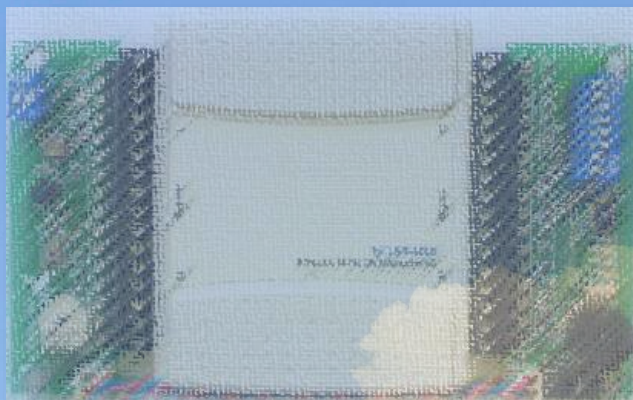


Microsisteme și achiziții de date cu LabVIEW™

Silviu FOLEA



UTPRESS
Cluj-Napoca, 2024
ISBN 978-606-737-709-5

Silviu FOLEA

**Microsisteme și achiziții de date cu
LabVIEW™**



UTPRESS
Cluj-Napoca, 2024
ISBN 978-606-737-709-5



Editura UTPRESS
Str. Observatorului nr. 34
400775 Cluj-Napoca
Tel.:0264-401.999
e-mail: utpress@biblio.utcluj.ro
<http://biblioteca.utcluj.ro/editura>

Recenzia: Conf. dr. ing. George MOIȘ
Conf. dr. ing. Roxana RUSU-BOTH

Pregătire format electronic on-line: Gabriela Groza

Copyright © 2024 Editura UTPRESS

Reproducerea integrală sau parțială a textului sau ilustrațiilor din această carte este posibilă numai cu acordul prealabil scris al editurii UTPRESS.

ISBN 978-606-737-709-5

Cartea se adresează studenților care urmează studiile de licență, în cadrul secției de Automatică, a Facultății de Automatică și Calculatoare, Universitatea Tehnică din Cluj-Napoca. Parcurgerea lucrărilor presupune cunoașterea unor concepte de bază de electronică analogică și digitală, a senzorilor și are ca scop principal acumularea de cunoștințe de programare în LabVIEW™ pe calculatoare care accesează echipamente de achiziție de semnale prin USB sau Wi-Fi, de exemplu myRIO™. Cartea prezintă 76 de aplicații ca și suport pentru procesul didactic.

O parte din lucrările prezentate au condus la finalizarea unor lucrări de licență, disertație, lucrări științifice publicate și susținute la conferințe internaționale sau în reviste de prestigiu.

Prof. dr. ing. Silviu FOLEA

Cuprins

| | |
|---|-----|
| Introducere | 7 |
| 1. Achiziția de semnale cu <i>Express VI</i> -uri | 13 |
| 2. Achiziția de semnale cu <i>NI DAQmx</i> . Filtrarea semnalelor * | 23 |
| 3. Modularizare cu <i>subVI</i> -uri. Generatoare de semnale | 37 |
| 4. Transmiterea și recepția datelor. Salvarea datelor în fișiere | 47 |
| 5. Implementarea unui regulator în LabVIEW™ | 53 |
| 6. Achiziția de semnale cu USB-6001 | 59 |
| 7. Achiziția de semnale cu myRIO™ * | 65 |
| 8. Generator de culori cu LED-uri <i>RGB</i> | 77 |
| 9. Controlul levitației în câmp electromagnetic ** | 81 |
| 10. Controlul poziției unui laser ** | 85 |
| 11. Amortizarea vibrațiilor unui <i>smart beam</i> | 91 |
| 12. Amortizarea vibrațiilor unei clădiri cu etaje ** | 95 |
| Bibliografie | 103 |

* lucrarea se poate implementa într-un timp mai mare;

** lucrarea are un grad mai mare de complexitate.

LabVIEW™ și myRIO™ sunt mărci înregistrate ale companiei NI.

Introducere

Aplicațiile prezentate în această carte au fost realizate ca suport pentru cursul *Microsisteme și achiziții de date*. Scopul principal este cunoașterea sistemelor de achiziție de semnale și a senzorilor montați pe extensii. Se vor implementa programe simple sau complexe în LabVIEW™ numite VI-uri (*Virtual Instrument*), pentru achiziția de semnale cu plăcile de achiziție USB-6009, USB-6001 și sistemul înglobat myRIO™, produse de National Instruments™ [1].

Extensiile cu senzori au fost realizate în *Departamentul de Automatică, Universitatea Tehnică din Cluj-Napoca* și conțin un număr de 12 elemente care pot fi citite sau comandate prin intermediul plăcii de achiziție, dintr-o aplicație LabVIEW™, iar mărimile măsurate se afișează pe monitorul unui calculator.

Alegerea sistemului de achiziție USB-6009 (*DAQ*) se justifică printr-un raport preț-performanță bun și suportul în mediul LabVIEW™. Interfața de comunicație pe USB permite conectarea unei game largi de plăci de achiziție de semnale, care pot fi utilizate din mediul de programare LabVIEW™.

Caracteristicile generale ale plăcii de achiziție de semnale USB-6009: are intrări analogice (AI), ieșiri analogice (AO), linii digitale de intrare sau ieșire (DIO), intrare de numărător (CNT), sursă stabilizată de tensiune de +5 V și sursă de tensiune de referință de +2.5 V [2]. Interfața USB este de tip 2.0 fiind limitată la o rată maximă de transfer de 12 Mb/s.

Intrările analogice: 8 intrări SE (*Single-Ended*) pe 14 biți cu domeniul de intrare ±10 V sau 4 intrări diferențiale cu domeniile de intrare: ±20 V, ±10 V, ±5 V, ±4 V, ±2.5 V, ±2 V, ±1.25 V, ±1 V. Rata maximă de citire este 48 kS/s (*kilo Samples per second*) pentru un canal, impedanța de intrare 144 kΩ, iar protecția la supratensiune ±35 V.

Ieșirile analogice: 2 ieșiri pe 12 biți cu domeniul de ieșire de la 0 V la +5 V, rata maximă de scriere este 150 S/s pe canal, impedanța de ieșire 50 Ω, iar protecția la supracurent 50 mA. Nu are *buffer* FIFO pentru ieșirile analogice.

Intrările și ieșirile digitale: 1 port de 8 linii și un port de 4 linii, adresabile atât ca port de intrare sau ieșire cât și individual pe linii. Liniile sunt compatibile TTL, LVTTTL, CMOS și au rezistență de *pull-up* de 4.7 kΩ conectată la +5 V.

Numărător pe 32 de biți: semnalul PFI0, cu frecvență maximă de intrare de 5 MHz, acționat pe front descrescător.

Tensiunea de ieșire stabilizată: +5 V și 200 mA, permite alimentarea senzorilor integrați pe extensii.

Amplasarea senzorilor pe extensii și modul de conectare la placa USB-6009 este prezentat în figurile următoare. În partea stângă a figurii sunt intrările și ieșirile analogice (AI/AO) la care sunt conectați *senzorii analogici*, iar

În partea dreaptă sunt liniile digitale de intrare și ieșire (DI/DO) la care sunt conectați senzorii digitali sau analogici cu interfață digitală, dar și tensiunea de alimentare.



Figura I.1 – Placa de achiziție de semnale cu extensiile de senzori conectate

- | | |
|---|--|
| 1 - senzor de lumină (LX1972); | 7 - releu reed; |
| 2 - senzor de accelerație pe două axe (ADXL202E / 203); | 8 - senzor de temperatură și umiditate (SHT11) cu interfață digitală I ² C; |
| 3 - senzor de temperatură (LM35); | 9 - LED-uri: galben, verde, roșu și albastru, numite în continuare Y, G, R, B; |
| 4 - microfon cu amplificare internă (SP0103); | 10 - senzor digital de șoc (SQ-SEN-200); |
| 5 - circuit filtru trece-jos cu RC (10 kΩ și 100 nF) și filtru trece-sus; | 11 - buzzer; |
| 6 - 8 comutatoare pe liniile digitale (switch); | 12 - buton conectat la intrarea de numărător. |

Schema bloc de conectare a senzorilor este prezentată în figura următoare:

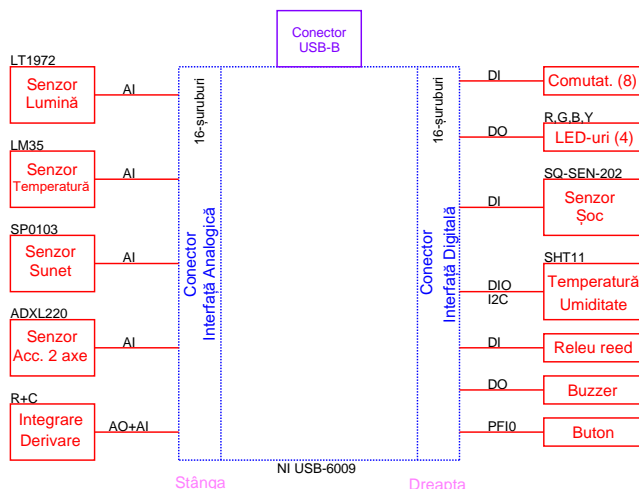


Figura I.2 – Schema bloc de conectare a senzorilor pe extensii

Senzorul de lumină LX1972 include o fotodiodă care permite măsurarea intensității luminoase de la 0 LUX la 5000 LUX [3]. Răspunsul spectral al senzorului de lumină este apropiat de cel al ochiului uman și are un maxim la 520

nm cu un răspuns în IR mai mic de $\pm 5\%$. Schema de conectare poate fi modificată din comutatorul SW3 și se poate alege măsurare SE sau diferențială. Semnalul afișat în figura următoare a fost obținut într-o încăpere iluminată normal, pe timp de zi.

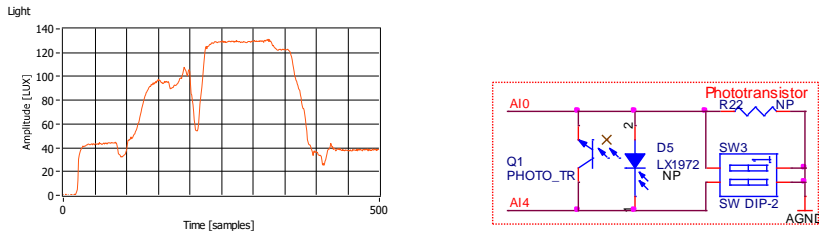


Figura I.3 – Semnalul generat de senzorul de lumină și schema electronică

Senzorul de accelerație pe două axe ADXL202E este de tip iMEMS și permite măsurarea accelerației statice sau dinamice pe două axe, de la -2 g la $+2\text{ g}$ ($1\text{ g} = 9.8\text{ m/s}^2$), dar și măsurarea vibrațiilor [4]. Cu ajutorul componentelor externe se poate stabili perioada semnalului de ieșire între 0.5 ms și 10 ms , cu limitarea benzii semnalului între 0.01 Hz și 5 kHz . Nivelul tipic de zgomot este $500\text{ }\mu\text{g}/\sqrt{\text{Hz}}$ și permite achiziția semnalelor sub 5 mg . Semnalul afișat în figura următoare a fost obținut prin deplasarea oscilantă a sistemului cu mână.

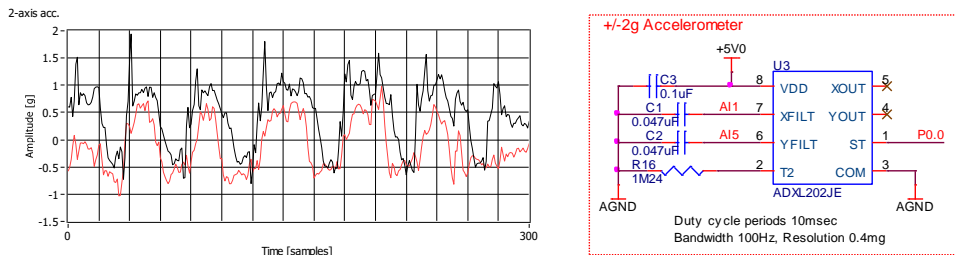


Figura I.4 – Semnalul generat de senzorul de accelerație și schema electronică

Senzorul de temperatură LM35D este de tip semiconductor și are caracteristică liniară. Permite măsurarea temperaturii de la $0\text{ }^{\circ}\text{C}$ la $+100\text{ }^{\circ}\text{C}$ și generează la ieșire o tensiune proporțională cu temperatura de $10\text{ mV}/^{\circ}\text{C}$ [5]. Nu necesită calibrare și oferă o precizie bună de $\pm 1/4\text{ }^{\circ}\text{C}$ la temperatura de $20\text{ }^{\circ}\text{C}$. Semnalul măsurat este afișat cu negru și a fost obținut prin apropierea senzorului de o sursă de căldură, iar semnalul filtrat este afișat cu roșu.

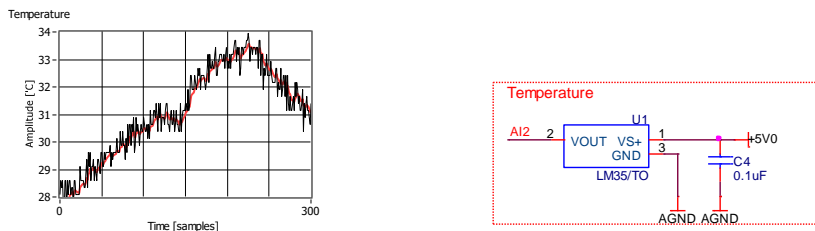


Figura I.5 – Semnalul generat de senzorul de temperatură și schema electronică

Microfonul SP0103 include un amplificator intern cu un câștig de +20 dB, care permite achiziția unor sunete de intensitate redusă și amplificarea semnalului de ieșire până la +2.5 V. Circuitul extern stabilește câștigul și banda de frecvență [6]. Semnalul afișat în figura următoare a fost obținut prin rostirea cuvântului „zece” în fața microfonului.

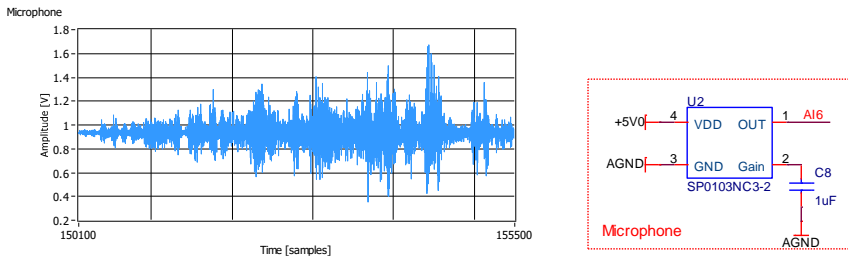


Figura I.6 – Semnalul generat de microfon și schema electronică

Senzorul de temperatură și umiditate SHT11 este un senzor integrat, calibrat, care permite măsurarea temperaturii de la -40 °C la +120 °C și a umidității relative de la 0 % la 100 %. Ieșirea senzorului este digitală și utilizează o magistrală I²C [7]. Semnalul afișat în figura următoare a fost obținut prin acoperirea senzorului cu palma.

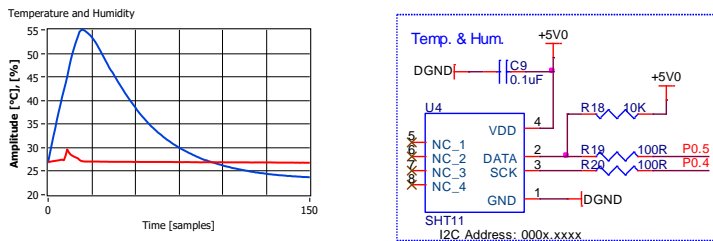


Figura I.7 – Semnalul generat de senzorul de temperatură - umiditate și schema electronică

Senzorul de șoc SQ-SEN-200 este un senzor de tip *ON / OFF* cu contact (*rolling-ball*) și permite generarea unui tren de impulsuri proporțional cu amplitudinea mișcării. Este un senzor omnidirecțional, fiind sensibil atât la accelerație statică cât și dinamică. Poate fi utilizat pentru detecția șocurilor sau măsurarea vibrațiilor [8]. În figura următoare se observă trenul de impulsuri de „1” sau de „0” generate de starea de mișcare sau repaus. Semnalul generat este afișat cu negru și semnalul obținut prin integrare software este afișat cu roșu [9].

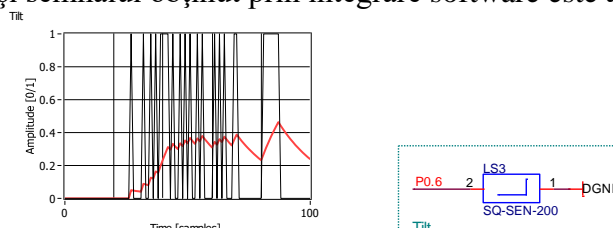


Figura I.8 – Semnalul generat de senzorul de șoc și schema electronică

Schema electronică a extensiilor de senzori, modul de conectare la placa de achiziție de semnale USB-6009 și semnalele de interfață sunt prezentate în figura următoare:

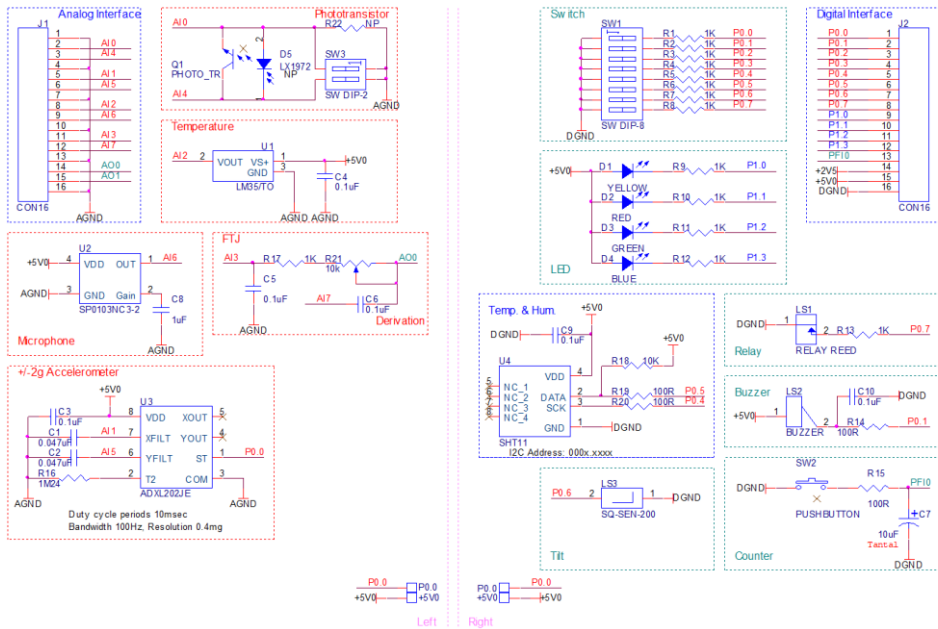


Figura I.9 – Schema electronică pentru extensiile de senzori

Cablajul imprimat pentru extensiile de senzori la scara 1:1 cu amplasarea componentelor și traseele este prezentat în figura următoare:

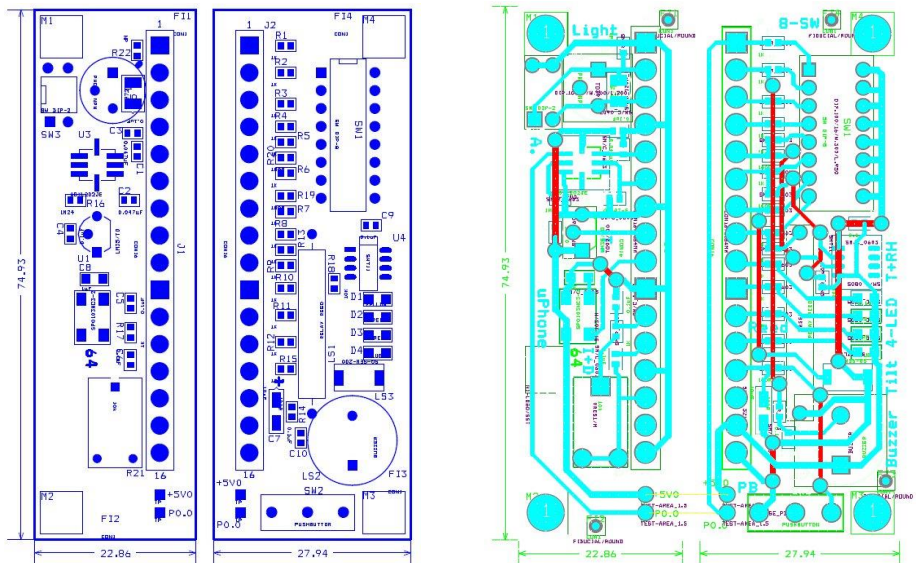


Figura I.10 – Cablajul imprimat, amplasarea componentelor și traseele

Pe baza informațiilor prezentate în secțiunea de introducere și în lista bibliografică, realizați un tabel care să conțină următoarele date:

- denumirea senzorilor care sunt conectați la placa de achiziție de semnale;
- mărimea măsurată și tipul de senzor - analogic sau digital;
- numele canalelor la care sunt conectați senzorii și direcția semnalului - de intrare sau de ieșire, modul de conectare și intervalul de semnal;
- relația de caracterizare a senzorului, prin care se obține conversia din tensiunea citită în mărimea măsurată;
- alte informații pe care le considerați utile pentru a implementa aplicațiile în orele următoare de laborator.

Un exemplu de completare a tabelului este prezentat în continuare:

| Denumire | Tip senzor | Canalul DAQ | Relația de conversie |
|-----------------|--|----------------------------------|-----------------------------|
| LX1972 | Senzor de lumină, analogic | AI0, diferențial, 0-1 V | [LUX] = AI0 [V] x 500 |
| ADXL202E | Senzor de accelerație pe două axe, analogic | AI1, SE, 0-5 V AI5, SE, 0-5 V | ... |
| | | | |
| | | | |
| | | | |
| | | | |
| | | | |

1. Achiziția de semnale cu *Express VI-uri*

Scopul acestei lucrări este realizarea unor programe LabVIEW™ simple utilizând *Express VI-uri* de intrare sau ieșire (*DAQ Assistant*) care trebuie doar să fie configurate pentru achiziția de semnale de la extensiile de senzori. În această etapă datorită cunoștințelor limitate legate de LabVIEW™ se va prefera realizarea unor programe cât mai simple.

Se implementează VI-uri utilizând *Express VI-urile* de intrare sau ieșire descrise în continuare, care să citească senzorii conectați la placa de achiziție de semnale USB-6009. Afișarea datelor se va face pe indicatoare numerice sau grafice cât mai simple. *Express VI-urile* sunt programe implementate în C sau VHDL nu în LabVIEW™ și din această cauză nu au cele două ferestre specifice unui program implementat în LabVIEW™, interfața cu utilizatorul (*Front Panel*) și diagrama bloc (*Bloc Diagram*), au doar o fereastră de configurare.

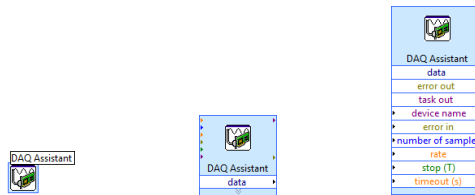


Figura 1.1 – *Express VI* în diferite moduri de afișare: icon și extins

Express VI-urile sunt grupate într-o fereastră de funcții numită *Express* pentru a fi ușor de accesat, fiind organizate după funcționalitate: intrări sau ieșiri pentru interfața cu semnalele, analiză de semnale etc.

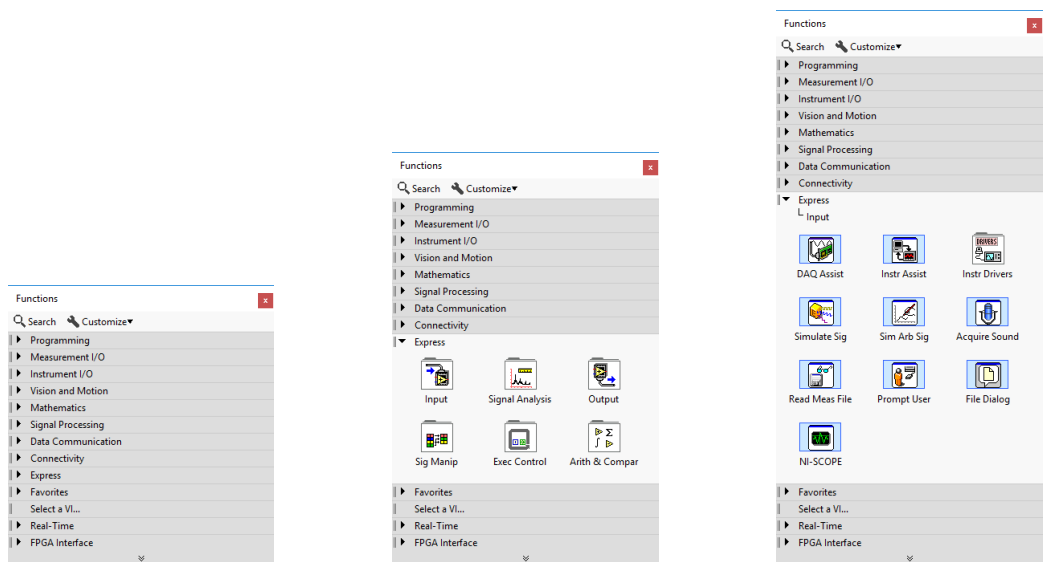




Figura 1.2 – Ferestre specifice pentru accesarea *Express VI-urilor*

În prima parte a lucrării se vor implementa programe pentru **intrările analogice**. Deoarece pentru acest laborator se utilizează module de achiziție de uz general, acestea au numai intrări de tensiune. Există și module cu intrări speciale de termocuple, de exemplu NI 9211 sau de vibrații, de exemplu NI 9230.

Primul VI permite citirea și afișarea tensiunii generate de senzorul de lumină **LX1972**. Pentru conversia mărimii citite [*tensiune*] în valori de intensitate luminoasă [*LUX*] este nevoie de o formulă de conversie care rezultă din documentul cu specificații pentru fiecare senzor:

$$L = U [V] \times 500 = [LUX]$$

Testarea programului se face prin deplasarea mâinii deasupra senzorului de lumină sau aprinderea și stingerea unui LED. Programul citește 100 de valori pe secundă, o singură dată și afișează valorile pe un grafic, iar media valorilor este afișată pe un indicator numeric. Programul va fi pornit în modul rulare  nu în modul rulare continuă . Setările care vor fi realizate în *Express VI* sunt:

Aquire Signals -> Analog Input -> Voltage

Physical Channels: **ai0**

Signal Input Range: Max = 1, Min = 0

Terminal Configuration: **Differential**

Samples to Read: 100

Rate: 100 (Hz)

Custom Scaling: Linear, Slope 500, Y-Intercept 0

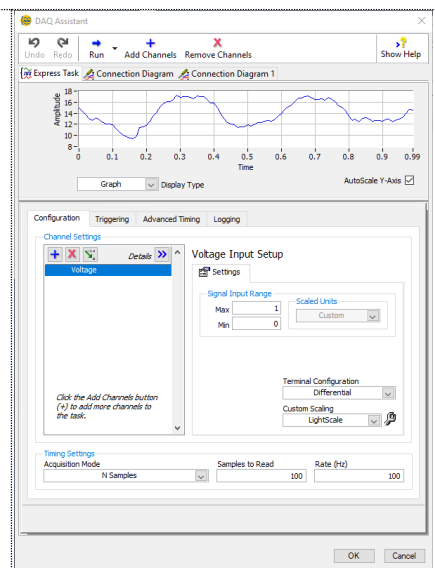


Figura 1.3 – Interfața de configurare a *Express VI*-ului pentru senzorul de lumină

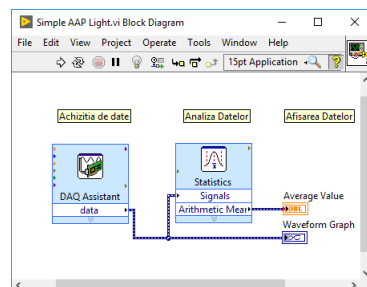
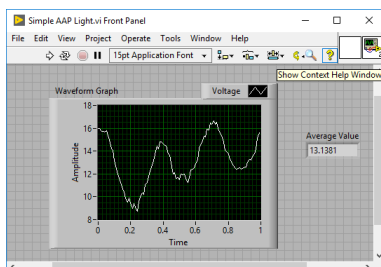


Figura 1.4 – Interfața cu utilizatorul și diagrama bloc, VI-ul pentru senzorul de lumină

😊 Realizați un VI care să citească 1000 de valori de la canalul analogic AI0 în loc de 100 de valori și apelând *Express VI*-ul „Statistics” afișați alte rezultate posibile în VI: minim, maxim, perioada de eșantionare etc.

Al doilea VI permite citirea și afișarea tensiunii generate de senzorul de temperatură **LM35**, care generează la ieșire 10 mV/°C. Pentru conversia mărimii citite [*tensiune*] în valori de temperatură [°C] este nevoie de o formulă de conversie:

$$T = U [V] \times 100 = [^{\circ}\text{C}]$$

Testarea programului se face prin atingerea senzorului de temperatură cu mâna. **Nu utilizați alte surse de căldură: brichetă, stația de lipire; acestea duc la deteriorarea componentelor!** Programul citește 100 de valori pe secundă, o singură dată și afișează valorile pe un grafic, iar media valorilor este afișată pe un indicator numeric. Setările care vor fi realizate în *Express VI* sunt:

Acquire Signals -> Analog Input -> Voltage

- Physical Channels: ai2
- Signal Input Range: Max = 1, Min = 0
- Terminal Configuration: RSE
- Samples to Read: 100
- Rate: 100 (Hz)
- Custom Scaling: Linear, Slope 100, Y-Intercept 0

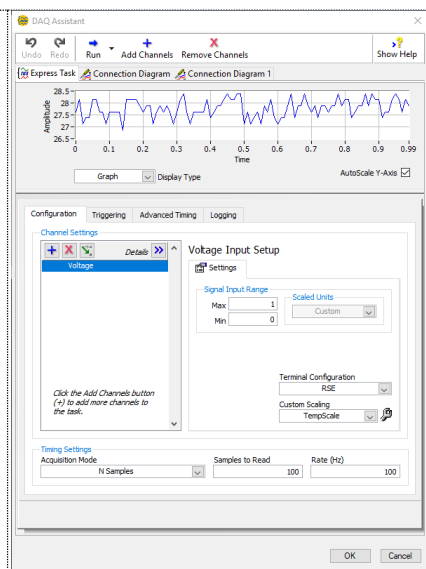


Figura 1.5 – Interfața de configurare a *Express VI*-ului pentru senzorul de temperatură

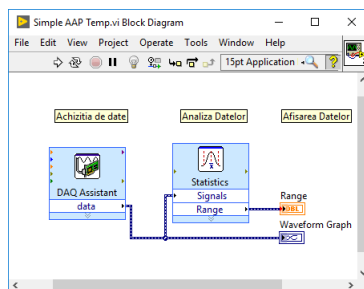
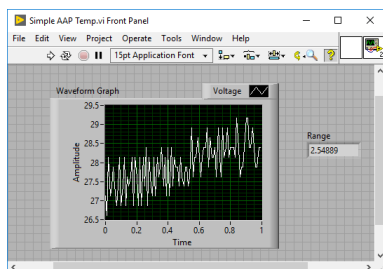


Figura 1.6 – Interfața cu utilizatorul și diagrama bloc, VI-ul pentru senzorul de temperatură

😊 Realizați un VI care să citească 20.000 de valori de la canalul analogic AI2 în loc de 100 de valori. Restul setărilor din *Express VI*-ul de achiziție rămân aceleași. Cât timp durează achiziția în acest caz?

Al treilea VI permite citirea și afișarea tensiunii generate de senzorul de sunet **SP0103** (microfon). Pentru sunet se poate calcula intensitatea în [dB] sau se poate determina frecvența semnalului. Utilizăm o formulă de conversie simplă în care din mărimea citită [*tensiune*] se scade valoarea de [offset] de +0.88 V:

$$S = U [V] - 0.88 [V]$$

Testarea programului se face prin rostirea unui cuvânt în apropierea microfonului de la o distanță mai mare de 10 cm. **Nu apropiați placa de achiziție de semnale și microfonul de gură!** Programul citește 20.000 de valori pe secundă, o singură dată și afișează valorile pe un grafic, iar media valorilor este afișată pe un indicator numeric. Setările care vor fi realizate în *Express VI* sunt:

Acquire Signals -> Analog Input -> Voltage

Physical Channels: ai6
 Signal Input Range: Max = 5, Min = 0
 Terminal Configuration: RSE
 Samples to Read: 20k
 Rate: 20k (Hz)
 Custom Scaling: No Scale

Figura 1.7 – Interfața de configurare a *Express VI*-ului pentru microfon

Figura 1.8 – Interfața cu utilizatorul și diagrama bloc, VI-ul pentru microfon

☺ Testați de câte ori puteți bate ușor din palme în timpul cât durează achiziția celor 20.000 de valori. Cât timp durează achiziția în acest caz?

Următorul VI permite citirea și afișarea tensiunilor generate de senzorul de accelerație pe 2 axe **ADXL202E**. Acest senzor permite citirea accelerațiilor dinamice și statice, pe axele XY aflate în planul cablajului (PCB). Pentru conversia mărimii citite [*tensiune*] în valori de accelerație [m/s^2] sau [*g*] este nevoie de o formulă de conversie:

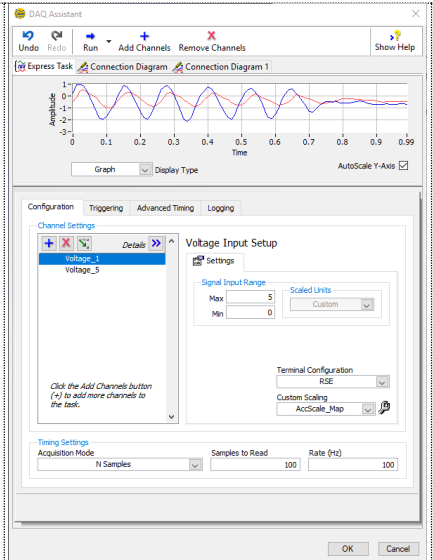
$$Acc = \frac{U [V] - 2.6 [V]}{0.267 [V]} = [g], \quad 1 g = 9.8 \left[\frac{m}{s^2} \right]$$

Formula este dată de domeniul de măsurare a senzorului de la -2 g la +2 g, de valoarea de zero (*offset*) când placa este în poziție orizontală +2.6 V și de sensibilitatea senzorului +0.267 V/g. Fiecare senzor are alte valori pentru *offset* și sensibilitate, apropiate de cele date în formulă.

Testarea programului se face prin mișcarea repetată a plăcii înainte-înapoi sau stânga-dreapta. Accelerația statică poate fi măsurată prin poziționarea verticală a plăcii pe una din muchii. **Nu loviți placa de masă, șocul este mult mai mare decât este admis și poate ajunge la 50 g!** Programul citește 100 de valori pe secundă, o singură dată și afișează valorile pe un grafic, iar media valorilor este afișată pe un indicator numeric. Setările care vor fi realizate în *Express VI* sunt:

Acquire Signals -> Analog Input -> Voltage

Physical Channels: ai1, ai5
Signal Input Range: Max = 5, Min = 0
Terminal Configuration: RSE
Samples to Read: 100
Rate: 100 (Hz)
Custom Scaling: Map Ranges,
Pre-Scaled (Max 3.935, Min 1.265),
Scaled (Max 5, Min -5)



The screenshot shows the DAQ Assistant software interface. At the top, there is a toolbar with buttons for Undo, Redo, Run, Add Channels, and Remove Channels. Below the toolbar is a graph showing a signal waveform. The graph has a Y-axis labeled 'Amplitude' ranging from -3 to 1 and an X-axis labeled 'Time' ranging from 0 to 0.99. Below the graph is a 'Graph' button and a 'Display Type' dropdown menu. The main configuration area is divided into several tabs: Configuration, Triggering, Advanced Timing, and Logging. The 'Configuration' tab is active, showing 'Channel Settings' and 'Voltage Input Setup'. The 'Channel Settings' panel shows two channels: 'Voltage_1' and 'Voltage_5'. The 'Voltage Input Setup' panel shows 'Signal Input Range' with 'Max' set to 5 and 'Min' set to 0, and 'Scaled Units' set to 'Custom'. The 'Terminal Configuration' is set to 'RSE'. The 'Custom Scaling' is set to 'AccScale_map'. The 'Timing Settings' panel shows 'Acquisition Mode' set to 'N Samples', 'Samples to Read' set to 100, and 'Rate (Hz)' set to 100. At the bottom right, there are 'OK' and 'Cancel' buttons.

Figura 1.9 – Interfața de configurare a *Express VI*-ului pentru senzorul de accelerație

☺ Realizați un VI care să citească 2.000 de valori cu o rată de 1.000 de valori pe secundă. Restul setărilor din *Express VI*-ul de achiziție rămân aceleași. Dacă

placa este ținută orizontal în palmă, pe grafic puteți vedea afișat tremurul mâinii în semnalul achiziționat de la senzor.

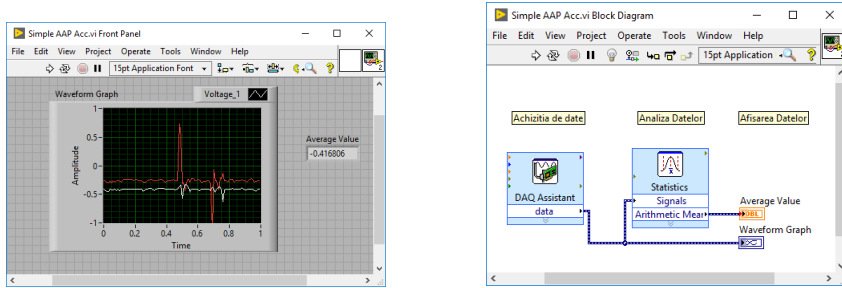


Figura 1.10 – Interfața cu utilizatorul și diagrama bloc, VI-ul pentru senzorul de accelerație

În partea a doua a lucrării se vor implementa programe pentru intrările sau ieșirile digitale. Ieșirile digitale își păstrează starea setată chiar dacă programul este oprit.

Primul set de VI-uri permite citirea poziției ON / OFF a unui DIP Switch cu 8 poziții conectat la portul 0, liniile 0-7. Atunci când contactele comutatoarelor sunt deschise (OFF), se poate citi starea a doi senzori digitali conectați pe același port:

- senzorul de șoc SQ-SEN-200 (tilt sensor) conectat pe linia P0.6,
- releul reed, conectat pe linia P0.7.

Testarea programelor se face prin:

- acționarea switch-urilor, ON / OFF. Switch-urile vor fi lăsate în poziția OFF.
- mișcarea ușoară a plăcii, fără a fi ridicată de pe masă, în cazul senzorului de șoc.
- apropierea unui magnet de releul reed. Nu apăsați magnetul pe releul reed, acesta este realizat din sticlă și se poate sparge foarte ușor!

Programul citește o singură dată și afișează valorile pe LED-uri sau pe un indicator numeric. Programul poate fi pornit în modul rulare continuă, după ce a fost pornit în modul rulare. Setările care vor fi realizate în Express VI sunt:

Acquire Signals -> Digital Input

Line Input: port0/line0 ... /line7
 ... indicator de tip Array (boolean)

Port Input: port0
 ... indicator de tip Array (integer)

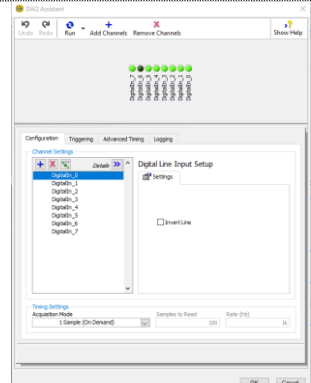
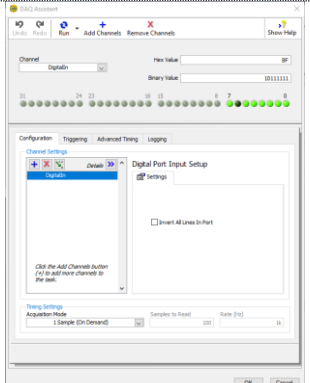



Figura 1.11 – Configurarea Express VI-urilor pentru switch-uri, linii independente sau port

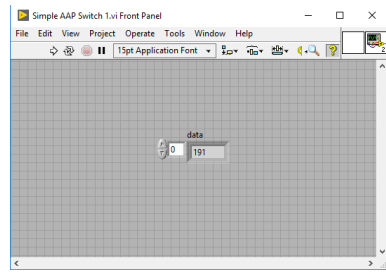
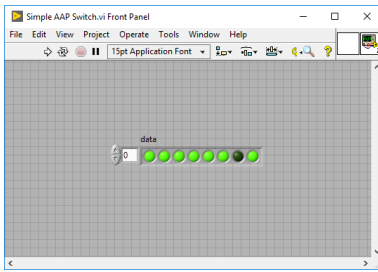


Figura 1.12 – Interfețele cu utilizatorul pentru *switch*-uri, linii independente sau port

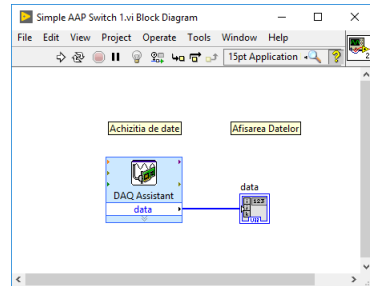
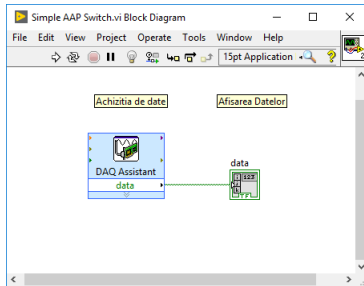


Figura 1.13 – Diagramele bloc pentru *switch*-uri, linii independente sau port

Al doilea set de VI-uri permite semnalizarea diferitelor stări din program prin **4 LED-uri** (galben, verde, roșu și albastru, numite în continuare Y, G, R, B) conectate la **portul 1, liniile 0-3**. Liniile sau portul vor fi **configurate în ieșire**.

Setările care vor fi realizate în *Express VI* sunt:

Generate Signals -> Digital Output

Line Output: port1/line0 ... /line3
... control de tip Array (boolean)

Port Output: port1
... control de tip Array (integer)

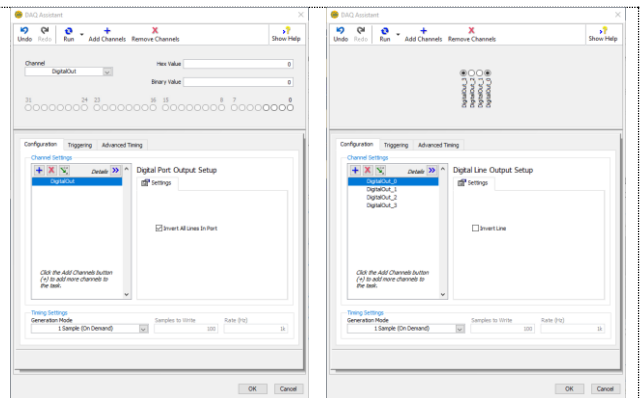


Figura 1.14 – Configurarea *Express VI*-urilor pentru LED-uri, linii independente sau port

Testarea programului se face prin schimbarea valorilor în controlul de tip boolean sau numeric. **Pentru aceste controale de tip Array trebuie inițializat numărul de elemente înainte de prima utilizare.** Numărul de elemente trebuie să fie 4, egal cu numărul de LED-uri pentru varianta cu linii sau 1 pentru varianta cu port. Inițializarea se face prin selectarea numărului de elemente în interfață.

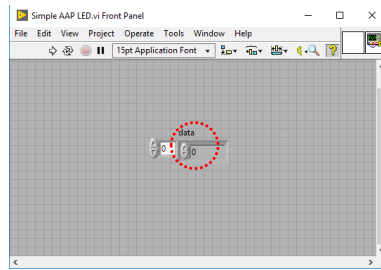
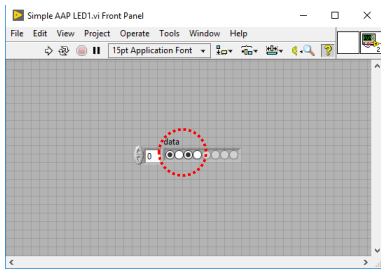


Figura 1.15 – Interfețele cu utilizatorul pentru LED-uri, linii independente sau port

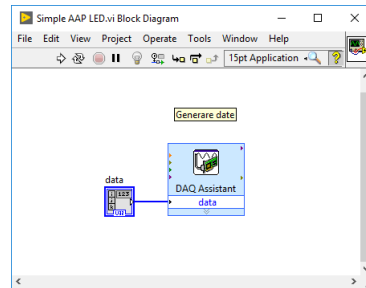
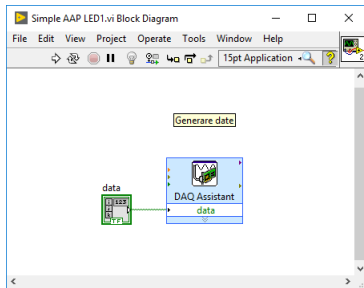


Figura 1.16 – Diagramele bloc pentru LED-uri, linii independente sau port

Al treilea VI permite activarea unei alarme din program prin utilizarea unui generator de sunet și pornirea unui *buzzer*. Acesta are o frecvență fixă de oscilație de 2.5 kHz și nu pot fi generate alte frecvențe.

Setările care vor fi realizate în *Express VI* sunt:

Generate Signals -> Digital Output

Line Output: port0/line1

... control de tip Array (boolean)

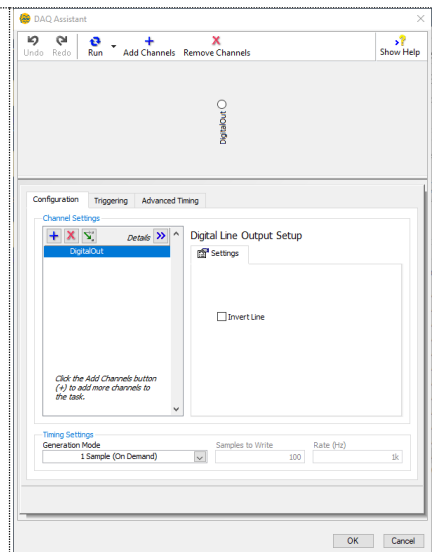





Figura 1.17 – Interfața de configurare a *Express VI*-ului pentru *buzzer*

Testarea programului se face prin schimbarea valorii în controlul de tip boolean. Programul trebuie pornit în modul rulare continuă , după ce a fost pornit în modul rulare . **Oprirea buzzer-ului nu poate fi realizată de la butonul de stop a VI-ului **. Programul trebuie să ruleze ca să poată fi schimbată starea liniei (variabilei).

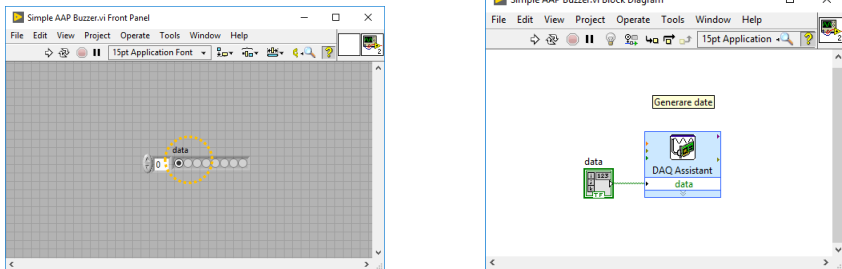


Figura 1.18 – Interfața cu utilizatorul și diagrama bloc, VI-ul pentru buzzer

Următorul VI permite citirea numărului de apăsări ale unui comutator cu revenire automată (*push-button*) care este conectat la intrarea de numărător (*counter*). Această intrare poate fi utilizată ca intrare de *trigger* pentru declanșarea achiziției de semnale cu impuls de start din exterior.

Setările care vor fi realizate în *Express VI* sunt:

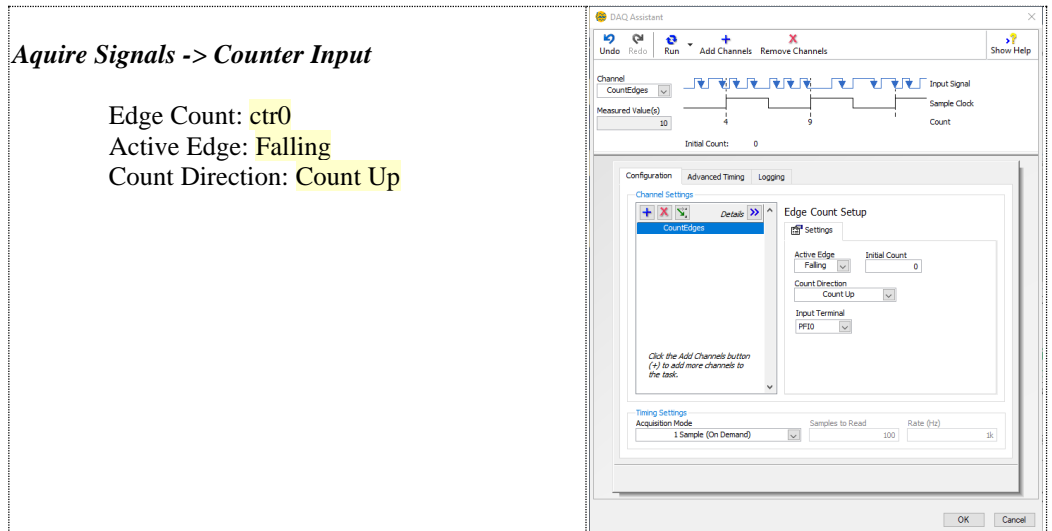


Figura 1.19 – Interfața de configurare a *Express VI*-ului pentru intrarea de numărător

Numărătorul intern este pe 32 biți, **numără doar pe front descrescător (*falling*)** și poate doar să incrementeze. Deoarece operația de numărare presupune o acțiune repetitivă în program, LabVIEW™ va plasa automat *Express VI*-ul într-o buclă *While* care poate fi oprită de la butonul de *stop (F)* din aplicație.

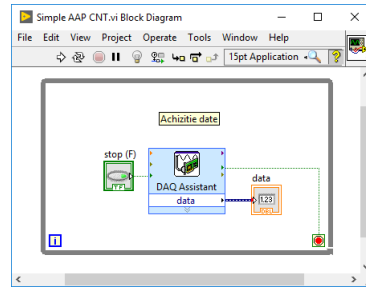
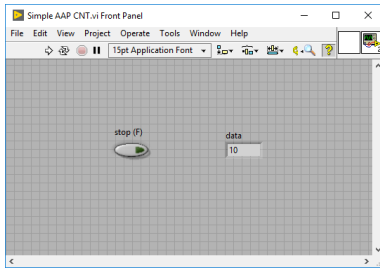


Figura 1.20 – Interfața cu utilizatorul și diagrama bloc, VI-ul pentru intrarea de numărător

Aplicații suplimentare

1. Realizați un VI care măsoară temperatura de la senzorul LM35 și aprinde 4 LED-uri incluse în interfața cu utilizatorul, astfel:
 - a. 2 LED-uri verzi care se aprind la o temperatură mai mare de 27 °C și respectiv 28 °C;
 - b. 1 LED galben se aprinde la o temperatură mai mare de 29 °C;
 - c. 1 LED roșu se aprinde la o temperatură mai mare de 30 °C.

Se pot alege și alte valori de comparație pentru temperatură, în funcție de valoarea temperaturii din laborator în momentul desfășurării orelor.

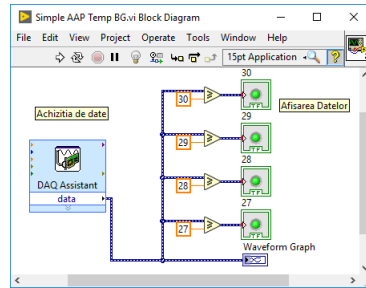
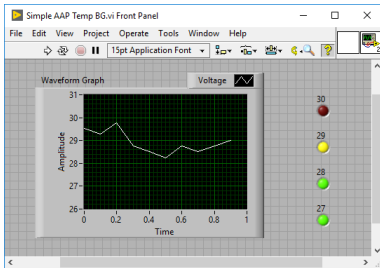


Figura 1.21 – Interfața cu utilizatorul și diagrama bloc, VI-ul pentru aplicația 1

2. Realizați un VI care măsoară intensitatea luminoasă și în funcție de 4 praguri prestabilite (10, 20, 30, 40 LUX) aprinde LED-urile (Y, R, G, B) montate pe placa de extensie.

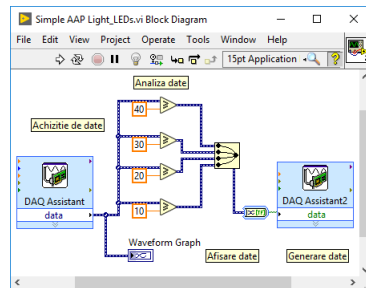
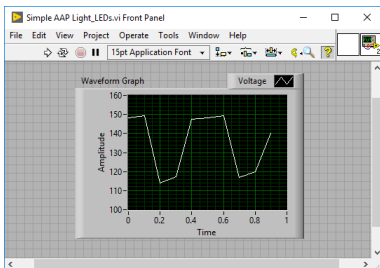


Figura 1.22 – Interfața cu utilizatorul și diagrama bloc, VI-ul pentru aplicația 2

2. Achiziția de semnale cu NI DAQmx. Filtrarea semnalelor *

Scopul acestei lucrări este implementarea unor programe simple în LabVIEW™ utilizând funcțiile incluse în NI DAQmx. Utilizarea aplicației NI MAX (*Measurement and Automation Explorer*) pentru configurarea task-urilor de achiziție sau generare de semnale analogice și digitale [10].

Lucrarea nu prezintă toate etapele necesare în realizarea aplicațiilor, informațiile sunt prezentate detaliat la cursurile disciplinei *Microsisteme și Achiziții de Date*. Fiecare VI va avea câte un anumit tip de indicator descris în continuare. Scalarea datelor se va face în VI conform formulelor date **sau în task-ul definit în NI MAX**, în câmpul *Custom Scaling*. **VI-urile prezentate de model în următoarele figuri nu sunt în varianta finală. Programele vor fi completate și modificate astfel încât să fie îndeplinite cerințele de la fiecare punct.**

Funcțiile NI DAQmx de achiziție de semnale sunt grupate într-o fereastră de funcții în categoria numită *Measurement I/O -> NI DAQmx* pentru a fi ușor de accesat.

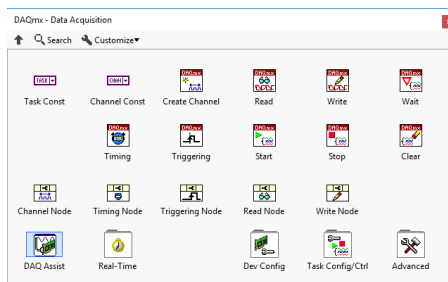


Figura 2.1 – Fereastra pentru accesarea funcțiilor NI DAQmx

În prima parte a lucrării se vor implementa programe pentru **intrările analogice**.

Primul VI permite citirea și afișarea tensiunii generate de senzorul de lumină LX1972. Pentru conversia mărimii citite [*tensiune*] în valori de intensitate luminoasă [*LUX*] este nevoie de o formulă de conversie:

$$L = U[V] \times 500 = [LUX]$$

Se va utiliza un afișaj analogic cu ac numit *Meter* a cărui scală va fi setată în domeniul de la 0 la 20. Pentru afișajul analogic se va selecta opțiunea de afișare *Digital Display*. Se va include VI-ul într-o buclă *For* inițializată cu $N = 1000$.

Testarea programului se face prin deplasarea mâinii deasupra senzorului de lumină sau aprinderea și stingerea unui LED.

Setările care vor fi realizate în *task*-ul definit în *NI MAX* sunt:

Acquire Signals -> Analog Input -> Voltage

Physical Channels: ai0
 Signal Input Range: Max = 1, Min = -1
 Terminal Configuration: Differential
 Samples to Read: 100
 Rate: 100 (Hz)
 Acquisition Mode: Continuous Samples

ATENȚIE: apăsați butonul **Save** de fiecare dată când modificați parametrii în *task*.

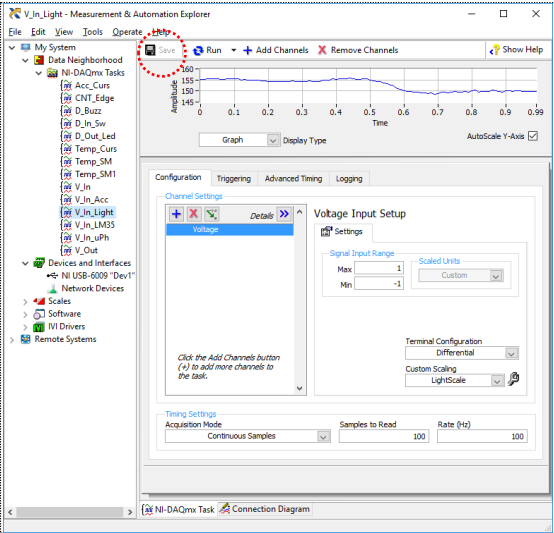


Figura 2.2 – Interfața de configurare din *NI MAX* pentru senzorul de lumină

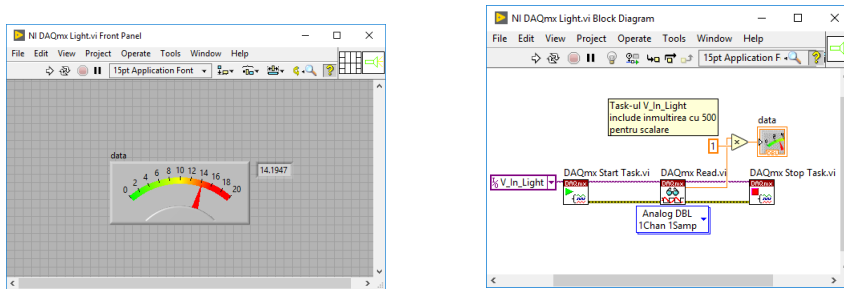


Figura 2.3 – Interfața cu utilizatorul și diagrama bloc, VI-ul pentru senzorul de lumină

😊 Realizați un VI care să citească 1000 de valori pe secundă de la canalul analogic AI0 și încercați să vizualizați modul în care se aprind și se sting panourile cu LED-uri utilizate la iluminatul sălii. Dacă este nevoie trageți jaluzelele de la geamurile din sală pentru a reduce lumina naturală. Poate este necesar să ridicați placa de achiziție de semnale de pe masă pentru a fi mai aproape de panoul cu LED-uri din tavan, atât cât permite cablul USB.

Al doilea VI permite citirea și afișarea tensiunii generate de senzorul de temperatură **LM35**. Pentru conversia mărimii citite [*tensiune*] în valori de temperatură [°C] este nevoie de o formulă de conversie (senzorul generează 10 mV/°C):

$$T = U[V] \times 100 = [^{\circ}\text{C}]$$

Se va implementa un VI care include o buclă *While*. Se va utiliza un afișaj de tip *Thermometer* a cărui scală va fi setată în domeniul de la 22 °C la 30 °C și se va selecta opțiunea *Digital Display*.

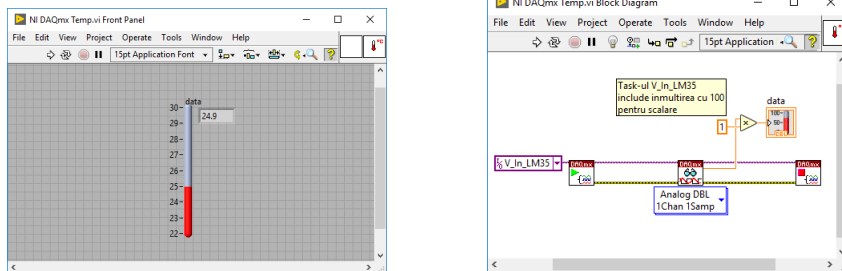


Figura 2.4 – Interfața cu utilizatorul și diagrama bloc, VI-ul pentru senzorul de temperatură

Setările care vor fi realizate în *task*-ul definit în *NI MAX* sunt:

Acquire Signals -> Analog Input -> Voltage

Physical Channels: ai2

Signal Input Range: Max = 1, Min = 0

Terminal Configuration: RSE

Samples to Read: 100

Rate: 100 (Hz)

Acquisition Mode: 1 Sample (On Demand)

Figura 2.5 – Interfața de configurare din *NI MAX* pentru senzorul de temperatură

Al treilea VI permite citirea și afișarea tensiunii generate de senzorul de sunet **SP0103** (microfon). Pentru sunet se poate calcula intensitatea în [dB] sau se poate determina frecvența semnalului. Utilizăm o formulă de conversie simplă în care din mărimea citită [*tensiune*] se scade valoarea de [*offset*] de +0.88 V:

$$S = U[V] - 0.88 [V]$$

Se va utiliza un afișaj de tip grafic *Waveform Chart* a cărei scală verticală va fi setată în domeniul de la 0 la +3. Se va selecta opțiunea de afișare *Digital Display*.

Pentru realizarea VI-ului, funcția de citire trebuie configurată astfel: un



canal și N valori citite, iar numărul de valori citite va fi egal cu numărul setat în *task*, în acest caz 300 și trebuie inițializat cu o constantă 300.

Setările care vor fi realizate în *task*-ul definit în *NI MAX* sunt:

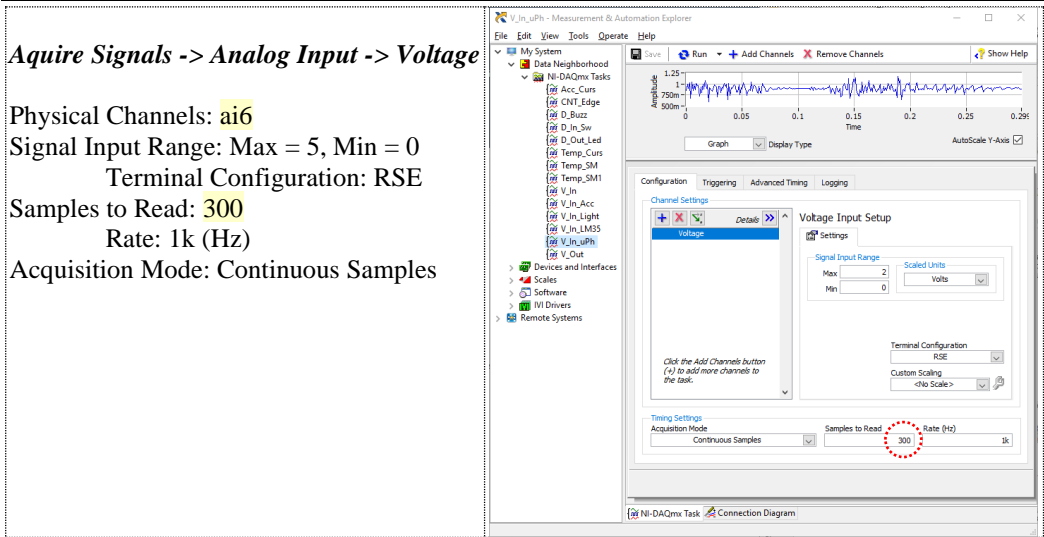


Figura 2.6 – Interfața de configurare din NI MAX pentru microfon

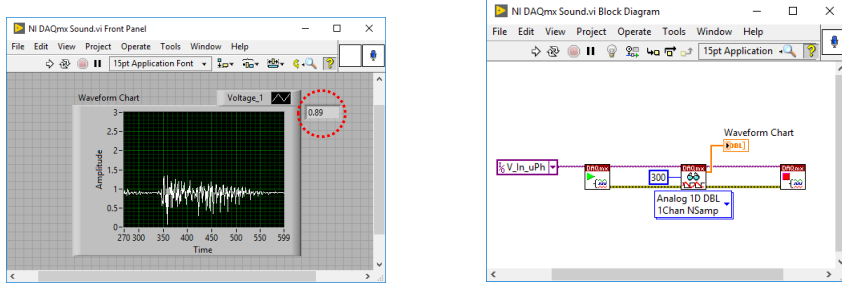


Figura 2.7 – Interfața cu utilizatorul și diagrama bloc, VI-ul pentru microfon

😊 Realizați un VI care citește microfonul și calculează parametrii pentru semnalul afișat: minim, maxim, media. Apelați și alte funcții din LabVIEW™ pentru a determina frecvența semnalului. Puteți testa aplicația implementată prin rularea de pe [YouTube](#) a unui video de test pentru generarea de frecvențe audio.

Următorul VI permite citirea și afișarea tensiunilor generate de senzorul de accelerație pe 2 axe **ADX1202E**. Acest senzor permite citirea accelerațiilor dinamice și statice, pe axele XY aflate în planul cablajului (PCB). Pentru conversia mărimii citite [tensiune] în valori de accelerație [m/s^2] sau [g] este nevoie de o formulă de conversie:

$$Acc = \frac{U [V] - 2.6 [V]}{0.267 [V]} = [g], \quad 1 g = 9.8 \left[\frac{m}{s^2} \right]$$

Formula este dată de domeniul de măsurare a senzorului de la -2 g la +2 g, de valoarea de zero (offset) când placa este în poziție orizontală +2.6 V și de sensibilitatea senzorului +0.267 V/g. Fiecare senzor are alte valori pentru offset și sensibilitate, apropiate de cele date în formulă.

Setările care vor fi realizate în *task*-ul definit în *NI MAX* sunt:

Acquire Signals -> Analog Input -> Voltage

Physical Channels: ai1, ai5

Signal Input Range: Max = 5, Min = 0

Terminal Configuration: RSE

Samples to Read: 100

Rate: 100 (Hz)

Acquisition Mode: Continuous Samples

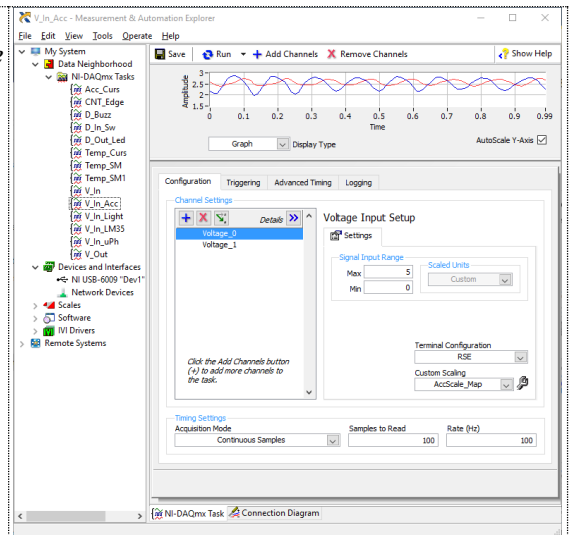



Figura 2.8 – Interfața de configurare din *NI MAX* pentru senzorul de accelerație

Pentru realizarea VI-ului, funcția de citire trebuie configurată astfel: N canale și o valoare citită. În acest caz ieșirea este un vector (*array*) în care valorile de la cele două canale alternează. Pentru a putea scala valorile citite pentru afișare,

Decimate 1D Array

este nevoie de funcția  care separă valorile corespunzătoare fiecărui canal ($x_0, x_1, x_2, \dots; y_0, y_1, y_2, \dots$), apoi se efectuează operațiile de scalare, separat pe fiecare axă, având astfel posibilitatea unei scalări corecte pe fiecare canal. În fereastra de scalare *Map Ranges Scale* se introduc următoarele valori:

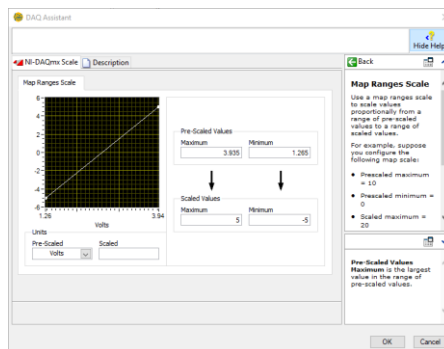



Figura 2.9 – Fereastra pentru scalarea semnalului în *NI MAX*

Semnalele pentru cele două axe sunt afișate pe același grafic utilizând *Index & Bundle Cluster Array*

funcția  . Se va utiliza un afișaj de tip grafic cu două canale *Waveform Chart* a cărui scală verticală va fi setată în domeniul de la -1.5 la +1.5. Se vor selecta opțiunile *Digital Display*, *Scale Legend* și *Graph Palette*.

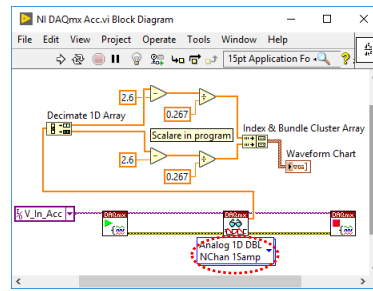
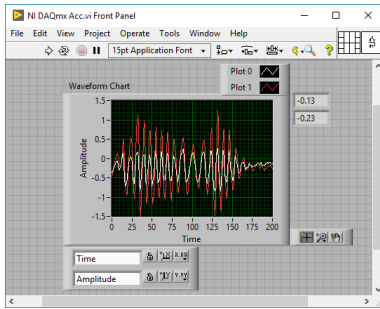


Figura 2.10 – Interfața cu utilizatorul și diagrama bloc, VI-ul pentru senzorul de accelerație

😊 Utilizați *Tab Control* în interfață și implementați un VI pentru **sunet și accelerație** care include codurile de la exemplele anterioare. În prima fereastră a tab-ului va fi afișat semnalul de la microfon, iar în fereastra a doua semnalele de la senzorul de accelerație. Pentru selecția codului care se execută în diagrama bloc se utilizează structura *Case*. Programul are o buclă principală de tip *While*.

In partea a doua a lucrării se vor implementa programe pentru **intrările sau ieșirile digitale**.

Primul set de VI-uri permite citirea poziției *ON / OFF* a unui *DIP Switch* cu 8 poziții conectat la portul 0, liniile 0-7. Atunci când contactele comutatoarelor sunt deschise (*OFF*), se poate citi starea a doi senzori digitali conectați pe același port:

- c. senzorul de șoc **SQ-SEN-200** (*tilt sensor*) conectat pe linia P0.6,
- d. releul *reed*, conectat pe linia P0.7.

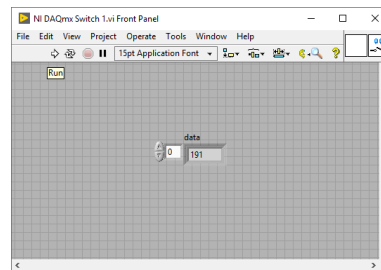
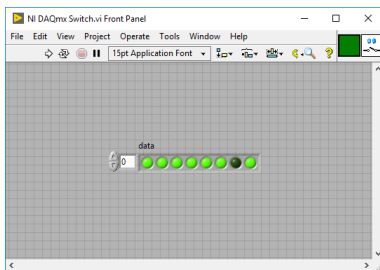


Figura 2.11 – Interfețele cu utilizatorul pentru *switch*-uri, linii independente sau port

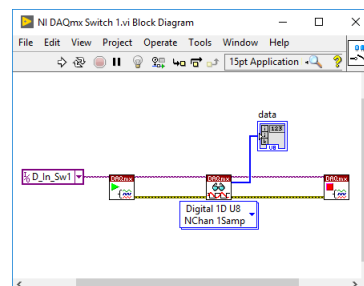
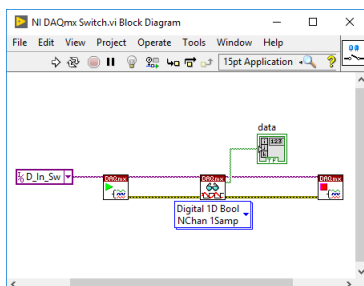


Figura 2.12 – Diagramele bloc pentru *switch*-uri, linii independente sau port

Setările care vor fi realizate în *task*-ul definit în *NI MAX* sunt:

Aquire Signals -> Digital Input

Line Input: port0/line0 ... port0/line7
sau
Port Input: port0

indicator de tip *Array* (boolean)
indicator de tip *Array* (*integer*)

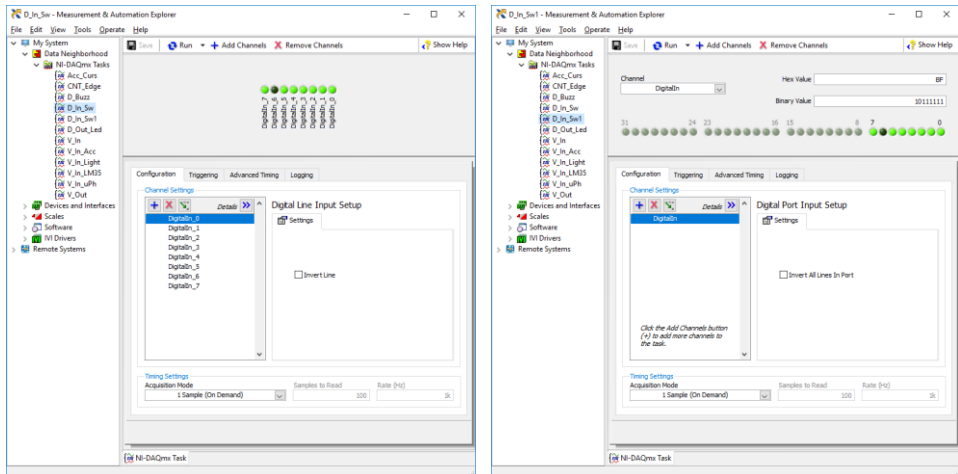


Figura 2.13 – Interfețele de configurare din *NI MAX* pentru *switch*-uri, linii independente sau port

Al doilea set de VI-uri permite semnalizarea diferitelor stări din program prin **4 LED-uri** (galben, verde, roșu și albastru, numite în continuare Y, G, R, B) conectate la portul 1, liniile 0-3. Liniile sau portul vor fi configurate în ieșire. Programele includ o buclă *For* inițializată cu $N = 10$, atât pentru configurația cu linii digitale independente cât și cu port digital.

Setările care vor fi realizate în *task*-ul definit în *NI MAX* sunt:

Generate Signals -> Digital Output

Line Output: port1/line0 ... port1/line3
sau
Port Output: port1

control de tip *Array* (boolean)
control de tip *Array* (*integer*)

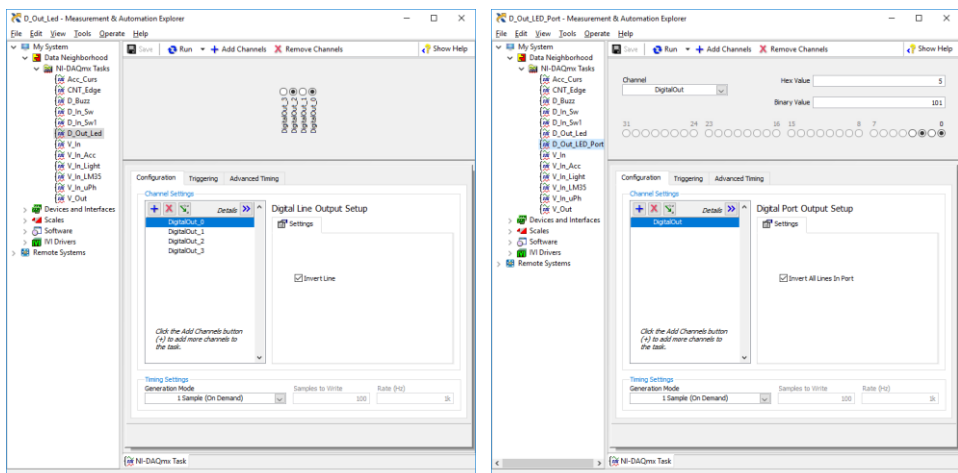


Figura 2.14 – Interfețele de configurare din *NI MAX* pentru LED-uri, linii independente sau port

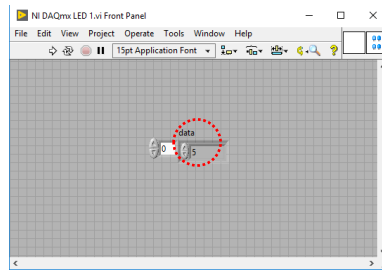
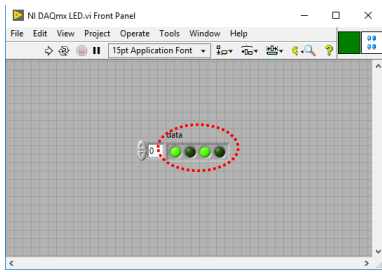


Figura 2.15 – Interfețele cu utilizatorul pentru LED-uri, linii independente sau port

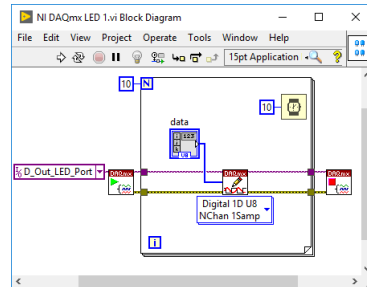
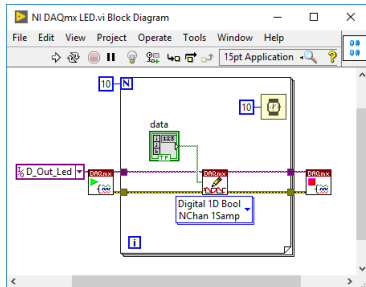


Figura 2.16 – Diagramele bloc pentru LED-uri, linii independente sau port

😊 Realizați un VI pe baza celor două VI-uri prezentate în exemplele anterioare (*switch-uri* și *LED-uri*), extrageți din vectorul rezultat (*array*) bitul corespunzător sensorului de șoc și afișați starea sensorului pe unul din LED-urile (Y, G, R, B) de pe placa de achiziție de semnale.

Al treilea VI permite activarea unei alarme din program prin utilizarea unui generator de sunet și pornirea unui *buzzer*. Acesta are o frecvență fixă de oscilație de 2.5 kHz și nu pot fi generate alte frecvențe.

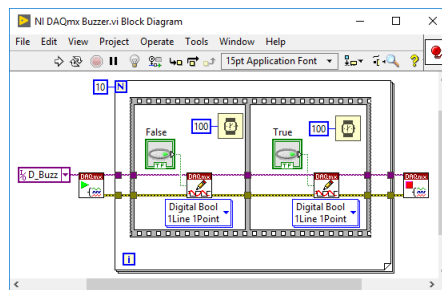
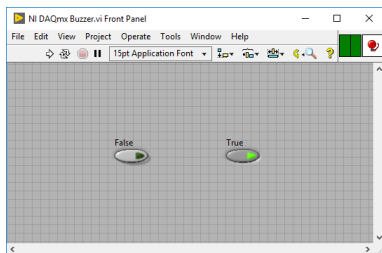


Figura 2.17 – Interfața cu utilizatorul și diagrama bloc, VI-ul pentru *buzzer*

Setările care vor fi realizate în *task*-ul definit în *NI MAX* sunt:

Generate Signals -> Digital Output
Line Output: port0/line1

control de tip *Array* (boolean)

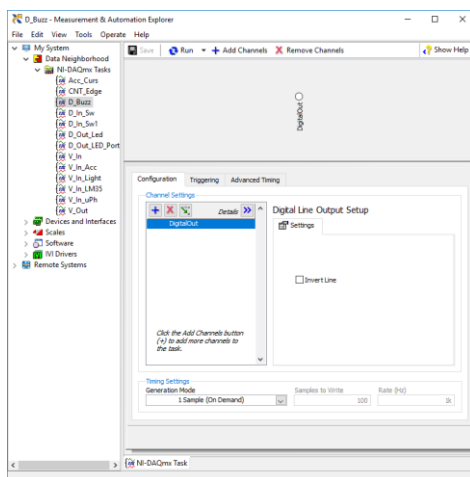
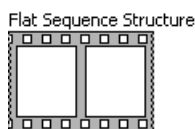
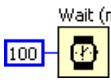



Figura 2.18 – Interfața de configurare din NI MAX pentru *buzzer*



Se va utiliza structura secvențială pentru a genera semnal sonor o perioadă de timp de 100 milisecunde cu *buzzer*-ul, iar 100 milisecunde acesta va fi oprit. Programul va rula într-o buclă *For* cu $N = 10$ inițializat cu o

constantă. Funcția de timp este: . Modificați valorile pentru temporizare la 10 ms și 1000 ms.

😊 Realizați un VI pe baza celor două VI-uri prezentate în exemplele anterioare (*switch*-uri și *buzzer*), extrageți din vectorul rezultat bitul corespunzător sensorului de șoc și afișați starea sensorului pe *buzzer*. Pentru „1” logic *buzzer*-ul va suna, iar pentru „0” este oprit. Este posibil ca programul să funcționeze corect, dar senzorul de șoc să nu se oprească din cauza vibrațiilor produse de *buzzer*. Utilizați tehnicile de depanare din LabVIEW™  pentru a verifica programul.

Următorul VI include o buclă *While* și permite citirea numărului de apăsări ale unui comutator cu revenire automată (*push-button*) care este conectat la intrarea de numărător (*counter*). Această intrare poate fi utilizată ca intrare de *trigger* pentru declanșarea achiziției de semnale cu impuls de start din exterior.

Se vor configura două *task*-uri: primul *task* este pentru a număra apăsările pe butonul conectat la numărător și al doilea *task* este pentru a aprinde cele 4 LED-uri de pe placă (Y, G, R, B), în funcție de valoarea numărată de la buton.

Setările care vor fi realizate în *task*-ul definit în NI MAX sunt:

Acquire Signals -> Counter Input

Edge Count: ctr0

Active Edge: Falling

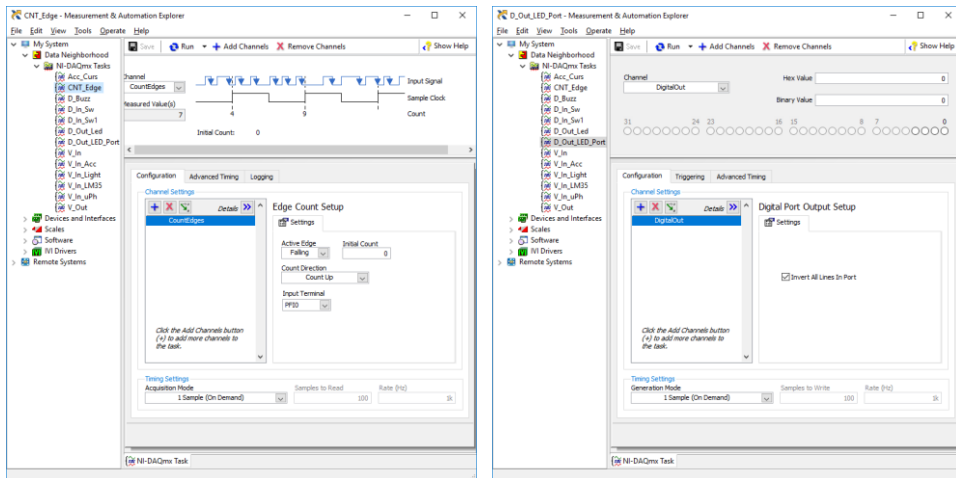


Figura 2.19 – Interfața de configurare din NI MAX pentru intrarea de numărator și de ieșire pe LED-uri, configurația cu port

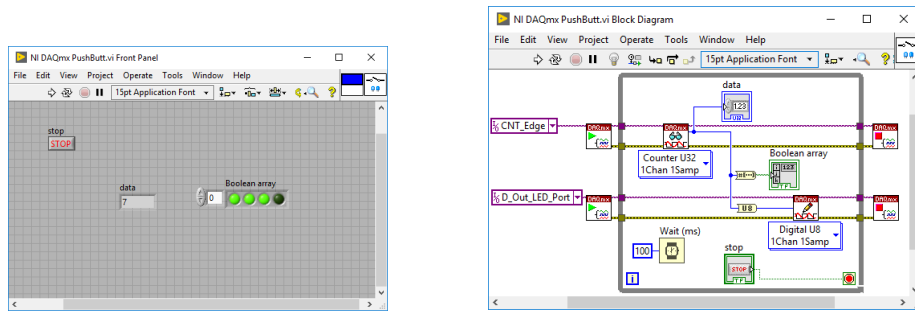



Figura 2.20 – Interfața cu utilizatorul și diagrama bloc pentru intrarea de numărator, cu afișarea stării pe LED-urile Y, G, R, B

Aplicații suplimentare

1. Realizați un VI care măsoară temperatura, include o buclă *For* inițializată cu N_{variabil} cu valori de la 10 la 100 și calculează valoarea medie a temperaturii. Cele două mărimi (T și T_{med}) se vor afișa pe același grafic de tip *Waveform Chart* utilizând funcția *bundle*

Chart utilizând funcția *bundle* .

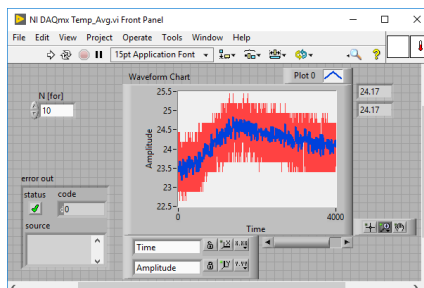


Figura 2.21 – Interfața cu utilizatorul pentru aplicația 1

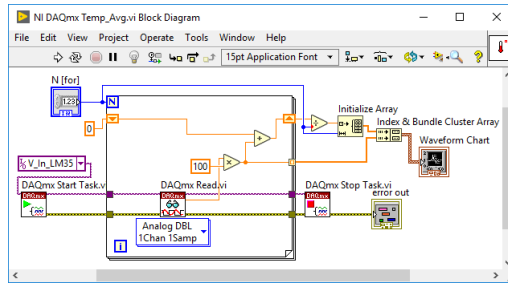


Figura 2.22 – Diagrama bloc pentru aplicația 1

- Realizați un VI care măsoară intensitatea luminoasă, include o buclă *While* și filtrează prin integrare semnalul achiziționat. Formula de integrare este:

$$y_{f,k} = \lambda \cdot y_{f,k-1} + (1 - \lambda) \cdot x_k$$

unde $\lambda = \frac{T_f}{T_f + T_e}$, $\lambda \in [0, 1)$, iar indicele k reprezintă momentul actual și indicele $k-1$ momentul anterior. Perioada de eșantionare $T_e \in [10, 100]$ ms se va implementa cu funcția *Wait Until Next ms Multiple*.

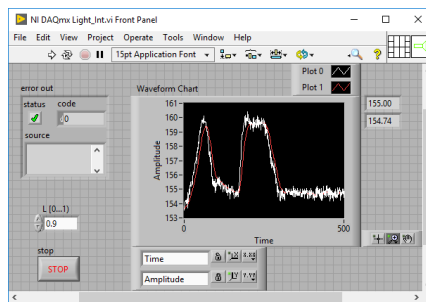


Figura 2.23 – Interfața cu utilizatorul pentru aplicația 2

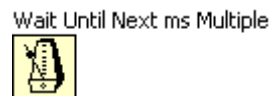
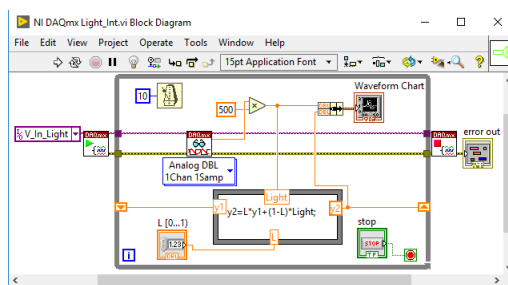
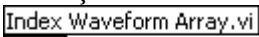






Figura 2.24 – Diagrama bloc pentru aplicația 2 și funcția de temporizare

- Realizați un VI care măsoară accelerația pe două axe și calculează valoarea medie a accelerației utilizând funcțiile următoare:

a. în cazul datelor de ieșire returnate în formatul *ID Waveform* se vor

include funcțiile:  ,  ;

b. în cazul datelor de ieșire returnate în formatul *2D DBL* se vor include

funcțiile:  ,  și  .

Implementările pentru cele două moduri de configurare ale funcției *DAQmx Read (Analog)*, când datele returnate sunt în formatul *1D Waveform* și *2D DBL* sunt prezentate în figurile următoare:

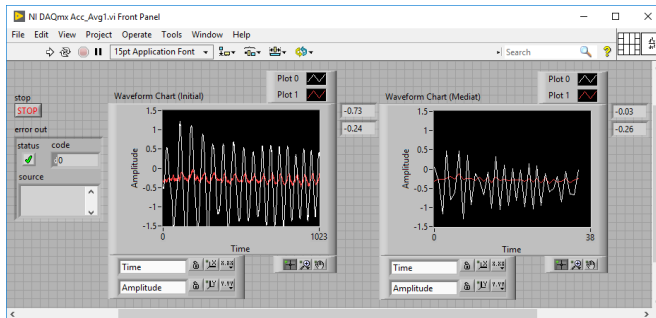


Figura 2.25 – Interfața cu utilizatorul pentru aplicația 3.a

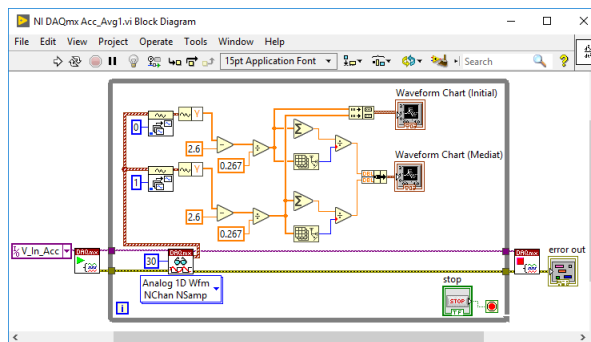


Figura 2.26 – Diagrama bloc pentru aplicația 3.a

Pentru a nu crește complexitatea programelor se utilizează două grafice, pe care se poate observa că numărul de puncte afișate diferă semnificativ.

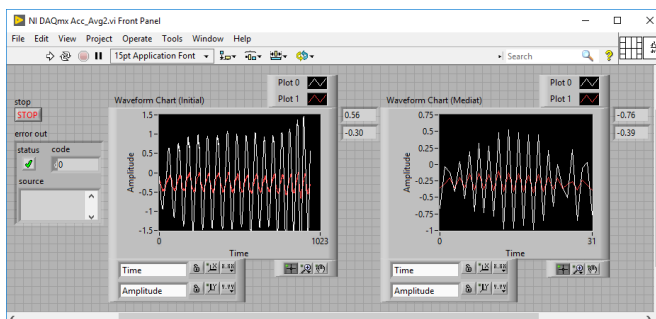


Figura 2.27 – Interfața cu utilizatorul pentru aplicația 3.b

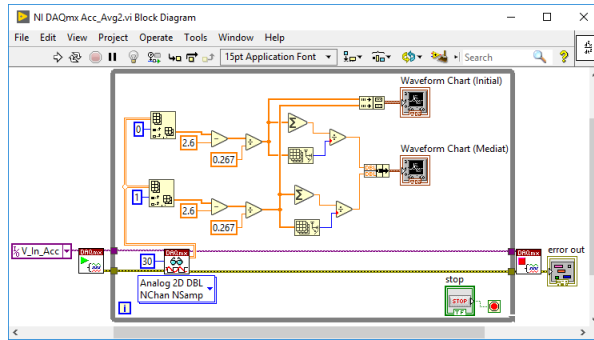


Figura 2.28 – Diagrama bloc pentru aplicația 3.b

4. Determinați timpul de execuție a unui VI implementat la punctele anterioare utilizând funcția *Tick Count*.

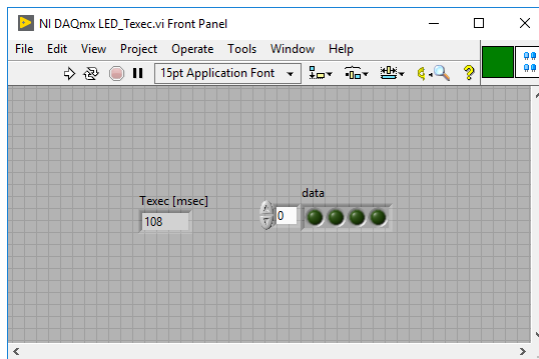


Figura 2.29 – Interfața cu utilizatorul pentru aplicația 4

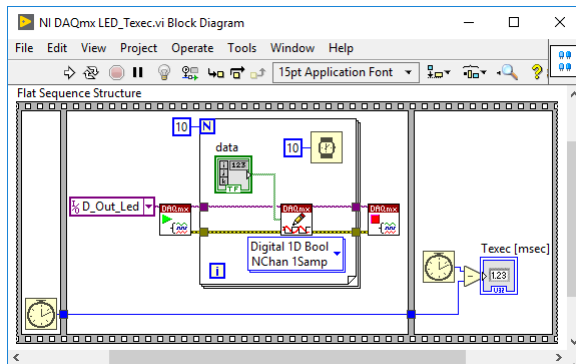


Figura 2.30 – Diagrama bloc pentru aplicația 4 și funcția de măsurare a timpului

- ☺ Explicați de ce este nevoie de structura *Flat Sequence* pentru a implementa măsurarea timpului de execuție.
- ☺ Realizați un *mouse*-spațial 2D utilizând sensorul de accelerație și funcțiile de deplasare a *mouse*-ului puse la dispoziție de mediul LabVIEW™. Butonul conectat la intrarea de numărator poate să fie echivalentul butonului din stânga al unui *mouse* obișnuit.

3. Modularizare cu *subVI*-uri. Generatoare de semnale

Scopul acestei lucrări este implementarea unor programe simple pentru generarea de semnale utilizând funcțiile incluse în LabVIEW™ [11]. Reutilizarea codului prin includerea în *subVI*-uri. Utilizarea osciloscopului pentru vizualizarea semnalelor generate.

Se vor realiza 8 *subVI*-uri pentru citirea senzorilor atașați pe extensiile de la placa de achiziție de semnale USB-6009, utilizând *VI*-urile salvate în lucrarea anterioară. *SubVI*-urile nu vor include indicatoare grafice pentru afișare, acestea fiind înlocuite cu indicatoare digitale. Bucla *For* va avea *N* inițializat prin conectarea la un control care să poată fi accesat din *VI*-ul principal din care se apelează *subVI*-urile. **Atenție nu utilizați bucla *While* în *subVI*-uri!**

☺ **Justificați de ce trebuie să evităm includerea buclei *While* în *subVI*-uri.**

Se vor edita *icon*-urile pentru fiecare *VI* realizat pentru a putea recunoaște ușor mărimea măsurată. Se vor realiza următoarele *Icon*-uri, de exemplu:

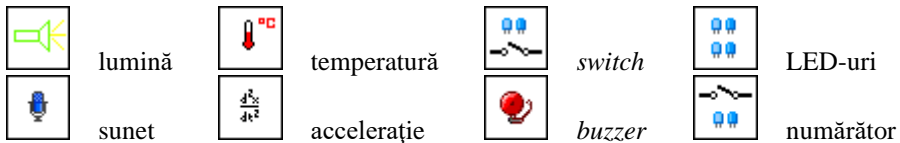


Figura 3.1 – *Icon*-uri, exemple de editare

Editarea *Icon*-ului se face astfel: „clic dreapta” cu *mouse*-ul pe *Icon*-ul din *Front Panel* și se selectează opțiunea *Edit Icon...* ca și în figura următoare:

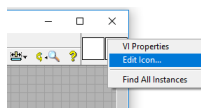


Figura 3.2 – Editarea *Icon*-ului la un *VI*

Se deschide fereastra de editare care include 4 tab-uri. Din aceste tab-uri se accesează *Icon Text* pentru scrierea de text și *Glyphs* pentru utilizarea unor desene predefinite din biblioteca inclusă în LabVIEW™.

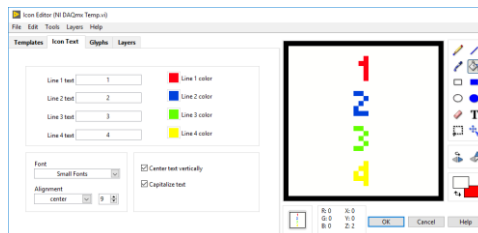


Figura 3.3 – Editarea *Icon*-ului la un *VI*, includerea unui text

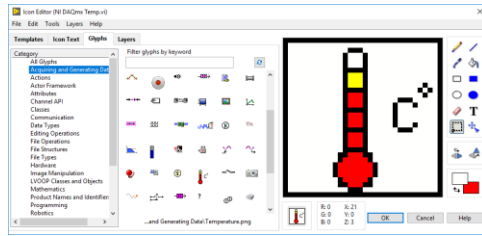


Figura 3.4 – Editarea Icon-ului la un VI, includerea unui desen

Editarea conectorului cu terminale se face astfel: „clic dreapta” cu *mouse*-ul pe *Icon-ul* din *Front Panel* ca și în figura următoare. Se deschide meniul de editare a conectorului cu terminale și se alege un tip de conector selectând opțiunea *Patterns*, în funcție de numărul de obiecte din interfața cu utilizatorul care trebuie „conectate” – accesate din programul principal.

Atunci când un subprogram este apelat din VI-ul principal, indicatoarele și controalele conectate la terminale sunt accesate fără deschiderea interfeței cu utilizatorul. Proprietățile terminalelor se configurează independent.

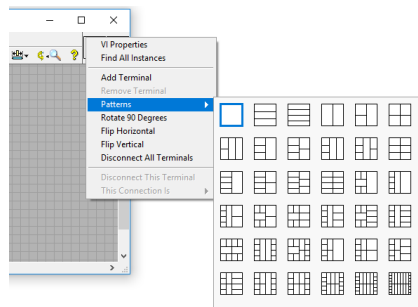


Figura 3.5 – Meniul pentru editarea conectorului cu terminale la un VI

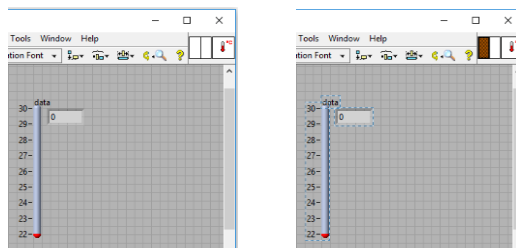


Figura 3.6 – Conectarea terminalelor la obiectele din interfața utilizator

Utilizând „*unealta de conectare a firelor*” selectată automat, se conectează fiecare terminal la un obiect din panou. Este o situație în care *unealta* pentru fire se utilizează în *Front Panel*, în orice altă situație este utilizată doar în *Block Diagram* pentru realizarea conexiunilor între terminalele *nodurilor*.

Alegerea tipului de terminal este importantă. Sunt trei opțiuni în funcție de care terminalele sunt vizualizate și utilizate într-un anumit mod:

- **Required** – terminalul este **afișat cu bold** și trebuie conectat obligatoriu în diagrama bloc la un terminal de control sau la o constantă;
- **Recommended** – terminalul este afișat normal, se utilizează pentru configurare;
- **Optional** – terminalul este afișat cu gri, terminale utilizate rar.

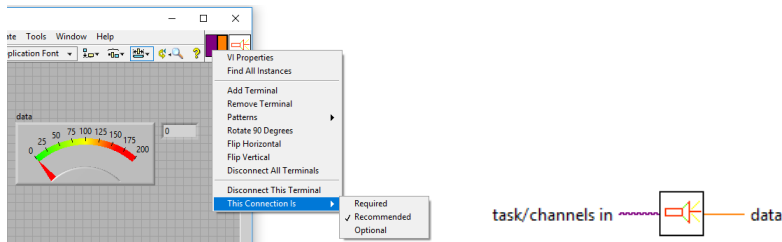


Figura 3.7 – Terminal configurat **Recommended**

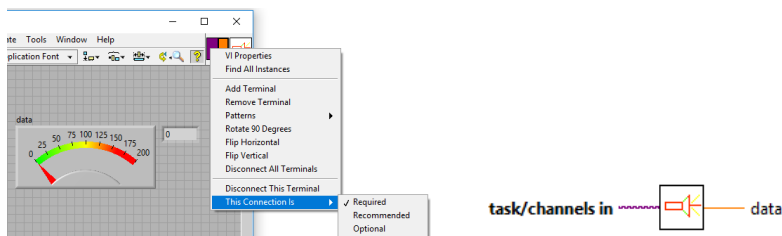


Figura 3.8 – Terminal configurat **Required**

Implementați în continuare un VI care să poată genera următoarele semnale, selectabile de la un control de tip *Enum*: sinusoidal, rampă, triunghiular, dreptunghiular cu factor de umplere variabil.

Setările care vor fi realizate în *task*-ul definit în *NI MAX* sunt:

Acquire Signals -> Analog Input -> Voltage

Physical Channels: ai3
 Signal Input Range: Max = 5, Min = 0
 Terminal Configuration: RSE
 Samples to Read: 100
 Rate: 1k (Hz)
 Acquisition Mode: Continuous Samples

Figura 3.9 – Interfața de configurare din *NI MAX* pentru canalul analogic de intrare AI3

Pentru generarea semnalului se va utiliza ieșirea analogică AO0. Semnalele se vor vizualiza pe osciloscopul din laborator (*TDS1012B, C* sau *DSO1012A*) și în paralel pe calculator prin utilizarea intrării analogice AI3.

Semnalul de la ieșirea analogică AO0 ajunge la intrarea analogică AI3 printr-un filtru trece-jos pasiv RC, implementat cu un potențiomtru semireglabil de 10 kΩ și un condensator de 100 nF conectat între semnal și *ground* (masă).

Numărul de puncte din care este compus un semnal să poată fi setat de către utilizator, de asemenea și frecvența semnalului.

Setările care vor fi realizate în *task*-ul definit în *NI MAX* sunt:

Generate Signals -> Analog Output -> Voltage

Physical Channels: **ao0**

Signal Input Range: Max = 5, Min = 0

Terminal Configuration: RSE

Generation Mode: 1 Sample (On Demand)

! Este singurul mod posibil pentru AO

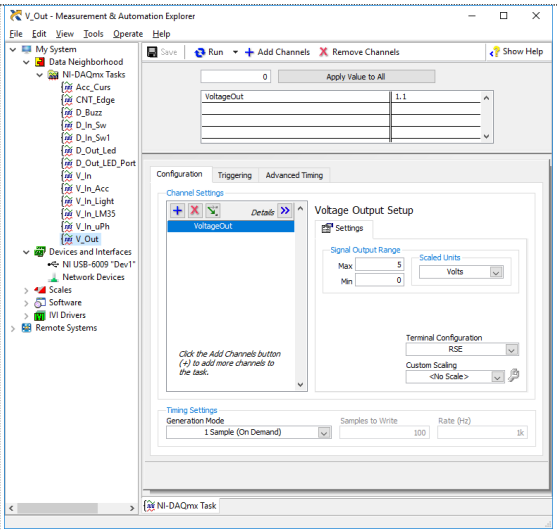


Figura 3.10 – Interfața de configurare din *NI MAX* pentru canalul analogic de ieșire AO0

O variantă de implementare a VI-ului este prezentată în figura următoare. Programul permite selectarea celor patru tipuri de forme de undă.

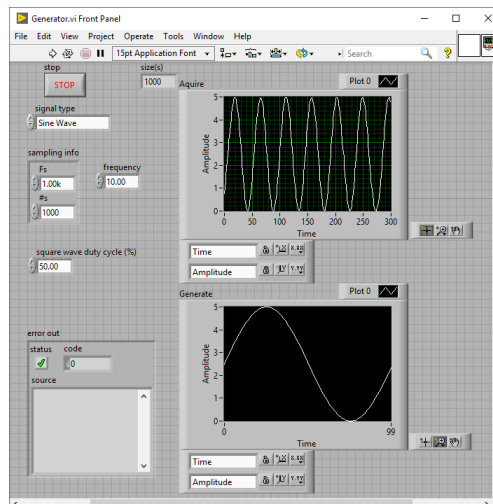


Figura 3.11 – Interfața cu utilizatorul pentru generatorul de semnal

Se utilizează un afișaj de tip grafic a cărui scală verticală este setată în domeniul de la 0 la +5. Se vor selecta opțiunile *Digital Display*, *Scale Legend* și *Graph Palette*.

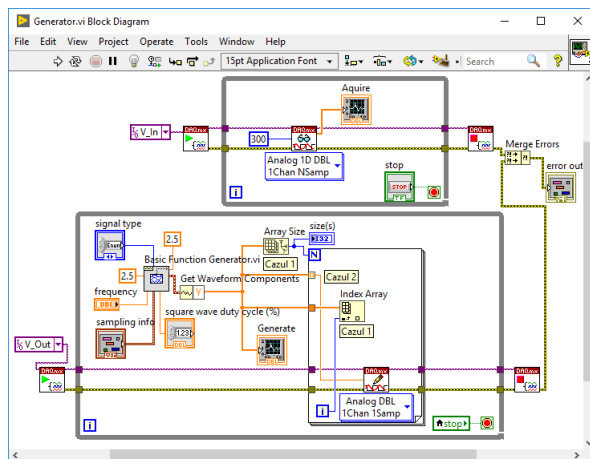


Figura 3.12 – Diagrama bloc pentru generatorul de semnal

Se poate modifica numărul de puncte pentru o perioadă și frecvența semnalului. Generatorul merge bine pentru frecvențe mai mici de 50 Hz, iar la 100 Hz semnalul sinusoidal este foarte asemănător cu cel triunghiular, având un număr prea mic de puncte pentru o perioadă – 10 puncte în acest caz.

Rata maximă de *update* a convertorului numeric analogic conectat la ieșirea AO0 este de 1000 Hz.

Domeniul de funcționare a ieșirii analogice a plăcii de achiziție USB-6009 este de la 0 V la +5 V și este necesară deplasarea semnalelor generate, acestea fiind în domeniul \pm Amplitudine. Deplasarea semnalului se face cu valoarea *Amplitudine*, care se conectează și la intrarea de *Offset*.

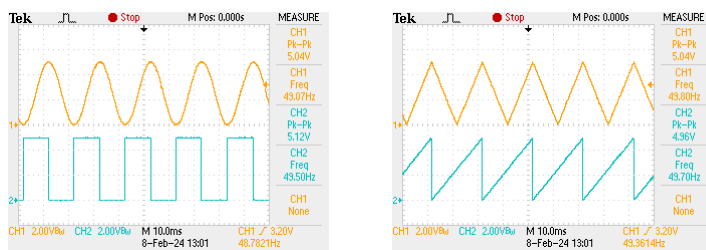


Figura 3.13 – Semnale vizualizate cu osciloscopul TDS2012C

A doua limitare a plăcii de achiziție USB-6009 este modul de generare punct cu punct. Din vectorul generat cu valorile punctelor pentru o perioadă de semnal este necesară extragerea fiecărui element într-o buclă care include și funcția analogică de scriere. Sunt două moduri echivalente de implementare:

- varianta 1:** tunelul de intrare în bucla *For*, este configurat *Disable Indexing*. Apelând funcția *Array Size* precizăm de câte ori se execută bucla *For*; funcția

Index Array care are ca parametru de intrare „i” numărul de execuții ale buclei *For*, extrage câte un element din vectorul de intrare și trimite valoarea numerică funcției de scriere analogică.

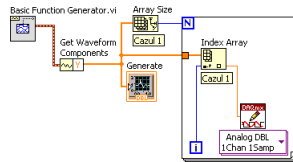


Figura 3.14 – Varianta 1, extragerea valorilor analogice de ieșire din vectorul generat

- b. **varianta 2:** se bazează pe faptul că un tunel de intrare în bucla *For*, dacă este configurat *Enable Indexing*, precizează de câte ori se execută bucla. Fiecare execuție a buclei *For* extrage câte un element din vectorul de intrare conectat și trimite valoarea numerică funcției de scriere analogică.

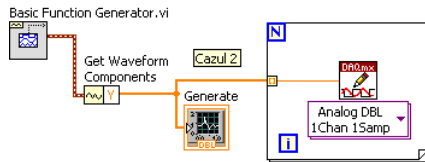


Figura 3.15 – Varianta 2, extragerea valorilor analogice de ieșire din vectorul generat

Modul de conectare a sondei osciloscopului pentru verificarea funcționării corecte a generatorului de semnal este prezentat în figura următoare.

Dacă sonda se conectează pe intrarea analogică AI3 atunci se poate vizualiza cu osciloscopul efectul filtrului trece jos implementat cu circuitul RC. Efectul filtrului este vizibil și în aplicația implementată (în VI).



Figura 3.16 – Modul de conectare a osciloscopului

Semnalele vizualizate cu osciloscopul sunt prezentate în figura următoare. Canalul 1 de la osciloscop este conectat la AO0 **portocaliu** și canalul 2 este conectat la AI3 **turcoaz**. Se pot observa „treptele” care apar pe semnalul generat la schimbarea valorilor convertorului numeric-analogic și semnalul la ieșirea filtrului.

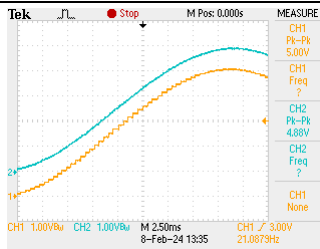


Figura 3.17 – Semnale preluate cu osciloscopul TDS2012C

Implementați un VI care să ofere funcția de *trigger* pe semnal pentru o valoare setată de utilizator, similar unui osciloscop. În varianta de implementare prezentată în figura următoare, funcția de generare este configurată cu N valori. În acest exemplu *trigger*-ul este setat la valoarea de +3.0 V, pe frontul crescător.

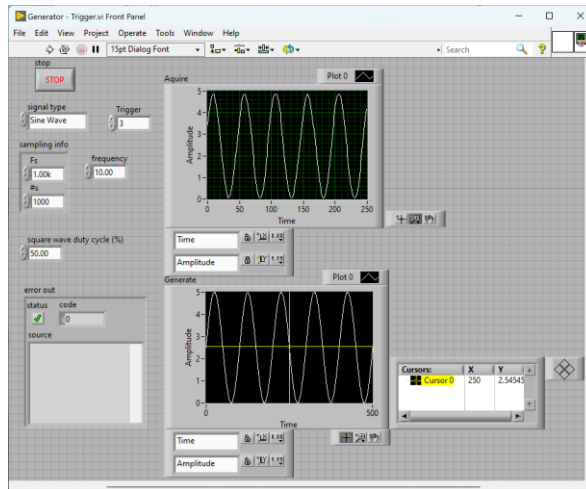


Figura 3.18 – Interfața cu utilizatorul pentru implementarea *trigger*-ului

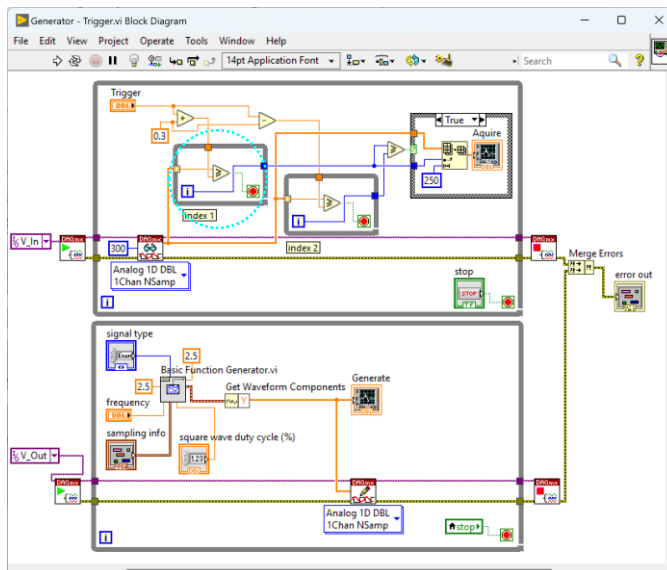


Figura 3.19 – Diagrama bloc pentru implementarea *trigger*-ului

Implementați un VI care generează două semnale sinusoidale pe ieșirile analogice AO0 și AO1, care pot să fie defazate între ele. Vizualizați rezultatul pe un afișaj grafic de tip *XY Graph* și pe osciloscop. Selectați canalul 2 pentru axa X de la osciloscop în locul timpului: butonul *Display*, opțiunea *Format YT -> XY*.

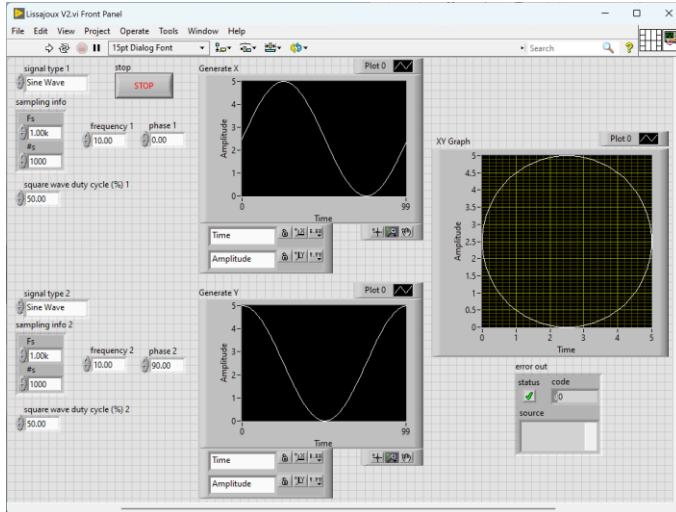


Figura 3.20 – Interfața cu utilizatorul pentru generarea unui cerc

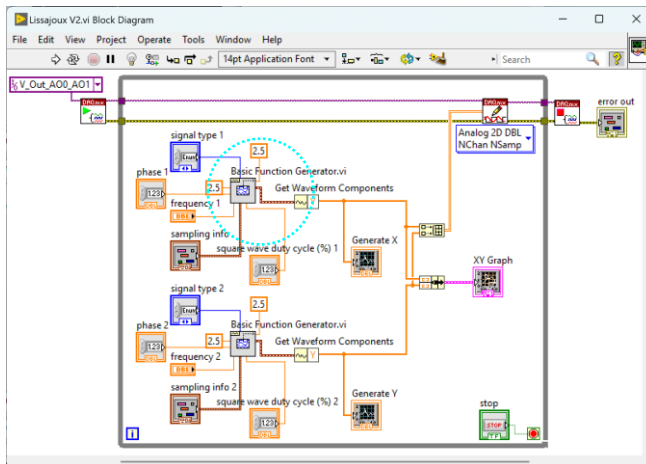


Figura 3.21 – Diagrama bloc pentru generarea unui cerc

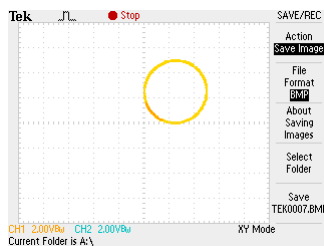


Figura 3.22 – Semnale preluate cu osciloscopul TDS2012C

Simplificați VI-urile prezentate în exemplele anterioare prin transformarea secvențelor de cod identice marcate în diagrama bloc în subVI-uri.

☺ Testați cu ultimul VI dat ca și exemplu care este rezultatul sumei celor două sinusuri atunci când sunt defazate cu 180° . Pentru a realiza testul conectați cele două ieșiri analogice AO0 și AO1 la aceeași sondă a osciloscopului prin două rezistențe având aceeași valoare, între 1 k Ω și 10 k Ω .

ATENȚIE: *nu conectați direct cele două ieșiri analogice de la placa de achiziție de semnale, fără rezistențe de limitare a curentului!*

☺ Cu VI-ul pentru generarea semnalului dreptunghiular și un osciloscop determinați care este timpul de creștere și de coborâre (frontul crescător și descrescător) pentru poziția curentă a potentiometrului R21 de pe placa de extensie.

☺ Puteți rula aplicațiile implementate și pe myRIO™ și să determinați performanțele de generare de semnale.

4. Transmisia și recepția datelor. Salvarea datelor în fișiere

Scopul acestei lucrări este implementarea unor programe simple în LabVIEW™ pentru transmisia datelor citite de la placa de achiziție de semnale și recepția lor prin interfața serială RS232 [12]. Salvarea semnalelor măsurate sau datelor primite prin comunicație serială în fișiere cu diferite formate [13].

Implementarea unui set de VI-uri pentru transmisia și recepția datelor prin interfața serială. Datele transmise corespund semnalelor achiziționate de la unul din senzori: lumină, temperatură, accelerație sau sunet.

Programele se vor putea testa conectând două calculatoare între ele prin portul RS232 cu un cablu serial de tip *null modem*. Dacă testarea VI-urilor se realizează pe un singur calculator atunci se vor utiliza adaptoare de la portul USB la RS232. Implică instalarea unor drivere înainte de utilizare.



Figura 4.1 – Adaptor / convertor de la portul USB la RS232

VI-urile cu funcțiile de comunicație sunt grupate într-o fereastră de funcții numită *Data Communication* -> *Protocols*. Pentru a fi mai ușor de accesat sunt grupate după protocol sau interfață: TCP, UDP, Serial, IrDA, Bluetooth etc.

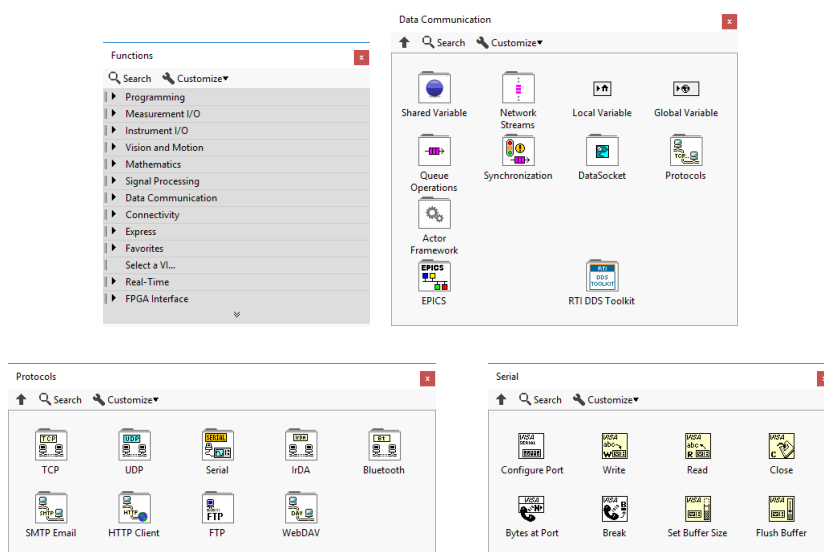


Figura 4.2 – Ferestre specifice pentru accesarea VI-urilor de comunicație serială

O primă variantă de implementare este prezentată în continuare: subVI-ul pentru citirea senzorului de lumină LX1972, VI-ul de transmisie a datelor și VI-ul de recepție a datelor.

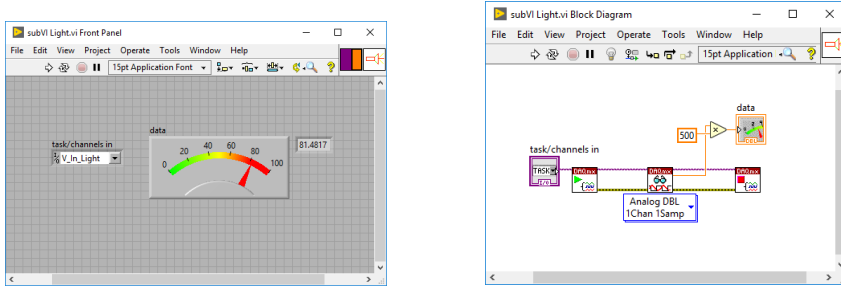


Figura 4.3 – Interfața cu utilizatorul și diagrama bloc, subVI-ul de citire a senzorului de lumină

VI-ul pentru transmisia datelor, citește date de la senzorul de lumină apelând subVI-ul din lucrarea anterioară. Datele în format numeric reprezentate în dublă precizie (*DBL*) sunt convertite în șir de caractere cu doar două zecimale, pentru a nu genera pachete de date de dimensiuni mari. Se concatenează datele convertite cu *Carriage Return* – constantă predefinită, pentru a fi ușor de delimitat și reconvertit la recepție.

Portul pe care se realizează comunicația este COM7 (se poate seta și alt port), configurat implicit (*default*) în biblioteca de funcții cu rata de comunicație 9600 biți/s, 8 biți de date, fără paritate, 1 bit de stop (8-N-1).

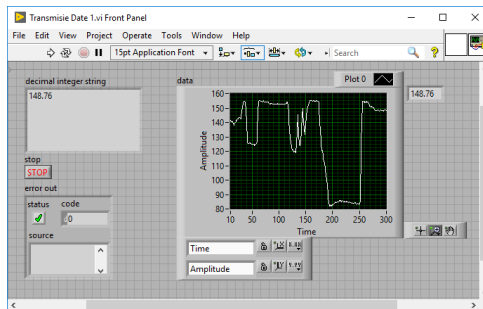
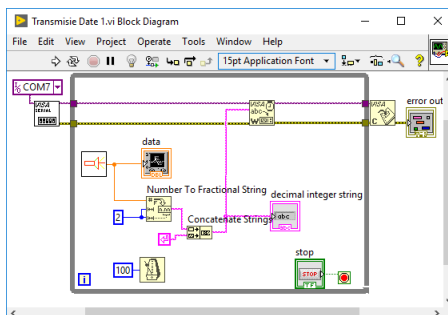


Figura 4.4 – Interfața cu utilizatorul, VI-ul de transmisie a datelor



Terminalele opționale sunt afișate cu gri.

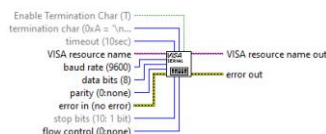


Figura 4.5 – Diagrama bloc, VI-ul de transmisie a datelor, subVI-ul de inițializare

VI-ul pentru recepția datelor, citește portul serial COM8 care trebuie să fie configurat identic cu portul din VI-ul de transmisie a datelor: 9600 biți/s, 8-N-1.

Datele în format șir de caractere cu două zecimale sunt convertite în format numeric (*DBL*) și afișate grafic. Se observă că cele două grafice sunt identice.

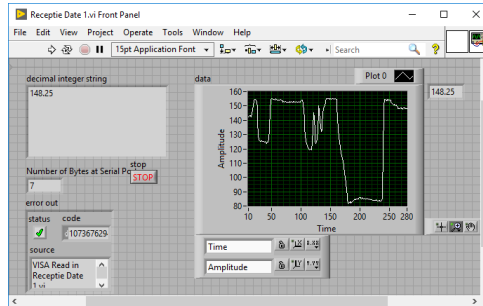


Figura 4.6 – Interfața cu utilizatorul, VI-ul de recepție a datelor

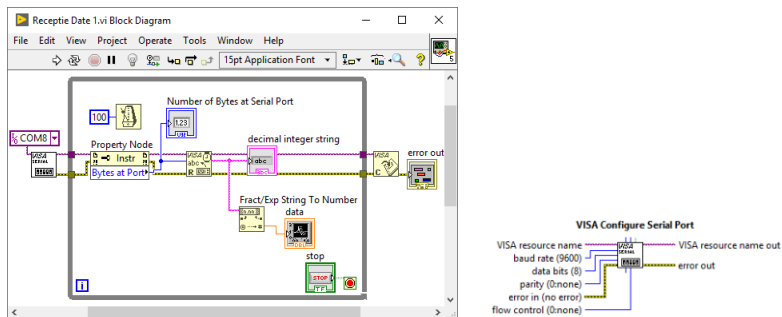


Figura 4.7 – Diagrama bloc, VI-ul de recepție a datelor, subVI-ul de inițializare

☺ Implementați o variantă de program în care transmisia și recepția sunt realizate într-un singur VI care permite selectarea direcției de comunicație.

Realizați un set de VI-uri, unul de transmisie și unul de recepție prin interfața serială RS232 pentru un semnal cu variație rapidă, așa cum este de exemplu semnalul achiziționat de la microfonul *SP0103*.

O variantă de implementare este prezentată în continuare: subVI-ul pentru citirea datelor de la microfonul *SP0103*, VI-ul de transmisie a datelor și VI-ul de recepție a datelor.

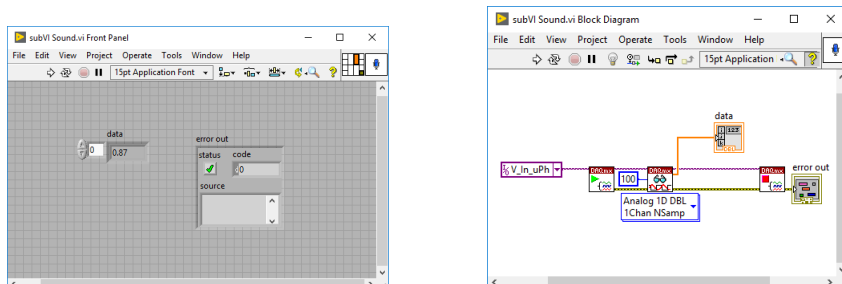


Figura 4.8 – Interfața cu utilizatorul și diagrama bloc, subVI-ul de citire a microfonului

VI-ul pentru transmisia datelor, citește date de la microfon apelând subVI-ul din lucrarea anterioară. Datele în format numeric (*DBL*) sunt scalate, convertite în numere reprezentate ca și întregi (*I32*), apoi sunt convertite în șir de caractere în bucla *For*. Se concatenează datele convertite cu *Space* – constantă predefinită. Implementați o variantă diferită de VI în care să nu fie necesar să specificați numărul de execuții ale buclei *For* prin apelarea funcției *Array Size*.

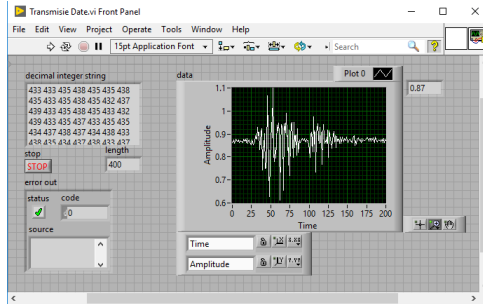


Figura 4.9 – Interfața cu utilizatorul, VI-ul de transmisie a datelor

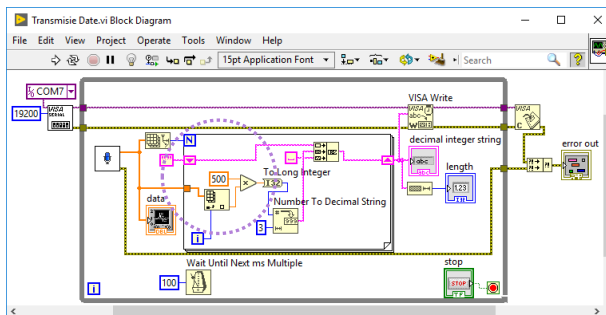


Figura 4.10 – Diagrama bloc, VI-ul de transmisie a datelor

VI-ul pentru recepția datelor, citește portul serial COM8 care trebuie să fie configurat identic ca și în VI-ul de transmisie a datelor. Datele în format șir de caractere sunt convertite în format numeric (*DBL*) și afișate grafic. Cele două grafice sunt identice, dar pot să apară erori în VI-ul de recepție datorită procesării incorecte a datelor. Eroarea este marcată în imaginea următoare, a fost adăugat un punct care are valoarea zero.

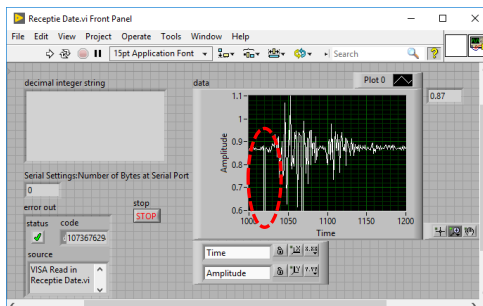


Figura 4.11 – Interfața cu utilizatorul, VI-ul de recepție a datelor

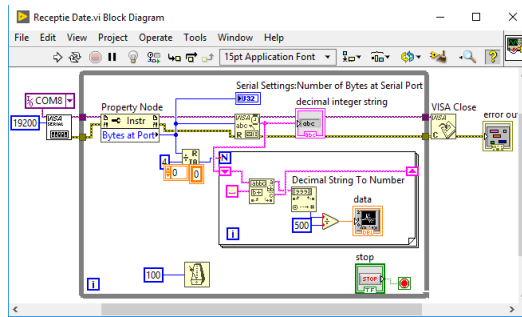


Figura 4.12 – Diagrama bloc, VI-ul de recepție a datelor

Realizați un VI care utilizează un subVI din lucrarea anterioară, de citire a unei mărimi (temperatură, intensitate luminoasă etc.) și un subVI de filtrare prin mediere, iar aplicația salvează datele în format ASCII la fiecare secundă, în următorul format:

mm-dd-yyyy, h-m-sec, temperatură, temperatură_filtrată;

În continuare este prezentată o variantă simplificată de VI. Completați această variantă de program cu toate elementele cerute.

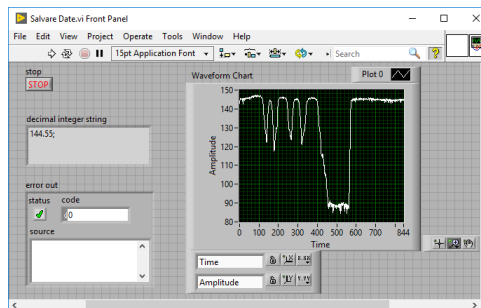


Figura 4.13 – Interfața cu utilizatorul, VI-ul de salvare a datelor în fișier

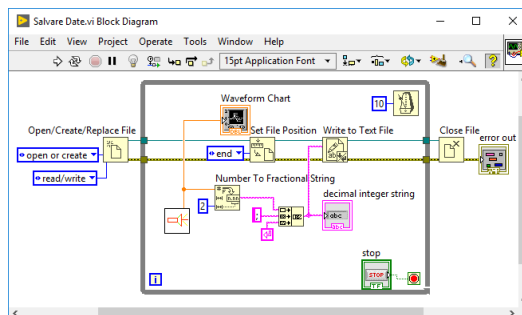


Figura 4.14 – Diagrama bloc, VI-ul de salvare a datelor în fișier

Realizați un VI care citește datele din fișierul salvat și afișează valorile pentru mărimea măsurată (temperatură etc.) pe un indicator grafic.

VI-ul pentru citirea datelor, preia datele în format șir de caractere cu două zecimale și le procesează. Se extrag date de tip *string* până la caracterul (;) și se face conversia în format numeric (*DBL*) pentru afișare grafică. Execuția programului se oprește automat atunci când au fost citite toate datele până la sfârșitul fișierului. Se observă că cele două grafice sunt identice în această implementare, procesarea datelor din fișier a fost corectă.

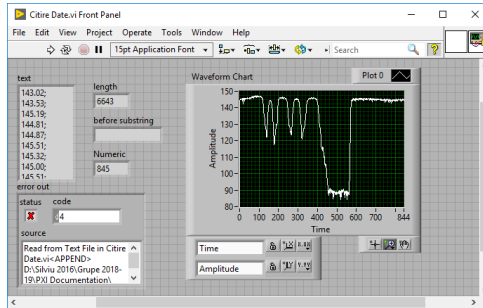


Figura 4.15 – Interfața cu utilizatorul, VI-ul de citire a datelor din fișier

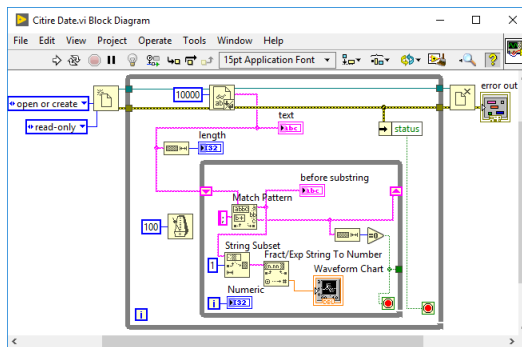


Figura 4.16 – Diagrama bloc, VI-ul de citire a datelor din fișier

😊 Implementați o variantă mai simplă de program pentru citirea datelor din fișier și afișarea datelor pe un indicator grafic, prin utilizarea funcției *Spreadsheet String To Array*.

5. Implementarea unui regulator în LabVIEW™

Scopul acestei lucrări este implementarea în LabVIEW™ a unor programe pentru identificarea unui proces termic și reglarea temperaturii. În lucrare nu sunt prezentate detaliat aspectele legate de identificarea procesului și acordarea regulatorului [14]. Se prezintă un circuit simplu pentru comanda rezistențelor de încălzire care se conectează la placa de extensie cu senzori.

Se utilizează placa de achiziție de semnale USB-6009 la care este conectată o placă suplimentară, descrisă în continuare. Configurarea canalelor analogice și digitale de achiziție se va face direct în VI (program), fără a fi necesară utilizarea aplicației *NI MAX (Measurement and Automation Explorer)*.

Se vor implementa VI-uri simple pentru următoarele componente ale programului:

- citirea tensiunii de ieșire de la senzorul LM35D și conversia în temperatură, exprimată în grade Celsius [°C],

$$T = U_{ADC} [V] \times 100 = [^{\circ}\text{C}], U_{ADC} [V]$$

- generarea unei comenzi de tip PWM, pe linia digitală P1.3, pe care este conectat LED-ul albastru ca și indicator de activitate;
- salvarea datelor într-un fișier text în următorul format:

*Timp 1, comanda 1, temperatura măsurată 1,
Timp 2, comanda 2, temperatura măsurată 2,*

ATENȚIE: *placa cu rezistențe se încălzește până la temperatura de 65 °C. Nu testați cu mâna temperatura la care ajunge procesul!*

Se impune timpul de execuție a programului principal care include citirea temperaturii, generarea comenzii și salvarea datelor în fișier text la intervale selectabile între 0.1 și 3.0 secunde cu ajutorul funcției *Wait Until Next ms Multiple*. În exemplul prezentat perioada de eșantionare este de 100 milisecunde.

Schema bloc de conectare pentru standul de reglare a temperaturii este prezentată în figura următoare:

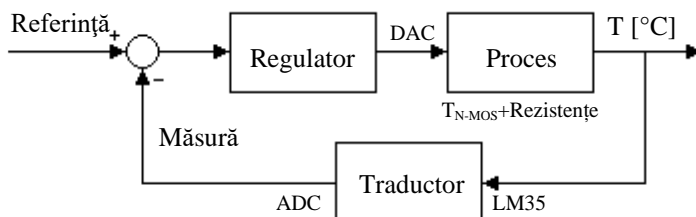


Figura 5.1 – Schema de conectare pentru reglarea de temperatură

Circuitul de comandă a celor două rezistențe de încălzire de $100\ \Omega$, este implementat cu un tranzistor de tip N-channel *TrenchMOS FET*.

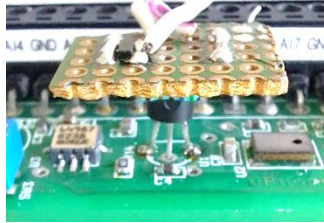


Figura 5.2 – Placa cu rezistențele de încălzire și tranzistorul de comandă, montată pe senzorul de temperatură

Verificați domeniul *minim* și *maxim* de funcționare pentru circuitul de comandă de tip PWM prin generarea unor valori succesive de ieșire și măsurarea cu multimetrul digital sau vizualizarea cu osciloscopul.

În VI-ul implementat se include un control numeric pentru stabilirea referinței de temperatură la o anumită valoare, de exemplu $45\ ^\circ\text{C}$. În program se implementează o filtrare a temperaturii prin medierea unui număr de valori citite între 10 și 100. Mărimile din proces: referința, comanda și temperatura măsurată sunt afișate pe același grafic, configurat cu opțiunea de afișare *Stack Plots*.

Pentru controlul temperaturii cea mai simplă implementare poate să fie cu un regulator bipozițional, astfel:

```
if (Referința > Măsura)
then Comanda = 100;
else Comanda = 0;
```

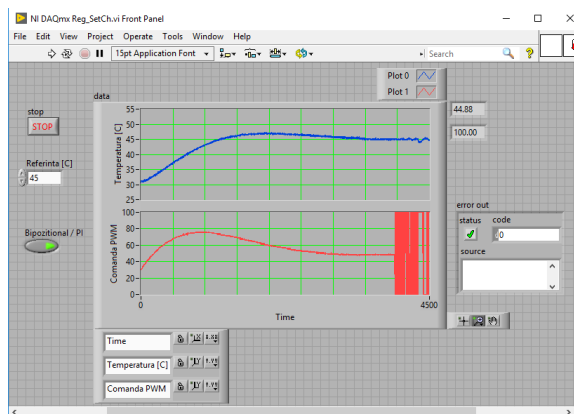


Figura 5.3 – Interfața cu utilizatorul pentru reglatoarele PI și bipozițional

Atunci când dorim ca o parte a codului să nu se execute, codul respectiv poate să fie comentat prin includerea lui într-o structură de tip *Diagram Disable*.

Atenție, cadrul *Enable* trebuie să fie completat cu fire de legătură între noduri, așa cum se poate observa în figura următoare:

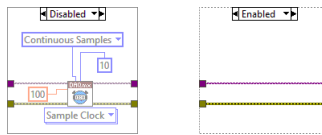


Figura 5.4 – Utilizarea corectă a structurii *Diagram Disable*

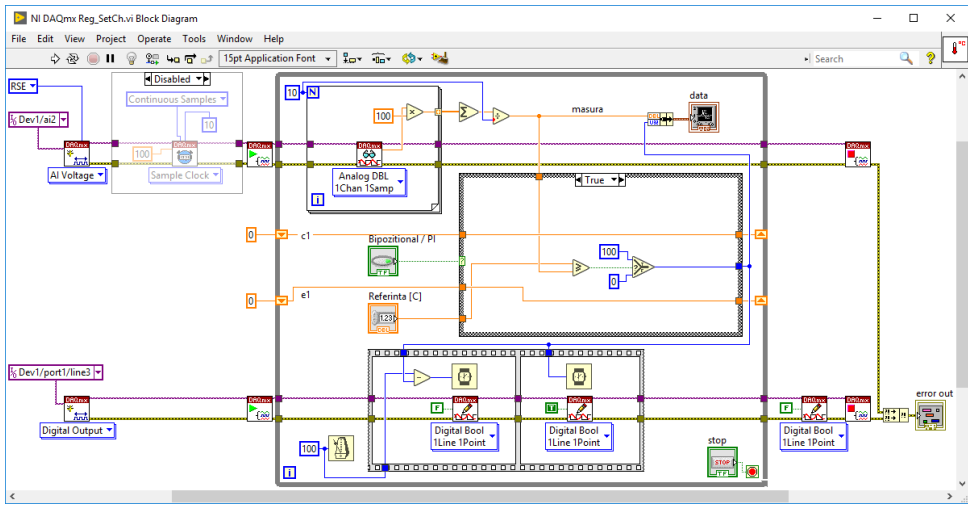


Figura 5.5 – Diagrama bloc pentru regulatorul bipozitional

Pentru a putea implementa corect un VI fără să configurăm *task*-urile în *NI MAX*, în exteriorul buclei *While* trebuie apelate funcțiile *DAQmx Create Virtual Channel*. Configurarea acestor funcții se face într-o anumită ordine: prima dată se selectează tipul de intrare sau ieșire și doar pe urmă se creează constanta de tip *task*: *Dev1/ai2* sau *Dev1/port1/line3*.

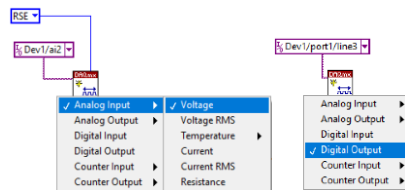


Figura 5.6 – Configurarea corectă a funcțiilor de inițializare

Aplicația se va completa cu implementarea unui regulator bipozitional cu histerezis de ± 1 °C, astfel:

Eroarea = Referința – Măsura;
 if (Eroarea \geq 1) Comanda = 100;
 else if (Eroarea $<$ -1) Comanda = 0;
 else Comanda = Comanda anterioară;

Completați programul dat ca și exemplu astfel încât să puteți selecta regulatorul dorit dintr-un control de tip *Enum* (Bipozițional, Bipozițional cu Histerezis sau PI).

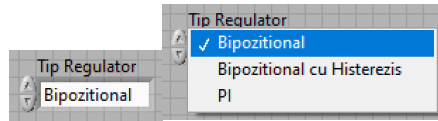


Figura 5.7 – Configurarea controlului de tip *Enum*

Ridicați răspunsul indicial pentru standul de reglare a temperaturii în una din următoarele situații: generați o comandă de amplitudine 50%, 70% sau 90% din domeniul maxim de comandă, utilizând subVI-urile realizate la punctele **a**, **b** și **c** de la începutul lucrării.

Identificați procesul printr-o metodă învățată (*de exemplu metoda grafică*) și calculați un regulator PI (*de exemplu prin impunerea unui timp de răspuns*).

Datele de intrare și de ieșire pot să fie normalizate. Comanda trebuie limitată în domeniul **[Min, Max]** acceptat de placa de achiziție de semnale. Semnalul de tip PWM se va limita la valori cuprinse între [0, 100]. Se va obține o comandă de tipul:

$$c_k = c_{k-1} + n_1 \cdot e_k - n_2 \cdot e_{k-1}.$$

unde: $n_{1,2}$ = sunt valori numerice constante, iar indicele k reprezintă momentul actual și indicele $k-1$ momentul anterior.

Se poate genera o comandă maximă a PWM-ului de 100 % pentru a măsura temperatura maximă la care ajunge procesul, dar în experimentele implementate în laborator vor fi efectuate teste și calcule pentru valori mai mici, de exemplu 70%.

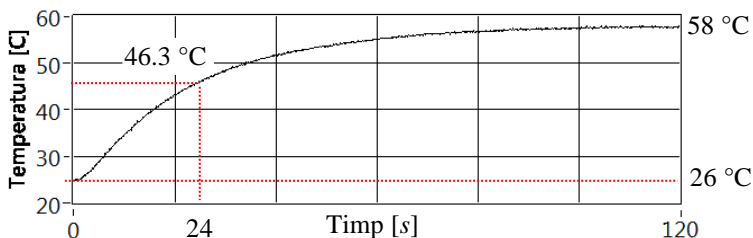


Figura 5.8 – Răspunsul indicial, pentru comanda maximă

$$H_f(s) = \frac{k_f}{T_f \cdot s + 1}, \quad k_f = \frac{\Delta y}{\Delta u} = \frac{58 - 26}{1} = 32,$$

$$T_f \rightarrow 0.634 \cdot \Delta y + y_{init} = 0.634 \cdot 32 + 26 = 46.3 \text{ [}^\circ\text{C]}, T_f = 24 \text{ [s]}$$

$$H_f(s) = \frac{32}{24 \cdot s + 1}$$

$$H_0(s) = \frac{1}{T_0 \cdot s + 1} = \frac{1}{2.4 \cdot s + 1} = \frac{H_R \cdot H_f}{1 + H_R \cdot H_f}, \text{ unde } T_0 \cong \frac{T_f}{10} = 2.4 \text{ [s]},$$

Valoarea obținută din calcule este $T_0=2.4$ [s], dar în experimente pot să fie considerate și alte valori pentru a studia comportamentul procesului.

În continuare calculele sunt realizate pentru $T_0 = 3.5$ [s], dar se vor reface și pentru alte valori pentru care sistemul reglat poate avea performanțe mai bune, considerând pentru T_0 valori între 2 [s] și 10 [s].

$$H_R(s) = \frac{1}{H_f} \cdot \frac{H_0}{1-H_0} = \frac{24 \cdot s + 1}{32} \cdot \frac{1}{3.5 \cdot s} = 0.214285 + \frac{1}{112 \cdot s}$$

Pentru discretizare utilizăm formula de aproximare $s = \frac{1-z^{-1}}{T_e}$, iar perioada de eșantionare este $T_e = 0.1$ [s] sau 100 ms, implementată cu funcția *Wait Until Next ms Multiple*.

$$H_R = \frac{c}{e} = 0.214285 + \frac{0.1}{112 \cdot (1-z^{-1})}$$

Rezultă o relație de recurență pentru comandă, de forma:

$$c_k = c_{k-1} + 0.215178 \cdot e_k - 0.214285 \cdot e_{k-1}.$$

Pentru testarea regulatorului PI se va seta o valoare de referință și se urmărește modul în care răspunde procesul (timpul de răspuns și suprareglajul), dar și cum evoluează comanda.

În interfața prezentată în figura următoare, temperatura inițială este de 28 °C, iar referința a avut inițial valoarea de 40 °C. Pe parcurs referința a fost modificată la 45 °C și ulterior la 50 °C. În partea dreaptă din figură regulatorul are referința inițială de 50 °C și procesul ajunge la temperatura de 55 °C, după care se stabilizează la valoarea de referință.

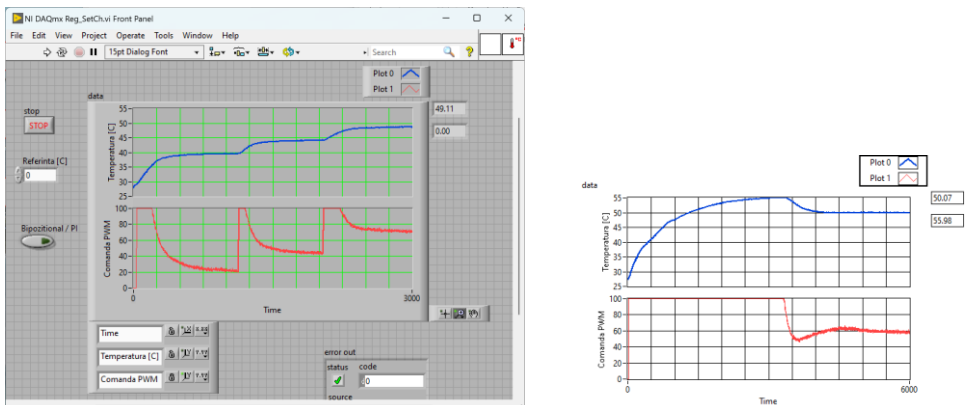


Figura 5.9 – Interfața cu utilizatorul pentru regulatorul PI, testare

O variantă de implementare a regulatorului PI este prezentată în figura următoare:

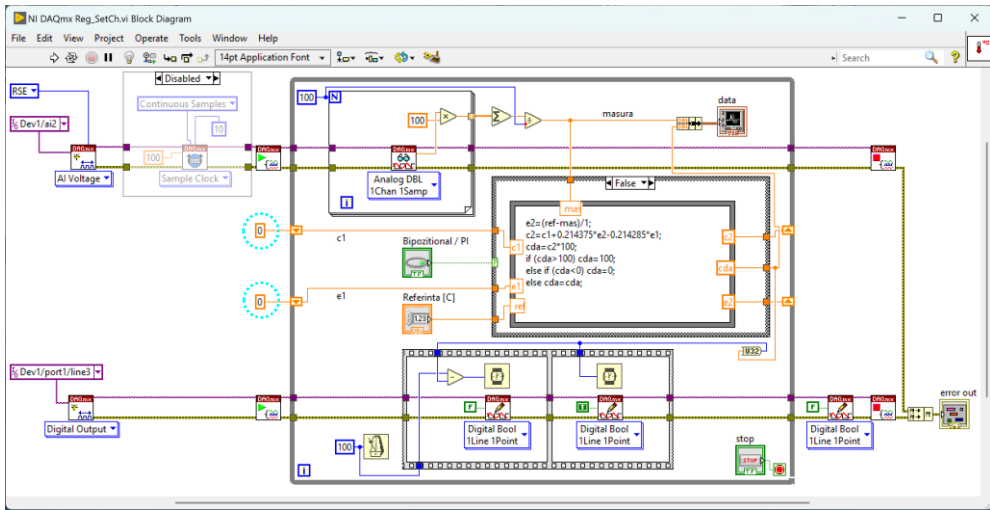


Figura 5.10 – Diagrama bloc pentru regulatorul PI

În acest tip de aplicații este importantă inițializarea cu valoarea zero a elementelor de memorare numite *Shift Register* în exteriorul buclei *While*, așa cum se poate vedea în figura anterioară.

☺ Testați implementarea unui regulator pentru controlul intensității luminoase pe myRIO, cu un LED alb de putere medie de 0.5 W și o celulă solară utilizată în laborator.

6. Achiziția de semnale cu USB-6001

Scopul acestei lucrări este implementarea unor programe simple în LabVIEW™ utilizând funcțiile incluse în NI DAQmx, placa de achiziție de semnale USB-6001 și diferiți senzori conectați la terminale. Utilizarea aplicației NI MAX (*Measurement and Automation Explorer*) pentru configurarea task-urilor de achiziție sau generare de semnale analogice și digitale.

Placa de achiziție de semnale USB-6001 poate să fie utilizată în mod similar cu placa de achiziție USB-6009 la implementarea exemplurilor anterioare, cu precizarea că specificațiile marcate în text sunt diferite la cele două DAQ [15].

Amplasarea senzorilor pe extensii și modul de conectare la placa de achiziție de semnale USB-6001 este prezentat în figurile următoare. În partea stângă a figurii sunt intrările și ieșirile analogice (AI/AO) la care sunt conectați senzorii analogici, iar în partea dreaptă sunt liniile digitale de intrare și ieșire (DI/DO) la care sunt conectați senzorii digitali sau analogici cu interfață digitală, dar și tensiunea de alimentare.



Figura 6.1 – Placa de achiziție de semnale cu extensiile de senzori conectate

- | | |
|--|--|
| 1 - senzor de lumină (LX1972); | 7 - releu reed; |
| 2 - senzor de accelerație pe două axe (ADXL202E / 203); | 8 - senzor de temperatură și umiditate (SHT11) cu interfață digitală I ² C; |
| 3 - senzor de temperatură (LM35); | 9 - LED-uri: galben, verde, roșu și albastru, numite în continuare Y, G, R, B; |
| 4 - microfon cu amplificare internă (SP0103); | 10 - senzor digital de șoc (SQ-SEN-200); |
| 5 - circuit filtru trece-jos RC (10 kΩ și 100 nF) și filtru trece-sus; | 11 - buzzer; |
| 6 - 8 comutatoare pe liniile digitale (switch); | 12 - buton conectat la intrarea de numărător. |

Caracteristicile generale ale plăcii de achiziție de semnale USB-6001: are intrări și ieșiri analogice și digitale, intrare de numărător și sursă stabilizată de tensiune de +5 V. Interfața USB este de tip 2.0 fiind limitată la o rată maximă de transfer de 12 Mb/s.

Intrările analogice: 8 intrări SE pe 14 biți cu domeniul de intrare ± 10 V sau 4 intrări diferențiale cu domeniul de intrare ± 10 V. Față de placa de achiziție de semnale USB-6009 nu mai oferă amplificări pentru modul diferențial. Rata maximă de citire este 20 kS/s pentru un canal, memorie FIFO de 2 kSamples, impedanța de intrare >1 G Ω , iar protecția la supratensiune ± 35 V.

Ieșirile analogice: 2 ieșiri simultane pe 14 biți cu domeniul de ieșire ± 10 V, rata maximă de scriere este 5 kS/s pentru un canal, impedanța de ieșire 0.2 Ω , iar protecția la supracurent 11 mA, are memorie FIFO de 2 kSamples.

Intrările și ieșirile digitale: 1 port de 8 linii și un port de 4 linii, adresabile atât ca și port de intrare sau ieșire cât și individual pe linii. Linii sunt compatibile TTL, LVTTTL, CMOS și au rezistență de pull-down de 47.5 k Ω .

Două numărătoare pe 32 de biți: semnalele PFI0 și PFI1, cu frecvență maximă de intrare de 5 MHz, acționate pe front descrescător.

Tensiunea de ieșire stabilizată: +5 V și 200 mA, permite alimentarea senzorilor integrați pe extensii.

Lucrarea introduce o extensie [16] diferită, cu senzori cu ieșire analogică, de temperatură (TC1046) [17], presiune atmosferică (MP3H6115A) [18], umiditate (HIH-5030) [19] și intensitate luminoasă (LX1972) [3], prezentată în figura următoare:

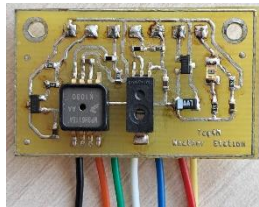


Figura 6.2 – Placa electronică cu senzorii montați

Schemele electronice de conectare a senzorilor sunt simple, au divizoare de tensiune și condensatoare de decuplare de 100 nF. Divizoarele resistive care apar în schemele de conectare pot să fie eliminate:

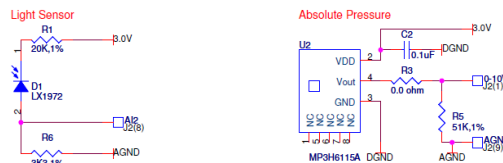


Figura 6.3 – Senzorul de lumină și presiune atmosferică, schemele electronice

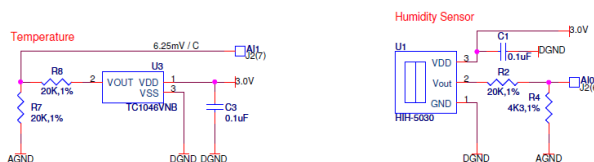


Figura 6.4 – Senzorul de temperatură și umiditate, schemele electronice

Fiecare senzor conectat la placa de achiziție de semnale pe unul din canalele analogice are nevoie de o formulă de conversie din tensiune în mărimea măsurată, astfel:

- *Senzorul de lumină* este conectat pe canalul analogic AI0:

$$LUX = V_{OUT} \cdot 500 \text{ [LUX]}$$

- *Senzorul de temperatură* este conectat pe canalul analogic AI5:

$$T = \frac{V_{OUT} \cdot 1000 - 424}{6.25} \text{ [}^\circ\text{C]}, \text{ valoare la } 0 \text{ }^\circ\text{C},$$

- *Senzorul de umiditate* este conectat pe canalul analogic AI4:

$$V_{OUT} = V_S \cdot (0.00636 \cdot RH) + 0.1515 \text{ [V] la } 25 \text{ }^\circ\text{C}$$

$$True_RH = \frac{RH}{1.0546 - 0.00216 \cdot T} \text{ [%], } T \text{ în } [^\circ\text{C}]$$

- *Senzorul de presiune* este conectat pe canalul analogic AI1:

$$V_{OUT} = V_S \cdot (0.009 \cdot P - 0.095) \pm (P_{Err} \cdot T_{Factor} \cdot 0.009 \cdot V_S)$$

$$P = P \cdot 10 \text{ [kPa]}.$$

Setările care vor fi realizate în *task*-ul definit în *NI MAX* sunt prezentate în figura următoare:

Acquire Signals -> Analog Input -> Voltage

Physical Channels: ai0, ai1, ai4, ai5

Signal Input Range: Max = 10, Min = -10

Samples to Read: 1k

Acquisition Mode: 1 Sample (On Demand)

Terminal Configuration: RSE

Rate: 100 (Hz)

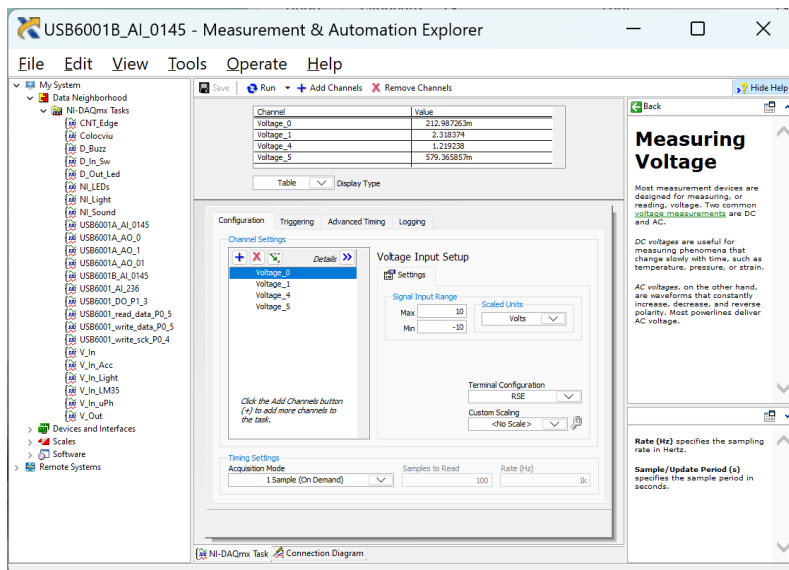


Figura 6.5 – Interfața de configurare din *NI MAX* pentru aplicația de monitorizare

Se observă o stabilitate bună a senzorilor pentru aceleași mărimi de intrare, în schimb se poate observa ușor că nivelul de zgomot este mare, în special în cazul senzorilor de temperatură și umiditate.

O justificare este rezoluția redusă a plăcii de achiziție de semnale, care are un domeniu de intrare de $\pm 10\text{ V}$ și un convertor analog numeric pe 14 biți, pentru care se obține un nivel minim de tensiune la modificarea unui bit de:

$$V_{bit} = \frac{20\text{ V}}{4096} = 4.883\text{ [mV/bit]}.$$



Determinați nivelul de zgomot pentru fiecare senzor în parte.

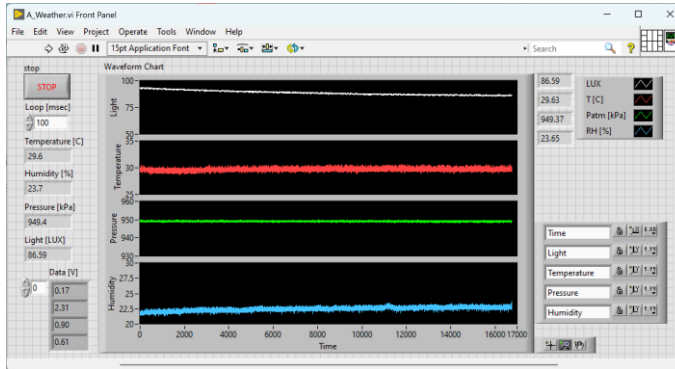


Figura 6.6 – Interfața cu utilizatorul pentru aplicația de monitorizare

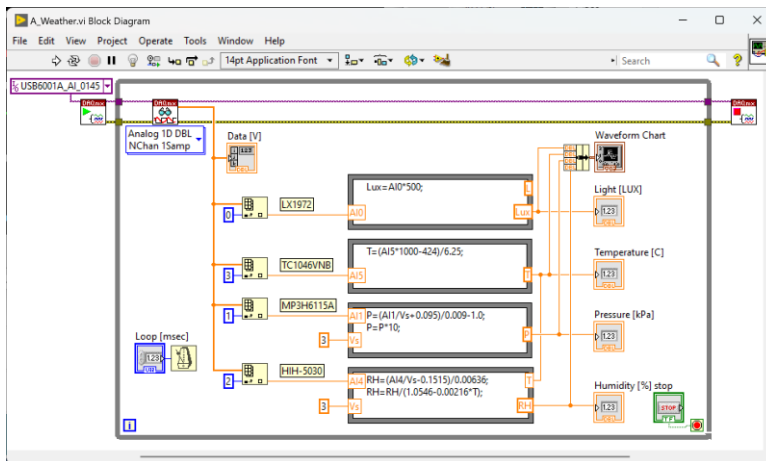


Figura 6.7 – Diagrama bloc pentru aplicația de monitorizare

În primele două lucrări a fost prezentat senzorul de accelerație pe două axe ADXL202E. Acest senzor nu mai este produs de compania Analog Devices. Poate fi înlocuit cu senzorul de accelerație ADXL203, care are performanțe mai bune.

Dacă dorim achiziția accelerației sau vibrațiilor pe 3 axe, se poate utiliza senzorul cu ieșire analogică ADXL330 [20].

Pentru conversia mărimii citite [*tensiune*] în valori de accelerație [m/s^2] sau [*g*] este nevoie de o formulă de conversie:

$$Acc = \frac{U [V] - 1.5 [V]}{0.3 [V]} = [g], \quad 1 g = 9.8 \left[\frac{m}{s^2} \right]$$

Formula este dată de domeniul de măsurare a senzorului de la -3 g la +3 g, de valoarea de zero (*offset*) când senzorul este în poziție orizontală +1.5 V și de sensibilitatea senzorului +0.3 V/g.

Senzorul este conectat la intrările AI2 (X), AI3 (Y), AI6 (Z). Setările care vor fi realizate în *task*-ul definit în *NI MAX* sunt prezentate în figura următoare:

Acquire Signals -> Analog Input -> Voltage

Physical Channels: ai2, ai3, ai6

Signal Input Range: Max = 10, Min = -10

Samples to Read: 100

Acquisition Mode: 1 Sample (On Demand)

Terminal Configuration: **RSE**

Rate: 1k (Hz)

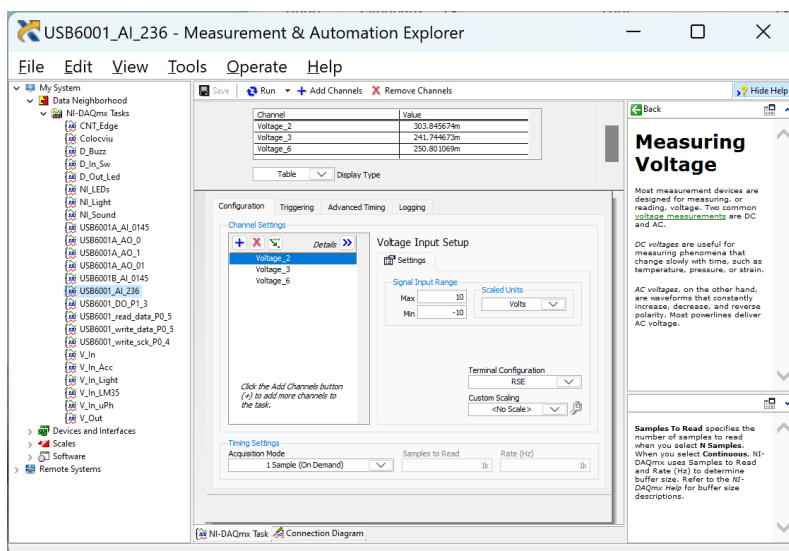


Figura 6.8 – Interfața de configurare din *NI MAX* pentru senzorul de accelerație

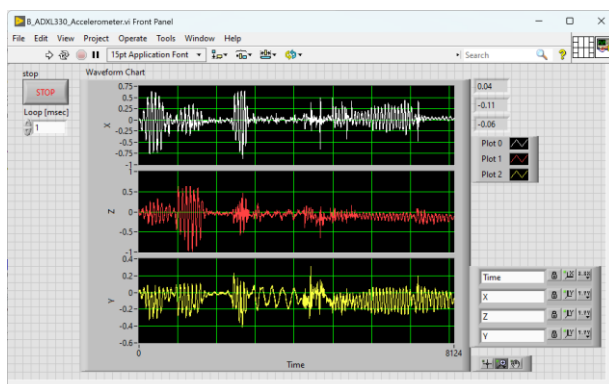


Figura 6.9 – Interfața cu utilizatorul pentru senzorul de accelerație

Deoarece placa de achiziție de semnale nu oferă tensiune de alimentare de +3.3 V, pentru a simplifica conectarea, senzorul este alimentat din ieșirea digitală P1.3 (portul 1, linia 3) care la pornirea programului este setată pe „1” logic, pentru care generează +3.257 V. Acest mod de alimentare nu este recomandat, deși senzorul are un consum tipic redus de 0.32 mA și este acceptabil doar pentru un experiment de laborator.

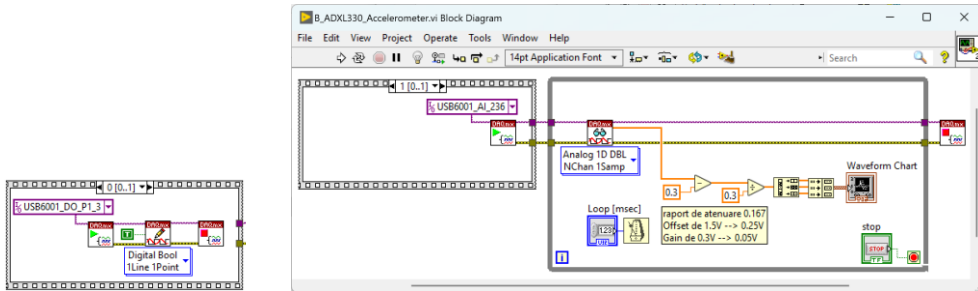


Figura 6.10 – Diagrama bloc pentru senzorul de accelerație

😊 Citirea senzorului SHT11 prezentat în partea de introducere [7] nu este simplă, fiind necesară implementarea protocolului I²C și comunicația cu senzorul.

Realizarea VI-ului pentru citirea senzorului SHT11 are un grad de dificultate ridicată și poate fi echivalentul unui proiect de semestru.

7. Achiziția de semnale cu myRIO™ *

Scopul acestei lucrări este implementarea unor aplicații în LabVIEW™ cu modulul RT (*Real Time*) care să ruleze pe echipamentul myRIO™, de citire a senzorilor cu ieșire analogică și de comandă pentru motoare și servomotoare. Realizarea unor programe simple pentru testarea modului de funcționare a componentelor electronice conectate. Implementarea unor aplicații care rulează integral pe myRIO™ [21].

Se creează un proiect care include *target*-ul myRIO™, pe care vor rula câte un VI pentru fiecare senzor testat. Convenim că senzorii vor fi conectați de preferat pe **Portul A**, iar elementele de execuție pe **Portul B**.



Figura 7.1 – myRIO™, amplasarea celor două porturi de extensie: MXP A și B

Primul VI implementat este pentru măsurarea distanței în infraroșu cu senzorul GP2Y0A21YK0F produs de Sharp [22]. Acest senzor are ieșire în tensiune, proporțională cu distanța. Caracteristică tensiune-distanță este prezentată în figura următoare și este necesară liniarizarea ei:

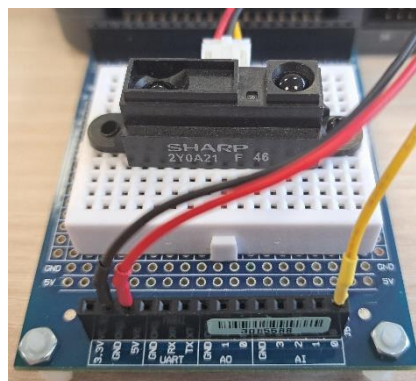
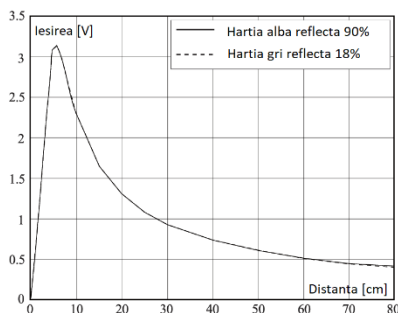


Figura 7.2 – Caracteristica tensiune-distanță și modul de conectare a senzorului 2Y0A21

Senzorul este conectat pe **Portul A**, la intrarea analogică AI0 (firul **galben**), la GND (firul **negru**) și la +5 V (firul **roșu**), ca în figura anterioară.

Senzorul are următoarele caracteristici: distanța măsurată între 10 cm și 80 cm, tensiunea de ieșire este minim +0.25 V și maxim +0.55 V la 80 cm.

O variantă de implementare pentru VI este prezentată în figura următoare:

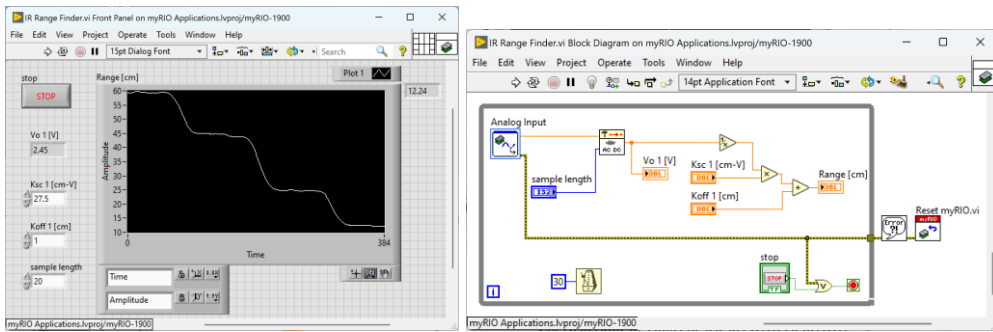


Figura 7.3 – Interfața cu utilizatorul și diagrama bloc, VI-ul de citire a senzorului 2Y0A21

Al doilea VI implementat este pentru măsurarea distanței cu senzorul SS945A produs de Honeywell [23]. Este un senzor Hall cu ieșire în tensiune, proporțională cu amplitudinea câmpului magnetic, produs de un magnet permanent din Neodim (NdFeB).

ATENȚIE: nu apropiați magnetul din Neodim de echipamente electronice (telefon, calculator, monitor). Poate duce la distrugerea echipamentelor.

Senzorul este conectat pe **Portul A**, la intrarea analogică AI1 (firul galben) și la intrarea digitală DIO0, la GND (firul albastru) și la +5 V (firul mov), ca în figura următoare:

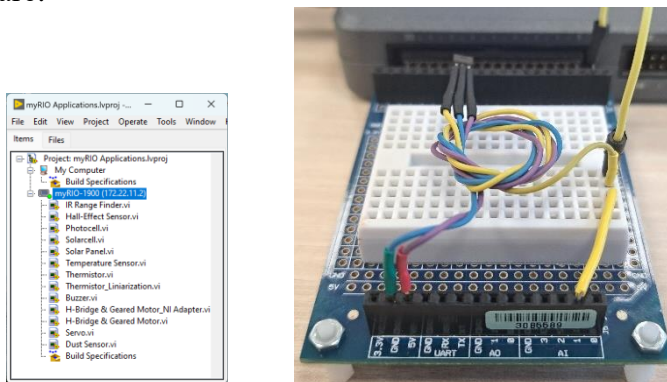


Figura 7.4 – Fereastra de proiect și modul de conectare a senzorului SS945A

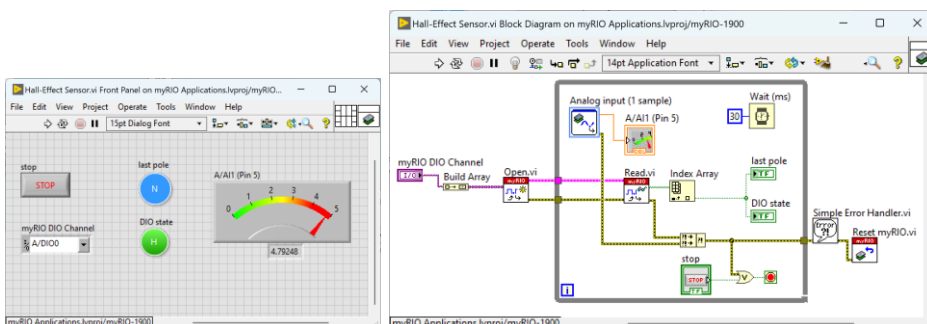


Figura 7.5 – Interfața cu utilizatorul și diagrama bloc, VI-ul de citire a senzorului Hall

Senzorul Hall SS945A are următoarele caracteristici: sensibilitatea de $+3.125 \text{ mV} \pm 0.125 \text{ mV/G [Gauss]}$, iar domeniul de funcționare este în intervalul de la -670 G la $+670 \text{ G}$, care este echivalent cu intervalul de la -67 mT la $+67 \text{ mT [Tesla]}$. Tensiunea citită este în intervalul de la $+0.0097 \text{ V}$ la $+4.7937 \text{ V}$.

O variantă de implementare pentru VI este prezentată în figura anterioară. Cu această implementare se poate vedea nivelul de tensiune la care o intrare digitală comută din starea logică „0” în starea logică „1”.

☺ **Completați programul cu relațiile de transformare din [V] în [mT].**

Al treilea VI implementat este pentru măsurarea intensității luminoase cu un senzor fotorezistiv [24]. Acest senzor are o rezistență proporțională cu amplitudinea intensității luminoase.

Fotorezistența are o variație de rezistență în intervalul de la 80Ω la $11 \text{ k}\Omega$ sau de la 300Ω la $16 \text{ k}\Omega$ în funcție de model. Rezistența de valoare mică de zeci sau sute de ohmi se obține atunci când fotorezistența este apropiată de un bec cu halogen, având o putere de 35 W .

Fotorezistența se conectează la **Portul A**, în serie cu o rezistență de $10 \text{ k}\Omega$: punctul comun dintre cele două rezistențe este conectat la intrarea analogică AI2 (firele galben și portocaliu), al doilea terminal a rezistenței este conectat la GND, iar al doilea terminal a fotorezistenței este conectat la $+5 \text{ V}$, ca în figura următoare:

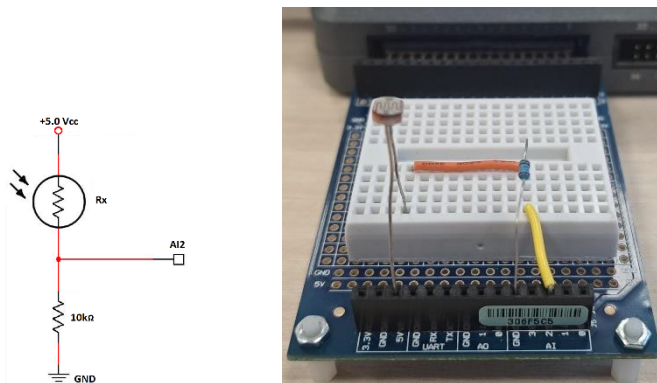


Figura 7.6 – Modul de conectare a fotorezistenței

O variantă de implementare pentru VI este prezentată în figura următoare:

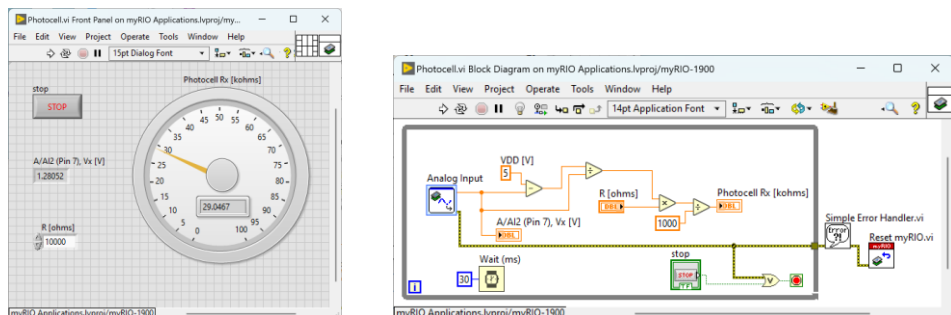


Figura 7.7 – Interfața cu utilizatorul și diagrama bloc, VI-ul de citire a fotorezistenței

Următorul VI implementat este pentru măsurarea intensității luminoase cu un senzor de tip celulă solară [25]. Acest senzor are la ieșire o tensiune proporțională cu amplitudinea intensității luminoase.

ATENȚIE: celula solară nu trebuie alimentată, produce o tensiune continuă.

Celula solară are o variație de tensiune la ieșire în intervalul de la 6 mV la 490 mV sau de curent de la 1.3 μ A la 105 μ A. Valorile de ieșire depind de model și de numărul de celule. Tensiunea de +490 mV la ieșire se obține când celula solară are o rezistență de sarcină de 4.7 k Ω conectată în paralel și este apropiată de un bec cu halogen, având o putere de 35 W.

Celula solară este conectată cu un terminal la intrarea analogică AI3 (firul portocaliu) și al doilea terminal la GND (firul gri), ca în figura următoare:

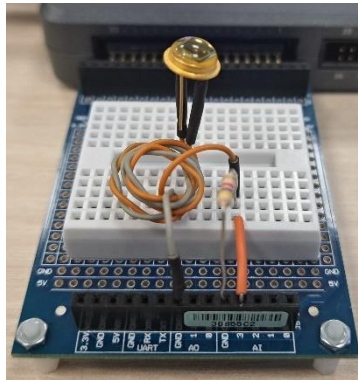


Figura 7.8 – Modul de conectare a celei solare

O variantă de implementare pentru VI este prezentată în figura următoare:

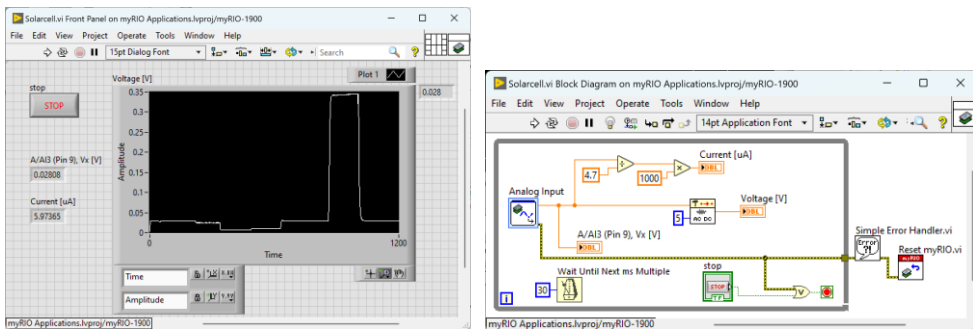


Figura 7.9 – Interfața cu utilizatorul și diagrama bloc, VI-ul de citire a celei solare

Următorul VI implementat este pentru măsurarea temperaturii cu senzorul integrat LM35 [5]. Acest senzor are la ieșire o tensiune proporțională cu temperatura, având o caracteristică liniară și o ieșire care variază cu 10 mV/°C.

Senzorul de temperatură este conectat la intrarea analogică AI0 (firul galben), al doilea terminal la GND (firul albastru) și al treilea terminal la +5 V (firul roșu), ca în figura următoare:

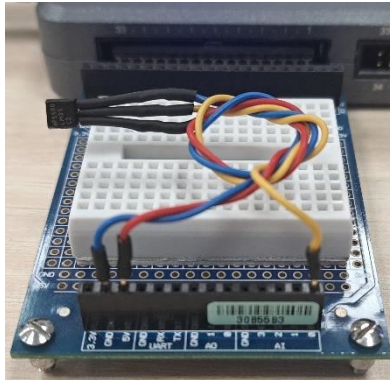


Figura 7.10 – Modul de conectare a senzorului LM35

O variantă de implementare pentru VI este prezentată în figura următoare:

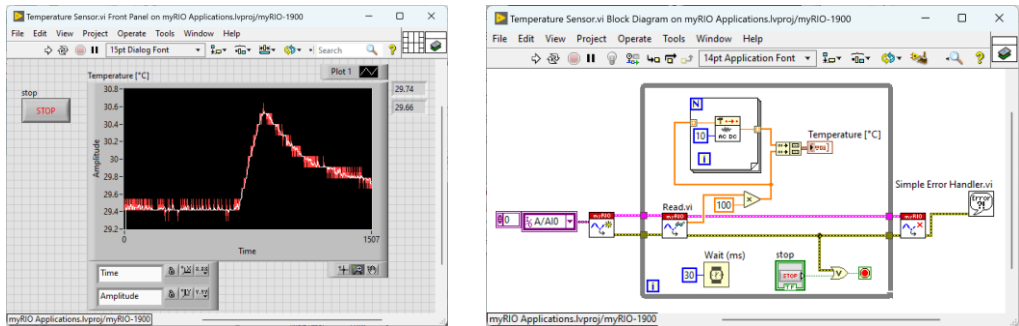


Figura 7.11 – Interfața cu utilizatorul și diagrama bloc, VI-ul de citire a senzorului de temperatură

Următorul VI implementat este pentru monitorizarea tensiunii și curentului generate de un panou solar AM-8804 [16, 26]. Acest panou are la ieșire o tensiune proporțională cu amplitudinea intensității luminoase.

Panoul solar este conectat la intrarea analogică AI1 (firul **roșu**) și al doilea terminal la GND (firul **negru**), ca în figura următoare:

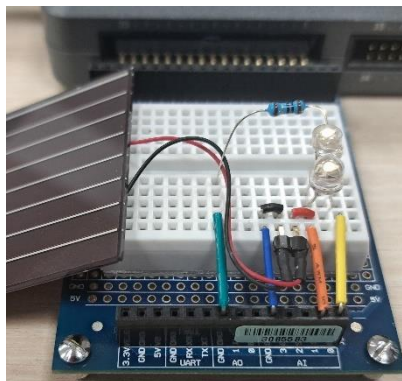


Figura 7.12 – Modul de conectare a panoului solar

ATENȚIE: panoul solar nu trebuie conectat dacă myRIO™ nu este alimentat, fiindcă generează curent prin diodele de protecție ESD de pe intrările analogice.

ATENȚIE: panoul solar nu trebuie alimentat, produce o tensiune continuă.

Panoul solar are o variație de tensiune la ieșire de la 0.56 V la 6.60 V sau de curent de la 3 μ A la 14.9 mA, având 8 celule înseriate. Poate fi utilizat pentru alimentarea unui senzor sau a unor LED-uri.

Pentru măsurarea curentului generat se conectează o rezistență de 10 Ω în serie cu LED-urile, pe care se măsoară căderea de tensiune. Rezistența este de preferat să fie conectată cu un terminal la GND. Putem alege un șunt de curent cu o valoare mare de 10 Ω pentru că ne așteptăm la valori ale curentului consumat între 1 mA și 10 mA, adică o cădere de tensiune de la 10 mV la 100 mV.

O variantă de implementare pentru VI este prezentată în figura următoare:

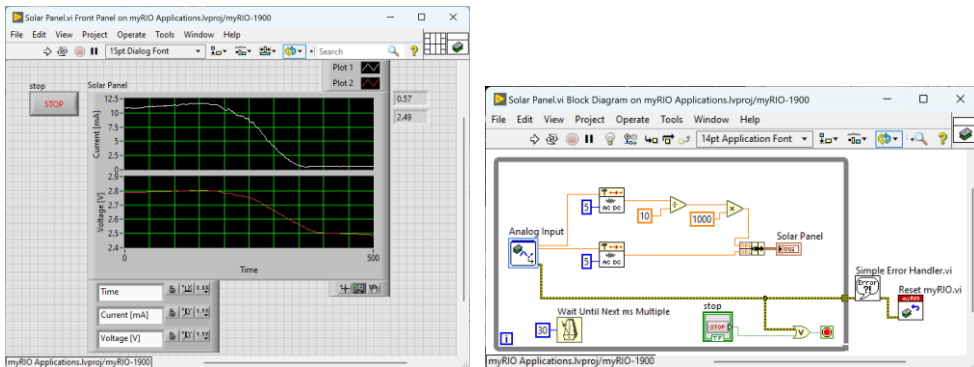


Figura 7.13 – Interfața cu utilizatorul și diagrama bloc, VI-ul de citire a tensiunii și curentului

😊 **Completați programul și calculați puterea maximă pe rezistența de 10 Ω .**

Următorul VI implementat este pentru măsurarea temperaturii cu un senzor de tip termistor [27]. Termistorul are o rezistență de 10 k Ω la temperatura de 25 $^{\circ}$ C, iar această rezistență crește cu temperatura.

Termistorul este conectat pe **Portul A**, la intrarea analogică AI0 (firul **albastru**) și la +5 V (firul **roșu**); intrarea analogică AI1 este conectată la +5 V pentru calcule sau compensare și se observă în interfață că valoarea reală a tensiunii de alimentare este de +4.973 V. Între terminalul termistorului conectat la AI0 și GND este conectată o rezistență de 10 k Ω , ca în figura următoare:

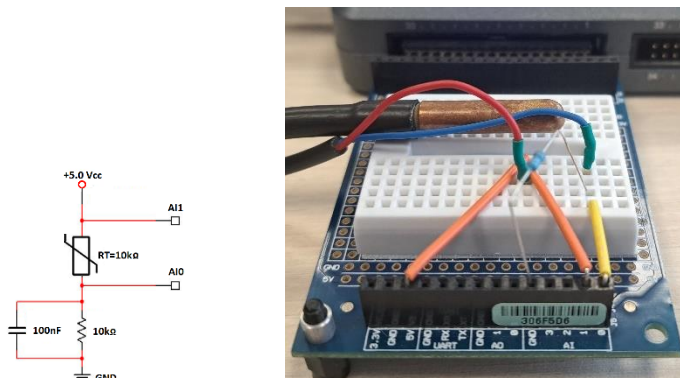


Figura 7.14 – Modul de conectare a termistorului



Ce rol are condensatorului de 100 nF în paralel cu rezistența de 10 kΩ?

O variantă de implementare pentru VI este prezentată în figura următoare. Este prezentat și VI-ul pentru implementarea ecuațiilor de liniarizare a caracteristicii termistorului.

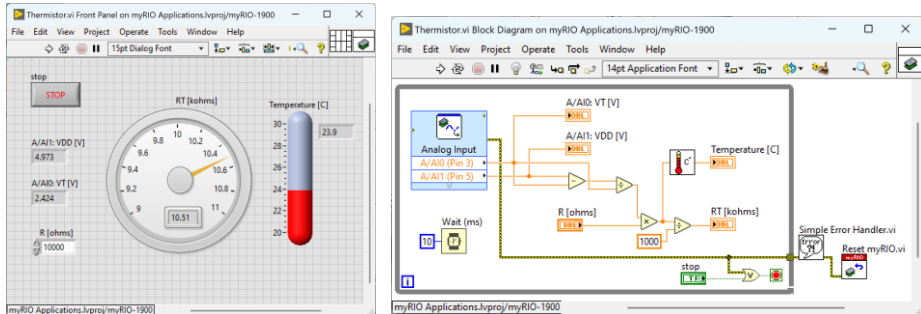


Figura 7.15 – Interfața cu utilizatorul și diagrama bloc, VI-ul de citire a termistorului

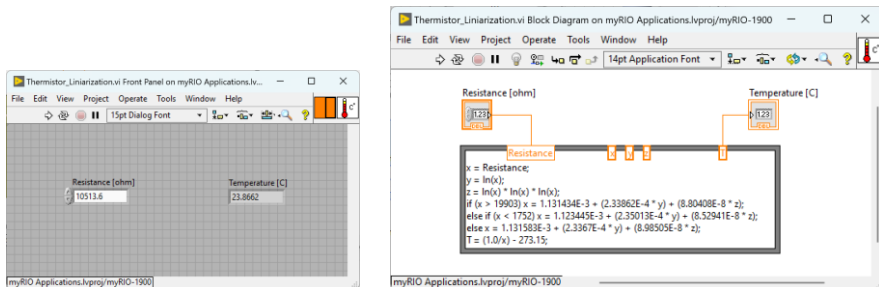


Figura 7.16 – Interfața cu utilizatorul și diagrama bloc, VI-ul de liniarizare a caracteristicii termistorului

Următorul VI implementat este pentru generarea de sunete cu ajutorul unui *buzzer* [28] conectat pe **Portul B**, pe ieșirea digitală DIO8 configurată ca și PWM0.

Buzzer-ul este conectat cu un terminal pe ieșirea digitală DIO8 (firul galben) și al doilea terminal la +5 V (firul verde), ca în figura următoare:

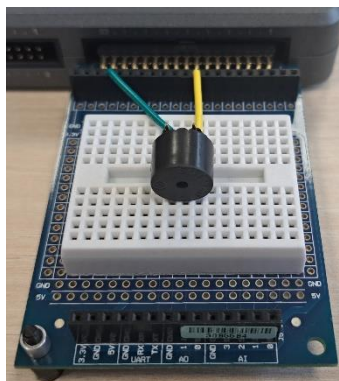


Figura 7.17 – Modul de conectare a *buzzer*-ului

O variantă de implementare pentru VI este prezentată în figura următoare:

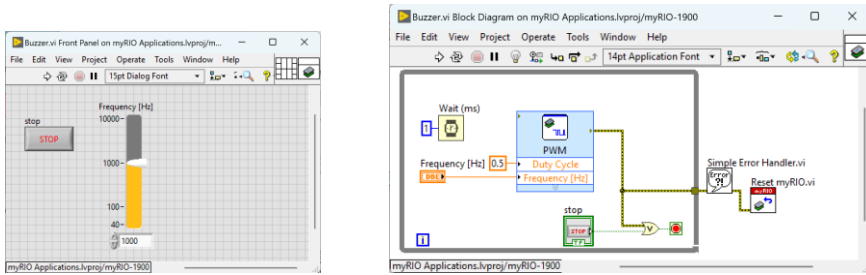


Figura 7.18 – Interfața cu utilizatorul și diagrama bloc, VI-ul de comandă a buzzer-ului

Următorul VI implementat este pentru comanda unui motor de curent continuu cu o punte H conectată pe **Portul B**. Se utilizează modulul *Motor Adapter for NI myRIO* [29] care permite conectarea a două motoare cu encodere.

ATENȚIE: Modulul are nevoie de alimentare cu o tensiune continuă de +9 V din exterior. Conectați bateria corect! Nu atingeți carcasa metalică a motorului de alte componente electronice de pe placa de extensie – pot face scurtcircuit!

În cazul acestui modul se utilizează conectori standard pentru conectarea motorului și encoderului la extensie, nu este nevoie de realizarea conexiunilor cu fire. Schema de conectare este prezentată în figura următoare:



Figura 7.19 – Modul de conectare a motorului cu encoder (varianta 1)

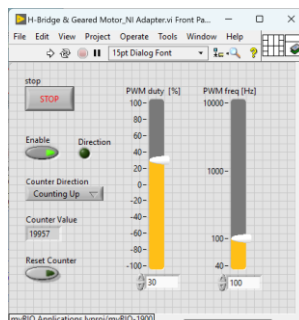


Figura 7.20 – Interfața cu utilizatorul, VI-ul de comandă a motorului cu encoder

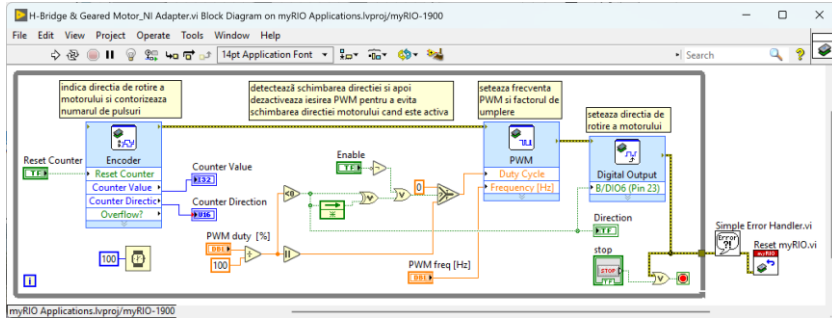


Figura 7.21 – Diagrama bloc, VI-ul de comandă a motorului cu encoder (varianta 1)

Varianta a doua de VI are diferită linia digitală care resetează direcția de rotație: DIO0 în locul liniei DIO6. În ambele VI-uri comanda este pe linia digitală DIO8 (PWM0), iar citirea encoderului B/ENC (*phase A* – pinul 18 și *phase B* – pinul 22). Schema de conectare pentru placa de extensie *Pmod HB5* [30] este prezentată în figura următoare:

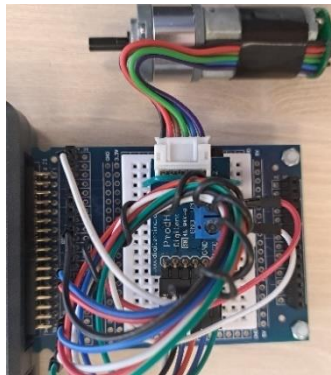


Figura 7.22 – Modul de conectare a motorului cu encoder (varianta 2)

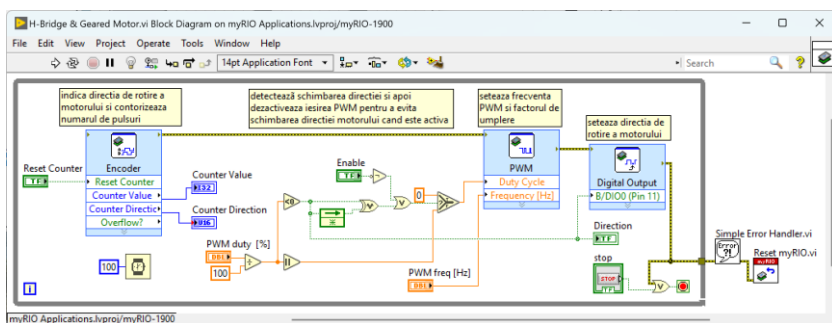


Figura 7.23 – Diagrama bloc, VI-ul de comandă a motorului cu encoder (varianta 2)

Următorul VI implementat este pentru comanda unui servomotor de curent continuu GWS S03N STD [31] care are *driver*-ul integrat și este comandat cu un semnal PWM cu frecvența de 50 Hz și lățimea unui puls de 1.5 ms.

Servomotorul este conectat pe **Portul B**, la ieșirea digitală DIO8 (PWM0) (firul **alb**), iar al doilea fir la GND (firul **negru**) și al treilea fir la +5 V (firul **roșu**), ca în figura următoare. Servomotoarele pot avea fire de culori diferite.

Schema de conectare este prezentată în figura următoare:

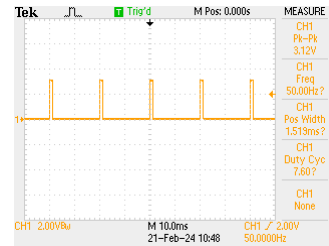
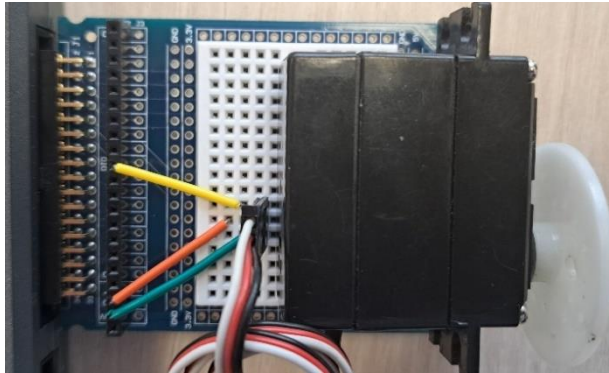


Figura 7.24 – Modul de conectare a servomotorului și semnalul afișat pe osciloscop

O variantă de implementare pentru VI este prezentată în figura următoare:

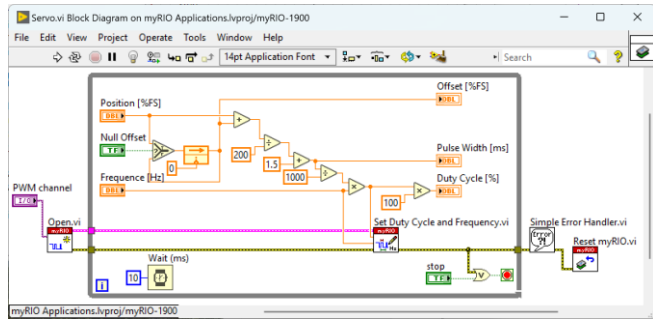
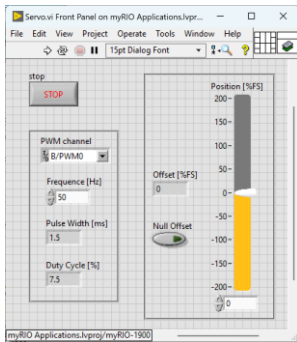


Figura 7.25 – Interfața cu utilizatorul și diagrama bloc, VI-ul de comandă a servomotorului

Următorul VI implementat este pentru măsurarea cantității de particule în aer. Senzorul conectat este GP2Y1010F93 de la Sharp [32].

Acest senzor nu măsoară dimensiunea particulelor micrometrice, indică doar prezența prafului sau fumului. Senzorii performanți indica tipul particulelor micrometrice: 1 μm (PM1), 2.5 μm (PM2.5) sau 10 μm (PM10).

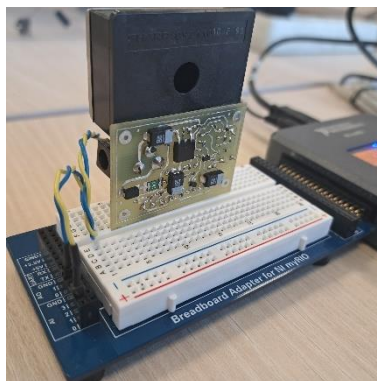


Figura 7.26 – Modul de conectare a senzorului de particule în aer

Schema electronică a modului este de complexitate medie, senzorul are nevoie de un semnal de o anumită frecvență care comandă LED-ul din interior pentru detecția cantității de particule. Circuitul integrat LM555 este utilizat pentru generarea unui semnal dreptunghiular de frecvență reglabilă.

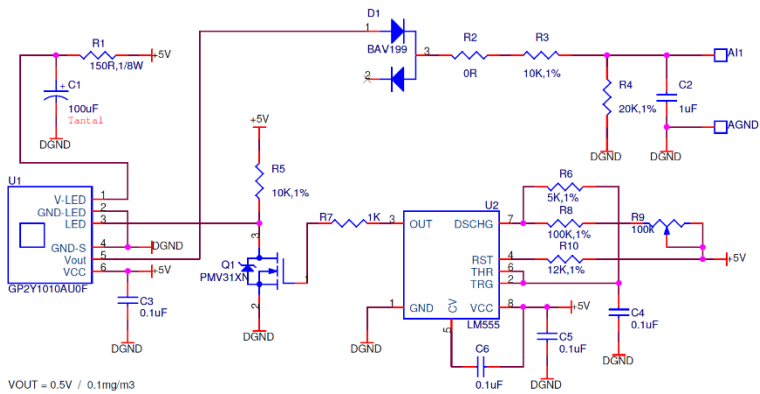


Figura 7.27 – Schema electronică a modului – senzor de particule în aer

O variantă de implementare pentru VI este prezentată în figura următoare:

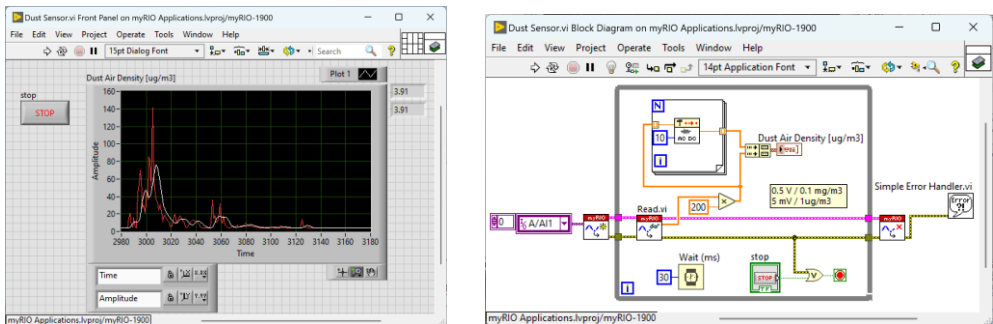


Figura 7.28 – Interfața cu utilizatorul și diagrama bloc, VI-ul pentru senzorul de particule în aer

☺ Implementați mai multe aplicații în care să utilizați un senzor pe o intrare analogică (senzor de distanță cu infraroșu, Hall sau de intensitate luminoasă) și în funcție de valoarea citită să comandați un *buzzer* sau un servomotor.

☺ Implementați o aplicație care să calculeze puterea maximă generată de panoul solar pentru un anumit consumator. Utilizați rezistența de șunt de 10 Ω pentru a măsura curentul consumat și o rezistență decadică pentru a modifica valoarea curentului.

8. Generator de culori cu LED-uri RGB

Scopul acestei lucrări este implementarea unor aplicații în LabVIEW™ cu modulul RT (*Real Time*) care să ruleze pe echipamentul myRIO™, de citire a semnalului audio de la un microfon conectat pe o intrare analogică și de comandă a unor LED-uri RGB (*Red, Green, Blue*) [33] în funcție de frecvențele semnalelor. Implementarea unor aplicații care rulează integral pe myRIO™.

Se creează un proiect care include *target*-ul myRIO™, pe care va rula un VI cu două bucle: prima buclă este pentru achiziția de sunet și a doua buclă este pentru comanda LED-urilor. Microfonul (*senzorul*) va fi conectat pe intrarea audio stereo, iar LED-urile RGB (*elementele de execuție*) pe **Portul B**.

LED-urile sunt conectate prin rezistențe de 100 Ω (pentru limitarea curentului) la liniile digitale DIO8, 9 și 10 care corespund celor trei ieșiri modulate de tip PWM: 0, 1 și 2.

Schema de conectare este prezentată în figura următoare:

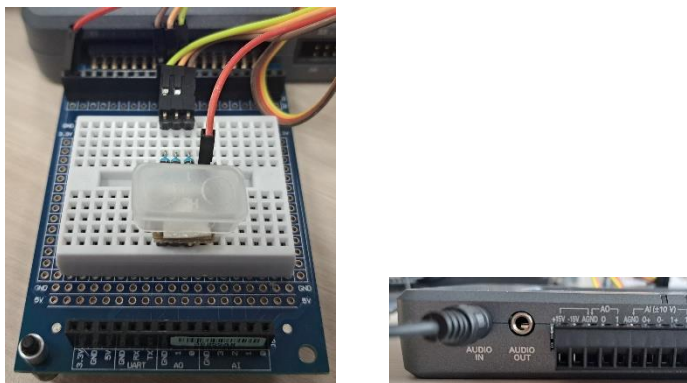


Figura 8.1 – Modul de conectare a LED-urilor RGB și a microfonului

Primul VI implementat care permite generarea de culori și comanda LED-urilor este prezentat în figura următoare:

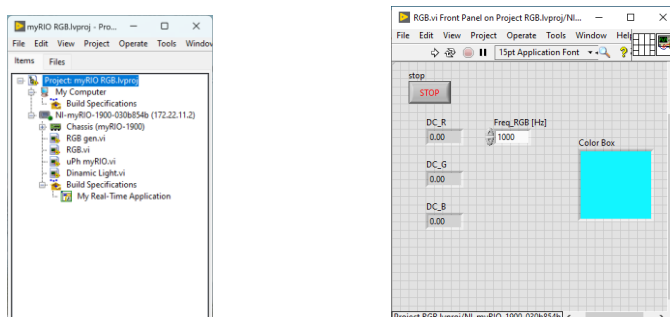


Figura 8.2 – Fereastra de proiect și interfața cu utilizatorul pentru aplicația de generare de culori

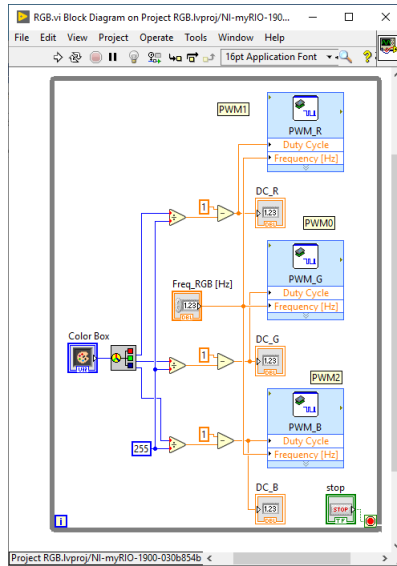


Figura 8.3 – Diagrama bloc pentru aplicația de generare de culori

Microfonul cu mufă de tip *jack stereo* de 3 mm este conectat la intrarea dedicată pentru audio, intrările *Left* și *Right*.

Al doilea VI implementat care rulează pe myRIO™, realizează achiziția de sunet și aplică trei tipuri de filtre pe semnalele audio (*Lowpass*, *Bandpass* și *Highpass*) este prezentat în figura următoare:

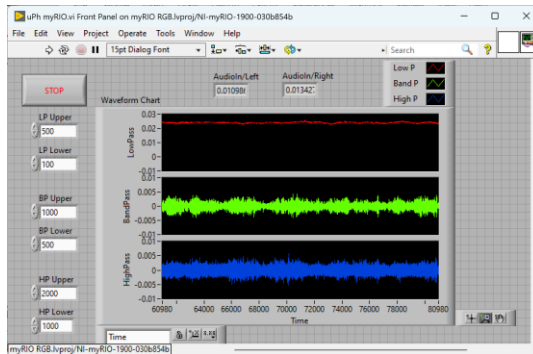


Figura 8.4 – Interfața cu utilizatorul, VI pe myRIO™ pentru achiziția de sunet și filtrare

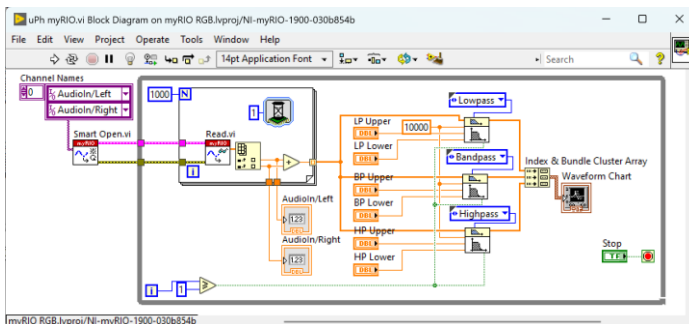


Figura 8.5 – Diagrama bloc, VI pe myRIO™ pentru achiziția de sunet și filtrare

Următorul VI implementat permite achiziția de sunet în prima buclă *While*, procesează semnalele audio cu trei filtre (*trece jos*, *trece bandă* și *trece sus*) și în a doua buclă *While* comandă LED-urile RGB în funcție de frecvență.

Aplicația care rulează pe myRIO™ poate fi configurată să pornească automat la alimentarea cu tensiune a echipamentului prin includerea aplicației în *Startup*. Pentru transferul datelor între cele două bucle se utilizează variabila locală *interleaved array*.

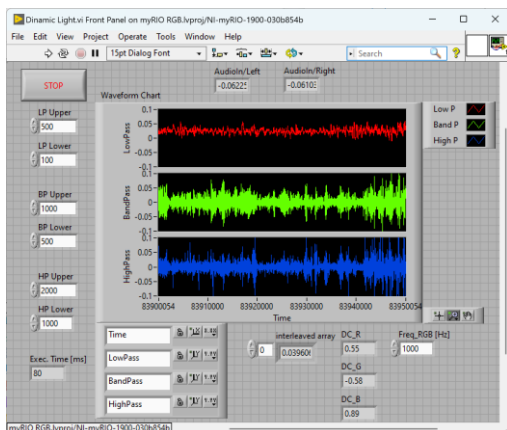


Figura 8.6 – Interfața cu utilizatorul, VI pe myRIO™ pentru aplicația de sunet și lumină

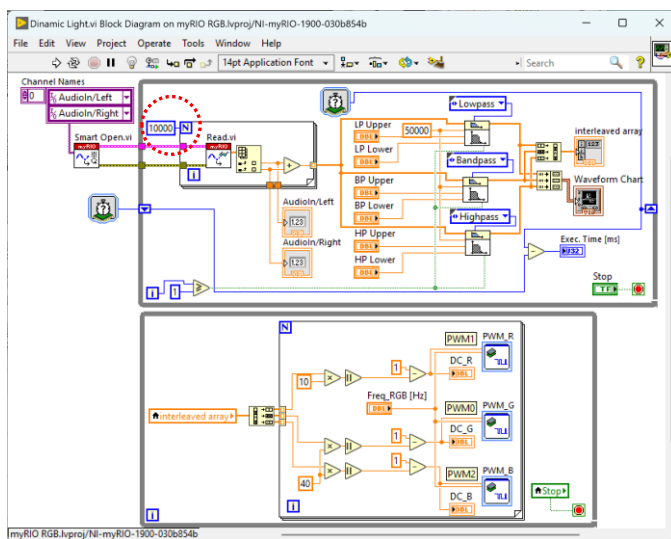


Figura 8.7 – Diagrama bloc, VI pe myRIO™ pentru aplicația de sunet și lumină

Citirea unui număr mare de puncte de la canalele audio, 10.000 de eșantioane în acest exemplu, determină o întârziere prea mare între semnalul audio și aprinderea LED-urilor. O valoare recomandată este de 500 de eșantioane.

Dispozitivul myRIO™ are capacitatea de procesare a unui minicalculator, include un procesor ARM Cortex A9 cu două nuclee și funcționează la o frecvență

de 667 MHz. Pentru procesarea de date sau semnale include o memorie program DDR3 de capacitate 256 MB și o memorie flash pentru stocare de capacitate 512 MB.

Sistemul myRIO™ are performanțe de timp real bune, are instalat sistemul de operare NI Linux RT (*Real Time*) și rulează aplicații implementate de utilizator în LabVIEW™ cu modulele RT sau FPGA (*Field Programmable Gate Array*).

Aceste resurse de calcul sunt suficiente pentru toate aplicațiile de laborator prezentate și pentru un sistem înglobat (*embedded system*) de complexitate medie.

Următorul VI implementat cu rol demonstrativ și prezentat în continuare redă pe note asemănător unui pian melodia *Thunderstruck*, a formației AC-DC:

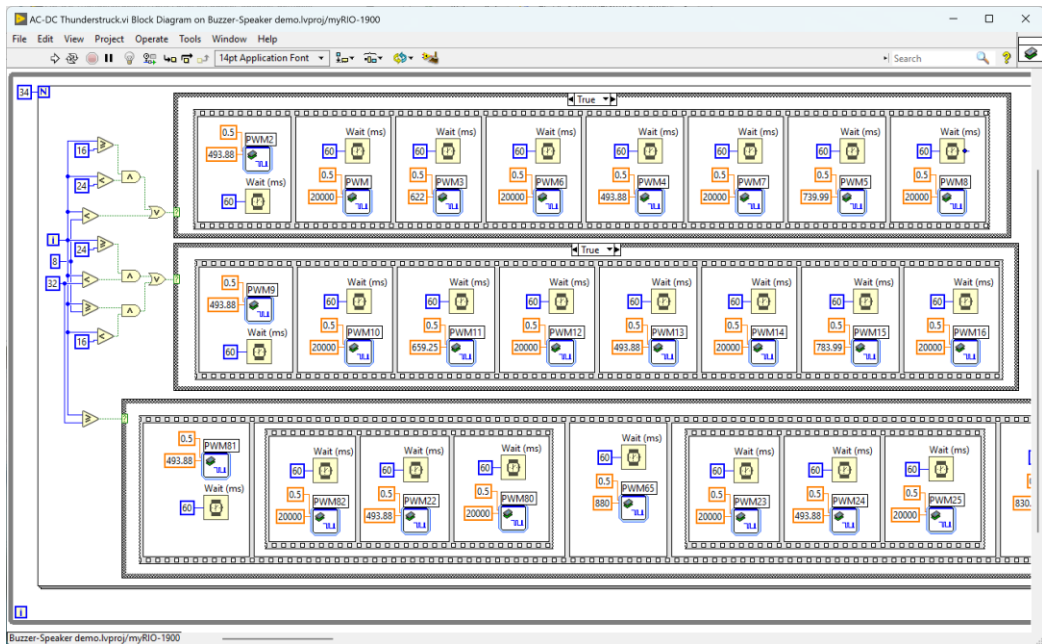


Figura 8.8 – Diagrama bloc, VI pe myRIO™ pentru generarea melodiei *Thunderstruck*

Programul poate să fie reorganizat pentru a fi mai ușor de extins, notele și duratele de timp să fie incluse în vectori sau să fie citite din fișiere.

9. Controlul levitației în câmp electromagnetic **

Scopul acestei lucrări este implementarea unor aplicații în LabVIEW™ cu modulele RT (*Real Time*) și FPGA (*Field Programmable Gate Array*) care să ruleze pe echipamentul myRIO™, de citire a poziției sau distanței unui magnet și de comandă a curentului printr-o bobină. Implementarea unor aplicații care rulează integral pe myRIO™.

Se creează un proiect care include *target*-ul myRIO™, pe care vor rula:

- un VI pe FPGA pentru citirea tensiunii de la senzorul Hall și generarea comenzii;
- un VI pe RT pentru calculul distanței față de un magnet, scalarea semnalelor, regulatorul de poziție, limitările de valori și afișarea grafică a semnalelor.

Configurația propusă include atât procesorul pe care rulează aplicațiile implementate în LabVIEW™ RT, cât și circuitul FPGA. Ambele resurse electronice de calcul sunt incluse în circuitul *Zynq XC7Z010* care echipează echipamentul myRIO™. Schema bloc a sistemului de levitație electromagnetică este prezentată în figura următoare:

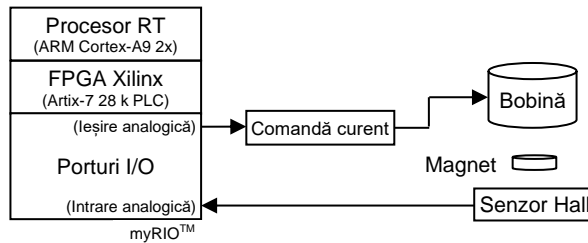


Figura 9.1 – Schema bloc a sistemului de levitație în câmp electromagnetic

Se utilizează un magnet permanent sub formă de disc, care este suspendat într-un câmp electromagnetic generat de o bobină controlată în curent. Poziția verticală a magnetului permanent care levitează este măsurată cu un senzor Hall liniar SS495A [23], care generează o tensiune de ieșire proporțională câmpului magnetic.

Senzorul este plasat în partea de jos a standului experimental, la distanță de bobină pentru a reduce influența câmpului electromagnetic generat de bobină asupra câmpului magnetic generat de magnet. A fost implementat un filtru trece-jos pasiv, semnalul măsurat fiind afectat de zgomot. Dificultatea măsurării este crescută și de rezoluția redusă pe 12 biți a convertorul analog-numeric, care corespunde la o tensiune de numai 1.221 [mV/bit].

Pentru circuitul de comandă este utilizat un *driver* de curent pentru a controla valoarea curentului care trece prin bobină. Componentele principale sunt un amplificator operațional LM358 [34] și un tranzistor MOSFET IRF540N [35].

Între tensiune și curent este o relație liniară de forma [36]:

$$i = \frac{u [V]}{67.83} [A]$$

unde u este tensiunea [V] și i este curentul [A], aplicate la bornele bobinei.

Pentru modelarea sistemului de levitație magnetică se utilizează diagrama corpului liber din figura următoare și ecuațiile electromagnetice și mecanice.

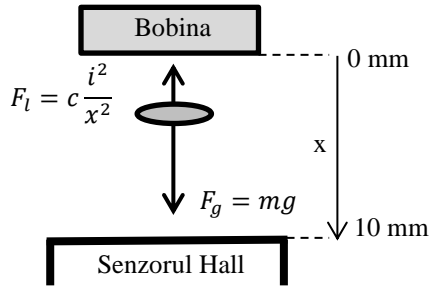


Figura 9.2 – Forțele care acționează asupra sistemului

Forța rezultantă care acționează asupra discului magnetului permanent denumită F_{rez} este calculată din legea mișcării lui Newton, neglijând frecarea:

$$F_{rez} = F_g - F_l = m g - c \frac{i^2}{x^2},$$

unde F_l este forța electromagnetică (de levitație) și F_g este forța gravitațională, m [kg] este masa magnetului permanent, $g = 9.81 [m/s^2]$ este constanta vitezei gravitaționale, x [m] este distanța și c este constanta forței magnetice [36].

Schema de conectare este prezentată în figura următoare:

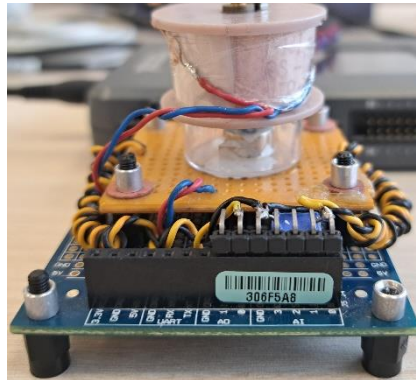


Figura 9.3 – Modul de conectare a senzorului Hall, driver-ului de curent și bobina

Bobina electromagnetului se alimentează de la sursa de +15 V_{dc} inclusă în myRIO™ care poate genera maxim 32 mA. Este necesar ca bobina să includă un miez de alamă cu o permeabilitate magnetică mai mică, astfel încât magnetul permanent să nu se fie atras în partea inferioară a bobinei. Magnetul permanent este din Neodim (NdFeB), are un diametru de 8 mm, o înălțime de 5 mm și cântărește 1.91 g [37]. Diametrul bobinei este de 25 mm, cu o înălțime de 13 mm și rezistența în curent continuu de 340 Ω. Este realizată prin bobinare cu sârmă de cupru, având diametru de 0.13 mm și are 4650 de spire.

Primul VI implementat care rulează pe FPGA, citește tensiunea pe intrarea analogică de pe **Portul A**, linia AIO și trimite comanda pe același port pe ieșirea analogică AO0, este prezentat în figura următoare:

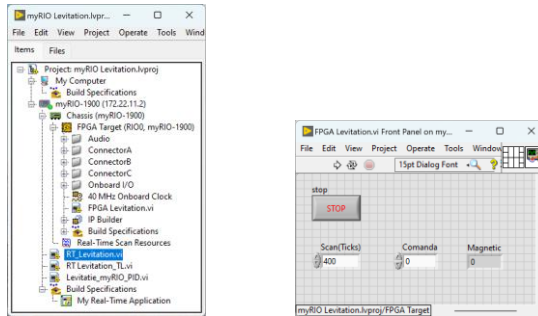


Figura 9.4 – Fereastra de proiect și interfața cu utilizatorul, VI-ul care rulează pe FPGA

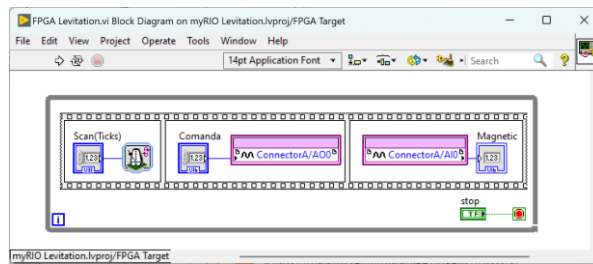


Figura 9.5 – Diagrama bloc, VI-ul care rulează pe FPGA

Al doilea VI implementat care rulează pe RT, include calcule pentru scalarea mărimilor, calculul poziției magnetului în funcție de tensiunea citită de la senzorul Hall și implementarea unui regulator PID pentru poziție.

😊 Implementați un regulator bipozițional cu perioada de eșantionare între 0.1 ms și 1 ms.

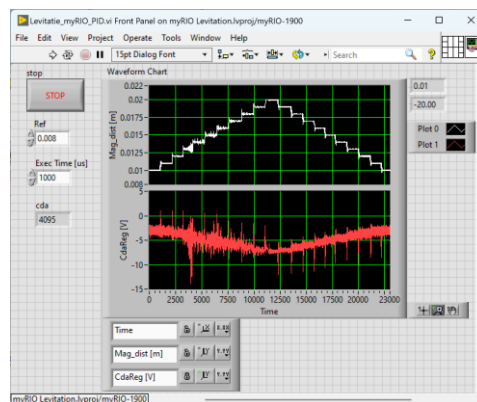


Figura 9.6 – Interfața cu utilizatorul, VI pe myRIO™, controlul poziției magnetului (var. 1)

În figura anterioară se poate observa răspunsul regulatorului PID atunci când referința a fost incrementată de la 10 mm până la 20 mm cu un pas de 1 mm și apoi a fost decrementată similar.

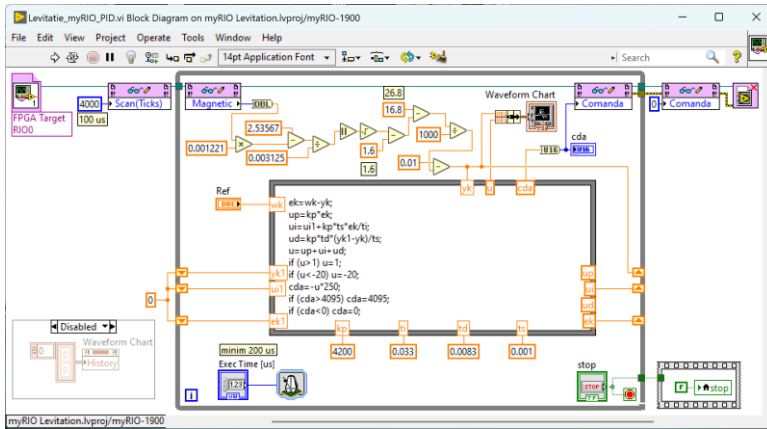


Figura 9.7 – Diagrama bloc, VI pe myRIO™ pentru controlul poziției magnetului (var. 1)

A doua variantă de implementare pentru VI-ul care rulează pe myRIO™ RT include o referință variabilă de tip dinte de fierăstrău pentru a mișca magnetul în sus și în jos și un regulator de tip fracționar.

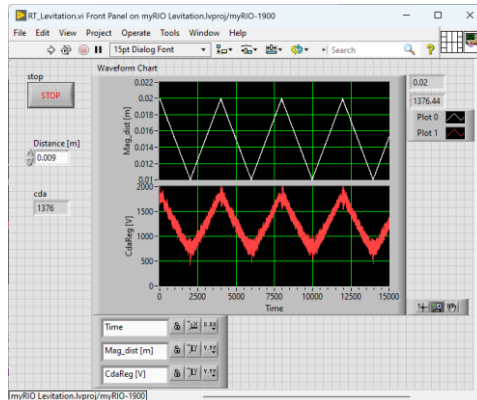


Figura 9.8 – Interfața cu utilizatorul, VI pe myRIO™, controlul poziției magnetului (var. 2)

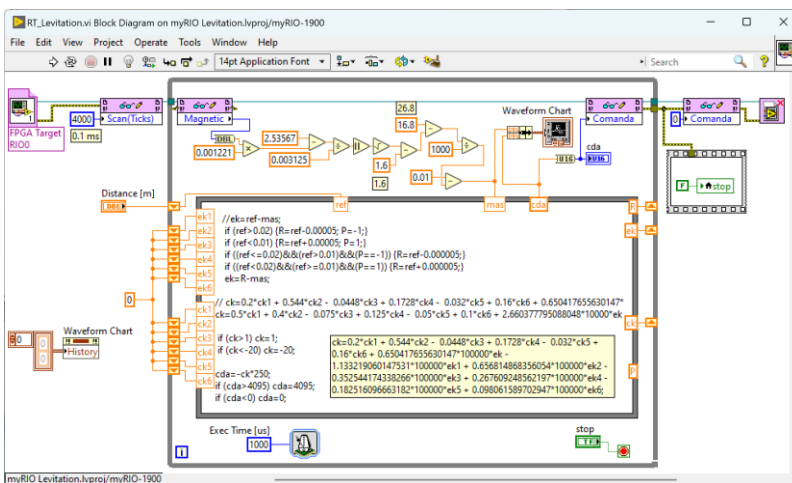


Figura 9.9 – Diagrama bloc, VI pe myRIO™ pentru controlul poziției magnetului (var. 2)

10. Controlul poziției unui laser **

Scopul acestei lucrări este implementarea unor aplicații în LabVIEW™ cu modulele RT și FPGA care să ruleze pe echipamentul myRIO™, de comandă a două galvanometre pentru axele XY și de comandă *ON / OFF* pentru un laser de culoare verde, cu scopul realizării unui proiector. Implementarea unor aplicații care rulează integral pe myRIO™.

Se creează un proiect care include *target*-ul myRIO™ și mai multe VI-uri care vor rula pe calculator, pe RT și pe FPGA, iar conexiunile de intrare și ieșire sunt realizate pe **Portul A**.

Componentele care compun echipamentul sunt prezentate în continuare:

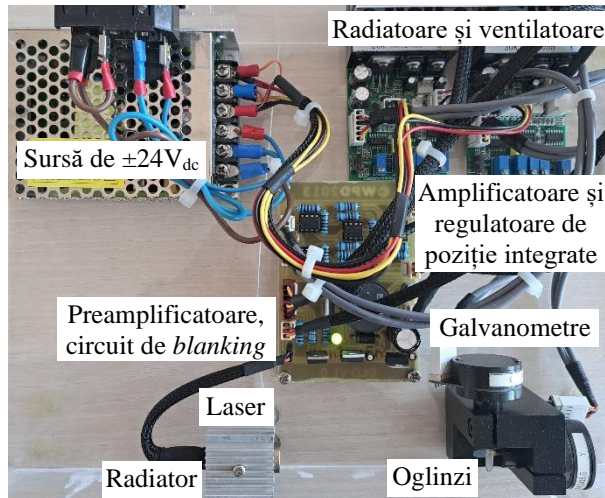


Figura 10.1 – Modul de conectare a proiectorului cu laser

Galvanometrele incluse fac parte din sistemul de scanare PT-20K de la Phenix Technology [38], au o rată de scanare de 20.000 pps (*puncte pe secundă*) la un unghi de deviere de 8 grade și sunt prezentate în figura următoare:

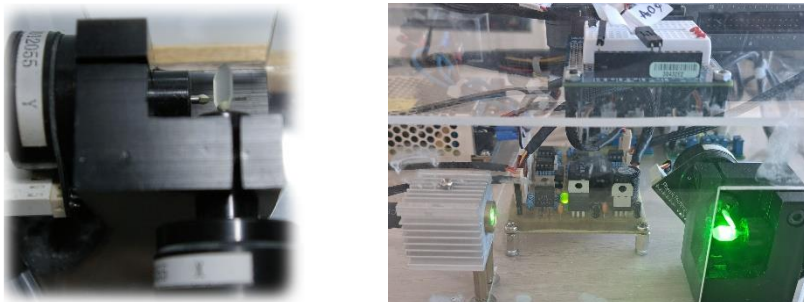


Figura 10.2 – Galvanometrele PT-20K, imagine cu echipamentul pornit

Tabelul cu principalele caracteristici ale galvanometrului este următorul:

| | |
|--------------------------|-----------------------------------|
| Viteza maximă de scanare | 20 kpps @ 8 grade deflexie optică |
| Unghiul maxim | 20 grade |
| Semnal de intrare | analogic $\pm 20V$ |
| Tip oglindă | <i>coated dielectric film</i> |
| Dimensiune oglindă | 5x10 mm |
| Reflectivitate oglindă | > 97 % |

Amplificatoarele de comandă a galvanometrelor au intrare diferențială de $\pm 5 V$ pe care o amplifică și generează la ieșire un semnal de la 0 V la +20 V [38]. Amplificatorul include un regulator de poziție, are reacție negativă de la un selsin și este prezentat în figura următoare:



Figura 10.3 – Modulul amplificator pentru comanda sistemului PT-20K

Modulul laser este de tip DPSS (*Diode-Pumped Solid-State*) de 70 mW și este necesară o sursă de alimentare de +3 V_{dc}, la un curent de minim 300 mA [38]. Are nevoie de un radiator de răcire pasiv, din aluminiu. Modulul laser este prezentat în figura următoare:



Figura 10.4 – Modulul laser pentru sistemul PT-20K

ATENȚIE: Laserul utilizat este periculos pentru ochi! Se interzice pornirea nesupravegheată a echipamentului și îndreptarea laserului spre alte persoane.

ATENȚIE: Nu priviți direct spre laser, nici dacă este reflectat de perete!

Preamplificatorul pentru galvanometre a fost construit cu patru amplificatoare operaționale duale TL082, de la Texas Instruments [39]. Include circuite de bază de tip amplificatoare inversoare și are următoarele specificații:

| | |
|---------------------|-----------------------|
| Axele controlate | X și Y |
| Semnal de intrare | analogic 0 ... +3.3 V |
| Semnal de ieșire | analogic $\pm 5 V$ |
| Sursa de alimentare | $\pm 15 V$ |

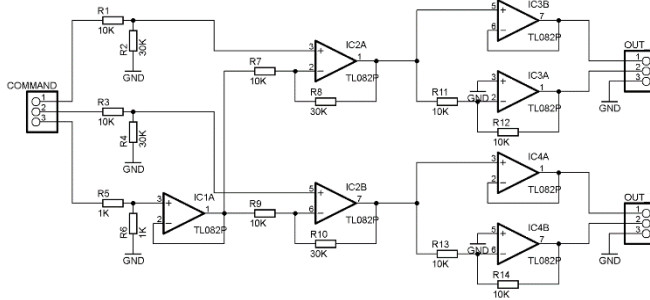


Figura 10.5 – Modulul preamplificator pentru comanda sistemului PT-20K, schema electronică

Pentru a putea comuta modulul laser dintr-o stare „pornită” în stare „oprită” și invers la o frecvență mare, este nevoie de un tranzistor de comutație MOSFET de la NXP, PSMN4R3-30PL tip *N-channel* [40] sau echivalent. Circuitul de *blanking* are o frecvență de comutație de minim 20 kHz.

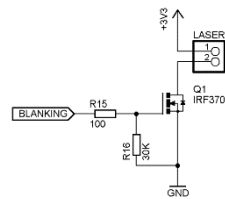
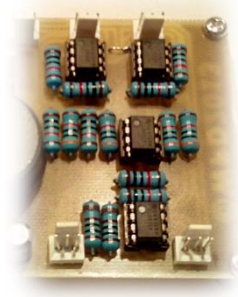


Figura 10.6 – Modulul preamplificator pentru comanda sistemului PT-20K, circuitul de *blanking*

Primul VI implementat permite generarea a două semnale sinusoidale care pot fi defazate. Semnalele obținute sunt reprezentate pe un *XY Graph* și sunt utilizate pentru comandă pe ieșirile analogice AO0 și AO1 ale portului MXP A (myRIO Expansion Port). Ieșirea digitală DIO0 permite aprinderea și stingerea modulului laser, prin comanda circuitului de *blanking* prezentat anterior.

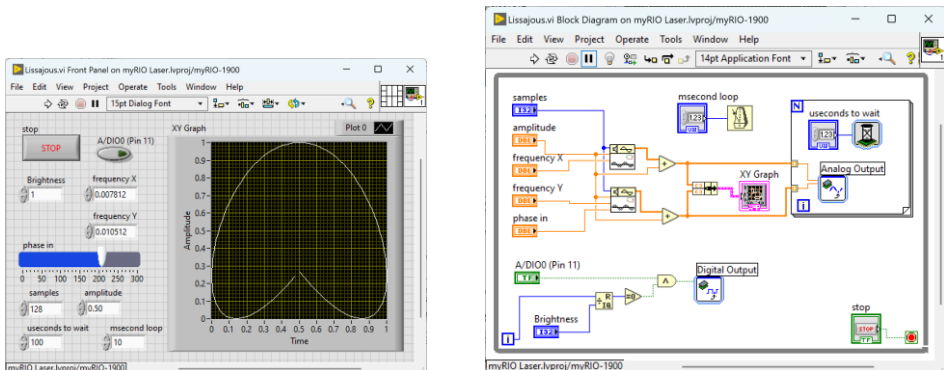


Figura 10.7 – Interfața cu utilizatorul și diagrama bloc, VI-ul pentru generarea de forme (var. 1)

Aplicația următoare permite desenarea unui pătrat sau alte forme geometrice.

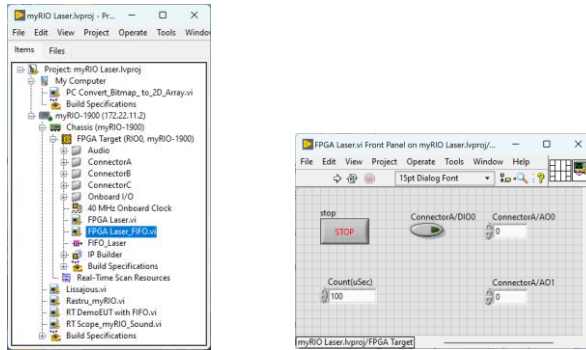


Figura 10.8 – Fereastra de proiect și interfața cu utilizatorul, VI-ul care rulează pe FPGA

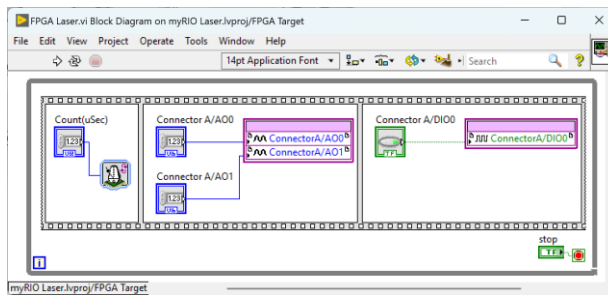


Figura 10.9 – Diagrama bloc, VI-ul care rulează pe FPGA (varianta 2)

În cazul schimbărilor semnificative de direcție (90°), apar erori de poziționare. În vectorii X și Y se pot adăuga ca elemente, coordonatele punctelor și în felul acesta se pot desena forme geometrice: triunghi, hexagon, o casă etc.

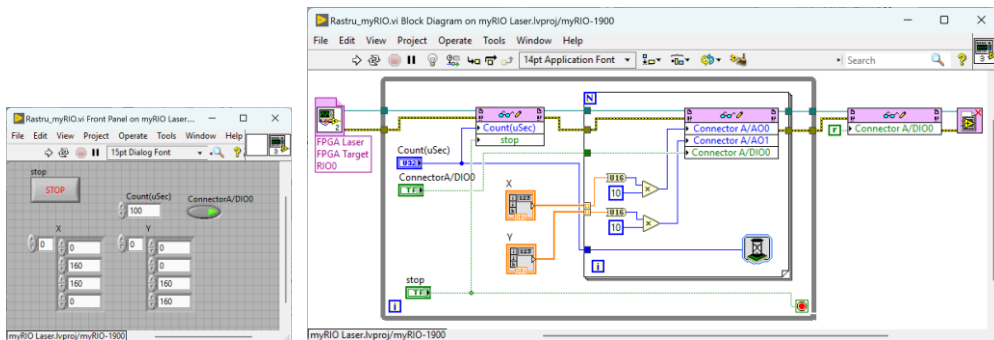


Figura 10.10 – Interfața cu utilizatorul și diagrama bloc, VI-ul pentru generarea de forme (var. 2)

Aplicația următoare permite achiziția de sunet pe myRIO™ și comanda laserului. Se obține un osciloscop care are pe axa Y, amplitudinea sunetului și pe axa X este timpul sau numărul de puncte achiziționate. În exemplul dat sunt 1200 de puncte pe axa X, cu un deltaT de 10 μ s, adică durata de afișare este de 12 ms.

Pentru cele 1200 de puncte corespunzătoare axei Y, pentru axa X se generează o tensiune rampă cu domeniul de la 0 V la +5 V.

Fotografierea imaginilor generate cu acest dispozitiv este dificilă din cauza ratei de refresh reduse la care se pot genera imaginile.

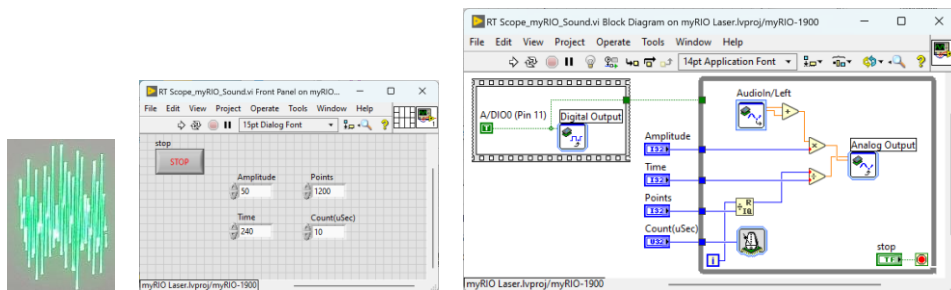


Figura 10.11 – Interfața cu utilizatorul și diagrama bloc, VI-ul pentru generarea de forme (var. 3)

Următorul VI implementat permite transferul eficient a coordonatelor punctelor cu ajutorul unui *buffer* FIFO. Acesta este configurat *Host to target – DMA* și are 16389 de puncte, datele fiind reprezentate pe 16 biți (*U16*). Elementele din FIFO alternează fiind corespunzătoare ieșirilor AO0, AO1 și DIO0.

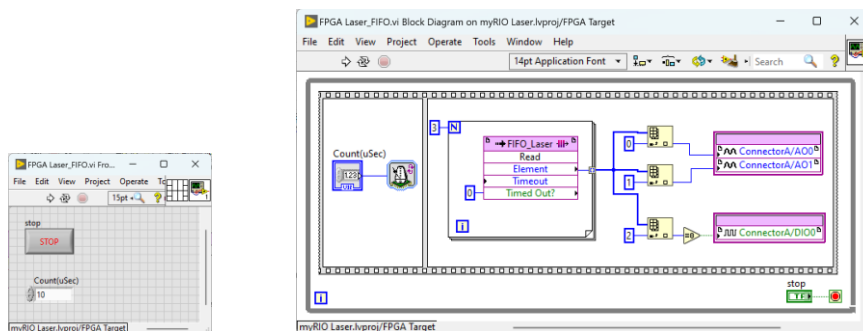


Figura 10.12 – Interfața cu utilizatorul și diagrama bloc, VI-ul care rulează pe FPGA (varianta 4)

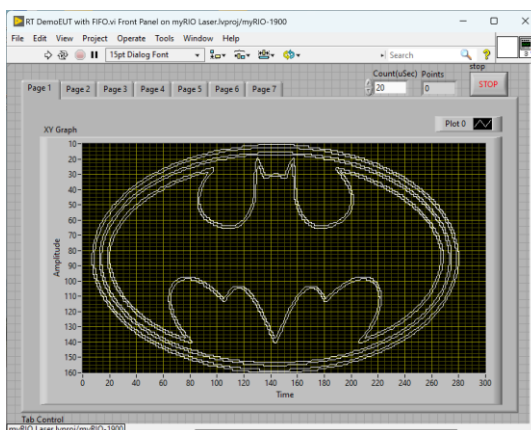


Figura 10.13 – Interfața cu utilizatorul, VI-ul pentru generarea de forme (varianta 4)

Aplicația creată poate genera orice imagine, dar ca să fie eficientă trebuie generate imagini sub forma unor contururi închise.

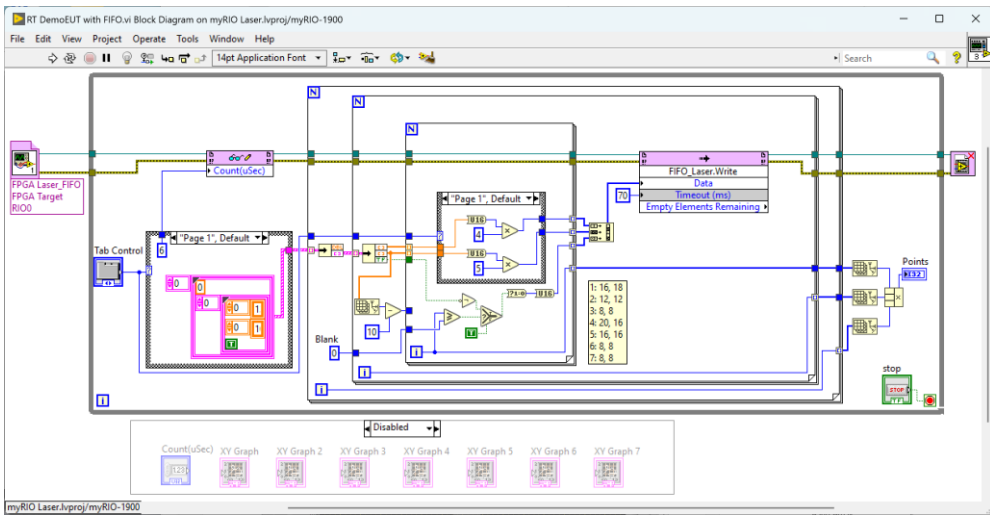


Figura 10.14 – Diagrama bloc, VI-ul pentru generarea de forme (varianta 4)

Pentru generarea imaginilor formate din curbe având contur închis se apelează o aplicație simplă care rulează pe calculator. Imaginile trebuie salvate în format bitmap: alb-negru, sau reprezentate pe 4, 8 sau 24 biți. Din interfața cu utilizatorul se alege numărul de linii din care este format un contur.

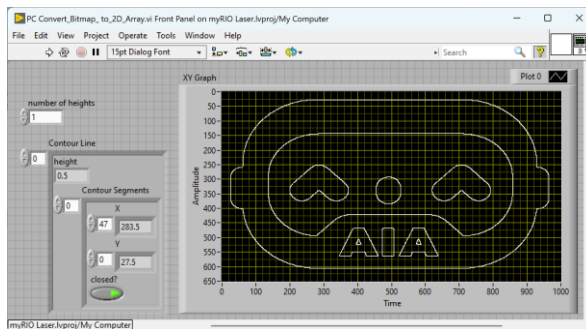


Figura 10.15 – Interfața cu utilizatorul, VI-ul care generează imaginile formate din curbe închise

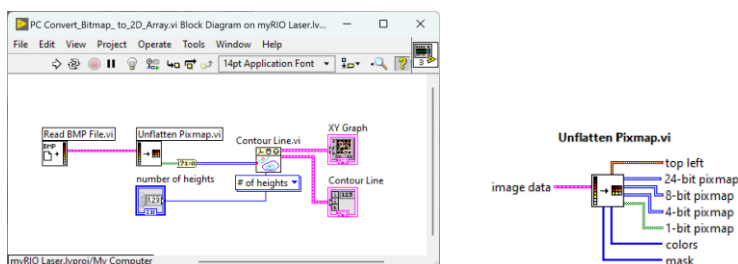


Figura 10.16 – Diagrama bloc, VI-ul care generează imaginile formate din curbe închise

11. Amortizarea vibrațiilor unui *smart beam*

Scopul acestei lucrări este implementarea unor aplicații în LabVIEW™ cu modulul RT care să ruleze pe echipamentul myRIO™, de generare a semnalelor de comandă a două bobine, iar în funcție de amplitudinea și frecvența semnalelor, obținerea unor oscilații amortizate sau întreținute într-o grindă de plexiglas (*smart beam*). Implementarea unor aplicații care rulează integral pe myRIO™.

Se creează un proiect care include *target*-ul myRIO™, pe care vor rula mai multe VI-uri pe RT, iar conexiunile de intrare și ieșire sunt pe **Portul A**.

Standul include două bobine care au rolul de a atrage doi magneți disc lipiți pe grinda de plexiglas. Măsurarea deplasărilor magneților se face cu senzorul Hall SS945A [23]. Sensorul pentru bobina 1 este conectat pe intrarea analogică AI0, iar cel pentru bobina 2 este conectat pe AI1. Comanda bobinei 1 se face cu linia de ieșire analogică AO0, iar comanda bobinei 2 se face cu linia AO1.

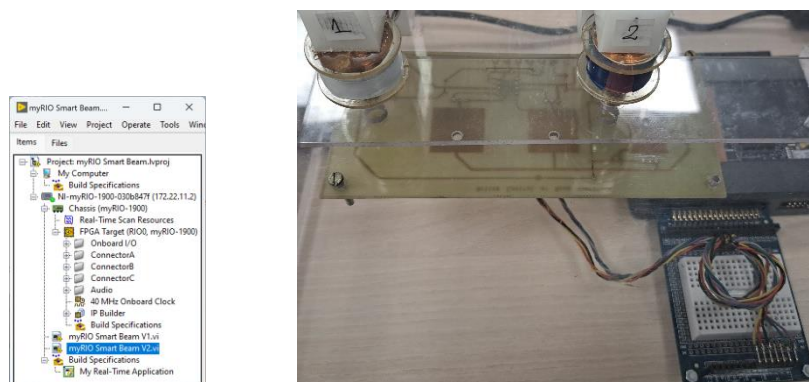


Figura 11.1 – Fereastra de proiect și modul de conectare a *smart beam*-ului

Schema electronică de comandă este asemănătoare cu cea utilizată și pentru standul de control a levitației în câmp electromagnetic. Controlul în curent a câmpului electromagnetic este implementat cu circuitul următor:

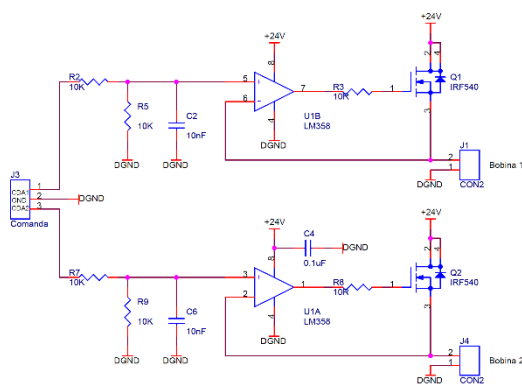


Figura 11.2 – Schema electronică de comandă a bobinelor pentru *smart beam*

Schema electronică include un amplificator operațional dual LM358 [34] și două tranzistoare MOSFET IRF540N [35].

Diametrul bobinei 1 este de 25 mm, cu o înălțime de 13 mm și rezistența în curent continuu de 340 Ω . Este realizată prin bobinare cu sârmă de cupru, având diametru de 0.13 mm și are 4650 de spire. Tensiunea nominală este de +24 V.

Diametrul bobinei 2 este de 22 mm, cu o înălțime de 13 mm și rezistența în curent continuu de 95 Ω . Este realizată prin bobinare cu sârmă de cupru, având diametru de 0.18 mm și are 2600 de spire. Tensiunea nominală este de +12 V.

Magneții permanenți au formă de disc, sunt realizați din Neodim (NdFeB), au un diametru de 10 mm, o înălțime de 3 mm și cântăresc fiecare 1.79 g [37].

Aplicația implementată în LabVIEW™ poate genera simultan două semnale sinusoidale care au amplitudinea între 0 V și +5 V, iar frecvența este de ordinul zecilor de herți. Semnalele pot să fie de fază diferită între 0° și 180°. Frecvența proprie de oscilație a *smart beam*-ului este de 14.2 Hz.

Se recomandă să fie realizate experimente cu această frecvență pentru a obține o amplitudine mare de oscilație a grinzii de plexiglas montată pe stand.

Amplitudinea mișcărilor de oscilație depinde de poziția lamei care în mod normal de utilizare este orizontală, dar standul poate să fie poziționat și vertical pentru efectuarea experimentelor.

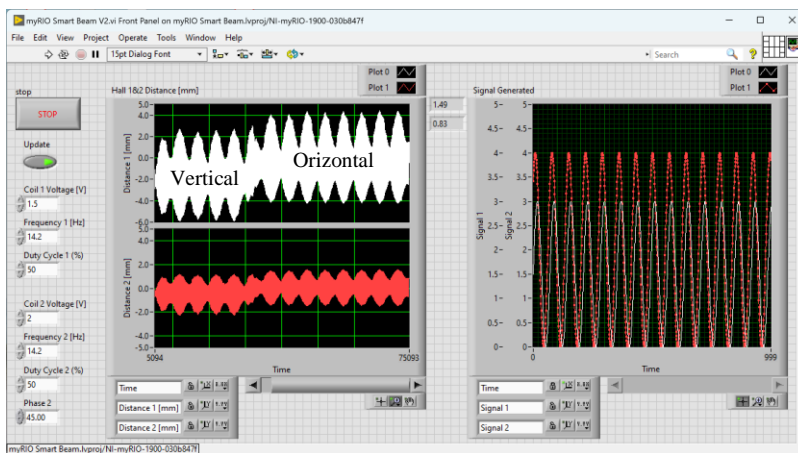


Figura 11.3 – Interfața cu utilizatorul, VI-ul pentru generarea semnalelor de comandă

Prima variantă de aplicație include funcțiile de generare de semnale în bucla principală *While*. Această implementare are dezavantajul ca întrerupe la un moment dat generarea continuă a semnalului în momentul apelării funcției de calcul.

Pentru a evita această întrerupere se utilizează elemente de memorare a vectorului de valori de la o iterație la alta, numite *Shift Register*. Acestea elemente de memorare sunt plasate pe marginile verticale ale buclei principale *While*.

Utilizarea structurii *Case* permite ca funcțiile de calcul să fie apelate doar atunci când utilizatorul apasă butonul *Update* din interfață.

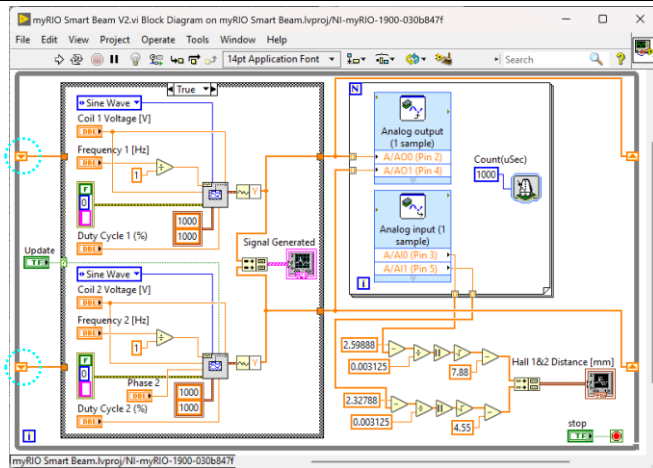


Figura 11.4 – Diagrama bloc, VI-ul pentru generarea semnalelor de comandă (var. 1)

O variantă mai simplă și eficientă de implementare este cu apelarea funcțiilor de calcul pentru generarea semnalelor în afara buclei principale *While*, doar la pornirea VI-ului. Aceasta implementare are alt dezavantaj, de fiecare dată când dorim modificarea parametrilor semnalelor trebuie oprit VI-ul și repornit.

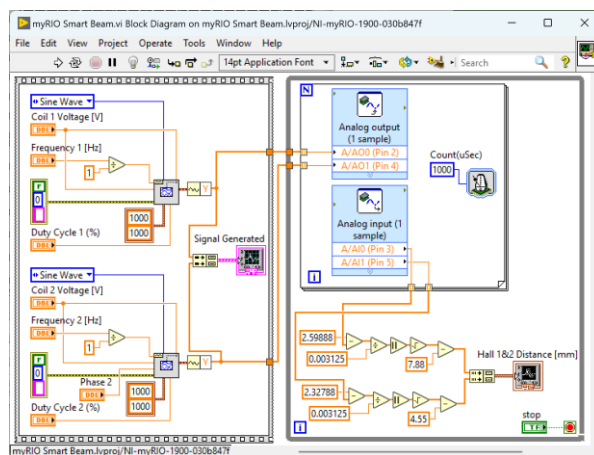


Figura 11.5 – Diagrama bloc, VI-ul pentru generarea semnalelor de comandă (var. 2)

- ☺ Realizați experimente și cu alte forme de undă, în special cu semnal dreptunghiular cu factor de umplere variabil.
- ☺ Măsurăți amplitudinea oscilațiilor atunci când frecvența semnalelor de comandă generate este diferită de 14.2 Hz.
- ☺ Implementați un regulator bipozițional pentru controlul amplitudinii oscilațiilor. Se poate alege perioada de eșantionare între 5 ms și 30 ms. Bobina 2 poate să fie comandată cu rol de perturbație. Pentru bobina 2 setați o valoare de comandă de amplitudine mai mică decât pentru bobina principală 1.

12. Amortizarea vibrațiilor unei clădiri cu etaje **

Scopul acestei lucrări este implementarea unor aplicații în LabVIEW™ cu modulul RT care să ruleze pe echipamentul myRIO™, de generare a semnalelor de comandă a unui servomotor care are montată pe volantă o greutate pe care o balansează, asemănător unui pendul. În funcție de amplitudinea și frecvența semnalelor de comandă se pot obține oscilații amortizate sau întreținute într-o structură flexibilă, echivalentul unei clădiri cu mai multe etaje [41]. Implementarea unor aplicații care rulează integral pe myRIO™.

Se creează un proiect care include *target*-ul myRIO™, pe care vor rula mai multe VI-uri pe RT, iar conexiunile de intrare și ieșire sunt realizate pe cele două porturi numite MXP: **Portul A** și **Portul B**.

Standul are o înălțime de 30 cm, lungimea este de 30 cm și lățimea de 5 cm. Elementele orizontale sunt din plexiglas și au dimensiunile 30 x 5 x 0.5 cm. Placa de jos este metalică și are dimensiunile 30 x 6 x 0.5 cm, fiind mai grea oferă stabilitate standului. Pereții verticali sunt confecționați din tablă subțire de aluminiu și pot vibra ușor fără un efort mecanic mare. Înălțimea pereților este de 10 cm și sunt fixați cu șuruburi de elementele orizontale din plexiglas pentru a ține împreună tavanele și podelele.

Frecvența naturală de oscilație a standului este de 3.3 Hz. La această frecvență se obține cea mai mare deplasare longitudinală a etajelor. În urma experimentelor efectuate s-a constatat că există și o deplasare laterală a standului, dar amplitudinea este foarte mică.



Figura 12.1 – Stand experimental cu myRIO™, senzori și servomotor cu greutate

Pentru măsurarea accelerațiilor se utilizează accelerometrele ADXL345 de la Analog Devices [42]. Aceste accelerometre au 3 axe, ieșire digitală pe magistrala SPI sau I²C, rezoluție de conversie de 10 sau 13 biți, domeniul de măsurare de la ± 2 g până la ± 16 g ($1 \text{ g} = 9.8 \text{ m/s}^2$). În configurația propusă se utilizează conexiunea prin I²C pentru că este necesar un număr mai mic de fire.

Echipamentul myRIO™ oferă câte o singură interfață I²C pe fiecare port MXP A sau B. Integratul ADXL345 are un pin de selecție a adresei I²C (x53 sau x1D) și în acest fel se pot conecta doi senzori pe aceeași magistrală (SCL, SDA).

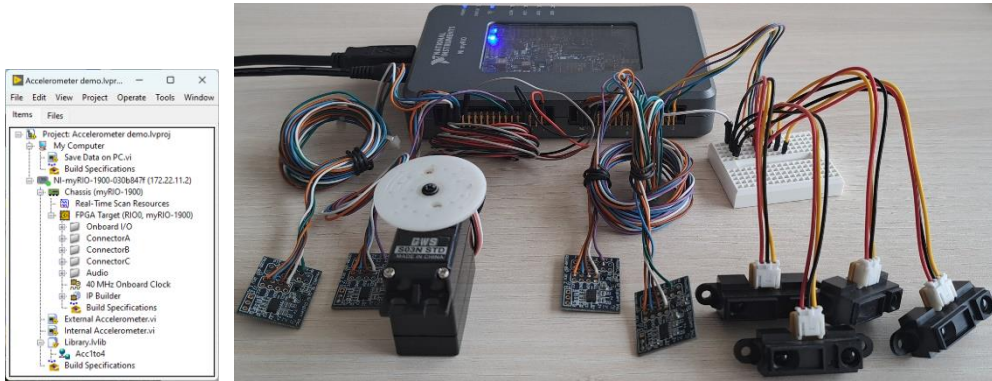


Figura 12.2 – Fereastra de proiect și modul de conectare a senzorilor și servomotorului

Primul VI realizat include 3 bucle *While* care rulează în paralel și afișează datele în aceeași fereastră folosind un *Tab Control* care are *Page1-4*.

Prima interfață cu utilizatorul *Page1* permite citirea vectorilor de stare de la cele patru accelerometre și afișarea accelerațiilor pe axele X, Y și Z. Axa Z are culoarea albastră și valoarea de +1 g cu oscilații de amplitudine mică.

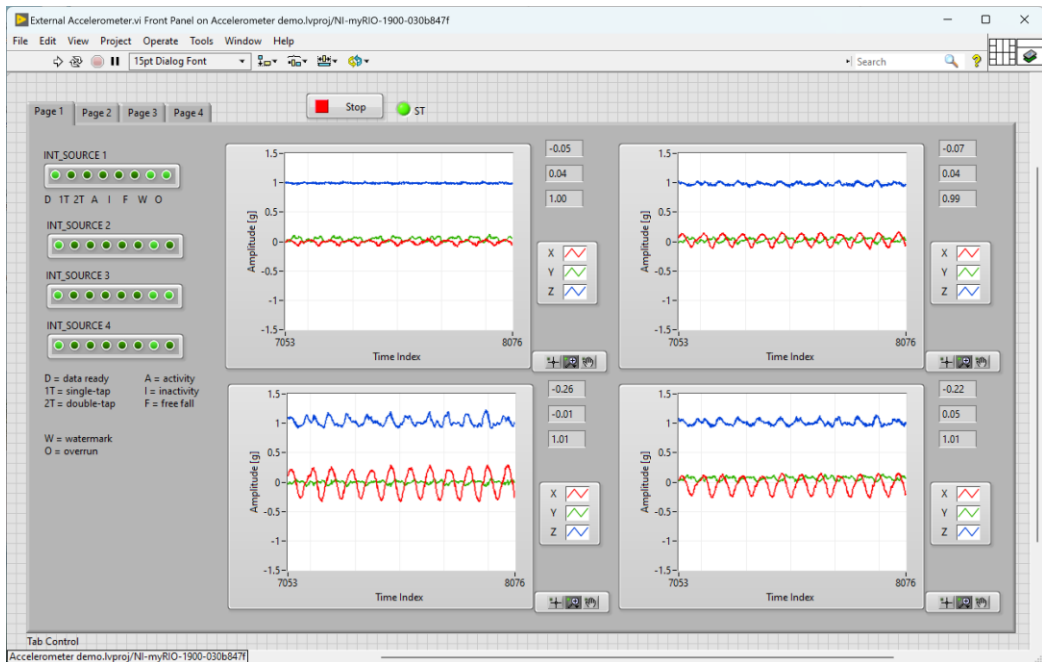


Figura 12.3 – Interfața cu utilizatorul, VI-ul pentru afișarea semnalelor de la 4 accelerometre

Fiecare senzor de accelerație generează un semnal de întrerupere la finalizarea unei măsurători, iar întreruperile sunt citite pe pinii A/DIO0, A/DIO1 și B/DIO0, B/DIO1.

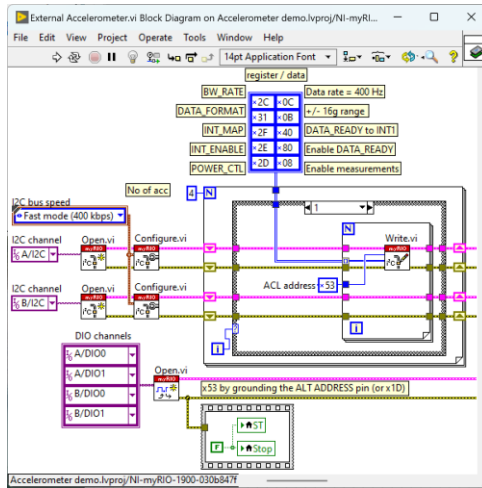


Figura 12.4 – Diagrama bloc, VI-ul pentru inițializarea celor două interfețe I²C

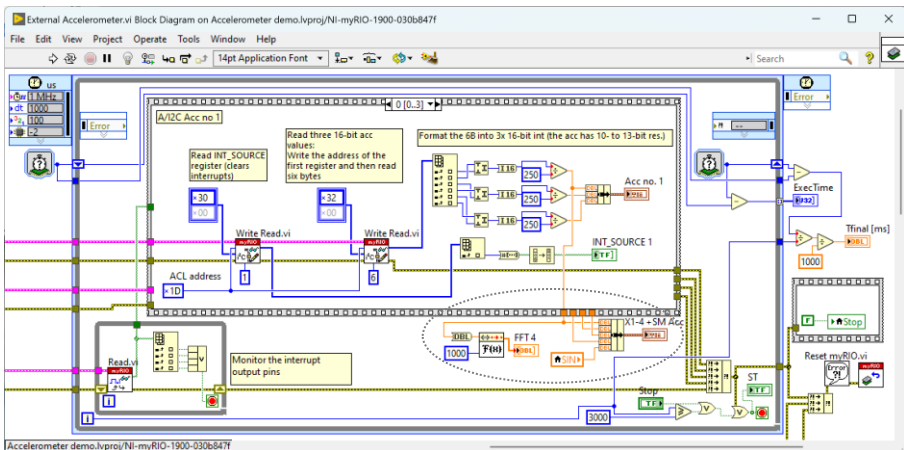


Figura 12.5 – Diagrama bloc, VI-ul pentru configurarea celor 4 accelerometre, calcularea FFT, afișarea semnalelor de la 4 accelerometre și a semnalului sinusoidal de comandă

În a doua interfață cu utilizatorul *Page2* pot fi configurate amplitudinea și frecvența de oscilație a pendulului implementat cu servomotorul. Sunt afișate pe același grafic oscilațiile pendulului, semnalul generat și accelerațiile măsurate pe axa X de la cei patru senzori, această axă având amplitudinea cea mai mare. La fiecare etaj, de jos în sus, crește amplitudinea oscilațiilor măsurate.

Pentru implementarea pendulului se utilizează un servomotor de curent continuu GWS S03N STD [31] care are *driver*-ul integrat și este comandat cu un semnal PWM (cu frecvența de 50 Hz și lățimea unui puls de 1.5 ms). Această componentă a fost prezentată în lucrarea 7.

În partea dreaptă a figurii următoare este afișat un grafic cu transformata FFT (*Fast Fourier Transform*) obținut pentru semnalul de pe axa X de la senzorul de accelerație aflat la ultimul etaj, pentru că acesta are amplitudinea cea mai mare.

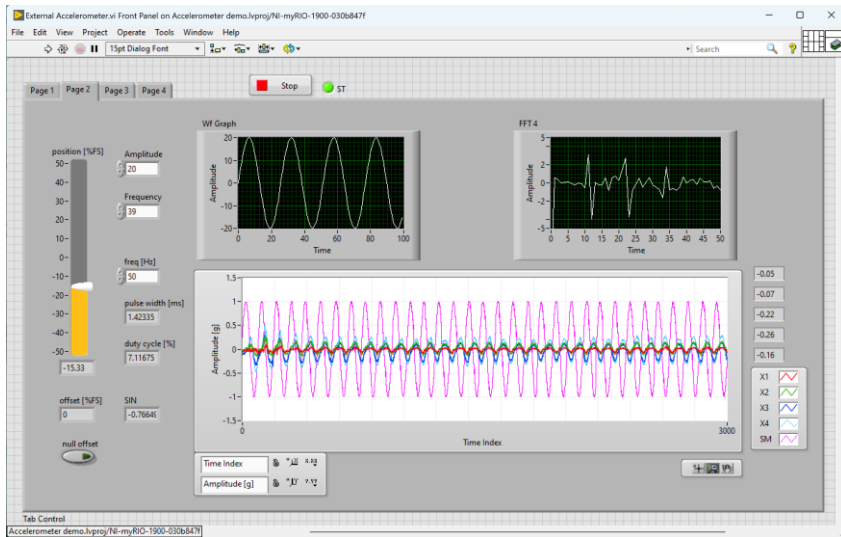


Figura 12.6 – Interfața cu utilizatorul, VI-ul pentru generarea comenzii servomotorului, afișarea FFT, a semnalelor de la 4 accelerometre și a semnalului sinusoidal de comandă

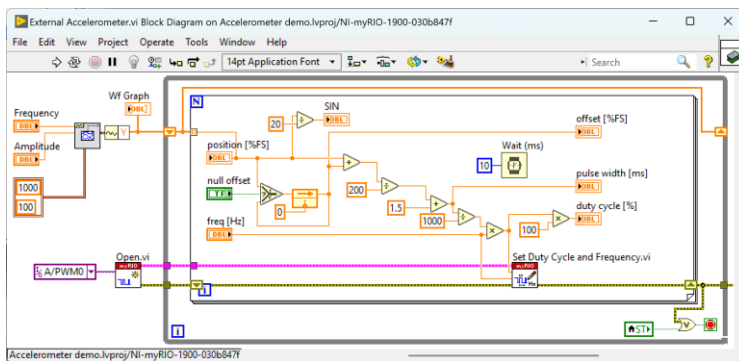


Figura 12.7 – Diagrama bloc, VI-ul pentru generarea comenzii servomotorului

Pentru măsurarea deplasărilor longitudinale se utilizează senzorul GP2Y0A21YK0F produs de Sharp [22] care oferă măsurarea distanței cu infraroșu. Acest senzor are o ieșire în tensiune proporțională cu distanța. Această componentă a fost prezentată în lucrarea 7.

Măsurarea deplasărilor cu senzorul de distanță cu infraroșu este posibilă doar dacă standul este amplasat lângă un perete, la o distanță între 10 cm și 80 cm. Sunt conectați patru senzori pe liniile portului B (AI0, AI1, AI2 și AI3), câte unul pentru fiecare etaj.

În interfața cu utilizatorul *Page3*, în care sunt afișate distanțele se observă că precizia de măsurare cu această metodă este scăzută. Majoritatea citirilor sunt apropiate de valoarea medie de 16 cm, dar unele citiri sunt eronate și senzorul măsoară valori între 20 cm și 29 cm. Această metodă are dezavantajul că senzorii au nevoie de o referință fixă pentru măsurare, de exemplu un perete apropiat.

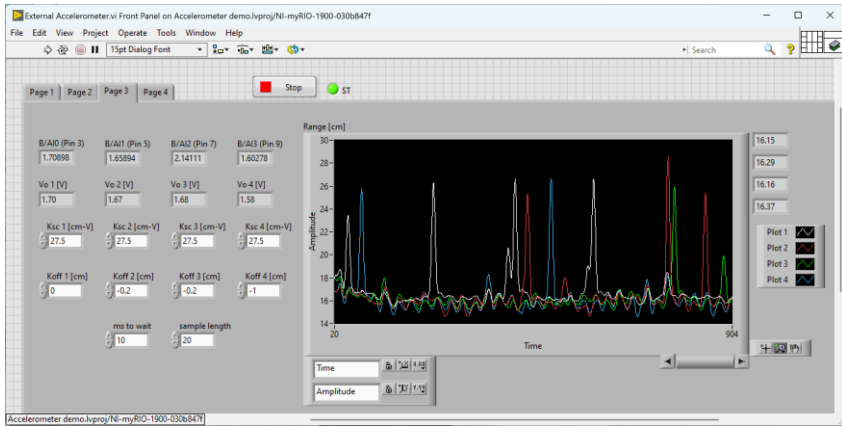


Figura 12.8 – Interfața cu utilizatorul, VI-ul pentru afișarea distanțelor măsurate cu senzorii de distanță cu infraroșu

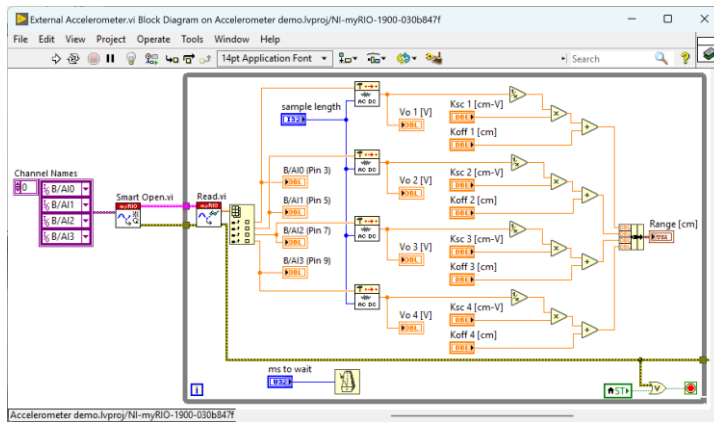


Figura 12.9 – Diagrama bloc, VI-ul pentru afișarea distanțelor măsurate cu senzorii de distanță

Programul măsoară timpul de execuție pentru fiecare execuție a buclei principale și la final afișează grafic în microsecunde valoarea timpului. Media calculată este de 3.07 ms, în timp ce valoarea impusă prin program este de 3 ms.

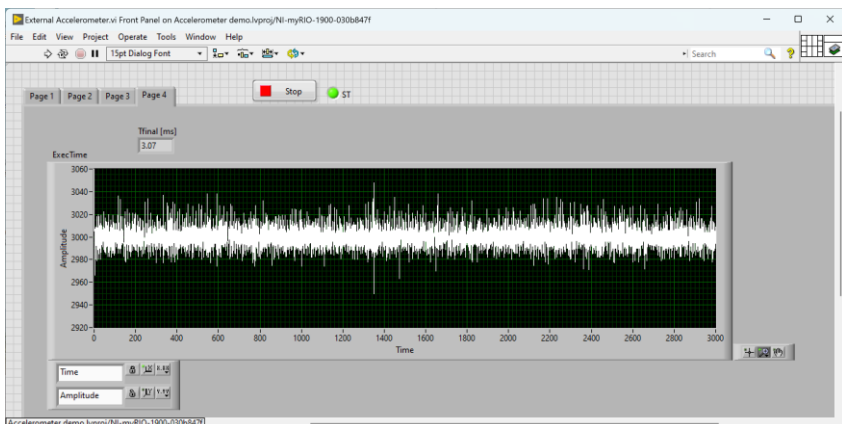


Figura 12.10 – Interfața cu utilizatorul, VI-ul pentru afișarea timpului de execuție a buclei principale și a valorii medii a perioadei de eșantionare

Chiar dacă se impune o valoare mai mică pentru perioada de eșantionare în bucla *Timed Loop*, timpul mediu de execuție rămâne de 3.07 ms. Aceasta înseamnă că am determinat care este timpul de calcul de care are nevoie myRIO™ pentru a efectua toate operațiile din programul implementat.

Se poate implementa o variantă de program care să nu depindă de poziția de amplasare a standului. Deplasarea etajelor se poate calcula prin integrarea de două ori a accelerațiilor pe fiecare axă, pentru cei trei senzori de accelerație amplasați la fiecare nivel.

Programul prezentat în exemplul următor este mai simplu și utilizează doar senzorul de accelerație ADXL345 din interiorul dispozitivului myRIO™. Timpul de calcul minim în acest caz este de 0.36 ms. Perioada de eșantionare impusă este de 3 ms, iar perioada medie realizată este de 3.06 ms. Dacă echipamentul myRIO™ este amplasat la ultimul etaj a structurii acesta poate genera și comanda servomotorului, iar numărul de conexiuni este redus la minim.

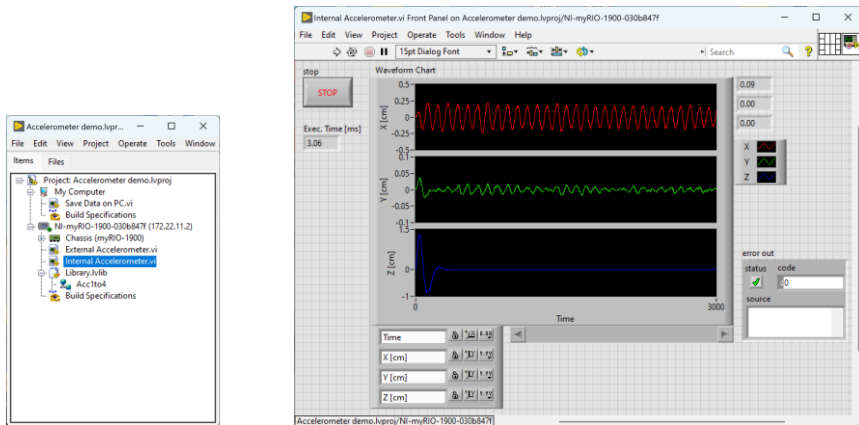


Figura 12.11 – Fereastra de proiect și interfața cu utilizatorul, VI-ul pentru afișarea deplasărilor calculate prin integrarea accelerațiilor de la senzorul intern

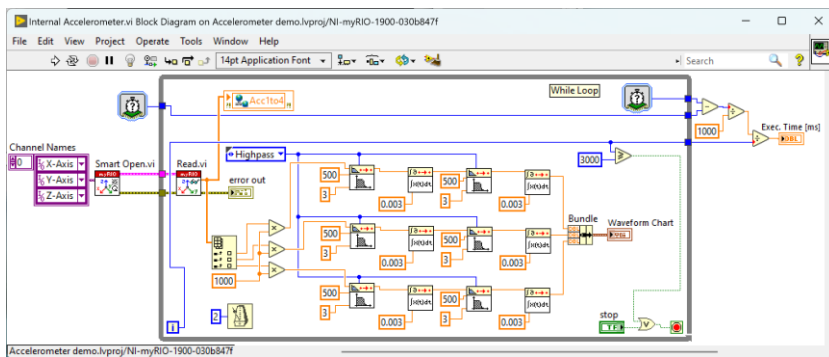


Figura 12.12 – Diagrama bloc, VI-ul pentru calcularea deplasărilor prin integrarea semnalului de accelerație de la senzorul intern

Transferul datelor între cele două VI-uri care rulează pe calculator și pe myRIO™ RT se face prin variabila partajată *Acc1to4* de tip *Network-Published* creată în fereastra de proiect și configurată ca un vector de numere reale *Array of DBL*, din opțiunea *Variable*. În opțiunea *Network* se alege un *buffer* de 10.000 de valori și un singur proces de scriere.

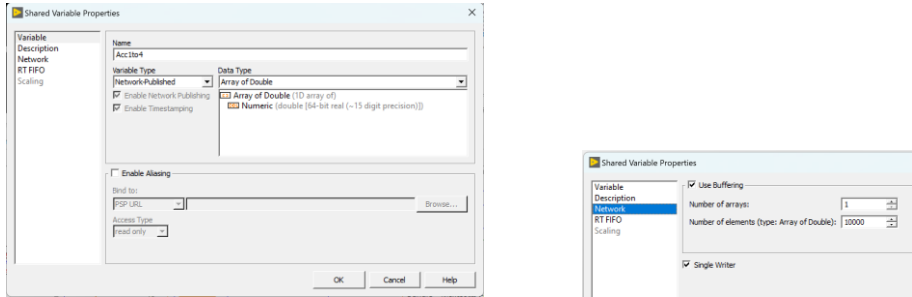


Figura 12.13 – Fereastra de configurare a variabilei partajate de tip *Network-Published* și opțiunea *Network*

În figura următoare este prezentat VI-ul care rulează pe calculator, preia datele din variabila partajată de tip *Network-Published* și le salvează local într-un fișier de tip text pentru procesări ulterioare.

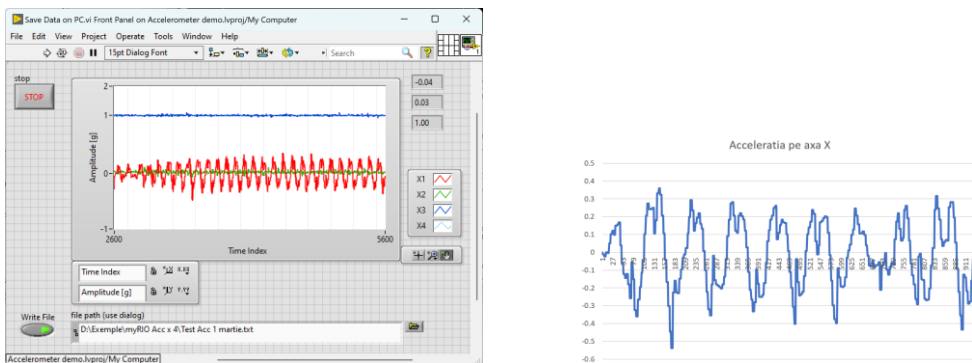


Figura 12.14 – Interfața cu utilizatorul, VI-ul pentru salvarea datelor în fișier text și reprezentarea datelor în Microsoft Excel

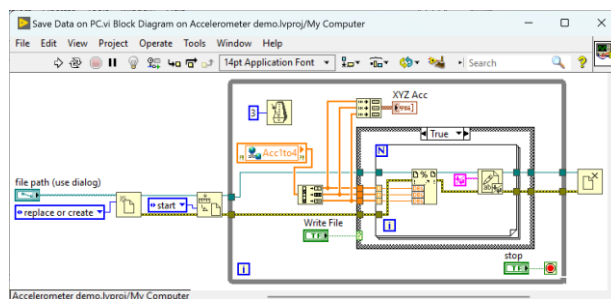


Figura 12.15 – Diagrama bloc, VI-ul pentru salvarea datelor în fișier text

În fișierul text datele pot să fie delimitate cu diferite caractere (*spațiu, tab*) și încărcate pentru reprezentare grafică din alte medii software.

😊 Implementați o aplicație în care să includeți citirea unei axe a senzorului intern de accelerație și comanda unui servomotor proporțional cu amplitudinea deplasării calculate.

Bibliografie

1. NI, USB-6009, *Multifunction I/O Device*, Updated 2023-08-14, <https://www.ni.com/docs/en-US/bundle/usb-6009-specs/page/specs.html>
2. NI, USB-6008 and USB-6009 Features, *Introduction*, Updated 2023-08-14, <https://www.ni.com/docs/en-US/bundle/usb-6008-6009-feature/page/introduction.html>
3. Microsemi, LX1972, *Visible Light Sensor*, Rev. 1.2 1/20/05, https://www.microsemi.com/sites/default/files/datasheets/saleskit/archive/416_1202005%20104438%20AM_lx1972sk.pdf
4. Analog Devices, ADXL202, *Low Cost ± 2 g Dual Axis iMEMS[®] Accelerometers*, Rev. B, <https://www.analog.com/en/products/adxl202.html>
5. National Semiconductor, LM35, *Precision Centigrade Temperature Sensors*, November 2000, DS005516, <https://www.jameco.com/Jameco/Products/ProdDS/1276463.pdf>
6. SiSonic, SP0103, *Series with Integrated Amplifier, Revision Date: 09-2003, SP0103NC3-3*, <https://datasheetpdf.com/pdf-file/564486/Knowles/SP0103N/1>
7. Sensirion, SHT11, *$\pm 3\%$ Digital humidity and temperature sensor*, Version 5 – December 2011, <https://sensirion.com/products/catalog/SHT11>
8. SignalQuest, SQ-SEN-200, *Nano-Power Tilt And Vibration Sensor*, Updated: 2014-01-15, <https://signalquest.com/product/components/sq-sen-200/>
9. SignalQuest, SQ-SEN-200, *Digital Filter And Motion Estimation Algorithm*, Updated: 2014-01-16, <https://signalquest.com/product/components/sq-sen-200/>
10. S. Folea, M. Neagu, G. Mois and L. Miclea, "Multi-purpose sensor platform development," *Proceedings of 2012 IEEE International Conference on Automation, Quality and Testing, Robotics*, Cluj-Napoca, Romania, 2012, pp. 341-346, doi: 10.1109/AQTR.2012.6237729.
11. NI, *Using the Simulate Signal Express VI to Generate Waveforms*, Updated May 12, 2023, <https://knowledge.ni.com/KnowledgeArticleDetails?id=kA00Z0000019NVOSA2&l=ro-RO>
12. NI, *Set Up Communication with Serial Instruments in LabVIEW using NI-VISA*, Dec 19, 2023, <https://knowledge.ni.com/KnowledgeArticleDetails?id=kA03q000000x1jtCAA&l=en-US>
13. NI, *Automate Saving and Reporting Data with LabVIEW*, Updated Oct 31, 2023, <https://www.ni.com/tutorial/52005/it/>
14. H. Hamil, M. S. Azzaz, S. Sakhi, R. Kaibou and A. Hamil, "Design of a thermal stabilizer based on USB data acquisition and control using LabVIEW and PIC microcontroller," *2023 International Conference on Advances in Electronics, Control and Communication Systems (ICAECCS)*, BLIDA, Algeria, 2023, pp. 1-6.
15. NI, USB-6001, *Specifications, Low-Cost DAQ USB Device*, Updated 2023-02-21, <https://www.ni.com/docs/en-US/bundle/usb-6001-specs/resource/374369a.pdf>
16. Folea, S., Ghercioiu, M. and Ursutiu, D., 2010. Cloud instrument powered by solar cell sends data to Pachube. *International Journal of Online and Biomedical Engineering (iJOE)*, 6(4), pp.20-25, <https://online-journals.org/index.php/i-joe/article/view/1464/1549>
17. Microchip Technology, TC1046, *High Precision Temperature-to-Voltage Converter*, DS21496C, <https://www.microchip.com/en-us/product/tc1046>
18. Freescale Semiconductor, MP3H6115A, *15 to 115 kPa, Absolute, Integrated Pressure Sensor*, Rev. 6.1, 06/2015, <https://www.nxp.com/docs/en/data-sheet/MP3H6115A.pdf>
19. Honeywell, HIH-5030, *Low Voltage Humidity Sensors*, March 2010, <https://sps.honeywell.com/gb/en/products/advanced-sensing-technologies/healthcare-sensing/humidity-with-temperature-sensors/hih-5030-5031-series>
20. Analog Devices, ADXL330, *Small, Low Power, 3-Axis ± 3 g iMEMS[®] Accelerometer*, Rev. A, <https://www.analog.com/media/en/technical-documentation/data-sheets/ADXL330.pdf>

-
21. NI, myRIO-1900, *Getting Started Guide and Specifications*, Updated 2023-02-21, <https://www.ni.com/docs/en-US/bundle/myrio-1900-getting-started/resource/376047d.pdf>
 22. Sharp, GP2Y0A21YK0F, *Distance Measuring Sensor Unit 10 to 80 cm, Analog Output Type, E4-A00201EN*, https://global.sharp/products/device/lineup/data/pdf/datasheet/gp2y0a21yk_e.pdf
 23. Honeywell, SS495A, *Linear Hall-Effect Sensor ICS*, 005843-4-EN 05/22, <https://sps.honeywell.com/us/en/products/advanced-sensing-technologies/industrial-sensing/industrial-sensors/magnetic-sensors/linear-and-angle-sensor-ics/ss490-series-linear-sensor-ics/>
 24. Handson Technology, *GL55 Series Photo Resistor (LDR)*, <https://www.handson-tec.com/dataspecs/sensor/GL55-LDR.pdf>
 25. *High efficiency photovoltaic solar cell*, 4 x 4 mm active surface, TO39 case.
 26. Sanyo, AM-8804CAR, *Amorphous Solar Cell, Amorton Series, ENA0562A*, https://panasonic.net/electricworks/amorton/assets/pdf/Brochures_Amorton_E_2.pdf
 27. Vishay, *NTC Thermistors, Mini Epoxy PVC Twin Insulated Leads*, Revision: 18-Sep-2020, 29078, <https://www.vishay.com/docs/29078/ntcle413.pdf>
 28. Hycom Device Manufacturing, *HY-05/07, Electro-magnetic Sound Generator, 2.4/2.6 kHz*, <https://webbuilder.asiannet.com/ftp/614/HY-05.pdf>
 29. Digilent, *Motor Adapter for NI myRIO and Geared Motor*, 11/24/2014, https://digilent.com/reference/ni/mxp_motor_adapter
 30. Digilent, *Pmod HB5*, Doc: 510-002, <https://digilent.com/reference/pmod/pmodhb5/start>
 31. GWS, S03N STD, *Servo*, <https://www.gws.com.tw/english/product/servo/standard.htm>
 32. Sharp, GP2Y1010, *Application notes of Sharp dust sensor*, OP13024EN, https://global.sharp/products/device/lineup/data/pdf/datasheet/gp2y1010au_appl_e.pdf
 33. Kingbright, KAAF-5050RGS-13, *RGB LED*, DEC/01/2015, [https://www.kingbright.com/attachments/file/psearch/000/00/20160808bak/KAAF-5050RGS-13\(Ver.3B\).pdf](https://www.kingbright.com/attachments/file/psearch/000/00/20160808bak/KAAF-5050RGS-13(Ver.3B).pdf)
 34. Texas Instruments, LM358, *Industry-Standard Dual Operational Amplifiers*, Rev. March 2022, <https://www.ti.com/lit/gpn/lm358>
 35. Infineon, IRF540N, *N-Channel Power MOSFET*, 11/3/03, https://www.infineon.com/dgdl/Infineon-IRF540N-DataSheet-v01_01-EN.pdf?fileId=5546d462533600a4015355e39-f0d19a1
 36. S. Folea, C. I. Muresan, R. De Keyser and C. M. Ionescu, "Theoretical Analysis and Experimental Validation of a Simplified Fractional Order Controller for a Magnetic Levitation System," in *IEEE Transactions on Control Systems Technology*, vol. 24, no. 2, pp. 756-763, March 2016.
 37. Neodim, *MAGNET DISC 8X5 MM N48*, <https://neomagnet.ro/Magnet-Neodim-disc-8x5-mm-N48>
 38. Phenix Technology, PT-20K, *Galvanometer Scanner System*, <http://www.phenix-technology.com/>
 39. Texas Instruments, TL082, *Wide Bandwidth Dual JFET Input Operational Amplifier*, Rev. April 2013, <https://www.ti.com/lit/gpn/TL082-N>
 40. Nexperia, PSMN4R3-30PL, *N-channel 30 V 4.3 mΩ logic level MOSFET*, Rev. 01 - 16 June 2009, <https://assets.nexperia.com/documents/data-sheet/PSMN4R3-30PL.pdf>
 41. C.I. Muresan, O. Prodan and S. Folea. "Tuning Method of Fractional Order Controllers for Vibration Suppression in Smart Structures." *Applied Mechanics and Materials*. Trans Tech Publications, Ltd., Vol. 598, Pp. 534-538, July 2014.
 42. Analog Devices, ADXL345, *3-Axis, ±2 g/±4 g/±8 g/±16 g Digital Accelerometer*, Rev. G, <https://www.analog.com/media/en/technical-documentation/data-sheets/adxl345.pdf>
-



La început, pasiunea pentru electronică a însemnat demontarea unor echipamente electronice. Componentele obținute astfel le-am sortat și depozitat într-un dulap special construit din cutii de chibrituri lipite între ele.

În timpul liceului am realizat diferite proiecte în domeniul electronicii de amator: sirene multiton, lumină dinamică, interfon, radioul fără alimentare, semnalizare pentru bicicletă, alimentatoare stabilizate, ceas programabil, amplificatoare de putere, semafor, sonde de test, orgă de lumini analogică și digitală.

La terminarea facultății, pentru realizarea proiectului de diplomă am proiectat o placă de achiziții de semnale sub formă modulară. După susținerea proiectului am fost angajat la universitate ca asistent universitar și mai târziu la National Instruments România ca inginer de cercetare.

În cadrul companiei am proiectat mai multe sisteme de achiziții de semnale, dar și un minicalculator modular, sub forma unui cub cu latura de 4 cm, implementare brevetată în SUA.

Până în prezent am proiectat și realizat peste o sută treizeci de dispozitive electronice. O parte dintre acestea au fost incluse în această colecție de aplicații.