



Politechnika Wrocławska

Założenia projektowe

Projekt realizowany w ramach kursu Wizualizacja Danych
Sensorycznych na Politechnice Wrocławskiej

Tytuł Projektu: Wizualizacja czujników rękawicy sensorycznej

Autorzy: Krzysztof Dąbek 218549, Dymitr Choroszczak 218627

Kierunek: Automatyka i Robotyka

Specjalność: Robotyka (ARR)

Prowadzący: dr inż. Bogdan Kreczmer

Kurs: Wizualizacja Danych Sensorycznych

Termin zajęć: pt 11:15

1 Opis projektu

1.1 Cele projektu

Celem jest wizualizacja uproszczonego modelu dłoni na podstawie danych z rękawicy sensorycznej. Efektem końcowym jest przedstawienie orientacji dłoni oraz zgięcia palców w przestrzeni trójwymiarowej.

1.2 Problem projektu

- Ukazanie zgięcia pięciu palców przez zmianę konfiguracji przegubów modelu
- Ukazanie siły nacisku opuszków na powierzchnię poprzez zmianę koloru i/lub rozmiaru obiektów sferycznych, umieszczonych na zakończeniach skrajnych przegubów modelu
- Ukazanie orientacji dłoni względem wektora grawitacji

Projekt zostanie połączony z innym realizowanym w ramach kursu Roboty Mobilne 1. Dane do wizualizacji będą wysyłane przez płytę wykonanej rękawicy sensorycznej.

2 Specyfikacja aplikacji

2.1 Funkcjonalności aplikacji

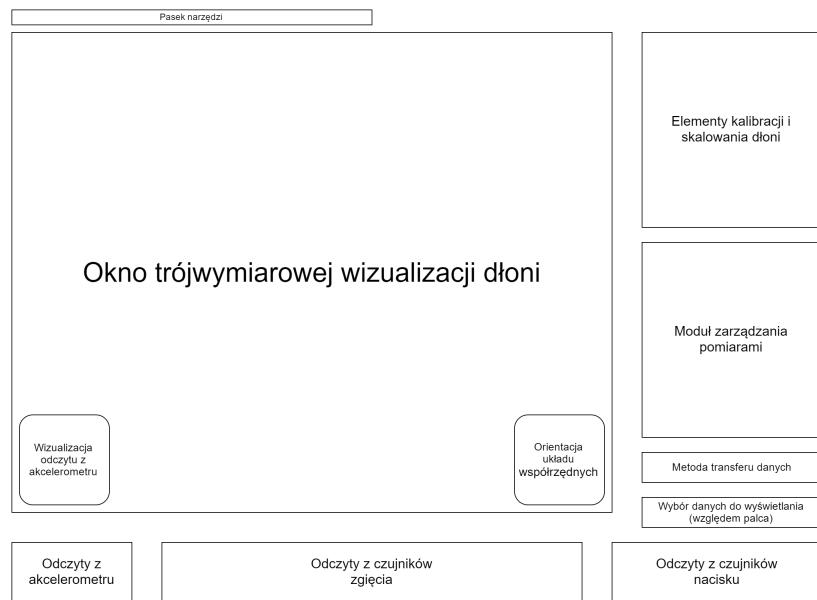
Zostanie stworzona aplikacja okienkowa do wizualizacji napisana w języku C++ z użyciem biblioteki Qt.

- Wizualizacja poruszania modelem dłoni na podstawie odczytów z czujników i akcelerometru.
- Wybór opcji połączenia z rękawicą sensoryczną (Bluetooth, USB, UART)
- Uruchomienie i zatrzymanie pomiarów, wykonanie pojedynczego pomiaru.
- Skalowanie modelu dłoni poprzez wpisanie rozmiarów oraz suwak.
- Zmiana położenia i orientacji kamery z poziomu interfejsu graficznego.
- Zmiana rotacji modelu dłoni (RPY) poprzez suwaki interfejsu graficznego.
- Wyświetlanie liczbowo wyników pomiarów i możliwość zapisania ich do pliku.
- Wyświetlenie dynamicznego wykresu odczytu nacisku wybranego palca w czasie.

Wszystkie funkcjonalności zostały zaimplementowane. Zrezygnowano z połączenia przez Bluetooth z powodu braku działającego modułu Bluetooth na komputerze oraz niezadowalającej prędkości przesyłania.

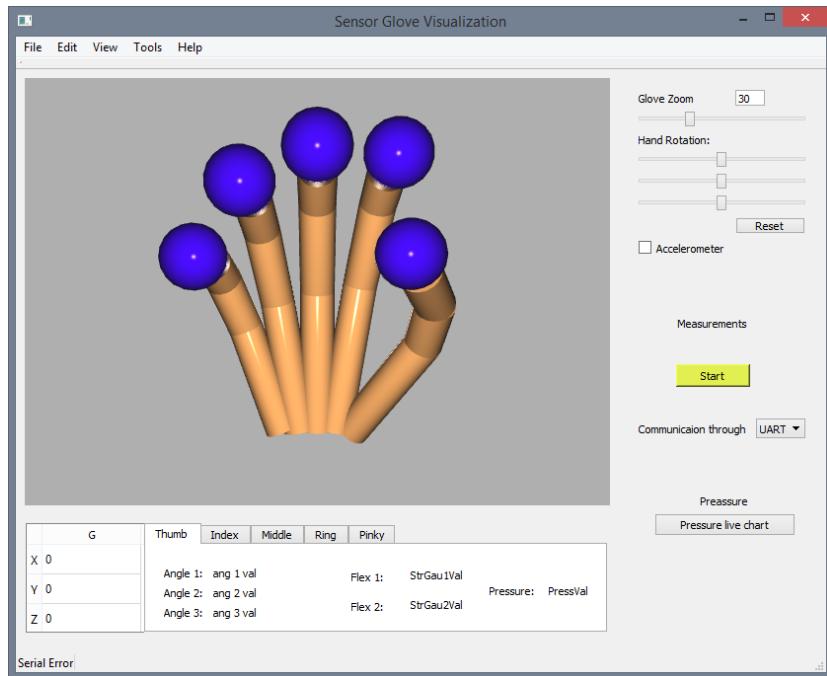
2.2 Interfejs graficzny

Schematyczny szkic interfejsu graficznego został przedstawiony na rysunku 1.

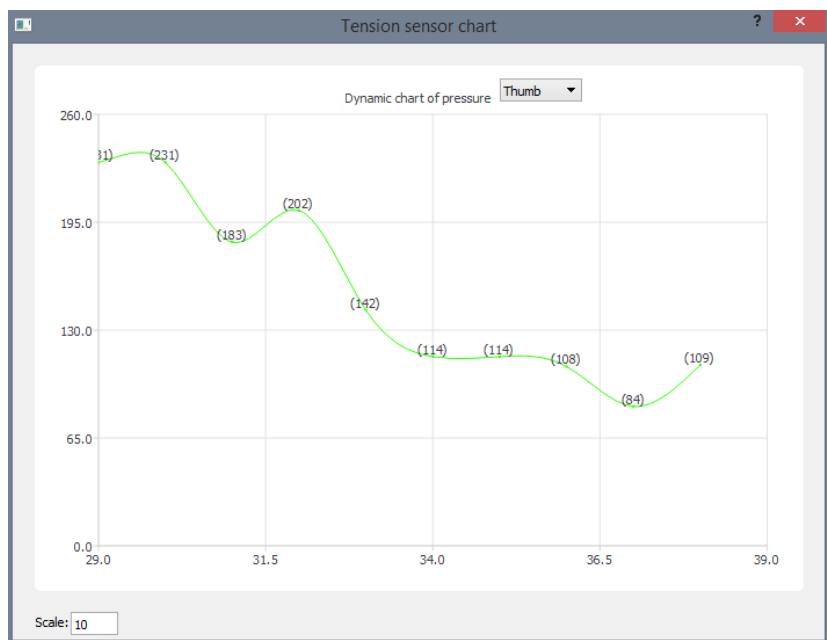


Rysunek 1: Planowany interfejs graficzny aplikacji

Aktualny interfejs graficzny został przedstawiony na rysunkach 2 i 3.



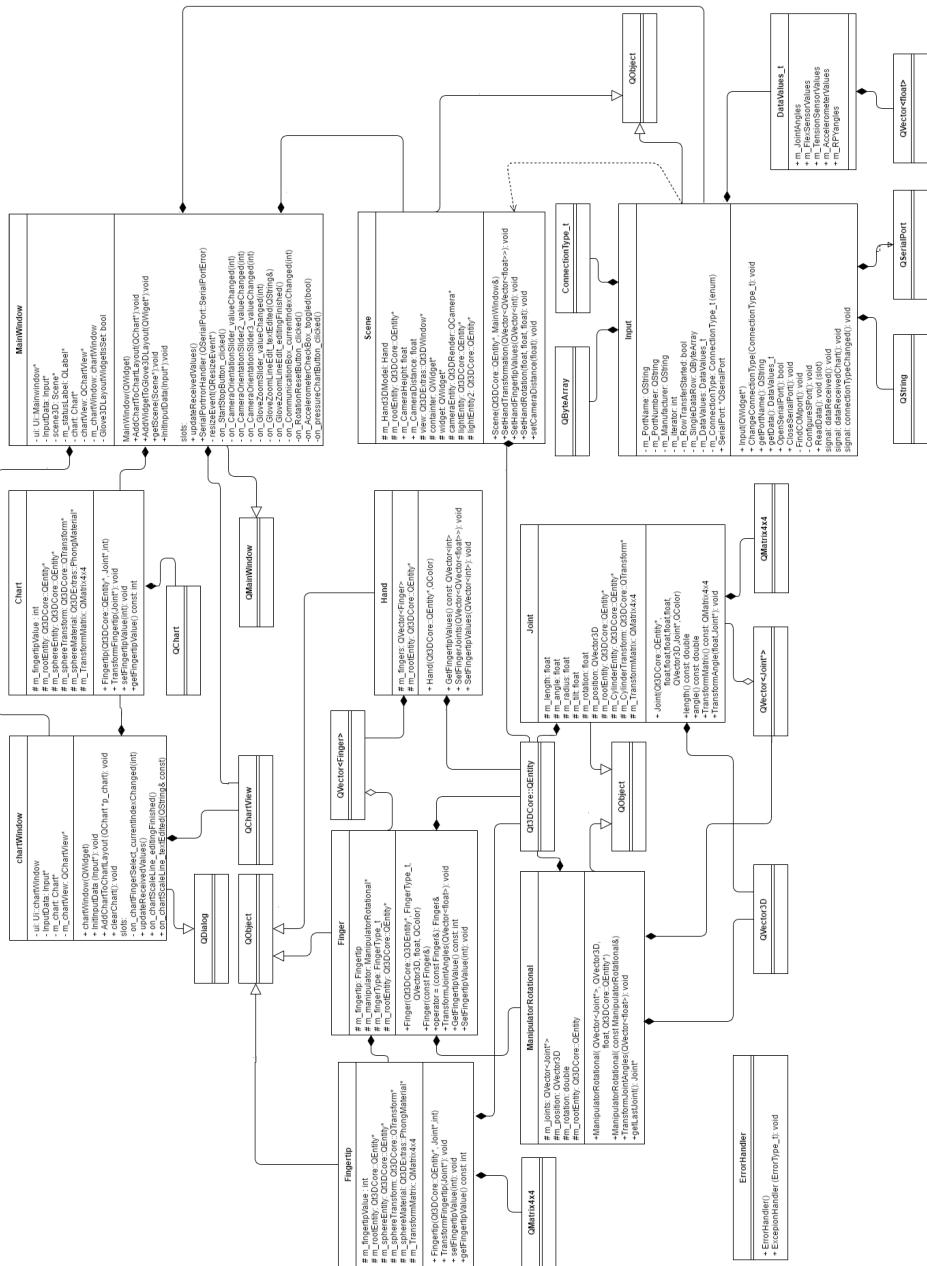
Rysunek 2: Aktualny wygląd interfejsu graficznego aplikacji



Rysunek 3: Aktualny wygląd interfejsu graficznego aplikacji (wykresy)

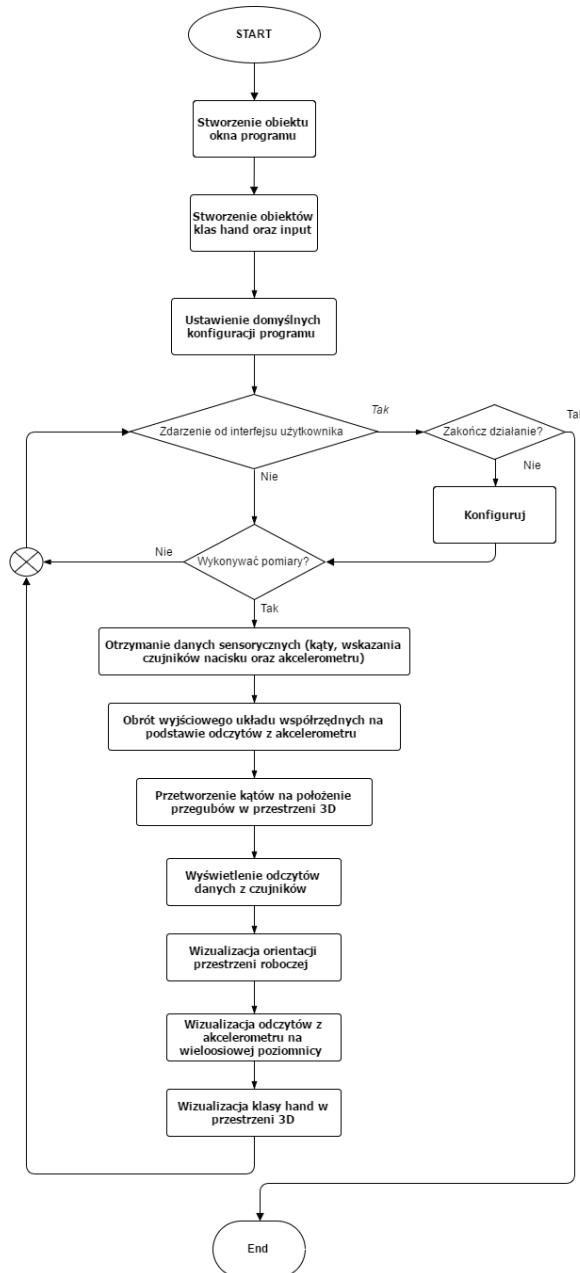
2.3 Diagram klas

Diagram klas przetwarzających dane i obliczeniowych w aplikacji, przedstawiony na rysunku 4 wykonany został w języku UML.



Rysunek 4: Diagram klas części aplikacji odpowiedzialnej za przetwarzanie danych

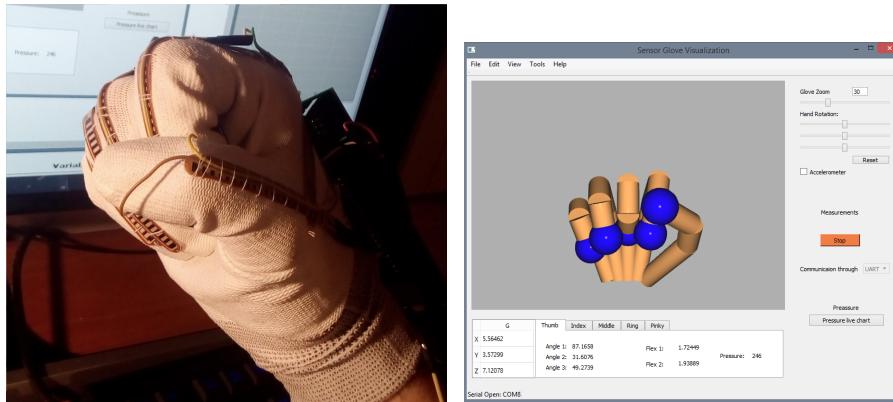
2.4 Diagram czynności



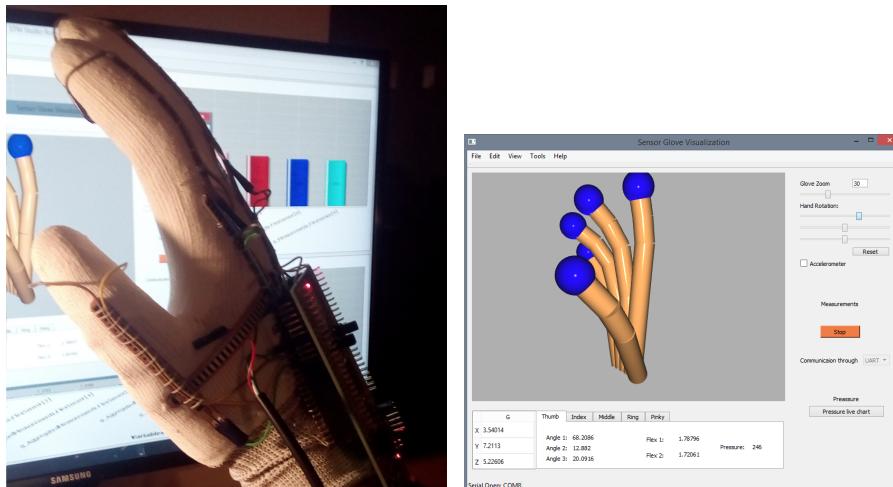
Rysunek 5: Diagram czynności

2.5 Wyniki eksperymentów

Przeprowadzono eksperymenty z użyciem dłoni sensorycznej i aplikacji napisanej w ramach tego projektu, polegające na wizualizacji kilku prostych gestów i określeniu sposobu ich identyfikacji. Wyniki eksperymentów zostały przedstawione na rysunkach (6, 7, 8, 9, 10).



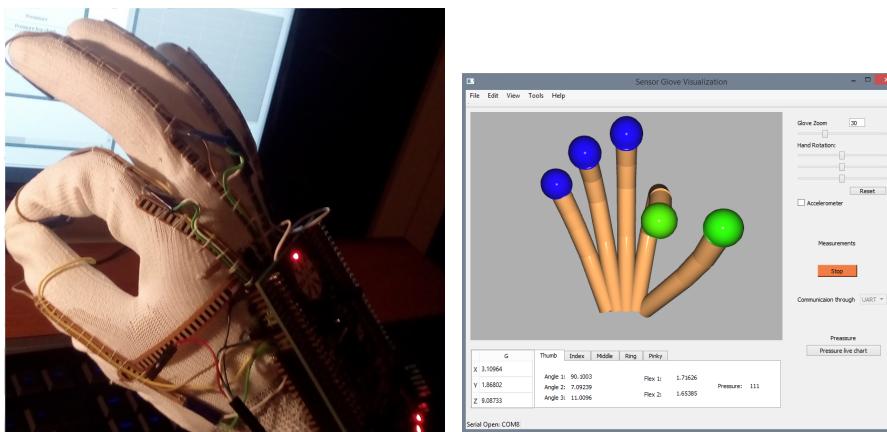
Rysunek 6: Gest – zaciśnięta pięść



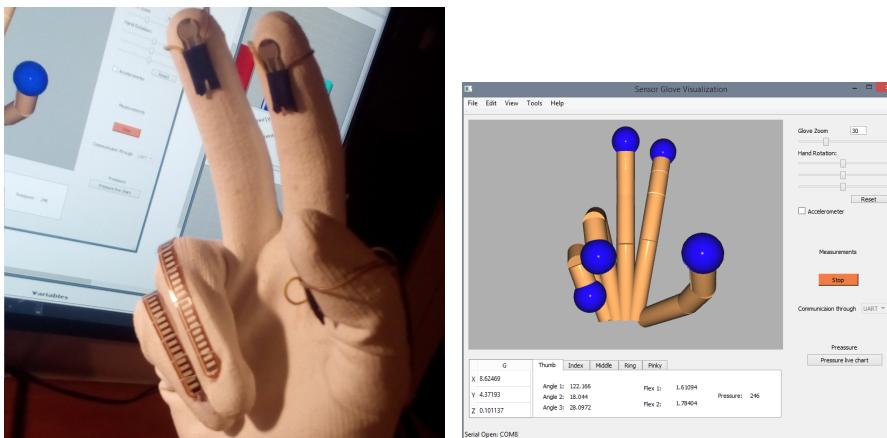
Rysunek 7: Gest – otwarta dłoń

Wykrywanie tego typu gestów sprowadza się do ustawienia odpowiednich progów na niektórych czujnikach ugięcia i nacisku, po których przekroczeniu sygnalizuje się wykrycie gestu.

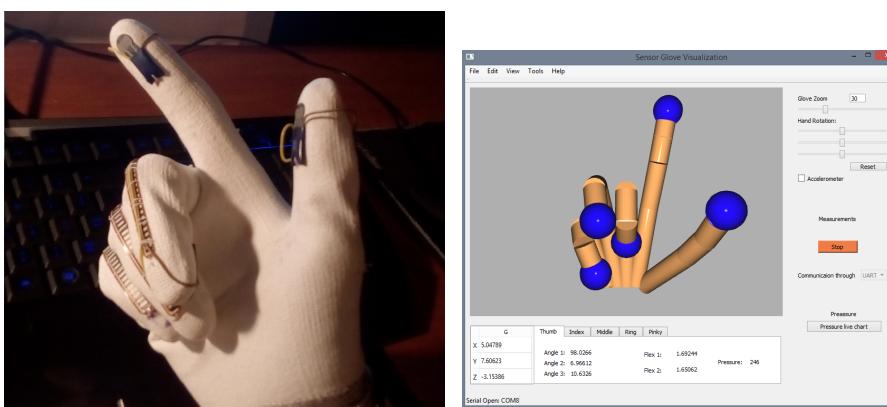
Takie gesty mogą posłużyć sterowaniu robotem lub systemem automatyki (np. budynkowej). Przyporządkowanie gestu do wykonywanej czynności daje możliwość kontroli systemu.



Rysunek 8: Gest – OK



Rysunek 9: Gest – pacyfka



Rysunek 10: Gest – wskazywanie palcem

3 Specyfikacja urządzenia

3.1 Opis ogólny

- Na opuszkach palców zamontowane zostaną czujniki siły nacisku FSR-400. Spadek rezystancji przy przyłożonej sile pozwala zmierzyć siłę nacisku.
- Do wykrycia zgięcia stawów międzypaliczkowych bliższych oraz stawu międzypaliczkowego kciuka zastosowane zostaną czujniki ugięcia – flexsensory firmy Sparkfun. Zgięcie tych sensorów powoduje wzrost rezystancji.
- Akcelerometr LSM303DLHC, znajdujący się na płytce Discovery zostanie użyty do określenia orientacji rękawicy względem wektora grawitacji.
- Powyższe elementy nie zapewniają precyzyjnych pomiarów, ale zostały wybrane ze względu na cenę i charakter projektu, w którym zostaną zastosowane.
- Jako urządzenie nadawcze Bluetooth posłuży moduł HC-06 z interfejsem UART podłączony do płytki Discovery.

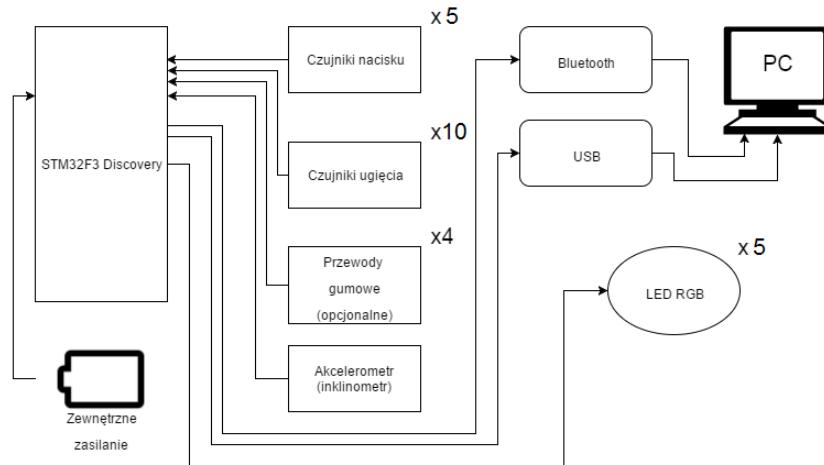
Rękawica sensoryczna tworzona w ramach projektu Roboty Mobilne została zbudowana.

3.2 Funkcjonalności urządzenia

- Pobieranie danych o nacisku opuszków palców na powierzchnię.
- Pobieranie danych o zgięciu palców dloni.
- Pobieranie danych o orientacji względem wektora grawitacji.
- Agregacja danych do odpowiednich jednostek.
- Aproksymacja danych w celu określenia kątów ugięcia oraz kątów rotacji (RPY).
- Wysyłanie danych przez USB, UART, Bluetooth.
- Wizualizacja nacisku opuszków palców na powierzchnię za pomocą LEDów RGB. (niezrealizowane)

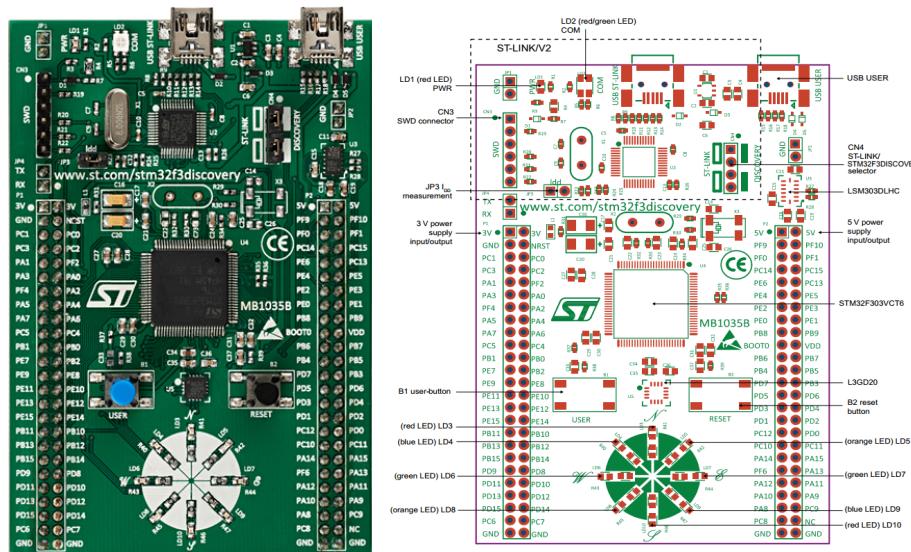
3.3 Schematy układu elektronicznego

W ramach projektów Wizualizacja Danych Sensorycznych oraz Roboty Mobilne, nie jest przygotowywany własny układ elektroniczny. Połączenia za pomocą przewodów z płytą sterującą oddaje schemat ideowy. Ideowy schemat połączeń urządzenia pomiarowego, współpracującego z aplikacją został przedstawiony na rysunku 11. Schematy elektroniki głównej płytki z



Rysunek 11: Ideowy schemat połączeń rękawicy sensorycznej

mikrokontrolerem urządzenia pomiarowego można znaleźć na stronie producenta. Rysunek ułożenia elementów na płytce został ukazany na rysunku 12.



Rysunek 12: Fizyczne ułożenie elementów na płytce PCB

3.4 Parametry układu pomiarowego

3.4.1 Konfiguracja przetwornika pomiarowego

- Rozdzielczość przetwornika: 12 bitów
- Zakres pomiarowy: (0 – 4095: int), (0 – 3,3 V)
- Pomiar ciągły z wykorzystaniem DMA
- Czas próbkowania: 181,5 Cykli
- Częstotliwość zegara: 32 MHz

3.4.2 Dane czujnika ugięcia

- Długość powierzchni czynnej: 55,37 mm
- Zakres rezystancji: 25 – 125 kΩ
- Rezystor pomiarowy do dzielnika: 62 kΩ

3.4.3 Dane czujnika nacisku

- Średnica powierzchni czynnej: 5 mm
- Zakres pomiarowy nacisku: 0,2 – 20 N
- Zakres rezystancji: 150 – 10 MΩ
- Rezystor pomiarowy do dzielnika: 3 kΩ

3.4.4 Dane z akcelerometru

- Protokół komunikacyjny: I^2C
- Ilość osi: 3
- Maksymalne przeciążenie: $\pm 16g$
- Dokładność pomiaru: 16 bitów

3.5 Opis protokołu komunikacji

Wykorzystano trzy sposoby komunikacji z urządzeniem pomiarowym. Możliwość przełączania między urządzeniami została przewidziana w aplikacji. Dane odbierane z rękawicy zostaną wstępnie przetworzone przez urządzenie pomiarowe.

3.6 Ramka danych

- Typ danych: float
- Sposób odbierania danych: COM Port (QSerialPort)
- Sposób kodowania wiadomości: ANSI
- Suma kontrolna: brak
- Struktura wiadomości: 1 linia danych
 - Znak początku 'S'
 - 15x float – kąty obrotu przegubów palców ($\pm 180, 0^\circ$)
 - 5x int – dane z czujników nacisku (0 – 255)
 - 3x float – kąty obrotu parametryzacji Roll Pitch Yaw ($\pm 180, 0^\circ$)
 - 3x float – przyśpieszenie w trzech osiach XYZ ($\pm 18 \frac{m}{s^2}$)
 - 10x float – odczyty czujników ugięcia (0,0 – 3,3 V)
 - Znak końca 'R'
 - Linia zakończona znakami \r \n
- Zrezygnowano ze szczegółowego opisu niskopoziomowego ramki danych, gdyż jest on obsługiwany przez dostępne biblioteki

3.6.1 Bluetooth

- Nazwa modułu komunikacyjnego: HC – 06
- Interfejs komunikacyjny ze strony urządzenia: UART
- Interfejs komunikacyjny ze strony aplikacji: Serial COM Port / moduł QtBluetooth
- Baud Rate: 9600 b/s
- Długość słowa: 8 bit
- Parzystość: brak
- Bity stopu: 1
- Nadpróbkowanie: 16 próbek
- Wykorzystanie przerwań i/lub DMA

3.6.2 USB – Serial Port

- Nazwa modułu komunikacyjnego: Wbudowany
- Interfejs komunikacyjny ze strony urządzenia: USB Device (FS)
- Interfejs komunikacyjny ze strony aplikacji: Serial COM Port
- Szybkość: 12 Mb/s
- Maksymalna wielkość pakietu: 64 B

4 Harmonogram

- (31.03.2017) (**Wykonane**) Uruchomienie i przetestowanie pętli USB→UART→USB w celu symulacji danych sensorycznych.
- (14.04.2017) (**Wykonane**) Stworzenie struktur danych wykorzystywanych w aplikacji (przeguby, manipulatory, scena).
- (14.04.2017) (**Wykonane**) Stworzenie projektu okna programu.
- (05.05.2017) (**Wykonane**) Stworzenie uproszczonego modelu kośca dłoni.
- (14.05.2017) (**Wykonane**) Stworzenie elementów wizualizacji nacisku.
- (18.05.2017) (**Wykonane**) Zmiana koloru i/lub wielkości sfer na podstawie odczytów z czujników nacisku.
- (26.05.2017) (**Zrezygnowano**) Komunikacja przez Bluetooth.
- (26.05.2017) (**Wykonane**) Komunikacja przez USB.
- (01.06.2017) (**Wykonane**) Stworzenie okna programu.
- (01.06.2017) (**Wykonane**) Wczytywanie i dekodowanie danych z rękawicy sensorycznej.
- (05.06.2017) (**Wykonane**) Poruszanie przegubami na podstawie odczytów z tensorów.
- (05.06.2017) (**Wykonane**) Obrót modelu na podstawie akcelerometru.
- (11.06.2017) (**Wykonane**) Testy aplikacji.
- (15.06.2017) (**Wykonane**) Naprawianie błędów.
- (15.06.2017) (**Częściowo wykonane**) Poprawianie funkcjonalności i optymalizacja kodu.

Wizualizacja Danych Sensory...

Kamienie milowe projektu

Uruchomienie pętli USB UART USB

Stworzenie struktur danych aplikacji

Stworzenie projektu okna programu

Wczytywanie i dekodowanie danych

Stworzenie modelu dloni

Elementy wizualizacji rączki

Poruszanie modelem

Wizualizacja nacisku i ugięcia

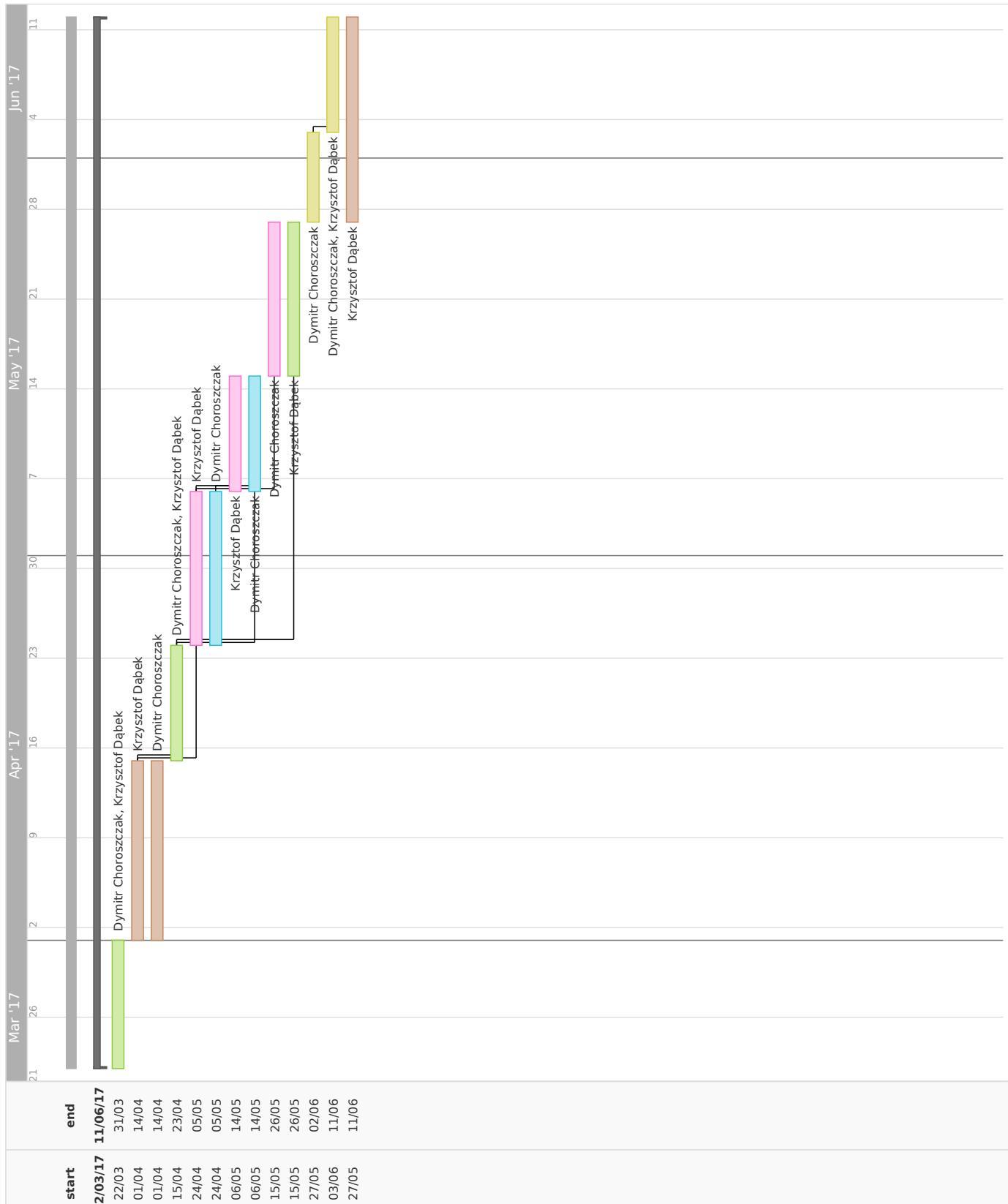
Rotacja modelu

Komunikacja przez Bluetooth

Testy aplikacji

Naprawianie błędów

Wizualne ulepszenie aplikacji



5 Podsumowanie

- Niedokładne odwzorowanie ruchu ręki spowodowane jest trudnościami w przeprowadzeniu dokładnych pomiarów oraz aproksymacji.
- Pomiar obarczone są dużym błędem z powodu niestabilnej konstrukcji (czujniki przesuwają się) oraz problemu w wyborze metody pomiarowej.
- Z powodu braku miejsca i zbyt dużej ilości przewodów zrezygnowano z LEDów RGB na rękawicy.
- Z powodu błędego funkcjonowania modułu Bluetooth komputera oraz niezadowalającej szybkości przesyłu, zrezygnowano z połączenia rękawicy.
- Przygotowana aplikacja umożliwia wizualizację danych rękawicy oraz analizę danych pod względem wykrywania gestów.
- Zrezygnowano z parametryzacji odczytów akcelerometru do kątów RPY (ograniczono się do kąta Pitch) z powodu dużych błędów w obliczaniu kątów oraz niestabilności danych z akcelerometru.
- Zrezygnowano z części interfejsu użytkownika z powodu ograniczeń czasowych lub zbytniego skomplikowania założonej funkcji.
Najważniejsze funkcje zostały zaimplementowane zgodnie z założeniami projektu.