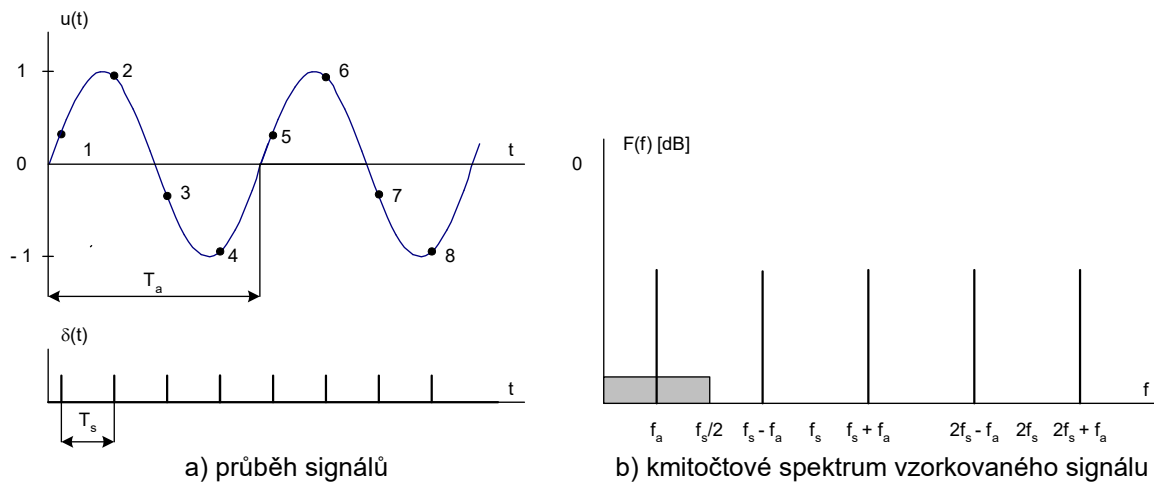


VZORKOVÁNÍ A KVANTOVÁNÍ SIGNÁLU

Digitalizace spojitého signálu je v každém analogově číslicovém systému provázena časovou diskretizací (vzorkováním), amplitudovou diskretizací (kvantováním) a převodem kvantovaného signálu na číslicový signál (kódování).

Při vzorkování sinusového signálu o kmitočtu f_a vzorkovacím kmitočtem f_s obsahuje kmitočtové spektrum vzorkovaného signálu kmitočtové složky $kf_s \pm f_a$, $k = 1, 2, 3, \dots$. Je-li splněn vzorkovací teorém, t.zn., že $f_s > 2f_a$, pak mimo základní složku f_a nezasahují další tyto složky do kmitočtového pásma 0 až $f_s/2$ a rekonstruovaný signál není jimi zkreslen, obr. 1.

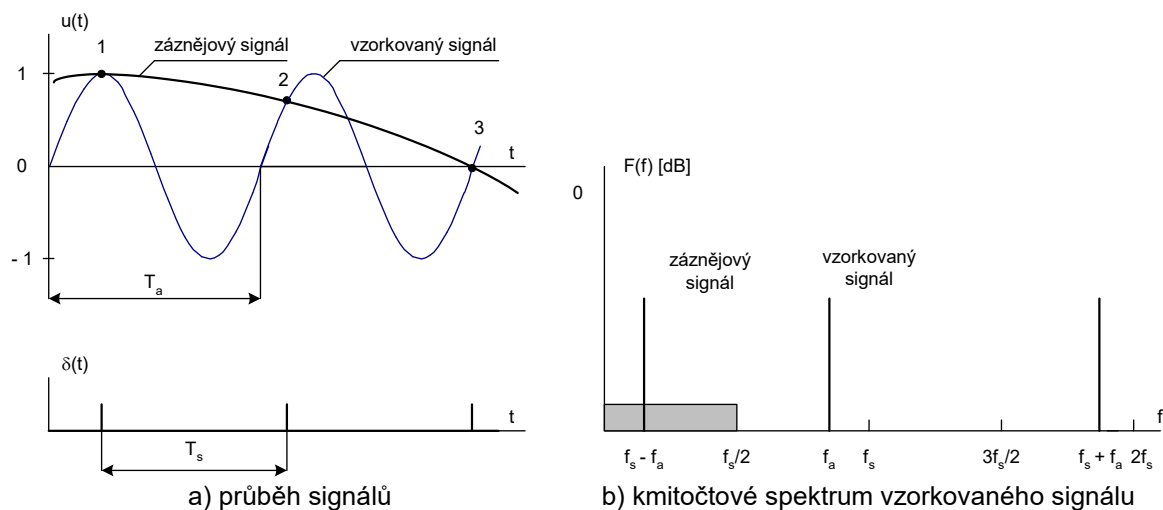


Obr.1 Vzorkování sinusového signálu při $f_s > 2f_a$

Je-li $f_s < 2f_a$, pak některé spektrální složky $kf_s \pm f_a$ mohou zasahovat do kmitočtového pásma 0 až $f_s/2$ a rekonstruovaný signál je jimi zkreslen. Vzniklý záznějový signál obsahuje kmitočty

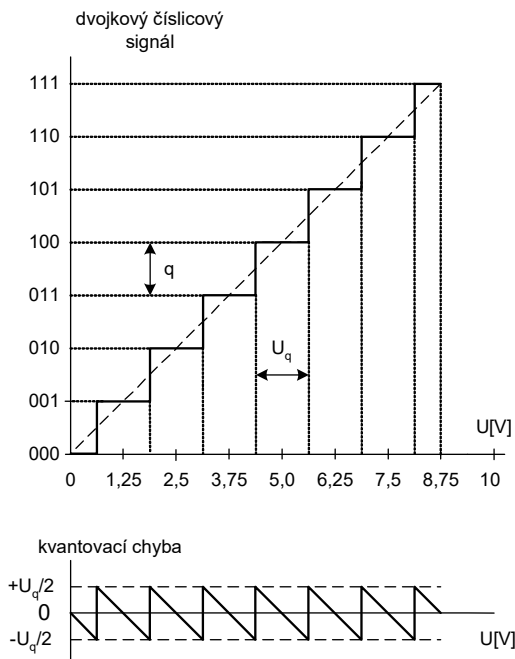
$$f_z = f_a - f_s \text{round} \frac{f_a}{f_s} \quad (1)$$

kde $\text{round}(f_a/f_s)$ značí zaokrouhlení poměru kmitočtů f_a/f_s k nejbližšímu celému číslu, obr. 2.



Obr.2 Vzorkování sinusového signálu při $f_s < 2f_a$

Při kvantování signálu dochází v každém A/Č převodníku k převodu vzorků signálu na amplitudově diskretizovaný signál. Převodní *charakteristika ideálního lineárního A/Č převodníku* má stupňovitý průběh s ekvidistantně rozdělenými kvantovacími úrovněmi, obr.3.



Obr.2.8 Převodní charakteristika ideálního 3-bitového A/Č převodníku s rozsahem 10V

Odstup signál šum SNR je u ideálního A/Č převodníku určen poměrem efektivní hodnoty sinusového signálu $U_{sin ef}$, k efektivní hodnotě kvantovacího šumu U_{qi}

$$SNR = \frac{U_{sin ef}}{U_{qi}} \quad (2)$$

Je-li rozkmit sinusového signálu U_m roven rozsahu A/Č převodníku, pak efektivní hodnota sinusového signálu je

$$U_{sin ef} = \frac{U_m}{2\sqrt{2}} \quad (3)$$

a kvantovací šum převodníku má hodnotu

$$U_{qi} = U_m \sqrt{\frac{1}{q} \int_{-q/2}^{q/2} x^2 dx} = \frac{2^{-n}}{\sqrt{12}} U_m \quad (4)$$

Odstup signál šum ideálního n -bitového A/Č převodníku je pak

$$SNR = \frac{U_m}{2\sqrt{2}} \frac{\sqrt{12}}{U_m 2^{-n}} = 2^n \sqrt{1,5} \quad (5)$$

$$SNR = 20 \log SNR = 6.02n + 1,76 [dB] \quad (6)$$

U skutečných A/Č převodníků se místo SNR udává *odstup signál šum a zkreslení SINAD*, který je definován poměrem efektivní hodnoty vstupního sinusového signálu k efektivní hodnotě kvantovacího šumu skutečného A/Č převodníku. Na základě této definice platí

$$SINAD = 6.02ENOB + 1,76 [dB] \quad (7)$$

kde $ENOB$ je efektivní počet bitů, který je vždy menší, než je jmenovitý počet bitů n .

Úkol měření:

1. Sestavte A/Č systém, tvořený 8-bitovým A/Č převodníkem a 8-bitovým Č/A převodníkem.
2. Ověřte vzorkovací teorém při vzorkovacím kmitočtu 10 kHz a při kmitočtech vstupního sinusového signálu A/Č převodníku v rozsahu 1 kHz až 15 kHz. Rozsah vstupního napětí volte ± 5 V. Určete spektra vstupních signálů a odpovídajících signálů na výstupu vzorkovacího obvodu.
3. Změřte odstup signál šum a zkreslení $SINAD$ systému v rozsahu jeho rozlišitelnosti 2 až 8 bitů. Rozsah vstupního napětí volte ± 5 V, kmitočet 1 kHz. Vzorkovací kmitočet volte 1 MHz. Odstup signál šum a zkreslení určete z poměru efektivní hodnoty vstupního sinusového signálu a efektivní hodnoty rozdílu vstupního signálu a rekonstruovaného signálu Č/A převodníku. Podle vztahu (7) určete efektivní počet bitů systému při jmenovité rozlišitelnosti 4 až 8 bitů.

