

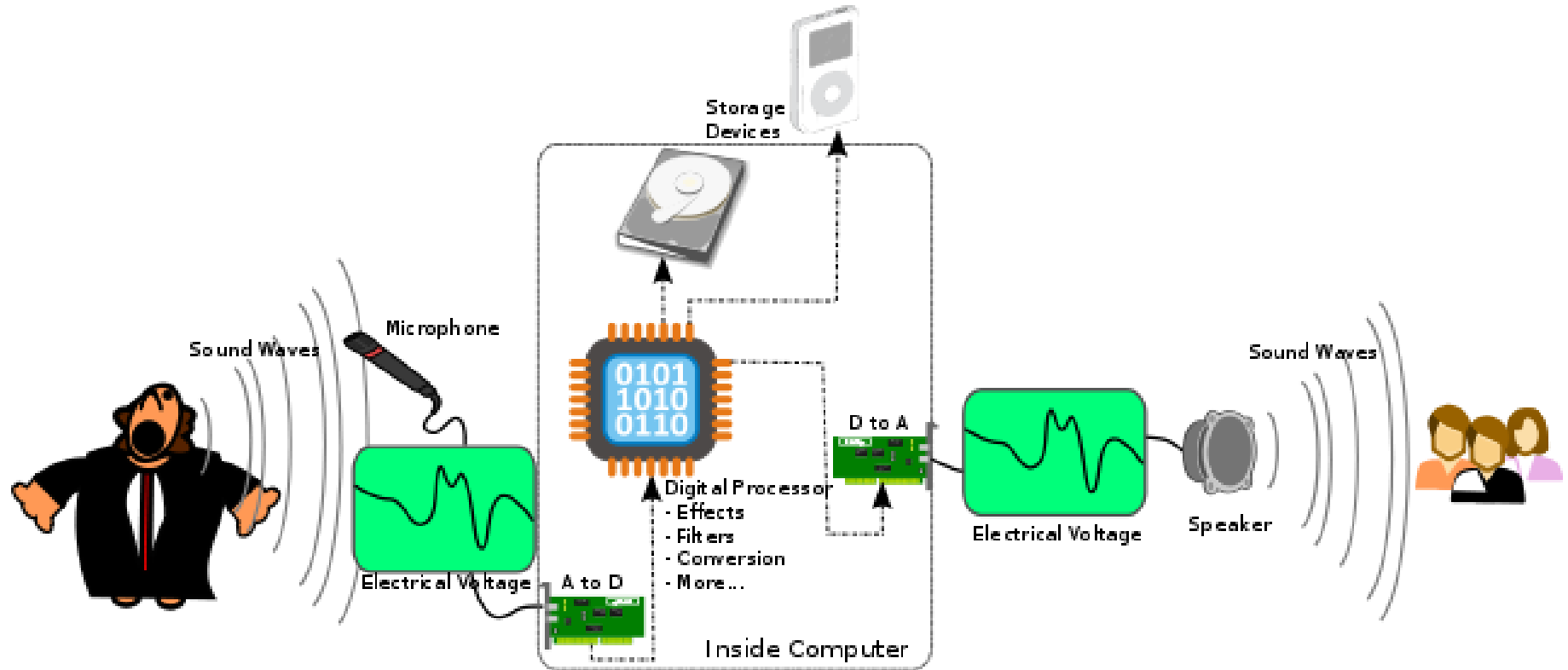
# Hardware

1. Analogový a digitální signál  
3. a 4. ročník

# Analogový a digitální signál – úvod

- ▶ Svět kolem nás je plný analogových (spojitých) signálů, které chceme ovlivnit, řídit nebo regulovat
- ▶ Pro řízení máme obvykle číslicové (digitální) stroje, které vytváří nebo reagují na digitální signál
  - Tyto stroje pracují v binární (dvojkové) soustavě
- ▶ Pro převod do digitální podoby se využívá A/D převodníků, naopak pak D/A převodníků
  - U neelektrických veličin (teplota, tlak, průtok, ...) je nutno použít ještě mezi-převodníky

# Analogový a digitální signál



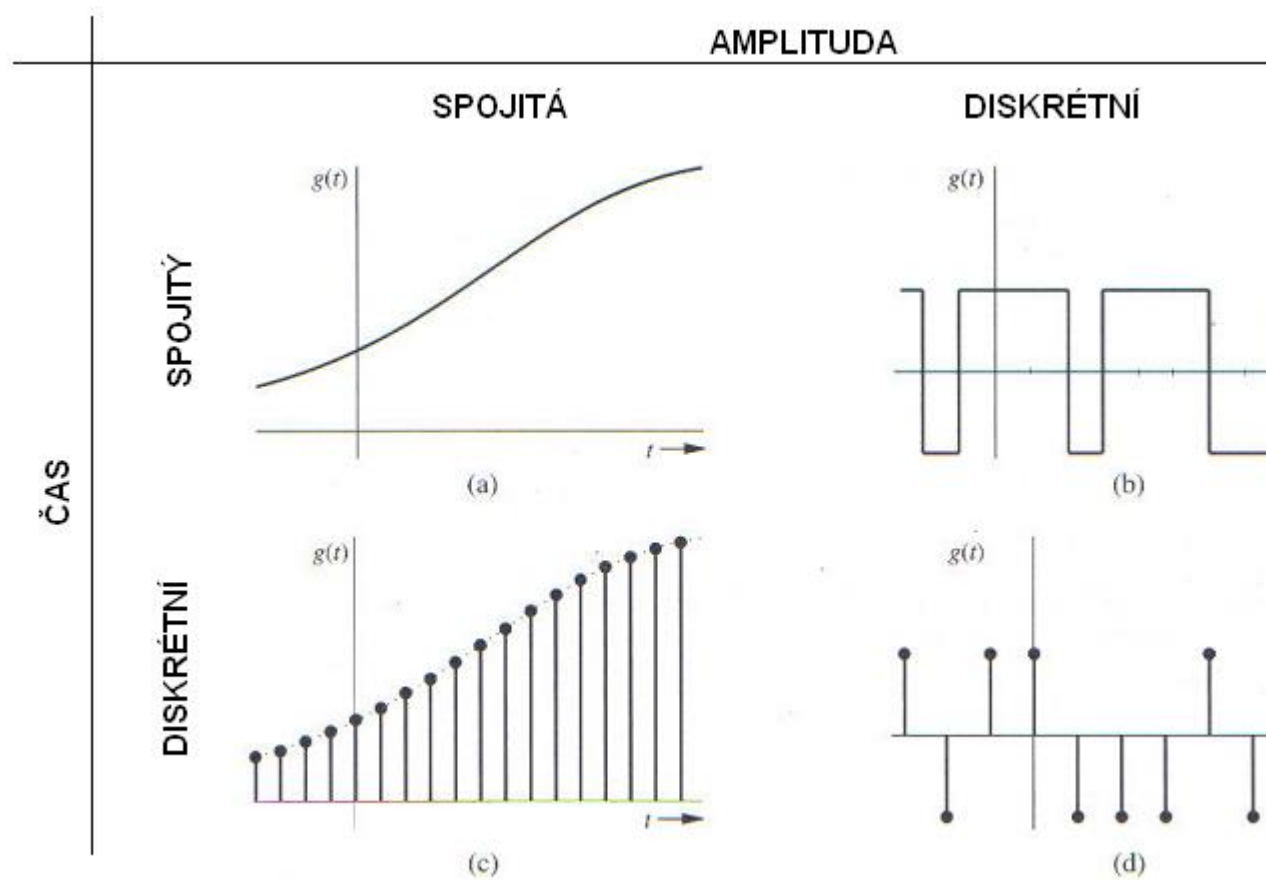
# Analogový signál

- ▶ Přirozený
- ▶ Spojitý v čase i amplitudě
- ▶ Možnost měření s teoreticky nekonečným rozlišením
  - Teoreticky nekonečný počet stavů
  - Prakticky ne
    - Okolní šum zkresluje informaci o vlastnostech signálu
- ▶ S opakovanou reprodukcí ztrácí na kvalitě
  - Stejně tak i při jeho kopírování (záloze)
- ▶ Média:
  - Vinylová (gramofonová) deska, audiokazeta, VHS

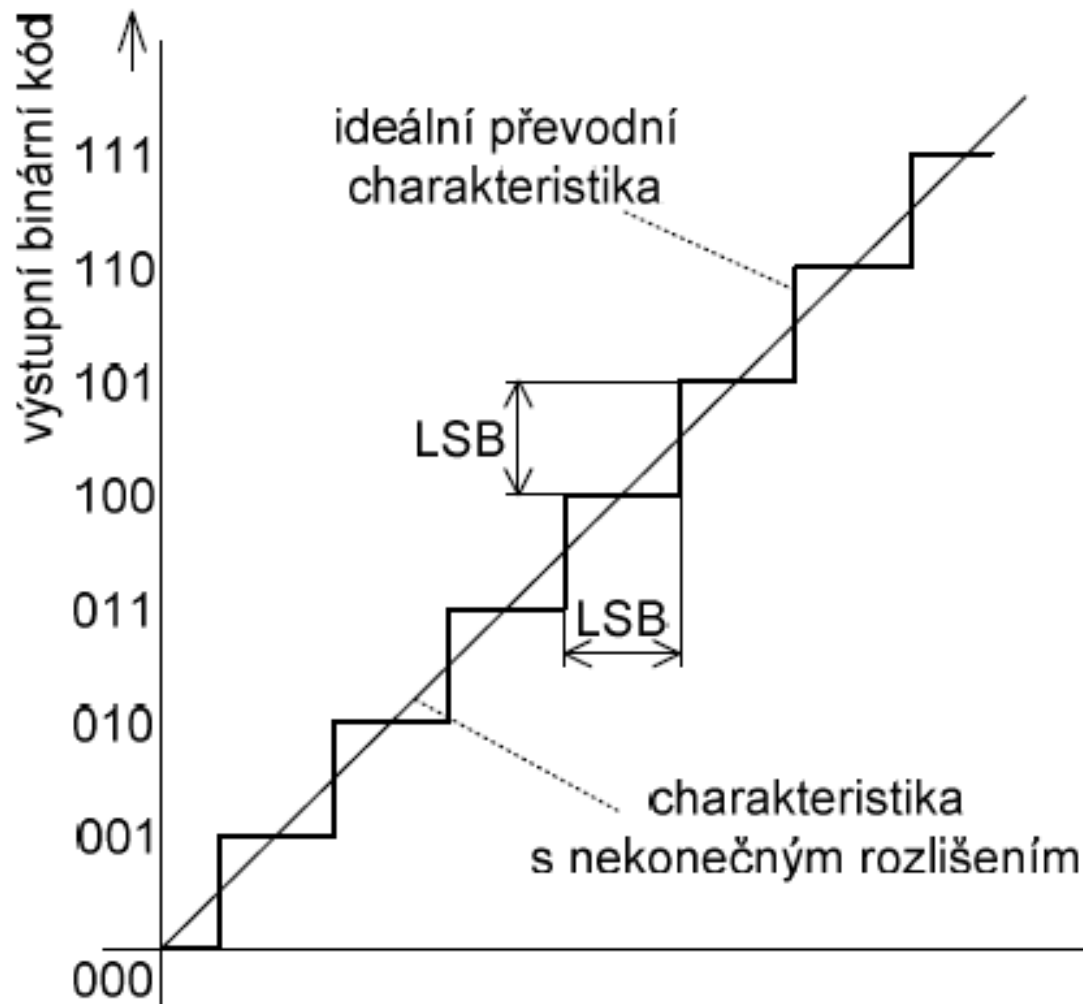
# Digitální signál

- ▶ Uměle vytvořený
- ▶ Diskrétní jak v čase, tak amplitudě
  - Hodnoty jsou vybírány z konečného počtu stavů
- ▶ Má binární podobu
  - Také nazýván číslicový
- ▶ Opakovanou reprodukcí neztrácí na kvalitě
  - Bez ztráty kvality možno kopírovat / distribuovat
  - Při ztrátě kvality se jedná o kompresi
- ▶ Odolný proti rušení
- ▶ Média:
  - Interní a externí disky, USB disky, CD/DVD/BD, diskety

# Analógový a digitální signál



# A/D převod – převodní charakter.



# A/D převod – Shannonův teorém

- ▶ Také označován jako:
  - Nyquistův nebo Kotělníkův teorém
- ▶ Nutno dodržet při vzorkování signálu
- ▶ *Jestliže se vstupní analogový signál mění s frekvencí  $f$  a hraniční frekvence tohoto signálu je  $f_m$ , potom vzorkovací obvod musí pracovat minimálně s frekvencí:  
 $2 \times f_m$  (+ rezerva) a větší*



# A/D převod – Shannonův teorém

## ▶ Příklad 1:

- Telefonní signál má frekvenční rozsah 300 – 3400 Hz. Jaká bude minimální vzorkovací frekvence?
- Minimální  $f_{\text{vzr}} = 2 \times 3400 = 6800 \text{ Hz}$

## ▶ Příklad 2:

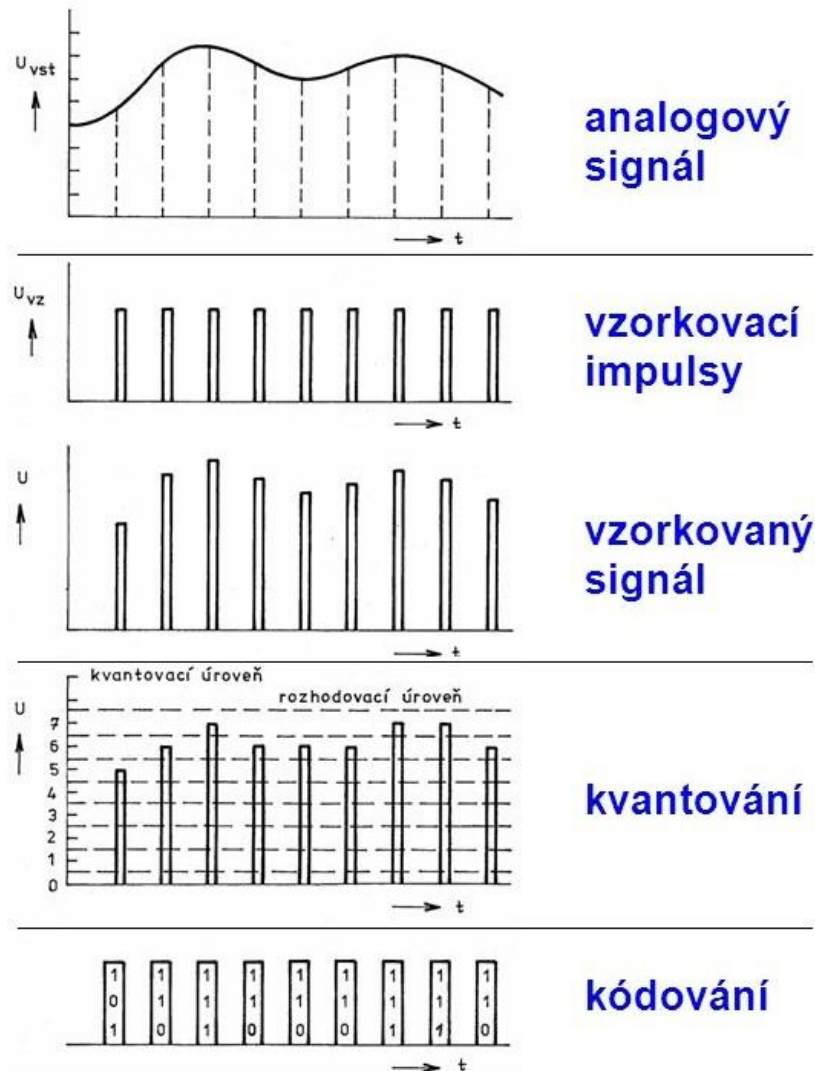
- Chceme kódovat zvuk do číslicové podoby pro uchování na Audio CD. Hranice zvukového signálu slyšitelného zdravým uchem je 20 – 20 kHz. Kolik bude minimální vzorkovací frekvence (přidejte i rezervu)?
- Minimální  $f_{\text{vzr}} = 2 \times 20 + \text{rezerva} = 44,1 \text{ kHz}$

# A/D převod – princip

- ▶ Skládá se ze tří na sebe navazujících kroků



# A/D převod – princip

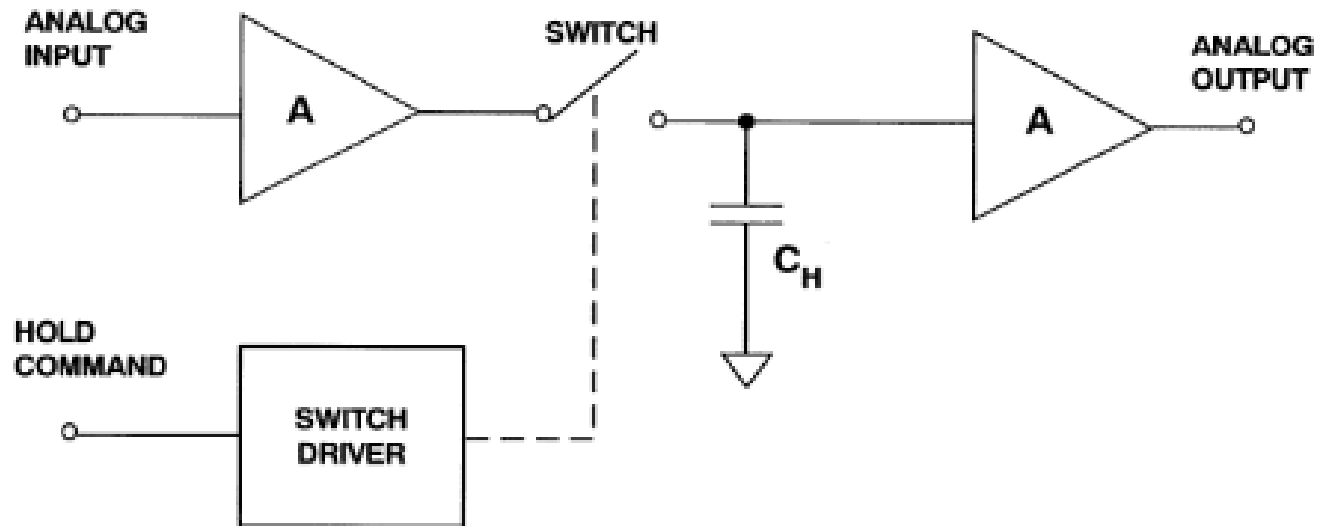


# A/D převod – vzorkování

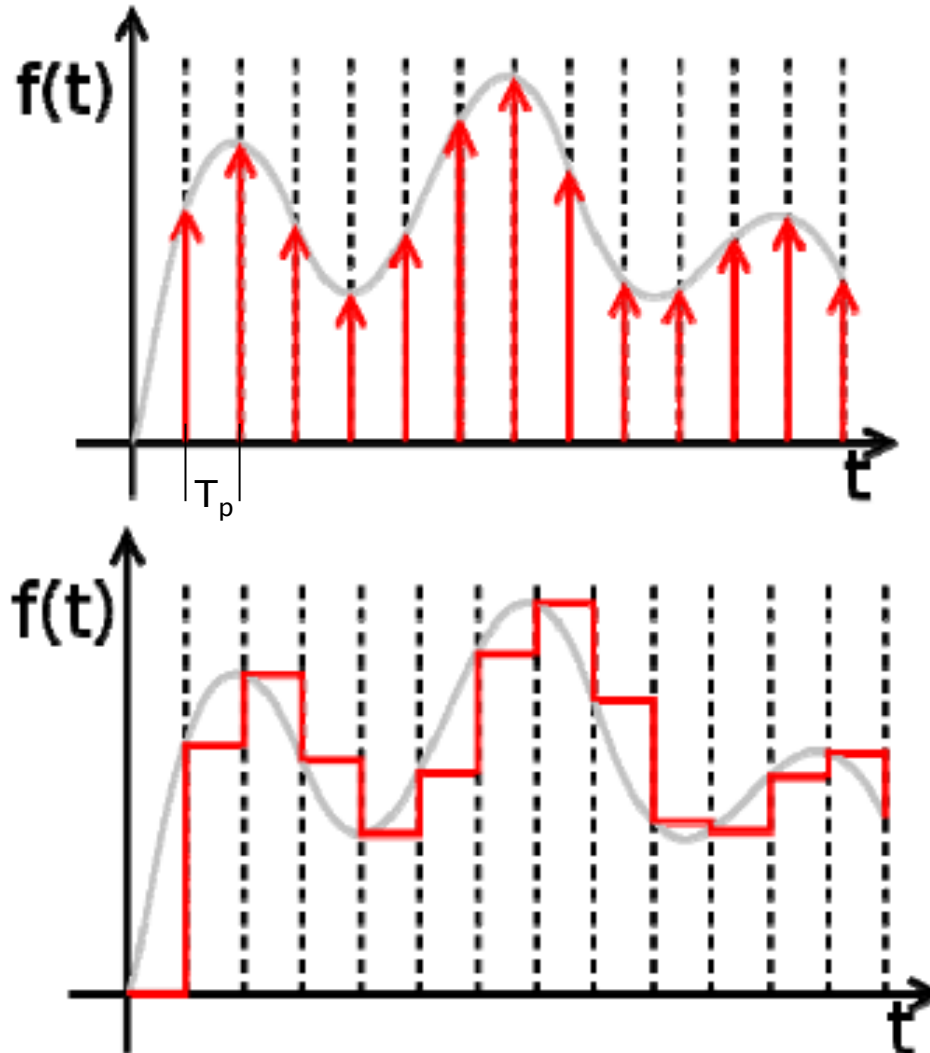
- ▶ 1. fáze
- ▶ Vzorkovaný signál není spojitý v čase
- ▶ Obvod dělá vzorky co určitý (stejný) časový okamžik
- ▶ Výsledkem je konečná množina vzorků
  - Podle počtu odebraných vzorků je možno s určitou přesností napodobit původní signál

# A/D převod – vzorkování

- ▶ Po dobu sepnutí spínače se nabíjí kondenzátor (analogová paměť)
- ▶ Po dobu rozepnutí spínače má obvod čas zpracovat náboj kondenzátoru a předat dále



# A/D převod – vzorkování



# A/D převod – vzorkování

- ▶ Vzorkovací obvody se již dnes většinou nekonstruují
  - Výběr z katalogu
  - Obsaženy již v samotném převodníku
- ▶ Příklad:
  - Když víme, že frekvence odběru vzorku je 100 MHz, jak dlouhou dobu má vzorkovací obvod, než bude odebrán další vzorek?

# A/D převod – kvantování

- ▶ 2. fáze
- ▶ Přiřazení vzorku signálu hodnotu
  - Nejčastěji celočíselnou
- ▶ Zaokrouhlení pomocí kvantizačního obvodu na předem definované kvantizační hladiny
  - Vzorky ze vzorkovacího obvodu obsahují příliš mnoho informací
  - Rozhodovací úrovně (toleranční pásy)
    - Nachází se v poloviční vzdálenosti mezi hladinami (lineární kvantování – použito u kódování Audio CD nebo wav soub.)



# A/D převod – kvantování

- ▶ Kvantizační zkreslení / šum
  - Vzniká při zaokrouhlování vzorků na příslušné kvantizační hladiny
  - Měl by být minimální
    - Uchem nepoznatelný
    - Záleží na kvalitách A/D převodníku
- ▶ Nutno pohlídat dostatečný rozsah kvantizéru
  - Hrozí přebuzení vstupním signálem
- ▶ Při kódování malých signálu a řeči je vhodnější použít nelineární rozložení hladin

# A/D převod – kódování

- ▶ 3. fáze
- ▶ Kvantovaný signál je následně zakódován do binární podoby
  - Sled jedniček a nul
- ▶ Nejmenší jednotka pro uložení informace?
  - Bit
- ▶ Něco většího?
  - Nibble, Bajt, KiB, MiB, GiB, TiB, ...
- ▶ Jiná než dvojková soustava a převod mezi nimi?
  - Trojková, Osmičková, Desítková, Šestnáctková, ...

# A/D převod – příklady

## ▶ Příklad 1:

- Spočtete rozlišovací schopnost (velikost  $U_{\text{LSB}}$ ) 16ti bitového převodníku, když na vstupu může být maximální napětí 2V.
- $U_{\text{LSB}} = U_{\text{max}} / 2^n = 2 / 65536 = 30,5\mu\text{V}$

## ▶ Příklad 2:

- 10bit převodník a  $U_{\text{max}}$  je 5V, jaké je  $U_{\text{LSB}}$ ?
- $U_{\text{LSB}} = U_{\text{max}} / 2^n = 5 / 1024 = 4,88\text{mV}$

**KONEC**

# Zdroje

- ▶ [https://cs.wikipedia.org/wiki/Digit%C3%A1ln%C3%AD\\_audio#/media/Soubor:A-D-A\\_Flow.svg](https://cs.wikipedia.org/wiki/Digit%C3%A1ln%C3%AD_audio#/media/Soubor:A-D-A_Flow.svg) [26. 3. 2020]
- ▶ <https://slideplayer.cz/slide/3104991/> [26. 3. 2020]
- ▶ [http://www.isibrno.cz/~joe/elektronika/elektronika\\_10.pdf](http://www.isibrno.cz/~joe/elektronika/elektronika_10.pdf) [26. 3. 2020]
- ▶ <https://docplayer.cz/14616757-Zakladni-metody-cislicoveho-zpracovani-signalu-casti.html> [26. 3. 2020]