

## MIKROMECHANIZMY I MIKRONAPĘDY - laboratorium

### Ćwiczenie nr 4

#### *Platforma IMU dla awioniki*

#### **Cel i zakres ćwiczenia:**

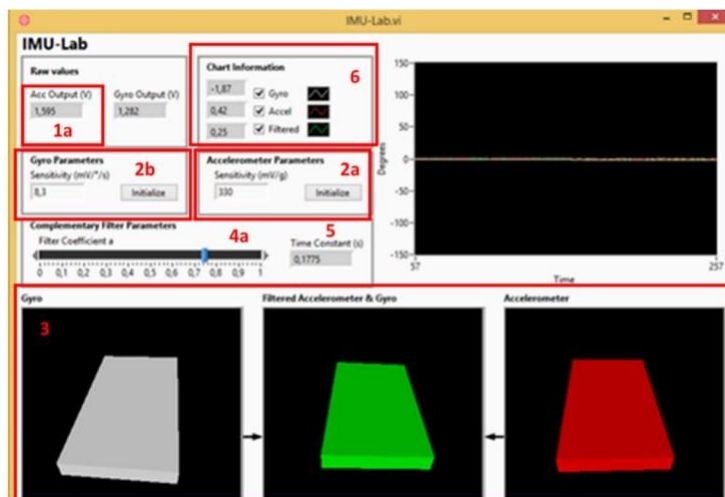
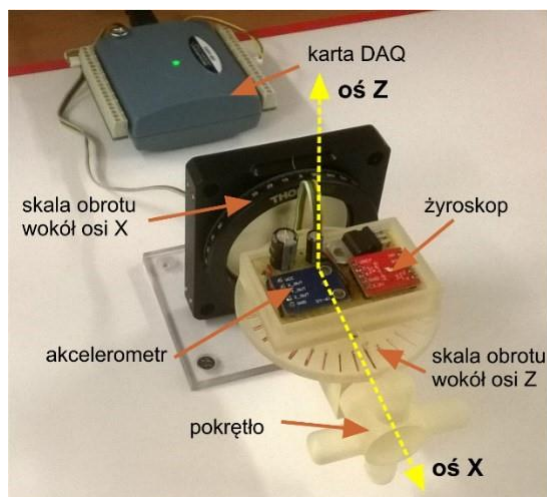
Nowoczesne czujniki MEMS, z uwagi na ich małe wymiary i masę, dają możliwość projektowania układów stabilizacji położenia dla bardzo małych i lekkich obiektów. Niestety miniaturyzacja urządzeń, takich jak przyspieszeniomierze i żyroskopy sprawia, że ich parametry metrologiczne odbiegają (są gorsze) od ich odpowiedników w skali makro. Czujniki MEMS mają jednak wiele zalet: oprócz małych wymiarów są to mała masa, niski pobór prądu, duża szybkość działania.

Wydaje się, że do wyznaczenia orientacji przestrzennej obiektu wystarczy odczyt z przyspieszeniomierza. Jednakże jest to możliwe jedynie w sytuacji, kiedy na obiekt nie oddziałują inne przyspieszenia niż grawitacyjne. Z tego względu dla pozycjonowania obiektów poruszających się konieczne jest zastosowanie innego rozwiązania. Do określenia orientacji przestrzennej dołącza się zatem odczyty z żyroskopu, a w niektórych rozwiązaniach także kompasu magnetycznego bądź radiokompasu, wskazującego kierunek do nadajnika-radiolatarni. Jednakże żyroskop, zwłaszcza MEMS również nie jest rozwiązaniem idealnym – jego wskazania na ogół obarczone są dryfem – wskazywana przez żyroskop płaszczyzna powoli przemieszcza się. Odpowiednie filtrowanie obu sygnałów (z żyroskopu oraz akcelerometru) pozwala na znacznie dokładniejsze określenie orientacji obiektu w przestrzeni niż dane z każdego z czujników osobno. Taką obróbkę sygnału realizuje się z wykorzystaniem między innymi filtru komplementarnego.

Celem ćwiczenia jest rozpoznanie cech sygnałów wyjściowych przyspieszeniomierza i żyroskopu MEMS oraz poznanie zasady działania filtru komplementarnego.

#### **Opis stanowiska:**

Układ pomiarowy składa się z 2-osowego żyroskopu LPY503AL z wyjściem analogowym oraz 3-osowego akcelerometru ADXL335 z wyjściem analogowym, umieszczonych na platformie pomiarowej (Rys. 1a). Platforma umożliwia obrót obydwu czujników wokół osi **X** oraz wokół osi **Z** zakresie od  $-90^\circ$  do  $+90^\circ$ . Sygnały pomiarowe czujników są przetwarzane przez kartę DAQ, a następnie wizualizowane na ekranie komputera w postaci wartości numerycznych i wykresów czasowych (Rys. 1b). Noty katalogowe umieszczone są w folderze *MiMcw2* na pulpicie komputera przypisanego do ćwiczenia.



a) b)

Rys. 1. Stanowisko pomiarowe: a) platforma pomiarowa z czujnikami, b) interfejs użytkownika programu obsługującego układ akcelerometru i żyroskopu oraz realizującego filtr komplementarny.

## Przebieg ćwiczenia:

1. Uruchom program IMU-Lab, po czym ustaw wartość początkową czułości żyroskopu i akcelerometru na podstawie not katalogowych czujników.
2. Ustaw platformę pomiarową w pozycji poziomej (kąty  $0^\circ$  dla osi **X** i **Z**).
3. Zresetuj obydwa czujniki – wciśnij *Initialize* **2a** i **2b** (wizualizacja **3** powinna odpowiadać rzeczywistości – prostokątne modele ustawione w pozycji poziomej).
4. Kalibracja akcelerometru:
  - a) Odczytaj wartość **Acc Output<sub>0</sub>** (**1a**).
  - b) Obróć układ o  $90^\circ$  wokół osi **X** i odczytaj **Acc Output<sub>90</sub>**.
  - c) Oblicz czułość przyspieszeniomierza:  $S_{Acc} = \text{Acc Output}_0 - \text{Acc Output}_{90}$  [mV/g].
  - d) Wprowadź tę wartość w pole “*sensitivity*”.
5. Kalibracja żyroskopu:
  - a) Ustaw platformę w pozycji poziomej
  - b) Zresetuj żyroskop (**2b**), następnie szybko obróć układ o  $90^\circ$  wokół osi **X** i natychmiast odczytaj zmierzoną wartość kąta. Wartość powinna wynosić  $90^\circ$  – jeżeli jest inna należy zmienić wartość czułości żyroskopu. Test opisany w tym punkcie należy powtarzać do momentu uzyskania zgodności wartości zadanej kąta i wartości zmierzonej.
6. Wprowadź i zapamiętaj uzyskane wartości czułości dla żyroskopu i akcelerometru

Wartości numeryczne dla wykresów czasowych z punktów od **7** do **10** mogą być zapisywane w Excelu (wybierając funkcję **Export plot**) lub czyszczone (**Clear**).

**Uwaga – wartości stałej filtra i stałej czasowej nie są eksportowane – należy je osobno zanotować, np. w nazwie lub w nagłówku pliku**

6. Ustawianie filtra komplementarnego (2 wykresy):
  - a) Ustaw stałą filtra na **0** (suwak **4a**)
  - b) Zresetuj obydwa czujniki, obróć szybko o **90°** wokół osi **X** i obserwuj wizualizację zachowania platformy oraz wartości *Chart Information* (**6**)
  - c) Wyeksportuj dane, na ich podstawie określ jakie wartości są tłumione, a jakie przepuszczane przez filtr komplementarny
  - d) Ustaw stałą filtra na **1** (**4a**) i powtórz punkty **b** i **c**
7. Rozpoczynając od położenia suwaka (**4a**) na wartość **1** (4 wykresy):
  - a) Zresetuj czujniki
  - b) Wykonaj kilka **szybkich** ruchów platformą wokół osi **X**
  - c) Ustaw platformę w poziomie
  - d) Obserwuj tempo w jakim filtr dąży do stabilizacji układu oraz wyeksportuj dane
  - e) Powtórz punkty **a** do **d** dla stałej filtra **0,9**, **0,8** i **0,7** (**4a**)
  - f) Na podstawie wyeksportowanych danych wywnioskuj jaką rolę pełni stała filtra w filtrze komplementarnym
9. Stała czasowa (8 wykresów):
  - a) Ustaw stałą czasową (**5**) między 2 sekundy a 3 sekundy (użyj suwaka **4a**),
  - b) Obróć platformę o około **90°** wokół osi **X** i obserwuj wskazania na wizualizacji oraz wyeksportuj dane
  - c) Powtórz punkt **b** dla wartości **1**, **0,5**, **0,25** sekundy, zarówno dla szybkich, jak i wolnych ruchów platformy,
  - d) Na podstawie obserwacji wyeksportowanych danych odpowiedz na pytanie: *Jaką wartość stałej czasowej należy ustawić dla przemieszczeń szybkozmiennych, a jaką dla wolnozmiennych?*
10. Wyznacz charakterystyki kąta zmierzonego od ustawionego w zakresie od **-90°** do **+90°** dla akcelerometru i wartości filtrowanej zmieniając wartość obrotu w osi **X** co **15°** dla odpowiednio dobranej stałej czasowej (określona na podstawie punktu 9 – **podać w sprawozdaniu**). Pomiarów powtórzyć dodatkowo zmieniając położenie w osi **Z**: **-90°**, **-60°**, **-30°**, **0°**, **30°**, **60°**, **90°**. Dane wyeksportować i przedstawić na wykresach:
  - (1) 1 wykres 2D dla kąta zmierzonego od ustawionego w osi **X** dla wartości z akcelerometru i wartości filtrowanej,
  - (2) 2 wykresy 3D dla kąta zmierzonego od ustawionego w osi **X** oraz **Z** dla wartości z akcelerometru i wartości filtrowanej (oddzielnie).

## **Opracowanie wyników:**

Należy przedstawić charakterystyki czasowe, obrazujące wpływ nastaw filtru oraz metody pomiarowej na sygnał wyjściowy. Dla każdego z unktów przetwórcy oddzielne wnioski. Wyciągnąć wnioski.

## **Zagadnienia do samodzielnego przygotowania:**

1. Podaj jednostkę w jakiej wyrażone są wartości z przyspieszeniomierza.
2. Podaj jednostkę w jakiej wyznaczone są wartości z żyroskopu.
3. Rozwiń skrót IMU.
4. Co oznacza zapis, że platforma IMU ma 6 stopni swobody?
5. Wymień i krótko opisz zasadę działania innych filtrów stosowanych do wzajemnej kompensacji czujników MEMS w platformach inercyjnych.