

## ***SISTEME DE ACHIZIȚIE DE DATE CU PC***

### **I. SCOPUL LUCRĂRII:**

Scopul acestei lucrări este de a face o introducere în problematica achiziției de date în general, a structurii generale a unui sistem de achiziție de date, cu particularizări asupra modului de realizare a sistemelor de achiziție și distribuție a datelor pentru calculatoarele personale. Se vor analiza posibilitățile de introducere a datelor în PC, exemple de plăci de achiziție de date cuplate pe aceste interfețe și modul de programare a aplicațiilor cu aceste plăci.

### **II. NOȚIUNI TEORETICE**

Achiziția de date se poate defini într-un sens mai larg ca fiind procesul de obținere a datelor de la o sursă, de obicei una exterioară sistemului care face măsurătoarea. În domeniul tehnic achiziția de date se referă la măsurarea unor mărimi electrice sau neelectrice și prelucrarea rezultatelor acestor măsurători. Odată cu evoluția extraordinară a calculatoarelor, a devenit posibilă preluarea sau generarea de date analogice sau digitale cu PC-ul direct din proces, în mod automatizat (fără introducerea acestora de către operatorul uman).

Achiziția de date este întâlnită în foarte multe din domeniile de activitate din zilele noastre: în industrie - în cadrul calculatoarelor de proces care supraveghează și reglează instalații tehnologice, în cercetarea științifică - pentru măsurarea și prelucrarea unui spectru extrem de vast de mărimi electrice și neelectrice, în comunicații - pentru supravegherea și măsurarea liniilor de comunicație, etc. Avantajul folosirii calculatoarelor personale în sisteme de achiziție și distribuție de date este dat de puterea de calcul foarte mare ce permite realizarea de prelucrări complexe ale semnalelor, flexibilitatea și ușurința cu care se pot modifica relațiile între mărimi și algoritmi de comandă și control.

Preluarea mărimilor analogice și digitale în calculator se face prin intermediul sistemelor de achiziție de date, care au rolul de a prelucra și transforma mărimile analogice de intrare în mărimi numerice și pot genera semnale de comandă analogice sau digitale.

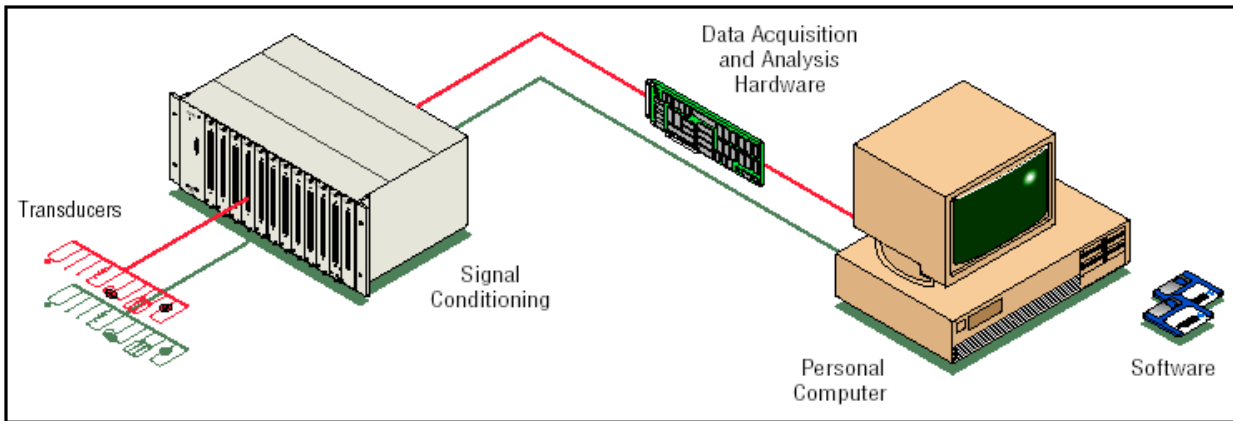
În general, un sistem de achiziție de date trebuie să poată executa trei funcții fundamentale:

- convertirea fenomenului fizic într-un semnal care poate fi măsurat;
- măsurarea semnalelor generate de senzori sau traductoare în scopul extragerii informațiilor despre procesele fizice;
- analizarea datelor și prezentarea lor într-o formă utilizabilă.

Structura tipică a unui *sistem de achiziție de date cu PC* este prezentată în figura 2.1. El este alcătuit din următoarele

- *senzori sau traductoare* - convertesc fenomenul fizic într-un semnal electric ce poate fi apoi prelucrat și măsurat;
- *circuite de condiționare* – prelucrează analogic semnalul și realizează funcții diverse cum sunt: adaptarea semnalului, convertirea și/sau amplificarea semnalului provenit de la traductoare, izolare galvanică, excitarea senzorului, liniarizare, filtrare, etc.;

- un subsistem de achiziție de date (*placă de achiziție de date*) - care poate include multiplexoare și convertoare analog-digitale;
- sistemul de calcul (*PC*);
- soft pentru achiziție de date;



**Figura 2.1** Structura generală a unui sistem de achiziție de date cu PC

Funcțiile principale ale plăcilor de achiziție de date sunt:

- intrarea analogică - măsurarea unui semnal - tensiune electrică provenit de la un traductor;
- ieșire analogică – generarea unui semnal de comandă sub formă de tensiune sau curent analogice;
- intrări/ieșiri digitale – informația este transmisă sub forma unor coduri numerice sau se pot măsura/genera semnale de tip on/of.
- Numărare/cronometrare – primirea și generarea de semnale sub formă de serii de impulsuri TTL la care informația este conținută în numărul de impulsuri sau în frecvența impulsurilor.

Pentru sistemele cu intrări analogice, acestea sunt caracterizate de următorii parametri principali:

**Numărul canalelor de intrarea analogice.** Pentru a realiza creșterea numărului de intrări pe care le poate măsura o interfață analog-numerică, se poate folosi multiplexarea intrărilor. Multiplexorul este un dispozitiv care dispune de mai multe canale de intrare, un canal de ieșire și de intrări digitale de control. Cu ajutorul intrărilor de control se poate selecta canalul de intrare ce este conectat la ieșire. În cazul folosirii unui multiplexor, rata de eșantionare pe canal se obține împărțind rata de eșantionare a convertorului A/D la numărul de canale de intrare.

**Configurarea intrărilor.** Există două configurații principale pentru conectarea conectarea semnalelor de intrare: intrări simple și intrări diferențiale. Intrările simple se utilizează atunci când măsurătorile analogice trebuie să fie făcute față de o masă externă comună.

Configurația diferențială este indicată în următoarele situații:

- atunci când se măsoară semnale care au tensiuni de mod comun ridicate (ca în cazul mărcilor tensometrice). Intrarea diferențială reduce eroarea produsă de tensiunea de mod comun cu o valoare egală cu rejecția de mod comun a amplificatorului de intrare (uzual, 80 dB sau mai mare);

- atunci când trebuie efectuate măsurători de la mai multe traductoare care nu au o masă comună. Prin conectarea tuturor terminalelor LOW ale traductoarelor la un punct comun se pot produce curenți de masă care pot genera erori de offset și zgomote;

- atunci când traductorul este amplasat fizic la distanță mare de sistemul de achiziție de date. Rejecția de mod comun asigurată de o intrare diferențială oferă o bună protecție față de zgomotele induse în cablul de măsură sau în linia de transmitere a semnalului.

Deși intrările diferențiale sunt ceva mai complicat de utilizat și mai scumpe decât intrările cu masă comună, ele asigură în mod obișnuit o imunitate la zgomote mai bună.

**Rezoluția** de intrare definește cea mai mică variație a semnalului de intrare ce poate fi detectată de către sistem. Rezoluția poate fi exprimată sub formă de procente, dar cel mai adesea ea se exprimă în biți. De exemplu, dacă vrem să măsurăm un semnal între 0-10V și avem un convertor A/D pe 8 biți, rezoluția cu care putem măsura semnalul de intrare este  $10/256 = 0,039V$ . Pentru a crește precizia de măsură trebuie deci să se folosească convertoarele analog-digitale cu rezoluții ridicate.

**Rata de eșantionare (viteza de eșantionare)** - reprezintă o măsură a vitezei cu care placa A/D poate să scaneze canalul de intrare și să identifice valoarea discretă a semnalului față de valoarea de referință. Rata de eșantionare se exprimă uzual în eșantioane pe secunda (mai rar în Hz) și ea este unul din parametrii cei mai importanți ai unei interfețe analog-digitale. Conform teoriei eșantionării, un sistem de achiziție de date trebuie să eșantioneze un semnal cu o viteză de cel puțin două ori mai mare decât cea mai mare frecvență ce poate exista în semnalul de intrare; În practică, rata de eșantionare minimă folosită este trei ori mai mare decât frecvența maximă a semnalului.

Dacă viteza de eșantionare este prea mică, din datele (eșantioanele) achiziționate se va obține o formă de undă complet diferită ca formă și de frecvență mai mică decât semnalul inițial. Acest efect este denumit "aliasing". Dacă semnalul de măsurat conține componente cu frecvență mai mare decât jumătate din rata de eșantionare, se recomandă utilizarea unui filtru anti-aliasing.

**Modul de conversie.** Unul din cele mai importante aspecte care trebuie avute în vedere la proiectarea sau analiza unui sistem de achiziție de date este tipul convertorului analog-digital folosit. Cele mai des întâlnite tipuri de convertoare A/D sunt:

- cu conversie tensiune/frecvență și numărare (V/F counting);
- cu integrare (integrating);
- cu aproximări succesive (successive approximation);
- paralele (flash);
- delta-sigma – pentru rezoluții mari și frecvențe de lucru ridicate.

**Modul de declanșare (triggering)** a convertorului A/D este și el un factor important. În aplicațiile de analiză cu FFT (Fast Fourier Transform = Transformata Fourier Rapidă), orice abatere în timpul dintre eșantionări va produce erori considerabile. De asemenea, "sărirea" sau pierderea unui eșantion poate ușor să facă datele inutilizabile. Conversia A/D trebuie să fie inițiată direct de către ceasul din hardware sau de către un ceas extern. Sistemele care folosesc rutine soft pentru startarea conversiei sunt pasibile de erori. Porțile și declanșările hardware permit un control mai bun al datelor și reduc consumul de memorie.

De asemenea, prezintă importanță și modurile de eșantionare. Unele plăci pot să înceapă achiziția datelor atunci când primesc un semnal de declanșare și să înceteze achiziția pe baza unui semnal de oprire conversie. Aceste moduri sunt utile atunci când datele prezintă interes numai în anumite situații, atunci când se produce un eveniment. Achiziționarea lor continuă ar rezulta într-o cantitate mare de date, care nu interesează.

**Modul de transmitere a datelor.** Cea mai mare parte a plăcilor (interfețelor) de achiziție de date transferă informația fie folosind întreruperile, fie folosind accesul direct la memorie (DMA = Direct Memory Acces). În cazul transferurilor inițiate de întreruperi, apariția unei

întreruperi determină oprirea programului ce rula în acel moment pe sistem și saltul la o rutină de tratare a întreruperii. În mod obișnuit, rutina preia datele de la interfețele de achiziție, le depune în memorie și execută alte eventuale procesări înainte de a reda controlul programului întrerupt.

Pe de alta parte, un transfer DMA preia datele de la interfețele de achiziție și le pune direct în memoria calculatorului. După transferarea a 66 KB de date, este necesară reprogramarea controlerului DMA. Pentru a se evita pierderea de date se poate folosi un tampon de memorie FIFO care, fiind amplasat chiar pe placa de achiziție, poate memora datele citite pe durata reprogramării. O altă soluție poate fi și instalarea unui al doilea canal DMA, ceea ce permite ca un canal să transfere date în timpul reprogramării celuilalt.

Având în vedere faptul că transferurile DMA sunt controlate complet prin hardware și că se desfășoară “în background”, ele sunt extrem de rapide. Exista și plăci de achiziție foarte rapide, care utilizează memorie amplasată direct pe placa de achiziție, ceea ce face ca ele să nu fie limitate de viteza magistralei calculatorului.

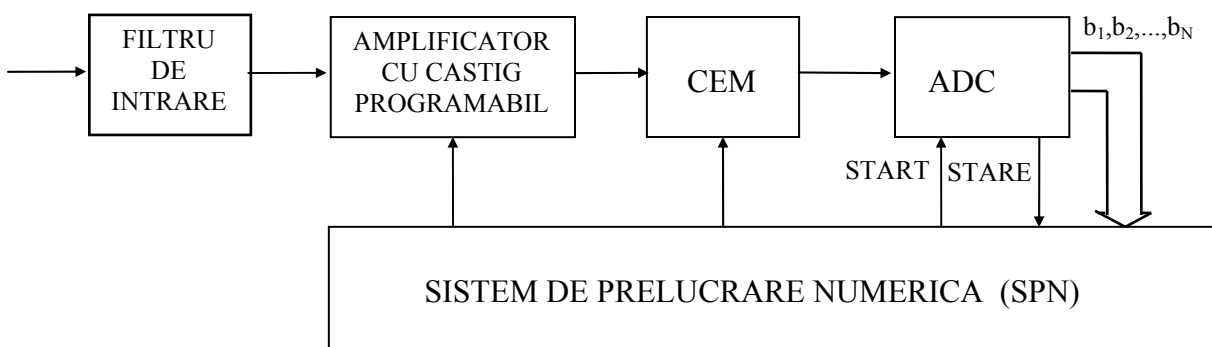
Pentru aplicațiile mai lente însă, poate fi adecvat transferul inițial de întreruperi.

## 2.1. Principiile de baza ale achiziției de date

Structura unui sistem de achiziție de date cuprinde circuite analogice cu funcții de prelucrare necesare pentru conversia datelor, circuite pentru conversia analog numerică și circuite de interfață pentru transferul semnalului numeric rezultat din achiziție la sistemul de prelucrare numerică, SPN (microcalculator). De asemenea, prin circuitele de interfață se poate realiza controlul funcționării sistemului de achiziție de către SPN.

Structura unui SAD cu un semnal analogic de intrare (figura 2.2) cuprinde un filtru de intrare de tipul trece jos, cu rolul de eliminare a erorilor de aliasing care pot rezulta în urma reprezentării numerice a semnalelor analogice. Amplificatorul cu câștig programabil din structura SAD permite mărirea gamei dinamice corespunzătoare semnalului analogic de intrare, pentru care se poate utiliza un sistem de achiziție de date. Gama dinamică (GD) a semnalului de intrare  $u_i$  este exprimată în funcție de valoarea maximă a semnalului de intrare  $u_{i\max}$  și de valoarea minimă impusă a se detecta  $u_{i\min.\det}$ . Astfel, relația de definiție a gamei dinamice este

$$GD = 20 \cdot \log \frac{u_{i\max}}{u_{i\min.\det}} \quad (1)$$



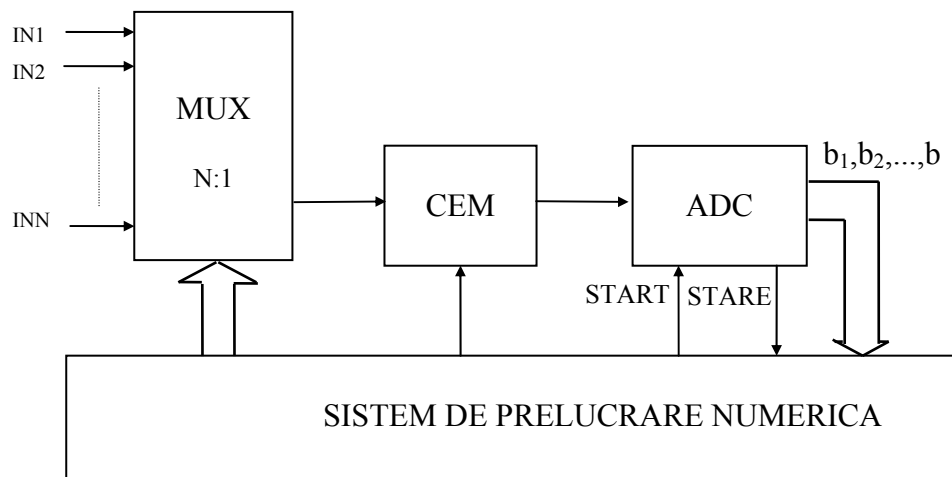
**Figura. 2.2** Structura unui sistem de achiziție de date cu un semnal analogic de intrare

Sistemul de achiziție de date mai conține în structura sa un circuit de eșantionare și memorare (CEM), care menține semnalul constant la intrarea convertorului analog-digital (ADC) pe durata conversiei.

Controlul funcționării sistemului de achiziție de date este realizat de sistemul de prelucrare numerică (calculator, microcalculator, sistem cu microprocesor sau microcontroler).

Pentru achiziția mai multor semnale analogice de intrare se impune utilizarea unui circuit multiplexor. Structura sistemului de achiziție de date cu multiplexarea semnalelor analogice de intrare este prezentată în figura 2.3.

Structura sistemului de achiziție de date cu multiplexarea semnalelor analogice de intrare cuprinde un ansamblu CEM - ADC la intrările căruia se conectează succesiv semnalele analogice de intrare, prin multiplexare în timp.



**Figura 2.3.** Structura unui sistem de achiziție de date cu multiplexarea semnalelor analogice de intrare

Achiziția datelor corespunzătoare celor  $N$  semnale analogice de intrare se realizează prin controlul SAD comandat de sistemul de prelucrare numerică (microcalculator, microcontroler). Frecvența de achiziție maximă a semnalului pe un canal se reduce în acest caz de  $N$  ori față de cazul anterior. Dacă  $f_{es}$  este frecvența de eșantionare maximă a ansamblului CEM - ADC, atunci frecvența semnalului pe un canal de intrare este:

$$f_{escanal} \leq \frac{f_{es}}{2N} \quad \text{sau altfel scris,} \quad T_{escanal} \geq \frac{2N}{T_{es}} \quad (2)$$

## 2.2 Interfețe PC folosite pentru achiziția de date

Pentru a forma sisteme de achiziție de date cu PC, acestora le trebuie atașate plăci de achiziție. După modul de conectare există două mari categorii de plăci și sisteme de achiziție:

- sisteme de achiziție la care plăcile sunt conectate în interiorul calculatorului pe una din tipurile de magistrale interne existente: ISA, EISA, PCI, PCMCIA, VL - Bus
- plăci de achiziție care sunt conectate în exterior prin unul din porturile de intrare/ieșire: serial RS 232C sau variantele RS 422, 425, IEEE 488 (GPIB), portul paralel, USB.

## 2.2.1 Magistrala ISA

ISA (Industry Standard Architecture) este arhitectura de magistrală utilizată la primul IBM PC, în 1982. Inițial a fost o magistrală pe 8 biți, dar mai târziu a fost extinsă la 16 biți și utilizată în modelul IBM PC/AT, lansat pe piața în 1984.

Există două versiuni de magistrale ISA, care se deosebesc prin numărul de biți de date ce pot fi transferați simultan pe magistrală. Versiunea mai veche este magistrala pe 8 biți, iar cea nouă este magistrala pe 16 biți. Versiunea originală pe 8 biți era utilizată în PC și XT la 4,77 MHz. Varianta pe 16 biți a fost introdusă în AT și lucra la 6 MHz și apoi la 8 MHz. Ulterior, producătorii au stabilit la 8,33 MHz valoarea frecvenței standard maxime a versiunilor ISA pe 8 biți și pe 16 biți, pentru a asigura compatibilitatea cu versiunile vechi.

În toate sistemele transferul de date pe magistrala ISA necesită două până la opt perioade de ceas. De aceea, rata teoretică maximă de transfer a magistralei ISA este de 8 M pe secundă, conform formulei :

$$8 \text{ MHz} * 16 \text{ biți} = 128 \text{ megabiți} / \text{secundă}$$

$$128 \text{ megabiți} / \text{secundă} : 2 \text{ perioade} = 64 \text{ megabiți} / \text{secundă}$$

$$64 \text{ megabiți} / \text{secundă} : 8 = 8 \text{ megabiți} / \text{secundă}$$

Lățimea de banda a unei magistrale de 8 biți va fi la jumătate din această cifră (4 M /s). Însă, din cauza protocoalelor de comunicație de pe magistrala I/O, lățimea de bandă reală este mult mai mică, în general jumătate din cea teoretică.

### Dimensiuni conector ISA pe 8 biți

înălțime - 4,2 inci ( 106,68 mm )

lungime - 13, 13 inci ( 333,5 mm )

grosime - 0,5 inci ( 12,7 mm )

Ground	B1	A1	I/O CH CHK
RESET DRV	B2	A2	Data Bit 7
+5 Vdc	B3	A3	Data Bit 6
IRQ 2	B4	A4	Data Bit 5
-5 Vdc	B5	A5	Data Bit 4
DRQ 2	B6	A6	Data Bit 3
-12 Vdc	B7	A7	Data Bit 2
CARD SLCTD\	B8	A8	Data Bit 1
+12 Vdc	B9	A9	Data Bit 0
Ground	B10	A10	I/O CH RDY
SMEMWR\	B11	A11	AEN
SMEMRD\	B12	A12	Address 19
IOWR\	B13	A13	Address 18
IORD\	B14	A14	Address 17
DACK3\	B15	A15	Address 16
DRQ3	B16	A16	Address 15
DACK1\	B17	A17	Address 14
DRQ1	B18	A18	Address 13
Refresh\	B19	A19	Address 12
CLK (4.77Mhz)	B20	A20	Address 11
IRQ7	B21	A21	Address 10
IRQ6	B22	A22	Address 9
IRQ5	B23	A23	Address 8
IRQ4	B24	A24	Address 7
IRQ3	B25	A25	Address 6
DACK2\	B26	A26	Address 5
T/C	B27	A27	Address 4
BALE	B28	A28	Address 3
+5V dc	B29	A29	Address 2
OSC (14.3 Mhz)	B30	A30	Address 1
Ground	B31	A31	Address 0

Figura 2.4 Conectorul ISA pe 8 biți

## 2.2.2. Interfața paralelă

Interfața paralelă se găsește în componența oricărui calculator compatibil IBM-PC, pe acest port fi conectate până la trei interfețe paralele la un calculator IBM-PC.

În principal pe interfața paralelă se conectează imprimanta, dar pot fi conectate și alte echipamente periferice dacă se dispune de un driver soft .

Primul tip de interfață paralelă cu care erau echipate primele calculatoare personale, permitea transferul unidirecțional, dar ulterior s-a definit un standardul IEEE1284, care este de cincizeci de ori mai rapid și permite transferul de date bidirecțional . Porturile de astăzi, în cea mai mare parte, respectă acest standard. Standardul definește 5 moduri de operare ale acestor porturi :

- Modul “ *Compatibilitate* ” (Compatibility Mode) – unidirecțional;
- Modul “ *Nibble* ” ;
- Modul *Byte* ;
- Modul *EPP* (Enhanced Parallel Port) ;
- Modul *ECP* (Extended Parallel Port) .

Primele 3 moduri utilizează doar hardware-ul aflat pe plăcile de porturi paralele obișnuite (SPP), în timp ce modurile EPP și ECP necesită hardware suplimentar, fiind însă compatibile cu porturile paralele standard (SPP) .

Pentru a putea primi date, nu numai pentru a trimite, am putea să utilizăm modul “Nibble”, care utilizează 4 biți de date pentru intrare.

Modul Byte este bidirecțional și utilizează portul paralel în ambele direcții (intrare/ieșire), utilizând 8 biți pentru transmisia/recepția de date .

Modurile ECP și EPP sunt moduri complexe, generând și adresând protocoale (pentru perifericele cu care lucrează) .

În principiu, pentru a transmite un octet (byte) la imprimantă în modul “Compatibilitate”, programul trebuie să efectueze următoarele operații, ceea ce limitează viteza de lucru a portului :

- Scrie octetul în registrul de date ;
- Verifică dacă imprimanta este ocupată(busy) . Dacă da, octetul este pierdut, dacă nu :
- Pune pinul 1 (STROBE) pe “0” logic. Acesta “spune” imprimantei că datele sunt corecte și pot fi citite ;
- Așteaptă 5 microsecunde după care pune pinul 1 în “1” logic .

Porturile EPP și ECP lasă partea hardware să efectueze pașii descriși, în timp ce programul va transmite doar instrucțiunile referitoare la pinul STROBE . Astfel viteza de lucru poate crește până la 1 megabyte/secundă. În plus, modul ECP utilizează canalele DMA, ceea ce nu era posibil în modurile anterioare .

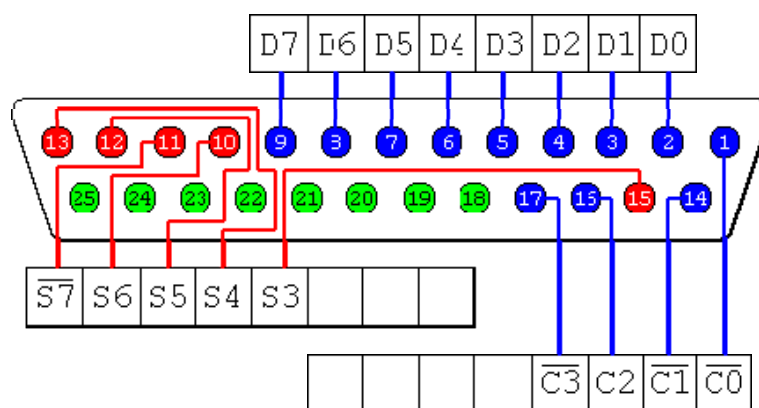
Interfața paralelă comunică cu echipamentele ce se cuplează printr-un bus paralel pe 8 biți de date, 5 semnale de stare și 4 semnale control, semnalele ce au nivelele logic TTL.

Conectorul portului paralel este de tip DB 25 și are semnificația pinilor din Tabelul 1.

**Tabelul 1** Pini corespunzătoare mufei DB-25

Pin No (D-Type 25)	Pin No (Centronics)	SPP Signal	Direction In/out	Register	Hardware Inverted
1	1	nStrobe	In/Out	Control	Yes
2	2	Data 0	Out	Data	
3	3	Data 1	Out	Data	
4	4	Data 2	Out	Data	
5	5	Data 3	Out	Data	
6	6	Data 4	Out	Data	
7	7	Data 5	Out	Data	
8	8	Data 6	Out	Data	
9	9	Data 7	Out	Data	
10	10	nAck	In	Status	
11	11	Busy	In	Status	Yes
12	12	Paper-Out / Paper-End	In	Status	
13	13	Select	In	Status	
14	14	nAuto-Linefeed	In/Out	Control	Yes
15	32	nError / nFault	In	Status	
16	31	nInitialize	In/Out	Control	
17	36	nSelect-Printer / nSelect-In	In/Out	Control	Yes
18 - 25	19-30	Ground	Gnd		

- 8 pini de ieșire pentru semnalele de **DATE** ;
- 5 pini de intrare (unul inversat) pentru semnalele de **STARE**
- 4 pini de ieșire (trei inversați) pentru semnalele de **CONTROL**
- 8 pini sunt puși la masă



**Figura 2.5** Conector DB 25 (tip mamă)



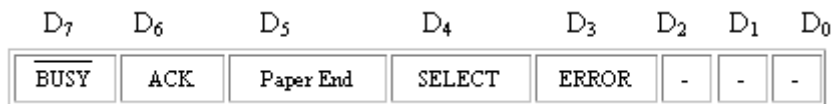
Adresele uzuale pentru porturile paralele sunt prezentate mai jos :

Adresa	Observații
3BC <sub>H</sub> -3BF <sub>H</sub>	Utilizată de porturile paralele care sunt încorporate în plăcile video
378 <sub>H</sub> -37F <sub>H</sub>	Adresă des utilizată pentru LPT1
278 <sub>H</sub> -27F <sub>H</sub>	Adresă des utilizată pentru LPT2

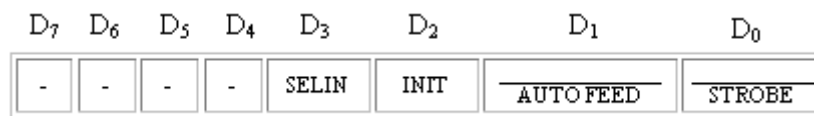
Pentru fiecare spațiu de adresă interfața paralelă conține 3 regiștri:

- registru de stare ce poate fi doar citit ;
- registru de control ce poate fi scris și citit ;
- registru de date ce poate fi scris și citit .

**Registrul de stare** este un registru de 5 biți prin care se citește starea imprimantei. Preluarea datelor se face pe 8 biți de date biți 0-2 având valoarea 0. **Portul de stare** are adresa 379<sub>H</sub> (279<sub>H</sub>) .



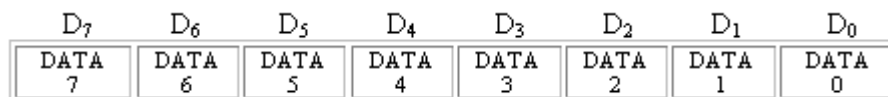
**Registrul de comandă** este un registru pe 8 biți prin care se transmit 4 semnale de comandă pentru imprimantă și un semnal pentru controlul întreruperii, el poate fi scris și citit. **Portul de comandă** are adresa 37A<sub>H</sub> (27A<sub>H</sub>) .



- Bit 4 validare întrerupere ;
- Biții 5,6,7 sunt în general neutilizați și au în general valoarea 0 la citirea registrului de comandă. Bitul 5 se utilizează pentru comanda registrului de date pentru transfer bidirecțional (1 logic pentru trecerea bufferului registrului de date în înaltă impedanță – intrare date).

La citirea registrului de comandă se citesc 5 biți pentru portul setat în configurație normală și 6 biți pentru configurația de transfer bidirecțional.

**Registrul de date** e un registru pe 8 biți. Are adresa de selecție 378<sub>H</sub>, 278<sub>H</sub> și 3BC<sub>H</sub>. Sensul de transfer al datelor este de la calculator la echipamentul ce se conectează la interfața paralelă. **Portul de scriere date** are adresa – 378<sub>H</sub> (278<sub>H</sub>) .



Dacă se dorește lucru cu întreruperile atunci se va folosi semnalul ACKNOWLEDGE pentru generarea acestei întreruperi și se va modifica vectorul de întreruperi ca acesta să acceseze noua rutină de tratare a întreruperii .

Obs. Pentru un sistem de achiziție de date cu transfer bidirecțional pe liniile de date se poate realiza teoretic un flux de transfer de până la 2Mocteți pe secundă.

### 2.2.3 Interfața serială

Sistemele de achiziție de date cuplate pe interfața serie au cunoscut în ultimul timp o dezvoltare destul de importantă. Această dezvoltare se datorează faptului că sistemele de achiziție de date ce comunică pe interfața serie RS232 prezintă următoarele *avantaje*:

- pot fi considerate universale, putându-se cupla cu orice tip de calculator ce are în componență acest tip de interfață;
- amplasarea lor la locul de generare a semnalului de măsură sau în apropierea acestuia, eliminându-se erorile de transmisie a semnalelor analogice;
- transmisia semnalelor digitale este mai puțin perturbată de zgomote decât cea a semnalelor analogice;
- amplasarea convertorului analog-numeric la distanță de calculator, elimină perturbațiile induse de sursele de alimentare în comutație, monitor, placă de bază și interfețele calculatorului;
- zgomotele au o influență cu atât mai mare cu cât semnalele ce trebuie măsurate sunt mai mici și necesită amplificare pe sistemul de achiziție date;
- realizarea destul de ușoară a izolării galvanice;

Pentru a realiza izolarea galvanică sistemul de achiziție de date trebuie să dispună de o sursă de alimentare de +/-12V.

Marea majoritate a calculatoarelor dispun de două interfețe seriale, dar pot fi cuplate până la patru astfel de interfețe pe un calculator, fiind denumite COM1, COM2, COM3 și COM4. Comunicația pe acest tip de interfață se face pe trei fire, unul pentru transmiterea datelor, unul pentru recepția datelor și un fir de masă.

Interfețele seriale au fost realizate la început utilizând circuitul 8250 ( 8251 ) și buffer-ele pentru conversia de nivel TTL/V.24 SN75188 și SN75189. În prezent se utilizează circuitele 16450 și 16550.

Transmisia pe linia serială se face cu semnale care au nivelele de tensiune -3....-5V pentru 1 logic și +3....+15V pentru 0 logic conform standardului V.24. De obicei aceste semnale de ieșire au valoarea de aproximativ -8....-10 și respectiv +8....+10V pentru o transmisie serială între două calculatoare.

Transmisia pe interfața serială se face asincron. Înainte de inițierea unei legături de date între cele două echipamente DTE, se fixează următoarele:

- viteza de transmisie;
- tipul parității utilizate (pară sau impară);
- durata bitului de stop (acesta putând fi: 1T, 2T);

Diagrama temporală a unei transmisii seriale a 7 biți, cu un bit de start, bit de paritate și doi biți de stop este prezentată în figura 2.6

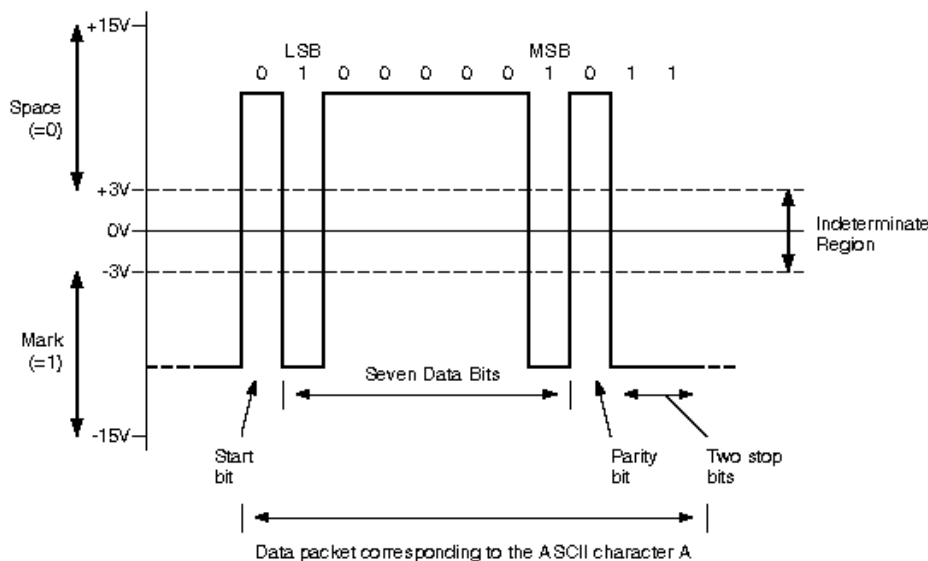


Figura 2.6 Diagrama temporală a unei transmisii seriale pentru standardul RS232

### III. EXEMPLE DE SISTEME DE ACHIZIȚIE DE DATE

#### 3.1. Placă de achiziție de date pe magistrala ISA de 8 biți.

În continuare se va prezenta un exemplu de placă de achiziție simplă pe magistrala internă ISA cu transfer pe 8 biți, care are mai multe intrări analogice și o ieșire analogică cu rezoluția de 12 biți. Placa se numește “12-Bit A/D D/A Adapter “ și este produsă de firma “Decision Computer International Co., Ltd”. Controlul plăcii se face software prin generarea de către calculator a semnalelor de care are nevoie pentru funcționare. Placa nu are implementate funcții de întrerupere hardware sau de transfer DMA.

Placa este formata din următoarele părți principale:

- partea de conversie A/D pe 12 biți, care are 16 canale de intrare analogice
- partea de conversie D/A pe 12 biți, cu un singur canal de ieșire analogică
- blocul de decodare a adreselor la care lucrează placa ;

Se poate configura adresa de bază, domeniul de intrare și domeniul de ieșire:

- Din jumper-ul JP1 se setează domeniul adreselor I/O:
  - 278H-27FH pentru JP1 poziția 1-2;
  - 2F8H-2FFH pentru JP1 poziția 2-3.
- Din jumperul JP2 se setează domeniul tensiunii de ieșire care poate fi:
  - unipolar între 0 ÷ 9 V pentru JP2 poziția 3-4 ;
  - bipolar între -9 V ÷ +9 V pentru JP2 poziția 1-2.
- Din jumperul JP3 se setează domeniul tensiunii de intrare care poate fi :
  - unipolar între 0 ÷ 9 V pentru JP3 poziția 3-4 ;
  - bipolar între -9 V ÷ +9 V pentru JP3 poziția 1-2

Harta de adrese a portului I/O pentru placa de conversie 12 bit AD/DA este următoarea:

278<sub>H</sub> / 2F8<sub>H</sub> : Numărul canalului de intrare A/D – (low-nibble)

279<sub>H</sub> / 2F9<sub>H</sub> : Intrare – cel mai puțin semnificativ octet (8 biți ) al conversiei A/D

27A<sub>H</sub> / 2FA<sub>H</sub>: Intrare – cel mai semnificativ octet al conversiei A/D (4 biți – low-nibble)

27B<sub>H</sub> / 2FB<sub>H</sub> : Golire regiștri A/D

27C<sub>H</sub> / 2FC<sub>H</sub> : Bucla de conversie A/D (low)

27D<sub>H</sub> / 2FD<sub>H</sub> : Bucla de conversie A/D (high)

27E<sub>H</sub> / 2FE<sub>H</sub> : Ieșire – cel mai puțin semnificativ octet al conversiei D/A (8 biți)

27F<sub>H</sub> / 2FF<sub>H</sub> : Ieșire – cel mai semnificativ octet al conversiei D/A (4 biți- low nibble)

Cele două bucle de conversie A/D high și low sunt folosite în procesul de conversie analog/digitală a semnalului de intrare, după principiul cu aproximații succesive.

#### Descriere schemă bloc

Conversia A/D este realizată de un convertor cu aproximații succesive pe 12 biți. Cuplarea celor 12 biți ai convertorului A/D la magistrala de date a calculatorului, care are 8 biți se face prin două grupe de câte 8 și 4 bufferi cu ieșire în înaltă impedanță. Schema bloc a plăcii este prezentată în Anexa 1

Citirea celor 12 biți se face în doi pași, prin activarea succesivă a celor doi bufferi și citirea întâi a primilor 4 biți mai semnificativi, iar apoi a celor mai puțini semnificativi biți (8 biți).

Semnalele G3 și G4 de activare a bufferilor sunt generate de decodorul de adrese, pentru două adrese diferite.

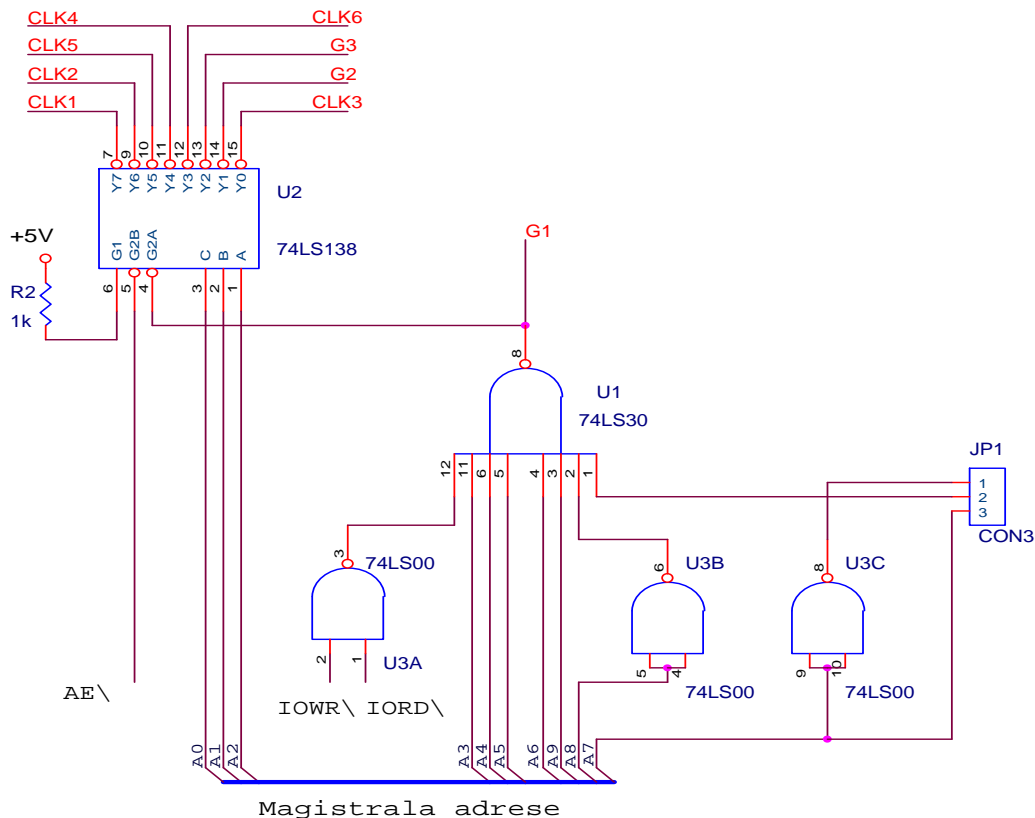
Convertorul A/D este realizat după principiul cu aproximații succesive. Pentru realizarea conversiei el are nevoie de un semnal de tact, care se generează software la două adrese diferite (semnalele CLK4 și CLK5) pentru stabilirea celor 4 biți mai semnificativi, respectiv a celor 8 biți mai puțin semnificativi.

Selectarea uneia din cele 16 intrări se face din program prin trimiterea unei combinații (4 biți) corespunzătoare canalului de intrare dorit pe pinii de date, la adresa rezervată pentru selecția canalului de intrare. Memorarea combinației respective se face cu ajutorul unui registru de memorare, activat de semnalul CLK3.

Generarea unei tensiuni analogice de ieșire se face prin trimiterea combinației numerice corespunzătoare la convertorul D/A. Transferul celor 12 biți se face tot în 2 pași: întâi se trimit cei 4 biți mai semnificativi ai codului la adresa corespunzătoare celui mai semnificativ byte și se memorează în registrul de la intrarea DAC-ului; apoi se trimit și ceilalți 8 biți mai puțin semnificativi la adresa octetului cel mai puțin semnificativ și se memorează în registrul corespunzător de la intrarea DAC-ului (cu ajutorul semnalului semnalului CLK2).

**Decodorul de adrese.**

Adresarea plăcii se face folosind adresele A0 ÷ A9 [10 adrese] din magistrala de adrese. Pentru a obține un spațiu de adresare continuu (adrese consecutive), blocul de decodare adrese este format dintr-un bloc care decodează adresa de bază a plăcii folosind adresele A3-A9 și semnalele de scriere/citire a dispozitivelor de intrare/ieșire IORD, IOWR. Aceste semnale sunt aplicate unei porți NAND cu 8 intrări (74LS30), care își activează ieșirea în zero logic pentru 8 adrese superioare plecând de la adresa de bază. Adresa de bază la care se activează decodorul este selectabilă din jumperul JP1 care aplică la intrarea porții NAND8 semnalul de adresă A7 sau A7 negat. Cele două adrese de bază sunt 278H pentru JP1 în poziția 1-2 și 2F8H pentru poziția 2-3.



**Figura 3.1** Schema decodurului de adrese pentru adresele de bază 278H și 2F8H

Adresele inferioare A0 - A2 se aplică pe intrările de selecție ale demultiplexorului 74LS138, permițând selecția uneia din ieșirile acestuia. Pentru a-și activa ieșirile (în 0 logic) în spațiul de adese al plăcii, demultiplexorul are aplicată pe una din intrările de activare a circuitului semnalul de la poarta NAND8, împreună cu semnalul de activare a adreselor  $\overline{AE}$ .

### 3.2. Placă de achiziție de date pe portul paralel.

Placa de achiziție prezentată este cuplată la PC pe portul paralel în ambele moduri de lucru ale portului (unidirecțional sau bidirecțional) și are un canal de intrarea analogic și un canal de ieșire analogic, ambele cu rezoluția de 8 biți. Domeniile de intrarea și de ieșire sunt între 0 ÷ 5V.

Modul de funcționare al plăcii de achiziție de date poate fi setat dintr-un jumper de pe placă (JP1), într-unul din modurile de transfer ale portului paralel unidirecțional sau bidirecțional. Schema bloc a plăcii este prezentată Anexa 2.

În modul unidirecțional, avem la dispoziție 5 semnale de intrare și 12 semnale de ieșire pe interfața paralelă. Pentru a putea face transferul datelor în acest mod, cei 8 biți de date de la ieșirea convertorului A/D se citesc pe rând, în grupe de câte 4 biți. Citirea se face în 2 pași :

- se citesc întâi 4 biți mai puțin semnificativi (low nibble) prin patru intrări ale registrului de stare ;
- se citesc cei 4 biți mai semnificativi (high nibble) ai rezultatului conversiei A/D prin aceleași 4 intrări ale registrului de stare .

Pentru aceasta se folosesc semnalele Busy, Acknowledge, Paper End și Select ai registrului de stare. Aceste semnale ale registrului de stare sunt accesibile la conectorul DB 25 prin pinii 11, 10, 12 și respectiv 13. Separarea și cuplarea acestor grupe de câte 4 octeți la intrările portului se face cu ajutorul unor bufferi cu ieșiri three state, care trebuiesc activați pe rând, pentru a putea citi, pe rând, cei 8 biți de date la doar 4 intrări în portul paralel. Selecția alternantă a acestor doi bufferi se face printr-o intrare de activare (notată cu G), de la același semnal de activare, dar trecut printr-un inversor .

După citirea celor 2 grupe de câte 4 biți, data inițială pe 8 biți se recalculează prin program. Celălalt pin de intrare al registrului de stare STROBE este folosit pentru a verifica dacă convertorul A/D a terminat conversia curentă .

Convertorul A/D este un convertor pe 8 biți half-flash de tipul *ADC0820* produs de Național Semiconductor. Este realizat în tehnologie CMOS, are un timp de conversie de 1.5μs, tensiunea de alimentare este de 5V iar domeniul de intrare între 0-5V. Convertorul are integrată funcția de Track and Hold și poate opera independent sau poate fi interfațat cu microprocesor .

Diagrama de funcționare a convertorului în modul independent (stand-alone) WR-RD este prezentat în figura de mai jos:

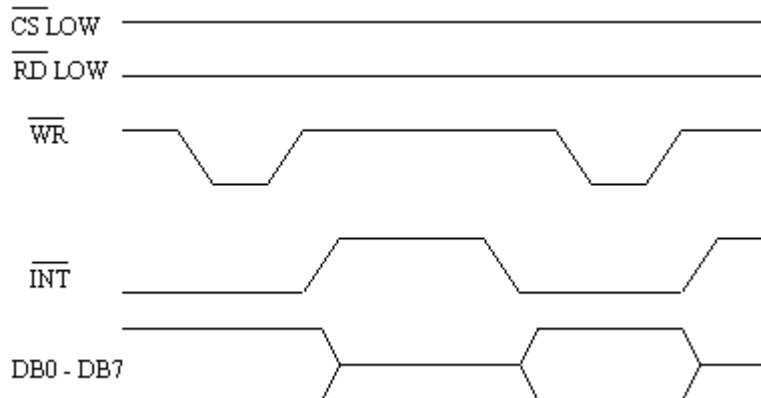


Figura 3.2 Forme de undă pentru convertorul ADC 0820 în modul stand-alone

Canalul de ieșire analogic este realizat cu convertorul TDA 8702 produs de Philips. Acest convertor este un convertor rapid ce lucrează cu rate de conversie de 30MHz, având astfel aplicații în conversiile D/A de mare viteză, în televiziunea digitală, etc.

Pentru realizarea conversiei, TDA8702 nu necesită tensiune de referință externă. Interfața digitală este compatibilă TTL astfel că nu sunt necesare alte circuite de adaptare de nivele între intrările digitale ale convertorului și pinii de date ai conectorului portului paralel (DB25), care sunt și ei compatibili TTL. Convertorul conține și un registru intern pe 8 biți pentru stocarea datelor pe durata conversiei D/A, activat de un semnal extern de clock.

### 3.3. Placă de achiziție de date pe portul serial RS232.

Pentru realizarea unui sistem de achiziție pe portul serial, datele care trebuie transferate în calculator sau din calculator la sistemul de achiziție trebuie convertite în format serial. Cum numărul de semnale disponibile pe un astfel de port este limitat, sistemul de achiziție va trebui să aibă încorporată o logică de comandă și control care să genereze semnalele necesare funcționării. El mai trebuie să conțină și circuite pentru comunicația serială. Schema bloc a unui astfel de sistem care are 5 canale de intrare analogice cu intrarea între 0 ÷ 5V și un canal analogic de ieșire tot între 0 ÷ 5V este prezentată Anexa 3.

Partea de logică de control, conversia și comunicația serială sunt realizate cu un microcontroller PIC 16F870. Tot microcontrollerul mai conține și convertorul A/D pe 10 biți și partea de multiplexare în timp a celor 5 semnale analogice. Selecția uneia din intrări, a ratei de eșantionare sau a canalului de ieșire analogic se face prin trimiterea de către PC a unor cuvinte de cod.

Convertirea semnalului la nivelele specifice logice de pe conexiunea RS 232 ( +0.3 ÷ 15 V pentru "0" logic și -3÷15 V pentru "1" logic ) se realizează cu ajutorul blocului de translație nivele logice (MAX 232). Comunicația făcându-se în ambele sensuri se folosește un protocol de comunicație de tip handshaking cu semnale de tip: DSR, DTR, CTS, RTS.

Canalul de ieșire analogic este realizat cu un convertor D/A pe 8 biți cu ieșire în curent de tip DAC 0832. Circuitul are latch intern pentru memorarea combinației aplicate la intrare, iar pentru setarea curentului de ieșire, DAC-ul are nevoie de o tensiune de referință  $U_{ref}$ .

Curentul generat de DAC variază în funcție de combinația pe intrări și de tensiunea de referință. Curentul de ieșire generat de DAC se aplică unui convertor I/U pentru a obține la ieșire o tensiune în domeniul 0 ÷ 5V.

Transmiterea datelor de la microcontroller la convertorul D/A se face pe pinii porturilor de ieșire RB și RC respectiv, pinii  $RC_0 ÷ RC_3$  și  $RB_4 ÷ RB_7$ . Conectarea celor 5 intrări la intrarea convertorului A/D se face utilizând pinii  $AN_0 ÷ AN_4$  ai portului A, pini ce sunt configurați ca intrări analogice.

Comunicația serială este asigurată de usart, care transmite și recepționează date prin pinii  $RC_7$  și  $RC_6$  ai portului de 8 biți PORT C. Acești 2 pini au și funcția de Rx și Tx, folosiți la comunicația serială asincronă. În schemă, acești 2 pini sunt setați pentru comunicația serială prin setarea corespunzătoare a registrului TRISC. Pentru celelalte două semnale, pentru protocolul hardware în comunicația serială asincronă sunt folosiți 2 pini ai portului PORT B, respectiv  $RB_1$  pentru semnalul CTS și  $RB_2$  pentru semnalul RTS. Viteza de comunicație dintre placa de achiziție și PC se face cu 9.600 baud/s, iar ceasul microcontroller-ului este de 4 MHz.

Sistemul permite modificarea programului din memoria de program a microcontroller-ului pe portul serial direct de pe PC. Pentru aceasta se folosește un program numit bootloader, care este deja încărcat în memoria microcontroller-ului.

Pinul  $RB_0$  al portului PORT B este utilizat pentru testul de la pornire. Acest pin este legat la "1" logic, iar prin intermediul unui comutator de tip "push button" se poate pune la masă (în "0" logic). Dacă la pornire acest pin este în "0" logic, programul bootloader va scrie în memorie noul program de aplicație disponibil pentru încărcare, transmis pe portul serial de la PC. Dacă

acest pin este în "1" logic, bootloader-ul executa programul de aplicație deja existent în memoria microcontrollerului, sau dacă aceasta nu există, va aștepta un semnal reset-ul.

#### IV. DESFĂȘURAREA LUCRĂRII.

##### Aparatura necesară

- plăcile de achiziție + PC
- osciloscop
- generator de semnal
- voltmetru
- software de achiziție, Borland C 3.1

##### Chestiuni de studiat

- posibilitățile de realizare a sistemelor de achiziție de date în funcție de modul de conectare la PC.
- programarea interfețelor PC pentru controlul plăcilor de achiziție.
- achiziția de date și generare de forme de undă.

##### A. Achiziția de date pe magistrala internă ISA

Se va folosi o placă de achiziție internă cu rezoluția de 12 biți conectată pe magistrala internă ISA de 8 biți. Se verifică și se configurează placa la următorii parametri: adresa de bază 278<sub>H</sub>, intrare bipolară în domeniul [-9V, +9V], ieșire unipolară în domeniul [0, +9V].

##### 1. Exemple de programare a achiziției de date în limbajul C.

4.1. Se rulează programul de achiziție *Achiz\_16* care citește valoarea semnalului de pe cele 16 intrări analogice ale plăcii. Se observă valorile tensiunilor citite atunci când intrările sunt neconectate.

4.2. Se aplică pe una din intrările plăcii (de exemplu CH 0) un semnal continuu între -9V și +9V și se rulează din nou aplicația de achiziție. Se observă valoarea afișată pe ecran și se compară cu cea măsurată cu voltmetrul. Se modifică tensiunea de la intrare în domeniul specificat și se citește valoarea achiziționată. Să se modifice programul astfel încât să se afișeze și valoarea combinației biților de intrare și să se calculeze valoarea codului în binar.

4.3. Se va rula aplicația de achiziție și control *Control* care citește valoarea semnalului de pe canalul CH0 al plăcii și generează un semnal de comandă analogic pe ieșirea analogică a plăcii. Să se stabilească algoritmul de control (dependența tensiunii de comandă de tensiunea de intrare) și să se măsoare tensiunile de intrare și de comandă. Valorile acestor tensiuni sunt salvate în două fișiere

4.4. Vizualizarea și prelucrarea datelor achiziționate la punctul anterior. Se deschide o sesiune de lucru nouă în programul MATLAB.

- Se tastează numele programului de vizualizare a datelor achiziționate (“viz\_date”);
- Se introduce calea și numele fișierului ce conține datele: c:\achizit.dat sau c:\comandă.dta.

*Generarea de semnale forme de undă folosind canalul de ieșire al plăcii.*

Se conectează osciloscopul la ieșirea analogică a plăcii.

4.5. Se va genera un semnal dreptunghiular cu perioada de 100ms, amplitudinea de 5V și factor de umplere 1/2. (programul *Dreptung.cpp*). Se vizualiza și se măsoară semnalul cu osciloscopul. Se vor modifica din program perioada, amplitudinea și factorul de umplere ai semnalului generat și se vor măsura cu osciloscopul.

4.6. Frecvența maximă a semnalului analogic de la ieșire depinde viteza de lucru a convertorului N/A (timpul de stabilizare), de numărul de eșantioane din care este alcătuit semnalul și de rata de transfer maximă a datelor pe magistrală și de timpul de execuție al instrucțiunilor.

4.7. Se generează un semnal dreptunghiular cu amplitudinea de 9V și perioada de 10ms. Se măsoară pe osciloscop perioada semnalului și se compară cu cea teoretică. Se măsoară timpul de execuție al instrucțiunilor din bucla de generare a semnalului analogic făcând diferența dintre perioada semnalului la ieșire și perioada teoretică (10ms).

4.8. Se scade perioada semnalului generat sub 10ms și se determină frecvența maximă ce se poate obține la ieșirea analogică.

4.9. Să se modifice programul anterior astfel încât să se genereze la ieșire semnale de formă sinusoidală și triunghiulară. Se vor măsura parametrii semnalelor și se vor reprezenta grafic aceste semnale. Se va observa influența numărului de eșantioane într-o perioadă asupra acurateții formei semnalelor.

## 2. Moduri de declanșare a achiziției

Achiziția și reprezentarea grafică a datelor se va face cu programul **Datacap.exe**. Se configurează parametrii pentru achiziția și reprezentarea grafică a semnalelor folosind meniurile programului.

4.10. Achiziția de date cu prelevarea eșantioanelor la intervale de timp egale (modul de declanșare temporizat). Se configurează placa să lucreze în modul de declanșare *Time (Analo I/O -> Setup -> Triggering -> Time)* și se stabilește frecvența de eșantionare de 18 Hz. Se aplică pe intrarea plăcii semnale dreptunghiulare și sinusoidale de frecvență redusă și se reprezintă grafic. Se compară cu forma de undă ce se vizualizează pe osciloscop.

4.11. Evidențierea fenomenului de aliasing. Se crește frecvența semnalului de la intrare astfel încât să nu mai fie îndeplinită teorema eșantionării. Se compară forma și parametrii semnalului achiziționat cu cel de pe osciloscop.

4.12 Se aplică la intrare un semnal cu frecvența apropiată de un multiplu al frecvenței de eșantionare (de exemplu 18 Hz) și se vizualizează semnalul achiziționat. Se măsoară parametrii semnalului și se compară cu cei ai semnalului de pe osciloscop. Se vor reprezenta grafic cele două semnale.



4.13 Achiziția de date cu declanșarea achiziției în funcție de un semnal extern (triggering). Se configurează placa să lucreze în modul de declanșare *Signal (Analo I/O -> Setup -> Triggering -> Signal)*, se stabilește frecvența de eșantionare la 18 Hz și se editează semnalul de declanșare a achiziției (de exemplu declanșarea se va face în funcție de un semnal analogic aplicat pe intrarea CH5, pentru valoare mai mare de 2V, iar oprirea achiziției se va face pentru o valoare mai mare de 7V a aceluiași semnal). Se aplică semnalul de achiziționat de la generatorul de semnal pe intrarea CH0, iar semnalul de declanșare (o tensiune continuă) se aplică pe intrarea CH5 a plăcii.

## **B. Achiziția de date pe portul paralel LPT1**

Pentru achiziția de date pe portul paralel se folosește placa de achiziție prezentată în Anexa2, care are parametrii: o intrare unipolară în domeniul [0V, +5V], o ieșire unipolară în domeniul [0, +5V], rezoluția pe 8 biți.

Se configurează placa pentru a lucra cu transfer pe 4 biți sau pe 8 biți. Observație: modul de transfer pe 8 biți se alege numai după ce s-a verificat că portul LPT1 din calculatorul respectiv permite unul din modurile de configurare bidirecționale (Byte, ECP și EPP) și s-a configurat în unul din aceste moduri. Se cuplează placa la portul paralel al unui calculator PC. Se pornește calculatorul și apoi se alimentează placa cu tensiune +12V.

4.14. Se aplică la intrare o tensiune continuă între 0 și 5V și se rulează programul de achiziție pentru transferul pe 4 biți **Par\_in4.cpp** (sau Par\_in8.cpp pentru transfer pe 8 biți). Se măsoară tensiunea la intrare cu un voltmetru și se compară cu cea afișată pe ecran.

4.15. Se rulează programul pentru generarea unei tensiuni dreptunghiulare la ieșirea analogică și se vizualizează semnalul cu osciloscopul. Se va modifica programul astfel încât să genereze un semnal sinusoidal.

4.16. Se va conecta la intrarea plăcii semnalul de la un traductor de temperatură și se va măsura temperatura într-o incintă. Se va completa un tabel care să conțină temperatura, tensiunea la intrarea plăcii și codul numeric corespunzător.

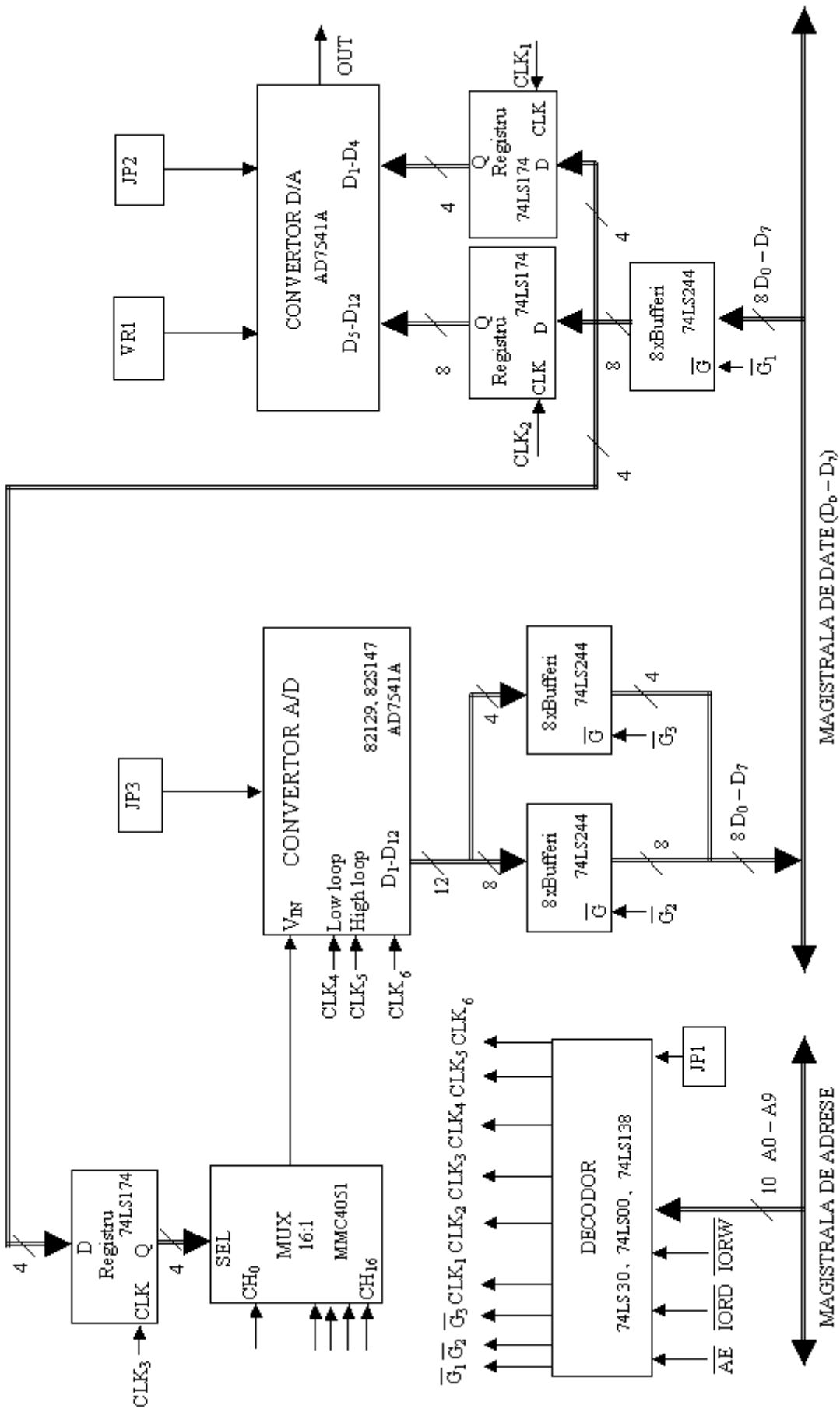
## **C. Achiziția de date pe portul serial**

Se va folosi placa de achiziție prezentată în Anexa 3

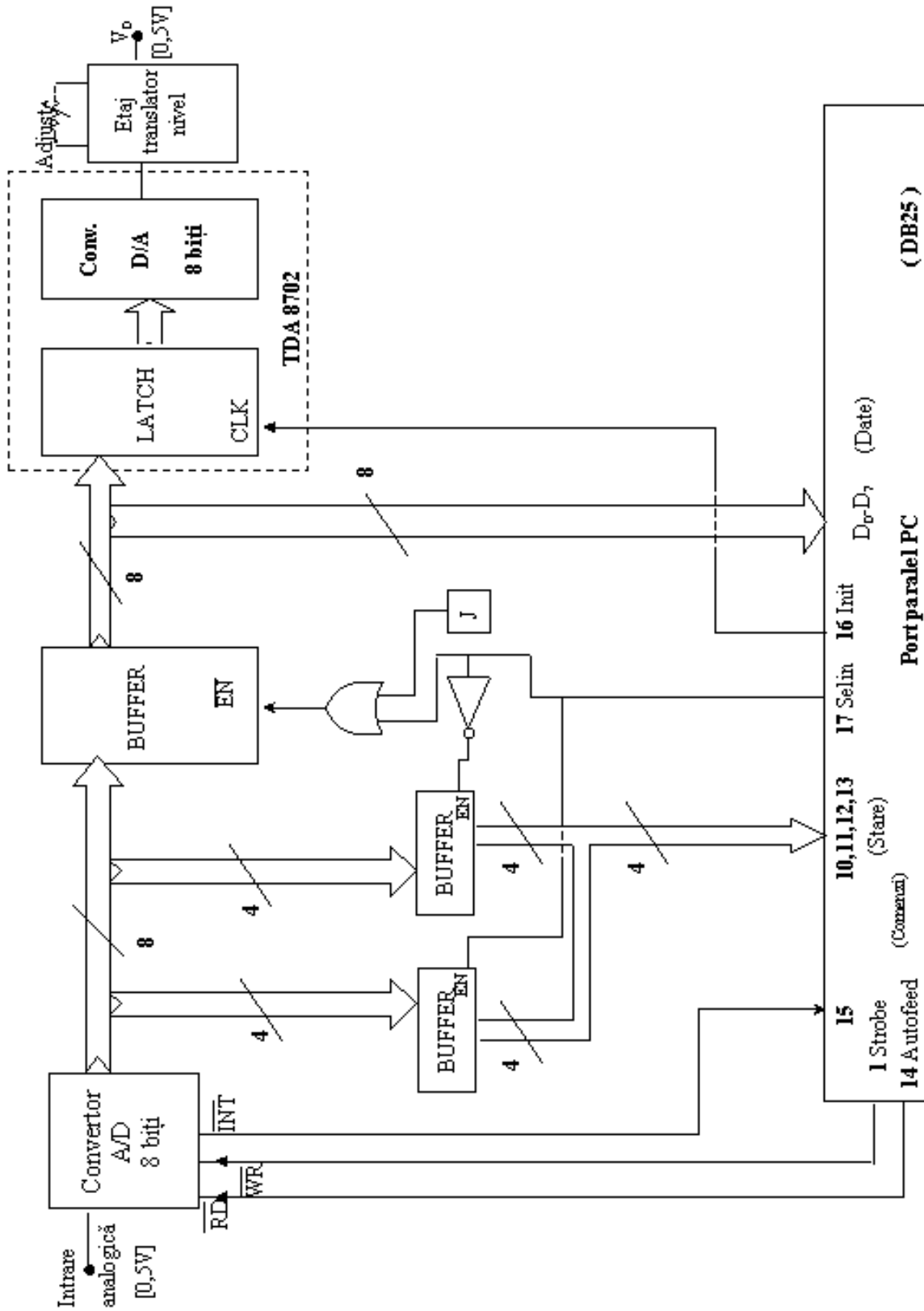
4.17. Se conectează placa la portul serial COM1 al unui PC. Se alimentează placa cu tensiune simetrică  $\pm 15V$  și se aplică la intrare o tensiune continuă în domeniul 0 - 5V. Pentru comunicația pe portul serial se va folosi SerialWatcher configurat pentru următorii parametri: 8 biți de date, 1 bit de stop, fără paritate, hard handshaking RTS/CTS, soft handskaking none, viteza comunicației 19200 baud . Datele recepționate se vor salva într-un fișier, iar apoi vor fi reprezentate grafic în Matlab.

4.18. Se va conecta la intrarea AN0 a plăcii semnalul de la un traductor de temperatură și se va măsura temperatura într-o incintă. Se va folosi un program care va recepționa datele în format serial și va reprezenta grafic evoluția temperaturii în timp.

Anexa 1. Schema bloc a plăcii de achiziție de date pe magistrala internă ISA pe 8 biți



**Anexa 2. Schema bloc a plăcii de achiziție cuplată la PC pe portul paralel**



**Anexa 3. Schema bloc a plăcii de achiziție cuplată la PC pe portul serial RS 232C**

