



Кафедра РТТ

Методичні вказівки

до лабораторних робіт

з дисципліни

«Вбудовані біомедичні системи та бездротові сенсорні мережі»

для студентів спеціальності

172 «Телекомунікації та радіотехніка»

освітньої програми «Телемедичні та біомедичні системи»

усіх форм навчання

Методичні вказівки до лабораторних робіт з дисципліни «Вбудовані біомедичні системи та бездротові сенсорні мережі» для студентів спеціальності 172 «Телекомунікації та радіотехніка» освітньої програми «Телемедичні та біомедичні системи» усіх форм навчання / Укл.: А.В. Пархоменко, О.М.Гладкова, А.В. Туленков. – Запоріжжя: НУ «Запорізька політехніка», 2019. – 77 с.

Укладачі: А.В. Пархоменко, к.т.н., доцент каф. ПЗ
О.М.Гладкова, к.т.н., доцент каф. РТТ
А.В. Туленков, асистент каф. ПЗ

Рецензент: Г.М. Шило, д.т.н., зав.каф. ІТЕЗ

Відповідальний за випуск: зав.каф. радіотехніки та телекомунікацій
С.В. Морщавка, к.т.н., доцент.

Затверджено
на засіданні
кафедри РТТ
Протокол № 1 від
“11” вересня 2019 р.

Ухвалено
на засіданні НМК
факультету РЕТ
Протокол № 2 від
“19” вересня 2019 р.

ЗМІСТ

ВСТУП.....	4
Лабораторна робота № 1 Дослідження особливостей моніторингу кардіо-параметрів людини.....	8
Лабораторна робота № 2 Станція моніторингу загальних характеристик стану пацієнта.....	24
Лабораторна робота № 3 Пристрій моніторингу динамічних параметрів рухомих пацієнтів.....	33
Лабораторна робота №4 Система моніторингу мікроклімату приміщення перебування пацієнта.....	44
Лабораторна робота №5 Дослідження телекомунікаційної системи на основі шилда Waveshare	55
Лабораторна робота №6 Дослідження підсистеми керування жестами для пацієнтів з особливими потребами.....	61
РЕКОМЕНДОВАНА ЛІТЕРАТУРА.....	77

ВСТУП

За даними авторитетної науково-дослідної компанії Frost & Sullivan [1] до 2020 року «розумні» медичні пристрої займуть 15% всесвітнього ринку «розумних» міст. Цьому сприяє всесвітня тенденція розвитку цифрової охорони здоров'я, технічних засобів діагностування, самодіагностування та віддаленого діагностування біологічних параметрів життя людей. Згідно з дослідженнями компанії Aruba, що належить Hewlett Packard, на сьогоднішній день шість з десяти організацій охорони здоров'я у світі вже використовують технології Інтернету речей (IoT). Основними напрямками застосування «розумної» техніки та IoT технологій в медицині є: моніторинг та технічне обслуговування медичного обладнання (73%), догляд за пацієнтами (42%), послуги геолокації обладнання (47%), функції віддаленого управління та контролю за обладнанням та приладами (50 %) [2].

На даний час в Україні реалізується електронна система охорони здоров'я [3], що передбачає організацію віддаленої інформаційної взаємодії пацієнта з лікарем (електронні медичні картки пацієнтів, документообіг) та можливість підключення різноманітних інформаційних сервісів та обладнання [4-5]. Виходячи з стрімкого розвитку інформаційних технологій (IT) у сфері медицині та перспектив розвитку «розумних» медичних систем, актуальною є задача комплексної підготовки магістрів з поглибленими компетенціями в медичній, технічній та IT сфері за освітньою програмою «Телемедичні та біомедичні системи».

Метою циклу лабораторних робіт є вивчення принципів розробки та функціонування бездротових систем медичної діагностики стану пацієнтів.

Практична складова спрямована на вивчення апаратних засобів моніторингу медичних параметрів та технологій бездротової передачі даних, що збираються та аналізуються [6-8].

Пропонуються наступні напрямки досліджень: система моніторингу кардіо-параметрів пацієнта; станція моніторингу загальних характеристик стану пацієнта; пристрій моніторингу динамічних параметрів рухомих пацієнтів; спеціальні засоби передачі даних, протоколи та датчики.

Вивчення даної дисципліни забезпечить студенту розуміння принципів створення вбудованих біомедичних систем та використання

бездротових технологій при розробці апаратів та систем комп'ютерної діагностики стану пацієнта.

Система моніторингу кардіо-параметрів пацієнта дозволяє вивчити принципи створення систем добового або нічного моніторингу електрокардіограм пацієнта. Передбачається робота з даними пульсу, електрокардіограмою пацієнта з графічним виводом на монітор та дисплей.

Станція моніторингу загальних характеристик стану пацієнта базується на ідеї «розумних» систем, що надають можливість провести особисте самостійне діагностування параметрів пацієнта (температура та вологість тіла, пульс, тиск, насиченість крові киснем, рівень цукру в крові) без звертання до медичного закладу для отримання загальних рекомендацій. Лабораторна робота передбачає використання IoT-сервісів, мультимедійних пристроїв виводу інформації, пост-обробку та інтерпретацію інформації. Для передачі даних застосовується технологія Wi-Fi та HTTP протокол.

Дослідження особливостей моніторингу динамічних параметрів рухомих пацієнтів включає принципи розробки та функціонування портативних пристроїв безперервного моніторингу параметрів руху людини, провести аналіз протоколів та апаратних засобів для потокової передачі даних.

Крім того, актуальним є вивчення принципів оптимізації живлення для портативних пристроїв, що використовують акумулятори, а також використання енергоефективних технологій для передачі даних. Лабораторна робота передбачає використання технологій Bluetooth/BLE, Wi-Fi, засобів візуалізації даних та застосування акселерометра-гіроскопа.

Обладнання для виконання циклу лабораторних робіт було придбане за кошти міжнародного освітнього проєкту BIOART "Інноваційна мультидисциплінарна освітня програма зі штучних імплантів для біоінженерії для бакалаврів та магістрів" Європейського Союзу (табл.1).

Таблиця 1 – Перелік використаного обладнання

Лабораторна робота	Зображення	Перелік
№ 1 Дослідження особливостей моніторингу кардіо-параметрів людини		3.5" 320x480 TFT LCD (ASC201) кольоровий дисплей для Arduino Mega 2560
		Модуль ЕКГ Lead Heart Rate Monitor на основі чіпа AD8232 (для Arduino) та набір електродів Skintact
№ 2 Станція моніторингу загальних характеристик стану пацієнта		Модуль барометра BMP180 (датчик атмосферного тиску) (ADC-148) для Arduino
		Датчик пульсу MAX30102 (ADC218) для Arduino
		Датчик вологості та температури DHT22 (ADC124) для Arduino
		3.5" 320x480 TFT LCD (ASC201) кольоровий дисплей для Arduino Mega 2560

№ 3 Пристрій моніторингу динамічних рухомих параметрів пацієнта		Wi-Fi модуль LuaNode32 с ESP-32 для Arduino (AOC515)
		Датчик вологості та температури DHT22 (ADC124) для Arduino
№4 Система моніторингу мікроклімату приміщення перебування пацієнта		Wi-Fi перемикач Sonoff TH 10A 16A від Itead
		Цифровий датчик температури Sensor-DS18D20 для Sonoff TH 10A 16A от Itead (AOC211) для Arduino
№5 Дослідження телекомунікаційної системи на основі шилда Waveshare		Модуль GSM/GPRS/GNSS/Bluetooth HAT для RaspberryPi від Waveshare (DPC311)
№6 Дослідження підсистеми керування жестами для пацієнтів з особливими потребами		GY-801 IMU 10-DOF, L3G4200D+ADXL345+HMC5883L+BMP180
		Bluetooth модуль HC-05 для підключення Arduino до інших пристроїв (AOC165)

Лабораторна робота № 1

Дослідження особливостей моніторингу кардіо-параметрів людини

Мета роботи: ознайомитись з базовими поняттями QRS комплексу, вивчити основні функції апаратних засобів моніторингу кардіо-параметрів, виконати аналіз отриманих результатів.

1. Теоретичні відомості

1.1 Поняття про електрокардіографію

Електрокардіографія (скорочено ЕКГ) – метод графічної реєстрації електричних явищ, які виникають у серцевому м'язі під час його діяльності, з поверхні тіла. Криву, яка відображає електричну активність серця, називають електрокардіограмою (ЕКГ). Таким чином, **ЕКГ** – це запис коливань різниці потенціалів, які виникають у серці під час його збудження.

Електрокардіографія є одним з основних методів дослідження серця та діагностики захворювань серцево-судинної системи. ЕКГ є незамінним у діагностиці порушень ритму і провідності, гіпертрофії, ішемічної хвороби серця. Цей метод дає можливість з великою точністю говорити про локалізацію вогнищевих змін міокарда, їх розповсюдженість, глибину і час появи. ЕКГ дозволяє виявити дистрофічні й склеротичні процеси в міокарді, порушення електролітного обміну, що виникають під впливом різних токсичних речовин. ЕКГ широко використовують для функціонального дослідження серцево-судинної системи. Поєднання електрокардіографічного дослідження з функціональними пробами допомагає виявити приховану коронарну недостатність, перехідні порушення ритму, проводити диференційний діагноз між функціональними та органічними порушеннями роботи серця.

У XIX сторіччі виявили завдяки дослідження у патології, що серце має електричний потенціал та протягом своєї роботи виробляє певну кількість електричної енергії. Перші ЕКГ 1888 року записав французький фізик, лауреат Нобелівської премії з фізики 1908 року Габріель Ліппман з використанням ртутного капілярного електрометра.

Але ця методика не знайшла практичного використання. Нідерландський фізіолог Віллем Ейнтговен сконструював 1903 року прилад (струнний гальванометр), що дозволило йому реєструвати справжню ЕКГ. Ейнтговен став фундатором електрокардіографії, вперше 1906 року застосувавши її для медичної діагностики. Він дав назву зубцям ЕКГ, описав певні порушення в роботі серця. 1924 року йому було присуджено Нобелівську премію з фізіології та медицини з формулюванням «За відкриття техніки електрокардіограми».

Найпоширенішим видом дослідження СДЛ є ЕКГ. З допомогою дослідження ЕКГ можна виявити деякі захворювання серця.

Електрокардіограма - це діагностичний метод, що дозволяє визначити функціональний стан найважливішого органу людського тіла - серця (рис. 1.1).

Через електрокардіограму можливе отримання інформації: Частота серцевих скорочень, Фізичний стан серця, Наявність аритмій, Наявність гострих або хронічних ушкоджень міокарда, Наявність порушень обміну речовин в серцевому м'язі, Наявність порушень електричної провідності, Положення електричної осі серця. Також електрокардіограма серця може використовуватися для отримання інформації про деяких захворюваннях судин, не пов'язаних з серцем.

Фактори які впливають на ЕКГ: час доби, електромагнітний фон, фізичні навантаження, приймання їжі, положення електродів.

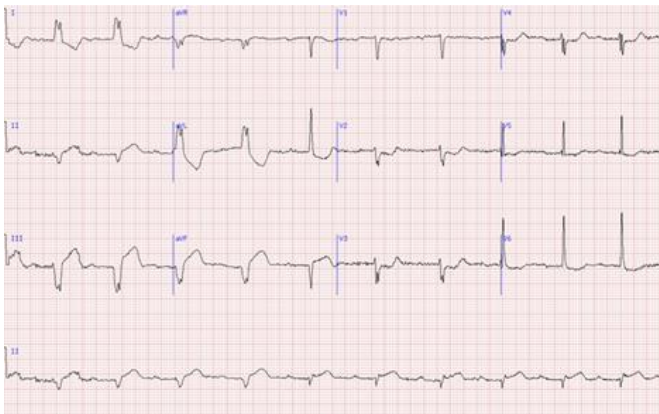


Рисунок 1.1 - Приклад електрокардіограми

1.2 Структура серцевого циклу

На ЕКГ (рис. 1.2) серцевий цикл розділений на зубці та інтервали, кожен з яких відповідає певній фазі розповсюдження хвилі збудження у міокарді. **Міокард** - назва м'язового середнього шару серця, що становить основну частину його маси, вимагає постійного кровопостачання і постачання киснем.

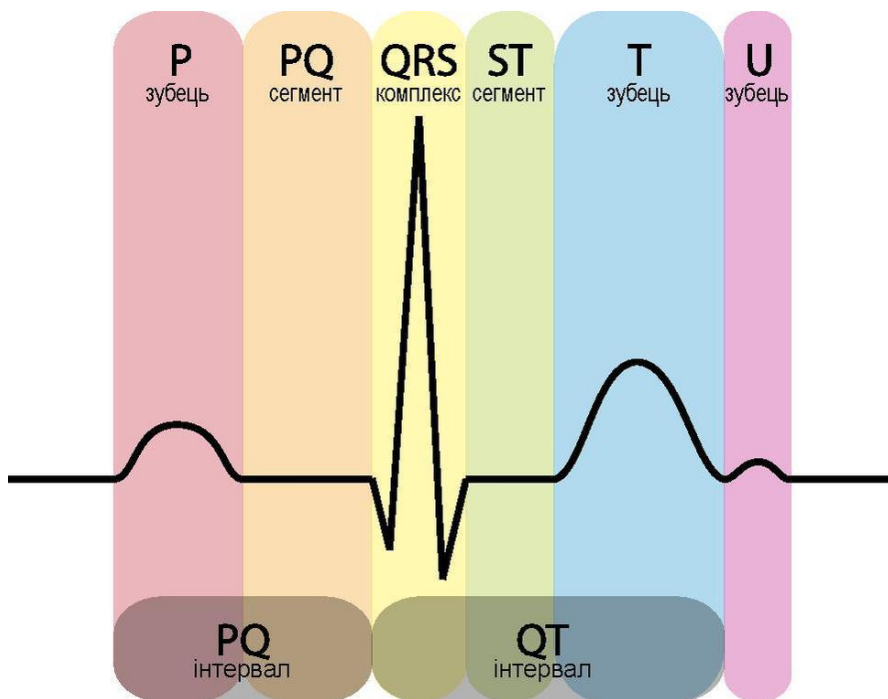


Рисунок 1.2 – Зображення структури ЕКГ

Зубець Р відповідає деполяризації передсердь (макс 0,12 сек).

Інтервал Р-Q – поширення деполяризації до атріовентрикулярного вузла (проміжок часу від початку збудження передсердь до початку збудження шлуночків).

Шлуночковий комплекс QRS (макс 0,10 сек, але у 21 % населення діагностується розширення комплексу до 0,12 сек, яке не вважається патологією) складається з трьох окремих зубців Q, R, S і відображає розповсюдження збудження тканиною шлуночків.

Q – перше негативне відхилення від ізоелектричної лінії.

R – перше позитивне відхилення.

S – негативне відхилення після R зубця.

Сегмент S-T відображає початкову фазу реполяризації міокарда шлуночків (тому різниця потенціалів не виявляється).

Зубець T – хвиля реполяризації шлуночків.

U хвиля є непостійним компонентом і може з'являтися при електролітних порушеннях (наприклад, гіпокаліємії).

Послідовність циклу роботи серця зображено на рисунку 1.3.

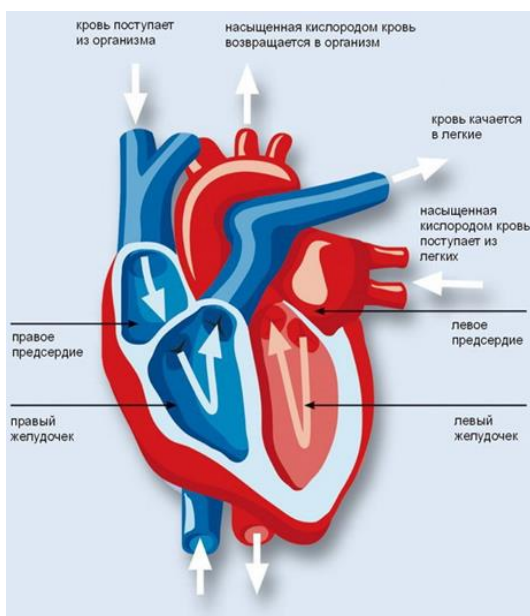


Рисунок 1.3 - Зображення послідовності роботи серця

Вивчаючи стани зубців та комплексів математично можливо провести діагностування проблем. У Таблиці 1.1 наведено діагнози та опис методу їх діагностування.

Таблиця 1.1 - Діагнози за станами комплексів ЕКГ

Опис	Діагноз
Відстань між зубцями R неоднаково	Миготлива аритмія, серцева блокада, слабкість синусового вузла, екстрасистоія
Зубець Р занадто високий (більше 5 мм), занадто широкий (більше 5 мм), складається з двох половин	Потовщення передсердь
Зубець Р відсутній на всіх відведеннях, крім V1	Ритм виходить не з синусового вузла
Інтервал PQ подовжений	Атріовентрикулярна блокада
Розширення QRS	Гіпертрофія шлуночків, блокада ніжок пучка Гіса
Немає проміжків між QRS	Пароксизмальна тахікардія, фібриляція шлуночків
QRS у вигляді прапорця	Інфаркт
Глибокий і широкий Q	Інфаркт
Широкий R (більше 15 мм) у відведеннях I, V5, V6	Гіпертрофія лівого шлуночка, блокада ніжок пучка Гіса
Глибокий S в III, V1, V2	Гіпертрофія лівого шлуночка
S-T вище або нижче ізолінії більш ніж на 2 мм	ішемія або інфаркт
Високий, двогорбий, гострий T	Перевантаження серця, ішемія
T зливається з R	Гострий інфаркт

1.3 Створення системи моніторингу кардіо-параметрів пацієнта

Для створення системи моніторингу використовується наступне обладнання:

- Arduino Mega
- Модуль ЕКГ AD8232 з приладдям (дротами)

Arduino Mega (рис. 1.4) побудована на мікроконтролері ATmega2560. Плата має 54 цифрових входів/виходів (14 з яких можуть використовуватися як виходи ШІМ), 16 аналогових входів, 4 послідовних порти UART, кварцовий генератор 16 МГц, USB конектор, роз'єм живлення, роз'єм ICSP і кнопка перезавантаження. Для роботи необхідно підключити платформу до комп'ютера за допомогою кабелю USB або подати живлення за допомогою адаптера AC/DC, або акумуляторною батареєю. Arduino Mega 2560 сумісна з усіма платами розширення, розробленими для платформ Uno або Duemilanove.



Рисунок 1.4 – Arduino Mega 2560

Мікроконтролер ATmega2560; Робоча напруга 5В; Вхідна напруга (рекомендована) 7-12В; Вхідна напруга (гранична) 6-20В; Цифрові Входи/Виходи 54 (14 з яких можуть працювати також як виходи ШІМ);

Аналогові входи 16; Постійний струм через вхід/вихід 40 mA; Постійний струм для виведення 3.3 50 mA; Флеш-пам'ять 256 KB (з яких 8 KB використовуються для завантажувача); ОЗУ 8 KB; Енергонезалежна пам'ять 4 KB; Тактова частота 16 МГц).

Arduino Mega може отримувати живлення як через підключення по USB, так і від зовнішнього джерела живлення. Джерело живлення вибирається автоматично. Зовнішнє живлення (не USB) може подаватися через перетворювач напруги AC/DC (блок живлення) або акумуляторною батареєю. Перетворювач напруги підключається за допомогою роз'єму 2.1 мм з позитивним полюсом на центральному контакті. Дроти від батареї підключаються до висновків Gnd і Vin роз'єму живлення (POWER). Платформа може працювати при зовнішньому живленні від 6 до 20 В. При напрузі живлення нижче 7, висновок 5V може видавати менше 5 В, при цьому платформа може працювати нестабільно. При використанні напруги не вище 12 В регулятор напруги може перегрітися і пошкодити плату. Рекомендований діапазон від 7 до 12 В. Плата Mega2560, на відміну від попередніх версій плат, не використовує FTDI USB мікроконтролер. Для обміну даними з USB використовується мікроконтролер Atmega8U2, запрограмований як конвертер USB-to-serial).

На платі розташовані наступні виходи для живлення.

VIN. Вхід використовується для подачі живлення від зовнішнього джерела (відсутність 5 від роз'єму USB або іншого регульованого джерела живлення). Подача напруги живлення відбувається через цей вивід. Якщо живлення подається на роз'єм 2.1 mm, то на цей вхід можна записатися.

5V. Джерело напруги, що використовується для живлення мікроконтролера та компонентів на платі. Харчування може подаватися від виведення VIN через регулятор напруги, або від роз'єму USB, або іншого регульованого джерела напруги 5 В.

3V3. Напруга на виході 3.3 В генерується мікросхемою FTDI на платформі. Максимальне споживання струму 50 mA.

GND. Виходи заземлення.

Платформа програмується за допомогою середовища розробки Arduino IDE. Детальніша інформація знаходиться в довіднику та інструкціях. Мікроконтролер ATmega2560 поставляється з записаним завантажувачем, полегшує запис нових програм без використання

зовнішніх програматорів. Зв'язок здійснюється оригінальним протоколом STK500. Є можливість не використовувати завантажувач і запрограмувати мікроконтролер через висновки блоку ICSP (внутрішньосхемного програмування). Детальна інформація міститься в даній інструкції. Код прошивки для контролера ATmega8U2 доступний для вільного скачування. Контролер ATmega8U2 має власний DFU завантажувач, який може бути активований замиканням джампера на звороті плати (поруч з картою Італії) і перезавантаженням контролера. Для запису нової прошивки можливо використовувати Atmel's FLIP (під Windows) або DFU програматор (на Mac OS X або Linux). Також можна переписати прошивку зовнішнім програматором, використовуючи ISP вхід.

Модуль ЕКГ AD8232 (рис 1.5) - це економічний модуль, який використовується для вимірювання електричної активності серця. Ця електрична активність може бути визначена як електрокардіограма (ЕКГ) і виведена як аналогові свідчення. ЕКГ сигнали можуть бути надзвичайно малими, та монітор серцевого ритму AD8232 працює як операційний підсилювач, щоб можна було легко отримати чистий сигнал для визначення інтервалів PR і QT та інших.

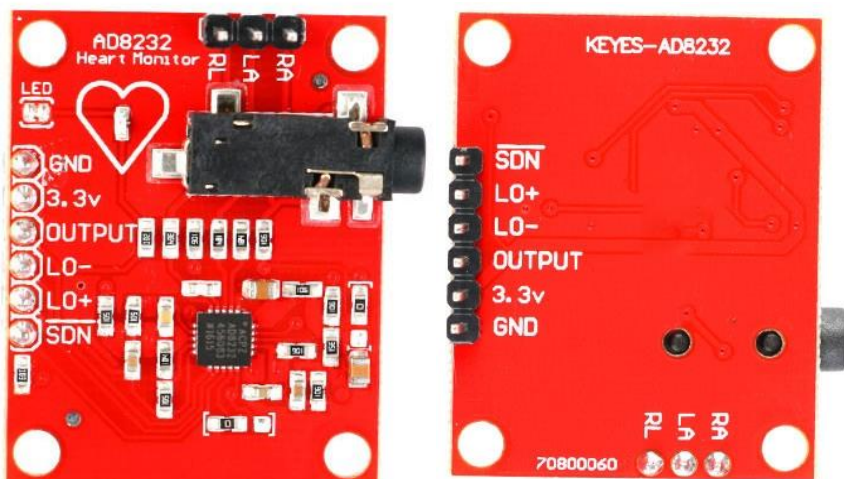


Рисунок 1.5 - Модуль ЕКГ AD8232

Галузь застосування:

- контроль серцевого ритму при заняттях спортом;
- портативний апарат зняття ЕКГ;
- віддалений моніторинг стану здоров'я;
- ігрове периферійне устаткування;
- збір біоелектричних сигналів.

Технічні характеристики

- Напруга живлення: 3,3 В
- Тип вихідного сигналу: аналоговий вихід
- Вихідний інтерфейс: 2,54 pin або роз'єм для навушників
- Розмір модуля: 36 мм * 31 мм * 18 мм
- Номінальний діапазон температур: від 0 ° С до + 70 ° С
- Робочий діапазон температур: від -40 ° С до + 85 ° С

Призначення пінів модулю:

3.3V - 3.3V

GND - GND

A0 - OUTPUT

LO- - Leads of Detect -

LO+ - Leads of Detect +

SDN - Выключение модуля

Модуль з мікросхемою AD8232 забезпечує доступ до дев'яти пінів AD8232. Контакти SDN, LO +, LO-, OUTPUT, 3.3V, GND забезпечують необхідні лінії для роботи з мікросхемою за допомогою Arduino або іншої плати розробки. На цій платі також передбачені лінії RA (права рука), LA (ліва рука) і RL (права нога) для кріплення і використання ваших власних датчиків. Крім того, є світлодіодний індикатор, який буде відображати ритму пульсу. Для підключення біомедичної сенсорного майданчика можна використовувати 3,5-міліметровий роз'єм або задіяти 3-контактний роз'єм.

RA- Права рука

LA - Ліва рука

RL - Права нога

Приклад розміщення електродів на тлі людини зображено на рисунку 1.6.

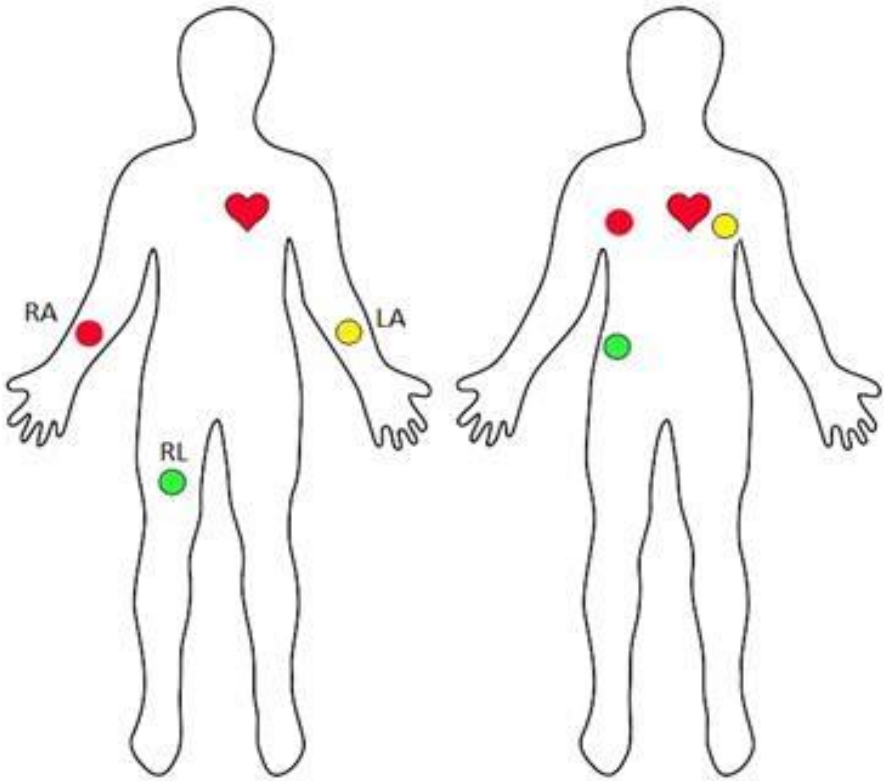
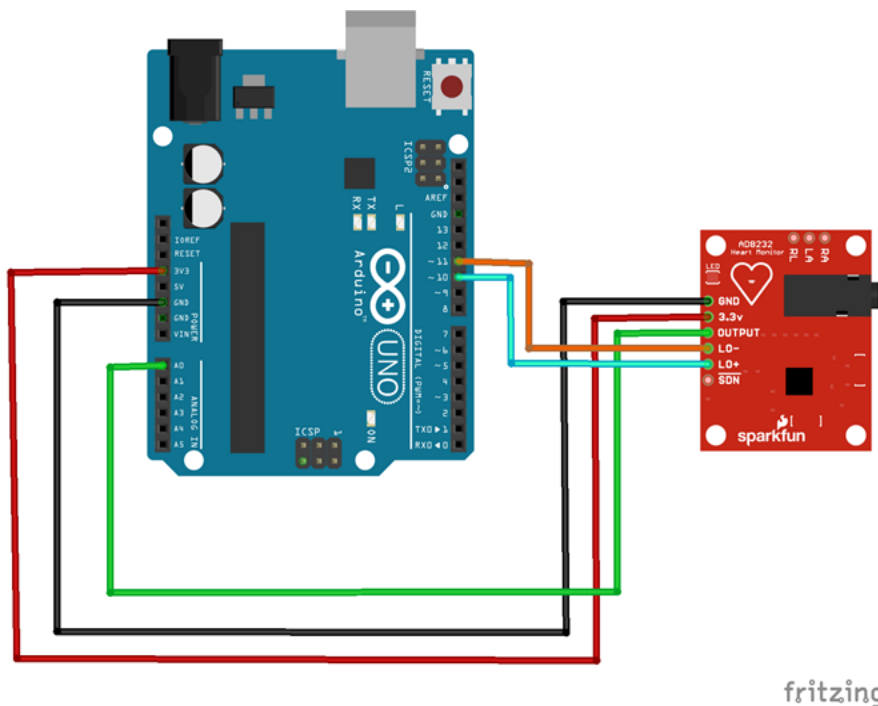


Рисунок 1.6 - Приклад розміщення електродів на тілі людини

Даний пристрій не може бути застосовано для самостійного діагностування у тестовому режимі, лише кваліфікований лікар або надійна експертна система може робити будь-які висновки про миттєвий стан людини.

Для підключення модуля ЕКГ до плати Arduino необхідно виконати підключення за схемою зображеної на рисунку 1.7.

Наступним кроком є завантаження програми до плати. Після завантаження необхідно від'єднати пристрій від ПК.



fritzing

Рисунок 1.7 - Схема підключення модуля AD8232 до Arduino Uno/Mega

Програма циклічно перевіряє присутність цифрових сигналів від модулю, що вказують на виявлення модулем ЕКГ. Якщо ЕКГ виявлено, відбувається зчитування аналогового значення з модулю та вивід у консоль. Отримане значення можливо та необхідно масштабувати. Масштабуванням часу зчитування безперервного аналогового сигналу з модуля можливо отримати більш чіткі дані.

Наступним кроком є підключення електродів до людини (пацієнта). **Важливо!** До під'єднання електродів місце підключення необхідно обробити антисептичним засобом.

```

1 void setup() {
2   Serial.begin(19200);
3   pinMode(10, INPUT);
4   pinMode(11, INPUT);
5 }
6 void loop(){
7   if ((digitalRead(10) == 1) || (digitalRead(11) == 1)) {
8     Serial.println("Error");
9   }
10  else {
11    Serial.println(analogRead(A0));
12  }
13
14  delay(5);
15 }

```

Рисунок 1.8 - Код програми для виводу кардіограми

Після під'єднання електродів та завантаження програми, необхідно приєднати Arduino до комп'ютера. Далі необхідно відкрити монітор порта (COM) (Ctrl+Shift+M) де можливо переглянути результати у вигляді числових значень. Для візуального відображення графіку необхідно відкрити “Плоттер послідовного порту” (Ctrl+Shift+L) та переглянути результат на екрані. Якщо плоттер послідовного порту не відкривається зверніть увагу на версію Arduino IDE. Приклад результату зображено на рисунку 1.9.

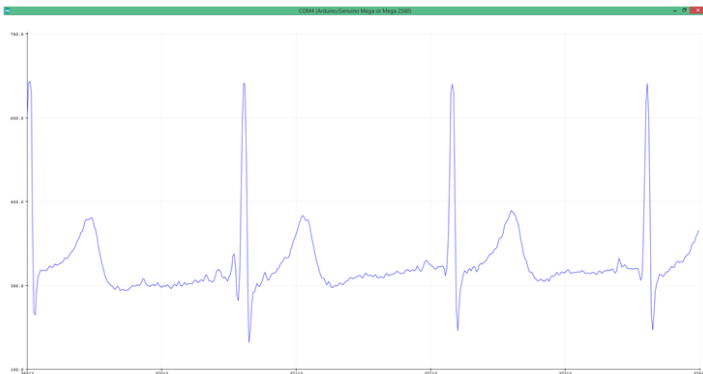


Рисунок 1.9 - Приклад візуалізації кардіограми

1.4 Вдосконалення виводу ЕКГ (Портативний пристрій)

Мета вдосконалення полягає у створенні портативного пристрою для виводу кардіограми налаштувавши вивід результату на TFT дисплей підключений до плати Arduino Mega.

Таким чином працюють пристрої холтер-моніторингу.

Холтер-моніторинг незамінний після перенесеного інфаркту міокарда або перед проведенням операцій на серці. Добове моніторування застосовується для діагностики багатьох серцево-судинних захворювань:

- порушень серцевого ритму;
- порушень провідності серця;
- німий ішемії міокарда;
- ішемічної хвороби серця та ін.

Холтерівське моніторування дозволяє не тільки встановити факт аритмії, а й визначити частоту її виникнення, тривалість і пороговий рівень навантаження, при якій вона виникає.

Отримані в результаті холтерівського моніторингу, аналізуються кардіологом і дають необхідну інформацію для вірного діагнозу і точної оцінки роботи серця. При необхідності призначаються додаткові обстеження (УЗД серця), здаються аналізи, проводяться консультації суміжних фахівців.

За допомогою холтер-моніторингу контролюється ефективність лікування і, при необхідності, проводиться його корекція. Також апарат може використовуватися для оцінки функціонування встановленого кардіостимулятора.

Для підключення модуля ЕКГ пропонується використовувати провідники або шлейф для TFT дисплея.

Кольоровий TFT-Шилд 3,5" для Arduino Mega з роздільною здатністю 480x320 пікселів, 262к кольорів побудований на контролері IL9486, підтримує 16-бітний інтерфейс. Для роботи використовує бібліотеку UTFT. На платі дисплея є роз'єм підключення SD-Card для зберігання даних. Дисплей встановлюється на контроллер без додаткових перехідників і шильдів. Для роботи з цим дисплеєм підходить бібліотека для контролера HX8357.

Характеристики дисплея:

Тип дисплея: 3.5 "TFT LCD Модуль; Тип контроллера: ILI9486; Дозвіл: RGB 480x320 пк; Підсвічування: 6 ультра яскравих білих світлодіода; Інтерфейс: паралельний 16-bit; Розміри: 89,9 x 54.25 мм.

Для роботи необхідно встановити наступні бібліотеки:

TFT_HX8357: https://github.com/Bodmer/TFT_HX8357,

UTFT: <http://www.rinkydinkelectronics.com/library.php?id=51>

Після підключення TFT дисплея до плати Arduino необхідно внести зміни у розробленому вище програмному коді використовуючи функції роботи з дисплеєм. Приклад зміненого коду зображено на рисунку 1.11.

```

1  #include <TFT_HX8357.h>
2  #include <User_Setup.h>
3  TFT_HX8357 tft = TFT_HX8357();
4  unsigned long drawTime = 0;
5  int x, y;
6  int lastx, lasty = 0;
7  int dataheart = 0;
8  void setup(void) {
9      Serial.begin(115200);
10     tft.init();
11     tft.setRotation(1);
12 }
13 void loop() {
14     tft.fillScreen(TFT_BLACK);
15     x = 100, y = 100;
16     lastx, lasty = 0;
17     for (int i = 0; i <= 480; i++) {
18         if (i == 0) {
19             lastx = i;
20             lasty = dataheart;
21         }
22         dataheart = analogRead(A0) / 3;
23         tft.drawLine(i, dataheart, lastx, lasty, TFT_GREEN);
24         delay(5);
25         lastx = i;
26         lasty = dataheart;
27     }

```

Рисунок 1.11 - Код програми для виводу кардіограми на TFT дисплей

Після завантаження необхідно перевірити роботу програми. Приклад результату зображено на рисунку 1.12.

Виконайте приклад зі змінами кольорів та масштабуванням виводу ЕКГ на дисплей.

1.5 Завдання до лабораторної роботи

1.5.1 Під'єднати модуль ЕКГ до Arduino Mega

1.5.2 Завантажити програмний код з прикладу

1.5.3 Виконати масштабування, змінюючи час виводу даних, та множення результату. Зробити висновки.



Рисунок 1.12 - Приклад роботи виводу ЕКГ на TFT дисплей

1.5.4 Провести перевірку отриманих даних згідно з таблицею діагнозів. Зробити висновки.

1.5.5 Розробити алгоритм для діагностування одного з діагнозів.

1.5.6 Внесіть коментарі до коду програми

1.5.7 Виконайте вдосконалення коду та апаратного засобу за прикладом у пункті 2. Внесіть коментарі до коду програми

1.5.8 Оформити звіт

1.6 Зміст звіту

1.6.1 Тема та мета роботи

1.6.2 Фото результату збору схеми підключення

1.6.3 Скріни результату виводу даних у плоттер послідовного порту (2-3 скріна з результатами масштабування даних) Висновок.

1.6.4 Результати перевірки згідно таблиці діагнозів. Висновок

1.6.5 Скрін з коментарями до розробленого коду програми 1 та 2.

1.6.6 Фото роботи портативного пристрою моніторингу ЕКГ.

1.6.7 Висновки з роботи (Що було виконано, для чого, як це можливо використовувати у житті та яких сферах).

1.7 Контрольні запитання

1.7.1 Основне призначення модулю AD8232?

1.7.2 Основні можливості дисплею 3.5 "TFT LCD?

1.7.3 Розрахуйте приблизний час роботи пристрою від акумулятора 5В 3000мА

Лабораторна робота № 2

Станція моніторингу загальних характеристик стану пацієнта

Мета роботи: вивчення принципу дії систем, що надають можливість провести особисте самостійне діагностування параметрів температури та вологості тіла, пульсу, тиску, насиченості крові киснем, атмосферного тиску без звертання до медичного закладу для отримання загальних рекомендацій.

2.1 Теоретичні відомості

Людина на робочому місці повинна бути в адекватному стані, особливо якщо від нього залежить безпека інших людей, а не тільки продуктивність і здатність виконувати обов'язки. Прикладів багато: водії громадського транспорту, шахтарі, робітники на верстатах, екіпаж повітряного судна, охоронці.

У час виникнення великої кількості інфекційних захворювань само діагностування є невід'ємною частиною точних виявлення інфекцій. Станція моніторингу загальних характеристик стану пацієнта базується на ідеї «розумних» систем, що надають можливість провести особисте самостійне діагностування параметрів пацієнта (температура та вологості тіла, пульс, тиск, насиченість крові киснем, рівень цукру в крові) без звертання до медичного закладу для отримання загальних рекомендацій.

Робота системи може бути заснована на технологіях телемедицини, що забезпечують дистанційне взаємодія лікарів з пацієнтами, їх ідентифікацію та документування дій при дистанційному медичний огляд, консультаціях, діагностуванні, спостереженні за станом здоров'я пацієнтів та само діагностування деяких параметрів людини. Приклад автоматизованої системи/станції медичного контролю зображено на рисунку 2.1.



Рисунок 2.1 - Станція медичного контролю параметрів пацієнта

Системи самодіагностування особливо корисні в шкільних навчальних закладах, в яких кожен учень може самостійно підійти до стенду-системи прикласти руки або навіть не торкаючись отримати дані діагностики стану з занесенням в історію. Наприклад: температура тіла, тиск, насичення кисню крові, місткість жиру %, рівень вісцерального жиру, м'язова маса, кісткова маса, зміст води, базальний рівень метаболізму (bmr), індекс маси тіла - імт (bmi), метаболічний вік, фізичний рейтинг.

Багато розробок доводять що безконтактне діагностування по обличчю людини і голосу може давати достовірний результат про здоров'я людини, що в даний час є дуже актуальним. Приклад систем самостійної діагностики зображено на рисунку 2.2, 2.3.

Датчик серцевого ритму (пульсу) MAX30102 (рис 2.4) - інтегральний датчик пульсу і насичення крові киснем. У датчику зібрані оптимізовану оптику, два світлодіоди, фотодетектор, високоточний аналоговий підсилювач і перетворювач, цифровий обробник і інтерфейсний модуль. Для підключення датчика до контролера використовується послідовний інтерфейс I2C та бібліотека за посиланням

https://github.com/sparkfun/SparkFun_MAX3010x_Sensor_Library



Рисунок 2.2 - Система самодіагностики Tanita



Рисунок 2.3 - Система самодіагностики температури

У датчику використовується два світлодіоди: червоного і інфрачервоного спектра. Є можливість керувати як струмом через світлодіоди (від 0мА до 50мА) так і тривалістю імпульсів (від 200мкс до 1,6мс) для забезпечення максимальної точності вимірювань. Для калібрування датчика є вбудований датчик температури.

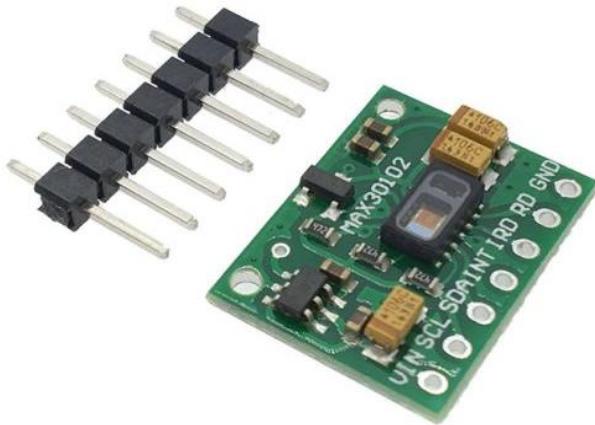


Рисунок 2.4 - Датчик серцевого ритму (пульсу) MAX30102

Характеристики:

- Вимірювані параметри: частота пульсу і насичення крові і SpO2
- Напруга живлення: 3,3 В (внутрішній стабілізатор на 1,8 В)
- Струм в режимі вимірювання: 1.2 мА
- Струм в режимі сну: до 10 мкА
- Інтерфейс: I2C
- Максимальна частота інтерфейсу: 400 кГц
- Розміри: 18.5 x 14.5 x 3 мм

DHT22 - цифровий датчик температури і вологості підвищеної точності. Датчик DHT22 має заводське калібрування і характеризується низьким енергоспоживанням (рис 2.5).

Характеристики:

- виробник: AOSONG
- тип: AM2302 цифровий
- точність: 0.1

DHT22 pins	
1	VCC
2	DATA
3	NC
4	GND

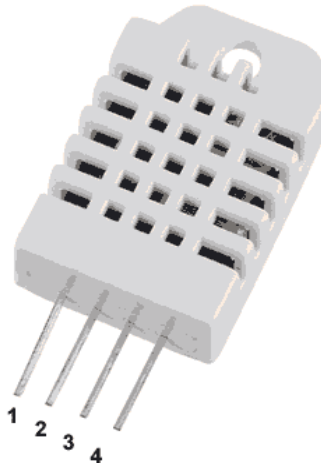


Рисунок 2.5 - Датчик температури та вологості DHT22

- діапазон вимірювання вологості: 0-100%
- діапазон виміру температури: -40 ~ 80 градусів Цельсія
- точність вимірювання вологості: $\pm 2\%$ RH
- точність вимірювання температури: ± 0.5 градуса
- напруга живлення: 3.6-6 V
- кількість висновків: 4
- ультранизьким енергоспоживанням
- не вимагає обв'язки
- здатний працювати при досить довгому дроті

Барометр BMP180 - це датчик атмосферного тиску з функцією вимірювання температури (рис 2.6). Управляється по шині I2C.

Характеристики:

- діапазон вимірювань: 300 - 1100 гПа (9000 ... -500 метрів над рівнем моря)
- дозвіл 0.03 гПа / 0.25 м
- діапазон виміру температур: -40 to + 85 ° C (точність ± 2 град)
- управління по шині I2C
- напруги харчування: 2 - 5V
- споживання в режимі очікування: 0,1 мкА
- модель: GY-65


```

#include <DHT_U.h>
#include <Wire.h>
#include <TFT_HX8357.h>
#include "MAX30105.h"
#include "heartRate.h"
#define DHTPIN 7
#define DHTTYPE DHT22 // DHT 22 (AM2302)
DHT_Unified dht(DHTPIN, DHTTYPE);
MAX30105 particleSensor;
TFT_HX8357 tft = TFT_HX8357();
uint32_t delayMS;
const byte RATE_SIZE = 4;
byte rates[RATE_SIZE];
byte rateSpot = 0;
long lastBeat = 0;
float beatsPerMinute;
int beatAvg;
void setup() {
  Serial.begin(9600);
  tft.init();
  tft.setRotation(2);
  dht.begin();
  sensor_t sensor;
  dht.temperature().getSensor(&sensor);
  dht.humidity().getSensor(&sensor);
  delayMS = sensor.min_delay / 1000;
  if (!particleSensor.begin(Wire, I2C_SPEED_FAST))
  {
    Serial.println("MAX30102 was not found. Please check wiring/power. ");
    while (1);
  }
  particleSensor.setup();
  particleSensor.setPulseAmplitudeRed(0x0A);
  particleSensor.setPulseAmplitudeGreen(0);
}

void loop() {
  // delay(200);
  long irValue = particleSensor.getIR();
  if (irValue < 50000) {
    Serial.print(" No finger");
    DHTReadData();
    delay(2000);
  } else {
    if (checkForBeat(irValue) == true)
    {

```

```

    long delta = millis() - lastBeat;
    lastBeat = millis();
    beatsPerMinute = 60 / (delta / 1000.0);
    if (beatsPerMinute < 255 && beatsPerMinute > 20)
    {
        rates[rateSpot++] = (byte)beatsPerMinute;
        rateSpot %= RATE_SIZE;
        beatAvg = 0;
        for (byte x = 0 ; x < RATE_SIZE ; x++)
            beatAvg += rates[x];
        beatAvg /= RATE_SIZE;
    }
}

Serial.print("IR=");
Serial.print(irValue);
Serial.print(", BPM=");
Serial.print(beatsPerMinute);
Serial.print(", Avg BPM=");
Serial.println(beatAvg);
tft.fillScreen(0x5AEB);
tft.setCursor(0, 10, 2);
tft.setTextColor(TFT_YELLOW);
tft.setTextSize(2);
tft.print("Beats/Min: ");
tft.println(beatsPerMinute);
}
}

void DHTReadData() {
    sensors_event_t event;
    dht.temperature().getEvent(&event);
    tft.fillScreen(0x5AEB);
    tft.setCursor(10, 60, 2);
    tft.setTextColor(TFT_YELLOW);
    tft.setTextSize(2);
    tft.print("Temp: ");
    tft.println(event.temperature);
    if (isnan(event.temperature)) {
        Serial.println(F("Error reading temperature!"));
    }
    dht.humidity().getEvent(&event);
    if (isnan(event.relative_humidity)) {
        Serial.println(F("Error reading humidity!"));
    }
    tft.setCursor(10, 120, 2);

```

```
tft.print("Humid: ");  
tft.println(event.relative_humidity);  
}
```

2.2 Завдання до лабораторної роботи

2.2.1 Виконайте підключення датчиків за схемою

2.2.2 Виконайте підключення 3.5 TFT LCD Модуль

2.2.3 Виконайте завантаження коду програми для станції моніторингу

2.2.4 Виконайте заміну датчику пульса на датчик атмосферного тиску та змініть код програми для виводу значень тиску на екран, виведіть своє прізвище на екран нижче отриманих даних.

2.2.5 Наведіть коментарі до коду програми

2.3. Зміст звіту

2.3.1 Тема та мета роботи

2.3.2 Фото зібраної схеми та фото отриманих результатів

2.3.3 Фото отриманих результатів з датчику тиску

2.3.4 Код програми з коментарями

2.3.5 Висновки з роботи (Як можливо використовувати дану систему, наведіть приклади)

2.4 Контрольні запитання

2.4.1. Наведіть функції датчика MAX30102?

2.4.2 Дайте визначення пінам сенсору DHT22?

2.4.3 Наведіть функції TFT дисплея

Лабораторна робота № 3

Пристрій моніторингу динамічних параметрів рухомих пацієнтів

Мета роботи: дослідження та використання IoT-сервісів, пристрою виводу інформації wi-fi ESP32, датчика вологості та температури, що розміщено у приміщенні пацієнта, або безпосередньо на пацієнті.

3.1 Теоретичні відомості

Thingier.io - це хмарна платформа IoT, яка забезпечує всі необхідні інструменти для прототипу, масштабування та управління підключеними продуктами дуже простим способом.

Безкоштовна платформа IoT: Thingier.io пропонує обліковий запис freemium протягом усього життя, лише кілька обмежень для початку навчання та складання прототипів, коли ваш продукт стане готовим до масштабування, ви можете розгорнути Premium Server з повним потенціалом протягом декількох хвилин.

Простий, але потужний: лише кілька кодових рядків, щоб підключити пристрій і почати витягування даних або контроль його функціональних можливостей за допомогою нашої веб-консолі, здатної підключити та керувати тисячами пристроїв простим способом.

Апаратний агностик: будь-який пристрій від будь-якого виробника може бути легко інтегрований в інфраструктуру Thingier.io.

Надзвичайно масштабована та ефективна інфраструктура: завдяки нашій унікальній парадигмі зв'язку, в якій сервер IoT підписує ресурси пристрою для отримання даних лише тоді, коли це необхідно, один екземпляр Thingier.io здатний керувати тисячами пристроїв IoT з низьким навантаженням, пропускнуою здатністю. і затримки.

Open Source: більшість модулів платформи, бібліотеки та вихідний код APP доступні у нашому сховищі github для завантаження та модифікації з ліцензією MIT.

Платформа Thingier.io формується двома основними продуктами Backend (який є фактичним сервером IoT) та веб-сервером Frontend, що спрощує роботу з усіма функціями за допомогою будь-якого комп'ютера чи смартфона (рис 3.1)

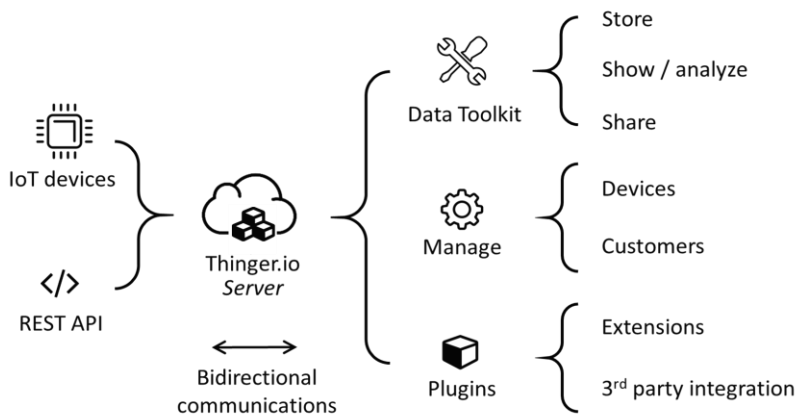


Рисунок 3.1 - Структура IoT сервісу

Мікроконтроллер ESP32 - це одна з найбільш доступних і потужних платформ для створення розумних проєктів з підтримкою WiFi. Принцип розміщення ESP8266, цей чистий доступ до нових можливостей для розробників, хотю за попереднім переглядом залишилися старі проблеми з підтримкою та документацією. У такому стані ви знайдете опис характеристик, розповсюдження мікросхем, примірників програмування за допомогою Arduino IDE.

Кристалл включає в себе 2-ядерний 32-розрядний процесор Tensilica Xtensa LX6, 520 Кб пам'яті SRAM і 448 Кб флеш-пам'яті, 4 Мб зовнішньої флеш-пам'яті. Тактова частота виявляється до 240 МГц в залежності від режиму енергопотреблення.

Вбудовано температурний датчик, датчик Холла, контролер повітряного зв'язку на прийомі і на передачі, контролер сенсорних каналів, Bluetooth (BLE v4.2 BR / EDR), Wi-Fi (стандарти зв'язку Wi-Fi 802.11 b / g / n (2,4 ГГц)).

Перетворювач USB-UART на мікросхемі CP2102 забезпечує з'єднувальну модуль ESP32-WROOM з USB-портом комп'ютера. При підключенні до ПК - платформа ESP32 DevKit визначає як віртуальний COM-порт.

Доступні 25 пінів загального визначення. Усі контакти підтримують перетворення. Максимальний ток на пінах: 12 мА.

Цифрові 21 контактний вхід-вихід (GPIO): 1–5, 12–19, 21–23, 25–27, 32 та 33. Контакти громадського означення. Піни можуть бути настроєні на вході або на виході. Логічний рівень одиниці - 3,3 В, нуля - 0 В. Максимальний ток виходу - 12 мА. Усі виводи вводу-виходу можуть працювати як ШІМ, що дозволяє виводити аналогічні знання в видимості ШІМ-сигналу з розрядженням 16 біт. Максимальне число каналів 16

Цифрові 4 контакта вводу (GPI): 34, 35, 36 і 39. Можливо, буде настроєно лише на вході.

15 аналогових входів з АЦП (12 біт): 2, 4, 12–15, 25–27, 32–36 і 39. Потрібно представити аналогове наповнення в цифровому вигляді з розряджувальністю 12 біт

2 аналогових виходу з ЦАП (8 біт): 25 (DAC1) і 26 (DAC2). Аналоговий вихід цифрового аналогового перетворювача, який дозволяє формувати 8-бітні рівні напруги. Ви можете використати для аудіо-виходу. На пінах вводу-виходу можна сконфігурувати апаратні інтерфейси: $3 \times \text{UART}$; $3 \times \text{SPI}$; $2 \times \text{I}^2\text{C}$; $3 \times \text{I}^2\text{S}$.

ESP-32 Цей пристрій можна безпосередньо запрограмувати з ID Arduino IDE, включивши основні бібліотеки ESP32 разом із Arduino Boards Manager. Для цього кроку вам знадобиться виконати налаштування, щоб включити https://dl.espressif.com/dl/package_esp32_index.json у поле "Додаткові URL-адреси менеджера" в налаштуваннях Arduino IDE (рис 3.2).

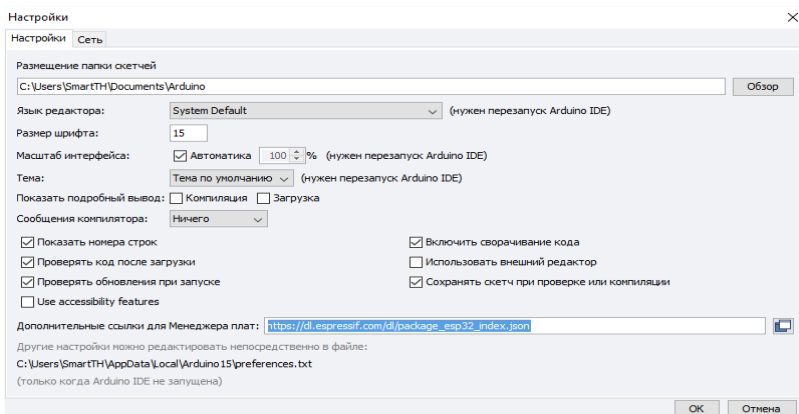


Рисунок 3.2 - Додаткові URL-адреси менеджера

Далі перейдіть до менеджера плат, щоб встановити пакет ESP32. Ведіть “esp32” та натисніть інсталювати пакет (рис 3.3).



Рисунок 3.3 - Менеджер плат

Встановлення бібліотек хмарного сервісу Thingier.io відбувається у “Менеджері бібліотек”. Відкрийте менеджер (CTRL+Shift+I) бібліотек знайдіть Thingier.io та інсталюйте (рис 3.4).

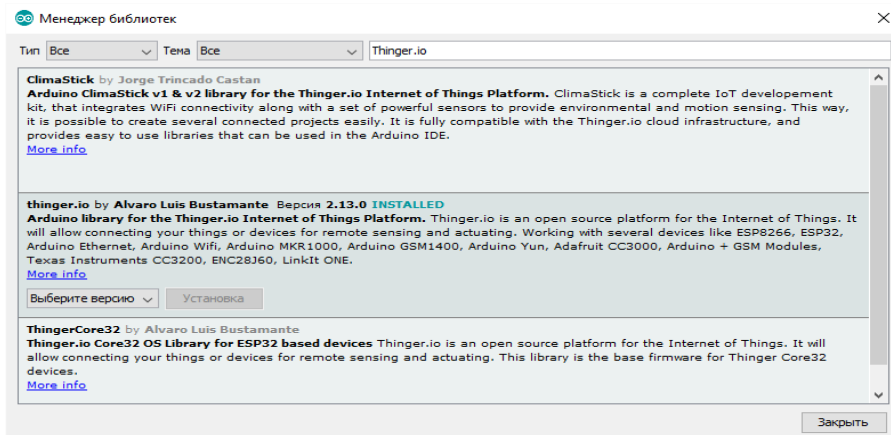


Рисунок 3.4 - Інсталяція бібліотеки Thingier.io

Після встановлення бібліотек у менеджері плат необхідно обрати “ESP32 Dev Module” (рис 3.5)

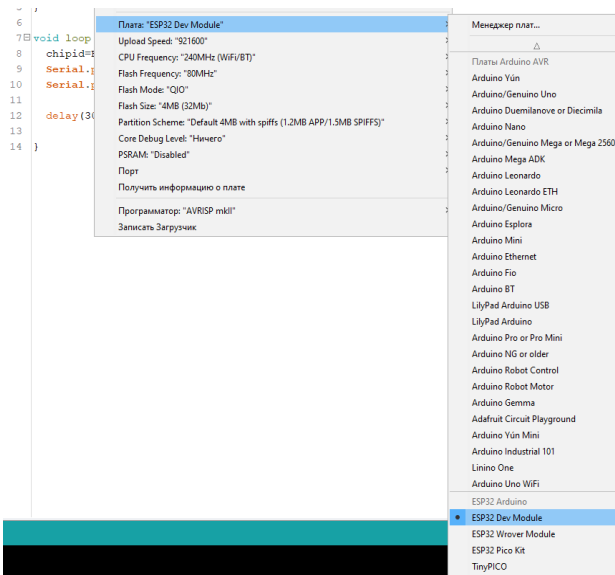


Рисунок 3.5 - Обрання модуля ESP32 Dev Module

Після встановлення необхідних бібліотек потрібно зареєструвати акаунт у хмарному сервісі Thingier.io (рис 3.6)

The screenshot shows the registration page for the Thingier.io platform. The page has a light blue background and features the Thingier.io logo at the top. Below the logo, there is a 'Sign up to start connecting your things' heading. The registration form includes fields for 'Pick a username', 'Your email', 'Create a password', and 'Repeat your password'. There is a checkbox for 'Agree the terms and privacy policy'. Below the form, there is a CAPTCHA section with the text 'Я не робот' and a 'Sign up' button. At the bottom, there is a link for 'Already have an account?' and a 'Sign in' button. The footer of the page reads 'INTERNET OF THINGIER S.A. © 2020'.

Рисунок 3.6 - Реєстрація акаунту у сервісі Thingier.io

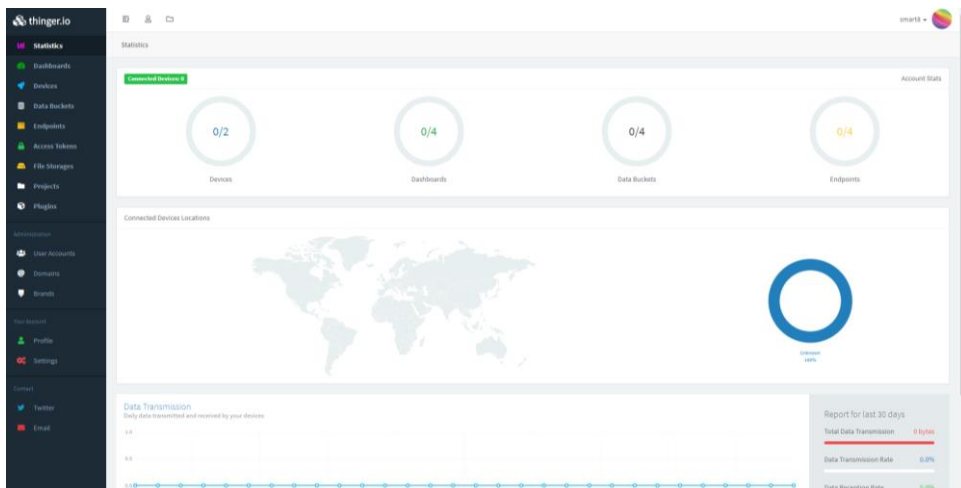


Рисунок 3.7 - Загальна панель (Інформація про пристрої та дані)

Для додавання пристрою перейдіть до вкладки “Devices” та натисніть “Add Device”. Оберіть “Device Type” - Generic Thingier Device. Заповніть унікальну назву пристрою - Device ID та пароль “Device Credential”. Збережіть пристрій (рис 3.8).

The screenshot shows the 'Add Device' form in the Thingiverse interface. The top section, 'Device List', contains a table with one device: 'unlabeledid' of type 'Generic' with description 'Тестовий сенсор/Пристрій', last connection '2020-05-18 12:48:41 +0300', and status 'Online'. Below this is the 'Device Details' form with fields for 'Device Type' (set to 'Generic Thingier Device (WiFi, Ethernet, GSM)'), 'Device ID' (with a hint to enter a unique identifier), 'Device description' (with a hint to enter a description), and 'Device credentials' (with a hint to enter credentials and a 'Generate Random Credential' button). An 'Add Device' button is at the bottom left.

Рисунок 3.8 - Додавання пристрою до сервісу

Наступним кроком необхідно створити код програми для модуля ESP32 та внести необхідні індивідуальні дані для підключення. (Username - логін у системі Thingier.io (не E-Mail)) (рис 3.9)

```

1 #include <ThingierESP32.h>
2 #define USERNAME "*****"
3 #define DEVICE_ID "*****"
4 #define DEVICE_CREDENTIAL "*****"
5 #define LED_BUILTIN 13
6 #define SSID "*****"
7 #define SSID_PASSWORD "*****"
8
9 ThingierESP32 thing(USERNAME, DEVICE_ID, DEVICE_CREDENTIAL);
10
11 void setup() {
12     pinMode(LED_BUILTIN, OUTPUT);
13     thing.add_wifi(SSID, SSID_PASSWORD);
14     thing["led"] << digitalPin(LED_BUILTIN);
15     thing["millis"] >> outputValue(millis());
16 }
17
18 void loop() {
19     thing.handle();
20 }

```

Рисунок 3.9 - Код програми підключення до хмарного IoT сервісу

Завантажте редагований програмний код у ESP32. Підключить живлення по платі та перейдіть до загальної панелі Thingier.io. Переконайтеся, що пристрій був підключений до сервісу. Код за умовчанням підключається до сервісу, тримає підключення та надсилає періодично дані часу (мілісекунди) від початку роботи плати. Наведений код програми також зчитує дані з серверу для визначення стану Led світлодіоду.

Якщо пристрій був підключений та дані надходять до сервісу далі необхідно налаштувати збереження даних у системі та відображення. Перейдіть до вкладки “Bucket”. Натисніть “Create Bucket”. Введіть назву, опис, оберіть ресурс даних “From Device Resource” та оберіть

доданий пристрій та ресурс даних “millis”. Оберіть час оновлення даних рівним 1 хвилині (рис 3.10).

Bucket Settings

Name ⓘ

Description ⓘ

Enabled ⓘ ☒

Data Source ⓘ

Device Source ⓘ

1 Select Device

1 Select Resource

1 Refresh Mode

Sampling Interval

Рисунок 3.10 - створення представлення даних у сервісі

Після збереження необхідно почекати кілька хвилин для відображення даних (рис 3.11).

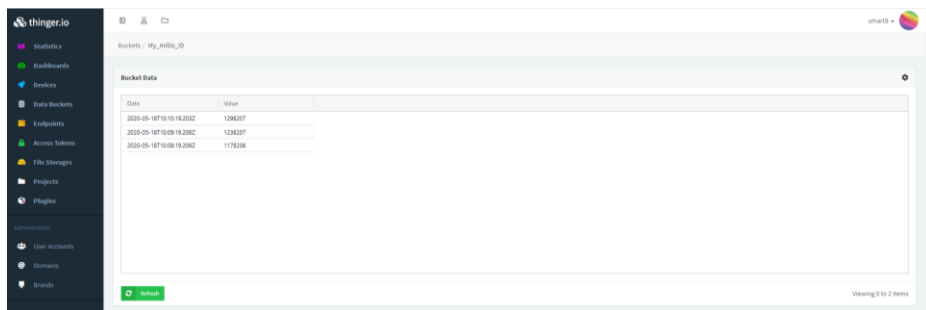


Рисунок 3.11 - Відображення отриманих даних у числовому вигляді

Для відображення даних у вигляді графіків необхідно створити “Dashboard” (рис 3.12, 3.13).

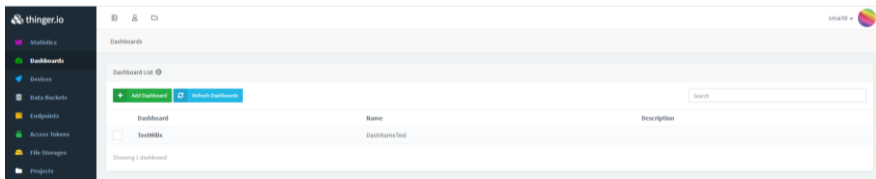


Рисунок 3.12 - створення “Dashboard”

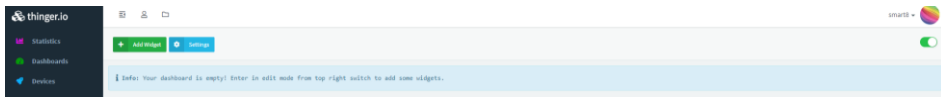


Рисунок 3.13 - додавання віджетів до “Dashboard”

Для відображення даних необхідно додати віджет “Time Series Chart” (рис 3.14)

Widget Settings

Widget

Time Series Chart

Display Options

Chart Input ⓘ

From Device Resource

ⓘ Select Device

unicdevd

ⓘ Select Resource

millis

ⓘ Refresh Mode

Sampling Interval

1

minutes

Time Period ⓘ

30

days

Save

Cancel

Рисунок 3.14 - Додавання віджету відображення даних

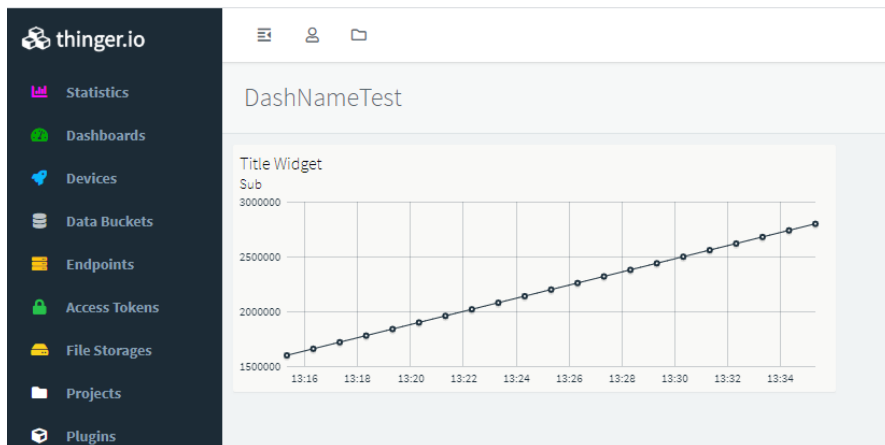


Рисунок 3.15 - Перегляд даних на графіку

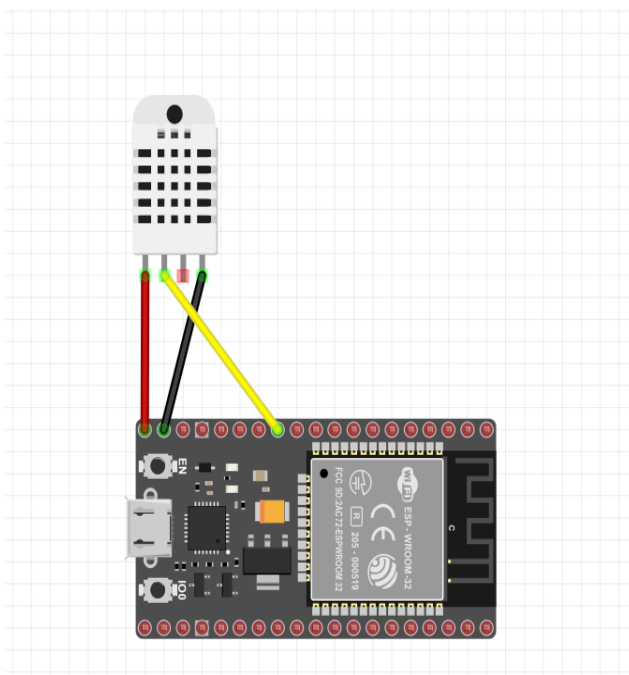


Рисунок 3.16 - Схема підключення датчика температури та вологості

3.2 Завдання до лабораторної роботи

3.2.1 Виконати налаштування Arduino IDE для підключення ESP32

3.2.2 Виконати підключення ESP32 до комп'ютера та завантажити код з прикладу

3.2.3 Перевірити роботу модуля та підключення до хмарного сервісу

3.2.4 Виконати підключення датчика DHT22 до ESP32

3.2.5 Виконати зміну налаштувань у хмарному сервісі для датчика DHT22

3.2.6 Змінити код програми для відправлення даних з датчика ESP32 до хмарного сервісу

3.3. Зміст звіту

3.3.1 Тема та мета роботи

3.3.2 Скріншот налаштування пристрою у хмарному сервісі для датчика DHT22

3.3.3 Скріншот графіків температури та вологості.

3.3.4 Висновки з роботи

3.4 Контрольні запитання

3.4.1 Чим відрізняється esp8266 та esp32?

3.4.2 Яке призначення пінів датчика DHT22?

3.4.3 Наведіть основні можливості хмарного сервісу Thinger.io

3.4.4 Наведіть можливе використання сервісу у медицині?

Лабораторна робота № 4

Система моніторингу мікроклімату приміщення перебування пацієнта

Мета роботи: вивчити основи створення системи моніторингу мікроклімату приміщення для утримання пацієнта та керування сценаріями вмикання та вимкнення пристроїв за показниками мікроклімату.

4.1 Теоретичні відомості

Лікувальні установи (лікарні, поліклініки, денні стаціонари та ін.) в обов'язковому порядку повинні бути обладнані вентиляцією. До вентиляції цих закладів пред'являються підвищені вимоги, а саме підтримання певних параметрів мікроклімату приміщень (розрахункова рухливість, температура, відносна вологість повітря).

Вміст вологи в повітрі здатний впливати на загальне самопочуття людини. Відхилення цього параметра від нормальних значень здатне непомітно і поступово знизити імунітет людини, погіршити стан шкіри, підвищити втомлюваність, особливо негативно це позначається на маленьких дітях. Всі ми помічаємо, яке морське повітря корисне для здоров'я, і прагнемо проводити вихідні або відпустку, відпочиваючи на березі моря, річки або озера. Нормальний рівень вологості благодійно відображається в нашому самопочутті. Оптимальний рівень - це 45-65% відносної вологості. Перебуваючи в приміщенні, ми порушуємо природний баланс вологості, який підтримується природою. І якщо влітку це практично не помітно, то взимку різниця показників відносної вологості на вулиці і в приміщенні стає дуже помітною. Це відбувається тому, що при нагріванні вуличного повітря системою опалення рівень відносної вологості падає, оскільки кількість вологи в повітрі при його нагріванні не змінилося, а здатність повітря поглинати вологу ростуть пропорційно зростанню температури. Внаслідок цього волога починає випаровуватися з підвищеною швидкістю з нашого тіла, що призводить до сухості в горлі (і в цілому до сухості слизової оболонки носа і дихальних шляхів за рахунок постійної взаємодії з сухим повітрям), сухості шкіри (в першу чергу рук і обличчя), пересихання губ.

Підтримання вологості в необхідному діапазоні забезпечить запобігання проблем з Вашим здоров'ям і станом приміщення.

Тому контроль температури і вологості є актуальним завданням.

eWeLink – це безкоштовний багатомовний додаток для створення автоматизації, який може керувати та контролювати понад сотні розумних пристроїв 80 марок. Також це перший в Китаї додаток, який підтримує розумні сцени. Наразі він сумісний з більшістю популярних пристроїв домашньої автоматизації, таких як Apple HomeKit, Google Nest, Amazon Echo. eWeLink може підключатися до широкого кола розумних пристроїв, включаючи комутатор, розетку, світлодіоди, датчик тощо.

У лабораторній роботі буде використано бездротовий вимикач Sonoff по WiFi з підключеним до нього датчиком температури (рис. 4.1).



Рисунок 4.1 - Sonoff вимикач с датчиком температури та вологості

4.2 Порядок виконання роботи

Для початку роботи з додатком eWeLink потрібно перейти в Google Play, знайти його і завантажити цей додаток. При запуску з'являється вікно входу (рис. 4.2) нам потрібно зареєструватися в системі eWeLink для можливості використовувати її. Для цього необхідно вибрати країну/регіон, ввести номер телефону/адресу електронної пошти та пароль (не менше 8 символів). Далі ввести перевірочний код для реєстрації і увійти в систему.

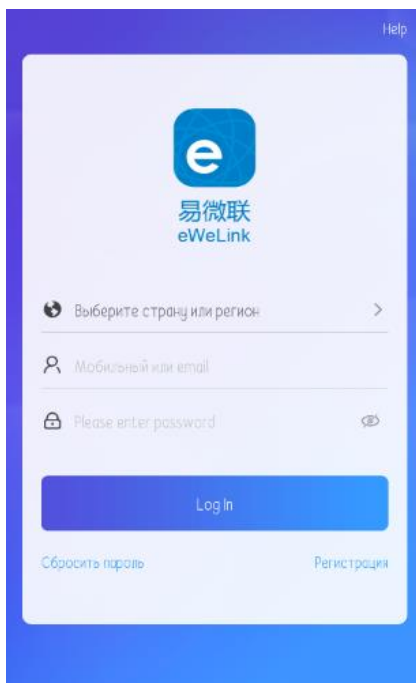
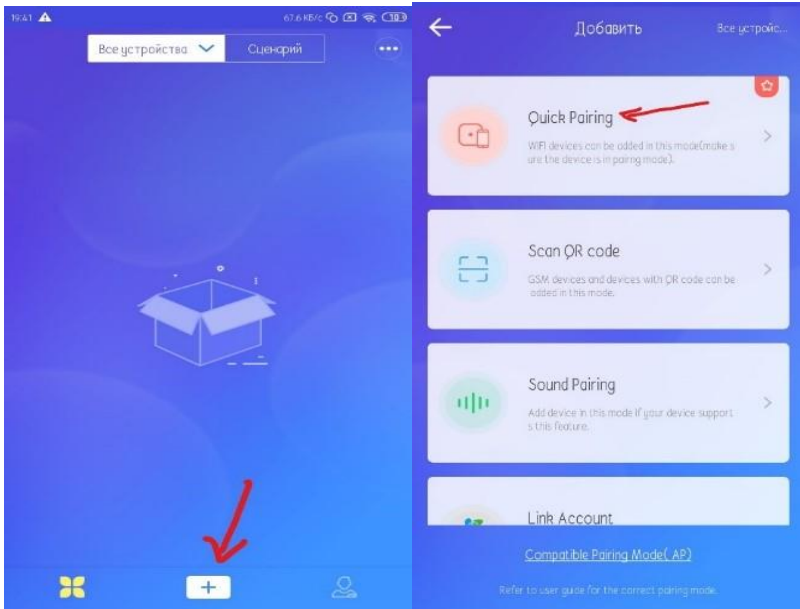


Рисунок 4.2 – Авторизація у додатку eWeLink

Додайте пристрій до свого облікового запису. Для початку треба включити WiFi на своєму телефоні перед додаванням пристрою. Далі, натисніть і потримайте кнопку «SET» (кнопка сполучення) на пристрої до тих пір, поки зелений/синій світлодіодний індикатор не почне

блимати (ви можете використовувати свій палець для безпосереднього натиснення). Натисніть значок пошуку в середині який зображено на рисунку 4.3.



а

б

Рисунок 4.3 – Вікна у додатку eWeLink:
а – головне вікно; б – спосіб додавання пристрою

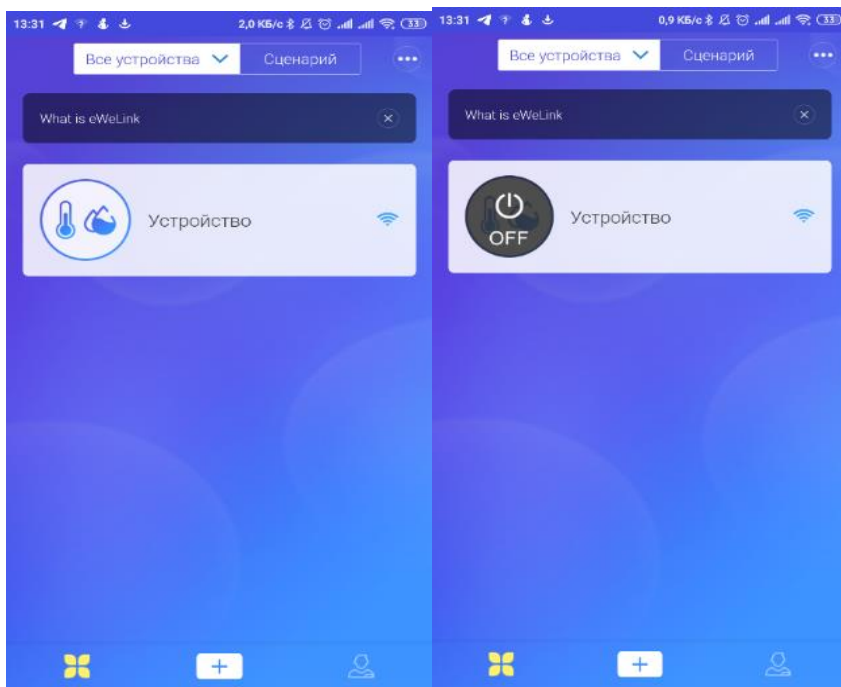
Перевірте на миготіння і виберіть відповідний спосіб додавання (рис 4.3б). Введіть ім'я свого облікового запису WiFi і його пароль (рис 4.4а) (якщо пароль не вказано, залиште його порожнім), поставте галочку «Запам'ятати пароль Wifi», щоб наступного разу вам не потрібно було заповнювати знову та натисніть «Далі». Потім він автоматично виконає пошук і підключить пристрій навколо вас (рис 4.4б). Назвіть свій пристрій (рис 4.4в) та додайте його для подальшого керування ним. Тепер можливо керувати включенням/виключенням пристрою зі смартфона з будь-якої точки світу!



Рисунок 4.4 – Вікна у додатку eWeLink:

а – підключення до мережі WiFi; б – пошук пристрою в мережі;
в – введення назви пристрою

На головному вікні з'явився доданий нами пристрій (рис. 4.5а) у цьому вікні ми можемо його тільки увімкнути та вимкнути (рис 4.5б) натиснувши на круглу кнопку. Перейдемо безпосередньо до самого пристрою і його властивостей натиснувши на прямокутну область пристрою. На рисунку 4.6а зображено вікно усіх властивостей нашого приладу чи можна назвати це пультом дистанційного керування WiFi та перевірки стану, температури пристрою. Як і у головному вікні тут також є кнопка увімкнути/вимкнути пристрій, а також показник температури з підключеного до пристрою датчику температури. Дотронувшись до тіла датчика рукою ми можемо побачити на рисунку 4.6б як показання температури у властивостях пристрою підвищилось до 29 градусів Цельсія.



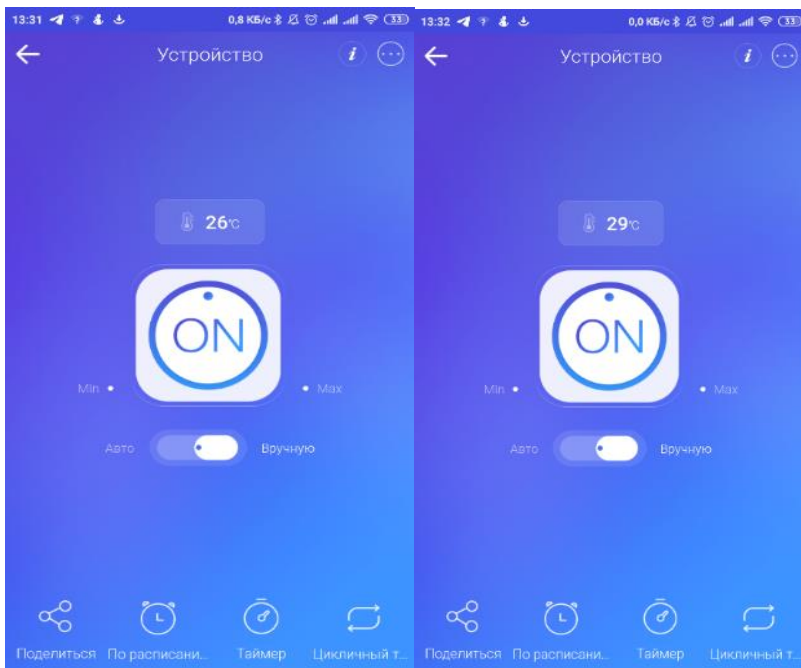
а

б

Рисунок 4.5 – Вигляд доданого пристрою на головній сторінці:
а – у включеному стані; б – у вимкненому стані

Але крім властивостей пристрою внизу вікна (рис. 4.6а) можна побачити чотири основні кнопки функцій: функція роздачі права на управління пристроями іншим; функція режимів для роботи пристрою за розкладом; функція режимів для таймеру; функція режимів для циклічного таймеру.

Головний аккаунт може поділитися пристроями з іншими завдяки функції роздачі права. Після цього, інші теж можуть управляти пристроями головного аккаунту.



а

б

Рисунок 4.6 – Властивості пристрою:
а – пристрій у звичному стані; б – збільшення температури

Розглянемо, як працює функції розкладу і таймеру. Пристрій працює online або за розкладом (підтримує до 8 таймерів), в тому числі таймер одноразовий / багаторазовий і таймер зворотного відліку. Якщо пристрій виходить з мережі, зазначені таймери працюватимуть як зазвичай, тільки пристрій потрібен бути підключеним до живлення.

Додамо розклад клікнувши на кнопку «По розкладу» у вікні дистанційного керування (рис 1.6а) та встановивши дату, час, повтор і дію, як зображено на рисунку 1.7а, та збережемо його. Як можна побачити на рисунку 1.7б з'явився створений нами розклад. Так наприклад можна виключати світло, якщо випадково забули вимкнути світло виходячи з дому поспішаючи на роботу чи по щоденних справах.

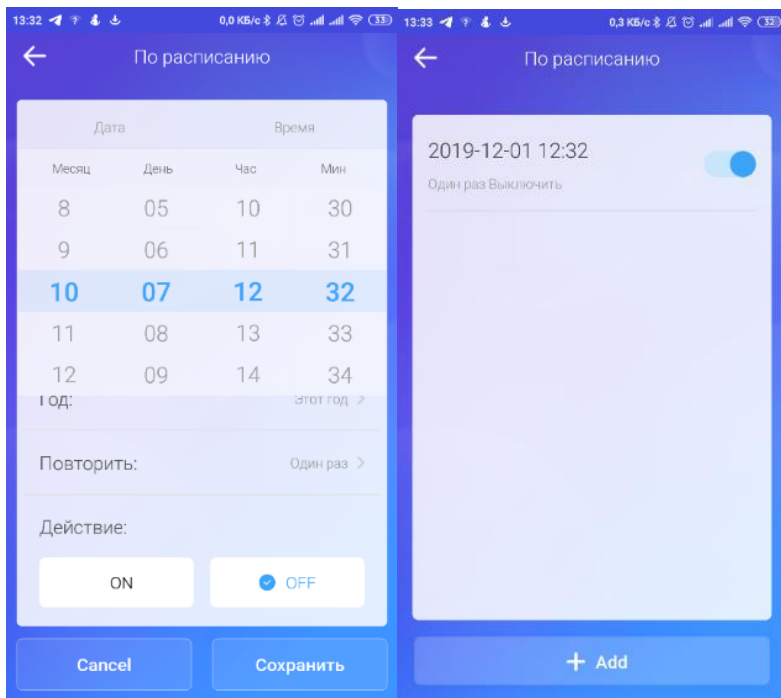


Рисунок 4.7 – Додавання розкладу:

а – встановлення дати, часу, повтору і дії; б – список розкладів

Також можна додати таймер. Для цього у вікні властивості пристрою (рис 1.6а) треба натиснути на кнопку «Таймер» та ввівши проміжок часу і обравши дію яка буде виконуватись по закінченню цього часу (рис 1.8а) зберегти таймер. Як можна побачити на рисунку 1.8б з'явився створений нами таймер. Це буде корисно, наприклад, при заряджанні телефону чи обігріву кімнати, коли вам потрібно йти спати, та не псувати сон прокидаючись заради відключення цих пристроїв з мережі живлення.

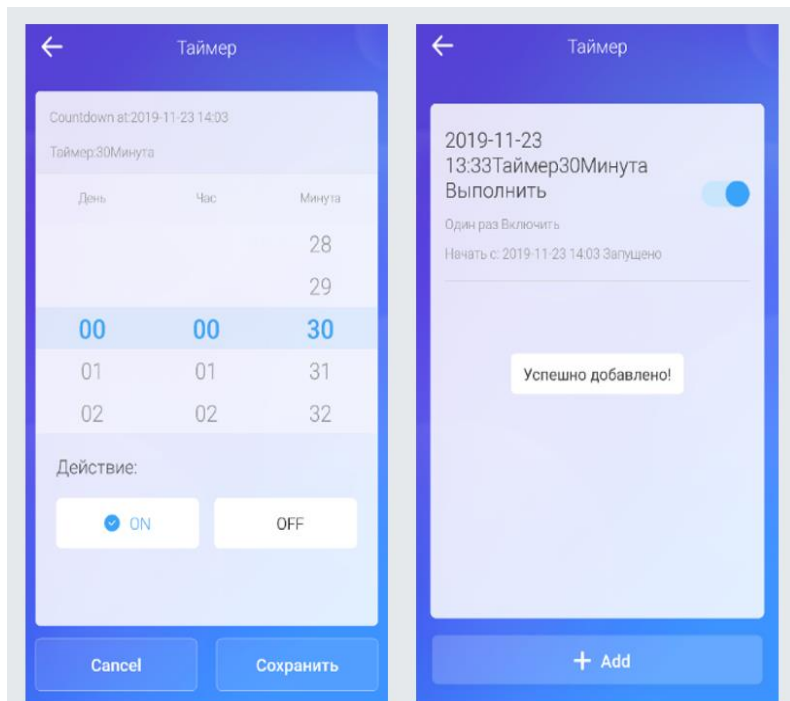


Рисунок 4.8 – Додавання таймера: встановлення проміжку часу і дії та список таймерів

Ще можна створити звичайні сценарії або розумні сценарії. При натисканні на піктограму включення/вимикання ви можете включити/вимкнути всі додані пристрої в режимі звичайного сценарію.

Для створення розумні сценарії, вам треба з головного вікна з пристроями (рис. 1.5а) перейти до вкладки «Сценарій». Відкриється список існуючих сценаріїв, як показано на рисунку 1.9а. Натиснувши кнопку «Додати» переходимо у вікно додавання сценарію (рис. 1.9б) Налаштуйте температуру в якості умови, коли умови виконуються, пристрій включиться або відключиться. Так на рисунку 1.9б зображено, що за умови якщо температура збільшиться більше позначки рівної 26 градусів за Цельсієм, то даний пристрій запуститься. Корисно це тим що, наприклад, можна включати автоматично систему охолодження в спекотні дні.

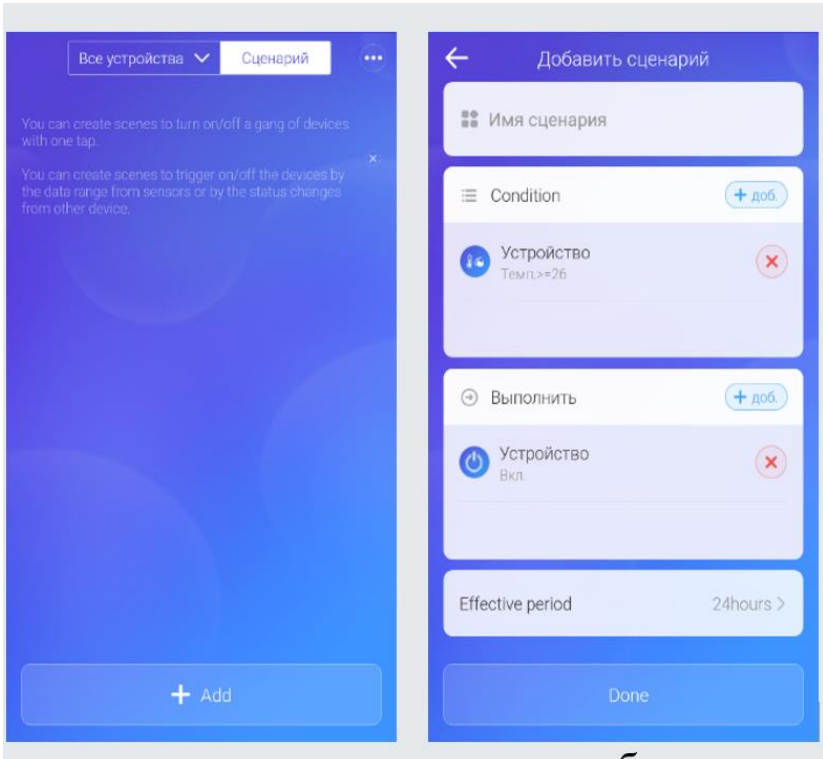


Рисунок 4.9 – Сторінка сценарію: список сценаріїв та додавання сценарію

4.3 Завдання до лабораторної роботи

4.3.1 Виконайте підключення датчику температури вологості до Sonoff. (При роботі пристрою заборонено відключати датчик)

4.3.2 Виконати підключення пристрою до мережі 220 (Увага, підключення може виконувати тільки викладач).

4.3.3 Встановити додаток з Google PlayMarket

4.3.4 Зареєструвати аккаунт та виконати підключення до WI-FI точки доступу.

4.3.5 Виконати підключення Sonoff у додаток

4.3.6 Виконати створення сценарію для підтримки мікроклімату приміщення за санітарними нормами.

4.4 Зміст звіту

4.4.1 Тема та мета роботи

4.4.2 Скріншоти програми з вашим акаунтом

4.4.3 Скріншот програми з налаштуваннями сценарію

4.4.4 Висновки з роботи

4.5 Контрольні запитання

4.5.1 Назвіть існуючі пристрої Sonoff та їх призначення

4.5.2 Наведіть можливості пристрою Sonoff

4.5.3 Наведіть стандарти кліматичних параметрів у медичних закладах України

4.5.4 Наведіть можливі пристрої, які можливо використовувати разом з Sonoff у контролюванні кліматичних параметрів.

Лабораторна робота № 5

Дослідження телекомунікаційної системи на основі шилда Waveshare

Мета роботи: ознайомитись з комунікаційним GSM / GPRS / GNSS / Bluetooth HAT шилдом та вивчити основні можливості передачі даних та роботи з технологіями передачі даних для організації систем обліку та зберігання даних переміщення та стану пацієнтів, або пересувних лабораторій.

5.1 Теоретичні відомості

Комунікаційний Шилд для Raspberry Pi GSM / GPRS / GNSS / Bluetooth HAT (рис 5.1, 5.2) на модулі SIM868 з підтримкою GSM, GPRS, GNSS і Bluetooth, дозволяє легко перетворити Raspberry в мобільний телефон, меседжер, GPS трекер, сервер збору і передачі інформації з датчиків і багато іншого. Даний Шилд сумісний з Raspberry Pi 3B + / 3B / 2B / Zero / Zero W. За допомогою комунікаційного шилда можливо управляти об'єктом на будь-якій відстані відстані, отримувати і передавати дані. Управління та налагодження шилду відбувається за допомогою вбудованого USB - UART CP2102.

Основні можливості шилду:

- Підтримка прийому і відправки SMS, телефонних дзвінків, прийому і передачі даних, GPRS, DTMF, HTTP, FTP, MMS, email і т.д.
- Повна сумісність з інтерфейсом Raspberry Pi 2B / 3B / 3B + / Zero / Zero W
- Підтримка GPS, COMPASS, Glonass, LBS позиціонування з базових станцій
- Підтримка передачі даних через Bluetooth 3.0
- USB-UART конвертер на CP2102 для налагодження програм
- 6 світлодіодів режиму роботи модуля
- Слот для SIM карти 1.8B / 3B
- Наявність батарейки для модулю реального часу
- Автовизначення швидкості послідовного порту (від 1200бод до 115200бод)
- Управління AT командами (3GPP TS 27.007, 27.005 і розширені SIMCOM AT команди)

- Підтримка додатків SIM application toolkit: GSM 11.14 Версія 99
- Підтримка ресурсами для розробки з прикладами програм Raspberry Pi / Arduino / STM32

Основні характеристики:

Робочі діапазони: GSM 850/EGSM 900/DCS 1800/PCS 1900 МГц

- Режим пошуку: автоматичний по всіх діапазонах
- Сумісність: GSM phase 2/2 +
- Випромінювана потужність:
 - Клас 4 (2Вт @ GSM 850 / EGSM 900 МГц)
 - Клас 1 (1Вт @ DCS 1800 / PCS 1900 МГц)
- GPRS з'єднання:
 - GPRS багатошаровий клас 12 (за замовчуванням)
 - GPRS багатошаровий клас 1 ~ 12 (настроюється)
 - Функція передачі даних GPRS
 - Максимальна швидкість скачування: 85.6kbps
 - Схема кодування: CS-1 CS-2 CS-3 CS-4
- Підтримка протоколів: PAP (Password Authentication Protocol) для PPP підключення, PBCCH, USSD, SMS, MT / MO / CB / Text / PDU
- Місце зберігання SMS: SIM карта
- Підтримка аудіо: кодування голосу: Half RateFull RateEnhanced Full RateAdaptive muti rate
- Режим усунення відлуння: підтримується
- Режим усунення шуму: підтримується
- GPS приймач:
 - Каналів відстеження: 33
 - Підтримуваних каналів: 99
 - Підтримка GPS L1 C / A
 - чутливість:
 - Стеження: -165 dBm
 - Холодний старт: -148 dBm
 - Час виявлення супутників
 - Холодний старт: 28с
 - Гарячий старт: <1с
 - Теплий старт: 26с
 - Горизонтальна точність позиціонування: <2.5с
- Bluetooth

- Вбудовані АТ команди
- Сумісність з Bluetooth 3.0 + EDR
- Підтримка SPP, OPP, HFP / HSP і т.д.
- Робоча напруга: 5В
- Робоча температура: $-40^{\circ}\text{C} \sim 85^{\circ}\text{C}$
- Температура зберігання: $-45^{\circ}\text{C} \sim 90^{\circ}\text{C}$
- Розміри: 30.2мм x 65мм

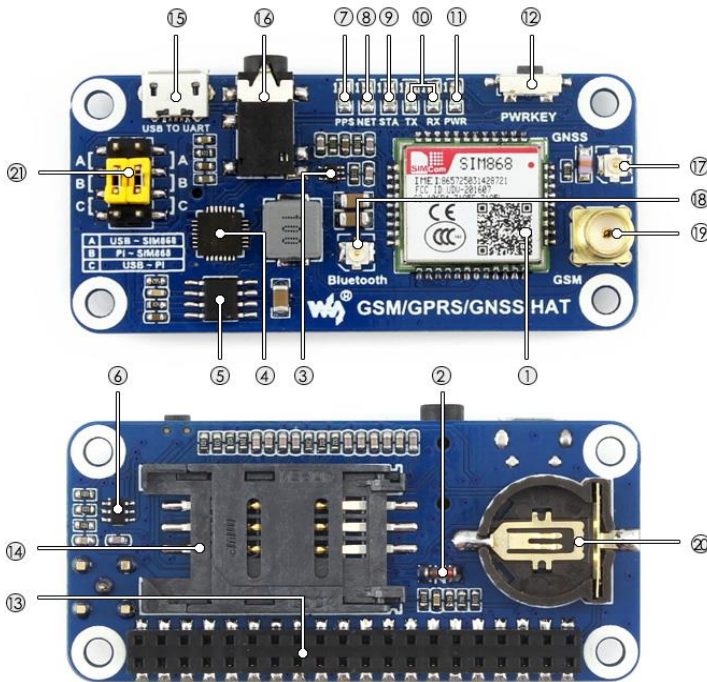


Рисунок 5.1 - Комунікаційний GSM / GPRS / GNSS / Bluetooth HAT
Шилд

Технічний опис шилду:

- Модуль SIM868
- Стабилитрон ZMM5V1
- Диодная збірка SMF05C
- USB-UART конвертер CP2102Перетворювач напруги MP1482

- Перетворювач рівнів NDC7002N
- Індикатор стану GPS
- Індикатор стану мобільного GSM мережі:
- Швидко блимання - початок роботи модуля
- Повільно блимає - успішна реєстрація в мобільній GSM мережі
- Індикатор стану STA модуля
- Індикатор стану SIM868 UART Tx / Rx Індикатор живлення
- Кнопка управління SIM868: натисніть кнопку та утримуйте кнопку 1, щоб запустити / вимкнути SIM868
- Роз'єм підключення Raspberry Pi GPIO
- Роз'єм SIM-карти
- USB-UART інтерфейс
- 3.5мм роз'єм підключення навушників і мікрофону
- Роз'єм підключення GNSS антени
- Роз'єм підключення Bluetooth антени
- Роз'єм підключення GSM антени
- Держатель акумулятора CR1220: для резервного акумулятора

RTC

- Перемикач режиму роботи UART інтерфейсу

Зіставлення технологій передачі даних та можливостей використання наведено у таблиці 5.1.



Рисунок 5.2 - Комунікаційний шилд у зборі

Таблиця 5.1 - Протоколи шилду та приклади використання

№	Протокол	Приклад використання
1	Прийом/Відпра влення SMS	Відправлення екстреного повідомлення, або звітної інформації про стан пацієнта
2	Телефонний дзвінок GSM	Екстрене сповіщення, найбільш швидке за всі існуючі. Використовується при настанні екстрених станів
3	GPRS	Використовується для підключення до інтернету на невеликій швидкості, але з масштабним покриттям мережі. Використання можливе для передачі даних у віддалені бази даних, зв'язок з іншими інформаційними системами обліку стану пацієнтів
4	DTMF	Кодована та автоматизована передача даних (інформації) за допомогою звичайного телефонного зв'язку
5	HTTP	Використання для передачі даних та запитів на віддалені інформаційні ресурси з використанням API
6	FTP	Використання для завантаження результатів вимірів на FTP сервіс у вигляді файлів
7	MMS	Передача мультимедійної інформації у повідомленнях
8	E-Mail	Відправлення інформації на E-Mail пацієнта, або користувача.
9	GPS	Позиціонування пацієнта або машини допомоги в реальному часі.
10	COMPASS	Дозволяє визначати напрямлення руху
11	Glonass	Система позиціонування, більш точніша ніж GPS. Додаткове визначення положення
12	LBS	Визначення місце розташування пацієнта за станціями операторів зв'язку.

5.2 Завдання до лабораторної роботи

5.2.1 Вивчити основні можливості шилду

5.2.2 Вивчити протоколи шилду та можливе використання протоколів

5.2.3 Виконати проєктування системи, що використовується у медичній сфері. Для проєктування використати UML діаграми.

5.2.4 При проєктуванні використовувати інші медичні датчики.

5.3 Зміст звіту

5.3.1 Тема та мета роботи

5.3.2 Перелік використовуваних у проєкті датчиків

5.3.3 Діаграми UML

5.3.4 Висновки з роботи

5.4 Контрольні запитання

5.4.1 Назвіть основні можливості модуля Waveshare

5.4.2 Назвіть основні продукти Waveshare

Лабораторна робота № 6

Дослідження підсистеми керування жестами для пацієнтів з особливими потребами

Мета роботи: ознайомитись з підсистемою керування жестами системи Розумний будинок для користувачів з особливими потребами, а також алгоритмами виконання команд у мобільному застосунку.

6.1 Теоретичні відомості

Розумний дім — будинок, дача або приміщення комерційного призначення, які мають якісні системи забезпечення та операційний multi-room. За допомогою останнього, функціонально пов'язуються між собою усі електроприлади будівлі, якими можна керувати централізовано — з пульта-дисплею. Актуальність даної теми полягає в тому, що сучасні технології дуже швидко розвиваються і зараз ми можемо використовувати їх для полегшення побутового життя людей різних можливостей. Проблематика даної теми – це погана адаптивність систем розумного будинку для людей з обмеженими можливостями.

Людам з обмеженими можливостями часто складно оперувати навіть самими звичайними речами, наприклад, дотягнутися до вимикача або вчасно прикрутити кран з водою. Уникнути цього можна, використовуючи правильну настройку інженерних систем Розумного будинку: освітлення може активуватися по шляху проходження, подача води і газу - перекриватися, коли ви залишаєте кухню. Те саме можна сказати до замків - розумні моделі, оснащені великою кількістю датчиків, можуть відмикатися сканером зображення або будь-яким іншим способом.

Існує величезна кількість додаткових пристосувань і аксесуарів, які можуть бути легко інтегровані в систему Розумний будинок, дозволяючи значно полегшити життя людей з особливими потребами.

Communicaid - спеціальні окуляри, що оповіщають глухих людей про події миготливими піктограмами, які проєктуються прямо на скло.

Braille Interpreter - аксесуар для людей, що мають проблеми із зором і не знають мову Брайля. Пристрій являє собою напальчник, що сканує написи, зроблені опуклим шрифтом, який переводить їх і озвучує.

відеотелефон для людей з вадами слуху - в його основі особлива камера, здатна знімати без затримок відео у високій роздільній здатності HD-формату. Це особливо важливо при спілкуванні жестами, коли співрозмовникам просто необхідно добре бачити один одного.

SignAloud - рукавички для глухонімих, здатні інтерпретувати і перекладати мову жестів на будь-який інший, а також озвучувати мову, використовуючи динаміки.

6.2 Використання бездротових технологій

Середовищем передачі інформації називаються ті лінії (канали) зв'язку, по яких відбувається обмін інформацією між комп'ютерами. У переважній більшості комп'ютерних мереж (особливо локальних) використовуються провідні або кабельні канали зв'язку, хоча існують і бездротові мережі, які зараз знаходять усе більше широке застосування, особливо в портативних комп'ютерах.

Головна перевага бездротових технологій полягає в тому, що не потрібно ніякої прокладки проводів. Комп'ютери мережі можна легко переміщувати в межах кімнати або будинку, тому що вони ні до чого не прив'язані, що забезпечує мобільність користувачів.

З точки зору безпеки, в бездротових мережах отримати доступ до переданої інформації набагато простіше, ніж у провідних мережах. Досить помістити антену в зоні дії. Тому потрібно використовувати різні засоби обмеження доступу (фільтрація MAC-адреси, режим прихованого ідентифікатора, методи автентифікації та шифрування)

Також до недоліків бездротових мереж можна віднести вплив завад від інших пристроїв та невизначеність зони покриття.

Класифікуються бездротові технології за різними характеристиками. У побуті зазвичай використовується їх маркетингове, а не основну назву. Способи передачі інформації використовуються також різні: від радіохвиль до оптичних і інфрачервоних випромінювачів.

Найпоширеніші різновиди бездротових технологій за територією охоплення сигналу, з якими ми стикаємося постійно:

- WPAN. Персональні мережі, Bluetooth, ZigBee.
- WLAN. Локальні мережі, Wi-Fi.
- WMAN. Мережі міського масштабу, WiMAX.

- WWAN. Найбільш глобальний різновид мереж, GPS, EDGE, HSPA і інші.

Бездротові технології в якості середовища передачі даних використовують навколишній простір замість кабелю. При цьому вони забезпечують користувачеві значну мобільність завдяки широкому (в залежності від типу) радіусу дії. Вони активно розширюються, стабільність сигналу підвищується, швидкість передачі даних зростає, витрати знижуються. Потреба в розвитку таких технологій завдяки появі в нашому житті мобільних і переносних пристроїв не знижується.

Технології WPAN і WLAN — це те, що супроводжує нас вже на щоденній основі. З ними працюють ноутбуки, бездротові аксесуари, мобільні пристрої, гаджети розумного будинку.

Мережі WPAN працюють на найменшому радіусі, який може становити як 10 сантиметрів, так і кілька метрів. Яскраві приклади — Bluetooth і ZigBee. Такі мережі покликані для локального з'єднання девайсів між собою або передачі інформації між ними.

Мережі WLAN масштабніші, хоча також локальні. Ваш домашній Wi-Fi — це мережа WLAN, що базується на стандарті IEEE 802.11. Термін Wi-Fi ніяк не розшифровується, від початкового назви, від якого сталася абревіатура, вже давно відмовилися. Мережі WLAN працюють з великим радіусом, ніж WPAN. Швидкість передачі даних по ним набагато вище, та й захищеність краще.

Мережі WWAN — це GPS, EDGE, 3G, GPRS, GSM і багато іншого. Здійснюючи дзвінки з мобільного телефону або виходячи зі смартфона в мережу не по Wi-Fi, ви працюєте з мережами типу WWAN. Працюють вони за принципом або пакетної передачі даних, або комутації каналів. Зазвичай непогано шифруються, але захищеність у них далеко не максимальна. З такою глобальністю залатати всі діри в безпеці поки просто неможливо.

6.2.1 Bluetooth

Bluetooth — технологія бездротового зв'язку, створена у 1998 році групою компаній: Ericsson, IBM, Intel, Nokia, Toshiba.

Нині розробки в області Bluetooth ведуться групою англ. Bluetooth SIG (англ. Special Interest Group), до якої входять також Lucent, Microsoft та інші компанії, чия діяльність пов'язана з мережними технологіями.

Основне призначення Bluetooth — забезпечення економного (з точки зору споживаного струму) і дешевого радіозв'язку між різноманітними типами електронних пристроїв, таких як мобільні телефони та аксесуари до них, портативні та настільні комп'ютери, принтери та інші. Причому, велике значення приділяється компактності електронних компонентів, що дає можливість застосовувати Bluetooth у малогабаритних пристроях розміром з наручний годинник.

Інтерфейс Bluetooth дає змогу передавати як голос (зі швидкістю 64 Кбіт/с), так і дані. Для передачі даних можуть бути використані асиметричний (721 Кбіт/с в одному напрямку і 57,6 Кбіт/с в іншому) та симетричний (432,6 Кбіт/с в обох напрямках) методи. Працюючи на частоті 2.4 ГГц, прийомопередавач (Bluetooth-chip) дає змогу встановлювати зв'язок у межах 10 або 100 метрів. Різниця у відстані, безумовно, велика, однак з'єднання в межах 10 метрів дає змогу зберегти низьке енергоспоживання, компактний розмір і досить невисоку вартість компонентів. Так, малопотужний передавач споживає всього 0.3 мА в режимі standby і в середньому 30 мА під час обміну інформацією. У стандарті Bluetooth передбачене шифрування даних, що передаються з використанням ключа ефективної довжини від 8 до 128 біт і можливістю вибору односторонньої або двосторонньої аутентифікації. Додатково, до шифрування на рівні протоколу, може бути використано шифрування на програмному рівні.

Технологія Bluetooth працює за принципом FHSS (англ. Frequency-hopping spread spectrum). Коротко це можна пояснити так: передавач розбиває дані на пакети і передає їх за псевдовипадковим алгоритмом стрибкоподібної перебудови частоти (1600 разів в секунду), або шаблоном (pattern), складеному з 79 підчастот. «Зрозуміти» один одного можуть тільки ті пристрої, які налаштовані на один і той самий шаблон передачі — для сторонніх приладів передана інформація буде звичайним шумом. Основним структурним елементом мережі Bluetooth є так звана «пікомережа» (piconet) — сукупність від 2 до 8 пристроїв, що працюють на одному і тому ж шаблоні. У кожній пікомережі один пристрій працює як активний (master), а інші як пасивні (slave). Активний пристрій (Master) визначає шаблон, на якому працюватимуть усі пасивні пристрої (slave) його пікомережі, і синхронізує її роботу.

Ініціалізацією, щодо bluetooth, прийнято називати процес встановлення зв'язку. Її можна розділити на три етапи:

- Генерація ключа Kinit
- Генерація ключа зв'язку (він носить назву link key і позначається, як Kab)
- Аутентифікація

Перші два пункти входять в так звану процедуру парінга. Парінг (PAIRING), або пару — процес зв'язку двох (або більше) пристроїв з метою створення єдиної секретної величини Kinit, яку вони будуть надалі використовувати при спілкуванні. В деяких перекладах офіційних документів по bluetooth можна також зустріти термін «підгонка пари».

Перед початком процедури сполучення на обох сторонах необхідно ввести PIN-код. Звичайна ситуація: дві людини хочуть зв'язати свої телефони і заздалегідь домовляються про PIN-код.

Для простоти будемо розглядати ситуацію з двома пристроями. Принципово це не вплине на механізми встановлення зв'язку і подальші атаки. Далі з'єднуються пристрої будуть позначатися А і В, більш того, один з пристроїв при сполученні стає головним (Master), а друге — веденим (Slave). Будемо вважати пристрій А головним, а В — веденим.

Створення ключа Kinit починається відразу після того, як були введені PIN-коди.

Kinit формується за алгоритмом E22, який оперує такими величинами:

- BD_ADDR — унікальний MAC-адресу BT-пристрої. Довжина 48 біт (аналог IP-адреси, але встановлюється виробником і унікальний для кожного мережевого пристрою)
- PIN -код і його довжина
- IN_RANDOM. Випадкова 128-бітова величина

На виході E22 алгоритму отримуємо 128-бітове слово, іменоване Kinit. Число IN_RANDOM відсилається пристроєм А в чистому вигляді. У випадку, якщо PIN незмінний для цього пристрою, то при формуванні Kinit використовується BD_ADDR, отримане від іншого пристрою. У випадку якщо у обох пристроїв змінювані PIN-коди, буде використаний BD_ADDR (В) — адреса slave-пристрої. Перший крок сполучення пройдений. За ним слідує створення Kab. Після його формування Kinit виключається з використання.

Для створення ключа зв'язку Kab пристрої обмінюються 128-бітними словами LK_RANDOM (А) і LK_RANDOM (В), що генеруються випадковим чином. Далі слід побітовий XOR з ключем ініціалізації Kinit

І знову обмін отриманим значенням. Потім слід обчислення ключа по алгоритму E21.

Для цього необхідні величини:

- BD_ADDR
- 128-бітний LK RAND (кожен пристрій зберігає своє і отримане від іншого пристрою значення).

На даному етапі pairing закінчується і починається останній етап ініціалізації bluetooth — Mutual authentication або взаємна аутентифікація. Заснована вона на схемі «запит-відповідь». Одне з пристроїв стає верифікатором, генерує випадкову величину AU RAND (A) і засилає його сусідньому пристрою (у plain text), званому пред'явником (claimant — в оригінальній документації). Як тільки пред'явник отримує це «слово», починається обчислення величини SRES по алгоритму E1, і вона вирушає верифікатори. Сусідні пристрій виробляє аналогічні обчислення і перевіряє відповідь пред'явника. Якщо SRES збіглися, то, значить, усе гаразд, і тепер пристрої міняються ролями, таким чином процес повторюється заново.

6.2.2 Wi-Fi

Вай-фай (від англ. Wireless Fidelity, Wi-Fi, WiFi; — бездротова точність) — торгова марка Wi-Fi Alliance та загальноновживана назва для стандарту IEEE 802.11 передачі цифрових потоків даних по радіоканалах. Обладнання, що відповідає стандарту IEEE 802.11, може бути протестовано Wi-Fi Alliance та отримати відповідний сертифікат і право нанесення логотипу Wi-Fi. Поширеним на сьогодні є протокол IEEE 802.11n.

Встановлення Wireless LAN доцільне для побудови мереж, де розгортання кабельної системи є неможливим або економічно недоцільним. Поточні реалізації Wi-Fi дозволяють отримати швидкість передачі даних понад 100 Мбіт/с, при цьому користувачі можуть переміщуватися між точками доступу на території покриття мережі Wi-Fi, використовуючи мобільні пристрої (КПК, смартфони, PSP і ноутбуки), оснащені клієнтськими приймально-передавальними пристроями Wi-Fi та отримувати доступ в Інтернет.

Зазвичай схема мережі Wi-Fi містить не менш однієї точки доступу та може легко масштабуватись.

Також можливо підключення двох клієнтів в режимі точка-точка (Ad-hoc), коли точка доступу не використовується, а клієнти з'єднуються за участю мережевих адаптерів «напрямую». Точка доступу передає свій ідентифікатор мережі (SSID) з допомогою спеціальних сигнальних пакетів на швидкості 0,1 Мбіт/с кожні 100 мс. Тому 0,1 Мбіт/с — найменша швидкість передачі даних для Wi-Fi. Знаючи SSID мережі, клієнт може з'ясувати, чи можливо підключення до даної точки доступу. При потраплянні в зону дії двох точок доступу з ідентичними SSID приймач може вибирати між ними на основі даних про рівень сигналу. Стандарт Wi-Fi дає клієнту повну свободу при виборі критеріїв для з'єднання.

Однак стандарт не описує всі аспекти побудови безпроводних локальних мереж Wi-Fi. Тому кожен виробник устаткування вирішує цю задачу по-своєму, застосовуючи ті підходи, які він вважає за якнайкращі з тієї або іншої точки зору. Тому виникає необхідність класифікації способів побудови безпроводних локальних мереж.

За способом об'єднання точок доступу в єдину систему можна виділити:

- Автономні точки доступу (називаються також самостійні, децентралізовані, розумні)
- Точки доступу, що працюють під управлінням контролера (називаються також «легковагі», централізовані)
- Безконтролерні, але не автономні (керовані без контролера)
- За способом організації і управління радіоканалами можна виділити безпроводні локальні мережі:
- Із статичними налаштуваннями радіоканалів
- З динамічними (адаптивними) налаштуваннями радіоканалів
- З «шаруватою» або багат шаровою структурою радіоканалів

6.3 Підсистема керування жестами

Підсистема повинна забезпечувати:

- З'єднання засобом Bluetooth з мобільним пристроєм;
- аналіз отриманих даних гіроскопу на мобільному пристрої;
- виконання дій на мобільному пристрої, в залежності від результатів аналізу.

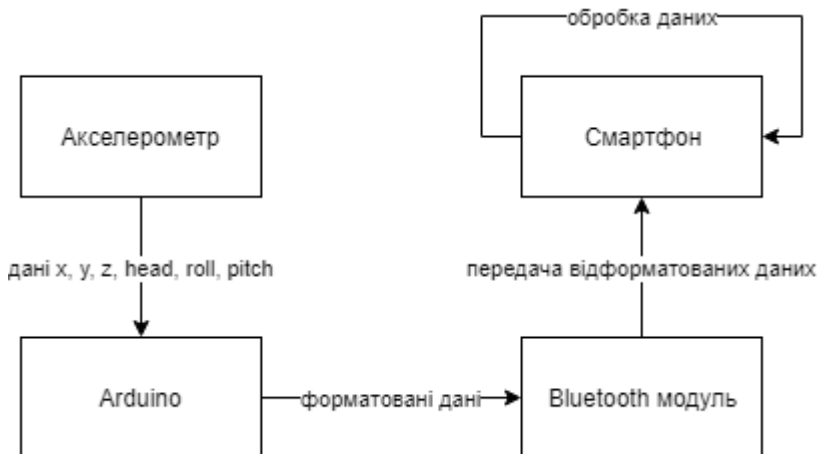


Рисунок 6.1 – Архітектура системи

6.4 Огляд використаних бібліотек

6.4.1 Software Serial

У Ардуіно реалізована апаратна підтримка інтерфейсу послідовної передачі даних через висновки 0 і 1 (які також використовуються для зв'язку з комп'ютером за допомогою USB). Апаратна робота з послідовним інтерфейсом здійснюється за допомогою вбудованого в мікроконтролер спеціального пристрою, званого приймачем UART. Він дозволяє мікроконтролеру Atmega обробляти дані навіть під час роботи над іншими завданнями.

Бібліотека SoftwareSerial дозволяє реалізувати послідовний інтерфейс на будь-яких цифрових висновках Ардуіно за допомогою програмних засобів, які дублюють функціональність UART (звідси і назва "SoftwareSerial"). Бібліотека дозволяє програмно створювати кілька послідовних портів, які працюють на швидкості до 115200 бод. Для пристроїв, що працюють з інвертованим сигналом, в бібліотеці передбачено відповідний параметр, що включає інвертування.

6.4.2 Android Bluetooth Client Library

Бібліотека для Android, розроблена на мові програмування Java, що спрощує процес комунікації засобом Bluetooth. Розроблена користувачем GitHub Омаром Афлаком.

6.5 Огляд апаратного забезпечення

6.5.1 Акселерометр ADXL345

Акселерометр ADXL345 - це крихітний мікропотужний трьохвісний акселерометр з високою роздільною здатністю (13 біт). Діапазоном вимірювання положення коливається до ± 16 g. Результат вимірювання віддається у вигляді 16-розрядних чисел в додатковому коді і через цифрові інтерфейси SPI / I2C.

6.5.2 Bluetooth модуль HC-06

Bluetooth модуль HC-06 для підключення Arduino до інших пристроїв по bluetooth. Модуль працює в пасивному режимі, тобто потрібно задати пошук на керуючому (Master) пристрої (ноутбук, телефон), знайти пристрій, після цього в Майстер-пристрої з'явиться послідовний порт, все що буде послано в нього з'явиться на вашому Arduino, і навпаки, все що Arduino пошле вам буде прийнято на вашому комп'ютері. Якщо необхідно можна підлаштувати параметри модуля за допомогою AT команд.

6.5.3 Arduino Nano

Arduino Nano V3.0 - маленька, самодостатня, роз'ємо-сумісна з макетами плата на мікроконтролері ATmega328. Вона більш-менш збігається за функціональністю з Arduino Duemilanove / Uno, але має інший форм-фактор. Arduino Nano бракує тільки роз'єму живлення, а для підключення до ПК застосовується Mini-B USB кабель.

Схему підключення компонентів зображено на рисунку 6.2. Плату з під'єднаними модулями зображено на рисунку 6.3.

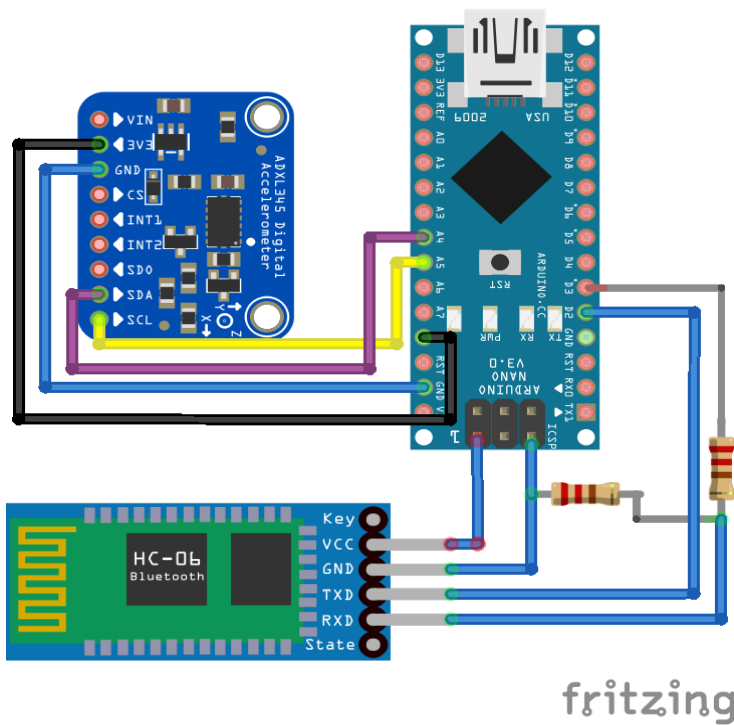


Рисунок 6.2 – Схема підключення компонентів

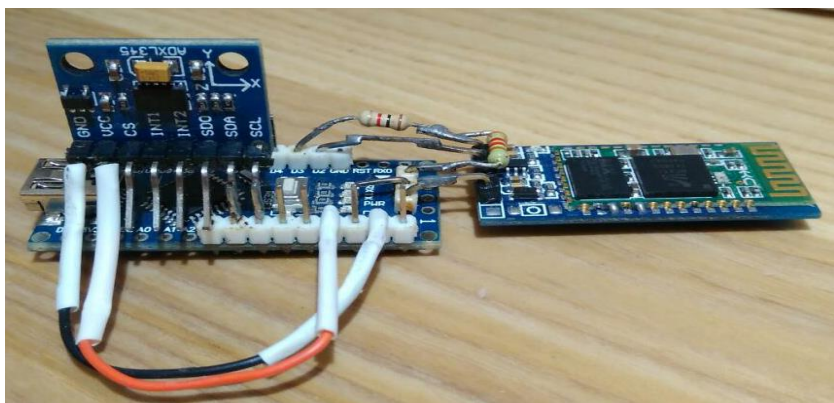


Рисунок 6.3 – Arduino Nano з модулями

Структура коду для його запуску на Arduino являє собою заголовки (на початку файлу), користувальницькі глобальні змінні та допоміжні функції (після заголовків), функцію `setup()`, що ініціалізує дані та функцію `loop()` – безкінечний цикл, у якому прописується уся робота плати. Алгоритм роботи програми зображено на рисунку 6.4



Рисунок 6.4 – Алгоритм роботи програми

Блок 1. Початок.

Блок 2. Отримання даних. Отримання даних з акселерометру.

Блок 3. Форматування даних. З'єднання отриманих даних у форматований рядок.

Блок 4. Передача даних. Передача даних у об'єкт `SoftwareSerial` що відповідає за Bluetooth.

Блок 5. Кінець.

Створені змінні та опис функцій наведено в таблиці 1.3.

Таблиця 6.1 – Створені змінні та опис функцій

Змінна/функція	Опис
Adafruit_ADXL345_Unified gyroscope	Об'єкт-уявлення гіроскопу. Дозволяє отримувати данні з нього.
SoftwareSerial bluetooth	Об'єкт-уявлення модулю Bluetooth. Дозволяє отримувати та передавати дані.
void formatData (float x, float y, float z, float roll, float pitch, float heading, char* res)	Функція, що форматує дані, отримані з акселерометру, та записує їх у масив символів.
void setup()	Функція-ініціалізатор, що створює та налаштовує до роботи об'єкти.
void loop()	Функція роботи пристрою. В ній отримуються дані з акселерометру, форматуються у строку, яка передається під'єднаному пристрою засобом Bluetooth.

6.6 Програмне забезпечення для Android

Розроблене програмне забезпечення для Android складається з головного екрану застосунку, файлу констант та розширень і пакету для роботи з гіроскопом. Пакет для роботи з гіроскопом містить у собі модель даних гіроскопу та клас для роботи з нею.

Алгоритм роботи програмного забезпечення зображено на рисунку 6.5.

Блок 1. Початок.

Блок 2. Отримання рядка. Отримання рядка через Bluetooth та збереження у форматі моделі.

Блок 3. Розрахунок різниці. Розрахунок різниці між поточними та попередніми значеннями.

Блок 4. Порівняння різниці. Якщо різниця поточного та попереднього значення за обраним користувачем полем більша заданого користувачем значення чутливості.

Блок 5. Порівняння з 0. Якщо розрахована різниця більша за 0.

Блок 6. Рух був вгору або вправо. Повідомлення користувачу, що рух був здійснений вгору або вправо.

Блок 7. Рух був вниз або вліво. Повідомлення користувачу, що рух був здійснений вниз або вліво. Блок 8. Кінець.

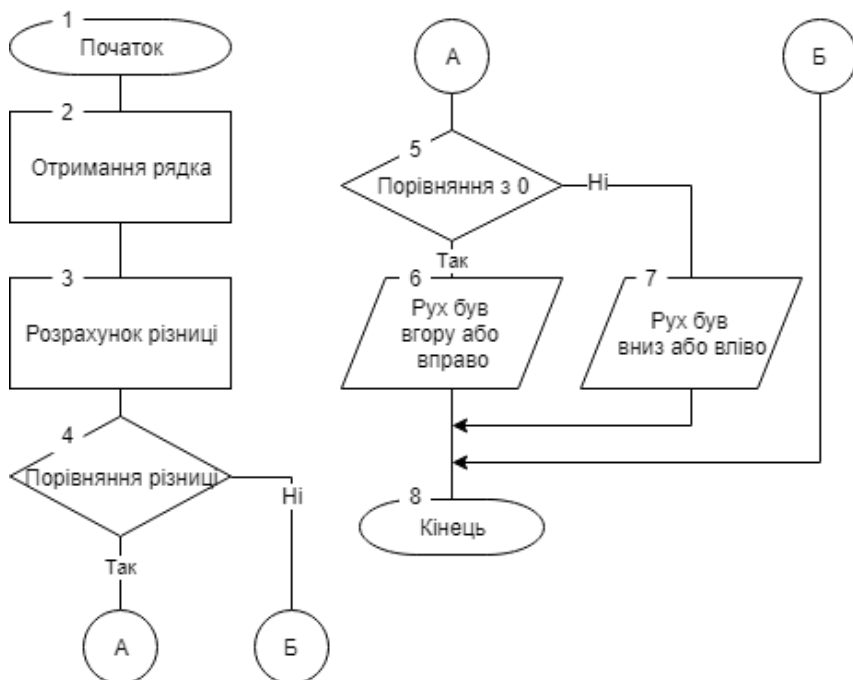


Рисунок 6.5 – Алгоритм роботи програмного забезпечення

Функції та змінні для кожного файлу наведені у таблицях 6.2-6.3.

Таблиця 6.2 – GyroscopeModel

Змінна/функція	Опис
val x: Float	Змінна координати X.
val y: Float	Змінна координати Y.
val z: Float	Змінна координати Z.
val heading: Float	Змінна напрямку.
val pitch: Float	Змінна нахилу.
val roll: Float	Змінна повороту.
fun toString(): String	Функція конвертації даних у строку.
operator fun minus(other: GyroscopeModel): GyroscopeModel	Перевантажений оператор віднімання, що повертає модель даних з різницею полів.

Таблиця 6.3 – GyroscopeManager

Змінна/функція	Опис
private var gyroscopeZero: GyroscopeModel?	Змінна, що зберігає дані щодо нульового положення гіроскопу.
private var gyroscopeModel: GyroscopeModel?	Змінна, що зберігає попередній стан гіроскопу.
var threshold = 1.3f	Змінна, що задає чутливість до змін гіроскопу.
fun getTrackedDelta(other: GyroscopeModel?, value: GyroscopeData) : Float?	Функція, що повертає різницю між поточним і попереднім станом за вказаним полем.
private fun getSignedGyroDelta(other: GyroscopeModel?): GyroscopeModel	Функція, що повертає різницю між поточним та попереднім станом гіроскопу.
fun setGyroZero(data: GyroscopeModel)	Функція задання нульового положення гіроскопу.

Таблиця 6.4 – Constants

Змінна/функція	Опис
const val REQUEST_BLUETOOTH_ENABLE = 1	Константа для запиту на увімкнення Bluetooth.
const val REQUEST_BLUETOOTH_DEVICE_LIST = 2	Константа для доступу до списку Bluetooth з'єднань.
enum class GyroscopeData	Зчислення для ідентифікації полів моделі гіроскопу.

Таблиця 6.5 – Extensions

Змінна/функція	Опис
fun TextView.sendMessage(message: String?)	Функція для відображення повідомлення.
fun TextView.sendMessage(tag: String?, message: String?)	Функція для відображення повідомлення з тегом.
fun String.parseGyroscopeModel(): GyroscopeModel	Функція парсингу строки з даними гіроскопу до моделі.

Таблиця 6.6 – MainActivity

Змінна/функція	Опис
private val manager: GyroscopeManager	Об'єкт менеджера для роботи з гіроскопом.
private var calibrateClicked: Boolean	Флаг, що позначає чи була натиснута кнопка задання нульового положення.
private val bt: Bluetooth	Об'єкт, який забезпечує Bluetooth-комунікацію.
override fun onCreate(savedInstanceState: Bundle?)	Функція, що запускається при відображенні екрану. У ній проходить ініціалізація елементів інтерфейсу.
override fun onStart()	Функція, що запускається при створенні екрану. У ній відбувається налаштування Bluetooth.
private fun setWindowBness(delta: Float)	Функція, що змінює яскравість екрану.
private fun setMediaVolume(delta: Float)	Функція, що змінює гучність медіа.
private fun connectToDevice()	Функція підключення до Bluetooth-модулю.
private fun getTrackedDim(name: String): GyroscopeData	Функція, що конвертує назву поля гіроскопу у зрозумілу для програми.
override fun onActivityResult(requestCode: Int, resultCode: Int, data: Intent?)	Функція, що оброблює результат увімкнення Bluetooth.
override fun onStop()	Функція, що запускається при зупиненні роботи. У ній завершується робота створених об'єктів.

Розроблений Android-застосунок зображено на рисунку 6.6

6.7 Завдання до лабораторної роботи

6.7.1 Вивчити технології бездротової передачі даних та апаратне забезпечення системи

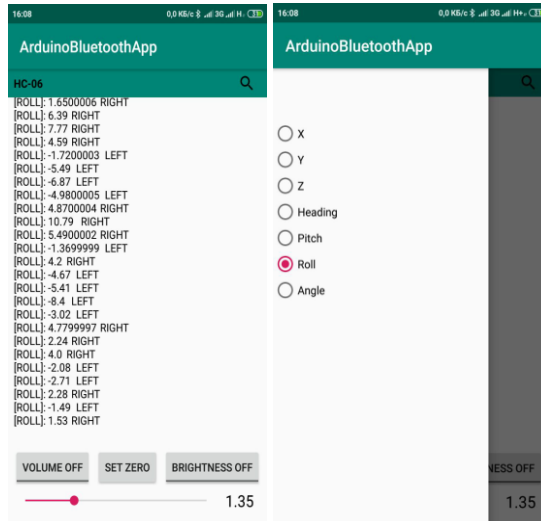


Рисунок 6.6 – Розроблений Android-застосунок

6.7.3 Вивчити бібліотеки використовувані у системі

6.7.4 Виконати проєктування системи

6.8 Зміст звіту

6.8.1 Тема та мета роботи

6.8.2 Перелік використовуваних у проєкті компонентів та схема їх підключення

6.8.3 Результати тестування мобільного застосунку

6.8.4 Висновки з роботи

6.9 Контрольні запитання

6.9.1 Різновиди бездротових технологій.

6.9.2 Особливості технологій Bluetooth та Wi-Fi.

6.9.3 Принцип роботи акселерометра

6.9.4 Особливості Android-застосунку для управління жестами

РЕКОМЕНДОВАНА ЛІТЕРАТУРА

1. Frost & Sullivan [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://ww2.frost.com>
2. The Internet of Things: Today and Tomorrow. [Електронний ресурс]. – Режим доступу: https://www.arubanetworks.com/assets/eo/HPE_Aruba_IoT_Research_Report.pdf
3. Електронна система охорони здоров'я eHealth. [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://portal.ehealth.gov.ua>
4. Медичні інформаційні системи. [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://portal.ehealth.gov.ua/providers.html>
5. Parkhomenko A. Research and Development of the API for Personal Health Record / A. Parkhomenko, I. Tyshchenko // Second International Workshop on Computer Modeling and Intelligent Systems CMIS-2019 (15-19 April, 2019, Zaporizhzhia, Ukraine) pp. 303-312
6. Parkhomenko, A. Remote Heart Rate Monitoring of the Hospital Patients// A. Parkhomenko, Y. Presaizen, O. Gladkova, A. Tulenkov, M. Kalinina // Proceedings of the 2019 10th IEEE International Conference on Intelligent Data Acquisition and Advanced Computing Systems: Technology and Applications (IDAACS) (September 18-21, 2019, Metz, France) pp. 991-996
7. Method of Monitoring of Young Athletes' Physical State Indicators Based on Wearable Devices Usage/ A. Parkhomenko, A. Volynska, Y. Zalyubovskiy, A. Parkhomenko, M. Kalinina // CEUR Workshop Proceedings - Proceedings of third international workshop on Computer modeling and intelligent systems (CMIS-2020), (April 27–May 1, 2020, Zaporizhzhia, ZNTU), pp. 436-449
8. Adaptation of Smart House System for People With Special Needs Based on Wireless Technologies/ A. Tulenkov, Y. Yaremchenko, A. Parkhomenko, Ya. Zalyubovskiy, A. Parkhomenko, M. Kalinina // Proceedings of the 5th IEEE International Symposium on Smart and Wireless Systems within the International Conference on Intelligent Data Acquisition and Advanced Computing Systems (September 17-18, 2020, Dortmund, Germany) pp. 12-17