

# Achiziția de date în sistemele SCADA

## Cuprins

Achiziția de date în sistemele SCADA .....	1
Obiective .....	1
Organizarea sarcinilor de lucru .....	1
1. Elemente introductive despre convertoarele analog numerice .....	2
Conversia analog-numerică .....	2
Tipuri de convertoare analog-numeric .....	3
Parametrii caracteristici convertoarelor analog-numeric .....	5
Erori ale convertoarelor analog-numeric .....	7
Convertorul analog-numeric ADC -0804 .....	7
2. Achiziții de date bazate pe calculator .....	11
Pooling.....	12
Întreruperi.....	14
DMA-Direct Memory Acces.....	17
3. Utilizarea portului paralel al calculatorului, în achiziția de date .....	21
Test de autoevaluare .....	23
Rezumat .....	25
Termeni esențiali.....	26
Recomandări bibliografice .....	26
Test de evaluare .....	27

## Obiective

- 🕒 Prezentarea principalelor sisteme de achiziții de date în sistemele SCADA
- 🕒 Prezentarea noțiunilor de baza legate de convertoarele analog numerice
- 🕒 Prezentarea sistemelor de achiziții de date bazate pe calculator
- 🕒 Prezentarea modului de utilizare a portului paralel al calculatorului, în achiziția de date

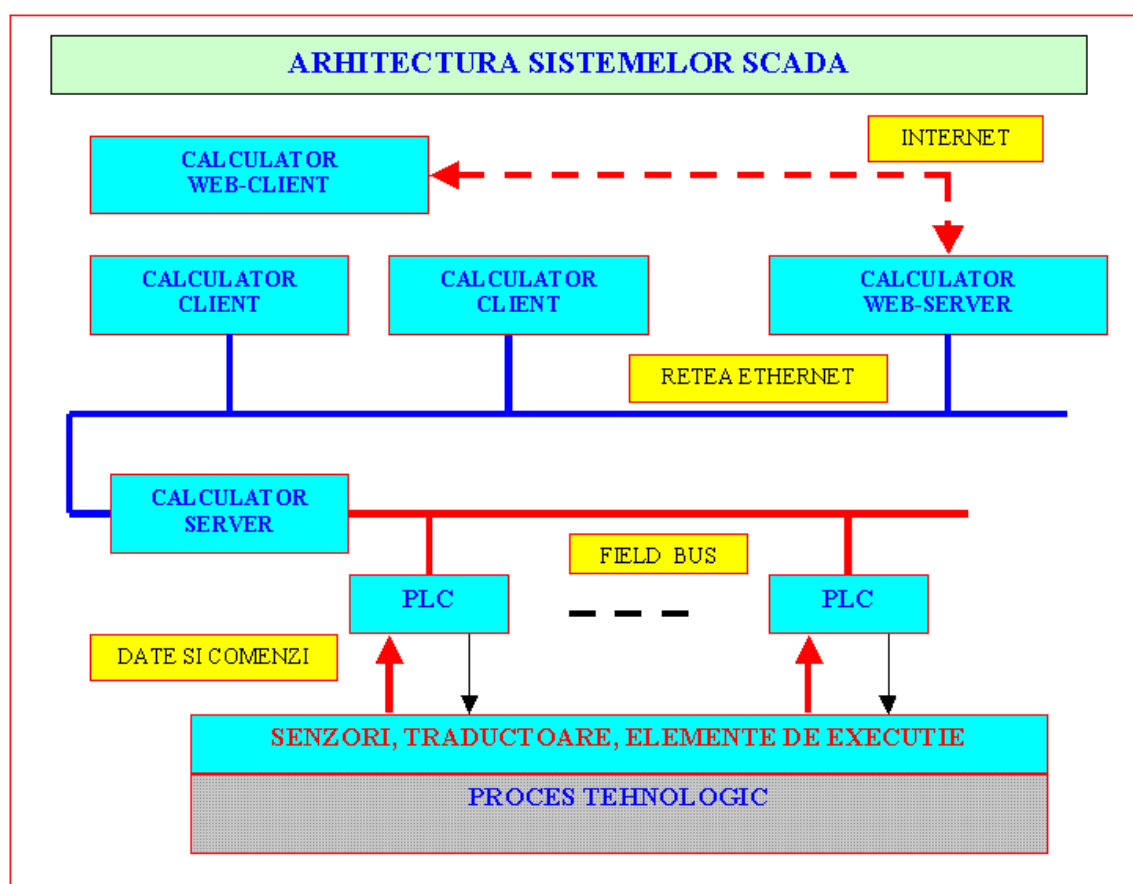
## Organizarea sarcinilor de lucru

- 🕒 Parcurgeți cele trei capitole ale cursului.
- 🕒 Fixați principalele idei ale cursului, prezentate în rezumat.
- 🕒 Completați testul de autoevaluare.
- 🕒 Timpul de lucru pentru parcurgerea testului de autoevaluare este de 15 minute.

# 1. Elemente introductive despre convertoarele analog numerice

SCADA (Supervisory Control And Data Acquisition)-este un sistem bazat pe calculator având rolul de comanda și monitorizare a proceselor tehnologice. După cum se observă și în denumire, SCADA conține două componente și anume:

- 🕒 supervizare și control
- 🕒 achiziția de date



Componenta de supervizare și control a fost dezbătută anterior. În cele ce urmează, ne vom concentra asupra componentei de achiziție a datelor.

Cea mai mare parte a datelor achiziționate în sistemele SCADA o reprezintă valorile analogice. Valorile analogice însă nu pot fi prelucrate în calculator decât în forma digitală.

Convertoarele analog numerice sunt componentele care ne permit să achiziționăm datele analogice din proces, în format digital. În sistemele industriale o mare parte din datele monitorizate sunt de tip analogic. În vederea prelucrării lor prin intermediul sistemelor digitale valorile analogice trebuie convertite în valori digitale. Cel mai adesea se folosesc circuite specializate numite Convertoare Analog Numerice (CAN)

## Conversia analog-numerică

În sistemele industriale o mare parte din datele monitorizate sunt de tip analogic. În vedea prelucrării lor prin intermediul sistemelor digitale valorile analogice trebuie convertite în valori digitale. Cel mai adesea se folosesc circuite specializate numite Convertoare Analog Numerice (CAN)

Convertorul Analog Numeric[10](CAN) este un dispozitiv care primește un semnal analogic,  $A$  și îl transformă într-un semnal numeric,  $N$ , cu precizie și rezoluție date, prin compararea lui cu o tensiune de referință,  $V_R$ . Într-un CAN ideal, semnalul de ieșire,  $N$ , este legat de semnalul de intrare prin relația: [10]

$$N = \frac{A}{V_R}$$

În general, se operează cu puteri descrescătoare ale lui 2, în ideea că rezultatul să fie exprimat direct sub forma de număr binar. Întrucât mesajul transmis are o lungime finită, se poate considera ca  $N$  este aproximarea cea mai apropiată de rezultat, ținând seama de rezoluția sistemului.

Semnalul analogic,  $A$ , ce urmează să fie convertit poate fi scris sub forma:

$$A = V_R \left( \frac{b_1}{2} + \frac{b_2}{2^2} + \dots + \frac{b_n}{2^n} + \frac{b_{n+1}}{2^{n+1}} + \dots \right)$$

Lungimea cuvântului binar obținut după conversie fiind limitată la  $n$  biți, împărțirea lui  $A$  prin  $V_R$  trebuie oprită la ordinul  $n$  și rezulta:

$$A = V_R \left( \frac{b_1}{2} + \frac{b_2}{2^2} + \dots + \frac{b_n}{2^n} \right)$$

Termenii neglijăți  $b_{n+1}, b_{n+2}, \dots$ , reprezintă eroarea de conversie, numită și eroare de cuantizare.

Conversia analog-numerică realizează o cuantizare care constă din înlocuirea tensiunii  $A$  printr-o tensiune discretă multiplicată prin pasul de cuantizare, de valoare  $V_R/2^n$ , în așa fel încât diferența dintre  $A$  și această tensiune să fie inferioară în modul unei jumătăți de pas de cuantificare astfel:

$$\left| A - N \frac{V_R}{2^n} \right| \leq \frac{1}{2} \frac{V_R}{2^n}$$

## Tipuri de convertoare analog-numerice

CAN-urile sunt realizate în general în două feluri: [10]

- convertoare cu integrare în două pante ;
- convertoare cu aproximare succesivă

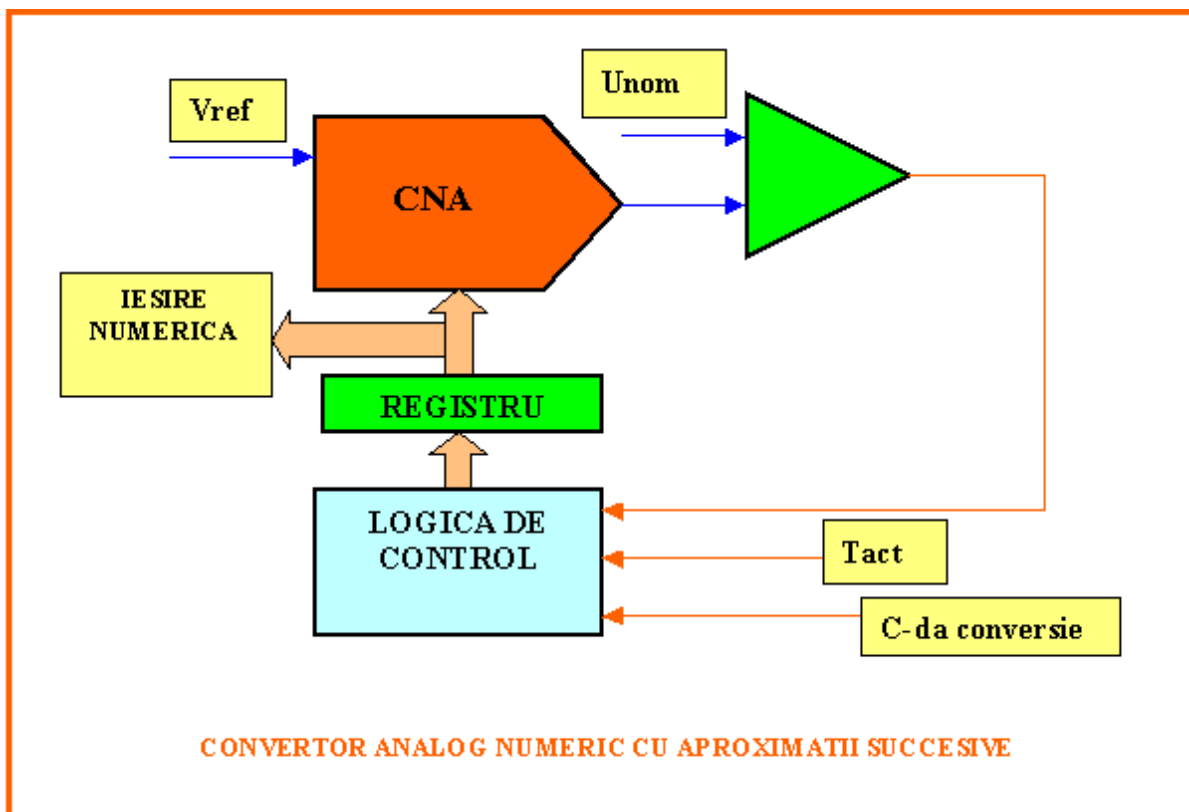
Ambele tipuri de convertoare transformă o tensiune de intrare într-un cod numeric proporțional cu tensiunea de intrare.

Convertoarele analog-numerice cu *integrare în două pante* conțin un integrator, o schemă de control logic, un generator de tact și un numărător de ieșire.

Acest tip de convertor numără succesiunea de impulsuri de tact, a cărei valoare depinde de amplitudinea semnalului integrat în integrator. Timpul specific de conversie este dat de produsul dintre două perioade de tact și numărul de nivele de cuantizare. Astfel, pentru un convertor de 12 biți cu tact de 1 Mhz, timpul de conversie va fi  $2 \times 10^{-6} \text{ s} \times 4096$  adică 8192  $\mu\text{s}$ . Acesta este un timp mult mai mare decât în cazul unui convertor cu aproximare succesivă având aceeași frecvența de tact.

Convertorul cu integrare costa mai puțin decât un convertor cu aproximare succesivă

Convertoarele analog-numerice cu *aproximare succesivă* sunt folosite în general în sistemele de conversie conectate la calculatoare deoarece efectuează conversia cu viteza și precizie suficient de mare pentru a furniza calculatorului date în timp real.



Ideal, convertoarele ar trebui să facă conversii instantanee și să realizeze o eșantionare în puncte. Pentru un convertor real, în general semnalul de intrare variază în timpul intervalului de conversie. Aceasta produce o incertitudine în privința amplitudinii reale a semnalului de intrare în momentul măsurării. Cu un circuit de eșantionare cu reținere amplasat înaintea convertorului, timpul de incertitudine este redus la incertitudinea de deschidere a circuitului de eșantionare cu memorare.

Acest tip de convertor necesita un timp de conversie egal cu produsul dintre perioada de tact și numărul de biți cu care se efectuează conversia. Pentru un convertor de 12 biți și cu frecvența tactului de 1 Mhz timpul de conversie este de 12  $\mu\text{s}$ .

În principiu un convertor analog-numeric cu aproximare succesivă constă dintr-un convertor numeric-analogic controlat printr-o schemă de decizie logică și a cărei ieșire este comparată cu tensiunea analogică de intrare. Tensiunea de intrare este aplicată pe o intrare a comparatorului, cealaltă intrare fiind conectată la ieșirea convertorului numeric-analogic intern.

La aplicarea comenzii de conversie, convertorul este adus la zero. Se aduce bitul cel mai semnificativ al cuvântului de intrare al CAN la 1. Ieșirea CAN este aplicată la intrarea comparatorului pentru a fi comparată cu nivelul de intrare necunoscut. Bitul cel mai semnificativ aplicat la intrarea în CAN produce la ieșire echivalentul a jumătate din întreaga scală a convertorului. Dacă tensiunea necunoscută este mai mare decât jumătate din întreaga scală, 1 logic este transferat în poziția bitului cel mai semnificativ al registrului de ieșire. Dacă tensiunea necunoscută este mai mică decât jumătate din întreaga scală, 0 logic este transferat în poziția bitului cel mai semnificativ al registrului de ieșire. Apoi circuitul compară cu următorul bit din convertorul numeric-analogic intern și procedura continuă în mod similar până la bitul cel mai puțin semnificativ, la care conversia este încheiată.

## Parametrii caracteristici convertoarelor analog-numeric

**Funcția ideală de transfer** [10] este dată de ecuațiile:

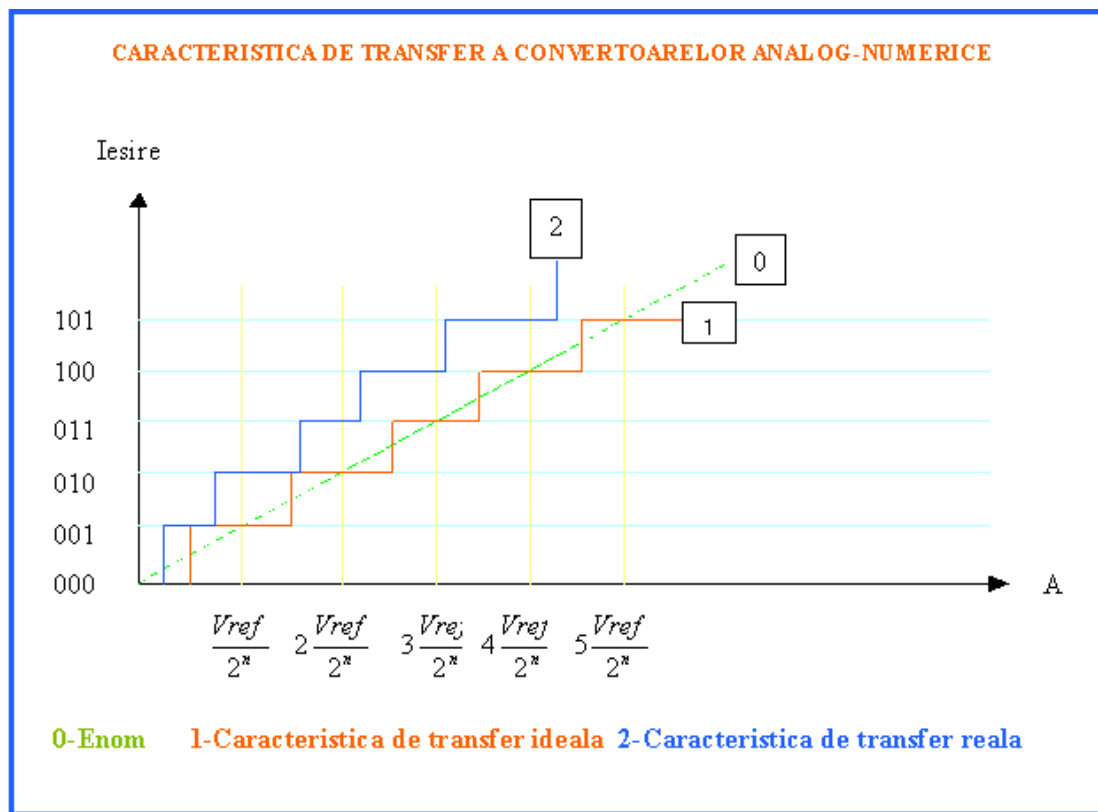
$$E_{nom} = V_R \left( \frac{b_1}{2} + \frac{b_2}{2^2} + \dots + \frac{b_n}{2^n} \right)$$

$$E_{nom} - \frac{1}{2} \frac{V_R}{2^n} < A < E_{nom} + \frac{1}{2} \frac{V_R}{2^n}$$

În acest caz  $V_R$  reprezintă gama de tensiune ce poate fi convertită, denumită scală completă. Caracteristica de transfer a unui convertor analog-numeric este redată în figura de mai jos: Aceasta se compune din trepte de lățime egală cu  $V_R/2$ , punctele de mijloc ale fiecărei trepte corespund diferitelor valori ale  $E_{nom}$ .

Graficul 1 reprezintă caracteristica ideală a convertorului, graficul 2 reprezintă caracteristica reală a convertorului.

Tranzițiile se produc pentru tensiuni  $E_{nom} + \frac{1}{2} \frac{V_R}{2^n}$ , presupunând o cuantificare uniformă.



Eroarea de conversie corespunzătoare, presupunând o cuantizare uniformă, este dată de diferența  $A - E_{nom}$

Modulul acestei erori este mai mic sau egal cu  $\frac{1}{2} \frac{V_R}{2^n}$ , iar limita ei este eroarea de cuantizare.

**Rezoluția** este data de numărul de biți ai convertorului. Rezoluția definește cea mai mică variație a tensiunii pe care convertorul o poate coda și se exprima prin relația:

$$R = 1/2^n$$

**Timpul de conversie** este timpul necesar pentru a obține la ieșire un semnal numeric proporțional cu semnalul analogic de la intrare având precizia dorită.

Pentru a cunoaște frecvența maximă de conversie posibilă, la timpul de conversie trebuie adăugat și timpul aducerii convertorului la zero. De regulă, acest timp este destul de mic și nu afectează semnificativ performanțele convertorului.

**Precizia** se definește ca fiind diferența dintre valoarea teoretică a lui  $E_{nom}$  care produce un anumit cuvânt  $N$  la ieșire și valoarea  $A$  care generează efectiv acest cuvânt.

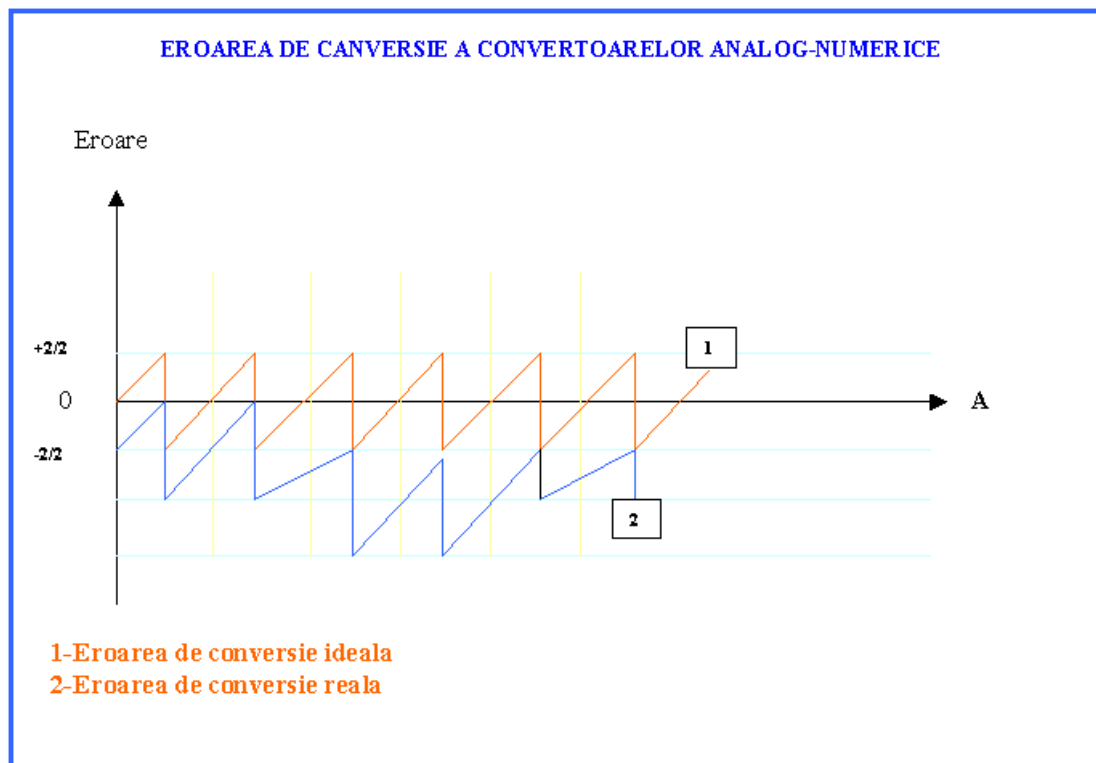
Anumite convertoare analog-numerice au proprietatea ca pot diminua sau chiar elimina unele semnale perturbatoare, în special ale tensiunii de alimentare de alimentare de la rețea. Se definește un factor de rejecție a tensiunii perturbatoare,  $S(\cdot)$ , ca raportul dintre zgomotul de intrare și valoarea semnalului de intrare

## Erori ale convertoarelor analog-numerice

Performanțele CAN-urilor diferă de cele teoretice din cauza erorilor. Caracteristica de transfer, nu are alura curbei 1 ci pe cea a curbei 2, din această cauză rezultă următoarele diferențe:

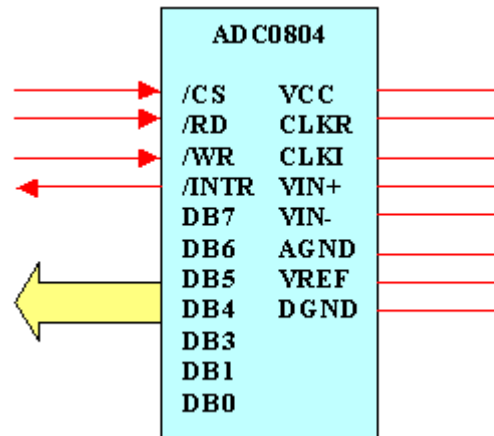
- tensiunile pentru care se produc tranzițiile diferă de cele corespunzătoare curbei 0
- porțiunile orizontale nu au exact dimensiunea unui pas de cuantizare
- eroarea de cuantizare nu rămâne în intervalul  $\left( \pm \frac{V_R}{2^n} \dots \pm \frac{V_R}{2^n} \right)$

Aceste diferențe sunt datorate erorii de câștig, erorii de decalaj, erorii de liniaritate, la care se adaugă eroarea de cuantizare.



## Convertorul analog-numeric ADC -0804

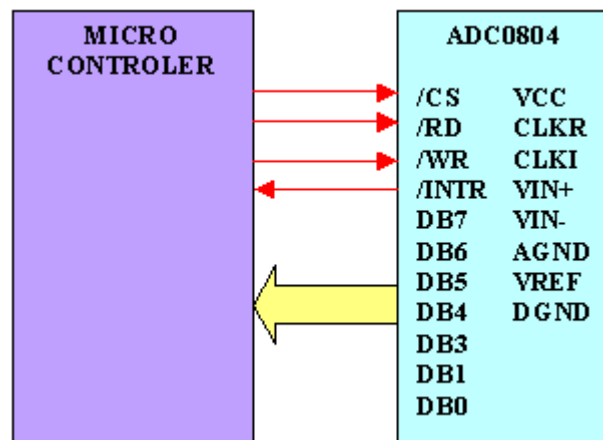
Unul din cele mai utilizate convertoare CAN este convertorul ADC0804 produs de firma National Semiconductors. Este un convertor A/D cu aproximații succesive pe 8 biți cu precizie de  $\pm 1/2$  LSB. Permite intrare de tensiune diferențială sau absolută grație intrării AGND care poate fi legată la masa sau la un pol al tensiunii diferențiale. Dispune de clock intern, valoarea frecvenței de oscilație fiind stabilită de valorile R, respective C conectate la terminalele CLKR, CLKI



ADC 0804 poate fi conectat cu ușurință la sisteme microprogramate realizate cu microprocesoare sau controlere.

Exista mai multe moduri de comanda a circuitului. Exista posibilitatea sa se comande separate faza de startare a achiziției și separate faza de citire date.

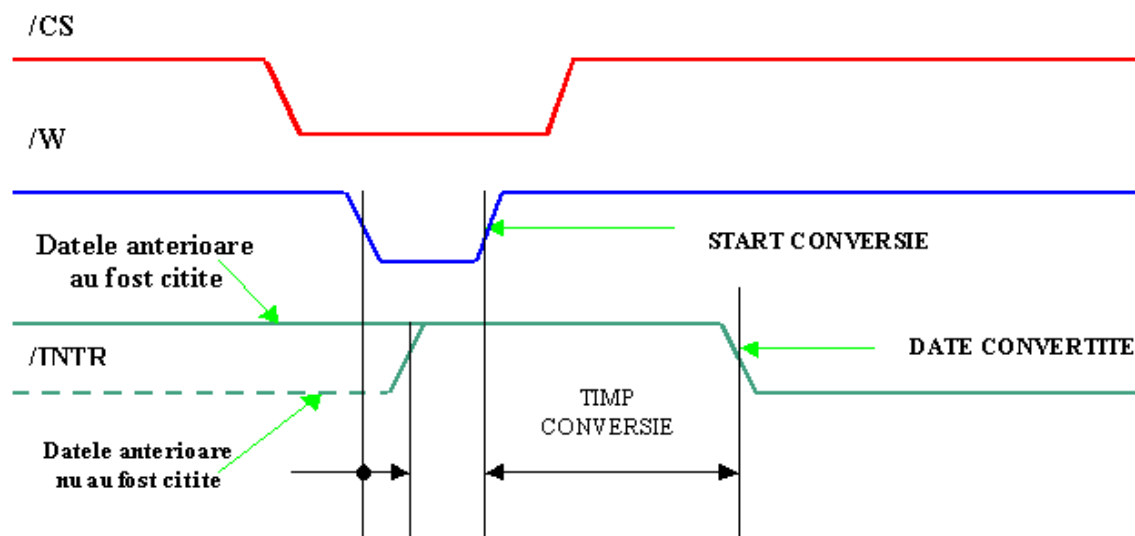
Aceasta se realizează cu o schema de principiu de tipul celei de mai jos:



Formele de unda ale semnalelor de comanda [20] care inițiază începerea unei conversii are următoarea forma:

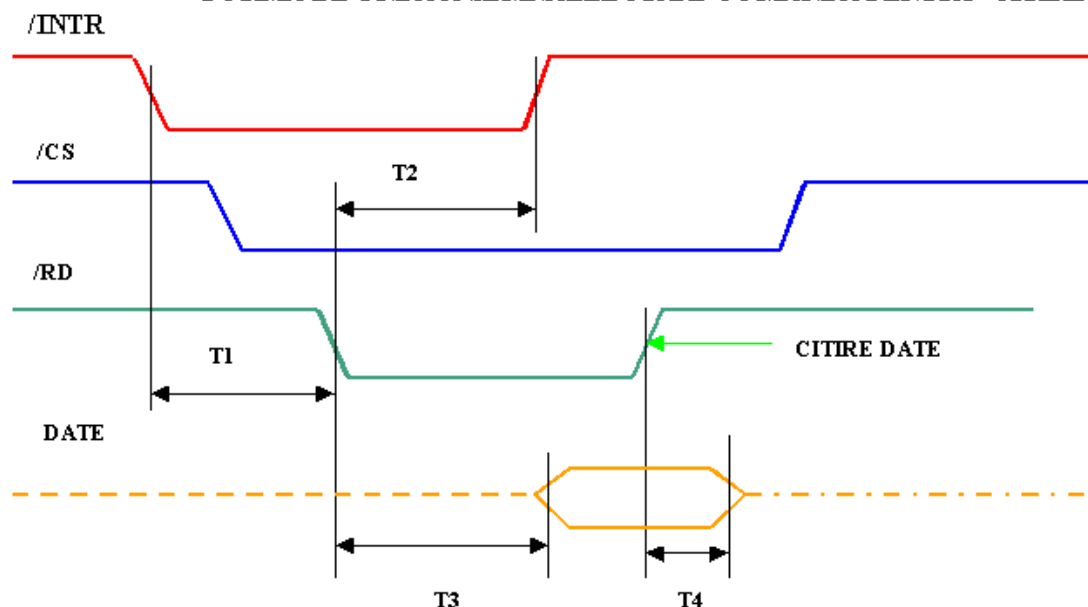


# FORMA DE UNDA A SEMNALELOR DE COMANDA PENTRU START CONVERSIE DATE

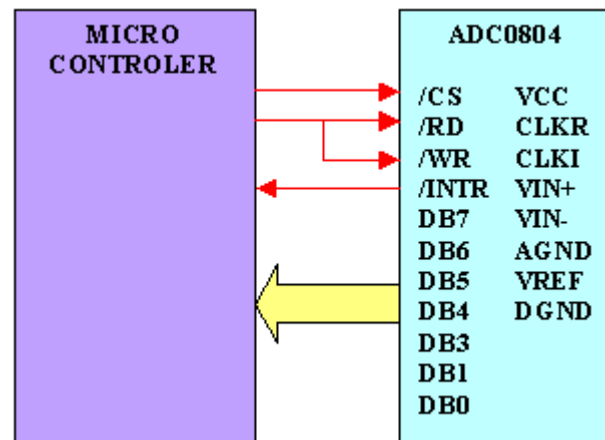


În vederea citirii datelor convertite semnalele de comanda trebuie să aibă forma:

## FORMA DE UNDA A SEMNALELOR DE COMANDA PENTRU CITIRE DATE

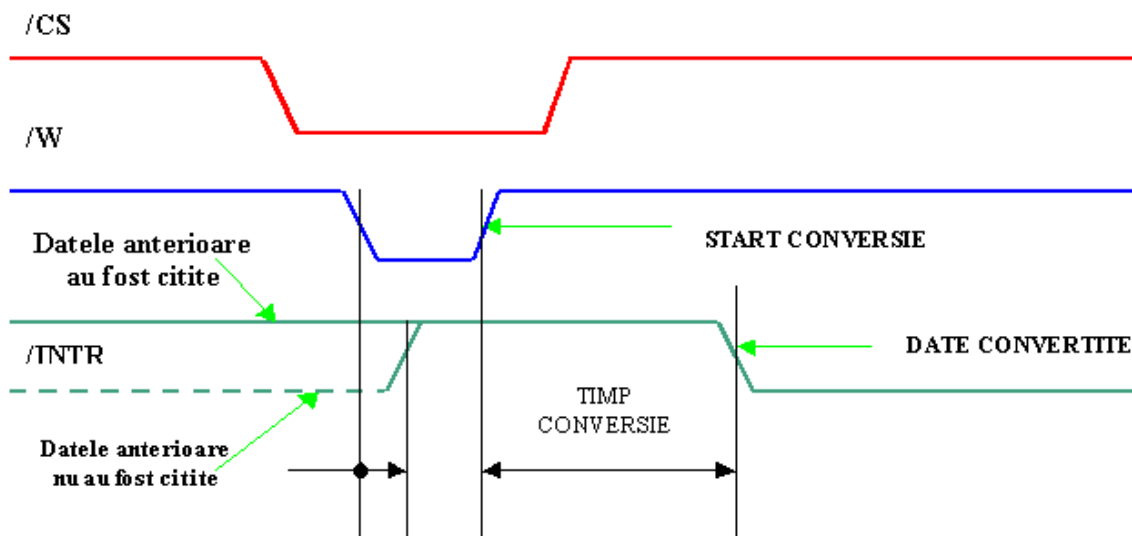


Există posibilitatea de a iniția o conversie și de a citi datele anterior convertite într-o singură fază. În acest caz ADC-ul trebuie conectat ca în figura de mai jos:



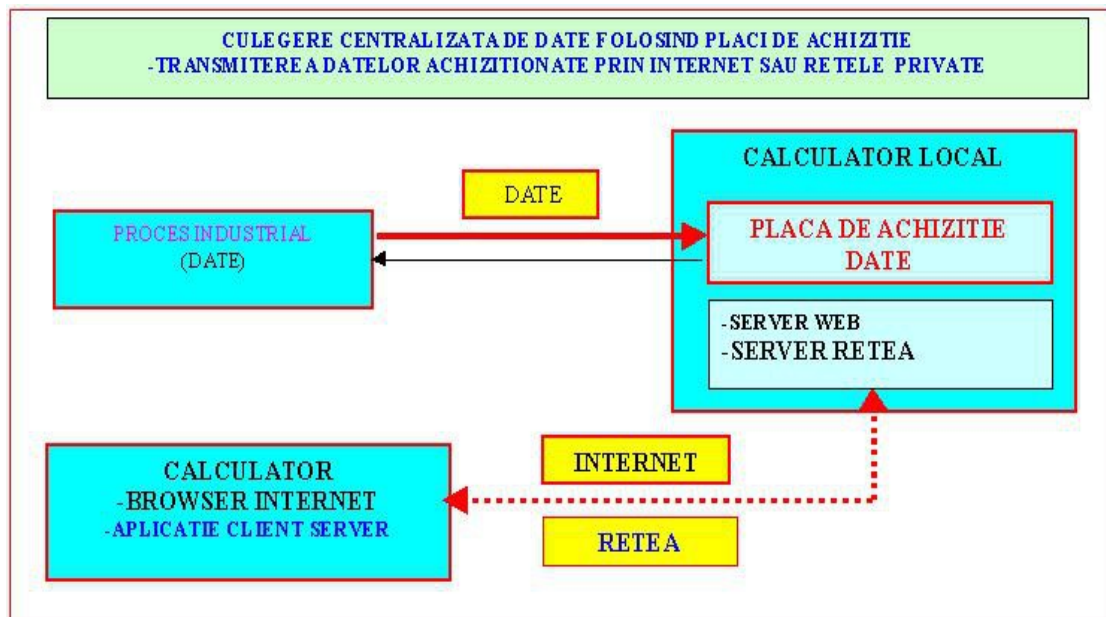
Formele de unda ale semnalelor de comanda trebuie sa respecte diagrama de jos:[20]

#### FORMA DE UNDA A SEMNALELOR DE COMANDA PENTRU START CONVERSIE DATE



## 2. Achiziții de date bazate pe calculator

Culegerea de date cu ajutorul calculatorului PC presupune introducerea unei plăci de achiziție, într-un slot al plăcii de baza a calculatorului



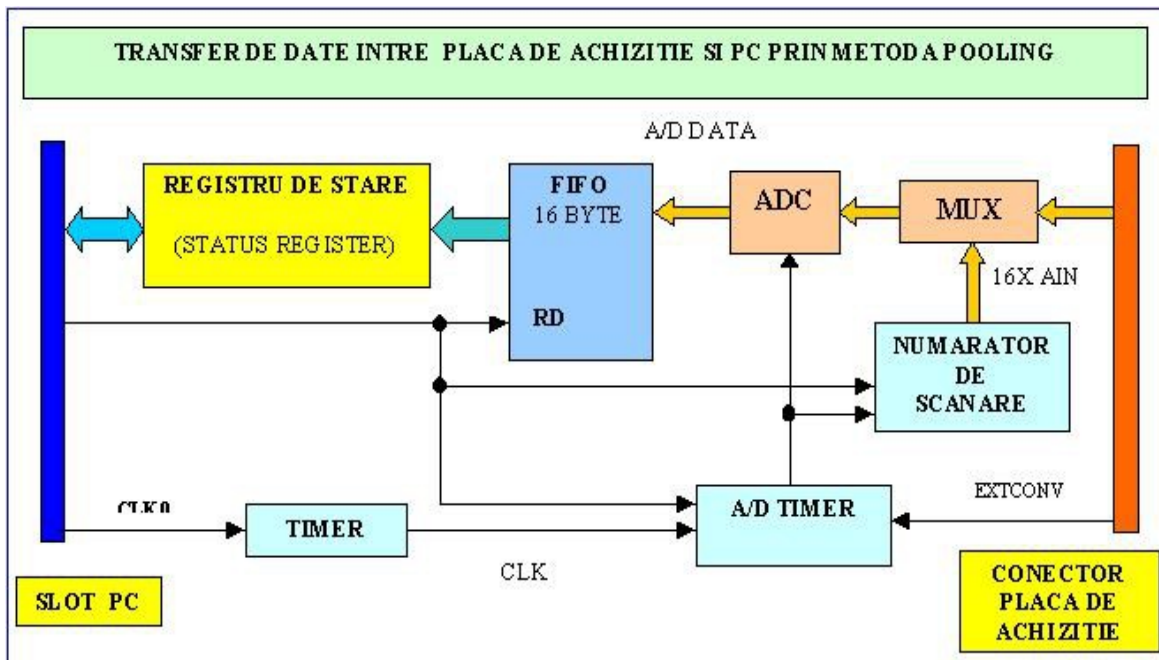
Transferul de date ce are loc între placa de achiziție și calculator trebuie efectuat la viteza și cantitatea de date impuse de sistemul monitorizat. Ideal ar fi ca viteza și cantitatea maximă de date pe care vrem să le culegem din exterior să depindă numai de parametrii funcționali ai plăcii de achiziție. Din păcate comunicarea dintre placa de achiziție și memoria calculatorului are limitări serioase impuse de arhitectura PC-ului.

Există trei posibilități de comunicare între placa de achiziție și calculator.

- ⌚ **Pooling** –registrul de stare al plăcii de achiziție este citit periodic dictat de un timer al CPU
- ⌚ **Întreruperi** –Placa de achiziție are capacitatea de a întrerupe CPU de fiecare dată când trebuie transferate date
- ⌚ **DMA** –controlerul DMA (Direct Memory Acces) efectuează transferul de date în paralel cu activitatea CPU

## Pooling

Citirea periodică a datelor achiziționate (monitorizarea repetată) poartă numele de Pooling. Acest tip de transfer este potrivit pentru culegerea de date folosind placa de achiziție instalată în calculator, fiind destul de rapid și ușor de implementat. În figura de jos este reprezentat schematic principiul de achiziție prin această metoda.



În figura de sus este reprezentat modul de achiziție pentru semnale de tip analogic. Partea de intrare analogică conține convertorul analogic digital (ADC), un timer A/D timer ce generează pulsurile de trigger ale fiecărei citiri, o memorie FIFO pe post de buffer care are rol de tampon de date între două citiri ale calculatorului și un registru de stare ce păstrează informații referitoare la operația de citire.

Secvența de operații ce are loc pentru fiecare citire este următoarea:

1. Timer-ul generează un puls ce este trimis ADC- ului
2. ADC-ul executa o conversie
3. Valoarea digitala rezultata din conversie este depusa în buffer-ul FIFO
4. Bitul de stare numit DVAL din registrul de stare sete activat

Programul din calculator care inițiază un transfer trebuie sa conțină următoarea secvență de instrucțiuni:

1. Se citește registrul de stare

2. Dacă DVAL este activ se copiază conținutul FIFO în memoria calculatorului altfel dacă DVAL nu este activ se repeta algoritmul începând cu punctul 1

Perioada de timp dintre inițierea unei conversii și momentul când DVAL este activ este singurul moment care poate fi precizat în transferul POOLING. Operațiile efectuate de CPU au durate variabile, în funcție de ceasul CPU, gradul de încărcare al CPU etc. Convertorul

ADC generează valorile digitale, la frecvența dorită, și le depune în FIFO. Plăcile de achiziție pot avea buffere FIFO cu mărimi între 16 și 2048 locații.

Dacă buffer-ul este plin, și o nouă conversie are loc înainte ca buffer-ul să fie citit de CPU în registrul de stare se poziționează un bit de eroare. Aceasta eroare nu este fatală, adică achiziția de date poate continua.

Principala limitare a transferului de date de tip pooling, este faptul că nu poate fi făcut la intervale precise de timp. CPU execută instrucțiunile în ordine secvențială dar cu întreruperi generate de sistemul de întreruperi în vederea deservirii și altor procese. Folosind deci pooling nu se poate conta pe transferul datelor din FIFO în memorie la intervale precizate de timp, ceea ce poate duce la pierderea de valori din semnalul cules.

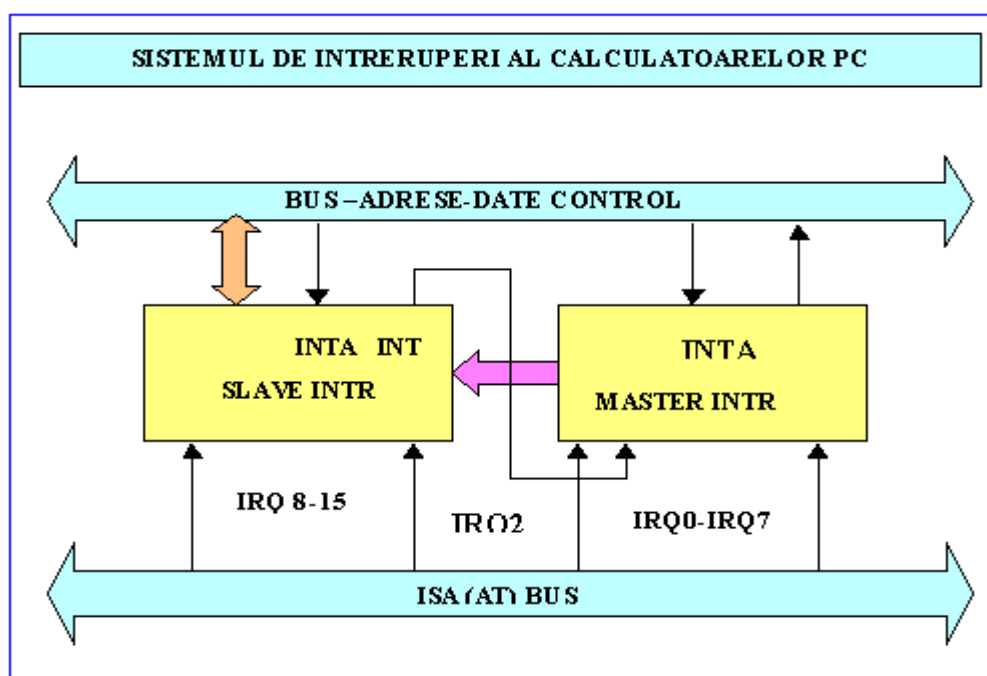
Transferul de tip pooling, este ușor de implementat la nivelul registrilor plăcii, și poate fi folosit în operații de achiziție lente ( $<30$  KHz), în care operațiile executate asupra datelor culese nu sunt critice, timpul culegerii de date nefiind important, iar punctele de semnal sunt culese și procesate individual.

## Înteruperi

Arhitectura calculatorului PC este astfel concepută încât procesorul să poată deservi toate resursele calculatorului. Acest tip de arhitectură se bazează pe utilizarea întreruperilor. Întreruperile sunt semnale hardware care provin de la periferice și care înștiințează procesorul ca trebuie să deservască un periferic(o anumită resursă).

Calculatoarele PC dispun de un controler de întrerupere programabil care furnizează 16 linii de întrerupere IRQ0-IRQ15. Întreruperile IRQ8-IRQ15 sunt prioritare liniilor IRQ3-IRQ17. În urma activării unei linii de întrerupere, controlerul de întreruperi generează spre procesor un semnal numit INT. În momentul când procesorul poate lua în considerare întreruperea, își salvează starea curentă pe stiva după care răspunde cu un semnal INTA pentru a anunța controlerul de întreruperi că este gata să trateze întreruperea în curs. Controlerul de întreruperi furnizează vectorul de întrerupere corespunzător întreruperii, iar procesorul pe baza vectorului furnizat găsește în tabela de întreruperi adresa rutinei de tratare a întreruperii și lansează în execuție rutina respectivă, după care revine în procesul inițial prin citirea stării de pe stiva și reluarea procesului exact din momentul în care a fost întrerupt.

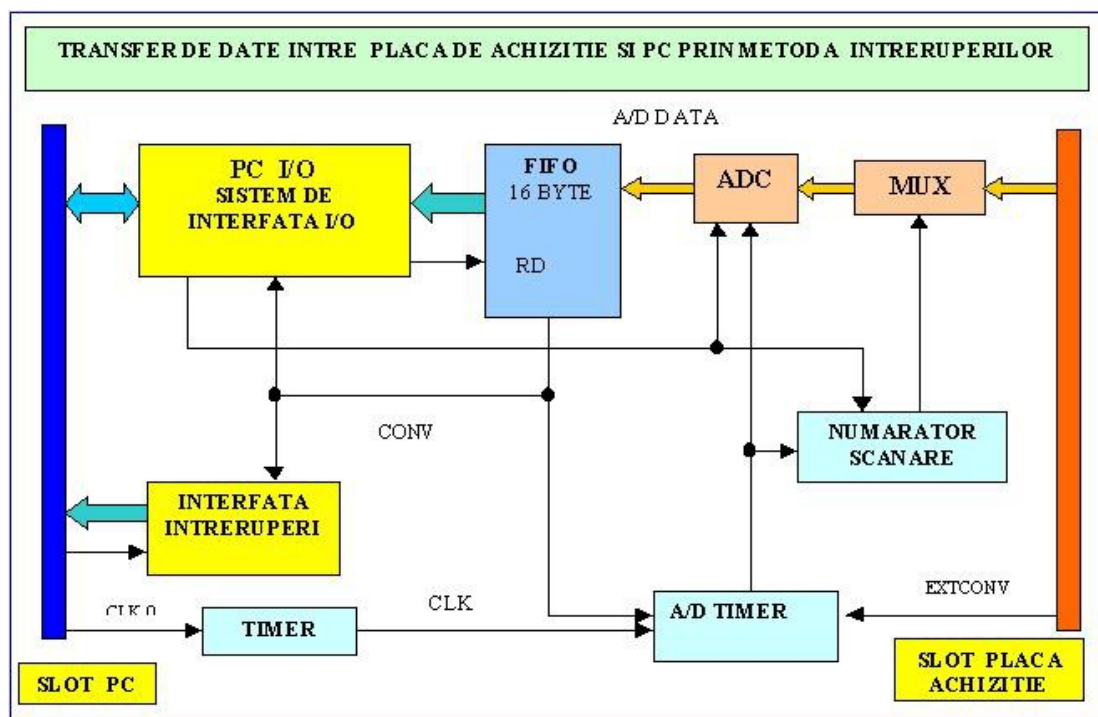
În figura de jos este schițat sistemul hardware de întreruperi al unui PC:



## Sisteme SCADA

Bazându-se pe sistemul de întreruperi s-au conceput sisteme de achiziție care stabilesc legătura cu calculatorul prin intermediul întreruperilor. Sistemul de achiziție inițiază o achiziție de date. După ce datele au fost achiziționate și stocate în buffere se lansează o cerere de întrerupere pe una din liniile de întrerupere. Procesorul tratează aceasta întrerupere rulând o rutina specifică sistemului de achiziție prin care datele sunt citite din bufferul sistemului de achiziție și transferate în memorie.

Schema bloc a unui astfel de sistem de achiziție ce utilizează întreruperile este prezentată mai jos:



Ori de câte ori convertorul ADC efectuează o conversie și o depune în memoria FIFO se activează semnalul CONV care prin intermediul interfeței de întreruperi activează o linie de întreruperi a controlerului de întreruperi. În momentul când întreruperea este acceptată de procesor acesta execută rutina de tratare a acestei întreruperi respectiv rutina de tratare a sistemului de achiziție care citește defapt conținutul FIFO în memorie prin intermediul sistemului de I/O.

În urma citirii, numărătorul de scanare este incrementat, furnizând o nouă adresă pentru multiplexorul de intrare care va selecta o altă intrare analogică în vederea conversiei. Se retează în același timp timer-ul A/D care inițiază un nou ciclu de conversie analogică.

În concluzie secvența de operații pentru fiecare citire este următoarea:

1. Timer-ul A/D generează un puls ce determină convertorul A/D să înceapă un ciclu de conversie
2. Convertorul A/D efectuează conversia
3. Valoarea digitală este transferată în FIFO
4. Se lansează o întrerupere prin intermediul interfeței de întrerupere
5. Se acceptă întreruperea și este lansată de procesor rutina de întrerupere
6. Rutina de întrerupere citește datele prin I/O și le depune în memorie
7. Se revine din rutina de întrerupere
8. Se incrementează numărătorul scanner și timer-ul ADC trimite un nou semnal ce declanșează o nouă operație de conversie
9. Se reia ciclul

Prin intermediul sistemelor de achiziție bazate pe întreruperi viteza maximă rămâne sub 50 KHz chiar și cu sisteme de achiziție performante care dispun de convertoare rapide din cauza timpului relativ mare între două acceptări de întrerupere ale procesorului. Se câștigă însă timp prin eliminarea sau cel puțin reducerea factorului de întârziere din operațiile ce preced copierea buffer-ului FIFO în memoria RAM.

Întreruperea hardware, emisă de placa de achiziție, nu are prioritate maximă, deci acceptarea întreruperii poate să întârzie dacă alte periferice mai prioritare fac la rândul lor întreruperi. Cu toate acestea întreruperea sosită de la placa de achiziție în general este tratată imediat de procesor.

Transferul de date folosind întreruperi poate crea probleme dacă execuția rutinei de întrerupere ia prea mult timp sau dacă procesorul consumă prea mult timp pentru acceptarea întreruperii.

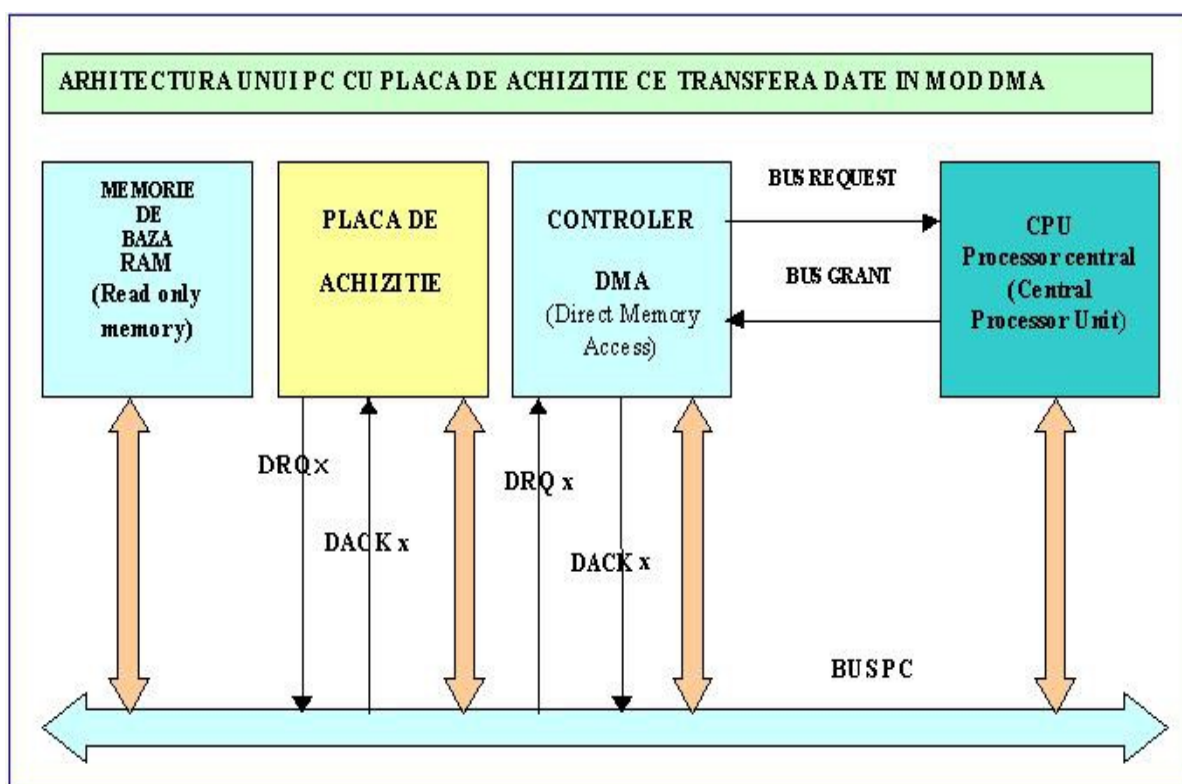


În această situație se poate întâmpla ca memoria FIFO să genereze overflow, deci să avem pierderi de date din cauza că ritmul de citire al datelor este mai mic decât ritmul de conversie a datelor.

Pentru eliminarea acestor deficiențe se utilizează o altă metodă de transfer, mult mai rapidă și anume metoda de transfer date prin transfer direct în memorie DMA-Direct Memory Access.

### DMA-Direct Memory Access

Mecanismul cel mai eficient, pentru transferul datelor între plăcile de achiziție și memoria calculatorului îl reprezintă sistemul DMA.



## Sisteme SCADA

Metoda de transfer DMA este mai rapidă decât metodele tratate anterior (poolong, întreruperi) deoarece procesorul CPU nu este implicat în transferul de date. Transferul este efectuat controlerul DMA al calculatorului în paralel cu activitățile curente ale procesorului CPU. Transferul de tip DMA este folosit în aplicațiile în care blocuri întregi de date trebuie transferate în memorie la viteze foarte mari.

În principiu arhitectura unui calculator care dispune de DMA și placa de achiziție date ce transfera datele prin intermediul DMA arată ca în schema bloc de mai sus.

Transferul de date bazat pe DMA, constă în programarea sistemului de achiziție în vederea utilizării capabilităților hardware de a cere transfer DMA și programarea controlerului DMA pentru a accepta cererile DMA de la sistemul de achiziție și de a transfera datele în zona de memorie programată.

Pentru a realiza un transfer DMA între placa de achiziție și memorie se parcurg următorii pași.

1. Se programează controlerul DMA cu adresa de start a blocului de memorie urmează a fi umplut cu date, precum și numărul de locații care vor fi transferate
2. Se programează placa de achiziție să trimită semnalele de cerere de transfer, folosind linia DRQ x, ori de câte ori FIFO are date ce trebuie transferate.
3. Placa de achiziție trimite controlerului DMA un semnal DRQ x, semnal de cerere de transfer.
4. Controlerul DMA activează semnalul Bus Request pentru a cere procesorului să elibereze magistrala în vederea efectuării transferului de date între DMA și memorie prin intermediul BUS-ului comun.
5. Procesorul CPU cedează controlul asupra magistralei în favoarea sistemului DMA
6. Sistemul DMA activează semnalul DACK (acknowledge) pentru a anunța sistemul de achiziție că cererea DMA a fost acceptată și poate începe un transfer de date. DMA plasează pe bus-ul de adrese adresa de memorie din cadrul zonei de memorie în care se vor transfera datele, astfel încât octetul de date să poată fi transferat de sistemul de achiziție direct în memorie.
7. Placa de achiziție scrie datele în memorie prin intermediul bus-ului PC și invalidează semnalul DRQ
8. DMA formează o nouă adresă pentru următorul octet de transferat și totodată numără octeții transferați din buff-erul FIFO al plăcii de achiziție, decrementând counter-ul care ține numărul de octeți care trebuie transferat

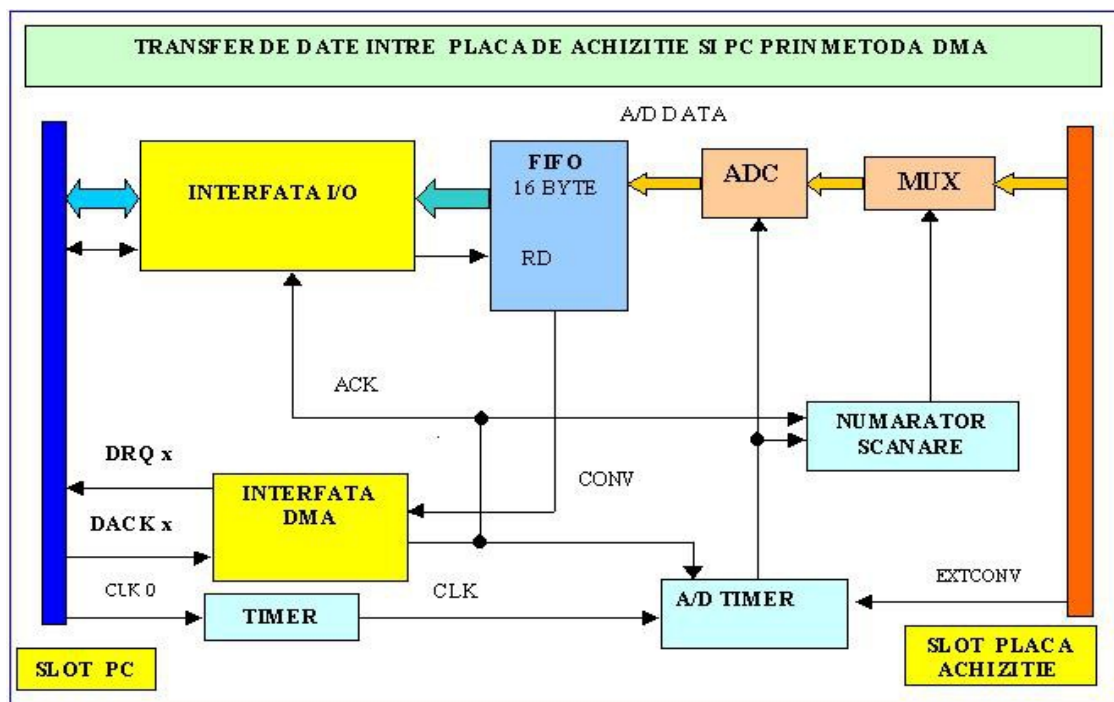
9. Se repeta algoritmul începând cu punctul 3, până când counter-ul cu nr de octeți atinge valoarea 0, adică numărul de octeți programat la punctul 1 a fost deja transferat.

Exista mai multe moduri în care placa de achiziție activează semnalul DRQ. Astfel placa de achiziție poate cere transfer pentru fiecare octet de date din FIFO, caz în care avem de-a face cu un transfer DMA *-single mode*

Sistemul de achiziție poate fi programat în așa fel încât să activeze semnalul DRQ pentru o perioadă mai lungă pentru ca DMA să poată face mai multe cicluri (3-9) deci să transfere mai multe locații pentru un singur DRQ. Acest mod de lucru cu DMA-ul se numește *DMA-demand mode*.

Alta metoda de lucru este metoda DMA *-bloc transfer* prin care odată cererea de transfer acceptată, DRQ este pastrat activ până la transferarea tuturor datelor din buffer obligând deci DMA-ul să țină bus-ul ocupat până la transferul integral al datelor din FIFO

Sistemul de achiziție și transfer prin DMA poate fi reprezentat la nivel de schema bloc astfel:



Secvența de operații care are loc pentru fiecare transfer DMA este următoarea:

## Sisteme SCADA

1. Se programează canalul DMA corespunzător și placa de achiziție pentru a stabili numărul de octeți transferați și adresa de memorie unde vor fi transferate datele.
2. Un urma unei conversii datele ajung în FIFO, care activează semnalul CONV, iar prin interfața DMA se activează semnalul DRQ pe magistrala calculatorului. Controlerul de DMA face o cerere de acordare a magistralei spre procesorul CPU prin activarea semnalului BUSREQUEST. Procesorul acorda magistrala și semnalizează prin activarea semnalului BUSGRANT.
3. Controlerul de DMA activează semnalul DACK x pentru a semnaliza faptul ca sunt îndeplinite condițiile pentru a se face transferul de date.
4. Se face transferul numărului stabilit de octeți la adresa stabilita.
5. Semnalul DACK x prin interfața DMA generează un puls ACK care este trimis interfeței I/O pentru a permite transmiterea datelor pe magistrala. Tot semnalul ACK incrementează counter-ul de scanare care stabilește o noua adresa pentru multiplexorul analogic de la intrare. De asemenea ACK resetează timer-ul A/D care generează noi pulsuri pentru convertorul A/D
6. Convertorul efectuează noi conversii
7. Valoarea digitala rezultata din conversie rezultata din conversie este depusa în FIFO
8. Se lansează din nou o cerere spre DMA
9. Se reia ciclul de la punctul 2 sau de la punctul 1 daca se schimba numărul sau locul de memorare al datelor.

Viteza de culegere și transfer a datelor în acest mod poate atinge frecventa de 300-500 Khz în funcție de ceasul procesorului. Este unul din cele mai rapide procedee de achiziție date și se pretează în locuri unde e nevoie de cantitate mare de date de achiziționat în timp real.

Un alt avantaj al folosirii procedului DMA il reprezinta faptul ca în paralel cu transferul datelor procesorul poate rula anumite instrucțiuni care nu necesita magistrala, deci eficienta ansamblului calculator sistem de achiziție crește. Se pot crea aplicații în care în care sa se execute operații simultane de genul achiziție transfer prelucrare prezentare, cu alte cuvinte achiziție, analiza și prezentare în timp real.

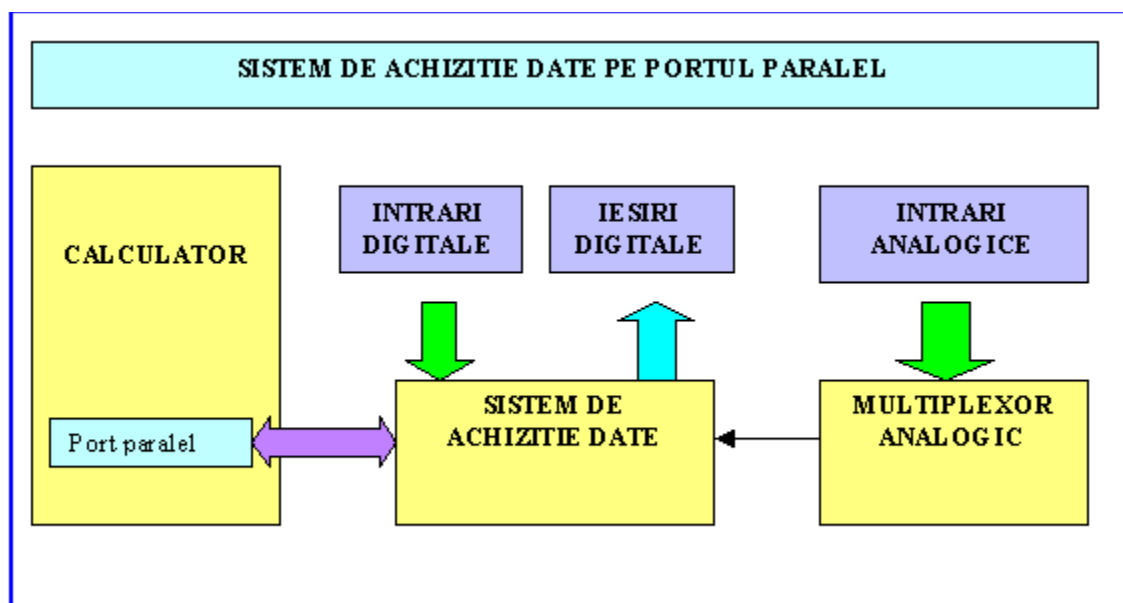
Lungimea maxima a unui bloc de date transferat nu poate depăși 64 Ko din cauza limitărilor sistemului DMA. După un astfel de transfer DMA-ul trebuie reprogramat cu o noua adresa de transfer date și cu noua dimensiune a blocului de transferat.

Din cauza faptului ca memoria unui calculator trebuie refresh-ata la fiecare 15 microsecunde și deci trebuie eliberat bus-ul la fiecare 15 microsecunde, metodele de transfer DMA de tip demand sau block sunt aproape imposibil de implementa

### 3. Utilizarea portului paralel al calculatorului, în achiziția de date

Sistemele de achiziție care comunica cu calculatorul prin intermediul portului serial vehiculează date în funcție de viteza de comunicație a portului serial chiar dacă ele pot achiziționa date la viteze mult mai mari. În cazul în care calculatorul central are nevoie de o cantitate mai mare de date sistemele de achiziție seriale nu mai fac fata. O soluție ar fi sistemele de achiziție ce utilizează portul paralel pentru comunicația de date

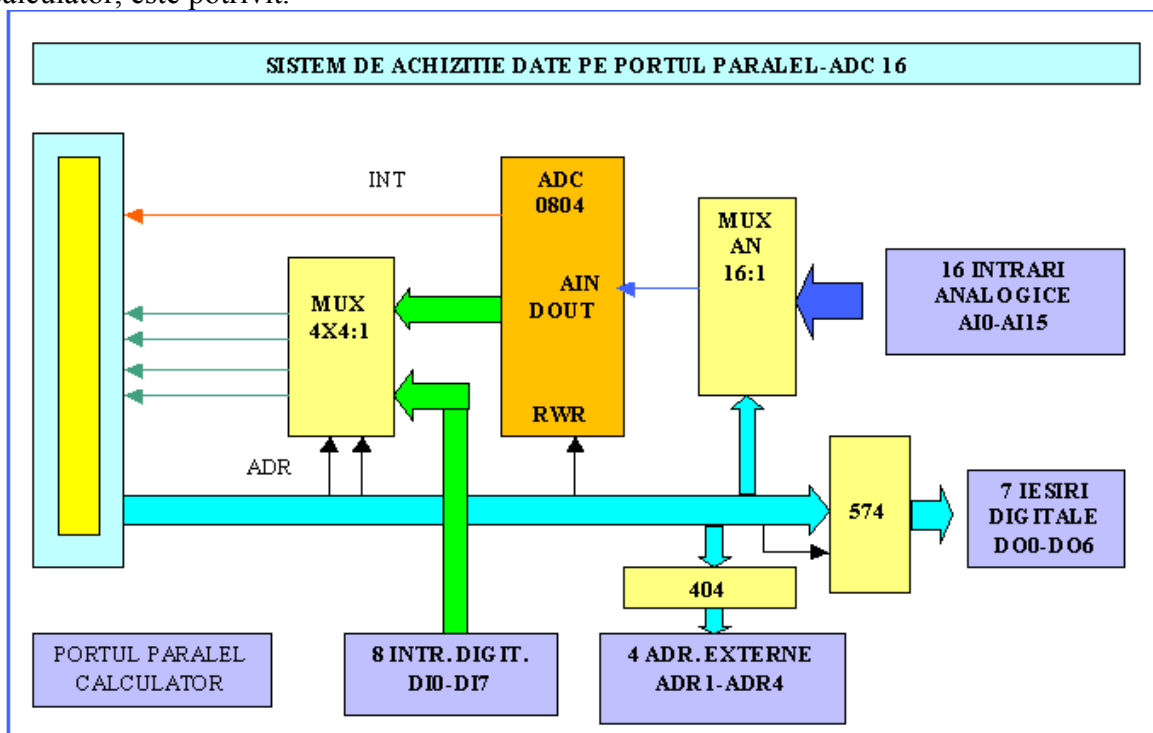
Având în vedere ca portul paralel furnizează o magistrala de date de 8 biți și o magistrala de comenzi de 9 biți dintre care 5 de intrare și 4 de ieșire, se poate un transfer de date mult mai rapid. Un astfel de sistem de achiziție conectat la portul paralel este prezentat în continuare.



Sistemul de achiziție poate să lucreze independent deci să conțină sisteme inteligente microprogramate sau poate să fie o simplă interfață prin care calculatorul comanda achiziția și realizează transferul.

În cazul în care sistemul de achiziție este o simplă interfață comandată de calculator, programele de achiziție se află în totalitate pe calculator, sistemul de achiziție este un element de execuție. Are avantajul că este foarte simplu, ieftin și flexibil. Întregul pachet de programe se află pe calculator deci actualizările și îmbunătățirile de program se fac numai pe calculator. Principalul dezavantaj îl constituie faptul că sistemul depinde în totalitate de calculator neputând funcționa independent de calculator. Dacă sistemul este complex și pe lângă monitorizare de date face și comanda, un astfel de sistem nu este prea indicat.

Pentru cazurile când principala funcție a sistemului este monitorizarea de date eventual pe lângă monitorizare și câteva comenzi, un sistem controlat în totalitate de calculator, este potrivit.



După cum se vede în figura de sus sistemul de achiziție este comandat de calculator prin intermediul liniilor de control din portul paralel. Datele sunt citite prin cele patru linii de intrare. Ieșirile de date utilizează magistrala de date a portului paralel. Având în vedere că nu toate calculatoarele dispun de port paralel bi-direcțional s-a preferat ca toate citirile de date să se facă pe cele patru linii de intrare.

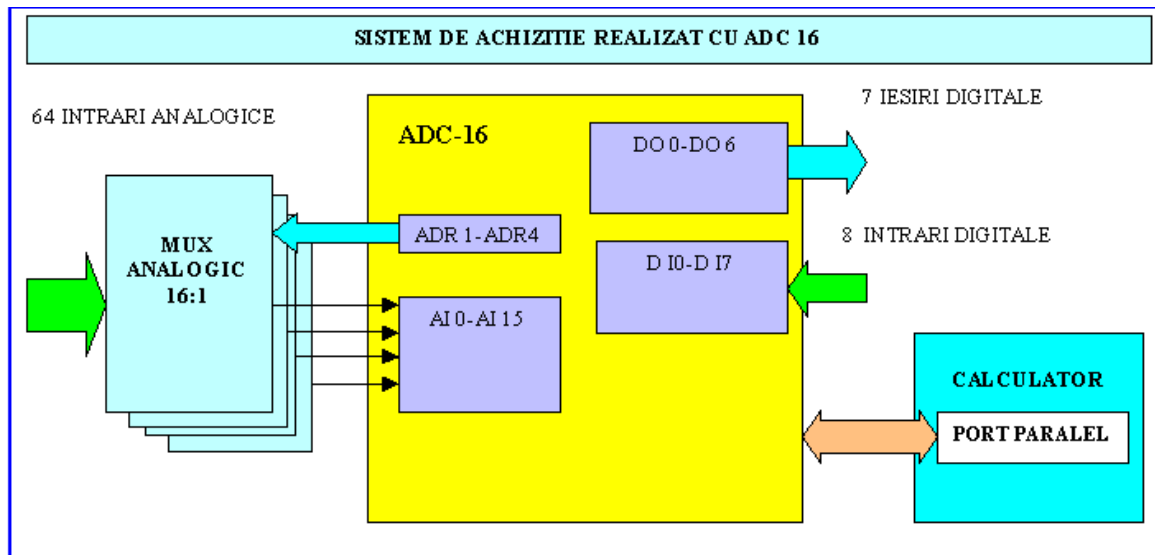
Datele vehiculate au dimensiunea de 8 biți (un octet). Pentru a putea fi citite s-au folosit 4 multiplexoare 4:1 din care două pentru citirea datelor de la convertorul AD iar două pentru citirea datelor de la portul de intrare. S-a folosit o linie de intrare special pentru semnalul INT de la convertorul A/D care indică sfârșitul conversiei.

Startul conversiei este dat de o ieșire a portului paralel legată direct la intrarea RWR a convertorului ADC.

În vederea conectării de multiplexoare suplimentare se mai furnizează patru linii de adresă direct din portul paralel cu specificația că sunt totuși amplificate prin patru porți logice 404.

Ieșirile digitale sunt realizate prin buffer-area a 7 linii de date cu ajutorul circuitului 574 comandat de un semnal furnizat tot de portul paralel.

Pentru a crește numărul de intrări analogice se mai atașează multiplexoare analogice 16:1. Ieșirile fiecărui multiplexor se conectează la câte o intrare analogică a sistemului ADC. Adresarea canalului corespunzător se face prin activarea corespunzătoare a liniilor de adresa ADR1-ADR4. Teoretic se pot atașa 16 multiplexoare adică câte un multiplexor pentru fiecare intrare analogică a sistemului ADC deci se pot realiza 256 de intrări analogice.



Frecvența de achiziție depinde de viteza de lucru a calculatorului precum și de numărul de canale analogice conectate.

Sistemul se pretează pentru achiziții de date în care se cere o viteză de achiziție mai ridicată decât la sistemele cu comunicație serială.

Cu toate că viteza este mai ridicată, nu se poate totuși compara cu viteza de achiziție a sistemelor de achiziție conectate direct pe magistrala internă a calculatorului.

Pentru sistemele industriale viteza oferită este acceptabilă. Combinată cu prețul accesibil, fiabilitatea ridicată, și conectare extrem de simplă la calculator acest sistem este recomandabil pentru a conduce și monitoriza o gamă diversă de procese industriale.

## Test de autoevaluare

- ⌚ -Marcați răspunsurile corecte la întrebările următoare.
- ⌚ -ATENȚIE: pot exista unul, niciunul sau mai multe răspunsuri corecte la aceeași întrebare.
- ⌚ -Timp de lucru: 10 minute

*1. Rezoluția unui convertor CAN :*

- ☐ a. Definește cea mai mică variație a tensiunii pe care convertorul o poate coda
- ☐ b. Este data de numărul de biți ai convertorului
- ☐ c. Este data de timpul de conversie
- ☐ d. Este data de factorul de rejecție

*2. Convertoarele analog-numerice cu aproximare succesivă conțin cel puțin :*

- ☐ a. 1 Un convertor CNA - numeric analog
- ☐ b. 2 Un Registru
- ☐ c. 3 Un comparator
- ☐ d. 4 O tensiune de referință

*3. Pooling-ul este :*

- ☐ a. Un sistem de întreruperi
- ☐ b. Citire periodică
- ☐ c. Sistem de priorități
- ☐ d. Sistem de acces la memorie

*4. DMA-ul este:*

- ☐ a. Un acces direct la memorie
- ☐ b. Un transfer în care procesorul CPU este implicat
- ☐ c. Un transfer în care procesorul CPU nu este implicat
- ☐ d. Mecanismul cel mai eficient, pentru transferul datelor

*5. Pentru a crește numărul de intrări analogice se mai atașează:*

- ☐ a. multiplexoare analogice
- ☐ b. demultiplexoare analogice
- ☐ c. convertoare analog-digitale
- ☐ d. convertoare digitale-analog

**Grila de evaluare:** 1-a,b; 2-a,b,c,d; 3-b; 4-a,c,d; 5-a,c;.



## Rezumat

### Elemente introductive despre convertoarele analog numerice

SCADA (Supervisory Control And Data Acquisition)-este un sistem bazat pe calculator avand rolul de comanda și monitorizare a proceselor tehnologice. Dupa cum se observa și în denumire, SCADA contine doua componente și anume:

- ⌚ supervizare și control
- ⌚ achiziția de date

Cea mai mare parte a datelor achiziționate în sistemele SCADA o reprezinta valorile analogice. Valorile analogice însă nu pot fi prelucrate în calculator decât în forma digitala. Convertoarele analog numerice sunt componentele care ne permit sa achiziționam datele analogice din proces, în format digital. În sistemele industriale o mare parte din datele monitorizate sunt de tip analogic. În vederea prelucrării lor prin intermediul sistemelor digitale valorile analogice trebuiesc convertite în valori digitale. Cel mai adesea se folosesc circuite specializate numite Convertoare Analog Numerice (CAN)

Convertorul Analog Numeric (CAN) este un dispozitiv care primește un semnal analogic, A și îl transforma într-un semnal numeric, N, cu precizie și rezoluție date, prin comparata lui cu o tensiune de referință. CAN-urile sunt fi realizate în general în doua feluri:

- ⌚ convertoare cu integrare în doua pante ;
- ⌚ convertoare cu aproximare succesiva

Ambele tipuri de convertoare transforma o tensiune de intrare într-un cod numeric proporțional cu tensiunea de intrare.

Convertoarele analog-numerice cu integrare în doua pante conțin un integrator, o schema de control logic, un generator de tact și un numărător de ieșire.

Parametrii convertoarelor analog numerice

**Rezoluția** este data de numărul de biți ai convertorului. Rezoluția definește cea mai mica variație a tensiunii pe care convertorul o poate coda

**Timpul de conversie** este timpul necesar pentru a obține la ieșire un semnal numeric proporțional cu semnalul analogic de la intrare având precizia dorita.

**Precizia** se definește ca fiind diferența dintre valoarea teoretica a lui E care produce un anumit cuvânt N la ieșire și valoarea A care generează efectiv acest cuvânt.

### Achizitii de date bazate pe calculator

Transferul de date ce are loc între placa de achiziție și calculator trebuie efectuat la viteza și cantitatea de date impuse de sistemul monitorizat. Ideal ar fi ca viteza și cantitatea maxima de date pe care vrem sa le culegem din exterior sa depindă numai de parametrii funcționali ai plăcii de achiziție. Din păcate comunicarea dintre placa de achiziție și memoria calculatorului are limitări serioase impuse de arhitectura PC-ului.

Exista trei posibilități de comunicare între placa de achiziție și calculator.

- ⌚ pooling
- ⌚ întreruperi
- ⌚ dma

## Utilizarea portului paralel al calculatorului, în achiziția de date

Sistemele de achiziție care comunica cu calculatorul prin intermediul portului serial vehiculează date în funcție de viteza de comunicație a portului serial chiar dacă ele pot achiziționa date la viteze mult mai mari. În cazul în care calculatorul central are nevoie de o cantitate mai mare de date sistemele de achiziție seriale nu mai fac față. O soluție ar fi sistemele de achiziție ce utilizează portul paralel pentru comunicația de date.

În cazul în care sistemul de achiziție este o simplă interfață comandată de calculator, programele de achiziție se afla în totalitate pe calculator, sistemul de achiziție este un element de execuție. Are avantajul ca este foarte simplu, ieftin și flexibil. Întregul pachet de programe se află pe calculator deci actualizările și îmbunătățirile de program se fac numai pe calculator. Principalul dezavantaj îl constituie faptul că sistemul depinde în totalitate de calculator neputând funcționa independent de calculator. Dacă sistemul este complex și pe lângă monitorizare de date face și comanda, un astfel de sistem nu este prea indicat.

## Rezultate așteptate

După studierea acestui modul, ar trebui să cunoașteți:

- ⌚ Care sunt principalele sisteme de achiziții de date în sistemele SCADA
- ⌚ Ce reprezintă și cum funcționează convertoarele analog numerice
- ⌚ Cum sunt realizate sistemele de achiziții de date bazate pe calculator
- ⌚ Cum se utilizează portul paralel al calculatorului, în achiziția de date

## Termeni esențiali

Termen	Descriere
SCADA	Supervisory Control And Data Acquisition
CAN	Convertor analog numeric
DMA	Direct Memory Access - se efectuează transferul de date în paralel cu activitatea CPU
Pooling	Metoda prin care registrul de stare al plăcii de achiziție este citit periodic dictat de un timer al CPU
Întreruperi	Metoda prin care placa de achiziție are capacitatea de a întrerupe CPU de fiecare dată când trebuie transferate date
Rezoluția	Rezoluția este dată de numărul de biți ai convertorului
Timpul de conversie	Timpul necesar pentru a obține la ieșire un semnal numeric proporțional cu semnalul analogic de la intrare având precizia dorită.

## Recomandări bibliografice

- ⌚ [1] A. Daneels - What is SCADA -International Conference on Accelerator and Large Experimental Physics Control Systems, 1999, Trieste, Italy

## Sisteme SCADA

- ⌚ [2] Gavril Todorean, Microprocesoare Univ. Tehnica Cluj, 1994
- ⌚ [3] Mircea Dulau, Automatizarea proceselor termice și chimice-Universitatea "Petru Maior Targu Mures, 2002
- ⌚ [4] Traian Tur, Brevet de invenție nr: 11863 "Sistem pentru automatizarea și monitorizarea proceselor industriale", OSIM, 2003
- ⌚ [5] Jeff Kent, C++ fara mistere, Ed. Rosetti Educational 2004 .
- ⌚ [6] Boldur Barbat - Informatica industrială - Programarea în timp real – Institutul Central pentru Conducere și informatică 1984
- ⌚ [7] Ioan Babuita – Conducerea automată a proceselor – Ed. Facla 1985
- ⌚ [8] Ghercioiu-National în struments - Orizonturi în instrumentație 1995
- ⌚ [9] Radu Dobrescu - Automate programabile Ed Acad 1986
- ⌚ [10] Grigore Stolojanu - Prelucrarea numerică a semnalului vocal

## Link-uri utile

- ⌚ 1. <http://www.free-scada.org/> - Free SCADA - 2009.
- ⌚ 2. <http://www.7t.dk/igss/default.asp> - IGSS SCADA System - 2009
- ⌚ 3. <http://www.7t.dk/igss/default.asp?showid=374> - IGSS Online SCADA Training - 2009
- ⌚ 4. <http://www.7t.dk/free-scada-software/index.html> - IGSS Free SCADA Software - 2009
- ⌚ 5. <http://www.citect.com/> - CITECT SCADA - 2009
- ⌚ 6. [http://www.citect.com/index.php?option=com\\_content&view=article&id=1457&Itemid=1314](http://www.citect.com/index.php?option=com_content&view=article&id=1457&Itemid=1314) - Download CITECT demo - 2009
- ⌚ 7. <http://www.indusoft.com/index.asp> - INDUSOFT SCADA - 2009
- ⌚ 8. <http://www.gefanuc.com/products/2819> - Proficy HMI/SCADA - CIMPLICITY - 2009.
- ⌚ 9. <http://www.genlogic.com/> - Dynamic Graphics, Data Visualization, Human-Machine Interface (HMI) - 2010
- ⌚ 10. <http://www.genlogic.com/demos.html> - On-Line Java and AJAX Demos - 2010
- ⌚ 11. <http://www.free-scada.org/> - - 2009
- ⌚ 12. <http://www.free-scada.org/> - - 2009

## Test de evaluare

-Marcați răspunsurile corecte la întrebările următoare.  
-ATENȚIE: pot exista unul, niciunul sau mai multe  
răspunsuri corecte la aceeași întrebare.  
-Timp de lucru: 10 minute

## Sisteme SCADA

### 1. Ce este un convertor Analog-Numeric (CAN):

- ☐ a. Este un dispozitiv electronic care primește un semnal analogic, și îl transforma într-un semnal numeric
- ☐ b. Este un dispozitiv electronic care primește un semnal numeric, și îl transforma într-un semnal analogic
- ☐ c. Este un dispozitiv electronic care primește un semnal analogic, și îl transforma într-un semnal digital
- ☐ d. Este un dispozitiv electronic care primește un semnal digital, și îl transforma într-un semnal analogic

### 2. Ce este timpul de conversie al unui CAN ?

- ☐ a. Este timpul necesar pentru a obține la ieșire un semnal numeric proporțional cu semnalul analogic de la intrare având precizia dorită.
- ☐ b. Este timpul dintre două conversii succesive
- ☐ c. Este timpul de întârziere datorat operațiilor de conversie
- ☐ d. Este timpul mediu de conversie

### 3. Ce sunt întreruperile ?

- ☐ a. Sunt semnale hardware care provin de la periferice
- ☐ b. Mecanisme pentru tratarea întreruperilor de tensiune
- ☐ c. Mod de lucru al sistemelor de achiziție date
- ☐ d. Momentele când se efectuează transferul de date

### 4. Cine furnizează vectorul de întrerupere?

- ☐ a. Vectorul de întreruperi
- ☐ b. Dispozitivul care a făcut întreruperea
- ☐ c. Unitatea centrală
- ☐ d. Controlerul de întreruperi

### 5. Cine inițiază o achiziție de date într-un sistem master-slave ?

- ☐ a. Sistemul de întreruperi
- ☐ b. Aplicația din sistemul de achiziție
- ☐ c. Unitatea centrală
- ☐ d. Sistemul de achiziție

**Grila de evaluare:** 1-a,c; 2-a; 3-a; 4-d; 5-c,.