

Aplicația III.6

ACHIZIȚIA DATELOR DE PROCES CU MODULE SPECIALIZATE

6.1. Scopul lucrării

În multe situații întâlnite în practica automatizărilor, procesele tehnologice au o complexitate ridicată, iar mărimile ce trebuie măsurate și/sau comandate sunt numeroase și dispuse spațial pe suprafețe însemnate. Astfel de situații presupun plasarea unor sisteme locale de achiziție/distribuție a datelor, interconectate între ele și conduse de aceeași unitate de procesare (post dispecer).

Atât traductoarele de tip generator, cât și cele de tip parametric, presupun obținerea – în ieșire – a unui semnal electric proporțional cu mărimea investigată, de cele mai multe ori având plaja de variație unificată (de exemplu curent continuu $4\text{mA} \div 20\text{mA}$ sau tensiune continuă $-10\text{V} \div +10\text{V}$). Acest aspect atrage după sine existența – în structura traductorului - a unui bloc de liniarizare (se știe că, pe domenii mari de variație a intrării, ieșirea elementelor sensibile folosite în construcția traductoarelor este neliniară), cât și a unui convertor de ieșire care garantează plaja unificată de variație a ieșirii.

Atât aspectele legate de dispunerea spațială a mărimilor investigate / comandate, cât și cele referitoare la cerințele de liniaritate și ieșire standardizată impuse traductoarelor, pot fi mult simplificate prin utilizarea unor module de achiziție / distribuție a datelor specializate, capabile să colecteze semnalele direct de la elementele sensibile generatoare sau parametrice și să efectueze liniarizarea caracteristicilor într-o modalitate numerică, iar rezultatele să le transmită postului dispecer convertite în unitățile ingineresti specifice mărimilor investigate.

Firmele producătoare de sisteme de achiziție / distribuție a datelor au oferte variate de module specializate pentru achiziția semnalelor direct de la elemente sensibile, ca și pentru generarea comenzilor digitale, capabile să comunice cu postul dispecer prin intermediul interfeței seriale – de mare viteză – RS-485.

Scopul lucrării este de a demonstra utilitatea unor module specializate pentru achiziția semnalelor direct de la elemente sensibile generatoare (termocupluri), folosind facilitățile mediului de dezvoltare **LabVIEW** de prelucrare, afișare și salvare a datelor (istoricul evoluției mărimilor investigate).

6.2. Chestiuni de studiat

2.1. Se vor achiziționa semnale generate de trei termocupluri – două de tip **J** și unul de tip **K**, determinându-se caracteristica statică a termocuplului de tip **J**.

2.2. Se va determina caracteristica dinamică a termocuplului de tip **J**, asimilându-l unui element de întârziere de ordinul unu.

6.3. Schema de montaj și aparatura utilizată

Pentru achiziția și studiul caracteristicilor termocupurilor conform cerințelor de la chestiuni de studiat, se va realiza montajul din fig.6.1, în care:

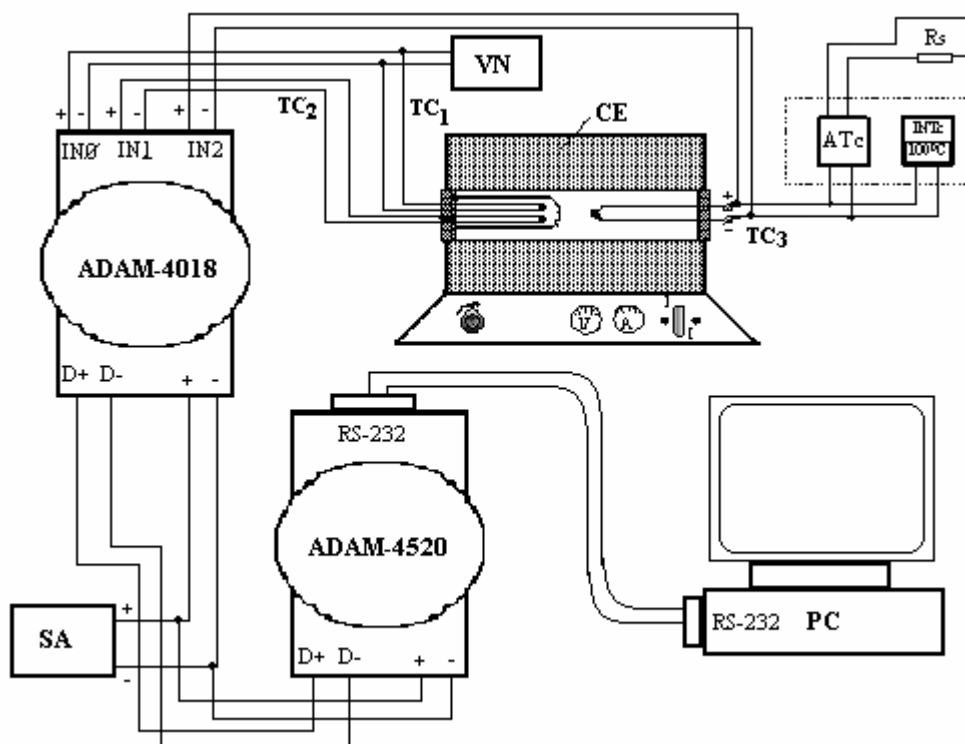


Fig.6.1. Schema montajului pentru achiziția semnalelor de la termocupuri cu modulul **ADAM-4018**

CE – cuplor electric pentru etalonarea termocupurilor;

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

VN – voltmetru numeric cu $3^{1/2}$ digiți;

TC₁, TC₂ – termocupuri de tip **J** montate în aceeași teacă de protecție;

TC₃ – termocuplu de tip **K** fără teacă de protecție;

ATc/INTc – adaptor pentru termocuplu de tip **K**, prevăzut cu indicatorul numeric local al temperaturii în $^{\circ}\text{C}$; deoarece adaptorul **ATc** are ieșirea în semnal unificat de curent continuu, s-a prevăzut rezistența de sarcină **R_s**, cu o valoare tipică de 250Ω (întrucât acest curent de ieșire nu este supus măsurării ulterioare se poate scurtcircuita ieșirea de curent);

ADAM-4018 – modul de achiziție a semnalelor direct de la termocupluri; se pot achiziționa simultan semnale de la 8 termocupluri, cu observația că pentru ultimele 2 intrări trebuie ca elementele conectate să aibă masă comună (pentru detalii privind performanțele și modul de utilizare a modulului **ADAM-4018** se recomandă studierea cu atenție a *ANEXEI H*);

ADAM-4520 – modul de conversie din **RS-485** în **RS-232**;

PC – calculator personal cu software-ul instalat pentru realizarea aplicației de achiziție a semnalelor analogice direct de la termocupluri folosind modulul **ADAM-4018**.

6.4. Panoul frontal și diagrama aplicației

În cadrul lucrării se folosește modulul de achiziție **ADAM-4018**, de fabricație Advantech, capabil să comunice prin interfața de mare viteză **RS-485**, cu alimentare proprie, având specificațiile (performanțele) și conexiunile externe prezentate în *ANEXA H*.

Întrucât dezvoltarea aplicației se face în **LabVIEW**, modulul **ADAM-4018** trebuie “instalat” pe calculator, în acest scop efectuându-se succesiunea de operații expusă în secțiunea **Instalare, configurare, montaje tipice** din *ANEXA H*. Vom considera că s-au efectuat operațiile anterior precizate, așadar modulul este pregătit – la modul general – pentru dezvoltarea aplicațiilor în **LabVIEW**. Totuși, înainte de dezvoltarea aplicației, se lansează, din **Start >> Programs >> Advantech Adam Utility >> ADAM Utility**, în execuție aplicația **ADAM_Utility**, după care, parcurgând etapele până la configurația din fig.H.6, se lansează în execuție – secvențial – **Zero Calibration, Span Calibration și CJC Calibration**. La terminarea acestor calibrări se închide aplicația **ADAM_Utility**.

În fig.6.2 este prezentată diagrama bloc, în timp ce fig.6.3 arată configurația panoului frontal a aplicației pentru achiziția semnalelor de la cele 3 termocupluri montate la intrările **IN0, IN1 și IN2** ale modulului **ADAM-4018**.

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

- cum calibrarea modulului **ADAM-4018** s-a făcut pentru termocuplul de tip **J**, rezultatele afișate pe panou de termocuplul de tip **K** sunt eronate, valorile corecte fiind citite pe indicatorul numeric **INTc** atașat adaptorului **ATc**, având în vedere că acesta a fost calibrat pentru tipul **K** de termocuplu;

- întrucât se dorește o prelucrare a datelor în **Excel**, s-a prevăzut salvarea valorilor măsurate cu modulul **ADAM-4018** – la intervale de timp fixate din controlul **Wait for X ms** – iar valorile citite pe indicatorul **INTc**, considerate ca valori de referință, vor fi introduse manual, ulterior desfășurării procesului de achiziție;

- valorile citite pe voltmetrul numeric **VN** reprezintă tensiunea generată la bornele termocuplului **TC₁** (de tip **J**), la care joncțiunea de referință este în mediul ambiant. Pentru o corelare a acestor valori cu cele din Tabelul 1 din *ANEXA C*, se va scădea – din fiecare valoare notată – tensiunea corespunzătoare temperaturii mediului ambiant.

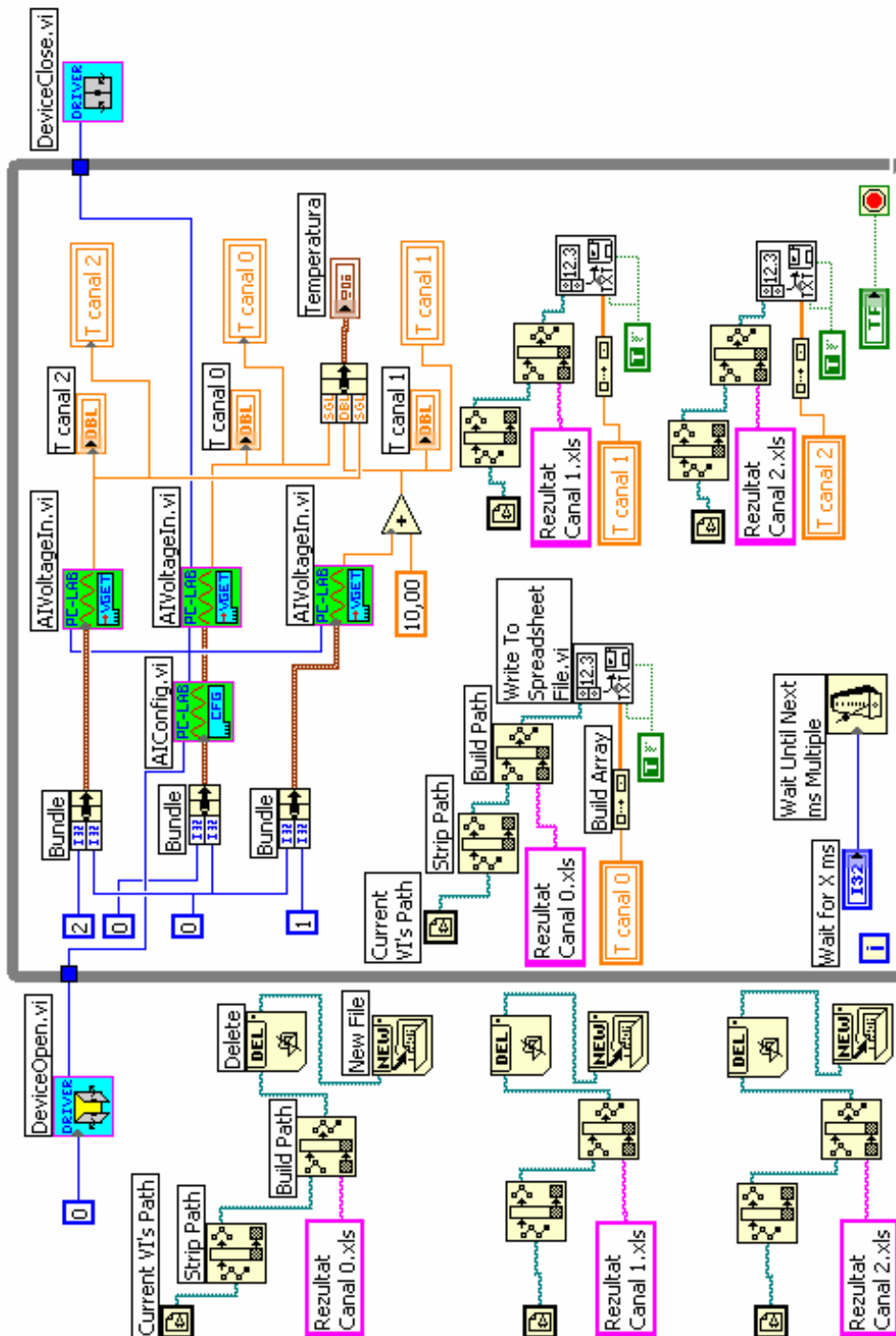


Fig.6.2. Diagrama bloc a aplicației pentru achiziția semnalelor de la termocuplurile cu modulul ADAM-4018

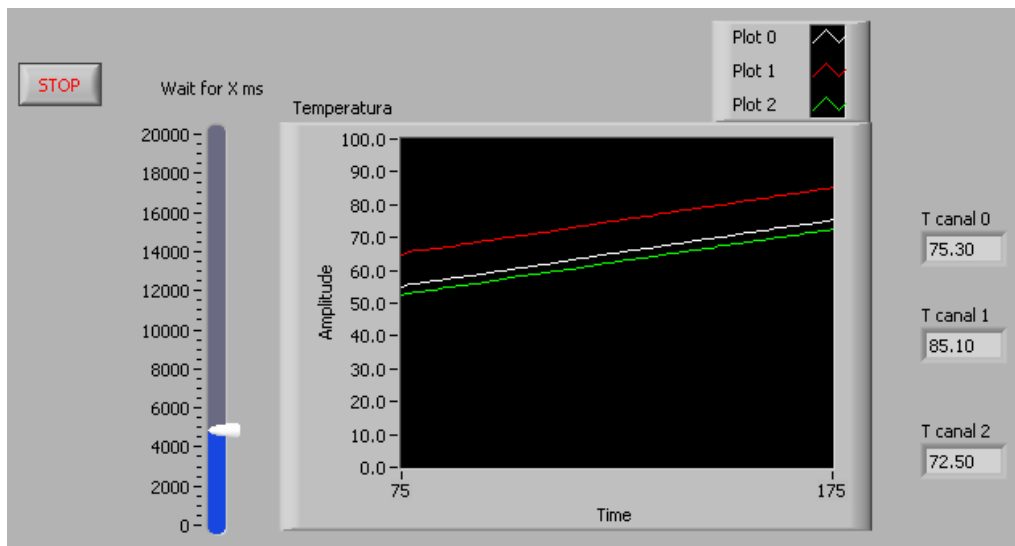


Fig.6.3. Panoul frontal al aplicației de achiziție a semnalelor de la termocupluri cu modulul **ADAM-4018**

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 3, căruia i se atribuie eticheta **Temperatura**, din paleta **Controls** >> **Numeric** se aduc trei **Digital indicator** și un **Vertical Pointer Slide**, a căror etichetă se modifică conform fig.3 (**T canal 0**, **T canal 1**, **T canal 2**, respectiv **Wait for X ms**), iar din paleta **Controls** >> **Boolean** un **Stop Button**, căruia i se ascunde eticheta. Se aranjează elementele introduse în panoul frontal astfel încât să arate ca în fig.6.3;

- folosind săgeata din paleta **Tools**, cu click dreapta pe mouse-ul plasat succesiv pe fiecare indicator din panou, se alege opțiunea **Create** >> **Local Variable**, realizându-se – pentru fiecare indicator - câte două variabile locale, una fiind folosită pentru scriere, iar cealaltă pentru citire;

- se trece în diagrama bloc și se aranjează elementele introduse în panou în conformitate cu fig.6.2; la variabilele locale folosite pentru citire – cu săgeata din paleta **Tools** – se face click dreapta cu mouse-ul plasat pe acestea și se alege opțiunea **Change To Read**, iar la cele folosite pentru scriere se alege, în mod similar, opțiunea **Change To Write**;

- din paleta **Functions** >> **Structures** se realizează în diagramă o buclă **While**, a cărei dimensiune – pe orizontală și verticală – se ajustează corespunzător prin poziționarea mouse-ului pe colțul dorit;

- din paleta **Functions** >> **User Libraries** >> **ADVANCE** >> **DeviceManager** se trag în diagramă – în exteriorul buclei **While** – un **DeviceOpen.vi** și un **DeviceClose.vi** folosite pentru deschiderea / închiderea modulului **ADAM-4018** configurat anterior pe adresa **0**;

- din paleta **Functions** >> **User Libraries** >> **ADVANCE** >> **adSlowAI** se aduc în diagramă – în interiorul buclei **While** – un **AIconfig.vi** și trei **AIVoltageIn.vi** folosite pentru configurarea, respectiv citirea datelor, aferente modulului **ADAM-4018** pe canalele de intrare selectate (**AI0**, **AI1**, **AI2**); selectarea calanelor se face aducând în diagramă, din paleta **Functions** >> **Cluster** trei **Bundle**, cărora li se mărește dimensiunea la 2, la care se selectează – folosind constantele **0**, **1**, **2** – canalele (0, 0) pentru **AI0**, (0, 1) pentru **AI1** și (0, 2) pentru **AI2**;

- din paleta **Functions** >> **Cluster** se trage în diagramă un **Bundle**, la care se crește dimensiunea la 3 pentru a se afișa cele 3 intrări analogice, iar din **Functions** >> **Numeric** un element **Add**, la o intrare a acestuia fixându-se constanta **10,00** (explicația introducerii acestui element suplimentar este legată de aspectul folosirii a două termocupluri identice de tip **J**, astfel că valorile obținute pe indicatoare ar fi aproximativ identice, iar pe grafic cele două imagini s-ar suprapune dacă n-ar fi decalate cu constanta introdusă);

- din paleta **Functions** >> **Time & Dialog** se trage în diagramă un element **Wait Until Next ms Multiple** folosit pentru temporizarea buclei **While**;

- se realizează conexiunile din prima și ultima treime a diagramei bloc conform fig.6.2, moment în care săgeata **Run** plasată pe bara de comenzi devine continuă, semnificând corectitudinea aplicației până la această etapă;

- deoarece se dorește salvarea datelor pe un mediu extern (**Excel**), se procedează la realizarea a trei configurații identice pentru scrierea într-un fișier tip foaie extinsă de calcul (**Spreadsheet**), după cum urmează:

- în interiorul buclei **While**, din paleta **Functions** >> **File I/O** >> **File Constants** se aduc trei **Current VI's Path**, din **Functions** >> **File I/O** trei **Strip Path**, trei **Build Path** și trei **Write To Spreadsheet File.vi**, din paleta **Functions** >> **String** se trag trei **String Constant**, cărora li se înscriu etichetele **Rezultat Canal 0.xls**, **Rezultat Canal 1.xls**, **Rezultat Canal 2.xls**, din paleta **Functions** >> **Boolean** se aduc trei **True Constant**, iar din paleta **Functions** >> **Array** trei **Build Array**; se execută conexiunile conform fig.6.2;
- în exteriorul buclei **While**, din aceleași palete anterior precizate, se trag în diagramă elementele **String Constant**, **Current VI's Path**, **Strip Path**, **Build Path**, **Delete**, **New File** (ultimele două elemente se aduc în diagramă din paleta **Functions** >> **File I/O** >> **Advanced File Functions**); se execută conexiunile conform fig.6.2.

NOTE:

a) construcția celor trei configurații identice de scriere în fișier Excel poate fi simplificată, atât pentru cazul din interiorul buclei **While**, cât și pentru cele din exteriorul buclei, realizând o singură configurație, după care – prin procedee **Copy/Paste** se adaugă celelalte două;

b) la rularea aplicației, configurațiile din interiorul buclei asigură înscrierea datelor în fișierele **Excel**, la momentele de timp precizate de controlul **Wait for X ms**, fișierele obținute după oprirea aplicației fiind posibil de vizualizat și modificat din același director în care s-a salvat aplicația;

c) o nouă rulare a aplicației presupune o inițializare a fișierelor **Excel** (ștergerea valorilor înregistrate pentru cele trei canale), operație efectuată de configurațiile plasate în exteriorul buclei **While**.

Se salvează aplicația, în directorul aferent grupei, cu denumirea **achizitie termocupluri ADAM_[nume/prenume student]_[grupa].vi**, în același director urmând a fi salvate și fișierele **Excel Rezultat Canal 0, Rezultat Canal 1, Rezultat Canal 2**, generate automat – la rulare aplicației – cu datele colectate de către termocupluri. Dacă în directorul grupei se constată existența unui fișier **Excel** cu una din denumirile anterior specificate, acesta va fi șters.

6.5. Modul de lucru și prezentarea rezultatelor

În cadrul lucrării se va urmări funcționarea montajului din fig.6.1 în conformitate cu cerințele impuse la chestiuni de studiat (secțiunea 6.2), identificându-se modalitățile de realizare a subsansamblurilor funcționale pe diagramă și corespunzător – pe panoul frontal – în concordanță cu precizările detaliate prezentate la secțiunea 6.4.

5.1. Cu montajul realizat conform fig.6.1, se deschide aplicația **achizitie termocupluri ADAM_[nume/prenume student]_[grupa].vi**, în panoul frontal – cu simbolul **Operate Value** din paleta **Tools** - introducându-se, la controlul **Wait for X ms**, valoarea **40000**, ceea ce corespunde selectării achiziției la intervale de 40 secunde, cu aceeași unealtă inițializându-se valorile pe scara **Time** între **0** și **10** (după ce – în prealabil – s-a selectat prin click dreapta cu mouse-ul plasat pe ecranul **Waveform Chart**-ului opțiunea **Data Operations >> Clear Chart**).

Se pornește sursa de alimentare **SA**, moment în care LED-ul de pe modulul **ADAM-4018** se aprinde, se pornește cuptorul electric **CE** la care se fixează un curent prin elementul încălzitor de 4 A și se lansează în execuție aplicația cu săgeata **Run** de pe bara de comenzi.

La fiecare salt observat pe ecranul **Waveform Chart**-ului, dar în special pe indicatorul **T canal 0**, care corespunde achiziției unui set de valori și înscrierea acestora în fișierele **Excel**, se notează valorile indicatorului **T canal 0**, indicațiile voltmetrului numeric **VN** și ale indicatorului numeric **INTc** aferent termocuplului de tip **K**. Rezultatele se trec în tabelul 6.1. După realizarea a 30 de puncte achiziționate, se oprește aplicația din comanda **STOP** aflată pe panoul frontal. Se trece în directorul grupei din care s-a rulat aplicația și se constată existența a trei fișiere **Excel** cu denumirile **Rezultat Canal 0, Rezultat Canal 1, Rezultat Canal 2**.

Tabelul 6.1

Nr.determinării	1	2	3	4	30
T canal 0 [°C]	37,2	39,4					
VN [mV]	0,883	0,987					
INTc [°C]	37	39					

Se deschide fișierul **Excel Rezultat Canal 0**, constatându-se că pe prima coloană (**A**) se găsesc valorile achiziționate de la termocuplul **TC₁** de tip **J**; se compară rezultatele din această coloană cu cele notate în tabelul 6.1 aferente liniei **T canal 0** [⁰C]. Deoarece la salvarea în fișier prima celulă (eventual și a doua) nu corespund valorilor din tabelul 6.1, aceste celule se șterg (acest fenomen se întâmplă datorită considerării – la pornirea aplicației – a valorii inițiale 0, prima valoare corectă fiind înregistrată după trecerea unui timp de așteptare de 40 ms). În prima celulă (**A1**) se introduce denumirea **Temperatura TC J**. În coloana următoare (**B**) - care se denumește **Temperatura de referință** - se copiază valorile notate de la **INTc**, iar în coloana **C** - denumită **Valorile în mV ale TC J** – se introduc rezultatele citite pe voltmetrul numeric **VN**. Următoarea coloană (**D**), denumită **ttem_real TC J**, se construiește din precedentă scăzând la fiecare valoare **ttem** [mV] corespunzătoare mediului ambiant luată din Tabelul 1, *ANEXA C* (de exemplu, dacă temperatura mediului ambiant în care se găsesc capetele libere ale termocuplului este 20⁰C, se scade valoarea 1,019mV); din același tabel, în coloana următoare (**E**) se trec valorile temperaturilor de referință pentru termocuplul tip **J** (se definește această coloană **ttem_ref TC J**). În sfârșit, coloana următoare (**F**) – denumită **Eroarea de neliniaritate TC J** – se realizează pe baza relației:

$$\varepsilon_{nel_i} [\%] = \frac{|ttem_{real_i} - ttem_{ref_i}|}{ttem_{ref_{30}} - ttem_{ref_i}} \cdot 100 \quad (6.1)$$

în care indicele *i* este atribuit numărului determinării (cu valori între 1 și 30), **ttem_{real}** fiind preluată din coloana **ttem_real TC J**, în timp ce **ttem_{ref}** este cea aferentă coloanei **ttem_ref TC J**. Folosind facilitățile mediului **Excel**, se trasează grafic **ttem_{real}** [mV] și ε_{nel} [%] în funcție de temperatura de referință din coloana **B**.

Într-o nouă coloană (**G**) se calculează diferența între celulele coloanei **A** și cele ale coloanei **B**, constatându-se că se obține o diferență sub 0,5⁰C, indiferent de numărul determinării; explicația constă în faptul că modulul **ADAM-4018** realizează liniarizarea caracteristicii termocuplului de tip **J** și compensarea temperaturii de referință, adică realizează așa-numita joncțiune de referință 0⁰C (aceleași operații de liniarizare și compensare a joncțiunii de referință le asigură și adaptorul termocuplului de tip **K** – notat în fig.6.1 cu **ATc**).

Se salvează noua foaie de lucru Excel cu denumirea **studiul termocuplului de tip J**_[nume/prenume student]_[grupa].xls.

5.2. Se scot termocuplurile din cuptorul electric **CE** și se răcesc până ajung la temperatura ambiantă. Se oprește cuptorul **CE**, acesta păstrând temperatura relativ constantă un timp suficient de mare pentru realizarea experimentului conform cerinței 2.2 de la chestiuni de studiat. Din directorul în care s-a salvat aplicația se șterg fișierele **Excel** cu denumirile **Rezultat Canal 0**, **Rezultat Canal 1**, **Rezultat Canal 2**. Cu ajutorul simbolului **Operate Value** din paleta **Tools** se fixează valorile pe scara **Time** de pe **Waveform Chart** între **0** și **100** (după ce – în prealabil – s-a selectat prin click dreapta cu mouse-ul plasat pe ecranul **Waveform Chart**-ului opțiunea **Data Operations** >> **Clear Chart**), iar controlul **Wait for X ms** se fixează la valoarea

20000. Când se constată că s-a atins temperatura ambiantă, se introduc simultan termocuplurile în cuptor, pornindu-se, în același timp, aplicația din **Run** de pe bara de comenzi. Se urmărește evoluția graficelor afișate pe ecranul **Waveform Chart**-ului, precum și indicațiile de temperatură ale celor trei canale. Atunci când se constată că trei indicații consecutive sunt aproximativ identice, se oprește aplicația. Se deschide fișierul nou creat în **Excel Rezultat Canal 0**, se șterge valoarea din prima celulă și se trasează graficul temperaturii de pe canalul 0 (termocuplul tip **J**) în funcție de timp. Pe acest grafic se determină constanta de timp **T** și timpul de stabilizare **t_s**, conform indicațiilor din **aplicația I.1**. Se procedează – în mod similar – la determinarea aceluiași indicatori dinamici pentru termocuplul de tip **K**, prin prelucrarea corespunzătoare a fișierului **Excel Rezultat canal 2**. Se salvează fișierele **Excel** cu denumirile **determinarea caracteristicilor dinamice TC J_[nume/prenume student]_[grupa].xls**, respectiv **determinarea caracteristicilor dinamice TC K_[nume/prenume student]_[grupa].xls**.

6.6. Concluzii, observații, chestionar

În referatul întocmit la lucrare se va pune accentul pe posibilitățile de achiziție a semnalelor analogice, în special cele de nivel mic, folosind modulul **ADAM-4018**.

Se va răspunde la următoarele întrebări:

6.1. De ce credeți că temperatura indicată de voltmetrul numeric **VN** – folosind tabelele de referință – diferă de cea achiziționată cu ajutorul modulului **ADAM-4018**?

6.2. Credeți că teaca de protecție a termocuplurilor **TC₁** și **TC₂** are vreun rol în dinamica măsurării temperaturii? Cum ar trebui realizat experimentul pentru a observa acest fenomen?

6.3. Se pot studia caracteristicile statice ale termocuplului de tip **K**? Ce modificări trebuie făcute în schema de montaj și cum trebuie organizat experimentul? Se poate folosi aceeași aplicație, sau trebuie făcute modificări în aceasta?