

Technika audio – część 1

Wykład 11

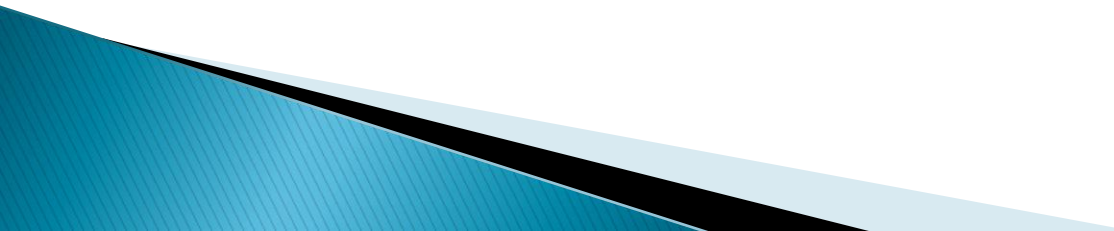
Projektowanie cyfrowych układów elektronicznych

Wojciech Światała

wojciech.switala@cs.put.poznan.pl

<http://www.cs.put.poznan.pl/~wswitala>

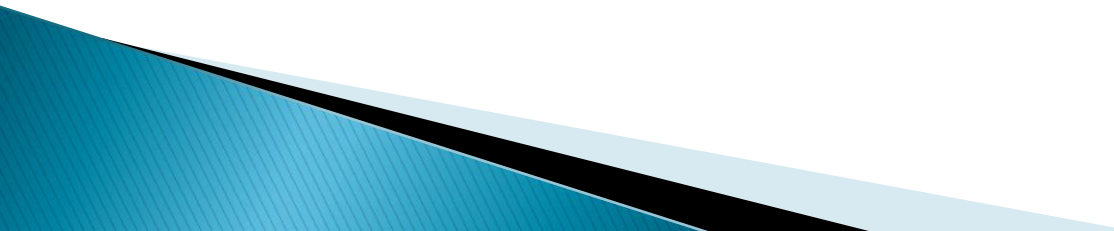
Plan wykładu

- ▶ Wprowadzenie technologii audio
 - ▶ Próbkowanie
 - ▶ Twierdzenie Whittakera-Nyquista-Kotielnikowa-Shannona
 - ▶ Kwantyzacja
 - ▶ Interfejsy
- 

Bibliografia

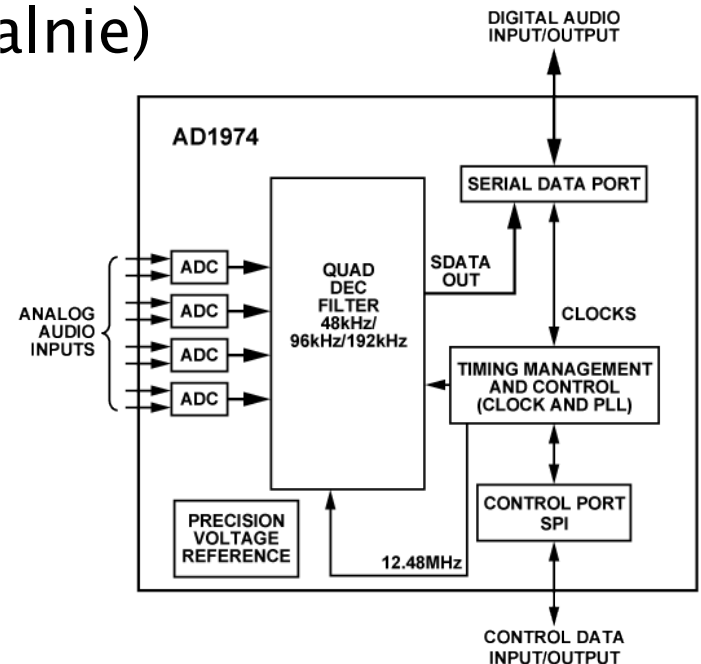
- ▶ http://en.wikipedia.org/wiki/Analog-to-digital_converter
- ▶ http://en.wikipedia.org/wiki/Digital-to-analog_converter
- ▶ <http://www.epanorama.net/documents/audio/spdif.html>
- ▶ http://www.analog.com/UploadedFiles/Data_Sheets/AD1974.pdf
- ▶ http://www.analog.com/UploadedFiles/Data_Sheets/AD1853.pdf

Wprowadzenie

- ▶ Aktualnie zapis i przesyłanie sygnału audio występuje prawie wyłącznie w cyfrowej formie (CD, MP3, GSM...)
 - ▶ Występują jeszcze transmisje analogowe (radio, telewizja), ale już zaczynają być wypierane przez swoje cyfrowe odpowiedniki
 - ▶ Istnieją technologie digitalizowania dźwięku bezstratnie oraz stratnie (CD vs. MP3)
 - ▶ Występuje również różne standardy kodowania dźwięku wielokanałowego (Dolby Surround, AC3, Dolby Pro Logic, Dolby True HD)
- 

Parametry

- ▶ Częstotliwość próbkowania – wyrażana w hercach
np. 44100Hz (maks. 192kHz – aktualnie)
- ▶ Ilość poziomów kwantyzacji – wyrażana w bitach
np. 16 bitów (maks. 24 bity – aktualnie)
- ▶ Ilość kanałów
np. 6 kanałów (maks. 8 – aktualnie)
- ▶ Rodzaj kompresji
np. MPEG Layer 3
- ▶ Rodzaj kodowania kanałów
np. Dolby Digital AC3



Granice percepcji

- ▶ Maksymalna częstotliwość: okolice 20kHz
- ▶ Minimalna częstotliwość: okolice 16Hz
- ▶ Minimalne natężenie: 0dB – próg słyszalności
- ▶ Maksymalne natężenie: 140dB – granica bólu

130dB – startujący odrzutowiec

100dB – młot pneumatyczny

80dB – pociąg

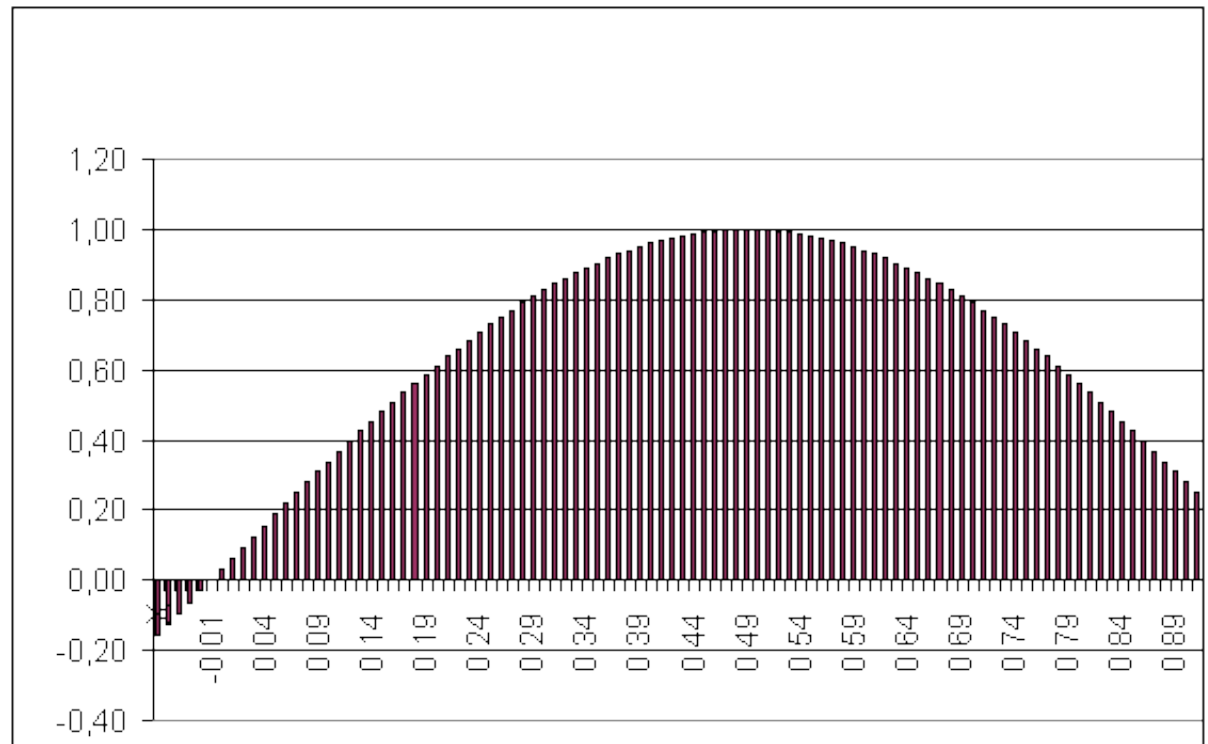
40dB – rozmowa

20dB – biblioteka

10dB – dźwięki okolic wiejskich

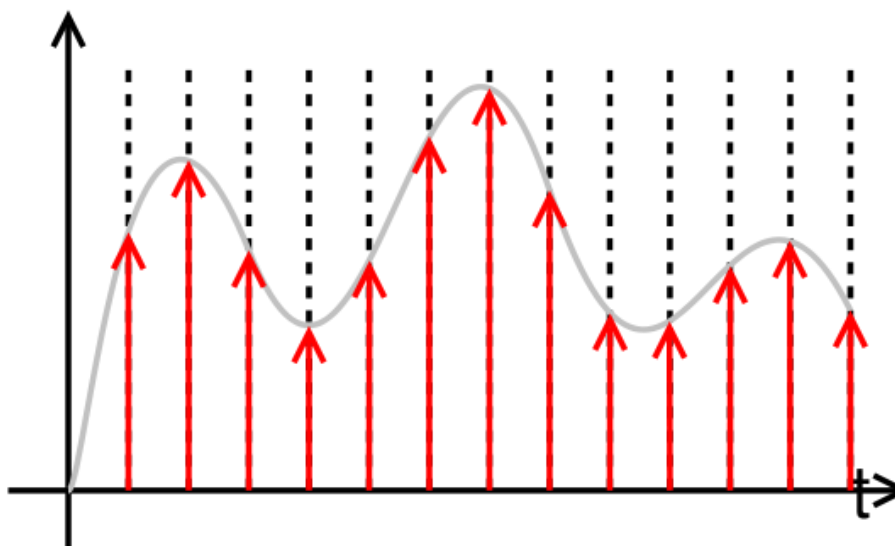
Próbkowanie 1 / 4

- ▶ Próbkowanie (dyskretyzacja, kwantowanie w czasie) to proces stworzenia sygnału impulsowego reprezentującego sygnał ciągły. Zwykle kojarzone jest z jednym z etapów przetwarzania sygnału analogowego na cyfrowy



Próbkowanie 2/4

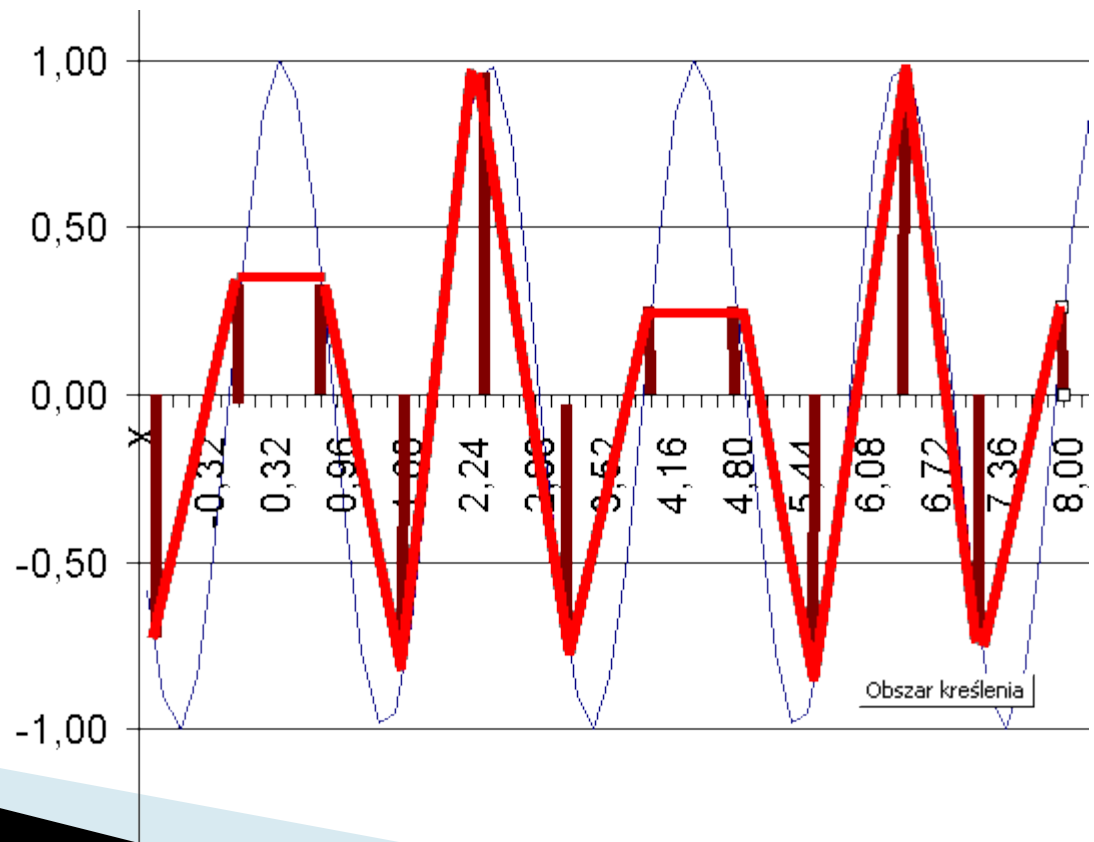
- ▶ Próbkowanie idealne to iloczyn funkcji grzebieniowej oraz sygnału ciągłego.



- ▶ Od strony praktycznej wygląda to tak, że w ustalonych odstępach czasu (impulsowanie) mierzona jest wartość chwilowa sygnału i na jej podstawie tworzone są tzw. próbki (ang. sample). Sygnał przekształcony do postaci próbkowanej nazywa się sygnałem dyskretnym

Próbkowanie 3/4

- ▶ Jeżeli częstotliwość próbkowania jest bliska częstotliwości sygnału próbkowanego – może on zostać zniekształcony
- ▶ Pojawiają się wtedy częstotliwości które nie występowały w oryginalnym sygnale



Próbkowanie 4/4

- ▶ Do eliminacji możliwości wystąpienia sytuacji w której pojawiają się częstotliwości które nie występowały w oryginalnym sygnale wykorzystuje się filtr antyaliasingowy
- ▶ Aliasing to nakładanie się widm sygnału cyfrowego okresowo zwielokrotnionych w dziedzinie częstotliwości podczas przetwarzania sygnałów
- ▶ Dokonując próbkowania sygnału z częstotliwością f_s , nie można odróżnić sygnału harmonicznego o dowolnej częstotliwości f_0 od przebiegu harmonicznego opisanego wzorem $f_0 + k \cdot f_s$

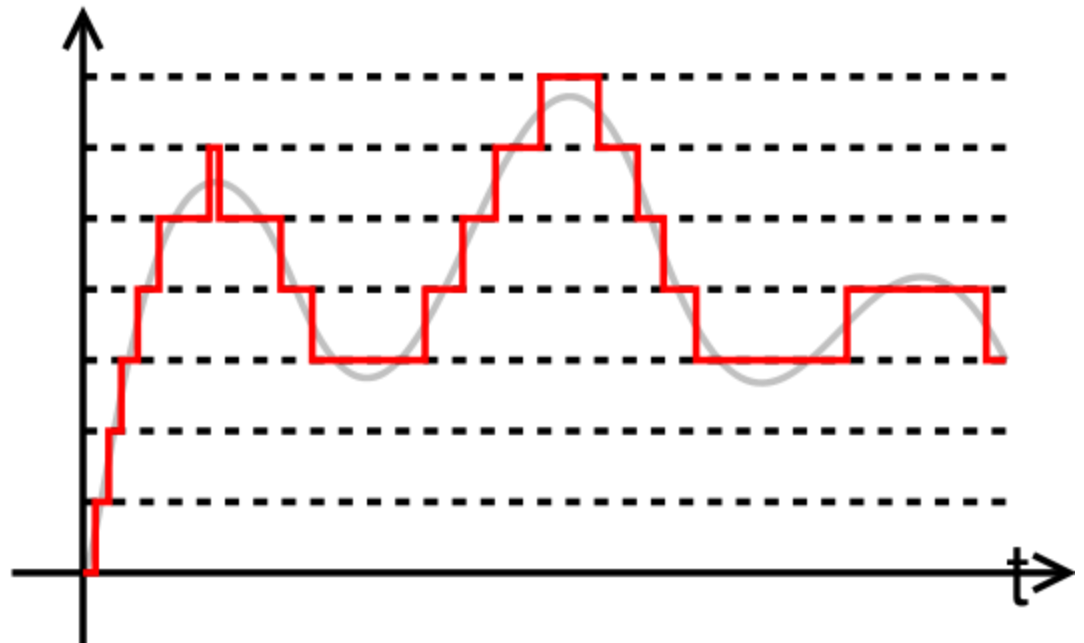


Twierdzenie Whittakera–Nyquista–Kotielnikowa–Shannona

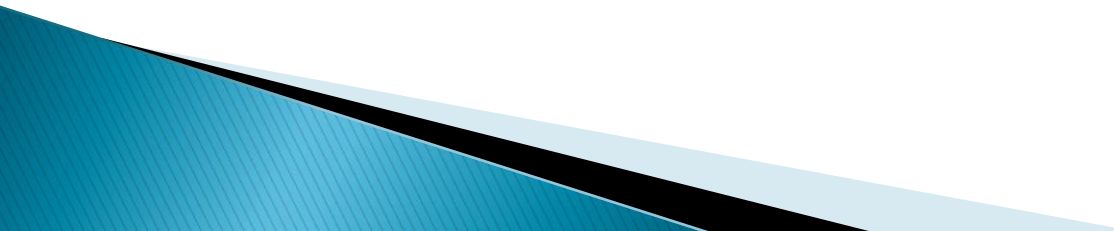
- ▶ Sygnał ciągły może być ponownie odtworzony z sygnału dyskretnego, jeśli był próbkowany z częstotliwością co najmniej dwa razy większą od granicznej częstotliwości swego widma
- ▶ Tą częstotliwość graniczną nazywa się częstotliwością Nyquista

Kwantyzacja 1 / 3

- ▶ Kwantyzacja to zastąpienie dużego zbioru wartości za pomocą mniejszego zbioru – zbioru poziomów reprezentacji
- ▶ Kwantyzowanie polega na przypisaniu wartości analogowym z procesu próbkowania najbliższych poziomów reprezentacji
- ▶ Proces kwantyzacji powoduje stratę dokładności

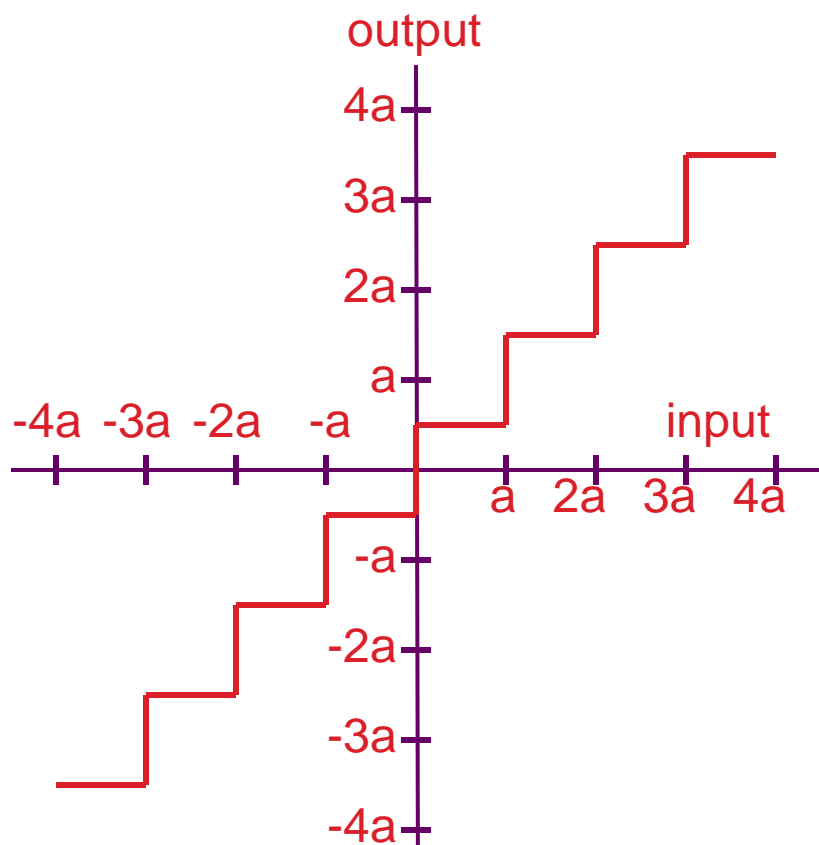


Kwantyzacja 2 / 3

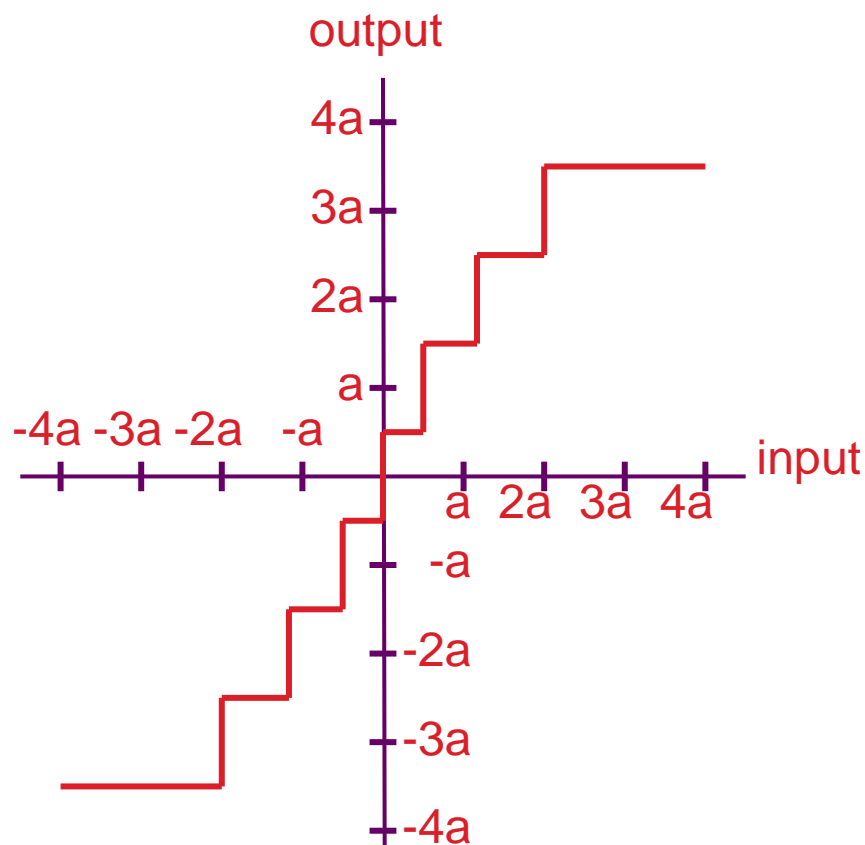
- ▶ Kwantyzacja może być równomierna oraz nierównomierna
 - ▶ Kwantyzacja jest równomierna jeżeli wszystkie przedziały poza dwoma krańcowymi są równe
 - ▶ Kwantyzacja równomierna jest stosowana dla sygnałów w których rozkład prawdopodobieństwa wartości w całym przedziale jest jednostajna
 - ▶ Kwantyzacja jest nierównomierna jeżeli przedziały są rozłożone nierównomiernie i ich dokładność skupia się wokół pewnych obszarów
 - ▶ Kwantyzacja nierównomierna jest stosowana dla sygnałów w których rozkład prawdopodobieństwa wartości w pewnych obszarach jest większa jak w innych
- 

Kwantyzacja 3 / 3

Równomierna

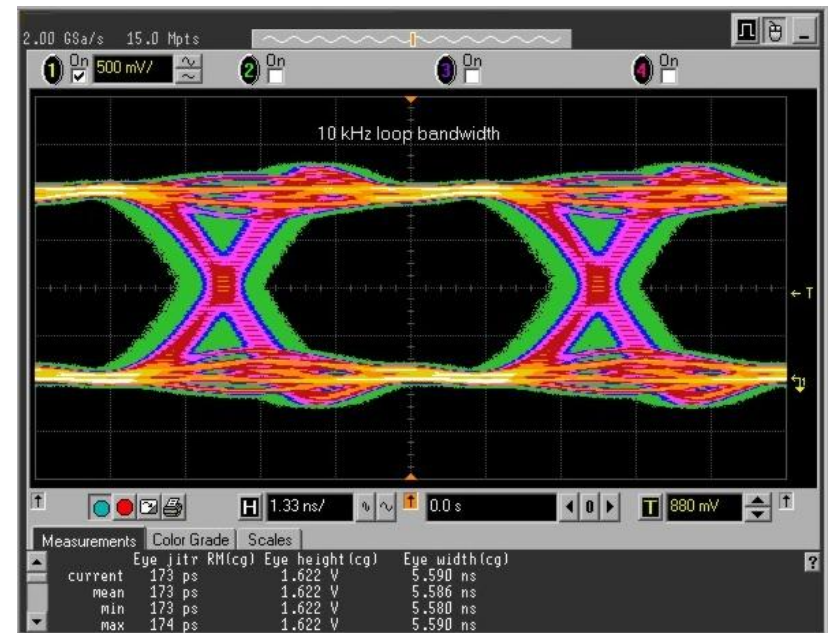
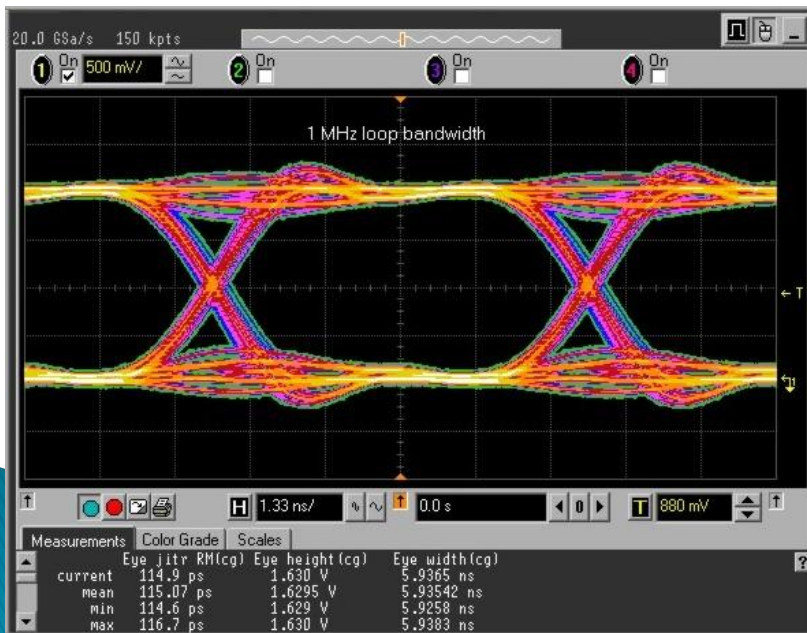


Nierównomierna



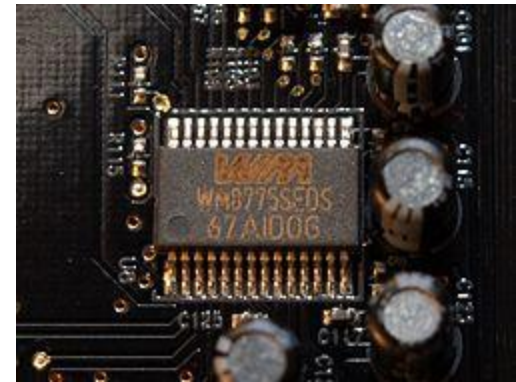
Cyfrowe interfejsy audio – wprowadzenie

- ▶ PCM to rodzaj modulacji, który jest cyfrową reprezentacją sygnału analogowego kiedy wartość sygnału jest próbkowana regularnie w równych odstępach, a następnie kwantowana do cyfrowych symboli
- ▶ Jitter jest to szybkozmienna fluktuacja fazy sygnału cyfrowego. Jitter jest rodzajem zakłócenia pojawiającym się w cyfrowych interfejsach



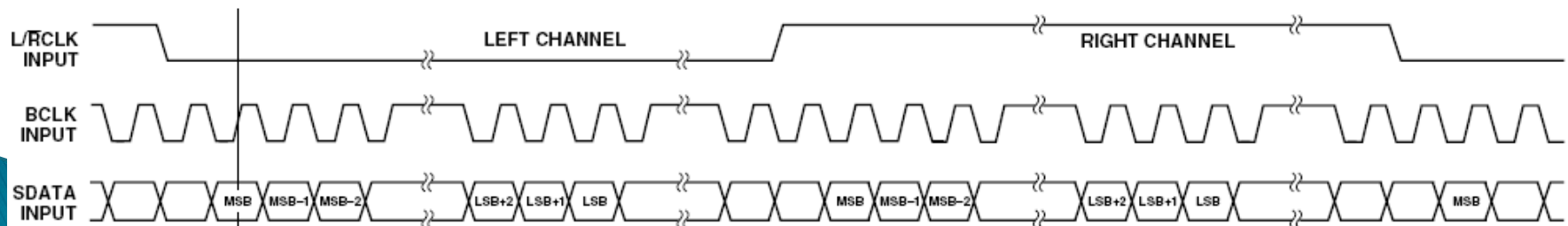
Cyfrowe interfejsy audio – I2S 1 / 2

- ▶ I2S (Inter-IC Sound/Integrated Interchip Sound) jest elektrycznym standardem interfejsu szeregowego używanego do połączenia ze sobą urządzeń audio np. dekodera MP3 z przetwornikiem C/A
- ▶ Największą zaletą interfejsu I2S jest rozdzielenie sygnału danych i zegara, co powoduje w efekcie bardzo małe łącznie się jittera tych dwóch sygnałów
- ▶ Magistrala składa się z przynajmniej 3 linii:
 - BCLK – linia zegara bitowego
 - L/!RCLK – linia zegara słów (kanałów)
 - SDATA – linii multipleksowanych danych
 - Mogą jeszcze występować linie:
 - MCLK – linia zegara głównego (nadrzędnego)
 - SDATA2 – linia multipleksowanych danych w kierunku przeciwnym



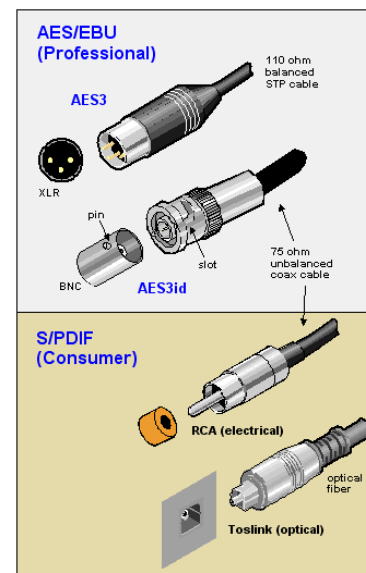
Cyfrowe interfejsy audio – I2S 2/2

- ▶ BCLK – sygnalizuje moment próbkowania danych na pozostałych liniach SDATA oraz L/!RCLK
- ▶ Sygnał BCLK będzie miał częstotliwość 64xczęstotliwość próbkowania czyli dla 48kHz będzie to 3,072MHz
- ▶ Sygnał L/!RCLK identyfikuje czy na linii danych mamy do czynienia z sygnałem z kanału lewego czy prawego
- ▶ Zmiany sygnału L/!RCLK służą także jako impulsy synchronizacji początku nowego słowa na linii danych
- ▶ Sygnał L/!RCLK ma częstotliwość równą częstotliwości próbkowania
- ▶ Każdy kanał może transmitować do 32 bitów
- ▶ Dane na linii SDATA są przesyłane zaczynając od MSB i na LSB kończąc
- ▶ Główną wadą magistrali I2S jest konieczność wykorzystywania dużej ilości linii



AES/EBU i SPDIF

- ▶ AES/EBU (AES3) standard przesyłania cyfrowych danych audio opracowany przez Audio Engineering Society and the European Broadcasting Union
- ▶ S/PDIF – SONY/Philips Digital Interface Format aktualnie część rozszerzonego standardu AES3
- ▶ Skupimy się na S/PDIF jako bardziej popularnym jednak większość urządzeń jest kompatybilna z obydwooma tymi standardami gdyż są bardzo do siebie zbliżone
- ▶ S/PDIF specyfikacja techniczna
 - Kabel 75ohm koncentryczny albo światłowód
 - Złącze RCA, BNC, TosLINK
 - Poziomy sygnałów 0,5 do 1V
 - Modulacja BIPHASE
 - 20 bitów (opcjonalnie 24 bity)



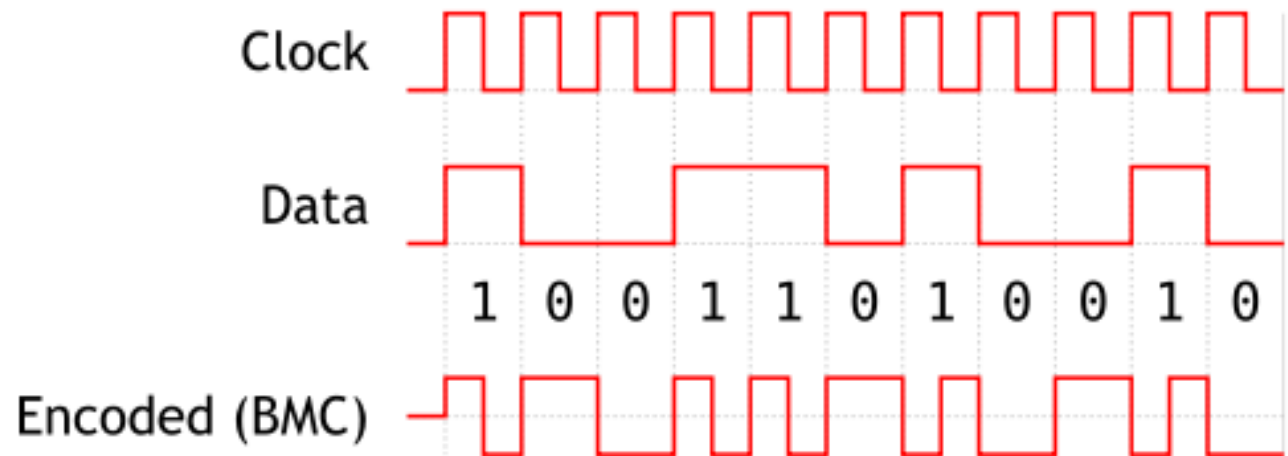
S/PDIF c.d.

- ▶ Dla każdej próbki na wyjściu odtwarzacza CD transmitowane są dwa 32-bitowe słowa
- ▶ Każde słowo składa się z następujących bitów:
 - 0–3 – preambuła mówiąca m.in. który to kanał
 - 4–7 – pomocnicze bity audio
 - 8–27 – 20-bitowa próbka (można przesłać 24-bitową wykorzystując bity 4–27)
 - 28 – flaga błędu
 - 29 – bit subkodowania
 - 30 – informacje o statusie kanału
 - 31 – bit parzystości dla bitów 4–30



S/PDIF c.d.

- ▶ Każda ramka składa się z dwóch słów po jednym dla każdego kanału
- ▶ Każdy blok składa się z 192 ramek
- ▶ Kodowanie BIPHASE



▶ **Dziękuję za uwagę!**

