

**НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ УКРАЇНИ
«КИЇВСЬКИЙ ПОЛІТЕХНІЧНИЙ ІНСТИТУТ
імені ІГОРЯ СІКОРСЬКОГО»**

**Радіотехнічний факультет
Кафедра радіоінженерії**

До захисту допущено:

В.о. завідувача кафедри

_____ Сергій МАРТИНЮК

«___» _____ 20 р.

Дипломний проєкт


на здобуття ступеня бакалавра

за освітньою програмою «Радіосистемна інженерія»

спеціальності 172 «Телекомунікації та радіотехніка»

на тему: «Портативний IoT монітор пульсової хвилі»

Виконав (-ла):
студент IV курсу, групи РС-81
Біяков Нікіта Вікторович



Керівник:
Д.т.н., Професор
Шарпан О.Б.



Рецензент:
К.т.н., доцент
Сушко І.О.

Засвідчую, що у цьому дипломному проєкті немає запозичень з праць інших авторів без відповідних посилань.

Студент (-ка)



Київ – 2022 року

Національний технічний університет України
«Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»
Радіотехнічний факультет
Кафедра радіоінженерії

Рівень вищої освіти – перший (бакалаврський)

Спеціальність – 172 «Телекомунікації та радіотехніка»

Освітня програма «Радіосистемна інженерія»

ЗАТВЕРДЖУЮ

В.о.завідувача кафедри

_____ Сергій МАРТИНЮК

«__» _____ 20__ р.

ЗАВДАННЯ

на дипломний проєкт студенту

Біяков Нікіта Вікторович

1. Тема проєкту « Портативний IoT монітор пульсової хвилі _____ »,

керівник проєкту Олег ШАРПАН, д.т.н., професор

затверджені наказом по університету від « 17» червня__ 2022_ р. №_ 822-с

2. Термін подання студентом проєкту 13.06.2022 р. _____

3. Вихідні дані до проєкту пояснювальна записка, схема електрична принципова, дослідницькі матеріали при розробці портативного IoT монітора пульсової хвилі індивідуального використання, особливістю якого є портативність та дешевизна , тип з'єднання з сервером WiFi, Bluetooth, габаритні розміри 100×62,4×30,5 мм.

4. Зміст роботи Визначення медичних діагностичних термінів та показників, що характеризують функціональний стан людини на основі пульсометрії. Аналіз сучасного стану методів та засобів пульсової медичної діагностики. Розроблення портативного IoT пристрою пульсометрії для визначення функціонального стану людини.

5. Перелік ілюстративного матеріалу (із зазначенням плакатів, презентацій тощо) : схема структурна, схема електрична принципова, перелік елементів, програмне забезпечення

6. Консультанти розділів роботи*

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

7. Дата видачі завдання 02.05.2022 р. _____

Календарний план

№ з/п	Назва етапів виконання дипломного проєкту	Термін виконання етапів роботи	Примітка
1	Аналіз методів і засобів пульсової діагностики в медицині	02.05-15.05	
2	Розроблення схеми портативного монітору пульсової хвилі	16.05-29.05	
3	Розроблення модуля пульсометрії	30.05-05.06	
4	Розроблення програмного забезпечення	06.06-15.06	

Студент

Нікіта БЛЯКОВ

Керівник

Олег ШАРПАН

* Якщо визначені консультанти. Консультантом не може бути зазначено керівника дипломної роботи.

АНОТАЦІЯ

Завданням дипломного проекту була розробка мобільного IoT пристрою, що здатний спостерігати, запам'ятовувати та передавати на сервер дані периферичного пульсу користувача. Загальна конструкція складається з декількох блоків – сенсору пульсового сигналу, аккумулятора живлення та контролеру, призначеному для керування роботою пристрою. А саме – реєстрації і збереження параметрів пульсового сигналу, зчитування вимірювальної інформації та передачі її для аналізу. Завдання по обробці даних залишається за користувачем.

Практичне використання даної розробки – забезпечення збору інформації для відслідковування поточного функціонального стану людини. Сфера застосування пристрою – індивідуальне відслідковування пульсу для збору інформації про здоров'я.

В проекті розглянуто сучасні пульсометричні методи моніторингу функціонального стану серцево-судинної системи, за якими лікарі визначають стан здоров'я. Розроблено структурну схему та обґрунтовано вибір елементної бази пристрою. Створено базове програмне забезпечення для тестування та перевірки його роботи. Розроблено конструкцію корпусу для виготовлення методом 3д друку.

ANNOTATION

The task of the diploma project was to develop a mobile IoT device capable of tracking, storing and transmitting a user's peripheral pulse to the server. The general design consists of several components - a pulse signal sensor, a battery and a controller designed to control the operation of the device. Namely - registration and storage of pulse signal parameters, reading of measurement information and its transfer for analysis. The task of data processing is left to the user.

The practical use of this development is to ensure the collection of information to track the current functional state of man. Scope of the device - individual heart rate monitoring to collect health information.

The project considers modern pulsometric methods for monitoring the functional state of the cardiovascular system, according to which doctors determine the state of health. The structural scheme is developed and the choice of element base of the device is substantiated. Basic software has been created to test and verify its operation. The design of the case for production by a method of 3d printing is developed.

ПОЯСНЮВАЛЬНА ЗАПИСКА
до дипломного проекту

на тему: Портативний IoT монітор пульсової хвилі

Київ — 2022 року

ЗМІСТ

Перелік скорочень.....	2
Вступ.....	3
1 Пульсова Діагностика в медицині.....	4
1.1 Фізична обумовленість пульсових коливань [1]	4
1.2 Капілярний пульс. Венозний пульс. Артеріальний пульс	5
1.3 Методи реєстрації сигналів пульсу	8
Висновки	16
2 Обґрунтування вибору апаратної частини пристрою	18
2.1 Огляд існуючих рішень моніторингу пульсової хвилі.....	18
2.2 Технічні вимоги.....	19
2.3 Обґрунтування методу передачі даних	21
2.4 Мікроконтроллер ESP32.....	22
2.5 Сенсор пульсометрії	23
2.6 Опис роботи MAX30102	25
2.7 MAX30102. Вимірювання SpO2.....	26
2.7.1 Сигнал вимірювання SpO2.....	26
2.7.2 Передача даних на контроллер.....	27
Висновки	28
3 Розроблення прототипу та вибір елементної бази.....	29
3.1 Мікроконтроллер ESP32.....	29
3.2 Сенсор MAX30102	30
3.3 Живлення Li-pol	31

					<i>РС81.94.1430.001 ПЗ</i>		
ЗМ.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата	Портативний IoT монітор пульсової хвилі		
Розробив	Біяков Н.В.						
Перевірив	Шарпан О.Б.						
Н. Контр.	Шарпан О.Б.						
Затвердив	Шарпан О.Б.						
					Літ.	Лист	Листів
					1		
					<i>РС-81 РТФ</i>		

3.4 Модуль TP4056.....	31
Висновки	32
4 Розробка програмного забезпечення.....	33
4.1 Структура програми.....	33
4.2 Wi-Fi з'єднання	33
4.3 Файлова система	33
4.4 Передача даних на сервер	34
4.5 Обробка даних сенсору	34
Висновки	34
Перелік джерел посилань	35
Додаток А Технічне завдання.....	37
Додаток Б Відомість дипломного проекту	
Додаток В Програмне забезпечення	
Додаток Г Схема електрична принципова	

					<i>РС81.94.1430.001 ПЗ</i>			
<i>ЗМ.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>				
<i>Розробив</i>		<i>Біяков Н.В.</i>			<i>Портативний IoT монітор пульсової хвилі</i>	<i>Літ.</i>	<i>Лист</i>	<i>Листів</i>
<i>Перевірив</i>		<i>Шарпан О.Б.</i>					1	
<i>Н. Контр.</i>		<i>Шарпан О.Б.</i>			<i>РС-81 РТФ</i>			
<i>Затвердив</i>		<i>Шарпан О.Б.</i>						

ПЕРЕЛІК СКОРОЧЕНЬ

Wi-Fi – *Wireless Fidelity*, Бездротова мережа;

GSM GPRS – *General Packet Radio Service*, пакетний радіозв'язок загального користування;

IoT – Інтернет речей;

TCP/IP – *Transmission Control Protocol* «протокол керування передаванням» *Internet Protocol* «міжмережевий протокол» набір протоколів мережі Інтернет;

SpO₂ – рівень насичення крові киснем;

ІЧ, IR - Інфра червоний;

I²C – *Inter-Integrated Circuit*, послідовна шина даних для зв'язку інтегральних схем;

LED – Світлодіод;

GND – Шина нульового потенціалу;

HbO₂ – oxygen-hemoglobin dissociation curve;

АЦП, ADC – *Analog-to-digital converter*, Аналогово цифровий перетворювач;

FIFO – *First In, First Out*, спосіб організації та маніпулювання даними;

ЕКГ – Електрокардіограма;

ФКГ – Фонокардіографія — діагностичний метод графічної реєстрації серцевих тонів і шумів;

ПХ – пульсова хвиля;

ЛДК – лікувально-діагностичних комплексів;

СП – сигнал пульсу;

ВЕКГ – векторна електрокардіограма;

					<i>РС 81.94.14.30.001 ПЗ</i>	Лист
						2
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		

ВСТУП

Використання сучасних технологій в побуті дозволило зробити крок вперед в медицині. Років 50 тому обладнання для моніторингу стану людини було величезним і розміщувалось виключно в палатах пацієнтів. Але сьогодні кожен може собі дозволити мати такий пристрій у вигляді годинника, що буде цілодобово знімати з вас показники біометрії. І аналіз даних протягом усього дня дозволяє отримати точнішу інформацію, ані ж 15-хвилинний замір параметрів в лабораторії.

На сьогодні вибір сенсорів біометрії великий. Найпопулярніший – пульсометр та вимірювання насичення крові киснем. Такі сенсори мають зв'язок з телефоном, де і накопичують дані для аналізу[18].

Також для обробки даних використовують нейронні мережі, що здатні визначати хвороби навіть краще за лікарів[19].

Якщо проаналізувати роботу лікарів, то можна прийти до висновку, що стан кровоносної системи людини майже повністю відображає стан здоров'я [17].

Для тривалого збору даних потрібно використовувати метод, який не буде впливати на тіло або буде мати мінімальний вплив. Такий метод називається пульсооксиметрія, що використовує оптичні властивості тканин та кровоносних судин [1].

					<i>РС81.94.14.30.001 ПЗ</i>	Лист
						3
<i>Зм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		

1 ПУЛЬСОВА ДІАГНОСТИКА В МЕДИЦИНІ

1.1 Фізична обумовленість пульсових коливань [1]

Пульс — це періодичне коливання стінок артерій, вен, капілярів під впливом кров'яного тиску, що синхронно пов'язане з діяльністю серця. Також пульс являється основним біомаркером – характеристикою яка використовується в ролі індикатора стану всього організму [1].

Кров'яний тиск - тиск, який кров створює на стінки кровоносних судин, або, іншими словами, перевищення тиску рідини в кровоносній системі над атмосферним.

У венозному відділі судинної системи тиск найнижчий. У венулах він дорівнює 12, в венах - 5 і в порожній вені - 3 мм рт.ст.

Пульсова хвиля - коливальні зміни діаметра, або обсягу артеріальних судин, обумовлені хвилею підвищення тиску, виникає в аорті у момент викидання крові з шлуночків. В цей час тиск в аорті різко підвищується і стінка її розтягується. Хвиля підвищеного тиску і викликані цим розтягуванням коливання судинної стінки з певною швидкістю поширюються від аорти до артерій і капілярів, де пульсова хвиля гасне.

Швидкість поширення пульсової хвилі не залежить від швидкості руху крові. З віком у міру зниження еластичності судин швидкість поширення пульсової хвилі, особливо в аорті, збільшується.

					<i>РС81.94.14.30.001 ПЗ</i>	Лист
						4
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		

На рисунку 1.1 можна побачити зміщення в часі та різницю амплітуди пульсових хвиль (Сфігмограм) сонної, променевої та пальцевої артеріях:

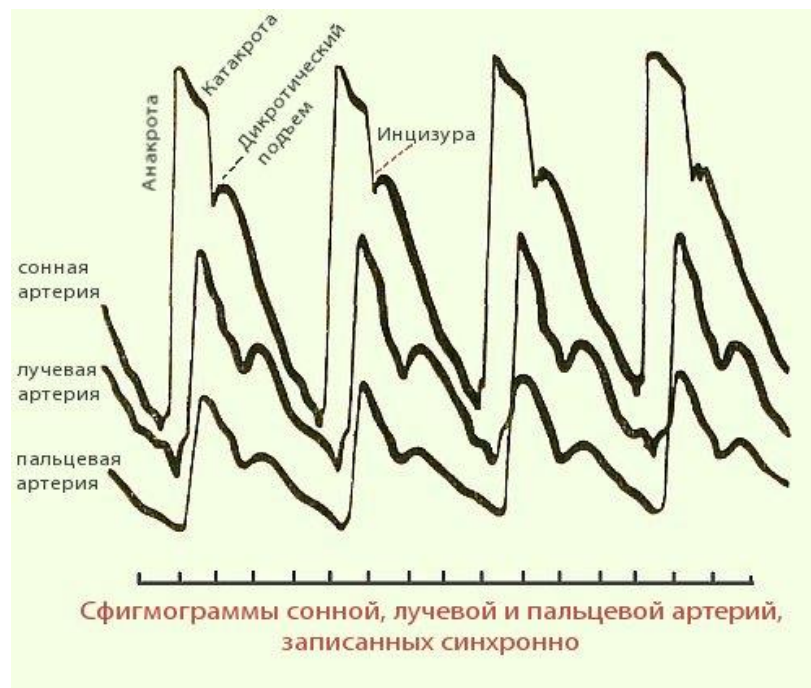


Рисунок 1.1 - Сфигмограми сонної, променевої і пальцевої артерій, записаних синхронно

1.2 Капілярний пульс. Венозний пульс. Артеріальний пульс

Капілярний пульс (пульс Квінке) - синхронна з артеріальним пульсом ритмічна зміна інтенсивності забарвлення проксимальної частини нігтьового ложа , придавленої склом гіперемійованої шкіри чола і нижньої губи. Наявність капілярного пульсу не є нормою, так як у здорової людини кровотік в капілярах безперервний, внаслідок діяльності прекапілярних сфінктерів [2].

Венозний пульс - це коливання стінки магістральних вен, розташованих біля серця (наприклад, яремних вен), обумовлені зміною в них тиску крові і об'єму крові. Венозний пульс обумовлений зменшенням відтоку крові до серця під час систоли передсердь і шлуночків[3]. У дрібних і середніх венах пульсові коливання тиску відсутні. Пульсові коливання виникають в венах, розташованих поблизу серця.

Методика графічної реєстрації венного пульсу називається **флебографія** [4]. Центральний венозний пульс реєструють над яремними венами (югулярна флебографія). Флебограма побічно характеризує скорочувальні процеси в правих відділах серця. Вона відображає динаміку відтоку крові з порожнистих вен в праве передсердя.

Артеріальний пульс - це ритмічні імпульсні коливання стінок артерій, пов'язані з підвищенням тиску під час систоли. Частота пульсу у здорової людини відповідає частоті серцевих скорочень. У спокої вона дорівнює 60-80 в 1 хвилину. Якщо пульс менше 60 в 1 хвилину - це брадикардія, більше 80 - тахікардія. Підвищення температури тіла на 1 °С супроводжується почастищенням пульсу на 8 ударів в 1 хвилину[17].

Артеріальні пульс відображає стан серцево-судинної системи і має кілька характеристик:

Частота пульсу - величина, що відображає число періодичних коливань стінок артерії за одиницю часу. Залежно від частоти, розрізняють пульс:[4]

- помірної частоти - 60-90 уд. / хв;
- рідкісний (pulsus rarus) - менше 60 уд. / хв;
- частий (pulsus frequens) - більше 90 уд. / хв.

Ритмічність пульсу – параметр, що характеризує характер змін інтервалів між наступними один за одним пульсовими хвилями. За цим показником розрізняють:

- ритмічний пульс (pulsus regularis) - якщо інтервали між пульсовими хвилями однакові;
- аритмічний пульс (pulsus irregularis) - якщо вони різні.

					<i>РС81.94.14.30.001 ПЗ</i>	Лист
						6
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		

Наповнення пульсу - обсяг крові в артерії на висоті пульсової хвилі. Існують види :[4]

- пульс помірного наповнення;
- повний пульс (pulsus plenus) - наповнення пульсу понад норму;
- порожній пульс (pulsus vacuus) - погано пальпуємий;
- ниткоподібний пульс (pulsus filliformis) - ледь відчутний.

Напряга пульсу характеризується силою, яку потрібно прикласти для повного стискання артерії. Розрізняють:

- пульс помірного напруження;
- твердий пульс (pulsus durus);
- м'який пульс (pulsus mollis).

Висота пульсу - амплітуда коливань стінки артерій, що визначається на основі сумарної оцінки напруги і наповнення пульсу. Розрізняють:

- пульс помірної висоти;
- великий пульс (pulsus magnus) - висока амплітуда;
- малий пульс (pulsus parvus) - низька амплітуда.

Форма (швидкість) пульсу - швидкість зміни об'єму артерії. Форма пульсу визначається за сфігмограмою, і залежить від швидкості і ритму наростання і падіння пульсової хвилі. Розрізняють:

- швидкий пульс (pulsus celer);

Швидким називається пульс, при якому як високий підйом кров'яного тиску, так і його різке падіння протікають в стислі строки. Завдяки цьому він відчувається як удар або стрибок і зустрічається при недостатності аортального клапана, тиреотоксикозі, анемії, лихоманці, артеріовенозних аневризмах.

					<i>РС81.94.14.30.001 ПЗ</i>	Лист
						7
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		

- повільний пульс (pulsus tardus);

Повільним називається пульс з уповільненим підйомом і спадом пульсової хвилі та зустрічається при повільному наповненні артерій: стеноз гирла аорти, недостатність мітрального клапана, мітральний стеноз .

- дикротичний пульс (pulsus dicroticus).

При дикротичному пульсі за головною пульсовою хвилею слідує нова, ніби друга (дикротична) хвиля меншої сили, що буває лише при повному пульсі. Відчувається як здвоєний удар, якому відповідало лише одне сердечне скорочення. Дикротичний пульс свідчить про падіння тону периферичних артерій при збереженні скорочувальної здатності міокарда.

1.3 Методи реєстрації сигналів пульсу

Існує кілька методів дослідження артеріального пульсу [3]:

- Пальпація (лат. Palpatio «обмацування») – фізичний метод медичної діагностики, що проводиться шляхом обмацування тіла пацієнта.
- Сфігмоманометрія (грец. Sphygmōs пульс, пульсація + manos рідкий, нещільний + metreō міряти, вимірювати) метод вимірювання артеріального тиску за рівнем тиску в компресорній манжеті, при якому змінюється характер пульсації здавленій манжетію великої артерії або характер синхронних пульсу звуків над нею, визначаються аускультативно.
- Пульсоксиметрія (оксигеметрія, гемоксиметрія) - неінвазивний метод визначення ступеня насичення крові киснем. В основі методу лежить спектрофотометричний спосіб оцінки кількості гемоглобіну в крові.
- Електрокардіографія – реєстрація зміни електричного поля тіла при роботі серця. Для роботи потрібно робити заміри в двох віддалених точках на тілі.

					<i>РС 81.94 14.30.001 ПЗ</i>	Лист
						8
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		

При аналізі технологій встановлено, що сучасними і портативними вважаються електрокардіографія та пульсоксиметрія. Але якщо враховувати факт впливу вимірювань на організм за зручність використання, то будемо обирати пульсоксиметрія.

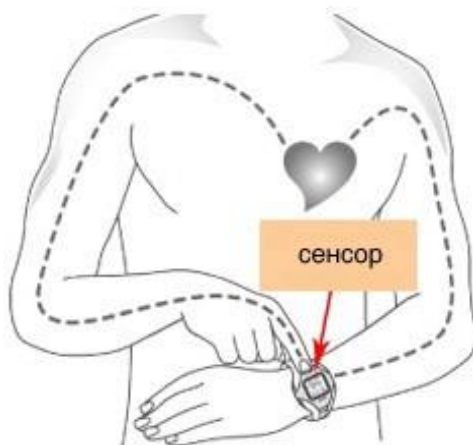


Рисунок 1.2 - Приклад пристрою, що використовує портативну електрокардіографію

Пульсоксиметр - це медичний пристрій, який побічно контролює насичення киснем крові пацієнта (на відміну від вимірювання насичення кисню безпосередньо через зразок крові) та зміни обсягу крові у шкірі, створюючи **фотоплетизмограму**. Пульсоксиметр може бути включений в багатопараметричний монітор пацієнта.

Основа типового оксиметра – подача випромінювання на тканину та вимірювання відбиття. Тому для заміру використовуються декілька світлодіодів, які випромінюють хвилі на певній частоті. Типові значення довжини світлової хвилі – 660 нм та 940 нм. Практичним методом було встановлено, що на таких дожинах хвиль поглинання світла кров'ю буде істотно відрізнитись в залежності від насичення киснем.

Світлодіоди послідовно працюють за циклом, приблизно тридцять разів на секунду, що дозволяє фотодіоду реагувати на червоне та інфрачервоне світло окремо, а також робити поправку на складову навколишнього світла [3]. Співвідношення вимірювального червоного світла до інфрачервоного (рис 1.3.) потім розраховується за допомогою таблиці пошуку [4] по закону Бера-Ламберта [3]. Отриманий параметр SpO₂ відображає співвідношення окисненого гемоглобіну до деоксигенированного гемоглобіну.

Груба формула оцінки насичення крові киснем:

$$SpO_2^b = \frac{\Delta HbO_2}{\Delta HbO_2 + \Delta HHb} \times 100\%$$

Розрахункова SpO₂, таким чином, є середньою частотою протягом 12,8 с (256 зразків).[5]

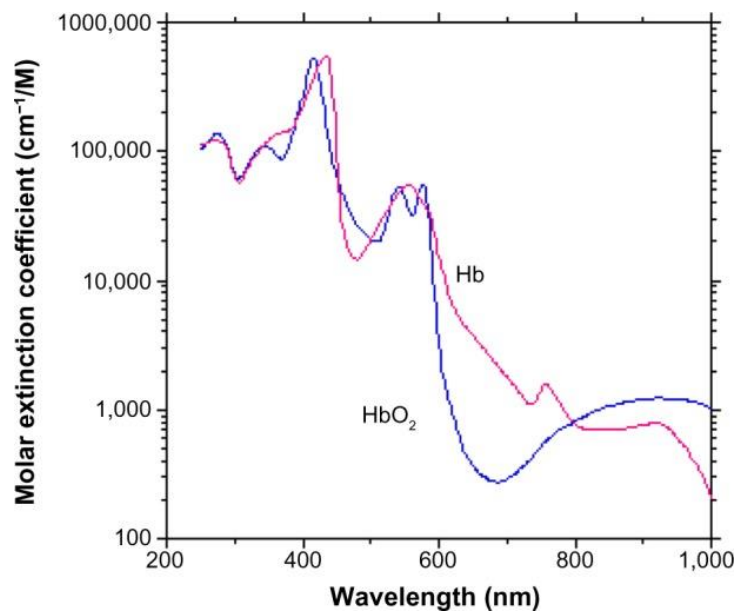


Рисунок 1.3 – Різниця в результатах при замірі крові з киснем та без

Фотоплетизмограма - метод реєстрації коливань обсягу різних частин тіла в залежності головним чином від ступеня їх кровонаповнення [6] з використанням джерела інфрачервоного або світлового випромінювання і фоторезистора або фототранзистора.

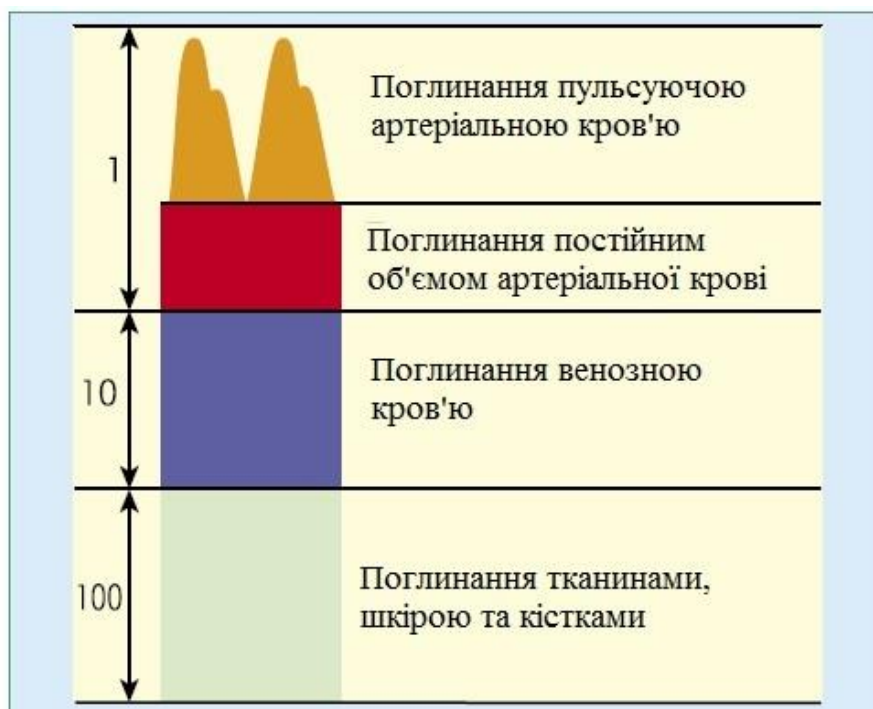


Рисунок 1.4 - Абсорбація світла різними тканинами тіла

Сфігмографія (грец. *sphygmós*, пульс + *gráphō*, пишу) — медичний інструментальний метод дослідження артеріального пульсу, оснований на реєстрації розширення ділянки артерії під час проходження по ньому пульсової хвилі.

Сфігмограма - результат сфігмографії у вигляді пульсової кривої, яка дозволяє визначити наступні властивості:

- Визначення прохідності периферійних судин;
- Властивості пульсу: частоту, ритмічність, наповнення, напругу, висоту, форму;
- Підвищення або зниження артеріального тиску, щодо нормального рівня;
- Зниження судинного опору;
- Швидкість поширення пульсової хвилі - показник жорсткості артерій і можливого їх ураження атеросклерозом.
- Аортальний порок серця [17].

Елементи сфігмограми:

Анакрота - інтервал підйому пульсової хвилі.

Катакрота - інтервал падіння хвилі.

Дикротичний підйом (зубець) - вторинний підйом на катакроту.

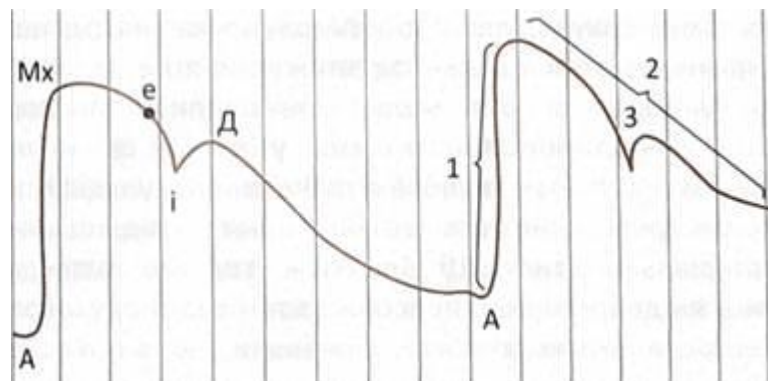


Рисунок 1.5 - Типова форма сфігмограми здорової людини

Електрокардіограма (ЕКГ) - запис сумарного електричного потенціалу, що з'явився при збудженні кліток міокарди, а метод дослідження називається електрокардіографією.

Внаслідок певного положення серця в грудній клітці і своєрідної форми тіла людини електричні силові лінії, що виникають між збудженими (-) і не збудженими (+) ділянками серця, розподіляються по поверхні тіла нерівномірно. З цієї причини, залежно від місця прикладання електродів, форма ЕКГ і вольтаж її зубців будуть різні. Для реєстрації ЕКГ роблять відведення потенціалів від кінцівок і поверхні грудної клітки. Зазвичай використовують три стандартні відведення від кінцівок:

- I відведення: права рука - ліва рука;
- II відведення: права рука - ліва нога;
- III відведення: ліва рука - ліва нога.

Аналіз ЕКГ [2]

Типова ЕКГ людини складається з п'яти позитивних і негативних коливань – зубців (рис. 1.7), кожен з яких відповідає певній фазі розповсюдження хвилі збудження у міокарді. Їх позначають латинськими буквами P, Q, R, S, T, а грудні відведення (перикардальні) - V (V1, V2, V3, V4, V5, V6). Три зубця (P, R, T) спрямовані вгору (позитивні зубці), а два (Q, S) - вниз (негативні зубці).

- Зубець P - період збудження передсердь;
- Інтервал P-Q - поширення деполяризації до атріовентрикулярного вузла (проміжок часу від початку збудження передсердь до початку збудження шлуночків);
- Шлуночковий комплекс QRS (макс 0,10 сек, але у 21 % населення діагностується розширення комплексу до 0,12 сек, яке не вважається патологією) складається з трьох окремих зубців Q, R, S.
- Q — перше негативне відхилення від ізоелектричної лінії;

					<i>РС81.94.14.30.001 ПЗ</i>	Лист
						13
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		

- R — найвищий в ЕКГ;
- S — негативне відхилення після R зубця;
- Сегмент S-T - повна деполяризація волокон міокарда шлуночків(тому різниця потенціалів не виявляється);
- Зубець T — хвиля реполяризації шлуночків, тобто відновлення нормального мембранного потенціалу клітин міокарда;
- U хвиля - є непостійним компонентом і може з'являтися при електrolітних порушеннях (наприклад, гіпокаліємії).

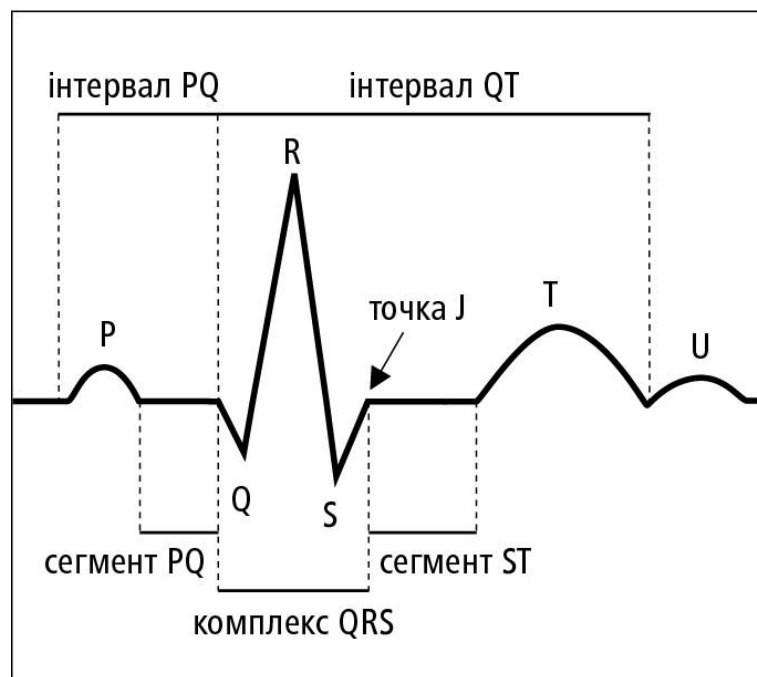


Рис 1.7 - Типове розбиття кардіограми на відрізки для аналізу

Фонокардіограма (фоно- і кардіограма) — крива, що зображує частоту й амплітуду звукових коливань, які виникають у результаті діяльності серця. Фонокардіограма в нормі складається з коливань I, II, нерідко III, IV, в окремих випадках V-го тону (рис. 1.8).

- **Перший тон** називають систолічним. Відповідає фазі напруження і початку періоду вигнання крові;
- **Другий тон** високий. Інтенсивність тону залежить від тиску в аорті і легеневій артерії;
- **Третій тон** утворюється в результаті коливань стінок шлуночків наприкінці періоду швидкого наповнення;
- **Четвертий тон**. Його добре видно після навантаження, а після відпочинку він може майже зникнути;
- **П'ятий тон** реєструється порівняно рідко;

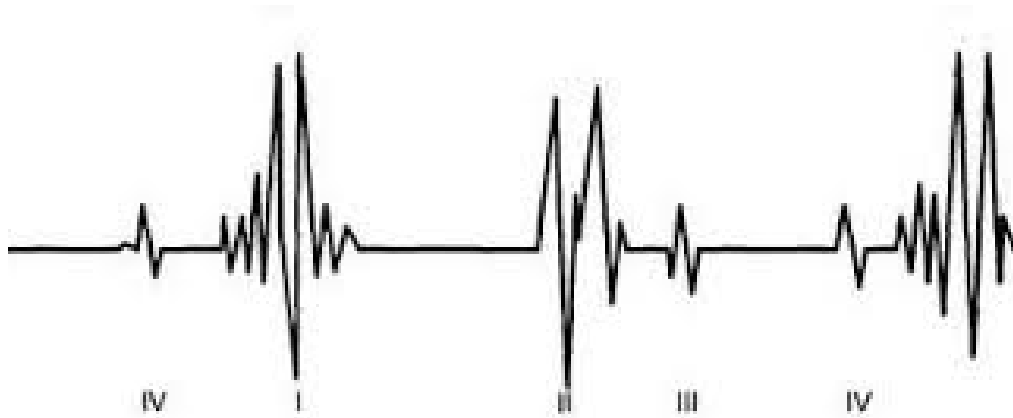


Рисунок 1.8 - Фонокардіограма

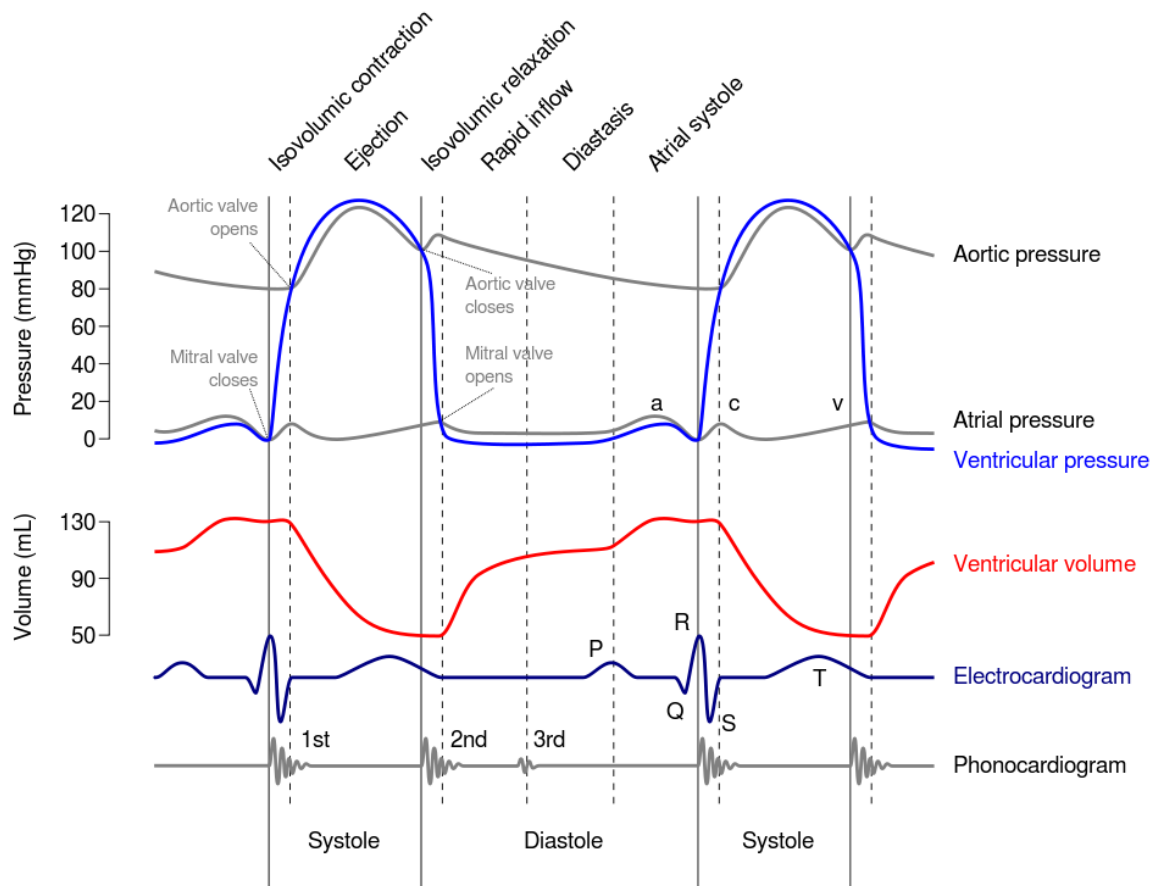


Рисунок 1.9 - Загальні параметри для аналізу роботи серцевого ритму на одній шкалі для порівняння.

Висновки

Пульсова хвиля – інформаційний сигнал, що надає інформацію про загальний стан здоров'я. Оскільки пульс постійно має бути присутнім, на основі цього створюють системи безперервного моніторингу здоров'я. Для вимірювання було обрано пульсооксиметрію. Оскільки даний метод не має прямого впливу на організм, що важливо при довготривалому впливі. Також даний метод простий у використанні та підходить під мінімальний розмір пристрою. Паралельно з пульсом, також дозволяє визначати насиченість крові киснем. Тоді як класичні технології виміру пульсової хвилі таке не реалізують.

До плюсів також можна віднести і те, що заміри можна проводити на будь-якій частині тіла, де близько до поверхні проходять судини.

Якщо розглядати метод електрокардіографії, можемо побачити що для довготривалого вимірювання він не підходить. Але даний метод має плюси – точність вимірів, якщо порівнювати з пульсооксиметрією.

Пальпацію в принципі можна не розглядати, адже для неї не потрібний спеціальний пристрій.

Сфігмоманометрія також перспективний метод але він не підходить для тривалого моніторингу через значний вплив на організм людини і має значно більші габарити пристроїв вимірювання при порівнянні з іншими методами.

					<i>РС81.94.14.30.001 ПЗ</i>	Лист
						17
<i>Зм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		

2 ОБГРУНТУВАННЯ ВИБОРУ АПАРАТНОЇ ЧАСТИНИ ПРИСТРОЮ

2.1 Огляд існуючих рішень моніторингу пульсової хвилі

Різноманіття технологій та методів поставляє нову задачу – вибір методу, який буде найкращим за поточних умов. Для цього має бути поставлена конкретна задача для пристрою.

Внутрішні системи організму взаємопов'язані, що дозволяє за формою пульсової хвилі визначати загальний стан нервової системи, кровоносних судин та серця.

Реєстрація пульсу носить локальний характер, що визначає зміну тиску в місці розташування. Існують лікарі, які за досвідом говорять що найкращий метод діагностики – пульсова діагностики.

В галузі даної діагностики створено ряд лікувально-діагностичних комплексів (ЛДК) для обробки медико-біологічної інформації.

Таблиця 2.1 – Порівняння технічних характеристик

ЛДК	Метод вимірювання	Діапазон частот	Параметри, що вимірюються
ЛДК [7]	телеметрія (13 інфрачервоних сенсорів)	0,1–100 Гц	- параметри пружно-в'язких властивостей судин; - розподіл швидкостей поширення ПХ
ЛДК [7]	фотоплетизмографія	частотна модуляція 50 кГц	- визначення ступеню кровонаповнення; - кореляційний аналіз форми сигналів
ЛДК [7]	фотоплетизмографія (опто-електронний сенсор)	частотна модуляція 50 кГц	- формування ознак на підставі кореляційно-спектрального аналізу; - оцінка належності до класів захворювань на основі алгоритмів розпізнавання образів

Продовження таблиці 2.1 - Порівняння технічних характеристик

ЛДК	Метод вимірювання	Діапазон частот	Параметри, що вимірюються
ЛДК[7]	імпедансна реографія	0,1 – 50 Гц	- параметри периферичної гемодинамики: частота пульсу, дикротичний і діастолічний індекс, швидкість і час наповнення
ФП-02	фотоплетизмографія (1-2 оптоелектронних сенсора)	частотна модуляція 50 кГц	- визначення 7 характерних точок фотоплетизмограми; - поділ сигналу ПХ на венозну і артеріальну компоненти
Ангио Скан-01	фотоплетизмографія (2 оптоелектронних сенсора)	0,1– 120 КГц	- параметри властивостей судин; - кореляційний аналіз форми сигналів

Основні недоліки таких систем – стаціонарність та ціна.

2.2 Технічні вимоги

Мобільний пристрій моніторингу пульсу повинен мати характеристики :

- безпроводна технологія передачі даних;
- Живлення від акумулятору Li-pol для портативності;
- Мінімальні розміри;
- Можливість запису даних на пристрій в автономному режимі;
- Передача даних на сервер.

Таблиця 2.2 - Вимоги до радіозв'язку.

№	Параметр або характеристика	Одиниця вимірювання	Норма	Джерело
1	Радіус дії системи	м	10...60	
2	Швидкість передачі даних	Кб/с	10	

Таблиця 2.3 - Вимоги до конструкції пульсометра

№	Параметр або характеристика	Одиниця вимірювання	Норма	Джерело
1	Маса, не більше	кг	0,2	
2	Габаритні розміри, не більше	мм	100×60×30	

Таблиця 2.4 - Вимоги до джерела живлення пульсометра

№	Параметр або характеристика	Одиниця вимірювання	Норма	Джерело
1	Напруга живлення	В	3,0...4,2	
2	Струм споживання, не менше	мА	30	
3	Тривалість роботи від одного комплекту елементів живлення, не менше	год	12	

Пристрій повинен забезпечувати безвідмовну роботу протягом 24 годин з імовірністю не менше 0,99. Пристрій повинен зберігати працездатність при таких параметрах навколишнього середовища:

- температура повітря 5...40°C;
- вологість до 90%;
- атмосферний тиск 84...106,7 кПа.

2.3 Обґрунтування методу передачі даних

На сьогодні існує тенденція, яка полягає у спрощенні використання. Це і стосується приладів, які підключаються до мережі інтернет бездротовим способом.

Основні технології передачі даних :

- Wi-fi. Досить поширена на сьогодні. Використовується в основному для передачі великої кількості інформації на відносно невеликі відстані. (до 100 м). Для підключення потрібно знаходитись близько до точки доступу.

- GSM. Якщо по простому - 2g інтернет. Колись була досить популярною. Забезпечує зв'язок на великих відстанях, при низькій швидкості передачі. На сьогодні існують технології 3g та 4g, але їхні модулі для зв'язку досить дорого коштують, та для підтримки передачі інформації повинна стягуватись абонентська плата. Також дальність зв'язку менша в порівнянні з 2g.

- Bluetooth. Відстань ще менша ніж у технології wi-fi, але з основних плюсів виділяється низьке енергоспоживання.

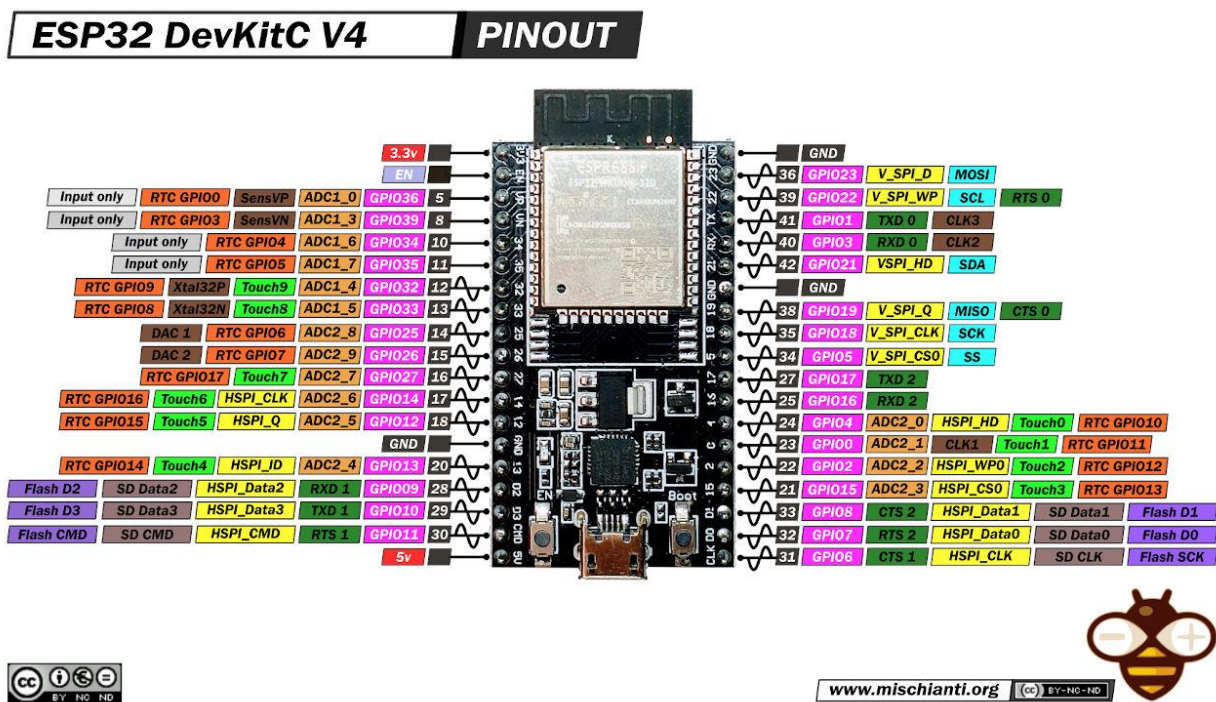
Таблиця 2.5 – Порівняння технологій зв'язку

№	Параметр або характеристика	Одиниця вимірювання	Норма	Джерело
1	Wifi	Кбіт\с	300/300	
2	GSM	Кбіт\с	85.6/42.8	
3	Bluetooth	Кбіт\с	721/57.6	
4	Bluetooth	Кбіт\с	432/432	

2.4 Мікроконтролер ESP32

Для відповідності пристрою ТЗ, та спрощення конструкції, потрібно орати мікроконтролер, який буде задовільняти параметрам. А саме : наявність Bluetooth\Wifi технологій, можливість підключення зовнішніх сенсорів, карт пам'яті.

Вище описаним параметрам відповідає контролери компанії виробника «Espressif Systems» - ESP8266 (рис. 2.1), має WiFi технологію. Також представлена потужніша модель – ESP32. Обираємо основою для проекту ESP32, оскільки на сьогодні це сучасна технологія, яка має усі покращені характеристики у порівнянні з ESP8266.



ESP32 PINOUT

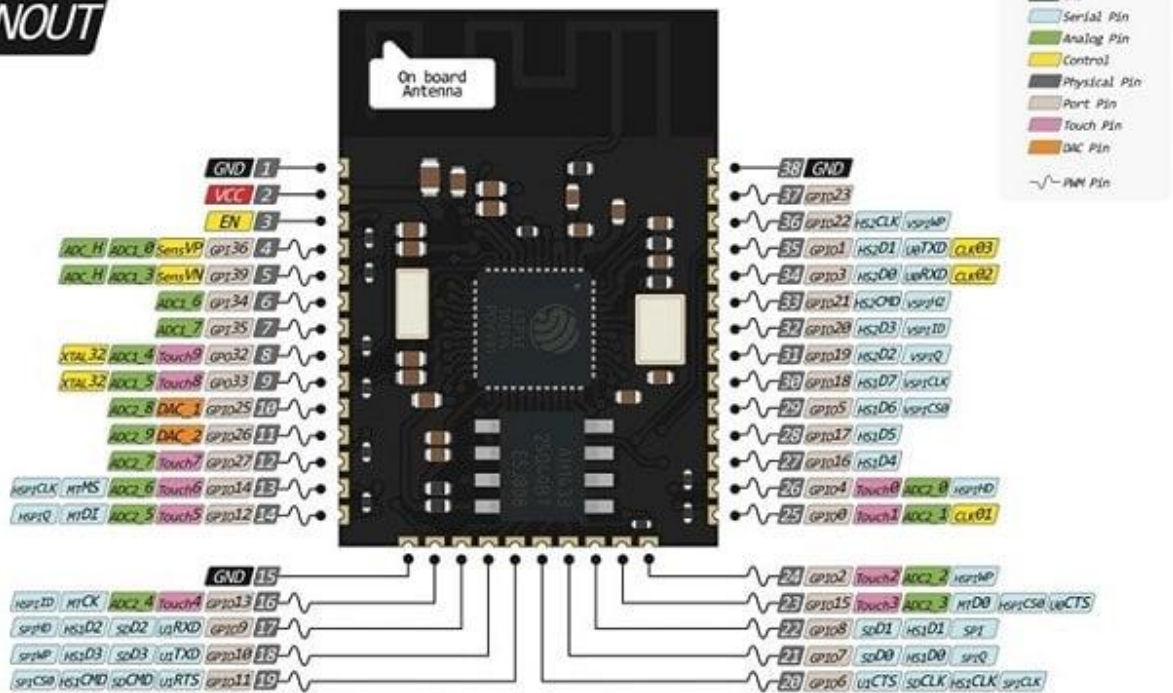


Рисунок 2.2 – Мікроконтроллер esp32

2.5 Сенсор пульсометрії

Сенсор для вимірювання частоти серцевої діяльності і насичення артеріальної крові киснем вже давно знаходять широке застосування в медичних приладах різного призначення. Колись вони використовувалися виключно в складному стаціонарному обладнанні, а з появою нових спеціалізованих інтегральних схем з'явилася можливість створювати зручні портативні прилади - пульсоксиметри. Вони дозволяють відстежувати ступінь насичення артеріальної крові киснем (SpO₂) і частоту серцевих скорочень (пульс).

Найпоширеніший варіант – модуль MAX30102. Він становить з себе інтегральний сенсорний модуль, призначеним для спрощення розробки портативних медичних приладів контролю серцевого ритму і насиченості крові киснем. Основа датчику - джерело червоного і інфрачервоного світла спільно з фотодетекторами.

Також MAX30102 характеризується низьким рівнем власного шуму і забезпечує компенсацію зовнішнього засвічення.



MAX30100

MAX30102

Рисунок 2.3 - Загальний вигляд модулю MAX30102

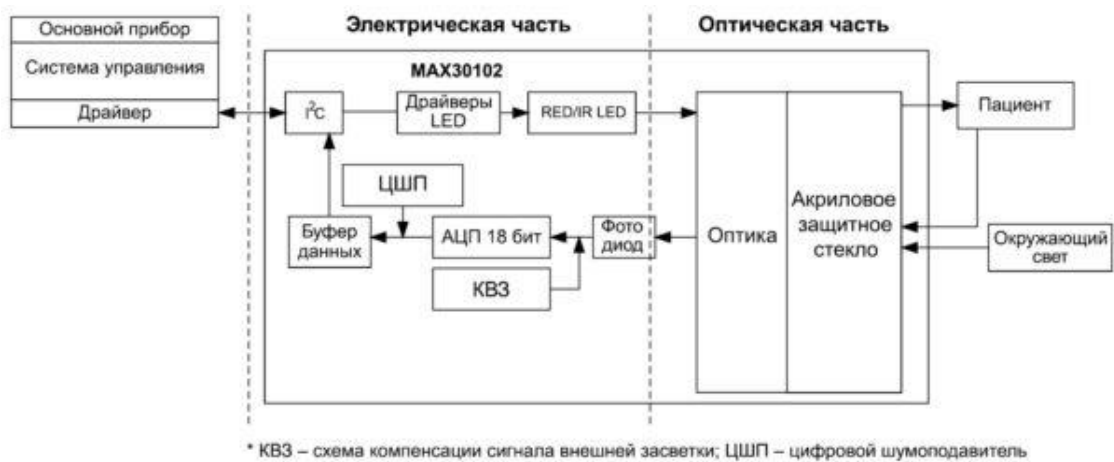


Рисунок 2.4 - Схема блочна MAX30102

Особливості MAX30102 :

- монітор серцевих скорочень і оксиметр;
- мініатюрний розмір (5,6x3,3x1,55 мм);
- наднизьке споживання енергії;
- програмована періодичність зняття вимірів;
- стійкість до вібрацій при знятті замірів;
- робоча температура -40...85 .

Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата

PC81.94.14.30.001 ПЗ

Лист

24

2.6 Опис роботи MAX30102

Управління MAX30102 здійснюється через внутрішні програмні регістри. Цифрові вихідні дані можуть бути збережені в буфері, який дозволяє через шину послідовно передавати на зовнішній контролер.

На рисунку 2.5 зображено структурну схему MAX30102 із зовнішнім підключенням

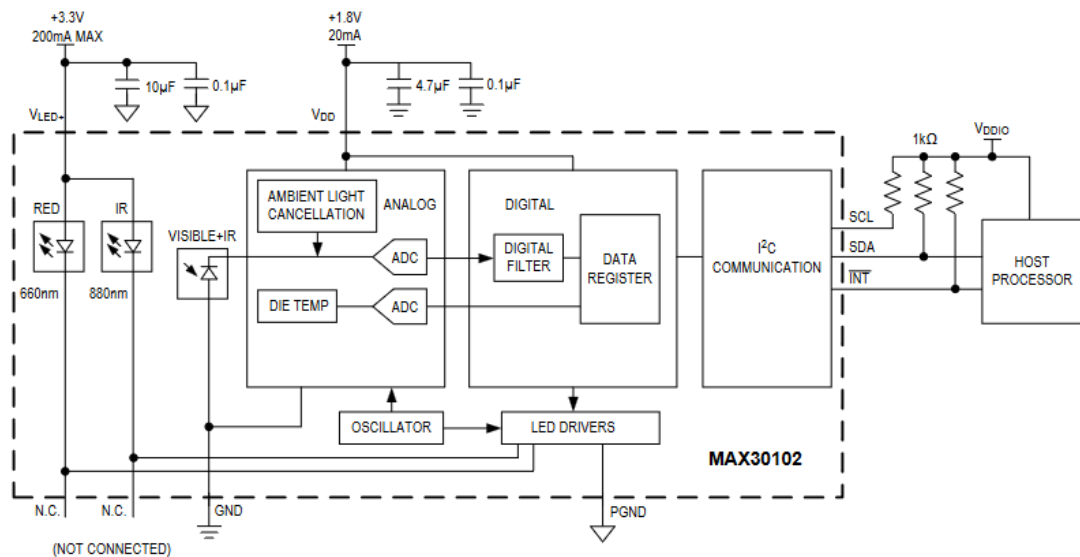


Рисунок 2.5 - Схема структурна MAX30102

Таблиця 2.6 - Підключення контактів

Вивід	Назва	Функція
1, 7, 8, 14	-	Не використовується. Підключити до ізольованих майданчиків плати
2	SCL	Вхід тактової частоти I2C
3	SDA	Двоспрямована передача даних I2C (відкритий колектор)
4	PGND	Загальний вивід живлення драйвера LED
5	R_DRV	Драйвер червоного LED
6	IR_DRV	Драйвер ІЧ-LED
9, 10	VLED+	Живлення LED (підключення до анода). Рекомендується з'єднати через розв'язуючий конденсатор з PGND

Продовження таблиці 2.6 - Підключення контактів

11	VDD	Живлення аналогової і цифрової схеми. Рекомендується з'єднати через розв'язуючий конденсатор з GND
12	GND	Загальний вивід аналогових і цифрових кіл
13	INT	Переривання (активний низький рівень, відкритий колектор). Підключення до зовнішнього джерела напруги через підтягаючий резистор

2.7 MAX30102. Вимірювання SpO₂

Процентний вміст кисню в крові визначається за допомогою неінвазивного методу через шкіру (про що свідчить позначення «Sp»), як процентне відношення насиченого киснем гемоглобіну (HbO₂) до загального вмісту гемоглобіну (HbO₂ + RHb).

У MAX30102 є вбудований датчик температури для калібрування температурної залежності підсистеми вимірювання SpO₂. Датчик температури має розширення 0,0625 °C.

MAX30102 включає червоний і ІЧ-світлодіоди, керовані за допомогою внутрішніх драйверів LED, які модулюють тривалість імпульсів і величину струму при вимірюванні пульсу і SpO₂. Струм може змінюватися програмним способом в діапазоні 0-50 мА, а тривалість імпульсу може бути запрограмована в діапазоні 69-411 мкс. При цьому точність вимірювання і енергоспоживання можна оптимізувати для конкретної ситуації.

2.7.1 Сигнал вимірювання SpO₂

Внутрішній буфер зберігає дані до 32 вимірювань. На рисунку 2.6 відображена послідовність подій в процесі вимірювання SpO₂ і обміну даними.

					<i>PC81.94.14.30.001 ПЗ</i>	Лист
						26
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		

Висновки

При перегляді аналогів пристроїв портативного вимірювання пульсу, було обрано сенсор для вимірів MAX30102. Сенсор володіє достатньою стійкістю до механічного впливу для використання в портативних та побутових пристроях. Також має мінімальний шумовий вплив, що дозволяє його вмонтовувати в мініатюрні пристрої.

Контролер ESP8266 та нова версія ESP32 не мають аналогів на ринку, що мають вбудований WiFi модуль за такою доступною ціною. В додавок мікроконтролер має достатню потужність для складних алгоритмів.

					<i>РС81.94.14.30.001 ПЗ</i>	Лист
						28
<i>Зм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		

3.2 Сенсор MAX30102

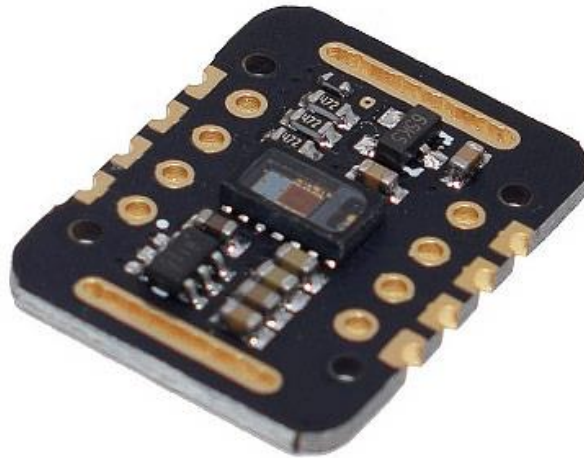


Рисунок 3.2 - Плата сенсора max30102

Живлення сенсору 5.5-1.8 В.

На платі вже розташований понижуючий DC-DC перетворювач, для забезпечення живлення логіки модулю.

					<i>PC81.94.1430.001 ПЗ</i>	Лист
						30
<i>Зм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		

3.3 Живлення Li-pol

Оскільки в параметрах створюваного пристрою переважає портативність, будемо використовувати акумулятор Li-pol структури.

Такий акумулятор має відносно малі розміри відносно Li-ion



Рисунок 3.3 - Li-ion акумулятор та Li-pol акумулятор

Але якщо Li-ion можна дістати і поставити на окрему зарядку, то Li-pol зазвичай не комплектують окремими зарядками. Тому в конструкцію пристрою додаємо модуль контролю зарядки акумулятора.

Будемо використовувати акумулятор 802748 3.7 V 2000mA

3.4 Модуль TP4056

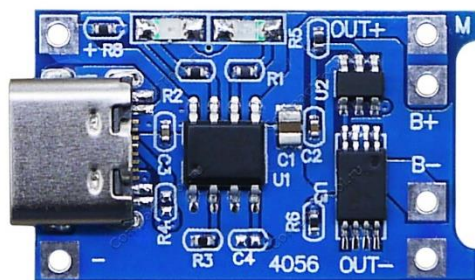


Рисунок 3.4 - Плата контролю заряду TP4056

Дана плата дозволяє заряджати акумулятори Li-ion та Li-pol. При заміні резистора можна регулювати струм зарядки. При поставці від виробника струм обмежено 500mA.

Висновки

Оскільки пристрій має бути портативний та мініатюрний, було використано акумулятор Li-poi для забезпечення найкращих характеристик.

Було обрано такі модулі, що б забезпечувати створення прототипу найшвидшим шляхом без проектування плати. Пристрій було вирішено робити у формі наручного браслету, оскільки на сьогодні існує досить багато аналогічних пристроїв такої форми.

					<i>РС81.94.14.30.001 ПЗ</i>	Лист
						32
<i>Зм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		

4 РОЗРОБКА ПРОГРАМНОГО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ

4.1 Структура програми

Для наглядної роботи було розбито на декілька блоків : встановлення з'єднання з WiFi мережею, реєстрація даних від сенсора, запис даних на внутрішній носій інформації, зчитування даних з внутрішнього носія, передача даних на сервер, обробник переривань сенсора.

4.2 Wi-Fi з'єднання

Модуль може використовуватись як пристрій для підключення до Wi-fi, так і для створення точки доступу.

Режим підключення до іншої точки дозволяє з'єднувати пристрій з мережею інтернет. Це дозволяє будувати портативні метеостанції і так далі. Але будь-хто підключений до спільної точки доступу буде мати доступ до даних, якими обмінюються пристрої. Також це дозволяє в певній мірі отримати доступ до модулю.

Режим створення точки доступу дозволяє поєднувати модулі у спільну мережу в незалежності від того, чи присутній поряд wi-fi роутер. Такий метод не надасть доступу до мережі інтернет, але забезпечить більш закрите з'єднання пристроїв, оскільки в мережі будуть знаходитись лише потрібні пристрої.

Використання бібліотеки WifiManager[17] дозволяє створювати спрощену точку доступу.

4.3 Файлова система

Файлова система розташовується на тому ж чіпі, що і програма. Оскільки програма не повинна займати все місце, у нас звільняється пам'ять для використання у власних цілях.

					<i>РС81.94.1430.001 ПЗ</i>	Лист
						33
<i>Зм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		

Було обрано конфігурацію для флеш пам'яті при якій 1 Мбайт виділяється під прошивку контролера і 3Мбайт під його файлову систему. При реалізації зберігання даних потрібно також враховувати обмежену оперативну пам'ять.

Модуль MAX30102 може формувати пакети даних, які передаються на мікроконтролер. Пакет складається з 60 вибірок. Контроль зчитування залишається за розробником, оскільки ніякої команди про закінчення зчитування не відправляється.

4.4 Передача даних на сервер

Використання http клієнта забезпечує достатню швидкість для надси- лання та отримання даних. Оскільки ми надсилаємо досить великі пакети, до- цільно буде використовувати POST запити. Оскільки GET використовуються лише для легких запитів, воно не витримає навантаження.

4.5 Обробка даних сенсору

При перегляді документації на модуль сенсору, було визначено, що при певних подіях відправляється сигнал переривання.

За допомогою перевивань можна відслідковувати, коли буфер модулю за- повниться та почати його зчитування.

Висновки

Оскільки програма все ж-таки вийшла великою і складною, її розбиття на підпункти видалось правильним рішенням.

Основна проблема полягає в тому, що стабільний моніторинг у реальному часі не вдалось забезпечити. Основне припущення полягає в тому, що POST пакети не стабільно відправляються. Це може бути спричинено нестачею ре- сурсів мікроконтролера.

					<i>РС81.94.14.30.001 ПЗ</i>	Лист
						34
<i>Зм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		

ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАНЬ

1. Біомаркери [електронний ресурс]. – Режим доступу:
<http://medinteres.ru/interesnyie-faktyi/biomarkeryi.html> – Назва з екрана.
2. Optical Heart Rate Monitoring [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: <https://valencell.com/blog/optical-heart-rate-monitoring-what-you-need-to-know/>.
3. Design and Development of a Heart Rate Measuring Device using Fingertip [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу:
<https://arxiv.org/ftp/arxiv/papers/1304/1304.2475.pdf>.
4. "Pulse Oximetry". Oximetry.org. 2002-09-10. Archived from the original on 2015-03-18. Retrieved 2015-04-02.
5. Terence S. Leung Ilias Tachtsidis Praideepan Velayuthan Caroline Oliver Julian R. Henty Holly Jones Martin Smith Clare E. Elwell David T. Delpy "Investigation of Oxygen Saturation Derived from Cardiac Pulsations Measured on the Adult Head Using NIR Spectroscopy" [електронний ресурс]. – Режим доступу:
https://link.springer.com/chapter/10.1007%2F0-387-29540-2_34 – Назва з екрана.
6. Энциклопедический словарь Брокгауза и Ефрона : в 86 т. (82 т. и 4 доп.). — СПб., 1890—1907.
7. K. H. Shelley, D. H. Jablonka, A. A. Awad, R. G. Stout, H. Rezkanna, and D. G. Silverman, What Is the Best Site for Measuring the Effect of Ventilation on the Pulse Oximeter Waveform? *Anesth Analg*, vol. 103, pp. 372-377, 2006.
8. Biophotonics. Optical Science and Engineering for the 21st Century. Ed. By Hun Shen and R. Van Wijk. – N.Y.: Springer Science+Business Media, 2005. – 222p.
9. Павлов СВ., Барило О.С., Гальченко Я.О. Лазерний діагностичний комплекс аналізу мікроциркуляторних порушень при запальних процесах щелепно-лицьової ділянки. *Укр. журн. мед. техніки і технології*. - 2000, № 1-2. - с. 37-39.

					<i>PC81.94 1430.001 ПЗ</i>	Лист
						35
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		

10. J. Penaz, "Photoelectric Measurement of Blood Pressure, Volume and Flow in the Finger," in Digest of the 10th International Conference on Medical and Biological Engineering, Dresden, Germany, 1973, p. 104.
11. S. C. Millasseau, F. G. Guigui, R. P. Kelly, K. Prasad, J. R. Cockcroft, J. M. Ritter, and P. J. Chowienczyk, "Noninvasive Assessment of the Digital Volume Pulse : Comparison with the Peripheral Pressure Pulse," Hypertension, vol. 36, pp. 952-956, 2000.
12. Система експрес-анализа варіабельності ритма серця "КардіоСпектр" [електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://www.solvaig.kiev.ua> – Назва з екрана.
13. "Smart-case L A90 67 107" [електронний ресурс]. – Режим доступу: www.okw.com – Назва з екрана.
14. Чем и зачем измерять пульс в движении [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: <https://habr.com/ru/company/icover/blog/380721/>.
15. Репозиторій з бібліотекою менеджера WiFi для ESP8266 [електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://github.com/tzapu/WiFiManager> – Назва з екрана.
16. Репозиторій з документацією для мікроконтролера ESP8266 [електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://github.com/esp8266/Arduino> – Назва з екрана.
17. Методи обстеження пульсу та артеріального тиску в терапевтичній практиці [Електронний ресурс] // Кафедра пропедевтики внутрішньої медицини – Режим доступу до ресурсу: <https://prop-intmed.pdmu.edu.ua/storage/common/docs/IJF1s4P4Ad0pBLtGd0duhR3j3Ey1GbK3uo02RaEu.pdf>– Назва з екрана.
18. Фітнес трекер с пульсимером за 16\$ [електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://habr.com/ru/company/madrobots/blog/386813/> – Назва з екрана.
19. Розробка і навчання ШІ для прийняття рішень [електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://vestnik.astu.org/ru/nauka/article/38868/view>.

					<i>РС81.94 1430.001 ПЗ</i>	Лист
						36
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		

ДОДАТОК А ТЕХНІЧНЕ ЗАВДАННЯ

1 НАЗВА І ПІДСТАВА ДЛЯ ВИКОНАННЯ

Назва дипломного проекту “Портативний IoT монітор пульсової хвилі”.

Підставою для виконання є завдання, видане кафедрою радіоелектроніки від “02” травня 2022 р.

2 ВИКОНАВЕЦЬ

Виконавець – студент групи РС-81 Біяков Нікіта Вікторович

3 МЕТА ВИКОНАННЯ ДП І ПРИЗНАЧЕННЯ КОНСТРУКЦІЇ

Метою дипломного проекту є розробка портативного пульсометра, дослідження медичних термінів та розроблення необхідної конструкторської документації.

Портативний пристрій повинен проводити запис та моніторинг серцевої активності за передавати дані на сервер.

Пристрій повинен працювати від акумулятора.

4 ТЕХНІЧНІ ВИМОГИ

Мобільний пристрій моніторингу серцевої активності повинен володіти наступними характеристиками:

- безпроводна передача пульсової хвилі на сервер;
- автономне керування пристроєм;
- живлення пульсометру від акумулятора типу 18650;
- портативні розміри пристрою;
- запис даних на внутрішній носій;
- функція налаштування через локальне безпроводне з’єднання;
- можливість автономної роботи без доступу до мережі.

Головні технічні характеристики приведені в таблицях 1-5.

Таблиця 1 - Вимоги до вимірювань.

№	Параметр або характеристика	Одиниця вимірювання	Норма	Джерело
1	Кількість реєструємих каналів	шт	2	
2	Частота дискретизації вхідного сигналу	Гц	400	

					<i>РС81.94.14.30.001 ПЗ</i>	Лист
						37
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		

3	Кількість розрядів АЦП на частоті дискретизації 400 Гц, не менше	шт	18	
4	Придушення вхідної завади АЦП, не менше	дБ	25	

Таблиця 2 - Вимоги до радіозв'язку.

№	Параметр або характеристика	Одиниця вимірювання	Норма	Джерело
1	Радіус дії системи	м	10...60	
2	Швидкість передачі даних	Кб/с	10	

Таблиця 3 - Вимоги до конструкції пульсометру.

№	Параметр або характеристика	Одиниця вимірювання	Норма	Джерело
1	Маса, не більше	кг	0,2	14
2	Габаритні розміри, не більше	мм	140×62,4×30,5	15

Таблиця 4 - Вимоги до надійності.

№	Параметр або характеристика	Одиниця вимірювання	Норма	Джерело
1	Середнє напрацювання на відмову T_B , не менше	год	5000	16

Таблиця 5 - Вимоги до джерела живлення пульсометру.

№	Параметр або характеристика	Одиниця вимірювання	Норма	Джерело
1	Напруга живлення	В	3,0...4,2	
2	Струм споживання, не менше	мА	300	
3	Тривалість роботи від одного комплекту елементів живлення, не менше	год	12	

Пристрій повинен забезпечувати безвідмовну роботу на протязі 24 годин з імовірністю не менше 0,99. Пристрій повинен зберігати працездатність при наступних параметрах навколишнього середовища:

- температура повітря 5...40°C;
- вологість до 90%;
- атмосферний тиск 84...106,7 кПа.

Пристрій повинен бути стійкий до транспортної тряски з частотою 80...120 уд./хв. і максимальним прискоренням до 30м/с² тривалістю не менше однієї години.

5 ВИМОГИ ДО РОЗРОБЛЮВАЛЬНОЇ ДОКУМЕНТАЦІЇ

Оформлення документації згідно ДСТУ 3008:2015.

Склад конструкторської документації :

1. Текстова документація (пояснювальна записка, перелік елементів).
2. Графічна документація (схема електрична принципова).

5.1 Орієнтовний зміст дипломного проекту

Завдання на дипломний проект;

Зміст

Вступ

1. Пульсова Діагностика в медицині;
2. Обґрунтування вибору апаратної частини пристрою;
3. Розроблення прототипу та вибір елементної бази;
4. Розробка програмного забезпечення;

Перелік джерел посилань;

Додаток А Технічне завдання

Додаток Б Програмне забезпечення

Додаток В Схема електрична принципова

					<i>РС81.94.14.30.001 ПЗ</i>	Лист
						39
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		

6 СТАДІЇ І ЕТАПИ ДИПЛОМНОГО ПРОЕКТУВАННЯ

№ з/п	Назва етапів виконання дипломного проекту	Термін виконання етапів роботи	Форма звітності
1	Аналіз методів і засобів пульсової діагностики в медицині	02.05-15.05	
2	Розроблення схеми портативного монітору пульсової хвилі	16.05-29.05	
3	Розроблення модуля пульсометрії	30.05-05.06	
4	Розроблення програмного забезпечення	06.06-15.06	

7 ПОРЯДОК ПРИЙМАННЯ ДИПЛОМНОГО ПРОЕКТУ

1. Представлення проміжних результатів дипломного проекту керівнику в зазначені терміни;
2. Представлення завершеного дипломного проекту керівнику;
3. Перевірка дипломного проекту на наявність плагіату;
4. Представлення кафедрі завершеного дипломного проекту за 10 днів до дати захисту;
5. Захист дипломного проекту перед екзаменаційною комісією.

Виконавець

Біяков Н.В.



Керівник

д.т.н.,

професор

Шарпан

О.Б.



					РС81.94.14.30.001 ПЗ	Лист
						40
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		

ДОДАТОК В ПРОГРАМНЕ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ

```
#include <Wire.h>
#include <WiFi.h>
#include "MAX30105.h"
#include "heartRate.h"

MAX30105 particleSensor;

const byte RATE_SIZE = 4;
byte rates[RATE_SIZE];
byte rateSpot = 0;
long lastBeat = 0;

const char* ssid = "MyPulse";
const char* password = "00000000";

WiFiServer server(80);

String header;

float beatsPerMinute;
int beatAvg;

void setup()
{
  if (!particleSensor.begin(Wire, I2C_SPEED_FAST))
  {
    while (1);
  }
  particleSensor.setup();
  particleSensor.setPulseAmplitudeRed(0x0A);
  particleSensor.setPulseAmplitudeGreen(0);
  WiFi.softAP(ssid, password);
  IPAddress IP = WiFi.softAPIP();
}

void loop()
{
  WiFiClient client = server.available();
  if (client)
  {
    while (client.connected())
    {
      long irValue = particleSensor.getIR();

      if (checkForBeat(irValue) == true)
      {
        long delta = millis() - lastBeat;
        lastBeat = millis();

        beatsPerMinute = 60 / (delta / 1000.0);

        if (beatsPerMinute < 255 && beatsPerMinute > 20)
        {
          rates[rateSpot++] = (byte)beatsPerMinute;
          rateSpot %= RATE_SIZE;
        }
      }
      if (client.available())
      {
        char c = client.read();
      }
    }
  }
}
```

										Лист
										41
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата						

РС81.94.14.30.001 ПЗ

```

        header += c;
        if (c == '\n')
        {
            if (currentLine.length() == 0)
            {
                client.println("HTTP/1.1 200 OK");
                client.println("Content-type:text/html");
                client.println("Connection: close");
                client.println();
                client.println("<!DOCTYPE html><html>");
                client.println("<head><meta name=\"viewport\" content=\"width=device-width, initial-scale=1\">");
                client.println("</head>");
                client.println("<body><h1>ESP32 pulse Server</h1>");
                client.println("<p>pulse " + beatsPerMinute + "</p>");
                client.println("</body></html>");
                client.println();
                break;
            }
            else
            {
                currentLine = "";
            }
        }
        else if(c != '\r')
        {
            currentLine += c;
        }
    }
    header = "";
    client.stop();
}
}

```

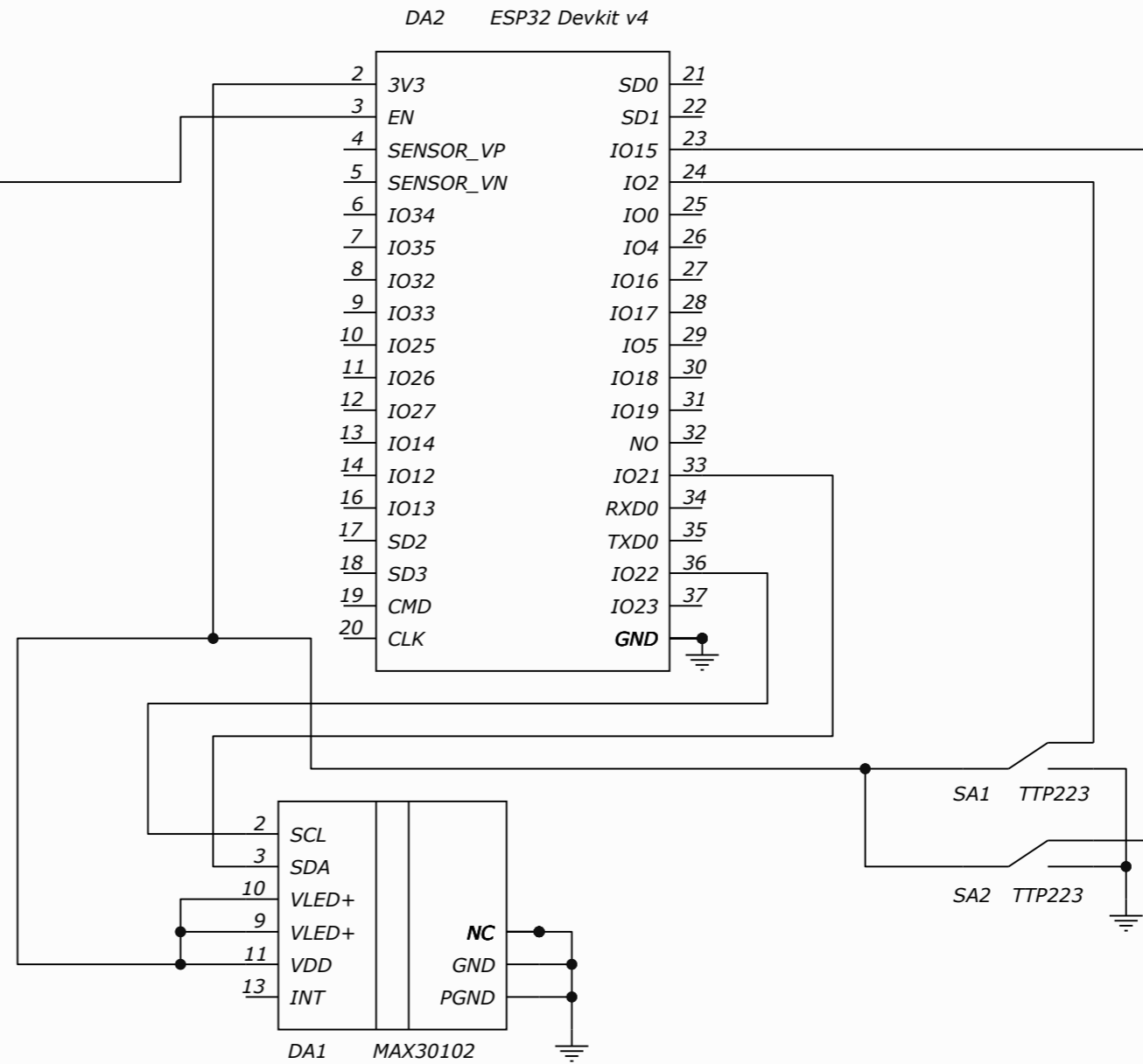
					<i>PC81.94.1430.001 ПЗ</i>	Лист
						42
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		

Коло	Конт
OUT+	1
BT+	2
BT-	3
OUT-	4

X1 TP4056 usb type-c

Коло	Конт
+3,3 В	1
GND	2

X2 li-pol



PC81.941430.001 E3

				Літ.			Маса	Масштаб	
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата	Портативний IoT монітор пульсової хвилі схема електрична принципова			Лист 1	Листів 1
Розроб.		Біяков Н.В.							
Перев.		Шарпан О.Б.							
Т. контр.									
Н. контр.									
Затв.		Шарпан О.Б.			PC-81 РТФ				