

Politechnika Poznańska
Wydział Informatyki i Telekomunikacji

Wstęp do Cyfrowego Przetwarzania Sygnałów - Laboratorium

Filtry MAV
(MAV lub MA ang. Moving Average)

1. Ćwiczenie

1. Wyjaśnij jakim typem filtru jest MAV (FIR, czy IIR) i dlaczego?
(CPS_MAV_charakterystyka.m)
2. Zbadaj własności filtru: charakterystykę amplitudową, fazową, odpowiedź impulsową dla trzech wartości M ($4 < M < 20$) (CPS_MAV_charakterystyka.m).
- 3a. Zbadaj skuteczność filtru dla trzech wartości M ($4 < M < 20$, takich jak w punkcie 2), gdy sygnał zakłócony jest szumem gaussowskim o dopasowanych uprzednio trzech wariancjach (CPS_MAV_G_pol.m) ($3 \times 3 = 9$ możliwości).
- 3b. Zbadaj skuteczność filtru dla trzech wartości M ($4 < M < 20$, takich jak w poprzednich punktach), gdy sygnał zakłócony jest szumem o rozkładzie równomiernym o dopasowanych uprzednio trzech wariancjach (takie same, jak wybrane w punkcie 3a) (CPS_MAV_P_pol.m) ($3 \times 3 = 9$ możliwości).
4. Zbadaj przesunięcie fazowe dla trzech wartości M ($4 < M < 20$, takich jak w poprzednich punktach), ile wynosi przesunięcie fazowe i jak zależy od długości filtru.
(CPS_MAV_przesuniecie.m)
5. Napisz wnioski wynikające z porównania poprzednich punktów.

2. Wzór sprawozdania

Wstęp do cyfrowego przetwarzania sygnałów – laboratorium Temat: Filtry MAV (MAV lub MA ang. Moving Average)		
Imię i nazwisko: Marcel Garczyk		
Data ćwiczenia: 12.05,22r.	Data oddania sprawozdania: 12.05.22r.	Ocena:

Sprawozdanie powinno zawierać:

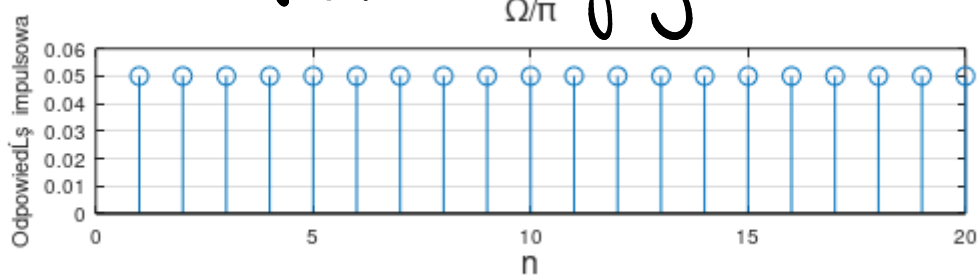
- Wykresy otrzymanych przebiegów,
- Odpowiedzi na pytania,
- Wyniki
- Wnioski!

- 1) Filtry typu MAV, są filtrami o skończonej odpowiedzi impulsowej (FIR), co zauważamy obserwując wykres odpowiedzi impulsowej, ilość prążków jest równa wartości parametru M – długości okna. Dla wartości $n > M$ charakterystyka przyjmie wartość 0.

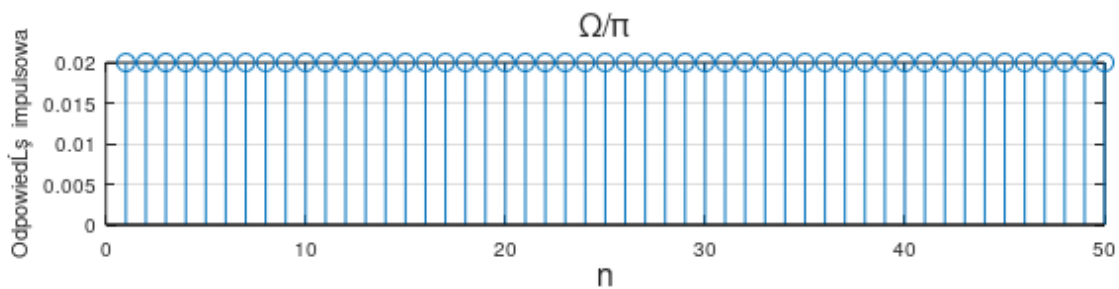
A jaka jest cecha charakterystyczna?

Dla $M = 20$

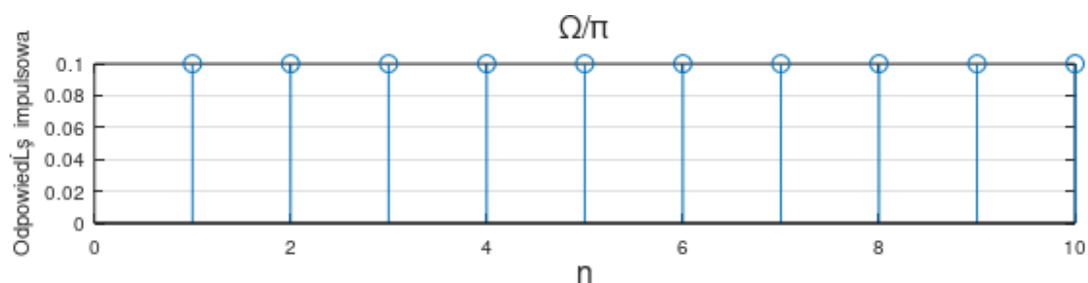
2 pkt



Dla $M = 50$



Dla $M = 10$



↓ kwestia?

- 2) Zauważamy, to co poprzednio, czyli, że wraz ze zwiększeniem M (długością okna), zwiększa się ilość prążków w odpowiedzi impulsowej.

3 pkt

W charakterystyce fazowej zwiększa się ilość powtórzeń fragmentów sygnału piłokształtnego, skraca się jego okres. Amplituda pozostaje taka sama, jednak cały sygnał z każdym kolejnym okresem, przesuwają się nieco w górę. Można wnioskować, że kolejne składowe sygnału wejściowego mają różne fazy.

co?!

przewidywaniem!

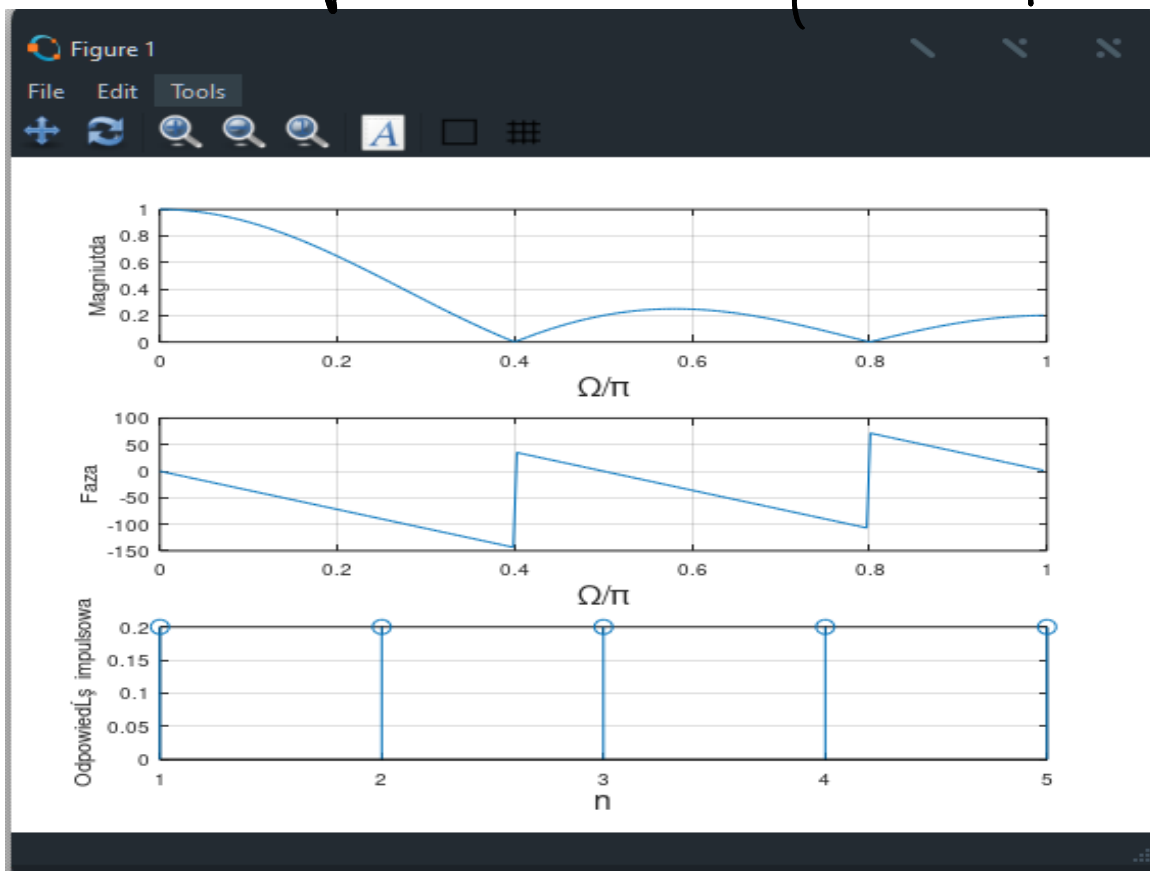
to nie

jest kwestia
przyczynowości

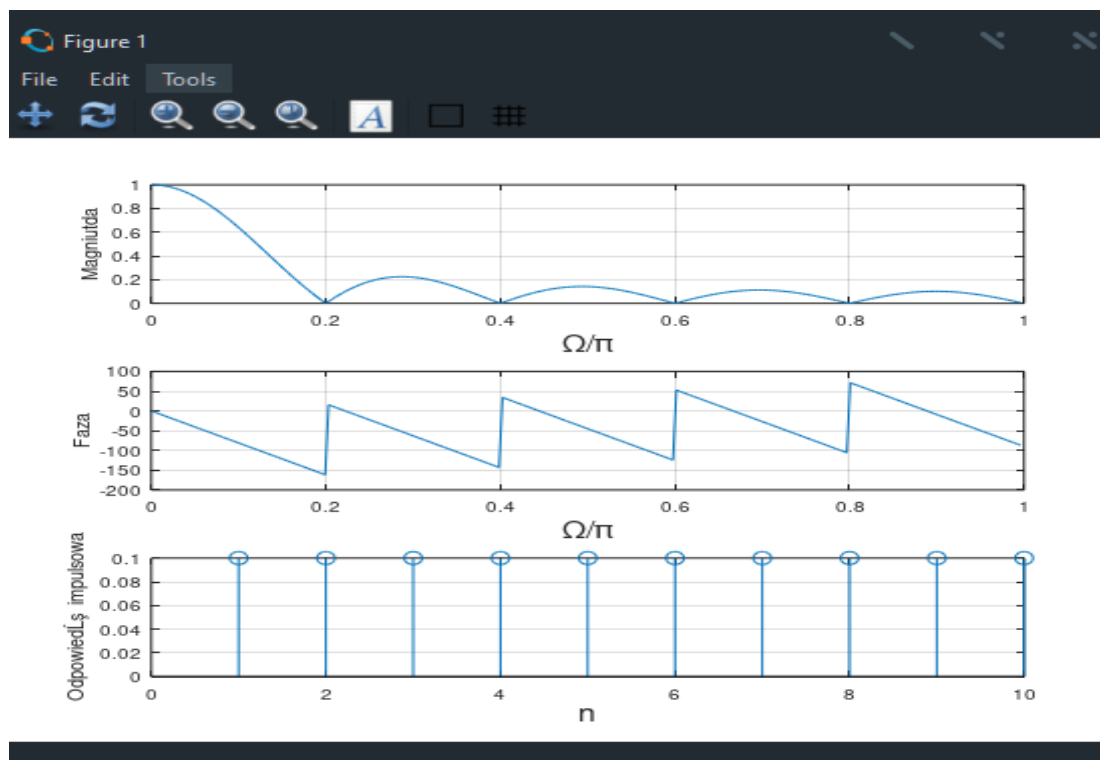
Widmo amplitudowe przypomina moduł z funkcji $\text{Sinc}(x)$, jednak ze względu na przyczynowość filtra obserwujemy je, tylko dla dodatnich wartości Ω/π , podobnie jak w przypadku widma fazowego wraz ze wzrostem M , skraca się okres kolejnych powtórzeń funkcji, można zauważyć, że największą amplitudę w sygnale wejściowym, mają składowe o częstotliwościach od 0 Ω/π do ok. 0.22 Ω/π . Wraz z dalszym wzrostem Ω/π , amplitudy składowych o tych częstotliwościach maleją.

↓ obserwacja jest częścią (0:1) → $\frac{\Omega}{\pi}$ → cały sygnał
przewidywaniem

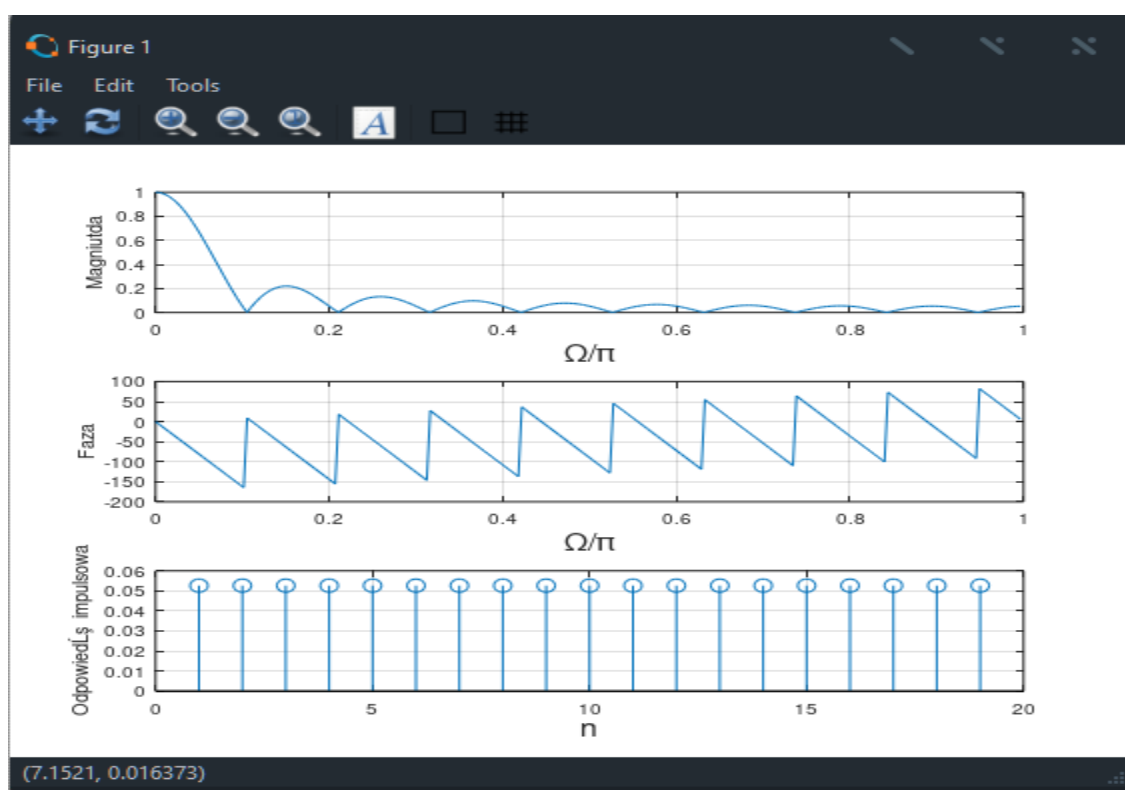
Dla $M = 5$



Dla $M = 10$



Dla $M = 19$

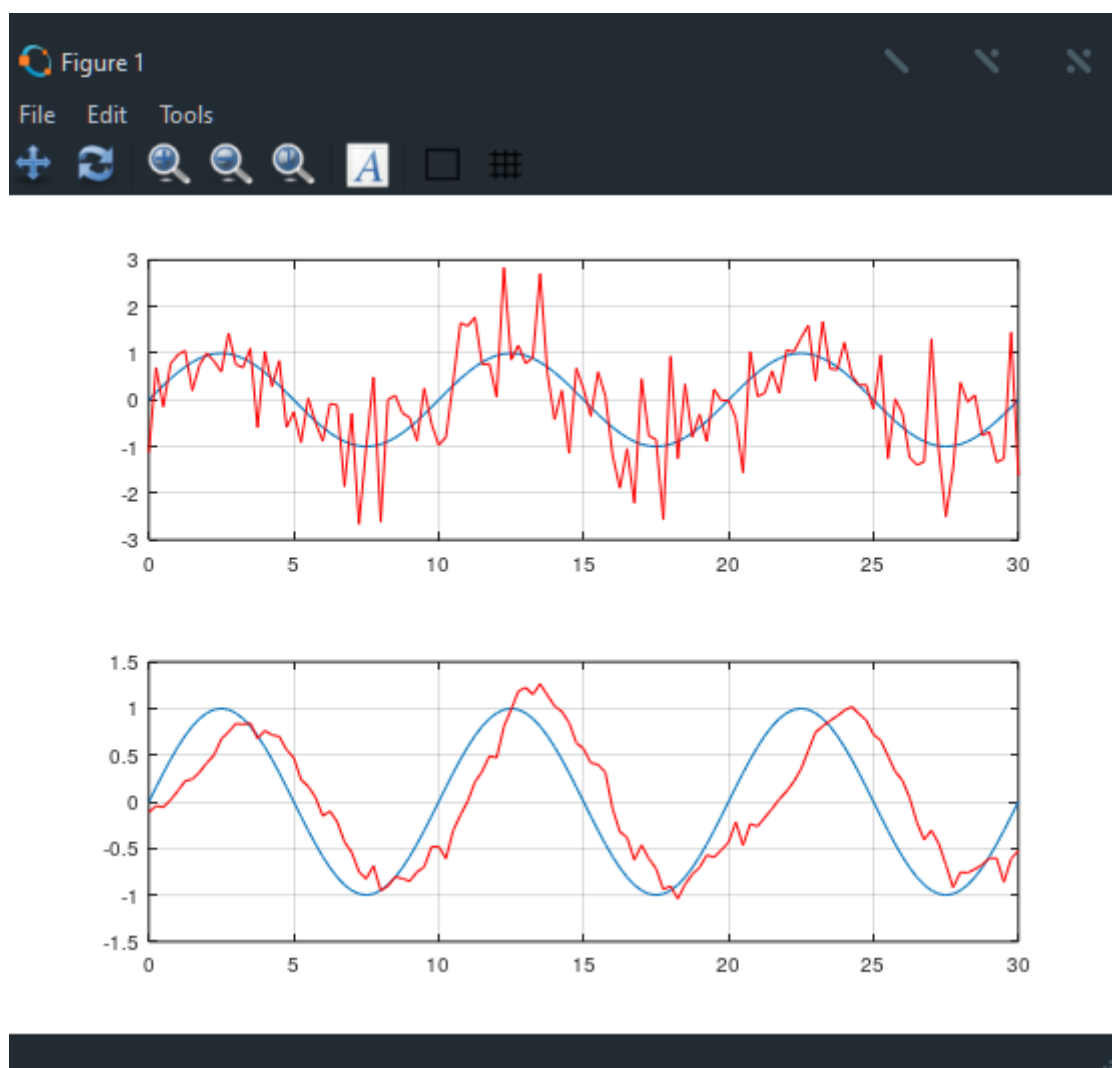


3) Zakłócanie szumem gaussowskim.

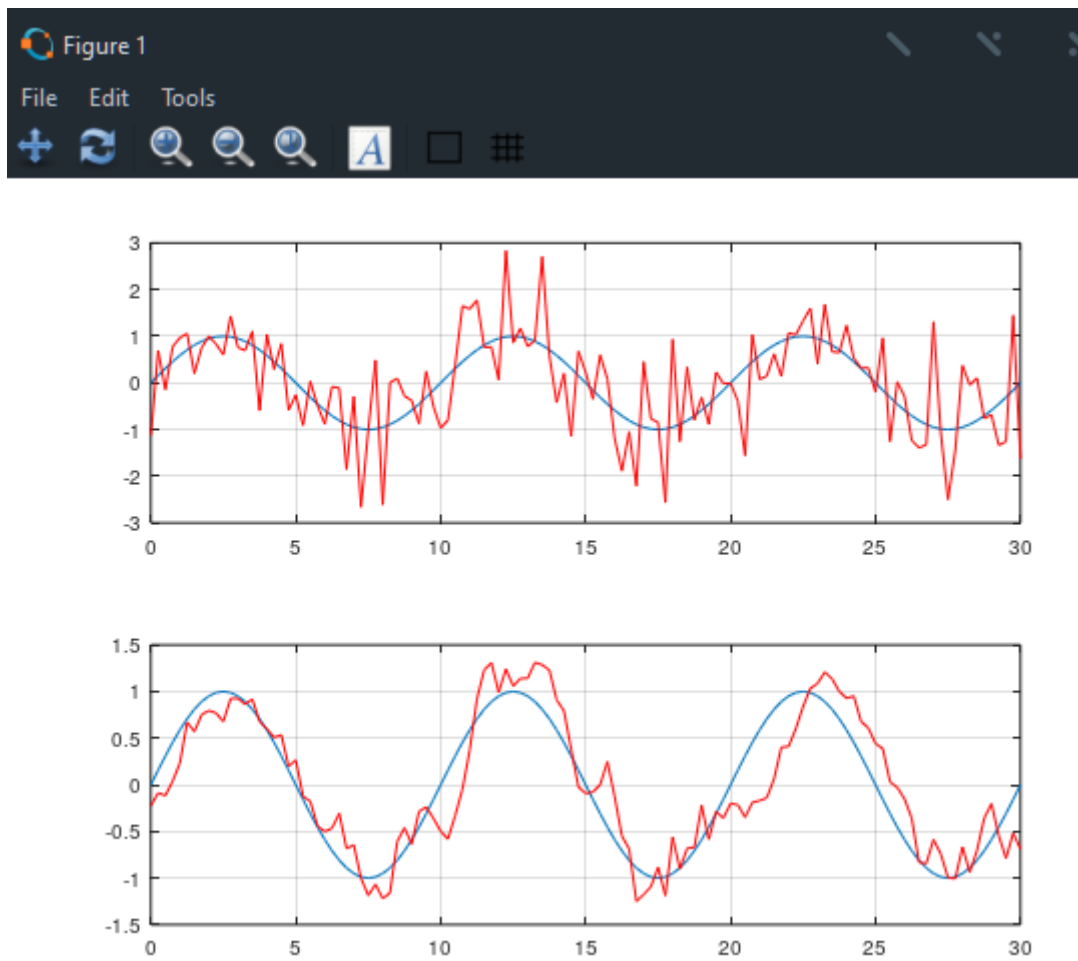
3.1

a) Wykresy $M = 5$

- $vvar = 0.3$

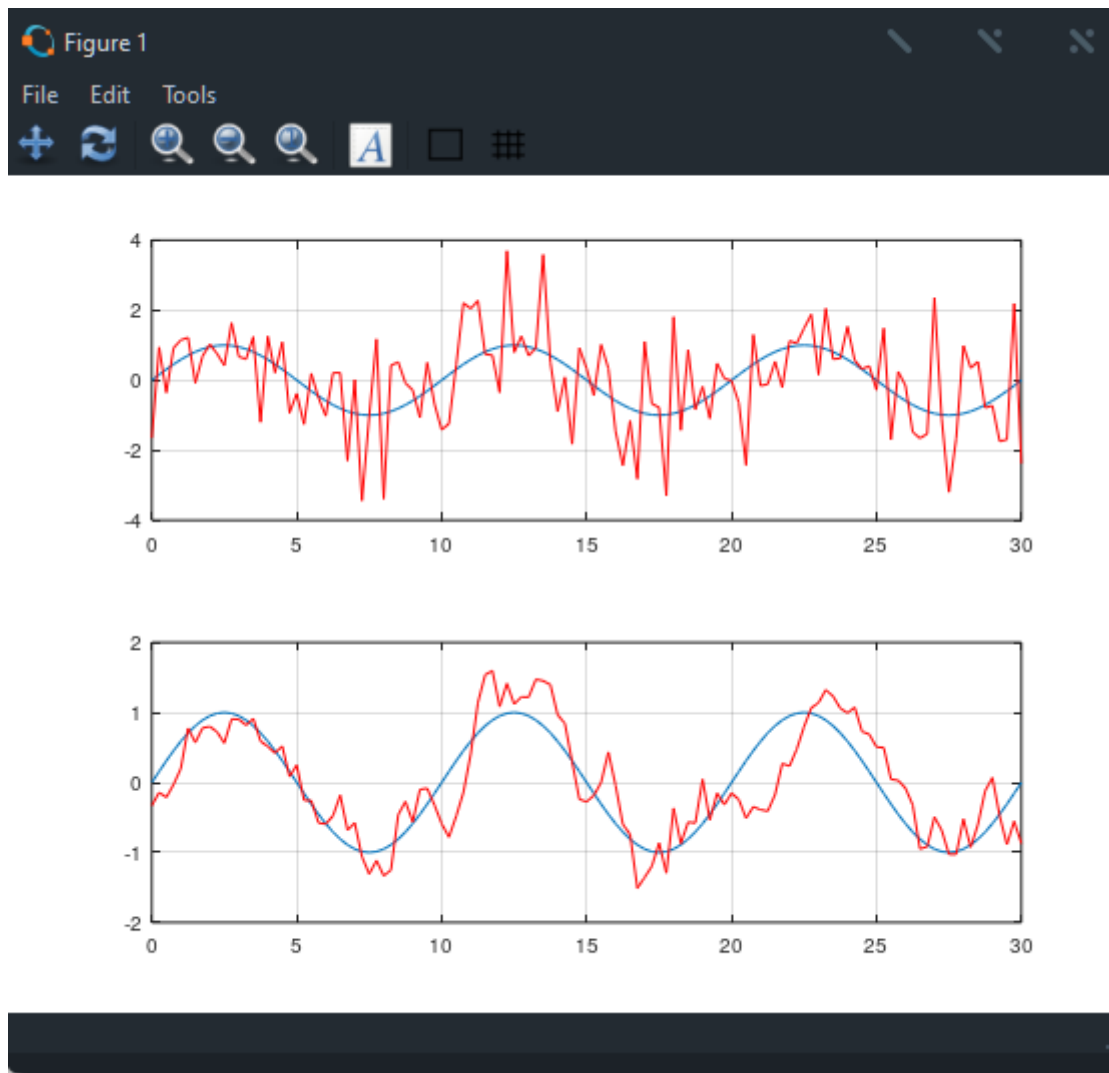


- $vvar = 0.7$



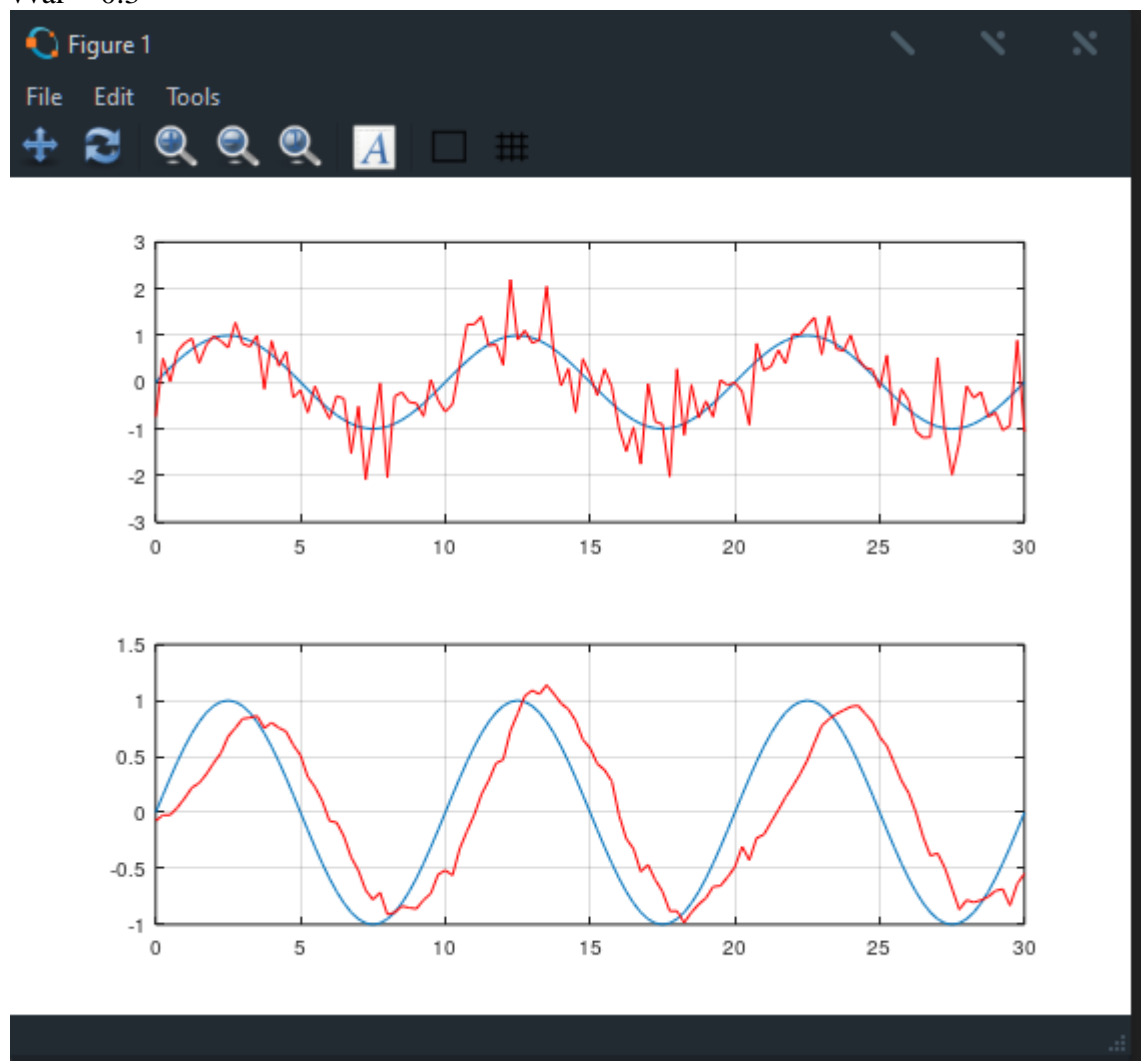
•

- $vvar = 1.5$

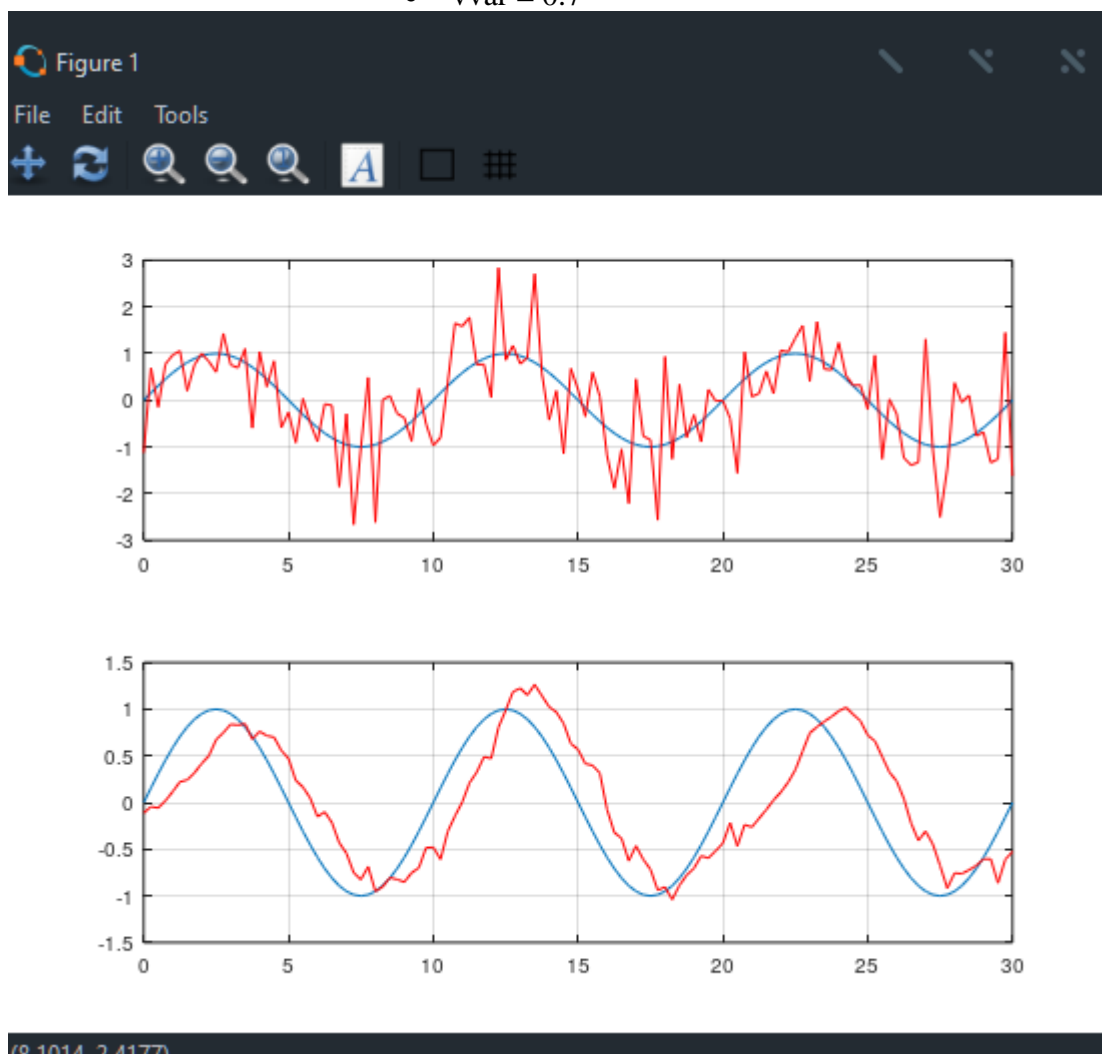


b) Wykresy $M = 10$

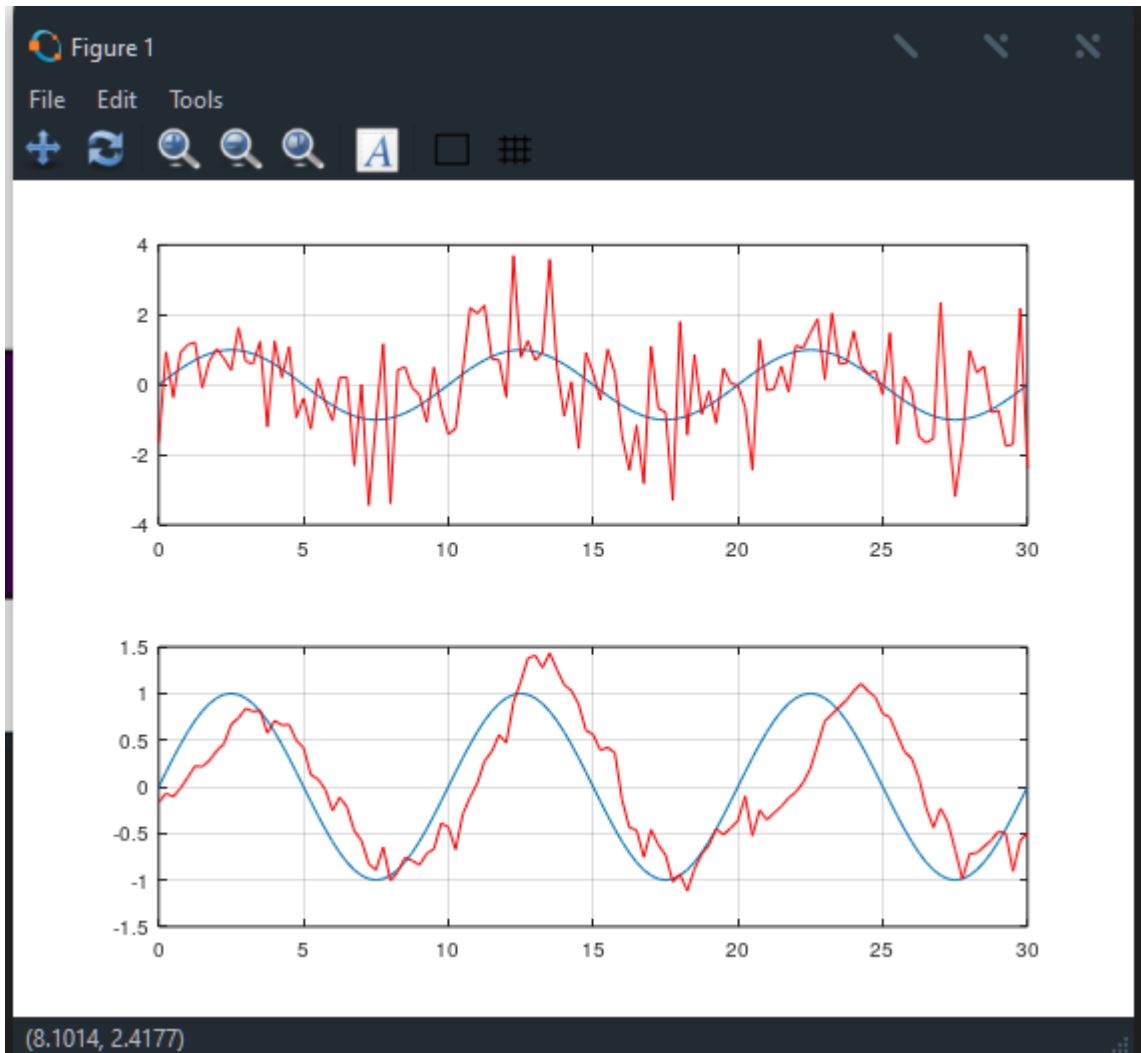
- $vvar = 0.3$



- $vvar = 0.7$

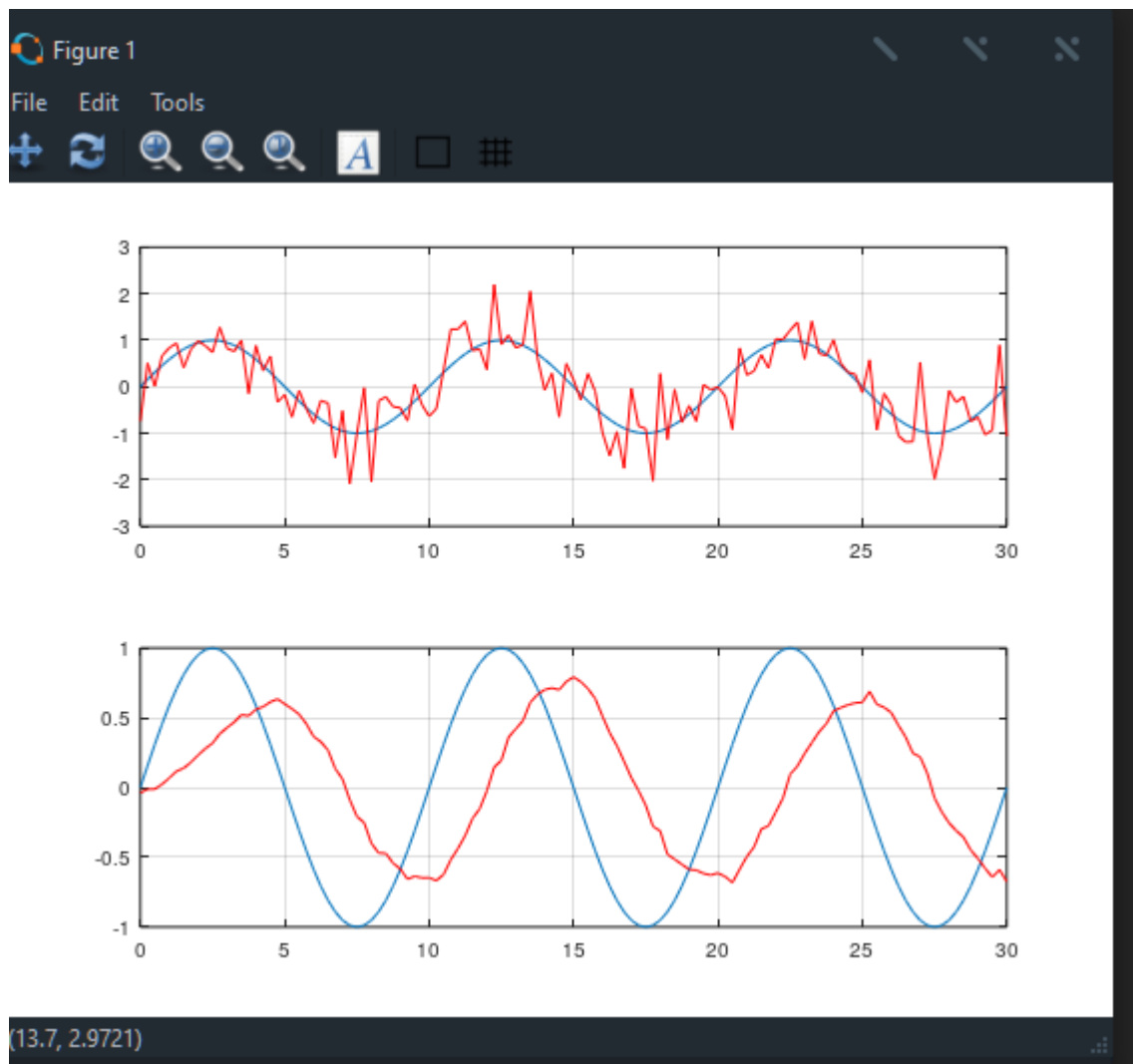


- $\text{vvar} = 1.5$

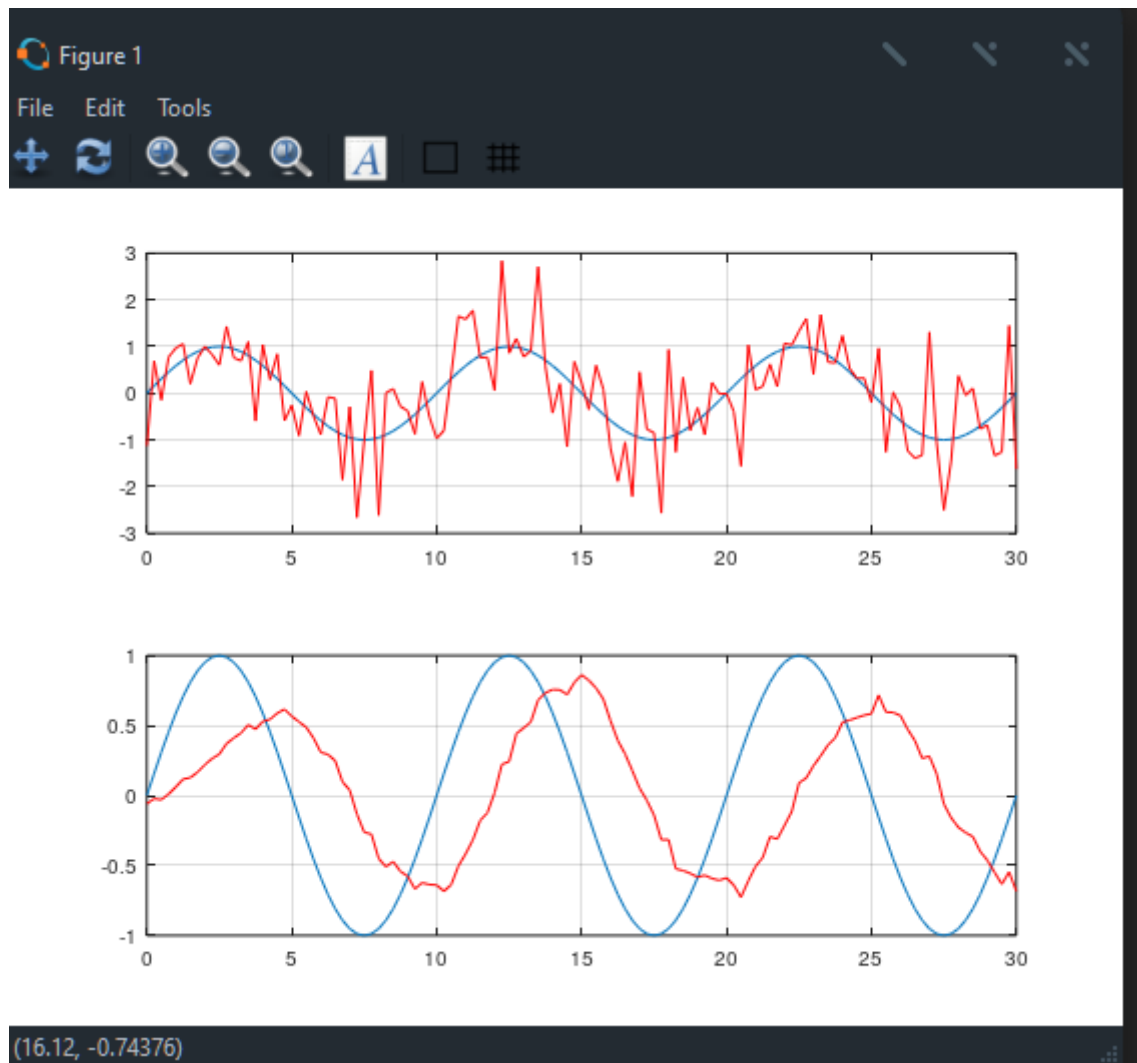


c) Wykresy $M = 19$

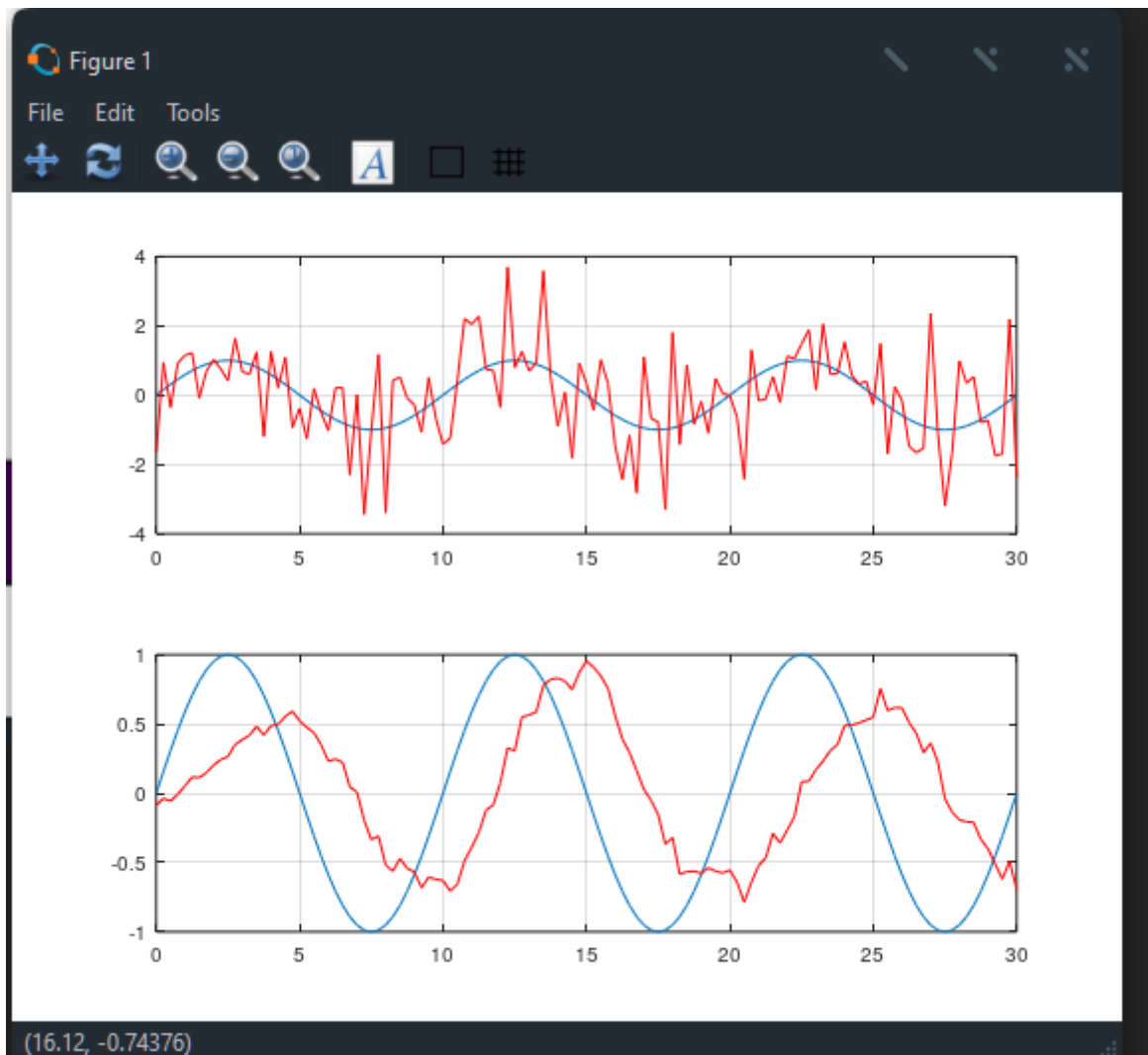
- $vvar = 0.3$



- $vvar = 0.7$



- $vvar = 1.5$



Wniosek 3.1:

Zauważamy, że w przypadku zakłócania szumem gaussowskim to im wyższe M , tym dokładniej filtr jest w stanie przybliżyć zaszumiony sygnał do oryginału, jednak w zakresie od $4 < M < 20$ jest to przybliżenie któremu brakuje sporo to ideału, zwłaszcza w przypadku wyższych wartości współczynnika γ_{var} . Wraz ze wzrostem rzędu filtru, sygnał wyjściowy jest co raz bardziej przesunięty w fazie w prawo względem oryginału.

Spkt

↓
to jest inny szum → inne warunki eksperymentu!

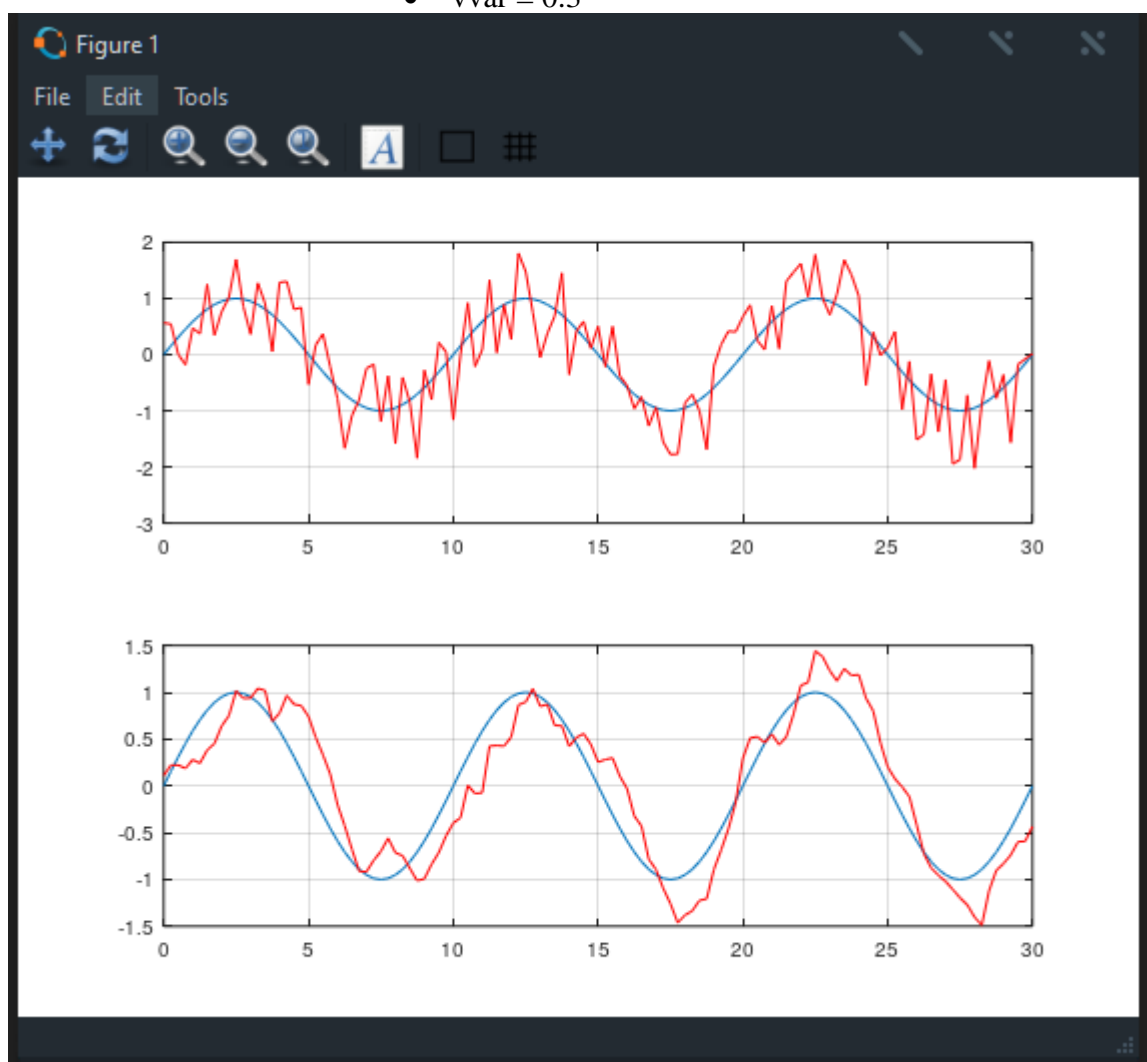
→ amplitude w zależności od M ?

→ kiedy widzimy dobre efekty odsumowania.

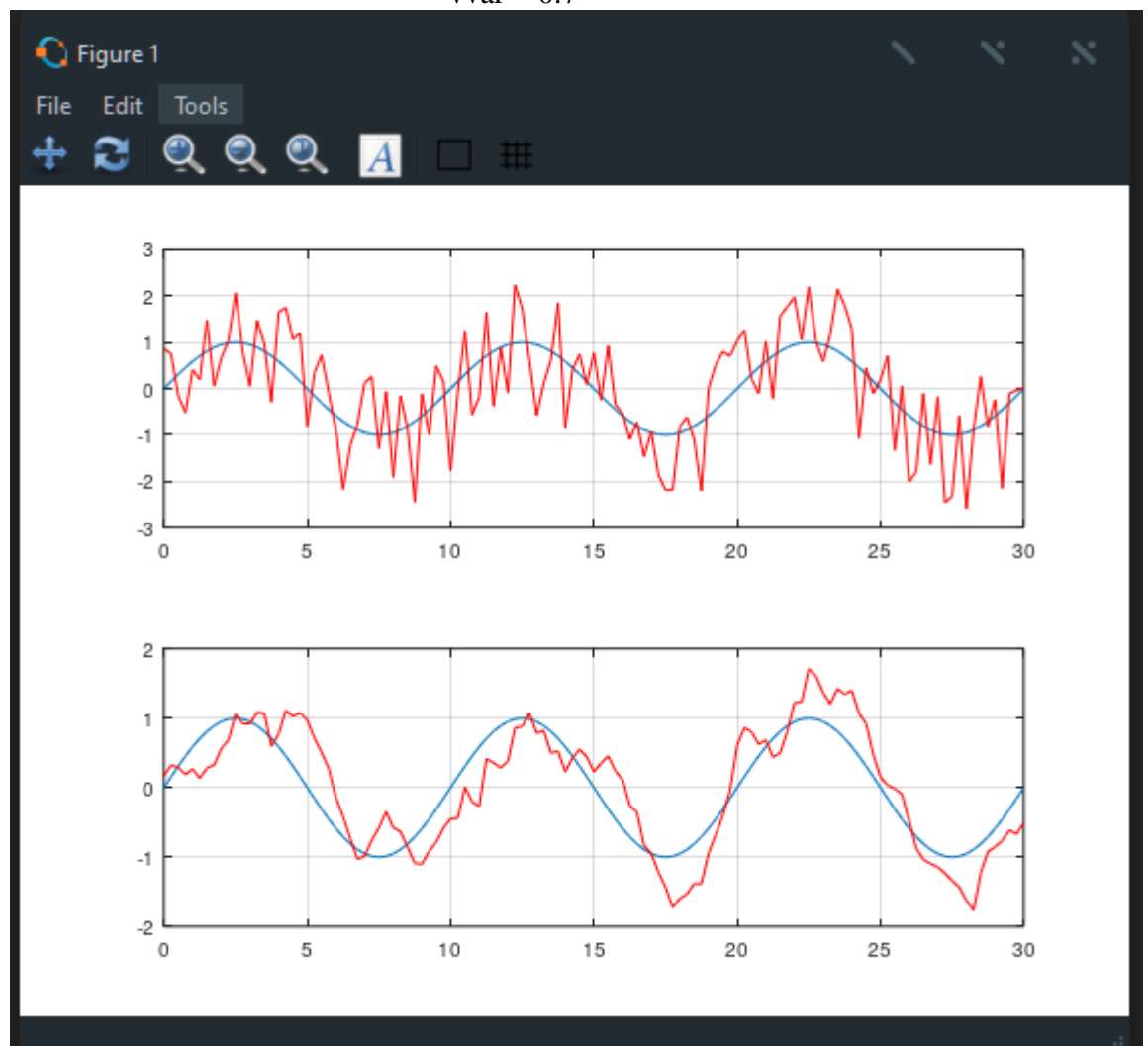
3.2

a) $M = 5$

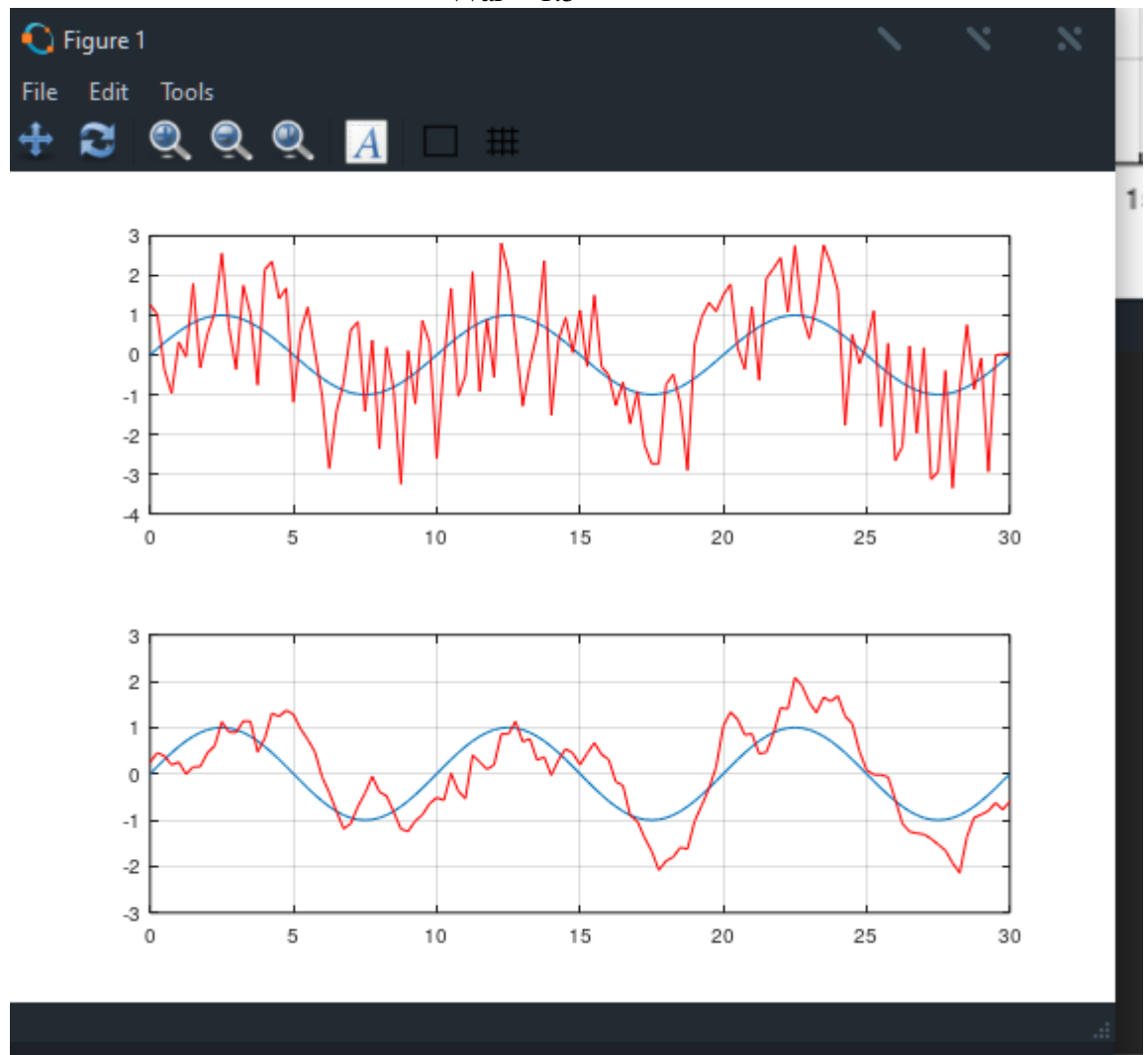
• $vvar = 0.3$



- $vvar = 0.7$

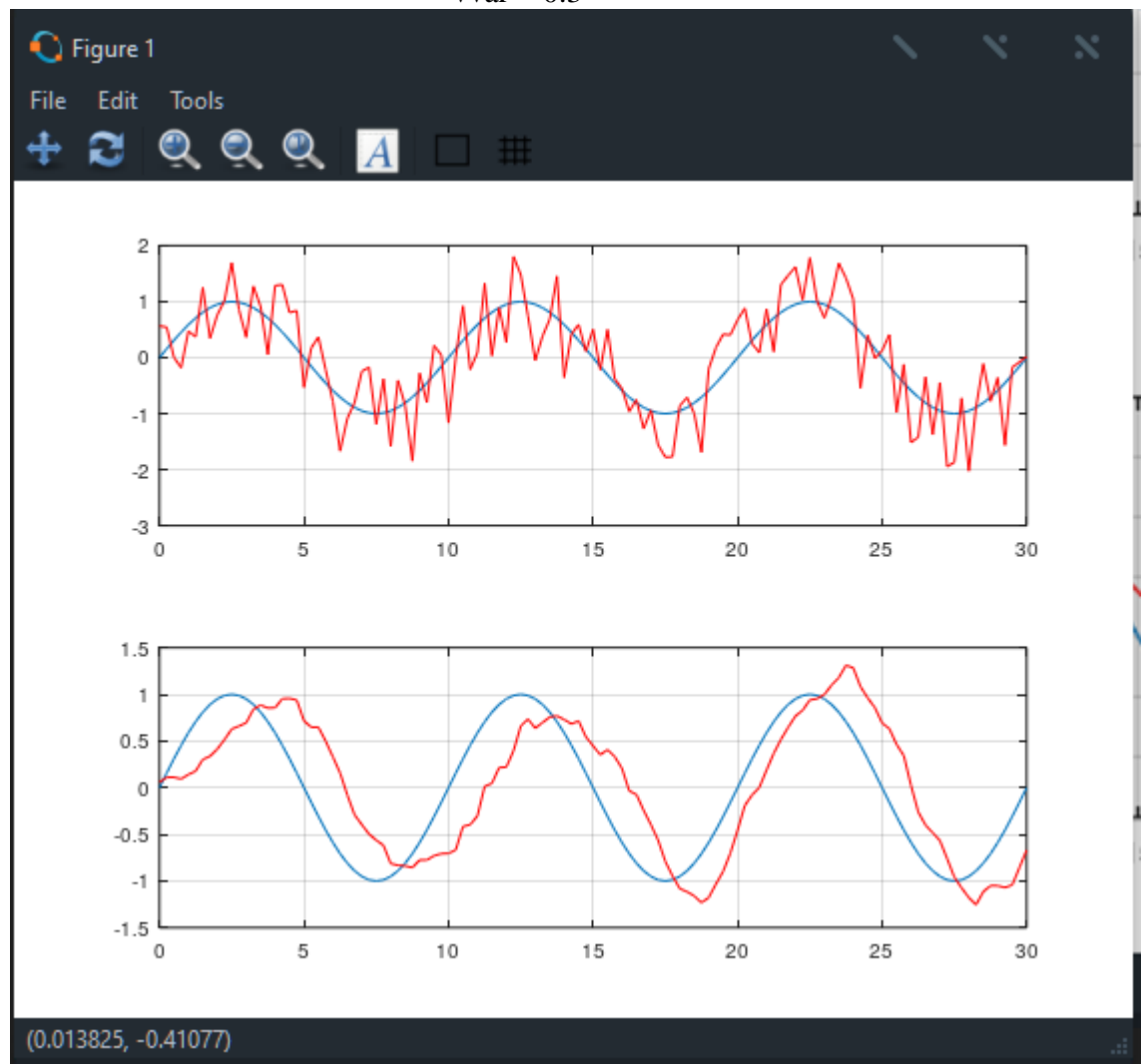


- $vvar = 1.5$

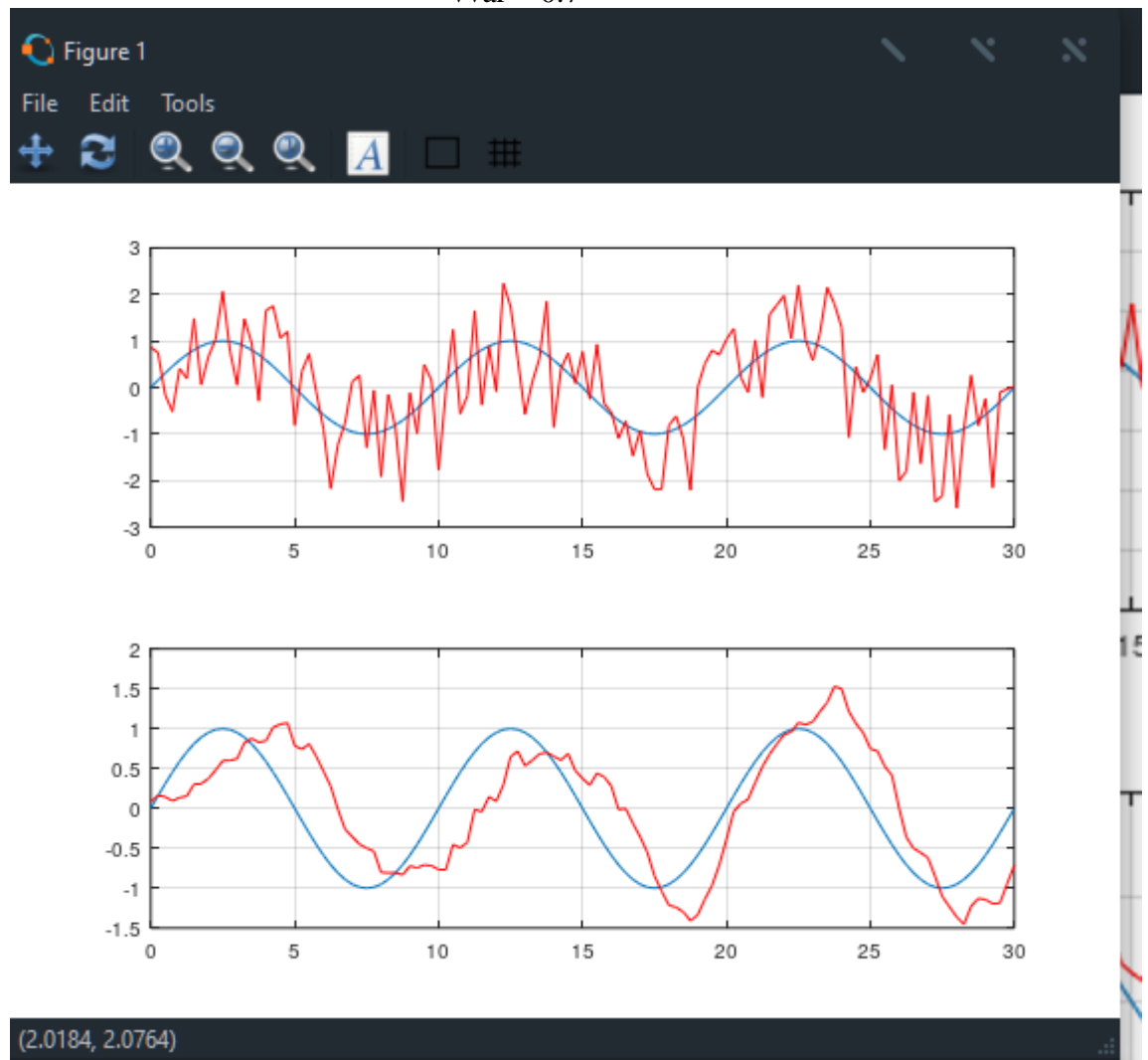


b) $M = 10$

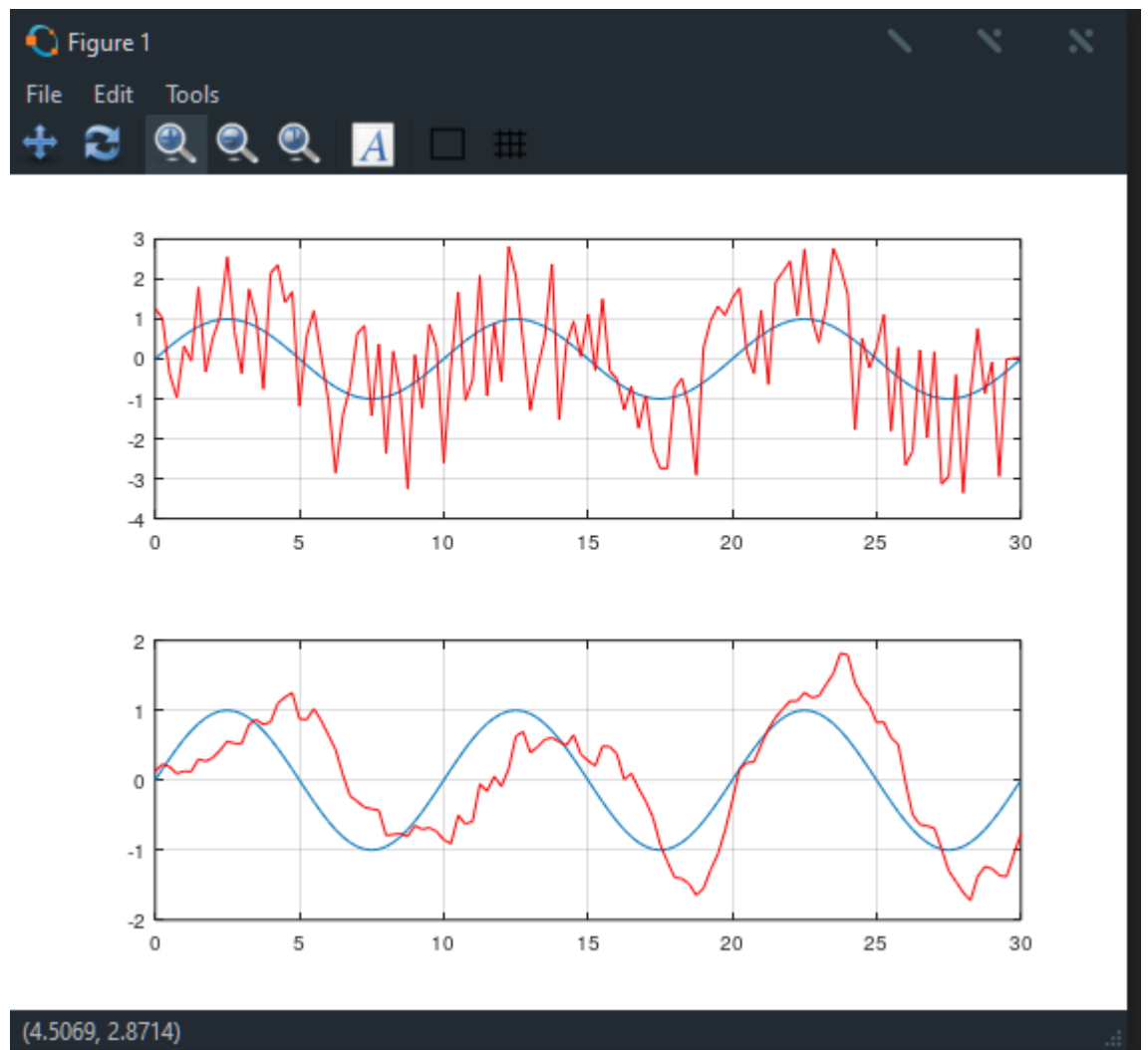
- $vvar = 0.3$



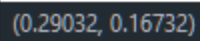
- $vvar = 0.7$



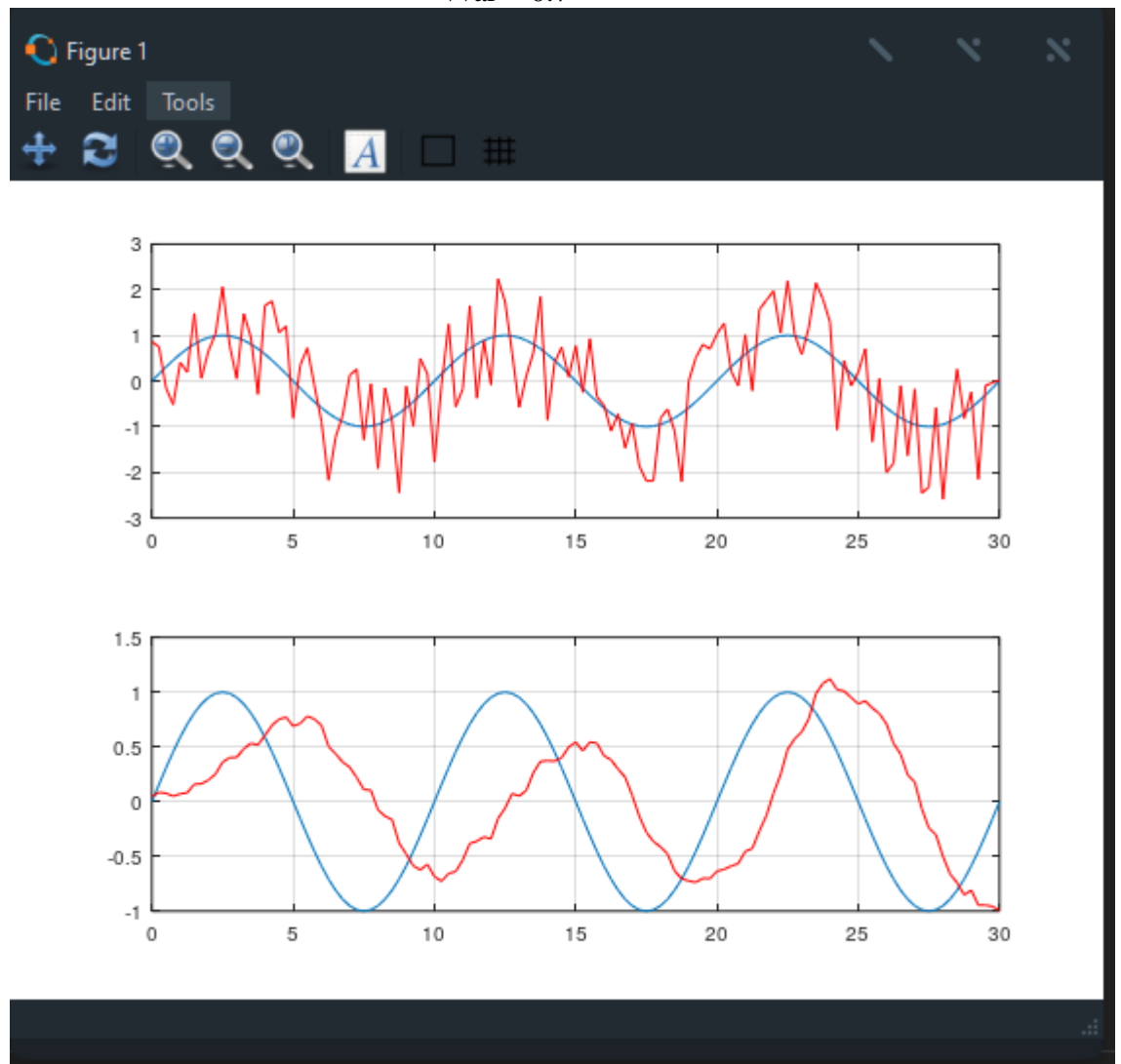
- $vvar = 1.5$



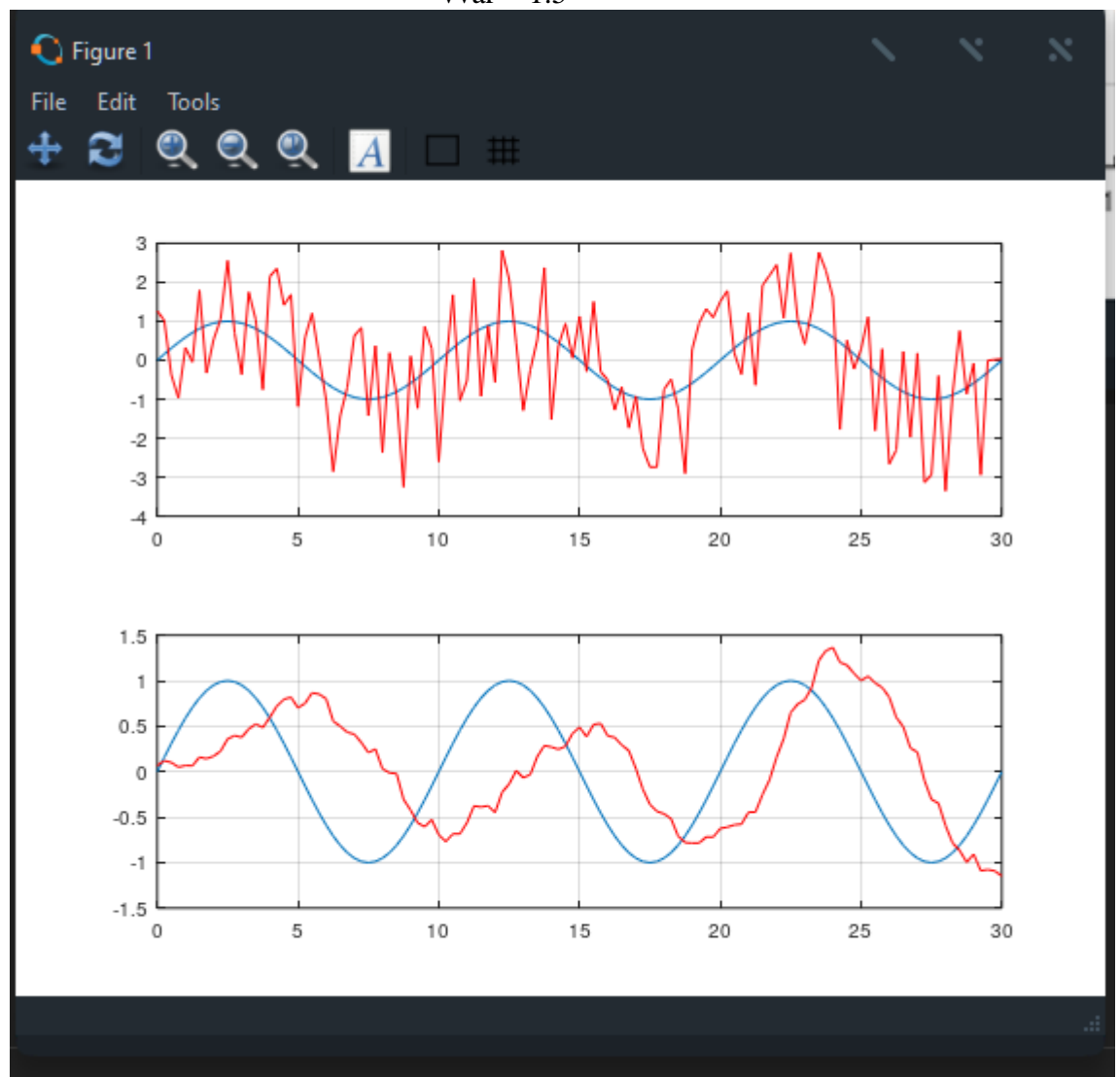
- $\text{vvar} = 0.3$



- $vvar = 0.7$



- $vvar = 1.5$



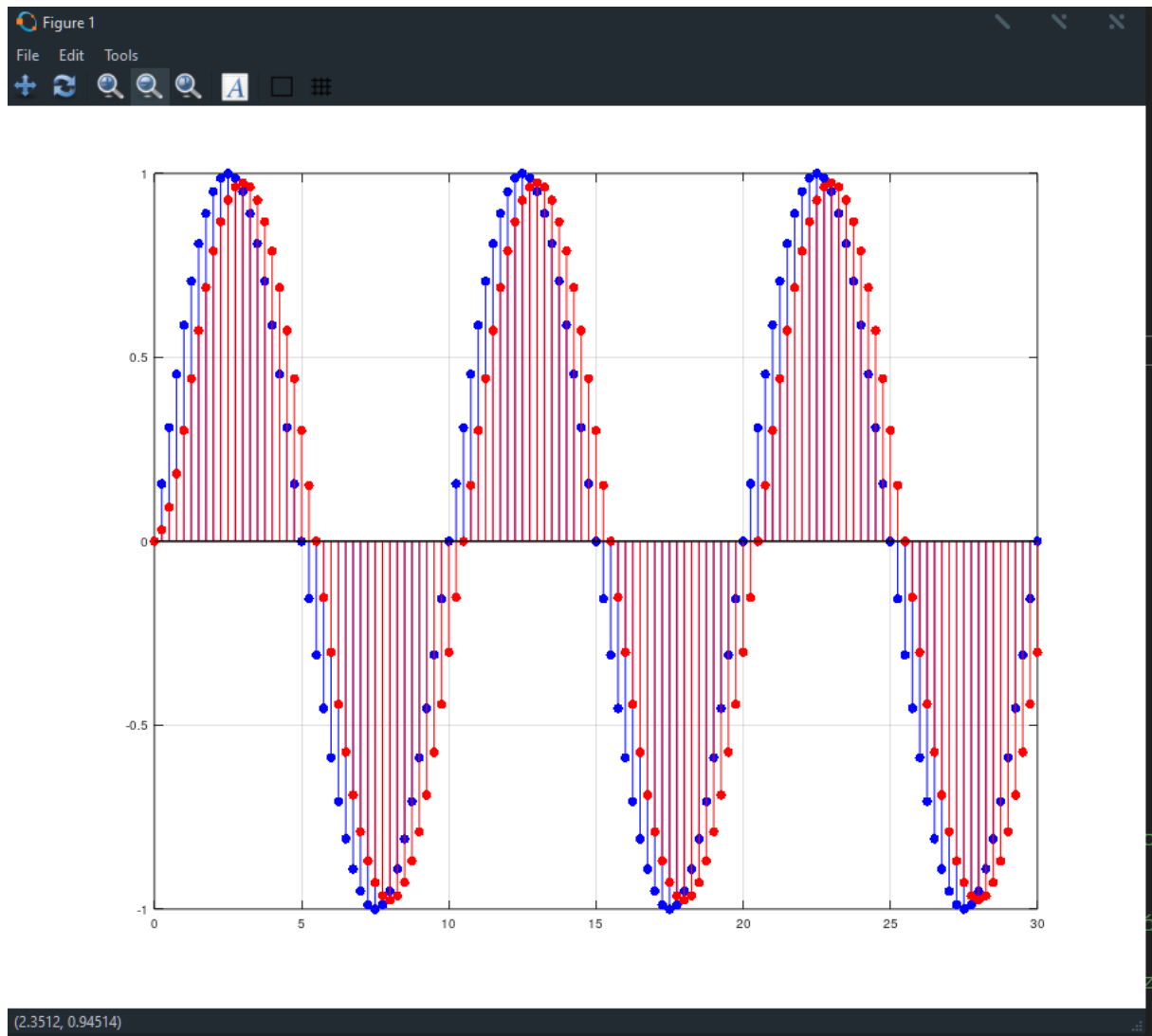
Wnioski: 3.2

Zauważamy, że w przypadku zakłócania szumem równomiernym sytuacja jest podobna, ponownie zwiększanie M powoduje, że sygnał jest co raz dokładniej przybliżany do oryginału, jednak przynajmniej w zakresie od $4 < M < 20$, przybliżeniu brakuje nieco do oryginału, zwłaszcza w przypadku wyższych wartości współczynnika v_{var} . Ponownie im wyższy rząd filtru tym bardziej sygnał wyjściowy jest przesunięty w fazie, w prawo.

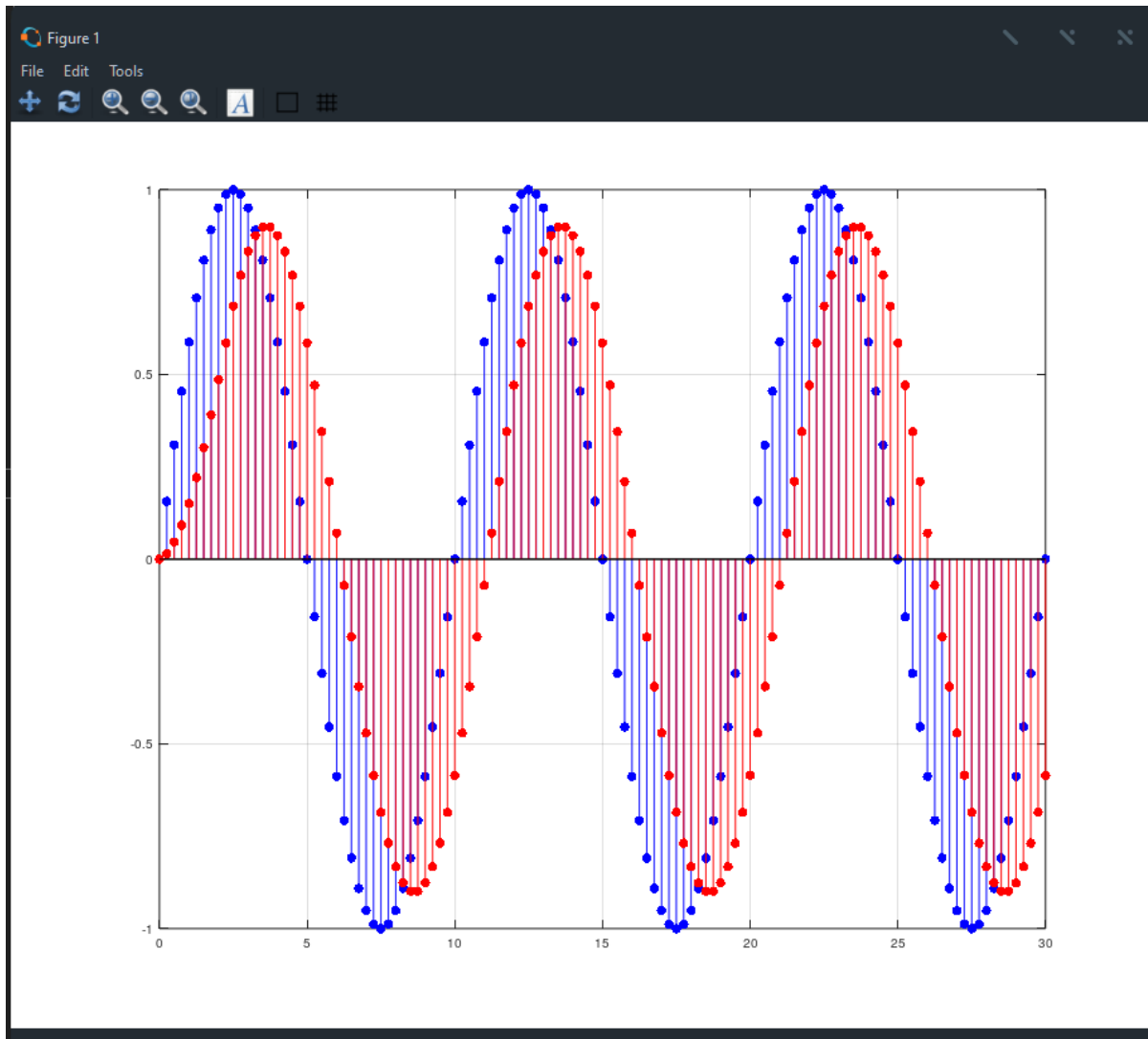
2 pkt te same uwagi co do poprzedniej
Lepiej niż dla Gaussowskiego?

4)

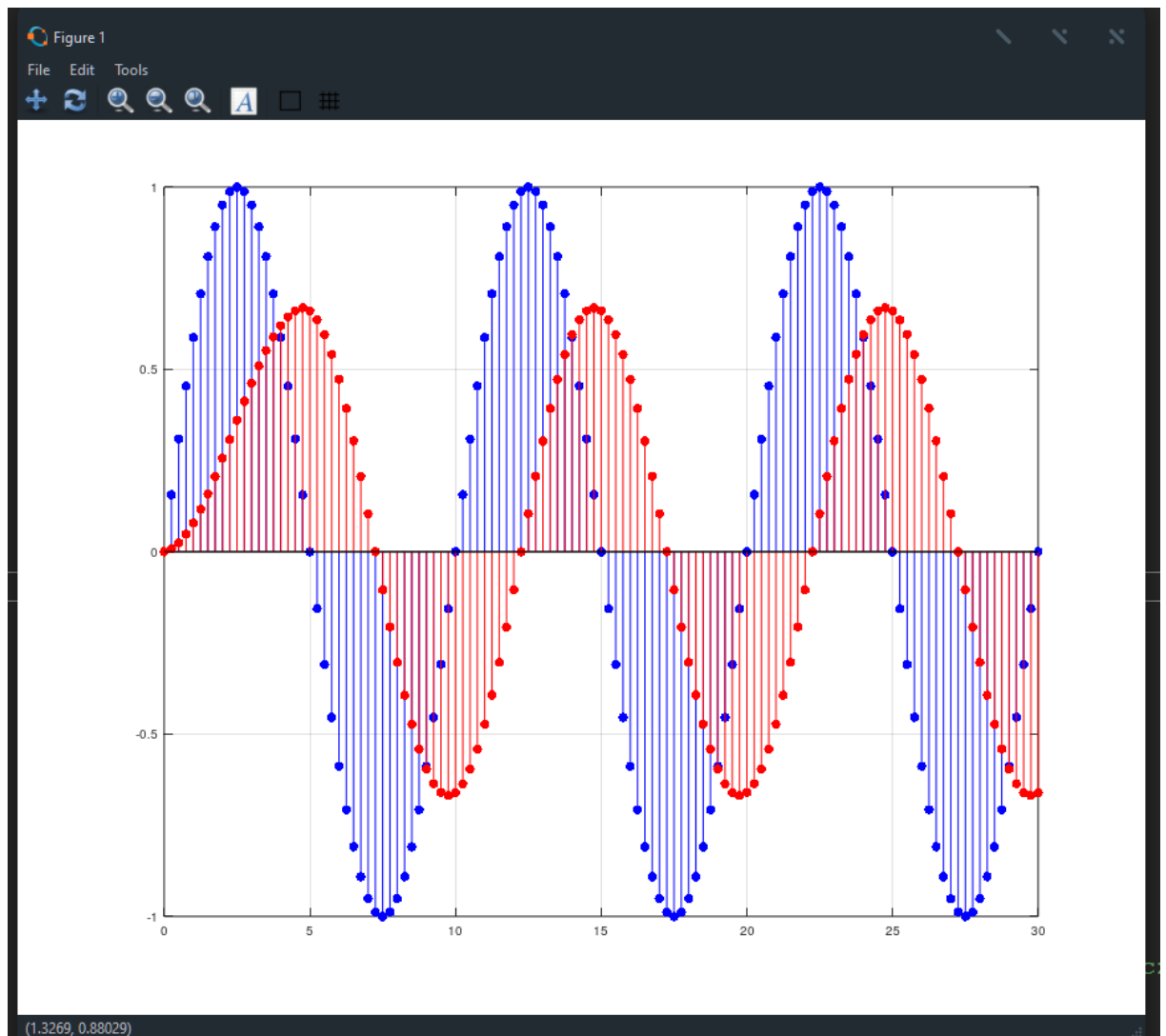
- Dla $M = 5$



- Dla $M = 10$



- Dla $M = 19$



Wnioski 4:

Sygnał wyjściowy jest przesunięty w prawo względem oryginału.

Przesunięcie fazowe zwiększa się wraz ze wzrostem M ,
dla $M = 5$ wynosi 2 prążki, w przypadku $M = 10$, przesunięcie wynosi 5 prążków, dla $M = 19$
przesunięcie wynosi 9 prążków.

↓ czyli jak zmienia się?

Zauważamy, że zgodnie z poprzednimi zadaniami, przesunięcie wzrasta wraz ze wzrostem
rzędu filtra.

2p/kt

5. Wnioski:

- Im wyższa wartość M , tym lepiej filtr jest w stanie przybliżyć sygnał, np. zaszumiony, zakłócony do oryginału.
- Dla naszego przedziału $4 < M < 20$, filtr nie był w stanie przybliżyć sygnału, by ten był bliski oryginału, zwłaszcza w przypadku wyższych wartości v_{var} . Sygnał wyjściowy, choć w przybliżeniu przypomina sinusa, to jednak jego zbocza są nierówne, a amplituda nie jest zachowana, w niektórych przypadkach jest za niska, a w innych za wysoka. Obrazują to zadania 3 i 4.
- Obserwujemy również, że im wyższa wartość M , tym bardziej sygnał wyjściowy jest przesunięty w fazie względem oryginału, co obrazują zadania 3 i 4.
- Filtry MAV, są filtrami typu FIR, czyli o skończonej odpowiedzi impulsowej co obrazuje zadanie 1.

3 pkt co przynosi

15/30
↓
50/100

CPS_MAV_charakterystyka.m

```
clear; clc;

% 1. Wyjaśnij jakim typem filtru jest MAV (FIR, czy IIR) i dlaczego?
% fil=fvtool(B,1); działa w Matlabie
M=20;
B=ones(1,M)/M; % macierz współczynników filtru MAV

% 2. Zbadaj własności filtru: charakterystykę amplitudową, fazową,
%    odpowiedź impulsową
%    dla trzech wartości M (4<M<20)

[H,W]=freqz(B,1,256);
y=impz(B);

subplot(3,1,1); plot(W/pi,abs(H)); grid; ylabel('Magnituda');
xlabel('\Omega/\pi','FontSize',16);

subplot(3,1,2); plot(W/pi,angle(H)*180/pi); grid; ylabel('Faza');
xlabel('\Omega/\pi','FontSize',16);

subplot(3,1,3); stem(y); grid; ylabel('Odpowiedź impulsowa');
xlabel('n','FontSize',16)
```


CPS_MAV_G_pol.m

```
% FILTR TYPU RUCHOMA ŚREDNIA = MAV (MOVING-AVERAGE FILTER)

clear; clc;
M=20;
B=ones(1,M)/M; % macierz współczynników filtru MAV

% 3a. Badanie skuteczności filtru dla trzech wartości M (4<M<20),
% szumu gaussowskiego i dla dopasowanych uprzednio wariancji

A=1; f=0.1;
Fs=4;
t=0:1/Fs:30;
x0=A*sin(2*pi*f*t); % sygnał sinusoidalny

L=length(t);
vvar=1.35; % 0.3 inne: 0.coś, 1.coś

randn('state',0);
g=randn(1,L);
szum=sqrt(vvar)*g; % szum gaussowski
s=mean(szum); % wartość średnia szumu (różna od 0)

szum0=szum-s; % szum gaussowski o zerowej wartości średniej
s0=mean(szum-s); % wartość średnia szumu (=0)

vg11=var(szum0); % wariancja szumu (SPRAWDZIĆ)

x=x0+szum0; % sygnał sinusoidalny, zaszumiony

y=filter(B,1,x);
subplot(2,1,1); plot(t,x0); hold on; plot(t,x,'r'); hold off; grid;
subplot(2,1,2); plot(t,x0); hold on; plot(t,y,'r'); hold off; grid;
```

CPS_MAV_P_pol.m

```
% FILTR TYPU RUCHOMA ŚREDNIA = MAV (MOVING-AVERAGE FILTER)

clear; clc;
M=19;
B=ones(1,M)/M; % macierz współczynników filtru MAV

% 3b.Badanie skuteczności filtru dla trzech wartości M (4<M<20),
% szumu o rozkładzie równomiernym i dla dopasowanych uprzednio wariancji

A=1; f=0.1;
Fs=4;
t=0:1/Fs:30;
x0=A*sin(2*pi*f*t); % sygnał

L=length(t);
vvar=1.3; % 0.3 inne: 0.coś, 1.coś

rand('state',0);
p=rand(1,L);
szum=sqrt(14*vvar)*(p-0.5); % szum "prostokątny"
s=mean(szum); % wartość średnia szumu (różana od 0)

szum0=szum-s; % szum prostokątny o zerowej wartości średniej
s0=mean(szum-s); % wartość średnia szumu (=0)

vp22=var(szum0); % wariancja szumu (SPRAWDZIĆ)

x=x0+szum0; % sygnał sinusoidalny, zaszumiony

y=filter(B,1,x);
subplot(2,1,1); plot(t,x0); hold on; plot(t,x,'r'); hold off; grid;
subplot(2,1,2); plot(t,x0); hold on; plot(t,y,'r'); hold off; grid;
```

CPS_MAV_przesuniecie.m

```
clear; clc;
M=20;
B=ones(1,M)/M;

% 4.Badanie przesunięcia fazowego (dla trzech wartości M i 4<M<20)

A=1; f=0.1;
Fs=4;
t=0:1/Fs:30;
x0=A*sin(2*pi*f*t); % sygnał

y0=filter(B,1,x0);
stem(t,x0,'.b','MarkerSize',15); hold on;
stem(t,y0,'.r','MarkerSize',15); hold off; grid;

% Kompensacja
% x0p=A*sin(2*pi*f*(t-(M-1)/(2*Fs))); % odniesienie "skorygowane"
pomocne do wyznaczenia przesunięcia fazowego
% subplot(311);stem(t,x0p,'.b'); grid;
% subplot(312);stem(t,y0,'.r'); grid;
% subplot(313);stem(t,y0-x0p,'.'); grid;
```