

# Cyfrowe przetwarzanie i kompresja danych

dr inż. Wojciech Zając

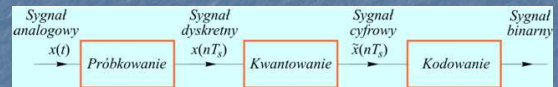
Wykład 2.  
Konwersja AC

Akwizycja danych z przetworników wizyjnych

Wykorzystano materiały z pl.wikipedia.org

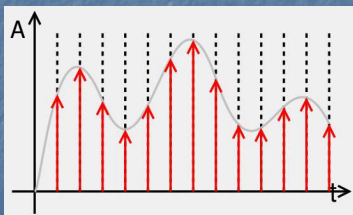
## Konwersja A/C

Konwersji sygnału analogowego na sygnał cyfrowy dokonuje przetwornik A/C, który realizuje trzy podstawowe operacje: **próbkowanie, kwantowanie i kodowanie.**



## Próbkowanie (1)

- **Próbkowanie** (dyskretyzacja, kwantowanie w czasie) to proces stworzenia sygnału impulsowego reprezentującego sygnał ciągły.



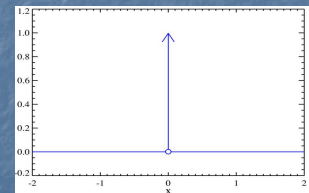
## Próbkowanie (2)

- **Próbkowanie idealne:**
  - iloczyn funkcji grzebieniowej oraz sygnału ciągłego.

Funkcja grzebieniowa to potoczna nazwa nieskończonego ciągu impulsów Diraca położonych w równych odstępach czasu.

Impuls Diraca:

$$\delta(t)$$

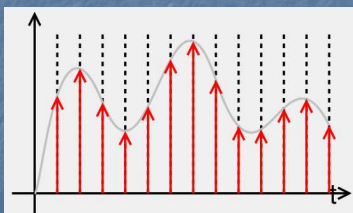


## Próbkowanie (3)

Funkcja grzebieniowa:

$$comb_T(t) = \sum_{n=-\infty}^{+\infty} \delta(t - nT)$$

gdzie  $\delta(t - nT)$  oznacza deltę Diraca przesuniętą do punktu  $t = nT$



## Próbkowanie (4)

- **Próbkowanie naturalne:**
    - iloczyn poddawanej próbkowaniu funkcji ciągłej oraz powtarzających się impulsów o realizowalnym charakterze.
- W ustalonych odstępach czasu mierzona jest wartość chwilowa sygnału i na jej podstawie tworzone są tzw. próbki (ang. *sample*). Sygnał przekształcony do postaci spróbkowanej nazywa się sygnałem dyskretnym.

## Próbkowanie (5)

Sygnal dyskretny nie jest funkcją lecz ciągiem próbek. Częstotliwość próbkowania nie występuje w funkcji opisującej ciąg i musi być przechowywana oddzielnie. Ta niejednoznaczność jest podstawą twierdzenia Kotelnikowa-Shannona: Sygnal ciągły może być ponownie wiernie odtworzony z sygnału dyskretnego, jeśli był próbkowany z częstotliwością co najmniej dwa razy większą od granicznej częstotliwości swego widma. Częstotliwość graniczną nazywa się częstotliwością Nyquista.

## Próbkowanie (6)

- **Częstotliwość Nyquista** jest to maksymalna częstotliwość składowych widmowych sygnału poddawanego procesowi próbkowania, które mogą zostać odtworzone z ciągu próbek bez zniekształceń. Składowe widmowe o częstotliwościach wyższych od częstotliwości Nyquista ulegają podczas próbkowania nałożeniu na składowe o innych częstotliwościach (zjawisko aliasingu), co powoduje, że nie można ich już poprawnie odtworzyć.
- Zgodnie z twierdzeniem Kotelnikowa-Shannona, przy próbkowaniu równomiernym z odstępem próbkowania  $T_s$ , warunkiem odtworzenia sygnału jest aby jego szerokość pasma  $B$  była ściśle ograniczona  $B < 1 / T_s$ , lub aby maksymalna częstotliwość sygnału nie przekraczała połowy częstotliwości próbkowania,  $f_{max} < f_s / 2$ , lub  $f_{max} < 1 / 2 T_s$ .
- Inaczej mówiąc, częstotliwość Nyquista jest równa **połowie częstotliwości próbkowania**,  $f_N = f_s / 2$  albo  $f_N = 1 / 2 T_s$ .

## Próbkowanie (7)

- Przykładowo dla częstotliwości próbkowania 44,1 kHz stosowanej na płytach CD częstotliwość Nyquista wynosi 22,05 kHz. Jeśli w sygnale analogowym obecne są składowe o częstotliwości wyższej od częstotliwości Nyquista, spowoduje to powstanie błędów próbkowania (aliasing). Jednak ucho ludzkie nie słyszy częstotliwości wyższych niż 22 kHz, dlatego te składowe sygnału są wycinane przed próbkowaniem poprzez zastosowanie filtru dolnoprzepustowego.
- Choć w teorii częstotliwość Nyquista wyznacza górną granicę pasma, które można prawidłowo zapisać przy zastosowaniu określonej częstotliwości próbkowania, to w praktycznie wykorzystywanych systemach granica ta jest nieco niższa od częstotliwości Nyquista. Jest to spowodowane ograniczoną stromością zboczy filtrów. Pomiedzy częstotliwością Nyquista a górnym skrajem pasma musi być pewien przedział częstotliwości, w którym będzie mieścić się zbocze filtru.

## Kwantyzacja (1)

- **Kwantyzacja**: operacja, która przetwarza sygnał spróbkowany w sygnał o dyskretnej strukturze amplitudowej. Polega ona na podzieleniu zakresu zmian wartości sygnału na skończoną liczbę  $M$  przedziałów kwantyzacji i przybliżeniu wartości chwilowych próbek wartościami przyporządkowanymi poszczególnym przedziałom. Najczęściej przedziały kwantyzacji mają jednakową szerokość  $q$ , nazywana *kwantem* lub *ziarnem* (*krokiem*) kwantowania.
- W wyniku kwantowania sygnał dyskretny  $x[nT_s]$  zostaje przybliżony sygnałem cyfrowym  $\tilde{x}[nT_s]$ , przybierającym skończoną liczbę wartości. Operacje kwantowania można zapisać formalnie w postaci:

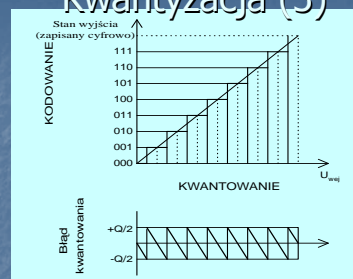
$$\tilde{x}[nT_s] = Q(x[nT_s])$$

gdzie  $Q$  jest funkcją przyporządkowującą próbce  $x[nT_s]$  jej wartość skwantowaną,  $\tilde{x}[nT_s]$ .

## Kwantyzacja (2)

- Dobór funkcji  $Q$  określa sposób kwantowania. W praktyce stosowane są różne rodzaje kwantowania zależne od sposobu cyfrowej reprezentacji liczb ujemnych. Liczby ujemne w arytmetyce stałoprzecinkowej przedstawia się w komputerze za pomocą znaku i modułu (kod ZM), uzupełnienia do jedności (kod U1) lub uzupełnienia do dwóch (kod U2)

## Kwantyzacja (3)



gdzie:

Przedział kwantowania:

Błąd kwantowania

$$Q = \frac{V_{FSR}}{2^{n-1}}$$

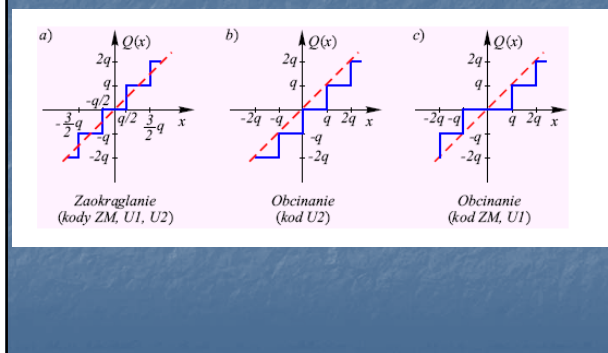
$V_{FSR}$  - wartość pełnego zakresu przetwarzania

$d = \pm Q/2$  - wartość szczytowa szumu kwantowania

wartość średnia = 0

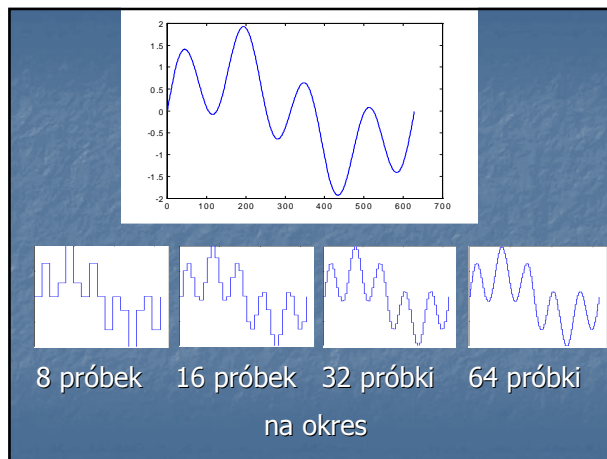
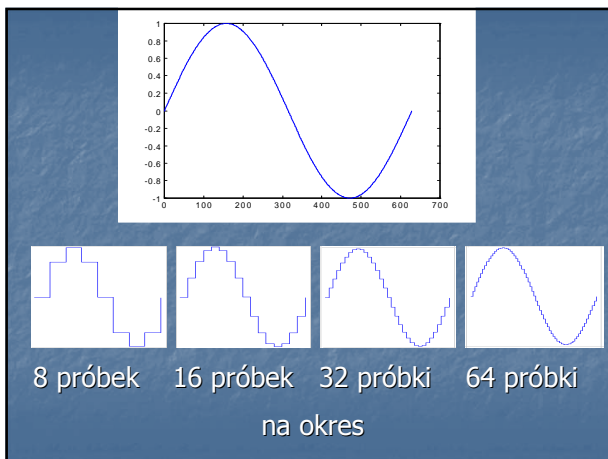
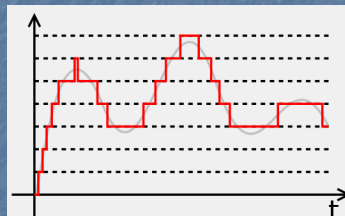


## Kwantyzacja (4)



## Kwantyzacja (5)

Proces, polegający na przypisaniu wartości analogowych do najbliższych poziomów reprezentacji, co wiąże się z nieuniknioną i nieodwracalną utratą informacji.



## Analiza częstotliwościowa

Wyobraźmy sobie, że mamy dostępny zestaw generatorów sinusoidalnych o częstotliwościach  $f_1, f_2, \dots, f_n$ .

Zamiast próbkować sygnał, użyjemy aparatu matematycznego, pozwalającego odpowiedzieć na pytanie "z jaką amplitudą należy uruchomić kolejne generatory, by uzyskać taki sam przebieg jak analizowany?"