

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

на здобуття освітнього ступеня

бакалавр

(назва освітнього ступеня)

на тему: *Комп'ютеризований неінвазивний глюкометр
на основі Arduino Uno*

Виконав: студент IV курсу, групи СІ-41

спеціальності 123 «Комп'ютерна інженерія»

(шифр і назва спеціальності)

(підпис)

Коршунов С.В.

(прізвище та ініціали)

Керівник

(підпис)

Яцишин В.В.

(прізвище та ініціали)

Нормоконтроль

(підпис)

Тим С.В.

(прізвище та ініціали)

Завідувач кафедри

(підпис)

Осухівська Г.М.

(прізвище та ініціали)

Рецензент

(підпис)

(прізвище та ініціали)

Тернопіль
2023

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

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

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

ЗАТВЕРДЖУЮ
Завідувач кафедри
Осухівська Г.М.
(підпис) (прізвище та ініціали)
« ___ » _____ 2023 р.

ЗАВДАННЯ
НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ

на здобуття освітнього ступеня бакалавр
(назва освітнього ступеня)

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

студенту Коршунову Сергію Васильовичу
(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи Комп'ютеризований неінвазивний глюкометр на основі Arduino Uno

Керівник роботи Яцишин Василь Володимирович, к.т.н., доцент
(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

Затверджені наказом ректора від « 28 » лютого 2023 року № 4.7-237

2. Термін подання студентом завершеної роботи 22.06.2023 р.

3. Вихідні дані до роботи принцип вимірювання рівня глюкози в крові, особливості Arduino Uno, типи глюкометрів, принцип передачі даних з глюкометра

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

Вступ. 1. Аналіз способів організації неінвазивних глюкометрів

2. Проектування комп'ютеризованого неінвазивного глюкометра

3. Розробка алгоритмів та програмного забезпечення неінвазивного глюкометра

4. Безпека життєдіяльності, основи охорони праці. Висновки

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

1. Статистика захворюваності на цукровий діабет.

2. Процес вироблення глюкози в організмі людини.

3. Структурна схема організації неінвазивного глюкометра.

4. Алгоритм функціонування неінвазивного глюкометра.

5. Результати експериментів при застосуванні неінвазивного глюкометра

6. Консультанти розділів роботи

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
<i>Безпека життєдіяльності, основи охорони праці</i>	<i>Гурик О.Я., к.т.н., доц. каф. МТ</i>		

7. Дата видачі завдання _____

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів роботи	Термін виконання етапів роботи	Примітка
1.	<i>Розробка і затвердження технічного завдання</i>	<i>28.02-15.03.2023</i>	
2.	<i>Аналіз технічного завдання</i>	<i>15.03-02.04.2023</i>	
3.	<i>Визначення вимог до апаратного та програмного забезпечення комп'ютерної системи аналізу ЕЕГ</i>	<i>03.04-18.04.2023</i>	
4.	<i>Проектування апаратного забезпечення системи реєстрації ЕЕГ</i>	<i>19.04-04.05.2023</i>	
5.	<i>Розробка програмного забезпечення із застосуванням технологій машинного навчання для аналізу ЕЕГ сигналів</i>	<i>04.05-12.05.2023</i>	
6.	<i>Розробка інструкцій із встановлення та налаштування параметрів комп'ютерної системи</i>	<i>12.05-29.05.2023</i>	
7.	<i>Безпека життєдіяльності, основи охорони праці</i>	<i>01.06-05.06.2023</i>	
8.	<i>Оформлення кваліфікаційної роботи</i>	<i>05.06-12.06.2023</i>	
9.	<i>Попередній захист кваліфікаційної роботи</i>	<i>12.06-17.06.2023</i>	
10.	<i>Захист кваліфікаційної роботи</i>	<i>19.06-24.06.2023</i>	

Студент

(підпис)

Коришонов Сергій Васильович

(прізвище та ініціали)

Керівник роботи

(підпис)

Яцишин Василь Володимирович

(прізвище та ініціали)

АНОТАЦІЯ

Комп'ютеризований неінвазивний глюкометр на основі Arduino Uno // Кваліфікаційна робота на здобуття освітнього ступеня бакалавр // Коршунов Сергій Васильович // ТНТУ, спеціальність 123 «Комп'ютерна інженерія»// Тернопіль, 2023 // с.– 57 , рис. – 36 , табл. – 8, аркушів А1 – 5, бібліогр. – 20.

Ключові слова: глюкометр, вимірювання, діабет, Arduino Uno.

Результатом виконання кваліфікаційної роботи є спроектований комп'ютеризований неінвазивний глюкометр, основна функція якого полягає у визначенні рівня глюкози у крові шляхом застосування ефекту поглинання та відбиття світла міжклітинною речовиною. Додатково у роботі забезпечено можливість визначення концентрації кисню у крові та частоти серцевих скорочень із застосуванням модуля MAX30100.

Керування процесом визначення рівня глюкози виконує Arduino UNO, основна функція якого полягає у перетворенні значень напруги у значення кількості глюкози в крові з подальшим відображенням цього значення на LCD-дисплеї та передачі до зовнішнього програмного забезпечення.

Під час виконання кваліфікаційної роботи проведено аналіз вимог до технічного забезпечення неінвазивного глюкометра, а також проаналізовано принцип утворення глюкози в крові і можливості щодо її вимірювання. Це дало змогу визначити основні апаратні та програмні засоби, які будуть застосовуватися при проектуванні неінвазивного глюкометра.

Основними компонентами комп'ютеризованого неінвазивного глюкометра є мікроконтролер на базі ATmega 328, блок живлення з регулятором напруги, рідкокристалічний дисплей 16*2, фотодіод та діод інфрачервоного спектру, модуль MAX30100 та Bluetooth-модуль HC-06.

ABSTRACT

Computerized non-invasive glucometer based on Arduino Uno // Bachelor's thesis // Korshunov Serhii // TNTU, speciality 123 «Computer engineering»// Ternopil, 2023 // p.– 57 , fig. – 36 , tab. – 8, posters A1 – 5, ref. – 20.

Keywords: glucometer, measurement, diabetes, Arduino Uno.

The result of the qualification work is a designed computerized non-invasive glucometer, the main function of which is to determine the level of glucose in the blood by using the effect of absorption and reflection of light by the intercellular substance.

In addition, the work provides the ability to determine the concentration of oxygen in the blood and heart rate using the MAX30100 module.

Control of the process of determining the level of glucose is performed by Arduino UNO, the main function of which is to convert the voltage values into the value of the amount of glucose in the blood, with the subsequent display of this value on the LCD display and transfer to external software.

During the performance of the qualification work, an analysis of the requirements for the technical support of a non-invasive glucometer was carried out, as well as the principle of the formation of glucose in the blood and the possibilities of its measurement were analyzed.

This made it possible to determine the main hardware and software tools that will be used in the design of a non-invasive glucometer. The main components of the computerized non-invasive blood glucose meter are an ATmega 328-based microcontroller, a power supply with a voltage regulator, a 16*2 liquid crystal display, a photodiode and an infrared spectrum diode, a MAX30100 module, and a HC-06 Bluetooth module.

3.3	Тестування комп'ютеризованого глюкометра	42
РОЗДІЛ 4 БЕЗПЕКА ЖИТТЄДІЯЛЬНОСТІ, ОСНОВИ ОХОРОНИ ПРАЦІ.		48
4.1	Надзвичайні ситуації, викликані пожежами, вибухами, техногенними та природними причинами	48
4.2	Вимоги до виробничих приміщень для експлуатації ВДТ	53
ВИСНОВКИ		55
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ.....		56
Додаток А. Технічне завдання		

					КС КРБ 123.041.00.00 ПЗ	Арк.
						7
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

ВСТУП

Цукровий діабет є поширеним хронічним захворюванням практично у всіх країнах світу. Найбільш використовуваним методом вимірювання рівня глюкози в крові є інвазивний метод, який болючий, дорогий і небезпечний поширенням інфекційних захворювань. При тривалому застосуванні інвазивного методу відбувається пошкодження тканин пальця.

Як альтернативу можна використовувати неінвазивний метод, який полегшує часте тестування, знімає біль і дискомфорт, викликаний частими уколами пальців. Існують деякі методи, які можна використовувати для неінвазивного вимірювання рівня глюкози в крові за допомогою глюкометра, наприклад спектроскопія ближнього інфрачервоного діапазону, фотоакустична спектроскопія, раманівська спектроскопія, поляризація.

Використовуючи ці методи, можна передбачити концентрацію глюкози у крові. Інфрачервона спектроскопія є найбільш поширеною, оскільки її результати більш точні. Це відносно легко реалізувати в апаратному забезпеченні.

Основною проблемою при виявленні рівня глюкози за допомогою інфрачервоного випромінювання є численні внутрішні характеристики (які неможливо виміряти неінвазивним шляхом), такі як гемоглобін, вода, тканини, меланін та інші компоненти крові. Ці компоненти також поглинають інфрачервоне світло, тому існує складність розрізнити ефекти, викликані глюкозою, і ефекти, викликані цими факторами.

У роботі пропонується неінвазивний метод вимірювання рівня глюкози. Зміна інтенсивності інфрачервоного світла ближнього спектру, отриманого від фотодетектора після проходження крізь палець, використовується для визначення рівня глюкози в крові. Виміряний рівень глюкози відображається на РК-дисплеї та передається в програму, яка може бути реалізована як мобільний додаток і забезпечує зберігання даних переданих через Bluetooth.

					КС КРБ 123.041.00.00 ПЗ	Арк.
						8
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

РОЗДІЛ 1 АНАЛІЗ СПОСОБІВ ОРГАНІЗАЦІЇ НЕІНВАЗИВНИХ ГЛЮКОМЕТРІВ

1.1 Аналіз технічних особливостей при реалізації комп'ютеризованого неінвазивного глюкометра

Комп'ютеризований неінвазивний глюкометр призначений для вимірювання рівня глюкози в крові людини шляхом застосування методів та засобів спектрального аналізу світла. Це забезпечить безболісну процедуру для визначення в організмі рівня цукру та класифікувати його за трьома рівнями: нормальний, допустимий та критичний.

Комп'ютеризований глюкометр повинен забезпечувати вивід інформації щодо значення рівня глюкози в крові на рідкокристалічний екран та передавати дані у зовнішнє програмне забезпечення, яке може бути реалізовано у вигляді мобільного додатка або desktop-версії.

До складу проекрованої системи повинен також входити модуль безпроводної передачі даних з підтримкою Bluetooth технології, який безпосередньо буде комунікувати із програмним забезпеченням опрацювання даних щодо рівня глюкози в організмі людини.

Окрім цього, на базі глюкометра необхідно реалізувати підсистему, яка буде здатна вимірювати насиченість організму киснем та частоту серцевих скорочень. Значення цих показників також повинні бути опрацьовані Arduino UNO та відображені на LCD- дисплеї.

У процесі проектування необхідно реалізувати датчик для вимірювання рівня цукру на основі діодів, що випромінюють та приймають короткохвильовий інфрачервоний спектр випромінювання. При цьому повинні бути застосовані фільтр шумів та підсилювач, які б давали змогу перетворити значення струму у

					КС КРБ 123.041.00.00 ПЗ			
<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>				
<i>Розроб.</i>		<i>Коршунів С.В.</i>			<i>Аналіз способів організації неінвазивних глюкометрів</i>	<i>Лім.</i>	<i>Арк.</i>	<i>Аркушів</i>
<i>Перевір.</i>		<i>Яцишин В.В.</i>					9	
<i>Реценз.</i>						<i>ТНТУ, каф. КС, гр. СІ-41</i>		
<i>Н. Контр.</i>		<i>Тиш Є.В.</i>						
<i>Затверд.</i>		<i>Осухівська Г.М.</i>						

напругу у мілівольтах, а після цього визначити функцію інтерпретації напруги у концентрацію глюкози в міліграмах на дециметр.

Програмне забезпечення неінвазивного глюкометра повинно забезпечувати функції реалізації логіки обчислення рівня глюкози в крові з визначеним рівнем точності. В якості еталонного значення повинні братися ті, які одержані шляхом інвазивного способу вимірювання.

Мета проектування комп'ютеризованого неінвазивного глюкометра полягає у реалізації пристрою на основі мікроконтролера ATmega 328 для вимірювання рівня глюкози в крові без травмування шкірного покриву та забору крові. В основі даного пристрою повинні використовуватися ефекти світлопоглинання та світловідбивання у рідинах, а також повинна бути забезпечена точність вимірювання та відображення результатів на периферійному пристрої та передачі і зберігання у зовнішньому програмному забезпеченні. Даний пристрій повинен забезпечувати більшу зручність та комфорт у порівнянні з інвазивними способами визначення рівня цукру в крові.

Для досягнення мети щодо реалізації комп'ютеризованого неінвазивного глюкометра потрібно розв'язати наступні задачі:

- дослідження підходів та особливостей вимірювання рівня глюкози в крові людини;
- аналіз неінвазивних засобів визначення рівня цукру в крові;
- побудова структурної та електричної принципової схеми комп'ютеризованого неінвазивного глюкометра;
- аналіз технічних характеристик та обґрунтування вибору апаратних складових неінвазивного глюкометра;
- розробка алгоритмів вимірювання рівня цукру в крові та їхнього опрацювання;
- розробка програмного забезпечення для управління процесом вимірювання та опрацювання даних щодо рівня глюкози;
- тестування розробленого комп'ютеризованого неінвазивного глюкометра.

					КС КРБ 123.041.00.00 ПЗ	Арк.
						10
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

1.2 Аналізу процесу утворення глюкози в організмі людини

Цукровий діабет – це метаболічна хвороба типу А, при якій рівень глюкози (цукру в крові) в організмі людини різко підвищується від нормального рівня. Підвищення рівня цукру відбувається або через недостатнє вироблення інсуліну в клітинах крові, або через неправильну відповідь клітин організму на інсулін або може бути з обох причин. Діабет може призвести до серйозних ускладнень, таких як серцева недостатність і сліпота в організмі людини. Тому важливий регулярний контроль рівня глюкози.

У світі більше 200 мільйонів хворих на діабет. Діабет – це стан організму, при якому він не здатний виробляти достатню кількість інсуліну для підтримки нормального рівня глюкози в крові. Результат статистичного розподілу щодо захворюваності на цукровий діабет за віковими категоріями у 2019 році показано на рис. 1.1.

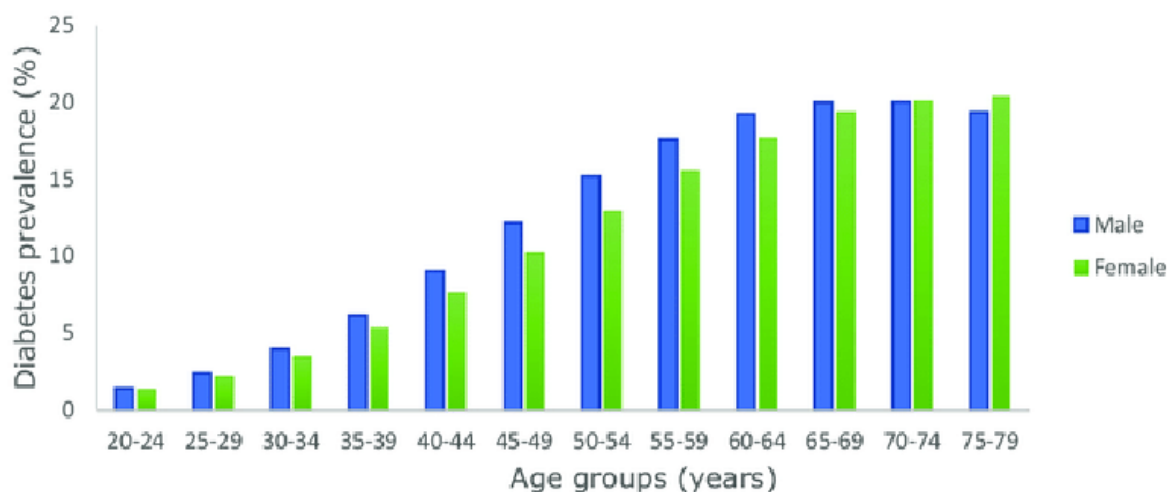


Рисунок 1.1 – Розподіл за віковими категоріями щодо захворюваності на цукровий діабет

Отже, хворим на діабет життєво необхідно регулювати рівень цукру в крові за допомогою правильної дієти, а також шляхом ін'єкції інсуліну.

Для ефективного лікування цукрового діабету пацієнти повинні періодично вимірювати рівень глюкози в крові. На даний час люди з цукровим діабетом використовують інвазивний інструмент для, відомий як глюкометр, щоб визначити концентрацію глюкози в крові.

У патологічних лабораторіях рівень глюкози вимірюють шляхом проколювання пальця пацієнта голкою для того, щоб виконати забір невеликої кількості зразка крові. Потім зразок крові поміщають на смужку та вставляють у глюкометр, як показано на рис. 1.2.



Рисунок 1.2 – Інвазивний спосіб вимірювання рівня глюкози в крові

Порівняно з трансдермальною технологією, оптична технологія пропонує більше можливостей дослідження. Змінні частоти світла використовуються для виявлення глюкози за допомогою оптичних перетворювачів, використовуючи переваги різних способів взаємодії світла з молекулами глюкози залежно від концентрації; однак, незважаючи на значний дослідницький інтерес, на медичному ринку бракує неінвазивного продукту.

Пристрій CGM Senseonics – це імплантований датчик глюкози, який працює до 6 місяців, але має недолік, оскільки він інвазивний за своєю природою. Проблеми для ефективного CGM з використанням світлових методів численні.

Виявлення неінвазивного сигналу, створюваного низьким рівнем глюкози, важко виміряти через динамічні та складні фонові сигнали (тобто вода, гемоглобін і ліпіди, які перекривають слабкі спектри глюкози).

Фізичні змінні, такі як товщина тканини, властивості розсіювання та температура тканини в місці вимірювання, можуть впливати на показання. Крім того, інструментальний пристрій вимагає кількох компонентів: світлодіода, фотодіода, аналого-цифрового перетворювача та підсилювача з мікропроцесорною схемою для перетворення значень у відповідне значення глюкози в крові [4].

Проблемою залишається інтеграція в неінвазивний портативний пристрій для CGM. Виявлення глюкози на основі оптичних підходів можна загалом класифікувати як флуорофорні та прямі (не флуорофорні) методи.

Розробка неінвазивної методики вимірювання рівня глюкози стала б набагато ефективнішою для хворих на діабет. Головною перевагою неінвазивних методів вимірювання є полегшення болю та підвищення комфорту завдяки відсутності проколювання пальця.

Метод вимірювання рівня глюкози інфрачервоною спектроскопією популярний протягом багатьох років, однак методу з надійним результатом поки ще не створений [3].

Мета виконання цього проекту полягає у тому, щоб забезпечити ефективне використання інфрачервоного датчика зі спеціальною довжиною хвилі, який може проникати через шкіру пальця та вимірювати значення рівня цукру в крові. Хвиля інфрачервоного датчика проходитиме крізь шкіру пальця і стикатиметься з клітинами крові, які викликають відбиття.

Після цього приймач отримає цю хвилю, а Arduino UNO опрацює її та визначить рівень глюкози. Для перевірки ефективності реалізації комп'ютеризованого глюкометра потрібно визначити відсоток помилки між інвазивним методом і неінвазивним.

Окрім цього, діабет можна назвати сукупністю метаболічних розладів, які супроводжуються підвищеним рівнем цукру в крові протягом тривалого часу.

					КС КРБ 123.041.00.00 ПЗ	Арк.
						13
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Ознаками цукрового діабету є часті сечовипускання, практично постійна спрага і підвищений апетит.

Варто відмітити, що у випадку не належного лікування діабет спричиняє розвиток багатьох супутніх хвороб і ускладнень. Так, протягом тривалої хвороби можуть виникати серцево-судинні проблеми, порушення у діяльності нервової системи, інсульт, розвиток хронічної хвороби нирок, виразки стопи, пошкодження зорових та когнітивних функцій.

Причиною появи діабету є ситуація, коли підшлункова залоза не виробляє або виробляє не достатню кількість інсуліну. Окрім цього, причиною може бути і порушення на клітинному рівні, коли не сприймається вироблений організмом інсулін. В медицині прийнято виділяти три основні види цукрового діабету, два з яких показано на рис.1.3.

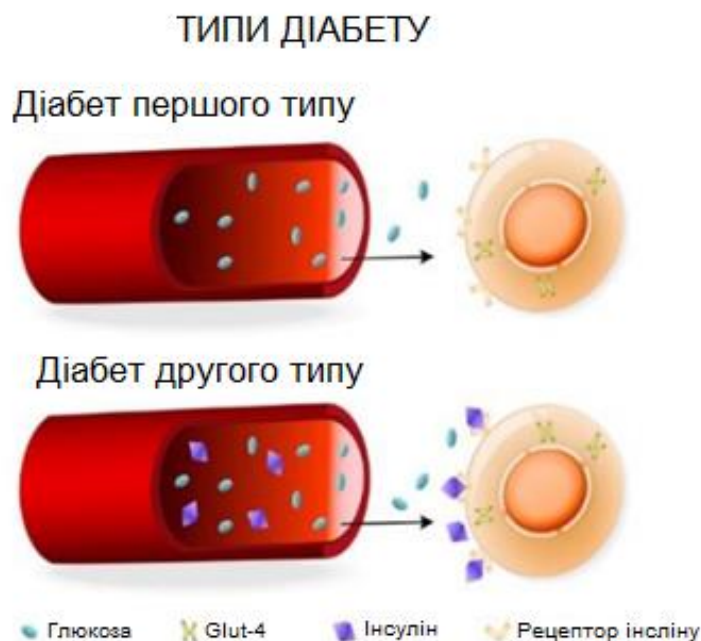


Рисунок 1.3 – Типи цукрового діабету

Виникнення цукрового діабету першого типу спричинене відмовою підшлункової залози виробляти у достатній кількості інсулін у зв'язку з втратою

бета-клітин. В свою черга втрата бета-клітин викликається аутоімунною відповіддю організму людини.

Характерною особливістю діабету другого типу є те, що в організмі виникає резистентність до інсуліну. Це супроводжується станом, коли клітини потрібним чином не реагують на інсулін. У випадку, коли хвороба прогресує можливий розвиток нестачі інсуліну, що зумовлений у більшості випадків надмірною масою тіла та слабкою фізичною активністю.

Гестаційний діабет проявляється при вагітності жінок, у яких до цього часу не було ознак діабету, а рівень цукру в крові починає зростати до високих показників.

Глюкоза за допомогою кровотоку переноситься до клітин організму і таким чином забезпечує їх енергією. Будь-якій людині необхідно підтримувати нормальний рівень цукру в крові для того, щоб знизити імовірність виникнення діабету або хвороби серця [5].

Глюкоза, яка циркулює в крові, слугує основним джерелом енергії організму. Коли людина вживає вуглеводи, то за допомогою травної системи вони перетворюються у різної складності молекули цукру.

Існують такі вуглеводи, які організму людини складно розщеплювати, наприклад лактоза, що поширена в молочних продуктах. Складність таких вуглеводів проявляється в тому, що при розщепленні до їх складу входить багато відмінних між собою типів молекул цукру. По суті глюкоза є речовиною, яку клітини організму перетворюють на енергію. Після того, як людина споживає їжу і перетравлює її, цукор потрапляє у кров.

Потрапляння глюкози в клітину можливе лише за умови достатньої кількості інсуліну в крові, який забезпечує її готовність для прийняття глюкози. Кількість цукру в крові зростає після того, коли людина вживає їжу. Інсулін виробляє орган, під назвою підшлункова залоза, яка автоматично його виділяє [5].

					КС КРБ 123.041.00.00 ПЗ	Арк.
						15
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

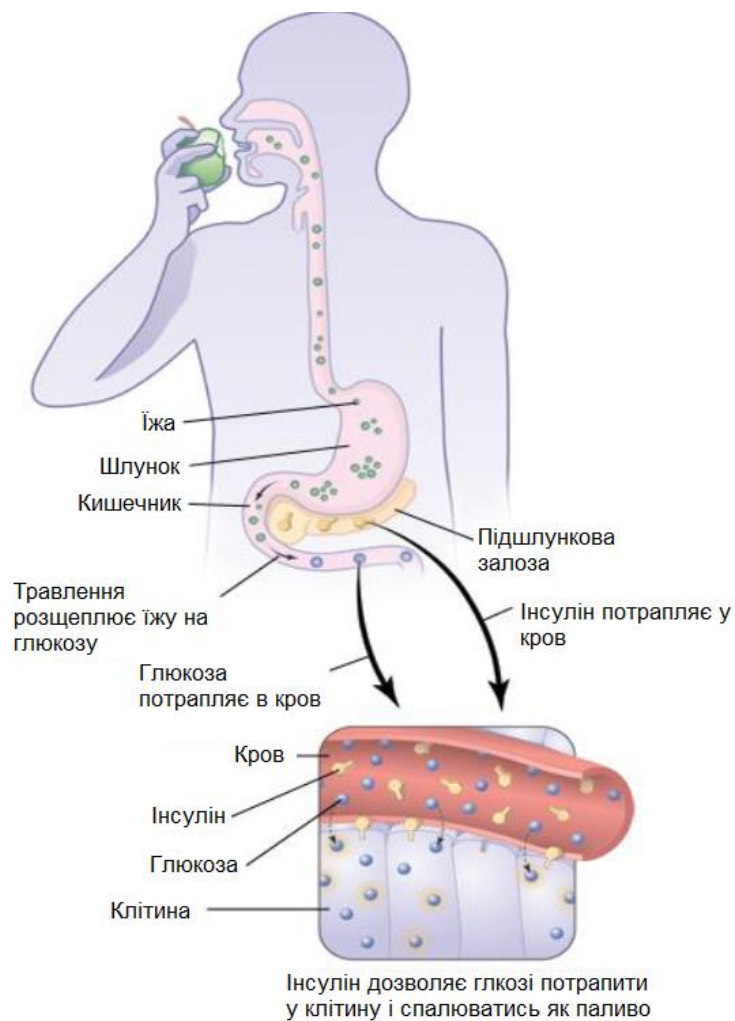


Рисунок 1.4 – Ланцюг утворення глюкози

Як було зазначено раніше, після вживання їжі рівень глюкози в організмі зростає, однак через кілька годин він починає знижуватися, оскільки інсулін забезпечує переміщення глюкози до клітин організму. У період між прийомами їжі кількість глюкози в крові має відповідати показнику, що менший за 100 мг/дл, який ще називають показником рівня цукру натще.

У випадку, коли виділяється недостатня кількість інсуліну, то це спричиняє неможливість проникнення глюкози у клітини. Якщо через дві години після прийому їжі рівень глюкози перевищує 200 мг/дл чи 125 мг/дл натще, то такий стан вважають гіперглікемією.

Значно підвищений рівень глюкози на протязі довгого часу, зазвичай, спричиняє пошкодження судин, які виступають в ролі каналу передачі

збагаченої киснем крові до різних органів і систем людини. Окрім цього, високий рівень глюкози може супроводжуватися підвищенням ризику виникнення таких хвороб і станів як:

- серцево-судинні захворювання, стани інфаркту або інсульту;
- хвороби нирок;
- пошкодження нервової системи;
- захворювання зорових органів, зокрема, ретинопатія.

Таким чином, розробка неінвазивного глюкометра є актуальною задачею, оскільки дозволить більш комфортно та без травм визначити рівень цукру та запобігти розвитку цукрового діабету.

					<i>КС КРБ 123.041.00.00 ПЗ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		17

РОЗДІЛ 2 ПРОЕКТУВАННЯ КОМП'ЮТЕРИЗОВАНОГО НЕІНВАЗИВНОГО ГЛЮКОМЕТРА

Сьогодні на ринку представлено багато різновидів глюкометрів, однак більшість з них є інвазивними. Такий тип пристроїв визначення рівня цукру в крові потребує невеликої кількості крові і функціонує таким шляхом, що проколює його голкою та використовує тест-смужку, яка безпосередньо показує рівень глюкози.

Іноді цей метод знеохочує пацієнтів, тому що прокол пальця болючий, заразний, коли одна голка використовується для кількох пацієнтів, і має вищу вартість. У зв'язку з цим необхідно розробити неінвазивний метод, який не потребує пункції пальця та є економічно ефективним для людей, які хворіють діабетом.

Перед тим, як перейти до безпосереднього проектування неінвазивного глюкометра потрібно провести аналіз середовища у якому будуть проводитись вимірювання та проаналізувати типи і характеристики інфрачервоного випромінювання

2.1 Аналіз середовища застосування неінвазивного глюкометра

Шкіра вважається найбільшим «органом» людського організму, загальна площа якої становить приблизно 20 квадратних футів. До функцій шкіри відноситься захист від мікробів і шкідливих речовин, допомога при регулюванні температури тіла і забезпечення тактильних відчуттів, тепла і холоду. До складу шкіри входить три шари:

«Епідерміс – зовнішній шар шкіри, що забезпечує водонепроникний бар'єр і створює колір шкіри».

					КС КРБ 123.041.00.00 ПЗ			
<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>				
<i>Розроб.</i>		<i>Коршунів С.В.</i>			<i>Проектування комп'ютеризованого неінвазивного глюкометра</i>	<i>Літ.</i>	<i>Арк.</i>	<i>Аркуші</i>
<i>Перевір.</i>		<i>Яцишин В.В.</i>					18	
<i>Реценз.</i>						<i>ТНТУ, каф. КС, гр. СІ-41</i>		
<i>Н. Контр.</i>		<i>Тиш Є.В.</i>						
<i>Затверд.</i>		<i>Осухівська Г.М.</i>						

«Дерма – розташована під епідермісом, містить міцну сполучну тканину, волосяні фолікули та потові залози».

«Гіподерма – глибша підшкірна клітковина, що сформована з жирової та сполучної тканин».

На колір шкіри впливають спеціальні клітини меланоцити, які виробляють пігмент меланін, які знаходяться в епідермісі [3]. На рис. 2.1 схематично у розрізі показано шари шкіри.

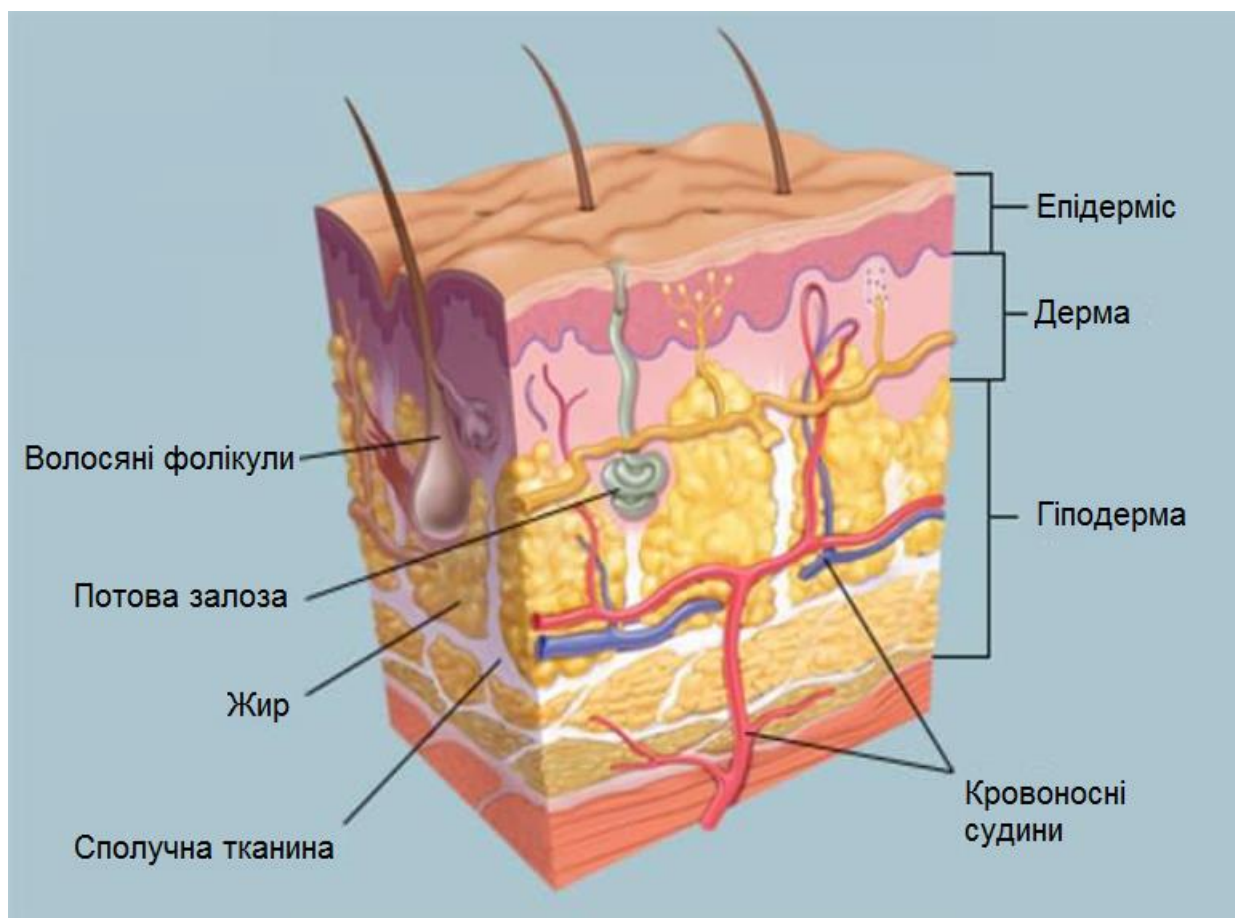


Рисунок 2.1 – Структура шкіри людини

Спектроскопія ближнього інфрачервоного діапазону (NIRS) – це спектроскопічний метод, який використовує ближню інфрачервону область електромагнітного спектру (від 780 нм до 2500 нм). Типові програми включають медичну та фізіологічну діагностику та дослідження, включаючи рівень цукру в крові, пульсоксиметрію, функціональну нейровізуалізацію, також є багато програм, які використовують його. 1.11.1 Діапазон довжин хвиль

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

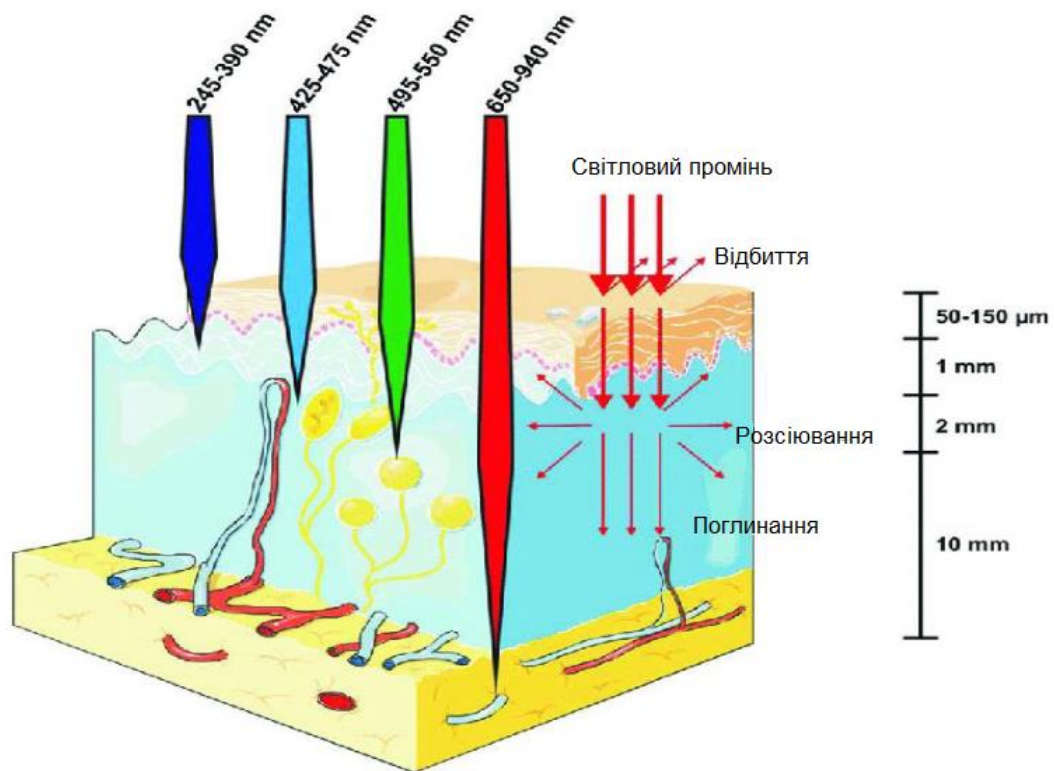


Рисунок 2.2 – Проникнення світла через шкіру з різними довжинами хвиль (нм)

Глюкоза є різновидом моносахариду з молекулярною формулою $C_6H_{12}O_6$ у формі піранози. Вона має кілька піків поглинання в NIR області, де світло має максимальну глибину проникнення в тканину, що називається вікном ближнього інфрачервоного випромінювання.

Глюкоза має піки поглинання світла на довжинах хвиль 940 нм, 970 нм, 1197 нм, 1408 нм, 1536 нм, 1688 нм, 1925 нм, 2100 нм, 2261 нм і 2326 нм, але при довжині хвилі 940 нм ослаблення оптичних сигналів іншими складовими крові, такими як вода, тромбоцити, еритроцит тощо є мінімальною, тому можна досягти бажаної глибини проникнення та передбачити фактичну концентрацію глюкози [1].

2.2 Аналіз принципів неінвазивного вимірювання рівня глюкози в крові

Системи діагностики рівня цукру в крові в переважній більшості носять інвазивний характер. Ця процедура виконується шляхом забору крові через

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

КС КРБ 123.041.00.00 ПЗ

Арк.

20

прокол шкіри голкою та нанесення її на хімічно активну тест-смужку. Ще одна процедура діагностики цукру в крові – неінвазивний метод.

Деякі з існуючих неінвазивних методів – це виявлення в ближньому інфрачервоному (NIR) діапазоні, застосування ультразвуку і діелектричної спектроскопії, які не потребують додаткового забезпечення та крові для проведення досліджень і розрахунку їх результату [7].

До складу шкіри входить три шари, з яких лише шар дерми містить інформацію про рівень глюкози в крові, а інфрачервоне випромінювання (від 780 нм до 2500 нм) здатне проникати до нього. Інфрачервоне випромінювання буде поглинатися різними тканинами шкіри, різними молекулами в крові, такими як меланін, кератин, жири, білки, гормони тощо, і шкіра пігменти.

Варіації об'єму кровотоку може бути виявлено датчиками (PPG) оптично. Вони реєструють зміни в інтенсивності відбитого світла від шару дерми шкіри. Форма хвилі світла складається з компонентів постійного (DC) і змінного струму (AC). Компонент постійного струму форми хвилі PPG відповідає оптичному сигналу, який передається або відбивається від тканин під час змін об'єму крові в цій роботі, відбивна фотографія, що вважається неінвазивним методом визначення рівня глюкози. У даному випадку випромінювання проходить крізь епідермальний шар і шар дерми, а після цього поглинається, розсіюється та відбивається молекулами глюкози.

При взаємодії світлового променя з різними тканинами організму людини, він послаблюється шляхом розсіювання та поглинання шарами шкіри. У зв'язку з різними значеннями характеристики заломлення міжклітинної рідини і мембрани клітин спостерігається процес розсіювання світлового потоку. Заломлення світла у міжклітинній рідині не є статистичним і на нього впливає кількість глюкози, в той час, як значення заломлення для мембран клітин є практично постійним. Згідно означення закону Бір-Ламберта щодо вимірювання величини поглинання світлового променя розчином будь-якої природи, яке прямо пропорційне до концентрації розчину і відстані, що пройдена світловим променем, можна зробити висновок про те, що більша кількість глюкози спричиняє менше розсіювання, меншу довжину оптичної відстані.

					КС КРБ 123.041.00.00 ПЗ	Арк.
						21
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Візуально представлення заломлення та інтенсивності світлового потоку при проходженні через шари шкіри показано на рис. 2.3 і рис. 2.4.

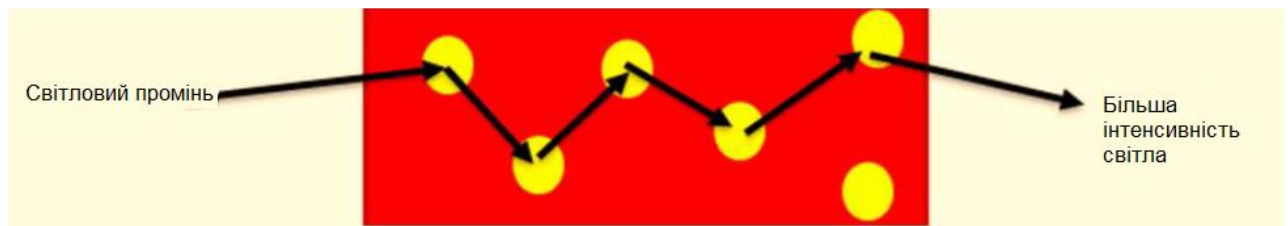


Рисунок 2.3 – Інтенсивність світла при меншій концентрації глюкози

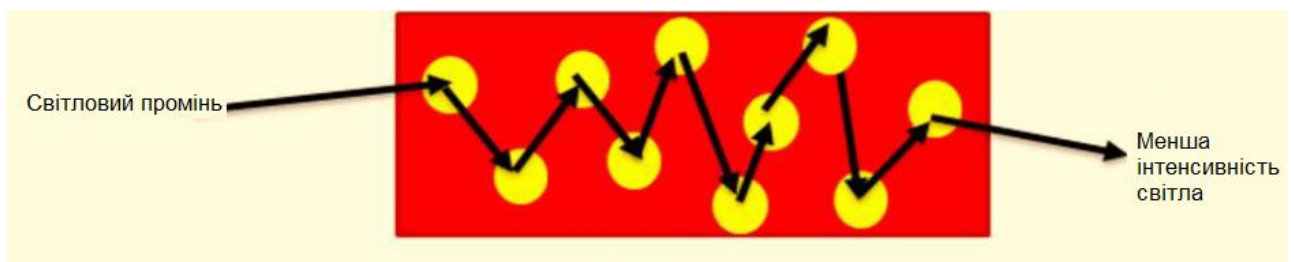


Рисунок 2.4 – Інтенсивність світла при більшій концентрації глюкози

Зважаючи на це, більша кількість концентрації глюкози в дермі, призводить до більшого поглинання, ніж у попередніх шарах. У зв'язку із збільшеним поглинанням тканинами з підвищеним вмістом глюкози, відбите світло менш інтенсивне порівняно з тканинами з нижчим вмістом глюкози [4].

2.3 Проектування неінвазивного глюкометра на базі Arduino UNO

Для вимірювання рівня цукру в крові за допомогою неінвазивного способу пропонується скористатися підходом в основі якого лежить той факт, що інфрачервоне випромінювання ближнього спектру проникає крізь шкіру, взаємодіє з тканинами пальців і концентрацією глюкози, а потім відбивається, і це відбите світло є електричним струмом, яке перетворюється в електричний потенціал.

При проектуванні неінвазивного глюкометра досліджено багато датчиків, які зчитують вихідну напругу. Після цього проведено порівняння результатів

зусиль із концентрацією цукру в крові газовим методом і виявлено залежність, і лише після цього завершено дизайн пристрою.

При проектуванні комп'ютеризованого неінвазивного глюкометра необхідно розробити датчик, схему, яка містить ІЧ-передавач і ІЧ-фотодіодний приймач. Також до складу глюкометра входить схема, яка складається з каскаду фільтрації та каскаду підсилення. Розроблена схема електрична принципова глюкометра показана на рис. 2.5.

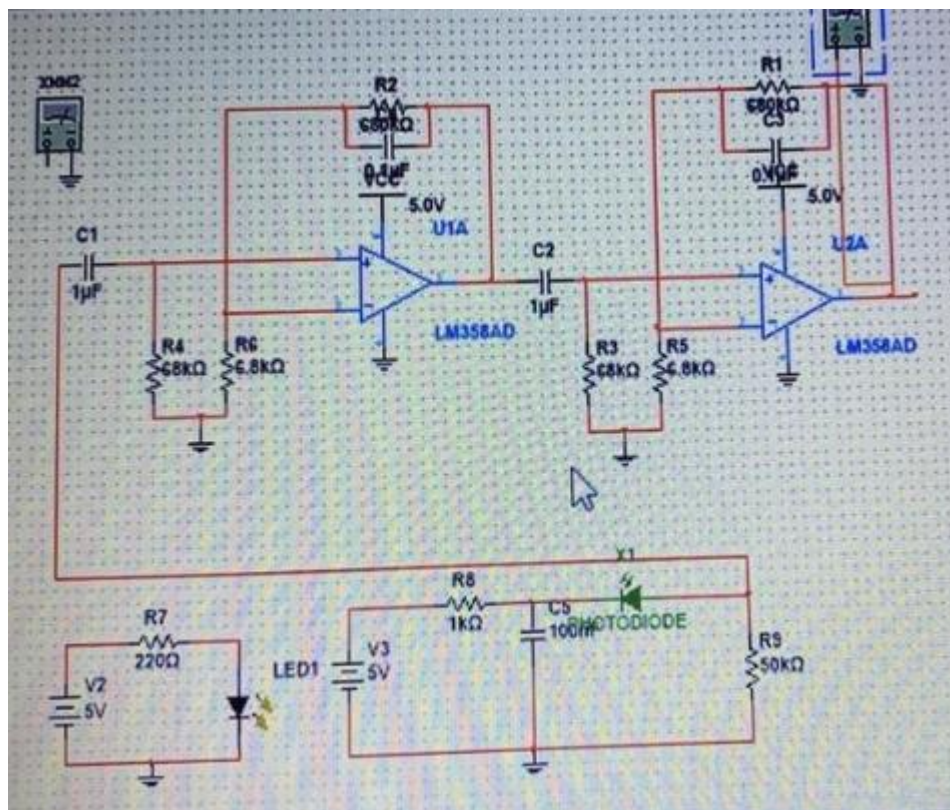


Рисунок 2.5 – Промодельована схема неінвазивного глюкометра

Пропонований неінвазивний глюкометр базується на оптичній техніці NIR. Вибрано джерело світла NIR з довжиною хвилі 940 нм, оскільки воно підходить для вимірювання концентрації глюкози в крові.

Сенсорний блок складається з випромінювача ближнього інфрачервоного випромінювання та приймача ближнього інфрачервоного випромінювання (фотодетектора), розташованих по обидві сторони від місця вимірювання (кінчика пальця).

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

Коли ближнє інфрачервоне світло поширюється через кінчик пальця, де воно взаємодіє з молекулою глюкози, частина ближнього інфрачервоного випромінювання поглинається залежно від концентрації глюкози в крові, а решта проходить через палець. Кількість світла що проходить через кінчик пальця, залежить від рівня концентрації глюкози в крові. На рис. 2.6 показано структурну схему спроектованого неінвазивного глюкометра.

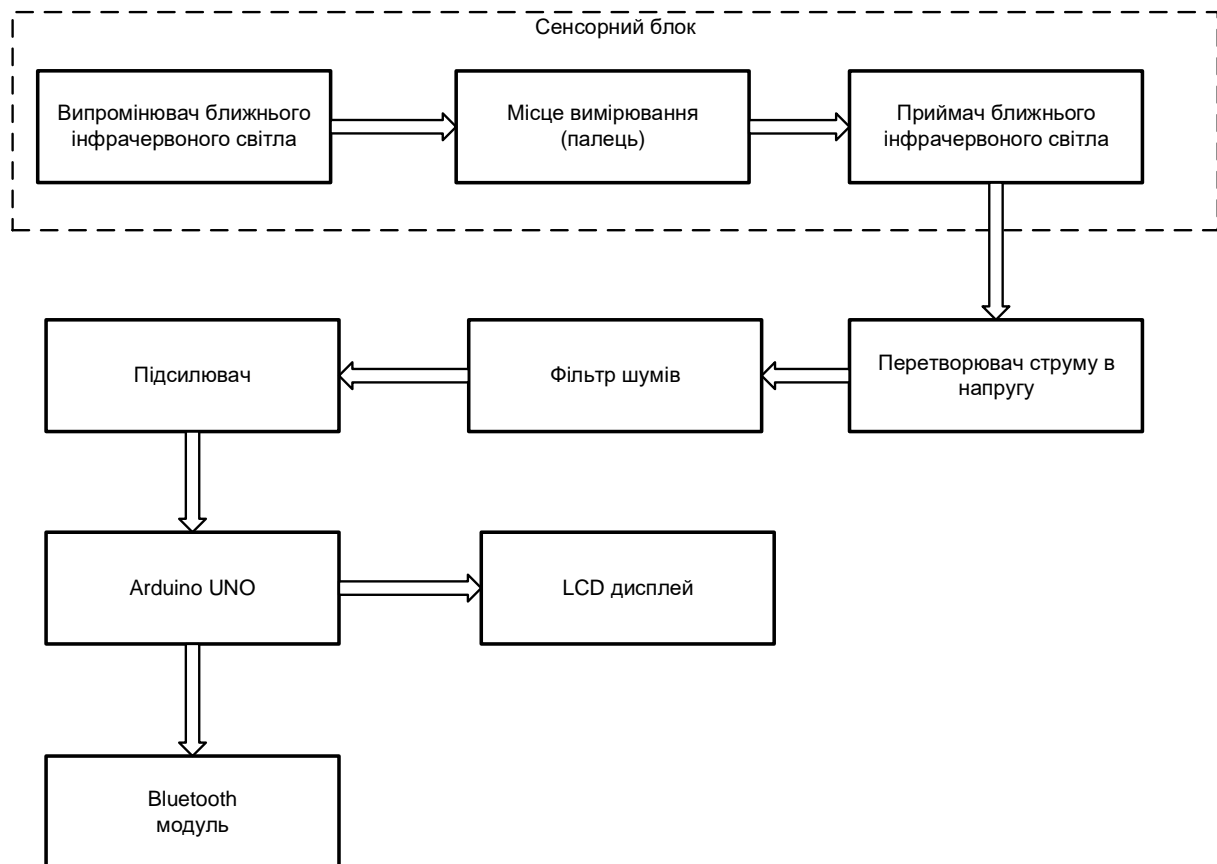


Рисунок 2.6 – Структурна схема неінвазивного глюкометра

Як видно з рис. 2.6 переданий сигнал визначається за допомогою фотодетектора. Вихідний струм фотодетектора перетворюється в сигнал напруги, а потім фільтрується і підсилюється. Цей підсилений сигнал подається в Arduino.

Далі одержаний сигнал опрацьовується за допомогою регресійного аналізу другого порядку для прогнозування значення глюкози в крові, і значення глюкози в крові відображається на РК-дисплеї.

Програмне забезпечення застосовується для перегляду та зберігання прогнозованого значення глюкози в крові після отримання його через Bluetooth. Atmel спілкується з програмним додатком через Bluetooth, підключивши до нього модуль Bluetooth (HC-06).

Принципова схема розробленої системи складається з датчика, який виконує каскад фільтрації та каскад підсилення. Електричний струм, отриманий від фотодетектора, перетворюється на напругу. Наступний крок полягає у дослідженні компонентів комп'ютеризованого неінвазивного глюкометра.

2.4 Функціональні можливості Arduino Uno

В основі Arduino/Genuino Uno лежить мікроконтролер ATmega328P. Даний мікроконтролер містить чотирнадцять цифрових входів/виходів, шість з яких можна застосовувати як широтно-імпульсні модулятори. Функції процесора виконує кварцовий генератор з частотою 16 МГц. Окрім цього, до складу Arduino входять USB-порти, роз'єм для живлення, роз'єм ICSP і кнопка Reset. Даний мікроконтролер має все необхідне для підтримки функцій мінікомп'ютера і він може одержувати живлення від USB-порта комп'ютера за допомогою відповідного кабелю або може житися від блока живлення, що перетворює змінний струму у постійний чи звичайного автомобільного акумулятора. На рис. 2.7 показано вигляд Arduino Uno.



Рисунок 2.7 – Вигляд Arduino Uno

					КС КРБ 123.041.00.00 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		25

При роботі з UNO можна не турбуватися про те, що зроблено щось не так, у найгіршому випадку можна замінити чіп за кілька доларів і почати заново.

Щодо походження назви Arduino «Uno», то в перекладі з італійської мови воно означає «один» і застосовуються для означення випуску ПЗ Arduino (IDE) 1.0. На сьогодні спостерігається еволюція розвитку плат Arduino, але символічно вважають апаратну і програмну складову Uno як початкову, еталонну версію.

Апаратне забезпечення Uno є першим у серії USB Arduino boards і початковою моделлю для платформи Arduino; для обширного списку поточних, минулих або застарілих плат можна знайти довідник Arduino index плат. Специфікація Arduino представлена у табл. 2.1.

Таблиця 2.1 – Специфікація основних характеристик Arduino Uno

Характеристика	Значення характеристики
Мікроконтролер	ATmega328P
Напруга живлення	5В
Вхідна напруга	7-12 В
Межа вхідної напруги	6-20 В
Цифрові входи/виходи	6
Аналогові входи	6
Струм на контакти входу/виходу	20 mA
Струм на контакт 3.3В	50 mA
Flash –пам'ять	Of which 0.5KB is used
SRAM	2 KB
EEPROM	1KB
Частота процесора	16МГц
Довжина	68.6 мм
Ширина	53.4 мм
Вага	25г

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

КС КРБ 123.041.00.00 ПЗ

Арк.

26

2.5 Блок живлення з регулятором напруги

Для живлення комп'ютеризованого неінвазивного глюкометра використовується типова структура, що наведене на рис. 2.8.

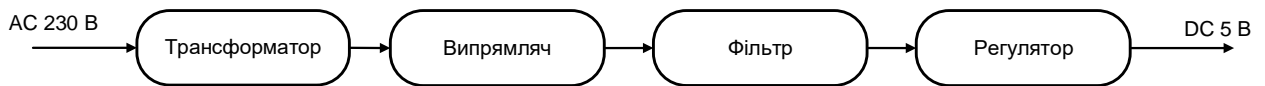


Рисунок 2.8 – Структура типового блока живлення для Arduino Uno

Першим компонентом у структурі є трансформатор, ж якого подається змінна напруга 230 В. Трансформатор представляє собою пристрій, що забезпечує передачу електричної енергії від одного електричного кола до іншого через індуктивно зв'язані провідники без зміни її частоти.

Змінний струм у першій або первинній обмотці створює різний магнітний потік у сердечнику трансформатора, а отже, змінне магнітне поле через вторинну обмотку. Це змінне магнітне поле індукує змінну електрорушійну силу (ЕРС) або «напругу» у вторинній обмотці. Цей ефект називається взаємоіндукцією. Якщо навантаження підключено до вторинної обмотки, електричний струм буде протікати у вторинній обмотці, і електрична енергія буде передаватися від первинної ланцюга через трансформатор до навантаження. Це поле складається із силових ліній і має таку саму форму, як стрижневий магніт.

Якщо струм збільшується, силові лінії рухаються назовні від котушки. Якщо струм зменшується, силові лінії рухаються всередину. Якщо іншу котушку розташувати поруч з першою котушкою, тоді, коли поле рухається назовні або всередину, рухомі силові лінії будуть «різати» витки другої котушки. Коли це відбувається, то у другій котушці індукується напруга. У випадку мережі із змінним струмом, що рівний 50 Гц це відбувається 50 разів на секунду. Це називається взаємоіндукцією і є основою трансформатора.

Наступний структурний елемент у блоці живлення, який увімкнений після трансформатора є випрямляч. Даний пристрій забезпечує перетворення змінного струму у постійний, а сам процес, відомий як випрямлення.

					КС КРБ 123.041.00.00 ПЗ	Арк.
						27
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Випрямлячі мають багато застосувань, у тому числі як структурні елементи джерел живлення та детектори радіосигналів. Випрямлячі можуть складатися з твердотільних діодів, діодів на вакуумній трубці, дугових ртутних вентилів та інших компонентів.

Пристрій, основна функція якого полягає у виконанні протилежної функції, тобто перетворенні постійного струму на змінний, називають інвертором. Коли при випрямленні змінного струму застосовується тільки один єдиний діод (шляхом блокування негативної чи позитивної частини сигналу), різниця між термінами «діод» і «випрямляч» полягає лише у використанні, тобто термін «випрямляч» описує діод, основна функція якого полягає у перетворенні змінного струму в постійний.

Майже всі випрямлячі містять кілька діодів у спеціальному розташуванні для більш ефективної трансформації змінного струму в постійний, ніж це можливо з одним діодом. При розробці напівпровідникових випрямлячів з кремнію застосовують діоди на вакуумній трубці та випрямні стеки з селену або оксиду міді (I).

Процес перетворення пульсуючого постійного струму в чистий постійний струм за допомогою фільтрів називається фільтрацією. Електронні фільтри представляють собою електронні схеми, які забезпечують виконання функцій опрацювання сигналу, зокрема щодо нейтралізації та видалення з сигналу небажаних частотних компонентів з метою підсилення корисного сигналу.

Регулятор напруги лише з трьома клемми здається простим пристроєм, але насправді це дуже складна інтегральна схема. Він перетворює змінну вхідну напругу в постійну «регульовану» вихідну напругу.

Регулятори напруги доступні з різними виходами, наприклад 5 В, 6 В, 9 В, 12 В і 15 В. Серія стабілізаторів напруги LM78XX розроблена для позитивного входу. Для програм, що вимагають негативного входу, використовується серія LM79XX.

Використання пари резисторів «подільника напруги» може збільшити вихідну напругу схеми регулятора. Неможливо отримати напругу, нижчу за вказану. Не можна використовувати регулятор на 12 В для створення джерела

					КС КРБ 123.041.00.00 ПЗ	Арк.
						28
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

живлення на 5 В. Регулятори напруги дуже надійні. Вони можуть витримувати перевищення струму через коротке замикання, а також перегрів. В обох випадках регулятор відключиться до того, як станеться будь-яке пошкодження. Єдиний спосіб вивести з ладу регулятор – подати на його вхід зворотну напругу. Зворотна полярність виводить регулятор з ладу практично миттєво.

2.6 Функції і призначення рідкокристалічного дисплею у системі неінвазивного глюкометра

Рідкокристалічний дисплей представляє собою пристрій, що призначений для формування зображення символів і при цьому побудований та використовує властивості світломодуляції [7].

Характерною і відмінною від інших є властивість кристалів не випромінювати світло, а використовувати підсвітку або відбивання при формуванні різного типу зображень.

Рідкокристалічні дисплеї можуть відображати зображення довільного типу або фіксованого змісту, однак з невеликою кількістю символів. При цьому зображення довільного типу формуються на основі елементарних пікселів.

Враховуючи те, що LCD-екрани не застосовують при роботі люмінофор, то для них не характерно вигорання зображення навіть у випадку довготривалого відображення статичного зображення.

РК-дисплей 16x2 містить загалом 16 контактів (рис. 2.9).

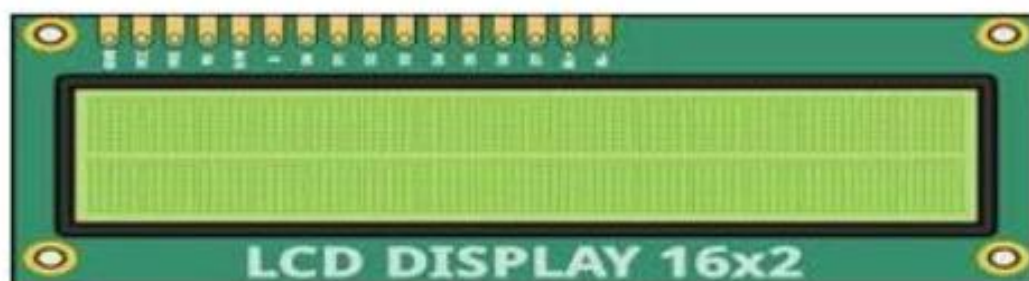


Рисунок 2.9 – Вигляд LCD-дисплею

Як показано в табл. 2.2, вісім контактів є лініями даних (контакти 7-14), два для живлення та заземлення (контакти 1 і 16), три використовуються для керування роботою LCD (контакти 4-6), а один використовується для регулювання яскравості РК-екрану (контакт 3). Решта два контакти (15 і 16) живлять підсвічування.

Таблиця 2.2 – Позначення виводів рідкокристалічного екрану

Terminal 1	GND
Terminal 2	+5В
Terminal 3	Середній термінал потенціометра (для регулювання яскравості)
Terminal 4	Регістр вибору (RS)
Terminal 5	Читання/Запис (RW)
Terminal 6	Дозвіл (EN)
Terminal 7	DB0
Terminal 8	DB1
Terminal 9	DB2
Terminal 10	DB3
Terminal 11	DB4
Terminal 12	DB5
Terminal 13	DB6
Terminal 14	DB7
Terminal 15	+4.2-5В
Terminal 16	GND

Нижче наведено назву та функції кожного контакту РК-модуля 16×2.

Pin1 (Vss): контакт заземлення РК-модуля.

Вивід 2 (Vcc): живлення модуля LCD (живлення +5 В подається на цей вивід)

Вивід 3 (VEE): Вивід регулювання контрастності. Це робиться шляхом підключення кінців потенціметра 10К до +5V і заземлення, а потім підключення повзунка до контакту VEE. Напряга на виводі VEE визначає контраст. Нормальне значення становить від 0,4 до 0,9 В.

Вивід 4 (RS): реєстрація обраного коду контакту. Логіка HIGH на контакті RS визначає вибір регістра даних, а LOW – регістр команд. Якщо задіяти вивід RS у режимі HIGH і подати на вхід лінії даних (від DB0 до DB7), то це буде означати відображення даних на РК-екрані.

Якщо зробити вивід RS LOW і подати вхідні дані на лінії даних, тоді це буде розглядатися як команда (команда, яка буде записана на контролер РК-дисплея – наприклад, позиціонування курсору, очищення екрана чи прокручування).

Вивід 5 (R/W): режими читання або запису. Даний вивід використовується для забезпечення вибору між режимами читання або запису. Логіка, що відповідає високому рівню напруги на даному виводі активує режим читання, а низький рівень напруги – режим запису.

Вивід 6 (E): цей контакт призначений для ввімкнення РК-модуля. Сигнал від HIGH до LOW на цьому контакті активує модуль.

Виводи 7 (DB0) до виводів 14 (DB7): це контакти даних. Через ці контакти команди та дані надходять на РК-модуль.

Вивід 15 (LED+): анод світлодіода заднього освітлення. При роботі від 5 В резистор 560 Ом слід підключити послідовно до цього контакту. У проектах на базі Arduino світлодіод підсвічування може живитися від джерела 3,3 В на платі Arduino.

Вивід 16 (LED-): катод світлодіода заднього освітлення. Вивід RS РК-модуля підключений до цифрового виводу 12 Arduino. Вивід R/W РК-дисплея заземлений. Вивід увімкнення РК-модуля підключений до цифрового виводу 11 Arduino. Цей спосіб дуже простий, вимагає менше підключень, і дозволяє майже повністю використовувати потенціал РК-модуля.

Цифрові лінії DB4, DB5, DB6 і DB7 підключаються до цифрових контактів 5, 4, 3 і 2 Arduino. Потенціометр 10К використовується для регулювання

					КС КРБ 123.041.00.00 ПЗ	Арк.
						31
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

контрастності дисплея. Arduino можна живити через зовнішній роз'єм живлення на платі. Додатні 5 В необхідні в деяких інших частинах схеми, можна отримати від джерела 5 В на платі Arduino. Arduino також можна живити від ПК через порт USB.

2.7 Функціональність та призначення пульсоксиметра МАХ30100 у комп'ютеризованому глюкометрі

МАХ30100 – це пристрій, який має два світлодіоди, один випромінює червоний спектр світла, а інший – інфрачервоний. Для частоти пульсу потрібне лише інфрачервоне світло. І червоне, і інфрачервоне світло використовуються для вимірювання рівня кисню в крові (рис. 2.10).



Рисунок 2.10 – Зовнішній вигляд модуля МАХ30100

Коли серце перекачує кров, відбувається збільшення насиченої киснем крові внаслідок збільшення кількості крові. Коли серце розслабляється, об'єм насиченої киснем крові також зменшується. Знаючи час між збільшенням і зменшенням насиченої киснем крові, визначають частоту пульсу.

Виявляється, збагачена киснем кров поглинає більше інфрачервоного світла і пропускає більше червоного світла, тоді як дезоксигенована кров поглинає червоне світло і пропускає більше інфрачервоного світла. Це основна

функція МАХ30100: він зчитує рівні поглинання для обох джерел світла та зберігає їх у буфері, який можна зчитувати через І2С.

При проектуванні неінванзивного глюкометра використано інфрачервоні датчики: світлодіодні лампи передавача ІЧ-випромінювання 940 нм, чистий постійний струм 30 мА, напруга 1,2 В і потужність 100 мВт (рис. 2.11). Для приймача (рис. 2.12) використано 5-мм фотодіод зі спектральною щільністю від 840 нм до 1100 нм, що характеризується хвилею 940 нм як піковою довжиною хвилі. Після цього датчик містить підсилювач і перетворювач струму і напруги, який перетворює провідний струм від передавача та приймача в напругу, а потім підсилює її.



Рисунок 2.11 – Інфрачервоний передавач з довжиною хвилі 940 нм



Рисунок 2.12 – Інфрачервоний фотодіод-приймач

Для передачі даних для подальшого опрацювання показників рівня глюкози на ПК, потрібно використати модуль, який забезпечить таку

					КС КРБ 123.041.00.00 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		33

функціональність. Для цього використано HC-06, що представляє собою підлеглий модуль Bluetooth класу 2. Він розроблений для прозорого бездротового послідовного зв'язку. Після підключення до головного пристрою Bluetooth, наприклад ПК, смартфонів і планшетів, його робота стає прозорою для користувача.

Всі дані, отримані через послідовний вхід, в режимі реального часу передаються за допомогою безпроводної технології. Цей модуль використовується в проекті для підключення смартфона або ПК до прототипу глюкометра, який надсилає повідомлення через програму, створену спеціально для цього проекту. Повідомлення включає дані про рівень глюкози та його тип: низький, середній або високий.

					<i>КС КРБ 123.041.00.00 ПЗ</i>	Арк.
						34
<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		

РОЗДІЛ 3 РОЗРОБКА АЛГОРИТМІВ ТА ПРОГРАМНОГО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ НЕІНВАЗИВНОГО ГЛЮКОМЕТРА

3.1 Розробка алгоритмів роботи та опрацювання даних неінвазивного глюкометра

Перш, ніж перейти до безпосередньої розробки та реалізації алгоритмів функціонування комп'ютеризованого неінвазивного глюкометра потрібно дослідити більш детально його структуру з врахуванням модуля визначення рівня насиченості киснем крові. Це дозволить в перспективі більш точно визначати рівень глюкози в крові з врахуванням пульсу людини. Аналізуючи структуру глюкометра, яка представлена на рис. 2.6, більш детальний структурний його опис, можна забезпечити шляхом зображення процесів, які забезпечує модуль Max30100. На рис. 3.1 показано структуру неінвазивного глюкометра з врахуванням функцій Max30100.

При проектуванні та реалізації програмного забезпечення неінвазивного глюкометра потрібно мати показники рівня глюкози, одержані інвазивним методом при одночасному вимірюванні показників напруги з сенсора, який запропонований на рис. 3.1 та у другому розділі роботи.

У даному випадку значення рівня глюкози одержане інвазивним методом вважається еталонним Після того, необхідно побудувати та визначити залежність між виміряним рівнем глюкози інвазивним способом та перетворенням, яке необхідно виконати при перетворенні електричних величин у рівень глюкози.

					КС КРБ 123.041.00.00 ПЗ			
<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>				
<i>Розроб.</i>		<i>Коршунів С.В.</i>			<i>Розробка алгоритмів та програмного забезпечення неінвазивного глюкометра</i>	<i>Літ.</i>	<i>Арк.</i>	<i>Аркуші</i>
<i>Перевір.</i>		<i>Яцишин В.В.</i>					35	
<i>Реценз.</i>						<i>ТНТУ, каф. КС, гр. СІ-41</i>		
<i>Н. Контр.</i>		<i>Тиш Є.В.</i>						
<i>Затверд.</i>		<i>Осухівська Г.М.</i>						

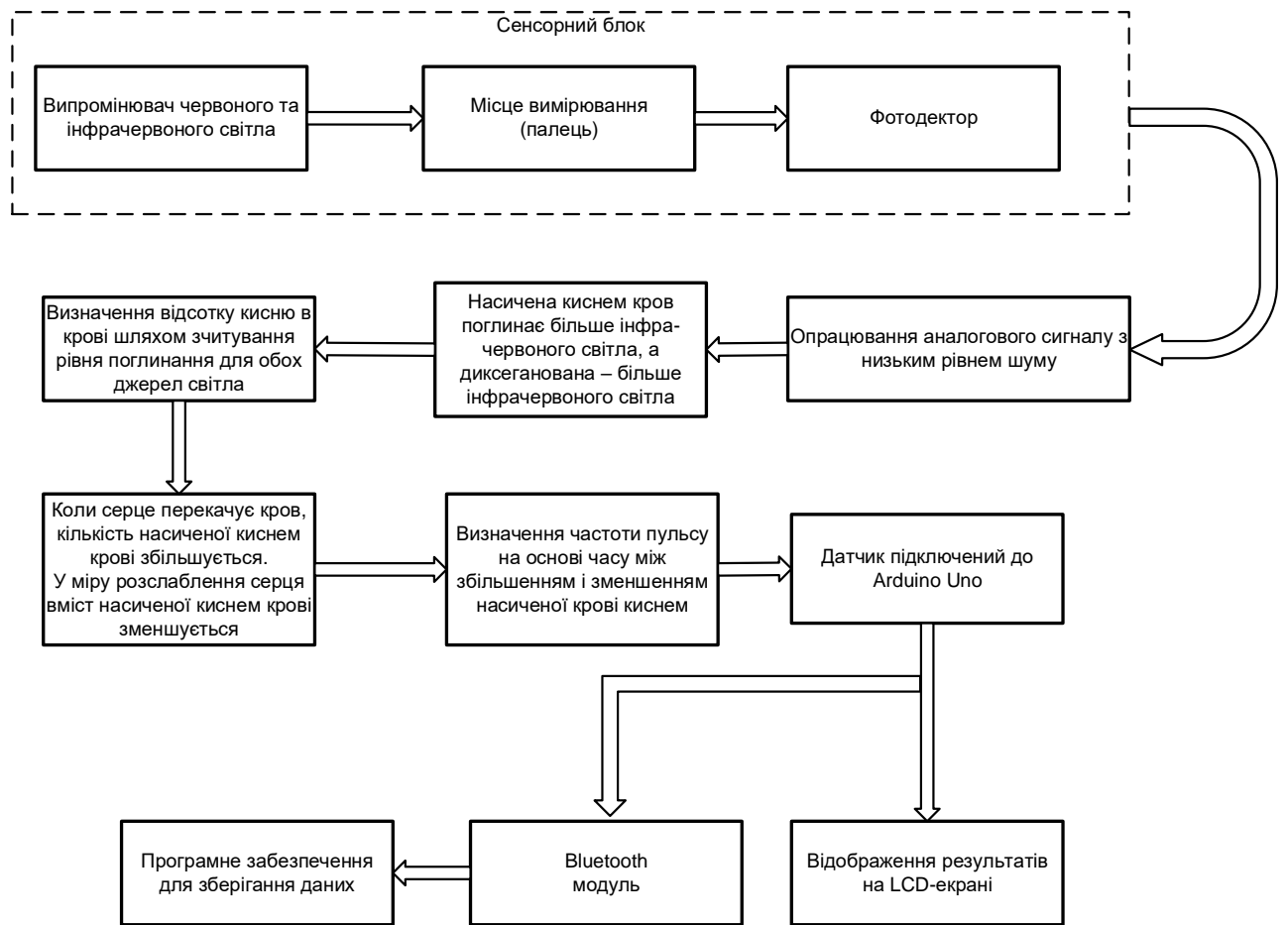


Рисунок 3.1 – Деталізована структура неінвазивного глюкометра з пульсиметром

У результаті проведеного експерименту одержано про рівень глюкози та аналогові значення напруги у мілівольтах, що представлено у табл. 3.1.

Таблиця 3.1 – Аналогова напруга та рівень глюкози в зразках крові

№ з/п	Напруга (мВ)	Рівень глюкози (мг/дл)
1	1022	240
2	900	220
3	800	200
4	700	180
5	600	160
6	500	140
7	400	120

№ з/п	Напруга (мВ)	Рівень глюкози (мг/дл)
8	300	100
9	200	90
10	100	80
11	90	70
12	80	60
13	70	50

Аналізуючи результати, представлені у табл. 3.1 експериментально визначено рівняння, що описує залежність між напругою та рівнем глюкози в крові людини. Пізніше це рівняння буде реалізовано у програмному кодї при розрахунку розрахунку концентрації глюкози в крові із застосуванням неївазивного методу. Графік залежності та рівняння показані на рис. 3.2.

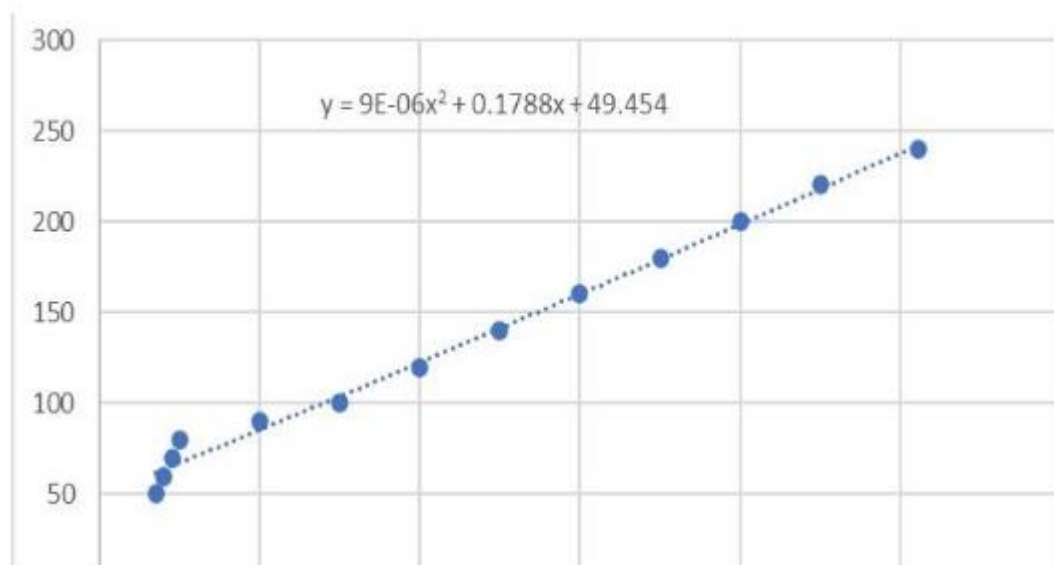


Рисунок 3.2 – Залежність між рівнем глюкози та напругою

Наступний етап полягає у розробці алгоритмів, які будуть реалізовані при розробці програмного забезпечення управління і контролю неївазивним глюкометром.

3.2 Розробка алгоритмів функціонування неінвазивного глюкометра

У загальному випадку вимірювання рівня глюкози в крові має починатися із поміщення пальця людини на фотодіодний датчик, який вимірює інтенсивність інфрачервоного світла у короткохвильовому діапазоні. Далі потрібно одержати значення прониклого крізь палець світла за допомогою фотодіода.

Після цього виконується передача даних до фільтра, який усуває шуми і підсилювача самого датчика. Наступна ітерація передбачає обчислення за поліноміальним рівнянням рівня глюкози в крові та надсилання до Arduino UNO. Завершальним є стадія надсилання даних безпосередньо для відображення на LCD дисплеї та у зовнішньому додатку для зберігання та опрацювання даних. На рис. 3.3 показано, описано вище алгоритм.

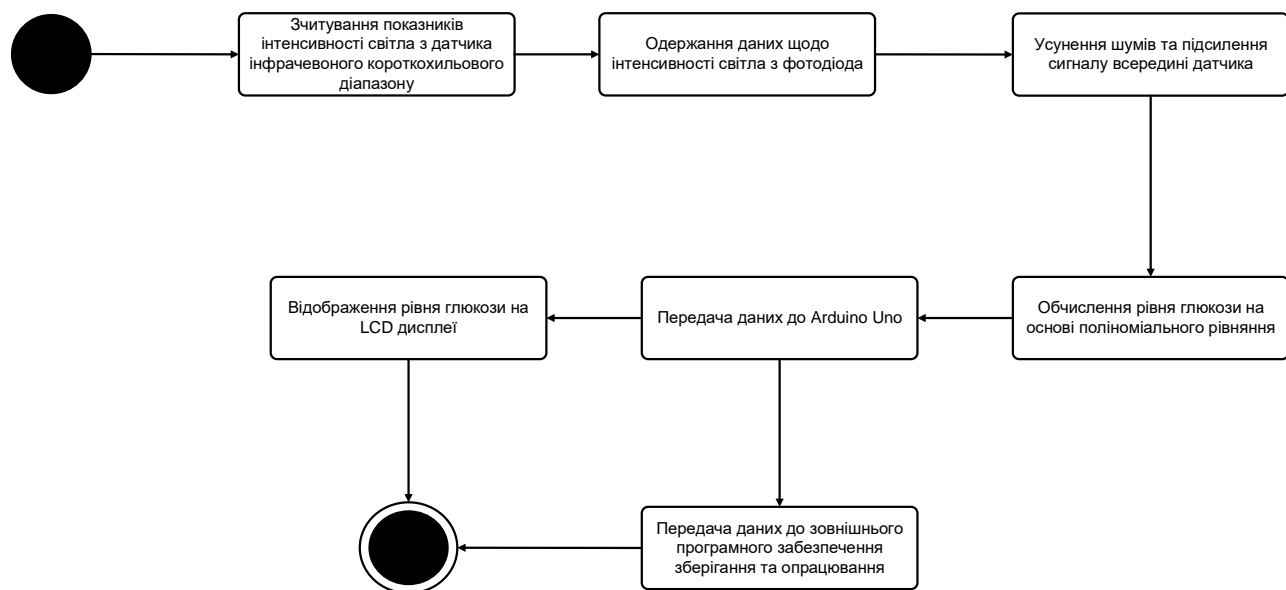


Рисунок 3.3 – Алгоритм функціонування неінвазивного глюкометра

Оскільки, до складу комп'ютеризованого неінвазивного глюкометра входить ще частина, яка відповідає за визначення рівня насиченості крові, то відповідно необхідно розробити й алгоритм його роботи. На рис. 3.4 схематично наведено принцип його функціонування, щоб в подальшому забезпечить вищу точність визначення рівня глюкози в крові.

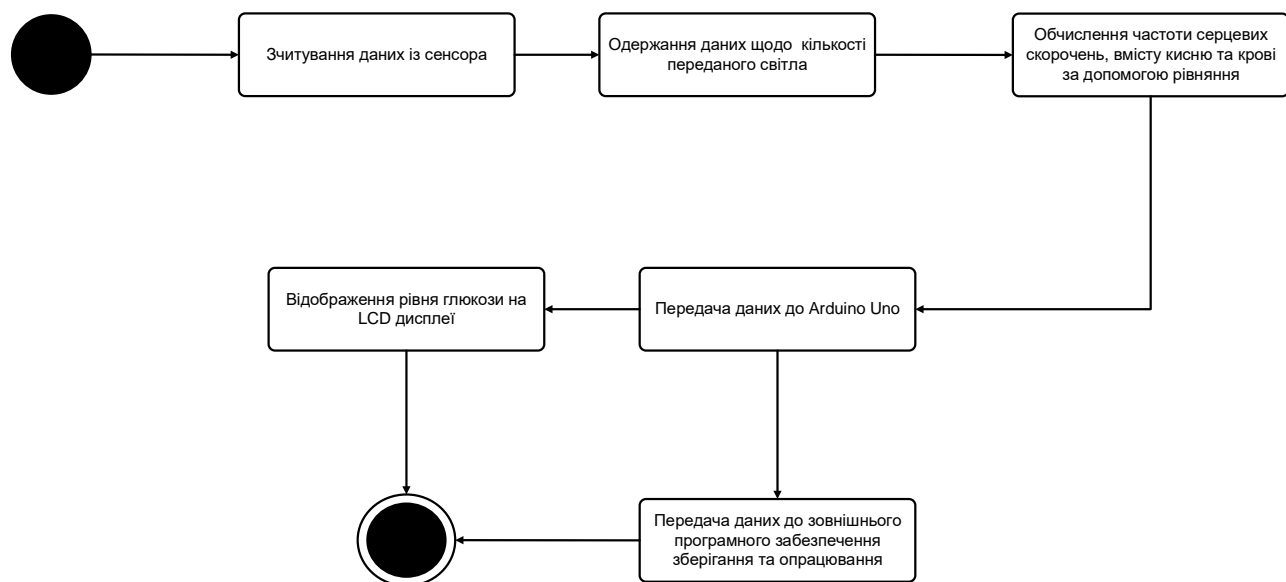


Рисунок 3.4 – Алгоритм одержання та обчислення частоти серцевих скорочень та рівня кисню в крові

Аналізуючи рис. 3.4, першим етапом як і при визначенні рівня глюкози є зчитування даних із модуля MAX30100. Після цього вимірюється кількість світла та обчислюється частота серцевих скорочень, вміст кисню у крові за допомогою рівняння, яке наведено на рис. 3.2. Далі відбувається передача даних до мікроконтролера Arduino, який відповідно забезпечує їх відображення на рідкокристалічному екрані та передає до зовнішньої програми.

Для реалізації поданих на рис. 3.3 і рис. 3.4 алгоритмів потрібно реалізувати програму мовою програмування C++, яка проінстальована на Arduino за допомогою програмного забезпечення Arduino IDE. Програмний код повинен забезпечувати:

- можливість обчислення рівняння, яке буде використовуватися регулярно;
- логіку розпізнавання вхідної напруги та опрацювання даних у випадку зчитування її з виходу фотодіода;
- логіку роботи з РК-екраном для Arduino, щоб розпізнати як виводити і відображати результат неінвазивного глюкометра.

На рис. 3.5 наведено фрагмент коду при роботі з модулем обчислення рівня кисню в крові та визначення частоти серцевих скорочень.

```

pox.update();
if (millis-tsLastReport > REPORTING_PERIOD_MS)
{
  lcd.clear();
  lcd.setCursor(0,0);
  lcd.print("Heart rate:");
  lcd.print(pox.getHeartRate());
  lcd.setCursor(0,1);
  lcd.print("O2 in blood:");
  lcd.print(pox.getSpO2());
  lcd.print("%");
  tsLastreport=millis();
  if (pox.getSpO2() >= 96) {
    lcd.setCursor(15,1);
    lcd.write(1);
  }
  else if (pox.getSpO2() <= 96 && pox.getSpO2()>=91) {
    lcd.setCursor(15,1);
    lcd.write(2);
  }
  else if (pox.getSpO2() <= 90) {
    lcd.setCursor(15,1);
    lcd.write(3);
  }
}
}

```

Рисунок 3.5 – Програмний код опрацювання даних з модуля MAX 30100

Перш за все необхідно підключити потрібні бібліотеки для роботи з модулем MAX30100 та LCD 16×2. Оскільки MAX30100 використовує протокол зв'язку I2C, то доцільно підключити бібліотеку з однойменною назвою.

У void setup() проведено ініціалізацію послідовного зв'язку SERIAL зі швидкістю передачі даних 115 200 бод, потім записано тестову умову для MAX30100.

Якщо він успішно ініціалізований, то можна побачити повідомлення «SUCCESS» на послідовному терміналі, в іншому випадку екран відобразить «FAILED», що триває протягом нескінченного часу в циклі for.

					КС КРБ 123.041.00.00 ПЗ	Арк.
						40
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Тепер струм через світлодіод встановлено. За замовчуванням струм через світлодіод становить 50 мА. Струм, встановлений у цьому коді через ІЧ-світлодіод, становить 7,6 мА. Імпульс виявляється від датчика за допомогою функції `setOnBeatDetectedCallback`, яка викликає `onBeatdetected`.

У нескінченному циклі `void ()` функція `roх.update()` оновлює покази датчика. Нарешті, він виводитиме частоту серцевих скорочень в ударах за хвилину та SpO2 у відсотках на РК-дисплеї щосекунди. На рис. 3.6 наведено фрагмент програмного коду, що відповідає за логіку визначення рівня глюкози у крові.

```
void loop()
{
  sensorValue=analogRead(analogInPin);
  //countValue=map(sensorValue,0,1023,0,1600);
  int val=(0.000009)*(sensorValue)*(sensorValue)+0.1788*(sensorValue)+49.454;
  analogWrite(analogOutPin, outputValue);
  //Serial.print("glucose in blood =");
  Serial.println(val);
  lcd.setCursor(0,2);
  lcd.print("Blood Sugar: ");
  lcd.print (val);
}
```

Рисунок 3.6 – Фрагмент коду, що відповідає за логіку роботи неінвазивного глюкометра

Перше, що необхідно виконати перед реалізацією логіки неінвазивного глюкометра для вимірювання рівня цукру в крові, то це підключити бібліотеки, які будуть використовуватися для ефективного підключення та програмування РК-дисплея.

Наступний крок полягає у програмному визначенні контактів Arduino, які підключаються до РК-дисплею. Далі ініціалізується початкова змінна з плаваючою комою для представлення рівня напруги, який буде

					КС КРБ 123.041.00.00 ПЗ	Арк.
						41
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

опрацьовуватися, і змінна, яка буде містити результат опрацювання вхідних даних, що інтерпретує рівень глюкози.

По-друге, програмно визначено аналоговий контакт як вхід, який отримуватиме напругу, і також повідомляє програмі, що РК-дисплей матиме здатність друкувати 16 літер у двох рядках.

Крім того, використано команду «analog read» для читання отриманих аналогових даних, які є рівнем напруги. Для цього визначено змінну, яка буде зберігати це значення. Після цього виконується підстановка рівня напруги у рівняння, яке знайдено раніше, виконується аналіз даних для отримання виміряного рівня глюкози.

Нарешті, використовується команда «if» для порівняння, щоб визначити, чи є рівень глюкози низьким, високим або нормальним, і виводиться повідомлення на екрані разом з обчисленим результатом.

3.3 Тестування комп'ютеризованого глюкометра

Наведені до цього часу результати проектування сформуваали остаточну форму пристрою для вимірювання рівня глюкози без болю неінвазивним способом.

Для проведення експерименту і тестування системи потрібно міцно прикласти палець на датчик протягом 15 секунд, а враховуючи ще той факт, що до глюкометра додано пристрій вимірювання відсотка кисню в крові та частоти серцевих скорочень в організмі людини, то після цього потрібно лише покласти палець на інший датчик.

При такій організації системи Arduino бере на себе обчислення усіх необхідних показників та відображення їх на LCD-екрані. На рис. 3.7 показано вигляд комп'ютеризованого глюкометра з додатковими функціями визначення пульсу та насичення киснем крові.

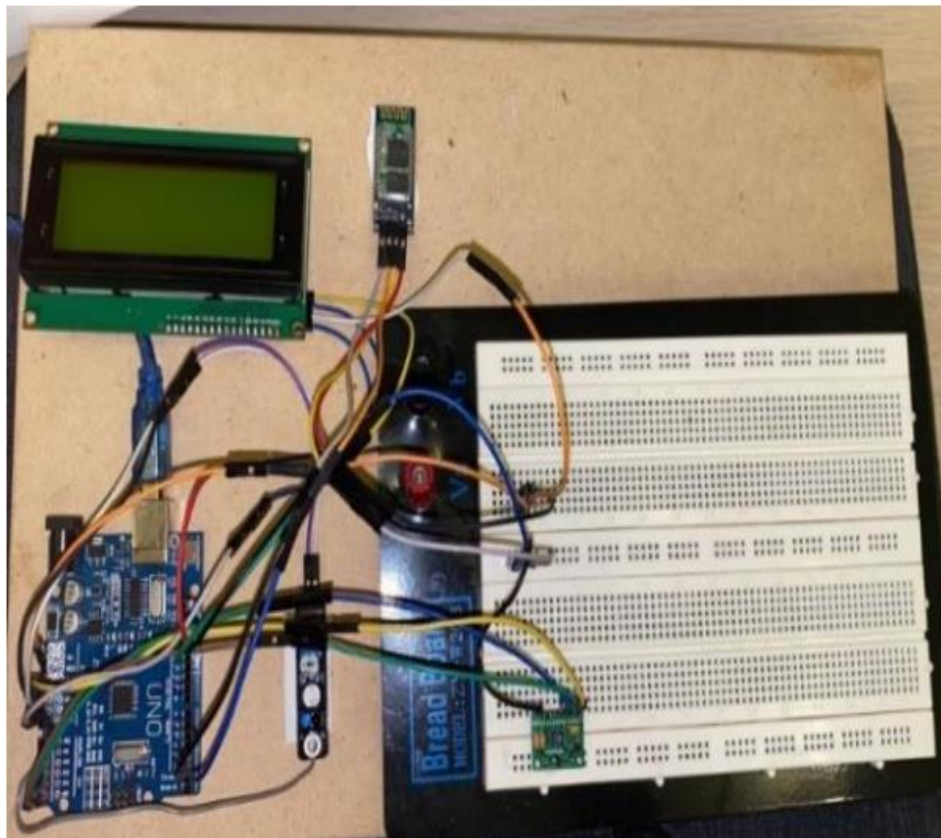


Рисунок 3.7 – Неінвазивний глюкометр з функціями визначення частоти серцевих скорочень та рівня кисню в крові людини

У табл. 3.1 наведено результати, одержані за допомогою розробленого неінвазивного глюкометра, які порівняли з результатами, отриманими за допомогою інвазивного методу.

Таблиця 3.1 – Результати вимірювання рівня глюкози неінвазивним та інвазивним методами

№ з/п	Значення рівня глюкози (інвазивний метод)	Значення рівня глюкози (неінвазивний метод)	Різниця
1	97	89	+8
2	119	99	+20
3	95	89	+6
4	100	99	+1

№ з/п	Значення рівня глюкози (інвазивний метод)	Значення рівня глюкози (неінвазивний метод)	Різниця
5	101	107	-6
6	99	113	-14
7	103	100	-3
8	150	130	-20
9	115	108	-7
10	90	108	+18
11	200	150	-50
12	79	89	+10

Точність розробленого пристрою для вимірювання рівня глюкози визначається за допомогою двох основних методів аналізу: аналіз таблиці помилок Кларка та аналіз таблиці помилок спостереження.

Таблиця помилок Кларка показує різницю між прогнозним вимірюванням рівня глюкози в крові та еталонним вимірюванням, а також показує клінічну значущість відмінностей між цими значеннями.

Як видно з рис. 3.8, вісь x відповідає еталонному значенню, а вісь y – прогнозованому. Діагональна лінія показує, що прогнозоване значення збігається з контрольним значенням. Ця сітка поділена на п'ять основних зон, зона А визначається як клінічна точність, а зони С, D і Е вважаються клінічною помилкою (табл. 3.2) [10].

Зона А: клінічно точна.

Ця зона містить значення, які відрізняються від контрольних значень не більш ніж на 20 відсотків або значень у гіпоглікемічному діапазоні (<70 мг/дл). Відповідно до довідників значення в зоні А вважаються клінічно точними. Ці значення призведуть до клінічно правильного лікування.

Зона В: Клінічно прийнятна.

Ця зона містить значення, що відрізняються більше ніж на 20 відсотків, але, виходячи з припущень, призведе до доброякісного лікування або його відсутності.

Зона С: надмірна корекція.

Ця зона призводить до надмірної корекції допустимих рівнів ГК. ЗОНА D: Неможливість виявлення Ця зона призводить до неможливості виявлення та лікування помилок рівня ГК. Фактичні рівні ГК знаходяться за межами допустимих рівнів, тоді як прогнози знаходяться в межах прийнятного діапазону.

Зона Е: помилкове лікування.

Ця зона призводить до помилкового лікування, оскільки прогнозовані значення протилежні фактичним рівням ГК, а лікування буде протилежним рекомендованому [10].

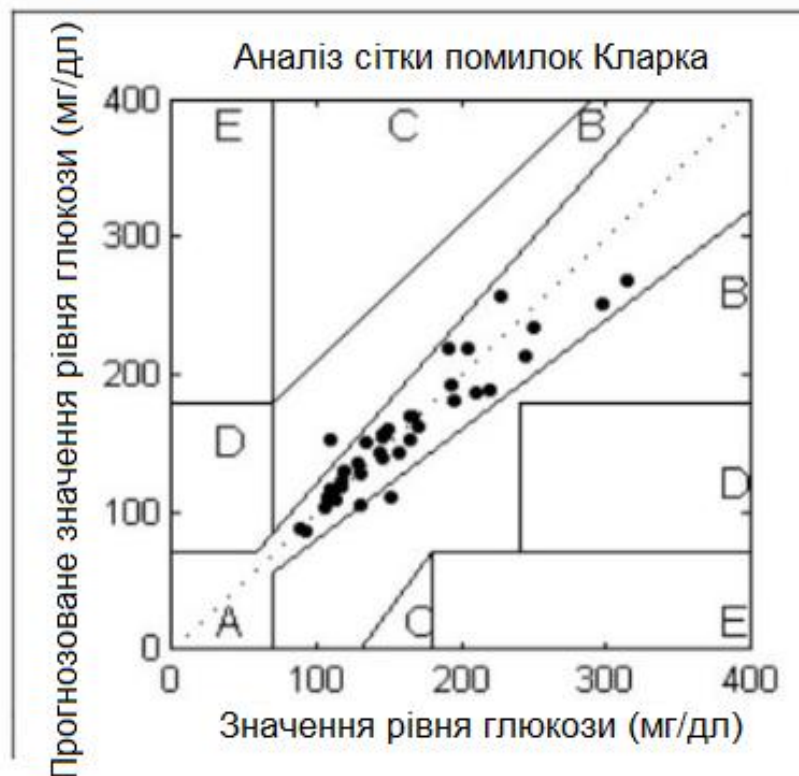


Рисунок 3. 8 – Результат застосування сітки Кларка

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

КС КРБ 123.041.00.00 ПЗ

Арк.

45

Таблиця 3.2 – Опис зон Кларка

Зона Кларка	Опис
Зона А	Значення у межах 20% еталонного значення
Зона В	Значення за межами 20%, але яке не призведе до неправильного лікування
Зона С	Значення, що призводять до непотрібного лікування
Зона D	Значення, що вказують на потенційно небезпечну нездатність виявити гіпоглікемію або гіперглікемію
Зона Е	Значення, які можуть ввести в оману лікування гіпоглікемії або гіперглікемії, і навпаки

Аналіз сітки помилок спостереження – це інструмент для аналізу та візуалізації помилок моніторингу рівня глюкози в крові. Він в основному використовується для визначення клінічної точності та діапазону ризиків пристрою безперервного моніторингу рівня глюкози, який застосовується у відділенні інтенсивної терапії.

Для кожної пари даних виміряного та еталонного рівня глюкози експерти визначили ступінь ризику, пов'язаного з діями, вжитими через вимірний показник рівня глюкози, порівняно з діями, які були б вжиті, якби був відомий еталонний рівень глюкози. Ступінь ризику розвитку гіперглікемії, визначений експертами, кодувався від 0 (немає) до 4 (екстремальний) [11].

На рис. 3.9 наведено результати точності вимірювань при використанні аналізу сітки помилок спостереження. Як видно з даного рисунку, що візуалізація точності кольорового кодування дозволяє набагато легше та швидше зробити висновок, що запропонований пристрій прийнятний для моніторингу рівня глюкози, оскільки більшість показань глюкози темно-зеленого кольору. зона (немає ризику), а кілька показників глюкози знаходяться в світло-зеленій зоні (невеликий ризик).

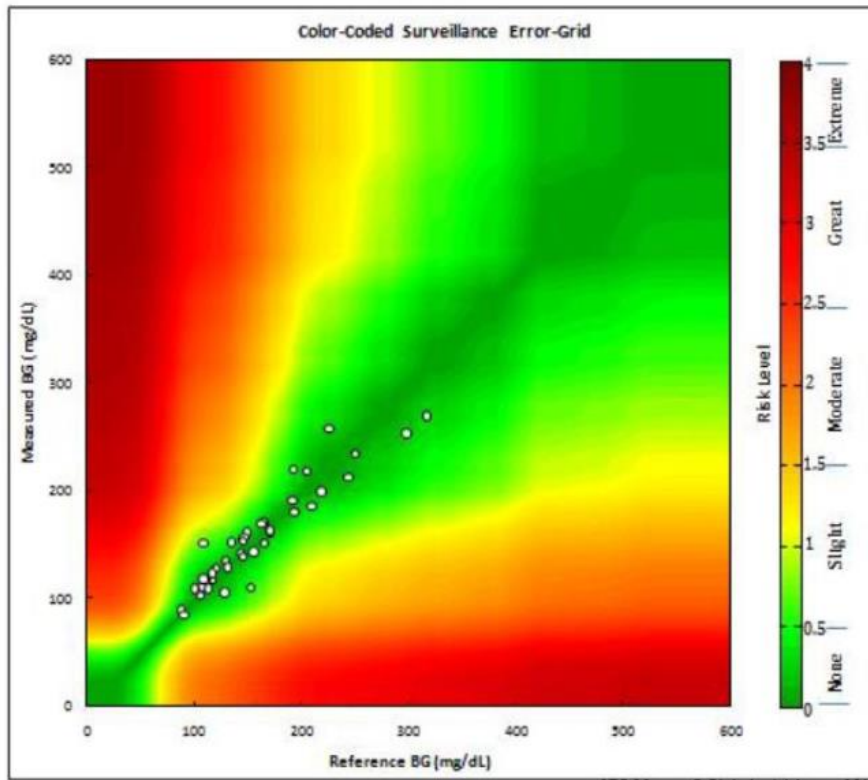


Рисунок 3.9 – Результат оцінювання точності на основі аналізу сітки помилок спостереження

Отже, у результаті проведеного тестування розробленого комп'ютеризованого глюкометра доведено його працездатність, а точність вимірювань знаходиться у допустимих межах, що підтверджено двома тестами, які використовуються при визначенні рівня глюкози в крові.

РОЗДІЛ 4 БЕЗПЕКА ЖИТТЄДІЯЛЬНОСТІ, ОСНОВИ ОХОРОНИ ПРАЦІ

4.1 Надзвичайні ситуації, викликані пожежами, вибухами, техногенними та природними причинами

Закон “Про цивільну оборону України” визначає надзвичайну ситуацію як порушення нормальних умов життя та діяльності людей на об’єкті чи території, спричинених аварією, катастрофою, стихійним лихом, епідемією, епізоотією, великою пожежею, використання засобів ураження, що призвели чи можуть призвести до людських чи матеріальних втрат [17].

Події природного походження або результат діяльності природних процесів, які за своєю інтенсивністю, масштабом поширення і тривалістю можуть вражати людей, об’єкти економіки та довкілля, звуться небезпечними природними явищами.

В Україні щороку виникають тисячі надзвичайно складних ситуацій природного та техногенного характеру, внаслідок яких гине велика кількість людей, а матеріальні збитки сягають кількох мільярдів гривень. Сьогоднішня ситуація в Україні щодо небезпечних природних явищ, аварій і катастроф характеризується як дуже складна. Тенденція зростання кількості природних і особливо техногенних НС, складність цих наслідків змушують розглядати їх як серйозну загрозу безпеці окремої людини, суспільству та навколишньому середовищу, а також стабільності розвитку економіки країни. Для роботи в районі надзвичайної ситуації потрібно залучати значну кількість людських, матеріальних і технічних ресурсів [17].

Запобігання надзвичайним ситуаціям, ліквідація їх наслідків, максимальне зниження масштабів втрат та збитків перетворилося на загальнодержавну

					КС КРБ 123.041.00.00 ПЗ			
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата				
Розроб.		Коршунов С.В.			<i>Безпека життєдіяльності, основи охорони праці</i>	Літ.	Арк.	Аркушів
Перевірив.		Яцишин В.В.					48	
Консульт.		Гурик О.Я.				ТНТУ, каф. КС, гр. СІ-41		
Н. Контр.		Тиш Є.В.						
Затверд.		Осухівська Г.М.						

проблему і є одним з найважливіших завдань органів виконавчої влади і управління всіх рівнів.

Постановою Кабінету Міністрів України № 1099 “Про порядок класифікації надзвичайних ситуацій” затверджено “Положення про класифікацію надзвичайних ситуацій”. Згідно з цим положенням, за характером походження подій, що зумовлюють виникнення надзвичайних ситуацій на території України, розрізняють 4 класи надзвичайних ситуацій: техногенного, природного, соціально-політичного та військового характеру. Кожен клас надзвичайних ситуацій поділяється на групи, які містять конкретні їх види.

Надзвичайні ситуації техногенного характеру – це наслідок транспортних аварій, катастроф, пожеж, неспровокованих вибухів чи їх загроза, аварій з викидом (загрозою викиду) небезпечних хімічних, радіоактивних, біологічних речовин, раптового руйнування споруд та будівель, аварій на інженерних мережах і спорудах життєзабезпечення, гідродинамічних аварій на греблях, дамбах тощо [17].

Надзвичайні ситуації природного характеру – це наслідки небезпечних геологічних, метеорологічних, гідрологічних, морських та прісноводних явищ, деградації ґрунтів чи надр, природних пожеж, змін стану повітряного басейну, інфекційних захворювань людей, сільськогосподарських тварин, масового ураження сільськогосподарських рослин хворобами чи шкідниками, зміни стану водних ресурсів та біосфери тощо [17].

Надзвичайні ситуації соціально-політичного характеру – це ситуації, пов’язані з протиправними діями терористичного та антиконституційного спрямування: здійснення або реальна загроза терористичного акту (збройний напад, захоплення і затримання важливих об’єктів ядерних установок і матеріалів, систем зв’язку та телекомунікації, напад чи замах на екіпаж повітряного чи морського судна), викрадення (спроба викрадення) чи знищення суден, встановлення вибухових пристроїв у громадських місцях, викрадення зброї, виявлення застарілих боєприпасів тощо [16].

Надзвичайні ситуації воєнного характеру – це ситуації, пов’язані з наслідками застосування зброї масового ураження або звичайних засобів

					КС КРБ 123.041.00.00 ПЗ	Арк.
						49
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

ураження, під час яких виникають вторинні фактори ураження населення внаслідок зруйнування атомних і гідроелектричних станцій, складів і сховищ радіоактивних і токсичних речовин та відходів, нафтопродуктів, вибухівки, сильнодіючих отруйних речовин, токсичних відходів, транспортних та інженерних комунікацій [18].

Заходи щодо захисту населення плануються та проводяться по всіх районах, населених пунктах, охоплюють усе населення. У той же час характер та зміст захисних засобів встановлюється залежно від ступеня загрози, місцевих умов із урахуванням важливості виробництва для безпеки населення, інших економічних та соціальних чинників. З цією метою міста розподіляються за групами важливості, а об'єкти – за категоріями стосовно засобів захисту населення у разі надзвичайної ситуації. Цей розподіл здійснює Кабінет Міністрів України.

Для міст встановлені наступні групи:

- особливої важливості;
- першої групи;
- другої групи;
- третьої групи.

Для підприємств та організацій встановлені наступні категорії:

- особливої важливості;
- першої категорії;
- другої категорії.

Основні заходи щодо захисту населення плануються та здійснюються завчасно і мають випереджувальний характер. Це стосується, перш за все, підготовки, підтримання у постійній готовності індивідуальних та колективних засобів захисту, їх накопичення, а також підготовки до проведення евакуації населення із зон підвищеного ризику [18].

Організація життєзабезпечення населення в умовах надзвичайних ситуацій є комплексом заходів, спрямованих на створення і підтримання нормальних умов життя, здоров'я і працездатності людей.

Він включає:

					КС КРБ 123.041.00.00 ПЗ	Арк.
						50
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

- управління діяльністю робітників та службовців, усього населення при загрозі та виникненні надзвичайних ситуацій;
- захист населення та територій від наслідків аварій, катастроф, стихійного лиха;
- забезпечення населення питною водою, продовольчими товарами і предметами першої необхідності;
- захист продовольства, харчової сировини, фуражу, вододжерел від радіаційного, хімічного та біологічного зараження (забруднення);
- житлове забезпечення і працевлаштування;
- комунально-побутове обслуговування;
- медичне обслуговування;
- навчання населення способам захисту і діям в умовах надзвичайних ситуацій;
- розробку і своєчасне введення режимів діяльності в умовах радіаційного, хімічного та біологічного зараження;
- санітарну обробку;
- знезараження території, споруд, транспортних засобів, обладнання, сировини, матеріалів і готової продукції;
- підготовка сил та засобів і ведення рятувальних і інших невідкладних робіт у районах лиха й осередках ураження;
- забезпечення населення інформацією про характер і рівень небезпеки, порядок поведінки; морально-психологічну підготовку і заходи щодо підтримування високої психологічної стійкості людей в екстремальних умовах;
- заходи, спрямовані на попередження, запобігання або послаблення несприятливих для людей екологічних наслідків надзвичайних ситуацій та інші заходи.

Усі ці заходи організуються державною виконавчою владою, органами управління цивільної оборони при чіткому погодженні між ними заходів, що проводяться. Керівники підприємств, установ і організацій є безпосередніми виконавцями цих заходів. Заходи розробляються завчасно, відображаються у

					КС КРБ 123.041.00.00 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		51

планах цивільної оборони і виконуються в період загрози та після виникнення надзвичайної ситуації.

З метою недопущення гибелі людей, забезпечення їх нормальної життєдіяльності у надзвичайні ситуації передусім повинно бути проведено сповіщення населення про можливу загрозу, а якщо необхідно, – організовано евакуацію. Сповіщення населення здійснюється усіма доступними способами: через телебачення, радіомережу, радіотрансляційну провідну мережу, спеціальними сигналами (гудки, сирени). Передбачається спеціальна схема повідомлення посадових осіб та осіб, задіяних у системі цивільної оборони.

Евакуація працюючого населення здійснюється за виробничим принципом, а населення, яке не пов'язане з виробництвом, – за територіальним принципом через домоуправління, ЖЕУ, ЖЕК тощо. Діти евакуюються разом з батьками, але можливе їх вивезення зі школами, дитсадками. Для проведення евакуації використовуються всі види транспорту: залізничний, автомобільний, водний та індивідуальний. Автотранспорт використовується для вивезення на короткі відстані. У деяких випадках частина населення може виводитися пішки колонами по шляхах, котрі не зайняті перевезеннями, або за визначеним маршрутом та колонними шляхами [18].

Для організації приймання, розташування населення, а також забезпечення його всім необхідним створюються евакуаційні комісії та приймальні евакуаційні пункти, на яких вирішують проблему розташування, забезпечення та обслуговування прибулого населення.

Забезпечення населення продуктами харчування і предметами першої необхідності здійснюється службою торгівлі і харчування цивільної оборони сільського або іншого району, в який здійснено евакуацію населення.

Перші дві доби люди повинні харчуватися запасами продуктів, привезених із собою. За їх відсутності харчування здійснюється через мережу (їдалень) громадського харчування або в сім'ях, куди вони підселяються.

					КС КРБ 123.041.00.00 ПЗ	Арк.
						52
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

4.2 Вимоги до виробничих приміщень для експлуатації ВДТ

Широке промислове та побутове використання ПК актуалізувало питання охорони праці користувачів. Найбільш повним нормативним документом щодо забезпечення вимог з охорони праці користувачів ПК є "Державні санітарні норми і правила роботи з візуальними дисплейними терміналами (ВДТ) електронно-обчислювальних машин" ДСанПіН 3.3.2.007-98 [19].

Дотримання вимог цих правил значно знижує наслідки несприятливої дії на працівників шкідливих та небезпечних факторів, які супроводжують роботу з відеодисплейними терміналами, зокрема можливість зорових, нервово-емоційних переживань, серцево-судинних захворювань. Виходячи з цього, роботодавець забезпечує гігієнічні й ергономічні вимоги щодо організації робочих приміщень для експлуатації ВДТ, робочого середовища, робочих місць з ВДТ, режиму праці і відпочинку при роботі з ВДТ, які викладені у Правилах.

Природне освітлення в приміщеннях з ВДТ здійснюється через вікна, орієнтовані переважно на північ або північний схід і забезпечують коефіцієнт природної освітленості не нижче, ніж 1,5 %. Для захисту від прямих сонячних променів, які створюють прямі та відбиті відблиски з поверхні екранів ПК і клавіатури, передбачено сонцезахисні пристрої, при цьому вікна обладнуються жалюзьями або шторами [19].

Основні вимоги до виробничого приміщення для експлуатації ВДТ:

- заборона розташування у підвалах та цокольних поверхах;
- площа на одне робоче місце повинна становити не менше 6,0 м², а об'єм не менше 20,0 м³;
- наявність природного та штучного освітлення відповідно до ДБН В.2.5-28 : 2018. „Природне і штучне освітлення”;
- наявність шафи для зберігання документів, магнітних дисків, полиці, стелажі, тумби, з урахуванням вимог до площі приміщення;
- щоденне проведення вологого прибирання;

Поруч з приміщенням для роботи з ВДТ мають бути обладнані:

- побутова кімната для відпочинку під час роботи;

					КС КРБ 123.041.00.00 ПЗ	Арк.
						53
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

- кімната психологічного розвантаження.

Штучне освітлення в приміщеннях з робочим місцем, обладнаним ВДТ, має здійснюватись системою загального рівномірного освітлення. Як джерело штучного освітлення мають застосовуватись люмінесцентні лампи типу ЛБ.

Вимоги до освітлення приміщень та робочих місць під час роботи з ВДТ:

- освітленість на робочому місці повинна відповідати характеру зорової роботи, який визначається трьома параметрами: об'єктом розрізнення - найменшим розміром об'єкта, що розглядається на моніторі ПК; фоном, який характеризується коефіцієнтом відбиття; контрастом об'єкта і фону;
- необхідно забезпечити достатньо рівномірне розподілення яскравості на робочій поверхні монітора, а також в межах навколишнього простору;
- на робочій поверхні повинні бути відсутні різкі тіні;
- в полі зору не повинно бути відблисків (підвищеної яскравості поверхонь, які світяться та викликають осліплення);
- величина освітленості повинна бути постійною під час роботи;
- слід обирати оптимальну спрямованість світлового потоку і необхідний склад світла.

Застосування світильників без розсіювачів та екрануючих ґратів заборонено [19].

Виходячи з проведеного аналізу вимог до приміщень з експлуатації ПК можна зробити висновок про необхідність дотримання відповідних вимог регламентуючих документів. Це дозволить забезпечити умови праці зменшить негативний вплив на людину як біологічний об'єкт, при проектуванні та експлуатації комп'ютеризованих систем.

					КС КРБ 123.041.00.00 ПЗ	Арк.
						54
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

ВИСНОВКИ

Результатом виконання кваліфікаційної роботи є спроектований комп'ютеризований неінвазивний глюкометр, основна функція якого полягає у визначенні рівня глюкози у крові шляхом застосування ефекту поглинання та відбиття світла міжклітинною речовиною. Додатково у роботі забезпечено можливість визначення концентрації кисню у крові та частоти серцевих скорочень із застосуванням модуля MAX30100.

Керування процесом визначення рівня глюкози виконує Arduino UNO, основна функція якого полягає у перетворенні значень напруги у значення кількості глюкози в крові з подальшим відображенням цього значення на LCD-дисплеї та передачі до зовнішнього програмного забезпечення.

Під час виконання кваліфікаційної роботи проведено аналіз вимог до технічного забезпечення неінвазивного глюкометра, а також проаналізовано принцип утворення глюкози в крові і можливості щодо її вимірювання. Це дало змогу визначити основні апаратні та програмні засоби, які будуть застосовуватися при проектуванні неінвазивного глюкометра.

Основними компонентами комп'ютеризованого неінвазивного глюкометра є мікроконтролер на базі ATmega 328, блок живлення з регулятором напруги, рідкокристалічний дисплей 16*2, фотодіод та діод інфрачервоного спектру, модуль MAX30100 та Bluetooth-модуль HC-06.

У результаті проведеного проектування одержано структурну схему та схему електричну принципову неінвазивного глюкометра, проведено тестування його роботи, що підтвердило його працездатність та точність вимірювання на рівні 95%.

					КС КРБ 123.041.00.00 ПЗ	Арк.
						55
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

Статистика захворювання цукровим діабетом. URL: <https://www.who.int/diabetes/> (дата звернення 10.11.2022 р.).

Карамишева Т. В. Діабет. Сучасна енциклопедія з рекомендаціями. Київ: Ексмо. 2016. 464 с.

Ахманов М. Настольна книга діабетика. Київ: Ексмо, 2015. 496 с.

Діагностика та контроль цукрового діабету. URL: <https://indar.com.ua/ua/node/46> (дата звернення 11.11.2022 р.).

The History of Diabetes. URL: <https://www.everydayhealth.com/diabetes/understanding/diabetes-mellitus-through-time.aspx> (дата звернення: 02.04.2023).

What should my blood glucose level be? URL: <https://www.medicalnewstoday.com/articles/249413#what-is-a-healthy-blood-sugar-level> (дата звернення: 02.04.2023).

Паламар М.І., Стрембіцький М.О., Паламар А.М. Проектування комп'ютеризованих вимірювальних систем і комплексів. Навчальний посібник. Тернопіль: ТНТУ. 2019. 150 с.

What Is Glucose. URL: <https://www.webmd.com/diabetes/glucose-diabetes>. (дата звернення: 02.04.2023).

Non-Invasive Blood Glucose Monitoring Using Near Infrared Spectroscopy. URL: https://www.researchgate.net/publication/352244798_non_invasive_glucose_monitoring_2018 . (дата звернення: 10.04.2023).

Clarke Error Grid. URL: <https://github.com/suetAndTie/ClarkeErrorGrid> (дата звернення: 18.04.2023)

Computing the Surveillance Error Grid Analysis: Procedure and Examples. URL: [https://journals.sagepub.com/doi/full/10.1177/1932296814539590:~:text=The%20surveillance%20error%20grid%20\(SEG,rated%204%20distinct%20treatment%20scenarios](https://journals.sagepub.com/doi/full/10.1177/1932296814539590:~:text=The%20surveillance%20error%20grid%20(SEG,rated%204%20distinct%20treatment%20scenarios). (дата звернення: 18.04.2023).

					КС КРБ 123.041.00.00 ПЗ	Арк.
						56
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Неінвазивні глюкометри. URL: <http://ukrdiagnostika.ua/press/portable-glucometer.html> (дата звернення 13.05.2023 р.)

Segman Y. J. Device and Method for Noninvasive Glucose Assessment. URL: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/29575926/> (дата звернення 10.05.2023 р.)

Arduino Uno. URL: <https://doc.arduino.ua/ua/hardware/Uno> (дата звернення 10.05.2023 р.)

Васильєв О. Програмування C++ в прикладах і задачах. Піра-К. 2017. 378 с.

Шпак З. Програмування мовою С. Видавництво Львівська політехніка. 2011. 427 с.

Осухівська Г.М., Тиш Є.В., Луцик Н.С., Паламар А.М. Методичні вказівки до виконання кваліфікаційних робіт здобувачів першого (бакалаврського) рівня вищої освіти спеціальності 123 «Комп'ютерна інженерія» усіх форм навчання. Тернопіль, ТНТУ. 2022. 28 с.

НПАОП 0.00-7.15-18 «Вимоги щодо безпеки та захисту здоров'я працівників під час роботи з екранними пристроями». Київ. 2018.

Катренко Л.А., Катренко А.В. Охорона праці в галузі комп'ютерингу. Львів: Магнолія-2006. 2012. 544 с.

Бедрій Я. Основи охорони праці користувачів персональних комп'ютерів: навчальний посібник для студентів ВНЗ та інженерів-практиків. Навчальна книга-Богдан. 2014. 144 с.

					КС КРБ 123.041.00.00 ПЗ	Арк.
						57
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Додаток А
Технічне завдання

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ

Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя

Факультет комп'ютерно-інформаційних систем і програмної інженерії

Кафедра комп'ютерних систем та мереж

“Затверджую”

Завідувач кафедри КС

_____ Осухівська Г.М.

“ ___ ” _____ 2023 р

КОМП'ЮТЕРИЗОВАНИЙ НЕІНВАЗИВНИЙ ГЛЮКОМЕТР НА ОСНОВІ
ARDUINO UNO

ТЕХНІЧНЕ ЗАВДАННЯ

на 12 листках

Вид робіт:

Кваліфікаційна робота

На здобуття освітнього ступеня «Бакалавр»

Спеціальність 123 «Комп'ютерна інженерія»

«УЗГОДЖЕНО»

«ВИКОНАВЕЦЬ»

Керівник кваліфікаційної роботи

Студент групи СІ-41

_____ к.т.н., доц. Яцишин В.В.

_____ Коршунов С.В.

«___» _____ 2023 р.

«___» _____ 2023 р.

Тернопіль 2023

1 Загальні відомості

1.1 Повна назва та її умовне позначення

Повна назва теми кваліфікаційної роботи: «Комп'ютеризований неінвазивний глюкометр на основі Arduino Uno».

Умовне позначення кваліфікаційної роботи: КС КРБ 123.041.00.00

1.2 Виконавець

Студент групи СІ-41, факультету комп'ютерно-інформаційних систем і програмної інженерії, кафедри комп'ютерних систем та мереж, Тернопільського національного технічного університету імені Івана Пулюя, Коршунов Сергій Васильович.

1.3 Підстава для виконання роботи

Підставою для виконання кваліфікаційної роботи є наказ по університету (№ 4.7-238 від 28.02.2023 р.)

1.4 Планові терміни початку та завершення роботи

Плановий термін початку виконання кваліфікаційної роботи – 28.02.2023 р.

Плановий термін завершення виконання кваліфікаційної роботи – 24.06.2023 р.

1.5 Порядок оформлення та пред'явлення результатів роботи

Порядок оформлення пояснювальної записки та графічного матеріалу здійснюється у відповідності до чинних норм та правил ISO, ЕСКД, ЕСПД та ДСТУ.

Пред'явлення проміжних результатів роботи з виконання кваліфікаційної роботи здійснюється у відповідності до графіку, затвердженого керівником роботи.

Попередній захист кваліфікаційної роботи відбувається при готовності роботи на 90% , наявності пояснювальної записки та графічного матеріалу.

Пред'явлення результатів кваліфікаційної роботи відбувається шляхом захисту на відповідному засіданні ЕК, ілюстрацією основних досягнень за допомогою графічного матеріалу.

2 Призначення і цілі створення системи

2.1 Призначення системи

Комп'ютеризований неінвазивний глюкометр призначений для вимірювання рівня глюкози в крові людини шляхом застосування методів та засобів спектрального аналізу світла. Це забезпечить безболісну процедуру для визначення в організмі рівня цукру та класифікувати його за трьома рівнями: нормальний, допустимий та критичний.

Комп'ютеризований глюкометр повинен забезпечувати вивід інформації щодо значення рівня глюкози в крові на рідкокристалічний екран та передавати дані у зовнішнє програмне забезпечення, яке може бути реалізовано у вигляді мобільного додатка або desktop-версії.

До складу проектованої системи повинен також входити модуль безпроводної передачі даних з підтримкою Bluetooth технології, який безпосередньо буде комунікувати із програмним забезпеченням опрацювання даних щодо рівня глюкози в організмі людини.

Окрім цього, на базі глюкометра необхідно реалізувати підсистему, яка буде здатна вимірювати насиченість організму киснем та частоту серцевих скорочень. Значення цих показників також повинні бути опрацьовані Arduino UNO та відображені на LCD- дисплеї.

У процесі проектування необхідно реалізувати датчик для вимірювання рівня цукру на основі діодів, що випромінюють та приймають короткохвильований інфрачервоний спектр випромінювання. При цьому повинні бути застосовані фільтр шумів та підсилювач, які б давали змогу перетворити значення струму у напругу у мілі вольтах, а після цього визначити функцію інтерпретації напруги у концентрацію глюкози в міліграмах на дециметр.

Програмне забезпечення неінвазивного глюкометра повинно забезпечувати функції реалізації логіки обчислення рівня глюкози в крові з визначеним рівнем точності. В якості еталонного значення повинні братися ті, які одержані шляхом інвазивного способу вимірювання.

2.2 Мета створення системи

Мета проектування комп'ютеризованого неінвазивного глюкометра полягає у реалізації пристрою на основі мікроконтролера ATmega 328 для вимірювання рівня глюкози в крові без травмування шкірного покриву та забору крові.

В основі даного пристрою повинні використовуватися ефекти світлопоглинання та світловідбивання у рідинах, а також повинна бути забезпечена точність вимірювання та відображення результатів на периферійному пристрої та передачі і зберігання у зовнішньому програмному забезпеченні. Даний пристрій повинен забезпечувати більшу зручність та комфорт у порівнянні з інвазивними способами визначення рівня цукру в крові.

Для досягнення мети щодо реалізації комп'ютеризованого неінвазивного глюкометра потрібно розв'язати наступні задачі:

- дослідження підходів та особливостей вимірювання рівня глюкози в крові людини;
- аналіз неінвазивних засобів визначення рівня цукру в крові;
- побудова структурної та електричної принципової схеми комп'ютеризованого неінвазивного глюкометра;
- аналіз технічних характеристик та обґрунтування вибору апаратних складових неінвазивного глюкометра;
- розробка алгоритмів вимірювання рівня цукру в крові та їхнього опрацювання;
- розробка програмного забезпечення для управління процесом вимірювання та опрацювання даних щодо рівня глюкози;
- тестування розробленого комп'ютеризованого неінвазивного глюкометра.

2.3 Характеристика об'єкту

2.3.1 Основні задачі та функції об'єкту

Мета виконання цього проекту полягає у тому, щоб забезпечити ефективне використання інфрачервоного датчика зі спеціальною довжиною хвилі, який може проникати через шкіру пальця та вимірювати значення рівня цукру в крові. Хвиля інфрачервоного датчика проходить крізь шкіру пальця і стикатиметься з клітинами крові, які викликають відбиття.

Після цього приймач отримає цю хвилю, а Arduino UNO опрацює її та визначить рівень глюкози. Для перевірки ефективності реалізації комп'ютеризованого глюкометра потрібно визначити відсоток помилки між інвазивним методом і неінвазивним.

При взаємодії світлового променя з різними тканинами організму людини, він послаблюється шляхом розсіювання та поглинання шарами шкіри. У зв'язку з різними значеннями характеристики заломлення міжклітинної рідини і мембрани клітин спостерігається процес розсіювання світлового потоку. Заломлення світла у

міжклітинній рідині не є статистичним і на нього впливає кількість глюкози, в той час, як значення заломлення для мембран клітин є практично постійним.

Для вимірювання рівня цукру в крові за допомогою неінвазивного способу пропонується скористатися підходом в основі якого лежить той факт, що інфрачервоне випромінювання ближнього спектру проникає крізь шкіру, взаємодіє з тканинами пальців і концентрацією глюкози, а потім відбивається, і це відбите світло є електричним струмом, яке перетворюється в електричний потенціал.

3 Вимоги до системи

3.1 Вимоги до системи в цілому

При проектуванні комп'ютеризованого неінвазивного глюкометра необхідно розробити датчик, схему, яка містить ПЧ-передавач і ПЧ-фотодіодний приймач. Також до складу глюкометра входить схема, яка складається з каскаду фільтрації та каскаду підсилення.

Пропонований неінвазивний глюкометр базується на оптичній техніці NIR. Вибрано джерело світла NIR з довжиною хвилі 940 нм, оскільки воно підходить для вимірювання концентрації глюкози в крові.

Сенсорний блок складається з випромінювача ближнього інфрачервоного випромінювання та приймача ближнього інфрачервоного випромінювання (фотодетектора), розташованих по обидві сторони від місця вимірювання (кінчика пальця).

Коли ближнє інфрачервоне світло поширюється через кінчик пальця, де воно взаємодіє з молекулою глюкози, частина ближнього інфрачервоного випромінювання поглинається залежно від концентрації глюкози в крові, а решта проходить через палець. Кількість світла що проходить через кінчик пальця, залежить від рівня концентрації глюкози в крові.

Вихідний струм фотодетектора перетворюється в сигнал напруги, а потім фільтрується і підсилюється. Цей підсилений сигнал подається в Arduino.

Далі одержаний сигнал опрацьовується за допомогою регресійного аналізу другого порядку для прогнозування значення глюкози в крові, і значення глюкози в крові відображається на РК-дисплеї.

Програмне забезпечення застосовується для перегляду та зберігання прогнозованого значення глюкози в крові після отримання його через Bluetooth. Atmel спілкується з програмним додатком через Bluetooth, підключивши до нього модуль Bluetooth (HC-06).

Принципова схема розробленої системи складається з датчика, який виконує каскад фільтрації та каскад підсилення. Електричний струм, отриманий від фотодетектора, перетворюється на напругу

3.1.1 Вимоги до структури та функціонування системи

Структура комп'ютерного неінвазивного глюкометра повинна містити компоненти, які дають змогу аналізувати в інфрачервоному спектрі рівень поглинання та відбиття світла. Це формує блок вимірювальних датчиків глюкометра.

Одержані значення сили струму повинні бути перетворені у показники напруги, фільтровані та підсилені. Після цього виконується передача даних до плати керування на основі Arduino UNO. Мікроконтролер повинен забезпечити опрацювання даних і передачу їх на відображення до LCD-дисплею, а також зовнішнього програмного забезпечення.

На базі комп'ютеризованого неінвазивного глюкометра необхідно також реалізувати блоки вимірювання рівня кисню в крові та частоти серцевих скорочень. Для цього необхідно використати пристрій MAX30100.

Безпроводна передача даних від Arduino UNO до ПК або мобільного пристрою на якому функціонує зовнішнє програмне забезпечення виконується за допомогою Bluetooth-модуля.

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

Для забезпечення зв'язку між апаратними компонентами комп'ютеризованого неінвазивного глюкометра використовується плата макетування та набір провідників. Для передачі даних до зовнішнього програмного забезпечення використовується технологія безпроводної передачі даних Bluetooth.

3.1.3 Вимоги по діагностуванню системи

Діагностичні заходи щодо налаштування та функціонування компонентів неінвазивного глюкометра передбачають перевірку з'єднання та коректності роботи їх роботи за наперед складеним графіком.

Програмна складова комп'ютерної системи підлягає такій же діагностиці як і апаратне забезпечення, однак в даному випадку шляхом тестування повинна здійснюватися перевірка коректності одержання, передачі і зберігання даних, а також точність визначення рівня глюкози в крові.

Діагностичні заходи повинні проводитися згідно визначеного регламенту та за певним розкладом у випадку штатної роботи комп'ютерної системи, а у випадку виникнення аварійних збоїв – негайно при виявленні проблеми.

3.1.4 Перспективи розвитку, модернізація системи

Перспективи розвитку комп'ютеризованого неінвазивного глюкометра повинні забезпечувати можливість переходу на іншу програмно-апаратну платформу без втрати вже накопичених даних. Окрім цього, можлива модернізація системи шляхом розширення функціональних можливостей, зокрема, тих, які стосуються інтеграції у більш складні діагностичні системи.

3.1.5 Вимоги до надійності системи

Основними вимогами надійності до комп'ютеризованого неінвазивного глюкометра є безвідмовність та безпечність функціонування протягом визначеного періоду часу. Вимоги до надійності повинні бути забезпечені як при використанні

апаратного забезпечення так і при експлуатації системного і прикладного програмного забезпечення.

Окрім цього, час відгуку системи повинен відповідати часу, який наближений до реального. Жодного негативного впливу на здоров'я людини, компоненти глюкометра не повинні провокувати, а дані, одержані в процесі реєстрації рівня цукру в крові мають бути неспотвореними та з мінімальним рівнем шуму або без нього.

3.1.6 Вимоги до функцій та задач, які виконує система

Основна функція і задачі, які покладено на комп'ютеризований неінвазивний глюкометр полягає безболісному вимірюванні рівня глюкози в крові, а також концентрацію кисню в крові і частоту серцевих скорочень. Глюкометр повинен бути реалізований із застосуванням оптичної техніці NIR, довжина хвилі має становити 940 нм, оскільки воно підходить для вимірювання концентрації глюкози в крові.

Сенсорний блок повинен містити випромінювач ближнього інфрачервоного випромінювання та приймач ближнього інфрачервоного випромінювання (фотодетектора), розташованих по обидві сторони від місця вимірювання (кінчика пальця).

Вихідний струм фотодетектора повинен бути перетворений у сигнал напруги, а потім відфільтрований і підсилений. Цей підсилений сигнал подається в Arduino.

Далі одержаний сигнал повинен бути опрацьованим за допомогою регресійного аналізу другого порядку для прогнозування значення глюкози в крові, і значення глюкози в крові відображається на РК-дисплеї.

Програмне забезпечення застосовується для перегляду та зберігання прогнозованого значення глюкози в крові після отримання його через Bluetooth. Atmel спілкується з програмним додатком через Bluetooth, підключивши до нього модуль Bluetooth (HC-06).

Принципова схема розробленої системи складається з датчика, який виконує каскад фільтрації та каскад підсилення. Електричний струм, отриманий від фотодетектора, перетворюється на напругу.

3.1.7 Вимоги до апаратного забезпечення

Вимоги до апаратного забезпечення:

- мікроконтролер на базі Atmel 328 – 1 шт.;
- блок живлення з регулятором напруги – 1 шт.;
- рідкокристалічний монітор – 1 шт.;
- фотодіод – 1 шт.;
- діод інфрачервоного спектру – 1 шт.;
- модуль МАХ30100 – 1 шт.;
- модуль НС-06 – 1 шт.

3.1.8 Вимоги до програмного забезпечення

Системне програмне забезпечення комп'ютеризованого неінвазивного глюкометра повинно бути реалізовано мовою програмування C/C++ і забезпечувати:

- управління компонентами неінвазивного глюкометра;
- передачі даних про рівень глюкози в крові.

Програмне забезпечення для вирішення задач управління повинно підтримувати передачу даних на основі технології Bluetooth, а також мати можливість одержувати дані про рівень напруги, який повинен бути програмно обчислений на основі визначеного експериментальним шляхом відношення до кількості цукру в крові.

Комунікація між Arduino UNO та рідкокристалічним екраном фізично організована через з'єднання за допомогою джамперів, а програмно використовується бібліотека для роботи з LCD-дисплеєм.

4 Вимоги до документації

Документація повинна відповідати вимогам ЄСКД та ДСТУ

Комплект документації повинен складатись з:

- пояснювальної записки;

– графічного матеріалу:

- 1 Статистика захворюваності на цукровий діабет.
- 2 Процес вироблення глюкози в організмі людини.
- 3 Структурна схема організації неінвазивного глюкометра.
- 4 Алгоритм функціонування неінвазивного глюкометра.
- 5 Результати експериментів при застосуванні неінвазивного глюкометра.

*Примітка: У комплект документації можуть вноситися міни та доповнення в процесі розробки.

5 Стадії та етапи проектування

Таблиця 1 – Стадії та етапи виконання кваліфікаційної роботи бакалавра

№ етапу	Назва етапу виконання кваліфікаційної роботи	Термін виконання
1	Розробка і затвердження технічного завдання	28.02-15.03.2023
2	Аналіз технічного завдання	15.03-02.04.2023
3	Визначення вимог до апаратного та програмного забезпечення комп'ютеризованого неінвазивного глюкометра	03.04-18.04.2023
4	Проектування структурної схеми неінвазивного глюкометра	19.04-04.05.2023
5	Розробка алгоритмів і програмного забезпечення для функціонування неінвазивного глюкометра	04.05-12.05.2023
6	Розробка інструкцій із встановлення та налаштування параметрів комп'ютерної системи	12.05-29.05.2023
7	Безпека життєдіяльності, основи охорони праці	01.06-05.06.2023
8	Оформлення кваліфікаційної роботи	05.06-12.06.2023
9	Попередній захист кваліфікаційної роботи	12.06-17.06.2023
10	Захист кваліфікаційної роботи	19.06-24.06.2023

6 Додаткові умови виконання кваліфікаційної роботи

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