

**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 проект

на здобуття ступеня бакалавра

за освітньою програмою «Радіосистемна інженерія»

спеціальності 172 «Телекомунікації та радіотехніка»

на тему: «Неінвазивний оптоелектронний вимірювач рівня гемоглобіну»

Виконав:

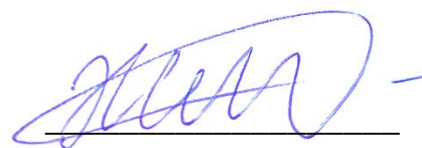
студент IV курсу, групи РС-81
Жердев Максим Вікторович

Керівник:

Професор, д.т.н.
Шарпан Олег Борисович

Рецензент:

к.т.н., доц. каф ПРЕ
Сушко Ірина Олександрівна



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

Студент _____

Київ – 2022 р.

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

«__» _____ 2022 р.

ЗАВДАННЯ

на дипломний проєкт студенту
Жердєв Максиму Вікторовичу

1. Тема проєкту «_____ Неінвазивний оптоелектронний вимірювач рівня гемоглобіну _____»
_____»,

керівник проєкту Шарпан Олег Борисович, професор, затверджені наказом по університету від «_1_»__06____ 2022 р. № 822-с

2. Термін подання студентом проєкту 23.06.2022 р.

3. Вихідні дані до проєкту

__1. Напруга живлення складає 5 В. 2. Споживання пристрою (в імпульсі) – 1.5А. 3. Вимірювання оптичним методом рівня гемоглобіну.

4. Зміст пояснювальної записки __Перелік скорочень; Вступ; 1. Підготовка до розробки; 2. Огляд аналогів; 3. Обґрунтування структури пристрою; 4. Проектування схеми електричної принципової; 5. Конструкційний розділ.

5. Перелік графічного матеріалу (із зазначенням обов'язкових креслеників, плакатів, презентацій тощо) __Додаток Г (схема структурна), Додаток Д (схема електрична принципова), Додаток Є (СК корпусу датчика), Додаток Ж (перелік елементів до СК)

6. Консультанти розділів проекту*

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

7. Дата видачі завдання 26.04.2022 р.

Календарний план

№ з/п	Назва етапів виконання дипломного проекту	Термін виконання етапів проекту	Примітка
	Розробити ТЗ та провести його пояснення (аналіз);	06.05.2022	Виконано
	Порівняти наявні аналоги та зробити висновки;	06.05.2022	Виконано
	Обґрунтування структури пристрою	12.05.2022	Виконано
	Розробити структурну схему пристрою	19.05.2022	Виконано
	Розробити схему електричну принципову	24.05.2022	Виконано
	Розробити корпус датчика	27.05.2022	Виконано

Студент



Максим Жердев

Керівник



Олег Шарпан

Анотація

Актуальність теми зумовлена швидким розвитком сучасних технологій, які дозволили проводити діагностику організму без забору крові.

Метою роботи є розробити оптико-електронний пристрій для неінвазивного визначення параметрів гемоглобіну. Робота пристрою засновується на використанні оптичного випромінювання, що діє на об'єкт дослідження (кров) з метою отримання інформації щодо впливу параметрів крові на носійний оптичний сигнал, з наступною процедурою отримання діагностичної інформації в електричній області шляхом перетворення оптичного випромінювання в електричний сигнал.

ANNOTATION

The urgency of the topic is due to the rapid development of modern technologies that have made it possible to diagnose the body without blood sampling.

The purpose of the work is to develop an optoelectronic device for the study of blood samples and determine the parameters of hemoglobin. The operation of the device is based on the use of optical radiation acting on the object of study (blood) to obtain information about the influence of blood parameters on the optical signal carrier with the subsequent procedure of obtaining diagnostic information in an electric field by converting optical radiation into an electric signal.

ПОЯСНЮВАЛЬНА ЗАПИСКА
до дипломного проекту

на тему: Неінвазивний оптоелектронний вимірювач рівня гемоглобіну

Київ — 2022

ЗМІСТ

Перелік скорочень.....	2
Вступ.....	3
1 Підготовка до розробки.....	4
1.1 Аналіз технічного завдання	4
1.2 Актуальність теми.....	4
2 Огляд аналогів	6
2.1 Пристрій для вимірювання гемоглобіну Orsense NBM-200	6
2.2 Портативний пристрій PRONTO PULSE CO-OXIMETER.....	8
2.3 Портативний пристрій Tech4Life Enterprises «Smart-Hb»	11
2.5 Висновки	11
3 Обґрунтування структури пристрою	13
3.1 Блок датчиків.....	13
3.1.1 Фотодіод.....	13
3.1.2 Світлодіоди	13
3.2 Живлення пристрою	15
3.3 Мікроконтролер	16
3.4 Дисплей	16
3.5 Висновки	17
4 Проектування схеми електричної принципової.....	19
4.1 Блок датчиків.....	19
4.1.1 Світлодіоди	19

					PC81.941319.001 ПЗ		
<i>ЗМ.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>			
<i>Розробив</i>	<i>Жердев М.В.</i>				Неінвазивний оптоелектронний вимірювач рівня гемоглобіну		
<i>Перевіриє</i>	<i>Шарпан О.Б.</i>						
					1		
<i>Н. Контр.</i>	<i>Сушко І.О.</i>				PC-81 РТФ		
<i>Затвердив</i>	<i>Шарпан О.Б.</i>						

4.1.1.3.	СВІТЛОДІОД L-34F3C-Kingbrighnt (IRED)	25
4.1.2	Фотодіод FDS100 – Si.....	26
4.2	Живлення пристрою	26
4.3	Мікроконтролер	27
4.3.1	Мікроконтролер PIC16F886 - I/SP.....	28
4.3.2	Мікроконтролер ATmega8A-PU.....	31
4.3.3	Вибір мікроконтролера.....	33
4.4	Дисплей	33
4.4.1	ПК-дисплей LCD1602	34
4.5	Висновки.....	35
5	Конструкційний розділ.....	36
5.1	Схема електрична принципова	36
5.2	Принцип роботи схеми.....	36
5.3	Креслення корпусу датчика	37
5.4	Вибір матеріалу для корпусу	39
5.4.1	Матеріал FDM	39
5.4.2	Матеріал SLA	39
5.5	Проектування корпусу зонда в Solidworks.....	40
5.6	Висновок	41
	Висновки	42
	Перелік джерел посилань	43
	Додаток А.....	2
	Додаток Б	4
	Додаток В.....	5

					PC81.941319.001 ПЗ		
ЗМ.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата			
Розробив		Жердев М.В.			Неінвазивний оптоелектронний вимірювач рівня гемоглобіну		
Перевірів		Шарпан О.Б.					
					1		
Н. Контр.		Сушко І.О.			PC-81 РТФ		
Затвердив		Шарпан О.Б.					

ПЕРЕЛІК СКОРОЧЕНЬ

Hb – гемоглобін

PPG – фотоплетизмографія

IC – інтегральна схема

SMD – Surface Mount Device

АЦП – аналого-цифровий перетворювач

					<i>PC81.941319.001 ПЗ</i>	Лист
<i>Зм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		2

ВСТУП

Для оцінки фізіологічного стану необхідно виміряти такі діагностичні параметри, як насичення киснем, концентрацію гемоглобіну (Hb) і пульс. Концентрація Hb в крові людини є важливим параметром для оцінки фізіологічного стану. За допомогою цієї інформації можна діагностувати та контролювати анемію (низький рівень гемоглобіну) або поліцитемія (високий рівень гемоглобіну)[1]. Неінвазивний метод дозволяє безболісний онлайн-моніторинг пацієнта з мінімальним ризиком зараження та полегшує моніторинг даних у реальному часі, що дозволяє негайно клінічно реагувати на виміряні дані. Відомо, що зміни пульсацій в об'ємі крові тканині, можна спостерігати, вимірюючи пропускання або відбиття світла через неї. Поглинання всієї крові у видимому та ближньому інфрачервоному діапазоні визначається характерними похідними гемоглобіну та плазмою крові [1], яка складається з води. Для освітлення шкіри використовується світлодіод (LED), а зміна поглинання світла мікросудинним руслом шкіри контролюється фотодетектором, розміщеним на протилежній або суміжній стороні тканини. Пульсуючу зміну об'єму крові можна контролювати, вимірюючи кількість пропущеного або відбитого світла. Цей метод діагностики називається фотоплетизмографією (PPG) [2]. Ця оптична сенсорна система використовує довжини хвилі світла для вимірювання концентрації Hb. Цей неінвазивний оптичний метод вимірювання заснований на випромінюванні червоного і близького інфрачервоного світла в діапазонах 660 і 940 нм відповідно. Детектор визначає світло, що проходить через палець. Для досягнення математичного перетворення від виявленої інтенсивності світла на різних довжинах хвилі до концентрації гемоглобіну використовується модифікований закон Бера-Ламберта[2].

					PC81.941319.001 ПЗ	Лист
						3
Зм.	Лис	№ докум.	Підпис	Дата		

1 ПІДГОТОВКА ДО РОЗРОБКИ

1.1 Аналіз технічного завдання

Розробити оптико-електронний пристрій для неінвазивного визначення параметрів гемоглобіну. Робота пристрою засновується на використанні оптичного випромінювання, діючого на об'єкт дослідження (кров) з метою отримання інформації щодо впливу параметрів крові на носійний оптичний сигнал, з наступною процедурою отримання діагностичної інформації в електричній області шляхом перетворення оптичного випромінювання в електричний сигнал.

Призначення розробки – забезпечення оперативної діагностики рівня гемоглобіну широких верств населення.

1.2 Актуальність теми

Анемія – це відхилення рівня гемоглобіну в крові нижче норми. Анемія викликається пошкодженням еритроцитів, втратою крові або порушенням утворення еритроцитів. За даними ВООЗ [3], кожна четверта людина у світі (24,8%) хворіє на анемію. Існують деякі методи, які можна використовувати для вимірювання рівня гемоглобіну в крові, такі як HemoCue, Cyanmeth, Automated Analyzer і High-Performance Liquid Chromatography [4]. У цих методах досі використовується інвазивний метод, коли забір крові не тільки залишає больові відчуття у пацієнтів, але й дозволяє пацієнтам отримати інфіковані захворювання. Відносно тривалий період виявлення також є недоліком цього методу. Крім того, інвазивний метод використовує витратні матеріали, які в кінцевому підсумку стають інфекційними відходами.

Гемоглобін може поглинати світло з певною довжиною хвилі [5]. Гемоглобін поділяють на оксигемоглобін і дезоксигемоглобін. Оксигемоглобін [6] - це гемоглобін, який транспортує кисень і робить кров яскравішою. Оксигемоглобін можна побачити в артеріях. Дезоксигемоглобін – це виділення кисню; Дезоксигемоглобін добре поглинає світло при довжині хвилі 970 нм. Однак довжина хвилі вище 970 нм є зоною поглинання води в

					PC81.941319.001 ПЗ	Лист
						4
Зм.	Лис	№ докум.	Підпис	Дата		

тканинах тіла, тому довжина хвилі 970 нм не може бути використана для характеристики поглинання дезоксигемоглобіну. При довжині хвилі 940 нм поглинання світла водою в тканинах тіла дуже низьке, а поглинання дезоксигемоглобіну відносно високо [6].

Неінвазивна система – в першу чергу це означає що нема пошкодження (руйнації) організму, яка дозволяє безперервно та в режимі реального часу вимірювати рівень гемоглобіну на основі фотометричного вимірювання пульсу. Фотоспектроскопія це метод, який заснований на вимірюваннях, шляхом збудження світла на речовині для отримання водних речовин на різних спектрах. Розсіювання світла може використовуватися для вказівки у відповідь матеріалу, який буде досліджуватися. Прикладами оптичного сканера є спектроскопія видимого світла, спектроскопія середнього інфрачервоного випромінювання та спектроскопія ближнього інфрачервоного випромінювання. Інтенсивність світла, яку отримує датчик, пропорційна концентрації гемоглобіну на обраній довжині хвилі. Довжина світлової хвилі має бути точною, тому що коли тестування проводиться на неправильній довжині хвилі світла, це призводить до недійсних даних тестування [6]. При використанні правильної довжини хвилі концентрація гемоглобіну змінюється лише незначно, вихідне значення датчика прийме досить великі зміни.

					PC81.941319.001 ПЗ	Лист
						5
<i>Зм.</i>	<i>Лис</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		

2 ОГЛЯД АНАЛОГІВ

У міру розвитку технології, необхідний інструмент для вимірювання гемоглобіну, за допомогою якого можна отримати точний і швидкий результат. Такий засіб повинен також не завдавати шкоди пацієнтам. Неінвазивне вимірювання рівня гемоглобіну в крові, яке використовує принцип спектрофотометрії з підходом відбиття, дозволить ефективно виміряти процес.

Розглянемо декілька аналогів для нашого неінвазивного оптоелектронного вимірювача. Візьмемо до уваги особливості, розмір та ціну.

2.1 Пристрій для вимірювання гемоглобіну Orsense NBM-200

Пристрій підключений до оптично чутливого методу вимірювання з пневматичною пальцевою манжетною. Затримана кров є сильним візуальним сигналом і робить можливим високочутливе та стабільне вимірювання гемоглобіну крові (Hb) через шкіру.

На рисунку пристрій 2014 року [7].



Рисунок 2.1.1 — Зовнішній вигляд пристрою Orsense NBM-200

Пристрій забезпечує точні та миттєві результати, які можна відразу зчитувати з дисплея, він підходить для стаціонарного та мобільного використання.

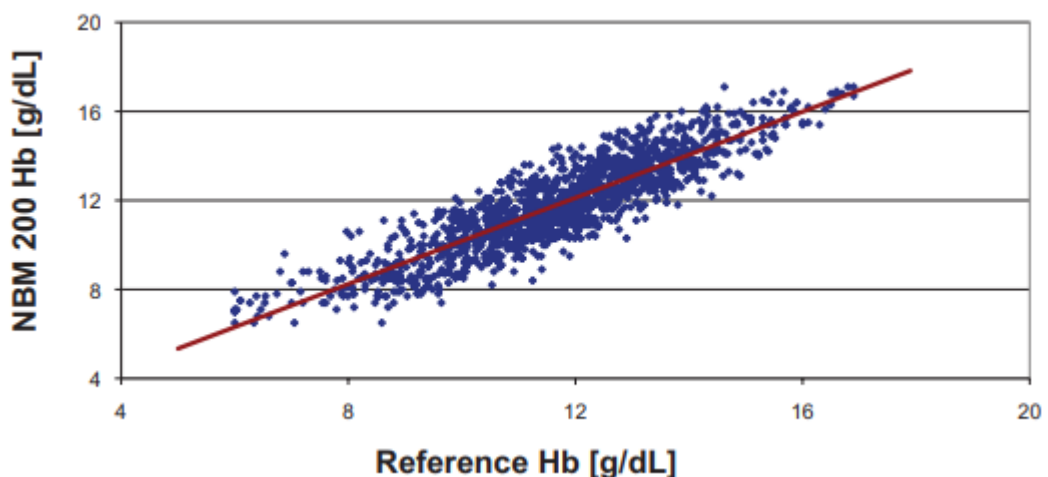
					PC81.941319.001 ПЗ	Лист
Зм.	Лис	№ докум.	Підпис	Дата		6

Основні характеристики приладу:

- Споживання електроенергії (типове): 12 Вт .
- Діапазон вхідної напруги: 100-240 В змінного струму, 50-60 Гц.
- Працює від мережі або 4 батарейок типу АА 1,5 В (здатний для безперервної роботи до 300 тестів).
- Дисплей: рідкокристалічний .
- Розміри: 7,5 см В x 22,5 см Ш x 18 см.
- Вага 1 кг.
- Робоча температура: 0-40°C.
- Вимірні значення Нб автоматично зберігаються.
- Багатомовний інтерфейс.
- Ціна 1000 USD.

Технологія, сертифікована FDA і CE, використовується в Європі, США, Латинській Америці та Азії та забезпечує результати, порівняні з інвазивними методами. Явні переваги включають безпеку, економічну ефективність і простоту використання.

На рисунку можна побачити порівняння вимірювань гемоглобіну з еталонними вимірами (Coulter LH750) [7].



Дані n = 1304 ;

Точність 0,96 г/дл (9,6 г/л) ;

Зм.	Лис	№ докум.	Підпис	Дата

PC81.941319.001 ПЗ

Лист

7

Кореляція 0,89 (мінімально допустима кореляція 0,8).

2.2 Портативний пристрій PRONTO PULSE CO-OXIMETER

Легкий у використанні в різних клінічних середовищах, повністю портативний і інтуїтивно зрозумілий інтерфейс користувача. Перевірка може проводитися в будь-якому місці.

На рисунку пристрій 2017 року [8].



Рисунок 2.2.1 — Зовнішній вигляд пристрою PRONTO PULSE CO-OXIMETER

Деякі особливості наведені далі:

- Має вбудовану сигналізацію для сповіщення про низький заряд батареї та збій в системі.
- Працює безперервно до 8 годин (без заміни батарейок), до 150 тестів.
- Робоча температура 5 – 40 °С.
- Дисплей: світлодіодний.
- Розміри: 17,5 см x 7,6 см x 3,6 см.
- Вага: 0,367 кг.
- Ціна 776 USD.

Зм.	Лис	№ докум.	Підпис	Дата

PC81.941319.001 ПЗ

Лист

8

Обробка сигналу в технології вилучення сигналів Masimo (Masimo SET®) відрізняється від звичайних пульсоксиметрів [9]. Звичайні пульсоксиметри припускають, що артеріальна кров є єдиною, яка рухається (пульсує) у місці вимірювання. Однак, венозна кров також рухається, через що звичайні пульсоксиметри зчитують низькі значення, оскільки вони не можуть розрізнити рух артеріальної та венозної крові (іноді це називають шумом). Пульсоксиметрія Masimo SET® використовує паралельні механізми та адаптивну фільтрацію. Адаптивні фільтри є потужними, оскільки вони здатні адаптуватися до різних фізіологічних сигналів та шуму і розділяти їх, розглядаючи весь сигнал і розбиваючи його на основні компоненти. Алгоритм обробки сигналу Masimo SET®, Discrete Saturation Transform® (DST®), паралельно з Fast Saturation Transform (FST®)[9], надійно ідентифікує шум, ізолює його та, використовуючи адаптивні фільтри, скасовує. Потім він повідомляє про справжнє насичення артеріального кисню для відображення на моніторі.

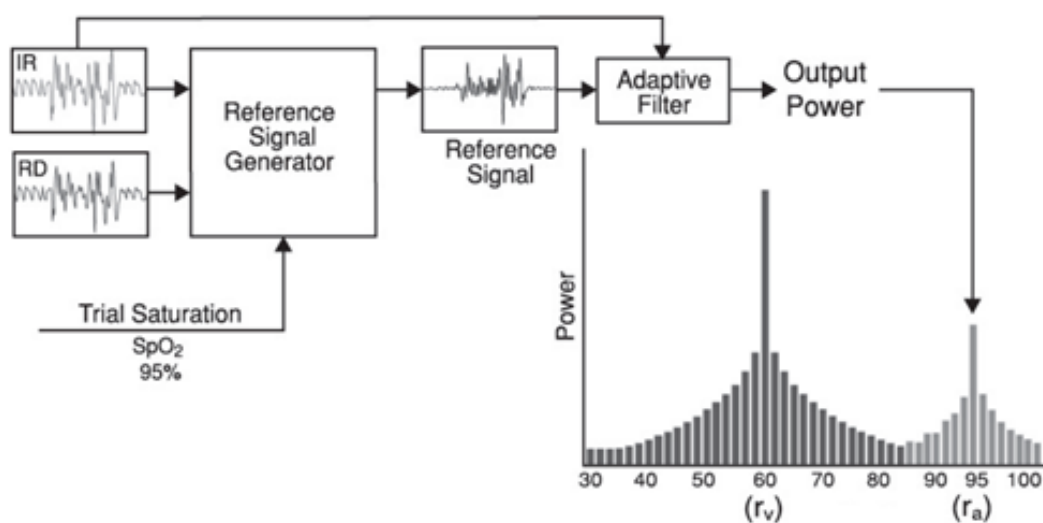


Рисунок 2.2.2 — Алгоритм обробки сигналу для визначення рівня гемоглобіну

Пристрій використовує багатохвильовий датчик, щоб розрізнити кров, насичену киснем, деоксигеновану, чадним газом, окислену і плазму. Девайс використовує датчик з різними світлодіодами (LED), які пропускають світло через ділянку шкіри на діод (детектор). Дані сигналу отримують шляхом пропускання різних видимих та інфрачервоних променів (світлодіоди, від

500 до 1400 нм) через капілярний шар (наприклад, кінчик пальця, руки, стопи) та вимірювання змін поглинання світла під час циклу пульсації крові. Максимальна потужність випромінювання найсильнішого світла оцінюється в ≤ 25 мВт. Детектор отримує світло, перетворює його в електронний сигнал і відправляє далі для обчислення [9].

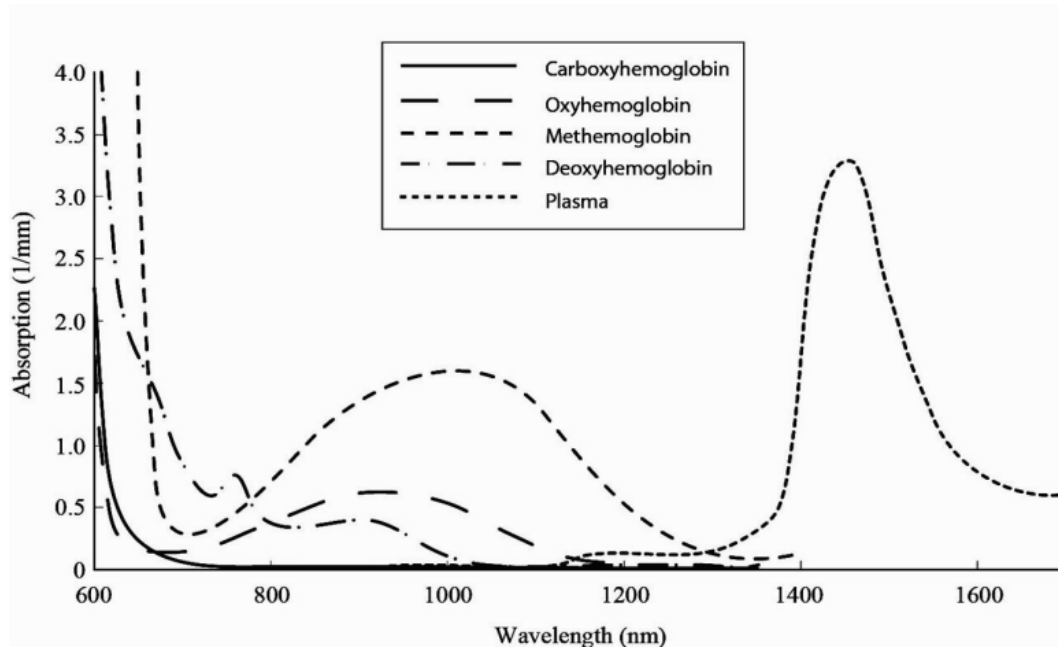


Рисунок 2.2.3 — Спектри поглинання світла при різних довжинах хвиль

Після того, як Pronto (тобто цей пристрій) отримує сигнал від датчика, він використовує власні алгоритми для обчислення функціонального насичення пацієнта киснем (SpO_2 [%]), загальної концентрації гемоглобіну ($SpHb$ [г/дл]) та частоти пульсу (PR). Вимірювання $SpHb$ засновується на рівнянні калібрування для кількох довжин хвиль для кількісної оцінки відсотка монооксиду вуглецю та метгемоглобіну та концентрації загального гемоглобіну в артеріальній крові.

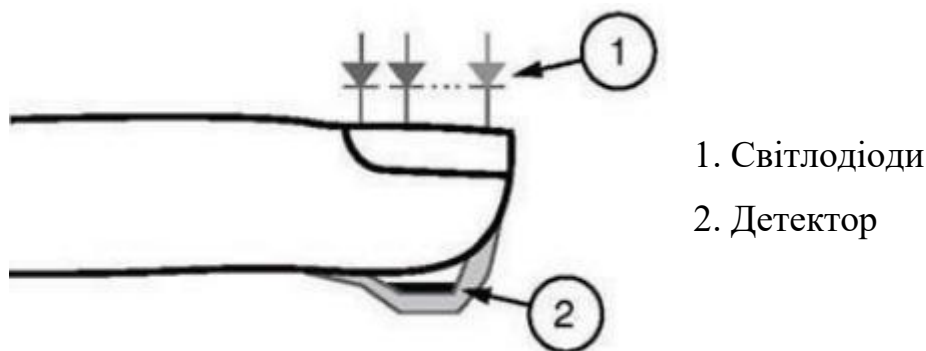


Рисунок 2.2.4 — Схема отримання даних по гемоглобіну [9]

Зм.	Лис	№ докум.	Підпис	Дата

2.3 Портативний пристрій Tech4Life Enterprises «Smart-Hb»

Даний продукт знаходиться в стадії перевірки на працездатність [10], тому про більш детальну технічну складову приладу інформації немає. На рисунку 2.3.1 зображений концепт пристрою, як формфактор можна використати для своїх ідей. Особливістю від аналогів, які описані вище, це можливість підключається через Bluetooth до мобільних телефонів і платформи MDConsults Telemedicine.

Деякі характеристики:

Живлення: від акумулятора (місткість 1500 мАч).

Тип інтерфейсу: USB Type-c.

Габарити: 5 см x 3 см x 4 см.

Ціна: < 100 USD.



2.4 Рисунок 2.3.1 — Зовнішній вигляд пристрою Tech4Life Enterprises «Smart-Hb»

2.5 Висновки

Розглянуті аналоги показують, що спектр можливостей при поставлених вимогах є досить широким, а ціна сильно змінюється, при цьому залишаючись досить високою. Як видно, чим новіший прилад тим більше можливостей він має, а з розвитком і збільшенням елементної бази в світі він становиться досить компактним і дешевшим за вартістю. Всі вище аналоги

					PC81.941319.001 ПЗ	<i>Лист</i>
<i>Зм.</i>	<i>Лис</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		11

пристроїв розроблялися європейськими або американськими компаніями і призначенні для вимірювання рівня гемоглобіну в крові.

					<i>РС81.941319.001 ПЗ</i>	<i>Лист</i>
<i>Зм.</i>	<i>Лис</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		12

3 ОБГРУНТУВАННЯ СТРУКТУРИ ПРИСТРОЮ

Для кращого розуміння, як працює пристрій, взаємодія його блоків та різних модулів, спроектуємо структурну схему основних функцій. Розглянемо функціональні частини (блоки), їх основне призначення в роботі пристрою, також взаємодію між ними для безпомилкового проектування та подальшої побудови структурної схеми.

3.1 Блок датчиків

Даний блок відповідає за реалізацію оптико-електронного вимірювання рівня Нb в крові. Вибір елементів і їх розміщення залежать від того, який метод фотоплетизмографії (далі PPG) буде обрано надалі. Існує дві основні робочі конфігурації PPG: режим пропускання, коли зразок тканини (наприклад палець) розміщується між джерелом і детектором, і режим відбиття, коли світлодіод і детектор розташовані поруч [11].

3.1.1 Фотодіод

Фотодіод - це один із видів світлового детектора, який використовується для перетворення світла в струм або напругу залежно від режиму роботи пристрою. Він містить оптичні фільтри, вбудовані лінзи, а також ділянки поверхні. В даному пристрої краще використовувати фотодіод PIN-типу [12]. Цей діод збирає світлові фотони потужніше в порівнянні зі стандартним фотодіодом PN, оскільки широка внутрішня область між областями P і N дозволяє зібрати більше світла, а на додаток до цього він також пропонує меншу ємність.

3.1.2 Світлодіоди

Потрібні два світлодіоди: червоний світлодіод з довжиною хвилі 660 нм та інфрачервоний світлодіод з довжиною хвилі 940 нм. Ці дві довжини хвилі

					PC81.941319.001 ПЗ	Лист
Зм.	Лис	№ докум.	Підпис	Дата		13

вибрані тому, що при довжині хвилі 660 нм поглинання дезоксигемоглобіну більше, ніж поглинання оксигемоглобіну, тоді як при довжині хвилі 940 нм поглинання оксигемоглобіну значно перевищує поглинання дезоксигемоглобіну. Обидва світлодіоди вмикаються і вимикаються по черзі на короткий інтервал у 250 мс через контакти вводу/виводу мікроконтролера для вимірювань. Для більшості поширених світлодіодів потрібна пряма робоча напруга приблизно від 1,2 до 3,6 вольт з номінальним прямим струмом приблизно від 10 до 30 мА, причому найпоширенішим діапазоном є від 12 до 20 мА [14]. Падіння напруги на світлодіоді при певному значенні струму, наприклад 20 мА, також буде залежати від початкової точки V_F провідності. Оскільки світлодіод фактично є діодом, його характеристики прямого струму до напруги можна побудувати для кожного кольору діода, як показано на рисунку 3.1.2.

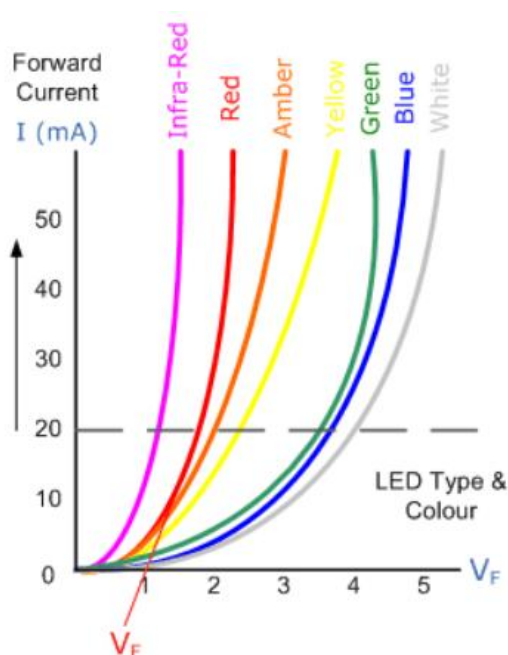


Рисунок 3.1.2 — Характеристичні криві, що показують різні доступні кольори світлодіода

Перш ніж світлодіод зможе «випромінювати» будь-яку форму світла, йому потрібен струм, який протікає через нього, оскільки це пристрій, що залежить від струму, інтенсивність вихідного світла прямо пропорційна прямому струму, що протікає через світлодіод. Також повинен бути підключений в умовах прямого зміщення через джерело живлення, його

Зм.	Лис	№ докум.	Підпис	Дата

струм повинен бути обмежений за допомогою послідовного резистора, щоб захистити його від надмірного потоку струму.

Для того щоб керувати світлодіод режимом роботи світлодіоду вихідні каскади логічних вентилів TTL і CMOS [14] використовують як джерело, так і поглинання корисної кількості струму. На рисунку 3.1.3 зображено два виду ІС. Звичайні інтегральні схеми (ІС) мають вихідний струм приводу до 50 мА в конфігурації режиму приймання, але мають внутрішньо обмежений вихідний струм приблизно 30 мА в конфігурації режиму джерела.

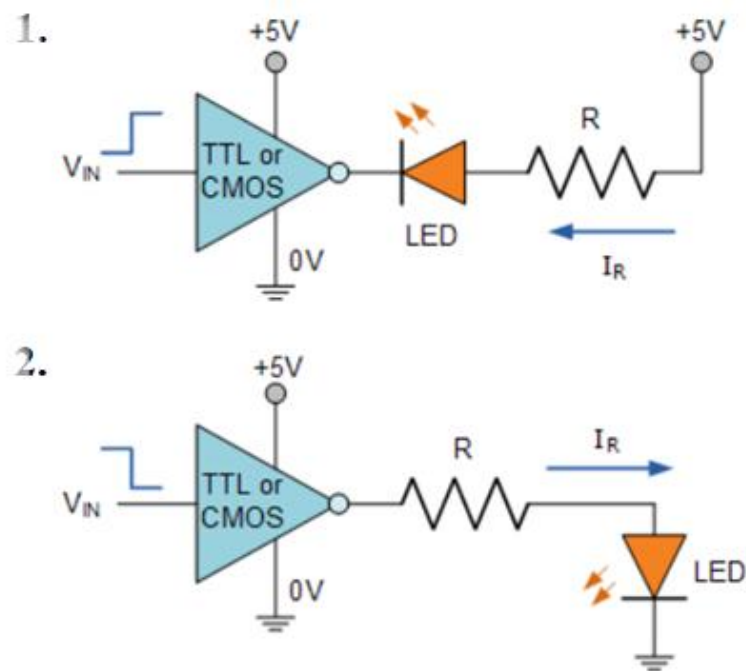


Рисунок 3.1.3 — Схема драйвера ІС світлодіоду

3.2 Живлення пристрою

Для роботи нашого приладу необхідне електричне живлення. Блок живлення повинен перетворювати постійний струм у постійний струм з необхідним рівнем напруги для живлення пристрою.

Багато забезпечити можливість широкого діапазону вхідної напруги з середнім значенням у 4,5 В. Прилад може працювати і від мережі 220 В з відповідним АС/DC перетворювачем і від акумулятора або батарейок.

Зм.	Лис	№ докум.	Підпис	Дата

Основну мікросхему блоку живлення бажано обрати у корпусі, що дозволить при її виході з ладу без складного обладнання замінити її.

3.3 Мікроконтролер

Основною задачею даного блоку буде обробка даних та власне керування усією системою відповідно до запрограмованого коду. Відповідно до ТЗ пристрій не є багатофункціональний, тому для вирішення задачі, можна обрати мікроконтролер з середнього цінового діапазону. Кожен мікроконтролер PIC має набір регістрів, які також функціонують як RAM (пам'ять із довільним доступом) [15]. Регістри управління спеціального призначення для вбудованих апаратних ресурсів також відображаються в просторі даних. Кожен PIC має стек, який зберігає зворотні адреси. Стек не був програмним забезпеченням, доступним у попередніх версіях PIC, але це обмеження було знято на більш пізніх пристроях.

3.4 Дисплей

Для того щоб повністю відповідати по нашому ТЗ, необхідно також встановити дисплей на якому повинно відображатися значення рівня гемоглобіну. В першу чергу це зробить пристрій портативним, адже не потрібно шукати або купувати додаткові модулі. Так як виводитися повинен тільки один параметр, то екран можна вибрати невеликого розміру, що надалі зможе з економити розмір всього пристрою, тобто стане компактним. На вибір нам доступний рідкокристалічний дисплей (надалі РКД) або світлодіодний. Технологія РК-екранів досить проста: РК-монітори виготовляються з речовини, яка постійно знаходиться в рідкому стані, але має деякі властивості, властиві кристалічним тілам. Рідкокристалічний дисплей є пасивним пристроєм, що означає, що він не виробляє світло для відображення персонажів, зображень, відео та анімації. Але він просто змінює світло, що проходить крізь нього. Внутрішня конструкція РК-дисплея

					PC81.941319.001 ПЗ	<i>Лист</i>
<i>Зм.</i>	<i>Лис</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		16

описує, як змінюється світло, коли воно проходить через нього, щоб створити будь-які символи, зображення тощо [16].

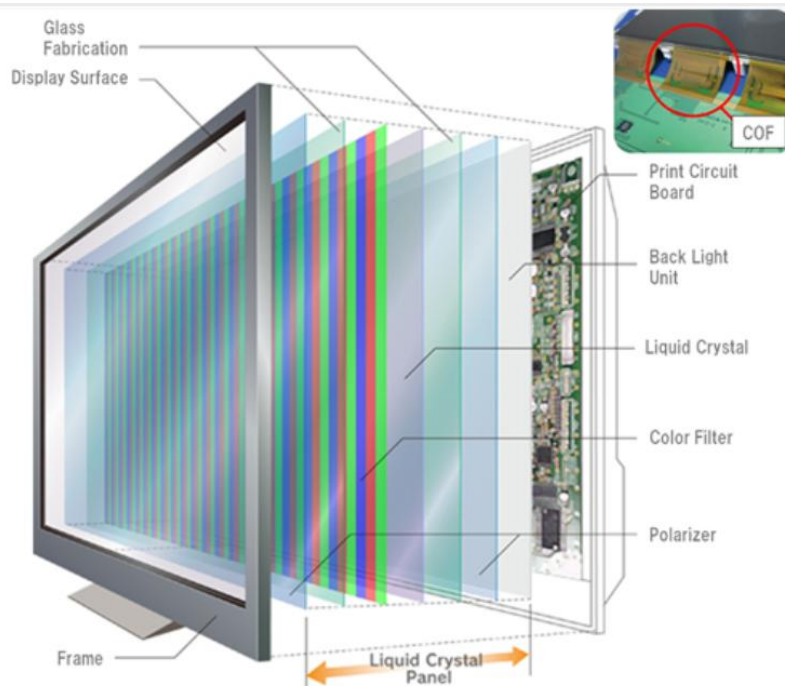


Рисунок 3.4.1 — Структура будови РКД

Оскільки РКД-технологія орієнтує кожен піксель окремо, чіткість прийнятого тексту вища в порівнянні з ЕПТ-моніторами, які раніше могли конкурувати з РКД. Зараз, звичайно, з розвитком технологій і з урахуванням загального технологічного процесу рідкокристалічні монітори вже давно попереду і займають лідируючі позиції серед дисплеїв, що використовуються для різних застосувань.

3.5 Висновки

У результаті проектування нашої системи у цьому розділі, пристрій був сформований з п'яти функціональних блоків: блок датчиків, блок живлення, основний мікроконтролер та дисплей. Дана кількість блоків була визначена як достатня для досягнення поставлених цілей у технічному завданні. В кінці ми отримали структурну схему приладу що зображена на рисунку нижче.

Зм.	Лис	№ докум.	Підпис	Дата

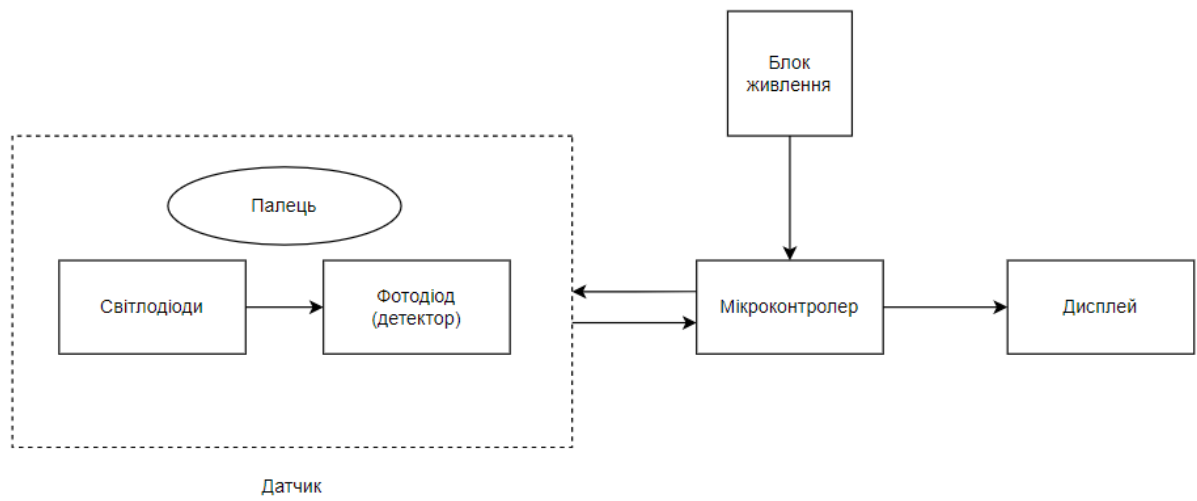


Рисунок 3.1 — Структурна схема пристрою для вимірювання гемоглобіну

Зм.	Лис	№ докум.	Підпис	Дата

PC81.941319.001 ПЗ

Лист

18

4 ПРОЕКТУВАННЯ СХЕМИ ЕЛЕКТРИЧНОЇ ПРИНЦИПОВОЇ

Отримавши у попередньому розділ структурну схему пристрою тепер нам необхідно наповнити ці блоки елементами, щоб далі можна було спроектувати реальний електронний пристрій. Також слід враховувати елементи, що можуть знадобитися під час роботи пристрою, тобто щоб не з'явилась необхідність для перепроектування пристрою.

4.1 Блок датчиків

Цей блок відповідає за оптичний метод вимірювання, який заснований на випромінюванні червоного та близького інфрачервоного світла, випромінюваного світлодіодами (LED) в діапазоні від 600 нм до 1400 нм [15]. Детектор виявляє світло, що проходить через палець і дає результат в реальному часі. Блок буде працювати в режимі відбивання.

4.1.1 Світлодіоди

В першу чергу виберемо світлодіод з червоним кольором світла. Основний критерій, щоб випромінювання відбувалось на довжині хвилі 660 нм. Існує п'ять основних маркувань [15], але для використання в моєму пристрої підходять тільки два : DIP (вивідний) , SMD (Surface Mount Device).

Якщо звичайний діод (типу DIP) має досить довгі контактні ніжки для монтажу через отвори в платі, то їх SMD аналоги мають лише невеликі контактні майданчики і монтуються прямо на плату. Тому для вирішення поставленої задачі, проведемо порівняльну характеристику двох різних світлодіод.

4.1.1.1. СВІТЛОДІОД FYL-3014 SRD (RED)

Один за найпоширеніших світлодіодів це вивідний [16], він дешевший за свої аналоги і має схожі характеристики. Слід врахувати такі параметри як:

					PC81.941319.001 ПЗ	<i>Лист</i>
<i>Зм.</i>	<i>Лис</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		19

потужність, напруга живлення, робочий струм, ефективність (світловіддача), температуру світіння (колір), кут випромінювання, розміри, термін деградації.

Основні характеристики:

- Діаметр: 3 мм.
- Колір випромінювання: Червоний.
- Довжина хвилі: 660нм.
- Тип лінзи: Червона матова.
- Яскравість: 80мкд.
- U_f , ном.: 1.85В.
- U_f , макс.: 2.2В.
- I_f : 25мА.
- Кут огляду: 60°.
- Виробник: ForYard.
- Тип: Світлодіод яскравий.

На рисунку 4.1.1 для кращого розуміння можемо візуально побачити вигляд світлодіода.



Рисунок 4.1.1 — Зовнішній вигляд світлодіода

До кожного пристрою розміри світлодіода підбираються індивідуально. Тому на рисунку 4.1.2 зображено габаритний розмір елемента [15]. Далі буде

					PC81.941319.001 ПЗ	Лист
Зм.	Лис	№ докум.	Підпис	Дата		20

окремо проектуватися корпус для встановлення блока датчиків, тому важливо розрахувати кількість місця, яке потрібне для монтажу.

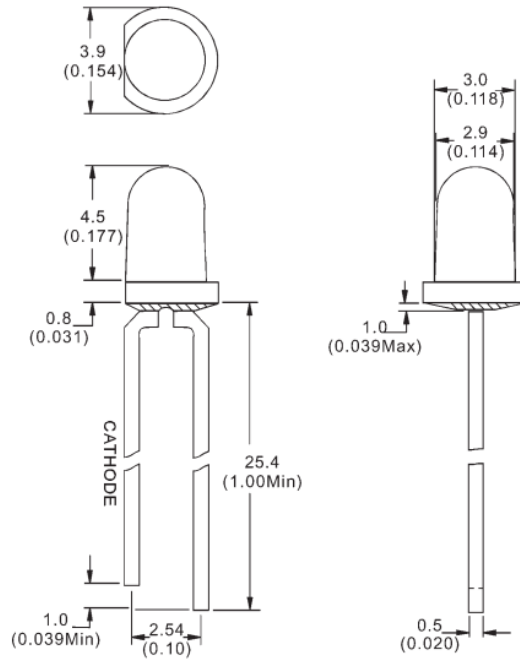


Рисунок 4.1.2 — Габаритні розміри

Також важливо обмежити кількість струму, що протікає через світлодіод. Для цього ми використовуємо резистори, схема підключення показана на рисунку 4.1.3. Резистори обмежують потік електронів у ланцюзі і захищають світлодіод від спроби протягнути занадто великий струм.

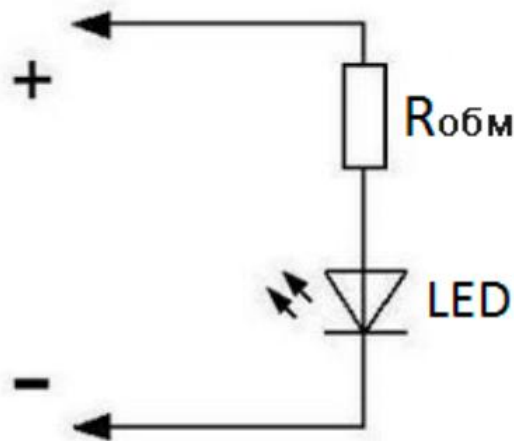


Рисунок 4.1.3 — Схема підключення світлодіода

Зм.	Лис	№ докум.	Підпис	Дата

4.1.1.2.СВІТЛОДІОД Chips Plcc-6 Epileds Chip (RED)

Тепер розглянемо SMD світлодіод, який завдяки дизайну має широкий кут огляду та оптимізоване сполучення світла за допомогою рефлектора, ця функція робить світлодіод ідеальним для застосування в освітлювальних пристроях. Вимоги до низького струму роблять цей пристрій ідеальним для портативного обладнання або будь-якого іншого застосування, де потужність є високою [16].

Основні характеристики:

- Розмір: 5 x 5 мм.
- Колір випромінювання: Темно червоний.
- Довжина хвилі: 660нм.
- Тип лінзи: Прозора.
- Яскравість: >40мкд.
- U_f , ном.: 1.8В.
- U_f , макс.: 2.4В.
- I_f : 60мА.
- Кут огляду: 120°.
- Виробник: Yuhang.
- Тип: SMD світлодіод.

Це світлодіод має 6 контактних майданчиків для монтажу на плату. З рисунку 4.1.4 можемо дізнатися про габаритні розміри.

					PC81.941319.001 ПЗ	Лист
Зм.	Лис	№ докум.	Підпис	Дата		22

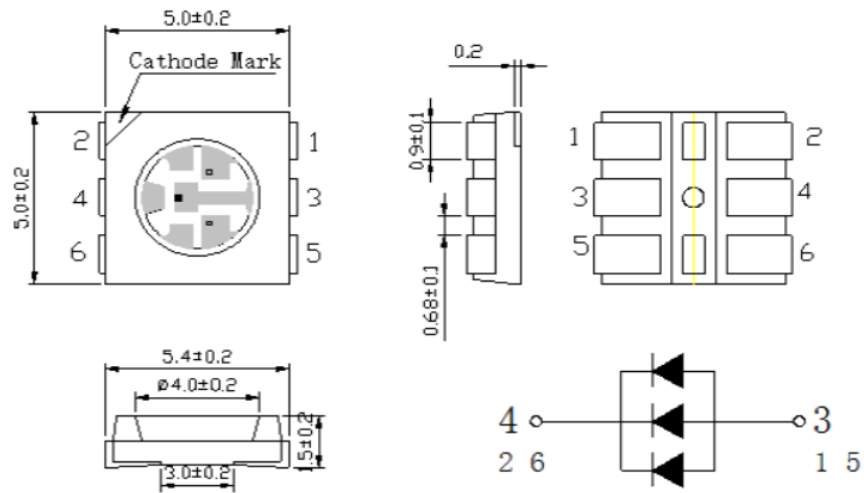


Рисунок 4.1.4 — Габаритні розміри світлодіода [16]

Так як блок датчиків складається з двох світлодіодів то їх можна підключити так як показано на рисунку 4.1.5. Конструкція включає 3 світлодіоди; вони можуть бути або одного кольору або 3 різних; в нашому випадку всі 3 повинні випромінювати червоне світло.

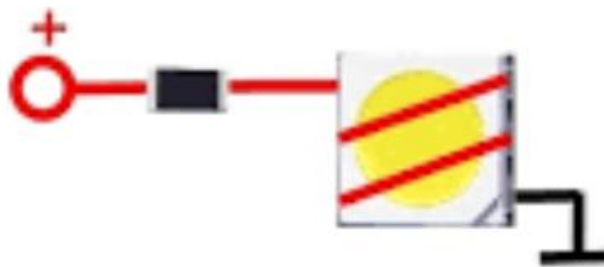


Рисунок 4.1.5 — Схема підключення SMD світлодіода

Для більш зручного огляду, занесемо основні характеристики світлодіодів до таблиці 4.1, щоб легше провести порівняння даних рішень.

Таблиця 4.1.1 – Порівняння світлодіодів

Назва	FYL-3014 SRD	Chips Plcc-6 Epileds Chip
Розміри	3*4,5 (голова)(д*в), мм	5050
Тип	FYL-3014 SRD	SMD
Виводів	2	6
Колір випромінювання	червоний	Темно червоний
Довжина хвилі	660 нм	660 нм
Яскравість світла	80 мКд	>40 мКд
Вид лінзи:	червона матова	прозора

Зм.	Лис	№ докум.	Підпис	Дата

PC81.941319.001 ПЗ

Лист

23

Робоча напруга:	1,85 - 2,2В	1,8 – 2,4В
Робочий струм:	25мА	60мА
Кут освітлення°:	60°	120°
Робоча температура:	-40° до 60 °С	-40° до 85 °С
Додаткові дані:	вивідний світлодіод	поверхневий монтаж

З таблиці 4.1.1 чітко видно різницю в характеристиках. Після порівняння SMD світлодіоди не дуже ефективні в установках освітлювальних пристроїв, оскільки широкий кут променя розсіює світло занадто тонко. Також для його встановлення потрібна додаткова плата.

					PC81.941319.001 ПЗ	<i>Лист</i>
<i>Зм.</i>	<i>Лис</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		24

4.1.1.3. СВІТЛОДІОД L-34F3C-KINGBRINGHT (IRED)

В попередньому пункті вибрали тип вивідного світлодіода, тому для вибору інфрачервоного можна вже не розглядати SMD типи, а одразу вибрати вивідний. Інфрачервоний світлодіод можна підключити до джерела живлення 5 В через струмообмежувальний резистор 220R для струму 15 мА. Якщо включення звичайного світлодіода видно по появі світла, факт роботи інфрачервоного (ІЧ) світлодіода можна виміряти приладом або зафіксувати індикатором його наявність.

Основні характеристики[17]:

- Розмір: 4 мм.
- Колір випромінювання: невидиме для ока людини.
- Довжина хвилі: 940нм.
- Тип лінзи: Прозора.
- Яскравість: >40мкд.
- U_f , ном.: 1.2В.
- U_f , макс.: 1.6В.
- I_f : 20мА.
- Кут огляду: 50°.

Виробник: Kingbringht.

На рисунку 4.1.6 зображено габаритний розмір елемента, треба особливо звернути увагу на діаметр; для встановлення в корпус повністю підходить.

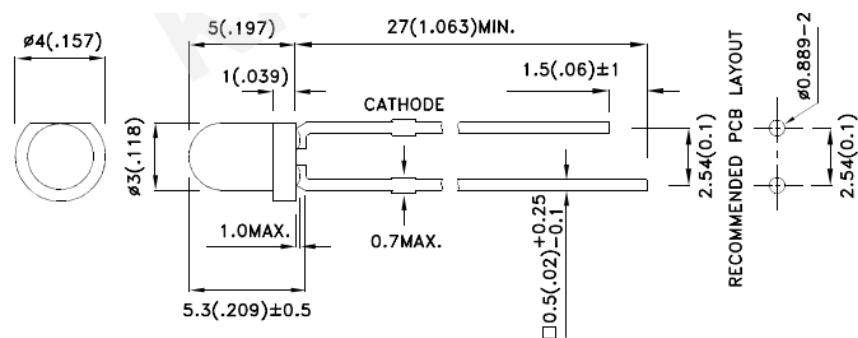


Рисунок 4.1.6 — Габаритні розміри світлодіода

Зм.	Лис	№ докум.	Підпис	Дата

PC81.941319.001 ПЗ

Лист

25

4.1.2 Фотодіод FDS100 – Si

Фотодіод відповідає за перетворення світлової енергії в електричну. Всередині фотодіод має оптичні фільтри, вбудовані в об'єктив і площу поверхні, можемо побачити на рисунку 4.1.7. Коли площа поверхні фотодіода збільшується, це призводить до меншого часу відгуку.



Рисунок 4.1.7 — Зовнішній вигляд фотодіода [18]

Детектор поміщений в корпус ТО-5 [18] з підключенням анодом і катодом. Анод фотодіода виробляє струм, який є функцією від потужності падаючого світла та довжина хвилі.

Характеристика фотодіода:

- Довжина хвиль: 350 – 1100 нм.
- Пікова довжина хвилі: 980 нм.
- Активна область: 13 мм²
- Час наростання/спаду (632 нм, RL=50 Ом, 20 В): 10 нс / 10 нс.
- Максимальна напруга зміщення: 25 В.
- Зворотний струм: 5 мА.
- Температура: -55 до 125°C

4.2 Живлення пристрою

Вибрано стандартне живлення пристрою від основного джерела живлення змінного струму. Щоб використовувати джерело 220 В змінного струму як джерело 5 В постійного струму, використовуються понижуючий трансформатор напруги та схема випрямляча, яка показана на рисунку 4.2. У

Зм.	Лис	№ докум.	Підпис	Дата

PC81.941319.001 ПЗ

Лист

26

цій схемі понижуючий трансформатор використовується для перетворення 220 В змінного струму в 9 В змінного струму. Цей 9 В змінного струму потім перетворюється в 9 В постійного струму за допомогою повної мостової випрямної схеми. Постійний струм, що виробляється на виході мостового випрямляча, має значну кількість пульсацій і для того, щоб зменшити пульсації, паралельно використовується згладжуючий конденсатор. Нарешті, це 9 В постійного струму перетворюється в 5 В постійного струму за допомогою мікросхеми регулятора LM8105, яка подається далі на мікроконтролер.

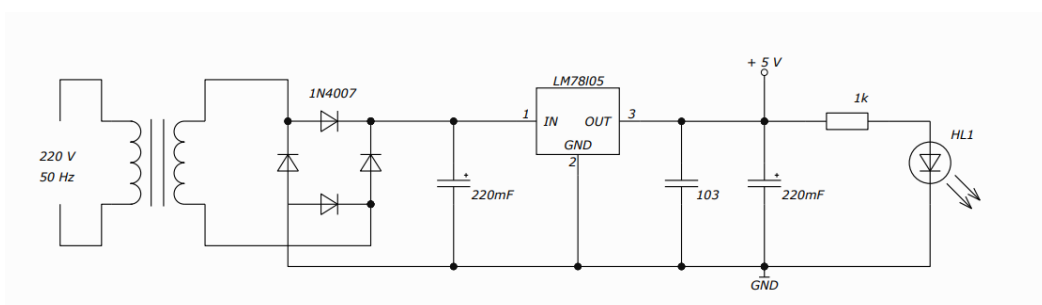


Рисунок 4.2 — Електрично принципова схема блока живлення

На рисунку зображено основні елементи необхідні для правильної роботи блоку живлення, що також будуть включені до принципової схеми пристрою.

4.3 Мікроконтролер

Робота полягає в тому, що демодульований сигнал від фотодіода підсилюється і перетворюється в цифровий за допомогою аналого-цифрового перетворювача. Обробка сигналу здійснюється за допомогою мікроконтролера. Час включення/вимкнення світлодіодних струмів контролюється мікроконтролером, таким чином ефективно контролюючи інтенсивність джерела довжини хвилі. Тому при виборі треба звернути увагу на наявність АЦП або розглянути його як окремий елемент для встановлення на плату.

Зм.	Лис	№ докум.	Підпис	Дата

4.3.1 Мікроконтролер PIC16F886 - I/SP

Одним із таких рішень є мікроконтролер зарубіжного виробництва, який був розроблений компанією General Instruments — PIC16F886, показаний на рисунку 4.3.1. Це 8-розрядний мікроконтролер заснован на ядрі середнього рівня Microchip#146 [18] з 8-рівневим апаратним стеком та 35 інструкціями.

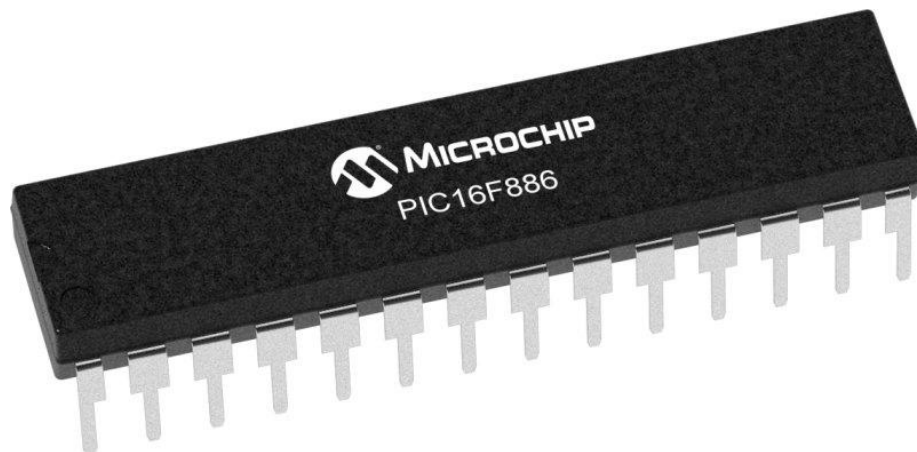


Рисунок 4.3.1 — Вигляд мікросхеми [18]

Розглянемо основні характеристики:

— мікроконтролер забезпечує до 5 MIPS, до 14 Кбайт пам'яті програм, до 368 байт ОЗУ та EEPROM до 256 байт.

— має власний АЦП, який складається з 8-канального 10-розрядного аналого-цифрового перетворювача. Роботою АЦП керують такі спеціальні функціональні регістри: ADCON0 і ADCON1 [18]. Нижні біти перетворювача зберігаються в ADRESL (8 біт), а верхні біти зберігаються в регістрі ADRESH. Для його роботи потрібна аналогова опорна напруга 5 В.

— мікроконтролери PIC складаються з 3-х таймерів, з яких Таймер 0 і Таймер 2 є 8-розрядними, а Time-1 - 16-розрядним, який також можна використовувати як лічильник.

Для кращого розуміння, як правильно підключити і взаємодіяти с мікроконтролером на рисунку 4.3.2 зображено, який рін за що відповідає.

Зм.	Лис	№ докум.	Підпис	Дата

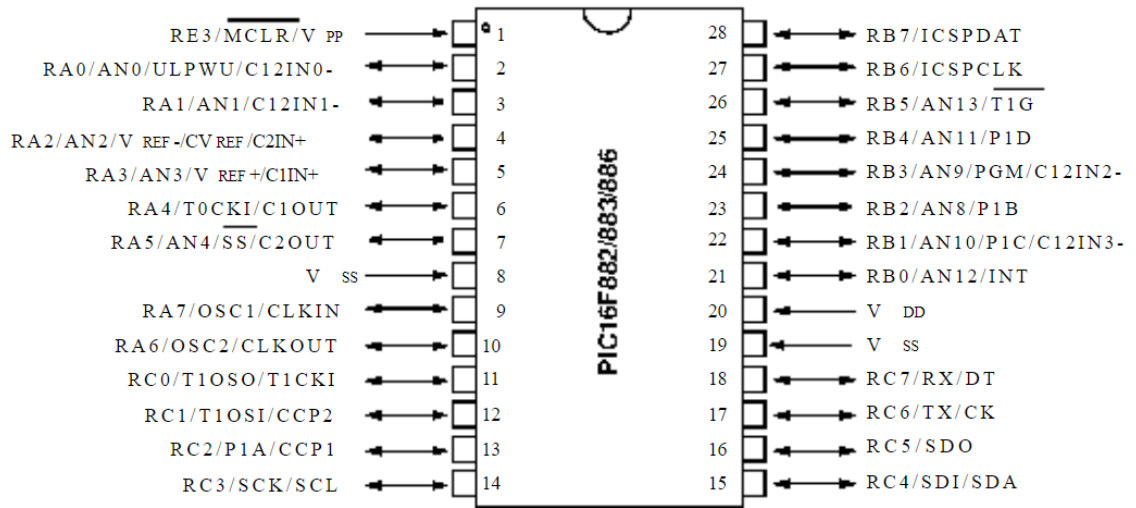


Рисунок 4.3.2 — Контактна діаграма мікросхеми PIC16F

Порти вводу/виводу:

Серія PIC16 складається з п'яти портів, таких як порт А, порт В, порт С, порт D і порт Е.

Порт А: це 16-розрядний порт, який можна використовувати як вхідний або вихідний порт залежно від стану регістру TRISA.

Порт В: це 8-розрядний порт, який можна використовувати як вхідний, так і вихідний порт. 4 його біти, коли вони використовуються як вхід, можуть бути змінені при сигналах переривання.

Порт С: це 8-розрядний порт, робота якого (вхід або вихід) визначається станом регістра TRISC.

Порт D: це 8-розрядний порт, який, окрім того, що є портом введення-виведення, діє як підпорядкований порт для підключення до мікропроцесорної шини.

Порт Е: це 3-розрядний порт, який виконує додаткову функцію керуючих сигналів до АЦП.

Для коректної роботи кожен мікроконтролер повинен мати набір регістрів.

Регістр вибору файлів: він діє як вказівник на будь-який інший регістр загального призначення. Він складається з адреси файлу реєстру і використовується в непрямій адресації.

Регістр стану: біти регістру стану позначають стан АЛУ (арифметично-логічного блоку) після кожного виконання команди. Він також використовується для вибору будь-якого з 4 комірки оперативної пам'яті.

Робочий регістр: складається з простору пам'яті, в якому зберігаються операнди для кожної інструкції. Він також зберігає результати кожного виконання.

Регістри загального призначення складаються з регістрів, які використовуються для зберігання тимчасових даних та їх обробки. Кожен із цих регістрів загального призначення є 8-розрядними.

Технічна характеристика даного мікроконтролера:

- Вбудовані інтерфейси: I2C, UART, SPI.
- Ширина шини даних: 8-біт.
- Тактова частота: 20МГц.
- Кількість входів/виходів: 24.
- Об'єм RAM: 368 x 8 байт.
- Напруга живлення: 2...5.5 В.
- Робоча температура: -40 до 85°C.
- АЦП : 10-розрядний.

З вище записаного, можна назвати основні переваги PIC:

- В основі мікроконтролера PIC лежить архітектура RISC, завдяки чому працює швидко.
- Він пропонує легкий інтерфейс аналогового пристрою.
- Він демонструє менше споживання електроенергії.

					PC81.941319.001 ПЗ	Лист
Зм.	Лис	№ докум.	Підпис	Дата		30

4.3.2 Мікроконтролер АТМega8А-PU

Для порівняння, обрав мікроконтролер сімейства AVR – АТМega8А-PU, який є дешевшим. В першу чергу це малопотужний 8-бітовий мікроконтролер, який побудований на базі RISC архітектури AVR. Завдяки високій пропускну́й можливості (1 MIPS на 1 МГц) ми можемо оптимізувати пристрій в залежності від електроспоживання і швидкості обробки інформації. Має схожий набір характеристик, але є і відмінності.

Основні технічні характеристики:

- Ядро: AVR.
- Частота ядра: 16 МГц макс.
- Об'єм пам'яті програм: 8 кБ.
- Тип пам'яті програм: Flash.
- Об'єм EEPROM пам'яті: 512 Байт.
- Об'єм оперативної пам'яті: 1 кБ.
- Кількість входів/виходів: 23.
- Інтерфейси: 2С, SPI, UART/USART.
- Напруга живлення: 2,7-5,5 В.
- Робоча температура: -40 до +85°С.

Також на рисунку 4.3.3 можемо ознайомитися за що кожен контакт відповідає, це спростить задачу при підключенні його в схемі.

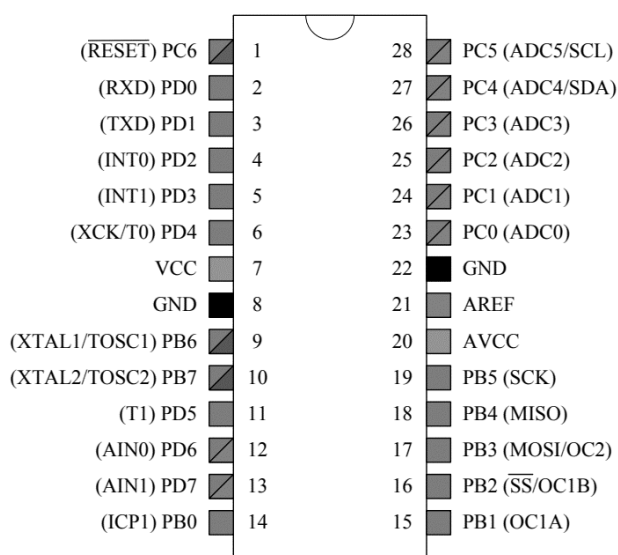


Рисунок 4.3.3 — Контактна діаграма мікросхеми АТМega8А-PU

Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата

PC81.941319.001 ПЗ

Лист

31

Доповнені характеристики:

- 23 лінії вводу-виводу загального призначення,
- 32 робочих регістра загального призначення,
- три гнучкий таймер/лічильники з режимами порівняння,
- внутрішні та зовнішні переривання, послідовне програмування
- USART, байт-орієнтований двопровідний послідовний інтерфейс,
- 6-канальний 10-розрядний АЦП (8-канальний у пакетах TQFP та QFN/MLF),
- програмований сторожовий таймер з внутрішнім генератором, послідовним портом SPI і п'ятьма програмно вибираними режимами енергозбереження.

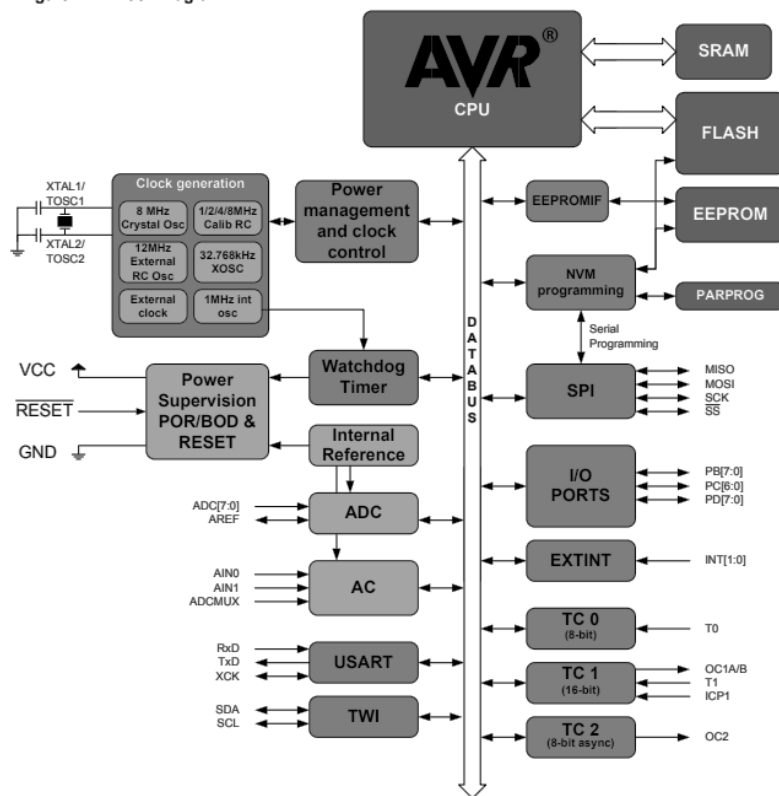


Рисунок 4.3.4 — Схема мікроконтролера ATМega8A-PU

Також непоганий вибір для вирішення поставленої задачі.

Зм.	Лис	№ докум.	Підпис	Дата

4.3.3 Вибір мікроконтролера

Створимо окрему таблицю 4.3 і занесемо основні характеристики для порівняння мікроконтролерів.

Таблиця 4.3 — Порівняльна характеристика мікроконтролерів

Мікроконтролер	PIC16F886 - I/SP	ATmega8A-PU
Виробник	Microchip Technology / PIC	Microchip Technology / AVR
Максимальна тактова частота	20 МГц	16 МГц
Об'єм ОЗП	256 x 8 байт	1000 x 8 байт
Об'єм ПЗП	14 кбайт	8 кбайт
Кількість входів / виходів	24	23
Розмір програмної пам'яті	flash	flash
Ядро	PIC	AVR
Розрядність АЦП	10	10
Кількість каналів АЦП	8	6
Робоча напруга живлення	2 до 5,5 В	4,5 до 5,5 В
Корпус	dip-28 (0.300 inch)	dip-28 (0.300 inch)
Довжина	35,950 мм	34.544 мм

Окрему увагу звернемо на тактову частоту мікроконтролера, а також на робочу напругу живлення. PIC є більш точними і кількість елементарних операцій (тактів) за 1 секунду виконуються швидше, ніж у AVR. Також мінімальна робоча напруга у PIC16F886 - I/SP складає 2 В, що робить його більш енергоефективним. Перевага ATmega8A-PU в об'ємі оперативної пам'яті, він також має компактніший розмір. З цього можна зробити висновок, що краще вибрати мікроконтролер PIC.

4.4 Дисплей

Використання вбудованого дисплея на платі, дає змогу виконати умову портативності пристрою. Головною метою є відображення інформації про вимірювання рівня гемоглобіну. Тому можна використати звичайний рідкокристалічний дисплей з розміром не більше 100 мм x 50 мм x 20 мм, для компактності пристрою.

Зм.	Лис	№ докум.	Підпис	Дата

4.4.1 РК-дисплей LCD1602

Стандартний РК-модуль із синім кольором підсвітки і білими символами. Призначений для виводу тексту. Спроектований на базі контролера HD44780 від японської фірми Hitachi. Особливістю такого контролера є те що має одnobайтні осередки пам'яті, вміст яких і відображаються на екрані. Виводить 2 рядки і 16 символів. На рисунку 4.1.1 зображений повний вигляд модулю.

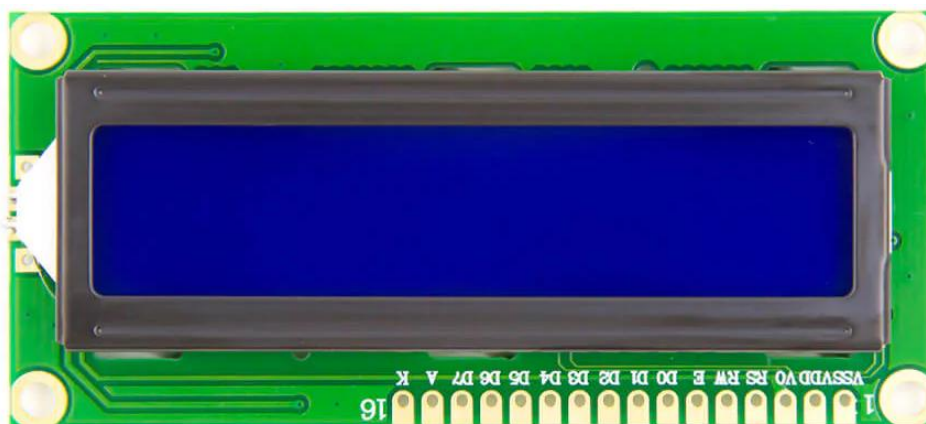


Рисунок 4.1.1 — Зовнішній вигляд дисплею LCD1602

Параметри LCD дисплею:

- Напруга живлення: 4,7 до 5,5 В.
- Матеріал: РСВ + пластик + мідь.
- Дисплей: 16 символів в 2 рядки.
- Синє підсвічування з білими символами.

Інформація про піни для правильного підключення:

- 1 VSS «земля»
- 2 VDD напруга живлення дисплея
- 3 VO контрастність екрану
- 4 RS вибір регістру
- 5 RW читання і запис даних (при підключенні до «землі» включається режим запису)
- 6 EN ENABLE

Зм.	Лис	№ докум.	Підпис	Дата

- 7 D0 цифровий вхід
- 8 D1 цифровий вхід
- 9 D2 цифровий вхід
- 10 D3 цифровий вхід
- 11 D4 цифровий вхід
- 12 D5 цифровий вхід
- 13 D6 цифровий вхід
- 14 D7 цифровий вхід
- 15 А напруга живлення підсвітка
- 16 К загальний провід підсвітки

Габаритні розміри дисплею:

— Екрану: 64 x 14 мм.

— Розмір пристрою 80 x 36 x 11 мм

Даний тип дисплею відповідає вимогам, які були прописані на початку розділу.

4.5 Висновки

У відповідності до поставлених вимог та у відповідності до існуючих стандартів ми спроектували схему електричну принципову, яка буде додана до дипломної роботи. Виготовлення і трасування плати далі не планується. Буде розроблений корпус для датчиків.

5.3 Креслення корпусу датчика

В даному розділі буде продемонстрований детальний вигляд корпусу на кресленні. Указані стандарти та розміри креслення відповідно до технічного завдання, вимоги до виробництва або складання тощо включені в шаблон креслення. Спочатку були вибрані габаритні розміри корпусу 50 x 35 x 45 мм, для того щоб мінімізувати подальші похибки при проектуванні внутрішньої частини. На рисунку 5.3.1 зображений вид з боку і винесені основні деталі, додаток до СК буде в додатках.

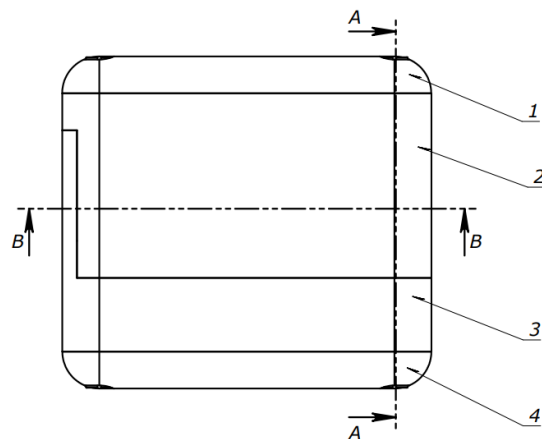


Рисунок 5.3.1 — Вид бокової сторони

З рисунку 5.3.2 можемо побачити кріплення верхньої і нижньої кришки, всього налічується 8 гвинтів розміру M2 x 5, зроблених з оцинкованої сталі. Частина корпусу містять заглиблення для приховання гвинтів. Також в основі для датчика (під цифрою 3) спроектовано спеціальний простір для розміщення елементів.

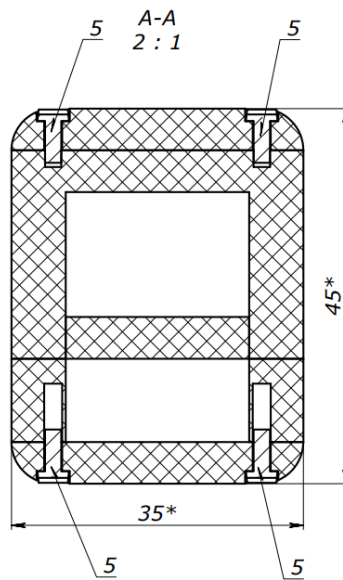


Рисунок 5.3.2 — Вид передньої частини корпусу

Принцип роботи оптичного методу полягає у відбиванні світлових хвиль, які далі фіксуються фотодіодом. Елементи розміщені на одній стороні, тому для кращого результату було додано металеву пластину, яка кріпиться вгорі. На рисунку 5.3.3 можемо побачити контур пластини, допустима товщина до 2 мм включно.

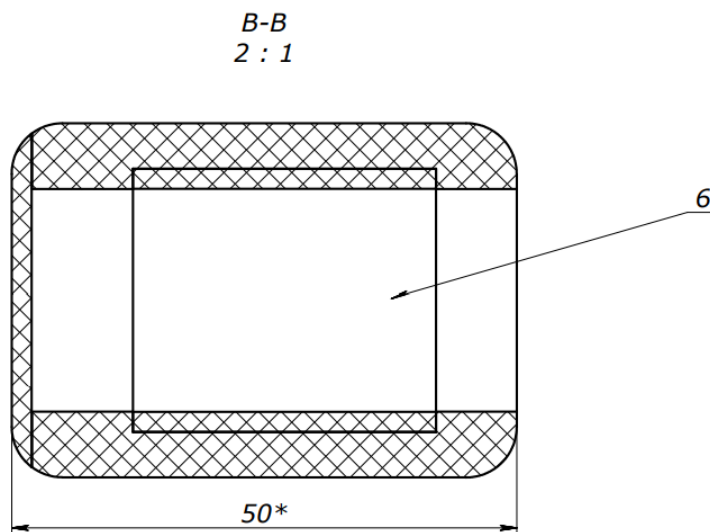


Рисунок 5.3.3 — Вид зверху корпусу для датчика

Зм.	Лис	№ докум.	Підпис	Дата

PC81.941319.001 ПЗ

Лист

38

5.4 Вибір матеріалу для корпусу

Найчастіше для виготовлення таких типів пристроїв використовується «пластик». Але це не єдиний матеріал, а велика різність сумішей, що відрізняються структурою, надійністю та іншими характеристиками. Для виготовлення корпусу, можна використати 3D принтер з матеріалом FDM або SLA.

5.4.1 Матеріал FDM

Моделювання плавним осадженням (FDM). Ця техніка добре підходить для базових моделей для підтвердження концепції, а також для швидкого та недорогого створення прототипів простих деталей.

FDM на споживчому рівні має найнижчу роздільну здатність і точність у порівнянні з іншими процесами 3D-друку пластику і не є найкращим варіантом для друку складних конструкцій або деталей зі складними функціями. Висока якість обробки може бути отримана шляхом хімічного та механічного полірування. Промислові 3D-принтери FDM використовують розчинні підкладки, щоб пом'якшити деякі з цих проблем і пропонують ширший асортимент інженерних термопластів або навіть композитів, але вони також мають високу ціну.

5.4.2 Матеріал SLA

Деталі SLA мають найвищу роздільну здатність і точність, найчіткіші деталі та найгладкішу поверхню серед усіх технологій 3D-друку пластику. Смоляний 3D-друк — чудовий варіант для високодеталізованих прототипів, які вимагають жорстких допусків і гладких поверхонь, таких як форми, візерунки та функціональні частини. Деталі SLA також можуть бути відполіровані та пофарбовані після друку, в результаті чого можна отримати готові для клієнта деталі з високою деталізацією.

Деталі, надруковані за допомогою SLA 3D-друку, як правило, ізотропні — їхня міцність більш-менш однаково незалежно від орієнтації, оскільки між кожним шаром виникають хімічні зв'язки. Тому для більш практичного використання корпусу, краще вибрати матеріал SLA.

					PC81.941319.001 ПЗ	Лист
						39
Зм.	Лис	№ докум.	Підпис	Дата		

5.5 Проектування корпусу зонда в Solidworks

На рисунку 5.3.4 можна побачити вже спроектований зонд, в тому вигляді, яким має бути.



Рисунок 5.3.4 — Повний вигляд зонда для пальця

Конструкція легка в збірці, тому проблем в експлуатації виникнути не повинно. Детальніше про те, як розбирається корпус на рисунку 5.3.5.

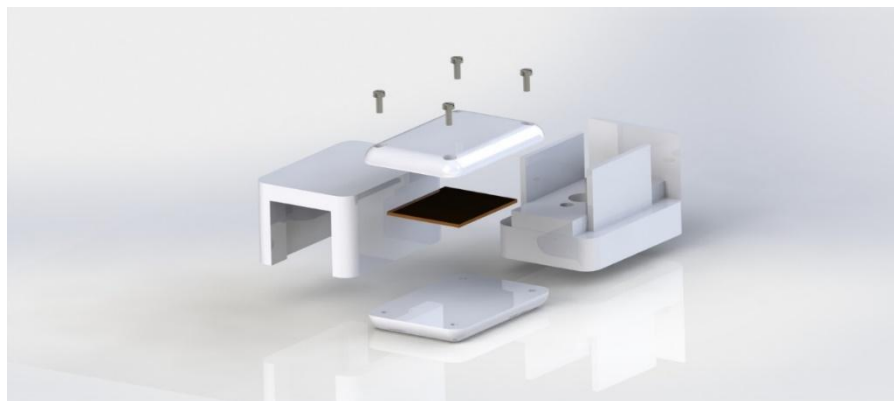


Рисунок 5.3.5 — Вигляд розбору повного корпусу

На рисунку 5.3.5 зображено місце для розташування двох світлодіодів і фотодіода, а також отвір для виводу дротів.

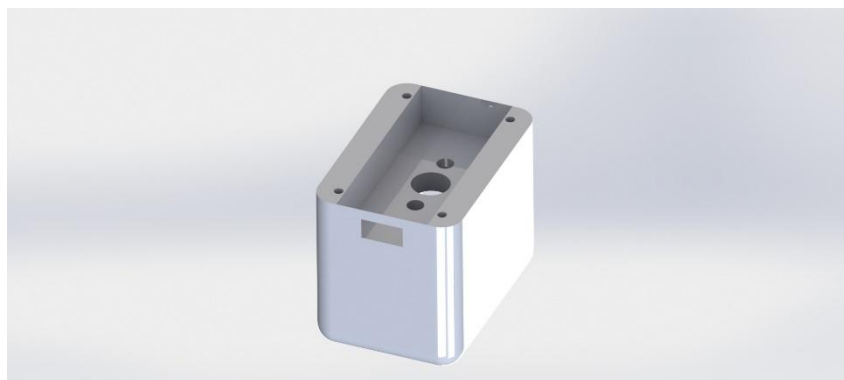


Рисунок 5.3.5 — Вид без нижньої кришки

Зм.	Лис	№ докум.	Підпис	Дата

PC81.941319.001 ПЗ

Лист
40

5.6 Висновок

У результаті даного етапу було завершено формування схеми електричної принципової і проектування корпусу для зонду. Отримано виріб, що відповідає технічному завданню, а саме: має розміри 50x35x45, нижня і верхня кришки збираються за допомогою восьми стандартизованих гвинтів, а дві центральних частин фіксуються за допомогою доповнених стінок.

					<i>PC81.941319.001 ПЗ</i>	<i>Лист</i>
<i>Зм.</i>	<i>Лис</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		41

ВИСНОВКИ

Неінвазивний прилад для вимірювання гемоглобіну був розроблений на основі методу спектроскопії з використанням двох світлодіодів з довжиною хвилі 660 нм і 940 нм. Як датчик для виявлення світла, що відбивається від пальця, використовувався фотодіод. Для отримання змінної складової сигналу була використана схема формування сигналу. Ця система заснована на мікроконтролері для управління роботою світлодіодів, обробки даних з датчика, розрахунку концентрації гемоглобіну. АЦП в мікроконтролері використовувався для перетворення даних аналогового датчика напруги в цифрові дані, щоб їх можна було далі обробляти мікроконтролером. Статус анемії можна визначити після розрахунку концентрації гемоглобіну. Окремо спроектовано зонд в якому повинні розміщуватися блок датчиків. Ця розроблена система має пройти перевірку, для зрозуміння на скільки точно відбувається вимірювання.

					<i>РС81.941319.001 ПЗ</i>	<i>Лист</i>
<i>Зм.</i>	<i>Лис</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		42

ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАНЬ

1. Козярьський І. П. ФОТОЕЛЕКТРОНІКА ТА ОПТОЕЛЕКТРОННІ ПРИЛАДИ / І. П. Козярьський. – ЧЕРНІВЦІ: Чернівецький національний університет, 2019. – 136 с.
2. Ходаковський М. ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ЄДНОСТІ ВИМІРЮВАНЬ ДНОСТІ ВИМІРЮВАНЬ У БІОМЕДИЧНИХ ОПТИЧНИХ ПРИЛАДАХ / М. Ходаковський, М. Будник. – Київ, 2017. – 12 с.
3. Ulrich T. Sensor System for Non-Invasive Optical Hemoglobin Determination [Електронний ресурс] / Т. Ulrich, J. Kraitl // 10.1109/ICSENS.2009.5398321. – 2009. – Режим доступу до ресурсу: https://www.researchgate.net/publication/224107817_Sensor_System_for_Non-Invasive_Optical_Hemoglobin_Determination.
4. McLean E, Cogswell M, Egli I, Wojdyla D, de Benoist B. Worldwide prevalence of anaemia, WHO Vitamin and mineral nutrition information system, 1993–2005. Public Health Nutr. (2009) 12:444–54. doi: 10.1017/S1368980008002401
5. Noninvasive Hemoglobin Level Prediction in a Mobile Phone Environment: State of the Art Review and Recommendations [Електронний ресурс] // 10.2196/16806. – 2019. – Режим доступу до ресурсу: https://www.researchgate.net/publication/339168497_Noninvasive_Hemoglobin_Level_Prediction_in_a_Mobile_Phone_Environment_State_of_the_Art_Review_and_Recommendations.
6. Photometric sensor system for a non-invasive real-time hemoglobin [Електронний ресурс] // Proceedings of SPIE - The International Society for Optical Engineering 8572. – 2013. – Режим доступу до ресурсу: https://www.researchgate.net/publication/263237995_Photometric_sensor_system_for_a_non-invasive_real-time_hemoglobin.

					PC81.941319.001 ПЗ	Лист
Зм.	Лис	№ докум.	Підпис	Дата		43

7. Orsense NBM-200 [Електронний ресурс] // Orsense. – 2014. – Режим доступу до ресурсу: <https://www.stradis-med.de/en/products/non-invasive-hb-measurement/nbm-200>.
8. Pronto® Pulse CO-Oximeter [Електронний ресурс] // Masimo Corporation. – 2016. – Режим доступу до ресурсу: http://www.frankshospitalworkshop.com/equipment/documents/pulse_oximeter/user_manuals/Masimo%20Pronto%20Pulse%20Oximeter%20-%20User%20manual.pdf.
9. Pulse CO-Oximeter Manual – USA: Masimo Corporation, 2017. – 68 с.
10. Smart-Hb [Електронний ресурс] // Tech4Life. – 2022. – Режим доступу до ресурсу: <https://tech4lifeenterprises.com/smart-hb/>.
11. АППАРАТУРА И МЕТОДЫ КЛИНИЧЕСКОГО МОНИТОРИНГА [Електронний ресурс] // Самар. гос. аэрокосм. ун-т. – 1999. – Режим доступу до ресурсу: <http://eliman.ru/Lit/AMCM/4.html>.
12. Богомолов М. Ф. Методи та засоби діагностики. Сучасні оптоелектронні діагностичні прилади / М. Ф. Богомолов, В. Б. Максименко, В. В. Шликов. – Київ: КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2021. – 125 с. – (ЕЛАКРІ).
13. How Noninvasive Haemoglobin Measurement with Pulse CO-Oximetry Can Change Your Practice: An Expert Review [Електронний ресурс] // Hindawi. – 2013. – Режим доступу до ресурсу: <https://www.hindawi.com/journals/emi/2013/701529/>.
14. Puig S. How Noninvasive Haemoglobin Measurement with Pulse CO-Oximetry Can Change Your Practice: An Expert Review [Електронний ресурс] / Stefan Puig // Hindawi. – 2013. – Режим доступу до ресурсу: <https://www.hindawi.com/journals/emi/2013/701529/>.
15. Які бувають світлодіоди: огляд основних типів та характеристик [Електронний ресурс] // ТОВ Електропласт+. – 2019. – Режим доступу до ресурсу: <https://pkf-elektroplast.com.ua/a399159-kakie-byvayut-svetodiody.html>.

16. Діод поверхневого монтажу Smd 5050 Led Chips Plcc-6 Epileds Chip 650 Нм 660 Нм [Електронний ресурс] // SMD LED LAMP. – 2020. – Режим доступу до ресурсу: <https://www.smdledlamp.com/product/product-8-594.html>.
17. L-34F3C-Kingbright (ІЧ-світлодіод 3мм) [Електронний ресурс] // РАДІОМАГ. – 2022. – Режим доступу до ресурсу: https://www.rcscomponents.kiev.ua/product/l-34f3c-kingbright-ich-svitlodiod-3mm_31018.html.
18. Знайте про мікроконтролери PIC та їх архітектуру з поясненнями [Електронний ресурс] // EL-PRO-CUS. – 2020. – Режим доступу до ресурсу: <https://www.elprocus.com/introduction-to-pic-microcontrollers-and-its-architecture/>.

					<i>РС81.941319.001 ПЗ</i>	<i>Лист</i>
<i>Зм.</i>	<i>Лис</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		45

ДОДАТОК А

ПОГОДЖЕНО

Керівник проекту



_____ О. Б. Шарпан

професор

ТЕХНІЧНЕ ЗАВДАННЯ

на дипломний проект

на тему «Неінвазивний оптоелектронний вимірювач рівня
гемоглобіну»

1 Назва і підстава для виконання

Назва дипломного проекту «Неінвазивний оптоелектронний вимірювач рівня гемоглобіну»

2 Виконавці

Керівник дипломного проекту – професор Шарпан Олег Борисович.

Виконавець – студент групи РС-81 Жердев Максим Вікторович.

3 Мета виконання ДКР і призначення продукції

Метою дипломного проекту є розробка пристрою, придатного для використання та оформлення необхідної конструкторської документації.

Функціонал пристрою полягає у вимірюванні рівня гемоглобіну неінвазивним оптичним способом, з подальшою обробкою отриманої інформації, яка виводиться на дисплей .

4 Технічні вимоги

4.1 Призначення

Напруга живлення: 5 В постійного струму;

Керування: звичайне;

Без особливих вимог стійкості до зовнішніх впливів і чинників;

Кліматичні вимоги УХЛ4 згідно ГОСТ 15150–69;

Захист від механічних впливів С1 згідно ГОСТ 16019–2001.

4.2 Надійності

Середній термін служби необмежений, не менше 2-ох років;

Безвідмовність роботи щонайменше 20 годин на добу.

4.3 Конструкції

Прилад повинен мати форму боксу з округленнями ребр;

Складатись із датчика, двох частин кожуху і дві кришки, що скріплюються 8-ма болтами зі сторони верхньої і нижньої панелі (по 4);

Габаритні параметри, Д×Ш×В, мм: 50×35×40 (в процесі розробки може уточнюватись);

Прилад повинен мати отвір для під'єднання через дрiт датчик; в центральній нижній частині повинен мати пустотілий простір для розміщення двох світлодіод і один фотодіод; до

4.4 Уніфікації і стандартизації

Використовувати болти з метричною різьбою, довжиною та діаметром; з плоским шліцом;

4.5 Дизайну, ергономіки та технічної естетики

Колір корпусу білий, (#FFFFFF), покриття глянцеве;

Скруглення ребер з радіусом 3мм, або фаска 1×35°;

4.6 Експлуатації, зручності технічного обслуговування та ремонту

Технічне обслуговування проводити у разі несправності;

Ремонт здійснювати у спеціалізованому сервісному центрі.

4.7 Безпеки для життя, здоров'я і майна громадян та охорони довкілля

Керуватися положеннями стандартів про вимоги технічної безпеки, електробезпеки, пожежної безпеки;

Утилізація згідно вимог для промислових відходів за ГОСТ 30773-2001.

4.8 Транспортування і зберігання

Зберігати у закритому сухому приміщенні, за умовами 2-С згідно ГОСТ 15150-69;

Транспортувати у закритому контейнері, захищеному від проникання природніх опадів.

4.9 Якості і технічного рівня

Пристрій розроблений за стандартами ISO.

5 Вимоги до сировини, матеріалів і ПКВ

Матеріал корпусу пластик (обрати оптимальний)

Виконавець

Керівник

Handwritten signature

Handwritten signature

Зм.	Лис	№ докум.	Підпис	Дата

PC81.941319.001 ПЗ

Лист

3

