

Podstawy Teorii Informacji - Laboratorium nr 1

Pomiar i modele sygnałów

Filtracja sygnału w celu pozbycia się szumu

1. Wstęp

Słowem wstępu, jako, że sygnał to zmienność dowolnej wielkości fizycznej, która może być opisana za pomocą funkcji, zdecydowałam się na badanie przyspieszenia w czasie. Inspirując się szumem występującym w sygnałach oraz możliwością pozbycia się go w celu uzyskania czytelnego i klarownego sygnału, wykorzystałam to zjawisko do pozbycia się większych składowych ze zmierzonego przyspieszenia. Składowe te powodowały dużą nieregularność w zmierzonym przyspieszeniu ziemskim, a co za tym idzie, zakłócały sygnał. W pierwszej części doświadczenia wynikają one z faktu, że urządzenie wykonuje pomiar z pewnym błędem, w drugiej z kolei spowodowane są intencjonalnym przemieszczaniem czujnika mierzącego przyspieszenie. Czujnik będzie wprawiony w drgania tak, że pomiar będzie zawierał sporo informacji niepotrzebnej (szumu).

2. Cel

Celem jest pozbycie się zbędnych składowych (szumu) i odtworzenie sygnału dla mierzonego przyspieszenia jak najbliższej wartości przyspieszenia ziemskiego, ale także wypróbowanie rozmaitych filtrów cyfrowych, które z różnym skutkiem wpływają na charakterystykę częstotliwościową sygnału. Spróbuję znaleźć również filtr służący pozbyciu się szumu, jednocześnie wymagający najmniejszej liczby obliczeń i najdokładniej odzwierciedlający sygnał bez zakłóceń.

3. Przebieg pracy

1. Wczytanie sygnału: sygnał został zmierzony za pomocą telefonu, a dane przeniesione do programu MATLAB, gdzie wykonałam większość obliczeń.
2. Wyznaczenie widma amplitudowego: wyznaczyłam częstotliwość próbkowania oraz transformatę Fouriera za pomocą specjalnej funkcji o nazwie 'fft' zawartej w Matlabie. Ponieważ widmo sygnału ma wartości zespolone, aby analizować widmo amplitudowe, wyliczyłam moduły widma i przedstawiałam dane na wykresach widmowych.
3. Wykorzystałam filtr cyfrowy, zawarty w programie MATLAB, który przetwarza przekazany na wejściu sygnał osłabiając pewne pasma częstotliwościowe. Widmo sygnału jest przemnażane z filtrem co powoduje osłabienie pewnych składowych częstotliwościowych. Głównym celem było pozbycie się wysokich częstotliwości stąd w większości przypadków zastosowałam filtr dolnoprzepustowy.

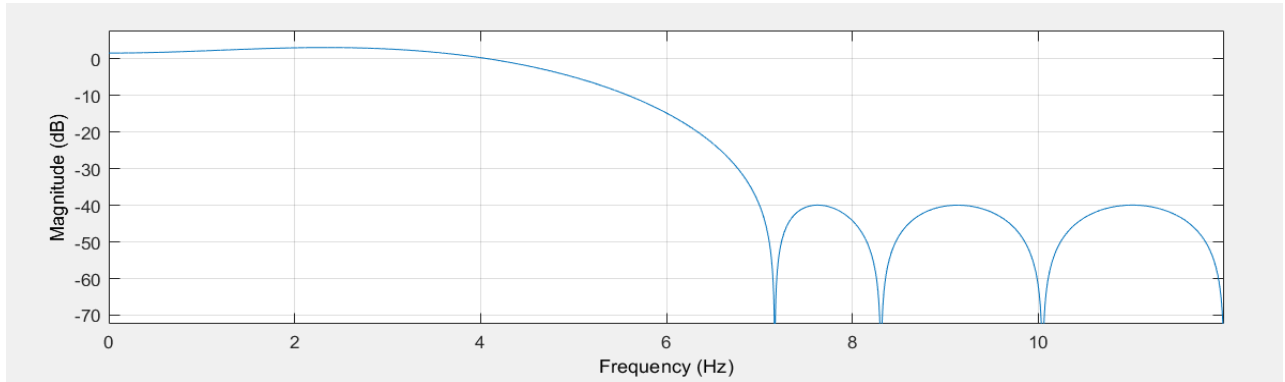
3.1 Opis zastosowanego filtra

Filtr dolnoprzepustowy (idealny):



Idealny filtr przepuszcza pewne niskie częstotliwości, natomiast pozbywa się wyższych. Nie ma jednak idealnych filtrów i skok między przepuszczonymi częstotliwościami, a stłumionymi nie jest natychmiastowy (występuje opadanie zbocza) oraz w pasmach: przepustowym i zaporowym może występować zafalowanie. Dodatkowo nie można idealnie wyeliminować wszystkich wyższych składowych częstotliwości, stąd dla wyższych pasm wykres nie jest prostą.

Przykład takiego filtra:



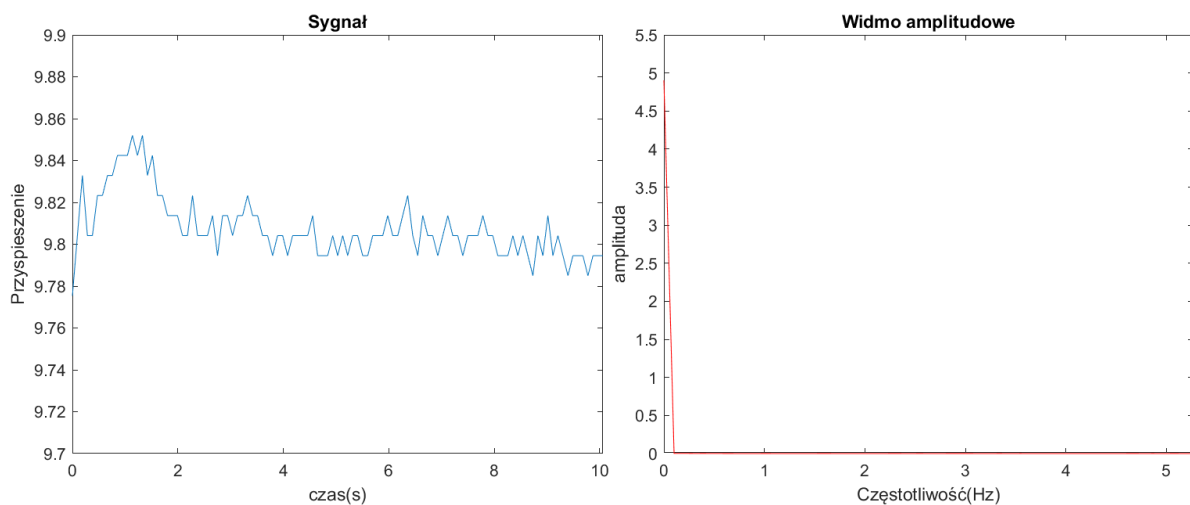
Jeszcze trzy ważne pojęcia:

- pasmo przepustowe – przeprowadza wszystkie lub większość częstotliwości bez zmian
- pasmo zaporowe – pasmo gdzie opada zbocznie – pasmo, w którym dane częstotliwości zaczynają być coraz mocniej tłumione
- rzęd filtru – złożoność obliczeń

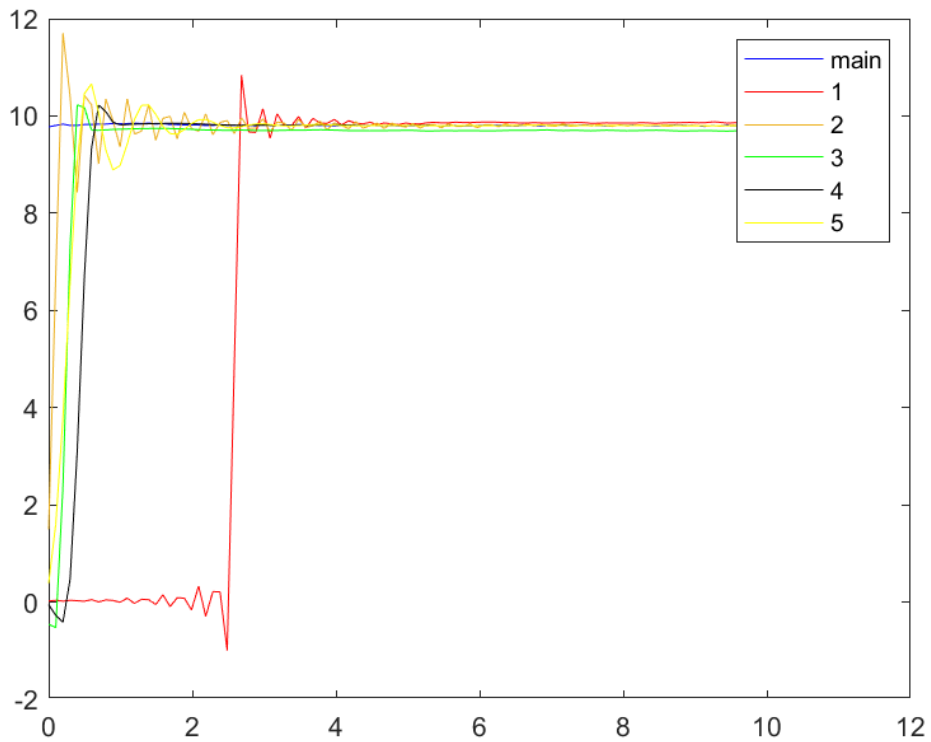
4. Doświadczenie

4.1 Część I:

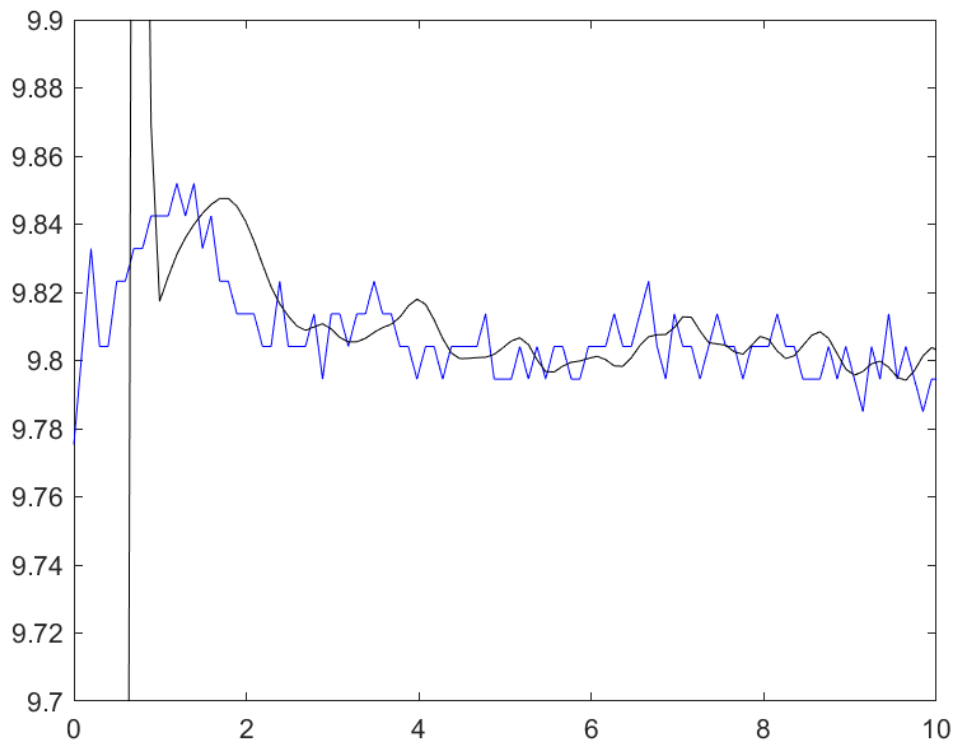
Zmierzyłam przyspieszenie leżącego nieruchomo czujnika – jak powszechnie wiadomo, (w Polsce) wynosi ono w przybliżeniu $9.81 \frac{m}{s^2}$ (oczywiście przyspieszenie związane tylko z ruchem ziemskim, przyspieszenie dośrodkowe, nie wiadomo niestety ile wynosi dokładnie nasze przyspieszenie w skali kosmosu, a byłoby to co najmniej niesamowite odkrycie!), jednak z powodu błędów pomiarowych urządzenia, które wykorzystałam, występują w nim pewne skoki. Przedstawia to wykres po lewej stronie, po prawej znalezione widmo amplitudowe:



Po zastosowaniu pewnych filtrów, wyniki przedstawiają się następująco (oś x to częstotliwości, oś y to amplituda):



Filtr nr 4 sprawdził się najlepiej i jest to jedyny filtr, który pozbył się szumu:



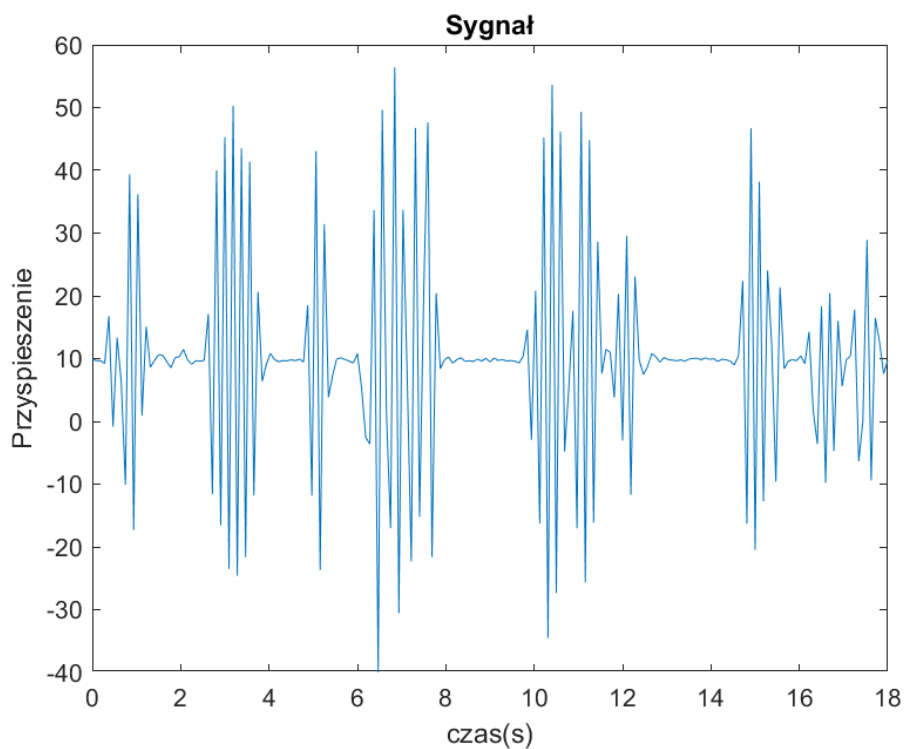
Obserwacje:

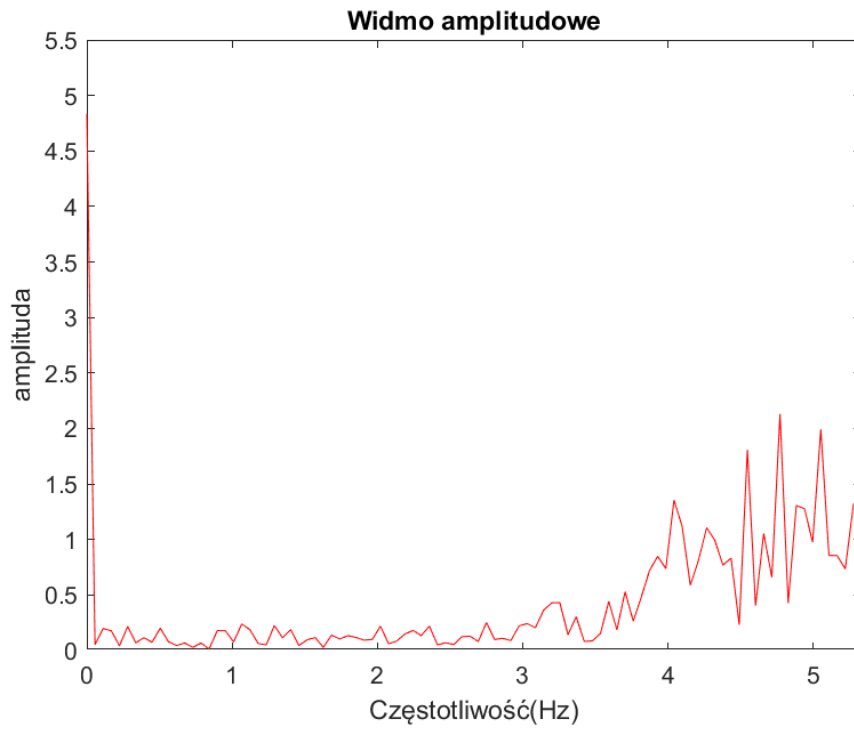
Powyższe filtry to tylko przykłady. Próbowałam zastosować również inne filtry, jednak dla tak niskich częstotliwości ciężko dobrać filtr, który po zastosowaniu pozbędzie się większej liczby skoków, a zatem 'szumu', dlatego zdecydowałam się na przykład drugi, w którym skoki przyspieszenia są znaczące i tu widać działanie filtru (w większej skali).

4.2 Część II:

Aby bardziej zakłócić sygnał (wygenerować większe skoki przyspieszenia niż w części pierwszej), zmierzyłam przyspieszenie [wzdłuż osi Z (prostopadle do ziemi)] za pomocą tego samego czujnika wprowadzonego co jakiś czas w drgania. Wybrałam tu wprowadzenie drgań, aby składowa przyspieszenia raz malała, raz rosta (gdyby składowa na przykład tylko rosta wówczas nie uzyskałabym w tym doświadczeniu oczekiwanego wyniku).

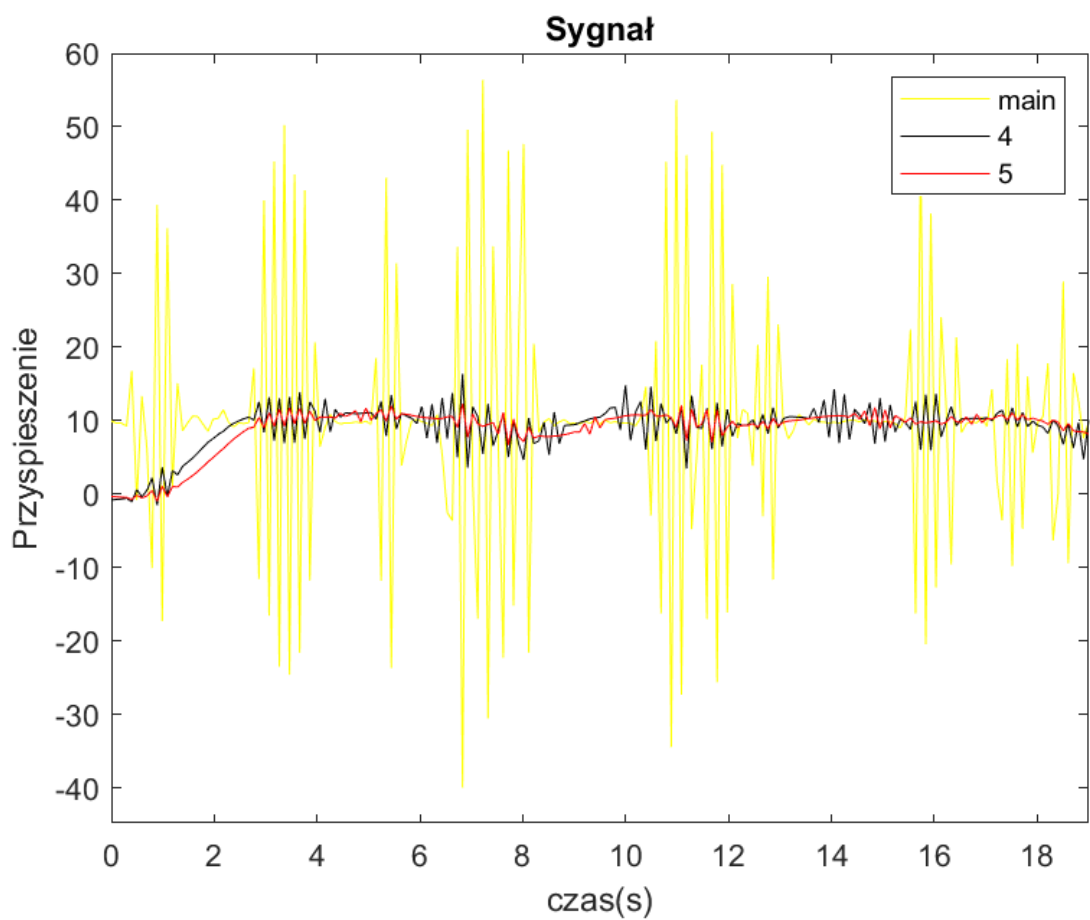
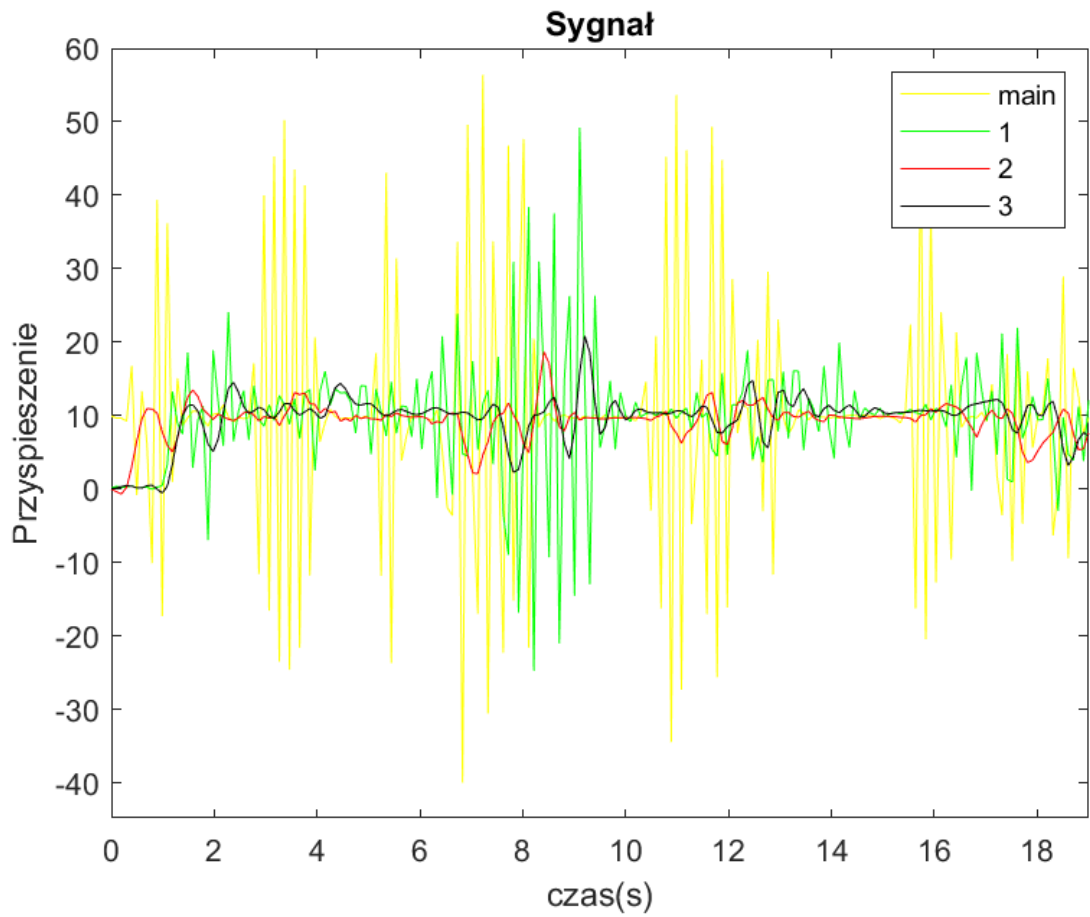
Wykresy sygnału oraz widma:

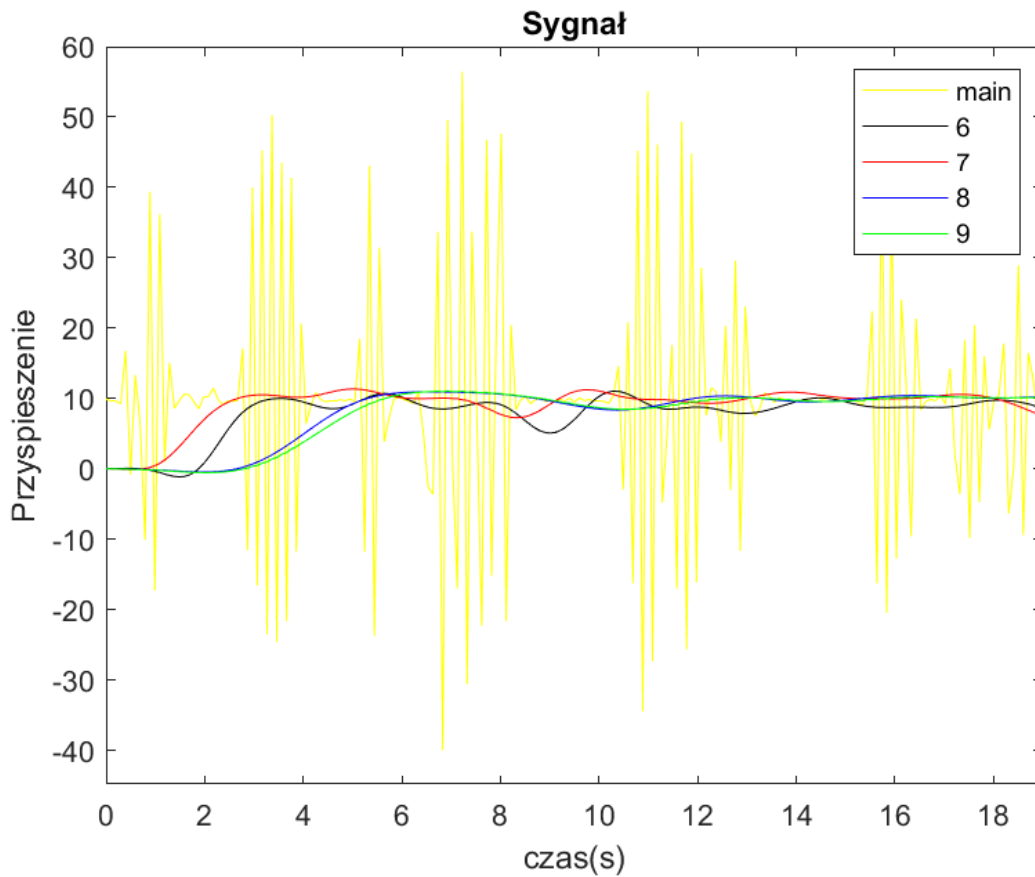




Zastosowane filtry - dla wszystkich wykorzystana skończona metoda impulsowa oraz minimalny możliwy rząd:

Filtr	Pasma przepustowe	Pasma zaporowe	Poziom tłumienia	Rząd
1.	4	5	70	23
2.	1	3	40	10
3.	2	3	80	26
4.	0.1	0.5	10	32
5.	0.1	0.5	20	40
6.	0.5	1	70	48
7.	0.1	1	70	35
8.	0.1	0.5	70	81
9.	0.1	0.4	50	86
10.	0.05	0.4	50	74

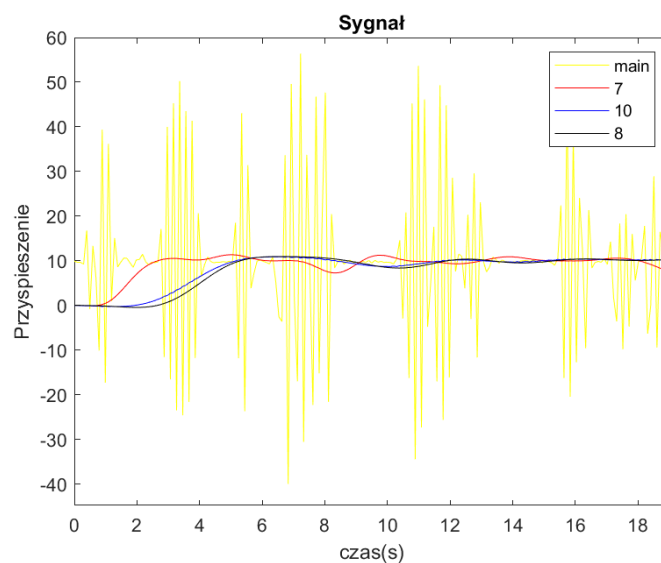




Złożoność obliczeń:

Dlaczego duża złożoność obliczeń nie jest pożądana?

Złożoność obliczeń powoduje opóźnienie, co skutkuje przesunięciem wykresu w prawo. W tym przypadku, można by stwierdzić, że jest to przydatne, ponieważ pomimo opóźnienia więcej wyższych częstotliwości zostanie wyeliminowanych lub pomniejszonych, z drugiej strony sygnał zostanie znacznie zdeformowany, czego chcę uniknąć. Wykres przedstawia opóźnienie:



Obserwacje:

Filtr nr 1 pozbył się tylko najwyższych częstotliwości, w dodatku złożoność obliczeń wpłynęła na opóźnienie.

Co ciekawe filtry nr 2 oraz 3 usunęły podobne składowe (co prawda z różną złożonością obliczeń), z tą różnicą, że filtr nr 2 przepuścił mniej pasm częstotliwości z niższym poziomem tłumienia. Można wywnioskować, że w tym przypadku lepiej zmniejszyć pasmo przepustowe, jednocześnie zmniejszając poziom tłumienia.

Filtry nr 4 i 5 mają niższe pasma zaporowe co powoduje eliminację większej ilości pasm o wyższej częstotliwości – jest to pożądaný efekt, jednak zwiększa to rząd, a zatem opóźnienie. Filtry odznaczają się także mniejszym poziomem tłumienia co przejawia się widocznymi skokami na wykresach.

Z początku filtr nr 6 wydawał się być najlepszy, natomiast obniżenie krańca pasma zaporowego – zwiększyło miejsce na opadanie zbocza, co skutkowało zmniejszeniem złożoności obliczeń, a także wyeliminowało więcej pasm o wyższych częstotliwościach.

Najlepszy wynik dał zatem filtr nr 7. Nie odznacza się on minimalnym rzędem natomiast osłabia lub zupełnie niweluje częstotliwości powyżej pasma zaporowego, którego granica wynosi 1. Dzięki temu, że odległość między pasmem przepustowym, a zaporowym wynosi 0.9 - rząd obliczeń nie jest wybitnie duży - tak jak widać to w przykładzie 8 i 9, gdzie odległość ta wynosi zaledwie 0.4/0.3. Granica pasma przepustowego to 0.1, co również generuje mniejszą złożoność obliczeń. (Przeciwnie w przykładzie 10, gdzie granica pasma przepustowego jest mniejsza, ale za to rząd znacznie rośnie).

5. Wnioski i podsumowanie:

Część I:

Dla bardzo małych częstotliwości nie uzyskam pożądanego efektu, sygnał nie został przybliżony do wartości $9.81 \frac{m}{s^2}$. Filtry redukujące wyższe częstotliwości nie zdadzą się na wiele, z kolei filtry redukujące częstotliwości mniejsze odznaczają się wysokim rzędem filtru, przez co dużą złożonością obliczeń. Można było się tego spodziewać, natomiast myślę, że warto było spróbować.

Część II:

Cel mogę uznać za osiągnięty. Udało się pozbyć większości szumu z sygnału, czyli pewnych składowych przyspieszenia powstałych z powodu zakłóceń występujących w czasie pomiaru. Chociaż filtr, który uważam za najodpowiedniejszy nie ma najmniejszej złożoności obliczeń i zapewne są filtry dające lepsze wyniki, to po jego zastosowaniu otrzymuję sygnał w zakresie $9.5 \frac{m}{s^2}$, a $10.1 \frac{m}{s^2}$ co nie jest najgorszym wynikiem uwzględniając wielkość szumu.

6. Użyte narzędzia

- skaner do mierzenia przyspieszenia wzdłuż osi Z (prostopadle do ziemi)
- narzędzia z programu MATLAB w tym do tworzenia filtrów (Filter Designer)

7. Pomocne źródła

- <https://sound.eti.pg.gda.pl/~greg/dsp/02-FIR.html>
- <https://sound.eti.pg.gda.pl/~greg/dsp/01-AnalizaWidmowa.html>
- https://pl.wikipedia.org/wiki/Cz%C4%99stotliwo%C5%9B%C4%87_Nyquista
- http://www.eletel.p.lodz.pl/Bujacz/Akustyka/Elektro%20-%2001-2%20Filtry%20RC_2014.pdf
- <http://zmnimf.if.uj.edu.pl/Pspec/Czestotliwo%20Nyquista.htm>
- http://www.zstio-elektronika.pl/pliki_t_elektronik/Filtry_czestotliwosciowe.pdf
- http://www.zstio-elektronika.pl/pliki_t_elektronik/Filtry_czestotliwosciowe.pdf
- https://multimed.org/student/pdio/pdio06a_filtry_cyfrowe_FIR.pdf