

**ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
ІНФОРМАЦІЙНО-КОМУНІКАЦІЙНИХ ТЕХНОЛОГІЙ
НАВЧАЛЬНО-НАУКОВИЙ ІНСТИТУТ ІНФОРМАЦІЙНИХ ТЕХНОЛОГІЙ
КАФЕДРА ІНЖЕНЕРІЇ ПРОГРАМНОГО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ
АВТОМАТИЗОВАНИХ СИСТЕМ**

**КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА
на тему: «АНАЛІЗ ВИКОРИСТАННЯ ІОТ В ГАЛУЗІ ОХОРОНИ ЗДОРОВ'Я
ДЛЯ ПОПЕРЕДЖЕННЯ ЗАХВОРЮВАНЬ ТА ВДОСКОНАЛЕННЯ
МЕДИЧНОЇ ДІАГНОСТИКИ**

на здобуття освітнього ступеня магістра
зі спеціальності 126 Інформаційні системи та технології
(код, найменування спеціальності)
освітньо-професійної програми Інформаційні системи та технології
(назва)

Кваліфікаційна робота містить результати власних досліджень. Використання ідей, результатів і текстів інших авторів мають посилання на відповідне джерело

Роман РАТУШНЯК
(підпис) Ім'я, ПРІЗВИЩЕ здобувача

Виконав: Роман РАТУШНЯК
здобувач вищої освіти
група ІСДМ-63

Керівник: Оксана ТКАЛЕНКО
науковий ступінь, к.т.н., доцент
вчене звання

Рецензент:
науковий ступінь,
вчене звання

Київ 2023

**ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
ІНФОРМАЦІЙНО-КОМУНІКАЦІЙНИХ ТЕХНОЛОГІЙ**
Навчально-науковий інститут інформаційних технологій

Кафедра Інженерії програмного забезпечення автоматизованих систем

Ступінь вищої освіти Магістр

Спеціальність Інформаційні системи та технології

Освітньо-професійна програма Інформаційні системи та технології

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри ІІЗАС

_____ Каміла СТОРЧАК

« _____ » _____ 2023 р.

**ЗАВДАННЯ
НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ**

_____ Ратушняк Роман Миколайович

(прізвище, ім'я, по батькові здобувача)

1. Тема кваліфікаційної роботи: Аналіз використання IoT в галузі охорони здоров'я для попередження захворювань та вдосконалення медичної діагностики.

керівник кваліфікаційної роботи Оксана ТКАЛЕНКО к. т. н., доцент,

(Ім'я, ПРІЗВИЩЕ науковий ступінь, вчене звання)

затверджені наказом Державного університету інформаційно-комунікаційних технологій від «19» 10.2023р. №145

2. Строк подання кваліфікаційної роботи «29» грудня 2023 р.

3. Вихідні дані до кваліфікаційної роботи: науково-технічна література, технічна документація систем попередження захворювань, вимоги до використання в медичній сфері ІОТ компонентів.

4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити)

Моніторинг використання ІОТ в галузі охорони здоров'я

Апаратне забезпечення ІОТ в галузі охорони здоров'я

Програмне забезпечення ІОТ в галузі охорони здоров'я

5. Перелік графічного матеріалу: *презентація*

1. Теоретична частина
2. Апаратні складові систем
3. Моніторинг програмного забезпечення систем

6. Дата видачі завдання «19» жовтня 2023 р.

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів кваліфікаційної роботи	Строк виконання етапів роботи	Примітка
1	Аналіз наявної науково-технічної літератури	19.10-05.11.23	
2	Вивчення теоретичних основ інтернет медичних речей	05.11-12.11.23	
3	Дослідження технічних аспектів використання та впровадження ІоМТ	13.11-18.11.23	
4	Аналіз проблем впровадження впровадження ІоМТ	19.11-23.11.23	
5	Огляд практичного впровадження та прикладів застосування ІоМТ в медицині та побуті	24.11-03.12.23	
6	Аналіз оптимальних технологій украління та з'язку	04.12-10.12.23	
7	Оформлення роботи: вступ, висновки, реферат	11.12-20.12.23	
8	Розробка демонстраційних матеріалів	21.12-29.12.23	

Здобувач вищої освіти

(підпис)

Роман РАТУШНЯК

(Ім'я, ПРІЗВИЩЕ)

Керівник

кваліфікаційної роботи

(підпис)

Оксана ТКАЛЕНКО

(Ім'я, ПРІЗВИЩЕ)

РЕФЕРАТ

Текстова частина кваліфікаційної роботи на здобуття освітнього ступеня магістра: 73 стор., 39 рис., 72 джерел.

Мета роботи – глибокий та системний аналіз використання Інтернету речей (ІоТ) в галузі охорони здоров'я для попередження захворювань та вдосконалення медичної діагностики.

Об'єкт дослідження – є використання Інтернету речей в галузі охорони здоров'я з метою попередження захворювань та вдосконалення медичної діагностики.

Предмет дослідження – аналіз технологій ІоТ, що використовуються у медичній практиці, та вивчення існуючих пристроїв, сенсорів та систем моніторингу здоров'я.

Короткий зміст роботи: робота включає аналіз наукових статей, книг, конференцій та інших джерел для отримання розуміння сучасного стану ІоТ в охороні здоров'я та вивчення конкретних випадків успішного впровадження ІоТ-рішень.

КЛЮЧОВІ СЛОВА: ІНТЕРНЕТ РЕЧЕЙ, ОХОРОНА ЗДОРОВ'Я, ПРОФІЛАКТИКА ЗАХВОРЮВАНЬ, МЕДИЧНА ДІАГНОСТИКА, ТЕХНОЛОГІЇ ІОТ, МОНІТОРИНГ ЗДОРОВ'Я.

ABSTRACT

The text part of the qualifying work for obtaining a master's degree: 73 pages, 39 figures, 72 sources.

Purpose - to comprehensive and systematic analysis of the Internet of Things (IoT) in healthcare for disease prevention and improved medical diagnostics.

The object of research is the application of IoT in healthcare, aimed at disease prevention and enhancement of medical diagnostics.

The subject of this research is the analysis of IoT technologies in medical practice, studying devices, sensors, and health monitoring systems.

Summary of work: Analysis of scientific papers, books, conferences, and other sources to understand the current state of IoT in healthcare and examines specific cases of successful IoT solution implementation.

KEYWORDS: INTERNET OF THINGS, HEALTHCARE, DISEASE PREVENTION, MEDICAL DIAGNOSTICS, IOT TECHNOLOGIES, HEALTH MONITORING.

ЗМІСТ

ВСТУП.....	9
РОЗДІЛ 1. МОНІТОРИНГ ВИКОРИСТАННЯ ІоТ В ГАЛУЗІ ОХОРОНИ ЗДОРОВ'Я.....	12
1.1. Огляд сфери віддаленого моніторингу здоров'я	12
1.2. Огляд та аналіз відомих засобів та методів відслідковування стану здоров'я людини	13
1.3. Система комп'ютерного моніторингу здоров'я пацієнтів з використанням дистанційних технологій.	14
1.4. Мережа медичних пристроїв в Інтернеті	17
РОЗДІЛ 2. АПАРАТНЕ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ІОТ В ГАЛУЗІ ОХОРОНИ ЗДОРОВ'Я	26
2.1. Віддалений моніторинг ЕКГ за допомогою шлюзу Bluetooth	26
2.2. Технологічні пристрої для віддаленого моніторингу стану пацієнтів	34
2.3. Шлюз DSGW-340 для медичних пристроїв Bluetooth, Wi-Fi та LTE у портативному форматі	37
2.4. Схеми пристроїв віддаленого моніторингу пацієнтів за допомогою ІоТ	40
2.5. Засоби та прилади для вимірювання фізіологічних показників стану здоров'я людини	50
РОЗДІЛ 3. ПРОГРАМНЕ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ІОТ В ГАЛУЗІ ОХОРОНИ ЗДОРОВ'Я	61
.....	61
3.1. Програмний алгоритм для системи моніторингу від стану здоров'я.....	61
3.2. Організація робочого простору для створення програмного забезпечення для ESP32	64
3.3. Конфігурування зовнішніх бібліотек.....	65
3.4. Впровадження системи віддаленого моніторингу показників здоров'я за допомогою платформи ІоТ	71
ВИСНОВКИ	83
ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ	85

ВСТУП

Впродовж останніх років Інтернет речей (IoT) став важливою технологією, яка може суттєво змінити різні аспекти нашого щоденного життя. Однією з областей, де IoT має значущий потенціал, є галузь охорони здоров'я.

У сфері охорони здоров'я IoT вирізняється можливістю постійного моніторингу стану пацієнтів. З використанням портативних пристроїв, таких як смарт-годинники або пульсометри, можна збирати дані про серцевий ритм, рівень активності та інші важливі параметри, що сприяє швидшому виявленню аномалій та попередженню можливих захворювань. Інноваційні технології, такі як датчики зображень та звуку, дозволяють проводити більш точну та швидку діагностику. Сучасні медичні апарати, обладнані IoT, можуть надавати обширну інформацію, що допомагає лікарям точніше визначити характер захворювань та вибрати оптимальний метод лікування. IoT також може оптимізувати управління лікарнями та іншими медичними установами. Системи моніторингу запасів медичних препаратів, автоматизовані системи нагляду за обладнанням та розумні системи контролю доступу сприяють підвищенню ефективності управління та зменшенню ризиків помилок.

Незважаючи на численні переваги, використання IoT в охороні здоров'я також стикається з викликами, такими як забезпечення безпеки та конфіденційності медичних даних, стандартизація протоколів обміну інформацією та навчання медичних працівників щодо використання нових технологій.

Актуальність магістерської роботи з аналізу використання Інтернету речей (IoT) в галузі охорони здоров'я для попередження захворювань та вдосконалення медичної діагностики визначається кількома факторами:

- застосування IoT у медицині може допомогти зменшити витрати, оптимізувати процеси та забезпечити більш ефективне використання ресурсів у галузі охорони здоров'я;

- з ростом числа пацієнтів і потребою в підвищенні якості медичної допомоги важливо розвивати інтелектуальні системи для покращення діагностики та лікування;
- сучасні IoT-технології надають можливості для реалізації новаторських рішень у медичному секторі, що сприяє не лише діагностиці, але і попередженню захворювань.

Метою даної магістерської роботи є проведення глибокого та системного аналізу використання Інтернету речей (IoT) в галузі охорони здоров'я з метою попередження захворювань та вдосконалення медичної діагностики. Аналіз поточних технологій IoT, що використовуються у медичній практиці. Вивчення вже існуючих пристроїв, сенсорів, та систем моніторингу здоров'я.

Об'єктом дослідження є використання Інтернету речей (IoT) в галузі охорони здоров'я з метою попередження захворювань та вдосконалення медичної діагностики, широкий спектр технологій, пристроїв та систем, які входять в склад IoT-рішень у сфері охорони здоров'я.

Предметом дослідження є аналіз використання Інтернету речей (IoT) в галузі охорони здоров'я для попередження захворювань та вдосконалення медичної діагностики.

Для досягнення мети дослідження можуть використовуватися різноманітні методи та засоби дослідження. До них можна включити:

- Аналіз наукових статей, книг, конференцій та інших джерел для отримання обґрунтованого розуміння сучасного стану використання IoT в охороні здоров'я.
- Вивчення конкретних випадків успішного впровадження IoT-рішень у медичній практиці для визначення кращих практик та викликів.
- Проведення опитувань серед експертів у галузі медицини, технологій IoT та пацієнтів для збору різноманітних поглядів.
- Використання статистичних методів для обробки та аналізу даних, пов'язаних із впровадженням IoT в охороні здоров'я.

- Використання математичних моделей для прогнозування та аналізу можливих впливів використання IoT на попередження захворювань.
- Збір думок та вражень пацієнтів стосовно впровадження IoT у медичній практиці.

Джерелами дослідження є наукова література, репортажі, дані з датчиків, результати опитувань та експертні оцінки, а також інформація стосуються використання Інтернету речей в охороні здоров'я

Науковою новизною є розробка і обґрунтування практичних стратегій та рекомендацій для вдосконалення в галузі використання Інтернету речей (IoT) в охороні здоров'я для попередження захворювань та вдосконалення медичної діагностики є суттєвим внеском у наукову область.

Апробація дослідження здійснювалась у формі участі в загальногалузевому науково-виробничому журналі «Зв'язок» та науково-практичній конференції «Telecommunication: problems and innovation»

Структура роботи. Загальний обсяг роботи 73 сторінок друкованого тексту. Дана робота складається зі вступу, трьох розділів, висновків, списку використаної літератури, що включає 72 одиниць. Текст містить 39 рисунків та 3 таблиці. Робота буде корисною практичного внеску в галузі використання Інтернету речей (IoT) в охороні здоров'я для попередження захворювань та вдосконалення медичної діагностики.

РОЗДІЛ 1. МОНІТОРИНГ ВИКОРИСТАННЯ ІоТ В ГАЛУЗІ ОХОРОНИ ЗДОРОВ'Я

1.1. Огляд сфери віддаленого моніторингу здоров'я

Детальний аналіз галузі віддаленого моніторингу стану здоров'я охоплює вивчення технологій та методів, які дозволяють віддалено відслідковувати та контролювати фізичний стан осіб. Дана сфера включає в себе використання різноманітних медичних пристроїв, сенсорів, технологій зв'язку та програмного забезпечення для збору, передачі та аналізу медичних даних з використанням віддалених засобів. Віддалений моніторинг здоров'я - це процес, за допомогою якого пацієнти та медичні працівники можуть вимірювати, збирати, аналізувати та обмінюватися даними про стан здоров'я за допомогою підключених медичних пристроїв, додатків, хмарних сервісів та інших технологій. Віддалений моніторинг здоров'я має багато переваг, таких як:

- Зменшення витрат на охорону здоров'я, забезпечуючи можливість лікувати пацієнтів вдома або на відстані, замість візитів до лікарні або клініки.
- Покращення якості обслуговування, надаючи своєчасну та точну інформацію про стан здоров'я пацієнтів, що дозволяє раннє виявлення та запобігання ускладнень або загрозливих ситуацій.
- Залучення пацієнтів до управління своїм здоров'ям, надаючи їм можливість самостійно стежити за своїми показниками, отримувати персоналізовані поради та зворотній зв'язок від медичних працівників.
- Оптимізація роботи медичних закладів, автоматизуючи певні процеси, такі як збір, обробка, зберігання та передача даних, а також підвищуючи продуктивність та задоволеність персоналу.

1.2. Огляд та аналіз відомих засобів та методів відслідковування стану здоров'я людини

Моніторинг стану здоров'я людини – це процес систематичного вимірювання, збирання, аналізу та інтерпретації даних про фізичний, психічний, соціальний та екологічний стан людини, що дозволяє виявляти, запобігати та лікувати різні захворювання, підвищувати якість життя та довголіття. Моніторинг стану здоров'я людини може виконуватися на різних рівнях: індивідуальному, груповому, регіональному, національному та глобальному.

Існує багато методів та засобів моніторингу стану здоров'я людини, які можна класифікувати за різними критеріями, наприклад, за метою, об'єктом, суб'єктом, часом, простором, технологією, джерелом даних, типом даних, способом обробки даних, формою представлення даних та іншими. Ось деякі приклади таких методів та засобів:

Самооцінка стану здоров'я – це метод, який полягає в тому, що людина самостійно оцінює свій стан здоров'я за допомогою різних показників, таких як суб'єктивне самопочуття, симптоми, функціональні можливості, спосіб життя, ризикова поведінка, стрес, настрій, мотивація, цінності та інші. Самооцінка стану здоров'я може виконуватися за допомогою різних засобів, таких як анкети, опитування, щоденники, тести, ігри, додатки та інші.

Діагностика стану здоров'я – це метод, який полягає в тому, що спеціаліст (лікар, медсестра, психолог, фізіотерапевт та інші) визначає наявність, ступінь та причини захворювань або порушень здоров'я за допомогою різних показників, таких як анамнез, клінічні ознаки, лабораторні та інструментальні дослідження, диференційна діагностика, класифікація захворювань та інші. Діагностика стану здоров'я може виконуватися за допомогою різних засобів, таких як медичні прилади, апаратура, комп'ютерні програми, штучний інтелект, телемедицина та інші.

Моніторинг стану здоров'я – це метод, який полягає в тому, що людина або спеціаліст постійно або періодично вимірює, збирає, аналізує та інтерпретує дані

про стан здоров'я за допомогою різних показників, таких як фізіологічні, біохімічні, психологічні, соціальні, екологічні та інші. Моніторинг стану здоров'я може виконуватися за допомогою різних засобів, таких як переносні пристрої, сенсори, датчики, камери, мікрофони, додатки, інтернет речей, хмарні технології та інші.

1.3 Система комп'ютерного моніторингу здоров'я пацієнтів з використанням дистанційних технологій

Система комп'ютерного моніторингу здоров'я пацієнтів – це технологія, яка дозволяє лікарям відстежувати, аналізувати та надавати допомогу пацієнтам, які знаходяться поза лікарнею або клінікою. За допомогою різних пристроїв, які підключені до Інтернету речей (IoT), пацієнти можуть передавати свої дані про життєво важливі показники, такі як артеріальний тиск, рівень глюкози в крові, ЕКГ, насичення кисню тощо, до своїх лікарів в режимі реального часу. Допомагає покращити якість охорони здоров'я, зменшити ризик ускладнень, збільшити доступність медичних послуг та знизити витрати на лікування.

Система дистанційного моніторингу стану за допомогою IoT – це технологія, яка дозволяє віддалено відстежувати життєво важливі показники пацієнтів, такі як температура, тиск, пульс, рівень кисню в крові тощо. Дана система складається з трьох основних компонентів:

Пристрої – це медичні датчики, які носить пацієнт або вбудовані в його тіло. Вони збирають дані про стан здоров'я пацієнта і передають їх через бездротовий зв'язок до шлюзу.

Шлюз – це пристрій, який з'єднує пристрої з хмарною платформою. Він може бути смартфоном, планшетом, ноутбуком або спеціальним пристроєм. Він відповідає за шифрування, агрегацію, фільтрацію та передачу даних до хмари.

Хмарна платформа – це сервіс, який зберігає, аналізує, візуалізує та обробляє дані, що надходять від пристроїв. Вона також надає інтерфейс для лікарів, які можуть переглядати, порівнювати, інтерпретувати та ділитися даними про пацієнтів. Вона також може генерувати сповіщення, рекомендації та дії на основі даних.

Таким чином, система дистанційного моніторингу стану за допомогою IoT дозволяє лікарям отримувати своєчасну та точну інформацію про стан здоров'я пацієнтів, незалежно від їх місцезнаходження. Це покращує якість охорони здоров'я, знижує ризик ускладнень, збільшує доступність медичних послуг та знижує витрати на лікування.

Впровадження Інтернету речей (IoT) у віддалений моніторинг пацієнтів визначає новий етап в розвитку традиційної системи охорони здоров'я. Застосування розумних систем моніторингу здоров'я через IoT визначається як революційний крок, який не лише допомагає запобігти епідеміям, але й надає можливість отримати дані про життєво важливі показники в режимі реального часу для швидкого медичного втручання та негайного встановлення діагнозу, навіть у випадках, коли лікар не знаходиться поблизу пацієнта.

Лікарі можуть використовувати пристрої дистанційного моніторингу для контролю, запису та оцінки гострих чи хронічних захворювань своїх пацієнтів після їх виходу з лікарні чи клініки. Технологія Інтернету речей (IoT) грає ключову роль у реалізації цього виду дистанційного моніторингу, з'єднуючи пристрої віддаленого контролю пацієнтів, такі як розумні годинники, портативні патчі, портативні гаджети або біонаклейки, для обміну інформацією в реальному часі між медичним персоналом та пацієнтами.

Такі пристрої надають медичним працівникам невідкладну інформацію про стан пацієнта, що дозволяє їм приймати прогнозовані та проактивні клінічні рішення. Для зрозуміння конкретики, включаємо список обладнання, яке використовується в цьому контексті (рис.1.1)

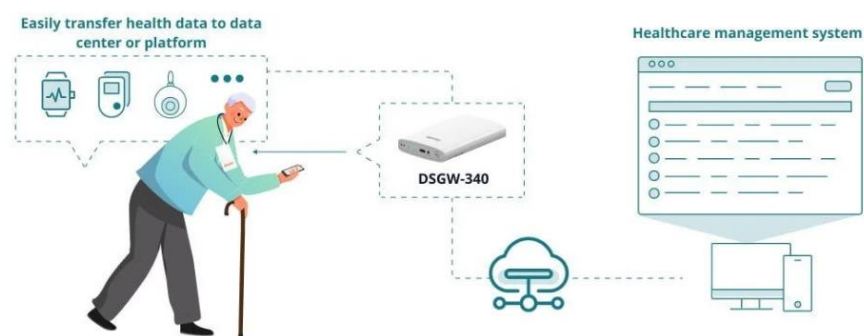


Рис.1.1. Система дистанційного моніторингу стану

Дистанційне спостереження за пацієнтом (RPM) в контексті IoT використовує підключені електронні пристрої для збору та запису медичних даних та стану здоров'я пацієнта в одному місці, які аналізуються медичним постачальником в іншому місці (рис.1.2). Простіше кажучи, це означає використання зв'язаних пристроїв для передачі інформації про пацієнта, що дозволяє медичним фахівцям в реальному часі моніторити та аналізувати їх стан.

RPM широко використовується в системах охорони здоров'я для надання догляду за пацієнтами, які страждають від різних захворювань, таких як COVID-19, гіпертонія та цукровий діабет. Зміни в нормативах, прийняті центрами Medicare і Medicaid, підтримують цю тенденцію, роблячи RPM важливою складовою надання медичної допомоги.

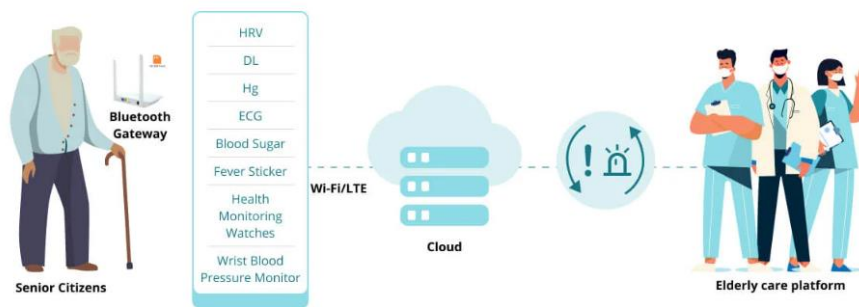


Рис.1.2. Дистанційне спостереження за пацієнтом

Основи дистанційного моніторингу пацієнтів (RPM) засновані на використанні підключених електронних пристроїв для запису та передачі медичних даних і особистого стану здоров'я пацієнта в режимі реального часу. RPM може бути застосований як при лікуванні гострих, так і хронічних станів, надаючи можливість медичним працівникам відстежувати пацієнтів між візитами або при відсутності особистого догляду.

Основна ідея застосування RPM (Remote Patient Monitoring) полягає в можливості збирати важливі дані в режимі реального часу і вносити корективи для поліпшення результатів лікування, зокрема при лікуванні хронічних захворювань. Такий вид моніторингу дозволяє медичним працівникам ефективно контролювати

пацієнтів з різними захворюваннями, такими як гіпертонія, астма, діабет, а також тих, хто відновлюється після зараження та одужання від COVID-19.

Програми RPM використовують різноманітні типи пристроїв, таких як глюкометри, пульсоксиметри, тонометри, ваги, пристрої для моніторингу хвороби Паркінсона та деменції, а також монітори серця. Використання Інтернету речей (IoT) в цьому процесі спрощує збір та передачу даних. Наприклад, FDA затвердило переносний пристрій для електрокардіограми та KariaMobile для виявлення фібриляції передсердь і синусового вузла, що полегшує ефективний моніторинг пацієнтів медичними працівниками.

Розвиток Інтернету речей (IoT) розкриває нові можливості для постачальників медичних послуг для реального взаємодії з пацієнтами за допомогою IoT-рішень та систем електронного здоров'я. Пристрої IoT надають пацієнтам переваги Medicare та створюють можливості для надання послуг різним медичним фахівцям, включаючи лікарів, терапевтів, лікарень та інших провайдерів, які надають допомогу пацієнтам з хронічними захворюваннями або тими, що перебувають у критичному стані після операції.

1.4 Мережа медичних пристроїв в Інтернеті

Інтернет медичних речей (IoMT) – це термін, який описує підключені медичні пристрої, які можуть передавати та збирати дані про стан здоров'я людини. Пристрої можуть включати носимі годинники, браслети, датчики, камери, мікрофони, апаратуру та інші технології, які взаємодіють з хмарними системами, штучним інтелектом, телемедициною та іншими сервісами. IoMT має багато переваг для охорони здоров'я, таких як:

Віддалений моніторинг та діагностика пацієнтів, що дозволяє зменшити витрати та покращити якість обслуговування.

Залучення пацієнтів до процесу лікування, надаючи їм можливість самостійно стежити за своїм здоров'ям та отримувати персоналізовані поради.

Оптимізація процесів та ресурсів у медичних закладах, автоматизуючи певні завдання та забезпечуючи точність та своєчасність даних.

Підвищення ефективності клінічних досліджень, надаючи реальні дані про стан здоров'я піддослідних та їхню реакцію на ліки.

Смарт-годинник Smart Watch пропонує широкий спектр функцій, включаючи відстеження місцезнаходження, моніторинг температури та пульсу. Завдяки постійному відстеженню частоти серцевих скорочень, він надає інформацію про щоденний настрій, глибоко розкриваючи стан серця. Також обліковуючи режим сну, годинник забезпечує детальні звіти та аналіз.

Короткий огляд характеристик продукту:

- запис температури протягом дня;
- подвійний режим температури для чола та зап'ястя;
- красиві та практичні циферблати, що відповідають спортивному стилю в різних сценах;
- відображення кроків, пульсу, прогнозу погоди тощо;
- довгий час автономної роботи;
- точний та інтимний моніторинг серцевого ритму;
- кілька режимів навчання для науково ефективного тренування;
- вібраційне нагадування з ідентифікатором абонента;
- повідомлення для зберігання важливої інформації;
- відстеження спортивних даних;
- підключене відстеження GPS для унікального досвіду тренувань;
- автоматичне розпізнавання сну для детального аналізу якості сну та своєчасного його покращення;
- програмне забезпечення Smart Watch сумісна із системою Android версії 4.4 і вище, IOS версії 9.0 і вище.

Спорт і здоров'я:

- щоденний запис активності (крокомір, витрачені калорії, вимірювання відстані);

- моніторинг якості сну (глибокий сон, легкий сон, неспання);
- моніторинг серцевого ритму (ручний постійний моніторинг, моніторинг за часом);
- автоматичний моніторинг з даними, оновлюваними кожні 15 хвилин і графіком тренду за весь день;
- вимірювання температури тіла (ручний та автоматичний моніторинг);
- мультиспортивний режим (піший туризм, біг, їзда на велосипеді, стрибки, бадмінтон, баскетбол, футбол).

Нагадування та функції:

- часове нагадування;
- нагадування про досягнуту мету;
- обмін даними з Google Fit або Apple Health;
- сповіщення про повідомлення (Message Push з текстовими повідомленнями, WeChat, WhatsApp, Facebook, Twitter, лінія, Skype, Instagram, LinkedIn);
- багатомовний дисплей: англійська, німецька, французька, іспанська, японська, китайська і т.д.
- сповіщення про ідентифікацію абонента;
- відхилення виклику.

Розумний помічник:

- будильник (8 будильників);
- інтервал ЧСС і попередження;
- погода в режимі реального часу;
- знаходження телефону;
- регулювання яскравості;
- відчуття зап'ястя;
- керування камерою;
- керування музикою (вибір музичного плеєра);
- параметри мультициферблата (4 циферблати);

- скидання пристрою;
- секундомір;
- увімкнення / вимкнення;
- OTA оновлення.

Sleep Cycle – це додаток, який вимірює особисті патерни та якість сну за допомогою мікрофона та акселерометра вашого смартфона, пробуджує в найкращий час для організму, щоб не відчували втоми, надає поради, як покращити сон та здоров'я.

Sleep Cycle має багато функцій та опцій, які дозволяють налаштувати додаток за потребами, а саме вибрати різні:

- режими вимірювання сну, такі як автоматичний, ручний або тестовий;
- звуки або музику для пробудження або засинання;
- інтервали пробудження, від миттєвого до 90 хвилин;
- параметри для аналізу вашого сну, такі як час сну, якість сну, глибина сну, сноркінг, ефективність сну та інші;
- типи звітів про ваш сон, такі як статистика, графіки, тренди, порівняння, нотатки та інші;
- налаштування для вашого пристрою, такі як яскравість, звук, вібрація, режим “Не турбувати” та інші.

Sleep Cycle – це популярний та надійний додаток, який використовують мільйони людей по всьому світу (рис.1.3). Допомагає краще спати та прокидатися, покращує настрій та продуктивність, та підвищує загальне здоров'я. Є можливість завантажити його з Google Play або App Store.



Рис. 1.3. Мобільний додаток Sleep Cycle

SleepScore – це компанія, яка пропонує персоналізовані програми поліпшення сну на основі наукових даних і понад 240 мільйонів годин сну та даних про спосіб життя (рис.1.4).

Мобільний додаток дозволяє відстежувати та аналізувати свій сон, отримувати поради щодо поліпшення якості сну та використовувати розумний будильник, який прокидає у найкращий час (рис. 1.5). Є можливість співпрацювати з SleepScore, щоб використовувати їхні технології та дані для бізнесу або дослідження. SleepScore має партнерства з такими компаніями, як ResMed, Philips, Samsung, Good Morning Snore Solution та іншими. SleepScore також має підтримку відомих спортсменів, таких як Кріштіану Роналду, який є співзасновником компанії.



Рис. 1.4. Мобільний додаток SleepScore



Рис. 1.5. Довгострокове зростання через портфель опціонів

Sleep Tracker – це пристрій або додаток, який відстежує сон за допомогою сенсорів, які вимірюють вашу активність, частоту серцевих скорочень, рівень кисню в крові та інші показники. Sleep Tracker дозволяє аналізувати якість та тривалість сну, визначати фази сну, встановлювати цілі та поради щодо поліпшення сну, а також використовувати розумний будильник, який прокидає вас у найкращий час. Sleep Tracker також може допомогти виявити та усунути проблеми зі сном, такі як безсоння, апноєа, хропіння та інші.



Рис. 1.6. Незалежний додаток для моніторингу сну дитини sleepwell

Існує багато видів Sleep Tracker, які можна носити на зап'ясті, пальці, голові або покласти під матрац, на матрац або поруч з ліжком. Деякі Sleep Tracker також мають додаткові функції, такі як відстеження фізичної активності, стресу, температури тіла, медитації та іншого, який найкраще підходить для потреб, бюджету та комфорту. Наприклад, незалежний додаток для моніторингу сну дитини sleepwell (рис.1.6).

Apple Health – це безкоштовний додаток, який дозволяє вам зберігати та візуалізувати ваші дані про здоров'я та фітнес з різних джерел, таких як iPhone, iPad, Apple Watch та сторонні додатки. За допомогою додатку є можливість відстежувати свій сон, настрій, ліки, психічне здоров'я та багато іншого, а також ділитися своєю інформацією про здоров'я з іншими або отримувати інсайти про свій стан душі.

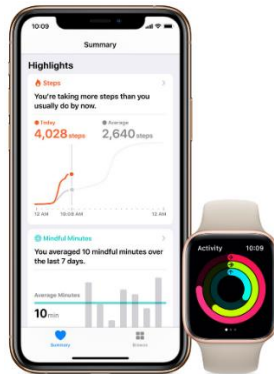


Рис.1.7. Мобільний додаток Apple HealthKit

Ось деякі функції Apple Health, які можете використовувати (рис. 1.7):

- переглядайте інтерактивні графіки, щоб оглядати дані про здоров'я з часом та заглиблюватися для детальнішого аналізу;
- отримувати важливу інформацію про те, що найбільше значить, наприклад, кроки, сон або життєві показники;
- бачити як прогресує певний показник здоров'я, чи зростає він або зменшується з часом, за допомогою аналізу трендів;
- психічне здоров'я є на першому місці так само важливе, як і фізичне, і навіть впливає на нього, щоб допомогти розвивати емоційну свідомість та стійкість;
- проходження стандартизованих оцінок психічного здоров'я, які часто використовуються медичними закладами, щоб відповісти на набір питань про те, як себе відчуваєте, а потім побачити поточний ризик депресії або тривоги. Це допоможе зрозуміти, чи слід звернутися до лікаря, і буде PDF з результатами, якими можна поділитися, а також є доступ до ресурсів та статей.

- отримання нагадування про те, щоб записувати ліки, вітаміни та добавки на своєму Apple Watch, iPhone та iPad, переглядати графіки та основні моменти в додатку «Здоров'я» на iPhone або iPad та бачити детальнішу інформацію про те, коли і як послідовно приймати ліки.

Керування сном – це мрія. Віддавати перевагу сну, керуючи графіком сну, створюючи режим перед сном та бачити, як часто досягається цілі щодо сну.

Apple Watch відстежує показники сну, такі як рівень кисню в крові, частота серцевих скорочень, час сну, температура зап'ястя та дихання під час сну. З А за допомогою інтерактивних графіків у додатку «Здоров'я» можна порівнювати свою частоту серцевих скорочень, дихання під час сну та багато іншого з часом.

Використовуючи сенсори в Apple Watch, отримуються глибші інсайти про те, скільки часу людина проводить в трьох стадіях сну: REM, Core та Deep.

Google Fit – це додаток, який допомагає відстежувати та покращувати здоров'я та фітнес. Відстежувати тренування з телефону або годинника, отримуючи статистику про ходьби, біги, велосипедні поїздки та інші види активності.



Рис1.7. Мобільний додаток Google Fit

Отримувати Heart Points, які відображають, наскільки ефективно підтримується серце та розум, виконуючи різні види активності.

Переглядати дані про здоров'я та фітнес з різних джерел, таких як Wear OS by Google, Nike+, Runkeeper, Strava, MyFitnessPal та інші.

Встановлювати цілі та отримувати поради щодо поліпшення сну, настрою, психічного здоров'я, ліків та іншого. Вимірювати свій пульс та частоту дихання за

допомогою камери вашого телефону. Перевіряти свій стан душі, щоб розвивати емоційну свідомість та стійкість.

У першому розділі «Моніторинг використання Інтернету речей (IOT) в галузі охорони здоров'я» провели огляд та аналіз використання Інтернету речей в сфері охорони здоров'я, з фокусом на віддаленому моніторингу стану здоров'я. Здійснено дослідження відомих засобів та методів відслідковування фізичного стану людини, а також розглянуто комп'ютерну систему для дистанційного моніторингу стану здоров'я пацієнтів та мережу медичних пристроїв в Інтернеті.

З аналізу виділяється важливість використання технологій IOT у віддаленому моніторингу здоров'я, що дозволяє ефективно відстежувати ключові показники, забезпечуючи зручність та доступність медичного обслуговування. Засоби та методи відслідковування виявляються різноманітними і прогресивними, від носимих пристроїв до використання інтелектуальної аналітики для обробки медичних даних.

Комп'ютерна система для дистанційного моніторингу пацієнтів виступає як перспективний інструмент для покращення якості та ефективності медичного нагляду. Збір та обробка медичних даних у реальному часі сприяє оперативній реакції на зміни в стані здоров'я та розробці індивідуальних планів лікування.

Мережа медичних пристроїв в Інтернеті відкриває нові можливості для обміну даними між пристроями, що полегшує координацію медичного процесу та сприяє взаємодії різних аспектів охорони здоров'я.

Загалом, розділ підкреслює важливість інноваційних технологій IOT в охороні здоров'я та підтверджує їхню потужність у забезпеченні персоналізованого, ефективного та високотехнологічного підходу до медичного нагляду.

РОЗДІЛ 2. АПАРАТНЕ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ІОТ В ГАЛУЗІ ОХОРОНИ ЗДОРОВ'Я

2.1. Віддалений моніторинг ЕКГ за допомогою шлюзу Bluetooth

У сучасному світі Інтернет речей (ІоТ) вважається ключовим компонентом віддаленого моніторингу пацієнтів (RPM), оскільки він утворює мережу, що з'єднує різні пристрої, такі як носити патчі, кишенькові пристрої, розумні годинники, біометричні наклейки та інші медичні пристрої, які використовують Bluetooth-технології. Це забезпечує обмін інформацією в реальному часі між пацієнтами та постачальниками медичних послуг.

Загальним застосуванням цих пристроїв є використання RPM для моніторингу частоти серцевих скорочень і ЧСС у серцевих пацієнтів за допомогою портативного електрокардіографа. У кожного пацієнта є датчик ЕКГ для моніторингу, а шлюз Bluetooth розміщується вдома або діє як портативний шлюз, передаючи зібрані дані на віддалений сервер.

Коли дані надходять на віддалений сервер, вони аналізуються для створення діагностичного звіту, який потім надсилається на пристрій, який надає діагностичний звіт лікарю. Портативний пристрій підключається до системи охорони здоров'я через хмарний шлюз Bluetooth, усуваючи потребу в тестуванні пацієнтів і надаючи лікарям інформацію про стан пацієнта в реальному часі, щоб вони могли ефективно реагувати на зміни та ускладнення.

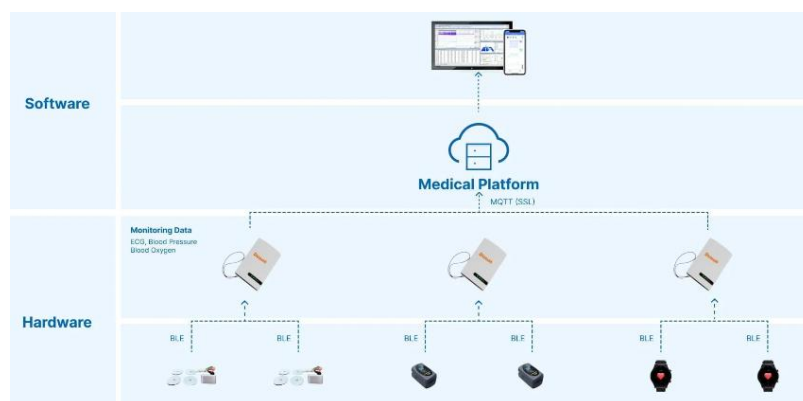


Рис.2.1. Апаратне та програмне забезпечення системи ІоТ в системі медичного обслуговування.

Дистанційне спостереження за пацієнтами стає особливо ефективним у контексті лікування серйозних захворювань, таких як:

- проблеми з серцем;
- післяопераційні ускладнення;
- цукровий діабет.

Люди з діабетом 2 типу, які використовують глюкометри Bluetooth, тепер можуть використовувати біосенсори для контролю рівня цукру в крові. Через мережі Інтернету речей ці показники можуть надаватися безпосередньо членам команди охорони здоров'я. Наприклад, Kaiser Permanente реалізує програму RPM для моніторингу гіпертонії та діабету та має понад 44 000 активних членів у Сполучених Штатах. Програма виявилася корисною для лікарів, які можуть ефективно лікувати пацієнтів з COVID-19 під час пандемії.

Використання Інтернету речей у дистанційному моніторингу пацієнтів (RPM) має численні переваги, як клінічні, так і неклінічні:

Допомагає пацієнтам дотримуватися плану лікування через оновлення, попередження та рекомендації, що призводить до поліпшення результатів для здоров'я.

Знижує ризик передачі інфекцій, оскільки діагноз ставиться дистанційно, і пацієнтам не потрібно подорожувати.

Зміцнює взаємовідносини між пацієнтами та медичним персоналом, забезпечуючи комфортне медичне обслуговування.

Покращує співпрацю пацієнта з планом лікування за допомогою інструментів для охорони здоров'я, що призводить до кращих результатів для здоров'я.

Забезпечує оновлення в режимі реального часу про стан здоров'я пацієнтів, дозволяючи ефективно реагувати на зміни та ускладнення у стані здоров'я.

Носимі пристрої з підтримкою IoT також вирішують неклінічні проблеми, такі як обмежена доступність ліжок в лікарнях, транспортні труднощі, соціально-економічні труднощі та інші.

Розглянемо деякі неклінічні переваги дистанційного моніторингу пацієнтів (RPM) у сфері охорони здоров'я:

- підвищення ефективності клінічного персоналу та зменшення фізичного втручання, необхідного для надання медичної допомоги, шляхом детального моніторингу пацієнтів у реальному часі.
- зменште відсутність пацієнтів або пропущені прийоми за допомогою нагадувань про дистанційну консультацію.
- зменшити кількість візитів до лікарень, дозволяючи клінічному персоналу надавати кращий догляд, не покладаючись на особисті візити до медичних закладів.
- підвищення ефективності роботи співробітників і оптимізація використання ресурсів.
- збирати та керувати інформацією в системах охорони здоров'я стає легше.

У заключенні, зараз догляд за пацієнтами виходить за межі стін лікарень і клінік, що виявляється передовим та дозволяє постачальникам надавати більш якісний догляд своїм пацієнтам. Однак не всюди RPM отримав визнання, і, ймовірно, в найближчі роки більше пристроїв стануть стандартом медичної допомоги і отримають схвалення від FDA для подальшого вдосконалення системи охорони здоров'я.

Bluetooth використовується в галузі охорони здоров'я в рамках Інтернету речей (IoT) для різноманітних завдань та передачі різних видів даних:

- Bluetooth використовується для ефективної передачі даних між пристроями з низьким енергоспоживанням (BLE). Наприклад, дистанційний моніторинг пацієнта може включати в себе використання пульсоксиметрів на основі Bluetooth для бездротового передавання важливих медичних даних.
- Bluetooth може використовуватися для відстеження місцезнаходження медичних пристроїв чи носимих сенсорів. Це корисно для визначення точного положення пацієнта чи медичного обладнання в реальному часі.

- Bluetooth входить в склад мережі пристроїв в IoT Healthcare, де різні медичні пристрої можуть взаємодіяти та обмінюватися даними. Це може бути особливо корисним для інтелектуального моніторингу параметрів, таких як вологість і температура в медичних умовах.

Застосування Bluetooth в охороні здоров'я дозволяє оптимізувати надання медичної допомоги та полегшує взаємодію між медичними працівниками та сучасними технологіями.

Використання технології локації Bluetooth набуває все більшої популярності в системах реального відстеження місцезнаходження (RTLS) в охороні здоров'я. Bluetooth RTLS може використовуватися для внутрішнього навігаційного контролю в лікарнях, відстеження руху персоналу та пацієнтів, забезпечення безпеки працівників, відстеження медичного обладнання, оптимізації робочих процесів та інших завдань.

Використовуючи Шлюз маяка BLE та пристрої BLE, розумні лікарні можуть оптимізувати відстеження обладнання та контроль за запасами, що призводить до підвищення ефективності роботи та мінімізації відходів.



Рис. 2.2. IoT в операційній залі

Сітчасті мережі Bluetooth можуть вирішити проблему з'єднання десятків, сотень або тисяч пристроїв BLE у мережі. У лікарні кожен медичний прилад працює незалежно (рис.2.2). Кожен пристрій оснащено власними периферійними пристроями, такими як принтери та комп'ютери, які також незалежно під'єднані до

різних ліній передачі даних. Тому зчитування стану медичного пристрою, зміна конфігурації медичного пристрою, керування даними (включаючи дані датчиків, записи пацієнтів, моніторинг пацієнтів, дані безпечного доступу, відповідно до відстеження активів тощо) потребують окремих систем з точки зору безпеки. За допомогою шлюзів і мереж Bluetooth Mesh розумні лікарні з великою кількістю даних про медичне обладнання та великими просторами можуть ефективніше передавати дані та керувати ними. Крім того, розумні лікарні можуть використовувати сітчасті мережі BLE для керування освітленням у всій будівлі, а рішення Dusun IoT для керування освітленням Bluetooth допомагає їм створювати бездротові системи освітлення за допомогою технології BLE.

Шлюз Bluetooth допомагає підключати ці пристрої BLE до сервера, щоб розумні лікарні могли розгортати дистанційний моніторинг життєво важливих показників, використовувати системи IoT для управління активами та контролю запасів, а також своєчасно відстежувати робочий процес співробітників для підвищення ефективності.

Bluetooth 5.0 – це остання версія технології Bluetooth, яка має багато функцій, які можуть значно покращити сектор охорони здоров'я.

Швидкість передачі даних в Bluetooth 5 коливається від 125 Кбіт/с до 2 Мбіт/с, що дозволяє ефективно передавати дані від одного пристрою до іншого за короткий проміжок часу. Оскільки Bluetooth 5 може працювати на швидкості до 2 Мбіт/с, він ідеально підходить для передачі складних даних між пристроями. Збільшення дальності передачі може вимагати зниження швидкості передачі даних. Наприклад, швидкість передачі даних 125 Кбіт/с може бути меншою, але ефективною в просторі. Розумні лікарні можуть використовувати цю можливість для передачі простих даних на великі відстані, наприклад, використовуючи її для передачі даних від датчиків вологості на значні відстані до 240 метрів.

Для кращого розуміння того, як дані передаються в умовах лікарні через Bluetooth, розглянемо архітектуру передачі даних. Почнемо з конфігурації пристроїв BLE у відповідному місці. У випадку переносних пристроїв для дистанційного моніторингу пацієнтів пацієнти повинні користуватися ними згідно

з інструкціями виробника. Після налаштування пристроїв у правильному положенні, носимі пристрої збирають необхідні дані.

Оскільки зібрані дані завжди є в аналоговому форматі, їх потрібно конвертувати в цифровий формат для подальшої обробки. Після цього вони передаються на платформу IoT або в хмару для подальшого аналізу. У цьому процесі Шлюз Bluetooth виступає як міст між IoT та передачею даних на платформу чи хмару.

Bluetooth з низьким рівнем енергоспоживання було вперше представлено в Bluetooth 4.0 та далі вдосконалено в Bluetooth 5. Дана технологія сумісна з енергоефективними пристроями та вимагає мінімального обсягу енергії для передачі даних. Пристрої BLE спеціально розроблені для забезпечення роботи з низьким рівнем енергоспоживання та оптимізації енергоефективності. Під час передачі даних вони використовують лише приблизно 15 міліампер електричного струму. Важливим є той факт, що ці пристрої працюють від батарейок, і їхній ресурс дуже довгий. З цим низьким рівнем енергоспоживання більшість Bluetooth-пристроїв може функціонувати протягом значного періоду часу.

Пристрої Bluetooth Low Energy (BLE) є серед найбільш популярних в інтернеті речей (IoT). Вони використовують радіохвилі на частоті 2,4 ГГц для передачі даних, мінімізуючи витрати енергії. Щоб зекономити енергію під час передачі даних, пристрої BLE використовують невеликі пакети і активують режим енергозбереження. Крім того, тут Dusun IoT перераховує деякі інші переваги пристроїв BLE:

Сумісність. Більшість пристроїв Bluetooth виробляються різними компаніями, але вони взаємодіють один з одним, що полегшує використання кількох пристроїв Bluetooth в лікарнях.

Безпека. За допомогою 128-бітного алгоритму AES, більшість пристроїв Bluetooth забезпечують високий рівень безпеки. Алгоритм AES шифрує передані дані між пристроями.

Перестрибування частоти. Проектовані для роботи в умовах перешкод, пристрої BLE мають функцію перестрибування частоти для оптимізації ефективності в різних умовах.

Пристрої IoT на базі Bluetooth грають важливу роль у сфері охорони здоров'я, зокрема у віддаленому моніторингу пацієнтів. Ця технологія дозволяє наглядати за станом здоров'я пацієнтів, навіть коли вони знаходяться поза лікарнями. Наприклад, розумні годинники відстежують стан здоров'я за допомогою різноманітних програм.

Пацієнти з основними захворюваннями можуть бути виписані з лікарень, але завдяки технології віддаленого моніторингу, лікарі можуть тримати їх під контролем. Наприклад, манжета для вимірювання артеріального тиску, яка працює на основі Bluetooth, дозволяє моніторити частоту серцевих скорочень і артеріальний тиск в режимі реального часу.

Також використовуються пристрої, такі як пульсоксиметри на базі Bluetooth, для вимірювання рівня кисню у пацієнтів, які перебувають у віддалених місцях.

Ще однією корисною категорією є глюкометри та носії для дистанційного моніторингу пацієнтів. Глюкометри дозволяють відстежувати рівень цукру у пацієнтів, а пристрої для дистанційного моніторингу дозволяють носити компактні пристрої для відстеження частоти серцевих скорочень і режиму сну.

Відстеження майна у медичних установах, особливо коли йдеться про цінне обладнання, використовує технологію Bluetooth для забезпечення безпеки. Шляхом використання Bluetooth-тегів медичні бригади можуть моніторити місцезнаходження свого обладнання. Це особливо важливо, оскільки втрата або затримка у використанні обладнання може мати серйозні наслідки. За допомогою Bluetooth-маяків, які підключаються до обладнання, його можна ефективно відстежувати через мобільний додаток. Це спрощує процес пошуку обладнання та заощаджує час.

Щодо відстеження крові, пристрої IoT на базі Bluetooth полегшують процес маркування, обробки та транспортування крові. Оскільки кров вимагає специфічних умов зберігання та транспортування. Пристрої на базі Bluetooth

дозволяють відстежувати температуру, групу крові та місцезнаходження через GPS, що робить процес управління кров'ю більш ефективним та контрольованим.

Процес реєстрації в лікарні став більш ефективним завдяки використанню пристроїв на основі Bluetooth. Раніше черги при реєстрації можливо було уникнути завдяки інтеграції Bluetooth-технології. Пацієнтам необхідно лише ввести будівлю, а пристрої Bluetooth LE, такі як браслети, сповістять медичний персонал про їх прихід, що спрощує процес реєстрації та дозволяє уникнути довгих черг, забезпечуючи негайний доступ до медичної допомоги.

Моніторинг ліків також став більш ефективним завдяки пристроям Bluetooth. Зокрема, використання Bluetooth-міток дозволяє медичному персоналу відстежувати умови зберігання ліків, такі як вологість і температура. Зібрані дані передаються на платформу IoT в реальному часі, що дозволяє медичному персоналу миттєво реагувати на будь-які відхилення в умовах зберігання та забезпечує нагляд протягом усього дня.

Для забезпечення комфортного лікарняного середовища та оптимізації робочого процесу використовуються пристрої на базі Bluetooth для відстеження умов навколишнього середовища. Датчики цих пристроїв міряють рівень кисню, температуру та вологість у різних кімнатах і палатах лікарень. Зібрані дані передаються на платформи IoT, що спрощує їх інтерпретацію для медичного персоналу.

Лікарі отримують доступ до файлів пацієнтів автоматично завдяки передачі даних на хмарний сервер через Шлюз Bluetooth IoT. Дозволяє ефективно управляти медичною документацією та значно економити час лікарів. Також, завдяки використанню Bluetooth, можна легко відстежувати місцезнаходження лікарів і пацієнтів у реальному часі, що полегшує навігацію в лікарнях та відділеннях.

Теги Bluetooth також забезпечують відстеження лікарів у невідкладному відділенні, сприяючи швидкій реакції в екстрених ситуаціях. При спалахах медичний персонал може автоматизовано обробляти великий трафік пацієнтів, використовуючи теги на основі Bluetooth для швидкої реєстрації та обробки

медичних даних. Такий підхід дозволяє ефективно проліковувати велику кількість пацієнтів за короткий період часу.

Більшість лікарень встановлюють різні рівні доступу, для чого використовують пристрої на основі Bluetooth. Замість звичайних карт лікарні, ці пристрої інтегруються з платформою IoT, регулюючи доступ до різних відділень та крил лікарні для різних груп користувачів, таких як амбулаторні та стаціонарні пацієнти, що дозволяє забезпечувати безпеку та контроль за доступом.

Аналіз даних, які передаються з Bluetooth-пристроїв, стає важливим інструментом для оцінки ефективності роботи лікарів. За допомогою браслетів та інших пристроїв, що підтримують Bluetooth, можна відстежувати місцезнаходження лікарів у реальному часі та аналізувати їх робочі звички. Також полегшує аналіз обсягу роботи та ефективності обслуговування пацієнтів.

При транспортуванні пацієнтів до лікарні, пристрої Bluetooth на машинах швидкої допомоги передають дані в реальному часі на платформу IoT лікарні. Дозволяє лікарям миттєво реагувати на надзвичайні ситуації та координувати дії. Крім того, дані можуть служити для визначення місцезнаходження екіпажів швидкої допомоги у реальному часі, полегшуючи планування.

В сфері страхування пристрої IoT використовуються для збору глибокої інформації про стан здоров'я пацієнтів, що спрощує розгляд претензій та допомагає виявляти випадки шахрайства. Такий робить процес розслідування більш точним і ефективним.

2.2. Технологічні пристрої для віддаленого моніторингу стану пацієнтів

Прилади дистанційного моніторингу артеріального тиску, використовуючи технології Інтернету речей (IoT), дозволяють людям записувати дані про свій артеріальний тиск у спеціальних програмах і аналізувати їх за допомогою генерованих графіків. Лікарі можуть отримувати ці результати електронною поштою, надаючи точні дані для подальшого лікування. Для забезпечення зв'язку ці пристрої використовують технології Bluetooth і Wi-Fi.

Для вимірювання та запису електричної активності серця використовують апарати електрокардіограми (ЕКГ). Електроди, розташовані на руках, ногах і грудях пацієнта, передають електричні сигнали від серця до обладнання ЕКГ. Такі дані можуть бути записані і передані за допомогою IoT для дистанційного моніторингу стану серцево-судинної системи та забезпечення віддаленого нагляду лікарів.

Характеристики специфікацій продукту IoT.

023G LTE-сумісний шлюз із SIM-картою DSGW-4. Завдяки налаштуванням SIM-карти Plug and Play DSGW-023 є шлюзом 4G LTE із можливістю Wi-Fi. Встановлення та використання програми Tuuya Smartlife стало можливим завдяки шлюзу.

Модуль Bluetooth DSM-059 із 92 мікросхемами Chipsea CSM25F5.0 Low Power. Кілька периферійних пристроїв об'єднані модулем DSM-059, який використовує чіп Chipsea CSM92F25 і технологію BLE 5.0. Цей модуль є ефективним варіантом через невеликий розмір і низьке енергоспоживання.

DSGW-340 – це портативний шлюз Bluetooth до Wi-Fi/LTE, призначений для медичних портативних пристроїв. DSGW-340 — це компактний і легкий шлюз Bluetooth-Wi-Fi/LTE, призначений для дистанційного моніторингу пацієнтів за допомогою портативних медичних пристроїв.

Пацієнти можуть стежити за здоров'ям свого серця, не виходячи з власного дому, за допомогою багатообіцяючої нової технології під назвою віддалений моніторинг ЕКГ. Пацієнти можуть надсилати свої дані ЕКГ на віддалений сервер через шлюз Bluetooth за допомогою портативних віддалених пристроїв моніторингу ЕКГ, щоб медичні працівники могли аналізувати їх.

Переваги дистанційного моніторингу ЕКГ:

Дистанційний ЕКГ-моніторинг дозволяє медичному персоналу контролювати серцеву діяльність у пацієнтів поза межами лікарні чи клініки, включаючи тих, хто нещодавно виписався з лікарні, або тих, хто має хронічні захворювання. Це дозволяє переглядати ЕКГ пацієнта, як тільки з'являються симптоми, або перевіряти частоту серцевих скорочень і ритм у будь-який час. Цей підхід може допомогти визначити конкретну аритмію або нерегулярний серцевий

ритм, що викликає ваші симптоми. Нижче наведено деякі переваги, які можуть покращити обслуговування пацієнтів і зменшити витрати на охорону здоров'я.

Раннє виявлення серцевих захворювань і проблем:

Дистанційне ЕКГ-моніторинг дозволяє постійно контролювати серцеву діяльність пацієнта, дозволяючи вчасно виявити аномалії серця. Раннє втручання та лікування можуть сприяти запобіганню розвитку серйозних захворювань серця.

Dusun пропонує широкий спектр Bluetooth-шлюзів IoT із вбудованими модулями Bluetooth Low Energy (BLE) для обміну даними в режимі реального часу з розумними пристроями з підтримкою Bluetooth/BLE, такими як маяки та датчики. Крім того, він забезпечує безпечний і надійний обмін даними з хмарою через WLAN/Ethernet/LTE. Шлюз розроблено для індустрії IoT та IIoT, зокрема для RPM і позиціонування в приміщенні (AOA/RSSI).

Основні особливості включають в себе (рис.2.3):

- підтримку Ethernet/Wi-Fi/стільникового зв'язку;
- програмовані можливості;
- використання BE 5.2;
- низьке енергоспоживання;
- сумісність з Zigbee/Z-Wave/LoRaWAN;
- підтримку MQTT API;
- використання чіпів від Silicon Labs та Nordic;
- можливість обслуговування до 32 кінцевих пристроїв.

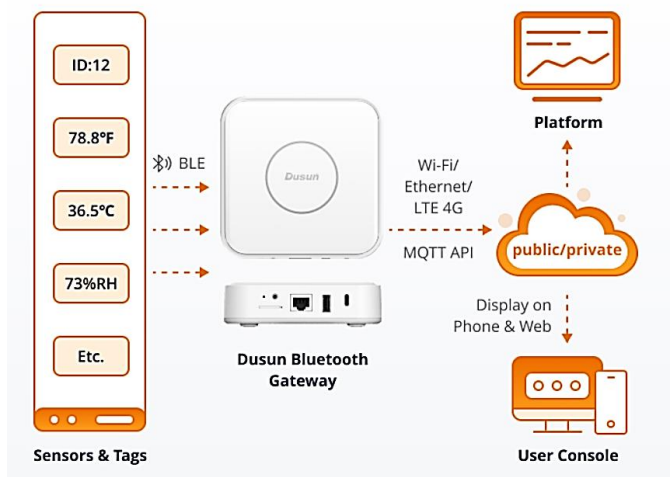


Рис.2.3. Система дистанційного моніторингу ЕКГ

2.3. Шлюз DSGW-340 для медичних пристроїв Bluetooth, Wi-Fi та LTE у портативному форматі

Портативний шлюз DSGW-340 IoT – це компактний пристрій, що використовує технологію Bluetooth для з'єднання з медичними пристроями, а після отримання життєво важливих даних передає цю інформацію в хмару через Wi-Fi або LTE. Забезпечуючи безперервний моніторинг стану здоров'я та взаємодію з різними медичними пристроями, цей шлюз полегшує віддалений доступ до ваших медичних показників. Розглянемо дане апаратне забезпечення:

- живлення від USB 5V Type-C;
- процесор BG24;
- підтримка Bluetooth 5.2;
- підтримка LTE Cat.1;
- підтримка Wi-Fi 2.4G;
- підтримка акумулятора Li.

Блок-схема апаратного забезпечення портативного шлюзу Bluetooth до Wi-Fi/LTE допомагає зрозуміти його основні характеристики та можливості (рис.2.4).

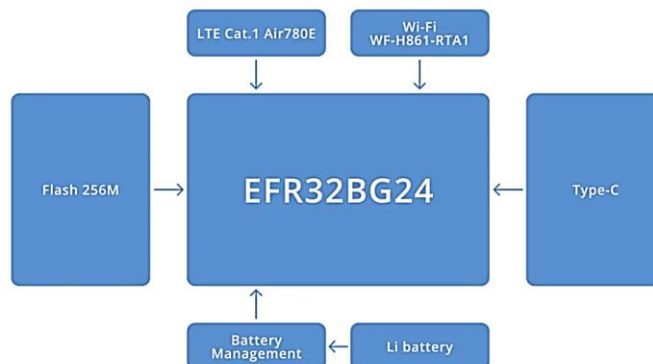


Рис. 2.4. Блок-схема апаратного забезпечення Bluetooth-шлюзу до Wi-Fi/LTE

Механічні характеристики портативного Bluetooth-шлюзу для Wi-Fi/LTE (рис. 2.5).



Рис. 2.5. Передачі даних

Характеристики портативного шлюзу Bluetooth для Wi-Fi/LTE.

Живлення для адаптера має вхідний діапазон напруги від 100В до 240В при змінному струмі і частоті 50-60Гц. Вихідний сигнал становить 5 Вольт при силі струму 1 Ампер, і використовує роз'єм USB типу C.

Після включення індикатор живлення блимає з частотою 0,2 Гц. Індикатор активності BLE блимає з частотою 2 Гц під час процесу спільного використання мережі та з частотою 0,5 Гц після завершення процесу спільного використання мережі. Сканування триває 180 секунд без жодної активності. Індикатор вимикає рекламу. Індикатор WLAN блимає з частотою 0,5 Гц, вказуючи на відсутність з'єднання. Індикатор LTE також блимає з частотою 0,5 Гц. Натисніть аварійну кнопку протягом 3 секунд, і всі індикатори почнуть блимати з частотою 5 Гц протягом 30 секунд. Підсвічування зазвичай вимкнено, його можна включити кнопкою живлення, і все вимикається через 10 секунд. Кнопки скидання Wi-Fi і LTE розташовані на перемикачах. Є кнопка підключення пристрою до отвору, яка також виконує функцію скидання протоколу. Натисніть і утримуйте цю кнопку протягом 5 секунд, щоб скинути всі протоколи. Кнопку екстреного виклику можна активувати, натиснувши та утримуючи протягом 3 секунд.

- тип установки: переносна;
- тип сім-карти: Micro SIM;
- робоча температура: від -0 °C до 40 °C;
- температура зберігання: від -40 °C до 85 °C.

Вимоги до продуктивності переносного шлюзу Bluetooth для Wi-Fi/LTE

Характеристики BLE (Bluetooth Low Energy):

- потужність передачі: 8 дБм;

- діапазон дії: принаймні 100 метрів у відкритому полі;
- чутливість прийому:
 - 103 дБм при 125 kbs,
 - 99 дБм при 500 kbs,
 - 96 дБм при 1 Мбіт,
 - 92 дБм при 2 Мбіт.
- зміщення частоти: +/-20 кГц;
- діапазон частот (МГц): від 2400,0 до 2483,5;
- низька частота (МГц): 2400;
- висока частота (МГц): 2483,5;
- характеристики продуктивності LTE Cat 1:
- діапазон частот:
 - LTE-FDD: B1/B3/B5/B8;
 - LTE-TDD: B34/38/39/40/41.
- швидкість передачі даних:
 - LTE-FDD: макс. 10 Мбіт/с (вниз) / макс. 5 Мбіт/с (вгору);
 - LTE-TDD: макс. 8.2 Мбіт/с (вниз) / макс. 3.4 Мбіт/с (вгору).
- потужність передачі: 23 дБм ± 2 дБм;
- чутливість прийому: менше -99 дБм;
- імпеданс антени: 50 Ом, необхідна зовнішня антена;
- характеристики продуктивності Wi-Fi:
 - стандарти: 802.11b/g/n;
 - швидкість передачі даних: до 150 Мбіт/с в режимі 802.11n;
 - підтримка агрегації: A-MPDU та A-MSDU;
 - інтервал захисту: 0.4 мкс;
 - діапазон центральних частот робочого каналу: 2412~2484 МГц.

DSM-042 – це вбудований модуль Zigbee з низьким енергоспоживанням, що складається з високоінтегрованої мікросхеми бездротового радіопроецесора EFR32MG21A020F768IM32-B.

Щодо специфікації шлюзу DSGW-210B, він забезпечує перетворення з LoRaWAN до Ethernet/Wi-Fi. Внутрішній шлюз LoRaWAN DSGW-210B оснащений вбудованим портом Ethernet і режимом точки доступу Wi-Fi за замовчуванням. Це робить його ідеальним для використання з The Things Network та в промислових застосуваннях.

Датчик/маяк температури та вологості Beacon – це нове покоління на основі технології Beacon, розробленої компанією Dusun. Продукт може надсилати зібрану температуру та вологість

Шлюз роумінгу Bluetooth DSGW-021 представляє собою маршрутизатор з двосмуговою технологією 4G Cat4, оснащений процесором MT7628AN (600 МГц) та оперативною пам'яттю до 128 МБ. Використовує операційну систему OpenWrt і має розширені можливості для бездротового зв'язку, такі як Wi-Fi на частотах 2,4 ГГц і 5 ГГц, а також підтримку технологій Zigbee 3.0, Bluetooth 5.2 і Z-Wave.

Функціонал Bluetooth включає в себе сканування Bluetooth, підтримку GATT, BLE Mesh та BLE роумінг. Завдяки останньому стандарту Wi-Fi IEEE 802.11ac і можливостям LTE 4G, DSGW-021 (рис.2.6) забезпечує стійку високошвидкісну передачу даних для одночасного підключення кількох пристроїв.



Рис. 2.6. Шлюз роумінгу Bluetooth DSGW-021

2.4. Схеми пристроїв віддаленого моніторингу пацієнтів за допомогою IoT

Процес віддаленого моніторингу пацієнтів IoT розпочинається із збору даних від пацієнта (рис.2.7). Інформація про стан здоров'я пацієнта, така як вага, артеріальний тиск, рівень цукру в крові, насиченість киснем в крові, частота

серцевих скорочень та електрокардіограми, отримується за допомогою медичних переносних пристроїв, які використовують технологію інтегрованих датчиків. Після збору даних вони передаються через бездротову мережу до Шлюзу Bluetooth IoT, який взаємодіє зі смартфоном пацієнта.



Рис. 2.7. Схема пристроїв віддаленого моніторингу пацієнтів за допомогою IoT

Багатофункціональний дисплей Smart Watch спрощує доступ до важливих показників, таких як пульс, кількість кроків і якість сну. Поєднуючись з вашим телефоном, смарт-годинник плавно передає сповіщення про дзвінки, текстові повідомлення та програми. Його сумісність із інтелектуальними шлюзами робить його частиною інтегрованого досвіду в вашій розумній екосистемі.

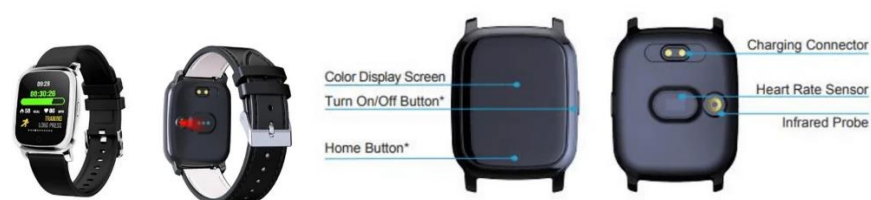


Рис. 2.8. Інтерфейс Smart Watch

Характеристики технічного обладнання:

- чіпсет для Bluetooth: Nordic 52832;
- G-сенсор (сенсор зміщення): Kionix-KX023;
- температурний зонд: інфрачервоний датчик;
- серцевий ритм (ІК): HRS3313;

- версія Bluetooth: 5.04
- діапазон Bluetooth: 8-10 метрів;
- обсяг пам'яті (RAM+ROM+Flash): 64 КБ + 512 КБ + 4 МБ;
- зберігання даних: 3 дні;
- водонепроникність: IP67;
- тип заряджання: магнітний кабель для зарядки;
- матеріал корпусу: загартоване скло + цинковий сплав + ABS;
- матеріал ремінця: метал/ТПУ/шкіра;
- розміри корпусу: 51.7 (довжина) × 37.3 (ширина) × 11.5 (висота) мм;
- вага: 48 грам;
- розмір дисплея: 1,30” TFT IPS;
- роздільна здатність дисплея: 240 × 240 dpi;
- ємність батареї: 140 мАг;
- робочий час: 7 днів;
- час в режимі очікування: 30 днів.

Специфікації продукту в галузі Інтернету речей (IoT)

DSOM-060N – це система на модулі, яка використовує процесор NXP I.MX6ULLL. Процесор входить в сімейство енергоефективних та оптимізованих за ціною процесорів для різноманітних додатків.

DSM-050 – це вбудований модуль Bluetooth версії 5.2 з низьким енергоспоживанням. Містить високоінтегрований бездротовий чіп nRF52840 та додаткові периферійні пристрої, що роблять його ідеальним для використання в пристроях з підтримкою Bluetooth Low Energy.

DSGK-930 RK3328 – це огляд промислової материнської плати, яка працює на базі процесора Rockchip 3288. Плата пропонує різноманітні введення/виведення та інтерфейси, що роблять її відмінним вибором для промислових застосувань.

Згідно з звітом WBP202, тонометр IoT у формі зап'ястка є тонким і надзвичайно дискретним пристроєм для вимірювання артеріального тиску в будь-якому місці. Завдяки підвищеній точності цей монітор артеріального тиску, що

базується на Інтернеті речей, може здійснювати вимірювання в п'ять разів більше точок даних для отримання послідовних і точних результатів. Просте управління одним дотиком також дозволяє виявляти нерегулярне серцебиття, зберігає до 500 груп даних і оснащений манжетою з D-кільцем широкого діапазону.

Основні характеристики монітора артеріального тиску IoT включають:

- Дизайн для носіння на зап'ястку для вимірювання артеріального тиску та пульсу;
- Вбудована літієва акумуляторна батарея;
- Функція обміну даними;
- Легко читабельні дані вимірювань завдяки великому екрану;
- Хмарне зберігання та обмін даними;
- Три моделі манжет: 32 см-42 см (великий дорослий, опціонально) / 22 см-32 см (дорослий, стандартний) / 17 см-22 см (маленький дорослий, необов'язково);
- Два користувачі/рахунки, кожен рахунок може зберігати 500 груп даних.



Рис.2.9. Монітор артеріального тиску IoT

Характеристики монітора артеріального тиску IoT:

- категорія: Bluetooth 4;
- вага: Н/Д;
- час вимірювання: 20 до 45 секунд;
- Bluetooth відстань: ≤ 10 метрів;
- акумулятор: літій-іонний акумулятор, здатний до перезарядки;
- час роботи: ≥ 24 години;

- час зарядки: ≤ 2 години;
- окружність манжети: 22 см ~ 32 см;
- діапазон вимірювань;
- систолічний: 30 мм рт.ст. ~ 255 мм рт.ст. (4.0 кПа ~ 34.0 кПа);
- діастолічний: 10 мм рт.ст. ~ 220 мм рт.ст. (1.3 кПа ~ 29.3 кПа);
- діапазон і точність PR: 40 уд/хв ~ 240 уд/хв, $\pm 5\%$ або ± 3 уд/хв, залежно від того, що більше;
- пам'ять: 500 груп;
- продуктивність Bluetooth;
- потужність передачі: 4 дБм;
- чутливість прийому: -80dBm @ 0.1% BER;
- зміщення частоти: ± 20 кГц;
- діапазон частот (МГц): 2.405 ГГц - 2.480 ГГц;
- Eirp (еквівалентна потужність ізотопного випромінювання): < 10 мВт;
- смуга пропускання (МГц): 2 МГц;
- модуляція: GFSK;
- розміри: 130 мм (довжина) \times 55 мм (ширина) \times 30 мм (висота);
- сертифікація: CE, FDA, ISO13485;

Body Composition Scale – це пристрій, який вимірює вашу вагу, відсоток жиру в організмі та інші параметри складу тіла, такі як м'язова маса, кісткова маса та відсоток води в організмі. Використовує метод, який називається біоелектричний імпедансний аналіз (BIA), який надсилає слабкий електричний струм через тіло, щоб визначити склад тіла. Він також використовує дані, такі як стать, вага та зріст.

Body Composition Scale може бути корисним інструментом для людей, які хочуть побудувати м'язи або зменшити жир та шукають пристрій, який контролює їх склад тіла. Розглянемо деякі приклади Body Composition Scale, які можна знайти в Інтернеті:

Withings Body+ Scale: цей високотехнологічний ваги вимірює ваш відсоток жиру та води в організмі, а також м'язову та кісткову масу (рис.2.30). Він підтримує

до восьми користувачів і сумісний з деякими пристроями Apple та Android та додатками для фітнесу, має різні режими для персоналізації користувацького досвіду, такі як спортсмен, вагітність та дитина та інші.



Рис.2.30. Розумні ваги Welland з аналізатором складу тіла та РК-дисплеєм

FitIndex Bluetooth Body Fat Scale – ваги вимірює вагу, відсоток жиру в організмі, індекс маси тіла (ІМТ), м'язову масу, воду, кісткову масу, метаболічний вік та інші показники (2.31). Синхронізується з додатком FitIndex через Bluetooth і підтримує необмежену кількість користувачів. Також сумісний з деякими популярними додатками для фітнесу, такими як Apple Health, Google Fit, Fitbit та інші.



Рис.2.31. Інтелектуальні ваги SmartLife iFit з підтримкою Bluetooth

Renpho Body Fat Scale – ваги вимірює 13 показників складу тіла, включаючи вагу, відсоток жиру в організмі, ІМТ, м'язову масу, воду, кісткову масу, метаболічний вік та інші, синхронізується з додатком Renpho через Bluetooth і підтримує необмежену кількість користувачів. Також сумісний з деякими популярними додатками для фітнесу, такими як Apple Health, Google Fit, Fitbit та інші.

Smart Pill Dispenser – розумний пристрій, який допомагає людям організувати, дозувати та відстежувати свої ліки, може бути корисним для людей, які приймають багато ліків або потребують допомоги від доглядачів. Smart Pill Dispenser має функції:

- автоматичне видача ліків за розкладом або за потребою;
- захист від передозування або пропуску дози;
- верифікація особи за допомогою PIN-коду або розпізнавання обличчя;
- сповіщення доглядачів про прийняті або пропущені дози;
- відеодзвінки та нагадування для підтримки зв'язку та добробуту;
- сумісність з мобільними додатками та пристроями для фітнесу.

Приклади Smart Pill Dispenser:

Pria має велику ємність 28 слотів, кожен з яких може вмістити до 35 таблеток різного розміру та форми, має розумне обличчя, яке розмовляє та надає поради про здоров'я.

Livi вміщує до 90 днів кожного лікарського засобу та вимірювати до 15 пігулок за раз, має вбудований сенсор температури та вологості, щоб зберігати ліки в оптимальних умовах.

MOBI має сучасний дизайн та інтуїтивний інтерфейс, має функцію голосового керування, яка дозволяє запитувати про розклад ліків, нагадування та іншу інформацію (рис.2.32).



Рис.2.32. Органайзер для таблеток MVM 7 днів PC-17 Black (PC-17 BLACK)

Finder clip pulse oximeter – це пристрій, який вимірює рівень насичення крові киснем (SpO_2) та пульс за допомогою сенсора, який кріпиться на кінчик пальця.

Використовує світлодіоди, які випромінюють світло через тканини пальця, щоб визначити, скільки червоних кров'яних тілець переносить кисень. Результати відображаються у вигляді відсотка SpO_2 та числа пульсу на екрані пристрою.

Finder clip pulse oximeter є корисним для людей, які хочуть контролювати свій рівень кисню в крові вдома або під час фізичної активності. Допомагає виявити стани, які можуть призвести до низького рівня кисню в крові, такі як гіпоксемія, астма, хронічна обструктивна хвороба легень (ХОЗЛ) та інші. Зазвичай нормальний рівень SpO_2 становить від 95 до 100 відсотків, а рівень нижче 90 відсотків може свідчити про недостатність кисню в крові.

Finder clip pulse oximeter має різні дизайни та функції, залежно від бренду та моделі. Розглянемо приклади finder clip pulse oximeter, які можна знайти в Інтернеті:

Innovo Premium iP900BP Pulse Oximeter має багато опцій відображення, таких як різні кольори, напрямки та режими екрану, має функцію перфузійного індексу, яка показує силу вашого пульсу (рис. 2.32).



Рис. 2.33. Innovo iP900BP Pulse Oximeter

Walgreens Pulse Oximeter має простий і зручний дизайн, який легко використовувати, функцію автоматичного вимкнення, щоб заощадити батарею.

CVS Health Portable Pulse Oximeter підходить як для дорослих, так і для дітей, наділений функцію пам'яті, яка зберігає останні 10 вимірювань.

Metene Fingertip Pulse Oximeter має портативний дизайн, який легко носити з собою, функцію аудіо- та візуального сповіщення, яка попереджає про низький рівень батареї або ненормальний пульс.

Sleep tracker – це пристрій або додаток, який вимірює патерни та якість сну за допомогою різних сенсорів та алгоритмів. Допомагає краще розуміти, скільки і як спите, та надавати поради, як покращити сон.

Sleep tracker може мати різні типи та функції, залежно від бренду та моделі:

Стаціонарні sleep tracker – це пристрої, які носите на зап'ясті, пальці або голові, щоб вимірювати показники, такі як частота серцевих скорочень, температура тіла, рухи та рівень кисню в крові. Можуть вимірювати вашу активність протягом дня та надавати зворотний зв'язок та нагадування. Приклади стаціонарних sleep tracker: Oura Ring, Fitbit Sense, Apple Watch Series 8, Whoop 4.0 та інші.

Стаціонарні sleep tracker – це пристрої, які кладете під матрац, на матрац або поруч з ліжком, щоб вимірювати показники, такі як рухи, дихання, сноркінг та якість повітря. Синхронізуються з іншими пристроями, такими як лампи, термостати та будильники, щоб створити оптимальне середовище для сну. Приклади стаціонарних sleep tracker: Withings Sleep, Google Nest Hub, Beddit 3.5 та інші.

ECG Sticker – це невелика клейка пластина, яка прикріплюється до шкіри грудної клітки, щоб вимірювати електричну активність серця. Вона використовується для реєстрації електрокардіограми (ЕКГ), яка є графічним зображенням ритму та частоти серцевих скорочень. ECG Sticker є корисним для діагностики та моніторингу різних захворювань серця, таких як аритмія, ішемія, інфаркт міокарда та інші.

ECG Sticker має різні форми та розміри, залежно від типу та моделі ЕКГ-пристрою, до якого вона підключається, наприклад:

Heart Monitor Stickers – це ECG Sticker, які використовуються для бездротового моніторингу серця за допомогою смартфона або планшета. Мають тонкий та гнучкий дизайн, який зручно носити на шкірі, гіпоалергенне покриття, щоб запобігти подразненню шкіри.

Ecg Stickers використовується для декорування різних поверхонь, таких як телефони, ноутбуки, гітари, холодильники, вікна, стіни, скейтборди, автомобілі,

бампери, шоломи, пляшки з водою, гідрофласки, комп'ютери або будь-які інші, яким потрібна доза оригінальності, мають різні кольори, форми та малюнки, які відображають серцевий ритм.

Esg Sticker-Etsye використовуються для рукоділля, подарунків, весіль, запрошень, конвертів, персоналізації та іншого. Мають різні стилі, матеріали та розміри, які налаштовуються за смаком, високу якість та відгуки від покупців.

Fever Sticker – це спеціальна клейка пластина, яка прикріплюється до лоба дитини, щоб вимірювати її температуру. Вона використовується для швидкого та зручного моніторингу стану дитини, коли вона хворіє або має лихоманку. Fever Sticker корисне для батьків, які хочуть уникнути стресу та незручностей, пов'язаних з традиційними термометрами.

Fever Sticker працює за допомогою різних кольорів, які показують рівень температури дитини. Кожен колір відповідає певному діапазону температури в градусах Цельсія або Фаренгейта. Наприклад, зелений колір означає нормальну температуру, жовтий – підвищену, а червоний – високу. Fever Sticker тримається на лобі дитини до 48 годин, показуючи зміни температури в режимі реального часу. Розглянемо приклади:

TempTraq – синхронізується з додатком на смартфоні через Bluetooth, дозволяючи батькам відстежувати температуру дитини віддалено та отримувати сповіщення, коли температура перевищує безпечний рівень.

Fever Bugz – мають милі форми комах, такі як бджоли, метелики, жуки та інші, допомагають дитині відволіктися від неприємних відчуттів та перетворюють вимірювання температури в гру.

FeverMates мають гіпоалергенне покриття та водостійку основу, мають різні розміри та дизайни, які підходять як для дітей, так і для дорослих.

CGM monitors – це пристрої, які безперервно вимірюють рівень глюкози в крові за допомогою сенсора, який прикріплюється до шкіри, дозволяють вам бачити зміни глюкози в режимі реального часу та отримувати сповіщення, коли глюкоза занадто висока або низька, допомагають керувати своїм діабетом, надаючи більше інформації та можливості швидко діяти, наприклад:

Abbott Freestyle Libre 2 вимірює ваш рівень глюкози кожні 5 хвилин та надсилає дані на читач або телефон, має опціональні сигнали, які попереджають про гіперглікемію або гіпоглікемію, сенсор, який триває 14 днів.

Dexcom G6 вимірює ваш рівень глюкози кожні 5 хвилин та надсилає дані на телефон або годинник Apple, має сигнали, які попереджають про гіперглікемію або гіпоглікемію, має сенсор, який триває 10 днів.

Eversense CGM System вимірює рівень глюкози кожні 5 хвилин та надсилає дані на телефон, має сигнали, які попереджають вас про гіперглікемію або гіпоглікемію, та сенсор, який вбудовується під шкіру та триває до 90 днів.

2.5. Засоби та прилади для вимірювання фізіологічних показників стану здоров'я людини

Суть методу віддаленого контролю стану здоров'я людини полягає в такому: датчики серцевого ритму та температури, розміщені на тілі особи, вимірюють показники пульсу та температури і передають ці дані на мікроконтролер. Потім мікроконтролер відправляє зібрану інформацію до віддаленого сервера, прямим з'єднанням або через посередництво IoT-шлюзу, такого як смартфон (рис.2.34).

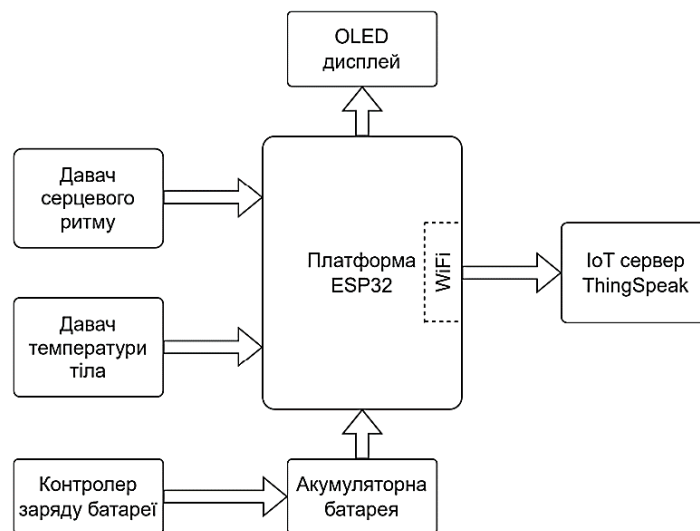


Рис.2.34. Схема модуля для дистанційного моніторингу стану здоров'я людини.

В результаті порівняльного аналізу наявних на ринку модулів на основі мікроконтролера для втілення розробленої системи, була вибрана платформа ESP32 WROOM. Зовнішній вигляд цієї платформи представлено на рисунку 2.35.



Рис.2.35. Плата ESP32 WROOM DEVKIT

Ця плата має мікроконтролер з інтегрованими контролерами WiFi і Bluetooth, що стало вирішальним фактором у виборі цієї платформи. ESP32 WROOM DEVKIT – повнофункціональний компактний пристрій на основі мікроконтролера ESP32. Користуватися прототипом плати легко. Для реалізації системи моніторингу працездатності був обраний модуль ESP32 WROOM, оскільки він ідеально підходить для використання в мобільних пристроях з обмеженими габаритами. У табл. 2.1 наведені технічні характеристики модуля ESP32 WROOM.

Таблиця 2.1

Особливості модуля ESP32 DEVKIT

Характеристика	Значення
Напруга живлення	2,2 - 3,6 В
Максимальний струм стабілізатора	800 мА
Діапазон робочих температур	-40 °С - +85 °С
USB-UART конвертер	CP2102
Wi-Fi стандарти	FCC / CE / IC / TELEC / KCC / SRRC / NCC
Протоколи	802.11 b / g / n / d / e / i / k / r
Частотний діапазон	2,4 ~ 2,5 ГГц
Bluetooth протоколи	Bluetooth v4.2 BR / EDR і BLE
Мережеві протоколи	IPv4, IPv6, SSL, TCP / UDP / HTTP / FTP / MQTT
Пам'ять	520 Кб пам'яті SRAM
АЦП	12-розрядний до 18 каналів
ЦАП	8-розрядний 2 канали

На рис. 2.36 показано призначення виходів плати.

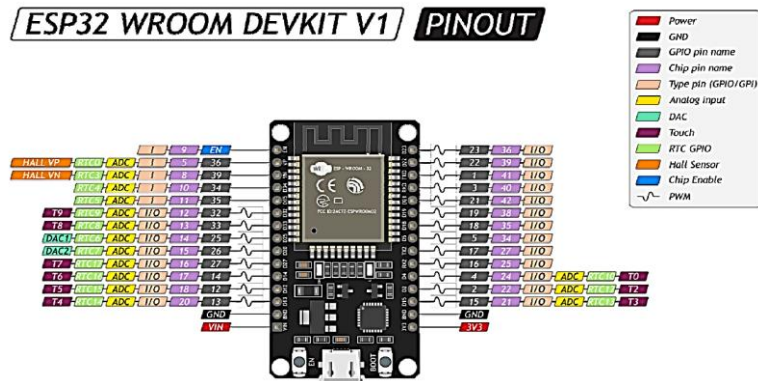


Рис. 2.36. Призначення контактів плати ESP32 WROOM

Платформа ESP32 WROOM розроблена на основі мікроконтролера ESP32 на основі архітектури системи на кристалі. Цей мікроконтролер оснащений двоядерним 32-розрядним мікропроцесором Tensilica Xtensa LX6. Тактова частота коливається від 80 до 240 МГц в залежності від режиму живлення. Мікропроцесор має 448 кілобайт флеш-пам'яті та 520 кілобайт SRAM. На рис. 2.37 показана внутрішня структура мікроконтролера ESP32.

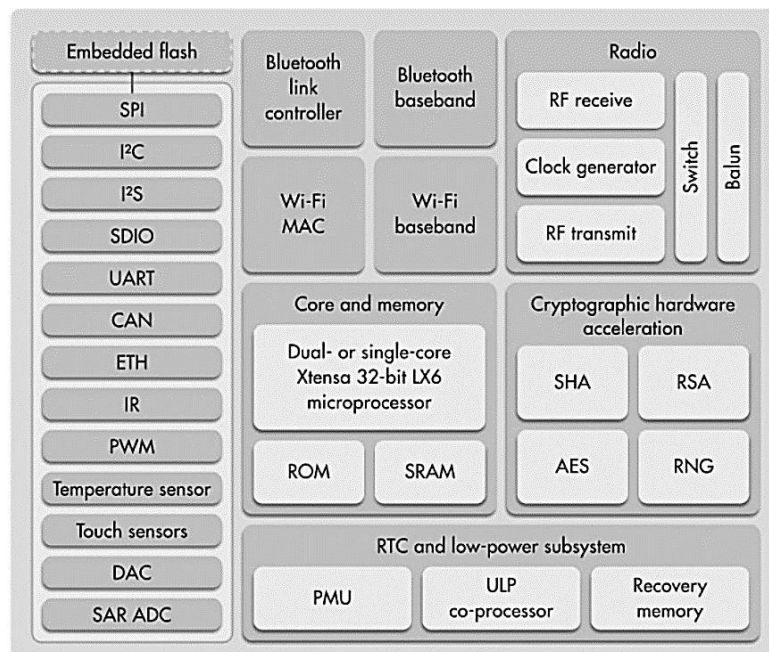


Рис. 2.37. Структура мікроконтролера ESP32

Модуль ESP32 WROOM має достатню кількість виводів, включаючи цифрові та аналогові, для підключення зовнішніх пристроїв. У цьому проєкті, зокрема, ці

виводи будуть використовуватися для підключення датчиків для вимірювання фізіологічних параметрів людини. Важливою є також вбудована підтримка годинника реального часу та апаратна можливість роботи з SD-картами.

Для вимірювання частоти серцевих скорочень у цьому проекті використовується імпульсний датчик серцевого ритму SEN-11574 (див. рис. 2.38).

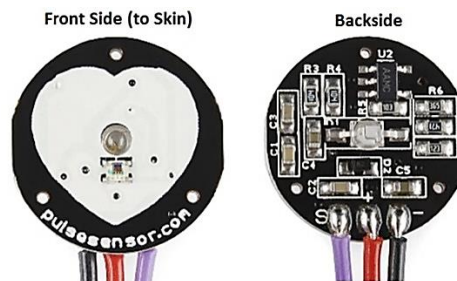


Рис. 2.39. Модуль датчика ЧСС SEN-11574

Це невеликий аналоговий передавач, який можна використовувати для вимірювання пульсу людини з високою точністю. На платі датчика розміщені світлодіоди та фотодіоди. Він встановлений таким чином, що світловий промінь, який генерує світлодіод, відбивається від перешкод, таких як мочки вух і пальці, і потрапляє на фотодіод. Принцип роботи датчика серцевого ритму заснований на оптичному вимірюванні світлового потоку, відбитого кровоносними судинами (рис. 2.40). Кровоносні судини при наповненні кров'ю змінюють свою оптичну щільність. Це впливає на зміну інтенсивності відбитого світлового потоку, на який реагує перетворювач.

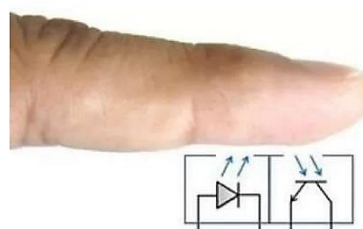


Рис. 2.40. Принцип роботи датчика серцевого ритму

Внутрішня схема датчика розроблена таким чином, щоб реагувати лише на відносні зміни інтенсивності світлового потоку. При падінні постійного світлового

поток на чувливий елемент датчика вихідний сигнал становитиме приблизно половину робочої напруги. Зі збільшенням інтенсивності світлового потоку вихідна напруга датчика зростає і відповідно зменшується напруга.

Датчик пульсу працює від напруги 5 В або 3,3 В і споживає струм 4 мА. Він не вимагає калібрування і підходить для вимірювання будь-якого пульсу відповідно до універсальних принципів вимірювання. Датчик має три виходи. Два призначені для живлення, а один – аналоговий вихід, який підключається до аналого-цифрового перетворювача (АЦП). Електрична схема реалізована на платі датчика і формує чистий аналоговий вихідний сигнал без перешкод.

Принципова електрична схема модуля датчика серцевого ритму SEN-11574 представлена на рис. 2.41. Модуль включає в себе оптичний датчик пульсу, схему підсилення та схему фільтрації шумів.

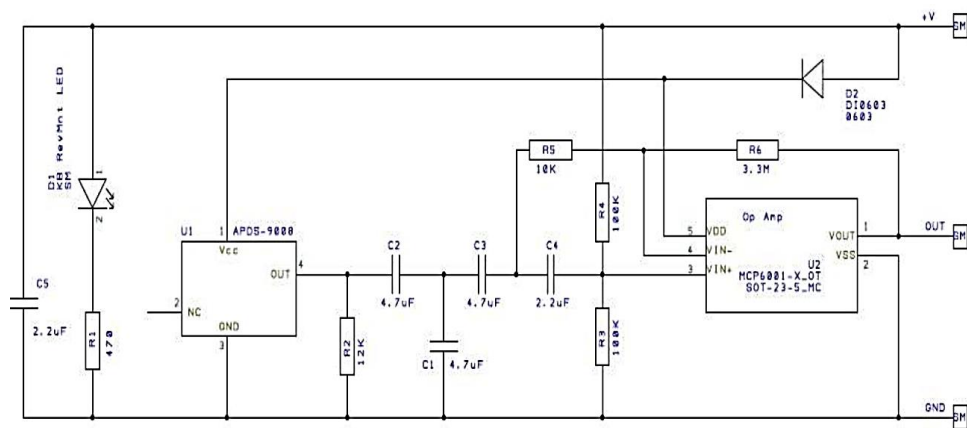


Рис. 2.41. Принципова електрична схема модуля датчика пульсу SEN-11574

Датчик МАХ30205 призначений для вимірювання температури тіла і виробляє цифровий сигнал на виході за допомогою високороздільного сигма-дельта аналого-цифрового перетворювача (АЦП). Діапазон вимірювань температури для цього датчика становить від нуля до п'ятдесяти градусів Цельсія, з точністю вимірювання приблизно $\pm 0,1^{\circ}\text{C}$ у діапазоні від 37°C до 39°C . Висока чутливість робить його застосовним у медичних пристроях.

МАХ30205 характеризується низьким рівнем енергоспоживання, що особливо важливо для портативних пристроїв. На платі датчика встановлений

зумер, який генерує звуковий сигнал у випадку перерви у процесі вимірювання. Зовнішній вигляд МАХ30205 представлений на рис. 2.42.



Рис. 2.42. Давач МАХ30205 температури тіла

Датчик МАХ30205 живиться від напруги в діапазоні 2,7–3,3 В, і його споживання струму становить до 600 мкА. Передача даних від датчика відбувається за допомогою I²C інтерфейсу. Технічні характеристики датчика МАХ30205 наведені в таблиці 2.2.

Таблиця 2.2

Особливості датчика температури тіла МАХ30205

Характеристика	Значення
Тип	давач температури тіла
Тип кріплення	поверхневий монтаж
Діапазон вимірювання температури	0 - 50°C
Точність вимірювання	±0,1°C (в діапазоні від 37°C до 39°C)
Напруга живлення	2,7 - 3,3 В
Максимальний струм	600 мкА
Тип виходу	цифровий
Розрядність АЦП	16 біт
Інтерфейс	I ² C

Датчик МАХ30205 підтримує різні режими роботи, включаючи енергозберігаючий режим одноразового миттєвого вимкнення/увімкнення. Крім того, він має функцію аварійного відключення в разі перегріву компонента. На рисунку 2.43 показана схема підключення датчика МАХ30205 до шини I²C.

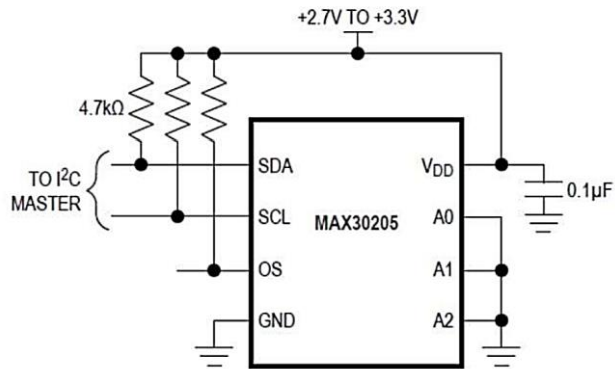


Рис. 2.43. Схема інтеграції датчика температури тіла MAX30205 з шиною I²C

Передбачається, що прилади моніторингу фізіологічних параметрів повинні бути портативними і живитися від автономного джерела живлення, наприклад від акумулятора. У зв'язку з цим модуль TP4056 використовується в схемах, що відповідають за управління процесами зарядки і розрядки акумулятора, щоб уникнути перевищення напруги допустимих значень (рис. 2.44). Цей процес схожий на керування зарядкою смартфонів та інших портативних пристроїв.



Рис. 2.44. Зовнішній вигляд TP4056

На платі модуля є яскраві світлодіоди, які надають інформацію про процес зарядки або розрядки акумулятора. Живлення модуля здійснюється через порт мікро USB або контакти, розташовані поруч. Принципова схема модуля TP4056 показана на рисунку 2.45.

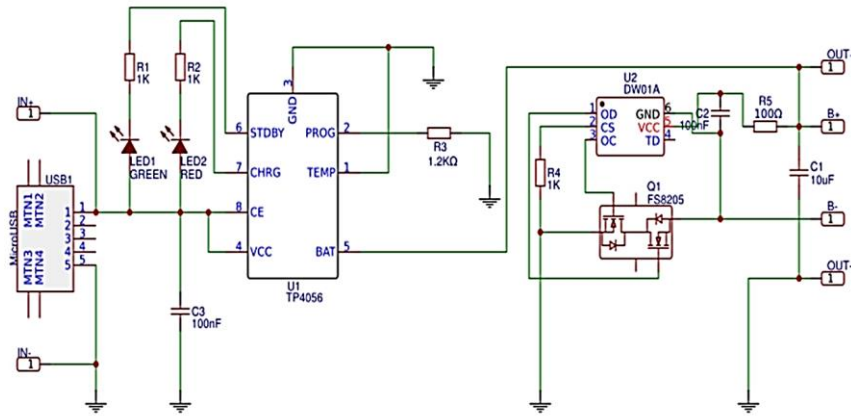


Рис.2.45. Схема контролера заряду акумулятора TP4056

Графічний OLED дисплей, що використовується в розробленій системі, призначений для відображення результатів моніторингу стану здоров'я на екрані (рис. 2.46). OLED дисплей має роздільну здатність 128×64 та підтримує I²C інтерфейс. Екран володіє високою контрастністю та яскравістю, а також широким кутом огляду. Основною перевагою цього дисплея є його низький рівень енергоспоживання, що є ключовим аспектом при використанні в портативних пристроях.



Рис. 2.46. Відображає зовнішній вигляд графічного OLED дисплея

Проектування електричної схеми виконувалося за допомогою середовища EasyEDA (рис. 2.47), яке володіє різноманітними потужними інструментами для розробки апаратного забезпечення. EasyEDA об'єднує редактор для проектування електричних схем, засоби для створення електронних компонентів, інструменти для розробки друкованих плат, а також веб-інтерфейс для роботи онлайн, що дозволяє зберігати результати проектування в хмарі.

Основні технічні характеристики цього OLED дисплея наведено в таблиці 2.3.

Характеристики графічного OLED дисплея

Характеристика	Значення
Роздільна здатність	128x64
Напруга живлення	3,3 – 6 В
Діапазон робочих температур	-20 °C ~ +70 °C
Розмір дисплея	40x20 мм
Напруга живлення	2,7 - 3,3 В
Розмір видимої частини екрану	25x14 мм
Інтерфейс	I ² C

Перевагою такого середовища є його можливість працювати з великою бібліотекою готових компонентів, а також відсутність плати за користування. Крім того, система управління проектами дозволяє спільно працювати над проектом кільком користувачам одночасно.

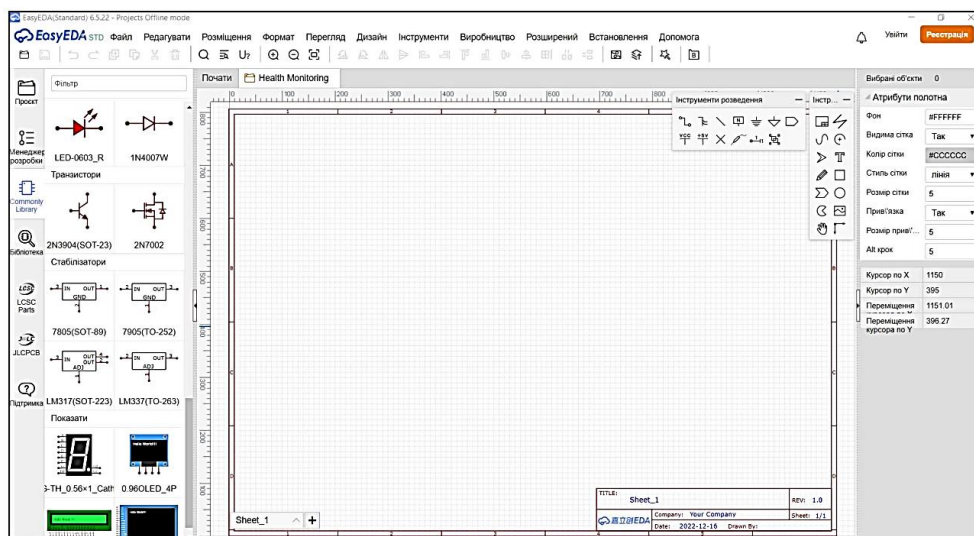


Рис.2.47. Інтерфейс середовища EasyEDA для створення електричних з'єднань у проекті системи.

Рисуюнок 2.48 відображає завершений результат розробки електричної схеми з'єднань для модуля контролю стану здоров'я.

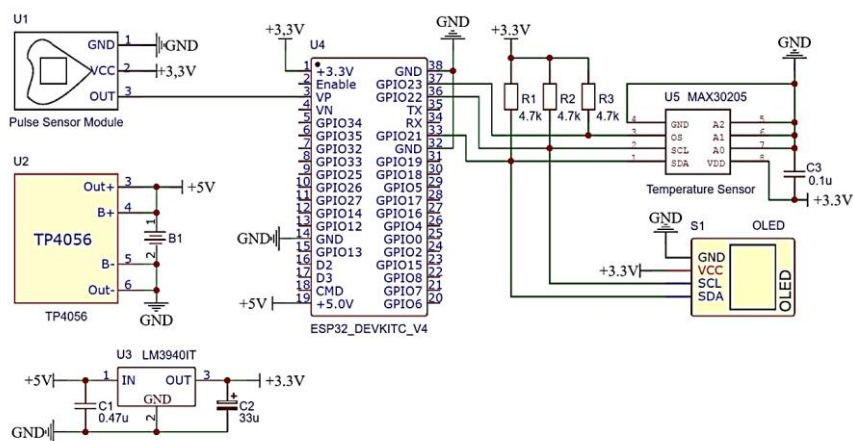


Рис. 2.48. Схема електричного підключення модуля моніторингу працевдатності

Центральним компонентом схеми є модуль ESP32 WROOM DEVKIT під назвою U4. Цей модуль працює від напруги 3,3 В, яка генерується мікросхемою LM3940IT (U3). Ця мікросхема отримує на своєму вході напругу 5 В від батареї B1 і контролера її заряду - модуля TP4056 (на схемі позначений U2). Для фільтрації в схемі використовуються керамічний конденсатор C1 ємністю 470 нФ і електролітичний конденсатор C2 ємністю 33 мФ. Модуль датчика ЧСС U1 також живиться 3,3 В і підключається до аналогового входу плати U4. Датчик температури тіла MAX30205, позначений на схемі U5, надсилає дані в цифровому вигляді через шину I2C. Ця ж шина з позначкою S1 використовується для підключення OLED-дисплея. Резистори R1, R2 і R3 4,7 кОм використовуються для підтягування лінії шини I2C до напруги живлення 3,3 В.

У другому розділі "Апаратне забезпечення Інтернету речей в галузі охорони здоров'я" розглянуто глибокий огляд технологій та пристроїв для віддаленого моніторингу стану пацієнтів у сфері охорони здоров'я. Зокрема, використання Інтернету речей (IoT) для віддаленого моніторингу ЕКГ за допомогою шлюзу Bluetooth, технологічні пристрої для віддаленого моніторингу стану пацієнтів, а також схеми пристроїв віддаленого моніторингу за допомогою IoT.

Висновок цього розділу підкреслює важливість застосування IoT у сфері охорони здоров'я для вдосконалення медичних практик та забезпечення

ефективного віддаленого моніторингу пацієнтів. Засоби та прилади для вимірювання фізіологічних показників стану здоров'я людини, описані в розділі, демонструють високий потенціал для покращення діагностики та лікування за допомогою інноваційних технологій. Застосування сучасних засобів IoT в медицині відкриває нові перспективи для персоналізованої та віддаленої медичної допомоги.

РОЗДІЛ 3. ПРОГРАМНЕ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ІОТ В ГАЛУЗІ ОХОРОНИ ЗДОРОВ'Я

3.1. Програмний алгоритм для системи моніторингу від стану здоров'я

Для досягнення поставленої мети було розглянуто алгоритмічне забезпечення для системи моніторингу стану здоров'я людини. На рисунку 3.1 представлена блок-схема роботи програми системи. Початковим етапом алгоритму є ініціалізація I²C та UART інтерфейсів та підключення зовнішніх бібліотек, зокрема:

- бібліотека Wire.h для підтримки I²C інтерфейсу;
- бібліотека Protocentral_MAX30205.h для роботи з датчиком температури;
- бібліотека PulseSensorPlayground.h для взаємодії з датчиком пульсу;
- бібліотека WiFi.h для передачі даних за допомогою технології WiFi;
- бібліотека ThingSpeak.h для роботи з хмарним IoT сервером.

Додатково перед початком основного циклу налаштовується підключення до бездротової мережі через бездротове підключення за протоколом IP.

У основному циклі програми через інтерфейс I²C запитується стан датчика температури тіла, а також вимірюється пульс людини.

Запитаєте канал АЦП, до якого підключено датчик частоти серцевих скорочень. Отримана інформація відображається на OLED-дисплеї через інтерфейс I²C, а також виводиться на послідовний порт для відображення даних вимірювань у реальному часі.

Потім аналізується наявність або відсутність підключення до Інтернету, а дані вимірювань через певний проміжок часу надсилаються на веб-сервер. Передача здійснюється через REST API.

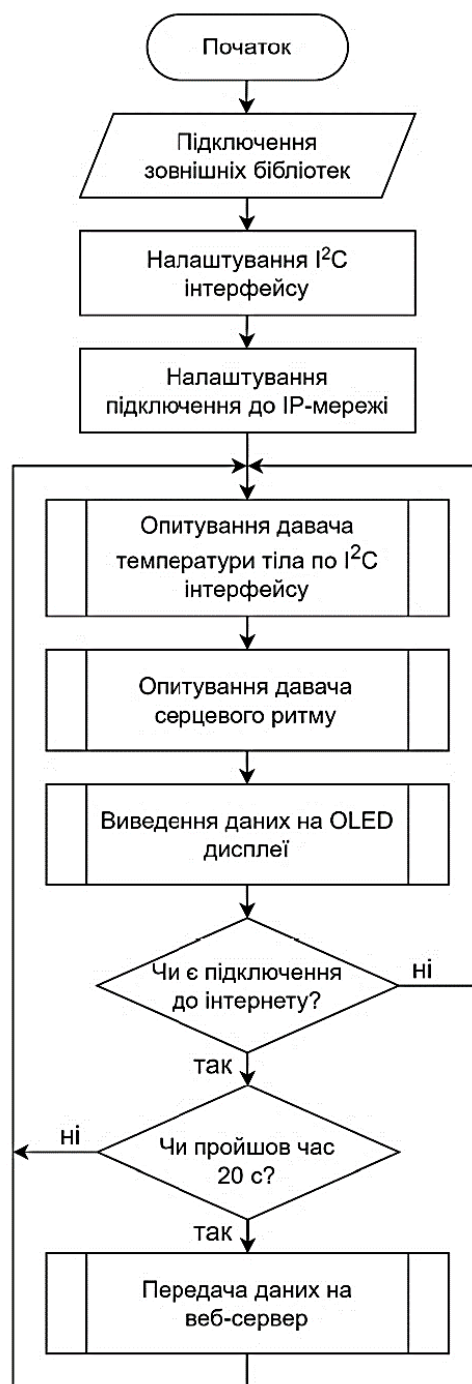


Рис.3.1. Програмний алгоритм для системи віддаленого моніторингу здоров'я особи

3.2. Вибір методів розробки програмного забезпечення та середовища

Для розробки програмного забезпечення для мікроконтролера ESP32 в оригінальному проекті було обрано мову програмування Processing, засновану на

мові C/C. Arduino IDE використовується як середовище розробки, а її зовнішній інтерфейс показаний на рисунку 3.2.

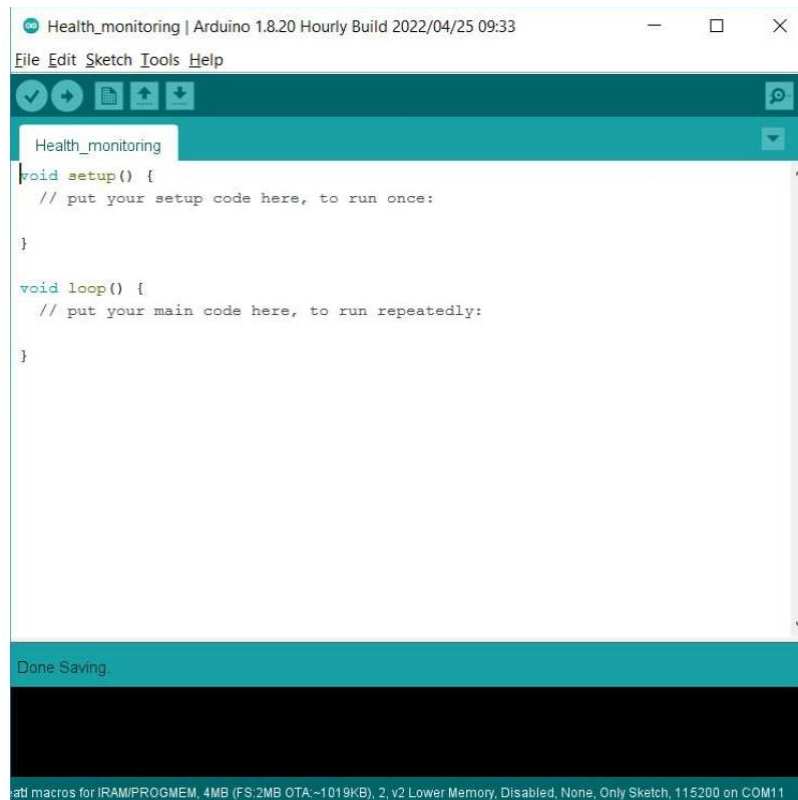


Рис.3.2.Вигляд активної робочої області інтегрованого середовища розробки Arduino IDE

Arduino IDE представляє собою універсальний крос-платформений інструмент для створення вбудованого програмного забезпечення для мікроконтролерів. Цей безкоштовний інструмент дозволяє легко підключати різноманітні програмні бібліотеки, що значно спрощує процес написання програм.

Вибір Arduino IDE для розробки запроєктованої системи обумовлений численними перевагами, такими як:

- мінімальні вимоги до обсягу пам'яті;
- низька вимогливість до ресурсів комп'ютера;
- простота і зручність у використанні;
- легкість підключення до плати;
- повна сумісність з операційними системами Windows;
- можливість вибору між різними мовами програмування;

- наявність достатньої кількості функцій та інструментів, необхідних для роботи.

Програма, написана в Arduino IDE, отримує назву "скетч". Перед першою компіляцією програму слід зберегти у вигляді окремого файлу на комп'ютері.

3.2. Організація робочого простору для створення програмного забезпечення для ESP32

Для можливості написання програмного коду для мікроконтролера ESP32 у середовищі Arduino IDE необхідно встановити відповідний модуль. Це можна здійснити, перейшовши до вікна «Preferences» в розділі «File» і вказавши посилання на файл у форматі .JSON в відповідному полі (рис. 3.3):

`https://dl.espressif.com/dl/package_esp32_index.json`

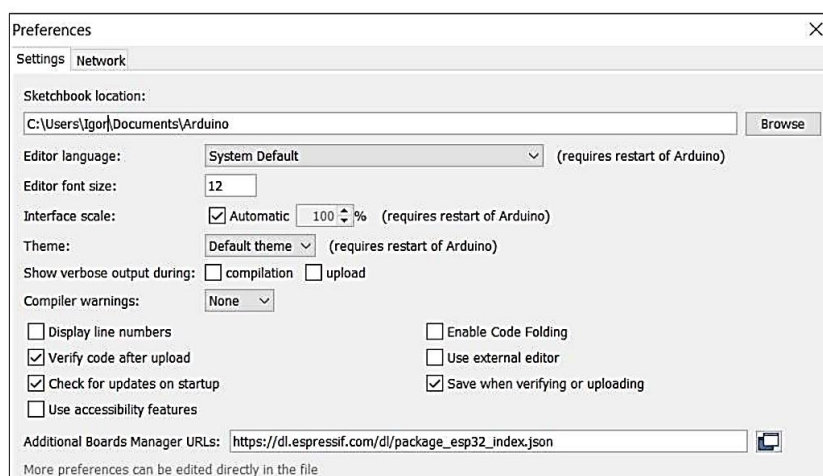


Рис.3.3. Кроки налаштування Arduino IDE для використання з ESP32

У вікні "Boards Manager", доступному через меню "Tools" – "Board", був здійснений пошук та інсталяція модуля "esp32" (рис. 3.4).

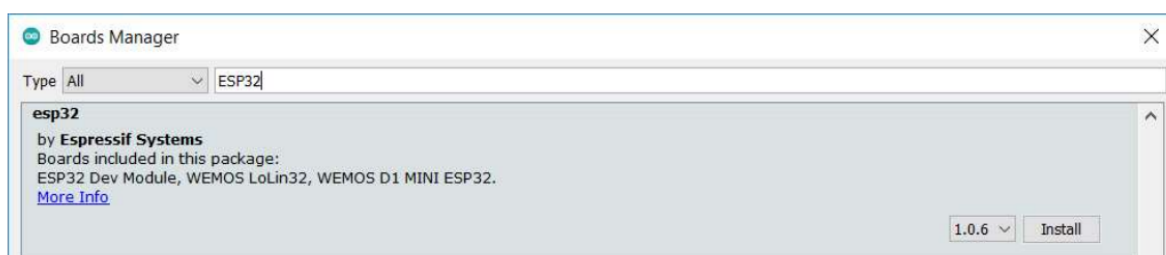


Рис.3.4. Кроки встановлення встановлення модуля в Arduino IDE для використання з платформами, що використовують мікроконтролер ESP32

Після цього у меню "Board" буде доступний вибір типу плати "ESP32 Dev Module" (рис.3.5).

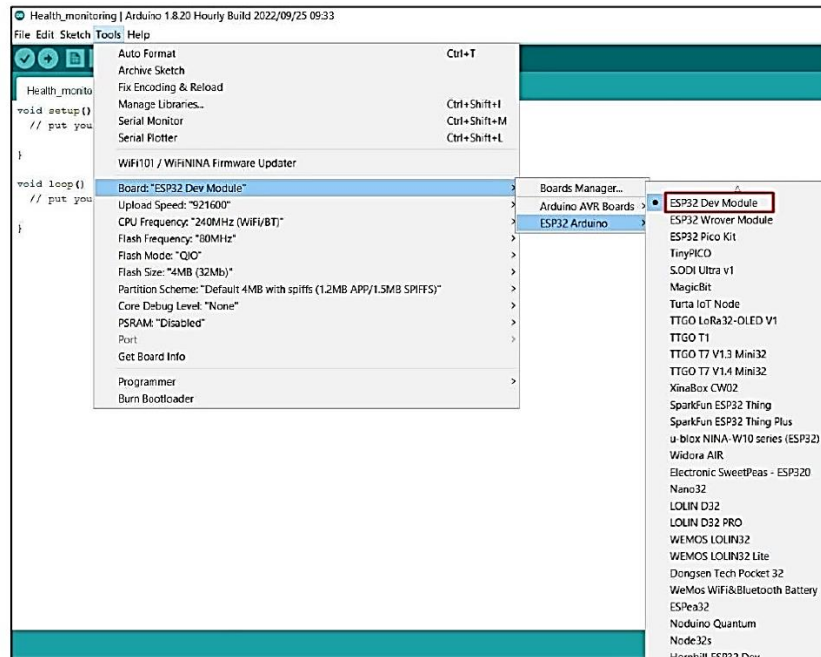


Рис. 3.5. Вибір мікроконтролера ESP32

3.3. Конфігурування зовнішніх бібліотек.

Бібліотеки для Arduino – це файли, що містять програмний код у вигляді функцій та структур даних. Їх можна включити у проєкт, попередньо встановивши їх у середовищі Arduino IDE. У бібліотеках може бути збережений код, необхідний для зручної роботи з різними компонентами, такими як датчики, модулі, індикатори тощо. Застосування бібліотек важливо спрощує написання коду, оскільки дозволяє сконцентруватися на основній логіці програми, не витрачаючи час на багато другорядних деталей. На сьогодні існує багато бібліотек, доступних в Інтернеті, які можна безкоштовно завантажити та використовувати.

Однією зі структурних одиниць бібліотеки є конкретний каталог, що включає папки із відповідними файлами. Під час компіляції та збирання усього проєкту в

Arduino IDE автоматично вставляються в код ті функції, класи та структури даних з встановлених, включених та використовуваних бібліотек. Таким чином, програмісту залишається лише вставити в необхідні місця свого коду відповідні команди, перед тим переконавшись, що необхідна бібліотека встановлена.

Перед початком використання бібліотеки слід розмістити файл заголовку з розширенням `.h` на початку програмного коду після директиви `include`. Для встановлення бібліотеки існують кілька способів, таких як ручне встановлення чи використання інструментів Arduino IDE.

У проєкті був обраний підхід, де для цього в меню Tools вибрався пункт Manage Libraries, що відкрило вікно Library Manager. У цьому вікні за допомогою пошуку вказувалась назва потрібної бібліотеки. Таким чином, була встановлена бібліотека для взаємодії з датчиком серцевого ритму (рис 3.6).



Рис.3.6. Процедура додавання зовнішньої бібліотеки PulseSensor в середовище розробки Arduino IDE

Використано програмну реалізацію опитування датчика серцевого ритму. Для взаємодії з датчиком серцевого ритму на початку програми була включена бібліотека "PulseSensorPlayground.h".

```
#include <PulseSensorPlayground.h>
```

Створено екземпляр об'єкта PulseSensorPlayground з ім'ям pulseSensor.

```
PulseSensorPlayground pulseSensor;
```

У функції `setup()` виконано конфігурацію цього об'єкта (рис. 3.7).

```

Serial.begin(115200);
// Configure the PulseSensor manager.
pulseSensor.analogInput(PULSE_INPUT);
pulseSensor.blinkOnPulse(PULSE_BLINK);
pulseSensor.fadeOnPulse(PULSE_FADE);
pulseSensor.setSerial(Serial);
pulseSensor.setOutputType(OUTPUT_TYPE);
pulseSensor.setThreshold(THRESHOLD);
// Skip the first SAMPLES_PER_SERIAL_SAMPLE in the loop().
samplesUntilReport = SAMPLES_PER_SERIAL_SAMPLE;
// Now that everything is ready, start reading the PulseSensor
if (pulseSensor.begin()) {
  Serial.println("We created a pulseSensor Object!"
}

```

Рис.3.7. Кодовий лістинг для налаштування об'єкта pulseSensor

У основному циклі програми здійснюється вимірювання значення пульсу. Дані з аналогового входу одночасно виводяться в послідовний порт (див. рис. 3.8).

```

if (pulseSensor.sawNewSample()) {
  if (--samplesUntilReport == (byte) 0) {
    samplesUntilReport = SAMPLES_PER_SERIAL_SAMPLE;
    pulseSensor.outputSample();
    if (pulseSensor.sawStartOfBeat()) {
      pulseSensor.outputBeat();
    }
  }
}

```

Рис.3.8. Кодовий лістинг для виведення даних з об'єкта pulseSensor

Сигнал від датчика серцевого ритму та його відображення можна переглянути на моніторі послідовного порту в середовищі Arduino IDE (рис. 3.9).

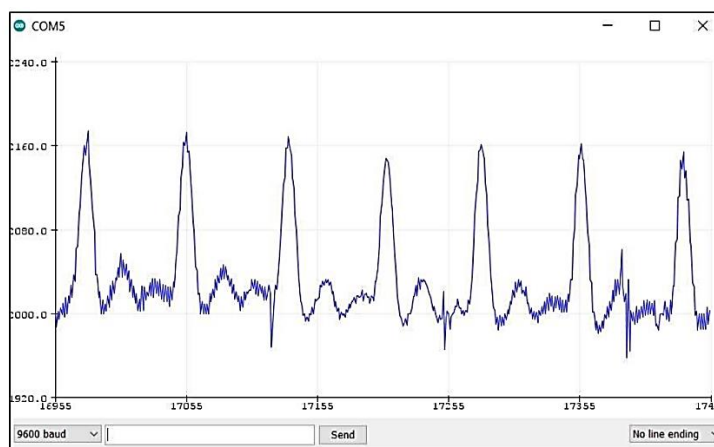


Рис.3.9. Вивід сигналу від датчика серцевого ритму можна спостерігати на моніторі послідовного порту у середовищі Arduino IDE

Для взаємодії з датчиком температури тіла MAX30205 використовується встановлена бібліотека (рис. 3.10).

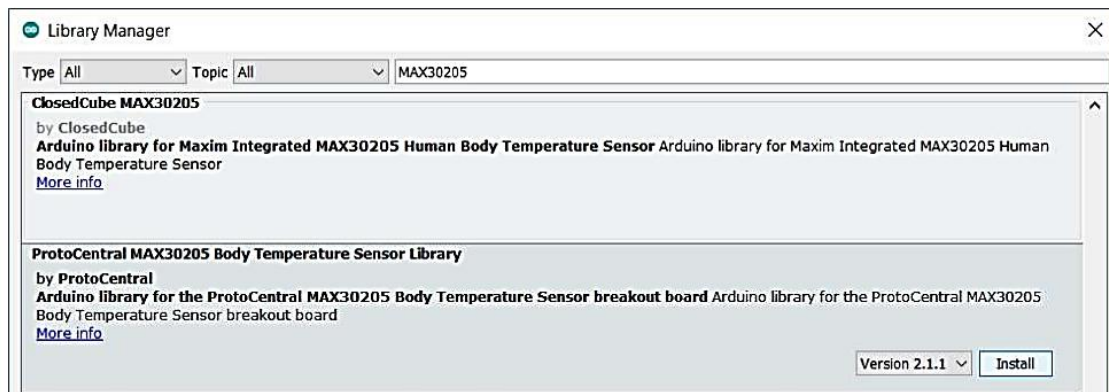


Рис.3.10. Процедура встановлення зовнішньої бібліотеки ProtoCentral MAX30205

Для зчитування даних з датчика температури тіла спершу потрібно додати відповідні бібліотеки до проекту.

```
#include <Wire.h>
#include "Protocentral_MAX30205.h"
```

У функції setup() проводиться перевірка, чи датчик MAX30205 підключений до шини I²C (рис. 3.11).

```
Serial.begin(9600);
Wire.begin();
//Scan for temperature in every 30 sec untill a sensor is found.
while(!tempSensor.scanAvailableSensors()){
  Serial.println("Couldn't find the temperature sensor.");
  delay(30000);
}
```

Рис.3.11. Кодовий лістинг для перевірки наявності підключення датчика температури тіла

У головному циклі викликається функція для отримання даних про температуру тіла.

```
float myTEMP = tempSensor.getTemperature(); // read temperature
```

У головному циклі викликається функція для отримання даних про температуру тіла.

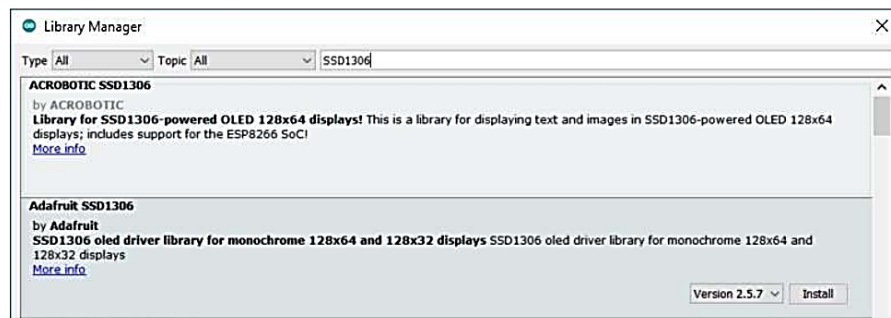


Рис.3.12. Процедура додавання бібліотеки Adafruit SSD1306 для налаштування OLED дисплея

Реалізація програмного процесу виведення результатів моніторингу на OLED дисплей використовує бібліотеку Adafruit SSD1306 (рис. 3.12).

У програмному коді використані бібліотеки "Wire.h" для взаємодії з I²C інтерфейсом і "Adafruit_SSD1306.h" для управління OLED дисплеєм.

```
#include <Wire.h>
#include <Adafruit_SSD1306.h>
```

Вказано розміри екрану дисплея (128×64).

```
#define SCREEN_WIDTH 128 // OLED display width
#define SCREEN_HEIGHT 64 // OLED display height
```

Створено екземпляр об'єкта для взаємодії з OLED дисплеєм.

```
// declare an SSD1306 display object connected to I2C
Adafruit_SSD1306 oled(SCREEN_WIDTH, SCREEN_HEIGHT, &Wire, -1);
```

У функції setup() виконано початкову конфігурацію OLED дисплея.

```
// initialize OLED display with address 0x3C for 128x64
if (!oled.begin(SSD1306_SWITCHCAPVCC, 0x3C)) {
  Serial.println(F("SSD1306 allocation failed"));
  while (true);
}
```

Кодовий лістинг функції loop(), який відображає результати вимірювання серцевого ритму, представлений на рис. 3.13. Результат відображення серцевого ритму на OLED дисплеї показано на рис. 3.14.

```

if(x>127) {
    display.clearDisplay();
    x=0;
    lastx=x;
}
ThisTime = millis();
Signal = pulseSensor.getBeatsPerMunite();
display.setTextColor(SSD1306_BLACK, SSD1306_WHITE);
int y=60-(Signal/16); //4096 divide by 64
display.drawLine(lastx,lasty,x,y,SSD1306_WHITE);
lasty=y;
lastx=x;

if(Signal>UpperThreshold) {
    if(BeatComplete) {
        BPM=ThisTime-LastTime;
        BPM=int(60/(float(BPM)/1000));
        BPMTiming=false;
        BeatComplete=false;
    }
    if(BPMTiming==false) {
        LastTime=millis();
        BPMTiming=true;
    }
}

if((Signal<LowerThreshold) & (BPMTiming))
    BeatComplete=true;
display.setCursor(0,50);
display.print("BPM = ");
display.println(BPM);
display.display();
x++;

```

Рис.3.13. Кодовий лістинг для відображення результатів вимірювання серцевого ритму на OLED дисплеї представлено нижче



Рис.3.14. Виведені на OLED дисплей результати вимірювання серцевого ритму

3.4. Впровадження системи віддаленого моніторингу показників здоров'я за допомогою платформи IoT

В контексті відображення результатів моніторингу серцевого ритму та температури тіла людини було визначено застосування популярної хмарної IoT платформи – ThingSpeak. Однією з ключових переваг цієї платформи є можливість зберігання, аналізу та обробки даних моніторингу за допомогою вбудованих функцій Matlab. Робочий принцип платформи ThingSpeak зображений на рисунку 3.15. Важливим критерієм вибору даної платформи для цього проекту є також можливість безкоштовного використання для некомерційних завдань.

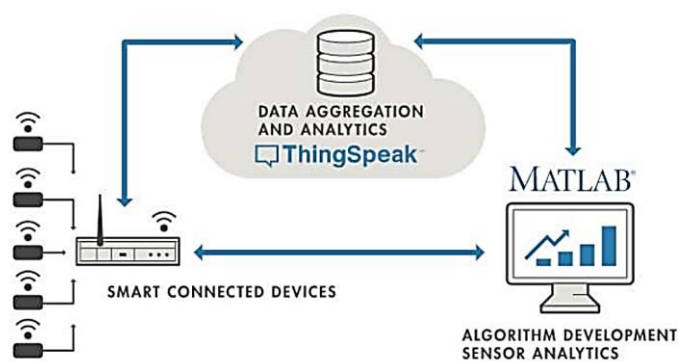


Рис. 3.15. Принцип роботи платформи ThingSpeak для дистанційного моніторингу параметрів здоров'я

В інформаційно-технічній ері розвитку сучасного суспільства системи моніторингу та збору даних становлять важливий компонент для вирішення різноманітних завдань, зокрема у сфері охорони здоров'я. Однією з перспективних технологій для забезпечення ефективного контролю за станом здоров'я є використання систем віддаленого моніторингу, які базуються на концепціях Інтернету речей (IoT).

У цьому контексті розглядається впровадження системи віддаленого моніторингу стану здоров'я людини, що використовує мікроконтролер ESP32 та платформу IoT ThingSpeak. У даній роботі буде розглянуто створення каналу на ThingSpeak для зберігання та візуалізації даних з датчиків пульсу та температури, а також передача цих даних в реальному часі.

ThingSpeak – це платформа для Інтернету речей (IoT), призначена для збору та аналізу даних. Вона виступає як міст, що з'єднує периферійні пристрої, такі як датчики температури, вологості, тиску тощо, для збирання даних і забезпечення аналізу за допомогою програмного забезпечення.

ThingSpeak виконує функцію колектора даних, збираючи інформацію від пристроїв периферійних вузлів (наприклад, Nodemcu/ESP8266) і надаючи можливість завантажувати ці дані для подальшого аналізу в середовищі програмування.

Центральним елементом ThingSpeak є канал, який містить поля для даних, місцезнаходження та статусу. Після створення каналу в ThingSpeak записуються дані в нього, обробляти та переглядати їх за допомогою коду MATLAB, а також реагувати на дані через твіти та інші сповіщення.

Типовий робочий процес ThingSpeak включає наступні етапи:

- створення каналу та збір даних;
- аналіз та візуалізація даних;
- обробка даних за допомогою різноманітних програм.

Отже, у даній публікації ми здійснюємо вимірювання температури та вологості за допомогою датчика DHT11 за допомогою модуля Nodemcu. Отримані дані надсилаються на канал ThingSpeak, що дозволяє спостерігати за значеннями температури та вологості у вашому приміщенні з будь-якого місця світу через ThingSpeak.

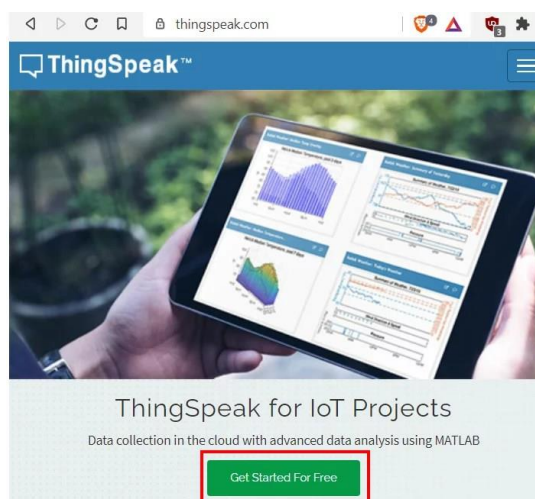


Рис. 3.15. Запуск додатка ThingSpeak

Потрібно заповнити необхідну інформацію та натиснути кнопку «Зареєструватися», щоб завершити процес реєстрації.



Рис. 3.16. ДIALOGОВЕ ВІКНО РЕЄСТРАЦІЇ

Після входу у систему та натиснення кнопки «Новий канал», щоб створити новий канал необхідно виконайте наступні кроки:

- увійти в обліковий запис ThingSpeak за допомогою облікового запису ThingSpeak або MathWorks;
- натиснути «Мої канали»;
- на сторінці каналу натисніть «Новий канал».

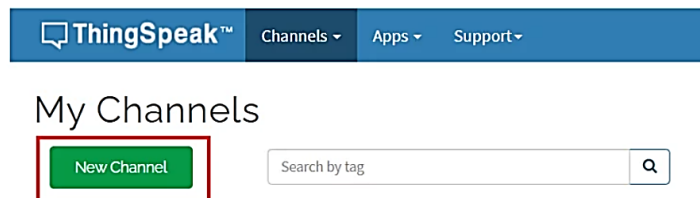


Рис. 3.17. ДIALOGОВЕ ВІКНО СТВОРЕННЯ «НОВИЙ КАНАЛ»

Створення та налаштування каналу в ThingSpeak для виконання завдань цієї роботи включало створення каналу під назвою "Health Monitoring System" зі змінними "Pulse Rate" та "Body Temperature" (рис. 3.17).

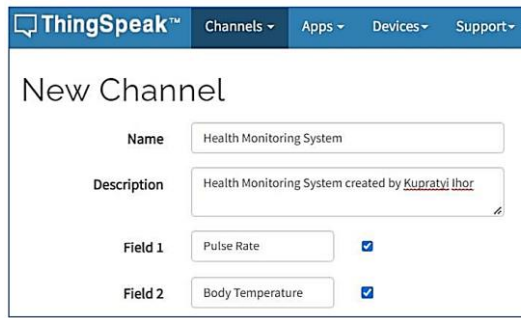


Рис.3.17. Кроки налаштування діалогового вікна в ThingSpeak для системи моніторингу здоров'я

Оскільки для вимірювання температури та вологості використовується датчик DHT11, необхідно до каналу назву "Вимірювання" (або іншу обрану вами) нажати «Додайте опис» (за бажанням). Потім необхідно ввести інформацію для назви та опису каналу, а також визначити кількість полів, які потрібно використовувати. Для датчика ВМЕ280, необхідно обрати три поля: температура, тиск і вологість.

Оновити поле-1 значеннями температури, а поле-2 – значеннями вологості (кількість полів можна змінити відповідно до потреб проєкту). Також є можливість вибрати інші налаштування, а потім зберегти свій канал.

Після збереження каналу стануть доступні 5 вкладок: приватний перегляд, публічний перегляд, налаштування каналу, ключі API, імпорт/експорт даних.

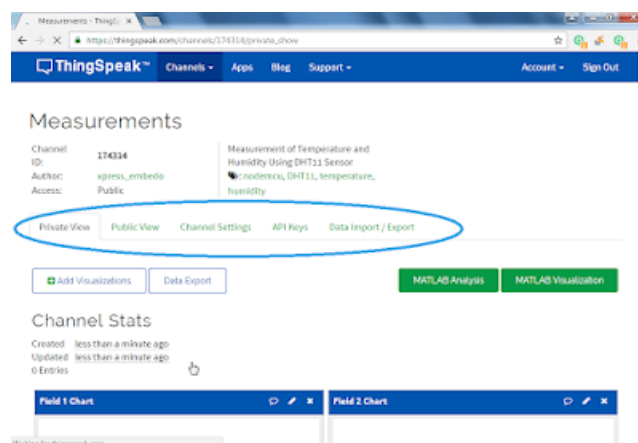


Рис.3.18. Діалогове вікно вкладок каналу

Доступна можливість змінити заголовок, підписи осі X та Y, а також масштаби для Полів-1 і Полів-2 у приватному та публічному перегляді каналу (рис.3.19).

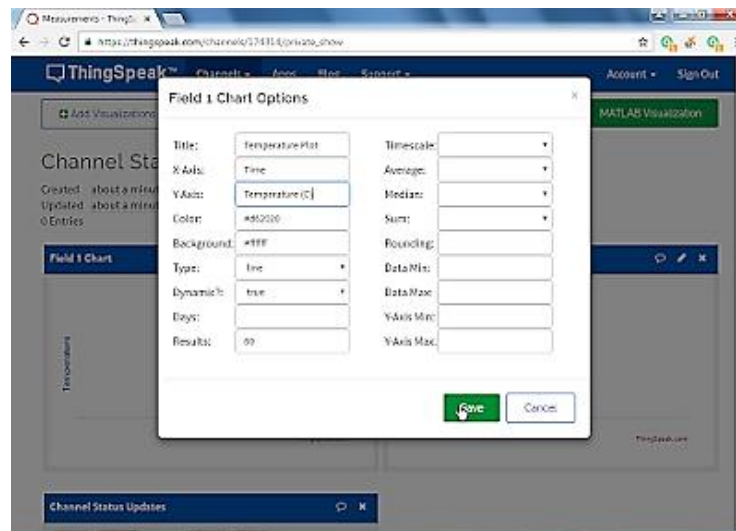


Рис.3.19. Створення каналу в ThingSpeak для системи моніторингу: Кроки у процесі налаштування

Після всіх налаштувань необхідно оновити код Nodemcu, написаний в Arduino IDE, скопіювати ідентифікатор каналу та записати ключ API із вкладки API Keys і оновити їх у програмі Arduino IDE. Для здійснення передачі даних необхідно отримати API-ключ для каналу ThingSpeak (рис. 3.17).

Оновлення ідентифікатору каналу та ключ API запису в прошивці для NodeMCU показано на рисунку 3.20.

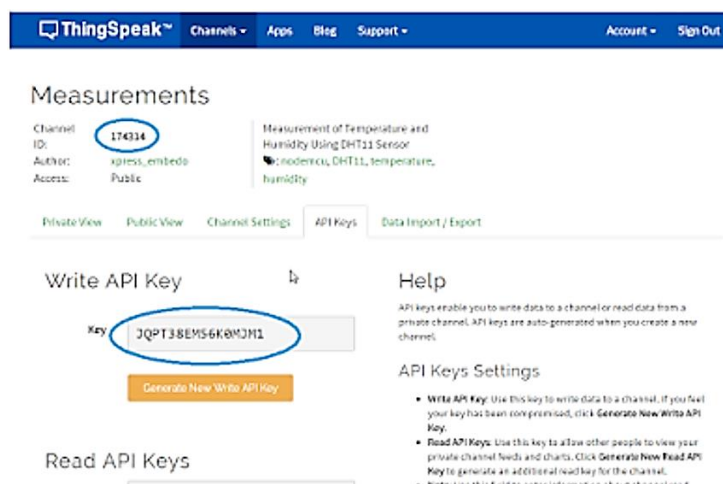


Рис.3.20. Ідентифікатор каналу та ключ API запису

Після створення проєкту і потрібно прошити NodeMCU з оновленим кодом. Після цього можна побачити графіки температури та вологості на каналі ThingSpeak (рис.3.21, рис.3.22).

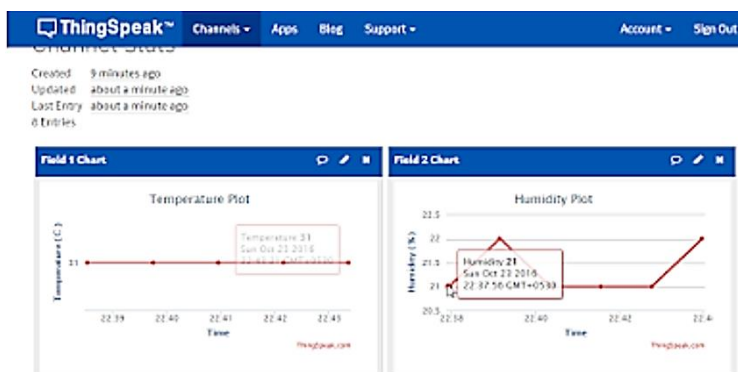


Рис. 3.21. Канал ThingSpeak через кілька хвилин роботи прошивки



Рис.3.22. Канал ThingSpeak через 8 годин роботи

Наступний крок завантажити бібліотеку ThingSpeak для Arduino.

Нижче подано код, написаний в середовищі Arduino IDE для NodeMCU:

```
#include <DHT.h>
#include <ESP8266WiFi.h>
#include <WiFiClient.h>
#include <ThingSpeak.h>
#define DHTPIN D5
#define DHTTYPE DHT11
DHT dht(DHTPIN, DHTTYPE);
const char* ssid = "WiFiName";
const char* password = "Password";
WiFiClient client;
unsigned long myChannelNumber = 174314;
const char * myWriteAPIKey = "JQPT38EM56K0MJM1";
uint8_t temperature, humidity;
void setup()
{
  Serial.begin(115200);
  dht.begin();
  delay(10);
```

```

// Connect to WiFi network
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");
// Print the IP address
Serial.println(WiFi.localIP());
ThingSpeak.begin(client);
}
void loop()
{
  static boolean data_state = false;
  temperature = dht.readTemperature();
  humidity = dht.readHumidity();
  Serial.print("Temperature Value is :");
  Serial.print(temperature);
  Serial.println("C");
  Serial.print("Humidity Value is :");
  Serial.print(humidity);
  Serial.println("%");
  // Write to ThingSpeak. There are up to 8 fields in a channel, allowing you to store up to 8 different
  // pieces of information in a channel. Here, we write to field 1.
  if( data_state )
  {
    ThingSpeak.writeField(myChannelNumber, 1, temperature, myWriteAPIKey);
    data_state = false;
  }
  else
  {
    ThingSpeak.writeField(myChannelNumber, 2, humidity, myWriteAPIKey);
    data_state = true;
  }
  delay(30000); // ThingSpeak will only accept updates every 15 seconds.
}

```

Розглянемо кроки для налаштування додатка ThingView на смартфоні з операційною системою Android.

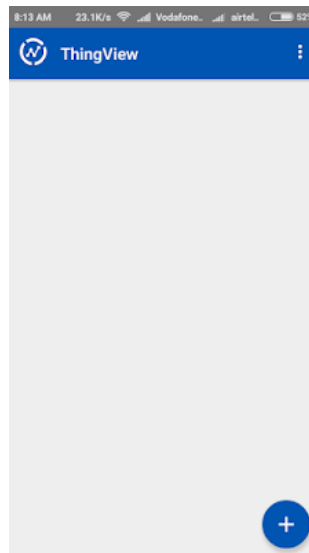


Рис.3.23. Мобільний додаток «ThingView»

Відкрити додаток ThingView (рис.3.23) і клацнути на кнопку "Додати" (рис.3.24).

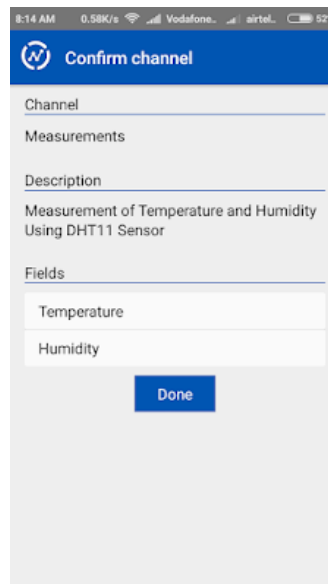


Рис.3.24. Інтерфейс додатку налаштування режимів

Після натискання на кнопку "Додати", необхідно ввести ідентифікатор каналу, потім здійснить пошук та виберіть канал (рис.3.25).

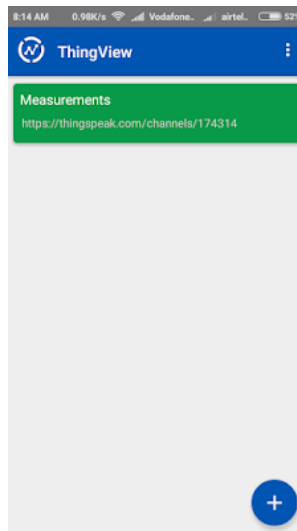


Рис.3.25. Інтерфейс додатку налаштування ідентифікатор каналу

Тепер канал додано і є можливість переглядати графіки безпосередньо на своєму смартфоні з мобільного додатка ThingView (рис.3.26).

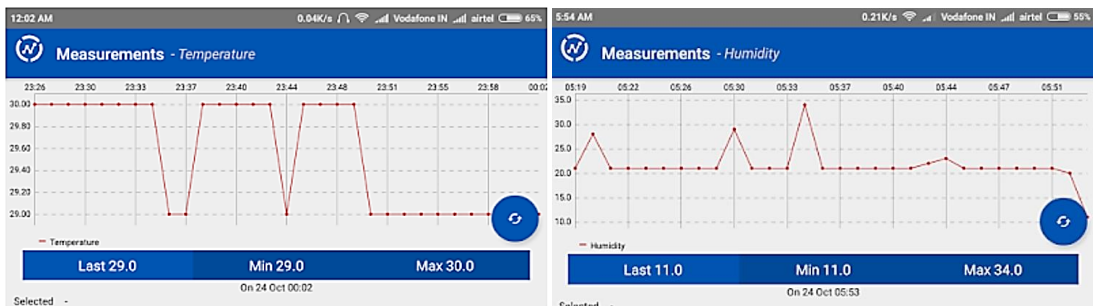


Рис.3.26. Графіки з мобільного додатка ThingView

Потокові дані, отримані в ThingSpeak, надсилаються в режимі реального часу між каналами за допомогою протоколів MQTT або REST API. Ви можете безкоштовно створити до чотирьох каналів у своєму обліковому записі ThingSpeak (Малюнок 3.27). Кожен канал може містити до 8 інформаційних полів. Ці канали можуть бути публічними або приватними [9].

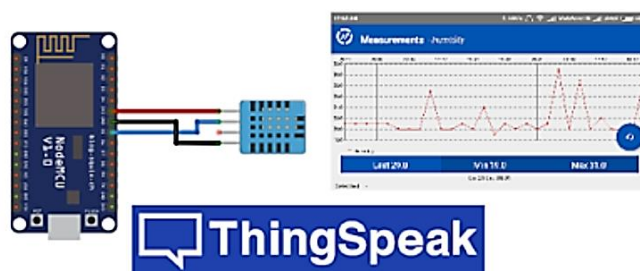


Рис.3.27. Блок-схема

Розглядаючи програмне забезпечення для передачі даних в ThingSpeak, використаємо в модуль ESP32, де рекомендується використовувати функціонал зовнішньої бібліотеки "ThingSpeak" (рис. 3.28).



Рис.3.28. Процедура додавання бібліотеки для взаємодії з платформою ThingSpeak

По-перше, вам потрібно вимкнути апаратні переривання на початку коду Arduino IDE. Це тому, що модуль ESP32 не підтримує апаратні переривання під час взаємодії з датчиками та бібліотеками Arduino. Важливо на початку програми вказати дані для підключення до вашої бездротової мережі Wi-Fi. Вам також потрібно буде ввести інформацію про ваш канал ThingSpeak, наприклад ваш ідентифікатор і ключ API запису даних (рис. 3.29).

```
#define USE_ARDUINO_INTERRUPTS false
#include <Wire.h>
#include "Protocentral_MAX30205.h"
#include <PulseSensorPlayground.h>
#include <WiFi.h>
#include <ThingSpeak.h>

MAX30205 tempSensor;
const char ssid[] = "WiFi_SSID";
const char password[] = "xxxxxxxxxx";
WiFiClient client;
const long CHANNEL = 1985020;
const char *WRITE_API = "EQRK5VI8xxxxxxxxxx";

long prevMillisThingSpeak = 0;
int intervalThingSpeak = 20000; // write interval is 20 seconds
```

Рис.3.29. Кодовий лістинг для конфігурації з'єднання з каналом ThingSpeak через WiFi.

Кодовий лістинг для передачі результатів вимірювань датчика серцевого ритму в ThingSpeak наведено на рис. 3.30. Значення пульсу визначаються за допомогою функції getBeatsPerMinute(), а значення температури тіла – за

допомогою функції `getTemperature()`. У цьому коді використовується умовний оператор `if` для обмеження діапазону значень пульсу до 40-150 і діапазону значень температури до 35-41. Це сприяє уникненню передачі неточних чи випадкових значень датчиків в ThingSpeak.

```
int myBPM = pulseSensor.getBeatsPerMunite();// read pulse rate
float myTEMP = tempSensor.getTemperature(); // read temperature

if (millis() - prevMillisThingSpeak > intervalThingSpeak) {
  // Set the fields with the values
  if (myBPM>40 && myBPM<150) {
    ThingSpeak.setField(1, myBPM);
  }
  if (myTEMP>35 && myTEMP<41) {
    ThingSpeak.setField(2, myTEMP);
  }
  // Write to the ThingSpeak channel
  int x = ThingSpeak.writeFields(CHANNEL, WRITE_API);
  if (x == 200) {
    Serial.println("Channel update successful.");
  }
  else {
    Serial.println("Problem updating channel. HTTP error code " +
      String(x));
  }
  prevMillisThingSpeak = millis();
}
```

Рис.3.30. Код для передачі даних в ThingSpeak від датчиків подано нижче.



Рис.3.31. Візуальне представлення завантаженої інформації на вкладці "Private View"

Увійшовши у свій особистий обліковий запис служби ThingSpeak, ви зможете звернути увагу на графічне представлення завантажених даних у вкладці "Private View" (рис. 3.31, рис.3.32). Залежно від ваших потреб ви можете зробити свій канал доступним для обмеженої кількості користувачів або для всіх. Для цього внесіть відповідні зміни на вкладці "Sharing". Вкладка "Data Import/Export" дозволяє зберегти зібрану інформацію у файл або завантажити дані каналу з файлу.

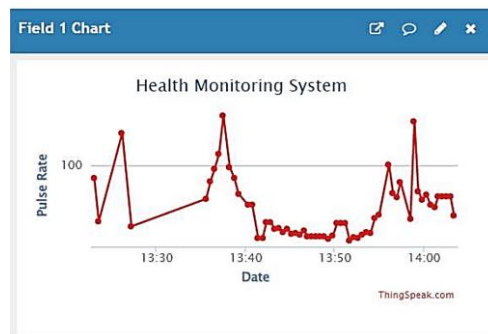


Рис.3.32. Відтворення даних моніторингу серцевого ритму людини в ThingSpeak

Сервіс ThingSpeak надає зручні інструменти для збору, зберігання та перегляду інформації навіть у безкоштовній версії, що дозволяє досить легко створювати різноманітні пристрої Інтернету речей. Навіть описаний простий пристрій можна практично використовувати в «Розумному будинку» [10, 11].

У третьому розділі «Програмне забезпечення IoT в галузі охорони здоров'я» представлені результати розгляду програмного забезпечення для системи віддаленого моніторингу стану здоров'я людини. Виконано розробку блок-схеми алгоритму роботи програми та вибір інструментів для реалізації проєкту та роботи з програмним забезпеченням. Надано опис процесу конфігурації середовища розробки програм для модуля ESP32 та встановлення зовнішніх бібліотек.

Розглянуто розробку програмного забезпечення для системи, включаючи код для зчитування даних із датчиків пульсу та температури тіла. Значення вимірювань відображаються на OLED-екрані.

Розгорніть віддалений моніторинг параметрів працездатності за допомогою платформи ThingSpeak IoT. Детально описано процес створення та налаштування цього хмарного каналу. Передача даних від модуля ESP32 до ThingSpeak також запрограмована на відображення результатів моніторингу пульсу та температури тіла.

ВИСНОВКИ

За останнє десятиліття вітчизняна система охорони здоров'я зазнала фундаментальних змін, пов'язаних із перебудовою соціально-економічної основи суспільства. Магістерська робота присвячена аналізу використання Інтернету речей (IoT) в охороні здоров'я, зосереджуючись на двох основних аспектах: профілактиці захворювань та покращенні медичної діагностики. [1,2].

У першому розділі *«Моніторинг використання Інтернету речей (IoT) в галузі охорони здоров'я»* провели огляд та аналіз використання Інтернету речей в сфері охорони здоров'я, з фокусом на віддаленому моніторингу стану здоров'я. Здійснено дослідження відомих засобів та методів відслідковування фізичного стану людини, а також розглянуто комп'ютерну систему для дистанційного моніторингу стану здоров'я пацієнтів та мережу медичних пристроїв в Інтернеті.

Засоби та методи відслідковування виявляються різноманітними і прогресивними, від носимих пристроїв до використання інтелектуальної аналітики для обробки медичних даних.

У другому розділі *"Апаратне забезпечення Інтернету речей в галузі охорони здоров'я"* розглянуто глибокий огляд технологій та пристроїв для віддаленого моніторингу стану пацієнтів у сфері охорони здоров'я. Зокрема, використання Інтернету речей (IoT) для віддаленого моніторингу ЕКГ за допомогою шлюзу Bluetooth, технологічні пристрої для віддаленого моніторингу стану пацієнтів, а також схеми пристроїв віддаленого моніторингу за допомогою IoT, засоби та прилади для вимірювання фізіологічних показників стану здоров'я людини, описані в розділі, демонструють високий потенціал для покращення діагностики та лікування за допомогою інноваційних технологій.

У третьому розділі *«Програмне забезпечення IoT в галузі охорони здоров'я»* представлені результати розгляду програмного забезпечення для системи віддаленого моніторингу стану здоров'я людини. Розглянуто блок-схеми алгоритму роботи програми та вибір інструментів для реалізації проєкту та роботи з програмним забезпеченням. Надано опис процесу конфігурації середовища

розробки програм для модуля ESP32 та встановлення зовнішніх бібліотек. Розглянуто програмне забезпечення для системи, включаючи код для зчитування даних від датчика серцевого ритму та датчика температури тіла. Забезпечено виведення вимірних значень на OLED дисплей.

Реалізовано віддалений моніторинг параметрів стану здоров'я за допомогою IoT-платформи ThingSpeak. Детально описано процес створення та налаштування каналу на цій хмарній платформі. Також програмно впроваджено передачу даних з модуля ESP32 в ThingSpeak для відображення результатів моніторингу показників серцевого ритму та температури тіла.

Отже, отримані результати свідчать про перспективність використання IoT в охороні здоров'я та можливість покращення медичної діагностики та надання медичних послуг. Розроблені апаратні та програмні засоби створюють основу для подальших досліджень та розвитку систем віддаленого моніторингу в медичній галузі.

ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Agarwal S., Lau, C. T. Remote health monitoring using mobile phones and Web services. *Telemedicine and e-Health*, 16(5). 2010. P. 603-607.
2. An Introduction to ThingSpeak. [Електронний ресурс]. Режим доступу: <https://www.codeproject.com/Articles/845538/An-Introduction-to-ThingSpeak>
3. B. Tan and O. Tian, “Short paper: Using BSN for tele-health application in upper limb rehabilitation,” in *Proc. IEEE World Forum Internet Things (WF-IoT)*, Mar. 2014, pp. 169–170.
4. Cybersecurity and the Internet of Things: security. URL [Електронний ресурс]. Режим доступу: <https://www.securitymagazine.com/articles/90793-cybersecurity-and-the-internet-of-things>
5. D. Y. Lin, “Integrated Internet of Things application system for prison,” *Chinese Patent 102 867 236 A*, Jan. 9, 2013.
6. Doukas and I. Maglogiannis, “Bringing IoT and cloud computing towards pervasive healthcare,” in *Proc. Int. Conf. Innov. Mobile Internet Services Ubiquitous Comput. (IMIS)*, Jul. 2012, pp. 922–926.
7. E. C. Larson, M. Goel, G. Boriello, S. Heltshe, M. Rosenfeld, and S. N. Patel, “SpiroSmart: Using a microphone to measure lung function on a mobile phone,” in *Proc. ACM Int. Conf. Ubiquitous Comput.*, Sep. 2012, pp. 280–289.
8. E. C. Larson, M. Goel, M. Redfield, G. Boriello, M. Rosenfeld, and S. N. Patel, “Tracking lung function on any phone,” in *Proc. ACM Symp. Comput. Develop.*, Jan. 2013, Art. ID 29.
9. E. C. Larson, T. Lee, S. Liu, M. Rosenfeld, and S. N. Patel, “Accurate and privacy preserving cough sensing using a low-cost microphone,” in *Proc. ACM Int. Conf. Ubiquitous Comput.*, Sep. 2011, pp. 375–384.
10. G. Yang et al., “A health-IoT platform based on the integration of intelligent packaging, unobtrusive bio-sensor, and intelligent medicine box,” *IEEE Trans. Ind. Informat.*, vol. 10, no. 4, pp. 2180–2191, Nov. 2014.

11. G. Zhang, C. Li, Y. Zhang, C. Xing, and J. Yang, "SemanMedical: A kind of semantic medical monitoring system model based on the IoT sensors," in Proc. IEEE Int. Conf. eHealth Netw., Appl. Services (Healthcom), Oct. 2012, pp. 238-243.
12. Ghassemi F., Hoseinzadeh M. S., Ekhlesi A. Design and Implementation of Wireless Body Temperature Monitor with warning system via SMS. In 2020 6th Iranian Conference on Signal Processing and Intelligent Systems (ICSPIS). 2020. P. 1-5.
13. Goerning M., Kvetkat A., Brehm B., Fiddora K., Roth A., Figulla H. R., Leder U. Feasibility and Effectiveness of Home Care Telemedicine in Patient with Heart Failure in Thuringia. World Congress on Medical Physics and Biomedical Engineering. Munich, Germany, 2009. P. 79–81.
14. Good Practices for Security of Internet of Things in the context of Smart Manufacturing: enisa. [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://www.enisa.europa.eu/publications/good-practices-for-security-of-iot?fbclid=IwAR1qchv88kZRsIESHtGTEwbA0Mbx8mb9hV1Euqy-Y--IHVYvLuFhGuvi6o>
15. H. A. Khattak, M. Ruta, and E. Di Sciascio, "CoAP-based healthcare sensor networks: A survey," in Proc. 11th Int. Bhurban Conf. Appl. Sci. Technol. (IBCAST), Jan. 2014, pp. 499–503.
16. Internet of Things (IoT) security: 9 ways you can help protect yourself: Norton. [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://us.norton.com/internetsecurity-iot-securing-the-internet-of-things.html>
17. Internet of Things (IOT) security: imperva. [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://www.imperva.com/learn/applicationsecurity/iot-internet-of-things-security/>
18. J. Jara, A. F. Alcolea, M. A. Zamora, A. F. J. Skarmeta, and M. Alsaedy, "Drugs interaction checker based on IoT," in Proc. Internet Things (IOT), Nov./Dec. 2010, pp. 1–8.
19. J. Jara, M. A. Zamora, and A. F. Skarmeta, "Knowledge acquisition and management architecture for mobile and personal health environments based on the Internet of Things," in Proc. IEEE Int. Conf. Trust, Security Privacy Comput. Commun. (TrustCom), Jun. 2012, pp. 1811–1818.

20. J. Jara, M. A. Zamora-Izquierdo, and A. F. Skarmeta, "Interconnection framework for mHealth and remote monitoring based on the Internet of Things," *IEEE J. Sel. Areas Commun.*, vol. 31, no. 9, pp. 47–65, Sep. 2013.
21. Kotevski A., Koceska N., Koceski S. E-health monitoring system. *International Conference on Applied Internet and Information Technologies*. 2016. P. 259-263.
22. Lee Y. G., Jeong W. S., Yoon G. Smartphone-based mobile health monitoring. *Telemedicine and e-Health*, 18(8). 2012. P. 585-590.
23. M. N. Ruiz, J. M. García, and B. M. Fernández, "Body temperature and its importance as a vital constant," *Revista Enfermeria*, vol. 32, no. 9, pp. 44–52, Sep. 2009.
24. M. S. Shahamabadi, B. B. M. Ali, P. Varahram, and A. J. Jara, "A network mobility solution based on 6LoWPAN hospital wireless sensor network (NEMO-HWSN)," in *Proc. 7th Int. Conf. Innov. Mobile Internet Services Ubiquitous Comput. (IMIS)*, Jul. 2013, pp. 433–438.
25. M.F.A. Rasid et al., "Embedded gateway services for Internet of Things applications in ubiquitous healthcare," in *Proc. 2nd Int. Conf. Inf. Commun. Technol. (ICoICT)*, May 2014, pp. 145–148.
26. Melnyk A., Morozov Y., Havano B., Hupalo P. Intellectual tools to prevent road accidents by monitoring the driver's physiological state. In *CEUR Workshop Proceedings*. 2022. P. 539-546.
27. N. Bui, N. Bressan, and M. Zorzi, "Interconnection of body area networks to a communications infrastructure: An architectural study," in *Proc. 18th Eur. Wireless Conf. Eur. Wireless*, Apr. 2012, pp. 1–8.
28. N. Yang, X. Zhao, and H. Zhang, "A non-contact health monitoring model based on the Internet of Things," in *Proc. 8th Int. Conf. Natural Comput. (ICNC)*, May 2012, pp. 506–510.
29. P. Lopez, D. Fernandez, A. J. Jara, and A. F. Skarmeta, "Survey of Internet of Things technologies for clinical environments," in *Proc. 27th Int. Conf. Adv. Inf. Netw. Appl. Workshops (WAINA)*, Mar. 2013, pp. 1349–1354.

30. Palamar A. Control system simulation by modular uninterruptible power supply unit with adaptive regulation function. Scientific Journal of the Ternopil National Technical University, Ternopil, Ukraine. 2020. Vol. 98, No 2. P. 129 – 136.
31. Palamar A. Intelligent control and monitoring module for uninterruptible power supply system. II International Scientific and Practical Conference «Theoretical and Applied Aspects of Device Development on Microcontrollers and FPGAs» (MC&FPGA2020), Kharkiv, Ukraine. 2020. P. 12-13.
32. Palamar A. Methods and means of increasing the reliability of computerized modular uninterruptible power supply system. Scientific Journal of the Ternopil National Technical University, Ternopil, Ukraine. 2020. Vol. 99, No 3. P. 133 –141.
33. Palamar A., Karpinskyy M. Control of an Uninterruptible Power Supply in a DC Microgrid System. 10th International Symposium «Topical Problems in the Field of Electrical and Power Engineering» and «Doctoral School of Energy and Geotechnology II», Pärnu, Estonia. 2011. P. 80 – 84.
34. Palamar A., Pettai E. Microgrid for the Department of Electrical Drives and Power Electronics. 8th International Symposium «Topical Problems in the Field of Electrical and Power Engineering» and «Doctoral School of Energy and Geotechnology II», Pärnu, Estonia. 2010. P. 54 – 61.
35. Palamar M., Pasternak Y., Palamar A., Poikhalo A. Precision tracking of the trajectory LEO satellite by antenna with induction motors in the control system. Proceedings of the 2017 IEEE 9th International Conference on Intelligent Data Acquisition and Advanced Computing Systems: Technology and Applications (IDAACS 2017), Bucharest, Romania. 2017. Vol. 2, P. 1051-1055.
36. Posting DHT11 Values to ThingSpeak Using Nodemcu (Tutorial-5). [Електронний ресурс]. Режим доступу: <https://embeddedlaboratory.blogspot.com/2016/10/posting-dht11-values-to-thingspeak.html>
37. R. S. H. Istepanian, “The potential of Internet of Things (IoT) for assisted living applications,” in Proc. IET Seminar Assist. Living, Apr. 2011, pp. 1–40.

- 38.R. S. H. Istepanian, S. Hu, N. Y. Philip, and A. Sungoor, "The potential of Internet of m-health Things 'm-IoT' for non-invasive glucose level sensing," in Proc. IEEE Annu. Int. Conf. Eng. Med. Biol. Soc. (EMBC), Aug./Sep. 2011, pp. 5264–5266.
- 39.R. Tabish et al., "A 3G/WiFi-enabled 6LoWPAN-based U-healthcare system for ubiquitous real-time monitoring and data logging," in Proc. Middle East Conf. Biomed. Eng. (MECBME), Feb. 2014, pp. 277–280.
- 40.S. Imadali, A. Karanasiou, A. Petrescu, I. Sifniadis, V. Veque, and P. Angelidis, "eHealth service support in IPv6 vehicular networks," in Proc. IEEE Int. Conf.
- 41.S. Imadali, A. Karanasiou, A. Petrescu, I. Sifniadis, V. Veque, and P. Angelidis, "eHealth service support in IPv6 vehicular networks," in Proc. IEEE Int. Conf. Wireless Mobile Comput., Netw. Commun. (WiMob), Oct. 2012, pp. 579–585.
- 42.Sorwar G., Hasan R. Smart-TV based integrated e-health monitoring system with agent technology. In 2012 26th International Conference on Advanced Information Networking and Applications Workshops. 2012. P. 406-411.
- 43.T. J. Xin, B. Min, and J. Jie, "Carry-on blood pressure/pulse rate/blood oxygen monitoring location intelligent terminal based on Internet of Things," Chinese Patent 202 875 315 U, Apr. 17, 2013.
- 44.Vishnu S., Ramson S. J., Jegan R. Internet of Medical Things (IoMT) - An overview. 5th international conference on devices, circuits and systems. 2020. P. 101- 104.
- 45.W. Zhao, W. Chaowei, and Y. Nakahira, "Medical application on Internet of Things," in Proc. IET Int. Conf. Commun. Technol. Appl. (ICCTA), Oct. 2011, pp. 660–665.
- 46.Wireless Mobile Comput., Netw. Commun. (WiMob), Oct. 2012, pp. 579–585.
- 47.X. M. Zhang and N. Zhang, "An open, secure and flexible platform based on Internet of Things and cloud computing for ambient aiding living and telemedicine," in Proc. Int. Conf. Comput. Manage. (CAMAN), May 2011, pp.1-4.
- 48.Xu, L. D. Xu, H. Cai, C. Xie, J. Hu, and F. Bu, "Ubiquitous data accessing method in IoT-based information system for emergency medical services," IEEE Trans. Ind. Informat., vol. 10, no. 2, pp. 1578–1586, May 2014.

- 49.Z. Guangnan and L. Penghui, “IoT (Internet of Things) control system facing rehabilitation training of hemiplegic patients,” Chinese Patent 202 587 045 U, Dec. 5, 2012.
- 50.Z. Jian, W. Zhanli, and M. Zhuang, “Temperature measurement system and method based on home gateway,” Chinese Patent 102 811 185 A, Dec. 5, 2012.
- 51.Z. L. In, “Patient body temperature monitoring system and device based on Internet of Things,” Chinese Patent 103 577 688 A, Feb. 12, 2014.
- 52.Блок-схема віддаленого моніторингу пацієнтів IoT. [Електронний ресурс]. Режим доступу: <https://www.dusuniot.com/uk/landing-pages/rpm-hardware-solution/>
- 53.Віддалений моніторинг ЕКГ за допомогою шлюзу Bluetooth. [Електронний ресурс]. Режим доступу: <https://www.dusuniot.com/uk/blog/remote-ecg-monitoring-using-bluetooth-gateway/>
- 54.Гоженко А., Кульбіда М., Кочет О. Профілактична стратегія медичної науки – шлях до підвищення ефективності охорони здоров’я. Вісник НАН України. 2011. № 12. С. 64–69.
- 55.Збереження інформації про температуру та вологість в ThingSpeak. [Електронний ресурс]. Режим доступу: https://www.radioradar.net/radiofan/miscellaneous/storage_thing_speak_information_temperature_humidity.html
- 56.Злепко С. М., Белзецький Р. С. Система дистанційного моніторингу за станом здоров’я людини. Вимірювальна та обчислювальна техніка в технологічних процесах. 2008. С. 217-219.
- 57.Купратий І.Г., Паламар А.М. Комп’ютерна система для дистанційного моніторингу стану здоров’я пацієнтів. Актуальні задачі сучасних технологій: збірник тез доповідей XI міжнародної науково-технічної конференції молодих учених та студентів, Тернопіль: ФОП Паляниця В. А. 2022. С. 142.
- 58.Марценюк В. П., Качур І. В., Сверстюк А. С., Бондарчук В. І., Завіднюк Ю. В., Коваль В. Б., Мочульська О. М. Моніторинг стану здоров’я за функціональними

показниками за допомогою сенсорів у реабілітаційній медицині: систематичний огляд. Вісник наукових досліджень, № 2. 2019. С. 5-12.

59. Микитишин А. Г., Митник М. М., Стухляк П. Д., Пасічник В. В. Комп'ютерні мережі. [навчальний посібник] Львів: «Магнолія 2006». 2013. 256 с.
60. Мінцер О. П., Банчук М. В., Ярменчук І. А., Дяченко С. О. Основні вимоги до структури типових медичних інформаційних систем в управлінні охороною здоров'я. Медична інформатика та інженерія, №2. 2011. С. 34-35.
61. Палагнюк Д. М., Барась С. Т. Система дистанційного моніторингу. Матеріали XLVII науково-технічної конференції підрозділів ВНТУ, Вінниця. 2018. С. 87-89.
62. Паламар А. М., Осов'як І. І. Комп'ютерна інформаційно-вимірювальна система для моніторингу пристроїв безперебійного електроживлення. Матеріали V Міжнародної науково-технічної конференції «Світлотехніка й електротехніка: історія, проблеми, перспективи», Тернопіль. 2015. С. 111–112.
63. Паламар А.М., Купратий І.Г. Система для дистанційного моніторингу стану здоров'я пацієнтів на основі інтернету медичних речей. Матеріали X науковотехнічної конференції Тернопільського національного технічного університету імені Івана Пулюя «Інформаційні моделі, системи та технології», Тернопіль: ТНТУ. 2022. С. 85.
64. Паламар М. І., Стрембіцький М. О., Паламар А. М. Проектування комп'ютеризованих вимірювальних систем і комплексів. Навчальний посібник. Тернопіль: ТНТУ. 2019. 150 с.
65. Паламар М., Пастернак Ю., Паламар А. Дослідження динамічних похибок системи прецизійного керування антеною з асинхронним електроприводом. Вісник ТНТУ. Тернопіль: ТНТУ. 2014. Вип. 76, № 4. С. 164–173.
66. Портативний шлюз Bluetooth до Wi-Fi/LTE DSGW-340 для переносних медичних пристроїв. [Електронний ресурс]. Режим доступу: <https://www.dusuniot.com/uk/product-specification/dsgw-340-ble-to-wifi-lte-gateway/>
67. Пристрої віддаленого моніторингу пацієнтів (RPM) покращують медичне обслуговування (Повний посібник у 2023 році) [Електронний ресурс]. Режим

доступу: http://digitrode.ru/computing-devices/mcu_cpu/3865-ispolzuem-esp8266-s-platformoy-thingspeak.html

68. Система дистанційного моніторингу стану за допомогою IoT, як це працює? [Електронний ресурс]. Режим доступу: <https://www.dusuniot.com/>
69. Сміянов В.А., Дрига Н.О. Перспективи впровадження сучасних інформаційно-комунікаційних систем на рівні первинної медико-санітарної допомоги. Україна. Здоров'я нації. № 1 (54). 2019. С. 159-165.
70. Специфікація датчиків монітора артеріального тиску на основі IoT. [Електронний ресурс]. Режим доступу: <https://www.dusuniot.com/uk/product-specification/blood-pressure-monitor-spec/>
71. Харковлюк-Балакіна Н. В., Горго Ю. П., Медвидчук К. В. Імплементация моніторингових технологій контролю стану здоров'я пацієнтів для населення територіальних громад. Біомедична інженерія і технологія, № 4. 2020. С. 107-116.
72. Шлюз Bluetooth. [Електронний ресурс]. Режим доступу: <https://www.dusuniot.com/uk/landing-pages/bluetooth-gateway/>

Презентаційні матеріали



Державний університет інформаційно-комунікаційних технологій
Кафедра Інженерії програмного забезпечення автоматизованих систем

АНАЛІЗ ВИКОРИСТАННЯ ІОТ В ГАЛУЗІ ОХОРОНИ ЗДОРОВ'Я ДЛЯ ПОПЕРЕДЖЕННЯ ЗАХВОРЮВАНЬ ТА ВДОСКОНАЛЕННЯ МЕДИЧНОЇ ДІАГНОСТИКИ

на здобуття освітнього ступеня магістра
зі спеціальності 126 Інформаційні системи та технології
освітньо-професійної програми Інформаційні системи та технології
ВИКОНАВ: ЗДОБУВАЧ ВИЩОЇ ОСВІТИ ГР. ІСДМ-63
РОМАН РАГУШНЯК
КЕРІВНИК: ОКСАНА ТКАЛЕНКО

Актуальність

Актуальність магістерської роботи з аналізу використання Інтернету речей (ІоТ) в галузі охорони здоров'я для попередження захворювань та вдосконалення медичної діагностики визначається кількома факторами:



- застосування ІоТ у медицині може допомогти зменшити витрати, оптимізувати процеси та забезпечити більш ефективне використання ресурсів у галузі охорони здоров'я;
- з ростом числа пацієнтів і потребою в підвищенні якості медичної допомоги важливо розвивати інтелектуальні системи для покращення діагностики та лікування;
- сучасні ІоТ-технології надають можливості для реалізації новаторських рішень у медичному секторі, що сприяє не лише діагностиці, але і попередженню захворювань.



Предметом дослідження

Предметом дослідження є аналіз використання Інтернету речей (IoT) в галузі охорони здоров'я для попередження захворювань та вдосконалення медичної діагностики.

Для досягнення мети дослідження можуть використовуватися різноманітні методи та засоби дослідження. До них можна включити:

- Аналіз наукових статей, книг, конференцій та інших джерел для отримання обґрунтованого розуміння сучасного стану використання IoT в охороні здоров'я.
- Вивчення конкретних випадків успішного впровадження IoT-рішень у медичні практики для визначення кращих практик та викликів.
- Проведення опитувань серед експертів у галузі медицини, технологій IoT та пацієнтів для збору різноманітних поглядів.
- Використання статистичних методів для обробки та аналізу даних, пов'язаних із впровадженням IoT в охороні здоров'я.
- Використання математичних моделей для прогнозування та аналізу можливих впливів використання IoT на попередження захворювань.



Об'єктом дослідження

є використання Інтернету речей (IoT) в галузі охорони здоров'я з метою попередження захворювань та вдосконалення медичної діагностики, широкий спектр технологій, пристроїв та систем, які входять в склад IoT-рішень у сфері охорони здоров'я.



РОЗДІЛ 1. МОНІТОРИНГ ВИКОРИСТАННЯ ІоТ В ГАЛУЗІ ОХОРОНИ ЗДОРОВ'Я



У першому розділі «Моніторинг використання Інтернету речей (ІОТ) в галузі охорони здоров'я» провели огляд та аналіз використання Інтернету речей в сфері охорони здоров'я, з фокусом на віддаленому моніторингу стану здоров'я. Здійснено дослідження відомих засобів та методів відслідковування фізичного стану людини, а також розглянуто комп'ютерну систему для дистанційного моніторингу стану здоров'я пацієнтів та мережу медичних пристроїв в Інтернеті.



З аналізу виділяється важливість використання технологій ІОТ у віддаленому моніторингу здоров'я, що дозволяє ефективно відстежувати ключові показники, забезпечуючи зручність та доступність медичного обслуговування. Засоби та методи відслідковування виявляються різноманітними і прогресивними, від носимих пристроїв до використання інтелектуальної аналітики для обробки медичних даних.



Наприклад

Смарт-годинник Smart Watch

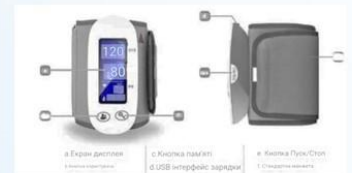
Смарт-годинник Smart Watch пропонує широкий спектр функцій, включаючи відстеження місцезнаходження, моніторинг температури та пульсу. Завдяки постійному відстеженню частоти серцевих скорочень, він надає інформацію про щоденні настрій, глибоко розкриваючи стан серця. Також обліковуючи режим сну, годинник забезпечує детальні звіти та аналіз.



Наприклад

Основні характеристики монітора артеріального тиску IoT включають:

- Дизайн для носіння на зап'ястку для вимірювання артеріального тиску та пульсу;
- Вбудована літєва акумуляторна батарея;
- Функція обміну даними;
- Легко читабельні дані вимірювань завдяки великому екрану;
- Хмарне зберігання та обмін даними;
- Три моделі манжет: 32 см-42 см (великий дорослий, опціонально) / 22 см-32 см (дорослий, стандартний) / 17 см-22 см (маленький дорослий, необов'язково);
- Два користувачі/рахунки, кожен рахунок може зберігати 500 груп даних.



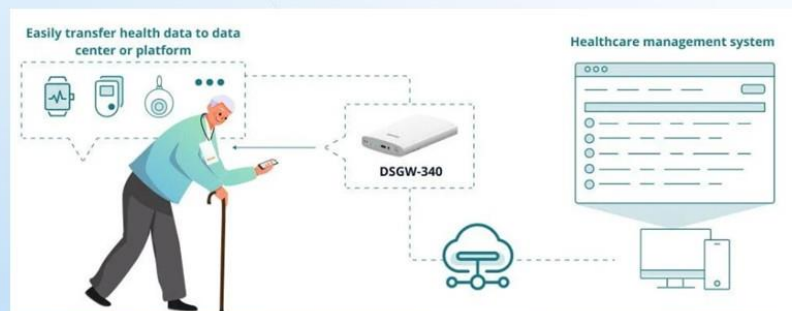
Наприклад

Body Composition Scale – це пристрій, який вимірює вагу, відсоток жиру в організмі та інші параметри складу тіла, такі як м'язова маса, кісткова маса та відсоток води в організмі. Використовує метод, який називається біоелектричний імпедансний аналіз (BIA), який надсилає слабкий електричний струм через тіло, щоб визначити склад тіла. Він також використовує дані, такі як стать, вага та зріст.



Body Composition Scale може бути корисним інструментом для людей, які хочуть побудувати м'язи або зменшити жир та шукають пристрій, який контролює їх склад тіла.

Система дистанційного моніторингу стану



Лікарі можуть використовувати пристрої дистанційного моніторингу для контролю, запису та оцінки гострих чи хронічних захворювань своїх пацієнтів після їх виходу з лікарні чи клініки. Технологія Інтернету речей (IoT) грає ключову роль у реалізації цього виду дистанційного моніторингу, з'єднуючи пристрої віддаленого контролю пацієнтів, такі як розумні годинники, портативні патчі, портативні гаджети або біонаклейки, для обміну інформацією в реальному часі між медичним персоналом та пацієнтами.

Комп'ютерна система для дистанційного моніторингу пацієнтів виступає як перспективний інструмент для покращення якості та ефективності медичного нагляду. Збір та обробка медичних даних у реальному часі сприяє оперативній реакції на зміни в стані здоров'я та розробці індивідуальних планів лікування.

Система складається з трьох основних компонентів:

Пристрої – це медичні датчики, які носить пацієнт або вбудовані в його тіло. Вони збирають дані про стан здоров'я пацієнта і передають їх через бездротовий зв'язок до шлюзу.

Шлюз – це пристрій, який з'єднує пристрої з хмарною платформою. Він може бути смартфоном, планшетом, ноутбуком або спеціальним пристроєм. Він відповідає за шифрування, агрегацію, фільтрацію та передачу даних до хмари.

Хмарна платформа – це сервіс, який зберігає, аналізує, візуалізує та обробляє дані, що надходять від пристроїв.

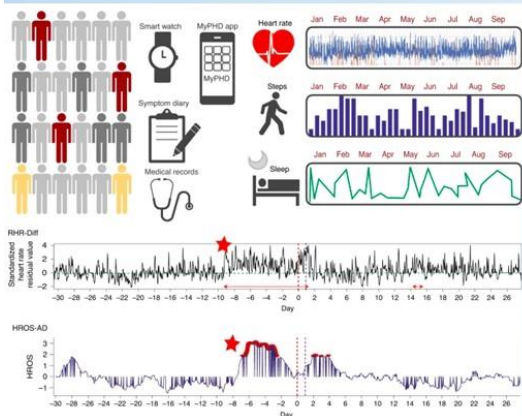


Мережа медичних пристроїв в Інтернеті



Мережа медичних пристроїв в Інтернеті відкриває нові можливості для обміну даними між пристроями, що полегшує координацію медичного процесу та сприяє взаємодії різних аспектів охорони здоров'я.

Інтернет медичних речей (ІоМТ) – це термін, який описує підключені медичні пристрої, які можуть передавати та збирати дані про стан здоров'я людини. Пристрої можуть включати носимі годинники, браслети, датчики, камери, мікрофони, апаратуру та інші технології, які взаємодіють з хмарними системами, штучним інтелектом, телемедициною та іншими сервісами.



ІоМТ має багато переваг для охорони здоров'я, таких як:

Відалений моніторинг та діагностика пацієнтів, що дозволяє зменшити витрати та покращити якість обслуговування.

Залучення пацієнтів до процесу лікування, надаючи їм можливість самостійно стежити за своїм здоров'ям та отримувати персоналізовані поради.

Оптимізація процесів та ресурсів у медичних закладах, автоматизуючи певні завдання та забезпечуючи точність та своєчасність даних.

Підвищення ефективності клінічних досліджень, надаючи реальні дані про стан здоров'я піддослідних та їхню реакцію на ліки.

Наприклад

Smart Pill Dispenser – розумний пристрій, який допомагає людям організувати, дозувати та відстежувати свої ліки, може бути корисним для людей, які приймають багато ліків або потребують допомоги від доглядачів. Smart Pill Dispenser має функції:

- автоматичне видача ліків за розкладом або за потребою;
- захист від передозування або пропуску дози;
- верифікація особи за допомогою PIN-коду або розпізнавання обличчя;
- сповіщення доглядачів про прийняті або пропущені дози;
- відеодзвінки та нагадування для підтримки зв'язку та добробуту;
- сумісність з мобільними додатками та пристроями для фітнесу.



Рис. Органайзер для таблеток MVM 7 днів PC-17 Black (PC-17 BLACK)

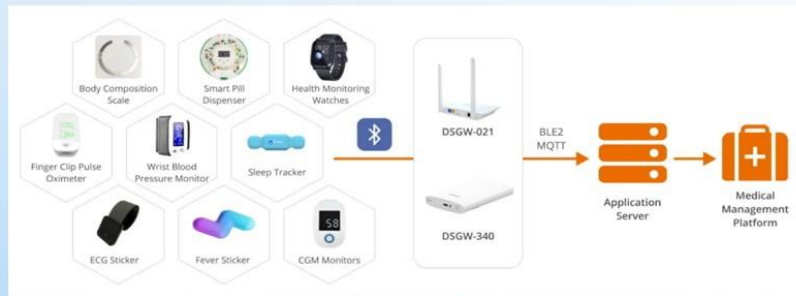


Рис. Innovo iP900BP Pulse Oximeter

РОЗДІЛ 2. АПАРАТНЕ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ІОТ В ГАЛУЗІ ОХОРОНИ ЗДОРОВ'Я



Схеми пристроїв віддаленого моніторингу пацієнтів за допомогою IoT



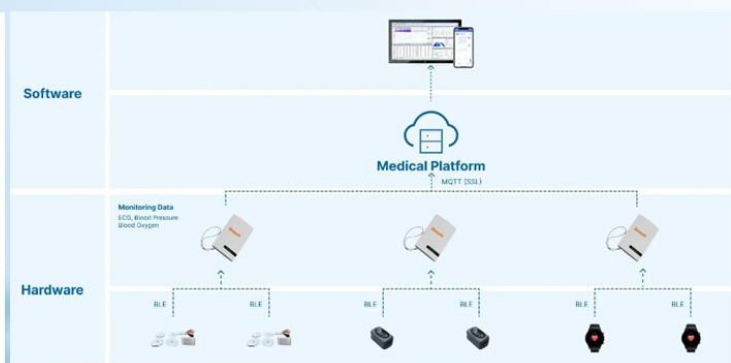
Процес віддаленого моніторингу пацієнтів IoT розпочинається із збору даних від пацієнта. Інформація про стан здоров'я пацієнта, така як вага, артеріальний тиск, рівень цукру в крові, насиченість киснем в крові, частота серцевих скорочень та електрокардіограми, отримується за допомогою медичних переносних пристроїв, які використовують технологію інтегрованих датчиків. Після збору даних вони передаються через бездротову мережу до Шлюзу Bluetooth IoT, який взаємодіє зі смартфоном пацієнта.

Апаратне та програмне забезпечення системи IoT в системі медичного обслуговування.

Коли дані надходять на віддалений сервер, вони аналізуються для створення діагностичного звіту, який потім надсилається на пристрій, який надає діагностичний звіт лікарю. Портативний пристрій підключається до системи охорони здоров'я через хмарний шлюз Bluetooth, усуваючи потребу в тестуванні пацієнтів і надаючи лікарям інформацію про стан пацієнта в реальному часі, щоб вони могли ефективно реагувати на зміни та ускладнення.

Дистанційне спостереження за пацієнтами стає особливо ефективним у контексті лікування серйозних захворювань, таких як:

- проблеми з серцем;
- післяопераційні ускладнення;
- цукровий діабет.



Апаратні рішення



Шлюз Bluetooth пристрій

Шлюзи Bluetooth підключають носимі пристрої до хмари для забезпечення віддаленого моніторингу.



Bluetooth модуль

Модулі Bluetooth із вбудованими антенами передають дані датчиків по бездротовій мережі.



Мікроконтролер

Мікроконтролери, такі як ESP32 і Arduino, збирають і обробляють дані пацієнтів.



Медичні датчики

Такі датчики, як пульсоксиметри та ЕКГ, збирають дані життєво важливих функцій.



OLED-дисплей

OLED-дисплеї забезпечують зворотній зв'язок пацієнта в реальному часі з низьким споживанням енергії.

Віддалений моніторинг ЕКГ за допомогою шлюзу Bluetooth

Bluetooth використовується в галузі охорони здоров'я в рамках Інтернету речей (IoT) для різноманітних завдань та передачі різних видів даних:

- для ефективної передачі даних між пристроями з низьким енергоспоживанням (BLE). Наприклад, дистанційний моніторинг пацієнта може включати в себе використання пульсоксиметрів на основі Bluetooth для бездротового передавання важливих медичних даних.
- для відстеження місцезнаходження медичних пристроїв чи носимих сенсорів. Це корисно для визначення точного положення пацієнта чи медичного обладнання в реальному часі.
- входить в склад мережі пристроїв в IoT Healthcare, де різні медичні пристрої можуть взаємодіяти та обмінюватися даними. Це може бути особливо корисним для інтелектуального моніторингу параметрів, таких як вологість і температура в медичних умовах.





Характеристики специфікації продукту IoT

023G LTE-сумісний шлюз із SIM-картою DSGW-4. Завдяки налаштуванню SIM-карти Plug and Play DSGW-023 є шлюзом 4G LTE із можливістю Wi-Fi. Встановлення та використання програми TuYa Smartlife стало можливим завдяки шлюзу.

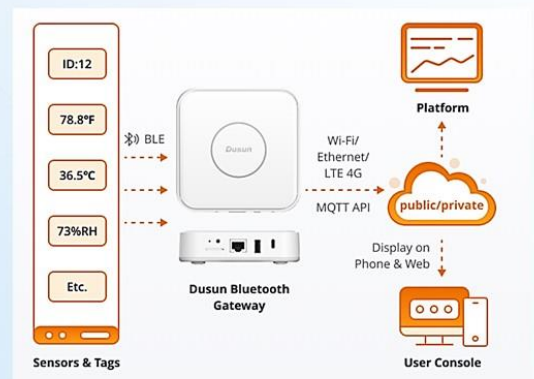
Модуль Bluetooth DSM-059 із 92 мікросхемами Chipsea CSM25F5.0 Low Power. Кілька периферійних пристроїв об'єднані модулем DSM-059, який використовує чіп Chipsea CSM92F25 і технологію BLE 5.0. Цей модуль є ефективним варіантом через невеликий розмір і низьке енергоспоживання.

DSGW-340 – це портативний шлюз Bluetooth до Wi-Fi/LTE, призначений для медичних портативних пристроїв, призначений для дистанційного моніторингу пацієнтів за допомогою портативних медичних пристроїв.

Технологічні пристрої для віддаленого моніторингу стану пацієнтів

Основні особливості включають в себе:

- підтримку Ethernet/Wi-Fi/стільникового зв'язку;
- програмовані можливості;
- використання BE 5.2;
- низьке енергоспоживання;
- сумісність з Zigbee/Z-Wave/LoRaWAN;
- підтримку MQTT API;
- використання чіпів від Silicon Labs та Nordic;
- можливість обслуговування до 32 кінцевих пристроїв.



Засоби та прилади для вимірювання фізіологічних показників стану здоров'я людини

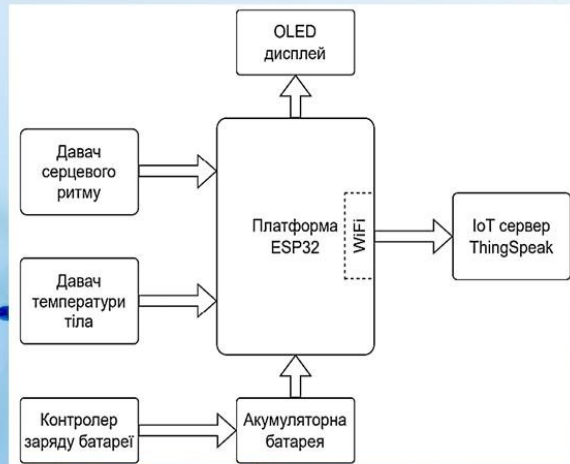


Схема модуля для дистанційного моніторингу стану здоров'я людини

В результаті порівняльного аналізу наявних на ринку модулів на основі мікроконтролера для втілення розробленої системи, була вибрана платформа ESP32 WROOM.

Суть методу віддаленого контролю стану здоров'я людини полягає в такому: датчики серцевого ритму та температури, розміщені на тілі особи, вимірюють показники пульсу та температури і передають ці дані на мікроконтролер. Потім мікроконтролер відправляє зібрану інформацію до віддаленого сервера, прямим з'єднанням або через посередництво IoT-шлюзу, такого як смартфон

Апаратні компоненти

Мікроконтролери

Мікроконтролери ESP32 WROOM, DSM-050 і DSGK-930 RK3328 використовуються для основної обробки, підключення Bluetooth та інтерфейсів введення/виведення.

Датчики температури

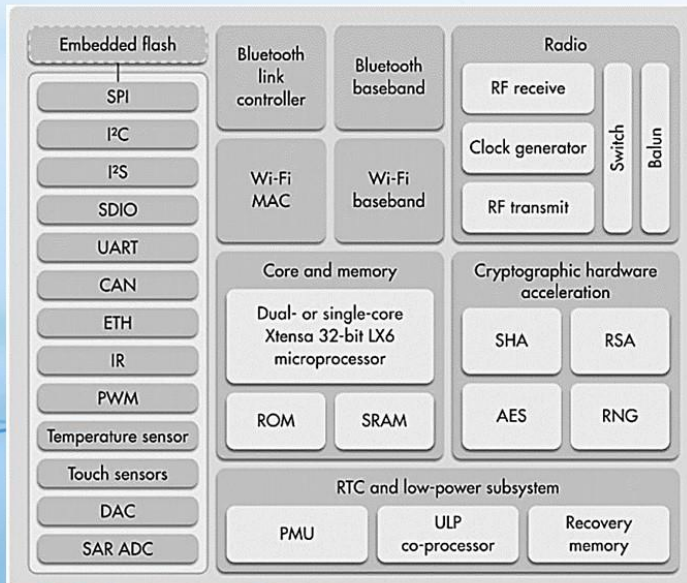
Для вимірювання температури тіла використовуються датчики MAX30205 з високою точністю, низьким енергоспоживанням та інтерфейсом I2C.

Датчики серцевого ритму

Модулі оптичного датчика пульсу SEN-11574 генерують аналогові сигнали для даних про пульс.

Екрани дисплея

OLED-дисплеї 128x64 з інтерфейсом I2C використовуються для відображення результатів вимірювань з високою контрастністю та низьким енергоспоживанням.



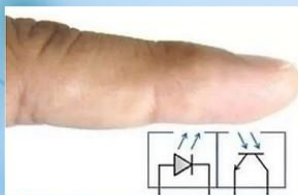
Структура мікроконтролера ESP32

Платформа ESP32 WROOM розроблена на основі мікроконтролера ESP32 на основі архітектури системи на кристалі. Цей мікроконтролер оснащений двоядерним 32-розрядним мікропроцесором Tensilica Xtensa LX6. Тактова частота коливається від 80 до 240 МГц в залежності від режиму живлення. Мікропроцесор має 448 кілобайт флеш-пам'яті та 520 кілобайт SRAM.

Для вимірювання частоти серцевих скорочень у цьому проекті використовується імпульсний датчик серцевого ритму SEN-11574



Модуль датчика ЧСС SEN-11574



Принцип роботи датчика серцевого ритму

Внутрішня схема датчика розроблена таким чином, щоб реагувати лише на відносні зміни інтенсивності світлового потоку. При падінні постійного світлового потоку на чутливий елемент датчика вихідний сигнал становитиме приблизно половину робочої напруги. Зі збільшенням інтенсивності світлового потоку вихідна напруга датчика зростає і відповідно зменшується напруга.

Датчик пульсу працює від напруги 5 В або 3,3 В і споживає струм 4 мА. Він не вимагає калібрування і підходить для вимірювання будь-якого пульсу відповідно до універсальних принципів вимірювання. Датчик має три виходи. Два призначені для живлення, а один – аналоговий вихід, який підключається до аналого-цифрового перетворювача (АЦП).

РОЗДІЛ 3. ПРОГРАМНЕ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ІОТ В ГАЛУЗІ ОХОРОНИ ЗДОРОВ'Я

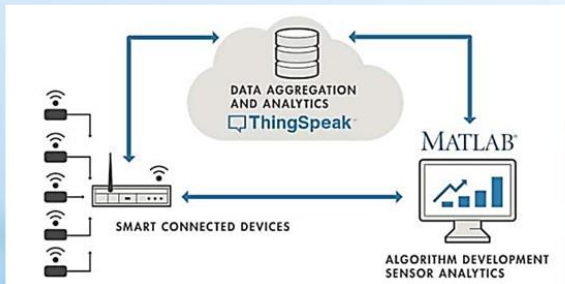


У третьому розділі «Програмне забезпечення IoT в галузі охорони здоров'я» представлені результати розгляду програмного забезпечення для системи віддаленого моніторингу стану здоров'я людини. Виконано розробку блок-схеми алгоритму роботи програми та вибір інструментів для реалізації проекту та роботи з програмним забезпеченням. Надано опис процесу конфігурації середовища розробки програм для модуля ESP32 та встановлення зовнішніх бібліотек.

Програмний алгоритм для системи віддаленого моніторингу здоров'я особи



Впровадження системи віддаленого моніторингу показників здоров'я за допомогою платформи IoT

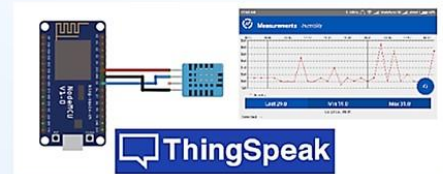


Типовий робочий процес ThingSpeak включає наступні етапи:

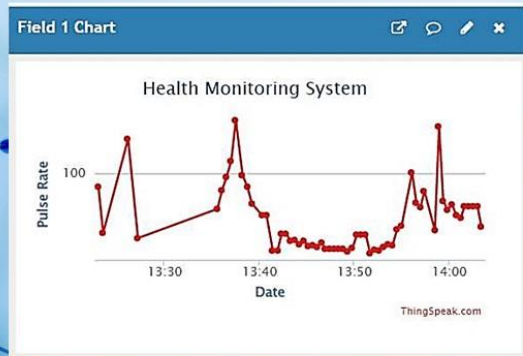
- створення каналу та збір даних;
- аналіз та візуалізація даних;
- обробка даних за допомогою різноманітних програм.

В контексті відображення результатів моніторингу серцевого ритму та температури тіла людини було визначено застосування популярної хмарної IoT платформи – ThingSpeak. Однією з ключових переваг цієї платформи є можливість зберігання, аналізу та обробки даних моніторингу за допомогою вбудованих функцій Matlab. Робочий принцип платформи ThingSpeak зображений на рисунку. Важливим критерієм вибору даної платформи для цього проекту є також можливість безкоштовного використання для некомерційних завдань.

Потокові дані, отримані в ThingSpeak, надсилаються в режимі реального часу між каналами за допомогою протоколів MQTT або REST API. Можна безкоштовно створити до чотирьох каналів у своєму обліковому записі ThingSpeak. Кожен канал може містити до 8 інформаційних полів. Ці канали можуть бути публічними або приватними.



Блок-схема



Увійшовши у свій особистий обліковий запис служби ThingSpeak, ви зможете звернути увагу на графічне представлення завантажених даних у вкладці "Private View". Залежно від ваших потреб можна зробити свій канал доступним для обмеженої кількості користувачів або для всіх. Для цього внесіть відповідні зміни на вкладці "Sharing". Вкладка "Data Import/Export" дозволяє зберегти зібрану інформацію у файл або завантажити дані каналу з файлу.

Кроки програмного забезпечення

Налаштувати середовище розробки та бібліотеки

Arduino IDE було налаштовано як середовище розробки. Було включено пакет esp32 і зовнішні бібліотеки, такі як Wire.h, Protocentral_MAX30205.h, PulseSensorPlayground.h, WiFi.h і ThingSpeak.h.

Програма для читання даних датчиків

Код був написаний для зчитування даних температури з датчика MAX30205 через I2C. Він також зчитує дані датчика пульсу для вимірювання частоти серцевих скорочень. Ці дані відображаються на екрані OLED.

Виведення показань на екран

Бібліотека Adafruit_SSD1306 керує OLED-дисплеєм. Код відображає дані про пульс і температуру тіла на OLED-екрані 128x64 пікселя.

Апробація роботи

- Ратушняк Р. М. «ІОТ В МЕДИЦИНІ: ВІДНОВЛЕННЯ ЗДОРОВ'Я ЧЕРЕЗ ІННОВАЦІЇ ТА ТЕХНОЛОГІЧНИЙ ПРОГРЕС». Стаття у загальногалузевому науково-виробничому журналі «Зв'язок», м.Київ - №1, 2024. – С. 234-242
- Ратушняк Р. М. «ІОТ В МЕДИЦИНІ: ВІДНОВЛЕННЯ ЗДОРОВ'Я ЧЕРЕЗ ІННОВАЦІЇ ТА ТЕХНОЛОГІЧНИЙ ПРОГРЕС». Тези у науково-практичній конференції «Telecommunication: problems and innovation» – Київ, 16 січня 2024 р.

