

# Transmisja danych - instrukcja laboratoryjna nr 2

## 1. Wprowadzenie

Dyskretne przekształcenie Fouriera (DFT) jest techniką matematyczną wykorzystywaną do wyznaczania zawartości częstotliwościowej sygnału dyskretnego [1]. Równanie pozwalające na obliczenie reprezentacji sygnału w dziedzinie częstotliwości ma następującą postać:

$$X(k) = \sum_{n=0}^{N-1} x(n) \cdot e^{-i \cdot \frac{2\pi \cdot k \cdot n}{N}}, \quad k = 0, \dots, N-1, \quad (1)$$

gdzie:

$X(k)$  - reprezentacja w dziedzinie częstotliwości (wektor liczb zespolonych postaci  $a + ib$ ),

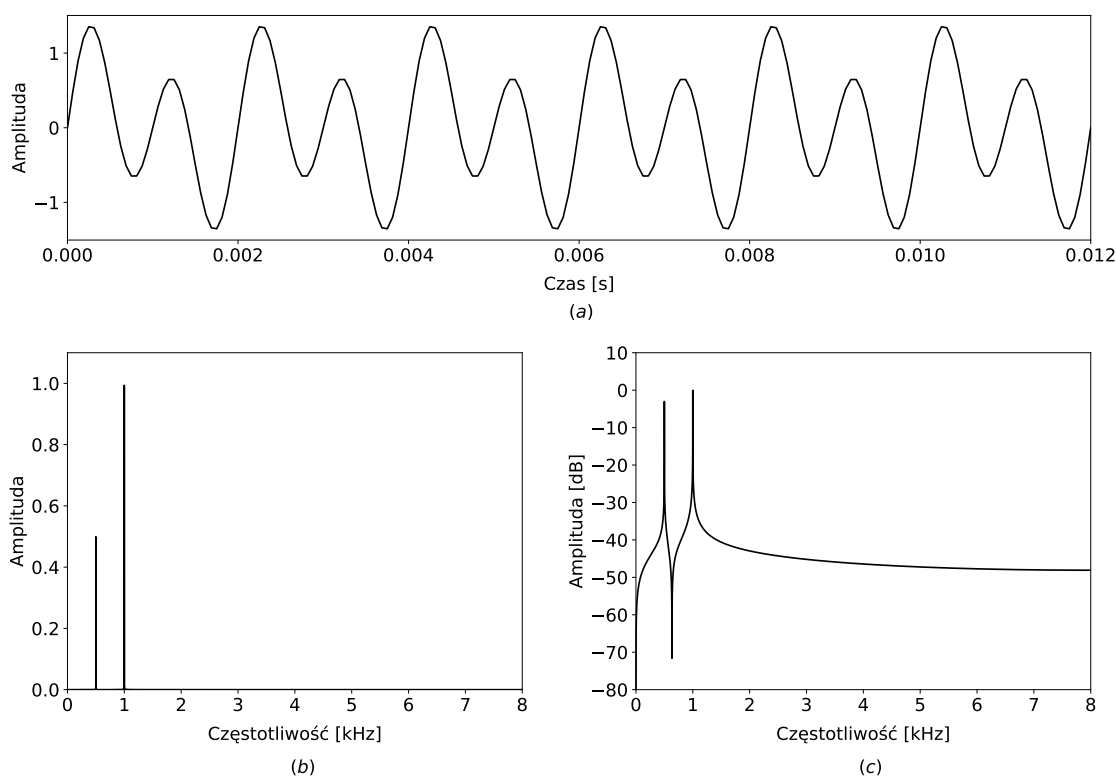
$x(n)$  - próbki reprezentujące sygnał w dziedzinie czasu,

$N$  - liczba próbek sygnałów w dziedzinie czasu i częstotliwości.

Rysunek 1a przedstawia przebieg czasowy przykładowego sygnału (wykres górny) w postaci:

$$x(t) = \sin(2\pi \cdot 1000 \cdot t) + 0.5 \cdot \sin(2\pi \cdot 500 \cdot t), \text{ gdzie } f_s = 16\text{kHz}, T_c = 2s.$$

Wykres na rysunku 1b przedstawia widmo amplitudowe sygnału  $x(t)$  w skali liniowej, natomiast rysunek 1c w skali decybelowej.



Rysunek 1. Przebieg przykładowego sygnału w dziedzinie czasu oraz jego reprezentacja w dziedzinie częstotliwości.

## 2. Ćwiczenia

### Część 1 (1 pkt.)

1. Napisać funkcję, która oblicza Dyskretną Transformatę Fouriera (DFT) zgodnie ze wzorem 1.
2. Zweryfikować implementację DFT z użyciem przebiegu sinusoidalnego postaci:  $x(t) = A \cdot \sin(2\pi \cdot f \cdot t)$ , dla dowolnie wybranych parametrów. Należy wykonać następujące kroki:

- a) dla sygnału  $x(t)$  obliczyć DFT -  $X(k)$ ,
- b) wyznaczyć widmo amplitudowe dla  $k$  w zakresie od 0 do  $N/2 - 1$ :

$$M(k) = \sqrt{\operatorname{Re}[X(k)]^2 + \operatorname{Im}[X(k)]^2},$$

gdzie:

$\operatorname{Re}[z]$  - część rzeczywista liczby zespolonej  $z$ ,

$\operatorname{Im}[z]$  - część urojona liczby zespolonej  $z$ ,

- c) wyznaczyć skalę częstotliwości:  $f_k = k \cdot (f_s/N)$ , gdzie  $f_s$  - częstotliwość próbkowania sygnału,
- d) wygenerować wykres widma amplitudowego  $M(k)$  ( $f_k$  oznaczają częstotliwości prążków widma) oraz przebieg tonu prostego w dziedzinie czasu (podobnie jak na rysunku 1).

**W repozytorium powinny się znaleźć:**

- pliki zawierające kod źródłowy,
- pliki graficzne z wykresami:  $x(t)$ ,  $M(k)$ .

### Część 2 (1 pkt.)

1. Dla uzyskanego widma amplitudowego  $M(k)$ , proszę przedstawić wartości amplitudy w skali decybelowej:  $M'(k) = 10 \cdot \log_{10} M(k)$ , podobnie jak w przykładzie na rysunku 1c.
2. Wygenerować widmo w skali decybelowej dla sygnału będącego sumą trzech tonów prostych o częstotliwościach  $f_1 = 10\text{Hz}$ ,  $f_2 = (f_s/2 - f_1)$ ,  $f_3 = (f_1/2)$  oraz  $f_s = 2\text{kHz}$ . Uzyskane widmo należy przedstawić w dwóch skalach częstotliwości (liniowej i logarytmicznej).

**W repozytorium powinny się znaleźć:**

- pliki zawierające kod źródłowy,
- pliki graficzne z wykresami (łącznie trzy wykresy).

## 3. Uwagi

- Przy implementacji DFT można wykorzystać wzór Eulera postaci  $e^{i\phi} = \cos(\phi) + i \sin(\phi)$ .
- Wszystkie wykonane ćwiczenia należy umieścić w repozytorium GIT w katalogu *lab-02*.
- Kod do każdej z części powinien być umieszczony w osobnym katalogu wraz z plikami graficznymi.

## Literatura

- [1] R. G. Lyons, *Wprowadzenie do cyfrowego przetwarzania sygnałów*, Wydawnictwa Komunikacji i Łączności, Warszawa 2010