

<p style="text-align: center;"><b>CYFROWE PRZETWARZANIE SYGNAŁÓW</b> Laboratorium Inżynieria Biomedyczna, studia stacjonarne pierwszego stopnia</p>	 <p style="text-align: center;">Instytut Metrologii, Elektroniki i Informatyki</p>
<p style="text-align: center;">Temat: <b>Wyznaczanie podstawowych parametrów okresowych sygnałów deterministycznych</b></p>	<p style="text-align: center;">Ćwiczenie 1</p>

## 1. Cel ćwiczenia

Celem ćwiczenia jest praktyczne przyswojenie przez studenta wiedzy dotyczącej wyznaczania podstawowych parametrów okresowych sygnałów deterministycznych na podstawie próbek pobranych z sygnału analogowego oraz przeprowadzenie analizy wpływu częstotliwości próbkowania i rozdzielczości zastosowanych przetworników analogowo-cyfrowych (A/C) na dokładność wyznaczania tych parametrów.

## 2. Zagadnienia do przygotowania

- Próbki sygnałów ciągłych – kwantowanie, błąd kwantowania, twierdzenie o próbkowaniu.
- Definicje i wzory definicyjne podstawowych parametrów sygnałów elektrycznych, tj. wartości średniej, skutecznej i maksymalnej.
- Definicja i wzór umożliwiający obliczenie błędu względnego wyniku pomiaru.
- Wyznaczanie całek nieoznaczonych następujących funkcji:
  - $y = a \cdot x + b$ ,
  - $y = a \cdot x^2 + b$ ,
  - $y = a \cdot \sin(b \cdot x)$ ,
  - $y = a \cdot \sin^2(b \cdot x)$ ,
  - $y = a$ ,
  - $y = a^2$ ,
gdzie  $a$  i  $b$  to stałe wartości.
- Obliczanie całek oznaczonych.
- Składania pętli `for` w języku ANSI C.
- Definiowanie stałych z wykorzystaniem dyrektywy `#define` w języku ANSI C.
- Funkcje języka ANSI C obliczające pierwiastek kwadratowy i realizujące podnoszenie do potęgi.
- Zmiana precyzji prezentacji liczb na elemencie `Numeric` w środowisku LabWindows/CVI. Zagadnienie to zostało opisane w punkcie 4.3 niniejszej instrukcji.

## 3. Program ćwiczenia

### Zadanie 1

- a) Biorąc pod uwagę kształt sygnału analogowego zadanego przez prowadzącego, wyznacz zależność matematyczną opisującą jego jeden okres. Zależność ta powinna bazować na ogólnym oznaczeniu amplitudy i okresu sygnału.
- b) Uwzględniając wzory definicyjne związane z wyznaczaniem wartości średniej i skutecznej oraz biorąc pod uwagę opis matematyczny jednego okresu analizowanego sygnału wyznacz zależności pozwalające na obliczenie tych dwóch parametrów, tj. wartości średniej i skutecznej dla zadanego sygnału.

UWAGA: Wszystkie obliczenia należy wykonywać na ogólnych oznaczeniach amplitudy i okresu sygnału. Dopiero po uzyskaniu końcowej zależności na wymienione parametry danego sygnału należy podstawić wartość amplitudy i/lub okresu w celu obliczenia wartości tych parametrów. Ostateczne wyniki liczbowe należy zapisać z 8 cyframi po przecinku. Do obliczeń należy wykorzystać jak najdokładniejszą wartość  $\pi$  wygenerowaną przez kalkulator.

## Zadanie 2

- a) Wykorzystując środowisko programowania LabWindows/CVI zmodyfikuj program napisany w ramach realizacji ćwiczenia 0, aby umożliwił wyznaczenie, w oparciu o dyskretną reprezentację podanego w zadaniu 1 sygnału analogowego, następujące jego parametry:
  - wartość średnia,
  - wartość skuteczna,
  - wartość maksymalna.
- b) Wprowadź do tworzonego programu (jako stałe) wartości powyższych parametrów obliczone w zadaniu 1.
- c) Rozwiń program o możliwość wyznaczania błędów względnych każdego z parametrów. Jako wartości dokładne przyjmij wyniki uzyskane w zadaniu 1, natomiast wartości parametrów uzyskane na podstawie próbek potraktuj jako wartości zmierzone. Wartości dokładne, wartości zmierzone oraz błędy względne powinny być wyświetlane na interfejsie użytkownika tworzonego programu na elementach typu Numeric z dokładnością 6 cyfr po przecinku.

## Zadanie 3

- a) Dla każdego wyznaczanego parametru, tj. wartości średniej, skutecznej i maksymalnej, wykorzystując arkusz kalkulacyjny, wykonaj wykresy pokazujące zmianę wartości błędu względnego w zależności od rozdzielczości przetwornika A/C, wyrażonej w bitach, przy przyjęciu stałej częstotliwości próbkowania. Przeanalizuj wpływ rozdzielczości przetwornika A/C na zmianę błędu względnego.
- b) Dla każdego wyznaczanego parametru, tj. wartości średniej, skutecznej i maksymalnej, wykorzystując arkusz kalkulacyjny, wykonaj wykresy pokazujące zmianę wartości błędu względnego w zależności od częstotliwości próbkowania, wyrażonej w hercach, przy przyjęciu stałej rozdzielczości przetwornika A/C. Przeanalizuj wpływ częstotliwości próbkowania na zmianę błędu względnego.

## 4. Wskazówki do ćwiczenia

### 4.1. Próbki sygnałów do analizy

Próbki sygnałów wykorzystywanych do badań znajdują się w plikach `WAVE1_XYY.CPS`<sup>1</sup>. Pliki zawierają próbki określonego sygnału pobrane za pomocą przetworników A/C o różnej rozdzielczości bitowej i z różną częstotliwością próbkowania.

### 4.2. Parametry sygnałów do analizy

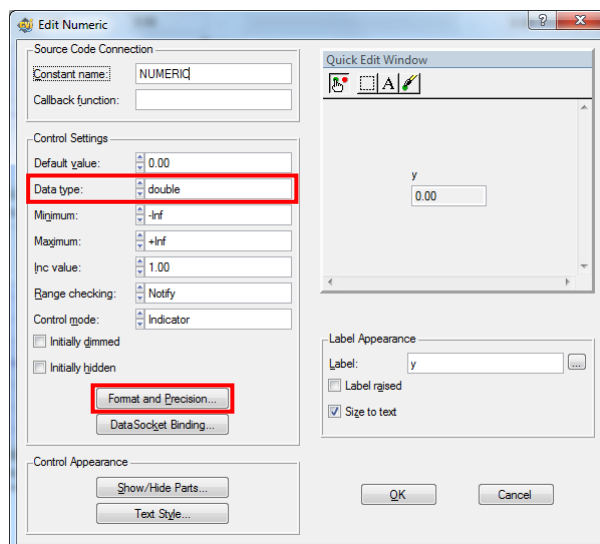
Na końcu instrukcji zamieszczona jest tabela 1 zawierająca parametry oraz kształty sygnałów przewidziane dla każdej z grup ćwiczeniowych, dla których w ramach ćwiczenia mają być wyznaczane ich parametry.

### 4.3. Określenie precyzji wyświetlania liczb na elementach typu Numeric

W celu zmiany precyzji wyświetlania liczby na elemencie *Numeric* należy w edytorze interfejsu użytkownika kliknąć dwukrotnie na dany element *Numeric*. Spowoduje to wyświetlenie okna przedstawionego na rysunku 1.

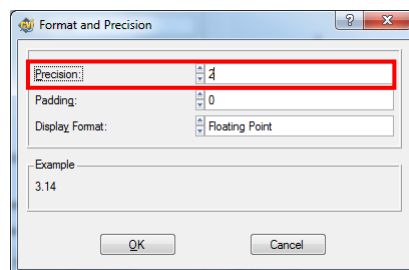
---

<sup>1</sup> X oznacza numer grupy laboratoryjnej, natomiast YY to dwucyfrowy numerem sygnału.



Rys. 1. Okno z ustawieniami elementu Numeric

W otwartym oknie należy wcisnąć klawisz *Format and Precision*, co spowoduje pojawienie się okna zaprezentowanego na rysunku 2.



Rys. 2. Okno z ustawieniami precyzji wyświetlania liczb na elemencie Numeric

Pole opisane nazwą *Precision* daje możliwość ustawienia liczby cyfr wyświetlanych po przecinku na elemencie *Numeric*. Należy zaznaczyć, że pole to będzie aktywne tylko wtedy, gdy w polu *Data type*, znajdującym się w oknie przedstawionym na rysunku 1, zostanie ustawiony zmiennoprzecinkowy typ danych, tj. *float* lub *double*.

## 5. Opracowanie wyników

Sprawozdanie z ćwiczenia powinno zawierać wymienione poniżej elementy **wraz z komentarzami słownymi**.

- Model matematyczny okresu analogowej wersji analizowanego sygnału.
- Wzory definicyjne wyznaczanych parametrów sygnału (dla sygnału analogowego).
- Wyprowadzenia zależności pozwalających wyznaczyć parametry sygnałów (wartość średnia i skuteczna) właściwe dla sygnału o zadanym kształcie otrzymane na podstawie opisu matematycznego sygnału oraz wzorów definicyjnych tychże parametrów. Wartości parametrów uzyskane po podstawieniu wartości amplitudy i okresu należy podać z 8 cyframi po przecinku.
- Wzory definicyjne wyznaczanych parametrów sygnału (dla sygnału dyskretnego) oraz wzór wykorzystany do wyznaczenia błędu względnego.
- Widok interfejsu użytkownika stworzonej aplikacji i krótki opis jej obsługi.
- Wartości parametrów (zestawione w tabeli) wyznaczone na podstawie próbek zebranych z różną rozdzielczością bitową i częstotliwością próbkowania.
- Błędy względne, wyrażone w procentach, wyznaczanych parametrów (zebrane w tabeli i przedstawione na wykresach zgodnie z zaleceniami prowadzącego zajęcia).
- Wnioski, umieszczone pod wykresami błędów dla każdego parametru, dotyczące wpływu rozdzielczości przetwornika A/C i częstotliwości próbkowania na wartość błędu wyznaczania danego parametru.

Na końcową ocenę z ćwiczenia mają również wpływ:

- systematyczna realizacja poszczególnych zadań ćwiczenia;
- poprawne skomentowanie kodu całej tworzonej aplikacji;

- poprawny styl kodowania (stosowanie wcięć w kodzie itp.);
- bezbłędne działanie stworzonego programu przy różnych niestandardowych działaniach użytkownika;
- implementacja wszystkich założeń dla aplikacji przedstawionych przez prowadzącego zajęcia;
- końcowy wygląd interfejsu użytkownika aplikacji, który powinien być estetyczny i przejrzysty;
- przejrzyste i estetyczne formatowanie pisemnego sprawozdania z ćwiczenia.

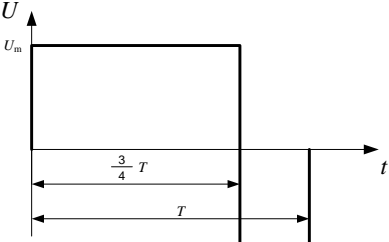
## 6. Literatura

- [1] Bolikowski J.: „*Podstawy projektowania inteligentnych przetworników pomiarowych wielkości elektrycznych*”. Wydawnictwo Wyższej Szkoły Inżynierskiej, Zielona Góra 1993.
- [2] Borodziejewicz W., Jaszczak K.: „*Cyfrowe przetwarzanie sygnałów – wybrane zagadnienia*”. WNT, Warszawa 1987.
- [3] Dąbrowski A.: „*Przetwarzanie sygnałów przy użyciu procesorów sygnałowych*”. Wydawnictwo Politechniki Poznańskiej 2000.
- [4] Lyons R.G.: „*Wprowadzenie do cyfrowego przetwarzania sygnałów*”. WKŁ, Warszawa 1999.
- [5] Oppenheim V, Schaffer R.W.: „*Cyfrowe przetwarzanie sygnałów*”. WKŁ, Warszawa 1979.
- [6] Oppenheim V, Willsky A.S.: „*Signals & Systems*”. Prentice Hall, 1997.
- [7] Oppenheim V, Schaffer R.W.: „*Discrete-Time Signal Processing*”. WKŁ, Warszawa 1979.
- [8] Roberts R.A., Mullis C.T.: „*Digital Signal Processing*”. Addison-Wesley Publishing Company, 1987.
- [9] Stabrowski M.: „*Miernictwo elektryczne. Cyfrowa technika pomiarowa*”. Oficyna Wydawnicza Politechniki Warszawskiej, Warszawa 1994.
- [10] Sydenham P.H.: „*Podręcznik metrologii – tom I*”. WKŁ, Warszawa 1988.
- [11] Zieliński T.P.: „*Od teorii do cyfrowego przetwarzania sygnałów*”. Wydział EAIiE AGH Kraków 2002.
- [12] Zieliński T.P.: „*Cyfrowe przetwarzanie sygnałów. Od teorii do zastosowań*”. WKŁ, Warszawa 2005.

**Tabela 1.** Kształty i parametry sygnałów dla poszczególnych grup ćwiczeniowych

Grupa	Sygnał	Parametry sygnału
1		$U_m = 4.9 \text{ V}$ gdzie $U_m$ – amplituda sygnału, $T$ – okres sygnału
2		$U_m = 4.9 \text{ V}$ gdzie $U_m$ – amplituda sygnału, $T$ – okres sygnału
3		$U_m = 4.9 \text{ V}$ gdzie $U_m$ – amplituda sygnału, $T$ – okres sygnału
4		$U_m = 4.9 \text{ V}$ gdzie $U_m$ – amplituda sygnału, $T$ – okres sygnału
5		$U_m = 4.9 \text{ V}$ gdzie $U_m$ – amplituda sygnału, $T$ – okres sygnału
6		$U_m = 4.9 \text{ V}$ gdzie $U_m$ – amplituda sygnału, $T$ – okres sygnału

Tabela 1. Ciąg dalszy

Grupa	Sygnał	Parametry sygnału
7		$U_m = 4.9 \text{ V}$ gdzie $U_m$ – amplituda sygnału, $T$ – okres sygnału