

# **Politechnika Wrocławska**

## **Wydział Mechaniczny**



### **Interdyscyplinarny projekt zespołowy**

#### **Raport końcowy**

##### **Skład grupy:**

Jakub Piwowar 255368

Vasyl Shpak 254146

Karolina Wiatrzyk 255902

Urszula Stasiak 247666

**Prowadzący:** Dr. inż. Paweł Krowicki

## 1. Wstęp

Projekt ma na celu wykonanie wersji prototypowej implantu biomedycznego, którego zadaniem jest zliczanie kroków użytkownika w ciągu dnia. Pozwoliłoby to na bezpośrednie monitorowanie liczby wykonanych kroków z większą dokładnością niż z dzisiejszych inteligentnych urządzeń oferowanych na rynku.

Badania opublikowane przez JAMA Network Open pokazują, że osiągając co najmniej 7tys. kroków dziennie przyczyniamy się do spadku ryzyka wystąpienia chorób nieuleczalnych oraz śmierci z wszelakich przyczyn. Wszczepienie implantu krokomierza w nogę pozwoliłoby na uzyskanie dokładniejszych wyników oraz analizy przyczyn stanu zdrowia pacjenta. Implant ten mógłby być dedykowany dla osób chorych na cukrzycę, nadciśnienie, wysoki cholesterol, otyłych oraz wszystkich, którzy chcieliby poprawić jakość swojego życia poprzez zwiększenie swojej aktywności fizycznej.

## 2. Założenia początkowe

- Zliczanie kroków poprzez umieszczenie implantu w nodze pacjenta;
- Brak potrzeby bądź łatwa możliwość ładowania;
- Baza danych pacjenta, w której codziennie są zapisywane i odświeżane wyniki;
- Zachowanie minimalnej powierzchni;
- Możliwość monitorowania postępów w każdej chwili z poziomu aplikacji na telefon;
- Zliczanie kroków akcelerometrem;
- Powłoka implantu zbudowana z biomateriału;
- Przesył informacji z krokomierza na urządzenie mobilne za pośrednictwem modułu Bluetooth;

## 3. Realizacja projektu

### 3.1. Metoda ładowania

Początkowe założenia uwzględniały brak potrzeby ładowania poprzez moduł zasilania w postaci cewki z nawiniętym drutem miedzianym wokół ruchomego rdzenia, który miał być swoistym źródłem energii.

Po wykonanych próbach, które wykazały, że ten sposób ładowania dostarcza najwyżej 0,5V do układu uznaliśmy, że nie jest możliwe na poziomie ogólnodostępnej technologii wykorzystanie generatora zasilającego implant poprzez poruszanie się użytkownika. Lepszym rozwiązaniem okazało się okresowe ładowanie indukcyjne.

Do zaprojektowanej i wytworzonej płytki zostanie przyczepiona bateria o pojemności 5000mAh. Obliczenia wykazały, że wykorzystanie baterii o tej pojemności wystarczy na ok. 13 dni pracy układu. W międzyczasie będzie zasilana z zewnątrz metodą ładowania indukcyjnego.

### 3.2. Materiał do obudowy implantu

Filamenty medyczne są tworzywami biokompatybilnymi, tj. są one nietoksyczne, nie wchodzi w negatywne interakcje z organizmem ludzkim oraz nie doprowadzają do hemolizy (rozpadu erytrocytów) podczas przebywania ich w organizmie.

Rynek dostępnych biomateriałów do druku 3D jest ogromny, jednak nie wszystkie filamenty medyczne mogą przebywać w ciele człowieka na dłużej niż 24h. Mimo rygorystycznych wymagań dotyczących materiału biokompatybilnego, udało się znaleźć i wybrać filament firmy Evonik: VESTAKEEP i4 3DF o średnicy 1.75mm. Jest on wykonany w technologii FDM – PEEK klasy medycznej oraz jest pierwszym filamentem w tej technologii, który może być przeznaczony do druku 3D implantów. Materiał ten spełnia wymagania standardu ASTM F2026.

### 3.3. Proces zliczania kroków

Rolę sensora odpowiadającego za wykrywanie kroków w projekcie pełni akcelerometr. Za przetwarzanie sygnału wysyłanego przez akcelerometr odpowiada mikroprocesor ATtiny85. Przechowuje on również dane z całego dnia. Mikroprocesor połączony jest razem z modulem Bluetooth, który po podłączeniu z aplikacją na telefonie wysyła aktualizowane dane dotyczące ilości kroków. Aplikacja natomiast zajmuje się wysyłaniem ich do bazy danych. Użytkownik ma dostęp do danych wysyłanych do aplikacji i możliwość sprawdzenia ich w każdej chwili.

### 3.4. Dobrane komponenty do projektu płytki drukowanej

- Moduł Bluetooth HC-06



Specyfikacja:

napięcie zasilania: 3.6V ÷ 6V (pin VCC)

wyprowadzenia komunikacyjne UART (RX/TX) pracują z napięciem 3.3V

pobór prądu ok. 50 mA

prąd transmisji 8mA

klasa 2 - moc nadajnika max 4dBm

zasięg do 10 m

wymiary: 38x16 mm

- Mikrokontroler AVR - ATtiny85-20PU



Specyfikacja:

Zasilanie: od 2,7V do 5,5 V

Taktowanie: do 20 MHz

Pamięć Flash: 8 KB

Pamięć RAM: 512 B

Pamięć EEPROM: 512 B

Jeden 8-bitowy licznik

Przerwania zewnętrzne

Dwa kanały PWM

- ADXL345 3-osiowy akcelerometr cyfrowy I2C/SPI



Specyfikacja:

Napięcie zasilania: 3 V - 5 V

Napięcie wyprowadzeń: 1,6 V do 3,6 V

Pobór prądu: ok 25  $\mu$ A

w stanie czuwania: 0,1  $\mu$ A

Trzy osie: X, Y, Z

Interfejs komunikacyjny: I2C (TWI) lub SPI

Rozdzielczość: 10 do 13 bitów dla każdej osi

Zakres pomiarowy:  $\pm 16$  g

Temperatura pracy: od -40 °C do +80 °C

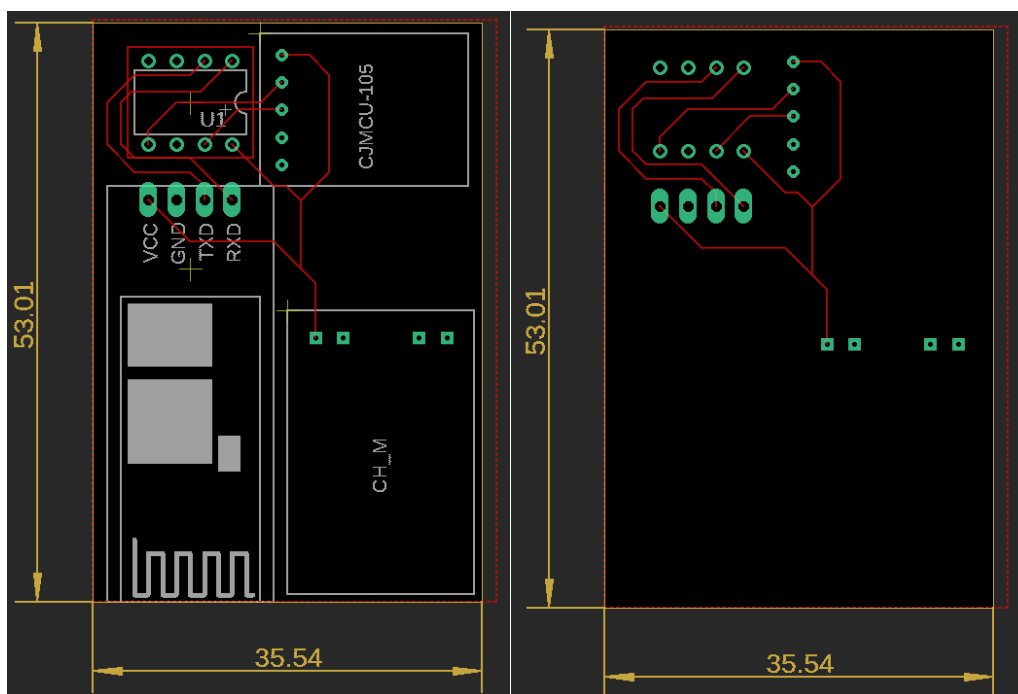
Wymiary płytki: 28 x 15 x 1,1 mm

### 3.5. Projekt płytki PCB

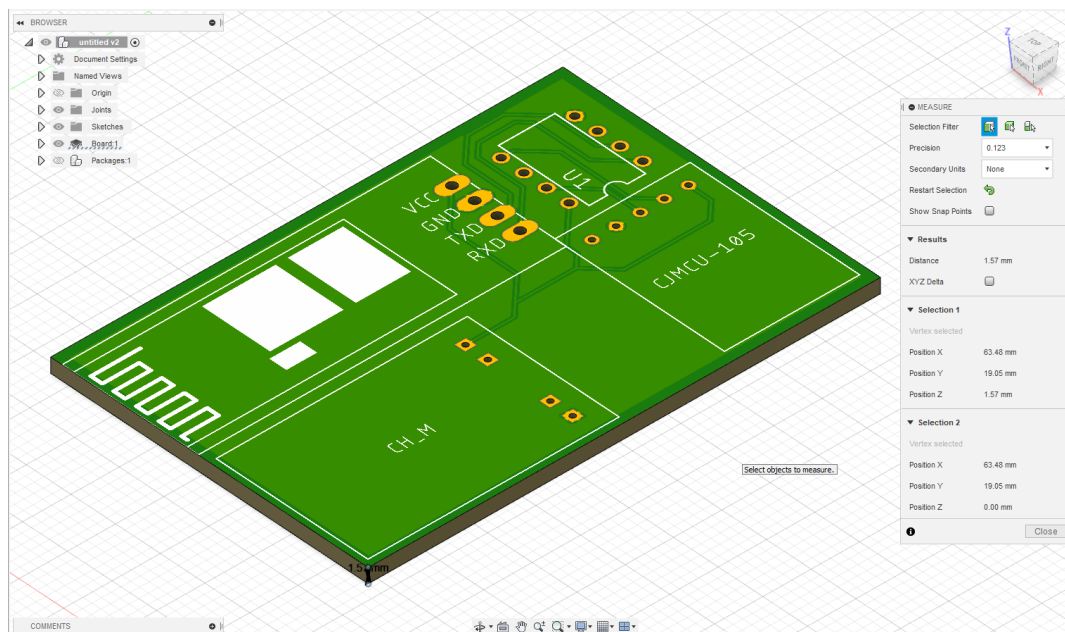
Płytką została zaprojektowana przy pomocy programu Eagle. Zaprojektowano również jej model 3D. Głównym zadaniem projektowania płytki było zachowanie jak najmniejszych wymiarów. Bateria, która zasila układ ma wielkość 50x35[mm], należało więc rozmieścić elementy tak, aby płytka miała podobne wymiary.

Założenia przyjęte przy procesie projektowania:

- Grubość płytki: 1.5mm;
- Szerokość ścieżek: 6mils;
- GND połączone za pomocą rozlania masy;
- Bateria zamontowana po drugiej stronie płytki po to, aby odgrodzić wydzielane przez nią ciepło podczas pracy. Dodatkowo umieszczone zostały termoizolujące taśmy pomiędzy baterią a płytką.



Rysunek 1. Projekt płytki drukowanej wykonanej w programie Eagle



Rysunek 2. Model 3D płytki

### 3.6. Baza danych

Baza danych jest zbiorem informacji zapisywanych na serwerze w odpowiednich tabelach, w których przypisany jest określony obiekt.

Tabele w bazie danych projektu:

- pacjent „users”, pod którą przypisuje się:
  - numer ID pacjenta;
  - imię i nazwisko pacjenta;
  - data utworzenia profilu pacjenta;
  - numer telefonu do pacjenta;
  - numer PESEL pacjenta;
  - numer ID implantu.
- krokomierz „implants”, pod którą przypisuje się:
  - numer ID implantu;
  - typ implantu;
  - data iniekcji implantu.
- informacje/pomiary „measurements”, pod którą przypisuje się:
  - numer pomiaru;
  - czas wykonania pomiaru;
  - ilość kroków.

### 3.7. Aplikacja

Wykonana została za pomocą ai.appinventor.

Zadaniem aplikacji jest:

- odbieranie danych z krokomierza wysyłanych za pośrednictwem modułu Bluetooth;
- udostępnianie informacji przechowywanych w aplikacji dla pacjenta;
- przesyłanie danych zgromadzonych z całego dnia do bazy danych.

Składa się głównie z dwóch elementów: micro-framework'a do pisania aplikacji sieciowych w Pythonie Flask oraz SQLAlchemy do powiązania ze sobą bazy danych z logiką strony internetowej. Odpowiednio spreparowane zapytania HTTP są wysyłane przez telefon, który nasłuchuje nieprzerwanie od krokomierza informacji na temat aktualnie zliczonych kroków. Gdy ta informacja dociera do aplikacji internetowej serwer zapisuje daną informację w bazie danych.

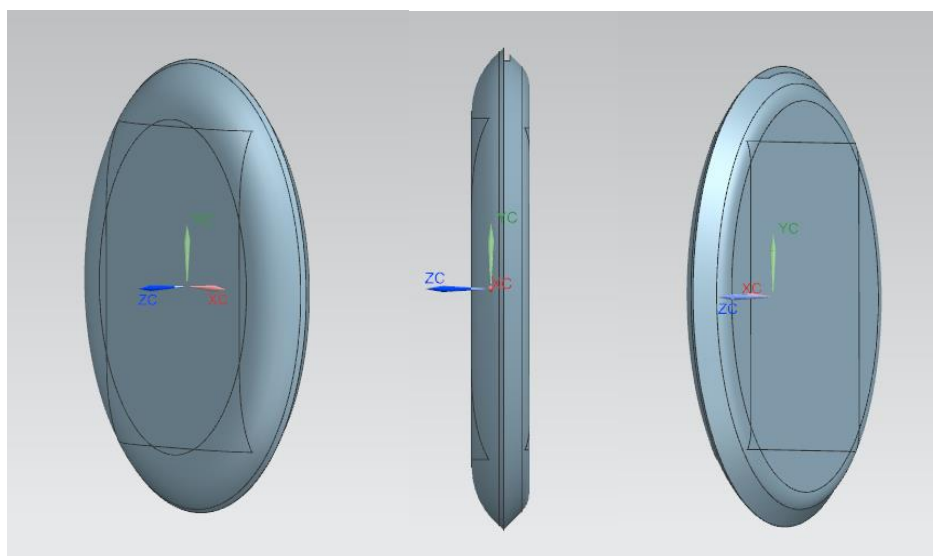
### 3.8. Obudowa implantu

Model 3D obudowy został wykonany w programie Siemens NX Unigraphics. Zbudowany jest z dwóch części rozłącznych, które połączone są kształtowo. Zaprojektowane ściany są obłe, aby zminimalizować ryzyko urazów podczas nieplanowanego przemieszczenia implantu umieszczonego pod skórą oraz aby nie był widoczny po usytuowaniu go w nodze pacjenta.

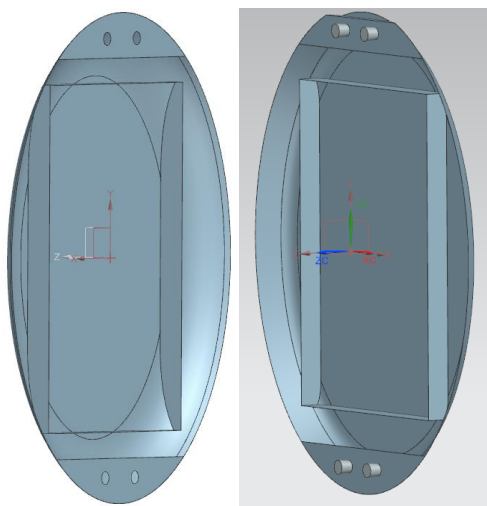
Wymiary baterii: 50x35x5 [mm]

Wymiary zaprojektowanej płytki: 53,01x35,54x1,57 [mm]

Wymiary zaprojektowanej obudowy: 75,4x59,4x9 [mm]



Rysunek 3. Widoki połączonych części obudowy



Rysunek 4. Widoki osobno zaprojektowanych części obudowy

#### 4. Bibliografia:

<https://biotechnologia.pl/farmacja/niedoceniany-lek-juz-7-tys-krokow-dziennie-moze-chronic-przed-przedwczesna-smiercia,21120> – badania JAMA

<https://zadar.pl/medyczne>

<https://centrumdruku3d.pl/evonik-przedstawia-filament-peek-do-druku-3d-implantow/>

- Filamenty medyczne

[https://sklep.avt.pl/modul-bluetooth-hc-06-do-arduino-apm-alexmos-i-multiwii.html?gclid=Cj0KCQjw6pOTBhCTARIsAHF23fJb50FQxLKb6rqnBM4pTz\\_j0Y0xmLLKw0jvvdaZ3YiS4oDcD53CuoaAvR3EALw\\_wcB](https://sklep.avt.pl/modul-bluetooth-hc-06-do-arduino-apm-alexmos-i-multiwii.html?gclid=Cj0KCQjw6pOTBhCTARIsAHF23fJb50FQxLKb6rqnBM4pTz_j0Y0xmLLKw0jvvdaZ3YiS4oDcD53CuoaAvR3EALw_wcB) – moduł Bluetooth

[https://botland.com.pl/avr-w-obudowie-tht/2795-mikrokontroler-avr-attiny85-20pu-5904422331177.html?cd=1564049911&ad=58987843373&kd=&gclid=Cj0KCQjw6pOTBhCTARIsAHF23fIGohlhIz5rI9xuxKriremjnIOG\\_MIw1WakCQP2K\\_XUGZ9x8SYH1MaAoxdEALw\\_wcB](https://botland.com.pl/avr-w-obudowie-tht/2795-mikrokontroler-avr-attiny85-20pu-5904422331177.html?cd=1564049911&ad=58987843373&kd=&gclid=Cj0KCQjw6pOTBhCTARIsAHF23fIGohlhIz5rI9xuxKriremjnIOG_MIw1WakCQP2K_XUGZ9x8SYH1MaAoxdEALw_wcB) – mikrokontroler

[https://botland.com.pl/akcelerometry/1912-adxl345-3-osiowy-akcelerometr-cyfrowy-i2cspi-modul-5904422330392.html?cd=1564049911&ad=58987843373&kd=&gclid=Cj0KCQjw6pOTBhCTARIsAHF23fLeBbY6rkmEkoxrmUwIVOjGta\\_jmGM5LYpZeus2817f5hCNNFeVC8aAmFUEALw\\_wcB](https://botland.com.pl/akcelerometry/1912-adxl345-3-osiowy-akcelerometr-cyfrowy-i2cspi-modul-5904422330392.html?cd=1564049911&ad=58987843373&kd=&gclid=Cj0KCQjw6pOTBhCTARIsAHF23fLeBbY6rkmEkoxrmUwIVOjGta_jmGM5LYpZeus2817f5hCNNFeVC8aAmFUEALw_wcB) – akcelerometr