

Daniel Subocz 154777  
Mateusz Stencel 149110  
Adam Dzierżawski 136929  
Marcin Bieszk 160232

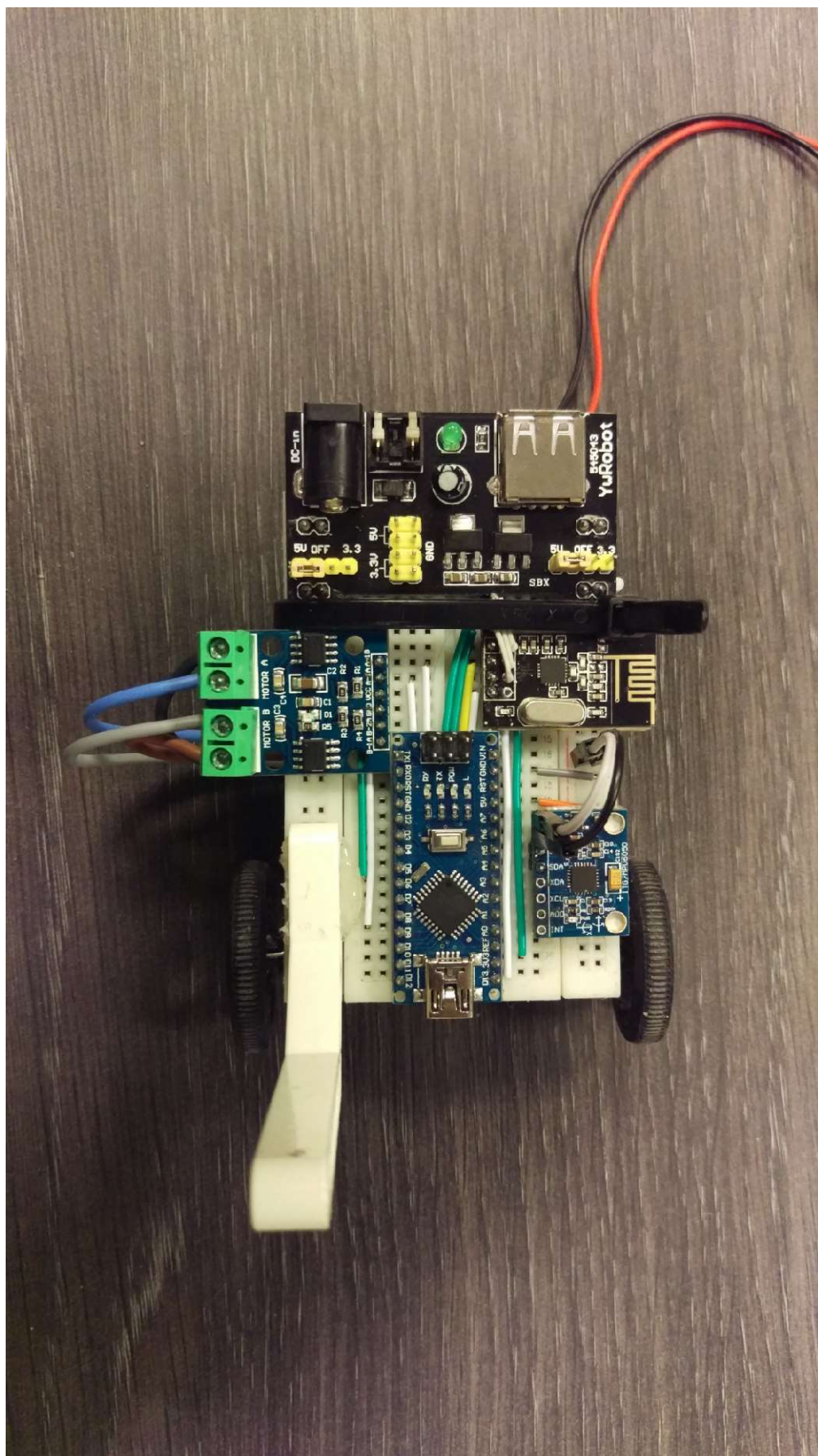
# Roboty mobilne

---

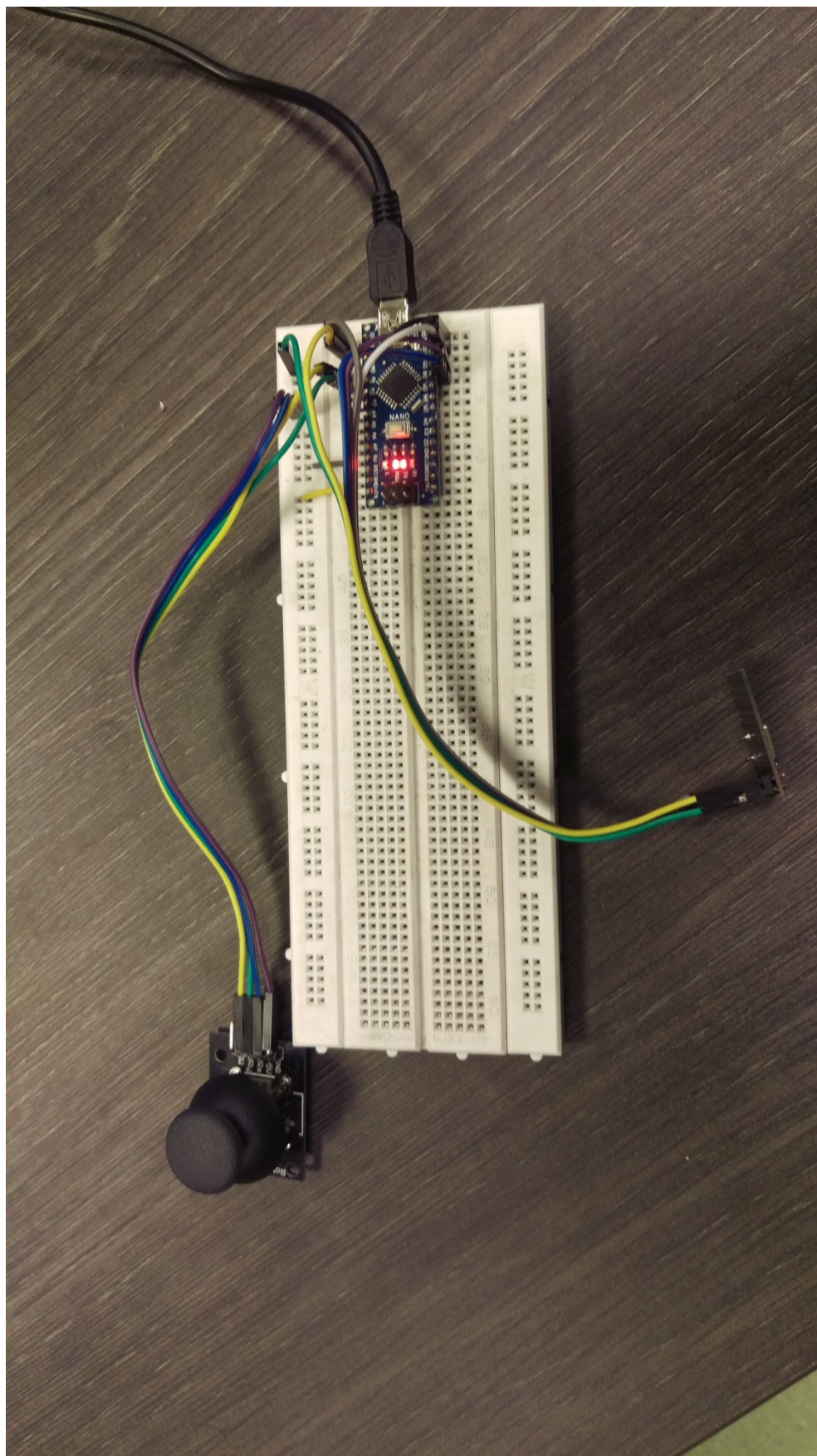
## Sprawozdanie z projektu

### 1. Wstęp

W realizowanym projekcie skonstruowano robota jeżdżącego, na pokładzie którego zamontowano akcelerometr oraz żyroskop w celu zebrania informacji o położeniu i orientacji robota. Komunikacja z robotem została zrealizowana poprzez moduł radiowy. Zebrane dane zostały przetworzone w środowisku Matlab. Budowa robota oraz wyniki obliczeń zostaną przedstawione w niniejszym sprawozdaniu.



Rysunek 1. Robot.



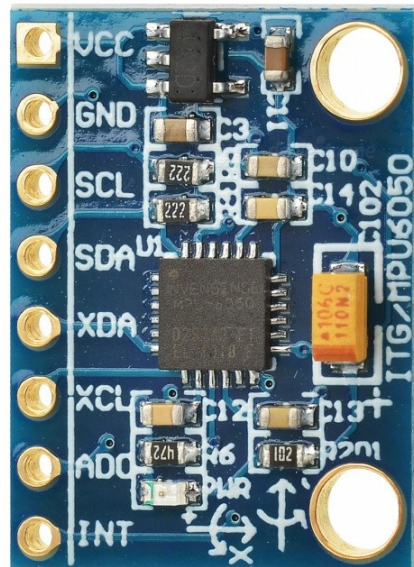
Rysunek 2. Nadajnik.



## 2. Konstrukcja robota

### a) Czujniki [1]

W robocie wykorzystano moduł MPU-6050. Zawiera on 3-osiowy żyroskop oraz 3-osiowy akcelerometr. W skład modułu wchodzi również czujnik temperatury, lecz nie jest on wykorzystywany w tym projekcie. Podczas pomiarów temperatura była stała. Na rysunku 3. przedstawiono wygląd modułu MPU-6050.

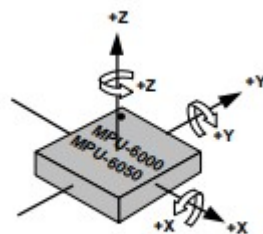


Rysunek 3. Płytką modułu 6050.

Żyroskop umożliwia pomiar prędkości obrotu. Wykorzystywany układ zawiera 3 niezależne żyroskopy służące do pomiaru obrotu dla każdej z osi X, Y i Z.

Akcelerometr służy do pomiaru przyspieszenia. Podobnie jak w przypadku żyroskopu w układzie zastosowano 3 akcelerometry, po jednym dla każdej z osi X, Y oraz Z.

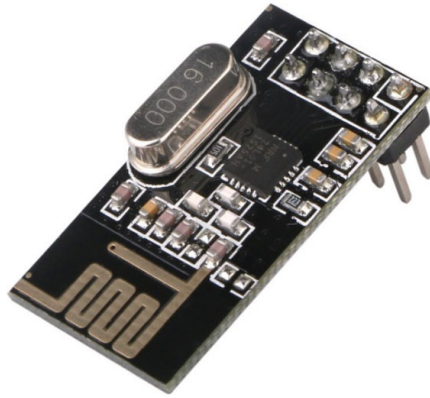
Na rysunku 4 przedstawiono układ współrzędnych wykorzystany w module MPU-6050.



Rysunek 4. Układ współrzędnych modułu MPU-6050.

### b) Komunikacja [2]

Do komunikacji robota ze stacją Arduino wykorzystano moduł radiowy nRF24L01. Zawiera nadajnik i odbiornik pracujący na częstotliwości 2,4 GHz. Wygląd modułu przedstawiono na rysunku 5.



Rysunek 5. Moduł radiowy nRF24L01.

## 3. Sterowanie

Operator steruje robotem za pomocą joysticka umieszczonego przy nadajniku. Kąt oraz kierunek wychylenia gałki jest przekształcany przez przetwornik do postaci cyfrowej, a następnie przesyłany za pomocą modułu radiowego. Informacja odebrana przez moduł znajdujący się w robocie jest przekazywana do Arduino.

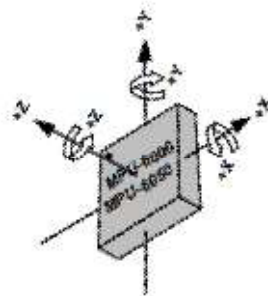
Do sterowania silnikami wykorzystywane są wyjścia PWM (pozwalające na modulację szerokości impulsów), przez które sygnał sterujący trafia do wzmacniaczy. Za każdy z silników odpowiedzialne są dwa wzmacniacze. W zależności od pożądanego kierunku ruchu (a zatem odpowiadającym mu kierunkom obrotów silnika) sygnały przesyłane są na odpowiednie wyjścia.

Informacja o położeniu robota w przestrzeni jest otrzymywana poprzez akcelerometr i żyroskop. Dane z nich przesyłane są do operatora poprzez kanał modułu radiowego.

## 4. Filtr komplementarny [3]

Ideą filtru komplementarnego jest wykorzystanie kilku źródeł informacji (czujników) obciążonych różnym rodzajem zakłóceń. Głównym kryterium podziału zakłóceń jest częstotliwość ich występowania. Każdy pomiar jest filtrowany, a następnie sumowany z innymi, dając informację o badanym parametrze.

Dane z akcelometru w pliku data przedstawiają pomiar kolejno dla osi x, y ,z. Akcelometr na robocie został zamontowany pionowo:



Rysunek 6. Osie akcelometru zamontowanego na robocie.

Oś Y w na akcelometrze odpowiada osi Z w kodzie w Matlabie. Oś Z odpowiada osi X w kodzie, natomiast oś X odpowiada osi Y w kodzie. Zostało to uwzględnione przy wczytywaniu danych:

```
ay = data(:,1);
az = data(:,2);
ax = data(:,3);
gy = data(:,4)*250/32768;
gz = data(:,5)*250/32768;
gx = data(:,6)*250/32768;
```

Podczas pomiaru robot poruszał się tak, jak zostało to przedstawione w pliku Film.avi. Robot jest lekko pochylony w trakcie jazdy. Wynika z tego, że płaszczyzna x,y nie jest równoległa do podłoża.

Na podstawie pomiarów z akcelometru i żyroskopu dokonano estymacji orientacji robota poprzez wyznaczenie kąta odchylenia (yaw). Pomiar z żyroskopu został scałkowany, natomiast z danych z akcelometru kąt obliczono za pomocą wzoru:

$$\psi = \text{atan2}(\sqrt{a_x^2 + a_y^2}, a_z)$$

Kąt był estymowany za pomocą filtru komplementarnego korzystając ze wzoru:

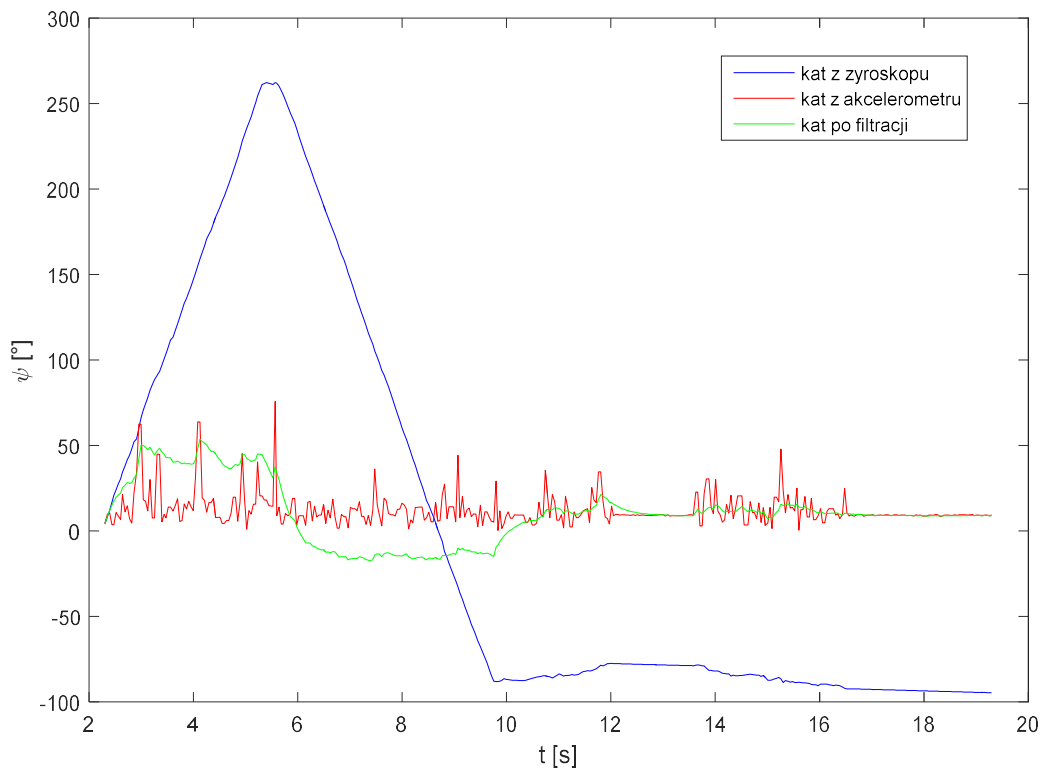
$$\alpha_k = p\alpha_{k-1} + (1 - p)\alpha_k^A + p(\alpha_k^G - \alpha_{k-1}^G)$$

- $\alpha_k$  oznacza estymowany kąt,
- $\alpha_{k-1}$  oznacza estymowany kąt w poprzednim obiegu pętli,
- $\alpha_k^A$  oznacza kąt wyznaczony z akcelometru,
- $\alpha_k^G$  oznacza kąt wyznaczony z żyroskopu.

$$p = \frac{T}{\Delta t + T}$$

- $T$  jest stałą czasową elementu inercyjnego i określa dynamikę filtru,
- $\Delta t$  oznacza jeden okres próbkowania.

Poniższy wykres przedstawia estymowany kąt dla  $T = 0,3$ .



Rysunek 7. Kąt odchylenia.

Należy zauważyć, że do poprawnego wyznaczenia kąta odchylenia konieczne jest wykorzystanie magnetometru, w który układ MPU-6050 nie jest wyposażony. W przypadku poruszania się robota po płaskiej powierzchni kąty przechylenia (roll) i pochylenia (pitch) są stałe, dlatego zostały pominięte w sprawozdaniu.

## 5. Bibliografia

1. <https://www.mschoeffler.de/2017/10/05/tutorial-how-to-use-the-gy-521-module-mpu-6050-breakout-board-with-the-arduino-uno/?fbclid=IwAR1b4nwctzE7MN69sv8sQ6Hz9cEpuNamm4CjHQWHaZxuYZGf0z2r41AdSrU> (data dostępu 29.12.2018)
2. [https://howtomechatronics.com/tutorials/arduino/arduino-wireless-communication-nrf24l01-tutorial/?fbclid=IwAR2TgYz\\_7AKmRegPGXhLKy8uoDyBC4oRMnuNGZOJC40nlX4D24kpoXRicU](https://howtomechatronics.com/tutorials/arduino/arduino-wireless-communication-nrf24l01-tutorial/?fbclid=IwAR2TgYz_7AKmRegPGXhLKy8uoDyBC4oRMnuNGZOJC40nlX4D24kpoXRicU) (data dostępu 29.12.2018)

3. Grygiel R., Bieda R., Wojciechowski K.: Metody wyznaczania kątów z żyroskopów dla filtru komplementarnego na potrzeby określania orientacji IMU, Przegląd Elektrotechniczny, ISSN 0033-2097, R. 90 NR 9/2014.