

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

на здобуття освітнього ступеня

магістр

(назва освітнього ступеня)

на тему: Методи та програмно-апаратні засоби моніторингу стану здоров'я людини

Виконав(ла): студент(ка) 6 курсу, групи СІМ-61
спеціальності _____

123 «Комп'ютерна інженерія»

(шифр і назва спеціальності)

(підпис)

Купратий І.Г.

(прізвище та ініціали)

Керівник

(підпис)

Паламар А.М.

(прізвище та ініціали)

Нормоконтроль

(підпис)

Тиш Є.В.

(прізвище та ініціали)

Завідувач кафедри

(підпис)

Осухівська Г.М.

(прізвище та ініціали)

Рецензент

(підпис)

(прізвище та ініціали)

Міністерство освіти і науки України
Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя

Факультет комп'ютерно-інформаційних систем і програмної інженерії
(повна назва факультету)

Кафедра комп'ютерних систем та мереж
(повна назва кафедри)

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри

Осухівська Г.М.

(підпис)

(прізвище та ініціали)

«__» _____ 2022 р.

ЗАВДАННЯ НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ

на здобуття освітнього ступеня магістр

(назва освітнього ступеня)

за спеціальністю 123 «Комп'ютерна інженерія»

(шифр і назва спеціальності)

студенту Купратий Ігор Григорович

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи Методи та програмно-апаратні засоби моніторингу стану здоров'я людини

Керівник роботи Паламар Андрій Михайлович, к.т.н.

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

Затверджені наказом ректора від «6» грудня 2022 року № 4/7-986

2. Термін подання студентом завершеної роботи 14.12.2022 р.

3. Вихідні дані до роботи Наукові літературні джерела, мова програмування C++

4. Зміст роботи (перелік питань, які потрібно розробити)

Вступ. 1. Огляд та аналіз існуючих рішень та досліджень у сфері віддаленого моніторингу стану здоров'я людини. 2. Розробка апаратних засобів для системи дистанційного моніторингу стану здоров'я. 3. Програмне забезпечення системи для віддаленого моніторингу стану здоров'я людини. 4. Охорона праці та безпека в надзвичайних ситуаціях.

Висновки.

5. Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень, слайдів)

1. Тема кваліфікаційної роботи, актуальність.

2. Мета і завдання дослідження.

3. Об'єкт і предмет дослідження та наукова новизна.

4. Функціональна схема системи.

5. Структурна схема модуля.

6. Схема електричних з'єднань.

7. Блок-схема алгоритму роботи системи.

8. Результати роботи системи.

9. Висновки.

6. Консультанти розділів роботи

| Розділ | Прізвище, ініціали та посада консультанта | Підпис, дата | |
|--|---|----------------|------------------|
| | | завдання видав | завдання прийняв |
| <i>Охорона праці та безпека в надзвичайних ситуаціях</i> | | | |
| | | | |
| | | | |
| | | | |
| | | | |

7. Дата видачі завдання _____

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

| № з/п | Назва етапів роботи | Термін виконання етапів роботи | Примітка |
|-------|--|--------------------------------|-----------------|
| 1 | <i>Огляд та аналіз існуючих рішень та досліджень у сфері віддаленого моніторингу стану здоров'я людини</i> | <i>14.11.2022 - 18.11.2022</i> | <i>виконано</i> |
| 2 | <i>Розробка апаратних засобів для системи дистанційного моніторингу стану здоров'я</i> | <i>19.11.2022 - 28.11.2022</i> | <i>виконано</i> |
| 3 | <i>Програмне забезпечення системи для віддаленого моніторингу стану здоров'я людини</i> | <i>29.11.2022 - 06.12.2022</i> | <i>виконано</i> |
| 4 | <i>Написання розділу «Охорона праці та безпека в надзвичайних ситуаціях»</i> | <i>07.12.2022 - 09.12.2022</i> | <i>виконано</i> |
| 5 | <i>Оформлення пояснювальної записки та графічного матеріалу</i> | <i>10.12.2022- 14.12.2022</i> | <i>виконано</i> |
| 6 | <i>Попередній захист кваліфікаційної роботи магістра</i> | <i>15.12.2022</i> | <i>виконано</i> |
| 7 | <i>Захист кваліфікаційної роботи магістра</i> | <i>21.12.2022</i> | |
| | | | |
| | | | |
| | | | |
| | | | |
| | | | |
| | | | |
| | | | |
| | | | |
| | | | |
| | | | |
| | | | |
| | | | |
| | | | |
| | | | |
| | | | |
| | | | |
| | | | |
| | | | |
| | | | |

Студент

(підпис)*Купратий І.Г.*_____
(прізвище та ініціали)

Керівник роботи

(підпис)*Паламар А.М.*_____
(прізвище та ініціали)

АНОТАЦІЯ

Методи та програмно-апаратні засоби моніторингу стану здоров'я людини // Кваліфікаційна робота магістра // Купратий Ігор Григорович // Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя, факультет комп'ютерно-інформаційних систем і програмної інженерії, кафедра комп'ютерних систем та мереж, група СІм-61 // Тернопіль, 2022 // с. – 72, рис. – 45, табл. – 3, аркушів А1 – 9, додат. – 1, бібліогр. – 34.

Ключові слова: моніторинг, датчик, інтернет медичних речей, стан здоров'я людини.

Кваліфікаційна робота присвячена питанню розроблення програмно-апаратних засобів для побудови інформаційно-вимірювальної системи віддаленого моніторингу стану здоров'я людини.

Синтезовано структурну схему автоматизованої інформаційно-вимірювальної системи дистанційного моніторингу стану здоров'я людини. Здійснено вибір елементної бази проектованої системи та розроблено апаратне забезпечення. Створено алгоритмічне та програмне забезпечення для системи дистанційного контролю стану здоров'я.

Впровадження запропонованих методів та засобів для відстеження стану здоров'я пацієнтів з функцією віддаленого моніторингу дозволить покращити якість медичного обслуговування.

ANNOTATION

Methods, hardware and software for human health monitoring // Master diploma thesis // Kupratyi Ihor // Ternopil Ivan Puluj National Technical University, Faculty of Computer Information System and Software Engineering, Department of Computer Systems and Networks, group CIm-61 // Ternopil, 2022 // p. – 72, fig. – 45, tabl. – 3, sheets A1 – 9, addit. – 1, bibliography – 34.

Keywords: monitoring, sensor, Internet of medical things, human health.

The qualification work is devoted to the development of software and hardware tools for building an information and measurement system for remote monitoring of human health.

The structural diagram of the automated information and measurement system for remote monitoring of the state of human health has been synthesized. The element base of the designed system was selected and the hardware was developed. Algorithmic and software for the system of remote health monitoring was developed.

Implementation of the proposed methods and tools for monitoring the patients health status with the function of remote monitoring will improve the quality of medical care.

ЗМІСТ

| | |
|---|----|
| ПЕРЕЛІК ОСНОВНИХ УМОВНИХ СКОРОЧЕНЬ І ТЕРМІНІВ..... | 7 |
| ВСТУП..... | 8 |
| РОЗДІЛ 1 ОГЛЯД ТА АНАЛІЗ ІСНУЮЧИХ РІШЕНЬ ТА ДОСЛІДЖЕНЬ У СФЕРІ ВІДДАЛЕНОГО МОНІТОРИНГУ СТАНУ ЗДОРОВ'Я ЛЮДИНИ | 10 |
| 1.1. Огляд предметної області щодо віддаленого моніторингу стану здоров'я | 10 |
| 1.2. Застосування безпроводних технологій у сучасній медицині | 12 |
| 1.3 Інтернет медичних речей..... | 13 |
| 1.4. Огляд та аналіз відомих методів та засобів моніторингу стану здоров'я людини..... | 16 |
| 1.5. Висновки до розділу 1 | 22 |
| РОЗДІЛ 2 РОЗРОБКА МЕТОДІВ ТА ЗАСОБІВ ДИСТАНЦІЙНОГО МОНІТОРИНГУ СТАНУ ЗДОРОВ'Я ЛЮДИНИ..... | 23 |
| 2.1. Методи дистанційного спостереження за станом здоров'я людини | 23 |
| 2.2. Методи та апаратні засоби вимірювання фізіологічних параметрів стану здоров'я людини | 26 |
| 2.3. Методи та засоби проектування системи контролю стану здоров'я | 36 |
| 2.4. Висновки до розділу 2 | 38 |
| РОЗДІЛ 3 ПРАКТИЧНА РЕАЛІЗАЦІЯ СИСТЕМИ ДЛЯ ВІДДАЛЕНОГО КОНТРОЛЮ СТАНУ ЗДОРОВ'Я..... | 39 |
| 3.1. Розробка алгоритму роботи програми для системи дистанційного контролю стану здоров'я | 39 |
| 3.2. Вибір засобів реалізації і середовища розробки програмного забезпечення.... | 41 |
| 3.3. Розробка програмного забезпечення для проєктованої системи | 45 |
| 3.4. Реалізація віддаленого моніторингу параметрів стану здоров'я з використанням IoT платформи..... | 50 |
| 3.5. Висновки до розділу 3 | 55 |
| РОЗДІЛ 4 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ | 56 |

| | |
|--|----|
| | 6 |
| 4.1. Охорона праці | 56 |
| 4.2. Застосування основних способів та засобів в ході проведення невідкладних аварійно-рятувальних робіт на промисловому підприємстві..... | 58 |
| 4.3. Висновки до розділу 4 | 61 |
| ВИСНОВКИ..... | 62 |
| СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ | 63 |
| Додаток А Тези конференцій..... | 67 |

ПЕРЕЛІК ОСНОВНИХ УМОВНИХ СКОРОЧЕНЬ І ТЕРМІНІВ

- АЦП – аналого-цифровий перетворювач;
БД – база даних;
КС – комп'ютерна система;
МК – мікроконтролер;
МСЗЛ – моніторинг стану здоров'я людини;
ПЗ – програмне забезпечення;
ПК – персональний комп'ютер;
СМ – система моніторингу;
МСЗ – моніторинг стану здоров'я;
ІоТ – Internet of Things;
ІоМТ – Internet of Medical Things.

ВСТУП

Актуальність теми. У всьому світі кількість людей літнього віку постійно зростає. Дуже часто в такому віці з'являється потреба у постійному догляді. Переважна більшість людей, у яких є родичі, які потребують постійного нагляду, працюють з повною зайнятістю, а тому не мають можливості постійно знаходитися поруч. Наявність пристрою, який би надавав інформацію про стан людини в реальному часі та надсилав сповіщення у випадку небезпеки для здоров'я, могла би значно знизити проблеми пов'язані з потребою постійного догляду, зокрема в умовах карантинних обмежень.

В ході наукових досліджень лікарі зробили висновок, що для ефективнішого дослідження патологій необхідно контролювати стан здоров'я пацієнта цілодобово, оскільки часто ознаки патології проявляються лише за певних обставин – наприклад під час фізичного або емоційного навантаження. Особливо важливо знати, що стало причиною порушень здоров'я у даний момент, а не через кілька годин, – оскільки тоді оцінка обставин може бути суб'єктивною. Отже, важливою задачею є забезпечення контролю показників поточного стану пацієнта з метою виявлення екстремальних ситуацій, погіршення стану тощо.

В останні роки розвиток медицини характеризується активним впровадженням інформаційних технологій. Автоматизовані комп'ютерні системи розробляються для використання в медичних установах [1]. Проте, в Україні на сьогодні відсутня розвинена інфраструктура для реалізації віддаленого спостереження за фізіологічним станом пацієнта. Саме тому розробка та впровадження методів та засобів для дистанційного спостереження за станом здоров'я людини в реальному часі є актуальною задачею.

Мета і завдання дослідження. Метою роботи є розробка методів та засобів для розширення функціональних можливостей систем спостереження за станом здоров'я людини.

Для досягнення мети необхідно розв'язати такі задачі:

- проаналізувати наукову літературу за темою дослідження, виконати огляд сучасних методів та засобів в галузі віддаленого моніторингу стану здоров'я (МСЗ);
- розробити метод віддаленого контролю стану здоров'я людини та синтезувати структуру системи для його реалізації;
- здійснити вибір компонентів та розробити апаратні засоби для реалізації методу дистанційного моніторингу стану здоров'я;
- розробити алгоритмічне та програмне забезпечення для системи віддаленого МСЗ.

Об'єкт дослідження – процес моніторингу стану здоров'я людини.

Предмет дослідження – апаратно-програмні методи та засоби для розширення функціональних можливостей систем контролю стану здоров'я.

Методи дослідження. Для вирішення поставлених у роботі завдань використано наступні методи: спостереження, узагальнення, порівняння, синтезу.

Наукова новизна отриманих результатів:

1. Удосконалено комп'ютерну систему дистанційного контролю фізіологічного стану людини, яка, на відміну від відомих, забезпечує можливість передавання даних на великі відстані та відображення їх у реальному часі з використанням веб-інтерфейсу, що дає змогу підвищити інформативність та зручність спостереження за станом пацієнтів.

2. Отримав подальший розвиток метод віддаленого контролю за станом здоров'я людини, який, завдяки застосуванню технологій інтернету речей, дає змогу підвищити якість надання медичних послуг.

Практичне значення одержаних результатів кваліфікаційної роботи полягає у тому, що впровадження розроблених програмно-апаратних засобів для віддаленого спостереження за станом здоров'я пацієнтів дозволить підвищити якість медичного обслуговування.

РОЗДІЛ 1

ОГЛЯД ТА АНАЛІЗ ІСНУЮЧИХ РІШЕНЬ ТА ДОСЛІДЖЕНЬ У СФЕРІ
ВІДДАЛЕНОГО МОНІТОРИНГУ СТАНУ ЗДОРОВ'Я ЛЮДИНИ

1.1. Огляд предметної області щодо віддаленого моніторингу стану здоров'я

Сучасна концепція в сфері охорони здоров'я потребує впровадження безперервного віддаленого моніторингу фізіологічного стану пацієнта з використанням натільних давачів. Такі сенсорні мережі дають змогу уникнути необхідності у використанні ручного процесу визначення стану пацієнтів та контролювати відхилення показників від норми.

Дистанційний моніторинг стану здоров'я (МСЗ) пацієнтів передбачає розміщення мініатюрних давачів на тілі людини, що дозволяє здійснювати постійний контроль фізіологічних параметрів та запобігати появі критичного стану. Прикладом такого застосування може бути автоматичний інсуліновий ін'єктор, що моніторить рівень глюкози в крові та вводить інсулін у випадку перевищення його норми. Безперервний моніторинг артеріального тиску людини також є важливим в медичній практиці. Це дозволяє уникнути частого відвідування лікарень пацієнтами та економити витрати на оплату медичних послуг [2].

Впровадження дистанційного моніторингу в сфері охорони здоров'я дає змогу людям похилого віку залишатися вдома, а не у дорогих медичних закладах чи будинках престарілих. Такий підхід забезпечує економічно вигідну та ефективну альтернативу моніторингу фізіологічного стану пацієнтів в лікарнях.

Постійний моніторинг параметрів здоров'я людини може сприяти діагностуванню та виявленню неврологічних, серцево-судинних та легневих захворювань та ранній стадії. Застосування портативних пристроїв для медичного спостереження дозволяє створити систему «мобільного здоров'я» завдяки аналізу отриманих статистичних даних [3].

Щодо поняття «моніторинг», то на сьогоднішній день існують різні аспекти трактування цього терміну. Моніторинг дає змогу системно виконувати дослідження будь-якого об'єкту для одержання достовірної інформації з метою ефективного управління процесами. Отже, в загальному розумінні моніторинг – це активність, яка передбачає контроль, діагностику та прогнозування, які є важливими елементами системи керування. У галузі охорони здоров'я моніторинг означає процес постійного спостереження, оцінювання та прогнозування змін стану об'єкту дослідження.

Типова структура системи дистанційного моніторингу, оцінювання та прогнозування стану здоров'я пацієнтів зображена на рис. 1.1 [4].



Рис. 1.1. Структура системи дистанційного моніторингу, оцінювання та прогнозування стану здоров'я пацієнтів [4]

Процес моніторингу включає такі складові елементи:

- інформаційну (збір інформації, її накопичення, поширення та систематизація);
- проблемну (завчасна діагностика наявних процесів, закономірностей, загроз та проблем);
- управлінську (аналіз та оцінювання ефективності прийнятих рішень та їх наслідків) [4].

Дослідження із застосуванням моніторингу є надійним способом аналізу різних аспектів охорони здоров'я. Незважаючи на відомі складнощі процес моніторингу у медичній галузі повинен проводитись з дотриманням таких принципів [5]:

- однорідність досліджуваних об'єктів;
- системність (взаємопов'язаність узагальнюючих та часткових показників);
- комплексність (спостереження за усіма головними процесами);
- адаптивність (сукупність показників має відповідати вимогам та державним стандартам).

Отже, поняття моніторинг в медичній сфері передбачає процес періодичного збору, узагальнення та аналізу даних про стан фізичного здоров'я людини, який супроводжується обов'язковим наданням отриманої інформації для діагностики, прогнозування та прийняття відповідних заходів з метою збереження здоров'я.

1.2. Застосування безпроводних технологій у сучасній медицині

Перед сучасною медициною постають важливі задачі постійного моніторингу фізичного стану людини, своєчасної діагностики, уникнення ускладнень в процесі лікування. Їх значно простіше вирішити завдяки поєднанню можливостей портативних пристроїв для вимірювання фізіологічних параметрів та безпроводних технологій передачі даних [6].

Процес МСЗ здійснюється з метою спостереження за станом пацієнтів, аналізу наслідків лікування та ранньої діагностики захворювань. Дистанційний моніторинг став доступним завдяки використанню бездротових технологій передачі даних. Завдяки поєднанню технологій бездротової передачі даних на близькі відстані та сучасних мініатюрних датчиків з'являються перспективи та можливості підвищення якості медичного обслуговування [7].

Пристрої для моніторингу, які застосовують модулі для безпроводного зв'язку, можуть здійснювати бездротову передачу даних безпосередньо на віддалений сервер лікарні. В цьому процесі необхідно забезпечити двоступеневу комунікацію. На першому етапі датчик здійснює передачу даних до шлюзу, в якості якого може використовуватись смартфон, планшет чи мікрокомп'ютер. На наступному етапі дані, які зібрані шлюзом, надсилаються на віддалений сервер з використанням інтернет з'єднання.

В якості найпоширеніших технологій для бездротової передачі даних в сучасних датчиках використовуються WiFi, Bluetooth, ZigBee, UHF та NFC. Розглянуті технології мають різний рівень енергоспоживання, швидкість та максимальну відстань при передачі даних. Через високі показники енергоефективності та, відповідно, можливість тривалої роботи від автономних джерел живлення, ці технології широко застосовуються в інтернеті медичних речей.

1.3 Інтернет медичних речей

Використання інтернету речей (IoT) в сфері охорони здоров'я відіграє ключову роль у профілактиці виникнення хвороб та у процесі лікування хронічних захворювань. Застосування концепції IoT для системи МСЗ людини дає змогу в дистанційному режимі вимірювати показники фізіологічного стану людини.

У галузі охорони здоров'я технології інтернету речей використовуються для задач моніторингу важливих показників здоров'я людини, для запобігання критичним ситуаціям та надання змоги лікарям швидко на них реагувати. Також важливою сферою застосування інтернету речей є забезпечення віддаленого медичного нагляду, який не потребує швидкої реакції на аномальні відхилення показників від норми та дає змогу спостерігати за станом пацієнтів без необхідності відвідування медичного закладу. Загалом, інтернет речей в медичній галузі забезпечує високий рівень мобільності, безпеки, швидкості реакції та повноту інформації [8].

Інтернет медичних речей (ІоМТ) – це набір медичних пристроїв і програмного забезпечення, які підключаються до ІТ-систем охорони здоров'я за допомогою комп'ютерних мереж. Медичні пристрої, обладнані Wi-Fi, забезпечують міжмашинний зв'язок, який є основою ІоМТ. Компоненти ІоМТ підключаються до хмарних платформ для зберігання та аналізу даних (рис. 1.2) [9]. Іншими словами, інтернет медичних речей являє собою результат застосування ІоТ в сфері охорони здоров'я, який пов'язаний із накопиченням та аналізом даних для задач моніторингу та дослідження. Концепція інтернету медичних речей включає технології синтезу системи медичного обслуговування, яка містить наявні медичні ресурси та послуги.

Практика застосування пристроїв ІоМТ для задач дистанційного МСЗ пацієнтів у їхніх оселях також визначається терміном «телемедицина». Цей спосіб лікування дозволяє пацієнтам позбутися необхідності частого відвідування лікарні у випадку виникнення питань щодо стану здоров'я або зміни їхнього стану.

Давачі, які вимірюють життєво важливі показники стану пацієнтів, під'єднуються до медичних пристроїв, які використовуються як елементи технології ІоМТ [10].

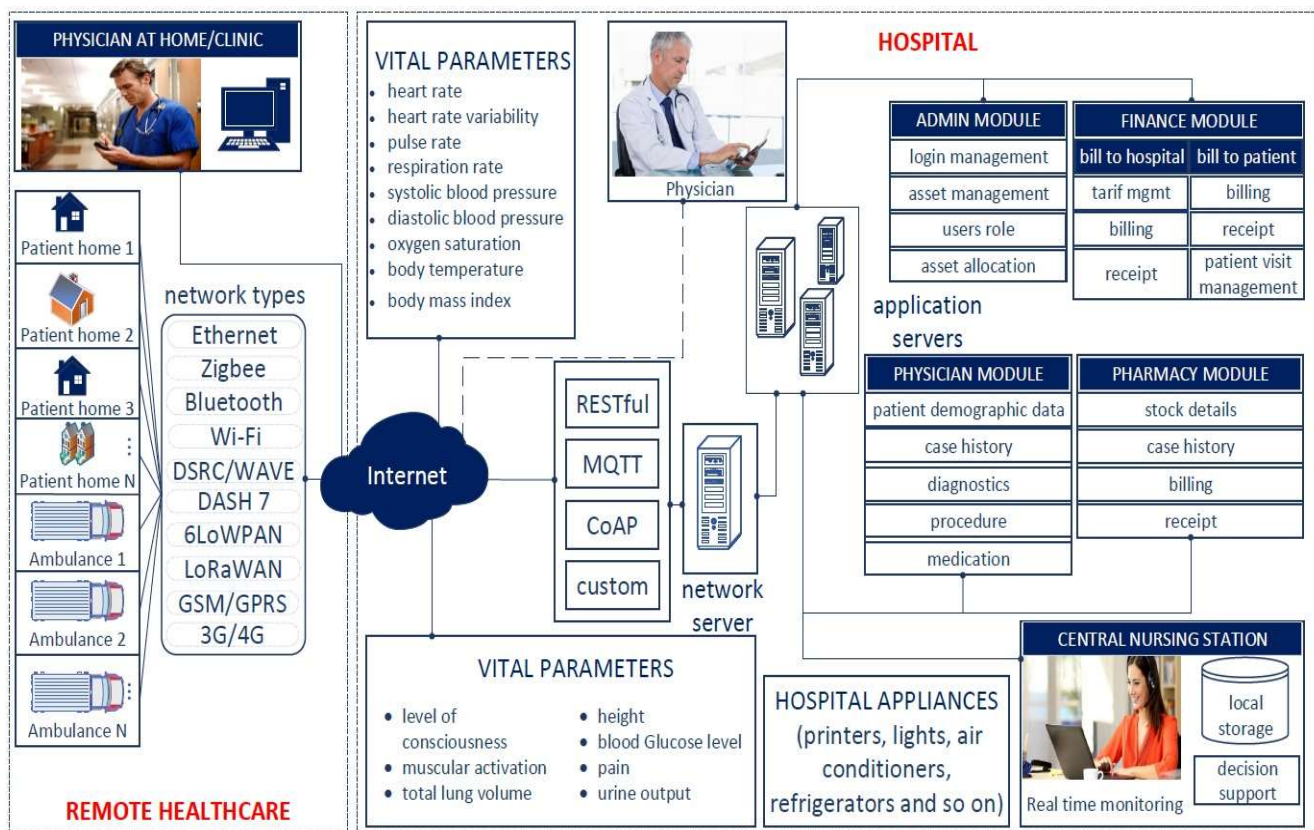


Рис. 1.2. Архітектура інтернету медичних речей (IoMT) [10]

Інтернет медичних речей використовується для:

- розробки та впровадження портативних пристроїв, які можуть дистанційно надсилати інформацію про фізіологічний стан пацієнтів працівникам медичних закладів;
- відстеження замовлень пацієнтів на доставку ліків та інформації про місцезнаходження пацієнтів, які перебувають в медичних закладах;
- дистанційного моніторингу стану пацієнтів із тривалими або хронічними захворюваннями.

Як і у випадку з концепцією інтернету речей, на сьогоднішній день існує значно більше можливостей для застосування IoMT, ніж раніше, оскільки велика кількість мобільних пристроїв користувачів мають вбудовані можливості використання технологій бездротової передачі даних, які дають змогу пристроям обмінюватися даними з IT-системами.

1.4. Огляд та аналіз відомих методів та засобів моніторингу стану здоров'я людини

На сьогоднішній день існує широкий асортимент пристроїв та систем для дистанційного моніторингу стану здоров'я на основі інтернету речей. До них відносяться аналізатори серцевого ритму та артеріального тиску, слухові апарати кардіостимулятори тощо. Такі системи продемонстрували свою ефективність, зокрема у випадках, коли процес лікування та спостереження за станом пацієнтів передбачає моніторинг ряду життєвих параметрів впродовж тривалого проміжку часу [4].

В роботі [11] запропоновано модель системи дистанційного моніторингу важливих показників здоров'я людини, таких як пульс, кров'яний тиск, температура, дихання. Для передачі даних використано бездротову технологію ZigBee. Недоліком даної системи є обмежена можливість застосування, оскільки вона призначена лише для тих пацієнтів, які лікуються стаціонарно в медичних закладах.

В статті [12] описана система моніторингу здоров'я на базі смартфонів. Компактний блок моніторингу біосигналу з низьким енергоспоживанням вимірював електрокардіограму (ЕКГ), фотоплетизмограму (ФПГ), температуру тіла, рівень насичення киснем, витрати енергії та інформацію про місцезнаходження людини (рис. 1.3).

Дані від датчиків передавалися до смартфона з використанням технології Bluetooth. Інформація про стан здоров'я надсилалася на віддалений сервер медичного закладу через вбудовану в смартфон мережу 3G/4G або Wi-Fi. Віддалений сервер міг стежити за кількома користувачами в режимі реального часу. У особливих випадках на сервері відображалася додаткова інформація, така як форма ЕКГ і ФПГ. Для підвищення ефективності передачі було реалізовано стиснення даних і простий алгоритм виправлення помилок.

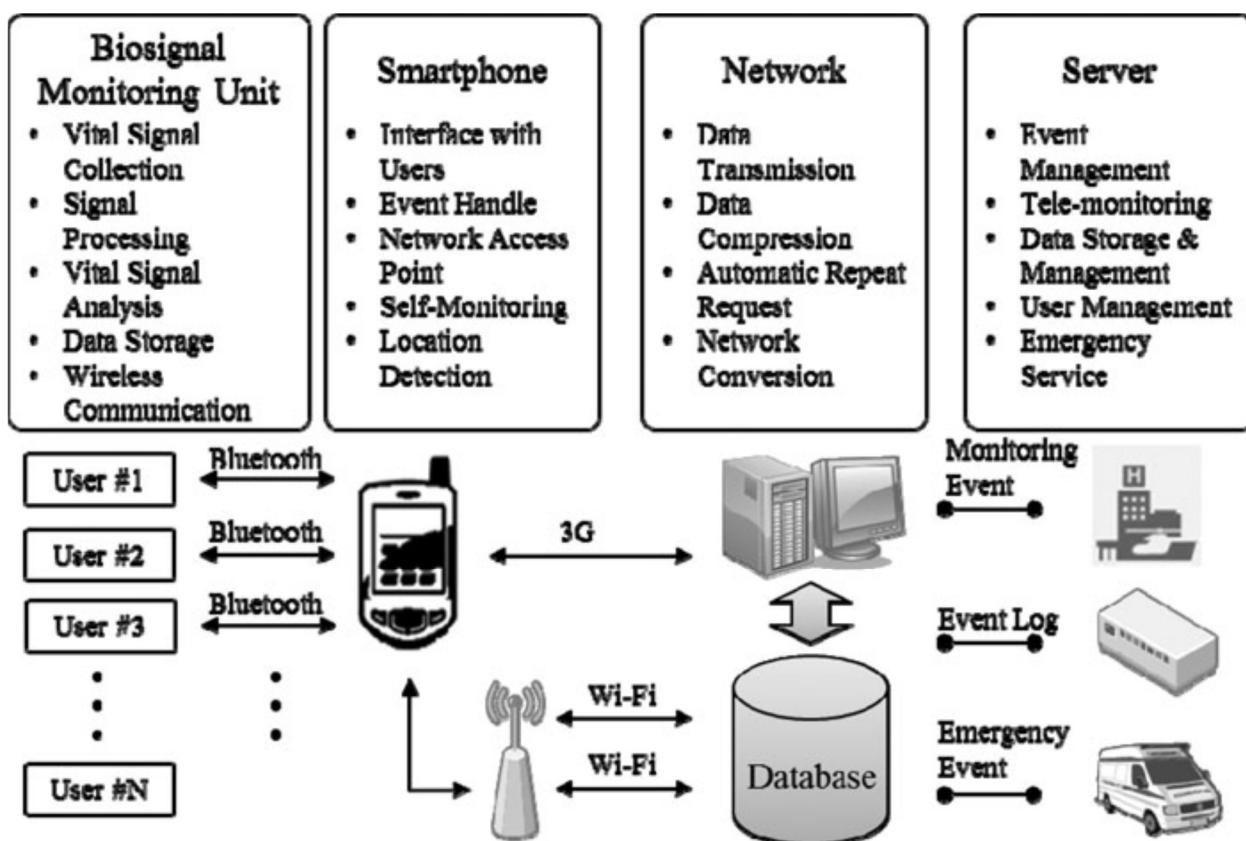


Рис. 1.3. Структурна схема мобільної системи моніторингу здоров'я на базі смартфона [12]

Автори [13] розробили методи та засоби попередження водіїв про їхній фізіологічний стан під час руху, який може бути небезпечним для водіння. Для цього використовуються датчики сучасних портативних мобільних пристроїв, таких як смарт-годинники і фітнес браслети (рис. 1.4). Фізіологічний стан водія оцінюється за безперервним аналізом таких параметрів: рівень кисню в крові, частота пульсу та температура. Ці дані обробляються з використанням інтелектуальних алгоритмів та надсилаються на сервер для зберігання та подальшого використання. Це дає можливість переглядати історію його показників, що дуже важливо для страхових компаній і медичних закладів.

До недоліків даної системи можна віднести відсутність можливості заміни датчиків для вимірювання фізіологічних параметрів без необхідності заміни всього мобільного пристрою.

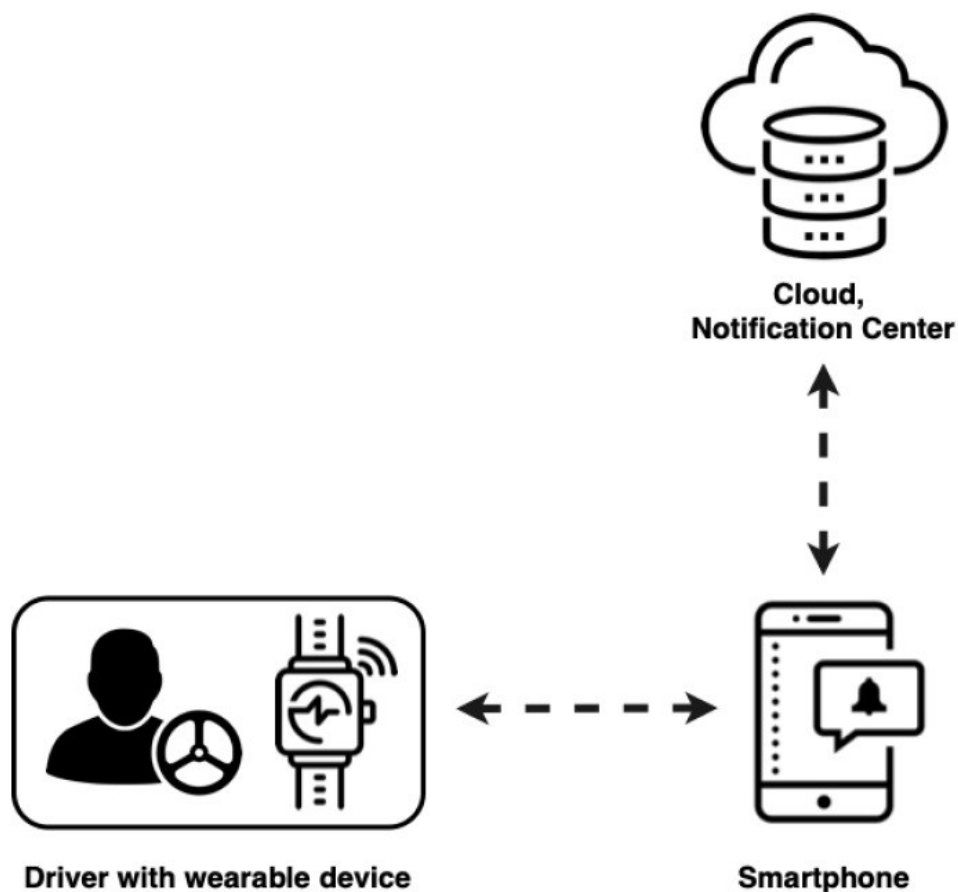


Рис. 1.4. Структурна схема системи для моніторингу фізіологічних параметрів водія [13]

Автори статті [14] розробили нову інтегровану систему телемоніторингу для взаємодії працівників медичних закладів та пацієнтів. Запропонована система інноваційно використовує технологію Smart-TV в якості засобу взаємодії між пацієнтом і надавачами медичних послуг (рис. 1.5). Автори стверджують, що запропоновану структуру можна застосувати для надання багатьох послуг в сфері охорони здоров'я, починаючи від віддаленого моніторингу хронічних захворювань пацієнта до реагування на нестандартні ситуації, такі як землетруси та цунамі, а також для телеконсультацій. Проте, на момент опублікування статті запропонована система не була реалізована на практиці.

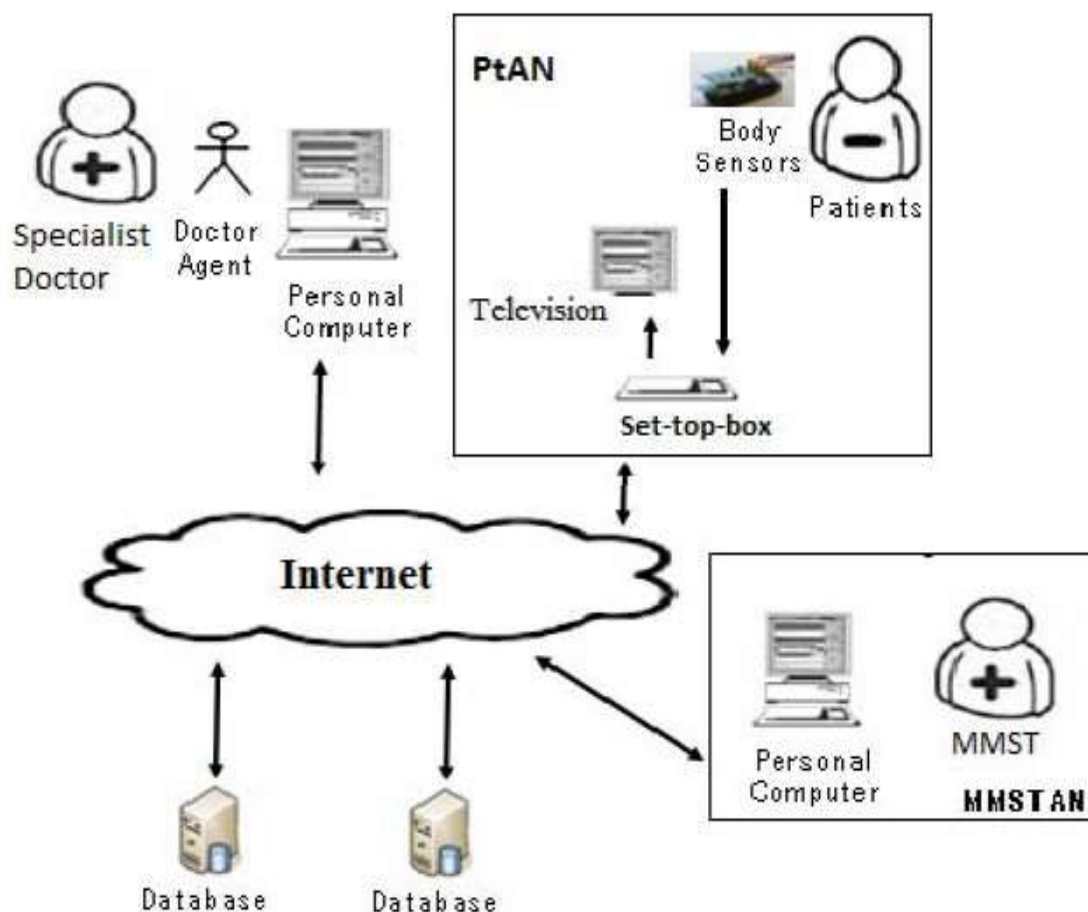


Рис. 1.5. Схема взаємодії між різними компонентами системи телемоніторингу на основі технології Smart-TV [14]

В статті [15] автори описують систему для дистанційного моніторингу температури тіла, яка розроблена на базі платформи Arduino та GSM модуля (рис. 1.6). Ця система вимірює безперервно температуру тіла людини, відображає її на LCD екрані та порівнює з пороговим значенням і у випадку його перевищення надсилає SMS сповіщення на мобільний телефон власника. Для цього застосовується GSM модуль SIM800C.

Недоліком такої системи є обмежена кількість контрольованих фізіологічних параметрів та відсутність можливості збереження результатів вимірювання впродовж тривалого періоду.

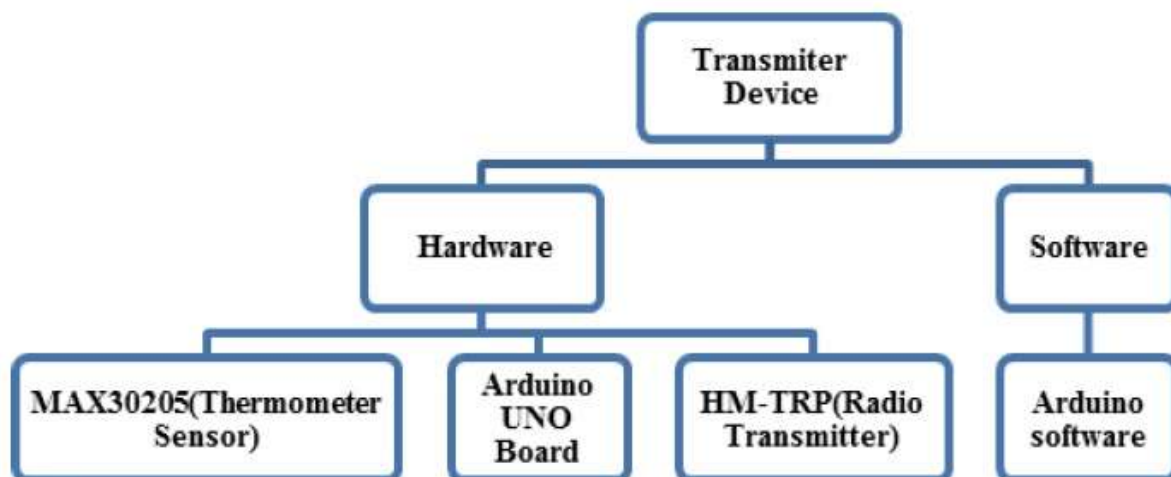


Рис. 1.6. Функціональна схема системи для дистанційного моніторингу температури тіла [15]

У роботі [16] представлена схожа система для дистанційного моніторингу здоров'я, яка отримує дані про артеріальний тиск пацієнта через смартфон та здійснює відображення їх через веб-інтерфейс для лікарів (рис. 1.7).

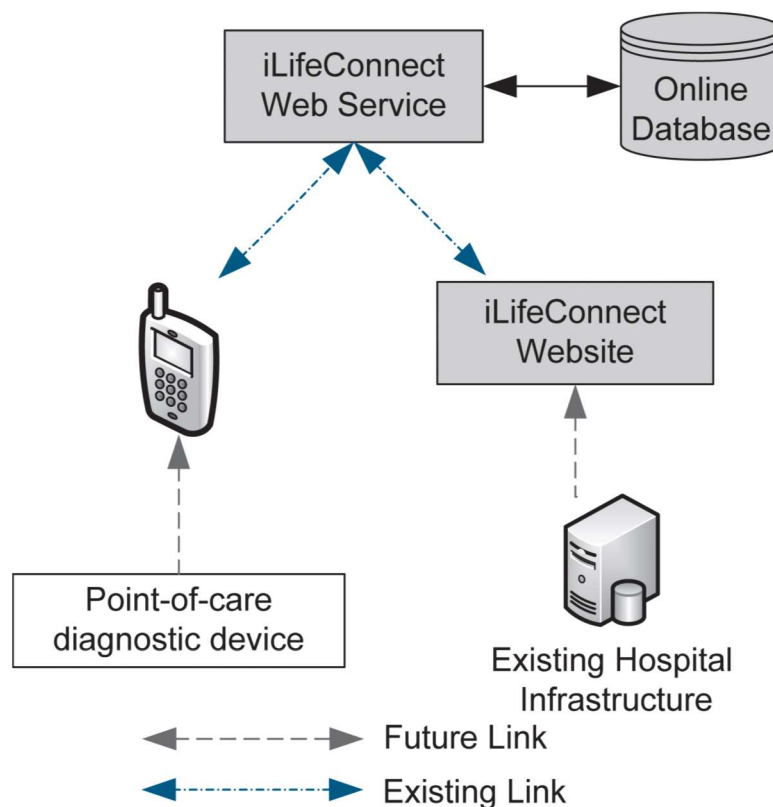


Рис. 1.7. Структурна схема системи для дистанційного моніторингу здоров'я [16]

У роботі [17] описана реалізація системи для контролю стану пацієнтів. Вона складається з трьох компонентів: Smart-TV, мобільний додаток та web-сервіс (рис. 1.8). Система здатна збирати важливі дані про пацієнтів та робити їх доступними для лікарів, які можуть аналізувати базу даних для діагностики та визначення засобів дистанційного лікування. Сумісність з іншими системами забезпечується завдяки використанню платформи Open m-Health, яка призначена для отримання, зберігання та візуалізації інформації.

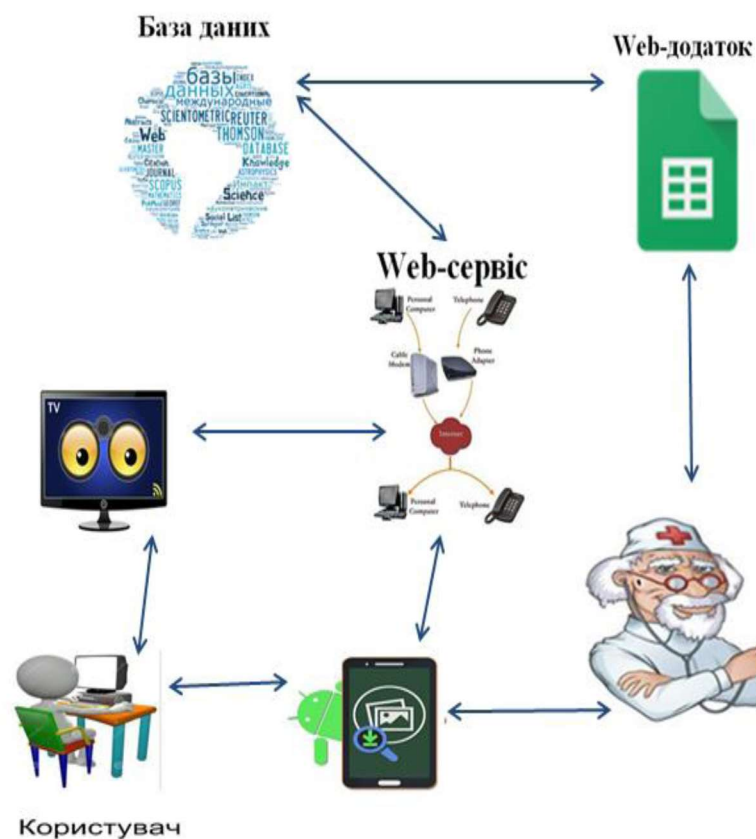


Рис. 1.8. Структура електронної системи дистанційного моніторингу здоров'я пацієнтів [4]

Варто відзначити, що розглянуті системи моніторингу здоров'я застосовують основні фізіологічні параметри для визначення стану пацієнтів. До них відносять: частоту серцевих скорочень, артеріальний тиск, рівень цукру в крові, дихальна активність тощо.

1.5. Висновки до розділу 1

В результаті аналізу літературних джерел виявлено, що в сучасній медицині віддалений моніторинг фізіологічних параметрів є важливим фактором в процесі діагностики складних захворювань, стеження за станом пацієнта після тривалого лікування, запобігання ускладнень після хірургічних операцій та оцінки ефективності лікувальних методів.

Однак у більшості медичних закладів практика тривалого спостереження за станом пацієнтів не застосовується через відсутність потрібного обладнання та програмного забезпечення для дистанційного моніторингу фізіологічного стану людини.

Проте новітні технології в галузі інтернету медичних речей, бездротових комунікацій та мініатюрних високоточних давачів сприяють у вирішенні існуючих проблем та пропонують шляхи підвищення якості надання медичних послуг.

РОЗДІЛ 2

РОЗРОБКА МЕТОДІВ ТА ЗАСОБІВ ДИСТАНЦІЙНОГО МОНІТОРИНГУ СТАНУ ЗДОРОВ'Я ЛЮДИНИ

2.1. Методи дистанційного спостереження за станом здоров'я людини

На рис. 2.1. представлена функціональна схема системи для реалізації методу відстеження стану здоров'я пацієнтів з функцією віддаленого моніторингу. Проєктована система має багаторівневу архітектуру, яка включає в себе апаратну складову, серверну та клієнтську частину. Система орієнтована на створення зручного та функціонального засобу для МСЗ людини.

Проєктована система включає в себе такі компоненти:

- датчик для визначення фізіологічного стану людини;
- мікроконтролер;
- WiFi-модуль;
- Bluetooth модуль;
- IoT-шлюз;
- IoT-сервер;
- додаток для відображення результатів моніторингу.

Передбачається, що пропонована система буде функціонувати в таких режимах роботи:

- передача даних напряму на IoT-сервер через WiFi-модуль;
- передача даних з використанням Bluetooth технології через IoT-шлюз, в якості якого може виступати смартфон.

Важливим засобом для отримання інформації про контрольовані параметри стану здоров'я людини в проєктованій системі моніторингу є мініатюрні датчики.

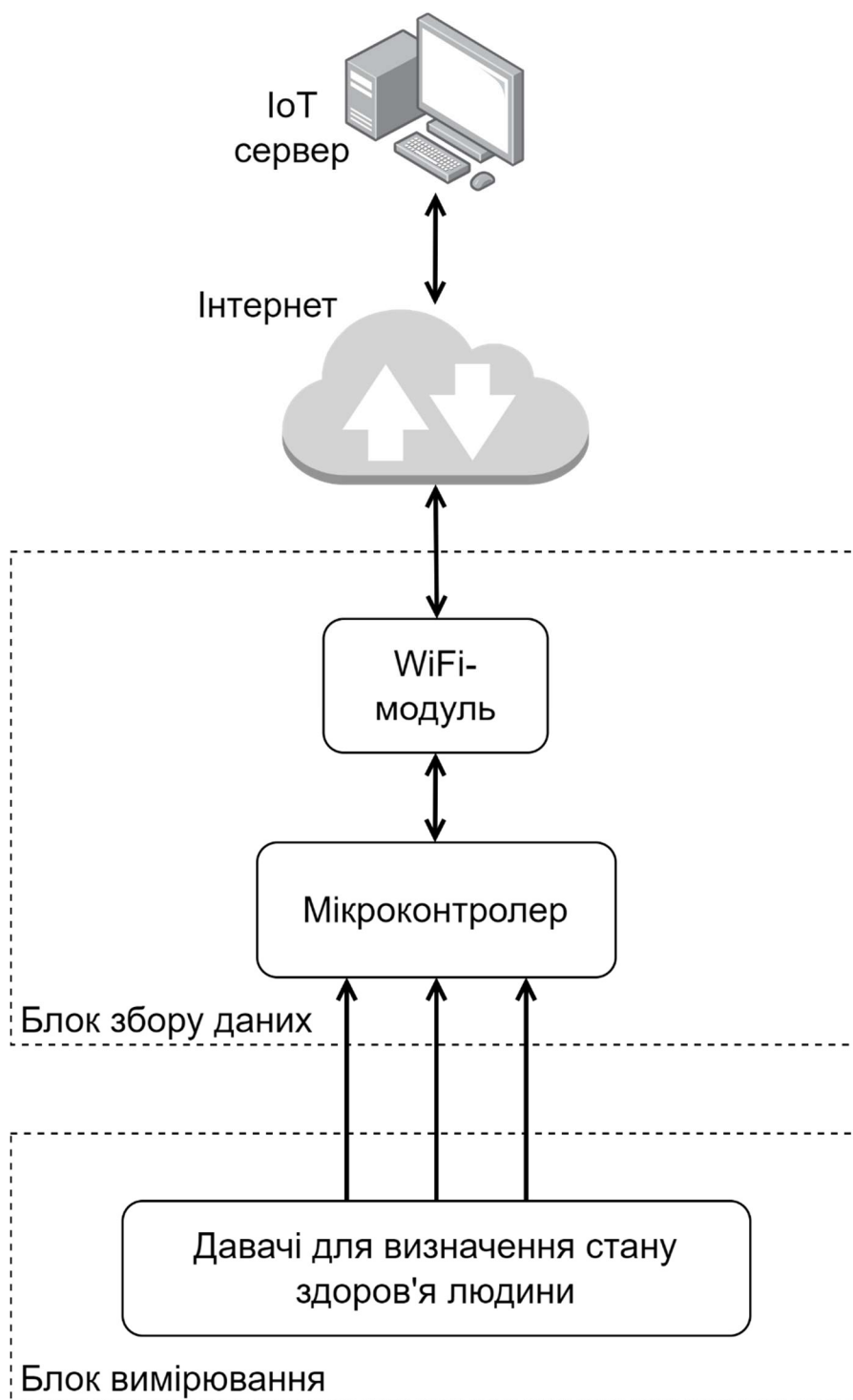


Рис. 2.1. Функціональна схема системи для дистанційного спостереження за станом здоров'я людини

На рис. 2.2 зображено структурну схему модуля для віддаленого контролю стану здоров'я людини.

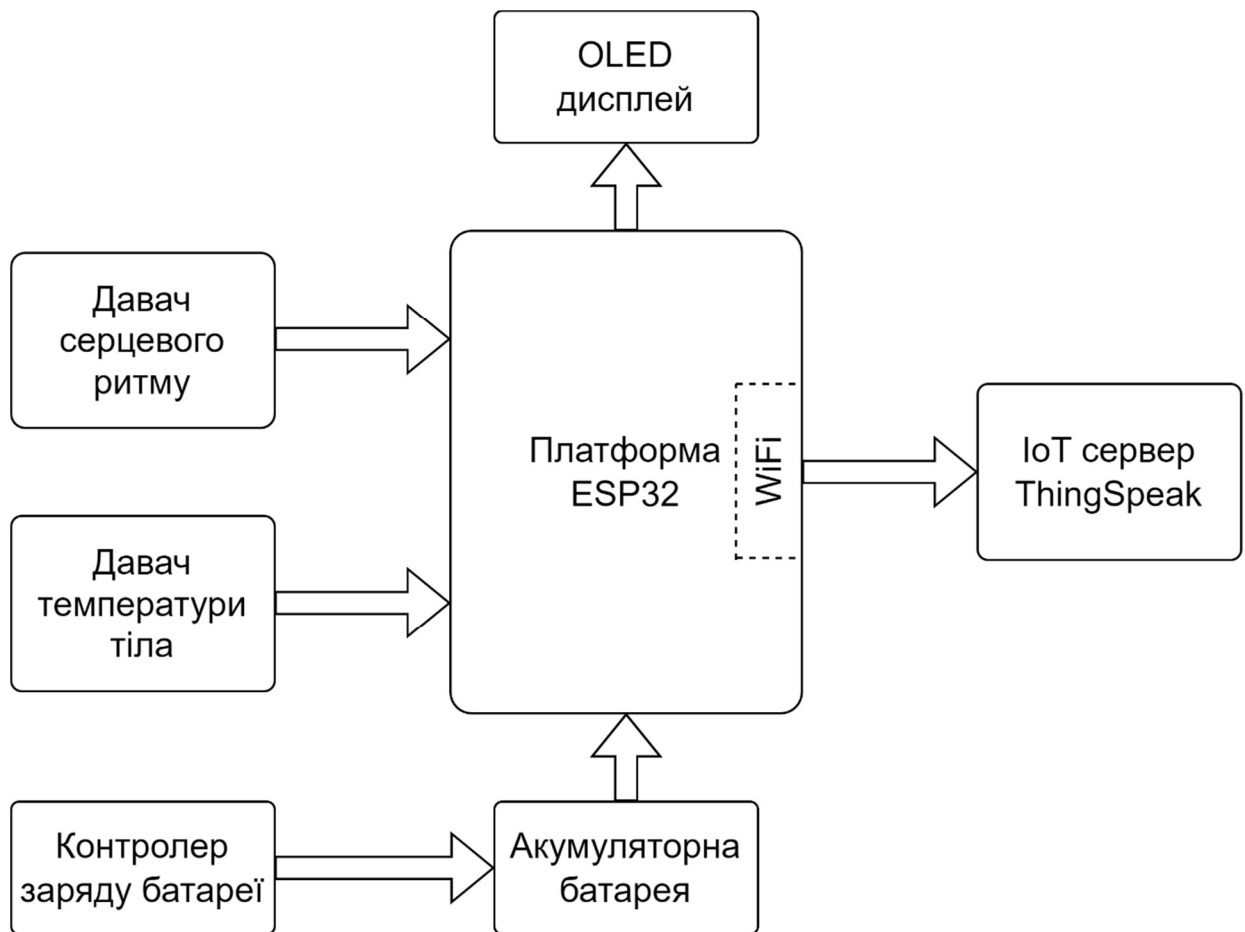


Рис. 2.2. Структурна схема модуля для віддаленого контролю стану здоров'я людини

Суть методу віддаленого контролю стану здоров'я людини полягає у наступному. Давачі серцевого ритму та температури, які прикріплені на тілі людини вимірюють значення пульсу та температури і передають їх на мікроконтролер, який, в свою чергу, надсилає дані до віддаленого сервера напряму, або через посередництво IoT шлюзу у вигляді смартфона.

Модуль повинен відповідати таким вимогам:

- виконувати збір даних від датчиків температури тіла, серцевого ритму та здійснювати їх фільтрацію;
- надіслати результати вимірювань до IoT-сервера з використанням бездротової технології передачі даних.

2.2. Методи та апаратні засоби вимірювання фізіологічних параметрів стану здоров'я людини

2.2.1. Внаслідок порівняльного аналізу існуючих на ринку модулів на базі мікроконтролера для реалізації проектованої системи було обрано платформу ESP32 WROOM, зовнішній вигляд якої наведено на рис. 2.3.

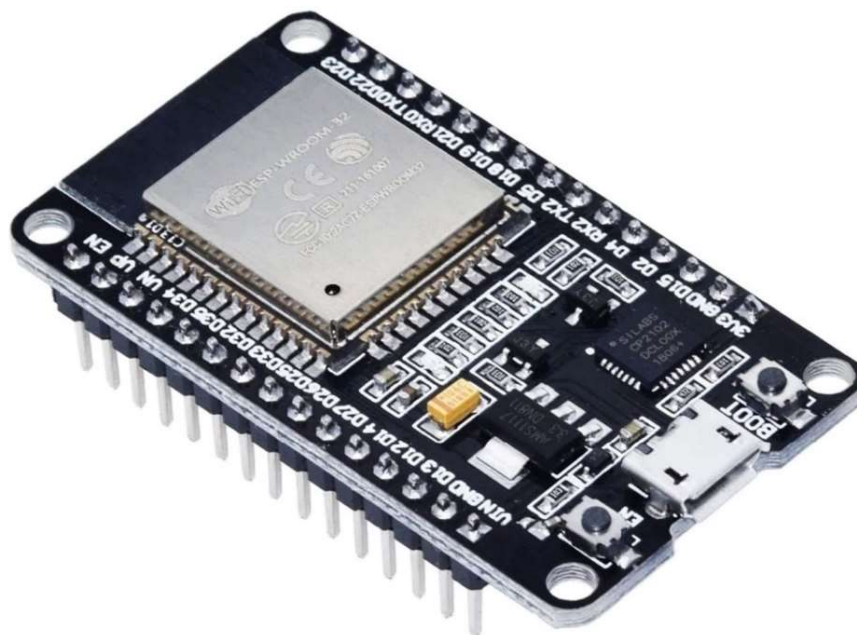


Рис. 2.3. Зовнішній вигляд плати ESP32 WROOM DEVKIT

Ця плата містить мікроконтролер з вбудованими WiFi та Bluetooth контролерами, що було визначальним фактором при її виборі. ESP32 WROOM DEVKIT являє собою повнофункціональний пристрій невеликих розмірів, який розроблений на основі мікроконтролера ESP32. Його зручно використовувати разом з макетною платою. Модуль ESP32 WROOM варто застосовувати у мобільних пристроях, які є обмеженими в розмірах. Саме тому, його було обрано для реалізації системи контролю стану здоров'я. В табл. 2.1 приведені технічні характеристики модуля ESP32 WROOM.

Характеристики 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 |

Функціональне призначення виводів плати наведено на рис. 2.4.

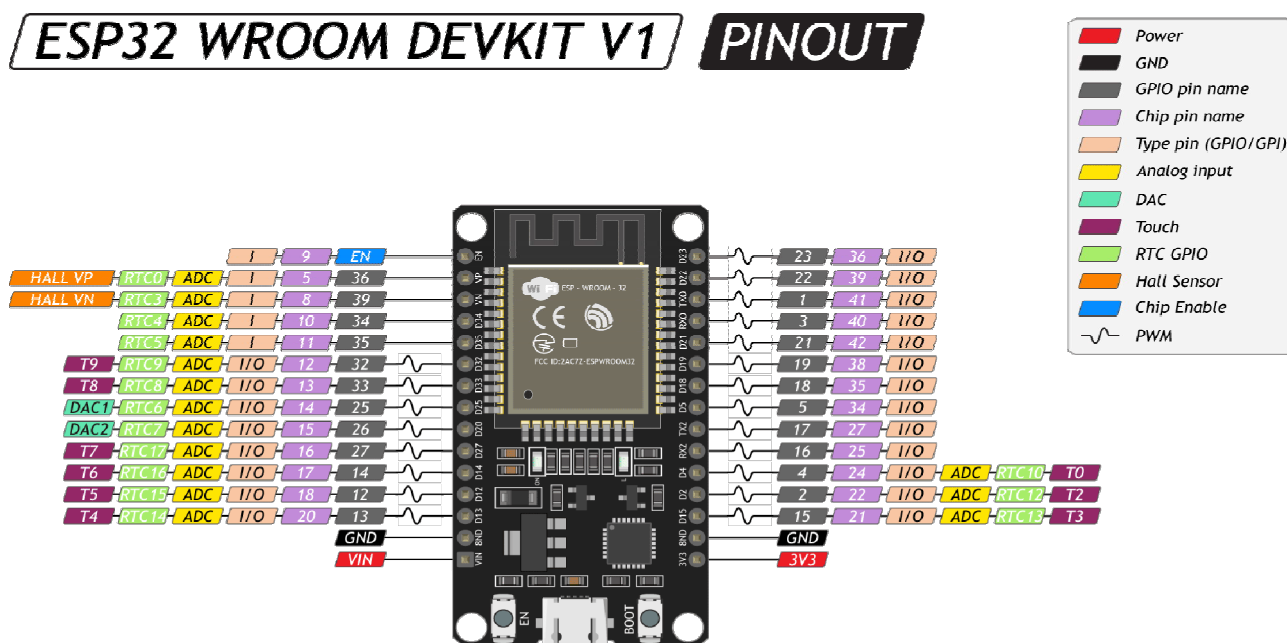


Рис. 2.4. Призначення виводів плати ESP32 WROOM

Платформа ESP32 WROOM розроблена на основі мікроконтролера ESP32, який виготовлений за принципом «система на кристалі». Він містить 32-розрядний двоядерний мікропроцесор Tensilica Xtensa LX6. Його тактова частота може змінюватись залежно від режиму енергоспоживання в діапазоні 80-240 МГц. Мікропроцесор має 448 кілобайт flash-пам'яті і 520 кілобайт SRAM. На рис. 2.5 приведена внутрішня структура мікроконтролера ESP32.

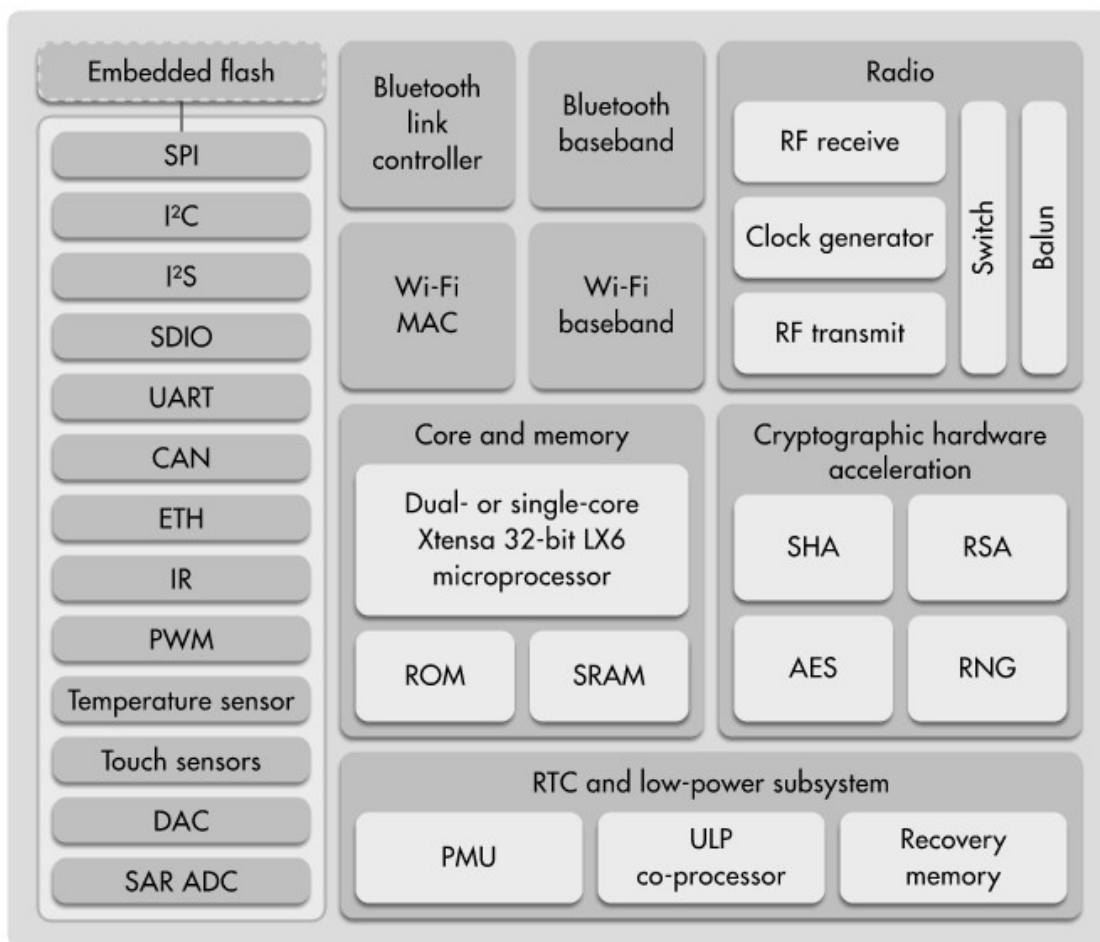


Рис. 2.5. Внутрішня структура мікроконтролера ESP32

Модуль ESP32 WROOM має достатню кількість виводів (цифрових та аналогових) для підключення зовнішніх пристроїв. Зокрема, в цьому проєкті це будуть датчики для вимірювання фізіологічних параметрів людини. Вбудований годинник реального часу та апаратна підтримка SD-карт також мають важливе значення для реалізації мети роботи.

2.2.2. Методи та засоби вимірювання серцевого ритму. Для вимірювання частоти скорочень серця людини в даному проєкті було обрано імпульсний давач серцевого ритму SEN-11574 (рис. 2.6).

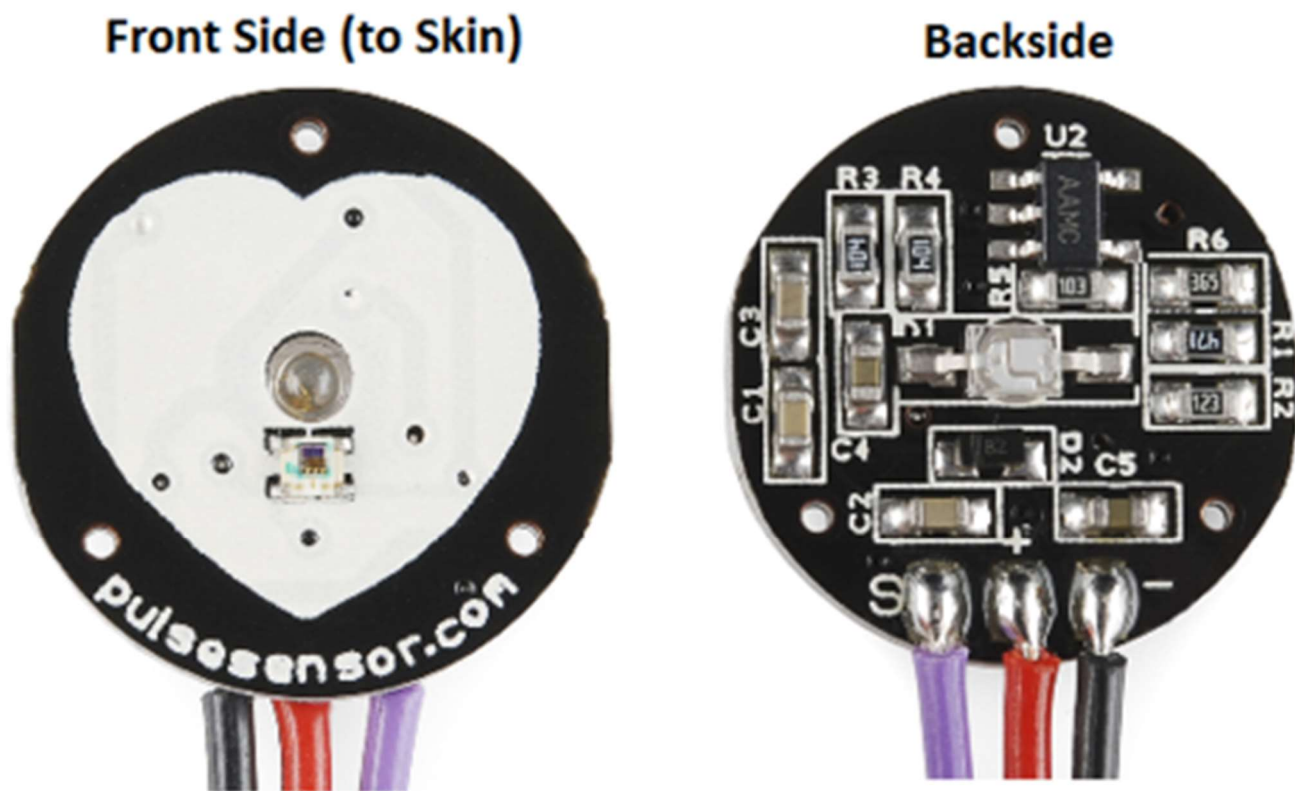


Рис. 2.6. Зовнішній вигляд модуля давача серцевого ритму SEN-11574

Це аналоговий давач невеликих розмірів, за допомогою якого можна вимірювати пульс людини з високою точністю. На платі давача розміщені світлодіод та фотодіод. Вони встановлені таким чином, щоб світловий промінь, який генерується світлодіодом, потрапляв на фотодіод відбившись від перешкоди у вигляді мочки вуха або пальця руки.

Принцип роботи давача серцевого ритму базується на оптичному вимірюванні світлового потоку, який відбивається від кровоносних судин (рис. 2.7). Судини змінюють власну оптичну щільність в процесі наповнення

кров'ю. Це впливає на зміну інтенсивності відбитого світлового потоку, на які реагує давач.

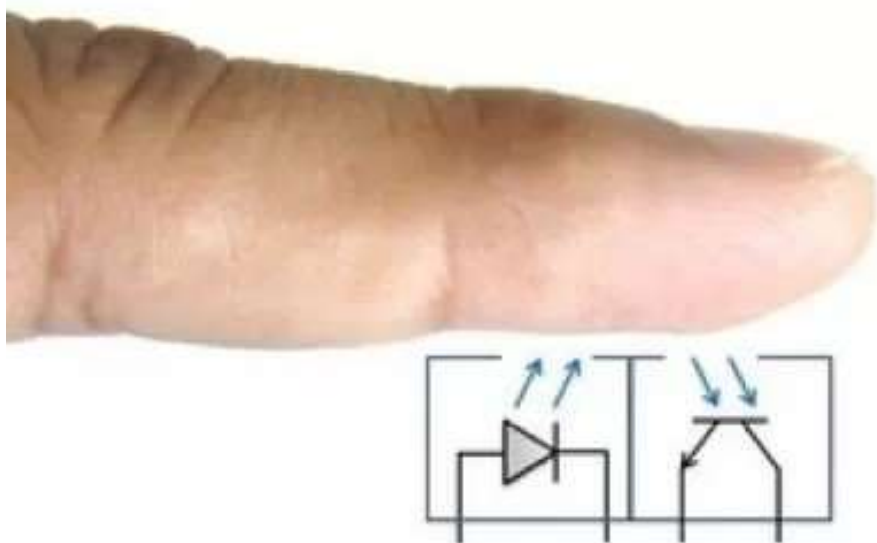


Рис. 2.7. Принцип роботи давача серцевого ритму

Внутрішня електрична схема давача розроблена таким чином, щоб реагувати лише на відносну зміну інтенсивності потоку світла. Якщо світловий потік, який потрапляє на чутливий елемент давача, залишається постійним, то величина вихідного сигналу буде дорівнювати приблизно половині робочої напруги. Якщо фіксується більша інтенсивність випромінювання світлового потоку, то напруга на виході давача збільшується, а якщо інтенсивність менша – то, відповідно, напруга зменшується.

Давач серцевого ритму живиться від напруги 5 В або 3,3 В, споживаючи струм 4 мА. Він не потребує виконання процесу калібрування і підходить для визначення пульсу будь-якої людини завдяки універсальному принципу вимірювання. Давач має три виводи, два з яких використовуються для подачі живлення і один є аналоговим виходом, який під'єднується до АЦП. На платі давача передбачені електричні кола, які забезпечують формування вихідного аналогового сигналу, який максимально очищений від шумів.

Схема електрична принципова модуля давача серцевого ритму SEN-11574 наведена на рис. 2.8. Вона складається з оптичного давача серцебиття, схеми підсилення та схеми заглушення шумів.

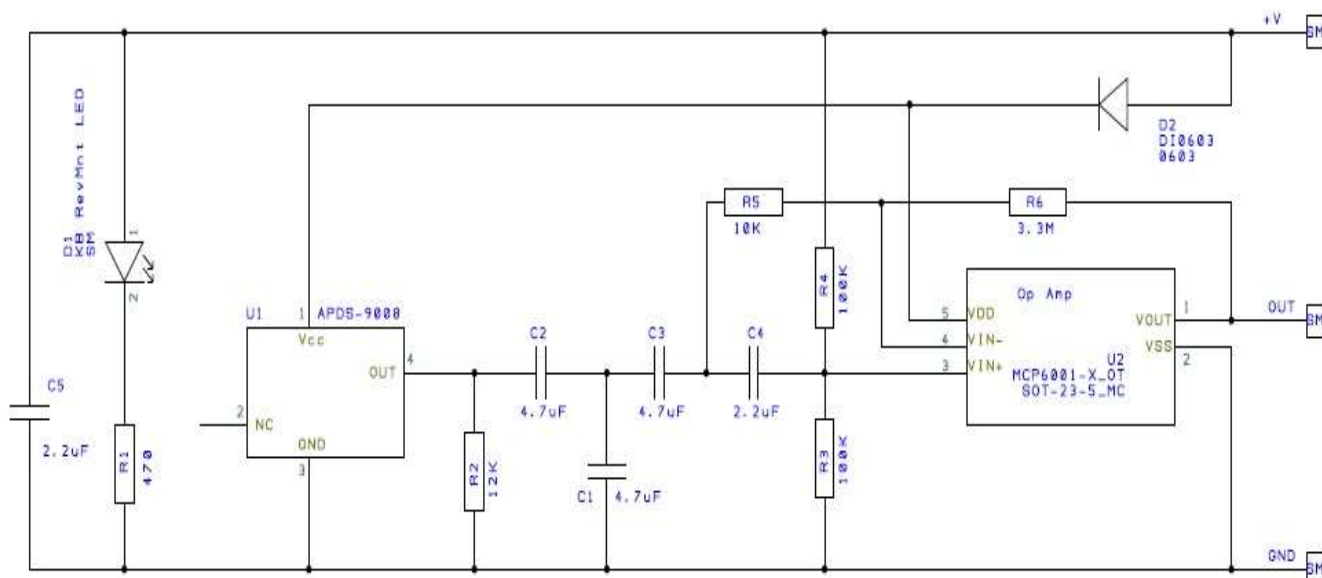


Рис. 2.8. Схема електрична принципова модуля давача серцевого ритму SEN-11574

2.2.3. Методи та засоби вимірювання температури тіла. Давач MAX30205 призначений для вимірювання температури тіла. Він генерує цифровий сигнал на виході, використовуючи сигма-дельта АЦП високої роздільної здатності. Давач вимірює температуру в діапазоні від нуля до п'ятидесяти градусів Цельсія. Точність вимірювання при цьому становить $\pm 0,1^{\circ}\text{C}$ (в діапазоні від 37°C до 39°C). Висока чутливість цього давача дозволяє його використовувати в медичному обладнанні.

MAX30205 характеризується низьким енергоспоживанням, що важливо при використанні в портативних пристроях. На платі давача розміщений зумер, який генерує звуковий сигнал у випадку переривання процесу вимірювання. Зовнішній вигляд MAX30205 зображений на рис. 2.9.



Рис. 2.9. Зовнішній вигляд давача MAX30205 температури тіла

Живиться давач MAX30205 від напруги в діапазоні 2,7..3,3 В, споживаючи при цьому струм до 600 мкА. Передача даних від давача здійснюється через I²C інтерфейс. В табл. 2.2 приведені технічні характеристики давача MAX30205.

Таблиця 2.2

Характеристики давача температури тіла MAX30205

| 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 |

Існує декілька режимів роботи цього датчика. Зокрема, MAX30205 може використовувати енергозберігаючий режим одноразового короткочасного вимкнення та ввімкнення. Також передбачена можливість аварійного відключення його роботи у випадку перегріву його компонентів. Схема підключення датчика MAX30205 до шини I²C наведена на рис. 2.10.

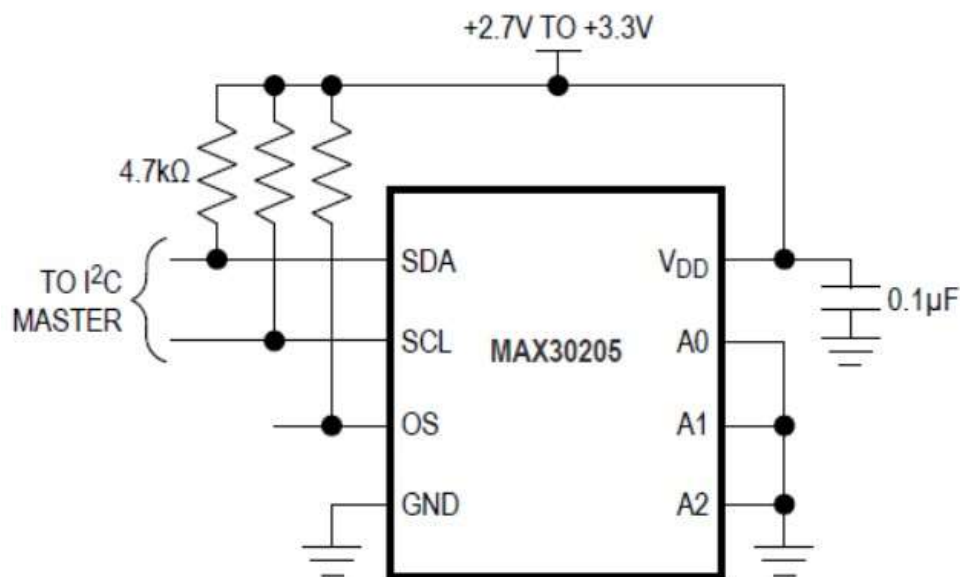


Рис. 2.10. Схема підключення датчика MAX30205 температури тіла до шини I²C

2.2.4. Контролер заряду акумулятора. Передбачається, що пристрій для моніторингу фізіологічних параметрів повинен бути портативним і живитись від автономного джерела у вигляді акумуляторної батареї. Тому, в схемі передбачено модуль TP4056, який контролює процес зарядження та розрядження акумулятора для того, щоб не допустити вихід його напруги за межі допустимих значень. (рис. 2.11). Цей процес великою мірою схожий на контроль зарядки смартфона чи іншого портативного гаджета.



Рис. 2.11. Зовнішній вигляд TP4056

На платі модуля передбачені яскраві світлодіоди, які інформують про перебіг процесу зарядження чи розрядження акумулятора. Живлення до модуля подається через microUSB роз'єм, або через контакти, які розміщені біля нього. Електрична схема модуля TP4056 зображена на рис. 2.12.

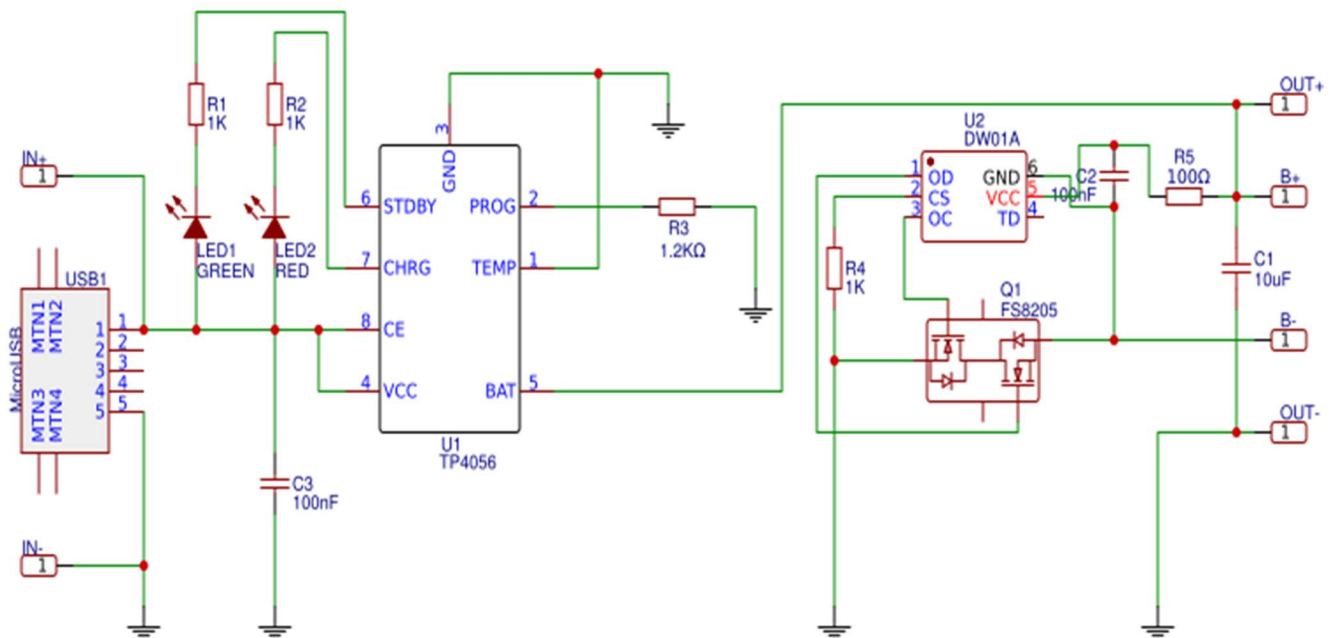


Рис. 2.12. Електрична схема контролера заряду акумуляторної батареї

TP4056

2.2.5. Методи та засоби відображення результатів вимірювання фізіологічних параметрів. Графічний OLED дисплей в проєктованій системі застосовується для відображення результатів моніторингу стану здоров'я екрані (рис. 2.13). OLED дисплей характеризується роздільною здатністю 128x64 та наявністю I2C інтерфейсу. Екран дисплея має високі показники контрастності та яскравості, а також великий кут огляду. Перевагою цього дисплея є низький рівень споживання енергії, що є важливим при використанні в портативних пристроях.

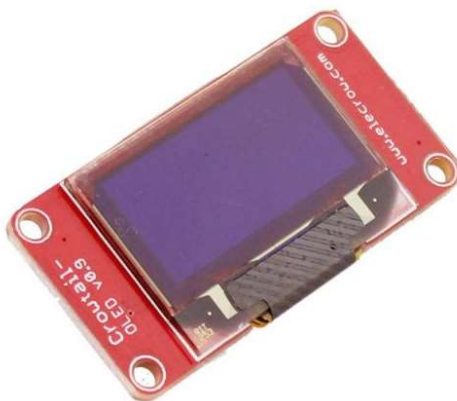


Рис. 2.13. Зовнішній вигляд графічного OLED дисплея

Основні характеристики OLED дисплея представлені в табл. 2.3.

Таблиця 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 |

2.3. Методи та засоби проєктування системи контролю стану здоров'я

Проєктування електричної схеми виконувалось із застосуванням середовища EasyEDA (рис. 2.14), яке містить набір потужних інструментів для розробки апаратного забезпечення. EasyEDA містить цілий ряд важливих компонентів:

- редактор для проєктування електричних схем;
- засоби для створення електронних компонентів;
- інструмент для розробки друкованих плат;
- веб-інтерфейс для роботи онлайн, який надає можливість зберігати результати проєктування в хмарі;
- систему для управління проєктами, яка дає змогу працювати одночасно кільком користувачам над одним проєктом.

Вагомим фактором при виборі цього середовища є відсутність плати за користування та наявність великої бібліотеки готових компонентів.

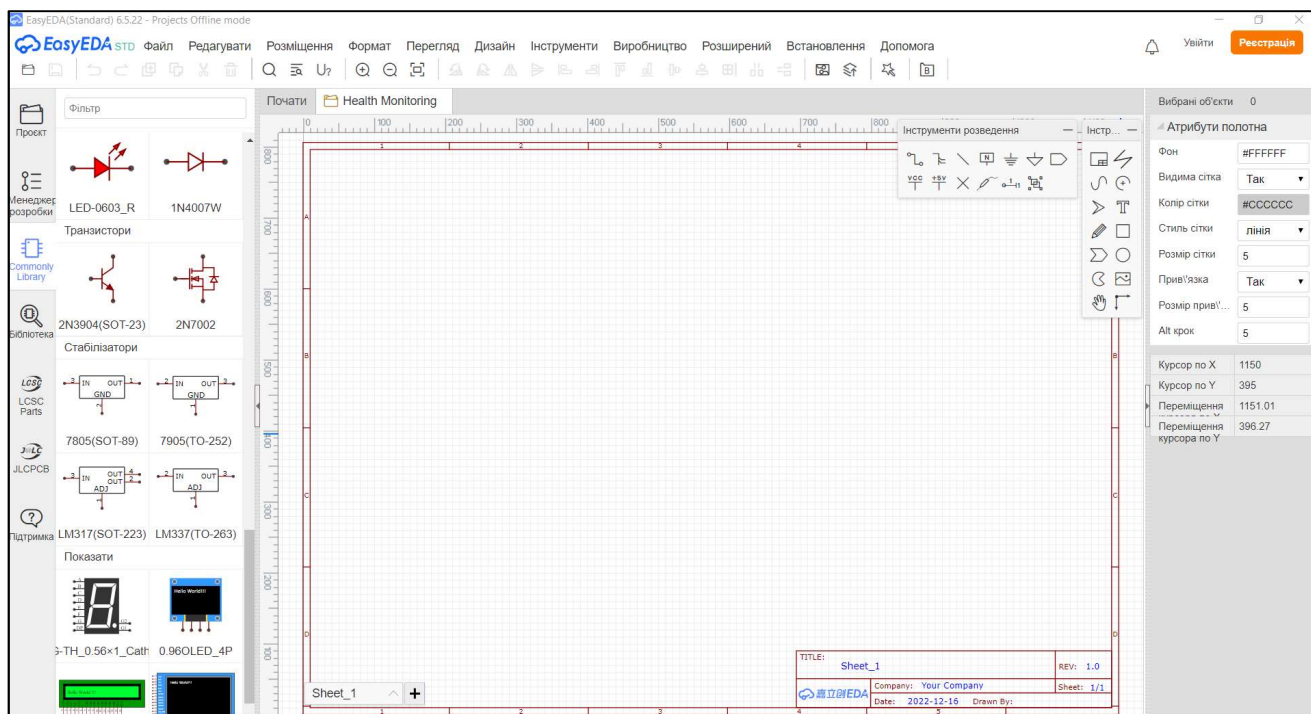


Рис. 2.14. Середовище EasyEDA для розробки електричної схеми з'єднань для проєктованої системи

На рис. 2.15 приведений результат розробки електричної схеми з'єднань модуля для контролю стану здоров'я.

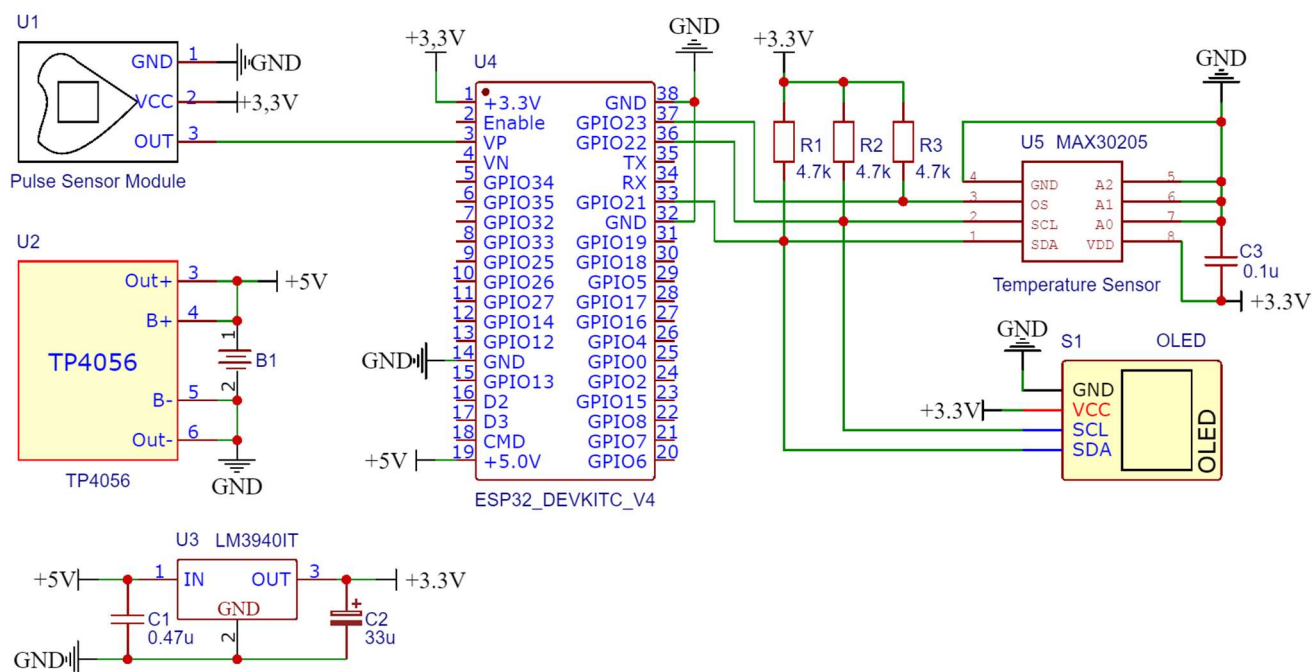


Рис. 2.15. Електрична схема з'єднань модуля для контролю стану здоров'я

Центральним елементом схеми є модуль ESP32 WROOM DEVKIT, який має умовне позначення U4. Живиться він від напруги +3,3 В, яка формується завдяки мікросхемі LM3940IT (U3). Вона отримує на вхід напругу +5 В від акумуляторної батареї B1 та контролера її заряду – модуля TP4056, який має позначення U2 на схемі. Керамічний конденсатор C1 з номіналом 470 нФ та електролітичний конденсатор C2 на 33 мФ виконують фільтруючу функцію у схемі.

Модуль давача серцевого ритму U1, який теж живиться від напруги +3,3 В, під'єднаний до аналогового входу плати U4. Давач температури тіла MAX30205, який має позначення U5 на схемі, видає дані в цифровому форматі на шину I²C. До цієї самої шини під'єднані лінії OLED дисплея S1. Резистори R1, R2 та R3 номіналом 4,7 кОм підтягують лінії шини I²C до напруги живлення +3,3 В.

2.4. Висновки до розділу 2

В результаті виконання другого розділу виконано розробку методів та апаратних засобів системи для дистанційного відстеження параметрів стану здоров'я людини. Синтезовано структурну схему пристрою для контролю стану здоров'я на основі платформи ESP32 WROOM, датчиків серцевого ритму та температури тіла людини. Обґрунтовано вибір компонентів системи та приведений їх детальний опис. Розроблено електричну схему з'єднань проєктованого пристрою.

РОЗДІЛ 3

ПРАКТИЧНА РЕАЛІЗАЦІЯ СИСТЕМИ ДЛЯ ВІДДАЛЕНОГО КОНТРОЛЮ
СТАНУ ЗДОРОВ'Я

3.1. Розробка алгоритму роботи програми для системи дистанційного контролю стану здоров'я

Для досягнення мети роботи було розроблене алгоритмічне забезпечення проєктованої системи. На рис. 3.1 зображено блок-схему алгоритму роботи програми системи для контролю стану здоров'я людини. Алгоритм починається з ініціалізації I²C та UART інтерфейсів та підключення зовнішніх бібліотек:

- Wire.h – бібліотека для підтримки I²C інтерфейсу;
- Protocentral_MAX30205.h – бібліотека для роботи з давачем температури;
- PulseSensorPlayground.h – бібліотека для роботи з давачем пульсу;
- WiFi.h – бібліотека для передачі даних з використанням WiFi технології;
- ThingSpeak.h – бібліотека для роботи з хмарним IoT сервером.

Крім того, перед початком головного циклу відбувається налаштування підключення до мережі через бездротове WiFi з'єднання з використанням IP-протоколу.

В головному циклі програми відбувається опитування стану давача температури тіла по I²C інтерфейсу, а також вимірювання пульсу людини шляхом опитування каналу АЦП, до якого підключений давач серцевого ритму. Отримана інформація відображається на OLED дисплеї по інтерфейсу I²C, а також виводиться на послідовний порт для відображення даних вимірювання в реальному часі.

Після цього відбувається аналіз наявності підключення до інтернету та передача вимірних даних через певний період часу на веб-сервер. Передача здійснюється з використанням REST API.

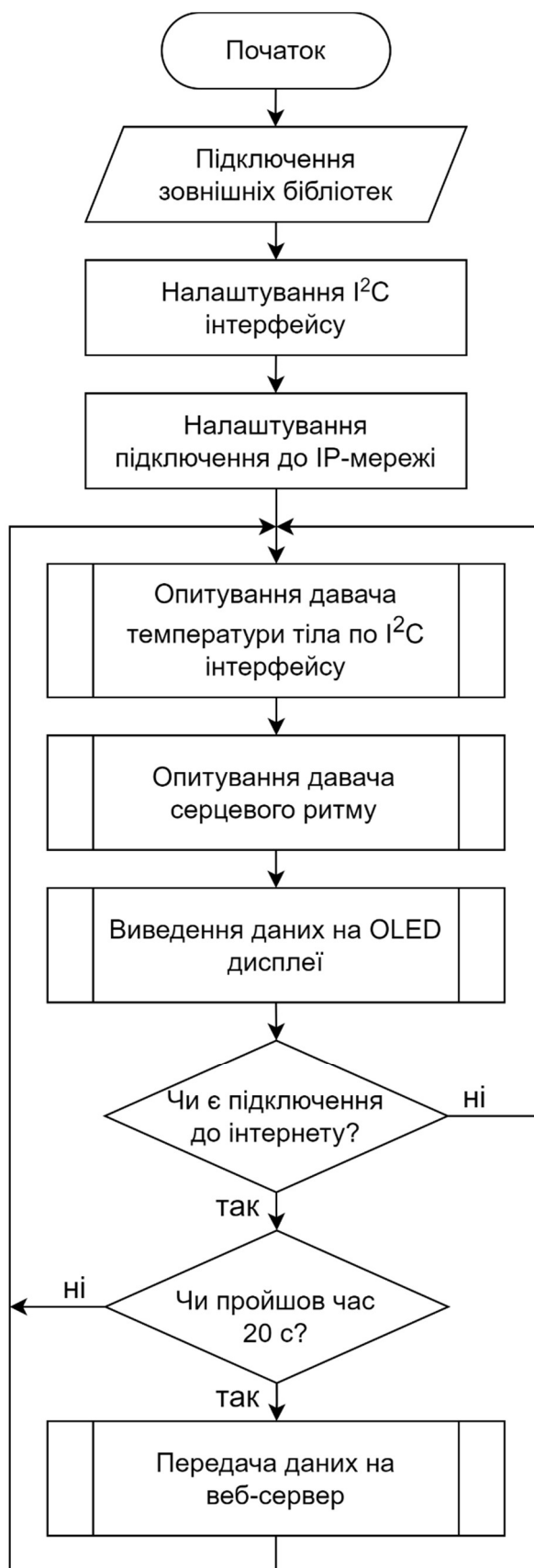


Рис. 3.2. Алгоритм роботи програми для системи дистанційного моніторингу стану здоров'я людини

3.2. Вибір засобів реалізації і середовища розробки програмного забезпечення

Для створення ПЗ для мікроконтролера ESP32 в проєктованій системі було обрано мову програмування Processing, яка створена на базі мов C/C++. В якості середовища розробки було використано Arduino IDE, зовнішній вигляд якого показано на рис. 3.2.

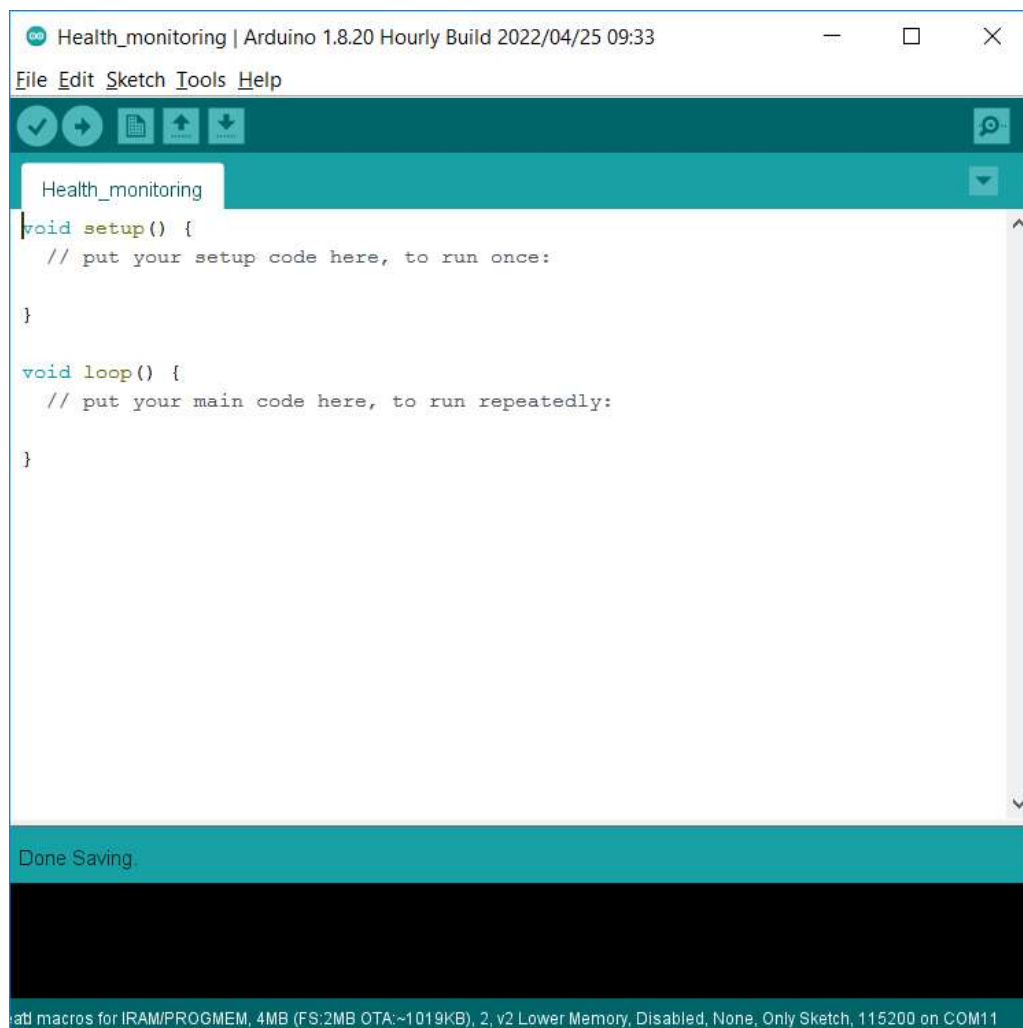


Рис. 3.2. Зовнішній вигляд робочої області середовища розробки Arduino IDE

Arduino IDE – це універсальний крос-платформний додаток для розробки низькорівневого ПЗ для мікроконтролерів. Він повністю безкоштовний і дозволяє підключати велику кількість програмних бібліотек, які значно спрощують процес написання ПЗ.

Вибір середовища Arduino IDE для розробки проектованої системи обумовлений багатьма його перевагами, серед яких:

- відсутність необхідності у великому об'ємі пам'яті;
- невимогливість до ресурсів комп'ютера;
- простота та зручність у користуванні;
- легкий процес підключення до плати;
- повна сумісність з операційними системами Windows;
- наявність вибору кількох мов програмування;
- достатня кількість функцій та інструментів, необхідних для роботи.

Програма, яка написана в Arduino IDE називається скетчем. Перед першою компіляцією, програма повинна бути збережена в окремому файлі на комп'ютері.

3.2.1. Налаштування середовища розробки програми для модуля ESP32. Для того, щоб мати можливість писати програмний код для мікроконтролера плати ESP32, необхідно встановити відповідний модуль в додатку Arduino IDE. Для цього потрібно відкрити вікно «Preferences» в пункті меню «File» і у відповідному полі вставити посилання на файл в форматі .JSON (рис. 3.3):

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

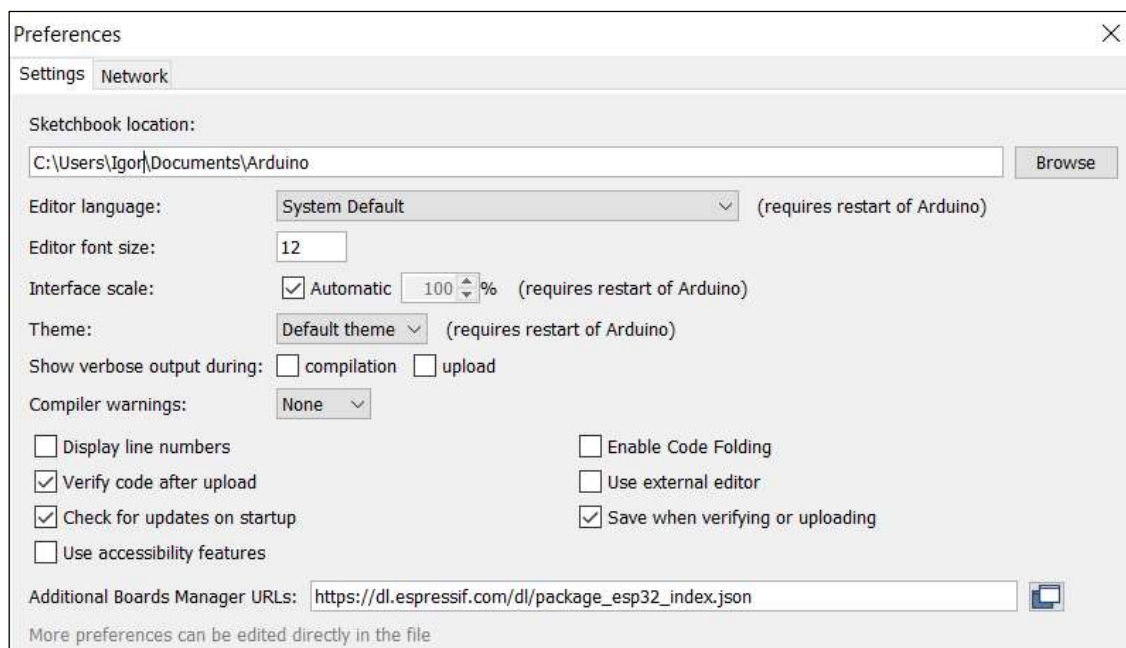


Рис. 3.3. Процес налаштування Arduino IDE

Далі у вікні «Boards Manager», яке можна відкрити в пункті меню «Tools» – «Board», було знайдено та встановлено модуль «esp32» (рис. 3.4).

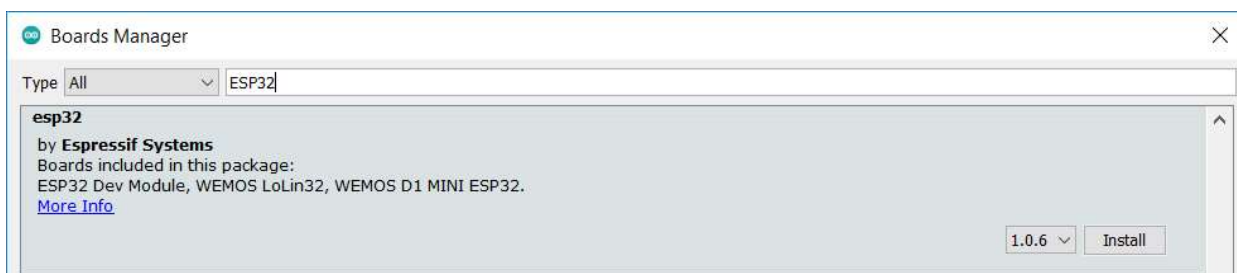


Рис. 3.4. Процес встановлення модуля в Arduino IDE для роботи з платформами, які працюють на базі мікроконтролера ESP32

Після цього в пункті меню «Board» можна буде вибрати тип плати «ESP32 Dev Module» (рис. 3.5).

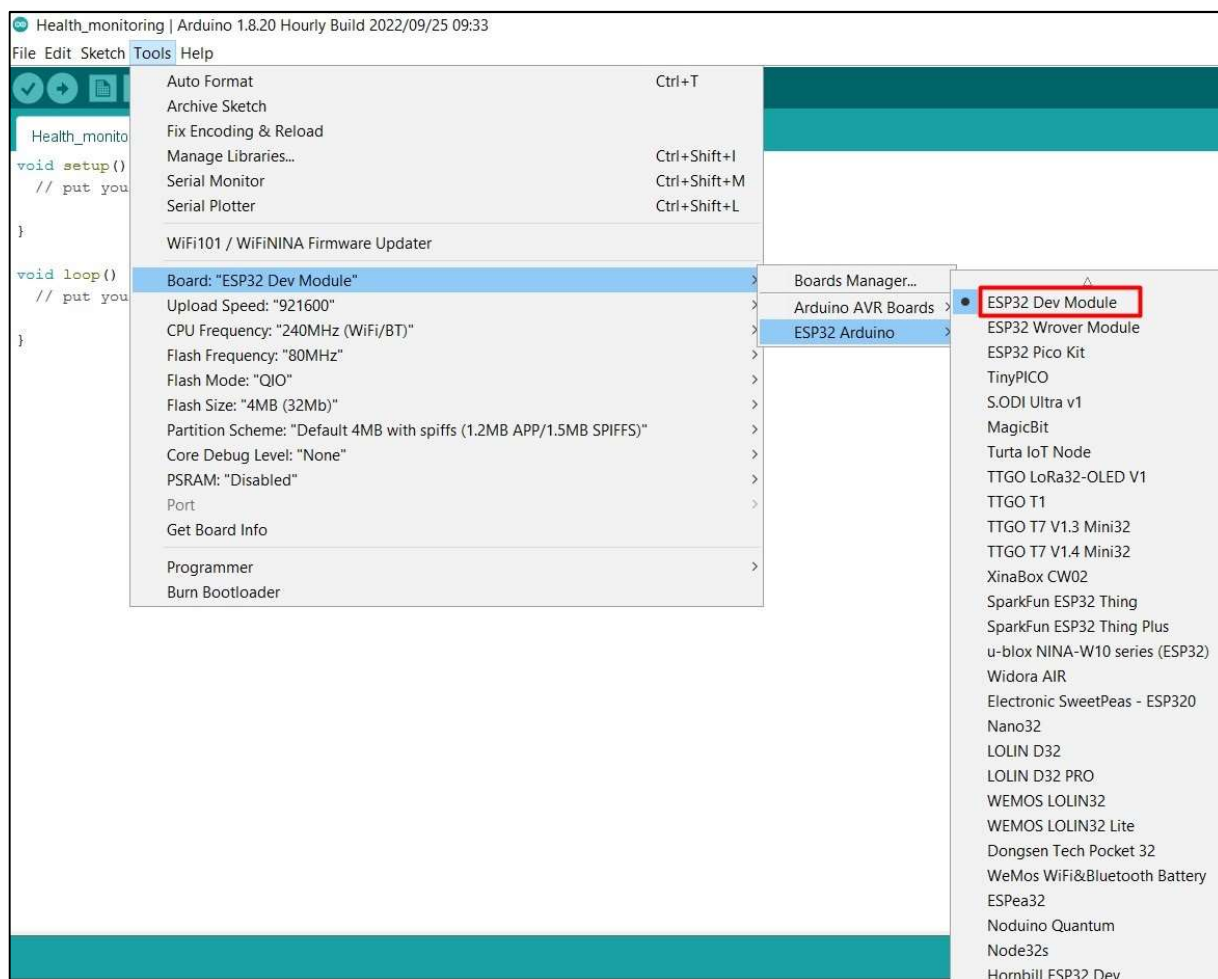


Рис. 3.5. Вибір платформи ESP32 Dev Module для проєкту в Arduino IDE

3.2.2. Встановлення зовнішніх бібліотек. Бібліотеки для Arduino – це файли, в яких знаходиться програмний код у вигляді функцій та структур даних. Їх можна підключити до проєкту, попередньо встановивши в середовищі Arduino IDE. У бібліотеках може зберігатися код, який необхідний для зручнішої роботи з різними компонентами: давачами, модулями, індикаторами тощо. Застосування бібліотек суттєво полегшує написання коду, через те що можна сконцентрувати зусилля на основній логіці програми, не затрачаючи часу на велику кількість другорядних речей. На даний час багато бібліотек розміщені в інтернеті, звідки їх можна безкоштовно завантажити для подальшого використання.

Структурно бібліотекою є певний каталог, який містить папки з файлами. В процесі компіляції та збирання всього проєкту Arduino IDE автоматично вставляє в код ті функції, класи та структури даних з бібліотек, які встановлені, включені і застосовуються в проєкті. Таким чином, програмісту залишається вставити у потрібні місця свого коду відповідні команди, перед тим впевнившись, що необхідна бібліотека інстальована.

Перед початком використання бібліотеки, необхідно на початку програмного коду розмістити файл заголовку з розширенням `.h` після директиви `include`. Для встановлення бібліотек можна скористатись кількома способами: вручну або засобами Arduino IDE.

В межах проєкту кваліфікаційної роботи було використано другий спосіб. Для цього в пункті меню `Tools` потрібно вибрати `Manage Libraries`, після чого відкриється вікно `Library Manager`, в якому в пошуку можна ввести назву необхідної бібліотеки. Таким чином була встановлена бібліотека для роботи з давачем серцевого ритму (рис. 3.6).

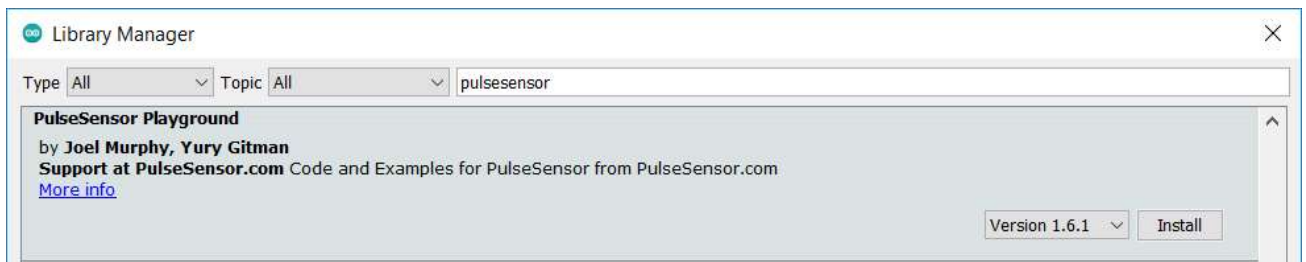


Рис. 3.6. Процес встановлення зовнішньої бібліотеки PulseSensor в Arduino IDE

3.3. Розробка програмного забезпечення для проєктованої системи

3.3.1. Програмна реалізація процесу опитування датчика серцевого ритму. Для роботи з датчиком серцевого ритму на початку програми була підключена бібліотека «PulseSensorPlayground.h»:

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

Створений об'єкт PulseSensorPlayground з назвою pulseSensor:

```
PulseSensorPlayground pulseSensor;
```

В функції setup () виконане налаштування 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. Лістинг коду для налаштування об'єкта pulseSensor

В головному циклі програми вимірюється значення пульсу. Дані з аналогового входу паралельно виводяться в послідовний порт (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. Лістинг коду для виведення даних об'єкта pulseSensor

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

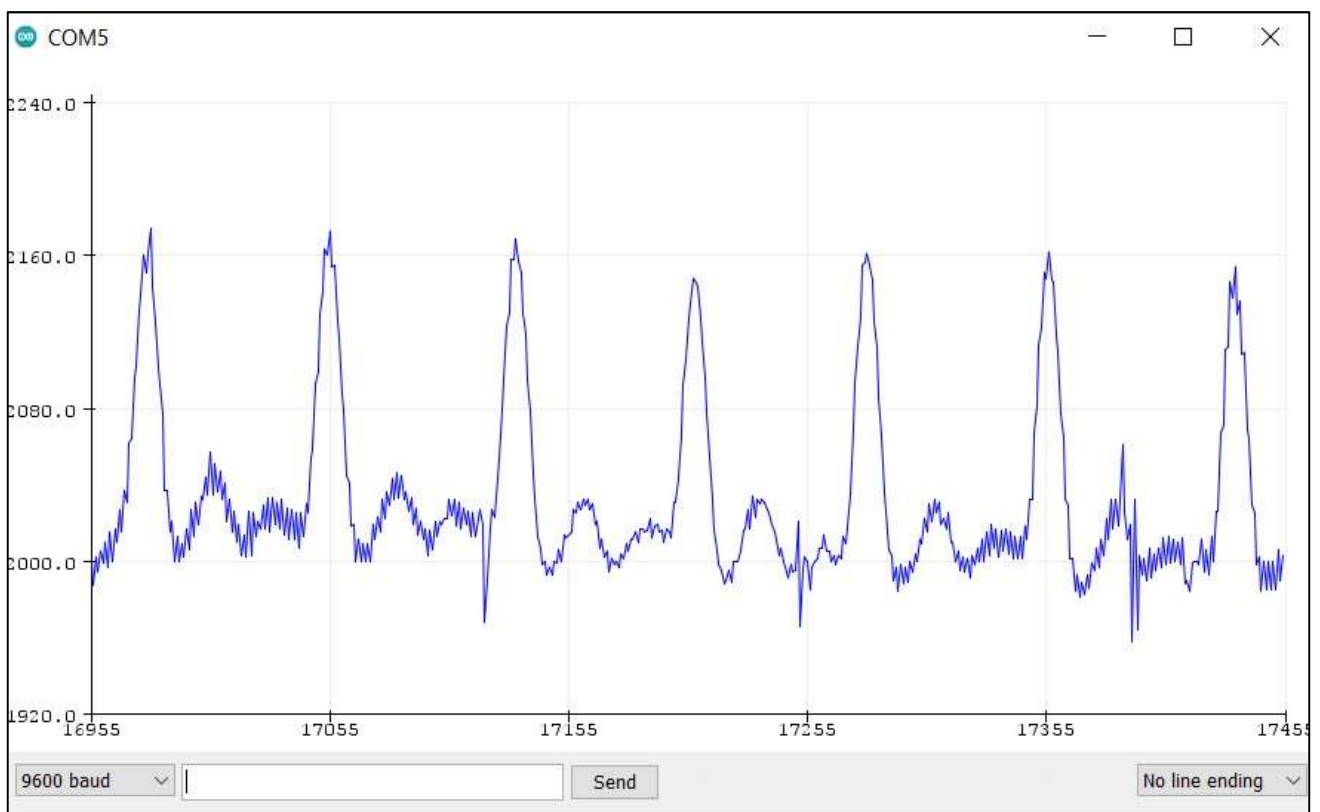


Рис. 3.9. Результати відображення сигналу від датчика серцевого ритму на моніторі послідовного порту Arduino IDE

3.3.2. Програмна реалізація процесу опитування датчика температури тіла. Для роботи з датчиком температури тіла MAX30205 була встановлена бібліотека (рис. 3.10).

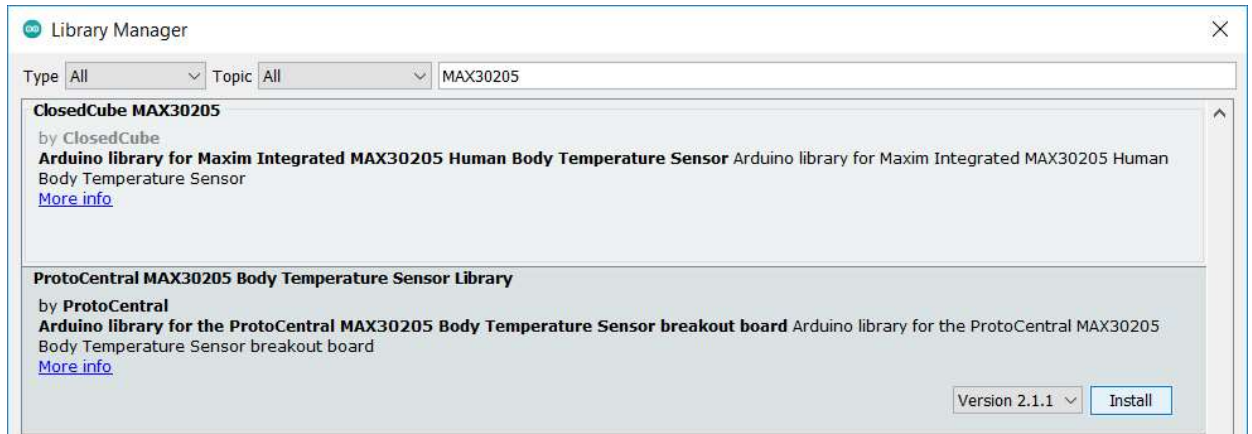


Рис. 3.10. Процес встановлення зовнішньої бібліотеки ProtoCentral MAX30205

Для опитування датчика температури тіла спочатку необхідно підключити бібліотеки до проекту:

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

В підпрограмі `setup()` здійснюється процес перевірки 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. Лістинг коду для перевірки підключення датчика температури тіла

В головному циклі викликається функція для отримання інформації про температуру тіла.

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


3.3.3. Програмна реалізація процесу відображення результатів моніторингу на OLED дисплеї. Для програмування OLED дисплея використано бібліотеку Adafruit SSD1306 (рис. 3.12).



Рис. 3.12. Процес встановлення бібліотеки Adafruit SSD1306 для OLED дисплея

В коді підключено бібліотеки «Wire.h» для роботи з I²C інтерфейсом та «Adafruit_SSD1306.h» для керування OLED дисплеєм:

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

Визначено розміри екрану дисплея (128x64):

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

Створено об'єкт для роботи з OLED дисплеєм:

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

У функції setup() виконано ініціалізацію OLED дисплея:

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

Лістинг коду функції loop() для відображення результатів вимірювання серцевого ритму приведено на рис. 3.13. Результат відображення серцевого ритму на OLED дисплеї зображено 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. Лістинг коду для відображення результатів вимірювання серцевого ритму на OLED дисплеї

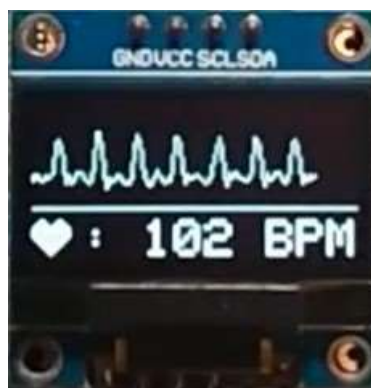


Рис. 3.14. Результат відображення серцевого ритму на OLED дисплеї

3.4. Реалізація віддаленого моніторингу параметрів стану здоров'я з використанням IoT платформи

3.4.1. Обґрунтування вибору IoT платформи. Для відображення результатів моніторингу серцевого ритму та температури тіла людини було обрано популярну хмарну IoT платформу ThingSpeak. Її особливістю є те, що дані з результатами моніторингу можуть зберігатись, аналізуватись та оброблятись використовуючи вбудовані функції Matlab. Суть роботи платформи ThingSpeak продемонстрована на рис. 3.15. Не в останню чергу вибір цієї платформи для даного проєкту пояснюється можливістю її безкоштовного використання для некомерційних задач.

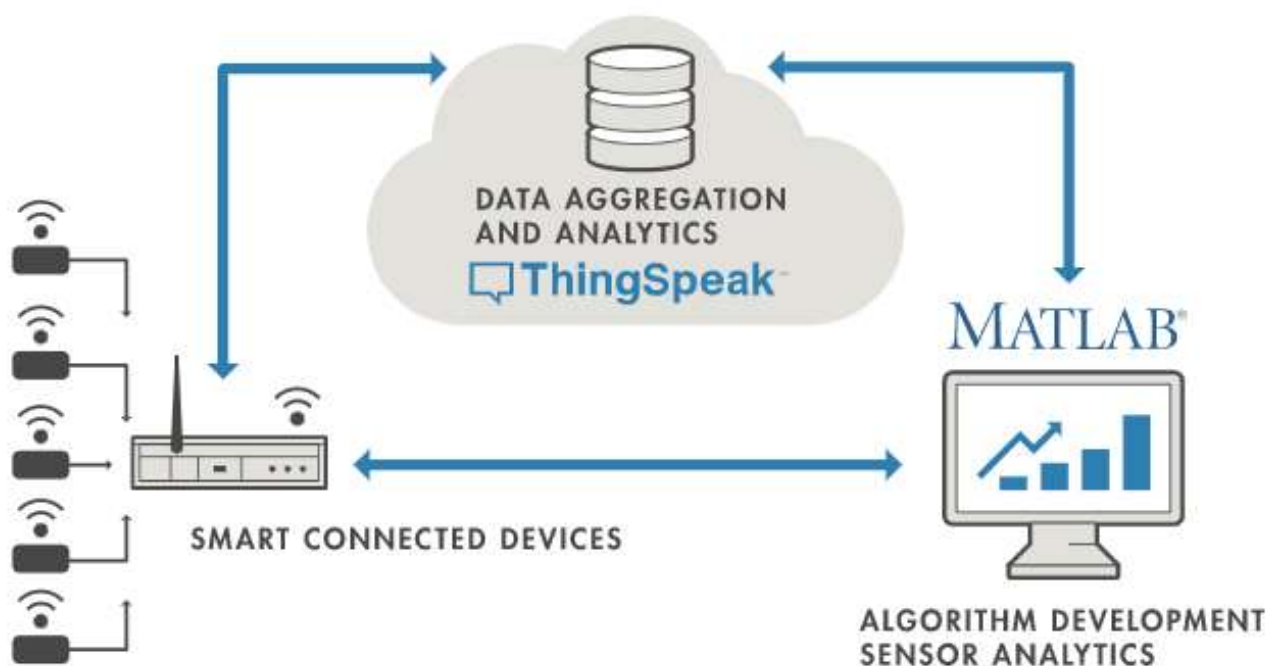
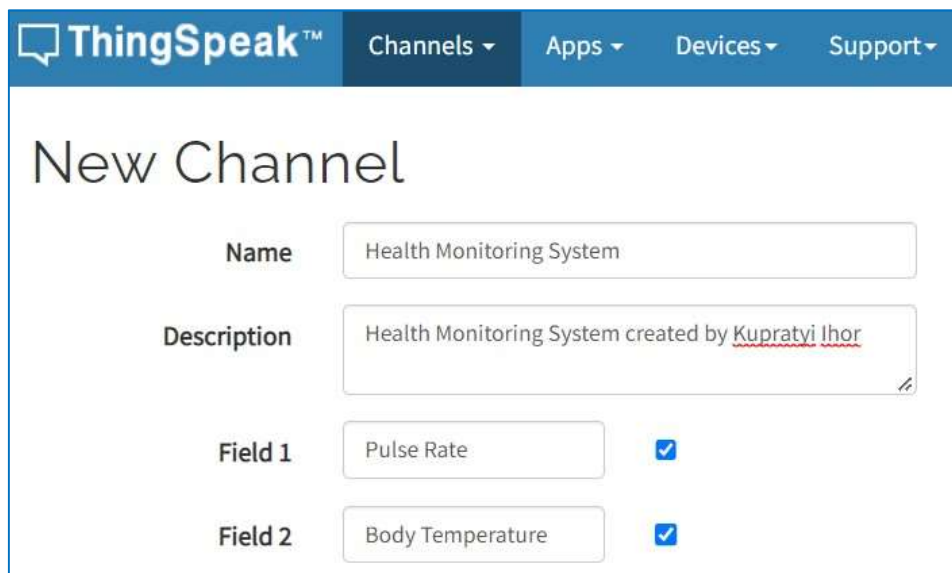


Рис. 3.15. Принцип роботи платформи ThingSpeak

Потокові дані в ThingSpeak можуть надходити в реальному часі через канали, використовуючи протоколи MQTT чи REST API. В обліковому записі ThingSpeak можна створювати до чотирьох каналів безкоштовно. Кожен канал може містити до восьми інформаційних полів. Канали можна зробити загальнодоступними чи приватними.

3.4.2. Створення та налаштування каналу в ThingSpeak. Для реалізації задачі роботи було створено канал «Health Monitoring System» з інформаційними полями «Pulse Rate» та «Body Temperature» (рис. 3.16).

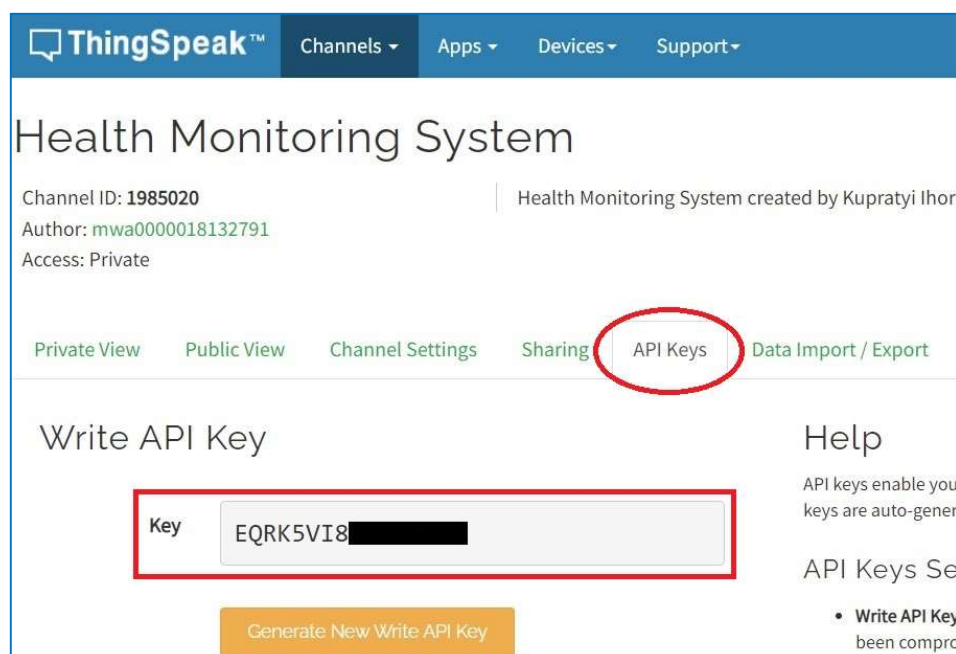


The screenshot shows the 'New Channel' page in the ThingSpeak interface. The form includes the following fields and options:

- Name:** Health Monitoring System
- Description:** Health Monitoring System created by Kupratyi Ihor
- Field 1:** Pulse Rate (checked)
- Field 2:** Body Temperature (checked)

Рис. 3.16. Процес створення каналу в ThingSpeak для проектованої системи

Для реалізації передачі даних необхідно отримати API ключ ThingSpeak каналу (рис. 3.17).



The screenshot shows the 'API Keys' page for the 'Health Monitoring System' channel. The page displays the following information:

- Channel ID:** 1985020
- Author:** mwa0000018132791
- Access:** Private
- Navigation:** Private View, Public View, Channel Settings, Sharing, **API Keys** (circled in red), Data Import / Export
- Write API Key:** A text box containing the key 'EQRK5VI8' followed by a blacked-out portion (circled in red).
- Buttons:** Generate New Write API Key
- Help:** API keys enable you... keys are auto-gener...
API Keys Se...
 - Write API Key... been compro...

Рис. 3.17. Процес створення каналу в ThingSpeak для проектованої системи

3.4.3. Програмна реалізація передачі даних в ThingSpeak. Для програмної реалізації процесу передачі даних в модулі ESP32 доцільно скористатись можливостями зовнішньої бібліотеки «ThingSpeak» (рис. 3.18).

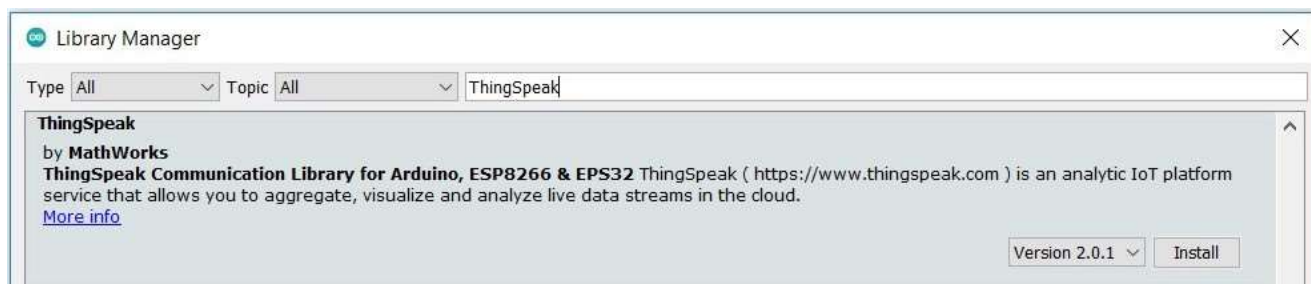


Рис. 3.18. Процес встановлення бібліотеки для роботи з платформою ThingSpeak

Перш за все потрібно вимкнути переривання Arduino IDE у верхній частині коду, оскільки модуль ESP32 не підтримує апаратні переривання з давачем і бібліотекою Arduino. На початку програми необхідно вказати дані для мережевого з'єднання з WiFi маршрутизатором. Також потрібно ввести інформацію про канал ThingSpeak: його ID та ключ API для запису даних (рис. 3.19).

```
#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 = "EQRK5VI8xxxxxxxxx";

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

Рис. 3.19. Лістинг коду для налаштування з'єднання з каналом ThingSpeak по WiFi

Лістинг коду для надсилання в ThingSpeak результатів вимірювання датчиків серцевого ритму наведений на рис. 3.20. Значення пульсу отримується за допомогою функції `getBeatsPerMinute()`, а значення температури тіла – за допомогою функції `getTemperature()`. В коді використовується оператор `if` для обмеження діапазону значень пульсу від 40 до 150, і діапазону значень температури від 35 до 41. Це дозволить уникнути завантаження неточних чи випадкових значень датчиків у 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. 3.20. Лістинг коду для надсилання даних від датчиків в ThingSpeak

3.4.4. Результати відображення процесу моніторингу параметрів стану здоров'я в IoT платформі ThingSpeak показані на рис. 3.21 та рис. 3.22.

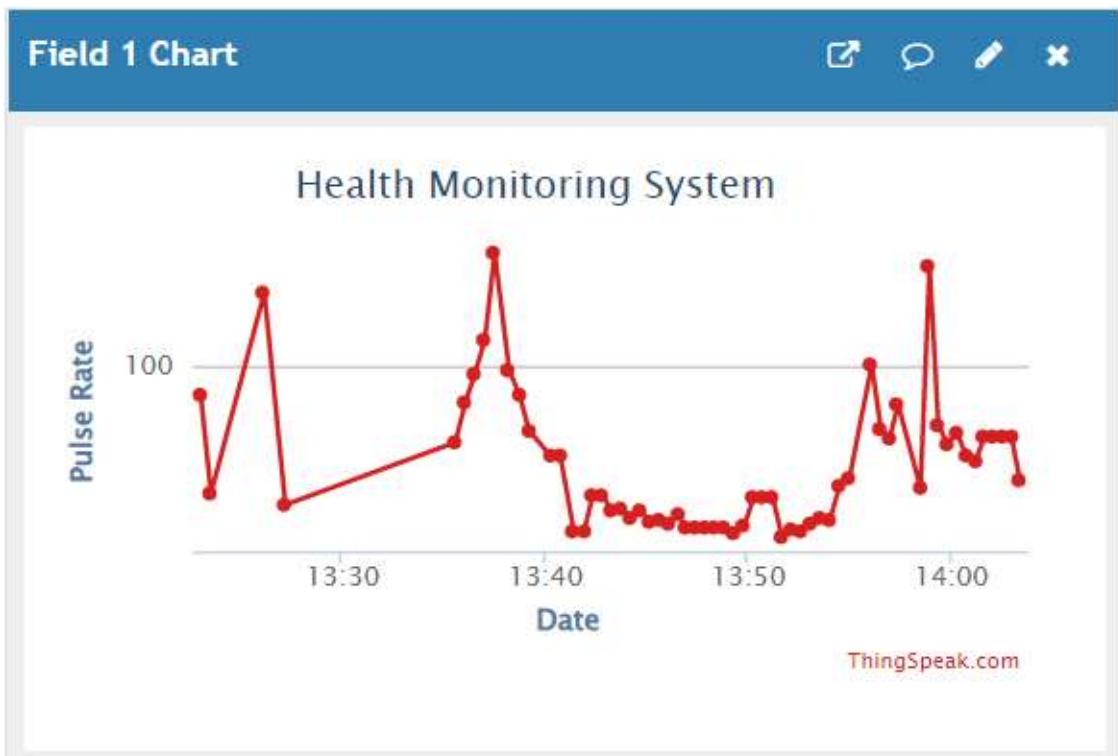


Рис. 3.21. Відображення результатів моніторингу серцевого ритму людини в ThingSpeak



Рис. 3.22. Відображення результатів моніторингу температури тіла людини в ThingSpeak

3.5. Висновки до розділу 3

У третьому розділі кваліфікаційної роботи представлені результати розробки програмного забезпечення системи для віддаленого контролю стану здоров'я людини. Створено блок-схему алгоритму роботи програми. Вибрано засоби реалізації проєкту та середовища розробки програмного забезпечення. Описано процес налаштування середовища розробки програми для модуля ESP32 та встановлено зовнішні бібліотеки.

Розроблено програмне забезпечення для проєктованої системи. Зокрема, код для опитування датчика серцевого ритму та датчика температури тіла. Забезпечено відображення вимірних значень на OLED дисплеї.

Реалізовано віддалений моніторинг параметрів стану здоров'я з використанням IoT платформи ThingSpeak. Описано процес створення та налаштування каналу в цій хмарній платформі. Програмно реалізовано передачу даних з модуля ESP32 в ThingSpeak для відображення результатів моніторингу показників серцевого ритму та температури тіла.

РОЗДІЛ 4

ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ

4.1. Охорона праці

В кваліфікаційній роботі магістра представлено систему для моніторингу стану здоров'я людини. Враховуючи потенційні небезпечні ситуації, які може спричинити дана комп'ютеризована система, для їх уникнення, необхідно дотримуватись всіх правил охорони праці та техніки безпеки.

Робоче місце працівника, який здійснює розробку, виробництво, калібрування систем моніторингу стану здоров'я людини, можна прирівняти до робочих місць у приміщеннях конструкторських бюро (КБ).

Електротравма – це травма, яка спричинена дією на організм людини електричного струму і (або) електричної дуги. Працюючи з електричними компонентами комп'ютерної системи слід дотримуватись комплексу заходів щодо забезпечення електробезпеки. Основними заходами для захисту від ураження електричним струмом є:

- забезпечення недоступності провідників, що знаходяться під напругою, від випадкового дотику;
- усунення небезпеки ураження з появою напруги на корпусах, в кожухах та інших частинах електроустаткування, що досягається застосуванням малих напруг, використанням подвійної ізоляції, захисним зануленням, захисним відключенням.

Доцільним є застосування занулення мережі. Занулення – це навмисне з'єднання з нульовим захисним проводом металевих струмоведучих частин, що можуть виявитися під напругою.

Відповідно до ДБН В.1.1.7-2016 усі виробництва поділяють на пожежо-, і вибухонебезпечної категорії. Дане приміщення відноситься до категорії Д.

Мікроклімат у приміщенні, де проводяться роботи, нормується відповідно до ДСН 3.3.6.042-99. Умови, що визначають стан повітря робочої зони, характеризуються [28]:

- температурою навколишнього повітря;
- відотною вологістю;
- швидкістю руху повітря.

Оптимальні показники мікроклімату, які необхідно забезпечити у приміщеннях, де експлуатуються ПК у теплу пору року повинні становити: температура – +22 - +24°C, відносна вологість – 40-60 %, швидкість руху повітря 0,1 м/с [29].

На робочому місці розробника системи для моніторингу стану здоров'я людини необхідно забезпечити дотримання вимог НПАОП 0.00-7.15-18 «Вимоги щодо безпеки та захисту здоров'я працівників під час роботи з екранними пристроями» [30].

Основними вимогами, визначеними у цьому нормативному документі є:

- площу та об'єм для одного робочого місця оператора визначають згідно з вимогами ДСанПіН 3.3.2-007-98. Площа має бути не менше 6,0 кв.м, об'єм – не менше 20,0 куб.м;
- заземлені конструкції, що знаходяться в приміщеннях, де розміщені робочі місця операторів (батареї опалення, водопровідні труби, кабелі із заземленим відкритим екраном), мають бути надійно захищені діелектричними щитками або сітками з метою недопущення потрапляння працівника під напругу;
- приміщення, де розміщені робочі місця операторів, крім приміщень, у яких розміщені робочі місця операторів великих ЕОМ загального призначення (сервер), повинні бути оснащені системою автоматичної пожежної сигналізації.

Заходи для захисту від випромінювань:

- застосування захисних екранів;
- застосування спеціальних екранів зі слабким випромінюванням;
- застосування монохромних або рідкокристалічних екранів.

Природне освітлення приміщення здійснюється бічним світлом через світлові пройми в зовнішніх стінках (вікна), а штучне – утворюється електричними лампами. Використовується також суміщене освітлення – при якому у світлий час доби, коли недостатньо за нормами природного освітлення, додається штучне.

Для забезпечення високого рівня освітленості на робочих поверхнях застосовують комбіноване освітлення, якщо застосування загального освітлення є неекономічним. Виробниче освітлення нормується ДБН В.2.5-28-2018. Приміщення, яке використовується, належить до приміщень I групи за зоровою роботою.

При розробці системи віддаленого моніторингу стану здоров'я людини враховані всі вимоги до охорони праці та техніки безпеки.

4.2. Застосування основних способів та засобів в ході проведення невідкладних аварійно-рятувальних робіт на промисловому підприємстві

Аварійно-рятувальні роботи (АРР) на промисловому підприємстві – це першочергові заходи на території, де сталася надзвичайна ситуація (НС), з пошуку і рятування персоналу, матеріалів та устаткування, що має суттєву матеріальну цінність, сукупність робіт по обмеженню та гасінню пожеж, аварійного відключення джерел рідкого палива, газу, електроенергії та води, та, в тому числі, надання потерпілим працівникам невідкладної допомоги медичного характеру і в разі потреби їх евакуації в спеціалізовані медичні установи поза зоною проведення АРР [31].

Невідкладні роботи – це заходи першочергового характеру на території, де сталася надзвичайна ситуація, із всебічного забезпечення АРР, усунення окремих вогнищ (причин) підвищеної небезпеки, локалізації аварій і ушкоджень на енергетичних мережах, надання першочергової допомоги медичного характеру, забезпечення мінімальних умов для персоналу, а також роботи по санітарній очистці та знезараженню територій.

Надзвичайна ситуація (НС) на промисловому підприємстві – це подія на виробничому об'єкті, яка сталася внаслідок техногенної аварії, метеоявища небезпечного характеру, катастрофи, катаклізму, який спричинений природною стихією, що може викликати або вже призвів до смерті людей, погіршення здоров'я персоналу або стану довкілля, суттєвих матеріальних втрат і негативного впливу на життєдіяльність працівників. Область НС – це територія, де сталася така ситуація [32].

Аварійно-рятувальні та інші невідкладні заходи (АРІНЗ) на підприємстві включають в себе три етапи:

1. Вжиття екстрених заходів:

1.1. Екстрений захист працівників:

– своєчасне інформування посадових осіб і уповноважених служб про загрозу настання НС і її розвитку, а також інструктаж працівників про порядок дій у екстреній ситуації;

– використання засобів захисту, впорядковане вилучення працівників із території, де трапилась НС в безпечні місця, введення встановлених режимів поведінки, проведення заходів медичного захисту;

– розшук та вилучення постраждалих та надання їм медичної допомоги.

1.2. Запобігання розвитку і зменшення небезпечних впливів НС:

– локалізація аварії;

– перекриття і глушіння (припинення дії) джерела небезпечних речовин;

– припинення (екстрене відключення) технологічних процесів.

1.3. Підготовчий етап виконання робіт:

– мобілізація служб міської ланки територіальної організації попередження і дій при виникненні НС;

– попереднє оцінювання ситуації і координування комплексного обстеження в зоні НС;

- виїзд оперативних груп сил міської та окружних ланок територіальної підсистеми до місця НС;

- вирішення питання початку АРІНЗ.

2. Виконання аварійно-рятувальних та інших невідкладних заходів:

- переміщення в область, де сталася НС, засобів проведення АРІНЗ відповідно до вирішеного питання;

- безпосереднє виконання робіт аварійно-рятувального характеру і інших невідкладних робіт;

- виведення спецзасобів із зони НС, по завершенні АРІНЗ і переміщення їх до вихідної точки.

3. Ліквідація збитків, спричинених НС:

- роботи по першочерговому життєзабезпеченні постраждалого персоналу;

- роботи з відновлення діяльності об'єктів постраждалих при НС (здійснюються силами об'єктів, постраждалих внаслідок НС).

АРІНЗ вважаються завершеними, коли закінчується розшук потерпілих, медична, психологічна та інша допомога їм, упередження загрози виникнення нових вогнищ уражень.

Рятування персоналу при виникненні НС на підприємстві являється одним із найбільш важливим при проведенні АРІНЗ і включає в себе сукупність заходів по виведенню працівників із області, де виявлені шкідливі фактори впливу НС та їх похідні або захищення працівників від дії таких факторів, у т. ч. застосовуючи засоби індивідуального захисту та укриття.

Способами, що використовуються в основному для порятунку працівників, матеріалів і обладнання є [32]:

- переміщення їх у безпечне місце, у тому числі з використанням спеціальних технічних засобів;

- захист від впливу небезпечних факторів надзвичайної ситуації

Для порятунку працівників потрібно обрати найбезпечніші напрямки і методи. Вивезення потерпілих у безпечну локацію проводиться із розрахунку умов, в яких відбувається ліквідація НС і важкості їх ураження [33].

Засобами, що використовуються в основному для порятунку працівників, матеріалів і обладнання є [34]:

- аварійно-рятувальне обладнання і механізми: гідравлічне аварійно-рятувальне обладнання, ремені, обладнані карабінами; різальний інструмент у газовому полум'ї оснащений різакон, напірним рукавом, редуктором і газовим балоном (бензорізи, газозварювальні апарати тощо), лопати, кирки-мотики важкі, сокири, пилки, підйомні засоби (включно з лебідками, домкратами тощо), мотузки, окуляри захисної дії, освітлювальні пристрої, бензо- і електропили та ін.

- рятувальне обладнання (рятувальні рукави, канати, плетені драбини та індивідуальні засоби порятунку), засоби захисту, дрони та квадрокоптери, плавзасоби;

- стаціонарні та ручні драбини, що використовуються в якості пожежного інвентаря, тощо; автопідйомники та драбини на базі автомобілів та інші доступні рятувальні засоби.

4.3. Висновки до розділу 4

В даному розділі описані актуальні питання щодо охорони праці та безпеки в надзвичайних ситуаціях. Була опрацьована інформація стосовно комплексу заходів щодо забезпечення електробезпеки під час розробки проектованої системи. Також, розглянуто питання щодо застосування основних способів та засобів в ході проведення невідкладних аварійно-рятувальних робіт на промисловому підприємстві.

ВИСНОВКИ

У даній кваліфікаційній роботі розв'язана задача розроблення системи для віддаленого контролю за станом здоров'я людини.

1. Виконано огляд літератури в результаті якого було проаналізовано сучасні методи та засоби для спостереження за станом здоров'я людини та визначено аспекти, які потребують удосконалення.

2. Розроблено метод віддаленого контролю стану здоров'я людини та синтезовано структуру системи для його реалізації на основі концепції інтернету медичних речей.

3. Обрано компоненти та розроблено апаратні засоби на основі платформи ESP32 з вбудованим WiFi модулем для реалізації методу дистанційного моніторингу стану здоров'я.

4. Розроблено алгоритмічне та програмне забезпечення для мікроконтролера ESP32 та реалізовано передачу даних про результати моніторингу на віддалений IoT сервер.

Запропонована система може бути ефективним інструментом для працівників медичних закладів, який буде використовуватись для моніторингу важливих фізіологічних показників та стану здоров'я пацієнтів віддалено в реальному часі.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. 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.
2. 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.
3. 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.
4. 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.
5. 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.
6. 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.
7. Паламар А.М., Купратий І.Г. Система для дистанційного моніторингу стану здоров'я пацієнтів на основі інтернету медичних речей. Матеріали X науково-технічної конференції Тернопільського національного технічного університету імені Івана Пулюя «Інформаційні моделі, системи та технології», Тернопіль: ТНТУ. 2022. С. 85.
8. 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.

9. 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.
10. 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.
11. Палагнюк Д. М., Барась С. Т. Система дистанційного моніторингу. Матеріали XLVII науково-технічної конференції підрозділів ВНТУ, Вінниця. 2018. С. 87-89.
12. Lee Y. G., Jeong W. S., Yoon G. Smartphone-based mobile health monitoring. Telemedicine and e-Health, 18(8). 2012. P. 585-590.
13. 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.
14. 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.
15. Ghassemi F., Hoseinzadeh M. S., Ekhlasi 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.
16. Agarwal S., Lau, C. T. Remote health monitoring using mobile phones and Web services. Telemedicine and e-Health, 16(5). 2010. P. 603-607.
17. Kotevski A., Koceska N., Koceski S. E-health monitoring system. International Conference on Applied Internet and Information Technologies. 2016. P. 259-263.
18. Паламар М. І., Стрембіцький М. О., Паламар А. М. Проектування комп'ютеризованих вимірювальних систем і комплексів. Навчальний посібник. Тернопіль: ТНТУ. 2019. 150 с.
19. Микитишин А. Г., Митник М. М., Стухляк П. Д., Пасічник В. В. Комп'ютерні мережі. [навчальний посібник] Львів: «Магнолія 2006». 2013. 256 с.

20. 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.

21. 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&FPGA-2020), Kharkiv, Ukraine. 2020. P. 12-13.

22. 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.

23. 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.

24. 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.

25. 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.

26. 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.

27. 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.

28. Охорона праці в офісі. Вимоги до робочого місця офісного працівника. URL: <https://gc.ua/uk/oxorona-praci-v-ofisi-vimogi-do-robochogomiscya-ofisnogo-pracivnika/> (дата звернення: 26.11.2022).

29. НПАОП 0.00-7.15-18. Про затвердження правил охорони праці під час експлуатації електронно-обчислювальних машин. URL: https://dnaop.com/html/31562/docНПАОП_0.00-7.15-18 (дата звернення: 01.12.2022).

30. Наказ Міністерства внутрішніх справ України № 340 від 26.04.2018 року “Про затвердження Статуту дій у надзвичайних ситуаціях органів управління та підрозділів Оперативно-рятувальної служби цивільного захисту та Статуту дій органів управління та підрозділів Оперативно-рятувальної служби цивільного захисту під час гасіння пожеж”.

31. Васійчук В.О., Гончарук В.Є., Качан С.І., Мохняк С.М. Основи цивільного захисту: Навчальний посібник. Львів: Видавництво Національного університету "Львівська політехніка". 2010. 417с.

32. Аветисян В.Г., Сенчихін Ю.М., Кулаков С.В., Куліш Ю.О., Александров В.Л., Адаменко М.І., Ткачук Р.С., Тригуб В.В. Рятувальні роботи під час ліквідації надзвичайних ситуацій. Частина 1: Посібник. За загальною редакцією Пшеничного В.Н. К.: Основа, 2006. 240 с.

33. Желібо Є. П., Сагайдак І. С. Безпека життєдіяльності. Навчальний посібник для аудиторної та практичної роботи. К.:ЕКОМЕН. 2011. 200 с.

34. Депутат О. П., Коваленко І. В., Мужик І. С. Цивільна оборона. Навчальний посібник. За редакцією полковника В.С. Франчука. Львів: Афіша. 2000. 336 с.

Додаток А
Тези конференцій

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя (Україна)
Університет імені П'єра і Марії Кюрі (Франція)
Маріборський університет (Словенія)
Технічний університет у Кошице (Словаччина)
Вільнюський технічний університет ім. Гедимінаса (Литва)
Міжнародний університет цивільної авіації (Марокко)
Наукове товариство ім. Т.Шевченка

АКТУАЛЬНІ ЗАДАЧІ СУЧАСНИХ ТЕХНОЛОГІЙ

Збірник
тез доповідей

**XI Міжнародної науково-практичної
конференції молодих учених та студентів**
7-8 грудня 2022 року



УКРАЇНА
ТЕРНОПІЛЬ – 2022

Матеріали XI Міжнародної науково-практичної конференції молодих учених та студентів
«АКТУАЛЬНІ ЗАДАЧІ СУЧАСНИХ ТЕХНОЛОГІЙ» – Тернопіль, 7-8 грудня 2022 року

| | | |
|-----|--|-----|
| 6. | В.А. Готович, І.Р. Ралік ПРОГРАМНЕ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ НА ОСНОВІ КЛІЄНТ-СЕРВЕРНОЇ АРХІТЕКТУРИ ДЛЯ ОБЛІКУ РЕАЛІЗАЦІЇ ТОВАРІВ В ТОРГІВЛІ | 126 |
| 7. | В.В. Ковальчук, І.В. Чихіра, О.В. Тотосько КЕРУВАННЯ ПРОЦЕСОМ ДОСЛІДЖЕННЯ ВЛАСТИВОСТЕЙ ПОЛІМЕРКОМПОЗИТНИХ ПОКРИТТІВ ПРИ ЗГИНІ | 127 |
| 8. | А. Хом'як МЕТОДИ АНАЛІЗУ ЧАСОВИХ РЯДІВ З ВИКОРИСТАННЯМ РЕКУРЕНТНИХ НЕЙРОННИХ МЕРЕЖ | 128 |
| 9. | Р.С. Гром'як, С.С. Серкіз ВЗАЄМОДІЯ БІЗНЕС ПРОЦЕСІВ З КЛІЄНТАМИ ЗА ДОПОМОГОЮ CRM- СИСТЕМ | 129 |
| 10. | Р.С. Гром'як, С.С. Серкіз CRM-СИСТЕМА ЯК ІНСТРУМЕНТ УДОСКОНАЛЕННЯ ВЗАЄМОВІДНОСИН З КЛІЄНТАМИ | 130 |
| 11. | В.А. Готович, А.В. Мачужак ЗАСТОСУВАННЯ МЕТОДОЛОГІЇ SI/SD ДЛЯ АВТОМАТИЗАЦІЇ ПРОЦЕСІВ ТЕСТУВАННЯ ТА РОЗГОРТАННЯ ПРОГРАМНОГО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ | 131 |
| 12. | І.В. Струтинська, В.О. Мельник РОЛЬ АВТОМАТИЗОВАНИХ СИСТЕМ КЕРУВАННЯ ЗАМОВЛЕННЯМИ | 133 |
| 13. | Є.Б. Яворська, А.С. Каплунова АЛГОРИТМ ПОДАВЛЕННЯ ЗАВАД В ЕЛЕКТРОКАРДИОСИГНАЛАХ | 135 |
| 14. | Є.Б. Яворська, А.О. Карнов ЗАСОБИ БІОМЕТРИЧНОЇ ІДЕНТИФІКАЦІЇ ОСОБИ У СИСТЕМАХ МОНІТОРИНГУ СТАНУ ЗДОРОВ'Я | 136 |
| 15. | О.М. Петрик, В.О. Суховерша, С.В. Марценко ДОСЛІДЖЕННЯ МЕРЕЖЕВИХ АРХІТЕКТУР ДЛЯ КРИТИЧНИХ ІНФРАСТРУКТУР | 137 |
| 16. | О.М. Петрик, В.О. Суховерша, С.В. Марценко ДОСЛІДЖЕННЯ РОЛІ ІОТ-ТЕХНОЛОГІЙ В ПРОМИСЛОВИХ КОМП'ЮТЕРНИХ МЕРЕЖАХ | 138 |
| 17. | І.В. Воробець ВПЛИВ КОМПОНЕНТІВ ЧАСОВИХ РЯДІВ НА ВИБІР МЕТОДУ ПРОГНОЗУВАННЯ | 139 |
| 18. | О.О. Кузьо, В.К. Крилов, Н.І. Мацюк ВИКОРИСТАННЯ ТЕХНОЛОГІЇ OSINT ДЛЯ ФОРМУВАННЯ ПОРТРЕТУ КОРИСТУВАЧА | 140 |
| 19. | А.К. Карнаузов, О.О. Кузьо КОНСОЛІДАЦІЯ ІНФОРМАЦІЇ КОРИСТУВАЧІВ ЗА ДОПОМОГОЮ СТРУКТУР BIG DATA | 141 |
| 20. | І.Г. Купратий, А.М. Паламар КОМП'ЮТЕРНА СИСТЕМА ДЛЯ ДИСТАНЦІЙНОГО МОНІТОРИНГУ СТАНУ ЗДОРОВ'Я ПАЦІЄНТІВ | 142 |
| 21. | В. Лісовський, А. Зелінський, О. Сороківський АНАЛІЗ ЗАДАЧ МАШИННОГО АНАЛІЗУ ЗОБРАЖЕННЯ ТА СУЧАСНИХ МЕТОДІВ ЇХ ВИРІШЕННЯ | 143 |
| 22. | А. Зелінський, В. Лісовський ПРОЕКТУВАННЯ ХМАРНОГО РІШЕННЯ ДЛЯ АНАЛІЗУ ПОТОКОВИХ ДАНИХ НА ОСНОВІ AWS KINESIS | 145 |

Матеріали XI Міжнародної науково-практичної конференції молодих учених та студентів
«АКТУАЛЬНІ ЗАДАЧІ СУЧАСНИХ ТЕХНОЛОГІЙ» – Тернопіль, 7-8 грудня 2022 року

УДК 681.518.3

І.Г. Купратий, А.М. Паламар, к.т.н.

Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя, Україна

КОМП'ЮТЕРНА СИСТЕМА ДЛЯ ДИСТАНЦІЙНОГО МОНІТОРИНГУ СТАНУ ЗДОРОВ'Я ПАЦІЄНТІВ

I.H. Kupratiy, A.M. Palamar, Ph.D

COMPUTER SYSTEM FOR PATIENTS HEALTH REMOTE MONITORING

В останні роки розвиток медичної галузі характеризується активним використанням технологій інтернету речей та телемедицини. Для підвищення якості надання медичних послуг важливо впроваджувати дистанційний моніторинг стану пацієнтів. Однак, у більшості медичних закладів нашої країни такий підхід не застосовується через відсутність потрібного обладнання та програмного забезпечення. Актуальною проблемою є удосконалення методів та засобів для віддаленого контролю фізіологічного стану пацієнтів лікарень.

В роботі запропонована комп'ютерна система для дистанційного моніторингу стану здоров'я людини, структурна схема якої наведена на рис. 1. Для отримання даних про стан пацієнта було використано імпульсний давач серцевого ритму SEN-11574 та сенсор температури тіла MAX30205. Мікроконтролер ESP32 отримує інформацію від давачів, здійснює їх попередню обробку та відображення на OLED дисплеї. Завдяки наявності вбудованих модулів WiFi та Bluetooth, мікроконтролер виконує передачу даних на IoT-сервер для їх зберігання, віддаленого моніторингу та подальшого аналізу.

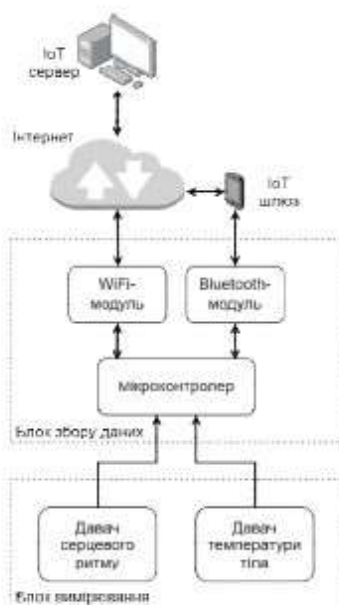


Рисунок 1. Структура системи для дистанційного моніторингу стану здоров'я пацієнтів

Запропонована система може бути ефективним інструментом для працівників медичних закладів, який буде використовуватись з метою діагностики захворювань шляхом моніторингу важливих фізіологічних показників та стану здоров'я пацієнтів віддалено в режимі реального часу.

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ТЕРНОПІЛЬСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
ІМЕНІ ІВАНА ПУЛЮЯ

МАТЕРІАЛИ

X НАУКОВО-ТЕХНІЧНОЇ КОНФЕРЕНЦІЇ
«ІНФОРМАЦІЙНІ МОДЕЛІ,
СИСТЕМИ ТА ТЕХНОЛОГІЇ»



7–8 грудня 2022 року

ТЕРНОПІЛЬ
2022

| | |
|---|----|
| О. Гуменюк АНАЛІЗ РОБОТИ ІНСТРУМЕНТУ ДЛЯ УПРАВЛІННЯ ТА АНАЛІЗУ ЖУРНАЛІВ GRAYLOG | |
| О. Humeniuk PERFORMANCE ANALYSIS OF THE GRAYLOG LOG MANAGEMENT AND ANALYSIS TOOL | 76 |
| О. Гуменюк АНАЛІЗ РОБОТИ СТАНДАРТУ ЖУРНАЛЮВАННЯ SYSLOG | |
| О. Humeniuk ANALYSIS OF THE OPERATION OF THE SYSLOG JOURNALING STANDARD | 77 |
| А. Лупенко, С. Куліков, Д. Денисов КЛАСИФІКАЦІЯ ТА ОСОБЛИВОСТІ ЗАСТОСУВАННЯ ПРИКЛАДНИХ ПРОГРАМНИХ ІНТЕРФЕЙСІВ ПРИ РЕАЛІЗАЦІЇ КОМП'ЮТЕРНИХ СИСТЕМ | |
| A. Lupenko, S. Kulikov, D. Denysov CLASSIFICATION AND FEATURES OF THE APPLICATION PROGRAMMING INTERFACES IN COMPUTER SYSTEMS IMPLEMENTATION | 79 |
| В. Яцишин, Н. Шаблій, Д. Денисов ПРИЗНАЧЕННЯ І ДОЦІЛЬНІСТЬ ВИКОРИСТАННЯ API GATEWAY У КОМП'ЮТЕРНИХ СИСТЕМАХ | |
| V. Yatsyshyn, N. Shabliy, D. Denysov PURPOSE AND FEASIBILITY OF USING API GATEWAY IN COMPUTER SYSTEMS | 80 |
| В. Яцишин, Н. Шаблій, І. Дишкант ПРОЦЕС ФОРМУВАННЯ ПРОГРАМНИХ КОМПОНЕНТІВ ПОВТОРНОГО ВИКОРИСТАННЯ ПРИ РЕАЛІЗАЦІЇ КОМП'ЮТЕРНИХ СИСТЕМ | |
| V. Yatsyshyn, N. Shabliy, I. Dyshkant THE PROCESS OF FORMING REUSABLE SOFTWARE COMPONENTS IN THE IMPLEMENTATION OF COMPUTER SYSTEMS | 81 |
| В. Яцишин, І. Дишкант АРХІТЕКТУРА ЗАСОБУ ПІДТРИМКИ ПРОЦЕСУ ОЦІНЮВАННЯ ПОТЕНЦІЙНИХ КОМПОНЕНТІВ ПОВТОРНОГО ВИКОРИСТАННЯ | |
| V. Yatsyshyn, PhD; Assoc. Prof., I. Dyshkant ARCHITECTURE OF THE SUPPORT TOOL FOR THE EVALUATION OF POTENTIAL REUSE COMPONENTS | 82 |
| А. Паламар, В. Дьомін, В. Волоський ПРОГРАМНЕ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ КОМП'ЮТЕРНОЇ СИСТЕМИ ДЛЯ МОНІТОРИНГУ СТАНУ ПРИСТРОЇВ БЕЗПЕРЕБІЙНОГО ЖИВЛЕННЯ | |
| A. Palamar, V. Domin, V. Voloskyi COMPUTER SYSTEM SOFTWARE FOR CONDITION MONITORING OF UNINTERRUPTIBLE POWER SUPPLY DEVICES | 83 |
| А. Паламар, В. Дьомін СТРУКТУРА МОДУЛЯ ДЛЯ МОНІТОРИНГУ СТАНУ ПРИСТРОЮ БЕЗПЕРЕБІЙНОГО ЖИВЛЕННЯ | |
| A. Palamar, V. Domin MODULE STRUCTURE FOR CONDITION MONITORING OF UNINTERRUPTIBLE POWER SUPPLY DEVICE | 84 |
| А. Паламар, І. Купратий СИСТЕМА ДЛЯ ДИСТАНЦІЙНОГО МОНІТОРИНГУ СТАНУ ЗДОРОВ'Я ПАЦІЄНТІВ НА ОСНОВІ ІНТЕРНЕТУ МЕДИЧНИХ РЕЧЕЙ | |
| A. Palamar, I. Kupratiy PATIENT HEALTH REMOTE MONITORING SYSTEM BASED ON INTERNET OF MEDICAL THINGS | 85 |

УДК 681.518.3

А. Паламар, І. Купратий

(Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя, Україна)

СИСТЕМА ДЛЯ ДИСТАНЦІЙНОГО МОНІТОРИНГУ СТАНУ ЗДОРОВ'Я ПАЦІЄНТІВ НА ОСНОВІ ІНТЕРНЕТУ МЕДИЧНИХ РЕЧЕЙ

UDC 681.518.3

A Palamar, I. Kupratyi

PATIENT HEALTH REMOTE MONITORING SYSTEM BASED ON INTERNET OF MEDICAL THINGS

Сучасна концепція в сфері охорони здоров'я потребує впровадження безперервного віддаленого моніторингу фізіологічного стану пацієнта з використанням мініатюрних давачів на тілі людини [1]. Сенсорні мережі дають змогу контролювати відхилення показників від норми. Такий підхід забезпечує економічно вигідну та ефективну альтернативу моніторингу фізіологічного стану пацієнтів в лікарнях. Проте в нашій країні на сьогоднішній день відсутня розвинена інфраструктура для реалізації віддаленого спостереження за станом пацієнта. Тому розробка та впровадження методів та засобів дистанційного моніторингу стану здоров'я людини в режимі реального часу є актуальною задачею.

В роботі запропоновано використати концепцію інтернету медичних речей (IoMT) [2] для створення системи моніторингу стану здоров'я людини. Застосування IoMT в сфері охорони здоров'я відіграє ключову роль у профілактиці виникнення хвороб та у процесі лікування хронічних захворювань [3]. Новітні технології в сфері інтернету медичних речей, бездротових комунікацій та мініатюрних високоточних давачів сприяють у вирішенні існуючих проблем та пропонують шляхи підвищення якості надання медичних послуг.

Центральним компонентом розробленої системи моніторингу стану здоров'я є пристрій на базі мікроконтролера ESP32 з вбудованим Wi-Fi модулем. Він передбачає розміщення мініатюрних давачів на тілі людини, що дозволяє здійснювати моніторинг її фізіологічних параметрів. Пристрій отримує дані від давачів та надсилає їх до хмарної платформи для зберігання та аналізу.

Розроблена система для дистанційного моніторингу стану здоров'я дає змогу здійснювати постійний контроль фізіологічних параметрів пацієнтів медичних закладів та попередження виникнення в них критичного стану. Процес моніторингу здоров'я здійснюється з метою спостереження за станом пацієнтів, аналізу наслідків лікування та ранньої діагностики захворювань. Це дозволяє уникнути частого відвідування лікарень та економити витрати на оплату медичних послуг.

Література

1. 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.
2. 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.
3. Харьковлюк-Балакіна Н. В., Горго Ю. П., Медвидчук К. В. Імплементация мониторинговых технологий контролю стану здоров'я пацієнтів для населення територіальних громад. Біомедична інженерія і технологія, № 4. 2020. С. 107–116.