ZPRACOVÁNÍ A ANALÝZA BIOSIGNÁLŮ

DISKRÉTNÍ SIGNÁLY

© Institut biostatistiky a analýz

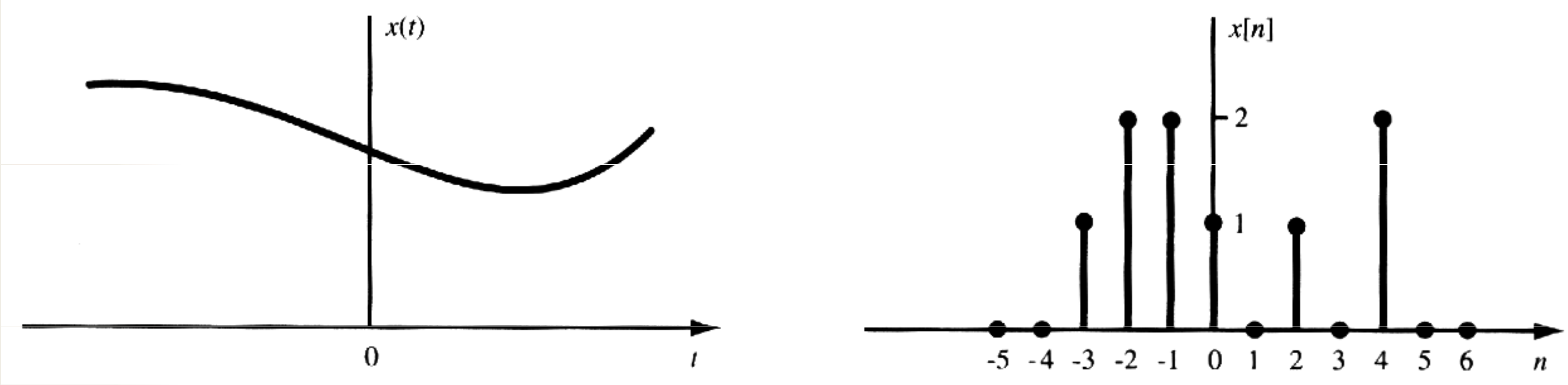
SPOJITÉ A DISKRÉTNÍ SIGNÁLY

- Spojitý signál (přesněji signál se spojitým časem) je takový signál $x(t)$, kde čas t je spojitá proměnná.
- Diskrétní signál (přesněji signál s diskrétním časem) je takový signál $x(t)$, kde čas t je definován v diskrétních časových okamžicích. Diskrétní signál proto často zapisujeme jako posloupnost $\{x_n\}$, kde n je celé číslo.

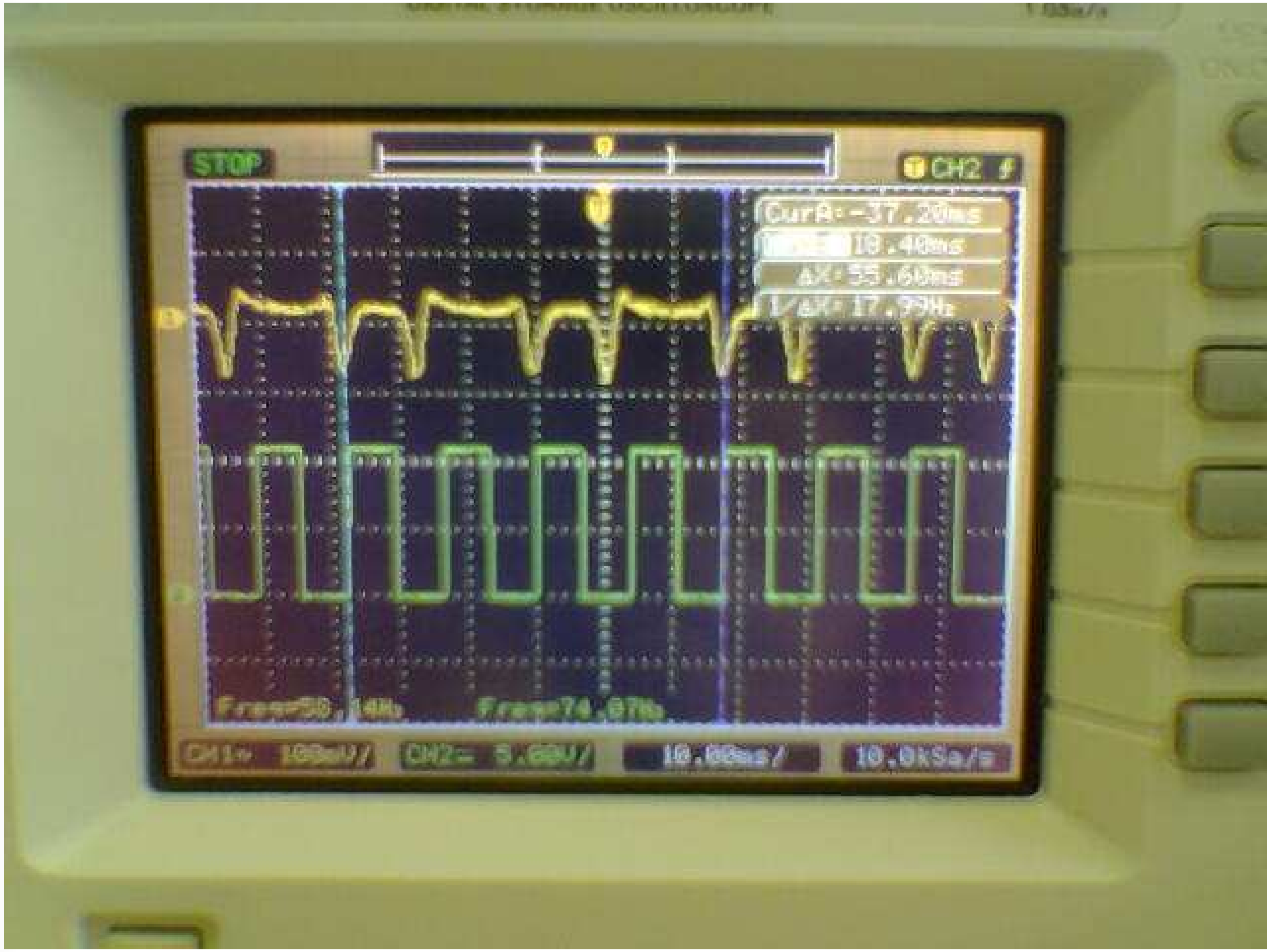
(! !!!! A TO JE HROZNÝ ŠLENDRIÁN !!!! !)

- Pozn. Spojitá vs. nespojitá funkce. Zde se myslí ve smyslu hodnot funkce nikoliv času. V tomto smyslu nespojitý signál v praxi neexistuje (vždy koneč. délka přechodu). Příklad: obdélníkový signál.

SPOJITÉ A DISKRÉTNÍ SIGNÁLY



SPOJITÉ A DISKRÉTNÍ SIGNÁLY

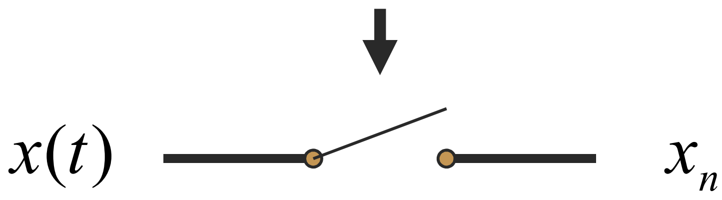


SPOJITÉ A DISKRÉTNÍ SIGNÁLY

- U diskrétního signálu není hodnota signálu mezi jednotlivými diskrétními časovými okamžiky definována.

Příklad

- Diskrétní signál lze také získat vzorkováním spojitého signálu: $x(t_0)$, $x(t_1)$, $x(t_2)$, ..., $x(t_n)$, ... (též značení x_0, x_1, x_2, ..., x_n, ...). Hodnoty $x_i = x_i(t)$ se nazývají vzorky.



© Institut biostatistiky a analýz

SPOJITÉ A DISKRÉTNÍ SIGNÁLY

- Diskrétní signál vyjádřený posloupností můžeme zapsat
  - funkčním předpisem, např.

$$x_n = \begin{cases} 2^n & \text{pro} \quad n \geq 0 \\ 0 & \text{pro} \quad n < 0 \end{cases}$$

  - explicitně seznamem hodnot, např.

$$x_n = \{1, 2, 4, 8, 16, 32, 64, 128, 256, \ldots\}$$

(zde se implicitně předpokládá, že prvky jsou číslovány od nuly a pro záporné indexy n jsou hodnoty nulové)

© Institut biostatistiky a analýz

ANALOGOVÉ A DIGITÁLNÍ (ČÍSLICOVÉ) SIGNÁLY

- ☑ Analogový signál nabývá hodnot ze spojitého intervalu.
- ☑ Digitální (číslicový) signál nabývá hodnot z konečné množiny hodnot.

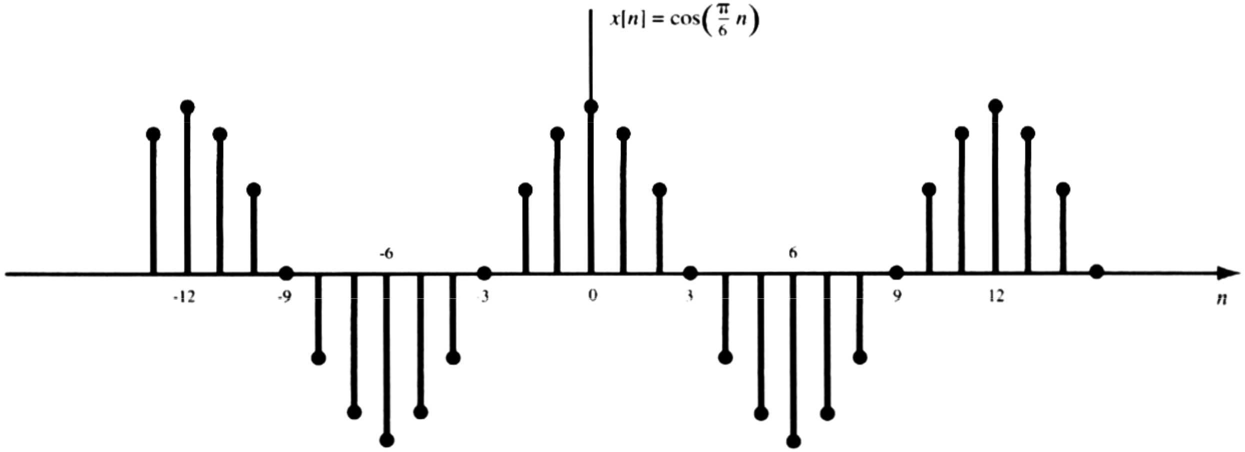
Příkladem analogového signálu může být např. originální EKG signál zaznamenaný na papír nebo hodnota napětí zobrazená na analogovém osciloskopu.

Příkladem digitálního signálu může být např. barva pixelu digitální fotografie <0;255>.

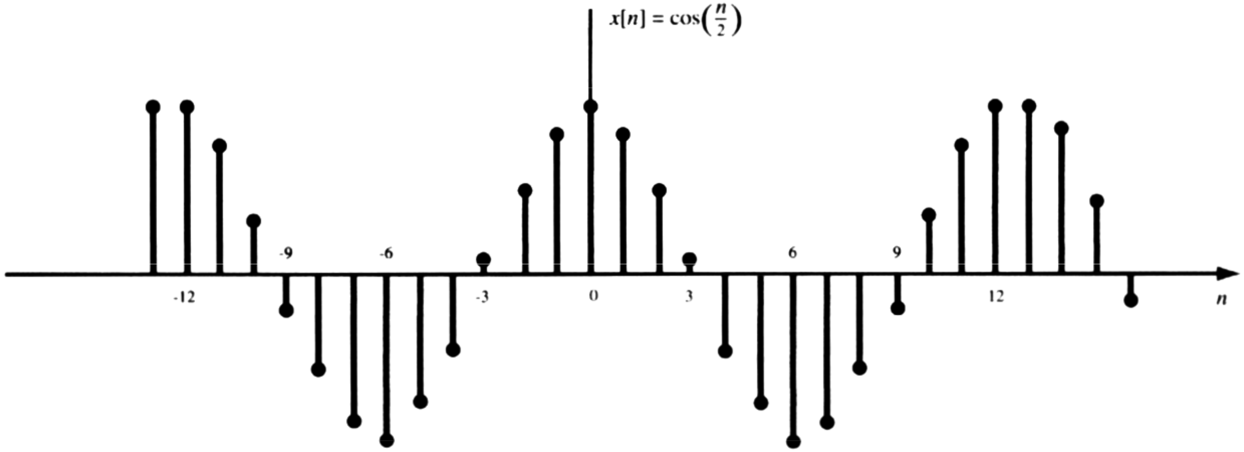
- ☑ Kvantování je proces, kterým se převádí spojité hodnoty veličin na diskrétní.

© Institut biostatistiky a analýz

DISKRÉTNÍ HARMONICKÝ SIGNÁL



(a)



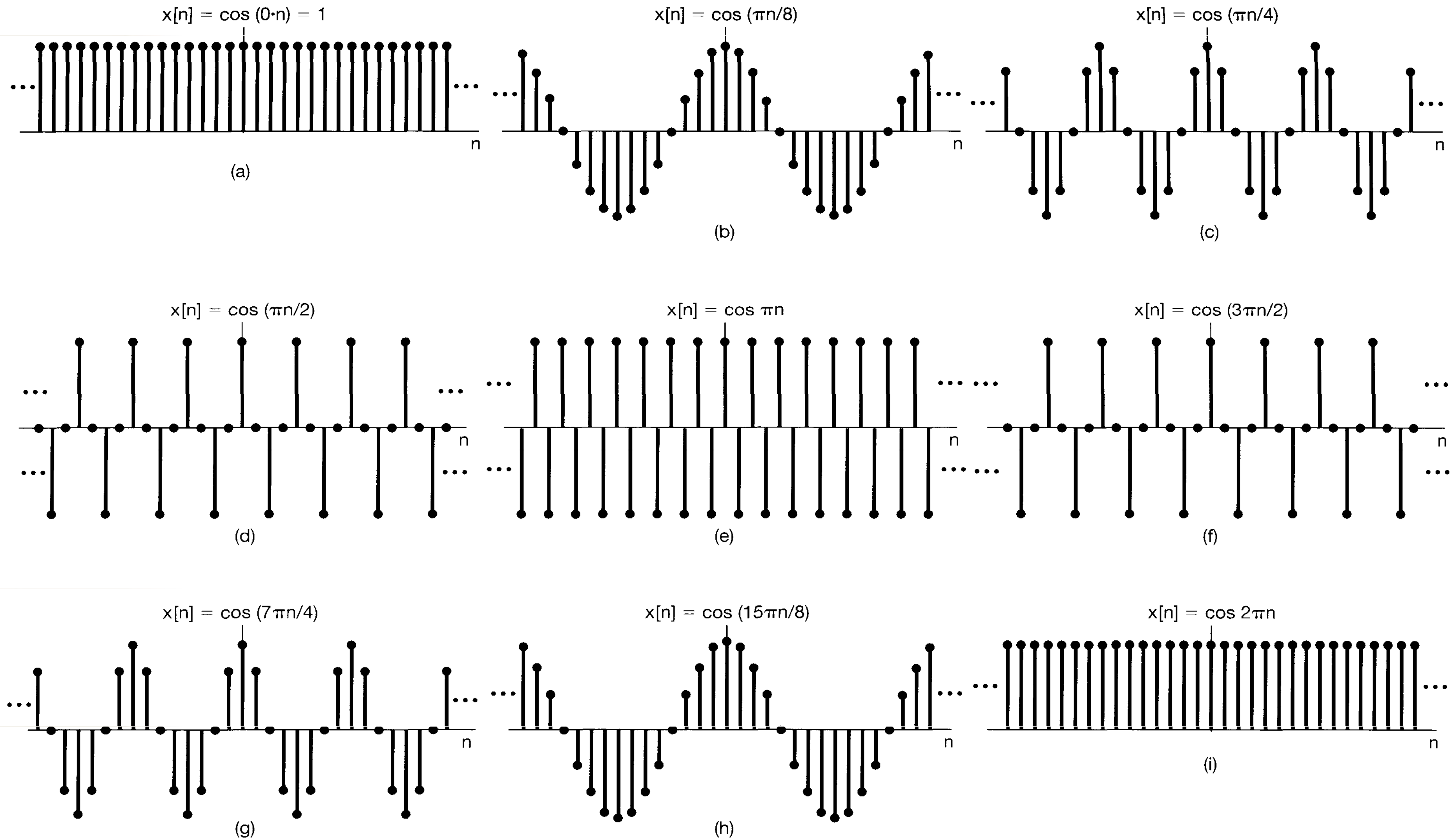
(b)

© Institut biostatistiky a analýz

JAK ČASTO VZORKOVAT?

© Institut biostatistiky a analýz

JAK ČASTO VZORKOVAT?



Vliv změny poměru mezi frekvencí harmonického signálu a frekvencí jeho vzorkování

© Institut biostatistiky a analýz

JAK ČASTO VZORKOVAT?

JEN NAPROSTO SELSKÉ ZDŮVODNĚNÍ

$$s(t) = A.\cos(\omega t + \varphi_0)$$

© Institut biostatistiky a analýz

JAK ČASTO VZORKOVAT?

JEN NAPROSTO SELSKÉ ZDŮVODNĚNÍ

$$s(t) = A.\cos(\omega t + \varphi_0)$$

Co potřebujeme udělat, abychom spočítali tři neznámé?

© Institut biostatistiky a analýz

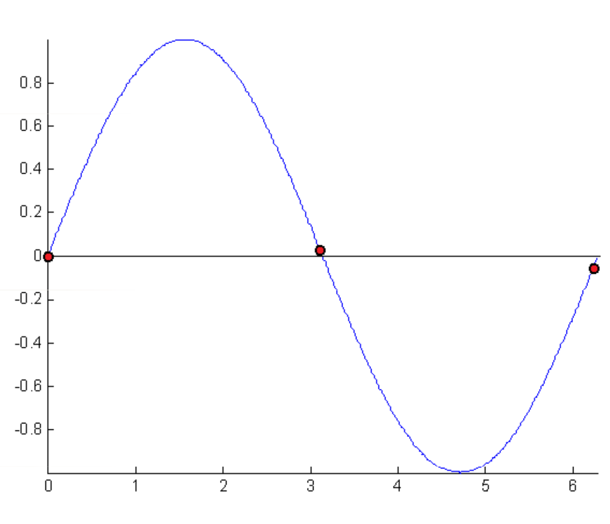
JAK ČASTO VZORKOVAT?

JEN NAPROSTO SELSKÉ ZDŮVODNĚNÍ

$$s(t) = A.\cos(\omega t + \varphi_0)$$

Co potřebujeme udělat, abychom spočítali tři neznámé?

- ☑ určit tři lineárně nezávislé rovnice pro ty dotyčné neznámé a tuhle soustavu vyřešit.



$\Rightarrow f_{vz} > 2f$

Pozn. Pro $f_{vz} = 2f$ nastává singularita, kterou ale lze zvládnout, proto:

© Institut biostatistiky a analýz

VZORKOVACÍ TEOREM

(Nyquistův, Shannonův, Kotělnikovův)

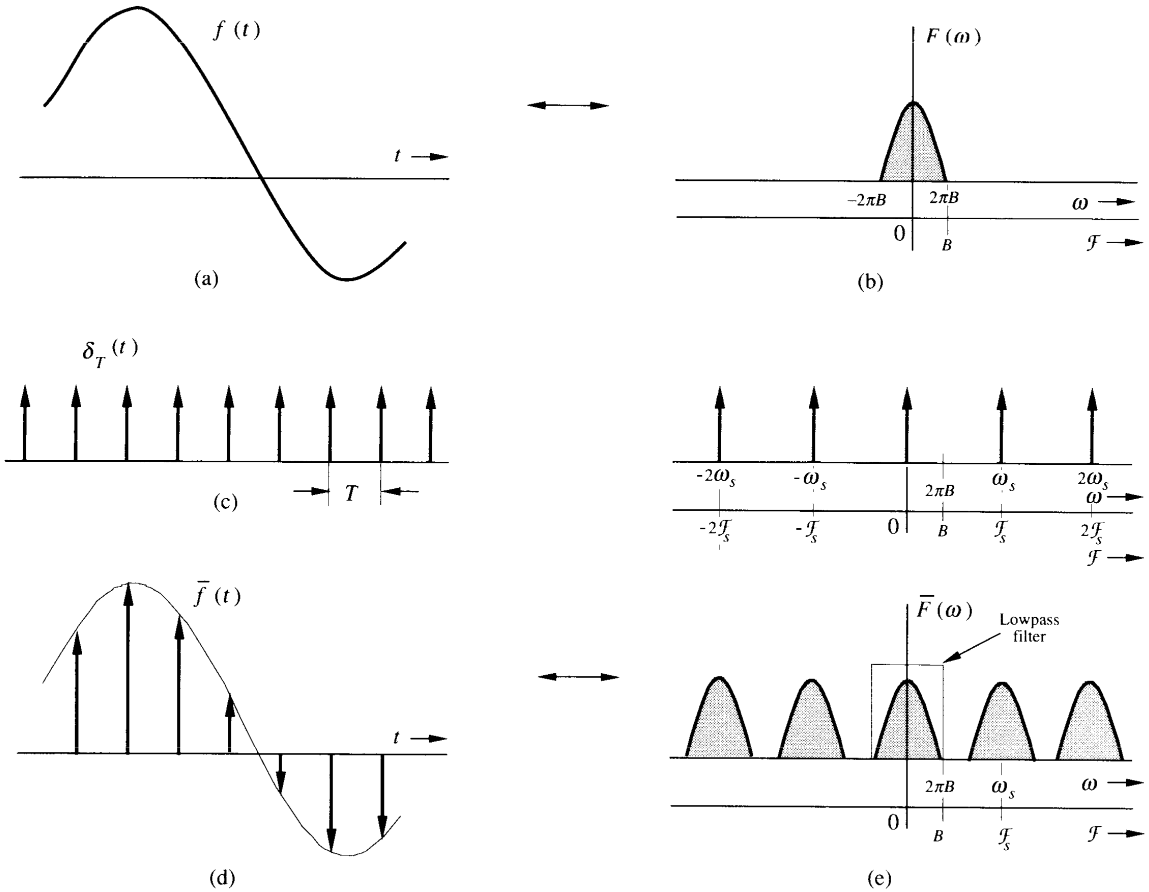
$$f_{vz} \geq 2f_{max}$$

Vzorkovací frekvence musí být rovna minimálně dvojnásobku frekvence harmonické složky s nejvyšší frekvencí obsaženou v daném signálu.

Pozn. Praktická potřeba říká volit vzorkovací frekvenci 4 až 5 násobnou než je frekvence harmonické složky s nejvyšší frekvencí obsaženou v daném signálu.

© Institut biostatistiky a analýz

VZORKOVÁNÍ SIGNÁLU A JEHO SPEKTRUM



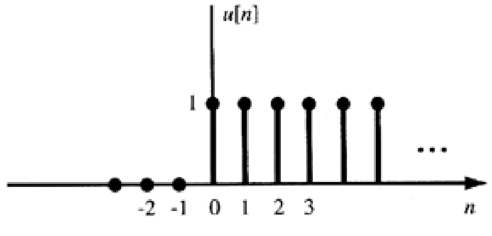
Digitalizace signálu způsobuje periodizaci spektra, přičemž jednotlivé spektrální periody mají tvar spektra původního spojitého signálu.

© Institut biostatistiky a analýz

DISKRÉTNÍ JEDNOTKOVÝ SKOK

- Diskrétní jednotkový skok je definován vztahem

$$1(n) = \begin{cases} 1 & \text{pro} \quad n \geq 0 \\ 0 & \text{pro} \quad n < 0 \end{cases}$$

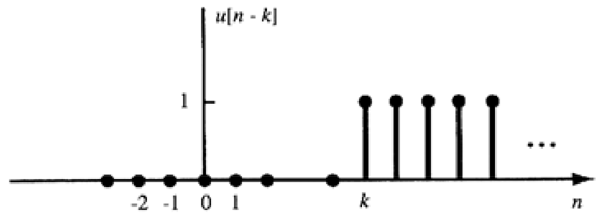


(a)

Na rozdíl od spojitého jednotkového skoku je diskrétní jednotkový skok definován v nule ($n = 0$).

Posunutý (zpožděný) diskrétní jednotkový skok je dán vztahem

$$1(n-k) = \begin{cases} 1 & \text{pro} \quad n \geq k \\ 0 & \text{pro} \quad n < k \end{cases}$$



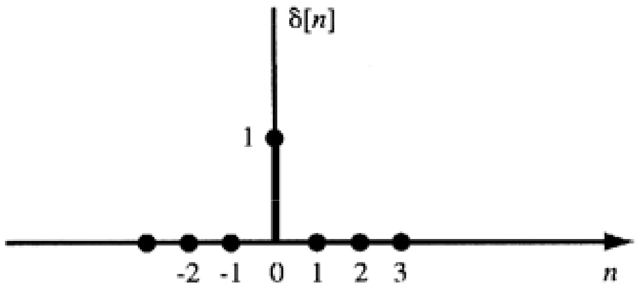
(b)

© Institut biostatistiky a analýz

DISKRÉTNÍ JEDNOTKOVÝ IMPULS (KRONECKEROVA DELTA FUNKCE)

- Diskrétní jednotkový impuls definujeme předpisem

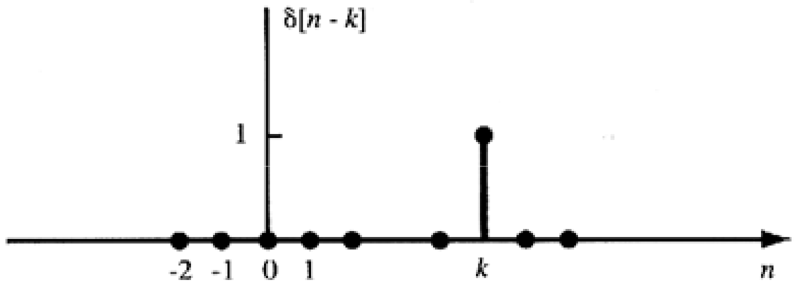
$$\delta_n = \delta(n) = \begin{cases} 1 & \text{pro} \quad n = 0 \\ 0 & \text{pro} \quad n \neq 0 \end{cases}$$



(a)

- Posunutý (zpožděný) diskrétní jednotkový impuls je dán vztahem

$$\delta_{n-k} = \delta(n-k) = \begin{cases} 1 & \text{pro} \quad n = k \\ 0 & \text{pro} \quad n \neq k \end{cases}$$



(b)

DISKRÉTNÍ JEDNOTKOVÝ IMPULS (KRONECKEROVA DELTA FUNKCE)

- některé vlastnosti diskrétního jednotkového impulsu:

$$x(n)\delta(n) = x(0)\delta(n) \qquad \text{resp.} \qquad x_n\delta_n = x_0\delta_n$$

$$x(n)\delta(n-k) = x(k)\delta(n-k) \qquad \text{resp.} \qquad x_n\delta_{n-k} = x_k\delta_{n-k}$$

- vztah mezi diskrétním jednotkovým skokem a diskrétním jednotkovým impulsem

$$\delta(n) = 1(n) - 1(n-1) \qquad 1(n) = \sum_{k=-\infty}^{n} \delta(k)$$

© Institut biostatistiky a analýz