

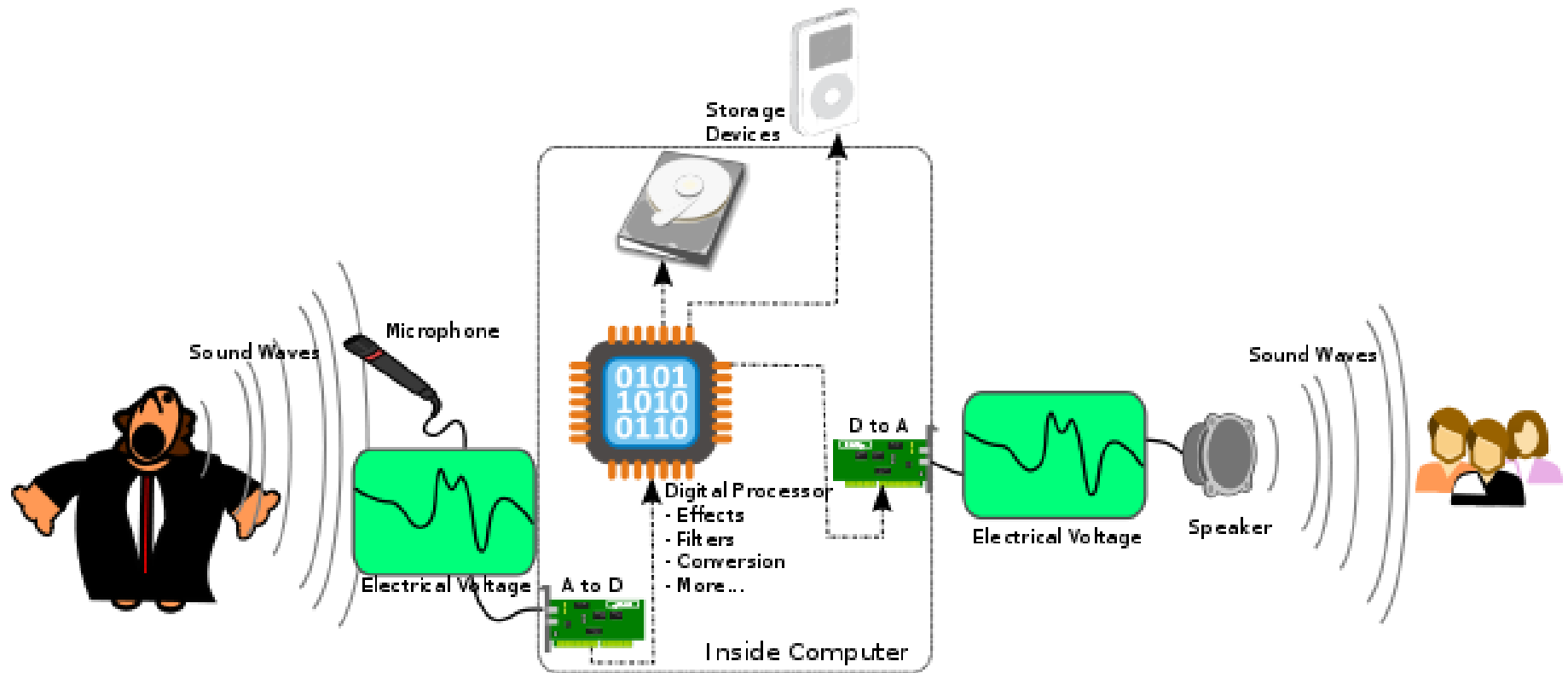
Hardware Mikroprocesorová technika

1. Analogový a digitální signál
3. 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



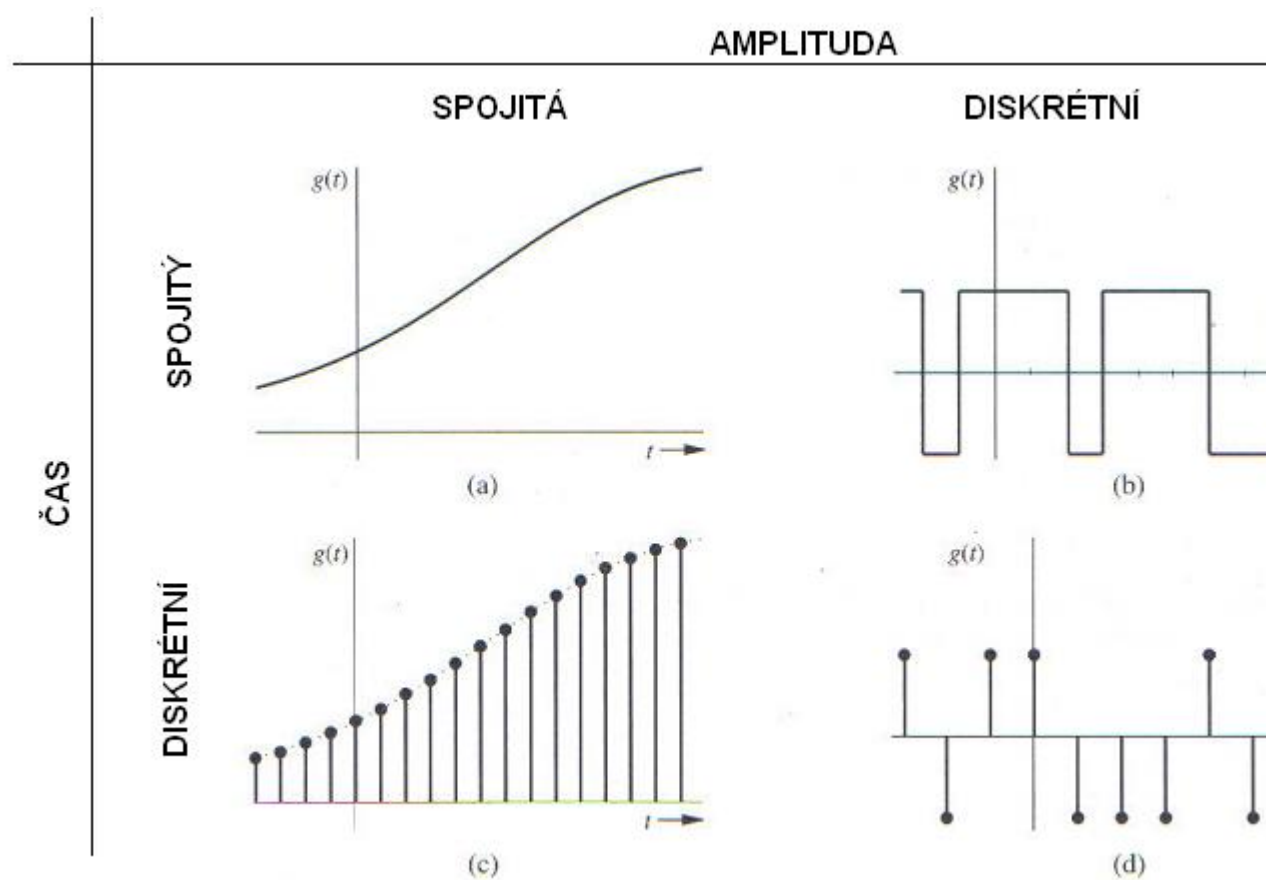
Analogový signál

- ▶ 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, kondenzátor

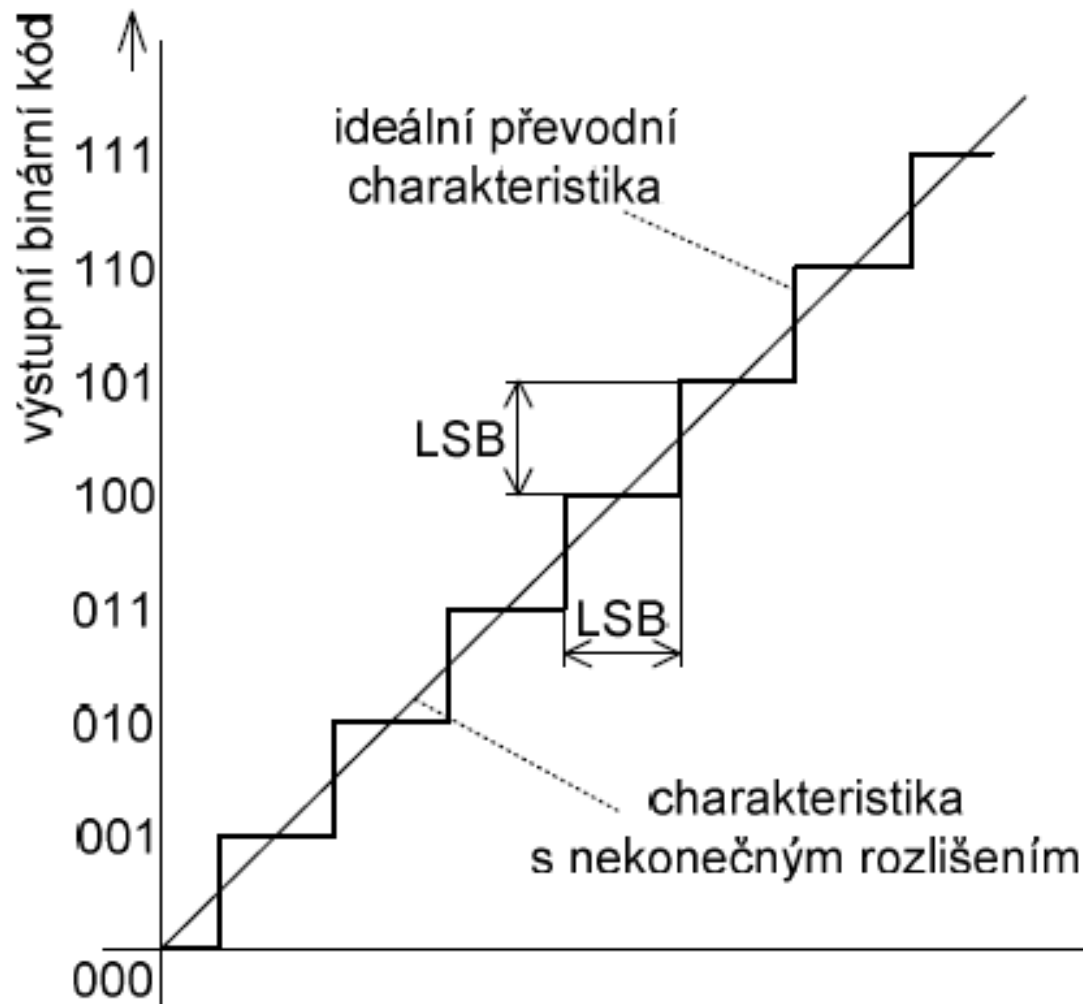
Digitální signál

- ▶ 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 disk, USB disk (flash disk), CD/DVD/BD, disketa

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 $f_{\text{vzr}} = ?$

▶ 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 $f_{\text{vzr}} = ?$

A/D převod – Shannonův teorém

▶ Příklad 1:

- Telefonní signál má frekvenční rozsah 300 – 3400 Hz. Jaká bude minimální vzorkovací frekvence?
- Minimální $f_{\text{vzr}} = 2 \times 3400 = 6,8 \text{ kHz}$

▶ 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 $f_{\text{vzr}} = ?$

A/D převod – Shannonův teorém

▶ Příklad 1:

- Telefonní signál má frekvenční rozsah 300 – 3400 Hz. Jaká bude minimální vzorkovací frekvence?
- Minimální $f_{\text{vzr}} = 2 \times 3400 = 6,8 \text{ kHz}$

▶ Příklad 2:

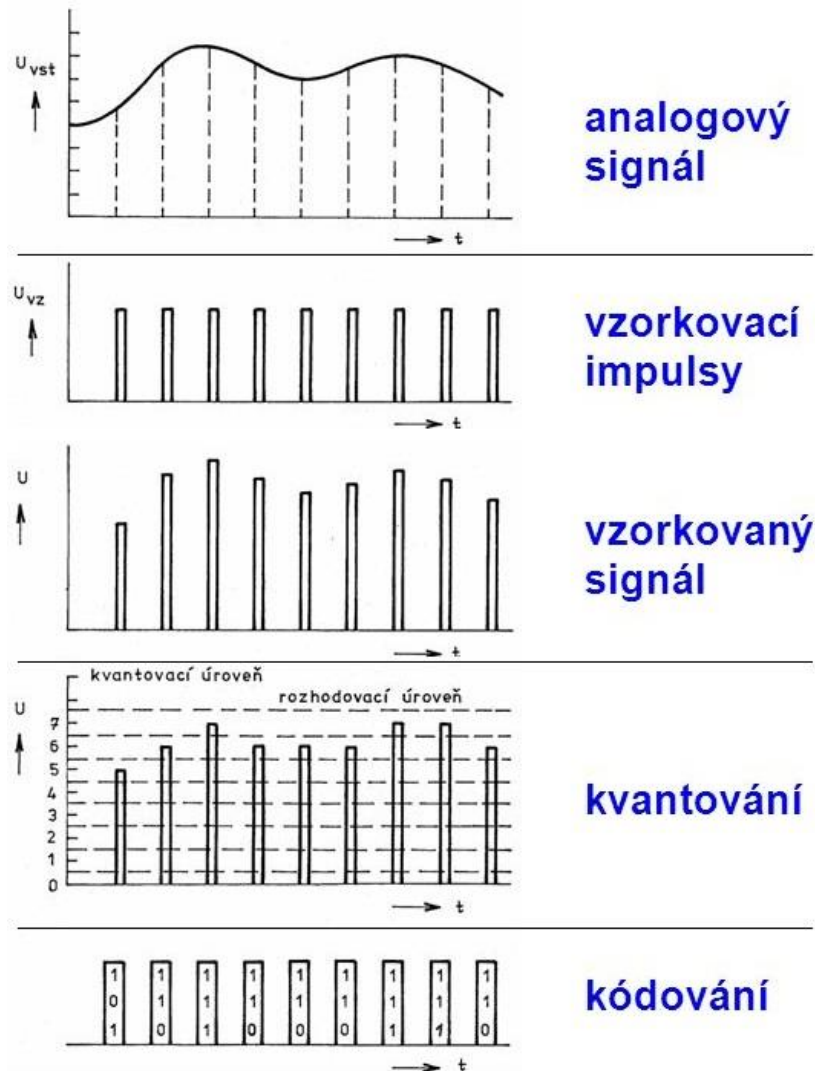
- Chceme kódovat zvuk do číslicové podoby pro uchování na Audio CD. Hranice zvukového signálu slyšitelného zdravým uchem je 20 – 20 kHz. Kolik bude minimální vzorkovací frekvence (přidejte i rezervu)?
- Minimální $f_{\text{vzr}} = 2 \times 20 + \text{rezerva} = 44,1 \text{ kHz}$ (*48 kHz*)

A/D převod – princip

- ▶ Skládá se ze tří na sebe navazujících kroků



A/D převod – princip

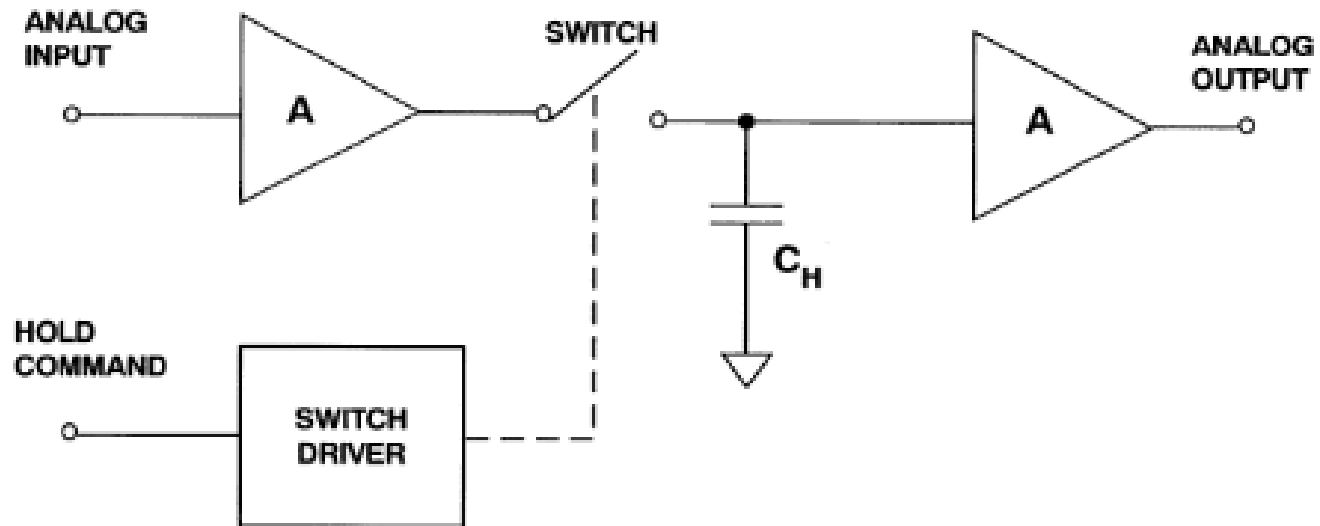


A/D převod – vzorkování

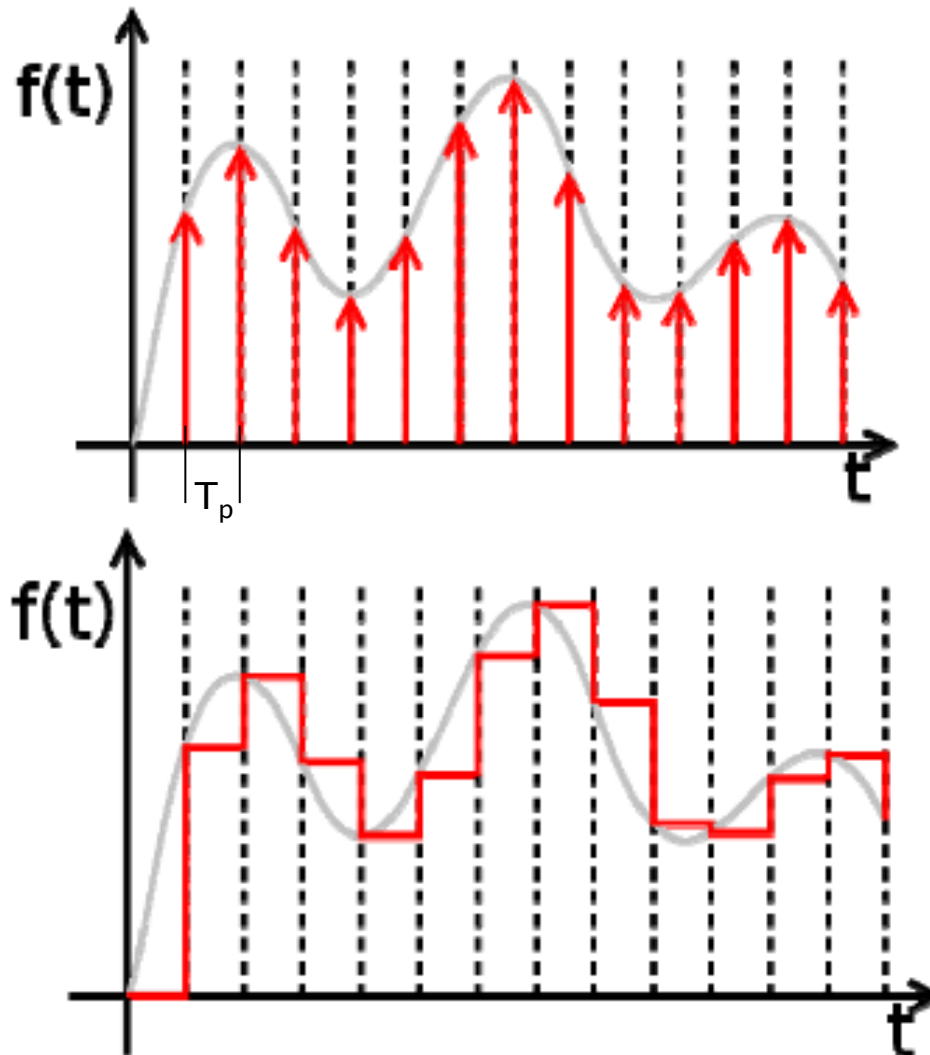
- ▶ 1. fáze
- ▶ Vzorkovaný signál není spojitý v čase
- ▶ Obvod dělá vzorky co určitý (stejný) časový okamžik
- ▶ Výsledkem je konečná množina vzorků
 - Podle počtu odebraných vzorků je možno s určitou přesností napodobit původní signál

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 – 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?
 - $T = 1 / f = ?$

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?
 - $T = 1 / f = 1 / 100\text{MHz} = 10\text{ns}$

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?
- ▶ Něco většího?
- ▶ Jiná než dvojková soustava a převod mezi nimi?

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?
- ▶ Jiná než dvojková soustava a převod mezi nimi?

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?

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_{LSB}) 16ti bitového převodníku, když na vstupu může být maximální napětí 2V.
- $U_{\text{LSB}} = ?$

▶ Příklad 2:

- 10bit převodník a U_{max} je 5V, jaké je U_{LSB} ?
- $U_{\text{LSB}} = ?$

A/D převod – příklady

▶ Příklad 1:

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

▶ Příklad 2:

- 10bit převodník a U_{max} je 5V, jaké je U_{LSB} ?
- $U_{\text{LSB}} = ?$

A/D převod – příklady

▶ Příklad 1:

- Spočtete rozlišovací schopnost (velikost U_{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_{max} je 5V, jaké je U_{LSB} ?
- $U_{\text{LSB}} = U_{\text{max}} / 2^n = ?$

A/D převod – příklady

▶ Příklad 1:

- Spočtete rozlišovací schopnost (velikost U_{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_{max} je 5V, jaké je U_{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 [26. 3. 2020]
- ▶ <https://slideplayer.cz/slide/3104991/> [26. 3. 2020]
- ▶ 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]