

- §3.1. Structura hardware generala a calculatorului de proces
- §3.2. Semnale preluate/transmise de SCTR din/catre lumea reala
- §3.3. Blocurile funcționale ale unui SADC

### §3.1. Structura hardware generala a calculatorului de proces

Deși cele mai multe calculatoare pot fi utilizate pentru aplicații timp - real, nu toate sunt adaptate pentru a răspunde cerințelor acestora. Cerințele se referă în mod uzual la necesitatea atașării la calculator a unor dispozitive care să permită comunicarea în timp real cu mediul exterior și cu utilizatorii.

Pentru calculatoarele dotate cu dispozitivele necesare în aplicațiile timp - real pentru controlul proceselor se folosește în mod curent denumirea de *calculatoare de proces*. O caracteristică a acestora este concepția modulară: ele permit adăugarea la elementul de prelucrare a unor module externe, în particular dispozitive specializate de intrare/ieșire. Dispozitivele tipice de interfațare ale unui calculator sunt prezentate în figura 3.1-1

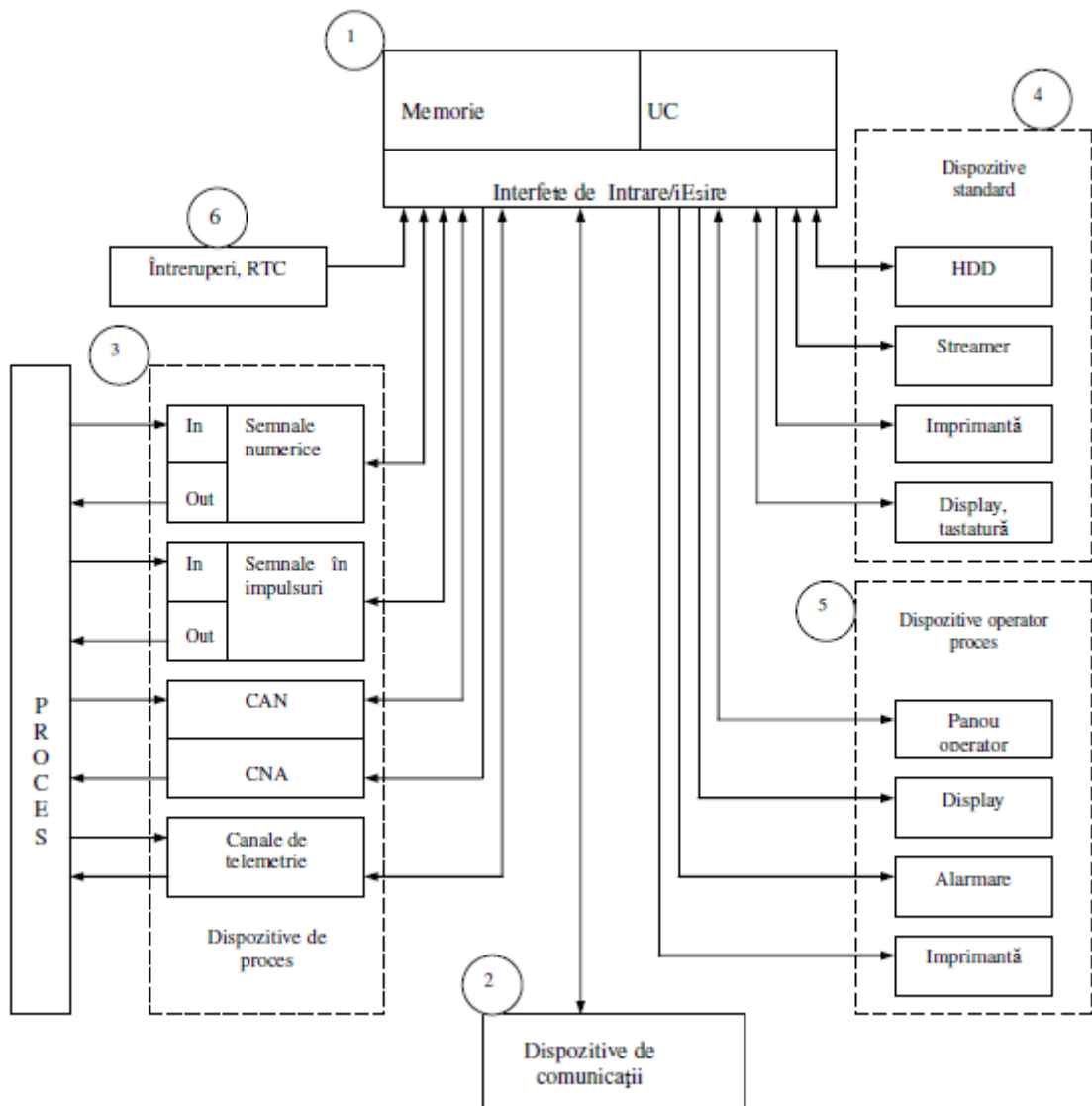


Fig. 3.1-1 Dispozitive de interfațare tipice

#### 1. Unitatea centrala

Unitați centrale similare cu ale sistemelor de uz general (de ex. PC cu 80x86), de cele mai multe ori în construcție industrială, sunt utilizate frecvent în calculatoarele de proces. În sistemele încorporate sau în sistemele distribuite pentru controlul proceselor sunt disponibile echipamente numite PLC (Programmable Logic Controller) sau RTU (Remote Terminal Unit). Astfel de echipamente sunt produse de firme precum SIEMENS, SCHNEIDER Electric, GENERAL ELECTRIC FANUC, ABB s.a. Unitățile centrale ale acestor echipamente sunt realizate cu microprocesoare de diverse tipuri: procesoare de uz general - 80x86, Motorola 68xxx (16/32 biți); controllere programabile (calculatoare într-un singur cip) - 8051, 8048, HC11, 80C552 (8 biți); 80C166 (16 biți) etc.

## 2. Dispozitive de comunicație

Dispozitivele de comunicație interfațează calculatorul de proces cu mediile de comunicație în rețele industriale sau în rețele de uz general. Există o mare varietate de dispozitive și medii de comunicație, selectate în funcție de aplicație, condiții tehnice existente, cerințe de performanță etc.:

- dispozitive pentru comunicație serială RS232, RS485, RS422;
- dispozitive pentru comunicație în LAN;
- dispozitive de comunicație prin microunde;
- dispozitive de comunicație în infraroșu, etc.

## 3. Dispozitive de proces

Dispozitivele de proces sunt de diverse tipuri, în funcție de marimile achiziționate ori comandate. Aceste dispozitive tratează:

- I/E numerice – valori binare (0 sau 1 logic) pentru fiecare semnal. Se referă la marimi de genul pornire/oprire, deschidere/închidere etc.
- I/E analogice – interfețe care primesc sau generează semnale analogice continue în curent sau tensiune.

Valorile de curent sau tensiune se convertesc în/din unități ingineresti prin module soft care țin cont de relația dintre domeniul semnalului de I/E în/din calculator și domeniul marimii fizice. Semnalele analogice de intrare provin de la senzori sau transductoare iar cele de ieșire se aplică la elemente de acționare, instrumente de măsură analogice etc.

- I/E în impulsuri – o serie de instrumente de măsură (contoare de energie, integroare de debit etc.) oferă la ieșire impulsuri proporționale cu marimile măsurate. De asemenea, unele elemente de execuție (motoare pas cu pas) necesită comanda în impulsuri. Calculatorul trebuie să dispună în aceste cazuri de interfețe de numărare a impulsurilor și respectiv de comanda în impulsuri.
- Canale de telemetrie – se utilizează pentru conectarea unor instrumente specializate pentru măsură și control, aflate la distanță.

În funcție de locul de amplasare, dispozitivele de interfațare cu procesul pot fi *pe magistrala internă (PLUGIN)* sau *pe magistrala externă* (conectate la calculator prin intermediul rețelelor de comunicație serială sau interfețelor paralele).

## 4. Dispozitivele standard ale calculatorului

Calculatoarele de proces în multe cazuri au în configurare și dispozitive standard uzuale precum discuri, benzi, display, tastatură, mouse etc.

## 5. Dispozitivele operatorului de proces

Operatorul de proces poate utiliza chiar dispozitivele calculatorului. În unele situații se utilizează însă console speciale ale operatorului de proces care conțin dispozitive de afișare (de obicei display color de mari dimensiuni), de comandă în proces (panouri de comandă), de alarmare (HUPA), respectiv pentru listarea unor jurnale de evenimente (imprimante de panou).

## 6. Ceasul timp - real (Real Time Clock)

RTC este un dispozitiv auxiliar, vital pentru SCTR. În funcție de tipul aplicației, RTC poate fi un ceas electronic, un ceas generat soft sau un simplu generator de impulsuri cu frecvența precis controlată care da întreruperi la intervale de timp programabile.

Orice SCTR utilizează RTC pentru a genera întreruperi la anumite intervale de timp (de exemplu la PC de aproximativ 18,2 ori pe secunda). În sistemele în care timpul este foarte important se utilizează ceasuri digitale care generează întreruperi la anumite frecvențe, pot întreține automat data și ora, alimentarea făcându-se de la o sursă de alimentare auxiliară.

În SCTR, RTC este folosit pentru: întreținere data și ora, stabilire intervale de esanțioane a procesului, intervale de comunicații, timeout, memorare date pe disc, afisare pe display a curbelor  $y(t)$ , elaborare de rapoarte la imprimantă etc..

Uzual, întreruperea de la RTC este folosită și de către sistemul de operare timp - real pentru planificarea și dispacherizarea task-urilor.

### § 3.2 Semnale preluate/transmise de SCTR din/catre lumea reală

În mod uzual, calculatorul de proces conține dispozitive pentru 3 tipuri de semnale în tensiune: **analogice, numerice și în impulsuri**.

**Semnalele analogice** se deosebesc de celelalte prin aceea că amplitudinea lor variază în timp, iar cele **numerice** sau în **impulsuri** pot lua numai valori 0 și 1.

Distincția între *semnalele numerice* și cele *în impulsuri* constă în modul de tratare a informației și în tipul interfețelor hard utilizate pentru achiziție. Unui semnal numeric atașat unui canal  $i$  se asociază un bit la nivelul interfeței de achiziție. Starea de 0 sau 1 a semnalelor numerice este memorată static într-un bit sau într-o grupă de biți care se schimbă în funcție de evoluția semnalului din lumea reală. *Semnalele în impulsuri* sunt memorate sub forma unui număr de tranziții care au apărut pe semnalul de intrare sau care trebuie generate la ieșire într-un interval de timp dat.

*Semnalele analogice* sunt transformate în reprezentare numerică prin intermediul CAN (Convertor Analog Numeric). Semnalele analogice de ieșire sunt generate pornind de la valorile numerice prin intermediul CNA (Convertor Numeric Analog).

Cele mai multe interfețe de proces acceptă la intrare semnale în domenii unificate de curent sau tensiune:

- $\sim 0$  V pentru 0 logic și  $\sim 5$  V pentru 1 logic la semnalele numerice sau în impulsuri;
- intrare în curent continuu 4-20 mA (uneori și 2 – 10 mA, 0 – 10 mA) sau în tensiune continuă 0 – 10 V, 0-5V, +/-10V, +/-5 V pentru semnalele analogice.

Semnalele unificate în curenți sau tensiune au amplitudini suficiente pentru interfețele din calculator. Uneori însă, traductoarele sau senzorii oferă la ieșire semnale care nu sunt în curent sau tensiune sau semnale în curent sau tensiune care nu se încadrează în domeniile unificate. Din acest motiv, sunt necesare module de *condiționare semnale* care adaptează semnalele la cerințele interfeței din calculator. Acest fel de module sunt utilizate de asemenea și pentru izolarea calculatorului față de tensiunile înalte, pentru filtrarea zgomotelor etc.

Semnalele numerice sau analogice de ieșire sunt oferite de interfețele de ieșire din calculator în domeniile unificate de curent sau tensiune specificate mai sus.

Blocurile funcționale care efectuează transformarea semnalelor din mediul extern în format recunoscut de către calculator și respectiv transformă datele din format calculator în semnale către mediul extern. Pentru sistemele care conțin astfel de blocuri funcționale, interconectate între ele și cu calculatorul, se va utiliza în continuare denumirea de *Sistem de Achiziție de Date și Control (SADC)*.

### § 3.3 Blocurile funcționale ale unui SADC

Schema bloc și funcțiile generale ale unui SADC sunt sintetizate în figura 3.3-1

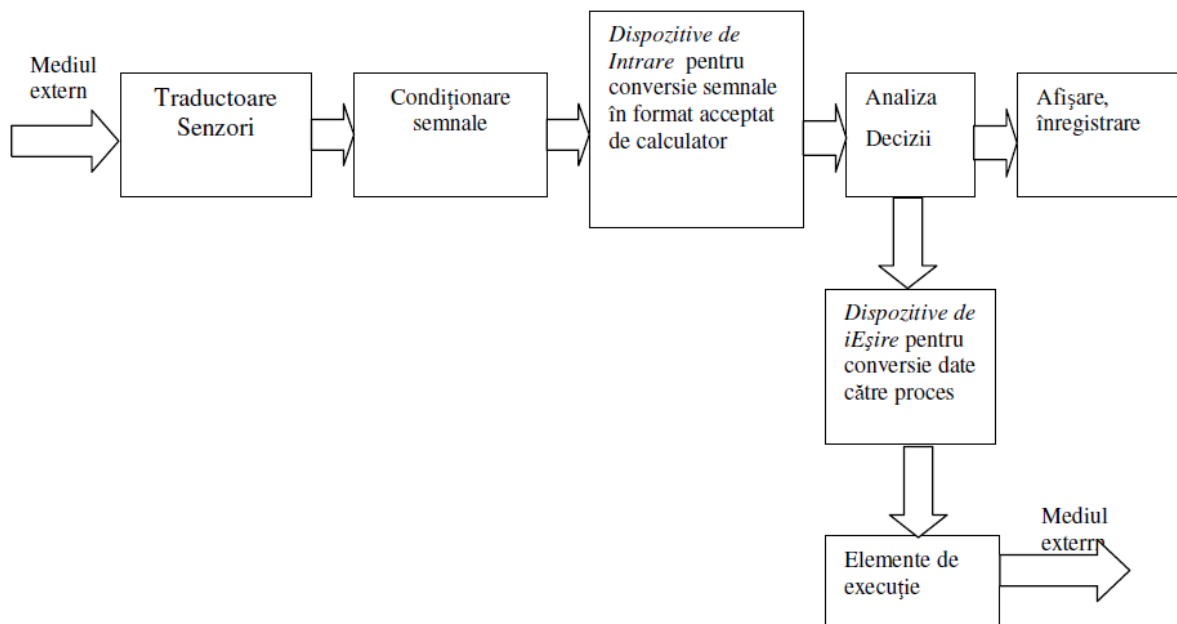


Fig. 3.3-1 Sistem de achiziție de date și control – schema bloc

### Conectarea dispozitivelor de I/E la calculatorul gazda

O parte importantă a oricărui SADC este calculatorul gazdă (host computer). Există multe tipuri de dispozitive (numite uneori „module”) specializate pentru achiziție de date și control, care se pot conecta la calculatorul gazdă în unul dintre următoarele moduri:

- direct pe magistralele de date/adrese/comenzi ale calculatorului - *conectare pe magistrala internă sau PLUG-IN*;
- prin intermediul canalelor de comunicație seriale sau paralele - *conectare pe magistrala externă*.

În continuare, termenul „sistem” va fi utilizat în diverse moduri: un sistem poate include tot ceea ce este necesar pentru achiziție de date și control, inclusiv calculatorul gazdă; de asemenea, termenul sistem poate fi utilizat și pentru descrierea unor dispozitive sau subansamble ale unui astfel de sistem, cu toate că acestea ar putea fi denumite mai corect subsisteme.

#### 1. Dispozitive pe magistrala internă

Principalele avantaje ale conectării directe pe magistrala calculatorului gazdă (de exemplu la PC) sunt:

- viteză mare de achiziție și comandă;
- costul scăzut;
- dimensiuni mai mici.

La aceste sisteme costul este mai redus pentru că nu mai este nevoie de încălzire și surse de alimentare separate, alimentarea făcându-se din sursa internă a calculatorului gazdă. Vitezele mari se obțin datorită eliminării protocolului de comunicație și a cablurilor de comunicație care fac ca transmiterea datelor să fie lentă.

Exemplu: Rata de achiziție a unui SADC folosind interfața RS 232 la viteza de 9600 bauds este limitată la zeci de esanțioane / sec. În contrast, SADC ce conțin dispozitive pe magistrala internă pot achiziționa sute de mii de esanțioane pe secundă.

În figura 3.3.1.1-1 se prezintă schema bloc simplificată a unui sistem cu dispozitive pe magistrala internă.

SADC pe magistrala internă conțin dispozitive (module) de interfațare ce se conectează direct pe sloturile disponibile din calculator. Mai mult, există sisteme ce permit ca un singur modul să conecteze la calculator mai multe tipuri de semnale de I/E, în mod selectiv. Sistemele moderne includ *procesoare de semnal* și oferă funcții de achiziție, prelucrare primară a datelor, transmiterea de date etc.

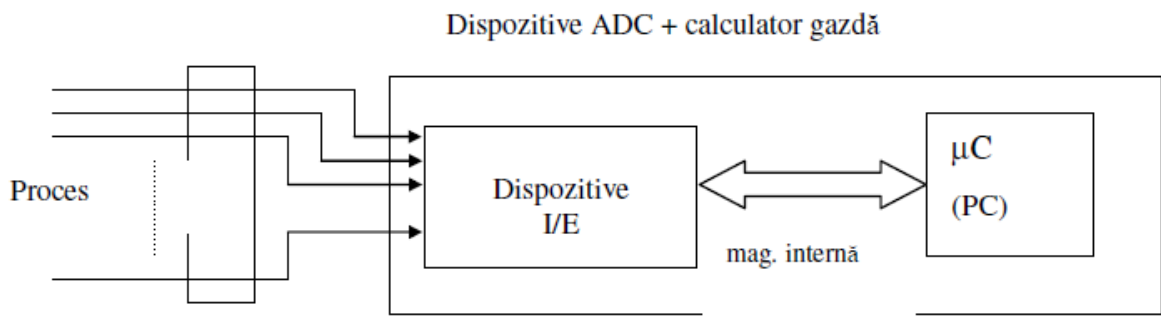


Fig. 3.3.1.1-1 Sistem ADC pe magistrala internă

În unele aplicații un calculator ce dispune de suficiente resurse poate conține module de achiziție pe magistrala internă și în același timp poate fi conectat prin canale de comunicație seriale sau paralele cu alte SADC sau calculatoare gazda. Același calculator, pe care se execută software de baza și de aplicație adecvate, poate executa concurrent funcții de achiziție, control, analiza datelor, grafică, etc.

## 2. Dispozitive pe magistrala externă

Acestea sunt de obicei echipamente inteligente, capabile să îndeplinească sarcini de achiziție de date și control și sarcini de comunicație. La nivel fizic, comunicația este realizată prin interfețe standardizate cablate (RS 232, RS 422, RS 485, IEEE 802.3, IEE 488 (GPIB)...) sau wireless (microunde, infraroșu...)

Dispozitivele inteligente pe magistrala externă sunt la rândul lor SADC-uri cu module conectate pe magistrala internă sau externă.

Exemple de dispozitive conectate pe magistrala externă:

- calculatoare de proces cu UC compatibilă IBM PC (cunoscute sub denumirea „IPC” – Industrial PC);
- echipamente PLC sau RTU cu UC realizate cu microcontrollere (precum cele din familia I80C51, 80C166, MOTOROLA 68000, ZILOG 180) sau microprocesoare de uz general;
- traductoare/senzori și elemente de execuție inteligente, realizate cu microcontrollere sau procesoare de semnal.

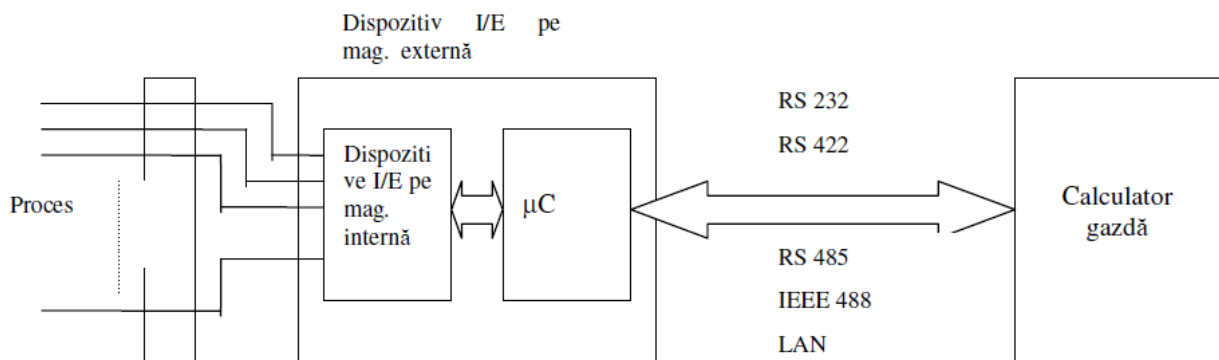


Fig. 3.3.1.2-1 – SADC cu dispozitive pe magistrala externă

În figura 3.3.1.2-1 se prezintă schema bloc a sistemelor conectate pe magistrala externă: Posibilitatea de a avea la distanță SADC permite realizarea unor SCTR distribuite. Rețelele care interconectează mai multe dispozitive pe magistrala externă și calculatoare gazda se numesc *rețele industriale*.

Pentru rețelele industriale cablate, în literatura de specialitate se mai utilizează și denumirea de *fieldbus* (magistrală/bus de teren).

Exemplu de rețea industrială: SADC-urile din stațiile de transformare ale unei companii sunt conectate prin fieldbus-uri RS485 la un dispecerat energetic amplasat în clădirea administrativă. Aceasta permite ca prin intermediul unor calculatoare gazda din rețeaua locală de la dispecerat să fie efectuate activități de monitorizare/calculare/acționare și supervizare a întregului proces de gestiune energetică.

Avantaje ale conectării pe magistrala externă:

- teoretic se poate configura orice sistem, oricât de mare ar fi distribuția sa în spațiu;
- SADC pot fi la mare distanță față de calculatorul gazdă (sute de m, km...), permițând astfel amplasarea

în apropierea zonei în care se găsesc senzorii și elementele de execuție;

- SADC degreveză calculatorul gazdă de sarcinile specifice de achiziție de date și control;
- SADC se poate conecta la orice tip de calculator care dispune de interfețe de comunicație corespunzătoare.

### Semnale din proces, traductoare și condiționarea semnalelor

Deoarece semnalele din lumea reală sunt de o foarte mare diversitate, sunt necesare dispozitive care să simplifice tratarea acestora de către dispozitivele de conversie în/din format numeric acceptat de către calculator. Acest lucru se realizează prin intermediul traductoarelor (senzori), elementelor de execuție și circuitelor de condiționare semnale.

#### Tipuri de semnale

În general, un SADC acceptă 3 tipuri de semnale în tensiune:

- analogice;
- binare (numite uneori și numerice);
- în impulsuri.

Unele traductoare oferă semnale în curent, care se convertesc în tensiune pentru a fi măsurate de sistemul de achiziție.

Deși toate semnalele din proces sunt variabile în timp, numai cele analogice își modifică amplitudinea proporțional cu valoarea mărimii de intrare. Semnalele numerice și cele în impulsuri sunt similare din mai multe puncte de vedere: ambele au amplitudine constantă și sunt reprezentate prin cele 2 valori posibile,

High și Low.

H @ 2 -:-5V;

L @ 0 -:- 0,8V.

Totuși, în proces pot fi semnale numerice de valori mai mari (110V, 220V) și acestea trebuie adaptate la nivelurile TTL precizate mai sus.

Distincția între semnalele numerice și cele de impulsuri constă în modul de tratare a informației și în tipurile de interfețe utilizate. Unui semnal numeric atașat unui SADC i se asociază un bit la nivelul calculatorului. Deoarece semnalele numerice își pot schimba starea cu mare viteză, informația se păstrează static într-un bit sau un grup de biți, citiți de pe interfața la un anumit moment de timp. În contrast, informația în impulsuri se memorează sub forma de număr de tranziții ale stării sau sub forma de rată de tranziție (Ex.: impulsuri / sec).

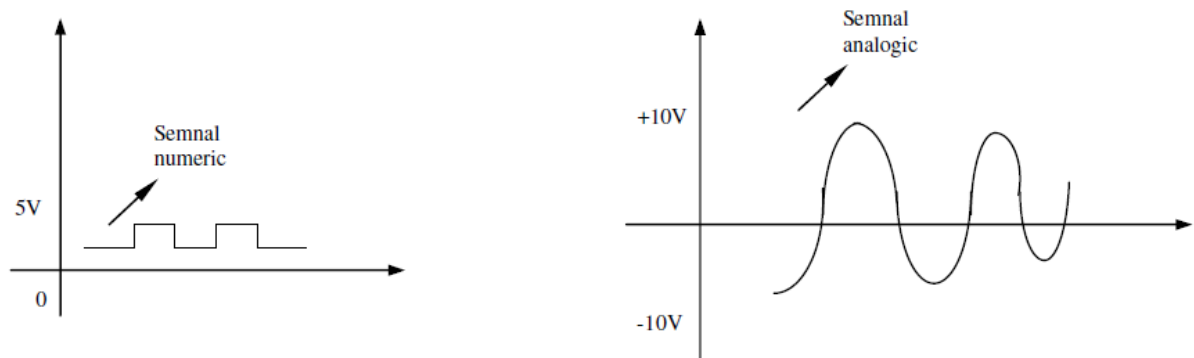


Fig. 3.3.2.1-1 Semnale numerice vs. semnale analogice

Semnalele analogice sunt convertite în format calculator prin intermediul convertoarelor analog-numeric (CAN).

De obicei, semnalele analogice oferite de traductoare sunt:

- semnalele unificate în tensiune:
- Ț 0 ÷ 10 V;

$\pm 0$ :-5V;

$\pm \pm 5$ V;

$\pm \pm 10$ V.

• semnalele unificate în curent:

$\pm 4 - 20$  mA – se lucreaza cu „0 viu” (de exemplu 0mA poate indica fir rupt );

$\pm 2 - 10$  mA – se lucreaza cu „0 viu”;

$\pm 0 - 20$  mA;

$\pm 0 - 10$  mA;

Semnalele unificate în tensiune si curent au amplitudinea suficient de mare pentru a permite o interpretare buna a fenomenelor. Exista totusi si senzori si traductoare precum:

• termocuple;

• celule fotoelectrice;

• senzori piezoelectrice;

• senzori biomedicali,

ce produc semnale mici, de ordinul mV sau mai mici. SADC trebuie sa fie capabil sa amplifice aceste semnale de nivel scazut astfel încât sa le trateze cu aceeasi acuratețe precum trateaza semnalele unificate.

### **Traductoare si senzori**

Indiferent de fenomenele urmarite sau de dispozitivele controlate, traductoarele joaca un rol vital în SADC. Traductorul asigura conexiunea între lumea reala si cea electrica. Semnalele de intrare din lumea reala pot reprezenta temperaturi, debite, deplasari, forțe, viteze etc. Semnalele de iesire spre lumea reala pot controla valve, relee, vane, lampi, motoare etc. Semnalele produse de traductoare sunt cel mai adesea sub forma de tensiune, curent, rezistența sau capacitate.

Indiferent de tipul semnalelor produse de traductoare, prin procesul de adaptare (condiționare) a semnalelor, ele vor fi convertite în semnale de tensiune deoarece, dupa cum se va vedea ulterior, intrarile în SADC sunt intrari în tensiune.

### **Exemple de traductoare**

#### **Termocupluri (TC)**

Acestea sunt cele mai utilizate pentru masurarea temperaturii. Un TC este o joncțiune între 2 metale diferite. Aceasta produce o tensiune electromotoare proporționala cu temperatura joncțiunii efectul Seebeck sau efectul termoelectric.

Pot fi masurate temperaturi de la  $-200^{\circ}$  C la  $4000^{\circ}$  C. Tensiunea de iesire a unui TC este în mod uzual, între  $-10$ mV si  $+50$ mV si are o sensibilitate medie de  $10$  până la  $50 \mu$ V /  $^{\circ}$ C în funcție de termocuplul utilizat.

Exista mai multe tipuri de TC ce utilizeaza o mare varietate de metale. Urmatoarele tipuri sunt cele mai utilizate:

• Tip J ® combinație Fe – C (Fier – Constantan)

• Tip K ® combinație Ch – Al (Crom – Aluminiu)

• Tip T ® combinație Cu – C (Cupru – Constantan)

TC au preț scazut si volum mic, cu precizie limitata, în general în gama  $1 \div 3\%$  indiferent de material sau modul de utilizare. Timpul de raspuns este de ordinul a câtorva secunde si este necesara compensarea fenomenelor de neliniaritate si de joncțiuni multiple.

#### **Termistoare**

Termistorul este un dispozitiv din oxid metalic sau semiconductor ce își modifica rezistența cu temperatura. Are un coeficient de temperatura negativ ce ajunge la  $-4$  –  $-8\%$  /  $^{\circ}$ C. Exista si termistoare cu coeficient pozitiv de temperatura. Coeficientul de temperatura fiind de câteva % pe  $^{\circ}$ C, face posibila sesizarea unor variații mici de temperatura ( $0,01$   $^{\circ}$ C) față de alte dispozitive. Precizia termistoarelor este de  $10$  ori mai buna ca TC, variind între  $\pm 0,1^{\circ}$ C. Dimensiunile mici si Rnominala mare constituie avantaje semnificative pentru termistoare. Sunt confecționate din amestec de Ni, Mn, Co, Fe, Mg, Ti, etc, sintetizate la temperaturi de  $1000$   $^{\circ}$ C, se încapsuleaza în plastic, metal sau sticla.

Se pot face masuratori în intervalul  $-100 \div +300$   $^{\circ}$ C. Pe lângă intervalul limitat de masurare trebuie mare atenție în montarea si mânuirea lor, deoarece sunt foarte fragile.

#### **Termorezistente metalice (RTD)**

Ca și termistoarele RTD se bazează pe variația rezistenței cu temperatura. Pentru confecționare se utilizează Pt, Ni, Wo, Cu, Rd, Ag, etc.

### **Traductoare de presiune, forță, deformare, poziție, deplasare, nivel**

Deși fiecare din acești senzori sunt bazați pe principii diferite, semnalele lor de ieșire sunt tensiuni, curenți, impedanțe. Aceste semnale se convertesc direct sau indirect în niveluri de tensiune analogice.

Traductoarele de presiune: - se împart în 3 categorii:

- pentru măsurarea vacuumului (vidului);
- pentru măsurarea presiunii medii;
- pentru măsurarea presiunii mari.
- Vacuumetrele – traductoare cu ionizare care pot fi:
  - † pentru presiuni medii – traductoare tensometrice, inductive, capacitive sau piezoelectrice;
  - † pentru presiuni mari – traductoare de presiune cu manganina.
- Traductoarele de forță – pot fi marci tensometrice, traductoare piezoelectrice (bazate pe efectul piezoelectric al cristalului de cuarț – aplicarea unei forțe generează o tensiune electrică proporțională cu aceasta).
- Măsurarea deformației se face cu traductoare rezistive.
- Măsurarea deplasării se face cu traductoare rezistive, capacitive sau inductive.
- Măsurarea nivelului se face cu traductoare rezistive, capacitive, etc.

### **Condiționarea semnalelor**

Așa cum s-a arătat anterior traductorul este considerat ca sursa de semnal care este trecut printr-o interfață de condiționare a semnalelor, amplasată între traductor și sistemul de achiziție date și control. Deoarece condiționarea semnalelor are efect asupra calității semnalului de intrare, performanțele sistemului pot fi în mare măsură influențate de tipul condiționării utilizate.

Condiționarea semnalelor include:

- conversii curent – tensiune;
- scalari;
- filtrari;
- izolari;
- amplificari.

Fizic, modulele de condiționare pot fi instalate în diverse locuri, inclusiv lângă sursa de semnal, pe panouri speciale de borne sau pe modulul de achiziție de date.

Cea mai uzuală și convenabilă este instalarea în panou de borne. Pentru diverse aplicații sunt necesare fie condiționari active, fie condiționari pasive ale semnalelor. Toate panourile de borne se conectează la proces prin intermediul unor reglete de semnal. Panourile pasive conțin scheme comune cu rezistențe, inductanțe, condensatoare, diode. Cu acestea se pot configura divizoare de tensiune, filtre, protecții la supratensiune. Există de asemenea, elemente active pentru filtrare, amplificari diferențiale programabile, compensari, izolari, etc. Pentru cuplarea panourilor de borne la SADC se utilizează cabluri ecranate, torsadate sau cabluri panglică. Sunt prezentate în continuare tipurile de condiționari cel mai des întâlnite.

### **Subsistemele de intrare/ieșire ale SADC**

După cum am văzut, majoritatea semnalelor din lumea reală nu pot fi citite direct de calculator. Conversia semnalelor într-un format recunoscut de acesta se realizează de către SADC prin intermediul unei varietăți de dispozitive ce include convertoare analog numerice (CAN), multiplexoare, circuite de esantionare-memorare (Sample and Hold - S/H), amplificatoare, circuite de numărare și temporizare precum și alte funcții specializate. Caracteristica cea mai importantă a SADC este aceea că integrează funcții diferite principal într-un sistem unitar. Un SADC poate să conțină unul sau mai multe tipuri de subsisteme:

- intrări analogice;
- ieșiri analogice;
- intrări numerice;
- ieșiri numerice;
- intrări de numărare;
- ieșiri de numărare.