

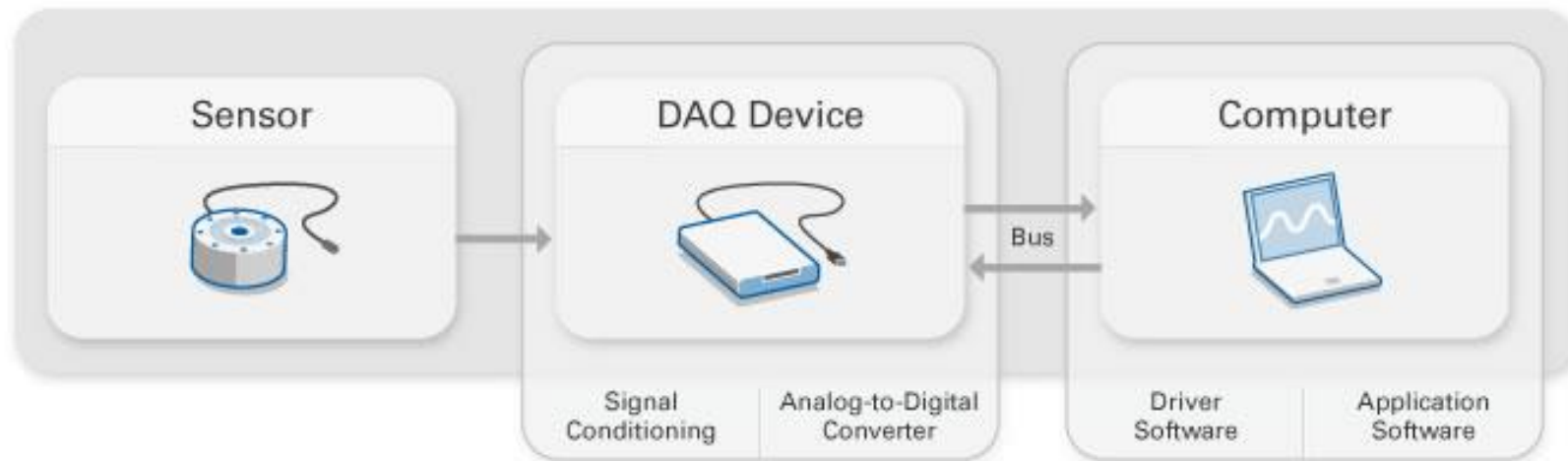
DAQ – data acquisition systems

Ján Šaliga

KEMT FEI TU Košice

System zberu dát

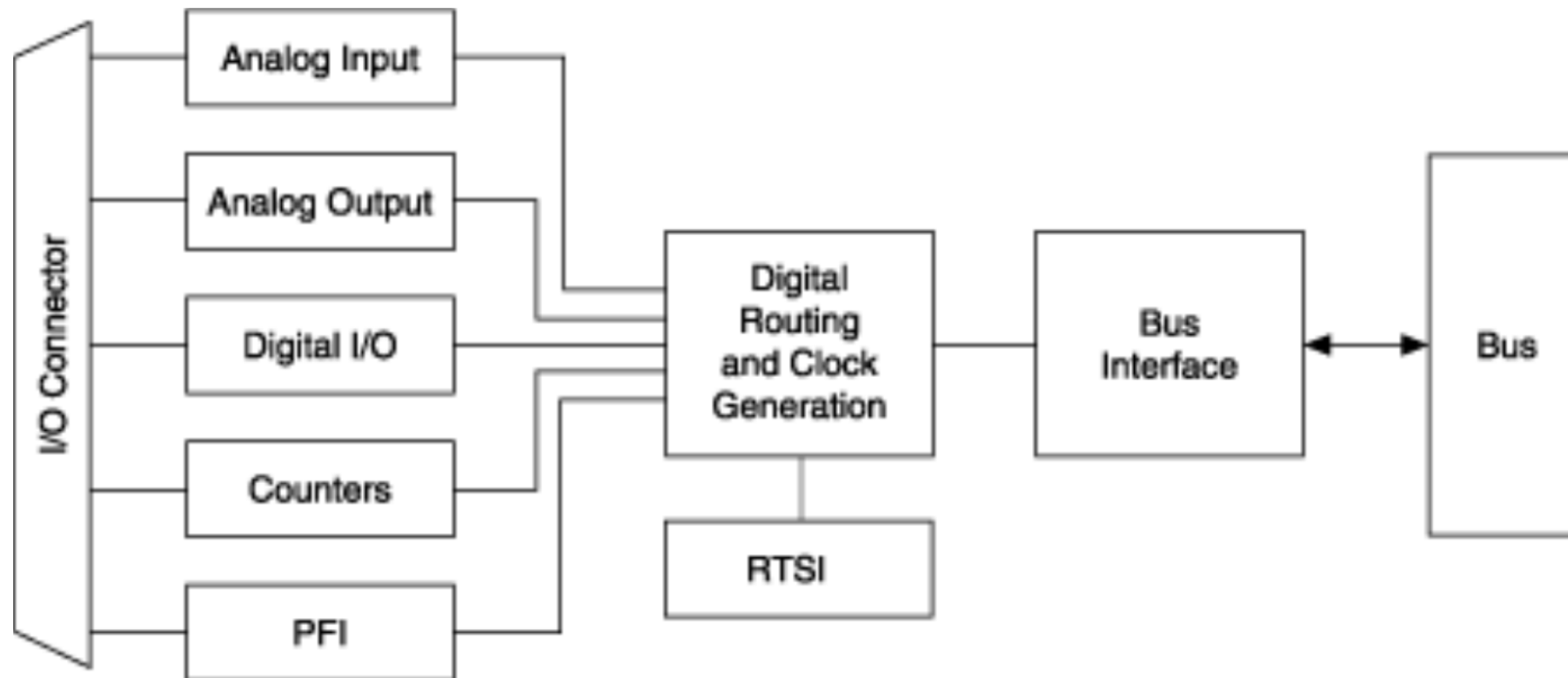
- Meranie (a regulácia) v priemysle:
 - Elektrické aj neelektrické veličiny
 - Relatívne pomalé deje (kHz, ms)
 - Veľké rušenie a nežiaduce vplyvy



Čo je multifunkčná doska?

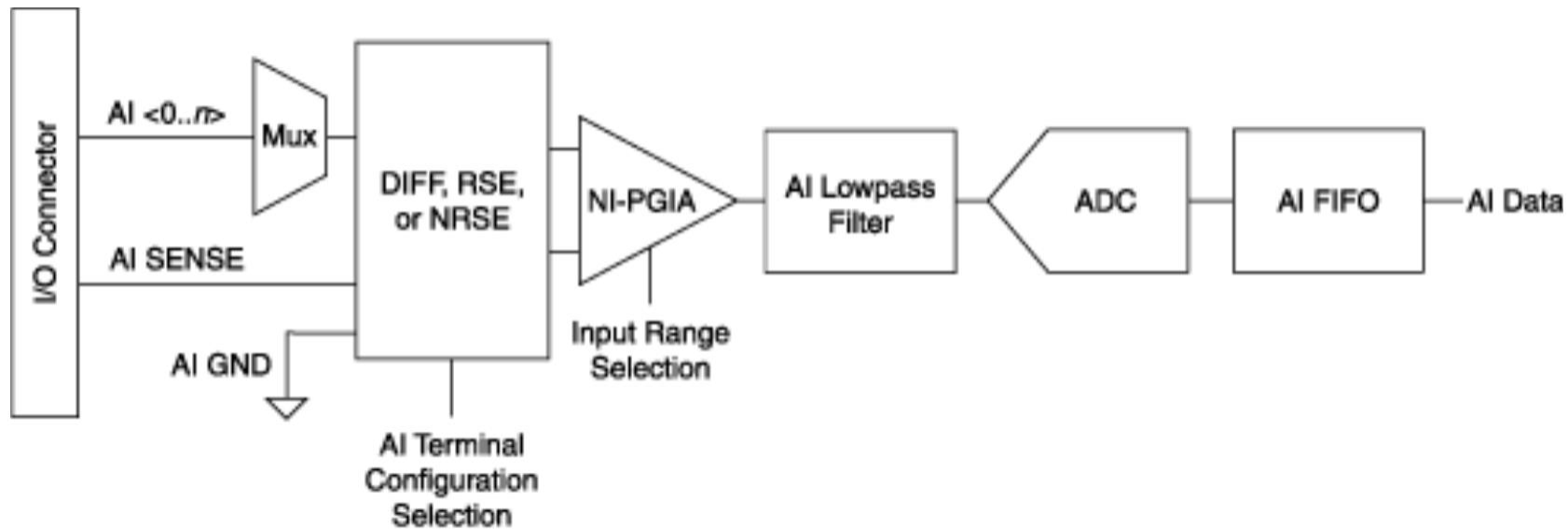
- Viacúčelová doska - modul umožňujúci snímať a generovať analógové a číslicové signály z/do PC
- Pripojenie k PC:
 - Interná zbernica (PCIe)
 - Merací modulárny systém (PXI, PXIe)
 - USB
 - Ethernet
 - Špeciálne komunikačné rozhranie
- Pre použitie je potrebný softvér (driver + aplikácia)
 - Univerzálny – obyčajne stačí iba overenie základnej funkcie
 - Špeciálny vytvorený podľa aplikácie a požiadaviek užívateľa

Principiálna schéma

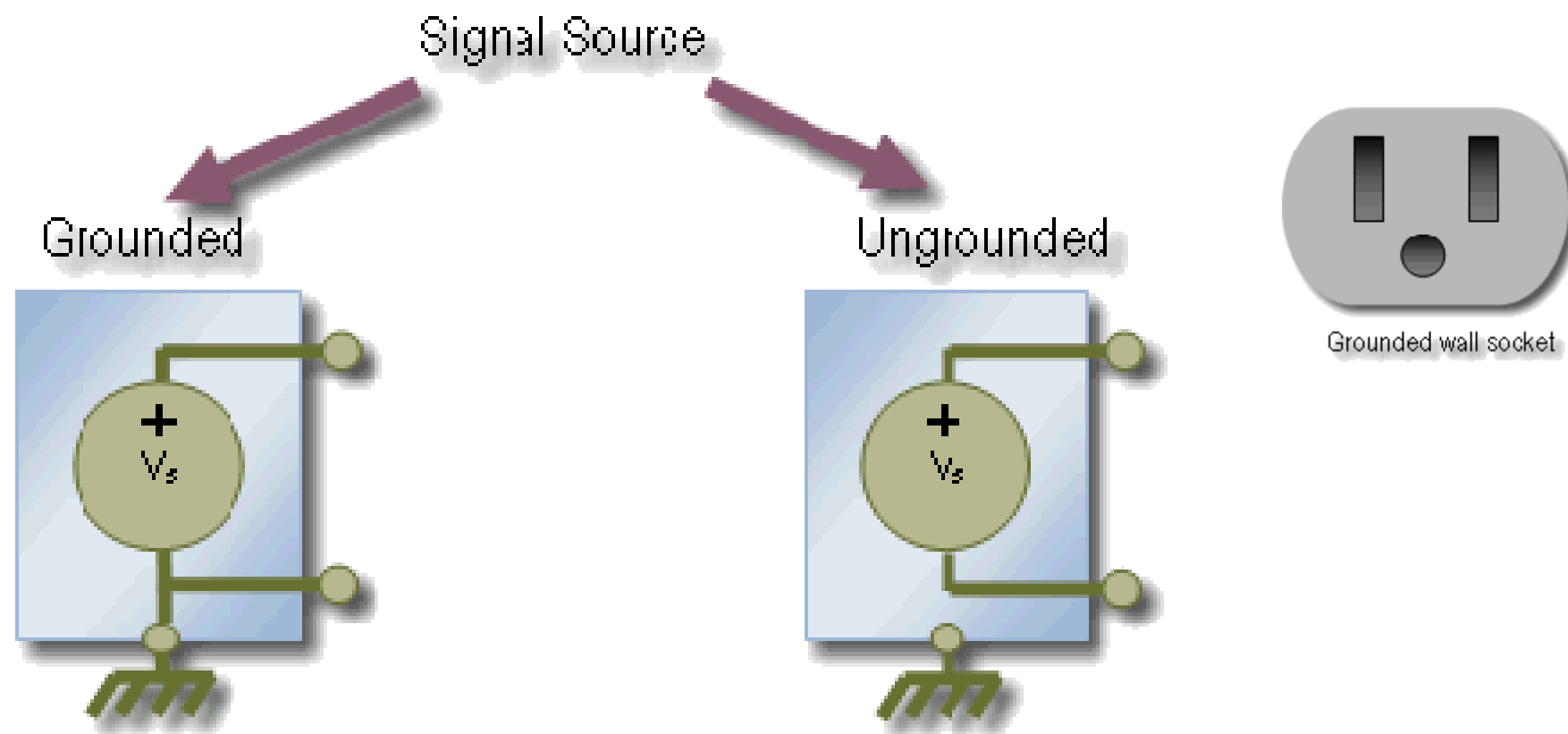


Typy vstupov a výstupov I.

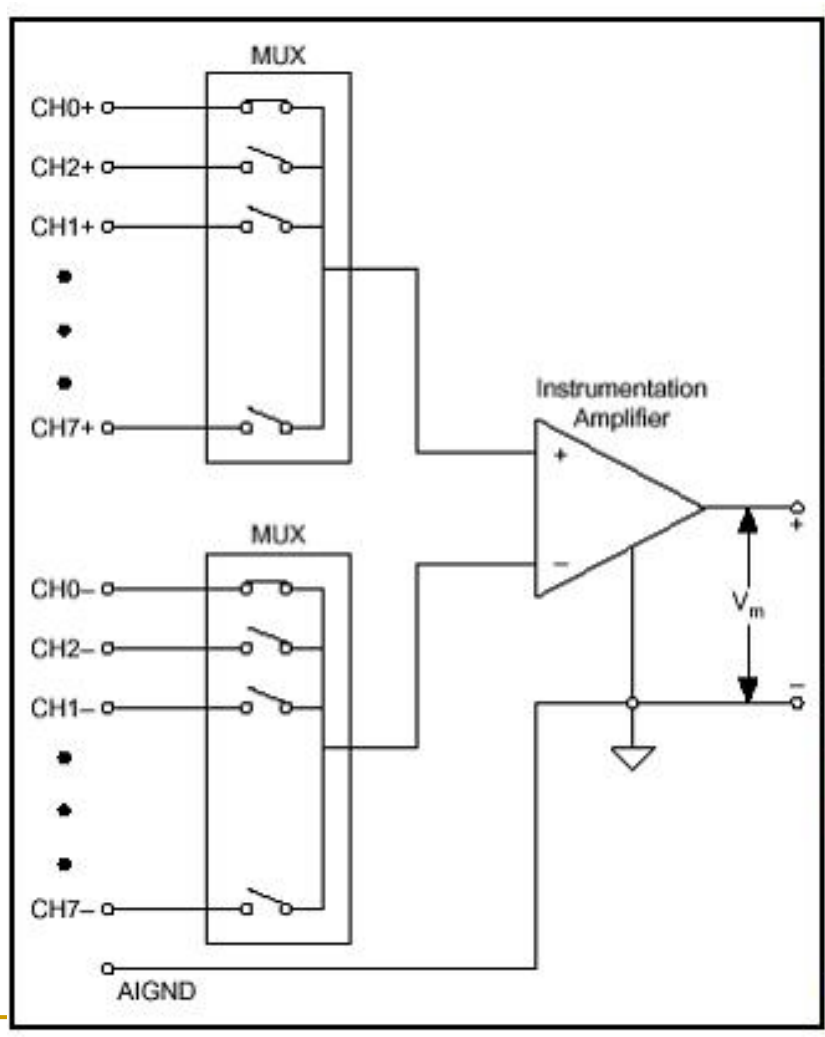
- Analógové vstupy
 - ❑ Obyčajne napäťové vstupy v multiplexnom režime 8, 16 prípadne aj viac
 - ❑ Rozsah vstupných napätí od cca. 1V do 10V v unipolárnom alebo bipolárnom režime
 - ❑ Elektricky diferenciálne alebo nesymetrické vstupy so spoločnou zemou PC alebo referenčnou analógovou zemou
 - ❑ Max. vzorkovacia frekvencia cca. 1MHz, rozlíšenie typicky 12 – 18bitov



Zemnenie a tienenie



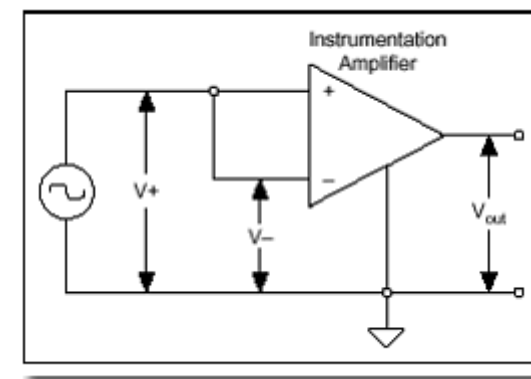
Diferenčné vstupy



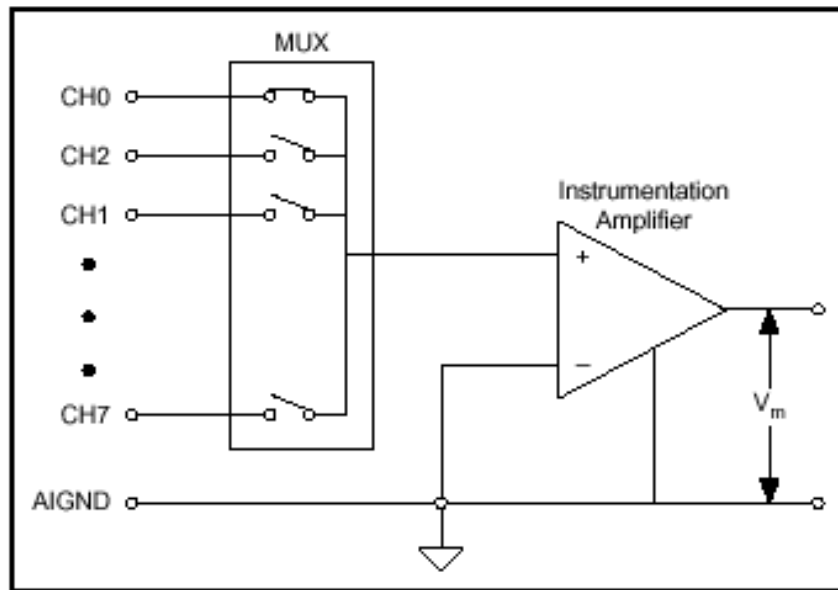
Vysoká odolnosť voči rušeniu – vhodné pre malé signály

Zložitejšia elektronika a káble

Pozor na spoločné napätia (common mode voltage - na oba vstupy voči GND) – presluch CMR, poškodenie vstupu

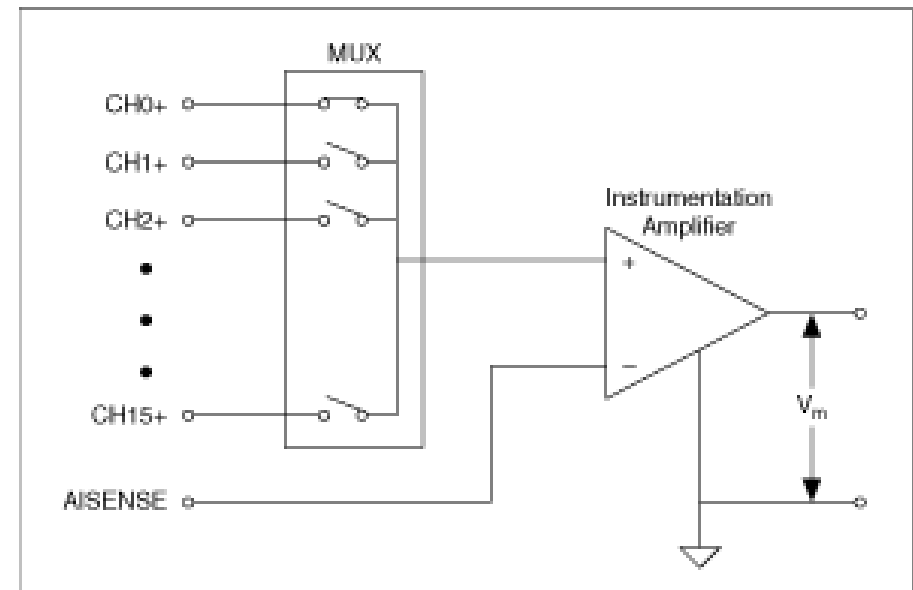


Uzemnené vstupy



Referenčná zem

Referenced single ended

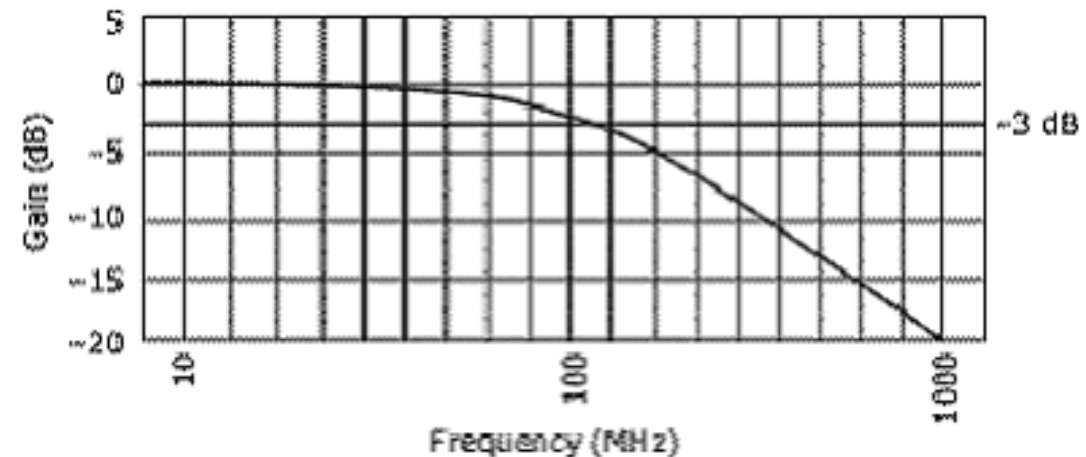
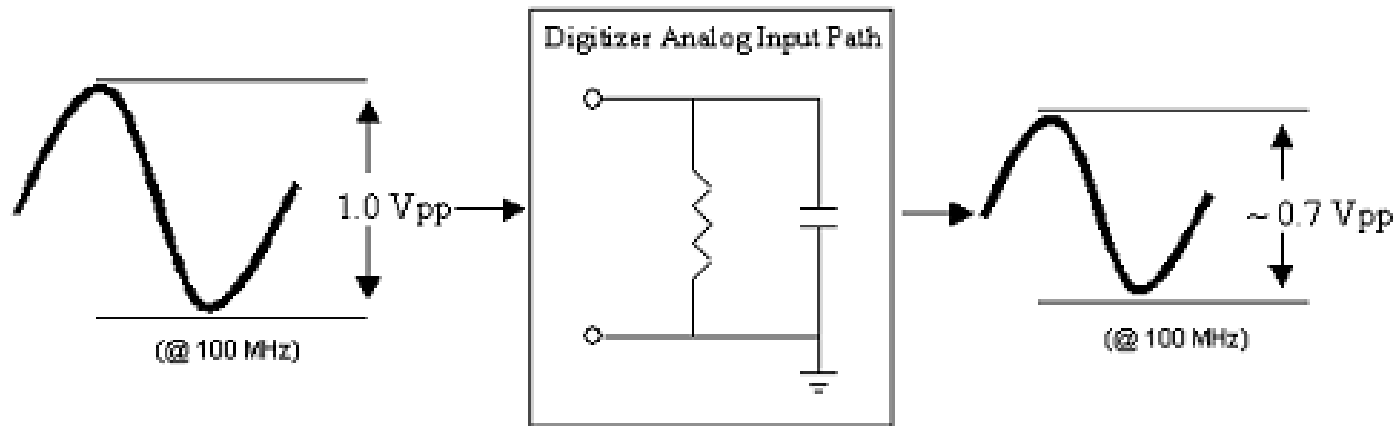


Nereferenčná zem

Non-referenced single ended

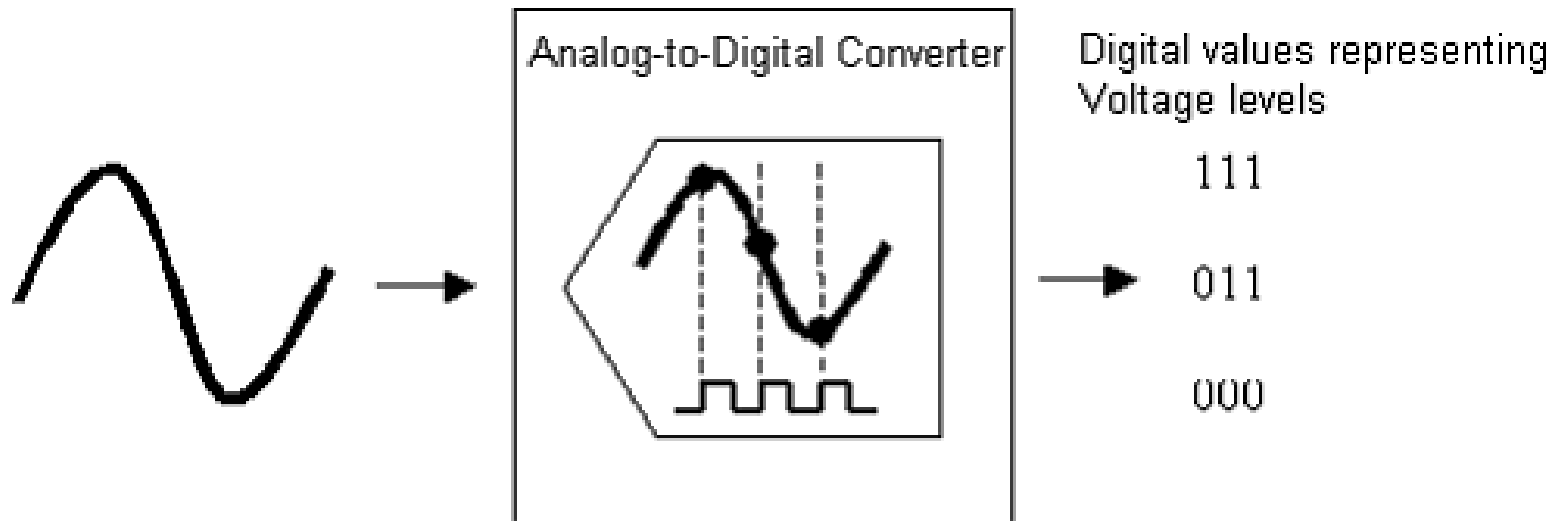
Parametre a obvody analógových vstupov – šírka pásma

- (Bandwidth) – prenos signálov obvodom s relatívnou zmenou zosilnenia alebo zoslabenia na rôznych frekvenciách menšou ako zvolená hodnota (najčastejšie $\pm 3\text{dB}$)



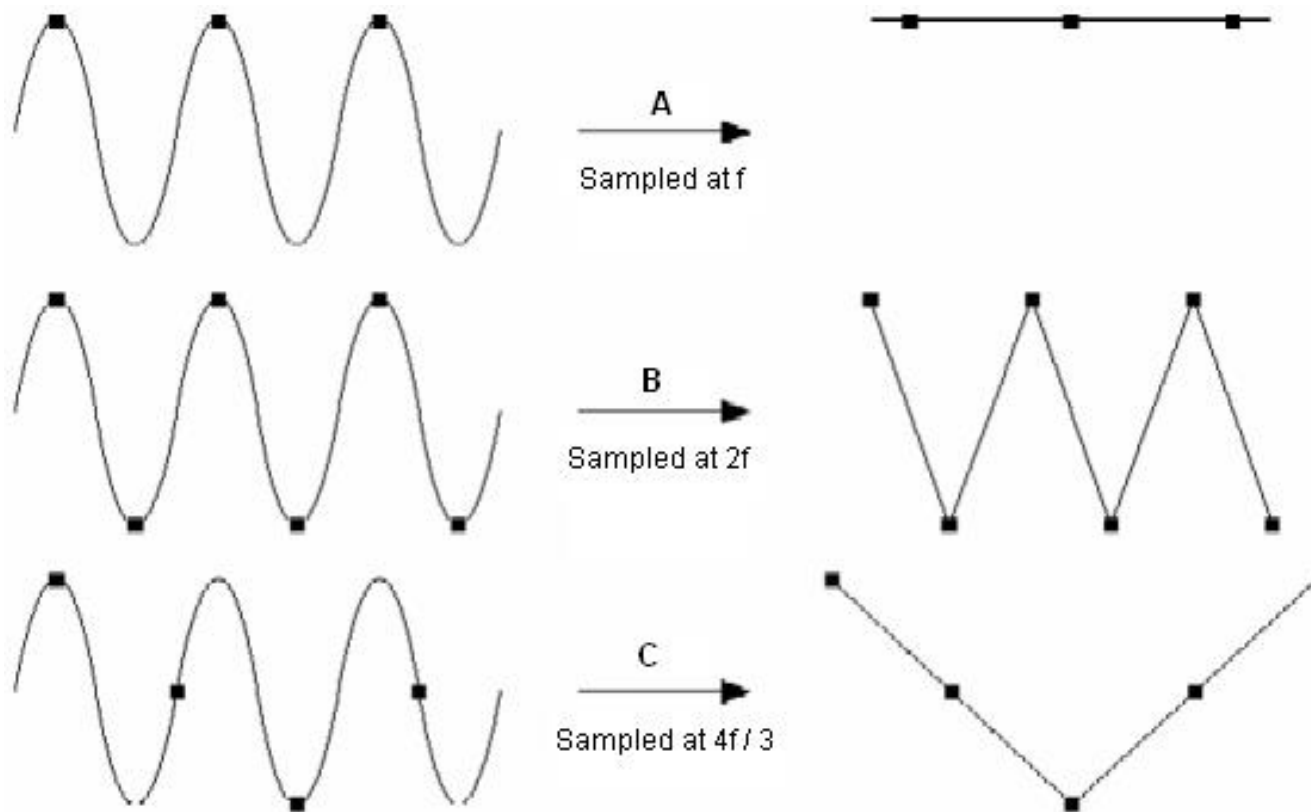
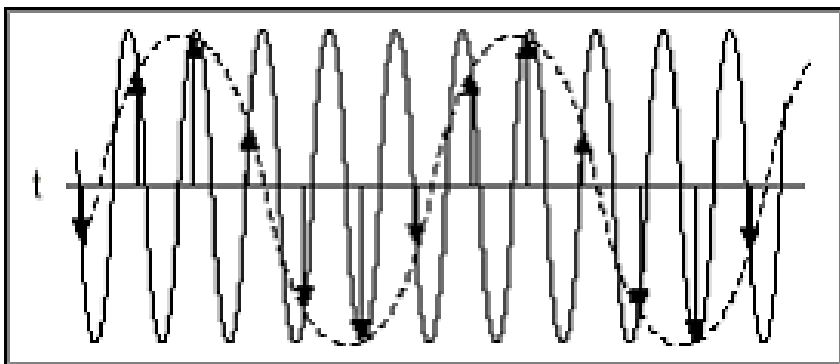
Parametre a obvody analógových vstupov – vzorkovacia frekvencia

- (sampling rate) – tempo prevodu analógového signálu na číslo (tempo merania analógového signálu)



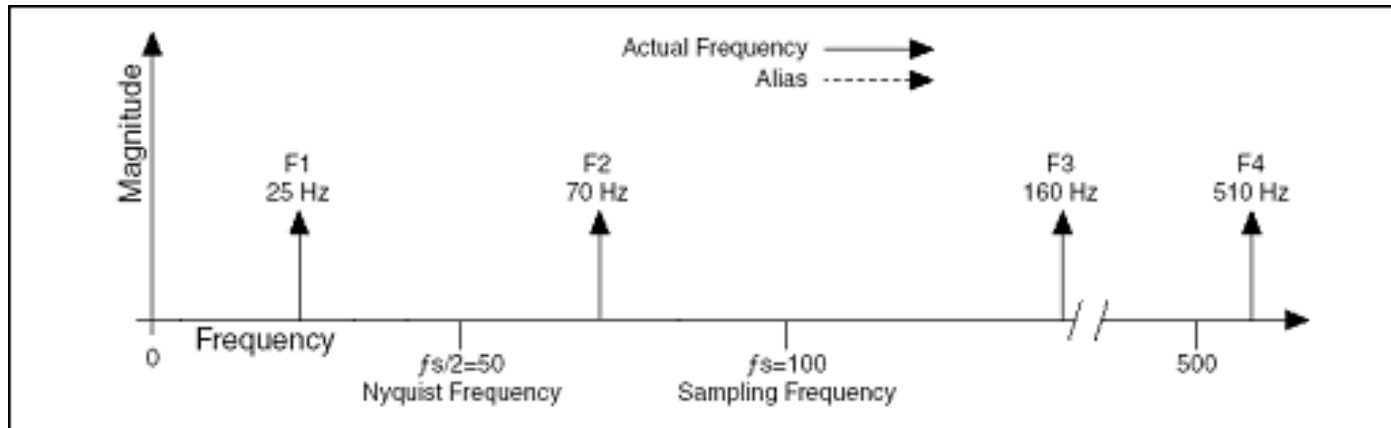
Vzorkovacia frekvencia

- Vzorkovacia frekvencia musí byť minimálne dvojnásobkom frekvencie najvyššej zložky obsiahnutej v signáli (Nyquistova alebo Shannonova podmienka – praxi problém)
- Polovica vzorkovacej frekvencie sa nazýva Nyquistova frekvencia



Nedodržanie Nyquistovej podmienky - aliasing

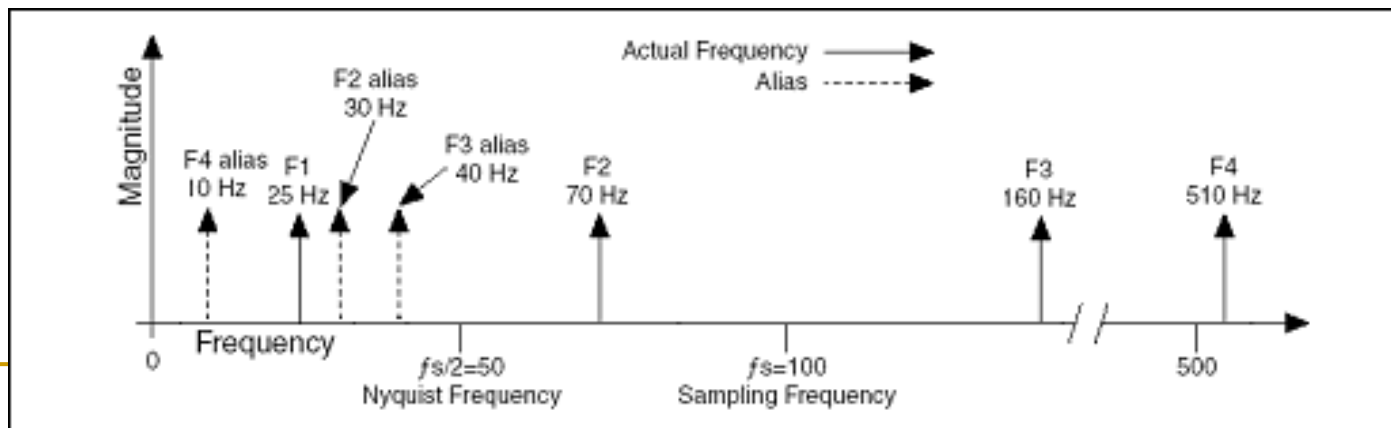
- Signál (zložky) sa objaví po vzorkovaní na iných tzv. aliasingových frekvenciách $f_{\text{alias}} = \text{ABS}(\text{najbližšie } N \cdot f_s - f_{\text{in}})$



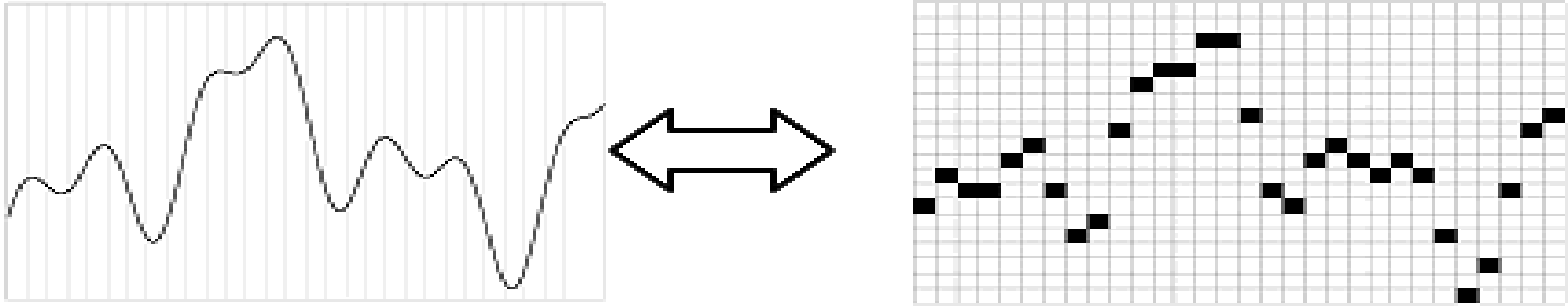
$$F_{2\text{alias}} = \text{ABS}(100 - 70) = 30$$

$$F_{3\text{alias}} = \text{ABS}(2 \cdot 100 - 160) = 40$$

$$F_{4\text{alias}} = \text{ABS}(5 \cdot 100 - 510) = 10$$



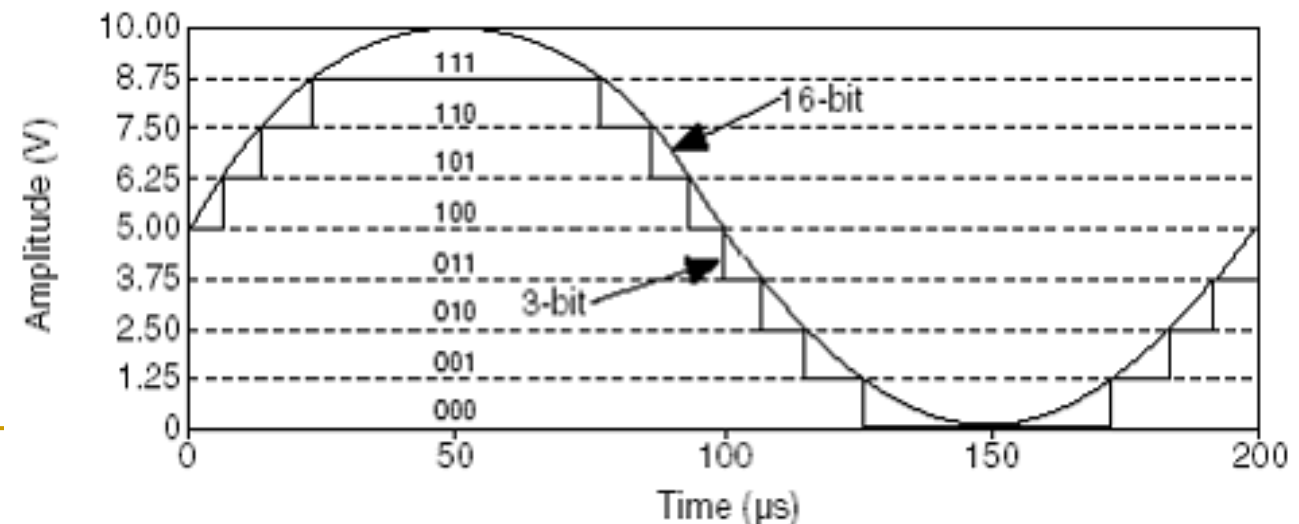
Prevod analógového signálu na číslo (kvantizácia)



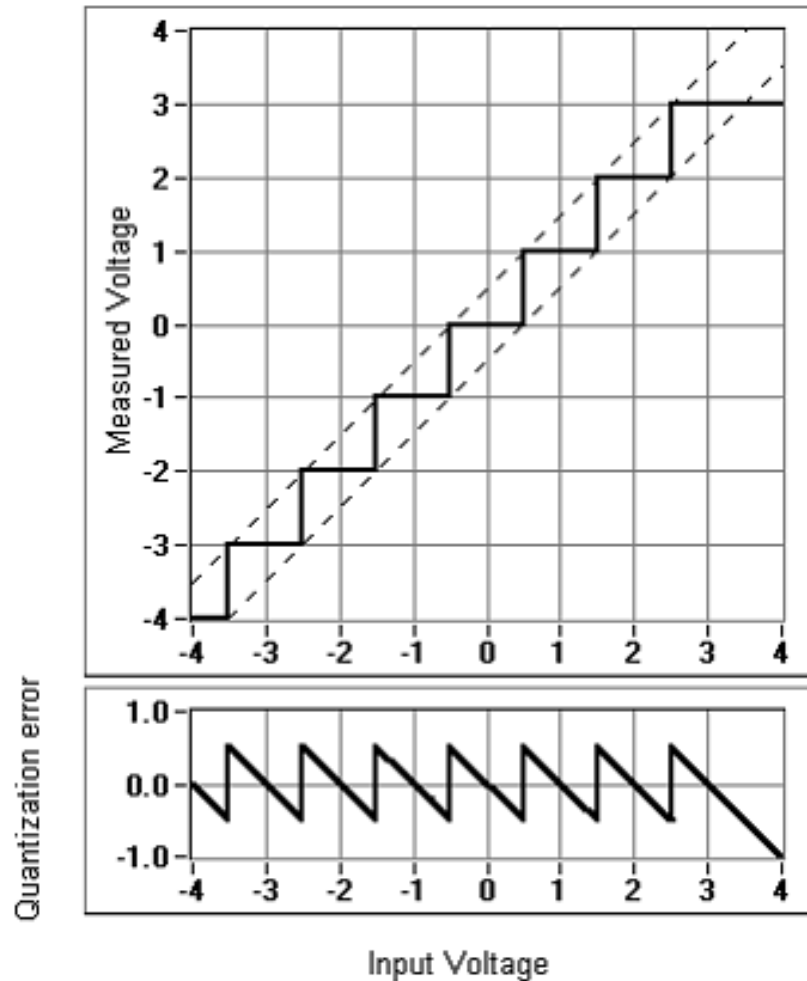
Každá hodnota signálu v diskretnom čase (vzorkovanie) sa priradí číslo – kód (analógová hodnota sa zaokrúhli – kvantuje) pomocou analógovo-číslicového prevodníka (AČP)

Rozlíšenie AČP:

- Definované počtom bitov N
- Počet rozlíšiteľných úrovní = $2^N - 1$
- **!!!POZOR vždy pre plný rozsah (Full Scale), t.j. $\Delta = FS / (2^N - 1)$**



Kvantizačná chyba – kvantizačný šum



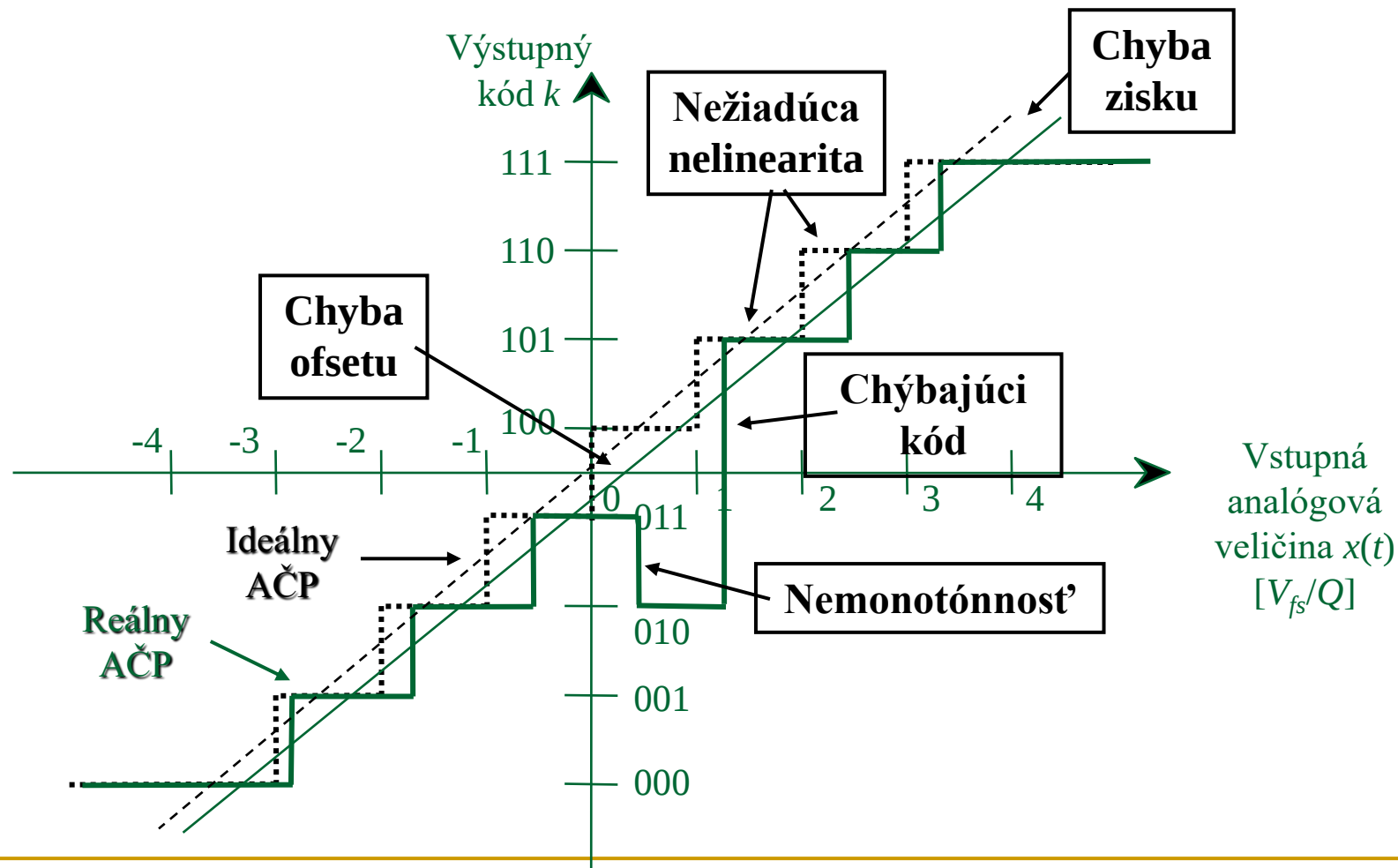
Rozdiel medzi skutočnou a diskrétnou (číslícovou) hodnotou

Predpokladá sa rovnomerné rozdelenie pravdepodobnosti

Efektívna hodnota kvantizačného šumu:

$$e_{\text{rms}} = \Delta / \sqrt{12}$$

Bodové chybové parametre AČP



Nelinearita AČP - DNL a INL

- DNL - relatívna chyba skutočného kvantizačného kroku pre kód k
- INL – relatívna chyba reálnej kvantizačnej úrovne

$$DNL(k) = \frac{\Delta_{real} - \Delta}{\Delta} = \frac{T(k) - T(k-1)}{\Delta} - 1$$

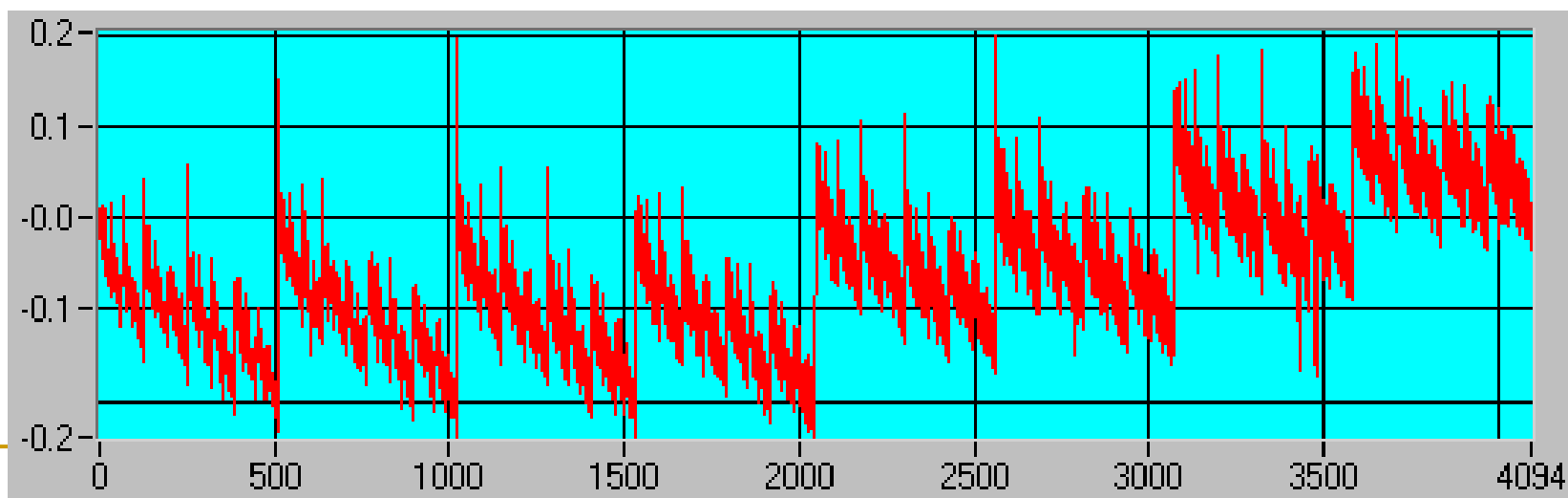
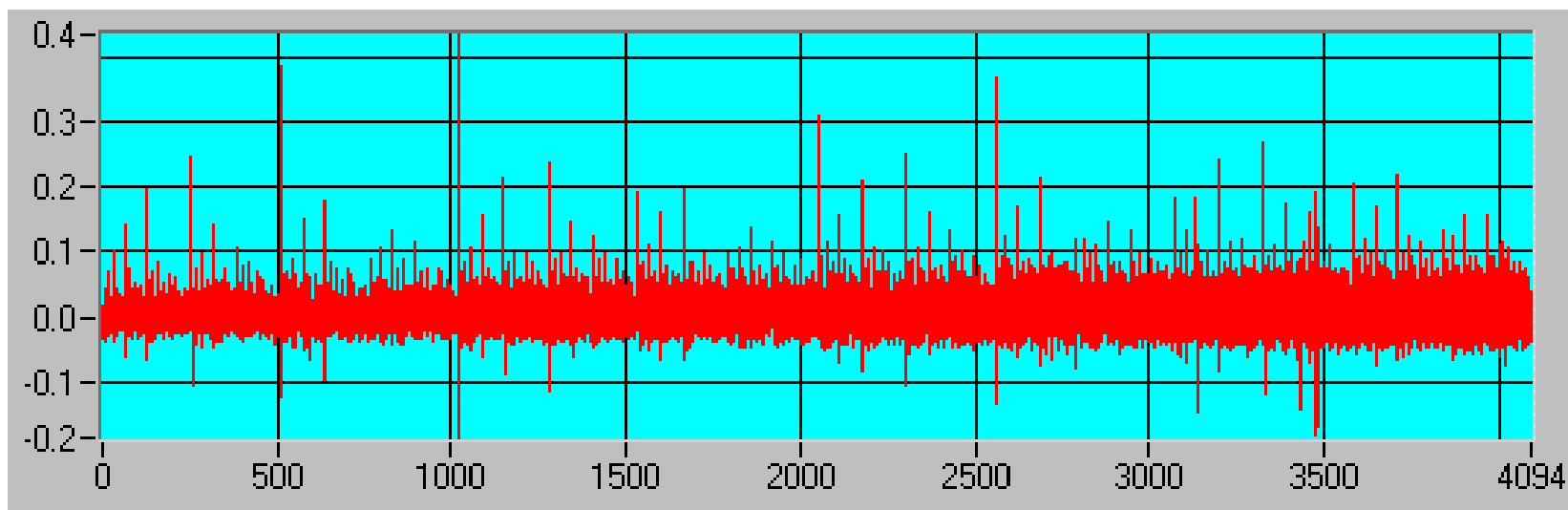
$$INL(k) = \frac{T_{real}(k) - T_{ideal}(k)}{\Delta} = DNL(k) + INL(k-1)$$

Dôsledky nelinearity – chybné (nepresné) hodnoty – zväčšenie kvantizačného šumu – zhoršenie rozlíšenia (počet platných bitov menší ako nominálny)

Zistenie reálnych kvantizačných úrovní:

PROBLÉM pri AČP: skutočný AČP sa správa stochasticky – stochastický model AČP

Príklad DNL a INL



Vybrané dynamické parametre

- Pomer signál – šum a skreslenie

$$SINAD_{dB} = 20 \log \frac{A_{1rms}}{\eta_{rms}}$$

- Pomer signál – šum $SNR_{dB} = 10 \log \frac{A_{1rms}^2}{\eta_{rms}^2 - \sum_{h=2}^H A_h^2}$

- Efektívny počet bitov

$$ENOB = N - \log_2 \frac{\eta_{rms}}{\sigma_{rms}} \doteq \frac{SINAD - 1,76}{6,02}$$

- Dynamický rozsah bez rušenia

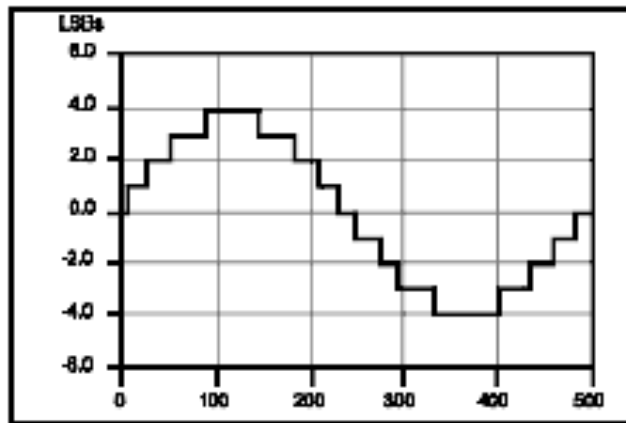
$$SFDR_{dB} = 10 \log \frac{|Y_{avm}(f_i)|}{\max(|Y_{avm}(f_h)|, |Y_{avm}(f_{sp})|)}$$

- Harmonické skreslenie

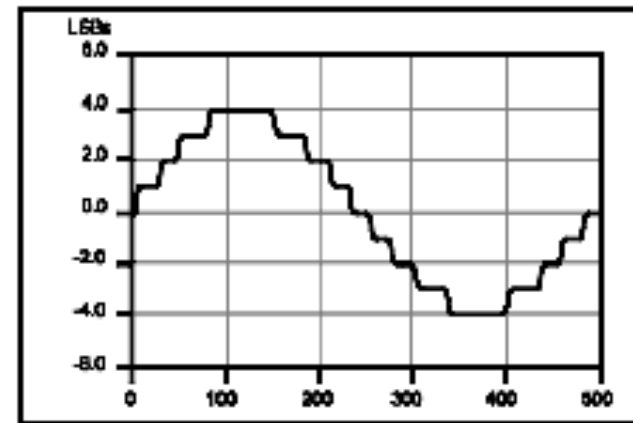
$$THD = \frac{\sqrt{\sum_{h=2}^H A_h^2}}{A_1}$$

Zvýšenie presnosti AČP - dithering

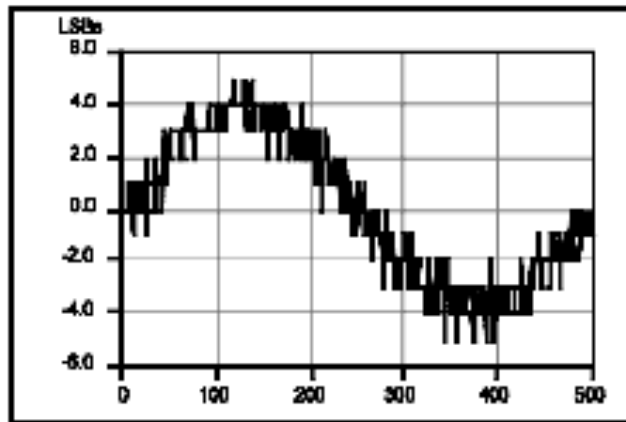
Prevzorkovanie signálu s pridaním šumu alebo pseudonáhodného signálu s rovnomerným rozdelením pravdepodobnosti v intervale blízkom 1LSB a následným spriemerovaním a decimáciou digitalizovaných vzoriek



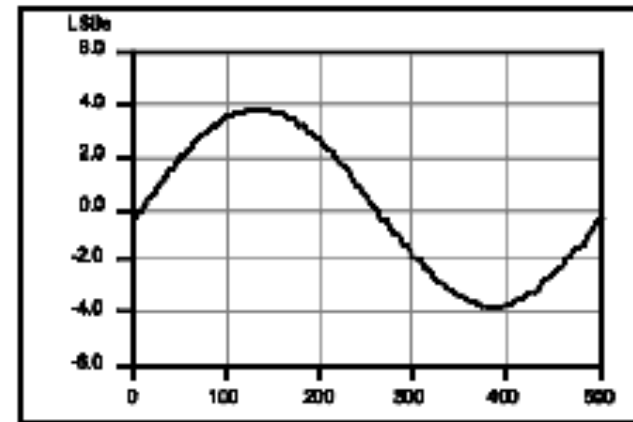
a. Dither disabled; no averaging



b. Dither disabled; average of 50 acquisitions



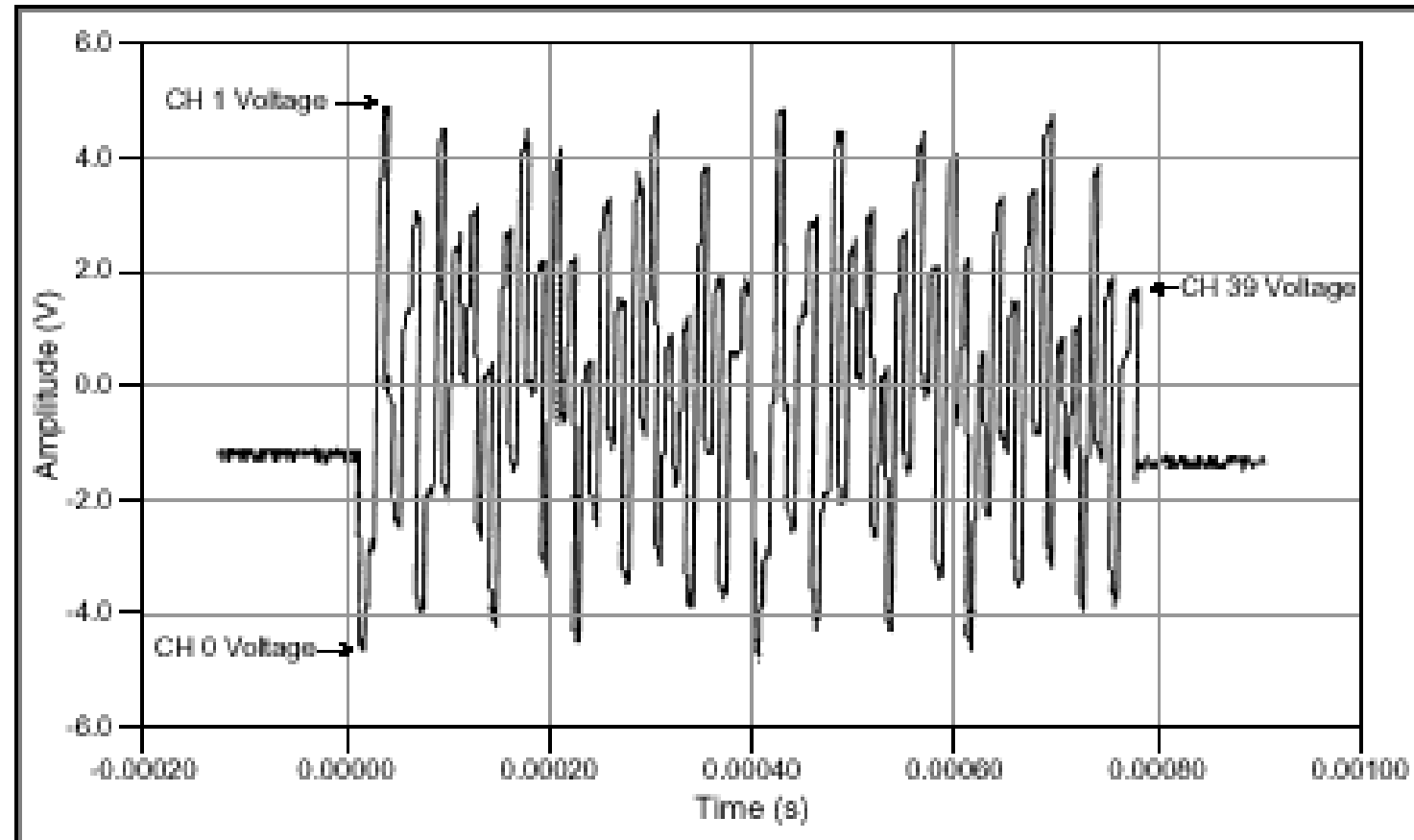
c. Dither enabled; no averaging



d. Dither enabled; average of 50 acquisitions

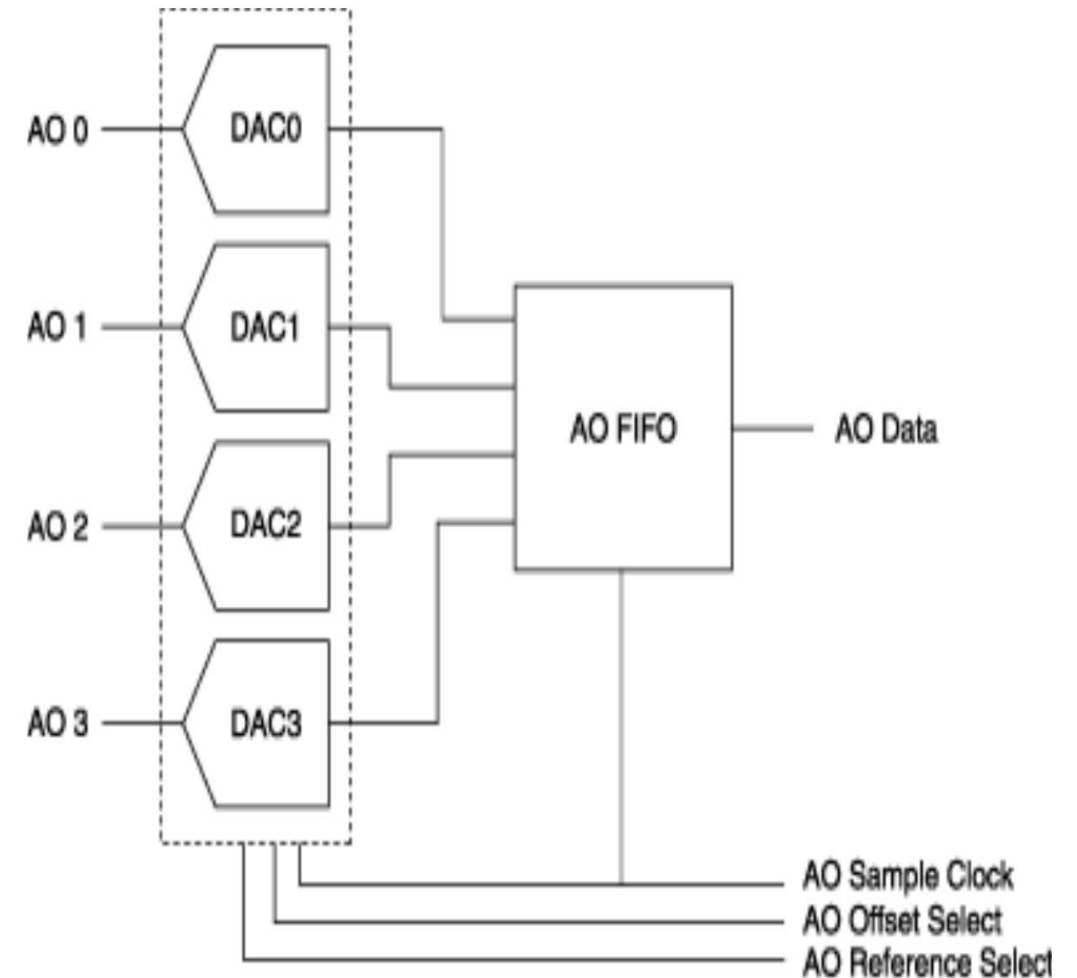
Vlastnosti multiplexerov

- Odpor v zapnutom a vypnutom stave
- Doba prepnutia (settling time)
- Presluchy, šum, parazitné kapacity, ...



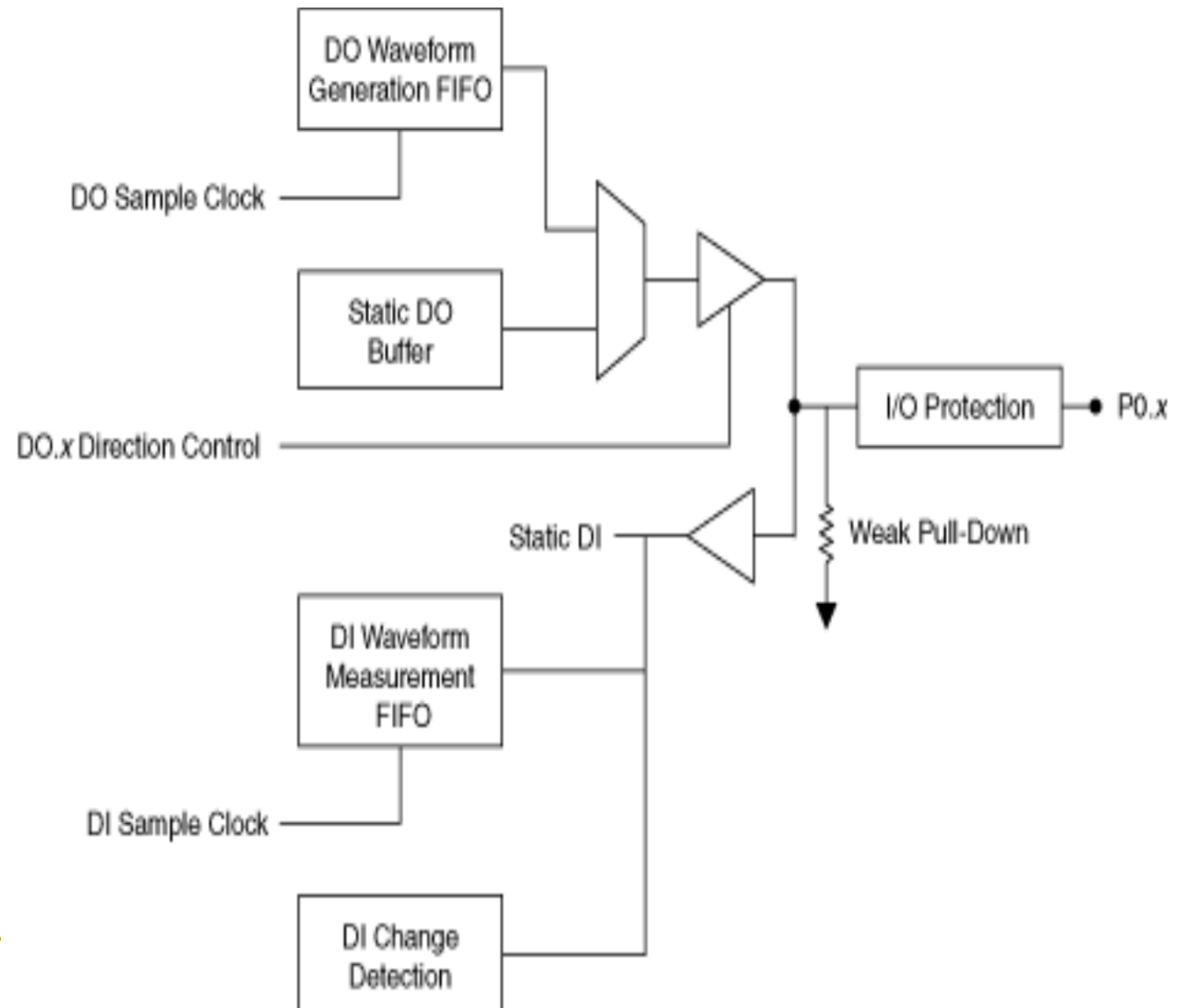
Typy vstupov a výstupov II.

- Analógové výstupy
 - Typicky 2 alebo 4
 - Typicky 10V v uni alebo bipolárnom režime
 - Vzorkovacia frekvencia až do jednotiek MHz
 - Rozlíšenie typicky 12 – 16 bitov
 - Nesymetrické výstupy voči GND v PC



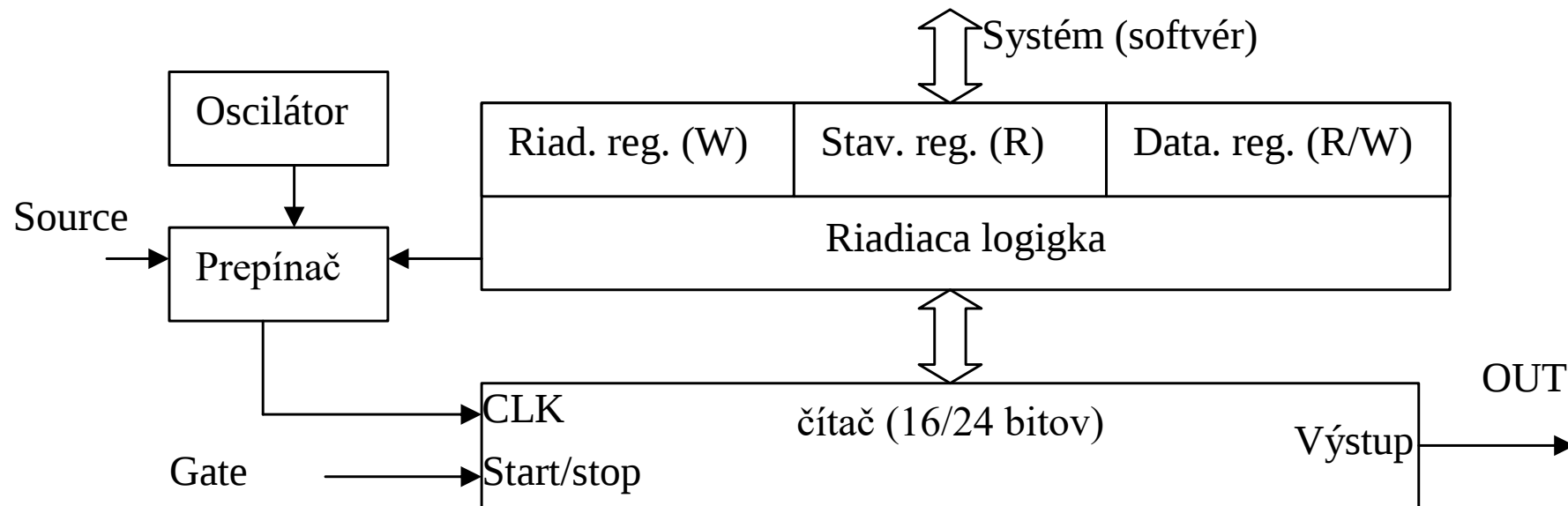
Typy vstupov a výstupov III.

- Priame číslicové vstupy a výstupy
 - ❑ Skupina vstupov pre snímanie alebo generovanie logických hodnôt (úrovní – obyčajne TTL)
 - ❑ Programovateľné individuálne po bite alebo skupine (smer, hodnota)
 - ❑ Niekedy možnosť handshaku a vyrovnávacej pamäte



Typy vstupov a výstupov IV.

- Časovacie vstupy a výstupy (Timer)
 - ❑ Meranie časových parametrov číslicových signálov (počet impulzov, frekvencia,perióda, šírka impulzu, ...)
 - ❑ Generovanie číslicových signálov s danými parametrami (postupnosť impulzov definovanej šírky, striedy,...)
 - ❑ Založené na programovateľných čítačoch



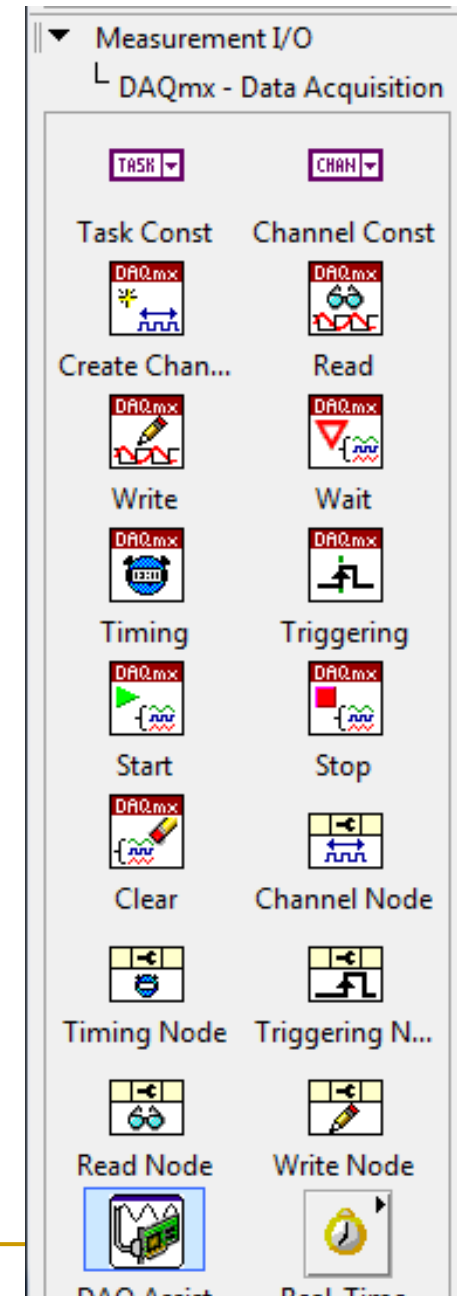
Programovanie

Driver, konfiguračné utility, vývoj aplikácie

- Súčasťou dodávky karty býva bezplatný driver a konfiguračná utilita (overenie funkčnosti karty v systéme, defaultné nastavenia)
- NI:
 - Driver: DAQmX
 - Konfigurácia: Measurement and automation explorer (MAX)
- Vývoj aplikácie (operačný systém – Windows, Linux, real time):
 - C, NET, ...
 - LabVIEW

Aplikácia (Windows)

- Komunikácia s hardvérom cez volanie drivera
- Aplikácia v LabVIEW:
 - Express DAQ assistant
 - Low level funkcie – detailné nastavenie podmienok merania a dynamické zmeny nastavenia počas merania

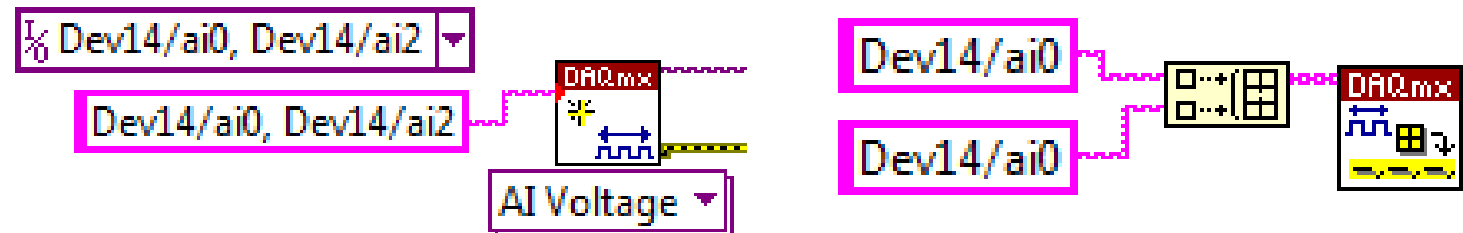
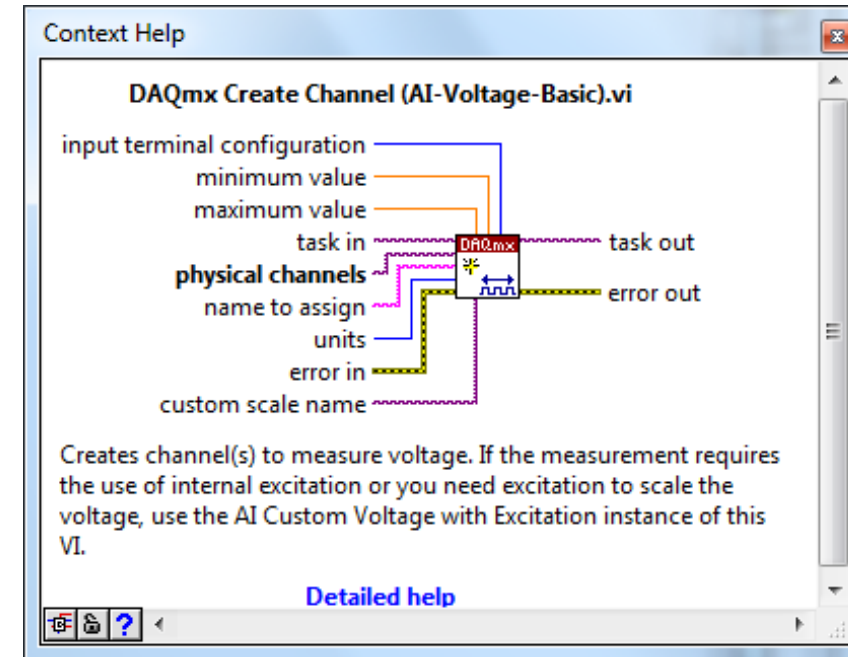


Základná filozofia komunikácie s kartou

- Vytvorenie úlohy (nepovinné)
- Výber vstupu/vstupov:
 - V rámci jednej úlohy vždy iba jeden typ (AD, DA, DIO, ...)
 - Nastavenie pripojenia, napr. diff, SE, napäťové rozsahy, vlastné škály, názvy kanálov, ...
- Nastavenie časovania:
 - Vzorkovanie,
 - Režim snímania (kontinuálne, konečný počet, ...) + buffer
- Synchronizácia – triggering
 - Jednoduché softvér/hardvér, post triggering
- Spustenie úlohy
- Preberanie/generovanie dát
- Stop a zrušenie úlohy (vrátenie HW OS)

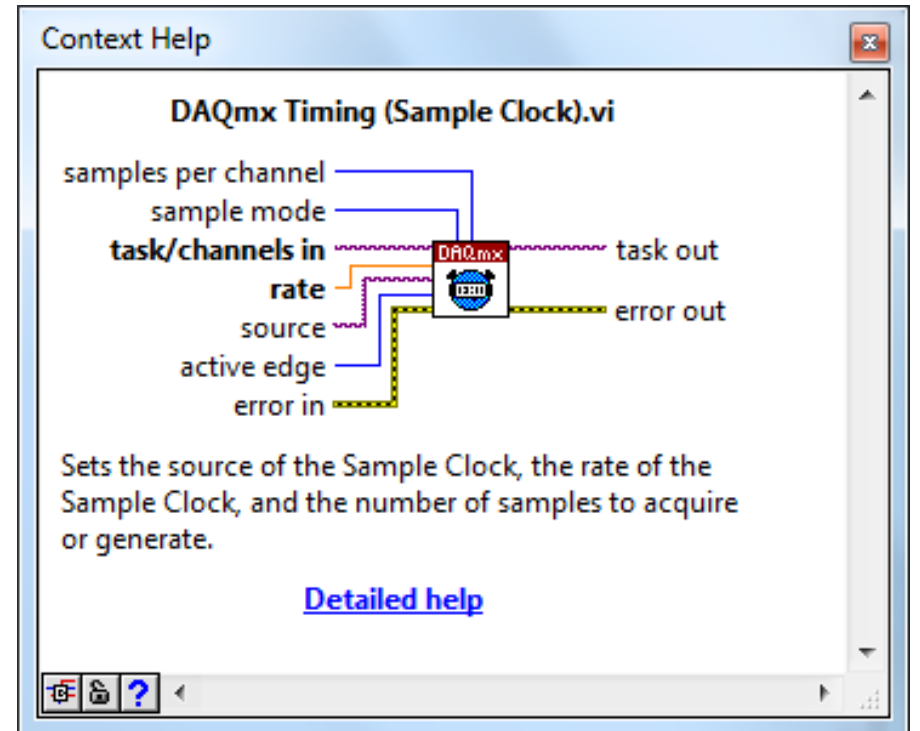
Analógový vstup – 1. krok

- Základná konfigurácia:
 - Výber analógových vstupov (konfigurácia v MAX) pre viacero vstupov špeciálny zápis
 - Maximálne napätia a konfigurácia vstupu
 - Pomenovanie
 - Voľba jednotiek a prepočítavacej škály (lineárna)



Analógový vstup - časovanie

- Nastavenie vzorkovania – potrebné iba pri snímaní časového úseku signálu):
 - ❑ Režim: kontinuálne, konečný počet
 - ❑ Vzorkovacia frekvencia
 - ❑ Počet vzoriek (bufer)
 - ❑ Zdroj vzorkovacích hodín (int-ext)
 - ❑ Aktívna hrana

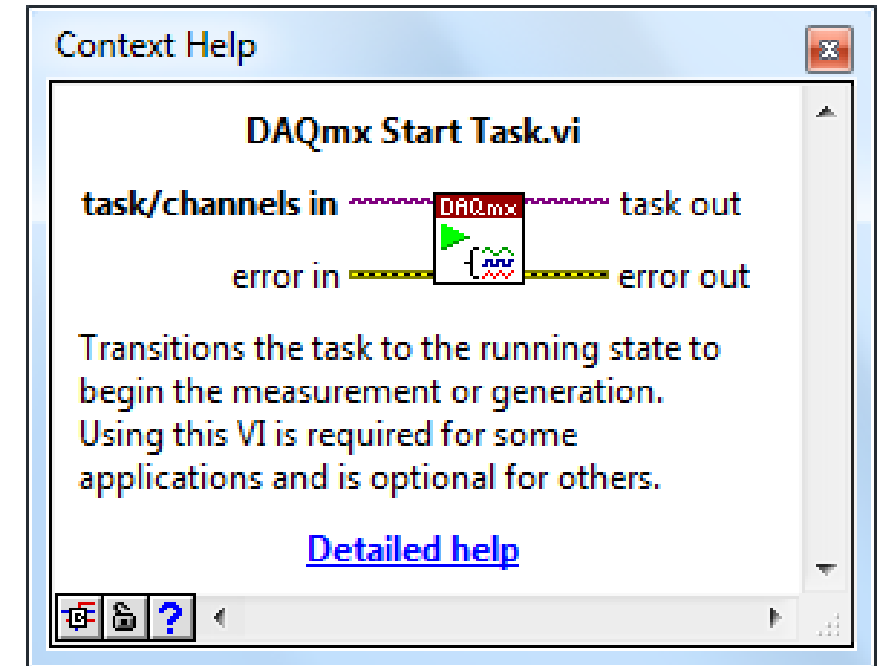


Analógový vstup - triggering

- Nepovinná funkcia – určuje podmienky triggeringu po spustení úlohy
- Potrebne je vybrať vhodnú verziu (instance) – pozor nie všetky karty podporujú všetky možnosti triggeringu – vždy vid' datasheet a user manual.
- Príklady: obdoba osciloskopu (na úroveň, od iného vstupu – analog/digital, okno, ...)
- Post a pre triggering

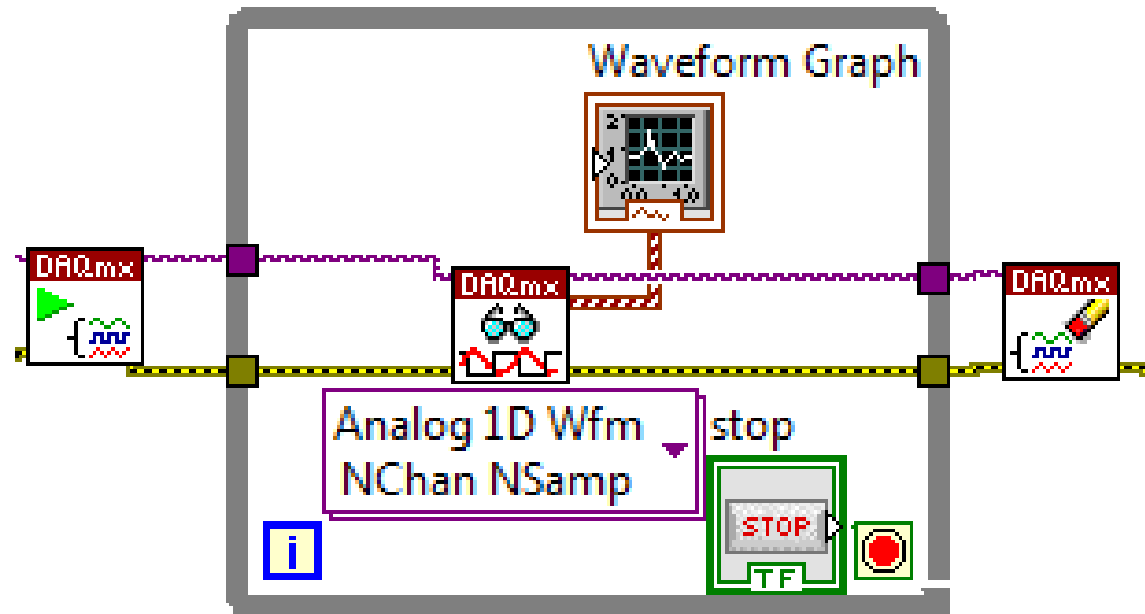
Analógový vstup – štart úlohy

- Pre analógový vstup povinné, ak je potrebné spustiť úlohu po pozastavení (vid' Stop)
- Pozastavenie, ale nie zrušenie úlohy cez Stop (vid' ďalej).



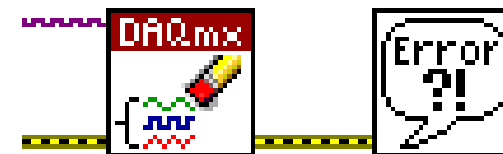
Analógový vstup čítanie vzoriek

- Multi instance ikona používaná pre všetky druhy vstupov cez kartu – potrebné vybrať vhodnú verziu a typ dát – napr. jedna vzorka, pole z jedného vstupu, pole z viacerých (multiplexovaných) vstupov, dáta vo forme poľa, waveformu, atď.
- Vstupy (podľa verzie):
 - Timeout
 - Počet vzoriek (default -1 znamená pri kontinuálnom aktuálny počet v bufri, pri jednorázovom počká na naplnenie bufra)
- Pri kontinuálnom snímaní musí byť Read v slučke While, príp. For

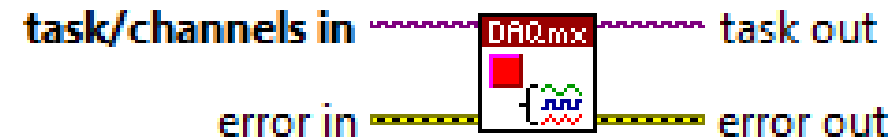


Analógový vstup - ukončenie

- Vymazanie (zrušenie) úlohy.
Následne môže byť test chyby.
- Pozor Stop je iba pozastavenie bez zrušenia a úloha môže byť znova spustená (pokračovanie) ďalším štartom



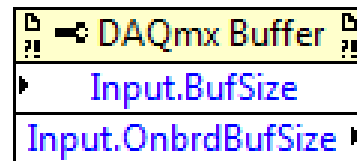
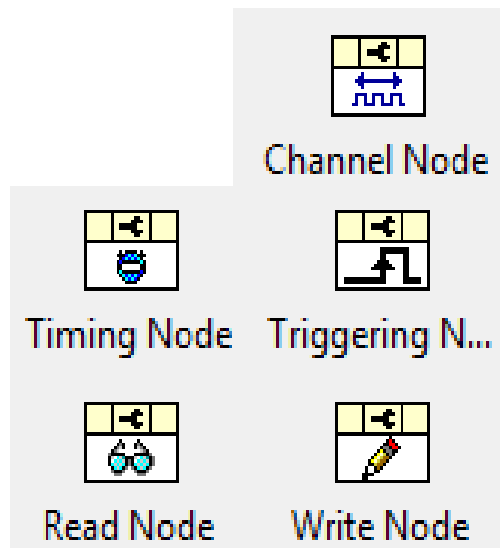
DAQmx Stop Task.vi



Stops the task and returns it to the state the task was in before the DAQmx Start Task VI ran or the DAQmx Write VI ran with the **autostart** input set to TRUE.

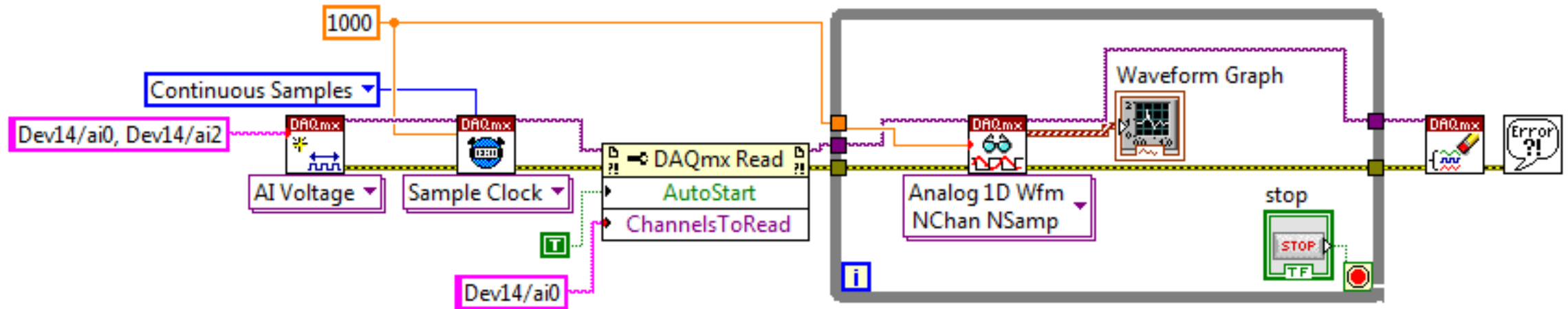
Analógový vstup – Property node

- Umožňujú dynamicky meniť podmienky (režim) behu úlohy a nastavovať všetky vlastnosti a parametre (aj nedostupné zo základných ikon)
- Silný nástroj umožňujúci „neobmedzenú“ manipuláciu s úlohou



DAQmx Read
RelativeTo
Offset
ChannelsToRead
WfmAttr
ReadAllAvailSamp
AutoStart
OverWrite
CurrReadPos
AvailSampPerChan
TotalSampPerChanAcquired
OverloadedChansExist
OverloadedChans
ChangeDetect.Overflowed
Logging.FilePath
Logging.Mode
Logging.TDMS.GroupName
Logging.TDMS.Operation
Logging.Pause
Logging.SampsPerFile
Logging.FileWriteSize
Logging.FilePreallocationSize
RawDataWidth
NumChans
DI.NumBooleansPerChan
WaitMode
SleepTime

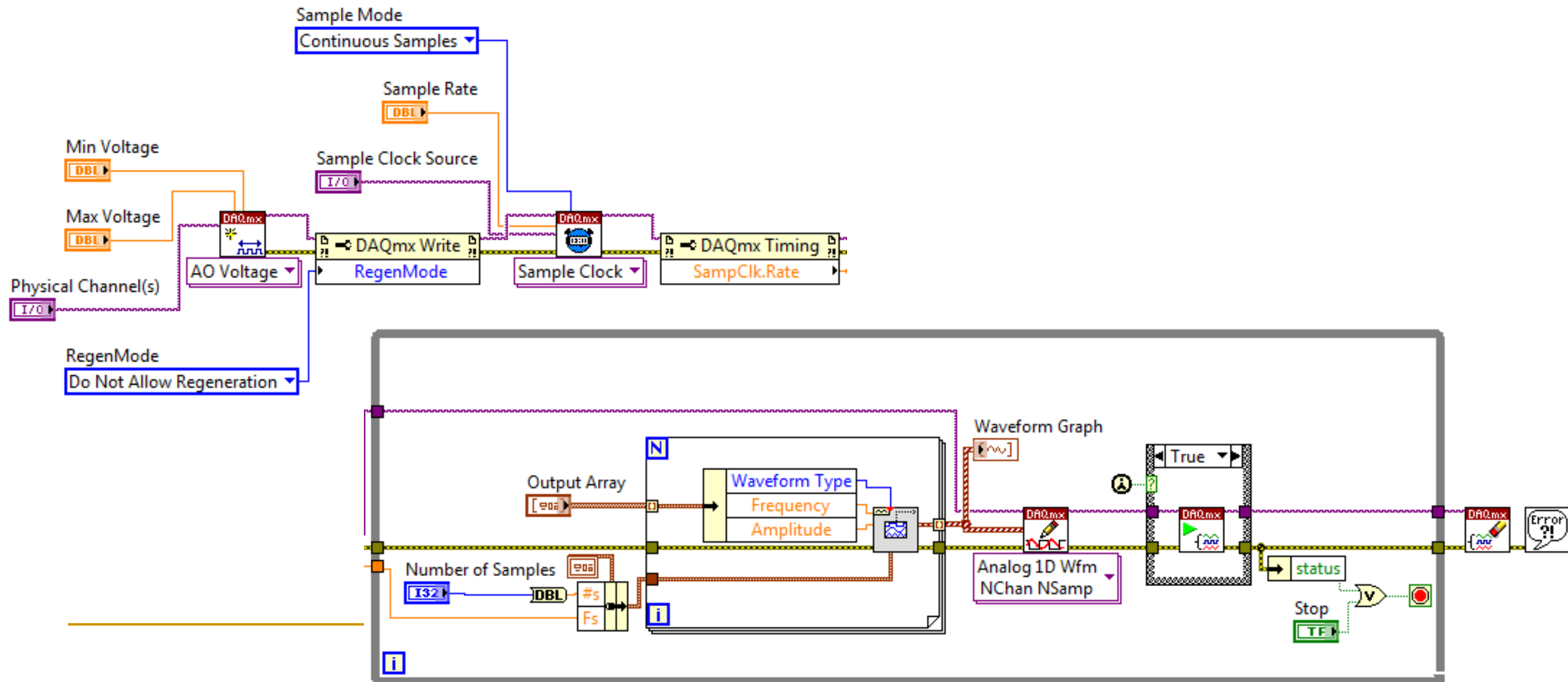
Analógový vstup - príklad



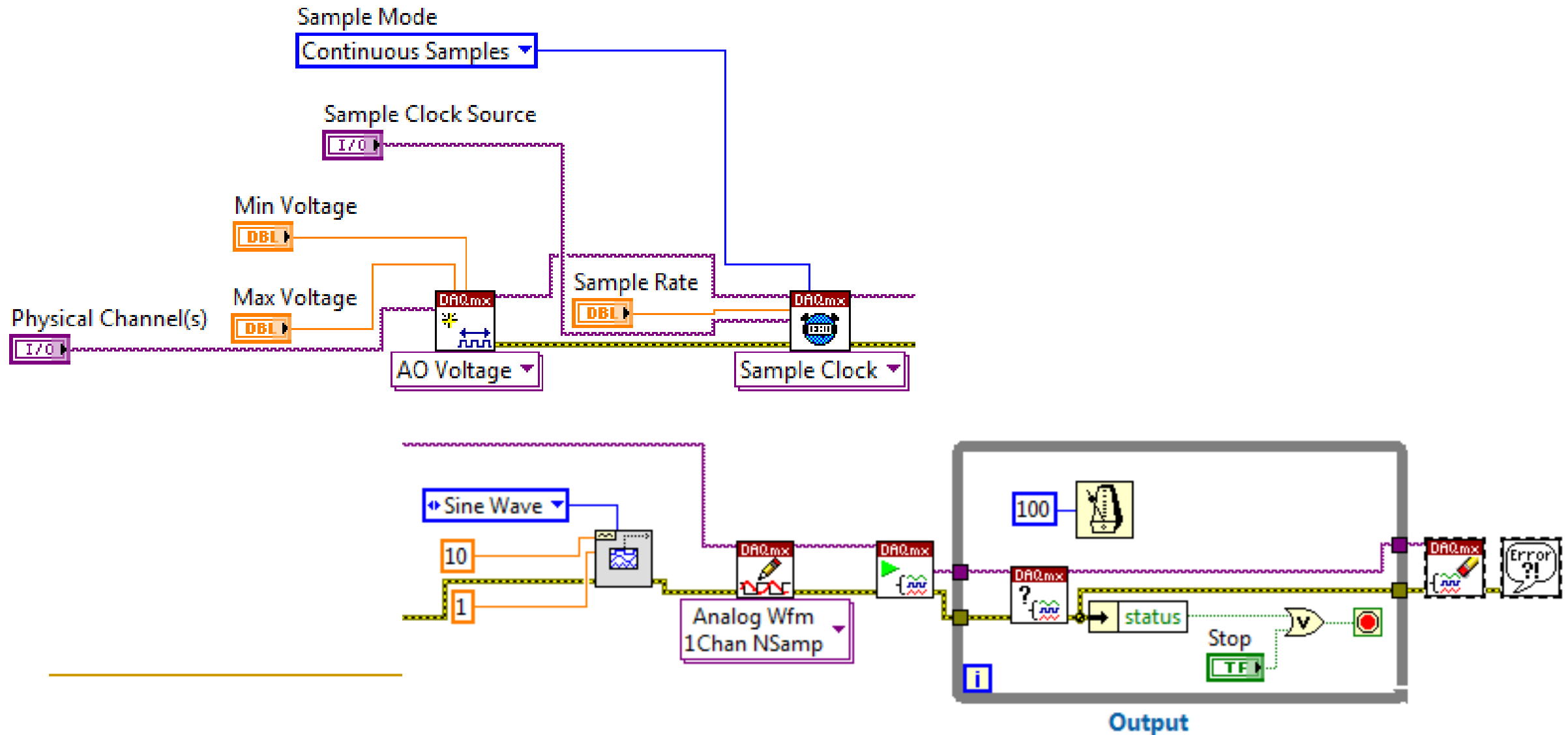
Analógový výstup

- Princíp programovania veľmi podobný analógovému vstupu:
 - Vytvoriť (zvoliť kanál)
 - Nastaviť časovanie príp. aj triggering
 - Zadať vzorky
 - Odštartovať úlohu
 - Pri kontinuálnom generovaní dodávať priebežne nové vzorky alebo opakovať obsah bufra
 - Zmazať úlohu

Analógový výstup – příklad 1



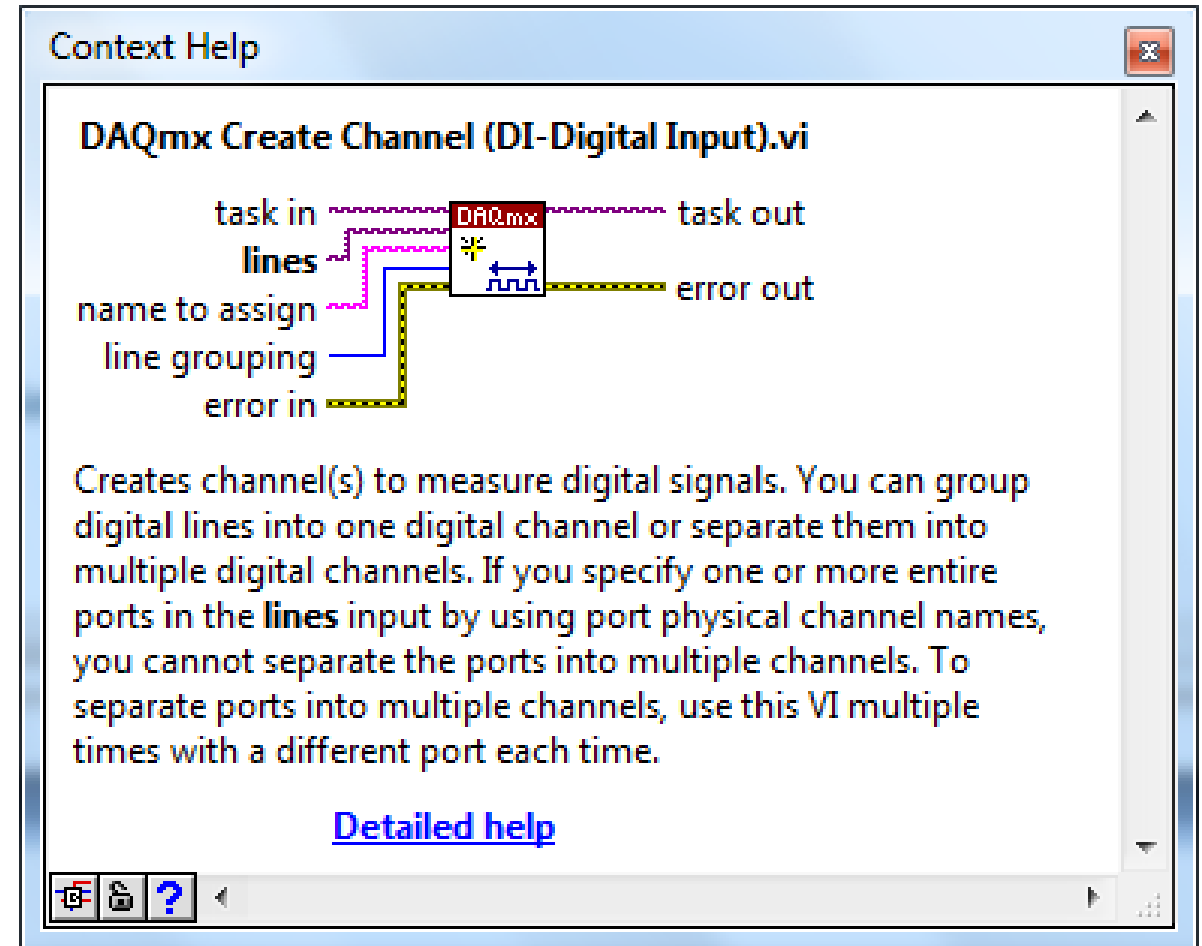
Analógový výstup – příklad 2



Číslicové vstupy - konfigurácia

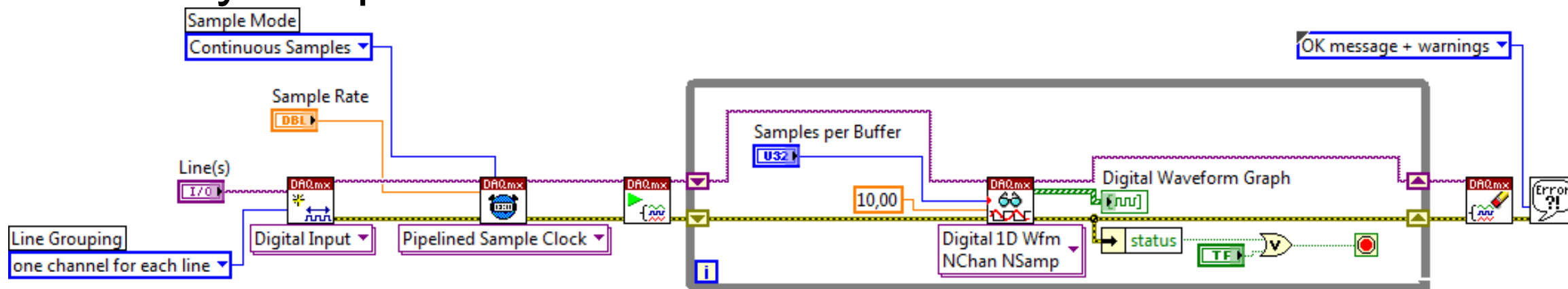
- DIO sú programovateľné:
 - Smer
 - Zoskupenie
- Zoskupenie vstupov do skupiny (group):
 - Všetky DIO do jedného kanála
 - Samostatný kanál pre každý DIO

Dôsledok: rôzne formáty výstupu dát

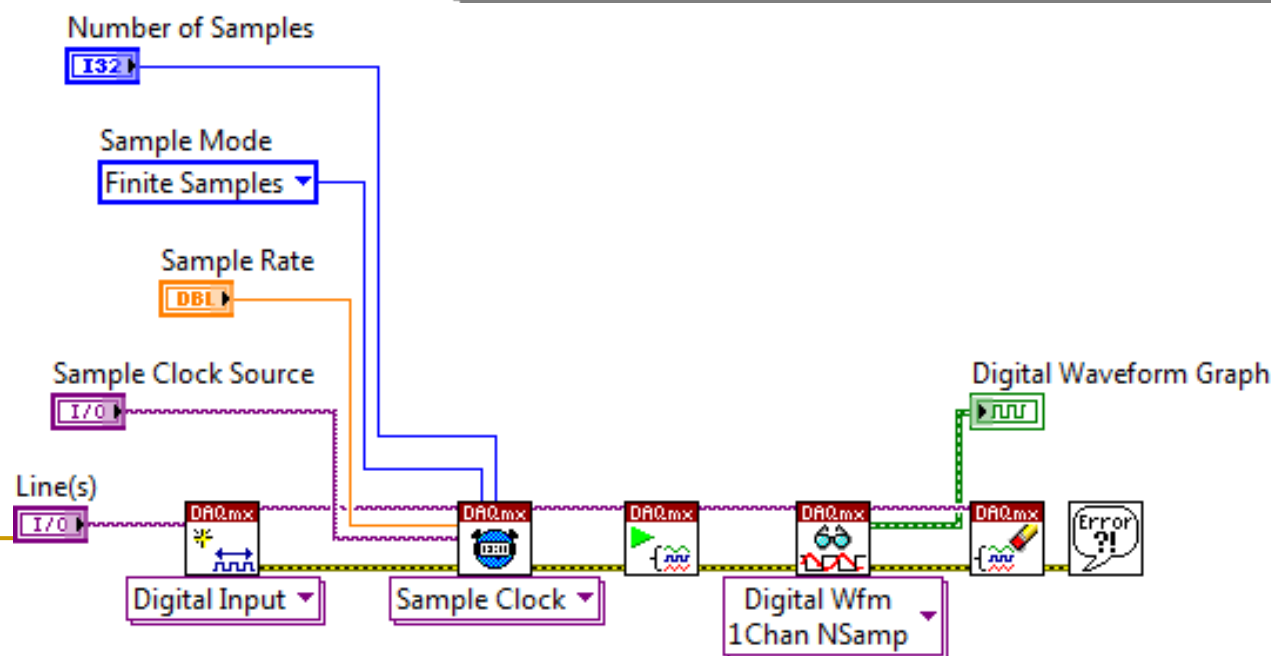


Číslicový vstup

■ Kontinuální vstup

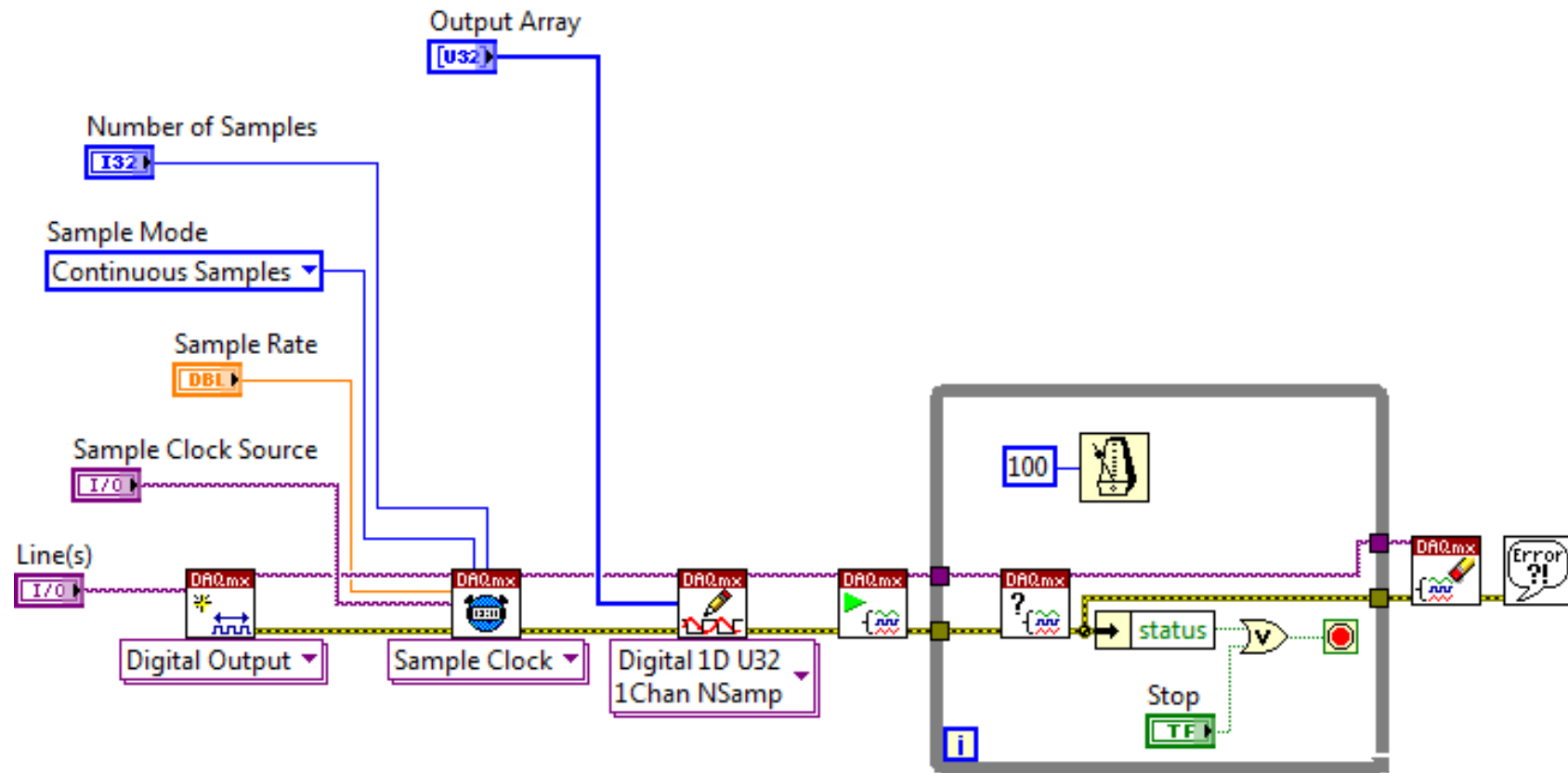


■ Konečný vstup



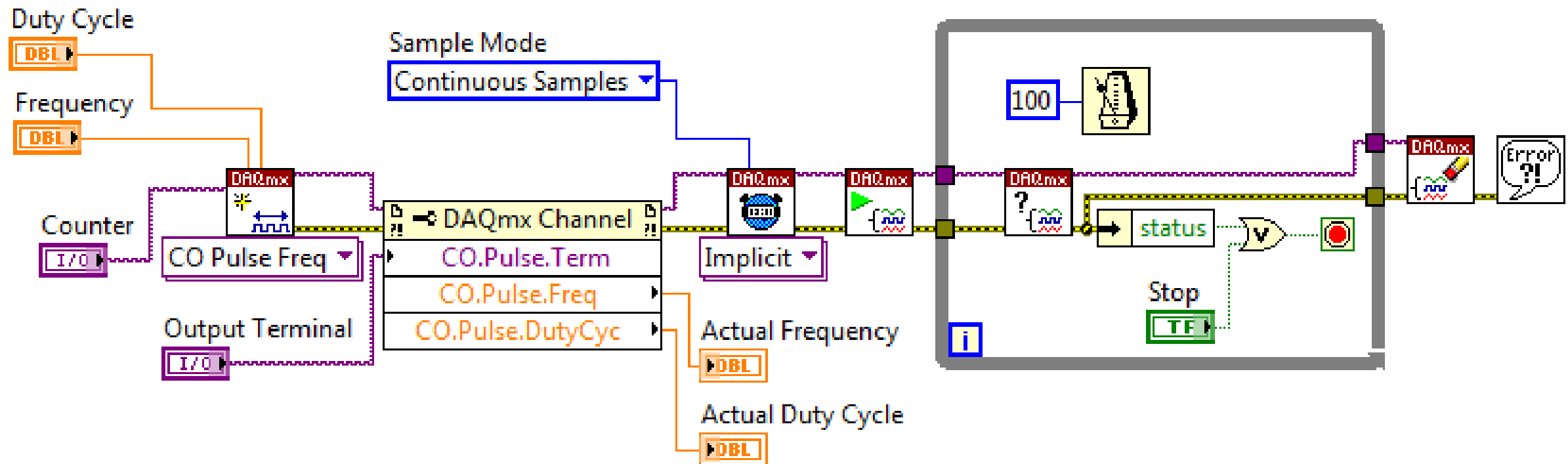
Číslicový výstup

■ Obdoba vstupu



Counter output

■ Kontinuálne generovanie



Counter vstup

