

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ  
ЧОРНОМОРСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ  
ІМЕНІ ПЕТРА МОГИЛИ

**Пашкевич Іван Ярославович**

УДК 004.925.5

**ПРОГРАМНО АПАРАТНИЙ МОДУЛЬ ДИСТАНЦІЙНОГО  
МОНІТОРИНГУ СТАНУ ПАЦІЄНТІВ**

Напрямок підготовки 6.0501.02 – Комп'ютерна інженерія

Автореферат  
бакалаврської роботи  
на здобуття кваліфікації бакалавра з комп'ютерної інженерії

Миколаїв – 2019

Робота виконана у Чорноморському національному університеті ім. Петра Могили.

**Керівник:** **Ромакін Володимир Вікторович,**  
ЧНУ ім. Петра Могили,  
в.о. доцента каф. комп'ютерної інженерії

**Рецензент:** к.т.н., доцент  
**Сіденко Євген Вікторович,**  
ЧНУ ім. Петра Могили,  
доцент каф. інтелектуальних інформаційних систем

**Консультант:** **Алексєєва Анна Олександрівна,**  
ЧНУ ім. Петра Могили,  
ст. викладач каф. екології Медичного інституту

Захист відбудеться « 24 » червня 2019 р. о 10<sup>00</sup> на засіданні  
Державної екзаменаційної комісії в ЧНУ ім. Петра Могили, ауд. 2-406

З бакалаврською роботою можна ознайомитись на сайті ЧНУ ім. Петра Могили  
за посиланням <http://chmnu.edu.ua>

Автореферат оприлюднений « 18 » червня 2019 р.

## ЗАГАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА РОБОТИ

**Актуальність теми.** У сучасному світі вплив технологій на повсякденне життя збільшується з розвитком науково технічного прогресу. Технології впливають на безліч аспектів людського життя: розваги, робота, здоров'я, безпека і таке інше.

Значний вплив розвиток технологій має на сферу охорони здоров'я. Останні роки збільшується кількість та якість обладнання для використання у лікувальних та діагностичних цілях. Незважаючи на цей факт кількість серцево-судинних захворювань зростає.

Тіло людини складається з підсистем коректне функціонування яких по суті є здоров'я. Особливо небезпечними та неприємними є захворювання серця та кровоносної системи – серцево – судинні захворювання. Невчасно виявлені захворювання даної системи організму людини можуть призвести до фатальних наслідків.

Проблема серцево-судинних захворювань, та їх діагностики вже багато років надзвичайно актуальна. За даними всесвітньої організації здоров'я, за 2016 рік, від серцево судинних захворювань у світі померло 17,5 мільйонів людей. При цьому вчасно поставлений діагноз міг би врятувати значну їхню кількість. Все частіше причиною смерті від серцево судинного захворювання стає невчасно поставлений діагноз.

Своєчасне виявлення погіршення стану пацієнту з серцево-судинними захворюваннями вимагає засобів моніторингу стану показників пульсу людини. При використанні технічних засобів моніторингу стану пацієнту можливе вчасне виявлення порушення у такому разі хворий отримує сповіщення під час аналізу зібраних даних.

**Мета:** забезпечити дистанційний моніторинг роботи серцево-судинної системи пацієнта шляхом розробки програмно-апаратного модулю.

Для досягнення мети в бакалаврській роботі поставлені та вирішені наступні **завдання:**

- проаналізувати сучасні методи і прилади моніторингу роботи серцево-судинної системи пацієнта та визначити показники, які необхідно відслідковувати;
- виконати аналітичний огляд датчиків та інших технічних засобів для побудови апаратної частини модуля;
- визначити склад та розробити схему підключення апаратного забезпечення;
- обрати середовище розробки програмного забезпечення та засіб зберігання даних;
- розробити програмне забезпечення для апаратної частини модулю, обміну даними, зберігання та відображенню даних на зовнішньому приладі;
- підтвердити працездатність модуля на макеті;
- вирішити окремі питання охорони праці.

**Об'єкт:** процес моніторингу показників роботи серцево-судинної системи

**Предмет:** апаратне та програмне забезпечення для моніторингу стану серцево-судинної системи.

**Використані методи:**

- порівняння (для визначення функцій існуючих аналогів та вибору оптимального апаратного забезпечення);
- моделювання (при створенні структурної та функціональної схеми апаратного забезпечення та побудови UML діаграм класів та блок-схеми алгоритму роботи програмного забезпечення).

**Практичне значення:** розроблений програмно-апаратний модуль може бути запровадженим як в умовах інтенсивної терапії та хірургічних операцій, так і для спостереження за станом пацієнта в побутових умовах.

**Структура та обсяг роботи.** Бакалаврська робота складається з анотації на 2 сторінках, вступу, трьох розділів, висновків, переліку джерел посилання з

27 найменувань, 2 додатків на 9 сторінок. Основна частина роботи становить 67 сторінок, серед яких 70 рис. та 1 табл.

## ОСНОВНИЙ ЗМІСТ РОБОТИ

У **вступі** подано загальну характеристику досліджуваної теми, обґрунтовано актуальність дипломної роботи, сформульовано мету, завдання досліджень, відзначено практичну цінність отриманих результатів, подано інформацію про апробацію, структуру та обсяг роботи.

У **першому розділі** бакалаврської роботи **«Аналітичний огляд літератури та патентної інформації»** проведено аналіз актуальних моделей пульсометрів, принципів їх роботи, основні функції.

Після діагностування хвороби, пацієнт має постійно відслідковувати стан серцево-судинної системи. У побутових умовах для моніторингу використовують тонометри та пульсометри різних типів.

Тонометр – це медичний прилад для здійснення вимірювань артеріального тиску, що подається серцем в артерії. У сучасному світі використовують тонометр – анероїд (механічний тонометр).

Механічний тонометр складається з надувної манжети, однієї трубки, за допомогою якої резервуар манжети з'єднується з грушою, і другої трубки, яка з'єднує її з манометром, оснащеним шкалою з поділками.

Іншим засобом моніторингу роботи серцево судинної-системи є пульсометр. Пульсометр – пристрій персонального моніторингу частоти скорочень серця в реальному часі або записи його для подальшого дослідження. Широко використовується в тренуваннях і змаганнях любителями і спортсменами циклічних видів спорту, таких як легка атлетика, лижні гонки, велоспорт, плавання.

Спортсмени використовують під час тренування пульсометри (фітнес браслети). Оскільки тренеру важливо знати в якому стані знаходиться пульс спортсмена і як швидко він здатний відновитися. Прилади можуть мати наступні функції контролю над здоров'ям:

- вимірюють кількість спалюваних калорій;
- підраховують значення максимального, а також середнього пульсу;

Показують індикацію спалювання жиру;

- функції контролю основних тренувальних параметрів:
- налаштування, вибору тренувальних зон;
- дистанція;
- час тренування;
- швидкість руху;
- зміна режиму занять;
- збереження даних в пам'яті приладу.

У більшості випадків пульсометри представляють собою пристрій, що працює в комбінації з іншим пристроєм обробки даних: спеціалізованим комп'ютером, планшетом, смартфоном та ін.

Схожий функціонал мають пульсоксиметри. Пульсоксиметр має периферичний датчик, мікропроцесор, а також дисплей, на який виводиться крива пульсу і його частота, а також показник сатурації. Апарати оснащені звуковим сигналом, що відображає рівень сатурації, а датчик має два світлодіоди, найчастіше накладається на палець і рідше на мочку вуха або ж крило носа. Однією з умов отримання достовірних даних є повна нерухомість пальця в процесі вимірювання. Нормою для людини є показник сатурації 95-98%. Завдяки йому можна оцінити функції дихальних органів і розпізнати дихальну недостатність - коли показник сатурації нижче 95%. Ці прилади широко застосовують в анестезіології при проведенні операцій, при хронічних обструктивних захворюваннях легенів, туберкульозі, саркоїдозі, професійних легеневих хворобах і таке інше.

У сучасному світі існує декілька розповсюджених моделей засобів моніторингу стану пацієнту. Особливо розповсюджені засоби моніторингу роботи серцево судинної системи, що використовуються не тільки для моніторингу стану пацієнтів з наявними розладами роботи серцево судинної системи, а й при заняттях спортом.

У другому розділі бакалаврської роботи «Розробка апаратної частини модулю дистанційного моніторингу стану пацієнтів» досліджено апаратне забезпечення, що необхідне для реалізації функцій пульсометрів.

Модуль моніторингу стану пацієнту вимагає наявності датчику виміру роботи серцево судинної діяльності. У сучасних аналогах використовуються датчики виміру пульсу, що засновані на принципі візуального виміру кількості розсіяного кровотоком світла. Датчики цього типу розташовуються на зворотній стороні фітнес браслету або спортивного годинника.

Доступні також окремі модулі оптичних датчиків виміру. Використання подібного модулю є невід'ємною частиною модулю моніторингу показників пульсу на основі Arduino. Функціональним та точним є датчик MAX30102. Підключення датчику здійснюється за допомогою використання інтерфейсу I<sup>2</sup>C, що у більшості випадків реалізується на основі інтерфейсу GPIO. Датчик підтримує можливість розрахунку насиченості крові киснем та зняття показань пульсу. Тому для реалізації віддаленого моніторингу пульсу людини обрано датчик MAX30102, що не потребує використання додаткових джерел живлення та вимірює відразу кілька показників роботи серцево-судинної системи: частоту пульсу та насиченість крові киснем.

Обробка отриманих датчиком даних, для подальшого відображення або пересилання потребує наявності обчислювальних потужностей. Більшість розглянутих у попередньому розділі датчиків призначена для підключення до плат Arduino. Плата Arduino Nano, одна з найбільш розповсюджених та відомих плат Arduino. Ця плата обладнана мікроконтролером ATmega328. Завантаження програмного коду та обмін даними з платою можливий за допомогою інтерфейсу UART. Підключення периферійного обладнання можливе за допомогою GPIO: 14 цифрових та 6 аналогових виходів.

Реалізація проекту моніторингу стану пацієнтів на основі Arduino вимагає наявності не лише датчику пульсу, а й периферійного обладнання, що відображатиме поточні показники та передаватиме їх на пристрій обробки та

зберігання даних. У розглянутих аналогах роль такого пристрою виконує мобільний телефон з операційною системою Android.

Реалізація зовнішнього керування потребує підключення засобів передачі даних до плати Arduino. Інтерфейс GPIO дозволяє підключення різних варіантів мережевих з'єднання.

Оптимальним рішенням є використання модуля ESP8226. Цей пристрій часто використовується як окремий мікроконтролер, що може самостійно опрацьовувати дані з деяких датчиків, але кількість датчиків, що можуть з ним працювати обмежена, тому у більшості випадків модуль використовується у якості мережевого інтерфейсу з реалізацією певного WEB API для обміну даними. На відміну від плати Arduino Nano, модуль має значний обсяг вбудованої пам'яті - 32Мб, що призначена для зберігання WEB інтерфейсу. Мережеве з'єднання реалізується стандартом Wi-Fi: 802.11 b/g/n, що є оптимальним варіантом при використанні мобільного пристрою у якості інструменту контролю.

Хоча модуль MAX30102 не вимагає додаткового джерела живлення проте потребує для коректного обміну інформацією наявності підтягуючих резисторів. Підключення до плати Arduino nano, здійснюється за допомогою використання аналогових виходів A4 та A5, що реалізують інтерфейс I<sup>2</sup>C.

Підключення дисплею здійснюється за допомогою використання шини SPI, який також називають чотирьох-провідним (англ. four-wire) інтерфейсом.

Шина SPI без проблем підключається разом з шиною I<sup>2</sup>C. Необхідно задіяти наступні порти інтерфейсу GPIO Arduino nano: D7,D6,D5,D4,D3,D2 (усі перелічені виходи цифрові).

Обраний модуль ESP822 також не потребує додаткового джерела живлення та підключається безпосередньо до плати Arduino nano. Обмін даними здійснюється за допомогою інтерфейсу UART, можливе підключення безпосередньо до апаратної реалізації даного інтерфейсу (рис. 1).

У третьому розділі бакалаврської роботи «Розробка програмної частини модулю дистанційного моніторингу стану пацієнтів» наведено



опис розробки програмного забезпечення. Плати Arduino, у більшості випадків, обладнанні інтерфейсом для завантаження без використання програматора.

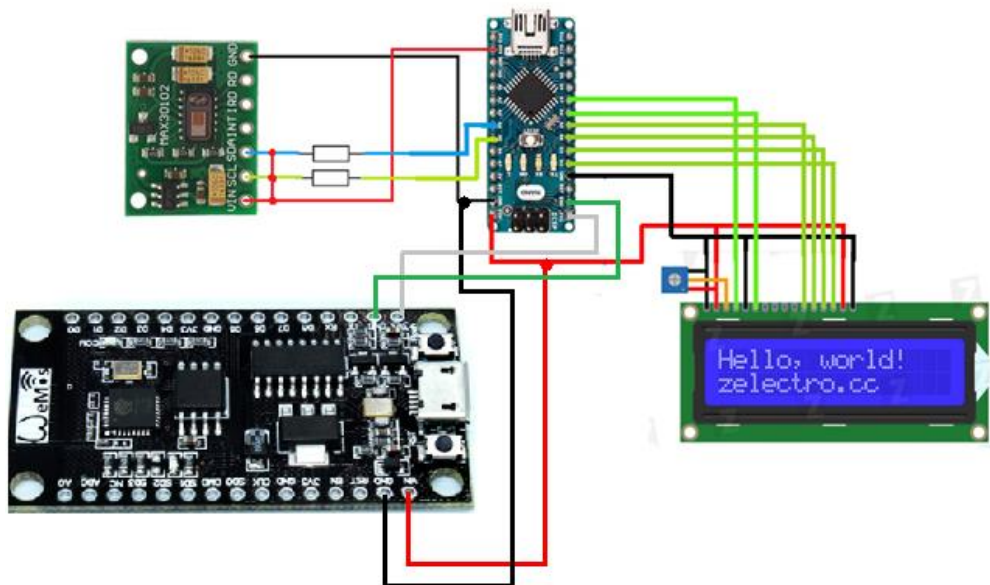


Рисунок 1 – Схема підключення периферійного обладнання

Arduino IDE є найбільш розповсюдженим для програмування плат Arduino. Перевагою середовища є постійне оновлення бази плат Arduino та бібліотек для підключення периферійних пристроїв.

Отже для розробки програмного забезпечення найбільш оптимальним засобом є Arduino IDE, що підтримує можливість завантаження бібліотек для підключення периферійного обладнання та конфігурування компілятора.

Першим кроком для розробки програмного забезпечення є встановлення моделі плати Arduino у середовищі Arduino IDE. Виконується дана операція у контекстному меню в пункті «інструменти»

Відлагодження розробленого застосунку вимагає підключення об'єкту для виведення даних через послідовний порт UART. Ця операція виконується в кілька кроків, на першому кроці виконується ініціалізація порту та встановлення швидкості обміну даними у Бодах: `Serial.begin(115200)`, після чого для виводу даних викликається метод `Serial.println()`. Відстежити виведенні дані можливо за допомогою вбудованого інструменту «монітор послідовного порту». Для перевірки роботи модулю MAX30100 можливо

виведення поточних показників пульсу до послідовного порту.

Розробка застосунку для операційної системи Android також вимагає наявності додаткових спеціалізованих засобів розробки: компілятора, що підтримує можливість компіляції застосунку для застосунку під відповідну реалізацію віртуальної машини java, набору драйверу для встановлення у мобільні телефони та інше.

Найбільш відомим та розповсюдженим засобом розробки є Android Studio. Відлагодження розроблених застосунків можливе на реальних пристроях або на віртуальних пристроях.

Розробка графічного інтерфейсу у Android Studio виконується за допомогою редагування документу XML у режимі графічного конструктору або просто зміною його вмісту.

Визначено засоби збереження даних у ОС Android, наведено опис найбільш розповсюдженого засобу СКБД SQLite, описано методи обробки запитів до цього СКБД.

Застосунок для мобільної операційної системи розроблено на мові Java. Для демонстрації взаємодії компонентів у об'єктно-орієнтованих мовах використовується мова UML. Отже для демонстрації компонентів розробленого застосунку побудовано діаграму класів мовою UML (рис. 2).

Окремо для реалізації можливості віддаленого моніторингу серцевої діяльності підключено сервіс thingspeak.com. При підключенні даного ресурсу використовуються WEB запити, що містять токен для доступу до певного каналу користувачу (рис. 3).

**Додатки** містять лістинг коду ПЗ для плати Arduino та для ОС Android.

## **ВИСНОВКИ**

В результаті виконання дипломної роботи:

– проаналізовані сучасні методи і прилади моніторингу роботи серцево-судинної системи пацієнта та визначені показники, які необхідно відслідковувати;

- виконано аналітичний огляд датчиків та інших технічних засобів для побудови апаратної частини модуля;
- визначено склад та розроблена схема підключення апаратного забезпечення;
- обрано середовище розробки програмного забезпечення та засіб зберігання даних;
- розроблено програмне забезпечення для апаратної частини модуля, обміну даними, зберіганню та відображенню даних на зовнішньому приладі;
- підтверджена працездатність модуля на макеті;
- вирішені окремі питання охорони праці.

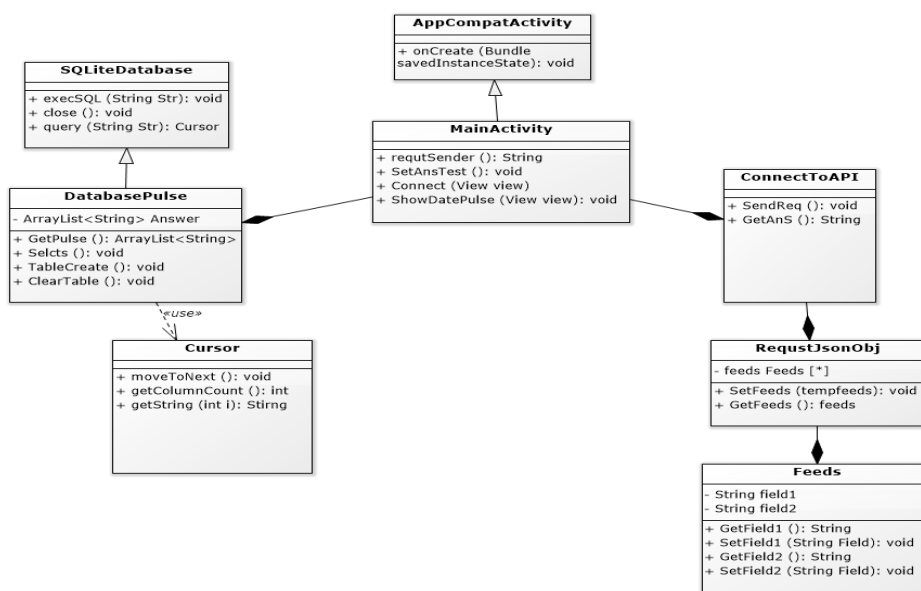


Рисунок 2– UML діаграма класів

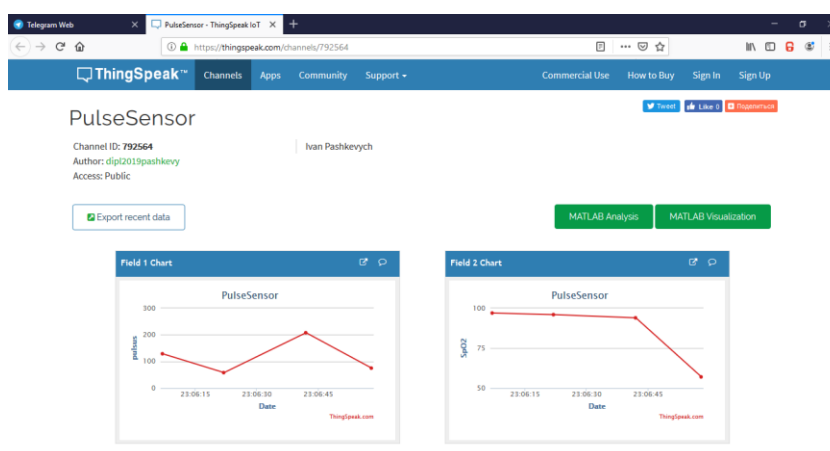


Рисунок 3 – Відображення показників пульсу людини та насиченості киснем за допомогою сервісу thingspeak.com

## АНОТАЦІЯ

**Пашкевич І. Я.** Програмно-апаратний модуль дистанційного моніторингу стану пацієнтів. – Кваліфікаційна робота бакалавра за напрямом підготовки 6.050102 Комп'ютерна інженерія на здобуття кваліфікації «фахівець з інформаційних технологій». – Чорноморський національний університет імені Петра Могили, 2019.

Бакалаврська робота присвячена розробці програмного та апаратного забезпечення для модулю дистанційного моніторингу стану пацієнта. Практичне значення результатів дослідження та розроблення полягає в розробці програмно-апаратного модулю, який дозволяє відстежувати стан пацієнту за допомогою мобільного телефону та спеціалізованого ресурсу.

Пояснювальна записка бакалаврської роботи складається зі вступу, трьох розділів, висновків та двох додатків. У вступі визначається актуальність теми, сформульовані мета, об'єкт, предмет та завдання дослідження та розроблення бакалаврської роботи. У першому розділі досліджуються існуючі аналоги. Проаналізовано розповсюджені засоби моніторингу пульсу, визначено переваги та недоліки. У другому розділі проведено аналіз датчиків, що дозволяють моніторинг частоти пульсу та насиченості крові киснем. Визначено засоби візуально відображення показників. Третій розділ присвячено розробці програмного забезпечення. Досліджено середовища розробки програмного забезпечення. Розглянуто засоби розробки для операційної системи Android, засоби зберігання даних у ОС Android. Окрім того у розділі наведено опис тестового запуску розробленого програмного та апаратного забезпечення. Наведено порівняння отриманих даних з розробленого пристрою та сертифікованого пульсометру. У додатку А наведений лістинг застосунку для плати Arduino. У додатку Б наведений лістинг застосунку для ОС Android

В цілому, бакалаврська робота без додатків містить 67 сторінок, 70 рисунка, 1 таблицю, 27 джерел посилання.

Ключові слова: Arduino, пульсометр, датчики виміру пульсу, Android.

## ABSTRACT

**Pashkevych I.** Software-hardware module for remote monitoring of the patient's condition – Bachelor's thesis in specialty 6.050102 Computer Engineering. – Petro Mohyla Black Sea National University, 2019.

The Bachelor's Thesis is devoted to the development of software and hardware for a remote monitoring of the patient's condition. The practical significance is that development of software and hardware module, allows you to track the patient's condition with the help of a mobile phone and a specialized resource.

The professional section includes of introduction, three chapters, conclusions and two appendices. The introduction determines the relevance of the topic and provides a brief overview of the aim, object, subject. Research and design tasks are presented too. The first section is an analysis of the hardware for diagnosing the diseases of the cardiovascular system. The common household pulse monitoring methods are analyzed, advantages and disadvantages of the most common modern models of pulse meters are determined. The second section is devoted to the development of hardware. Sensors for monitoring heart rate and blood oxygen saturation. The basis of a device that has enough computing power to process metrics from sensors is selected. The means of visually displaying the indicators connected to the chosen basis are determined. The third section is devoted to the development of software. The development tools for the Android operating system, Android storage devices are considered. In addition, the section describes a test run of the developed software and hardware. The comparison of the obtained data from the developed device and the certified pulsometer is given. Appendix A shows the application code for the Arduino board. Appendix B shows the application code for the Android operating system.

In general, bachelor's thesis without the enclosures contains 67 pages, 70 pictures, 1 tables, 27 references.

Key words: pulsometer, pulse measurement sensors, ATMEGA, Arduino, Android.