

ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА»
ФАКУЛЬТЕТ КОМП'ЮТЕРНО-ІНТЕГРОВАНИХ ТЕХНОЛОГІЙ,
МЕХАТРОНІКИ І РОБОТОТЕХНІКИ
(повне найменування інституту, назва факультету)

Кафедра метрології та інформаційно-виміральної техніки
(повна назва кафедри)

Пояснювальна записка

до кваліфікаційної роботи бакалавра

на тему:

Комп'ютеризована система вимірювання рівня кисню у крові

Виконав: студентки 4 курсу, групи МТ-3
напряму Метрологія та інформаційно-
виміральної техніки

(шифр і назва напряму підготовки, спеціальності)

Суравицька Анастасія Сергіївна

(прізвище та ініціали)

Керівник д.т.н., професор, професор
кафедри М та ІВТ Пількевич І.А.

(прізвище та ініціали)

Рецензент к.т.н., доцент, доцент кафедри
РЕА ім. проф. Б.Б. Самотокина
Гуменюк А.А.

(прізвище та ініціали)

Житомир 2024

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА»
Факультет комп'ютерно-інтегрованих технологій, мехатроніки і
робототехніки
Кафедра метрології та інформаційно-вимірювальної техніки
Спеціальність 152 «Метрологія та інформаційно-вимірювальна техніка»

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри метрології та
інформаційно-вимірювальної техніки
д.т.н., професор Подчашинський Ю.О.

« ____ » _____ 2024 р.

ЗАВДАННЯ

на кваліфікаційну роботу бакалавра

Суловицька Анастасія Сергіївна

1. Тема роботи: Комп'ютеризована система вимірювання рівня кисню у крові
Затверджена Наказом по університету від «18» _____ квітня _____ 2024 р. № 140/с
2. Термін здачі закінченої роботи на кафедру «19» _____ червня _____ 2024 р.
3. Вихідні дані до роботи: вивід виміряних значень кисню у крові, похибка вимірювання 0.75%.
4. Зміст пояснювальної записки (перелік питань, які підлягають розробці):
аналіз існуючих систем вимірювання рівня кисню у крові, розробка структурної схеми, розробка принципової схеми, розробка алгоритму та програми, розрахунок надійності та точності
5. Перелік графічного матеріалу (з точним визначенням обов'язкових креслень): структурна схема, принципова схема, блок-схема алгоритму, презентація

6. Консультанти з кваліфікаційної роботи бакалавра із зазначенням розділів роботи, що їх стосуються

Розділ	Консультант	Підпис, дата	
		Завдання видав	Завдання прийняв

7. Дата видачі завдання 18 червня 2024 року

Календарний план

№ з/п	Назва етапів кваліфікаційної роботи	Термін виконання етапів роботи	Примітка
1	Вивчення та аналіз літературних даних за темою дипломної роботи	18.04.2024-29.04.2024	
2	Формування завдань та цілей	05.05.2024-09.05.2024	
3	Розробка структурної схеми системи вимірювання кисню	10.05.2024-21.05.2024	
4	Розробка принципової схеми системи вимірювання кисню	25.05.2023-07.06.2024	
5	Розробка алгоритмів	08.06.2024-15.06.2024	
6	Оформлення та підготовка пояснювальної записки та презентації	17.06.2024-20.06.2024	

Студент _____
(підпис)

Керівник роботи _____
(підпис)

Суловицька А.С.
(прізвище та ініціали)

Пількевич І.А.
(прізвище та ініціали)

АНОТАЦІЯ

Дипломна робота бакалавра на тему «Комп'ютеризована система вимірювання рівня кисню у крові» містить 70 сторінок, 36 рисунків, 16 таблиць, 10 формул, 21 джерело.

В роботі проводиться обґрунтування актуальності створення системи вимірювання кисню у крові.

Розроблена структурна та принципова схема системи вимірювання рівня кисню у крові. Прорахована точність та надійність системи.

Розроблена блок-схема алгоритму роботи програми та відповідна програма.

Ключові слова: рівень кисню у крові, пульсоксиметр, датчик пульсу та насиченості крові киснем.

ANNOTATION

The bachelor's thesis on the topic "Computerized system for measuring the level of oxygen in the blood" contains 70 pages, 36 figures, 16 tables, 10 formulas, 21 sources.

The work substantiates the relevance of creating a blood oxygen measurement system.

The structural and schematic diagram of the system for measuring the level of oxygen in the blood is developed. The accuracy and reliability of the system are calculated.

A block diagram of the program algorithm and the corresponding program are developed.

ЗМІСТ

ВСТУП.....	6
1. ТЕХНІЧНЕ ЗАВДАННЯ.....	8
1.1. Призначення та область застосування.....	8
1.2. Умови експлуатації	8
1.3. Технічні параметри системи.....	8
1.4. Вимоги до конструктивного оформлення.....	9
2. ОГЛЯД ТА АНАЛІЗ ЛІТЕРАТУРНИХ ДЖЕРЕЛ.....	11
2.1. Загальний опис пульсоксиметра.....	11
2.2. Огляд та аналіз існуючих приладів.....	14
2.3. Порівняльний аналіз приладів.....	19
3. РОЗРОБКА СТРУКТУРНОЇ СХЕМИ.....	20
3.1. Опис структурної схеми.....	20
3.2. Обґрунтування світло діодів та фотодетектора.....	21
3.3. Обґрунтування мультиплексора та демультіплексора.....	24
3.4. Обґрунтування мікропроцесора та мікроконтролера.....	25
3.5. Обґрунтування дисплея.....	27
3.6. Обґрунтування джерела струму.....	30
3.7. Побудова структурної схеми.....	31
4. РОЗРОБКА ПРИНЦИПОВОЇ СХЕМИ.....	33
4.1. Аналіз та характеристика компонентів.....	33
4.2. Вибір дисплея.....	33
4.3. Вибір мікроконтролера.....	34
4.4. Вибір датчика.....	37
4.5. Вибір кнопки.....	43
4.6. Принципова схема.....	44
5. РОЗРОБКА ПРОГРАМИ ТА АЛГОРИТМУ.....	46
5.1. Розробка алгоритму	46
5.2. Розробка програми.....	48
6. КОНСТРУКТОРСЬКА ЧАСТИНА.....	54
6.1. Розробка друкованої плати.....	54
6.2. Розрахунок похибки.....	56
6.3. Розрахунок надійності.....	58
7. ОХОРОНА ПРАЦІ.....	63
7.1. Охорона праці.....	63
7.2. Законодавчі акти з охорони праці.....	63
7.3. Безпека життєдіяльності на підприємстві.....	64
7.4. Безпека життєдіяльності в домашніх умовах.....	65
ВИСНОВКИ.....	67
ПЕРЕЛІК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ.....	68

					МММТ 480.015.020- ПЗ			
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат	Комп'ютеризована система вимірювання рівня кисню у крові	Літ.	Арк.	Аркшів
Розробив		Суровицька					5	70
		Пількевич І.А.			Пояснювальна записка	ДУ «Житомирська ппптехніка» МТ-3		
Рецензен								
Н. контр.								
Затверд.		Подчашинськи						

ВСТУП

Сучасні технології, що дозволяють вимірювати рівень кисню в крові, є надзвичайно важливими в медичній сфері, коли своєчасне та точне вимірювання сатурації кисню може врятувати життя. В умовах стрімкого розвитку телемедицини та дистанційного моніторингу пацієнтів, комп'ютеризовані системи вимірювання рівня кисню в крові відіграють важливу роль у забезпеченні ефективного медичного обслуговування.

На сьогоднішній день комп'ютеризовані системи вимірювання рівня кисню в крові широко використовуються в лікарнях, а також у домашніх умовах для моніторингу стану здоров'я пацієнтів з хронічними захворюваннями легень, серцево-судинними захворюваннями та іншими патологіями. У перспективі ці пристрої стануть ще більш необхідними у зв'язку зі зростаючою потребою в дистанційному контролі здоров'я.

Розробка та впровадження комп'ютеризованих систем вимірювання рівня кисню в крові стикається з рядом науково-технічних проблем. По-перше, необхідно забезпечити високу точність вимірювань, яка залежить від якості датчиків та алгоритмів обробки даних. По-друге, важливим є питання автономності пристроїв, адже від тривалості роботи акумуляторів залежить зручність користування. По-третє, необхідно забезпечити захищеність даних пацієнтів, оскільки медична інформація є конфіденційною і потребує надійного зберігання та передачі.

Розробка, що розглядається, спрямована на розв'язання проблеми точного та безперервного моніторингу рівня кисню в крові з використанням новітніх датчиків та алгоритмів обробки даних. Ця розробка має важливе значення як для медичних установ, що прагнуть забезпечити якісне медичне обслуговування, так і для науково-дослідних інститутів, що займаються розробкою нових методів діагностики та лікування.

На ринку вже існує кілька виробів-аналогів, таких як пульсоксиметри, які використовуються для вимірювання рівня кисню в крові. Проте більшість з них має ряд недоліків, таких як низька точність вимірювань, обмежений

					МММТ 480.015.020- ПЗ	Арк.
						6
Зм.З	Арк.	№ докум.№	Підпис	Дат		

термін автономної роботи, відсутність можливості безперервного моніторингу та проблеми з інтеграцією в системи дистанційного медичного контролю. Ці недоліки вказують на необхідність розробки нових, більш досконалих пристроїв.

Метою кваліфікаційної роботи бакалавра – комп'ютеризована система вимірювання рівня кисню у крові.

Основні задачі даної роботи системи наступні:

- 1.Аналіз існуючих систем;
- 2.Розробка структурної схеми;
- 3.Вибір складових системи;
- 4.Розробка принципової схеми;
- 5.Розробка блок-схеми алгоритму та програми;
- 6.Розрахунок точності та надійності системи.

					МММТ 480.015.020- ПЗ	Адк.
						7
Зм.З	Адк.	№ докum.№	Підпис	Дат		

1. ТЕХНІЧНЕ ЗАВДАННЯ

1.1. Призначення та область застосування

Комп'ютеризована система вимірювання рівня кисню у крові призначена для моніторингу рівня кисню в крові у людини.

Областю застосування комп'ютеризованої системи вимірювання рівня кисню у крові в медицині та особистому використанні для моніторингу стану здоров'я.

Початок розробки 18 квітня 2024 року.

Кінець розробки 20 червня 2024 року.

1.2. Умови експлуатації

-Діапазон температури: від +5 до +40 °С;

-Діапазон вологості: ≤ 80%;

-Використовується в приміщенні в нормальних умовах, уникати потрапляння рідини, перевіряти батарейки;

-Витримування вібрацій під час транспортування;

-Електромагнітні завади: система повинна мати захист у межах стандартних для медичних приладів значень;

-Джерело енергії: дві батарейки типу AAA або зовнішнє джерело живлення через USB вольтаж 5В;

-Характер роботи: перервний;

-Система ремонтпридатна: всі елементи уніфіковані та для відновлення роботи достатньо заміни елементів.

1.3. Технічні параметри системи

Основні технічні параметри:

-Діапазон вимірювання сатурації кисню (SpO2): 70% - 100%;

-Точність вимірювання SpO2: ±2% в діапазоні 70% - 100%;

					МММТ 480.015.020- ПЗ	Арк.
						8
Зм.З	Арк.	№ док.м.№	Підпис	Дат		

-Діапазон вимірювання частоти пульсу: 30 - 250 ударів на хвилину;

-Точність вимірювання частоти пульсу: ± 1 удар на хвилину;

Додаткові параметри:

-Час відгуку: ≤ 10 секунд;

-Автономність роботи: не менше 24 годин безперервної роботи від одного заряду;

-Зв'язок та інтеграція: підтримка Bluetooth, Wi-Fi для передачі даних на медичні сервери або мобільні пристрої;

-Живлення: акумуляторна батарея з можливістю підзарядки від USB 5B.

-Інтерфейс користувача: зручний дисплей для відображення даних у реальному часі, просте керування через кнопки або сенсорний екран;

-Захист даних: шифрування переданих даних для забезпечення конфіденційності медичної інформації.

Ці технічні параметри забезпечують надійну роботу системи в різних умовах та дозволяють ефективно використовувати її для моніторингу стану здоров'я пацієнтів.

Пульсоксиметр подає на вхід оптичні сигнали через світлодіоди та реєструє їх за допомогою фотодетектора, а на виході виводить дані про рівень насиченості киснем у крові на дисплей або інші підключені пристрої.

Напрацювання на безвідмовну роботу становить 14 662 годин.

1.4. Вимоги до конструктивного оформлення

Корпус пульсоксиметра виготовлений з міцного пластика, що забезпечує надійність пристрою. Він має компактні розміри, що дозволяє зручно тримати його в руці або носити з собою. Всі елементи в корпусі добре зафіксовані, що запобігає їх зміщенню або поломці під час використання, навіть за наявності трясіння чи руху.

На корпусі пульсоксиметра передбачено декілька отворів:

-Отвір для дисплея;

					МММТ 480.015.020- ПЗ	Арк.
						9
Зм.З	Арк.	№ док.м.№	Підпис	Дат		

-Кнопка увімкнення/вимкнення;

-Отвори для сенсорів;

-Отвір для батарейного відсіку;

Ці доробки виконані з точністю, щоб забезпечити безперебійну роботу пульсоксиметра і зручність його використання.

					МММТ 480.015.020- ПЗ	Арк.
						10
Зм.З	Арк.	№ докум.№	Підпис	Дат		

2. ОГЛЯД ТА АНАЛІЗ ЛІТЕРАТУРНИХ ДЖЕРЕЛ

2.1. Загальний опис пульсоксиметра

Пульсоксиметрія — це неінвазивний метод вимірювання насичення артеріальної крові киснем (сатурації), що ґрунтується на оптичних властивостях гемоглобіну. Цей метод вимірює, як добре кисень транспортується кров'ю до частин тіла, віддалених від серця, таких як руки і ноги.

Пульсоксиметр — це медичний пристрій, який використовується для вимірювання рівня насиченості артеріальної крові киснем (SpO₂). Його основна мета — моніторинг оксигенації крові та серцевого ритму пацієнта.

Загальний вигляд та опис пульсоксиметра зображено на рис.2.1 та рис.2.2.



Рис.2.1 Пульсоксиметр модель C101A4

					МММТ 480.015.020- ПЗ	Адк.
						11
Зм.З	Адк.	№ докум.№	Підпис	Дат		



Рис.2.2 Інтерфейс пульсоксиметра модель C101A4

Пульсоксиметр складається з двох світлодіодів, які випромінюють світло різних довжин хвиль: червоне світло (довжина хвилі близько 660 нм) і інфрачервоне світло (довжина хвилі близько 940 нм). Світло проходить через тканини, і частина цього світла поглинається гемоглобіном у крові. Далі фотодетектор на протилежній стороні вимірює кількість світла, яке пройшло через тканини або відбилося від них. Кисеньований (оксигемоглобін, HbO_2) і неокисенований гемоглобін (дезоксигемоглобін, Hb) поглинають світло різних довжин хвиль по-різному. Оксигемоглобін поглинає більше інфрачервоного світла, тоді як дезоксигемоглобін поглинає більше червоного світла. Пульсоксиметр обчислює співвідношення поглинання цих двох типів світла, що дозволяє визначити сатурацію.[1]

Структура приладу зображена на рис.2.3..

					МММТ 480.015.020- ПЗ	Адк.
						12
Зм.З	Адк.	№ докum.№	Підпис	Дат		

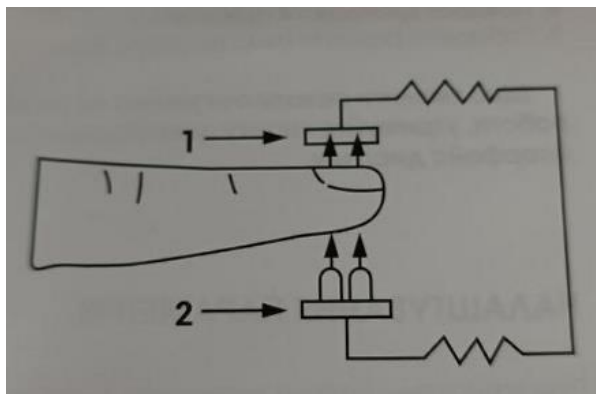


Рис.2.3 Структура вимірювання пульсоксиметра

де:

1-випромінювач інфрачервоного світла;

2-отримувач інфрачервоного світла.

Сатурація (SpO_2) – це відсоток оксигенованого гемоглобіну від загального обсягу гемоглобіну в крові. Нормальні значення сатурації для здорової людини знаходяться в межах 95-100%. Рівні нижче 90% можуть свідчити про гіпоксемію, що потребує медичного втручання.[2]

Формула(2.1) для розрахунку сатурації базується на співвідношенні поглинання червоного та інфрачервоного світла. Вона описується наступним чином:

$$SpO_2 = \left(1 - \frac{R}{Q}\right) \times 100\% \quad (2.1)$$

де:

- R – відношення інтенсивності поглинання червоного світла дезоксигемоглобіном (Hb) до інтенсивності поглинання червоного світла оксигемоглобіном (HbO₂);

- Q – відношення інтенсивності поглинання інфрачервоного світла дезоксигемоглобіном (Hb) до інтенсивності поглинання інфрачервоного світла оксигемоглобіном (HbO₂).

Ця формула відображає принцип оцінки різниці у поглинанні світла різними типами гемоглобіну, що дозволяє визначити відсоток оксигенованого гемоглобіну.

					МММТ 480.015.020- ПЗ	Адк.
						13
Зм.З	Адк.	№ док.м.№	Підпис	Дат		

2.2.Огляд та аналіз існуючих приладів

В сучасному світі існують багато різновидів пульсоксиметрів. На ринку представлена велика кількість різних виробників. Загалом вони мало чим відрізняються але їх основна роль це вимірювання SpO2 та частота пульсу. Самі прилади поділяють на різні класифікації та характеристики.

Огляд та аналіз приладів буде наведено нижче на рис.2.4-2.7 та табл.2.4-2.7.



Рис.2.4 Пульсоксиметр Неасо G1B

Пульсоксиметр Неасо G1B – це контрольно-вимірювальний пристрій для обчислення фізіологічних параметрів, таких як частота пульсу та рівня насичення крові киснем у дорослих, дітей та немовлят. Може використовуватись у будь-яких медичних закладах для постійного та добового спостереження динаміки показників. G1B може працювати від акумулятора та від зарядної підставки.[3]

					МММТ 480.015.020- ПЗ	Адк.
Зм.З	Адк.	№ докum.№	Підпис	Дат		14

Табл.2.4. Головні характеристики пульсоксиметр Неасо G1B

Діапазон вимірювання SpO ₂	35–100%
Точність вимірювання SpO ₂	±2% у діапазоні 70–100%
Діапазон вимірювання частоти пульсу	25–250 ударів на хвилину
Точність вимірювання частоти пульсу	±2 удари на хвилину або ±2%
Тип дисплея	OLED дисплей з можливістю відображення у двох кольорах
Формати відображення	шість режимів відображення даних
Автоматичне вимкнення	автоматично вимикається через 8 секунд після зняття пальця
Живлення	2 батарейки типу ААА
Час роботи від батарейок	приблизно 30 годин безперервної роботи
Розміри	58 x 32 x 34 мм
Вага	близько 50 грамів (з батарейками)
Діапазон робочих температур	від 5 до 40°C
Діапазон робочої вологості	≤80%
Діапазон температур зберігання	від -10 до 40°C
Діапазон вологості зберігання	≤95%



Рис.2.5 Пульсоксиметр Creative Medical PC-66B

Портативний пульсоксиметр PC-66B Creative Medical призначений для вимірювання та реєстрації частоти пульсу та функціонального насичення киснем (SpO₂).[4]

Табл.2.5. Головні характеристики пульсоксиметра Creative Medical PC-66B

Діапазон вимірювання SpO ₂	0–100%
Точність вимірювання SpO ₂	±2% у діапазоні 70–100%, ±3% у діапазоні 50–69%
Діапазон вимірювання частоти пульсу	30–240 ударів на хвилину
Точність вимірювання частоти пульсу	±2 удари на хвилину або ±2%
Тип дисплея	OLED дисплей
Автоматичне вимкнення	автоматично вимикається через 8 секунд після зняття пальця
Живлення	2 батарейки типу AAA
Час роботи від батарейок	до 30 годин безперервної роботи
Розміри	60 x 38 x 30 мм
Вага	близько 50 грамів (з батарейками)
Діапазон робочих температур	від 5 до 40°C
Діапазон робочої вологості	15–80%.
Діапазон температур зберігання	від -20 до 55°C
Діапазон вологості зберігання	10–95%



Рис.2.6 Пульсоксиметр Contec CMS50D

Пульсоксиметр Optimum CMS50D призначений визначення кількості кисню. Апарат оснащений світлодіодним дисплеєм, що забезпечує низьке енергоспоживання і, як наслідок, можливість моніторити стан пацієнта тривалий період часу. А компактний розмір, невелика вага і висока точність отриманих результатів дозволяють застосовувати цей пристрій практично в будь-яких умовах.[5]

Табл.2.6. Головні характеристики пульсоксиметра Contec CMS50D

Діапазон вимірювання SpO ₂	70% до 99%
Точність вимірювання SpO ₂	±2% від 70% до 99% і без визначення для значень менше 70%
Діапазон вимірювання частоти пульсу	30 до 250 ударів на хвилину
Точність вимірювання частоти пульсу	±2 удари на хвилину або ±2%
Тип дисплея	LED
Живлення	літієва батарея CR2032
Розміри	58 x 32 x 34 мм
Вага	близько 50 грамів (з батареєю)



Рис.2.7 Монітор пацієнта ЮМ 300-20

Монітор пацієнта ЮМ 300-20 — це медичний пристрій, призначений для моніторингу життєво важливих параметрів пацієнта.[6]

Табл.2.7. Основні характеристики монітор пацієнта ЮМ 300-20

Діапазон вимірювання SpO2	0–100%
Точність вимірювання SpO2	±2% (70–100%)
Діапазон вимірювання частоти пульсу	20 до 300 ударів на хвилину
Точність вимірювання частоти пульсу	±1 уд./хв або ±1%
Тип дисплея	TFT, 8.4 дюйма
Живлення	100-240 В, акумулятор
Час роботи	До 4 годин
Розміри	320 x 280 x 150 мм
Вага	4 кг
Додаткові функції	ЕКГ, НАТ, ЧД, температура

2.3.Порівняльний аналіз приладів

Для проведення порівняльного аналізу було розглянуто три пульсоксиметри: Neaso G1B, Creative Medical PC-66B, Contec CMS50D та монітор пацієнта ЮМ 300-20.

Якщо подивитися на характеристику всіх названих приладів, то можна зрозуміти, що кожен із цих пристроїв має свої особливості, переваги та недоліки, що впливають на їхню придатність для використання у різних умовах.

Переваги цих приладів в тому, що вони мають низьку ціну, легке застосування, доступність, низька вага, компактний розмір, швидкий показ даних.

Але не слід забувати, що також в приладах є і недоліки. Наприклад не всі пульсоксиметри мають низьку ціну та легку вагу, взагалі деякі з них не можливо переносити з собою. Точність даних дуже залежить від навколишнього середовища та від самого пацієнта із-за цього не всі дані можуть відповідати дійсності. Також до недоліків можна віднести складний інтерфейс та відсутність фірм виробника для обслуговування.

Врахувавши всі недоліки постає задача в розробці вітчизняного вимірювального пристрою для вмісту кисню в крові. Він буде мати доступну ціну на ринку, супровідну документацію на українській мові, фірма буде обслуговувати продані прилади.

					МММТ 480.015.020- ПЗ	Адк.
						19
Зм.З	Адк.	№ док.м.№	Підпис	Дат		

3. РОЗРОБКА СТРУКТУРНОЇ СХЕМИ

3.1. Опис структурної схеми

Комп'ютеризована система вимірювання рівня кисню у крові повинна виконувати наступні функції:

- Вмикання та вимикання приладу;
- Неінвазивне вимірювання SpO_2 ;
- Швидке отримання результатів та дисплей або на інші прилади;
- Мобільність у використанні.

Структурна схема пульсоксиметра включає в себе декілька основних компонентів, які працюють разом для вимірювання рівня насичення крові киснем (SpO_2).

Ось основні елементи і їх функції:

–Світловий випромінювач (LED) – випромінює світлові хвилі червоно та інфрачервоного спектрів, яке проходить через тканини пальця або іншої частини тіла;

–Світловий детектор(Фотодетектор) – вимірює інтенсивність червоного та інфрачервоного світла, що проходить через тканину;

–Мультиплекс та джерела струму – перемикає струм між двома джерелами, що забезпечує послідовне ввімкнення світлодіодів;

–Драйвер випромінювання – забезпечує синхронізацію ввімкнення світлодіодів;

–Демультіплексор – віддаляє червоні та інфрачервоні світла для обробки;

–Аналогово-цифровий перетворювач (ADC) – перетворює аналоговий сигнал з фотодетектора в цифровий формат подальшої обробки;

–Мікропроцесор – виконує математичні обчислення на основі вхідних сигналів, розраховує SpO_2 та частоту пульсу, а також керує відображенням ;

–Дисплей – відображає дані для користувача у зручний для нього вигляд.

					МММТ 480.015.020- ПЗ	Арк.
						20
Зм.З	Арк.	№ док.м.№	Підпис	Дат		

3.2.Обґрунтування світлодіодів та фотодетектора

Світлодіод (LED) - це напівпровідниковий прилад, який випромінює світло при проходженні через нього електричного струму. Світлодіоди є енергоефективними, мають тривалий термін служби і використовуються в різних пристроях, таких як освітлення, дисплеї, індикатори, пульти дистанційного керування та медичні прилади.[7]

Червоний та інфрачервоний світлові випромінювачі (LED) є двома типами світлодіодів, які випромінюють світло в різних діапазонах електромагнітного спектра. Хоча вони мають схожий принцип роботи, їхні застосування та характеристики суттєво відрізняються.

Червоні світлодіоди випромінюють світло в діапазоні довжин хвиль від приблизно 620 до 750 нанометрів. Мають високу ефективність перетворення електричної енергії в світло, що робить їх економічно вигідними.Тривалий термін служби, зазвичай від 20 000 до 50 000 годин.Використовують зазвичай для індикації, освітлення і т.д..

В свою чергу інфрачервоні світлодіоди випромінюють світло в діапазоні довжин хвиль від приблизно 700 до 1 000 нанометрів, що виходить за межі видимого спектра. Інфрачервоне світло є невидимим для людського ока, але може бути виявлене спеціальними датчиками та камерами.Також мають високу ефективність перетворення електричної енергії у світло. Тривалий термін служби, подібний до червоних світлодіодів. Використовуються в спеціалізованих застосуваннях, таких як пульти дистанційного керування та медичні прилади.

Таким чином, червоні та інфрачервоні світлодіоди мають різні діапазони випромінювання і відповідно різні області застосування.[8]

Нижче буде надано зображення та технічні характеристики світлодіода на рис.3.1 та табл.3.1..

					МММТ 480.015.020- ПЗ	Адк.
						21
Зм.З	Адк.	№ докum.№	Підпис	Дат		

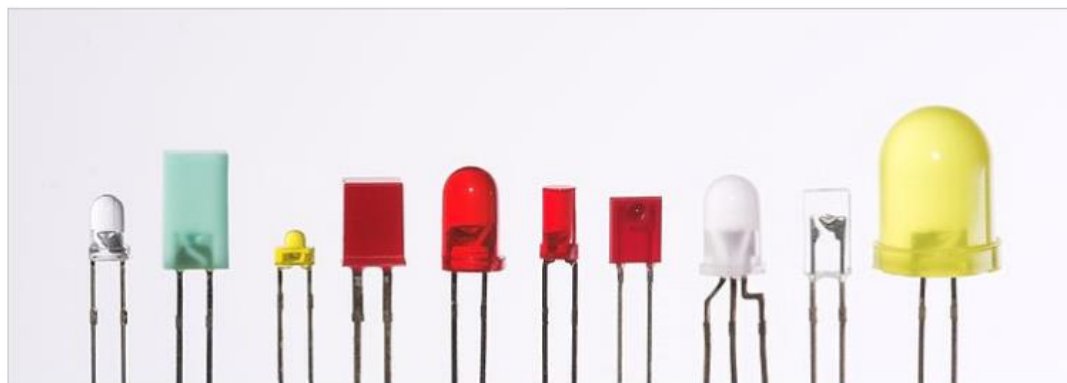


Рис.3.1 Зображення різних типів світлодіодів

Табл.3.1. Технічні характеристики світлодіода

	Колір	Довжина хвилі	Напруга	Напівпровідниковий матеріал
	Інфрачервоний	850-1000 нм	1.2 В	GaAs
	Червоний	630-750 нм	1.8 В	GaAsP
	Червоно-оранжевий	605-620 нм	2.0 В	GaAsP
	Зелений	550-570 нм	3.5 В	AlGaP
	Синій	430-505 нм	3.6 В	SiC
	Жовтий	585-595 нм	2.2 В	GaAsP: N
	Білий	450 нм	4.0 В	GaInN

Для розробки вибираємо червоний та інфрачервоний світлодіод так, як саме в їх діапазонах вимірюється оксигемоглобін та дезоксигемоглобін.

Фотодетектор - це пристрій, який виявляє світло або інші форми електромагнітного випромінювання та перетворює їх в електричний сигнал.

Фотодетектори чутливі до певного діапазону електромагнітного спектра, такого як видиме світло, ультрафіолетове, інфрачервоне випромінювання тощо. Сам пристрій перетворює фотони світла на електричний струм або напругу, що дозволяє вимірювати інтенсивність світла. Також використовується для отримання даних про освітлення, рух об'єктів, передачу інформації.[9]

На ринку існують безліч фотодетекторів. Всі вони виконують одну функцію, але кожен з них має своє призначення та обробляють інші форми енергії.

Нижче буде наведено аналоги фотодетекторів на рис.3.2-3.4..



Рис.3.2 Фотодіод інфрачервоний приймач



Рис.3.3 П'єзоелектричний датчик



Рис.3.4 Термістори

Фотодетектори відіграють ключову роль у багатьох сучасних технологіях, забезпечуючи перетворення світла в електричні сигнали для подальшої обробки та аналізу.

3.3.Обґрунтування мультиплексора та демультиплексора

Для кращої працездатності приладу встановлюється мультиплексор та демультиплексор.

Мультиплексор - це електронний пристрій, який дозволяє передавати кілька аналогових або цифрових сигналів по одному спільному каналу. Основна мета мультиплексування - оптимізувати використання ресурсів каналу, зменшуючи кількість необхідних фізичних ліній для передачі даних. В свою чергу демультиплексор виконує зворотну функцію мультиплексора, розділяючи комбінований сигнал на окремі сигнали.[10]

Так, як пульсоксиметр вимірює чсс та SpO2 йому необхідно, щоб він якомога точніше показував свої результати й саме ці компоненти сприяють покращення роботи приладу та виміру датчиків.

					МММТ 480.015.020- ПЗ	Адк.
						24
Зм.З	Адк.	№ доквм.№	Підпис	Дат		

3.4 Обґрунтування мікропроцесора та мікроконтролера

Мікропроцесор – це центральний компонент комп'ютерних систем та вбудованих пристроїв, який виконує основні обчислювальні завдання. Він інтегрує функції центрального процесора (CPU) на одному або декількох інтегральних схемах (IC). Мікропроцесор здійснює виконання програмного коду, управління системними ресурсами та обробку даних.[11]

Для розробки процесу комп'ютеризованої системи вимірювання рівня кисню у крові мікроконтролер має виконувати певні вимоги:

- Високу продуктивність та точність, щоб забезпечити швидку та найбільш точну обробку даних;
- Пам'ять для збереження даних вимірювань;
- Підтримка Bluetooth, Wi-Fi, UART/I2C/SPI для передачі даних на інші прилади;
- Низьке енергоспоживання та підтримку при напрузі 2,5 В - 3,6 В;
- Компактний розмір для зручного використання;
- Сертифікація.

Розглянувши більшість мікроконтролерів мій вибір зупинився на таких виробниках: Tensilica Xtensa, ARM Cortex, AVR. Всі вони схожі між собою, але я обрала Tensilica Xtensa(ESP32) тому, що він найкраще підходить до всіх вимог, простий у використанні має високу точність та низьку ціну. Порівняльна характеристика зображена на табл. 3.2.

Табл.3.2.Порівняльна характеристика

Виробник	Переваги
Tensilica Xtensa	Висока продуктивність, енергоефективність, інтегровані комунікаційні модулі, гнучкість конфігурації
ARM Cortex	Широка підтримка і популярність, висока продуктивність і енергоефективність, гнучкість,

	безпека
AVR	Простота використання, велика спільнота, доступність і низька вартість, низьке енергоспоживання

ESP32 - це високопродуктивний мікроконтролер з вбудованими функціями Wi-Fi та Bluetooth, розроблений компанією Espressif Systems. Цей мікроконтролер використовується в різних додатках, від простих DIY проектів до складних IoT систем.[12]

Сам мікроконтролер складається з 2 ядер Tensilica Xtensa LX6, має встроєну оперативну пам'ять, в нього широкий діапазон периферійних інтерфейсів, низьке споживання енергії. ESP32 працює, виконуючи інструкції програмного забезпечення, завантаженого в його пам'ять. Програми можуть взаємодіяти з периферійними пристроями через спеціальні інтерфейси (UART, SPI, I2C) та використовувати вбудовані модулі (Wi-Fi, Bluetooth) для обміну даними з іншими пристроями.

Мікроконтролер ESP32 має доволі багато аналогів. Наприклад ESP8266, Arduino MKR WiFi 1010, Nordic nRF52840. В таблиці 3.3. я порівняю їх між собою.

Табл.3.3.Порівняльна характеристика мікроконтролерів

Модель	Напруга	Розмір	Пам'ять	Частота процесора
ESP32	2.2 В - 3.6 В	18 мм х 25.5 мм	520 КБ SRAM, до 16 МБ флеш	До 240 МГц (два ядра)
ESP8266	2.5 В - 3.6 В	14.3 мм х 24.8 мм	80 КБ SRAM, до 4 МБ флеш	До 160 МГц (одне ядро)
Arduino MKR WiFi	3.3 В	61.5 мм х 25 мм	32 КБ SRAM, до 256 КБ флеш	До 48 МГц (одне ядро)

					МММТ 480.015.020- ПЗ	Арк.
Зм.З	Арк.	№ докум.№	Підпис	Дат		26

Nordic nRF52840	1.7 В - 3.6 В	7 мм х 7 мм	256 КБ SRAM, до 1 МБ флеш	До 64 МГц (одне ядро)
--------------------	---------------	-------------	---------------------------------	--------------------------

Розглянувши сам мікроконтролер та його аналоги, а саме ESP8266, Arduino MKR WiFi 1010, Nordic nRF52840 дійшла до висновку, що саме ESP32 підходить найкраще для розробки системи.

3.5. Обґрунтування дисплея

Дисплей (англ. display) – це пристрій візуального відображення інформації, який перетворює електричні сигнали у видиме зображення. Дисплеї використовуються в різних електронних пристроях, таких як комп'ютери, телевізори, мобільні телефони, пульсоксиметри та інші прилади.[13]

Для розробки схеми нам потрібен дисплей з такими критеріями:

- Чіткість зображення для високої контрастності роздільної здатності;
- Низьке енергоспоживання для продовження роботи від батареї;
- Малий та компактний розмір для зручного використання;
- Стійкий до механічних впливів і довгий термін служби;
- Широкий кут огляду для зручного зчитування інформації з різних кутів.

Самі дисплеї поділяються на різні види, наприклад: LCD (Liquid Crystal Display), OLED (Organic Light Emitting Diode), LED (Light Emitting Diode).

LCD (Liquid Crystal Display) - технологія дисплеїв, що використовує рідкі кристали, розташовані між двома скляними або пластиковими шарами. Рідкі кристали можуть змінювати свою оптичну властивість (прозорість або розсіювання світла), коли до них застосовується електричне поле. Це дозволяє керувати кожним пікселем на дисплеї. LCD-дисплеї часто потребують підсвічування для підсилення видимості зображення.

					МММТ 480.015.020- ПЗ	Арк.
						27
Зм.З	Арк.	№ док.м.№	Підпис	Дат		

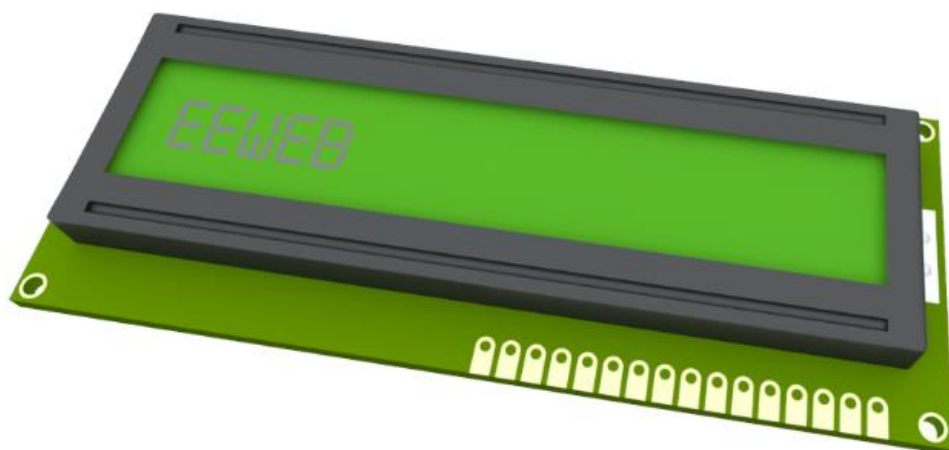


Рис.3.5 Зображення LCD дисплея

OLED (Organic Light Emitting Diode) - технологія дисплеїв, що використовує органічні матеріали, що світяться при проходженні електричного струму. Кожен піксель OLED – дисплею має свою власну світлодіодну лампу, яка може вмикатися і вимикатися окремо. Це дозволяє досягати високої контрастності та насиченості кольорів, а також широкого кута огляду. OLED - дисплеї не потребують підсвічування, що зменшує енергоспоживання та робить їх тоншими й легшими.



Рис.3.6 Зображення OLED дисплея

LED (Light Emitting Diode) - технологія, яка використовує світлодіоди для створення світла. LED-дисплеї часто використовуються як підсвітка для LCD-панелей, але також вони використовуються для створення великих екранів індикаторів. Вони відомі своєю високою яскравістю, довгим терміном служби і енергоефективністю.



Рис.3.7 Зображення LED дисплея(на вулиці)

Розглянувши та порівнявши з вимогами кожен вид дисплея дійшла до такого висновку, що для кращої роботи, зручності та енергозбереження краще взяти дисплей OLED на базі SSD1306.

У SSD1306 є доволі багато аналогів,наприклад:

-SH1106: Схожий контролер з OLED-дисплеями. Відрізняється трохи більшою пам'яттю кадрів, але часто менш популярний через обмежену підтримку бібліотек.

-SSD1327: Підтримує вищу роздільну здатність і більшу кількість кольорів, проте може бути складнішим у використанні і споживає більше енергії.

-SSD1309: Дуже схожий на SSD1306, але має трохи більший екран та інші інтерфейсні можливості.

Табл.3.4. Порівняльна характеристика різних моделей дисплея

Характеристика	SH1106	SSD1306	SSD1327	SSD1309
Роздільність	До 132x64 пікселів	До 132x64 пікселів	До 132x64 пікселів	До 132x64 пікселів

Колірність	Монохромний	Монохромний	Монохромний або кольоровий	Монохромний або кольоровий
Інтерфейс	I2C, SPI	I2C, SPI	I2C, SPI	I2C, SPI
Енергоспоживання	Низьке	Низьке	Низьке	Низьке

Всі вони схожі між собою, але розглянувши табл.3.4. та вимоги до побудови схеми зробила висновок, що найкраще обрати SSD1306.

3.6.Обґрунтування джерела струму

Джерело струму - це пристрій або система, яка забезпечує постійний струм в електричному колі незалежно від напруги на його виході. Ідеальне джерело струму підтримує фіксований струм, навіть якщо опір навантаження змінюється.Джерелом струму може бути:батарейки, акумулятор та ін..[14]

У джерелі струму відбувається розділення заряджених частинок на два полюси: позитивний «+» і негативний «-» за рахунок виконання роботи так званими сторонніми силами. Сторонні сили можуть мати хімічну, механічну, теплову природу. Усі джерела електричного струму можна умовно розділити на фізичні та хімічні.

Фізичні джерела електричного струму – пристрої, в яких розділення зарядів відбувається завдяки механічній, світловій або тепловій енергії.

Хімічні джерела електричного струму – пристрої, в яких розподіл зарядів відбувається завдяки енергії, що виділяється внаслідок хімічних реакцій.

Для пульсоксиметра, оптимальним джерелом струму буде літій-іонний акумулятор або одноразова літієва батареяка.

					МММТ 480.015.020- ПЗ	Арк.
						30
Зм.З	Арк.	№ докум.№	Підпис	Дат		



Рис.3.8 Звичайні батарейки AAA

Живлення всіх компонентів:

-MAX30102: 1.8 В для основного живлення (VDD), 3.3 В для світлодіодів (VDIO);

-ESP32: 3.3 В;

-SSD1306: 3.3 В;

-Кнопка: 3.3 – 5 В;

Після огляду всіх компонентів живлення обираю батарейку на 5В.

3.7. Побудова структурної схеми

Структурна схема — це графічне зображення, яке представляє основні компоненти та функціональні блоки системи чи пристрою і показує, як вони взаємодіють між собою. Структурні схеми широко використовуються в різних галузях техніки, включаючи електроніку, комп'ютерну техніку, телекомунікації та інші.

					МММТ 480.015.020- ПЗ	Адк.
Зм.З	Адк.	№ докum.№	Підпис	Дат		31

На основі обґрунтування всіх компонентів комп'ютеризованої системи вимірювання рівня кисню у крові була розроблена структурна схема пристрою на рис.3.9.

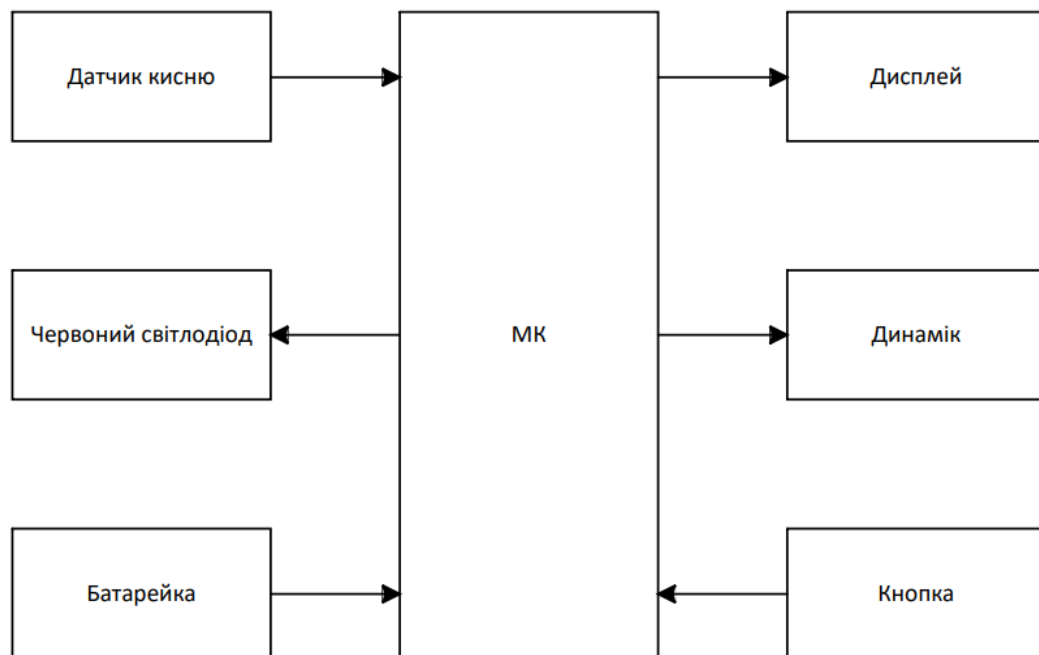


Рис.3.9 Структурна схема

Ця схема зображує процес послідовної обробки світлових сигналів для вимірювання SpO2 у пацієнта. Кожен з цих компонентів має свою ключову роль у процесі.

4. РОЗРОБКА ПРИНЦИПОВОЇ СХЕМИ

4.1.Аналіз та характеристика компонентів

Згідно зі схемою та аналіз всіх компонентів та порівняльної характеристики між ними, було обрано найбільш популярні елементи для системи: SSD1306, ESP32 DevKit V1, Push Button, датчик MAX30102.

Нижче буде подано зображення та характеристика всіх елементів рис. 4.1-4.5 та табл. 4.1-4.5.

4.2.Вибір дисплея

SSD1306 — це контролер для OLED дисплеїв, які зазвичай використовуються для виведення інформації в електронних проєктах. Він підтримує дисплеї з різною роздільною здатністю, наприклад, 128x64 або 128x32.[15]

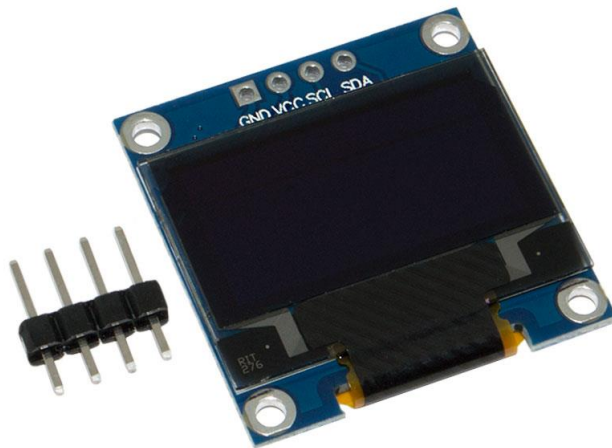


Рис.4.1 Зовнішній вигляд SSD1306

					МММТ 480.015.020- ПЗ	Арк.
Зм.З	Арк.	№ докум.№	Підпис	Дат		33

Табл.4.1.Основна характеристика SSD1306.

Живлення	3.3 В або 5 В
Інтерфейс	I2C або SPI
Роздільна здатність	128x64 або 128x32 пікселів
Кольори	Монохромний
Особливості	Низьке енергоспоживання, висока контрастність

Табл.4.2. Підключення модуля до Arduino.

Контакти модуля	Контакти Arduino
GND	GND
VCC	3.3V
SCL	A5
SDA	A4

Дисплей SSD1306 використовує органічні світлодіоди (OLED) для відображення інформації. Кожен піксель складається з органічного матеріалу, який світиться при проходженні через нього електричного струму. Це дозволяє досягати високої контрастності, оскільки пікселі, які не використовуються, залишаються повністю вимкненими і чорними.

4.3.Вибір мікроконтролера

ESP32 DevKit V1 – це плата на основі мікроконтролера ESP32, створена для широкого кола застосувань, що потребують підключення до Інтернету та використання бездротових технологій. Вона є однією з найбільш популярних плат для розробки вбудованих систем завдяки своїм багатим можливостям і відносно невисокій ціні.[16]

					МММТ 480.015.020- ПЗ	Адк.
Зм.З	Адк.	№ док.м.№	Підпис	Дат		34

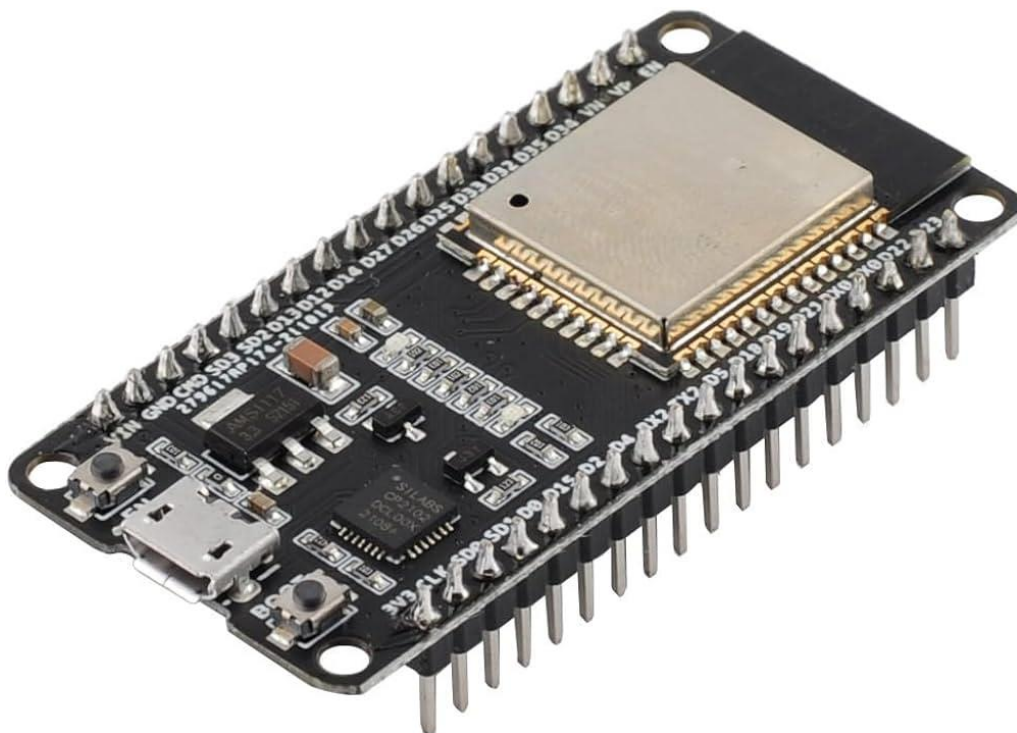


Рис.4.2 Зовнішній вигляд ESP32

Табл.4.3.Основна характеристика ESP32.

Модель	ESP32 DevKit v1
Мікроконтролер	ESP32-WROOM-32
Процесор	2-ядерний Xtensa Dual-Core 32-bit LX6
Тактова частота процесора	80, 160 або 240 МГц
Оперативна пам'ять	520 Кбайт
Флеш-пам'ять	448 Кбайт
Перетворювач USB - UART	CP2102
Кількість виводів плати	30
Режими бездротового зв'язку	STA/AP/STA + AP
Периферія:	АЦП 12 біт до 18 каналів, ЦАП 8 біт 2 канали, датчик температури, 4x SPI, 2x I2S, 2x I2C, 3x UART, Ethernet контролер, CAN 2.0, провідний SD / eMMC / SDIO, ведений SDIO / SPI,

	інфрачервоний приймач , ШІМ до 16 каналів, датчик Холла, аналоговий передпідсилювач, шифрувальники
Підтримувані середовища розробки	Arduino IDE, PlatformIO, Espressif IDF (IoT Development Framework), Micropython, JavaScript
Габарити	51 x 28 x 13 мм

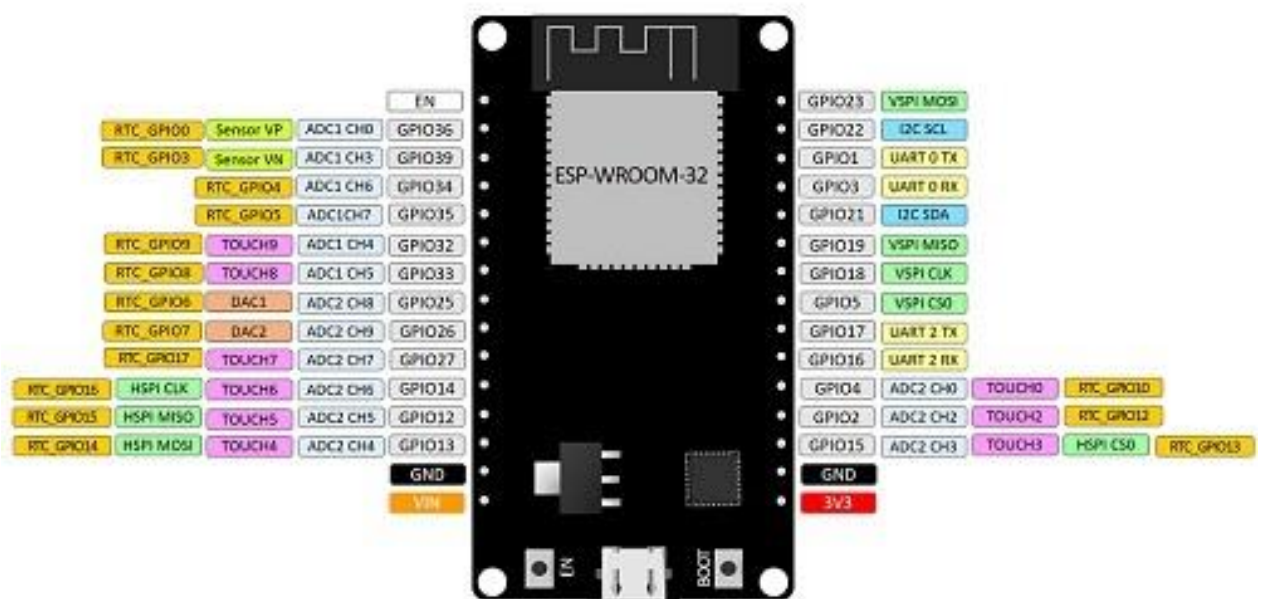


Рис.4.3 Розпіновка плати розробника ESP32 DevKit v1

Плата ESP32 DevKit V1 пропонує широкий спектр функцій і можливостей через свої GPIO пін-коди. Ці пін-коди підтримують різні інтерфейси і протоколи, роблячи плату надзвичайно універсальною для різних проєктів, зокрема, для IoT, автоматизації, контролю і моніторингу.[17]

Периферійні пристрої ESP32 включають:

- 18 каналів аналого-цифрового перетворювача (АЦП);
- 3 інтерфейси SPI;
- 3 інтерфейси UART;
- 2 інтерфейси I2C;
- 16 вихідних каналів ШІМ;
- 2 цифро-аналогових перетворювачі (DAC);

- 2 інтерфейси I2S;
- 10 ємнісних датчиків GPIO.

4.4.Вибір датчика

В даній роботі було обрано датчик MAX30102 за такими критеріями: компактність, висока точність, низька енергозатратність, простий інтерфейс, низька ціна та доступність.

Датчик MAX30102 – це малопотужний біометричний датчик на основі I2C. Модуль оснащений MAX30102 – сучасним інтегрованим пульсоксиметром і датчиком частоти серцевих скорочень від Analog Devices. Він поєднує в собі два світлодіоди, фотодетектор, оптимізовану оптику та малошумну аналогову обробку сигналів для виявлення сигналів пульсоксиметра (SpO2) та частоти серцевих скорочень (ЧСС). [18]



Рис.4.4 Датчик MAX30102

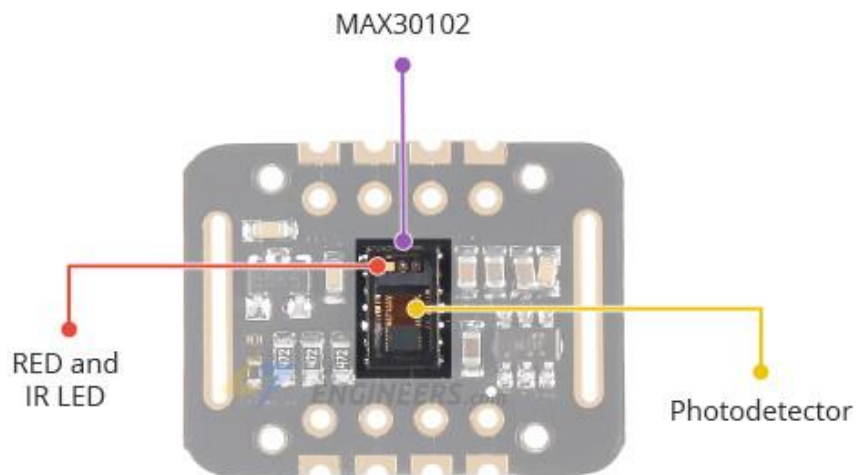


Рис.4.5 Схема датчика пульсу та рівня кисню в крові на основі модуля MAX30102

З одного боку MAX30102 має два світлодіоди – червоний та інфрачервоний світлодіод. З іншого боку знаходиться дуже чутливий фотодетектор. Його ідея полягає в тому, що ви запалюєте один світлодіод за раз, визначаючи кількість світла, що повертається на детектор, і на основі ви можете вимірювати рівень кисню в крові та частоту серцевих скорочень.

Мікросхема MAX30102 потребує двох різних напруг живлення: 1,8 В для мікросхеми та 3,3 В для червоного та інфрачервоного світлодіодів. Таким чином, модуль поставляється з регуляторами 3,3 В і 1,8 В.

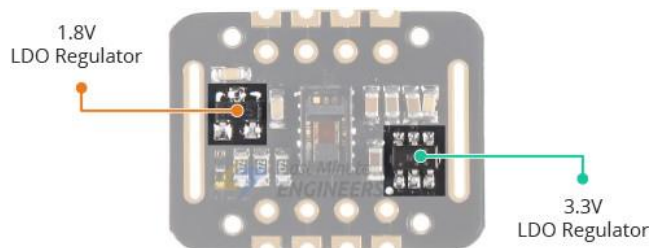


Рис.4.6 Схема модуля з регуляторами напруги 1.8V та 3.3V

На іншій частині друкованої плати ви знайдете паяну перемичку, за допомогою якої можна вибрати логічний рівень від 3,3 В до 1,8 В. За замовчуванням вибрано логічний рівень 3,3 В, який сумісний з логічними рівнями для Arduino. Але також можна вибрати логічний рівень 1,8 В відповідно до ваших вимог. Це дозволяє підключати модуль до будь-якого мікроконтролера з рівнем вводу/виводу 5 В, 3,3 В, навіть 1,8 В.

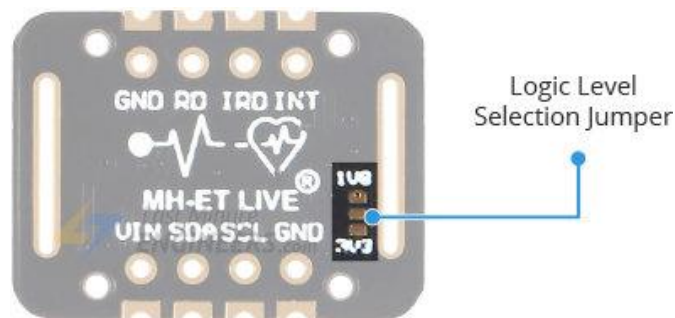


Рис.4.7 Схема модуля з перемикачем вибору логічного рівня

Однією з найважливіших особливостей MAX30102 є низьке енергоспоживання: під час вимірювання MAX30102 споживає менш як 600 мкА. Також можна перевести MAX30102 в режим очікування, де він споживає лише 0,7 мкА. Таке низьке енергоспоживання дозволяє використовувати його в пристроях з акумуляторним живленням, таких як мобільні телефони, переносні пристрої або розумні годинники.

MAX30102 має вбудований датчик температури, який можна використовувати для компенсації змін у навколишньому середовищі та калібрування вимірювань. Це досить точний датчик температури, який вимірює «температуру матриці» в діапазоні від -40°C до $+85^{\circ}\text{C}$ з точністю $\pm 1^{\circ}\text{C}$.

Модуль використовує простий двох провідний інтерфейс I2C для зв'язку з мікроконтролером. Він має фіксовану адресу I2C: $0 \times \text{AE}_{\text{HEX}}$ (для операції запису) і $0 \times \text{AF}_{\text{HEX}}$ (для операції читання).

MAX30102 містить буфер FIFO для зберігання зразків даних. FIFO має банк пам'яті на 32 зразки, що означає, що він може зберігати до 32 зразків SpO_2 і частоти серцевих скорочень. Буфер FIFO може розвантажити мікроконтролер від зчитування кожного нового зразка даних із датчика, тим самим заощаджуючи енергію системи.

MAX30102 можна запрограмувати на генерування переривання, що дозволяє головному мікроконтролеру виконувати інші завдання, поки дані збираються датчиком. Переривання можна ввімкнути для 5 різних джерел:

- Power Ready : спрацьовує під час увімкнення живлення або після вимкнення.

- New Data Ready: запускається після збору кожного зразка даних SpO2 і ЧСС.
- Ambient Light Cancellation: спрацьовує, коли функція скасування навколишнього світла фотодіода SpO2/HR досягає максимальної межі, що впливає на вихідний сигнал АЦП.
- Temperature Ready : спрацьовує після завершення внутрішнього перетворення температури матриці.
- FIFO Almost Full : спрацьовує, коли FIFO стає повним і майбутні дані будуть втрачені.

Табл.4.4. Технічні характеристики датчика MAX30102

Напруга живлення	1.8V для внутрішнього ядра, 3.3V для I/O
Споживана потужність	600μA (звичайний режим), 0.7μA (режим очікування)
Діапазон вимірювання SpO2	0% - 100%
Частота пульсу	30-240 ударів на хвилину
Тип світлодіодів	Червоний (660 нм), Інфрачервоний (880 нм)
Діапазон робочих температур	-40°C до +85°C
Інтерфейс зв'язку	I2C
Чутливість фотодетектора	Висока
Розміри корпусу	5.6 мм x 3.3 мм x 1.55 мм
Тип корпусу	14 - піновий ODFN
Додаткові функції	Вбудовані фільтри шумів, програма компенсації руху, регульований коефіцієнт підсилення
Підтримувані режими роботи	Вимірювання SpO2, вимірювання частоти пульсу, режим низького енергоспоживання

Модуль MAX30102 має наступні підключення рис.4.8.

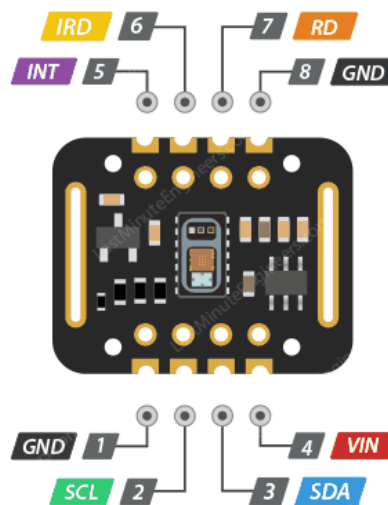


Рис.4.8 Підключення до модуля MAX30102

-VIN - це штифт живлення. Його можна увімкнути до 3.3V або 5V виходу з Arduino;

-SCL - це I2C штифт годинника, підключений до I2C лінії годинника Arduino;

-SDA - це I2C контактний код даних, підключений до I2C лінії даних Arduino;

-INT MAX30102 може бути запрограмований для створення переривання для кожного імпульсу. Ця лінія є відкритою, тому вона витягується HIGH бортовим резистором. Коли відбувається переривання, шпилька INT знижується і залишається низькою, поки переривання не буде очищено;

-IRD MAX30102 вбудований світлодіодний драйвер для керування світлодіодними імпульсами для вимірювання SpO2 та ЧСС. Використовуйте його, якщо хочете самостійно керувати інфрачервоним світлодіодом, інакше залиште його непідключеним;

-Вивід RD схожий на вивід IRD, але використовується для керування червоним світло діодом;

					МММТ 480.015.020- ПЗ	Адк.
Зм.З	Адк.	№ докum.№	Підпис	Дат		41

-GND - це земля

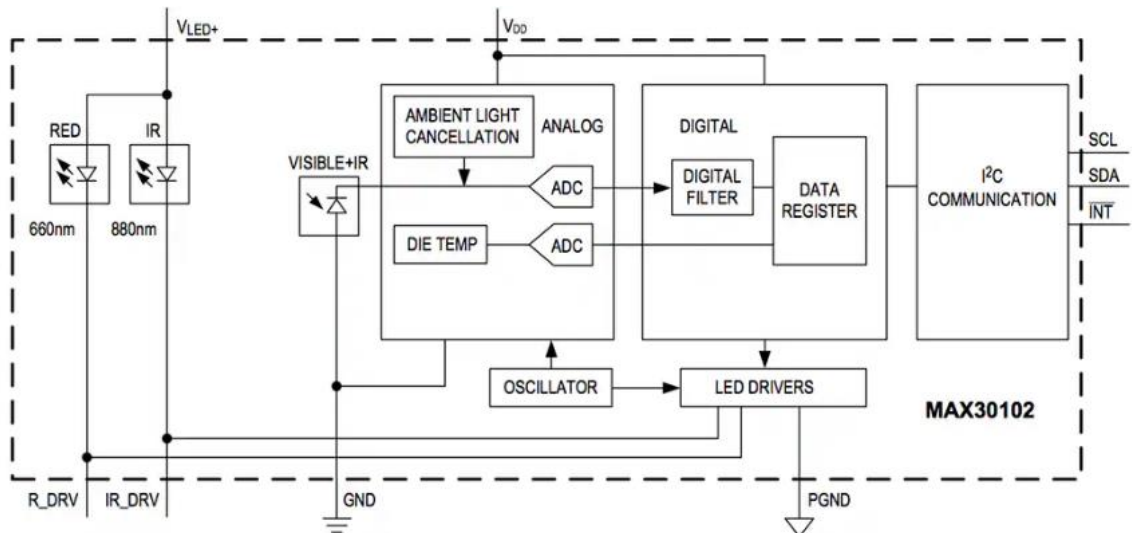


Рис.4.9 Блок схема MAX30102

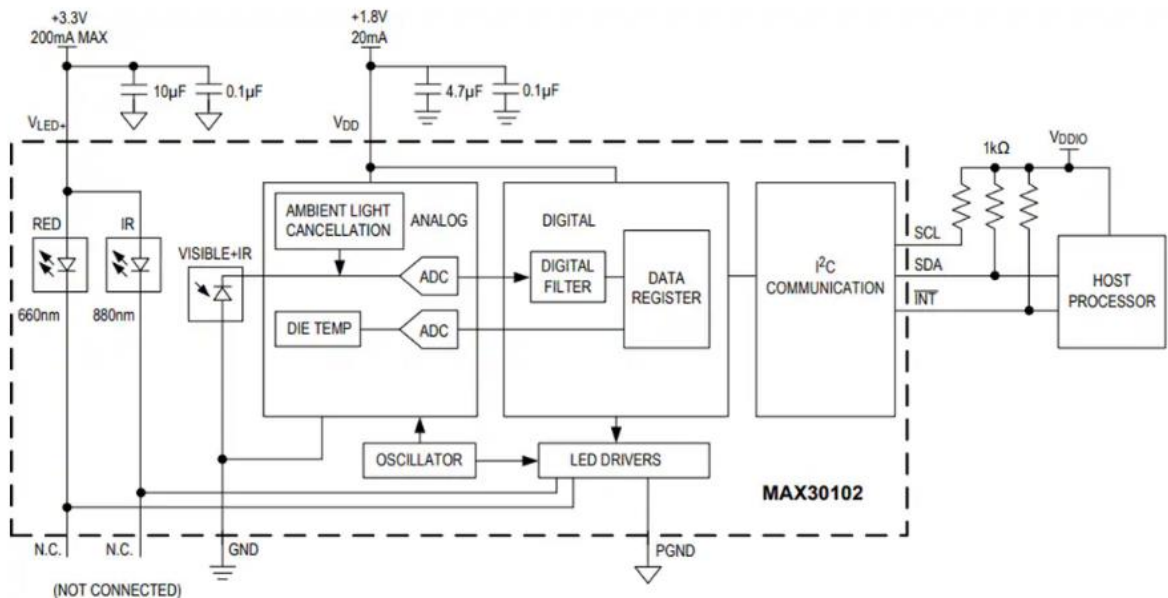


Рис.4.10 Типова схема застосування

Датчик серцевого ритму MAX30102 є високоточним сенсором, який використовується для вимірювання пульсу і рівня насичення крові киснем (SpO₂). Він інтегрує два світлодіоди (червоний і інфрачервоний), фотодетектор, оптичні елементи і електронні компоненти в один компактний модуль. Завдяки своїй високій чутливості і низькому енергоспоживанню, MAX30102 широко застосовується в портативних медичних пристроях, фітнес-трекерах та інших гаджетах для моніторингу здоров'я. Цей сенсор забезпечує точні вимірювання навіть при низькому рівні освітлення та може

ефективно використовуватися в умовах різної фізичної активності користувача.[19]

4.5.Вибір кнопки

Кнопка - це електромеханічний пристрій, призначений для ввімкнення або вимкнення електричного контакту шляхом фізичного натискання на нього. Кнопка зазвичай має прямокутну або круглу форму і складається з корпусу і натискного елемента (кнопки), який зазвичай виступає з корпусу. У самого пристрою може бути різна кількість контактів, зазвичай один або більше пар. Контакти можуть бути відкритими (замкненими) або закритими (відкритими) за замовчуванням.

Кнопка тактова ТАСТ 6х6 - 4.3 мм 4PIN є одним з типів мікроперемикачів, призначених для електронних пристроїв і плат розробника.[20]



Рис.4.11 Зовнішній вигляд кнопки

Табл.4.5.Основна характеристика

Розмір	6X6
Тип контактів	4 контакти (4PIN)
Спосіб дії	Вмикає або вимикає електричне з'єднання

					МММТ 480.015.020- ПЗ	Арк.
						43
Зм.З	Арк.	№ докум.№	Підпис	Дат		

Дизайн	Прямокутна форма з чотирма вивідними ніжками для пайки на плату
--------	---

4.6.Принципова схема

Принципова схема — це графічне або текстове представлення електричної (або іншої технічної) системи, яке показує її компоненти і взаємозв'язки між ними. Вона відображає основні елементи та їх зв'язки, необхідні для функціонування системи, без детального відображення фізичних розмірів, форм і розташування цих елементів. Принципові схеми використовуються в різних галузях техніки для проєктування, аналізу та обслуговування складних систем.

На базі обраних елементів та структурної схеми побудуємо принципову схему системи рис.4.12.

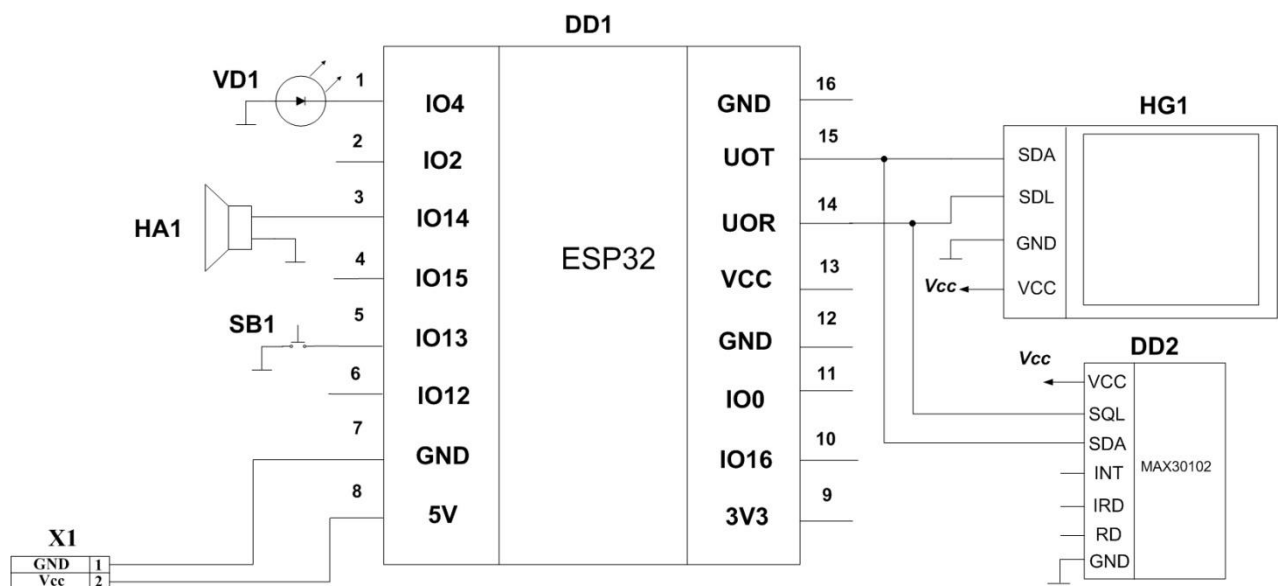


Рис.4.12. Принципова схема системи

Складові елементи системи наступні:

- DD1 – мікроконтролер ESP32;
- DD2 – датчик серцевого ритму MAX30102;
- HG1 – OLED-дисплей SSD1306;

					МММТ 480.015.020- ПЗ	Адк.
Зм.З	Адк.	№ докум.№	Підпис	Дат		44

- HA1 – пасивний модуль зумера 5 В;
- SB1 – кнопка тактова ТАСТ 6X6 - 4.3 ММ 4PIN;
- VD1 – світлодіод червоний LED;
- X1 – роз’єм для акумулятора.

					МММТ 480.015.020- ПЗ	Арк.
						45
Зм.З	Арк.	№ докум.№	Підпис	Дат		

5.РОЗРОБКА ПРОГРАМИ ТА АЛГОРИТМУ

5.1.Розробка алгоритму

Алгоритм - це послідовність кроків або інструкцій, які програми чи пристрої виконують для розв'язання задачі задачі. Він визначає точний порядок дій, які потрібно виконати, щоб досягти певного результату. Алгоритми використовуються у всіх галузях для автоматизації процесів і розв'язання складних завдань, забезпечуючи ефективність і надійність у програмному забезпеченні, науці, інженерії та багатьох інших сферах.

Алгоритм описує процес вимірювання частоти серцевих скорочень (ЧСС) та рівня кисню в крові (SpO2) за допомогою пульсоксиметра.

Зображення алгоритму представлено на рис.5.1.

					МММТ 480.015.020- ПЗ	Адк.
						46
Зм.З	Адк.	№ докум.№	Підпис	Дат		

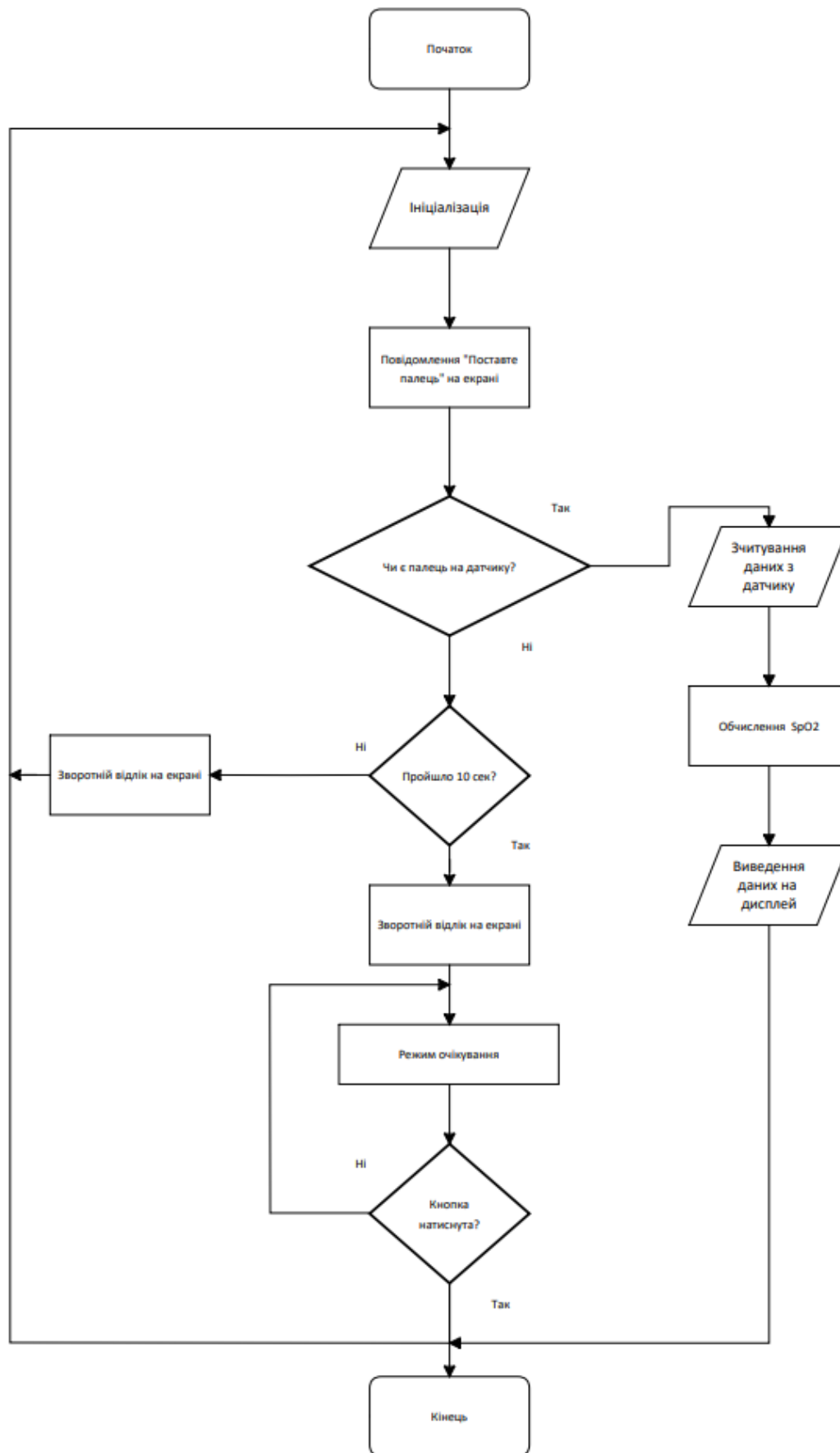


Рис.5.1 Блок-схема алгоритму

Сам алгоритм починається з ініціалізації процесу. Під час ініціалізації відбувається підготовка системи до роботи, тобто йде завантаження необхідного програмного забезпечення, яке контролює роботу пристрою, проходить очищення залишкових даних у пам'яті, підготовка екрана до відображення інформації та відбувається перевірка, чи пристрій знаходиться в стані готовності до роботи.

Після всіх махінацій на екран виводиться повідомлення «Поставте палець», щоб користувач знав, що пристрій готовий до своєї роботи.

Далі пристрій перевіряє наявність пальця на датчику. Якщо палець на датчику, алгоритм переходить до наступного етапу. Якщо пальця немає, пристрій починає зворотний відлік часу (10 секунд).

Під час зворотного відліку, якщо 10 секунд не минуло, процес продовжує очікувати, але якщо ж 10 секунд минули і пальця все ще немає, пристрій повертається до повідомлення "Поставте палець" на екрані.

Коли палець знаходиться на датчику, відбувається зчитування даних (імпульс та рівень кисню). Пристрій обробляє зчитані дані та обчислює частоту серцевих скорочень та рівень кисню в крові.

Після всіх обчислень дані виводяться на екран та сам пристрій переходить у режим очікування.

Під час режиму очікування, якщо кнопка натиснута, алгоритм завершує свою роботу, якщо ж кнопка не натиснута, пристрій повертається до режиму очікування і зворотного відліку, тобто вимикається.

5.2. Розробка програми

В розділах вище було вибрано та проаналізовано всі елементи для створення програми.

Arduino IDE (Integrated Development Environment) - це середовище розробки для програмування платформи Arduino. Це програмне забезпечення дозволяє створювати і завантажувати програми на Arduino-платформи за

					МММТ 480.015.020- ПЗ	Арк.
						48
Зм.З	Арк.	№ док.м.№	Підпис	Дат		

допомогою простого інтерфейсу. Написання програми буде використовуватися на C/C++.

Принцип роботи модуля полягає в тому, що він посилає червоне та інфрачервоне світло через кінчик пальця користувача, потім вимірює відбите світло і виконує певну обробку сигналів. Що більше кисню міститься в крові, тим більше інфрачервоного випромінювання вона поглинає, а також більша кількість кисню в крові пропустить через неї більше червоного світла.

Моделювання системи відбувається в програмі Fritzing. Fritzing — це інструмент з відкритим вихідним кодом, який дозволяє проєктувати та документувати електронні схеми, створювати макетні плати та розробляти друковані плати (PCB). Інтерфейс Fritzing забезпечує зручний спосіб для користувачів створювати графічні зображення схем, також можна завантажувати різні компоненти які потрібні для побудови схем.

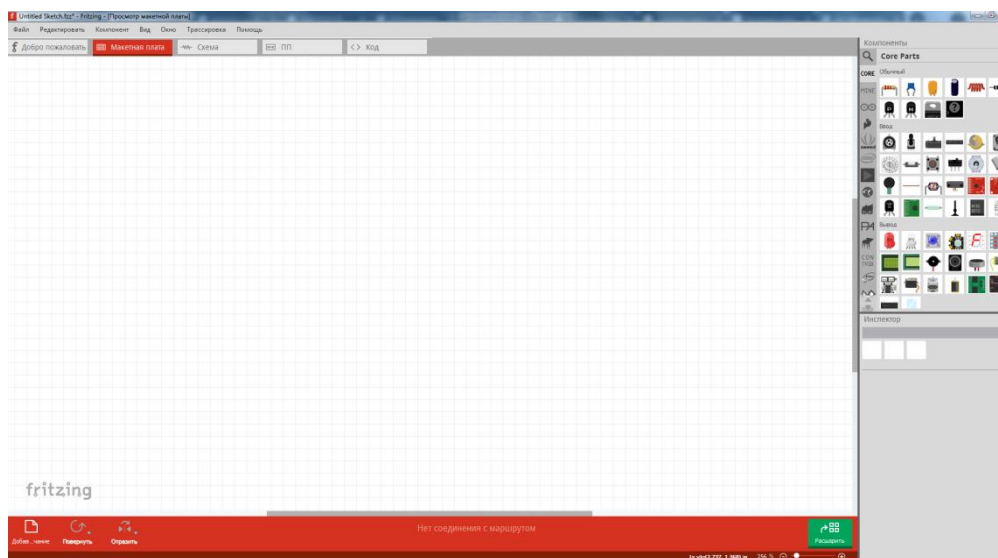


Рис.5.2 Интерфейс Fritzing

					МММТ 480.015.020- ПЗ	Адк.
Зм.З	Адк.	№ докум.№	Підпис	Дат		49

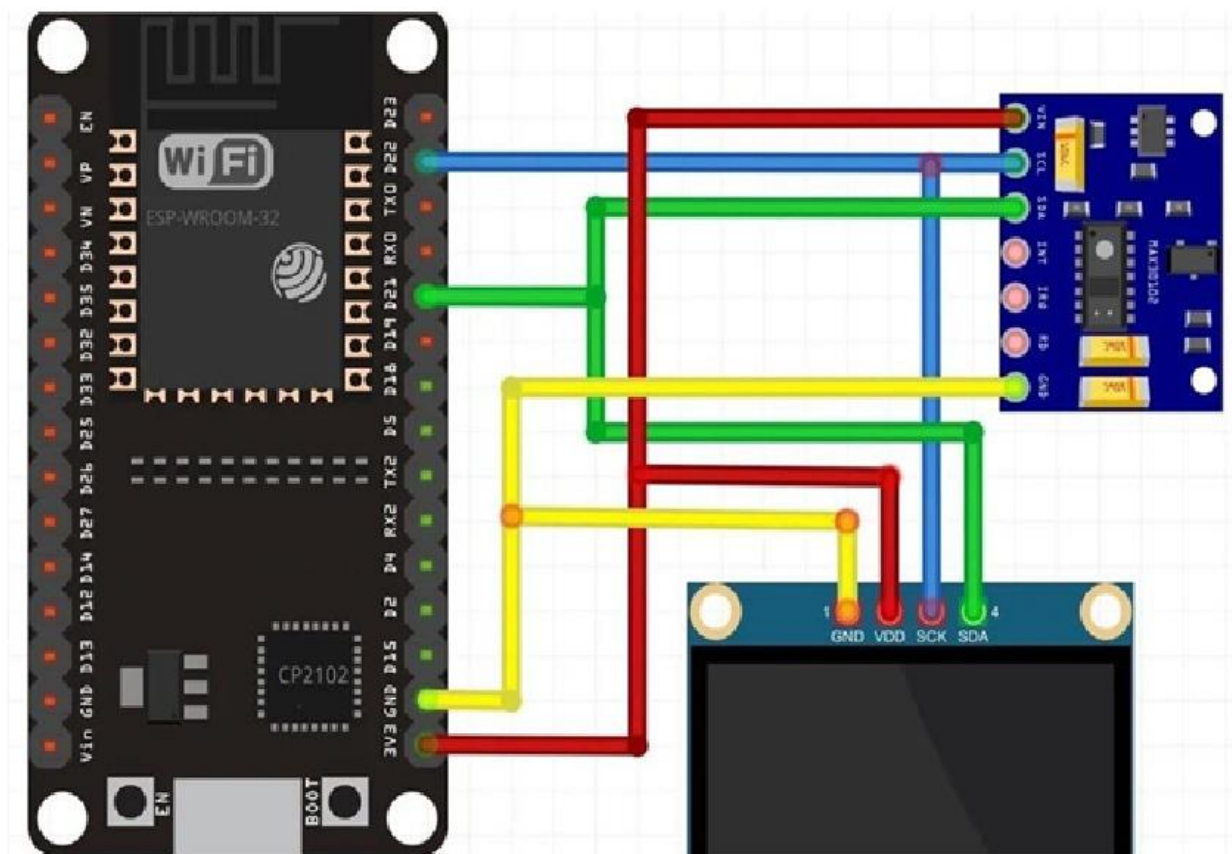


Рис.5.3 Моделювання системи

Щоб запрограмувати ESP32 за допомогою Arduino IDE, спочатку додаємо плату esp32 рис.5.4.

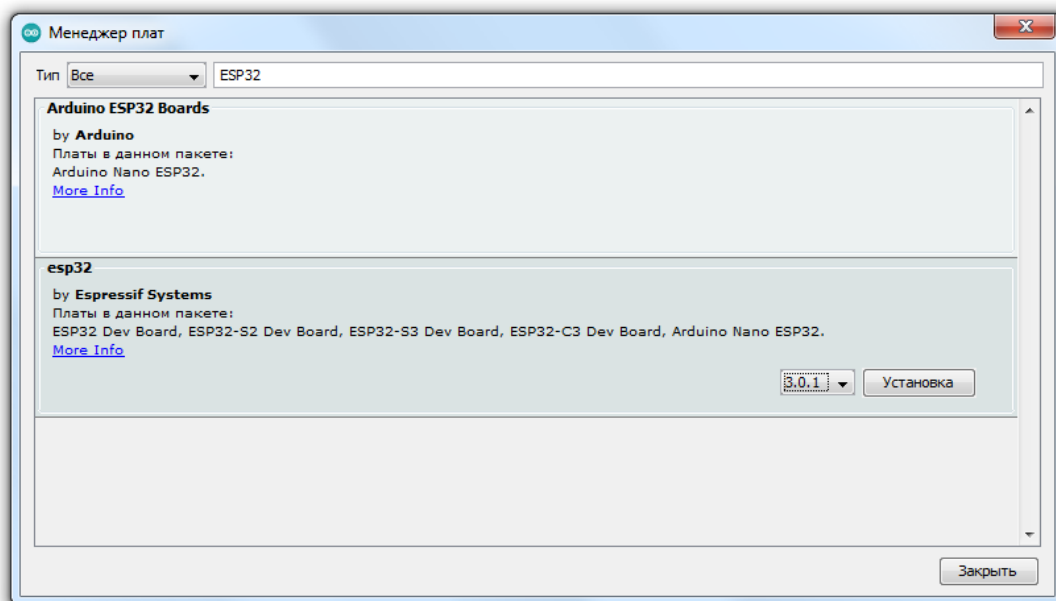


Рис.5.4 Плата

Далі додаємо необхідні бібліотеки в Arduino, а саме MAX30102_PulseOximeter.h, а для дисплея Adafruit_SSD1306.h й Adafruit_GFX.h..

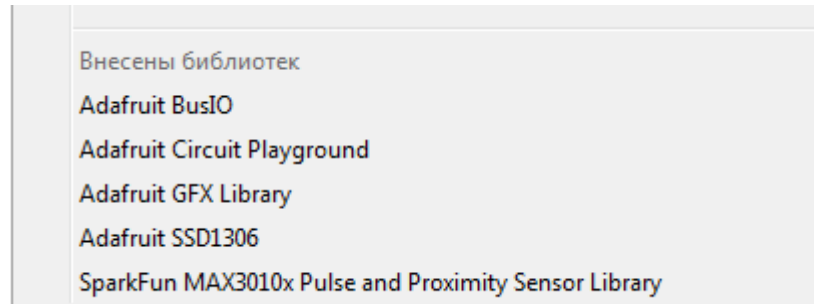


Рис.5.5 Список бібліотек

Після встановлення всіх потрібних бібліотек та плат починаємо писати код до програми, сам код буде подано в додаток.

Код програми

```
#include <Wire.h>
#include <Adafruit_GFX.h>
#include <Adafruit_SSD1306.h>
#include "MAX30105.h"
#include "heartRate.h"
#define REPORTING_PERIOD_MS 1000

MAX30105 particleSensor;
Adafruit_SSD1306 OLED(128, 32, &Wire);
uint32_t lastReportTime = 0;

void setup() {
  OLED.begin(SSD1306_SWITCHCAPVCC, 0x3C);
  Serial.begin(115200);
  OLED.display();
  OLED.clearDisplay();
  OLED.setTextSize(2);
  OLED.setTextColor(SSD1306_WHITE);
```

					МММТ 480.015.020- ПЗ	Адк.
						51
Зм.З	Адк.	№ докum.№	Підпис	Дат		

```

OLED.setCursor(0,0);
OLED.display();
delay(1000);

Serial.print("Initializing pulse oximeter...");

if (!particleSensor.begin(Wire, I2C_SPEED_FAST)) {
    Serial.println("FAILED");
    for(;;);
} else {
    Serial.println("SUCCESS");
}

particleSensor.setup(); // Configure sensor
particleSensor.setPulseAmplitudeRed(0x0A);
particleSensor.setPulseAmplitudeGreen(0); }

void loop() {
    uint32_t irValue = particleSensor.getIR(); // Get IR value
    if (irValue > 50000) { // If a finger is detected
        long delta = millis() - lastReportTime;
        if (delta > REPORTING_PERIOD_MS) {
            float heartRate = 0;
            float SpO2 = 0;
            if (checkForBeat(irValue) == true) {
                heartRate = 60 / (delta / 1000.0); // Calculate heart rate
                Serial.print("HR:");
                Serial.println(heartRate);
            }
        }
    }
}

```

					МММТ 480.015.020- ПЗ	Адк.
						52
Зм.З	Адк.	№ докум.№	Підпис	Дат		

```

OLED.clearDisplay();
OLED.setCursor(0, 0);
OLED.print("H:");
OLED.print(heartRate);
OLED.println("bpm");
OLED.print("SpO2:");
OLED.print(SpO2);
OLED.println("%");
OLED.display();

```

```

    lastReportTime = millis();
}
} else {
    Serial.println("No finger detected");
}
}

```

					МММТ 480.015.020- ПЗ	Адк.
						53
Зм.З	Адк.	№ докум.№	Підпис	Дат		

6.КОНСТРУКТОРСЬКА ЧАСТИНА

6.1.Розробка друкованої плати

Друкована плата (PCB) – це пластина, виконана з діелектрика, на якій розміщуються електронні компоненти і яка використовується для механічного кріплення та електричного з'єднання цих компонентів.

Для зручної розробки друкованої плати використано середовище EasyEda, на рис.6.1 – 6.3. Сам веб-додаток EasyEDA безкоштовний та зручний для проєктування друкованих плат (PCB). Він надає простий інтерфейс для створення схем і друкованих плат та підтримує різні функції, необхідні для професійного проєктування та має доволі багато бібліотек, також має прекрасну функцію пошук елементів або навіть готових схем або плат. Також надає можливість переглянути плату в 2D та 3D вигляді.

Сама друкована плата двошарова, тобто ця плата складається з двох основних шарів матеріалу, які зазвичай з'єднані між собою шляхом хімічного відкладення міді або інших металів на внутрішній поверхні плати. Кожен з цих шарів має власні електричні провідні шляхи (траси) і з'єднання. Розмір самої плати становить 44 x 70 мм.

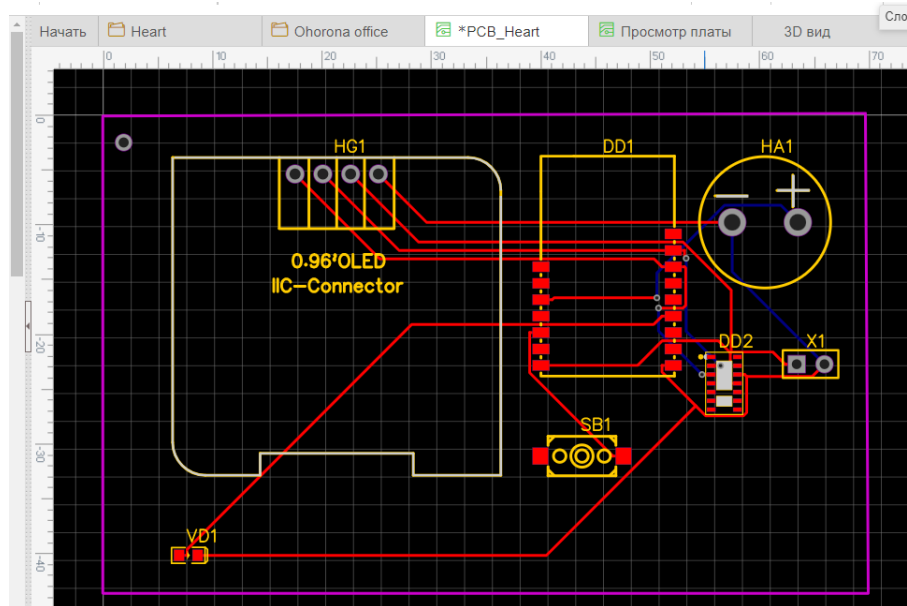


Рис.6.1. Друкована плата

					МММТ 480.015.020- ПЗ	Адк.
Зм.З	Адк.	№ докум.№	Підпис	Дат		54

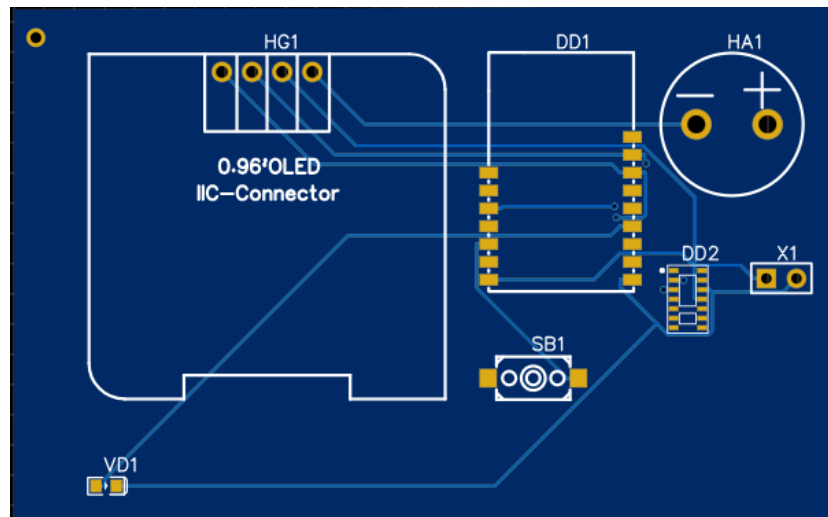


Рис.6.2. Верхній шар друкованої плати



Рис.6.3. Нижній шар друкованої плати

Список елементів на друкованій платі:

- DD1 – мікроконтролер ESP32;
- DD2 – датчик серцевого ритму MAX30102;
- HG1 – OLED-дисплей SSD1306;
- HA1 – пасивний модуль зумера 5 В;
- SB1 – кнопка тактова TACT 6X6 - 4.3 MM 4PIN;
- VD1 – світлодіод червоний LED\$
- X1 – роз'єм для акумулятора.

6.2.Розрахунок похибки

Проведено десять повторних вимірювань рівня кисню в крові пульсоксиметром з датчиком МАХ30102. Діапазон вимірювання SpO2 згідно з технічними характеристиками становить від 0 до 100%.

Було отримано наступну вибірку:

$$SpO2=(97,1,96,8,97,3,97,0,96,9,97,2,97,1,96,7,97,0,97,3)$$

За відомими формулами шукаємо:

1) середнє арифметичне SpO2 (6.1):

$$\overline{SpO2} = \frac{1}{10} \sum_{i=1}^{10} SpO2_i \approx 97,04 \quad (6.1)$$

2) похибки повторних вимірювань $\Delta SpO2$ та $(\Delta SpO2)^2$ (6.2)

$$\Delta SpO2 = |\overline{SpO2} - SpO2_i| \text{ та } \Delta SpO2_i^2 = (\overline{SpO2} - SpO2_i)^2 \quad (6.2)$$

де $i = 1, 2 \dots 10$;

Табл.6.1.Результати та обчислення

№	SpO2	$\Delta SpO2$	$(\Delta SpO2)^2$
1	97,1	-0,06	0,0036
2	96,8	0,24	0,0576
3	97,3	-0,26	0,0676
4	97,0	0,04	0,0016
5	96,9	0,14	0,0196
6	97,2	-0,16	0,0256
7	97,1	-0,06	0,0036
8	96,7	0,34	0,1156
9	97,0	0,04	0,0016
10	97,3	-0,26	0,0676
Середнє	97,04	-	0,0404

Розрахуємо випадкову похибку вимірювання за (6.1). За даними табл. 6.1 знайдемо коефіцієнт Стюдента для 10 вимірювань і довірчої ймовірності 0,95 $t_{0,95}=2,26$; розрахуємо за (6.2) виправлене вибіркове середнє квадратичне відхилення:

$$\sigma_B = \sqrt{\frac{1}{10 \times 9} \sum_{i=1}^{10} (\overline{SpO_2} - SpO_i)^2} \approx 0,201\%;$$

та знайдемо випадкову похибку:

$$\Delta_B SpO_2 = 2,26 \times 0,201 = 0,454\%;$$

Результати вимірювань та обчислень виносимо у табл. 6.2..

1) похибку вимірювання за (6.3):

$$\Delta_{пр} SpO_2 = \frac{1}{300} t_p k T_{гр} \quad (6.3)$$

Для надійної ймовірності $P = 0,95$ з табл. 6.2 знайдемо при умові $t_{0,95}=2,0$. Враховуючи, що за умовою $T_{гр} = 100\%$, а клас точності $k = 1$, отримаємо:

$$\Delta_{пр} SpO_2 = \frac{1}{300} 2 \times 100 \times 1 \approx 0,6\%;$$

2) похибку заокруглення за (6.4)

$$\Delta SpO_{2_3} = P \frac{h}{2}. \quad (6.4)$$

Для цього знайдемо інтервал заокруглення h як половину останнього розряду вимірюваної величини — 0,05. Отже:

$$\Delta SpO_{2_3} = 0,95 * \frac{0,05}{2} \approx 0,02 \%;$$

3) загальну абсолютну похибку (6.5):

$$\begin{aligned} \Delta SpO_2 &= \sqrt{(\Delta_B SpO_2)^2 + (\Delta_{пр} SpO_2)^2 + (\Delta_3 SpO_2)^2} \\ &= \sqrt{0,454^2 + 0,6^2 + 0,02^2} \approx 0,75 \% \end{aligned} \quad (6.5)$$

					МММТ 480.015.020- ПЗ	Арк.
						57
Зм.З	Арк.	№ докум.№	Підпис	Дат		

Таким чином, середнє значення SpO_2 становить 97.04%, а загальна абсолютна похибка становить приблизно 0.75%.

6.3.Розрахунок надійності

Надійність – властивість пристрою або системи працювати без відмов та виконувати свої функції протягом тривалого часу в умовах нормальної експлуатації. Це ключовий параметр, який враховують при проєктуванні, тестуванні і використанні будь-яких технічних засобів.

При розрахунку надійності визначалися наступні кількісні показники:

- Імовірність безвідмовної роботи за заданий час $P(t)$;
- Параметр потоку відмовлень $\lambda(t)$;
- Середній наробіток до відмовлення T_e .

Безвідмовність – властивість системи неперервно зберігати працездатність впродовж заданого інтервалу часу. Звичайно визначається імовірність безвідмовної роботи за даний інтервал часу, що вибирається рівним 500, 1000 чи 2000 годин.

Основним показником, що враховується при розрахунках надійності, є інтенсивність відмовлень $\lambda(t)$ – число відмовлень в одиницю часу, віднесене до числа елементів, що залишилися справними до початку даного інтервалу часу.

Розрахунок показників надійності проводився методом λ характеристик, заснованому на інтенсивностях відмовлень комплектуючих виробів (КВ) і поправочних коефіцієнтах, що враховують реальні режими і умови експлуатації виробу.

Виріб призначений для роботи в умовах помірного клімату:

- робочий діапазон температури від -25 до 55°C, відносна вологість повітря до 80% при 20°C;
- конструктивно виконано для роботи без штучно регульованих кліматичних умов, вібростійкий.

					МММТ 480.015.020- ПЗ	Арк.
						58
Зм.З	Арк.	№ док.м.№	Підпис	Дат		

Пульсоксиметр складається з автоматизованої системи контролю для визначення сатурації крові та пульсу.

Критерієм відмовлення виробу вважається відмовлення будь-якої його складової частини (вузла), що приводить до порушення працездатності виробу і неможливості використання його по призначенню.

Допущення при розрахунках

- Відмовлення КВ і ІС є подіями випадковими і незалежними.
- Відмовлення будь-якого КВ приводить до відмовлення виробу в цілому.
- Інтенсивність відмовлень КВ протягом терміну їхньої служби в тих самих робочих режимах і умовах є постійною.
- Закон розподілу в розрахунках безвідмовної роботи передбачається експоненціальним.

Розрахунок надійності спроектованого виробу проводиться згідно з принциповою схемою виробу і з обліком заданих кліматичної категорії та виконання виробу.

Розрахунок параметра потоку відмовлень виробу проводиться по формулі:

$$\lambda = \sum_{i=1}^n N_i \lambda_i \quad (6.6)$$

де:

-n – загальне число групи КВ, що входять до складу спроектованого виробу;

- $N_i \lambda_i$ – кількість і інтенсивність відмовлень КВ *i*-ої групи відповідно.

Інтенсивність відмовлень КВ *i*-ої групи в робочому режимі визначалася по формулі:

$$\lambda_i = \lambda_{oi} a_i \dots a_n \quad (6.7)$$

де:

- λ_{oi} - інтенсивність відмовлень КВ в номінальному режимі і нормальних умовах;

					МММТ 480.015.020- ПЗ	Адк.
						59
Зм.З	Адк.	№ док.м.№	Підпис	Дат		

$-a_i \dots a_n$ - поправкові коефіцієнти, що враховують умови роботи (кліматичні і механічні впливи залежно від призначення й умов майбутньої роботи), електричне навантаження КВ і температуру навколишнього середовища, ступінь інтеграції інтегральних мікросхем, а також співвідношення видів відмовлень.

Конкретні формули, по яких визначалися інтенсивність відмовлень кожної групи комплектувальних виробів, приведені в таблиці 6.2.

По формулі (6.6) визначаємо потік відмовлень виробу дані беремо з 10 графі в табл.6.3:

$$\lambda = 68,2 \times 10^{-6} \text{ 1/год.}$$

Ймовірність безвідмовної роботи виробу протягом часу t визначалася по формулі

$$P(t) = e^{-\lambda t} \approx 1 - \lambda t \quad (6.8)$$

де :

$-\lambda$ – параметр потоку відмовлень;

$-t$ – час роботи виробу (год) .

Дані розрахунку $P(t)$ приведені в таблиці 6.3.

Табл.6.2. Ймовірність безвідмовної роботи виробу протягом часу t

250	500	750	1000	2000	5000	8000	10000
0,9831	0,9664	0,9501	0,9341	0,8724	0,7109	0,5793	0,5054

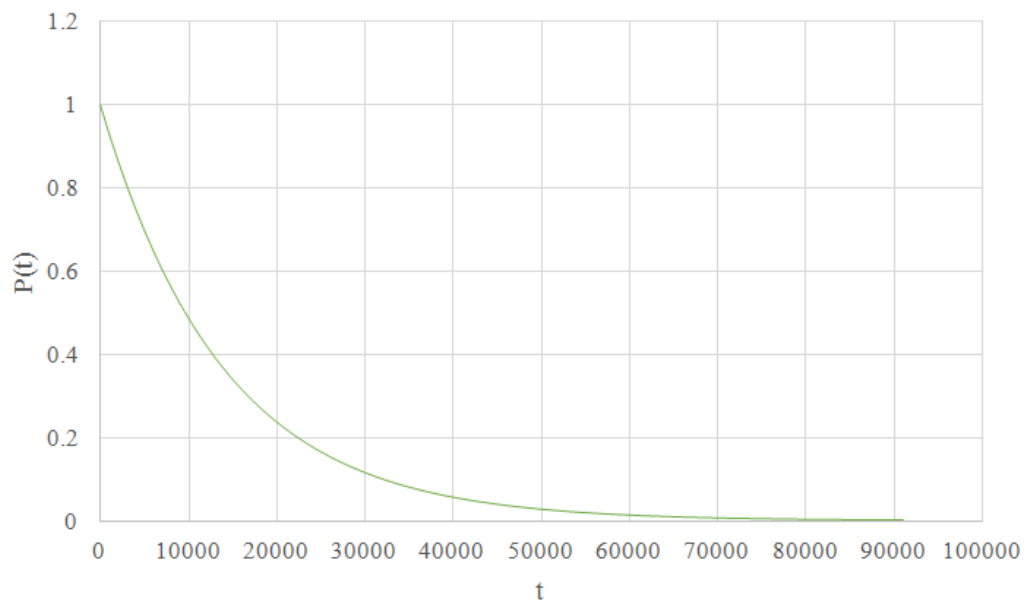


Рис.6.4 Ймовірність безвідмовної роботи виробу протягом часу t

Середній наробіток до відмовлення виробу визначався по формулі:

$$T_0 = \lambda^{-1} \quad (6.9)$$

Виконуємо розрахунки згідно з формулою (6.9) отримуємо:

$$T = (68,2 \cdot 10^{-6})^{-1} = 14\,662 \text{ годин.}$$

Табл.6.3. Перелік комплектуючих виробів

Поз.	Найменування	Кіл.	$\lambda_{i0} \cdot 10^6$ год ⁻¹	Формула розрахунку λ_i	Коефіцієнти				$\Sigma \lambda_i \cdot 10^6$ год ⁻¹
1	Мікросхеми				a_1	a_2	a_4	a_6	
	ESP32	1	0,3	$\lambda_0 \cdot a_1 \cdot a_2 \cdot a_4 \cdot a_6$	2,1	1	1,3	1	0,819
2	Датчики				a_1	a_2	a_4	a_6	
	MAX10302	1	0,3	$\lambda_0 \cdot a_1 \cdot a_2 \cdot a_4 \cdot a_6$	2,1	1	1,3	1	0,819
	Діод				a_1	a_2	a_4	a_6	
3	Червоний LED	1	0,3	$\lambda_0 \cdot a_1 \cdot a_2 \cdot a_4 \cdot a_6$	2,1	1	1,3	1	0,819
4	Дисплей OLED 1306	1	0,3	$\lambda_0 \cdot a_1 \cdot a_2 \cdot a_4 \cdot a_6$	2,1	1	1,3	1	0,819
5	Кнопка	1	0,2	$\lambda_0 \cdot a_1 \cdot a_2 \cdot a_4$	2,1		0,7	1	0,294
6	Бuzzer	1	0,3	$\lambda_0 \cdot a_1 \cdot a_2 \cdot a_4$	2,1	1	1,3	1	0,819
7	Акумулятор 5 В	1	30	$\lambda_0 \cdot a_1 \cdot a_4$	2,1			1	63
8	Пайки	62	0,0001	$\lambda_0 \cdot a_1$	2,1				0,0189
	Разом								68,2

7.ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА ЖИТТЄДІЯЛЬНОСТІ

7.1.Охорона праці

Охорона праці — це система правових, соціально-економічних, організаційно-технічних, санітарно-гігієнічних та лікувально-профілактичних заходів та засобів, спрямованих на збереження здоров'я та працездатності людини у процесі трудової діяльності.[21]

Безпека життєдіяльності — це наука про комфортне та безпечне існування людини в її природному, техногенному та соціальному середовищах, що включає заходи щодо захисту людини від впливу шкідливих факторів навколишнього середовища.

Виготовлення пульсоксиметрів є важливим процесом у медичній промисловості, який вимагає дотримання високих стандартів безпеки праці та охорони здоров'я працівників. В цьому розділі описується основні аспекти безпеки праці, виробничої санітарії та пожежної безпеки, яких необхідно дотримуватись під час виготовлення пульсоксиметрів. Усі заходи безпеки базуються на діючих нормативно-правових актах, які регулюють вплив шкідливих і небезпечних факторів на працівників.

7.2. Законодавчі акти з охорони праці

Перед роботою необхідно ознайомитися з законодавчими актами:

1.Закон України "Про охорону праці" — основний нормативно-правовий акт, який регулює відносини у сфері охорони праці в Україні. Він визначає основні принципи державної політики в галузі охорони праці, права та обов'язки працівників і роботодавців, вимоги до організації охорони праці на підприємствах, установах та організаціях.

2.Закон України "Про забезпечення санітарного та епідемічного благополуччя населення" — закон, який регулює відносини у сфері забезпечення санітарного та епідемічного благополуччя населення,

					МММТ 480.015.020- ПЗ	Адк.
						63
Зм.З	Адк.	№ докум.№	Підпис	Дат		

включаючи вимоги до санітарно-гігієнічних умов праці та профілактики професійних захворювань.

3.Кодекс законів про працю України (КЗпП) — основний нормативний акт, який регулює трудові відносини в Україні. Містить розділи, присвячені питанням охорони праці, включаючи права та обов'язки працівників і роботодавців у сфері безпеки праці.

4.Закон України "Про основні засади державного нагляду (контролю) у сфері господарської діяльності" — регулює порядок здійснення державного нагляду та контролю за дотриманням законодавства у сфері охорони праці та безпеки життєдіяльності.

5.Державні санітарні норми та правила (ДСанПіН) — нормативні документи, що встановлюють вимоги до санітарно-гігієнічних умов праці та захисту здоров'я працівників.

7.3.Безпека життєдіяльності на підприємстві

Підприємства, які займаються виготовленням приладів вимірювання кисню у крові, повинні забезпечити дотримання вимог зазначених законодавчих актів та нормативних документів. Зокрема, вони повинні:

–Провести атестацію робочих місць на відповідність вимогам охорони праці та санітарно-гігієнічним нормам;

–Забезпечити працівників індивідуальними засобами захисту, включаючи захисний одяг, рукавички, респіратори тощо;

–Організувати навчання та інструктаж з охорони праці для всіх працівників, включаючи первинний, повторний, позаплановий та цільовий інструктажі;

–Регулярно проводити медичні огляди працівників, які зайняті на роботах зі шкідливими або небезпечними умовами праці;

					МММТ 480.015.020- ПЗ	Адк.
						64
Зм.З	Адк.	№ докум.№	Підпис	Дат		

–Забезпечити своєчасне проведення перевірок та обслуговування обладнання, що використовується у виробництві, для попередження аварій та нещасних випадків;

–Вести облік і розслідування нещасних випадків на виробництві, вживати заходів для їх попередження.

Дотримання вимог охорони праці та безпеки життєдіяльності є не лише обов'язком роботодавця, але й запорукою здоров'я та благополуччя працівників, а також успішної діяльності підприємства.

7.4.Безпека життєдіяльності в домашніх умовах

При розробці вимірювальної системи в домашніх умовах важливо дотримуватися певних правил безпеки, щоб уникнути нещасних випадків і забезпечити надійність роботи пристрою.

Перш за все, потрібно організувати робоче місце. Облаштувати його на чистій і рівній поверхні з достатнім простором для зручної роботи. Важливо, щоб освітлення було достатнім для роботи з дрібними деталями та інструментами. Забезпечити хорошу вентиляцію приміщення, особливо якщо будете використовувати паяльне обладнання або хімічні речовини. Працювати у провітрюваному приміщенні або використовувати витяжку. Використовувати лише справні електричні розетки та подовжувачі, уникати перевантаження електричних ланцюгів.

Під час роботи важливо користуватися захисними засобами. Захисні окуляри допоможуть захистити очі від можливих бризок припою, дрібних частинок або хімічних речовин. Використовувати термостійкі рукавички при роботі з паяльником або гарячими компонентами, щоб уникнути опіків. Також рекомендується носити маску або респіратор під час пайки або роботи з хімічними речовинами, щоб захистити дихальні шляхи від шкідливих парів.

При використанні інструментів дотримуватися певних правил. Паяльник слід використовувати з регульованою температурою і надійною підставкою.

					МММТ 480.015.020- ПЗ	Адк.
						65
Зм.З	Адк.	№ док.м.№	Підпис	Дат		

Завжди вимикати паяльник після завершення роботи і ніколи не залишайте його без нагляду. Працювати на антистатичному килимку та використовуйте антистатичний браслет для запобігання пошкодженню електронних компонентів від статичної електрики. Використовувати лише справні та чисті інструменти та зберігати їх в організованому вигляді, щоб уникнути поранень.

Перед роботою з електронними компонентами обов'язково заземлити себе, торкнувшись металевого предмета, підключеного до землі. Працювати тільки з чистими й сухими компонентами, оскільки волога або бруд можуть призвести до несправностей або короткого замикання. Перевіряти всі з'єднання на правильність і надійність перед підключенням до джерела живлення.

Під час тестування вимірювальної системи використовуйте ізолюючі поверхні та дотримуйтесь безпечної відстані від працюючих компонентів. Контролювати температуру електронних компонентів під час роботи, використовувати теплові пасти або радіатори для охолодження, якщо це необхідно. Перед будь-яким втручанням у працюючий пристрій обов'язково вимикати його від джерела живлення.

Після завершення роботи обов'язково потрібно прибрати робоче місце від залишків матеріалів та інструментів. Зберігати електронні компоненти та інструменти в належних умовах, щоб уникнути їх пошкодження або втрати. Регулярно перевіряти стан обладнання та інструментів на справність і безпеку використання. Дотримання цих заходів безпеки допоможе забезпечити безпечну та ефективну роботу при розробці вимірювальної системи в домашніх умовах, знижуючи ризик травм та пошкодження компонентів.

					МММТ 480.015.020- ПЗ	Арк.
						66
Зм.З	Арк.	№ док.м.№	Підпис	Дат		

ВИСНОВКИ

У даній роботі було розроблено комп'ютеризовану систему вимірювання рівня кисню у крові.

Було детально розглянуто та проаналізовано пристрій вимірювання рівня кисню у крові та проведено розгорнутий огляд його аналогів. Розробка комп'ютеризованої системи повністю виконана зі всіма вимогами. Розроблено структурну та принципову схеми за обраними елементами. Всім елементам систем була надана характеристика та зображення. Самі схеми було розроблено в середовищах Fritzing та Visio.

Згідно зі схемами та обраних елементів, була побудована друкована плата в додатку EasyEDA.

В програмному середовищі Arduino були додані всі необхідні бібліотеки та плату ESP32, щоб написати код для програми.

Враховуючи всі компоненти, які знаходяться на платі, було розраховано точність та надійність пристрою.

Показник абсолютної похибки вимірювання рівня кисню у крові становить 0.75%.

Під час роботи над виготовленням системи ознайомилися з охороною праці та безпекою життєдіяльності.

					МММТ 480.015.020- ПЗ	Адк.
						67
Зм.З	Адк.	№ докум.№	Підпис	Дат		

ПЕРЕЛІК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. What is Pulse Oximetry? [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://www.cablesandsensors.com/pages/what-is-pulse-oximetry-the-definitive-guide-for-monitoring-oxygen-saturation-levels>
2. Сатурація кисню: все, що треба знати про важливий показник [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://glavred.net/health/saturaciya-kisloroda-fakty-o-vazhnom-pokazatele-10228130.html>
3. Пульсоксиметр Неасо G1B [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://ukrvet.ua/ua/pulsoksimetr-heaco-g1b/>
4. Пульсоксиметр на палець Creative Medical PC-66B [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://casada.ua/pulsoksimetr-na-palec-professi3onalnyj-creative-medical-pc-66b>
5. Contec Pulse Oximeter CMS50D [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://techno-med.com.ua/ua/pulsoksimetr-contec-pulse-oximeter-cms50d.html>
6. Монітор пацієнта ЮМ 300 – 20 CMS50D [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://medservice.net.ua/ua/p1051899041-monitor-patsienta-yum.html>
7. Світлодіод [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://bitkit.com.ua/svetodiod>
8. Світлодіодний Індикатор (LED), Що Випромінює Світло При Електричному Зарядженні, Що Виробляє Електролюмінесценцію [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://ua.panasyslcd.com/info/light-emitting-diode-led-emitting-light-whe-20148980.html>
9. Фотодетектор: що це таке, для чого і як він працює [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://www.hwlibre.com/uk/%D1%84%D0%BE%D1%82%D0%BE%D0%BF%D1%80%D0%B8%D0%B9%D0%BC%D0%B0%D1%87/>
10. Мультиплексор і демультиплексор [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://uk.fmuser.net/content/?16410.html>

					МММТ 480.015.020- ПЗ	Адк.
						68
Зм.З	Адк.	№ док.м.№	Підпис	Дат		

11. Мікропроцесор [Електронний ресурс]. – Режим доступу:<https://uk.wikipedia.org/wiki/%D0%9C%D1%96%D0%BA%D1%80%D0%BE%D0%BF%D1%80%D0%BE%D1%86%D0%B5%D1%81%D0%BE%D1%80>

12. Мікроконтролер ESP32 [Електронний ресурс]. – Режим доступу:<https://itmaster.biz.ua/directory/microcontrollers/esp32.html>

13. Що таке Дисплей [Електронний ресурс]. – Режим доступу:https://xn--8sbptrz0c.xn--j1amh/%D0%B4/%D0%B4%D0%B8%D1%81%D0%BF%D0%BB%D0%B5%D0%B9.html#OLED_%D0%B4%D0%B8%D1%81%D0%BF%D0%BB%D0%B5%D0%B9

14. Джерело струму [Електронний ресурс]. – Режим доступу: https://uk.wikipedia.org/wiki/%D0%94%D0%B6%D0%B5%D1%80%D0%B5%D0%BB%D0%BE_%D1%81%D1%82%D1%80%D1%83%D0%BC%D1%83

15. OLED дисплей 0.96" SSD1306 I2C 128X64 [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://diyshop.com.ua/ru/oled-displej-0-96-ssd1306-i2c-128x64-belyj>

16. Початок роботи з платою розробки ESP32 [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://randomnerdtutorials.com/getting-started-with-esp32/>

17. Довідка про контакти ESP32 [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://randomnerdtutorials.com/esp32-pinout-reference-gpios/>

18. Interfacing MAX30102 Pulse Oximeter and Heart Rate Sensor with Arduino [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://lastminuteengineers.com/max30102-pulse-oximeter-heart-rate-sensor-arduino-tutorial/>

19. Analog Devices / Maxim Integrated MAX30102 Pulse Oximeter & Heart-Rate Sensor [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://eu.mouser.com/new/analog-devices/maxim-max30102efd-sensor/>

					МММТ 480.015.020- ПЗ	Адк.
						69
Зм.З	Адк.	№ док.м.№	Підпис	Дат		

20. КНОПКА ТАКТОВА ТАСТ 6X6-4.3 ММ 4PIN SMD [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://electronica.in.ua/ua/p1534468036-knopka-taktovaya-tact.html>

21. Закон України "Про охорону праці" [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/2694-12#Text>

					МММТ 480.015.020- ПЗ	Арк.
						70
Зм.З	Арк.	№ докum.№	Підпис	Дат		