

Міністерство освіти і науки України
ДВНЗ «Прикарпатський національний університет імені Василя Стефаника»
Кафедра комп'ютерної інженерії та електроніки
(повна назва кафедри)

Почанін Юрій Вікторович
Rochanin Yurii

УДК 004:681.5

Спеціальність 123 «Комп'ютерна інженерія»
(шифр та назва спеціальності)

Кваліфікаційна робота
на здобуття освітньо-кваліфікаційного рівня бакалавр
(бакалавр, спеціаліст, магістр)

Розроблення цифрового фітнес трекеру Development of a digital fitness tracker

Науковий керівник:
кандидат технічних наук,
доцент Грига В.М.

Рецензент:
доктор фіз.-мат. наук,
професор кафедри
матеріалознавства і
новітніх технологій
Яремій І.П.

Івано-Франківськ
2021

Міністерство освіти і науки України
Державний вищий навчальний заклад
«Прикарпатський національний університет імені Василя Стефаника»
Фізико-технічний факультет
Кафедра «Комп'ютерної інженерії та електроніки»

Пояснювальна записка
до кваліфікаційної роботи на тему:
Розроблення цифрового фітнес трекеру

					123.КІ-41.13			
<i>Змн.</i>	<i>Арк.А</i>	<i>№ докум.№</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>				
Розробив	Почанін Ю.				Пояснювальна записка	<i>Літ.</i>	<i>Арк.</i>	<i>Аркушіє</i>
Перевірив	Грига В.М.						3	58
Н. Контр.								
Затвердив								

АНОТАЦІЯ

В бакалаврській кваліфікаційній роботі розроблено цифровий фітнес трекер на базі мікропроцесорного макету Arduino UNO та біосенсора MAX86150.

У пояснювальній записці проведено огляд та аналіз відомих фітнес-трекерів, описано їх основні переваги і недоліки та визначено їх основні функції, розглянуто методи вимірювання пульсу людини та особливості вимірювання рівня кисню в артеріальній крові, обґрунтовано вибір апаратних модулів та засобів їх програмування, спроектовано узагальнену структурну схему системи цифрового фітнес-трекеру, розроблено основний алгоритм роботи системи та написано відповідне програмне забезпечення .

Загальний обсяг роботи – 58 сторінок, 39 рисунків, 1 таблиця, 15 посилань.

Ключові слова: фітнес-трекер, ”розумний годинник”, біосенсор, пульс, начисеність, макетна плата, блок-схема алгоритму.

					123.KI-41.13	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		4

ABSTRACT

In the bachelor's work, a digital fitness tracker based on the Arduino UNO microprocessor model and the MAX86150 biosensor was developed.

The explanatory note reviews and analyzes the well-known fitness trackers, describes their main advantages and disadvantages and defines their main functions, discusses methods of measuring human heart rate and features of measuring arterial oxygen level, substantiates the choice of hardware modules and programming tools, designed a general the scheme of the digital fitness tracker system, the basic algorithm of the system operation is developed and the corresponding software is written.

The total volume of work - 58 pages, 39 figures, 1 table, 15 links.

Key words: fitness tracker, “smart watch”, biosensor, pulse, charge, mock-up, block diagram of algorithm.

					<i>123.KI-41.13</i>	<i>Арк.</i>
<i>Зм.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		5

ЗМІСТ

ВСТУП	8
1.ОГЛЯД ТА АНАЛІЗ ЦИФРОВИХ ФІТНЕС-ТРЕКЕРІВ.....	10
1.1. Основні функції та принципи роботи фітнес трекерів	10
1.2. Огляд та аналіз відомих цифрових фітнес трекерів.....	14
1.2.1. Фітнес-трекер Jawbone UP24.....	14
1.2.2. Фітнес-трекер Samsung Gear Fit	14
1.2.3. Фітнес-трекер Misfit Shine	15
1.2.4. Фітнес-трекер Polar Loop	16
1.2.5. Фітнес-трекер iHealth AM3.....	17
1.3. Аналіз методів вимірювання частоти пульсу	18
1.3.1. Механічні методи вимірювання частоти пульсу	20
1.3.2. Метод виявлення електричних сигналів пульсу серцебиття	21
1.3.3. Оптичні методи вимірювання частоти пульсу	22
1.4. Особливості вимірювання рівня кисню в крові.....	23
2. ВИБІР ЗАСОБІВ ДЛЯ РЕАЛІЗАЦІЇ ЦИФРОВОГО ФІТНЕС ТРЕКЕРУ	28
2.1. Вибір мікроконтролера.....	28
2.2. Вибір біосенсора MAX86150.....	29
2.3. Вибір рідкокристалічного дисплея LCD 1602A	32
2.4. Вибір підсистеми безпроводного зв'язку.....	35
2.5. Вибір флеш-пам'яті	38
2.6. Додаткові компоненти системи.....	40
2.7. Вибір середовища програмування апаратури Arduino IDE.....	41
3. РЕАЛІЗАЦІЯ ЦИФРОВОГО ФІТНЕС ТРЕКЕРУ	43
3.1. Розроблення структурної схеми цифрового фітнес трекеру	43
3.2. Розроблення електричної принципової схеми модуля	44
3.3. Реалізація функції вимірювання пульсу	47
3.4. Реалізація функції вимірювання насиченості крові	48
3.5. Алгоритм функціонування системи цифрового фітнес-трекеру	50

ВИСНОВКИ	53
ПЕРЕЛІК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ.....	54
ДОДАТКИ	56

					<i>123.KI-41.13</i>	<i>Арк.</i>
<i>Зм.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		7

ВСТУП

В електроніці, інформаційно-вимірювальній техніці, приладобудуванні та інших галузях техніки широко використовується обробка інформації, що представлена в аналогових та цифрових формах. Це пов'язано з тим, що вихідна інформація про фізичні величини, як правило, носить аналоговий характер.

Вихідну інформацію в багатьох випадках також необхідно подати в аналоговому вигляді. Водночас цифрова форма подання інформації надає незрівнянно більше можливостей для її обробки. При обстеженні пацієнта встановлюється зв'язок між ним і електронною апаратурою, внаслідок чого прилад отримує інформацію у вигляді інформаційно-енергетичних потоків, перетворюючи які можна отримати потрібні діагностичні свідчення.

В даний час медична електроніка перебуває на етапі свого активного розвитку. За допомогою сучасних медичних приладів значно підвищилася якість діагностики захворювань та лікування хворих.

Останнім часом значно підвищився інтерес до питання вимірювання пульсового сигналу, що обумовлено як необхідністю вдосконалення сучасних методів діагностики стану серцево-судинної системи, так і зростаючою увагою до традиційної пульсодіагностики.

Наука і технологічний прогрес подарували нам відмінний винахід – цифровий фітнес трекер. Незважаючи на те, що поняття «фітнес-трекер» досить молоде, стежити за показниками організму люди навчилися вже давно. Звичайно, раніше це був не маленький браслет, а кілька великих приладів, безліч давачів і провідників. Спочатку вимірами займалися в військових цілях, але потім технологіями стали користуватися і професійні спортсмени. А з часом такий моніторинг і зовсім став доступний широким масам. Втім, можливості техніки, звичайно ж різняться. Медичні прилади, які сьогодні застосовують в армії або при підготовці спортсменів, набагато точніші всіх фітнес-браслетів. Втім, звичайним користувачам, абсолютно вистачає даних з тими похибками, які видають сучасні трекери.

					123.KI-41.13	Арк.
						8
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Інноватором в даній сфері по праву вважається компанія Jawbone. До 2011 року вони займалися лише аудіотехнікою, але після випуску свого першого браслета UP ситуація змінилася. До цього ринку поступово приєднуються і такі великі гравці як Sony, Samsung і HTC.

У спробі позбутись зайвої ваги, або просто покращити свій фізичний стан люди все частіше звертаються за допомогою до технологій. Мета фітнес-браслетів полягає в тому, щоб мотивувати і допомагати контролювати навантаження. Такий прилад може нагадати, що ви недостатньо рухаєтеся протягом дня. Деякі моделі вміють стежити за серцебиттям або моніторити активність уві сні. Зараз трекери активності - це не просто крокоміри з можливістю підрахунку калорій, а в більшості випадків - повноцінна екосистема для контролю свого здоров'я.

Також потрібно зазначити ключову відмінність між «розумним годинником» та браслетом. Годинники створені для того, щоб протягом дня якомога рідше діставати смартфон, щоб подивитися якісь повідомлення. Фітнес-трекер - це цілодобовий монітор вашої активності. Навіть незважаючи на те, що в «розумному годиннику» є можливість вираховувати кроки і калорії (а деякі навіть вміють вимірювати пульс), з усіма завданнями, які виконує трекер жоден годинник не впорається. Як мінімум, годинники не можуть працювати довше доби, а фітнес-трекери потребують підзарядки від тижня до півроку, в залежності від моделі.

Метою даної бакалаврської кваліфікаційної роботи є розроблення цифрового фітнес трекера з наступними технічними характеристиками:

1. діапазон реєстрації пульсуючих сигналів: 30-250 уд. хв.;
2. можливість роботи від акумуляторної батареї;
3. наявність безпроводного каналу зв'язку для синхронізації та зняття даних з пристрою в реальному режимі часу;
4. напруга живлення – 5В.

					123.KI-41.13	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		9

1. ОГЛЯД ТА АНАЛІЗ ЦИФРОВИХ ФІТНЕС ТРЕКЕРІВ

1.1. Основні функції та принцип роботи фітнес трекерів

Спортивні браслети, фітнес-трекери, розумні годинники - одні з найцікавіших приладів нашого часу. Показові браслети різних кольорів і фактур - "розумний" аксесуар, який допомагає людині відстежувати його активність.

Розумний годинник - комп'ютеризований наручний годинник з розширеною функціональністю (крім стандартного стеження за часом), часто його порівнюють з комунікаторами. Перші моделі виконували прості завдання, наприклад, виступали в ролі калькулятора, перекладача або ігрового пристрою. Сучасні розумні годинники - це комп'ютери, які носяться на руці. Багато моделей підтримують сторонні додатки і управляються мобільними операційними системами, можуть виступати в якості мобільних медіа-плеєрів.

За допомогою деяких моделей можна приймати телефонні дзвінки і відповідати на SMS та електронну пошту. Окремі розумні годинники працюють тільки в парі зі смартфоном і виступають в ролі допоміжного екрану, який сповіщає власника про надходження нових повідомлень (наприклад, повідомлень в соціальних мережах, дзвінків і нагадувань з календаря).

Ринок фітнес-трекерів на сьогоднішній день є одним з найбільш швидкозростаючих сегментів в сфері «розумної електроніки». Цей бум почався зовсім недавно - якщо пару років назад масовим виробництвом гаджетів займалися лише кілька виробників, то сьогодні в гонку «здорових технологій» залучені десятки компаній: від дрібних стартапів, до корпорацій зі світовим ім'ям. Одночасно зі збільшенням кількості покупців зростає запит на компетентність вибору фітнес-трекера.

Фітнес-трекери не потрібно плутати з «медичними» приладами. Вони не виправляють проблеми з вашим здоров'ям. Вони корисні по-своєму:

					123.KI-41.13	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		10

трекери проводять моніторинг стану здоров'я свого господаря і дають йому корисні поради. Наприклад, як правильно бігати, контролювати свою активність і т.д.

Фітнес-трекери - це пристрої, які відстежують рухову активність людини і допомагають підтримувати її на відповідному здоровому рівні. Такий браслет вміє рахувати кількість зроблених кроків, пройдений шлях і витрачені калорії.

Користувач може встановити собі мету - скільки кроків/метрів необхідно пройти або, яку кількість калорій потрібно спалити за день. Важливою функцією гаджетів є моніторинг фаз сну і так званий «розумний будильник», який будить людини в найзручніший для організму момент.

Найбільш фірмові трекери вміють зчитувати пульс господаря, проводити аналіз крові і навіть виконувати роль «особистого тренера».

Існують і «вузькопрофільні трекери». Вони проводять моніторинг м'язової активності і складу м'язів, навіть роблять аналог енцефалограми.

Фітнес-браслети вже давно перестали вдосконалюватися і пропонувати щось нове. Останнім відносно великим досягненням стала поява браслетів з пульсометром.

Виробники «розумних» браслетів стверджують, що вони створені для занять спортом. Але це зовсім не так тому, що багато представників бюджетного сегмента не здатні враховувати нічого, крім ходьби і бігу.

Багато виробників заявляють, що їх пристрої можуть враховувати і активність власника під час плавання, їзди на велосипеді та в інших видах спорту. Але вартість таких приладів значно дорожча більшості моделей.

Всі без винятку фітнес-трекери можуть прораховувати кроки. Так як багато лікарів рекомендують ходити в день не менше 10 тис. кроків для підтримки форми, та мати в розпорядженні інформаційні дані про кількість пройдених кроків, що є досить корисно.

У перші пару місяців після покупки браслета за даною інформацією дійсно цікаво стежити. Виникає якийсь азарт і невгамовне бажання, якщо не

					123.KI-41.13	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		11

побити власний же рекорд, то хоча б досягти поставленої мети. Але з часом думка про брак пари тисяч кроків до досягнення поставленої мети перестає дошкуляти.

Однак цю функцію не можна назвати не корисною, тому що вона дозволяє як мінімум розуміти, на якому рівні знаходиться фізична активність користувача. Можливо, в перший час вдасться виробити звичку постійно перевіряти власну активність і ходити стільки часу, скільки потрібно.

Різні браслети мають алгоритми підрахунку кроків певної методики і якості. Деякі можуть помилково вважати за кроки, наприклад тряску в автомобілі, якісь накручують лічильник від звичайних змахів руки. Тому дану інформацію не варто сприймати як абсолютно точну.

Більшість «розумних» браслетів має можливості стежити за сном і будити користувача в певний час. Часом буває цікаво поглянути на інформацію про час сну, засинання та кількості пробуджень за ніч.

Набагато цікавіша функція «розумного» будильника. Браслет сам визначає фази легкого і глибокого сну і в залежності від цієї інформації вибирає оптимальний час для пробудження в заданому часовому інтервалі. Відзначається, що таке пробудження набагато легше, ніж від стандартного будильника.

Сон людини циклічний і складається з фаз глибокого сну і легкого сну. Основні відновні процеси відбуваються в першому випадку, а у другому організм тестує внутрішні системи та відпочиває. Важливо, що саме у фазі легкого сну людина найбільш близька до пробудження, вона повертається в боки, рухаються очні яблука, може навіть щось пробурмотіти, і процес підйому в цей час найбільш легкий і приємний для організму.

Коли в якості будильника виступає віброуючий на руці браслет замість гучного ринг тону на смартфоні, прокидатися дійсно простіше.

Розумний будильник або SmartAlarm використовує відомий принцип пробудження, коли людина знаходиться у фазі легкого сну, тобто цифровий

					<i>123.KI-41.13</i>	<i>Арк.</i>
<i>Зм.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		12

фітнес трекер володіє функцією відстежування саме цих фаз сну. Ось тільки ставлення до такого роду рішень зазвичай у людей вельми скептичне.

Пульсометр - відносно нова функція «розумних» браслетів. Ця функція дозволяє перевіряти власний пульс в будь-який зручний час.

Здавалося б, виміряти частоту пульсу нескладно. Намацавши вище зап'ястя відповідне биття, визначають по годинах з секундною стрілкою число ударів за хвилину. Але сучасну людину вже не задовільняє такий метод. І на зміну йому прийшов електронний вимірювач пульсу, що вбудований в цифровий фітнес трекер.

Пульсомір простий в обігу: достатньо злегка натиснути пальцем на невеликий рухливий майданчик, розташований зверху корпусу пристрою, і через 10-15 секунд користувач дізнається частоту свого пульсу.

Вібрувати при пропущених повідомленнях може також практично кожен браслет. Ті браслети, що працюють на ОС Android, мають тонкі налаштування. Це дозволяє вибрати програми, внаслідок чого на повідомлення яких браслет буде реагувати вібрацією. За замовчуванням він сповіщає тільки про вхідні дзвінки.

Функція спрямована на те, щоб виділити важливі повідомлення, тому не варто вибирати багато додатків. В такому випадку буде неможливо визначити, від якої саме програми було надіслано повідомлення, також це витрачає заряд акумулятора. Повідомлення про виклики, в свою чергу, відчутно допомагають в повсякденному житті.

Залежно від моделі браслет може виконувати велику кількість інших функцій різної корисності для користувача. Наявність дисплея у деяких браслетів, наприклад, дозволяє відображати час і текст пропущених повідомлень.

1.2. Огляд та аналіз відомих цифрових фітнес трекерів

1.2.1 Фітнес-трекер Jawbone UP24

Яскраві браслети фірми Jawbone (рис. 1.1), експерти називають кращими фітнес-трекерами, які доступні в багатьох країнах світу. Основна

					123.KI-41.13	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		13

перевага в тому, що даний фітнес-браслет об'єднує всі функції існуючих фітнес-трекерів (за винятком можливості вимірювання пульсу). Це по-справжньому "розумний" трекер: він не тільки буде вести щоденник тренувань, але і оцінить результати і запропонує варіанти їх покращення. Даний браслет також незамінний для тих, хто хоче схуднути: в трекер вбудований сканер штрих-кодів, а в базі продуктів зручно розраховувати власний щоденний баланс білків, жирів та вуглеводів. Приємний бонус - широка колірна палітра: можна вибрати браслет того кольору, який підійде і під щоденний casual-образ і під відповідне вбрання.



Рис. 1.1. Фітнес-трекер Jawbone UP24.

1.2.2 Фітнес-трекер Samsung Gear Fit

Фітнес-трекер Samsung Gear Fit - це найбільш інноваційний сучасний трекер (рис. 1.2). Зовні він нагадує електронний годинник, і це не випадково, тому що він є гібридом смарт-годинника і фітнес-трекера. Він не тільки показує час, але і зчитує інформацію про події із смартфону користувача і виводить інформацію на власний дисплей виготовлений з ударостійкого скла зігнутої форми. Основними перевагами Gear Fit як фітнес-трекера є вбудований пульсометр, а також можливість встановлювати цілі і нагадування.

					123.KI-41.13	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		14



Рис. 1.2. Фітнес-трекер Samsung Gear Fit.

1.2.3 Фітнес-трекер Misfit Shine

Misfit Shine (рис. 1.3), на думку експертів, найбільш стильний фітнес-трекер. Його незвичайний футуристичний дизайн розробив гуру ІТ-світу - колишній гендиректор Apple Стівен Скаллі. Трекер має форму акуратного алюмінієвого диску розміром з монету, який можна носити в якості кулона на шиї, можна також закріпити на шкіряний ремінець, як браслет, або ж прикріпити на одяг за допомогою спеціальної кліпси. Misfit відстежує будь-яку активність людини - біг, ходьбу, заняття спортом. Завдяки захищеності від води і лічильнику гребків з ним можна плавати в басейні, трекер має функцію "розумного будильника". Користувачі мають можливість вести фото-щоденник харчування, а азартні особистості - соціальну мережу Misfit, яка дозволяє змагатися в спортивних результатах з власниками таких трекерів по всьому світу.

					123.KI-41.13	Арк.
						15
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		



Рис. 1.3. Фітнес-трекер Misfit Shine.

1.2.4 Фітнес-трекер Polar Loop

Акуратний та лаконічний Polar Loop (рис. 1.4) - один з найоригінальніших фітнес-трекерів, який є на ринку. Polar Loop має високочутливі сенсори і розрізняє п'ять видів інтенсивності рухів людини - від лежання на дивані до інтенсивних фізичних навантажень. Завдяки цьому розумному трекеру можна з легкістю дізнатися, скільки саме часу (в годинах, хвилинах та секундах) користувач проводить, сидячи за комп'ютером, або лежачи на дивані і перегортаючи журнал. У трекера є функція «inactivity alerts», яка дозволяє нагадати про необхідність порухатися, якщо його власник мало рухається, причому навіть видасть конкретний результат в цифрах - скільки саме хвилин потрібно користувачу пройтися, щоб не бути пасивним в русі. У Polar Loop також є соціальна мережа, де можна поділитися своїми успіхами і подивитися, як відбуваються справи у конкурентів.



Рис. 1.4. Фітнес-трекер Polar Loop.

1.2.5 Фітнес-трекер iHealth AM3

Фітнес-трекер iHealth AM3 (рис. 1.5) є електронним годинником з круглим екраном: це один із найбільш бюджетних і в той же час зручних фітнес-трекерів. Фітнес-трекер дозволяє виконати всього три завдання: рахувати калорії, відстежувати активність та сон. Тому даний трекер доцільно підійде тим, хто тільки починає освоювати світ розумних спортивних фітнес-трекерів. Вся статистика збирається в додатку iHealth, який необхідно попередньо встановити на смартфон. Розробники потурбувалися про зручність даного трекера: вночі на фітнес-трекер можна надіти спеціальний м'який чохол, а під час занять спортом закріпити його на одязі за допомогою кліпси.



Рис. 1.5. Фітнес-трекер iHealth AM3.

					123.KI-41.13	Арк.
						17
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

1.3. Аналіз методів вимірювання частоти пульсу

Пульс (від лат. Pulsus – удар, поштовх) – поштовхоподібне коливання стінок артерій, пов'язане із скороченням серцевих м'язів.

На даний час під терміном частоти серцевих скорочень часто розуміють і частоту пульсу. Хоча у більшості випадків, коли говорять про число ударів в хвилину, то розрізняють терміни "частота серцевих скорочень" і "частота пульсу". Частота серцевих скорочень - це число ударів серця в хвилину, яке можна виміряти, наприклад, при виконанні електрокардіограми (ЕКГ). Частота пульсу - це число імпульсів крові, які виникають в артерії за одну хвилину. Частоту пульсу найчастіше вимірюють на зап'ястках руки, шиї або в паховій області. Величини частоти серцевих скорочень і частоти пульсу можуть бути різними. Якщо величини частоти серцевих скорочень і частоти пульсу різні, то можна констатувати про відповідні порушення ритму і робити висновки про наявність певних захворювань.

В основному пульс (частота серцевих скорочень, ЧСС) – це є синхронне із серцевим скороченням періодичне розширення кровоносних судин, яке є видиме людському оку і визначається на дотик. При поштовхуванні крові через артерії вони пульсують при кожному серцевому скороченні. Пульс - це хвиля коливань, яка поширюється по стінках аорти серця, які виникають при скороченні лівого шлуночку серця.

У більшості випадків частота серцевих скорочень залежить від віку людини, навантажень на організм та індивідуального обміну речовин. Пульс здорового нетренованого чоловіка складає 60-75 ударів в хвилину в стані спокою, а жінки - 75-80 ударів в хвилину. Коли частота серцевих скорочень перевищує 100 ударів за хвилину вимагається обов'язкове медичне обстеження людини. У певної категорії людей, які займаються витривалими видами спорту, частота серцевих скорочень складає десь біля 45 - 60 ударів в хвилину.

					123.KI-41.13	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		18

При тривалому фізичному навантаженні, зміні психо-емоційного стану, а також у випадках дефіциту гемоглобіну в крові людини та інших захворюваннях частота пульсу збільшується, оскільки підтримка органів і тканин людини повинна відбуватися щоразу у відповідний ритм, то при цьому відбувається збільшення серцевих скорочень [10].

На частоту пульсу впливають наступні фактори: зріст людини (зворотна залежність - чим вищий зріст, тоді як правило менша кількість серцевих скорочень в хвилину), вік людини (наприклад, пульс новонародженої дитини складає 120-140 ударів за хвилину в стані спокою, і до 15 років стає нормальним), статі (у чоловіків в середньому пульс дещо нижчий, ніж у жінок), натренованість організму людини (при схильності організму постійним активним фізичним навантаженням пульс в стані спокою зменшується). У професійних спортсменів пульс до навантаження - 40-50 ударів в хвилину, а після - 90-100 ударів в хвилину. У нетренованих людей величина пульсу, після підняття 7 кг, може досягти 100-120 ударів в хвилину, а після нетривалого бігу 120-150 ударів в хвилину. При великих фізичних навантаженнях, таких, як тривалий інтенсивний біг, сильне навантаження на м'язи і тому подібне пульс може складати 150-205 ударів в хвилину.

Орієнтовне значення максимальної частоти пульсу розраховується по формулі: $220 - \text{вік} = \text{максимальна частота серцевих скорочень}$. Значно точніший результати вимірювання пульсу, можна отримати, коли виконати відповідний тест з навантаженням: після вправ зрядки пробігти з максимальною швидкістю 3-2 хвилини, витримавши паузу в одну хвилину, і після цього виміряти пульс.

Для здійснення контролю якісних характеристик величини пульсу і сатурації (насиченості артеріальної крові киснем) використовують метод пульсометрії.

Найпростіший спосіб визначення пульсу - це зажати трьома пальцями шкіру біля основи кистей рук зовні над променевою кісткою або на підставі

					<i>123.KI-41.13</i>	<i>Арк.</i>
<i>Зм.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		19

скроневих кісток. Як правило підрахунок пульсу здійснюють протягом 6, 10 і 15 секунд, а потім пораховану кількість множать відповідно на 10, 6 і 4 (рахунок протягом 6 секунд застосовують на висоті навантаження), але слід враховувати, що частота пульсу може міняється, і отриманий результат може відрізнятись, тому кращим рішенням буде відрахувати величину пульсу повну хвилину (60 секунд).

Оскільки частота серцевих скорочень має фізичний зміст та залежить від кількості коливань (ударів) за визначений проміжок часу, слід розглянути існуючі методи вимірювання частоти серцевих скорочень. Умовно дані методи можна поділити на дві групи – аналогові та цифрові.

Аналогові методи дозволяють визначити деяку залежність певної фізичної величини (наприклад, струму чи напруги) від частоти. Суть їх визначення полягає в тому, що вимірюється саме вказана фізична величина, а про значення величини частоти робиться висновок вже в залежності від вимірюваного значення цієї фізичної величини. Таким чином, аналогові методи називають непрямими методами вимірювання.

Цифрові методи вимірювання частоти є опосередкованими та дозволяють виміряти частоту за допомогою визначення числа імпульсів за фіксований проміжок часу.

1.3.1 Механічний метод вимірювання пульсу

Механічний метод вимірювання пульсу базується на перетворенні пульсації судини в електричний сигнал за допомогою давачів деформації або тиску. Здебільшого для вимірювання таким методом використовують п'єзоелектричні сенсори. Дані давачі дуже чутливі до місця розміщення, а також від зміщення відносно судини. Зазвичай такі давачі є досить громіздкими та незручними у використанні. Точність таких давачів порівняно з оптичними є досить низькою. До недоліків даних давачів відноситься також високе спотворення сигналу [2].

					123.KI-41.13	Арк.
						20
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

1.3.2 Метод виявлення електричних сигналів пульсу серцебиття

Даний метод є більш точний ніж механічний чи оптичний. Для виявлення електричних сигналів на тіло людини причіплюють декілька липких електродів на шкіру для прийому імпульсів. Зазвичай такі датчики розміщують поближче до людського серця, на гнучких поясах. Такі сигнали є досить невеликі і складають приблизно 100мкА.

Алгоритм роботи пристрою, який вимірює пульс серцебиття методом вияву електричних сигналів подано на рис. 1.6.

Для подальшої обробки отриманих сигналів їх потрібно підсилити. Для цього використовують відповідні пристрої для підсилення електричних сигналів. Після підсилення форма сигналу залишається такою самою, тільки відбувається збільшення амплітуди самого сигналу. Так як людське тіло генерує інші сигнали, які також фіксуються пристроєм, то на наступному етапі потрібно виконати фільтрацію сигналу.

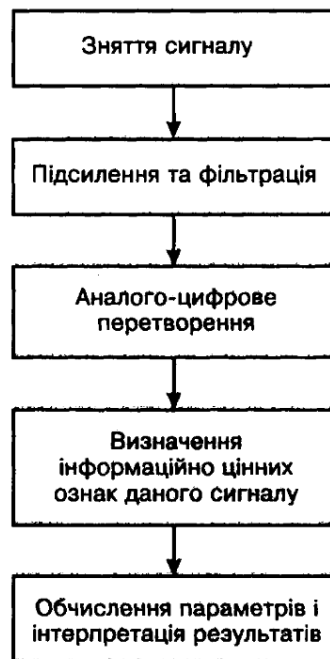


Рис. 1.6. Метод виявлення електричних сигналів пульсу серцебиття.

На виході пристрою отримуємо аналоговий сигнал, який можна відображати на екрані монітору. Для цифрової обробки такий сигнал потрібно оцифрувати за допомогою аналого-цифрового перетворювача (АЦП), що дає можливість в подальшому опрацювати отримані дані за

допомогою комп'ютера. На наступному кроці одержані дані передають по радіоканалу на смартфон чи базову станцію. Слід зауважити, що дані пристрої дуже чутливі до різного роду завад [3].

1.3.3. Оптичний метод вимірювання пульсу

Дані методи базуються на властивості людської шкіри змінювати рівень поглинання модульованого світла залежно від заповнення капілярів кров'ю через серцеву активність. Даний метод іноді часто називають фотоплетізмографією.

Фотоплетізмографія – це метод вимірювання зміни об'єму крові в тканинах за допомогою джерела світла і фотодетектора. На рис. 1.7 бачимо, що інфрачервоний світлодіод використовується для освітлення пальця людини. Залежно від обсягу крові в пальці, поглинається більше або менше світла, отже, змінюється інтенсивність відбитого світла. Оптичний випромінювач містить щонайменше один світлодіод, світлові хвилі якого випромінюються в людську шкіру та один фотодіода, який призначений для фіксації даних хвиль.

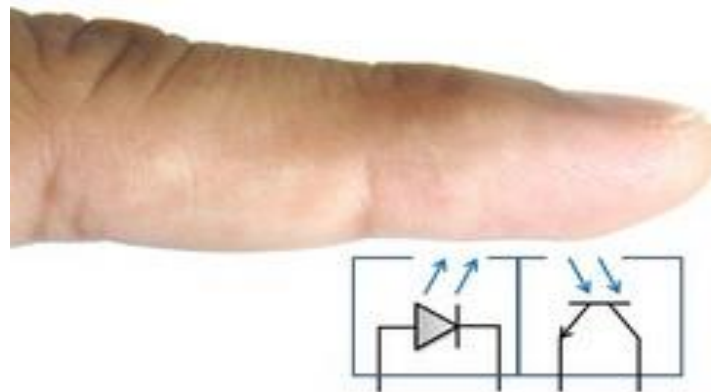


Рис. 1.7. Застосування методу фотоплетізмографії.

Через значні відмінності в характеристиках шкіри, таких як: тонус, товщина та морфологія, пов'язані з різноманітністю споживачів, більшість найсучасніших медичних оптичних приладів використовують безліч світлових хвиль, які по-різному взаємодіють з різними рівнями людської шкіри та тканин. Це надзвичайно важливо для максимізації сигналу потоку

крові та мінімізації шуму навколишнього середовища, наприклад, сонячного світла, що може додавати шум сенсору.

1.4. Особливості вимірювання насиченості артеріального гемоглобіну киснем

Важливо відзначити, що гемоглобін – це дуже важливий елемент крові, який містить залісовмістимий білок і основний компонент еритроцитів. Гемоглобін, який приєднав до себе кисень перетворюється в оксигемоглобін (ОхНб), а гемоглобін, який віддав кисень називається дезоксигемоглобіном (ННб).

Кількість світла яке поглинається пальцем людини залежить від таких факторів:

- концентрації світлопоглинаючої речовини (рис. 1.8);
- довжини шляху світла (рис. 1.9);
- властивостей по різному поглинати червоне та інфрачервоне світло оксигемоглобіном і дезоксигемоглобіном.

На рис. 1.8 можна бачити, що кількість поглинутого світла пропорційне концентрації гемоглобіну в кровеносній судині, розглянуто приклад, коли кровеносні судини двох пальців мають однаковий розмір. Однак кровеносна судина має більш низьку концентрацію гемоглобіну ніж судина справа з більш високою концентрацією гемоглобіну.

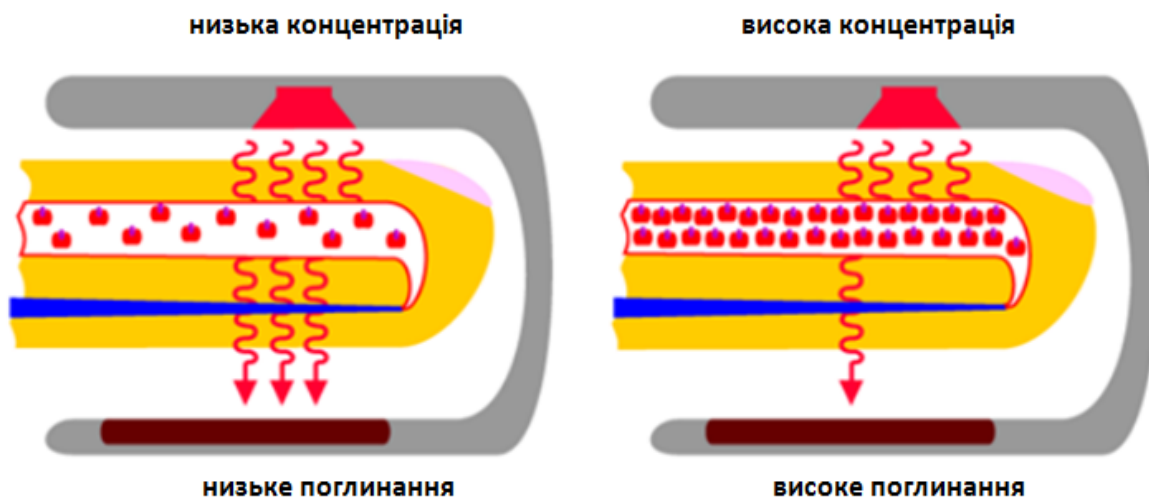


Рис. 1.8. Різна концентрація світлопоглинаючої речовини.

На рис. 1.9 можна бачити, що обидві артерії двох пальців мають однакову концентрацію (однакова кількість гемоглобіну на одиницю площі), однак артерія справа є ширшою ніж артерія зліва. Світло проходить по більш вузькій артерії і проходить через більш широку артерію (показано зеленою лінією). Хоча концентрація гемоглобіну в обох артеріях однакова, світло захоплює більше гемоглобіну в ширшій артерії, оскільки воно проходить більшу довжину шляху.

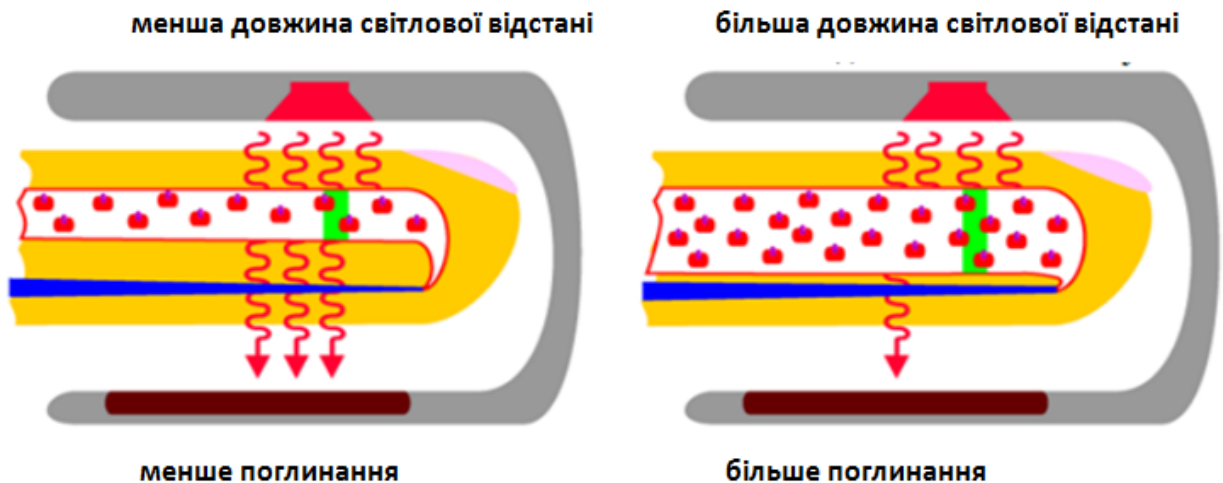


Рис. 1.9. Довжина шляху проходження променів.

Як відомо, світло складається із хвиль. Відстань між двома найближчими сусідніми точками, в яких коливання проходять в однаковій фазі є довжиною хвилі (рис. 1.10).

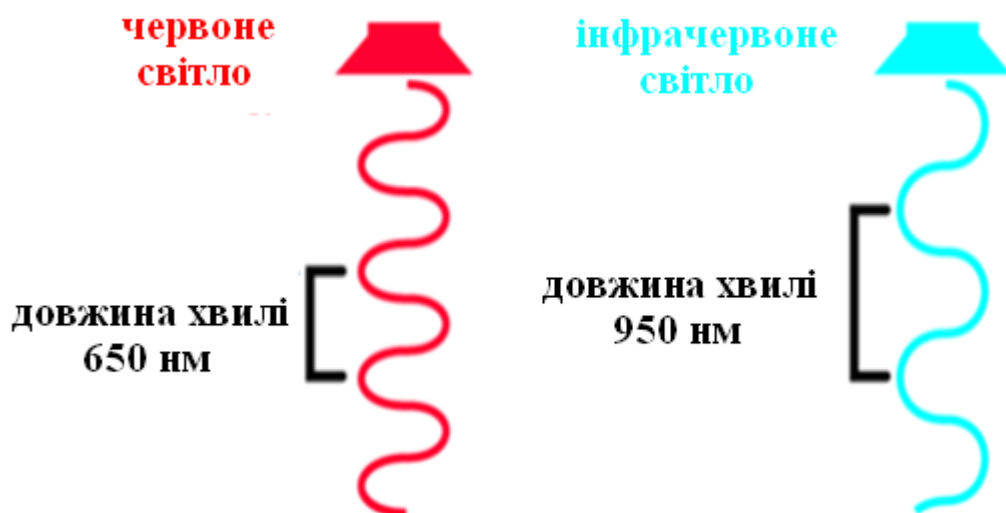


Рис. 1.10. Довжини хвиль червоного та інфрачервоного світла.

Довжини хвиль дуже короткі та вимірюються в нанометрах. Кожний колір має свою довжину хвилі.

Оксигемоглобін і дезоксигемоглобін поглинають червоне та інфрачервоне світло по-різному (червоне світло – довжина хвилі 650 нанометрів, інфрачервоне світло – довжина хвилі 950 нанометрів). Пульсоксиметр використовує властивості, при яких оксигемоглобін та дезоксигемоглобін поглинають світло різних довжин хвиль і графік їх абсорбції (поглинання) можна бачити на рис. 1.11.

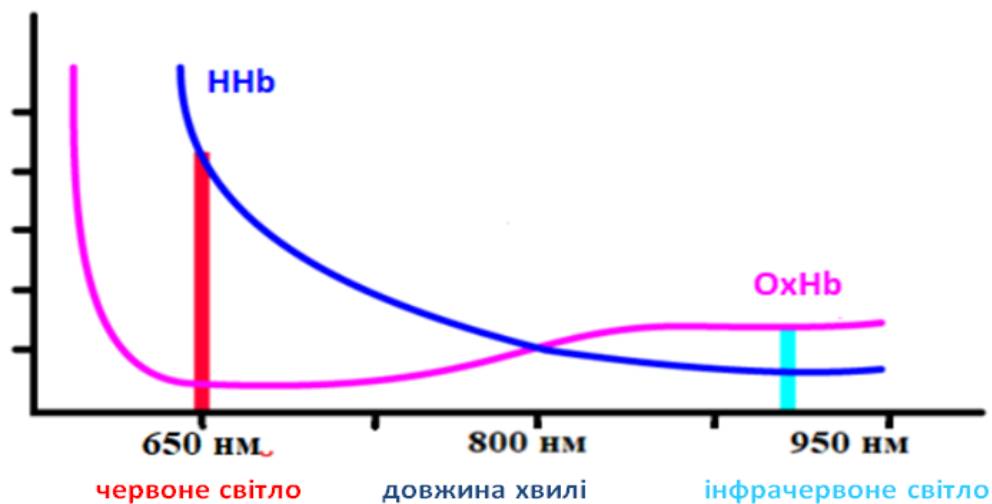


Рис. 1.11. Графік поглинання червоного та інфрачервоного світла.

Із графіка можна бачити, що оксигемоглобін поглинає більше інфрачервоного світла ніж червоного світла, а дезоксигемоглобін поглинає більше червоного світла ніж інфрачервоного світла. Функція пульсоксиметра полягає у визначенні насичення крові киснем, шляхом порівняння кількості поглинутого кровю червоного та інфрачервоного світла. В залежності від значень оксигемоглобіну та дезоксигемоглобіну отримують співвідношення кількості поглинутого червоного світла до інфрачервоного світла і розраховують процент насиченості крові киснем (норма від 95% до 100%).

На рис. 1.12, можна бачити випадок, коли у пацієнта насиченість крові складає 75%, що сигналізує про критичність стану. Дане значення отримане

шляхом співвідношення кількості поглинутого червоного світла до інфрачервоного світла.

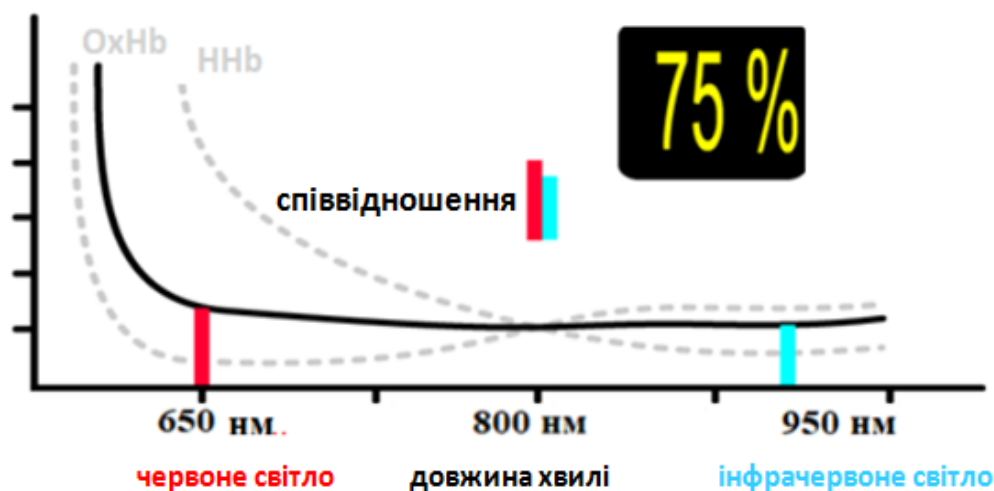


Рис. 1.12. Графік поглинання світла при насиченості крові киснем на 75%.

При розрахунку насиченості крові можуть виникати певні проблеми. При використанні закону Ламберта чітко враховуються критерії фізичних властивостей світла. На рис. 1.13 бачимо, що світло яке проходить через об'єкт проходить прямо, як промені світла.

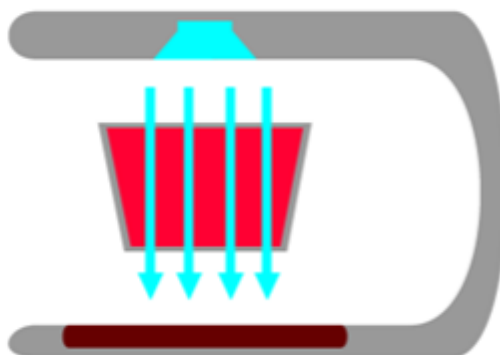


Рис. 1.13. Проходження променів по закону Ламберта.

Але в реальних ситуаціях цього не відбувається, томущо кров – це не чиста рідина. В ній містяться різні нерегулярні об'єкти, такі як червоні кільця і т.д. Це зумовлює промені світла розсіюватися, замість їх направлення по прямій, що продемонстровано на рис. 1.14.

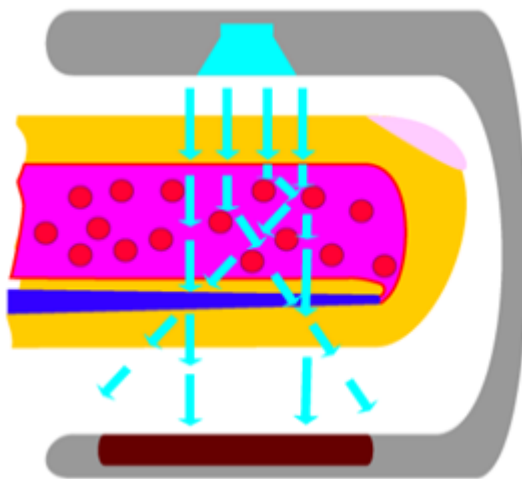


Рис. 1.14. Проходження променів в реальності.

Вирішенням даної проблеми є процес калібрування, та застосування величин графіка калібровки. При розрахунку кінцевих значень враховуються калібровані значення.

					123.KI-41.13	Арк.
						27
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

2. ВИБІР ЗАСОБІВ ДЛЯ РЕАЛІЗАЦІЇ ЦИФРОВОГО ФІТНЕС ТРЕКЕРУ

2.1. Вибір мікроконтролера

Для вибору мікроконтролера, який буде відповідати за здійснення керування основними функціями цифрового фітнес-трекера вибрано мікроконтролер AVR типу ATmega328, який вбудований на макетній платі Arduino UNO [6].

Макетна плата містить 14 цифрових входів/виходів (6 з яких можуть використовуватися як виходи широтно-імпульсних модуляторів), 6 аналогових входів, кварцовий генератор частотою 16МГц, USB-роз'єм, роз'єм для живлення плати, роз'єм для внутрішньосхемного програмування ICSP та кнопку RESET (перезавантаження). Зовнішній вигляд макетної плати Arduino UNO показано на рис. 2.1. Щоб розпочати роботу за допомогою даної макетної плати необхідно її під'єднати до комп'ютера за допомогою USB-кабелю або подати живлення від батареї або AC/DC адаптера.

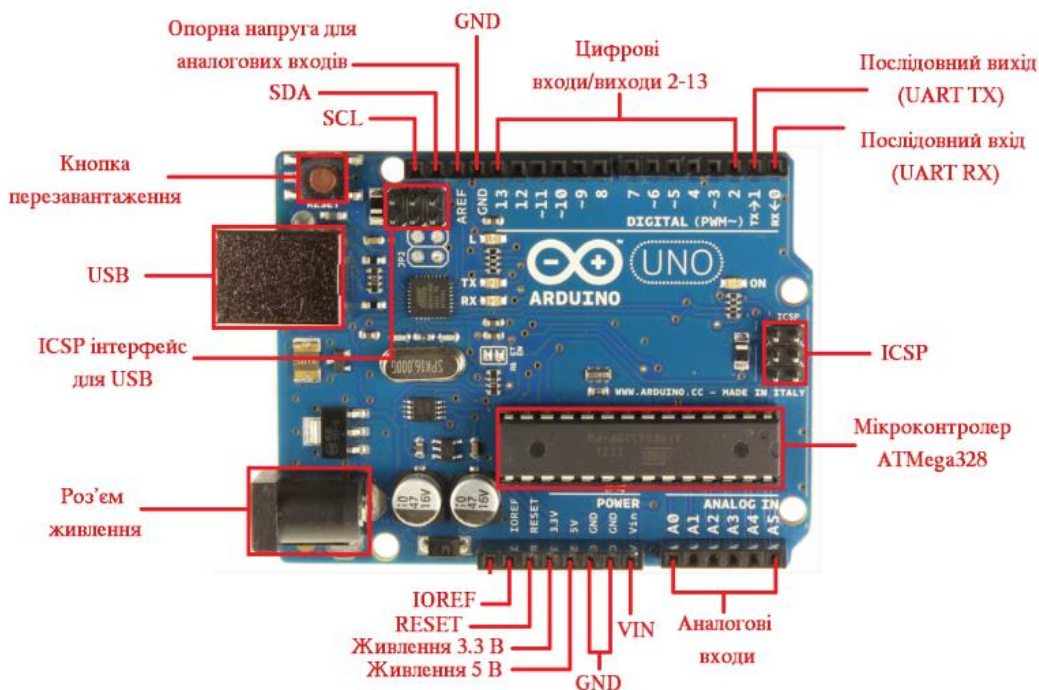


Рис. 2.1. Зовнішній вигляд макетної плати Arduino UNO.

У макетній платі Arduino UNO для зв'язку з USB-портом використовується мікроконтролер ATmega8U2.

Макетна плата Arduino UNO має наступні характеристики:

- робоча напруга живлення – 5 В;
- рекомендована напруга живлення – 7-12 В;
- гранична напруга живлення – 6-20 В;
- 14 цифрових входів/виходів (6 з них можуть використовуватися в якості ШІМ-виходів);
- 6 аналогових входів;
- максимальний струм одного виводу складає 40 мА;
- максимальний вихідний струм виводу 3,3В складає 50 мА;
- Flash-пам'ять – 32 КБ (ATmega328) з яких 0,5 КБ використовуються завантажувачем;
- пам'ять типу SRAM об'ємом 2 КБ (ATmega328);
- пам'ять типу EEPROM об'ємом 1 КБ (ATmega328);
- робоча тактова частота – 16 МГц.

2.2. Вибір біосенсора MAX86150

Основне призначення в розробленій системі відіграє мікросхема MAX86150, яка є інтегральним сенсорним модулем, призначеним для спрощення розробки портативних медичних приладів серцевого ритму, електрокардіограми і насиченості крові киснем.

Біосенсор MAX86150 інтегрований пульсоксиметром, електрокардіограмою, сенсором серцевих скорочень. Він містить внутрішні світло діоди (червоний та інфрачервоний), фотоприймач і малошумну електроніку з подавленням навколишнього світла. Зв'язок із модулем здійснюється через інтерфейс I2C. Внутрішня електронна схема обробки сигналів біосенсора характеризується низьким рівнем власного шуму і забезпечує погашення власної засвітки.

					123.KI-41.13	Арк.
						29
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

В процесі вимірювань використовується канал червоного та інфрачервоного світла з регульованою програмним чином інтенсивність свічення і продовжуваністю сеансів вимірювання.

Біосенсор МАХ86150 працює від джерела живлення 1,8 В. Окреме джерело живлення мінімум 3,5В потрібне для випромінювання світло діодів.

На рис. 2.2 показано зовнішній вигляд мікросхеми МАХ86150.



Рис. 2.2. Зовнішній вигляд біосенсора МАХ86150.

До основних технічних характеристик мікросхеми МАХ86150 відносять:

- напруга живлення – 1,8 В;
- підтримка I2C інтерфейсу;
- медичний оксиметр пульсу;
- оптичний модуль;
- можливість вимірювання енцефалограми;
- діапазон робочих температур - 40⁰С - +85⁰С.

На рис. 2.3 показано блок-схему мікросхеми МАХ86150.

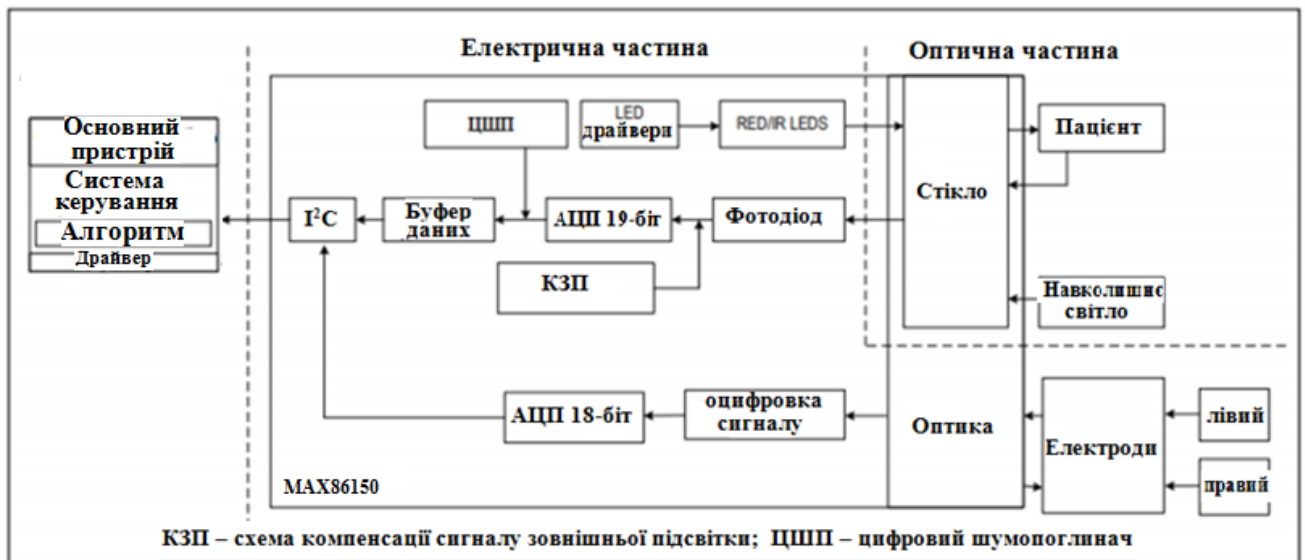


Рис. 2.3. Блок-схема біосенсора MAX86150.

LED драйвер в мікросхемі MAX86150 призначений для керування вбудованими світло діодами (червоним та інфрачервоним). За допомогою LED драйвера здійснюється модуляція протяжності світлодіодних імпульсів для SpO₂ (процентне значення насиченості крові киснем) та вимірювання HR (кількості ударів в хвилину). Струм діодів може бути запрограмований від 0 мА до 100 мА з відповідною напругою живлення. Ширина імпульсу може бути запрограмована в діапазоні від 50 мкс до 400 мкс, щоб дозволити алгоритму оптимізувати розрахунок SpO₂, точність HR і споживання енергії. Швидкість передачі даних АЦП може бути запрограмована із 10 sps до 3200 sps. При цьому точність вимірювання і енергоспоживання можна оптимізувати під кожну конкретну ситуацію.

Біосенсор MAX86150 оснащений інтерфейсом I2C, 2-х провідний послідовний інтерфейс, який містить послідовну лінію даних (SDA) і послідовну лінію тактового сигналу (SCL). SDA і SCL полегшують зв'язок між MAX86150 і модулем на тактових частотах до 400 кГц. Ведучий пристрій генерує SCL та ініціалізує передачу даних на шині. Ведучий пристрій записує дані в MAX86150 шляхом передачі відповідного адресу веденого пристрою даних. Кожна послідовна передача починається із сигналу START (S) або повторний START (Sr) та умовою STOP (P) стану.

Кожне слово, що передається на MAX86150, має довжину 8 біт и супроводжується тактовим імпульсом підтвердження. Ведучий пристрій зчитує дані із MAX86150 і передає адрес відомого пристрою з відповідною серією із дев'яти імпульсів SCL та передає дані на SDA в синхронізації із майстром генерованих імпульсів SCL. Ведучий пристрій підтверджує отримання кожного байту двних. Підтягуючі резистори, як правило, більше, ніж 1000 Ом, потрібні на лініях SDA і SCL. Резистори захищають цифрові входи MAX86150 від шумів високої напруги на лініях шини і зводять до мінімуму перехресні завади.

2.3. Вибір рідкокристалічного дисплея LCD 1602A

Для відображення цифрової та символної інформації вибрано рідкокристалічний дисплей серії LCD1602A, який виготовлений на технології рідких кристалів та зображений на рис. 2.4 [9].

Рідкокристалічний дисплей LCD1602A може додатково містити відповідну плату конвертер для виконання перетворення паралельного 8-бітного інтерфейсу рідкокристалічного дисплею в шину I2C, по якій здійснюється під'єднання до плати Arduino UNO за адресою яка виставляється спеціальними перемичками. Наявність послідовного інтерфейсу дає змогу значно скоротити кількість використовуваних цифрових виводів контролера для під'єднання додаткових периферійних модулів, а з'єднання з контролером Arduino UNO відбувається за допомогою 2-х провідного зв'язку.

Контактні площадки A1 ... A3 потрібні для того, щоб змінювати адресу I2C пристрою. Шляхом запаювання відповідних перемичок, можна змінювати адресу пристрою. На рис. 2.5 наведено таблицю відповідності значень адрес і перемичок: "0" - відсутністю контакту, "1" - встановлена перемичка. По замовчуванню всі 3 перемички розімкнені та адреса пристрою становить 0x27.

					123.KI-41.13	Арк.
						32
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

На екрані рідкокристалічного дисплею LCD 1602A I2C можна одночасно відобразити до 32 символів, причому символи відображаються у 2 рядки, максимальна кількість символів у рядку - 16. Екран дисплею оснащений світлодіодним підсвічуванням з відповідним кольором в залежності від модифікації.

Контролер рідкокристалічного дисплея HD44780 містить постійний запам'ятовуючий пристрій (ПЗП) в якому зберігаються цифри, символи латиниці, для їх відображення на екрані дисплею. Якщо деякі спеціальні символи та символи кирилиці є відсутні, то їх можна завантажити в оперативний запам'ятовуючий пристрій (ОЗП) контролера.

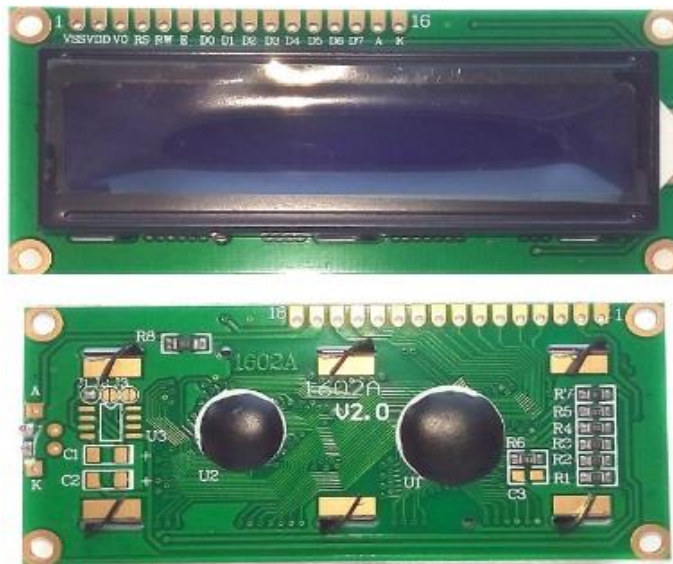


Рис. 2.4. Зовнішній вигляд символьного дисплея LCD 1602A.

A2	A1	A0	Адреса
1	1	1	0x20
1	1	0	0x21
1	0	1	0x22
1	0	0	0x23
0	1	1	0x24
0	1	0	0x25
0	0	1	0x26
0	0	0	0x27

Рис. 2.5. Відповідність значень адрес і перемичок модуля PCF8574.

Мікросхема може використовуватися для керування рідкокристалічним дисплеєм за допомогою контролера HD44780, в 4-х бітному режимі. Для цього на платі встановлено мікросхему PCF8574, яка є перетворювачем шини I2C в паралельний 8 бітний порт.

Мікросхема модуля PCF8574 має відповідно розведені сигнали для швидкого під'єднання до дисплею. На мікросхемі вже є впаяні підтягуючі резистори на двох лініях SCL і SDA, міститься потенціометр для регулювання контрастності екрану рідкокристалічного дисплею та наявний джампер який вмикає/вимикає підсвічування екрану дисплею.

Схема під'єднання дисплею LCD 1602A до макетної плати Arduino Uno через I2C інтерфейс показана на рис. 2.6.

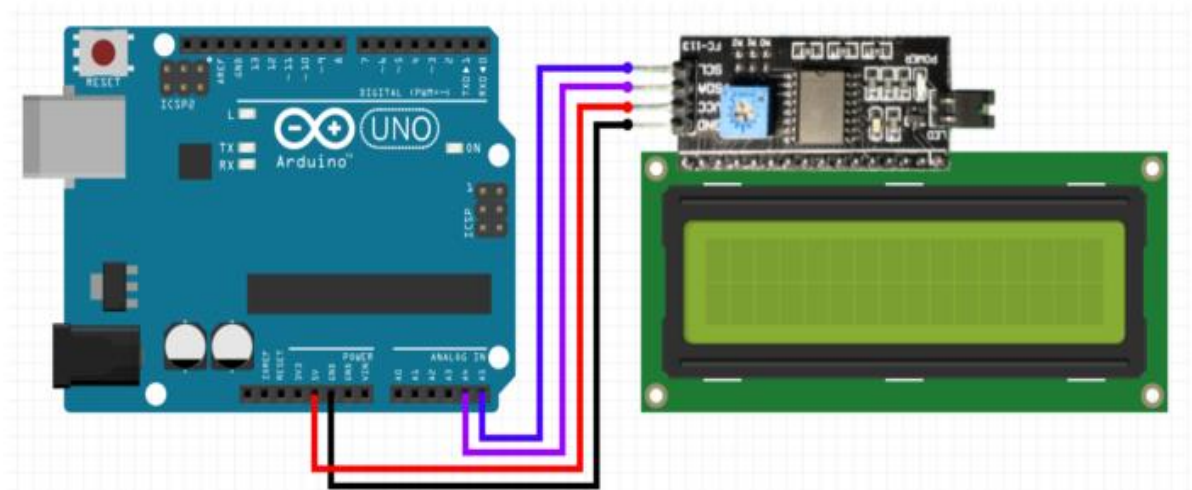


Рис. 2.6. Схема під'єднання дисплею LCD 1602A I2C до Arduino Uno через I2C інтерфейс.

Основні характеристики LCD 1602 I2C:

- рідкокристалічний символний тип дисплею;
- максимальна дозволена кількість символів в рядку – 16;
- кількість рядків – 2;
- наявність контролера HD44780, який містить ПЗП;
- наявність світлодіодної підсвітки;
- символний тип відображення, є можливість завантаження символів;

- найбільший кут огляду складає: 180 °;
- робоча напруга живлення дисплею: 5В;
- робочий температурний діапазон складає: від -20 °С до +70 °С;
- габаритні розміри: 98 x 60 x 12 мм;
- основна вага: 80 гр.

2.4. Вибір підсистеми безпроводного зв'язку

Існує два способи передачі даних:

1. Провідний – давач або пристрій з'єднуються гнучким кабелем. У такої технології є один великий плюс – відсутність завад і, відповідно, точний та стійкий сигнал.

2. Безпроводний – давач і пристрій обмінюються даними безпроводним шляхом. Дана технологія дозволяє бути надійною при виконанні фізичних вправ, що є важливим для цифрових фітнес-трекерів.

Провідна технологія дуже рідко зустрічається в подібних пристроях, оскільки наявність проводів викликає дискомфорт при різних рухах. Безпроводна технологія на даний час є дуже популярною. На сьогоднішній день існує багато технологій організації безпроводних мереж передачі даних, найбільш відомі із них Wi-Fi 802.11, Bluetooth Low Energy, Ant/Ant+, GPRS, LTE, ZigBee, rDA. Із врахуванням складності і високого споживання енергії деякі протоколи малопридатні для розробки мережеских додатків автоматизації і моніторингу характеристик. В зв'язку з цим, в сучасних сенсорах зустрічаються два види безпроводних протоколів, які володіють низьким енергоспоживанням:

- Bluetooth/ Bluetooth 4.0 BLE – протокол безпроводної передачі даних, використовується у великій кількості пристроїв, для передачі даних між пристроями, або синхронізації їх з комп'ютером. Дальність дії до 100 м, а також важливою характеристикою даного протоколу є дуже мале пікове енергоспоживання і енергоспоживання в режимі спокою. Протокол Bluetooth 4.0 має широке розповсюдження і є відкритим.

					123.KI-41.13	Арк.
						35
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

- Ant/Ant+ - спеціалізований протокол безпроводної передачі даних для обміну між пристроями, призначеними для спорту, здоров'я. Дальність дії до 50 м. Два протоколи даних використовують ISM діапазон 2,4 ГГц, швидкість передачі – 1 Мбіт/сек. На відміну від протоколу Bluetooth 4.0 протокол Ant+ має менший радіус дії.

- ZigBee – безпроводна специфікація з низьким споживанням на базі стандарту IEEE 802.15.4-2003. Вона забезпечує комірчасту безпроводну мережу з низьким енергоспоживанням і призначена для таких додатків, як інтелектуальні лічильники, системи домашньої автоматики і дистанційного керування. Недоліком протоколу ZigBee є те, що його складність і висока споживана потужність не дозволяє використовувати дану технологію в не обслуговуваних пристроях, які повинні працювати на протязі довгого часу від батареї живлення.

У кваліфікаційній роботі для реалізації підсистеми безпроводного зв'язку цифрового фітнес трекеру було вибрано Bluetooth модуль HC-06, зовнішній вигляд якого показано на рис. 2.7.

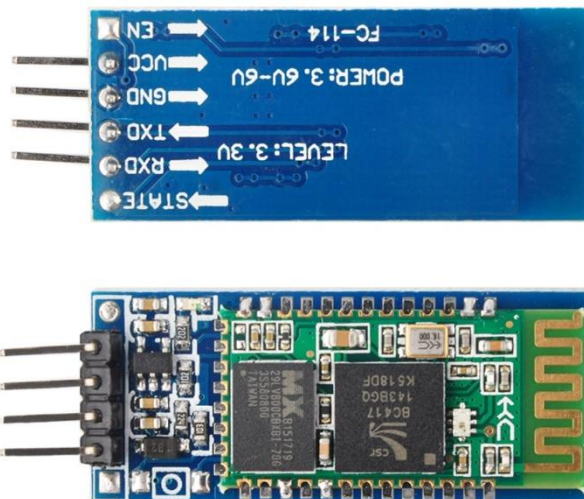


Рис. 2.7. Зовнішній вигляд Bluetooth модуль HC-06.

З боку керованого пристрою, такого як Arduino, цей модуль виглядає як звичайний послідовний інтерфейс.

Робоча напруга Bluetooth-модуля – 3,3 В, але також модуль підтримує живлення і від 5 В, тому він сумісний з усіма платами Arduino.

До основних характеристик модуля HC-06 відносяться:

Напруга живлення модуля: 3,3-6 В;

Максимальна вхідна напруга лог. "1" - 5 В;

Вихідна напруга лог. "1" - 3,3 В;

Струм споживання: 45 мА;

Дальність дії зв'язку при прямій видимості: 30 м;

Під'єднання стандартне для пристроїв, що під'єднуються по послідовному інтерфейсу:

вивід RX модуля безпроводної передачі під'єднується до виводу TX Arduino;

вивід TX модуля безпроводної передачі під'єднується до виводу RX Arduino.

На рис. 2.8 показано схему під'єднання модуля до Arduino UNO.

Із наведеного рисунка, видно, що при під'єднанні використовуються резистори (10 КОм і 20 КОм) для спадання напруги на виводі TX Arduino UNO з 5В до приблизно 3В. Це є важливим момеентом, оскільки модуль безпроводної передачі HC-06 використовує 3,3В логіку і, коли помилково використати 5В Arduino UNO можна спалити модуль.

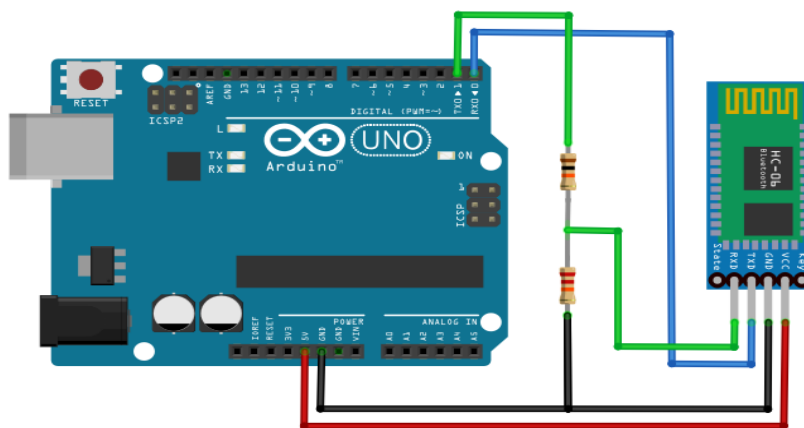


Рис. 2.8. Схема під'єднання модуля HC-06.

На рис. 2.9 показано принципову схему під'єднання модуля до Arduino UNO.

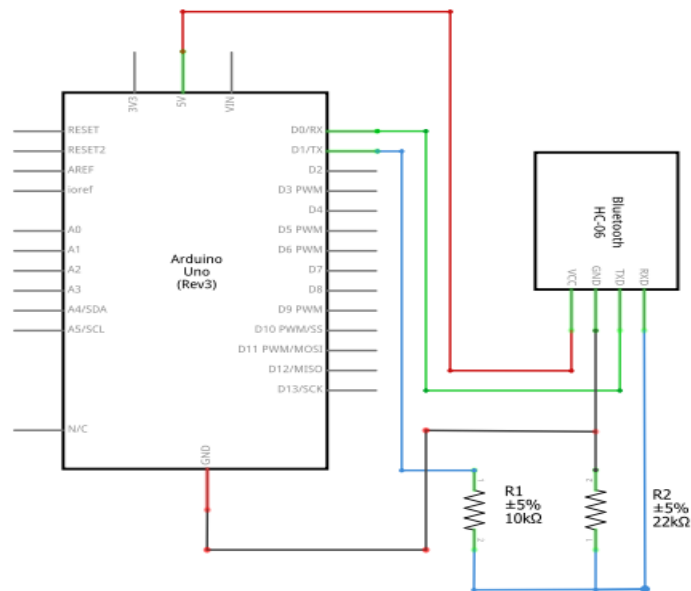


Рис. 2.9. Принципова схема під'єднання модуля HC-06 до Arduino UNO.

2.5. Вибір зовнішньої флеш-пам'яті

У розробленій системі у якості зовнішньої флеш-пам'яті вибрано модуль Transcend MicroSD TS2GUSD, Flash-пам'ять об'ємом 2 Гбайт. На рис. 2.10 наведено зображення даної карти пам'яті Transcend MicroSD, а також показана нумерація контактів.

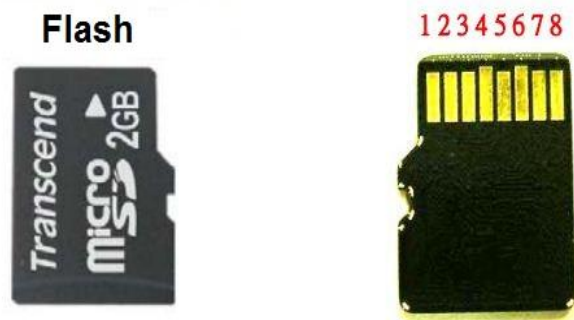


Рис. 2.10. Зовнішній вигляд карти пам'яті Transcend MicroSD TS2GUSD.

На рис. 2.11 подана внутрішня структура вибраної флеш-пам'яті Transcend MicroSD TS2GUSD.

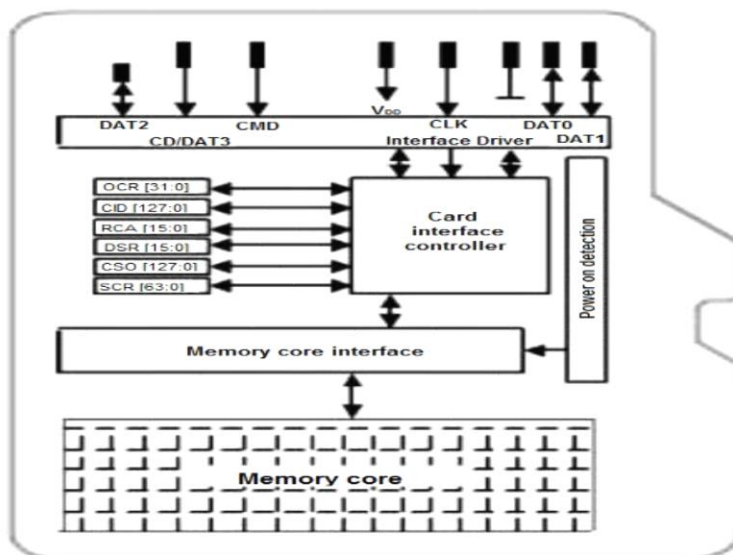


Рис. 2.11. Внутрішня структура флеш-пам'яті Transcend MicroSD TS2GUSD.

Флеш-пам'ять Transcend MicroSD TS2GUSD є енергонезалежною, та не потребує зовнішнього джерела живлення для збереження інформації. До основних переваг вибраної пам'яті належить: малі габарити (11мм x 15мм x 1мм), високу швидкість передачі запам'ятовуваних даних, що зберігаються. Напруга живлення мікросхеми пам'яті 2,7 – 3,6В. Діапазон робочих температур мікросхеми пам'яті: від -25°C до $+85^{\circ}\text{C}$. В таблиці 2.1 наведено призначення виводів карти пам'яті Transcend MicroSD TS2GUSD.

Таблиця 2.1.

Призначення виводів карти пам'яті TS2GUSD

№ ніжки	Назва	Тип	Опис
1	RSV		Зарезервовано
2	CS	I	Вибір карти пам'яті
3	DI	I	Лінія даних для запису даних
4	V_{DD}	S	Напруга живлення пам'яті
5	SCLK	I	Лінія синхроімпульсів пам'яті (Clock)
6	V_{SS}	S	Земля (Ground)
7	DO	O/PP	Лінія даних для читання
8	RSV		Зарезервовано

(S: Живлення; I: Вхід; O: Вихід; PP: Push-Pull)

2.6. Додаткові компоненти системи

Для розробленої системи була обрана мікросхема TRF7960 контролера зв'язку (рис. 2.12), яка відповідає за синхронізацію з ПК, безпроводний зв'язок і перепрограмування мікроконтролера. Даний контролер має наступні характеристики:

- робоча напруга живлення - 3В;
- програмовані порти вводу/виводу;
- програмована тактова частота роботи;
- декілька режимів роботи контролера.

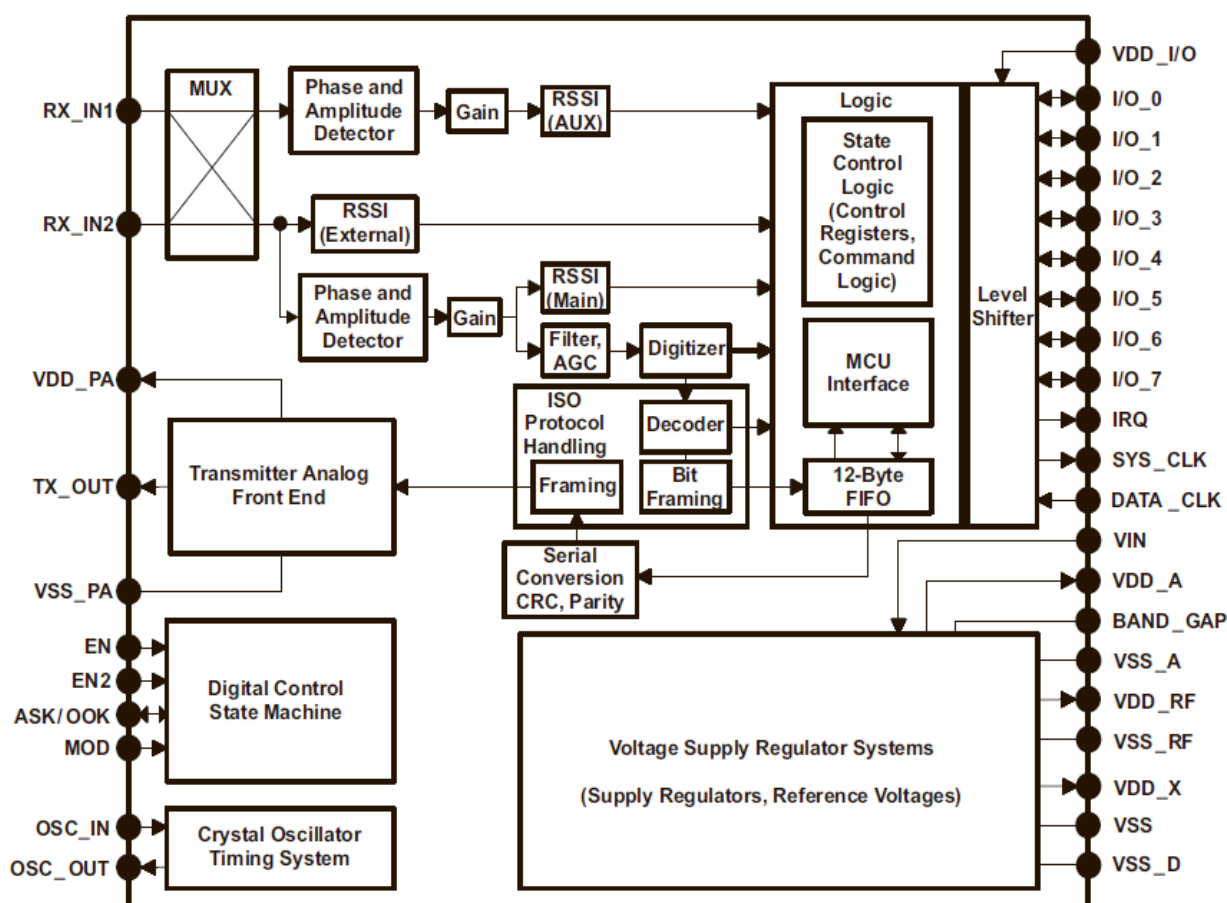


Рис. 2.12. Структурна схема контролера зв'язку.

Даний контролер є дуже поширений і широко використовується в багатьох системах, де потрібна висока безвідмовність роботи.

Для вводу даних в розробленій системі було вибрано матричну 16-кнопову клавіатуру, яка показана на рис. 2.13.



Рис. 2.13. Зовнішній вигляд матричної клавіатури.

Матрична клавіатура є досить дешевою та має компактні розміри: 76 мм в довжину, 69 мм в ширину та близько 1 мм в товщину. Під'єднання клавіатури здійснюється по 8-піновому конектору. Матрична клавіатура має струм споживання близько 100 мА, а напруга живлення становить 3В.

2.7. Вибір середовища програмування апаратури Arduino IDE

Для написання програмного забезпечення під мікроконтролер ATmega328 макетної плати Arduino Uno вибрано інтегроване середовище розробки – Arduino IDE. Вибране програмне середовище має достатню кількість переваг у порівнянні з іншими: використовує малі обсяги пам'яті, вимагає значно малих ресурсів комп'ютера, простий і зручний інтерфейс та легкість у користуванні, просте під'єднання до плати через USB-порт та багато інші позитивних сторін.

На рис. 2.14 зображено основне вікно вибраного інтегрованого програмного середовища Arduino IDE [10].

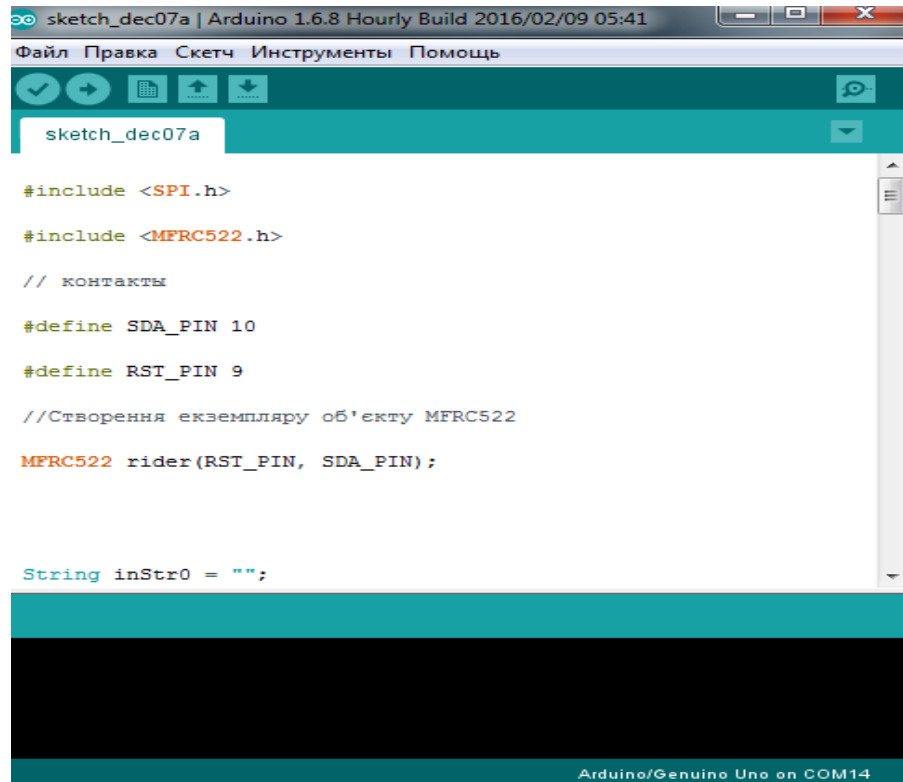


Рис. 2.14. Інтерфейс інтегрованого середовища Arduino IDE.

Як бачимо із рисунку, інтегроване середовище складається з вбудованого текстового редактору програмного коду, консолі (вікна виводу тексту) та панелі інструментів з кнопками виконавчих команд, які найчастіше використовуються і декількох розділів меню. Програма, що пишеться та компілюється в середовищі Arduino IDE називається скетч. Скетч пишеться у текстовому редакторі на мові високорівневого програмування C/C++. Програма в середовищі Arduino IDE складається з 2 основних блоків: блоку *setup* та блоку вічного циклу - *loop*. У першому блоці прописуються налаштування виводів задіяних мікросхем та ініціалізації певних допоміжних модулів. Другий блок є основним тілом програми, в якому записується основний код програми, в основному це зчитування відповідної інформації з давачів, обробка даних та виведення результуючої інформації. Код, який знаходиться у функції *loop* виконується циклічно. Вікно виводу тексту містить інформаційне повідомлення про хід завантаження повідомлень про помилки та зауваження, що виникли у ході компіляції або завантаження скетчу.

3. РЕАЛІЗАЦІЯ СИСТЕМИ ЦИФРОВОГО ФІТНЕС ТРЕКЕРУ

3.1. Розроблення структурної схеми цифрового фітнес-трекеру

На рис. 3.1 запропоновано структурну схему цифрового фітнес-трекеру, яка представляє собою сукупність апаратних та програмних засобів, які призначені для керування основними підсистемами фітнес-трекера.

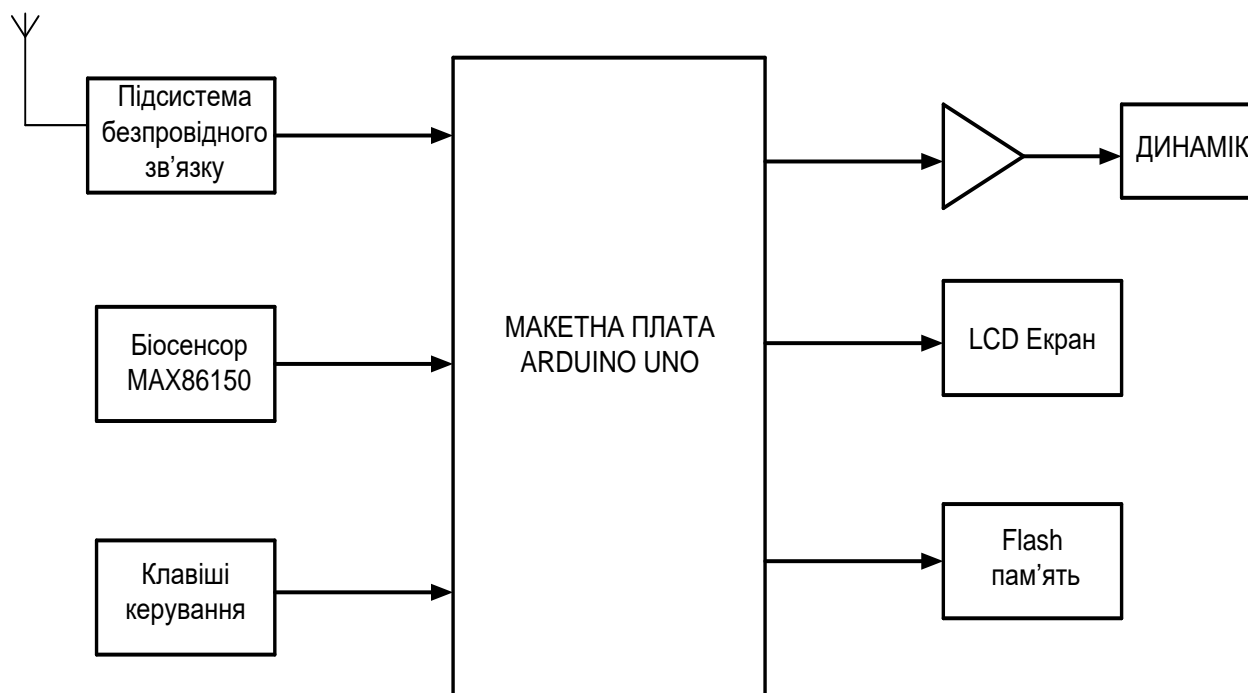


Рис. 3.1. Узагальнена структурна схема цифрового фітнес-трекеру.

Структурна схема містить наступні блоки: макетну плату Arduino UNO, яка здійснює керування всіма модулями системи; мікросхема біосенсора МАХ86150 для вимірювання пульсу (реєстрації пульсуючих ударів серця людини) та рівень насиченості артеріальної крові киснем, безпроводний інтерфейс зв'язку на основі модуля Bluetooth HC-06, для передачі даних про показники людини; клавіатуру, для налаштування режимів роботи пристрою; динамік, для сигналізації про зміни параметрів стану під час занять спортом; екран, для виводу необхідних даних; та можливість під'єднання зовнішньої пам'яті, для запису історії роботи пристрою.

3.2. Розроблення електричної принципової схеми модулів

					123.KI-41.13	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		43

Керування MAX86150 здійснюється через внутрішні програмні регістри. Цифрові вихідні дані можуть бути збережені в 32-розрядному буфері FIFO, який дозволяє через спільну шину послідовно передавати цифровий потік на зовнішній контролер.

На рис. 3.2 зображена структурна схема із зовнішнім під'єднанням через 3-х провідний інтерфейс. Система живлення містить окремі схеми живлення для основної схеми та для світлодіодів.

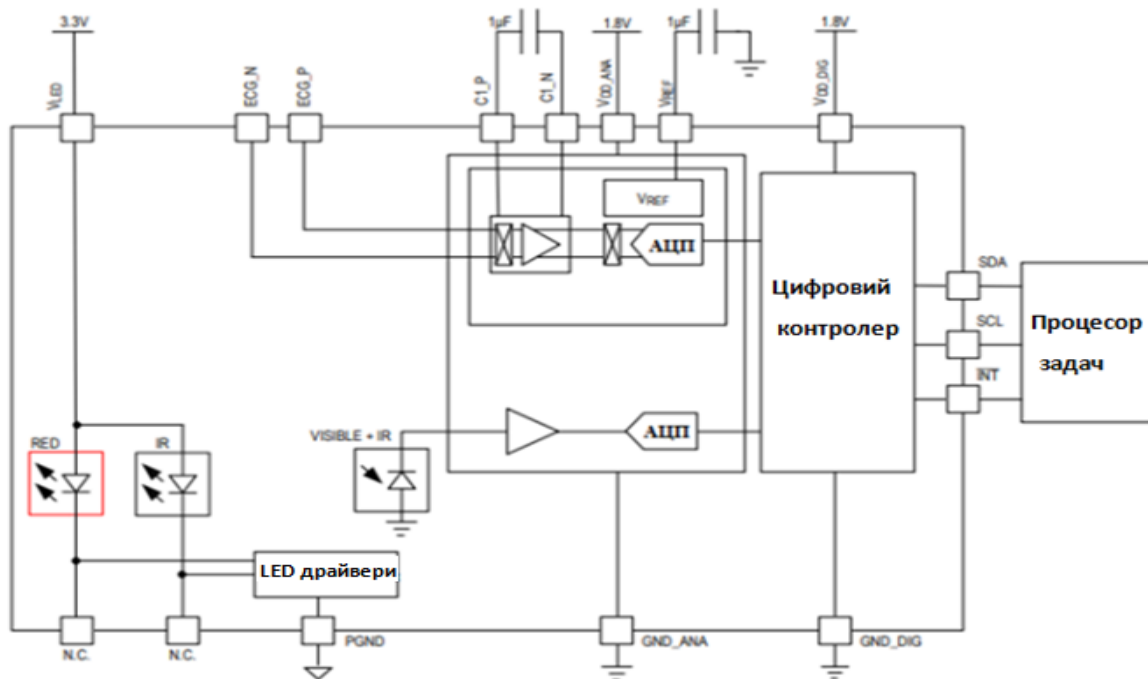


Рис. 3.2. Структурна схема модуля MAX86150.

Внутрішній АЦП виконує неперервну дискретизацію, використовуючи сигма-дельта конвертор. Частота дискретизації АЦП 10,24 МГц. Швидкість виводу даних АЦП програмується в діапазоні 50...3200 вибірок за секунду.

Внутрішній буфер зберігає дані до 32 вимірювань. Керування схемою відбувається через внутрішні програмні регістри.

MAX86150 містить сумісні шини I2C і SMBus 2-х провідного послідовного інтерфейсу, включаючи лінію даних/адрес (SDA) і лінію тактових імпульсів (SCL). Мікросхема MAX86150 може обмінюватися даними на тактовій частоті до 400 кГц.

Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

На рис. 3.3 наведений протокол обміну даних між MAX86150 та зовнішнім процесором.

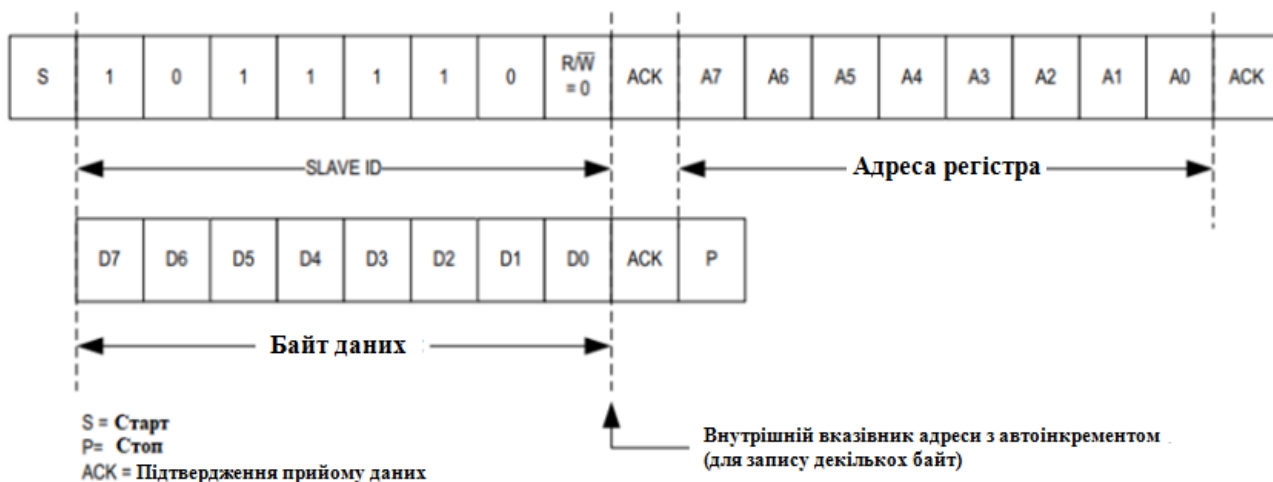


Рис. 3.3. Протокол обміну даних між MAX86150 та зовнішнім процесором.

Лінія SDA працює на прийом і передачу, а лінія SCL працює тільки, як вхід. Підтягуючі до шини живлення резистори маю номінали більше як 1 кОм. Також в лінії можуть встановлюватися і послідовні резистори, які захищають цифрові входи від висиковольтних імпульсів на шині і мінімізують перехресні завади.

На рис. 3.4 представлено графік рекомендованої послідовності подачі напруг споживання та ініціалізації інтерфейсу. Спочатку подається напруга на основну схему (VDD_ANA і VDD_DIG), а далі напруга подається світлодіоди (VLED+). Виводи шини I2C можуть залишатися під'єднаними до зовнішнього джерела живлення навіть при відключення живлення від іншої частини мікросхеми MAX86150.

Після встановлення необхідних рівнів напруги живлення генерується переривання, щоб повідомити зовнішньому процесору про готовність до виконання операцій. Прапорець переривання очищується після читання із регістра переривань. Послідовність відключення джерел живлення може бути довільною.

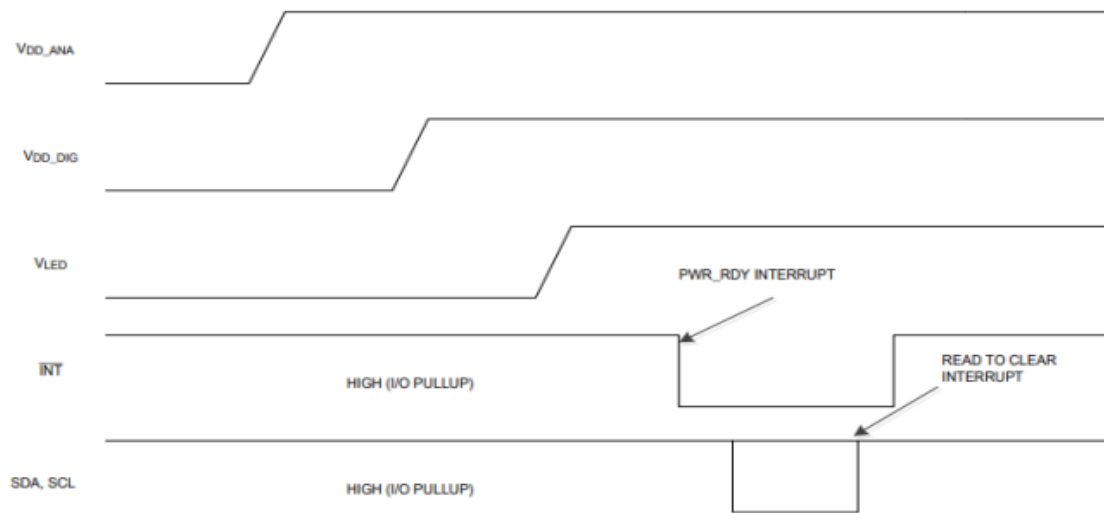


Рис. 3.4. Графік послідовної подачі напруги живлення на мікросхему MAX86150.

На рис. 3.5 подано електрична принципова схема плати MAX86150 та модуля безпроводного зв'язку HC-06.

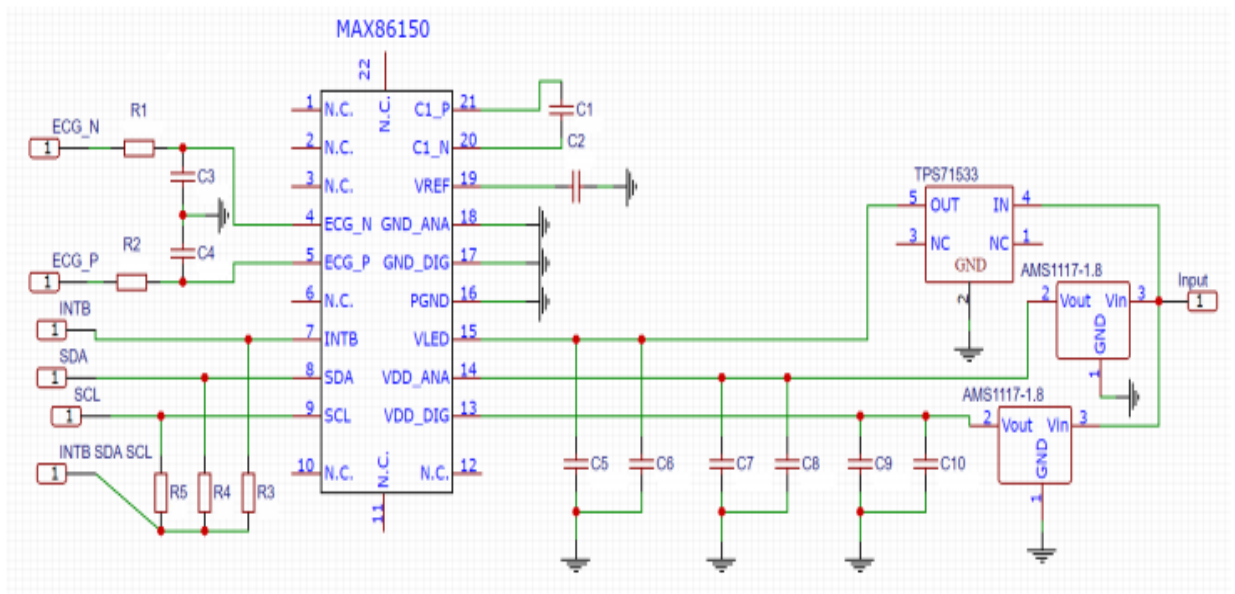


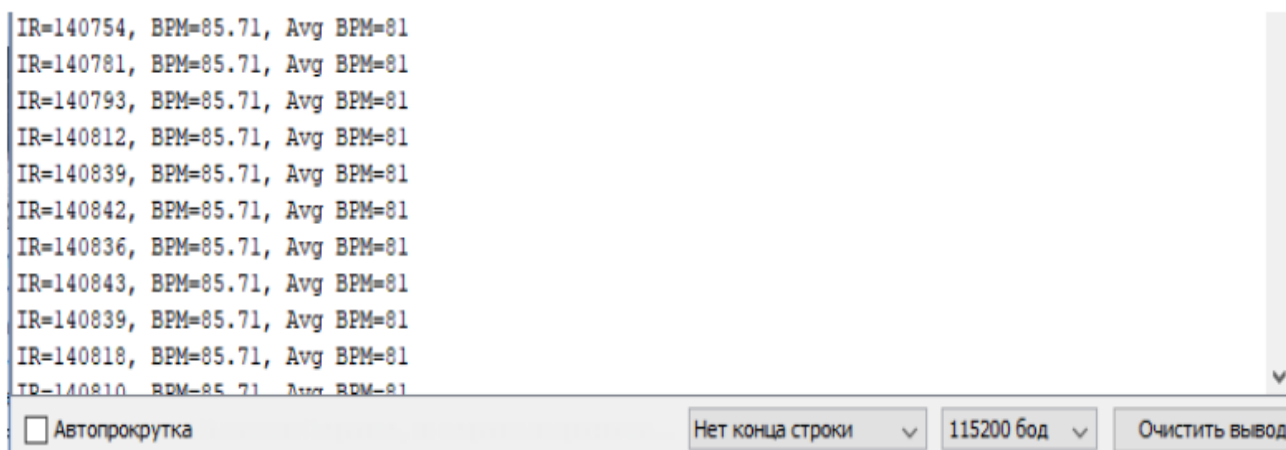
Рис. 3.5. Електрична принципова схема плати MAX86150 та модуля безпроводного зв'язку.

Електрична принципова схема містить доступні елементи, резистори, конденсатори і 3 стабілізатори напруги з низьким споживанням струму для забезпечення стабільної роботи давача.

3.3. Реалізація функції вимірювання пульсу

Для реалізації функції вимірювання пульсу розглянуто алгоритм РВА (Peripheral Beat Amplitude) для інфрачервоних даних. Даний алгоритм вибирає пульсацію із області всього сигналу і розраховує час між пульсаціями, щоб отримати частоту серцевих скорочень. Вихідний сигнал – це миттєва частота серцевих скорочень і середня частота серцевих скорочень (BPM). Час між імпульсами може коливатися досить суттєво, тому приймається до уваги середнє значення із 4 вибірок, щоб спробувати згладити коливання, які виникають.

На рис. 3.6 подано результати програмної реалізації функції вимірювання пульсу в середовищі Arduino IDE.



```
IR=140754, BPM=85.71, Avg BPM=81
IR=140781, BPM=85.71, Avg BPM=81
IR=140793, BPM=85.71, Avg BPM=81
IR=140812, BPM=85.71, Avg BPM=81
IR=140839, BPM=85.71, Avg BPM=81
IR=140842, BPM=85.71, Avg BPM=81
IR=140836, BPM=85.71, Avg BPM=81
IR=140843, BPM=85.71, Avg BPM=81
IR=140839, BPM=85.71, Avg BPM=81
IR=140818, BPM=85.71, Avg BPM=81
IR=140810, BPM=85.71, Avg BPM=81
```

Below the code, the serial monitor interface shows: Автопрокрутка, Нет конца строки, 115200 бод, and Очистить вывод.

Рис. 3.6. Результати функції вимірювання пульсу.

На даному рисунку можна бачити, як формуються вихідні дані із біосенсора: IR – числове значення інфрачервоного світла; BPM – кількість ударів в хвилину; Avg BPM – середнє значення кількості ударів в хвилину.

На рис. 3.7 подано графік зміни сигналу пульсу в середовищі Arduino IDE.

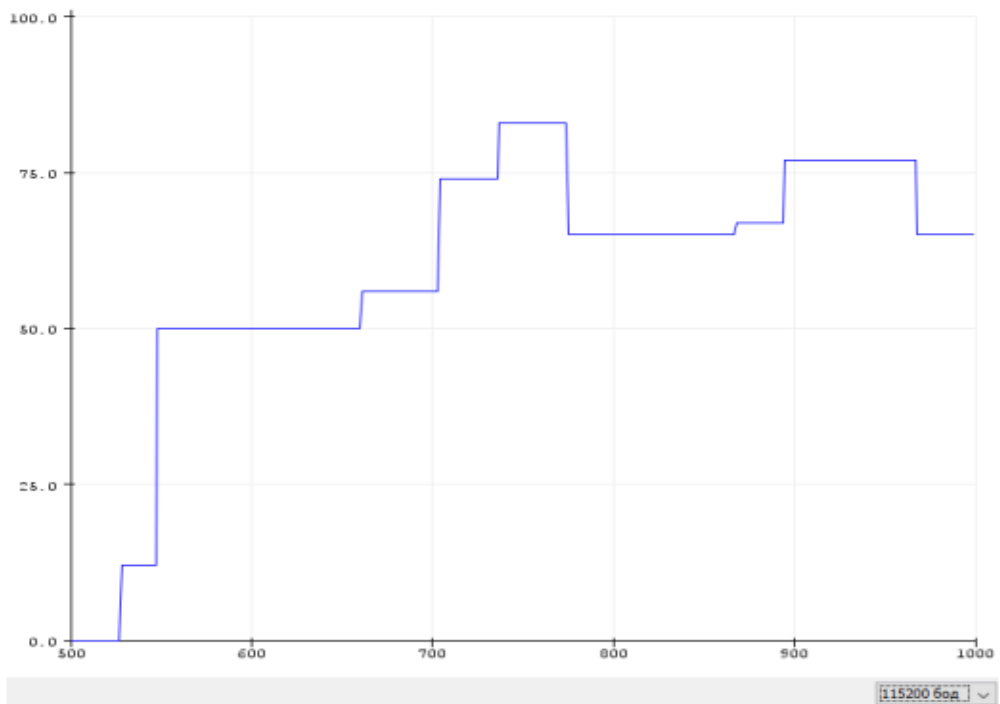


Рис. 3.7. Результати функції вимірювання пульсу.

На даному графіку можна бачити, як при увімкненні пристрою відбувається поступова зміна сигналу від нуля до обчислювальних значень.

3.4. Реалізація функції вимірювання насиченості крові

При реалізації даної функції необхідно вимірювати пульс і оцінювати сатурації крові киснем. Спосіб базується на різниці в поглинанні оксигемоглобіну та дезоксигемоглобіну. Максимум поглинання дезоксигемоглобіну знаходиться в "червоному" діапазоні, а максимум поглинання оксигемоглобіну знаходиться в "інфрачервоному" діапазонах.

Процентне відношення кисню в крові визначається неінвазивним методом через шкіру людини, як процентне відношення насиченого киснем гемоглобіну (HbO_2) до загального вмісту гемоглобіну ($\text{HbO}_2 + \text{RHb}$), які визначаються за допомогою фотодетектора, червоного та інфрачервоного світлодіода MAX86150.

Підсистема вимірювання SpO_2 складається із схеми компенсації зовнішнього засвічування, сигма-дельта АЦП і цифрового фільтру. Компенсація зовнішнього засвічування має внутрішню схему блокування

сигналу для ліквідації зовнішнього засвічування і розшифрування ефективного динамічного діапазону. АЦП програмується по всій області діапазону вимірювань 2...16 мкА. Компенсація зовнішнього засвічування дозволяє блокувати сигнал зовнішнього засвічування до 200 мкА.

На рис. 3.8 подано результати програмної реалізації функції вимірювання насиченості крові в середовищі Arduino IDE.

```
red=1385, ir=1310, HR=107, HRvalid=1, SPO2=92, SPO2Valid=1
red=1369, ir=1298, HR=107, HRvalid=1, SPO2=92, SPO2Valid=1
red=1374, ir=1284, HR=107, HRvalid=1, SPO2=92, SPO2Valid=1
red=1360, ir=1280, HR=107, HRvalid=1, SPO2=92, SPO2Valid=1
red=1367, ir=1258, HR=107, HRvalid=1, SPO2=92, SPO2Valid=1
red=1360, ir=1274, HR=107, HRvalid=1, SPO2=92, SPO2Valid=1
red=1358, ir=1272, HR=107, HRvalid=1, SPO2=92, SPO2Valid=1
red=1373, ir=1242, HR=107, HRvalid=1, SPO2=92, SPO2Valid=1
red=1363, ir=1251, HR=107, HRvalid=1, SPO2=92, SPO2Valid=1
```

Автопрокрутка Нет конца строки 115200 бод Очистить вывод

Рис. 3.8. Результати функції вимірювання насиченості крові.

На даному рисунку можна бачити, як формуються вихідні дані із біосенсора при вимірювання SpO₂ і HR: IR – числове значення інфрачервоного світла; Red – числове значення червоного світла; HR – кількість ударів в хвилину; SpO₂ – процентне значення насиченості крові киснем.

На рис. 3.9 подано графік зміни процентного значення насиченості крові киснем в середовищі Arduino IDE.

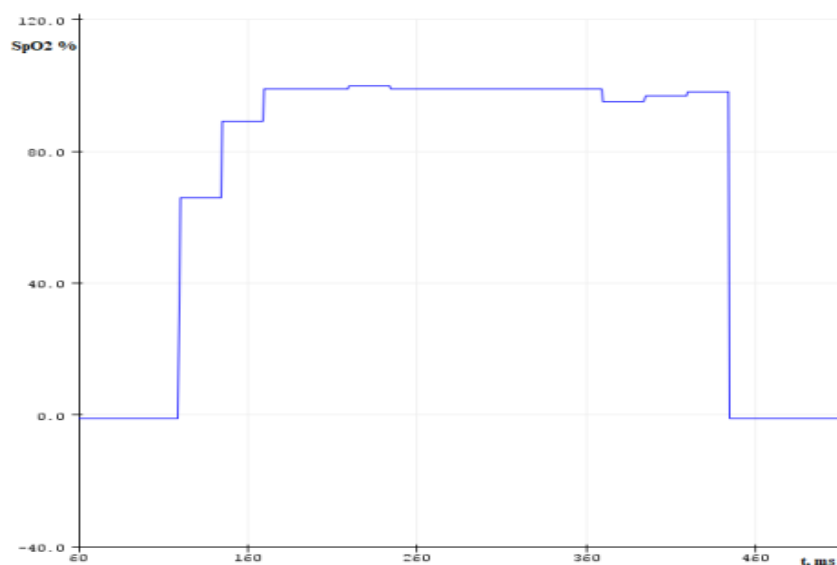


Рис. 3.9. Результати функції вимірювання насиченості крові.

На даному графіку можна бачити, як вихідний сигнал із SpO₂ змінюється поступово. Спочатку датчик вимкнений і не контактував з рукою і формується 0-й сигнал, далі при піднесенні руки та її закріпленні фіксуються виміряні значення.

3.5. Алгоритм функціонування системи цифрового фітнес-трекеру

На рис. 3.10 подано узагальнену блок-схему алгоритму основної програми цифрового фітнес-трекеру.



Рис. 3.10. Блок-схема алгоритму основної програми цифрового фітнес-трекеру.

На рис. 3.11 подано блок-схему алгоритму основної функції обробки даних цифрового фітнес-трекеру.

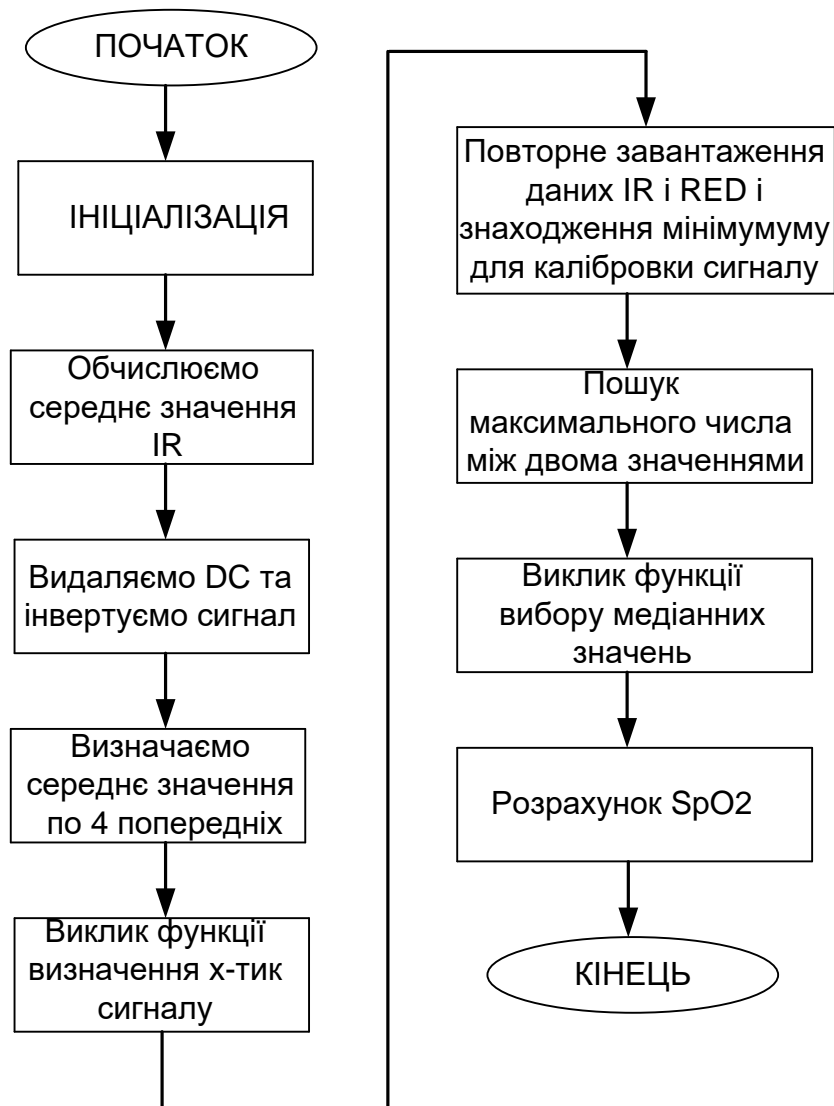


Рис. 3.11. Блок-схема алгоритму основної функції обробки даних цифрового фітнес-трекеру.

Пристрій працює в режимі енергозберігання. В процесі вимірювань використовується канал червоного та інфрачервоного світла з програмним регулюванням інтенсивності свічення і періодичності сеансів вимірювання. На слайді зліва показано блок-схему основної програми а справа блок-схему обробки даних. В блоці ініціалізації вказуються всі змінні, характеристики для запуску сенсора і під'єднані бібліотеки і файли. Після зчитування перших 100 взірців відбувається перехід до функції розрахунку пульсу і

насиченості крові киснем, при цьому продовжується зчитування даних із сенсора. Далі відбувається вивід результату і перерахунок наступних даних. IR – значення інфрачервоного світла, RED - значення червоного світла, SpO2 – процентне значення насиченості крові киснем, яке вимірюється із співвідношення довжин хвиль червоного та інфрачервоного світла.

					<i>123.KI-41.13</i>	<i>Арк.</i>
<i>Зм.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		52

ВИСНОВКИ

В результаті виконання даної бакалаврської кваліфікаційної роботи виконано наступні завдання:

1. Проведено огляд та аналіз відомих фітнес трекерів та визначено їх основні функції та характеристики.

2. Розглянуто методи вимірювання частоти пульсу та методи вимірювання рівня кисню в артеріальній крові.

3. Виконано вибір апаратних засобів реалізації портативного фітнес трекеру та середовища програмування мікропроцесорних пристроїв Arduino IDE.

4. Розроблено структурну схему пристрою та описано її принцип роботи. Реалізовано електричну схему біосенсора MAX86150 та безпроводного модуля.

5. Розроблено блок-схеми та описано алгоритм функціонування пристрою.

Запропонований пристрій дозволяє здійснювати моніторинг стану організмі людини під час заняття спортом, виконувати контроль пульсу людини під час навантаження організму та виконувати вимірювання рівня кисню в артеріальній крові. Медичні показники даного пристрою можна розширити додавши функцію виконання електрокардіограми (ЕКГ).

					123.KI-41.13	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		53

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. В.М. Локазюк. Мікропроцесори та мікроЕОМ у виробничих системах. Видавн.центр “Академік”, Київ 2002. -234с.
2. Горбунов В.Л., Панфилов Д.И., Преснухин Д.Л. Справочное пособие по микропроцессорам и микроЭВМ. М.: Высшая школа, 1988. – 272 с.
3. Датчик пульсового сигнала в лучевой артерии. // Приборы и системы управления, 1998, №8, с. 38-39.
4. Дехтяр Г.Я. електрокардіографічної діагностики. -2-е вид., Перераб. і доп. - М.: Медицина, 1972. - 416 с.
5. Дошцін В.Л. Практична електрокардіографія. - 2-е вид., Перераб. і доп. - М.: Медицина, 1987. - 336 с.
6. Кособуров А.А. Датчик для пульсовой диагностики // Медицинская техника, 1996, №5.
7. Крайник О.П., Барвінська Є.С. Економіка підприємства. Львів: Національний ун-т "Львівська політехніка", 2003 - 208с.
8. Ланцов А.Л., Зворыкин Л.Н., Осипов И.Ф. Цифровые устройства на комплементарных МПД интегральных микросхемах.–М.:Радио и связь, 1983.– 272с.
9. Медицинская электронная аппаратура для здравоохранения: Пер. с англ. / Л. Кромвелл, М. Ардитти; Пер. под ред. Р.И. Утямышева. – М.: Радио и связь, 1981. – 344 с.
10. Медицинские приборы. Разработка и применение. / Ред. Л.Г. Меркурьева, С.В. Ревенко. – М.: Медицинская книга, 2004. – 720с.
11. Мінкін Р.Б., Павлов Ю. Д. Електрокардіографія та фонокардіографія. - Вид. 2-е, перероб. і додатк. - Л.: Медицина, 1988. - 256 с
12. Прикладная теория цифровых автоматов / К.Г. Самофалов, А.М. Романкевич., В.Н. Валуйский., Ю.С. Каневский., М.М. Пиневиц. К.: Вища шк. Головное изд-во, 1987. -375с.

									Арк.
									54
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата					

123.KI-41.13

13. Самофалов К.Г., Корнейчук В.И., Тарасенко В.П. Цифровые электронные вычислительные машины. – 2-е изд., перераб. и доп. –К. : Вища школа, 1983. -455с.

14. Спектрально-статистический подход к бесконтактному измерению температуры. / Б. П. Ионов, А. Б. Ионов. Датчики и системы. Номер 2, 2009.

15. Цилькер Б.Я., Орлов С.А. Организация ЭВМ и систем: Учебник для вузов. –СП.: Питер, 2006. -668с.

					<i>123.KI-41.13</i>	<i>Арк.</i>
<i>Зм.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		55

ДОДАТКИ

Додаток А.

Лістинг основної програми обробки даних з біосенсора MAX86150

```
#include <Wire.h>
#include "MAX86150.h"
#include "spo2_algorithm.h"
MAX86150 particleSensor;
#define MAX_BRIGHTNESS 255
#if defined(ARDUINO_AVR_UNO)
in 32-bit format
uint32_t irBuffer[100]; //дані із інфрачервоного світлодіода
uint32_t redBuffer[100]; //дані з червоного світлодіода
#endif
int32_t bufferLength; //довжина даних
int32_t spo2; // насиченість киснем SPO2
int8_t validSPO2;
int32_t heartRate; // частота серцевих скорочень
int8_t validHeartRate;
byte pulseLED = 11;
byte readLED = 13; //мигання із кожним зчитуванням даних
void setup()
{
Serial.begin(115200 ); //ініціалізація послідовного зв'язку із швидкістю 115200 бит/с
pinMode(pulseLED, OUTPUT);
pinMode(readLED, OUTPUT);
// ініціалізація давача
if (!particleSensor.begin(Wire, I2C_SPEED_FAST))//використовуємо порт I2C, швидкість 400
кГц
Serial.read();
byte ledBrightness = 60; //струм на світлодіоди: 0=Off до 255=50mA
byte sampleAverage = 4; //середнє значення: 1, 2, 4, 8, 16, 32
byte ledMode = 2; //режим роботи сенсора: 1 = червоний, 2 = червоний + інфрачервоний
byte sampleRate = 400; //частота дискретизації: 50, 100, 200, 400, 800, 1000, 1600, 3200
int pulseWidth = 411; //довжина імпульсу: 69, 118, 215, 411
int adcRange = 4096; // 2048, 4096, 8192, 16384

particleSensor.setup(ledBrightness, sampleAverage, ledMode, sampleRate, pulseWidth, ad-cRange);
//заносим дані настройки в роботу давача
}
```

					<i>123.KI-41.13</i>	<i>Арк.</i>
<i>Зм.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		56


```

void loop()
{
  bufferLength = 100; // довжина буфера 100
  //читаємо перші 100 вибірок і визначаємо діапазон сигналів
  for (byte i = 0 ; i < bufferLength ; i++)
  {
    while (particleSensor.available() == false) // перевірка на наявність нових даних
      particleSensor.check();
    redBuffer[i] = particleSensor.getRed();
    irBuffer[i] = particleSensor.getIR();
    particleSensor.nextSample();
    Serial.print(F("red=")); //значення червоного світлодіода
    Serial.print(redBuffer[i], DEC);
    Serial.print(F(", ir=")); // значення інфрачервоного світлодіода
    Serial.println(irBuffer[i], DEC);
  }
  //обчислюємо частоту серцевих скорочень і значення SpO2 після перших 100 вибірок
  maxim_heart_rate_and_oxygen_saturation(irBuffer, bufferLength, redBuffer, &spo2,
  &validSPO2, &heartRate, &validHeartRate);
  //неперервний вибір взірців
  while (1)
  {
    //заносимо перші 25 взірців в пам'ять і зсуваємо 75 взірців, що залишилися
    for (byte i = 25; i < 100; i++)
    {
      redBuffer[i - 25] = redBuffer[i];
      irBuffer[i - 25] = irBuffer[i];
    }
    //беремо 25 наборів перед визначенням значення пульсу
    for (byte i = 75; i < 100; i++)
    {
      while (particleSensor.available() == false) //перевірка на наявність нових даних
        particleSensor.check();
      digitalWrite(readLED, !digitalRead(readLED)); //мигання з кожним зчитуванням даних
      redBuffer[i] = particleSensor.getRed();
      irBuffer[i] = particleSensor.getIR();
      particleSensor.nextSample(); //вивід результату
      Serial.print(F("red="));
      Serial.print(redBuffer[i], DEC);
      Serial.print(F(", ir="));
      Serial.print(irBuffer[i], DEC);
    }
  }
}

```

					<i>123.KI-41.13</i>	<i>Арк.</i>
<i>Зм.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		57

```

Serial.print(F(" HR="));
Serial.print(heartRate, DEC);
Serial.print(F(" HRvalid="));
Serial.print(validHeartRate, DEC);
Serial.print(F(" SPO2="));
Serial.print(spo2, DEC);
Serial.print(F(" SPO2Valid="));
Serial.println(validSPO2, DEC);
}
//після надходження нових 25 взірців перераховується пульс і насиченість
maxim_heart_rate_and_oxygen_saturation(irBuffer, bufferLength, redBuffer, &spo2,
&validSPO2, &heartRate, &validHeartRate);
}
}

```

					<i>123.KI-41.13</i>	<i>Арк.</i>
<i>Зм.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		58