

# Wybrane zagadnienia elektroniki współczesnej

## Ćwiczenie 3 : Analiza widmowa sygnałów i prosty filtr o skończonej odpowiedzi impulsowej (FIR)

### 1 Problemy do rozwiązania w domu

#### 1.1 Własności dyskretnej transformaty Fouriera

1. Wykaż iż dyskretne przekształcenie Fouriera jest liniowe.
2. Wykaż iż dyskretne przekształcenie Fouriera dla rzeczywistego sygnału (zerowe składowe zespolone) wejściowego jest symetryczne w dziedzinie częstotliwości.

#### 1.2 Splot oraz iloczyn sygnałów

1. Wykaż iż splot sygnałów w dziedzinie czasu jest równoważny iloczynowi transformat Fouriera w dziedzinie częstotliwości.
2. Wykaż iż widmo iloczynów dwóch sygnałów (w dziedzinie czasu) jest równe splotowi widm tych sygnałów.

Wskazówka: splot  $s_i$  sygnałów  $x_i$  oraz  $y_i$  wyrażony jest jako:  $s_i = x_i \times y_i = \sum_{t=-\infty}^{\infty} x_i y_{i-t}$

### 2 Cel ćwiczenia

Celem ćwiczenia jest zapoznanie się z podstawowymi narzędziami analizy widmowej (dyskretne przekształcenie Fouriera, DFT, FFT, funkcje okien, zjawisko aliasingu).

Uwaga: W tekście występuje wiele symboli (np. T1,F1,N1 ..) które należy podmienić wartością z wiersza (odpowiadającego Państwa numerowi) z poniższej tabeli:

Numer	T1 [s]	F1 [Hz]	F2 [Hz]	N1	N2	F4 [Hz]	F5 [Sps]	A1	A2	A3	F6 [Hz]	F7 [Hz]	N3
00	1/40	3.875	43.875	3	6	159.17968750	1000	0.6	14.0	-0.5	405.27343750	170.89843750	11
01	1/10	0.250	10.250	3	6	99.60937500	2000	0.4	18.0	-0.5	353.51562500	779.29687500	8
02	1/10	0.625	10.625	4	5	119.14062500	2000	0.5	14.0	0.2	404.29687500	865.23437500	8
03	1/10	0.500	10.500	4	4	167.48046875	500	0.6	20.0	-0.7	155.76171875	213.37890625	8
04	1/25	0.250	25.250	3	4	71.77734375	500	0.7	8.0	-0.4	95.21484375	209.47265625	11
05	1/40	0.625	40.625	2	4	239.25781250	1000	0.4	16.0	0.8	243.16406250	170.89843750	10
06	1/40	2.750	42.750	2	6	86.91406250	1000	0.1	14.0	0.8	159.17968750	432.61718750	8
07	1/40	1.125	41.125	3	6	402.34375000	4000	0.4	14.0	-0.3	1558.59375000	628.90625000	8
08	1/20	0.125	20.125	3	6	361.32812500	2000	0.5	2.0	-0.7	865.23437500	326.17187500	9
09	1/40	1.250	41.250	3	6	913.08593750	5000	0.4	14.0	-0.2	834.96093750	1684.57031250	12
10	1/40	2.625	42.625	4	4	50.39062500	400	0.3	12.0	-0.7	174.60937500	42.57812500	10
11	1/50	4.125	54.125	3	6	115.23437500	400	0.2	8.0	1.0	160.54687500	25.39062500	8
12	1/25	0.875	25.875	4	4	26.17187500	400	0.1	18.0	-0.4	44.92187500	122.26562500	12
13	1/50	2.625	52.625	3	6	286.71875000	800	0.3	12.0	0.7	289.84375000	244.53125000	8
14	1/25	0.875	25.875	4	4	292.96875000	800	0.1	14.0	-0.8	128.90625000	299.21875000	8
15	1/15	0.625	15.625	2	4	295.89843750	1000	0.1	12.0	-0.3	198.24218750	352.53906250	10
16	1/10	0.500	10.500	4	4	2124.02343750	5000	0.6	2.0	-0.9	952.14843750	297.85156250	9
17	1/20	1.625	21.625	3	4	385.74218750	1000	0.2	4.0	-0.3	424.80468750	100.58593750	12
18	1/10	0.625	10.625	2	4	42.77343750	200	0.4	16.0	-0.8	42.77343750	59.57031250	8
19	1/20	1.875	21.875	3	5	19.92187500	400	0.5	14.0	-1.0	66.01562500	140.23437500	11
20	1/15	0.625	15.625	3	5	71.09375000	800	0.2	6.0	0.5	324.21875000	225.21875000	8
21	1/25	1.750	26.750	3	5	188.28125000	800	0.5	8.0	0.3	58.59375000	133.59375000	11
22	1/10	0.625	10.625	2	4	28.51562500	400	0.5	4.0	0.2	115.23437500	64.45312500	12
23	1/40	1.375	41.375	4	4	141.40625000	800	0.1	2.0	-0.3	105.46875000	203.90625000	8
24	1/20	0.625	20.625	2	5	134.76562500	2000	0.6	20.0	-0.1	189.45312500	697.26562500	10
25	1/20	1.500	21.500	2	6	64.45312500	400	0.6	14.0	0.5	100.39062500	154.29687500	8
26	1/10	0.250	10.250	3	5	338.28125000	800	0.4	8.0	0.7	119.53125000	228.90625000	11
27	1/15	0.375	15.375	2	4	122.26562500	400	0.1	2.0	1.0	85.54687500	158.98437500	9
28	1/15	0.375	15.375	2	4	54.19921875	500	0.2	8.0	0.5	104.00390625	77.63671875	10
29	1/40	0.375	40.375	2	6	352.53906250	1000	0.3	14.0	-0.6	256.83593750	182.61718750	12
30	1/15	0.250	15.250	4	6	587.89062500	2000	0.4	16.0	-0.5	794.92187500	314.45312500	12
31	1/25	1.250	26.250	2	4	800.78125000	4000	0.6	14.0	-0.2	1574.21875000	253.90625000	10
32	1/40	3.875	43.875	2	4	239.84375000	800	0.6	2.0	0.7	52.34375000	213.28125000	11
33	1/20	0.500	20.500	3	4	1472.65625000	4000	0.1	14.0	-0.1	566.40625000	910.15625000	8
34	1/50	1.125	51.125	4	6	605.46875000	4000	0.5	2.0	0.7	714.84375000	1691.40625000	10
35	1/15	0.625	15.625	2	4	55.07812500	400	0.7	10.0	0.8	41.01562500	108.20312500	8
36	1/25	1.750	26.750	3	4	246.09375000	800	0.7	10.0	-0.1	186.71875000	110.15625000	9
37	1/40	0.375	40.375	3	4	34.96093750	200	0.6	20.0	-0.8	78.32031250	13.47656250	11
38	1/50	4.375	54.375	4	5	503.90625000	4000	0.7	4.0	0.2	660.15625000	1191.40625000	9
39	1/40	1.000	41.000	4	6	266.60156250	1000	0.2	6.0	-0.6	254.88281250	370.11718750	9
40	1/50	4.250	54.250	4	6	337.89062500	2000	0.7	20.0	-0.3	841.79687500	498.04687500	12

### 3 Analiza widmowa

W tym ćwiczeniu widmo należy obserwować w jednostkach  $Watts$  (dla skali liniowej) i  $dBW$  (dla skali logarytmicznej).

**Uwaga:** w skali liniowej komponent `Spectrum Scope` wyświetla kwadrat modułu prążka. W skali logarytmicznej mocy wyświetlane jest  $10 \log_{10}$  kwadratu modułu prążka.

#### 3.1 Widmo sygnału sinusoidalnego

Korzystając z komponentu `Spectrum Scope` wyznacz widmo sygnału sinusoidalnego o częstotliwości  $F4$  spróbowanego z częstotliwością  $F5$  (uwaga: wartości powinny być nie kwantowane w dziedzinie amplitudy, długość transformaty Fouriera 1024 punkty, funkcja okna „box car”). Zaprezentuj wykresy w skali liniowej i logarytmicznej.

Jaki jest związek pomiędzy zaproponowaną częstotliwością sygnału wejściowego ( $F5$ ) a częstotliwością bazową wyjściowego widma (częstotliwość próbkowania / długość transformaty)?

#### 3.2 Liniowość transformaty Fouriera

Wyznacz widmo sygnału będącego sumą funkcji sinusoidalnych o amplitudach  $A1$ ,  $A2$  i częstotliwościach  $F6$ ,  $F7$  oraz składowej stałej o poziomie  $A3$ . Porównaj (w skali liniowej) amplitudy prążków dla przypadku widma symetrycznego `Two sided` i asymetrycznego `One sided` (zwróć uwagę w szczególności na amplitudę prążka składowej stałej). Do sprawozdania zaprezentuj wykresy widma asymetrycznego w skali liniowej i logarytmicznej.

Sprawdź, czy amplitudy prążków na widmie (w obu skalach) odpowiadają zadanim amplitudom (poziomom) sygnałów wejściowych. Otrzymane rezultaty odnieś do zagadnień teoretycznych do opracowania w domu (punkt 1).

#### 3.3 Przeciek DFT oraz funkcje okien

Na wejście analizatora widma podaj częstotliwość niebędącą wielokrotnością częstotliwości bazowej (zaobserwuj amplitudę i listki). Wypróbuj inne funkcje okien, jak wpływają na amplitudę oraz szerokości listków?

## 4 Prosty filtr cyfrowy typu FIR

Zbuduj filtr cyfrowy o skończonej odpowiedzi impulsowej rzędu trzeciego (cztery próbki). Wagi dla wszystkich próbek filtru powinny być równe  $1/4$ . Zapisz równanie takiego filtru. Filtr powinien pracować na danych próbkowanych z częstotliwością 1kHz.

### 4.1 Odpowiedź na skok napięcia

Zasymuluj odpowiedź zbudowanego filtru na skok napięcia. Następnie wyznacz wzmocnienie (stałoprądowe) oraz czas odpowiedzi. Czy otrzymane rezultaty pokrywają się z oczekiwaniami?

### 4.2 Odpowiedź impulsowa

Zasymuluj odpowiedź impulsową zbudowanego filtru na skok napięcia. Przez ile próbek na wyjściu filtra sygnał jest niezerowy ?

### 4.3 Charakterystyka częstotliwościowa

Wyznacz charakterystykę częstotliwościową zbudowanego filtru. Użyj w tym celu generatora szumu białego. Sprawdź czy wzmocnienie stałoprądowe (dla niskich częstotliwości) odpowiada wynikom z zadania 4.1. Wyznacz częstotliwością graniczną filtru (-3dB).

## 5 Sprawozdanie

Pełne sprawozdanie (plik pdf + modele simulinka / pliki matlaba) należy wysłać jako plik **Nazwisko\_Imie\_L3.zip** (nie rar)

UWAGA! Struktura plików i katalogów w archiwum **Nazwisko\_Imie\_L3.zip** jest bardzo ważna:

**Nazwisko\_Imie\_L3.zip**

**Nazwisko\_Imie\_L3.pdf** - plik ze sprawozdaniem

**Nazwisko\_Imie\_L3\_models** - katalog z plikami simulinka/matlaba

\*Nazwy wszystkich plików powinny być bez polskich znaków, spacji, znaków specjalnych itp.