

ANALIZA WIDMOWA SYGNAŁÓW (2) Zastosowanie analizy widmowej, analiza i synteza sygnałów

I. Cel ćwiczenia

Celem ćwiczenia jest przypomnienie podstawowych charakterystyk widmowych sygnałów, problemu rozdzielczości częstotliwościowej DFT oraz przykładów zastosowania prostego i odwrotnego dyskretnego przekształcenia Fouriera.

II. Zagadnienia

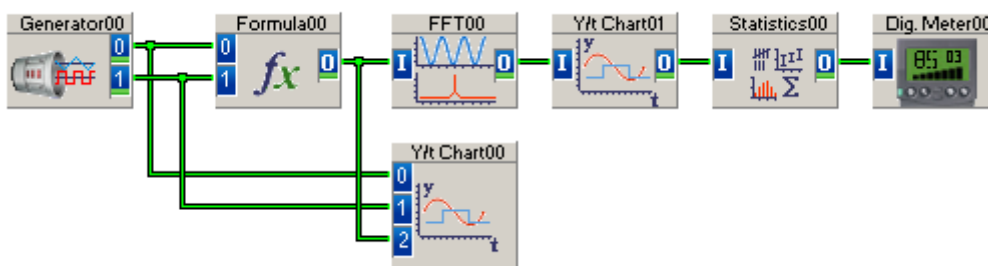
1. Prosta i odwrotna DFT, podstawowe zależności, właściwości. Rozdzielczość częstotliwościowa DFT.
2. Widmo amplitudowe, widmo mocy, gęstość widmowa mocy: definicje, estymatory, przykładowe przebiegi dla typowych sygnałów zdeterminowanych (sinus, prostokąt, piła) i losowych (szum biały).
3. Próbkowanie równomierne sygnałów, częstotliwość Nyquista. Dobór częstotliwości próbkowania. Analiza i synteza sygnałów przy zastosowaniu DFT/IDFT.

III. Przebieg ćwiczenia

Do wykonania ćwiczenia wykorzystany zostanie komputer PC i program DASYLab.

1. Pomiar częstotliwości z wykorzystaniem analizy widmowej sygnałów

- 1.1. Połączyć układ przedstawiony na rys. 1. Funkcje modułów: **Generator00** – Without Modulation, Blok 1: Sine, Frequency: 10 Hz, Amplitude: 4V, Offset: 0; Blok 2: Noise, Amplitude: 9V, Offset: 0. **Formula00** - $IN(0) + IN(1)$; **FFT00** – Real FFT of a Real Signal, Amplitude Spectrum; **Y/t Chart00 -01**– Auto Scaling, **Statistics00** - Max Position, Running; **Dig.Meter00** - Last Value.



Rys. 1. Układ wirtualnego miernika częstotliwości.

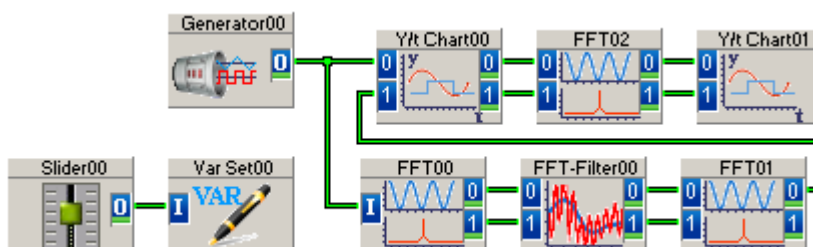
- 1.2. Ustawić w menu programu *Experiment/Experiment Setup* opcje: Sample Rate/Ch = 1024 Hz, Block Size = 1024. Rozwinąć okna wizualizacji wyników. W oknie modułu **Y/t Chart00** przyciskiem **Multiple Charts** zmienić typ wykresu na wielokrotny. W oknie modułu **Y/tChart01** wybrać typ linii przebiegu Bar (wykres słupkowy).
- 1.3. Uruchomić program i zaobserwować przebiegi w dziedzinie czasu i częstotliwości. Zwrócić uwagę, że miernik **Dig.Meter00** wyświetla wartość częstotliwości określoną na

podstawie lokalizacji przez moduł **Statistics00** położenia prążka o największej amplitudzie w widmie sygnału sumarycznego. Zrealizowany układ może więc służyć do pomiaru częstotliwości składnika okresowego ukrytego w szumie - zwrócić uwagę, że uzyskuje się poprawne wyniki mimo amplitudy szumu trzykrotnie większej od amplitudy sinusoidy. Przy tak dużym zaszumieniu z trudem można zauważyć okresowość w przebiegu czasowym sygnału sumarycznego.

- 1.4. W module **Generator00** zmienić nastawy dla Bloku 1: Sine, Frequency: 100 Hz, Amplitude: 4V, Offset: 0. Uruchomić program, zaobserwować przebiegi w dziedzinie czasu i częstotliwości oraz wskazanie miernika **Dig.Meter00**. Określić rozdzielczość widma.
- 1.5. Do sygnału sinusoidalnego dodać składową stałą (moduł **Generator00** - Blok 1: Offset: 5V). Zaobserwować i wyjaśnić wskazanie miernika **Dig.Meter00**. W module **FFT00** uaktywnić opcję Suppress DC Component i powtórzyć doświadczenie.
- 1.6. W module **Generator00** zmienić nastawy dla Bloku 1: Sine, Frequency: 100,5 Hz, Amplitude: 4V, Offset: 0. Dobrać długość bloku danych (Block Size) aby uzyskać rozdzielczość 0,5 Hz. Uruchomić program i sprawdzić poprawność wskazań miernika.
- 1.7. Doświadczenie z punktu 1.5 powtórzyć dla częstotliwości sinusoidy 100,25 Hz. Dobrać długość bloku danych (Block Size) aby uzyskać rozdzielczość 0,25 Hz. Uruchomić program i sprawdzić poprawność wskazań miernika. Zwrócić uwagę na wyraźne wydłużenie czasu uzyskania wyniku. Co może być tego przyczyną?
- 1.8. Doświadczenie z punktu 1.7 powtórzyć dla przebiegów: prostokątnego, trójkątnego, piłokształtnego. Zwrócić uwagę na poprawność wskazań miernika. Dlaczego dla przebiegu piłokształtnego wskazanie wynosi 0 Hz? Co należy zrobić, aby wskazanie było poprawne?

2. Analiza i synteza sygnałów przy wykorzystaniu DFT/IDFT

- 2.1. Zbudować układ wg rys. 2. Funkcje modułów: **Slider00** – Min Value: 0, Max. Value: 512, Resolution: 51, Unit: Hz; **VarSet00** - $\{VAR_1\}$; **Generator00** – Sawtooth, 10Hz, 4V; **FFT00** – Complex FFT of a Real Signal; **FFT-Filter00** – Blok 1 i 2: Frequency from 0 to $\{VAR_1\}$, Cut out rest of spectrum, Mirror amplituds from interval; **FFT01** – Complex FFT of a Complex Signal, Inverse Fourier Transform, **FFT02** – Real FFT of a Real Signal, Amplitude Spectrum (obydwa kanały); **Y/t Chart00-01** – Auto Scaling.



Rys. 2. Układ do obserwacji analizy i syntezy sygnałów przy zastosowaniu DFT

- 2.2. Uruchomić program i zmniejszając suwakiem częstotliwość od wartości maksymalnej zaobserwować przebiegi w dziedzinie czasu i częstotliwości. Zwrócić uwagę na efekty syntezy sygnału piłokształtnego przy redukcji liczby składowych harmoniczných. W szczególności zwrócić uwagę na przebiegi, które uzyskamy przy syntezie sygnału z trzech pierwszych, dwóch i jednej składowej widma.

- 2.3. Obserwacje z pkt. 2.2 powtórzyć dla sygnału prostokątnego, trójkątnego, piłokształtnego, impulsowego i szumu. Zwrócić uwagę na synezowane przebiegi czasowe przy zawężaniu pasma częstotliwości suwakiem. Zarejestrować przykładowe przebiegi.

IV. Pytania kontrolne

1. Od czego zależy rozdzielczość częstotliwościowa DFT?
2. W jaki sposób można poprawić rozdzielczość częstotliwościową DFT?
3. Sygnał sinusoidalny o częstotliwości 100 Hz spróbkowano z częstotliwością 1 kHz zbierając 1000 próbek, a następnie stosując DFT wyznaczono widmo amplitudowe tego sygnału. Określić odstęp próbkowania, liczbę próbek na okres sygnału oraz rozdzielczość otrzymanego widma.
4. Narysować widmo amplitudowe sygnału sinusoidalnego i prostokątnego ze składową stałą.
5. Jak wygląda teoretyczne widmo amplitudowe szumu białego? Porównać widmo szumu wyznaczone przy zastosowaniu DFT z teoretycznym.
6. Do syntezy przebiegu piłokształtnego wykorzystano dwa pierwsze składniki widma amplitudowego tego sygnału. Jaki przebieg czasowy otrzymano?

Literatura

1. Lyons R.G.: Wprowadzenie do cyfrowego przetwarzania sygnałów. WKiŁ, Warszawa 2000.
2. Smith S.W.: Cyfrowe przetwarzanie sygnałów. Praktyczny przewodnik dla inżynierów i naukowców. Wyd. BTC, Warszawa 2007.
3. Ozimek E.: Podstawy teoretyczne analizy widmowej sygnałów. PWN, Warszawa 1992.
4. Zieliński T.P.: Cyfrowe przetwarzanie sygnałów. Od teorii do zastosowań. WKiŁ, Warszawa 2005.
5. Szabatın J., Podstawy teorii sygnałów. WKiŁ, Warszawa 2007.
6. Wojtkiewicz J.: Cyfrowe przetwarzanie sygnałów. Wyd. Pol. Warszawskiej, Warszawa 1996.