

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

на здобуття освітнього ступеня

бакалавр

(назва освітнього ступеня)

на тему: *Портативна комп'ютеризована система моніторингу показників
серцевої діяльності людини*

Виконав(ла): студент(ка) 4 курсу, групи СІс-41
спеціальності 123 «Комп'ютерна інженерія»

(шифр і назва спеціальності)

	<u>Куляс І.І.</u> (підпис)	<u>Куляс І.І.</u> (прізвище та ініціали)
Керівник	<u>Паламар А.М.</u> (підпис)	<u>Паламар А.М.</u> (прізвище та ініціали)
Нормоконтроль	<u>Луцик Н.С.</u> (підпис)	<u>Луцик Н.С.</u> (прізвище та ініціали)
Завідувач кафедри	<u>Осухівська Г.М.</u> (підпис)	<u>Осухівська Г.М.</u> (прізвище та ініціали)
Рецензент	<u></u> (підпис)	<u></u> (прізвище та ініціали)

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

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

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

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри

Осухівська Г.М.
(підпис) (прізвище та ініціали)

«___» _____ 2023 р.

ЗАВДАННЯ
НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ

на здобуття освітнього ступеня бакалавр
(назва освітнього ступеня)

за спеціальністю 123 «Комп'ютерна інженерія»
(шифр і назва спеціальності)

студенту Кулясу Івану Івановичу
(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи Портативна комп'ютеризована система моніторингу показників
серцевої діяльності людини

Керівник роботи Паламар Андрій Михайлович, к.т.н.
(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

Затверджені наказом ректора від «28» лютого 2023 року № 4/7-237

2. Термін подання студентом завершеної роботи 16.06.2023 р.

3. Вихідні дані до роботи Технічне завдання

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

Вступ

1. Аналіз технічного завдання

2. Проектна частина

3. Практична частина

4. Безпека життєдіяльності, основи охорона праці

Висновки

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

1. Архітектура системи моніторингу показників серцевої діяльності людини

2. Структурна схема пристрою моніторингу

3. Схема електрична принципова пристрою

4. Результати тестування системи

6. Консультанти розділів роботи

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
<i>Безпека життєдіяльності, основи охорони праці</i>	<i>проф. каф. МТ Пилипець М.І.</i>		

7. Дата видачі завдання 28.02.2023 р.

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів роботи	Термін виконання етапів роботи	Примітка
1	<i>Розробка та затвердження технічного завдання</i>	<i>28.02 – 05.03</i>	<i>Виконано</i>
2	<i>Аналіз технічного завдання та обґрунтування можливих рішень</i>	<i>06.03 – 12.03</i>	<i>Виконано</i>
3	<i>Розробка структурної та функціональної схеми</i>	<i>13.03 – 20.03</i>	<i>Виконано</i>
4	<i>Розробка схеми електричної принципної, вибір елементної бази</i>	<i>21.03 – 31.03</i>	<i>Виконано</i>
5	<i>Розробка програмного забезпечення для проекрованої системи</i>	<i>01.04 – 05.05</i>	<i>Виконано</i>
6	<i>Опрацювання питань розділу «Безпека життєдіяльності, основи охорони праці»</i>	<i>06.05 – 12.05</i>	<i>Виконано</i>
7	<i>Оформлення пояснювальної записки кваліфікаційної роботи</i>	<i>13.05 – 01.06</i>	<i>Виконано</i>
8	<i>Оформлення графічної частини</i>	<i>02.06 – 11.06</i>	<i>Виконано</i>
9	<i>Попередній захист кваліфікаційної роботи бакалавра</i>	<i>12.06 – 16.06</i>	<i>Виконано</i>
10	<i>Захист кваліфікаційної роботи бакалавра</i>	<i>19.06 – 23.06</i>	

Студент

_____ (підпис)

Куляс І.І.

_____ (прізвище та ініціали)

Керівник роботи

_____ (підпис)

Паламар А.М.

_____ (прізвище та ініціали)

АНОТАЦІЯ

Портативна комп'ютеризована система моніторингу показників серцевої діяльності людини // Кваліфікаційна робота бакалавра // Куляс Іван Іванович // Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя, факультет комп'ютерно-інформаційних систем і програмної інженерії, кафедра комп'ютерних систем та мереж, група СІс-41 // Тернопіль, 2023 // с. – 76, рис. – 35, табл. – 3, аркушів А1 – 4, бібліогр. – 26.

Ключові слова: КОМП'ЮТЕРИЗОВАНА СИСТЕМА, ДАВАЧ, СЕРЦЕВИЙ РИТМ, МІКРОКОНТРОЛЕР, ПРОГРАМНЕ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ.

Кваліфікаційна робота присвячена розробці системи, яка дозволяє здійснювати моніторинг показників серцевої діяльності людини. В результаті огляду та аналізу сучасних комп'ютеризованих засобів для контролю серцевої діяльності показано, що одним з найперспективніших напрямків є розробка системи з використанням безпроводних технологій передачі даних. В роботі синтезована структурна схема системи для моніторингу показників серцевої діяльності людини. Описується процес розробки схеми електричної принципової керуючого модуля. Здійснюється обґрунтування вибору елементної бази. Приведений опис та позначення обраних елементів, пояснюється принцип їх функціонування та особливості підключення до схеми. Приведений алгоритм роботи програми для системи та написано програмне забезпечення. Виконано тестування розробленої системи, яке показало її ефективність.

ANNOTATION

Portable computerized system of human heart activity indices monitoring // Bachelor thesis // Kulas Ivan // Ternopil Ivan Puluj National Technical University, Faculty of Computer Information System and Software Engineering, Department of Computer Systems and Networks, group CIs-41 // Ternopil, 2023 // p. – 76, fig. – 35, table. – 2, sheets A1 – 4, ref. – 26.

Key words: COMPUTERIZED SYSTEM, TRANSDUCER, HEART RHYTHM, MICROCONTROLLER, SOFTWARE.

The qualification work is devoted to the development of a system that enables monitoring of human cardiac activity indicators. Through the review and analysis of modern computerized tools for cardiac activity control, it has been demonstrated that one of the most promising directions is the development of a system using wireless data transmission technologies. In the work, a structural diagram of the system for monitoring human cardiac activity is synthesized. The process of developing the schematic diagram of the control module is described. The justification for the selection of the component base is provided. The description and designation of the selected components are presented, explaining their principles of operation and peculiarities of connection to the circuit. The algorithm of the program operation for the system is provided, and the software is developed. Testing of the developed system has been carried out, demonstrating its effectiveness.

ЗМІСТ

СПИСОК СКОРОЧЕНЬ.....	7
ВСТУП.....	8
РОЗДІЛ 1 АНАЛІЗ ТЕХНІЧНОГО ЗАВДАННЯ	10
1.1 Аналіз вимог до проєктованої системи.....	10
1.2 Аналіз можливих рішень поставленого завдання	12
1.2.1 Порівняльний аналіз систем моніторингу показників серцевої діяльності людини.....	12
1.2.2 Бездротові технології в системах моніторингу показників серцевої діяльності людини.....	13
1.3 Огляд існуючих систем моніторингу ПСД людини	15
1.3.1 Оптичний давач серцевого ритму Polar OH1	15
1.3.2 Система моніторингу ЕКГ ECGpro EP800 Holter	16
1.3.3 Монітор ЕКГ KardiaMobile	17
1.3.4 Результати порівняльного аналізу систем моніторингу показників серцевої діяльності людини.....	18
РОЗДІЛ 2 ПРОЕКТНА ЧАСТИНА	19
2.1 Синтез структурної схеми системи моніторингу показників серцевої діяльності людини.....	19
2.2 Реалізація апаратної частини комп'ютеризованої системи моніторингу показників серцевої діяльності людини.....	22
2.2.1 Опис платформи ESP32 WROOM	22
2.2.2 Опис модуля AD8232 для зняття електрокардіограми (ЕКГ).....	25
2.2.3 Опис давача серцевого ритму SEN-11574.....	27
2.2.4 Опис OLED-дисплея	28
2.2.5 Опис генератора звукових сигналів	31

					КС КРБ 123.353.00.00 ПЗ			
<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>				
<i>Розробив</i>		<i>Куляс І.І.</i>			<i>Портативна комп'ютеризована система моніторингу показників серцевої діяльності людини</i>	<i>Лім.</i>	<i>Арк.</i>	<i>Акрушіє</i>
<i>Перевірів</i>		<i>Паламар А.М.</i>				5	76	
<i>Рецензент</i>						<i>ТНТУ, каф. КС, гр. СІс-41</i>		
<i>Н. Контр.</i>		<i>Луцик Н.С.</i>						
<i>Зав. каф.</i>		<i>Осухівська Г.М.</i>						

2.3	Опис схеми електричної принципової портативного пристрою для моніторингу показників серцевої діяльності людини	32
2.4	Обґрунтування вибору середовища розробки ПЗ для реалізації системи моніторингу показників серцевої діяльності людини	33
РОЗДІЛ 3 ПРАКТИЧНА ЧАСТИНА		35
3.1	Алгоритм роботи системи моніторингу показників серцевої діяльності людини	35
3.2	Налаштування середовища розробки програмного забезпечення.....	38
3.3	Реалізація програмного забезпечення для проєктованої системи	39
3.4	Налаштування мобільного додатку Bluetooth Graphics.....	44
3.5	Тестування системи моніторингу показників серцевої діяльності людини.....	47
РОЗДІЛ 4 БЕЗПЕКА ЖИТТЄДІЯЛЬНОСТІ, ОСНОВИ ОХОРОНИ ПРАЦІ		51
4.1	Долікарська допомога при ураженні електричним струмом	51
4.2	Вплив електромагнітних полів на людину та заходи щодо зменшення їх впливу на обслуговуючий персонал	53
ВИСНОВКИ		57
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ		58
Додаток А Технічне завдання.....		62
Додаток Б Перелік елементів		71
Додаток В Лістинг програми.....		73

					<i>КС КРБ 123.353.00.00 ПЗ</i>	Арк.
						6
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

СПИСОК СКОРОЧЕНЬ

АЦП – аналого-цифровий перетворювач;

ЕКГ – електрокардіограма;

ЕМП – електромагнітне поле;

КС – комп'ютеризована система;

МК – мікроконтролер;

МСЗ – моніторинг стану здоров'я;

ОС – операційна система;

ПЗ – програмне забезпечення;

ПК – персональний комп'ютер;

ПСД – показники серцевої діяльності;

СМ – система моніторингу;

ССЗ – серцево-судинні захворювання;

ССС – серцево-судинна система;

ТЗ – технічне завдання;

ЧСС – частота серцевих скорочень;

ІоТ – Internet of Things.

					КС КРБ 123.353.00.00 ПЗ	Арк.
						7
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

ВСТУП

Серцево-судинні захворювання (ССЗ) є одними з основних причин смертності у світі. Наукові дослідження у сфері кардіології неперервно розвиваються, сприяючи появі новітніх методів діагностики різних ССЗ і дозволяючи боротися з ними раніше ніж виникнуть серйозні проблеми. Однак, традиційна медицина зазвичай застосовує реактивний підхід, коли пацієнти звертаються до лікарів вже з вираженими симптомами захворювання. Сучасна медицина відзначається глобальним трендом, який полягає у переході до профілактичного, персоналізованого та прогностичного підходу, що передбачає регулярний моніторинг стану здоров'я людини навіть до появи ранніх симптомів захворювання.

Контроль показників діяльності серця людини є важливим етапом для діагностики і лікування цих захворювань. Портативна комп'ютеризована система моніторингу показників серцевої діяльності (ПСД) людини може відігравати значну роль у ранньому виявленні аномалій та постійному нагляді за станом серця пацієнтів з хронічними хворобами чи під час реабілітації.

Актуальність розробки такої системи полягає в тому, що традиційні методи моніторингу серцевої діяльності зазвичай вимагають госпіталізації пацієнта та використання складних та дорогих медичних пристроїв. Портативна система дозволить здійснювати моніторинг зручно і безпечно, надаючи можливість отримувати лікарям цінні дані для аналізу та діагностики.

Метою даної кваліфікаційної роботи є розробка портативної комп'ютеризованої системи моніторингу ПСД людини, яка буде забезпечувати точне вимірювання серцевого ритму та ЕКГ у реальному часі. Для досягнення поставленої мети необхідно вирішити такі задачі:

- здійснити огляд існуючих на ринку аналогів проєктованої системи;
- синтезувати структурну і електричну схему системи моніторингу ПСД людини та здійснити вибір компонентів, які необхідні для реалізації її апаратної частини;

					<i>КС КРБ 123.353.00.00 ПЗ</i>	Арк.
						8
<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		

- виконати розробку програмного забезпечення для реалізації всіх вимог до функціональних можливостей проєктованої системи;
- здійснити тестування розробленої системи з метою оцінки її ефективності та надійності.

Результати цієї роботи можуть мати велике значення для медичної галузі, дозволяючи розширити можливості моніторингу серцевої діяльності людини та забезпечити краще піклування про здоров'я пацієнтів.

					<i>КС КРБ 123.353.00.00 ПЗ</i>	Арк.
						9
<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		

РОЗДІЛ 1 АНАЛІЗ ТЕХНІЧНОГО ЗАВДАННЯ

1.1 Аналіз вимог до проєктованої системи

Відповідно до технічного завдання (ТЗ), основною задачею системи моніторингу (СМ) показників серцевої діяльності людини є забезпечення точного та швидкого вимірювання та аналізу основних показників роботи серця в реальному часі. Для цього, система повинна відповідати певним вимогам:

- точність вимірювання: система моніторингу повинна забезпечувати точне вимірювання основних показників роботи серця, зокрема, частоти серцевих скорочень (ЧСС), відображення кривої ЕКГ;
- швидкість вимірювання: система моніторингу повинна бути здатна швидко зчитувати основні ПСД та забезпечувати швидкий доступ до результатів вимірювань;
- надійність: СМ ПСД людини повинна бути надійною та стійкою до зовнішніх факторів, які впливають на якість вимірювання, таких як шум, перешкоди та електромагнітні інтерференції;
- зручність використання: система не має заважати звичайним рухам людини. Вона повинна легко налаштовуватись та експлуатуватись;
- сумісність з іншими пристроями: СМ ПСД людини має бути сумісною з різними пристроями, які можуть використовуватись для зберігання та відображення даних, такими як ПК, планшети, смартфони;
- безпека: система повинна забезпечувати безпеку та захист персональних даних користувачів;
- мобільність: система повинна бути портативною та мобільною, щоб забезпечувати моніторинг серцевої діяльності людини в різних умовах.

					КС КРБ 123.353.00.00 ПЗ			
<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>				
<i>Розробив</i>		Куляс І.І.			Аналіз технічного завдання	<i>Літ.</i>	<i>Арк.</i>	<i>Акрушіє</i>
<i>Перевірів</i>		Паламар А.М.					10	9
<i>Рецензент</i>						ТНТУ, каф. КС, гр. СІс-41		
<i>Н. Контр.</i>		Луцик Н.С.						
<i>Зав. каф.</i>		Осухівська Г.М.						

Проаналізувавши вимоги до способів та засобів зв'язку між компонентами системи моніторингу ПСД людини, стає зрозуміло, що забезпечення надійної передачі інформації є ключовим фактором для реалізації коректного процесу збору та опрацювання даних. Тому, система повинна забезпечувати надійний та стійкий зв'язок між компонентами. Для цього проєктована система повинна використовувати як провідні, так і бездротові технології, щоб забезпечити безперервний обмін інформацією між давачами, мікроконтролером та засобами відображення.

Швидкість передачі повинна бути оптимальною для безперервного збору та надсилання інформації в реальному часі. Система повинна забезпечувати конфіденційність інформації, яка передаватиметься. Всі передані дані мають бути зашифровані та захищені.

Система повинна бути зручною для пацієнтів та медичного персоналу. Інтерфейс повинен бути інтуїтивно зрозумілим та легко доступним. Також, вона повинна бути сумісною з пристроями, що використовуються в медичній діагностиці, щоб забезпечити максимальну універсальність та ефективність використання.

Для правильного функціонування, система моніторингу ПСД людини повинна забезпечувати точність та стабільність вимірювання показників роботи серця. Тому вона повинна використовувати давачі, які прикріплюються до тіла, та модуль для збору даних від них. Крім того, система повинна зберігати та передавати дані до зовнішніх пристроїв, забезпечуючи при цьому безпеку інформації, що збирається.

Система повинна бути простою у використанні та налаштуванні, вона повинна володіти можливістю відображення даних на екрані та генерування звукових сигналів у випадку виявлення аномальної серцевої активності.

Комп'ютеризована система повинна працювати тривалий час без потреби у заміні батарей. Вона повинна бути портативною та переносною.

					КС КРБ 123.353.00.00 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		11

1.2 Аналіз можливих рішень поставленого завдання

1.2.1 Порівняльний аналіз систем моніторингу показників серцевої діяльності людини

Існують різні типи систем моніторингу ПСД людини. Нижче наведено порівняльний аналіз декількох таких систем.

Електрокардіографічна система (ЕКГ) – це одна з найпоширеніших систем моніторингу ПСД людини. Вона використовує електроди для реєстрації активності серця, що дозволяє оцінювати його роботу. Перевагами ЕКГ системи є її низька вартість та простота використання. Однак, вона не дозволяє моніторити ПСД у реальному часі, тому не є ідеальним варіантом для довготривалого моніторингу.

Також часто використовуються системи моніторингу серцевого ритму [1]. Вони складаються з невеликих пристроїв, які можуть бути вмонтовані у одяг людини. Такі системи використовуються для моніторингу серцевого ритму та виявлення аритмій. Їх перевагами є маленький розмір та можливість довготривалого моніторингу. Недоліком є висока вартість та обмежена функціональність.

Системи вимірювання кров'яного тиску використовуються для моніторингу артеріального тиску людини. Вони можуть бути автоматичними та здатні моніторити тиск в реальному часі. Перевагами є відносно низька вартість та наявність автоматичного режиму. Однак, вони не дозволяють вимірювати інші ПСД, такі як ЧСС тощо.

Іншим типом систем моніторингу ПСД є системи з використанням давачів, розташованих на тілі людини [2]. Ці системи складаються з сенсорів, які прикріплюються до шкіри і збирають дані про серцеву діяльність. Дані з сенсорів передаються бездротовими технологіями до мобільного пристрою або базової станції для збору та відображення інформації.

					КС КРБ 123.353.00.00 ПЗ	Арк.
						12
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Перевагами систем з використанням датчиків є те, що вони не обмежені терміном носіння і забезпечують неперервний моніторинг ПСД. Однак, ці системи можуть бути менш точними, оскільки вимірювання показників залежить від якості контакту між сенсором і шкірою, крім того користувач може відчувати дискомфорт при їх використанні.

Також існують системи моніторингу серцевої діяльності, які використовують вбудовані датчики в аксесуарах, наприклад, у розумних годинниках або браслетах. Ці системи можуть надавати інформацію про ПСД разом з іншими показниками, такими як кількість кроків, тривалість сну та інші. Однак, якість і точність цих систем може бути меншою, ніж у спеціалізованих системах моніторингу серцевої діяльності.

Отже, вибір конкретної системи моніторингу ПСД залежить від вимог користувача, а також від показників точності, зручності та функціональності.

1.2.2 Бездротові технології в системах моніторингу показників серцевої діяльності людини

Бездротові технології в системах моніторингу ПСД людини використовуються для передачі даних з датчиків до центрального сервера або пристрою, що їх обробляє та відображає. Застосування бездротових технологій у цих системах дозволяє:

- збільшити мобільність та зручність використання для користувачів;
- зменшити кількість провідників;
- збільшити швидкість передачі інформації.

Однією з найпоширеніших бездротових технологій, які застосовуються в системах моніторингу ПСД, є Bluetooth. Вона дозволяє передавати дані на відстані до 10 метрів, що є достатнім для використання в портативних пристроях моніторингу серцевої діяльності. Крім того, Bluetooth є досить енергоефективною

					<i>КС КРБ 123.353.00.00 ПЗ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		13

технологією, що дозволяє суттєво збільшити тривалість автономної роботи пристроїв.

Іншою бездротовою технологією, яка може використовуватися в системах моніторингу ПСД, є Wi-Fi. Вона дозволяє передавати дані до кількох сотень метрів та забезпечує високу швидкість передачі інформації. Однак, Wi-Fi має високий рівень енергоспоживання, що може скоротити тривалість автономної роботи пристроїв.

Також застосовуються бездротові мережі типу ZigBee, Thread або NFC, які мають певні особливості та обмеження у використанні. Вибір конкретної бездротової технології залежить від потреб та вимог до системи моніторингу ПСД людини.

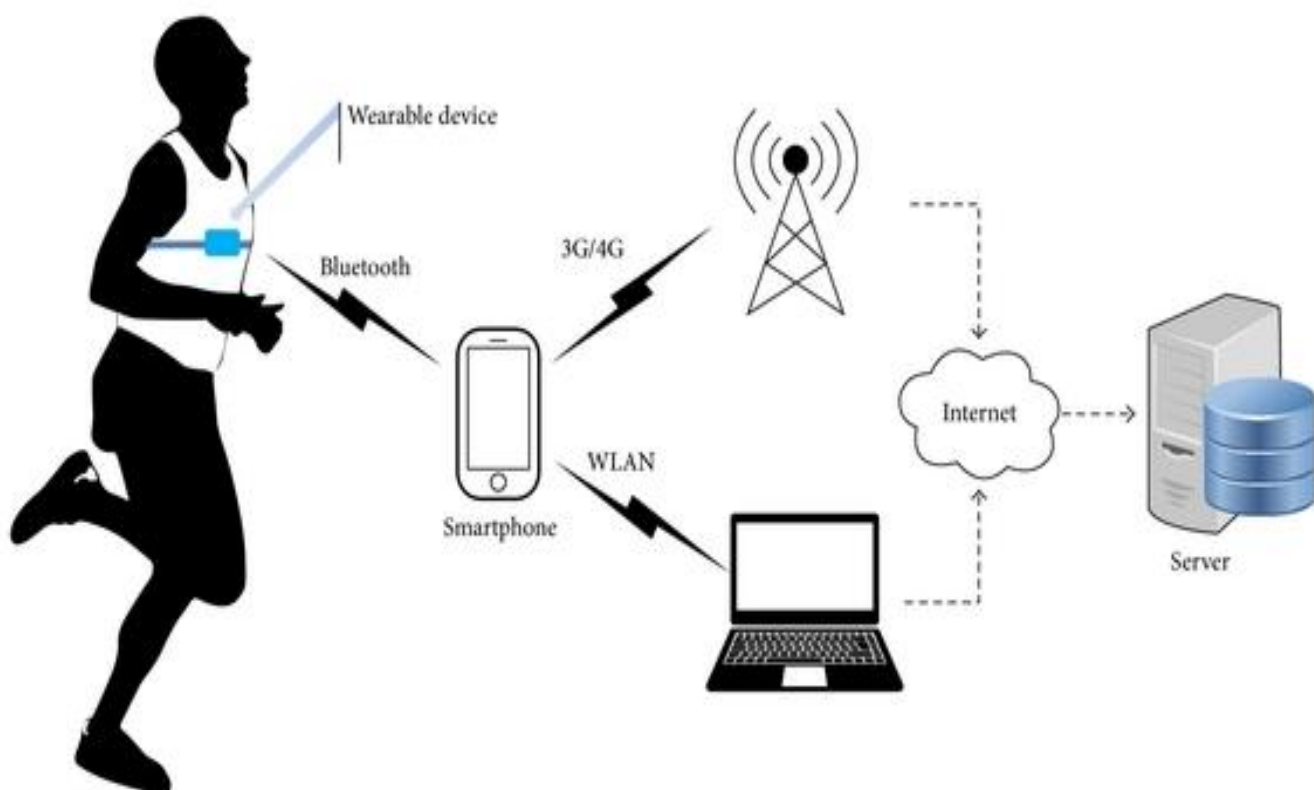


Рисунок 1.1 – Структура системи моніторингу ПСД людини на основі технології Bluetooth

1.3 Огляд існуючих систем моніторингу ПСД людини

Існує багато систем моніторингу ПСД людини, які використовуються в медицині та спорті.

1.3.1 Оптичний давач серцевого ритму Polar OH1

Polar OH1 – це бездротовий оптичний давач серцевого ритму, що прикріплюється до руки або грудей користувача (рис. 1.2). Давач вимірює серцевий ритм і передає дані на сумісний з ним пристрій, такий як смартфон або годинник-трекер [3].



Рисунок 1.2 – Оптичний давач Polar OH1

Серед переваг цього давача можна виділити високу точність вимірювання, зручне розташування на тілі користувача, вбудований акумулятор, який забезпечує до 12 годин роботи, та простоту використання. Крім того, давач можна використовувати в якості звичайного пульсометра.

Недоліком є те, що цей давач може викликати дискомфорт у деяких користувачів впродовж тривалого використання.

					КС КРБ 123.353.00.00 ПЗ	Арк.
						15
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

1.3.2 Система моніторингу ЕКГ ECGpro EP800 Holter

ECGpro EP800 Holter є портативною системою моніторингу ЕКГ (рис. 1.3). Вона включає в себе кардіографічний пристрій, ПЗ та засоби зв'язку для обміну даними [4].



Рисунок 1.3 – Система моніторингу ЕКГ ECGpro EP800 Holter

Переваги цієї системи включають можливість неперервного моніторингу ЕКГ впродовж 24-48 годин, можливість зберігати великий обсяг даних та аналізувати їх за допомогою програмного забезпечення.

Недоліком можна вважати відносно складну процедуру налаштування та використання системи, що може вимагати спеціальних навичок. Крім того, система не забезпечує моніторинг в реальному часі, що обмежує її використання.

Також важливим недоліком є фізичний дискомфорт для пацієнтів, пов'язаний із необхідністю носити кабелі та давачі впродовж тривалого періоду часу. Крім того, у разі некоректного розміщення електродів, існує можливість отримання неточних або невірних даних. Отже, система ECGpro EP800 Holter має певні переваги, але також має деякі недоліки, які обмежують її використання в деяких ситуаціях.

1.3.3 Монітор ЕКГ KardiaMobile

Монітор ЕКГ KardiaMobile – це портативний прилад, який дозволяє отримувати ЕКГ безпосередньо зі смартфона (рис. 1.4). Цей прилад має форму невеликої плати з металевими контактами, яку можна прикласти до грудної клітини для отримання ЕКГ-сигналу. Крім того, прилад використовує технологію Bluetooth для з'єднання зі смартфоном, на якому встановлена спеціальна програма AliveCor Kardia [5].

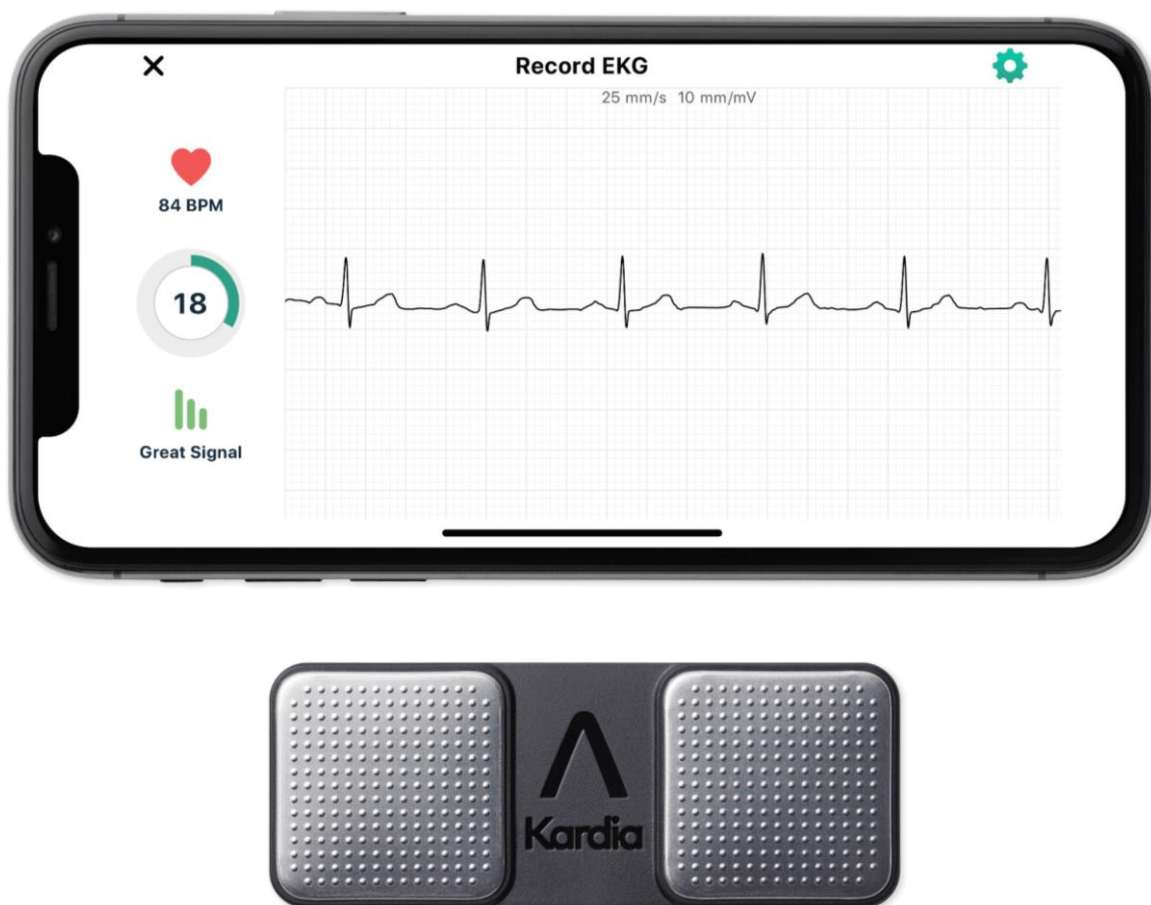


Рисунок 1.4 – Монітор ЕКГ KardiaMobile

Один з основних недоліків цієї системи – нестабільність отриманого сигналу. Можуть виникати складнощі з отриманням точного ЕКГ сигналу через те, що прилад може бути чутливим до рухів користувача та інших зовнішніх впливів. Крім того, оскільки прилад прикладається до грудної клітини, він не забезпечує постійного моніторингу серцевого ритму.

Ця система не має можливості автоматично відстежувати та реєструвати ЕКГ-сигнали впродовж тривалого часу. Користувач повинен самостійно визначати моменти, коли потрібно зробити вимірювання ЕКГ, що може бути незручним та неефективним в деяких випадках.

Результати вимірювань можуть бути недостатньо точними для професійного медичного використання. Тому важливо враховувати, що ця система більше придатна для домашнього застосування та самостійного контролю серцево-судинної системи (ССС).

1.3.4 Результати порівняльного аналізу систем моніторингу показників серцевої діяльності людини

Під час порівняльного аналізу систем моніторингу ПСД людини було виявлено їх слабкі та сильні сторони.

Оптичний давач Polar OH1 має достатньо точний показник серцевого ритму та можливість збереження даних до 200 годин, але він може викликати дискомфорт у деяких користувачів впродовж тривалого використання.

Система моніторингу ECGpro EP800 Holter має довгий термін зберігання даних (до 48 годин), можливість відстеження та аналізу ЕКГ сигналів. Але вона має недолік, тому що не забезпечує моніторинг в реальному часі.

Монітор ЕКГ KardiaMobile від компанії AliveCor має перевагу у можливості відслідковувати ПСД за допомогою мобільного додатку, але має обмеження в частоті замірів та залежить від правильного розміщення на тілі людини для точних замірів ЕКГ.

Крім того, суттєвим спільним недоліком розглянутих систем є їхня висока вартість, яка унеможлиблює їх використання для більшості користувачів в домашніх умовах.

Отже, розглянуті системи мають як позитивні сторони, так і недоліки, які необхідно врахувати в процесі розробки оптимальної структури системи моніторингу ПСД людини для конкретних потреб та умов використання.

					<i>КС КРБ 123.353.00.00 ПЗ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		18

РОЗДІЛ 2 ПРОЕКТНА ЧАСТИНА

2.1 Синтез структурної схеми системи моніторингу показників серцевої діяльності людини

Система моніторингу показників серцевої діяльності людини дозволяє отримувати дані про стан серця в реальному часі, що може допомогти у вчасному виявленні проблем з ССС та попередженні серйозних ускладнень. Архітектура системи наведена на рис. 2.1.

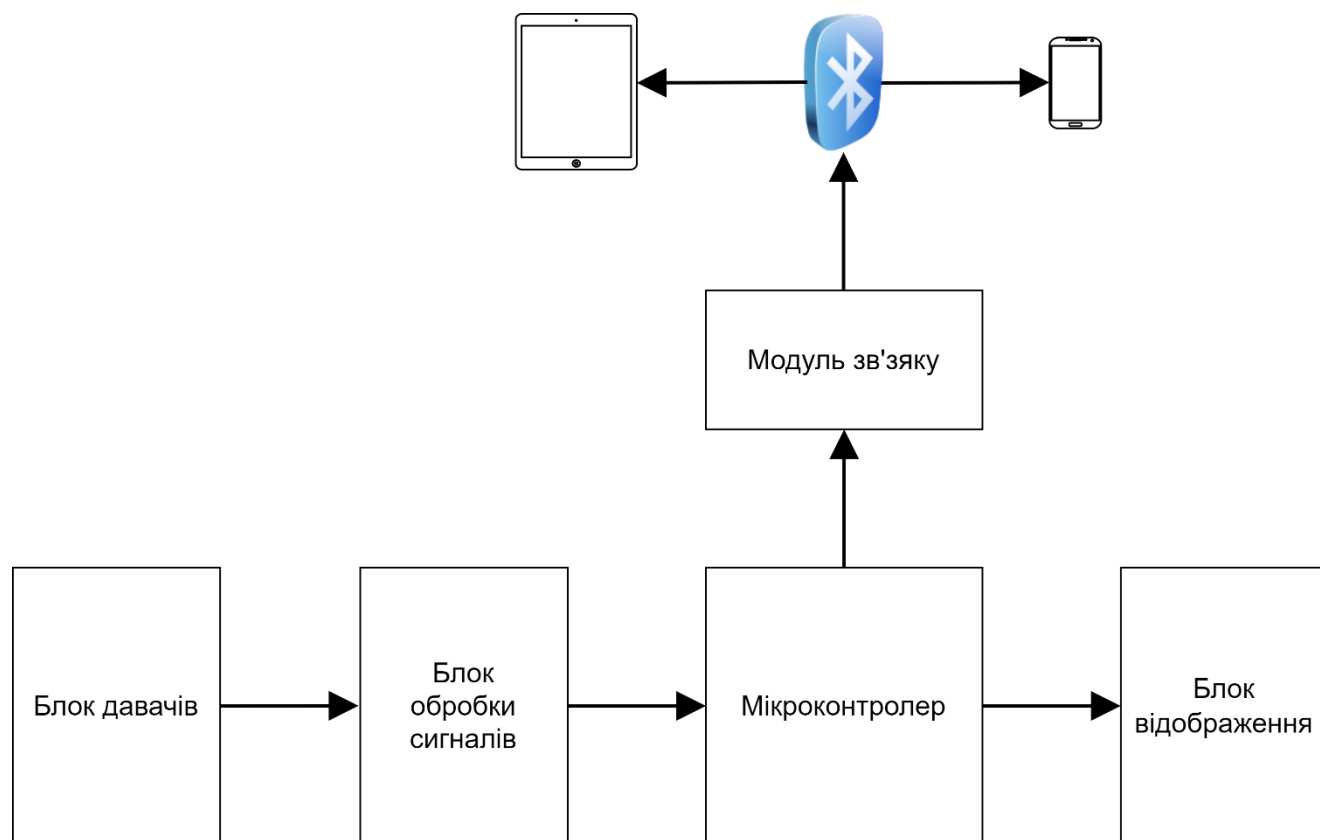


Рисунок 2.1 – Архітектура системи моніторингу показників серцевої діяльності людини

					КС КРБ 123.353.00.00 ПЗ			
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата				
Розробив		Куляс І.І.			Проектна частина	Літ.	Арк.	Акрушіє
Перевірів		Паламар А.М.					19	16
Рецензент						<i>ТНТУ, каф. КС, гр. СІс-41</i>		
Н. Контр.		Луцик Н.С.						
Зав. каф.		Осухівська Г.М.						

Система складається з наступних компонентів:

- блок давачів відповідає за отримання біологічних сигналів зі шкірних електродів та оптичних сенсорів;
- блок обробки відповідає за підсилення та фільтрування отриманих сигналів та визначення параметрів серцевої діяльності, таких як ЧСС тощо;
- мікроконтролер призначений для взаємодії між усіма компонентами;
- блок відображення служить для виведення результатів вимірювання на дисплей;
- модуль зв'язку забезпечує передачу даних до смартфона або ПК за допомогою Bluetooth, Wi-Fi або іншої бездротової технології;
- мобільний додаток приймає дані від модуля зв'язку та відображає ПСД, він може зберігати історію вимірів та надавати можливість аналізувати дані.

Система передбачає використання бездротового зв'язку для передачі інформації від проєктованого пристрою до смартфона. Збір даних про показники серцевої діяльності користувача здійснюється в реальному часі.

Структурна схема портативного пристрою для моніторингу показників серцевої діяльності людини, яка зображена на рис. 2.2, включає наступні компоненти:

- давач серцевого ритму, який відповідає за вимірювання пульсу, може бути розміщений на шкірі або вбудований у спеціальний ремінець, який носить на зап'ясті;
- модуль для зняття ЕКГ має електроди, які контактують з тілом для вимірювання електричних сигналів, що генеруються серцем;
- платформа ESP32 WROOM, яка відповідає за обробку зібраних даних з давача серцевого ритму та модуля ЕКГ, містить вбудований мікроконтролер, пам'ять, інтерфейси зв'язку та інші елементи;
- OLED-дисплей, який використовується для відображення результатів моніторингу, має інтерфейс зв'язку I²C для взаємодії з мікроконтролером ESP32;

					КС КРБ 123.353.00.00 ПЗ	Арк.
						20
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

- генератор звуку може бути використаний для сповіщення користувача, наприклад, про аномальний серцевий ритм або аритмію;
- джерело автономного живлення, таке як акумулятор або батарея, забезпечує енергію для всієї системи, воно повинно бути компактним і здатним забезпечити довгий час роботи без необхідності частого заряджання або заміни.

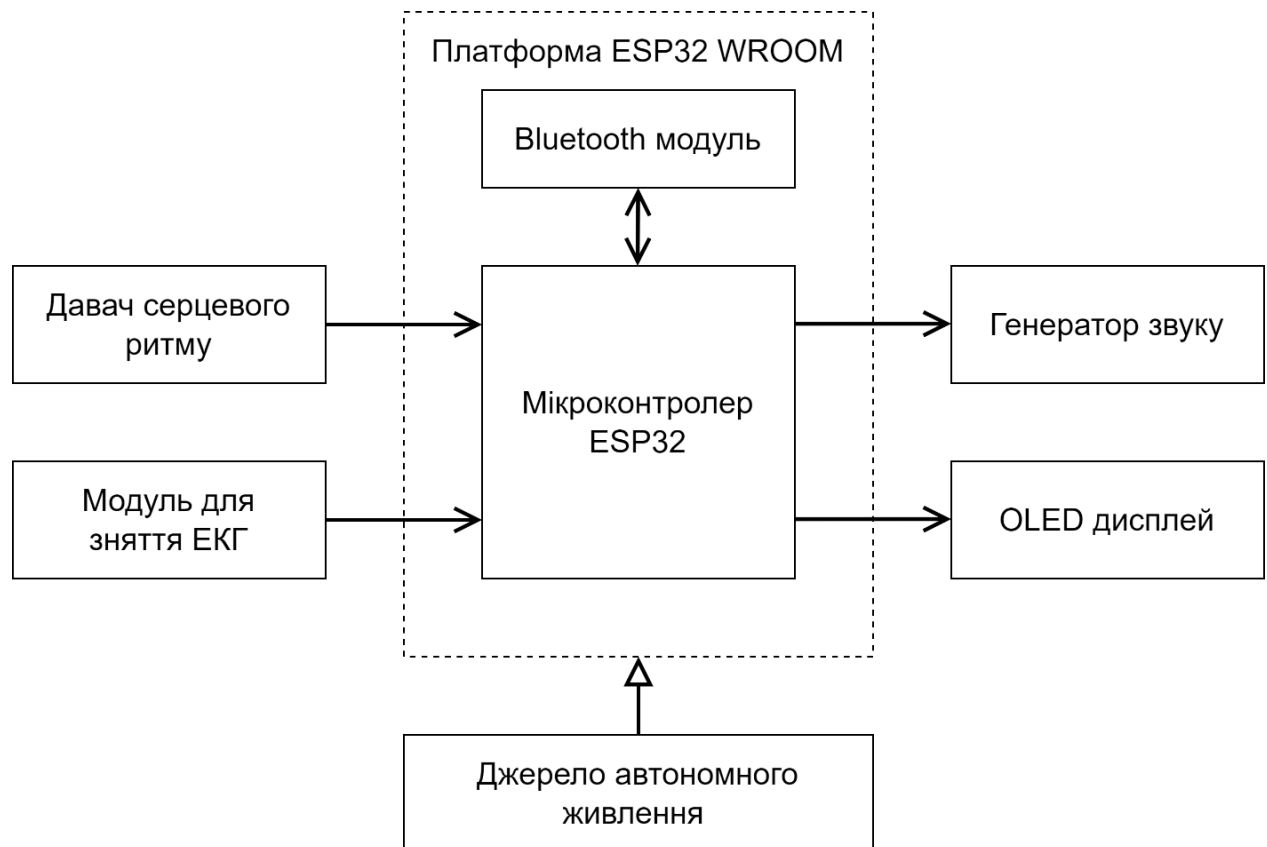


Рисунок 2.2 – Структурна схема портативного пристрою для моніторингу показників серцевої діяльності людини

Всі ці компоненти взаємодіють між собою, забезпечуючи збір, обробку, звукове повідомлення та відображення даних щодо показників серцевої діяльності людини. Структурна схема може бути додатково розширена або змінена в залежності від конкретних вимог до функціональності системи.

2.2 Реалізація апаратної частини комп'ютеризованої системи моніторингу показників серцевої діяльності людини

2.2.1 Опис платформи ESP32 WROOM

ESP32 WROOM є платою з мікроконтролером, що використовується для розробки бездротових пристроїв з підтримкою технологій Bluetooth та Wi-Fi. Ця плата є популярною серед розробників систем на базі Інтернету речей та проєктів для збору та обробки даних. В табл. 2.1 приведені технічні характеристики платформи ESP32 WROOM [6].

Таблиця 2.1 – Основні характеристики ESP32 WROOM

Характеристика	Значення
Напруга живлення	5 В
Максимальний струм стабілізатора напруги	800 мА
Діапазон робочих температур	-40 °С – +85 °С
USB-UART конвертер	CP2102
Wi-Fi стандарти	FCC/CE/IC/TELEC/KCC/SRRC/NCC
Протоколи	802.11 b/g/n/d/e/i/k/r (802.11n до 150 Мбіт/с)
Частотний діапазон	ГГц 2.4 – 2.5
Bluetooth протоколи	Bluetooth v4.2 BR/EDR та BLE
Мережеві протоколи	IPv4, IPv6, SSL, TCP/UDP/HTTP/FTP/MQTT
АЦП	12-розрядний, 18-канальний
Захист	WPA/WPA2/WPA2-Enterprise/WPS
Апаратні засоби та інтерфейси	SD, UART, SPI, SDIO, I ² C, LED PWM, Motor PWM, I ² S, I ² C, IR

ESP32 WROOM містить вбудований Wi-Fi модуль з підтримкою протоколів 802.11b/g/n, що дає змогу реалізувати бездротове з'єднання з інтернетом та іншими пристроями. Крім того, модуль підтримує технологію BLE та Bluetooth версії 4.2,

що дозволяє застосовувати його для створення портативних бездротових пристроїв. Зовнішній вигляд платформи ESP32 WROOM представлено на рис. 2.3.



Рисунок 2.3 – Платформа ESP32 WROOM

Функціональне призначення пінів платформи ESP32 WROOM зображено на рис. 2.4.

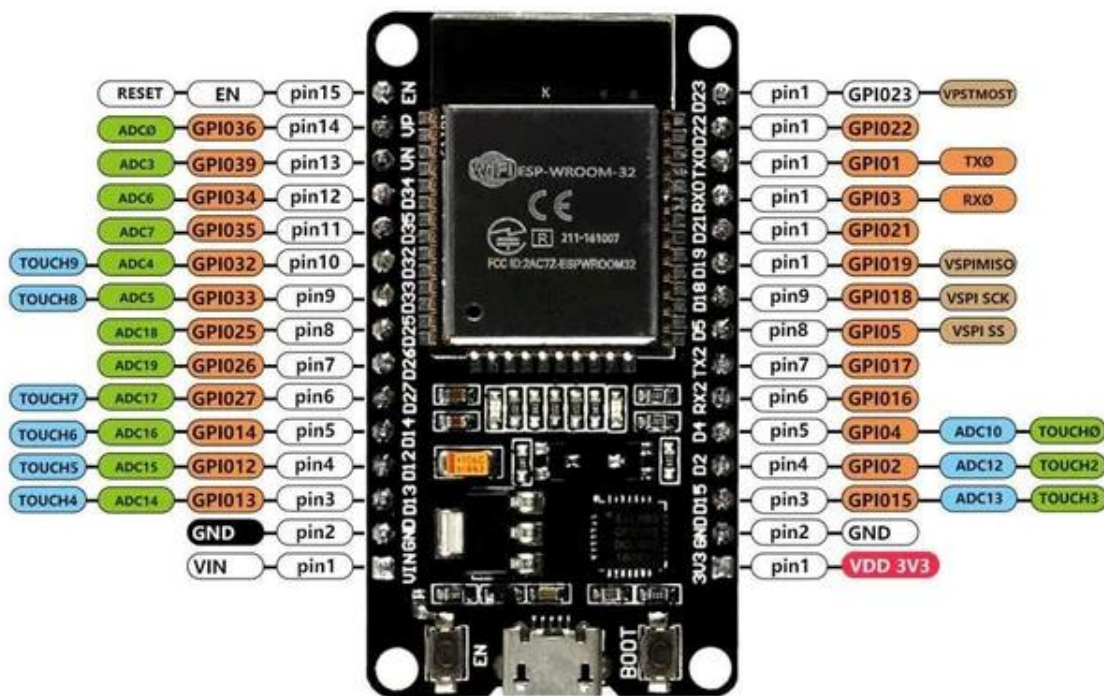


Рисунок 2.4 – Функціональне призначення пінів платформи ESP32 WROOM

Платформа ESP32 WROOM має вбудований двоядерний 32-бітний мікроконтролер Xtensa LX6 з частотою до 240 МГц (залежно від режиму). Це надає достатньо широкі можливості для реалізації багатьох завдань. Мікроконтролер має також 520 кілобайт вбудованої пам'яті SRAM та 4 мегабайти пам'яті для збереження програмного коду та даних. На рис. 2.5 зображена структурна схема внутрішніх компонентів мікроконтролера ESP32 [7].

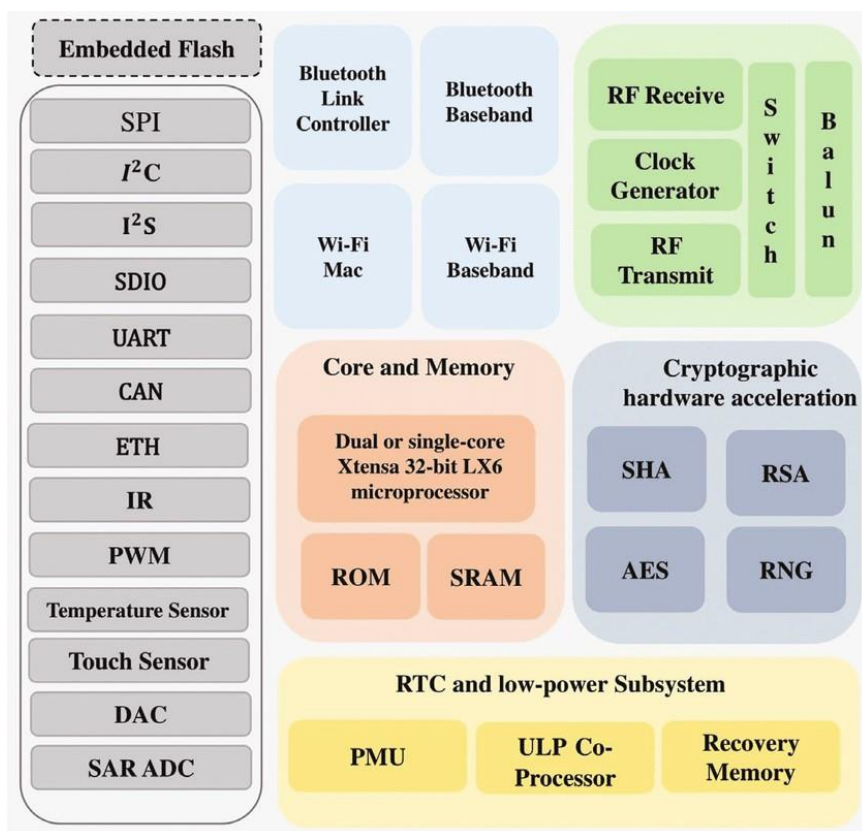


Рисунок 2.5 – Структурна схема внутрішніх компонентів мікроконтролера ESP32

ESP32 WROOM має широкі можливості розширення, включаючи 34 GPIO піни, 3 UART, 3 SPI, 2 I²C, 12-bit АЦП, 2 ЦАП, та різноманітні інтерфейси зовнішніх пристроїв. Ці можливості роблять ESP32 WROOM ідеальним вибором для розробки бездротових пристроїв для Інтернету речей та інших проєктів, що вимагають збору даних та комунікації з іншими пристроями через Bluetooth та/або Wi-Fi. Тому він був обраний для реалізації системи моніторингу показників серцевої діяльності людини.

2.2.2 Опис модуля AD8232 для зняття електрокардіограми (ЕКГ)

Модуль AD8232 застосовується для отримання та оброблення електроміо- та електрокардіо-сигналів, що генеруються серцем, та перетворення їх у відповідні аналогові сигнали, які можна обробляти та аналізувати (рис. 2.6). Він може використовуватись для контролю за станом здоров'я та діагностики серцевих захворювань.

Цей модуль є популярним серед розробників медичних пристроїв, дослідників та ентузіастів, оскільки він надає зручний спосіб отримання сигналів ЕКГ для аналізу та моніторингу серцевої діяльності. Використовуючи цей модуль у поєднанні з відповідним ПЗ та обладнанням, можна здійснювати реалізацію портативних систем моніторингу серцевої діяльності та виконувати дослідження у галузі кардіології.

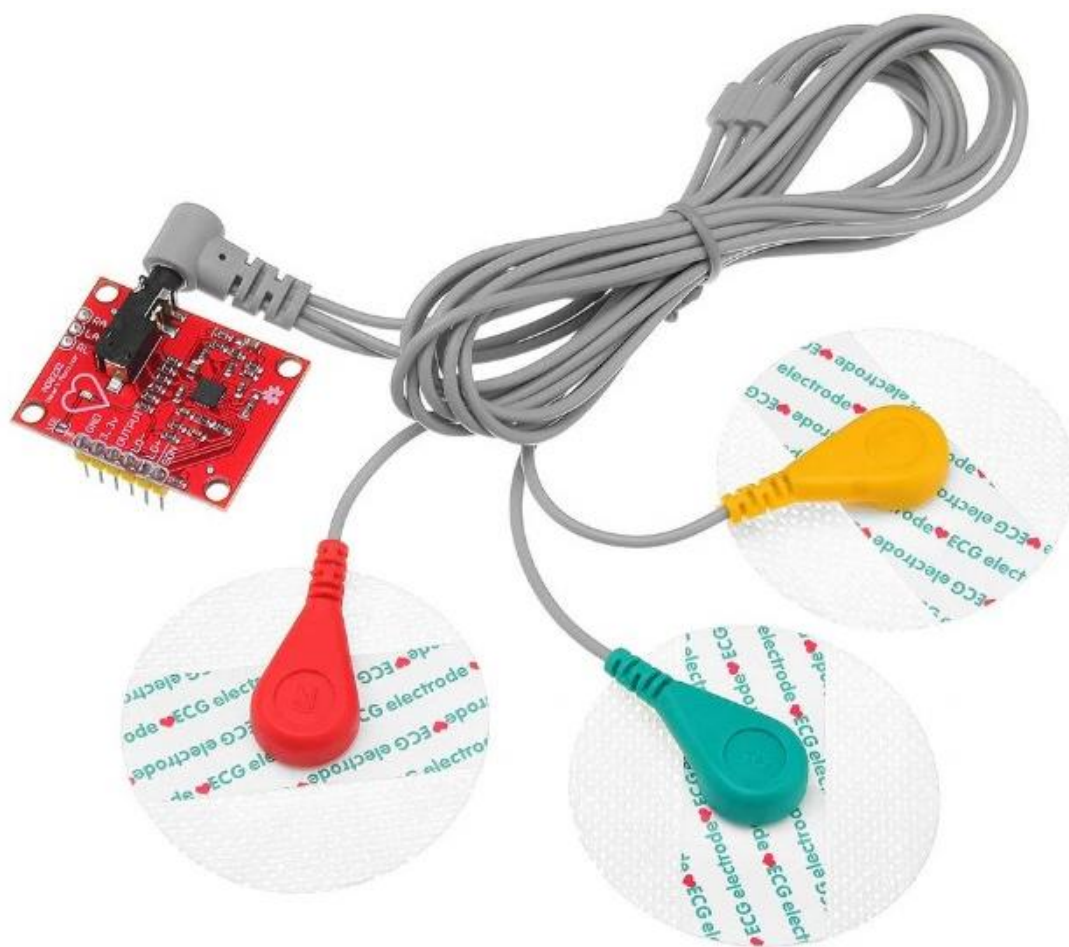


Рисунок 2.6 – Модуль AD8232 для зняття ЕКГ

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

КС КРБ 123.353.00.00 ПЗ

Арк.

25

Модуль AD8232 є компактним та енергоефективним порівняно з аналогами. В комплект цього пристрою входить набір електродів, плата AD8232 та кабель для під'єднання [8].

Модуль має вбудований високоякісний ізоляційний підсилювач, який може отримувати сигнали ЕКГ з електродів, розташованих на шкірі. Він містить вбудовані фільтри, які допомагають усунути шуми та спотворення зі знятих сигналів, щоб отримати чистий сигнал ЕКГ. AD8232 отримує, підсилює та фільтрує слабкі біопотенціальні сигнали навіть при сильних перешкодах. Електрична схема модуля AD8232 наведена на рис. 2.7.

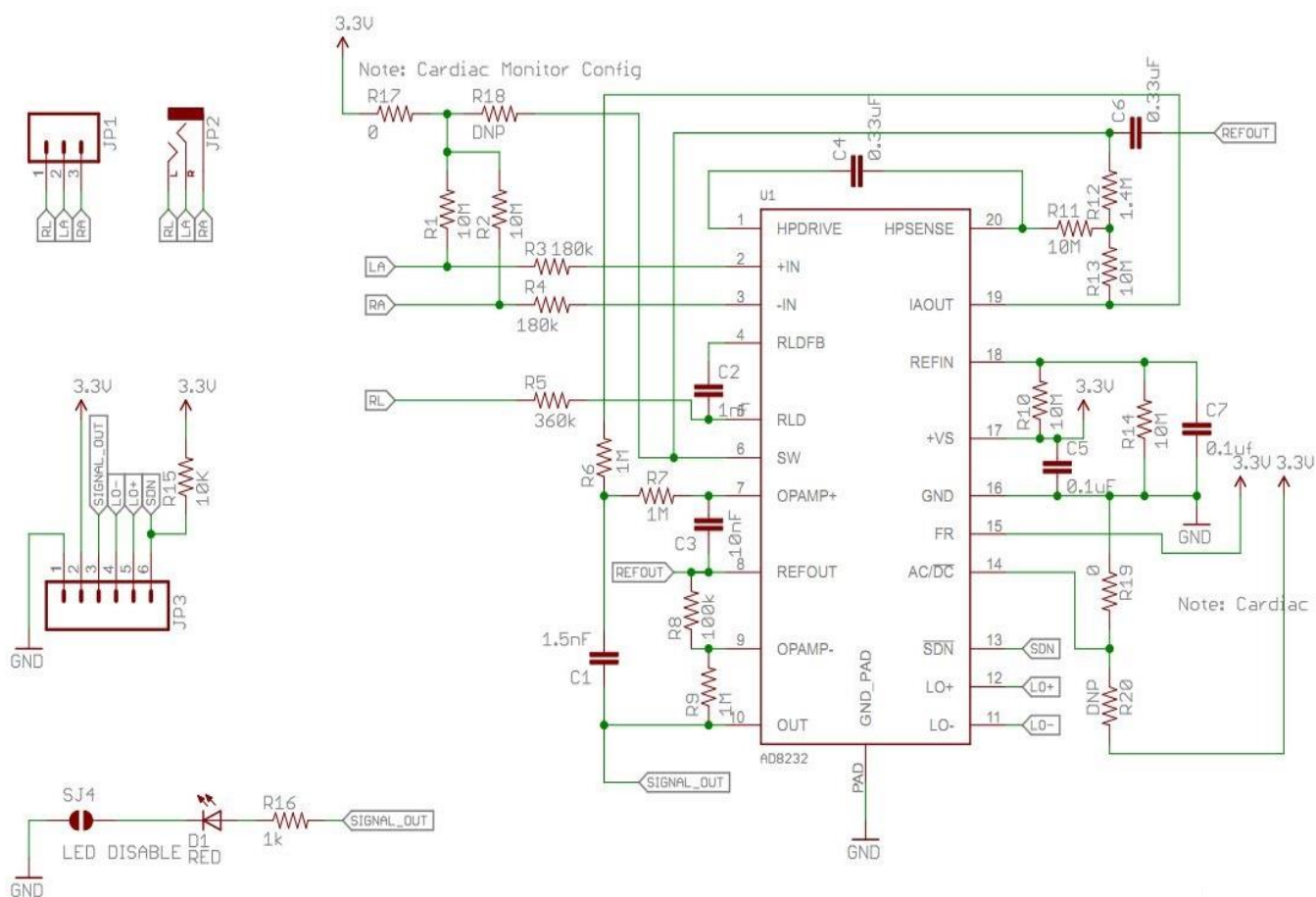


Рисунок 2.7 – Електрична схема модуля AD8232

Модуль надає збалансовані аналогові вихідні сигнали ЕКГ, які можна подавати на АЦП для подальшої обробки.

2.2.3 Опис давача серцевого ритму SEN-11574

Давач серцевого ритму SEN-11574 (також відомий як пульсовий сенсор) є електронним пристроєм, призначеним для вимірювання пульсу та серцевого ритму людини. Його можна застосовувати у різних медичних додатках, включаючи системи моніторингу показників серцевої діяльності та фітнес-трекери (рис. 2.8).



Рисунок 2.8 – Давач серцевого ритму SEN-11574

Давач SEN-11574 забезпечує надійне та точне вимірювання пульсу та серцевого ритму, що дозволяє отримувати дані про серцеву активність. Давач може бути закріплений на шкірі або одязі, що дозволяє комфортно використовувати його під час руху або фізичної активності. SEN-11574 має широкий діапазон вимірювання пульсу, що дозволяє виявити як низькі, так і високі серцеві ритми. Давач має низьку потужність, що дозволяє продовжити тривалість роботи пристрою, особливо в бездротових системах моніторингу.

					КС КРБ 123.353.00.00 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		27

2.2.4 Опис OLED-дисплея

OLED дисплей від Elecrow з інтерфейсом I²C є компактним та високоякісним візуальним пристроєм, який може використовуватись у різних проєктах, включаючи системи моніторингу показників серцевої діяльності людини (рис. 2.9).

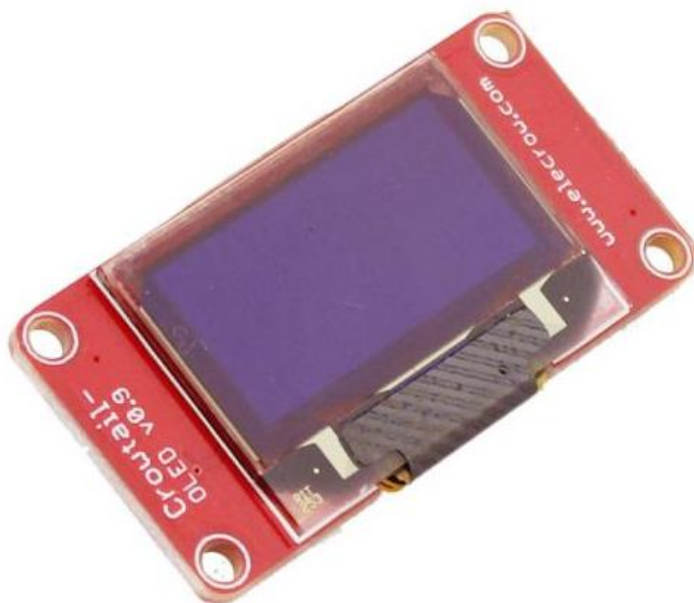


Рисунок 2.9 – OLED дисплей

Дисплей має розмір 128x64 пікселів, що забезпечує достатню площу для відображення тексту, графіки та інших важливих даних. Висока роздільна здатність дає змогу відтворювати деталізований контент на екрані.

Дисплей використовує OLED технологію, що дозволяє виводити зображення високої якості з високим контрастом та широким кутом огляду. OLED технологія також забезпечує швидкий час реакції пікселів, що дозволяє відтворювати рухомі зображення без розмиття.

OLED дисплей має вбудований інтерфейс I²C, який дозволяє підключати його до мікроконтролерів та інших приладів, що підтримують цей протокол. I²C дозволяє передавати дані з мінімальною кількістю провідників, що знижує загальну складність системи.

					КС КРБ 123.353.00.00 ПЗ	Арк.
						28
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Дисплей від Elecrow має високий контраст і яскравість, що забезпечує чітке та видиме відображення інформації при обмеженому освітленні. OLED технологія, порівняно з іншими видами дисплеїв, має низьке енергоспоживання. Це особливо важливо для портативних систем моніторингу, де тривалість роботи від батареї є критичною.

OLED дисплей від Elecrow має гнучку конструкцію, що дає змогу легко вбудувати його в різноманітні прилади. Він також підтримує багатофункціональність, що дозволяє відображати текст, графіку, іконки та інші елементи для зручного користування та відображення даних. В табл. 2.2 внесені основні характеристики OLED дисплея.

Таблиця 2.2 – Технічні характеристики OLED дисплея

Характеристика	Значення
Розмір дисплею	128x64 пікселі
Тип дисплею	OLED
Інтерфейс	I ² C
Контраст	Високий
Яскравість	Висока
Кут огляду	Широкий
Енергоспоживання	Низьке
Гнучкість	Так
Кольорова глибина	1 біт (монохромний)
Робоча температура	-40°C до +85°C
Інтерфейсні піни	VCC, GND, SDA, SCL

Незважаючи на багато переваг OLED дисплея від Elecrow, варто враховувати його недоліки. До них можна віднести:

– ймовірність часткової втрати яскравості деякими пікселями, що призводить до нерівномірного освітлення;

- чутливість до впливу вологості та високих температур, що може вплинути на їхню тривалість роботи та надійність;
- обмежена видимість на прямому сонячному світлі, що може ускладнити читання інформації на дисплеї в таких умовах.

Для моделювання взаємодії плати ESP32 та OLED дисплея був використаний сервіс Wokwi, який є онлайн-середовищем для моделювання та віртуального тестування апаратного забезпечення. Він надає можливість створювати віртуальні схеми, підключати компоненти та програмувати їх для спостереження за взаємодією між ними. На рис. 2.10 представлений результат моделювання взаємодії ESP32 та OLED дисплея за допомогою сервісу Wokwi.

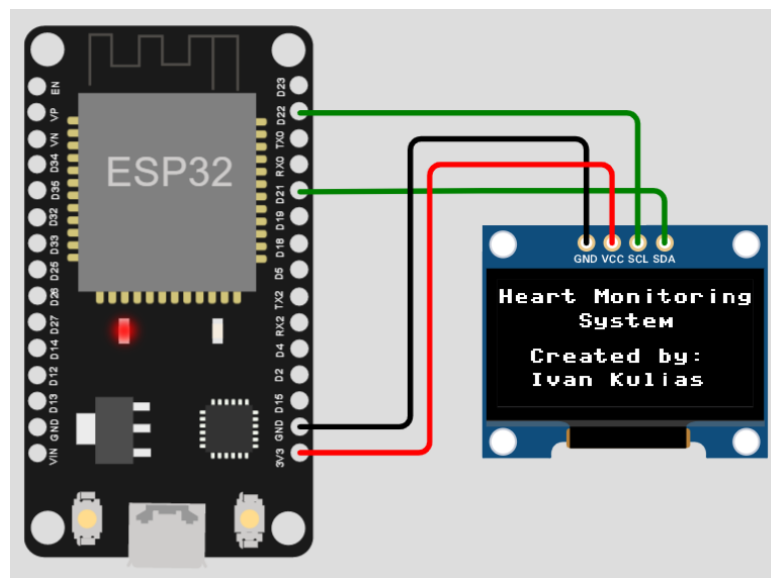


Рисунок 2.10 – Результат моделювання взаємодії платформи ESP32 та OLED дисплея в сервісі Wokwi

Загалом, цей OLED дисплей є потужним і зручним пристроєм для відображення інформації в системах моніторингу показників серцевої діяльності людини. Він надає якісне зображення з високим контрастом і роздільною здатністю, що дозволяє зручно відображати важливі дані про серцеву активність. Інтерфейс I²C спрощує підключення до мікроконтролера, забезпечуючи зручний обмін даними.

2.2.5 Опис генератора звукових сигналів

П'єзодинамік є пристроєм, який застосовується для відтворення звуку (рис. 2.11). П'єзодинаміки використовуються в різних пристроях, включаючи системи звукового сповіщення, музичні програвачі, медичні пристрої та багато інших застосувань, де потрібне відтворення звукових сигналів.



Рисунок 2.11 – П'єзодинамік

П'єзодинамік містить п'єзоелемент, мембрану та корпус. П'єзоелемент є ключовою частиною пристрою і використовує п'єзоелектричний ефект для конвертації електричних сигналів у механічні коливання. Цей ефект базується на здатності п'єзоелектричного матеріалу генерувати механічні коливання при подачі на нього електричної напруги.

Мембрана розташована на верхній частині п'єзоелемента і відповідає за розповсюдження звукових хвиль. Вона коливається під дією електричного стимулу, що створює акустичні хвилі. Корпус п'єзодинаміка виконує роль захисту компонентів і дозволяє ефективніше розповсюджувати звукові коливання.

Основна перевага п'єзодинаміка полягає в його низькому споживанні енергії та широкому діапазоні частот, які він може відтворювати. Він також характеризується швидким відгуком і довгим терміном експлуатації. Порівняно з іншими видами динаміків, п'єзодинамік має деякі обмеження, зокрема в області низьких частот, де він може бути менш ефективним.

					КС КРБ 123.353.00.00 ПЗ	Арк.
						31
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

2.3 Опис схеми електричної принципової портативного пристрою для моніторингу показників серцевої діяльності людини

На рис 2.12 представлена схема електрична принципова модуля моніторингу показників серцевої діяльності людини. Схема містить давач U1, який реєструє електричні сигнали, що виникають від серцебиття. Ці сигнали передаються до мікроконтролера для подальшої обробки.

Модуль для зняття ЕКГ U2 використовується для вимірювання електрокардіографічних (ЕКГ) сигналів, які відображають активність серця. Він містить операційні підсилювачі, фільтри та АЦП для перетворення аналогових сигналів у цифровий формат.

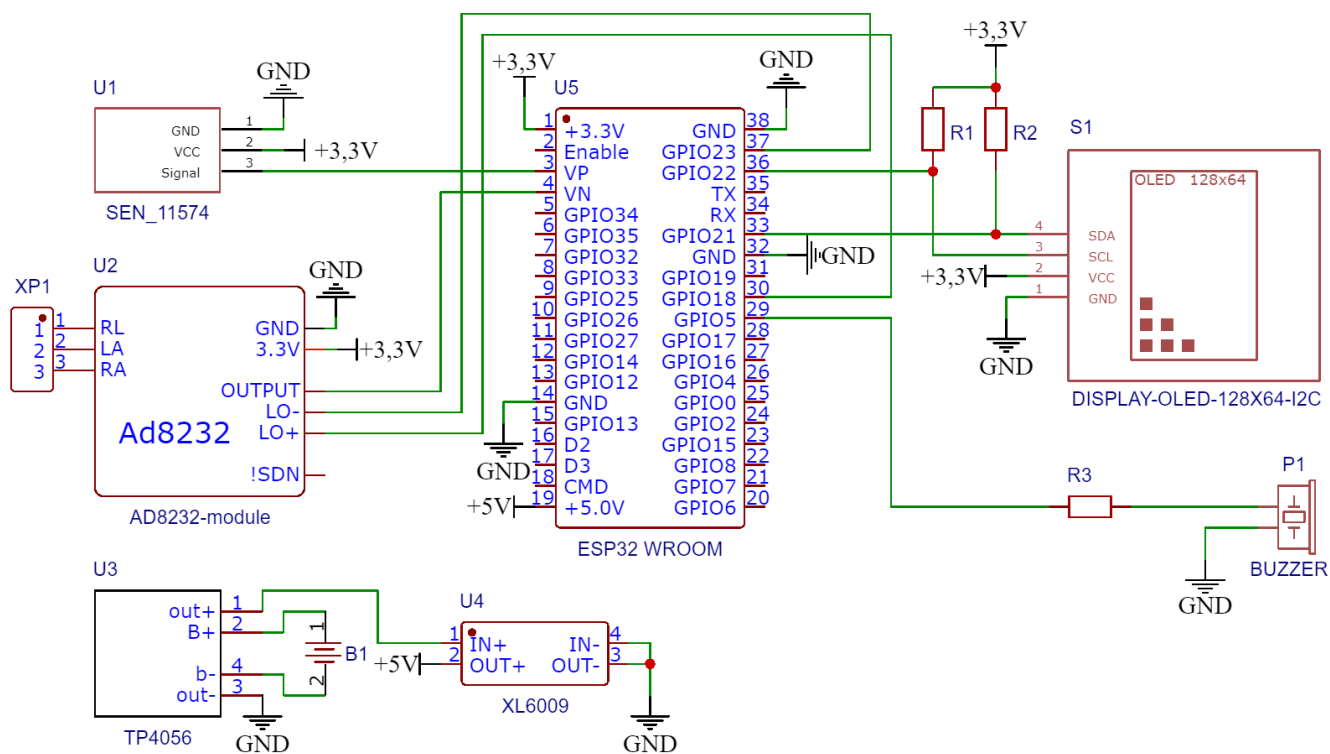


Рисунок 2.12 – Електрична принципова схема пристрою

Платформа ESP32 WROOM U5 містить мікроконтролер, який використовується для обробки та керування даними з давача серцевого ритму та модуля ЕКГ. Він також має вбудований бездротовий WiFi та Bluetooth модуль для передачі даних до зовнішніх пристроїв.

OLED дисплей S1 використовується для візуалізації отриманих даних, таких як серцевий ритм, ЕКГ графіки тощо. Це дозволяє користувачу отримувати інформацію про роботу серця в реальному часі. Дисплей отримує дані від мікроконтролера платформи U5 через інтерфейс I²C.

П'єзоелектричний елемент P1 призначений для відтворення звукових сигналів для сповіщень, пов'язаних з показниками серцевої діяльності. Він отримує сигнал від мікроконтролера через резистор R3.

2.4 Обґрунтування вибору середовища розробки ПЗ для реалізації системи моніторингу показників серцевої діяльності людини

Arduino IDE є середовищем програмування, спеціально створеним для розробки проєктів на основі мікроконтролерів платформ Arduino, ESP32 та інших. Воно надає зручний і простий спосіб програмування мікроконтролерів мовою C/C++. Вікно застосунку Arduino IDE зображене на рис. 2.13.

Arduino IDE включає компілятор, який перетворює вихідний код в машинний код, сумісний з мікроконтролерами. Воно також дозволяє завантажувати програми безпосередньо на платформу ESP32 або Arduino через USB-порт.

Застосунок має вбудовані бібліотеки, які містять багато готових функцій і команд для роботи з різними пристроями і компонентами. Це спрощує розробку, оскільки деякі основні операції вже реалізовані і не потребують додаткового програмування. Arduino IDE підтримує різні моделі платформ Arduino, ESP32, ESP8266 та багато інших. Вибір платформи здійснюється через інтерфейс користувача IDE.

Середовище Arduino IDE дозволяє розробникам підключати додаткові модулі та пристрої до проєктованої системи. Це дає змогу розширювати функціонал системи, додавати нові датчики, підключати зовнішні пристрої і т. д. Arduino IDE надає зручні засоби для роботи з розширеннями, що спрощує процес інтеграції нового обладнання.

					КС КРБ 123.353.00.00 ПЗ	Арк.
						33
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

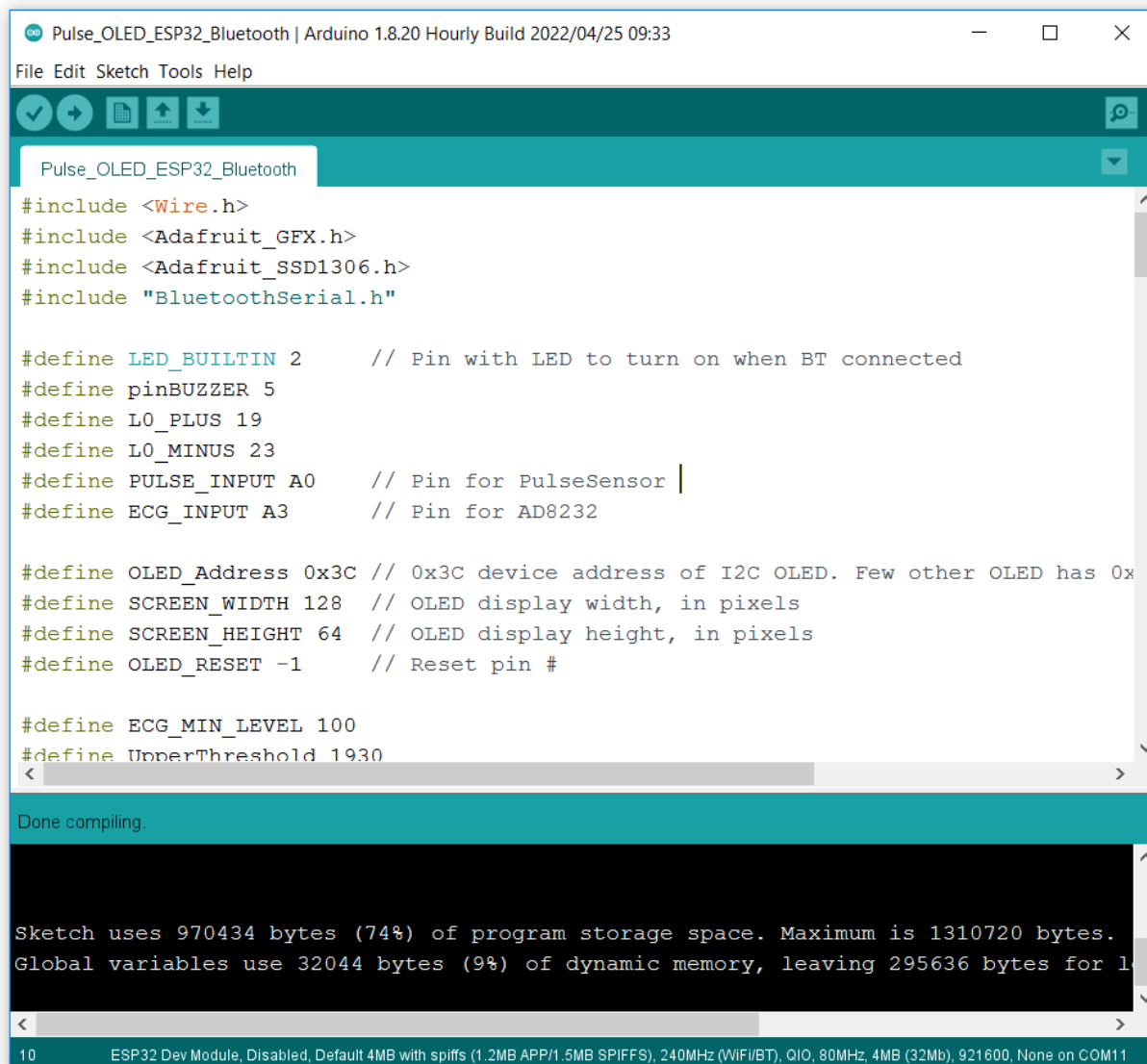


Рисунок 2.13 – Застосунок Arduino IDE

Отже, Arduino IDE є зручним інструментом розробки ПЗ на платформі ESP32. Завдяки своїй простоті використання і дружньому інтерфейсу це середовище дозволяє програмувати мікроконтролер для реалізації системи моніторингу показників серцевої діяльності людини.

РОЗДІЛ 3 ПРАКТИЧНА ЧАСТИНА

3.1 Алгоритм роботи системи моніторингу показників серцевої діяльності людини

Відповідно до технічного завдання портативна комп'ютеризована система моніторингу показників серцевої діяльності людини має функціонувати в таких режимах роботи:

- режим збору даних: система забезпечує неперервний збір показників серцевої діяльності протягом встановленого часу;
- режим відображення даних: система здійснює відображення даних на своєму власному екрані для миттєвого контролю показників серцевої діяльності;
- режим передачі даних: система надсилає зібрані дані до зовнішніх пристроїв, таких смартфон або ПК, для подальшого відображення, зберігання та аналізу;
- режим сповіщення: система відтворює звукові сигнали у випадку виявлення аномальної серцевої активності, що може бути важливо для миттєвої реакції та надання допомоги.

Для реалізації цих режимів був розроблений алгоритм роботи портативної комп'ютеризованої системи моніторингу показників серцевої діяльності людини, який передбачає реалізацію таких етапів.

Ініціалізація системи. При запуску системи виконується початкова ініціалізація всіх компонентів, включаючи активування датчика серцевого ритму, модуля для зняття ЕКГ, OLED дисплею та генератора звуку.

					КС КРБ 123.353.00.00 ПЗ			
<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>				
<i>Розробив</i>		Куляс І.І.			Практична частина	<i>Лім.</i>	<i>Арк.</i>	<i>Акрушіє</i>
<i>Перевірів</i>		Паламар А.М.					35	16
<i>Рецензент</i>						ТНТУ, каф. КС, гр. СІс-41		
<i>Н. Контр.</i>		Луцик Н.С.						
<i>Зав. каф.</i>		Осухівська Г.М.						

Зняття показників серцевої діяльності. Давач серцевого ритму та модуль для зняття ЕКГ починають реєструвати електричні сигнали, що виникають внаслідок роботи серця. Ці сигнали підсилюються та передаються до мікроконтролера ESP32 WROOM для подальшої обробки.

Обробка сигналів. Мікроконтролер ESP32 WROOM аналізує отримані сигнали серцевої діяльності, використовуючи вбудовані алгоритми обробки сигналів. Це може включати виявлення серцевого ритму, аналіз змін в ЕКГ та інші алгоритми для отримання показників, таких як ЧСС, показники зміни серцевого ритму тощо.

Візуалізація інформації. Отримані показники серцевої діяльності та інші релевантні дані відображаються на OLED дисплеї. Це дозволяє користувачу в реальному часі спостерігати за своїм серцевим ритмом та бачити зміни на графіку ЕКГ.

Відтворення звукових сигналів. У разі виявлення певних умов або подій, які потребують уваги користувача, генератор звуку відтворює відповідні звукові сигнали або повідомлення. Наприклад, відтворення звукового сигналу в разі виявлення аномального серцевого ритму чи ЕКГ.

Алгоритм також передбачає можливість передавання даних бездротовими засобами, наприклад, за допомогою Bluetooth на зовнішні пристрої для подальшого відображення, аналізу та збереження. Система має акумуляторне джерело живлення щоб забезпечити незалежну роботу без підключення до електричної мережі.

Додатково, алгоритм роботи системи передбачає енергозберігаючі функції, такі як автоматичне вимкнення дисплея при тривалій бездіяльності для продовження часу автономної роботи. Блок-схема описаного алгоритму приведена на рис. 3.1.

					<i>КС КРБ 123.353.00.00 ПЗ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		36

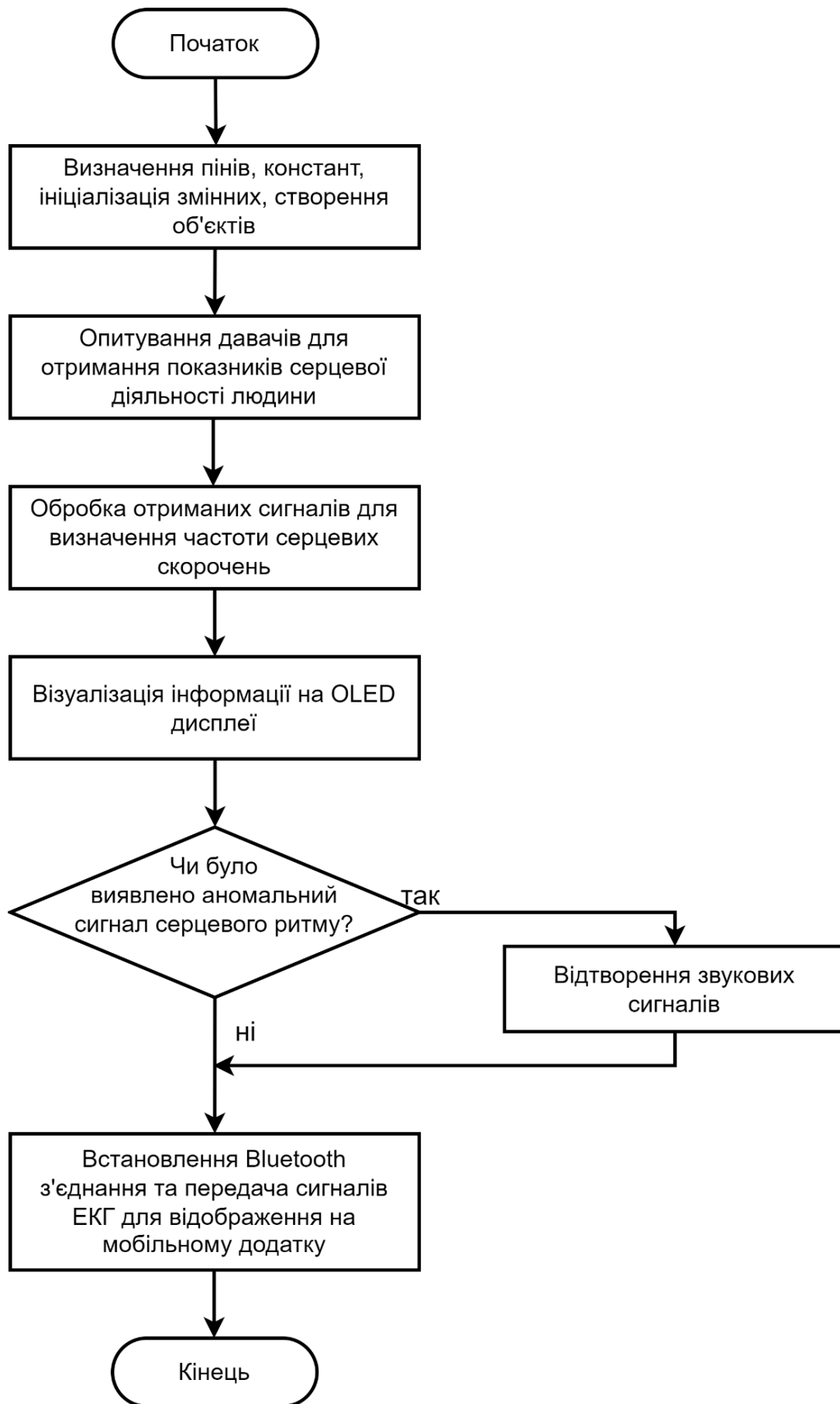


Рисунок 3.1 – Блок-схема алгоритму роботи СМ ПСД людини

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

3.2 Налаштування середовища розробки програмного забезпечення

Для отримання можливості програмування мікроконтролера платформи ESP32 в середовищі Arduino IDE було встановлено додатковий пакет. З цією метою у вікні «Preferences» було додано посилання на файл (рис. 3.2) `package_esp32_index.json`

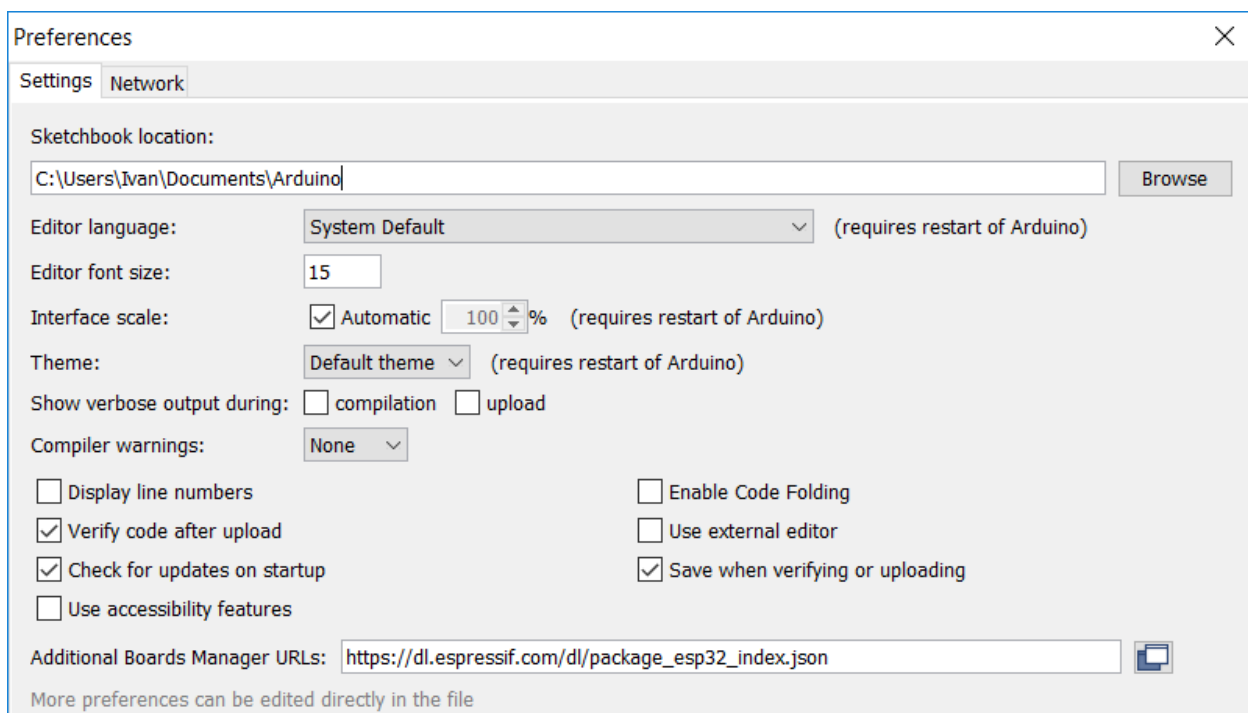


Рисунок 3.2 – Вікно «Preferences» Arduino IDE

Для встановлення пакетів ESP32 у меню «Tools» Arduino IDE відкрито вікно «Boards Manager». В ньому у пошуковому полі введено запит "ESP32" і встановлено офіційний пакет ESP32 (рис. 3.3).

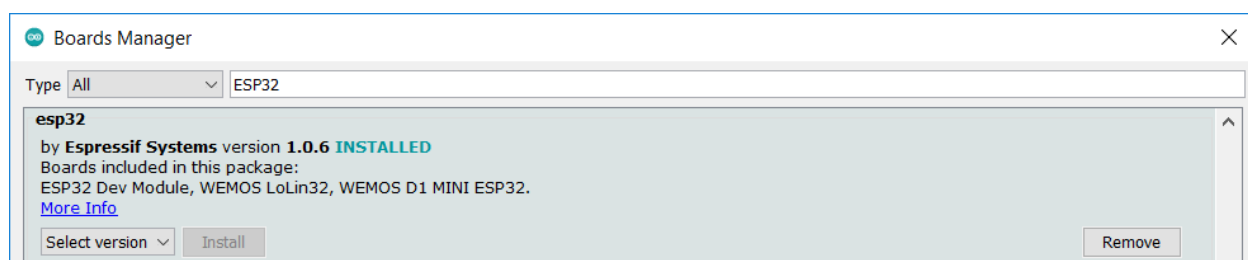


Рисунок 3.3 – Встановлення офіційного пакету ESP32

Після цього був обраний модуль «ESP32 Dev Module» в пункті меню «Board». В результаті Arduino IDE було налаштовано для програмування платформи ESP32 (рис. 3.4).

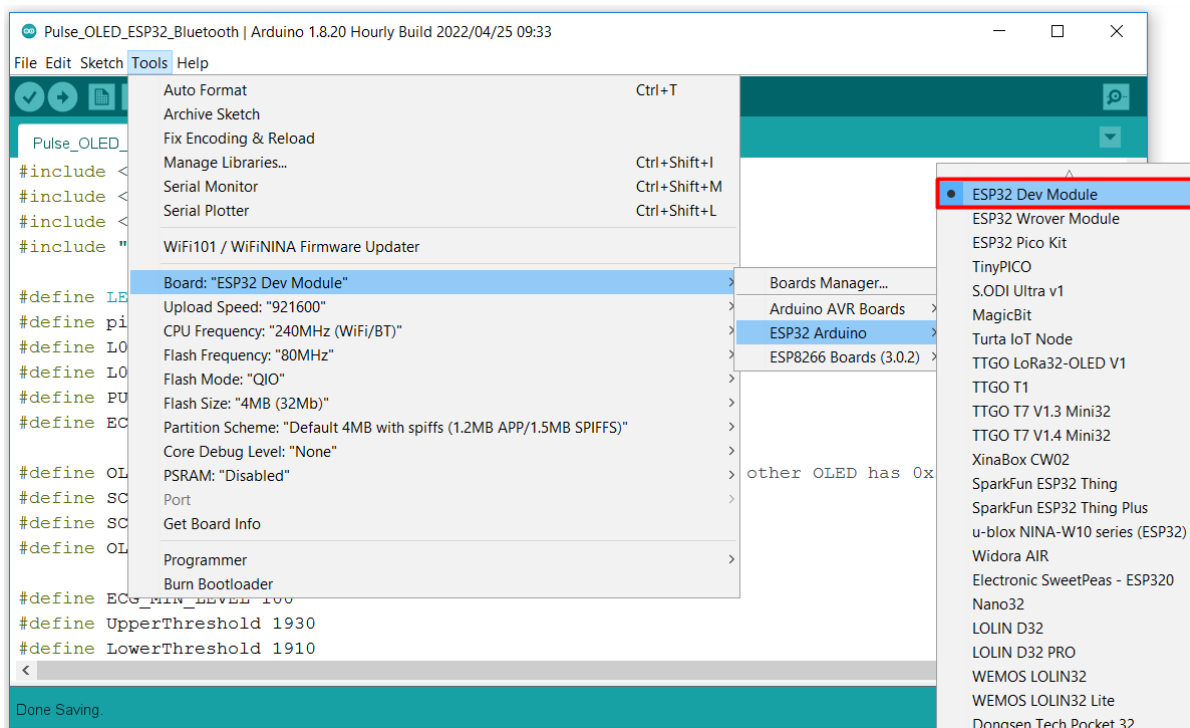


Рисунок 3.4 – Вибір платформи ESP32

3.3 Реалізація програмного забезпечення для проектованої системи

На початку програми підключені бібліотеки для роботи з I²C шиною, OLED дисплеєм та Bluetooth з'єднанням (рис. 3.5). Зокрема, бібліотеки Adafruit_GFX і Adafruit_SSD1306 надають необхідні функції і інструменти для роботи з OLED дисплеями. Бібліотека BluetoothSerial дозволяє створювати послідовне з'єднання через Bluetooth.

```
#include <Wire.h>
#include <Adafruit_GFX.h>
#include <Adafruit_SSD1306.h>
#include "BluetoothSerial.h"
```

Рисунок 3.5 – Лістинг підключених бібліотек

Далі в програмі визначаються символічні константи для пінів, які використовуються в системі (рис. 3.6):

- LED_BUILTIN – константа для світлодіода, який вбудований у платформу ESP32 і підключений до другого піна мікроконтролера;
- pinBUZZER – константа для керування п'єзодинаміком;
- L0_PLUS і L0_MINUS – ці константи використовуються для підключення електродів модуля AD8232;
- PULSE_INPUT і ECG_INPUT – ці константи зі значеннями A0 та A3 відповідно використовуються для зчитування аналогових сигналів від датчиків.

```
#define LED_BUILTIN 2 // Pin for LED
#define pinBUZZER 5
#define L0_PLUS 19
#define L0_MINUS 23
#define PULSE_INPUT A0 // Pin for PulseSensor
#define ECG_INPUT A3 // Pin for AD8232
```

Рисунок 3.6 – Лістинг констант для пінів мікроконтролера

У цьому фрагменті коду (рис. 3.7) визначаються символічні константи та значення, які використовуються в програмі. Зокрема: константи для ініціалізації OLED дисплея, константи для налаштування порогових значень аналогового сигналу ЕКГ. Використання цих символічних констант замість числових значень полегшує зміну параметрів в тексті програми.

```
#define OLED_Address 0x3C // 0x3C device address of I2C OLED
#define SCREEN_WIDTH 128 // OLED display width, in pixels
#define SCREEN_HEIGHT 64 // OLED display height, in pixels
#define OLED_RESET -1 // Reset pin #

#define ECG_MIN_LEVEL 100
#define UpperThreshold 1930
#define LowerThreshold 1910
```

Рисунок 3.7 – Лістинг визначених констант для ініціалізації OLED дисплея та роботи з сигналами від датчиків

					КС КРБ 123.353.00.00 ПЗ	Арк.
						40
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

На рис. 3.8 приведений фрагмент коду процедури `setup()`, в якій виконується налаштування мікроконтролера ESP32 перед початком основного циклу.

```
// initialize the serial communication:
Serial.begin(9600);
Serial.println(); // blank line in serial ...
// initialize digital pins as outputs
pinMode(LED_BUILTIN, OUTPUT);
pinMode(pinBUZZER, OUTPUT);
// initialize digital pins as inputs
pinMode(L0_PLUS, INPUT); // Setup for leads off detection LO+
pinMode(L0_MINUS, INPUT); // Setup for leads off detection LO-
// initialize the serial BT communication:
ESP_BT.register_callback(callback);
if(!ESP_BT.begin("ESP32_ECG")){
    Serial.println("An error occurred initializing Bluetooth");
}else{
    Serial.println("Bluetooth Device is Ready to Pair...");
}
oled.begin(SSD1306_SWITCHCAPVCC, OLED_Address);
```

Рисунок 3.8 – Фрагмент коду процедури `setup()`

Зокрема в процедурі `setup()` проводяться наступні дії:

- ініціалізація послідовного зв'язку з швидкістю 9600 бод;
- ініціалізація цифрових виводів мікроконтролера;
- реєстрація зворотного виклику для Bluetooth з'єднання;
- перевірка ініціалізації Bluetooth і виведення відповідного повідомлення;
- ініціалізація OLED дисплея з використанням адреси 0x3C;
- очищення дисплея та встановлення розміру шрифту, кольору тексту та позиції курсора;
- виведення статичного тексту на дисплей.

Цей код виконується один раз при запуску мікроконтролера ESP32 і налаштовує всі необхідні параметри для подальшої роботи пристрою.

Фрагмент коду на рис. 3.9 містить основну логіку обробки сигналу ЕКГ і взаємодії з Bluetooth модулем. Цей код відповідає за отримання сигналу ЕКГ,

					<i>КС КРБ 123.353.00.00 ПЗ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		41

передачу його через Bluetooth модуль та виявлення ситуації, коли сигнал знаходиться нижче заданого порогового рівня.

Спочатку відбувається перевірка стану пінів LO_MINUS і LO_PLUS. Якщо один з цих пінів має значення 1, це може вказувати на втрату контакту зі шкірою пацієнта. Якщо обидва піни мають значення 0, виконується наступний блок коду. Далі відбувається зчитування значення сигналу ЕКГ з аналогового входу за допомогою функції analogRead(ECG_INPUT) і зберігання у змінну ECG_signal. Якщо змінна, що позначає наявність Bluetooth з'єднання (BT_cnx) має значення true, значення сигналу ЕКГ надсилається через функцію ESP_BT.println(ECG_signal). Якщо значення сигналу ЕКГ менше за пороговий рівень (ECG_MIN_LEVEL), то активується звуковий сигнал тривоги.

```
if((digitalRead(LO_MINUS) == 1) || (digitalRead(LO_PLUS) == 1)){
    Serial.println('!');
    ESP_BT.println('!');
}
else{
    // send the value of analog input 3 to serial:
    int ECG_signal = analogRead(ECG_INPUT);
    Serial.println(ECG_signal);
    //Do the same for bluetooth
    if(BT_cnx){
        ESP_BT.print('E'); //make the app Bluetooth Graphics
        ESP_BT.println(ECG_signal);
    }
    if (ECG_signal < ECG_MIN_LEVEL) {
        digitalWrite(pinBUZZER, HIGH); // Trigger the buzzer
        delay(1000); // Keep the buzzer on for 1
        digitalWrite(pinBUZZER, LOW); // Turn off the buzzer
    }
}
```

Рисунок 3.9 – Фрагмент коду для обробки сигналу ЕКГ

Фрагмент коду на рис. 3.10 відповідає за вимірювання ЧСС (BPM) на основі аналогового сигналу з давача пульсу (PULSE_INPUT). Спочатку відбувається отримання поточного часу завдяки виклику функції millis(). Далі зчитується

					КС КРБ 123.353.00.00 ПЗ	Арк.
						42
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

значення аналогового сигналу з піна PULSE_INPUT, яке зберігається у змінній value. Після цього відбувається визначення ЧСС (BPM) шляхом порівняння value з верхнім (UpperThreshold) та нижнім (LowerThreshold) пороговими рівнями та віднімання попереднього часу (LastTime) від поточного часу (ThisTime).

```
ThisTime=millis();
int value=analogRead(PULSE_INPUT);
if(value>UpperThreshold) {
    if(BeatComplete) {
        BPM=ThisTime-LastTime;
        BPM=int(60/(float(BPM)/1000));
        BPMTiming=false;
        BeatComplete=false;
    }
    if(BPMTiming==false) {
        LastTime=millis();
        BPMTiming=true;
    }
}
if((value<LowerThreshold)&(BPMTiming))
BeatComplete=true;
```

Рисунок 3.10 – Фрагмент коду для визначення ЧСС

Процедура зворотного виклику callback застосовується при спробах встановити Bluetooth з'єднання (рис. 3.11). Вона дозволяє відстежувати стан Bluetooth з'єднання і виконувати відповідні дії при його встановленні або розриві. В коді цієї процедури перевіряється тип події (event), і в залежності від цього виконуються певні дії. Основні події, які обробляються у цьому коді:

– ESP_SPP_SRV_OPEN_EVT – ця подія виникає, коли клієнт підключається до сервера Bluetooth. У цьому випадку виводиться повідомлення "Client Connected", і світлодіод, підключений до піна LED_BUILTIN, вмикається. Змінна BT_snx встановлюється в значення true, що позначає активне Bluetooth з'єднання;

– ESP_SPP_CLOSE_EVT – ця подія виникає, коли клієнт розриває з'єднання Bluetooth. В цьому випадку виводиться повідомлення "Client

					КС КРБ 123.353.00.00 ПЗ	Арк.
						43
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

disconnected", а світлодіод LED_BUILTIN вимикається, змінна BT_cnx встановлюється в значення false, а потім виконується перезавантаження ESP32 за допомогою методу ESP.restart().

```
void callback(esp_spp_cb_event_t event, esp_spp_cb_param_t *param) {
    if(event == ESP_SPP_SRV_OPEN_EVT) {
        Serial.println("Client Connected");
        digitalWrite(LED_BUILTIN, HIGH);
        BT_cnx = true;
    }
    if(event == ESP_SPP_CLOSE_EVT ) {
        Serial.println("Client disconnected");
        digitalWrite(LED_BUILTIN, LOW);
        BT_cnx = false;
        ESP.restart();
    }
}
```

Рисунок 3.11 – Лістинг процедури callback

3.4 Налаштування мобільного додатку Bluetooth Graphics

Мобільний додаток Bluetooth Graphics є потужним інструментом для зв'язку та взаємодії зі зовнішніми пристроями через Bluetooth на смартфоні з ОС Android. Цей додаток дозволяє встановити з'єднання з розробленим пристроєм для моніторингу показників серцевої діяльності через Bluetooth і отримувати дані ЕКГ.

Основні функції додатку Bluetooth Graphics включають відображення отриманих даних у форматі графіків, графічну візуалізацію сигналів та можливість збереження даних для подальшого аналізу. Завдяки цим функціям, додаток дозволяє зручно спостерігати за змінами в ЕКГ сигналі та аналізувати його параметри на смартфоні.

Підключення до розробленого пристрою відбувається через Bluetooth з використанням відповідного протоколу зв'язку. При з'єднанні, додаток може отримувати та відображати ЕКГ сигнал в реальному часі, що дозволяє користувачеві миттєво оцінювати стан серцевої діяльності.

					КС КРБ 123.353.00.00 ПЗ	Арк.
						44
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Крім того, додаток Bluetooth Graphics надає можливість налаштування параметрів збору даних, таких як швидкість зчитування, масштабування графіків і фільтрація сигналу. Це дозволяє адаптувати додаток до потреб конкретного користувача та оптимізувати відображення та аналіз ЕКГ сигналу.

В цілому, додаток Bluetooth Graphics є корисним інструментом для отримання та візуалізації ЕКГ сигналу на смартфоні через Bluetooth з розробленого пристрою. Процес встановлення Bluetooth з'єднання з ESP32 показаний на рис. 3.12.

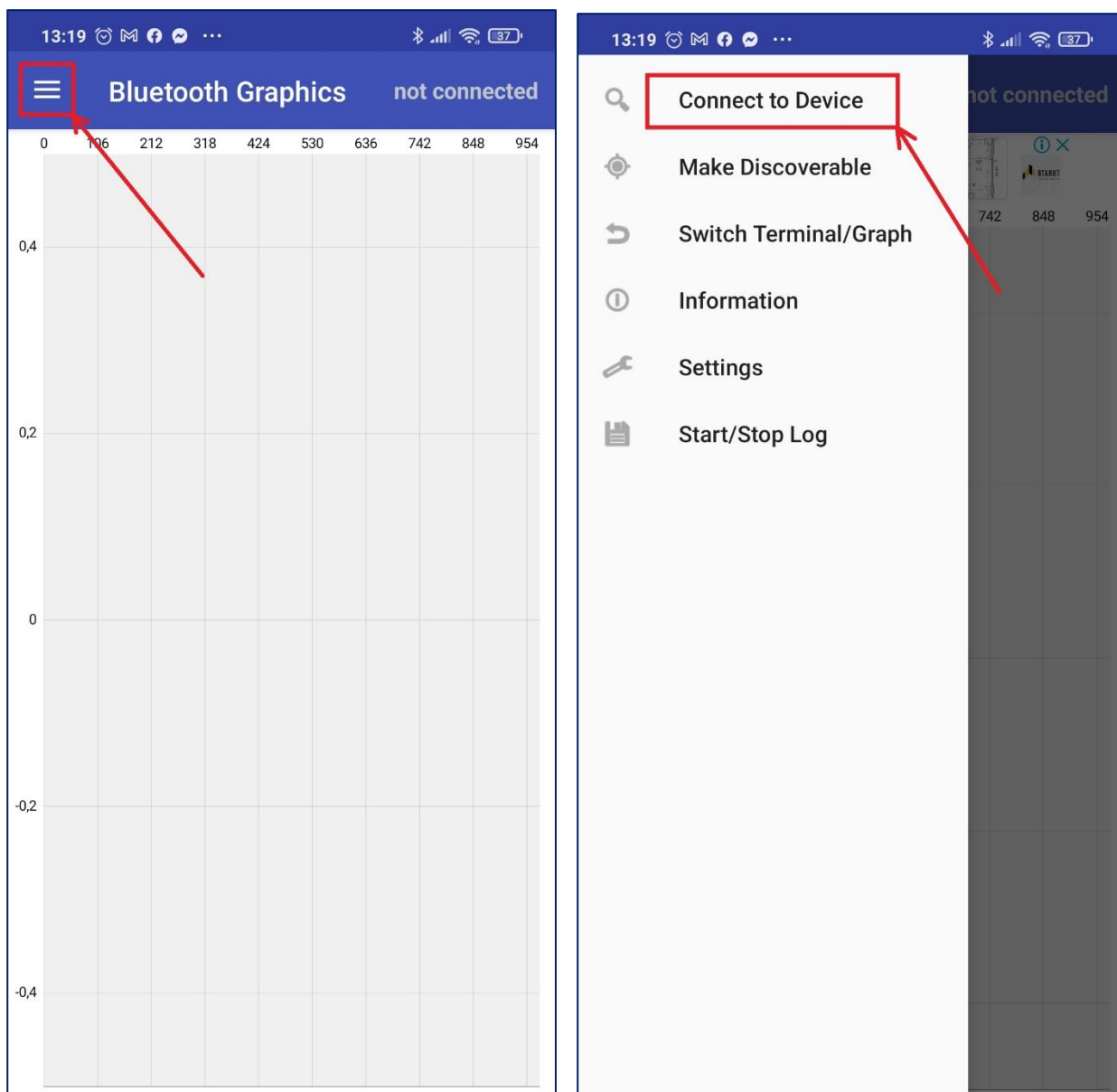


Рисунок 3.12 – Налаштування мобільного додатку Bluetooth Graphics

Додаток проведе пошук доступних Bluetooth пристроїв. Необхідно знайти та вибрати пристрій з ідентифікатором ESP32_ECG зі списку. Процес сканування мережі та під'єднання до пристрою ESP32_ECG продемонстрований на рис. 3.13.

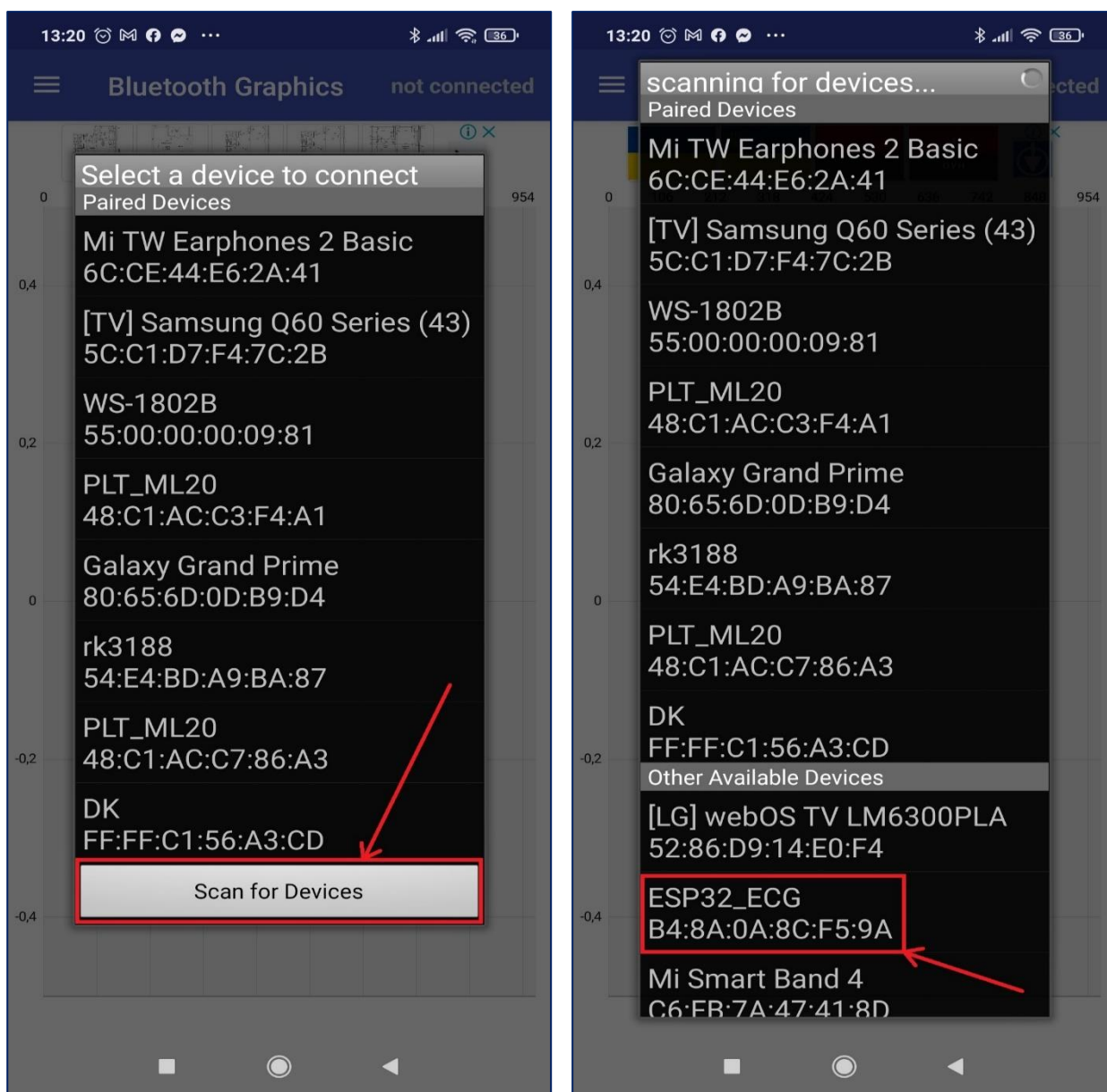


Рисунок 3.13 – Процес пошуку та під'єднання до проєктованого пристрою в налаштуваннях додатку Bluetooth Graphics

Якщо з'єднання успішно встановлено, додаток виведе підтвердження про підключення на екрані. Крім того, на платі ESP32 буде світитися вбудований світлодіод синього кольору.

3.5 Тестування системи моніторингу показників серцевої діяльності людини

Прототип системи був розроблений з метою збору та відображення даних про серцеву діяльність людини для моніторингу її стану (рис. 2.14).

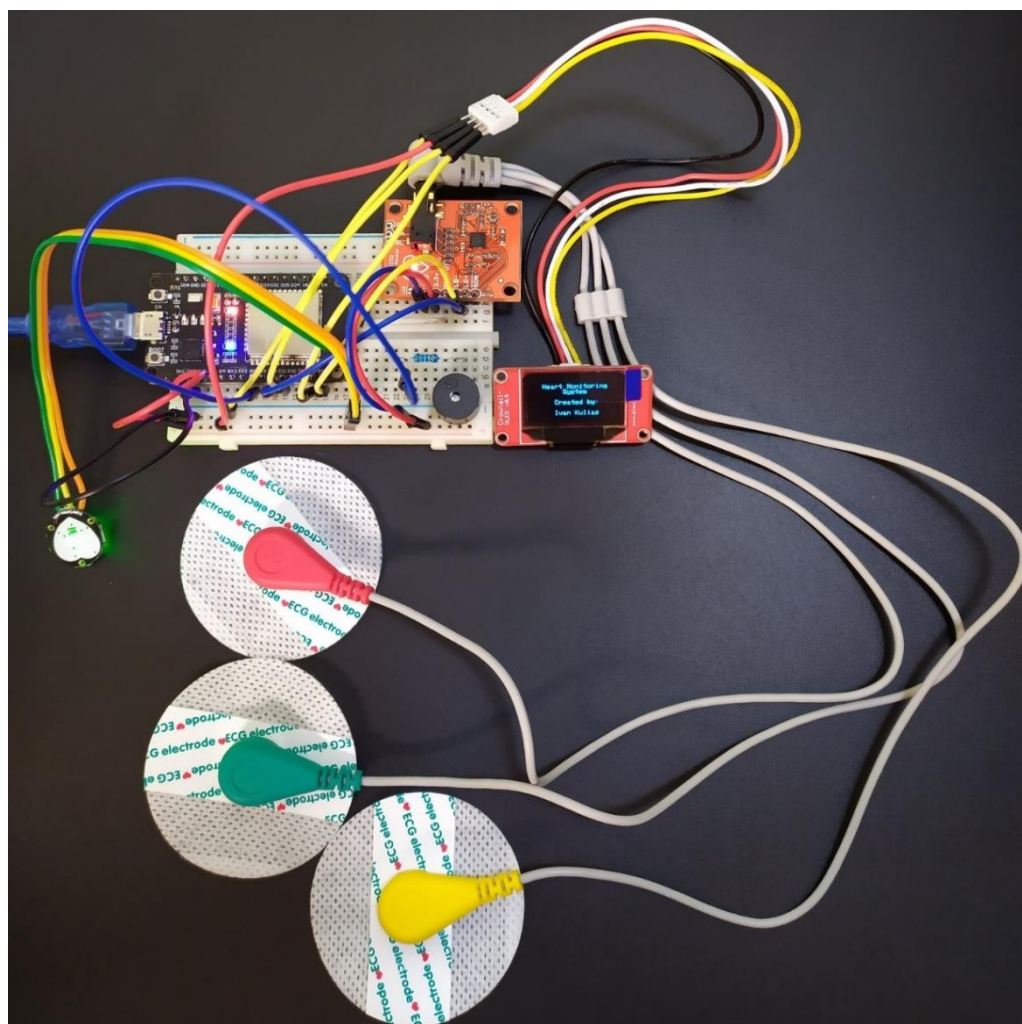


Рисунок 3.14 – Прототип системи моніторингу ПСД людини

Прототип включає в себе давач серцевого ритму, модуль для зняття ЕКГ, платформу ESP32 WROOM, OLED дисплей, генератор звуку, джерело автономного живлення та смартфон. Він був випробуваний для перевірки його функціональності та точності. Під час тестування були зняті дані серцевої активності, включаючи частоту серцевого ритму та ЕКГ. Ці дані передавалися до платформи ESP32, де вони оброблялися та відображалися на OLED дисплеї та на смартфоні для зручного спостереження.

					КС КРБ 123.353.00.00 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		47

Результати тестування показали, що прототип системи моніторингу показників серцевої діяльності працює належним чином. Він забезпечує точне вимірювання серцевого ритму і відображення його на OLED дисплеї та виведення сигналу ЕКГ на мобільному пристрої. Додатково, звуковий генератор використовується для сповіщень у разі виявлення аномалій або надмірного серцевого ритму. Система має джерело автономного живлення, що забезпечує тривалу роботу без необхідності підключення до електричної мережі.

Модуль давача серцевого ритму був прикріплений до вказівного пальця. Результати вимірювання ЧСС відображаються на OLED дисплеї пристрою (рис. 3.15).

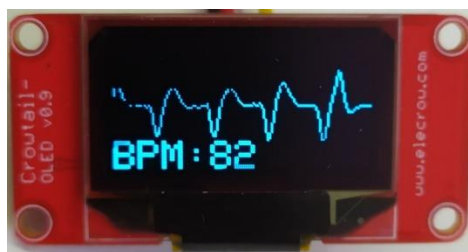


Рисунок 3.15 – Результат вимірювання ЧСС

В процесі тестування електроди модуля AD8232 були закріплені до тіла людини відповідно до схеми на рис. 3.16.

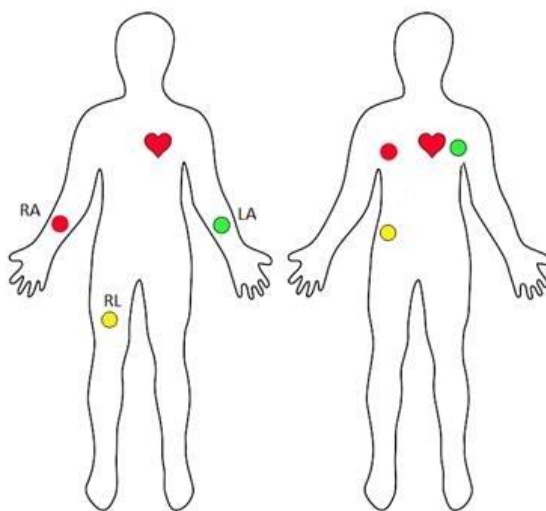


Рисунок 3.16 – Підключення електродів до тіла людини

					КС КРБ 123.353.00.00 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		48

Результати вимірювання ЕКГ з модуля AD8232, які відображаються у вікні «Serial Plotter» в середовищі Arduino IDE, показані на рис. 3.17.

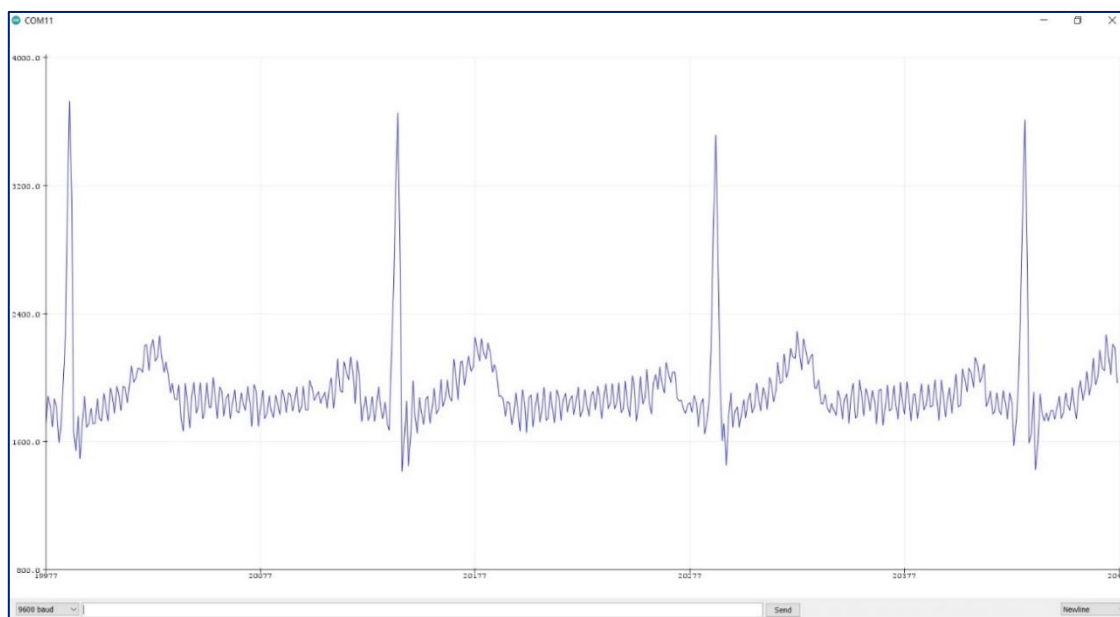


Рисунок 3.17 – Результат вимірювання ЕКГ на ПК у вікні «Serial Plotter»

Цей рисунок з результатами вимірювання ЕКГ у вікні «Serial Plotter» надає зручний і інтуїтивно зрозумілий спосіб візуалізації і аналізу ЕКГ сигналу прямо в середовищі Arduino IDE. Графік представлений лініями, що з'єднують точки, відповідні значенням ЕКГ сигналу в різні моменти часу.

У цьому вікні можна налаштувати шкалу по обох осях для зручного відображення даних. Завдяки вікну «Serial Plotter» можна в реальному часі спостерігати зміни ЕКГ сигналу і аналізувати його характеристики. Візуальне представлення дозволяє виявляти регулярність серцевого ритму, аритмії, або інші аномалії в роботі ССС.

Мобільний додаток Bluetooth Graphics надає можливість відобразити результати ЕКГ на смартфоні у вигляді графіка. Графіки з результатами відображення ЕКГ в цьому додатку приведені на рис. 3.18.

На осі абсцис відображений час, а на осі ординат – амплітуда ЕКГ сигналу. Колір і товщина ліній графіка можуть бути налаштовані в додатку. На рисунку видно основні характеристики ЕКГ сигналу, а також різні артефакти, якщо вони присутні в сигналі.

Результати відображення ЕКГ зберігаються та дозволяють користувачеві чи медичним працівникам аналізувати серцевий ритм та виявляти можливі аномалії або відхилення в серцевій діяльності.

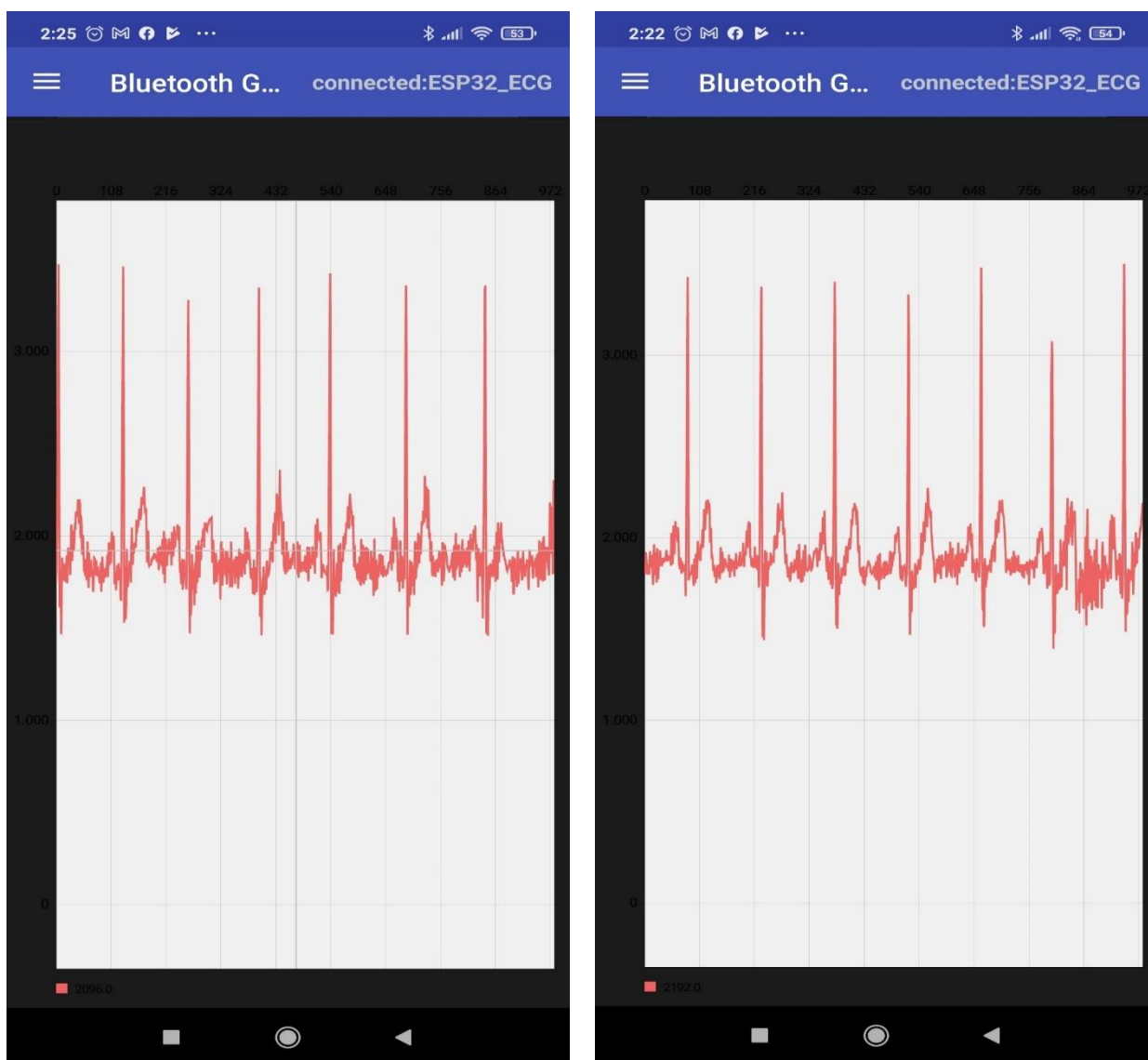


Рисунок 3.18 – Результат відображення ЕКГ у додатку Bluetooth Graphics

Результати тестування підтверджують, що розроблений прототип комп'ютеризованої системи моніторингу показників серцевої діяльності людини є ефективним інструментом для збору даних про серцеву активність. Його можна використати для виявлення аномалій та моніторингу стану ССС з метою забезпечення кращої діагностики та піклування про здоров'я людей.

РОЗДІЛ 4 БЕЗПЕКА ЖИТТЄДІЯЛЬНОСТІ, ОСНОВИ ОХОРОНИ ПРАЦІ

У кваліфікаційній роботі розглядається процес створення комп'ютеризованої системи моніторингу показників серцевої діяльності людини, тому у цьому розділі розглянуто наступні питання: долікарська допомога при ураженні електричним струмом; вплив електромагнітних полів на людину та заходи щодо зменшення їх впливу на обслуговуючий персонал.

4.1 Долікарська допомога при ураженні електричним струмом

Пошкодження організму, спричинені протіканням через нього електричного струму, електричною дугою або блискавкою, називаються електричною травмою. Електричні травми умовно поділяються на два види: місцеві електротравми, коли виникає місцеве порушення цілісності окремих ділянок та тканин тіла, і загальні електротравми, так звані електричні удари, коли уражається центральна нервова система або існує загроза ураження всього організму через порушення нормальної діяльності життєво важливих органів і систем, таких як головний мозок, серце, легені.

Місцеві електротравми – чітко окреслені місцеві порушення цілісності окремих ділянок та тканин тіла під впливом електричного струму та/або електричної дуги. Найчастіше – це поверхневі пошкодження, тобто пошкодження шкіри, іноді інших м'яких тканин, а також зв'язок і кісток.

До місцевих електротравм відносять:

- електричні опіки;
- електричні знаки;
- металізацію шкіри;
- механічні пошкодження;
- електрофтальмію.

					КС КРБ 123.353.00.00 ПЗ			
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата				
Розробив		Куляс І.І.			Безпека життєдіяльності, основи охорони праці	Лім.	Арк.	Акрушіє
Перевірів		Паламар А.М.					51	7
Консульт.		Пилипець М.І.				ТНТУ, каф. КС, гр. СІс-41		
Н. Контр.		Луцик Н.С.						
Зав. каф.		Осухівська Г.М.						

Загальні електричні травми (електричні удари) залежно від наслідків ураження організму людини поділяють на чотири ступені [22]:

I – судомне скорочення м'язів, що супроводжується болями, але без втрати свідомості;

II – судомне скорочення м'язів із втратою свідомості та/або зупинкою дихання;

III – втрата свідомості і порушення серцевої діяльності;

IV – клінічна смерть.

Електричний удар, навіть якщо він не закінчився смертю, може призвести до значного розладу організму, який виявляється одразу ж після удару або через декілька годин, днів і навіть місяців.

Так, внаслідок електричного удару можуть виникнути або загостритися серцево-судинні захворювання (аритмія серця, стенокардія, підвищення або пониження артеріального тиску), а також нервові захворювання (невроз), ендокринні порушення. Можливі послаблення пам'яті та уваги. Вважається, що електричні удари послаблюють стійкість організму до захворювань [22].

Для того щоб звільнити потерпілого від дії електричного струму, необхідно швидко вимкнути ділянку електричної мережі або електрообладнання, до якого дотикається людина. Якщо вимкнення здійснити неможливо, звільнити людину від дії електричного струму можна, відтягнувши її від джерела струму або ж відкинувши дрот від людини (якщо людина торкається дроту). При цьому людині, яка надає допомогу, необхідно дотримуватись правил безпеки, щоб самій не потрапити під дію електричного струму, звертаючи особливу увагу на напругу, під яку потрапив потерпілий.

У разі напруги до 1000 В дрот від людини можна відкинути сухою палкою або дошкою. Можна також перерубати його сокирою. Відтягти потерпілого від джерела струму можна руками, надягнувши діелектричні рукавиці або ж накинувши на них сухий одяг. Краще при цьому стати на дошку, одяг або будь-яку іншу не струмопровідну підстилку.

					<i>КС КРБ 123.353.00.00 ПЗ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		52

У разі напруги понад 1000 В для звільнення потерпілого можна використовувати лише ізолюючу штангу або ізолюючі кліщі, одягнувши діелектричні рукавички і взувши діелектричні боти, розраховані на відповідну напругу.

Не слід також забувати про небезпеку крокової напруги, якщо струмоведуча частина лежить на землі. Тому після звільнення потерпілого необхідно винести з цієї зони. Без засобів захисту пересуватися в зоні розтікання струму по землі слід не відриваючи ноги одна від одної [23].

Звільнивши потерпілого від дії електричного струму, необхідно якнайшвидше визначити вид і ступінь електротравми і залежно від цього надавати першу долікарську допомогу, а також викликати медичну допомогу або доставити потерпілого до медичного закладу. При цьому можуть спостерігатися опіки різного ступеня, механічні ушкодження (такі як вивихи, розтягування та розривання зв'язок, переломи), зупинка дихання або навіть клінічна смерть. Необхідно пам'ятати, що людину, яка отримала електротравму, не можна залишати без догляду, доки її не огляне лікар, оскільки у неї не виключається розвиток негативних процесів, які можуть призвести навіть до зупинки серця.

Працівники, які будуть використовувати комп'ютеризовану систему моніторингу показників серцевої діяльності людини повинні знати і виконувати правила надання долікарської допомоги при ураженні електричним струмом.

4.2 Вплив електромагнітних полів на людину та заходи щодо зменшення їх впливу на обслуговуючий персонал

Внаслідок інтенсивного розвитку електроніки, радіо- та комп'ютерної техніки значно підвищився рівень забруднення електромагнітним випромінюванням природного середовища. Джерела електромагнітних полів (ЕМП) можуть бути антропогенного та природного характеру.

					<i>КС КРБ 123.353.00.00 ПЗ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		53

Електромагнітні випромінювання антропогенного походження вважаються одним з різновидів енергетичних забруднювачів, тому що вони здійснюють шкідливий вплив на екологічні системи, негативно впливають на людський та інші живі організми. ЕМП володіють енергією і поширюються у формі електромагнітних хвиль, основними параметрами яких є швидкість поширення, частота коливань та довжина хвилі. Напруженість (В/м) є мірою вимірювання забруднення електромагнітними полями.

Штучними джерелами електромагнітного випромінювання є потужні радіолокаційні та радіотелевізійні станції, недосконалі комп'ютери, базові станції мобільного зв'язку, електростанції й підстанції, електротранспорт, високовольні лінії електрозв'язку, мікрохвильові печі, вимірювальні прилади, промислове обладнання високочастотного нагріву, а також усі елементи, під'єднані до мережі.

Інтенсивність електромагнітного поля в будь-якій точці простору залежить від відстані від нього і потужності генератора. На характер розподілу поля в приміщенні має вплив наявність металевих конструкцій і предметів, які є провідниками, а також діелектриків, які знаходяться в ЕМП. Рівень інтенсивності ЕМП у зв'язку із зростанням їх потужності та кількості джерел наразі різко виріс. В деяких районах він в сотні разів перевищує значення середнього нормального "природного фону".

Електромагнітні поля негативно впливають на людей, які безпосередньо мають справу із джерелами випромінювань, а також на населення, яке проживає поблизу таких джерел. Рівень впливу електромагнітних випромінювань на організм людини залежить від розмірів поверхні тіла, яка опромінюється, режиму опромінення, індивідуальних особливостей організму, характеру випромінювання, тривалості опромінення, діапазону частот та інтенсивності впливу відповідних чинників [24].

Рівень електромагнітних випромінювань у районах, де розміщені потужні локаційні та радіопередавальні станції, часто перевищує допустимі санітарні норми. Це дуже шкодить здоров'ю людей, які проживають біля таких станцій. Вплив ЕМП характеризується біологічною дією. Вони негативно впливають на нервову систему,

					<i>КС КРБ 123.353.00.00 ПЗ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		54

спричинюють сильну втому і головний біль, зумовлюють зниження точності робочих рухів, млявість, безсоння, розвиток неврозів, порушення в органах і системах (підшлункової залози, селезінки, печінки, шлунку), функціональні зсуви в діяльності кровотворної, ендокринної, серцево-судинної, нервово-психічної систем, фіксуються зміни показників вуглеводного та білкового обміну, зафіксовані порушення на клітинному рівні, змінюється склад крові. Вплив ЕМП на біологічні об'єкти залежить від рівня інтенсивності опромінення [25].

Нормування рівня напруженості електромагнітних полів на робочих місцях здійснюється згідно вимог ДСанПін 3.3.2.007-98 «Державні санітарні правила і норми роботи з візуальними дисплейними терміналами (ВДП) електронно-обчислювальних машин» [26].

Тепловий вплив характеризується загальним збільшенням температури тіла, подібним до локалізованого нагріву тканини. Впливаючи на живу тканину організму, ЕМП спричиняє змінну поляризацію атомів і молекул, які формують клітини, внаслідок чого виникає небезпечний нагрів. Надмірне тепло може мати негативний вплив на окремі органи і весь людський організм. Особливо шкідливим є перегрів таких органів, як нирки, мозок, очі тощо. З ростом інтенсивності проявляється вплив на клітини печінки, умовно-рефлекторну діяльність, нервову систему, підвищення тиску, викликає втрату зору та зміни у корі головного мозку.

Для запобігання професійних захворювань, які з'являються під впливом ЕМП, розроблені санітарні правила та норми щодо електротехнічних і радіотехнічних об'єктів на основі медикобіологічних досліджень. Вони також регламентують умови експлуатації для охорони населення від негативного впливу випромінювань.

Для захисту людини від дії електромагнітних опромінювань використовуються різні заходи і засоби захисту: захист відстанню, часом, застосування засобів індивідуального захисту, скорочені робочі дні, додаткова відпустка, медичні огляди, дистанційне керування і контроль в екранованому приміщенні, виділення зон випромінювання, екранування джерел випромінювання, екранування робочих місць, встановлення санітарних кордонів

					<i>КС КРБ 123.353.00.00 ПЗ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		55

навколо джерела ЕМП, зменшення випромінювання безпосередньо в самому джерелі випромінювання. Основні заходи захисту від негативного впливу електромагнітних випромінювань [26]:

- використання засобів індивідуального захисту, від електромагнітних випромінювань, до яких відносять і халати з металізованої тканини, комбінезони, переносні парасолі;

- організаційні заходи (допуск осіб не молодших за 18 років і тих, які не мають захворювань очей, серця, центральної нервової системи, скорочений робочий день, додаткова відпустка, проведення медогляду – не рідше одного разу на рік, проведення дозиметричного контролю інтенсивності електромагнітних випромінювань – не рідше одного разу на шість місяців);

- зменшення випромінювання безпосередньо біля джерела (досягається шляхом збільшення відстані між робочим місцем і джерелом спрямованої дії, зменшенням потужності випромінювання генератора);

- екранування джерел випромінювання.

Для захисту працівників від електромагнітних випромінювань також використовують заземлені захисні козирки, кожухи, екрани, які встановлюються на шляху випромінювання. Засоби захисту (кожухи, екрани) з радіопоглинаючих матеріалів виконують у вигляді феромагнітних пластин, жорстких або гнучких листів поролону, тонких гумових килимків.

					<i>КС КРБ 123.353.00.00 ПЗ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		56

ВИСНОВКИ

У кваліфікаційній роботі розроблено портативну комп'ютеризовану систему моніторингу показників серцевої діяльності людини, внаслідок чого отримані такі результати:

- проведено огляд та аналіз існуючих на ринку аналогів проєктованої системи, що дало змогу виявити їх особливості;
- обґрунтовано вибір компонентів, які необхідні для реалізації системи, зокрема, давачі для зняття серцевого ритму та ЕКГ, пристрій для збору, обробки та передачі даних, дисплей для відображення результатів, генератор звуку;
- розроблено апаратну платформу для моніторингу показників серцевої діяльності людини, включаючи синтез структурної та електричної принципової схем;
- розроблено програмне забезпечення для реалізації процесу збору та обробки даних про серцеву діяльність, відображення їх на дисплеї, генерування звукових сповіщень та надсилання результатів вимірювання для відображення на мобільному пристрої;
- проведено тестування системи, яке показало, що вона працює стабільно та вимірює показники серцевої діяльності з достатньою точністю, що є важливим для контролю за станом здоров'я людини.

Для реалізації системи було використано плату ESP32 WROOM, яка має вбудований Bluetooth модуль. Також було використано програмну платформу Arduino IDE та мову C++, що дозволяють швидко та ефективно розробляти програмний код для мікроконтролера.

Отже, портативна комп'ютеризована система моніторингу показників серцевої діяльності може використовуватись для повсякденного контролю стану здоров'я з метою профілактики і виявлення ранніх ознак ССЗ та запобігання серйозним ускладненням.

					КС КРБ 123.353.00.00 ПЗ	Арк.
						57
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Березанська М. Огляд та сучасний стан датчиків серцевого ритму. Ефективність інженерних рішень у приладобудуванні. С. 26–29.
2. Jhuang J. W., Ma H. P. A patch-sized wearable ECG/respiration recording platform with DSP capability. In 2015 17th International Conference on E-health Networking, Application & Services (HealthCom) 2015. P. 298-304.
3. Оптичний давач серцевого ритму Polar OH1. URL: <https://ua.polar-ua.com/item/opticheskiy-datchik-serdechnogo-ritma-polar-oh1-4410> (дата звернення: 08.03.2023).
4. Холтерівська система моніторингу ECGpro Holter EP800. URL: <https://medshop.com.ua/ua/funkcionalna-diagnostika/holterovski-sistemi/holterovskaya-sistema-monitoringa-ecgpro-holter-ep800.html> (дата звернення: 08.03.2023).
5. Монітор ЕКГ AliveCor KardiaMobile Бездротовий персональний пристрій ЕКГ. URL: <https://novoshop.com.ua/ua/p1737034881-monitor-ekg-alivecor.html> (дата звернення: 08.03.2023).
6. Відладочна плата ESP-32. URL: <https://www.robostore.com.ua/ua/otladochnye-platy/esp-moduli/esp-32/> (дата звернення: 14.03.2023).
7. The Internet of Things with ESP32. URL: <http://esp32.net/> (дата звернення: 14.03.2023).
8. Модуль для зняття ЕКГ AD 8232-Modul Lead Heart Rate Monitor. URL: <https://www.robostore.com.ua/ua/modul-dlya-snyatiya-ekg-ad-8232-modul-lead-heart-rate-monitor/> (дата звернення: 15.03.2023).
9. Погребенник В. Д., Клим Г. І., Бордун І. М., Пташник В. В., Паламар А. М. Системи оперативного контролю інтегральних параметрів водного середовища. Т. 2. Елементи комп'ютерних систем оперативного контролю: колективна монографія. Житомир: Видавничий дім «Бук-Друк», 2021. 180 с.
10. Купратий І.Г., Паламар А.М. Комп'ютерна система для дистанційного моніторингу стану здоров'я пацієнтів. Актуальні задачі сучасних технологій :

					КС КРБ 123.353.00.00 ПЗ	Арк.
						58
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

збірник тез доповідей XI міжнародної науково-практичної конференції молодих учених та студентів, Тернопіль: ФОП Паляниця В. А., 2022. С. 142.

11. Паламар А.М., Купратий І.Г. Система для дистанційного моніторингу стану здоров'я пацієнтів на основі інтернету медичних речей. Матеріали X науково-технічної конференції «Інформаційні моделі, системи та технології», Тернопіль: ТНТУ, 2022. С. 85.

12. Паламар А. М., Осов'як І. І. Комп'ютерна інформаційно-вимірювальна система для моніторингу пристроїв безперебійного електроживлення. Матеріали V Міжнародної науково-технічної конференції «Світлотехніка й електротехніка: історія, проблеми, перспективи», Тернопіль. 2015. С. 111–112.

13. Паламар А.М., Паламар М.О. Метод підвищення надійності компонентів модульної комп'ютеризованої системи безперебійного живлення. Матеріали міжнародної наукової конференції «Іван Пулюй: життя в ім'я науки та України» (до 175-ліття від дня народження) (Тернопіль, 28-30 вересня 2020 року), Тернопіль: ТНТУ, 2020. С. 91-92.

14. Palamar A., Pettai E. Microgrid for the Department of Electrical Drives and Power Electronics. 8th International Symposium «Topical Problems in the Field of Electrical and Power Engineering» and «Doctoral School of Energy and Geotechnology II», Pärnu, Estonia. 2010. P. 54–61.

15. Оконський М.В., Лупенко С.А., Паламар А.М. Комп'ютерна система для моніторингу метеорологічних параметрів на основі IoT. Актуальні задачі сучасних технологій : збірник тез доповідей X міжнародної науково-технічної конференції молодих учених та студентів. Тернопіль: ТНТУ. 2021. С. 112.

16. Оконський М.В., Лупенко С.А., Паламар А.М. Інформаційно-вимірювальна система для контролю метеорологічних параметрів на основі Інтернету речей. Матеріали IX науково-технічної конференції "Інформаційні моделі, системи та технології", Тернопіль: ТНТУ, 2021. С. 118.

17. Palamar A. Control system simulation by modular uninterruptible power supply unit with adaptive regulation function. Scientific Journal of the Ternopil National Technical University, Ternopil, Ukraine. 2020. Vol. 2, No. 98. P. 129–136.

					<i>КС КРБ 123.353.00.00 ПЗ</i>	Арк.
						59
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

18. Романов Д.В., Осухівська Г.М., Паламар А.М. Система управління зовнішнім освітленням на основі Інтернету речей. Актуальні задачі сучасних технологій : збірник тез доповідей X міжнародної науково-практичної конференції молодих учених та студентів (Тернопіль, 24-25 листопада 2021 року), Тернопіль: ТНТУ, 2021. С. 120.

19. Паламар А. М. Комп'ютерна система для моніторингу параметрів джерел безперебійного живлення на основі технології Internet of Things. Матеріали IV Міжнародної науково-технічної конференції «Теоретичні та прикладні аспекти радіотехніки, приладобудування і комп'ютерних технологій», Тернопіль. 2019. С. 208–209.

20. Zozulia A., Lytvynenko I., Lutsyk N., Lupenko S., Yasniy O. Method of vector rhythmcardiosignal automatic generation in computer-based systems of heart rhythm analysis. Visnyk of TNTU. 2020. Vol. 97, P. 122-132.

21. Lupenko S., Lutsyk N., Yasniy O., Sobaszek Ł. Statistical analysis of human heart rhythm with increased informativeness. Acta mechanica et automatic. 2018. Vol. 12. P. 311-315.

22. Бедрій І.Я., Нечай В.Я. Безпека життєдіяльності. Навчальний посібник. – Львів: Манголія 2006, 2007. 499 с.

23. Желібо Є. П. Заверуха Н.М., Зацарний В.В. Безпека життєдіяльності. Навчальний посібник. К.: Каравела, 2004. 328 с.

24. Зеркалов Д.В. Безпека життєдіяльності. Навчальний посібник. К.: Основа. 2011. 526 с.

25. Яремко З. М. Безпека життєдіяльності: Навч. посіб. Львів. 2005. 301 с.

26. Державні санітарні правила і норми роботи з візуальними дисплейними терміналами електронно-обчислювальних машин [Електронний ресурс] : ДСанПіН 3.3.2.007-98. Чинний від 1998-12-10. К. : МОЗ України, 1998. URL: <http://mozdocs.kiev.ua/view.php?id=2445>.

					<i>КС КРБ 123.353.00.00 ПЗ</i>	Арк.
						60
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Додаток А
Технічне завдання

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ

Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя

Кафедра комп'ютерних систем та мереж

«ЗАТВЕРДЖУЮ»

Завідувач кафедру КС

_____ Осухівська Г.М.

“ ____ ” _____ 2023 р.

ПОРТАТИВНА КОМП'ЮТЕРИЗОВАНА СИСТЕМА МОНІТОРИНГУ
ПОКАЗНИКІВ СЕРЦЕВОЇ ДІЯЛЬНОСТІ ЛЮДИНИ

ТЕХНІЧНЕ ЗАВДАННЯ

на 9 листках

Вид робіт: Кваліфікаційна робота

На здобуття освітнього ступеня «Бакалавр»

Спеціальність 123 «Комп'ютерна інженерія»

«УЗГОДЖЕНО»

Керівник кваліфікаційної роботи

_____ к.т.н. Паламар А.М.

“ ____ ” _____ 2023 р.

«ВИКОНАВЕЦЬ»

Студент групи СІс-41

_____ Куляс І.І.

“ ____ ” _____ 2023 р.

Тернопіль 2023

1 Загальні відомості

1.1 Повна назва та її умовне позначення

Повна назва теми кваліфікаційної роботи бакалавра: «Портативна комп'ютеризована система моніторингу показників серцевої діяльності людини».

Умовне позначення дипломного проекту: КС КРБ 123.353.00.00.

1.2 Виконавець

Студент групи СІс-41, факультету комп'ютерно-інформаційних систем і програмної інженерії, кафедри комп'ютерних систем та мереж, Тернопільського національного технічного університету імені Івана Пулюя, Куляс Іван Іванович.

1.3 Підстава для виконання роботи

Підставою для виконання кваліфікаційної роботи бакалавра є наказ по університету № 4/7-237 від «28» лютого 2023 року.

1.4 Планові терміни початку та завершення роботи

Плановий термін початку виконання кваліфікаційної роботи бакалавра – 28.02.2023 р.

Плановий термін завершення виконання кваліфікаційної роботи бакалавра – 16.06.2023 р.

1.5 Порядок оформлення та пред'явлення результатів роботи

Оформлення технічної документації до кваліфікаційної роботи бакалавра здійснюється згідно діючих вимог вітчизняних та міжнародних стандартів. Технічна документація до кваліфікаційної роботи бакалавра включає в себе текст пояснювальної записки та креслення, які максимально інформативно та стисло відображають основні результати розробки комп'ютеризованої системи моніторингу показників серцевої діяльності людини. Основними регламентними документами при оформленні та пред'явленні результатів проектування є групи діючих стандартів ДСТУ, ГОСТ, ISO та ЄСКД, ЕСПД. Пред'явлення результатів кваліфікаційної роботи бакалавра відбувається шляхом захисту роботи на відповідному засіданні ДЕК, ілюстрацією основних досягнень за допомогою графічного матеріалу.

2 Призначення і цілі створення системи

2.1 Призначення системи

Система призначена для забезпечення моніторингу показників серцевої діяльності людини.

2.2 Мета створення системи

Метою створення системи моніторингу показників серцевої діяльності людини є покращення контролю за здоров'ям людини та зменшення ризику розвитку серйозних захворювань шляхом швидкого та точного вимірювання та аналізу основних показників роботи серця в режимі реального часу. Така система може бути використана як в медичних установах, спортивних клубах, так і в домашніх умовах для контролю за станом здоров'я людини.

2.3 Характеристика об'єкту

Система проектується для контролю моніторингу показників серцевої діяльності людини, що включає в себе:

- розробку структурної схеми;
- розробку схеми електричної принципової;
- розробку алгоритму роботи та написання програмного забезпечення для мікроконтролера.

3 Вимоги до системи

3.1 Вимоги до системи в цілому

Портативна комп'ютеризована система моніторингу показників серцевої діяльності людини повинна забезпечити:

1. Точне і швидке вимірювання основних показників роботи серця (частоти серцевих скорочень, кривої ЕКГ) в режимі реального часу.
2. Виведення результатів вимірювання на дисплей.
3. Звукове сповіщення у випадку виявлення аномальної серцевої активності.
4. Дистанційний контроль показників серцевої діяльності людини за допомогою бездротових технологій передачі даних.
5. Безвідмовну роботу при температурі повітря навколишнього середовища від $-15\text{ }^{\circ}\text{C}$ до $+50\text{ }^{\circ}\text{C}$, при відносній вологості повітря до 90 %.

3.1.1 Вимоги до структури та функціонування системи

Структура системи моніторингу показників серцевої діяльності людини включає в себе:

- електроди, які прикріплюються до тіла користувача і реєструють електричну активність серця;
- мікроконтролер, який забезпечує збір, обробку та передачу даних, а також керування різними елементами системи;
- джерело живлення для системи;
- дисплей для відображення результатів вимірювання серцевої діяльності на екрані;
- модуль для передачі даних з мікроконтролера до зовнішніх пристроїв через бездротову мережу;
- пристрій для відтворення звукових сигналів у випадку виявлення аномальної серцевої активності.

В загальному випадку, структура системи повинна реалізовувати функції вимірювання та аналізу основних показників роботи серця в режимі реального часу. Основні функціональні вимоги до системи характеризуються наступними критеріями:

- точність та швидкість вимірювання;
- надійність;
- зручність використання;
- сумісність з іншими пристроями;
- безпека при передачі даних;
- мобільність.

3.1.2 Вимоги до способів та засобів зв'язку між компонентами системи

Обмін інформацією між компонентами системи моніторингу показників серцевої діяльності людини повинен здійснюватися з використанням як провідних, так і бездротових технологій передачі даних.

3.1.3 Вимоги до режимів функціонування системи

Портативна комп'ютеризована система моніторингу показників серцевої діяльності людини повинна мати наступні режими функціонування:

- режим збору даних;
- режим збереження даних;
- режим відображення даних;
- режим передачі даних;
- режим сповіщення.

3.1.4 Перспективи розвитку та модернізації системи

У зв'язку з швидким розвитком технологій, систему можна модернізувати шляхом використання новітніх технологій і апаратних засобів, що дасть можливість підвищити продуктивність та якість функціонування системи. Додатково, систему можна розширити функціонально, додавши можливості для збору додаткової інформації про стан організму, такої як температура тіла, кількість кроків, рівень активності тощо. Це дасть можливість повніше оцінювати стан здоров'я користувача та давати поради щодо здорового способу життя.

Також можна розглядати можливість збереження історії показників серцевої діяльності та їх аналізу в довгостроковій перспективі.

3.1.5 Вимоги до надійності системи

Система моніторингу показників серцевої діяльності людини повинна бути захищена від фізичних чи механічних пошкоджень на рівні апаратного та програмного забезпечення. Надійність системи повинна забезпечувати відновлюваність функціонування у випадку збою апаратного чи програмного забезпечення. Забезпечення надійної передачі даних є ключовим фактором для реалізації коректного збору та аналізу даних. Тому, система повинна забезпечувати надійний та стійкий зв'язок між компонентами.

Показники надійності системи повинні відповідати вимогам ДСТУ 50136-1. Ймовірність безвідмовної роботи системи повинна складати не менше 99,8 %.

3.1.6 Вимоги до функцій та задач, які виконує система

Система моніторингу показників серцевої діяльності людини повинна виконувати наступні функції та задачі:

- збір даних про показники серцевої діяльності;
- обробка та аналіз даних;
- відображення результатів моніторингу;
- збереження та архівування даних;
- оповіщення про небезпечні показники.

3.1.7 Вимоги до апаратного забезпечення

Вимоги до елементної бази проєктованої системи:

- режими роботи і умови експлуатації вибраних елементів повинні відповідати вказаним в ТЗ;

- вибрана елементна база має забезпечувати необхідні режими роботи системи;
- елементна база по можливості має бути широкоживаною, доступною і дешевою. Необхідно також враховувати можливість заміни вибраних елементів на аналогічні (вітчизняні чи імпортного виробництва).

Вимоги до мікроконтролера:

- мікроконтролер має підтримувати RISC архітектуру команд;
- мікроконтролер повинен містити необхідний набір вбудованих периферійних пристроїв (таймери, АЦП і т.п.) та потрібну кількість керованих портів введення /виведення.

4 Вимоги до документації

Документація повинна відповідати вимогам ЄСКД та ДСТУ.

Комплект конструкторської документації повинен складатись з:

- пояснювальної записки;
- графічного матеріалу:
 1. архітектура системи моніторингу показників серцевої діяльності людини;
 2. структурна схема пристрою моніторингу;
 3. схема електрична принципова пристрою;
 4. результати тестування системи.

*Примітка: В комплект конструкторської документації можуть вноситися зміни та доповнення в процесі розробки.

5 Техніко-економічні показники

Собівартість розробки системи повинна становити не більше 5000 грн.
Термін експлуатації системи повинен бути не менший 10 років.

*Примітка: собівартість системи може змінюватись під час розрахунку в процесі розробки.

6 Стадії та етапи проектування

Таблиця 1 – Стадії та етапи виконання КРБ

№ етапу	Назва етапу виконання КРБ	Термін виконання
1	Розробка та затвердження технічного завдання	28.02.2023 – 05.03.2023
2	Аналіз технічного завдання та обґрунтування можливих рішень	06.03.2023 – 12.03.2023
3	Розробка структурної та функціональної схеми	13.03.2023 – 20.03.2023
4	Розробка схеми електричної принципової, вибір елементної бази	21.03.2023 – 31.03.2023
5	Розробка програмного забезпечення для проектованої системи	01.04.2023 – 05.05.2023
6	Опрацювання питань розділу «Безпека життєдіяльності, основи охорони праці»	06.05.2023 – 12.05.2023
7	Оформлення пояснювальної записки дипломного проекту	13.05.2023 – 01.06.2023
8	Оформлення графічної частини	02.06.2023 – 11.06.2023
9	Попередній захист кваліфікаційної роботи бакалавра	12.06.2023 – 16.06.2023
10	Захист кваліфікаційної роботи бакалавра	19.06.2023 – 23.06.2023

7 Додаткові умови виконання кваліфікаційної роботи бакалавра

Під час виконання кваліфікаційної роботи в дане технічне завдання можуть вноситися зміни та доповнення.

Додаток Б
Перелік елементів

Поз. позначення	Найменування	Кіл.	Примітка
	<u>Батареї</u>		
B1	Акумулятор літій-іонний 18650 2700 мАг 3,7В	1	
	<u>Резистори</u>		
R1	0805-0,125-1 кОм±5%	1	
R2, R3	0805-0,125-4,7 кОм±5%	2	
	<u>Сенсори</u>		
U1	SEN 11574	1	
U2	AD8232	1	
	<u>Модулі</u>		
U3	TP4056 (зарядний пристрій з контролем заряду)	1	
U4	XL6009 DC-DC перетворювач	1	
U5	ESP32 WROOM	1	
S1	Display OLED 128x64 I2C	1	
	<u>П'єзодинамік</u>		
P1	П'єзодинамік (buzzer)	1	
	<u>Роз'єми</u>		
XP1	Вхідний роз'єм: 365 мм (mini-jack)	1	

КС КРБ 123.353.00.00 ПЕ				
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата
Розробив		Куляс І.І.		
Перевірів		Паламар А.М.		
Рецензент				
Н. Контр.		Луцик Н.С.		
Зав. каф.		Осухівська Г.М.		
Модуль для моніторингу показників серцевої діяльності людини			Літ.	Арк.
Перелік елементів				72
			Акрушів 1	
ТНТУ, каф. КС, гр. СІс-41				

Додаток В

Лістинг програми

Лістинг В.1 – Код програми мікроконтролера для реалізації процесу моніторингу показників серцевої діяльності людини.

```
#include <Wire.h>
#include <Adafruit_GFX.h>
#include <Adafruit_SSD1306.h>
#include "BluetoothSerial.h"

#define LED_BUILTIN 2 // Pin for LED
#define pinBUZZER 5
#define L0_PLUS 19
#define L0_MINUS 23
#define PULSE_INPUT A0 // Pin for PulseSensor
#define ECG_INPUT A3 // Pin for AD8232

#define OLED_Address 0x3C // 0x3C device address of I2C OLED
#define SCREEN_WIDTH 128 // OLED display width, in pixels
#define SCREEN_HEIGHT 64 // OLED display height, in pixels
#define OLED_RESET -1 // Reset pin #

#define ECG_MIN_LEVEL 100
#define UpperThreshold 1930
#define LowerThreshold 1910

// global variables
boolean BT_cnx = false;
int a=0;
int lasta=0;
int lastb=0;
int LastTime=0;
int ThisTime;
bool BPMTiming=false;
bool BeatComplete=false;
int BPM=0;

BluetoothSerial ESP_BT; // Object for Bluetooth

Adafruit_SSD1306 oled(SCREEN_WIDTH, SCREEN_HEIGHT, &Wire,
OLED_RESET);

void setup() {
  // initialize the serial communication:
  Serial.begin(9600);
  Serial.println(); // blank line in serial ...
  // initialize digital pins as outputs
  pinMode(LED_BUILTIN, OUTPUT);
```

```

pinMode(pinBUZZER, OUTPUT);
// initialize digital pins as inputs
pinMode(L0_PLUS, INPUT); // Setup for leads off detection LO+
pinMode(L0_MINUS, INPUT); // Setup for leads off detection LO-
// initialize the serial BT communication:
ESP_BT.register_callback(callback);
if(!ESP_BT.begin("ESP32_ECG")){
    Serial.println("An error occurred initializing Bluetooth");
}else{
    Serial.println("Bluetooth Device is Ready to Pair...");
}
oled.begin(SSD1306_SWITCHCAPVCC, OLED_Address);

oled.clearDisplay();
oled.setTextSize(1);
oled.setTextColor(WHITE);
oled.setCursor(0, 10);
// Display static text
oled.println("    Heart Monitoring");
oled.println("        System");
oled.println(" ");
oled.println("    Created by:");
oled.println(" ");
oled.println("        Ivan Kulas");
oled.display();

delay(3000);
oled.clearDisplay();
}

void loop() {
    if((digitalRead(L0_MINUS) == 1)|| (digitalRead(L0_PLUS) == 1)){
        Serial.println('!');
        ESP_BT.println('!');
    }
    else{
        // send the value of analog input 3 to serial:
        int ECG_signal = analogRead(ECG_INPUT);
        Serial.println(ECG_signal);
        //Do the same for bluetooth
        if(BT_cnx){
            ESP_BT.print('E'); //make the app Bluetooth Graphics
            ESP_BT.println(ECG_signal);
        }
        if (ECG_signal < ECG_MIN_LEVEL) {
            digitalWrite(pinBUZZER, HIGH); // Trigger the buzzer if
the analog signal is lower than the threshold level
            delay(1000); // Keep the buzzer on for
1 second
            digitalWrite(pinBUZZER, LOW); // Turn off the buzzer
        }
    }
    //Wait a little to keep serial data from saturating

```

```

    if(a>127) {
        oled.clearDisplay();
        a=0;
        lasta=a;
    }

    ThisTime=millis();
    int value=analogRead(PULSE_INPUT);
    oled.setTextSize(2);
    oled.setTextColor(WHITE);
    int b=60-(value/16/4);
    oled.writeLine(lasta,lastb,a,b,WHITE);
    lastb=b;
    lasta=a;

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

    oled.writeFillRect(0,50,128,16,BLACK);
    oled.setCursor(0,50);
    oled.print("BPM:");
    oled.print(BPM);
    oled.display();
    a++;
}

void callback(esp_spp_cb_event_t event, esp_spp_cb_param_t
*param) {
    if(event == ESP_SPP_SRV_OPEN_EVT) {
        Serial.println("Client Connected");
        digitalWrite(LED_BUILTIN, HIGH);
        BT_cnx = true;
    }
    if(event == ESP_SPP_CLOSE_EVT ) {
        Serial.println("Client disconnected");
        digitalWrite(LED_BUILTIN, LOW);
        BT_cnx = false;
        ESP.restart();
    }
}
}

```