

Міністерство освіти і науки України
Державний заклад
«Луганський національний університет імені Тараса Шевченка»

Навчально-науковий інститут математики та інформаційних технологій

Кафедра інформаційних технологій та систем

Самойлова Валентина Михайлівна

**РОЗРОБКА СИСТЕМИ ВІДДАЛЕНОГО МОНІТОРИНГУ
ФІЗІОЛОГІЧНИХ ПОКАЗНИКІВ ДЛЯ ЛІТНІХ ЛЮДЕЙ НА БАЗІ
ARDUINO**

**кваліфікаційна робота
здобувача вищої освіти першого (бакалаврського) рівня
освітньої програми «Комп'ютерна інженерія»
за спеціальністю 123 Комп'ютерна інженерія**

Особистий підпис _____ Валентина САМОЙЛОВА

Науковий керівник _____ Володимир ДОНЧЕНКО,
старший викладач
кафедри інформаційних технологій
та систем

Завідувач кафедри _____ Микола СЕМЕНОВ,
кандидат педагогічних наук, доцент
кафедри інформаційних технологій
та систем

Міністерство освіти і науки України
Державний заклад «Луганський національний університет
імені Тараса Шевченка»

Факультет (інститут)	Навчально-науковий інститут математики та інформаційних технологій (повна назва)
Кафедра	Кафедра інформаційних технологій та систем (повна назва)
Освітній ступень	Бакалавр (код, назва)
Напрямок підготовки	123 Комп'ютерна інженерія (код, назва)

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри ІТС
М.А. Семенов

(підпис)

(ініціали, прізвище)

“ ” 2024 р.

ЗАВДАННЯ
НА ДИПЛОМНИЙ ПРОЕКТ (РОБОТУ) СТУДЕНТУ

Ліщуку Сергію Едуардовичу

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема проекту (роботи) Розробка системи віддаленого моніторингу фізіологічних показників для літніх людей на базі ARDUINO

Керівник кваліфікаційної роботи

Донченко В.Ю. старший викладач

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

затверджена наказом по університету

від

2. Строк подання студентом проекту (роботи)

3. Вихідні дані до роботи (проекту) Розроблено систему віддаленого моніторингу фізіологічних показників для літніх людей на базі ARDUINO

(визначаються кількісні або (та) якісні показники, яким повинен відповідати об'єкт розробки)

4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити) АНАЛІЗ ЗАСОБІВ МОНІТОРИНГУ ТА РОЗРОБКА КОНЦЕПЦІЇ ПРИБОРУ. СТРУКТУРНІ КОМПОНЕНТИ ПРИБОРУ. ПРАКТИЧНА РЕАЛІЗАЦІЯ СИСТЕМИ ВІДДАЛЕНОГО МОНІТОРИНГУ ФІЗІОЛОГІЧНИХ ПОКАЗНИКІВ.

(визначаються назви розділів або (та) перелік питань, які повинні увійти до тексту ПЗ)

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

6. Консультанти розділів проекту/роботи

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв

7. Дата видачі завдання „ 10 ” жовтня 2024р.

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів дипломного проекту (роботи)	Строк виконання етапів проекту (роботи)	Примітка
	Вибір теми роботи, вивчення наукової літератури, затвердження теми та керівника.	До 15 жовтня	
	Аналіз літературних джерел за темою роботи. Розробка та апробація методики дослідно-експериментальної роботи. Подання структури теоретичної частини роботи та плану експериментальних досліджень.	Другий тиждень листопада (10 листопада)	
	Робота над теоретичною частиною. Подання теоретичної частини роботи для першого читання науковим керівником.	До 15 грудня	
	Усунення зауважень, урахування рекомендацій наукового керівника. Подання теоретичної частини роботи на друге читання.	До 28 січня	
	Проведення експериментальної роботи. Поетапний аналіз та обговорення її результатів. Перевірка стану виконання роботи.	Перший тиждень березня	
	Урахування рекомендацій наукового керівника, усунення недоліків, підготовка варіанта роботи до передзахисту. Розробка презентації.	До 31 березня	
	Попередній захист роботи на кафедрі	квітень	
	Доопрацювання роботи з урахуванням рекомендацій після передзахисту. Подання роботи науковому керівникові та рецензентові на підготовку відгуку та рецензії	За 10 днів до державної атестації	
	Подання на кафедру остаточного варіанта роботи, переплетеного та підписаного автором, науковим керівником і рецензентом.	За 5 днів до державної атестації	

Студент

підпис

В.М. Самойлова

(ініціали, прізвище)

Керівник проекту (роботи)

підпис

В. Ю. Донченко

(ініціали, прізвище)

АНОТАЦІЯ

Самойлова В.М.

Тема: Розробка системи віддаленого моніторингу фізіологічних показників для літніх людей на базі ARDUINO.

Спеціальність: 123 «Комп'ютерна інженерія»

Установа: ЛНУ імені Тараса Шевченка, 2025 р.

Бакалаврська робота містить: 85 с., 59 рис., 12 табл., 46 джерел.

Об'єкт дослідження – системи віддаленого моніторингу фізіологічного стану людини на основі мікроконтролерних пристроїв.

Предмет дослідження – архітектура, алгоритми та технічна реалізація пристрою для віддаленого контролю стану здоров'я літніх людей із використанням сенсорів та бездротових технологій зв'язку.

Мета дослідження – розробка системи віддаленого моніторингу фізіологічних показників для літніх людей на базі Arduino.

Для вирішення поставлених задач використовувались методи моделювання та програмування; положення теорії автоматичного керування; методи створення автоматизованих вимірювальних мікропроцесорних систем; методи математичної статистики та обробки експериментальних результатів.

Результати роботи.

Проведено огляд існуючих систем віддаленого моніторингу фізіологічних показників для, що дозволило виявити їхні переваги, недоліки та визначити актуальні тенденції в даній галузі. Здійснено детальне виявлення та формалізацію вимог до проєктованої системи фізіологічних показників для літніх людей на базі Arduino з серверною інфраструктурою. Розроблено архітектуру інформаційної системи, включаючи визначення її функціональних модулів, інтерфейсів та принципів взаємодії. Описана логіка функціонування програмних модулів системи фізіологічних показників для літніх людей на базі платформи Arduino. Розроблено мобільний застосунок "Blynk" для системи дистанційного моніторингу фізіологічних показників для літніх людей. Створено прототип системи моніторингу фізіологічних показників для літніх людей на базі Arduino.

Ключові слова. КОНТРОЛЮ ФІЗІОЛОГІЧНОГО СТАНУ ЛЮДИНИ, ARDUINO PRO MINI НА БАЗІ ATMEGA328, IOT (INTERNET OF THINGS), МІКРОПРОЦЕСОРНА СИСТЕМА, BLYNK.

ABSTRACT

Samoilova Valentyna

Theme: Development of a system for remote monitoring of physiological indicators for the elderly based on ARDUINO..

Speciality: 123 "Computer Engineering"

Institution: Luhansk Taras Shevchenko National University (LTSNU), 2025.

Diploma work contains: 85 pages, 59 Fig., 12 Table, 46 source.

A research object is the systems for remote monitoring of human physiological state based on microcontroller devices

The article of research architecture, algorithms and technical implementation of a device for remote monitoring of the health of the elderly using sensors and wireless communication technologies.

An aim of research is analysis and development of a server room microclimate monitoring system based on Arduino.

To solve the tasks, modeling and programming methods were used; the principles of the theory of automatic control; methods for creating automated measuring microprocessor systems; methods of mathematical statistics and processing of experimental results.

Job performances. A review of existing systems for remote monitoring of physiological indicators was conducted, which allowed us to identify their advantages, disadvantages and determine current trends in this industry. A detailed identification and formalization of requirements for the designed system of physiological indicators for the elderly based on Arduino with server infrastructure was carried out. The architecture of the information system was developed, including the definition of its functional modules, interfaces and principles of interaction. The logic of the functioning of the software modules of the system of physiological indicators for the elderly based on the Arduino platform was described. The mobile application "Blynk" was developed for the system of remote monitoring of physiological indicators for the elderly. A prototype of the system of monitoring physiological indicators for the elderly based on Arduino was created.

Keywords. CONTROL OF HUMAN PHYSIOLOGICAL STATE, ARDUINO PRO MINI BASED ON ATMEGA328, IOT (INTERNET OF THINGS), MICROPROCESSOR SYSTEM, BLYNK.

Розробка системи віддаленого моніторингу фізіологічних показників для літніх людей на базі ARDUINO.

					ІТС.4КІ.0325.01-ВП							
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	ВІДОМІСТЬ ПРОЄКТУ			Літ.	Арк.	Акрушіє		
Розроб.		Самойлова В.М.									1	1
Керівник		Донченко В.Ю.						ЛНУ Кафедра ІТС, Гр.4КІ				
Реценз.		Козуб Ю.Г.										
Н. Контр.												
Зав. каф.		Семенов М.А.										

Міністерство освіти і науки України	
Державний заклад «Луганський національний університет імені Тараса Шевченка»	
Факультет (інститут)	Навчально-науковий інститут математики та інформаційних технологій (повна назва)
Кафедра	Кафедра інформаційних технологій та систем (повна назва) (код, назва)

ТЕХНІЧНЕ ЗАВДАННЯ
на виконання програмної розробки (ПР):
**"РОЗРОБКА СИСТЕМИ ВІДДАЛЕНОГО МОНІТОРИНГУ
ФІЗІОЛОГІЧНИХ ПОКАЗНИКІВ ДЛЯ ЛІТНІХ ЛЮДЕЙ НА БАЗІ
ARDUINO"**

ІТС.4КІ.0325.02-ТЗ

ПОГОДЖЕНО
Керівник кваліфікаційної роботи

_____Донченко В.Ю._____

“_____”_____2025р

ВИКОНАВЕЦЬ
Студент групи 4КІ

_____Самойлова В. М._____

“_____”_____2025р

Полтава – 2025

ЗМІСТ

ВСТУП.....	3
1. ПРИЗНАЧЕННЯ ПРОДУКЦІЇ	3
2. ТЕХНІЧНІ ХАРАКТЕРИСТИКИ.....	3
3. АЛГОРИТМ РОБОТИ ПРИСТРОЮ	4
4. ТЕХНІКО-ЕКОНОМІЧНІ ВИМОГИ ДО КІНЦЕВОГО ПРОДУКТУ	6
5. ВИМОГИ ДО МАТЕРІАЛІВ ТА КОМПЛЕКТУЮЧИХ.....	6
6. ЕТАПИ ВИКОНАННЯ ПР.....	7
7. ПРИЙМАННЯ	7
8. ПОРЯДОК ВНЕСЕННЯ ЗМІН ДО ТЕХНІЧНОГО ЗАВДАННЯ, ЩО ЗАТВЕРДЖЕНО.....	8

					ІТС.4КІ.0125.02-ТЗ					
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	ТЕХНІЧНЕ ЗАВДАННЯ			Літ.	Арк.	Акрушіє
Розроб.		Самойлова В. М.								
Керівник		Донченко В.Ю.							2	7
Реценз.		Козуб Ю.Г.						ЛНУ Кафедра ІТС, Гр.4КІ		
Н. Контр.										
Зав. каф.		Семенов М.А.								

ВСТУП

1.1 Найменування: Розробка системи віддаленого моніторингу фізіологічних показників для літніх людей на базі ARDUINO.

1.2 Шифр ПР: АДР-9

1.3 Підстава до виконання ПР: Підставою для виконання даної розробки є завдання на дипломний проєкт.

1.4 Терміни розробки:

1.4.1 Початок 30 жовтня 2024р.

1.4.2 Закінчення 20 квітня 2025р.

1.5 Фінансується за рахунок коштів замовника.

1. ПРИЗНАЧЕННЯ ПРОДУКЦІЇ

1.1. Призначення:

Цей пристрій призначений для моніторингу фізіологічних показників для літніх людей:

- контроль температури і пульсу;
- контроль падіння;
- управління дверима.

Мікрокомплекс створюється з метою:

- Відстеження та збору фізіологічних сигналів та вимірювання температури тіла.
- Оповіщення відповідальних осіб у разі падіння.

Завдання, що вирішуються

- Складання структурної схеми мікрокомплексу.
- Розробка технічних умов і вузлів мікрокомплексу.
- Створення основного програмного модуля.

2. ТЕХНІЧНІ ХАРАКТЕРИСТИКИ

Розроблено систему віддаленого моніторингу фізіологічних показників для літніх людей на базі ARDUINO.

					ІТС.4КІ.0325.02-ТЗ	Арк.
						3
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

За допомогою безкоштовної програм Arduino IDE, було написано програмне забезпечення для функціонування системи віддаленого моніторингу фізіологічних показників для літніх людей на базі ARDUINO.

№ з/п	Найменування пристрою та функціональних блоків	Основні характеристики
1	Модуль зарядки TP4056	Вид акумулятора: Li-ion; Напруга повного заряду: 4.2 В; Діапазон температур: -10 до +85 °С; Габарити: 25×17×4 мм
2	Плата Arduino Pro mini на ATmega328	Клас за способом захисту: I; Клас за ступенем захисту: IP30; Робоча напруга: 3.3 В; Напруга живлення: 3.3–20 В; Тактова частота: 8 МГц; Струм живлення контактів: 200 мА; Габарити: 33×18 мм
3	Датчик тиску і температури DPS310	Клас за способом захисту: I; Клас за ступенем захисту: IP30; Робоча напруга: 3.3 В; Робочий струм: для тиску — 1.7 мА, для температури — 1.5 мА; Габарити: 2×2.5 мм
4	Радіомодуль NRF24L01	Клас за способом захисту: I; Клас за ступенем захисту: IP30; Робоча напруга: 3.3–5 В; Робочий струм: 50 мА; Радіус дії: 15–600 метрів; Габарити: 29×16×11 мм
5	Замкове реле	Робоча напруга: 6–12 В; Габарити: 27×27×17 мм

3. АЛГОРИТМ РОБОТИ ПРИСТРОЮ

Мікрокомплекс на базі мікроконтролера для віддаленого моніторингу фізіологічних показників для літніх людей на базі ARDUINO повинен складатися з наступних модулів і їх функцій.

					ІТС.4КІ.0325.02-ТЗ	Арк.
						4
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

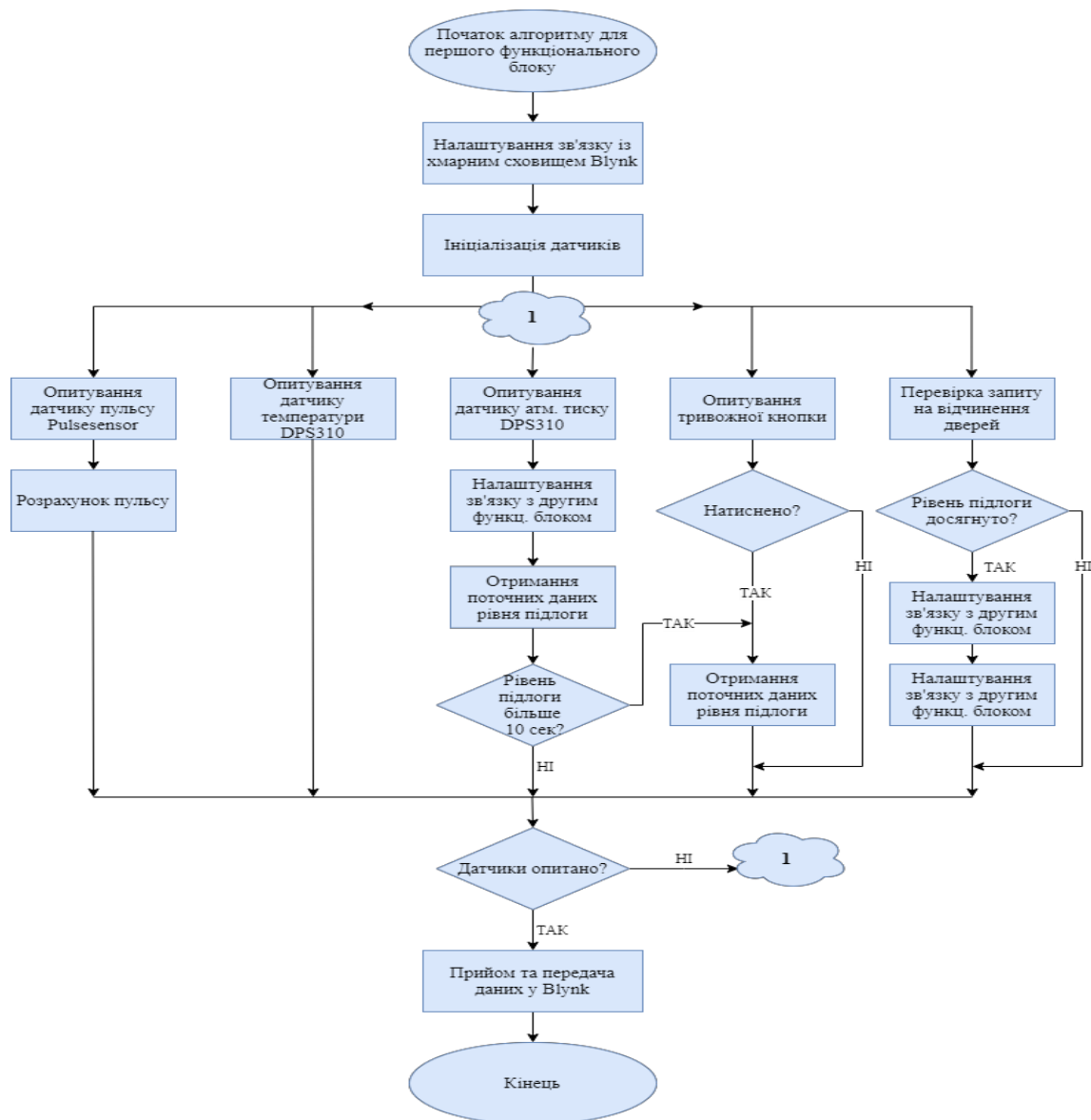


Рис. 2. Алгоритм роботи функціонального блоку

4. ТЕХНІКО-ЕКОНОМІЧНІ ВИМОГИ ДО КІНЦЕВОГО ПРОДУКТУ

Вартість робіт по розробці даної ПР визначається згідно договору на розробку. Вартість запропонованих аналогів повинна забезпечити економічну доцільність їх застосування.

5. ВИМОГИ ДО МАТЕРІАЛІВ ТА КОМПЛЕКТУЮЩИХ

5.1. Вимоги до екологічної безпечності під час експлуатації.

Не пред'являються.

5.2. Спеціальні вимоги до кінцевого продукту.

Не пред'являються.

5.3. Вимоги до безпеки для населення під час експлуатації продукції.

Не пред'являються.

6. ЕТАПИ ВИКОНАННЯ ПР.

Етапи виконання ПР можуть уточнювати згідно календарного плану робіт по узгодженню між замовником та виконавцем

№	Етапи виконання роботи	Термін виконання та обсяг робіт	звітні матеріали
1	Аналіз розробки програмного комплексу та розробка першої версії. Аналіз вимог. Розробка структури. Попереднє тестування		Частковий програмний комплекс на ЕОМ замовника, що виконує всі основні функції та звітна документація п.8.2
2	Коректування структури. Розробка допоміжних функцій. Розробка остаточної версії програмного комплексу та його опрацювання. Тестування		Готовий програмний комплекс на ЕОМ замовника та звітна документація п.8.2
3	Доопрацювання окремих модулів та навчання користувачів. Розробка звітних матеріалів згідно п.8 цього ТЗ		звітні матеріали згідно пункту 8

7. ПРИЙМАННЯ

7.1. Необхідні вимоги для впровадження ПР та завершення робіт.

Оцінка результатів розробки і доцільність її продовження здійснюється замовником по представленню наступних матеріалів:

- встановлений програмний комплекс на ЕОМ замовника;
- перелік файлів на резервному носії;
- стислий опис роботи ПР та опис всіх файлів, які необхідні для роботи ПР.
- перелік документів
 - Технічне завдання
 - Пояснювальна записка

					ІТС.4КІ.0325.02-ТЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		7

7.2. Перелік звіних документів, необхідних для прийняття етапів роботи:

- стислий опис результатів етапу у вигляді анотованого звіту(для 1 та 2 етапів);
- частковий програмний комплекс на ЕОМ замовника згідно календарного плану робіт;
- акт приймання продукції.

7.3. Загальний перелік до приймання звітних документів, макетів, експериментальних зразків.

До приймання пред'являються: акт здачі-приймання продукції, акт впровадження ПР.

7.4. Тестування ПР

Тестування виконується до "Програми та методики тестування", яка розробляється виконавцем та затверджується замовником

8. ПОРЯДОК ВНЕСЕННЯ ЗМІН ДО ТЕХНІЧНОГО ЗАВДАННЯ, ЩО ЗАТВЕРДЖЕНО.

Дане технічне завдання може уточнюватися в процесі розробки ПР при узгодженні сторін з оформленням доповнень до ТЗ.

					ІТС.4КІ.0325.02-ТЗ	Арк.
						8
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ДЗ «ЛУГАНСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
ІМЕНІ ТАРАСА ШЕВЧЕНКА»

Навчально-науковий інститут математики та інформаційних
технологій

(назва факультету, інституту)

Інформаційних технологій та систем

(назва кафедри)

Пояснювальна записка
до дипломного проєкту (роботи)
БАКАЛАВРА
(освітньо-кваліфікаційний рівень)

на тему:
РОЗРОБКА СИСТЕМИ ВІДДАЛЕНОГО МОНІТОРИНГУ
ФІЗІОЛОГІЧНИХ ПОКАЗНИКІВ ДЛЯ ЛІТНІХ ЛЮДЕЙ НА БАЗІ
ARDUINO

Виконав: студент 4 курсу, групи _____
напряму підготовки (спеціальності)
123 «Комп'ютерна інженерія»
(шифр і назва напряму підготовки, спеціальності)

Самойлова В. М.
(прізвище та ініціали)

Керівник Донченко В. Ю.
(прізвище та ініціали)

Рецензент Козуб Ю. Г.
(прізвище та ініціали)

Полтава – 2025 року

ЗМІСТ

ВСТУП.....	4
РОЗДІЛ I. АНАЛІЗ ЗАСОБІВ МОНІТОРИНГУ ТА РОЗРОБКА КОНЦЕПЦІЇ ПРИСТРОЮ	9
1.1. Підбір показників для здійснення контролю.....	9
1.2. Види пристроїв віддаленого контролю фізіологічного стану людини похилого віку	11
1.3. Методи вимірювання обраних показників	19
1.3.1. Сучасні методи вимірювання пульсу в портативних пристроях.....	19
1.3.2. Сучасні методи вимірювання температури тіла у портативних пристроях	21
1.3.3. Сучасні методи детекції падіння у портативних пристроях.....	22
1.4. Функціональна блоксхема пристрою	25
Висновки до розділу	27
РОЗДІЛ II. СТРУКТУРНІ КОМПОНЕНТИ ПРИСТРОЮ	28
2.2. Датчики вимірювання фізіологічних параметрів.....	33
2.2.1. Барометричний датчик висоти та температури DPS310	33
2.2.2 Датчик пульсу PulseSensor	38
2.3. Система живлення.....	40
2.4. Модулі бездротового зв'язку	43
2.4.1. Bluetooth модуль HC-05.....	43
2.4.2. WiFi модуль ESP-01	46
2.5 Зв'язок з сервером Blynk.....	52
Висновки до розділу	55
РОЗДІЛ 3. ПРАКТИЧНА РЕАЛІЗАЦІЯ СИСТЕМИ ВІДДАЛЕНОГО МОНІТОРИНГУ ФІЗІОЛОГІЧНИХ ПОКАЗНИКІВ	57
3.1. Додатковий функціональний блок.....	57
3.2. Принципова схема	59

					ІТС.4КІ.0325.03-ПЗ						
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата							
Розроб.		Самойлова В.			ЗМІСТ			Літ.	Арк.	Акрушіє	
Керівник		Донченко В.Ю.								2	2
Реценз.		Козуб Ю.Г.						ЛНУ Кафедра ІТС, Гр.4КІ			
Н. Контр.											
Зав. каф.		Семенов М.А.									

3.3. 3D-модель корпусу	61
3.4. Алгоритм роботи	62
3.5. Arduino IDE та програмне забезпечення пристрою	63
Висновки до розділу	78
ВИСНОВКИ	80
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ.....	81
ДОДАТОК А.....	86
ДОДАТОК Б.....	87
ДОДАТОК В.....	91

ВСТУП

За даними ООН, на 2024 рік у світі налічувалося понад 617 мільйонів осіб віком понад 65 років, і ця кількість постійно зростає [1]. Старіння населення супроводжується зростанням потреби у довготривалому догляді, який, у більшості випадків, в Україні лягає на плечі родичів або найближчого соціального оточення. Такий догляд охоплює як періодичні медичні огляди, так і щоденну допомогу, що може займати від 24 до понад 40 годин на тиждень [2].

Попри потребу у постійному нагляді, близько 90% людей похилого віку прагнуть зберегти незалежність, а майже половина осіб віком понад 85 років живе самотійно. Основним викликом для них є поєднання безпеки та автономності. Медичні працівники, соціальні служби й родичі повинні створювати умови, які дозволяють літнім людям залишатися активними, самотійними та захищеними.

Координація догляду за такими пацієнтами, особливо в постгоспітальний період, ускладнюється обмеженим доступом до персонального нагляду. Ця проблема загострюється у контексті пандемій, воєнного стану або віддаленості родичів. У таких умовах технологічні рішення, зокрема засоби віддаленого моніторингу, набувають критичної актуальності. Носимі пристрої, які можуть здійснювати збір фізіологічних показників, аналіз змін стану користувача та надсилання тривожних сигналів, є ефективним способом підтримки безпеки та комфорту літніх людей.

Зростання частки людей похилого віку в демографічній структурі України та світу формує стійкий запит на впровадження нових технологій догляду. Технології Інтернету речей (IoT), мікроконтролерні платформи та мобільні застосунки створюють передумови для формування доступних, компактних та функціональних систем віддаленого моніторингу. Такі рішення здатні підвищити якість життя, зменшити навантаження на родичів і соціальні служби.

					ІТС.4КІ.0325.03-ПЗ							
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	ВСТУП				Літ.		Арк.	Акрушів
Розроб.		Самойлова В.										
Керівник		Донченко В.Ю.								4	5	
Реценз.		Козуб Ю.Г.							ЛНУ			
Н. Контр.												
Зав. каф.		Семенов М.А.			Кафедра ІТС, Гр.4КІ							

Сучасні наукові дослідження підтверджують значну увагу до теми дистанційного моніторингу. Зокрема, Ravneet Saini та Amardeep Singh (2020) дослідили застосування Raspberry Pi для створення автономної системи моніторингу з локальним зберіганням даних. Jung Kim, Hyunwoo Lee та Minho Choi запропонували використання MQTT-протоколів для побудови систем реального часу, здатних фіксувати тривожні події. Mohammed Ahmed, Yuxin Zhou та Mahmudur Rahman запропонували адаптивну IoT-архітектуру для аналізу температурних і газових параметрів у приміщеннях. Дмитро Іванов, Тетяна Петрова та Олексій Смирнов досліджували інтелектуальне керування вентиляцією на основі Arduino-сумісних сенсорів. У свою чергу, Luis Mendoza, Francisco Ramirez та Daniela Ortega описали масштабовану IoT-систему кліматичного моніторингу на базі відкритого апаратного забезпечення.

Узагальнення результатів зазначених робіт дозволяє сформуванню обґрунтовану концепцію побудови персоналізованої системи віддаленого моніторингу для осіб похилого віку, з урахуванням сучасних технологічних можливостей.

Об'єкт дослідження — системи віддаленого моніторингу фізіологічного стану людини на основі мікроконтролерних пристроїв.

Предмет дослідження — архітектура, алгоритми та технічна реалізація пристрою для віддаленого контролю стану здоров'я літніх людей із використанням сенсорів та бездротових технологій зв'язку.

Мета роботи — розробка системи віддаленого моніторингу фізіологічних показників для літніх людей на базі Arduino.

Для досягнення поставленої мети необхідно виконати такі **завдання**:

- Провести огляд наукових джерел та сучасних технічних рішень у сфері віддаленого медичного моніторингу;
- Визначити ключові фізіологічні параметри для контролю (температура, пульс, падіння, SOS);
- Обрати та обґрунтувати використання сенсорних компонентів та електронної бази пристрою;

					ІТС.4КІ.0325.03-ПЗ	Арк.
						5
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

- Розробити електричну схему та алгоритм роботи пристрою;
- Реалізувати прототип пристрою на основі Arduino;
- Забезпечити інтеграцію з мобільним додатком для передачі даних та тривожних сповіщень;
- Побудувати 3D-модель корпусу пристрою для подальшого виробництва.

Для вирішення поставлених задач використовувались методи моделювання та програмування; положення теорії автоматичного керування; методи створення автоматизованих вимірювальних мікропроцесорних систем; методи математичної статистики та обробки експериментальних результатів.

У першому розділі роботи було закладено теоретичне підґрунтя для розробки пристрою віддаленого моніторингу фізіологічного стану людей похилого віку. Було обґрунтовано доцільність вибору ключових параметрів для моніторингу, таких як частота серцевих скорочень, температура тіла, детекція падіння та функція тривожного сповіщення. Проведено огляд сучасних комерційних пристроїв, призначених для контролю стану здоров'я літніх людей. Проаналізовано їхні функціональні можливості, переваги, недоліки та доступність. Значну увагу приділено дослідженню методів вимірювання обраних фізіологічних параметрів у носимих пристроях. Розглянуто різні підходи для контролю пульсу (електрокардіографічні та фотоплетизмографічні), вимірювання температури тіла (резистивні, цифрові та інфрачервоні сенсори), а також методи детекції падінь (комбінації акселерометрів, гіроскопів і барометрів). За результатами аналізу встановлено, що найбільш придатними для портативних пристроїв є фотоплетизмографія на зеленому світлі для вимірювання пульсу, цифрові сенсори температури типу DS18B20 та багатокomпонентні алгоритми виявлення падіння, що поєднують інерційні та барометричні дані. Сформовано функціональну блок-схему майбутнього пристрою. Вона інтегрує сенсорну, обчислювальну, комунікаційну та енергетичну підсистеми в єдину логічну архітектуру.

У другому розділі було здійснено систематичний аналіз та обґрунтований вибір основних апаратних компонентів для розробки прототипу пристрою

					ІТС.4КІ.0325.03-ПЗ	Арк.
						6
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

віддаленого моніторингу фізіологічних показників у літніх людей. З-поміж можливих апаратних платформ обрано Arduino Pro Mini на базі мікроконтролера ATmega328, що забезпечує необхідний баланс між мініатюрністю, енергоефективністю та достатнім обчислювальним ресурсом для реалізації заданого функціоналу у форматі носимого пристрою. Для детекції падіння використано барометричний сенсор DPS310, який, на відміну від типових акселерометрів, демонструє вищу точність, стабільність і меншу схильність до хибних спрацювань завдяки аналізу зміни атмосферного тиску. Для вимірювання пульсу інтегровано оптичний фотоплетизмографічний сенсор PulseSensor, що працює у зеленому спектрі (близько 525 нм), забезпечуючи високу чутливість та стійкість до зовнішнього світлового шуму при розміщенні на зап'ясті. Основним засобом комунікації обрано Bluetooth-модуль HC-05, який підтримує роботу в режимі master і забезпечує ініціацію з'єднання зі смартфоном опікуна. Як альтернативу розглянуто Wi-Fi-модуль ESP-01, придатний для хмарної інтеграції через платформу Blynk у випадках, коли використання Bluetooth є неможливим або обмеженим. Для внутрішньої комунікації між функціональними блоками системи застосовано радіомодуль NRF24L01, який працює на частоті 2,4 ГГц та має перевагу над 433 МГц аналогами за рахунок стабільнішої передачі даних і вищої швидкості.

У третьому розділі було реалізовано ключові етапи розробки пристрою дистанційного моніторингу фізіологічного стану, спрямовані на усунення виявлених обмежень, підвищення надійності та розширення функціональних можливостей системи. Було вдосконалено алгоритм функціонування основного (першого) функціонального блоку з урахуванням можливих сценаріїв неправильного розпізнавання подій. Запроваджено логіку, що дозволяє диференціювати реальні падіння від звичайних рухів, нахилів або випадкового жестикулювання, що покращує точність системи та забезпечує її стабільну роботу у щоденних умовах експлуатації. Для обох функціональних блоків розроблено електричні принципові схеми, які забезпечують основу для подальшого макетування та виготовлення друкованих плат.

					ІТС.4КІ.0325.03-ПЗ	Арк.
						7
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Крім того, створено комплексне програмне забезпечення в середовищі Arduino IDE, яке забезпечує збирання, попередню обробку та передачу даних з сенсорів. Інтеграція з мобільним додатком Blynk забезпечує віддалений доступ до моніторингу фізіологічного стану користувача, а також підтримку функції дистанційного керування — наприклад, відкривання електрозамка дверей у разі надзвичайної ситуації.

					ІТС.4КІ.0325.03-ПЗ	Арк.
						8
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

РОЗДІЛ І. АНАЛІЗ ЗАСОБІВ МОНІТОРИНГУ ТА РОЗРОБКА КОНЦЕПЦІЇ ПРИСТРОЮ

1.1. Підбір показників для здійснення контролю

У процесі розробки пристрою для віддаленого моніторингу фізіологічного стану людей похилого віку, ключовим етапом стало обґрунтоване визначення кола фізіологічних параметрів, які потребують безперервного контролю. Цей вибір був здійснений на основі аналізу функціоналу клінічних палатних моніторів пацієнта — систем, що широко застосовуються у лікарнях і вважаються «золотим стандартом» у сфері багатопараметричного нагляду за пацієнтами.

Палатні монітори забезпечують цілодобовий збір і аналіз життєво важливих показників, а також формують візуальні та аудіосигнали у разі виявлення критичних відхилень. Стандартна комплектація таких моніторів охоплює:

- Неінвазивне вимірювання артеріального тиску (НІАТ) та пульсу;
- Вимірювання температури тіла;
- Визначення частоти дихання;
- Пульсоксиметрію (сатурація крові киснем);
- Капнографію (CO₂ у видихуваному повітрі);
- Реєстрацію електрокардіограми (ЕКГ);
- Активацію тривожного сигналу вручну.

Однак, не всі ці функції можуть бути реалізовані у форматі мобільного портативного пристрою, що призначений для повсякденного носіння, зокрема через обмеження форм-фактора, енергоспоживання та вимоги до автономності.

					ІТС.4КІ.0325.03-ПЗ									
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	<div>РОЗДІЛ І. АНАЛІЗ ЗАСОБІВ МОНІТОРИНГУ ТА РОЗРОБКА КОНЦЕПЦІЇ ПРИСТРОЮ</div>									
Розроб.		Самойлова В.									Лім.	Арк.	Акрушів	
Керівник		Донченко В.Ю.											9	19
Реценз.		Козуб Ю.Г.									ЛНУ Кафедра ІТС, Гр.4КІ			
Н. Контр.														
Зав. каф.		Семенов М.А.												

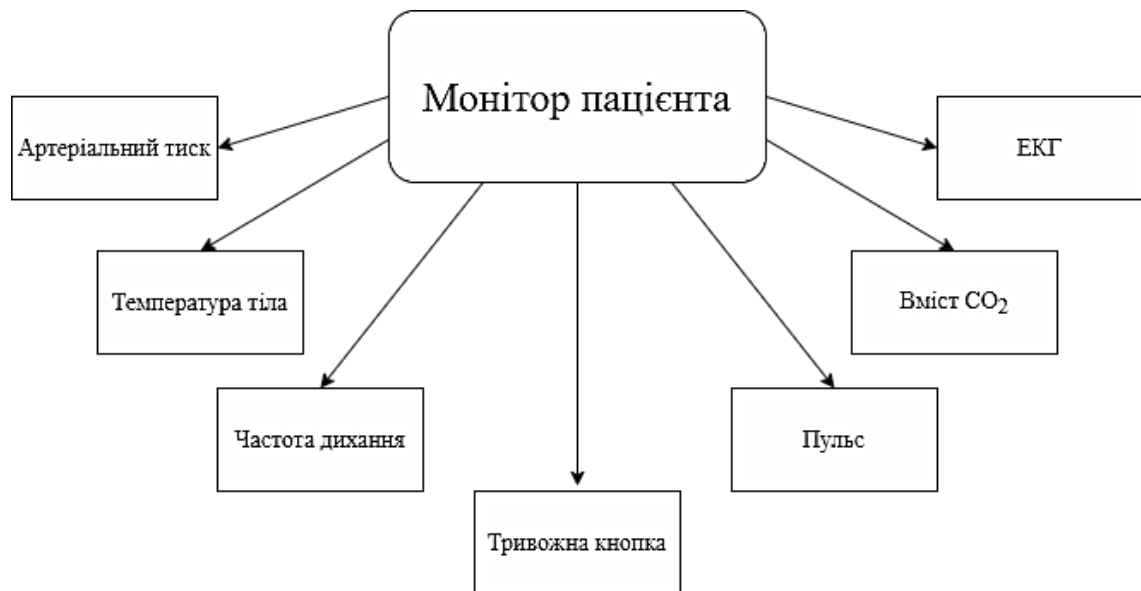


Рис. 1.1. Функціональна блок-схема палатного монітору

З усього переліку були обрані найбільш релевантні показники, що водночас є технічно реалізованими у пристрої для постійного носіння:

- Пульс: як базовий індикатор серцево-судинного стану;
- Температура тіла: як маркер запальних або інфекційних процесів;
- Функція тривожної кнопки: для екстреного виклику допомоги;
- Модуль детекції падіння: як критично важлива функція для виявлення нещасних випадків серед людей похилого віку.

Рішення щодо включення саме цих параметрів сформувало технічне ядро архітектури пристрою, що буде розкрито у підрозділі 1.4.

Деякі параметри, що є стандартними для палатних моніторів, неможливо точно виміряти за допомогою компактного портативного пристрою:

- Капнографія потребує назального або орального сенсора;
- НІАТ — потребує надувної манжети, непридатної для щоденного носіння;
- ЕКГ — вимагає багатоточкових контактів, що суперечить ергономіці браслетів або кулонів;
- Частота дихання — важко вимірюється в умовах руху без додаткових сенсорів на грудній клітці.

Таким чином, вибрані параметри є оптимальним балансом між клінічною значущістю та технічною реалізованістю.

Їх інтеграція у пристрій дозволяє забезпечити базову, але достатню систему моніторингу, адаптовану до потреб людей похилого віку. Наступні підрозділи цього розділу деталізують типи пристроїв, методи вимірювання та архітектуру реалізації запропонованої концепції.

1.2. Види пристроїв віддаленого контролю фізіологічного стану людини похилого віку

1. Система медичного сповіщення *Lively – Senior Medical Alert System*

Lively – це комплексна система медичного сповіщення, розроблена для моніторингу активності та безпеки людей похилого віку в домашніх умовах. Вона складається з центрального "хаба" та датчиків активності, розташованих по всьому будинку.

Ця система не потребує підключення до інтернету або домашньої телефонної лінії. Вона активується та контролюється віддалено членами родини або опікунами через онлайн-платформу [5].



Рис. 1.2. Lively medical alert system

До складу системи Lively входять:

Браслет: містить тривожну кнопку, натискання якої миттєво з'єднує користувача з диспетчером швидкої допомоги.

Датчики активності: кріпляться до стаціонарних об'єктів (наприклад, до контейнера з пігулками, холодильника тощо) і передають дані про модель поведінки пацієнта на смартфон доглядача або члена сім'ї.

Такий підхід дозволяє забезпечити постійний нагляд та оперативно реагувати на непередбачені ситуації, не порушуючи при цьому бажання літніх людей зберігати свою незалежність.

2. Bay Alarm Medical

Bay Alarm Medical є однією з провідних систем медичної сигналізації, призначених для носіння. Її ключовою перевагою є наявність мобільних GPS-браслетів, які є повністю водонепроникними. Система також пропонує послугу автоматичної детекції падіння та комбінований комплект "in-home + GPS", що дозволяє моніторинг як вдома, так і за його межами [6].



Рис. 1.3. Bay Alarm Medical

Ця система складається з:

Браслета з GPS-трекером та тривожною кнопкою: дозволяє відстежувати місцезнаходження користувача та надає можливість швидко викликати допомогу. Натискання тривожної кнопки негайно з'єднує пацієнта з диспетчером швидкої допомоги.

Блоку для детекції падіння: розташовується в будинку і автоматично сповіщає про падіння, що є критично важливим для літніх людей.

Bay Alarm Medical забезпечує надійний моніторинг і швидке реагування, дозволяючи літнім людям почуватися безпечніше як вдома, так і за його межами.

3. Браслет GSMIN SB11

Браслет GSMIN SB11 є пристроєм, розробленим для забезпечення безпеки та полегшення пошуку людини в критичних ситуаціях. Його основною функцією є точне визначення місцезнаходження користувача [7].

					ІТС.4КІ.0325.03-ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		12

Цей пристрій оснащений GPS-трекером, що дозволяє відстежувати його місцезнаходження. Крім того, GSMIN SB11 дає змогу надсилати тривожні повідомлення через спеціальний мобільний додаток, а також має функцію запису голосових повідомлень.



Рис. 1.4. Браслет GSMIN SB11

Завдяки своїй функціональності, браслет GSMIN SB11 є зручним рішенням для родичів та опікунів, які прагнуть контролювати місцезнаходження літніх людей та отримувати сповіщення у разі надзвичайних ситуацій.

4. Philips Lifeline

Philips Lifeline – одна з найстаріших та найвідоміших систем персональної медичної сигналізації, орієнтована на людей похилого віку. Вона забезпечує цілодобовий моніторинг і зв'язок із диспетчерським центром компанії.

До складу системи входить:

- Браслет або кулон із кнопкою екстреного виклику;
- Опція "AutoAlert" для автоматичного виявлення падінь;
- Мобільний модуль GoSafe з підтримкою GPS, Wi-Fi та стільникових мереж.



Рис. 1.5. Philips Lifeline

Ця система добре підходить для активних літніх людей, які ведуть незалежний спосіб життя, але потребують додаткової безпеки.

5. AngelSense GPS Tracker

AngelSense спочатку був розроблений для дітей з аутизмом, але знайшов широке застосування у догляді за людьми з деменцією або літніми людьми, схильними до дезорієнтації.

Особливості:

- Прихований GPS-трекер: вбудовується у пояс або одяг.
- Постійний моніторинг: визначення точного місця розташування у режимі реального часу.
- Вхідний дзвінок лише з дозованих номерів, функція прослуховування.
- Геозони: автоматичне сповіщення, якщо користувач залишає дозволону зону.



Рис. 1.6. AngelSense

AngelSense – ідеальне рішення для людей із когнітивними розладами.

					ITC.4KI.0325.03-ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		14

6. CarePredict Tempo

CarePredict Tempo – це інноваційний носимий пристрій, який не лише відстежує фізичні параметри, а й аналізує поведінкові патерни для виявлення ранніх ознак змін у стані здоров'я.

Ключові можливості:

- AI-аналітика: визначає зміну звичок (менше їжі, сну, пересувань) як ранній індикатор потенційної проблеми.
- Тривожна кнопка, GPS, детекція падінь.
- Інтеграція з хабом та хмарним сервісом для постійного моніторингу опікунами.



Рис. 1.7. CarePredict Tempo

Цей пристрій підходить для довготривалого догляду з акцентом на профілактику та поведінковий аналіз.

7. Пристрої-браслети у контексті пандемії COVID-19

Під час пандемії COVID-19 зросла потреба у віддаленому моніторингу стану здоров'я пацієнтів та контролі за дотриманням карантинних обмежень. Внаслідок цього, у багатьох країнах світу наразі активно впроваджуються пристрої-браслети для цих цілей.

У Таблиці 1.1 представлено перелік країн, які вже використовують або планують використовувати подібні пристрої для:

Контролю умов карантину: забезпечення дотримання самоізоляції та зменшення поширення інфекції.

					ІТС.4КІ.0325.03-ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		15

Моніторингу чисельності хворих: збору даних про поширення захворювання та стану пацієнтів.

Ці технології відіграють важливу роль у стримуванні пандемій та забезпеченні ефективного реагування системи охорони здоров'я.



Рис. 1.8. Comarch Life Wristband [8]

Таблиця 1.1

Використання браслетів для моніторингу здоров'я [9]

Країна	Характеристики пристрою	Параметри контролю
Болгарія	Comarch LifeWristbands, крім підтвердження того, що людина знаходиться вдома, пристрій може контролювати частоту серцевих скорочень власника і використовуватись для виклику екстрених служб.	Містить датчик пульсу, GPS-трекер, тривожну кнопку.
Бельгія	Жителі випробовують «соціальний» дистанційний браслет, який вібрує, якщо він знаходиться в межах 3 м від іншого браслета.	Містить вібродатчик, контроль дистанції між «хворими».
Ліхтенштейн	Кожен десятий житель отримає браслет для відстеження температури, дихання і частоти серцевих скорочень, і передає дані в лабораторію в Швейцарії для подальшого дослідження. Пізніше цього року ще 38 000 жителів візьмуть участь у подібній ініціативі.	Містить датчик температури, частоти дихання, пульсу; передає дані в лабораторію.
Гонконг та Південна Корея	Пристрій забезпечує підтвердження, якщо людина, що носить електронний браслет, залишила будинок під час карантину.	Містить GPS-трекер, передає дані в поліцію.

З метою аналізу сучасних засобів для віддаленого моніторингу фізіологічного стану людей похилого віку було здійснено порівняння низки популярних комерційних рішень, що вже зарекомендували себе на ринку. До порівняння включено як багатофункціональні системи, орієнтовані на довготривалий догляд, так і спеціалізовані браслети з фокусом на конкретні функції (виявлення падіння, GPS-відстеження, виклик допомоги тощо).

У таблиці 1.2 представлено порівняльний аналіз семи найбільш відомих пристроїв за такими критеріями: функціональність, переваги, недоліки та орієнтовна доступність за ціною. Такий аналіз дозволяє виокремити ключові характеристики кожної системи та визначити доцільність їх використання для різних категорій користувачів — від самостійних людей похилого віку до осіб з когнітивними порушеннями або обмеженою мобільністю.

Таблиця 1.2

Порівняльна таблиця пристроїв моніторингу фізіологічного стану людей похилого віку

Назва пристрою	Основні функції	Переваги	Недоліки	Орієнтовна доступність за ціною
Lively Medical Alert	Датчики активності, тривожна кнопка	Підтримка без інтернету, інтуїтивна система для родичів	Обмежена мобільність (стаціонарні сенсори)	Середня (~150-250 USD + підписка)
Bay Alarm Medical	GPS, тривожна кнопка, детекція падіння	Висока точність детекції падіння, мобільність	Висока вартість абонплати	Висока (~250-300 USD + щомісячна оплата)
GSMIN SB11	GPS, SOS, голосові повідомлення	Компактність, голосовий канал зв'язку	Обмежений функціонал для здоров'я	Доступна (~80-120 USD)
Philips Lifeline	GPS, AutoAlert, Wi-Fi, SOS	Надійність, покриття в мережі, довіра бренду	Дорога підписка, мало AI-функцій	Висока (~300+ USD + підписка)
AngelSense GPS Tracker	GPS, геозони, прослуховування	Висока точність позиціювання, контроль зон	Висока ціна, пристосовано для окремих випадків	Висока (~250-350 USD)

Назва пристрою	Основні функції	Переваги	Недоліки	Орієнтовна доступність за ціною
CarePredict Tempo	AI-аналітика, GPS, падіння, SOS	Комплексна аналітика поведінки, профілактика	Висока вартість, складна аналітика	Висока (~400+ USD)
Comarch Life Wristband	Пульс, GPS, температура, контроль ізоляції	Підтримка державного контролю, багато параметрів	Обмежено для масового комерційного використання	Залежить від країни, найчастіше недоступна для придбання

Узагальнити всі перелічені у розділі пристрої можна функціональною блок-схемою наведеною на рисунку 1.9:



Рис. 1.9. Функціональна блок-схема пристроїв моніторингу

Враховуючи необхідний функціонал та орієнтуючись на потреби користувачів, для нашого пристрою були обрані такі ключові можливості:

Сповіщення про натискання тривожної кнопки: це дозволить користувачеві оперативно викликати допомогу в екстрених ситуаціях.

Автоматичне повідомлення про падіння: ця функція є критично важливою для безпеки літніх людей, оскільки падіння часто можуть призвести до серйозних травм.

Прямий зв'язок з родиною або доглядачем: забезпечить негайне сповіщення близьких про будь-які тривожні події або зміни у стані користувача.

Ці функції забезпечують комплексний підхід до моніторингу та безпеки, дозволяючи оперативно реагувати на потенційні загрози та підтримувати зв'язок з тими, хто доглядає за літньою людиною.

1.3. Методи вимірювання обраних показників

З усього переліку були обрані найбільш релевантні показники, що водночас є технічно реалізованими у пристрої для постійного носіння:

- Пульс: як базовий індикатор серцево-судинного стану;
- Температура тіла: як маркер запальних або інфекційних процесів;
- Модуль детекції падіння: як критично важлива функція для виявлення нещасних випадків серед людей похилого віку;
- Функція тривожної кнопки: для екстреного виклику допомоги.

1.3.1. Сучасні методи вимірювання пульсу в портативних пристроях

Вимірювання пульсу є одним з основних параметрів для моніторингу стану здоров'я, і в сучасних портативних пристроях для цього використовуються різні підходи, серед яких провідну роль відіграє електрокардіографія (ЕКГ).

Електрокардіографія (ЕКГ)

У клінічній практиці для реєстрації ЕКГ застосовуються різноманітні системи відведень (з кінцівок, грудні, ортогональні тощо). Для вимірювання пульсу підходять будь-які з них, оскільки R-зубець, який відповідає за скорочення шлуночків серця, присутній на всіх відведеннях нормальної ЕКГ.

При розробці портативних гаджетів та спортивних тренажерів система відведень була значно спрощена до двох точок-електродів. Існують кілька реалізацій такого підходу:

- Нагрудні кардіомонітори (HRM strap або HRM band): це спортивні ремінці, де електроди виконані у вигляді двох провідних смужок. Ремінець може бути інтегрованою частиною пристрою або пристібатися до нього. Отримані дані про пульс зазвичай передаються на спортивний годинник або смартфон за допомогою Bluetooth (протоколи ANT+ або Smart).
- Двоелектродні системи з рознесеними електродами: у таких пристроях один електрод інтегрований у задню стінку годинника або браслета на зап'ясті, а інший винесений на лицьову частину пристрою. Для вимірювання пульсу користувачу потрібно

					ІТС.4КІ.0325.03-ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		19

доторкнутися вільною рукою до лицьового електрода і почекати кілька секунд.

- Ємнісні ЕКГ-датчики. Новітньою розробкою є ємнісні датчики електричного поля, такі як EPIC Ultra High Impedance ECG Sensor від Plessey Semiconductors. Ці компактні (10x10 мм) активні датчики мають вбудований первинний підсилювач. Їхня перевага полягає в тому, що вони не вимагають прямого електричного контакту зі шкірою, тому не виникають ефекти поляризації і їх не потрібно змочувати. Однак, готові комерційні пристрої на основі цих датчиків наразі відсутні.

Ці методи дозволяють інтегрувати функцію вимірювання пульсу в компактні пристрої, роблячи їх зручними для повсякденного використання.

Плетизмографія

Плетизмографія – це метод вимірювання пульсу, що базується на реєстрації змін об'єму крові в судинах. Існує два основні способи реалізації цього методу: імпедансна та оптична плетизмографія.

Імпедансна плетизмографія – це техніка, що фіксує та аналізує пульсові коливання кровонаповнення органів і тканин шляхом реєстрації змін їхнього повного (омічного та ємнісного) електричного опору високочастотному змінному струму.

Сучасна методологія ґрунтується на дво- або чотириточковій схемі вимірювання об'ємного питомого опору. Принцип дії такий: через досліджуваний орган пропускається сигнал з частотою від 20 до 150 кГц (залежно від типу тканин) за допомогою двох електродів. Важливою вимогою до генератора сигналу є сталість струму, значення якого зазвичай не перевищує 10-15 мкА. Коли сигнал проходить через тканину, його амплітуда модулюється змінами кровонаповнення. Друга система електродів зчитує цей модульований сигнал, функціонуючи як перетворювач імпеданс-напруга. У двоточковій схемі електроди генератора та приймача об'єднані.

					<i>ІТС.4КІ.0325.03-ПЗ</i>	Арк.
						20
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Далі отриманий сигнал посилюється, з нього видаляється несуча частота та постійна складова, залишаючи лише необхідну дельту (зміну). Наразі ми не виявили прикладів комерційних пристроїв, що використовують цей метод.

Оптична плетизмографія (ФПГ) є найбільш поширеним методом вимірювання пульсу в портативних пристроях завдяки своїй простоті та ефективності. Принцип її роботи полягає у реєстрації змін амплітуди сигналу, отриманого від фотоприймача. Ці зміни викликані звуженням і розширенням кровоносних судин під дією артеріальної пульсації.

Вибір довжини хвилі світла залежить від того, що саме потрібно виміряти: лише пульс чи також насичення крові киснем (SpO_2). Якщо основною метою є вимірювання пульсу, важливо обрати діапазон довжин хвиль з максимальним поглинанням гемоглобіном, що знаходиться в зеленій частині спектра (від 500 до 600 нм), за винятком ультрафіолетового діапазону. Зазвичай використовується значення 525 нм (зелене світло) або з невеликим зміщенням, наприклад, 535 нм (як у датчику OSRAM SFH 7050 – Photoplethysmography Sensor) [10].

Для пристрою, який носить на зап'ясті та має виконувати додаткові функції, метод фотоплетизмографії є найбільш зручним і практичним для вимірювання пульсу. Тому при виборі датчиків для розроблюваного пристрою будуть розглядатися саме ті, що базуються на цьому методі та використовують зелене випромінювання.

1.3.2. Сучасні методи вимірювання температури тіла у портативних пристроях

Вимірювання температури тіла у носимих пристроях має ряд особливостей, пов'язаних із точністю, часом реакції та впливом температури навколишнього середовища. У порівнянні з традиційними медичними термометрами, носимі сенсори повинні забезпечувати баланс між компактністю, енергоефективністю та точністю.

У більшості портативних пристроїв використовуються:

- Терморезистивні сенсори (термістори) — змінюють опір у відповідь на зміну температури. Потребують калібрування та термокомпенсації.

					ІТС.4КІ.0325.03-ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		21

- Цифрові температурні сенсори — наприклад, DS18B20, забезпечують достатню точність ($\pm 0,5$ °C) та мають простий інтерфейс зв'язку (1-Wire).
- Інфрачервоні сенсори (IR) — такі як MLX90614, дозволяють безконтактно вимірювати температуру шкіри або поверхні. Потребують компенсації для точного вимірювання внутрішньої температури тіла.

Основною проблемою при використанні цих сенсорів у браслетах є те, що температура зап'ястя часто суттєво відрізняється від базальної температури тіла, що ускладнює пряму інтерпретацію даних. Тому для підвищення точності застосовується фільтрація, усереднення, а іноді й використання двох сенсорів — для вимірювання температури тіла та температури навколишнього середовища одночасно.

У розроблюваному пристрої найбільш доцільним є застосування цифрового сенсора DS18B20 або його аналогів, як таких, що забезпечують достатню точність та стабільність у реальних умовах експлуатації при мінімальних витратах енергії.

1.3.3. Сучасні методи детекції падіння у портативних пристроях

Одним із найбільш поширених підходів до виявлення падінь у портативних пристроях є застосування інерційних сенсорів, насамперед трьохосьових акселерометрів. Ці сенсори вимірюють прискорення тіла користувача вздовж трьох координатних осей (X, Y, Z), що дозволяє виявляти різкі зміни положення або руху.

Трьохосьовий акселерометр

Для виявлення падінь за допомогою трьохосьового акселерометра застосовується порівняно простий пороговий алгоритм, який постійно моніторить низку фізичних параметрів. Якщо принаймні один із них перевищує визначене граничне значення, система переходить у режим очікування. Якщо за наступні три секунди ситуація не змінюється, пристрій генерує тривожний сигнал про можливе падіння.

					ІТС.4КІ.0325.03-ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		22

У таблиці 1.2 наведено п'ять основних параметрів, що використовуються в алгоритмі аналізу руху на основі даних акселерометра. Ці параметри включають сумарну векторну величину прискорення, диференціальну компоненту, кут нахилу (кут Ейлера) та похідні від цих показників, що враховують гравітаційну складову.

Таблиця 1.2

Параметри контролю трьохосового акселерометра

Параметр	Формула обчислення	Назва
A_{CBV}	$A_{CBV}(i) = \sqrt{A_X^2(i) + A_Y^2(i) + A_Z^2(i)}, (1.1)$	Сумарна векторна величина прискорення;
A_{DCBV}	$A_{DCBV}(i) = ((A_X(i) - A_X(i-1))^2 + (A_Y(i) - A_Y(i-1))^2 + (A_Z(i) - A_Z(i-1))^2)^{1/2}, (1.2)$	Диференціальна сумарна векторна величина прискорення;
θ	$\theta(i) = \tan^{-1} \left(\frac{\sqrt{A_Y^2(i) + A_Z^2(i)}}{A_X(i)} \right) \times \frac{180}{\pi}, (1.3)$	Кут Ейлера, що показує кут нахилу між віссю у акселерометра і вертикаллю;
A_{GCBV}	$A_{GCBV}(i) = \frac{\theta(i)}{90} \times A_{CBV}(i), (1.4)$	Гравітаційна сумарна векторна величина прискорення;
A_{GDCBV}	$A_{GDCBV}(i) = \frac{\theta(i)}{90} \times A_{DCBV}(i), (1.5)$	Гравітаційна диференціальна сумарна векторна величина прискорення.

Де $A_X(i)$, $A_Y(i)$, $A_Z(i)$ показують акселерацію згідно осі X, Y та Z відповідно для i-того показника [11].

Комбінований метод: акселерометр та гіроскоп

Більш просунуті алгоритми детекції падіння використовують комбінацію акселерометра та гіроскопа. Гіроскоп дозволяє точно фіксувати зміни кута нахилу та орієнтації тіла у просторі, що значно підвищує достовірність виявлення падіння.

Принцип дії комбінованого алгоритму полягає у послідовному виконанні таких кроків:

- Детекція зниження прискорення: перевіряється, чи не впало сумарне прискорення нижче порогової межі, що може свідчити про стан вільного падіння.

- Фіксація удару: протягом наступних 0,5 с перевіряється наявність різкого зростання прискорення (удар при зіткненні з поверхнею).
- Зміна орієнтації: на основі гіроскопічних даних визначається, чи зазнало тіло істотної зміни положення.
- Перевірка на нерухомість: якщо орієнтація змінилася, система очікує 10 с і перевіряє, чи залишається користувач у нерухомому стані, що характерно для наслідків падіння.

Якщо всі умови виконано, пристрій ідентифікує ситуацію як падіння. У разі невиконання хоча б одного критерію алгоритм повертається у початковий стан.

Такий багатоступеневий підхід дозволяє досягти високої точності виявлення падінь та значно знизити ймовірність хибнопозитивних спрацювань [12].

Незважаючи на ефективність описаних методів, їх точність значною мірою залежить від місця розташування пристрою на тілі користувача. Для пристроїв, що носяться на зап'ясті, характерна висока динаміка рухів руки, яка може спричинити хибні спрацювання (наприклад, при жестикуляції, одяганні тощо). Через це дані методи вважаються більш надійними при використанні аксесуарів, розташованих ближче до центру мас тіла: кулонів, які носяться на шії, або браслетів, закріплених на поясі або грудях.

Барометричний датчик

Барометричні датчики в першу чергу призначені для визначення атмосферного тиску. Зв'язок між атмосферним тиском та висотою встановлюється за формулою:

$$h = 44330 * \left(1 - \frac{p}{p_0}\right)^{\frac{1}{5.255}} \quad (1.6)$$

де p (ГПа) – це виміряне барометричним датчиком значення тиску, а p_0 (ГПа) – це тиск на рівні моря, який приймається, наприклад, як 1013,25 ГПа. Розрахована за цією формулою висота (h) відповідає абсолютній висоті над рівнем моря в метрах.

					ІТС.4КІ.0325.03-ПЗ	Арк.
						24
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Таким чином, зміна тиску $\Delta p = 1$ ГПа еквівалентна зміні висоти на 8,43 м на рівні моря. Ця формула слугує мостом для перетворення показань тиску у значення висоти.

Визначення падіння за допомогою барометричних датчиків відбувається шляхом аналізу зміни висоти (Δh) одного датчика відносно іншого. Це можна виразити наступною формулою:

$$\Delta h = 44330 * \left(1 - \frac{p - p_1}{p_0}\right)^{\frac{1}{5.255}} \quad (1.7)$$

де p_1 відповідає значенню тиску, вимірюваного другим датчиком [13].

З усіх розглянутих методів, метод, заснований на вимірюванні різниці висот між двома барометричними датчиками, виглядає найбільш перспективним.

На відміну від методів, що використовують акселерометри, які вимагають безперервного високочастотного контролю прискорення під час падіння, що є значно складнішим з точки зору енергоспоживання, барометричні датчики пропонують енергоефективніше рішення. Крім того, акселерометричні методи схильні до хибнопозитивних спрацьовувань (наприклад, коли людина просто сідає чи лягає), тоді як зміна висоти є більш однозначним індикатором падіння.

1.4. Функціональна блок-схема пристрою



Рис. 1. 10. Функціональна блок-схема розроблюваного пристрою

Функціональна блок-схема розроблюваного пристрою ілюструє логічну структуру взаємодії основних апаратних та програмних компонентів. Вона складається з чотирьох основних підсистем: сенсорної, обчислювальної, комунікаційної та енергетичної.

Основною перевагою запропонованого рішення є його компактність, інтегрованість і багатофункціональність. На відміну від існуючих систем, які зазвичай базуються на окремих модулях, пристрій поєднує всі необхідні засоби контролю життєвих показників у єдиній носимій платформі. Додатковою інноваційною характеристикою є реалізація функції прямого сповіщення членів родини або медичного персоналу у разі критичних змін стану користувача.

Сенсорна підсистема включає:

- оптичний датчик пульсу (ФПГ), що працює на зеленому світлі (довжина хвилі ≈ 525 нм), яке добре поглинається гемоглобіном і забезпечує високу точність вимірювань;
- цифровий термодатчик (наприклад, DS18B20) для безперервного вимірювання температури тіла;
- два барометричних сенсори, розташовані на різних висотах пристрою, що дозволяє детектувати зміну положення у вертикальній площині для надійного виявлення падінь;
- кнопка екстреного виклику (SOS), яка забезпечує можливість ручного сповіщення у критичній ситуації.

Обчислювальна підсистема може бути реалізована на базі мікроконтролера Arduino (наприклад, ATmega328P або ESP32), який відповідає за обробку даних із сенсорів, логіку алгоритмів виявлення подій, управління передачею даних та живленням пристрою.

Комунікаційна підсистема передбачає використання бездротових модулів зв'язку (Bluetooth або Wi-Fi) для інтеграції з мобільним додатком або веб-інтерфейсом. У разі виявлення критичної ситуації мікроконтролер надсилає повідомлення через мобільну платформу до попередньо визначених контактів.

Живлення пристрою здійснюється від акумуляторної батареї з контролем заряду, а енергоспоживання оптимізовано через використання режимів сну та переривань.

Така функціональна архітектура забезпечує не лише базовий моніторинг фізіологічних параметрів, але й гнучкість масштабування — наприклад, через підключення додаткових сенсорів або розширення можливостей оповіщення.

					<i>ІТС.4КІ.0325.03-ПЗ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		26

Висновки до розділу

У цьому розділі було закладено теоретичне підґрунтя для розробки пристрою віддаленого моніторингу фізіологічного стану людей похилого віку.

Спочатку було обґрунтовано доцільність вибору ключових параметрів для моніторингу, таких як частота серцевих скорочень, температура тіла, детекція падіння та функція тривожного сповіщення. Цей вибір базувався на їхній клінічній значущості та можливості ефективної технічної реалізації у компактних та енергоефективних пристроях.

Далі було проведено огляд сучасних комерційних пристроїв, призначених для контролю стану здоров'я літніх людей. Проаналізовано їхні функціональні можливості, переваги, недоліки та доступність. Це дозволило отримати уявлення про актуальні технологічні підходи та виявити прогалини, які може заповнити нове комплексне рішення.

Значну увагу приділено дослідженню методів вимірювання обраних фізіологічних параметрів у носимих пристроях. Розглянуто різні підходи для контролю пульсу (електрокардіографічні та фотоплетизмографічні), вимірювання температури тіла (резистивні, цифрові та інфрачервоні сенсори), а також методи детекції падінь (комбінації акселерометрів, гіроскопів і барометрів). За результатами аналізу встановлено, що найбільш придатними для портативних пристроїв є фотоплетизмографія на зеленому світлі для вимірювання пульсу, цифрові сенсори температури типу DS18B20 та багатокomпонентні алгоритми виявлення падіння, що поєднують інерційні та барометричні дані.

Насамкінець, було сформовано функціональну блок-схему майбутнього пристрою. Вона інтегрує сенсорну, обчислювальну, комунікаційну та енергетичну підсистеми в єдину логічну архітектуру. Розроблена схема передбачає не лише збір та аналіз даних, а й реалізацію функцій оперативного сповіщення, що суттєво розширює функціональність пристрою порівняно з існуючими аналогами.

					<i>ITS.4KI.0325.03-ПЗ</i>	Арк.
						27
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

РОЗДІЛ II. СТРУКТУРНІ КОМПОНЕНТИ ПРИСТРОЮ

2.1. Плата та мікроконтролер

Для нашого пристрою було обрано Arduino Pro Mini, що є однією з найкомпактніших плат у сімействі Arduino. Ця особливість робить її ідеальною для інтеграції у готові проекти. Спочатку плата базувалася на мікроконтролері ATmega168, але пізніше з'явилася версія на базі ATmega328.

Плата постачається без попередньо впаяних роз'ємів, що надає гнучкість у виборі методу підключення: можна впаяти власні роз'єми або здійснити пряме паяння проводів. Для даного проекту було обрано плату саме на базі ATmega328.

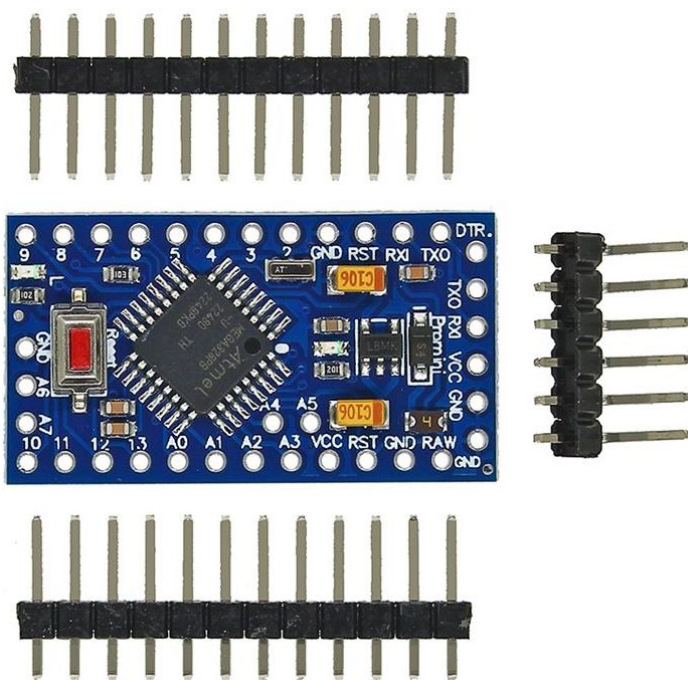


Рис. 2.1. Arduino Pro mini

ATmega328 є одним із найпоширеніших 8-розрядних мікроконтролерів від компанії Atmel. Він оснащений 32 КБ флеш-пам'яті, 1 КБ EEPROM та 2 КБ внутрішньої SRAM [14].

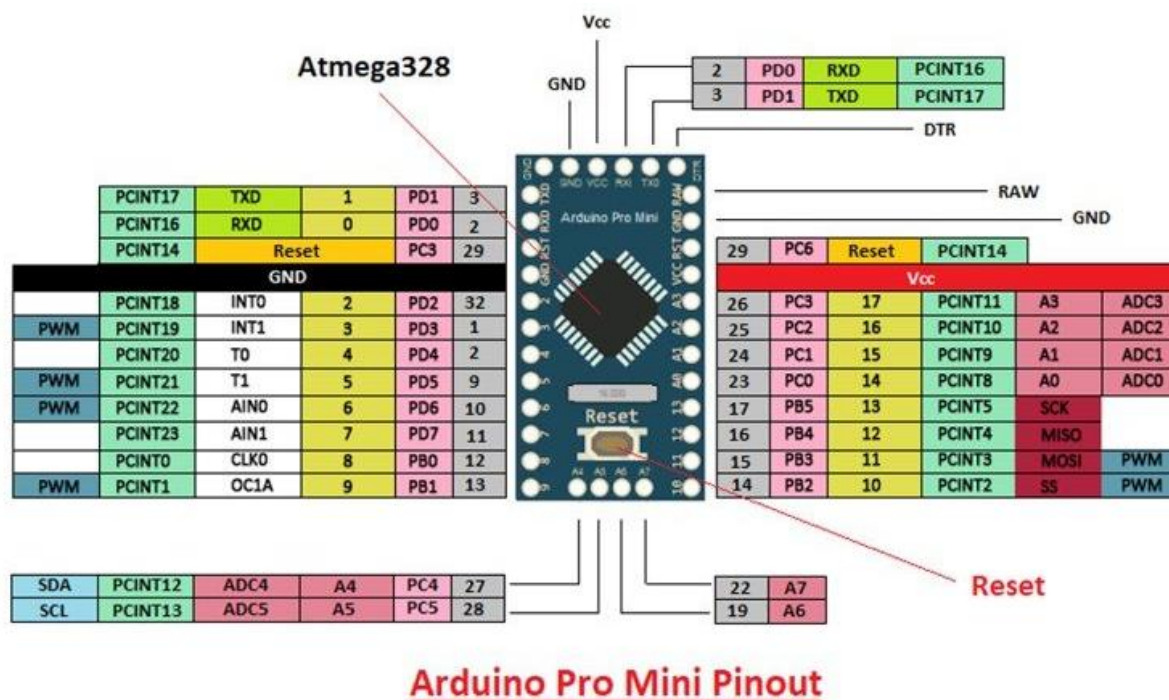
Єдина суттєва відмінність між ATmega328 та його попередником ATmega168 полягає в обсязі пам'яті (ATmega328 має більший обсяг). Швидкість обробки даних мікроконтролера залежить від тактової частоти, яка може задаватися внутрішнім або зовнішнім кристалом/генератором [15].

					ІТС.4КІ.0325.03-ПЗ							
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	РОЗДІЛ II. СТРУКТУРНІ КОМПОНЕНТИ ПРИСТРОЮ			Лім.	Арк.	Акрушів		
Розроб.		Самойлова В.								28	29	
Керівник		Донченко В.Ю.						ЛНУ Кафедра ІТС, Гр.4КІ				
Реценз.		Козуб Ю.Г.										
Н. Контр.												
Зав. каф.		Семенов М.А.										

Технічні характеристики мікроконтролера ATmega328

Показник	Значення
Мікроконтролер	ATmega328
Робоча напруга	3.3 В або 5 В (в залежності від моделі)
Напруга живлення	(рекомендована) 3.35 - 12 В (модель 3.3 В) або 5-12 В (модель 5 В) (граничне) 3.35-20В
Цифрові входи / виходи	14 (6 з яких можуть використовуватися як виходи ШІМ)
Аналогові входи	6
ШІМ (PWM) піни	6
Постійний струм через вхід / вихід	40 мА
Показник	Значення
Максимальний вихідний струм виводу	3.3 В 50 мА
Flash-пам'ять	32 Кб з яких 2 Кб використовуються завантажувачем
Тактова частота	8 МГц (модель 3.3 В) або 16 МГц (модель 5 В)
Габарити	33 x 18 мм.

Опис пінів плати на базі ATmega328 показаний на рисунку 2.2.



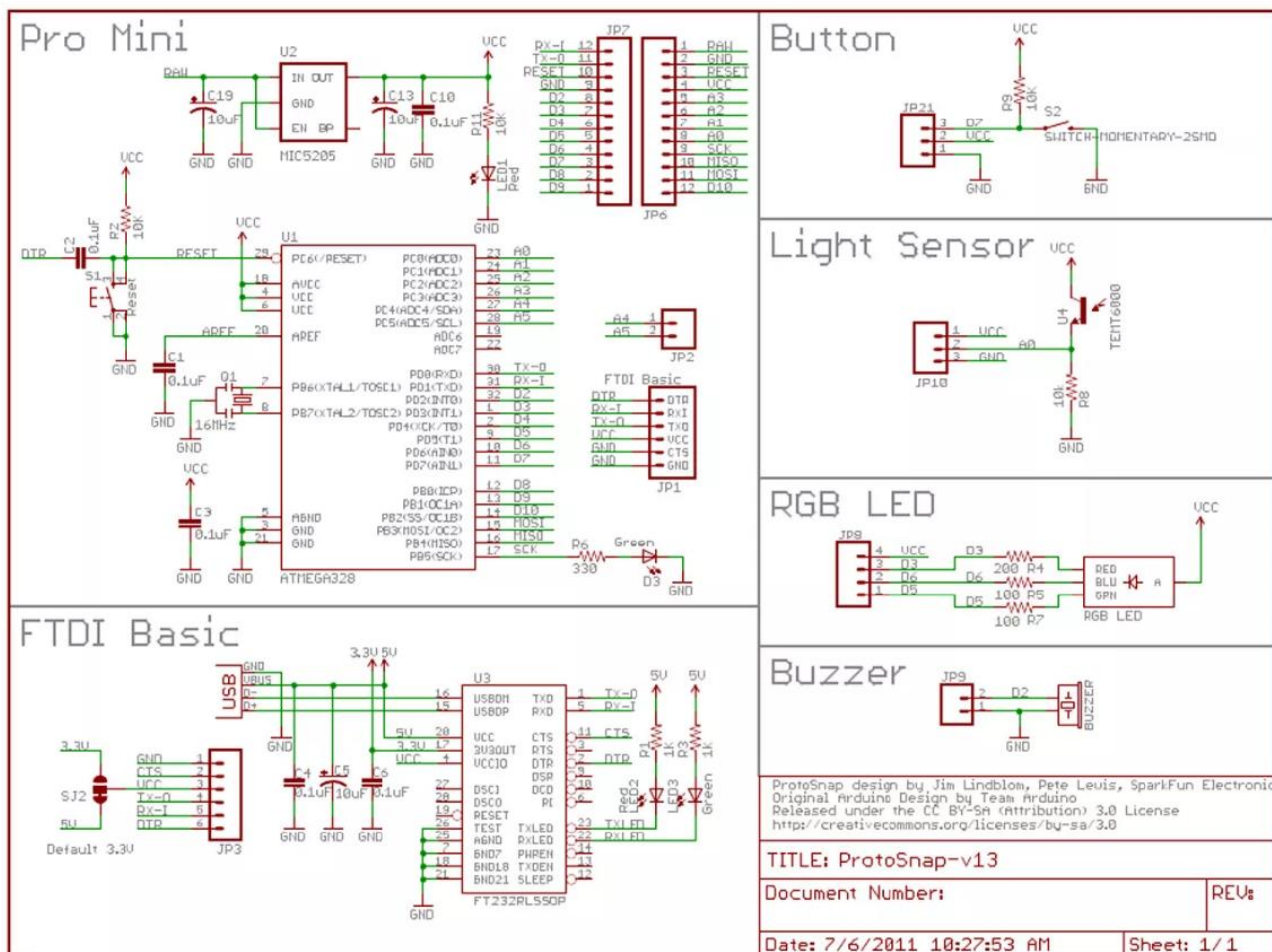
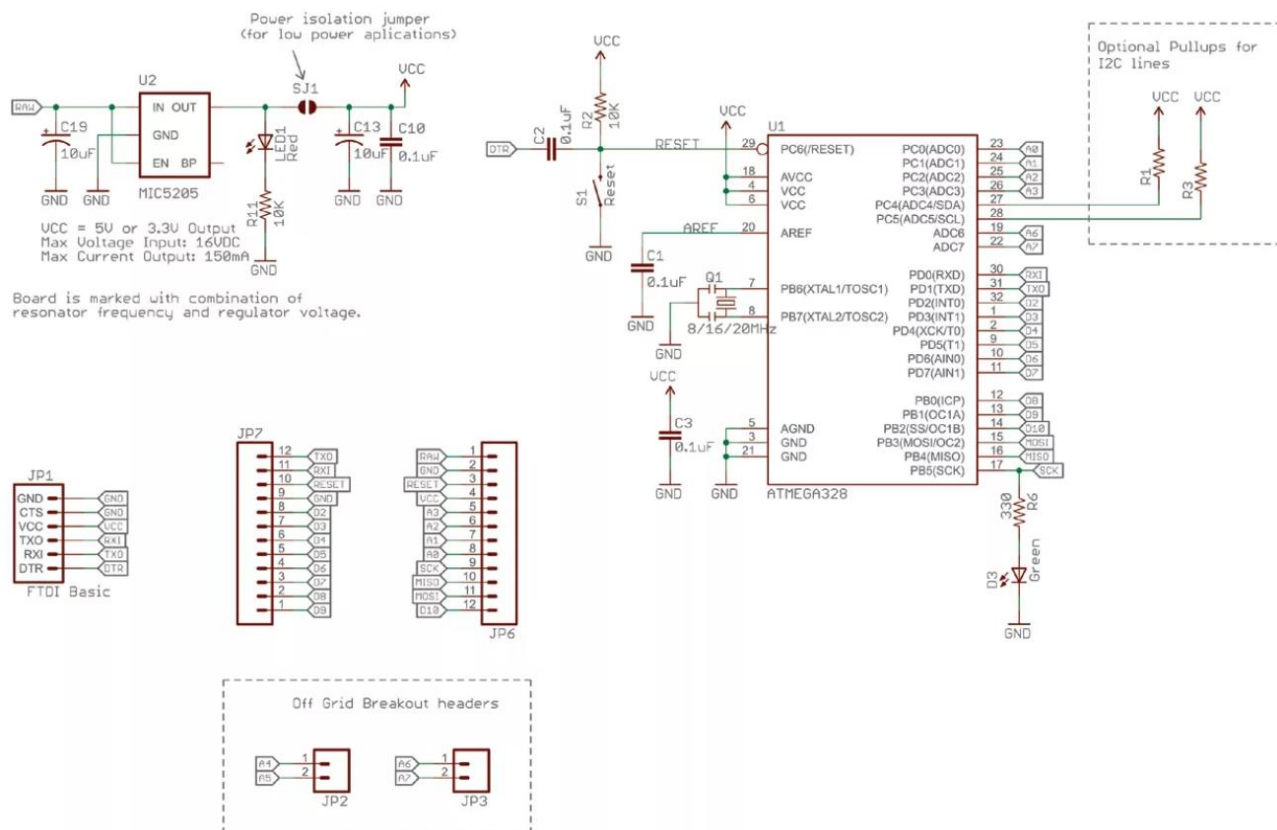


Рис. 2.4. Принципова схема плати Arduino Pro mini

Для прошивки нам знадобиться сама Arduino з розпаяним/встановленим чіпом та програматор USBASP.

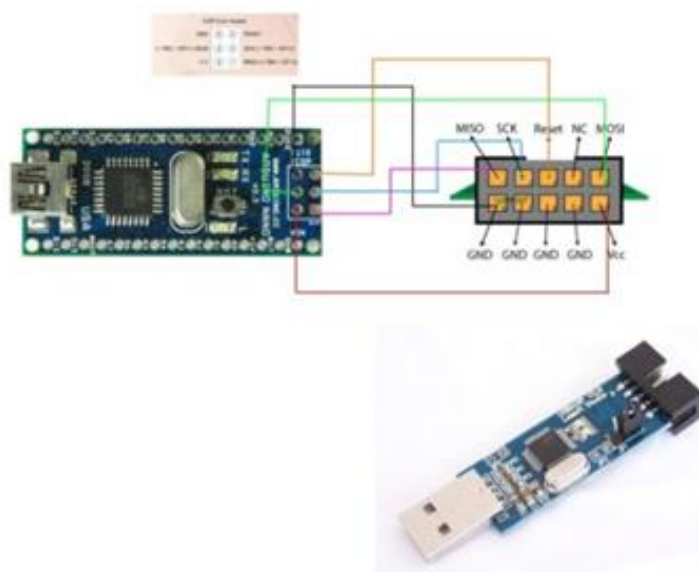


Рис. 2.5. Підключення до Arduino за ICSP

Відкриваємо AVRDUDE_PROG, і одразу перемикаємось на вкладку FUSES виставляємо все як на картинці 2.6.

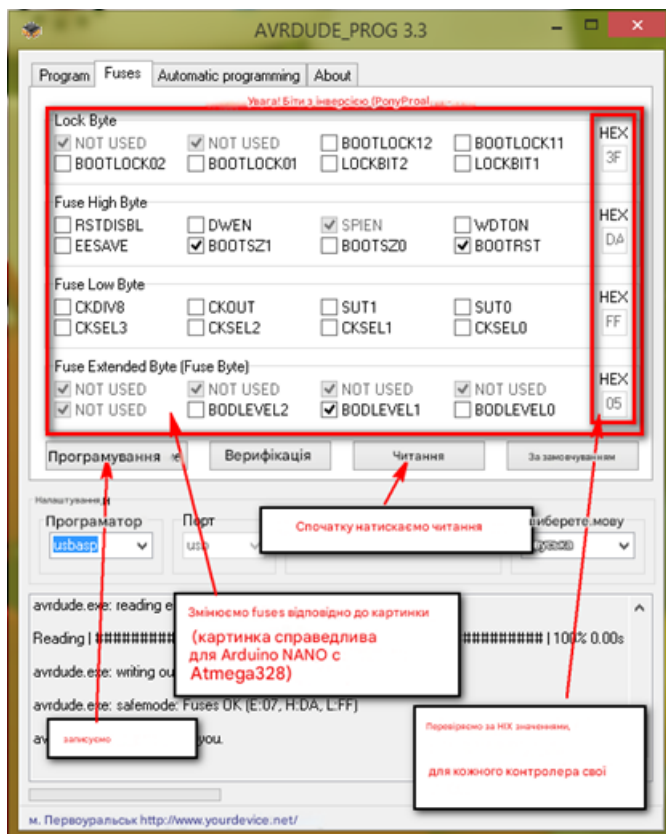


Рис. 2.6. Налаштування FUSES встановлені для ARDUINO

2.2. Датчики вимірювання фізіологічних параметрів

2.2.1. Барометричний датчик висоти та температури DPS310

DPS310 – це мініатюрний цифровий барометричний датчик, який вирізняється високою точністю та низьким енергоспоживанням. Він здатен вимірювати як тиск, так і температуру [16].

Датчики атмосферного тиску серії DPS310 використовують ємнісний сенсор, побудований за принципом ємнісного мосту. Вихідний сигнал формується як різниця між сигналами опорної та вимірювальної комірок. Такий підхід забезпечує кращу температурну стабільність та стійкість до шумів. Крім того, ємнісна схема сенсора споживає менше енергії порівняно з резистивними аналогами. Хоча струми, що протікають через вимірювальну комірку в обох випадках невеликі, для пристроїв з батарейним живленням, які розраховані на тривалу роботу, важливий кожен мікроампер.

Ще однією перевагою ємнісного сенсора є його висока швидкодія. Це дозволяє застосовувати датчики на його основі для моніторингу динамічних процесів. Архітектура датчиків тиску серії DPS310 розроблена для отримання високоточних даних та забезпечення продуктивності вимірювань у різних умовах експлуатації [17].

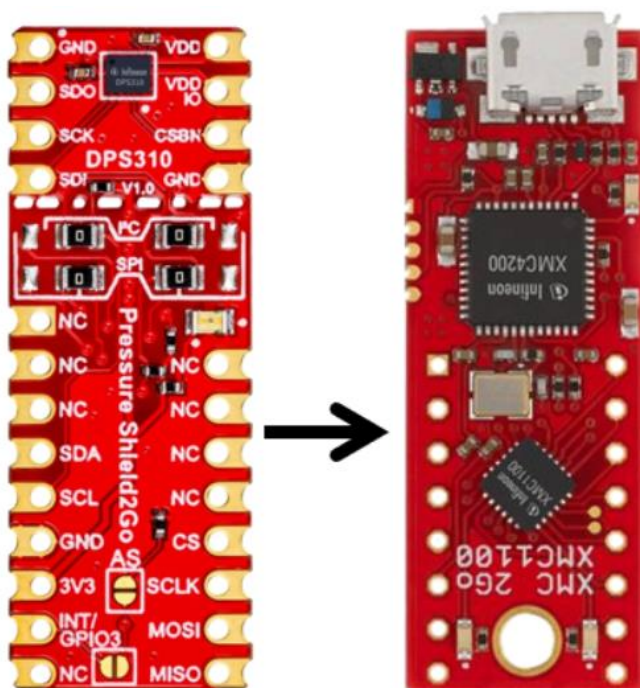


Рис. 2.7. Барометричний датчик DPS310

Технічні характеристики барометричного сенсора

Показник	Значення
Робочий діапазон	тиск: 300 - 1200 гПа Температура: -40...85 °C
Точність датчика тиску	± 0.002 гПа
Точність температури	± 0.5 °C
Чутливість температури тиску	0.5 мА / К
Час вимірювання	Типовий: 27.6 мс для стандартного режиму (16х) Мінімум: 3.6 мс для низького рівня
Середній споживаний струм	1.7 мкА — для вимірювання тиску, 1.5 мкА — для вимірювання температури
Вимірювання	Частота дискретизації 1 Гц, режим очікування: 0.5 мкА
Напруга живлення	VDDIO: 1.2-3.6 В VDD: 1.7-3.6 В
Інтерфейс	I2C і SPI (обидва з додатковим перериванням)
Габарити	2.0 x 2.5 мм

До складу сенсора DPS310 входять такі основні функціональні модулі:

- ємнісна вимірювальна комірка — для прецизійного визначення атмосферного тиску;
- вбудований датчик температури — забезпечує корекцію температурних впливів у процесі вимірювання;
- 24-бітний аналого-цифровий перетворювач (АЦП) — виконує перетворення аналогових сигналів від сенсорних елементів у цифрову форму з високою роздільною здатністю;
- блок цифрової обробки сигналів (DSP) — здійснює фільтрацію, масштабування та обчислення компенсованих значень тиску й температури;

- пам'ять калібрувальних коефіцієнтів, записаних на заводі-виробнику, — використовується для підвищення точності вимірювань;
- FIFO-буфер — тимчасово зберігає результати вимірювань, що дозволяє зменшити навантаження на контролер під час обміну даними;
- інтерфейсний модуль, що підтримує протоколи I²C та SPI для зручної інтеграції з мікроконтролерними системами;
- вбудований стабілізатор напруги, який забезпечує надійну роботу сенсора при коливаннях напруги живлення.

Ця модульна структура (див. рис. 2.8) забезпечує високу точність, стабільність і енергоефективність сенсора в умовах низького енергоспоживання.

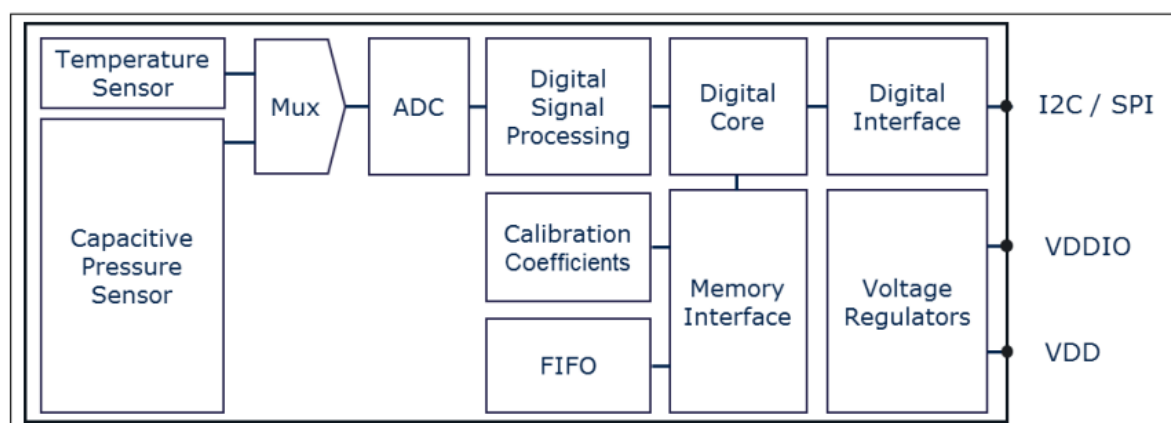


Рис. 2.8. Функціональна схема DPS310

FIFO-буфер DPS310 може зберігати до 32 результатів вимірювань, що значно знижує навантаження на головний контролер, зменшуючи частоту його звернень до датчика. Про завершення вимірювань можна дізнатися, перевіривши відповідний біт у регістрі стану або за зміною рівня на зовнішньому виводі SDO. Взаємодія з головним контролером здійснюється за допомогою інтерфейсів I²C або SPI [18].

DPS310 Pressure Shield2Go

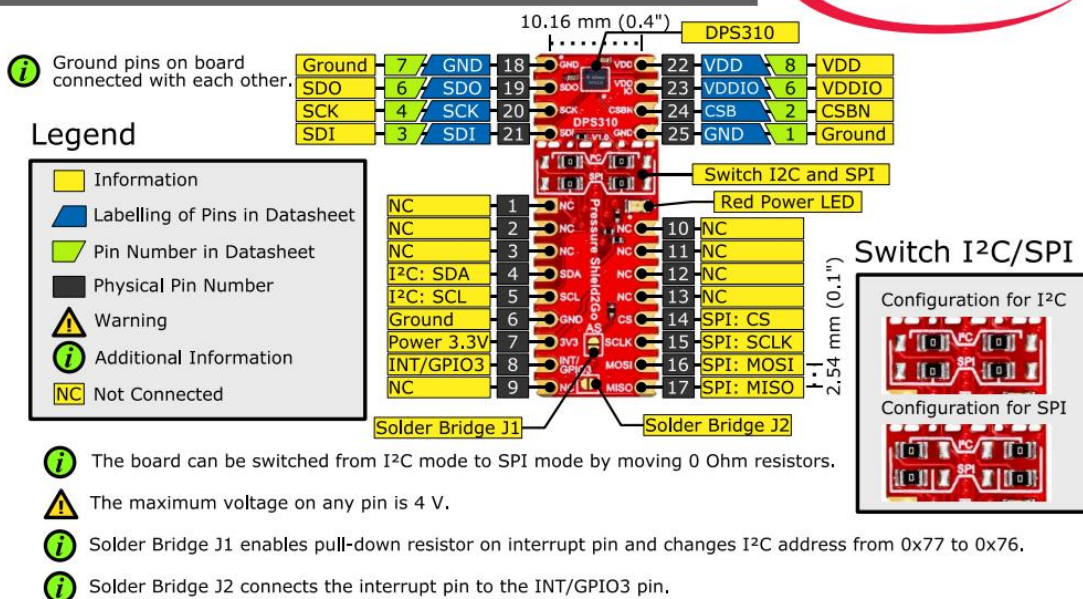


Рис. 2.9. Опис пінів плати DPS310

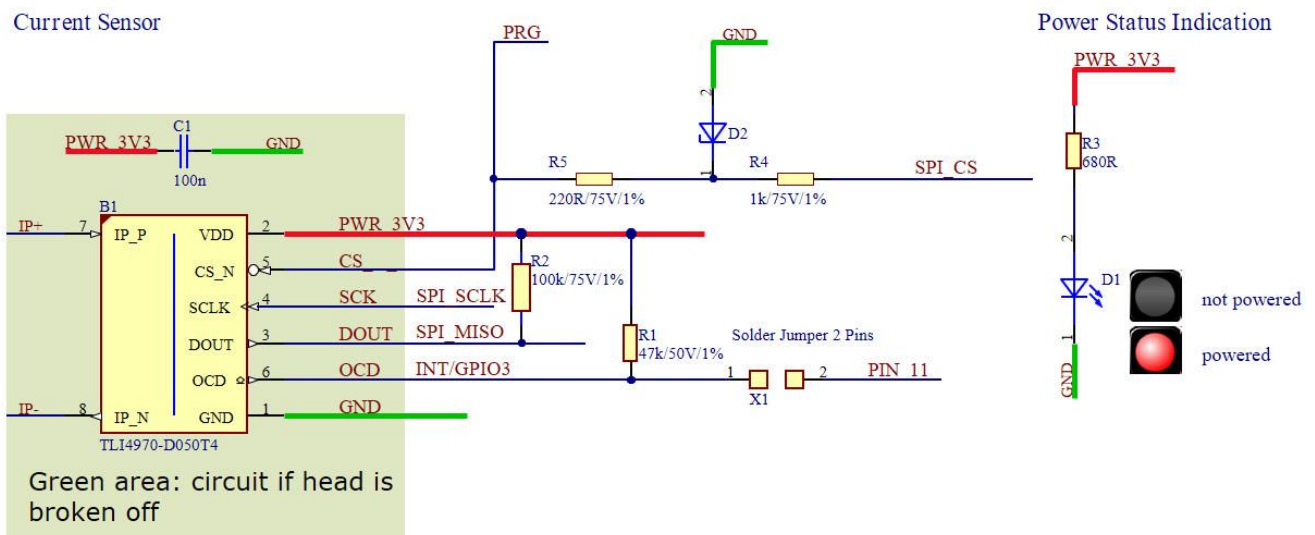


Рис. 2.10. Принципова схема плати DPS310

Барометричні датчики, такі як DPS310, відіграють важливу роль у позиціонуванні об'єктів. Вони вже інтегруються у смартфони, скорочуючи час підключення до сигналу GPS. Вбудований барометр вимірює атмосферний тиск у поточному місцезнаходженні користувача, дозволяючи визначати висоту над рівнем моря. Можливості таких барометрів дають змогу створювати мініатюрні, легко інтегровані бортові висотоміри з високою точністю та розширеними функціональними можливостями [19].

Принцип роботи датчика, що дозволяє кілька разів на секунду перераховувати різницю тиску, дає можливість чітко визначати швидкість переміщення вгору та вниз. Це забезпечує об'ємну навігацію, розширюючи можливості звичайних GPS-навігаторів (помилка яких може сягати 10-30 м) у випадках, коли їхніх показників недостатньо. Зазвичай такі датчики включають барометричний сенсор тиску та систему обробки даних, а їхні розміри не перевищують 3х3х1 мм. Цей крихітний сенсор реагує на зміни висоти з точністю до 50 см. Методика вимірювання базується на порівнянні зовнішнього атмосферного тиску з тиском у вакуумній камері всередині датчика [18].

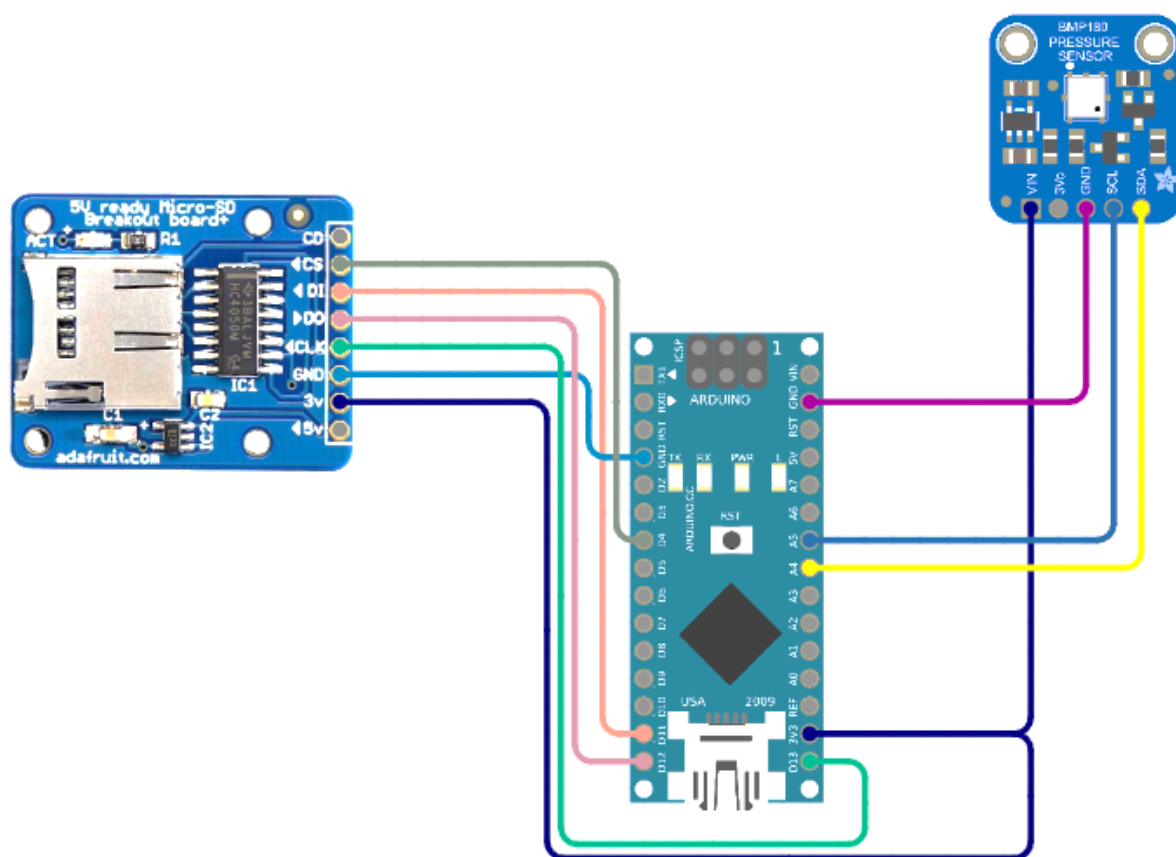


Рис. 2.11. Схема підключення датчика DPS310

На початковому етапі розробки також розглядався датчик BMP180, який є аналогічним барометричним сенсором, що вимірює тиск та температуру.

Таблиця 2.3

Технічні характеристики BMP180 [20]

Показник	Значення
Робочий діапазон	тиск: 300 - 1100 гПа Температура: -40...85 °C
Точність датчика тиску	± 0.1 гПа

Показник	Значення
Точність температури	$\pm 0.1\text{ }^{\circ}\text{C}$
Чутливість температури тиску	0.5 Па / К
Час вимірювання	Типовий: 27.6 мс для стандартного режиму (16х) Мінімум: 4.5 мс для низького рівня
Вимірювання	Частота дискретизації 1 Гц, режим очікування: 0.5 мкА
Напруга живлення	1.62 – 5 В
Інтерфейс	I2C
Габарити	21 x 18 мм

Порівнюючи технічні характеристики обох датчиків, очевидно, що DPS310 значно перевершує BMP180 за точністю та швидкістю. Точність вимірювання тиску в DPS310 становить ± 0.002 гПа, що в 50 разів вище, ніж у BMP180 (± 0.1 гПа). Крім того, час вимірювання для DPS310 є меншим і становить всього 3,6 мс.

Габарити BMP180 (21 x 18 мм) значно більші, ніж у DPS310 (2.0 x 2.5 мм). Через мініатюрні розміри DPS310 та наявність 8 виводів, для його інтеграції необхідно використовувати друковану плату.

2.2.2 Датчик пульсу PulseSensor

Датчики пульсу, що базуються на методі фотоплетизмографії, поділяються на два основні типи:

- Ті, що вимірюють пропускане світло.
- Ті, що вимірюють відображене світло [21].

"Пропускний" метод має обмеження: він ефективний лише в ділянках тіла, куди світло легко проникає (наприклад, кінчик пальця або мочка вуха), і вимагає повної ізоляції від зовнішнього світла.

Датчики, що працюють на відображення світла, випромінюють інфрачервоне, червоне або зелене світло (близько 550 Нм) у напрямку тіла. Фотодіод або фототранзистор вимірює кількість відбитого світла. Оксигенований гемоглобін в артеріальній крові поглинає падаюче світло. Відстежуючи швидкість кровотоку (зміну об'єму кровоносних судин), яка змінюється після кожного серцевого скорочення, ми можемо виміряти сигнал пульсової хвилі.

					ІТС.4КІ.0325.03-ПЗ	Арк.
						38
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Важливою перевагою цього методу є те, що, оскільки вимірюється відбите світло, діапазон відповідних областей для вимірювання не обмежений [10].

Саме тому для нашого пристрою були обрані датчики, засновані на відображенні світла. Нижче описано оптичний датчик відбивного типу (пульсометр), який ми розглядаємо.

Цей датчик є двостороннім. З одного боку розташовані світлодіод і датчик зовнішнього освітлення, а з іншого — функціональна схема, що відповідає за підсилення сигналу та шумозаглушення. Світлодіод на передній стороні датчика розміщується над веною. Це може бути кінчик пальця або мочки вуха, але для нашого пристрою він буде розташований на зап'ясті [22].

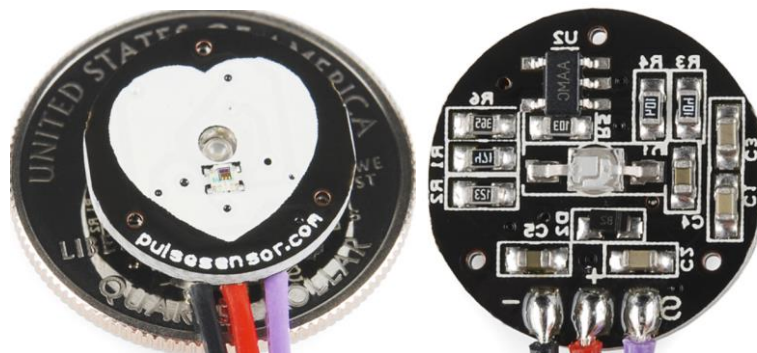


Рис. 2.12. Датчик пульсу PulseSensor

Таблиця 2.4

Технічні характеристики PulseSensor

Показник	Значення
Робоча напруга	+5 В або +3.3 В
Споживаний струм	4 мА
Захист	Вбудована схема посилення і шумозаглушення
Діаметр	16 мм
Товщина	3 мм

Датчик пульсу підсилює аналоговий сигнал та нормалізує його до середини діапазону напруги живлення датчика ($V/2$). Він реагує на відносні зміни інтенсивності світла. Якщо кількість світла, що потрапляє на датчик, залишається сталою, величина сигналу перебуватиме поблизу середини діапазону аналого-цифрового перетворювача (АЦП). Збільшення інтенсивності

світла призводить до зростання кривої сигналу, тоді як її зменшення викликає спад [23].

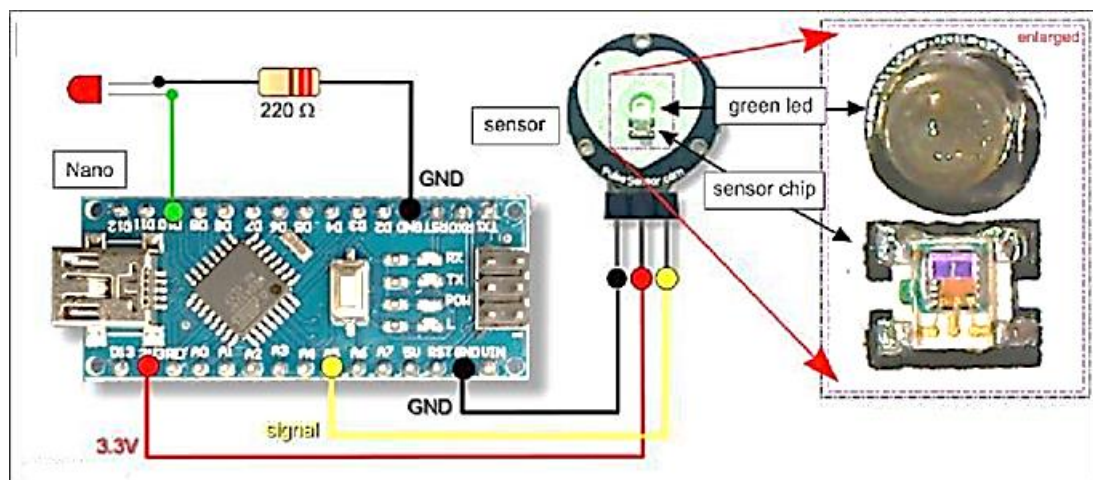


Рис. 2.13. Схема підключення датчика PulseSensor

MAX30100 та MAX30102 від Maxim Integrated є аналогічними датчиками, призначеними для пульсоксиметрії та моніторингу серцевого ритму. Подібно до PulseSensor, вони містять два світлодіоди, фотоприймач, оптимізовану оптику та малошумну аналогову обробку сигналів для точного виявлення показників пульсоксиметрії та серцевого ритму [24].

Оскільки розроблюваний пристрій призначений для носіння на зап'ясті, основною вимогою до датчиків є здатність забезпечувати якісні результати вимірювань саме в цьому місці. Вимірювання пульсу за допомогою червоного або інфрачервоного світла може бути схильним до впливу сонячного світла (інфрачервоних променів), що перешкоджає стабільній роботі на відкритому повітрі. Щоб уникнути створення додаткових умов для вимірювання та забезпечити надійність, доцільніше використовувати випромінювання у зеленому діапазоні, як це реалізовано у датчику PulseSensor.

2.3. Система живлення

Система живлення пристрою розроблена на основі модуля заряду TP4056. Це інтегрований контролер для Li-Ion та Li-Po акумуляторів на 3.7 В з вбудованим термодатчиком. Модуль є готовим рішенням для лінійного заряду за принципом постійної напруги/постійного струму (CC/CV), призначеним для одноелементних літій-іонних акумуляторів.

TP4056 автоматично завершує цикл зарядки, коли напруга на акумуляторі досягає 4.2 В, а струм заряду знижується до 1/10 від запрограмованої величини. Модуль також має індикацію процесу заряду: червоний світлодіод світиться під час зарядки, а коли батарея повністю заряджена, загоряється зелений світлодіод, тоді як червоний гасне [25].

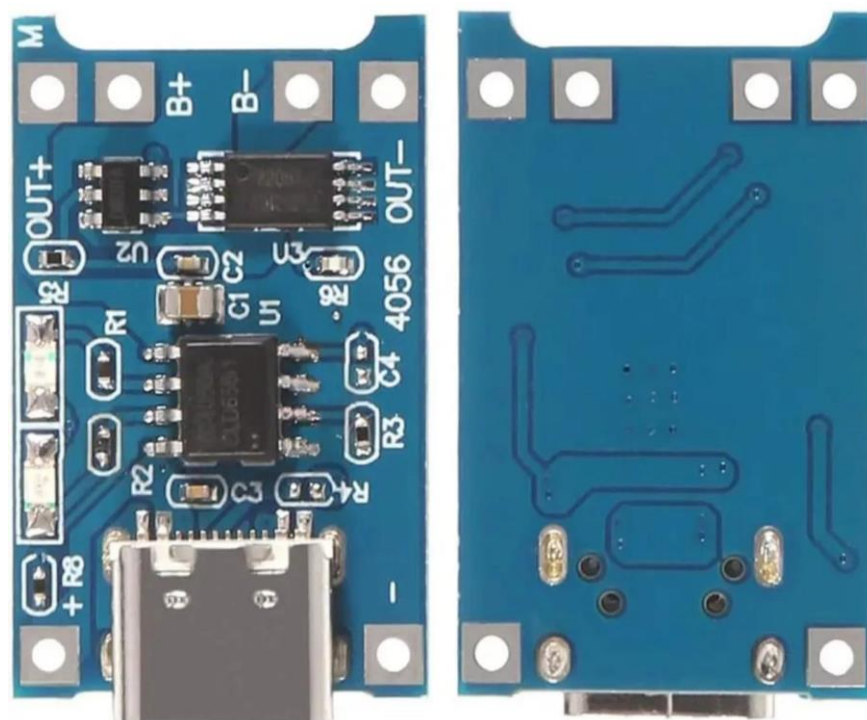


Рис. 2.14. Модуль зарядки TP4056

Таблиця 2.5

Технічні характеристики TP4056

Показник	Значення
Режим зарядки	лінійна: 1%
Струм зарядки	до 1 А (налаштовується)
Точність зарядки	1.5%
Вхідна напруга	4.5-5.5 В
Напруга повного заряду	4.2 В
Індикатор	червоний — зарядка, зелений — заряд закінчено (в деяких версіях синій)
Діапазон температур	-10 до +85 °С
Захист від перезаряду	4.30 ± 0.050 В
Розміри плати	25 × 17 × 4 мм

Схема підключення TP4056 зображена на рисунку 2.15.

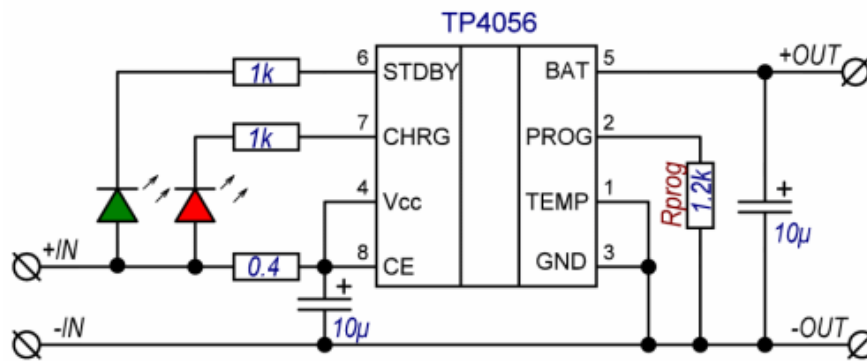


Рис. 2.15. Схема підключення ТР4056



Рис. 2.16. Процес зарядки акумулятора на TR4056

Оскільки вся схема пристрою живиться напругою 3.3 В, а модуль живлення забезпечує 4.2 В, виникла потреба у стабілізаторі напруги.

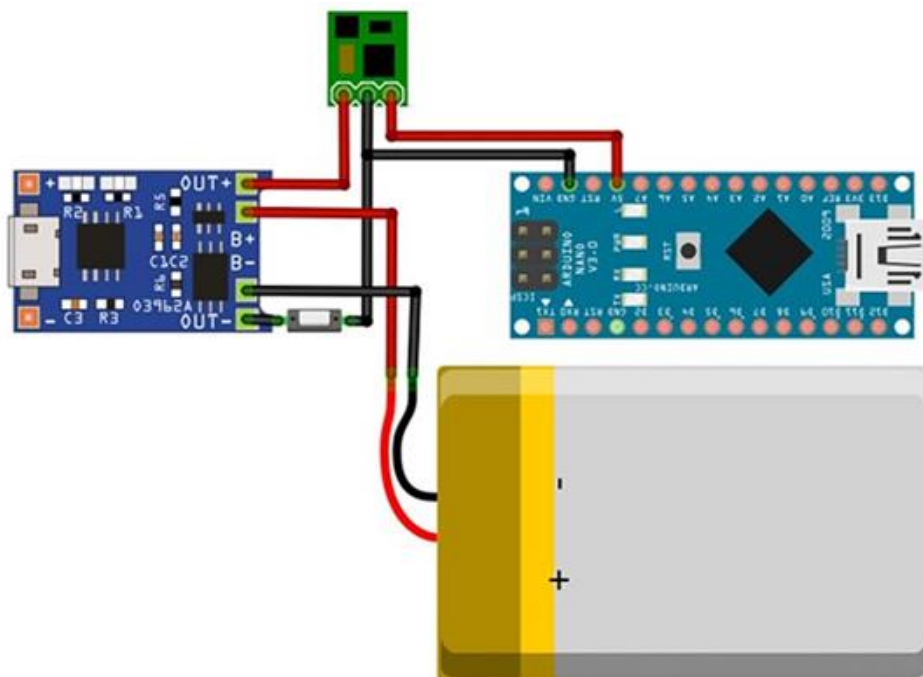


Рис. 2.13. Схема підключення модуля зарядки TP4056 до Arduino

					<p style="text-align: center;"><i>ІТС.4КІ.0325.03-ПЗ</i></p>	Арк.
						42
<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		

Хоча плата Arduino має вбудований стабілізатор, тестування виявило значні пульсації, які заважали отриманню стабільного сигналу. Ці пульсації зникали після відключення Bluetooth-модуля. Отже, для Bluetooth-модуля було вирішено підключити окремий стабілізатор, який буде відображено на схемі.

2.4. Модулі бездротового зв'язку

2.4.1. Bluetooth модуль HC-05

HC-05 — це універсальний Bluetooth-модуль, що забезпечує двосторонній бездротовий зв'язок у ваших проєктах [26]. Він ідеально підходить для комунікації між мікроконтролерами, такими як Arduino, або для зв'язку з будь-яким пристроєм, що підтримує Bluetooth, наприклад, смартфоном чи ноутбуком. Існує безліч доступних Android-додатків, що значно спрощують цей процес. Важливо зазначити, що HC-05 не призначений для передачі мультимедійних даних, як-от фотографій чи музики, але для потреб нашого пристрою це й не є необхідним.

Технологія Bluetooth дозволяє передавати дані між двома пристроями, що знаходяться в безпосередній близькості, без вимоги прямої видимості. Вона забезпечує високу стійкість до широкосмугових перешкод, що дозволяє багатьом пристроям одночасно взаємодіяти в одному просторі, не заважаючи один одному. Ця технологія широко використовується в телефонах, планшетах та ноутбуках [27].

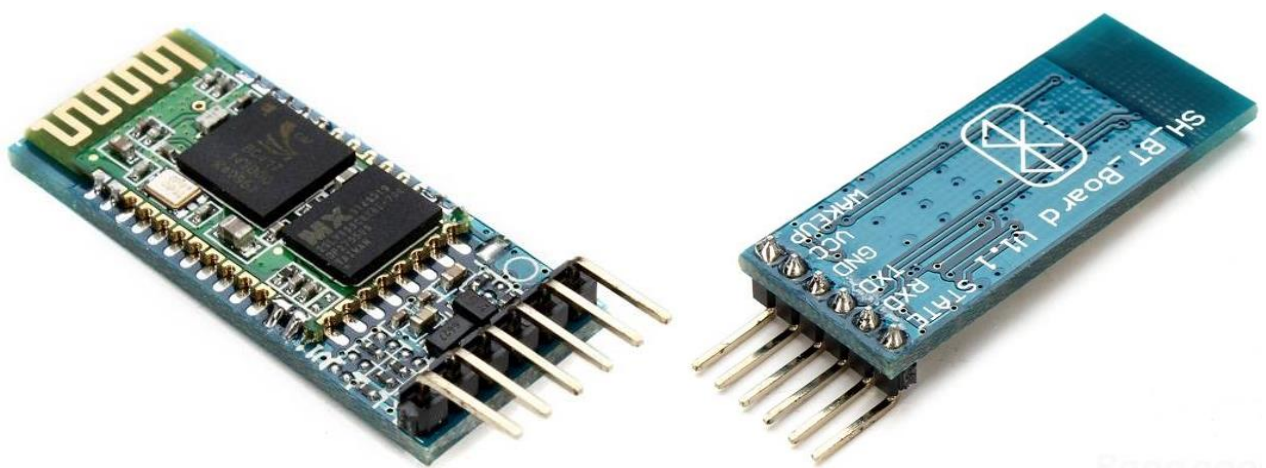


Рис. 2.14. Bluetooth модуль HC-05

Технічні характеристики Bluetooth-модуля HC-05 для Arduino

Показник	Значення
Діапазон частот радіозв'язку	2,4–2,48 ГГц
Потужність передавача	0,25–2,5 мВт
Чутливість	-80 dBm
Напруга живлення	3,3–5 В
Споживаний струм	50 мА
Радіус дії	до 10 метрів
Інтерфейс	послідовний порт
Режими	master, slave
Робочий діапазон температур	-25...+75 °C
Габарити	27 × 13 × 2,2 мм

Принципова схема плати показана на рисунку 2.15.

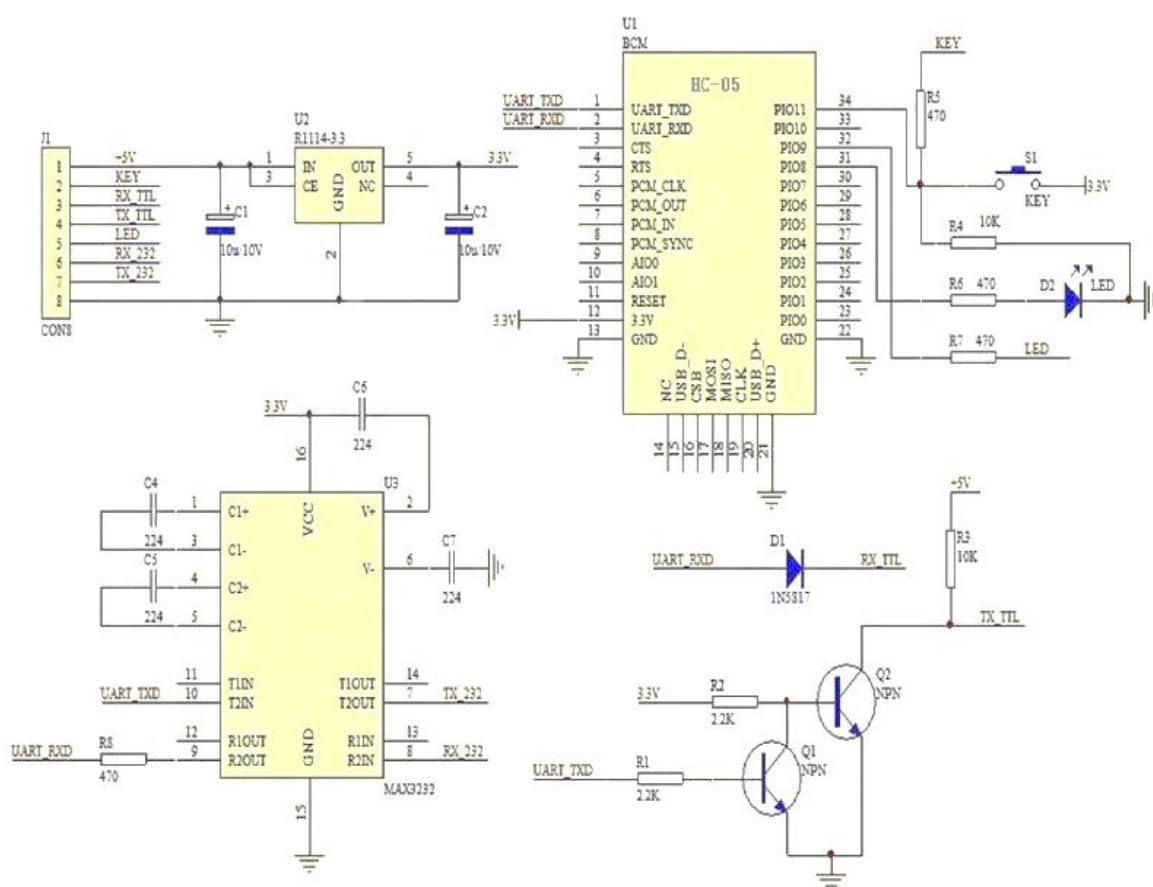


Рис. 2.15. Принципова схема Bluetooth модуля HC-05

Bluetooth-модуль забезпечує бездротове з'єднання між Arduino-модулями та сумісними пристроями (наприклад, КПК, смартфонами), функціонуючи в режимі "master". Взаємодія з контролером Arduino реалізується за допомогою послідовного інтерфейсу RS-232.

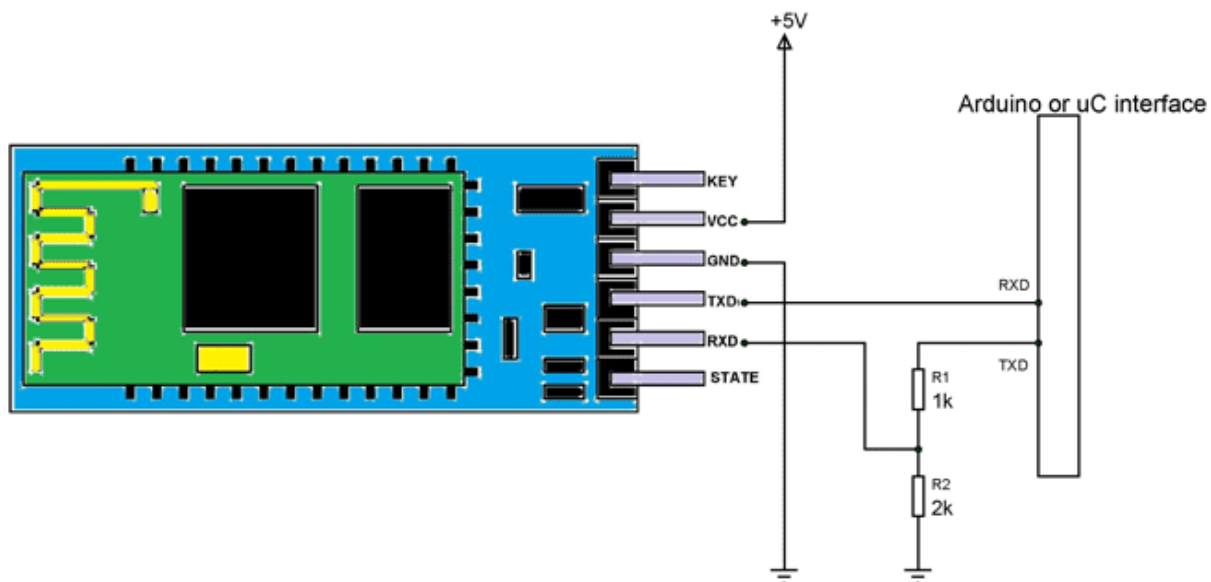


Рис. 2.16. Взаємодія з контролером Arduino

Опис пінів Bluetooth модуля HC-05 показаний на рисунку 2.17.

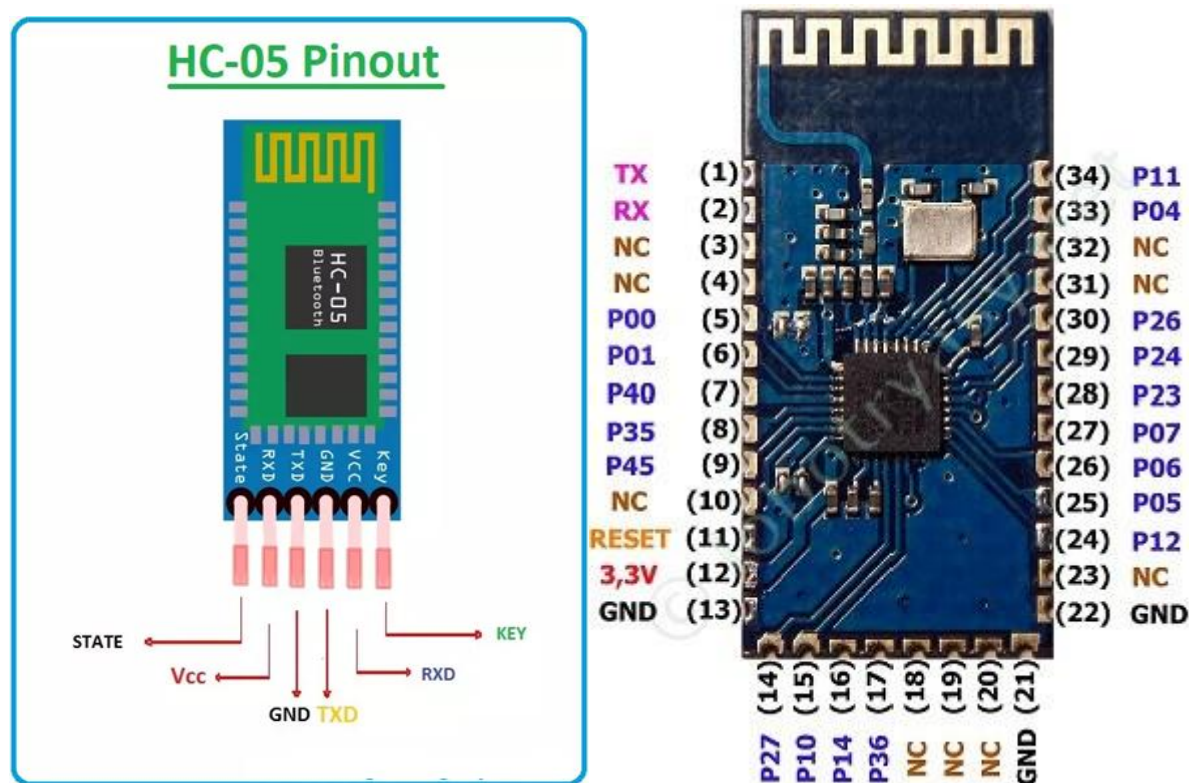


Рис. 2.17. Опис пінів Bluetooth модуля HC-05

Схему підключення Bluetooth модуля HC-05 до Arduino Pro Mini наведено на рисунку 2.18.

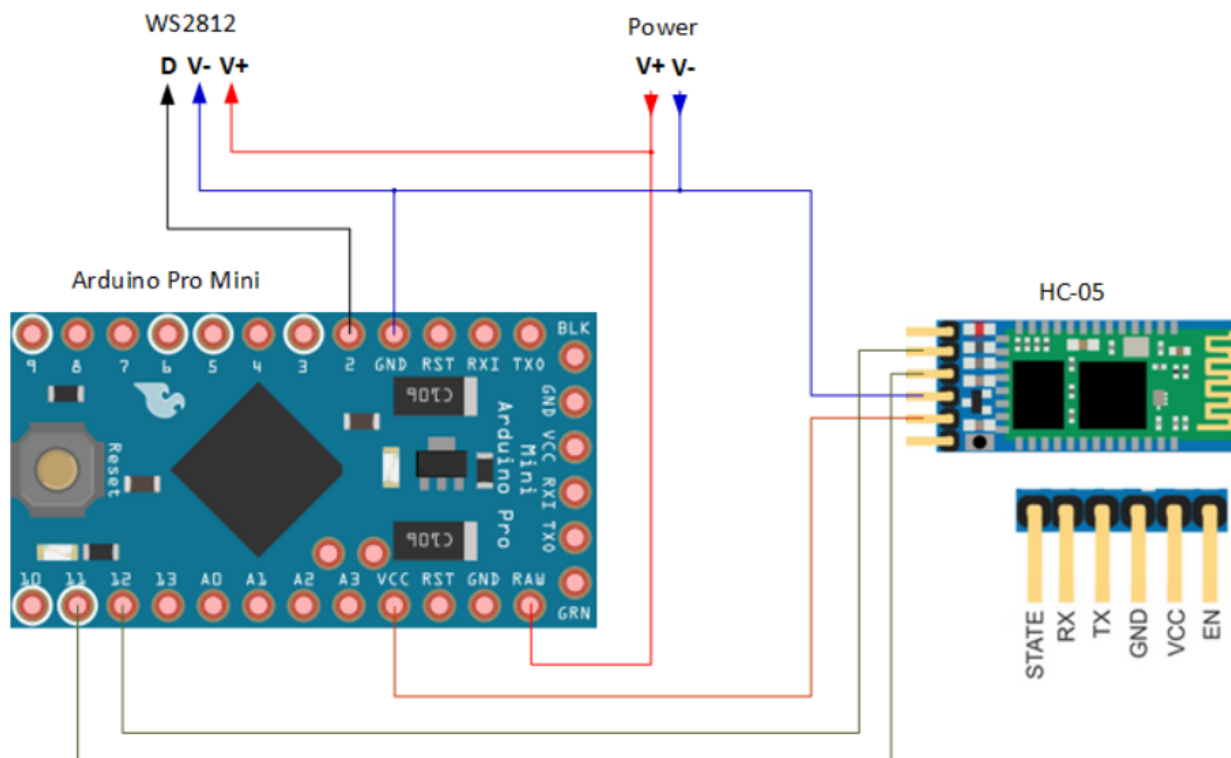


Рис. 2.18. Схема підключення Bluetooth модуля HC-05 до Arduino Pro Mini

HC-05 може функціонувати як у режимі "master" (ініціатор з'єднання), так і "slave" (приймач з'єднання), тоді як HC-06 підтримує лише режим "slave".

Оскільки для передачі даних з пристрою на телефон необхідна можливість ініціювати з'єднання, було обрано саме HC-05.

2.4.2. WiFi модуль ESP-01

ESP-01 — це компактний WiFi модуль стандарту 802.11 b/g/n, побудований на базі чіпсета ESP8266EX. Програмне забезпечення автоматично завантажується в чіп ESP8266EX при кожному включенні живлення [29].

Завдяки вбудованому мікроконтролеру з тактовою частотою 80 МГц, він здатний працювати автономно або як Wi-Fi-контролер у складі складніших систем. Модуль підтримує протоколи TCP/IP, має низьке енергоспоживання та легко інтегрується з іншими електронними компонентами завдяки підтримці інтерфейсів GPIO, UART, SPI та I²C. ESP8266 ідеально підходить для створення бездротових сенсорних вузлів, мікросерверів і смарт-пристроїв.

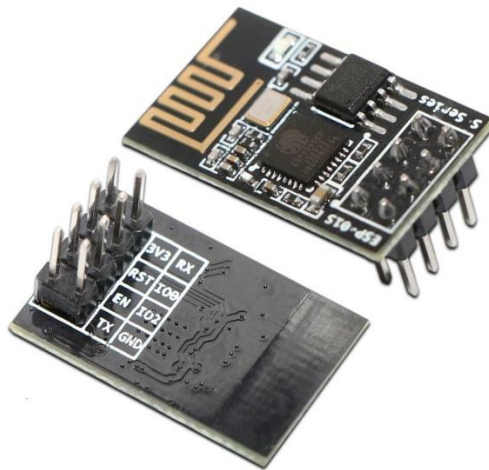


Рис. 2.19. WIFI модуль ESP-01

Таблиця 2.8

Технічні характеристики ESP-01

Показник	Значення
Джерело живлення	+3,3 В
Споживаний струм	100 мА
Напруга вводу/виводу	3,6 В (макс.)
Струм джерела вводу/виводу	12 мА (макс.)
Вбудований мікроконтролер	32-розрядний, 80 МГц
Flash-пам'ять	512 кБ
Робочий діапазон температур	-40 °C ... +125 °C
Габарити	14.3 × 24.8 × 3 мм

Принципова схема плати показана на рисунку 2.20.

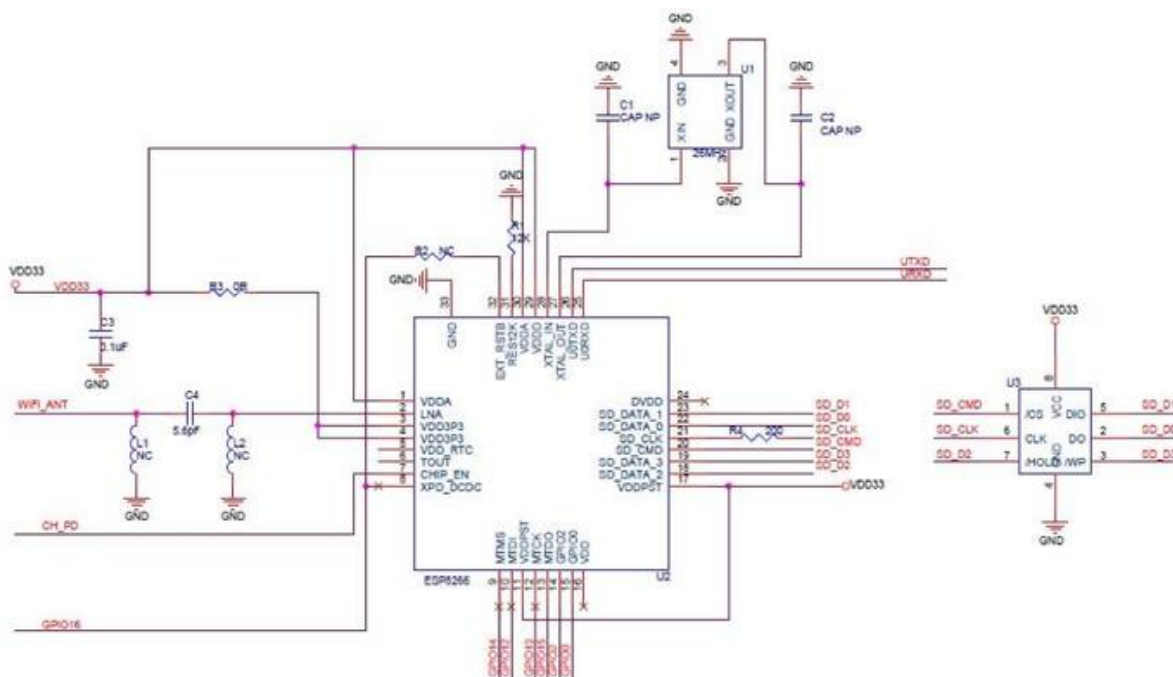


Рис. 2.20. Принципова схема WIFI модуля ESP-01

Опис пінів WIFI модуля ESP-01 показаний на рисунку 2.21.

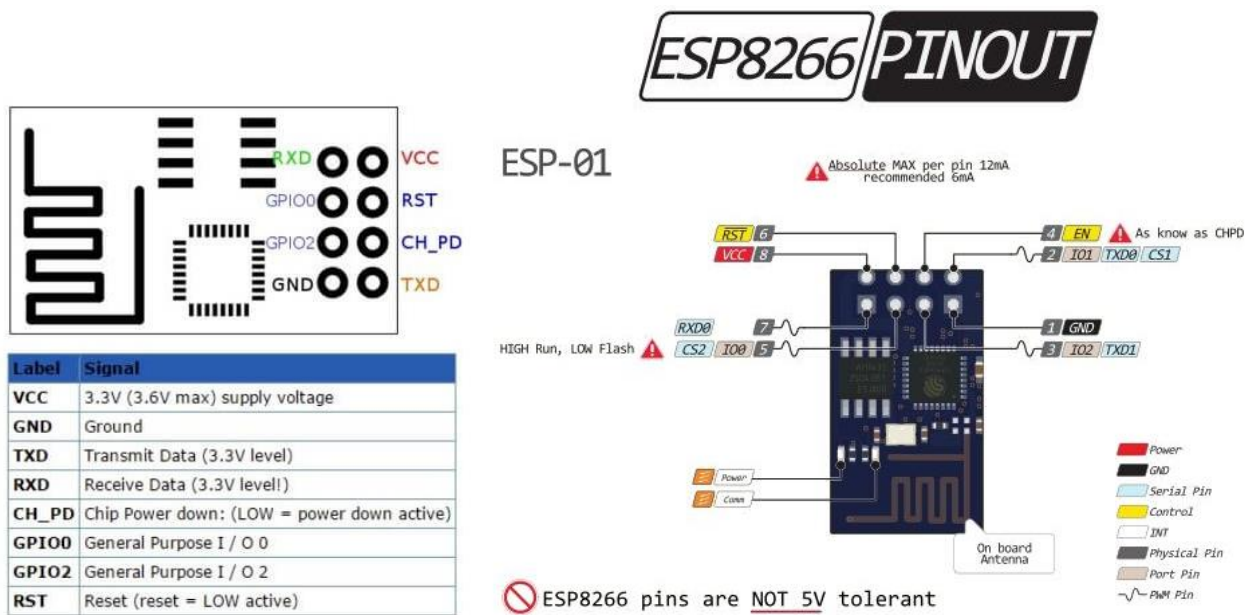


Рис. 2.21. Опис пінів WIFI модуля ESP-01

Схему підключення WIFI модуля ESP-01 до Arduino Pro Mini наведено на рисунку 2.22.

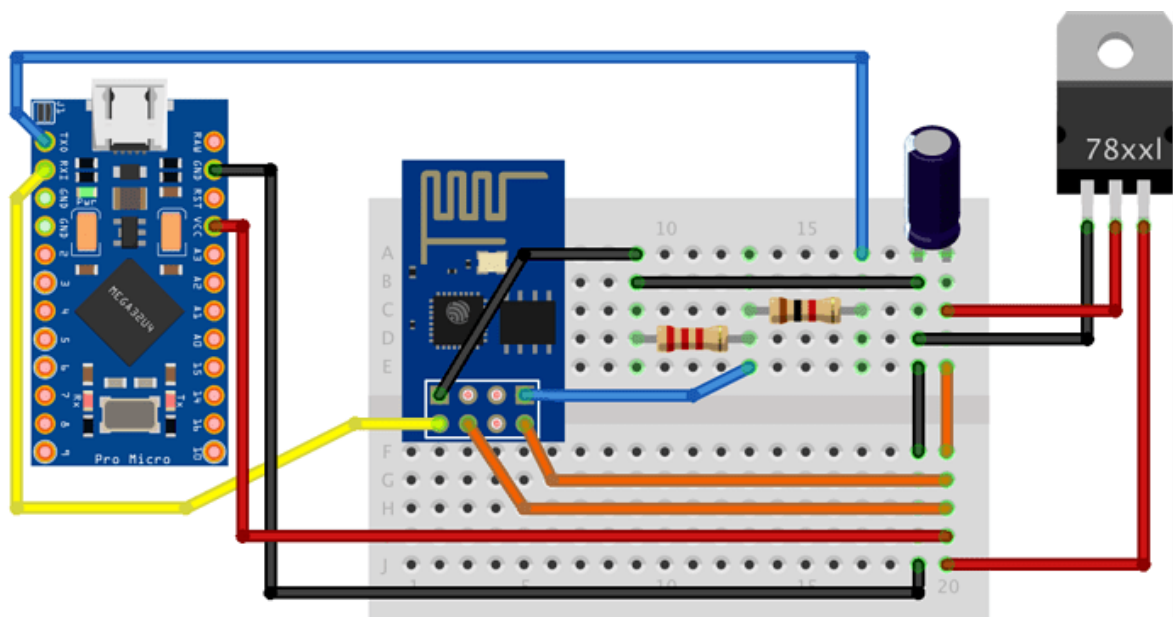


Рис. 2.22. Схема підключення WIFI модуля ESP-01 до Arduino Pro Mini

Цей WiFi модуль є потенційним доповненням до пристрою, особливо у випадках, коли людина похилого віку не має власного мобільного пристрою. У такому разі дані з Bluetooth-модуля не могли б бути передані. ESP-01 призначений для використання в домашніх умовах, і його радіус дії достатньо для виконання поставлених завдань. Відповідно, якщо замість модуля HC-06 буде

встановлено ESP-01, дані з пристрою передаватимуться через домашню мережу на сервер Blynk, а звідти — на пристрій доглядача або члена сім'ї.

2.4.3. Радіомодуль NRF24L01

NRF24L01 — це радіомодуль, що працює на частоті 2.4 ГГц і є частиною екосистеми Arduino для бездротової передачі даних. Він пропонує широкий спектр застосувань, зокрема:

- Віддалене зняття показань з різних датчиків, таких як датчики температури, тиску, а також систем сигналізації на основі піроелектричних датчиків руху.
- Бездротове керування та моніторинг стану роботів на відстані від 15 до 600 метрів.
- Бездротове керування та моніторинг приміщень у сусідніх будинках.
- Практично будь-яке застосування, що вимагає бездротових систем керування та моніторингу [30].

Цей модуль є універсальним рішенням для реалізації бездротового зв'язку на коротких та середніх дистанціях, що робить його придатним для різноманітних проєктів.

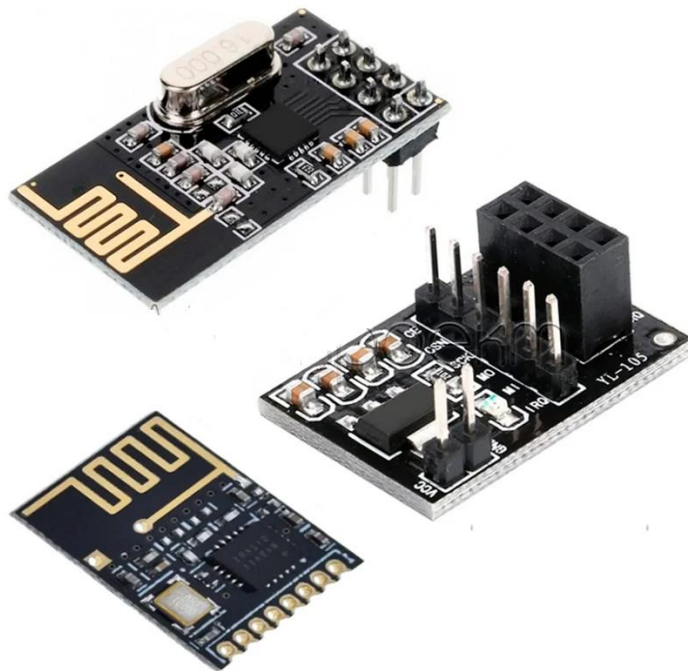


Рис. 2.23. Радіомодуль NRF2L01

Технічні характеристики NRF2L01

Показник	Значення
Робоча напруга	3,3 В
Номінальний струм	50 мА
Діапазон робочої частоти	15–600 мΩ
Робочий струм	250 мА (максимум)
Комунікаційний протокол	SPI
Швидкість передачі даних	Від 250 Кбіт/с до 2 Мбіт/с
Частотний діапазон	125
Максимальна кількість вузлів	64
Габарити	29 мм × 16 мм × 11 мм

Оскільки розроблюваний пристрій має взаємодіяти з додатковим функціональним блоком, для встановлення зв'язку між ними необхідний радіомодуль.

Принципова схема плати показана на рисунку 2.24.

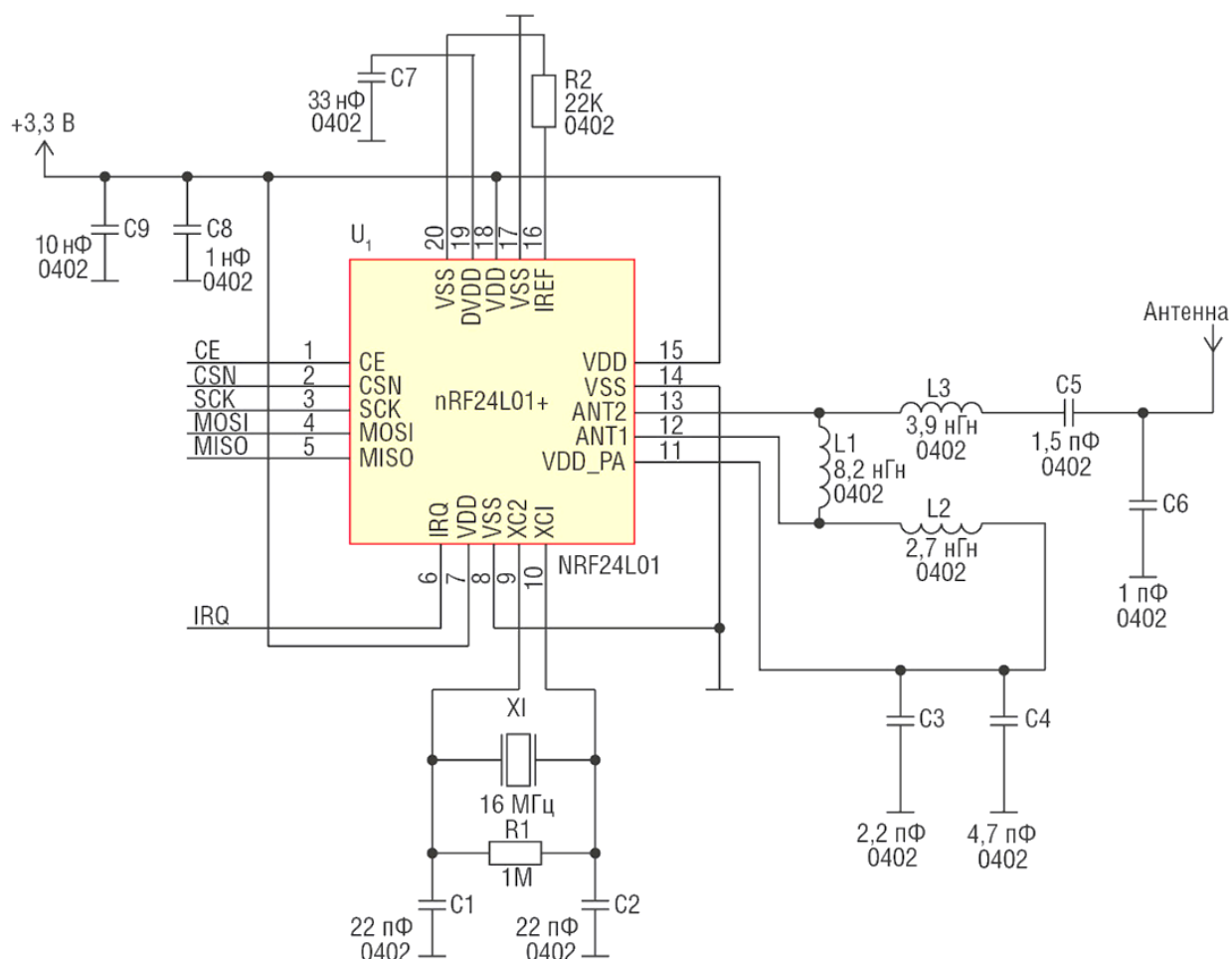


Рис. 2.24. Принципова схема радіомодуля NRF2L01

Опис пінів радіомодуля NRF2L01 показаний на рисунку 2.25.

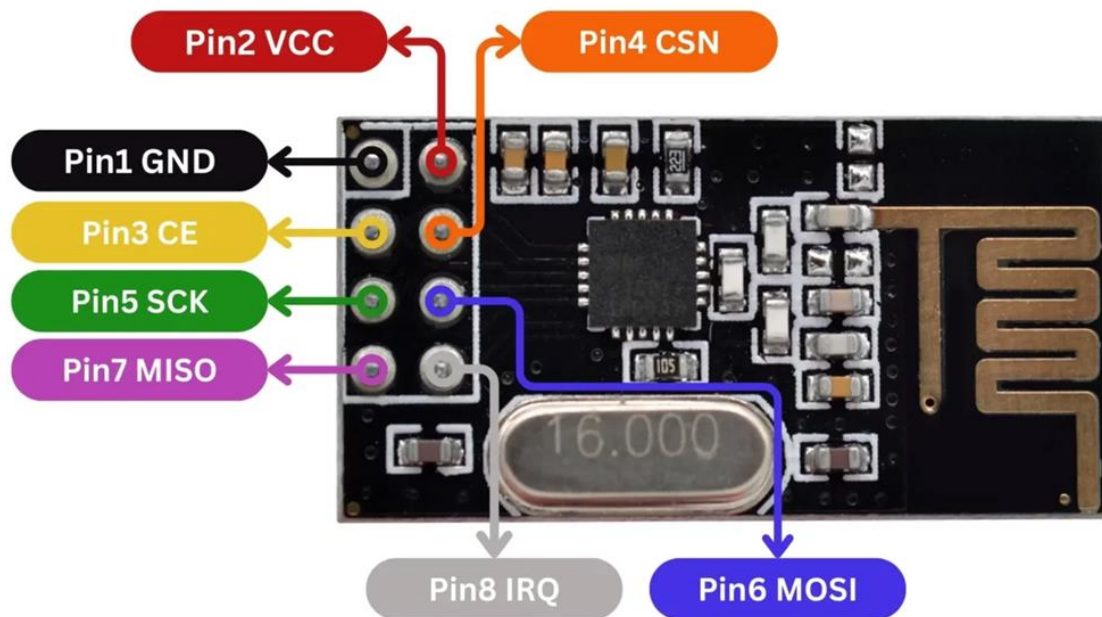


Рис. 2.25. Опис пінів радіомодуля NRF2L01

Хоча існують радіомодулі з тієї ж серії, що працюють на частоті 433 МГц, порівняно з NRF24L01 на 2.4 ГГц вони мають суттєві недоліки:

Перешкоди від інших пристроїв: На частоті 433.920 МГц працює безліч інших побутових пристроїв (радіолюстри, радіорозетки, радіобрелки тощо), що може спричиняти значні "завади" та блокувати передачу даних між радіомодулями.

Відсутність зворотного зв'язку: Модулі, що працюють на 433 МГц, зазвичай розділені на приймач і передавач. Це означає, що, на відміну від NRF24L01+, приймач не може надсилати передавачу сигнал підтвердження про отримання даних, що знижує надійність зв'язку.

Низька швидкість передачі даних: Швидкість передачі даних на 433 МГц є досить низькою, до 5 Кбіт/сек, що може бути недостатньо для деяких застосувань.

Чутливість до пульсацій живлення: Приймач MX-RM-5V, типовий для 433 МГц модулів, є дуже чутливим навіть до невеликих пульсацій на шині живлення. Якщо Arduino керує пристроями, які створюють навіть незначні, але постійні пульсації (сервоприводи, LED індикатори, ШІМ тощо), приймач може інтерпретувати ці пульсації як сигнал і не реагувати на радіохвилі передавача [31].

З огляду на ці недоліки, використання обраного радіомодуля NRF24L01 на 2.4 ГГц є більш доцільним для забезпечення стабільного та надійного зв'язку.

Схему підключення WIFI модуля ESP-01 до Arduino Pro Mini наведено на рисунку 2.26.

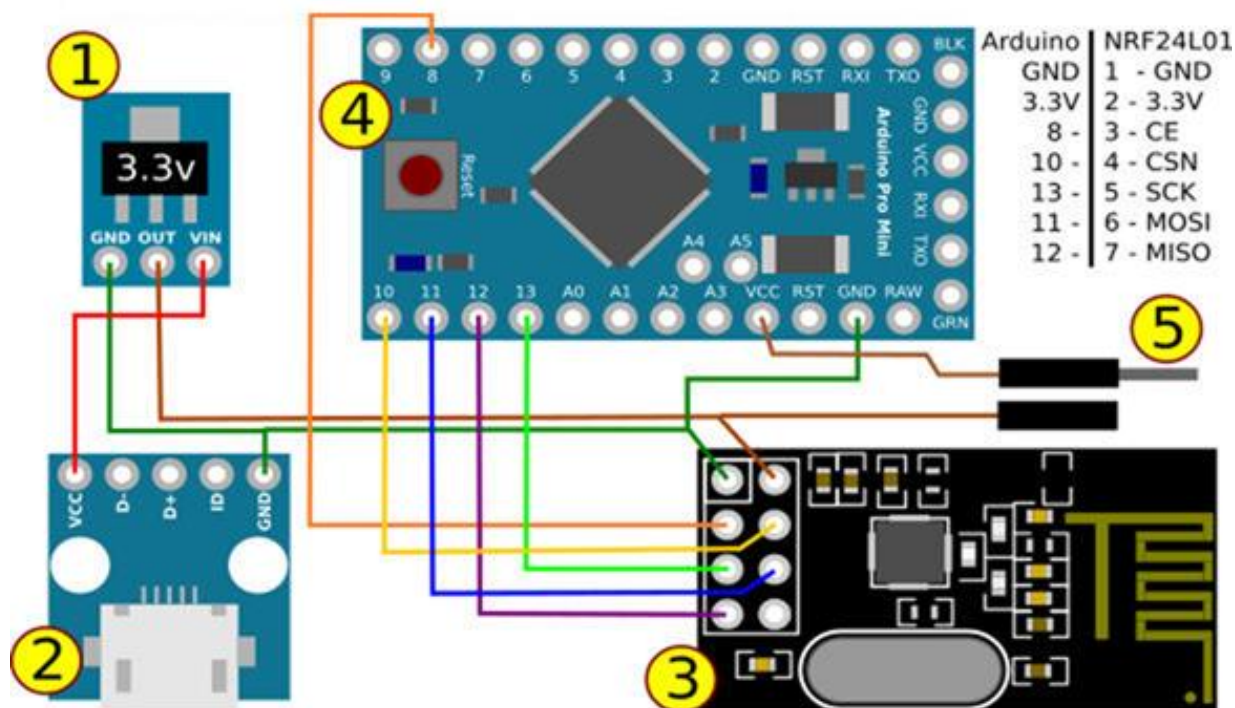


Рис. 2.26. Схема підключення Arduino 3.3V Pro Mini та NRF24L01 2.4GHz

2.5 Зв'язок з сервером Blynk

Blynk — це "хмарний" сервіс, що надає широкі можливості для віддаленого керування апаратним забезпеченням. Він дозволяє не тільки відображати дані з датчиків, а й зберігати та візуалізувати їх.

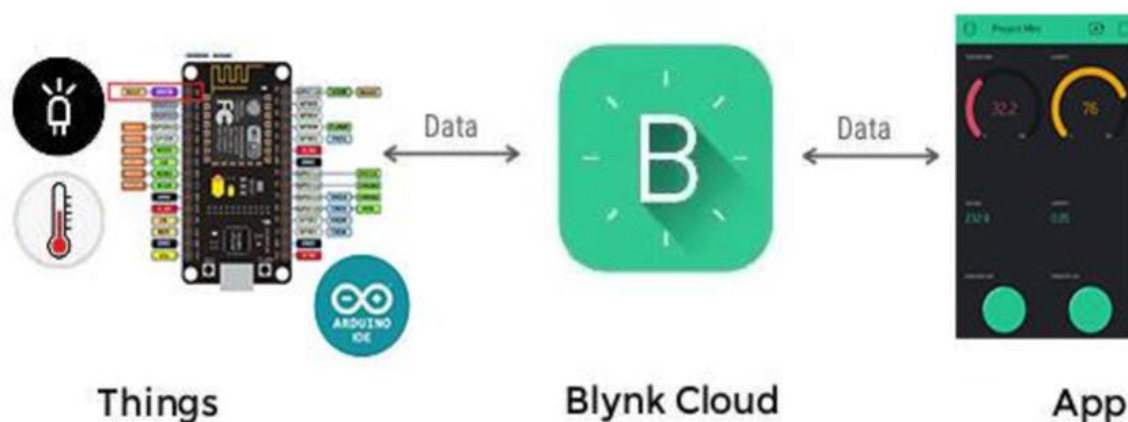


Рис. 2.27. Хмарний сервіс Blynk

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

Платформа Blynk складається з трьох основних компонентів:

- Blynk App: Мобільний додаток, який дозволяє користувачам створювати інтуїтивно зрозумілі інтерфейси для своїх проєктів, використовуючи надані віджети.
- Blynk Server: Сервер, що забезпечує всю комунікацію між мобільним додатком та апаратним забезпеченням. Користувачі можуть обирати між використанням "хмарового" сервера Blynk або розгортанням власного приватного сервера локально, залежно від своїх потреб. Сервер Blynk має відкритий вихідний код, легко масштабується для роботи з тисячами пристроїв і може бути запущений навіть на таких компактних пристроях, як Raspberry Pi.
- Blynk Libraries: Бібліотеки, доступні для всіх популярних апаратних платформ, які спрощують зв'язок із сервером та обробку всіх вхідних і вихідних команд [32].

Однією з ключових переваг Blynk є його гнучкість у підключенні до інтернету. Немає обов'язкової потреби встановлювати на плату WiFi-модуль, оскільки налаштування з'єднання з інтернетом може відбуватися через ПК користувача. Для цього достатньо попередньо встановити загальнодоступну бібліотеку Blynk [33].

Крім того, віддалене керування може бути реалізоване за допомогою функції "Спільне користування" (Shared Access). Розробник може надіслати QR-код своїм користувачам, які, завантаживши додаток Blynk і відсканувавши код, отримають доступ до готового до використання інтерфейсу без необхідності входу в систему або створення облікового запису [34]. Ця функція значно спрощує розгортання та використання пристрою кінцевими споживачами.



Рис. 2.28. «Спільний доступ»

Для створення та запуску проєкту у хмарному сервісі Blynk необхідно виконати такі кроки:

1. Встановіть додаток Blynk на ваш смартфон. Він доступний для завантаження в App Store (для iOS) та Google Play (для Android).
2. Завантажте та встановіть бібліотеку Blynk v0.3.1 на ваш персональний комп'ютер. Переконайтеся, що ви вибрали правильний COM-порт для зв'язку з платою Arduino.
3. Розробіть власний код в середовищі Arduino IDE.
4. Запустіть додаток Blynk на смартфоні.

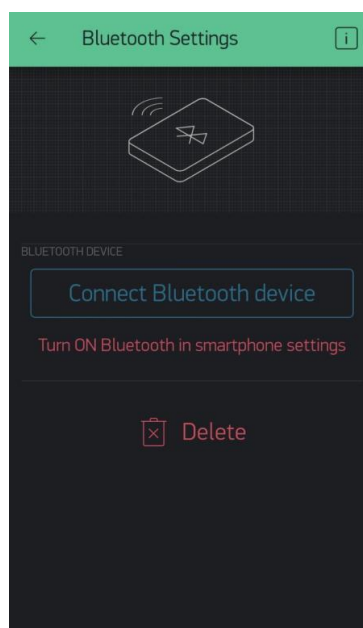


Рис. 2.29. З'єднання через Bluetooth

Для налагодження з'єднання між пристроєм та мобільним додатком через Bluetooth-модуль, після виконання зазначених кроків, додатково потрібно:

- У додатку Blynk обрати "Bluetooth" як тип з'єднання (Connection type).
- Вручну вибрати ваш пристрій зі списку доступних. Зазвичай він ідентифікується за назвою плати (наприклад, Arduino Uno, Arduino Nano тощо).
- Ці кроки забезпечать ефективну комунікацію та передачу даних між вашим пристроєм і платформою Blynk.

Висновки до розділу

У межах другого розділу було здійснено систематичний аналіз та обґрунтований вибір основних апаратних компонентів для розробки прототипу пристрою віддаленого моніторингу фізіологічних показників у літніх людей.

З-поміж можливих апаратних платформ обрано Arduino Pro Mini на базі мікроконтролера ATmega328, що забезпечує необхідний баланс між мініатюрністю, енергоефективністю та достатнім обчислювальним ресурсом для реалізації заданого функціоналу у форматі носимого пристрою.

У розрізі сенсорних компонентів:

Для детекції падіння використано барометричний сенсор DPS310, який, на відміну від типових акселерометрів, демонструє вищу точність, стабільність і меншу схильність до хибних спрацювань завдяки аналізу зміни атмосферного тиску.

Для вимірювання пульсу інтегровано оптичний фотоплетизмографічний сенсор PulseSensor, що працює у зеленому спектрі (близько 525 нм), забезпечуючи високу чутливість та стійкість до зовнішнього світлового шуму при розміщенні на зап'ясті.

Щодо бездротового зв'язку:

Основним засобом комунікації обрано Bluetooth-модуль HC-05, який підтримує роботу в режимі master і забезпечує ініціацію з'єднання зі смартфоном опікуна.

					<i>ІТС.4КІ.0325.03-ПЗ</i>	Арк.
						55
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Як альтернативу розглянуто Wi-Fi-модуль ESP-01, придатний для хмарної інтеграції через платформу Blynk у випадках, коли використання Bluetooth є неможливим або обмеженим.

Для внутрішньої комунікації між функціональними блоками системи застосовано радіомодуль NRF24L01, який працює на частоті 2,4 ГГц та має перевагу над 433 МГц аналогами за рахунок стабільнішої передачі даних і вищої швидкості.

У процесі тестування виявлено проблеми, пов'язані з нестабільністю живлення при роботі Bluetooth-модуля, які були усунуті шляхом впровадження окремого стабілізатора напруги.

Загалом результати, отримані в цьому розділі, формують технічне підґрунтя для наступного етапу — розробки електричної схеми, макетування та функціонального тестування. Раціональний підбір компонентів сприятиме підвищенню надійності, енергоефективності та функціональної повноти майбутнього пристрою відповідно до заданих вимог.

					ІТС.4КІ.0325.03-ПЗ	Арк.
						56
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

РОЗДІЛ 3. ПРАКТИЧНА РЕАЛІЗАЦІЯ СИСТЕМИ ВІДДАЛЕНОГО МОНІТОРИНГУ ФІЗІОЛОГІЧНИХ ПОКАЗНИКІВ

3.1. Додатковий функціональний блок

Як зазначалося раніше, принцип роботи датчика тиску DPS310 для детекції падіння ґрунтується на визначенні різниці атмосферного тиску між двома точками. У випадку літальних апаратів "орієнтирами" виступають маяки з заданою висотою. Однак, для розроблюваного пристрою, що носить на зап'ясті, використання таких стаціонарних маяків неможливе. Це створює високий ризик того, що один датчик DPS310, розташований на браслеті, не зможе надійно детектувати падіння пацієнта [36].

Щоб уникнути подібних ситуацій та забезпечити точність виявлення падінь, необхідно створити додатковий функціональний блок. Цей блок буде розміщуватися стаціонарно на підлозі в приміщенні (квартирі, палаті, будинку).

До складу цього додаткового функціонального блоку входять:

Таблиця 3.1

Складові другого функціонального блоку

№ з/п	Найменування пристрою та функціональних блоків	Основні характеристики
1	Модуль зарядки TP4056	Вид акумулятора: Li-ion; Напруга повного заряду: 4.2 В; Діапазон температур: -10 до +85 °С; Габарити: 25×17×4 мм
2	Плата Arduino Pro mini на ATmega328	Клас за способом захисту: I; Клас за ступенем захисту: IP30; Робоча напруга: 3.3 В; Напруга живлення: 3.3–20 В; Тактова частота: 8 МГц; Струм живлення контактів: 200 мА; Габарити: 33×18 мм

					ІТС.4КІ.0325.03-ПЗ					
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата						
Розроб.		Самойлова В.			<div>РОЗДІЛ III. ПРАКТИЧНА РЕАЛІЗАЦІЯ СИСТЕМИ ВІДДАЛЕНОГО МОНІТОРИНГУ ФІЗІОЛОГІЧНИХ ПОКАЗНИКІВ</div>					
Керівник		Донченко В.Ю.								
Реценз.		Козуб Ю.Г.								
Н. Контр.										
Зав. каф.		Семенов М.А.								
					Літ.	Арк.	Акрушів			
							57	23		
					ЛНУ					
					Кафедра ІТС, Гр.4КІ					

№ з/п	Найменування пристрою та функціональних блоків	Основні характеристики
3	Датчик тиску і температури DPS310	Клас за способом захисту: I; Клас за ступенем захисту: IP30; Робоча напруга: 3.3 В; Робочий струм: для тиску — 1.7 мкА, для температури — 1.5 мкА; Габарити: 2×2.5 мм
4	Радіомодуль NRF24L01	Клас за способом захисту: I; Клас за ступенем захисту: IP30; Робоча напруга: 3.3–5 В; Робочий струм: 50 мА; Радіус дії: 15–600 метрів; Габарити: 29×16×11 мм
5	Замкове реле	Робоча напруга: 6–12 В; Габарити: 27×27×17 мм

Крім своєї основної функції, цей додатковий блок також забезпечує можливість віддаленого відмикання дверей. Це критично важливо у випадках, коли викликано рятувальні служби, оскільки дозволяє їм оперативно потрапити до квартири. Ця функція реалізована за допомогою замкового реле, яке підключається до електронного замка.

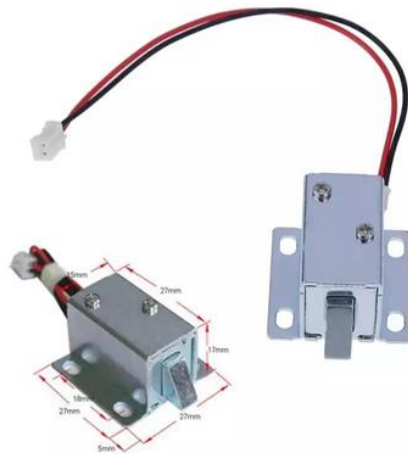


Рис. 3.1. Приклад електронного замка

Відповідно, електронний замок встановлюється у двері, а другий функціональний блок розміщується на підлозі, біля виходу. Завдяки радіомодулю NRF24L01 цей блок з'єднаний із пристроєм-браслетом пацієнта. Дані з браслета, у свою чергу, передаються на мобільний пристрій доглядача за допомогою Bluetooth-модуля HC-05 через додаток Blynk.

3.2. Принципова схема

Оскільки пристрій складається з двох функціональних блоків, для кожного з них була розроблена окрема принципова схема. Ці схеми були створені за допомогою Fritzing – зручного середовища для розробки електричних схем для плат Arduino.

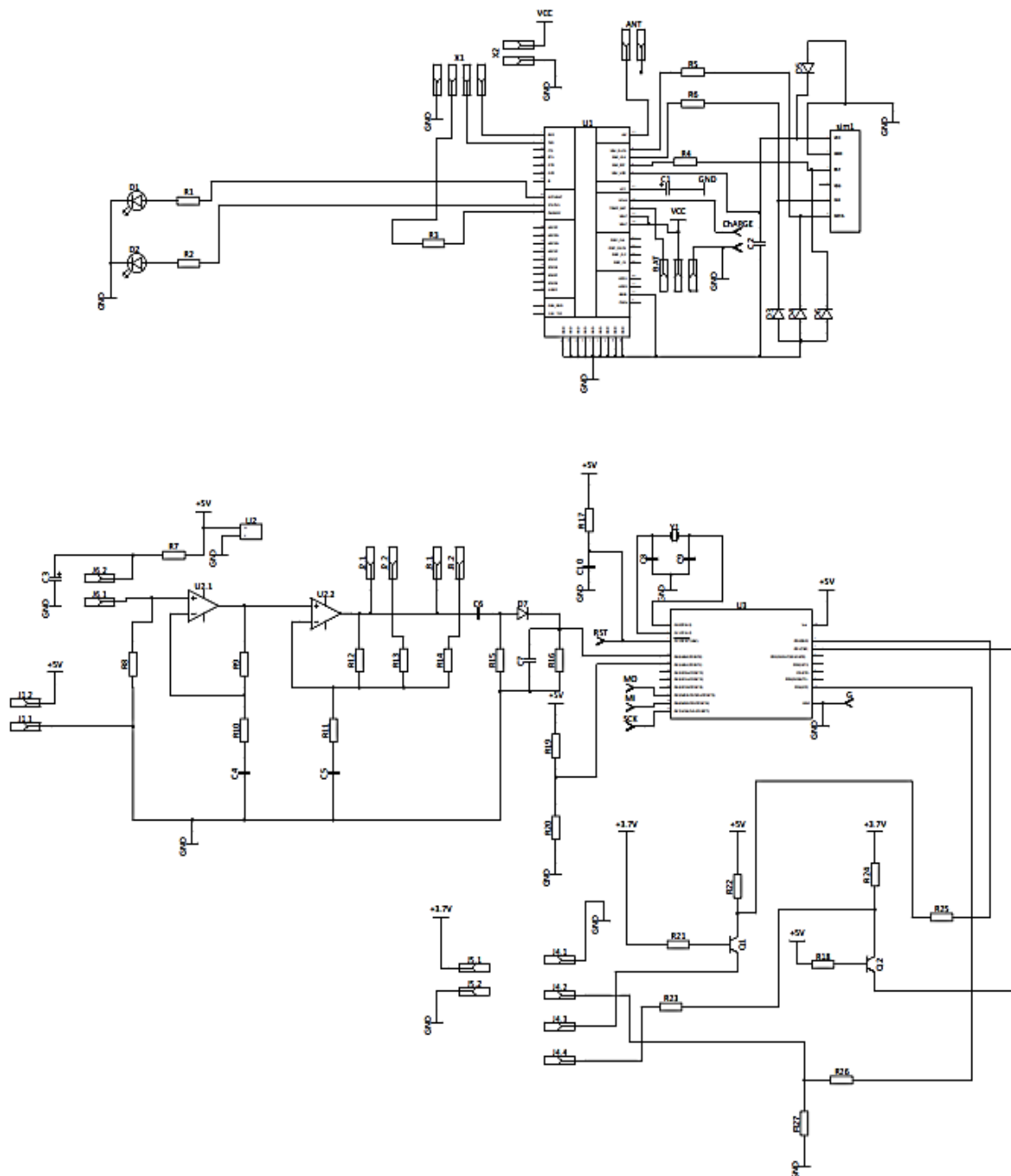


Рис. 3.2. Принципова схема пристрою

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

ІТС.4КІ.0325.03-ПЗ

Арк.
59

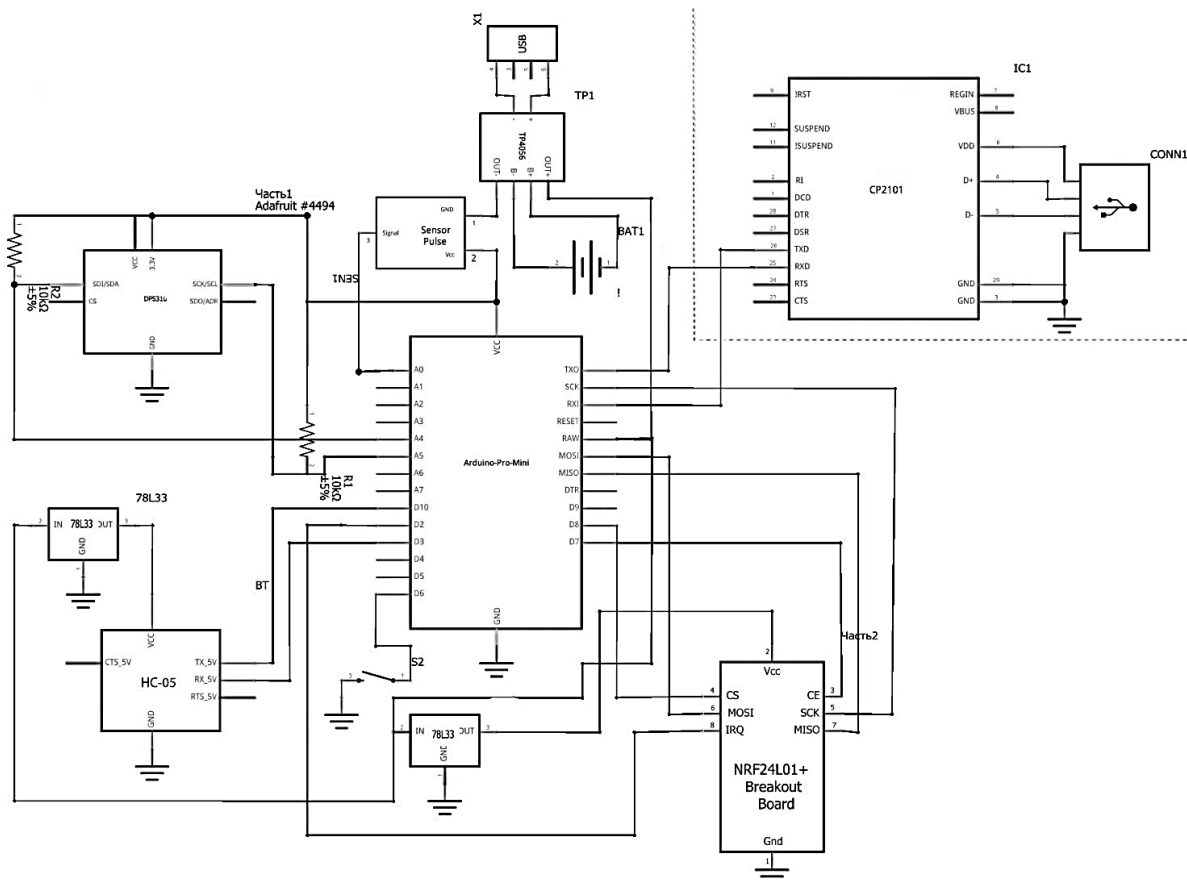


Рис. 3.3. Принципова схема функціонального блоку 1

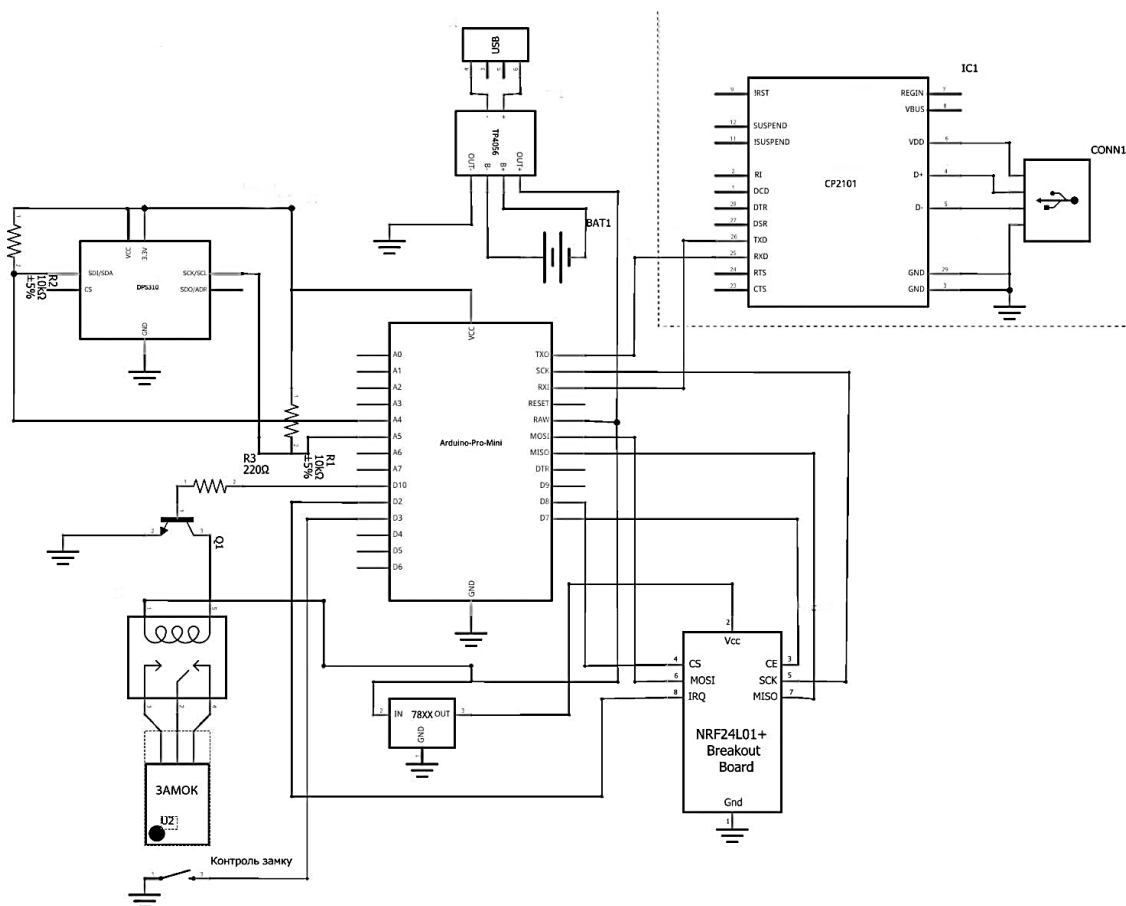


Рис. 3.4. Принципова схема функціонального блоку 2

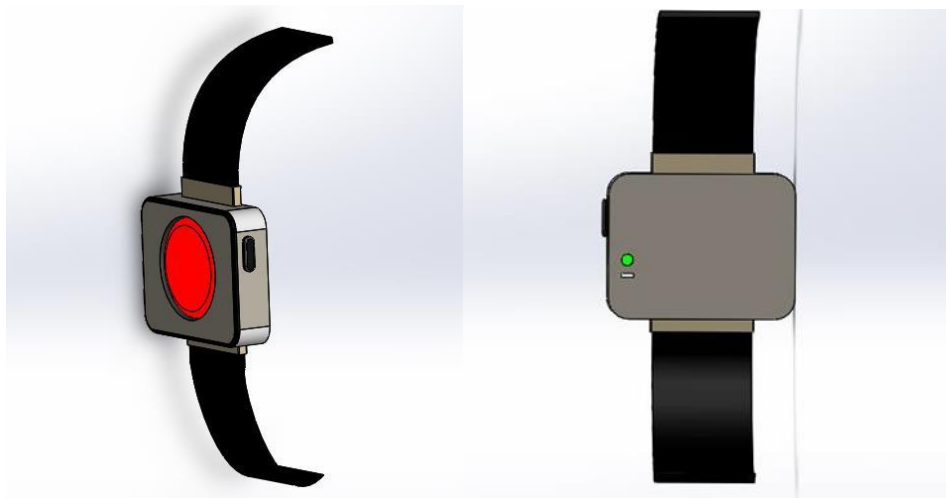
3.3. 3D-модель корпусу

Моделювання корпусу пристрою виконали в програмному середовищі SolidWorks 2020.



Рис. 3.5. 3D-модель корпусу

Така конструкція запобігає випадковим натисканням, водночас залишаючись достатньо легкою для активації в разі реальної небезпеки. Це забезпечує надійність функціонування пристрою та мінімізує помилкові тривоги.



А)

Б)

Рис. 3.6. 3д модель: А – вид зліва; Б – вид знизу

На Рисунку 3.6 А видно, що кнопка увімкнення пристрою розташована на лівій панелі, забезпечуючи зручність для користувача. На Рисунку 3.6 Б показано спеціальний отвір для світлодіода та світлоприймача датчика пульсу, оскільки він працює на відображення.

На Рисунку 3.6 А видно, що кнопка увімкнення пристрою розташована на лівій панелі, забезпечуючи зручність для користувача. На Рисунку 3.6 Б показано

					ІТС.4КІ.0325.03-ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		61

спеціальний отвір для світлодіода та світлоприймача датчика пульсу, оскільки він працює на відображення.

3.4. Алгоритм роботи

Розрахунок пульсу відбувається програмно за допомогою бібліотеки `pulsesensorplayground`, яка доступна в середовищі Arduino.

Основний недолік попереднього алгоритму полягав у неможливості розрізнити падіння від звичайного нахилу людини, наприклад, щоб щось підняти. Для вирішення цієї проблеми було запроваджено умову: якщо пристрій досягає визначеного рівня (що відповідає підлозі) під час нахилу, програма очікуватиме, чи зберігається цей рівень більше 10 секунд. Це дозволяє уникнути хибних спрацювань, як показано на Рисунку 3.7 (алгоритм).

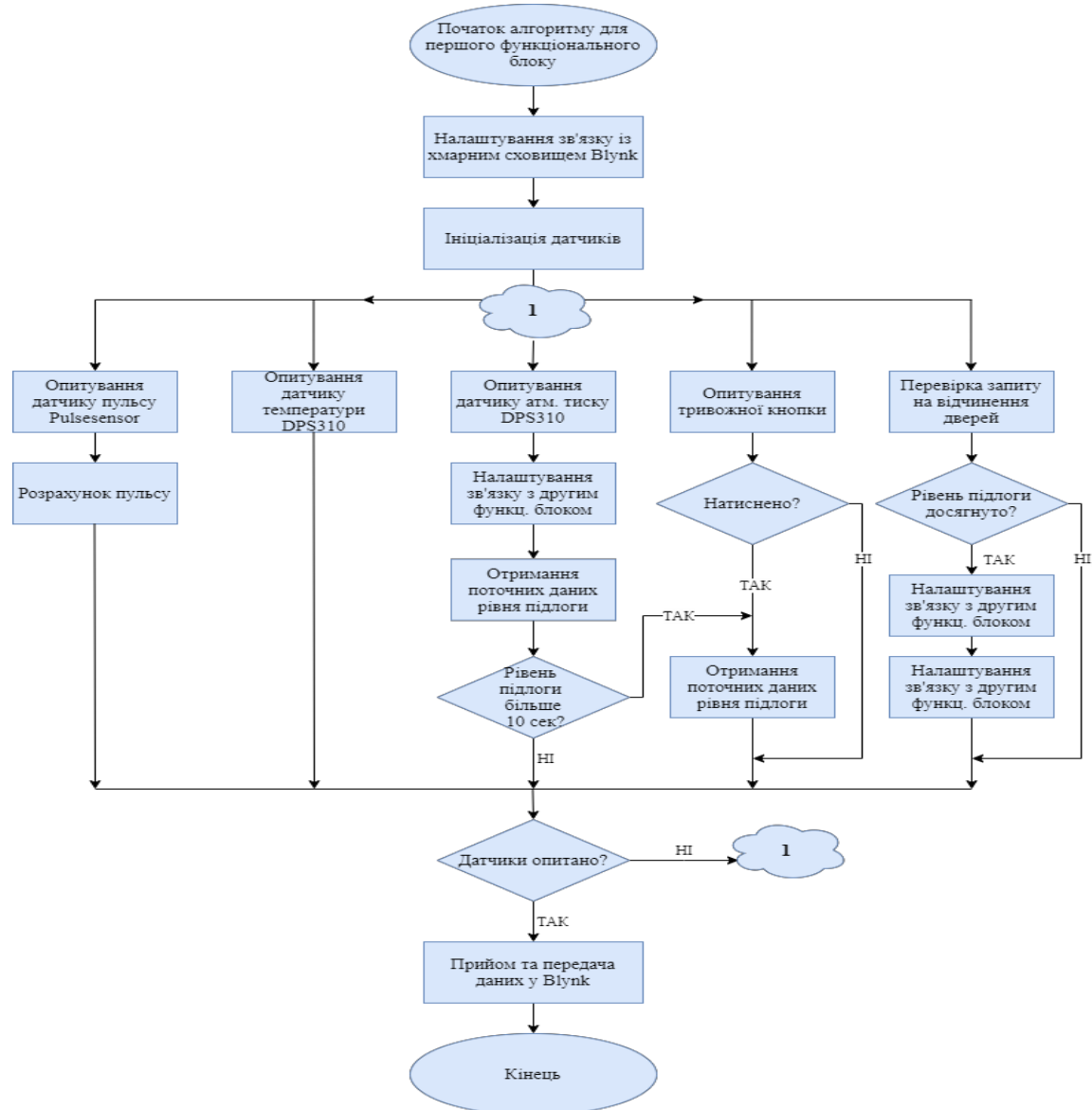


Рис. 3.7. Алгоритм роботи функціонального блоку 1

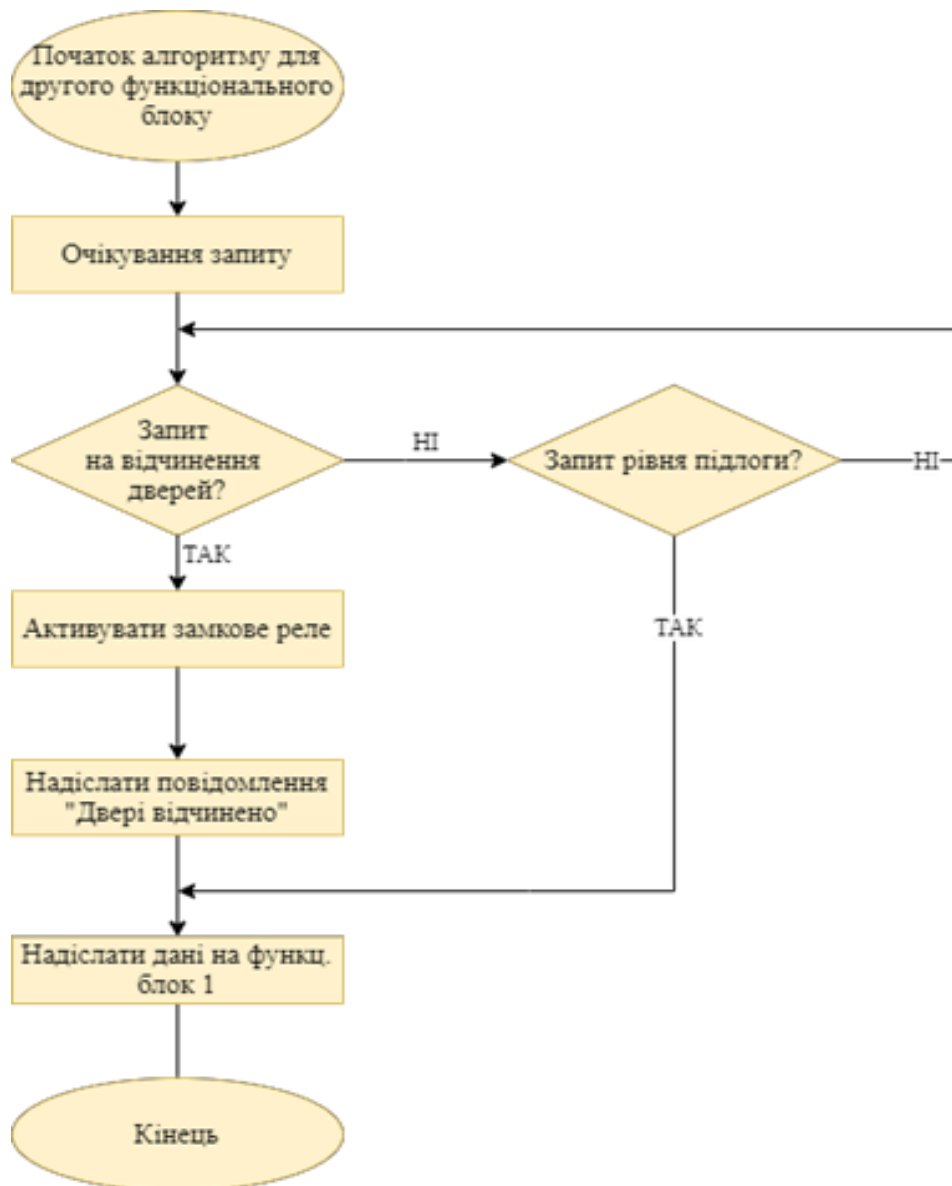


Рис. 3.8. Алгоритм роботи функціонального блоку 2

На Рисунку 3.8 представлений алгоритм роботи другого функціонального блоку. Важливо зазначити, що відчинення дверей не відбувається автоматично. Активація замкового реле здійснюється через мобільний додаток після натискання кнопки "відчинити двері".

3.5. Arduino IDE та програмне забезпечення пристрою

Програмне забезпечення пристрою розроблене в середовищі Arduino IDE, яке базується на C++ та використовується для програмування плат Arduino.

Arduino IDE - це інтегроване середовище розробки, призначене для створення програмного забезпечення для платформи Arduino. Воно надає зручний інтерфейс для написання коду, його компіляції та завантаження в мікроконтролер. Середовище підтримує широкий спектр платформ і містить

бібліотеки функцій для роботи з різноманітними датчиками та виконавчими пристроями.

Особливості Arduino IDE:

1. Середовище розробки Arduino IDE має лаконічний дизайн, що дозволяє швидко освоїти його навіть новачкам в програмуванні.
2. Arduino IDE використовує спрощену версію мови C++, що робить процес написання коду більш доступним для широкого кола користувачів.
3. Arduino IDE включає в себе велику кількість стандартних бібліотек, які спрощують роботу з різноманітними сенсорами, актуаторами та іншими периферійними пристроями.
4. Arduino IDE підтримує широкий спектр платформи Arduino, що дозволяє використовувати єдине середовище розробки для різних проектів.
5. Цей інструмент дозволяє відстежувати дані, що передаються між комп'ютером і платою Arduino, що значно спрощує процес налагодження програм.
6. Arduino IDE є проектом з відкритим кодом, що дозволяє користувачам вносити зміни до його функціональності та розширювати його можливості.

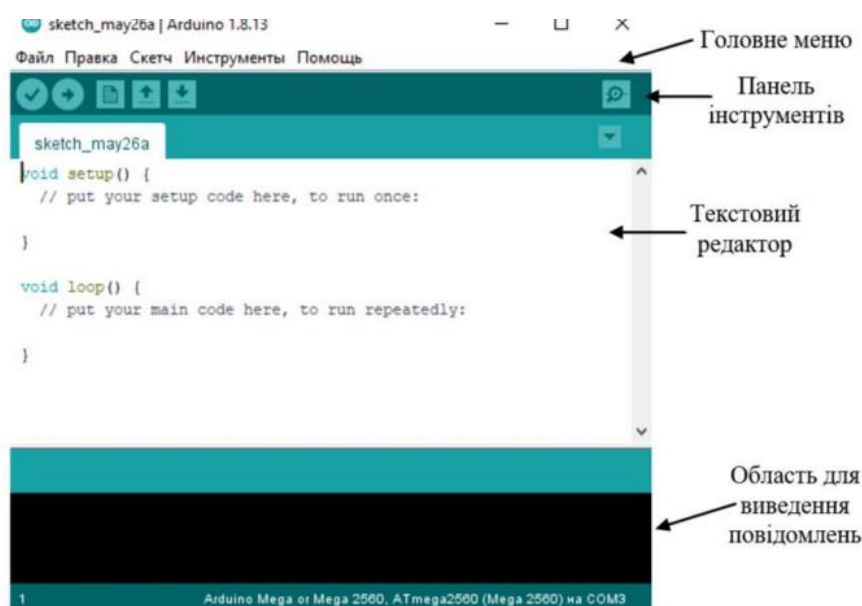


Рис. 3.9. Інтерфейс Arduino IDE

					ІТС.4КІ.0325.03-ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		64

Скетчі, написані в середовищі розробки Arduino IDE, зберігаються у файлах з розширенням .ino. Редактор коду в IDE забезпечує стандартний набір функцій для роботи з текстом: копіювання, вставка, пошук і заміна. Інформація про хід виконання програми та можливі помилки відображається в області повідомлень. Вибір моделі плати Arduino та послідовного порту здійснюється в нижній частині вікна програми. Панель інструментів надає швидкий доступ до основних функцій середовища розробки. На панелі інструментів знаходиться 6 кнопок (рис. 3.10):



Рис. 3.10. Панель інструментів

Основні функції Arduino IDE

- **Перевірити.** Дана опція дозволяє перевірити синтаксис написаного коду. У разі виявлення помилок вони відображаються в області повідомлень.
- **Завантажити.** Використовується для компіляції програми та її завантаження у мікроконтролер Arduino.
- **Створити.** Дозволяє створити новий файл для написання скетчу.
- **Відкрити.** Призначена для відкриття існуючого файлу зі скетчем.
- **Зберегти.** Дозволяє зберегти поточний скетч у файл.
- **Монітор послідовного порту.** Використовується для відкриття програми Serial Monitor, яка відображає дані, що надходять від Arduino на комп'ютер через послідовний інтерфейс. Монітор підтримує роботу як із USB-варіантами плати, так і зі звичайними версіями Arduino. Для передачі даних на зовнішній пристрій у вікні монітора вводиться текст, після чого натискається кнопка "Відправити" або клавіша Enter. Швидкість передачі даних потрібно налаштувати відповідно до параметрів, вказаних у функції Serial.begin() у вашому коді. Функція Serial.print() дозволяє виводити текст у вікно монітора.

Бібліотеки значно розширюють функціональність програм, надаючи додаткові можливості, такі як робота з апаратними засобами або обробка даних. Для додавання бібліотеки слід перейти до меню Sketch, вибрати опцію Include Library і обрати необхідну бібліотеку. Після цього в програму додається оператор #include, а бібліотека компілюється разом зі скетчем. Важливо зазначити, що кожна підключена бібліотека використовує частину пам'яті мікроконтролера.

Більшість бібліотек уже попередньо встановлені разом із програмним забезпеченням Arduino, однак додаткові бібліотеки можна завантажити з зовнішніх джерел.

Основні класи та функції

Клас GButton: основний клас для роботи з кнопкою. При створенні об'єкта цього класу необхідно вказати номер цифрового виводу, до якого підключена кнопка, а також додаткові параметри, такі як тип кнопки (нормально замкнута або нормально розімкнута) та схема підключення (з підтягувальним резистором або без).

Функції для налаштування:

setDebounce(): встановлює час дебаунсингу.

setTimeout(): встановлює таймаут утримання.

setStepTimeout(): встановлює інтервал між зміною стану при утриманні кнопки.

setType(): встановлює тип кнопки.

setTickMode(): вибирає режим опитування кнопки (ручний або автоматичний).

Функції для отримання інформації:

isPress(), isRelease(), isClick(), isHeld(), isHold(), isSingle(), isDouble(), isTriple(), hasClicks(), getClicks(), isStep(): Повертають інформацію про стан кнопки та події, що відбулися.

Функція tick(): виконує опитування стану кнопки та оновлює внутрішні змінні бібліотеки.

Для завантаження скетчу необхідно вибрати відповідну плату та порт (див. рис.2.31), які використовуються для вашої операційної системи. Це здійснюється

					ІТС.4КІ.0325.03-ПЗ	Арк.
						66
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

через меню Tools, де у розділі Board вибирається модель плати, а в розділі портів — відповідний COM-порт (наприклад, COM1, COM2, COM4, COM5, COM7 тощо) або USB-з'єднання.

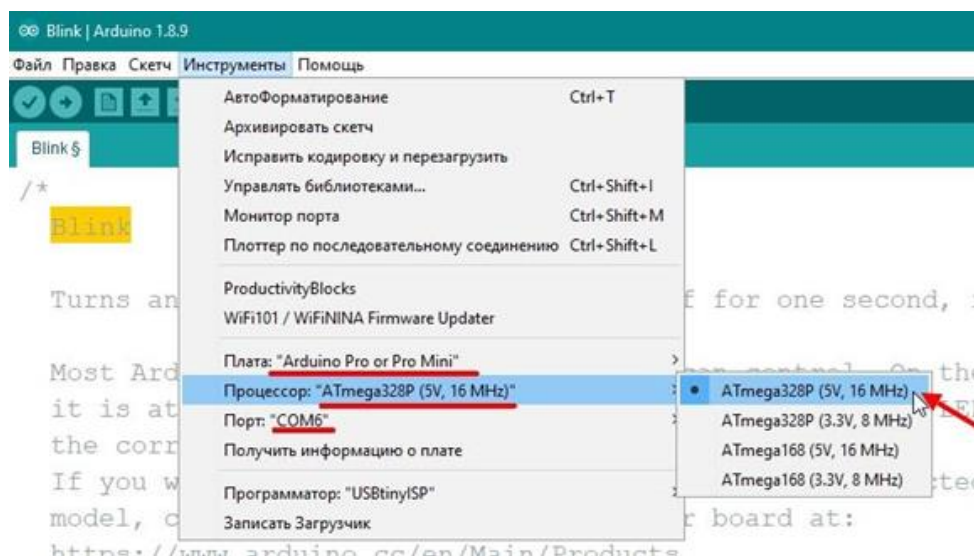


Рис. 3.11. Зображення вибору плати

Для завантаження програми в плату Arduino необхідно встановити з'єднання між комп'ютером і платою за допомогою USB-кабелю. В середовищі розробки Arduino IDE слід вибрати відповідну модель плати та послідовний порт, до якого підключено Arduino. Ця інформація необхідна для того, щоб комп'ютер міг правильно спілкуватися з платою.

Після вибору потрібних параметрів можна приступати безпосередньо до процесу прошивки.

Для програмування Arduino Pro Mini та інших мікроконтролерів, що підтримують шину UART з TTL логікою, використовується USB програматор UART на базі CP2102. Цей програматор має кілька відмінних рис:

- Додатковий вивід DTR: він оснащений додатковим виводом DTR, який можна підключити до входу RESET на контролерах без вбудованого USB-порту.
- Додаткові виводи на платі: програматор має додаткові виводи на самій платі, що розширює можливості підключення.
- Можливість зміни ідентифікаторів: користувач може змінювати VID (Vendor ID), PID (Product ID) та назву, під якою плата розпізнається системою.

Цей програматор є універсальним інструментом і може використовуватися для програмування жорстких дисків, роутерів, плат Arduino, мобільних телефонів, смартфонів, тюнерів, а також будь-яких пристроїв з TTL-логікою [37].

Прошивка Arduino Pro Mini за допомогою конвертера PL2303HX.

Для прошивки Arduino Pro Mini потрібно підключити до PL2303HX за схемою, що зображена на рисунку. Складного нічого немає, головне не переплутати підключення живлення. Якщо Arduino Pro Mini працює при напрузі 3.3 В підключаємо до цього виходу, інакше плата вийде з ладу. У моєму випадку робоча напруга 5В тому запитаємо плату від 5В.

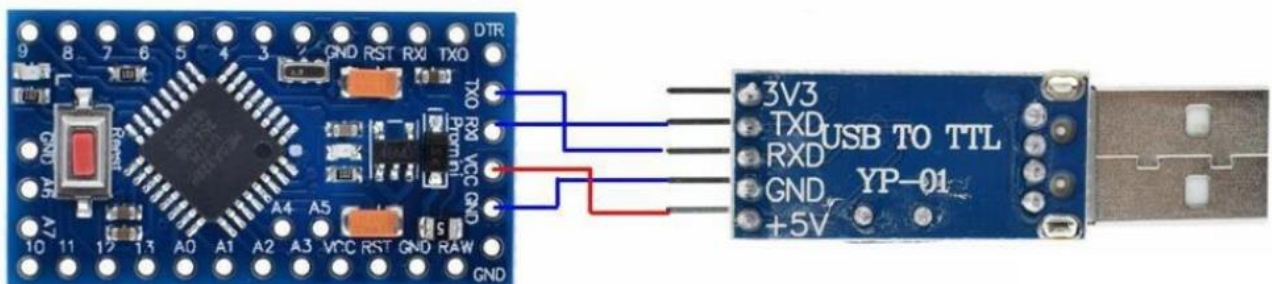


Рис. 3.12. Підключення Arduino Pro Mini до конвертера PL2303HX

TXD <-----> RXD

RXD <-----> TXD

VCC <-----> +5V

GND <-----> GND

Для цього необхідно скомпілювати написаний код. Компілятор перетворить ваш код, написаний на спрощеній версії C++, в машинний код, який розуміє мікроконтролер Arduino. Скомпільований код передається в буфер завантажувача - спеціальної програми, яка зашита в пам'ять мікроконтролера. Завантажувач, у свою чергу, переписує отриманий код в основну пам'ять мікроконтролера і запускає його на виконання.

При завантаженні скетчу, коли з'явиться напис «Завантаження», потрібно натиснути кнопку Reset на платі. (Іноді одне натискання не спрацьовує і потрібно зробити 2 короткочасні натискання.)

```
// the loop function runs over and over again forever
void loop() {
  digitalWrite(LED_BUILTIN, HIGH); // turn the LED on (HIGH is the voltage level)
  delay(1000); // wait for a second
  digitalWrite(LED_BUILTIN, LOW); // turn the LED off by making the voltage LOW
  delay(1000); // wait for a second
}
```

Завантаження скетчу
 Скетч використовує 930 байт (3%) пам'яті пристрою. Всього доступно 30720 байт.
 Глобальні змінні використовують 9 байт (0%) динамічної пам'яті, залишаючи 2039 байт

Рис. 3.13. Завантаження скетчу

Процес прошивки супроводжується скиданням мікроконтролера та миганням світлодіодів, що індикують активність передачі даних. Для забезпечення зручності користувача середовище розробки Arduino IDE надає інтуїтивно зрозумілий інтерфейс та автоматизує більшість рутинних операцій.

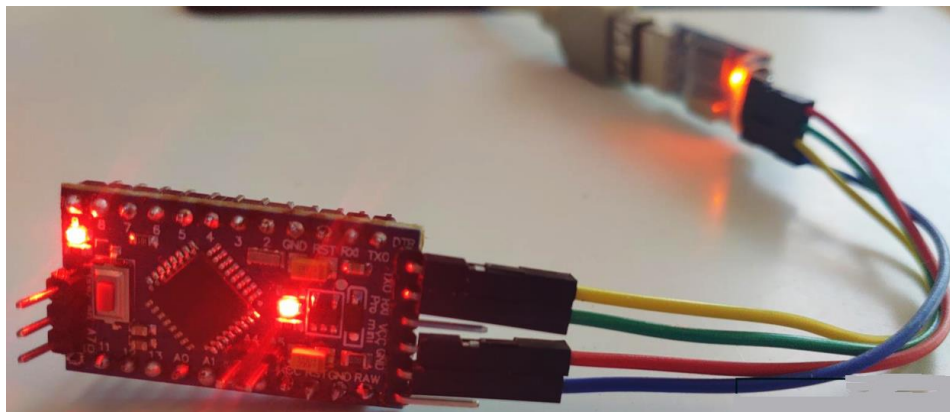


Рис. 3.14. Індикація плати

Функції `setup()` та `loop()` є основою будь-якого скетчу для Arduino.

- `setup()` виконується один раз на початку програми і використовується для ініціалізації портів введення-виведення, встановлення початкових значень змінних та підключення бібліотек.
- `loop()` виконується циклічно і містить основний алгоритм програми. Все, що має повторюватися, розміщується саме тут.

Основні функції для роботи з портами введення-виведення:

- Цифрові порти: `pinMode()`, `digitalWrite()`, `digitalRead()`. Ці функції дозволяють керувати цифровими виходами (наприклад, світлодіодами) та зчитувати значення з цифрових входів (наприклад, кнопок).

- Аналогові порти: `analogWrite()`, `analogRead()`, `analogReference()`. Ці функції використовуються для роботи з аналоговими сигналами, такими як напруга.
- Спеціальні функції: `tone()`, `noTone()` для генерації звукових сигналів, `millis()` для вимірювання часу.

Arduino IDE широко використовується для розробки різноманітних електронних проектів, включаючи системи автоматизації будинку, робототехніку, інтернет речей та багато інших. Завдяки своїй простоті та універсальності, Arduino IDE стала популярним інструментом як для професійних розробників, так і для любителів електроніки.

Arduino IDE є потужним і зручним інструментом для розробки програмного забезпечення для платформи Arduino. Завдяки своїм можливостям та доступності, Arduino IDE стала стандартом де-факто для багатьох розробників, які працюють з мікроконтролерами.

На рисунку 3.15 показано схему інтелектуальної системи вимірювання здоров'я, побудованої за допомогою контролера Arduino Pro Mini. Датчик пульсу вимірює сигнали ЩГП, що дозволяє розраховувати значення, пов'язані з серцем, такі як ЧСС та ВСР. Цей датчик підключено до аналогового входу A0, який перетворює 10 бітів контролера Arduino Pro Mini.

Датчик температури з негативним температурним коефіцієнтом (NTC), який використовується для вимірювання ВТ, підключено до аналогового входу A1 контролера. Датчик температури NTC змінює значення опору залежно від температури. Значення опору NTC обернено пропорційне температурі, а чутливість дуже висока. Завдяки своїй дешевій, стабільній та малій структурі, він є кращим у більшості чутливих застосувань вимірювання температури. Вихід датчика нелінійний, тому значення опору, що відповідають кожній температурі, виміряній у програмі, записані в таблицю. Як правило, ці значення представлені в таблицях, підготовлених виробниками з чутливістю 1°C на веб-сторінках [20]. Таблиця для чутливості $0,1^{\circ}\text{C}$ для 10K NTC, що використовується у вимірюванні СТ, створена методом розрахунку проміжних значень.

					<i>ITS.4KI.0325.03-ПЗ</i>	Арк.
						70
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

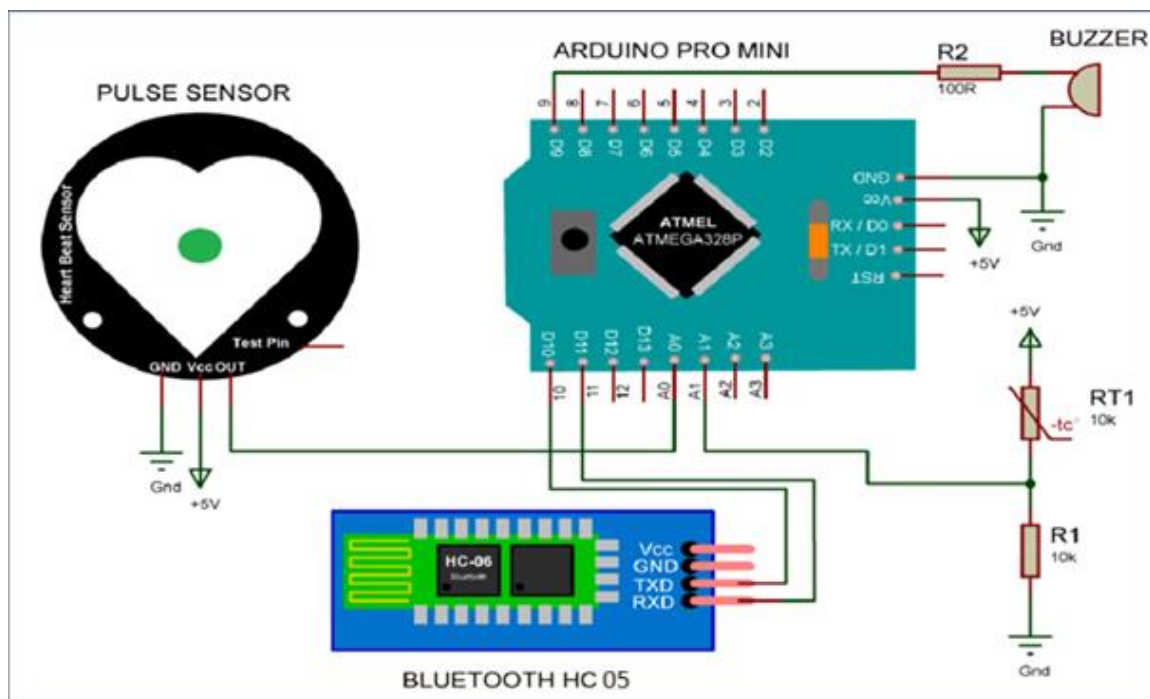


Рис. 3.15. Інтелектуальна система вимірювання стану здоров'я на базі Arduino Pro Mini

З'єднання схеми для фази встановлення та тестування інтелектуальної системи вимірювання стану здоров'я показано на рисунку 3.16. Спочатку схему встановлюють на плату, де проводять необхідні тести та випробування. Міжімпульсний інтервал (ІВІ) можна розрахувати за допомогою хвилі PPG, отриманої від датчика пульсу. Код мікроконтролера налаштовано на вимірювання ІВІ з урахуванням часу між моментами, коли сигнал перетинає 50% амплітуди хвилі під час цього швидкого зростання (РТ), як показано на рисунку 10. BPM - це середнє значення з кожних попередніх 10 значень ІВІ.

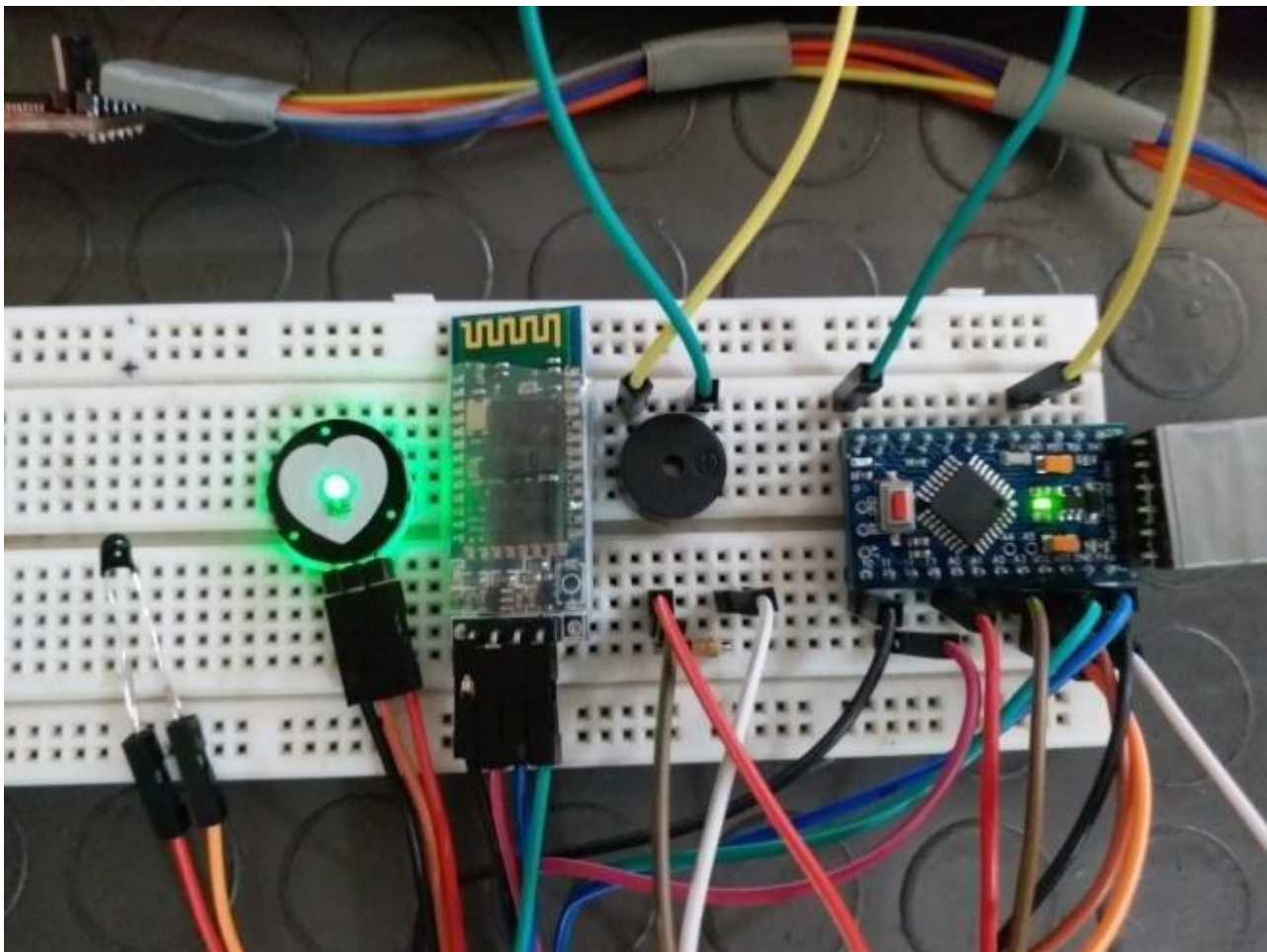


Рис. 3.16. Встановлення інтелектуальної системи вимірювання стану здоров'я

У портативній інтелектуальній системі моніторингу здоров'я Arduino Pro Mini використовується як контролер, а модуль Bluetooth HC-05 для зв'язку. Датчик пульсу використовується для збору фізіологічних сигналів, а чутливий датчик температури використовується для вимірювання температури тіла. Загальна структура запропонованої системи для інтелектуальної практики здоров'я показана на рисунку 3.17. Система складається з Arduino Pro Mini, додатку Blynk, модуля Bluetooth HC-05 та фізіологічних датчиків.

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

ITC.4KI.0325.03-ПЗ

Арк.

72

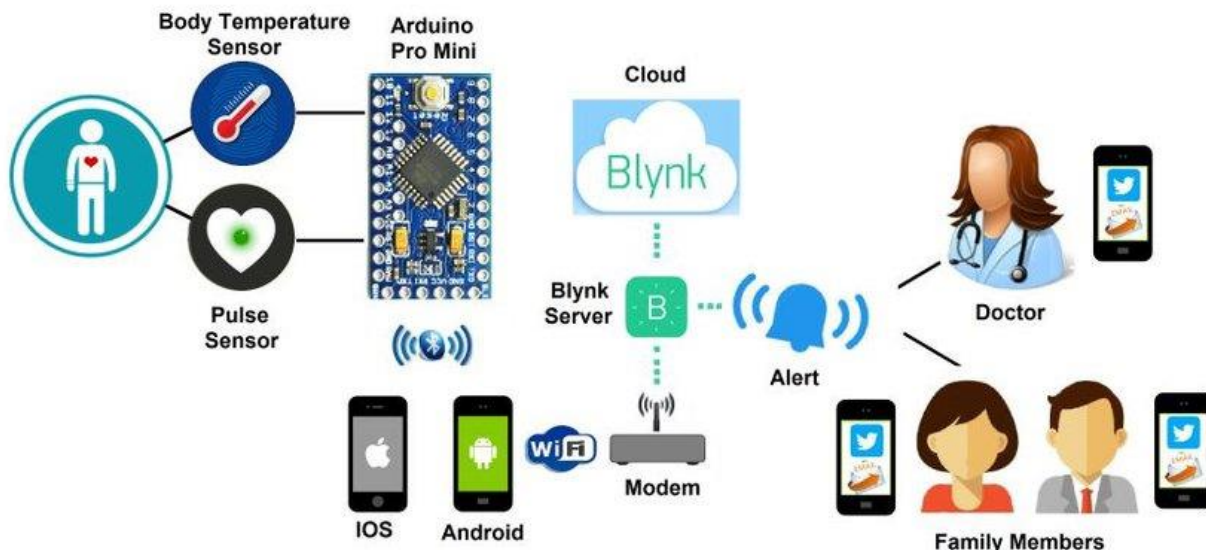


Рис. 3.17. Структура системи

Для віддаленого керування апаратним забезпеченням, відображення та зберігання даних датчиків, а також їх візуалізації використовується "хмарний" сервіс Blynk [38].

В якості середовища розробки було обрано Blynk.Apps. Ця платформа надає нативні мобільні додатки для операційних систем iOS та Android, що забезпечують дистанційне керування підключеними пристроями та візуалізацію отриманих від них даних.

Функціонування додатку реалізується у двох основних режимах:

1. Режим розробника

Основне призначення режиму розробника полягає у створенні та редагуванні **графічного інтерфейсу користувача (GUI)** мобільної інформаційної панелі, що призначена для конкретного шаблону пристрою. Мобільний дашборд формується за допомогою **віджетів** – модульних елементів інтерфейсу, які можуть бути розміщені на робочому полотні. Кожен віджет виконує специфічну функцію (наприклад, кнопка, повзунок, графік) та має індивідуальні налаштування, що залежать від його функціональності.

2. Режим кінцевого користувача

Цей режим призначений як для виробників, так і для кінцевих користувачів. Його фокус зосереджений на перегляді та керуванні пристроями, налаштуванні автоматизації та отриманні сповіщень. Взаємодія відбувається

					ІТС.4КІ.0325.03-ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		73

через віджети та додаткові екрани, що містять актуальну інформацію про дані, які встановлюються, надсилаються або отримуються з **Blynk.Cloud** та безпосередньо з пристроїв.

За допомогою цієї платформи графічний інтерфейс для проєктів можна розробити за дуже короткий час, використовуючи лише віджети, без необхідності писати будь-який код. На рисунку 6 показано деякі віджет-бокси від Blynk. Такі віджети, як таймер, дисплей, джойстик, датчик, електронна пошта, Twitter, GPS та датчик наближення, надають додаткам велику гнучкість.

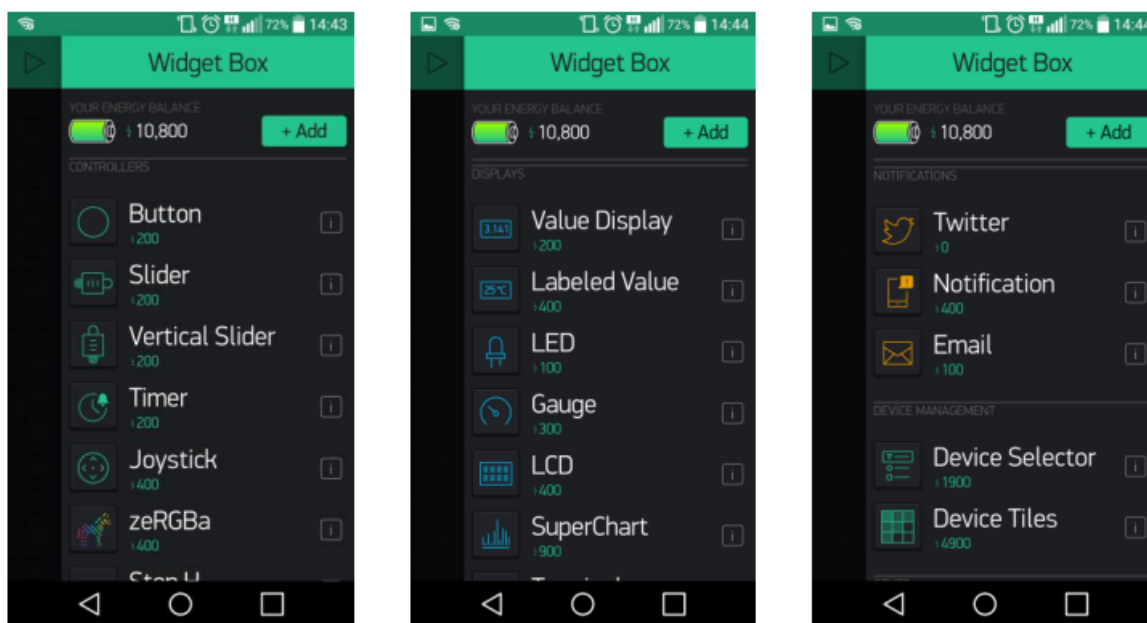


Рис. 3.18. Віджет-бокси розробника Blynk

Код для коректної роботи з Blynk:

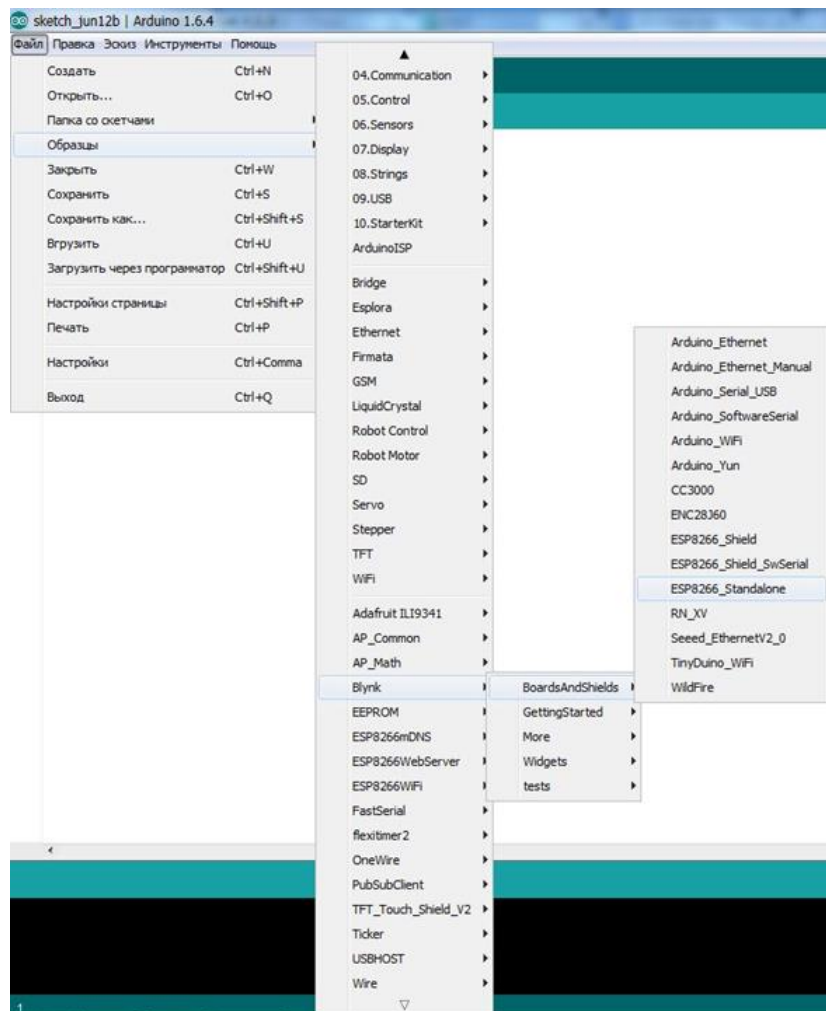


Рис. 3.19. Зв'язок в Arduino IDE з BLYNK

Blynk is a platform with iOS and Android apps to control ESP32, Arduino, Raspberry Pi and the likes over the Internet. You can easily build mobile and web interfaces for any projects by simply dragging and dropping widgets.

Downloads, docs, tutorials: <https://www.blynk.io>

Sketch generator: <https://examples.blynk.cc>

Blynk community: <https://community.blynk.cc>

Follow us: <https://www.fb.com/blynkapp>

https://twitter.com/blynk_app

Blynk library is licensed under MIT license

This example code is in public domain.

This example runs directly on ESP32 chip.

NOTE: This requires ESP32 support package:

<https://github.com/espressif/arduino-esp32>

Please be sure to select the right ESP32 module
in the Tools -> Board menu!

Change WiFi ssid, pass, and Blynk auth token to run :)

Feel free to apply it to any other example. It's simple!

*****/

/* Comment this out to disable prints and save space */

#define BLYNK_PRINT Serial

/* Fill in information from Blynk Device Info here */

//#define BLYNK_TEMPLATE_ID "TMPxxxxxx"

//#define BLYNK_TEMPLATE_NAME "Device"

//#define BLYNK_AUTH_TOKEN "YourAuthToken"

#include <WiFi.h>

#include <WiFiClient.h>

#include <BlynkSimpleEsp32.h>

// Your WiFi credentials.

// Set password to "" for open networks.

char ssid[] = "YourNetworkName";

char pass[] = "YourPassword";

void setup()

{

 // Debug console

 Serial.begin(9600);

 Blynk.begin(BLYNK_AUTH_TOKEN, ssid, pass);

}

void loop()

{

 Blynk.run();

}

					ITC.4KI.0325.03-ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		76

Налаштування зв'язку між пристроєм та додатком Blynk відбувається через Bluetooth, а ідентифікація проєкту забезпечується унікальним кодом Blynk, що додається на початку програми:

```
char auth[] = "uOU wJ0Mhgb7kmSGr9XrWce2EjBV01T"; // Унікальний код для Blynk
```

Нижче наведено фрагмент коду, що демонструє передачу даних з датчиків у мобільний додаток:

```
Blynk.virtualWrite(V0, temperature);
```

```
Blynk.virtualWrite(V1, pressure);
```

```
Blynk.virtualWrite(V2, myBPM);
```

У цьому фрагменті також показана логіка управління відчиненням дверей через мобільний додаток:

```
int openthedoor = Blynk.virtualRead(V5);
```

```
if (openthedoor == 1) {
```

```
    if (radio.available()) {
```

```
        // Відсилаємо дані пристрою 2
```

```
        radio.stopListening();
```

```
        radio.write(data, 1);
```

```
    }
```

```
}
```

```
if (doorstate == 1) {
```

```
    emaildooropened();
```

```
}
```

Візуальне відображення цих процесів представлено на Рисунку 3.20.

					ІТС.4КІ.0325.03-ПЗ	Арк.
						77
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		



Рис. 3.20. Інтерфейс додатку Blynk

Висновки до розділу

У межах цього розділу було реалізовано ключові етапи розробки пристрою дистанційного моніторингу фізіологічного стану, спрямовані на усунення виявлених обмежень, підвищення надійності та розширення функціональних можливостей системи.

Насамперед, вирішено критичну проблему, пов'язану з недостатньою точністю детекції падінь, яка мала місце у початковій концепції. Для її подолання було спроектовано та інтегровано додатковий (другий) функціональний блок, який розміщується стаціонарно у приміщенні та працює синхронно з носимим модулем. Система на основі двох барометричних датчиків дозволяє більш точно визначати зміну висоти тіла користувача, що суттєво підвищує достовірність виявлення падіння та зменшує ймовірність хибнопозитивних спрацьовувань.

Було вдосконалено алгоритм функціонування основного (першого) функціонального блоку з урахуванням можливих сценаріїв неправильного розпізнавання подій. Запроваджено логіку, що дозволяє диференціювати реальні падіння від звичайних рухів, нахилів або випадкового жестикулювання, що покращує точність системи та забезпечує її стабільну роботу у щоденних умовах експлуатації.

					ІТС.4КІ.0325.03-ПЗ	Арк.
						78
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Для обох функціональних блоків розроблено електричні принципові схеми, які забезпечують основу для подальшого макетування та виготовлення друкованих плат.

Удосконалено й конструктивну частину пристрою — зокрема, змінено форму тривожної кнопки. Новий дизайн із заглибленою поверхнею дозволив знизити ризик випадкових натискань без втрати доступності у надзвичайних ситуаціях, що покращує ергономіку використання.

Крім того, створено комплексне програмне забезпечення в середовищі Arduino IDE, яке забезпечує збирання, попередню обробку та передачу даних з сенсорів. Інтеграція з мобільним додатком Blynk забезпечує віддалений доступ до моніторингу фізіологічного стану користувача, а також підтримку функції дистанційного керування — наприклад, відкривання електрозамка дверей у разі надзвичайної ситуації.

Таким чином, результати, отримані в цьому розділі, засвідчують успішне формування надійної, функціонально повної та користувацько - орієнтованої системи дистанційного моніторингу для потреб літніх людей. Отримані напрацювання створюють передумови для подальших кроків з удосконалення пристрою та його впровадження в практику догляду.

ВИСНОВКИ

У рамках цього дослідження було здійснено комплексний аналіз наукової літератури, що дозволило глибоко вивчити існуючі пристрої для моніторингу фізіологічного стану людей похилого віку та виявити їхні ключові недоліки. На основі цього аналізу було розроблено функціональну блок-схему пристрою та чітко визначено його функціонал.

Для реалізації основних можливостей пристрою були обрані специфічні датчики: PulseSensor для вимірювання пульсу та DPS310 для вимірювання температури та детекції падіння. Однак, у ході дослідження датчика DPS310 було виявлено значний недолік: один датчик атмосферного тиску не забезпечував достатньої точності для надійної детекції падінь. Цю проблему було успішно вирішено шляхом розробки додаткового функціонального блоку. Цей блок, завдяки використанню радіомодуля NRF24L01, забезпечує стабільний зв'язок з основним пристроєм, дозволяючи більш точно визначати зміни висоти.

Створення додаткового функціонального блоку також уможливило реалізацію нової, важливої функції: віддаленого відчинення дверей. Це дозволяє службам порятунку отримати доступ до приміщення в екстрених випадках (наприклад, коли швидка допомога прибула, але пацієнт не в змозі відчинити двері), значно підвищуючи безпеку літніх людей.

Програмне забезпечення пристрою було реалізовано в середовищі Arduino IDE, що забезпечує гнучкість та масштабованість. Для зручного віддаленого контролю та моніторингу даних було розроблено мобільний додаток на основі хмарного сервісу Blynk, який спеціально призначений для роботи з пристроями на платформі Arduino.

Таким чином, розроблений пристрій є комплексним, надійним та функціональним рішенням для віддаленого моніторингу фізіологічного стану людей похилого віку, що відповідає сучасним вимогам безпеки та зручності використання.

					ІТС.4КІ.0325.03-ПЗ		
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	ВИСНОВКИ		
Розроб.		Самойлова В.					
Керівник		Донченко В.Ю.					
Реценз.		Козуб Ю.Г.					
Н. Контр.							
Зав. каф.		Семенов М.А.					
					Літ.	Арк.	Акрушів
						80	1
					ЛНУ		
					Кафедра ІТС, Гр.4КІ		

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. ВООЗ констатує – людство 'старіє'. 2024. URL: <https://www.ukrinform.ua/rubric-culture/2549255-vooz-konstatuie-ludstvo-starie.html>
2. Kaplan D. B., Berkman B. J. Overview of Geriatric Care. MSD, 2016. С. 240–244.
3. Moore B. J., Stocks C., Owens P. L. Trends in emergency department visits, 2006–2014. HCUP Statistical Brief №227. Agency for Healthcare Research and Quality, 2017.
4. Загальне уявлення про монітори пацієнта. Як вибрати? 2023. URL: <https://cordismed.ru/monitory-pacienta/obshee-predstavlenie-monitorov-pacienta.html>
5. Mhealth spotlight: Lively senior medical alert system. 2019. URL: <https://blog.evisit.com/mhealth-spotlight-lively-senior-medical-alert-system>
6. Bay alarm medical. 2019. URL: <https://www.bayalarmmedical.com/medical-alert-system/>
7. GSMIN B11. 2024. URL: https://gsmin.ru/catalog/krasota_i_zdorove/umnye_chasy_i_braslety/braslety_s_knopkoy_sos/braslet_s_knopkoy_sos_dlya_pozhilykh_lyudey_gsmin_sb11_chernyy/
8. Comarch Wristband. 2024. URL: <https://www.comarch.com/healthcare/products/remote-medical-care/remote-care-services/e-careband/>
9. Coronavirus: People-tracking wristbands tested to enforce lockdown. 2022. URL: <https://www.bbc.com/news/technology-52409893>

					ІТС.4КІ.0325.03-ПЗ				
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	ВИСНОВКИ	Лім.	Арк.	Акрушів	
Розроб.		Самойлова В.							
Керівник		Донченко В.Ю.					81	5	
Реценз.		Козуб Ю.Г.				ЛНУ Кафедра ІТС, Гр.4КІ			
Н. Контр.									
Зав. каф.		Семенов М.А.							

10. Lim D., Park C., Kim N. H., Kim S.-H., Yu Y. S. Fall-Detection Algorithm Using 3-Axis Acceleration: Combination with Simple Threshold and Hidden Markov Model. Advanced Mathematics and Numerical Modeling of IoT (Internet of Things).
11. Emergency Fall Notifier With Panic Button. 2016. URL: <https://www.instructables.com/id/Emergency-Fall-Notifier-Cum-Panic-Button/>
12. Liu C. Wearable Fall Detection using Barometric Pressure Sensing. Mituniversitet.
13. Arduino Comparison Guide. 2018. URL: <https://learn.sparkfun.com/tutorials/arduino-comparison-guide/atmega328-boards>
14. DPS310-Pressure-Sensor. URL: <https://github.com/Infineon/DPS310-Pressure-Sensor>
15. DPS310. 2018. URL: <https://www.infineon.com/dgdl/Infineon-DPS310-DataSheet>
16. Датчик тиску та температури BMP180. 2018. URL: https://roboshop.spb.ru/index.php?route=product/product/download&product_id=131&download_id=225
17. Барометричний датчик тиску та температури BMP180. 2017. URL: <https://www.arduinka.top/product/barometrisheskij-datchik-davleniya-i-temperature-bmp180>
18. Pulse sensor. 2017. URL: <https://components101.com/sensors/pulse-sensor>
19. TP4056. 2018. URL: <https://micropi.ru/tp4056%D0%BC%D0%BE%D0%B4%D1%83%D0%BB%D1%8C-%D0%B7%D0%B0%D1%80%D1%8F%D0%B4%D0%BA%D0%B8-li-ion/>
20. HC-05. 2016. URL: <https://3d-diy.ru/wiki/arduino-moduli/bluetooth-modul-hc-05/>

21. HC-05 and HC-06 zs-040 Bluetooth modules. First Look. 2014. URL:
<http://www.martyncurrey.com/hc-05-and-hc-06-zs-040-bluetooth-modules-first-look/>
22. HC-06 Bluetooth Module. 2017. URL:
<https://components101.com/wireless/hc-06-bluetooth-module-pinout-datasheet>
23. ESP8266 WiFi Module. 2018. URL:
<https://www.electronicwings.com/sensors-modules/esp8266-wifi-module>
24. NRF24L01. 2016. URL: http://zi-z.ru/docs/modules/info_NRF24L01.pdf
25. NRF24L01 2.4 ГГц радио/беспроводные передатчики и Arduino. 2016. URL: http://zi-z.ru/docs/modules/info_NRF24L01.pdf
26. Феномен Blynk и его альтернативы. 2016. URL:
<https://blog.kvv213.com/2017/02/fenomen-blynk-i-ego-al-ternativy/>
27. Технічна документація BLYNK. 2019. URL:
<https://shoorik007.github.io/#sharing-shared-access-to-your-hardware>
28. Blynk: простое управление Raspberry и Arduino. 2015. URL:
<https://lifel hacker.ru/blynk/>
29. Shared access. 2018. URL: <https://community.blynk.cc/t/shared-access/21163>
30. USB Программатор UART CP2102. 2015. URL:
<https://iarduino.ru/shop/programmers/usb-programmator-uart-cp2102-podhodit-dlya-arduino-pro-mini.html>
31. Ashton, K, That ‘internet of things’ thing, RFID journal, 2009, 22(7), 97-114.
32. Gubbi, J., Buyya, R., Marusic, S., Palaniswami, M, Internet of Things (IoT): A vision, architectural elements, and future directions, Future generation computer systems, 2013, 29(7), 1645-1660.
33. Evans, D., The internet of things: How the next evolution of the internet is changing everything, CISCO white paper, 2011, 1, 1-11.

- 34.Zanella, A., Bui, N., Castellani, A., Vangelista, L., Zorzi, M., Internet of things for smart cities, IEEE Internet of Things journal, 2014, 1(1), 22-32.
- 35.Ejaz, W., Naeem, M., Shahid, A., Anpalagan, A., Jo, M., Efficient energy management for the internet of things in smart cities, IEEE Communications Magazine, 2017, 55(1), 84- 91.
- 36.Rahmani, A. M., Gia, T. N., Negash, B., Anzanpour, A., Azimi, I., Jiang, M., Liljeberg, P., Exploiting smart e-Health gateways at the edge of healthcare Internet-of-Things: A fog computing approach, Future Generation Computer Systems, 2018, 78, 641- 658.
- 37.Thibaud, M., Chi, H., Zhou, W., Piramuthu, S., Internet of Things (IoT) in high-risk Environment, Health and Safety (EHS) industries: A comprehensive review, Decision Support Systems, 2018, 108, 79-95.
- 38.Ayón, C., Unpacking Immigrant Health: Policy, Stress, and Demographics, Race and Social Problems, 2018, 1-3.
- 39.Chaudhary, R., Jindal, A., Aujla, G. S., Kumar, N., Das, A. K., Saxena, N., LSCSH: Lattice-Based Secure Cryptosystem for Smart Healthcare in Smart Cities Environment, IEEE Communications Magazine, 2018, 56(4), 24-32.
- 40.Abdullah, A., Ismael, A., Rashid, A., Abou-ElNour, A., Tarique, M., Real time wireless health monitoring application using mobile devices, International Journal of Computer Networks & Communications, 2015, 7(3), 13-30.
- 41.Kakria, P., Tripathi, N. K., Kitipawang, P., A real-time health monitoring system for remote cardiac patients using smartphone and wearable sensors, International journal of telemedicine and applications, 2015, 8.
- 42.Majumder, S., Mondal, T., Deen, M. J., Wearable sensors for remote health monitoring, Sensors, 2017, 17(1), 130.
- 43.Saha, J., Saha, A. K., Chatterjee, A., Agrawal, S., Saha, A., Kar, A., Saha, H. N., Advanced IOT based combined remote health monitoring, home automation and alarm system. In Computing and Communication Workshop and Conference, IEEE 8th Annual, 2018, pp 602-606.

44. Kalid, N., Zaidan, A. A., Zaidan, B. B., Salman, O. H., Hashim, M., Muzammil, H., Based Real Time Remote Health Monitoring Systems: A Review on Patients Prioritization and Related "Big Data" Using Body Sensors information and Communication Technology, Journal of medical systems, 2018, 42(2), 30.
45. Patel, S., Park, H., Bonato, P., Chan, L., Rodgers, M., A review of wearable sensors and systems with application in rehabilitation, Journal of neuroengineering and rehabilitation, 2012, 9(1), 21.
46. Yang, Z., Zhou, Q., Lei, L., Zheng, K., Xiang, W., An IoT-cloud based wearable ECG monitoring system for smart healthcare, Journal of medical systems, 2016, 40(12), 286.
<https://www.murata.com/~media/webrenewal/support/library/>

ДОДАТОК А

Програмний код ініціалізації датчиків

```
PulseSensorPlayground pulseSensor; // Створюємо об'єкт "pulseSensor" float
temperature; //змінна температури

float pressure; //змінна атмосферного тиску

int myBPM = pulseSensor.getBeatsPerMinute(); //отримуємо дані
сердцебиття за допомогою бібліотеки
pulsesensorplayground

if (pulseSensor.sawStartOfBeat()) { Serial.println("      A HeartBeat Happened
! ");

Serial.print("BPM: "); // визначаємо дані пульсу в ударах на хвилину
Serial.println(myBPM);//

Dps310PressureSensor.measureTempOnce(temperature); //змір температури
Dps310PressureSensor.measurePressureOnce(pressure); //змір атмосферного
тиску

Обмін даними між функціональним блоком 1 і функціональним блоком 2
//якщо доступні дані радіоканалу з функціонального блоку 1, читаємо
if( radio.available() ){
radio.read (openthedoor) ); if(openthedoor == 1){
digitalWrite(10, LOW); //відчиняємо двері
radio.write(doorstate);
}
}

Dps310PressureSensor.measurePressureOnce(pressure); //змір атмосферного
тиску

radio.stopListening ();

radio.write(pressure); // Відправляємо дані на перший блок
```

					ІТС.4КІ.0325.03-ПЗ							
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата								
Розроб.		Самойлова В.			ДОДАТОК А			Літ.	Арк.	Акрушіє		
Керівник		Донченко В.Ю.								86	1	
Реценз.		Козуб Ю.Г.						ЛНУ Кафедра ІТС, Гр.4КІ				
Н. Контр.												
Зав. каф.		Семенов М.А.										

ДОДАТОК Б

Код надсилання для Arduino

```
// SimpleTx - головний або передавач

#включити <SPI.h>

#include <nRF24L01.h>

#включити <RF24.h>

#визначити CE_PIN 8

#визначити CSN_PIN 10

const byte slaveAddress[5] = {'R','x','A','A','A'};

RF24 радіо(CE_PIN, CSN_PIN); // Створення радіо

char dataToSend[10] = "Повідомлення 0";

char txNum = '0';

беззнаковий довгий струмМіліс;

беззнаковий довгий попереднійМіліс;

unsigned long txIntervalMillis = 1000; // надсилати один раз на секунду

//=====

недійсний надсилання() {

    bool rslt;

    rslt = radio.write(&даніДляНадсилання, розмір(даніДляНадсилання));

    // Завжди використовуйте sizeof(), оскільки він повертає розмір у вигляді
    кількості байтів.

    // Наприклад, якщо dataToSend було цілим числом, sizeof() коректно
    поверне 2

    Serial.print("Надіслані дані");

    Serial.print(даніДляНадсилання);

    якщо (rslt) {
```

					ІТС.4КІ.0325.03-ПЗ									
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	ДОДАТОК Б					Лім.	Арк.	Акрушів		
Розроб.		Самойлова В.											87	4
Керівник		Донченко В.Ю.								ЛНУ Кафедра ІТС, Гр.4КІ				
Реценз.		Козуб Ю.Г.												
Н. Контр.														
Зав. каф.		Семенов М.А.												

```

        Serial.println("Підтвердження отримано");
        оновленняПовідомлення();
    }
    інше {
        Serial.println("Помилка передачі");
    }
}
//=====
недійсний updateMessage() {
    // щоб ви могли бачити, що надсилаються нові дані
    txNum += 1;
    якщо (txNum > '255') {
        Номер_передачі = '0';
    }
    даніДляНадсилення[8] = txNum;
}
недійсне налаштування() {
    Serial.begin(9600);
    Serial.println("Початок SimpleTx");
    радіо.begin();
    радіо.setDataRate( RF24_250KBPS );
    радіо.setRetries(3,5); // затримка, кількість
    радіо.openWritingPipe(адресаробника);
}
//=====
недійсний цикл() {
    поточнаМіліс = міліс();
    якщо (currentMillis - prevMillis >= txIntervalMillis) {
        надіслати();
    }
}

```

					ІТС.4КІ.0325.03-ПЗ	Арк.
						88
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

```

    попереднійМіліс = міліс();
}
}

```

Отримання коду для Arduino

```

#включити <SPI.h>
#include <nRF24L01.h>
#включити <RF24.h>
#визначити CE_PIN 8
#визначити CSN_PIN 10
const byte thisSlaveAddress[5] = {'R','x','A','A','A'};
Радіоприймач RF24 (CE_PIN, CSN_PIN);
char dataReceived[10]; // це має відповідати dataToSend у переданому
повідомленні
bool newData = false;
//=====
недійсний getData() {
    якщо (радіо.доступно()) {
        radio.read(&даніОтримані, розмір(даніОтримані));
        newData = true;
    }
}
недійсний показДаних() {
    якщо (newData == true) {
        Serial.print("Дані отримано");
        Serial.print(отримані дані);
        Serial.print("- Лічильник ");
        лічильник цілих чисел = отримані дані[8];
        Serial.println(лічильник);
        newData = false;
    }
}

```

					<i>ІТС.4КІ.0325.03-ПЗ</i>	Арк.
						89
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

```

}

//=====================================================

недійсне налаштування() {
    Serial.begin(9600);
    Serial.println("Запуск SimpleRx");
    радіо.begin();
    radio.setDataRate( RF24_250KBPS );
    radio.openReadingPipe(1, ця адреса веденого сервера);
    радіо.початиСлухання();
}

//=====================================================

недійсний цикл() {
    отриматиДані();
    показатиДані();
}

```

					ІТС.4КІ.0325.03-ПЗ	Арк.
						90
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

ДОДАТОК В

Arduino код для вимірювання пульсу

```
// ВИВІД ЗНАЧЕНЬ ПУЛЬСУ В МОНІТОР ПОРТУ: //
#include <iarduino_SensorPulse.h> // підключаємо
бібліотеку для роботи з датчиком пульсу

iarduino_SensorPulse Pulse(A5); // Підключаємо
сенсор до 5 аналогового входу. Допускається вказати ще один вивід як другий
параметр.

// На другому
виводі бібліотека буде встановлювати «1» протягом 100 мс після піку пульсу.

void setup() { //
    Serial.begin(9600); // Ініціюємо
зв'язок із монітором послідовного порту на швидкості 9600 біт/с.
    Pulse.begin(); // Ініціюємо
роботу з датчиком пульсу.
} //

void loop() { //
    if(Pulse.check(ISP_VALID)==ISP_CONNECTED) { // Можливі
значення: ISP_DISCONNECTED, ISP_CONNECTED, ISP_CHANGED.
        Serial.println("Датчик підключено!"); // Виводимо
повідомлення.
        while(Pulse.check(ISP_VALID)==ISP_CONNECTED) { // Виконуємо
цикл, поки стан датчика пульсу дорівнює ISP_CONNECTED.
            if(Pulse.check(ISP_BEEP)==0) { // Перевіряємо
кількість децисекунд після піку пульсу.
                Serial.println(Pulse.check(ISP_PULSE)); // Виводимо
середнє значення пульсу (ударів за хвилину).
                delay(100); // Затримка 100
мс, щоб уникнути дублювання одного удару пульсу.
            } //
        } //
    }else{ // Якщо стан
датчика пульсу не ISP_CONNECTED.
        Serial.println("Сенсор відключено!"); // Виводимо
повідомлення.
        while(Pulse.check(ISP_VALID)!=ISP_CONNECTED) { // Чекаємо поки
сенсор знову підключиться.
            delay(1000); // Затримка 1
секунда – зменшує кількість хибних визначень.
```

					ІТС.4КІ.0325.03-ПЗ					
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата						
Розроб.		Самойлова В.			ДОДАТОК В			Літ.	Арк.	Акрушів
Керівник		Донченко В.Ю.							91	2
Реценз.		Козуб Ю.Г.						// ЛНУ		
Н. Контр.								Кафедра ІТС, Гр.4КІ		
Зав. каф.		Семенов М.А.								

```

    }
}
/* У бібліотеці всього 2 функції: begin() і check().
* Функція check() повертає значення uint16_t:
* Pulse.check(ISP_ANALOG); - 0...1024 - Дані з аналогового входу.
* Pulse.check(ISP_PULSE); - 0...999 - Пульс (ударів за хвилину).
* Pulse.check(ISP_BEEP); - 0...2621 - Десяті частки секунди після
останнього піку пульсу.
* Pulse.check(ISP_VALID); - стан: - ISP_DISCONNECTED - сенсор
відключено.
*                               ISP_CONNECTED - сенсор підключено.
*                               ISP_CHANGED - стан сенсора
змінився.
*/

```

					ITC.4KI.0325.03-ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		92