

Aplicația III.7

REGLAREA BIPOZIȚIONALĂ A TEMPERATURII FOLOSIND PLĂCI MULTIFUNCȚIONALE ȘI PROGRAMAREA ÎN LABVIEW

7.1. Scopul lucrării

În multe cazuri – întâlnite în practica automatizărilor – se impune menținerea mărimilor reglate între anumite limite, adică se realizează o reglare de tip bipozițional a parametrilor investigați. De exemplu, la o instalație de condiționare a aerului dintr-un mediu ambiental, menținerea temperaturii în jurul valorii de $24^{\circ}\text{C} \pm 0,1^{\circ}\text{C}$ presupune, în condiții de iarnă pornirea elementului încălzitor până când temperatura atinge valoarea limită superioară de $24,1^{\circ}\text{C}$, oprirea acestuia până când temperatura atinge limită inferioară $23,9^{\circ}\text{C}$, repornirea la atingerea temperaturii limite inferioare ș.a.m.d. Fenomenul se petrece similar – în condiții de vară (caniculă) – numai că se acționează asupra elementului de răcire a aerului. Acest prim exemplu poate fi continuat de numeroase altele (menținerea nivelului într-un rezervor între două limite prestabilite folosind ca elemente de măsurare sesizoare de nivel, menținerea presiunii între două limite într-un rezervor folosind presostate – cum este cazul compresorului utilizat în **aplicația I.2**), care demonstrează multitudinea de aplicații în care se impune reglarea bipozițională.

Blocurile de reglare electronice pot lucra cu semnale de intrare obținute de la traductoare analogice cu ieșire unificată în curent continuu ($4\text{mA} \div 20\text{mA}$), existând însă și variante care permit cuplarea – în intrare – direct a elementelor sensibile specifice mărimilor investigate.

În același timp, firmele producătoare de sisteme de achiziție / distribuție a datelor au oferte variate de plăci/module multifuncționale, care pot fi folosite în diverse configurații de automatizare.

Scopul aplicației este de a demonstra utilitatea unor plăci/module multifuncționale pentru realizarea unei reglări de tip bipozițional, folosind facilitățile mediului de dezvoltare **LabVIEW** în achiziția, prelucrarea, comanda și afișarea evoluției mărimilor investigate.

7.2. Chestiuni de studiat

2.1. Se va realiza reglarea bipozițională a temperaturii dintr-o baie termostată, prin achiziția analogică a căderii de tensiune de pe o rezistență de 250Ω plasată în bucla de curent a unui traductor de temperatură cu termorezistență și comanda numerică a încălzitorului electric.

2.2. Se va analiza influența filtrării pasive (de tip capacitiv), ca și a filtrării software asupra calității reglării de temperatură.

7.3. Schema de montaj și aparatura utilizată

Pentru achiziția și studiul caracteristicilor termocupleurilor conform cerințelor de la chestiuni de studiat, se va realiza montajul din fig.7.1, în care:

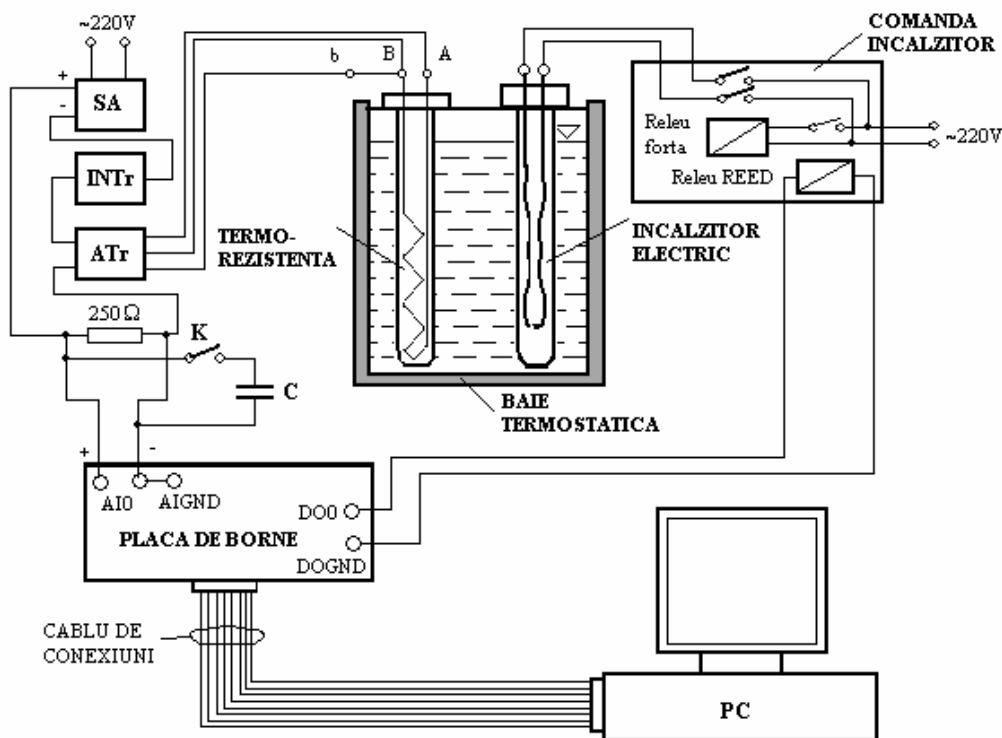


Fig.7.1. Schema montajului pentru reglarea bipozițională a temperaturii folosind placa multifuncțională NI PCI-6014E

BAIE TERMOSTATICA – incintă metalică prevăzută cu capac, în care se prind **TERMOREZISTENTA** de Pt 100, respectiv **INCALZITORUL ELECTRIC**, umplută cu apă până la indicatorul ▼;

SA – sursă de alimentare de 24Vcc și 1A;

ATr – adaptor de termorezistență Pt 100, calibrat pe domeniul 0°C ÷ 100°C;

INTr – indicator numeric al temperaturii măsurate de termorezistență (la 0°C indicație 000, la 100°C indicație 999);

COMANDA INCALZITOR – bloc de releu – unul intermediar (Releu **REED**) și unul de forță (tip **RI 33**) – folosit pentru acționarea elementului de încălzire a apei din baie;

PLACA DE BORNE – suportul de conexiuni externe tip **CB-68LP** aferent plăcii **NI PCI-6014E**;

C – condensator cu capacitatea de 220 μF ;

K – comutator monopolar;

PC – calculator personal cu software-ul instalat pentru placa **NI PCI-6014E** și realizarea aplicației conform cerințelor de la chestiuni de studiat.

7.4. Panoul frontal și diagrama aplicației

În cadrul lucrării se folosește placa multifuncțională de intrări/ieșiri analogice și numerice **NI PCI-6014E**, de fabricație National Instruments, de tip plug-in, cuplabilă pe magistrala de **PC**, având specificațiile (performanțele) și conexiunile externe prezentate în *ANEXA F*.

Întrucât dezvoltarea aplicației se face în **LabVIEW**, placa **NI PCI-6014E** trebuie “instalată” pe calculator, în acest scop efectuându-se succesiunea de operații expusă în secțiunea **Instalare, configurare, montaje tipice** din *ANEXA F*. Se consideră că s-au efectuat operațiile anterior precizate, așadar placa este pregătită – la modul general – pentru dezvoltarea aplicațiilor în **LabVIEW**.

În fig.7.2 este prezentată diagrama bloc, iar în fig.7.3 se arată configurația panoului frontal al aplicației pentru reglarea bipozițională a temperaturii bazată pe folosirea plăcii multifuncționale **NI PCI-6014E**.

Înainte de a trece efectiv la realizarea panoului și diagramei aplicației, se fac următoarele precizări:

- partea superioară a diagramei bloc este destinată achiziției pe canalul analogic **ai0** în modul de configurare **DIFF** al plăcii **NI PCI-6014E**, respectiv generării comenzii numerice de tip logic pe portul **0** configurat ca port de ieșire numerică;

- valorile achiziționate sunt tensiuni cu plaja de variație $1\text{V} \div 5\text{V}$, având în vedere că se culege căderea de tensiune de pe rezistența de 250Ω (curentul continuu al buclei are plaja de variație $4\text{mA} \div 20\text{mA}$) plasată în bucla de curent a traductorului analogic de temperatură cu termorezistență; în acest scop, tensiunea obținută în urma achiziției – citită pe indicatorul **Termorezistența [V]** – este prelucrată corespunzător (partea mijlocie din dreapta diagramei bloc) pentru ca valorile afișate de indicatorul **Termorezistența (valori indicate)**, respectiv **Termorezistența (valori masurate)** să reprezinte temperatura în $^{\circ}\text{C}$;

- pentru a sesiza încadrarea în limitele de funcționare prescrise (**Lim.superioara TR**, respectiv **Lim.inferioara TR**) s-a realizat o modalitate de colorare a indicatorului vertical (bargraf) de temperatură, acesta devenind albastru când se află între cele două limite, respectiv roșu când este în afara limitelor; totodată, la intrarea temperaturii măsurate în interiorul celor două limite, s-a prevăzut un **LED** indicator denumit **Buna funcționare TR**; această funcționalitate o asigură elementele plasate în centrul diagramei;

- afișarea limitelor prestabilite, a temperaturii curente și a celei mediate, se face pe un **Waveform Chart**, cu observația că – pentru a nu se confunda temperatura curentă cu cea medie – s-a procedat la decalarea cu **2** a temperaturii medii (aspect evidențiat în diagramă prin elementele plasate în partea inferioară din stânga);

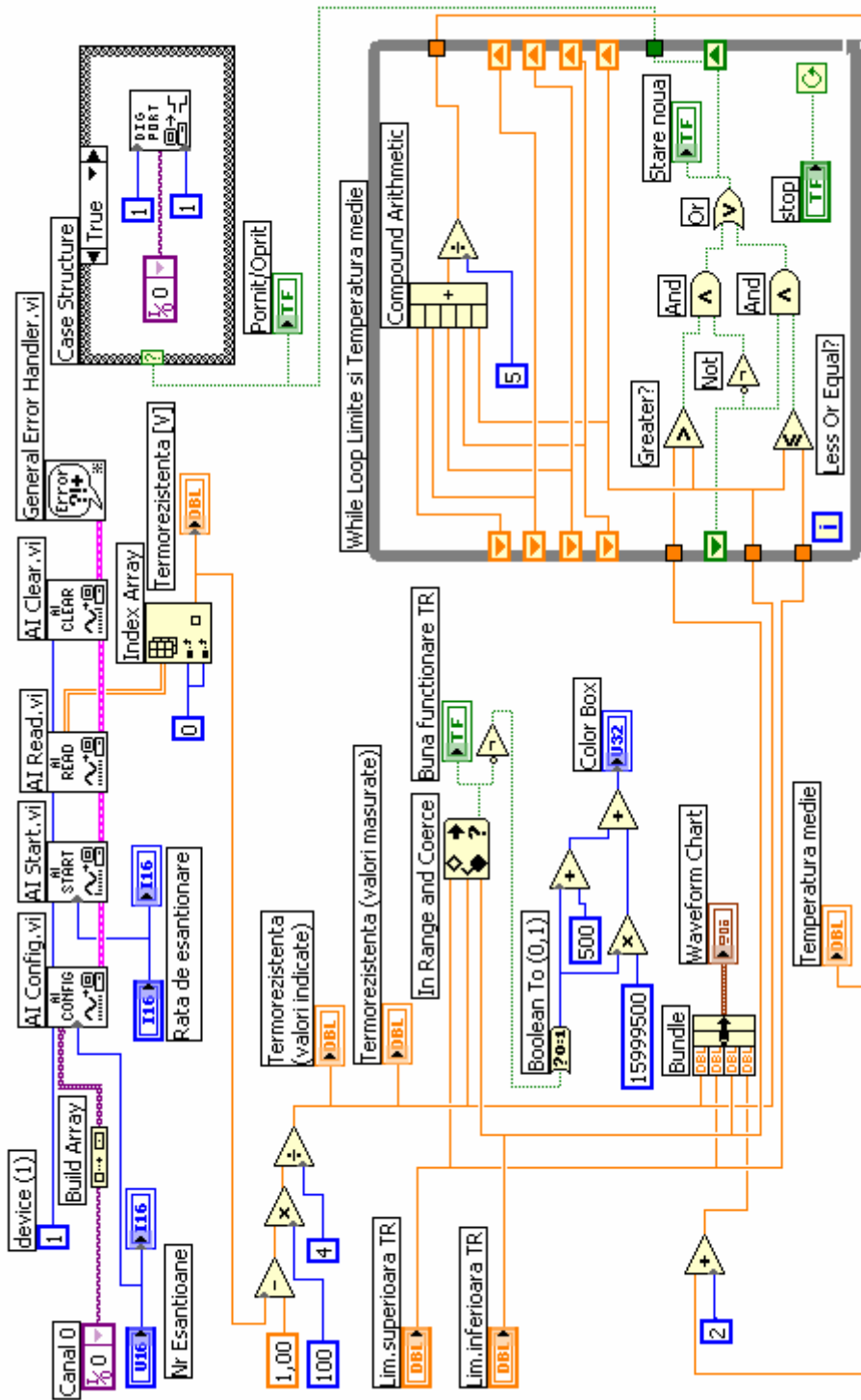


Fig.7.2. Diagrama bloc a aplicației reglarea bipozițională a temperaturii folosind placa multifuncțională NI PCI-6014E

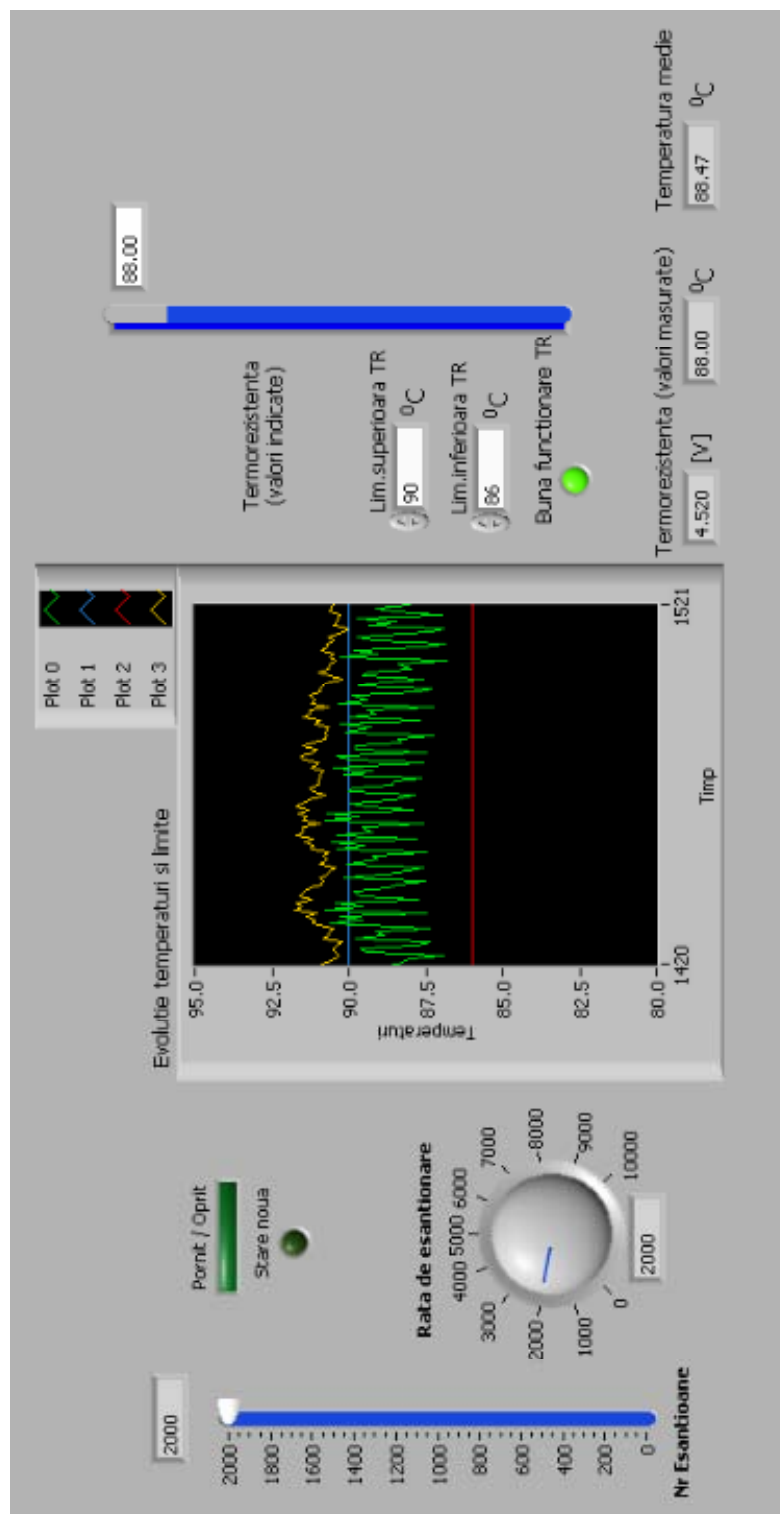


Fig.7.3. Panoul frontal al aplicației reglarea bipozițională a temperaturii folosind placa multifuncțională NI PCI-6014E

- bucla **While** din dreapta jos a diagramei, cu eticheta **Limite si Temperatura medie**, are un dublu rol: realizează un comparator cu histerezis de tip logic, în sensul că **LED**-ul indicator **Stare noua** își schimbă starea atunci când valoarea curentă de temperatură părăsește intervalul delimitat de cele două valori atribuite limitelor, respectiv calculează – pe baza ultimelor 5 valori – temperatura medie într-o manieră recursivă; în consecință, indicatorul **Temperatura medie** va afișa corect după minimum 5 valori succesive achiziționate.

Pentru construcția rapidă a panoului frontal, respectiv a diagramei, se recomandă realizarea etapelor, după cum urmează:

- se deschide un nou **VI**, în panoul frontal trăgându-se din paleta **Controls** >> **Graph** un **Waveform Chart**, la care se mărește numărul de ploturi vizualizate la 4, care se definește **Evoluție temperaturi si limite**, iar etichetele pentru verticală și orizontală se denumesc **Temperaturi**, respectiv **Timp**;

- din paleta **Controls** >> **Numeric** se aduc în panou un **Digital Indicator** - căruia i se ascunde eticheta - și un **Vertical Pointer Slide** căruia i se schimbă eticheta în **Nr.Esantioane**, poziționarea lor făcându-se conform fig.7.3, la ambele alegându-se reprezentarea **U16**, din aceeași paletă se trage un **Knob** - căruia i se schimbă eticheta în **Rata de esantionare** - și un alt **Digital Indicator** la care se ascunde eticheta, la ambele se alege reprezentarea **U16** și se poziționează ca în fig.7.3;

- pentru a încheia configurația panoului din stânga **Waveform Chart**-ului, din paleta **Controls** >> **Boolean** se aduc un **Stop Button**, care se ascunde folosind opțiunea – cu click dreapta – **Advanced** >> **Hide Control**, un **Square LED**, la care eticheta se schimbă în **Pornit / Oprit**, respectiv un **Round LED**, pentru care se scrie eticheta **Stare noua**;

- în partea dreaptă a **Waveform Chart**-ului sunt plasate indicatoarele și controalele pentru temperatura măsurată, respectiv limitele de bună funcționare, după cum urmează:

- din paleta **Controls** >> **Numeric** se trage în panou un **Framed Color Box**, la care – cu săgeata din paleta **Tools** – se realizează dimensiunea corespunzătoare conform fig.7.3; se ascunde eticheta acestuia, după care cu mouse-ul plasat pe acesta, se face click dreapta și se alege opțiunea **Change To Indicator**;
- din aceeași paletă se aduce un **Vertical Fill Slide**, se modifică dimensiunea la cea a **Color Box**-ului și se alătură acestuia, eticheta se modifică în **Termorezistenta (valori indicate)**, iar cu click dreapta pe mouse se alege opțiunea **Scale** >> **Style** >> **No Fill**; de asemenea, cu click dreapta pe mouse, se alege opțiunea **Visible Items** >> **Digital Display**;
- se trag în panou – din paleta **Controls** >> **Numeric** – trei elemente **Digital Indicator**, la primul se ascunde eticheta și este destinat indicării tensiunii achiziționate în [V], la al doilea se atribuie eticheta **Termorezistenta (valori masurate)**, iar celui de-al treilea eticheta **Temperatura medie**; unitățile de măsură aferente acestor indicatoare ([V], °C) se scriu similar ca în **Word for Windows** cu unealta **Edit Text** din paleta **Tools**, alegerea fontului fiind făcută de pe bara de comenzi **Text Settings**; din aceeași

paletă se aduc în panou două elemente **Digital Control**, la care etichetele se scriu **Lim.superioara TR**, respectiv **Lim.inferioara TR**, iar din paleta **Controls >> Boolean** se trage un **Round LED**, la care se scrie eticheta **Buna functionare TR**.

Se aranjează elementele introduse în panoul frontal astfel încât să arate ca în fig.7.3; pentru o aranjare cât mai plăcută se pot folosi uneltele **Align Objects** de pe bara de comenzi, ca și cele de **Reorder** pentru realizarea de **Group**-uri.

Se trece în diagrama bloc și se aranjează elementele introduse în panou în conformitate cu fig.7.2; dacă anumite elemente, la care s-a ascuns eticheta în panoul frontal, nu există certitudinea cărei categorii aparțin, cu dublu click pe ele se revine în panou și se constată poziționarea lor (acest aspect este întâlnit la indicatoarele care citesc rata de eșantionare și numărul de eșantioane).

În continuare, pentru construirea rapidă a diagramei, se parcurg pașii:

- din paleta **Functions >> Data Aquisition >>** se aduce în diagramă un **DAQ Channel Name Constant** la care – cu **Edit Text** din paleta **Tools** – se scrie eticheta **Canal 0**, iar cu click dreapta pe mouse-ul plasat pe element se alege opțiunea **Allow Undefined Names** și apoi se scrie în interiorul elementului valoarea **0**; de asemenea, din **Functions >> Data Aquisition >> Analog Input** se trag în diagramă elementele **AI Config.vi**, **AI Start.vi**, **AI Read.vi**, **AI Clear.vi**; totodată, din paleta **Functions >> Time & Dialog** se aduce un **General Error Handler.vi**, iar din **Functions >> Array** un element **Index Array**. Se execută conexiunile din partea superioară a diagramei, pentru citirea elementului (0,0) din **Array**-ul bidimensional introducându-se constanta **0** atât pe linie cât și pe coloană;

- pentru realizarea structurii **Case** necesară comenzii elementului încălzitor, din paleta **Functions >> Structures** se realizează în diagramă o **Case Structure**, în interiorul căreia se plasează:

- pe starea **True** se aduce din paleta **Functions >> Data Aquisition >> Digital I/O** un element **Write To Digital Port.vi**, pe intrările **device** și **pattern** plasându-se constanta **1**, iar la intrarea **digital channel** un **DAQ Channel Name Constant** la care se fac setările (inscripționare etichetă **Iesire 0** și conținut **0**) conform procedurii descrise la canalul de achiziție analogic;
- pe starea **False** se copiază elementele din starea **True**, după care se modifică intrarea **pattern** în **0**;

- se aduc în diagramă elementele lipsă – atât pentru partea de conversie în $^{\circ}\text{C}$ și comparație, folosită în realizarea colorării bargrafului **Color Box**, cât și cele afișare pe **Waveform Chart** și ale buclei **While Limite si Temperatura medie** – folosind paletetele: **Functions >> Numeric** pentru **Add**, **Multiply**, **Substract**, **Divide**, **Numeric Constant**, **Compound Arithmetic**, **Functions >> Boolean** pentru **Not**, **And**, **Or**, **Boolean To (0,1)**, **Functions >> Comparison** pentru **In Range and Coerce**, **Greater?**, **Less Or Equal?**, respectiv **Functions >> Cluster** pentru **Bundle**;

- se realizează conexiunile conform fig.7.2, după care se trasează bucla **While** selectată din paleta **Functions >> Structures**, iar cu mouse-ul plasat pe contur în poziția dorită, se face click dreapta și se alege **Add Shift Register**, realizându-se astfel

cele 5 registre de deplasare (unul pentru starea logică și patru pentru valorile recursive folosite în calculul temperaturii medii). La încheierea tuturor acestor operații săgeata **Run** de pe bara de comenzi devine continuă, simbolizând corectitudinea realizării diagramei.

Se salvează aplicația, în directorul aferent grupei, cu denumirea **Reglare bipozițională de temperatura**_[nume/prenume student]_[grupa].vi.

7.5. Modul de lucru și prezentarea rezultatelor

În cadrul lucrării se va urmări funcționarea montajului din fig.7.1 în conformitate cu cerințele impuse la chestiuni de studiat (secțiunea 7.2), identificându-se modalitățile de realizare a subsansamblurilor funcționale pe diagramă și corespunzător – pe panoul frontal – în concordanță cu precizările detaliate prezentate la secțiunea 7.4.

5.1. Cu montajul realizat conform fig.7.1 și comutatorul **K** deschis, se pornește sursa **SA**, se alimentează **COMANDA INCALZITOR** și se lansează în execuție aplicația **Reglare bipozițională de temperatura**_[nume/prenume student]_[grupa].vi folosind săgeata **Run continuously** de pe bara de comenzi. În panoul frontal – cu simbolul **Operate Value** din paleta **Tools** - se introduc valori convenabile pentru cele două limite (se va respecta ecartul dintre limita superioară și cea inferioară de minimum 3⁰C), iar limitele **Temperaturi** de pe **Waveform Chart** se vor modifica pentru a se sesiza cât mai bine formele de undă pentru temperatura achiziționată, respectiv temperatura medie. Rata de eșantionare, respectiv numărul de eșantioane se vor alege astfel încât raportul lor să fie 1:1, pentru a putea observa cât mai bine evoluția pe grafic a temperaturilor. Dacă evoluția pe grafic este foarte rapidă, se poate proceda la modificarea limitelor pe axa **Timp** (după ce – în prealabil – s-a selectat prin click dreapta cu mouse-ul plasat pe ecranul **Waveform Chart**-ului opțiunea **Data Operations >> Clear Chart**).

Deoarece la pornirea aplicației temperatura apei din baie este mică (corespunzătoare mediului ambiant), LED-urile **Pornit/Oprit** și **Stare noua** vor fi aprinse, iar bargraful realizat cu **Color Box** va avea culoarea roșie. La prima atingere a limitei inferioare se va aprinde LED-ul **Buna funcționare TR**, bargraful va deveni de culoare albastră (simbolizând buna funcționare), iar LED-urile **Pornit/Oprit** și **Stare noua** vor continua să fie aprinse, ambele LED-uri (**Stare noua** și **Pornit/Oprit**) stingându-se la atingerea limitei superioare fixate.

Se va observa – pe parcursul desfășurării aplicației – influența constantei de timp a termorezistenței, atât la atingerea limitei superioare pe sensul crescător, cât și pentru cazul atingerii limitei inferioare pe sensul descrescător.

De asemenea, modificând corespunzător valorile pe scara **Temperaturi** a **Waveform Chart**-ului în scopul obținerii unei sensibilități cât mai bune pentru vizualizarea semnalelor, se va determina cantitativ – în ⁰C - zgomotul de achiziție pe canalul analogic, ca și influența filtrării numerice prin mediere recursivă software (acest aspect este evidențiat în fig.7.3, în care s-a considerat situația achiziției pe canalul analogic fără filtrare pasivă în intrare).

5.2. Cu aplicația pornită, se închide comutatorul **K**, introducându-se suplimentar filtrarea pasivă. Se vor face aceleași determinări cantitative ca la punctul anterior.

După încheierea determinărilor cantitative se va opri aplicația folosind comanda **Abort Execution** de pe bara de comenzi a panoului frontal.

NOTĂ: La ambele situații de funcționare, expuse la punctele 5.1 și 5.2, se va remarca influența comutării stării releului de forță asupra semnalului analogic achiziționat.

7.6. Concluzii, observații, chestionar

În referatul întocmit la lucrare se va pune accentul pe modalitățile de realizare a reglării bipoziționale a temperaturii folosind placa multifuncțională **NI PCI-6014E**, prin comparație cu alte plăci sau module multifuncționale expuse în anexele *E...I*.

Se va răspunde la următoarele întrebări:

6.1. De ce credeți că temperatura indicată – atât pe indicator cât și pe display-ul **Waveform Chart**-ului – are o depășire mai mare pe sensul crescător al temperaturii comparativ cu cel descrescător? Se poate imagina o modalitate de diminuare sau anulare a acestui fenomen?

6.2. Credeți că teaca de protecție a termorezistenței are vreun rol în dinamica buclei de reglare a temperaturii?

6.3. Se poate îmbunătăți filtrarea numerică folosind o manieră similară de calcul a mediei aritmetice celei descrise în **aplicația II.2**? Ce modificări trebuie făcute în diagrama bloc a aplicației dacă răspunsul este afirmativ?

6.4. Se poate realiza aplicația folosind un modul multifuncțional de intrări/ieșiri analogice și numerice conectabil pe interfața de comunicație **USB** (de exemplu **DI-158U** descris în *ANEXA E*, sau unul din modulele **NI USB 6008/6009** descrise în *ANEXA I*)? Dacă răspunsul este afirmativ, realizați-o!