

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
Національний університет «Запорізька політехніка»

Факультет комп'ютерних наук і технологій

(повне найменування факультету)

Кафедра програмних засобів

(повне найменування кафедри)

Пояснювальна записка

до дипломного проєкту (роботи)

бакалавр

(ступінь вищої освіти)

на тему РОЗРОБКА СИСТЕМИ БЕЗКОНТАКТНОГО ВИМІРЮВАННЯ
ТЕМПЕРАТУРИ
DEVELOPMENT OF A NON-CONTACT TEMPERATURE
MEASUREMENT SYSTEM

Виконав: студент(ка) 4 курсу, групи КНТ-119

Спеціальності 121 Інженерія програмного
забезпечення

(код і найменування спеціальності)

Освітня програма (спеціалізація)

Інженерія програмного забезпечення

ПОЛЯНОВСЬКИЙ А.О.

(ПРИЗВИЩЕ та ініціали)

Керівник ГЛАДКОВА О.М.

(ПРИЗВИЩЕ та ініціали)

Рецензент ЗЕЛЕНЬОВА І.Я.

(ПРИЗВИЩЕ та ініціали)

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
Національний університет «Запорізька політехніка»
(повне найменування закладу вищої освіти)

Факультет КНТ
Кафедра програмних засобів
Ступінь вищої освіти бакалавр
Спеціальність 121 Інженерія програмного забезпечення
(код і найменування)
Освітня програма (спеціалізація) Інженерія програмного забезпечення
(назва освітньої програми (спеціалізації))

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри ПЗ, д.т.н, проф.
Сергій СУББОТІН
“ ” 2023 року

З А В Д А Н Н Я

НА ДИПЛОМНИЙ ПРОЄКТ (РОБОТУ) СТУДЕНТА(КИ)

ПОЛЯНОВСЬКОГО Артема Олександровича

(ПРИЗВИЩЕ, ім'я, по батькові)

1. Тема проєкту (роботи) Розробка системи безконтактного вимірювання температури. Development of a non-contact temperature measurement system.

керівник проєкту (роботи) к.т.н., ГЛАДКОВА Ольга Миколаївна,
(науковий ступінь, вчене звання, ПРИЗВИЩЕ, ім'я, по батькові)

затверджені наказом закладу вищої освіти від “04” квітня 2023 року № 87

2. Строк подання студентом проєкту (роботи) 31 червня 2023 року

3. Вихідні дані до проєкту (роботи) рекомендована література, технічне завдання

4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити) 1. Аналіз предметної області. 2. Огляд інструментарію розробки. 3. Реалізації програмно-апаратної системи. 4. Інструкції по використанню та тестування системи.

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

6. Консультанти розділів проєкту (роботи)

Розділ	ПРИЗВИЩЕ, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	прийняв виконане завдання
1-4 Основна частина	ГЛАДКОВА О.М., доцент		
Нормоконтроль	ДЕЙНЕГА Л.Ю., ст.викладач		

7. Дата видачі завдання “ 04 ” квітня 2023 року.

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів дипломного проєкту (роботи)	Строк виконання етапів проєкту (роботи)	Примітка
1	Постановка завдання роботи.	1 тиждень	Завдання, ТЗ
2	Аналіз предметної області.	1 тиждень	Розділ 1
3	Розробка архітектури програми.	2 тиждень	Розділ 2
4	Розробка програми.	3-4 тижні	Розділ 3
5	Тестування та експериментальне дослідження програми.	5 тиждень	Розділ 4
6	Оформлення пояснювальної записки та документів до неї.	6 тиждень	Додатки
7	Нормоконтроль та рецензування.	7 тиждень	
8	Захист роботи.	8 тиждень	

Студент(ка)

(підпис) (прізвище та ініціали)

_____ Артем ПОЛЯНОВСЬКИЙ

Керівник проєкту (роботи)

(підпис) (прізвище та ініціали)

_____ Ольга ГЛАДКОВА

РЕФЕРАТ

Пояснювальна записка до дипломної кваліфікаційної роботи бакалавра: 66 с., 26 рис., 5 табл., 2 дод., 16 джерело.

ТЕМПЕРАТУРА, ІНФРОЧЕРВОНИЙ ДАТЧИК, ДИСТАНЦІЙНЕ ВИМІРЮВАННЯ ТЕМПЕРАТУРИ, ARDUINO.

Об'єкт дослідження – засоби для вимірювання температури.

Предмет дослідження – програмно-апаратні засоби для дистанційного вимірювання температури.

Мета роботи – створення програмно-апаратної системи дистанційного вимірювання температури.

Матеріали, методи та технічні засоби: високорівневе програмування, C-подібні мови програмування, апаратно-програмний комплекс Arduino, Android застосунок, бібліотеки для роботи з LCD дисплеєм, ноутбук з процесором Intel Core i3 з операційною системою Windows.

Результати. Створено програмно-апаратний засіб на базі платформи Arduino, який дозволяє дистанційно вимірювати температуру будь якого об'єкта.

Висновки. Розроблено апаратну частину та програмне забезпечення системи на базі платформи Arduino, для дистанційного вимірювання температури об'єкта.

Галузь використання – охорона здоров'я, повсякденне життя.

ABSTRACT

Explanatory note to the diploma qualifying work of the bachelor: 66 pages, 26 figures, 5 tables, 2 appendixes, 16 sources.

TEMPERATURE, INFRARED SENSOR, REMOTE TEMPERATURE MEASUREMENT, ARDUINO.

The object of research is means for measuring temperature.

The subject of study is hardware and software tools for remote temperature measurement.

The purpose of the work is to create a hardware and software system for remote temperature measurement.

Materials, methods and tools: high-level programming, C-like programming languages, Arduino hardware and software complex, Android applications, libraries for working with an LCD display, a laptop with an Intel Core i3 processor and a Windows operating system.

Results. A software and hardware tool based on the Arduino platform was created, which allows you to remotely measure the temperature of any object.

Conclusions. The hardware and software of the system based on the Arduino platform were developed for remote measurement of object temperature.

The field of use is health care, everyday life.

ЗМІСТ

	С.
Перелік скорочень та умовних познач.....	8
Вступ.....	9
1 Аналіз предметної області.....	11
1.1 Різновиди інструментів для вимірювання температури	11
1.2 Переваги та недоліки інфрочервоних термометрів	15
1.3 Вимір температури різних поверхонь з використанням інфрочервоного датчику	17
1.4 Вимірювання температура тіла інфрочервоним сенсором.....	24
1.5 Висновок до розділу 1	26
2 Огляд інструментарію розробки.....	27
2.1 Огляд платформи для розробки апаратної частини системи	27
2.2 Огляд обраних комплектуючих для побудови системи дистанційного вимірювання температури.....	31
2.3 Огляд та вибір середовища розробки.....	32
2.4 Висновки до розділу 2	35
3 Реалізація програмно-апаратної системи	37
3.1 Структурна схема системи дистанційного вимірювання температури.	37
3.2 UML-діаграма послідовності роботи системи	37
3.3 Схема електрична принципова розроблюваної системи	39
3.4 Основні розроблені функції програмного забезпечення	42
3.5 Висновки до розділу 3	44
4 Інструкції по використанню та тестування системи	45
4.1 Інструкції налаштування апаратної та програмної частини системи вимірювання температури.....	45
4.2 Робота та тестування прототипу системи дистанційного вимірювання температури	48
4.3 Висновки до розділу 4	49
Висновки	51

Перелік джерел посилання	52
Додаток А_Текст програми.....	54
Додаток Б_Слайди презентації	60

ПЕРЕЛІК СКОРОЧЕНЬ ТА УМОВНИХ ПОЗНАК

ІЧ – інфрачервоний;

ПК – персональний комп'ютер;

LCD – liquid crystal display.

ВСТУП

Температуру можна вимірювати за допомогою різноманітних датчиків. Усі вони визначають температуру, відчуючи певну зміну фізичної характеристики.

Шість типів, з якими інженер може стикатися, це: резистивні температурні пристрої (термістори), термопари, інфрачервоні випромінювачі, пристрої для розширення рідини, біметалічні пристрої та пристрої зміни стану.

Термометр – різновид вимірювальних приладів, що використовуються для вимірювання температури предметів. Одним з видів термометрів є інфрачервоний термометр. Форма інфрачервоного термометра схожа на пістолет, його легко носити куди завгодно. Зазвичай використовується для вимірювання температури тіла дітей або немовлят.

Під час пандемії COVID-19 інфрачервоний термометр часто використовують для вимірювання температури тіла людини під час відвідування місця, а також для виконання протоколів охорони здоров'я.

Користуватися інфрачервоним термометром також досить просто. Просто потрібно піднести його до чола людини, і тоді з'явиться температура його тіла. Це дуже ефективно та корисно, тому немає потреби встановлювати фізичний контакт для вимірювання температури тіла.

Тож вимірюючи температуру тіла, це можна робити не надто близько, оскільки в умовах пандемії COVID-19 більшість людей схильні турбуватися про фізичний контакт з іншими людьми. Крім того, ми також повинні дистанціюватися від інших людей.

Таким чином робота є актуальною, а саме метою цієї роботи розробити прототип програмно-апаратної системи для дистанційного вимірювання температури.

Для досягнення поставленої мети необхідно вирішити наступні завдання:

- проаналізувати існуючі інструменти для дистанційного вимірювання температури;
- проаналізувати особливості дистанційного вимірювання температури;
- обрати інструментарій для розробки;
- спроектувати прототип системи;
- розробити програмне забезпечення.

1 АНАЛІЗ ПРЕДМЕТНОЇ ОБЛАСТІ

1.1 Різновиди інструментів для вимірювання температури

Багатьом невідомо, що насправді існує кілька різних способів і гаджетів для вимірювання температури. Температура – це просто рівень енергії матерії, який можна відстежити за зміною в цій матерії. Існує безліч інструментів, які різними способами вимірюють температуру різних об'єктів. Зокрема, існує сім основних типів вимірювальних пристроїв. В статті [1] описується сім типів пристроїв, які найчастіше використовуються для вимірювання температури.

Термопари – це тип приладів напруги, які вказують на зміну температури шляхом зміни напруги. У міру підвищення температури об'єкта напруга від термопари зростатиме разом із нею, хоча й не лінійно.

Фактичний пристрій зазвичай зберігається в металевому або керамічному зовнішньому покритті, щоб захистити його від високих температур та інших типів навколишнього середовища. Існують також інші типи покриттів, які можна використовувати, наприклад, тефлон, який захищає від кислот і їдких розчинів.

Резистивні температурні прилади. Ці пристрої є електричними, але вони не використовують напругу для визначення температури. Натомість вони використовують опір об'єкта, який вони вимірюють, щоб виміряти та записати його температуру. Існує два основних типи резистивних пристроїв – металеві резистивні температурні пристрої та термістори.

Ці пристрої простіше використовувати, ніж термопари, оскільки їхні показання зазвичай лінійні та їх легко розшифрувати. Однак термопари є більш резистивними та захищеними, ніж резистивні пристрої.

Інфрачервоні датчики. Ці пристрої чудові, оскільки вони можуть зчитувати температуру об'єкта, не торкаючись його. Вони особливо корисні для вимірювання температури хворих людей і фактично набули популярності під час пандемії Covid-19 [2].

Інфрачервоні датчики оснащені технологією, яка перетворює тепло, що виділяється певним об'єктом, на світло, а потім вимірює та записує світло, яке відчуває. Вони надзвичайно точні та швидкі, що робить їх найкращими пристроями для вимірювання температури в різноманітних ситуаціях.

Біметалічні пристрої. Це цікаві пристрої, оскільки вони вимірюють температуру металів шляхом вимірювання та реєстрації розширення цих металів при нагріванні. Усередині фактичного пристрою два метали з'єднані разом і пов'язані з показчиком.

При нагріванні одна сторона пристрою розширюється в більшій мірі, ніж інша. Ці пристрої не такі точні чи спрощені, як інші, але вони чудові завдяки своїй портативності та простоті використання.

Термометри, найвідоміші пристрої для вимірювання температури, працюють за допомогою рідин, що розширюються, для вимірювання та реєстрації температури відповідних об'єктів. Фактично існує два типи термометрів – ртутні та органічні рідинні.

Ртутні термометри все ще використовуються, але швидко застарівають через використання органічних термометрів та інфрачервоних сканерів. Ртутні термометри також використовуються менше, оскільки ртуть вважається забруднювачем навколишнього середовища.

Датчики зміни стану. Одні з найцікавіших датчиків температури, датчики зміни стану, вимірюють зміну стану в даному матеріалі, яка ініціюється додаванням або зменшенням тепла. Є багато комерційно життєздатних застосувань цих типів датчиків, наприклад, у етикетках, гранулах, олівцях або лаках.

Незважаючи на те, що ці датчики ефективні та точні, для вимірювання часто потрібен тривалий час, і їх важко зчитувати. Однак, оскільки для роботи їм не потрібна електрика, їх часто використовують у багатьох галузях промисловості [1].

Кремнієвий діод. Ці типи вимірювальних пристроїв були розроблені нещодавно спеціально для кріогенних ситуацій. Діод буде проводити та вимірювати температуру об'єкта лінійним способом, який легко зчитується.

Хоча вони точні та швидкі, зчитування датчика значною мірою залежить від системи, у яку він інтегрований, що є унікальною ситуацією для пристрою, який вимірює температуру. Ці пристрої використовуються для конкретних і високонаукових ситуацій.

Температуру можна вимірювати за допомогою різноманітних датчиків. Усі вони визначають температуру, відчувачи певну зміну фізичної характеристики.

Згідно сайту [2] можна виділити шість типів, це: термопари, резистивні температурні пристрої (RTD і термістори), інфрачервоні випромінювачі, біметалічні пристрої, пристрої для розширення рідини та пристрої зміни стану.

Термопарні датчики вимірювання температури. Термопари по суті складаються з двох смужок або дротів, виготовлених із різних металів і з'єднаних на одному кінці. Зміни температури в цьому стику викликають зміну електрорушійної сили (ЕРС) між іншими кінцями. З підвищенням температури ця вихідна ЕРС термопари зростає, хоча не обов'язково лінійно.

Резистивні температурні пристрої (RTD) використовують той факт, що електричний опір матеріалу змінюється зі зміною його температури. Двома ключовими типами є металеві пристрої (зазвичай їх називають RTD) і термістори. Як вказує їх назва, RTD покладаються на зміну опору в металі, при цьому опір зростає більш-менш лінійно з температурою. Термістори засновані на зміні опору в керамічному напівпровіднику; опір нелінійно падає з підвищенням температури.

Інфрачервоні прилади для вимірювання температури є безконтактними пристроями. Вони визначають температуру, вимірюючи теплове випромінювання, яке випромінює матеріал.

Біметалічні пристрої використовують різницю в швидкості теплового розширення між різними металами. Смуги з двох металів скріплені між собою. Під час нагрівання одна сторона розширюється більше, ніж інша, і результуючий вигин перетворюється на показання температури за допомогою механічного з'єднання з покажчиком. Ці пристрої портативні та не вимагають джерела живлення, але зазвичай вони не такі точні, як термопари або RTD, і вони не піддаються легкому запису температури.

Прилади для вимірювання температури розширення рідини, є типом побутового термометру, зазвичай поділяються на дві основні класифікації: ртутні та органічні рідинні. Також доступні версії з використанням газу замість рідини. Ртуть вважається небезпечною для навколишнього середовища, тому існують правила, які регулюють транспортування пристроїв, які її містять. Датчики розширення рідини не потребують електроенергії, не становлять небезпеки вибуху та стабільні навіть після повторних циклів. З іншого боку, вони не генерують дані, які легко записувати чи передавати, і вони не можуть проводити точкові чи точкові вимірювання.

Пристрої для вимірювання температури зі зміною стану. Датчики температури зі зміною стану складаються з етикеток, гранул, кольорових олівців, лаків або рідких кристалів, зовнішній вигляд яких змінюється після досягнення певної температури. Вони використовуються, наприклад, з конденсатовідвідниками - коли конденсатовідвідник перевищує певну температуру, біла крапка на етикетці датчика, прикріпленій до конденсатовідвідника, стає чорною. Час відгуку зазвичай займає хвилини, тому ці пристрої часто не реагують на тимчасові зміни температури. І точність нижче, ніж у інших типів датчиків. Крім того, зміна стану є незворотною, за винятком рідкокристалічних дисплеїв. Незважаючи на це, датчики зміни стану можуть бути корисними, коли потрібно підтвердити, що температура частини обладнання чи матеріалу не перевищила певного рівня,

наприклад, з технічних чи юридичних причин під час транспортування продукту [1].

1.2 Переваги та недоліки інфрачервоних термометрів

Згідно з [3] за основною функцією інфрачервоного термометра є кілька переваг і недоліків.

Переваги інфрачервоного термометра.

Інфрачервоний термометр має кілька переваг, про які слід знати, оскільки останнім часом його використовують у громадських місцях, особливо з огляду на пандемію COVID-19. Нижче перераховані переваги термометра.

Дистанційне вимірювання температури.

Його головна перевага полягає в точному вимірюванні температури на відстані, без необхідності торкатися об'єкта, який вимірюється.

Окрім вимірювання температури людського тіла, інфрачервоні термометри також можуть вимірювати температуру, наприклад, вимірювати місце, де виникла пожежа, і вимірювати металеві поверхні, які можуть завдати травми, якщо торкнутися.

Крім того, для лікаря або медсестри може бути корисно уникати забруднених предметів, але вони повинні вимірювати температуру. Зазвичай цю перевагу можна відчувати при проведенні температурних перевірок медичних приладів, ліків, продуктів харчування та ін.

Зберігайте безпосередньо виявлену температуру.

Інфрачервоний термометр має пам'ять, яка може зберігати кожен виявлену температуру в режимі реального часу, тому її можна стерти за потреби.

Ще одна перевага полягає в тому, що ви хочете виміряти температуру між першою температурою та другим разом, щоб порівняти температуру. Отже, це може полегшити комусь вимірювання.

Зазвичай використовується для вимірювання температури після ремонту кондиціонера та перевірки температури, створеної електронними пристроями.

Інфрачервоний термометр також може визначати температуру рухомого об'єкта чи місцевості. Зазвичай можна використовувати та знайти в аеропортах.

Це пояснюється тим, що інфрачервоний термометр має перевагу в тому, що він точно визначає температуру руху об'єкта.

Не пошкоджує мозкову тканину.

Поширюється інформація про те, що використання інфрачервоного термометра викликає випромінювання та може спричинити пошкодження тканин мозку. Виявилося, що новина не відповідає дійсності.

Фактично відомо, що цей інфрачервоний термометр має інфрачервоний датчик для визначення інфрачервоної енергії, випромінюваної кожним об'єктом. Якщо об'єкт генерує гарячу енергію, вивільнені молекули будуть активнішими, а інфрачервона енергія буде більшою.

Інфрачервоні датчики виявляють теплові хвилі, що випромінюються поверхнею тіла людини. Тому це не пошкодить тканини мозку.

Має практичну форму.

Як відомо, інфрачервоні термометри мають форму пістолета. Його маленьку, практичну та компактну форму легко носити куди завгодно.

Недоліки інфрачервоного термометра наведені нижче за текстом.

Після пояснення деяких переваг інфрачервоного термометра слід також відзначити ряд недоліків інфрачервоного термометра. Нижче наведено деякі з недоліків, зокрема:

Ціна, як правило, висока. Відомо, що ціна інфрачервоного термометра дійсно дорожча за інші типи термометрів. Ціна інфрачервоного термометра коливається від 500 тис. до 1000 тис. IDR [2].

Потрібен діапазон високих температур. Інфрачервоний термометр буде працювати ефективно і точно, якщо предмет випромінює високу або гарячу температуру. Тому виміряти невелику температуру буде важко або навіть неможливо.

Легко відволікатися під час вимірювання температури. Причина в тому, що інфрачервоний термометр легко відволіктися під час вимірювання температури. Зазвичай процесу вимірювання заважає наявність пилу або диму навколо.

Сприйнятливість до температурних помилок. Оскільки вимірювання температури на великій відстані інколи інфрачервоні термометри можуть давати температурні помилки. Тому що чим далі відстань для вимірювання температури людини, тим ширше буде вимірювати ІЧ.

Тому використання інфрачервоного термометра має здійснюватися належним чином, щоб уникнути неправильного вимірювання температури, яке може бути фатальним.

Це деякі з переваг і недоліків використання інфрачервоного термометра. Надані переваги дуже корисні, особливо коли вам потрібно триматися на відстані від чогось або когось, чия температура вимірюється.

Але крім переваг, безумовно, є недоліки. Недоліки все ще можна терпіти, якщо використовувати їх належним чином і правильно. Щодо ціни, то, можливо, її можна скоригувати відповідно до вашого бюджету.

Хоча це, як правило, дорожче, переваги справді дуже корисні, і його легко носити куди завгодно, якщо це необхідно, особливо тим, у кого є немовлята чи діти [3].

1.3 Вимір температури різних поверхонь з використанням інфрачервоного датчику

Безконтактне вимірювання температури за допомогою тепловізора необхідне для багатьох застосувань. Якщо ви дотримуетесь кількох основних

правил, тепер ви можете використовувати інфрачервоне вимірювання більш ефективно.

Матеріал і випромінювальна здатність. Теплова камера вимірює довгохвильове інфрачервоне випромінювання, яке випромінює об'єкт. Інтенсивність інфрачервоного випромінювання (самим об'єктом) залежить від поверхні матеріалу. Кожна поверхня має певний коефіцієнт випромінювання.

Колір поверхні не має істотного впливу на довгохвильове інфрачервоне випромінювання, яке випромінює об'єкт вимірювання. Вирішальною є температура. Чорний лакований радіатор випромінює, наприклад, інфрачервоне випромінювання з довгою довжиною хвилі, ідентичне білому лакованому радіатору при тій же температурі.

Вирішальну роль у термографії відіграють властивості поверхні вимірюваного об'єкта. Це пояснюється тим, що коефіцієнт випромінювання поверхні змінюється залежно від структури поверхні, забруднення та покриття.

Структура поверхні. Гладкі, блискучі, відбиваючі та/або поліровані поверхні зазвичай мають дещо нижчу випромінювальну здатність, ніж матові, структуровані, необроблені, вивітрені та/або подряпані поверхні з того самого матеріалу [4].

Звернути треба особливу увагу на наявність можливих джерел випромінювання в навколишньому середовищі (наприклад, сонце, обігрівачі тощо) під час вимірювання на гладких поверхнях.

Вода, сніг і інй мають відносно високий коефіцієнт випромінювання (приблизно 0,85). Треба уникати, якщо це можливо, проведення вимірювань на мокрих поверхнях або поверхнях, покритих снігом чи інєєм.

Бруд або сторонні предмети, такі як пил, сажа або мастило, на поверхні вимірюваного об'єкта зазвичай збільшують коефіцієнт випромінювання поверхні. Тому вимірювання брудних предметів зазвичай не викликає проблем. Проте ваш тепловізор все одно вимірює температуру

поверхні, тобто температуру бруду, а не точну температуру поверхні об'єкта, вимірюного під ним. Треба уникати проведення вимірювань на поверхнях із забрудненням на поверхні (температура спотворена повітряними кишеннями).

Температура навколишнього середовища. Щоб тепловізор міг правильно вимірювати температуру поверхні, необхідно враховувати температуру відбитого світла (RTC) на додаток до налаштування коефіцієнта випромінювання (ϵ).

Дуже хмарне небо створює ідеальні умови для інфрачервоних вимірювань на відкритому повітрі. Причина: об'єкт вимірювання захищений від сонячного випромінювання та "випромінювання холодного неба".

Вода, лід і сніг мають високу випромінювальну здатність і непроникні для інфрачервоного випромінювання. Вимірювання вологих об'єктів також може спричинити помилки вимірювання, оскільки поверхня вимірюваного об'єкта охолоджується через випаровування. Сильні опади (дощ, сніг) можуть спотворити результати вимірювань.

Коли лінза (або захисне скло) тепловізора запітніє через високу відносну вологість повітря, не все інфрачервоне випромінювання може бути прийнято. Вода запобігає потраплянню будь-якого випромінювання на об'єкти інфрачервоної камери. Дуже густий туман також може вплинути на вимірювання; насправді, краплі води в лінії передачі пропускають менше інфрачервоних променів. Треба звернути увагу на низьку відносну вологість повітря в середовищі вимірювання. Це запобіжить утворенню конденсату в повітрі (туман), на об'єкті вимірювання, на захисному склі чи об'єктиві тепловізора [5].

Завдяки теплообміну (конвекції) повітря біля поверхні має таку ж температуру, як і вимірюваний об'єкт. Вітер або повітряні потоки «пересувають» цей шар повітря і на цьому місці виявляється новий шар повітря, не пристосований до температури вимірюваного об'єкта. Конвекція поглинає тепло від гарячих вимірювальних об'єктів і постачає тепло холодним вимірювальним об'єктам, доки температура повітря та поверхні

вимірювального об'єкта не досягнуть гармонії. Цей ефект теплообміну збільшується як функція різниці температур між поверхнею об'єкта вимірювання та температурою навколишнього середовища. Вітер або повітряні потоки в приміщенні можуть впливати на вимірювання температури за допомогою тепловізійної камери.

Деякі зважені речовини, такі як пил, сажа, дим і деякі пари, мають високу випромінювальну здатність і низьку пропускну здатність. Це означає, що вони можуть заважати вимірюванням, оскільки самі випромінюють інфрачервоне випромінювання, яке також сприймається тепловій камерою. Крім того, інфрачервоне випромінювання від вимірюваного об'єкта може лише частково проникати до тепловізійної камери, оскільки воно розсіюється та поглинається зваженими речовинами.

Світло чи освітлення не відіграють суттєвої ролі під час вимірювання за допомогою тепловізора. Вимірювання також можна проводити в темряві, оскільки теплові камери вимірюють довгохвильове інфрачервоне випромінювання. Однак деякі джерела світла самі по собі випромінюють інфрачервоне теплове випромінювання і, отже, можуть впливати на температуру об'єктів, що їх оточують.

Тому не варто проводити вимірювання під прямими сонячними променями або поблизу гарячої лампочки.

Джерела холодного світла, такі як світлодіоди або неонові трубки, не критичні: вони перетворюють більшу частину споживаної енергії у видиме світло, а не в інфрачервоне випромінювання.

Поради та рекомендації щодо термографічних вимірювань на відкритому повітрі.

Виконуйте вимірювання рано вранці та/або коли небо дуже похмуре. Однак уникайте дощу чи снігу. Туман або сильний вітер також несприятливі.

Змініть своє положення під час вимірювання, щоб визначити відображення. Відображення зміщуються, теплові характеристики об'єкта вимірювання залишаються незмінними – навіть якщо змінюється кут огляду.

Уникайте вимірювань поблизу дуже гарячих або дуже холодних об'єктів або ізолюйте їх.

Уникайте прямих сонячних променів навіть за кілька годин до вимірювання. Також спостерігайте за хмарністю за кілька годин до вимірювання.

Не виконуйте вимірювання, якщо волога з повітря конденсується на тепловізорі.

Не проводите вимірювання, коли повітря сильно забруднене (наприклад, коли щойно піднявся пил).

Кожен об'єкт, температура якого перевищує абсолютний нуль ($0 \text{ Кельвін} = -273,15 \text{ }^{\circ} \text{C}$), випромінює інфрачервоне випромінювання (ІЧ-промені). Однак людське око не може його побачити, оскільки воно майже сліпе в цьому діапазоні довжин хвиль. З тепловізійною камерою це не так. Його серце, інфрачервоний детектор, чутливий до ІЧ-променів. Залежно від інтенсивності ІЧ-променів, він визначає температуру на поверхні об'єкта і робить його видимим для людського ока завдяки тепловому зображенню. Цей процес називається термографією.

Щоб зробити ІЧ-промені видимими, детектор записує їх, перетворює в електричні сигнали, потім призначає певний колір кожному сигналу та відображає його на екрані тепловізійної камери. По суті, теплові камери перетворюють довжини хвиль інфрачервоного спектру в довжини хвиль, які сприймає людське око (кольори).

Всупереч досить поширеній помилковій думці, тепловізори не дозволяють нам бачити всередині об'єктів, а лише визначають температуру їх поверхні.

Випромінювання, що реєструється тепловізійною камерою, складається з випромінювання, передачі та відбиття інфрачервоного випромінювання, що випускається об'єктами в полі зору тепловізійної камери [4].

Коефіцієнт пропускання описує здатність матеріалу пропускати ІЧ-промені. Тонка пластикова плівка, наприклад, має дуже високу пропускну здатність. Отже, якщо ми хочемо виміряти температуру тонкої пластикової плівки, підвішеної перед стіною, за допомогою тепловізійної камери, ми вимірюємо температуру не плівки, а температури стіни. Більшість матеріалів не пропускають ІЧ-промені, тому коефіцієнт пропускання матеріалу зазвичай дорівнює майже 0, і тому ним можна знехтувати.

Емісія - це здатність матеріалу випромінювати ІЧ-промені. Ця здатність визначається коефіцієнтом випромінювання. Це залежить, серед іншого, від самого матеріалу та властивостей його поверхні. Сонце, наприклад, має коефіцієнт випромінювання 100%. Однак це значення ніколи не зустрічається щодня. Коефіцієнт випромінювання бетону досі становить 93 %. Це означає, що 93% ІЧ-випромінювання випромінює сам бетон. 7%, яких не вистачає, - це відбиття від навколишнього середовища вимірюваного матеріалу/об'єкта, тобто температура, що відбивається на об'єкті. Як коефіцієнт випромінювання, так і температуру відбитого зображення можна регулювати в тепловізійних камерах для отримання максимально точного теплового зображення.

Зв'язок між випромінюванням і відображенням. Об'єкти вимірювання з високою випромінювальною здатністю ($\epsilon \geq 0,8$) мають низьку відбивну здатність, дозволяють дуже надійно вимірювати їх температуру за допомогою тепловізійної камери.

Об'єкти вимірювання з низьким коефіцієнтом випромінювання ($\epsilon \leq 0,6$) мають високу відбивну здатність, дозволяють вимірювати температуру за допомогою тепловізора, але їх результати необхідно критично аналізувати, вимагають правильного налаштування компенсації відбитої температури, оскільки це значною мірою сприяє розрахунку температури.

Кожен матеріал має різний коефіцієнт випромінювання. Щоб отримати оптимальні теплові зображення, коефіцієнт випромінювання необхідно налаштувати на камері.

Правильне налаштування коефіцієнта випромінювання важливо, коли різниця температур між вимірюваним об'єктом і середовищем вимірювання велика.

Якщо температура вимірюваного об'єкта перевищує температуру навколишнього середовища: занадто високий коефіцієнт випромінювання призведе до відображення на тепловому зображенні занадто низьких температур; занадто низький коефіцієнт випромінювання призведе до відображення занадто високих температур на тепловому зображенні.

Якщо температура вимірюваного об'єкта нижча за температуру навколишнього середовища: занадто високий коефіцієнт випромінювання призведе до відображення занадто високих температур на тепловому зображенні; занадто низький коефіцієнт випромінювання призведе до відображення занадто низьких температур на тепловому зображенні.

Чим більша різниця між температурою об'єкта вимірювання та температурою навколишнього середовища і чим нижчий коефіцієнт випромінювання, тим більша похибка вимірювання. Ці помилки посилюються, коли коефіцієнт випромінювання погано налаштований.

Багато прозорих для людського ока матеріалів, таких як скло, не проникні для довгохвильових інфрачервоних променів [5].

Матеріали з низьким коефіцієнтом пропускання включають, наприклад, тонкі пластикові плівки та германій, матеріал, з якого виготовлені лінзи та захисне скло тепловізорів Testo.

Коли елементи, розташовані під поверхнею, впливають шляхом провідності на розподіл температури на поверхні об'єкта вимірювання, часто можна визначити внутрішні структури об'єкта вимірювання на тепловому зображенні. Однак тепловізор вимірює лише температуру поверхні. Тому неможливо зробити точні висновки щодо температурних значень елементів всередині об'єкта вимірювання [6].

Кут огляду (також називається «Поле зору» або «FOV») описує поверхню, видиму за допомогою тепловізійної камери. Це залежить від

використовуваного об'єктива. Ширококутний об'єктив забезпечує велике поле зору, телеоб'єктив забезпечує хорошу просторову роздільну здатність. Чим більше поле зору, тим більшу область можна побачити.

Наведена нижче таблиця 1.1 служить орієнтиром для налаштування коефіцієнта випромінювання в термографії. Він вказує на коефіцієнт випромінювання ε для деяких поширених матеріалів. Оскільки коефіцієнт випромінювання змінюється залежно від температури та властивостей поверхонь, наведені тут значення можна вважати лише довідковими. Щоб виміряти абсолютне значення температури, необхідно точно визначити коефіцієнт випромінювання матеріалу [5].

Таблиця 1.1 – Коефіцієнт випромінювання найпоширеніших матеріалів

Матеріал	Коефіцієнт випромінювання
Алюміній неокислений	0,02
Бавовна	0,77
Бетон	0,93
Лід, гладкий	0,97
Скло	0,9
Деревина	0,94
Папір	0,97
Пластмас	0,94
Тіло людини	0,98

1.4 Вимірювання температура тіла інфрочервоним сенсором

Вимірювання температури відбувається на невеликій відстані, приблизно 8-15 сантиметрів, залежно від пристрою [5].

Крім того, є температура поверхні чи температура оболонки тіла. Це вимірюється на поверхні шкіри і залежить від температури навколишнього

середовища та температури всередині тіла. Він залежить від кровообігу, активності та зовнішньої температури та служить вирівнювачем температури тіла.

Тому, на відміну від внутрішньої температури тіла, температура оболонки людського тіла може значно змінюватись (приблизно 21 °C – 37 °C) [6].

Залежно від температури зовнішнього повітря можуть бути великі відмінності між температурою оболонки кузова та серцевини кузова.

Нормальна температура тіла, залежно від температури довколишнього середовища та частини тіла на якій здійснюється вимір температури [7], представлена в таблиці 1.2.

Таблиця 1.2 – Температура поверхні тіла людини залежно від області вимірювання та довколишньої температури

Частина тіла	Температура довколишнього середовища		
	~33°C	~28-30°C	~21°C
Шкіра голови	36.0	34.8	32.8
Груди	35.8	34.5	31.3
Пахвова западина	36.5	36.4	36.4
Рука	35.9	33.5	27.6
Палець	35.9	33.2	21.0
Стегно	35.2	33.4	27.8
Нога	35.3	30.1	25.2
Стопа	35.5	29.7	22.7

Таким чином, виходячи з даних наведених у табліці можна зробити висновок що температура тіла може значно різнитись залежно від умов вимірювання.

1.5 Висновок до розділу 1

Було проаналізовано різновиди інструментарію для дистанційного виміру температури.

Проаналізовані переваги та недоліки виміру температури з використанням інфрачервоного датчика.

Виконано дослідження особливостей вимірювання різних поверхонь та значення коефіцієнту випромінювання який необхідно налаштовувати залежно від типу вимірюваного об'єкта.

Також досліджено особливості вимірювання тіла людини, згідно з яким температура тіла людини міняється залежно від температури довколишнього середовища та частини тіла на якому виконується вимірювання.

2 ОГЛЯД ІНСТРУМЕНТАРІЮ РОЗРОБКИ

2.1 Огляд платформи для розробки апаратної частини системи

Arduino Mega 2560 — це плата на основі мікроконтролера ATmega2560. Він має 54 контакти цифрового входу/виводу (з яких 14 можна використовувати як виходи ШІМ), 16 аналогових входів, 4 UART (апаратні послідовні порти), кварцевий генератор на 16 МГц, з'єднання USB, роз'єм живлення, роз'єм ICSP, і кнопку скидання. Містить все необхідне для підтримки мікроконтролера; просто підключіть його до комп'ютера за допомогою кабелю USB або живіть його за допомогою адаптера змінного струму в постійний струм або акумулятора, щоб почати. Mega сумісний з більшістю екранів, розроблених для Arduino Duemilanove або Diecimila. Mega 2560 — це оновлення Arduino Mega, яке воно замінює [8].

Arduino Mega 2560 (рис. 2.1) можна живити через USB-з'єднання або від зовнішнього джерела живлення. Джерело живлення вибирається автоматично. Зовнішнє живлення (не через USB) може надходити від адаптера змінного струму в постійний (настінний пристрій) або акумулятора. Адаптер можна підключити, вставивши центральний плюсовий штекер 2,1 мм у роз'єм живлення плати. Виводи від батареї можна вставити в контактні роз'єми Gnd і Vin роз'єму POWER. Плата може працювати від зовнішнього джерела живлення від 6 до 20 вольт. Проте, якщо напруга живиться менше ніж 7 В, контакт 5 В може подавати менше п'яти вольт, і плата може працювати нестабільно. Якщо використовується більше 12 В, регулятор напруги може перегрітися і пошкодити плату. Рекомендований діапазон від 7 до 12 вольт. Mega2560 відрізняється від усіх попередніх плат тим, що не використовує чіп драйвера FTDI USB-to-serial. Натомість він містить ATmega16U2 (ATmega8U2 у платах ревізії 1 і ревізії 2), запрограмований як перетворювач USB-послідовний.

Виводи живлення такі: VIN. Вхідна напруга на платі Arduino, коли вона використовує зовнішнє джерело живлення (на відміну від 5 вольт від

USB-з'єднання чи іншого регульованого джерела живлення). Ви можете подати напругу через цей контакт або, якщо напруга подається через гніздо живлення, отримати доступ до нього через цей контакт. 5 В. Регульоване джерело живлення, яке використовується для живлення мікроконтролера та інших компонентів на платі. Це може надходити або від VIN через бортовий регулятор, або через USB чи інше регульоване джерело живлення 5 В. 3V3. Живлення 3,3 вольт генерується бортовим регулятором. Максимальний споживаний струм становить 50 мА. GND.

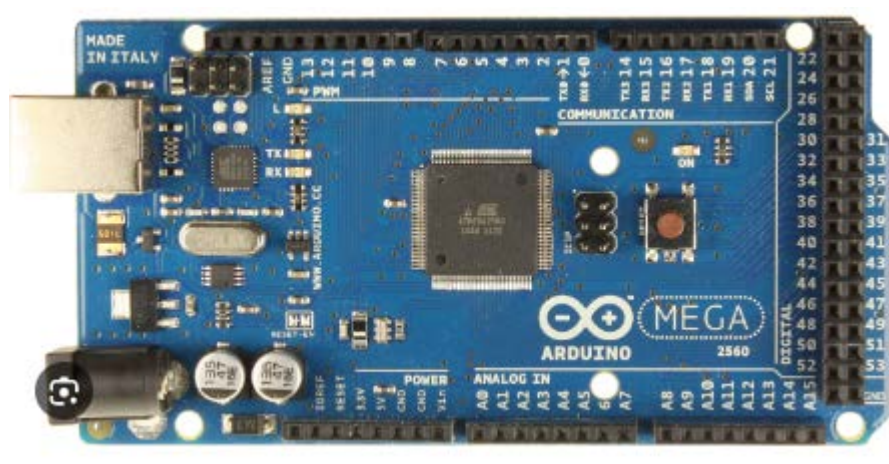


Рисунок 2.1 – Платформа ATmega2560

ATmega2560 має 256 КБ флеш-пам'яті для зберігання коду (з яких 8 КБ використовується для завантажувача), 8 КБ SRAM і 4 КБ EEPROM (яку можна читати та записувати за допомогою бібліотеки EEPROM).

Кожен із 54 цифрових контактів на Mega можна використовувати як вхід або вихід за допомогою функцій `pinMode()`, `digitalWrite()` і `digitalRead()`. Вони працюють при напрузі 5 вольт. Кожен висновок може видавати або приймати максимум 40 мА і має внутрішній підтягуючий резистор (відключений за замовчуванням) 2050 кОм. Крім того, деякі контакти мають спеціальні функції: Serial: 0 (RX) і 1 (TX); Серійний номер 1: 19 (RX) і 18 (TX); Серійний номер 2: 17 (RX) і 16 (TX); Серійний номер 3: 15 (RX) і 14 (TX). Використовується для отримання (RX) і передачі (TX) TTL послідовних даних. Виводи 0 і 1 також підключені до відповідних виводів

мікросхеми ATmega16U2 USB-to-TTL Serial. Зовнішні переривання: 2 (переривання 0), 3 (переривання 1), 18 (переривання 5), 19 (переривання 4), 20 (переривання 3) і 21 (переривання 2). Ці контакти можуть бути налаштовані на ініціювання переривання при низькому значенні, наростаючому чи спадаючому фронті або зміні значення. Дивіться функцію `attachInterrupt()` для отримання додаткової інформації. ШІМ: від 0 до 13. Забезпечте 8-бітний вихід ШІМ за допомогою функції `analogWrite()`. SPI: 50 (MISO), 51 (MOSI), 52 (SCK), 53 (SS). Ці контакти підтримують зв'язок SPI за допомогою бібліотеки SPI. Виводи SPI також розбиті на роз'ємі ICSP, який фізично сумісний з Uno, Duemilanove та Diecimila. Світлодіод: 13. Існує вбудований світлодіод, підключений до цифрового контакту 13. Коли висновок має ВИСОКЕ значення, світлодіод світиться, коли висновок НИЗЬКИЙ, він вимкнений. TWI: 20 (SDA) і 21 (SCL). Підтримка зв'язку TWI за допомогою бібліотеки Wire. Зауважте, що ці штифти розташовані не в тому ж місці, що й контакти TWI на Duemilanove або Diecimila. Mega2560 має 16 аналогових входів, кожен з яких забезпечує 10 біт роздільної здатності (тобто 1024 різних значення). За замовчуванням вони вимірюють від землі до 5 вольт, хоча можна змінити верхню межу їх діапазону за допомогою контакту AREF і функції `analogReference()`. На платі є кілька інших контактів: AREF. Опорна напруга для аналогових входів. Використовується з `analogReference()`. Скинути. Переведіть цю лінію в НИЗЬКИЙ, щоб скинути мікроконтролер. Зазвичай використовується для додавання кнопки скидання до щитів, які блокують кнопку на дошці.

Arduino Mega2560 має ряд можливостей для зв'язку з комп'ютером, іншим Arduino або іншими мікроконтролерами. ATmega2560 забезпечує чотири апаратних UART для послідовного зв'язку TTL (5 В). ATmega16U2 (ATmega 8U2 на платах ревізії 1 і ревізії 2) на платі передає один із них через USB і забезпечує віртуальний com-порт для програмного забезпечення на комп'ютері (комп'ютери з ОС Windows потребуватимуть файл `.inf`, а комп'ютери з ОС X і Linux — автоматично розпізнає плату як COM-порт).

Програмне забезпечення Arduino включає послідовний монітор, який дозволяє надсилати прості текстові дані на плату та з неї. Світлодіоди RX і TX на платі блиматимуть, коли дані передаються через ATmega8U2/ATmega16U2 чіп і USB-з'єднання з комп'ютером (але не для послідовного зв'язку на контактах 0 і 1). Бібліотека SoftwareSerial дозволяє послідовний зв'язок на будь-якому з цифрових контактів Mega2560. ATmega2560 також підтримує зв'язок TWI і SPI. Програмне забезпечення Arduino включає Wire бібліотека для спрощення використання шини TWI; для зв'язку SPI використовуйте бібліотеку SPI.

Arduino Mega можна програмувати за допомогою програмного забезпечення Arduino (завантажити). Щоб отримати докладнішу інформацію, перегляньте довідкові та навчальні посібники. ATmega2560 на Arduino Mega постачається попередньо записаним із завантажувачем, який дозволяє завантажувати в нього новий код без використання зовнішнього апаратного програматора. Він спілкується за допомогою оригінального протоколу STK500 (посилання, файли заголовків C). Ви також можете обійти завантажувач і запрограмувати мікроконтролер через заголовок ICSP (In-Circuit Serial Programming); подробиці дивіться в цих інструкціях. Вихідний код мікропрограми ATmega16U2 (або 8U2 на платах rev1 і rev2) доступний у репозиторії Arduino.

На платах Rev1: підключити паяну перемичку на задній частині плати (біля карти Італії), а потім перезавантажити 8U2.

На платах Rev2 або пізніших: є резистор, який підтягує лінію HWB 8U2/16U2 до землі, полегшуючи переведення в режим DFU. Потім ви можете використовувати програмне забезпечення Atmel FLIP (Windows) або програматор DFU (Mac OS X і Linux), щоб завантажити нове мікропрограмне забезпечення. Або ви можете використовувати заголовок ISP із зовнішнім програматором (перезаписуючи завантажувач DFU). Для отримання додаткової інформації перегляньте цей підручник, наданий користувачами.

2.2 Огляд обраних комплектуючих для побудови системи дистанційного вимірювання температури

В якості безконтактного термометра було обрано модуль MLX90614 (рис. 2.2). Цей модуль призначений для вимірювання температури об'єктів на відстані, безконтактно. Дані отриманої температури можна через цифровий інтерфейс I2C, або через ШІМ-піни із частотою 10Гц або 1000Гц. Датчик який використовується MLX90614 має різнопланові можливості для програмування, калібрування та конфігурування. У модуля є зручні отвори для кріплення, стабілізатор, конденсатори фільтра живлення і на цифровій шині підтягуючі резистори [9].

Характеристики модуля наведені нижче.

Тип: MLX90614ESF-BAА датчик.

Калібрування датчика: заводська.

Температурний діапазон експлуатації: від -40 до +125 °С.

Температурний діапазон вимірювань від -70 до +380 °С.

Живлення: 2.7 - 3.6 В.

Інтерфейс: SMBus сумісний.

Додатковий цифровий контакт: вихід ШІМ, що налаштовується, для безперервного читання.

Точність виміру: 0.5 °С для діапазону від 0 до + 50 °С.

Роздільна здатність: 0.02 °С.

Кут поля зору: ~90°.



Рисунок 2.2 – Модуль MLX90614

Кольоровий 3,5" TFT-модуль (рис. 2.3) для Arduino Mega 2560, роздільна здатність 480x320 пікселів. Побудований на ILI9486 контролері, та підтримує інтерфейс 16-біт. Можна використовувати бібліотеку UTFT. Підключається на контролер без перехідників та модулів [10].

Дисплей працює аналогічно з Arduino DUE. Рядок ініціалізації як і для Arduino Mega2560 (myGLCD(СТЕ40,38,39,40,41)).

Для роботи з екраном підходить бібліотека контролера HX8357.

Характеристики:

Тип дисплею: 3.5" TFT LCD.

Контролер: ILI9486.

Роздільна здатність: 480x320 пк RGB.

Підсвічування: 6 білих світлодіодів.

Інтерфейс: 16-bit паралельний.

Розміри: 89.9 x 54.25 мм.

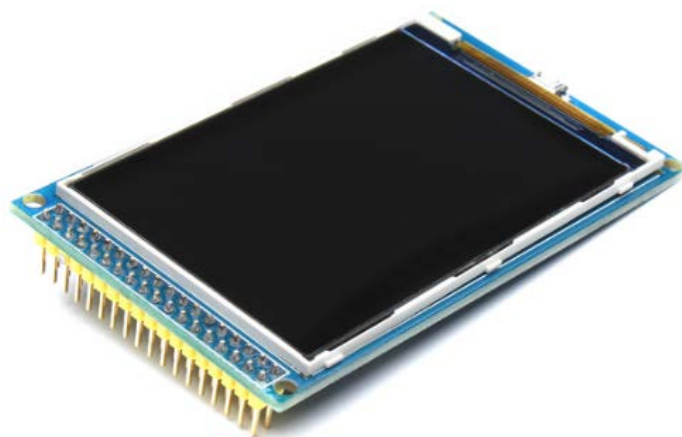


Рисунок 2.3 – Кольоровий 3,5" TFT-модуль

2.3 Огляд та вибір середовища розробки

Розробка електроніки стала легшою завдяки програмному забезпеченню Arduino (IDE) і платам Arduino (апаратне забезпечення). Цей набір допомагає створювати цифрові та інтерактивні пристрої за допомогою інших компонентів. У попередній статті ми говоримо про плати Arduino. У

цій статті ми дізнаємося, що таке програмне забезпечення Arduino (IDE) і як його використовувати.

Програмне забезпечення Arduino (IDE) це програмне забезпечення з відкритим кодом, яке використовується для програмування плат Arduino, і є інтегрованим середовищем розробки, розробленим arduino.cc. Дозволяє писати та завантажувати код на плати arduino. Він складається з багатьох бібліотек і набору прикладів міні-проектів [11].

Програмне забезпечення Arduino (рис. 2.4) сумісне з різними операційними системами (Windows, Linux, Mac OS X) і підтримує мови програмування (C/C++).



Рисунок 2.4 – Інтерфейс Arduino IDE [11]

Програмне забезпечення Arduino просте у використанні для початківців або досвідчених користувачів. Він використовується для початку програмування електроніки та робототехніки та створення інтерактивних прототипів.

Arduino IDE — це програмне забезпечення з відкритим кодом, розроблене Arduino.cc і в основному використовується для написання, компіляції та завантаження коду майже до всіх модулів Arduino [12].

Це офіційне програмне забезпечення Arduino, яке робить компіляцію коду надто простою, що навіть звичайна людина без попередніх технічних знань може змочити ноги в процесі навчання.

Він доступний для всіх операційних систем, наприклад MAC, Windows, Linux, і працює на платформі Java, яка має вбудовані функції та команди, які відіграють важливу роль у налагодженні, редагуванні та компіляції коду.

Доступний ряд модулів Arduino, включаючи Arduino Uno, Arduino Mega, Arduino Leonardo, Arduino Micro та багато інших.

Кожна з них містить на платі мікроконтролер, який фактично запрограмований і приймає інформацію у вигляді коду.

Основний код, також відомий як ескіз, створений на платформі IDE, зрештою створить шістнадцятковий файл, який потім передається та завантажується в контролер на платі.

Середовище IDE в основному містить дві основні частини: редактор і компілятор, де перша використовується для написання необхідного коду, а остання використовується для компіляції та завантаження коду в даний модуль Arduino [12].

Це середовище підтримує мови C і C++.

Інтегроване середовище розробки Arduino - або програмне забезпечення Arduino (IDE) - містить текстовий редактор для написання коду, область повідомлень, текстову консоль, панель інструментів із кнопками для загальних функцій і ряд меню. Він підключається до апаратного забезпечення Arduino для завантаження програм і обміну даними з ними [13].

Програми, написані за допомогою програмного забезпечення Arduino (IDE), називаються ескізами. Ці ескізи написані в текстовому редакторі та збережені з розширенням файлу .ino. Редактор має функції

вирізання/вставлення та пошуку/заміни тексту. Область повідомлень надає відгук під час збереження та експорту, а також відображає помилки. На консолі відображається текстовий вихід програмного забезпечення Arduino (IDE), включаючи повні повідомлення про помилки та іншу інформацію. У нижньому правому куті вікна відображається налаштована плата та послідовний порт. Кнопки на панелі інструментів дозволяють перевіряти та завантажувати програми, створювати, відкривати та зберігати ескізи, а також відкривати серійний монітор [14].

Переваги Arduino IDE:

- доступність;
- зручний для використання та розуміння інтерфейс;
- програма сумісна з усіма версіями операційної системи Windows;
- наявність необхідних роботи інструментів;
- декілька варіантів мов програмування;
- можливість поглибити знання мови C++;
- вбудований набір прикладів програм;
- функції збереження, експорту, перевірки, пошуку, заміни скетчів.

Недоліки Arduino IDE:

- програма не розрахована працювати зі складними системами;
- робота окремих версій, за словами користувачів, характеризується нестабільністю [15].

2.4 Висновки до розділу 2

В даному розділі були наведені основні інструментарії які будуть використані для розробки програмної та апаратної частини системи.

Як середовище розробки було обрано Arduino IDE через наявність в неї безлічі готових прикладів та бібліотек, та оскільки це є рідна середа розробки для платформ Arduino тому найменше проблем з інтеграцією та розробкою програмного забезпечення.

Для розробки апаратною частини системи дистанційного вимірювання температури, була взята плата Ardunino Mega 2560. Для дистанційного вимірювання температури було обрано датчик MLX90614 через співвідношення ціна якість, доволі дешевий та якісний. А також для відображення отриманої інформації було обрано кольоровий 3,5" TFT-модуль, оскільки від безпосередньо розроблений для цієї платформи, простий у підключенні, підключається платформи Arduino зверху, та не потребує безлічі проводів для підключення

3 РЕАЛІЗАЦІЯ ПРОГРАМНО-АПАРАТНОЇ СИСТЕМИ

3.1 Структурна схема системи дистанційного вимірювання температури

Спершу була розроблена структурна схема системи дистанційного вимірювання температури (рис. 3.1). Модуль вимірювання температури MLX90614 надсилає данні виміру температури об'єкта до платформи Arduino Mega 2560. Платформа Arduino отримує та обробляє отриманні данні, після чого виводить їх на TFT-дисплей. Крім того в залежності від отриманих даних плата керує кольором який світить RGB світлодіод

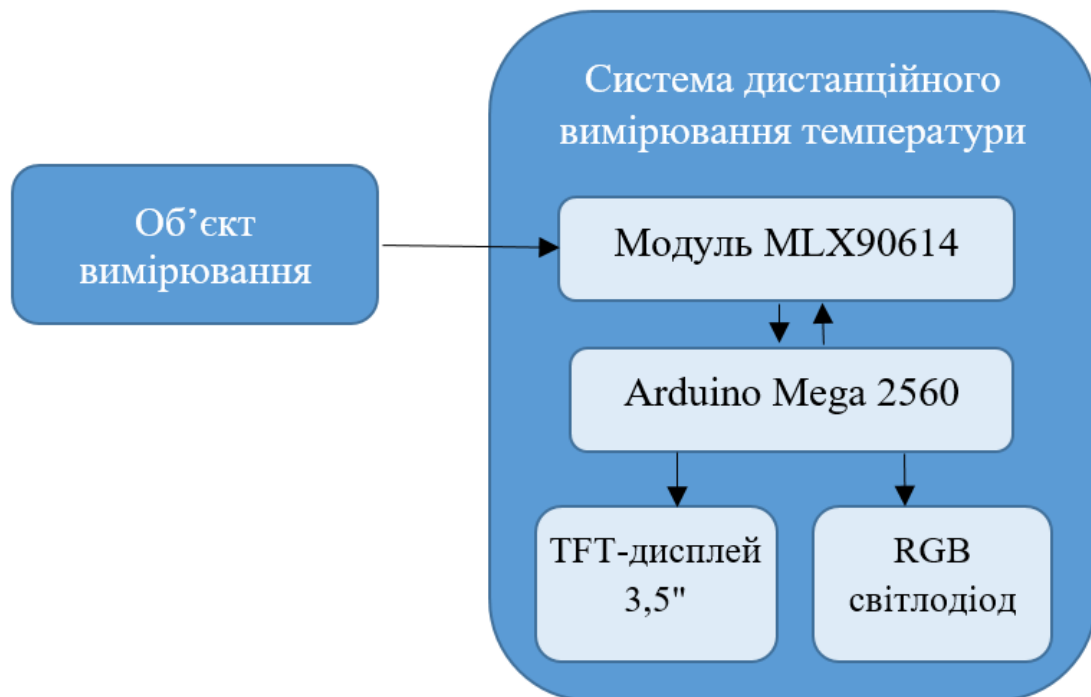


Рисунок 3.1 – Структурна схема системи дистанційного вимірювання температури

3.2 UML-діаграма послідовності роботи системи

На рисунку 3.2 зображено діаграму послідовності дій, які відбуваються при роботі системи під час дистанційного вимірюванні температури.

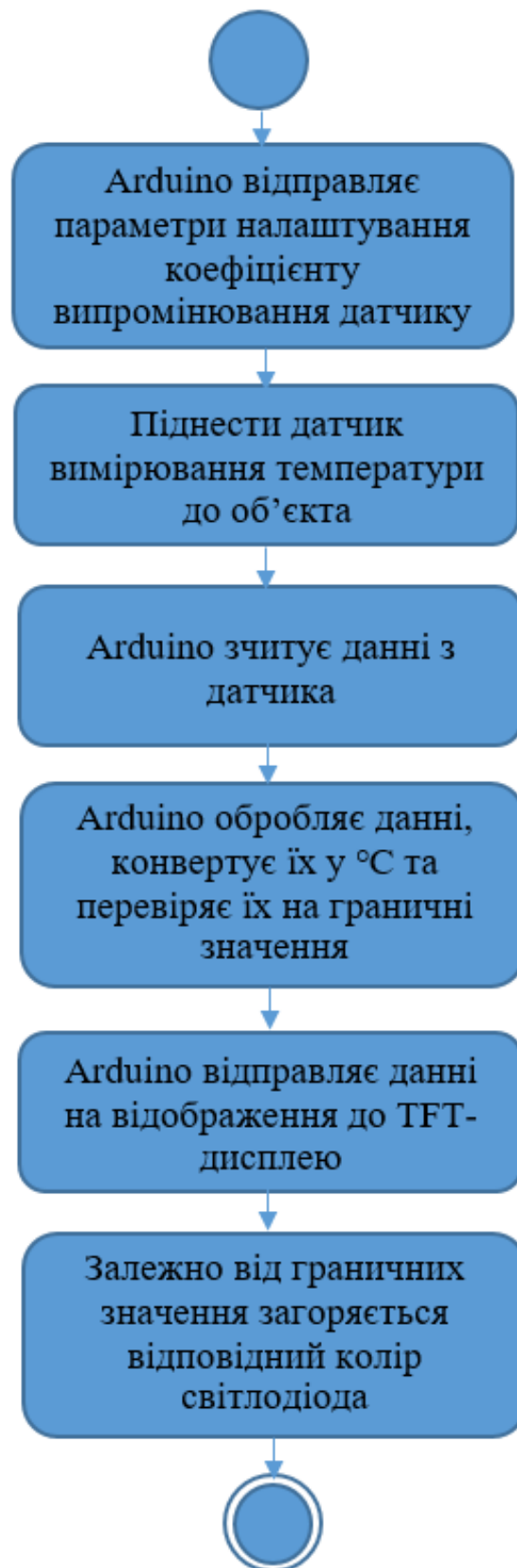


Рисунок 3.2 – UML-діаграма послідовності роботи системи дистанційного вимірювання температури

На початку роботи система відправляє налаштування коефіцієнту випромінювання до датчику дистанційного вимірювання температури MLX90614. Після чого датчик починає вимірювати температуру, а платформа Arduino з встановленою періодичністю опитує датчик та отримує абсолютну температуру вимірюваного об'єкта.

Отриману абсолютну температуру Arduino конвертує у $^{\circ}\text{C}$ та перевіряє на задані граничні значення.

Отримане значення у $^{\circ}\text{C}$ Arduino відправляє до кольорового TFT-дисплею. Якщо отримане значення відрізняється від попереднього то данні на дисплеї оновлюються.

Крім того Arduino перевіряє отриманні данні на граничні значення, якщо отримана температура вища чи нижча за граничне значення, то колір RGB світлодіода змінюється відповідно.

3.3 Схема електрична принципова розроблюваної системи

Для побудови схеми електричної принципової використовувалась середа розробки Fritzing [16]. Схема будується перед тим як збирати реальний прототип, для того щоб розуміти як з'єднуються між собою компоненти і скільки контактів використовується і яким саме чином вони з'єднані.

Схема електрична принципова система вимірювання температури зображена на рисунку 3.3.

На схемі видно як з'єднуються між собою Arduino, датчик дистанційного вимірювання температури, світлодіод для якого необхідно під'єднати три резистора, та сам кольоровий дисплей.

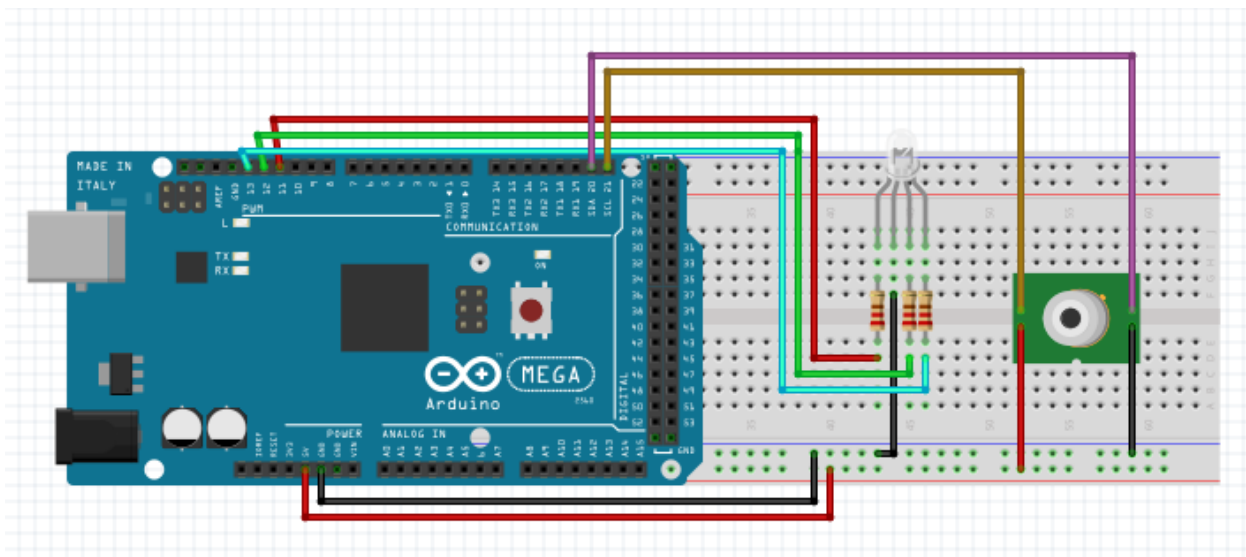


Рисунок 3.3 – Електрична принципова схема підключення елементів системи

Базуючись на побудованій схемі був зібран прототип системи дистанційного вимірювання температури (рис. 3.4). На рисунку 3.5 зображен прототип з підключеним модулем дисплею TFT 3,5 поверх платформи Arduino Mega.

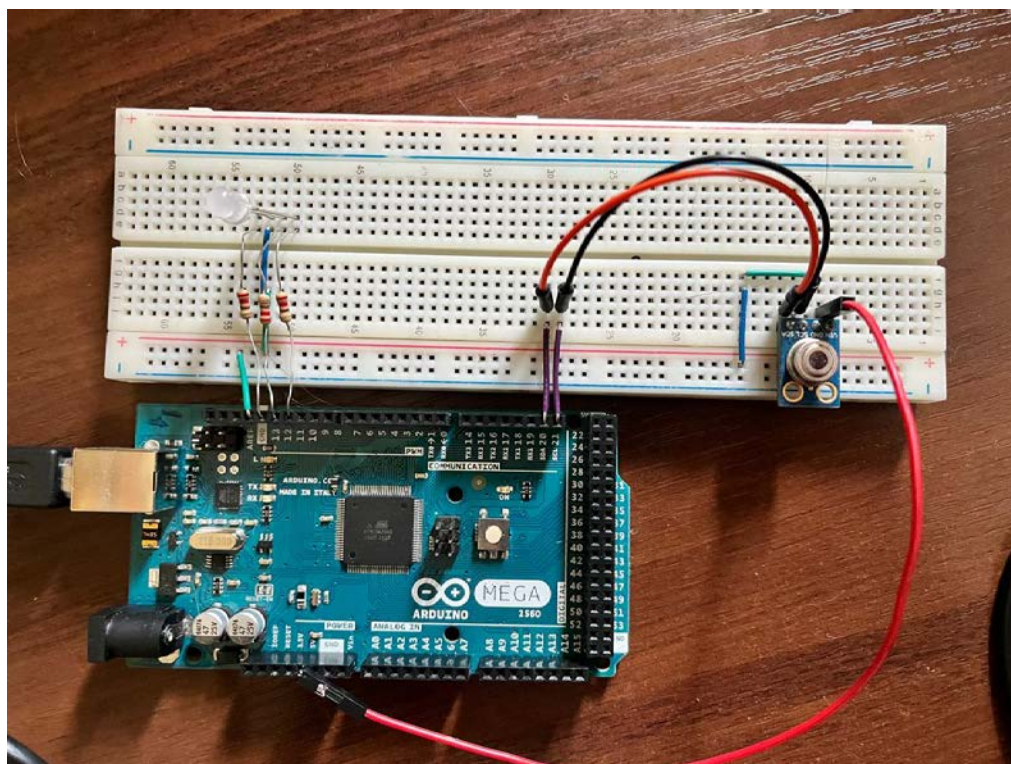


Рисунок 3.4 – Прототип системи без дисплею

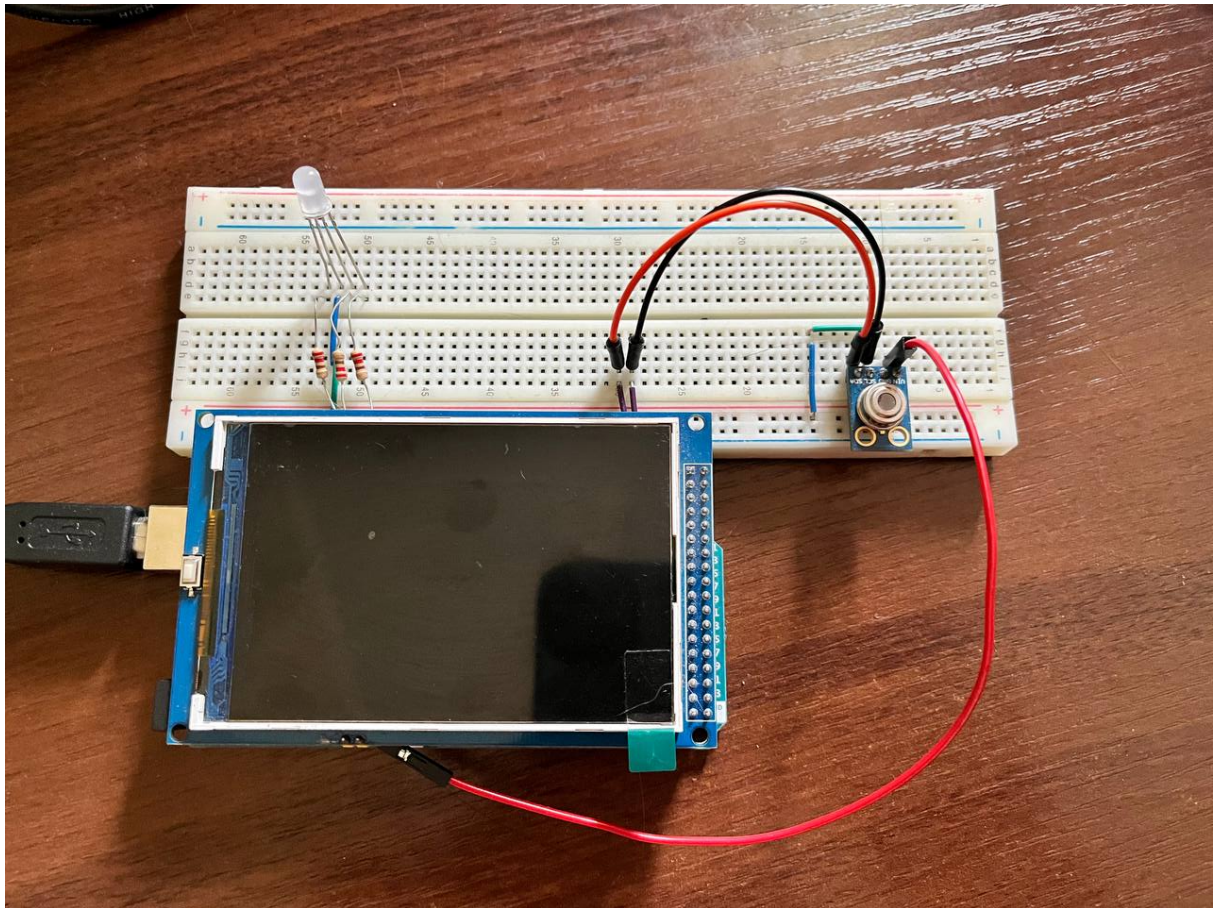


Рисунок 3.5 – Прототип системи з дисплеєм

Компоненти з'єднувалися між собою по відповідним контактам (пінам). Усі піни за якими підключався модуль дистанційного вимірювання температури наведено у таблиці 3.1. Піни для підключення RGB світлодіода, у відповідній послідовності, наведено у таблиці 3.2. У RGB світлодіода контакт який підключається до GND (заземлення) самий довший і називається катод.

Таблиця 3.1 – Піни підключення модулів до платформи Arduino

Arduino платформа	MLX90614 модуль
GND	GND
+5V	VCC
20 pin	SCL
21 pin	SDA

Таблиця 3.2 – Піни підключення RGB до платформи Arduino

Arduino платформа	RGB світлодіод
13 pin	R
GND	Catod
12 pin	G
11 pin	B

Використовуючі наведені таблиці можна підключити модулі до платформи Arduino Mega 2560, це спростить можливість відтворення такого самого прототипу.

3.4 Основні розроблені функції програмного забезпечення

На основні UML діаграми роботи розробленої системи та прототипу розроблювальної системи можна відокремити такі основні дії, які будуть виконуватись розробленим програмним застосунком:

- налаштування коефіцієнту випромінювання;
- зчитування температури об'єкта та довколишнього середовища;
- обробка отриманих даних;
- перевірка даних на граничні значення;
- вмикання світлодіода відповідним кольором;
- відображення температури;
- відображення коефіцієнту випромінювання.

Усі ці заплановані дії було переведено в розроблювані функції у відповідному середовищі розробки Arduino IDE. Основні розроблені функції цього програмного забезпечення а також те що вони виконують, їх опис наведено у таблиці 3.3.

Таблиця 3.3. – Основні функції програмного забезпечення системи дистанційного вимірювання температури

Функція	Опис
UTFT myDisplay (ILI9486,38,39,40,41);	Ініціалізація дисплея відповідного типу 3,5 MEGA (480x320 chip ILI9486)
distTempSensor.begin()	Перевірка чи є підключення до модуля дистанційного виміру температури
myDisplay.InitLCD();	Ініціалізація дисплея, за замовчанням горизонтальна
distTempSensor.writeEmissivity(new_ emissivity);	Запис коефіцієнту випромінення до модуля виміру температури
distTempSensor.readAmbientTempC(); distTempSensor.readObjectTempC(); distTempSensor.readEmissivity();	Читання даних з датчика виміру температури: - температура довколишнього середовища, - температура об'єкта - встановлений коефіцієнт випромінення.
myDisplay.clrScr();	Очистка дисплея.
myDisplay.setFont(BigFont);	Встановлення розміру шрифту
myDisplay.setColor(VGA_WHITE);	Встановлення кольору шрифту
myDisplay.print(String(emissivity), LEFT, 100);	Вивід на дисплей коефіцієнту випромінення, другий параметр орієнтація по горизонталі, третій - по вертикалі.

3.5 Висновки до розділу 3

В цьому розділі була наведена загальна архітектура системи дистанційного вимірювання температури на основі платформи Arduino. Розроблено UML діаграму послідовності роботи системи.

Спректовано схему електричну принципову на основі якої було побудовано прототип системи, який наведений також у цьому розділі.

Для зручності розуміння підключення елементів до платформи Arduino були наведені таблиці підключення.

Також було представлено основні функції розробленого програмного застосунку для системи дистанційного вимірювання температури.

4 ІНСТРУКЦІЇ ПО ВИКОРИСТАННЮ ТА ТЕСТУВАННЯ СИСТЕМИ

4.1 Інструкції налаштування апаратної та програмної частини системи вимірювання температури

Крок 1. На цьому кроці необхідно з'єднати між собою всі елементи, щоб отримати прототип системи, який зображено на рисунку 3.4. та 3.5.

Щоб підключити КПІІ світлодіод необхідно визначити найглибший контакт на ньому, це буде заземлення. Підключити це контакт до плати Arduino до контакту з надписом GND.

Далі одна ніжка з ліва це R (red) контакт його підключити до 13 піну на платформі Arduino. Але підключати треба через резистор 220Ом. Два контакти справа на світлодіоді підключити до 12 та 11 піна на платформі Arduino відповідно, також використовуючи резистори 220Ом.

Далі підключати треба модуль дистанційного виміру температури.

Підключити VCC до 5V Arduino.

Підключити контакт SCL до 20 піна (SCL) Arduino.

Підключити GND до GND Arduino.

Підключити контакт SDA до 21 піна (SDA) Arduino.

Після, необхідно підключити дисплей, він просто надягається зверху платформи використовуючи встановлені піни.

Крок 2. Підключити схему через USB кабель до комп'ютера (ПК).

Крок 3. Встановити Arduino IDE на ПК та запустити його. Скопіювати в середовище отриманий код.

Крок 4. Необхідно встановити бібліотеки, для цього в панелі зліва вибрати пункт Library Manager та в полі пошуку ввести назви бібліотек UTFT та Adafruit_MLX90614. Після того як пошук відобразить результат натиснути на кнопку Install на відповідній бібліотеці.

Крок 5. Далі завантажити код до платформи Arduino яка підключена до ПК через USB кабель. Треба кликнути в рядку інструментів на поле з

випадаючим списком та обрати порт до якого саме підключена платформа Arduino Mega (рис. 4.1).

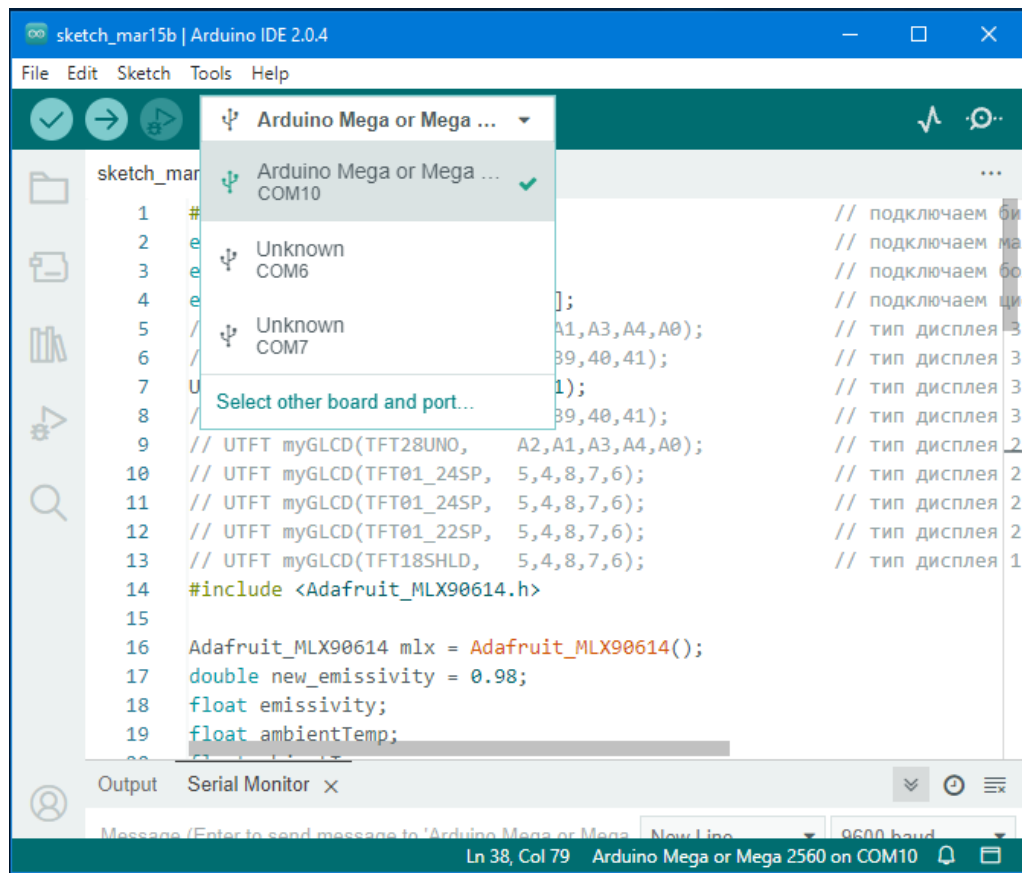


Рисунок 4.1 – Підключення порту в Arduino IDE

Після необхідно завантажити програму до платформи Arduino, для цього натиснути на кнопку Upload в панелі інструментів (рис. 4.2).

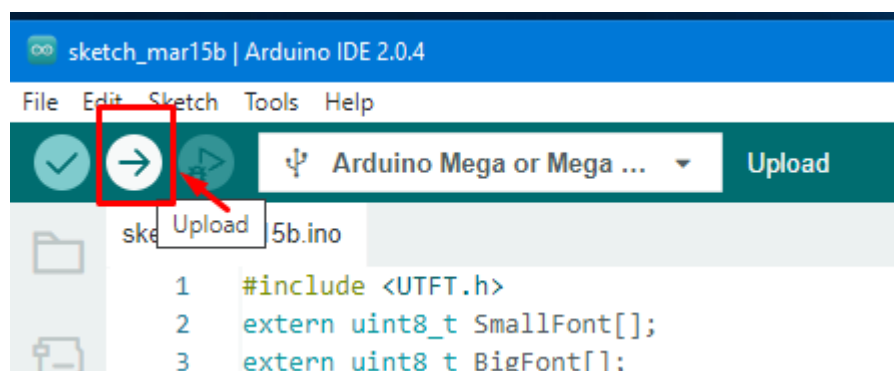


Рисунок 4.2 – Завантаження програми до платформи Arduino

Крок 6. Необхідно відкрити монітор послідовного порту в Arduino IDE та подивитися чи приходять помилки з'єднання з датчиками та чи виводяться інформація до монітору послідовного порту про температуру та коефіцієнт випромінювання (рис. 4.3).

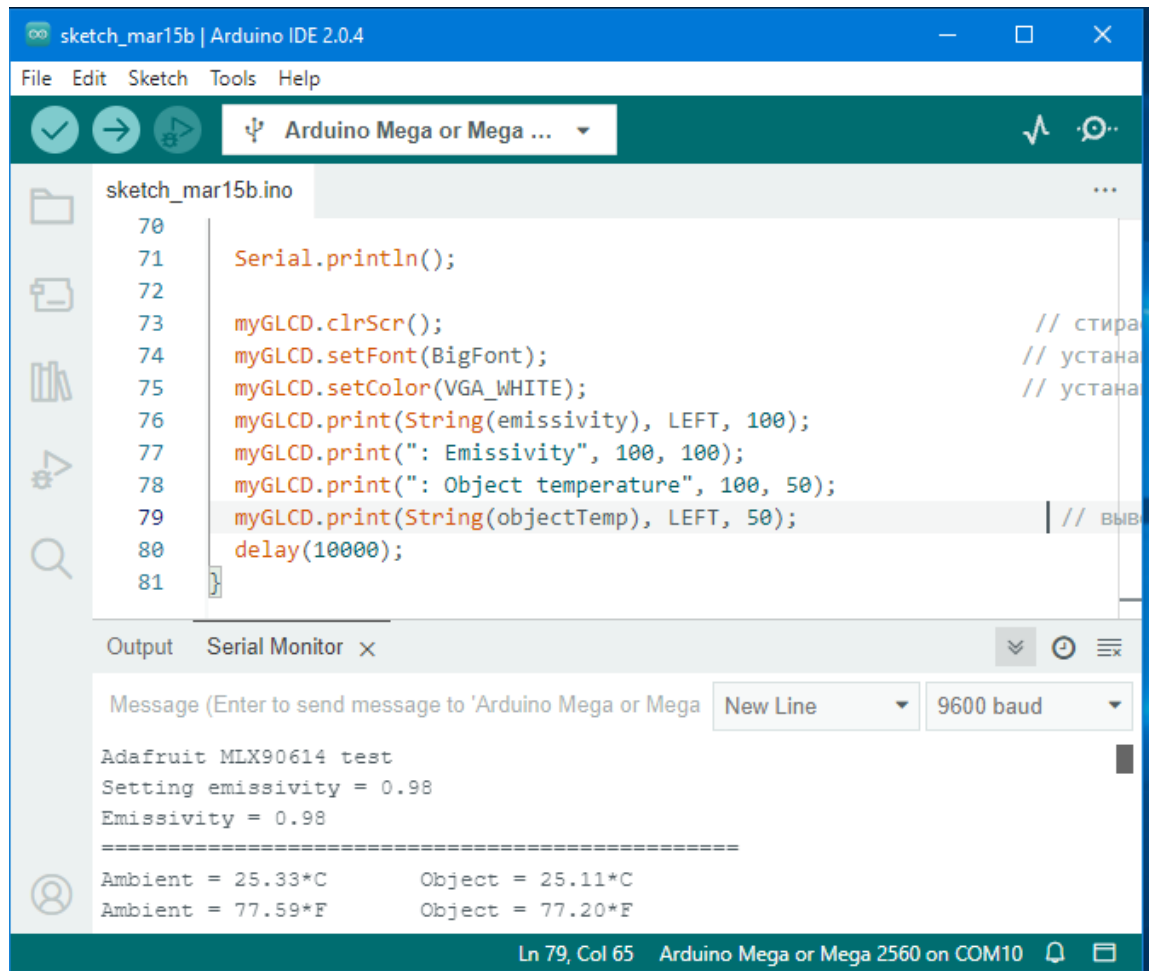


Рисунок 4.3 –Arduino IDE (монітор послідовного порту)

Якщо все зроблено правильно то також сама інформація зображена на дисплеє та світлодіод горить відповідно блакитним кольором (рис. 4.4).

В програмі можна змінювати коефіцієнт випромінювання залежно від об'єкта вимірювання (таблиця 1.1), а також змінювати граничне значення температури, переходячи яке світлодіод змінює колір на червоний.

4.2 Робота та тестування прототипу системи дистанційного вимірювання температури

Оскільки температура довколишнього середовища під час виконання експериментів становила приблизно 21 °С, то відповідно виміри поверхні тіла виконуються враховуючи цю умову (див. табл. 1.2).

Перший тест був вимір температури руки, результати зображені на рисунку 4.4. Температура становить приблизно 29 °С, що відповідає нормі встановленій в таблиці 1.2 (по таблиці приблизно 27 °С).

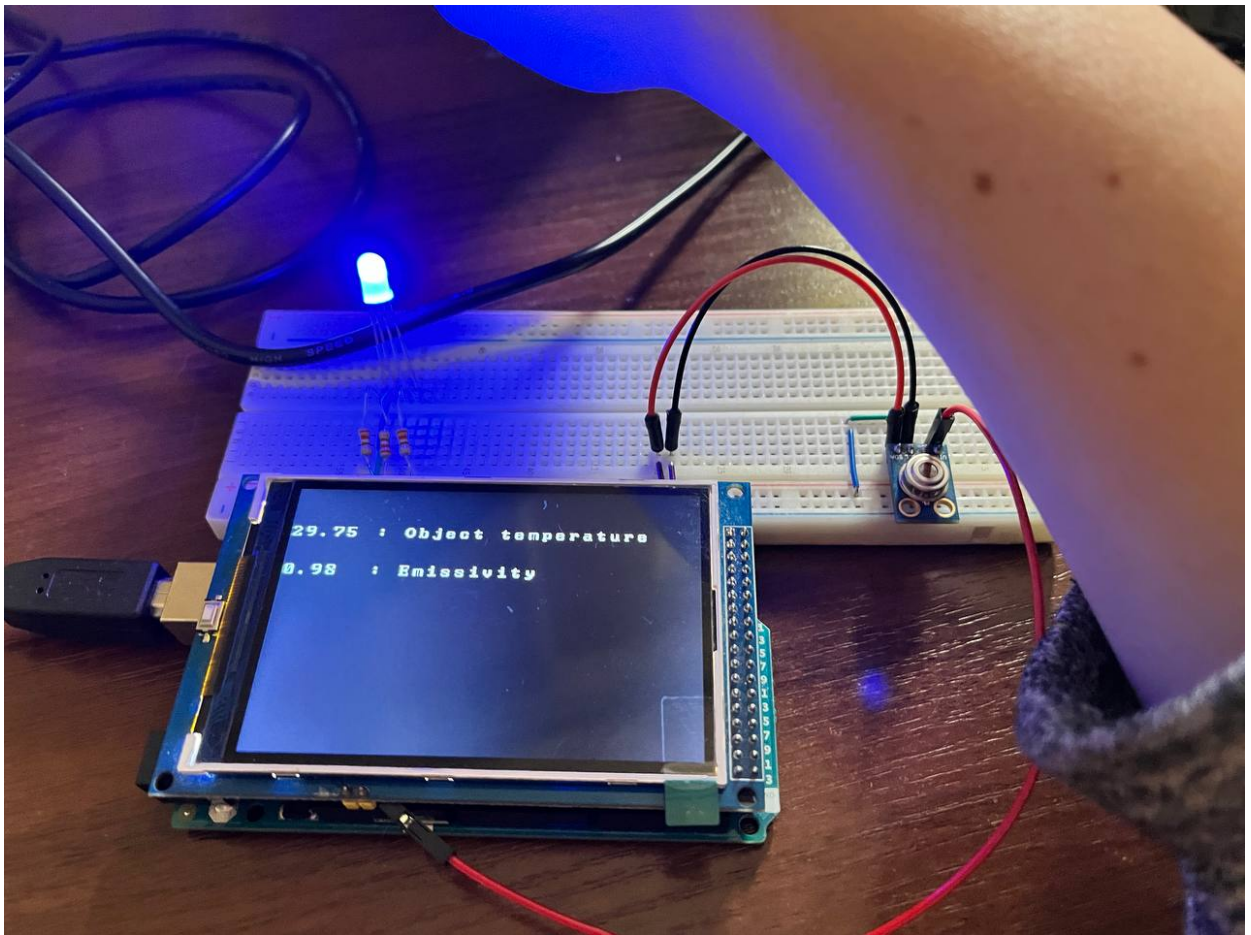


Рисунок 4.4 – Вимірювання температури руки розробленим прототипом

Наступним тестом було перевірка граничного значення для температури тіла людини, яка була встановлена у програмі 37.0 °С. При

необхідності можна змінити це у програмі. Тож для того щоб датчик зловив температуру більшу за 37 градусів, було піднесено стакан з гарячею водою.

Як видно з рисунку 4.5. температура збільшилась до 66 °C та світлодіод став горіти червоним кольором.

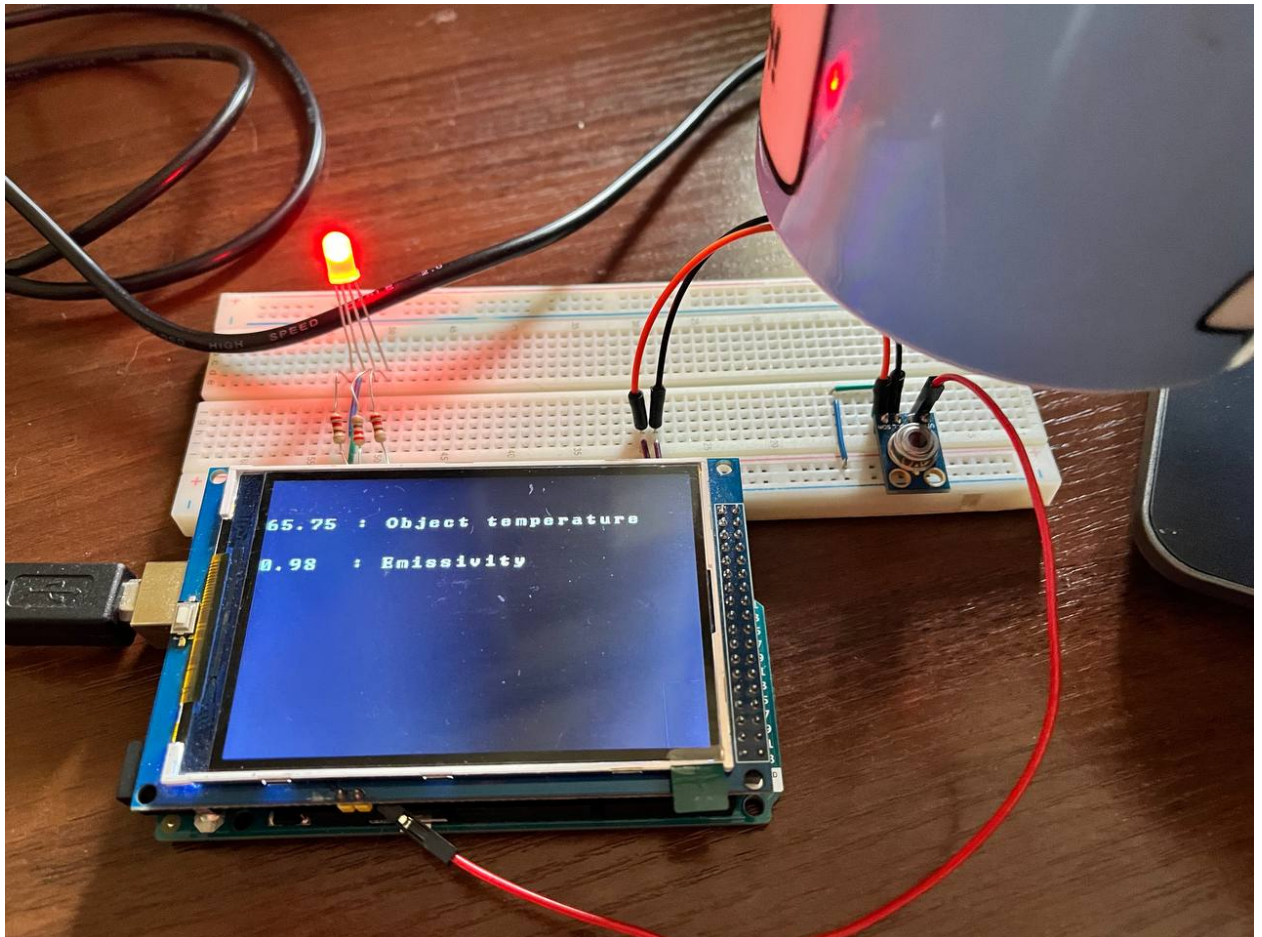


Рисунок 4.5 – Перевірка роботи граничного значення температури

Таким чином розроблений прототип є робочим та виконує поставлені завдання.

4.3 Висновки до розділу 4

В розділі було наведено кроки збірки прототипу системи дистанційного вимірювання температури.

Описано підключення всіх модулів до платформи Arduino, відповідно по контактам. Описано налаштування середовища розробки та описано зміну програми для виміру температури для різних об'єктів.

Проведено тестування системи на вимір температури тіла людини та на граничне значення температури встановленої в програмі.

ВИСНОВКИ

В результаті виконання роботи були вирішені всі поставлені завдання та мета роботи була досягнута.

Було проаналізовано інструментарій дистанційного виміру температури, ІЧ датчик є більш доступним та відповідає ціні та якості, спроможне виконувати всі поставлені задачі в роботі.

Досліджено особливості вимірювання температури за допомогою ІЧ модуля, а саме необхідні коефіцієнти випромінювання для різних об'єктів, наприклад, для виміру тіла людини необхідно встановлювати коефіцієнт 0,98. Також було досліджено, що різні поверхні тіла людини мають різну температуру, а також ці виміри залежить від температури довколишнього середовища.

Було проведено дослідження компонентів які було обрано для побудови апаратної та програмної частини прототипу системи.

Побудовано структурну схему системи, UML-діаграму послідовності роботи системи, а також схему електричну принципову на базі якої розроблювалась апаратна частина прототипу системи.

В результаті був розроблено робочий прототип системи дистанційного вимірювання температури об'єктів, який вимірює температуру об'єкта та відповідно при переході через граничне значення встановленої температури оповіщає користувача про це (світлодіод змінює колір з блакитного на червоний).

ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАННЯ

1. Basic Types of Temperature Measuring Gadgets [Electronic resource].
– Access mode: <https://ep-power.com/basic-types-of-temperature-measuring-gadgets/>.
2. Temperature Measurement [Electronic resource]. – Access mode:
<https://www.omega.com/en-us/resources/temperature-measurement>.
3. The Advantages and Disadvantages of Infrared Thermometers [Electronic resource]. – Access mode: <https://yaletools.com/advantages-and-disadvantages-of-infrared-thermometers/>.
4. Basic principles of non-contact temperature measurement [Electronic resource]. – Access mode:
https://www.optris.global/tl_files/pdf/Downloads/Zubehoer/IR%20Basics.pdf
5. How to measure body temperature correctly using an infrared thermometer [Electronic resource]. – Access mode:
<https://www.foodfocus.co.za/home/Industry-Topics/Occupational-Health-Safety/How-to-measure-body-temperature-correctly-using-an-infrared-thermometer>.
6. Body temperature [Electronic resource]. – Access mode:
<https://www.cosinuss.com/en/measured-data/vital-signs/body-temperature/>.
7. How to use a thermometer [Electronic resource]. – Access mode:
<https://rosecal.com.au/how-to-use-a-thermometer/>.
8. Arduino Mega 2560 [Electronic resource]. – Access mode:
<https://www.mouser.com/catalog/specsheets/ArduinoBoardMega2560.pdf>.
9. Модуль бесконтактного термометра MLX90614 [Електрон. ресурс]. – Режим доступу: <https://arduino.ua/prod1431-modyl-beskontaktnogo-termmetra-mlx90614>
10. . TFT LCD кольоровий дисплей для Arduino Mega 2560 [Електрон. ресурс]. – Режим доступу: <https://arduino.ua/prod1129-cvetnoi-ips-displei-320-h-480-dlya-arduino-mega-due>

11. Getting Started with Arduino IDE 2 [Electronic resource]. – Access mode: <https://docs.arduino.cc/software/ide-v2/tutorials/getting-started-ide-v2>.
12. What is arduino software (IDE), and how use it ? [Electronic resource]. – Access mode: <https://andprof.com/tools/what-is-arduino-software-ide-and-how-use-it/>.
13. Introduction to Arduino IDE [Electronic resource]. – Access mode: <https://www.theengineeringprojects.com/2018/10/introduction-to-arduino-ide.html>.
14. Arduino Integrated Development Environment (IDE) v1 [Electronic resource]. – Access mode: <https://docs.arduino.cc/software/ide-v1/tutorials/arduino-ide-v1-basics>.
15. Arduino IDE [Електрон. ресурс]. – Режим доступу: https://biblprog.org.ua/ua/arduino_ide/.
16. Fritzing [Electronic resource]. – Access mode: <https://fritzing.org/>.

ДОДАТОК А
Текст програми

```

#include <UTFT.h>                                // підключення бібліотеки
UTFT
#include <Adafruit_MLX90614.h>  підключення бібліотеки для
безконтактного модуля

extern uint8_t SmallFont[];                       // підключення маленького
шрифту
extern uint8_t BigFont[];                         // підключення великого
шрифту
extern uint8_t SevenSegNumFont[];                // подключаем
цифровой шрифт

UTFT myDisplay (ILI9486,38,39,40,41);              // вид дисплею
3,5 MEGA (480x320 chipILI9486)

// UTFT myDisplay (TFT18SHLD, 5,4,8,7,6);         // вид дисплею
1,8 TFT (128x160 chipST7735S)
// UTFT myDisplay (TFT01_22SP, 5,4,8,7,6);        // вид дисплею
2,2 TFT (320x240 chipILI9340)
// UTFT myDisplay (TFT01_24SP, 5,4,8,7,6);        // вид дисплею
2,4 TFT (240x320 chipILI9341)
// UTFT myDisplay (TFT01_24SP, 5,4,8,7,6);        // вид дисплею
2,8 TFT (240x320 chipILI9341)
// UTFT myDisplay (TFT28UNO, A2,A1,A3,A4,A0);      // вид
дисплею 2,8 UNO (320x240 chipILI9341)
// UTFT myDisplay (TFT32MEGA, 38,39,40,41);       // вид
дисплею 3,2 MEGA (480x320 chipILI9481)
// UTFT myDisplay (TFT32MEGA_2, 38,39,40,41);     // вид
дисплею 3,2 MEGA (480x320 chipHX8357C)

```

```
// UTFT myDisplay (TFT395UNO,  A2,A1,A3,A4,A0);           // вид
дисплею 3,95 UNO (480x320 chipILI9327)
```

```
Adafruit_MLX90614 distTempSensor = Adafruit_MLX90614();
double new_emissivity = 0.98; // встановлення параметра коефіцієнта
випромінювання
```

```
float emissivity;
float ambientTemp;
float objectTemp;
```

```
void setup()
{
    myDisplay.InitLCD();                               // ініціація дисплею (в
якості параметра можна вказати орієнтацію дисплею: PORTRAIT або
LANDSCAPE), за замовчанням LANDSCAPE - горизонтальна
```

```
Serial.begin(9600); //ініціалізація монітору послідовного порту
while (!Serial);
```

```
Serial.println("Adafruit MLX90614 test");
```

```
// перевірка чи є зв'язок з модулем дистанційного виміру
температури
```

```
if (!distTempSensor.begin()) {
    Serial.println("Error connecting to MLX sensor. Check wiring.");
    while (1);
};
```

```
// читання поточного коефіцієнту випромінювання
```

```

        Serial.print("Current          emissivity          =          ");
Serial.println(distTempSensor.readEmissivity());

// встановлення нового коефіцієнту випромінювання
Serial.print("Setting emissivity = "); Serial.println(new_emissivity);
distTempSensor.writeEmissivity(new_emissivity); // this does the 0x0000
erase write

// повторне читання коефіцієнту після перезапису
        Serial.print("Emissivity          =          ");
Serial.println(distTempSensor.readEmissivity());

        Serial.println("=====
=====");

        pinMode(13, OUTPUT);
        pinMode(11, OUTPUT);
    }

    void loop()
    {

        Serial.print("AmbientTemp          =          ");
Serial.print(distTempSensor.readAmbientTempC()); //читання температури
довколишнього середовища по Цельсію та вивід у монітор послідовного
порту

        Serial.print("*C\tObjectTemp          =          ");
Serial.print(distTempSensor.readObjectTempC());          Serial.println("*C");
//читання температури об'єкта по Цельсію та вивід у монітор послідовного
порту

```

```
Serial.print("AmbientTemp          =          ");
Serial.print(distTempSensor.readAmbientTempF());    //читання температури
довколишнього середовища по Фаренгейту та вивід у монітор послідовного
порту
```

```
Serial.print("*F\tObjectTemp          =          ");
Serial.print(distTempSensor.readObjectTempF());      Serial.println("*F");
//читання температури об'єкта по Фаренгейту та вивід у монітор
послідовного порту
```

```
ambientTemp = distTempSensor.readAmbientTempC(); //параметр в
який записано температуру довколишнього середовища по Цельсію
```

```
objectTemp = distTempSensor.readObjectTempC(); //параметр в який
записано температуру об'єкта по Цельсію
```

```
emissivity = distTempSensor.readEmissivity(); //параметр в який
записано поточний коефіцієнт випромінювання
```

```
// перевірка граничного значення отриманої температури об'єкта,
якщо більше 37 то загоряється червоний колір RGB, якщо ні – синій колір
```

```
if (objectTemp > 37.0) {
    digitalWrite(13, 1);
    digitalWrite(11, 0);
} else {
    digitalWrite(13, 0);
    digitalWrite(11, 1);
}
```

```

Serial.println();

myDisplay.clrScr(); // очищуємо всю
інформацію з дисплею

myDisplay.setFont(BigFont); // встановлення великого
шрифту

myDisplay.setColor(VGA_WHITE); // встановлення
кольору тексту

myDisplay.print(String(emissivity), LEFT, 100); // вивід коефіцієнту
випромінювання на дисплей

myDisplay.print(": Emissivity", 100, 100); //вивід тексту на дисплей
myDisplay.print(": Object temperature", 100, 50); //вивід тексту на
дисплей

myDisplay.print(String(objectTemp), LEFT, 50); // вивід температури
об'єкта на дисплей

delay(10000);
}

```

ДОДАТОК Б
Слайди презентації

Міністерство освіти і науки України
Національний університет «Запорізька політехніка»

дипломний проєкт на тему: _
РОЗРОБКА СИСТЕМИ БЕЗКОНТАКТНОГО ВИМІРЮВАННЯ ТЕМПЕРАТУРИ
DEVELOPMENT OF A NON-CONTACT TEMPERATURE MEASUREMENT SYSTEM

Виконав: ст.гр. КНТ-119
Керівник: к.т.н., доц.

Артем ПОЛЯНОВСЬКИЙ
Ольга ГЛАДКОВА

Рисунок Б.1 – Слайд 1

Мета та завдання

Мета роботи – створення програмно-апаратної системи дистанційного вимірювання температури.

Для досягнення поставленої мети необхідно вирішити наступні завдання:

- проаналізувати існуючі інструменти для дистанційного вимірювання температури;
- проаналізувати особливості дистанційного вимірювання температури;
- обрати інструментарій для розробки;
- спроектувати прототип системи;
- розробити програмне забезпечення.

Рисунок Б.1 – Слайд 2

Аналіз особливостей дистанційного вимірювання температури об'єкту

Матеріал	Коефіцієнт випромінювання
Алюміній неокислений	0.02
Бавовна	0.77
Бетон	0.93
Лід, гладкий	0.97
Скло	0.9
Деревина	0.94
Папір	0.97
Пластмас	0.94
Тіло людини	0.98

Рисунок Б.3 – Слайд 3

Дослідження особливостей виміру температури тіла людини

Частина тіла	Температура довколишнього середовища		
	~33°C	~28-30°C	~21°C
Шкіра голови	36.0	34.8	32.8
Груди	35.8	34.5	31.3
Пахвова западина	36.5	36.4	36.4
Рука	35.9	33.5	27.6
Палець	35.9	33.2	21.0
Стегно	35.2	33.4	27.8
Нога	35.3	30.1	25.2
Стопа	35.5	29.7	22.7

Рисунок Б.4 – Слайд 4

Інструментарій розробки прототипу системи

Апаратна частина

- Arduino Mega 2560
- Безконтактний термометр обрано модуль MLX90614
- Кольоровий 3,5" TFT-модуль
- RGB світлодіод

Програмна частина

- Arduino IDE
- Бібліотека UTFT
- Бібліотека Adafruit_MLX90614

Рисунок Б.5 – Слайд 5

Структурна схема системи дистанційного вимірювання температури

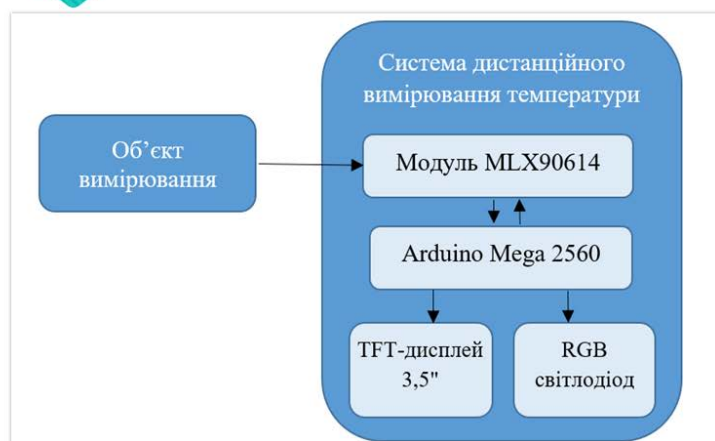


Рисунок Б.6 – Слайд 6

UML-діаграма послідовності роботи системи



Рисунок Б.7 – Слайд 7

Схема електрична принципова

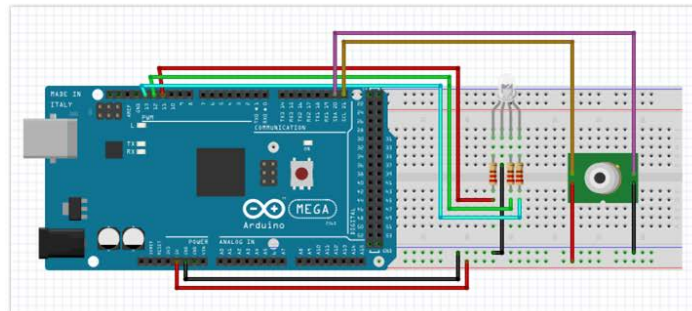
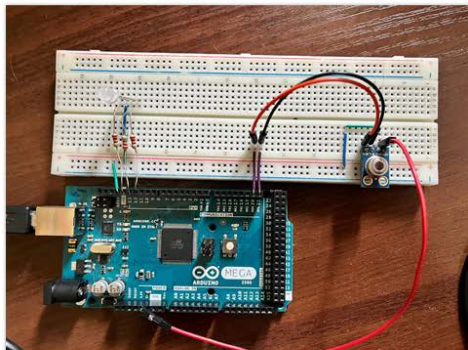
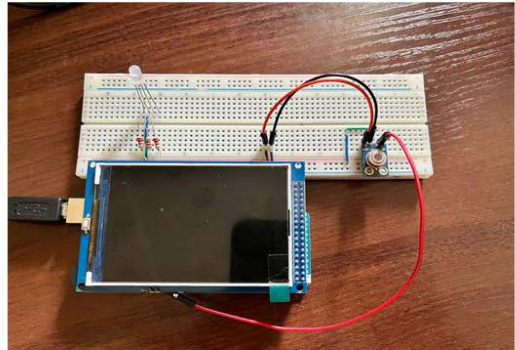


Рисунок Б.8 – Слайд 8

Прототип системи



Без дисплею



З дисплеєм

Рисунок Б.9 – Слайд 9

Основні функції програмного забезпечення

Функція	Опис
<code>UTFT myDisplay (ILI9486,38,39,40,41);</code>	Ініціалізація дисплея відповідного типу 3,5 MEGA (480x320 chip ILI9486)
<code>distTempSensor.begin()</code>	Перевірка чи є підключення до модуля дистанційного виміру температури
<code>myDisplay.InitLCD();</code>	Ініціалізація дисплея, за замовчанням горизонтальна
<code>distTempSensor.writeEmissivity(emissivity);</code>	Запис коефіцієнту випромінювання до модуля виміру температури
<code>distTempSensor.readAmbientTempC();</code> <code>distTempSensor.readObjectTempC();</code> <code>distTempSensor.readEmissivity();</code>	Читання даних з датчика виміру температури: - температура довколишнього середовища, - температура об'єкта - встановлений коефіцієнт випромінювання.
<code>myDisplay.clrScr();</code>	Очистка дисплея.
<code>myDisplay.setFont(BigFont);</code>	Встановлення розміру шрифту
<code>myDisplay.setColor(VGA_WHITE);</code>	Встановлення кольору шрифту
<code>myDisplay.println(String(emissivity), LEFT, 100);</code>	Вивід на дисплей коефіцієнту випромінювання, другий параметр орієнтація по горизонталі, третій - по вертикалі.

Рисунок Б.10 – Слайд 10

Робота системи

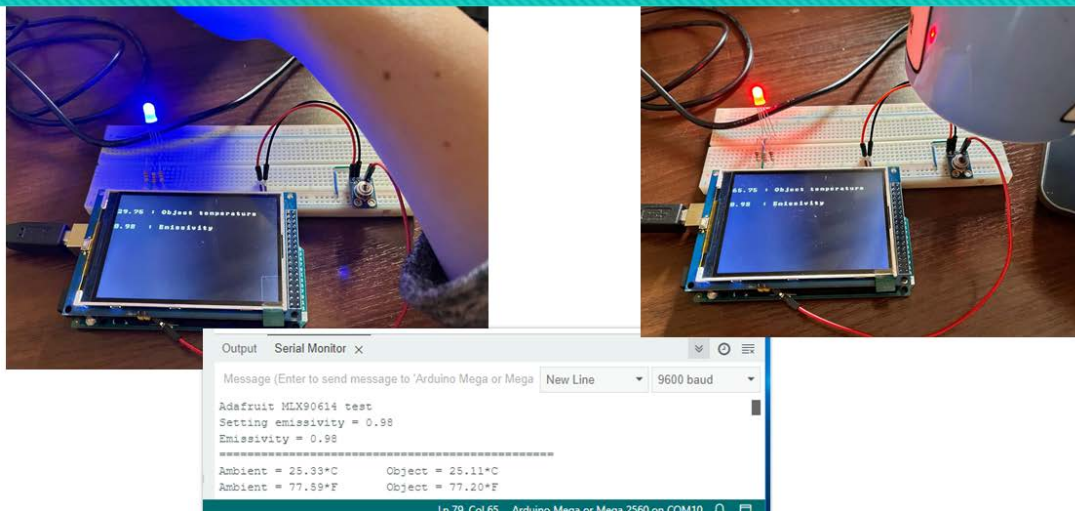


Рисунок Б.11 – Слайд 11

Висновки

В результаті виконання роботи було розроблено прототип апаратно програмної системи дистанційного вимірювання температури об'єкта. За допомогою якого можна вимірювати температури та визначати чи знаходиться вона в граничних допустимих значеннях.

Усі поставлені завдання в роботі було вирішено та мета була досягнута.

Рисунок Б.12 – Слайд 12