

Центральноукраїнський національний технічний університет
Механіко-технологічний факультет
Кафедра кібербезпеки та програмного забезпечення

”Допущено до захисту”

Завідувач кафедри кібербезпеки
та програмного забезпечення
д.т.н., професор

_____ Олексій СМІРНОВ

“ ____ ” _____ 2026 р.

ВИПУСКНА КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА
за першим (бакалаврським) рівнем вищої освіти
на тему:

**Програмне забезпечення комплексу моніторингу фізіологічного
стану людини на базі модулів мікроконтролера ESP32-
WROOM-32**

Виконав здобувач вищої освіти
IV курсу, групи КІ-22-2
ОПП «Комп’ютерна інженерія»
спеціальності 123 «Комп’ютерна інженерія»

_____ Тирлич В.О.

« ____ » _____ 2026 р.

Керівник проекту

кандидат технічних наук, доцент

_____ Кислун О.А.

« ____ » _____ 2026 р.

Рецензент _____

м. Кропивницький

Центральноукраїнський національний технічний університет

Факультет Механіко-технологічний

Кафедра Кібербезпеки та програмного забезпечення

Рівень вищої освіти бакалавр

Галузь знань 12 "Інформаційні технології"

Спеціальність 123 "Комп'ютерна інженерія"

Освітньо-професійна (освітньо-наукова) програма "Комп'ютерна інженерія"

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри

д.т.н., проф.

Олексій СМІРНОВ

" " 2026 року

ЗАВДАННЯ НА ВИПУСКНУ КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ ЗА ПЕРШИМ (БАКАЛАВРСЬКИМ) РІВНЕМ ВИЩОЇ ОСВІТИ ЗДОБУВАЧА ВИЩОЇ ОСВІТИ

Тирлич Владиславі Олександрівні

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи Програмне забезпечення комплексу моніторингу фізіологічного стану людини на базі модулів мікроконтролера ESP32-WROOM-32

2. Керівник роботи Кислун Олег Андрійович, канд. техн. наук, доцент
(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

затверджені наказом закладу вищої освіти від "27" лютого 2026 року №136-02

3. Строк подання роботи до захисту 10.06.2026 р.

4. Мета та завдання випускної кваліфікаційної роботи. Метою роботи є розробка програмного забезпечення комплексу моніторингу фізіологічного стану людини

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

1. Призначення та область використання.

2. Перегляд аналогічних існуючих систем.

3. Опис і обґрунтування проектних рішень.

4. Етапи програмування системи.

5. Впровадження системи в промислову експлуатацію

6. Висновки.

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

Структурна схема системи 1 аркуш

Функціональна схема системи 1 аркуш

Діаграма процесів 1 аркуш

Блок-схема алгоритму роботи системи 2 аркуші

7. Дата видачі завдання «27» лютого 2026 р.

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів випускної кваліфікаційної роботи за першим (бакалаврським) рівнем вищої освіти	Строк виконання етапів випускної кваліфікаційної роботи за першим (бакалаврським) рівнем вищої освіти	Примітка
1.	Аналіз існуючих систем керування	10.03.2026	
2.	Постановка задачі, оформлення ТЗ	15.03.2026	
3.	Розробка моделі компонента	20.03.2026	
4.	Розробка структур даних	25.03.2026	
5.	Розробка алгоритмів зв'язку та відображення	30.03.2026	
6.	Програмування алгоритмів	10.04.2026	
7.	Оформлення ПЗ	17.05.2026	
8.	Попередній захист роботи	23.05.2026	

Дата видачі завдання
«__»_____2026р.

Підпис керівника

(прізвище та ініціали)

Завдання прийнято до виконання
«__»_____2026р.

Підпис здобувача

(прізвище та ініціали)

АНОТАЦІЯ

Тирлич В.О. Програмне забезпечення комплексу моніторингу фізіологічного стану людини на базі модулів мікроконтролера ESP32-WROOM-32. 123 Комп'ютерна інженерія. Центральноукраїнський національний технічний університет. Кропивницький. 2026.

У кваліфікаційній бакалаврській роботі розглянуто розроблення програмного забезпечення для комплексу моніторингу фізіологічного стану людини із застосуванням мікроконтролерної платформи ESP32-WROOM-32. Актуальність теми зумовлена зростаючою потребою у створенні доступних, автономних та мобільних систем контролю стану здоров'я.

У роботі виконано аналіз сучасних рішень у сфері моніторингу фізіологічних параметрів, зокрема систем збору та обробки біометричних даних. Визначено основні параметри, що підлягають контролю, такі як частота серцевих скорочень, температура тіла, рівень насичення крові киснем та інші показники. Обґрунтовано вибір апаратної платформи ESP32-WROOM-32 як ефективного рішення для реалізації системи завдяки її обчислювальним можливостям, наявності бездротових інтерфейсів та енергоефективності.

Розроблено програмне забезпечення, яке забезпечує збір даних із відповідних сенсорів, їх обробку, збереження та передачу на зовнішні пристрої. Реалізовано функції візуалізації отриманих даних, а також можливість дистанційного моніторингу стану користувача. Система забезпечує стабільну роботу в реальному часі та можливість подальшого розширення функціональних можливостей.

Отримані результати можуть бути використані для створення сучасних портативних систем контролю фізіологічного стану людини, що сприятиме підвищенню якості медичного обслуговування та профілактики захворювань.

Ключові слова: ESP32-WROOM-32, мікроконтролер, фізіологічний моніторинг, біометричні дані, сенсори, програмне забезпечення, IoT.

ABSTRACT

Tyrlych V. Software for monitoring human physiological conditions based on ESP32-WROOM-32 microcontroller modules. 123 Computer Engineering. Central Ukrainian National Technical University. Kropyvnytskyi. 2026.

The qualification bachelor's thesis considers the development of software for a complex for monitoring the physiological state of a person using the ESP32-WROOM-32 microcontroller platform. The relevance of the topic is due to the growing need to create accessible, autonomous and mobile health monitoring systems.

The paper analyzes modern solutions in the field of monitoring physiological parameters, in particular systems for collecting and processing biometric data. The main parameters to be monitored, such as heart rate, body temperature, blood oxygen saturation level and other indicators, are determined. The choice of the ESP32-WROOM-32 hardware platform is justified as an effective solution for implementing the system due to its computing capabilities, the presence of wireless interfaces and energy efficiency.

Software has been developed that provides data collection from the corresponding sensors, their processing, storage and transmission to external devices. The functions of visualization of the received data, as well as the possibility of remote monitoring of the user's condition, have been implemented. The system provides stable operation in real time and the possibility of further expansion of functionality.

The results obtained can be used to create modern portable systems for monitoring the physiological state of a person, which will contribute to improving the quality of medical care and disease prevention.

Keywords: ESP32-WROOM-32, microcontroller, physiological monitoring, biometric data, sensors, software, IoT.

3MIST

ПЕРЕЛІК УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ, СИМВОЛІВ, ОДИНИЦЬ І ТЕРМІНІВ	2
ВСТУП.....	3
1 ПРИЗНАЧЕННЯ ТА ОБЛАСТЬ ВИКОРИСТАННЯ	3
1.1 Призначення системи.....	5
1.2 Область застосування.....	12
2 ПЕРЕГЛЯД АНАЛОГІЧНИХ ІСНУЮЧИХ СИСТЕМ	13
2.1 Огляд існуючих систем, технологій, архітектур та програмних рішень за профілем теми випускної кваліфікаційної роботи за першим (бакалаврським рівнем вищої освіти)	13
2.2 Обґрунтування вибору засобів для побудови системи та мови програмування.....	35
2.3 Розгорнута постановка завдання	37
3 ОПИС І ОБґРУНТУВАННЯ ПРОЕКТНИХ РІШЕНЬ	38
3.1 Опис функціонування системи	38
3.2 Розробка структурної схеми.....	39
3.3 Розробка функціональної схеми	40
3.4 Розробка діаграми процесів.....	45
4 РЕАЛІЗАЦІЯ РОБОТИ. РОЗРАХУНКИ І ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНІ ДАНІ, ЩО ПІДТВЕРДЖУЮТЬ ВІРНІСТЬ ПРОЕКТНИХ ТА ПРОГРАМНИХ РІШЕНЬ.....	46
4.1 Розробка блок-схем та опис алгоритмів функціонування системи.....	46
4.2 Захист розробленого програмного забезпечення.....	67
5 ВПРОВАДЖЕННЯ СИСТЕМИ В ПРОМИСЛОВУ ЕКСПЛУАТАЦІЮ	71
6 ОСНОВНІ ВИСНОВКИ.....	77
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ	79

					ВКРБ-123.26.0057.00.00.ПЗ				
Вим	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата	Програмне забезпечення комплексу моніторингу фізіологічного стану людини на базі модулів мікроконтролера ESP32-WROOM-32	Літ.	Аркуш	Аркушів	
Розроб.		Тирлич В.О				Б		1	78
Перев.		Кислун О.А				Ков			
						ЦНТУ КІ-22-2			
Н.контр.		Коваленко А.С							
Затв.		Смірнов О.А.							

ПЕРЕЛІК УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ, СИМВОЛІВ, ОДИНИЦЬ І ТЕРМІНІВ

BPM	–	Heart Rate/Pulse
BT	–	Body Temperature
МК	–	мікроконтролер (microcontroller)
BC	–	дистанційне управління
SpO2	–	Blood Oxygen Level
AVR	–	лінійка мікроконтролерів фірми Atmel
LCD	–	рідкокристалічний індикатор/дисплей
RAM (ОЗП)	–	перативний запам'ятовуючий пристрій
RH	–	Room Humidity
ПЗ	–	програмне забезпечення
USART	–	універсальний синхронний/асинхронний приймач та передавач
RT	–	Room Temperature

ВСТУП

У сучасних умовах стрімкого розвитку Інтернету речей (IoT) відбуваються суттєві трансформації в різних сферах, зокрема в галузі охорони здоров'я. Інноваційні медичні стартапи пропонують рішення, що спрощують моніторинг стану пацієнтів, особливо в умовах домашнього лікування. Контроль показників здоров'я вдома стає дедалі складнішим через насичений графік як медичних працівників, так і самих пацієнтів. Особливої уваги потребують люди похилого віку, яким необхідний постійний нагляд.

Значна кількість пацієнтів потребує регулярного контролю життєво важливих параметрів, зокрема частоти серцевих скорочень, рівня насичення крові киснем і температури тіла. Традиційні підходи передбачають часті візити до медичних закладів або використання стаціонарного обладнання, що може спричиняти дискомфорт і стрес. У зв'язку з цим актуальною є розробка компактних, ефективних та автоматизованих систем, здатних забезпечити дистанційне спостереження за станом пацієнтів.

Мета роботи - дослідити технічні можливості та реалізувати вебсервер на базі мікроконтролера Arduino ESP32-WROOM-32 для підвищення ефективності й функціональності системи домашнього моніторингу здоров'я. Основними завданнями є створення програмного забезпечення для підключення до мережі Інтернет, розробка користувацького інтерфейсу та обробка HTTP-запитів.

Об'єкт дослідження - система моніторингу стану здоров'я пацієнтів на основі мікроконтролера ESP32 із підключеними сенсорами для вимірювання температури, вологості, частоти серцевих скорочень та рівня кисню в крові.

Предмет дослідження - методи та процеси інтеграції сенсорів із мікроконтролером ESP32 з метою створення портативного пристрою, який забезпечує автоматизований збір даних про стан здоров'я та їх передавання на вебсервер для віддаленого контролю.

					ВКРБ-123.26.0057.00.00.ПЗ	Арк.
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		3

Завдання роботи:

- розробити програмне забезпечення для ESP32, що забезпечує підключення до Інтернету та оброблення даних із сенсорів;
- інтегрувати сенсори температури, вологості, частоти серцевих скорочень і рівня кисню в крові з мікроконтролером ESP32;
- створити вебсервер для зберігання та відображення даних у режимі реального часу;
- розробити зручний вебінтерфейс для доступу до інформації через браузер;
- провести тестування й налагодження системи з метою забезпечення стабільності роботи та точності вимірювань.

Таким чином, реалізація системи на базі Arduino ESP32-WROOM-32 є інноваційним рішенням для автоматизації процесу контролю стану здоров'я пацієнтів. Запропонований пристрій забезпечує інтелектуальний моніторинг життєво важливих показників із можливістю перегляду даних у реальному часі через вебінтерфейс. Це сприяє підвищенню якості медичного догляду, зменшенню навантаження на медичний персонал та забезпечує пацієнтам більший комфорт і безпеку.

					ВКРБ-123.26.0057.00.00.ПЗ	Арк.
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		4

1 ПРИЗНАЧЕННЯ ТА ОБЛАСТЬ ВИКОРИСТАННЯ

1.1 Призначення системи

Системи моніторингу стану пацієнтів є невід'ємним елементом сучасної медицини, оскільки забезпечують безперервний контроль основних показників здоров'я. Вони використовуються як у медичних закладах, так і в домашніх умовах для спостереження за пацієнтами з хронічними захворюваннями, у період післяопераційної реабілітації та в інших клінічних ситуаціях. Ефективним рішенням у цій сфері є система моніторингу на базі мікроконтролера ESP32, яка поєднує доступність, гнучкість і можливості сучасних технологій.

Традиційні методи контролю, такі як регулярні відвідування лікаря або використання автономних медичних пристроїв, мають низку обмежень. Зокрема, вони часто потребують участі медичного персоналу для збору та аналізу інформації, що може бути затратним і незручним. Крім того, такі підходи не забезпечують безперервного спостереження, що є особливо важливим для пацієнтів із нестабільним станом здоров'я. Використання систем на основі мікроконтролерів, зокрема ESP32, дозволяє усунути ці недоліки, забезпечуючи постійний збір, передавання й аналіз даних у реальному часі.

Важливою перевагою ESP32 є наявність вбудованих засобів бездротового зв'язку. Підтримка Wi-Fi та Bluetooth забезпечує зручну інтеграцію з медичними інформаційними системами й можливість передавання даних до хмарних сервісів для подальшої обробки. Окрім цього, мікроконтролер характеризується достатньою обчислювальною потужністю та енергоефективністю, що робить його придатним для використання у портативних і автономних системах моніторингу.

					ВКРБ-123.26.0057.00.00.ПЗ	Арк.
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		5

1.2 Область застосування

Сучасний розвиток інформаційних технологій та електроніки сприяв активному впровадженню автоматизованих систем контролю стану здоров'я людини. Одним із перспективних напрямів є створення компактних інтелектуальних систем дистанційного медичного моніторингу, здатних у реальному часі відстежувати життєво важливі показники організму. Комплекс моніторингу стану пацієнта на базі мікроконтролера ESP32 належить саме до таких систем і призначений для автоматизованого збору, обробки, передачі та збереження медичних даних.

Основним призначенням розроблюваної системи є забезпечення безперервного контролю фізіологічних параметрів пацієнта з можливістю оперативного реагування на зміну його стану. На відміну від традиційних методів спостереження, коли медичний персонал періодично проводить вимірювання вручну, автоматизований комплекс дозволяє виконувати моніторинг постійно, незалежно від присутності лікаря або медичної сестри.

Система здійснює зчитування показників із підключених медичних датчиків, серед яких можуть використовуватися датчики частоти серцевих скорочень, температури тіла, рівня насичення крові киснем (SpO_2), артеріального тиску, частоти дихання або інших біометричних параметрів. Отримані дані обробляються мікроконтролером ESP32, після чого передаються через бездротові канали зв'язку до мобільного пристрою, комп'ютера або віддаленого сервера.

Використання мікроконтролера ESP32 як центрального елемента комплексу дозволяє реалізувати одразу декілька важливих функцій: обчислювальну обробку сигналів, бездротову передачу інформації через Wi-Fi або Bluetooth, а також інтеграцію з хмарними сервісами Інтернету речей (IoT). Завдяки цьому система може працювати як локально, так і у складі розподілених медичних інформаційних мереж.

Одним із ключових призначень комплексу є раннє виявлення критичних

					ВКРБ-123.26.0057.00.00.ПЗ	Арк.
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		6

або небезпечних відхилень показників здоров'я пацієнта. У випадку перевищення встановлених граничних значень система здатна автоматично формувати попередження або тривожні повідомлення, що передаються медичному персоналу чи родичам пацієнта. Це значно скорочує час реагування на можливі ускладнення та підвищує рівень безпеки пацієнта.

Комплекс моніторингу також призначений для ведення історії вимірювань. Усі отримані дані можуть зберігатися у внутрішній пам'яті або на віддаленому сервері, що дозволяє виконувати подальший аналіз динаміки змін стану здоров'я. Накопичена інформація може використовуватися лікарями для постановки діагнозу, оцінки ефективності лікування або коригування терапії.

Важливим напрямом застосування системи є дистанційний медичний нагляд, що особливо актуально в умовах обмеженого доступу до медичних установ, під час реабілітації пацієнтів або догляду за людьми похилого віку. Завдяки бездротовій передачі даних лікар має можливість контролювати стан пацієнта незалежно від його місцезнаходження, що зменшує необхідність частих особистих відвідувань медичних закладів.

Розроблений комплекс може використовуватися у таких сферах:

- лікарнях та клініках для спостереження за пацієнтами;
- домашньому догляді за хворими;
- післяопераційній реабілітації;
- телемедичних системах;
- спортивній медицині;
- системах контролю стану людей із хронічними захворюваннями.

Ще одним призначенням системи є зменшення навантаження на медичний персонал. Автоматизація процесу вимірювання та реєстрації показників усуває необхідність постійного ручного ведення журналів спостережень, мінімізує людський фактор та підвищує точність збору інформації. Медичний працівник отримує вже оброблені та структуровані дані, що спрощує прийняття рішень.

Система також сприяє підвищенню комфорту самого пацієнта.

					ВКРБ-123.26.0057.00.00.ПЗ	Арк.
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		7

Компактність пристрою та автономність роботи дозволяють здійснювати моніторинг без обмеження рухливості людини. Пацієнт може перебувати у звичних домашніх умовах, одночасно залишаючись під постійним контролем.

З технічної точки зору комплекс виконує такі основні функції:

- збір фізіологічних параметрів із датчиків;
- первинну обробку та фільтрацію сигналів;
- відображення інформації на локальному дисплеї або мобільному застосунку;
- передачу даних через мережу Інтернет;
- збереження результатів вимірювань;
- формування аварійних повідомлень при критичних показниках.

Особливістю використання ESP32 є низьке енергоспоживання, що дозволяє реалізувати автономну роботу комплексу від акумуляторного живлення. Це розширює можливості застосування системи у мобільних або переносних медичних пристроях.

Таким чином, комплекс моніторингу стану пацієнта на базі ESP32 призначений для створення сучасної інтелектуальної системи контролю життєвих показників людини, яка забезпечує безперервне спостереження, оперативну передачу медичних даних та підвищення ефективності медичного обслуговування. Використання подібних систем є важливим кроком у розвитку цифрової медицини та технологій дистанційного медичного контролю.

					ВКРБ-123.26.0057.00.00.ПЗ	Арк.
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		8

2 ПЕРЕГЛЯД АНАЛОГІЧНИХ ІСНУЮЧИХ СИСТЕМ

2.1 Огляд існуючих систем, технологій, архітектур та програмних рішень за профілем теми випускної кваліфікаційної роботи за першим (бакалаврським рівнем вищої освіти)

Станом на сьогодні на ринку представлено значну кількість систем моніторингу стану пацієнтів, кожна з яких має власні характеристики та переваги. Одним із поширених рішень є портативні монітори життєвих показників, що здійснюють збір даних про частоту пульсу, артеріальний тиск, рівень насичення крові киснем та інші параметри. Такі пристрої, як правило, оснащені вбудованими дисплеями для відображення інформації та здатні зберігати результати вимірювань для подальшого аналізу.

Holter Monitor - це портативний пристрій, призначений для безперервного контролю серцевої діяльності протягом 24-48 годин. Його застосовують для виявлення порушень серцевого ритму, які можуть залишатися непоміченими під час короткочасного електрокардіографічного обстеження в медичному закладі. Використання Holter Monitor дає змогу лікарям детально аналізувати отримані дані та своєчасно виявляти відхилення у роботі серця.



Рисунок 2.1 – Holter Monitor

Таблиця 2.1 – Переваги та недоліки Holter Monitor

Переваги	Недоліки
Безперервний моніторинг серцевої діяльності	Обмежений час моніторингу (24-48 годин)
Висока точність даних	Потреба у спеціалізованому аналізі даних лікарем
Можливість виявлення прихованих аритмій	

AliveCor KardiaMobile - це портативний пристрій для реєстрації електрокардіограми, який дає змогу виконувати ЕКГ у домашніх умовах за допомогою смартфона. Прилад синхронізується з мобільним застосунком, де дані зберігаються та аналізуються, а також можуть бути передані лікарю для подальшої оцінки стану серцево-судинної системи.



Рисунок 2.2 – ЕКГ-монітор KardiaMobile

Таблиця 2.2 – Переваги та недоліки KardiaMobile

Переваги	Недоліки
Зручність використання вдома.	Обмежена функціональність у порівнянні зі стаціонарними системами.
Швидкий і легкий доступ до даних ЕКГ.	Залежність від смартфона і мобільного додатку.
Можливість обміну даними з лікарем.	

Водночас подібні пристрої мають певні обмеження щодо обсягу зібраної інформації та можливостей її подальшого аналізу. Більшість із них не підтримують автоматичну передачу даних до хмарних сервісів або медичних інформаційних систем, що ускладнює їх застосування для безперервного моніторингу. Окрім цього, портативні монітори часто характеризуються обмеженим ресурсом автономної роботи, що може бути критичним у ситуаціях, коли потрібен постійний контроль показників здоров'я.

Альтернативним рішенням є стаціонарні системи моніторингу, які зазвичай використовуються в лікарнях і клініках. Такі комплекси забезпечують високу точність вимірювань і можуть інтегруватися з іншими медичними інформаційними системами для автоматизованого збору та аналізу даних.

Philips IntelliVue - це стаціонарна система моніторингу, що застосовується у медичних закладах для безперервного контролю життєво важливих показників пацієнтів. Вона забезпечує моніторинг ЕКГ, артеріального тиску, рівня насичення крові киснем, частоти дихання та інших параметрів, надаючи медичному персоналу повну та актуальну інформацію про стан пацієнта в режимі реального часу.



Рисунок 2.3 – Philips IntelliVue

Таблиця 2.3 – Переваги та недоліки Philips IntelliVue

Переваги	Недоліки
Висока точність і надійність.	Висока вартість обладнання.
Інтеграція з лікарняними інформаційними системами.	Обмежене використання поза межами лікарень.
Широкий спектр вимірюваних параметрів.	

Водночас подібні системи є дорогавартісними та не завжди доступними для застосування в домашніх умовах або в невеликих медичних установах. Їх висока вартість часто стає суттєвою перешкодою для впровадження, а експлуатація потребує спеціалізованої підготовки медичного персоналу й регулярного технічного обслуговування. Це зумовлює додаткові витрати та ускладнення, особливо для закладів із обмеженим фінансуванням.

З урахуванням зазначених недоліків актуальною є розробка портативних і доступніших систем моніторингу. Використання мікроконтролерів, зокрема ESP32, дає змогу створювати компактні та економічно ефективні рішення, які забезпечують достатню точність вимірювань як для медичних закладів, так і для

домашнього використання. Такі системи легко інтегруються з мобільними застосунками та хмарними сервісами для зберігання й аналізу даних, що відкриває нові можливості для дистанційного спостереження за пацієнтами та розвитку телемедицини.

2.2 Обґрунтування вибору засобів для побудови системи та мови програмування

Огляд платформи Arduino ESP32-WROOM-32 та її характеристики

ESP32-WROOM-32 - це потужна мікроконтролерна платформа на базі чіпа ESP32 від компанії Espressif Systems, призначена для створення пристроїв із підключенням до Інтернету та вбудованих систем керування. Основні характеристики платформи:

- Висока продуктивність. Мікроконтролер ESP32 забезпечує значну обчислювальну потужність і широкі можливості програмування.
- Вбудовані модулі Wi-Fi та Bluetooth. Підтримка бездротового зв'язку дозволяє підключатися до мережі Інтернет і взаємодіяти з іншими пристроями через Bluetooth.
- Компактні розміри. Невеликий форм-фактор робить плату зручною для використання у пристроях з обмеженим простором.
- Різноманітність інтерфейсів. Плата має цифрові та аналогові входи/виходи, а також підтримує інтерфейси I2C, UART та інші комунікаційні протоколи.
- Гнучкість живлення. Може живитися через USB або від зовнішнього джерела напругою 5–9 В.
- Зручність розробки. Сумісність із середовищем Arduino IDE та простота програмування роблять платформу доступною як для досвідчених розробників, так і для початківців.

					ВКРБ-123.26.0057.00.00.ПЗ	Арк.
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		13

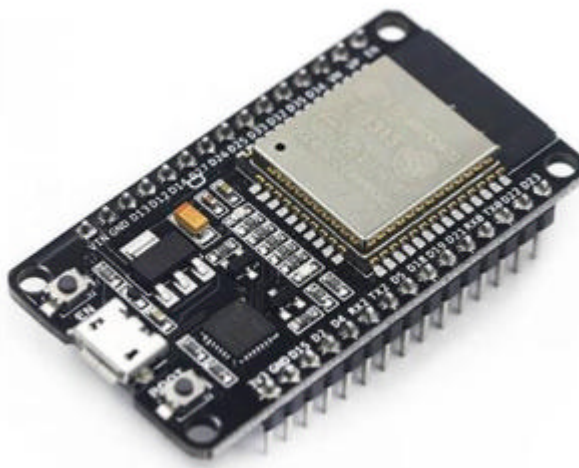


Рисунок 2.4 – ESP32-WROOM-32

ESP32-WROOM-32 є не просто мікроконтролером, а повноцінною платформою для реалізації інженерних і творчих проєктів. Завдяки вбудованому модулю Wi-Fi, компактним розмірам і широким функціональним можливостям вона оптимально підходить для створення пристроїв із підключенням до Інтернету. Простота використання, наявність великої кількості бібліотек і підтримка активної спільноти розробників роблять ESP32-WROOM-32 одним із найпопулярніших рішень серед інженерів у всьому світі. Платформа придатна як для реалізації простих систем домашньої автоматизації, так і для розробки складних IoT-рішень, відкриваючи широкі можливості для інновацій.

Відмінності ESP32-WROOM-32 та ESP32-DEVKITC

ESP32-WROOM-32 та ESP32-DEVKITC - це два поширені варіанти використання мікроконтролера ESP32, які відрізняються призначенням і функціональними можливостями.

ESP32-WROOM-32

ESP32-WROOM-32 - це компактний модуль Wi-Fi + Bluetooth, що містить сам мікроконтролер ESP32 разом із радіочастотними компонентами. Він орієнтований на використання в готових пристроях або власних друкованих платах.

Основні особливості:

- робоча напруга 3,3 В;
- вбудована Flash-пам'ять обсягом до 4 МБ;
- мінімальні габарити та низька вартість;
- потребує зовнішньої обв'язки (живлення, USB-UART тощо) для програмування.

Цей варіант підходить для досвідчених розробників і серійного виробництва пристроїв.

ESP32-DEVKITC

ESP32-DEVKITC - це повноцінна плата розробки, створена на основі модуля ESP32 (часто саме WROOM-32). Вона містить додаткові компоненти, що спрощують програмування та тестування.

Основні переваги:

- вбудований USB-UART перетворювач для зручного прошивання;
- кнопки Reset та Boot;
- світлодіоди індикації;
- зручні роз'єми для підключення сенсорів і периферії;
- робоча напруга 3,3 В;
- Flash-пам'ять до 16 МБ (залежно від модифікації).

ESP32-DEVKITC є оптимальним вибором для навчання, прототипування та швидкої розробки, оскільки не потребує додаткових схем для початку роботи.

Процес створення вебсервера на базі Arduino

Створення вебсервера на базі платформи Arduino відкриває широкі можливості для реалізації інтерактивних проєктів, що передбачають взаємодію з користувачем через мережу Інтернет. Завдяки різноманіттю доступних модулів і функціональних можливостей, Arduino дає змогу розробляти вебсервери для виконання різних завдань - від дистанційного керування пристроями до збору, передавання та оброблення даних.

Розглянемо основні етапи створення вебсервера на базі Arduino:

					ВКРБ-123.26.0057.00.00.ПЗ	Арк.
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		15

– Налаштування мережевого з'єднання. Передусім необхідно організувати підключення до мережі (Wi-Fi або Ethernet) відповідно до вимог проєкту.

– Конфігурація HTTP-сервера. Далі здійснюється налаштування HTTP-сервера на пристрої Arduino: визначаються URL-адреси, які обслуговуватимуться, а також логіка обробки запитів клієнта.

– Обробка запитів і формування відповідей. На цьому етапі розробляється програмний код для приймання HTTP-запитів, зчитування даних із сенсорів або керування виконавчими пристроями та формування відповідних відповідей клієнту.

– Розробка вебінтерфейсу. Створюється сторінка, що відображатиметься у веббраузері користувача. Це може бути як проста HTML-сторінка, так і повноцінний інтерфейс із використанням CSS та JavaScript для покращення візуалізації та функціональності.

– Забезпечення безпеки. Важливим кроком є впровадження механізмів захисту від несанкціонованого доступу, зокрема аутентифікації користувачів, обмеження прав доступу або застосування шифрування даних.

Отже, реалізація вебсервера на базі Arduino дозволяє створювати гнучкі системи автоматизації та дистанційного керування. Поєднання мережевих можливостей, програмної гнучкості та доступності апаратних компонентів робить цю платформу ефективним інструментом для розробки сучасних IoT-рішень.

Типові застосування та проєкти з використанням ESP32-WROOM-32

ESP32-WROOM-32 широко застосовується у різноманітних проєктах - від систем домашньої автоматизації до промислових IoT-рішень. Нижче наведено типові напрями використання платформи.

Домашня автоматизація

ESP32-WROOM-32 дає змогу створювати «розумні» пристрої для дому: освітлення, термостати, системи безпеки та контролю доступу. Завдяки підтримці Wi-Fi і Bluetooth такі пристрої легко інтегруються в локальну мережу та можуть керуватися дистанційно через Інтернет.

					ВКРБ-123.26.0057.00.00.ПЗ	Арк.
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		16

Наприклад, система розумного освітлення може автоматично вмикати або вимикати світло залежно від часу доби чи наявності людей у приміщенні. Розумний термостат на базі ESP32 здатний регулювати температуру відповідно до заданих параметрів або навіть використовувати онлайн-дані про погоду для оптимізації опалення чи охолодження.

Моніторинг довкілля

Платформа може використовуватися разом із датчиками температури, вологості, якості повітря та освітленості для створення систем екологічного моніторингу.

Такі рішення застосовуються у «розумних» теплицях, метеостанціях або системах контролю якості повітря. Наприклад, система може відстежувати рівень забруднення та повідомляти користувача про перевищення допустимих норм. У теплицях ESP32 може автоматично керувати поливом, вентиляцією та освітленням для забезпечення оптимальних умов вирощування рослин.

Індустріальні IoT-додатки

У промисловості ESP32-WROOM-32 застосовується для моніторингу стану обладнання, збору даних із датчиків та автоматизації виробничих процесів.

Система може відстежувати температуру, вібрації, зношування механізмів та інші параметри, що дозволяє своєчасно виявляти несправності та проводити профілактичне обслуговування. Автоматизація процесів сприяє підвищенню продуктивності, зменшенню витрат і забезпеченню стабільної якості продукції.

Здоров'я та фітнес

ESP32-WROOM-32 також використовується у носимих пристроях, таких як фітнес-трекери та розумні годинники.

Такі пристрої можуть відстежувати кількість кроків, витрачені калорії, частоту серцевих скорочень, якість сну та рівень фізичної активності. Дані передаються на смартфон для подальшого аналізу та формування індивідуальних рекомендацій. Крім того, розумний годинник може отримувати сповіщення та керувати іншими IoT-пристроями.

					ВКРБ-123.26.0057.00.00.ПЗ	Арк.
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		17

Отже, універсальність, енергоефективність і підтримка бездротових технологій роблять ESP32-WROOM-32 ефективною платформою для реалізації широкого спектра сучасних IoT-проектів.

Інтеграція ESP32-WROOM-32 з хмарними сервісами

Однією з важливих переваг використання ESP32-WROOM-32 є можливість інтеграції з хмарними сервісами, що значно розширює функціональні можливості пристроїв і забезпечує ефективний аналіз та оброблення зібраних даних.

Інтеграція з Google Cloud IoT

ESP32-WROOM-32 може підключатися до платформи Google Cloud для збору, зберігання, аналізу та візуалізації даних у режимі реального часу. Це дає змогу створювати масштабовані IoT-рішення з використанням інструментів хмарної інфраструктури.

Основні етапи інтеграції:

- Налаштування облікового запису. Створення проекту в Google Cloud Platform та підключення відповідних сервісів для роботи з IoT-пристроями.
- Реєстрація пристрою. Додавання ESP32-WROOM-32 до хмарної системи, налаштування механізмів автентифікації та отримання сертифікатів безпеки.
- Збір і передавання даних. Використання відповідних бібліотек для зчитування інформації з датчиків і надсилання її до хмарного середовища.
- Аналіз і візуалізація. Оброблення великих обсягів даних за допомогою інструментів аналітики та побудова графіків і звітів для зручного представлення інформації.

Приклад застосування

У системах моніторингу здоров'я пацієнтів ESP32-WROOM-32 може збирати дані з медичних сенсорів (частота серцевих скорочень, температура тіла, рівень кисню в крові) та передавати їх до хмарної платформи. Це дозволяє медичним працівникам відстежувати стан пацієнтів у реальному часі, аналізувати динаміку показників і приймати обґрунтовані рішення на основі отриманої аналітичної інформації.

					ВКРБ-123.26.0057.00.00.ПЗ	Арк.
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		18

Інтеграція ESP32-WROOM-32 з провідними хмарними платформами дозволяє створювати масштабовані, надійні та інтелектуальні IoT-рішення для різних галузей - від промисловості до медицини.

Amazon Web Services (AWS)

Підключення ESP32-WROOM-32 до сервісів AWS, зокрема до AWS IoT Core, забезпечує можливість централізованого керування пристроями, збирання телеметрії, аналітики даних та автоматизації процесів. Платформа вирізняється високою відмовостійкістю та гнучкою масштабованістю.

Приклад застосування - індустріальний моніторинг

ESP32-WROOM-32 може збирати дані з виробничого обладнання (температура, вібрації, навантаження) і передавати їх до AWS IoT Core. Подальший аналіз дозволяє прогнозувати можливі відмови, мінімізувати простой та оптимізувати технічне обслуговування.

Microsoft Azure - Azure IoT Hub

Інтеграція з Azure IoT Hub дає змогу створювати комплексні системи керування IoT-пристроями, виконувати оброблення великих обсягів даних та формувати аналітичні звіти. Azure надає інструменти для роботи з Big Data та алгоритмами штучного інтелекту.

Приклад застосування - розумна лікарня

ESP32-WROOM-32 може збирати дані з медичних сенсорів і передавати їх до Azure IoT Hub. Це дозволяє контролювати стан пацієнтів у реальному часі, оптимізувати графіки прийому та прогнозувати навантаження на персонал.

IBM Watson IoT

Платформа IBM Watson IoT забезпечує можливість підключення ESP32-WROOM-32 до інфраструктури IBM із використанням технологій штучного інтелекту та машинного навчання. Це відкриває перспективи створення адаптивних і самонавчальних систем.

Приклад застосування - домашній моніторинг пацієнтів

Носимі пристрої на базі ESP32-WROOM-32 можуть збирати дані про

					ВКРБ-123.26.0057.00.00.ПЗ	Арк.
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		19

життєві показники та передавати їх до IBM Watson IoT для інтелектуального аналізу. Лікарі отримують можливість дистанційно відстежувати стан пацієнтів і своєчасно реагувати на потенційні ризики.

Отже, інтеграція ESP32-WROOM-32 із хмарними платформами AWS, Azure та IBM Watson значно розширює можливості IoT-проектів, забезпечуючи масштабованість, аналітику в реальному часі та підтримку технологій штучного інтелекту.

Переваги та виклики інтеграції ESP32-WROOM-32 з хмарними сервісами

Інтеграція ESP32-WROOM-32 із хмарними платформами відкриває широкі можливості для створення масштабованих та інтелектуальних IoT-систем, однак водночас супроводжується певними технічними й економічними обмеженнями.

Переваги:

- хмарні сервіси забезпечують просте масштабування системи шляхом додавання нових пристроїв і оброблення великих обсягів даних;
- високий рівень захисту інформації, включаючи шифрування, автентифікацію та контроль доступу;
- доступ до потужних інструментів аналітики даних і можливість застосування алгоритмів машинного навчання;
- зручні засоби керування пристроями, моніторингу стану системи та налаштування параметрів через вебінтерфейси.

Виклики:

- можливі затримки під час передавання даних, що може бути критичним для систем реального часу;
- залежність від стабільності інтернет-з'єднання для безперервної передачі інформації;
- потенційно високі витрати на використання хмарних ресурсів, особливо при роботі з великими обсягами даних або значними обчислювальними навантаженнями.

					ВКРБ-123.26.0057.00.00.ПЗ	Арк.
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		20

Отже, інтеграція ESP32-WROOM-32 із хмарними сервісами поєднує значні переваги - масштабованість, безпеку, аналітичні можливості та зручність керування - із певними викликами, зокрема затримками передачі даних, залежністю від мережевої інфраструктури та фінансовими витратами на експлуатацію хмарних платформ.

Приклади успішних проєктів на базі ESP32-WROOM-32

ESP32-WROOM-32 широко використовується у практичних проєктах, що демонструють його гнучкість, функціональність і ефективність у різних сферах застосування. Нижче наведено приклади успішних реалізацій.

Розумний будинок

У одному з проєктів ESP32-WROOM-32 було застосовано для створення комплексної системи «розумного будинку», яка включала керування освітленням, опаленням і системою безпеки. Керування здійснювалося через мобільний застосунок або голосові команди.

Основні компоненти проєкту:

– Освітлення. Користувач може змінювати яскравість і колір світла через застосунок або голосове керування. Система автоматично регулює освітлення залежно від часу доби та присутності людей.

– Опалення. Датчики температури передають дані мікроконтролеру, який керує обігрівом для підтримання комфортної температури та зменшення енергоспоживання.

– Безпека. Система включає датчики руху, камери та електронні замки. У разі виявлення підозрілої активності користувач отримує сповіщення.

Отримані результати:

– зниження споживання електроенергії приблизно на 30 % завдяки автоматизації;

– підвищення рівня безпеки та комфорту мешканців;

– зручне дистанційне керування через мобільний застосунок і голосові команди.

					ВКРБ-123.26.0057.00.00.ПЗ	Арк.
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		21

Система моніторингу здоров'я

Інший проєкт передбачав створення пристрою для віддаленого моніторингу стану здоров'я пацієнтів. Пристрій на базі ESP32-WROOM-32 збирав дані про серцевий ритм, рівень кисню в крові та інші показники, передаючи їх лікарям у режимі реального часу.

Основні компоненти проєкту:

- датчики здоров'я. Використовуються сенсори для вимірювання частоти серцевих скорочень, рівня насичення крові киснем і температури тіла;
- збір і передача даних. Мікроконтролер зчитує інформацію з датчиків і передає її через Wi-Fi або Bluetooth до хмарного сервісу;
- аналіз даних. Медичні працівники отримують доступ до даних у реальному часі через вебінтерфейс або мобільний застосунок, що дозволяє швидко реагувати на зміни стану пацієнта.

Отримані результати:

- підвищення точності моніторингу стану здоров'я;
- зменшення кількості необхідних візитів до лікаря;
- можливість оперативного реагування у разі виникнення критичних ситуацій.

Отже, практичні приклади використання ESP32-WROOM-32 підтверджують його ефективність у створенні інтелектуальних IoT-систем, що підвищують комфорт, безпеку та якість життя користувачів.

Автоматизація сільського господарства

У проєктах автоматизації аграрного сектору ESP32-WROOM-32 застосовується для моніторингу параметрів середовища в теплицях і керування системами зрошення. Це дає змогу підвищити ефективність вирощування культур та оптимізувати використання водних ресурсів.

Основні складові проєкту:

- моніторинг умов. Використання сенсорів вологості ґрунту, температури та освітленості для постійного контролю мікроклімату в теплиці;

					ВКРБ-123.26.0057.00.00.ПЗ	Арк.
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		22

- керування поливом. Мікроконтролер автоматично регулює подачу води відповідно до стану ґрунту, погодних умов і потреб рослин;
- дистанційне керування. Фермер може контролювати систему через мобільний застосунок, отримувати сповіщення та змінювати параметри роботи;

Досягнуті результати:

- підвищення врожайності приблизно на 25 % завдяки оптимізованому поливу;
- зменшення витрат води до 40 %;
- зручний дистанційний моніторинг і керування системою.

Таким чином, ESP32-WROOM-32 успішно застосовується в різних напрямках, зокрема у системах «розумного будинку», медичному моніторингу та автоматизації сільського господарства. Практичні реалізації підтверджують його гнучкість, енергоефективність, точність збору даних і здатність підвищувати продуктивність у різних сферах застосування.

Переваги та недоліки використання ESP32-WROOM-32 у IoT-проєктах

Застосування модуля ESP32-WROOM-32 у системах Інтернету речей має як сильні сторони, так і певні обмеження.

Переваги:

- висока обчислювальна потужність: двоядерний процесор із тактовою частотою до 240 МГц забезпечує виконання складних операцій і паралельну обробку задач, що особливо важливо для IoT-систем із вимогами до роботи в реальному часі;
- вбудовані модулі Wi-Fi та Bluetooth: інтегровані засоби бездротового зв'язку спрощують розробку, зменшують вартість пристрою та дають змогу легко організувати підключення до мережі або взаємодію з іншими пристроями;
- компактність: невеликі габарити модуля дозволяють використовувати його у проєктах із обмеженим простором, зокрема у носимій електроніці, сенсорних вузлах і компактних автоматизованих системах;

					ВКРБ-123.26.0057.00.00.ПЗ	Арк.
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		23

-енергоефективність: підтримка режимів енергозбереження робить ESP32-WROOM-32 придатним для автономних пристроїв із живленням від батарей, наприклад систем віддаленого моніторингу;

-гнучкість і масштабованість: підтримка інтерфейсів GPIO, SPI, I2C, UART та інших забезпечує просте підключення датчиків, виконавчих механізмів і додаткових модулів.

Недоліки:

-складність початкового налаштування: для повноцінної роботи з ESP32-WROOM-32 необхідно освоїти середовище розробки та інструменти, що може викликати труднощі у початківців;

-питання сумісності: окремі бібліотеки чи програмні рішення можуть вимагати додаткової адаптації або налаштування для коректної роботи з модулем;

-обмежені апаратні засоби безпеки: відсутність спеціалізованого апаратного захисту, наприклад безпечного зберігання ключів або апаратного шифрування, може створювати ризики при використанні у критично важливих системах.

Отже, ESP32-WROOM-32 є потужним і універсальним рішенням для IoT-проектів завдяки високій продуктивності, вбудованим засобам зв'язку, компактності та енергоефективності. Водночас під час розробки слід враховувати складність початкового налаштування, можливі питання сумісності та обмеження щодо апаратної безпеки.

Висновок до розділу

Системи моніторингу стану пацієнтів відіграють важливу роль у сучасній медицині, оскільки забезпечують безперервне відстеження основних життєвих показників. Особливе значення мають рішення на основі мікроконтролерів, зокрема ESP32, які дозволяють ефективно організувати постійне спостереження за пацієнтом завдяки високій продуктивності, енергоефективності та підтримці бездротового зв'язку.

Традиційні підходи до моніторингу, попри їхню надійність, зазвичай

					ВКРБ-123.26.0057.00.00.ПЗ	Арк.
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		24

потребують періодичного втручання медичного персоналу та не завжди забезпечують безперервний контроль, що може становити ризик для пацієнтів із нестабільним станом. На відміну від них, системи на базі ESP32 забезпечують постійний збір, обробку та передачу даних у режимі реального часу, що сприяє підвищенню ефективності спостереження та якості медичного обслуговування.

Отже, застосування модуля ESP32-WROOM-32 у системах медичного моніторингу відкриває широкі можливості для дистанційного спостереження за пацієнтами, розвитку телемедицини та підвищення загального рівня медичного обслуговування. Використання цієї платформи забезпечує не лише технологічні переваги, а й сприяє підвищенню доступності та ефективності медичних рішень, що є надзвичайно важливим для сучасної системи охорони здоров'я.

2.3 Розгорнута постановка завдання

Згідно з технічним завданням на кваліфікаційну роботу, реалізації розробка програмного забезпечення комплексу для моніторингу стану пацієнта на базі ESP32. В процесі розробки кваліфікаційної роботи необхідно виконати наступний обсяг проекту:

а) провести аналіз існуючих систем-аналогів для виявлення їх позитивних і негативних якостей. Результати аналізу врахувати в подальших розробках;

б) вибрати та обґрунтувати методику розробки відповідної системи та програмного забезпечення. Розробити функціональну та структурну схеми системи;

в) розробити програмне забезпечення системи, що дозволить реалізувати поставлену технічним завданням задачу. Побудувати блок-схеми алгоритмів програми та підпрограми;

г) організувати інтерфейс користувача з метою формування та виводу на екран результатів аналізу та тестування;

д) розробити рекомендації по організаційних та методичних заходах, які

					ВКРБ-123.26.0057.00.00.ПЗ	Арк.
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		25

забезпечать впровадження системи в промислову експлуатацію та її подальшу успішну експлуатацію;

е) сформулювати висновки про виконаний обсяг робіт та одержані результати.

К6ПЗ_2026

					ВКРБ-123.26.0057.00.00.ПЗ	Арк.
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		26

3 ОПИС І ОБҐРУНТУВАННЯ ПРОЕКТНИХ РІШЕНЬ

3.1 Опис функціонування системи

Основні складові системи моніторингу стану пацієнта

Комплекс моніторингу стану пацієнта являє собою інтегровану систему, призначену для безперервного контролю основних фізіологічних показників. Його ключова перевага полягає у можливості оперативного збору, обробки та передачі інформації в режимі реального часу, що дає змогу медичному персоналу своєчасно реагувати на будь-які зміни стану пацієнта.

До складу комплексу входять сенсори життєво важливих параметрів, які контролюють артеріальний тиск, частоту серцевих скорочень, рівень насичення крові киснем, температуру тіла та концентрацію глюкози. Такі сенсори можуть бути як носимими, так і стаціонарними. Важливою частиною системи є електрокардіографи, що забезпечують спостереження за електричною активністю серця та дозволяють виявляти аритмії, ішемічні прояви й інші порушення. ЕКГ-пристрої можуть застосовуватися як у портативному, так і у стаціонарному виконанні, що розширює сферу їх використання.

До комплексу також входять капнографи, які визначають концентрацію вуглекислого газу у видихуваному повітрі, що дає змогу оцінювати вентиляційну функцію легень і виявляти дихальні розлади. Моніторинг центральної нервової системи здійснюється за допомогою електроенцефалографів, які реєструють електричну активність мозку та допомагають діагностувати епілепсію й інші неврологічні стани.

Окремим елементом є системи контролю дихання, що відстежують частоту та глибину дихання, а також інші респіраторні показники. Для точного введення лікарських препаратів, рідин і поживних речовин використовуються інфузійні насоси, які забезпечують контроль швидкості та об'єму введення.

					ВКРБ-123.26.0057.00.00.ПЗ	Арк.
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		27

Передача даних від сенсорів до центральної станції або мобільних пристроїв медичного персоналу здійснюється за допомогою сучасних засобів зв'язку, що забезпечує можливість дистанційного контролю. Програмне забезпечення системи аналізує отримані дані, застосовує алгоритми виявлення відхилень, прогнозує ризики та підтримує прийняття клінічних рішень. Інтерфейс користувача реалізований у вигляді екранів і панелей керування, які забезпечують зручний перегляд показників, налаштування параметрів та отримання сповіщень про критичні зміни стану пацієнта.

Загалом комплекс моніторингу дозволяє здійснювати безперервний контроль за станом здоров'я, що особливо важливо для пацієнтів відділень інтенсивної терапії та осіб із хронічними захворюваннями. Використання такої системи підвищує точність діагностики, прискорює реагування на зміни стану та сприяє запобіганню ускладненням. Завдяки гнучкій структурі комплекс може адаптуватися до індивідуальних потреб пацієнта та вдосконалюватися шляхом інтеграції нових технологій і функцій.

Специфікація матеріалів кваліфікаційного проєкту

Використовуючи наведені компоненти (табл. 3.1), можна реалізувати систему моніторингу стану пацієнта, яка забезпечує безперервний збір і обробку даних про частоту пульсу, рівень насичення крові киснем, температуру тіла, а також параметри навколишнього середовища, зокрема вологість повітря. Така система дозволяє здійснювати оперативний контроль показників і своєчасно виявляти можливі відхилення від норми.

Таблиця 3.1 – Матеріали

№	Назва компоненту	Кількість, шт.
1	Плата ESP32	1
2	Датчик пульсоксиметра MAX30100	1
3	Датчик DS18B20	1
4	Датчик DHT11	1
5	Резистори 4,7К	1
6	З'єднувальні дроти	10
7	Макетна дошка	1

Застосування плати ESP32 у поєднанні з датчиками MAX30100, DS18B20 та DHT11, а також допоміжними електронними компонентами, створює зручну основу для побудови комплексної системи моніторингу стану пацієнта. Така система забезпечує безперервний збір і обробку ключових показників, зокрема частоти пульсу, рівня насичення крові киснем, температури тіла та вологості навколишнього середовища.

Плата ESP32 виконує роль центрального керуючого елемента, обробляючи сигнали з датчиків і передаючи отриману інформацію бездротовими каналами до централізованої бази даних або мобільного пристрою для подальшого аналізу та спостереження. Наявність вбудованих модулів Wi-Fi і Bluetooth дає змогу легко інтегрувати систему в існуючу інфраструктуру та забезпечує стабільний зв'язок із доступом до даних у режимі реального часу.

Датчик MAX30100 використовується для вимірювання частоти серцевих скорочень і рівня насичення крові киснем, що є важливими показниками для оцінювання фізіологічного стану пацієнта. Датчик температури DS18B20 забезпечує точне визначення температури тіла, що дозволяє вчасно виявляти можливі запальні або інфекційні процеси. Датчик DHT11 контролює температуру та вологість навколишнього середовища, враховуючи вплив зовнішніх умов на самопочуття пацієнта.

					ВКРБ-123.26.0057.00.00.ПЗ	Арк.
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		29

Використання резисторів номіналом 4,7 кОм і з'єднувальних провідників гарантує надійність електричних з'єднань між елементами системи, а макетна плата забезпечує зручність монтажу, налагодження та тестування перед остаточною реалізацією пристрою.

Таким чином, розроблена система моніторингу стану пацієнта здатна з високою точністю та надійністю виконувати збір і аналіз медичних даних, надаючи медичному персоналу важливу інформацію для своєчасного прийняття обґрунтованих рішень щодо лікування та догляду за пацієнтами.

Датчик пульсоксиметра MAX30100

Це інтегрований датчик пульсоксиметрії та вимірювання частоти серцевих скорочень, який об'єднує в одному модулі два світлодіоди, фотодетектор, оптимізовану оптичну систему та малощумний блок обробки аналогового сигналу. Така конструкція забезпечує точне визначення пульсової хвилі та частоти серцевого ритму.

Датчик працює від джерел живлення напругою 1,8В та 3,3В і підтримує програмне керування режимами роботи. За потреби його можна перевести в режим низького енергоспоживання або повністю вимкнути програмно, при цьому струм очікування залишається мінімальним. Це дає змогу постійно залишати пристрій підключеним до живлення без значних втрат енергії.



Рисунок 3.1 – MAX30100

Пристрій оснащений двома світлодіодами: один випромінює світло в червоному діапазоні, інший - в інфрачервоному. Для визначення частоти пульсу використовується лише інфрачервоне випромінювання, тоді як для вимірювання рівня насичення крові киснем застосовуються обидва - червоний та інфрачервоний.

Під час скорочення серця об'єм насиченої киснем крові в судинах збільшується, оскільки зростає кількість крові, що проходить через тканини. У фазі розслаблення серця цей об'єм зменшується. Вимірюючи інтервали між моментами збільшення та зменшення об'єму насиченої киснем крові, система визначає частоту серцевих скорочень, тобто пульс.

Таблиця 3.2 - Розпикування MAX30100

Пін	Значення
GND:	«земля»
RD:	драйвер червоного світлодіода
IRD:	драйвер ІК світлодіоди
INT:	переривання
SDA:	лінія даних
SCL:	лінія тактування
UIN:	напруга живлення

Таблиця 3.3 – Технічні характеристики модуля MAX30100

Характеристика	Значення
Мікросхема	MAX30100
Напруга живлення, В	5 (внутрішній стабілізатор)
Споживаний струм у режимі вимірювання, мА	1,2
Споживаний струм у режимі sleep, мкА	до 10
Інтерфейс	I2C
Максимальна частота інтерфейсу, кГц	400
Розміри модуля, мм	18,5 x 14,4 x 3

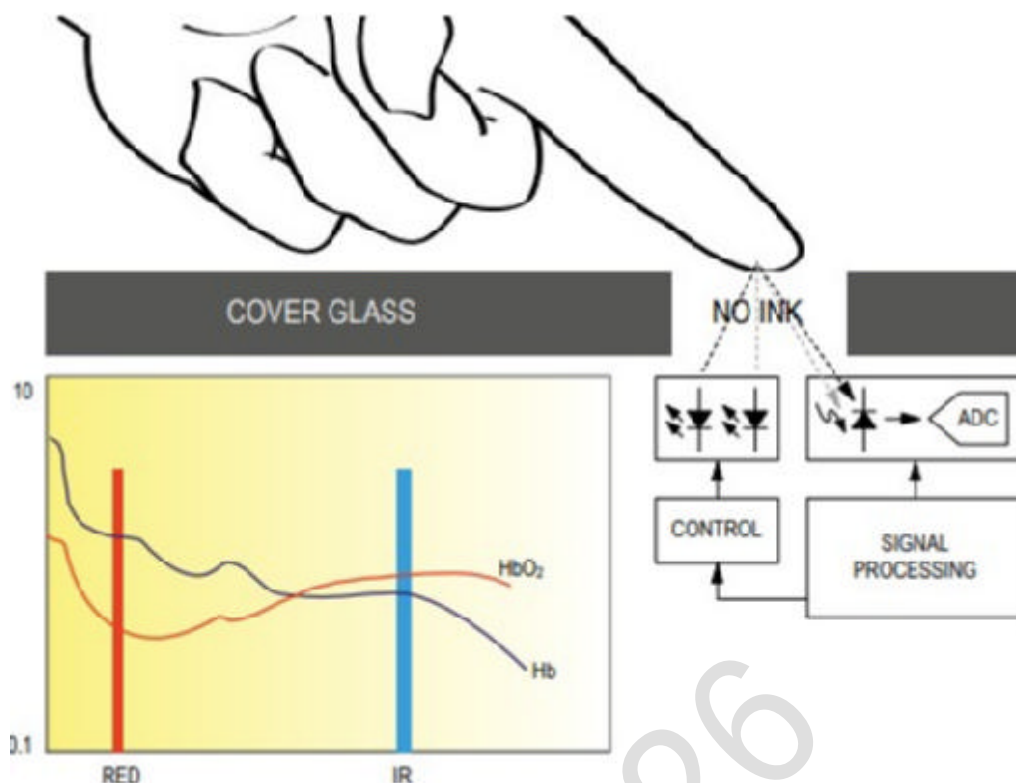


Рисунок 3.2 – Принцип роботи MAX30100

Датчик пульсоксиметрії MAX30100 є оптимальним вибором для інтеграції у системи моніторингу стану пацієнта завдяки високій точності вимірювань та енергоефективності. Він забезпечує стабільний контроль частоти серцевих скорочень і рівня насичення крові киснем у режимі реального часу, що є надзвичайно важливим для медичних застосувань.

Датчик температури DS18B20

DS18B20 у даному виконанні представлений як попередньо зібраний водонепроникний модуль. Він здатний вимірювати температуру в діапазоні від – 55 до +125 °C. Кабель із ПВХ-ізоляцією забезпечує захист від вологи та негативного впливу навколишнього середовища, що дозволяє використовувати датчик у різних умовах експлуатації.

Однією з основних переваг DS18B20 є його цифровий принцип роботи, який гарантує високу точність вимірювання навіть при значній відстані до мікроконтролера. Датчик працює за однопровідним інтерфейсом (1-Wire), забезпечує точність до $\pm 0,5$ °C у більшій частині робочого діапазону та підтримує

роздільну здатність до 12 біт завдяки вбудованому аналого-цифровому перетворювачу.

DS18B20 легко інтегрується з будь-яким мікроконтролером, оскільки для передачі даних потребує лише одного цифрового входу/виходу, що значно спрощує підключення та програмну реалізацію системи.



Рисунок 3.3 – DS18B20

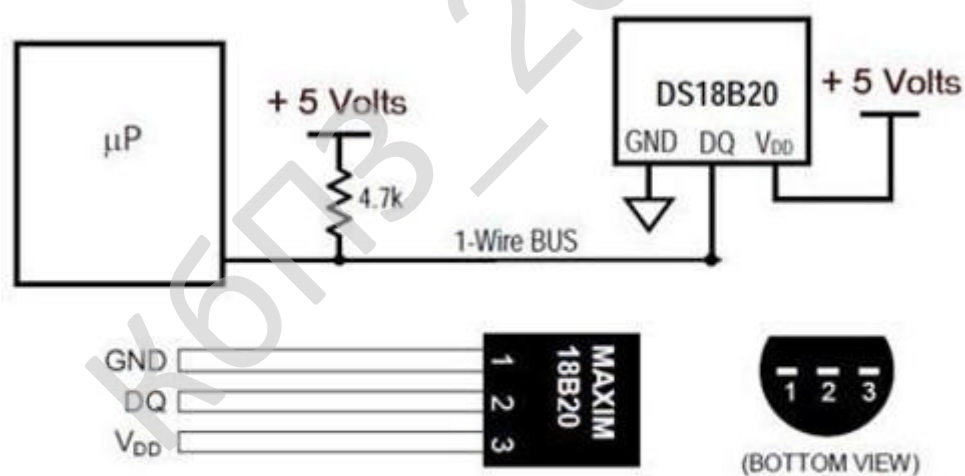
Основним недоліком датчика є застосування протоколу Dallas 1-Wire, який відзначається відносною складністю реалізації та потребує більшого обсягу програмного коду для коректної обробки обміну даними. Однак цей аспект компенсується високою точністю вимірювань і надійністю передавання даних.

Для стабільної та коректної роботи DS18B20 необхідно використовувати підтягувальний резистор номіналом 4,7 кОм, який підключається між лінією DATA та VCC. Це забезпечує правильний рівень логічної «1» на шині та гарантує стабільний обмін даними між датчиком і мікроконтролером.

Таблиця 3.4 – Основні характеристики DS18B20

Характеристика	Значення
Напруга живлення	3.0..5.5 V
Діапазон температур	-55°C..+125°C
Точність показань температури	0.5 °C
Крок показань	0.0625 °C
Інтерфейс	1-Wire
Споживаний струм	1 mA

Датчик температури DS18B20 є оптимальним рішенням для застосування у системах моніторингу стану пацієнта завдяки своїй надійності та технічним характеристикам. Він забезпечує точне та стабільне вимірювання температури тіла, що має важливе значення для своєчасного виявлення змін у стані здоров'я пацієнта та ефективного медичного контролю.



Typical Connections for
the DS18B20

Рисунок 3.4 – Схема підключення датчика DS18B20

Датчик температури DS18B20 є водонепроникним, високоточним і надійним пристроєм, здатним працювати в широкому температурному діапазоні від -55 до +125 °C із похибкою до $\pm 0,5$ °C. Незважаючи на певну складність

протоколу Dallas 1-Wire, цей сенсор є ефективним рішенням для систем моніторингу, зокрема для вимірювання температури тіла пацієнтів, оскільки забезпечує стабільні та точні результати навіть за значної відстані до мікроконтролера.

Датчик температури та вологості DHT11

DHT11 - це простий і доступний цифровий датчик для вимірювання температури та відносної вологості повітря. У його конструкції використовується ємнісний сенсор вологості та термістор для визначення температури навколишнього середовища. Отримані дані передаються у вигляді цифрового сигналу через один контакт, що виключає потребу в застосуванні аналогових входів мікроконтролера та спрощує підключення й програмування.

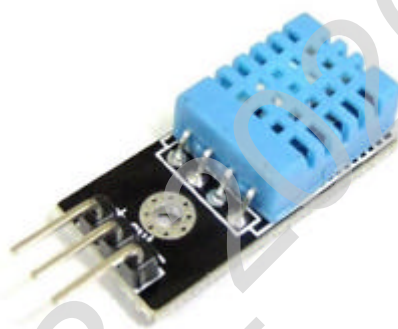


Рисунок 3.5 – DHT11

Датчик DHT11 є досить простим у використанні, проте потребує точного дотримання часових інтервалів під час зчитування даних. Основним його обмеженням є низька частота оновлення інформації - нові вимірювання можна отримувати не частіше ніж один раз на 2 секунди. Тому при використанні стандартних бібліотек слід враховувати, що відображені значення можуть мати затримку до двох секунд.

Попри це, DHT11 є практичним і економічно доцільним рішенням для нескладних систем моніторингу, де необхідні базові показники температури та вологості з прийнятною точністю. Його можна застосовувати в медичних пристроях для контролю параметрів навколишнього середовища, у системах моніторингу якості повітря, а також у кліматичних системах приміщень.

					ВКРБ-123.26.0057.00.00.ПЗ	Арк.
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		35

Таблиця 3.5 – Технічні характеристики DHT11

Температура	
Дискретність	1°C
Вимірюваний діапазон	0°C ~ 50°C
Точність	±2°C
Вологість	
Дискретність	1%RH
Вимірюваний діапазон	20%RH ~ 90%RH
Точність	±5%RH (0~50°C)
Робоча напруга	3.3 В ~ 5.5 В

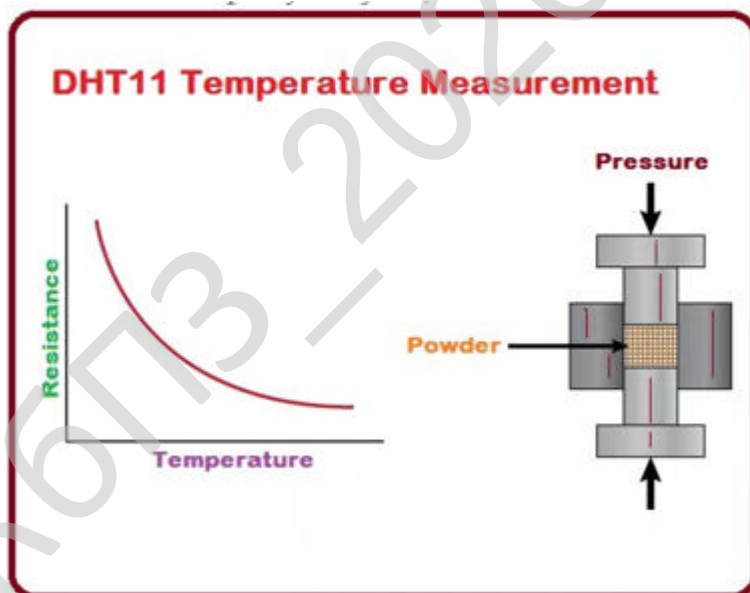


Рисунок 3.6 – Відображення залежності між температурою та опором для датчика DHT11

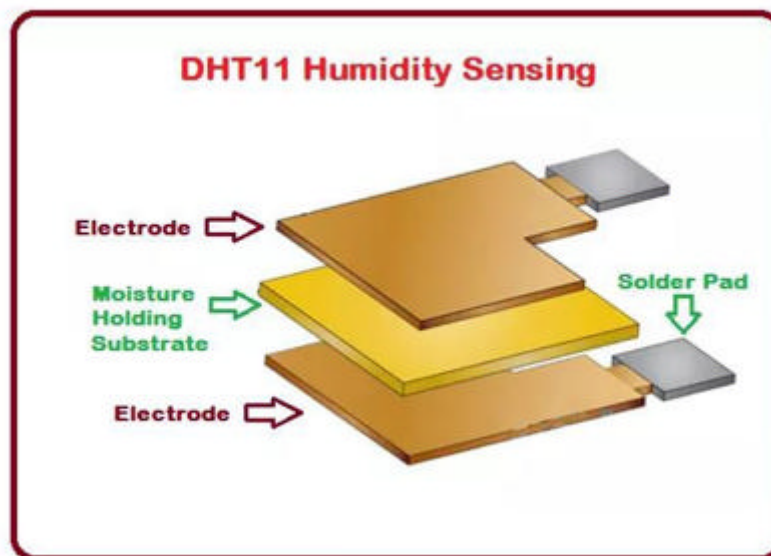


Рисунок 3.7 – Візуальний опис вимірювання вологості за допомогою датчика DHT11

DHT11 є доцільним рішенням для контролю температури та вологості у простих системах моніторингу, де необхідні базові показники з точністю, достатньою для багатьох медичних і технічних застосувань.

Вибір плати ESP32

ESP32 - це універсальний мікроконтролер із вбудованими модулями Wi-Fi та Bluetooth, що дозволяє легко інтегрувати систему моніторингу стану пацієнта в наявну мережеву інфраструктуру. Плата характеризується високою продуктивністю, енергоефективністю та здатністю паралельно виконувати декілька задач, що робить її придатною для використання в медичних пристроях.

Однією з основних переваг є наявність двоядерного процесора Xtensa з тактовою частотою до 240 МГц, який забезпечує достатню обчислювальну потужність для обробки даних у режимі реального часу. Мікроконтролер оснащений 320 КБ оперативної пам'яті SRAM і 4 МБ флеш-пам'яті, що дозволяє зберігати програмний код і обробляти значні обсяги інформації, необхідні для функціонування системи моніторингу.

ESP32 підтримує стандарти бездротового зв'язку Wi-Fi 802.11 b/g/n та Bluetooth v4.2 (BR/EDR і BLE), що забезпечує стабільну передачу даних між

					ВКРБ-123.26.0057.00.00.ПЗ	Арк.
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		37

пристроями та централізованими системами спостереження. Це дає змогу реалізувати безперервний дистанційний моніторинг із передаванням інформації в реальному часі, що є особливо важливим у медичних застосуваннях.

Наявність 17 GPIO-виводів, трьох 12-бітних АЦП та двох ЦАП забезпечує можливість підключення різноманітних датчиків і виконавчих пристроїв. Підтримка інтерфейсів I2C, SPI, UART і SDIO надає додаткову гнучкість у розширенні функціоналу системи та інтеграції допоміжних модулів, що дозволяє створити повноцінний комплекс моніторингу фізіологічних параметрів пацієнта.

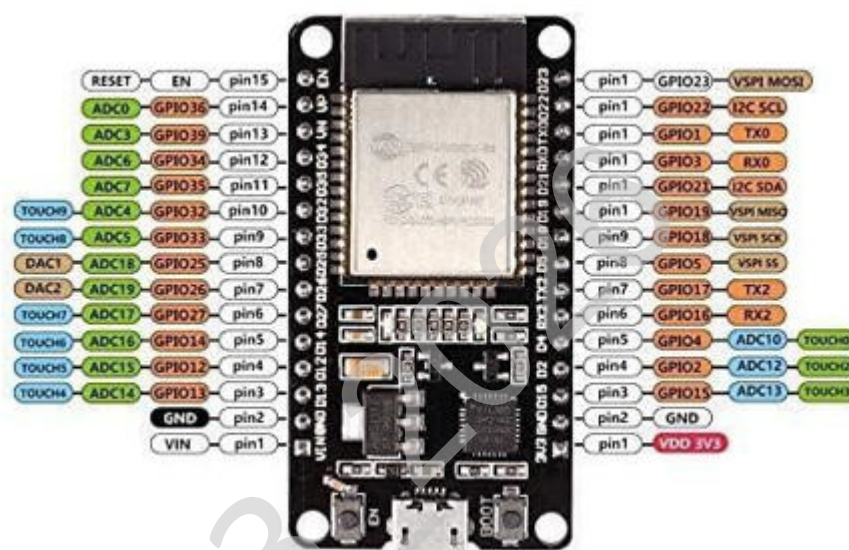


Рисунок 3.8 – Піни ESP32-WROOM-32

Додаткові можливості, зокрема наявність сенсорних входів дотику та вбудованого температурного датчика, розширюють функціональність плати і дозволяють застосовувати її в широкому спектрі медичних та IoT-рішень. Живлення від 3,3 В і низьке енергоспоживання, яке у режимі глибокого сну може зменшуватися до приблизно 5 мкА, роблять ESP32 енергоефективною платформою для тривалої автономної роботи без частого підзаряджання.

Компактні габарити плати (25,4 × 15,2 мм) забезпечують можливість інтеграції у малі пристрої, що особливо важливо для носимих медичних сенсорів та портативних систем. Робочий температурний діапазон від –40 °С до +80 °С гарантує стабільну та надійну роботу мікроконтролера в різних умовах

експлуатації.

Таблиця 3.6 – Основні характеристики ESP32-WROOM-32

Характеристика	Специфікація
Мікроконтролер	Двоядерний процесор Xtensa LX106, з тактовою частотою до 240 МГц
Пам'ять	320 КБ SRAM, 4 МБ флеш-пам'яті
Бездротове підключення	Wi-Fi 802.11 b/g/n, Bluetooth v4.2 BR/EDR та BLE
GPIO	17 GPIO-пінів
Аналогові периферійні пристрої	3 АЦП (12-біт), 2 ЦАП
Інтерфейси зв'язку	2 шини I2C, 1 шина SPI, 1 UART, 1 шина SDIO
Спеціальні функції	1 сенсор дотику, 1 датчик температури
Живлення	3,3 В, Низьке споживання енергії (до 5 мкА в режимі глибокого сну)
Розміри	25,4 мм x 15,2 мм
Застосування	ІоТ-пристрої, Носимі пристрої, Домашня автоматизація, Промислова автоматизація, Датчики та виконавчі механізми
Додаткові функції	Безпечний запуск, Оновлення по повітрю (OTA), Ультранизьке споживання енергії, Широкий діапазон робочих температур (-40°C до +80°C)

Застосування ІоТ-пристрої, Носимі пристрої, Домашня автоматизація, Промислова автоматизація, Датчики та виконавчі механізми.

Додаткові функції Безпечний запуск, Оновлення по повітрю (OTA), Ультранизьке споживання енергії, Широкий діапазон робочих температур (-40°C до +80°C).

ESP32 є оптимальним вибором для створення системи моніторингу стану пацієнта завдяки широким функціональним можливостям і високій

					ВКРБ-123.26.0057.00.00.ПЗ	Арк.
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		39

продуктивності. Вбудовані модулі Wi-Fi та Bluetooth забезпечують просту інтеграцію з існуючими мережами й пристроями, що дає змогу організувати безперервний моніторинг і передачу даних у реальному часі. Висока швидкість обробки інформації, енергоефективність і підтримка багатозадачності роблять цю платформу придатною для медичних застосувань, де особливо важливі надійність і стабільність роботи.

3.2 Розробка структурної схеми

Структурна схема являє собою сукупність об'єктів, їхніх складових частин та взаємозв'язків між ними. Вона використовується для відображення загальної структури системи, включаючи її основні блоки, вузли та ключові зв'язки.

Головною метою кваліфікаційної роботи є розроблення комплексної системи моніторингу стану пацієнта на базі мікроконтролера ESP32. З урахуванням результатів попередніх розділів визначено, що для контролю основних фізіологічних показників використовуються три датчики: MAX30100, DS18B20 і DHT11. Застосування цих сенсорів дозволяє отримувати дані про частоту серцевих скорочень, температуру тіла та параметри навколишнього середовища, зокрема вологість, що є важливими показниками для оцінювання загального стану пацієнта.

Аналіз існуючих рішень провідних виробників, таких як Holter Monitor, Philips та AliveCor, показав, що подібні системи часто відзначаються високою вартістю та складністю використання. У зв'язку з цим було прийнято рішення створити доступну, просту в експлуатації та універсальну систему, придатну як для домашнього використання, так і для застосування в медичних установах.

Відповідно до висновків другого розділу, до складу розробленої системи входять:

- мікроконтролер ESP32;
- датчик пульсу та рівня насичення крові киснем MAX30100;

- цифровий датчик температури DS18B20;
- датчик температури та вологості DHT11.

Запропонована конфігурація забезпечує ефективний збір та обробку ключових медичних параметрів, необхідних для безперервного моніторингу стану пацієнта.



Рисунок 3.9 – Структурна схема роботи пристрою

Усі складові системи підключаються до мікроконтролера ESP32, який виконує функцію центрального керуючого елемента. Саме він приймає сигнали від датчиків, здійснює їх обробку та передає результати на дисплей або інші пристрої для подальшого аналізу. Загальний принцип роботи системи можна описати так.

Живлення системи

Після подачі живлення система ініціалізується та переходить у робочий режим. Увімкнення та вимкнення здійснюється за допомогою кнопки або перемикача. Джерелом живлення може бути акумулятор або мережевий блок живлення, що забезпечує автономність та гнучкість використання.

Збір даних від датчиків

MAX30100: здійснює вимірювання частоти серцевих скорочень і рівня насичення крові киснем (SpO_2). Червоний та інфрачервоний світлодіоди випромінюють світло, яке проходить крізь тканини, а фотодетектор фіксує інтенсивність відбитого сигналу, що дозволяє визначити фізіологічні параметри.

DS18B20: забезпечує точне вимірювання температури тіла пацієнта. Передача даних здійснюється цифровим сигналом, що мінімізує похибки та вплив перешкод.

DHT11: вимірює температуру та вологість навколишнього середовища, що дозволяє враховувати вплив зовнішніх умов на самопочуття пацієнта.

Обробка даних

Отримані показники надходять до ESP32, де виконуються первинна обробка, фільтрація та розрахунок необхідних параметрів. Завдяки вбудованому модулю Wi-Fi мікроконтролер може передавати дані на віддалений сервер для зберігання та подальшого аналізу.

Відображення та зберігання інформації

Оброблені результати можуть відображатися на локальному дисплеї або передаватися на мобільний пристрій через спеціальний застосунок. Крім того, дані можуть зберігатися на сервері, що забезпечує можливість довготривалого моніторингу та аналізу стану пацієнта в динаміці.

Таким чином, система забезпечує повний цикл від збору фізіологічних показників до їх обробки, відображення та збереження для подальшого медичного аналізу.

3.3 Розробка функціональної схеми

Функціональна схема відображає загальний принцип роботи системи моніторингу фізіологічних показників людини на базі мікроконтролера ESP32 та демонструє послідовність обробки даних від моменту подачі живлення до отримання кінцевого результату користувачем. Робота системи починається з джерела живлення, яке забезпечує енергією всі модулі, після чого відбувається ініціалізація системи, під час якої налаштовуються основні компоненти мікроконтролера, інтерфейси зв'язку та периферійні пристрої, що необхідні для коректної роботи датчиків і передачі даних.

					ВКРБ-123.26.0057.00.00.ПЗ	Арк.
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		42

Після завершення ініціалізації система переходить до етапу зчитування даних із датчиків, де використовуються модулі MAX30100, DS18B20 та DHT11. Датчик MAX30100 відповідає за вимірювання частоти серцевих скорочень та рівня насичення крові киснем, DS18B20 забезпечує вимірювання температури, а DHT11 використовується для визначення температури та вологості навколишнього середовища. Отримані дані є первинними і можуть містити шуми або неточності, тому вони передаються на наступний етап обробки.

На етапі фільтрації та обробки сигналів здійснюється очищення отриманих значень від шумів, згладжування сигналів, а також приведення даних до необхідного формату. Це дозволяє підвищити точність подальших розрахунків і забезпечити стабільність роботи системи. Після цього виконується обчислення фізіологічних параметрів, під час якого визначаються конкретні значення частоти серцевих скорочень, рівня SpO_2 та температури. На цьому етапі сирі сигнали перетворюються у зрозумілі для користувача фізичні величини.

Далі система виконує аналіз стану користувача, порівнюючи отримані параметри з наперед заданими нормами. У результаті аналізу визначається поточний стан організму, який може бути класифікований як нормальний, попереджувальний або критичний. Такий підхід дозволяє не лише відображати дані, але й інтерпретувати їх з точки зору безпеки та здоров'я користувача.

Після визначення стану формується набір даних для передачі, який включає всі необхідні параметри та результати аналізу у структурованому вигляді. Ці дані передаються через бездротовий інтерфейс Wi-Fi, реалізований у мікроконтролері ESP32, що забезпечує можливість дистанційного доступу до інформації. Передача здійснюється до мобільного додатку, який виконує роль інтерфейсу взаємодії з користувачем.

У мобільному додатку відбувається відображення отриманих даних у зручному форматі, що може включати числові значення, графіки та повідомлення про стан користувача. Таким чином, користувач отримує актуальну інформацію про свій фізіологічний стан у реальному часі та може оперативно реагувати на

					ВКРБ-123.26.0057.00.00.ПЗ	Арк.
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		43

можливі відхилення. Вся система працює у циклічному режимі, що забезпечує безперервне оновлення даних, їх аналіз та передачу, що робить її ефективним засобом для постійного моніторингу здоров'я.

Схема наведена на рисунку 3.10.

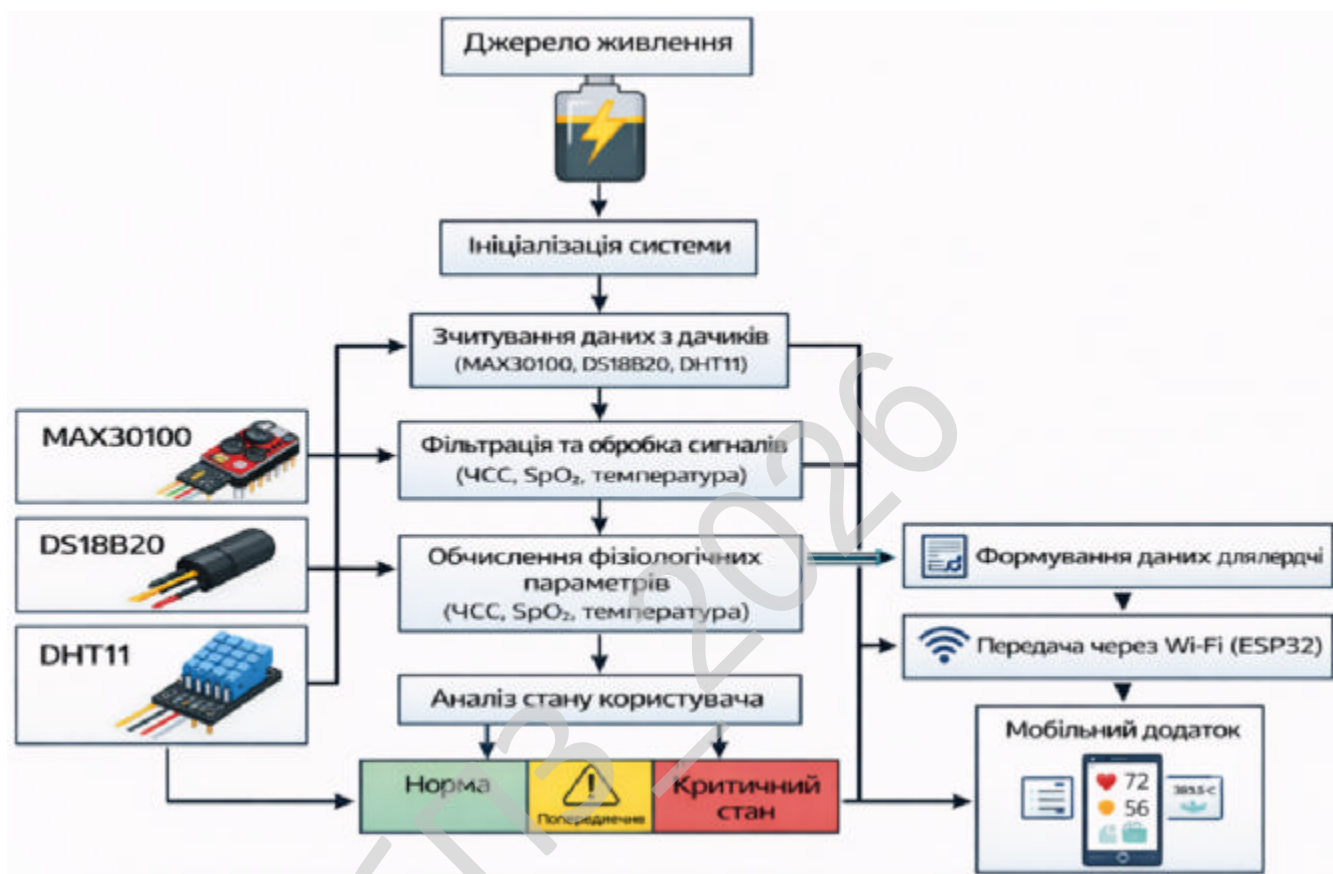


Рисунок 3.10 – Функціональна схема

3.4 Розробка діаграми процесів

Розроблена система призначена для безперервного моніторингу фізіологічних показників стану людини з використанням мікроконтролера ESP32 та набору датчиків. До складу системи входять датчики вимірювання частоти серцевих скорочень (ЧСС), рівня насичення крові киснем (SpO₂), температури тіла та параметрів навколишнього середовища.

Основною метою системи є:

- збір фізіологічних даних;

- їх обробка та аналіз;
- передача результатів користувачу;
- забезпечення можливості дистанційного моніторингу.

Діаграма процесів відображає послідовність функціонування програмного забезпечення, взаємодію між окремими етапами обробки інформації та логіку роботи системи.

Ініціалізація системи

Після подачі живлення на пристрій запускається процес ініціалізації системи. На цьому етапі:

- налаштовуються периферійні модулі ESP32;
- ініціалізуються інтерфейси зв'язку (I2C, GPIO, Wi-Fi);
- перевіряється готовність компонентів до роботи.

Цей етап є критично важливим, оскільки забезпечує правильний запуск усієї системи та підготовку до подальшої роботи.

Зчитування даних з датчиків

На даному етапі здійснюється отримання інформації з підключених датчиків:

- **MAX30100** - вимірювання ЧСС та SpO₂;
- **DS18B20** - вимірювання температури;
- **DHT11** - вимірювання температури та вологості.

ESP32 періодично опитує датчики та отримує сирі (необроблені) дані. Ці дані можуть містити шуми або похибки, тому потребують подальшої обробки.

Фільтрація та обробка сигналів

Отримані сигнали проходять етап попередньої обробки:

- усунення шумів;
- згладжування значень;
- нормалізація даних;
- перетворення у зручний формат.

Наприклад:

					ВКРБ-123.26.0057.00.00.ПЗ	Арк.
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		45

- сигнал з МАХ30100 обробляється для визначення піків серцебиття;
- температурні дані коригуються для підвищення точності.

Цей етап забезпечує підвищення достовірності вимірювань.

Обчислення фізіологічних параметрів

На основі оброблених сигналів система виконує обчислення:

- частоти серцевих скорочень (ЧСС);
- рівня насичення крові киснем (SpO_2);
- температури тіла.

Це ключовий етап, де сирі дані перетворюються у реальні фізіологічні показники, зрозумілі для користувача.

Аналіз стану користувача

Після отримання параметрів система виконує їх аналіз шляхом порівняння з нормативними значеннями.

Визначаються три основні стани:

- **Норма** - всі показники в межах допустимих значень;
- **Попередження** - незначні відхилення;
- **Критичний стан** - небезпечні значення.

Цей етап дозволяє системі не просто відображати дані, а інтерпретувати їх.

Формування даних для передачі

Після аналізу дані структуруються у формат, придатний для передачі:

- JSON або інший формат;
- додавання часу вимірювання;
- формування пакетів даних.

Це необхідно для коректної передачі та обробки на стороні клієнта.

Передача даних

ESP32 здійснює передачу даних через Wi-Fi:

- до мобільного додатку;
- до хмарного сервісу;
- до веб-інтерфейсу.

					ВКРБ-123.26.0057.00.00.ПЗ	Арк.
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		46

Передача може відбуватися:

- у реальному часі;
- з певною періодичністю.

Відображення інформації

Користувач отримує дані у зручному вигляді:

- графіки;
- числові значення;
- попередження про стан.

Мобільний додаток дозволяє:

- переглядати поточні показники;
- аналізувати історію;
- отримувати сповіщення.

Висновок

Розроблена діаграма процесів відображає повний цикл роботи програмного забезпечення системи моніторингу фізіологічних показників. Вона демонструє логічну послідовність обробки даних - від моменту їх зчитування до передачі та відображення користувачу.

Завдяки такій організації система забезпечує:

- точність вимірювань;
- своєчасне виявлення відхилень;
- можливість дистанційного контролю стану людини.

Це робить її ефективним інструментом для застосування у сфері охорони здоров'я, домашнього моніторингу та IoT-рішень.

					ВКРБ-123.26.0057.00.00.ПЗ	Арк.
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		47

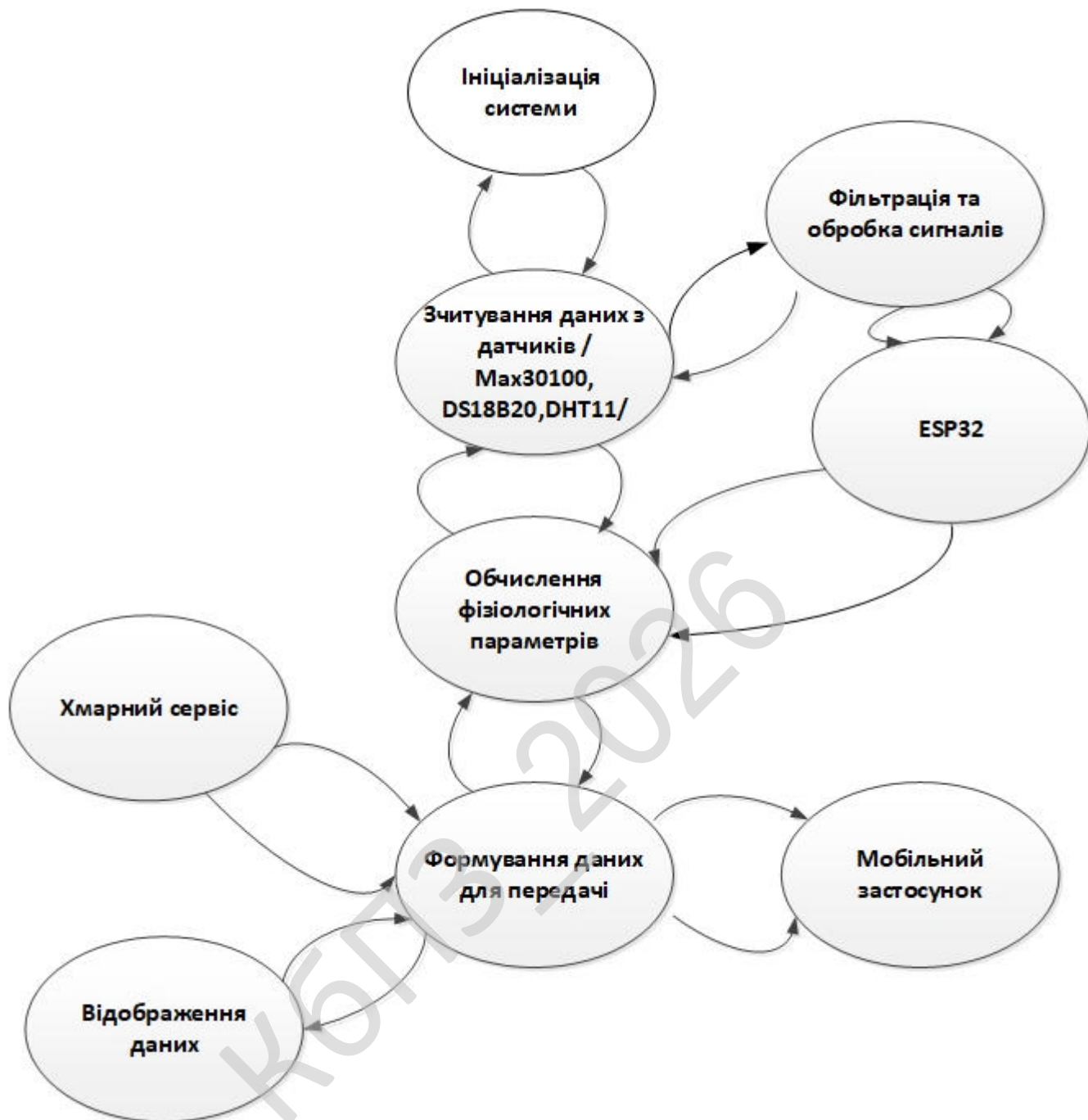


Рисунок 3.11 – Діаграма взаємодії процесів

4 РЕАЛІЗАЦІЯ ПРОЕКТУ. РОЗРАХУНКИ І ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНІ ДАНІ, ЩО ПІДТВЕРДЖУЮТЬ ПРАВИЛЬНІСТЬ ПРОЕКТНИХ РІШЕНЬ

Для реалізації системи було використано компоненти, які поєднують високу надійність, достатню точність вимірювань та економічну доцільність. Усі елементи були змонтовані на монтажній платі, що забезпечило компактність конструкції, зручність підключення та простоту подальшого використання системи.

Після завершення складання проведено комплексне тестування з метою перевірки працездатності та точності вимірювань. Результати показали стабільну роботу всіх модулів і відповідність отриманих даних очікуваним значенням, що підтвердило ефективність і надійність розробленої системи моніторингу.

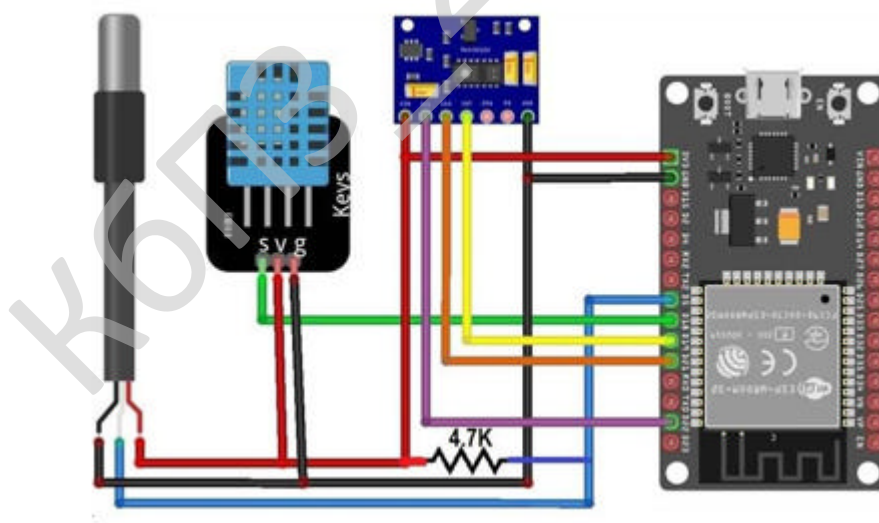


Рисунок 4.1 – Схема фізичного підключення компонентів

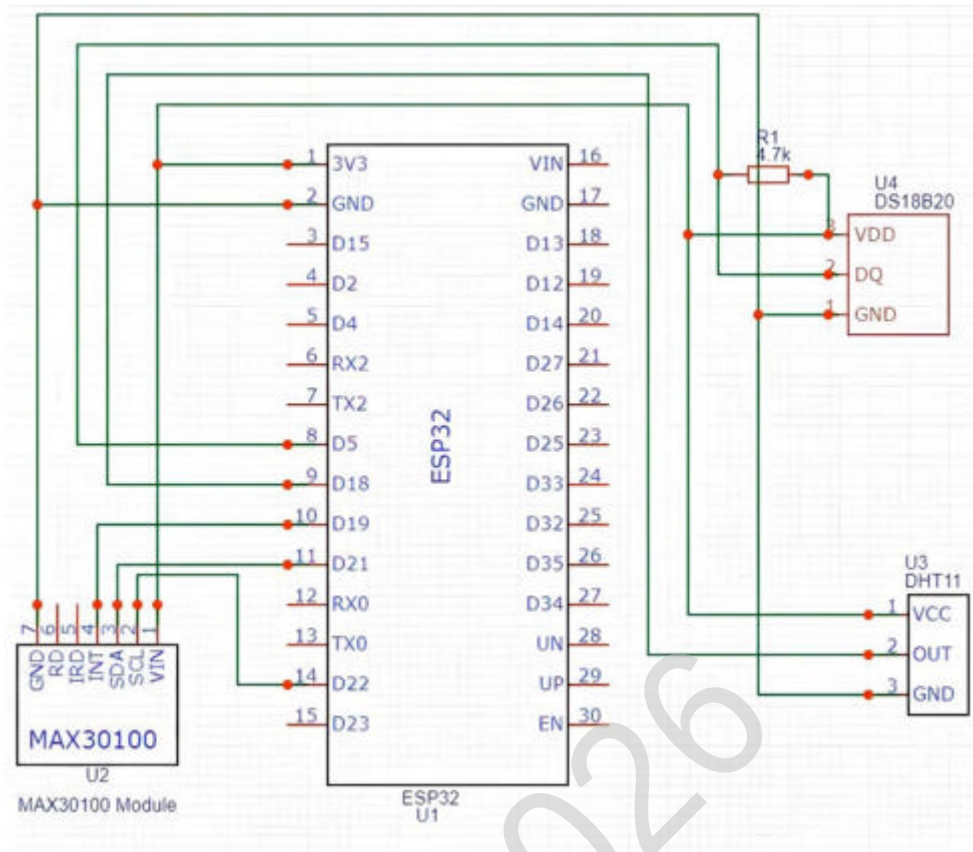


Рисунок 4.2 – Функціональна схема

Мова програмування Arduino

Мова програмування Arduino є основним інструментом для створення електронних пристроїв на платформі Arduino, зокрема при роботі з мікроконтролерами ESP32. Вона побудована на основі C/C++, однак доповнена спеціалізованими функціями та бібліотеками, що значно спрощують взаємодію з апаратною частиною.

Базова структура програми в Arduino складається з двох обов'язкових функцій: `setup()` та `loop()`.

Функція `setup()` виконується один раз після запуску пристрою та призначена для ініціалізації змінних, налаштування портів введення/виведення, запуску бібліотек і встановлення початкових параметрів роботи системи.

Функція `loop()` працює у безперервному циклі після завершення `setup()` і реалізує основну логіку програми - зчитування даних із сенсорів, обробку інформації, керування виконавчими пристроями та обмін даними з іншими

модулями.

Arduino має велику кількість вбудованих функцій і бібліотек, що спрощують роботу з різними пристроями: датчиками, дисплеями, сервоприводами, мережевими модулями тощо. Завдяки цьому розробник може реалізувати складний функціонал без необхідності створювати низькорівневий код для керування апаратними ресурсами.

Переваги мови Arduino:

- простота освоєння: зрозумілий синтаксис дозволяє швидко опанувати основи програмування навіть новачкам;
- велика кількість бібліотек: значно полегшує роботу з апаратними модулями та пришвидшує розробку;
- підтримка стандартних конструкцій C/C++: дає змогу створювати як прості, так і складні програмні рішення.

Arduino Language є зручним і водночас потужним засобом розробки електронних пристроїв. Вона дозволяє швидко реалізовувати проекти різної складності та є ефективним інструментом як для початківців, так і для досвідчених розробників, особливо при створенні IoT- та вбудованих систем на базі ESP32.

Arduino IDE

Arduino IDE є основним середовищем розробки для створення програм на платформі Arduino. Однією з її ключових переваг є кросплатформеність — вона доступна для операційних систем Windows, macOS і Linux, що забезпечує зручність використання незалежно від типу комп'ютера. Arduino IDE надає широкий набір інструментів, які спрощують процес написання, перевірки та завантаження програм у мікроконтролери.

Серед основних можливостей середовища - підсвічування синтаксису, автодоповнення коду, компіляція з перевіркою помилок, зручне керування бібліотеками та інструменти для завантаження прошивки на плату. Це дозволяє швидко розробляти, тестувати й налагоджувати програми навіть користувачам із

					ВКРБ-123.26.0057.00.00.ПЗ	Арк.
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		51

невеликим досвідом програмування.

Крім того, Arduino IDE підтримує велику кількість плат, включаючи ESP32, і надає доступ до широкої екосистеми бібліотек та прикладів, що значно пришвидшує розробку. Завдяки простому інтерфейсу та функціональності середовище є ефективним інструментом для створення як навчальних, так і професійних проєктів у сфері вбудованих систем та IoT.



Рисунок 4.3 – Інтерфейс програми

Arduino IDE є одним із основних інструментів розробки електронних проєктів на платформі Arduino завдяки поєднанню простоти, універсальності та широких функціональних можливостей.

Ключові особливості Arduino IDE:

- підтримка різних операційних систем: середовище доступне для Windows, macOS і Linux, що забезпечує зручність роботи на різних пристроях;
- зручний інтерфейс: інтуїтивно зрозуміле середовище дозволяє швидко розпочати розробку та ефективно працювати з проєктами;
- підсвічування синтаксису та автодоповнення: спрощують написання програм і допомагають уникати синтаксичних помилок;
- вбудована система бібліотек: дозволяє легко додавати та використовувати готові бібліотеки для розширення функціональності пристроїв;
- приклади та документація: велика кількість прикладів і довідкових матеріалів допомагає швидко освоїти можливості платформи;

					ВКРБ-123.26.0057.00.00.ПЗ	Арк.
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		52

- навчальна доступність: простота середовища робить його зручним для навчання програмуванню та створенню електронних пристроїв;
- широкий набір функцій програмування: підтримка умовних операторів, циклів, математичних операцій та інших стандартних конструкцій;
- інструменти налагодження: серійний монітор і засоби виводу даних дозволяють ефективно перевіряти та налагоджувати програми;
- простота використання: навіть початківці можуть швидко освоїти середовище завдяки доступній документації та активній спільноті;
- можливість розширення: підтримка додаткових плагінів і розширень дозволяє адаптувати середовище під власні потреби;
- активна спільнота: велика кількість користувачів, прикладів і ресурсів сприяє швидкому вирішенню практичних завдань.

Arduino IDE є універсальним і зручним середовищем розробки, яке поєднує підтримку різних операційних систем, простий інтерфейс і потужні інструменти програмування. Наявність великої кількості бібліотек, прикладів і активної спільноти робить процес створення програм доступним, швидким і ефективним для користувачів із будь-яким рівнем підготовки.

Програмування системи моніторингу стану пацієнта

Для забезпечення коректної роботи системи моніторингу стану пацієнта необхідно виконати програмування мікроконтролера ESP32. Це є одним із ключових етапів, оскільки саме програмне забезпечення визначає функціональні можливості та ефективність усієї системи. Процес розробки включає такі основні кроки:

- встановлення Arduino IDE: першим етапом є інсталяція інтегрованого середовища розробки Arduino IDE, яке містить усі необхідні інструменти для створення, компіляції та завантаження програмного коду. Середовище підтримує Windows, macOS і Linux та має простий інтерфейс, що дозволяє швидко розпочати роботу навіть початківцям;
- підключення ESP32 до комп'ютера: мікроконтролер під'єднується до

					ВКРБ-123.26.0057.00.00.ПЗ	Арк.
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		53

ПК через USB-кабель, що забезпечує передачу програми на плату. Для коректної роботи необхідно встановити драйвери, які дозволяють системі розпізнати пристрій і забезпечити взаємодію з Arduino IDE;

- вибір плати та порту: у налаштуваннях Arduino IDE потрібно обрати відповідну плату ESP32 та послідовний порт, до якого вона підключена. Це гарантує правильний обмін даними між комп'ютером і мікроконтролером під час завантаження програми;

- написання програмного коду: на цьому етапі реалізується логіка роботи системи - зчитування даних із сенсорів, їх обробка, передача та відображення. Arduino IDE надає зручний редактор із підсвічуванням синтаксису, що полегшує написання та аналіз коду;

- компіляція програми: під час компіляції вихідний код перетворюється на машинний код, який може виконуватися ESP32. Вбудований компілятор перевіряє програму на синтаксичні помилки та формує виконуваний файл для завантаження;

- тестування: після завантаження програми необхідно перевірити правильність її роботи, протестувавши взаємодію з датчиками та іншими компонентами. Для цього використовується серійний монітор Arduino IDE, який дозволяє відстежувати значення змінних і повідомлення програми;

- налагодження: у разі виявлення помилок виконується їх аналіз і виправлення. На цьому етапі можливе вдосконалення алгоритмів, оптимізація коду та додавання нових функцій для підвищення ефективності системи.

Отже, для запуску системи необхідно встановити Arduino IDE, підключити мікроконтролер ESP32, створити та скомпілювати програму, завантажити її на плату та виконати тестування й налагодження. У разі виникнення труднощів можна скористатися офіційною документацією Arduino та бібліотек, що значно полегшує процес розробки.

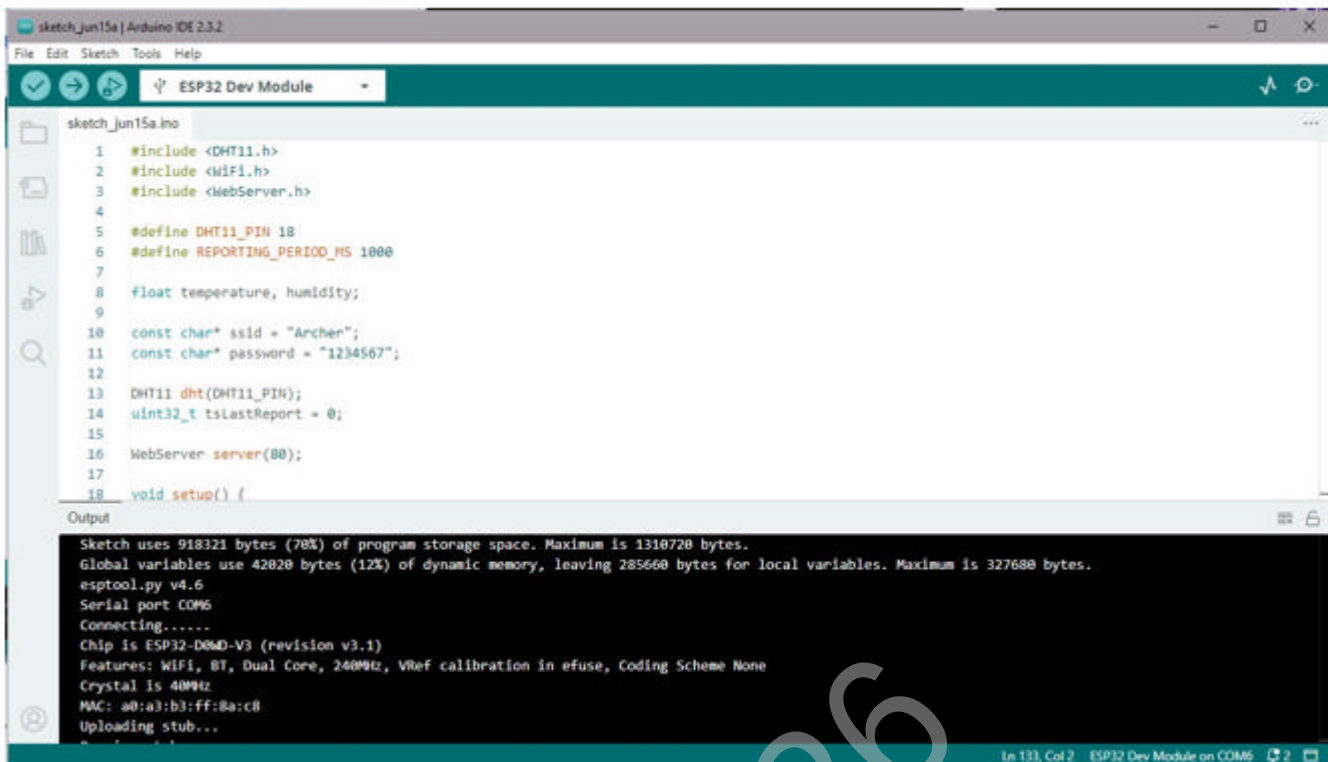


Рисунок 4.4 – Процес створення програмного коду за допомогою застосунку Arduino IDE

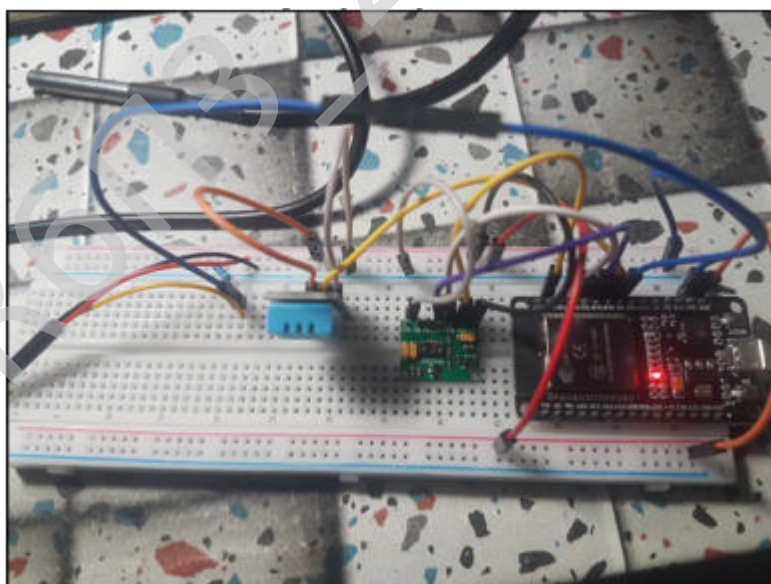


Рисунок 4.5 – Результат після встановлення прошивки

4.2 Розробка блок-схем та опис алгоритмів функціонування системи

Принцип роботи системи:

- для підключення до бездротової мережі використовуються задані SSID та пароль;
- після успішного з'єднання з Wi-Fi у серійному моніторі відображається IP-адреса пристрою, за якою можна отримати доступ до вебінтерфейсу;
- сенсор DHT11, підключений до піна 18, здійснює вимірювання температури повітря та вологості;
- пульсоксиметр MAX30100, підключений до пінів 19, 21 і 22, використовується для визначення частоти пульсу та рівня насичення крові киснем (SpO₂);
- цифровий датчик температури DS18B20, підключений до піна 5, забезпечує вимірювання температури тіла пацієнта;
- на мікроконтролері запущено вебсервер, який працює на порту 80;
- реалізовано два основні обробники HTTP-запитів: для головної сторінки ("/") і для обробки невідомих запитів (сторінка помилки 404);
- вебсервер постійно обробляє вхідні запити від клієнтів (браузера);
- регулярно оновлюються показники пульсоксиметра та температурних сенсорів;
- через заданий інтервал часу (1 секунда) зчитуються нові значення з усіх датчиків і виводяться у серійний монітор;
- отримані дані передаються до вебінтерфейсу для відображення у браузері користувача;
- вебсторінка відображає температуру повітря, вологість, частоту пульсу, рівень кисню в крові та температуру тіла у вигляді текстових показників і SVG-графіків.

					ВКРБ-123.26.0057.00.00.ПЗ	Арк.
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		56

Таким чином, система забезпечує безперервний збір, обробку та відображення фізіологічних параметрів у режимі реального часу через зручний вебінтерфейс.

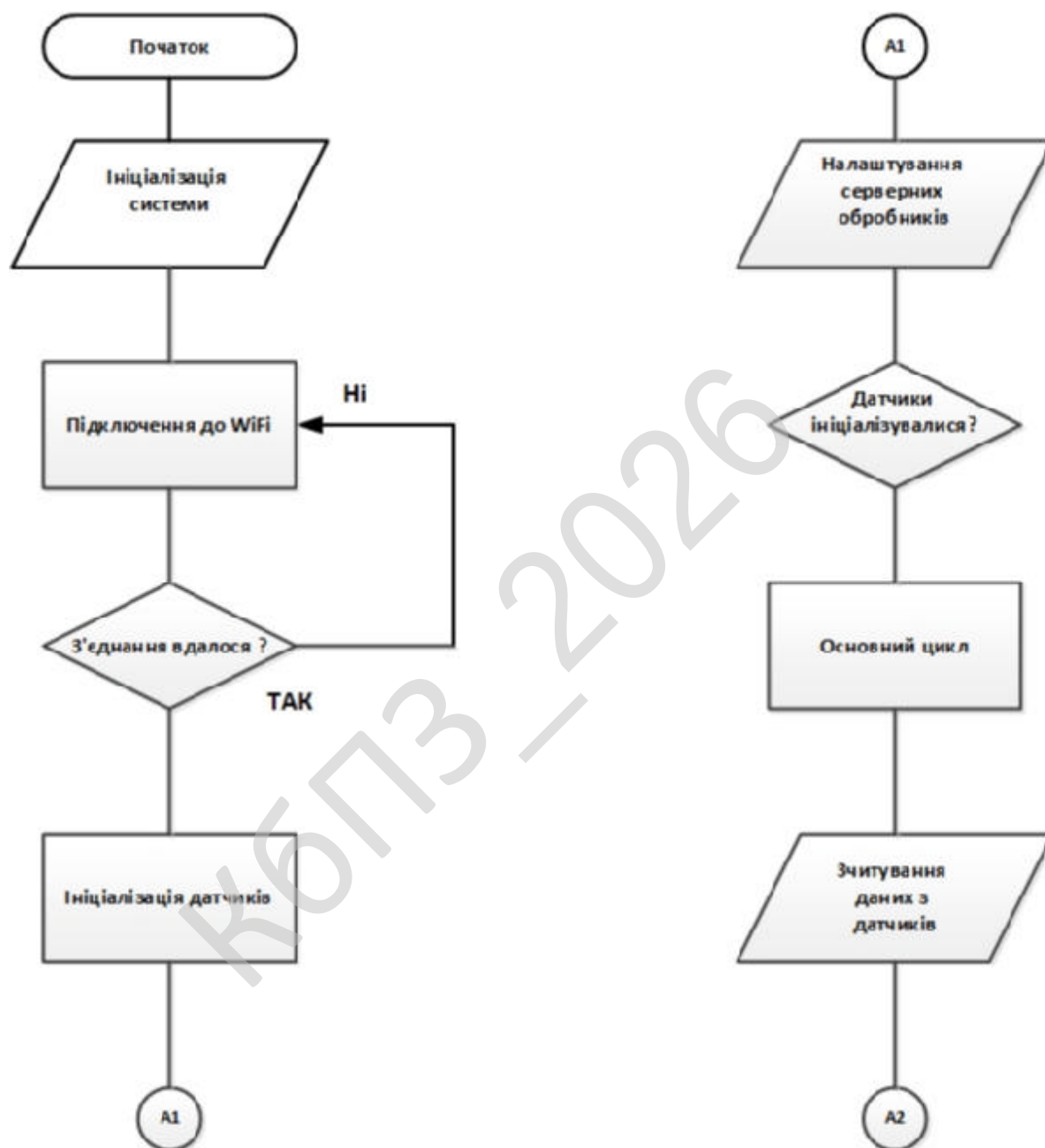


Рисунок 4.6 – Блок-схема роботи пристрою

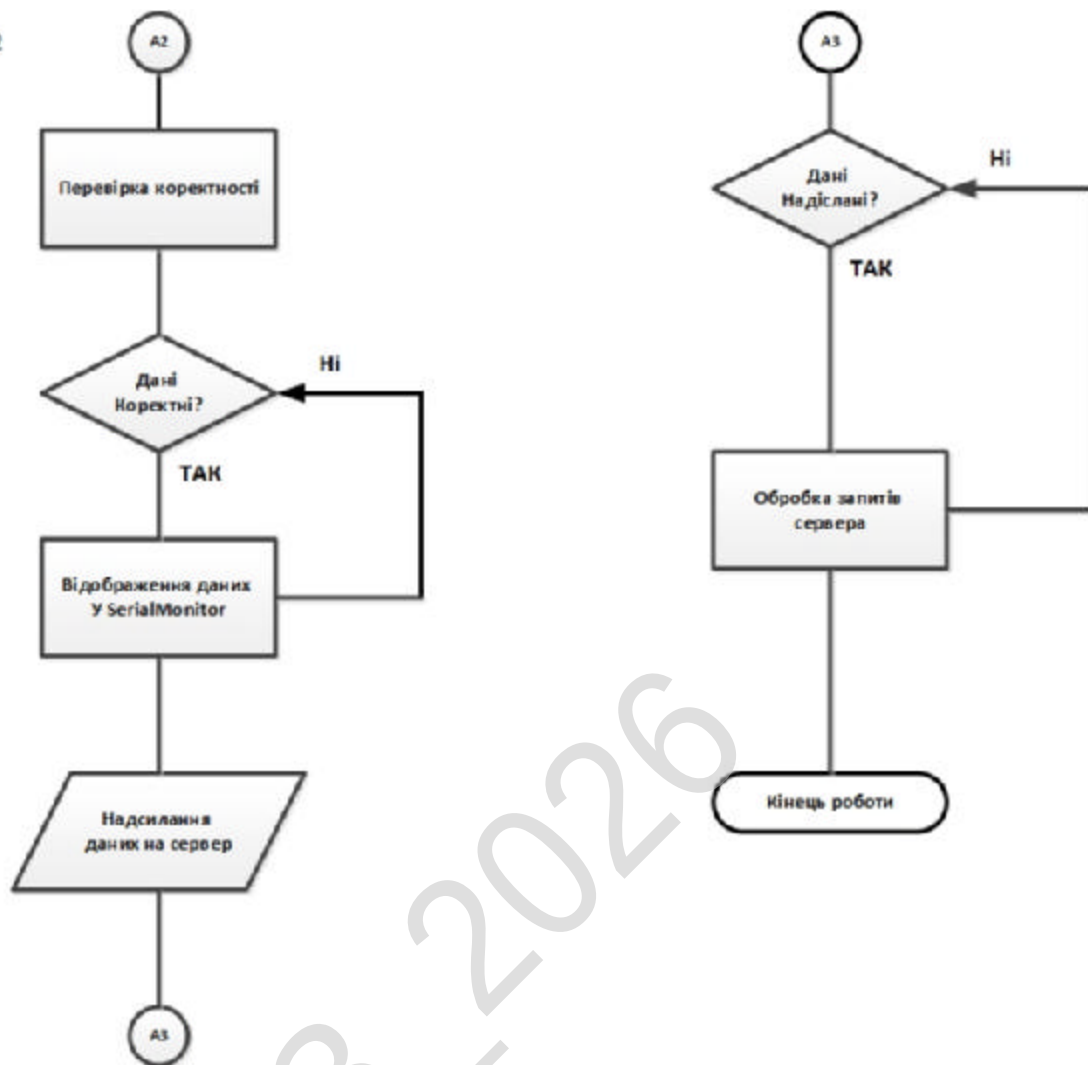


Рисунок 4.6 – Блок-схема роботи пристрою (продовження)

Програмування мікроконтролера ESP32 для системи моніторингу стану пацієнта є ключовим етапом, що потребує уважного опрацювання та точності. Застосування середовища Arduino IDE значно спрощує процес розробки завдяки інтуїтивно зрозумілому інтерфейсу, кросплатформеній підтримці та широкому набору бібліотек.

Коректне налаштування середовища, розробка програмного коду та його подальше тестування забезпечують стабільну й ефективну роботу пристрою. У результаті система здатна у режимі реального часу зчитувати та обробляти основні фізіологічні показники - температуру тіла, частоту пульсу та рівень насичення крові киснем - і передавати їх через бездротове з'єднання для подальшого моніторингу й аналізу.

Налаштування arduino esp32-wroom-32 як вебсервера

ESP32-WROOM-32 - це мікроконтролерний модуль на базі чипа ESP32 із вбудованим Wi-Fi, що дозволяє підключатися до бездротових мереж та реалізовувати мережеві функції, зокрема створення власного вебсервера.

Кроки налаштування ESP32-WROOM-32 як вебсервера.

Підключення до комп'ютера

За допомогою USB-кабелю під'єднайте плату ESP32-WROOM-32 до комп'ютера.

Встановлення Arduino IDE

Завантажте та встановіть Arduino IDE з офіційного сайту Arduino, якщо вона ще не встановлена.

Встановлення драйверів (за потреби)

Переконайтеся, що операційна система коректно розпізнає плату. За необхідності встановіть відповідні драйвери (наприклад, для чипів CP2102 або CH340).

Додавання підтримки ESP32 у Arduino IDE.

У меню *File* → *Preferences* в полі *Additional Board Manager URLs* додайте посилання:

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

Після цього відкрийте *Tools* → *Board* → *Boards Manager*, знайдіть пакет **ESP32 by Espressif Systems** та встановіть його.

Вибір плати

У меню *Tools* → *Board* оберіть **ESP32 Dev Module** (або відповідну модель).

Вибір порту

У меню *Tools* → *Port* оберіть COM-порт, до якого підключена плата.

Написання програми вебсервера.

Створіть програму з використанням бібліотек `WiFi.h` та `WebServer.h`. У коді необхідно:

- вказати SSID і пароль Wi-Fi мережі;

					ВКРБ-123.26.0057.00.00.ПЗ	Арк.
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		59

- ініціалізувати вебсервер (зазвичай на порту 80);
- створити маршрути для обробки HTTP-запитів (наприклад, головна сторінка "/");
- сформувати HTML-відповідь для клієнта.

Завантаження програми

Натисніть кнопку **Upload** для компіляції та запису програми у пам'ять ESP32.

Перевірка роботи.

Після підключення до Wi-Fi у серійному моніторі буде відображено IP-адресу пристрою. Введіть її в адресному рядку браузера - відкриється вебсторінка, сформована мікроконтролером.

Таким чином, ESP32-WROOM-32 може працювати як автономний вебсервер, що дозволяє створювати вебінтерфейси для відображення даних із сенсорів, керування пристроями та інтеграції в IoT-системи. Це відкриває широкі можливості для дистанційного моніторингу та керування через локальну мережу або Інтернет.

Використання Arduino ESP32-WROOM-32 як вебсервера

Налаштування модуля ESP32-WROOM-32 у режимі вебсервера забезпечує можливість дистанційного керування платою та підключеними до неї пристроями через мережу Інтернет або локальну мережу. Для реалізації цієї функціональності застосовуються бібліотеки WiFi.h і WebServer.h, які надають зручні засоби для підключення до бездротової мережі, створення вебсторінок і обробки HTTP-запитів.

Бібліотека WiFi.h відповідає за встановлення з'єднання з бездротовою мережею, отримання IP-адреси та підтримання стабільного зв'язку, тоді як WebServer.h дозволяє створювати власний вебсервер, налаштовувати маршрути обробки запитів, формувати HTML-відповіді та взаємодіяти з клієнтами через браузер.

Перед початком роботи необхідно переконатися, що підтримка плат ESP32 встановлена в Arduino IDE, оскільки зазначені бібліотеки входять до складу

					ВКРБ-123.26.0057.00.00.ПЗ	Арк.
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		60

пакета ESP32 by Espressif Systems. Після цього можна створювати програму вебсервера, яка забезпечить віддалений моніторинг, керування пристроями та обмін даними в режимі реального часу.

Приклад налаштування вебсервера:

```
#include <WiFi.h>
#include <WebServer.h>

const char* ssid = "Archer"; // Введіть своє ім'я мережі Wi-Fi
const char* password = "12345678"; // Введіть свій пароль Wi-Fi

WebServer server(80); // Створення об'єкту вебсервера на порті 80

void setup() {
    Serial.begin(115200);
    WiFi.begin(ssid, password); // Підключення до Wi-Fi мережі
    while (WiFi.status() != WL_CONNECTED) { // Очікування підключення до Wi-Fi
        delay(1000);
        Serial.print(".");
    }
    Serial.println("");
    Serial.println("WiFi connected..!");
    Serial.print("Got IP: ");
    Serial.println(WiFi.localIP());
    server.on("/", handle_OnConnect); // Встановлення обробника для головної
    server.onNotFound(handle_NotFound); // Встановлення обробника для відсутніх
    server.begin(); // Запуск вебсервера
}

void loop() {
    server.handleClient(); // Обробка HTTP-запитів
}
```

Поданий фрагмент коду ілюструє принцип створення простого вебсервера на базі мікроконтролера ESP32 із використанням мови програмування Arduino. Основне призначення такого вебсервера - обробка HTTP-запитів, що надходять до плати через бездротову мережу Wi-Fi, та формування відповідей для клієнта (браузера або іншого мережевого застосунку).

Застосування подібного підходу відкриває широкі можливості для реалізації мережевих функцій на ESP32. Зокрема, вебсервер може використовуватися для створення простого вебінтерфейсу керування виконавчими пристроями, відображення показників сенсорів у режимі реального часу, дистанційного моніторингу стану системи або побудови більш складних IoT-рішень із функціями автоматизації та керування.

					ВКРБ-123.26.0057.00.00.ПЗ	Арк.
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		61

Код реалізації та результат роботи проєкту

Нижче наведено вступ до програмної реалізації системи моніторингу стану пацієнта на базі IoT із використанням вебсервера ESP32. Для успішної компіляції та роботи програми необхідно попередньо встановити відповідні бібліотеки через вбудований менеджер бібліотек Arduino IDE та підключити їх до проєкту.

Необхідні бібліотеки:

- WiFi.h - забезпечує підключення ESP32 до бездротової мережі та обмін даними через Wi-Fi;
- WebServer.h - використовується для створення вебсервера, обробки HTTP-запитів і формування вебсторінок;
- Wire.h - забезпечує роботу з інтерфейсом I2C, який використовується деякими сенсорами;
- DHT.h - бібліотека для роботи з датчиком температури та вологості DHT11;
- OneWire.h і DallasTemperature.h - застосовуються для зчитування даних із цифрового датчика температури DS18B20;
- MAX30100_PulseOximeter.h (або сумісна) - використовується для отримання показників пульсу та рівня кисню в крові з датчика MAX30100.

Порядок встановлення бібліотек у Arduino IDE:

- Відкрийте Arduino IDE.
- Перейдіть у меню Sketch → Include Library → Manage Libraries....
- У полі пошуку введіть назву потрібної бібліотеки.
- Оберіть відповідну бібліотеку зі списку та натисніть Install.
- Повторіть процедуру для всіх необхідних бібліотек.

Після встановлення бібліотек їх можна підключити у програмному коді за допомогою директив #include, що дозволить використовувати функції для роботи з Wi-Fi, вебсервером і сенсорами. Це забезпечить коректну компіляцію та стабільну роботу системи моніторингу стану пацієнта.

- Arduino MAX30100 Library.
- OneWire Library.
- Dallas Temperature Library.

					ВКРБ-123.26.0057.00.00.ПЗ	Арк.
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		62

- DHT11 Library.

```
graduate_work.ino
1  #include <DHT11.h>
2  #include <WiFi.h>
3  #include <WebServer.h>
4  #include <Wire.h>
5  #include "MAX30100_PulseOximeter.h"
6  #include <OneWire.h>
7  #include <DallasTemperature.h>
8
13 float temperature, humidity, BPM, SpO2, bodytemperature;
15 const char* ssid = "Archer";
16 const char* password = "12345678";
25 WebServer server(80);
```

Рисунок 4.7 – Підключення бібліотек і оголошення змінних

Поданий фрагмент програмного коду виконує початкове налаштування всіх необхідних компонентів для реалізації системи моніторингу стану пацієнта. У процесі ініціалізації мікроконтролер ESP32 підключається до бездротової мережі Wi-Fi, після чого запускається вбудований вебсервер, що забезпечує доступ до вимірюваних параметрів через браузер.

Завдяки цьому система може у режимі реального часу зчитувати дані з підключених сенсорів, обробляти їх та передавати користувачу через вебінтерфейс. Такий підхід дозволяє організувати дистанційний моніторинг фізіологічних показників, забезпечуючи зручний доступ до інформації безпосередньо через мережу.

```
9  #define DHT11_PIN 18
10 #define DS18B20 5
11 #define REPORTING_PERIOD_MS 1000
```

Рисунок 4.8 – Оголошення пінів та констант

Наведені рядки програмного коду призначені для оголошення констант, які визначають номери пінів підключення датчиків до мікроконтролера, а також інтервал оновлення або період звітності системи.

Використання констант дозволяє:

- чітко структурувати програму та зробити її більш зрозумілою;
- спростити зміну конфігурації підключення без необхідності редагування коду в кількох місцях;
- підвищити надійність програми, оскільки значення пінів і часових інтервалів залишаються незмінними під час виконання.

Таким чином, оголошення констант для пінів датчиків і періоду оновлення є важливим етапом організації коду, що забезпечує його гнучкість, читабельність і зручність подальшого супроводу.

```
DHT11 dht(DHT11_PIN);  
PulseOximeter pox;  
uint32_t tsLastReport = 0;  
OneWire oneWire(DS18B20);  
DallasTemperature sensors(&oneWire);
```

Рисунок 4.9 – Ініціалізація об'єктів і налаштування

Зазначені налаштування виконують ініціалізацію програмних об'єктів, необхідних для взаємодії з датчиками DHT11, MAX30100 та DS18B20. У результаті створюється програмне середовище, яке дозволяє мікроконтролеру ESP32 коректно зчитувати дані з кожного сенсора.

5 МЕТОДИКА ВПРОВАДЖЕННЯ СИСТЕМИ В ПРОМИСЛОВУ ЕКСПЛУАТАЦІЮ

Впровадження комплексу моніторингу фізіологічних показників стану людини на базі мікроконтролера ESP32 є завершальним етапом розробки інформаційно-вимірювальної системи та передбачає її переведення з експериментального або лабораторного режиму у промислову експлуатацію.

Основною метою впровадження є забезпечення стабільної, безперервної та безпечної роботи системи збору, обробки і передачі фізіологічних параметрів людини в реальних умовах використання. До таких параметрів можуть належати частота серцевих скорочень, температура тіла, рівень насичення крові киснем, фізична активність та інші біометричні показники.

Процес впровадження включає комплекс організаційних, технічних та програмних заходів, спрямованих на перевірку працездатності системи, адаптацію обладнання до умов експлуатації та навчання персоналу.

Етапи впровадження системи

Методика впровадження системи складається з кількох основних етапів.

Підготовчий етап

На підготовчому етапі здійснюється аналіз умов майбутньої експлуатації системи. Визначаються:

- місце встановлення обладнання;
- умови навколишнього середовища;
- вимоги до електроживлення;
- способи передачі даних;
- кількість користувачів системи.

Проводиться перевірка відповідності апаратної частини вимогам експлуатації. Особлива увага приділяється стабільності роботи модуля ESP32, як

					ВКРБ-123.26.0057.00.00.ПЗ	Арк.
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		65

центрального елементу системи, що відповідає за збір даних із датчиків та їх передачу через бездротові канали зв'язку Wi-Fi або Bluetooth.

Також виконується підготовка серверної або хмарної інфраструктури для зберігання отриманих даних.

Монтаж та встановлення обладнання

Наступним етапом є фізичне встановлення системи моніторингу. На цьому етапі виконуються:

- монтаж сенсорних модулів;
- встановлення мікроконтролера ESP32;
- підключення джерел живлення;
- організація мережевого підключення.

Датчики повинні бути розміщені таким чином, щоб забезпечити максимально точне зчитування фізіологічних параметрів без створення дискомфорту для користувача.

Особлива увага приділяється електробезпеці, ізоляції контактів та захисту пристрою від механічних пошкоджень і впливу вологи.

Налаштування програмного забезпечення

Після монтажу здійснюється конфігурація програмного забезпечення системи.

На мікроконтролер ESP32 завантажується керуюча прошивка, яка забезпечує:

- опитування датчиків;
- первинну обробку сигналів;
- фільтрацію шумів;
- передачу даних на сервер;
- контроль стабільності роботи пристрою.

Виконується налаштування параметрів мережі, адрес серверів, інтервалів збору інформації та алгоритмів обробки даних.

					ВКРБ-123.26.0057.00.00.ПЗ	Арк.
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		66

Також проводиться інтеграція з програмним інтерфейсом користувача - веб-панеллю або мобільним застосунком для відображення результатів моніторингу.

Тестова експлуатація

Перед введенням у промислову експлуатацію система проходить дослідну або тестову експлуатацію.

Основними задачами цього етапу є:

- перевірка стабільності передачі даних;
- оцінка точності вимірювань;
- визначення можливих збоїв;
- тестування роботи при тривалому використанні;
- перевірка енергоспоживання пристрою.

Проводиться порівняння отриманих фізіологічних показників із контрольними медичними приладами для підтвердження достовірності вимірювань.

У разі виявлення недоліків виконується коригування програмного забезпечення або апаратної частини.

Введення системи у промислову експлуатацію

Після успішного завершення тестування здійснюється офіційне введення системи в експлуатацію.

На даному етапі виконуються:

- оформлення технічної документації;
- складання інструкцій користувача;
- опис процедур обслуговування;
- передача системи відповідальному персоналу.

Система переводиться у режим постійної роботи з безперервним збором даних.

Важливою складовою є організація резервного копіювання інформації та забезпечення захисту персональних даних користувачів відповідно до вимог інформаційної безпеки.

					ВКРБ-123.26.0057.00.00.ПЗ	Арк.
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		67

Ініціалізовані об'єкти

Скопіювавши отриману IP-адресу пристрою та ввівши її в адресний рядок браузера, користувач отримує доступ до вебінтерфейсу системи моніторингу. У результаті відкривається сторінка, на якій відображаються поточні показники роботи системи.

На вебсторінці зазвичай представлено:

значення температури повітря;

- рівень вологості;
- температуру тіла пацієнта;
- частоту серцевих скорочень;
- рівень насичення крові киснем (SpO_2);
- графічне або текстове відображення даних у режимі реального часу.

Таким чином, вебінтерфейс забезпечує зручний спосіб дистанційного перегляду стану пацієнта через будь-який пристрій із браузером, підключений до тієї ж мережі.

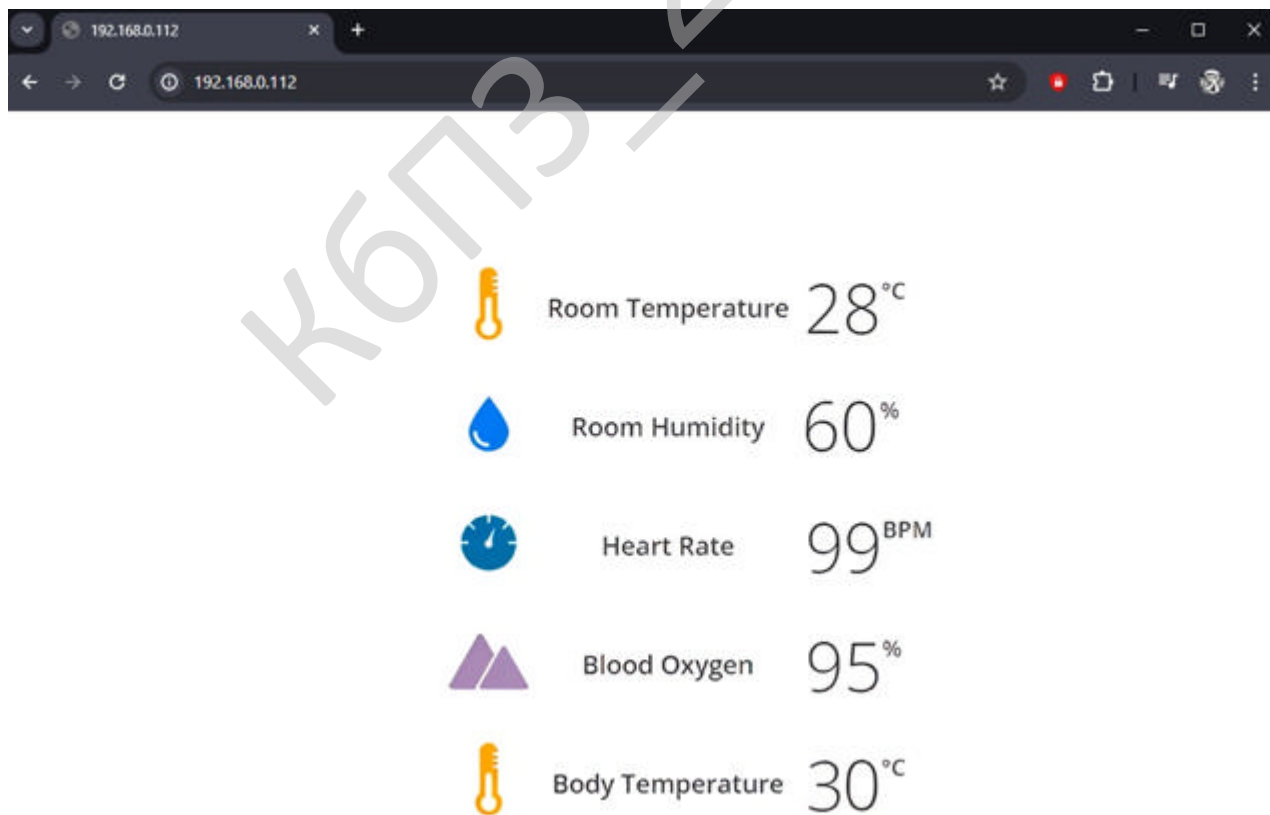


Рисунок 5.1 – Десктопний варіант відображення даних

					ВКРБ-123.26.0057.00.00.ПЗ	Арк.
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		68

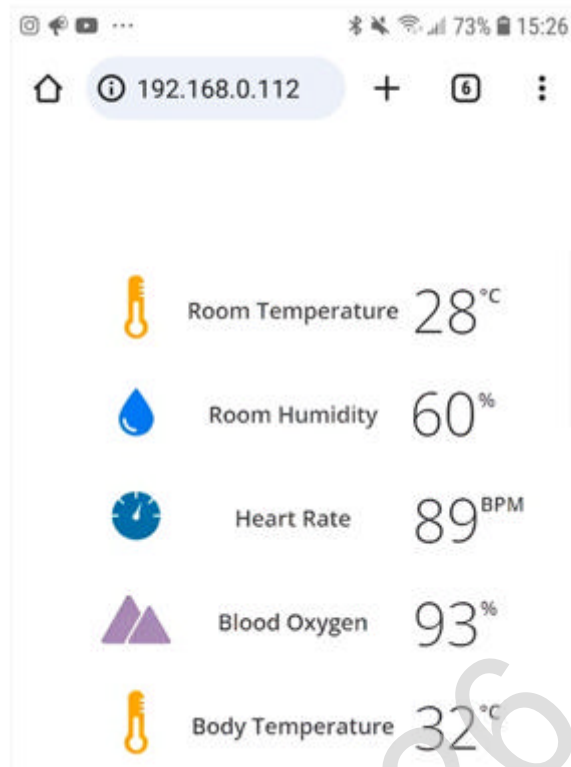


Рисунок 5.2 – Відображення даних з мобільного пристрою

Таким чином, було реалізовано проєкт системи моніторингу стану пацієнта на основі концепції Інтернету речей (IoT) із використанням вебсервера на базі ESP32. Для забезпечення коректної роботи та компіляції програмного коду було встановлено необхідні бібліотеки: Arduino MAX30100 Library, OneWire Library, Dallas Temperature Library та DHT11 Library, які забезпечують взаємодію з відповідними сенсорами.

Результати функціонування системи відображаються як у серійному моніторі (для налагодження та контролю роботи), так і через вебінтерфейс. Після введення згенерованої IP-адреси у браузері користувач отримує доступ до сторінки з актуальними показниками стану пацієнта. Перегляд даних можливий як з персонального комп'ютера, так і з мобільного пристрою, підключеного до тієї ж мережі.

Отже, розроблена система забезпечує зручний, доступний та ефективний спосіб дистанційного моніторингу фізіологічних параметрів у режимі реального часу.

					ВКРБ-123.26.0057.00.00.ПЗ	Арк.
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		69

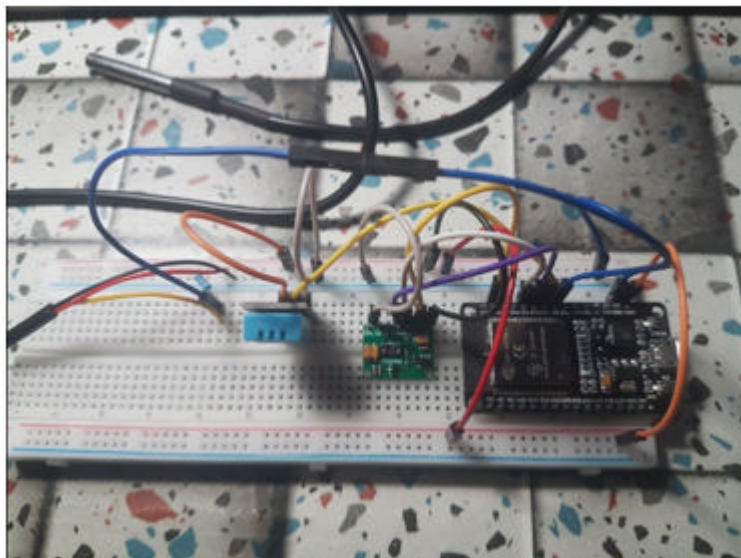


Рисунок 5.3 – Кінцевий вигляд готового пристрою

Навчання персоналу та супровід системи

Для ефективного використання комплексу проводиться навчання операторів або користувачів системи.

Навчання включає:

- роботу з інтерфейсом системи;
- інтерпретацію фізіологічних показників;
- дії при виникненні помилок;
- правила технічного обслуговування.

Після введення системи передбачається технічний супровід, який включає оновлення програмного забезпечення ESP32, перевірку датчиків та контроль працездатності обладнання.

Оцінка ефективності впровадження

Ефективність впровадження системи визначається за такими показниками:

- стабільність роботи комплексу;
- точність отриманих даних;
- швидкість передачі інформації;
- зручність використання;
- зменшення ризику несвоєчасного виявлення погіршення стану людини.

Використання системи моніторингу дозволяє автоматизувати контроль фізіологічних параметрів, знизити навантаження на медичний персонал та підвищити рівень безпеки користувачів.

Висновок

Таким чином, впровадження комплексу моніторингу фізіологічних показників на базі мікроконтролера ESP32 є багатоступеневим процесом, що включає підготовку, монтаж, налаштування, тестування та подальший супровід системи.

Дотримання запропонованої методики забезпечує надійну роботу системи у промислових умовах, підвищує достовірність отриманих даних та дозволяє ефективно застосовувати сучасні технології Інтернету речей для контролю стану людини.

К6ПЗ-2026

					ВКРБ-123.26.0057.00.00.ПЗ	Арк.
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		71

6 ОСНОВНІ ВИСНОВКИ

У ході дослідження та практичної реалізації комплексу моніторингу стану пацієнта на базі ESP32 було проаналізовано технічні аспекти побудови системи, а також можливості використання мікроконтролерів і мережевих технологій для організації дистанційного контролю здоров'я. Метою роботи стало дослідження функціональних можливостей мікроконтролера ESP32-WROOM-32 та реалізація вебсервера для підвищення ефективності домашнього моніторингу фізіологічних показників пацієнта.

У процесі виконання роботи було досягнуто поставлених завдань: розроблено програмне забезпечення для ESP32, яке забезпечує підключення до мережі Інтернет і обробку даних із підключених сенсорів; інтегровано датчики для вимірювання температури, вологості, частоти серцевих скорочень і рівня насичення крові киснем; реалізовано вебсервер для зберігання та відображення зібраної інформації в режимі реального часу; створено зручний вебінтерфейс для доступу до даних через браузер. Крім того, проведено тестування та налагодження системи з метою забезпечення стабільності роботи та достовірності вимірювань.

Актуальність дослідження зумовлена зростаючою потребою у дистанційному контролі стану здоров'я, особливо для людей похилого віку та пацієнтів, які потребують постійного спостереження. Використання ESP32 із вбудованим вебсервером дозволяє здійснювати безперервний моніторинг таких показників, як пульс, рівень кисню в крові та температура тіла, забезпечуючи оперативний доступ до даних і зручну взаємодію користувача із системою.

Запропоноване рішення демонструє інноваційний підхід до автоматизації процесу спостереження за станом пацієнта. Реалізований комплекс може бути використаний для підвищення якості догляду, оптимізації медичного контролю та покращення ефективності надання допомоги.

					ВКРБ-123.26.0057.00.00.ПЗ	Арк.
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		72

Таким чином, розглянуті технічні рішення підтверджують значний потенціал застосування мікроконтролерів і мережевих технологій у сфері медичних систем. Використання платформи ESP32 відкриває перспективи створення доступних, функціональних і масштабованих рішень, спрямованих на підвищення рівня охорони здоров'я та якості життя пацієнтів.

К6ПЗ_2026

					ВКРБ-123.26.0057.00.00.ПЗ	Арк.
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		73

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Koval V., Adamiv O., Proc. of the Third IEEE International Workshop on Intelligent Data Acquisition and Advanced Computing Systems: Technology and Applications (IDAACS'2005). – Sofia (Bulgaria). – 2005. – P. 120- 124.
2. Yasin, J.N., Mohamed, S.A.S., Haghbayan, MH. et al. Low-cost ultrasonic based object detection and collision avoidance method for autonomous robots. Int. j. inf. tecnol. 13, 97–107 (2021). <https://doi.org/10.1007/s41870-020-00513-w>.
3. Sabry F. Self Driving Car: Solving Full Self-driving Need Solving Real-world artificial Intelligence. One Billion Knowledgeable. 2022 . 293 p.
4. Shapiro D. G. Three Anecdotes from the DARPA Autonomous Land Vehicle Project. AI Magazine, 2008. 29(2), 40. <https://doi.org/10.1609/aimag.v29i2.2108>.
5. Young R. Critical Analysis of Prototype Autonomous Vehicle Crash Rates Six Scientific Studies from 2015-2018 SAE International. 2021. 252 p.
6. Рудик А. В. Наукові основи та принципи побудови приладової системи вимірювання прискорення мобільного робота : дис. ... д-ра техн. наук : 05.11.01– Прилади та методи вимірювання механічних величин. Київ, 2018. – 460 с.
7. Поліщук М. М., Ткач М.М. Робототехнічні системи: проектування і моделювання: навч. посіб. Київ: КПП ім. Ігоря Сікорського, 2021. 112 с.
8. Мигаль В. Д. Інтелектуальні системи в технічній експлуатації автомобілів: монографія. Х.: Майдан, 2018. 262 с.
9. Staron M. Automotive Software Architectures: An Introduction. Second Edition Springer International Publishing A&G. 2022. 274 p.
10. Vargas J. et al. An Overview of Autonomous Vehicles Sensors and Their Vulnerability to Weather Conditions. Sensors. 2021; 21(16):5397.
11. Wevolver 2020 Autonomous Vehicle Technology Report. URL:<https://www.coursehero.com/file/62601304/Wevolver2020AutonomousVehiclechnologyReportpdf/> (accessed 2023 June 1).

					ВКРБ-123.26.0057.00.00.ПЗ	Арк.
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		74

12. React.js [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу:
<https://uk.reactjs.org/>
13. AngularJS MVC [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу:
https://www.tutorialspoint.com/angularjs/angularjs_mvc_architecture.htm.
14. Vue.js [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу:
<https://vuejs.org/>
15. A Look Inside ADAS Modules. URL: <https://amkor.com/semiconductor-story/alook>.
16. AV and ADAS Sensors. URL [https://community.sw.siemens.com/s/article/AVand- ADAS-Sensors](https://community.sw.siemens.com/s/article/AVand-ADAS-Sensors) (accessed 2023 June 1).
17. Гуржій А. М. Основи автоматики та робототехніки: Навчальний посібник/ А.М. Гуржій, А. Т. Нельга, В. М. Співак, О. С. Ітякін:—Дніпро:«Гарант СВ», 2021.- 243с.
18. Lim, B.S. et al. Autonomous Vehicle Ultrasonic Sensor Vulnerability and Impact Assessment. In Proceedings of the IEEE World Forum on Internet of Things (WFIoT), Singapore, 5–8 February 2018; pp. 231–236.
19. Саліхов М. М. Arduino – перспективний інструмент протитопування у робототехніці // Концептуальні шляхи розвитку науки та освіти: матеріали VIII Міжнародної науково-практичної конференції м. Львів, 9-10 червня 2023 року.— Львів: Львівський науковий форум, 2023. – с. 73-79.
20. Bräunl T. Embedded Robotics: From Mobile Robots to Autonomous Vehicles with RaspberryPi and Arduino Springer Nature, 2022. 519 p.
21. Навігаційні системи [Електронний ресурс] : навч. посіб. для студ. Спеціальності 151 «Автоматизація та комп’ютерно-інтегровані технології» / С.Л. Лакоза; КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2021. — 80 с.
22. Imad M. et al. Navigation system for autonomous vehicle: A survey. JCSTS., vol. 2, no. 2, pp. 20–35, 2020.

23. Ковалець І. В. та ін. Технологія планування траєкторій руху мобільних об'єктів з урахуванням перешкод на складній місцевості. Енергетика і автоматика. - 2017. - № 1. - С. 110-122.

24. HTML [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: <https://developer.mozilla.org/uk/docs/Web/HTML>.

25. Aguilo I. et al. Artificial Intelligence Research and Development Hardcover by IOS Press. 2003. 500 p.

26. Гребенюк Б. А. Розробка підсистеми управління інтелектуальним роботом / Б. А. Гребенюк // «Automation and Development of Electronic Devices» ADED-2023: Collection of Students' Scientific Paper. – Kharkiv : Kind of Kharkiv National University of Radio Electronics [electronic edition], 2023. – Part 1. –336p. P. 263-269.

27. MongoDB [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: <https://uk.wikipedia.org/wiki/MongoDB>.

28. Becker M. et al Obstacle avoidance procedure for mobile robots. ABCM Symposium series in Mechatronics. Vol. 2, 2006. P. 250-257.

29. CORS, XSS [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: <https://dev.to/maleta/cors-xss-and-csrf-with-examples-in-10-minutes-35k3>.

30. AJAX [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: <https://uk.wikipedia.org/wiki/AJAX>.

31. Fetch API [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: https://developer.mozilla.org/ru/docs/Web/API/Fetch_API.

32. Звенігородський О.С. Інтелектуальна система планування тактики руху автономного робота в квазістаціонарному середовищі: Дис... канд. техн. наук: 05.13.23. — Д., 2002. — 127с.

33. Адамів, О.П. Моделі та інтелектуальні засоби адаптивного керування автономним мобільним роботом. Дис. канд.техн. наук. Одеса, 2007. 124 с.

34. Koval V., Adamiv O., Proc. of the Third IEEE International Workshop on Intelligent Data Acquisition and Advanced Computing Systems: Technology and Applications (IDAACS'2005). – Sofia (Bulgaria). – 2005. – P. 120- 124.

35. npm [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: <https://www.npmjs.com/>

36. Install MongoDB [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: <https://docs.mongodb.com/manual/administration/install-on-linux/>

37. Node.js [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: <https://www.digitalocean.com/community/tutorials/node-js-ubuntu-18-04-ua>.

38. Linux [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: <https://en.wikipedia.org/wiki/Linux>.

39. npm-audit [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: <https://docs.npmjs.com/cli/audit>.

40. Kojima T. et al. Intelligent Technology for More Advanced Autonomous Driving. 2018. Hitachi Review Vol. 67, No. 1. p. 58–63.

41. SQL [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: <https://uk.wikipedia.org/wiki/SQL>.

42. MongoDB Compass [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: <https://www.mongodb.com/products/compass>

43. Postman [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: <https://www.postman.com/>

44. Саліхов М. М. Від автоматизованих до автономних транспортних засобів // Наукові досягнення та інновації: шлях до успіху. X Всеукраїнська мультидисциплінарна науково-практична Інтернет-конференція, 31 травня 2023, Україна, Київ : зб. матеріалів — Електрон. дан. — Київ : Яроченко Я. В., 2023. — с. 136-142.

45. SPA (Single-page application) [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: <https://developer.mozilla.org/en-US/docs/Glossary/SPA>

					ВКРБ-123.26.0057.00.00.ПЗ	Арк.
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		77

46. Саліхов М.М. Самокеровані автомобілі та системи їх навігації// Практичні та теоретичні питання розвитку науки та освіти: матеріали VIII Міжнародної науково-практичної конференції: м. Львів, 19-20 червня 2023 року. – Львів: Львівський науковий форум, 2023. – С.53-59.

47. SPA (Single-page application) [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: <https://developer.mozilla.org/en-US/docs/Glossary/SPA>.

48. Vargas J. et al. An Overview of Autonomous Vehicles Sensors and Their

49. Vulnerability to Weather Conditions. Sensors. 2021; 21(16):5397.

50. <https://www.coursehero.com/file/62601304/Wevolver2020AutonomousVehiclesTechnologyReportpdf/> (accessed 2024 June 1).

К6ПЗ-2026

					ВКРБ-123.26.0057.00.00.ПЗ	Арк.
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		78