо зелений світлодіод. Світлодіод в свою чергу зеленим кольором, буде сповіщати що відбувається зарядка.

					МММТ 480.011.011 - ПЗ	Лист
						32
Зм	Лист	№ докум	Підпис	Дат		

3.7. Обґрунтування блока живлення

Блок живлення – це напівпровідниковий пристрій, що забезпечує живленням та створенням необхідних параметрів живлення для працездатності електричного пристрою.

Дана вимірювальна систему буде використовуватися на вулиці на різних відстанях для вимірювання температури будинку, тому підключатися до мережі живлення не буде можливості або важко це зробити. Тому система повинна житися від літій-іонний акумулятора. Зарядку акумулятора в свою чергу пропонується зробити а через micro usb роз'єм.

3.8. Структурна схема

Структурна схема комп'ютеризованої системи для вимірювання та контролю температурного поля представлена на рис.3.2.

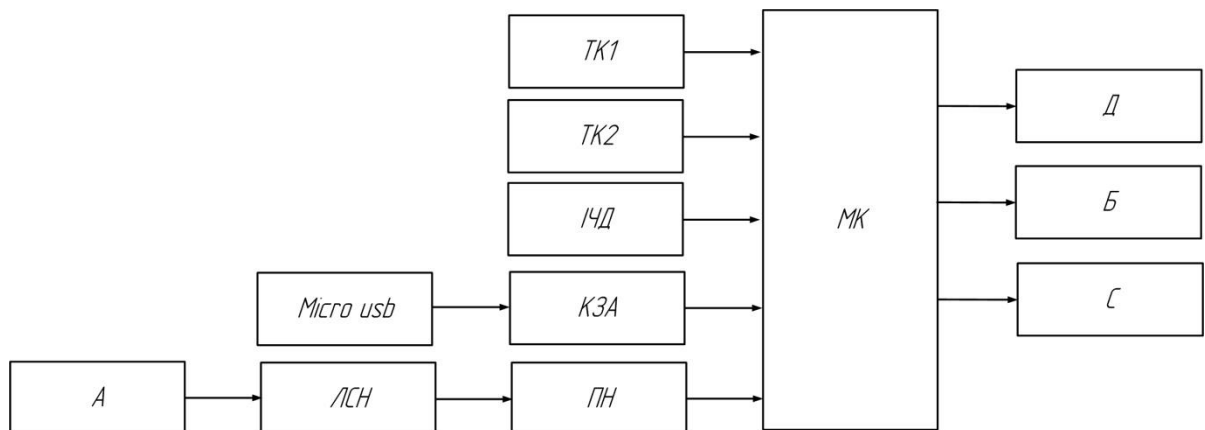


Рис.3.2. Структурна схема системи

Складові елементи структурної схеми наступні:

- ІЧД– інфрачервоний датчик камери;
- МК – мікроконтролер;
- Д – дисплей;
- Б – бузер;
- ТК1,ТК2 – тактова кнопка;
- А – акумулятор в вигляді Li on батарейки на 5В;

- С – світлодіод;
- ЛСН – лінійний стабілізатор напруги;
- ПН – перетворювач напруги;
- Mini usb – роз’єм micro usb;
- КЗА – контролер заряду акумулятора.

					МММТ 480.011.011 - ПЗ	Лист
						34
Зм	Лист	№ докум	Підпис	Дат		

4. РОЗРОБКА ПРИНЦИПОВОЇ СХЕМИ

4.1. Вибір мікроконтролера

Було розглянуто особливості мікропроцесорів STM та обрано мікропроцесор з серії STM32F10x.

Мікропроцесори сімейства STM32F10x: серія STM32F103 з тактовою частотою 72МГц забезпечує кращу в класі 32-бітових МК-продуктивність. Серія STM32F101 з тактовою частотою 36МГц є бюджетним варіантом STM32F103 і пропонує користувачам 16-бітових контролерів значний приріст у продуктивності при тому рівні цін.

Обидві лінійки мають вбудовану FLASH-пам'ять від 32К до 128К та відрізняються між собою максимальним об'ємом SRAM-пам'яті та набором периферії. При роботі на 72МГц та виконанні програм із FLASH-пам'яті, STM32F10X споживає всього 36мА. STM32 ідеально підходить для програм з батарейним живленням, т.к. працює при напрузі живлення від 2 до 3,6В і споживає до 2мкА в режимі очікування з схемою скидання, що працює.

Відмінні особливості:

- ядро: ARM Cortex M3;
- тактова частота: 72МГц;
- FLASH-пам'ять: 32...128кб;
- SRAM-пам'ять: до 20кб;
- інтерфейси: SPI, I2C, USART, USB 2.0, CAN;
- АЦП: до двох 12 біт/16 каналів;
- напруга живлення: 2...3,6В;
- струм споживання: до 2мкА у режимі очікування;
- чотири режими роботи з малим споживанням;
- температурний діапазон: -40 ° С ... 125 ° С;
- типи корпусів: VFQFPN36, LQFP48, LQFP64, LQFP100. [11]

Розташування пінів та цоколівка мікроконтролера STM32F101C6T6A представлені на рис.4.1-4.2.

					МММТ 480.011.011 - ПЗ	Лист
						35
Зм	Лист	№ докум	Підпис	Дат		

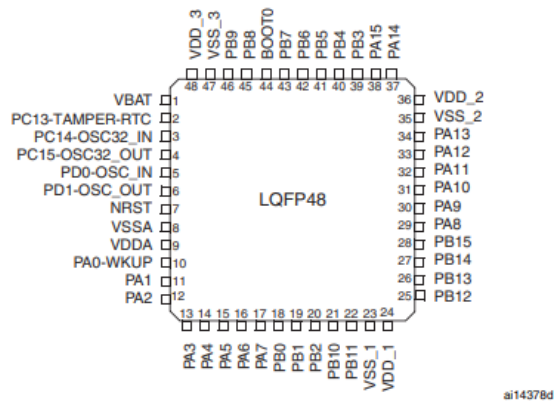


Рис.4.1. Розташування пинів STM32F101C6T6A

Характеристики STM32F101C6T6A:

- Серія: stm32 f1;
- Ядро arm: cortex-m3;
- Ширина шини даних 32-біт;
- Тактова частота: 72 МГц;
- Кількість входів/виходів: 80;
- Об'єм пам'яті програм: 128 кбайт (128k x 8);
- Тип пам'яті програм: flash;
- Об'єм RAM: 20k x 8;
- Наявність: АЦП/ЦАП ацп 16x12b;
- Вбудовані інтерфейси: can, i2c, irda, lin, spi, uart, usb;
- Вбудована периферія: dma, pwm, pdr, por, pvd, pwm, tempsensor, wdt;
- Напруга живлення: 2...3.6 В;
- Робоча температура: -40...+85°C;
- Корпус: lqfp-100(14x14);
- Вага: 2.9 г.[11]

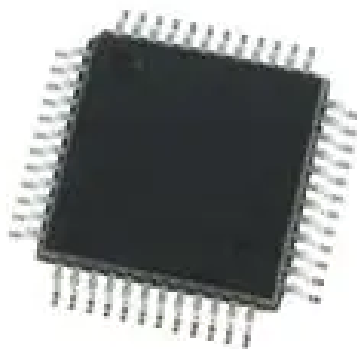


Рис.4.2 – Корпус виводів STM32F101C6T6A

Зустрічається також корпуса з виводами з обох боків.

4.2. Вибір інфрачервоного датчика

Для виявлення теплового поля будинку застосуємо інфрачервоного датчика, а саме використаємо модуль AMG8833 (рис.4.3).

Інфрачервоний датчик камери AMG8833 є масивом інфрачервоних теплових датчиків 8x8. При підключенні до мікроконтролера (або Raspberry Pi) він повертатиме набір із 64 індивідуальних показань інфрачервоної температури через I2C. Це схоже на модні тепловізійні камери, але вони компактні, прості і легко інтегруються. AMG8833 пропонує більш високу продуктивність, ніж AMG8831. Датчик підтримує тільки I2C і має виріб переривання, що настраюється, який може спрацьовувати, коли будь-який окремий піксель знаходиться вище або нижче встановленого порога.

Він може виявляти людей на відстані до 7 метрів. Він ідеально підходить для створення власного детектора людини чи міні-камери.

На основі модуля AMG8833 Grid-EYE зазвичай будують прості температурні сканери та тепловізор. Також можна побудувати просту систему

виявлення людини чи тварини, вогню, перегріву обладнання та навпаки охолодження там де його не потрібно.

Передавати дані з модуля будемо через інтерфейс I2C.



Рис.4.3 – Інфрачервоний датчик AMG8833

Технічні характеристики інфрачервоного датчика AMG8833 :

- Точність: $\pm 2,5^{\circ}\text{C}$;
- Діапазон температур виміру (об'єкт): $0...+85^{\circ}\text{C}$;
- Кут огляду: 60° ;
- Максимальна частота кадрів: 10 Гц;
- Електроживлення: $3 \sim 5\text{ В}$;
- Споживаний струм: до 2.5 мА ;
- Використовуваний чіп: AMG8833 Grid-EYE;
- Вихідний інтерфейс: I2C;
- Розміри плати: $17 \times 18\text{ мм}$. [12]

4.3. Вибір кнопок

В якості кнопок оберемо тактову кнопку SMD $6 \times 6\text{ мм}$ h2.7, 5pin рис.4.4.



Рис. 4.4. Зовнішній вигляд кнопки тактової SMD $6 \times 6\text{ мм}$ h2.7, 5pin

					МММТ 480.011.011 - ПЗ	Лист
						38
Зм	Лист	№ докум	Підпис	Дат		

Технічні характеристики:

- Тип перемикача: Тактова кнопка;
- Кількість положень: 2;
- Алгоритм роботи: OFF-(ON);
- Розміри: 6х6 мм;
- Висота: 3.7 мм;
- Підключення: 5 pin;
- Максимальний Струм: 50 мА;
- Макс. напруга: від 3,3 до 12 В;
- Підсвічування: відсутнє;
- Робоча температура: від -30 ° С до +80 ° С;
- Механічна зносостійкість: 100000 циклів. [13]

4.4. Вибір дисплея

В якості графічного дисплея потрібно обрати дисплей сумісний з SMT32. Обираємо TFT LCD дисплей на контролері ILI9341 рис.4.5-4.6.

Графічний, кольоровий TFT ЖК дисплей 2.8 дюймів з роздільною здатністю 320 х 240 пікселів і глибиною кольору 65000, заснований на популярному чіпі ILI9341. Для підключення дисплея до контролера SMT потрібно використовувати TTL рівні 3,3 В.

Дисплей працює із рівнем сигналів 3.3В та є сумісним з мікроконтролером SMT32. Управління SPI інтерфейсом.

					МММТ 480.011.011 - ПЗ	Лист
						39
Зм	Лист	№ докум	Підпис	Дат		

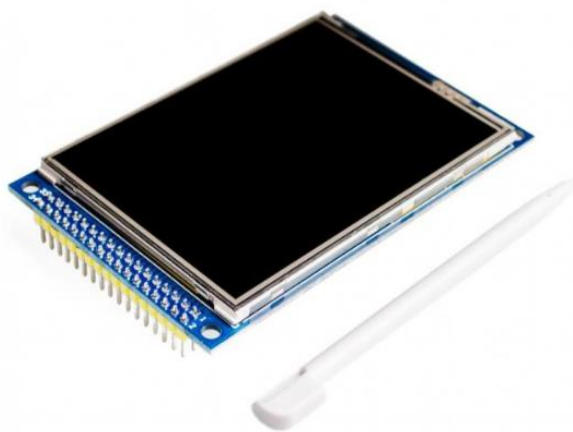


Рис. 4.5 – Зовнішній вигляд дисплею TFT LCD на контролері ILI9341



Рис. 4.6 – Розташування виводів TFT LCD на контролері ILI9341

Технічні характеристики дисплея:

- Екран: активна матриця a-Si TFT;
- Розмір по діагоналі: 2.8";
- Графічний контролер: ILI9341;
- Інтерфейс: SPI Послідовний 4-х провідний;
- Роздільна здатність: 320 x 240 пікселів;
- Кількість кольорів: 65000;
- Глибина кольору: 16 біт;
- Підсвічування: Біле світлодіодне;

					МММТ 480.011.011 - ПЗ	Лист
Зм	Лист	№ докум	Підпис	Дат		40

- Напруга живлення: 3,3 - 5 В'
- Рівні TTL: 3,3 В. [14]

4.5. Вибір стабілізаторів

Для контролювання заряду акумулятора потрібно застосувати спеціальну мікросхему MCP73831. Дана мікросхема буде здійснювати контроль в процесі заряду акумулятора та захищати mini usb роз'єм рис.4.7.



Рис.4.7. Зовнішній вигляд MCP73831

Технічні характеристики:

- Тип USB контролер заряду акумулятора;
- Робота з елементами живлення: Li-Ion, Li-Pol;
- Кількість осередків: 1;
- Вихідний струм (максимальний): 0.5 А;
- Вихідна напруга: 4.2 В;
- Напруга живлення: 3.75...6 В;
- Робоча температура: -40...+85(ТА) °С;
- Корпус: SOT-23-5;
- Вага: 0.08м.[15]

					МММТ 480.011.011 - ПЗ	Лист
						41
Зм	Лист	№ докум	Підпис	Дат		

Для стабілізації напруги акумулятора Li-on використовується лінійний регулятор LP2951CM та підсилювач напруги MCP1640.

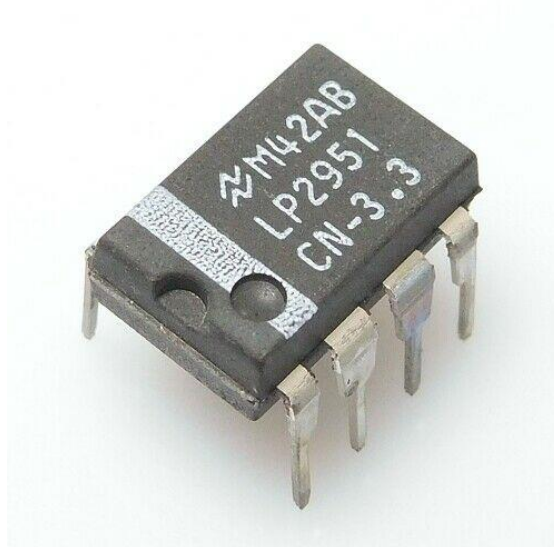


Рис.4.8– Зовнішній вигляд LP2951CM

Технічні характеристики:

- Максимальна робоча температура: +125 °C;
- Точність: $\pm 0.5\%$;
- Нестабільність у мережі: 0.1 %
- Довжина: 4.9мм;
- Кількість виходів: 1;
- Виробник: Texas Instruments;
- Полярність: Позитивний;
- Тип корпусу: SOIC;
- Нестабільність навантаження: 0.1 %;
- Тип монтажу: Поверхневий монтаж;
- Мінімальна робоча температура: -40 °C;
- Ширина: 3.9мм;
- Висота: 1.45мм;
- Тип виходу: Регульований;
- Кількість контактів: 8;
- Розміри: 4.9 x 3.9 x 1.45мм;

					МММТ 480.011.011 - ПЗ	Лист
						42
Зм	Лист	№ докум	Підпис	Дат		

- Максимальна вхідна напруга: 30 В;
- Вихідна напруга: 1,24 → 29 В;
- Максимальний струм на виході: 100mA;
- Опорна напруга: 1.25В;
- Вага, г: 0.31.[16]

Підсилювач напруги MCP1640 рис.4.9-4.10

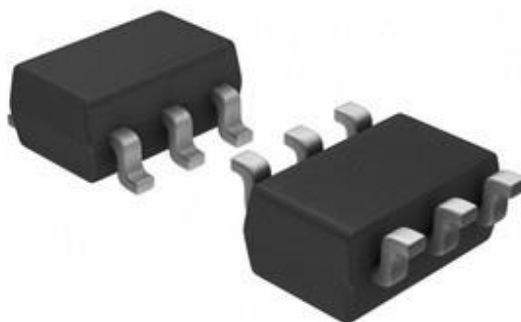


Рис.4.9– Зовнішній вигляд MCP1640

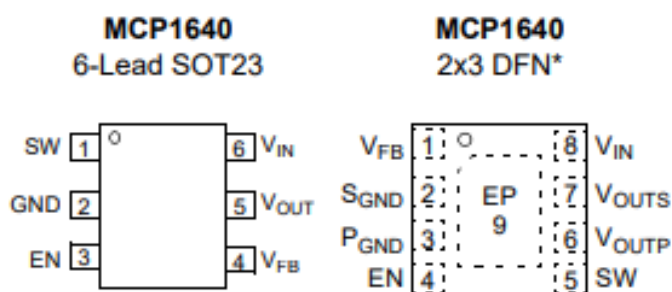


Рис.4.10– Позначення виводів MCP1640

Технічні характеристики:

- Вид монтажу: SMD/SMT;
- Вхідна напруга (макс.): 5.5 В;
- Вхідна напруга МІН: 350 mВ;
- Вихідна напруга: 2 В to 5.5 В;
- Вихідний струм: 350 mA;
- Категорія продукту: Імпульсні регулятори напруги;

					МММТ 480.011.011 - ПЗ	Лист
						43
Зм	Лист	№ докум	Підпис	Дат		

- Кваліфікація: АЕС-Q100;
- Кількість виходів: 1 Output;
- Максимальна робоча температура: + 85 °С;
- Мінімальна робоча температура: 40 °С;
- Нестабільність вихідного навантаження: 0.01%;
- Підкатегорія: PMIC - Power Management ICs;
- Розмір фабричного упакування: 150;
- Тип: Switching Regulator;
- Тип продукту: Switching Voltage Regulators;
- Топологія: Boost;
- Торгова марка: Microchip Technology;
- Упаковка: Tube;
- Упаковка/блок: DFN-8;
- Частота перемикачів: 500 kHz.[17]

4.6. Вибір світлової та звукової сигналізації

В якості світлової сигналізації оберемо зелений світлодіод. Він буде сповіщати про процес зарядку акумулятора через mini usb роз'єм.



Рис.4.11.Зовнішній вигляд червоного світлодіода

SMD (чип) світлодіоди типорозміру 0805 - напівпровідникові джерела світла з прямою напругою від 1,9 до 3,3 і силою прямого струму до 30мА. Сила світла у своїй залежності від номіналу варіюється від 10мкд до 350мкд.

					МММТ 480.011.011 - ПЗ	Лист
Зм	Лист	№ докум	Підпис	Дат		44

Світлодіоди SMD 0805 представлені кількома варіантами кольорового свічення: червоний, бурштиновий, жовтий, синій, зелений та білий. Колір світіння залежить від матеріалу використовуваного кристала: Al – Алюміній, Ga – Галій, In – Індій, P – Фосфор, N – Нітроген.

Корпус світлодіодів SMD 0805 виготовляється з термостійкого пластику, лінза – з прозорої епоксидної смоли та має додаткові тепловідвідні властивості. Типорозмір 0805 вказує на розміри габаритні світлодіода – 2,0×1,25 мм. Монтуються світлодіоди на поверхню за SMD-технологією (Surface Mounted Device) за допомогою групового паяння або з використанням термоповітряної паяльної станції.

Процес оплавлення рекомендується проводити в атмосфері азоту за дотримання тимчасово-температурних умов паяння.

Полярність чіп-світлодіодів 0805 маркується візуально на корпусі, що слід враховувати при підключенні живлення. Також заборонено підключати світлодіоди безпосередньо до джерела живлення.

Як обмежувальний стабілізатор струму необхідно використовувати драйвери живлення або резистори. При цьому кожний ланцюжок послідовно з'єднаних світлодіодів підключається окремий резистор.

Підвищена робоча температура середовища становить трохи більше +80°C, знижена робоча температура – не нижче -40°C. Втрати потужності не перевищують 140 мВт. Кут свічення широкий – 120 °.

Термін служби не менше 10 000 год. Застосовуються світлодіоди поверхневого монтажу SMD 0805 як світловипромінюючі джерела в різних пристроях освітлення та декоративно-фарбового підсвічування: світлодіодні лампи, автолампи, індикатори приладової панелі, зовнішня реклама, автодорожні знаки, інтер'єр.

Більш детальні характеристики, розшифровка маркування, габаритні розміри, цоколівка полярності, а також рекомендації щодо підключення та паяння світлодіодів SMD 0805 наведені нижче.

					МММТ 480.011.011 - ПЗ	Лист
Зм	Лист	№ докум	Підпис	Дат		45

Гарантійний термін роботи LED-світлодіодів SMD 0805, що поставляються нашою компанією, становить 2 роки, що підкріплюється відповідними документами за якістю.

Технічні характеристики:

- Прямий пульсуючий струм (IFPM): 100 мА;
- Прямий струм (IFM): 30 мА;
- Зворотна напруга (VR): 5 В;
- Потужність розсіювання (PD): 140 мВт ;
- Кут розсіювання світла: 120° ;
- Тип лінзи світло діода: Прозора;
- Робоча температура (TOPR): -40°C – +80°C °C ;
- Температура зберігання (TSTG): -40°C – +100°C ;
- Температура паяння (TSOL): 260°C.[18].

При натисканні на кнопки необхідний звуковий сигнал. В якості звукового опвіщувача використовуємо динамік HCM1206 рис.4.12.



Рис.4.12 – Зовнішній вигляд бузера HCM1206X

Технічні характеристики:

Потужність випромінювання: 75 дБ;

Частота: 2,40 кГц;

Номінальна напруга: 6 В;

Струм номінальний: 40 мА

Опір котушки: 45 Ом;

					МММТ 480.011.011 - ПЗ	Лист
						46
Зм	Лист	№ докум	Підпис	Дат		

Розмір: 12х9 мм;

Тип: електромагнітний, із вбудованим генератором;

Виробник: JI World (JLW);

Вбудований генератор: немає.

– Діаметр: 12 мм [19]

4.7. Вибір блока живлення

Щоб визначитися в якості значення напруги живлення необхідно врахувати робочі напруги всіх скомпонетів в системі табл.4.1.

З аналізу табл.4.1 випливає, що мікропроцесор має живлення 2-3.6В, а датчик, дисплей та динамік мають трохи вищу напругу живлення, тому потрібно застосувати стабілізатори напруги.

Пропонується в якості блок живлення застосувати Li-on акумулятор на 5 В та здійснювати зарядку пристрою від micro usb.

Вигляд Li-on акумулятора Panasonic NCR18650GA 3500 mAh 10A на 5 В представлений на рис.4.13.

Таблиця 4.1 – Робоча напруга складових компонентів

Назва компоненту	Живлення
SMT32	2-3,6В
Інфрачервоний датчик AMG8833	3.3-5.5В
Дисплей TFT LCD	5В
Динамік HCM1206X	6В
Тактова кнопка	3.5-12В
Зелений світло діод 0805	2.1-2.3В
Лінійний регулятор LP2951CM	3.3 В
Підсилювач напруги MCP1640	6.5В
Контролер заряду акумулятора MCP73831	4.2В



Рис. 4.15 – Зовнішній вигляд акумулятора Panasonic NCR18650GA

Технічні характеристики:

- Тип елемента: 18650 без захисту, високострумний, високоємний;
- Маркування: Panasonic NCR18650GA Li-Ion 18650 3500 mAh 10A
- Ємність: номінальна – 3500 mAh, мінімальна – 3350 mAh.
- Напруга: мінімальна – 2,5В; номінальна – 3,6В; максимальна – 4,2В.
- Максимальний струм розряду: при постійному навантаженні – 10А;
- Струм заряду: стандартна зарядка – 1А;
- Вага: 48 р.
- Розмір: 18,5 мм x 65,3 мм;
- Виробник: Panasonic.[20]

4.8. Побудова принципово-електричної схеми

Побудуємо електрично- принципову схему з обраних елементів
рис.4.16.

					МММТ 480.011.011 - ПЗ	Лист
						48
Зм	Лист	№ докум	Підпис	Дат		

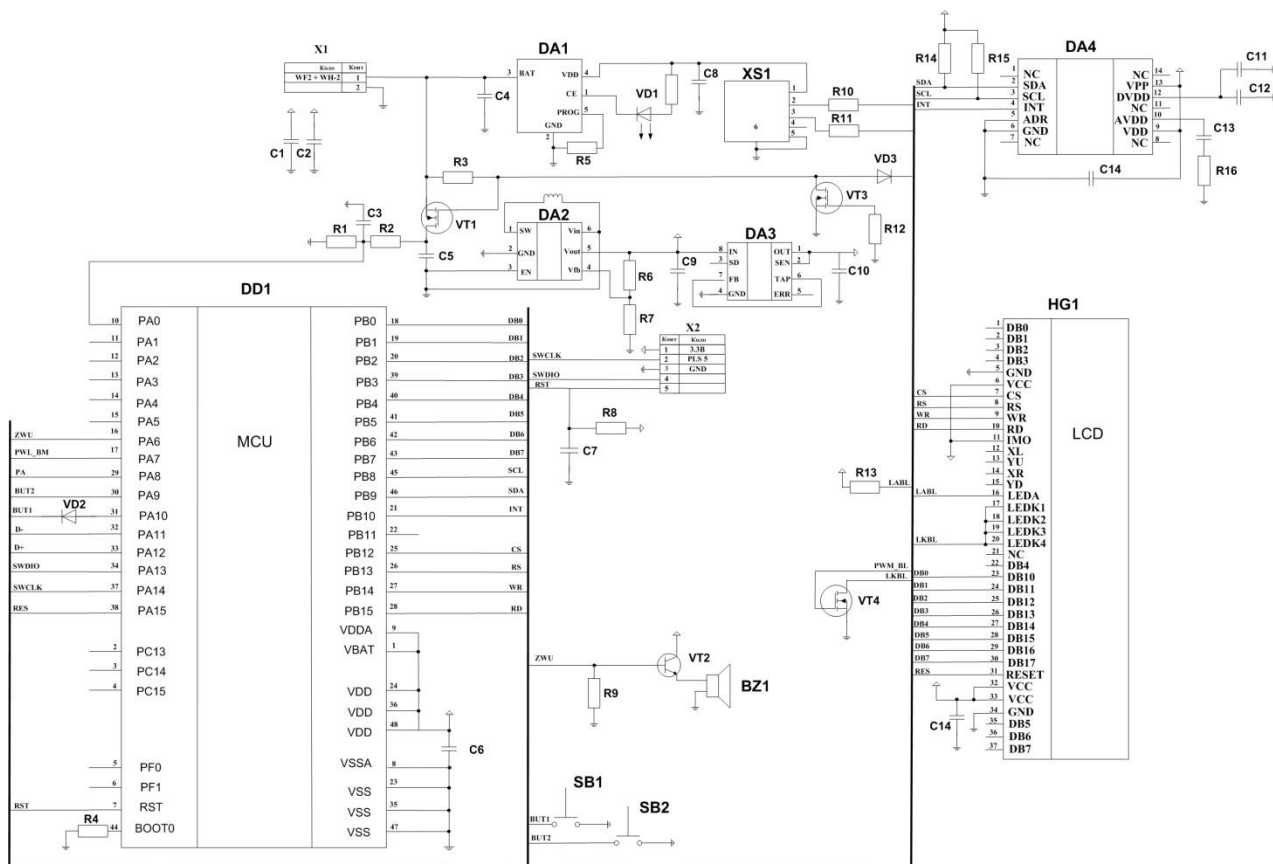


Рис. 4.16 – Електрична-принципова схема

Перелік елементів принципової схеми:

- DD1 – мікроконтролер STM32F303CBT;
- DA1 – стабілізатор напруги MCP73831-2;
- DA2 – пісилювач напруги MCP1640;
- DA3 – лінійний регулятор LP2951CM-3.3;
- DA4 – інфрачервоний датчик AMG8833;
- SB1,SB2 – тактова кнопка SMD 6x6 h2.7, 5pin;
- HG1 – LCD дисплей 320x240 FF24221-A;
- BZ1 – динамік HCM1206X;
- VT1 – IRLML6402;
- VT2 – BC847;
- VT3, VT4 – 2N7002;
- VD1– зелений LED_0805;
- VD2-VD3 – DL4148;

- R1, R2, R4, R8, R9, R12, R14, R15 – 10 кОм;
- R5 – 4,7 кОм;
- R6 – 33 кОм;
- R7 – 11 кОм;
- R10, R11 – 33 Ом;
- R13, R16 – 20 Ом;
- C1, C2, C4, C6, C11, C12, C13, C15 – 1 мкФ;
- C5, C8, C10, C14 – 10 мкФ;
- C3, C7 – 0,1 мкФ;
- C9 – 100 мкФ;
- XS1 – micro usb;
- X1 – роз'єм WF2 + WH-2 + обтиснуті дроти;
- X2 – роз'єм PLS-5.

Вимірювальна система зібрана на 32-розрядному мікроконтролері з архітектурою ARM. TFT дисплей 320x240 з діагоналлю 2.4 дюйма підключений через 8-ми розрядну паралельну шину і має ключ для керування підсвічуванням ШІМ.

Сенсор увімкнений за схемою з даташиту і опитує мікропроцесор через шину I2C. Підсистема живлення складається з кількох вузлів.

Контролер заряду акумулятора має зелений світлодіод, що індикує процес заряду. Кнопка управління живленням розв'язана діодами з мікропроцесорами так, що можна і включати пристрій, та керувати мікропроцесором.

Перетворювач, що підвищує напругу на акумуляторі до величини +5В, необхідний більш повного використання ємності акумулятора. Але він при застосуванні лінійного стабілізатора з малим перепадом між входом та виходом, дає не надто великий приріст часу роботи, тому перетворювач можна не встановлювати.

Лінійний стабілізатор знижує напругу до +3.3В. Дільник для вимірювання напруги на акумуляторі увімкнено після ключа, тому не

					МММТ 480.011.011 - ПЗ	Лист
						50
Зм	Лист	№ докум	Підпис	Дат		

розряджає акумулятор у вимкненому стані. Динамік із ключем забезпечує лунавання звуку при натисканні на кнопки.

Функціонування тактових кнопок наступне:

- натискання верхньої зупиняє/запускає оновлення поточного зображення.
- утримання верхньої копіює поточну картинку зі шкалою градієнта в поточній палітрі та масштабом температур у нижню зону.
- натискання нижньої перемикає по колу типи шкал: автоматичне обчислення, фіксація поточної, фіксована +40..+16 градусів, фіксована +80..-5 градусів.
- утримання нижньої включає/вимикає прилад.
- утримання двох клавіш перемикає варіанти палітри.

Через кілька хвилин бездіяльності підсвічування пригасає, при цьому після натискання на будь-яку кнопку спочатку відбудеться відновлення повної яскравості підсвічування, а безпосередньо дія кнопки відбудеться тільки після наступного натискання.

4.9. Розрахунок похибок визначення температурного поля

Проведено десять повторних тепловізійним інфрачервоним датчиком AMG8833, діапазон температур виміру згідно технічних характеристик в від 0 до +85 °С.

Було отримано наступну вибірку:

$T = (20,05; 20,93; 20,95; 20,06; 20,07; 20,06; 20,06; 20,95; 20,96; 20,96) \text{ } ^\circ\text{C}$

За відомими формулами шукаємо:

1) середнє арифметичне T за (4.1):

$$\bar{T} = \frac{1}{10} \sum_{i=1}^{10} T_i \cong 20,505 \quad (4.1)$$

					МММТ 480.011.011 - ПЗ	Лист
						51
Зм	Лист	№ докум	Підпис	Дат		

2) похибки повторних вимірювань ΔT_i та ΔT_i^2 (4.2):

$$\Delta T = |\bar{T} - T_i| \text{ та } \Delta T_i^2 = (\bar{T} - T_i)^2, \quad (4.2)$$

де $i = 1, 2 \dots 10$;

Результати вимірювань та обчислень заносимо у табл. 4.2.

Таблиця 4.2.

№ з. п.	T, °C	ΔT_i , °C	ΔT_i^2 , °C ²
1	20,05	0,455	0,207025
2	20,93	0,425	0,180625
3	20,95	0,445	0,198025
4	20,06	0,435	0,189225
5	20,07	0,445	0,198025
6	20,06	0,445	0,198025
7	20,06	0,445	0,198025
8	20,95	0,455	0,207025
9	20,96	0,455	0,207025
10	20,96	0,445	0,198025
сер	20,505	0,455	0,207025

Розрахуємо випадкову похибку вимірювання за (4.1). За даними табл. 4.2 знайдемо коефіцієнт Стюдента для 10 вимірювань і довірчої ймовірності 0,95 $t_{0,95}=2,26$; розрахуємо за (4.2) виправлене вибіркове середнє квадратичне відхилення:

$$\sigma_B = \sqrt{\frac{1}{10 \times 9} \sum_{i=1}^{10} (\bar{T} - T_i)^2} \approx 0,148 \text{ °C}$$

та знайдемо випадкову похибку:

$$\Delta_B T = 2,26 * 0,148 = 0,335 \text{ °C}$$

(Результати вимірювань та обчислень заносимо у табл. 4.2.)

1) похибку приладу за (4.3):

$$\Delta_{\text{пр}} T = \frac{1}{300} t_p k T_{\text{гр}} \quad (4.3)$$

Для надійної ймовірності $P = 0,95$ з табл. 4.2 знайдемо при умові $t_{0,95}=2,0$. Враховуючи, що за умовою $T_{\text{гр}} = +85 \text{ °C}$, а клас точності $k = 1$, отримаємо:

					МММТ 480.011.011 - ПЗ	Лист
						52
Зм	Лист	№ докум	Підпис	Дат		

$$\Delta_{\text{пр}} T = \frac{1}{300} 2,0 * 80 * 1 \approx 0,53 \text{ }^{\circ}\text{C};$$

2) похибку заокруглення за (4.4):

$$\Delta T_3 = P \frac{h}{2}. \quad (4.4)$$

Для цього знайдемо інтервал заокруглення h як половину останнього розряду виміряної величини — 0,05. Отже:

$$\Delta T_3 = 0,95 * \frac{0,05}{2} \approx 0,02 \text{ }^{\circ}\text{C};$$

3) загальну абсолютну похибку (4.5):

$$\Delta T = \sqrt{(\Delta_B T)^2 + (\Delta_{\text{п}} T)^2 + (\Delta_3 T)^2} = \sqrt{0,335^2 + 0,53^2 + 0,02^2} \approx \quad (4.5)$$

$$\approx 0,63 \text{ }^{\circ}\text{C}$$

					МММТ 480.011.011 - ПЗ	Лист
						53
Зм	Лист	№ докум	Підпис	Дат		

5. РОЗРОБКА ПРОГРАМИ ТА АЛГОРИТМУ

5.1. Розробка алгоритму

Розроблений алгоритм роботи системи представлений на рис.5.1.

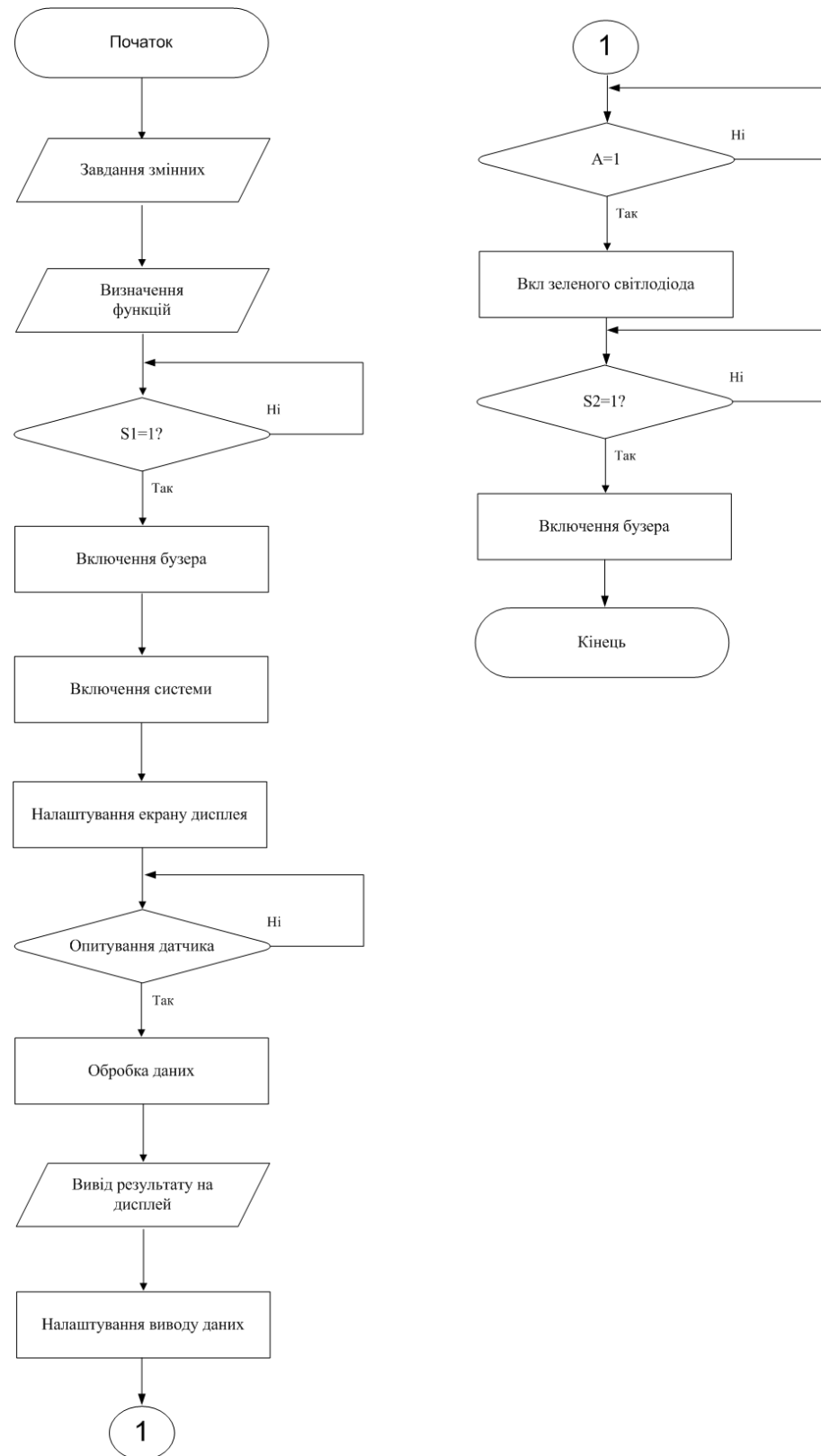


Рис. 5.1. Алгоритм роботи програми тепловізійної вимірювальної системи

Блок початок означає запуск вимірювальної системи.

Потім блоці змінні задаються та впозначаються змінні в програмі.

В блоці опис функції відбувається опис функцій, які будуть використовуватися в програмі.

Блок перевірки умови перевіряє чи натиснута перша кнопка. Якщо кнопка натиснута спрацьовує динамік та відповідно пристрій вмикається. Якщо ні, то буде знову опитування кнопки.

В блоці екрану налаштування дисплея відбувається опис всіх можливих налаштувань даних для виводу на дисплей.

Опитування інфрачервоного датчика визначення температуру поля будинку. В випадку визначення температурного поля дані передаються далі на обробку та виводяться в на дисплей. В випадку якщо не спрацював інфрачервоний датчик, то сканування поля об'єкту продовжується далі.

Блок налаштування виводу даних здійснює відображення даних, яке налаштував користувач.

Блок опитування чи іде зарядка акумулятора. Якщо зарядка є починає мірохтіти зелений світлодіод. В іншому випадку продовжується опитування зарядки.

Блок опитування другої кнопки, в свою чергу відповідає за вимкнення системи. За умови, що кнопка натиснута, починає спрацьовувати звуковий сигнал – динамік та відповідно система вимикається. Інакше продовжується опитування та система продовжує працювати циклічно.

В випадку натиснення кнопки вимкнення відбувається кінець роботи програми.

5.2. Розробка програми

Програмування SMT мікропроцесора відбувається на мові C++. При цьому використовують вже визначени функції. В якості компілятора використовують Keil uVision 4. Прошивки відбувається з використанням

					МММТ 480.011.011 - ПЗ	Лист
						55
Зм	Лист	№ докум	Підпис	Дат		

бібліотеки STM32F30x/31x DSP and Standard Peripherals Firmware Library V1.2.3. Прошивка мікропроцесора відбувається через SWD. Для цього викривують програматор ST-LINK/V2, який є на налагоджувальних платах DISCOVERY.

Початок коду приведений нижче, весь код програми представлена в Додатку А.

```

/* Includes -----*/
#include "main.h"
#include "HW_Configs.h"
#include "stm32f30x_it.h"
#include "tft_ili9341a.h"
#include "amg88xx.h"

// Експортовані змінні -----

// Оголошення змінних -----
int16_t AmgArray[64]; // буфер даних із сенсора (сирі дані, потім температура в 0.1`C)
uint8_t Amg88Index;
uint16_t PixArray[57][57]; // масив пікселів (номер_цвета*16 пікселя, потім буфер виведення на екран (код кольору))
uint16_t Akk0[57][57]; // Акумулятор для фільтрації
uint16_t Akk1[57][57]; // Акумулятор для фільтрації
char str[32] = "";
uint32_t CounterBeep;
uint32_t BLCounter;
uint32_t Flags;
uint8_t Scale, Palette;

// Локальні змінні -----
int16_t TMax, TMin;
int16_t TMax_tmp, TMin_tmp;
int16_t T_Cen;
int32_t Xx, Yy, Zz, Ss = 0;
float Ff;

// Декларації локальних функцій -----
int32_t FilterTCenRC(int32_t Sample);
uint32_t FilterKatRC(uint32_t Sample);
uint16_t ColorScale93(uint16_t Val);

//////////Основний модуль
int main(void)
{
//-----
// Вибрати відповідний startup_stm32f0xx.s.
// У stm32f0xx.h - тип роботи, варіант використання бібліотек, частота кварцу.
// У system_stm32f0xx.c:
// SystemInit() - вибір HSI, заборона переривань.
// SetSysClock() - спроба запустити HSE. Функція вимкнена?
//-----
__disable_irq();

```

					МММТ 480.011.011 - ПЗ	Лист
						56
Зм	Лист	№ докум	Підпис	Дат		

```

SYS_Config(); // вічдог, захист від зчитування
GPIO_Config(); // Налаштування пінів
NVIC_Config(); // Налаштування контролера переривань
ADC_Config();
TIM_Config(); // Таймери      I2C_Config();

POWER_OFF();
BEEP_OFF();
Delay_ms(800);
if (K_POWER_GET()) {while (1){}}; // кнопка не натиснута
POWER_LOCK(); // натиснута кнопка - підпираємо

BEEP_ON();
Delay_ms(100);
BEEP_OFF();
while (!K_POWER_GET()) {} // чекаємо віджиму

TFT_Init(3); // Підготовка екрану
TFT_ClearScreen(BLACK);

BL_TIM_PWM = 12000; // підсвітка вкл
BLCounter = BUCKLIGHT; // зводимо таймер підсвічування

// основной экран (114x114) 2,2 - 115,115
TFT_DrawHorizontalLine(0, 0, 117, BRIGHTGREEN); // рамка основна
TFT_DrawVerticalLine(0, 0, 117, BRIGHTGREEN);
TFT_DrawHorizontalLine(0, 117, 117, BRIGHTGREEN);
TFT_DrawVerticalLine(117, 0, 117, BRIGHTGREEN);

// дополнительный экран (114x114) 2,124 - 115,237
TFT_DrawHorizontalLine(0, 239-117, 117, BRIGHTGREEN); // рамка додаткова
TFT_DrawVerticalLine(0, 239-117, 117, BRIGHTGREEN);
TFT_DrawHorizontalLine(0, 239, 117, BRIGHTGREEN);
TFT_DrawVerticalLine(117, 239-117, 117, BRIGHTGREEN);
TFT_DrawString(">порожньо<", 3*9, 11*16, 0, RED);

TFT_DrawString("Пауза", 30*9, 0*16, 0, BRIGHTCYAN);
TFT_DrawString("Копія", 30*9, 1*16, 0, CYAN);

TFT_DrawString("Заряд:", 27*9, 5*16, 0, GRAY096);

TFT_DrawString("Тепловізор", 24*9, 8*16, 0, BRIGHTYELLOW);
TFT_DrawString("ver0.4", 26*9, 9*16, 0, GREEN);
TFT_DrawString("a_biv@list.ru", 22*9+4, 10*16, 0, SIENNA);

TFT_DrawString("Шкала: авто", 24*9, 13*16, 0, BRIGHTCYAN);
TFT_DrawString("Викл ", 30*9, 14*16, 0, CYAN);

TFT_DrawHorizontalLine(124, 117, 65, BRIGHTGREEN); // границя шкал
TFT_DrawHorizontalLine(124, 239-117, 65, BRIGHTGREEN);
TFT_DrawVerticalLine(195, 5, 239-10, BRIGHTGREEN);

```

					МММТ 480.011.011 - ПЗ	Лист
						57
Зм	Лист	Но докум	Підпис	Дат		

6. КОНСТРУКТОРЬСКА ЧАСТИНА

6.1. Розробка друкованої плати

Було використано середовище DipTrace. DipTrace – багатофункціональна САПР з розробки електронних друкованих плат та схемотехнічної документації для проектів будь-якої складності, від ідеї до готового пристрою.

Інтуїтивно проста програма з величчю необхідних інструментів, яка дозволить створити першу плату всього за кілька годин. Складніші функції стануть у нагоді для проектів з високою щільністю компонентів.

Усі модулі DipTrace мають спільні принципи організації інтерфейсу для комфортної роботи у програмі. До складу також входить підручник з чіткими інструкціями "крок за кроком".

DipTrace повністю відповідає вимогам не лише аматорів, а й досвідчених професіоналів у галузі електроніки. Це оптимальний вибір для успішної та ефективної роботи. [21]

Плата пристрою розроблена в середовищі DipTrace, на рисунку 6.1-6.3.

Розмір мікроконтролер SMT – 10x10мм, стабілізатор напруги MCP73831-2 – 3.1x1.8x1.3мм, MCP1640 – 2x3x0.9 мм, LP2951CM-3.3 – 3.9x6x1.75мм, інфрачервоний датчик AMG8833 – 17x18мм, тактові кнопки 6x6-7.5мм, LCD дисплей 320x240 FF24221-A – 71x52x7 мм, бузер HCM1206X – 12x12x9.5мм. Також врахується місце для світло діода, діодів, транзисторів, резисторів та конденсаторів та роз'ємів. В даній системі маємо 3 роз'єми XS1 – micro usb, X1 – роз'єм WF2 + WH-2 + обтиснуті дрони; X2 – роз'єм PLS-5. Також врахуємо технічну зону. Розмір плати буде складати 52x90мм.

Автоматизована система контролю для визначення температурного поля об'єкту однопалатна, має два шари. На рис.6.1 ширина доріжки складає 0,25мм, діаметр отворів складає 0,6мм, внутрішнього отвору дорівнює 0,3мм. Матеріал для плати буде беремо стеклотекстоліт. [22]

					МММТ 480.011.011 - ПЗ	Лист
						58
Зм	Лист	№ докум	Підпис	Дат		

В якості корпусу застосуємо корпус Sanhe 20-22 розміром 92x58x23 мм.

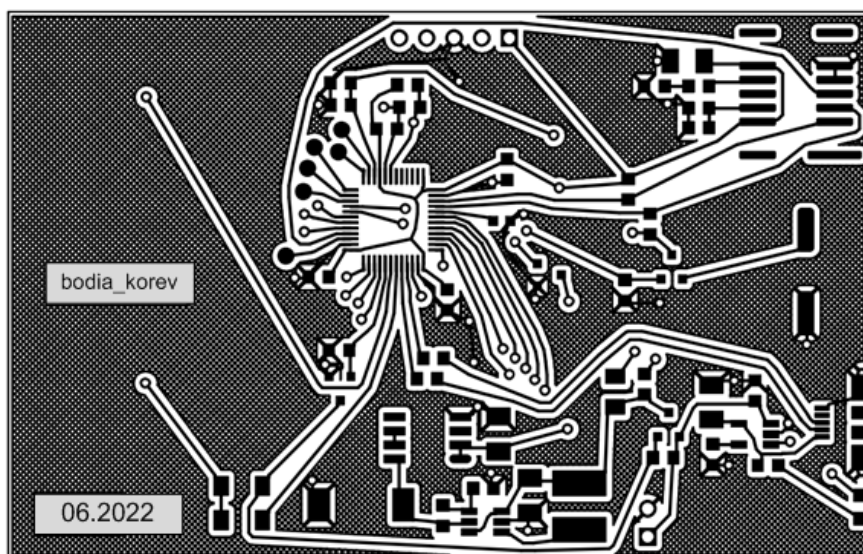


Рис. 6.1 – Перший шар плати

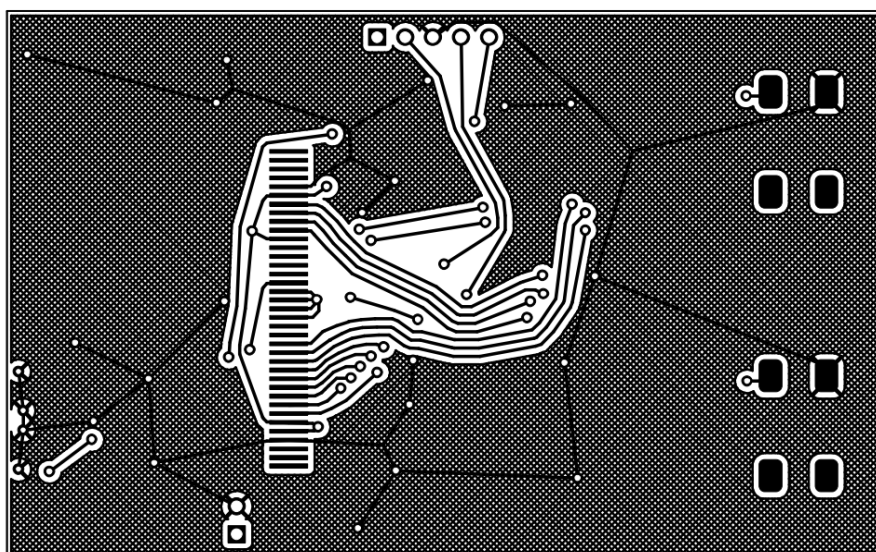


Рис. 6.2 – Другий шар плати

На рис.6.4 представлення система без корпусу, а на рис.6.5. представлений корпус системи.

Конструктив вибирався за критеріями максимальної простоти та дешевизни. На дні пластикової коробки прорізається прямокутна зона для

дисплея 37x50 мм та два отвори під штовхачі кнопок діаметром 4 мм. Збоку прорізається зона під USB роз'єм та отвір діаметром 1 мм для світлодіода заряду.

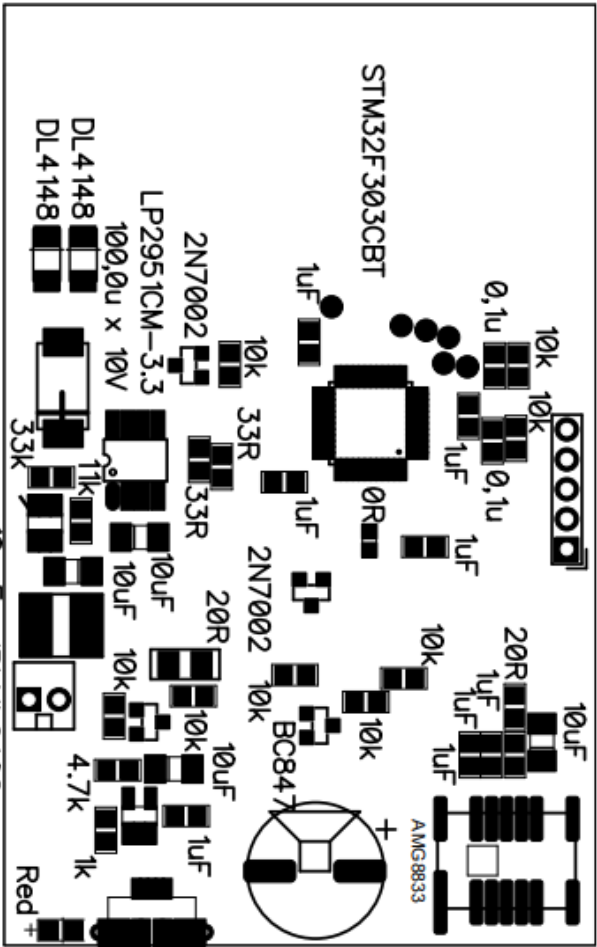


Рис. 6.3. Монтажна плати

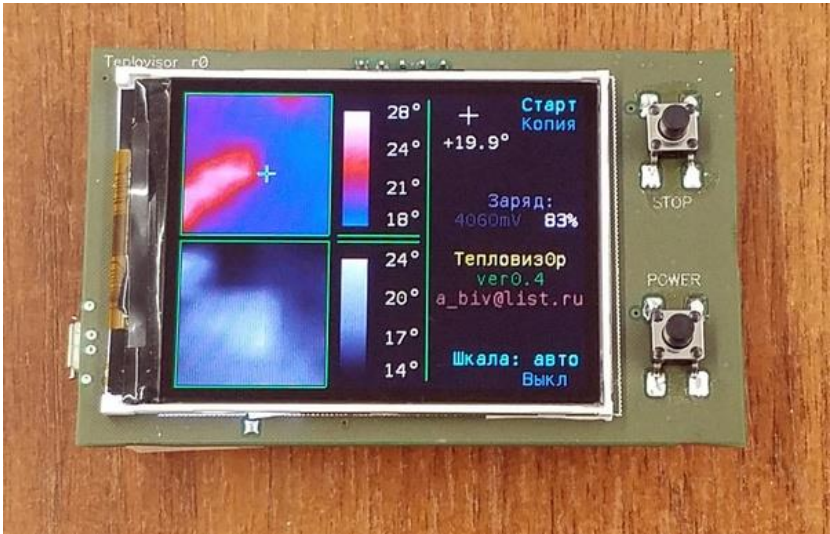


Рис. 6.4. Готова система



Рис. 6.5. Корпус система

На кришці зрізається кут 18x20 мм напроти сенсора. У силу того, що сенсор досить глибоко втоплений углиб корпусу, було вирішено ні чим не закривати цей кут, до того ж будь-який матеріал сильно розсіював випромінювання, що призводило до змащення картинки.

Дисплей приклеєний до друкованої плати пористим двостороннім скотчем товщиною 1 мм. Плата в корпусі розміщується так, щоб роз'єм USB був вставлений в проріз у корпусі, яку потрібно розташувати на такій висоті, щоб дисплей уперся в корпус і злегка стиснув скотч.

З боку кнопок плата упирається в гайку на гвинті M3x20, загвинченому на передній панелі. Акумулятор також приклеєний до друкованої плати пористим двостороннім скотчем.

Роз'єм акумулятора потрібно припаяти до плати злегка під кутом, щоб він не заважав закритися задній кришці. У прикріпленому до статті архіві є програма в G-кодах для різання корпусу на 3-координатному верстаті, повна специфікація застосованих компонентів, друкована плата у форматі PCAD2006 та у вигляді картинки для її виготовлення за лазерно-прасною технологією.

6.2. Розрахунок надійності системи

Система буде знаходитися в білому корпусі Sanhe 20-22 розміром 92x58x23 мм [23] з необхідними доробками. Значення температурного діапазону поля об'єктів відображається на дисплеї. В якості живлення використовується акумулятора Li-on на 5В.

При розрахунку надійності визначалися наступні кількісні показники:

1. Імовірність безвідмовної роботи за заданий час $P(t)$;
2. Параметр потоку відмовлень $\lambda(t)$;
3. Середній наробіток до відмовлення T_e .

Безвідмовність – властивість системи неперервно зберігати працездатність впродовж заданого інтервалу часу. Звичайно визначається імовірність безвідмовної роботи за даний інтервал часу, що вибирається рівним 500, 1000 чи 2000 годин.

Основним показником, що враховується при розрахунках надійності, є інтенсивність відмовлень $\lambda(t)$ – число відмовлень в одиницю часу, віднесене до числа елементів, що залишилися справними до початку даного інтервалу часу.

Розрахунок показників надійності проводився методом λ - характеристик, заснованому на інтенсивностях відмовлень комплектуючих виробів (КВ) і поправочних коефіцієнтах, що враховують реальні режими і умови експлуатації виробу.

Виріб призначений для роботи в умовах помірного клімату:

- робочий діапазон температури від -25 до 55°C, відносна вологість повітря до 80% при 20 °C;
- конструктивно виконано для роботи на зовні автомобіля без штучно регульованих кліматичних умов, вібростійкий.

Склад виробу – автоматизована система контролю для визначення температурного поля об'єкту.

					МММТ 480.011.011 - ПЗ	Лист
Зм	Лист	№ докум	Підпис	Дат		62

Критерієм відмовлення виробу вважається відмовлення будь-якої його складової частини (вузла), що приводить до порушення працездатності виробу і неможливості використання його по призначенню.

При розрахунку надійності були прийняті наступні допущення:

1. відмовлення КВ і ІС є подіями випадковими і незалежними;
2. відмовлення будь-якого КВ приводить до відмовлення виробу в цілому;
3. інтенсивність відмовлень КВ протягом терміну їхньої служби в тих самих робочих режимах і умовах є постійною;
4. закон розподілу в розрахунках безвідмовної роботи передбачається експоненціальним.

Розрахунок надійності спроектованого виробу проводиться в відповідності з електричною принциповою схемою виробу і з обліком заданих кліматичний категорії і виконання виробу.

Розрахунок параметра потоку відмовлень виробу проводиться по формулі:

$$\lambda = \sum_{i=1}^n N_i \lambda_i, \quad (6.1)$$

де n – загальне число групи КВ, що входять до складу проектованого виробу; $N_i \lambda_i$ – кількість і інтенсивність відмовлень КВ i -ої групи відповідно.

Інтенсивність відмовлень КВ i -ої групи в робочому режимі визначалася по формулі

$$\lambda_i = \lambda_{oi} a_1 \dots a_n. \quad (6.2)$$

де λ_{oi} – інтенсивність відмовлень КВ в номінальному режимі і нормальних умовах; $a_1 \dots a_n$ – поправочні коефіцієнти, що враховують умови роботи (кліматичні і механічні впливи в залежності від призначення й умов

майбутньої роботи), електричне навантаження КВ і температуру навколишнього середовища, ступінь інтеграції інтегральних мікросхем, а також співвідношення видів відмовлень.

Конкретні формули, по яких визначалися інтенсивність відмовлень кожної групи комплектуючих виробів, приведені в таблиці 6.1.

Величини значень визначилися по довідковим даним, приведеним у [24] з врахуванням вихідних даних для проектуваного виробу.

По формулі (6.1) визначаємо потік відмовлень виробу (сума величин в графі 10 таблиці 6.2):

$$\lambda = 68,56 \cdot 10^{-6} \text{ 1/год.}$$

Ймовірність безвідмовної роботи виробу протягом часу t визначалася по формулі

$$P(t) = e^{-\lambda t} \approx 1 - \lambda t \quad (6.3)$$

де λ – параметр потоку відмовлень; t – час роботи виробу (год) [24].

Дані розрахунку $P(t)$ приведені в таблиці 6.1.

Таблиця 6.1 – Ймовірність безвідмовної роботи виробу протягом часу t

250	500	750	1000	2000	5000	8000	10000
0,9813	0,9629	0,9449	0,9272	0,8596	0,6852	0,5461	0,4695

На графіку, приведеному на рис 6.6 приведена залежність надійності $P(t)$.

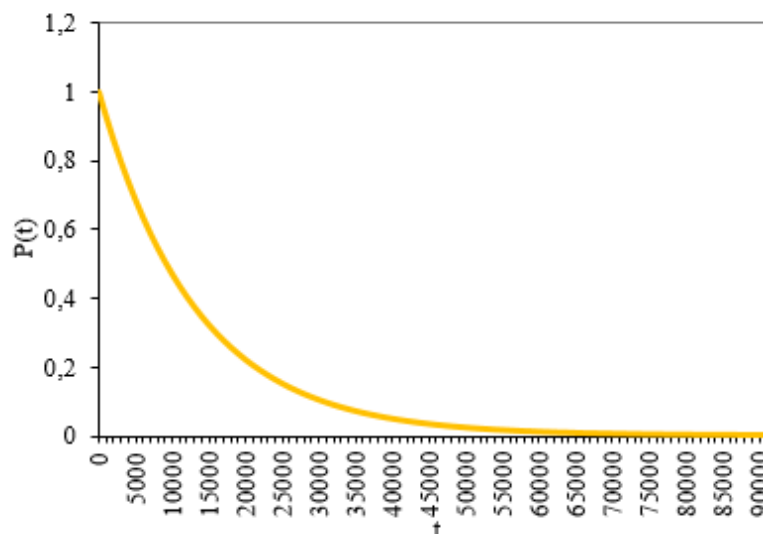


Рис.6.6 – Ймовірність безвідмовної роботи виробу протягом часу t

Середній наробіток до відмовлення виробу визначався по формулі:

$$T_0 = \lambda^{-1} \quad (6.4)$$

Підставляючи дані в формулу (2.4) одержимо

$$T = (75,62 \cdot 10^{-6})^{-1} = 13\,225 \text{ годин.}$$

Таблиця 6.2 – Перелік комплектуючих виробів

Поз.	Найменування	Кіл.	$\lambda_{i0} \cdot 10^6$ год ⁻¹	Формула розрахунку λ_i	Коефіцієнти				$\Sigma \lambda_i \cdot 10^6$ год ⁻¹
1	Мікросхеми				a_1	a_2	a_4	a_6	
	STM32F303CBT	1	0,3	$\lambda_0 \cdot a_1 \cdot a_2 \cdot a_4 \cdot a_6$	2,1	1	1,3	1	0,819
2	Стабілізатор напруги				a_1	a_2	a_4	a_6	
	MCP73831-2	1	0,3	$\lambda_0 \cdot a_1 \cdot a_2 \cdot a_4 \cdot a_6$	2,1	1	1,3	1	0,819
	MCP1640	1	0,3	$\lambda_0 \cdot a_1 \cdot a_2 \cdot a_4 \cdot a_6$	2,1	1	1,3	1	0,819
	LP2951CM-3.3	1	0,3	$\lambda_0 \cdot a_1 \cdot a_2 \cdot a_4 \cdot a_6$	2,1	1	1,3	1	0,819
3	Датчики				a_1	a_2	a_4	a_6	
	AMG8833	1	0,3	$\lambda_0 \cdot a_1 \cdot a_2 \cdot a_4 \cdot a_6$	2,1	1	1,3	1	0,819
4	Резистори	16	0,008	$\lambda_0 \cdot a_1 \cdot a_2 \cdot a_4$	2,1	0,8		1	0,21504
5	Діоди				a_1	a_2	a_4	a_6	
	DL4148	2	0,3	$\lambda_0 \cdot a_1 \cdot a_2 \cdot a_4 \cdot a_5$	2,1	1	1,3	1	1,638
	LED_0805	1	0,3	$\lambda_0 \cdot a_1 \cdot a_2 \cdot a_4 \cdot a_6$	2,1	1	1,3	1	0,819
6	Транзистори				a_1	a_2	a_4	a_6	
	IRLML6402	1	0,4	$\lambda_0 \cdot a_1 \cdot a_2 \cdot a_4$	2,1	0,7		1	0,588
	BC847	1	0,4	$\lambda_0 \cdot a_1 \cdot a_2 \cdot a_4$	2,1	0,7		1	0,588
	2N7002	2	0,4	$\lambda_0 \cdot a_1 \cdot a_2 \cdot a_4$	2,1	0,7		1	1,176
7	Дисплей LCD FF24221-A	1	0,3	$\lambda_0 \cdot a_1 \cdot a_2 \cdot a_4 \cdot a_6$	2,1	1	1,3	1	0,819
8	Кнопка	2	0,3	$\lambda_0 \cdot a_1 \cdot a_2 \cdot a_4 \cdot a_6$	2,1	1	1,3	1	1,638
9	Конденсатори	15	0,008	$\lambda_0 \cdot a_1 \cdot a_2 \cdot a_4$	2,1	0,8		1	0,2016
10	Бuzzer	1	0,3	$\lambda_0 \cdot a_1 \cdot a_2 \cdot a_4 \cdot a_6$	2,1	1	1,3	1	0,819
11	Пайки	90	0,0001	$\lambda_0 \cdot a_1$	2,1				0,0189
12	Акумулятор 5В	1	30	$\lambda_0 \cdot a_1 \cdot a_4$	2,1			1	63
	Разом								75,62

7. ОХОРОНА ПРАЦІ

7.1. Охорона праці

Охорона праці – це система правових, соціально-економічних, організаційно-технічних, санітарно-гігієнічних та лікувально-профілактичних заходів та засобів, спрямованих на збереження життя, здоров'я та працездатності людини в процесі трудової діяльності.

Законодавство про охорону праці складається із Закону України «Про охорону праці», КЗпП, Закону України «Про загальнообов'язкове державне соціальне страхування» та прийнятих відповідно до них нормативно-правових актів.

Передусім до завдань служби охорони праці входить організація проведення профілактичних заходів, спрямованих на усунення шкідливих та небезпечних виробничих факторів, запобігання нещасним випадкам, професійним захворюванням, аваріям та іншим випадкам загрози життю чи здоров'ю працівників.

Організація охорони праці на підприємстві – це цілісна система прав, обов'язків та повноважень суб'єктів виробничого процесу, процедур, спрямованих на дотримання безпечного рівня виробництва, правил та нормативних вимог, що регулюють питання найманої праці.

7.2. Вимоги до проведення тепловізійного обстеження

Сьогодні в будівництві застосовується безліч нових матеріалів та технологій теплоізоляції, використання яких дозволяє зменшити витрати на обігрів будівель. Однак, внаслідок дефектів у теплоізоляції, монтажних помилок можуть виникати значні теплові втрати в споруді (близько 40%). У той час як відсутність дефектів дозволяє знизити енергоспоживання до 30%.

Крім того, ряд будівельних матеріалів та їх застосування вимагає дотримання як правил використання щодо герметичності та теплової ізоляції,

					МММТ 480.011.011 - ПЗ	Лист
						66
Зм	Лист	№ докум	Підпис	Дат		

так і вимог щодо монтажу цих матеріалів. Внаслідок неправильного застосування матеріалів або їх монтажу може виникати нездорова житлова атмосфера через проникнення вогкості та плісняви.

За допомогою тепловізійної діагностики можна виявити області витоків тепла у будові, неправильність функціонування опалювальних систем, систем охолодження або обігріву кондиціонування повітря. Ремонтуючи ці області - ми можемо зберегти тепло і тим самим уникнути постійних витрат на обігрів будівлі.

Використання тепловізійної діагностики можливе на різних етапах експлуатації будівлі:

1. Перед покупкою будинку або квартири, на етапі будівництва, або перед прийняттям в експлуатацію від підрядника - оцінка якості виконання будівельних та теплоізоляційних робіт. У такому випадку бажано провести тепловізійне обстеження до завершення робіт - тоді є можливість швидко і недорого усунути виявлені хибки, побачити і зрозуміти де ж втрачає будинок тепло і чи все в порядку з інженерними системами.

2. Перед початком ремонтних робіт – для виявлення проблемних місць – зон тепловитрат, затікань, що дає можливість правильно підібрати матеріали та способи усунення дефектів, уникнути повторної появи проблем після завершення ремонтних робіт, а значить не допустити додаткових витрат на матеріали. Також це і можливість виявлення в підлозі та стінах труб опалення, теплої підлоги, щоб запобігти їх пошкодженню під час виконання робіт.

3. При запуску систем опалення – для перевірки працездатності систем, своєчасного усунення несправностей, можливих місць протікання.

4. При підготовці до холодного часу року - для виявлення та оперативного усунення зон тепловитрат і як наслідок-економія на енергоносіях та утеплюють матеріалах.

З використанням тепловізора можливе вирішення низки завдань:

– визначення теплоізоляції стін, окон, дверей, стану утеплення чердака та покрівлі; статі і фундаменту, цоколя;

					МММТ 480.011.011 - ПЗ	Лист
						67
Зм	Лист	№ докум	Підпис	Дат		

– знаходження та перевірка розташування труб, їх стану для попередження або прицільного виявлення місць протікань;

– виявлення будівельних помилок. Завдяки тепловізору можна легко довести, що будівельні роботи були неправильно або неякісно виконані. Тепловізор показує втрати тепла і витоку повітря (осередки виникнення протягів), що відбуваються у будівлях, у вигляді якісних барвистих теплових картинок. Виявлення дефектів стін, стиків між панелями, примикань перекриттів;

– визначення ступеня висихання будівель;

– планування ремонту та перевірка якості виконання будівельних робіт. Серед іншого можливо розпізнавання та запобігання на ранній стадії проблемних місць, що дозволить мінімізувати витрати;

– перевірка герметичності віконних склопакетів, визначення правильності встановлення вікон та дверей, стану монтажної піни у віконних та дверних швах.

– виявлення течії на плоских крышах

– діагностика функціонування систем опалення, вентиляція та кондиціонування повітря (ОВКВ). Навіть найдосконаліша система ОВКВ втрачає енергію без герметичної системи вентиляційних каналів. Тепловізор дозволяє виявити втрати чи проникнення повітря у повітроводі, а також контролювати заслінки, щоб визначити, чи є обігрів чи охолодження оптимальним;

– виявлення нераціональності у розведенні опалювальної системи по поверхнях та секціях, засміченість труб та опалювальних приладів (радіаторів);

– протипожежна безпека. Завдяки тепловізори можуть бути легко виявлені існуючі щілини, місця витоків та пошкоджень кирпич у дымоходах та вихлопних каналах нагрівальних систем

– запобігання виникненню плісняви. Спори грибків розмножуються переважно на вологих ділянках. Тепловізори зі спеціальними функціями програмного забезпечення для візуалізації точки роси, що вказують

					МММТ 480.011.011 - ПЗ	Лист
						68
Зм	Лист	№ докум	Підпис	Дат		

піддаються опасности ділянки. Таким чином, потенційна опасність виявляється своєчасно;

– діагностика теплих підлог. Відновлення втрачених схем прокладання труб або електричних нагрівачів у нагрітих підлогах, діагностика функціонування системи та її елементів. Складає монтажні схеми теплих підлог та прихованих комунікацій.

Тепловізор може використовуватися як прилад для безконтактного вимірювання температури об'єктів і температурних полів.

За допомогою тепловізора можна оперативно визначити передумови виникнення та наявність дефектів у теплотрасах, водопроводах та електричних з'єднаннях, тим самим попередити серйозні аварії.

Вимоги до проведення якісного тепловізійного обстеження:

a. Різниця температур в обстежуваному приміщенні і на вулиці повинна становити не менше 15°C. Морозна погода – можливість якісного проведення тепловізійного обстеження будинку.

b. Відсутність прямого попадання прямих сонячних променів на фасад та дах обстежуваного будинку.

c. швидкість вітру - не більше 5-7 м/с.

d. відсутність опадів на момент проведення обстеження.

Проводити тепловізійне обстеження потрібно лише з використанням обладнання, що пройшов метрологічну атестацію.

Усі роботи з тепловізійного обстеження та аналізу повинні проводити сертифіковані фахівці, які пройшли спеціальне навчання.[24]

ВИСНОВКИ

В даній дипломній роботі була розроблена комп'ютеризована система для вимірювання та контролю температурного поля будинку.

Комп'ютеризована система для вимірювання та контролю температурного поля будинку може використовуватися для таких задач:

- дослідження температурно-вологісного та повітряного режиму приміщень будівлі;
- вимірювання температур та термографування заздалегідь визначених ділянок зовнішньої та внутрішньої поверхонь стіни;
- виявлення можливих теплотехнічних неоднорідностей стінової панелі, заповнень стиків та віконних;
- визначення фактичних теплофізичних характеристик огорожувальних конструкцій та порівняння з проектними чи нормативними показниками.

Розроблена комп'ютеризована система працює в автоматичному режимі, вимірювання та контроль температурного поля будинку видбувається завдяк інфрачервоного датчика тепла. Система сканує необхідне поле в будинку, робить розрахунок та виводить на дисплей температурне поле виміряного об'єкту. Також в системі є два режими роботи: вимірювання та режим відображення.

В дипломній роботі були вирішенні такі завдання:

1. Був зроблений аналіз існуючих систем для вимірювання та контролю температурного поля будинку;
2. Обрані складові та елементи системи та побудована структурна та принципова схеми, побудований алгоритм та написана програма;
3. Проведений розрахунок та аналіз точності вимірювання системи;
4. Зроблено проектування дуркованої плати та розрахунок надійності системи, що склала 13225 годин.;
5. Проведений опис охорони праці та тепловізійного обстеження.

					МММТ 480.011.011 - ПЗ	Лист
						70
Зм	Лист	№ докум	Підпис	Дат		

ПЕРЕЛІК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Тепловізійне обстеження житлових багатоквартирних будинків [Електроний ресурс]. – Режим доступу: <http://teplovizor.by/doma.htm>.
2. Тепловізійна діагностика приватних будинків та квартир [Електроний ресурс]. – Режим доступу: <https://m-e-g-a.ua/elektrolaboratoriya/kak-vypolnyaetsya-teplovizionnoe-obsledovanie-doma>.
3. Тепловізор Elitech П 1000ТВ[Електроний ресурс]. – Режим доступу: ATN OTS-XLT 160 2.5-10X [Електроний ресурс]. –<https://elitech-line.ua/catalog/teplovizor-elitech-p-1000tv>.
4. . Тепловізор CONDROL IR-CAM 2 [Електроний ресурс]. – Режим доступу:https://condtrol.ua/catalog/pribory_nerazrushayushchego_kontrolya/teplovizory/teplovizor_condtrol_ir_cam_2.
- 5.Тепловізор СЕМ DT-870 [Електроний ресурс]. – Режим доступу: <https://www.rusgeocom.ua/products/teplovizor-rgk-tl-70>.
6. Тепловізор RGK TL-70 [Електроний ресурс]. –Режим доступу: <https://www.ami-com>.
- 7.Мікроконтролери сімейства STM32 [Електроний ресурс]. – Режим доступу: <https://arduino.ua/ru/art99-mikrokontrolleri-semeistva-stm32>.
8. Теплові модулі (камера з інфрачервоним підсвічуванням) [Електроний ресурс]. – Режим доступу: <https://evotrade.com.ua/ru/ik-videokamera-kamera-z-infrachervonim-pidsvichuvannyam>.
9. Тактові кнопки [Електроний ресурс]. – Режим доступу: <https://evotrade.com.ua/ru/ik-videokamera-kamera-z-infrachervonim-pidsvichuvannyam>.
- 10.Типи дисплеїв [Електроний ресурс]. – Режим доступу: <https://tehnar.net.ua/tipi-displeyiv>.
11. Мікроконтролери сімейства STM32F10x [Електроний ресурс]. – Режим доступу: <https://www.chipdip.am/product/stm32f103vbt6>.
12. Інфрачервоний датчик AMG8833 [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://aliexpress.ua/item/1005001991332288.html>.

					<i>МММТ 480.011.011 - ПЗ</i>	Лист
Зм	Лист	№ докум	Підпис	Дат		71

13. Тактова кнопка ТАСТ 6х6-7.5мм 4pin [Електронний ресурс]. –Режим доступу: <https://izi.ua/p-39067247-knopka-taktovaya-tact-6x6-7-5mm-4pin> – Дата доступу: 21.05.2022.

14. TFT LCD на контролері ILI9341 [Електронний ресурс]. –Режим доступу: <https://mcustore.ru/store/displei/displej-tft-2-4-dyuyma-spi-3-3-v-ili9341>.

15.Мікросхема MCP73831 [Електронний ресурс]. –Режим доступу: <https://www.chipdip.ua/product/mcp73831t-2aci-ot>.

16.Мікросхема LP2951CM [Електронний ресурс]. –Режим доступу: <https://zapadpribor.com/lp2951cm-stabilizator/>

17.Мікросхема MCP1640 [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://zapadpribor.com/mcp1640b-i-mc-mikroskhema>.

18.Зелений світлодіод 0805 [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://asenergi.com/catalog/svetodiody-smd/smd-0805.html>.

19.Динамік HCM1206X [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://asenergi.com/catalog/akustika/zummer-hcm.html>.

20.Li-on акумулятора Panasonic NCR18650GA 3500 mAh 10A – Режим доступу:https://bestbattery.com.ua/li_ion_1850/li_ion_18650/imr_18650/panasonic_ncr18650ga.

21.Середовище DipTrace [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://diptrace.com/ua/diptrace-software/1602>.

22.Корпус Sanhe 20-22 [Електронний ресурс]. – Режим доступу: ogrus-plastik-92h58h23mm_36255.

23. Конструювання та технологія виробництва техніки реєстрації інформації: у 3-х кн. кн. 2. основи конструювання: Навчальний посібник / Є. М. Травніков, В. С. Лазебний, Г. Г. Власюк, В. В. Пілінський, В. М. Співак, В. Б. Швайченко. За загальною редакцією В. С. Лазебного – К.: «КАФЕДРА», 2015.

24. Тепловізійне обстеження [Електронний ресурс]. – Режим доступу: https://ecoversiya.com/services/energoaudit_teplovizionnoe_obsledovanie.html.

					МММТ 480.011.011 - ПЗ	Лист
						72
Зм	Лист	№ докум	Підпис	Дат		