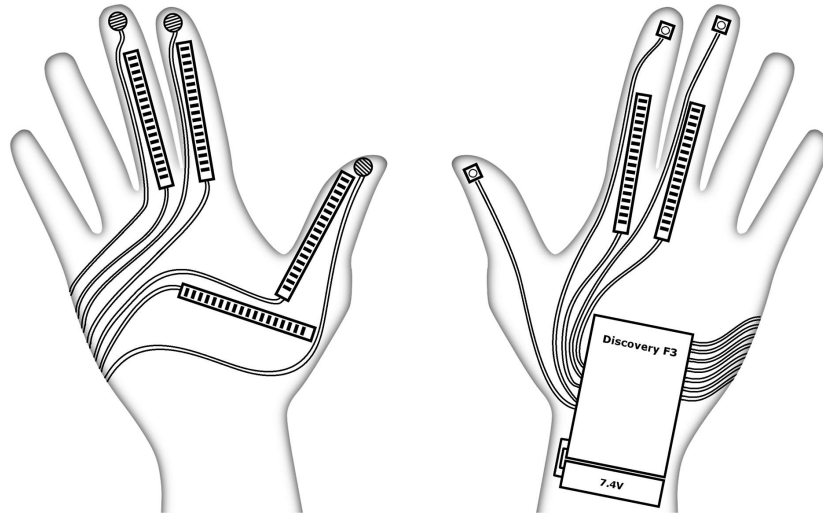


Dokumentacja techniczna projektu Rękawica Sensoryczna

Projekt realizowany w ramach kursu Roboty Mobilne 1 na Politechnice Wrocławskiej



Temat Projektu: Rękawica sensoryczna

Autorzy: Krzysztof Dąbek 218549, Dymitr Choroszczak 218627,
Anna Postawka 218556

Kierunek: Automatyka i Robotyka

Specjalność: Robotyka (ARR)

Prowadzący: dr inż. Andrzej Wołczowski

Kurs: Roboty Mobilne 1

Termin zajęć: pn TN 11:15, śr TN 14:30

19 CZERWCA 2017

Spis treści

1	Główne założenia projektowe:	2
2	Opis czujników	2
2.1	Parametry	2
2.1.1	Dane czujnika nacisku	2
2.1.2	Dane czujnika ugięcia	2
2.1.3	Dane z akcelerometru	3
2.2	Odczyt danych z czujników	3
2.2.1	Czujniki nacisku	3
2.2.2	Czujniki ugięcia	3
2.2.3	Akcelerometr	3
3	Elementy składowe projektu	4
3.1	Połączenie z komputerem	4
3.2	Struktury danych	4
3.3	Wizualizacja dłoni	6
3.4	Pomiar parametrów w czasie rzeczywistym	6
4	Badania z wykorzystaniem rękawicy	6
4.1	Przykładowe gesty	8
5	Podsumowanie	8
5.1	Problemy podczas konstrukcji	8
5.2	Zmiany w założeniach projektowych	9
5.3	Pomysły na rozwinięcie projektu	9

1 Główne założenia projektowe:

- Stworzenie rękawicy z czujnikami ugięcia w trzech palcach oraz czujnikami nacisku na opuszkach
- Zamontowanie na opuszkach LEDów (np. RGB) wizualizujących odczyty z czujników nacisku
- Wykorzystanie płytki STM32F3Discovery do przetwarzania danych
- Użycie akcelerometru zawartego na płytce do określenia położenia dłoni względem pionu (wektora przyspieszenia grawitacyjnego)
- Bezprzewodowe przesyłanie danych do komputera za pomocą modułu Bluetooth HC-06
- Przewodowe przesyłanie danych do komputera za pomocą interfejsu USB
- Zewnętrzne zasilanie z akumulatora
- Uproszczony model dłoni w wizualizacji 3D

2 Opis czujników

- Na opuszkach palców zamontowano **czujniki nacisku FSR-400 Short od Interlink Electronics**. Spadek rezystancji przy przyłożonej sile pozwala zmierzyć siłę nacisku [rys. 1].
- Do wykrycia zgięcia stawów międzypaliczkowych i śródręczno-paliczkowych oraz stawów kciuka zastosowano **czujniki ugięcia – Flex Sensory 2.2" firmy Spectra Symbol**. Zgięcie tych sensorów powoduje wzrost rezystancji.
- **Akcelerometr LSM303DLHC**, znajdujący się na płytce Discovery został użyty do określenia orientacji rękawicy względem wektora grawitacji.

2.1 Parametry

Patrz: Tabela 1, Tabela 2, Tabela 3.

2.1.1 Dane czujnika nacisku

- Średnica powierzchni czynnej: 5 mm
- Zakres pomiarowy nacisku: 0.2 - 20 N
- Zakres rezystancji: 150 Ohm - 10 MOhm
- Rezystor pomiarowy do dzielnika: 3 kOhm

2.1.2 Dane czujnika ugięcia

- Długość powierzchni czynnej: 55.37 mm
- Zakres rezystancji: 25 kOhm - 125 kOhm
- Rezystor pomiarowy do dzielnika: 62 kOhm

2.1.3 Dane z akcelerometru

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

2.2 Odczyt danych z czujników

2.2.1 Czujniki nacisku

Dane z czujników są odczytywane za pomocą przetwornika ADC oraz przy użyciu DMA (Direct Memory Access), co pozwala na bezpośrednie przekierowanie danych z czujników do odpowiednich zmiennych, bez wywoływania dodatkowej funkcji zwracającej wynik pomiaru.

2.2.2 Czujniki ugięcia

Obsługa taka sama jak w: Czujniki nacisku.

2.2.3 Akcelerometr

Z akcelerometrem komunikacja następuje po interfejsie I^2C .

Zakres	0,2–20 N
Masa	0,15 g
Wymiary zewnętrzne	7,6 x 7,6 x 0,4 mm

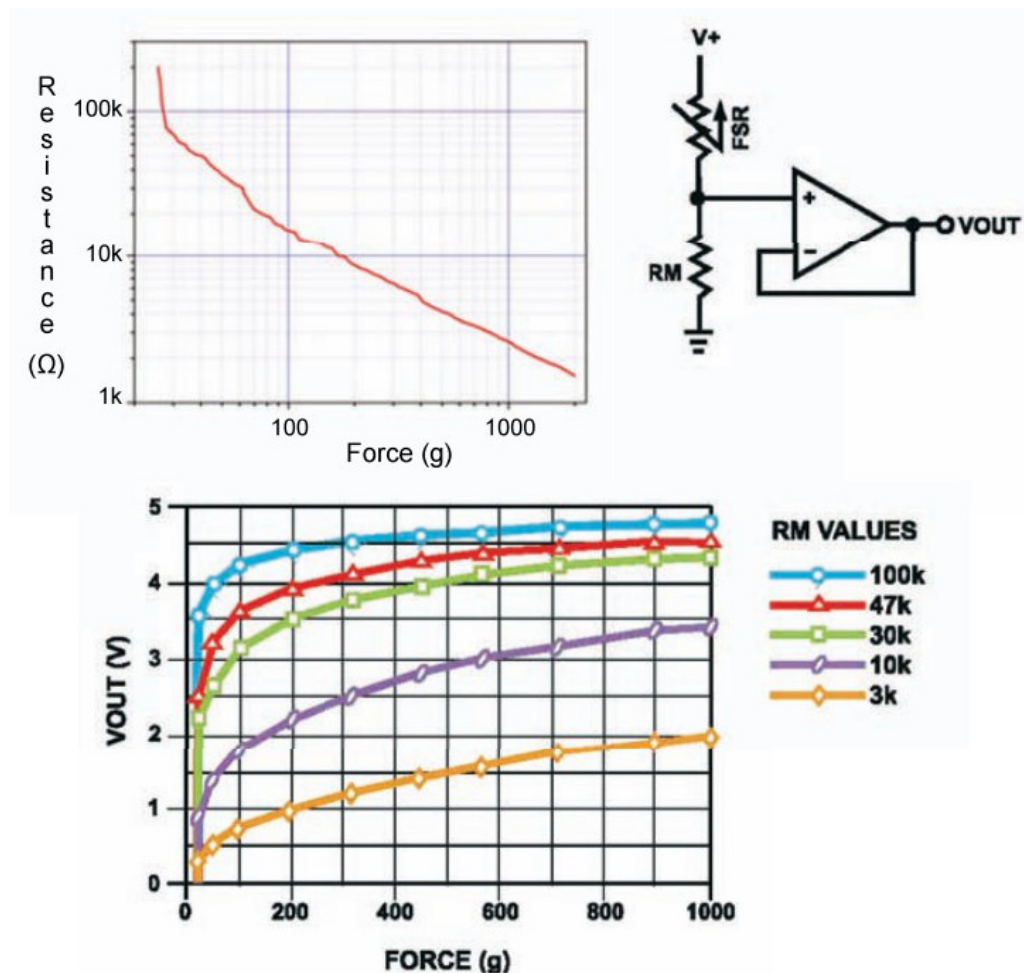
Tablica 1: Czujnik siły nacisku FSR-400

Min. wartość rezystancji	25 k Ω
Zakres rezystancji podczas zginania	45–125 k Ω
Dł. całkowita	73,66 mm
Dł. użyteczna czujnika	55,37 mm
Szerokość	6,35 mm

Tablica 2: Czujnik ugięcia Flex Sensor 2.2"

Napięcie pracy	2,2–3,6 V
Interfejs komunikacyjny	I^2C
Rozdzielczość	16 bitów
Regulowany zakres akcelerometru	$\pm 2g$, $\pm 4g$, $\pm 8g$, $\pm 16g$
Zakres magnetometru	od $\pm 1,3$ do $\pm 8,1$ gauss

Tablica 3: LSM303DLHC – 3-osiowy akcelerometr i magnetometr I^2C



Rysunek 1: Układ pomiarowy oraz wykresy zależności napięć i rezystancji od przyłożonej siły dla czujnika FSR-400

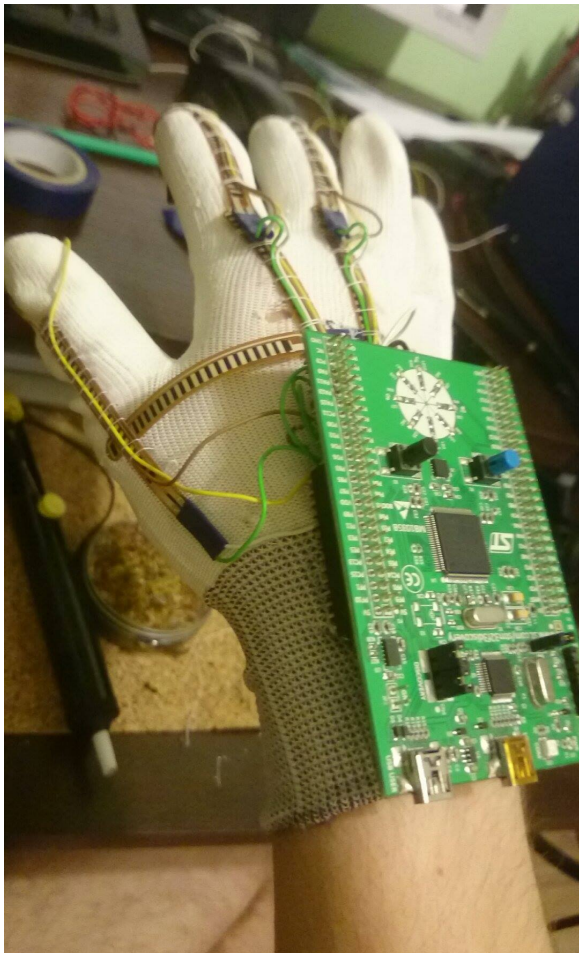
3 Elementy składowe projektu

Rękawica sensoryczna zbiera dane z prawej dłoni. Czujniki ugięcia przyszyto na zewnętrznej stronie dłoni [rys. 2a]. Przetestowano kilka ustawień czujników i takie zdaje się najlepiej spełniać założenia, czyli poprawnie odczytywać zgięcia konkretnych stawów palców, nie ograniczając przy tym ruchów dłoni. Czujniki nacisku przymocowano na opuszkach [rys. 2b]. Zostały one przyklejone klejem błyskawicznym. Przymocowano również na wierzchu dłoni 2 listwy żeńskie do wpięcia płytki Discovery F3, aby móc pobierać dane z akcelerometru i wykrywać obrót ręki [rys. 2a].

3.1 Hardware

Rękawica składa się z następujących elementów:

- 3 czujniki nacisku – kciuk, palec wskazujący i palec środkowy
- 10 czujników ugięcia – po 2 na każdy palec
- Akcelerometr
- Moduł sterujący – płytki STM32F3 - Discovery
- Dzielniki napięciowe



(a) Zewnętrzna część dłoni



(b) Wewnętrzna część dłoni

Rysunek 2: Gotowa rękawica

- Konwerter USB-UART
-

3.2 Połączenie z komputerem

Płytką STM32F3DISCOVERY można połączyć się z komputerem za pomocą interfejsu USB.

3.3 Struktury danych

Dane z czujników są przechowywane w następujących strukturach:

```

1 #define FINGER_JOINT_COUNT 3
2 #define FINGER_COUNT 5
3 #define FLEX_SENSOR_COUNT 10
4 #define TENSION_SENSOR_COUNT 5
5 #define ACCELEROMETER_AXIS_COUNT 3
6 #define SENSOR_COUNT (FLEX_SENSOR_COUNT+TENSION_SENSOR_COUNT+
   ACCELEROMETER_AXIS_COUNT)
7
8
9 typedef struct s_measurements
10 {
11     uint16_t FlexSensor[FLEX_SENSOR_COUNT];

```



Rysunek 3: Zdjęcie rękawicy w fazie montażu (aktualny rozkład czujników jest zmieniony)

```

12  uint16_t TensionSensor[TENSION_SENSOR_COUNT];
13  int16_t Accelerometer[ACCELEROMETER_AXIS_COUNT];
14  } s_measurements;
15
16  typedef struct s_AggregatedMeasurements
17  {
18      float FlexSensor[FLEX_SENSOR_COUNT];
19      uint8_t TensionSensor[TENSION_SENSOR_COUNT];
20      float Accelerometer[ACCELEROMETER_AXIS_COUNT];
21  } s_AggregatedMeasurements;
22
23  typedef struct s_JointAngles
24  {
25      float Joint[FINGER_JOINT_COUNT];
26  } s_JointAngles;

```

3.4 Wizualizacja dłoni

Aplikacja pozwala na wizualizację modelu ręki na podstawie odczytów z czujników. Powstała we frameworku Qt. Aktualny interfejs graficzny wyświetla uproszczony model dłoni [rys. 4].

3.5 Pomiar parametrów w czasie rzeczywistym

Projekt umożliwia podglądanie następujących parametrów w programie STMStudio:

Dane z czujników nacisku:

- Wyrażone w woltach
- Zobrazowane za pomocą przestrzeni kolorów HSV

Dane z czujników ugięcia:

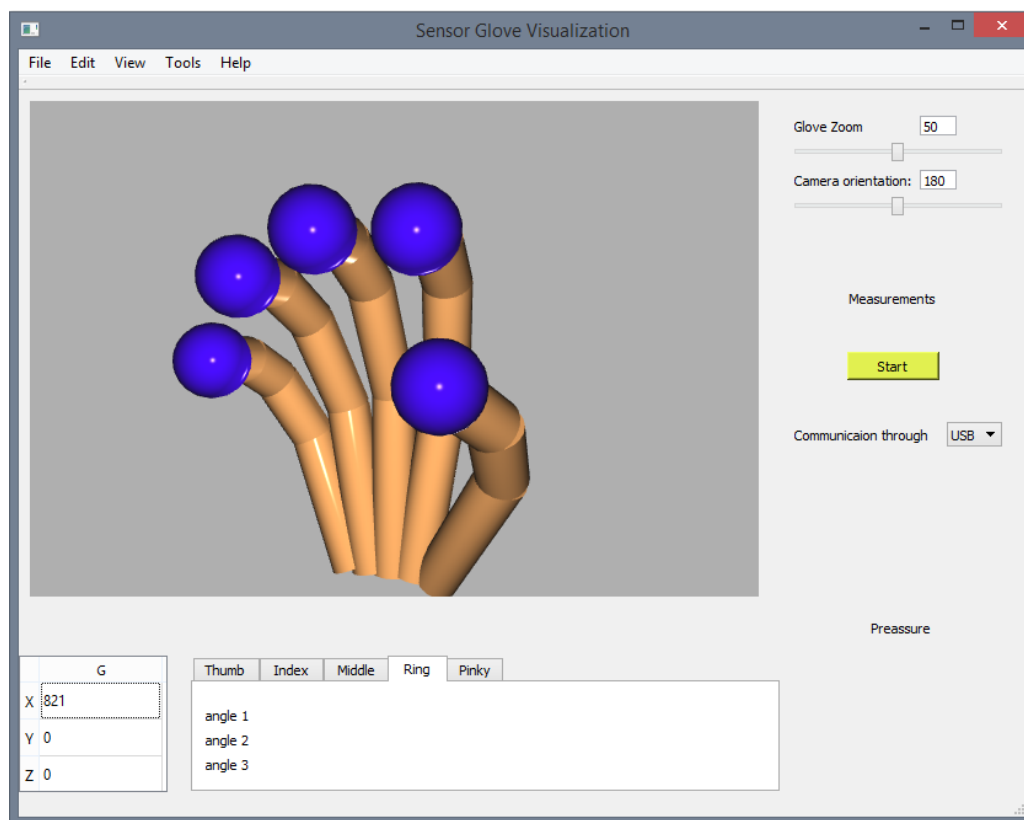
- Wyrażone w woltach
- Interpolowane liniowo na kąty w przegubach

Dane z akcelerometru:

- Wyrażone w m/s^2

Powyższe wartości są filtrowane na bieżąco przez filtr dolnoprzepustowy ze zmiennym parametrem β (zależnie od metody wysyłania).

$$y[n] - \beta y[n - 1] = (1 - \beta)x[n]$$



Rysunek 4: Aktualny interfejs graficzny

4 Badania z wykorzystaniem rękawicy

Rękawica sensoryczna pozwala na zbieranie pomiarów i próbę jak najdokładniejszego wykrycia konkretnych gestów ludzkiej dłoni na podstawie odczytów z czujników. Takie badania mogą być wykorzystywane m.in. przy rozwoju protez biomedycznych.

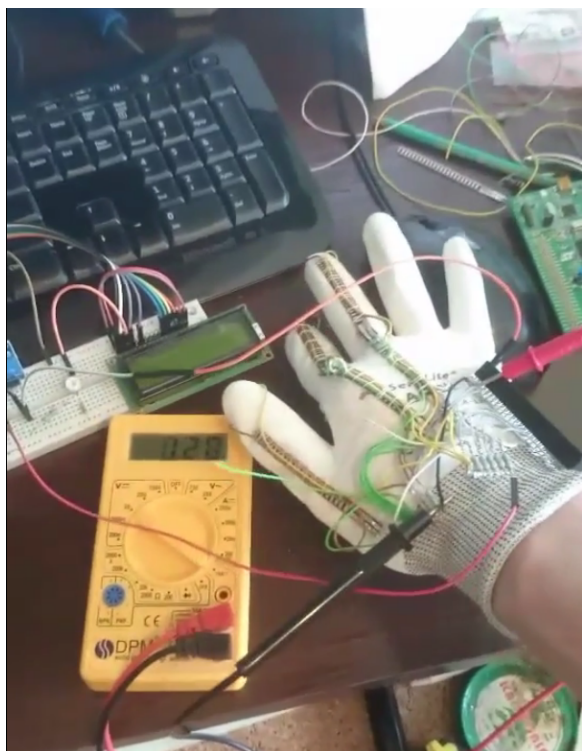
4.1 Przykładowe gesty

Pięść rys. 6

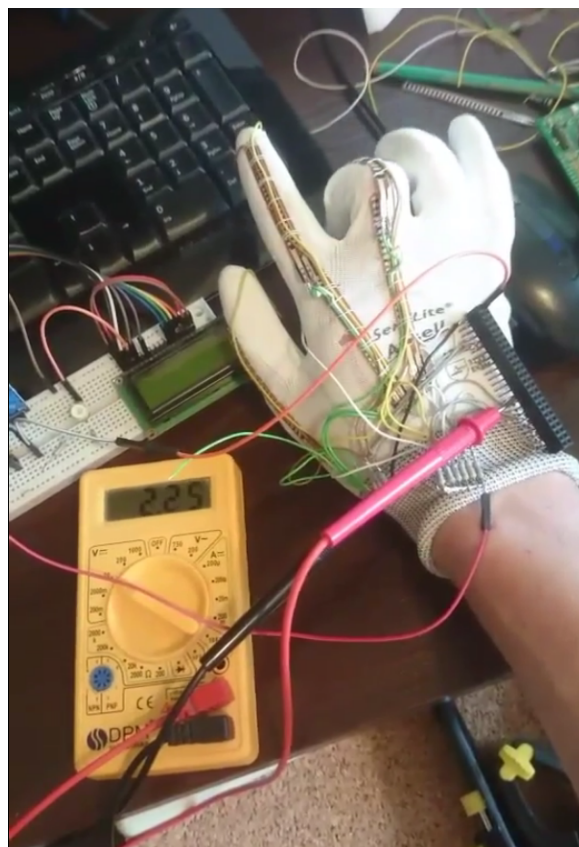
Otwarta dłoń rys. 7

Wskazywanie rys. 8

Zetknięcie palców rys. 9



(a) Testowanie czujników nacisku



(b) Testowanie czujników ugięcia

Rysunek 5: Testy

(a) Zdjęcie przykładowego gestu

(b) Wizualizacja w 3D

Rysunek 6: Gest zamkniętej pięści

(a) Zdjęcie przykładowego gestu

(b) Wizualizacja w 3D

Rysunek 7: Gest otwartej dłoni

(a) Zdjęcie przykładowego gestu

(b) Wizualizacja w 3D

Rysunek 8: Gest pokazywania palcem wskazującym

(a) Zdjęcie przykładowego gestu

(b) Wizualizacja w 3D

Rysunek 9: Gest zetknięcia palca wskazującego i kciuka

5 Podsumowanie

5.1 Problemy podczas konstrukcji

- *Mała powierzchnia czujników nacisku* – przy niektórych chwytach człowiek wykorzystuje różne części palców, np. powierzchnię boczną, a czujniki umieszczone są tylko na opuszkach
- *Problem z umieszczeniem czujnika rotacji kciuka* – jest to złożony ruch, trudno wychwycić

go jednym wąskim czujnikiem

- *Różnice w dłoniach konstruktorów* – rękawica musi pasować do konkretnej dłoni, żeby czujniki były na odpowiednich miejscach i poprawnie zbierały pomiary
- *Mała dokładność czujników, przesuwanie się ich na rękawicy*
- *Niedoskonałość pomiarów kątów zgięcia palców* – przy danej konstrukcji i typie czujników nie jest możliwe uzyskanie tak wysokiej dokładności, jak zakładano
- *Trudności w uzyskaniu poprawnego działania aproksymacji kątów z akcelerometru*
- *Kłopoty z interpolacją / aproksymacją* – jest to trudne do uzyskania w C
- *Komplikacje przy zamówieniu elementów elektronicznych na katedrę* – brak kontaktu z laborantem sprawił, że przez pewien czas nie można było uzyskać informacji, czy zamówienie zostało złożone, co poskutkowało opóźnieniem projektu

5.2 Zmiany w założeniach projektowych

- *Zamontowanie na opuszkach LEDów wizualizujących odczyty z czujników nacisku* – zabrakło miejsca, bo czujniki trzeba było przesunąć w stosunku do wstępnego schematu, a poza tym każda dioda wymagałaby 4 kabli, co utrudniałoby ruchy dłoni
- *Bezprzewodowe przesyłanie danych do komputera za pomocą modułu Bluetooth* – zrezygnowano, bo okazało się za wolne (BaudRate 9600 nie wystarcza)

5.3 Pomysły na rozwinięcie projektu

- RPY z wielu akcelerometrów
- Dokładniejsze pomiary i metoda interpolacji
- Wykrywanie większej ilości gestów
- Sterowanie robotem za pomocą gestów
- Dodatkowe czujniki nacisku