

# Instrukcja do laboratorium nr 1

## Przetwarzanie Sygnałów Diagnostycznych

### Generowanie przebiegu sygnałów.

### Operacje na sygnałach w dziedzinie czasu. Import plików typu \*.wav, \*.au

#### 1. Klasyfikacja sygnałów:

##### Sygnały deterministyczne:

- okresowe (*m.in. sygnał: sinusoidalny, trójkątny, prostokątny*)
- prawie okresowe
- zmodulowane
- impulsowe o ograniczonej energii (*m.in. impuls: trójkątny, prostokątny, wykładniczy*)
- o nieskończonym czasie trwania i ograniczonej energii (*m.in. sygnał: wykładniczy malejący, sygnał sinusoidalny malejący wykładniczo*)

##### Sygnały losowe:

- niestacjonarne
- stacjonarne
  - niergodyczne
  - ergodyczne (o rozkładzie równomiernym, rozkładzie normalnym, inne rozkłady) (*m.in. szum: o rozkładzie normalnym, szum o rozkładzie jednostajnym*)

##### Sygnały okresowe:

- sygnał sinusoidalny
$$x(t) = A \sin(\omega_0 t) = A \sin(2\pi f_0 t) \quad t \in (-\infty, +\infty)$$
- sygnał trójkątny
$$x(t) = \begin{cases} \alpha t & kT \leq t < kT + T/2 \\ \alpha t - 2\alpha(t - T/2) & kT + T/2 \leq t < (k+1)T \end{cases}$$
- sygnał prostokątny bipolarny
$$x(t) = \begin{cases} A & \text{dla } t \in (kT, (k+1/2)T) \\ 0 & \text{dla } t = k \cdot T/2 \\ -A & \text{dla } t \in ((k-1/2)T, kT) \end{cases}$$
- sygnał prostokątny unibipolarny
$$x(t) = \begin{cases} A & \text{dla } t \in (kT - \tau/2, kT + \tau/2) \\ A/2 & \text{dla } t = kT + |\tau/2| \\ 0 & \text{dla } t \text{ inne} \end{cases}$$
- impuls prostokątny (sygnał impulsowy o ograniczonej energii)
$$x(t) = \Pi(t) = \begin{cases} 0 & \text{dla } |t| > 0.5 \\ 0.5 & \text{dla } |t| = 0.5 \\ 1 & \text{dla } |t| < 0.5 \end{cases}$$
- impuls trójkątny (sygnał impulsowy o ograniczonej energii)
$$x(t) = \Lambda(t) = \begin{cases} 0 & \text{dla } |t| > 1 \\ 1 - |t| & \text{dla } |t| \leq 1 \end{cases}$$
- impuls kosinusoidalny (sygnał impulsowy o ograniczonej energii)
$$x(t) = A \cos \omega_0 t \cdot \Pi\left(\frac{t}{\pi / \omega_0}\right)$$
- impuls wykładniczy (sygnał impulsowy o ograniczonej energii)

$$x(t) = Ae^{-\alpha t} \cdot \Pi\left(\frac{t - T/2}{T}\right), \quad \alpha > 0$$

- sygnał wykładniczy malejący (sygnał o nieskończonym czasie trwania i ograniczonej energii)

$$x(t) = \begin{cases} Ae^{-\alpha t} & \text{dla } |t| \geq 0 \\ 0 & \text{dla } |t| < 0 \end{cases}, \quad \alpha > 0$$

- sygnał sinusoidalny malejący wykładniczo (sygnał o nieskończonym czasie trwania i ograniczonej energii)

$$x(t) = \begin{cases} Ae^{-\alpha t} \sin(\omega_0 t) & \text{dla } |t| \geq 0 \\ 0 & \text{dla } |t| < 0 \end{cases}, \quad \alpha > 0$$

- sygnał sinc (sygnał o nieskończonym czasie trwania i ograniczonej energii)

$$\text{Sinc}(\omega_0 t) = \begin{cases} \sin(\omega_0 t) / (\omega_0 t) & \text{dla } |t| \neq 0 \\ 1 & \text{dla } |t| = 0 \end{cases}$$

miejsca zerowe dla  $t = k\pi / \omega_0$ ,  $k = \dots -2, -1, 0, 1, 2, \dots$

- sygnał gaussowski (sygnał o nieskończonym czasie trwania i ograniczonej energii)

$$x(t) = e^{-\pi t^2}$$

Sygnały nieokresowe o ograniczonej mocy średniej:

- skok jednostkowy

$$x(t) = 1(t) = \begin{cases} 1 & \text{dla } t \geq 0 \\ 0 & \text{dla } t < 0 \end{cases}$$

- sygnał wykładniczy narastający

$$x(t) = (1 - e^{-\alpha t})1(t), \quad \alpha > 0$$

- sygnał sgn(t)

$$\text{sgn}(t) = \begin{cases} 1 & \text{dla } t > 0 \\ 0 & \text{dla } t = 0 \\ -1 & \text{dla } t < 0 \end{cases}$$

- sygnał si(t)

$$\text{Si}(t) = \int_0^t \text{Sinc}(\tau) d\tau$$

## 2. Pomocne funkcje programu MATLAB:

sin – funkcja sinus

cos – funkcja cosinus

sinc – funkcja sinc

rand – generowanie liczb pseudolosowych o rozkładzie jednostajnym

randn – generowanie liczb pseudolosowych o rozkładzie normalnym

sawtooth – przebieg okresowy trójkątny

square – przebieg czasowy prostokątny

exp – funkcja wykładnicza o podstawie e, np.  $\exp(x) = e^x$

plot – wykreślanie przebiegów funkcji

subplot – podział okna graficznego na podobszary

## 2. Format pliku typu WAV, AU.

- 2.1 WAV – format plików audio charakterystyczny dla platformy Windows (stworzony przez Microsoft i IBM), m.in. pozwala na zapis nieskompresowanego sygnału z jakością  $f_p=44.1$  kHz (44100 próbek na sekundę), zapis 16-bitowy na 1 próbkę (S/N=98 dB), dwa strumienie danych (stereo). Wielkość zapisywanego pliku – 172 kB / 1 sekundę.
- 2.2 AU - format plików audio wprowadzony przez firmę Sun Microsystems z przeznaczeniem dla systemu NeXT. Aktualnie stosowany na platformach UNIX oraz w sieci WEB. Pliki kodowane 8- lub 16-bitowo przy użyciu kodeka Mu-law, PCM lub ADPCM. Pliki AU mogą być monofoniczne lub stereofoniczne.
- 2.3 Informacje dodatkowe (niewymagane na kartkówce):
- PCM (Pulse Code Modulation) – jedna z popularniejszych metoda reprezentacji sygnału analogowego w systemach cyfrowych. Używana w telekomunikacji, w cyfrowej obróbce sygnału, do przetwarzania obrazu, do zapisu na płytach CD (CD-Audio), w zastosowaniach przemysłowych. Dźwięk w formacie PCM najczęściej zapisywany jest z częstotliwością próbkowania 8 kHz (niektóre standardy telefonii), 44.1 kHz (płyty CD-Audio), oraz różną rozdzielczością, najczęściej 8, 16, 20 lub 24 bitów na próbkę, może reprezentować 1 kanał (dźwięk monofoniczny), 2 kanały (stereofonia dwukanałowa) lub więcej (stereofonia dookólna). Reprezentacja dźwięku próbkowana z częstotliwością 44.1 kHz i w rozdzielczości 16 bitów na próbkę ( $2^{16}=65536$  możliwych wartości amplitudy fali dźwiękowej na próbkę) jest uważana za bardzo wierną swemu oryginałowi, ponieważ z matematycznych wyliczeń wynika, iż pokrywa cały zakres pasma częstotliwości słyszalnych przez człowieka oraz prawie cały zakres rozpiętości dynamicznej słyszalnych dźwięków.
  - ADPCM (Adaptive Differential Pulse Code Modulation) – metoda kompresji cyfrowego zapisu dźwięku oraz technika kodowania analogowego sygnału mowy na postać cyfrową PCM w celu zmniejszenia ilości danych i transmisji przez kanał o strumieniu 16÷32 kb/s.  
Metoda kodowania ADPCM polega na tym, że zamiast samych próbek dźwięków zapisuje się tylko ich kolejne różnice. Jest to tzw. technika predykcyjna (prognozująca) wykorzystująca fakt, że np. w kolejnych sekwencjach sygnał mowy lub dźwięku z reguły zmienia się nieznacznie, wystarczy więc zakodować jedynie różnicę. ADPCM jest często używana jako technika do kodowania dźwięku i mowy, jest wykorzystywana w standardzie kompresji dźwięku G.726.
  - A-law – format 8-bitowy stosowany w telefonii cyfrowej mający zastosowanie w Europie;
  - Mu-law - format 8-bitowy stosowany w telefonii cyfrowej mający zastosowanie w Ameryce Północnej oraz Japonii;
  - LPC (Linear Predictive Coding) – format kompresji LPC odczytuje zapisany sygnał mowy i dopasowuje go do modelu głosu ludzkiego, po czym odrzuca zapisany głos i zachowuje jedynie wyzwalacze modelu;
  - CELP (Code Excited Linear Prediction) - format kompresji LPC odczytuje zapisany sygnał mowy i dopasowuje go do modelu głosu ludzkiego, różnice między modelem i właściwym nagraniem mowy zapisywane są w przechowywanych wraz z plikiem „książkach kodowych”;
  - G.721 – standard kompresji Adaptive DPCM wykorzystujący 24 i 40 kilobity na sekundę;
  - G.723 - standard kompresji Adaptive DPCM wykorzystujący 32 kilobity na sekundę
  - G.711 – standard kompresji cyfrowego przekazu telefonicznego;
  - ACM (Microsoft Audio Compression Manager) – pozwala korzystać z kodeków zainstalowanych jako element system operacyjny;
- 2.4 Funkcje programu MATLAB:
- `[y,Fs,bits] = wavread('filename')` – odczyt pliku typu WAV do macierzy `y`,  
`Fs` - częstotliwość próbkowania, `bits` – dynamika  
`wavwrite(y,Fs,N,'filename')` – zapis macierzy `y` do pliku typu WAV  
`wavplay(y,Fs)` – odtwarzanie macierzy `y` jako pliku WAV  
`y = wavrecord(n,Fs,ch,'dtype')` – rejestracja sygnału przez kartę muzyczna (IN-OUT)  
analogicznie:  
`[y,Fs,bits] = auread('afile')`  
`auwrite(y,Fs,N, 'afile')`

## 3 Zadania do wykonania:

- utworzenie i wykreślenie przebiegu okresowego o zadanej długości (N-próbek), częstotliwości próbkowania ( $F_s$ ), częstotliwości ( $F_0$ ) i amplitudzie ( $A$ ) sygnału (należy dobrać parametry sygnału wg własnego uznania);
- utworzenie i wykreślenie sygnałów: sinusoidalnego, trójkątnego, prostokątnego;
- utworzenie i wykreślenie sumy 3-ch sygnałów sinusoidalnych (każdy o różnej częstotliwości i różnej amplitudzie);
- utworzenie i wykreślenie sygnału sinusoidalnego o amplitudzie malejącej wykładniczo;
- utworzenie i wykreślenie sygnału sinusoidalnego zmodulowanego amplitudowo (np. o zmiennej liniowo amplitudzie);
- utworzenie i wykreślenie sygnału sinusoidalnego zmodulowanego częstotliwościowego (np. o zmiennej liniowo częstotliwości);

- g) dodanie sekwencyjne dwóch dowolnych sygnałów;
- h) wczytanie plików typu WAV, wykreślenie ich przebiegów czasowych, odsłuchanie;

#### 4 Sprawozdanie

Sprawozdanie z laboratorium obejmuje kod źródłowy oraz wykresy z wykonanych zadań z punktu 3. Sprawozdanie (jedno na osobę) wyłącznie w wersji PDF przesłanej przez stronę kursu Platformy e-Learningowej AGH.