

# Podstawy próbkowania sygnałów

Jarosław Konieczny  
Katedra Automatykacji Procesów  
Wydział Inżynierii Mechanicznej i Robotyki  
Akademia Górniczo – Hutnicza  
im. Stanisława Staszica w Krakowie

---

---

---

---

---

---

---

---

## Cel wykładu

Wykład wprowadza i wyjaśnia podstawy próbkowania sygnałów analogowych. Obejmuje następujące zagadnienia:

- Szerokość pasma częstotliwości (przepustowość),
- Częstota (częstotliwość) próbkowania
- Twierdzenie o próbkowaniu i częstotliwość Nyquista
- Aliasing
- Kwantyzacja i błędy kwantyzacji
- Ditering

---

---

---

---

---

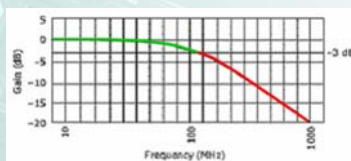
---

---

---

## Pasmo przenoszenia (częstotliwości)

- **Częstotliwości graniczna**
- **Pasmo przenoszenia** – zakres częstotliwości pomiędzy dolną i górną częstotliwością graniczną.
- Typowa odpowiedź częstotliwościowa dla 100 MHz przetwornika A/C (dyskretyzatora)



---

---

---

---

---

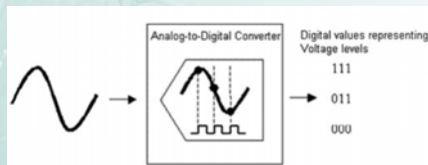
---

---

---

## Częstotliwość próbkowania

- **Częstotliwość próbkowania** lub **częstość** próbkowania określa liczbę próbek sygnału ciągłego na sekundę (albo na inną jednostkę) uwzględnionych w syntezie sygnału dyskretnego.
- **Jednostki**



---

---

---

---

---

---

---

---

## Częstotliwość dyskretyzacji

Częstotliwość próbkowania szybkiego przetwornika A/C bazuje na zegarze próbkującym wyznaczającym chwile czasowe w których przetwornik przetwarza chwilową wartość analogową na cyfrową.



- 2 simultaneously sampled channels with 12-bit resolution,
- 4.0 GS/s time sampling or control from external clock,
- 150 MHz bandwidth with antialias filters,
- Edge, window, hysteresis, video and digital triggering,
- 8, 32, or 256 MB of onboard acquisition memory.

---

---

---

---

---

---

---

---

## Twierdzenie o próbkowaniu

- Twierdzenie Kotelnikowa-Shannona, znane również jako twierdzenie Whittaker-Nyquist-Kotelnikov-Shannon
- Częstotliwość **próbkowania**  $f_s$  musi być **większa** niż dwukrotność **najwyższej składowej częstotliwości** w mierzonym sygnale.  $f_p > 2 \cdot f_s$
- **Częstotliwość Nyquista** jest równa częstotliwości najwyższej składowej harmonicznej, którą chcemy odtworzyć bez błędów (aliasingu) podczas odtwarzania sygnału z postaci dyskretnej do ciągłej.
- Twierdzenie Kotelnikowa-Shannona mówi o tym kiedy z danego sygnału dyskretnego można odtworzyć sygnał ciągły. Twierdzenie Nyquista mówi o tym jaka powinna być częstotliwość próbkowania gdy znamy najwyższą składową częstotliwości w mierzonym sygnale.

---

---

---

---

---

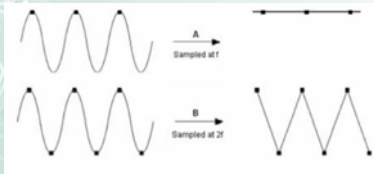
---

---

---

## Jak szybko próbkować ?

Efekt różnych częstotliwości próbkowania sinusoidy o częstotliwości  $f$



---

---

---

---

---

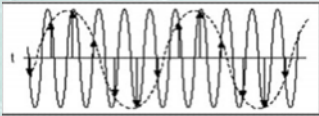
---

---

---

## Aliasing

Jeżeli sygnał jest próbowany z częstotliwością mniejszą niż dwukrotność częstotliwości Nyquista, w widmie przetworzonego sygnału pojawiają się błędne niskoczęstotliwościowe składowe (tzw. aliasy). Zjawisko to nazywamy Aliasingiem



---

---

---

---

---

---

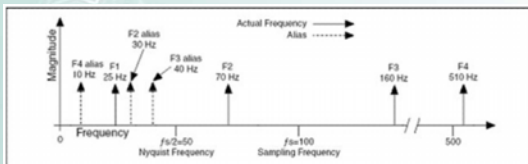
---

---

## Częstotliwości aliasingowe

Alias = ABS (Najbliższa całkowita wielokrotność częstotliwości próbkowania — częstotliwość wejściowa)

$$A_f = |f_{wp} - f_{wej}|$$



---

---

---

---

---

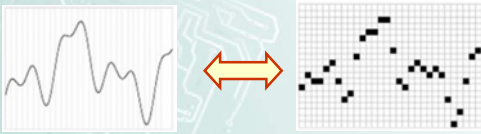
---

---

---

## Kwantyzacja

- Kwantyzacja jest zdefiniowana jako procedura związana z przetworzeniem (przeliczeniem) sygnału analogowego na odpowiadający mu sygnał cyfrowy. Kwantowanie jest wykonane przez przetwornik analogowo-cyfrowy (A/C)
- poziomy reprezentacji



---

---

---

---

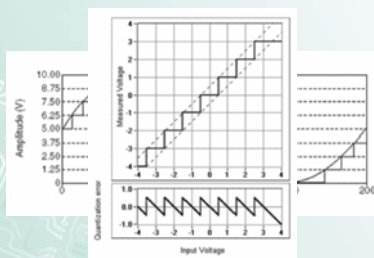
---

---

---

---

## Błąd kwantyzacji



---

---

---

---

---

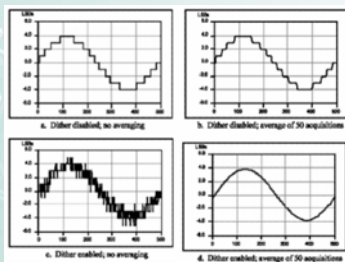
---

---

---

## Dither

- Dithering polega na celowym dodaniu szumu do sygnału wejściowego w celu zmniejszenia zakłóceń.



---

---

---

---

---

---

---

---