

A/D převodník

Princip A/D převodu. [[wikipedia](#)]

Princip obsluhy. Možno vysvětlit na programu. [[a2d.zip](#)]

Možno vysvětlit blokové schéma analogového multiplexeru v datasheetu PIC16F87x]

FIGURE 11-1.

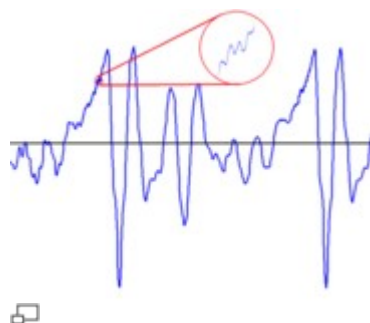
Možno vysvětlit vzorkovací obvod (sample-and-hold)] **FIGURE 11-2** a ukázat/odhadnout dobu nutnou pro převod (minimálně $1,6\mu\text{s}$ na bit (podle nastavení hodin převodníku; převodník je v PIC16F876 desetibitový a počítá se 12 taktů) + acquisition time (cca $20\mu\text{s}$)).

Analogově digitální převodník (zkratky A/D, v angličtině i ADC) je elektronická součástka určená pro převod analogového [signálu](#) na signál digitální. Důvodem tohoto převodu je umožnění zpracování původně analogového signálu na digitálních [počítačích](#). V digitální podobě se také dají signály daleko kvalitněji zaznamenávat a přenášet. Opačný převod z digitálního signálu na analogový zajišťuje [D/A převodník](#).

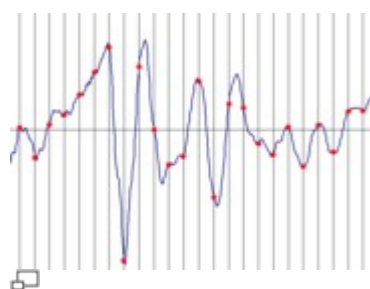
1. Princip převodu

Převod A/D sestává ze dvou fází. Nejprve se provede **vzorkování** signálu, a potom následuje **kvantování**.

Vzorkování



Úsek A signálu se sice dá donekonečna zvětšovat a pozorovat tak jeho nekonečně malé detaily, ale protože počítače mají pouze konečnou kapacitu paměti a ani nejsou nekonečně rychlé, musíme se u reálného vzorkování při A/D převodu omezit pouze na nezbytně nutné množství vzorků, které budeme dále zpracovávat. Na obrázku je cca 15 ms zvukového signálu odpovídajícího malému úseku zvuku hlásky „Á“.



Vzorkování se provede tím způsobem, že rozdělíme vodorovnou osu signálu (v našem příkladu je na této ose čas) na rovnoměrné úseky a z každého úseku odebereme jeden vzorek

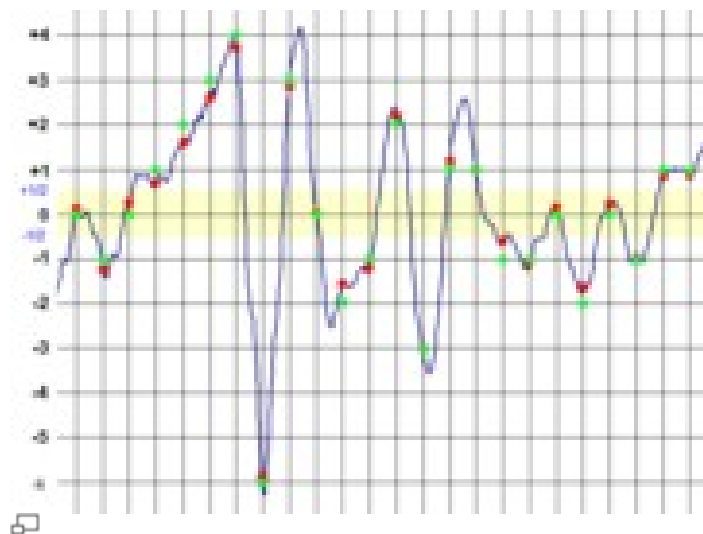
(na obrázku jsou tyto vzorky znázorněny červenými kolečky). Je přitom zřejmé, že tak z původního signálu ztratíme mnoho detailů, protože namísto spojité čáry, kterou lze donekonečna zvětšovat dostáváme pouze [množinu](#) diskrétních bodů s intervalem odpovídajícím použité vzorkovací [frekvenci](#).

Aliasing

Chyba vzorkování může ovšem být ještě daleko horší. Pokud se totiž v původním spojitým signálu vyskytuje frekvence vyšší než je polovina vzorkovací frekvence (nazývaná též [Nyquistova frekvence](#)) ($f_{vz} \gg 2f_{max}$), dojde, jak praví [Shannonův teorém](#), k úplnému a nenávratnému zkreslení signálu díky jevu nazývanému se [aliasing](#). Aliasingu se dá zabránit jedině takzvaným antialiasing [filtrem](#), což je [dolní propust](#) zařazená před převodníkem. Ta nedovolí frekvencím vyšším než je Nyquistova frekvence vstoupit do převodníku.

Například u záznamu hudby na [CD](#) je použita vzorkovací frekvence 44,1 kHz, takže na CD mohou být zachyceny frekvence zhruba do 22 kHz. Vzhledem k tomu, že rozsah frekvencí slyšitelný [lidským uchem](#) se uvádí jako 20 Hz - 16 kHz, je tak na CD možno zaznamenat slyšitelné spektrum v celé šíři.

Kvantování



Vzhledem k tomu, že počítače a další zařízení dále zpracovávající digitální signál umí vyjádřit čísla pouze s omezenou přesností, je potřeba navzorkované hodnoty upravit i na svislé ose. Protože se hodnota vzorku dá vyjádřit pouze po určitých kvantech, nazýváme tuto fázi A/D převodu kvantování.

Na obrázku může veličina na svislé ose například nabývat pouze [celočíslných](#) hodnot. Aby bylo možné určit, které hodnoty má po kvantování nabývat určitý vzorek, je třeba rozdělit prostor kolem jednotlivých hodnot na toleranční pásy (jeden takový pás je naznačen kolem hodnoty 0). Kterémukoliv vzorku, který padne do daného tolerančního pásu, je při kvantování přiřazena daná hodnota. Kvantované hodnoty jsou na obrázku naznačeny zelenými kolečky. Jak je vidět, kvantované hodnoty se ve většině případů liší od skutečných navzorkovaných hodnot. Velikost kvantizační chyby je vzdálenost mezi kvantovanými a původními navzorkovanými body, na obrázku ji vyjadřují délky pomyslných úsečky mezi červenými a

zelenými kolečky. Velikost této chyby se pohybuje v intervalu $+1/2$ až $-1/2$ kvantizační úrovně.

Počet kvantizačních úrovní

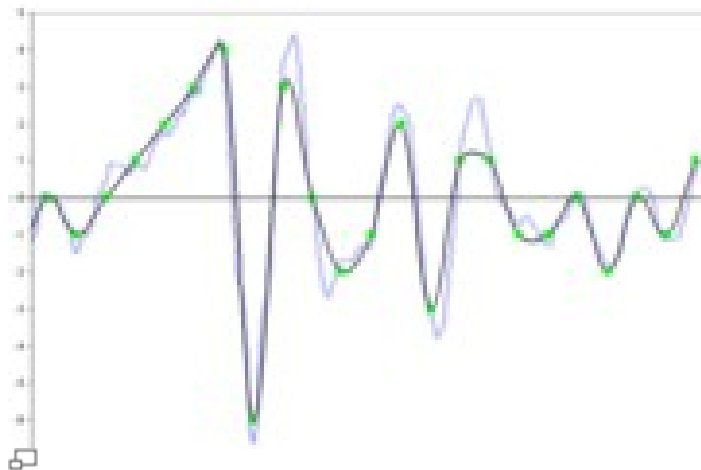
Protože se digitální signál zpravidla zpracovává na zařízeních pracujících ve [dvojkové číselné soustavě](#), bývají počty kvantizačních úrovní A/D převodníků zpravidla rovny N -té mocnině čísla 2 , přičemž nakvantovaný signál pak lze vyjádřit v N [bitech](#).

Kvantizační šum

Pokud bychom vynesli velikosti chyb od jednotlivých vzorků do grafu, získali bychom náhodný signál, kterému se říká kvantizační [šum](#). Velikost šumu je zvykem vyjadřovat jako poměrné číslo v [decibelech](#), a sice jako poměr užitečného signálu ku šumu. Protože číslo ve jmenovateli zlomku - kvantizační chyba je u všech lineárních převodníků stejná (interval $+1/2$ až $-1/2$ kvantizační úrovně), závisí velikost kvantizačního šumu jen na čitateli zlomku, tedy na velikosti užitečného signálu, což je maximální počet kvantizačních úrovní daného převodníku.

$$SNR_{A/D} = 20 \cdot \log 2^N \approx 6,02 \cdot N \text{ [dB]}$$

Například u 16 bitového kvantování použitého u záznamu hudby na CD je odstup signálu od šumu $16 \cdot 6,02 = 96,32$ dB



Analogový signál rekonstruovaný z digitálních hodnot

Díky diskretizaci původního spojitého signálu ve dvou osách nemůže ve většině případů signál zpětně převedený z digitální podoby do analogové přesně odpovídat původnímu signálu. Černá čára na obrázku znázorňuje zpětným D/A převodem zrekonstruovaný analogový signál, zatímco modrá čára je původní analogový signál, ze kterého byl A/D převodníkem získán signál digitální (zelená kolečka).