

# **INSTRUMENTATIE VIRTUALA**

**CURS 9**





# **Descrierea sistemelor de achizitii de date si hardware pentru achizitia de date**

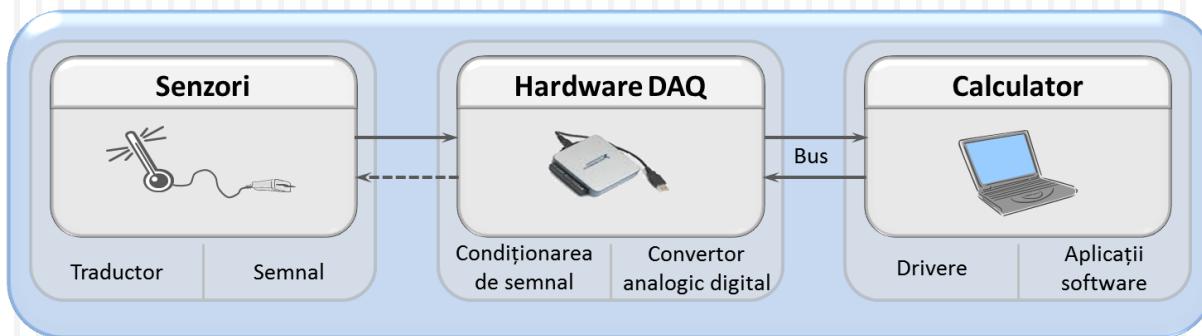
# Obiective

3

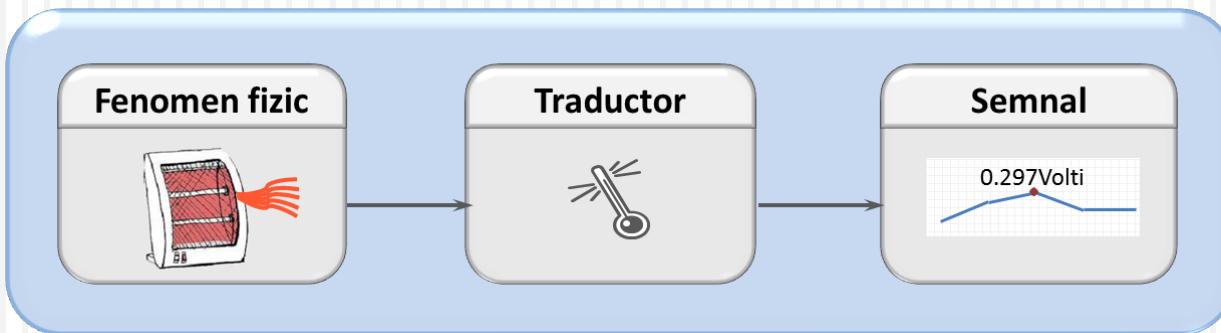
- Prezentarea sistemelor hardware
- Configurare MAX
- Notiuni teoretice
- Achizitia si generarea de semnale

# Structura unui sistem DAQ

- Un sistem de achiziție de date (prescurtat cu acronimele DAQ sau mai rar DAS) este compus din senzori, hardware de măsurare specific și un sistem de calcul cu aplicații software specifice



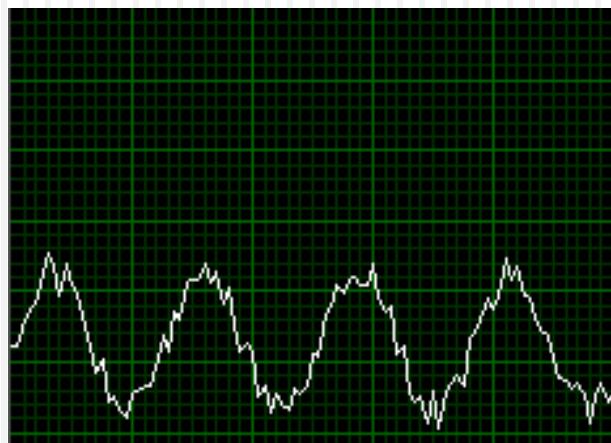
# Ce este un traductor?



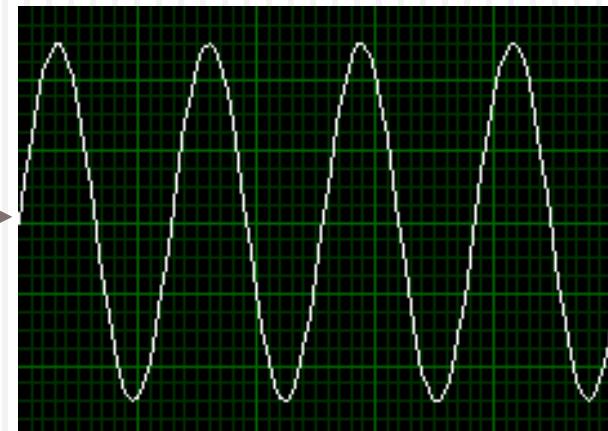
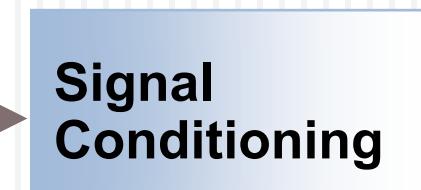
**Un traductor convertește un fenomen fizic într-un semnal masurabil.**

# De ce se utilizeaza conditionarea de semnal?

- Permite adaptarea semnalului la valori usor de masurat cu sistemul de masura
- Nu este intotdeauna necesara
  - Depinde de semnalul ce se masoara



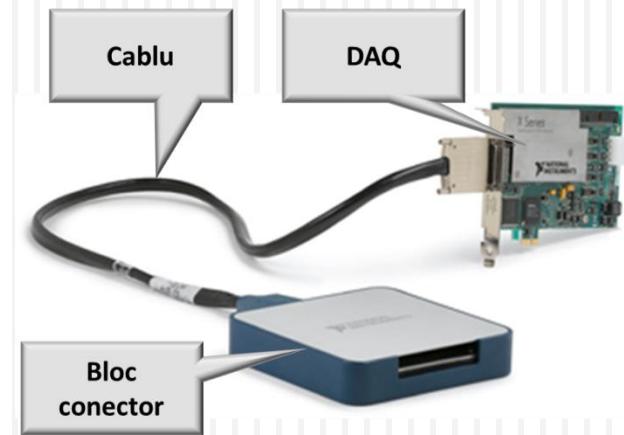
Noisy, Low-Level Signal



Filtered, Amplified Signal

# DAQ Device

- Majoritatea DAQ au:
  - ❑ Intrari analogice (Analog Input)
  - ❑ Iesiri analogice (Analog Output)
  - ❑ Intrari/iesiri digitale (Digital I/O)
  - ❑ Numaratoare (Counters)
- În pentru aplicatii speciale exista dispozitive speciale:
  - ❑ I/O digitale de viteza mare
  - ❑ Generatoare de forme de unda de viteza mare
  - ❑ Achizitia de semnale dinamice (vibration, sonar)
- Bus-ul de conectare la PC:
  - ❑ PCIe, USB, Ethernet...



# Consideratii de configurare

- Intrari analogice
  - Rezolutie
  - Domeniu
  - Amplificarea
  - Code Width
- Iesiri analogice
  - Referinta de tensiune interna sau externa
  - Unipolar sau bipolar

# Rezolutia

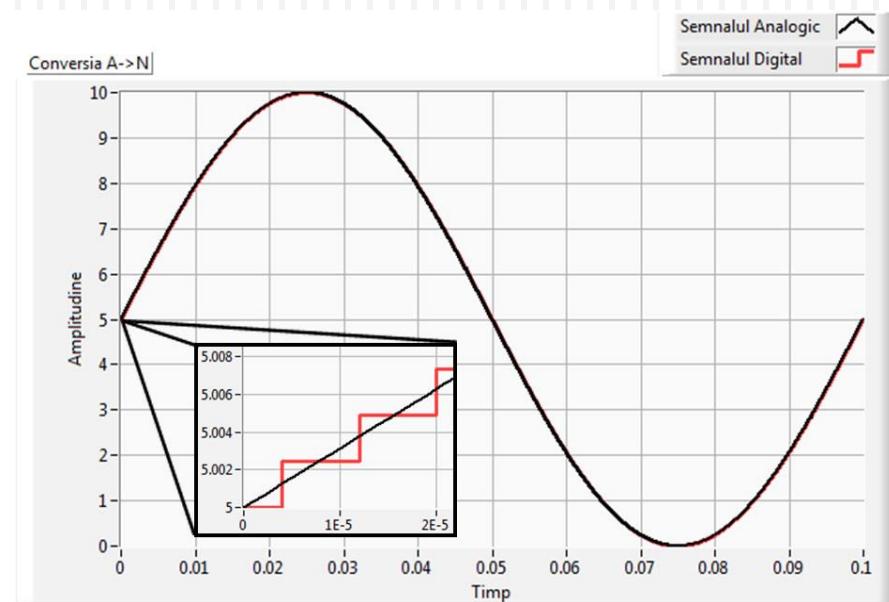
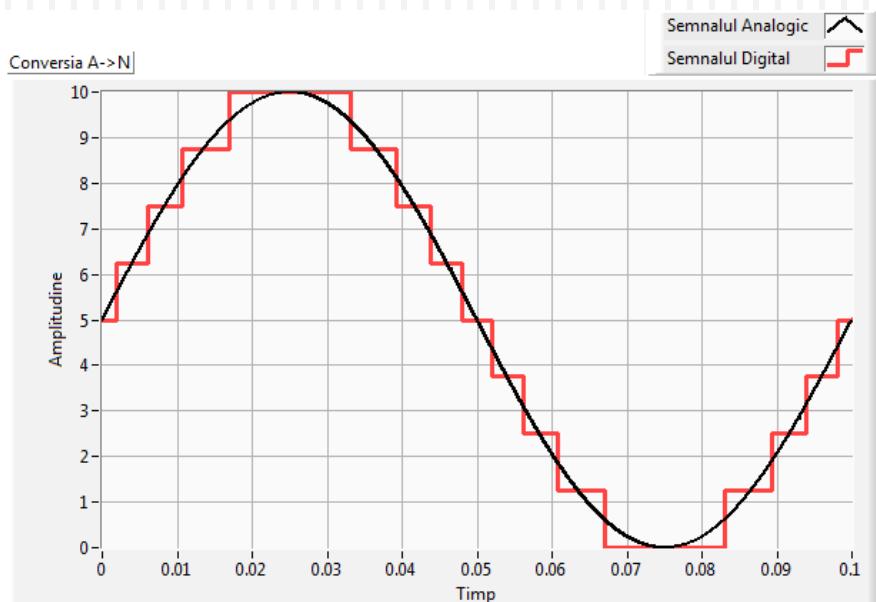
- Numarul de biti utilizati de ADC pentru a reprezenta semnalul
- Determina cate nivele de tensiune pot fi masurate
- Exemplu: rezolutie de 12-bit

$$\text{Numar de nivele} = 2^{\text{rezolutie}} = 2^{12} = 4,096 \text{ nivele}$$

- Rezolutie mai mare = reprezentare mai precisa a semnalului masurat

# Exemplu de rezolutie

- Rezolutie de 3-bit = 8 nivele de tensiune
- Rezolutie de 12 bit = 4095 nivele de tensiune
- Rezolutie de 16-bit = 65536 nivele de tensiune



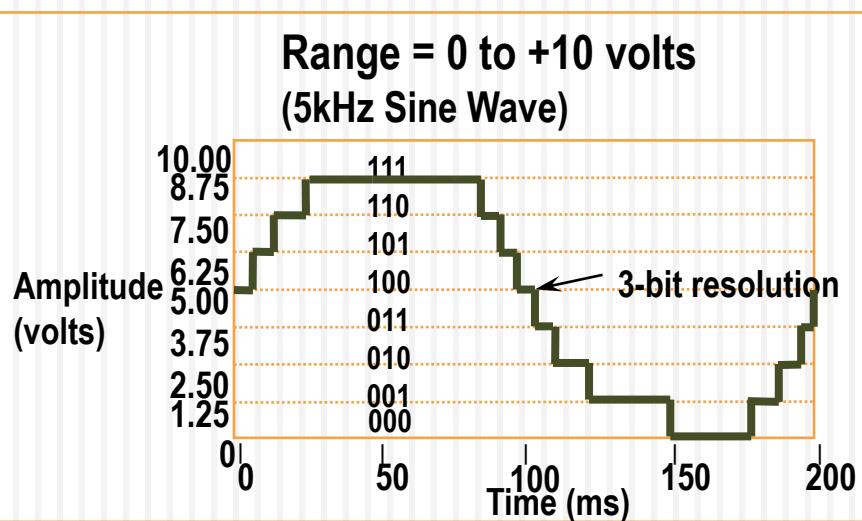
# Domeniu

- Intervalul min – max de tensiune pe care ADC il poate digitaliza
- În general pentru DAQ domeniile sunt:
  - ▣ 0 - +10 volti
  - ▣ -10 - +10 volti
- Trebuie ales domeniul care se potrivesc semnalelor studiate
- Domeniu mai mic = reprezentare a semnalului mai precisa
  - ▣ Permite utilizarea intregii rezolutii

# Exemple de alegere a domeniului

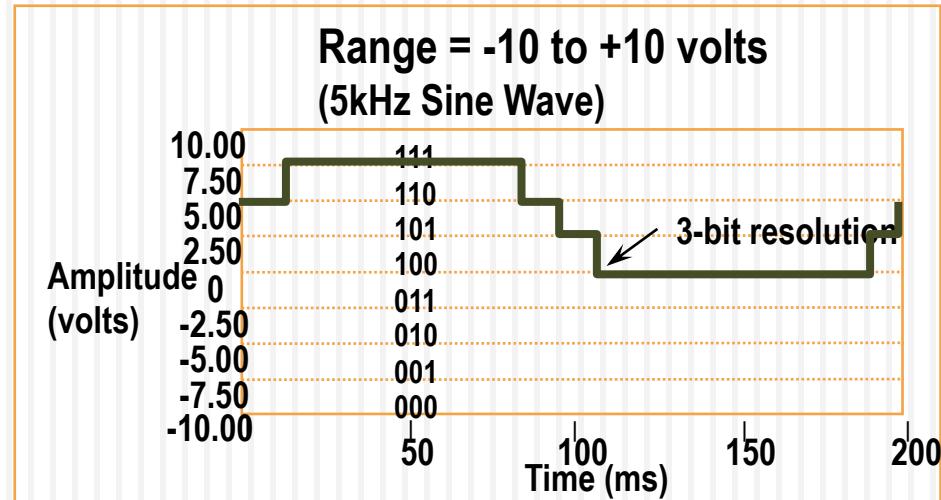
## Domeniu potrivit

- Utilizeaza toate cele 8 nivee pentru a reprezenta semnalul



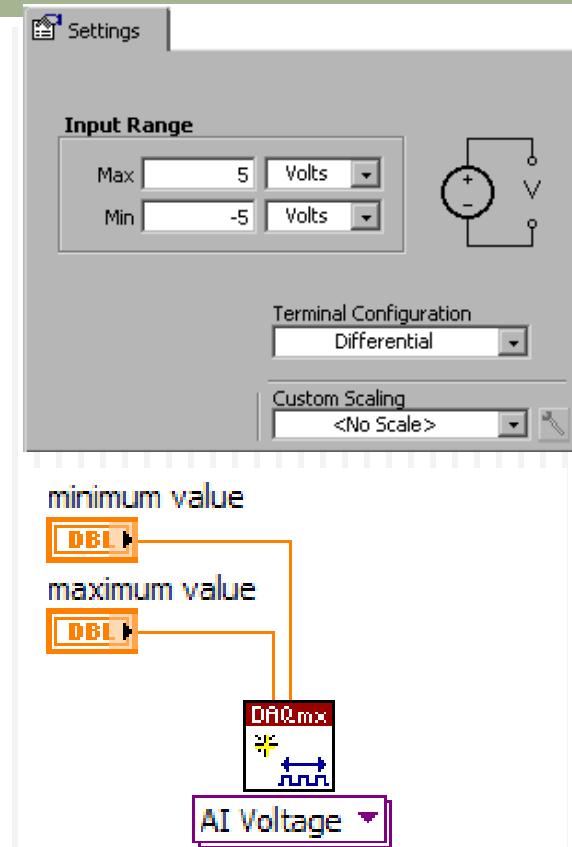
## Domeniu nepotrivit

- Utilizeaza doar 4 nivele pentru reprezentarea semnalului



# Amplificarea

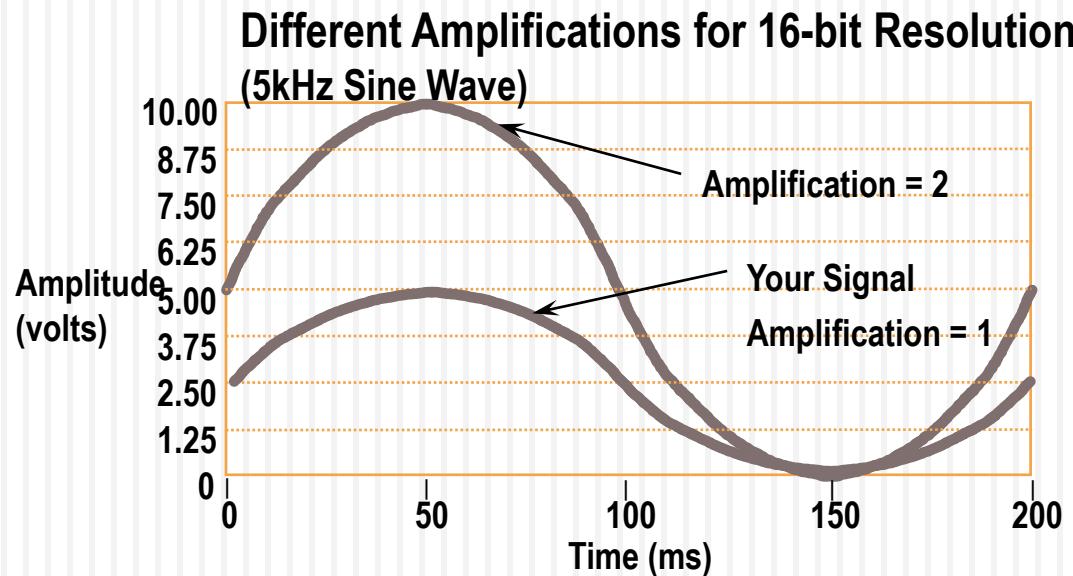
- În LabVIEW se alege max. și min. pentru alegerea amplificării pentru a aduce semnalul la domeniul ADC
- Valori posibile 0.5, 1, 2, 5, 10, 20, 50, or 100
- Nu se poate alege direct amplificarea:
  - Se aleg limitele pentru semnal în LabVIEW sau în DAQ Assistant
  - Amplificarea potrivita este aleasa de NI-DAQmx
- O amplificare potrivita = o reprezentare mai precisa a semnalului
  - Permite utilizarea intregii rezolutii



DAQmx Create Virtual Channel.vi

# Exemplu de alegere a amplificarii

- Domeniul semnalului = 0 la 5 Volti
- Domeniul pentru ADC = 0 la 10 Volti
- Amplificarea aleasa pentru amplificatorul de instrumentatie = 2



# Code Width

- Code Width reprezinta cea mai mica schimbare din semnal care poate fi detectata de sistem (este determinata de rezolutie, domeniu si amplificare)

$$\text{code width} = \frac{\text{domeniu}}{\text{amplificare} * 2^{\text{rezolutie}}}$$

- Code Width mai mic = o mai buna reprezentare a semnalului
- Exemplu: dispozitiv cu 12-bit , domeniu = 0 la 10V, amplificare = 1

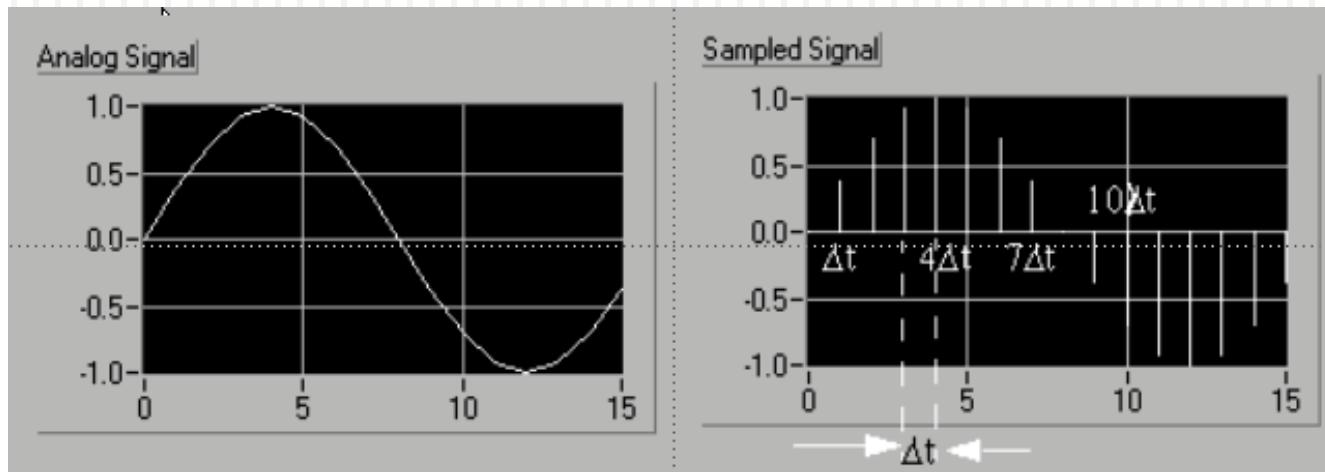
$$\frac{\text{domeniu}}{\text{amplificare} * 2^{\text{rezolutie}}} = \frac{10}{1 * 2^{12}} = 2.4 \text{ mV}$$

$$\text{Marirea domeniului: } \frac{20}{1 * 2^{12}} = 4.8 \text{ mV}$$

$$\text{Marirea amplificarii: } \frac{10}{100 * 2^{12}} = 24 \mu\text{V}$$

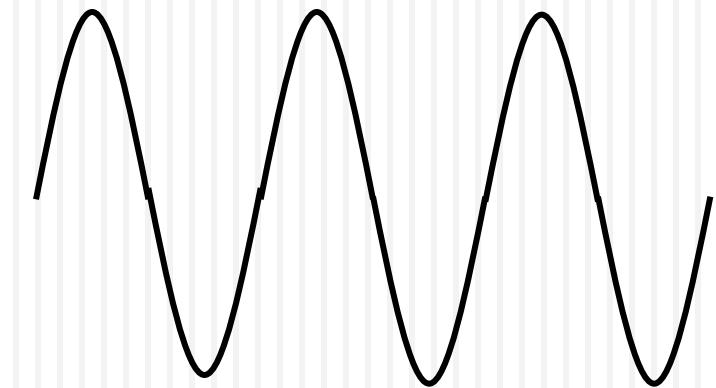
# Esantionarea semnalelor

- Esantioanele individuale sunt reprezentate prin:  
 $x[i] = x(i\Delta t)$ , for  $i = 0, 1, 2, \dots$
- Daca sunt prelevate  $N$  esantioane din semnalul  $x(t)$ :  
 $X = \{x[0], x[1], x[2], \dots, x[N-1]\}$
- Secventa  $X = \{x[i]\}$  este indexata după  $i$  și nu conține informații despre rata de esantionare

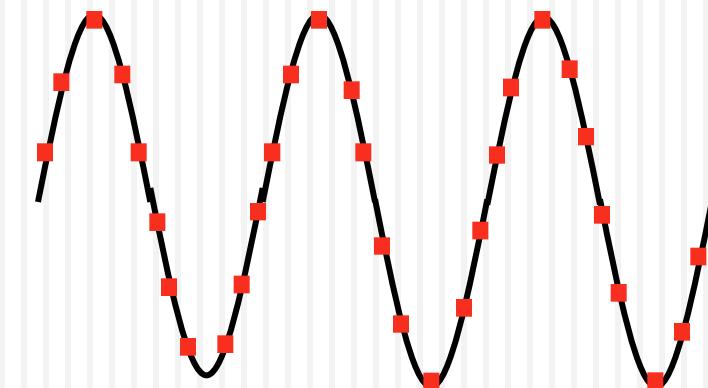


# Consideratii de esantionare a semnalelor

- Semnalul studiat este un semnal continuu in raport cu timpul
- Semnalul esantionat este o serie de esantioane discrete prelevate la o rata de esantionare specificata
- Cu cat prelevam esantioane mai des cu atat forma semnalului esantionat se apropie mai mult de cea a semnalului studiat
- Daca rata de esantionare nu este suficient de mare apare fenomenul de aliasing



**Semnalul studiat**

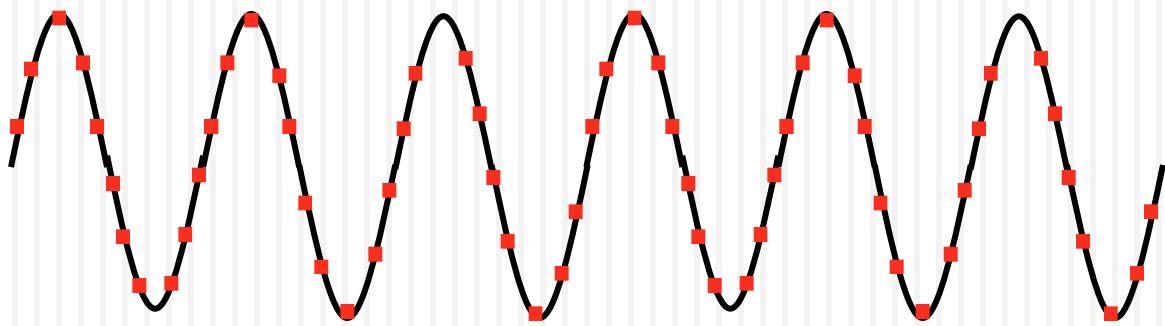


**Semnalul esantionat**

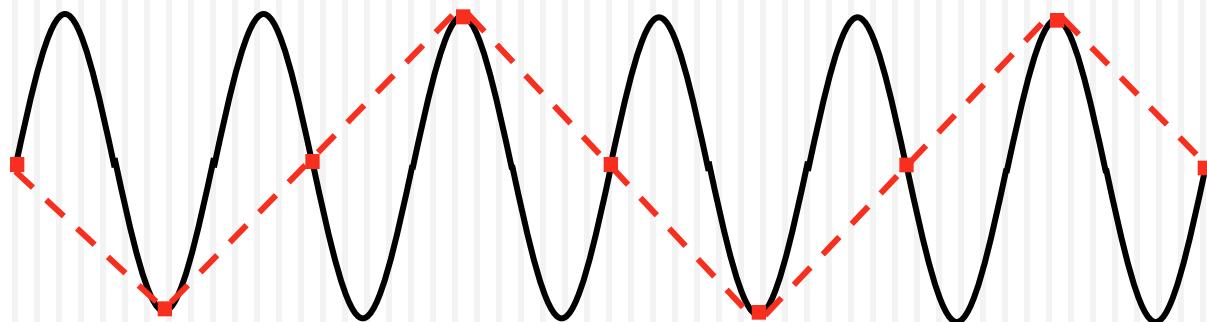
# Aliasing

- rata de esantioanre – cat de des conversia A/D se realizeaza
- Alias – inexactitate de reprezentare a semnalului

**Esantionare corecta**



**Efectul de aliasing**



**Efectul de aliasing  
datorita ratei de  
esantionare gresita**

# Teorema lui Shannon

- Fie semnalul  $x(t)$  având frecvență maximă a caracteristicii spectrale,  $\omega_M$ , finită, și  $x^*(t)$  semnalul eșantionat cu perioada de eșantionare  $T_e$ . Pentru ca semnalul  $x(t)$  să fie reconstruit, pornind de la  $x^*(t)$ , este necesar ca frecvența de eșantionare să fie cel puțin dublul frecvenței maxime  $\omega_M$  a caracteristicii spectrale:

$$\omega_e \geq 2\omega_M \quad \text{sau} \quad f_e = \frac{1}{T_e} \geq 2f_M \Leftrightarrow T_e \leq \frac{1}{2f_M}$$

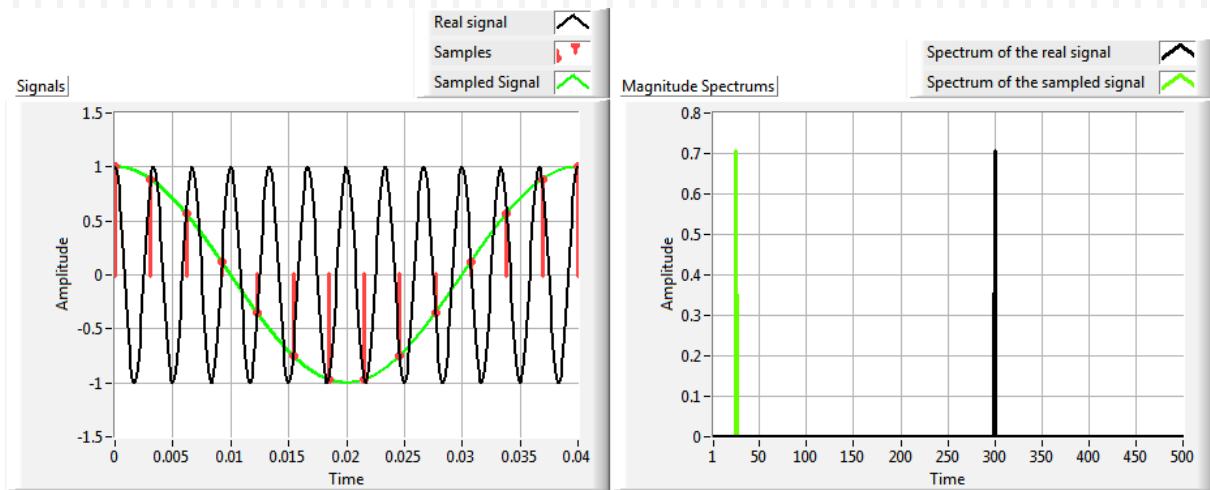
- NOTE: rata de esantionare trebuie să fie de 5 - 10 ori mai mare decât  $\omega_M$  (frecvența maxima) pentru a avea o reprezentare corectă a FORMEI semnalului.

# Fenomenul de aliasing

20

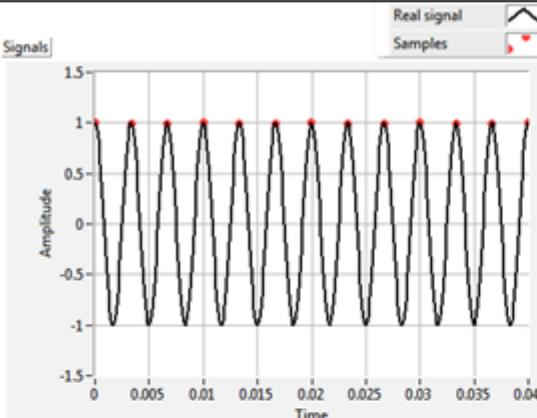
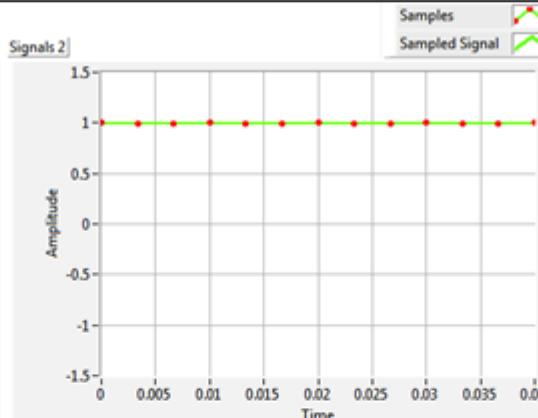
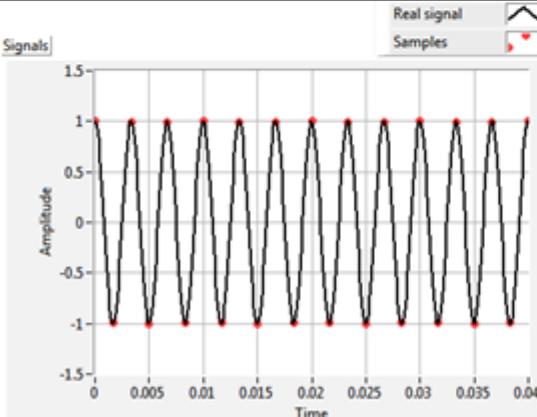
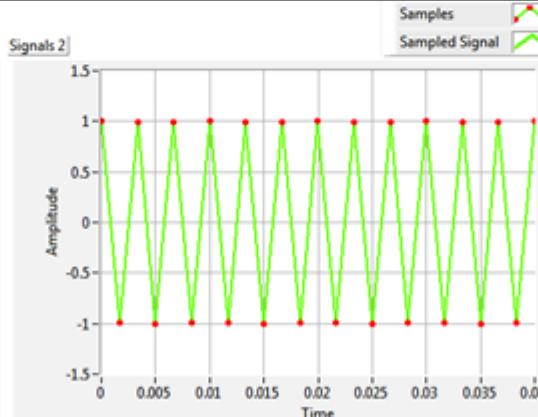


- Demonstratie
- Studiul fenomenului de aliasing



- $\sim 5$  min

# Nyquist Example

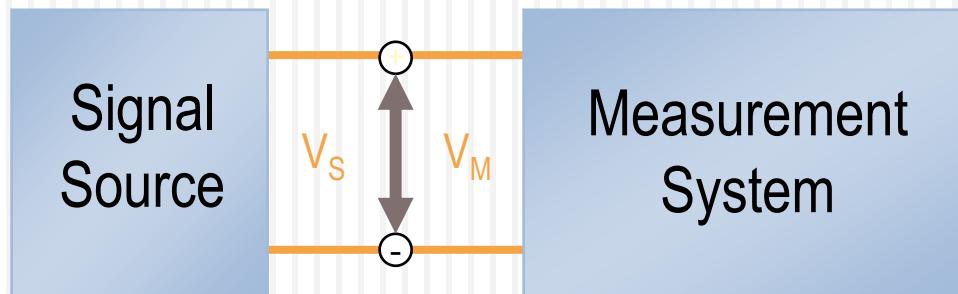
Semnal	Semnal eșantionat	Observații
<p>Real signal</p> <p>Samples</p>  <p>Frecvența de 300Hz</p>	<p>Signals 2</p> <p>Samples</p> <p>Sampled Signal</p>  <p>Rata de eșantionare=300S/s</p>	<p>Semnal afectat de efectul de aliasing</p>
<p>Real signal</p> <p>Samples</p>  <p>Frecvența de 300Hz</p>	<p>Signals 2</p> <p>Samples</p> <p>Sampled Signal</p>  <p>Rata de eșantionare=600S/s</p>	<p>Semnal eșantionat corect pentru analiza spectrală.</p> <p>Rata de eșantionare egală cu frecvența Nyquist.</p>



# Conectarea surselor de semnal la sistemele de masura

# Impamantarea

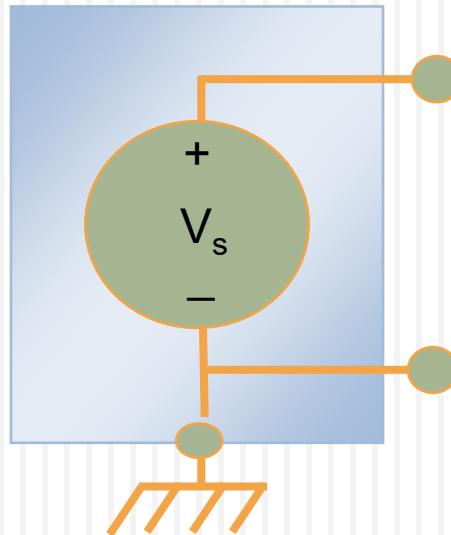
- Pentru a realiza masuratori corecte trebuie conectat corect sistemul la masa
- În functie de cum este semnalul raportat la masa va afecta modul în care trebuie conectat amplificatorul de instrumentație al placii de achiziție



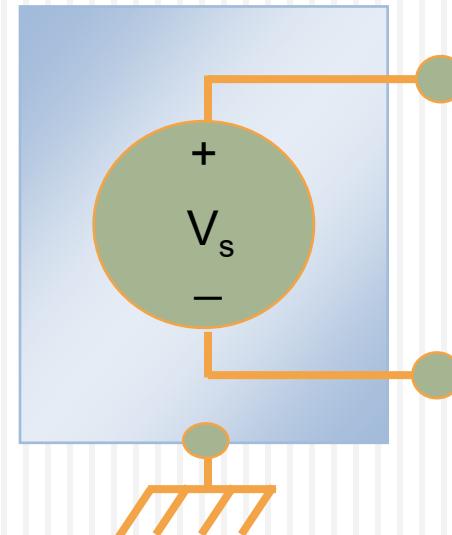
# Categorii de surse de semnal

Sursa de semnal

cu impamantare

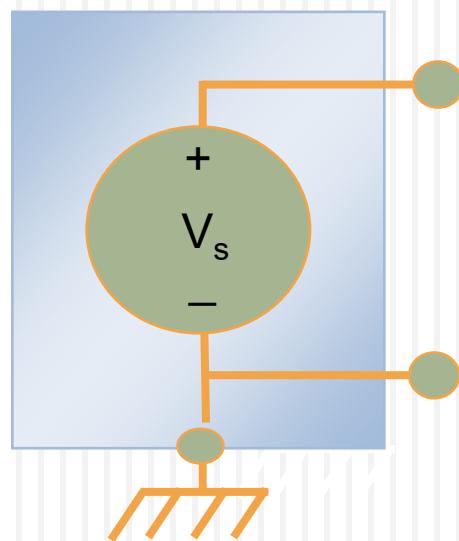


flotant



# Surse de semnal cu impamantare

Sursa de semnal  
cu impamantare

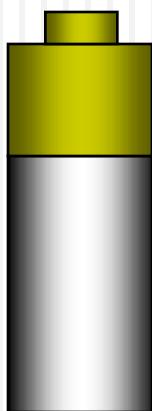


- Sursa de semnal
- Semnalul este raportat la un sistem de impamantare
  - Masa pamantului
  - Masa cladirii
- Exemple:
  - surse de alimentare
  - generatoare de semnal
  - orice este conectata la o prize cu impamantare



Priza cu impamantare

# Surse de semnal flotante

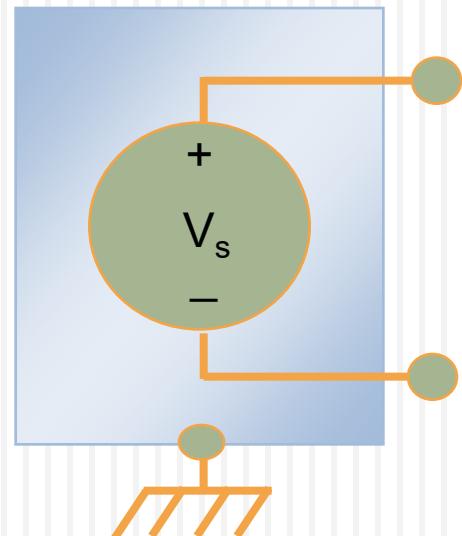


## Sursa de semnal

- Semnalul **nu** este raportat la un sistem de impamnatare
  - Masa pamantului
  - Masa cladirii
- Examples:
  - baterii
  - termocouple
  - transformatoare
  - amplificatoare cu izolatie

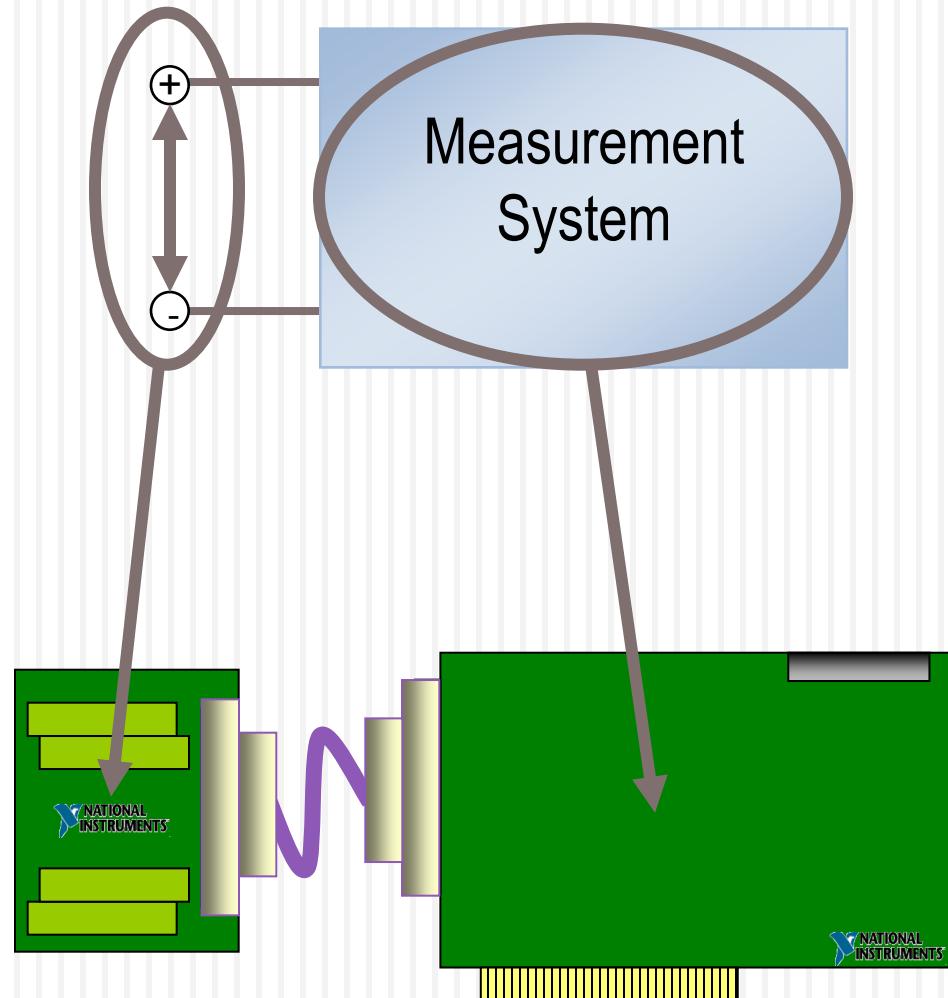


Flotant



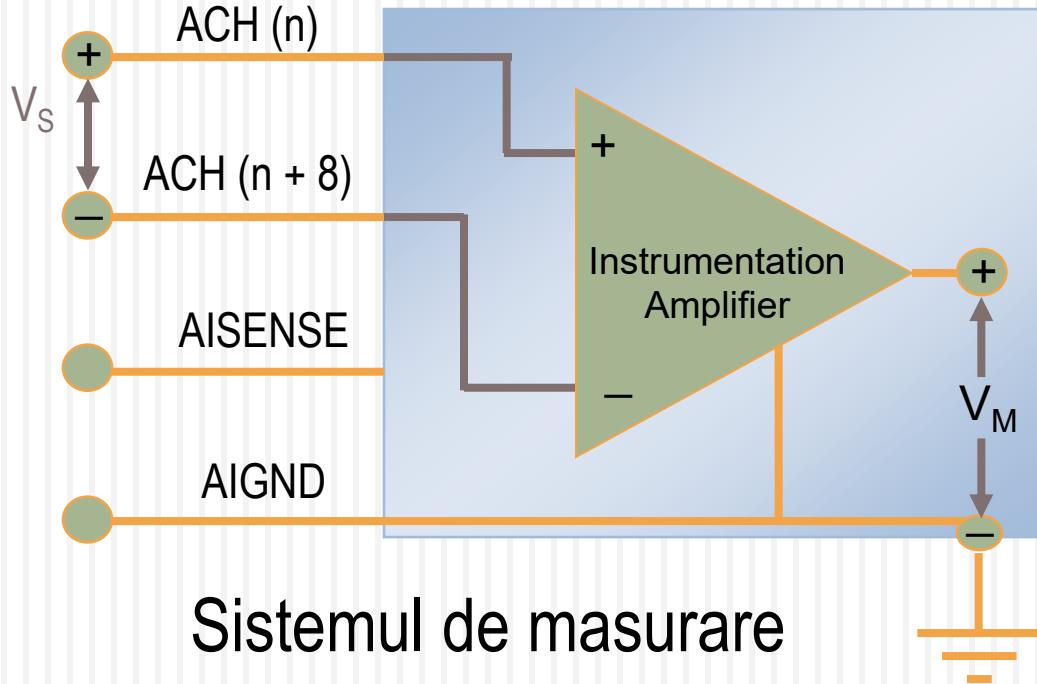
# Sistem de masurare

- Există trei moduri de legare la masa a sistemului de masurare
  - Differential
  - Referenced Single-Ended (RSE)
  - Non-Referenced Single-Ended (NRSE)
- Alegerea modului de conectare depinde raportarea la masa a semanlului



# Modul differential

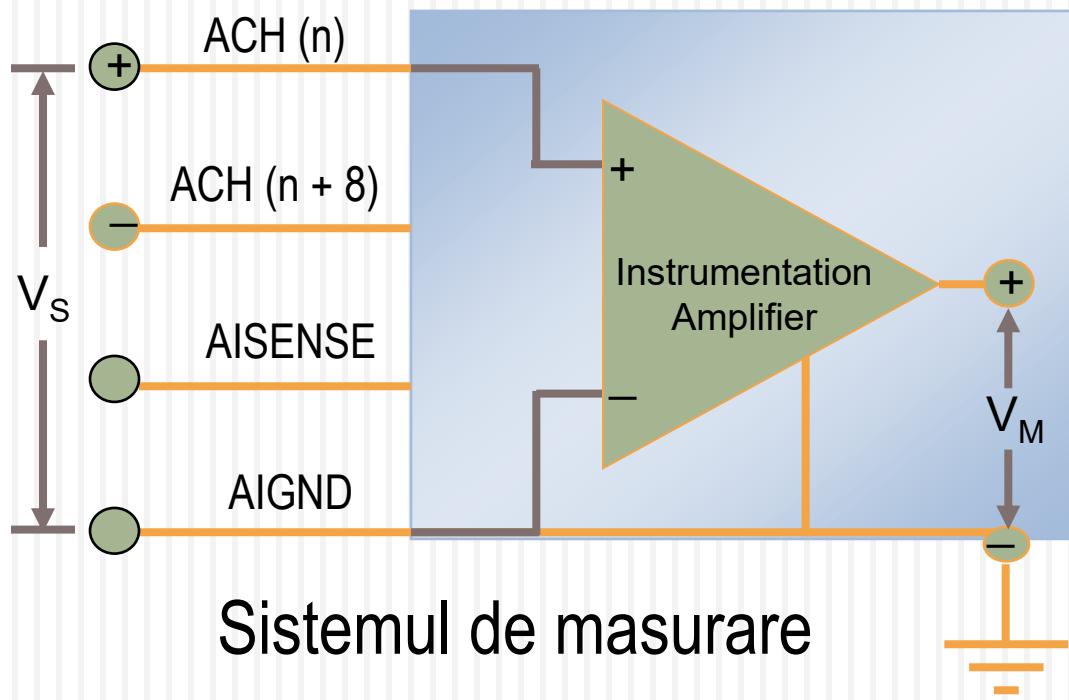
- Doua canale utilizate pentru fiecare semnal
  - ACH 0 in pereche cu ACH 8, ACH 1 in pereche cu ACH 9, etc.
- Rejectie a tensiunii de mod comun si a zgomotului de mod comun



ACH8	34	68	ACH0
ACH1	33	67	AIGND
AIGND	32	66	ACH9
ACH10	31	65	ACH2
ACH3	30	64	AIGND
AIGND	29	63	ACH11
ACH4	28	62	AISENSE
AIGND	27	61	ACH12
ACH13	26	60	ACH5
ACH6	25	59	AIGND
AIGND	24	58	ACH14
ACH15	23	57	ACH7

# Modul RSE

- Referenced Single-Ended (RSE)
- Masuratorile sunt realizate cu referinta la masa systemului
- Un singur canal pentru fiecare semnal
- Nu se rejecta tensiunea de mod comun

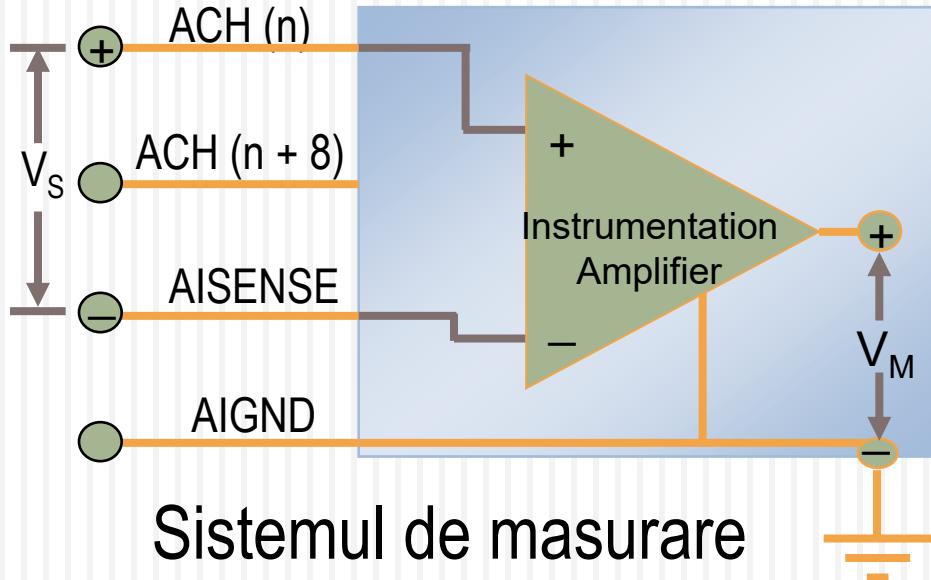


ACH8	34	68	ACH0
ACH1	33	67	AIGND
AIGND	32	66	ACH9
ACH10	31	65	ACH2
ACH3	30	64	AIGND
AIGND	29	63	ACH11
ACH4	28	62	AISENSE
AIGND	27	61	ACH12
ACH13	26	60	ACH5
ACH6	25	59	AIGND
AIGND	24	58	ACH14
ACH15	23	57	ACH7

# Modul NRSE

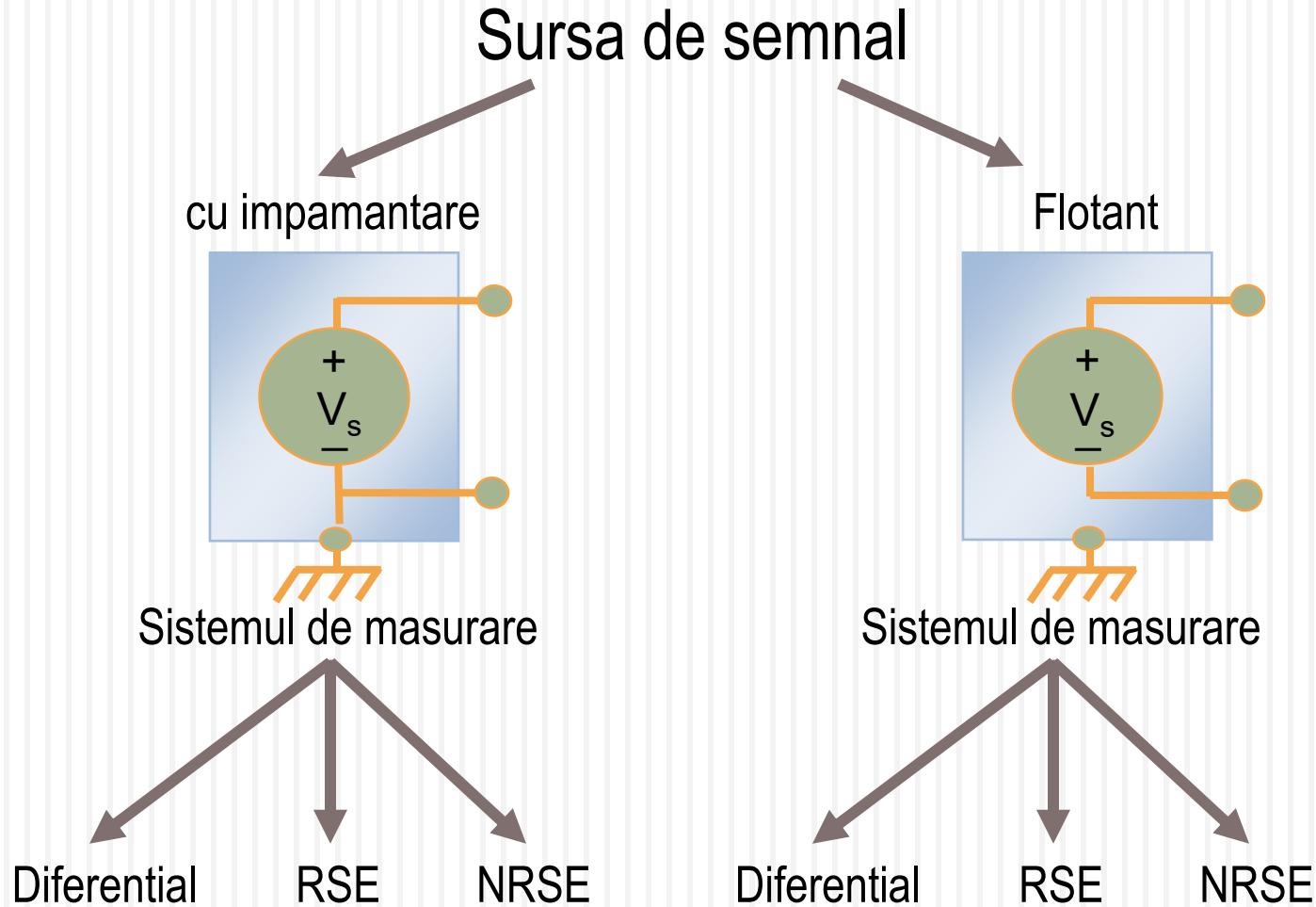
## □ Non-Referenced Single-Ended (NRSE)

- ▢ O variație a modului RSE
- ▢ Un singur canal pentru fiecare semnal
- ▢ Masuratori sunt realizate cu referință la AISENSE nu la masa sistemului
- ▢ AISENSE este flotant
- ▢ Nu se rejecta tensiunea de mod comun

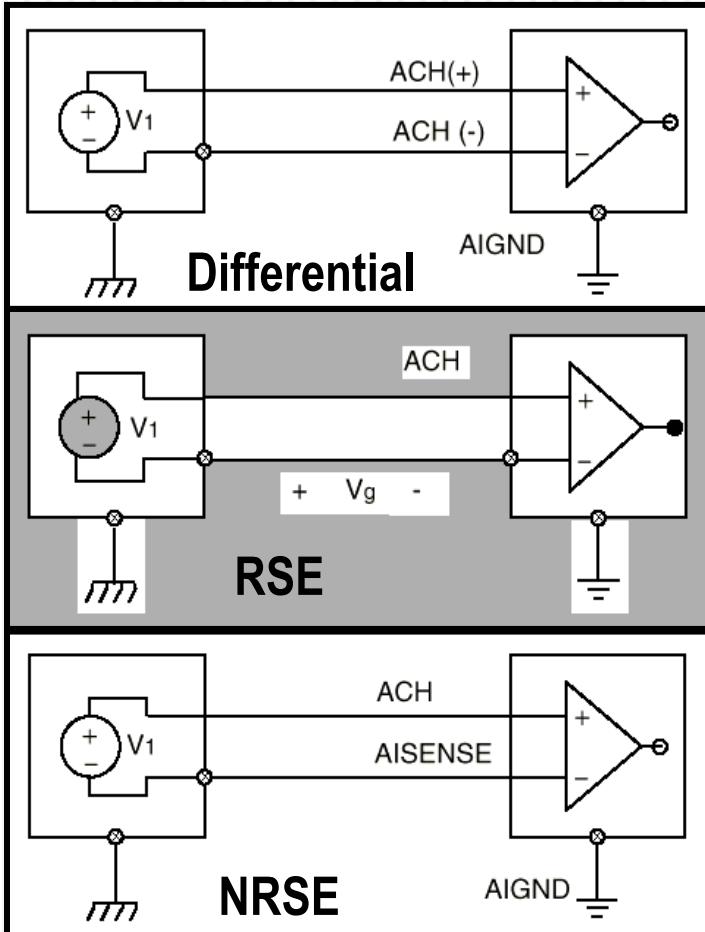


ACH8	34	68	ACH0
ACH1	33	67	AIGND
AIGND	32	66	ACH9
ACH10	31	65	ACH2
ACH3	30	64	AIGND
AIGND	29	63	ACH11
ACH4	28	62	AISENSE
AIGND	27	61	ACH12
ACH13	26	60	ACH5
ACH6	25	59	AIGND
AIGND	24	58	ACH14
ACH15	23	57	ACH7

# Alegerea modului de masurare



# Optiuni pentru sursele de semnal cu impamantare



## Cel mai bun

- + Rejectia tensiunii de mod comun
- Doua canale pentru un semnal (jumata din canale)

## Ne recomandat

- Diferenta de tensiune ( $V_g$ ) dintre cele doua mase creeaza o bucla de masa ce poate sa strice dispozitivele

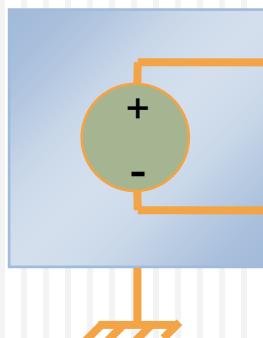
## Bun

- + permite utilizarea tuturor canalelor
- nu se rejecta tensiunea de mod comun

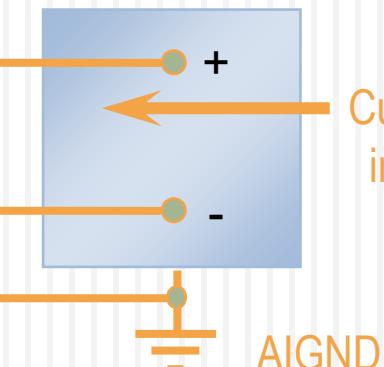
# Rezistori de polarizare

- Necesari pentru sursele flotante si pentru sistemele de masurare flotante (Differential sau NRSE)
- Ofera o cale de scurgere catre masa a curentilor de polarizare a amplificatorului de instrumentatie
- Valoarea recomandata este intre  $10\text{ k}\Omega$  si  $100\text{ k}\Omega$

Sursa de semnal



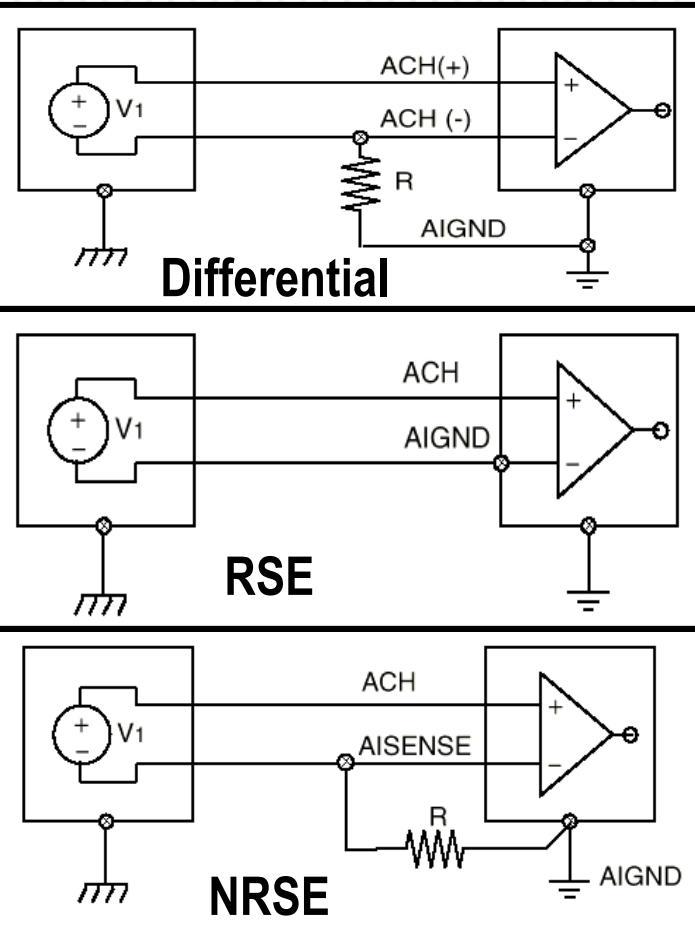
Sistemul de masurare



Curentul de polarizare  
injectat in sistem de  
amplificatorul de  
instrumentatie

AIGND

# Optiuni pentru sursele de semnal flotante



## Cel mai bun

- + Rejectia tensiunii de mod comun
- Doua canale pentru un semnal (jumata din canale)
- Necesita rezistori de polarizare

## Mai bun

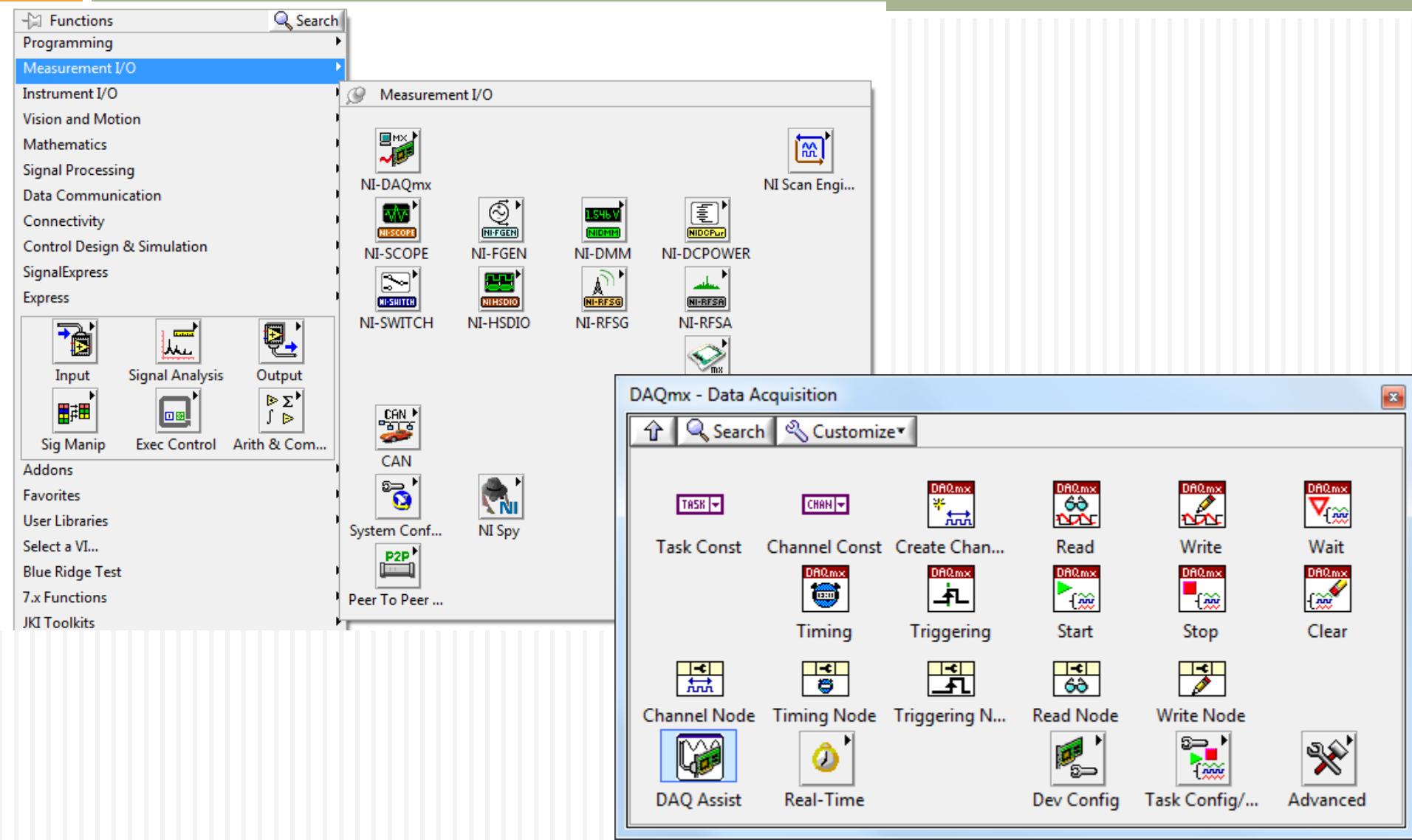
- + Permite utilizarea tuturor canalelor
- + Nu necesita rezistori de polarizare
- Nu se rejecta tensiunea de mod comun

## Bun

- + Permite utilizarea tuturor canalelor
- Necesita rezistori de polarizare
- Nu se rejecta tensiunea de mod comun

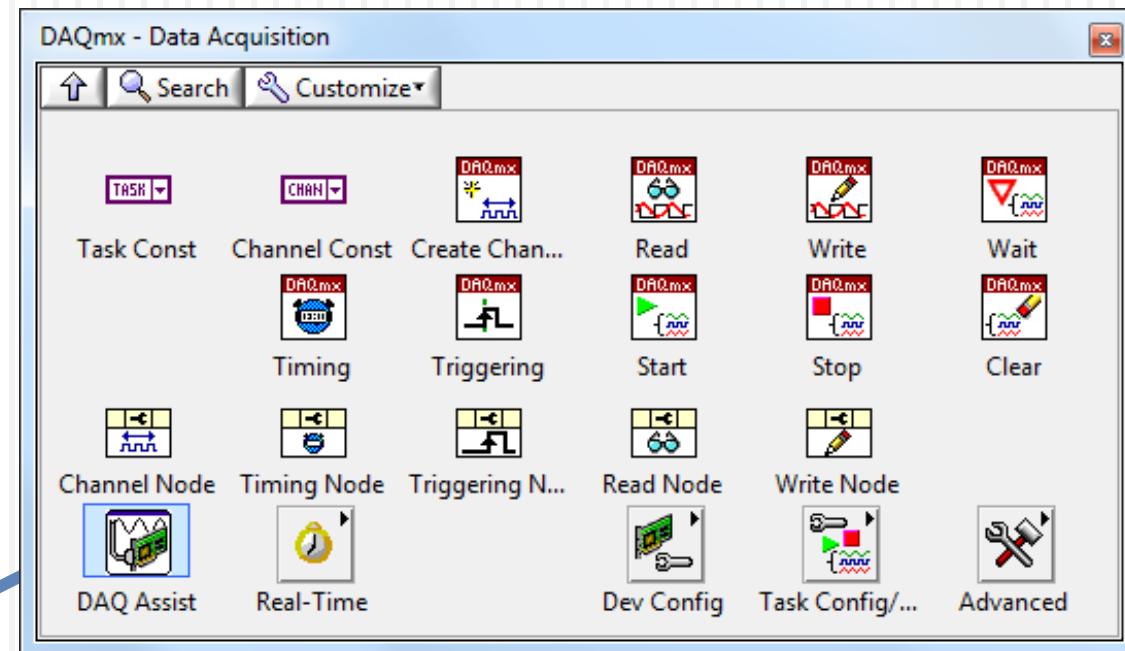
# Achiziția de date în LabVIEW

35



# Achizitie de Date folosind NI-DAQmx

Un singur set de VI-uri folosite pentru a face Analog I/O, Digital I/O si operatii de numarare



## DAQ Assistant Express VI

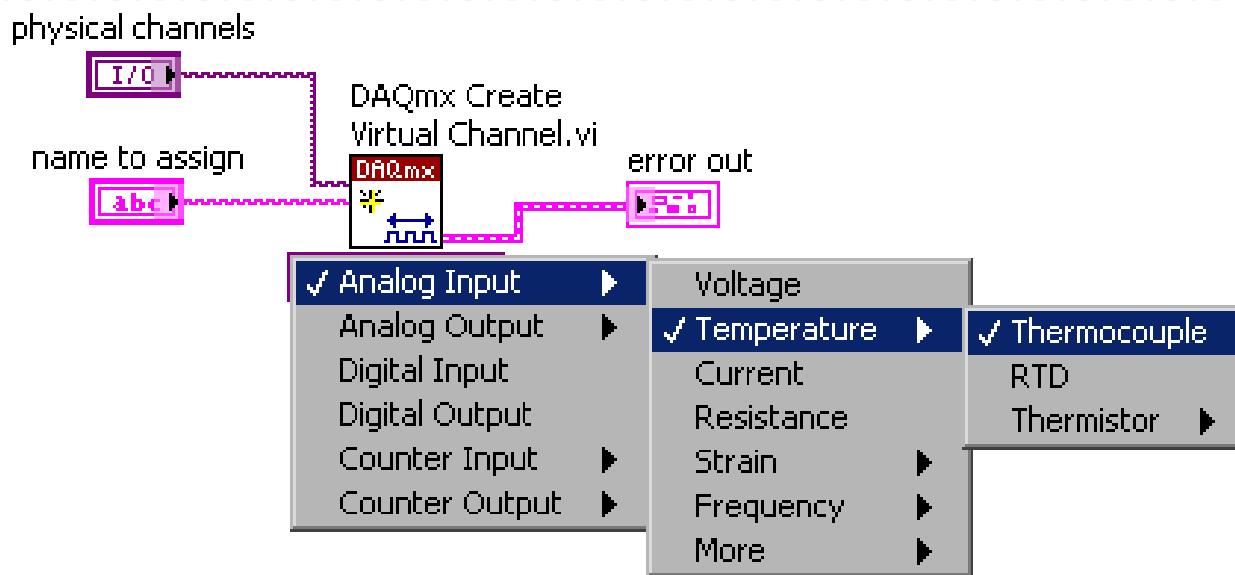
- Rapid si usor se programeaza sistemul DAQ
- Creaza un “task” local
- Majoritatea aplicatiilor pot sa utilizeze

## DAQ Assistant Express VI

# Create Virtual Channel VI

- Create Virtual Channel VI

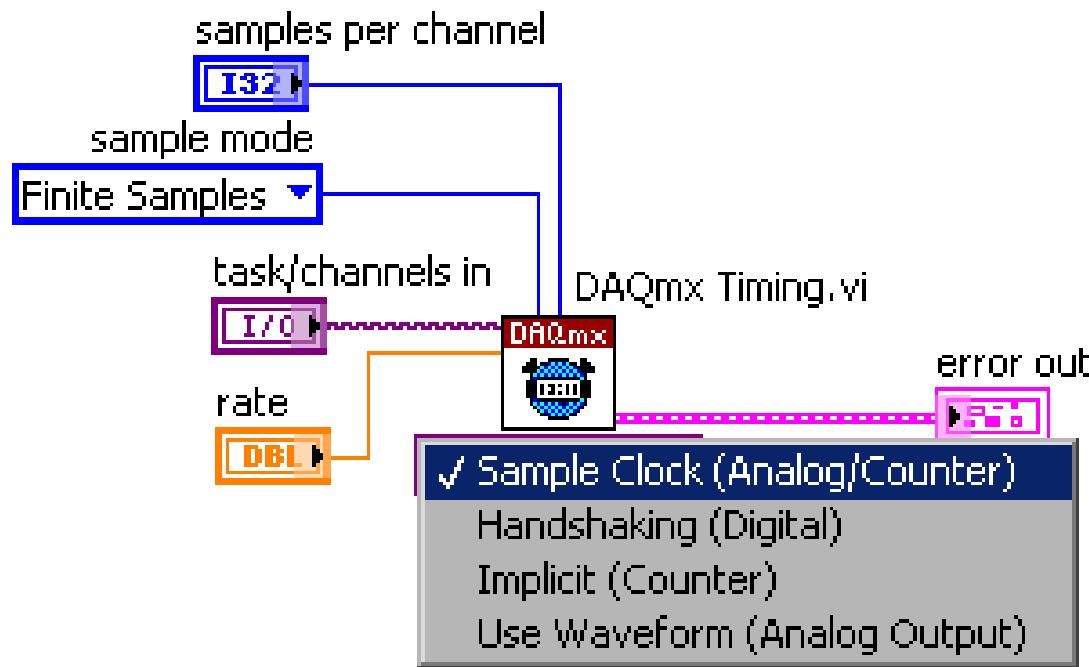
- Crearea de canale virtuale programatic
- Adaugarea canalelor virtuale unui task specificat



# Timing VI

- **Timing VI**

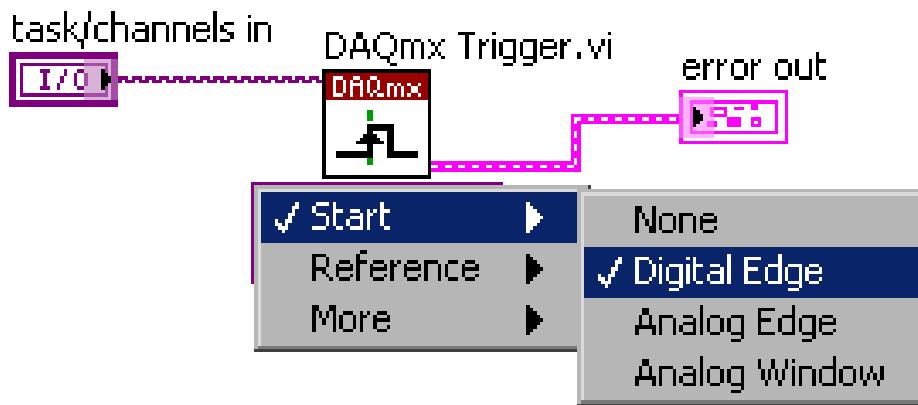
- configurarea ratei de esantionare si a modului de esantionare
- Crearea unui buffer cand este necesar (automat)



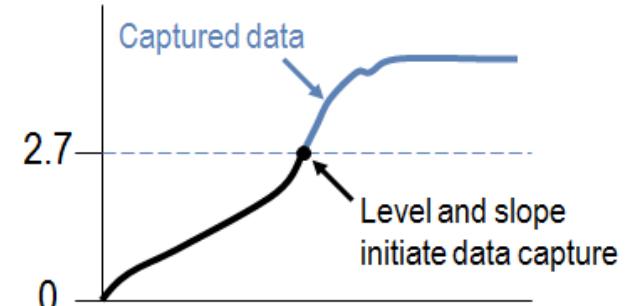
# Trigger VI

- Trigger VI

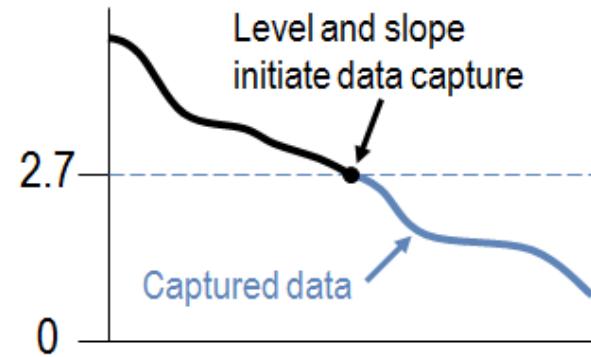
- configurarea task-ului pentru startarea in functie de anumite semnale (digitale, analogice sau ferestre analogice), pe panta crescatoare/descrescatoare



Slope = Rising  
Level = 2.7



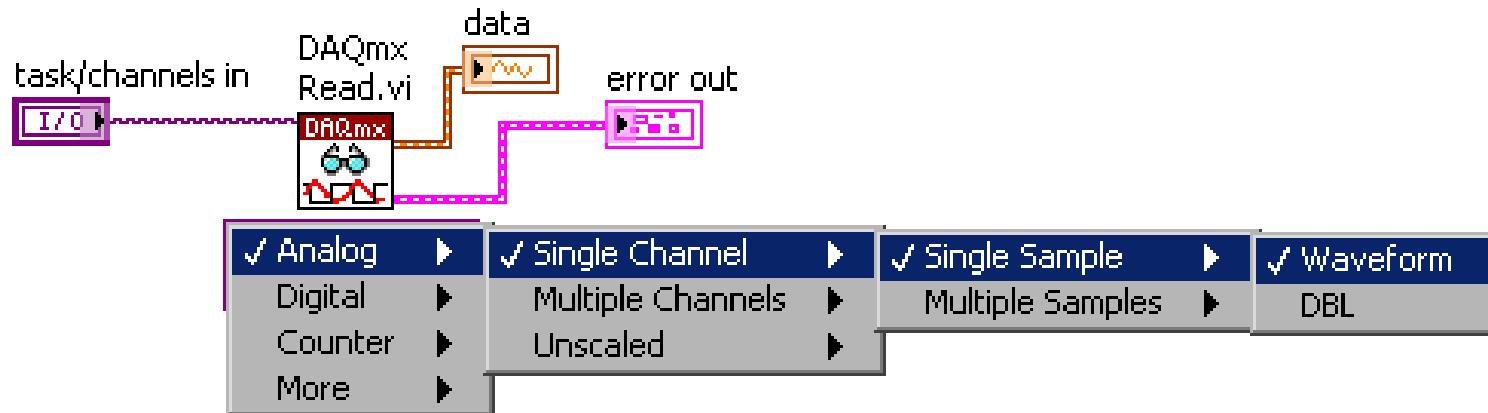
Slope = Falling  
Level = 2.7



# Read VI

- **Read VI**

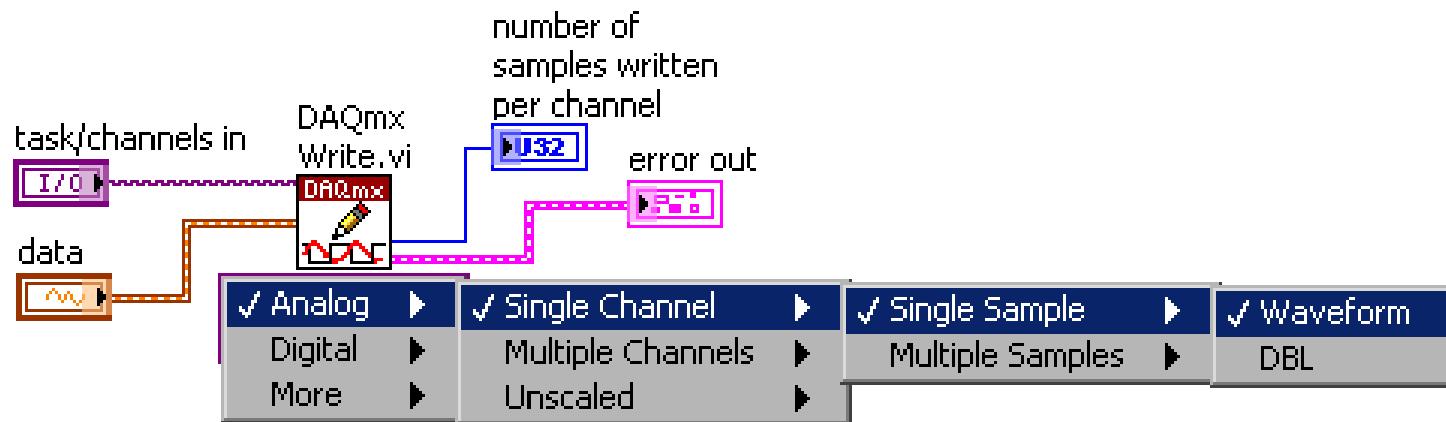
- utilizeaza pentru canale analogice, digitale sau numaratoare (counter)
- unu sau mai multe canale si esantioane



# Write VI & Write Property Node

- **Write VI**

- utilizeaza pentru canale analogice sau digitale
- unu sau mai multe canale si esantioane

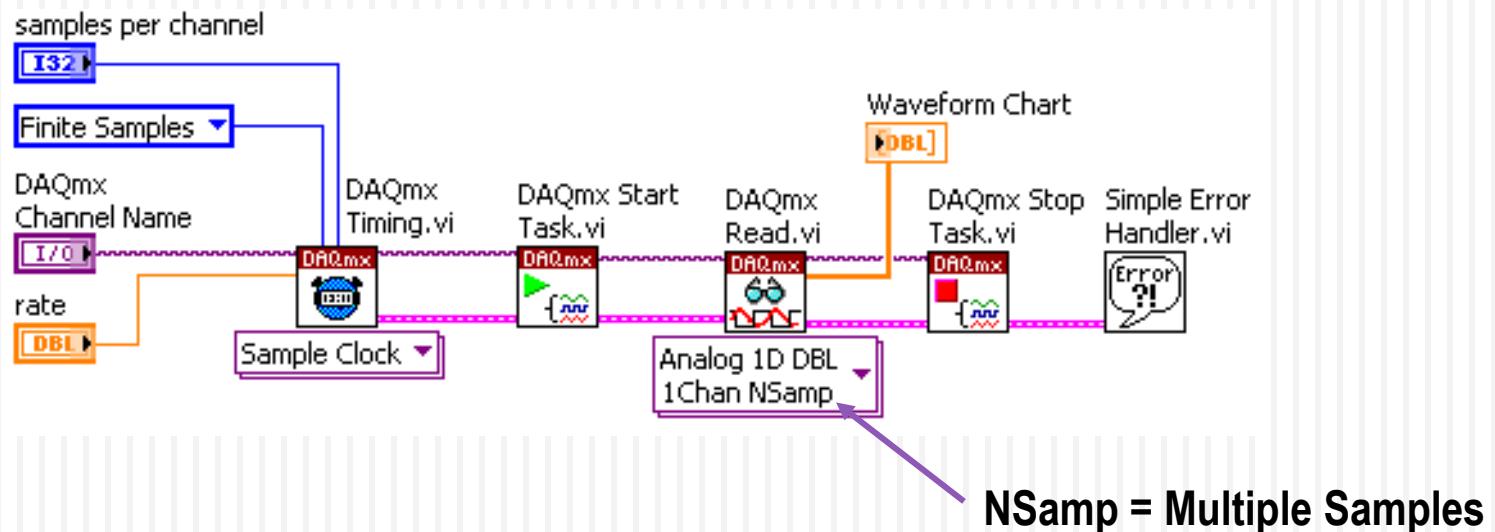


# Startarea si oprirea Task-ului

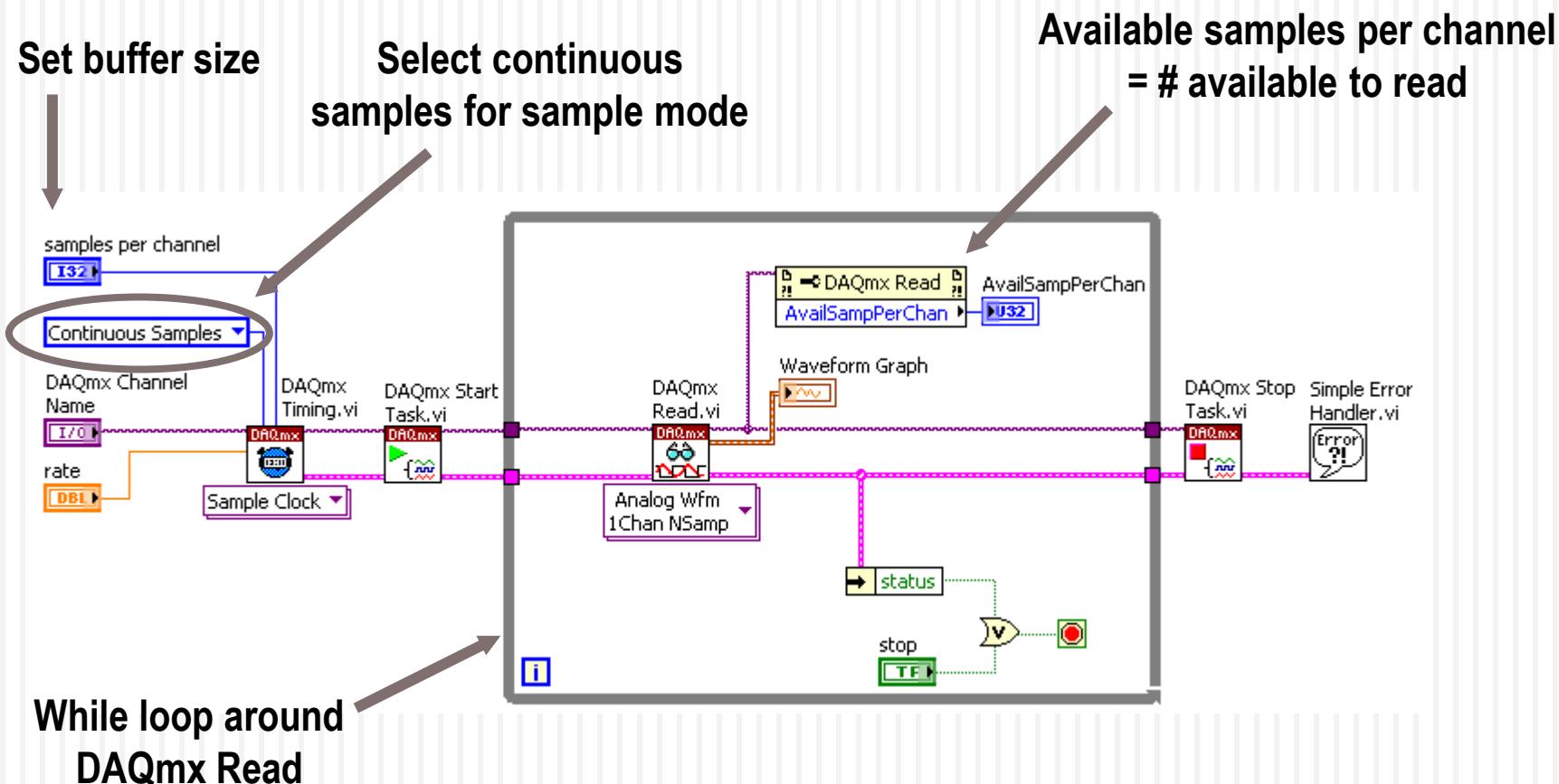
- Start Task – porneste masurarea sau generarea
- Stop Task – opreste sau generarea



# Achizitia unui numar finit de esantioane



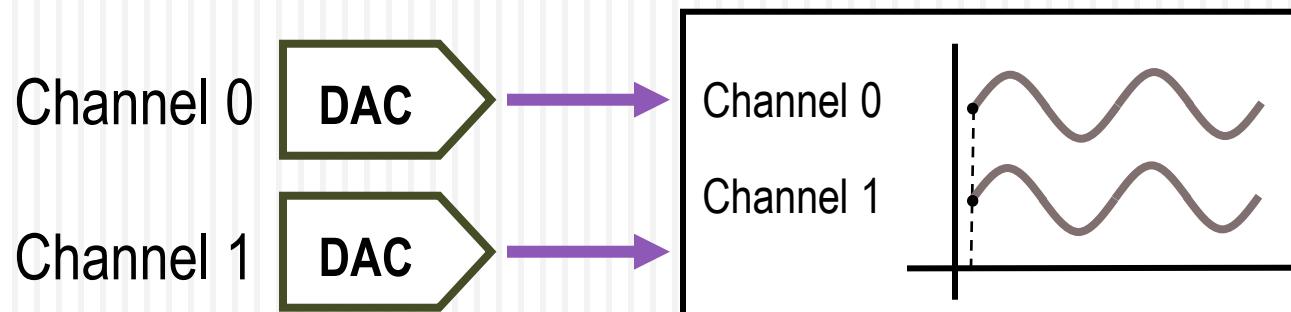
# Achizitia continua



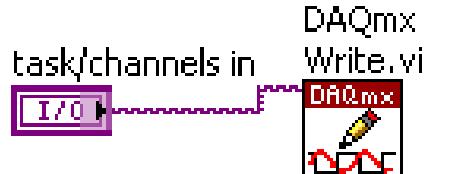
# Generarea de semnal

# Arhitectura Analog Output

- Majoritatea placilor E-Series DAQ au cate un convertor Digital-to-Analog pentru fiecare canal  
=> DAC-urile se actualizeaza in acelasi timp



# DAQmx Write VI



## 1. Select Settings



**Signal Type**

**Single or  
Multiple  
Channels?**

**Single or  
Multiple  
Samples?**

**Write data as  
waveform or  
double (array)  
type?**

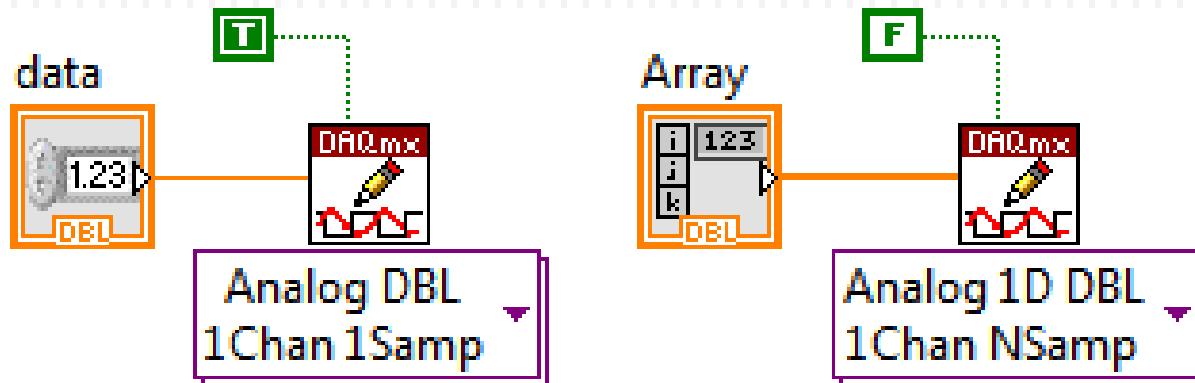
## 2. Verify Settings



- ✓ Analog
- ✓ 1 Channel
- ✓ N Samples
- ✓ Waveform

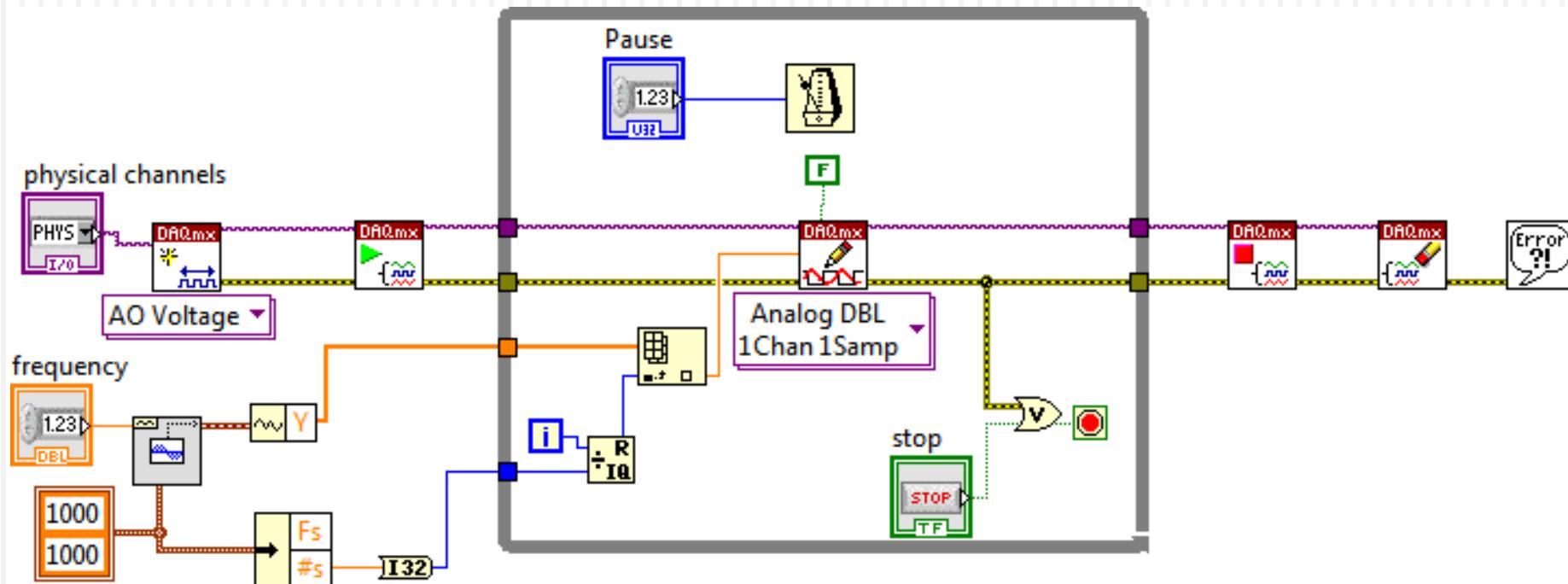
# Parametru Auto Start pentru Write VI

- Controleaza inceperea generarii:
  - Pentru un singur esantion, default auto start este True
  - Pentru mai multe esantioane, default auto start este False
- Daca se utilizeaza VI-urile Start/Stop Task VI, trebuie fixat parametru auto start pe False



# Software-timed Analog Output Loop

- Generarea unei valori din vector la fiecare iteratie pana la apasarea butonului stop.



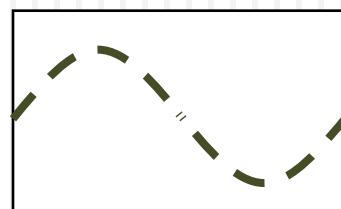
# Generare unui nr. finit de esantioane

- 
-   Configurare generare si buffer
  -   Scrierea datelor in buffer
  -   Start task
  -   Verificare efectuare Task (Wait Until Done)
  -   Stop task
  -   Management erori

# Frecvența semnalului de ieșire

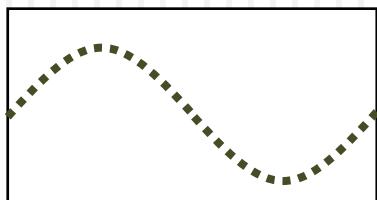
□ Depinde de doi factori:

- Rata de actualizare (Update Rate)
- Numarul de cicli din buffer



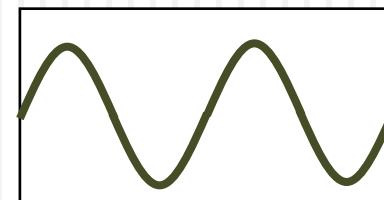
- 1000 de puncte in buffer
- nr. de ciclii din buffer = 1
- Rata de actualizare= 1kHz
- Frecvența semnalului = 1Hz

Rata de actualizare = 2 kHz



Frecvența semnalului = 2 Hz

Nr. de cicli din buffer = 2



Frecvența semnalului = 2 Hz

# Wait Until Done vs. Is Task Done



## □ Wait Until Done VI

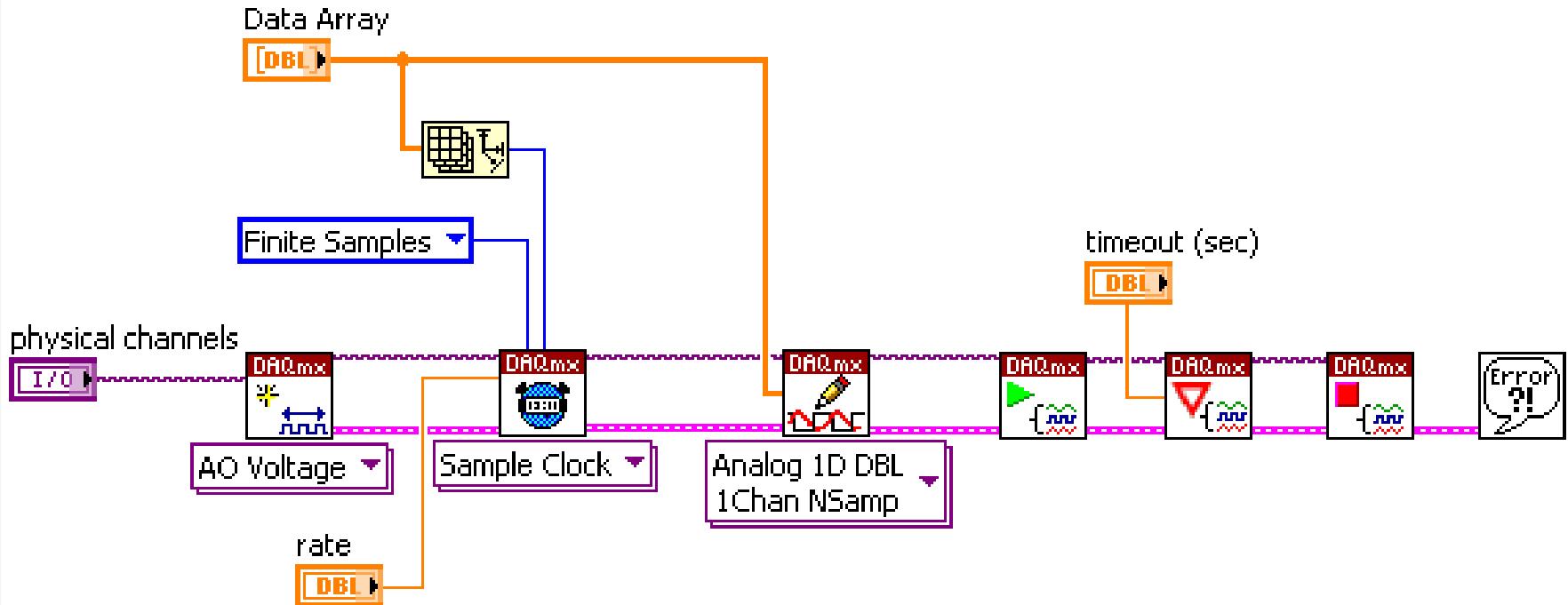
- Folosit pentru achizitii finite
- Utilizatorul poate seta un timeout
- Blocheaza task pana finalizarea executiei



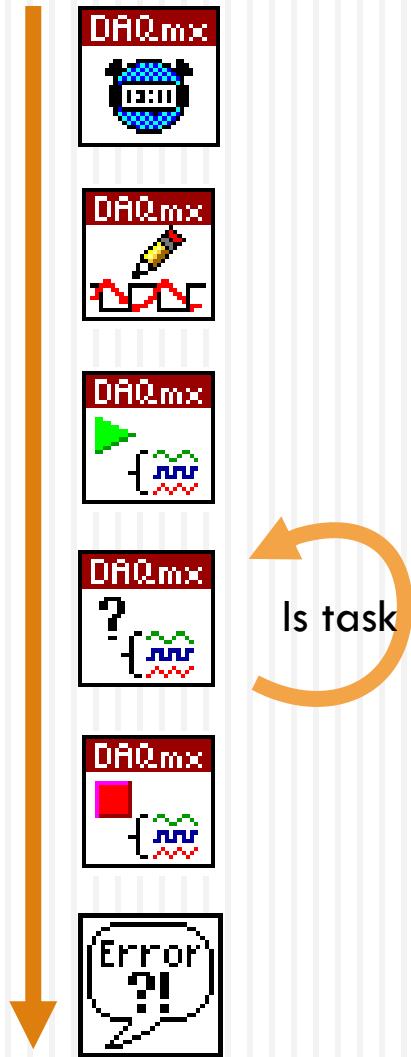
## □ Is Task Done VI

- Folosit pentru verificarea erorilor in modul Continuous Samples

# Multiple Sample Generation Example



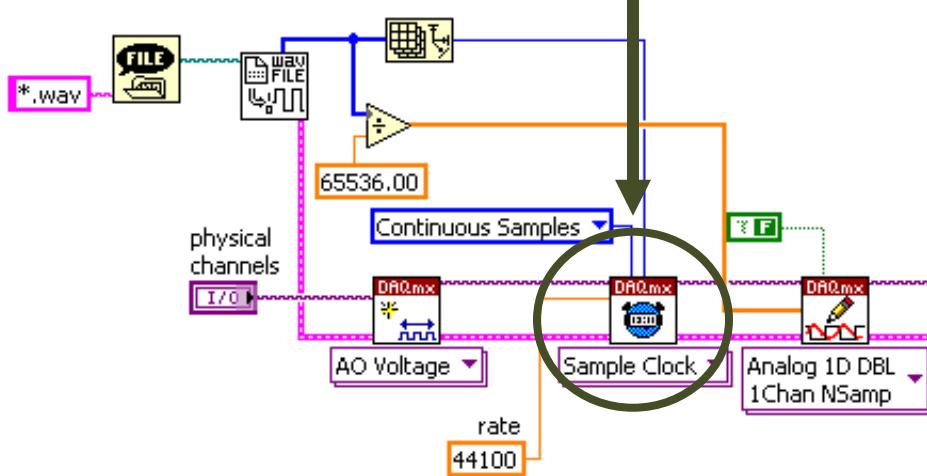
# Generare continua de esantioane



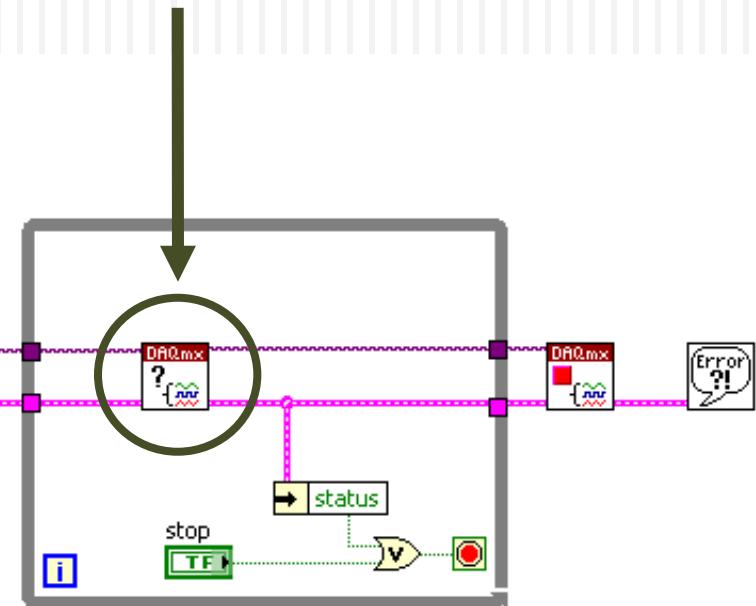
- Configurare generare si buffer
- Scrierea datelor in buffer
- Start task
- Este Task-ul ok?
- Stop task
- Management erori

# Generarea continua utilizand Sample Clock

DAQmx Timing VI – Use Sample Clock Instance

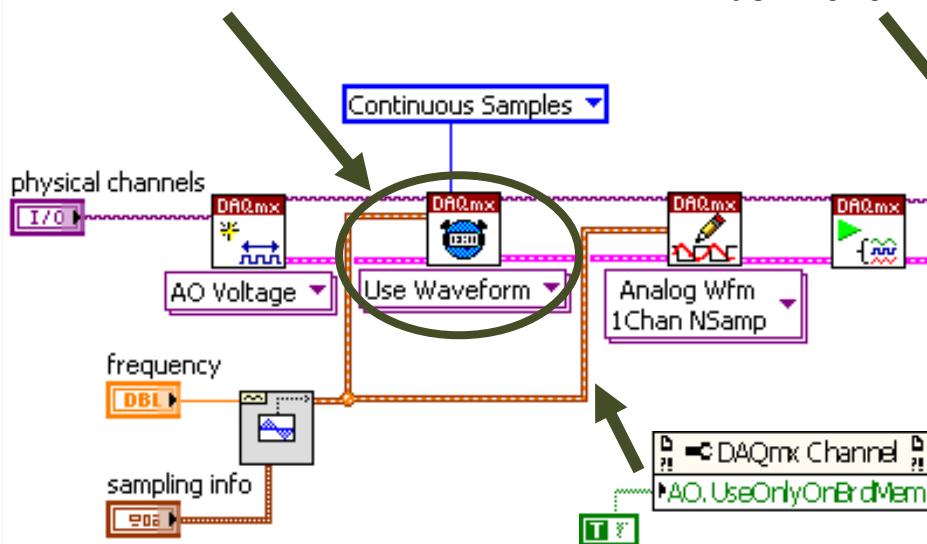


DAQmx Is Task Done VI

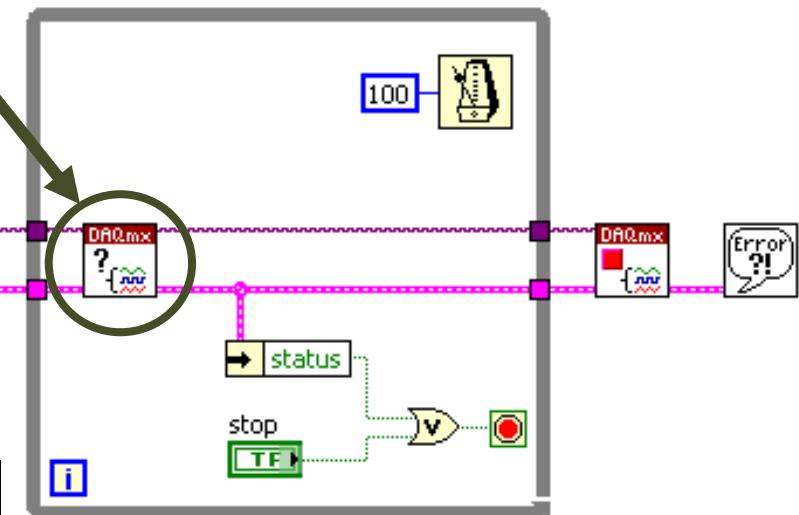


# Generarea continua utilizand dt pentru temporizare

DAQmx Timing VI - Use Waveform Instance



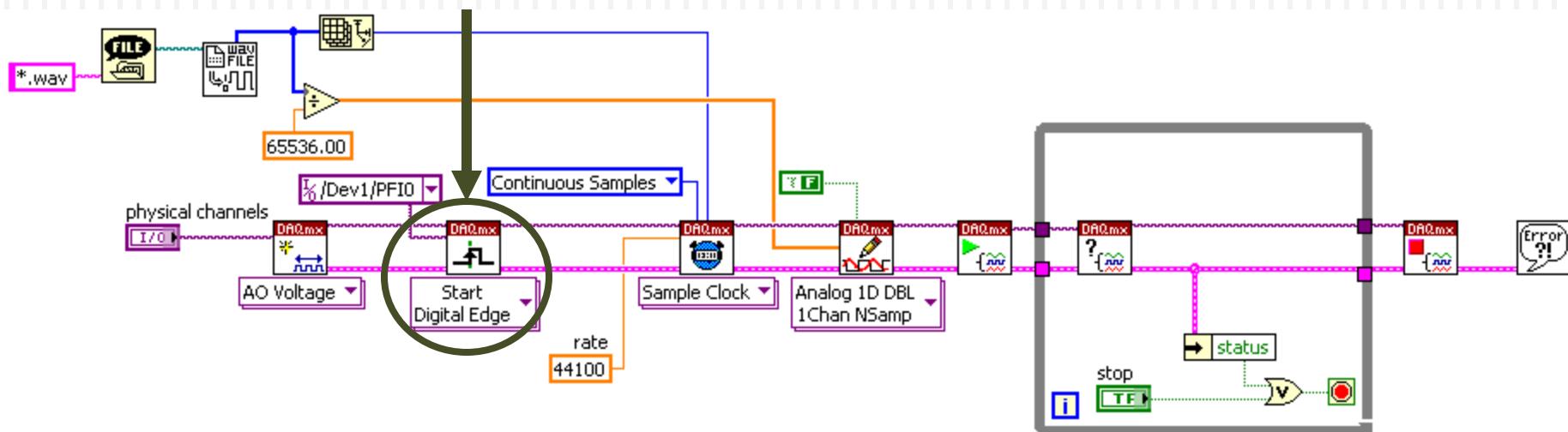
DAQmx Is Task Done VI



# Generarea cu triggerare digitală

## Utilizando DAQmx Trigger VI

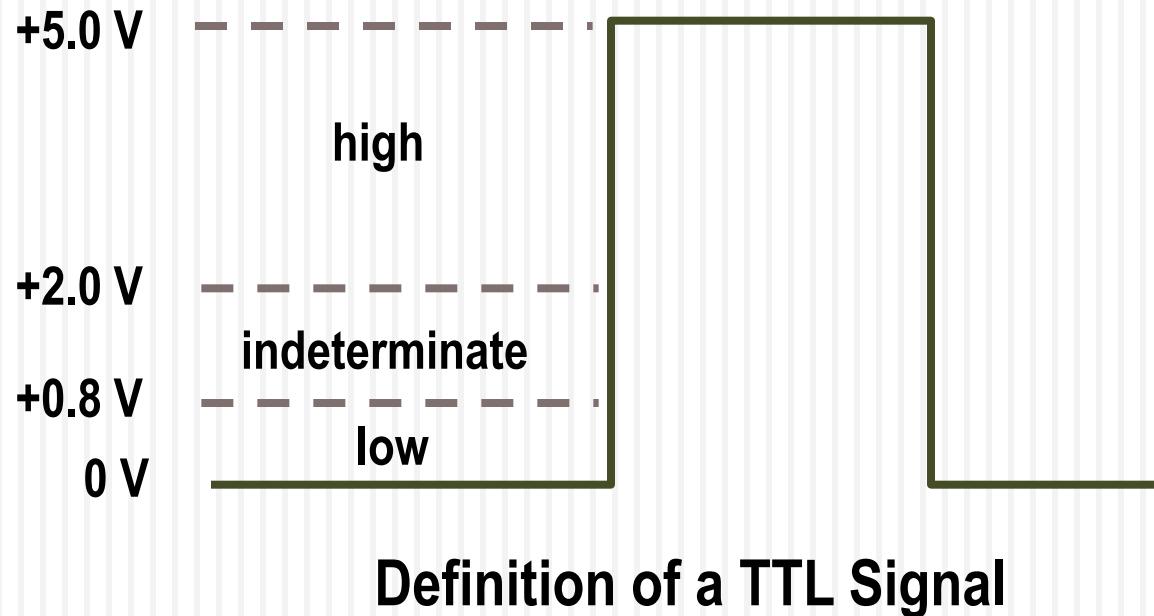
# DAQmx Trigger VI



# Digital Input Output - DIO

# Digital Signals

- Liniile digitale acceptă și generează semnale compatibile TTL

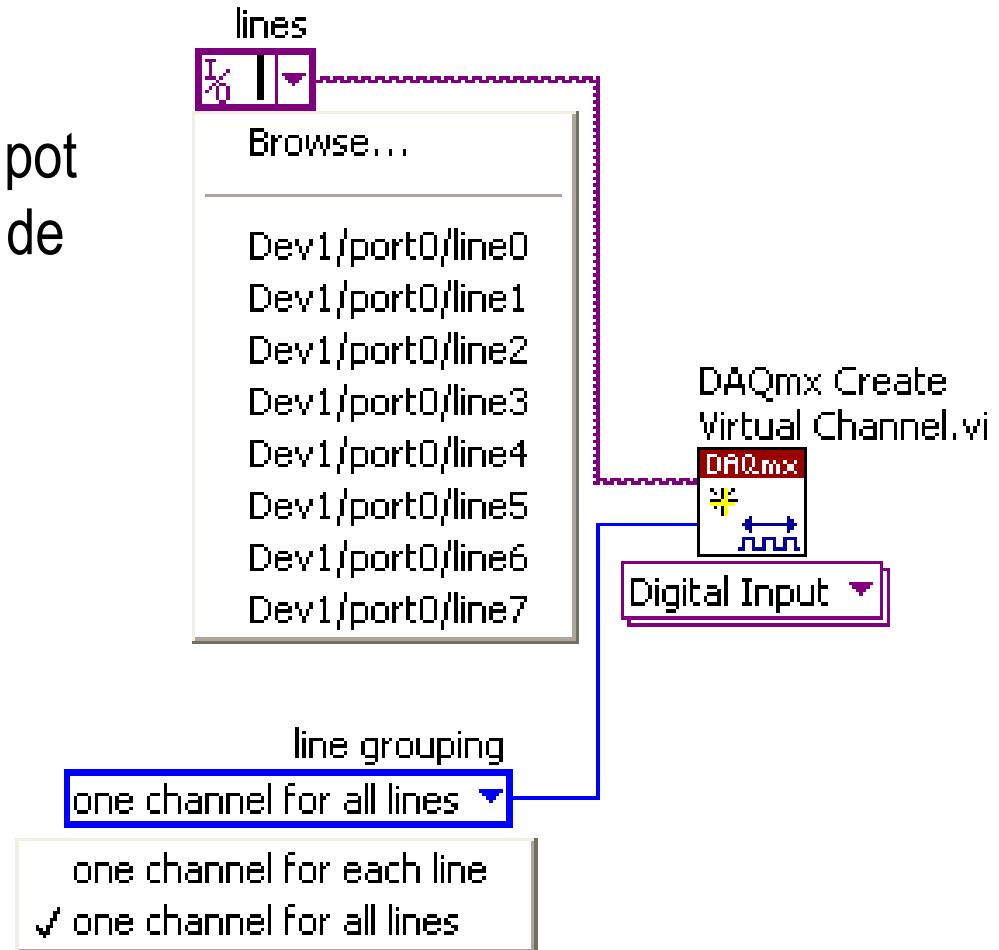


# Termeni digitali

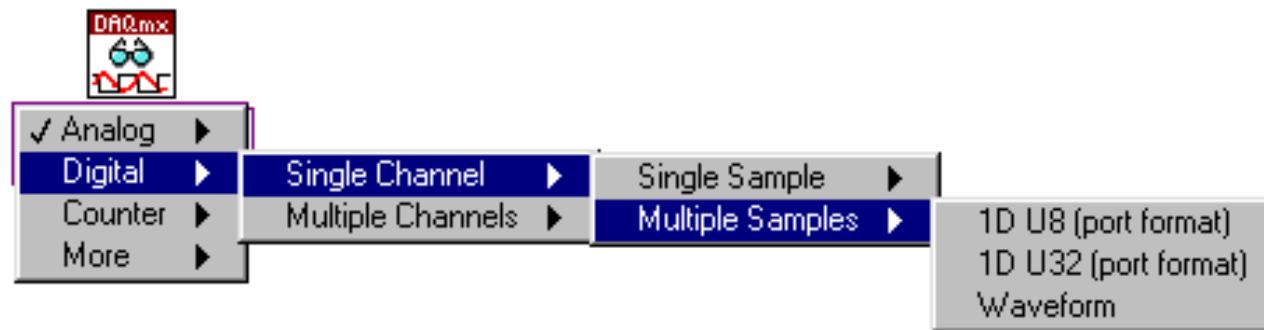
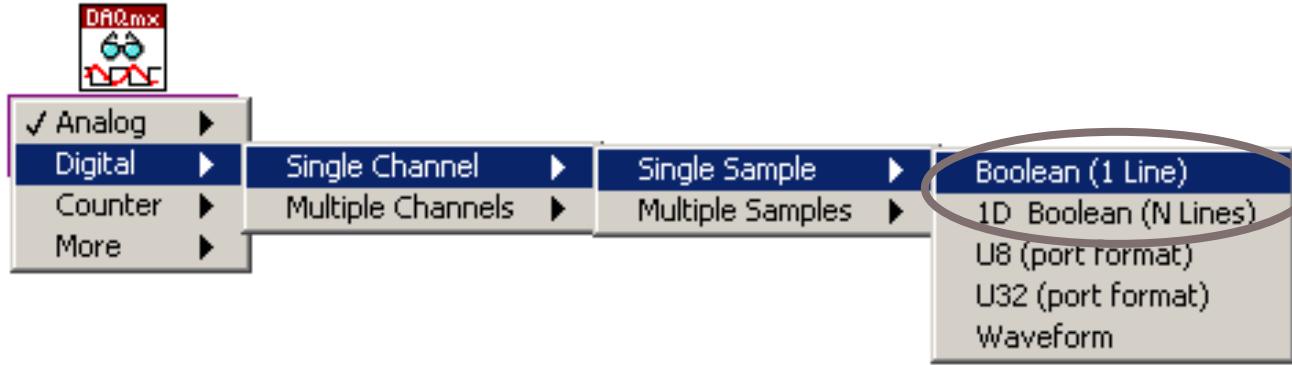
- Bit – unitatea de date cea mai mica. Valorile posibile 1 sau 0.
- Line – un singur semnal dintr-un port. Se referă la hardware.
- Port – o colectie de linii digitale.

# Digital Virtual Channel Options

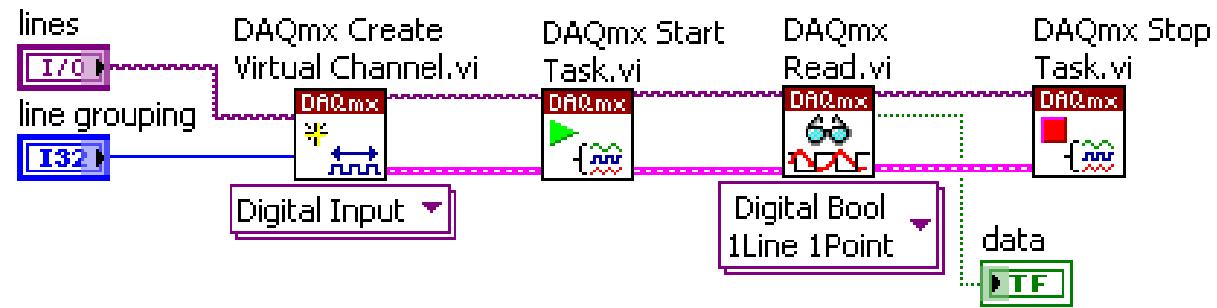
- crearea de canale digitale ce pot fi un port, o linie sau o colectie de linii.



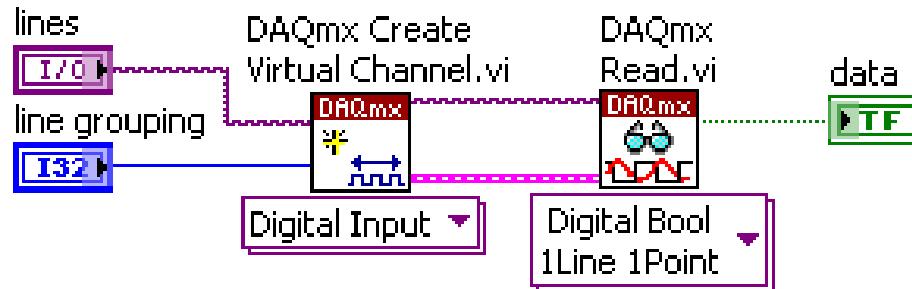
# DAQmx Read VI – Digital



# Read Single Sample, Single Line Channel

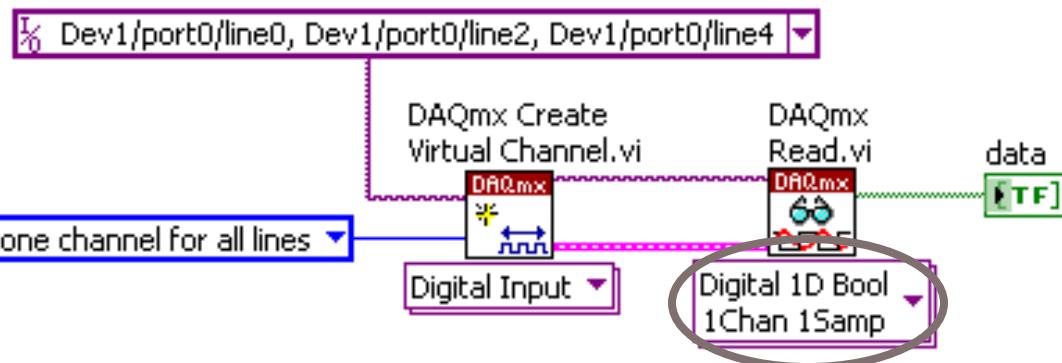


sau



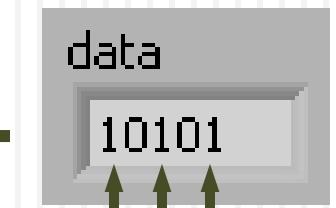
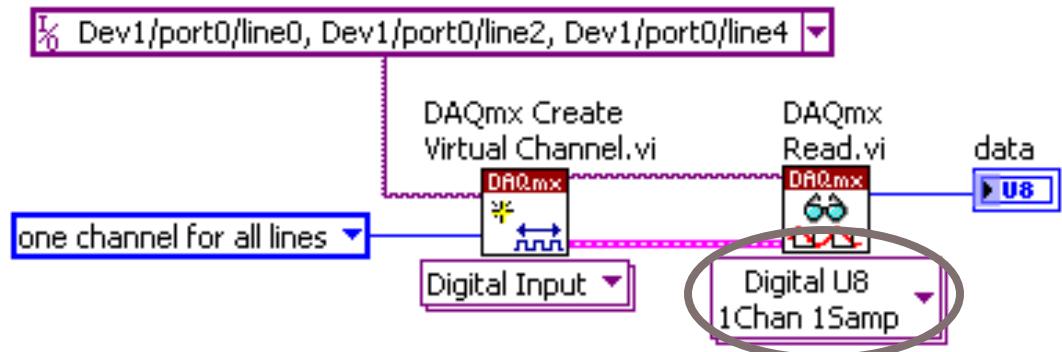
# Read Single Sample, Multiple Line Channel

- Return type = Array of booleans (line data format)



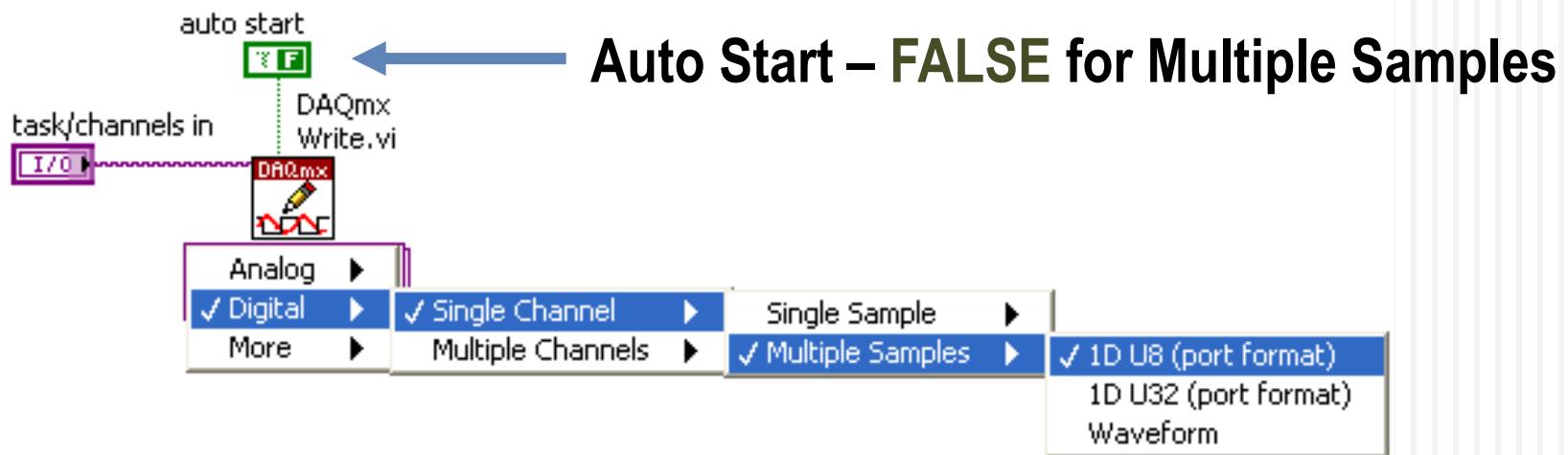
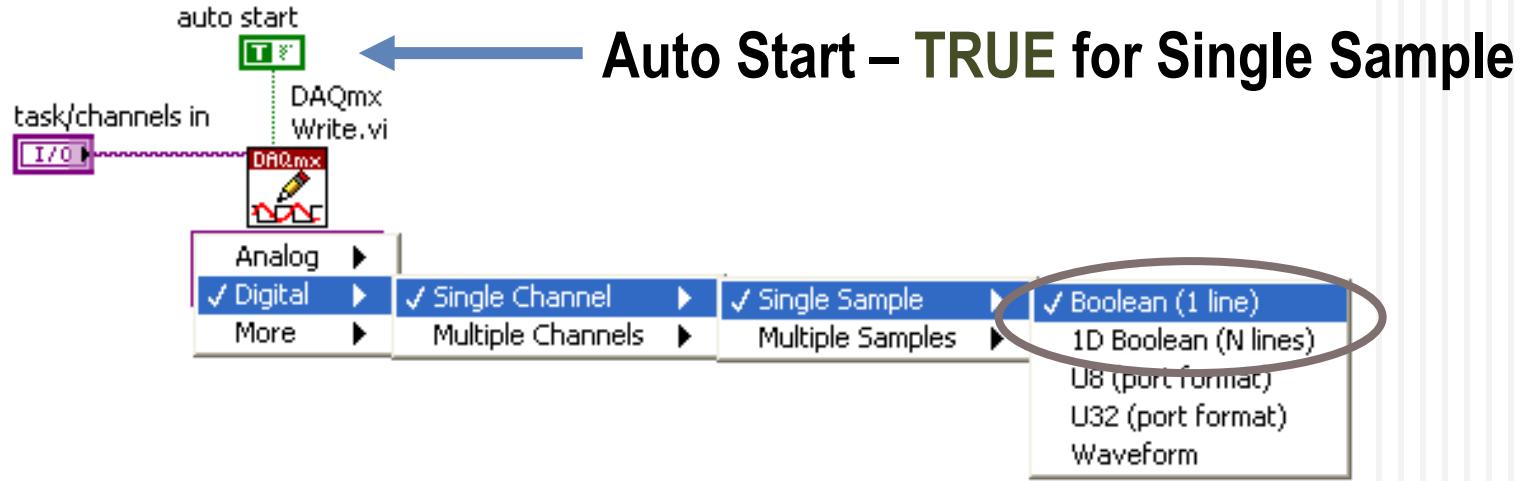
Lines 0,2,4

- Return type = Integer (port data format)

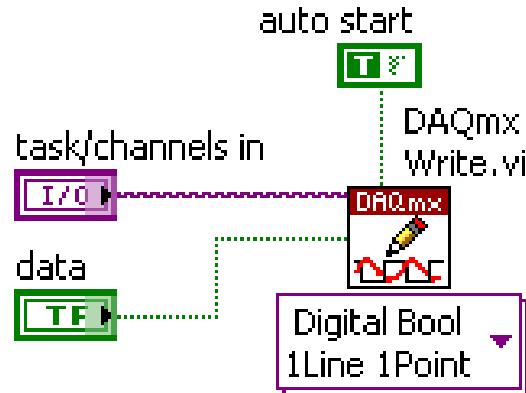


Lines 4, 2, 0

# DAQmx Write VI – Digital

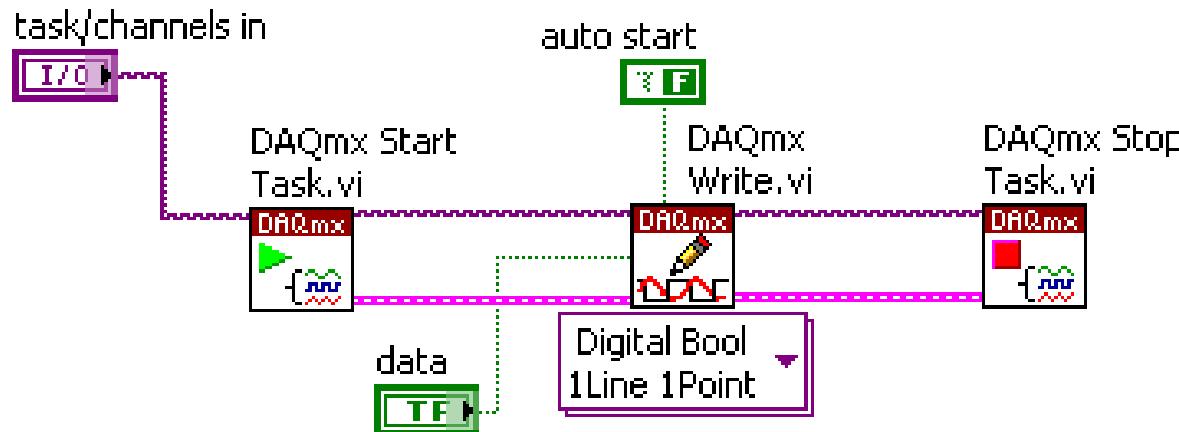


# Write Single Sample, Single Line Channel

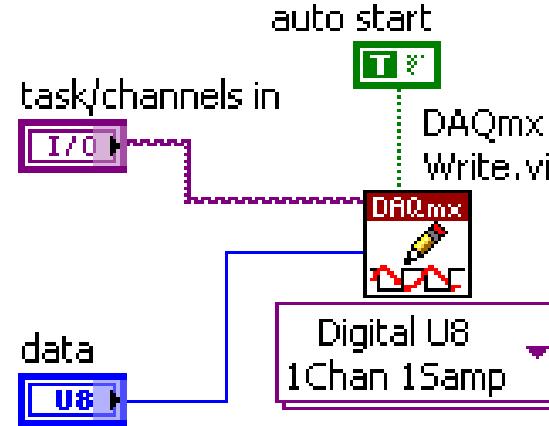


Default, auto  
start este  
setat pe true

sau



# Write Single Sample to Port



sau

