

5.2. INTRĂRI ANALOGICE

5.2.1. Tipuri de semnale și de surse de semnal

Din punct de vedere al achiziției de date, semnalele analogice pot fi clasificate în trei categorii: semnale cu variație lentă în timp (de tip c.c.), semnale cu variație rapidă în timp, semnale în domeniul frecvență (Fig. 5.8).

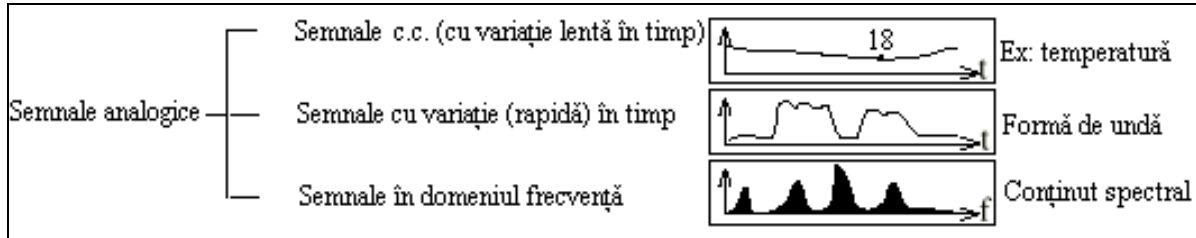


Fig. 5.8. Tipuri de semnale

O dată încadrat semnalul analogic în una din categoriile de mai sus, pentru a putea realiza achiziția de date trebuie definite suplimentar câteva caracteristici ale semnalului, cum ar fi modul de raportare a semnalului la masă sau viteza de variație în timp.

Un semnal de tip c.c. poate fi considerat un semnal lent variabil în timp, care poate fi măsurat prin achiziția unui singur punct. Totuși, dacă peste semnalul de tip c.c. este suprapus un zgomot (care poate fi rapid variabil în timp), trebuie luate anumite măsuri de precauție pentru ca rezultatul achiziției să nu fie viciat. În cazul semnalelor rapid variabile în timp sau al celor din domeniul frecvență, se folosește achiziția mai multor puncte cu o frecvență de eșantionare (rată de scanare sau de citire) mare. Frecvența de eșantionare determină cât de des este realizată conversia analog-numerică. Cu cât această frecvență de citire este mai mare, cu atât este posibilă achiziția mai multor puncte (eșantioane) într-un interval de timp dat și prin urmare se obține o mai bună reprezentare a semnalului original. Conform teoremei lui Nyquist, frecvența de eșantionare trebuie să fie de cel puțin două ori mai mare decât frecvența maximă a componentelor semnalului care este eșantionat, dar practic trebuie aleasă o frecvență de eșantionare mult mai mare (frecvența Nyquist este suficientă pentru păstrarea informației frecvențiale despre semnalul original, dar este insuficientă pentru reconstituirea cu precizie a formei semnalului original în domeniul timp).

Sursele de semnal analogic sunt de două tipuri: raportate (referite) sau ne-raportate la masă, denumite și surse flotante.

Surse de semnal flotante (floating signal source)

O sursă de semnal flotantă este o sursă care nu este conectată la sistemul de împământare sau de masă al clădirii (sursa flotantă poate avea însă un punct de masă izolat) – Fig. 5.9.

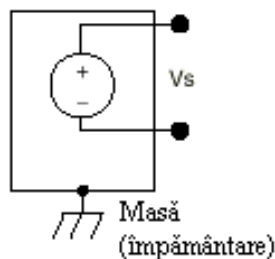


Fig. 5.9. Sursă de semnal flotantă

Sursele flotante sunt fie surse de tip autonom, care nu sunt raportate la masă sau pământ, fie surse cu izolare care sunt caracterizate de existența unei izolări galvanice între punctele de măsurare și rețea (deci izolate față de împământarea sau masa rețelei).

Exemple reprezentative de surse autonome sunt traductoarele generatoare (care nu sunt împământate): termocupluri, traductoare electrochimice, piezoelectrice etc. și sursele cu alimentare autonomă (de tip baterie, nealimentate din rețea).

Exemple de surse cu izolare tipice sunt transformatoarele de tensiune, generatoarele de semnal cu alimentare de la rețea prin transformator și sursă de alimentare etc.

Masa de referință a unui semnal flotant trebuie să fie legată la intrarea analogică de masă a plăcii de achiziție, pentru a stabili o referință pe placă pentru semnal. În caz contrar, semnalul de intrare măsurat apare ca flotant (variază).

Surse de semnal raportate la masă (ground-referenced signal source)

O sursă de semnal raportată la masă (cu referința la masă) este o sursă conectată într-un fel la sistemul de masă sau împământare al clădirii și este prin urmare conectată deja la un punct comun de masă în raport cu placa de achiziție, presupunând că sistemul de calcul este alimentat de la același sistem de alimentare (Fig. 5.10).

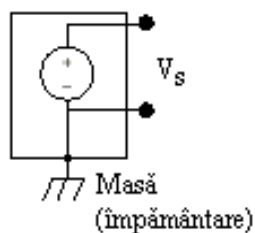


Fig. 5.10. Sursă de semnal raportată la masă

Sursele de semnal raportate la masă pot fi clasificate la rândul lor în surse diferențiale și surse asimetrice.

Sursele diferențiale furnizează un semnal de tip tensiune prin diferența tensiunilor de ieșire ale unor surse echivalente, care, raportate la masă sau împământare, controlează potențialele punctelor de măsurare. Exemple tipice sunt punțile tensometrice și schemele de măsurare a curentului unor consumatori alimentați în c.c.

Sursele asimetrice (single-ended) au unul din punctele de măsurare conectat la masă sau la împământare. Surse asimetrice sunt de exemplu consumatorii industriali pentru care se măsoară tensiunea la borne și termocuplurile cu împământare (prin obiectul a cărui temperatură se măsoară).

Prin urmare, în categoria semnalelor provenite de la sursele raportate la masă intră ieșirile neizolate ale instrumentelor și dispozitivelor care sunt alimentate de la rețeaua clădirii, aceeași cu cea care alimentează sistemul calculator-placă.

Diferența de potențial între punctele de masă a două instrumente conectate la aceeași rețea este tipic între 1mV și 100mV, dar poate fi mult mai mare dacă circuitele de distribuire a puterii nu sunt realizate corect. Dacă semnalul provenit de la sursa raportată la masă este măsurat incorect, această diferență între punctele de masă apare ca o eroare de măsurare. Pentru a evita apariția erorilor, trebuie eliminate diferențele de potențial de masă, prin respectarea instrucțiunilor de conectare.

5.2.2. Configurarea intrărilor analogice

După definirea tipului de semnal analogic care va fi achiziționat și după determinarea tipului sursei care furnizează semnalul respectiv, trebuie realizată o configurare a circuitului intrărilor analogice ale plăcii de achiziție. Configurarea intrărilor analogice constă în setarea corespunzătoare a polarității, domeniului de intrare și a tipului intrărilor analogice.

Polaritatea și domeniul de intrare

Plăcile de achiziție oferă de regulă două posibilități pentru polaritatea intrărilor analogice: *intrare unipolară* și *intrare bipolară*. Intrarea unipolară presupune un domeniu de intrare între 0 și V_{ref} , unde V_{ref} este o tensiune de referință pozitivă. Intrarea bipolară presupune că acest domeniu

este între $-V_{ref}$ și $+V_{ref}$. Selectarea polarității și a domeniului de intrare se poate realiza prin poziționarea unor jumpere sau prin software, în funcție de tehnologia de realizare a hardware-ului de achiziție.

Selectarea polarității sau gamei domeniului semnalului de intrare se face în funcție de domeniul și polaritatea semnalului efectiv care se conectează la intrările analogice ale plăcii. Un domeniu de intrare mai larg poate face posibilă conectarea la semnale cu variație mai mare dar se sacrifică rezoluția (precizia). Folosind un domeniu de intrare mai îngust se crește precizia conversiei analog-numerice, în schimb semnalul de intrare poate ieși din domeniu, rezultând măsurări imprecise.

De exemplu, dacă semnalul de intrare este garantat că nu va fi negativ (va fi deci peste 0 V), o intrare unipolară este potrivită. Dacă semnalul poate fi negativ atunci citirea va fi eronată și este recomandată în acest caz intrarea bipolară.

Pentru a putea crește flexibilitatea utilizării hardware-ului, majoritatea plăcilor de achiziție utilizează amplificări programabile software. De exemplu, placa de achiziții AT-MIO-16H (National Instruments) are amplificări programabile de 1, 2, 4, 8 și se pretează la semnale de nivel înalt. Placa AT-MIO-16L (National Instruments) are amplificări programabile de 1, 10, 100 și 500 și este proiectată să măsoare semnale de nivel scăzut.

Cu amplificarea setată în mod adecvat, întreaga rezoluție a CAN-ului de pe placa de achiziție poate fi folosită pentru măsurarea cât mai precisă a semnalului de intrare.

Pentru exemplificare, în Tabelul 5.1 sunt prezentate domeniile generale de intrare, precizia atinsă și amplificarea obținută pentru placa AT-MIO-16H. Precizia de măsurare depinde de rezoluția CAN-ului utilizat (la placa AT-MIO-16 rezoluția CAN-ului este de 12 biți).

Tabelul 5.1. Domeniul efectiv de intrare și precizia de măsurare în funcție de domeniul de intrare și de amplificare

Domeniul de intrare	Amplificarea	Domeniul efectiv de intrare	Precizia
0...10 V	1	0...10 V	2,44 mV
	2	0...5 V	1,22 mV
	4	0...2,5 V	610 μ V
	8	0...1,25 V	305 μ V
-5...+5 V	1	-5...5 V	2,44 mV
	2	-2,5...+2,5 V	1,22 mV
	4	-1,25...+1,25 V	610 μ V
	8	-0,625...+0,625 V	305 μ V
-10...+10 V	1	-10...+10 V	4,88 mV
	2	-5...+5 V	2,44 mV
	4	-2,5...+2,5 V	1,22 mV
	8	-1,25...+1,25 V	610 μ V

Tipurile intrărilor analogice

După setarea corespunzătoare a polarității și domeniului de intrare, semnalul care trebuie măsurat poate fi conectat la hardware-ul de achiziție. Pentru majoritatea plăcilor de achiziție, există trei tipuri de configurare a circuitului de intrare analogică: intrare diferențială (DIFF – *Differential input*), intrare asimetrică (single-ended) cu referință (RSE – *Referenced Single-Ended input*) și intrare asimetrică fără referință (NRSE – *NonReferenced Single-Ended input*).

Tipul configurației de intrare se alege în funcție de tipul sursei de semnal analogic, precum și în funcție de alte considerații cum ar fi lungimea cablurilor de legătură și nivelul semnalului. Tabelul 5.2 cuprinde recomandări pentru alegerea configurațiilor de intrare în funcție de tipul sursei de semnal.

Tabelul 5.2. Configurații de intrare recomandate

Tipul semnalului (sursei de semnal)	Configurație de intrare recomandată
Raportat la masă (ieșiri neizolate, instrumente puse în aceeași priză)	DIFF NRSE
Flotant (baterii, termocupluri, ieșiri izolate)	DIFF cu punte de rezistoare RSE

Configurația de tip diferențial

Conexiunea diferențială este aceea în care fiecare semnal analogic de intrare are propriul semnal de referință sau propria cale de întoarcere a semnalului. Fiecare semnal de intrare este legat la intrarea pozitivă a amplificatorului de instrumentație de pe placă, iar referința (returul) fiecărui semnal de intrare este legată la intrarea negativă a amplificatorului de instrumentație. Semnalele de intrare sunt legate la amplificatorul de instrumentație prin intermediul multiplexorului de pe placă. Fiecare semnal de intrare folosește două din intrările multiplexorului - una pentru semnal și alta pentru referința semnalului. Prin urmare, în cazul configurației diferențiale, semnalul de intrare nu este conectat la masă sau la împământarea sistemului. În Fig. 5.11 este prezentată o configurație de intrare analogică cu 8 canale diferențiale, AIGND fiind masa circuitului de intrări analogice al plăcii.

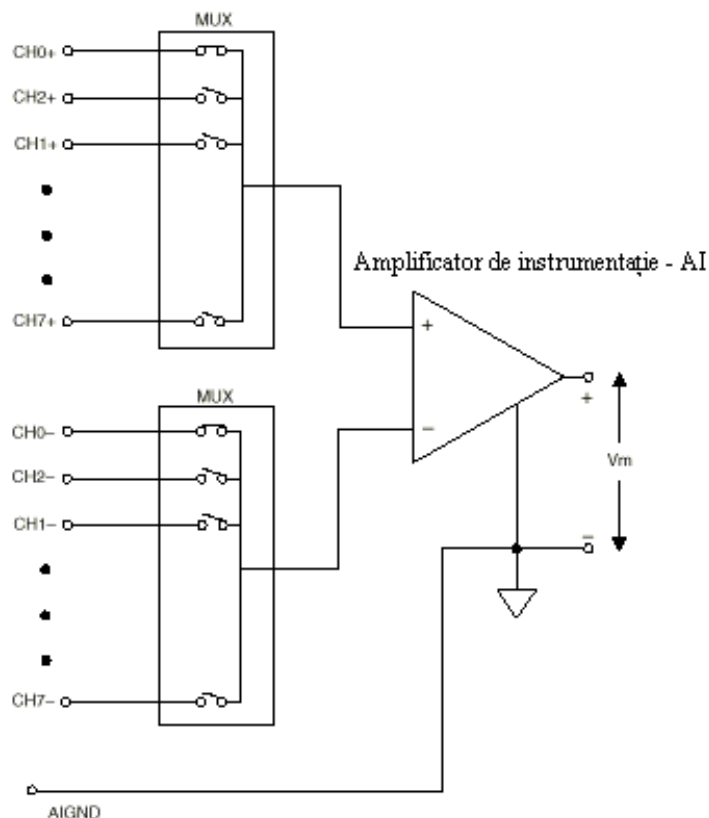


Fig. 5.11. Configurație de intrare analogică diferențială (8 canale)

Utilizarea configurației de intrare diferențiale se recomandă atunci când:

- semnalele de intrare au nivel scăzut (mai mic de 1V);
- cablurile de conectare la placa de achiziție sunt de lungime mare;
- oricare din semnalele de intrare necesită puncte de referință de masă separate;
- cablurile prin care se transmite semnalul traversează medii cu zgomote.

Conexiunile diferențiale permit creșterea rejecției semnalului pe mod comun, rejecția zgomotului și permit variația semnalelor de intrare între limitele de mod comun ale intrării

amplificatorului de instrumentație. Un sistem de măsurare diferențial ideal măsoară doar diferența de potențial dintre intrarea pozitivă și cea negativă. Orice tensiune prezentă la intrarea amplificadorului de instrumentație în raport cu masa este numită tensiune de mod comun, iar sistemul diferențial ideal rejectează complet (nu măsoară) această tensiune de mod comun – a se vedea Fig. 5.12.

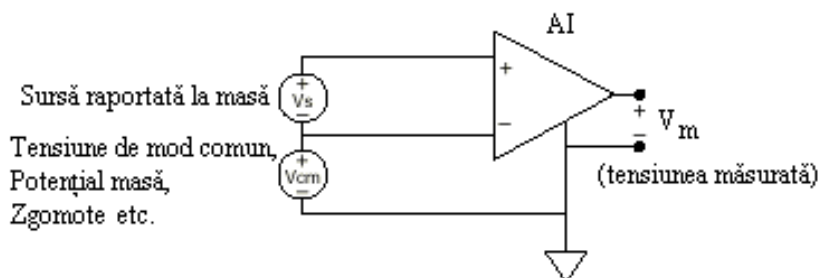


Fig. 5.12.

Configurațiile de tip asimetric

Conexiunile single-ended sunt acelea în care toate semnalele analogice de intrare pe placă sunt referite la o masă comună. Semnalele de intrare sunt legate la intrarea pozitivă a amplificadorului de instrumentație de pe placă, iar punctele lor de masă comune sunt legate la intrarea negativă a amplificadorului de instrumentație.

Utilizarea conexiunilor single-ended este recomandată atunci când:

- semnalele de intrare au nivel mare (mai mare de 1V);
- cablurile de conectare la placa de achiziție au lungime mică și traversează un mediu fără zgomote;
- toate semnalele de intrare au același semnal de referință.

Dacă oricare din precedentele criterii nu poate fi îndeplinit, este recomandată folosirea configurației DIFF.

Configurația RSE – intrare asimetrică cu referință – este folosită pentru surse de semnal flotante; în acest caz placa de achiziție furnizează un punct de masă de referință pentru semnalul extern – Fig. 5.13.

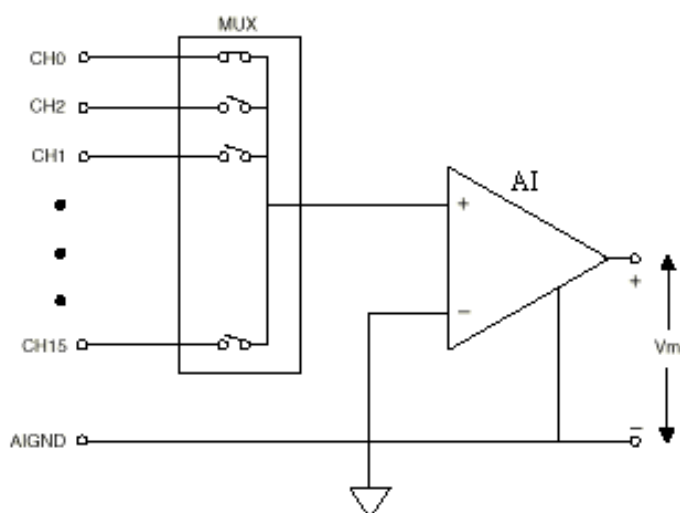


Fig. 5.13. Configurație de intrare analogică RSE (16 canale)

Configurația NRSE – intrare asimetrică fără referință – este folosită pentru surse de semnal raportate la masă (grounded-referenced signal sources); în acest caz, semnalul extern are propriul punct de masă de referință. În Fig. 5.14 este prezentată o configurație de intrare de tip NRSE, în care AISENSE este referința comună pentru măsurători, iar AIGND este masa sistemului. Toate semnalele de intrare (provenind de la surse de semnal raportate la masă) au aceeași referință comună AISENSE.

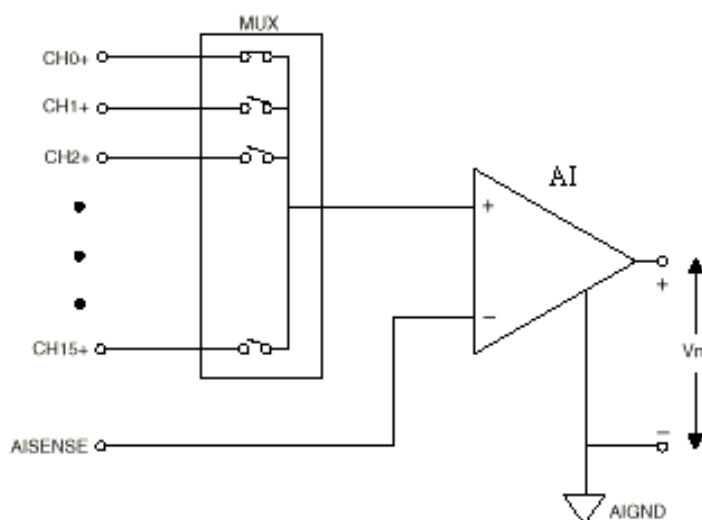


Fig. 5.14. Configurație de intrare NRSE (16 canale)

În concluzie, configurația diferențială este preferabilă pentru că rejectează atât erorile de mod comun cât și zgomotele, dar configurațiile asimetrice permit folosirea unui număr dublu de canale de intrare și sunt acceptabile atunci amplitudinea erorilor este mai mică decât precizia cerută.

5.3. TEHNICI DE ACHIZIȚIE

5.3.1. Achiziții de date mono-canal și multi-canal. Achiziții mono-punct și multi-punct

O placă de achiziție poate realiza achiziții de date pe un singur canal sau pe mai multe canale:

- achiziție mono-canal (*single-channel data acquisition*)
- achiziție multi-canal (*multiple-channel data acquisition*)

În cazul achiziției *mono-canal* se selectează un singur canal de intrare analogică și se setează o singură amplificare (care determină în funcție de domeniul de intrare un domeniu efectiv de intrare – a se vedea subcapitolul de configurare a intrărilor analogice). La fiecare perioadă de eșantionare este realizată o singură conversie analog-numerică pe canalul respectiv.

În cazul achiziției *multi-canal*, placa de achiziție scanează un set de canale de intrări analogice, fiecare cu propria sa amplificare (domeniu efectiv de intrare). În cadrul acestei metode, placa stochează o listă sub forma unei secvențe care precizează canalele analogice care trebuie citite, precum și amplificările setate pentru canalele respective. În timpul citirii, circuitul de intrări analogice realizează câte o conversie analog-numerică pentru fiecare canal analogic (fiecare pereche canal/amplificare) din secvența respectivă. Conversia analog-numerică este realizată o dată la fiecare perioadă de eșantionare. În timpul realizării conversiei analog-numerică curente, placa comută pe canalul analogic următor din secvență, astfel încât achiziția să fie cât mai rapidă. Atunci când s-a ajuns la sfârșitul secvenței, placa așteaptă până la terminarea unui interval de citire înainte de a relua achiziția canalelor din secvență. Canalele sunt citite în mod repetat la începutul fiecărui interval de citire până când numărul de eșantioane precizat de utilizator este achiziționat.

Plăcile de achiziție pot achiziționa date mono-canal sau multi-canal prin utilizarea a două moduri principale de achiziție, în funcție de un eveniment de tip *trigger*, prin care se definește zona de interes din evoluțiile analizate:

- modul *posttrigger*
- modul *pretrigger*

Modul *posttrigger* realizează achiziția unui număr specificat de eșantioane după apariția unui eveniment *trigger*, adică după recepționarea unui semnal *trigger* (de sincronizare). După ce bufferul care stochează datele achiziționate (de lungime specificată de utilizator) este plin, achiziția este stopată.

În cadrul modului *pretrigger* datele sunt achiziționate continuu, înainte și după primirea unui semnal *trigger*. Datele sunt colectate într-un buffer precizat de utilizator până când placa recepționează semnalul *trigger*. După aceasta, sistemul de achiziție va mai colecta un număr specificat de eșantioane după care stopează achiziția. Bufferul este tratat ca un buffer circular, adică după ce întregul buffer este completat, datele sunt stocate de la început prin suprascrierea datelor vechi. La terminarea achiziției, bufferul conține eșantioane dinaintea și după apariția semnalului *trigger*. Numărul de eșantioane salvate în buffer depinde de lungimea acestuia (specificată de utilizator) și de numărul specificat de eșantioane de achiziționat după apariția semnalului *trigger*.

Pe lângă aceste variante principale, în funcție de firmele producătoare de sisteme de achiziție s-au dezvoltat tehnici de achiziție care derivă din acestea, un exemplu fiind modul de achiziție de tip *double-buffered*, dezvoltat de National Instruments, care utilizează o tehnică asemănătoare cu modul *pretrigger*, completând bufferul specificat de utilizator în mod continuu. Spre deosebire de modul *pretrigger*, aici se apelează la un al doilea buffer, care preia datele vechi din primul buffer, înainte ca acestea să fie suprascrise.

Din punct de vedere al numărului de eșantioane achiziționate de către sistemul de achiziție pentru o anumită aplicație, putem avea achiziții mono-punct (*single-point*) și achiziții de puncte multiple (*multi-point*).

De exemplu, o *achiziție a unui singur eșantion*, pe un singur canal (*single-channel single-point*) este o operație de achiziție foarte simplă, care nu utilizează buffere. Software-ul de achiziție citește o singură valoare (un singur eșantion) de la un canal de intrare și furnizează imediat sistemului acea valoare. Un exemplu de astfel de achiziție este monitorizarea periodică a nivelului unui lichid dintr-un rezervor. Traductorul, care convertește nivelul într-o tensiune, este conectat (eventual printr-un circuit de condiționare a semnalului) la unul dintre canalele de intrare analogică ale plăcii de achiziție și se inițiază o achiziție mono-canal mono-punct atunci când se dorește cunoașterea nivelului din rezervor.

Dacă sunt necesare informații mono-punct de la mai multe surse (de exemplu se dorește și cunoașterea temperaturii lichidului din rezervor) se realizează o achiziție mono-punct dar multi-canal (*multiple-channel, single-point*). Software-ul de achiziție va executa o citire a tuturor canalelor de intrare specificate și va furniza câte un eșantion de pe fiecare canal utilizat.

Observație: Achiziția de date se poate realiza sub control software, și atunci tactul necesar controlului vitezei de achiziție este furnizat de către ceasul sistemului de calcul (în acest caz controlul fiind afectat de posibile întreruperi), sau atunci când este necesară o mai mare precizie, achiziția se realizează sub controlul ceasului de pe hardware-ul de achiziție.

Achizițiile multiple de date (*multi-point*) pe un singur canal sau multi-canal se pot realiza fie prin utilizarea unei structuri software repetitive (de tip buclă) a unei achiziții *single-point*, deci fără utilizarea unui buffer, care este însă o metodă consumatoare de timp și ineficientă, sau prin utilizarea metodelor cu bufferare (*single-buffer* sau *double-buffer*). Achizițiile *multi-point* reprezintă de fapt achiziționarea datelor ca forme de undă (*waveforms*) – semnale variabile în timp.

5.3.2. Modul de achiziție/generare a datelor dublu bufferat (*double-buffered*)

Metodele convenționale de achiziție a datelor care utilizează un singur buffer pentru achiziție (*single-buffer*) sunt tehnici utilizate în numeroase aplicații. Totuși, în cazul aplicațiilor complexe, care necesită achiziționarea unor cantități mari de date la o viteză de achiziție foarte mare, sunt necesare tehnici superioare de manipulare a datelor. O astfel de tehnică este bufferarea dublă a datelor, promovată de firma National Instruments și utilizată atât pentru achiziția cât și pentru generarea continuă a unor cantități mari de date.

În cazul operațiilor de achiziție de tip *single-buffer*, un număr specificat de eșantioane este achiziționat cu o viteză specificată și transferat în memoria sistemului. După ce memoria tampon (bufferul) stochează datele respective, sistemul de calcul poate analiza, afișa sau stoca datele pe harddisc pentru prelucrări ulterioare. Operațiile de generare a datelor de tip *single-buffer* presupun transferul unui număr fixat de eșantioane din memoria calculatorului, cu o viteză specificată. După

transferul datelor, bufferul poate fi actualizat cu date noi. Operațiile single-buffer sunt simplu de implementat, au avantajul utilizării optime a vitezei hardware-ului de achiziție și sunt utile pentru o gamă largă de aplicații. Dezavantajul acestor tehnici este legat de limitarea cantității de date care poate fi transferate în funcție de limita de memorie disponibilă.

La operațiile de achiziție de tip double-buffer, memoria tampon este configurată ca un buffer circular. Placa de achiziție completează bufferul circular cu date, iar atunci când bufferul este complet, placa se întoarce la începutul bufferului și îl completează din nou cu date. Acest proces continuă până la întreruperea de către o eroare hardware sau până când este oprit de către software. Operațiile de generare a datelor de tip double-buffer se desfășoară asemănător, fiind utilizat tot un buffer circular. Spre deosebire de operațiile single-buffer, tehnicile de tip double-buffer reutilizează același buffer și este posibilă achiziția sau generarea unui număr teoretic infinit de eșantioane, fără a avea o memorie de capacitate infinită. Pentru ca această metodă să fie eficientă, trebuie să existe mijloace corespunzătoare de acces la date pentru actualizarea, stocarea și procesarea acestora.

Operații de achiziție tip double-buffer

Bufferul necesar pentru achiziția de date este configurat după cum s-a afirmat ca un buffer circular. Driverul de achiziție împarte bufferul în două jumătăți, permițând coordonarea accesului la datele din buffer. Schema de coordonare a accesului este simplă, driverul copiind datele din bufferul circular în mod secvențial, întâi prima jumătate, apoi cea de-a doua, într-un buffer suplimentar, de transfer. Datele din bufferul de transfer pot fi procesate sau stocate atunci când utilizatorul decide acest lucru. Tehnica de achiziție este ilustrată în Fig. 5.15.

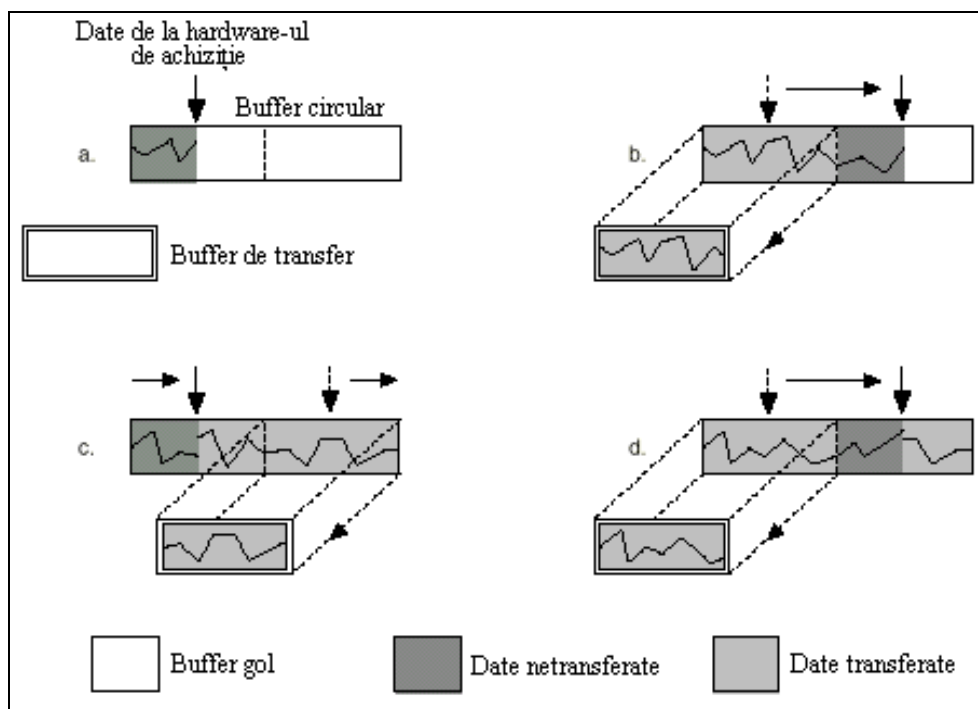


Fig. 5.15. Tehnica de achiziție double-buffer

Operația de achiziție începe atunci când hardware-ul de achiziție începe să scrie date în prima jumătate a bufferului circular (Fig. 5.15.a). După ce placa începe să scrie în cea de-a doua jumătate a bufferului, driverul de achiziție copiază datele din prima jumătate în bufferul de transfer (Fig. 5.15.b). Datele din bufferul de transfer pot fi acum stocate pe harddisc sau procesate în funcție de aplicație. După ce a doua jumătate a bufferului circular a fost completată, hardware-ul de achiziție se întoarce la începutul bufferului și începe să suprascrie date noi peste cele existente. Acum driverul de achiziție poate să copieze cea de-a doua jumătate a bufferului circular în bufferul de transfer (Fig. 5.15.c). Datele din bufferul de transfer vor fi din nou disponibile pentru aplicația concretă care se desfășoară. Procesul poate fi repetat fără întrerupere pentru producerea unui flux continuu de date pentru aplicația respectivă (Fig. 5.15.d este echivalentă cu Fig. 5.15.b).

Tehnica de achiziție descrisă mai sus poate fi afectată de două tipuri de probleme. Prima constă în posibilitatea ca hardware-ul de achiziție să suprascrie datele înainte ca driverul să le copieze în bufferul de transfer – Fig. 5.16.

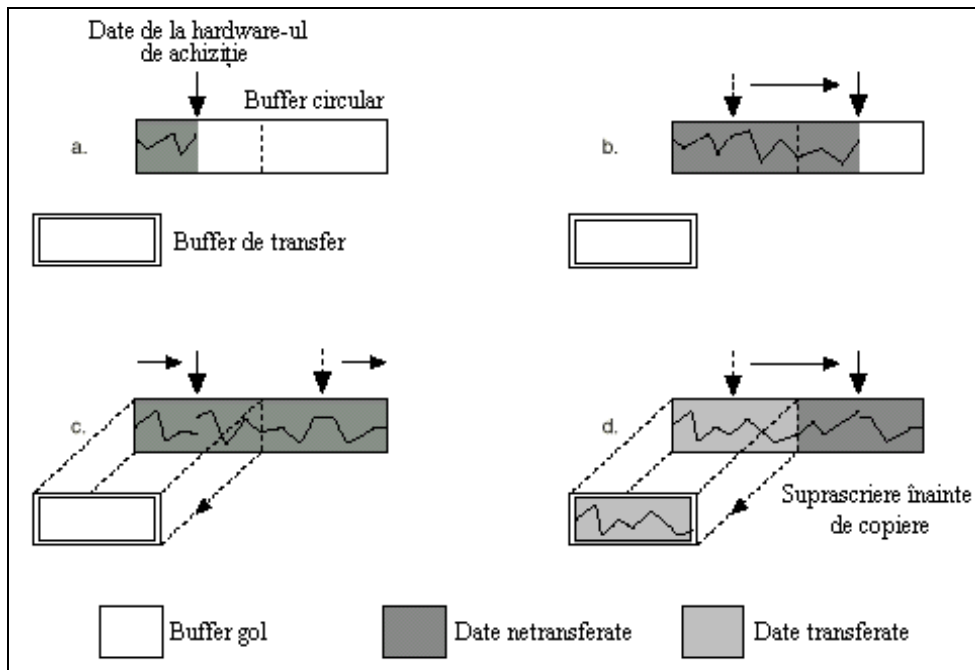


Fig. 5.16. Tehnica de achiziție double-buffer – suprascrierea înainte de copiere

Din Fig. 5.16 se observă că placa de achiziție va suprascrie datele din prima jumătate a bufferului circular înainte ca driverul să le copieze în bufferul de transfer (Fig. 5.16.a-b-c). În această situație, driverul de achiziție va trebui să aștepte până când placa va termina suprascrierea datelor în prima jumătate înainte de a copia datele în bufferul de transfer. Atunci când placa începe să scrie în a doua jumătate, driverul va face transferul respectiv (Fig. 5.16.d). Driverul va trimite un mesaj avertizare de tip „suprascriere înainte de copiere”. Acest mesaj avertizează că datele din bufferul de transfer sunt valide, dar o parte din datele de intrare anterioare au fost pierdute.

A doua problemă poate apare atunci când hardware-ul de achiziție suprascrie datele în același timp în care driverul de achiziție le transferă în bufferul de transfer – Fig. 5.17.

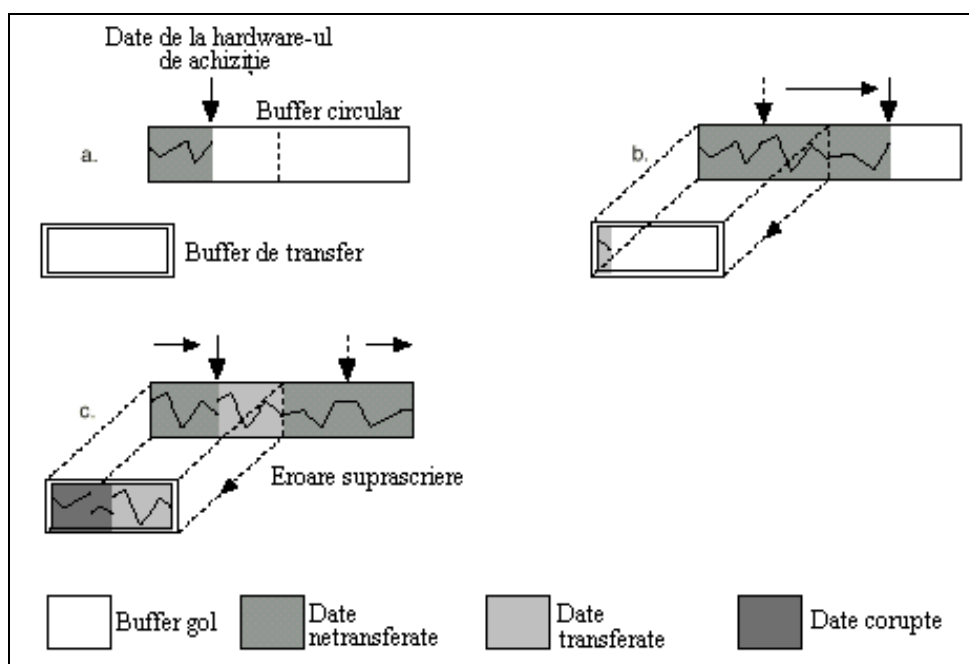


Fig. 5.17. Tehnica de achiziție double-buffer – eroarea de suprascrierea

Din Fig. 5.17.b-c se observă că driverul începe să copieze datele din prima jumătate a bufferului, dar nu reușește să efectueze întregul transfer până când placa începe suprascrierea datelor. Prin urmare, datele care sunt copiate în bufferul de transfer sunt corupte deoarece conțin atât date vechi cât și date noi. Driverul va trimite în această situație un mesaj de avertizare de tip „eroare suprascriere”.

Operații de generare a datelor de tip double-buffer

Operațiile de generare a datelor care folosesc tehnica double-buffer sunt asemănătoare cu operațiile de achiziție double-buffer. Bufferul circular este împărțit în două jumătăți, iar schema de coordonare este prezentată în Fig. 5.18.

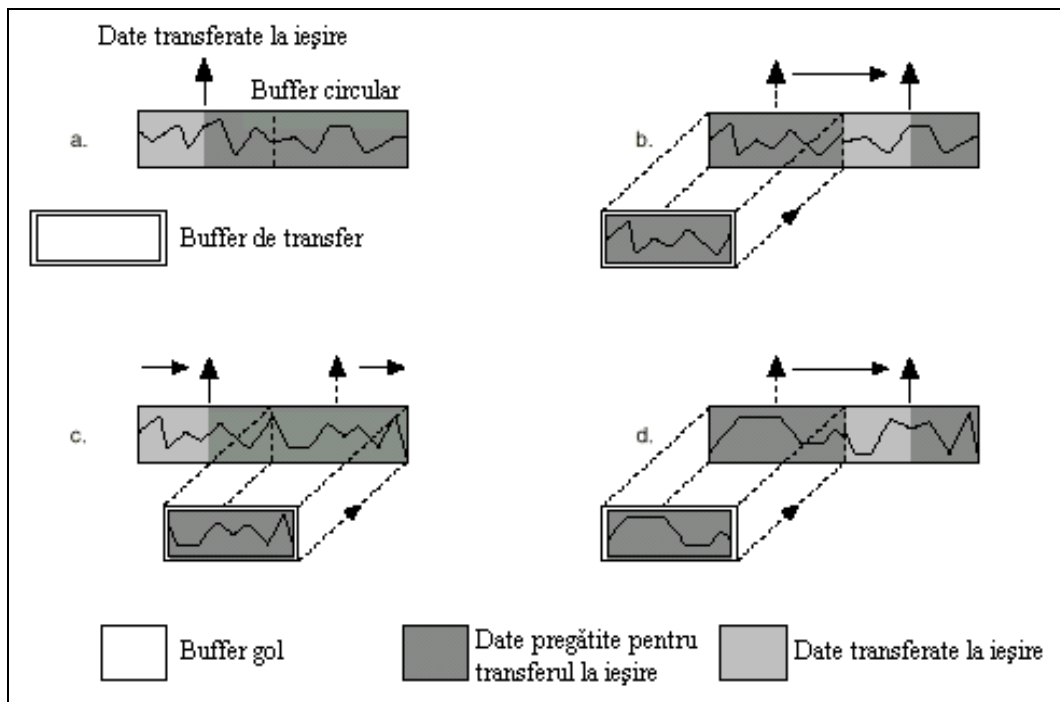


Fig. 5.18. Transferul secvențial al datelor la ieșire prin tehnica double-buffer

Operația de generare începe prin transferul către ieșire al datelor din prima jumătate a bufferului circular (Fig. 5.18.a). După ce hardware-ul de achiziție prin circuitele de ieșire începe transferul către ieșire al datelor din cea de-a doua jumătate a bufferului circular, driverul poate copia datele din bufferul de transfer în prima jumătate a bufferului circular (Fig. 5.18.b). Aplicația curentă poate după aceasta să actualizeze datele din bufferul de transfer. După ce circuitele de ieșire transferă datele din a doua jumătate a bufferului circular, se reia transferul spre exterior al datelor actualizate din prima jumătate. Driverul poate acum copia datele din bufferul de transfer în a doua jumătate a bufferului circular (Fig. 5.18.c). Procesul se repetă fără întrerupere și generează un flux continuu de date (Fig. 5.18.d este echivalentă cu Fig. 5.18.b).

Ca și în cazul achiziției dublu bufferate, pot apare două probleme. Prima constă în posibilitatea ca hardware-ul să transfere din nou către ieșire aceleași date, din cauză că driverul nu a reușit actualizarea la timp a bufferului circular cu date din bufferul de transfer – Fig. 5.19.

Din Fig. 5.19 se observă că driverul nu a copiat la timp datele din bufferul de transfer în prima jumătate a bufferului circular și prin urmare placa începe să transfere către ieșire aceleași date ale primei jumătăți a bufferului circular. Pentru a garanta transferul unor date valide, driverul așteaptă până când se termină acest transfer din prima jumătate. Atunci când placa transferă datele din cea de-a doua jumătate, driverul realizează copierea datelor din bufferul de transfer în prima jumătate a bufferului circular (Fig. 5.19.d). Într-o astfel de situație, driverul de achiziție va transmite un mesaj de avertizare de tip „suprascriere înainte de copiere”, pentru a indica faptul că placa a transferat către ieșire vechile date, fără a exista însă date corupte.

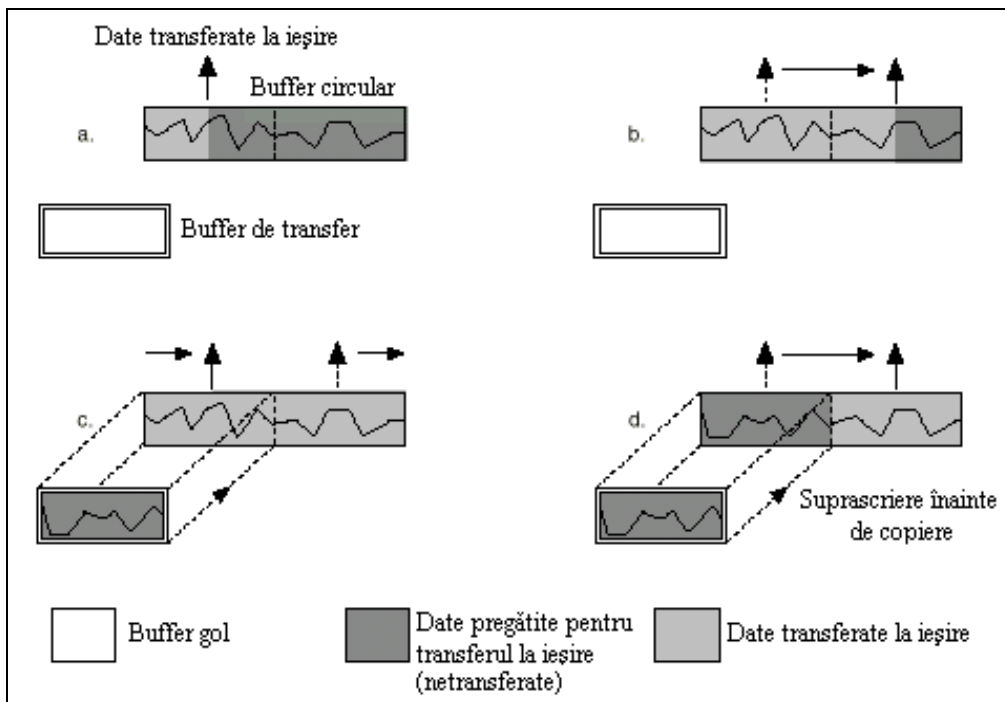


Fig. 5.19. Transferul la ieșire al datelor prin double-buffering – suprascriere înainte de copiere

Cea de-a doua problemă se referă la situația când placa transferă date către ieșire simultan cu suprascrierea de date de către driver din bufferul de transfer în aceeași jumătate a bufferului circular – Fig. 5.20.

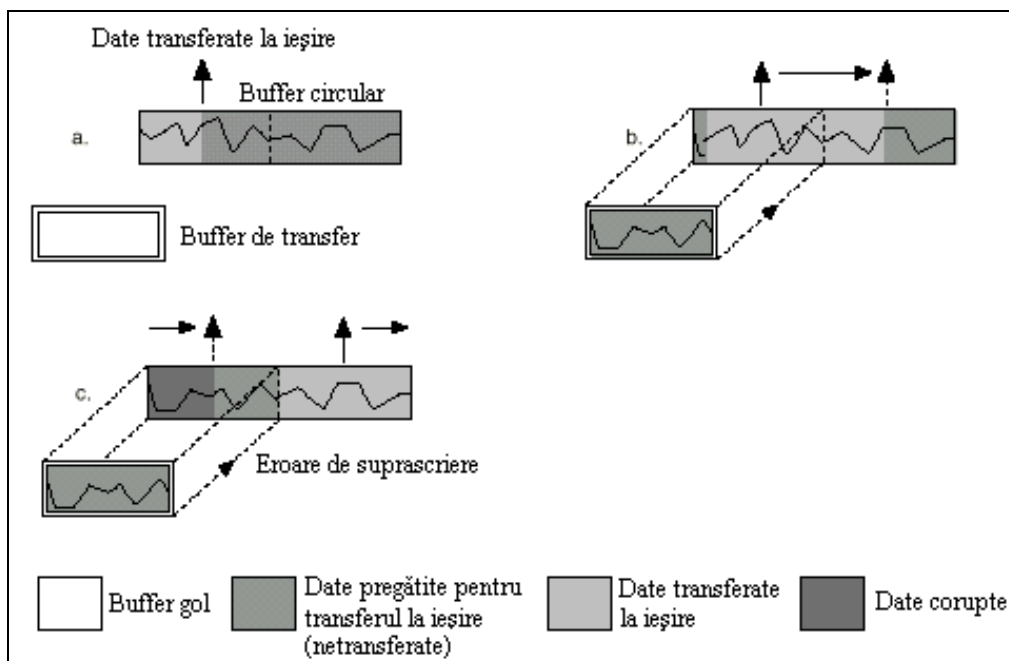


Fig. 5.20. Eroarea de suprascriere – transfer de tip double-buffer

Din Fig. 5.20.b se observă că driverul de achiziție începe să transfere date din bufferul de transfer în prima jumătate a bufferului circular, dar nu reușește să transfere toate datele înainte ca hardware-ul să înceapă transferul datelor din această primă jumătate spre exterior (Fig. 5.20.c). În consecință, placa poate transfera spre exterior date corupte, alcătuite atât din datele vechi cât și din cele noi. Driverul va transmite un mesaj de tip „eroare suprascriere”.

Observație: În toate cazurile prezentate, dacă respectivele probleme nu mai apar, transferurile de date se vor desfășura în continuare în mod normal.

În concluzie metoda de tip double-buffer este o tehnică de achiziție care permite achiziția sau generarea continuă a unei cantități foarte mari de date în condițiile existenței unei memorii fizice limitate. Cu toate avantajele sale, metoda este dificil de utilizat atunci când este necesară o viteză foarte mare de achiziție sau de generare a datelor. Mai precis, prelucrările de date specifice operațiilor de tip double-buffer trebuie realizate cu o viteză cel puțin la fel de mare ca viteza de scriere sau de citire a datelor de către hardware-ul de achiziție. Această viteză de procesare a datelor depinde de sistemul de calcul și de eficiența software-ului.

5.3.3. Controlul achizițiilor de date cu semnale de tip trigger

Achizițiile de date pot fi startate pentru anumite aplicații la un anumit moment de timp, fără o legătură directă cu evoluția datelor respective. Pentru alte aplicații, este necesară setarea startului achiziției de date analogice la momente de timp bine precizate.

De exemplu, dacă testăm răspunsul unei instalații la o intrare tip (treaptă, impuls etc.), intrarea de test respectivă poate fi utilizată și pentru startarea achiziției de date. În caz contrar este necesară începerea achiziției înainte de aplicarea intrării respective, ceea ce determină un consum nejustificat de resurse.

Prin urmare achiziția de date poate începe în funcție de condiția sau starea unui semnal numeric sau analogic, utilizând o tehnică numită *triggerare* (declanșare). Un *trigger* este un eveniment care startează achiziția datelor. Există două tipuri de triggerare: hardware și software.

Triggerarea hardware

Sincronizarea hardware permite setarea momentului de start al achiziției și colectarea datelor de la un anumit moment de timp în raport cu apariția unui semnal *trigger*. Există două tipuri de triggerare hardware: numerică și analogică.

Triggerarea numerică

Un trigger numeric este de regulă un semnal de tip TTL cu două nivele discrete: nivel înalt și nivel jos. Atunci când semnalul trece din nivel înalt în nivel jos apare un front coborâtor (descrescător sau descendent), iar când trecerea este inversă un front crescător (ascendent). Achiziția analogică poate fi startată la apariția unui front crescător sau descrescător al semnalului trigger. De exemplu, în Fig. 5.21 achiziția este startată pe frontul coborâtor al unui semnal trigger numeric.

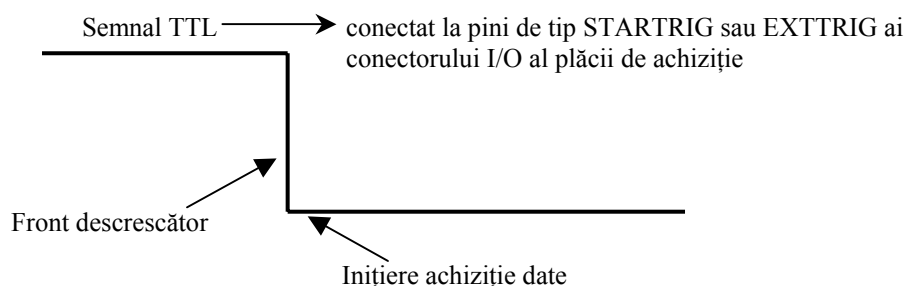


Fig. 5.21. Semnal trigger de tip numeric

În Fig. 5.22 este prezentată o diagramă a modului de achiziție posttrigger cu utilizarea unui semnal trigger numeric. În acest exemplu, un dispozitiv extern trimite un trigger hardware-ului de achiziție. Imediat după primirea semnalului și după îndeplinirea condițiilor de triggerare (de exemplu apariția frontului coborâtor al semnalului), placa de achiziție începe colectarea datelor.

Triggerarea analogică

Semnalul analogic de tip trigger se conectează pe unul din canalele de intrări analogice ale plăcii de achiziție. Placa monitorizează canalul semnalului trigger și așteaptă îndeplinirea condițiilor de triggerare. Placa poate fi configurată să aștepte îndeplinirea unei condiții pentru semnalul trigger, cum ar fi de exemplu un anumit nivel al semnalului. După identificarea condiției respective care

trebuie îndeplinită de către triggerul analogic, placa startează achiziția. Pentru exemplificare, în Fig. 5.23, un trigger analogic este setat să starteze achiziția de date pe panta crescătoare a semnalului, atunci când semnalul atinge valoarea 18 (semnalul trigger analogic poate fi de exemplu o temperatură, convertită bineînțeles într-o tensiune, dar condiția de triggerare poate fi exprimată prin soft și în unități de temperatură).

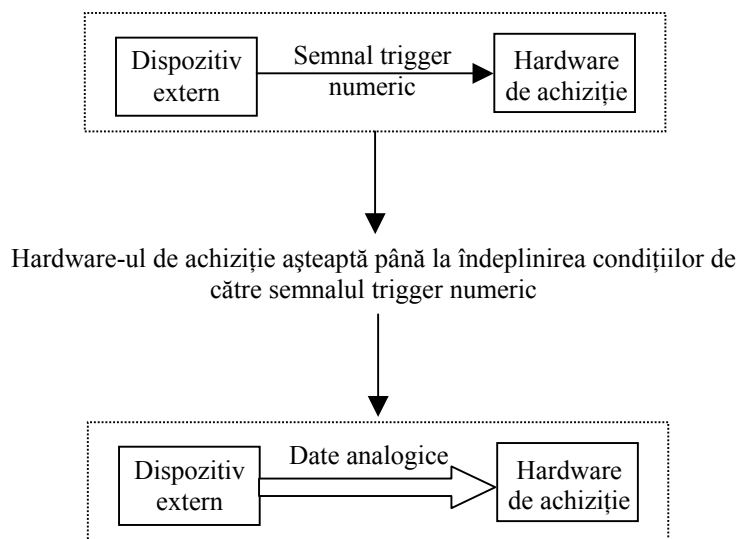


Fig. 5.22. Diagrama achiziției de date cu trigger numeric

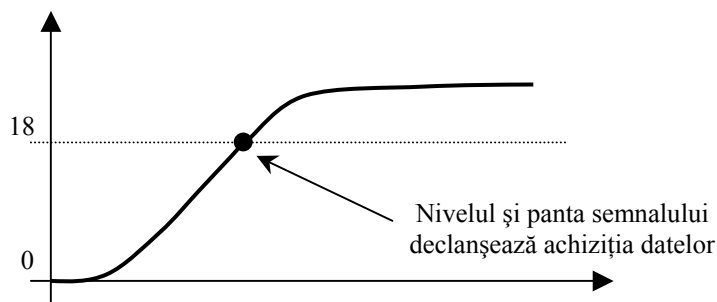


Fig. 5.23. Semnal trigger de tip analogic

În Fig. 5.24 este prezentată diagrama pentru o achiziție posttrigger cu un semnal trigger analogic, similară cu diagrama din Fig. 5.22, corespunzătoare triggerului numeric.

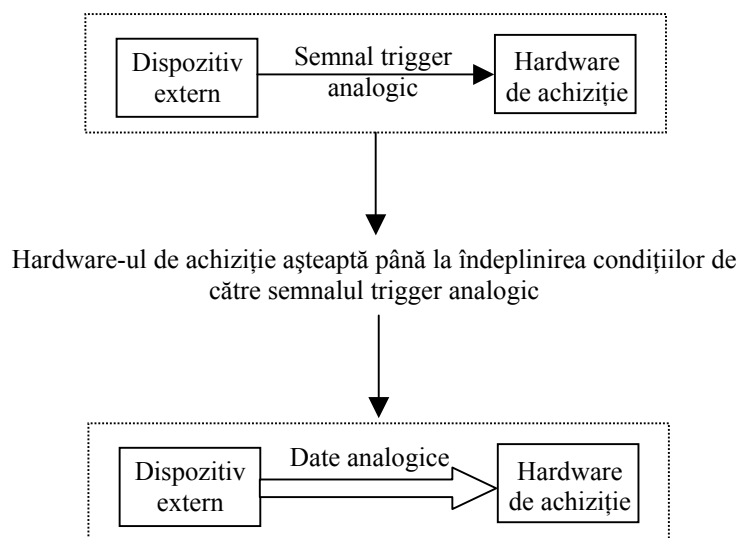


Fig 5.24. Diagrama achiziției de date cu trigger numeric

Triggerarea software

Triggerarea software presupune simularea unui trigger hardware prin utilizarea unei rutine software. Această formă de declanșare a achiziției este folosită în situațiile în care nu sunt disponibile semnale trigger hardware.

Hardware-ul de achiziție este setat să colecteze date, dar nu le returnează decât atunci când datele respective îndeplinesc condițiile de recuperare (*conditional retrieval* - triggerul software). Software-ul de achiziție scanează datele și realizează o comparație a acestora cu condițiile de triggerare, dar nu stochează datele decât atunci când acestea îndeplinesc specificațiile cerute.

În Fig. 5.25 este prezentată o diagramă a evenimentelor care apar în cazul unei triggerări software. Pointerul de poziționare citire/căutare parcurge bufferul până când găsește locația la care datele îndeplinesc condițiile de triggerare. Offsetul indică locația de la care software-ul începe citirea datelor în raport cu poziția de citire/căutare. Un offset negativ indică necesitatea unei achiziții de tip pretrigger (achiziție înainte de îndeplinirea condițiilor de triggerare), iar dacă este pozitiv o achiziție de tip posttrigger (achiziție după îndeplinirea condițiilor de triggerare).

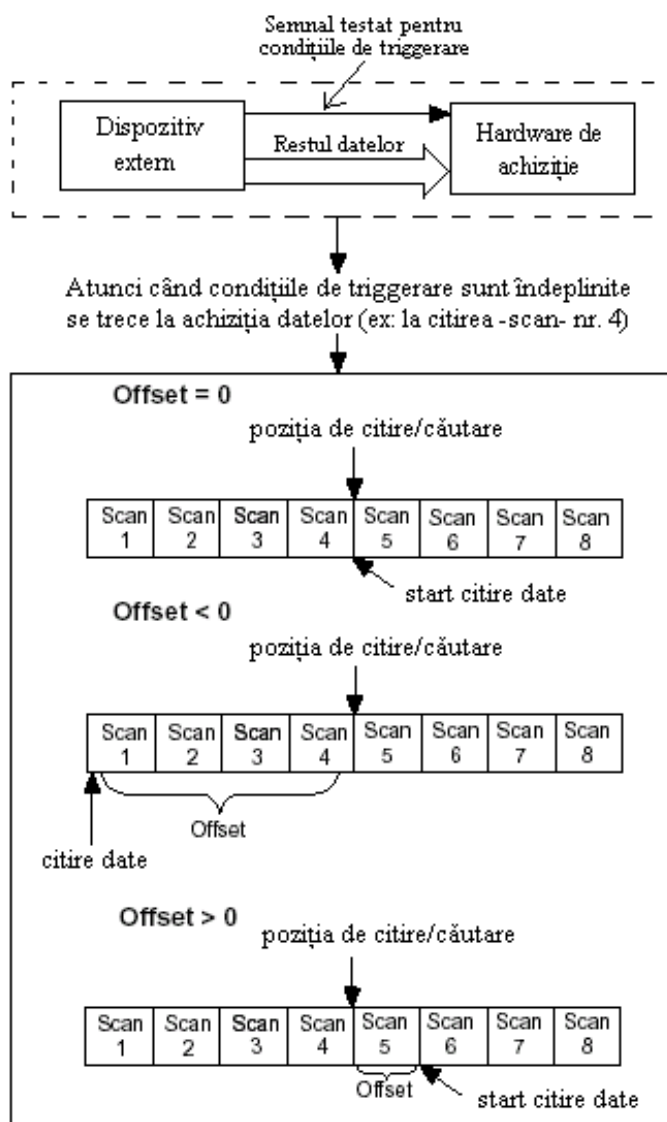


Fig. 5.25. Diagrama unei achiziții de date cu triggerare software

5.3.4. Controlul vitezei de achiziție a datelor

Hardware-ul de achiziție utilizează de regulă număratoarele interne (de pe placă) pentru a controla viteza (frecvența) de achiziție a datelor. În anumite aplicații, atunci când este necesară achiziția datelor cu o viteză care depinde de anumite semnale din exterior (de exemplu frecvența unui semnal extern), controlul vitezei de achiziție se realizează cu o sursă exterioară.

Pentru a înțelege modul în care este controlată viteza de achiziție a datelor, este necesară definirea unor termeni.

Prin citire sau *scanare* (*scan*) se înțelege o singură citire a fiecărui canal de intrare din lista de canale specificată de utilizator (care poate cuprinde o parte sau toate canalele de intrare analogică ale plăcii, fiecare canal având setată o anumită amplificare). Se poate spune că o scanare reprezintă achiziția a câte unui eșantion (punct) de la fiecare canal din listă. Prin urmare, numărul de scanări ne spune câte achiziții sau citiri se efectuează pentru fiecare canal din lista specificată.

Viteza de scanare, denumită și frecvență sau rată de citire (*scan rate*), determină de câte ori pe secundă sunt achiziționate date de la canalele de intrare. De exemplu, scanarea canalelor de intrare cu o rată de 10 scanări pe secundă semnifică faptul că sunt luate 10 eșantioane la fiecare secundă de la toate canalele de intrare din lista specificată. Modul de citire este următorul: întâi se achiziționează primul eșantion de la primul canal, apoi primul eșantion de la cel de-al doilea canal etc., după parcurgerea canalelor din listă se trece la cel de-al doilea eșantion de la primul canal etc. Cu alte cuvinte, rata de scanare reprezintă numărul de scanări pe secundă, iar inversul acestei rate este *intervalul de scanare* sau de citire (care este de 0.1 secunde pentru exemplul anterior). Un semnal de tact (intern - de pe placă - sau extern), numit tact sau ceas de scanare (*scan clock*) fixează mărimea ratei de scanare, care controlează intervalul de scanare. Intervalul de timp între achizițiile de la două canale consecutive poartă numele de *interval sau perioadă inter-canal* (*channel interval* sau *channel skew*), inversa acestui interval fiind rata inter-canal. Trecerea de la un canal la altul în cadrul unei scanări se face prin urmare într-un interval de timp mai mic decât intervalul de scanare, iar semnalul de ceas care guvernează trecerea de la un canal la altul poartă numele de tact de canal (*channel clock*). În Fig. 5.26 este prezentată relația dintre intervalul de scanare și intervalul inter-canal pentru o achiziție multi-canal cu 4 canale de intrare în lista de achiziție (din cele 8 canale ale plăcii, de exemplu).

Unele dintre echipamentele de achiziție dispun atât de semnal de ceas de scanare cât și de ceas de canal (Fig. 5.27), în timp ce alte echipamente utilizează doar semnalul de ceas de canal (Fig. 5.28), în acest caz fiind vorba de o scanare repetitivă la intervale egale, numită scanare *round-robin*. Trebuie precizat că în cazul echipamentelor de achiziție cu ambele semnale de ceas, micșorarea ratei de scanare nu duce și la modificarea ratei inter-canal.

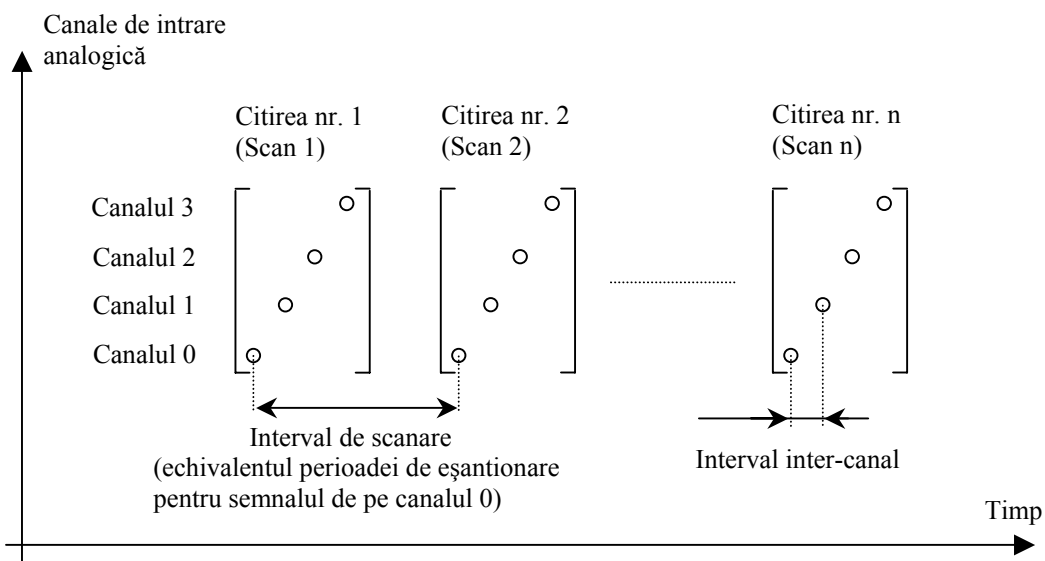


Fig. 5.26. Intervalul de scanare și intervalul inter-canal

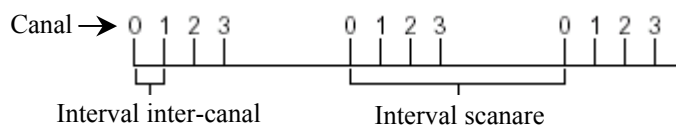


Fig. 5.27. Intervalele de scanare și inter-canal pentru echipamente cu *scan clock* și *channel clock*



Fig. 5.28. Scanarea de tip *round-robin* (echipamente cu *channel clock*)

Software-ul de achiziție este regulă orientat pe semnalul de ceas de scanare, în sensul că o dată selectată o valoare pentru frecvența de scanare, software-ul selectează în mod automat rata inter-canal (un exemplu în acest sens este LabVIEW).

Observație: Tehnica de scanare prezentată în Fig. 5.26 este tipică pentru eșantionarea secvențială din cadrul structurilor de achiziție cu multiplexare temporală. Dacă echipamentul de achiziție este de tip sincron sau rapid, adică dacă eșantionarea este simultană (*simultaneous sample and hold* - SS/H), nu mai există intervale inter-canal, iar hardware-ul eșantionează simultan toate semnalele de intrare din lista de canale specificată (Fig. 5.29).

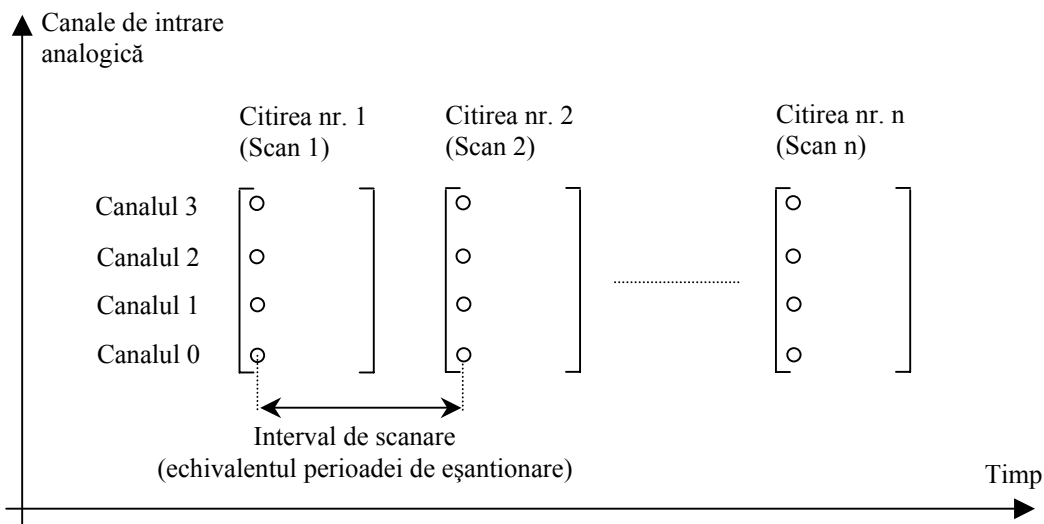


Fig. 5.29. Achiziția în cazul eșantionării simultane

Controlul frecvenței de achiziție se realizează prin folosirea semnalelor de ceas de scanare și de canal. Aceste semnale de ceas pot fi furnizate de către placa de achiziție sau de către dispozitive externe – semnale de la proces sau de la alte echipamente, cum ar fi de exemplu o altă placă de achiziție.

Semnalele externe de ceas de canal (*channel clock*) sau de ceas de scanare (*scan clock*) trebuie să fie de tip TTL și sunt furnizate plăcii de achiziție prin intermediul conectorului I/O pe pini de tip ExtConv sau ExtScanClock. Pot fi utilizate semnale externe de tact *channel clock*, sau *scan clock* sau ambele, în funcție de aplicație și de tipul hardware-ului de achiziție (de exemplu plăcile de achiziție care nu au semnal de tact *scan clock* intern nu acceptă nici semnal *scan clock* extern – a se vedea scanarea *round-robin*).

Dacă se utilizează semnale de tact externe, trebuie realizată setarea corespunzătoare în software-ul de achiziție. În cazul utilizării simultane a semnalelor externe de tip *scan clock* și *channel clock*, trebuie realizată o dimensionare corectă a ratelor de scanare și inter-canal și implicit a intervalelor de scanare și inter-canal.

5.4. IEȘIRI ANALOGICE

5.4.1. Configurarea ieșirilor analogice

În mod asemănător cu intrările analogice, se poate realiza o configurare a ieșirilor analogice ale unei plăci de achiziție. Configurarea ieșirilor analogice constă în setarea corespunzătoare a domeniului și polarității ieșirii, a semnalului de referință pentru CNA și a modului de codificare a datelor.

Selectarea semnalului de referință pentru CNA

Convertoarele numeric-analogice de pe o placă de achiziție pot fi conectate la referința internă V_{ref} a plăcii de achiziție sau la un semnal de referință extern, care trebuie să fie cuprins între $-V_{ref} \dots +V_{ref}$.

Conectarea la referința externă se realizează prin legarea acestui semnal de referință la un pin de tip EXTREF de pe conectorul I/O al plăcii de achiziție. Selectarea semnalului de referință externă pentru fiecare canal analogic de ieșire se realizează cu ajutorul jumperelor și/sau software, în funcție de tipul plăcii de achiziție.

Selectarea polarității ieșirii analogice

Fiecare canal de ieșire analogică poate fi configurat fie ca unipolar fie ca bipolar. O configurație unipolară are gamă de variație între 0 și V_{ref} . O configurație bipolară are o gamă de variație între $-V_{ref}$ și $+V_{ref}$. V_{ref} este tensiunea de referință folosită de CNA și poate fi fie tensiunea internă de referință a plăcii fie o referință furnizată extern. De regulă, nu este necesar ca toate canalele de ieșire să fie configurate identic.

Selectarea codificării datelor

Pentru codificarea datelor se pot utiliza codurile prezentate pe larg într-un capitol anterior. Spre exemplificare, placa AT-MIO-16H a firmei National Instruments poate utiliza fie codul binar natural, fie codul complement față de doi. Pentru codul binar natural, valoarea datelor scrise la canalul analogic de ieșire este în domeniul 0 până la 4.095 zecimal (0 - 0FFF H). În cazul utilizării codului complement față de doi, valoarea datelor scrise la canalul analogic de ieșire este în domeniul -2.048 până la 2.047 zecimal (F800 H - 07FF H). Selectarea codului utilizat se realizează prin intermediul unor jumpere. Codul binar natural este folosit de regulă pentru ieșiri unipolare, iar codul complement față de doi pentru ieșiri bipolare.

5.4.2. Generarea datelor pe ieșirile analogice

Sistemele de achiziție și conducere necesită pentru conducerea unor procese nu numai achiziția (măsurarea) datelor de la proces, ci și generarea unor semnale de comandă analogice către elementele de execuție. Aceste semnale generate pe ieșirile analogice ale plăcii de achiziție pot fi semnale staționare, semnale lent variabile sau rapid variabile în timp, în funcție de aplicația de proces respectivă.

Atunci când pentru o anumită aplicație nivelul semnalului generat la ieșire este mai important decât viteza de variație a semnalului respectiv, este necesară generarea unei valori staționare, de tip c.c. Pentru o astfel de aplicație se poate utiliza o generare de tip mono-punct (similar cu achiziția mono-punct descrisă în subcapitolul anterior).

În alte aplicații, frecvența cu care este actualizată valoarea de la ieșirea analogică este la fel de importantă ca și nivelul semnalului. În aceste situații, este utilizată o generare multi-punct bufferată de date, numită și generare de forme de undă (*waveform generation*). O astfel de generare este folosită în aplicații de tip generator de semnal. Pentru generarea formelor de undă se poate folosi tehnica de tip simple-buffer sau cea double-buffer, descrisă în subcapitolul anterior.

Pentru plăcile cu mai multe canale de ieșiri analogice, generarea datelor, indiferent dacă este mono-punct sau formă de undă se poate realiza mono-canal sau multi-canal, în funcție de cerințele aplicației de conducere.

Hardware-ul de achiziție utilizează numărătoarele interne pentru controlul frecvenței de actualizare (*update rate*) a datelor analogice la ieșire. În anumite situații, când generarea datelor depinde de starea unui dispozitiv extern, este necesară o sursă externă pentru controlul frecvenței de actualizare (generare). Ca și în cazul controlului frecvenței de achiziție, există un semnal de tact numit semnal de ceas de actualizare (*update clock*). Acest semnal de tact controlează frecvența de actualizare, adică frecvența cu care se realizează conversiile numeric-analogice. Pentru controlul extern al acestei frecvențe, trebuie furnizat un astfel de semnal de tact de tip TTL din exterior, pe unul din pinii conectorului I/O al plăcii de achiziție.

Observație: Sistemele de achiziție și conducere operează în cazul unor aplicații cu achiziția și generarea simultană multi-punct (*Simultaneous Buffered Waveform Acquisition and Generation*) pe aceeași platformă hardware. Achiziția și generarea simultană a formelor de undă se realizează prin utilizarea de semnale de trigger software sau hardware (a se vedea subcapitolul precedent).

5.5. INTRĂRI/IEȘIRI NUMERICE

Intrările și ieșirile numerice de pe o placă de achiziție sunt des utilizate în conducerea proceselor și în generarea de semnale pentru testarea și comunicarea cu echipamente periferice. Circuitele de intrări/ieșiri numerice ale unei plăci acceptă sau generează semnale binare de tip on/off, de regulă 5 V/ 0 V.

Liniile numerice sunt grupate în porturi, iar numărul de linii numerice pe port depinde de tipul hardware-ului de achiziție, de regulă 4 sau 8 linii/port (Fig. 5.30). Prin scrierea sau citirea unui port, se pot seta sau salva stările mai multor linii numerice.

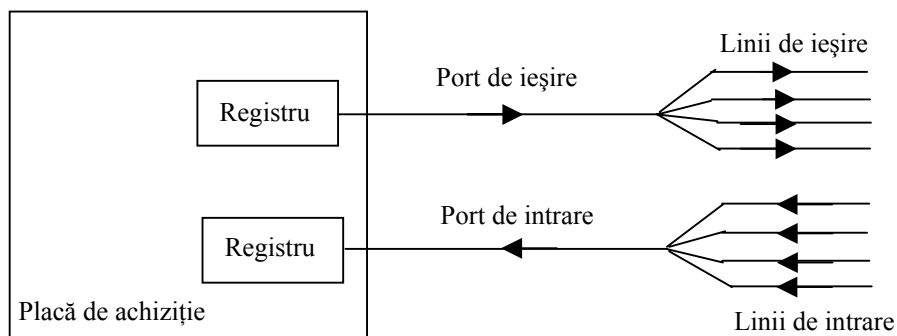


Fig. 5.30. Linii și porturi numerice

Tehnicile de achiziție/generare a datelor numerice pot fi de două tipuri: statice (*no-handshaking*) și *handshaked (latched)*.

În cazul intrărilor/ieșirilor numerice de tip static, sistemul de achiziție actualizează liniile numerice imediat după apelul unor rutine software. Prin urmare, se realizează un transfer simplu al datelor către un port de ieșire (scriere) sau dinspre un port de intrare (citire). Aplicații tipice de transfer *no-handshaking* sunt controlul releelor și monitorizarea stărilor unor alarme (în general aplicații de conducere și monitorizare a proceselor).

În modul *handshaking* („strângere de mână”), echipamentul acceptă transferul de date imediat după ce un semnal a fost recepționat. Un port numeric I/O preia datele de la intrare atunci când recepționează un semnal *handshake* sau generează un semnal *handshake* atunci când sunt scrise date la ieșire. Astfel, se poate citi starea unui port sau unui grup de porturi pentru a determina dacă un dispozitiv extern a acceptat datele scrise la un port de ieșire sau dacă a trimis date la un port de intrare. La rândul său, transferul *handshaking* poate fi fără bufferare sau cu bufferare. Trebuie precizat faptul că nu toate echipamentele de achiziție acceptă modul *handshaking*. Aplicațiile de comunicații de date (cum ar fi transferul de date între calculatoare) utilizează de regulă modul *handshaking*. Modul *handshaking* permite sincronizarea transferului de date numerice între

hardware-ul de achiziție și diverse instrumente. De exemplu, dacă se dorește achiziționarea unei imagini de la un scanner, etapele parcurse sunt următoarele:

1. Scannerul trimite un impuls către hardware-ul de achiziție după ce imaginea a fost scanată și este gata să transfere datele.
2. Hardware-ul de achiziție citește liniile numerice (8, 16, 32 de biți ...).
3. Hardware-ul de achiziție trimite un semnal la scanner pentru a-l înștiința că liniile numerice au fost citite.
4. Scannerul trimite un alt semnal (impuls) imediat ce este gata să trimită alte date pe liniile numerice.
5. După ce hardware-ul de achiziție recepționează semnalul de la scanner, citește datele.
6. Procesul se repetă până când toate datele au fost transferate.

Pentru exemplificarea modului de organizare a intrărilor/ieșirilor numerice, în continuare este prezentată configurația intrărilor/ieșirilor numerice la o placă de tip AT-MIO-16 National Instruments. Placa AT-MIO-16 dispune de opt linii numerice intrare/ieșire. Acestea sunt divizate în două porturi de câte 4 linii fiecare, localizate la pinii ADIO 3...0 și BDIO 3...0 ai conectorului I/O al plăcii (ADIO – *Digital Input/Output A*, iar BDIO – *Digital Input/Output B*). În Fig. 5.31 este prezentată schema bloc a circuitului de intrări/ieșiri numerice. Porturile numerice ale plăcii operează numai în mod *no-handshaking*.

Circuitul de intrări/ieșiri numerice conține un Registru de Ieșiri Numerice DOR care controlează ieșirile numerice și un Registru de Intrări Numerice DIR care monitorizează intrările numerice.

Registru DOR (*Digital Output Register*) este un registru pe 8 biți care conține valorile numerice de ieșire atât pentru portul 0 cât și pentru portul 1. Atunci când portul 0 este activat, biții 3...0 din DOR sunt trimiși către liniile numerice ADIO 3...0. Atunci când portul 1 este activat, biții 7...4 din DOR sunt transmiși către liniile numerice BDIO 3...0.

Prin citirea registrului DIR (*Digital Input Register*) se citește de fapt starea liniilor numerice I/O. Liniile numerice ADIO 3...0 furnizează biții 3...0 ai DIR, iar liniile numerice BDIO 3...0 furnizează biții 7...4 ai DIR. Atunci când un port (A sau B) este activat, DIR servește ca un registru *read-back*, returnând valoarea numerică a portului respectiv. Atunci când un port nu este activat, DIR returnează starea liniilor numerice I/O furnizată de un dispozitiv extern.

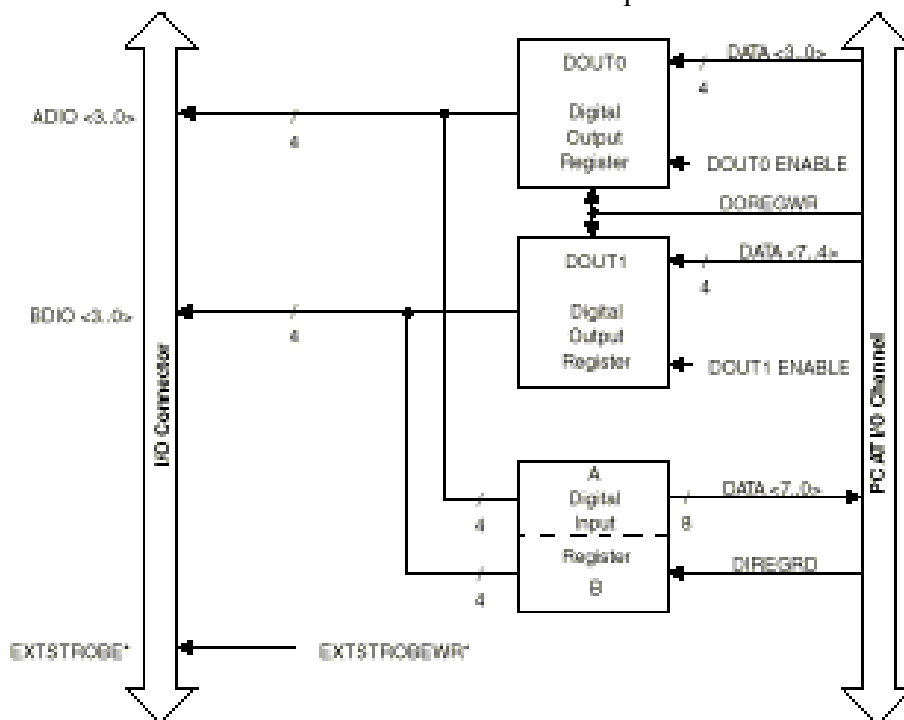


Fig. 5.31. Circuitul de intrări/ieșiri numerice la placa AT-MIO-16