

ANEXA I

MODULE MULTIFUNCȚIONALE DE ACHIZIȚIE/GENERARE SEMNALE ANALOGICE ȘI NUMERICE NI USB-6008/6009

Așa cum s-a precizat în *ANEXA E*, modulele de achiziție/generare de semnale analogice și numerice conectabile pe interfața serială USB au căpătat o largă utilizare în ultimii ani datorită ușurinței conectării și avantajului alimentării din calculator. În această categorie se înscriu modulele multifuncționale **NI USB-6008/6009**, de fabricație National Instruments, care pot opera în mediul **LabVIEW**, cu schema de

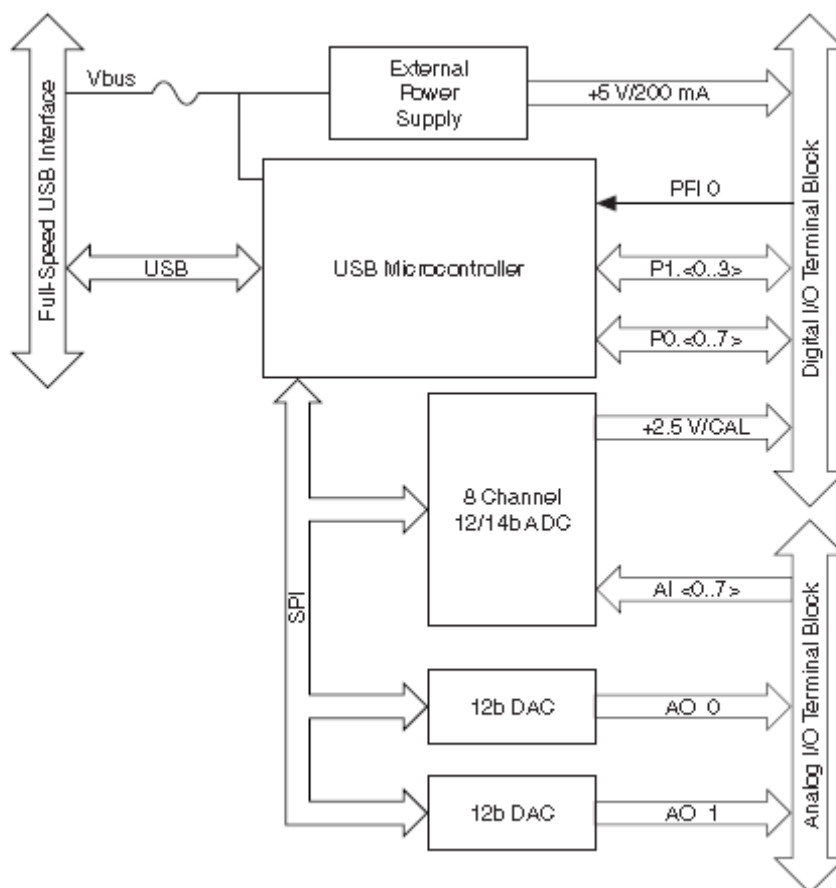


Fig.I.1. Schema de principiu a modulelor **NI USB-6008/6009** de fabricație National Instruments

principiu prezentată în fig.I.1, în care:

USB Microcontroller – este microcontrollerul care gestionează informația primită de la intrările/ieșirile analogice și numerice prin interfața USB cu calculatorul la care se conectează;

Digital I/O Terminal Block – reprezintă blocul de conectori la care sunt aduse cele 2 porturi de intrări/ieșiri digitale (**P0** cu 8 linii și **P1** cu 4 linii, fiecare linie având posibilitatea configurării independente ca intrare sau ieșire); de asemenea, la același terminal este adusă tensiunea de +5V/200mA, respectiv +2,5V/CAL;

Analog I/O Terminal Block – constituie blocul de conectori pentru intrările/ieșirile analogice, la care sunt aduse cele 8 intrări analogice – cu posibilitatea folosirii în montaj diferențial sau cu masă comună, respectiv cele 2 ieșiri analogice față de aceeași referință;

8 Channel 12/14b ADC – reprezintă multiplexorul + convertorul analog-numeric pentru cele 8 intrări analogice, cu rezoluția 12 biți la varianta **NI USB-6008**, respectiv 14 biți la varianta **NI USB-6009**;

12b DAC – reprezintă convertoarele numeric-analogice pentru cele două ieșiri analogice (rezoluție 12 biți);

Full-Speed USB Interface – constituie conexiunea cu interfața **USB 2.0** a PC-ului pe care este instalat modulul.

Prin magistrala internă **SPI** microcontroller-ul realizează controlul și transferul datelor de la intrările analogice, respectiv către ieșirile analogice, în timp ce intrările/ieșirile numerice sunt configurate și accesate direct de către microcontroller. Prin interfața **USB** a calculatorului se realizează configurarea modulului în una sau mai multe din variantele dorite.

Se prezintă - în continuare - câteva din cele mai semnificative caracteristici statice și dinamice ale modulelor **NI USB-6008/6009**:

Caracteristici ale intrărilor analogice:

Tipul convertorului analog-numeric: cu aproximații succesive;

Numărul de canale: 8 față de aceeași masă, respectiv 4 în configurație diferențială (modul de conectare este selectabil software pe fiecare canal analogic);

Rezoluția: pentru **USB-6008** 12 biți în configurație diferențială, respectiv 11 biți pentru configurație cu masă comună; pentru **USB-6009** 14 biți în configurație diferențială, respectiv 13 biți pentru configurație cu masă comună;

Rata maximă de eșantionare: 10 kS/s pentru **USB-6008**, respectiv 48 kS/s pentru **USB-6009**;

Dimensiunea buffer-ului FIFO: 512 bytes;

Domeniile semnalelor de intrare: ±10V pentru cazul configurației cu masă comună, respectiv ±20V, ±10V, ±5V, ±4V, ±2,5V, ±2V, ±1,25V, ±1V pentru cazul configurației diferențiale;

Impedanța de intrare: 144 kΩ;

Protecția la supratensiune: ±35V;

Sursa de trigger-are: software sau trigger-are digitală externă (dependentă de sistem).

Caracteristici ale ieșirilor analogice:

Tipul convertorului: cu aproximații succesive;

Număr de canale: 2 (de tensiune);

Rezoluția: 12 biți;

Rata maximă de reîmprospătare: 150Hz, dependentă software;

Domeniul tensiunii de ieșire: 0V ÷ +5V;

Impedanța de ieșire: 50Ω;

Curentul de ieșire: 5 mA;

Curentul de scurtcircuit: 50mA;

Panta de creștere (slew rate): 1V/μs.

Caracteristici ale intrărilor/ieșirilor numerice:

Numărul de intrări/ieșiri la portul P0.<0..7>: 8 linii;

Numărul de intrări/ieșiri la portul P1.<0..3>: 4 linii;

Controlul direcției: fiecare canal poate fi programat individual ca intrare sau ieșire;

Tipul driver-ului de ieșire: la USB-6008 colector în gol, la USB-6009 fie driver activ (push-pull) fie colector în gol;

Compatibilitate: TTL, LVTTL, CMOS.

Caracteristici ale numărătorului:

Rezoluție: 32 de biți;

Sensul de numărare: numărare directă;

Frecvența maximă de intrare: 5 MHz;

Lățimea minimă a impulsului pe starea "high": 100 ns;

Lățimea minimă a impulsului pe starea "low": 100 ns;

Tensiunea de intrare pe starea "high"/"low": compatibilă TTL.

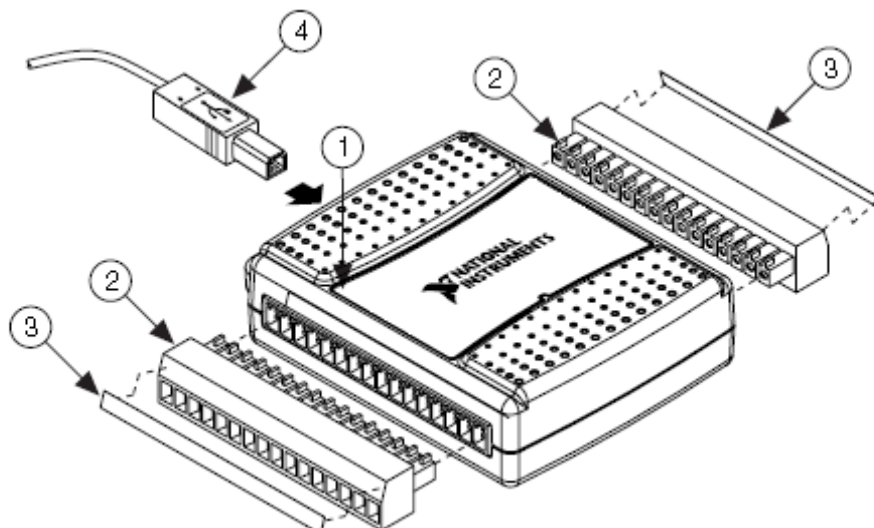


Fig.I.2. Vedere de ansamblu a modulelor multifuncționale de intrări/ieșiri analogice și numerice NI USB-6008/6009

Alimentare:

Interfața USB activă: 4,10Vc.c. la 5,25Vc.c. la un curent tipic de 80mA;

Interfața USB inactivă: 4,10Vc.c. la 5,25Vc.c. la un curent tipic de 300μA.

O vedere de ansamblu a modulelor **NI USB-6008/6009** este prezentată în fig.I.2, în care:

- 1 – modulul propriu-zis;
- 2 – bloc de terminale cu prindere prin șurub;
- 3 – etichete aferente terminalelor;
- 4 – cablu USB.

Instalare, configurare, montaje tipice

Modulele **NI USB-6008/6009** lucrează într-o versiune **LabVIEW 7.x** sau ulterioară (în prezent este deja în operare versiunea **8.1**), în consecință se presupune că pe **PC**-ul la care urmează a fi dezvoltate aplicațiile este instalată această cerință (expunerea care urmează se bazează pe existența versiunii **LabVIEW 7.1** instalate pe calculator).

Prima operație care trebuie efectuată – înainte de conectarea modulului la **PC** – este de a instala software-ul **NI-DAQ 7.x** livrat de firma National Instruments odată cu modulul. Constructorul recomandă o modalitate de instalare și configurare rapidă a modulului, după cum urmează:

Pasul 1. Fără a conecta modulul la calculator, se introduce **CD**-ul însoțitor în unitatea **CD-ROM**, astfel că operația de **Setup** se va starta automat; pentru informații suplimentare, se recomandă selectarea *NI-DAQ 7.x Readme*. Dacă pe calculator există deja instalată o versiune mai veche **NI-DAQ 7.x**, aceasta trebuie ștearsă, operație efectuată prin procedee **Windows** consacrate. După lansarea în execuție a operației de **Setup**, se urmăresc indicațiile de pe ecran până când se ajunge la situația de **reboot**-are a **PC**-ului, operație care se execută în continuare.

Pasul 2. Se assemblează modulul conform fig.I.2, se conectează cablul USB mai întâi la modul și apoi la **PC** (atenție la manevrarea modulului pentru a se preîntâmpina descărcările electrostatice!); dacă modulul se instalează pentru prima oară, se dă comanda **Next** la orice ecran de dialog care apare, încheierea făcându-se cu comanda **Finish**.

Pasul 3. De pe desktop-ul **PC**-ului, se lansează – prin dublu click – icoana **Measurement & Automation**, deschizându-se astfel aplicația **MAX**; din secțiunea **Configuration** se extinde **Device and Interfaces** și apoi **NI-DAQmx Devices**; la această ultimă poziție va apare modulul instalat pe interfața USB, cu eticheta **“Dev1”**, așa cum este exemplificat în fig.I.3.

Pasul 4. Cu mouse-ul plasat pe **USB-6008: “Dev1”** se face click dreapta și se lansează în execuție **Self-Test**, după terminarea acestuia fiind posibilă realizarea unui **Test Panels...** pe oricare din modalitățile de lucru ale modulului (de exemplu, în fig.I.3 se prezintă testul pentru intrările/ieșirile digitale aferente portului **P0**).

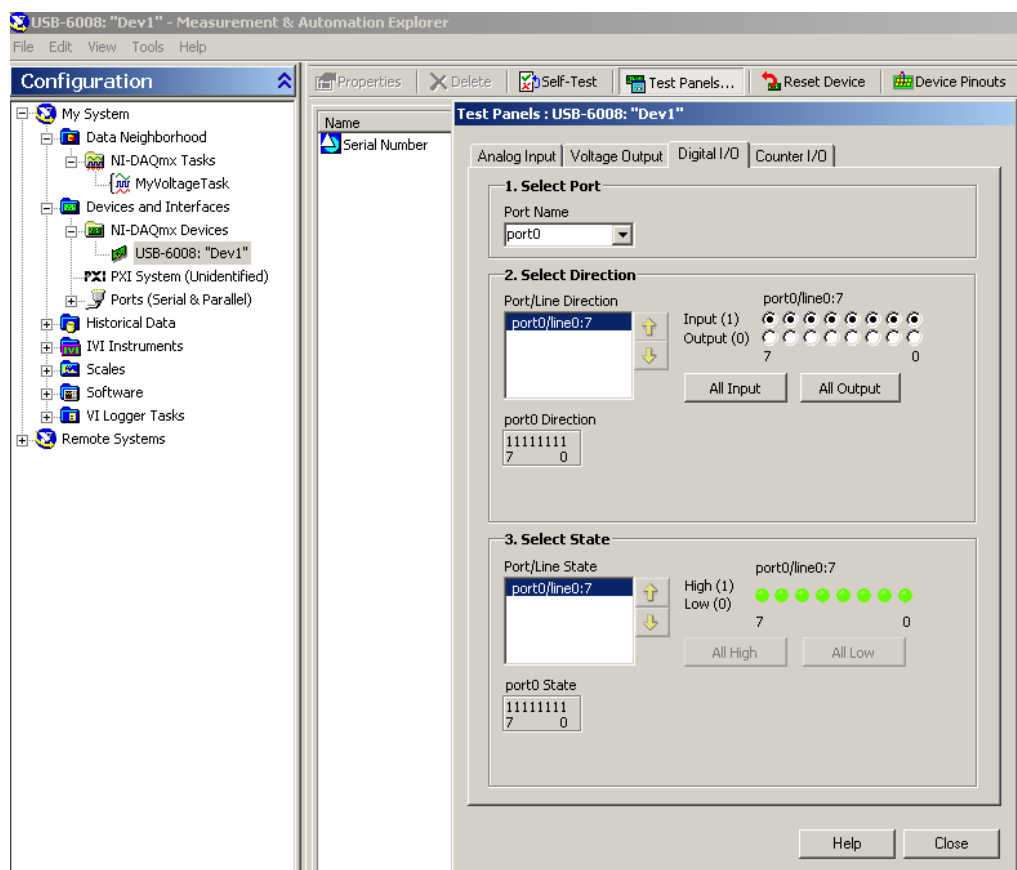


Fig.I.3. Configurația **Test Panels** pentru cazul **Digital I/O** pe pe portul **P0** la modulul **NI USB-6008**

Pasul 5. Se crează un task virtual - folosit ulterior în aplicații – extinzând **Data Neighborhood**, apoi cu click dreapta pe **NI-DAQmx Tasks** se deschide o căsuță de dialog, care permite realizarea task-ului urmărindu-se indicațiile de pe ecran (de exemplu, în fig.I.3 s-a creat **MyVoltage Task** destinat achiziției de tensiuni pe intrarea **ai0**).

Trecerea tuturor testelor semnifică faptul că modulul **NI USB-6008** (exemplificarea din fig.I.3) a fost corect configurat și poate fi utilizat în aplicații dezvoltate în **LabVIEW**.

Este remarcabil faptul că, prin activarea comenzii **Device Pinouts**, este posibilă afișarea conexiunilor la terminalele de ieșire ale modulului (de exemplu, în fig.I.4 se prezintă situația pentru modulul **NI USB-6008**).

NOTĂ. La instalarea software a modulului, conform pasului 1, în paleta de funcții a **LabVIEW** se instalează o subpaletă suplimentară – denumită **NI Measurements** – în care sunt plasate o serie de primitive folosite la configurarea ulterioară a modulului în aplicații. Pentru exemplificare, în fig.I.5 se prezintă această subpaletă din care s-a

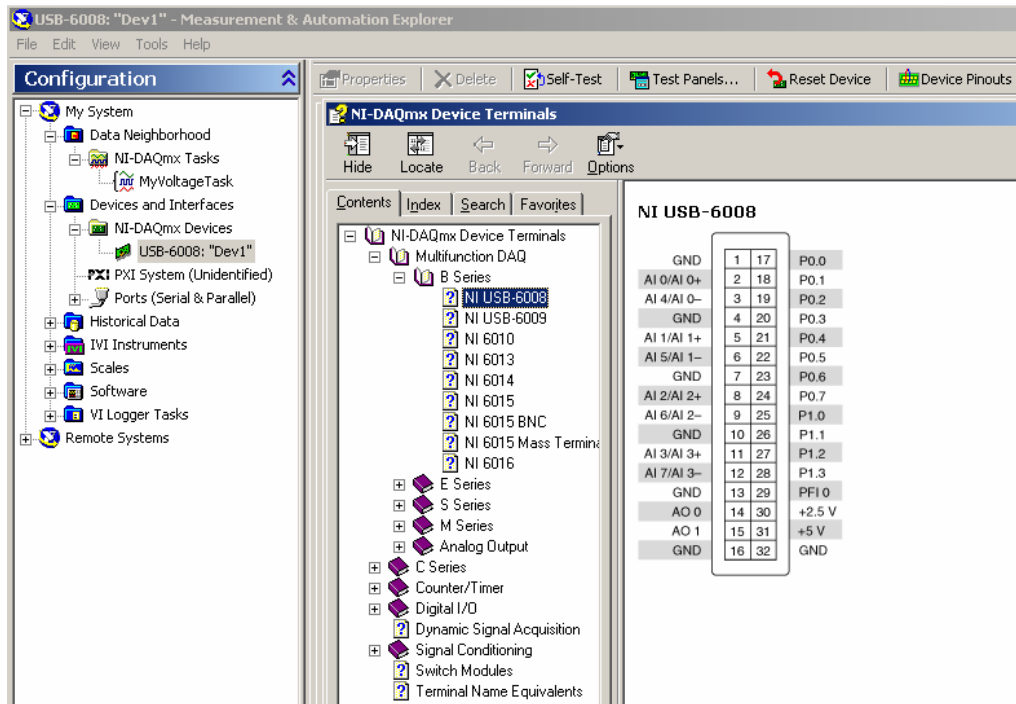


Fig.I.4. Prezentarea conexiunilor modului NI USB-6008 prin activarea comenzii **Device Pinouts**

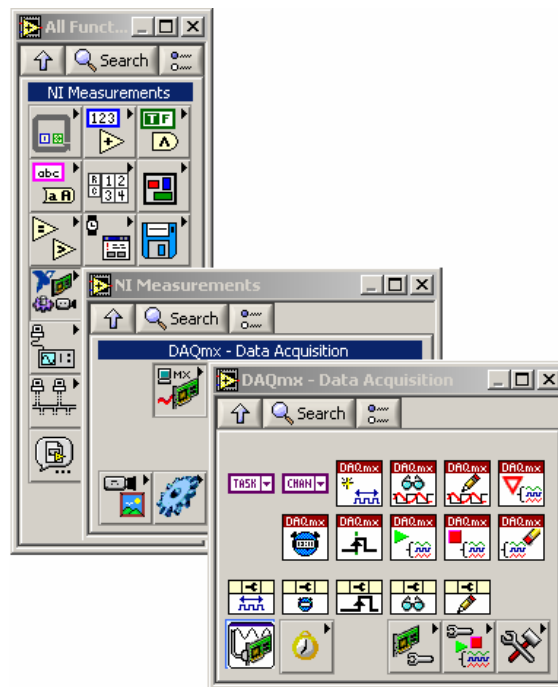


Fig.I.5. Subpaleta NI Measurements din paleta Functions cu detalii privind DAQmx – Data Acquisition

selectat **DAQmx – Data Acquisition**, iar detalii despre funcția realizată de fiecare primitivă pot fi obținute apelând la **Context Help**.

În continuare se prezintă modalitățile de utilizare ale modulelor **NI USB-6008/6009** în achiziția/generarea tensiunilor analogice și numerice.

Schema de principiu a intrărilor analogice este prezentată în fig.I.6, remarcându-se multiplexorul analogic **MUX** cu 8 intrări, amplificatorul cu factor de amplificare programabil (prin software) **PGA**, convertorul analog-numeric **ADC** și memoria tampon **FIFO**.

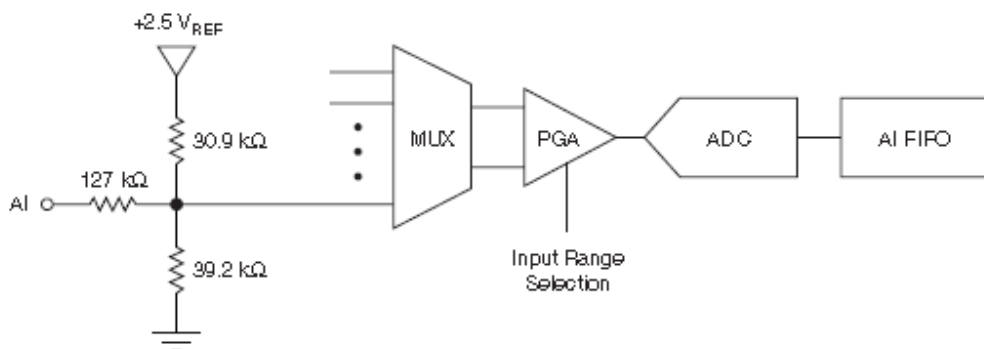


Fig.I.6. Schema de principiu a intrărilor analogice

La achiziția semnalelor analogice în configurație diferențială se folosește montajul din fig.I.7, în timp ce pentru configurația cu masă comună pentru achiziția semnalelor analogice este prezentată în fig.I.8.

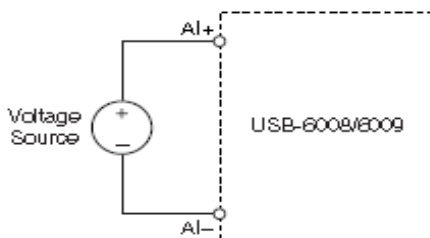


Fig.I.7. Utilizarea modulelor **NI USB-6008/6009** la achiziția semnalelor analogice în montaj diferențial

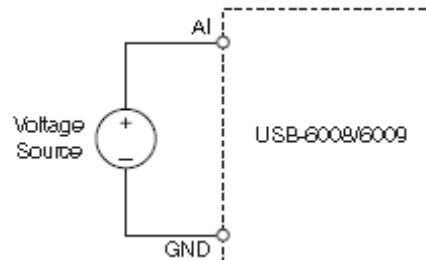


Fig.I.8. Utilizarea modulelor **NI USB-6008/6009** la achiziția semnalelor analogice în montaj cu masă comună

Schema de principiu a unei ieșiri analogice este prezentată în fig.I.9, alcătuită din convertorul numeric –analogic pe 12 biți **DAC** și **Buffer**-ul de ieșire înseriat cu o rezistență de 50Ω pentru asigurarea protecției la scurtcircuit, în timp ce modalitatea de conectare a unei sarcini (incărcări) pe o ieșire analogică este prezentată în fig.I.10.

Așa cum s-a precizat la performanțele modulelor **NI USB-6008/6009**, fiecare conexiune din porturile digitale poate fi configurată fie ca intrare logică, fie ca ieșire logică. În fig.I.11 se prezintă diverse modalități de utilizare a acestor linii logice de semnal, în care **P0.0** este configurată ca ieșire cu colector în gol care comandă un LED, **P0.2** este configurată ca ieșire activă care comandă un LED, **P0.4** este

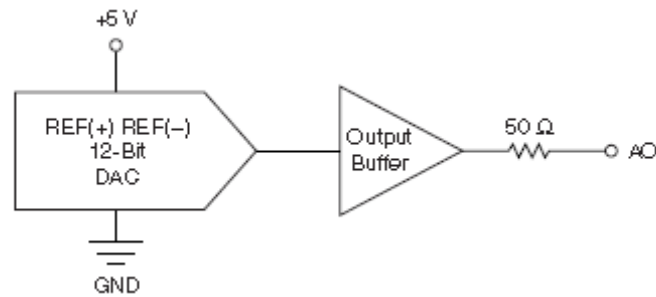


Fig.I.9. Schema de principiu a ieșirii analogice

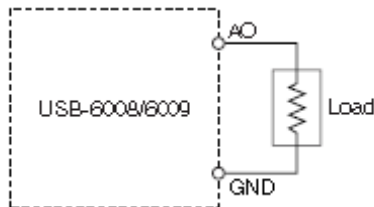


Fig.I.10. Conectarea unei sarcini pe o ieșire analogică

configurată ca intrare care primește un semnal TTL, iar **P0.7** este configurată ca intrare care primește semnal 0V și +5V de la un comutator.

Tabloul I.1 care urmează prezintă semnificația semnalelor aduse la conexiunile externe prevăzute cu înșurubare, în concordanță cu vederea de ansamblu prezentată în fig.I.2.

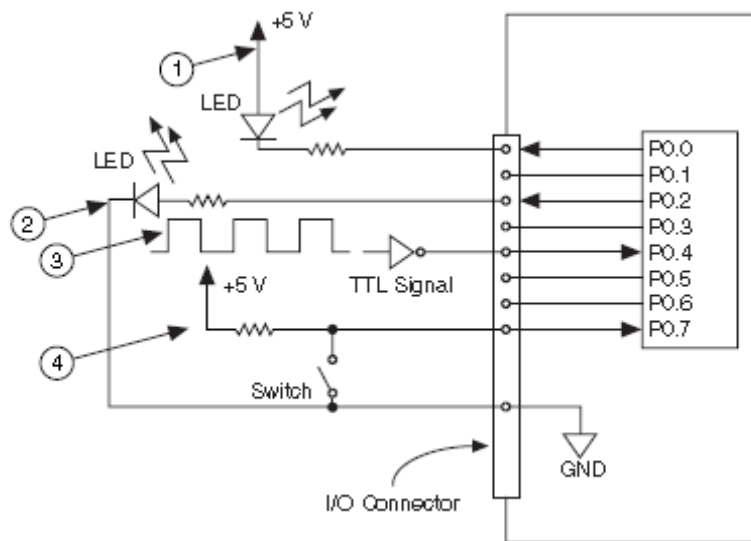


Fig.I.11. Modalități de folosire a intrărilor/ieșirilor numerice la modulele NI USB-6008/6009

Tabelul I.1 Semnificația semnalelor la conexiunile de intrări/ieșiri prezentate în fig.I.2

Nume semnal	Referință	Direcție	Descriere
GND	-	-	Ground – Este punct de referință pentru măsurările în montaje cu masă comună și diferențiale, tensiunile analogice de ieșire, semnalele digitale, sursa de +5V c.c. și referința de +2,5Vc.c.
AI <0..7>	Variabilă	Intrare	Channels 0 to 7 – Pentru măsurările cu masă comună, fiecare semnal este o intrare analogică de tensiune. Pentru măsurările diferențiale, AI 0 și AI 4 reprezintă intrările - pozitivă, respectiv negativă - ale canalului 0 . Celelalte perechi de semnale diferențiale sunt < AI 1, AI 5 >, < AI 2, AI 6 > și < AI 3, AI 7 >.
AO 0	GND	Ieșire	Analog Channel 0 Output – Reprezintă tensiunea de ieșire pentru canalul analogic 0 .
AO 1	GND	Ieșire	Analog Channel 1 Output – Reprezintă tensiunea de ieșire pentru canalul analogic 1 .
P1.<0..3> P0.<0..7>	GND	Intrare sau Ieșire	Digital I/O Signals - Fiecare semnal poate fi individual configurat ca intrare sau ieșire.
+2,5V	GND	Ieșire	+2.5 V External Reference – Realizează o referință pentru teste și conexiuni externe.
+5 V	GND	Ieșire	Output +5 V Power Source – Asigură tensiunea de +5V la un curent maxim de 200mA.
PFI 0	GND	Intrare	PFI 0 – Acest pin este configurabil fie ca trigger digital, fie ca o intrare a numărătorului de evenimente.

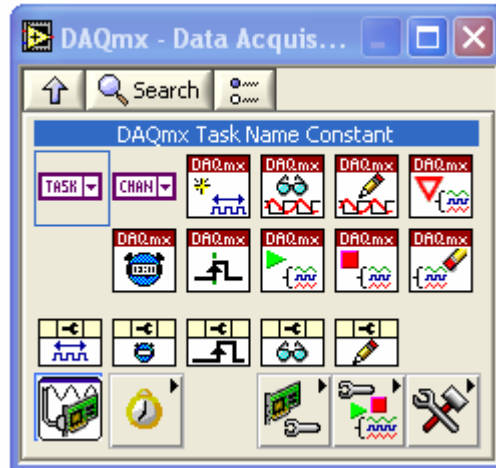
Pentru a vedea maniera ușoară în care se poate utiliza modulul **NI US 6008/6009** se exemplifică – în continuare – modalitatea de achiziție a semnalelor analogice similară celei prezentate în **aplicația III.1**.

Pentru a realiza achiziția cu dispozitivele National Instruments **NI USB-6008/6009** sunt necesari cei patru pași principali, după cum urmează:

1. configurare (locală, la nivel de **LabVIEW**);
2. start;
3. preluare date (citirea datelor);
4. stop.

Așa cum s-a precizat, pentru aceste module se lucrează cu mediul de dezvoltare **LabVIEW 7.1**. În acest sens, se deschide un document nou, după care se merge în diagramă selectând inițial butonul **All Controls** (dreapta jos), urmat de **NI Measurements**, și - în final - **DAQmx – Data Acquisition** (a se vedea fig.I.5).

În ceea ce privește configurarea globală a modulului de achiziție, aceasta a fost deja efectuată, astfel încât, pentru pasul 1, se va folosi **DAQmx Task Name Constant**, așa cum se poate observa în fig.I.12.

Fig.I.12. Alegerea constantei **DAQmx Task Name Constant**

Va trebui să se atribuie acestei constante un task predefinit, și pentru aceasta, se va folosi cursorul **Operate Value** din paleta **Tools**. Se reamintește că paleta **Tools** se găsește în meniul **Window >> Show Tools Palette** (în prealabil trebuie făcut click pe săgețile din josul meniului ca să se afișeze meniul integral așa cum se face exemplificarea în fig.I.13).

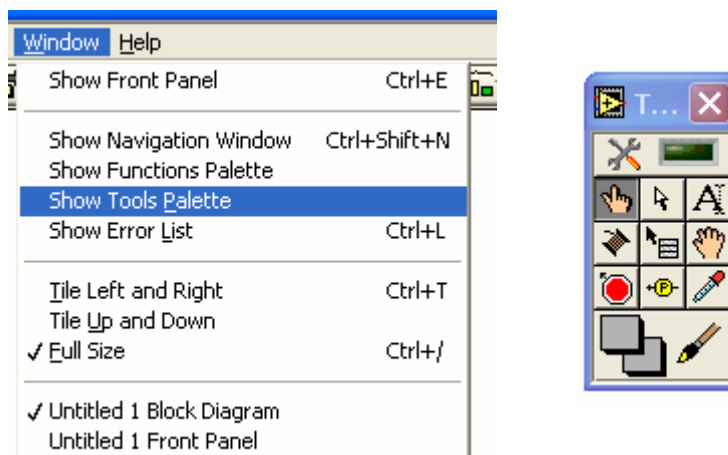
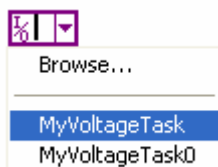
Fig.I.13. Vizualizarea paletii **Tools** în diagramă

Fig.I.14. Alegerea task-ului predefinit

Efectuând click (pe săgeata poziționată în jos a task-ului, se observă task-urile predefinite, din care se alege **MyVoltageTask** (fig.I.14).

În continuare trebuie inserate în diagramă o funcție pentru start-ul device-ului, una pentru citire date și una pentru oprirea (stop-ul) device-ului (funcții care se iau tot

din **DAQmx- Data Acquisition**). Schema va arăta ca în fig.I.15.

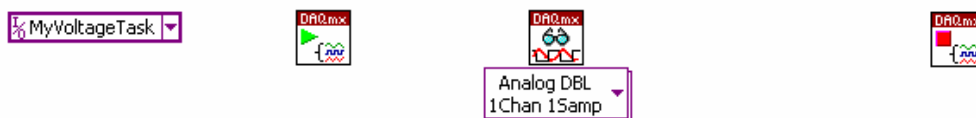


Fig.I.15. Completarea diagramei cu elementele necesare rulării aplicației

Pentru a putea citi datele continuu este necesar un ciclu **While**, însă doar în partea de citire date. Ciclul **While** trebuie să fie oprit de un buton de **Stop**. Totodată, datele preluate trebuie să fie afișate pe un **Waveform Chart**. În acest sens, se va insera în panoul frontal al aplicației un **Waveform Chart** și un buton de **Stop**. Se va mări **Chart**-ul și, cu click dreapta pe acesta, se selectează **Y scale**, după care se debifează opțiunea **Autoscale Y**. După această operație, se modifică scala - fig.I.16 - astfel încât să fie în intervalul [0,10].

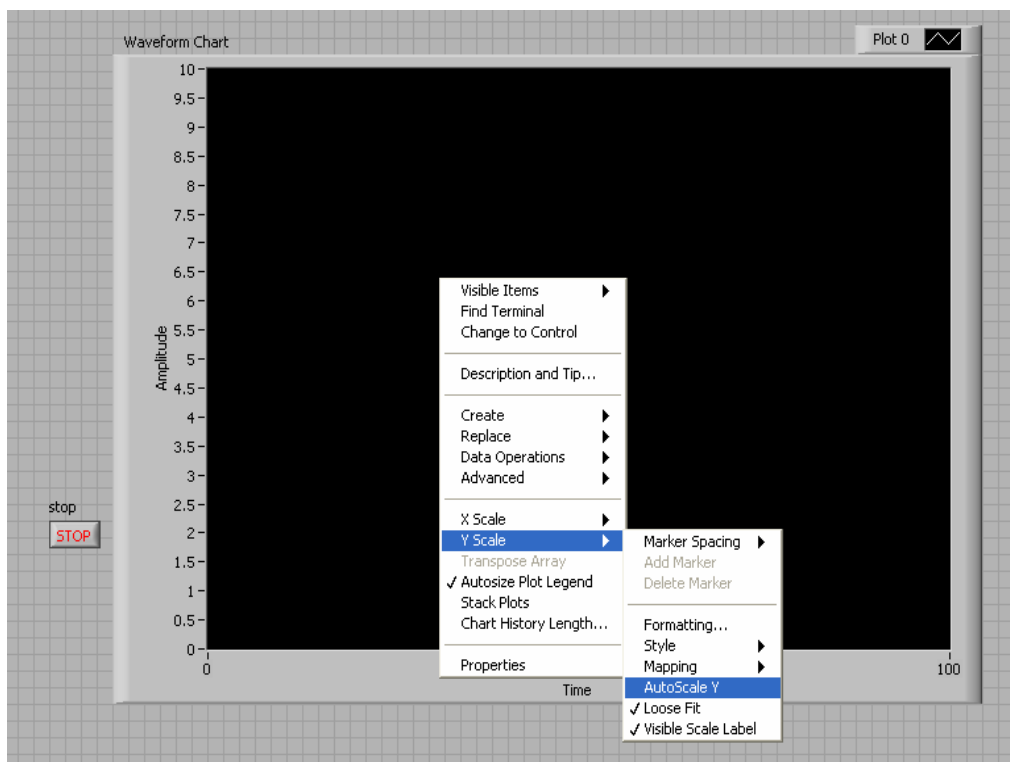


Fig.I.16. Panoul frontal al aplicației

Se revine în digramă și se aranjează elementele, după care se adaugă bucla **While** și se conectează butonul de **Stop** la aceasta. Se continuă cu conectarea blocurilor între ele. Astfel, constanta **Task name** se va conecta cu **Start**-ul, din start va pleca o conexiune către **Read Data**, iar din **Read Data** una către **Stop Device**.

Datele care se regăsesc în ieșirea funcției **Read Data** vor fi afișate pe **Chart**, deci se va realiza o conexiune între acestea.

Ulterior, tot cu ajutorul cursorului **Operate Values** se va selecta tipul de date achiziționate cu funcția de citire. Se efectuează click pe blocul de sub **Read Data** și se selectează **Analog >> Multiple Channels >> Multiple Samples >> 1D Waveform** ca în fig.I.17.

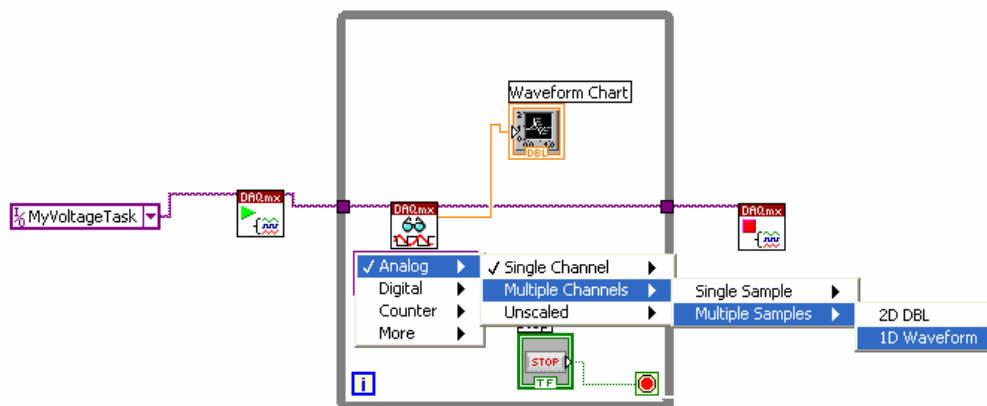


Fig.I.17. Diagrama bloc și modalitatea selectării tipului de date achiziționate

În acest moment, aplicația este funcțională și - dacă va fi rulată - se va obține o reprezentare similară celei din fig.I.18.

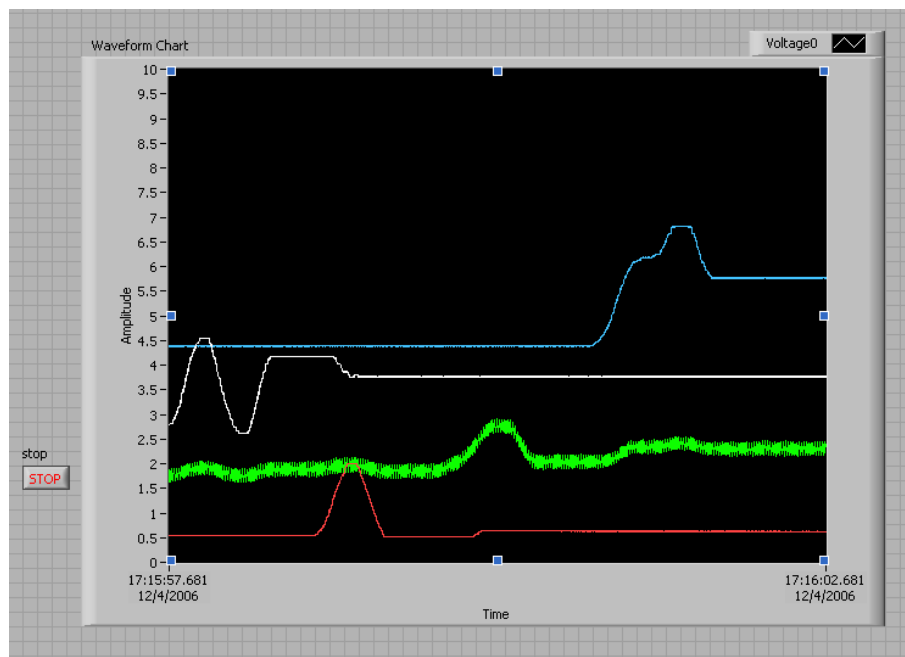


Fig.I.18. Exemplu de rulare a aplicației