

## CURS - 1

# PROBLEMATICA SISTEMELOR DE ACHIZIȚIE ȘI PRELUCRARE DATE

Autor: Conf.dr.ing. Constantin Harja

## I.1. NOȚIUNI INTRODUCTIVE

*Măsurarea* reprezintă calea fundamentală de obținere a informațiilor cantitative necesare pentru cunoașterea și interacțiunea omului cu mediul exterior. Suportul fizic pe care este vehiculată informația de măsurare este denumit în general *semnal*. Semnalele primare de măsurare pot fi electrice sau neelectrice. Cele neelectrice sunt convertite într-un semnal electric cu ajutorul unor *convertoare* numite *senzori* sau *traductoare*.

Noțiunea de *convertor* poate fi utilizată generic pentru orice bloc funcțional care operează o anumită modificare a unui semnal până la extragerea finală a informației. Deși între noțiunile de *senzor* și *traductor* nu s-a păstrat o delimitare strictă, prin *senzor* se înțelege blocul care convertește un semnal neelectric într-un semnal electric intermediar (ex.: termorezistența, termocuplul etc.), iar prin *traductor* se înțelege blocul care convertește un semnal neelectric într-un *semnal electric unificat* (ex.: curent unificat 4...20 mA, tensiune 0...10 V etc.).

*Semnalele unificate* facilitează interconectarea componentelor unui sistem de măsurare și control. Ele pot fi analogice sau numerice și trebuie să respecte anumite norme privind natura, intervalul de variație, nivelul sau codul pentru cele numerice. Semnalele unificate numerice au evoluat până la compatibilitate cu interfețele de comunicație specifice tehnicii de calcul. Un exemplu în acest sens ar fi *senzorii cu ieșire numerică*, care pot fi conectați direct la un port sau interfață de comunicație a unui sistem de calcul.

Dezvoltarea tehnicilor de calcul a consacrat noțiunea de *dată* ca element de bază pentru exprimarea în format numeric a unei mărimi. Datele conțin informație ce poate fi extrasă prin prelucrarea lor. Noțiunea de *dată* s-a extins și în domeniul măsurărilor, redefinite drept *măsurări de date*. Ca urmare, pentru valorile mărimilor rezultate din procesul de măsurare, se poate utiliza noțiunea de *dată de măsurare* sau numai *dată*, într-o exprimare mai pe scurt.

În aceeași ordine de idei, pentru a se asigura coerența terminologiei, noțiunea de *dată* a fost extinsă și asupra informației vehiculate de către semnalul de măsurare pe traseul de la senzor până la ieșirea sistemului de măsurare, indiferent de prelucrările operate asupra semnalului de măsurare.

Și astfel, conceptul de *sistem de măsurare* sau *sistem de măsurare și control* a evoluat spre cel de *sistem de achiziție și prelucrare date (SAPD)*.

## I.2. DESTINAȚIA ȘI FUNCȚIILE SAPD

### I.2.1. DESTINAȚIA SAPD

Fiind mijlocul dedicat obținerii de informații cantitative asupra mediului exterior, natural sau creat de om, *SAPD* devin indispensabile în orice domeniu de activitate umană. Progresului tehnic actual impune tendința ca și cele mai elementare mijloace de măsurat să prezinte variante evolute, dotate cu tehnică de calcul, care pot fi incluse în categoria *SAPD* a căror complexitatea poate varia

în limite foarte largi, astfel încât un *SAPD* poate include structuri care constituie ele însele *SAPD*.

Pentru ca un mijloc de măsurare să poată fi considerat *SAPD* trebuie să asigure efectuarea unui set minimal de funcții privind achiziția, prelucrarea analogică și numerică a semnalelor de măsurare și comunicația de date cu exteriorul, ultimele două funcții având caracter definitoriu.

*SAPD* pot funcționa, parțial sau integral, în buclă deschisă când furnizează informații despre mărimile măsurate sau în buclă închisă (cu reacție negativă, *feedback*) când informațiile de ieșire sunt utilizate pentru controlul automat al mărimilor de intrare sau al altor mărimi de interes.

Destinațiile *SAPD*, după scopul în care sunt utilizate, pot fi sistematizate astfel:

- a) *Verificarea stării sau supravegherea evoluției unor mărimi (monitorizare)* – când nu este necesar sau este imposibil de controlat mărimea de intrare. În acest caz *SAPD* funcționează în buclă deschisă, efectuând doar măsurarea și furnizarea valorilor mărimilor de interes și a altor informații sintetice, cum ar fi: măsurarea consumurilor de utilități (energie electrică sau termică, apă, gaz metan etc.), măsurarea parametrilor meteorologici (temperatură, presiune etc.), de calitate a mediului (concentrație noxe, radiații etc.), biologici (puls, tensiune arterială etc.), de natură geologică sau astronomică, testarea componentelor și produselor finite etc.
- b) *Controlul unor procese* – când este necesar ca mărimea măsurată să fie modificată. În acest caz *SAPD* funcționează de regulă în buclă închisă, efectuând prin legătura inversă controlul mărimilor de intrare astfel încât să se obțină rezultatul scontat, adică îndeplinesc funcțiile specifice *sistemelor automate de măsurare și control*. Utilizarea *SAPD* în acest scop are cea mai vastă arie de aplicații în multe domenii de activitate, în care calitățile lor devenind esențiale sunt valorificate la maximum. Cel mai simplu exemplu în acest sens ar fi menținerea constantă a temperaturii într-o încăpere, controlând o centrală termică modernă cu un termostat de ambient.
- c) *Desfășurarea activității de cercetare* – când *SAPD* pot fi utilizate ca mijloace de investigare experimentală pentru testarea, înțelegerea și aplicarea cercetărilor teoretice.
- d) *Desfășurarea activității metrologice* – când *SAPD* pot fi utilizate ca mijloace de verificare și calibrare pentru orice categorie de etaloane și mijloace de măsurat.

## **I.2.2. FUNCȚIILE SAPD**

### **a) Achiziția datelor**

Datele primare de intrare ale unui *SAPD* pot fi mărimi electrice sau neelectrice, continue sau variabile în timp, analogice sau logice, într-un interval larg de valori. Deoarece, pentru măsurarea mărimilor neelectrice este consacrată utilizarea de senzori și transductoare, realizate de sine stătător, rezultă că pentru un *SAPD* problema achiziției datelor de intrare se reduce la achiziția de semnale electrice (tensiune, curent, rezistență, capacitate, inductivitate, frecvență, coduri binare etc.).

Achiziția datelor de intrare are rol determinant asupra performanțelor globale ale *SAPD*. Din acest motiv, precizia, rezoluția și alte caracteristici ale celorlalte blocuri funcționale din structura unui *SAPD* se stabilesc în funcție de precizia cu care se efectuează achiziția datelor de intrare.

La nivelul achiziției datelor de intrare mai apare o problemă critică, tot cu efect limitativ asupra performanțelor și anume rejecția perturbațiilor exterioare. Efectul perturbațiilor exterioare se manifestă distribuit în spațiu și minimizarea lui depinde în principal de trei factori: de caracteristicile sursei de semnal (flotantă sau nu, nivelul și tipul semnalului etc.), de caracteristicile canalului de legătură între sursă și *SAPD* (tipul și lungimea cablului de legătură), de eficiența

antiperturbativă a convertorului de intrare al *SAPD* și de măsurile antiperturbative implementate pe parcursul procesării analogice și numerice a semnalului de măsurare (filtrare etc.).

### **b) Condiționarea semnalelor**

Deși o parte din semnalele pot avea parametri care să permită aplicarea lor direct la intrarea unor blocuri de nivel mai înalt (convertoare analog-numerice, plăci de achiziție, aparate de măsurat interfațabile, porturi sau interfețe de comunicație), de regulă se impune o prelucrare prealabilă a semnalelor de intrare pentru a le încadra în astfel de parametri adecvați (ex.: tensiune  $\pm 1/2/5/10$  V etc.). Operațiile necesare în acest scop sunt cuprinse în noțiune generală de *condiționare de semnal*.

Principalele funcții pe care trebuie să le îndeplinească circuitele de condiționare a semnalelor electrice de intrare ale unui *SAPD* sunt următoarele:

- adaptare de nivel sau de impedanță (amplificare sau divizare de semnal, impedanță de intrare);
- rejecția perturbațiilor exterioare (filtrare, intrări flotante sau diferențiale, izolare galvanică);
- conversia în tensiune a altor semnale electrice (curent, sarcină, rezistență);
- conversia c.a.-c.c. (de valoare medie, efectivă sau de vârf);
- liniarizarea caracteristicilor unor senzori sau convertoare (termistor, punte);
- procesare analogică de semnal (multiplicare, logaritmare, integrare etc.).

### **c) Multiplexarea semnalelor**

*SAPD* operează în general cu o multitudine de semnale de intrare/ieșire, care poate ajunge în funcție de complexitate la ordinul zecilor, sutelor sau chiar mai mult, astfel încât devine esențială reducerea numărului de canale de transmitere sau de prelucrare a semnalelor.

*Multiplexarea* este operația prin care se efectuează transmiterea sau prelucrarea mai multor semnale pe o cale comună, operația inversă fiind numită *demultiplexare*. Ambele operații pot fi realizate cu același tip de circuite, numite *multiplexoare* (analogice sau numerice).

### **d) Discretizarea datelor**

Semnalele analogice, fiind variabile continuu în timp, prezintă o infinitate de valori atât într-un anumit interval de timp, cât și într-un anumit interval de amplitudine. Pentru ca aceste semnale să poată fi prelucrate numeric este necesară *discretizarea* lor și prelevarea numai a unui număr finit de valori pe fiecare din cele două direcții.

*Eșantionarea* reprezintă operația prin care semnalele cu variație continuă sunt discretizate în timp, adică din infinitatea de valori pe care le poate lua un astfel de semnal într-un interval de timp sunt prelevate numai un număr finit de valori. Deoarece valorile eșantioanelor prelevate trebuie menținute constante pe durata prelucrărilor ulterioare, este necesară o *memorare* analogică a acestor valori, astfel încât circuitele utilizate în acest scop sunt numite *circuite de eșantionare-memorare*.

*Cuantizarea* reprezintă operația complementară eșantionării, prin care semnalele cu variație continuă sunt discretizate în amplitudine, adică din infinitatea de valori pe care le poate lua un astfel de semnal într-un interval de amplitudine sunt prelevate numai un anumit număr finit de valori, adecvate exprimării în format numeric.

*Codarea* reprezintă operație prin care valorilor prelevate în urma discretizării în amplitudine, prin cuantizare, li se atribuie câte un cod numeric corespunzător.

*Conversia analog-numerică*, incluzând fazele de cuantizare și codare, reprezintă operația completă prin care un semnal analogic este convertit într-un semnal logic codat numeric, circuitele aferente fiind numite *convertoare analog-numerice*.

#### e) Conversia numeric-analogică a datelor

*Conversia numeric-analogică* a datelor reprezintă operația inversă conversiei analog-numerice, adică conversia unui semnal logic codat numeric într-un semnal analogic, constituind o funcție uzuală a *SAPD* în special atunci când lucrează în buclă închisă. Circuitele specializate pentru efectuarea acestei operații sunt *convertoarele numeric-analogice*.

#### f) Procesarea numerică a datelor

Procesarea numerică a datelor reprezintă implicarea tehnicilor numerice de calcul în domeniul achiziției de date, incluzând operații de la cele mai elementare până la cele mai complexe, bazate pe un fundament matematic de nivel superior, cum ar fi:

- operații și calcule matematice (înmulțire, împărțire, calcul integral, diferențial etc.);
- prelucrare numerică de semnal (filtrare, detecție, module, analiză spectrală etc.).

În cazul *SAPD* de complexitate mai redusă procesarea numerică a datelor se poate realiza, până la un anumit nivel, prin tehnici *software* sau cu mijloace *hardware* mai simple. Mai departe, pentru aplicațiile care depășesc acest nivel, s-au dezvoltat familii de microprocesoare specializate denumite *procesoare digitale de semnal* sau pe scurt *DSP (Digital Signal Processor)*.

#### g) Comunicația de date în cadrul *SAPD*

Comunicația de date reprezintă o funcție esențială din cadrul unui *SAPD* prin care se asigură transmiterea de date și informații între componentele sistemului și către exterior. Deși în general prin comunicație de date se înțelege mai mult comunicația de date în format numeric, fiind cea mai complexă, diversificată și cu cea mai semnificativă ca pondere, această problemă se pune și în cazul datelor transmise în format analogic.

Comunicația de date se realizează prin intermediul unor *interfețe de comunicație* care includ *hardware* și *software specializat* cu caracteristici reglementate prin norme cu valabilitate internațională, astfel încât să se asigure compatibilitatea în ce privește comunicația de date între echipamentele din interiorul și din exteriorul unui *SAPD*.

În general, din punct de vedere hardware, o interfață de comunicație include mai multe linii (conductoare) de comunicație, care pot fi grupate după funcția lor astfel:

- *linii de semnal*, pe care se transmit semnalele care reprezintă strict informația utilă;
- *linii de control*, pe care se transmit semnalele de control a comunicației;
- *linii de sincronizare*, pe care se transmit semnale de *tact (clock sau ceas)*;
- *linii de alimentare*, de *masă electrică* și de *conectare la pământ*.

Există o mare varietate de interfețe de comunicație cu un grad de compatibilitate variabil, total sau parțial, care în general pot fi împărțite în două categorii de bază:

- *interfețe serie* sau *seriale*, care transmit biții codului numeric succesiv, astfel încât indiferent de lungimea codului numeric este necesară o singură linie de semnal;
- *interfețe paralele*, care transmit biții codului numeric simultan, astfel încât sunt necesare un număr de linii de semnal egal cu numărul de biți ai codului numeric.

Deci, din punct de vedere al raportului complexitate/viteză, cele două categorii de interfețe prezintă caracteristici opuse: interfețele seriale necesită un număr minim de conexiuni, în detrimentul vitezei de transmitere, în timp ce interfețele paralele asigură viteză maximă cu prețul unui număr mai mare de conexiuni, dependent direct de lungimea codului numeric, care, din acest motiv, este limitată de regulă la 8 biți.

Ca exemple reprezentative pentru fiecare din aceste categorii de interfețe de comunicație, având în vedere și domeniul de aplicație, pot fi amintite următoarele:

- **interfețe analogice:**
  - *bucla de curent 4-20 mA* – utilizată ca interfață (de tip serial) la intrarea unui *SAPD* pentru achiziția de date, cât și la ieșire pentru transmiterea de comenzi;
- **interfețe numerice seriale:**
  - *RS-232 (RS-232C)* – utilizată pentru conectarea la calculator sau interconectarea perifericelor, modem-urilor, plăcilor de achiziție, aparatelor de măsurat etc.;
  - *USB (Universal Serial Bus)* – utilizată în același scop ca și *RS-232*, fiind însă de dată mai recentă, mai performantă și cu tendință mai mare de generalizare;
  - *I<sup>2</sup>C (INTER IC)* – destinată cu precădere interconectării circuitelor integrate numerice (convertoare analog-numerice și numeric-analogice, memorii etc.);
- **interfețe numerice paralele:**
  - *GPiB* (cu denumiri anterioare de *HP-IB* și *IEEE-488*) – dedicată conectării la calculator sau interconectării aparatelor și subsistemelor de măsurare;
  - *VXI/VME* – destinată interconectării în cadrul instrumentației de măsurare și control realizate modular (plăci sau sertare cu dimensiuni și funcții standard).

### I.3. STRUCTURA *SAPD*

Structura și complexitatea *SAPD* au atins în ultima vreme un nivel considerabil de diversitate, cu o tendință de evoluție tot mai accentuată în acest sens. Pe lângă progresul tehnologic în sine, această evoluție a fost posibilă și printr-un efort susținut de încadrare a structurilor hardware și software în standarde cu caracter universal, un segment esențial în acest sens fiind cel al comunicației de date, prin care se asigură compatibilitatea de interconectare și schimbul de informații interne și cu exteriorul.

Prelucrarea numerică a datelor fiind o caracteristică definitorie pentru un *SAPD*, acesta trebuie să fie în mod obligatoriu organizat în jurul unei *unități de calcul* de tip *microprocesor* sau *microcontroler* (microprocesor realizat împreună cu toate componentele de sistem într-un singur circuit integrat). În funcție de raportul în care se află *SAPD* față de acest procesor, se pot distinge următoarele structuri elementare:

- *SAPD* realizate de sine stătător, cu o structură fixă, destinate unor aplicații practice concrete, care în forma cea mai simplă pot reprezenta aparate de măsurat bazate pe metode indirecte de măsurare (ex.: contoarele de energie electrică sau termică etc.);
- *SAPD* cu funcții particulare, care echipează o serie de mașini, utilaje, instalații etc., fiind înglobate în structura acestora pentru controlul automat al funcționării (ex.: echipamentul electronic al unei centrale termice de apartament, autovehicul etc.);
- *SAPD* destinate automatizărilor industriale, realizate modular sub formă de plăci sau sertare cu dimensiuni și funcții standardizate, astfel încât arhitectura lor este flexibilă și poate fi acordată la necesitățile fiecărei aplicații practice concrete;
- *SAPD* cu microcalculator (calculator personal sau *PC*), în care caz funcțiile de control și procesare numerică a datelor sunt preluate de un *PC*, căruia îi sunt adăugate extensiile hardware necesare achiziției de date și controlului automat;

- *SAPD* realizate sub formă de *instrumente virtuale*, care includ de asemenea un *PC* și module de achiziție, având la bază un software specific (ex.: *LabVIEW*) prin care se implementează funcțiile instrumentului și interfața cu operatorul uman.

Fiecare din aceste structuri tipice de *SAPD* poate avea un nivel de complexitate variabil în limite largi, începând de la cel minim necesar pentru a constitui un *SAPD* și până la un nivel maxim care mai păstrează caracteristicile categoriei respective.

Următorul nivel de complexitate este caracteristic *SAPD* cu calculator, care pe lângă componentele de bază pot include structuri constituind ele însele *SAPD*.

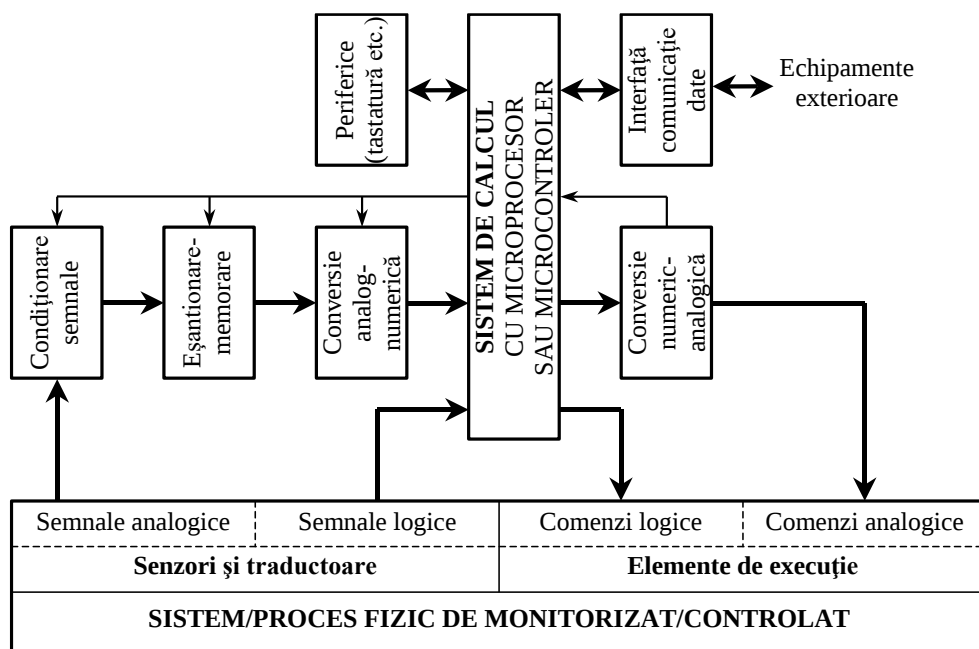
Dacă limita inferioară a complexității *SAPD* poate fi definită, limita superioară constituie un orizont deschis tuturor posibilităților. *SAPD* pot fi organizate pe mai multe nivele ierarhice, cu structuri distribuite pe spații largi, începând de la nivelul interfeței cu sistemul fizic de controlat și până la cel mai înalt nivel managerial, acoperind toate laturile activității unei unități economice (producție, aprovizionare, desfacere, personal, financiar-contabil, cercetare-dezvoltare etc.).

În mod firesc, abordarea unui *SAPD* trebuie să înceapă de la nivelul cel mai de jos, numit și *nivel zero*, al interfeței dintre *SAPD* și sistemul fizic de gestionat. Acest nivel zero este determinat în proiectarea unui *SAPD*, deoarece impune datele inițiale reprezentate prin mărimile de intrare și de ieșire și funcțiile pe care trebuie să le realizeze *SAPD* pentru a se asigura controlul direct al sistemului fizic gestionat. Mai departe, plecând de la acest nivel de bază comun tuturor *SAPD*, complexitatea poate fi dezvoltată pe mai multe nivele ierarhice de ordin superior, în funcție de caz.

La acest nivel zero, incluzând achiziția datelor de intrare și distribuirea datelor de ieșire către sistemul fizic, datele vehiculate pot fi în format analogic sau numeric. Prin urmare, în această zonă de interfață au loc toate prelucrările analogice de semnal, inclusiv conversiile analog-numerice și numeric-analogice, operații care ridică o serie de probleme specifice, cu rol determinat asupra performanțelor globale ale *SAPD*.

Depășind această zonă de interfață, pe nivele ierarhice superioare ale unui *SAPD* problemele se mai simplifică, cel puțin datorită faptului că se operează numai cu date în format numeric, fiind implicate de regulă doar calculatoare interconectate între ele.

Din considerentele menționate mai sus, în schema de principiu a unui *SAPD*, reprezentată în *Fig.I.1*, se pun în evidență principalelor funcții tipice pentru un *SAPD* la nivelul interfeței cu sistemul fizic, având în vedere și faptul că aceste funcții permit un grad de generalizare mai mare decât posibilitățile lor structurale de implementare.



**Fig.I.1. Schema generală de principiu a unui SAPD elementar.**