

Галицький фаховий коледж імені В'ячеслава Чорновола  
відділення комп'ютерних технологій  
циклова комісія інформатики та комп'ютерних дисциплін

ДОПУСТИТИ ДО ЗАХИСТУ  
Завідувач відділення  
комп'ютерних технологій  
Наталія СТЕФУРАК / \_\_\_\_\_ /  
(підпис)  
«\_\_\_\_\_» \_\_\_\_\_ 2024 р.

### ПОЯСНЮВАЛЬНА ЗАПИСКА

до кваліфікаційної роботи  
освітньо-професійного ступеня «фаховий молодший бакалавр»  
зі спеціальності 123 «Комп'ютерна інженерія»  
на тему:  
«Система дистанційного моніторингу та рівня кисню у крові»

Студент групи КІ-41

Ігор ХМІЛЬ

\_\_\_\_\_  
(підпис)

Керівник роботи

Василь КУЗИК

\_\_\_\_\_  
(підпис)

Консультанти:  
з техніко-економічного  
обґрунтування

Любов МЕЛЕНЧУК

\_\_\_\_\_  
(підпис)

Нормоконтролер

Надія ГАВРИШКІВ

\_\_\_\_\_  
(підпис)

Тернопіль – 2024

Галицький фаховий коледж імені В'ячеслава Чорновола  
відділення комп'ютерних технологій  
циклова комісія інформатики та комп'ютерних дисциплін

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач відділенням  
комп'ютерних технологій

Наталія СТЕФУРАК / \_\_\_\_\_ /

підпис

« \_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 2023 р.

**ЗАВДАННЯ**

на кваліфікаційну роботу

на здобуття освітньо-професійного ступеня «фаховий молодший бакалавр»

студенту Хмілю Ігорю Володимировичу

\_\_\_\_\_  
(прізвище, ім'я та по-батькові студента)

1. Тема роботи: «Система дистанційного моніторингу пульсу та рівня кисню у крові», затверджена наказом по коледжу від «27» листопада 2023р., №234а-н.
2. Термін здачі студентом завершеної роботи: «28» червня 2024 р.
3. Вихідні дані до роботи: технології та засоби вимірювання пульсу та рівня кисню у крові людини, наявні рішення на ринку, технічне завдання.
4. Перелік питань, які повинні бути розроблені в роботі:
  - а) основна частина дослідження предметної області, формалізація вимог до системи, проектування структури системи, реалізація та тестування системи.
  - б) техніко-економічне обґрунтування аналіз ринку наявних рішень, дослідження кошторису реалізації системи, підрахунок загальної вартості розробки системи.



5. Перелік графічного матеріалу: блок-схема розрахунку пульсу та сатурації крові, структурна схема системи, схема з'єднання компонентів, електрична принципова схема.

6. Консультанти роботи:

Розділ	Консультанти	Підпис, дата	
		Завдання видано	Завдання прийнято
з техніко-економічного обґрунтування	Меленчук Л.І. вчена ступінь, звання		
	П.І.П. консультанта		

### КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН виконання кваліфікаційної роботи

№ п/п	Найменування етапу	Терміни	
		початку	завершення
1.	Вибір теми, ознайомлення з вимогами до кваліфікаційної роботи.	23.11.2023	01.12.23
2.	Дослідження предметної області, огляд типових рішень.	02.12.2023	05.02.2024
3.	Дослідження технологій реалізації.	29.01.2024	07.02.2024
4.	Розробка функціональних вимог до системи та робота над її структурою.	08.02.2024	01.03.2024
5.	Проектування системи та підготовка відповідного графічного матеріалу.	03.03.2024	05.04.2024
6.	Вибір, встановлення та налаштування середовища реалізації.	18.03.2024	08.04.2024
7.	Реалізація системи та написання відповідного розділу кваліфікаційної роботи.	09.04.2024	09.05.2024
8.	Доопрацювання апаратної складової.	10.05.2024	16.05.2024
9.	Опрацювання економічного розділу та написання відповідного розділу кваліфікаційної роботи.	11.03.2024	03.05.2024
10.	Тестування системи та усунення недоліків.	17.05.2024	31.05.2024
11.	Робота над оформленням пояснювальної записки.	01.06.2024	18.06.2024
12.	Попередній захист кваліфікаційної роботи, доопрацювання.	18.06.2024	18.06.2024
13.	Підготовка до захисту кваліфікаційної роботи.	19.06.2024	27.06.2024
14.	Захист кваліфікаційної роботи.	28.06.2024	28.06.2024

Дата видачі «27»листопада 2023р. Керівник \_\_\_\_\_ / Василь КУЗИК

Завдання прийняв до виконання \_\_\_\_\_ / Ігор ХМІЛЬ

## Реферат

Кваліфікаційна робота. Система дистанційного моніторингу пульсу та рівня кисню у крові. 46 сторінок, 21 рисунок, 2 додатки, 7 джерел.

Метою даної роботи є розробка та реалізація системи дистанційного моніторингу пульсу та рівня кисню у крові. Система повинна вимірювати показники пульсу та рівня кисню в крові людини та відображати отримані значення як локально, так і віддалено через Інтернет за допомогою мобільного телефона чи планшета. Окрім того, система повинна зберігати історію замірів за певний проміжок часу.

Для реалізації проєкту було використано мікроконтролер ESP8266, середовище розробки Arduino IDE для програмування мікроконтролера ESP, бібліотеки для роботи з периферійними пристроями.

У роботі розглянуто процес розробки та реалізації системи дистанційного моніторингу пульсу та рівня кисню у крові, представлено її ключові характеристики та переваги, а також надано рекомендації щодо її застосування.

МОНІТОРИНГ ПУЛЬСУ, МОНІТОРИНГ РІВНЯ КИСНЮ У КРОВІ, ВІДДАЛЕНЕ ВИМІРЮВАННЯ, ESP8266, ARDUINO, FRITZING, THINGER.IO.



## Abstract

Graduation Project. Remote Monitoring System for Pulse and Blood Oxygen Levels. 46 pages, 21 figures, 2 appendices, 7 sources.

The aim of this work is to develop and implement a remote monitoring system for pulse and blood oxygen levels. The system should measure a person's pulse and blood oxygen levels and display the obtained values both locally and remotely over the Internet using a mobile phone or tablet. Additionally, the system should store a history of measurements over a certain period of time.

To implement the project, the ESP8266 microcontroller, the Arduino IDE development environment for programming the ESP microcontroller, and libraries for working with peripheral devices were used.

The work discusses the process of developing and implementing the remote monitoring system for pulse and blood oxygen levels, presents its key features and advantages, and provides recommendations for its application.

PULSE MONITORING, BLOOD OXYGEN LEVEL MONITORING, REMOTE MEASUREMENT, ESP8266, ARDUINO, FRITZING, THINGER.IO.

## ЗМІСТ

Скорочення та умовні позначки .....	6
Вступ.....	7
1 Аналіз існуючих рішень та постановка завдання .....	8
1.1 Аналіз предметної області .....	8
1.2 Огляд існуючих рішень .....	9
1.3. Постановка завдання.....	13
2 Проєктування системи .....	15
2.1 Формалізація вимог до системи.....	15
2.2 Проєктування структури системи .....	16
2.3 Проєктування алгоритму роботи системи .....	16
3 Реалізація та тестування системи .....	18
3.1 Вибір апаратних засобів реалізації.....	18
3.3 Реалізація електричної схеми пристрою.....	21
3.4 Реалізація програмного коду.....	24
3.5 Тестування роботи системи .....	32
4 Техніко-економічне обґрунтування проєкту.....	36
4.1 Аналіз ринку .....	36
4.2 Розрахунок витрат на реалізацію.....	37
Перелік джерел посилання .....	41
Додатки.....	42

					<i>КР.КІ 24.542.14.000 ПЗ</i>		
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата			
Розроб.		Хміль І.В.			Система дистанційного моніторингу пульсу та рівня кисню у крові	Лім.	Арк.
Перевір.		Кузик В.М.					5
Рецензент		Павлюс В.П.				Акрушів	46
Н. Контр.		Гавришків Н.Г.				ГФК.ВКТ.КІ-41	
Затверд.		Стефурак Н.А					

## СКРОЧЕННЯ ТА УМОВНІ ПОЗНАКИ

I2C – Inter-Integrated Circuit

IDE – Integrated Development Environment

IoT – Internet of Things

OLED – Organic Light-Emitting Diode

PPG – Photo Plethysmo Gram

UART – Universal Asynchronous Receiver/Transmitter

					<i>КР.КІ 24.542.14.000 ПЗ</i>	Арк.
						6
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		



## ВСТУП

Технологічні інновації продовжують змінювати наше повсякденне життя, роблячи його більш комфортним та ефективним. В епоху цифрових технологій особливо актуальним стає питання здоров'я та його моніторингу. Система дистанційного моніторингу пульсу та рівня кисню в крові є яскравим прикладом таких інновацій, що надають можливість людям контролювати свої життєві показники в реальному часі.

Розвиток технологій дозволяє створювати пристрої, які можуть відстежувати стан здоров'я без необхідності постійного візиту до лікаря. Такі системи стають незамінними помічниками для людей з хронічними захворюваннями, спортсменів, а також для всіх, хто піклується про своє здоров'я. Вони забезпечують можливість отримання даних про стан організму швидко та точно, що допомагає своєчасно реагувати на будь-які відхилення.

Наукові дослідження та розробки у сфері дистанційного моніторингу здоров'я сприяють створенню більш зручних, компактних та точних пристроїв. Вони здатні інтегруватися з мобільними додатками, що дозволяє користувачам отримувати доступ до своїх даних у будь-який час і з будь-якої точки світу. Такий підхід не тільки підвищує рівень медичного обслуговування, але й допомагає людям бути більш обізнаними про свій стан здоров'я та приймати обґрунтовані рішення щодо свого способу життя.

Завдяки системам дистанційного моніторингу пульсу та рівня кисню в крові ми маємо можливість покращити якість життя, запобігати розвитку серйозних захворювань та своєчасно реагувати на будь-які зміни у нашому організмі. Ця технологія демонструє, як сучасні досягнення можуть бути інтегровані у наше повсякденне життя для підвищення його безпеки та комфорту.



# 1 АНАЛІЗ ІСНУЮЧИХ РІШЕНЬ ТА ПОСТАНОВКА ЗАВДАННЯ

## 1.1 Аналіз предметної області

Дистанційний моніторинг серцевого ритму та оксигенації крові є важливим напрямком досліджень в галузі медичних технологій. Аналіз цього напрямку дасть змогу зробити огляд поточного стану розробок у цій галузі, виявити основні проблеми та визначити напрямки подальших досліджень і вдосконалень.

Початковий етап аналізу включатиме збір та огляд науково-технічної літератури, статей та наукових досліджень, спрямованих на дистанційний моніторинг частоти серцевих скорочень та оксигенації крові. Цей процес дозволить нам дізнатися про поточні досягнення в галузі, виділити основні тенденції та визначити ключові проблеми. Потім будуть проаналізовані технічні заходи, що використовуються для збору даних про частоту серцевих скорочень і рівень кисню в крові. Це включає огляд різних датчиків, пристроїв та програмного забезпечення, призначених для дистанційного моніторингу цих показників. Особливу увагу буде приділено їх точності, надійності та здатності працювати в різних умовах. Далі розглядаються методи обробки та аналізу отриманих даних про частоту серцевих скорочень і рівень кисню. Висновки підсумовують результати аналізу і створюють основу для подальших рекомендацій щодо вдосконалення і розвитку систем дистанційного моніторингу частоти серцевих скорочень і оксигенації крові.

Принцип роботи пульсоксиметра базується на використанні світлового датчика, який сприймає світло червоного та інфрачервоного спектру. Це світло проникає через тканини шкіри і поглинається гемоглобіном. Пульсоксиметр аналізує зміни інтенсивності світла, що залежать від пульсу та рівня кисню в крові. Отримані дані перетворюються в електричний сигнал, який обробляється пристроєм та відображається на його дисплеї [7].

Існують чотири основних типи пульсоксиметрів: переносні, медичні, носимі та дитячі.

					КР.КІ 24.542.14.000 ПЗ	Арк.
						8
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		



Основні характеристики включають точність вимірювань, швидкість вимірювань, зрозумілий дисплей, компактний розмір і легка вага для зручності використання. Деякі моделі можуть мати додаткові функції, такі як аудіо- або візуальні сигнали, і можуть мати можливість безпроводного підключення до інших пристроїв для зручності моніторингу даних.

Пульсоксиметри застосовуються в медицині для вимірювання рівня кисню в крові та пульсу, в домашніх умовах для контролю за станом здоров'я, у спорті для моніторингу пульсу під час тренувань, а також в догляді за дітьми та немовлятами для контролю за їх здоров'ям.

## 1.2 Огляд існуючих рішень

Розгляд існуючих можливостей у сфері систем дистанційного моніторингу пульсу та рівня кисню у крові включає аналіз різноманітних технічних засобів, програмного забезпечення та пристроїв, які використовуються для збору, обробки та аналізу відповідних медичних даних.

Розглянемо як приклад, Apple Watch Series 7. Він являє собою смарт-годинник, який виконує роль важливого засобу для збору та аналізу основних показників здоров'я на повсякденному рівні. Завдяки цьому пристрою зросло загальне зацікавлення громадськості у власному здоров'ї та фізичній активності. В науковому середовищі Apple Watch Series 7 розглядається як інструмент, що надає звичайним користувачам можливість вимірювати та відстежувати важливі медичні параметри прямо на їхньому зап'ясті. Основними функціями Apple Watch Series 7 є можливість вимірювання пульсу та рівня кисню в крові. Вбудовані сенсори дозволяють збирати ці дані в реальному часі, що дозволяє користувачам відстежувати свій стан здоров'я в будь-який момент. Крім того, годинник має можливість підключення до смартфона через Bluetooth, що дозволяє передавати зібрані дані на пристрій для подальшого аналізу. Завдяки своїй компактності та простоті в управлінні, Apple Watch Series 7 став доступним для широкого кола користувачів. Цей пристрій дозволяє виконувати функції

					<i>КР.КІ 24.542.14.000 ПЗ</i>	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		9

моніторингу здоров'я без необхідності великих зусиль чи попереднього досвіду в цій галузі [1].

Крім того, деякі моделі годинника мають можливість підключення до Інтернету, що робить доступ до зібраних даних ще більш зручним та дозволяє користувачам аналізувати їх за допомогою спеціальних додатків чи програм (рис. 1.1).



Рисунок 1.1 – Apple Watch 7

Особливості та переваги Apple Watch 7 у контексті системи дистанційного моніторингу пульсу та рівня кисню у крові:

- Вимірювання пульсу та рівня кисню в крові.
- Може підключатися до мережі та завантажувати дані на вебсайти, де користувач може відстежувати та аналізувати своє здоров'я у реальному часі.
- Здатний зберігати дані вимірювань та передавати їх на комп'ютер для подальшого аналізу у програмі Excel, що дозволяє користувачам докладно вивчати зібрані дані.
- Apple Watch 7 має інтуїтивний і зручний інтерфейс, що дозволяє легко керувати та налаштовувати параметри здоров'я відповідно до



індивідуальних потреб користувача.

Наступник прикладом виступає пальцевий пульсоксиметр. Він широко використовується в медицині для нагляду за станом пацієнтів під час хірургічних процедур, в реанімації та інтенсивній терапії, а також в домашніх умовах для самоконтролю за станом здоров'я. Такі пульсоксиметри зазвичай вимірюють кількість кисню, яка поглинуто кров'ю, а також пульс. Ці дані відображаються на екрані пристрою, де користувач може переглянути їх для визначення свого стану здоров'я.

Пульсоксиметри широко використовуються як медичні прилади для вимірювання кисню в крові та пульсу у реальному часі. Вони можуть бути корисними як для медичних професіоналів, так і для пацієнтів, що потребують нагляду за своїм здоров'ям. Пульсоксиметри зазвичай компактні, легкі в користуванні і надійні, що дозволяє їм бути ефективними в різних умовах, включаючи лікарні, домашнє лікування та спортивну діяльність. Деякі сучасні моделі пульсоксиметрів можуть бути підключені до смартфонів або інших пристроїв для збереження та аналізу даних, що зробило їх ще більш зручними та функціональними (рис. 1.2).



Рисунок 1.2 – Пальцевий пульсоксиметр

Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

КР.КІ 24.542.14.000 ПЗ

Арк.

11

Окрім пальцевих пульсоксиметрів існують інші, більш професійні. Один з них – це пульсоксиметр ChoiceMed MD 300K2 Pulsoximeter. Пульсоксиметр ChoiceMed MD 300K2 – це медичний прилад, який використовується для вимірювання пульсу та рівня кисню в крові у людей. Він є компактным, портативним і надійним засобом для немедичного використання, який може бути корисним як у лікарнях, так і в домашніх умовах для моніторингу здоров'я. Пульсоксиметр ChoiceMed MD 300K2 має яскравий дисплей, що забезпечує зручне відображення вимірюваних показників, та може зберігати дані вимірювань для подальшого аналізу (рис. 1.3) [4].



Рисунок 1.3 – Пульсоксиметр ChoiceMed MD 300K2 Pulsoximeter

Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

*КР.КІ 24.542.14.000 ПЗ*

Арк.

12



## Особливості та переваги пульсоксиметра ChoiceMed MD 300K2 Pulsoximeter:

- Пульсоксиметр ChoiceMed MD 300K2 є високоякісним медичним пристроєм, який призначений для точного та швидкого вимірювання рівня кисню в крові та пульсу без необхідності взяття зразка крові.
- Його легкий дизайн робить його ідеальним для перенесення та використання в будь-яких умовах, що робить його доречним для використання вдома, в лікарнях або відкритому повітрі.
- Простий інтерфейс та яскравий дисплей з чіткою інформацією дозволяють легко читати результати вимірювань навіть для людей з обмеженим зором або при слабкому освітленні.
- Доступність цього пульсоксиметра за помірну ціну робить його доступним для широкого кола користувачів, забезпечуючи точні та надійні вимірювання без значного витрати.
- Його висока точність вимірювань та надійність забезпечують отримання достовірних результатів в будь-якій ситуації, дозволяючи користувачам вчасно виявляти та контролювати будь-які відхилення в їхньому здоров'ї.

### 1.3. Постановка завдання

Розробити пристрій для вимірювання пульсу та рівня кисню в крові (пульсоксиметр), який буде відображати вимірювані значення на вбудованому дисплеї та передавати їх до хмарного сервісу.

Функціональні вимоги до пристрою:

- Пристрій повинен точно вимірювати пульс користувача в діапазоні 40-160 ударів на хвилину.
- Пристрій повинен визначати рівень насичення крові киснем в діапазоні 90-100%.
- Пристрій повинен бути оснащений OLED-дисплеєм для відображення

					<i>КР.КІ 24.542.14.000 ПЗ</i>	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		13



пульсу та рівня кисню в крові.

- Результати вимірювань повинні бути доступні в реальному часі.
- Пристрій повинен мати можливість передавати дані до хмарного сервісу для подальшого збереження та аналізу.
- Дані повинні передаватися в хмару по протоколу Wi-Fi.

Провести тестування роботи пристрою для перевірки її функціональності та відповідності вимогам

					<i>КР.КІ 24.542.14.000 ПЗ</i>	Арк.
						14
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

## 2 ПРОЄКТУВАННЯ СИСТЕМИ

### 2.1 Формалізація вимог до системи

Для створення системи для моніторингу пульсу та рівня кисню у крові було передбачено наступні вимоги:

- Точність та надійність вимірювань.
- Зручність та ергономічність.
- Безпека та конфіденційність даних.
- Сумісність та інтеграція.
- Відповідність стандартам та надійність.

Автоматизована система дистанційного моніторингу пульсу та рівня кисню в крові дозволяє контролювати ці показники віддалено. Загальна схема роботи системи представлена на рисунку 2.1.

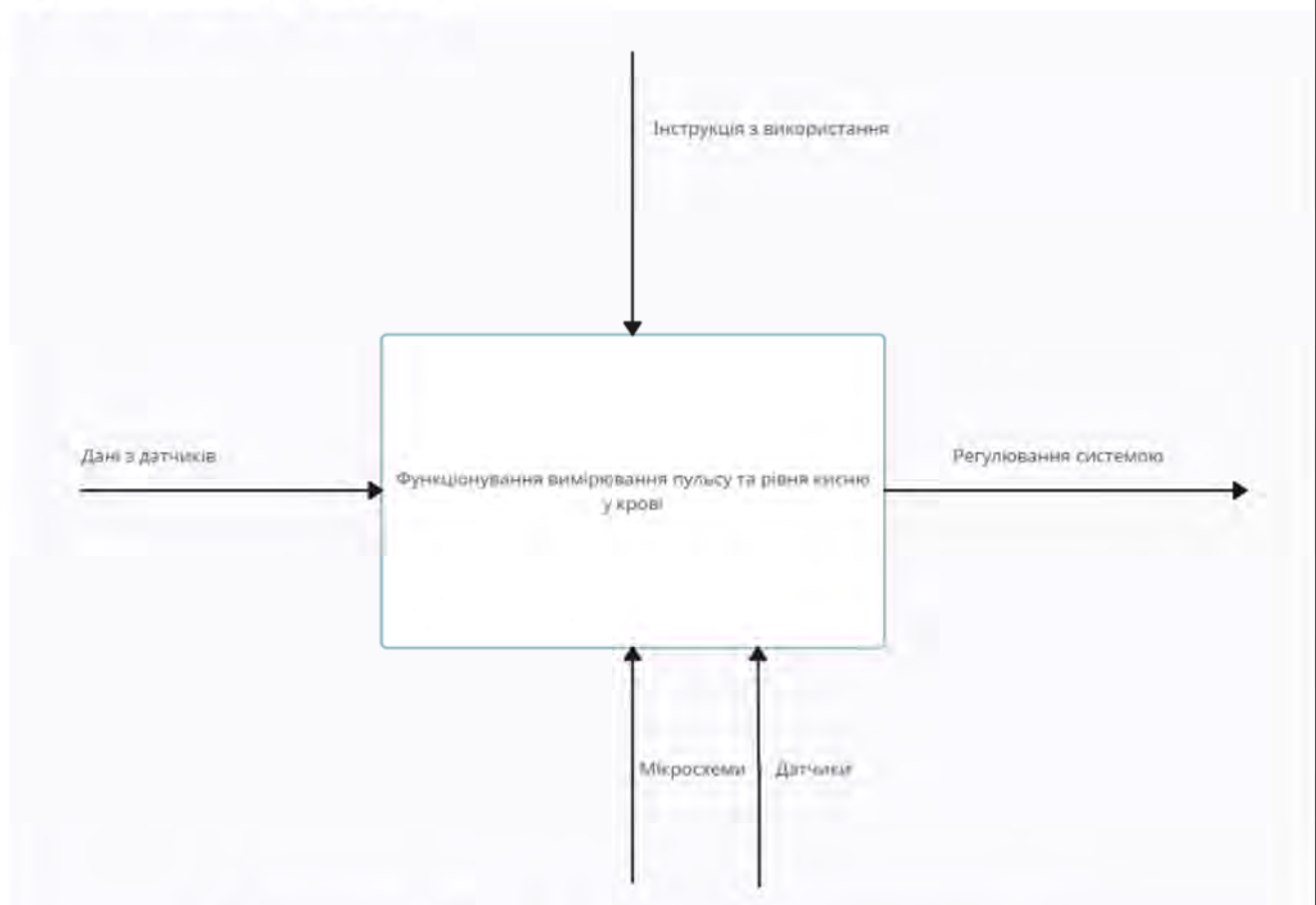


Рисунок 2.1 – Загальна схема функціонування системи

## 2.2 Проектування структури системи

Проектування структури системи – це процес визначення ключових елементів та їх зв'язків. На початковому етапі аналізуються вимоги до системи, включаючи точність вимірювань та зручність використання. Далі розробляється концептуальна модель системи, в якій визначаються основні компоненти, такі як сенсори та модулі обробки даних, та їх функції. Проводиться аналіз зв'язків між компонентами, щоб встановити, як вони обмінюються даними та взаємодіють. Завершальним етапом є розробка структурної схеми системи, яка відображає взаємозв'язки між компонентами та їх функціональну взаємодію.

Структурну схему зображено на рисунку 2.2.

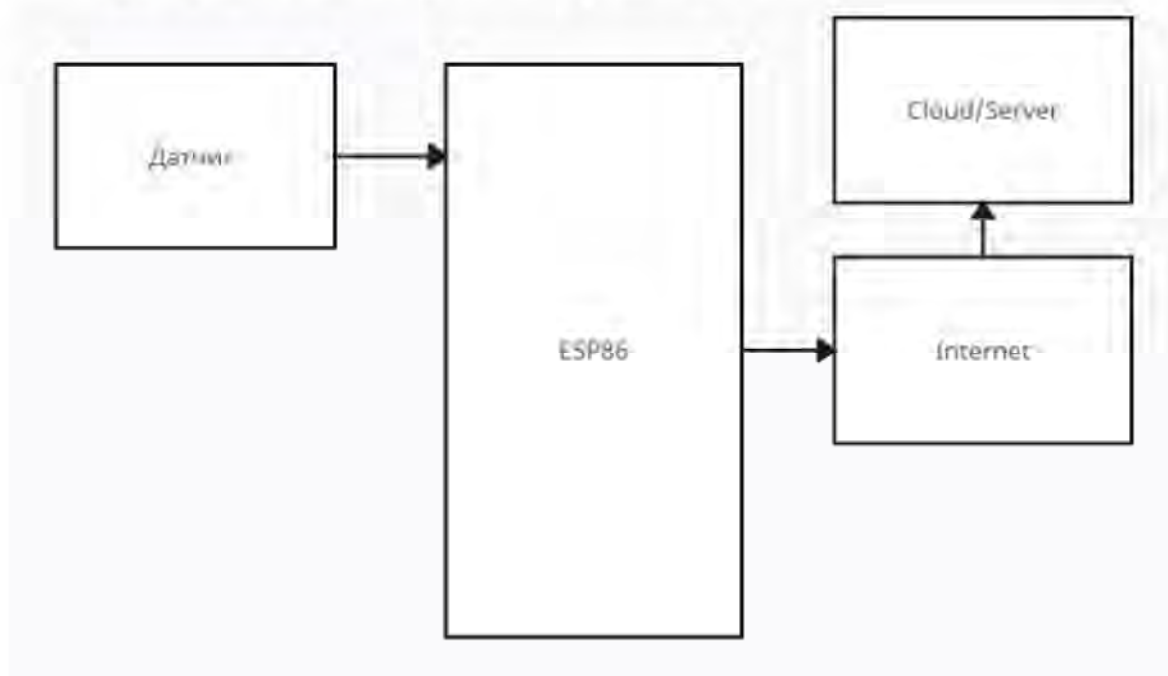


Рисунок 2.2 – Структурна схема приладу

## 2.3 Проектування алгоритму роботи системи

Проектування функціональної схеми системи дистанційного моніторингу пульсу та рівня кисню в крові передбачає розробку процесів, які відбуваються у функціональних частинах пристрою. Вхідними даними для системи є виміри пульсу та рівня кисню, здійснені сенсорами, а також команди віддаленого керування зі смартфона користувача. Вихідними даними є результати



моніторингу, які можуть бути відображені на смартфоні або іншому пристрої.

Розроблений алгоритм функціонування системи передбачає автоматичне визначення показників пульсу та рівня кисню в крові і враховує їх прийняття рішень щодо подальшої роботи системи. Наприклад, якщо виявлено підвищений рівень пульсу або понижений рівень кисню, система може надсилати сповіщення користувачу або здійснювати відповідні заходи, такі як активація аварійної сигналізації або виклик медичної допомоги.

Функціональна схема системи дистанційного моніторингу пульсу та рівня кисню в крові зображує всі процеси та взаємодії між її основними компонентами. Вона є важливим етапом у розробці системи та служить основою для подальшого проектування та впровадження.

Функціональна схема зображена на рисунку 2.3



Рисунок 2.3 – Функціональна схема пристрою

У додатку А наведено алгоритм розрахунку пульсу та сатурації крові киснем.

### 3 РЕАЛІЗАЦІЯ ТА ТЕСТУВАННЯ СИСТЕМИ

#### 3.1 Вибір апаратних засобів реалізації

Для створення апаратної частини системи дистанційного моніторингу частоти серцевих скорочень та оксигенації крові було обрано мікроконтролер ESP8266, розроблений компанією Espressif Systems. ESP8266 є ефективною і надійною платформою, що має багато переваг для цього застосування [6]:

- ESP8266 забезпечує швидке та ефективне оброблення даних з датчиків і управління іншими системами моніторингу.
- Вбудований Wi-Fi модуль ESP8266 дозволяє легко підключити пристрій до бездротової мережі для віддаленого доступу та передачі даних.
- Різноманітність входів/виходів та підтримка різних протоколів зв'язку надають гнучкість для роботи з багатьма датчиками і пристроями.
- Енергозбереження ESP8266 дозволяє ефективно управляти споживанням енергії та збільшувати тривалість автономної роботи системи.
- Підтримка кількох середовищ програмування таких як Arduino IDE, PlatformIO, а також можливість програмування мовами C/C++ та MicroPython.
- Використання мікроконтролера ESP8266 відкриває широкі можливості для створення потужних і ефективних систем дистанційного моніторингу серцевого ритму і рівня кисню в крові, а також дозволяє легко розширювати і розвивати проекти в майбутньому. Зображення ESP8266 можна побачити на рисунку 3.1



Рисунок 3.1 – Плата мікроконтролера ESP8266



MAX30102 – це інтегрований датчик для вимірювання серцевого ритму і рівня насичення киснем у крові (SpO<sub>2</sub>). Він використовує фотоплетизмографію (PPG), що дозволяє вимірювати зміни об'єму крові в тканинах шляхом освітлення шкіри та вимірювання інтенсивності відбитого світла [3].

Основні характеристики модуля датчика пульсу та кисню в крові MAX30102:

- Забезпечує високу точність вимірювань пульсу та рівня кисню в крові.
- Оснащений спеціальними світлодіодами та фотодіодами для безконтактного вимірювання через шкіру.
- Підтримує зручний інтерфейс комунікації I2C.
- Має вбудовані алгоритми обробки сигналу для покращення точності вимірювань.
- Ефективно використовує енергію під час роботи.
- Має невеликі розміри для простої інтеграції в різні пристрої.
- Легко інтегрується з мікроконтролерами, включаючи STM32, за допомогою простого підключення та програмування.

Візуалізація MAX30102 представлена на рисунку 3.2



Рисунок 3.2 – Датчик вимірювання пульсу та рівня кисню у крові MAX30102



OLED дисплеї є типом дисплеїв, що використовують органічні сполуки для випромінювання світла у відповідь на електричний струм [2]. Основними перевагами OLED дисплеїв є:

- Висока контрастність: OLED дисплеї можуть відображати глибокий чорний колір, оскільки окремі пікселі можуть бути вимкнені повністю.
- Широкий кут огляду: Якість зображення не змінюється при зміні кута огляду.
- Швидкий час відгуку: Пікселі OLED можуть змінювати свій стан дуже швидко, що корисно для відображення відео та інших рухомих зображень.
- Тонкий та гнучкий дизайн: OLED дисплеї можуть бути дуже тонкими та навіть гнучкими.

Для даного проєкту було обрано дисплей SSD1306, який є популярним контролером OLED дисплеїв, що часто використовується в маленьких дисплеях для мікроконтролерних проєктів. Ось основні характеристики та властивості дисплея SSD1306:

- Розмір дисплея: SSD1306 зазвичай використовується з дисплеями розміром 0.96, 1.3 або 1.5 дюйма.
- Роздільна здатність: Стандартна роздільна здатність для SSD1306 дисплея - 128x32 або 128x64 пікселів.
- Інтерфейс: SSD1306 підтримує кілька інтерфейсів, включаючи I2C (двопровідний) та SPI (послідовний).
- Контрастність: Контролер має можливість регулювати яскравість дисплея.
- Підсвітка: OLED дисплеї не потребують зовнішньої підсвітки, оскільки кожен піксель сам випромінює світло.
- Споживана потужність: OLED дисплеї з SSD1306 мають низьке споживання енергії, особливо при відображенні темних зображень.
- Пам'ять дисплея: SSD1306 має вбудовану пам'ять для зберігання

інформації про зображення, що відображається.

Візуалізація OLED-дисплея SSD1306 представлена на рисунку 2.3.



Рисунок 3.3 – OLED-дисплей SSD1306

### 3.3 Реалізація електричної схеми пристрою

Для реалізації електричної схеми пристрою було обрано програмне середовище Fritzing.

Fritzing – це популярне програмне забезпечення з відкритим вихідним кодом, яке використовується для проектування електронних схем, створення макетів на макетних платах і документування проектів. Програма призначена для полегшення процесу прототипування та навчання в області електроніки. Fritzing був створений в Інституті дослідження медіакомунікацій у Потсдамі, Німеччина.

Основні переваги даного середовища:

- Візуально реалістичне зображення макетної плати для легкого розташування компонентів.
- Можливість перетягування компонентів на макетну плату для створення фізичного прототипу.
- Підключення компонентів за допомогою дротів для створення робочих схем.
- Графічне зображення принципової електричної схеми з використанням стандартних умовних позначень.
- Автоматичне створення принципової схеми на основі макетної плати.
- Підтримка різних електронних компонентів та модулів.
- Велика бібліотека компонентів, включаючи мікроконтролери,



резистори, конденсатори, транзистори та багато інших.

- Можливість додавання власних компонентів або імпорту з інтернету.
- Працює на Windows, macOS та Linux, що робить його доступним для широкого кола користувачів.

Інтерфейс Fritzing зображено на рисунку 3.4

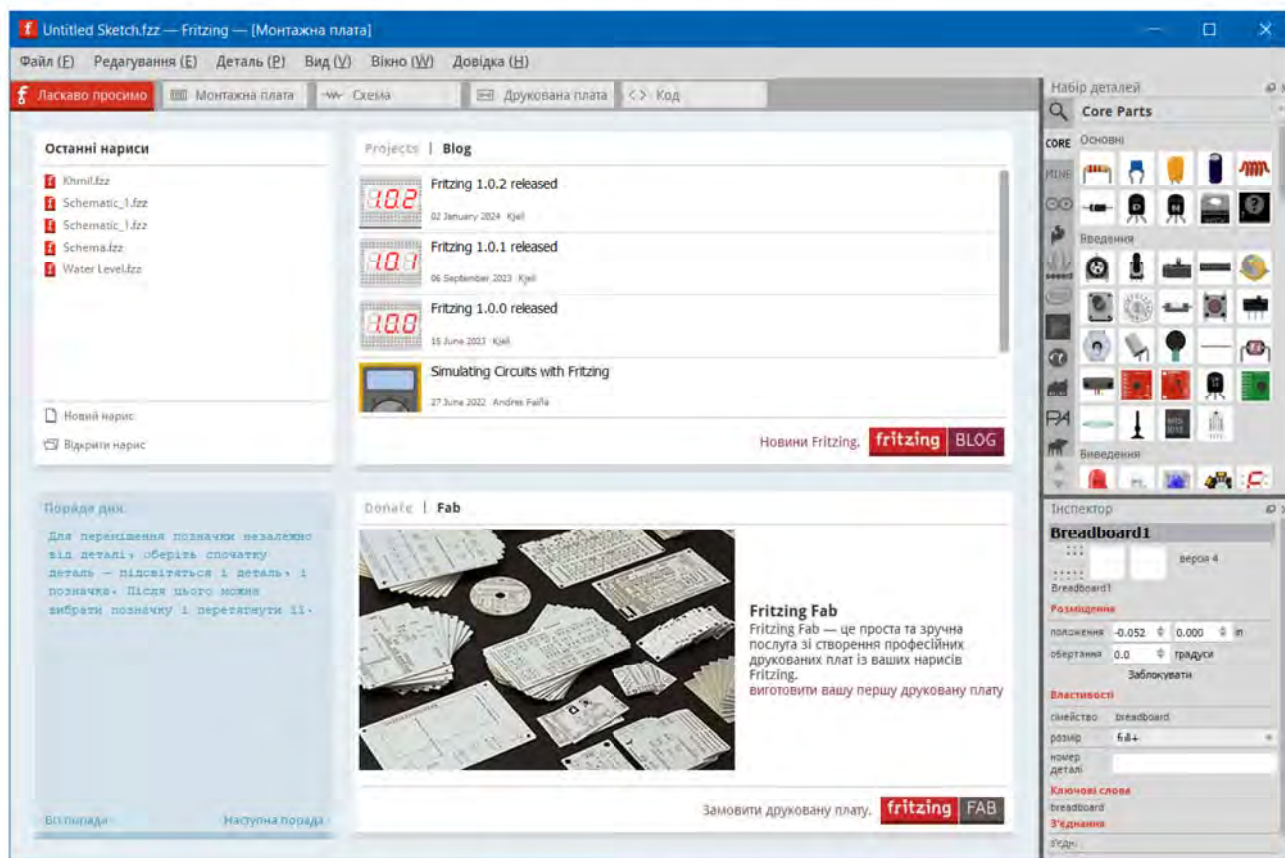
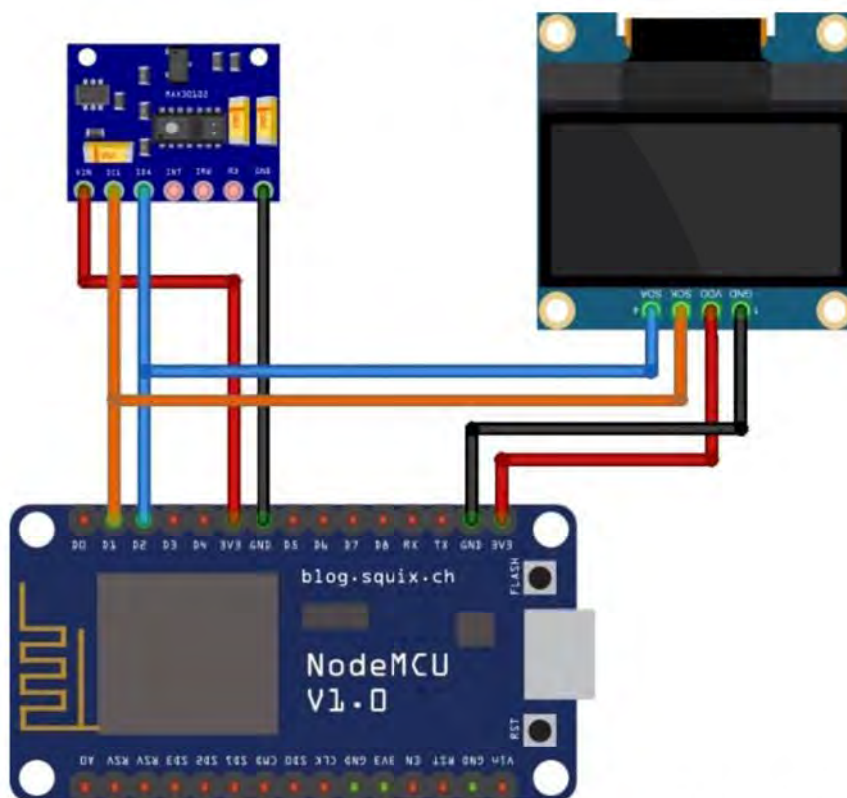


Рисунок 3.4 – Інтерфейс програми Fritzing

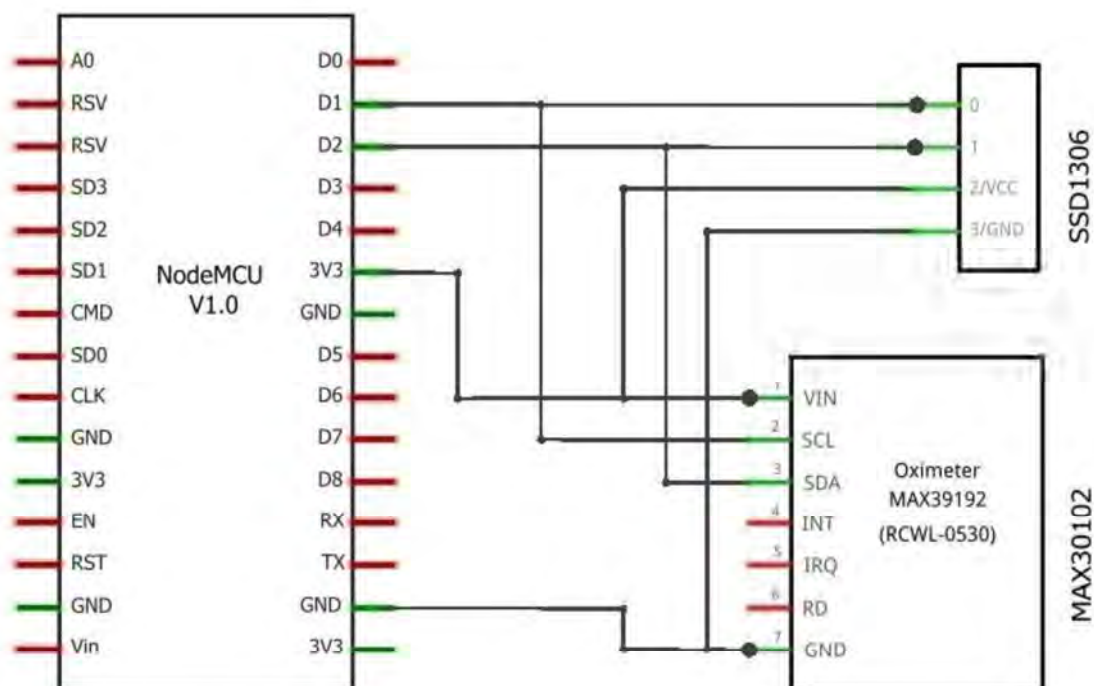
Проаналізувавши технічну документацію обраних компонентів було змонтовано наступну монтажну схему пристрою (рис. 3.5).



fritzing

Рисунок 3.5 – Монтажна схема пристрою

Принципова електрична схема пристрою наведена на рисунку 3.6.



fritzing

Рисунок 3.6 – Принципова електрична схема пристрою

Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

КР.КІ 24.542.14.000 ПЗ

Арк.

23



### 3.4 Реалізація програмного коду

Програмна реалізація була здійснена в середовищі Arduino IDE на мові програмування C++.

Цей вибір обумовлений кількома причинами.

- Arduino IDE має інтуїтивно зрозумілий інтерфейс і дозволяє програмувати на мові C/C++, що спрощує розробку та тестування коду.
- Велика спільнота розробників забезпечує доступ до численних ресурсів, таких як бібліотеки, приклади коду та навчальні матеріали, що допомагає у вирішенні проблем та вдосконаленні проекту.
- Платформа підтримує широкий спектр апаратних модулів, включаючи сенсори для вимірювання пульсу та рівня кисню у крові, що дозволяє легко інтегрувати необхідні компоненти. Крім того, Arduino IDE працює на Windows, macOS та Linux, що дає змогу розробникам використовувати зручну для них операційну систему.

Інтерфейс Arduino IDE зображено на рисунку 3.7.

Спершу реалізуємо роботу просторою без підключення до хмарного сервісу. Після того, як робота з модулем MAX30102 буде організована та вивід вимірюваних значень буде виводитися на OLED-дисплей, перейдемо до адаптації коду до роботи з обраним хмарним сервісом.

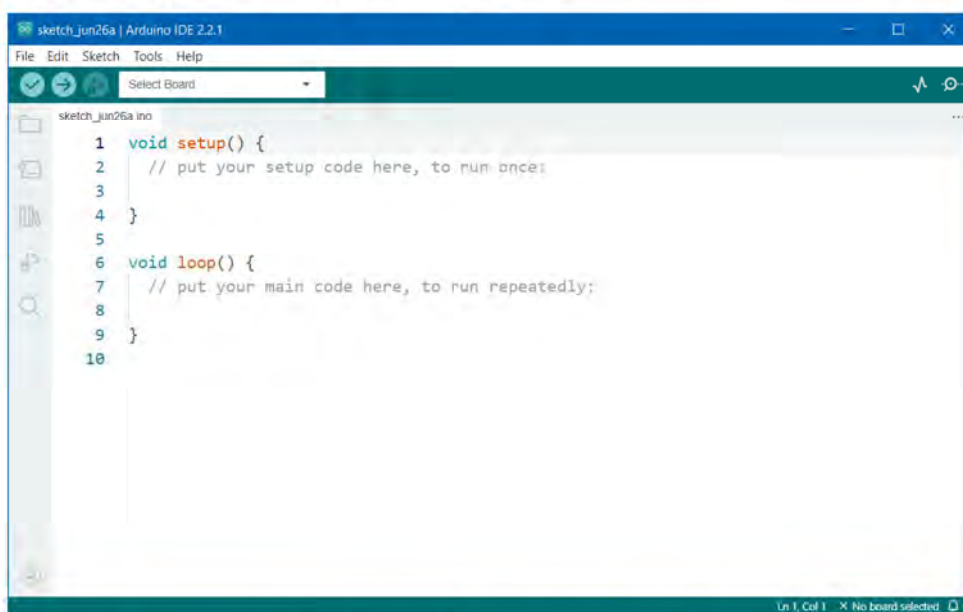


Рисунок 3.7 – Інтерфейс програми Arduino IDE

Підключимо потрібні бібліотеки:

```
#include <Wire.h>
#include <Adafruit_GFX.h>
#include <Adafruit_SSD1306.h>
#include "MAX30105.h"
#include "heartRate.h"
#include "spo2_algorithm.h"
```

Бібліотеки Adafruit\_GFX.h та Adafruit\_SSD1306.h потрібні для роботи з дисплеєм, а бібліотеки Wire.h, MAX30105.h та heartRate.h та spo2\_algorithm.h – для роботи з модулем MAX30102.

Задамо параметри дисплея:

```
#define SCREEN_WIDTH 128
#define SCREEN_HEIGHT 32
Adafruit_SSD1306 display(SCREEN_WIDTH, SCREEN_HEIGHT, &Wire, -1);
```

Ініціалізуємо модуль MAX30105 та задамо початкові параметри та змінні:

```
MAX30105 particleSensor;
const byte RATE_SIZE = 4;
byte rates[RATE_SIZE];
byte rateSpot = 0;
long lastBeat = 0;
float beatsPerMinute;
int beatAvg;
int spo2Avg;
```

В функції setup() додамо наступний код:

```
void setup()
{
  particleSensor.setup();
  particleSensor.setPulseAmplitudeRed(0x0A);
  particleSensor.setPulseAmplitudeGreen(0);
  byte ledBrightness = 60;
```



```

byte sampleAverage = 4;
byte ledMode = 2;
byte sampleRate = 100;
int pulseWidth = 411;
int adcRange = 4096;
particleSensor.setup(ledBrightness, sampleAverage, ledMode,
sampleRate, pulseWidth, adcRange);

display.clearDisplay();
display.setCursor(0,0);
display.print("Sensor Ready!");
display.display();
}

```

В функції loop() додамо наступний код:

```

void loop()
{
    long irValue = particleSensor.getIR();
    if (checkForBeat(irValue) == true)
    {
        long delta = millis() - lastBeat;
        lastBeat = millis();
        beatsPerMinute = 60 / (delta / 1000.0);
        if (beatsPerMinute < 255 && beatsPerMinute > 20)
        {
            rates[rateSpot++] = (byte)beatsPerMinute;
            rateSpot %= RATE_SIZE; //Wrap variable
            beatAvg = 0;
            for (byte x = 0 ; x < RATE_SIZE ; x++)
                beatAvg += rates[x];
            beatAvg /= RATE_SIZE;
        }
        bufferLength = 100;
        for (byte i = 0 ; i < bufferLength ; i++)
        {
            while (particleSensor.available() == false)
                particleSensor.check();

```

```

    redBuffer[i] = particleSensor.getRed();
    irBuffer[i] = particleSensor.getIR();
    particleSensor.nextSample();
    Serial.print(F("red="));
    Serial.print(redBuffer[i], DEC);
    Serial.print(F(", ir="));
    Serial.println(irBuffer[i], DEC);
}

maxim_heart_rate_and_oxygen_saturation(irBuffer,    bufferLength,
redBuffer, &spo2, &validSPO2, &heartRate, &validHeartRate);

Serial.print("IR=");
Serial.print(irValue);
Serial.print(", BPM=");
Serial.print(beatsPerMinute);
Serial.print(", Avg BPM=");
Serial.print(beatAvg);
Serial.print(", SpO2=");
Serial.print(spo2Avg);
Serial.println();
display.clearDisplay();
display.setCursor(0,0);
display.print("Heart Rate & SpO2:");
display.setCursor(0,10);
display.print("Avg BPM=");
display.print(beatAvg);
display.setCursor(0,20);
display.print("Avg SpO2=");
display.print(spo2Avg);
display.display();
}

```

Вище зазначений код реалізує вимірювання значень пульсу та рівня кисню в крові та їх виведення на OLED-дисплей.

Тепер додамо код для підключення до Wi-Fi мережі та хмарного сервісу, в ролі якого було обрано платформу thinger.io.

					<i>КР.КІ 24.542.14.000 ПЗ</i>	Арк.
						27
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		



Сервіс для Інтернету речей *thinger.io* пропонує зручний і ефективний спосіб підключення, керування та моніторингу різних пристроїв. З *thinger.io* можна швидко інтегрувати свій пристрій, налаштувати збір даних і створити інтуїтивно зрозумілий інтерфейс для його контролю. Платформа підтримує широкий спектр апаратних рішень і надає потужні інструменти для розробників, що значно спрощує створення IoT-проектів. Завдяки використанню *thinger.io* можна зосередитися на розробці функціоналу мого пристрою, уникаючи складнощів з налаштуванням інфраструктури та управлінням серверами.

Для початку роботи з даною платформою треба спершу зареєструватись там, оскільки дані облікового запису використовуватимуться в програмному коді мікроконтролера. На рисунку 3.7 зображено інтерфейс стартової сторінки платформи *thinger.io* після авторизації (в правому верхньому куті вказано ім'я авторизованого користувача).

Доповнимо функцію `setup()` наступним кодом:

```
Serial.begin(115200);
// Підключення до Wi-Fi
Serial.println();
Serial.println();
Serial.print("Connecting to ");
Serial.println(ssid);
WiFi.begin(ssid, password);
while (WiFi.status() != WL_CONNECTED) {
    delay(500);
    Serial.print(".");
}
Serial.println("WiFi connected");
Serial.println("IP address: ");
Serial.println(WiFi.localIP());
// Ініціалізація Thinger.io
thing.add_wifi(ssid, password);
// Створення властивостей пристрою
thing["heartbeat"] >> outputValue(beatAvg);
thing["SpO2"] >> outputValue(oxygenLevel);
```

Вище зазначений код реалізує підключення мікроконтролера ESP8266 до мережі Wi-Fi (процес підключення супроводжується сповіщеннями в Serial Monitor), ініціалізацію Thingier.io та створення двох «властивостей» (heartbeat та SpO2) пристрою для передавання через них вимірних значень серцебиття та рівня кисню в крові на платформу Thingier.io.

Повна версія коду з усіма розглянутими вище змінами та доповненнями наведена в додатку Б.

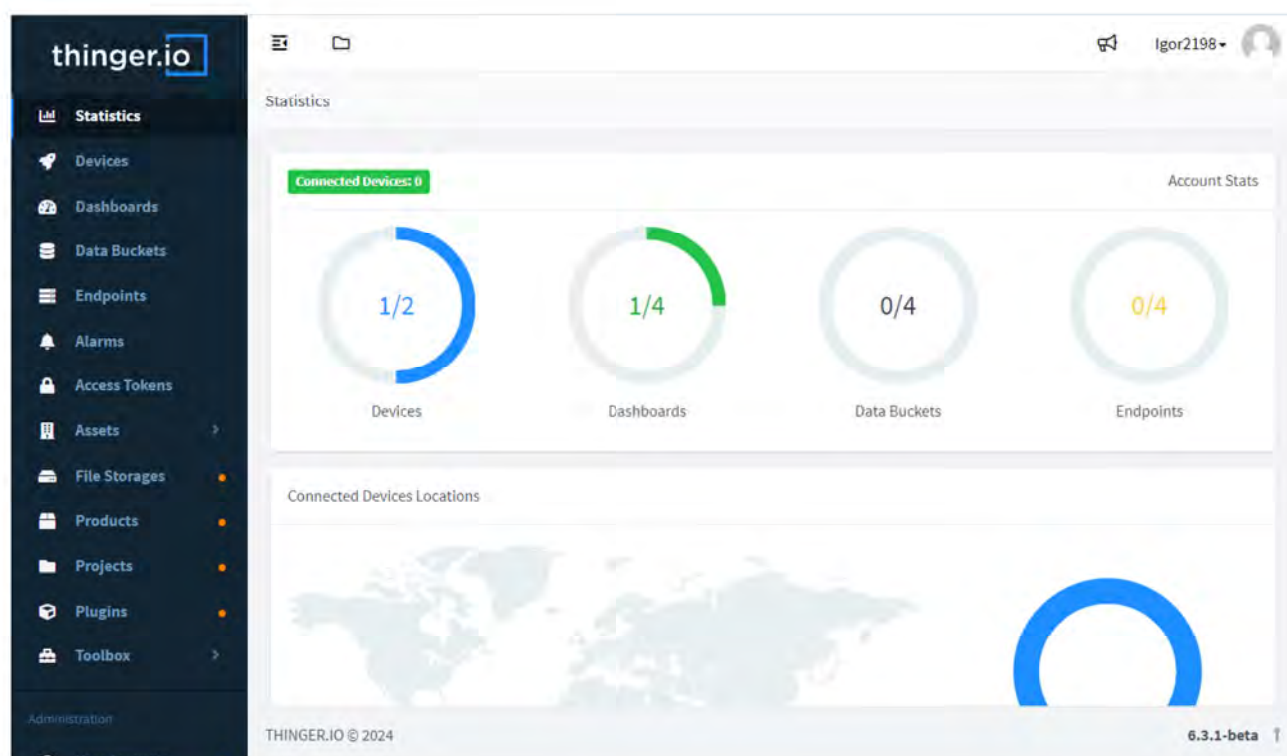


Рисунок 3.7 – Інтерфейс сторінки thingier.io після авторизації

На сторінці Devices створимо новий пристрій з назвою BPM1 (рис. 3.8).



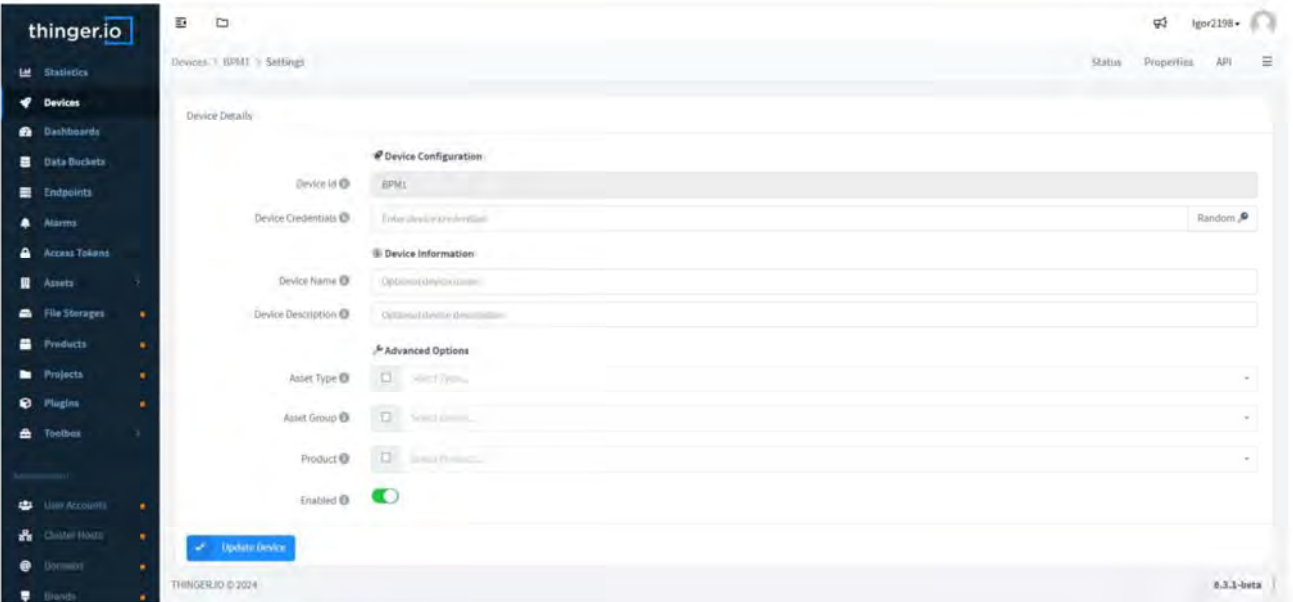


Рисунок 3.8 – Властивості нового пристрою

Результат представлений на рисунку 3.9.

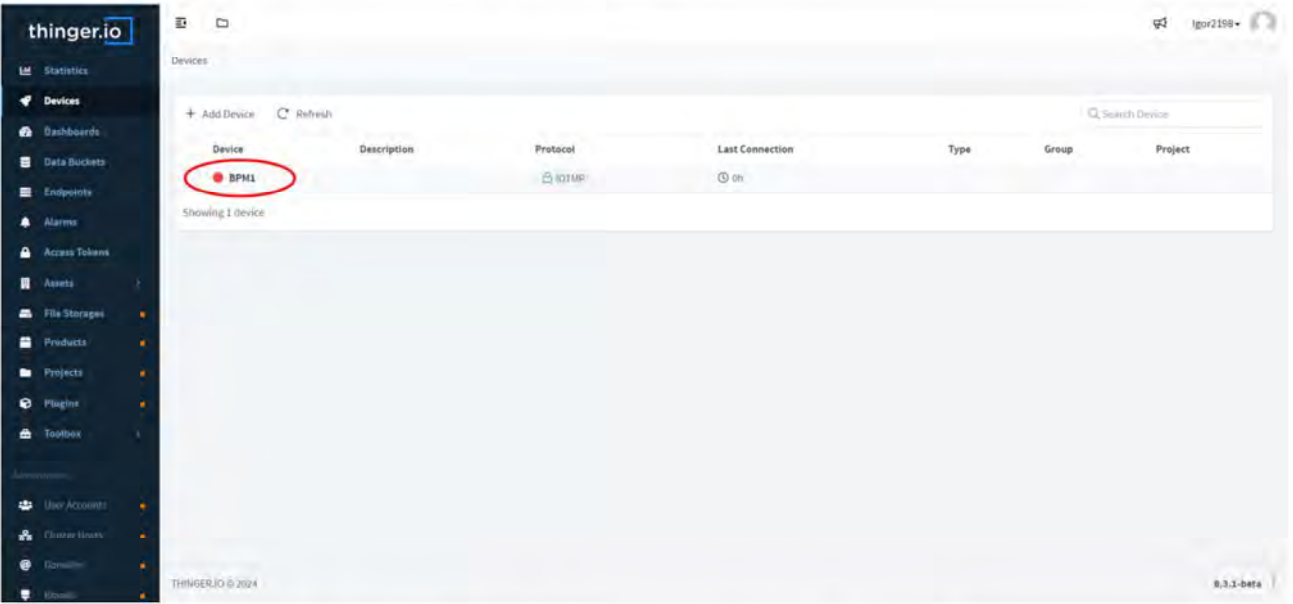


Рисунок 3.9 – Створений новий пристрій

Тепер на сторінці Dashboards створимо нову панель керування, давши їй назву Heart Current Values (рис. 1.10).

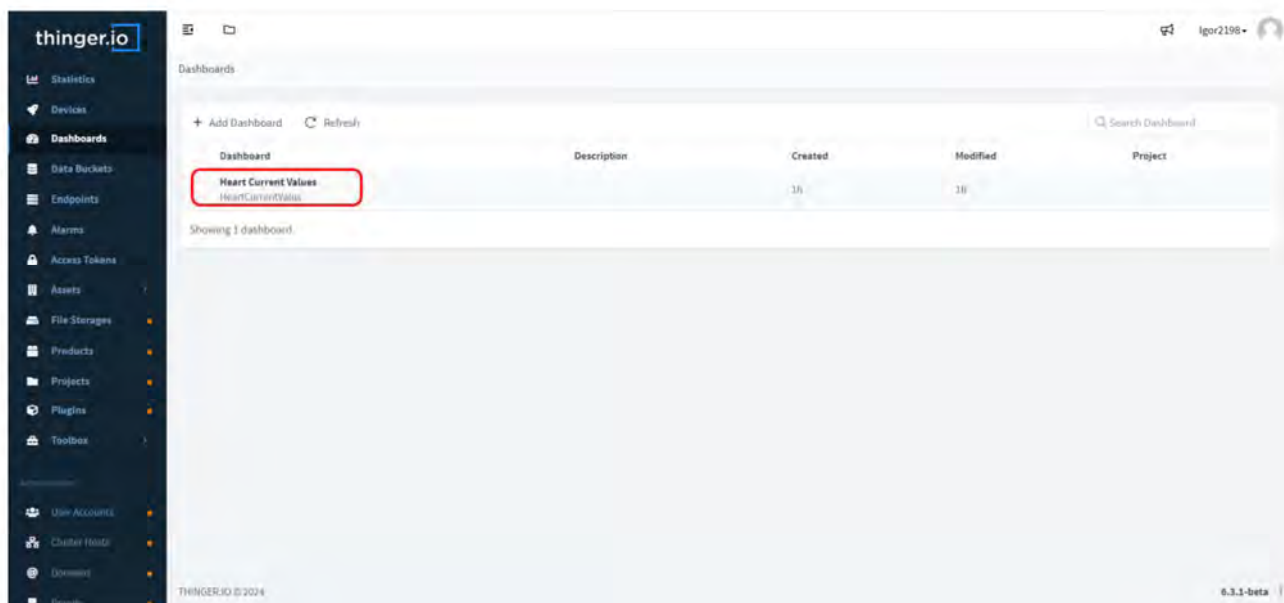


Рисунок 3.10 – Нова панель керування

Розмістимо на цій панелі керування три віджети для представлення даних (рис. 3.11):

1. Віджет типу Gauge для представлення значень серцебиття в реальному часі (назва віджета – BPM).
2. Віджет типу Time Series Chart для представлення результатів графіка вимірювань значень серцебиття за певний проміжок часу (назва віджета – BPM Statistic).
3. Віджет типу Text/Value для представлення числового значення рівня кисню в крові в реальному часі.



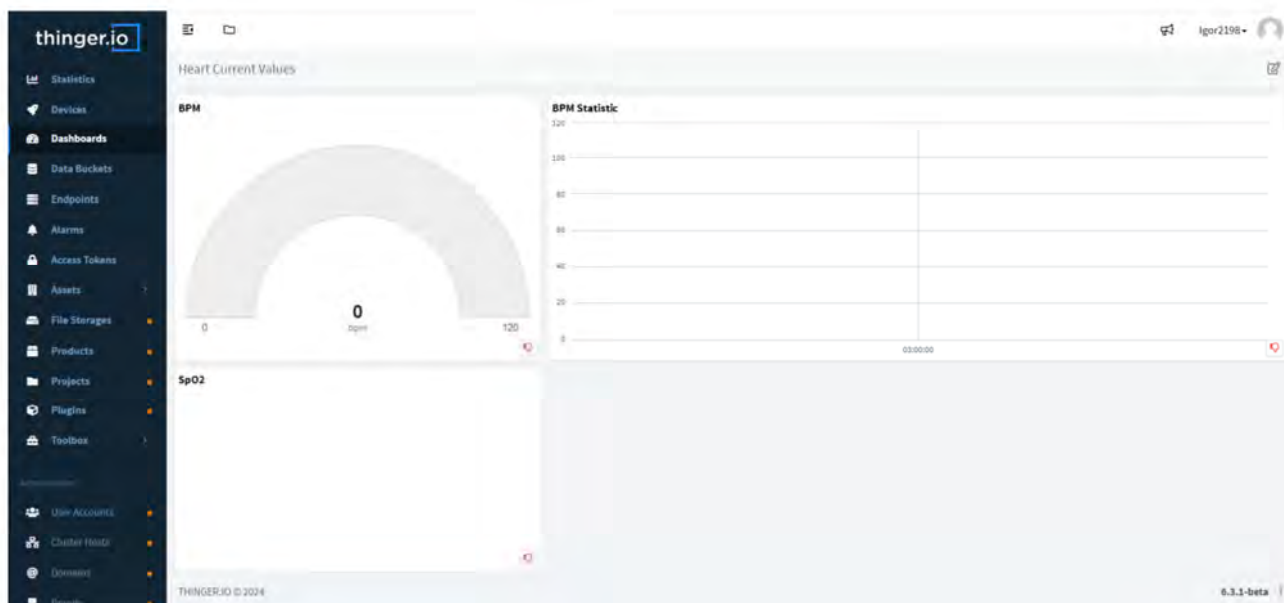


Рисунок 3.11 – Встановлені віджети на панелі керування

На цьому етап розробки завершений і переходимо до етапу тестування роботи системи.

### 3.5 Тестування роботи системи

Тестування – це процес перевірки роботи системи з метою виявлення помилок, дефектів або інших небажаних поведінок. Головна мета тестування полягає в тому, щоб забезпечити відповідність роботи системи вимогам та технічним характеристикам, а також гарантувати високу якість продукту для кінцевих користувачів.

Процес тестування системи дистанційного вимірювання пульсу та рівня кисню у крові розділимо на два такі кроки:

1. Тестування процесу вимірювання значень пульсу та рівня кисню у крові та їх відображення на OLED-дисплеї.
2. Тестування передачі виміряних значень пульсу та рівня кисню у крові в хмарний сервіс thinger.io.

Тестування процесу вимірювання значень пульсу та рівня кисню у крові та їх відображення на OLED-дисплеї передбачає перевірку роботи системи під час прикладеного до модуля MAX30102 пільця руки.

На рисунку 3.12 показано роботу системи коли палець не прикладений, а на рисунку 3.13 – коли палець прикладений.

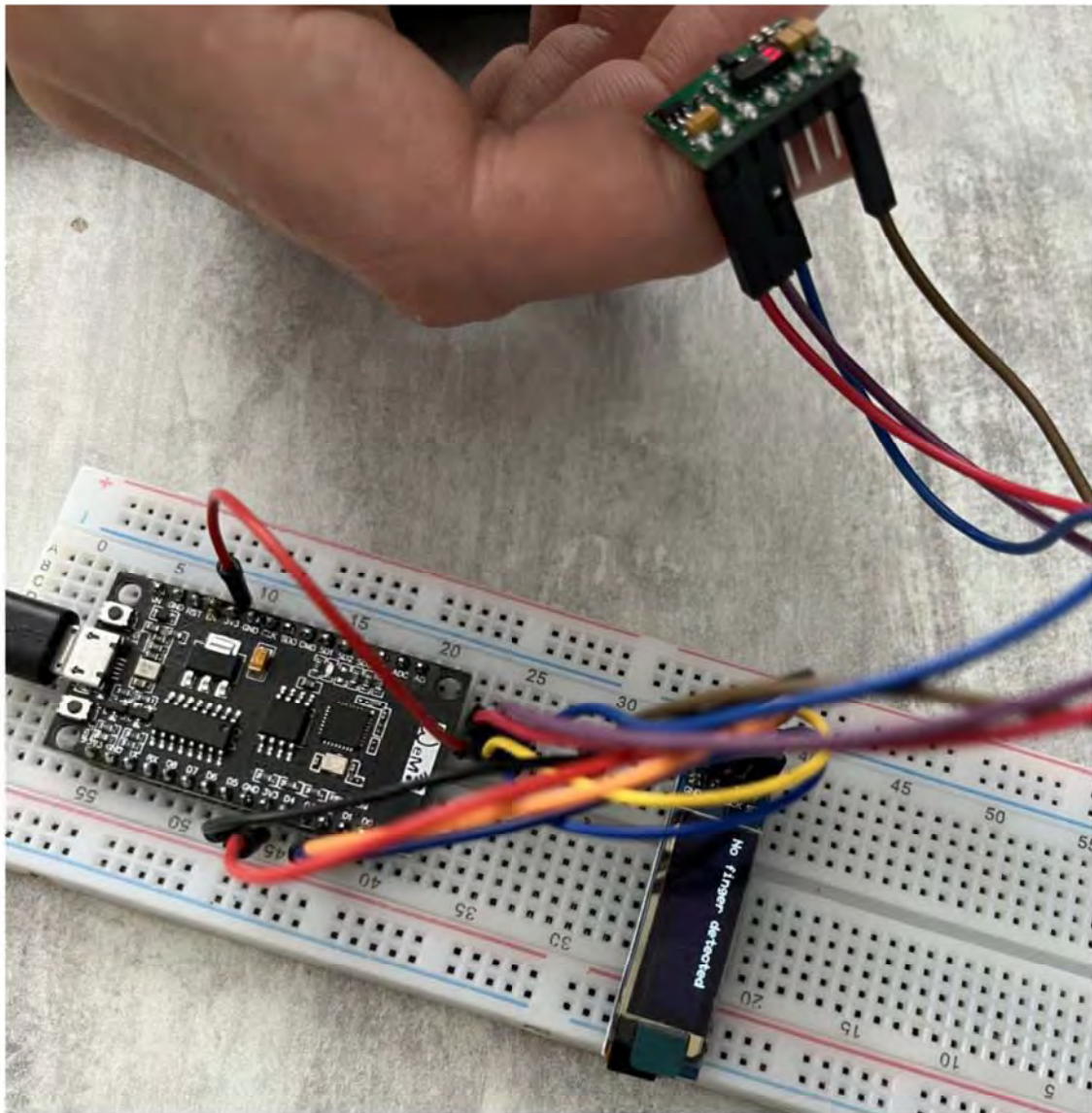


Рисунок 3.12 – Робота системи коли палець не прикладений

Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

КР.КІ 24.542.14.000 ПЗ

Арк.

33



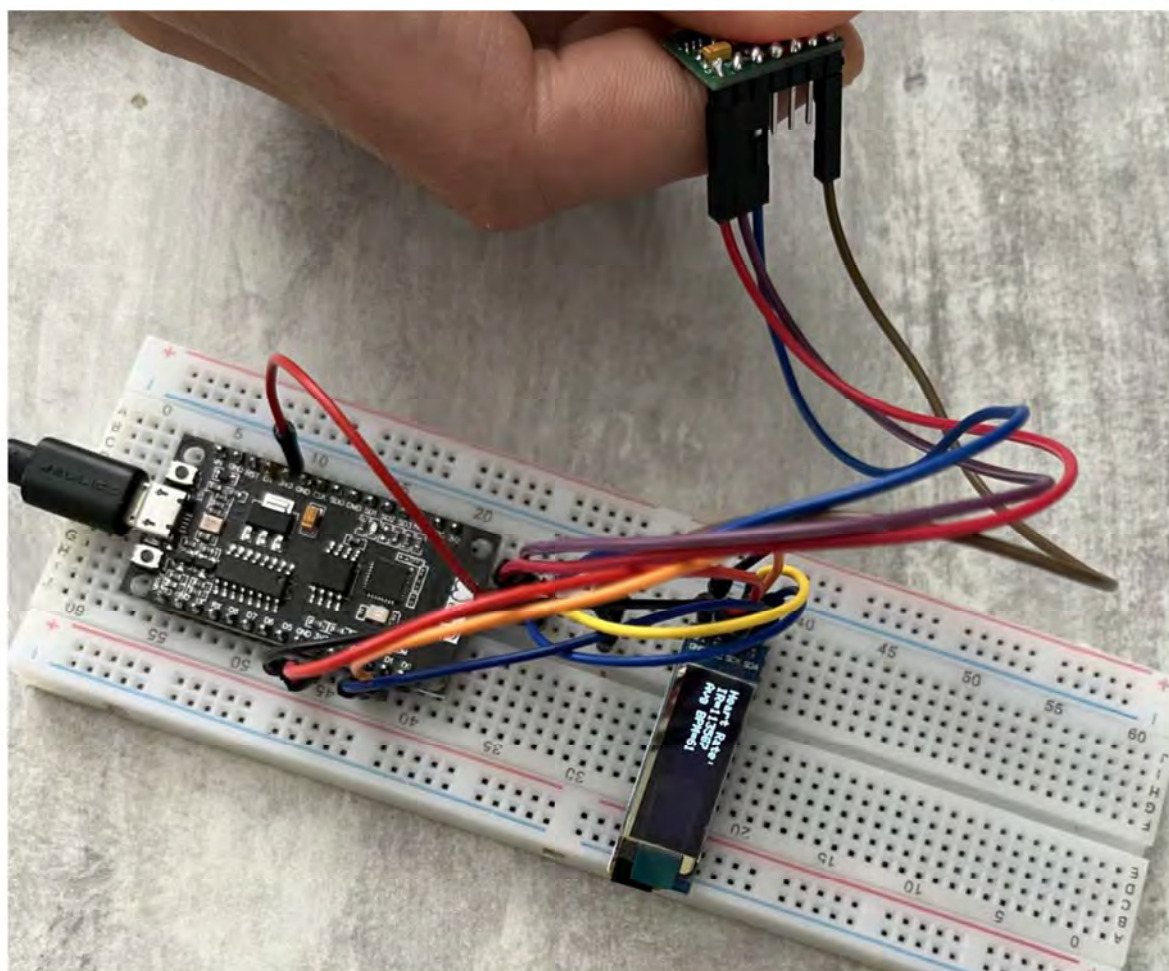


Рисунок 3.13 – Робота системи коли палець прикладений

Для тестування передачі вимірних значень пульсу та рівня кисню у крові в хмарний сервіс перейдемо на створену раніше панель керування (рис. 3.11) та переконаємося, що виміряні значення відображені у відповідних віджетах (рис. 3.14).

Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

КР.КІ 24.542.14.000 ПЗ

Арк.

34

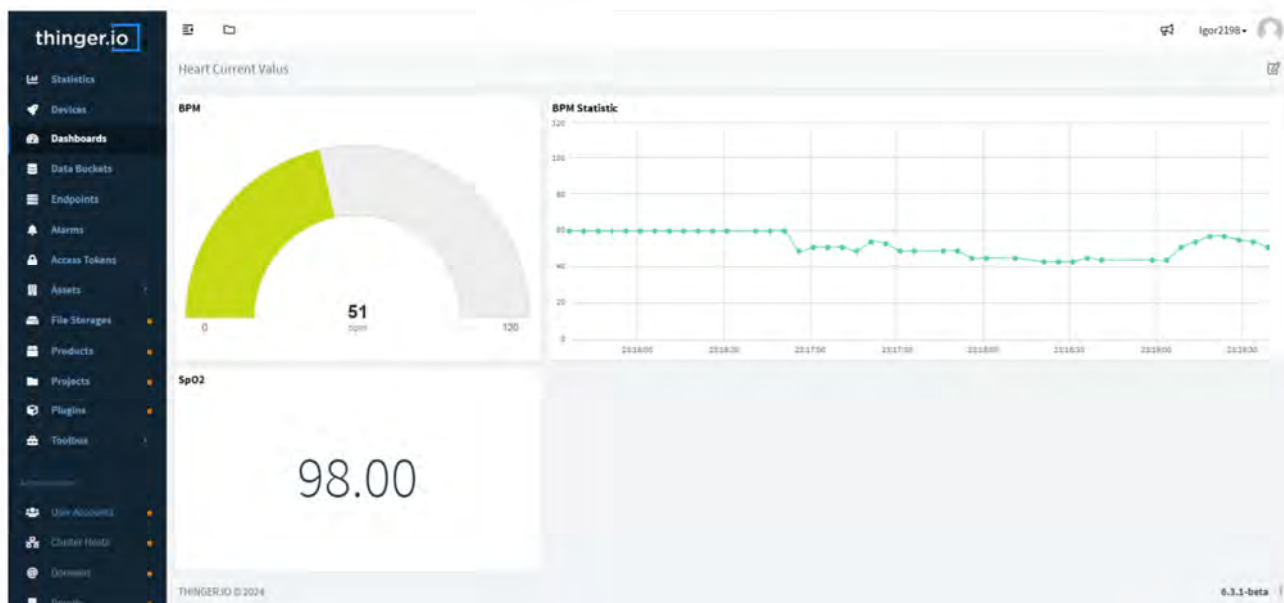


Рисунок 3.14 – Відображення виміряні значень у відповідних віджетах

Проведене тестування показало правильну роботу системи та підтвердило її відповідність поставленому завданню.



## 4 ТЕХНІКО-ЕКОНОМІЧНЕ ОБГРУНТУВАННЯ ПРОЄКТУ

### 4.1 Аналіз ринку

Дистанційні системи моніторингу серцевого ритму та оксигенації крові стають все більш популярними завдяки зростаючому попиту на "розумні" рішення для здоров'я. Вони використовуються в лікарнях, в домашніх умовах і в спортивній медицині для надійного моніторингу здоров'я пацієнтів і спортсменів.

Існує багато типів систем для телеметрії частоти серцевих скорочень і кисню в крові, включаючи портативні пульсоксиметри, розумні годинники, фітнес-браслети і спеціальні медичні пристрої з Bluetooth або Wi-Fi з'єднанням.

Відомі бренди, такі як Masimo, Philips і Garmin, виробляють високоякісну, надійну продукцію, яка широко використовується. Зростаючий попит на дистанційний моніторинг здоров'я та підвищення інтересу до фізичної активності стимулюють розробку нових рішень у цій сфері.

Ціни на дистанційне вимірювання пульсу та оксигенації крові варіюються залежно від функцій, технології та бренду. Доступні моделі пропонують базові функції моніторингу, середній ціновий сегмент пропонує більше можливостей та інтеграцію з іншими розумними пристроями, тоді як преміум-моделі мають високу точність і безліч функцій і підходять для медичних установ та вимогливих користувачів.

Нижче наведено ціновий діапазон для кожного сегмента ринку.

#### 1. Бюджетні рішення.

Пульсоксиметр пальцевий:

- Ціна: від 100 до 500 грн.
- Компактний і зручний пристрій для вимірювання рівня кисню в крові (SpO2) та частоти пульсу. Зазвичай має цифровий дисплей для відображення результатів, простий у використанні та підходить для домашнього застосування, спортивних тренувань або медичних

установ. Забезпечує швидкий і точний моніторинг, що робить його ідеальним для постійного контролю здоров'я.

## 2. Середній сегмент.

- Пальцевий пульсоксиметр з підтримкою Bluetooth.
- Ціна: від 3000 до 5000 грн.
- Більш функціональний і точний пристрій з додатковими можливостями, такими як Bluetooth підключення для передачі даних на смартфон, пам'ять для збереження результатів вимірювань, і більш точні датчики.

## 3. Преміум пульсоксиметри.

- Ціна: від 10000 до 30000 грн.
- Високоточний медичний пристрій з широкими можливостями, такими як WiFi підключення, кольоровий дисплей, тривалий час роботи без підзарядки, можливість інтеграції з медичними системами та надання детальної аналітики.

Приклади цін на ринку:

- Oromed ORO-PULSE-BLACK: близько 600 грн.
- Masimo MightySat: близько 15000 грн.
- Philips IntelliVue MP5: близько 80000 грн.
- Modèle Beurer PO 60: близько 2000 грн.

## 4.2 Розрахунок витрат на реалізацію

Для того щоб оцінити вартість реалізації системи дистанційного вимірювання пульсу на рівня кисню у крові необхідно врахувати витрати на компоненти та оплату праці інженера-програміста. Нижче наведено розрахунок витрат.

Витрати на необхідні компоненти

					КР.КІ 24.542.14.000 ПЗ	Арк.
						37
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		



Загальна вартість необхідних компонентів для системи вимірювання пульсу та рівня кисню у крові становить 430 грн. Розрахунок наведений у таблиці 4.1.

Таблиця 4.1 – Вартість компонентів

Компонент	К-сть	Ціна за одиницю, грн.	Загальна вартість, грн.
NodeMCU ESP8266	1	200	200
OLED-дисплей	1	160	160
Модуль MAX30102	1	70	70

#### Витрати на заробітну плату

Для реалізації проекту необхідно найняти одного інженера-програміста із заробітною платою 35000грн. на місяць. Розглянемо загальні витрати на заробітну плату з урахуванням податків та відрахувань:

Зрозуміло, ось переписана таблиця з урахуванням суми компонентів 430 грн:

1. Брутто-зарплата: 35000 грн.
2. Податок на доходи фізичних осіб (ПДФО):
  - Ставка: 18%
  - Сума:  $35000 * 0.18 = 6300$  грн.
3. Військовий збір:
  - Ставка: 1.5%
  - Сума:  $35000 * 0.015 = 525$  грн.
4. Єдиний соціальний внесок (ЄСВ):
  - Ставка: 22%
  - Сума:  $35000 * 0.22 = 7700$  грн.
5. Загальні відрахування:
  - ПДФО + Військовий збір:  $6300 + 525 = 6825$  грн.

6. Сума до виплати:

- Брутто-зарплата – Загальні відрахування:  $35000 - 6825 = 28175$  грн.

7. Загальні витрати на заробітну плату:

- Брутто-зарплата + Сума компонентів + Єдиний внесок:  $35000 + 430 + 7700 = 42700$  грн.

Отже, витрати на заробітну плату складають 42700 грн. включаючи витрати на компоненти системи та заробітну плату інженера-програміста з урахуванням усіх податків і відрахувань (табл. 4.2).

Таблиця 4.2 – Загальна вартість проєкту

Компоненти системи	430 грн.
Заробітна плата інженера	42270 грн.
Разом	42700 грн.

При оцінці нашого проєкту з системи дистанційного вимірювання пульсу та рівня кисню у крові, ми виявляємо, що загальна вартість наближається до 37000 грн., у той час як аналогічні рішення на ринку доступні від 15000 грн. Щоправда, слід звернути увагу на те, що вартість 15000 грн. відноситься до першого прототипу системи, на створення якого йде близько одного місяця. Подальші пристрої можна виготовляти протягом декількох днів чи навіть годин, що значно зменшує їхню вартість.

Отже, ця система дозволяє в реальному часі відстежувати важливі показники здоров'я. Вона дозволяє оперативно виявляти патології та небезпечні стани, забезпечуючи швидку реакцію медичного персоналу. Крім того, спрощується доступ до даних пацієнта, що дозволяє ефективно координувати медичну допомогу.



## ВИСНОВКИ

Кваліфікаційна робота на тему «Система дистанційного моніторингу пульсу та рівня кисню у крові» мала на меті створення ефективного та надійного пристрою для моніторингу фізіологічних показників людини. Проект складається з чотирьох основних розділів, у кожному з яких було виконано відповідні завдання.

У першому розділі було проведено детальний аналіз предметної області, що включає вивчення принципів роботи пульсоксиметрів та їх різновидів. Було виявлено типові рішення на ринку, їхні технічні характеристики та особливості. На основі отриманих даних сформовано завдання для проекту, яке полягало у створенні компактного та функціонального пульсоксиметра з можливістю відображення даних на OLED-дисплеї та передачі їх у хмарний сервіс для подальшого аналізу та збереження.

У другому розділі було спроектовано систему, яка включає розробку структурної схеми пристрою та алгоритму його роботи. Було визначено основні компоненти системи.

У третьому розділі було реалізовано систему. Виготовлено прототип пульсоксиметра: інтегровано всі компоненти пристрою, обрано хмарний сервіс та розроблено програмне забезпечення. Проведене тестування роботи пристрою для перевірки його функціональності та точності вимірювань показало, що він успішно виконує свої функції та відповідає поставленим вимогам.

У четвертому розділі було проведено економічне обґрунтування проекту. Було розраховано витрати на розробку та виготовлення пристрою, а також проаналізовано ринкову вартість подібних пристроїв.

					<i>КР.КІ 24.542.14.000 ПЗ</i>	Арк.
						40
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

## ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАННЯ

1. Apple Watch Series 7 - Технічні характеристики: веб-сайт. URL: <https://support.apple.com/uk-ua/111909> (дата звернення: 12.03.2024).
2. OLED-дисплей SSD1306: веб-сайт. URL: <https://arduino.ua/prod1795-oled-displei-modul-0-91-i2c-128x32-beli> (дата звернення: 10.05.2024).
3. Датчик пульсу MAX30102: веб-сайт. URL: <https://arduino.ua/prod2036-datchik-pylsa-max30102> (дата звернення: 12.03.2024).
4. Кишеньковий пульсоксиметр MD300K2: веб-сайт. URL: <https://biomed.ua/ua/produksiya/kardiologiya/pulsoksimetry/karmannyij-pulsoksimetr-md300k2> (дата звернення: 12.03.2024).
5. Методичні рекомендації до виконання кваліфікаційної роботи для студентів спеціальності 123 «Комп'ютерна інженерія» освітньої програми «Інженерія Інтернету речей» / Павлюс В.П., Посвятовська О.Б., Кульчинська Н.З. – Галицький фаховий коледж імені В'ячеслава Чорновола, Тернопіль, 2023. 52с.
6. Мікроконтролер ESP8266: веб-сайт. URL: <https://uk.wikipedia.org/wiki/ESP8266> (дата звернення: 10.05.2024).
7. Як працює пульсоксиметр: веб-сайт. URL: <https://ortosalon.ua/ua/blog-kak-rabotaet-pul-soksimetr> (дата звернення: 12.03.2024).



## ДОДАТКИ

### Додаток А. Блок-схема розрахунку пульсу та сатурації



Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

КР.КІ 24.542.14.000 ПЗ

Арк.

42

## Додаток Б. Лістинг програмного коду

```
#include <ESP8266WiFi.h>
#include <ThingyESP8266.h>
#include <Wire.h>
#include <Adafruit_GFX.h>
#include <Adafruit_SSD1306.h>
#include "MAX30105.h"
#include "spo2_algorithm.h"

#define SCREEN_WIDTH 128
#define SCREEN_HEIGHT 32

Adafruit_SSD1306 display(SCREEN_WIDTH, SCREEN_HEIGHT, &Wire, -1);

MAX30105 particleSensor;

// Замініть на ваші SSID та пароль
const char* ssid      = "MY_WIFI";
const char* password = "MY_PSWRD";

// Thingy.io налаштування
#define USERNAME "Igor2198"
#define DEVICE_ID "BPM1"
#define DEVICE_CREDENTIAL "h2h42nVCJxlfJ5RY"

ThingyESP8266 thing(USERNAME, DEVICE_ID, DEVICE_CREDENTIAL);

// Глобальні змінні для обчислення пульсу та SpO2
const byte RATE_SIZE = 5;
byte rates[RATE_SIZE]; // Масив для збереження значень серцебиття
byte rateSpot = 0;
long lastBeat = 0; // Час останнього удару серця

float beatsPerMinute;
int beatAvg;

float oxygenLevel; // Рівень кисню в крові (SpO2)

unsigned long lastThingHandle = 0;
const unsigned long thingHandleInterval = 5000; // інтервал оновлення в мілісекундах (5 секунд)

// Буфери для зберігання даних з сенсора MAX30105
#ifdef __AVR_ATmega328P__ || defined(__AVR_ATmega168__)
uint16_t irBuffer[100]; // інфрачервоне світло
uint16_t redBuffer[100]; // червоне світло
#else
uint32_t irBuffer[100]; // інфрачервоне світло
uint32_t redBuffer[100]; // червоне світло
```



```

#endif

int32_t bufferLength = 100; // довжина буфера
int32_t spo2; // значення SpO2
int8_t validSPO2; // показник валідності SpO2
int32_t heartRate; // значення пульсу
int8_t validHeartRate; // показник валідності пульсу

byte pulseLED = D1; // пін для LED пульсу (PWM)
byte readLED = D2; // пін для LED читання

void setup() {
    Serial.begin(115200);
    delay(100);

    pinMode(pulseLED, OUTPUT);
    pinMode(readLED, OUTPUT);

    // Підключення до Wi-Fi
    Serial.println();
    Serial.println();
    Serial.print("Connecting to ");
    Serial.println(ssid);

    WiFi.begin(ssid, password);

    while (WiFi.status() != WL_CONNECTED) {
        delay(500);
        Serial.print(".");
    }

    Serial.println("");
    Serial.println("WiFi connected");
    Serial.println("IP address: ");
    Serial.println(WiFi.localIP());

    // Ініціалізація Thingier.io
    thing.add_wifi(ssid, password);

    // Створення властивостей пристрою
    thing["heartbeat"] >> outputValue(beatAvg);
    thing["SpO2"] >> outputValue(oxygenLevel);

    // Ініціалізація OLED дисплея
    if (!display.begin(SSD1306_SWITCHCAPVCC, 0x3C)) {
        Serial.println(F("SSD1306 allocation failed"));
        for (;;)
    }

    display.display();
    delay(2000); // Затримка для запуску OLED

```

```

display.clearDisplay();
display.setTextSize(1);
display.setTextColor(SSD1306_WHITE);
display.setCursor(0, 0);
display.print("Initializing...");
display.display();

// Ініціалізація датчика MAX30105
if (!particleSensor.begin(Wire, I2C_SPEED_FAST)) {
    Serial.println("MAX30105 was not found. Please check
wiring/power.");
    display.clearDisplay();
    display.setCursor(0, 0);
    display.print("MAX30105 not found!");
    display.display();
    while (1);
}

byte ledBrightness = 60; // Яскравість LED
byte sampleAverage = 4; // Кількість середніх відліків
byte ledMode = 2; // Режим роботи (червоне + інфрачервоне
світло)
byte sampleRate = 100; // Частота вибірки
int pulseWidth = 411; // Ширина імпульсу
int adcRange = 4096; // Діапазон АЦП

particleSensor.setup(ledBrightness, sampleAverage, ledMode,
sampleRate, pulseWidth, adcRange);

display.clearDisplay();
display.setCursor(0, 0);
display.print("Sensor Ready!");
display.display();
}

void loop() {
    // Читання даних з сенсора MAX30105
    for (byte i = 0; i < bufferLength; i++) {
        while (particleSensor.available() == false) // чекаємо на нові
дані
            particleSensor.check(); // перевіряємо сенсор на наявність
нових даних

        redBuffer[i] = particleSensor.getRed();
        irBuffer[i] = particleSensor.getIR();
        particleSensor.nextSample(); // закінчили зразок, переходимо
до наступного

        // Виведення даних червоного і інфрачервоного світла в Serial
Monitor
        Serial.print(F("red="));
        Serial.print(redBuffer[i], DEC);
    }
}

```



```

    Serial.print(F(", ir="));
    Serial.println(irBuffer[i], DEC);
}

// Розрахунок пульсу та SpO2
maxim_heart_rate_and_oxygen_saturation(irBuffer, bufferLength,
redBuffer, &spo2, &validSPO2, &heartRate, &validHeartRate);

// Відображення даних на OLED дисплеї
display.clearDisplay();
display.setCursor(0,0);
display.print("Heart Rate & SpO2:");
display.setCursor(0,10);
display.print("Avg BPM=");
display.print(beatAvg);
display.setCursor(0,20);
display.print("Avg SpO2=");
display.print(spo2Avg);
display.display();

// Відображення даних у Serial Monitor
Serial.print(F("HR="));
Serial.print(heartRate);
Serial.print(F(", HRvalid="));
Serial.print(validHeartRate);
Serial.print(F(", SpO2="));
Serial.print(spo2);
Serial.print(F(", SpO2Valid="));
Serial.println(validSPO2);

// Відправка даних на Thinger.io
thing.handle();

// Затримка для стабілізації з'єднання
delay(1000);
}

```