

# Počítačové zpracování řeči

Luděk Bártek

Fakulta Informatiky  
Masarykova Univerzita Brno

podzim 2023

# Obsah

- 1 Digitalizace akustického signálu
  - Vzorkování
  - Kvantizace
  - Kódování průběhu vlny

# Digitalizace zvuku

- Cíl - převod spojitého signálu na posloupnost digitálních hodnot vhodných pro uchování v počítači.
- Postup digitalizace:
  - 1 Vzorkování - převod reálných vstupních hodnot na posloupnost diskrétních reálných čísel.
  - 2 Kvantizace - převod posloupnosti reálných čísel na posloupnost celých/reálných čísel.
  - 3 Kódování - způsob uložení a kódování posloupnosti hodnot získaných v kroku 2.

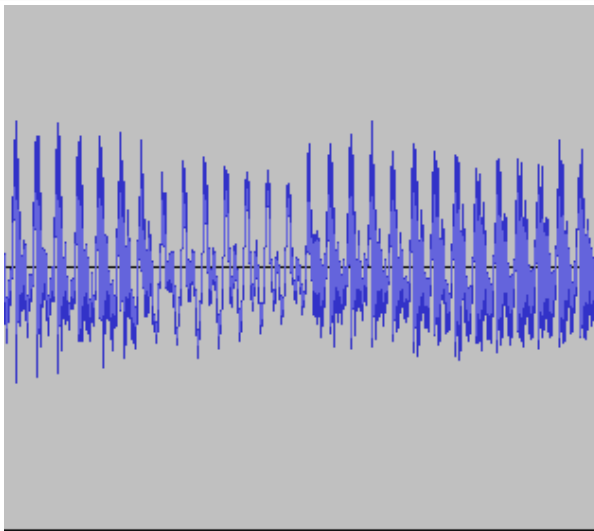
# Vzorkování

- Transformace spojitého časově závislého signálu  $s(t)$  na časově diskrétní posloupnost  $s_n(T) = 0, 1, 2, \dots$ 
  - $T$  - perioda vzorkování.
  - Pokud nemá dojít ke ztrátě informace, musí být vzorkovací frekvence aspoň dvojnásobkem nejvyšší frekvence, která je signálu obsažena.
- Po čase  $T$  je sejmuta a dána na výstup (ke kvantizaci) hodnota ze vstupního snímače.
  - většinou okamžitá úroveň napětí nebo proudu na vstupu.

# Oblasti použití

- digitální zpracování zvuku
  - audio CD
  - mp3 - navíc použita ztrátová komprese
  - miniDisc - navíc použita ztrátová komprese ATRAC
  - DAT
  - ...
- digitální zpracování signálu obecně (digitalizace dat z různých analogových měřicích zařízení, digitální zpracování obrazu, ...)

# Ukázka digitalizovaného signálu



# Shannonův vzorkovací teorém

- Analogový signál  $s(t)$  lze rekonstruovat z hodnot vzorků  $s_n(T)$  následovně:

$$s(t) = \sum_{n=-\infty}^{\infty} s_n(T) \frac{\sin(\pi(\frac{t}{T} - n))}{\pi(\frac{t}{T} - n)}$$

právě tehdy když je vzorkovací frekvence alespoň dvojnásobkem nejvyšší frekvence obsažené ve vstupním signálu.

- Důsledky:
  - Vzorkovací frekvence by měla být alespoň dvojnásobkem nejvyšší frekvence vstupního signálu.
  - Je-li menší dochází ke zkreslení složek vyšších frekvencí.
  - Spor příznivců a odpůrců audio CD - je 44kHz dostačující vzorkovací frekvence pro hudbu?

# Kvantizace

- Převod reálných navzorkovaných hodnot na celočíselné hodnoty.
- Počet celočíselných hodnot = počet úrovní kvantování
  - 256
  - 65 536
  - 16 777 216
- Kvantizační krok - reálný interval přiřazený kvantizované jednotce.
  - Na vstupu je signál s amplitudou 128 mA (-128 - 127 mA).
  - 8bitová kvantizace - 256 kvantizačních úrovní
  - kvantizační krok =  $\frac{256[mA]}{256} = 1[mA]$ .
- Běžně používané kvantizace – 8, 16, 24, 32 bitů.
- Realizováno pomocí A/D převodníků
  - součást zvukových karet
  - mobilních telefonů
  - ...



# Běžně používané parametry digitalizace zvuku

- Vzorkovací frekvence:
  - 8 kHz - telefonní kvalita
  - 16 kHz - běžná řeč
  - 22 kHz - rozhlasová kvalita
  - 44 kHz - audio CD
  - 48 kHz - DVD
- Kvantizace:
  - 8 bitů
  - 16 bitů
  - 24 bitů
  - 32/64 bitů v pohyblivé řádové čárce
- Počet audio kanálů
  - 1
  - 2
  - 4
  - 6 (5.1, 5 směrových kanálů + basy)

# Způsoby kódování signálu

- PCM - přímé ukládání hodnot získaných kvantizací.
  - Výhody – jednoduché na zpracování, nedochází k další ztrátě informací.
  - Nevýhody:
    - často malé rozdíly mezi hodnotami sousedních vzorků – značná redundance dat,
    - konstantní hodnota kvantizačního kroku (závisí na parametrech AD převodníku) – v případě malé amplitudy vstupního signálu – ztráta informace (signál nepřekročí kvantizační krok), v případě velké amplitudy – hodnota překročí rozsah – zkreslení signálu. Oba případy brání kvalitní rekonstrukci původního signálu.

# Kódování průběhu vlny

## Řešení nevýhod PCM

- Diferenční PCM
  - Uchovávání rozdílů sousedních vzorků místo uchovávání jejich hodnot.
  - Hodnota rozdílu bývá podstatně menší než hodnota vzorku - lze uchovat pomocí méně bitů.
- Adaptivní PCM
  - Kvantizační krok se určuje na základě amplitudy vstupního signálu.