

Politechnika Wrocławska  
AiR ARR  
Projekt zespołowy

## SENSGLOVE

*Autorzy:*

*Beata Berajter  
Dawid Brzakała  
Dorota Gidel  
Katarzyna Wądrzyk  
Ada Weiss  
Małgorzata Witka-Jeżewska*

Prowadzący: dr inż. Krzysztof Arent

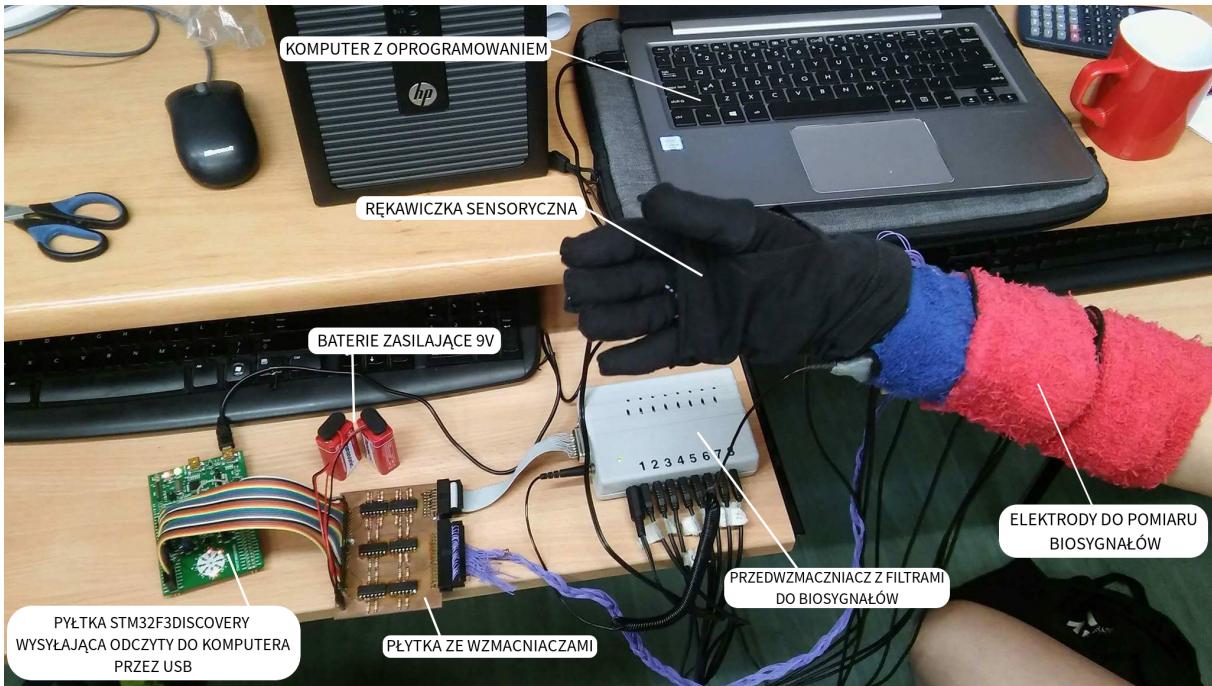
# Spis treści

<b>1 Opis stanowiska</b>	<b>2</b>
1.1 Integracja komponentów . . . . .	3
<b>2 Podsumowanie prac dla poszczególnych komponentów</b>	<b>4</b>
2.1 Rękawiczka sensoryczna . . . . .	4
2.1.1 Wykonanie rękawiczki . . . . .	4
2.1.2 Wprowadzone zmiany . . . . .	5
2.2 Interfejs sprzętowy . . . . .	5
2.3 Opis . . . . .	5
2.3.1 Schemat układu . . . . .	6
2.3.2 Lista elementów . . . . .	8
2.3.3 Połączenie z płytą STM32F3Discovery . . . . .	8
2.4 Kod programu . . . . .	8
2.5 Program do akwizycji danych . . . . .	9
2.6 Opis klas programu . . . . .	9
2.6.1 Opis działania programu . . . . .	11
2.6.2 Format danych . . . . .	13
2.7 Baza danych . . . . .	13
2.7.1 Wprowadzone zmiany . . . . .	13
2.7.2 Opis działania skryptu . . . . .	14
2.8 Wizualizacja danych . . . . .	14
2.8.1 Ogólny diagram klas . . . . .	14
2.8.2 Diagram klas zakładek . . . . .	15
2.8.3 Interfejs użytkownika . . . . .	16
<b>3 Testowanie całości systemu i rozpowszechnianie</b>	<b>17</b>
<b>4 Podsumowanie</b>	<b>18</b>

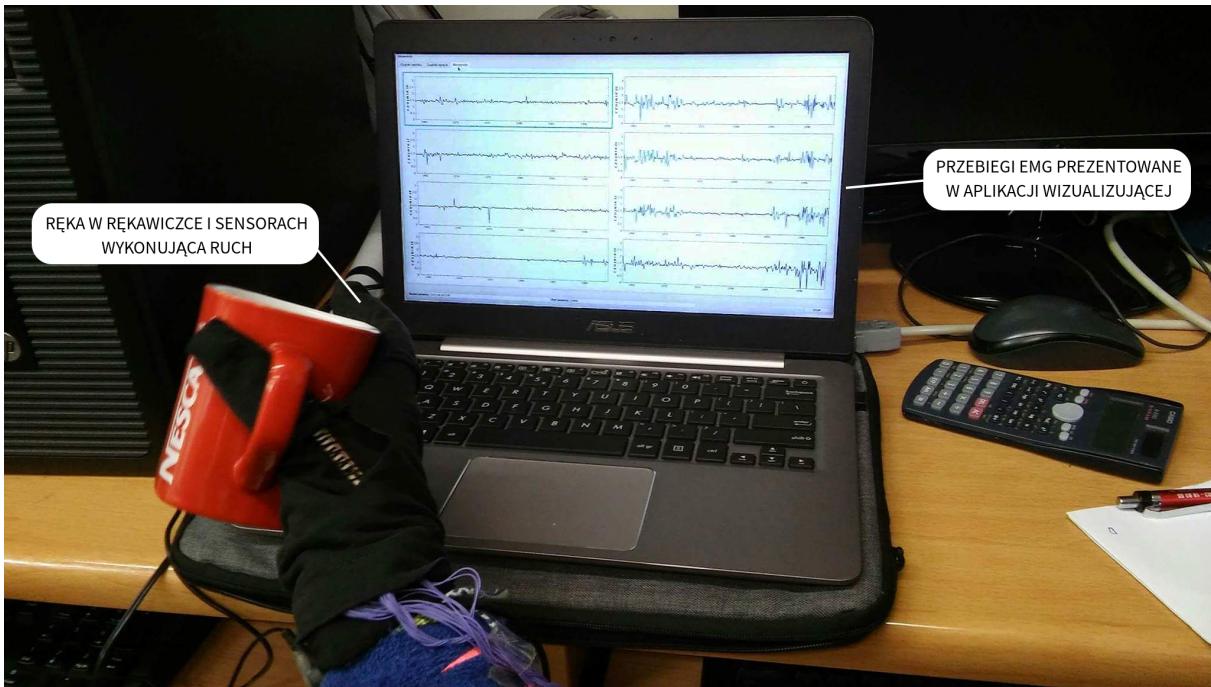
# 1 Opis stanowiska

Stanowisko składa się z:

1. rekawiczki z sensorami oraz okablowaniem
2. 5 nakładek na palce oraz jednej na dłoń
3. 8 sensorów biosygnalów
4. 3 frotek
5. przedwzmacniacza do biosygnalów
6. płytki ze wzmacniaczami
7. 2 baterii zasilających 9V
8. płytki developerskiej STM32Discovery
9. komputera z programami do akwizycji danych oraz do ich wizualizacji



Rysunek 1: Opis komponentów stanowiska do pomiarów biosygnalów i sygnałów z rękawiczki sensorycznej



Rysunek 2: Prezentacja odczytów zbieranych ze stanowiska do pomiarów

## 1.1 Przygotowanie stanowiska

1. Należy nałożyć ostrożnie rękawiczkę na dłoń, uważając, by nie zginać nadmiernie czujników nacisku. Rękawiczka założona na rękę pozwala na możliwie swobodne poruszanie palcami.
2. Podczas wykonywania ruchów czujniki oraz przewody nie haczą się o nic dzięki przyszyciu ich do rękawiczki, spleceniu oraz dzięki dołączonym kapturkom oraz dodatkowej bezpalcowej osłonie. Koniecznie należy je nałożyć na palce i dłoń szwami od strony czujników ugięcia w celu ich poprawnego działania.
3. Sygnały z czujników prowadzone przez przewody są bezpośrednio podłączone do styków na wzmacniaczu dzięki ich żeńskim końcówkom.
4. Na przedramieniu osoby badanej należy umieścić sensory biosygnalów w sposób pokazany w instrukcji "Stanowisko badawcze do akwizycji biosygnalów" autorstwa A. Wołczowskiego i J.S. Witkowskiego.
5. Płytkę ze wzmacniaczami należy połączyć z płytą deweloperską Discovery, zasilaniem baterijnym, wzmacniaczami biosygnalów oraz wtyczką z czujnikami nacisku oraz ugięcia w sposób pokazany na zdjęciu.
6. Należy włączyć oba programy - do akwizycji danych oraz do ich wizualizacji. Dane z płytki Discovery płynnie przesyłane są poprzez przewód USB do komputera z włączonym programem do akwizycji danych.
7. Poprzez obsługę programu do akwizycji danych pomiar rozpoczynany jest poprzez przyciśnięcie przycisku "Start".
8. We włączonym programie od wizualizacji w odpowiednich zakładkach w czasie rzeczywistym można obserować przebieg sygnałów z czujników: nacisku, ugięcia i biosygnalów a także wizualizacje dloni z czujnikami nacisku i ugięcia.
9. Przy chwytyaniu przedmiotów czujniki ugięcia działają sprawnie, o czym świadczy ugięcie palców na wirtualnej dloni oraz wykresy z odczytami wartości rezystancji z czujników.

10. Sensory nacisku na wewnętrznej części dłoni sprawnie odczytują siłę nacisku. Świadczy o tym zmiana koloru odpowiednich pól na wizualizowanej dloni.
11. Przy wybraniu odpowiednich zakładek widać na poszczególnych wykresach jak ruch wpływa na sygnały z czujników: ugięcia, nacisku i biosygnalów.
12. Przy wcisnięciu przycisku "Measurement" w programie do akwizycji danych pojawia się pasek ładowania odmierzający 2 s. Po tym czasie pojawia się możliwość zapisu lub zignorowania danych.
13. Po wybraniu ruchu i wpisaniu przykładowej nazwy użytkownika oraz wcisnięciu przycisku "Save".
14. Wartości z pomiarów zostały zapisane do odpowiedniego folderu.

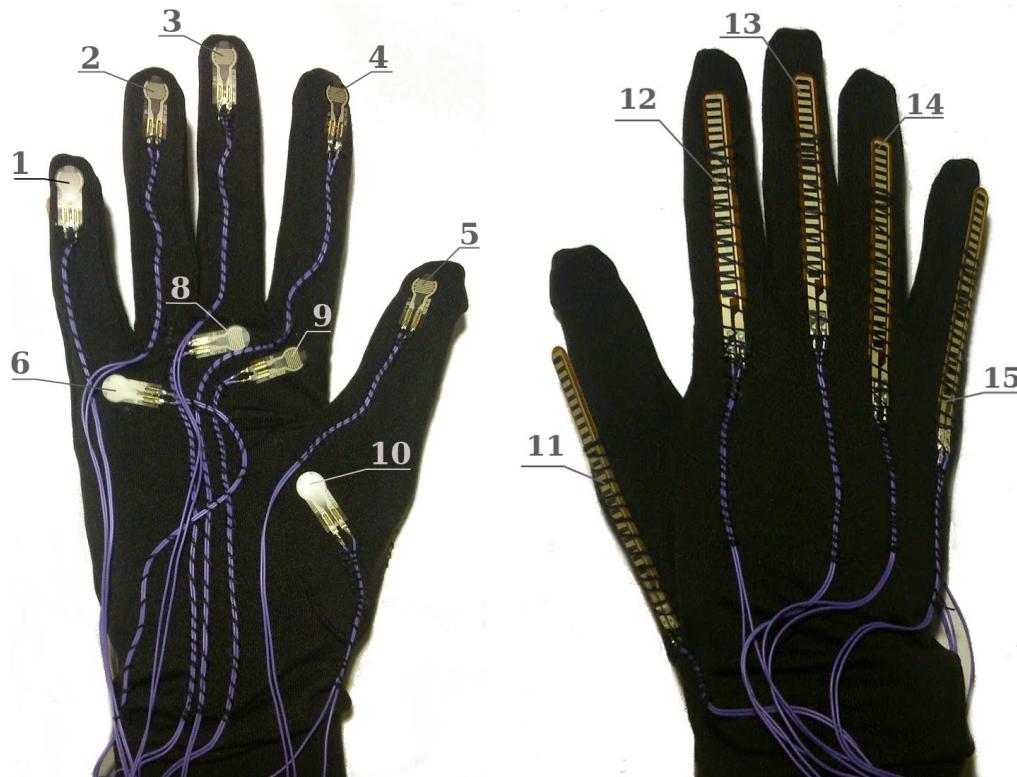
## 2 Podsumowanie prac dla poszczególnych komponentów

### 2.1 Rękawiczka sensoryczna

Osoby przydzielone do zadania: Dorota Gidel, Katarzyna Wądrzyk.

#### 2.1.1 Wykonanie rękawiczki

Na rękawiczce wykonanej z poliestru przyzmocowano 9 czujników nacisku oraz 5 czujników ugięcia. Umiejscowienie czujników zostało przedstawione na rysunku 3. Z powodu zniszczenia jednego czujnika nacisku został on odłączony od rękawiczki. Istnieje jednak możliwość ponownego przyzmocowania go.



Rysunek 3: Umiejscowienie i numeracja czujników na rękawiczce

Proces wykonania rękawiczki polegał na przylutowaniu przewodów do czujników, następnie przyklejeniu punktowo klejem czujników w odpowiednich miejscach na rękawiczce oraz przyszycie przewodów do rękawiczki, w przypadku czujników zgięcia przyszyto również część czujnika by mógł się poruszać.

Przyszycie przewodów pozwala na zachowanie porządku i sprzyja ruchom osoby używającej rękawiczki a przytwierdzenie klejem zapewnia trwałość. W celu zapobiegania uszkodzenia czujników (przede wszystkim haczeniu) uszyte zostały "kapturki" na palce. Dzięki nim sensory nacisku jak i także ugięcia są zabezpieczone przed uszkodzeniami.

Na końcach przewodów odprowadzających sygnały z czujników zamontowane zostały żeńskie końce, które umożliwiają proste podłączenie ich do płytki wzmacniającej. Przymocowane czujniki numerowane są w kolejności przedstawionej na rysunku 1.

### 2.1.2 Wprowadzone zmiany

Planowane było kupienie rękawiczki w rozmiarze S, ze względu na skład grupy, jednakże ostatecznie wybrano rozmiar M. Rękawiczka nadal dobrze dopasowuje się na dłoniach małych ale dodatkowo może z niej korzystać większe grono osób. Dzięki czemu do tworzenia bazy danych nie będzie potrzeby specjalnie wybierania i szukania osób o danym rozmiarze dłoni.

Zaletą większego rozmiaru jest też większa powierzchnia do mocowania czujników. Dużo łatwiej jest rozmieścić wszystkie sensory, po ich przymocowaniu nie ograniczają one ruchów w tak dużym stopniu jakby miało to miejsce przy rękawiczce o rozmiarze S.

Ze względu uszkodzenia się czujników, rękawiczka posiada 9 czujników nacisku. Jak widać na zdjęciu 3 czujnik 7 został pominięty, a czujnik 8 lekko przesunięty w lewą stronę by to zrekompensować. Jednakże dalej isnieje możliwość przymocowania brakującego czujnika 7.

## 2.2 Interfejs sprzętowy

Osoby przydzielone do zadania: Beata Berajter i Dawid Brzakała.

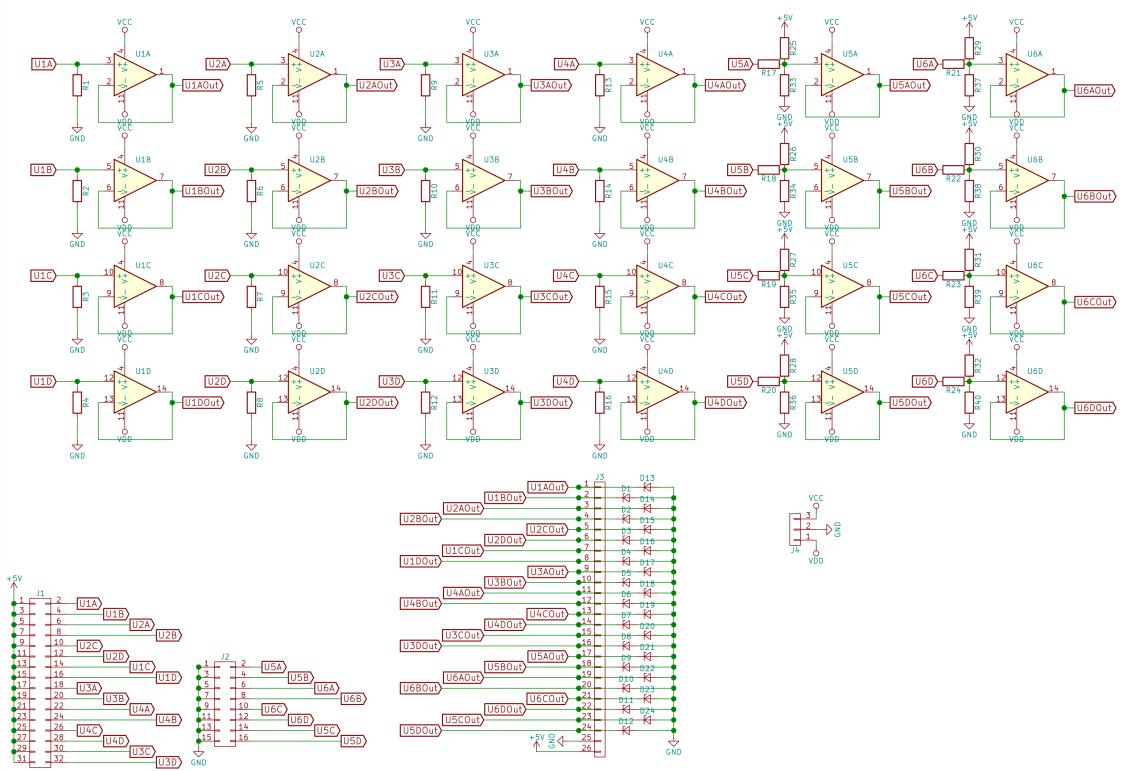
## 2.3 Opis

Interfejs sprzętowy składa się z płytki pcb wyposarzonej w wzmacniacze operacyjne, złącz czujników, złącza wyjść oraz zasilania. Drugim elementem interfejsu jest płytki STM32F3 Discovery, która mierzy sygnały otrzymane z płytki ze wzmacniaczami i wysyła je do komputera za pośrednictwem kabla USB.



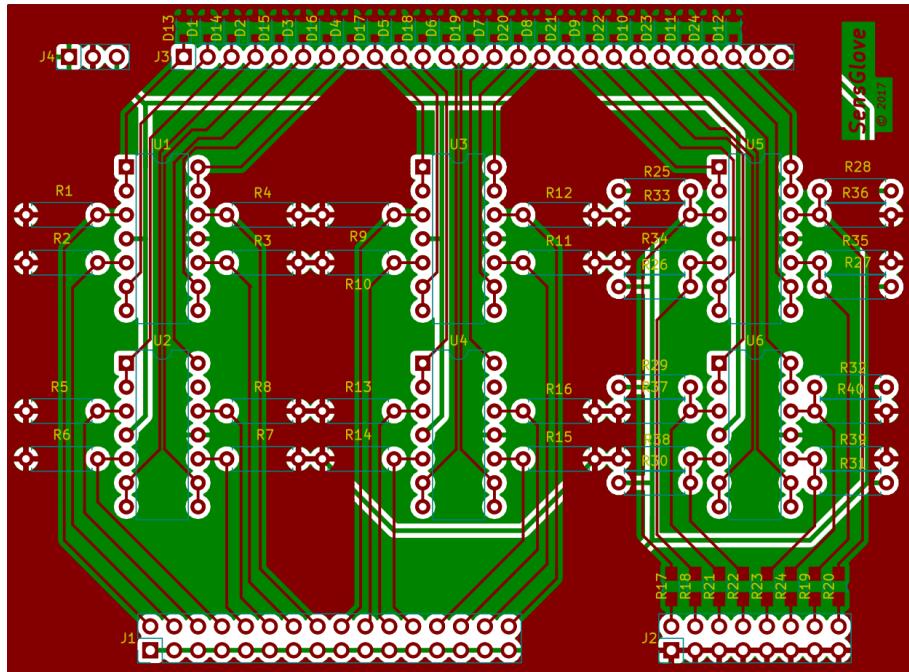
Rysunek 4: Interfejs sprzętowy

### 2.3.1 Schemat układu

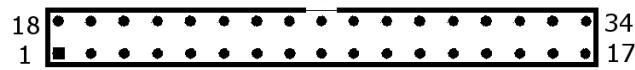


Rysunek 5: Schemat układu

Projekt płytki pcb i wyprowadzenie pinów układu przedstawiono na rysunku 6.

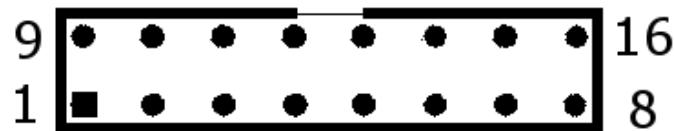


Rysunek 6: Schemat płytki pcb



Rysunek 7: J1 - pinout

1 - 16	zasilanie czujników - +5v
17 - 27	złącza czujników nacisku 1 - 10
28 - 33	złącza czujników ugięcia 1 - 6
2, 34	NC



Rysunek 8: J2 - pinout

1 - 7	GND
8 - 16	złącza czujników biosygnalów 1 - 8



Rysunek 9: J3 - pinout

1 - 10	sygnał czujników nacisku 1 - 10
11 - 16	sygnał czujników ugięcia 1 - 6
17 - 24	sygnał czujników biosygnalów 1 - 8
25	+5V
26	GND



Rysunek 10: J4 - pinout

1	-9V
2	GND
3	+9V

### 2.3.2 Lista elementów

U1-U6	TLC084CN	THT
R1-R10	10kOhm	THT
R11-R16	33kOhm	THT
R17-R24	3.3kOhm	SMD
R25-R32	3.3kOhm	THT
R33-R40	2.2kOhm	THT
D1-D24	3.3V Zenera	SMD
J1	IDC-34 żeńskie	THT
J2	IDC-16 żeńskie	THT
J3	listwa kolkowa 1x26 2.56mm	THT
J4	listwa kolkowa 1x3 2.56mm	THT

### 2.3.3 Połączenie z płytą STM32F3Discovery

J1	ST3M32Discovery
1	PB12
2	PB14
3	PB15
4	PD8
5	PD9
6	PD10
7	PD11
8	PD12
9	PD13
10	PD14
11	PB0
12	PB1
13	PE7
14	PE8
15	PE9
16	PE10
17	PA0
18	PA3
19	PA2
20	PF4
21	PA4
22	PA5
23	PA6
24	PA7
25	GND
26	5V

## 2.4 Kod programu

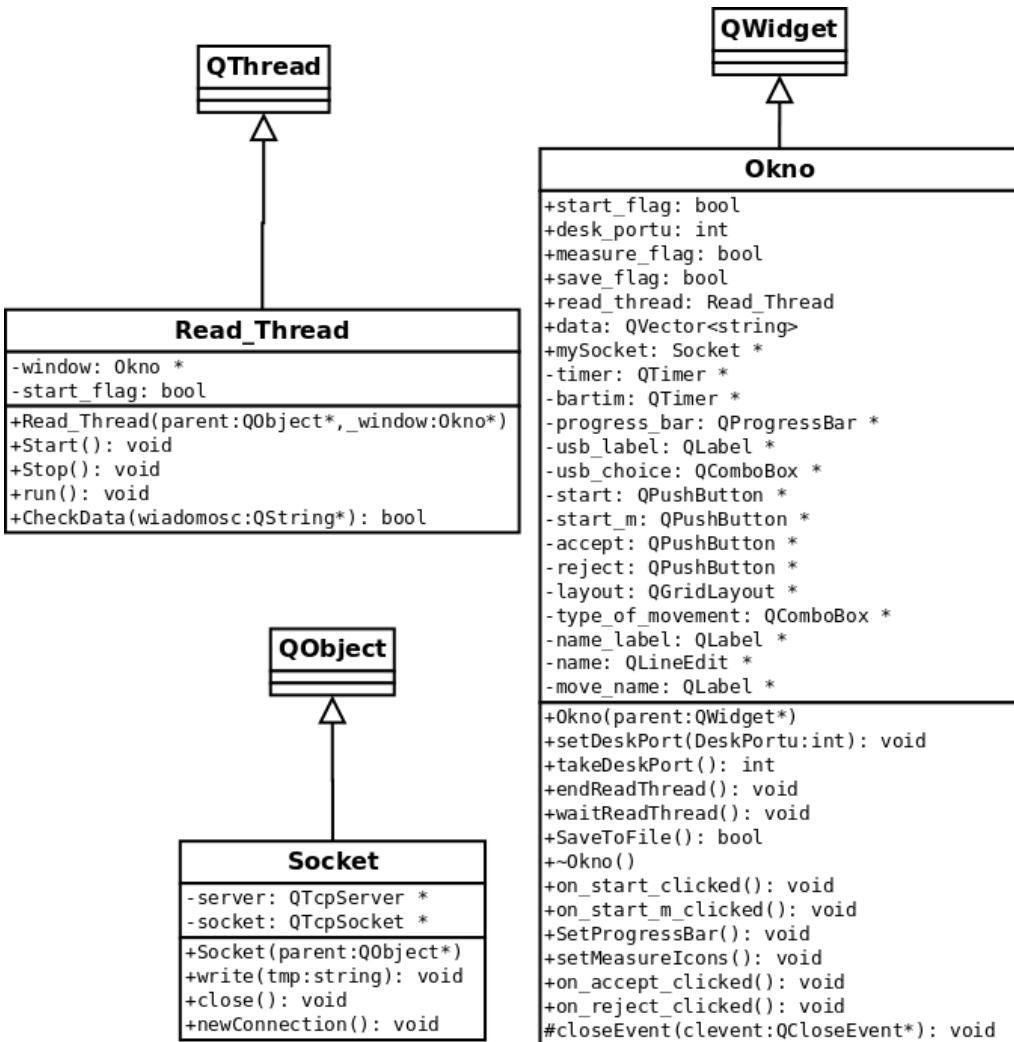
```
//struktura danych do zapisu odczytu sygnałów
typedef union
{
    struct
    {
        uint16_t forceSensors[10];
        uint16_t flexSensors[6];
        uint16_t biosignals[8];
    }
}
```

## 2.5 Program do akwizycji danych

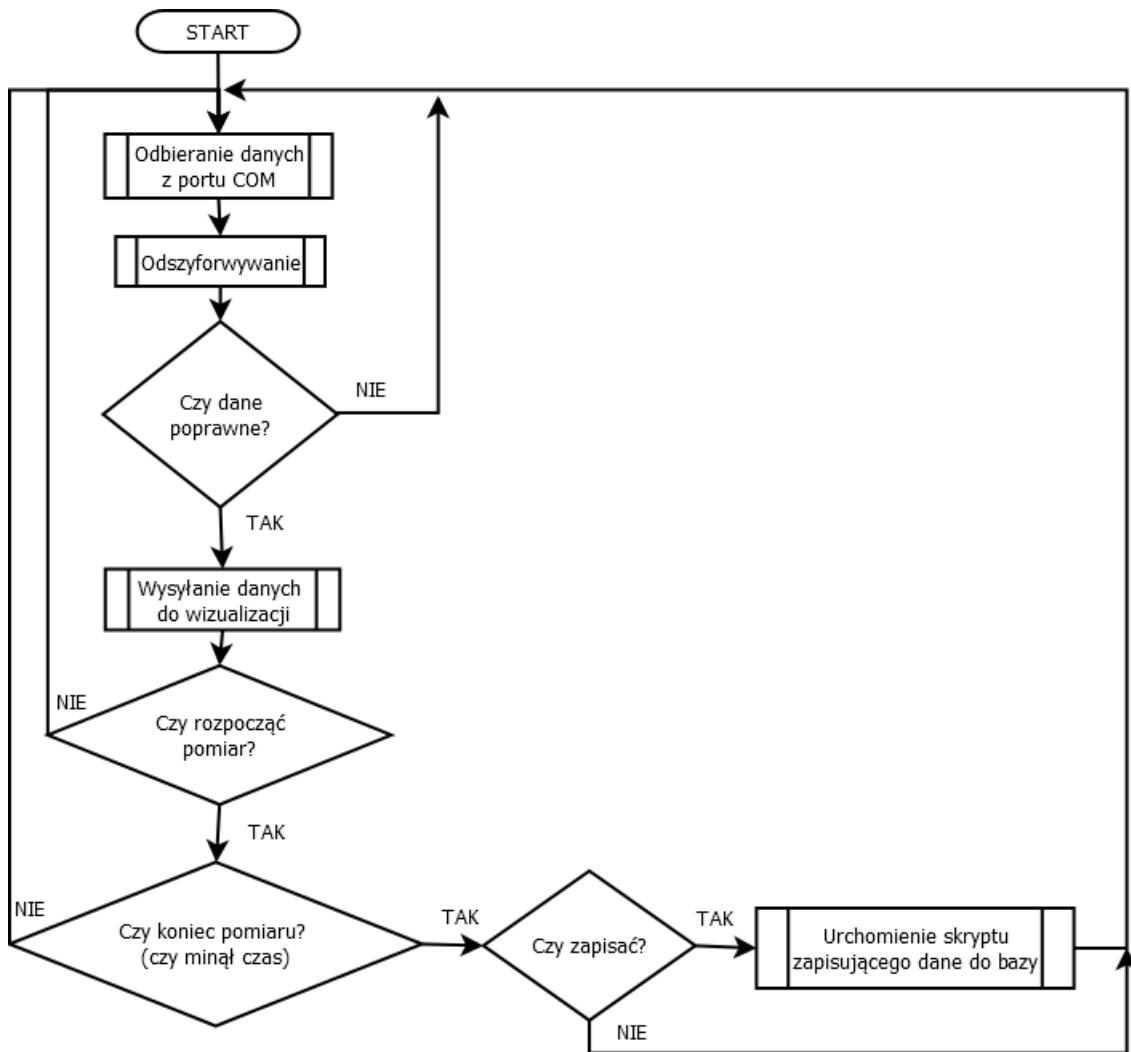
Osoby przedzielone do zadania: Ada Weiss, Małgorzata Witka-Jeżewska

## 2.6 Opis klas programu

Dokładny opis klas i poszczególnych parametrów tworzony jest za pomocą programu Doxygen.



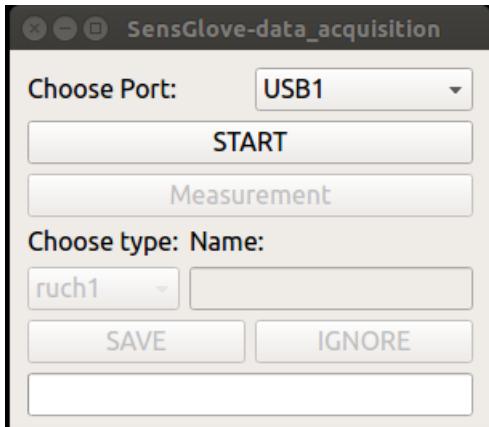
Rysunek 11: Diagram klas programu



Rysunek 12: Schemat ideowy działania programu

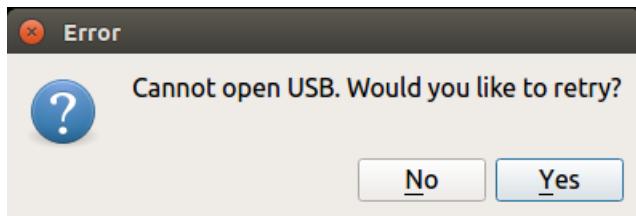
#### 2.6.1 Opis działania programu

Interfejs graficzny programu został napisany z wykorzystaniem klas biblioteki Qt5 i został zaprezentowany na rys. 13.



Rysunek 13: Okno główne programu

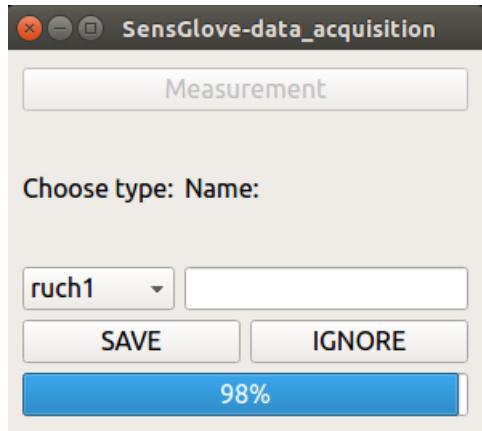
Zasada działania została przedstawiona na rys. 12. Pierwszym krokiem jest wybór portu USB i wcisnięcie przycisku start, co uruchamia konfigurację wybranego portu USB. W przypadku braku podłączonego urządzenia na danym porcie wyświetlany jest komunikat przedstawiony na rys. 14. Kliknięcie "Yes" umożliwia ponowny wybór, a "No" kończy pracę programu.



Rysunek 14: Komunikat o błędnym otwarciu USB.

Dane są odczytywane z portu USB w oddzielnym wątku Read\_thread, dziedziczącym po QThread. Zapewnia to odpowiednio szybką pracę programu. W tym samym wątku sprawdzana jest poprawność otrzymanej wiadomości (obliczanie sumy kontrolnej, sprawdzanie długości ciągu znaków) oraz wysyłanie danych do Socketu, który również został zaprogramowany z wykorzystaniem bibliotek Qt5 (klasa Socket).

W przypadku aktywowania przycisku "Measurment" aktywowany jest timer (na 2s) i dane te są zapisywane w wektorze 2000x23, z którego to jest możliwość zapisu danych do pliku w przypadku akceptacji pomiaru po jego ukończeniu. Widok okna w trakcie pomiaru przedstawia 15.



Rysunek 15: Okno główne programu w trakcie pomiaru

Akceptacja pomiaru wymaga również podania imienia użytkownika oraz wyboru ruchu który jest wykonywany. Program wywołuje po zapisie do pliku skrypt który umieszcza plik w bazie danych.

Można również dany pomiar zignorować, np. w przypadku stwierdzenia, że został on błędnie wykonany.

## 2.6.2 Format danych

Ramka danych:

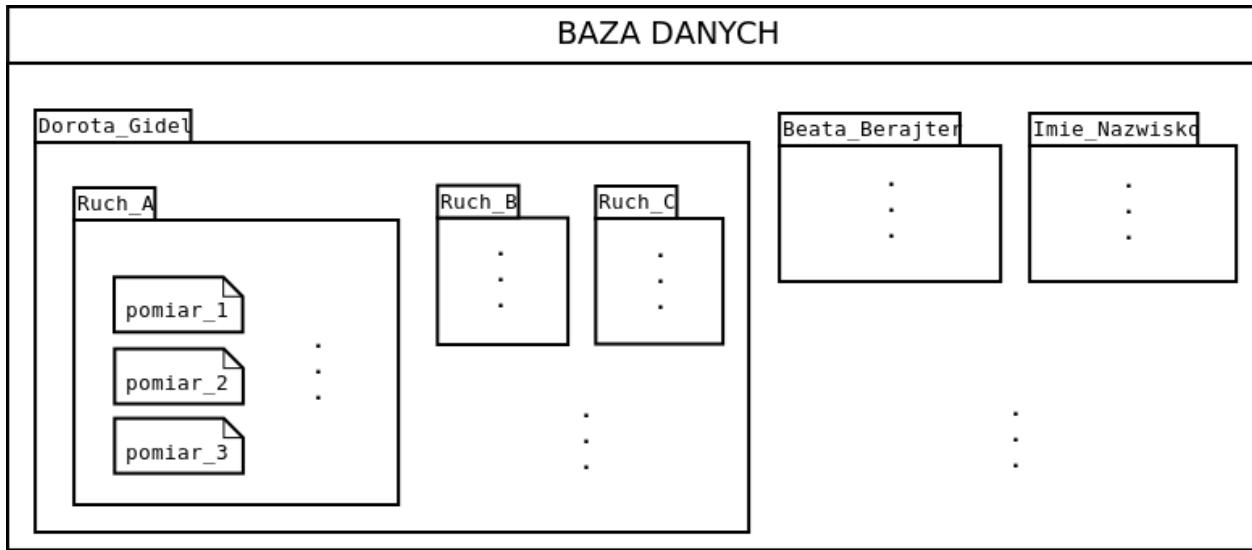
- znak X,
- 23 sygnały z czujników w postaci 4 znaków w systemie szesnastkowym,
- suma kontrolna w postaci dwóch znaków w systemie szesnastkowym,
- znak końca linii \r \n;

## 2.7 Baza danych

Osoby przydzielone do zadania: Beata Berajter, Dorota Gidel.

### 2.7.1 Wprowadzone zmiany

Zdecydowano się na zmianę struktury bazy danych. Zamiast umieszczania trzech osobnych plików zawierających dane odpowiednio z czujników nacisku, zgięcia i elektrod, tworzony będzie tylko jeden plik zawierający wszystkie te dane w takiej kolejności. Plik taki zawierać będzie 2000 linii i 23 kolumny odczytów. Dodatkowo, nazwa pliku nie będzie zawierać daty gdyż można ją uzyskać z daty tworzenia pliku. Nowy schemat struktury bazy danych przedstawiono na rysunku 16.



Rysunek 16: Schemat struktury bazy danych

### 2.7.2 Opis działania skryptu

Stworzony skrypt do umieszczania w odpowiednim miejscu plików z odczytami napisany jest w powłoce bash. Przykładowe wywołanie skryptu wygląda następująco:

```
$ bash przeniesPlik sciezka/do/pliku/z/danymi Imie NazwaRuchu
```

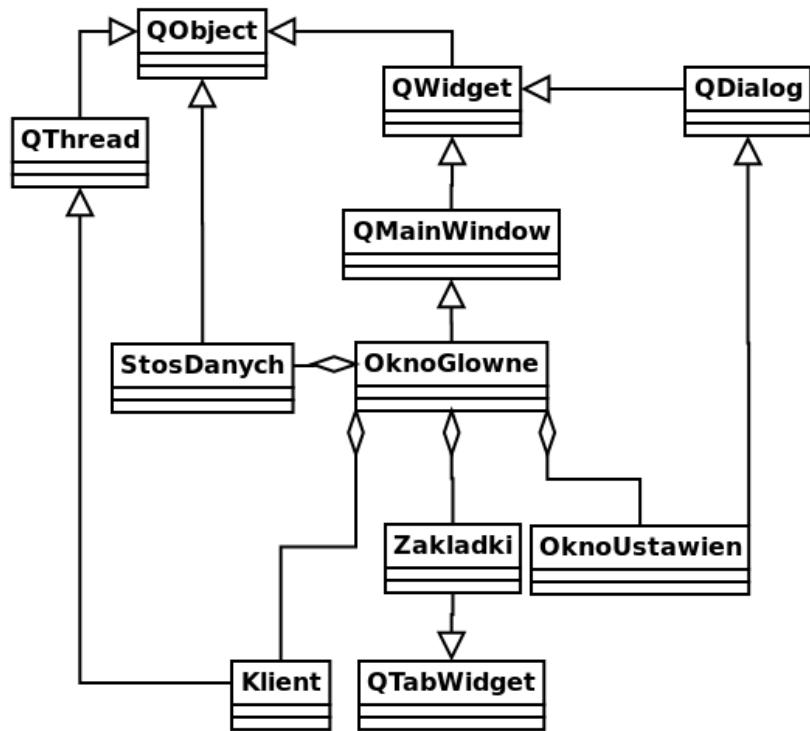
Skrypt przenosi podany plik (`sciezka/do/pliku/z/danymi`) do głównego folderu bazy danych który zdefiniowany jest jako katalog o nazwie "baza\_danych" w katalogu domowym. Dzięki podanym argumentom umieszcza plik w odpowiednim miejscu. Numeracja pliku po kolej jest zapewniona przez prowadzenie spisu w osobnym pliku tekstowym należącym do bazy danych. Dla bezpieczeństwa sprawdzane jest też czy w wywołaniu skryptu została podana wystarczająca liczba argumentów.

## 2.8 Wizualizacja danych

Osoby przydzielone do zadania: Dorota Gidel, Katarzyna Wądrzyk.

### 2.8.1 Ogólny diagram klas

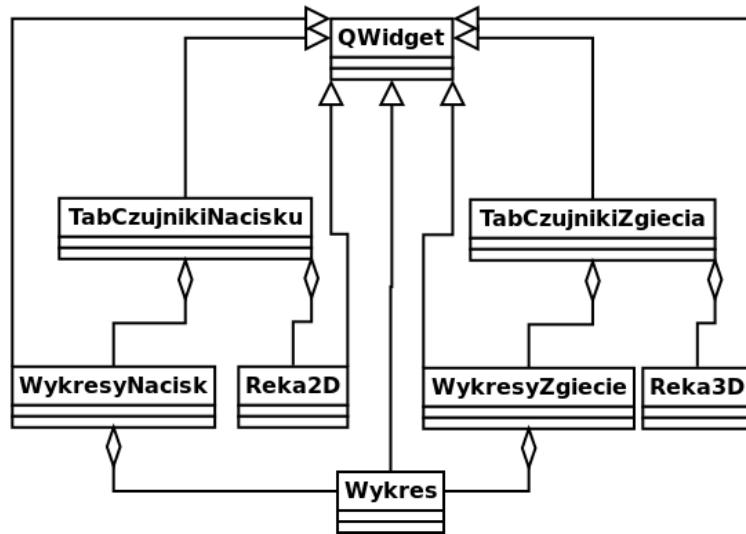
Na rysunku 17 zaprezentowano ogólny diagram klas w programie wizualizującym dane z czujników.



Rysunek 17: Ogólny diagram klas - wizualizacja

### 2.8.2 Diagram klas zakładek

Na obrazku 18 zaprezentowano ogólny diagram klas zakładek zawierającycych wykresy i prezentacje odpowiednio z czujników nacisku oraz zgięcia.



Rysunek 18: Diagram klas zakładek - wizualizacja

### 2.8.3 Interfejs użytkownika

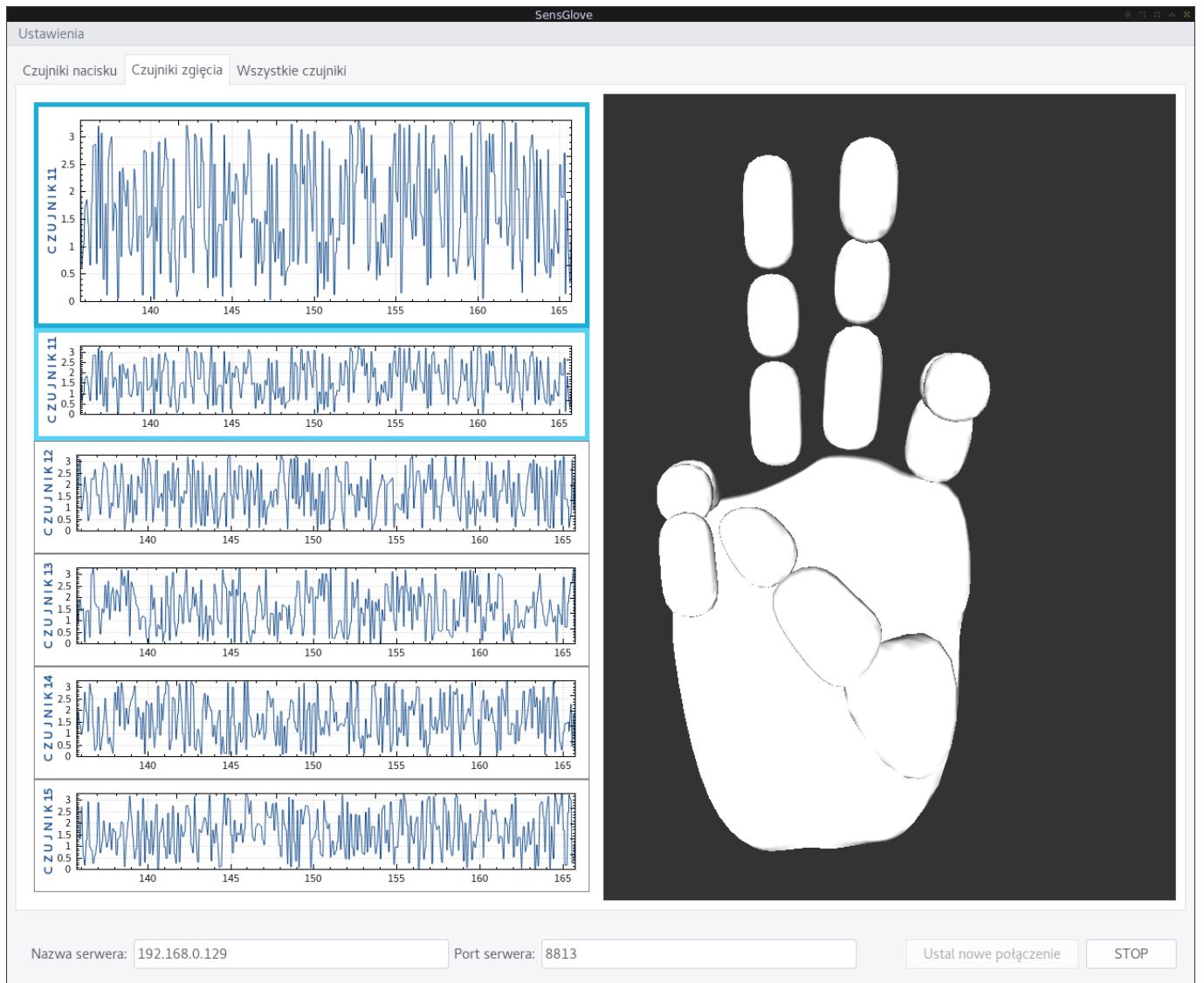
Użytkownik ma możliwość połączenia się z portem nadającym dane przez przyciśnięcie przycisku "Ustal nowe połączenie". W trakcie odbierania danych istnieje możliwość zatrzymania wykresów i wizualizacji dloni w danym momencie poprzez przyciśnięcie przycisku "Stop". W lewym górnym rogu użytkownik ma dostęp do ustwileń w których obecnie może zmienić zakres czasu prezentowanego na wykresach. Domyślnie wartość ta wynosi 30 s.

Rysunek 19 przedstawia pierwszą zakładkę aplikacji wizualizującej dane - czujniki nacisku. Po lewej stronie umieszczone są wykresy. Pierwszy największy wykres, można zmieniać przyciskując odpowiednio wykres który chcemy najbardziej śledzić. Wybrany wykres zaznaczony jest przez kolorową obwódkę. Po prawej stronie znajduje się widget zawierający rękę 2D prezentującą przez kolory odczytywane w danym momencie wartości napięcia.



Rysunek 19: Diagram klas zakładek - wizualizacja

Rysunek 20 przedstawia drugą zakładkę aplikacji wizualizującej dane - czujniki zgięcia. Po lewej stronie tak samo jak poprzednio znajdują się wykresy odczytywanego napięcia. Po prawej stronie znajduje się widget zawierający rękę 3D której palce zginają się odpowiednio do otrzymywanych wartości z czujników.



Rysunek 20: Diagram klas zakładek - wizualizacja

Aplikacja odbiera pomyślnie dane z programu do akwizycji oraz wizualizuje zinterpretowane pomiary na wykresach i modelach dłoni.

### 3 Testowanie całości systemu i rozpowszechnianie

Po połączeniu wszystkich komponentów projektu przeprowadzono testy. Polegały one na wykonywaniu ruchów w rękawiczce sensorycznej i obserwowanie efektów w programie wizualizującym oraz sprawdzenie poprawnego zapisu pliku do bazy danych. Testy pokazały, że sygnały przesyłane są odbierane poprawnie, co pokazują zdjęcia i film umieszczony na stronie internetowej <http://sensglove.happyrobotics.com> w odpowiednich zakładkach. Na stronie został również zamieszczony link do strony GitHub <https://github.com/Sensglove/SG>, na której zamieszczony jest kod oprogramowania i dokumentacja.

## **4 Podsumowanie**

Projekt spełnia początkowe założenia. Rękawiczka jak i okablowanie do niej nie krępują ruchu, płytka wzmacnia i przesyła pomiary z 22 czujników z możliwością dołączenia dwóch kolejnych. Program do akwizycji w czasie rzeczywistym pobiera dane ze wszystkich sensorów z możliwością zapisu danych do konkretnych katalogów oraz przekazuje do programu wizualizującego, który w czasie zbliżonym do rzeczywistego przedstawia reakcje czujników na ruch.