

5.6. EXEMPLE DE PLĂCI DE ACHIZIȚIE

5.6.1. Placa didactică de achiziție ARTAN PC+

ARTAN PC+ (*Systeme d'aide a la conception et au reglage de regulateurs*) este o placă de achiziție și de conducere produsă de firma franceză Alliance Automatisme, Franța. Deși placa este proiectată în special pentru scopuri didactice, permite cuplarea unui calculator numeric obișnuit (PC) cu un proces, în scopul conducerii acestuia. Astfel, în afara realizării unor simulări, utilizarea plăcii și softului aferent transformă calculatorul în care a fost montată într-un calculator de proces. Deși performanțele acestei plăci sunt inferioare unei plăci profesionale, studiul sistemului ARTAN și al aplicațiilor posibile este deosebit de util pentru studenți, care pot aplica cunoștințele astfel dobândite la sisteme profesionale.

În continuare vom analiza pe scurt placa ARTAN PC+ și facilitățile acesteia, menționând că o descriere detaliată se găsește în [*Sisteme de reglare automată. Lucrări practice I*, C. Marin și colectivul, Ed. SITECH, Craiova, 1997], precum și în manualul de utilizare editat de firma constructoare, pe baza cărora este realizată descrierea care urmează.

În esență, placa ARTAN și softul aferent reprezintă un sistem care permite conceperea și testarea buclelor de reglare, în timp real.

Principalele funcții asigurate de ARTAN sunt:

- Simularea buclei complete: proces + regulator (ARTAN-PC);
- Simularea numai a regulatorului, procesul fiind real (ARTAN-PC+), situație corespunzătoare calculatorului de proces;
- Simularea numai a procesului, regulatorul fiind exterior (ARTAN-PC+).

Aceste posibilități de utilizare a ARTAN sunt ilustrate în Fig. 5.32. Regulatele utilizate în simulare sau la conducerea proceselor sunt fie de tip continuu fie cu eșantionare (discrete).

Procesele pot fi simulate fie continuu fie prin eșantionare (discretizare), schemele utilizate de ARTAN fiind prezentate în Fig. 5.33. Prima schemă este cea clasică a unui sistem de reglare convențională, cu $H_R(s)$ funcția de transfer a regulatorului, $H_F(s)$ funcția de transfer a părții fixe, v referința, y ieșirea din proces (mărimea reglată), u comanda și p perturbația. Spre deosebire de prima schemă continuă, celelalte două reprezintă schema unui sistem de reglare discret, respectiv schema unui sistem de reglare hibrid, în care regulatorul este discret și procesul este continuu. În această ultimă schemă, $H_{e0}(s)$ este funcția de transfer a extrapolatorului de ordin zero, celelalte fiind funcții de transfer în domeniul complex z sau în domeniul complex s .

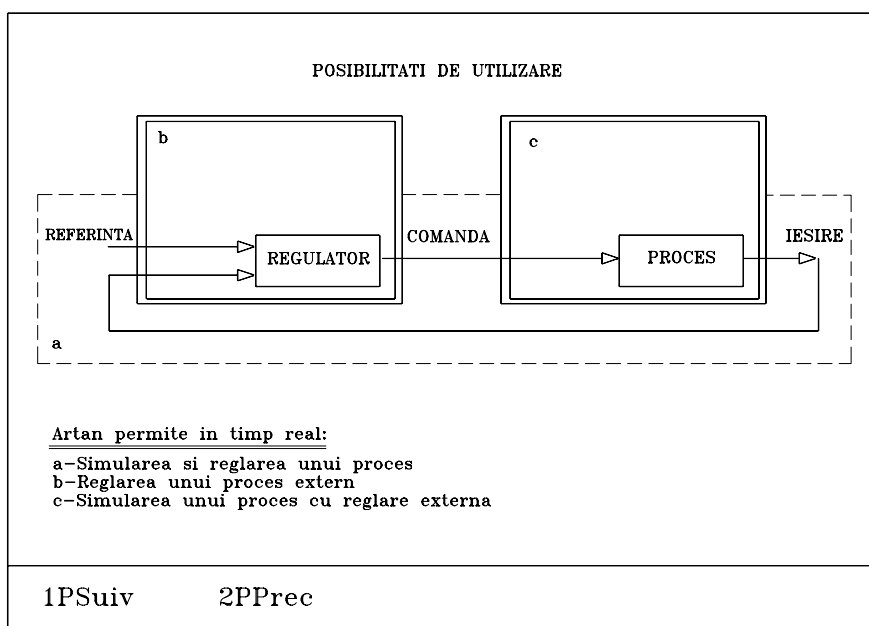


Fig. 5.32.

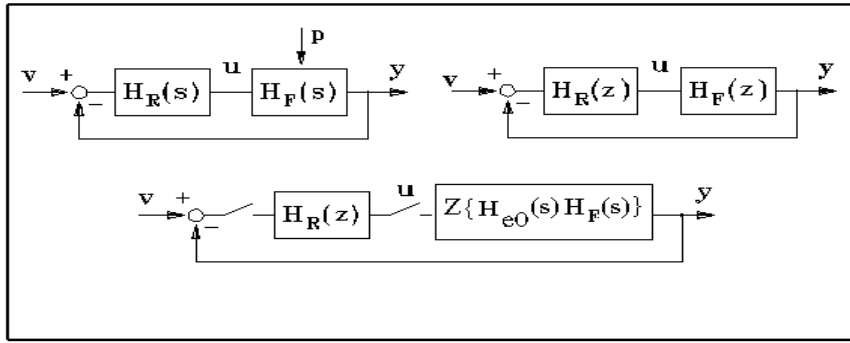


Fig. 5.33.

ARTAN permite observarea comportamentului unui tip de regulator într-un proces dat, observarea efectului saturației mărimii de comandă, schimbarea parametrilor legii de reglare, a tipului regulatorului, aprecierea stabilității sale, a robusteții la dezacordarea regulatorului față de proces. Sistemul ARTAN este prevăzut și cu facilitatea de ‘reglare manuală’, deoarece se poate ‘deschide’ bucla și se poate simula sau se poate obține în cazul conducerii reale răspunsul procesului la comenzile date manual de operator. Posibilitățile de utilizare b). și c). arată că sistemul PC + ARTAN permite prin intermediul intrărilor/ieșirilor analogice conectarea la lumea reală.

Structuri hardware

Sistemul ARTAN constă după cum am precizat dintr-o placă de achiziție hard care se introduce într-un calculator IBM PC, și un software aferent. ARTAN acceptă mai multe configurații care sunt definite prin intermediul unui program de instalare (INSTAL).

Aceste opțiuni sunt:

1). Coprocesorul matematic - poate fi instalat sau nu în calculator. Dacă este instalat, perioada minimă de eșantionare în timp real este de 25 ms, dacă nu, este de 200 ms.

2). Placa video (grafică) monocromă sau color.

ARTAN funcționează cu una din următoarele plăci:

- IBM CGA 640x200 color;
- IBM EGA 640x350 color;
- IBM VGA 640x480 color;
- HERCULES 720x350 monocrom; etc.

Firma constructoare pune la dispoziția utilizatorului următoarele versiuni ARTAN:

- o placă pentru ARTAN-PC;
- o placă ce conține în plus intrări/ieșiri analogice pentru ARTAN-PC+

Conectarea intrărilor / ieșirilor analogice (versiunea PC+) se face conform configurațiilor prezentate în tabelele următoare:

CONFIGURAȚII POSIBILE

| | | | | | | | |
|---------------------|---|---|---|---|---|---|---|
| Model | X | X | X | X | | | |
| Proces real | | | | | X | X | X |
| Perturbație internă | X | X | | | X | X | |
| Perturbație externă | | | X | X | | | X |
| Comandă internă | X | | X | | X | | X |
| Comandă externă | | X | | X | | X | |

CONEXIUNI

| | | | | | | | |
|-----------------------|---|---|---|---|---|---|---|
| Intrare analogică - 0 | | V | P | P | Y | Y | Y |
| Intrare analogică - 1 | | U | | U | | U | P |
| Ieșire analogică - 0 | U | P | U | | U | | U |
| Ieșire analogică - 1 | Y | Y | Y | Y | P | P | |

Pentru punerea în funcțiune a ARTAN, trebuie în primul rând realizată configurarea sistemului. Configurarea se face o singură dată și ea va fi salvată în fișierul INSTAL.DAT. Pentru definirea acestei configurații trebuie executat fișierul INSTAL.EXE și urmate indicațiile din meniu. Adresele funcțiilor de tact și intrărilor/ieșirilor analogice sunt implicit 768 conform configurației ‘industriale’ (de fabricație).

Programul executabil propriu-zis este lansat de fișierul de comandă ARTAN.EXE. Valorile numerice implicite sunt în fișierul INIT.DAT, dar acest fișier nu poate fi manipulat direct de operator.

Configurarea *plăcii de tact* este necesară pentru o bună funcționare a programului ARTAN. Placa de tact trebuie implantată într-un slot din PC; ea este configurată să funcționeze începând cu adresa 300H (768 în zecimal) până la 317H. Dacă o altă placă utilizează deja această adresă, ea poate fi modificată cu ajutorul a cinci jumpe (ștrapuri) de adresă (A5 - A9). Prezența unui ștrap în An semnifică An=0. De exemplu $A9=2^9=512$; $A8=2^8=256$; Configurarea ‘industrială’ este $A9=A8=1$, corespunzător adresei: $A9+A8= 512 + 256 = 768 = 300H$.

Placa de tact este prezentată schematic în Fig. 5.34.

Placa de achiziție (intrări și ieșiri analogice) conține:

-patru intrări analogice care pot funcționa între 0-10V sau 4-20mA, fiecare putând fi configurată independent;

-patru ieșiri analogice în tensiune 0-10 V și în curent 4-20 mA.

Această placă include în versiunea ARTAN PC+ și partea de tact. Ea este livrată pentru a funcționa de la adresa 300H până la 317H, putând fi configurată de utilizator la o altă adresă.

Racordarea și configurarea plăcii de achiziție este prezentată în Fig. 5.35.

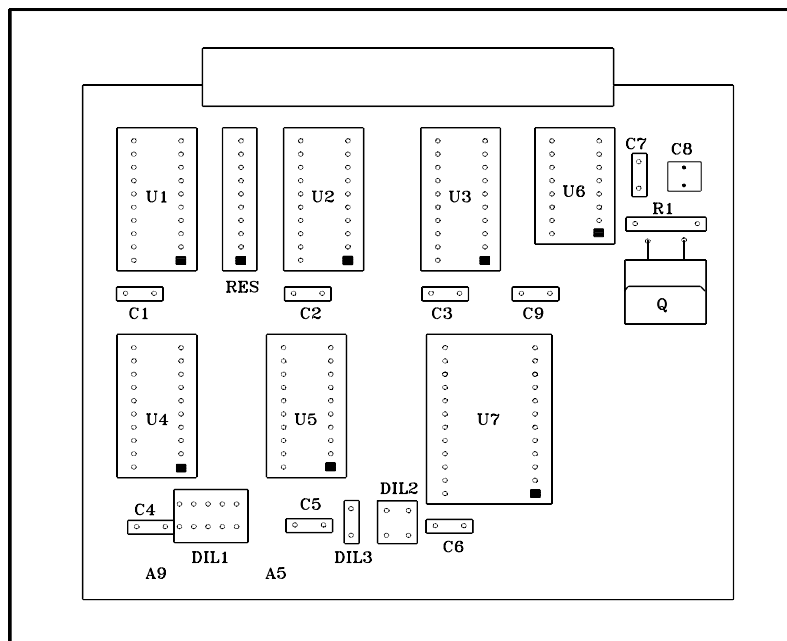


Fig. 5.34. Placa de tact

Posibilități de configurare. Descriere software

Posibilitățile de simulare pe care le oferă ARTAN rezultă din configurațiile de utilizare (a), (b), (c), prezentate la începutul subcapitolului. Este evident că în funcție de modul de lucru, unele din blocurile sistemului de conducere automată nu vor fi simulate, fiind blocuri reale, exterioare sistemului.

Cele două elemente principale ale sistemului de reglare automată sunt *procesul* (privit ca parte fixă) și *regulatorul*. Structura sistemului de reglare cu ARTAN PC+ este prezentată în Fig. 5.36.

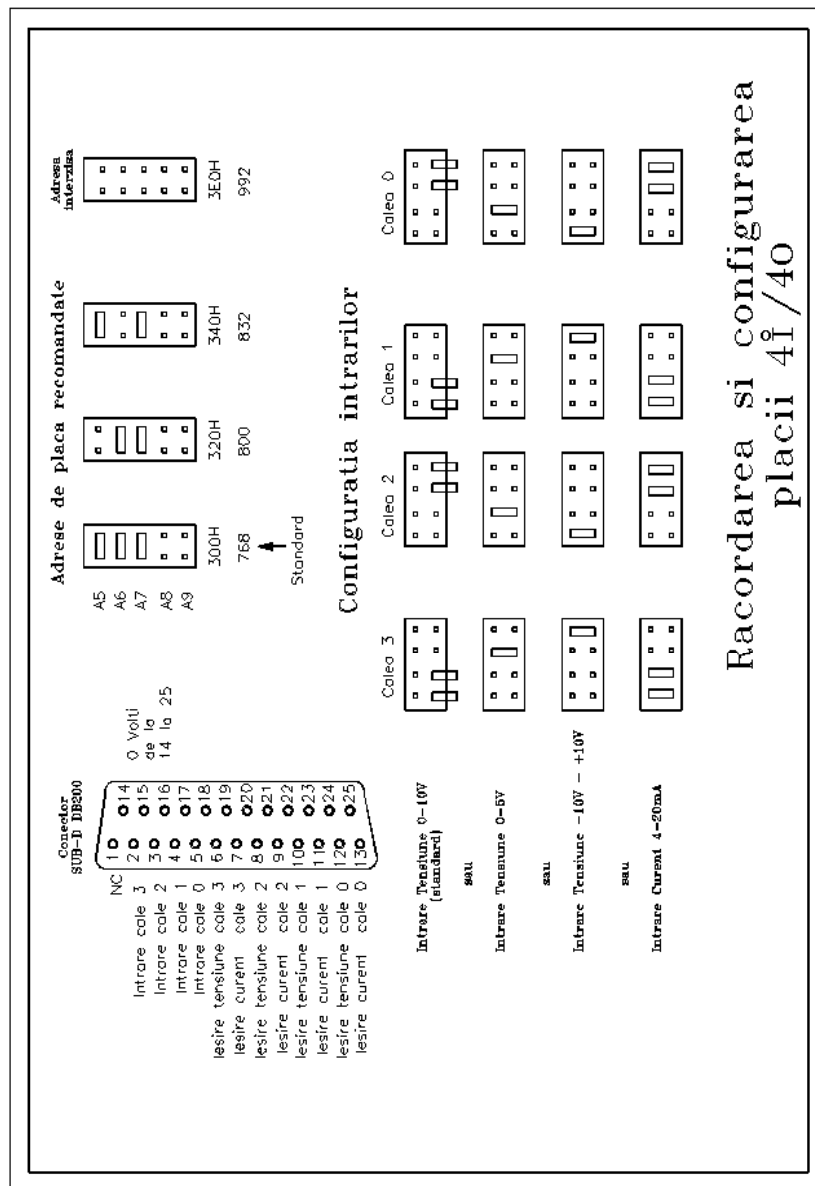


Fig. 5.35. Placa de intrare/ieșire

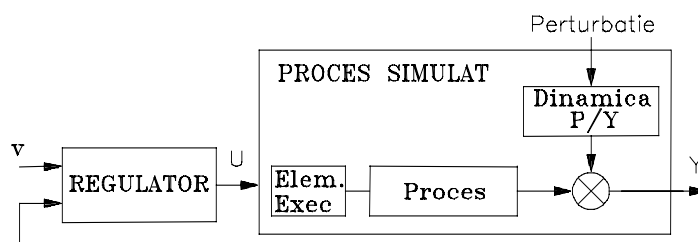


Fig. 5.36.

Procesul simulat include dinamica Y/U (comandă U - ieșire Y) (procesul propriu-zis), dinamica traductorului, elementul de execuție, precum și dinamica Y/P (perturbație P - ieșire Y).

- Elementul de execuție:

Se pot simula patru tipuri de caracteristici statice, și anume:

- liniară
- neliniară
- cu histerezis
- tot sau nimic cu histerezis

Dacă există și o dinamică a elementului de execuție, atunci aceasta este conținută în blocul de dinamică Y/U.

- Dinamica Y/U (Intrare/Ieșire):

Este un bloc liniar care reprezintă comportarea intrare-ieșire. Acest model este reprezentat sub forma unei funcții de transfer continue sau discrete.

În domeniul continuu, se pot simula sisteme:

-de ordinul I

-de ordinul II, de tipul:

-ordinul I + integrator

-ordinul II aperiodic

-ordinul II oscilant

-de ordinul III, eventual cu un zero care permite reprezentarea sistemelor cu fază neminimă.

În discret, putem simula orice funcție de transfer până la ordinul șase.

Toate aceste funcții pot fi, în plus, cu element de întârziere. Este bine cunoscut faptul că funcțiile de transfer continue pot fi introduse, după calcule, sub forma discretizată (eșantionată). În acest caz, calculele necesare nu sunt întotdeauna simple. Menționăm că ARTAN poate da echivalentul în z al acestor funcții de transfer continue asociate cu un extrapolator de ordinul zero.

Intrarea acestor modele este semnalul U care poate fi:

-ieșirea unui regulator într-o buclă închisă simulată în totalitate;

-furnizat de operator (treaptă, rampă) în circuit deschis;

-furnizat de un regulator analogic exterior.

- Dinamica Y/P (Perturbație/Ieșire):

Posibilitățile sunt aceleași ca în cazul dinamicii Y/U, dar alegerea este independentă. Perturbația este reprezentată (echivalată) la ieșire, dar printr-o alegere adecvată se poate simula o perturbație la intrarea în proces.

Perturbația P poate fi:

-deterministă (treaptă, rampă) furnizată de operator

-aleatoare: secvență binară, pseudo aleatoare, generată de program

-externă: provenită de la un generator de semnal exterior

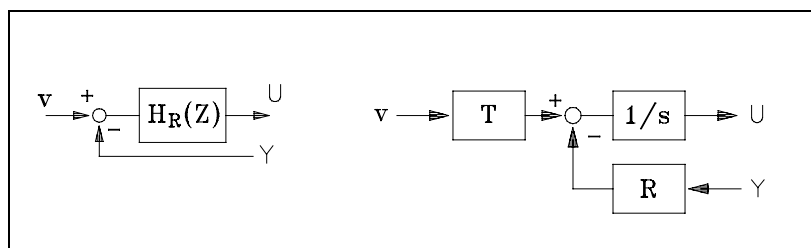
Regulatorul. Sunt disponibile cinci tipuri de regulatoare. Pentru lucrul în domeniul continuu, acestea se limitează la clasicul PID care este considerat aici în forma sa paralelă, și la o variantă a acestui regulator în care acțiunea derivatei nu acționează decât asupra măsurii evitând șocurile la schimbarea rapidă a referinței.

Pentru domeniul discret, există trei tipuri de regulatoare (PIR, Z, RST) în plus față de echivalentele discretizate ale celor două PID continue (la care discretizarea nu aduce nici o posibilitate suplimentară).

Același tip de abordare este realizabilă pentru sisteme de ordin superior dar nu există o implementare explicită. Trebuie în acest caz să utilizăm o formă generală de regulator în z , până la ordinul șapte. Acest regulator calculează comanda la momentul k în funcție de comenzile precedente și de eroarea la momentul k și momentele precedente. Permite calcularea reguletoarelor, pentru anumite tipuri de procese, dând performanțe mai bune decât un simplu PID, chiar discretizat. Dar, datorită structurii sale, acest regulator impune un compromis între performanțele obținute în regim de urmărire și cele obținute în regim de reglare.

Pentru aceasta s-a introdus forma RST (a se vedea Fig. 5.37), mai generală, care permite fixarea comportamentului în regim de urmărire independent de comportamentul în regim de reglare. Acest regulator are particularitatea de a lucra nu numai pe eșantioanele prezente și trecute ale erorii dintre referință și măsură, ci și pe eșantioanele referinței și măsurii.

Pentru studiul legilor de reglare tipizate, se poate realiza o simulare a regulatorului singur, neconectat la un proces. Această posibilitate nu este explicită, dar se poate obține ușor anulând amplificarea sistemului reglat.



Forma în z

$H_R(z)$ este o fracție rațională în z

Forma RST

R,S,T sunt polinoame în z.

Dacă $R=T$ regăsim forma în z cu

$H_R=R/S=T/S$

Fig. 5.37.

Descriere software

ARTAN se prezintă sub forma unui ansamblu de pagini-ecran grafice și alfanumerice, ca de exemplu:

- P1 - introducere
- P2 - descriere și posibilități de funcționare
- P3 - configurare
- P4 - valori numerice
- P5 - simulare + prelucrare
- P6 - comparare
- P7 - zoom și analiză

Detalii privind descrierea paginilor ecran și a softului se găsesc în manualul de utilizare, precum și în [*Sisteme de reglare automată. Lucrări practice I*, C. Marin și colectivul, Ed. SITECH, Craiova, 1997], unde este prezentată într-o anexă și o traducere a manualului de utilizare.

Dialogul operator-sistem se face cu ajutorul tastelor de funcții F1 la F10, inclusiv pentru introducerea valorilor numerice. Funcțiile F1, F2 și F10 se găsesc pe mai multe pagini, utilizarea lor fiind tot timpul aceeași.

5.6.2. Placa de achiziție AT-MIO-16 (National Instruments)

În Fig. 5.38 este prezentată structura generală a unei plăci de achiziție AT-MIO-16 a firmei *National Instruments*. Prelucrarea datelor numerice precum și gestionarea interfețelor de intrări/ieșiri analogice/numerice se face sub controlul pachetelor de programe LabVIEW ale aceleiași firme și al software-ului (driver) NI-DAQ (*National Instruments – Data Acquisition*) pentru DOS/ Windows/ LabWindows. Placa de achiziții AT-MIO-16 poate fi folosită cu LabVIEW pentru Windows sau LabWindows pentru DOS, programe inovative ce conțin software pentru dezvoltare de aplicații bazate pe această placă de achiziții. În timp ce LabVIEW folosește programarea grafică, LabWindows mărește capacitățile programelor Microsoft C și QuickBASIC. Ambele pachete conțin biblioteci extinse pentru achiziția datelor, controlul instrumentației, analiza datelor și reprezentarea grafică a datelor.

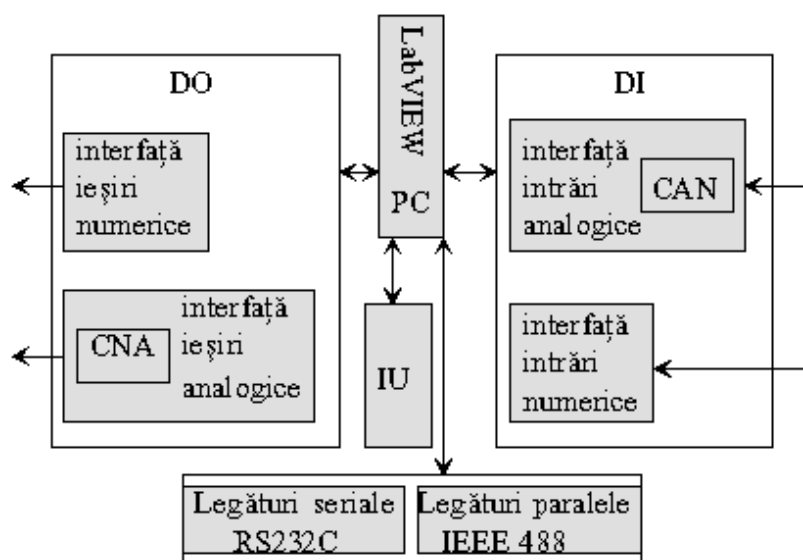


Fig. 5.38. Structura generală a unei plăci de achiziție tip AT-MIO-16

În Fig. 5.38, DI sunt dispozitive de intrare (achiziție) care cuprind intrări numerice de la traductoare sau senzori de semnale numerice și intrări analogice dotate cu convertor analog-numeric (CAN) de la traductoarele sau senzorii de semnale analogice. DO sunt dispozitive de ieșire care cuprind ieșiri numerice pentru acționări numerice sau semnalizări și ieșiri analogice dotate cu convertoare numeric-analogice (CNA) pentru comenzile analogice. PC reprezintă calculatorul personal în care se introduce placa de achiziție, calculator pe care este instalat LabVIEW, iar IU reprezintă interfața utilizator.

În afara legăturilor directe cu procesul fizic ce trebuie condus, este necesară existența unor legături numerice cu alte sisteme, fie sisteme de aceeași natură (cum ar fi cazul sistemelor de conducere distribuite în care se face legătura informațională între calculatoarele de proces), fie cu instrumente de măsură (osciloSCOape, voltmetre numerice etc.) sau regulatoare numerice. Aceste legături numerice sunt standardizate, placa fiind prevăzută cu două tipuri: legături seriale RS 232C și legături paralele IEEE 488.

Placa AT-MIO-16 poate fi conectată la sistemul SCXI (*Signal Conditioning eXtension for Instrumentation*), bazat pe module care permit achiziția a peste 3000 de tipuri de semnale analogice de la termocupluri, termorezistențe, surse de curent, de tensiune etc. precum și achiziția/generarea de semnale numerice de comunicație și control.

Placa AT-MIO-16 asigură tipurile specifice de funcții ale unei plăci de achiziție: intrări analogice, ieșiri analogice, intrări/ieșiri numerice, temporizare (generare de interval de timp) și numărare. Placa de achiziție AT-MIO-16 se conectează pe placa de bază a unui calculator personal. În Fig. 5.39 este prezentată varianta compatibilă PC-AT (*Advanced Technology*).

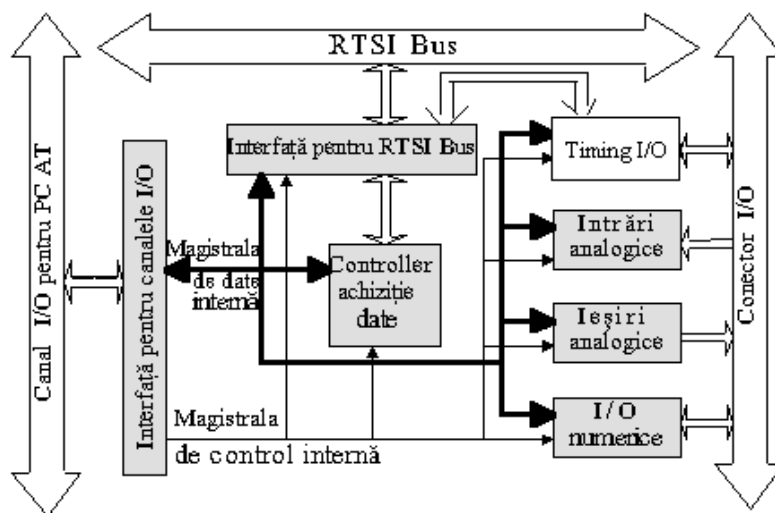


Fig. 5.39. Schema bloc a plăcii de achiziție AT-MIO-16

Placa de achiziție comunică cu placa de bază a calculatorului prin intermediul *Canalului I/O pentru PC/AT*. *Circuitul de interfață* constă dintr-o magistrală de adresă de 24 de biți, o magistrală de date de 16 biți, o magistrală de arbitrare a accesului direct la memorie (DMA), linii de întrerupere și câteva semnale de comandă și control.

RTSI Bus este magistrala RTSI (*Real-Time System Integration*) cu care se pot interfața toate plăcile din seria National Instruments AT. *Interfața pentru magistrala RTSI* are 7 linii trigger și o linie pentru ceasul de sistem și permite utilizarea mai multor plăci NI din seria AT în același PC, plăci care partajează semnalele de pe această magistrală.

Intrările analogice și circuitele de achiziție de date manevrează până la 16 canale de intrări analogice cu amplificare programabilă software și un CAN pe 12 biți. Suplimentar, AT-MIO-16 conține circuite de achiziție a datelor pentru generarea semnalelor de timp pentru conversiile analog-numeric multiple și alte opțiuni avansate. *Circuitul pentru intrări analogice* constă dintr-un multiplexor de intrare, circuit de selecție a modului de multiplexare (16 intrări asimetrice – single-ended – sau 8 diferențiale), un amplificator de instrumentație cu amplificare programabilă, un circuit de eșantionare și reținere pentru implementarea unui CAN pe 12 biți și o stivă FIFO (*First In First Out*) de 16 cuvinte pe 16 biți care stochează rezultatele conversiei. CAN este cu aproximări succesive și suportă la intrare 3 game de tensiuni: bipolare, cu valori între -10V...10V, -5V...5V și unipolară între 0V...+10V. Convertorul analog-numeric este disponibil în două variante diferite în raport cu timpul maxim de conversie: 25 μ sec sau 9 μ sec. Achiziția de date se poate face pe un singur canal sau pe mai multe canale, când avem de-a face cu așa numita achiziție de date scanată. Ratele (frecvențele) maxime de achiziție depind de performanțele CAN și sunt de 100.000 eșantioane/secundă pentru CAN cu timp maxim de conversie de 9 μ sec sau de 40.000 eșantioane/secundă pentru CAN de 25 μ sec.

Fiecare placă de achiziție din seria AT-MIO-16 are un nume diferit care scoate în evidență principalele caracteristici constructive. Astfel, avem 4 variante cu numele de AT-MIO-16L/H-9/25. Codificarea L/H se referă la amplificările programabile pe partea de intrări analogice: cele codificate cu H (High) sunt prevăzute cu amplificare programabilă setată la 1, 2, 4 sau 8 iar cele codificate L (Low) sunt prevăzute cu amplificări de 1, 10, 100 sau 500 de ori și pot fi utilizate la achiziția de semnal de nivel scăzut. Codificarea 9/25 se referă la timpul maxim de conversie al CAN și anume 9 sau 25 μ sec.

În ceea ce privește *Circuitul ieșirilor analogice*, placa este prevăzută cu două canale de conversie numeric-analogică pe 12 biți, fiecare canal fiind prevăzut cu ieșiri unipolare sau bipolare cu selecție internă sau externă a tensiunii de referință. Pentru fiecare canal de ieșire analogic, CNA generează un curent proporțional cu tensiunea de intrare de referință, multiplicat cu un cod numeric

încărcat în prealabil într-un buffer propriu. Acest cod este tocmai numărul care va fi convertit în semnal analogic. Amplificatoarele operaționale de la ieșire convertesc acest curent de ieșire al CNA într-un semnal de tensiune transmis la conectorii de ieșire.

Circuitul pentru intrări/ieșiri numerice este prevăzut cu 8 linii de intrare/ieșire numerice divizate în două porturi de câte 4 linii fiecare. Ieșirile numerice sunt grupate într-un registru de ieșire de 8 biți, câte 4 pentru fiecare port de ieșire. În mod asemănător, avem un registru de intrare pe 8 biți. Ambele registre sunt compatibile TTL și acționează TSR (*Three State Logic, HiZ*).

Controllerul de achiziție date gestionează operațiile de achiziție iar *Circuitul de generare a semnalelor de tact* (Timing I/O) funcțiile generale de intrare/ieșire. Ambele blocuri funcționează pe baza unui circuit de numărare/generare de interval de timp, care conține 5 numărătoare programabile pe 16 biți, compatibile TTL.

Plăcile disponibile în laborator sunt de tip AT-MIO-16H-9:

AT – se referă la compatibilitatea cu placa de bază a calculatoarelor IBM-PC în tehnologie AT (*Advanced Technology*).

MIO – abrevierea de la *Multifunction Input/Output Board*.

16 – se referă la numărul de canale de intrare analogică: 16 canale asimetrice (single-ended) sau 8 canale diferențiale.

H – se referă la *High-level analog inputs*, adică la semnale analogice de intrare de nivel mare, care nu necesită amplificări programabile mari pe placă (amplificările pot fi: 1, 2, 4, 8).

9 – se referă la timpul minim de achiziție pe un canal, adică 9 μ sec. Frecvența (rata) maximă de achiziție este de 100.000 de eșantioane pe secundă.

Placa de achiziție AT-MIO-16H nu dispune de tehnologie *Plug-and-play* (specifică îndeosebi plăcilor PCI - *Peripheral Component Interconnect*), fiind o placă tip ISA (*Industry Standard Architecture*) și prin urmare este prevăzută cu un comutator DIP (*Dual Inline Pin* – permite selectarea adresei de bază a plăcii) și un set de jumpere care trebuie setate în funcție de arhitectura în care este folosită placa. Pentru setarea și utilizarea plăcii de achiziție AT-MIO-16H sunt necesare: placa de achiziție, driverul NI-DAQ, software-ul de aplicație LabVIEW (sau LabWindows sau LabWindows/CVI) și un calculator.

Observație: Pentru programarea plăcii se poate utiliza și programarea la nivel de regiștri, care este însă dificilă, fiind recomandată folosirea NI-DAQ și a unui soft de aplicație.

Placa de achiziție AT-MIO-16H conține:

- 16 canale single-ended de intrări analogice în domeniile 0÷5V, 0÷10V sau 8 canale diferențiale în domeniile -5V ÷5V, -10÷10V funcție de configurația hardware;
- 2 canale de ieșiri analogice în domeniile 0÷10V, -10 ÷10V;
- 2 porturi numerice I/O pe 4 biți fiecare;
- 5 numărătoare independente pe 16 biți;
- un generator de frecvență până la 1 MHz;

AT-MIO-16 poate fi instalată în orice slot disponibil de 16 biți (AT Style - ISA) din calculator. AT-MIO-16 nu poate lucra dacă este instalat într-un slot expandat pe 8 biți (PC Style).

Instrumente virtuale LabVIEW pentru achiziții de date

În LabVIEW controlul plăcilor de achiziție se realizează cu ajutorul unor instrumente virtuale (VI) obținute din lista de comenzi *Functions*, meniul *DAQ*. Lista de comenzi *DAQ* (*Data Acquisition*) conține instrumente virtuale grupate în următoarele biblioteci (Fig. 5.40): *Analog Input*, *Analog Output*, *Digital Input/Output*, *Counter*, *Calibration and Configuration*, *Signal Conditioning*.

La realizarea unor aplicații cu VI-urile de achiziție trebuie respectat un principiu de bază și anume o aranjare secvențială a acestor instrumente (numite și funcții de achiziție) în vederea unei executări coerente a programului. Spre exemplu, configurarea plăcii și calibrarea sa se realizează înaintea citirii datelor. Programarea acestei aranjări se realizează printr-o înlănțuire de conexiuni numite *task ID [in/out]* (Fig. 5.41). *Task ID* este de fapt un număr generat de LabVIEW care

codifică numărul plăcii de achiziție și numărul de grup după configurarea acestuia (prin grup înțelegând o colecție de canale de intrare sau de ieșire sau porturi). Conexiunile de tip *error* se referă la erorile de execuție apărute în diferite etape.

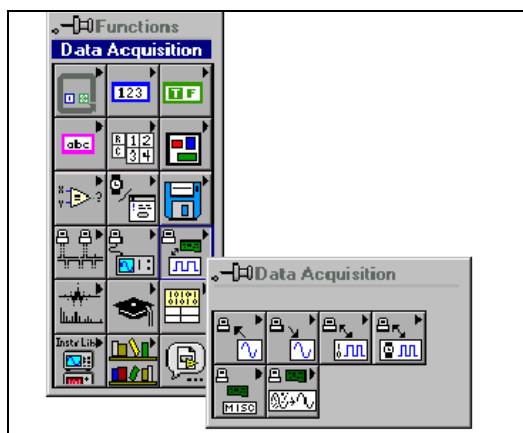


Fig. 5.40. Meniul *Data Acquisition – DAQ*

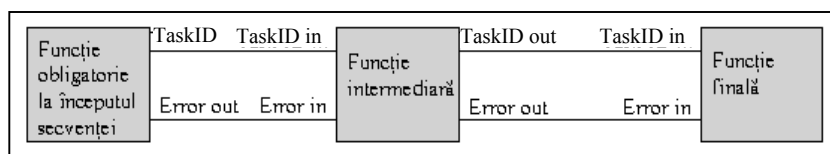


Fig. 5.41. Înlănțuirea logică a funcțiilor de achiziții de date prin conexiuni *task ID* și *error*

În cazul utilizării unor instrumente avansate nu mai sunt necesare conexiunile de tip *task ID* și *error*.

În continuare va fi prezentată pe scurt biblioteca de instrumente virtuale pentru intrări analogice. Funcțiile pentru intrări analogice sunt grupate în patru clase sau sub-biblioteci: *Easy Analog Input VIs*, *Intermediate Analog Input VIs*, *Analog Input Utilities VIs*, și *Advanced Analog Input VIs* (Fig. 5.42).

Biblioteca *Easy Analog Input VIs* conține instrumente executabile capabile să realizeze operațiuni de bază pentru intrări analogice. Instrumentele din biblioteca *Easy Analog Input VIs* sunt construite pe baza VI-urilor din biblioteca *Intermediate Analog Input VIs*, care la rândul lor sunt construite pe baza VI-urilor din biblioteca *Advanced Analog Input VIs*. Un instrument de tip *Easy Analog Input VIs* furnizează o interfață utilizator convenabilă pentru intrările analogice uzuale, pentru aplicații complexe fiind necesară folosirea instrumentelor din celelalte biblioteci.

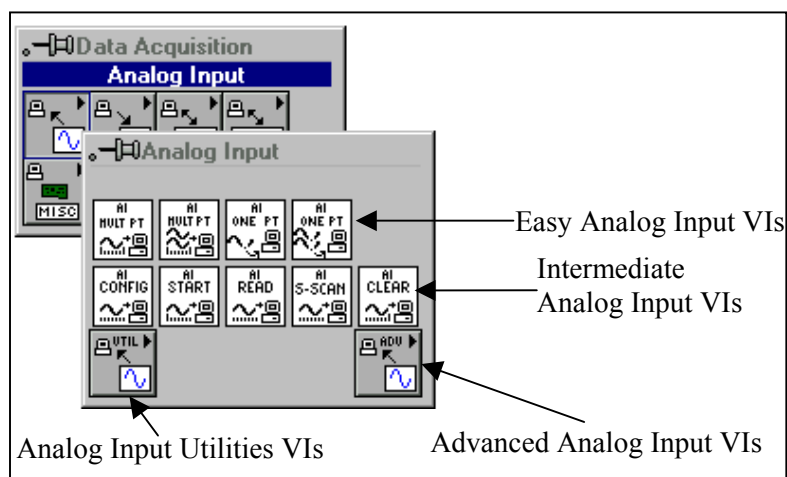


Fig. 5.42. Biblioteca *Analog Input*

Instrumentele de nivel intermediar pentru intrări analogice se pot găsi în biblioteca *Intermediate Analog Input VIs*. Aceste instrumente sunt construite pe baza instrumentelor fundamentale din *Advanced Analog Input VIs*. Instrumentele de nivel intermediar sunt flexibile în utilizare, asigurând în același timp majoritatea facilităților instrumentelor avansate.

Instrumentele din *Analog Input Utilities VIs* sunt bazate pe instrumentele de nivel intermediar și oferă soluții simple pentru situațiile uzuale de folosire a intrărilor analogice.

Instrumentele avansate pentru achiziția intrărilor analogice sunt grupate în *Advanced Analog Input VIs*. Aceste instrumente constituie interfața între software-ul de aplicație LabVIEW și driverele NI-DAQ, fiind la baza celorlalte instrumente din meniul *Analog Input*.

Atunci când se dorește realizarea unei aplicații pentru achiziția de date analogice trebuie ordonate instrumentele virtuale într-o secvență logică care conține etape de configurare a plăcii, de lansare a achiziției, de citire a datelor și de ștergere a acestora, secvență prezentată în Fig. 5.43. Această secvență poate fi realizată prin utilizarea unor VI-uri de nivel intermediar, așa cum apar în Fig. 5.43, sau etapele din secvență pot fi executate de un singur VI, cum ar fi de exemplu VI-uri din biblioteca *Analog Input Utilities VIs*.

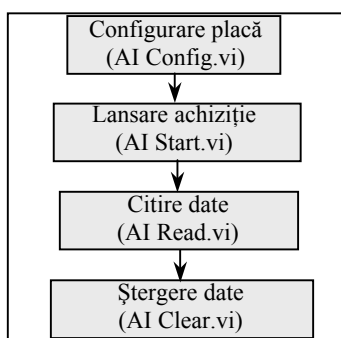


Fig. 5.43. Secvența VI-urilor pentru achiziția de date analogice

În continuare vor fi descrise câteva VI-uri utile pentru achiziția de date analogice, și anume patru instrumente de nivel intermediar din *Intermediate Analog Input VIs* și două instrumente din *Analog Input Utilities VIs*. Instrumentele de achiziție au numeroși parametri de intrare care permit realizarea unor aplicații precise. În multe cazuri acești parametri au valori ce corespund unei utilizări clasice ale funcției. Diferența dintre *parametrii primari* ai instrumentului și *parametrii secundari* este vizualizată pe fereastra de ajutor (*help*) prin grosimea caracterelor. Parametrii primari (cei mai importanți) apar îngroșați. Valorile implicite ale parametrilor (*default*) apar între paranteze. În Fig. 5.44 – 5.47 sunt prezentate instrumentele intermediare *AI Config.vi*, *AI Start.vi*, *AI Read.vi* și *AI Clear.vi*, cu terminalele de intrare și de ieșire corespunzătoare. Se observă o serie de terminale care apar la toate instrumentele virtuale din figurile precizate. În Tabelul 5.3 sunt descrise pe scurt terminalele comune, cu mențiunea că fiecare VI poate avea terminale de intrare și ieșire specifice a căror semnificație se desprinde fie din context fie se poate afla apelând la sistemul de *help*.

AI Config.vi realizează configurarea unei operațiuni de intrare analogică pentru un set de canale de intrare specificat, prin configurarea hardware-ului și alocarea unei memorii tampon (buffer) pentru datele analogice.

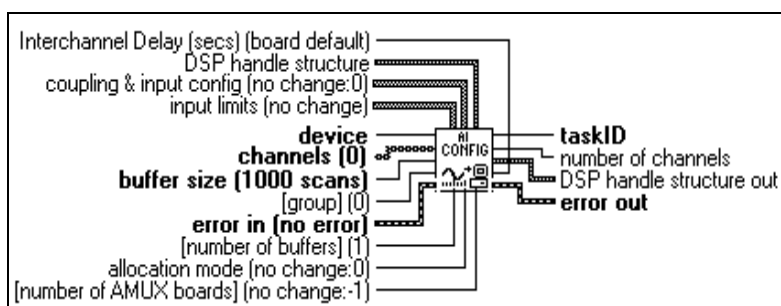


Fig. 5.44. Instrumentul *AI Config.vi*

AI Start.vi setează frecvența de eșantionare, numărul de achiziții care se vor efectua, condițiile de sincronizare (trigger), după care startează achiziția de date analogice.

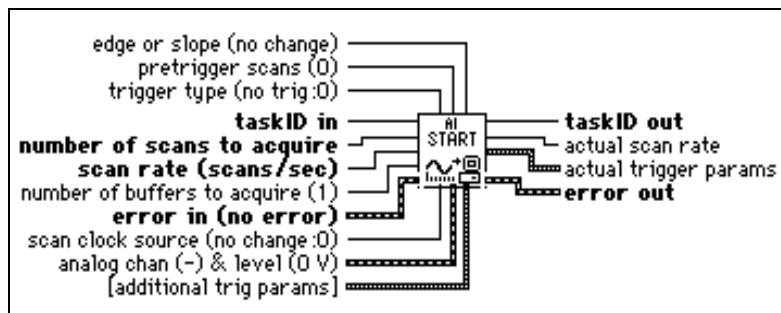


Fig. 5.45. Instrumentul *AI Start.vi*

AI Read.vi citește datele achiziționate din memoria tampon.

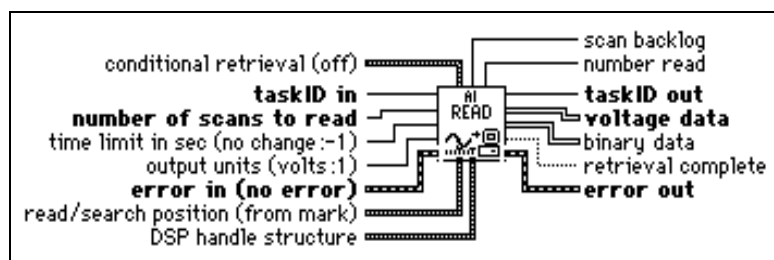


Fig. 5.46. Instrumentul *AI Read.vi*

AI Clear.vi șterge task-ul de intrare analogică asociat cu *taskID in*.

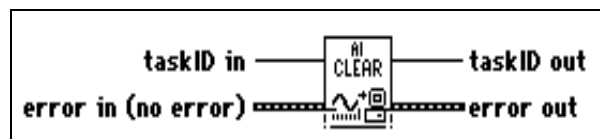


Fig. 5.47. Instrumentul *AI Clear.vi*

Tabelul 5.3

| Denumire terminal | Descriere |
|-----------------------------------|--|
| <i>device</i> | numărul conectorului plăcii de achiziții de date. Pentru o singură placă AT-MIO, <i>device</i> = 1 |
| <i>channels (0)</i> | descrie canalele de intrare utilizate. Implicit are valoarea 0 |
| <i>task ID in</i> | identifică grupul și tipul operației I/O |
| <i>task ID out</i> | are aceeași valoare ca <i>task ID in</i> |
| <i>error in (no error)</i> | descrie erorile care apar înainte de execuția VI-ului respectiv. Dacă a apărut o eroare, VI-ul returnează valoarea erorii într-un cluster în <i>error out</i> . Implicit are valoarea "no error" |
| <i>error out</i> | conține informația despre erori. În cazul în care clusterul <i>error in</i> indică o eroare, clusterul <i>error out</i> va conține aceeași informație. Dacă nu, <i>error out</i> descrie erorile apărute la execuția VI-ului respectiv |
| <i>buffer size (1000 scans)</i> | mărimea memoriei tampon alocată pentru stocarea eșantioanelor (implicit 1000) |
| <i>number of scans to acquire</i> | numărul de citiri care se efectuează (implicit 1000) |
| <i>scan rate (scan/sec)</i> | frecvența de achiziție (1000 de scanări pe secundă în lipsa precizării). Este echivalentă cu frecvența de eșantionare pe canalul respectiv |
| <i>voltage data</i> | Este un tablou (o matrice) care conține datele analogice achiziționate |

În Fig. 5.48 și Fig. 5.49 sunt prezentate instrumentele *AI Waveform Scan.vi* și *AI Continuous Scan.vi* din sub-biblioteca *Analog Input Utilities VIs*, o parte din terminalele de intrare și de ieșire fiind descrise în Tabelul 5.3.

AI Waveform Scan.vi realizează numărul specificat de achiziții (scanări) la frecvența de eșantionare specificată și returnează toate datele achiziționate. Achiziția poate fi sincronizată.

AI Continuous Scan.vi realizează măsurarea în mod continuu (dar eșantionată în timp) a unui grup de canale, stochează datele într-un buffer circular și returnează un număr specificat de date măsurate la fiecare apelare a VI-ului.

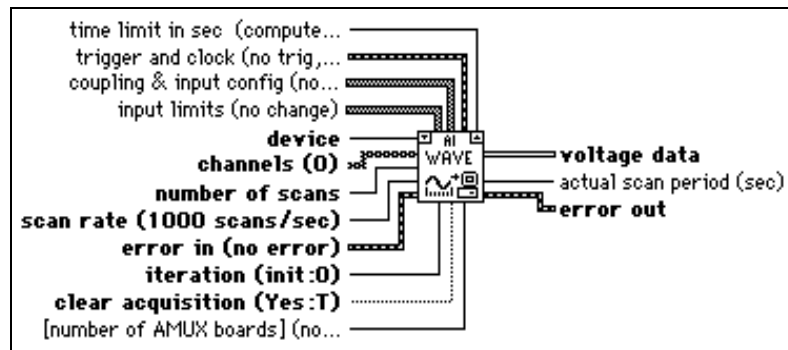


Fig. 5.48. Instrumentul *AI Waveform Scan.vi*

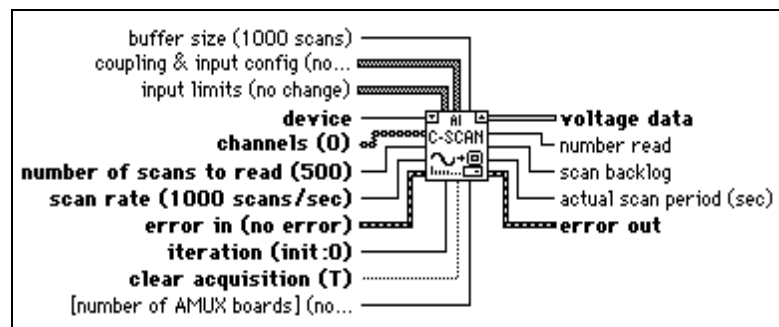


Fig. 5.49. Instrumentul *AI Continuous Scan.vi*

Dacă se urmărește achiziția multi-punct a unui set de date analogice (limitat prin memoria tampon) se pot utiliza cele patru instrumente intermediare prezentate mai sus, secvențiate ca în Fig. 5.43, sau se poate utiliza un singur instrument virtual complet, de tip *AI Waveform Scan.vi* sau *AI Continuous Scan.vi*. În Fig. 5.50 este prezentată fereastra diagramă în cazul achiziției unor date analogice utilizând cele patru VI-uri intermediare prezentate anterior, conform secvenței din Fig. 5.43 (se poate analiza pentru rulare – în prezența unei plăci de achiziție – și pentru informații suplimentare exemplul *Getting Started Analog Input.vi* din directorul *Examples* al LabVIEW). Se observă că doar o parte din terminalele de intrare și de ieșire ale instrumentelor virtuale sunt utilizate, restul fiind lăsate la valorile lor implicite. Datele analogice achiziționate sunt afișate cu ajutorul unui indicator grafic de tip *Waveform Graph*, cu opțiunea *Transpose Array* activată, fiind posibilă vizualizarea datelor primite de la mai multe canale (plotare multiplă).

O aplicație similară cu cea din Fig. 5.50, dar în care se utilizează un instrument virtual *AI Waveform Scan.vi*, este prezentată în Fig. 5.51.

Programele prezentate permit achiziția multi-punct a unui set de date de o anumită lungime, după care achiziția se oprește. Dacă se dorește o achiziție în mod continuu a datelor analogice, este necesară folosirea unui instrument virtual de repetare, cum ar fi bucla *While*. Se pot utiliza VI-urile intermediare sau VI-uri de tipul *AI Waveform Scan.vi* sau *AI Continuous Scan.vi*. Un exemplu de program care realizează achiziția repetată a unor date analogice, construit în jurul unui instrument *AI Continuous Scan.vi* este prezentat în Fig. 5.52. Terminalul de iterație al buclei *While* este legat la terminalul de iterație al VI-ului de achiziție. Achiziția este oprită la apăsarea butonului Stop sau la apariția unei erori. Condiția booleană de terminare a achiziției este de asemenea conectată la terminalul *clear acquisition* al VI-ului (astfel încât să fie *true* la ultima iterație).

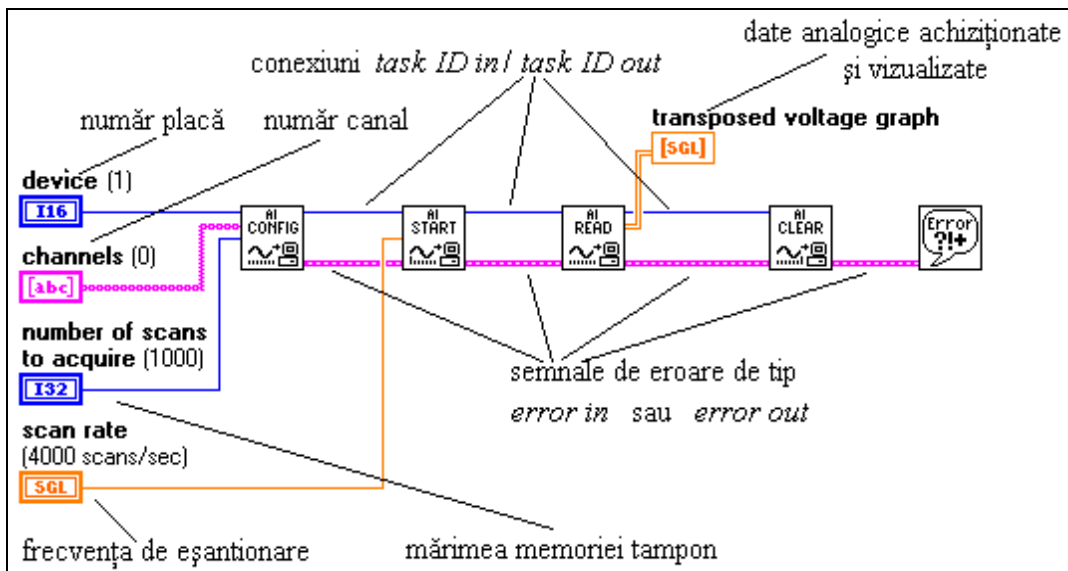


Fig. 5.50. Achiziția de date analogice cu VI-uri de nivel intermediar

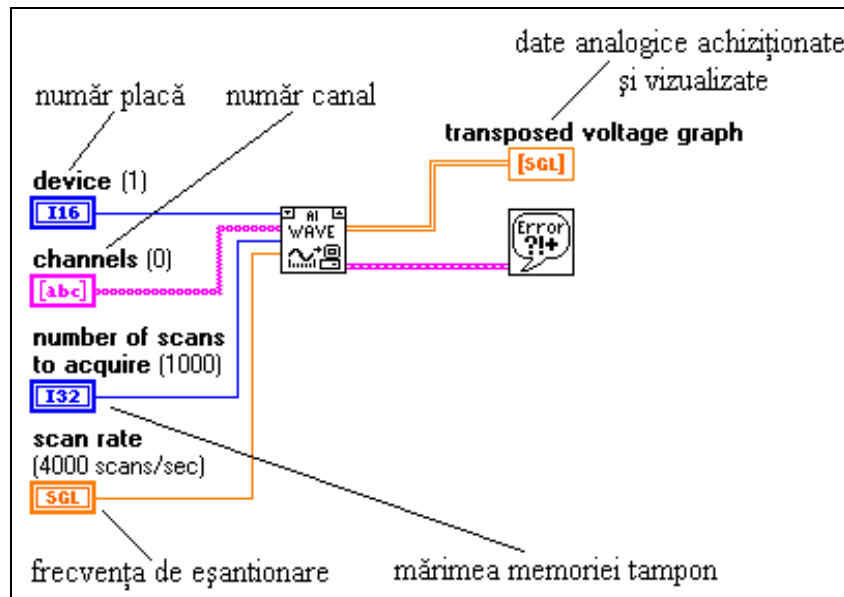


Fig. 5.51. Achiziția de date analogice cu AI Waveform Scan.vi

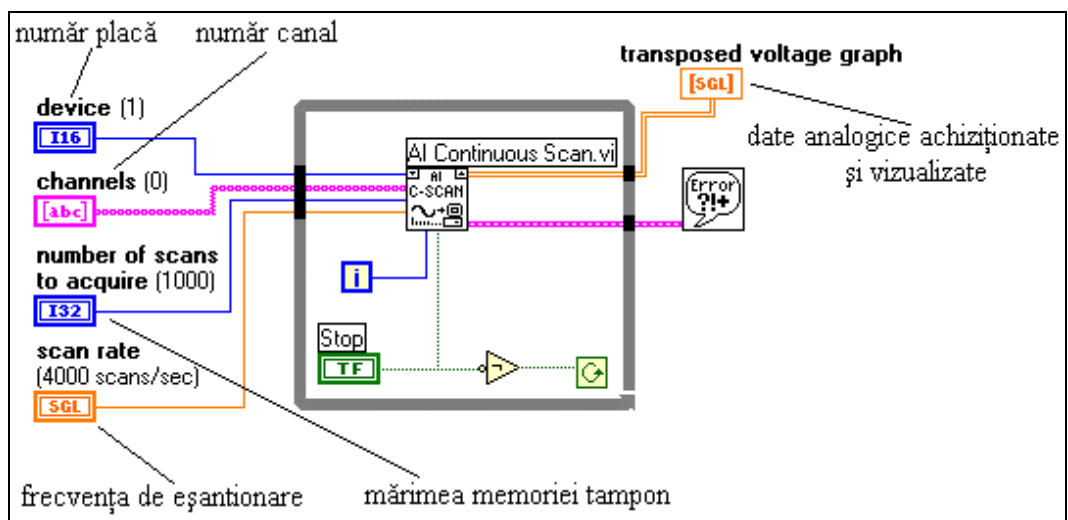


Fig. 5.52. Achiziția în mod continuu cu AI Continuous Scan.vi

5.6.3. Placa de achiziție MultiQ-PCI (Quanser Consulting)

Placa de achiziție MultiQ-PCI este o placă multifuncțională I/O de tip *plug and play*, pe magistrală PCI (32 biți, 33 MHz), realizată de firma *Quanser Consulting* din Canada. Gestionarea intrărilor și ieșirilor analogice și numerice, precum și a funcțiilor generale se face sub controlul softului de timp real WinCon al aceleiași firme, care lucrează cu Matlab/Simulink sub Windows. Placa poate fi gestionată și sub Linux, sub controlul pachetului software Simulinux Real-Time Control, asociat cu MATLAB/SIMULINK. Atât WinCon, cât și Simulinux Real-Time Control furnizează driverele necesare plăcii, iar MATLAB/SIMULINK are rolul software-ului de achiziție.

Placa de achiziție MultiQ-PCI include următoarele funcții:

- 16 canale de intrări analogice diferențiale (din care primele 8 se pot configura single-ended), cu rezoluție de 14 biți (16 biți incluzând semnul), cu domenii posibile $-5V \div 5V$, $-10 \div 10V$;
- 4 canale de ieșiri analogice cu rezoluție de 13 biți (14 biți incluzând semnul), domeniu $-10 \div 10V$;
- 48 de canale numerice I/O;
- 6 numărătoare pe 24 de biți, grupate în 3 perechi (care oferă și posibilitatea conectării plăcii la traductoare incrementale – *encodere*);
- ceas *watchdog* pentru controlul magistralei PCI

În Fig. 5.53 este prezentată placa de achiziție MultiQ-PCI propriu-zisă, cu vizualizarea conectorilor de cuplare (prin cabluri panglică) la placa-terminal, care este situată în exteriorul calculatorului și care permite conectarea cu intrările/ieșirile numerice și analogice (schema plăcii-terminal este prezentată în Fig. 5.54).

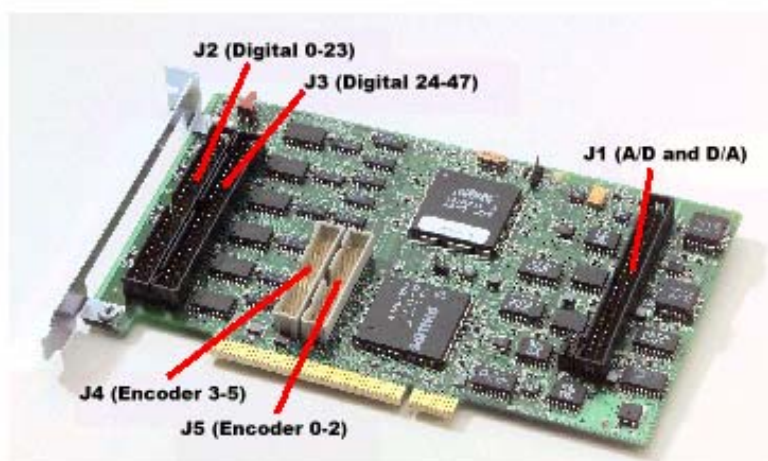


Fig. 5.53. Placa de achiziție MultiQ-PCI

Schema bloc a plăcii de achiziție MultiQ-PCI, cu evidențierea funcțiilor și blocurilor de bază, este prezentată în Fig. 5.55. Placa este împărțită din punct de vedere funcțional în cinci blocuri componente: numărătoare, intrări/ieșiri numerice, blocul de conversie analog-numerică (intrări analogice), blocul de conversie numeric-analogică (ieșiri analogice) și circuitul *watchdog*.

Intrări analogice

Placa are 16 canale de intrări analogice diferențiale, cu posibilitatea de configurare a fiecăruia dintre ele la $-5V \div 5V$ sau la $-10 \div 10V$, furnizând o valoare pe 16 biți (inclusiv semnul). Primele 8 canale pot fi configurate ca intrări diferențiale sau ca intrări single-ended (prin conectarea corespunzătoare a unor jumpere pe placa-terminal). Ultimele 8 canale pot fi configurate doar ca intrări diferențiale. Pe placa-terminal există și opțiunea conectării unor filtre analogice trece-jos (anti-aliasing).

Timpul necesar conversiei analog-numerică este de $(17 + 23 \cdot n) \mu \text{sec}$, unde n este numărul de canale scanate.

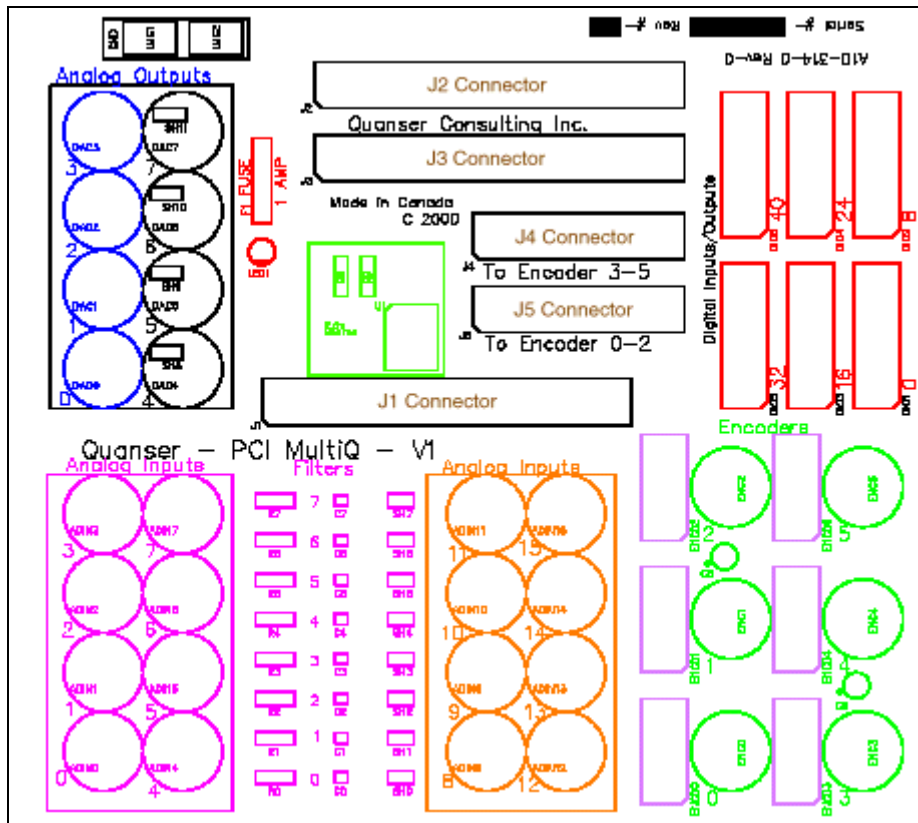


Fig. 5.54. Schema plăcii-terminal

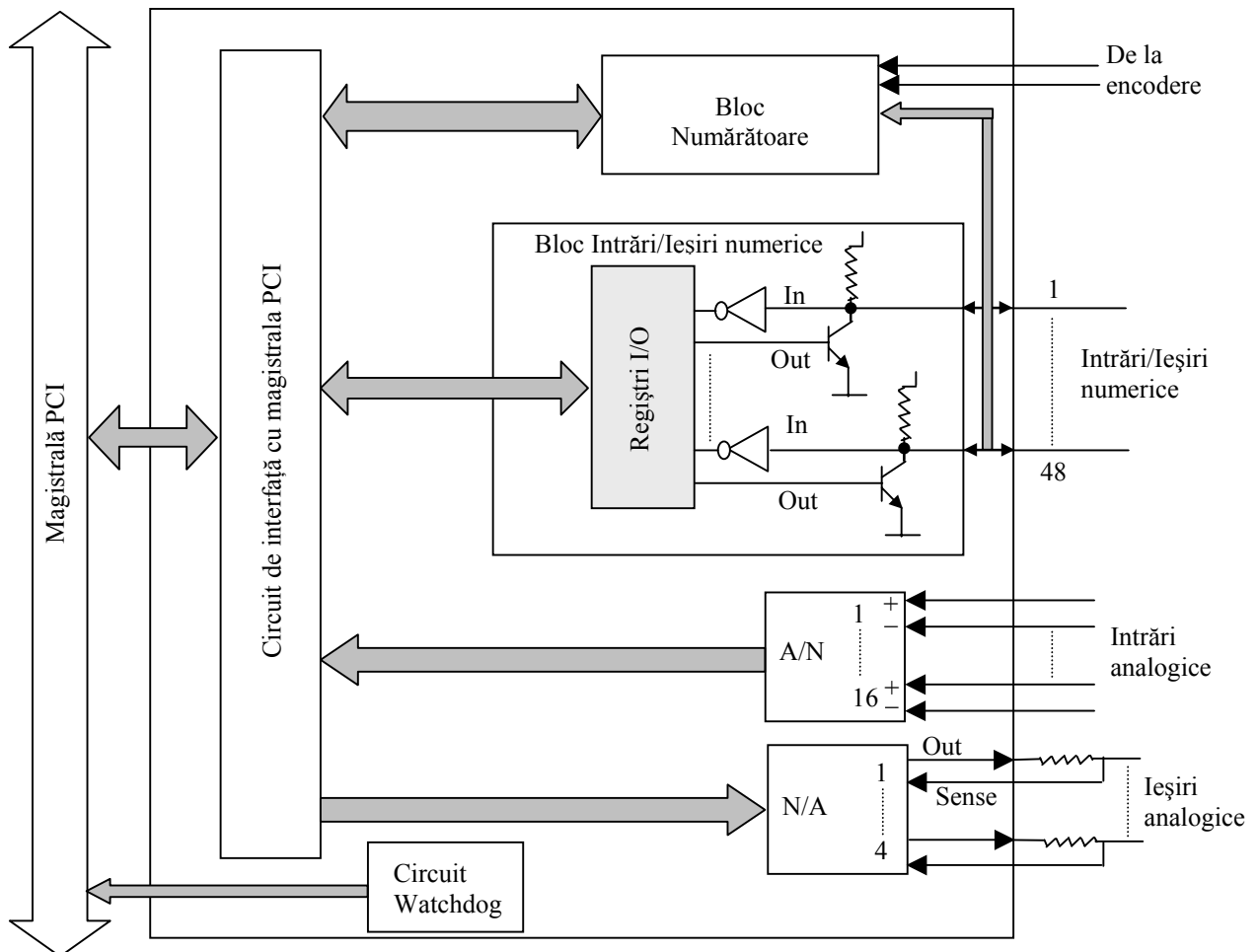


Fig. 5.55. Schema bloc a plăcii de achiziție MultiQ-PCI

Ieșiri analogice

Placa MultiQ-PCI este prevăzută cu 4 ieșiri analogice, în domeniul $-10\div 10V$. Rezoluția este de 13 biți (14 biți cu bitul de semn). Timpul necesar conversiei numeric-analogice pe un canal este de $17\ \mu\text{sec}$.

Intrări/Ieșiri numerice

Placa de achiziție conține 48 de canale de intrări/ieșiri numerice. Dintre acestea, 40 de canale oferă detecție de front și întreruperi la detecția frontului (coborâtor sau crescător). Ultimele 8 canale I/O numerice sunt simple. Fiecare dintre cele 48 de canale numerice poate funcționa ca intrare sau ca ieșire. Pentru scriere sunt utilizați 3 regiștri pe 16 biți, iar pentru citire alți trei regiștri pe 16 biți.

Numărătoare

Placa este prevăzută cu 6 numărătoare pe 24 de biți, grupate în trei perechi. Numărătoarele pot fi utilizate individual (stand-alone) sau în pereche, în acest caz formând un numărător pe 48 de biți. Fiecare numărător poate fi folosit la diverse sarcini:

- pentru a contoriza impulsurile care provin de la encodere – traductoare numerice incrementale de poziție (pe placa-terminal sunt prevăzute 6 intrări pentru encodere, în mod diferențial sau single-ended);
- pentru furnizarea unor semnale de ceas (generare interval de timp);
- pentru funcții generale de numărare, măsurarea frecvenței etc.

Circuitul watchdog

Placa de achiziție conține un circuit care furnizează un semnal de ceas de tip watchdog. Atunci când din diverse motive controllerul master de magistrală pierde controlul asupra magistralei PCI, semnalul watchdog al plăcii este utilizat pentru reluarea controlului asupra magistralei.

Descrierea generală a software-ului WinCon

WinCon este o aplicație de timp real care rulează controllere SIMULINK în timp real sub sistemul de operare Windows. Structural, WinCon este alcătuit din două părți distincte: *WinCon Client* și *WinCon Server*, care comunică prin intermediul unui protocol TCP/IP. WinCon Client rulează în timp real, în timp ce WinCon Server este o interfață grafică separată, care rulează în mod utilizator.

WinCon permite rularea unui cod generat dintr-o diagramă SIMULINK, în timp real, pe același calculator sau pe un calculator aflat la distanță (și conectat prin rețea sau Internet la calculatorul Server). Datele ce provin din aplicația de timp real pot fi vizualizate on-line prin intermediul interfeței, iar parametrii modelului pot fi modificați on-line prin intermediul WinCon sau SIMULINK. O dată generat (în mod automat), codul de timp real este independent de SIMULINK (este portabil).

Configurațiile posibile de utilizare a plăcilor MultiQ-PCI cu softul WinCon și MATLAB/SIMULINK sunt prezentate în continuare. Configurația locală este cea din Fig. 5.56 și presupune utilizarea unui singur calculator în care este instalată placa MultiQ-PCI și softul WinCon (atât Client cât și Server), împreună cu celelalte pachete software necesare.

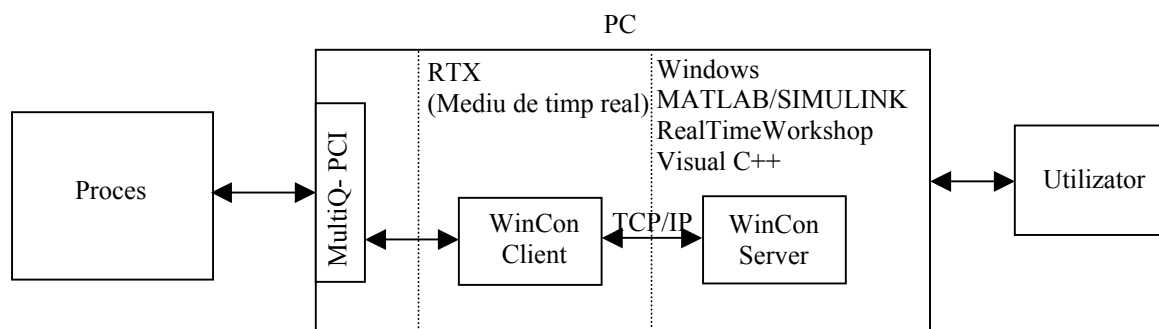


Fig. 5.56. Configurația locală de utilizare a aplicației de timp real WinCon (un singur calculator)

Spre deosebire de configurația locală, în configurațiile la distanță, de tip rețea, cu mai multe calculatoare, WinCon Client și prin urmare codul de timp real rulează pe o altă platformă (calculator) decât SIMULINK și WinCon Server (adică interfața utilizator). O configurație minimală de aplicație la distanță este prezentată în Fig. 5.57 și utilizează 2 calculatoare.

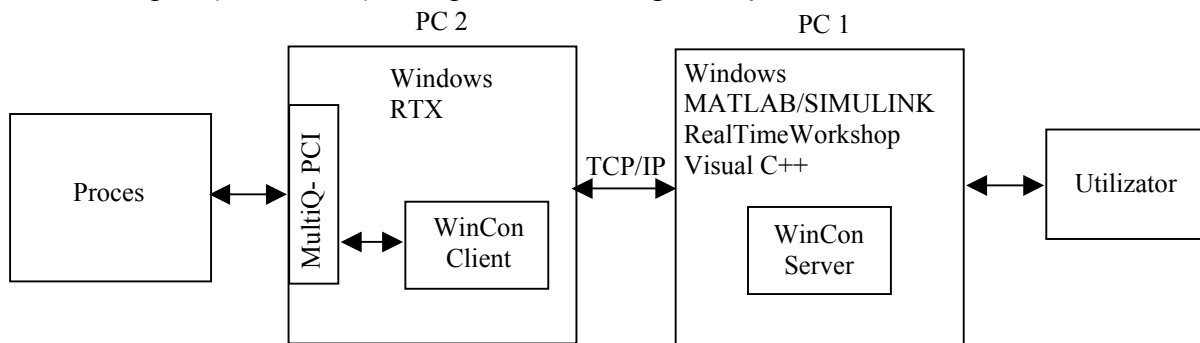


Fig. 5.57. Utilizarea WinCon într-o configurație cu două calculatoare

Cea mai generală configurație de tip rețea este cea din Fig. 5.58, în care sunt utilizate N calculatoare care controlează și achiziționează date de la N-1 procese. Pentru această configurație sunt necesare N-1 plăci MultiQ-PCI. Comunicațiile între calculatoare sunt realizate prin intermediul unei rețele (care poate fi locală, Internet, Intranet). Avantajul acestor ultime două configurații constă în eliberarea de alte sarcini a calculatoarelor Client.

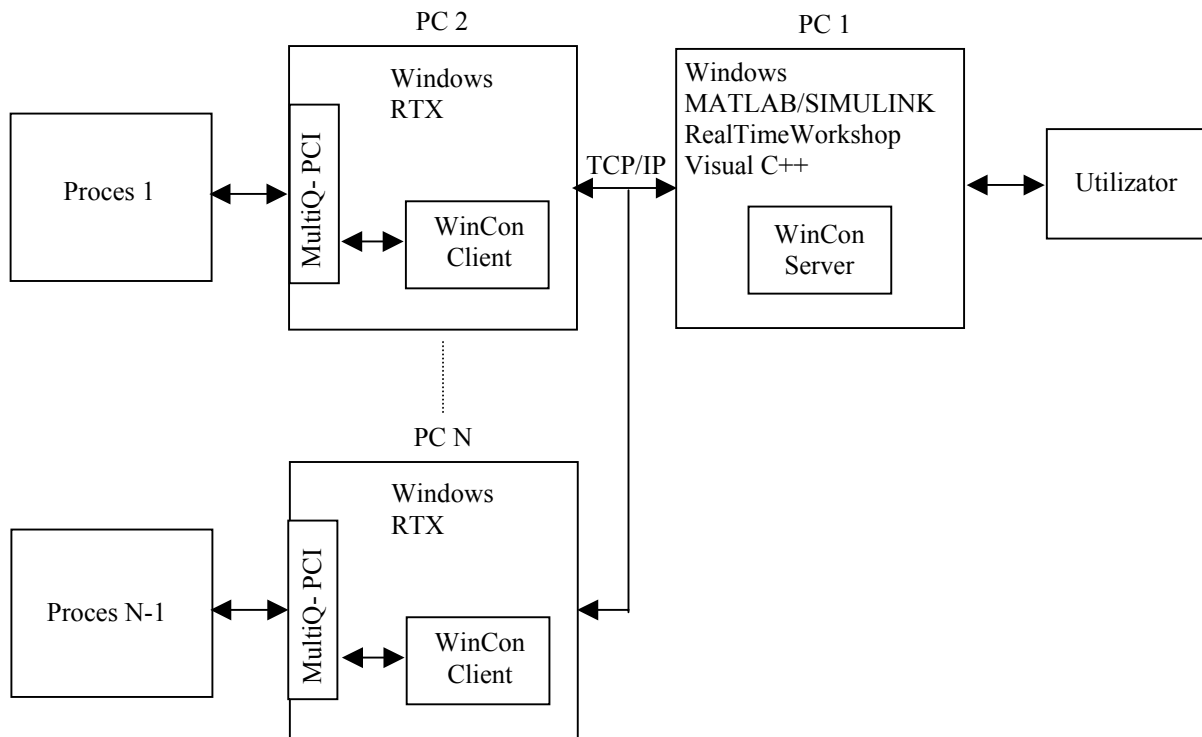


Fig. 5.58. Configurație de tip rețea multi-calculator

Pentru interfațarea corectă a plăcii MultiQ-PCI cu aplicațiile WinCon sau Simulinux, producătorul sistemului de achiziție furnizează și o serie de blocuri SIMULINK, care joacă rolul softului de achiziție. Aceste blocuri sunt grupate în *Quanser Toolbox/ SIMULINK*, care conține biblioteci pentru diferite plăci Quanser, printre care și *MultiQ-PCI Library*. Din această bibliotecă se pot accesa și utiliza block-seturi pentru intrări analogice, ieșiri analogice, intrări/ieșiri numerice, intrări de la encodere, watchdog timer etc., similare instrumentelor virtuale din LabVIEW pentru produsele NI. Prin utilizarea acestor blocuri și a procedurilor *drag and drop* specifice SIMULINK, realizarea unui model (diagramă) pentru o aplicație de achiziție și conducere în SIMULINK este o sarcină relativ ușoară. După realizarea diagramei, aceasta este convertită în cod de timp real prin RealTimeWorkshop/WinCon și poate fi rulată, în funcție de configurația existentă.