



Laboratorium tekstroniki

Ćwiczenie nr 3

Badanie czujników inercyjnych
do pomiaru przyspieszeń liniowych.

Instytut Elektroniki, Zakład telekomunikacji

Autorzy:

inż. Jarosław Kawecki

dr inż. Łukasz Januszkiewicz

Cel ćwiczenia:

Celem ćwiczenia jest przedstawienie sposobu mierzenia przyspieszeń liniowych za pomocą czujników inercyjnych jakimi są akcelerometry. Dzięki rozwojowi technologii elektronicznych są to obecnie miniaturowe układy scalone, które można integrować z elementami odzieży. Dzięki temu możliwe jest monitorowanie ruchu sportowców, pacjentów i innych poruszających się osób w sposób zapewniający maksimum komfortu. Zadaniem studenta w ramach tego ćwiczenia jest zapoznanie się z zasadą działania takich czujników oraz wykorzystanie ich do pomiaru dystansu jaki przebył maszerujący człowiek.

Urządzenie mobilne (smartfon) wyposażone w akcelerometry zostanie wykorzystane w zastępstwie miniaturowych czujników wbudowanych w odzież, ze względu na wygodę osób realizujących ćwiczenie (brak konieczności noszenia specjalnej odzieży elektronicznej). Poniższy rysunek 1 przedstawia elektroniczny system służący do lokalizacji inercyjnej. Czujniki wszyto w koszulkę tekstylną.

Moduły są wykorzystane w systemie:

1. Kontroler Adafruit Flora. Moduł wyposażony jest w mikrokontroler AVR Atmega 32u4. Flora przeznaczona jest głównie do obsługi inteligentnej odzieży.
2. Moduł bluetooth Low Energy (LE) firmy Adafruit.
3. Moduł orientacji inercyjnej BNO055 firmy Adafruit. Moduł zawiera sensory takie jak akcelerometr, żyroskop oraz magnetometr.
4. Zasilanie systemu. 3 akumulatorki 1,5V umieszczone w obudowie.



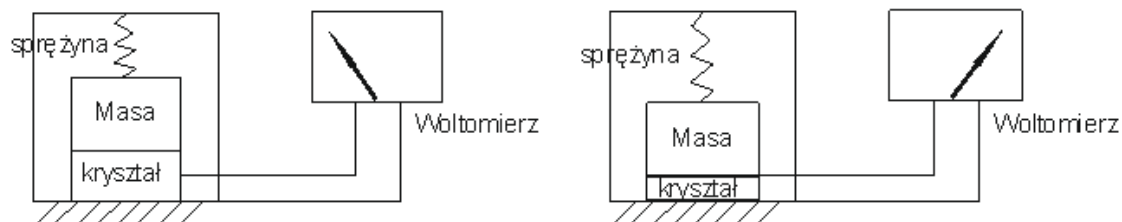
**Rysunek 1 Elektroniczny system służący do lokalizacji inercyjnej
wszyty w koszulkę tekstylną**

Informacje wstępne:

Akcelerometr służy do pomiaru przyspieszeń liniowych, na podstawie których można wyznaczyć parametry ruchu obiektów. Jego zastosowanie obejmuje automatyczne wykrywanie orientacji smartfonów i aparatów fotograficznych, systemy kontroli trakcji oraz badanie przeciążeń w lotnictwie jak również w nawigacji bezwładnościowej. Akcelerometry są obecnie montowane w większości urządzeń mobilnych dzięki czemu powstają liczne aplikacje wykorzystujące pomiar przyspieszeń (symulatory lotu).

Akcelerometr wykorzystuje zasadę działania czujnika piezoelektrycznego w którym częścią roboczą jest piezoelektryk (kryształ), który pod wpływem przyłożonej siły wytwarza ładunek elektryczny. Element o masie większej niż masa kryształu przyciska piezoelektryk tak, że podczas działania siły na czujnik, piezoelektryk emituje dany sygnał. Od działania siły na czujnik zależy wartość

emitowanego sygnału. Rysunek 2 przedstawia wzrost napięcia na woltomierzu wraz ze zwiększeniem masy przyłożonej na kryształ.



Rysunek 2 Wzrost napięcia na woltomierzu poprzez nacisk masy na piezoelektryk

Na urządzenie pomiarowe działa również **siła grawitacji**, która dociska je do ziemi. Siła grawitacji sprawia, że urządzenie spada na ziemi ze stałym przyspieszeniem $9,81 \text{ m/s}^2$. Ta siła oznaczona jest jednostką 1 g (nie mylić z gramem).

W samolotach przy wykonywaniu manewrów siły działające na pilota dochodzą do 9 g . Popularnie się wtedy mówi, że jego ciało waży wtedy 9 razy więcej niż na ziemi. Za to na orbicie Ziemi panuje przyspieszenie ziemskie 0 g . Dlatego przedmioty mogą tam „swobodnie latać”.

Najpopularniejsze dziś akcelerometry 3-osiowe to 3 akcelerometry w jednym układzie ułożone tak, by mierzyć przyspieszenie w 3 różnych kierunkach. Kierunki te nazywane są osiami X, Y i Z i tak określają je konstruktorzy urządzeń. Poniższy rysunek 3 przedstawia telefon rzutowany na układ współrzędnych.



Rysunek 3 Telefon wyposażony w akcelerometr rzutowany na układ współrzędnych

Jeśli zadziałamy na czujnik przyspieszeniem o przeciwnym kierunku niż został skierowany czujnik, to zwróci nam ujemną wartość przyspieszenia. Czujnik dokonuje pomiaru przyspieszeń w jednostkach m/s^2 .

Przebieg ćwiczenia:

Czynności przygotowawcze

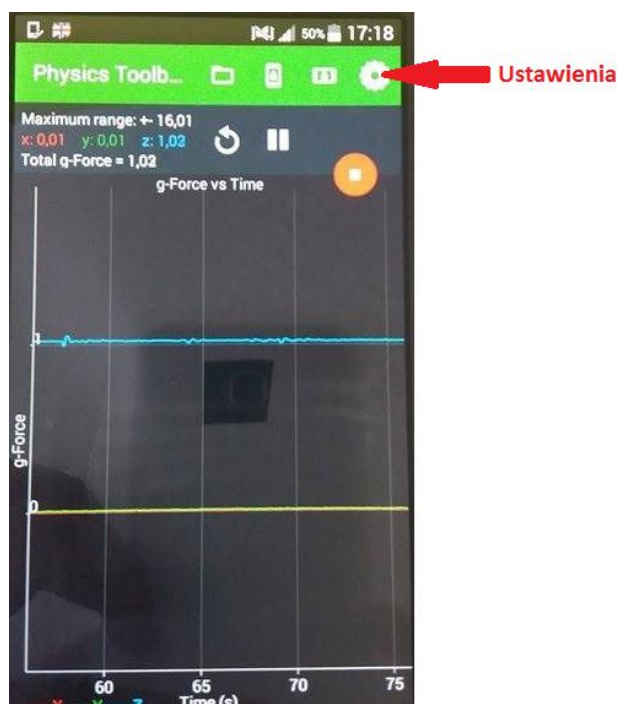
1. Pobierz aplikację na urządzenie mobilne z systemem Android o nazwie "Physics Toolbox", pokazany na rysunku 4. Aplikacja jest dedykowana do obsługi akcelerometru (jedno urządzenie wraz z zainstalowaną aplikacją jest dostępne u prowadzącego zajęcia).



Rysunek 4 Program do pobrania na urządzenie mobilne

2. Zainstaluj aplikację na urządzeniu mobilnym (przynajmniej jedno na grupę).
3. Po uruchomieniu aplikacji skonfiguruj odpowiednio program tak aby pokazywane były dane z akcelerometru z osi x,y,z oraz czas. (rysunek 4, SETTINGS->DATA DISPLAY-> SHOW X, SHOW Y, SHOW Z) oraz (SETTINGS ->DATA DISPLAY -> CSV TIMESTAMP FORMAT -> CLOCK TIME).
 - 3.1 Zapoznaj się z działaniem akcelerometru oraz zwróć uwagę, w którym kierunku działa siła grawitacji (przechylaj telefon w kierunku osi x,y,z). W razie potrzeby zapoznaj się ponownie z powyższym opisem dotyczącym akcelerometru (**Informacje wstępne**).
4. W celu przygotowania programu do zapisu danych w formacie .csv – plik Excela, pamiętaj aby

zbierane z czujnika wartości oddzielone były średnikami. (SETTINGS->CSV FILE DELIMITER CHARACTER->SEMICOLON). Poniższy rysunek 5 oznacza panel główny programu.



Rysunek 5 Główny panel programu - Ustawienia.

5. Zadbaj żeby telefon miał dostęp do Internetu w trakcie wykonywania ćwiczenia. Połącz się z siecią WIFI "SKN TELIN", bądź inną dostępną w danej lokalizacji.

Hasło do sieci SKN TELIN: FireFig4ter\$KNTelIn3208

Ćwiczenie laboratoryjne:

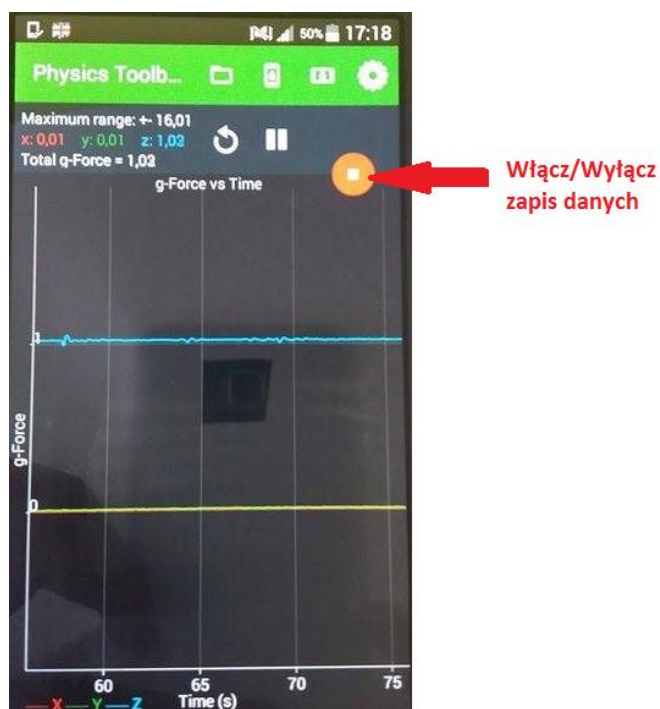
6. Odmierz 10 metrowy odciek w linii prostej oraz zaznacz miejsce start i stop (np. taśmą na powierzchni płytek podłogowych).

7. Ustaw się w miejscu startu oraz umieść telefon na ręku w pozycji przedstawionej na rysunku 6 (ważne jest aby podczas całego testu urządzenie nie zmieniało swojej orientacji – równoległe do osi x).



Rysunek 6 Proponowane położenie telefonu na rękę

8. Włącz zapis danych do pliku .csv w aplikacji mobilnej, jak na rysunku 7 (oznaczono jako symbol „+”)



Rysunek 7 Główny panel aplikacji. Włącz/ Wyłącz zapis danych.

9. Przejdź z miejsca start do miejsca stop zwykłym krokiem, bez zmiany kierunku ruchu (średnia długość kroku człowieka = 70cm)

10. Pamiętaj aby w miejscu "stop" nie zmieniać położenia telefonu na rękę zanim zakończysz

zapis danych do pliku.

Kliknij stop jako zakończenie nagrywania danych oraz następnie wyślij je drogą mailową, tak by móc wykorzystać dane pomiarowe w dalszej części ćwiczenia laboratoryjnego. (Pamiętaj aby załączyć odpowiedni plik z rozszerzeniem .csv)

Skorzystaj z poczty studenckiej:

Login: student.politechnika@outlook.com

Hasło: student123

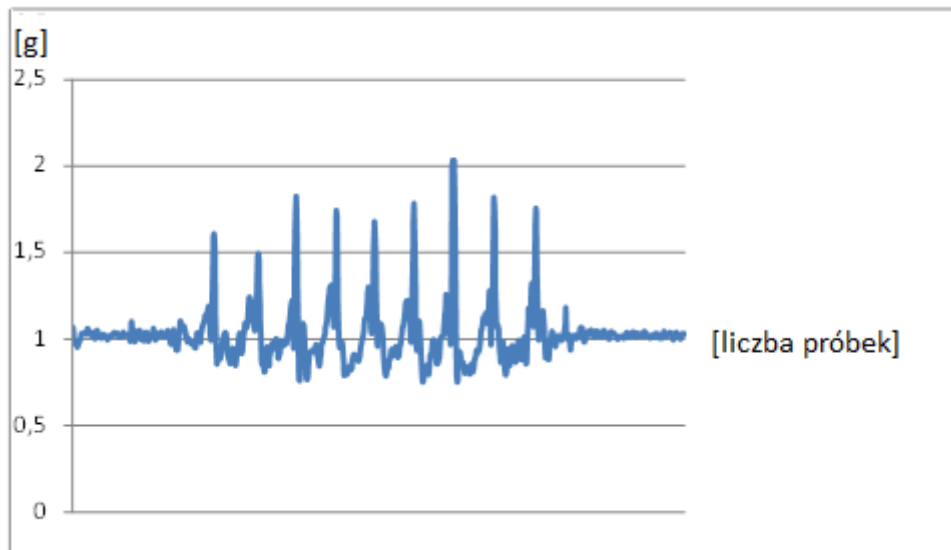
Etap analizy danych (Zadaniem studenta będzie odpowiednia analiza danych pomiarowych + wyciągnięcie wniosków).

11. W celu wyznaczenia długości przebytej drogi posłużymy się algorytmem do liczenia kroków przedstawionym w poniższych punktach.

12. Oblicz wypadkową z przyspieszeń liniowych osi x, y, z dla każdej z danych. Wzór nr. 1 służy do obliczenia wypadkowego przyspieszenia.

$$\text{WYPADKOWA} = \sqrt{x^2 + y^2 + z^2} \quad (1)$$

13. Wykonaj wykres dla wypadkowego przyspieszenia (jako wartości nowej serii podaj wartości wypadkowego przyspieszenia obliczonego z powyższego wzoru nr. 1), który powinien przypominać poniższy wzorec przedstawiony na rysunku 8.



Rysunek 8 Wypadkowa dla wartości przyspieszeń liniowych osi x, y oraz z.

14. Na rysunku 8 przedstawiającym wykres wypadkowego przyspieszenia powinny być widoczne kroki jakie przebył użytkownik. Podczas przeprowadzonego testu użytkownik wykonał 9 kroków czyli około 7m.

15. Wyznacz wartość progową wypadkowego przyspieszenia. Przekroczenie wartości progowej przez wypadkową będzie oznaczało, że użytkownik zrobił krok. (Wartość progową wyznaczamy metodą dobieralną). Dla wykresu przedstawionego na rysunku numer 7 wartość progowa wypadkowego przyspieszenia wynosi 1.4 g.

16. Wyznacz przebyty przez użytkownika dystans ($\text{dystans} = \text{liczba_kroków} \times \text{długość_kroku}$)

Sprawozdanie:

Sprawozdanie z ćwiczenia laboratoryjnego ma zawierać:

- a. Opis przebiegu ćwiczenia laboratoryjnego
- b. Dane odczytane z akcelerometru + obliczenia z ćwiczenia(wypadkowa) w pliku .csv
- c. Wnioski + wykres wypadkowego przyspieszenia wraz z wartością progową, po przekroczeniu której naliczany jest krok. Zaproponuj jakie miejsce na ciele mogłoby być najlepsze do umieszczenia modułu inercyjnego – akcelerometru oraz dlaczego?

ZADANIE DODATKOWE *(Poprawne rozwiązanie zadania dodatkowego jest równoznaczne z zaliczeniem kolejnego zadania laboratoryjnego wskazanego przez prowadzącego)*

Dane z akcelerometru mogą zostać wykorzystane do obliczenia dystansu przebytego przez użytkownika za pomocą innej metody niż krokomierz.

1. Oblicz dystans przebyty przez użytkownika za pomocą innej metody niż zliczanie kroków.
2. Warunek: długość kroku nieznana
3. Przedstaw algorytm + rozwiązanie
4. Wnioski