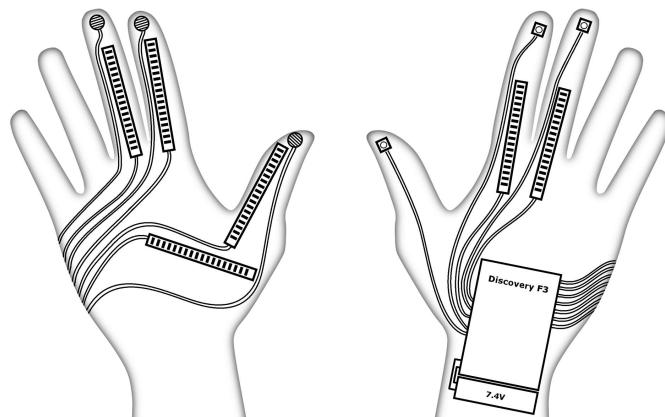


Dokumentacja techniczna projektu Rękawica Sensoryczna

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

Spis treści

1	Główne założenia projektowe:	2
2	Opis czujników	2
2.1	Dane czujnika nacisku	2
2.2	Dane czujnika ugięcia	3
2.3	Dane z akcelerometru	3
3	Elementy składowe projektu	4
3.1	Połączenie z komputerem	5
3.2	Odczyt danych z czujników	6
3.2.1	Tensometry	6
3.2.2	Czujniki nacisku	6
3.2.3	Akcelerometr	6
3.3	Wizualizacja dloni	6
3.4	Pomiar parametrów w czasie rzeczywistym	6
4	Badania z wykorzystaniem rękawicy	8
4.1	Dane pomiarowe	8
4.2	Przykładowe gesty	9
5	Podsumowanie	11
5.1	Problemy podczas konstrukcji	11
5.2	Zmiany w założeniach projektowych	13
5.3	Pomysły na rozwinięcie projektu	13

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 dloni względem pionu (wektora przyśpieszenia 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 dloni 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 Sensors 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 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

2.2 Dane czujnika ugięcia

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

2.3 Dane z akcelerometru

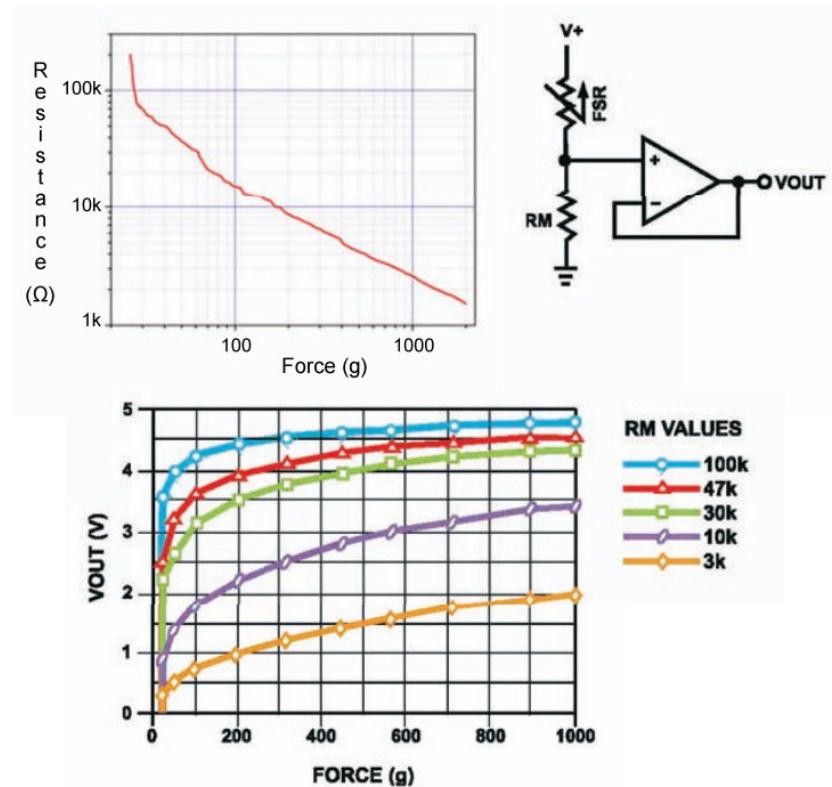
- Protokół komunikacyjny: I^2C
- Ilość osi: 3
- Maksymalne przeciążenie: 16g
- Dokładność pomiaru: 16 bitów

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

Tabela 1: Czujnik siły nacisku FSR-400

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

Tabela 2: Czujnik ugięcia Flex Sensor 2.2"



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

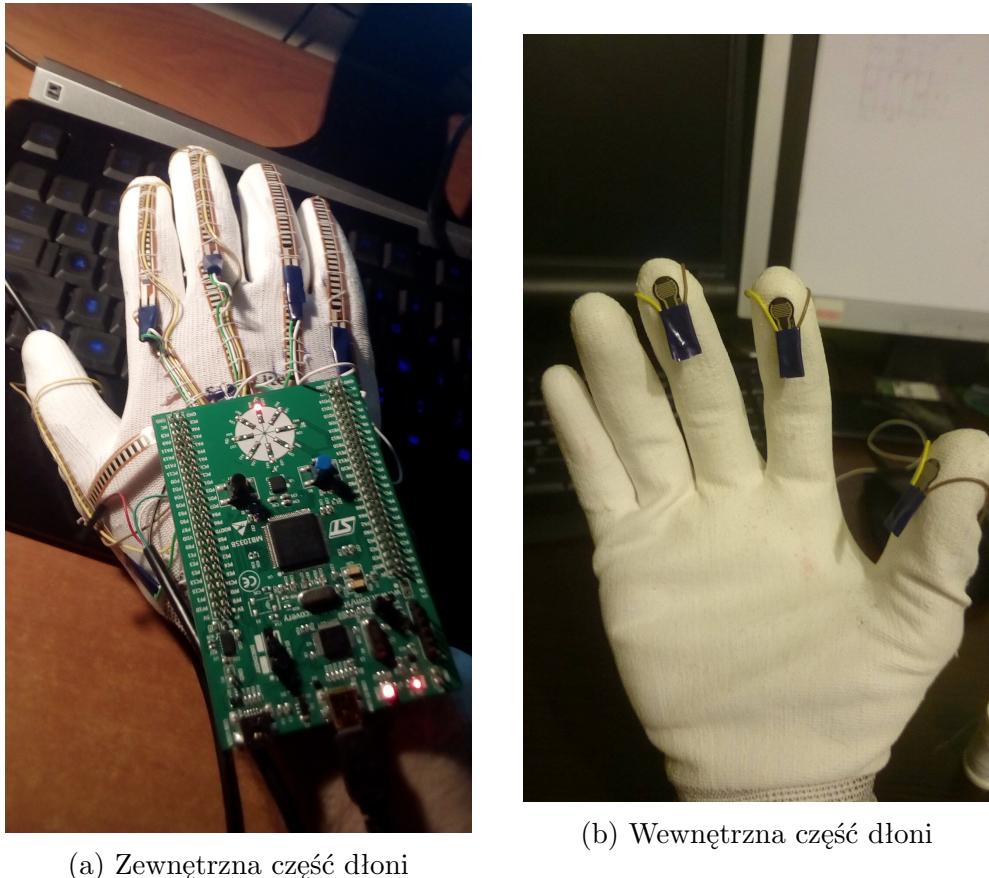
Napięcie pracy	2,2–3,6 V
Interfejs komunikacyjny	I2C
Rozdzielcość	16 bitów
Regulowany zakres akcelerometru	$\pm 2\text{g}$, $\pm 4\text{g}$, $\pm 8\text{g}$, $\pm 16\text{g}$
Zakres magnetometru	od $\pm 1,3$ do $\pm 8,1$ gauss
Wymiary płytki	37 x 15 mm

Tabela 3: LSM303DLHC – 3-osiowy akcelerometr i magnetometr I2C

3 Elementy składowe projektu

Rękawica sensoryczna zbiera dane z trzech palców prawej ręki. 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 opuszkaach [rys. 2b]. Zostały

one przyklejone klejem błyskawicznym. Przymocowano również na wierzchu dłoni 2 listwy żeńskie do wpięcia płytka Discovery F3, aby móc pobierać dane z akcelerometru i wykrywać obrót ręki [rys. 2a].



Rysunek 2: Gotowa rękawica

3.1 Połaczenie z komputerem

Płytkę STM32F3DISCOVERY potrafi połączyć się z komputerem za pomocą interfejsu USB i UART. Zrezygnowano z połączenia za pomocą Bluetooth ze względu na zbyt małą szybkość przesyłania oraz niepoprawne funkcjonowanie modułu Bluetooth komputera.

3.2 Odczyt danych z czujników

3.2.1 Tensometry

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 wywoływanie dodatkowej funkcji zwracającej wynik pomiaru.

3.2.2 Czujniki nacisku

Obsługa taka sama jak w: Tensometry.

3.2.3 Akcelerometr

Z akcelerometrem komunikacja następuje po interfejsie I2C.

3.3 Wizualizacja dloni

Aplikacja pozwala na wizualizację modelu ręki na podstawie odczytów z czujników. Powstała we frameworku Qt. Aktualny interfejs graficzny wyświetla uproszczony model dłoni [rys. 3].

3.4 Pomiar parametrów w czasie rzeczywistym

Projekt umożliwia podglądarkanie następujących parametrów w programie STM-Studio:

- Przetwarzanie na wolty
- Przetwarzanie na m/s^2
- Przetwarzanie na nastawy przegubów
- Przetwarzanie na kąty RPY

Powyższe wartości są filtrowane na bieżąco przez filtr dolnoprzepustowy ze zmiennym parametrem β .

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

Nastawy przegubów są interpolowane funkcją liniową na podstawie pomiarów w skrajnych przypadkach maksymalnego i minimalnego zgięcia. Pomiary obarczone są dużym błędem ze względu na niestabilność konstrukcji (przesuwanie się czujników) oraz trudność w dobraniu metody pomiarowej. Pomiary przedstawiono poniżej.

- **Kciuk**

Minimalne wartości odczytów czujników: 2500,1850

Maksymalne wartości odczytów czujników: 2130,2500

Minimalne zmierzone wartości kątów w przegubach: 0.0,0.0,0.0

Maksymalne zmierzone wartości kątów w przegubach: 90.0,45.0,70.0

- **Palec wskazujący**

Minimalne wartości odczytów czujników: 1920,1800

Maksymalne wartości odczytów czujników: 2760,3200

Minimalne zmierzone wartości kątów w przegubach: 0.0,0.0,0.0

Maksymalne zmierzone wartości kątów w przegubach: 85.0,130.0,55.0

- **Palec środkowy**

Minimalne wartości odczytów czujników: 1920,1650

Maksymalne wartości odczytów czujników: 2650,2880

Minimalne zmierzone wartości kątów w przegubach: 0.0,0.0,0.0

Maksymalne zmierzone wartości kątów w przegubach: 90.0,120.0,70.0

- **Palec serdeczny**

Minimalne wartości odczytów czujników: 1750,1560

Maksymalne wartości odczytów czujników: 2300,2300

Minimalne zmierzone wartości kątów w przegubach: 0.0,0.0,0.0

Maksymalne zmierzone wartości kątów w przegubach: 80.0,100.0,85.0

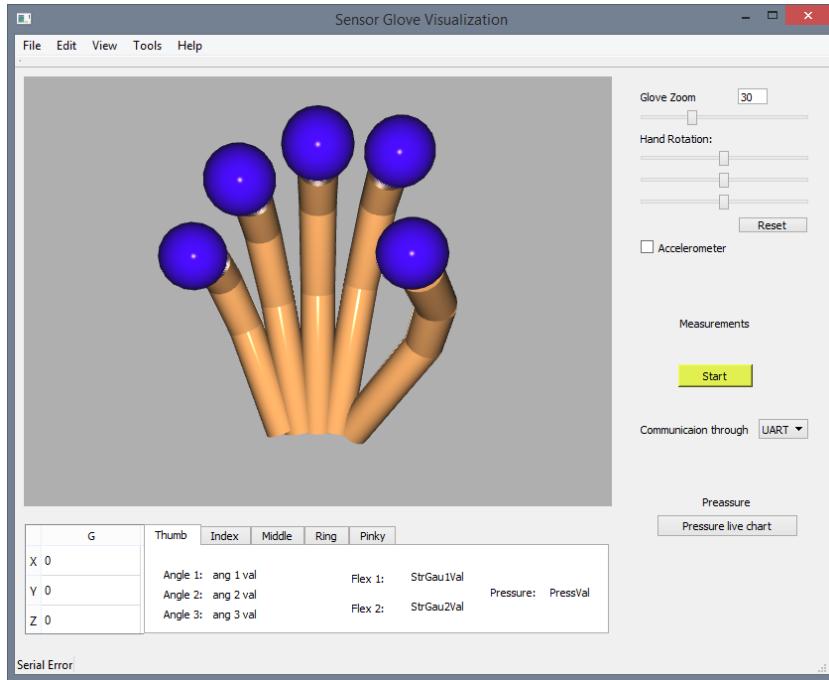
- **Palec mały**

Minimalne wartości odczytów czujników: 1520,1440

Maksymalne wartości odczytów czujników: 2580,2930

Minimalne zmierzone wartości kątów w przegubach: 0.0,0.0,0.0

Maksymalne zmierzone wartości kątów w przegubach: 90.0,90.0,90.0



Rysunek 3: Aktualny interfejs graficzny

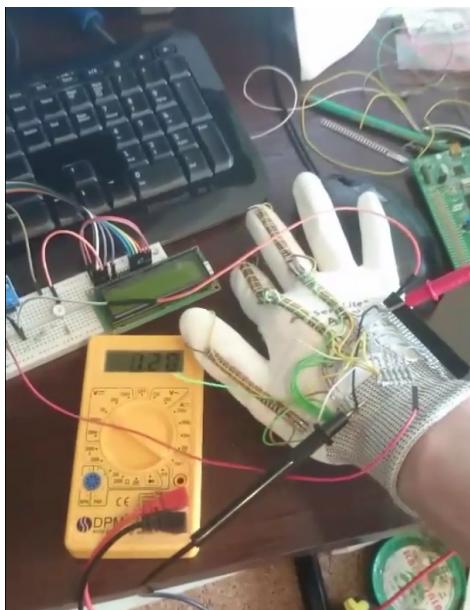
4 Badania z wykorzystaniem rękawicy

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

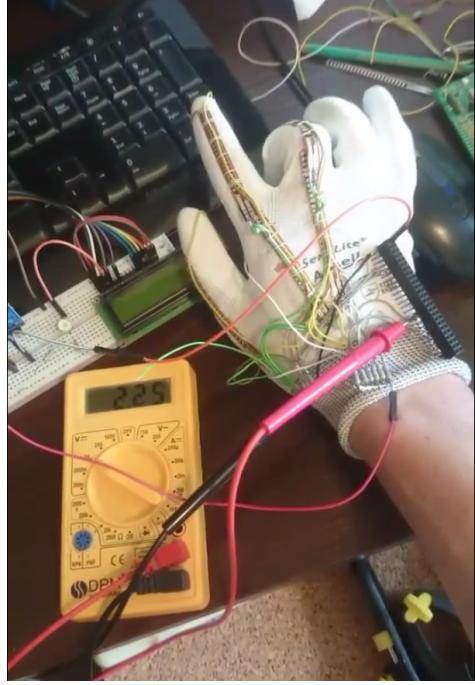
Wykrywanie gestów sprowadza się do ustawienia odpowiednich progów na niektórych czujnikach ugięcia i nacisku, po których przekroczeniu sygnalizuje się wykrycie gestu.

4.1 Dane pomiarowe

Zbadano poprawność pozyskiwania i wysyłania danych pomiarowych za pomocą terminala (Realterm) oraz programu STMStudio. Wyniki przedstawiono na rysunkach (5, 6).



(a) Testowanie czujników nacisku



(b) Testowanie czujników ugięcia

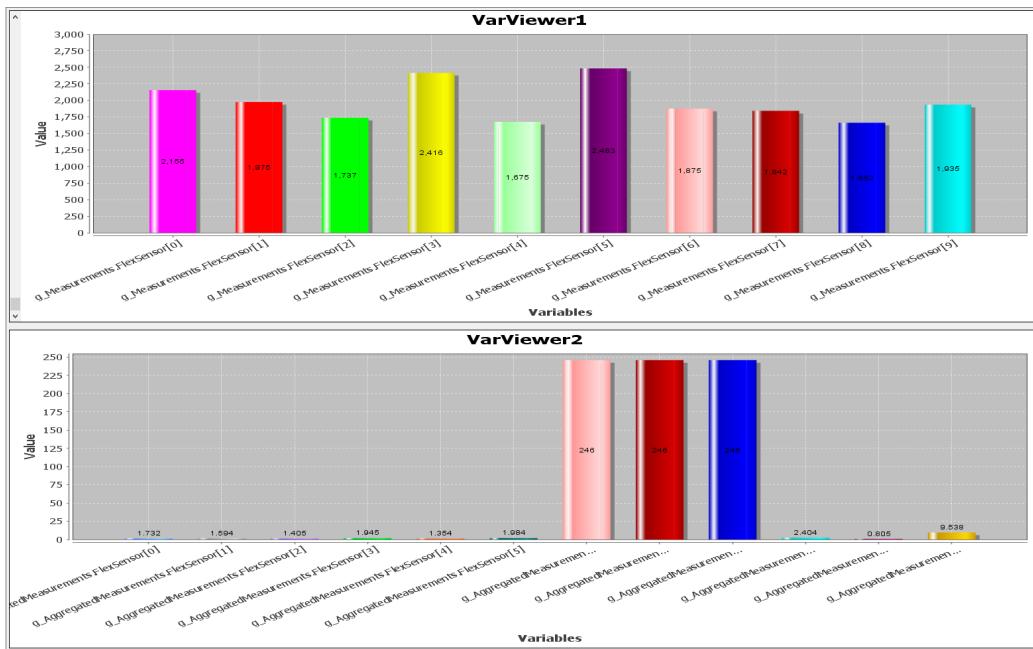
Rysunek 4: Testy

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40	41	42	43	44	45	46	47	48	49	50	51	52	53	54	55	56	57	58	59	60	61	62	63	64	65	66	67	68	69	70	71	72	73	74	75	76	77	78	79	80	81	82	83	84	85	86	87	88	89	90	91	92	93	94	95	96	97	98	99	100	101	102	103	104	105	106	107	108	109	110	111	112	113	114	115	116	117	118	119	120	121	122	123	124	125	126	127	128	129	130	131	132	133	134	135	136	137	138	139	140	141	142	143	144	145	146	147	148	149	150	151	152	153	154	155	156	157	158	159	160	161	162	163	164	165	166	167	168	169	170	171	172	173	174	175	176	177	178	179	180	181	182	183	184	185	186	187	188	189	190	191	192	193	194	195	196	197	198	199	200	201	202	203	204	205	206	207	208	209	210	211	212	213	214	215	216	217	218	219	220	221	222	223	224	225	226	227	228	229	230	231	232	233	234	235	236	237	238	239	240	241	242	243	244	245	246	247	248	249	250	251	252	253	254	255	256	257	258	259	260	261	262	263	264	265	266	267	268	269	270	271	272	273	274	275	276	277	278	279	280	281	282	283	284	285	286	287	288	289	290	291	292	293	294	295	296	297	298	299	299	298	297	296	295	294	293	292	291	290	290	289	288	287	286	285	284	283	282	281	280	280	279	278	277	276	275	274	273	272	271	270	270	269	268	267	266	265	264	263	262	261	260	260	259	258	257	256	255	254	253	252	251	250	250	249	248	247	246	245	244	243	242	241	240	240	239	238	237	236	235	234	233	232	231	230	230	229	228	227	226	225	224	223	222	221	220	220	219	218	217	216	215	214	213	212	211	210	210	209	208	207	206	205	204	203	202	201	200	200	199	198	197	196	195	194	193	192	191	190	190	189	188	187	186	185	184	183	182	181	180	180	179	178	177	176	175	174	173	172	171	170	170	169	168	167	166	165	164	163	162	161	160	160	159	158	157	156	155	154	153	152	151	150	150	149	148	147	146	145	144	143	142	141	140	140	139	138	137	136	135	134	133	132	131	130	130	129	128	127	126	125	124	123	122	121	120	120	119	118	117	116	115	114	113	112	111	110	110	109	108	107	106	105	104	103	102	101	100	100	99	98	97	96	95	94	93	92	91	90	90	89	88	87	86	85	84	83	82	81	80	80	79	78	77	76	75	74	73	72	71	70	70	69	68	67	66	65	64	63	62	61	60	60	59	58	57	56	55	54	53	52	51	50	50	49	48	47	46	45	44	43	42	41	40	40	39	38	37	36	35	34	33	32	31	30	30	29	28	27	26	25	24	23	22	21	20	20	19	18	17	16	15	14	13	12	11	10	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1	0
--	---	---	---	---	---	---	---	---	---	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---

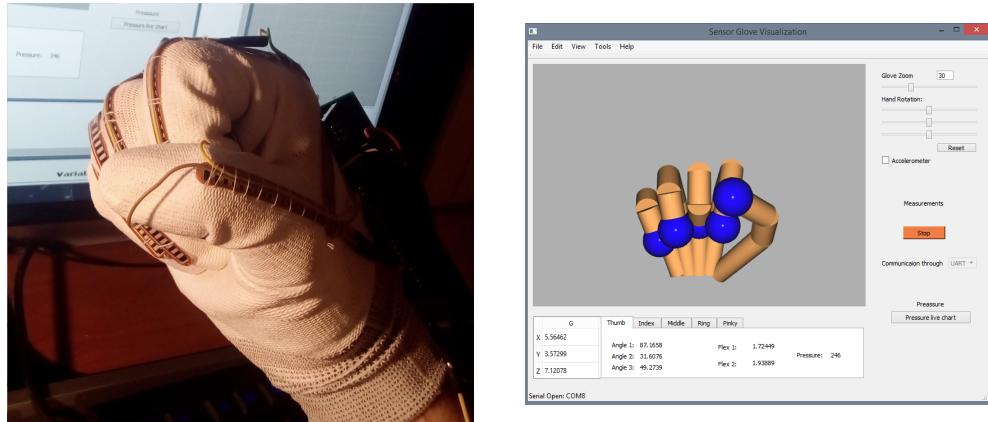
Rysunek 5: Wysyłane dane wyświetcone na terminalu

4.2 Przykładowe gesty

Badane gesty zostały przedstawione na rysunkach (7, 8, 9, 10, 11).

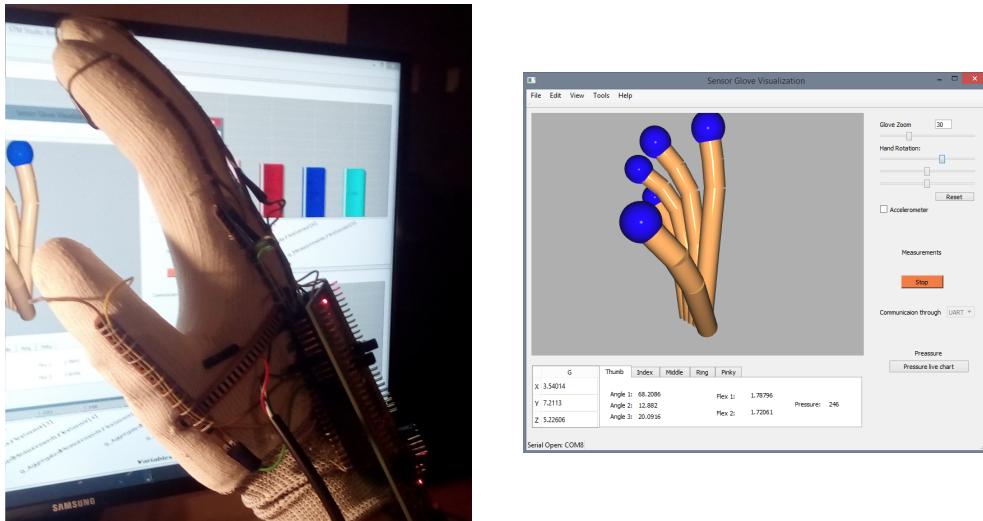


Rysunek 6: Pobierane dane wyświetcone w STMStudio



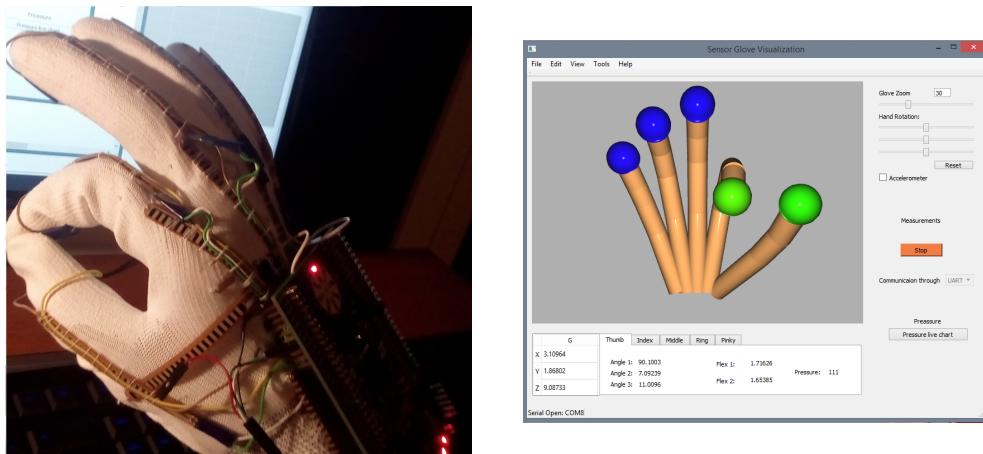
Rysunek 7: Gest – zaciśnięta pięść

Metoda identyfikacji: Kąty we wszystkich przegubach przekraczają określoną wartość.



Rysunek 8: Gest – otwarta dłoń

Metoda identyfikacji: Kąty we wszystkich przegubach nie przekraczają określonej wartości.



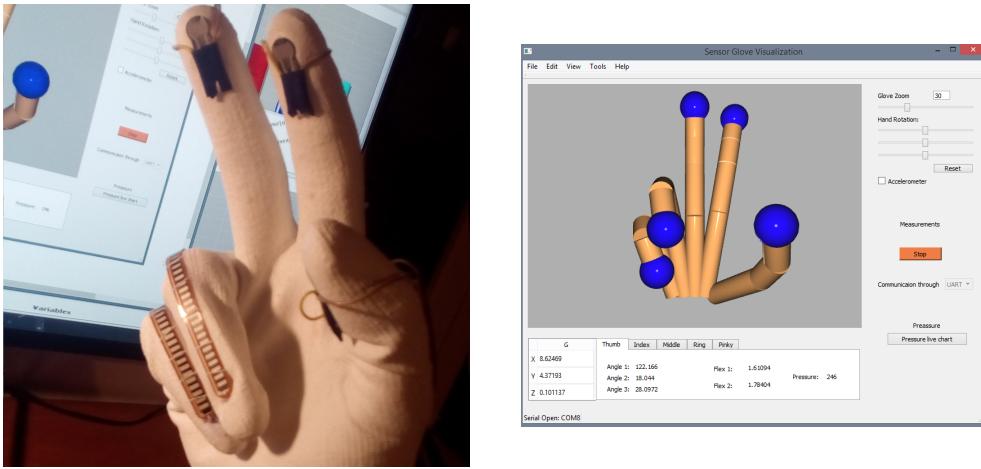
Rysunek 9: Gest – OK

Metoda identyfikacji: Nacisk na palcach przekracza określona wartość.

5 Podsumowanie

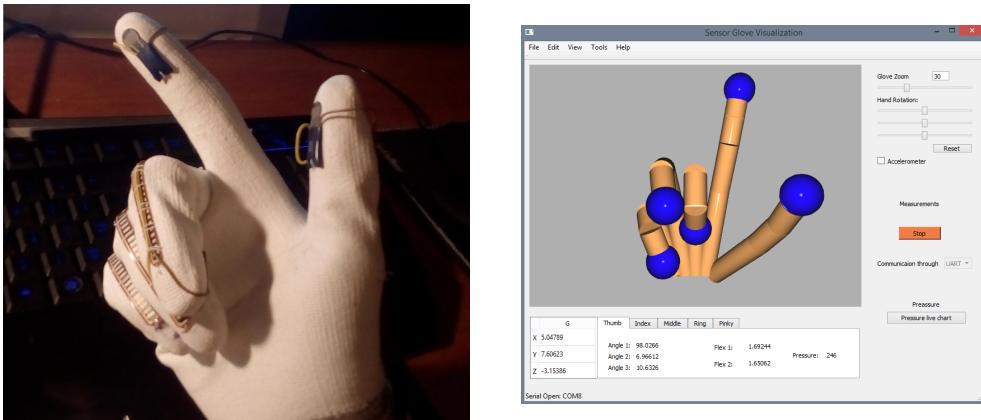
5.1 Problemy podczas konstrukcji

- Mała powierzchnia czujników nacisku – przy niektórych chwytach człowiek wykorzystuje różne części palców, np. powierzchnię boczną, a czuj-



Rysunek 10: Gest – pacyfka

Metoda identyfikacji: Kąty w przegubach kciuka oraz palców wskazującego i środkowego nie przekraczają określonej wartości. Kąty w przegubach palców serdecznego i małego przekraczają określoną wartość.



Rysunek 11: Gest – wskazywanie palcem

Metoda identyfikacji: Kąty w przegubach kciuka oraz palców środkowego, serdecznego i małego przekraczają określoną wartość. Kąty w przegubach palców wskazującego i kciuka nie przekraczają określonej wartości.

niki umieszczone są tylko na opuszkach

- *Problem z umieszczeniem czujnika rotacji kciuka – jest to złożony ruch, trudno wychwycić go jednym wąskim czujnikiem*

- *Różnice w dloniach 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

- *Bezprzewodowe przesyłanie danych do komputera za pomocą modułu Bluetooth* – zrezygnowano, bo okazało się za wolne (BaudRate 9600 nie wystarcza)
- *Zamontowanie na opuszczach 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 dloni

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