**POLITECHNIKA BIAŁOSTOCKA**

**WYDZIAŁ ELEKTRYCZNY**

SPRAWOZDANIE Z PRZEDMIOTU

*wpisać właściwy rodzaj pracy*

TEMAT: Symulacja dwukołowego robota typu odwrócone wahadło.

WYKONAWCA: Piotr Wasilewski,

Mateusz Święcki

*imiona i nazwisko*

PODPIS: .................................

PROMOTOR: ...................................................

*imiona i nazwisko*

PODPIS: .................................

**BIAŁYSTOK 2022 ROK**

**Spis treści**

[Spis ważniejszych oznaczeń 13](#_Toc36826743)

[1. Wstęp 15](#_Toc36826744)

[1.1. Cel pracy i zakres pracy 15](#_Toc36826745)

[1.2. Metodyka realizacji 15](#_Toc36826746)

[1.3. Charakterystyka pracy 15](#_Toc36826747)

[1.4. Podsumowanie 15](#_Toc36826748)

[2. Tytuł pierwszego rozdziału 16](#_Toc36826749)

[2.1. Podpunkt rozdziału 16](#_Toc36826750)

[2.2. Kolejny podrozdział 18](#_Toc36826751)

[2.3. Kolejny podrozdział 18](#_Toc36826752)

[2.4. Wnioski 19](#_Toc36826753)

[6. Wnioski końcowe 20](#_Toc36826754)

[Bibliografia 22](#_Toc36826755)

[Załącznik 1. 23](#_Toc36826756)

# Spis ważniejszych oznaczeń

– macierz stanu

**a** – wektor przyspieszenie

*a* – współczynnik skali

– prąd kolektora tranzystora

– prąd emitera tranzystora

*f* – częstotliwość

*t* – czas

**x** – wektor stanu

*λ* – długość fali

– macierz przejścia

# 1. Wstęp

# 1.1. Cel pracy i zakres pracy

Celem pracy jest opracowanie systemu sterownika robota mobilnego z funkcją wyznaczenia orientacji i bezprzewodowego przesyłu danych na komputer PC przy użyciu systemu Robot Operating System (ROS). Proponowany sterownik może zostać użyty w konstrukcjach robotów wymagających sterowania w oparciu o tzw. dead reckoning, czyli wyznaczanie pozycji na podstawie zliczania przyspieszeń mierzonych przez jednostkę IMU. W celu wyznaczenia przyspieszeń liniowych, pozbawionych wpływu grawitacji wymagane jest wyznaczenie orientacji urządzenia. Pomiar orientacji konieczny jest także w przypadku robotów latających, których stabilizacja oparta jest na tej informacji. Komputer Raspberry PI 3b+ zostanie wykorzystany do zdalnego przesyłu danych do komputera PC, który realizować będzie węzeł systemu ROS.

# 1.2. Metodyka realizacji

Metodyka realizacji pracy... *(ustalić z promotorem)*

# 1.3. Charakterystyka pracy

W drugim rozdziale tejże pracy przedstawione zostaną dostępne rozwiązania fuzji danych z jednostki IMU. Rozwiązania zostaną porównane i wybrany zostanie algorytm optymalny do opisywanego zastosowania.

Rozdział trzeci dotyczy projektowanego węzła systemu ROS, który pozwoli na wymianę danych pomiędzy komputerem PC a mikrokomputerem Raspberry PI 3B+. W tym rozdziale zostanie także opisany zmodyfikowany system Raspbian z jądrem Linux czasu rzeczywistego.

W rozdziale czwartym przedstawione zostały aspekty techniczne wykonania płyty PCB modułu sterownika oraz implementacja wybranego algorytmu fuzji danych.

Na końcu pracy umieszczone zostały wnioski wynikające z całości pracy, czyli części teoretycznej jak i praktycznej. Przedstawiona została także literatura wykorzystana do sporządzenia niniejszej pracy.

# 1.4. Podsumowanie

# 2. Dostępne algorytmy fuzji danych

**Obecnie dostępnych jest kilka różnych sposobów wyznaczenia orientacji urządzenia pomiarowego na podstawie danych z jednostki IMU. Rozwiązania różnią się skomplikowaniem algorytmu, potrzebną mocą obliczeniową oraz jakością estymacji. Rozważane w tej pracy były trzy algorytmy: filtr komplementarny, filtr Kalmana oraz filtr Madgwicka.**

Porównanie filtru komplementarnego i filtru Kalmana w zadaniu estymacji orientacji (pochylenia) urządzenia przedstawiono w [2]. Autorzy prezentują algorytmy i wyprowadzają wykorzystane zależności, a następnie pokazują wyniki badań. Rezultaty określają jako podobne, sugerując łatwość w dostrojeniu filtru komplementarnego i jego niską złożoność obliczeniową, oraz większą złożoność i trudniejsze dostrojenie filtru Kalmana ze względu na większą ilość parametrów.

**Na podstawie przedstawionej literatury wybór padł na**

# ****2.1. Filtr Komplementarny****

Filtr komplementarny jest rozwiązaniem najmniej wymagającym obliczeniowo. Pozwala on na fuzję danych z akcelerometru i żyroskopu poprzez zależność (XXX).

Filtr działa na zasadzie filtru dolnoprzepustowego dla pomiarów z żyroskopu i filtru górnoprzepustowego dla pomiarów z akcelerometru. (???)

Porównanie filtru komplementarnego i filtru Kalmana w zadaniu estymacji orientacji (pochylenia) urządzenia przedstawiono w [2]. Autorzy prezentują algorytmy i wyprowadzają wykorzystane zależności, a następnie pokazują wyniki badań. Rezultaty określają jako podobne, sugerując łatwość w dostrojeniu filtru komplementarnego i jego niską złożoność obliczeniową, oraz większą złożoność i trudniejsze dostrojenie filtru Kalmana ze względu na większą ilość parametrów.

# 2.2. Filtr Kalmana

Filtr Kalmana jest rozwiązaniem znacznie bardziej zaawansowanym bazującym na modelu matematycznym jednostki. Algorytm podzielony jest na dwa główne etapy czyli **predykcję** – przewidywanie wektora wyjść na podstawie poprzedniego stanu układu i **aktualizację** w oparciu o pomiary. Algorytm ten jest znacznie bardziej wymagający obliczeniowo, szczególnie jeśli planowane jest wykorzystanie rozszerzonych filtrów Kalmana (Extended Klaman Filter – EKF). Dodatkowo do poprawnego działania wymaga pomiarów wariancji pomiarów czujników, oraz modelu obiektu, którego orientację wyznaczamy.

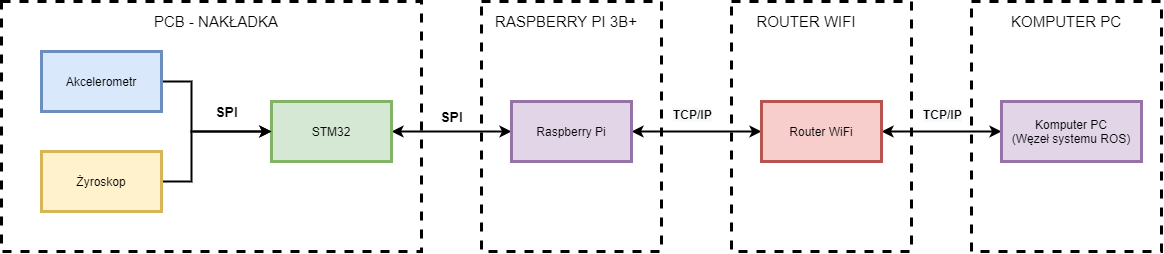
Opis wykorzystania filtru Kalmana zaimplementowanego na jednostce MARG w połączeniu z mechanizmami pozwalającymi na pracę w środowisku zakłóconym przez obce pola magnetyczne jak i duże przyspieszenia samej jednostki pomiarowej [3]. Autorzy przedstawiają sposób kalibracji magnetometru, oraz wykorzystanie obliczonej macierzy rotacji do zniwelowania wpływu wektora grawitacji na pomiary przyspieszeń liniowych.

# 2.3. Filtr Madgwicka

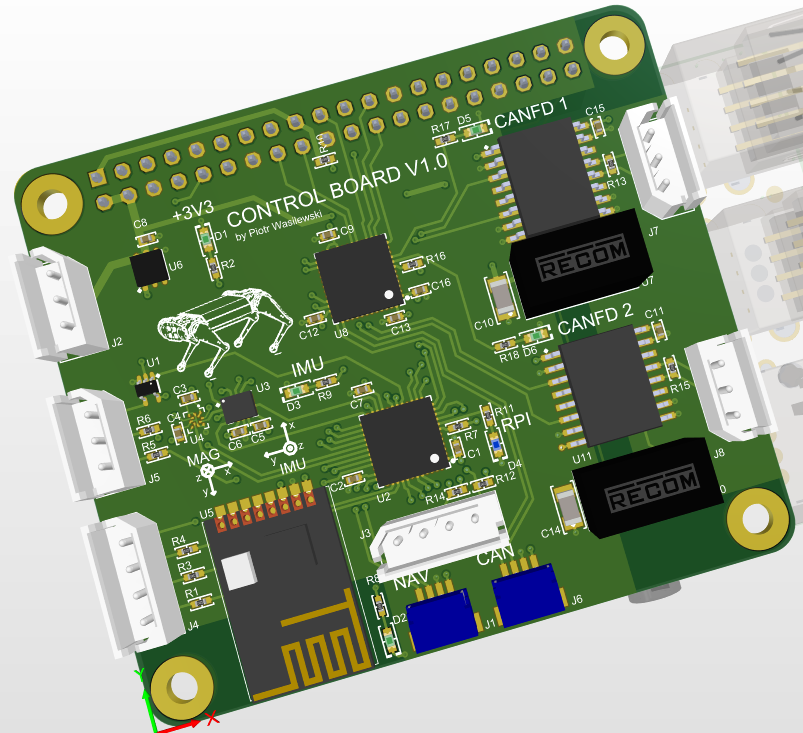
Filtr Madgwicka - alternatywny do najbardziej popularnych (filtru Kalmana, filtru komplementarnego) algorytm fuzji danych z akcelerometru, żyroskopu i magnetometru w celu wyznaczenia orientacji urządzenia przedstawiono w [1]. Główną cechą algorytmu jest mała złożoność obliczeniowa, dzięki której algorytm może zostać uruchomiony nawet na podstawowych mikrokontrolerach. Autorzy porównują działanie zaprezentowanego algorytmu Madgwicka z działaniem filtru Kalmana, uzyskując bardzo zbliżone rezultaty.

# 3. Projekt i wykonanie nakładki z jednostką IMU

Na potrzeby projektu przygotowano płytkę PCB. Na płytce znajduje się mikrokontroler odpowiedzialny za komunikację z jednostką IMU – STM32G473, jednostka IMU – BMI160 firmy Bosh, oraz niezbędne elementy pasywne. Diagram komunikacji oraz wymiany danych przedstawiono na Rys. XXX.



Płytka została zaprojektowana w programie Altium Designer Student Edition. Program pozwala na zaawansowane tworzenie schematów, płyt PCB oraz dokumentacji projektów. W prosty sposób można także zwizualizować płytę w edytorze PCB, jak pokazano na Rys. XXX



Na płytce znajduje się także drugi mikokontroler, oraz dwa transceivery magistrali FDCAN do komunikacji z zewnętrznymi modulami, oraz moduł komunikacyjny, jednak ta część płytki PCB nie należy do zakresu tego projektu.

# 6. Wnioski końcowe

We wnioskach końcowych należy zawrzeć spostrzeżenia związane z realizacją całej pracy. Można zamieścić tu również fragmenty wniosków szczegółowych, o ile będą stanowiły logiczny ciąg.

Należy napisać, czy cel pracy został osiągnięty, w jakim stopniu i co stanowiło największy problem do rozwiązania. Jeżeli celu pracy nie udało się osiągnąć należy to uargumentować.

Należy wyraźnie zaznaczyć / wypunktować, co jest uważane za wkład własny.

Można również zaproponować dalszy kierunek rozwoju przedmiotu pracy.

Na końcu należy zawrzeć kilka zdań dotyczących praktycznego zastosowania (w przypadku pracy inżynierskiej) lub dalszego rozwoju w sensie naukowym (w przypadku pracy magisterskiej).

# Bibliografia

[1] (opis w przyp. podręczników, wydawnictw zwartych): Autor (Autorzy), Tytuł książki*,* wydawca, miejsce wydania, rok wydania.

[2] (opis w przyp. artykułów, referatów): Autor (Autorzy), Tytuł, nazwa czasopisma (konferencji), numer (rocznik) czasopisma, strony na których wydrukowano artykuł (referat).

[3] (opis w przy. katalogów): tytuł katalogu, wydawca, rok wydania, wersja katalogu (papierowa, elektroniczna – CD, DVD, pełny adres strony internetowej i data pobrania katalogu), ewentualnie numer wydania lub inny numer referencyjny.

[4] (opis w przyp. stron internetowych): pełny adres strony internetowej, pełna data pobrania materiałów.

# Załącznik 1.

Na końcu umieszczamy ewentualne załączniki do pracy.