

Sisteme de distribuire a datelor (SDD)



După ce datele au fost achiziționate, prelucrate numeric de dispozitivele de automatizare, ele trebuie distribuite către elementele de acționare sub formă de comenzi numerice sau analogice

Probleme deosebite ridică sistemele de distribuție a datelor sub formă analogică, care necesită prezența unui CNA, a căror performanțe sunt date de:

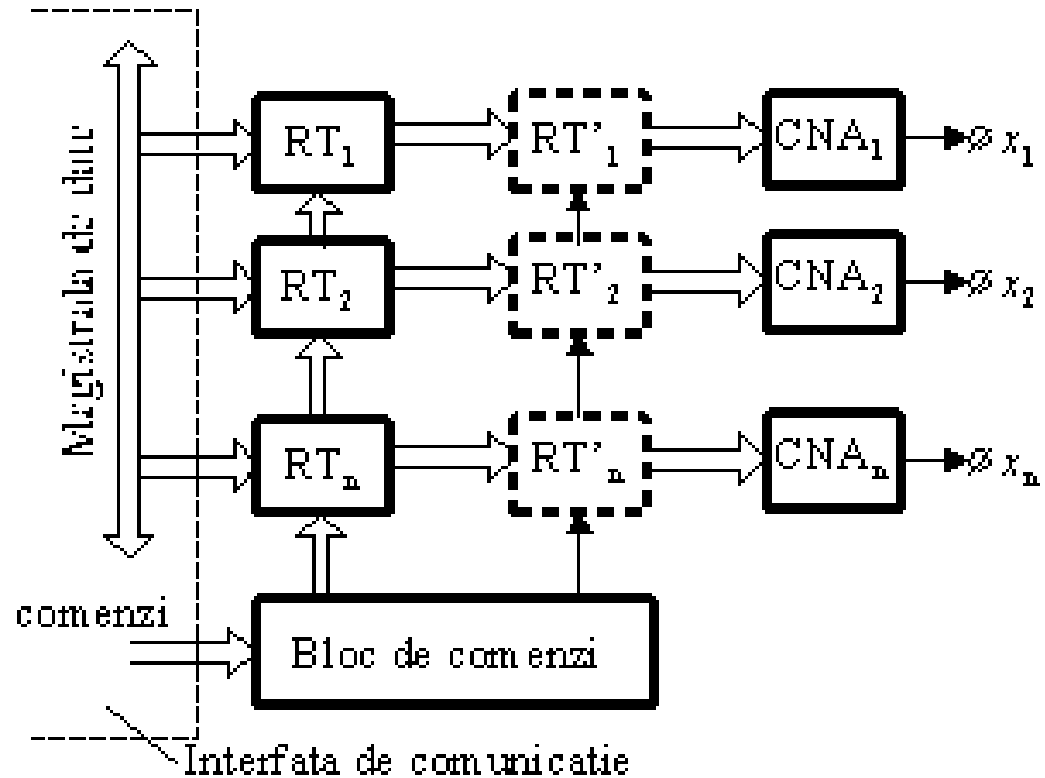
- rezoluția și precizia conversiei numeric-analogice;
- numărul canalelor analogice servite;
- frecvența de extragere a eșantioanelor de date pe fiecare canal;
- timpul de stabilizare impus semnalului analogic pe canal;
- natura sarcinii și puterea absorbită de aceasta pe fiecare canal;
- costul SDD-ului.

Distribuirea datelor este mai puțin sensibilă la perturbații ca achiziția acestora, totuși zgomotul provocat de cuantizare și eșantionare deranjează, de aceea după CNA se prevăd circuite de ieșire care conțin filtre urmate de amplificatoare de putere (repetoare).

SDD-uri cu CNA pe fiecare canal analogic

În figura... este prezentată structura unui SDD cu CNA pe fiecare cale. Datele, prezente secvențial pe magistrala de date, sunt încărcate succesiv în registrele temporare RT_1, \dots, RT_n (sub supervizarea blocului de comenzi) și, fiind prezente în permanență la intrările CNA_1, \dots, CNA_n , sunt transformate în ieșirile analogice $x_1(t), \dots, x_n(t)$.

Dacă este necesar ca momentul schimbării mărimilor analogice din ieșire să fie același se prevăd registrele suplimentare RT'_1, \dots, RT'_n a căror încărcare se face simultan, după ce s-au încărcat secvențial RT_1, \dots, RT_n



Concluzie: se poate opera pe o comunicație serială între unitatea de prelucrare și SDD

SDD-uri cu un singur CNA și memorie analogică pe fiecare canal

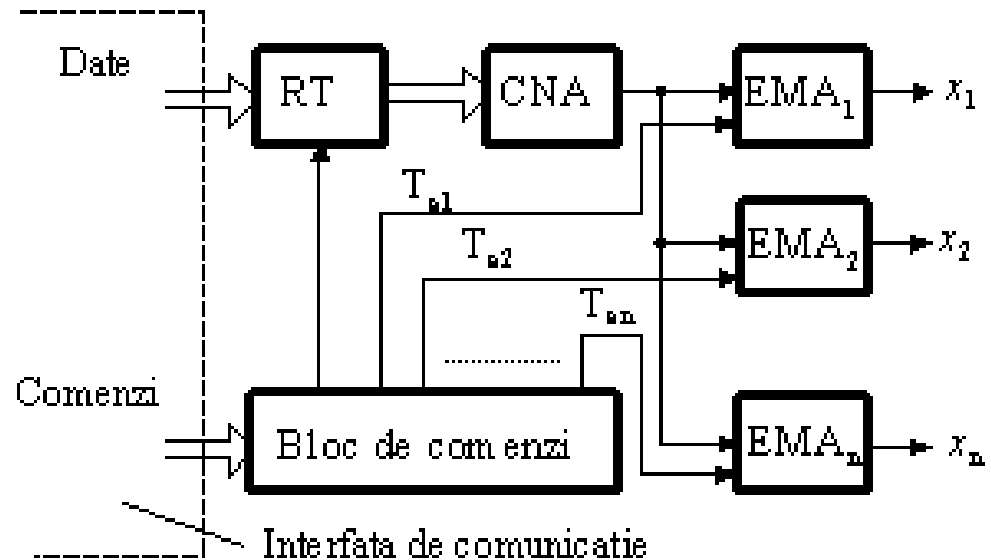
Un astfel de SDD este prezentat în figura....

Datele sosite pe magistrala de date a sistemului sunt memorate secvențial - canal cu canal - în registrul temporar RT

După conversia numeric analogică datele sunt memorate analogic în blocurile de eșantionare și memorare analogică EMA, la momentele date de timpii de eșantionare T_{e1} , T_{e2} , ..., T_{en}

Între două momente de eșantionare succesivă pe același canal de ieșire, informația analogică memorată nu trebuie să se altereze esențial, în consecință se procedează la reîmprospătarea periodică a memoriei analogice.

Sunt recomandate la rezoluții moderate - tipic 8 biți.





TRADUCTOARE INTELIGENTE

Ca *definiție generală traductorul* este un *convertor de energie*, transformând un semnal de o anumită natură fizică, în alt semnal de altă natură fizică.

→ extensia noțiunii și la *dispozitivul de acționare*, care returnează comanda necesară pentru automatizarea procesului în concordanță cu cerințele de conducere (reglare) impuse

Vom atribui noțiunea de **traductor** atât elementului care preia informația de la parametrul de proces – traductorul propriu-zis în accepțiunea clasică – cât și celui care generează mărimea de execuție către proces (dispozitivul de acționare sau actuatorul).

Integrarea în structura traductorului a unei unități de calcul de tip microprocesor sau microcontroler, împreună cu blocurile de condiționare, conversie și interfața de comunicație, a permis obținerea de traductoare inteligente.

Noțiunea de traductor / senzor inteligent

Există diferite definiții ale traductorului inteligent; una din cele mai cuprinzătoare – pe care o vom folosi în continuare – este dată în standardul IEEE 1451.2/1997.

Un **traductor inteligent** este “un traductor care realizează funcții suplimentare față de cele necesare reprezentării corecte a cantității trimise sau controlate; această funcționalitate simplifică integrarea traductorului în aplicații dintr-un mediu ‘rețelizat’.”



TRADUCTOARE INTELIGENTE

Standardul se referă la termenul general de “traductor” atribuit atât senzorilor cât și dispozitivelor de acționare (actuatoare) → un senzor inteligent este “o versiune de senzor a unui traductor inteligent”.

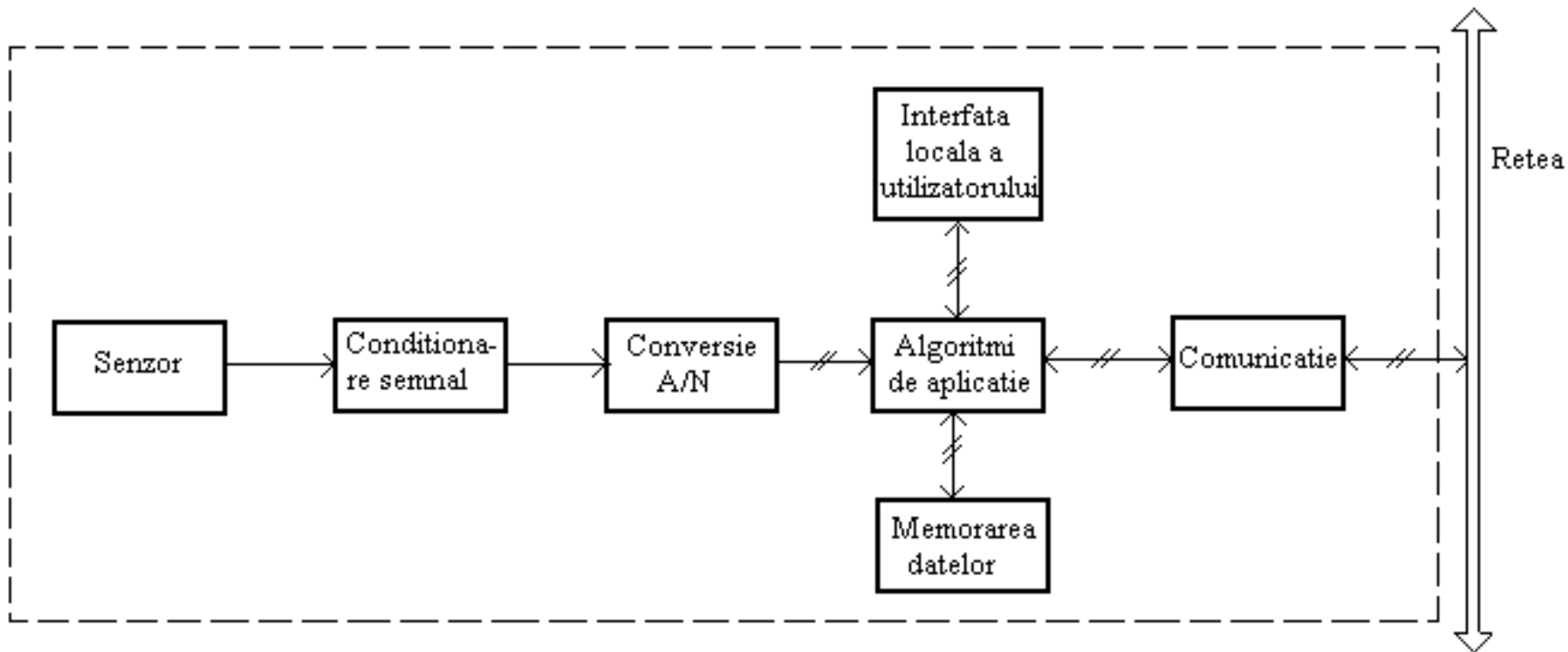
Un senzor inteligent trebuie să facă mai mult decât să dea un răspuns corect sau să comunice într-un format digital → un senzor inteligent adaugă valoare datelor, în sensul de a permite sau suporta procese distribuite și de a lua decizii.

Facilitățile dorite de la un senzor inteligent pot include:

- autoidentificarea;
- autodiagnosticarea;
- “conștiența timpului”, în sensul marcării timpului corelat cu canalul de pe care se colectează datele;
- “conștiența locației”, în sensul marcării poziției spațiale pentru fiecare canal;
- funcții de ordin superior ca: prelucrare de semnale, colectare și stocare de date, detectarea evenimentelor și raportarea lor, fusiunea datelor, adică a măsurărilor provenite de la canale multiple;
- conformitatea cu standarde de comunicație a datelor și protocoale de control a corectitudinii acestora.

TRADUCTOARE INTELIGENTE

În figura... se prezintă un model general de senzor inteligent



Modelul arată domeniul complet al funcțiilor senzorului inteligent plecând de la elementul sensibil din lumea reală – din stânga – prin condiționare și conversie către domeniul digital și – în final – către rețeaua de comunicație din dreapta.



TRADUCTOARE INTELIGENTE

Memoria de date poate fi folosită atât pentru stocarea datelor, dar și pentru parametrii dispozitivului, cum ar fi TEDS (Tranducer Electronic Data Sheets) definite în standardele IEEE 1451.

Blocul central, denumit “*Algoritmi de aplicație*”, realizează inteligența, care face din senzor un dispozitiv inteligent. Acest bloc poate include *mașina de corecție* care realizează compensarea și corecția neliniarităților, ca și o serie de funcții de nivel înalt cum ar fi: procesarea complexă a semnalului digital, istoricul semnalului după un algoritm impus, detecția evenimentului la situații critice, fusiunea datelor, realizarea unor algoritmi de reglare de tip PID etc.

Multitudinea algoritmilor de aplicație implementați la nivelul senzorului inteligent face posibilă migrarea inteligenței către punctul de măsurare/comandă, degrevând astfel serverul de aplicație de aceste operații consumatoare de resurse și timp.

Figura... arată configurația unui dispozitiv cu un singur canal, în realitate fiind posibile configurații cu canale multiple. Exemplificare: un traductor inteligent de temperatură cu termocuplu.



TRADUCTOARE INTELIGENTE

De asemenea, în figura... nu sunt prevăzute (dispuse) elementele care permit conștientizarea în timp și spațiu (de exemplu conștientizarea timpului poate fi făcută prin rețeaua de comunicație, iar localizarea prin fixarea coordonatelor în cadrul memoriei traductorului la o configurație staționară, sau prin GPS la una mobilă).

Partajarea blocurilor funcționale expuse în figura..., ca și a specificațiilor de detaliu, a constituit sarcina Comitetului Tehnic nr.9 din cadrul NIST (National Institute of Standards and Technology).

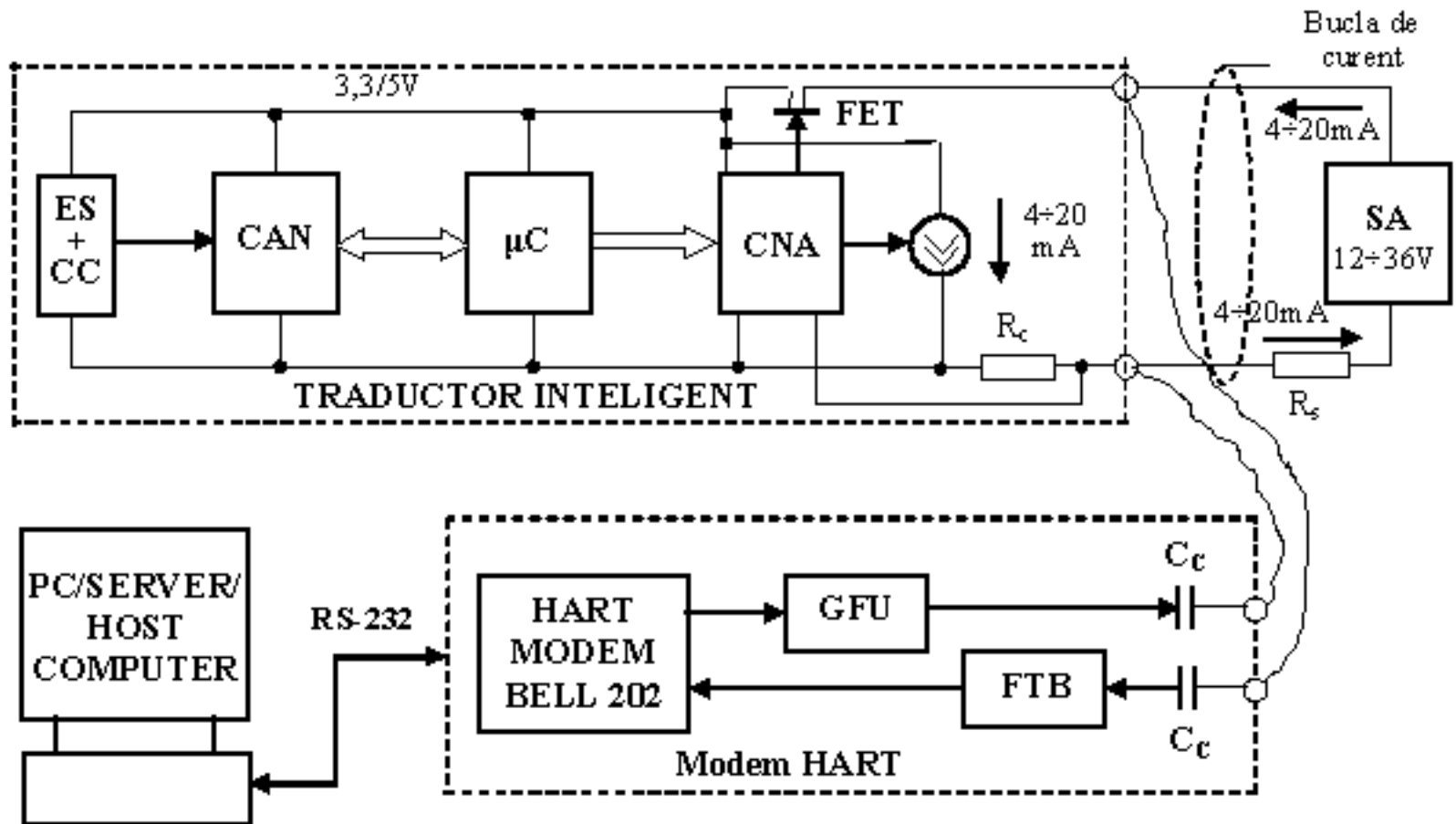
Exemplu de traductor inteligent

Un exemplu de traductor inteligent este prezentat în figura... la care protocolul de comunicație este HART.

Variațiile elementului sensibil ES (senzor) sunt condiționate analogic de circuitul de condiționare CC, după care sunt convertite digital de convertorul analog-numeric CAN

Urmează prelucrarea numerică a semnalului digital obținut de la senzor: corecția neliniarităților (se folosește metoda de liniarizare prin aproximare polinomială), alte categorii de prelucrări care garantează obținerea performanțelor statice ale traductorului inteligent.

TRADUCTOARE INTELIGENTE



TRADUCTOARE INTELIGENTE

Structura electronică propriu-zisă a traductorului este realizată cu circuite integrate ultra low power lucrând la tensiuni de alimentare de 3,3V sau 5V; această tensiune este obținută din bucla de curent $4\div 20\text{mA}$ cu ajutorul unui tranzistor FET. În același timp, prin convertorul numeric-analogic CNA, echivalentul numeric al intrării măsurate și corectate este convertit în curent continuu cu variație în limite unificate $4\div 20\text{mA}$ (a se vedea generatorul de curent comandat în tensiune și rezistența de control R_C , căderea de tensiune pe aceasta fiind folosită în elaborarea tensiunii de comandă într-o manieră similară unui sistem cu urmărire).

Traductorul inteligent, prin modul lui de construcție, poate lucra independent comunicând valoarea primară măsurată (în cazul dispozitivelor de câmp) prin bucla de curent $4\div 20\text{mA}$, care reprezintă unul din cele mai rapide și fiabile standarde industriale.

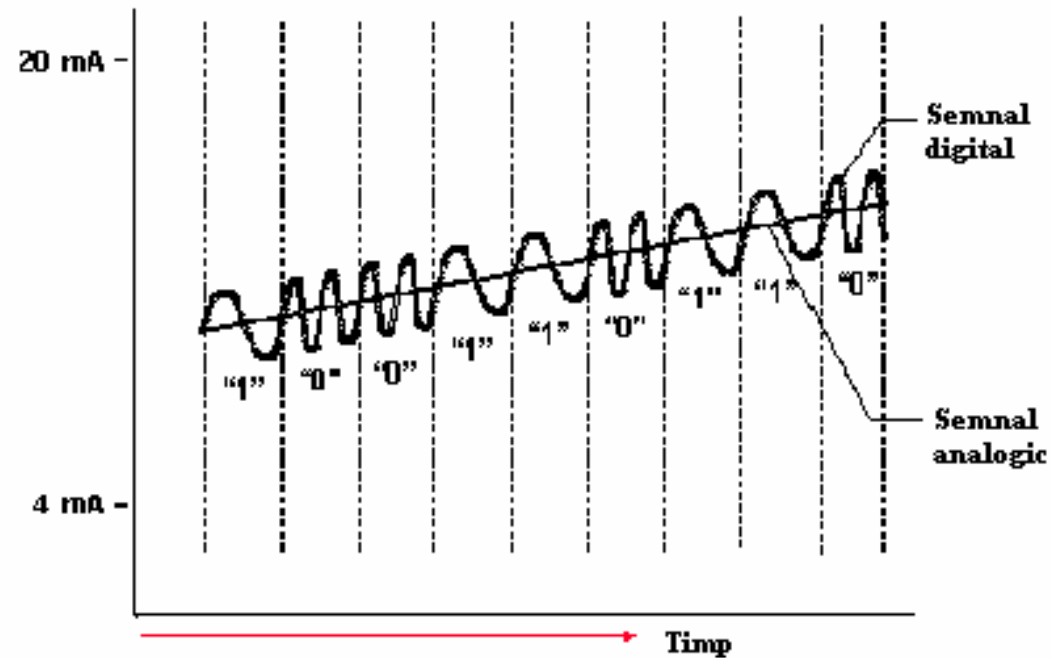
Protocolul HART folosește principiul modulării și comutării în frecvență (frequency shift keying –FSK) bazat pe standardul de comunicație Bell 202, care este unul din cele mai folosite standarde de transmisie digitală pe linii telefonice.

→ se suprapune comunicația digitală peste bucla de curent $4\div 20\text{mA}$. Transmisia comenzilor către dispozitivul de câmp se face prin intermediul generatorului de formă de undă GFU și a capacităților de cuplare C_C , iar recepția prin intermediul capacității de cuplare C_C și a filtrului trece-bandă FTB.

TRADUCTOARE INTELIGENTE

Semnalul transmis/recepționat este de formă sinusoidală, cu frecvența de 1200 Hz pentru "1", respectiv de 2200 Hz pentru "0" (figura...).

Deoarece amplitudinea undelor sinusoidale este mică, iar valoarea medie este zero, rezultă că semnalul de comunicație suprapus peste cel de curent îI va influența ne semnificativ. Datorită caracterului de filtrare al traductorului, considerând caracteristica sa echivalentă unui filtru trece-jos cu un pol de 10Hz, semnalul de comunicație poate fi privit ca un ripple (undă) de aproximativ $\pm 0,01\%$ din semnalul de la cap de scară (20mA).



Nota: Desemul nu este la scara

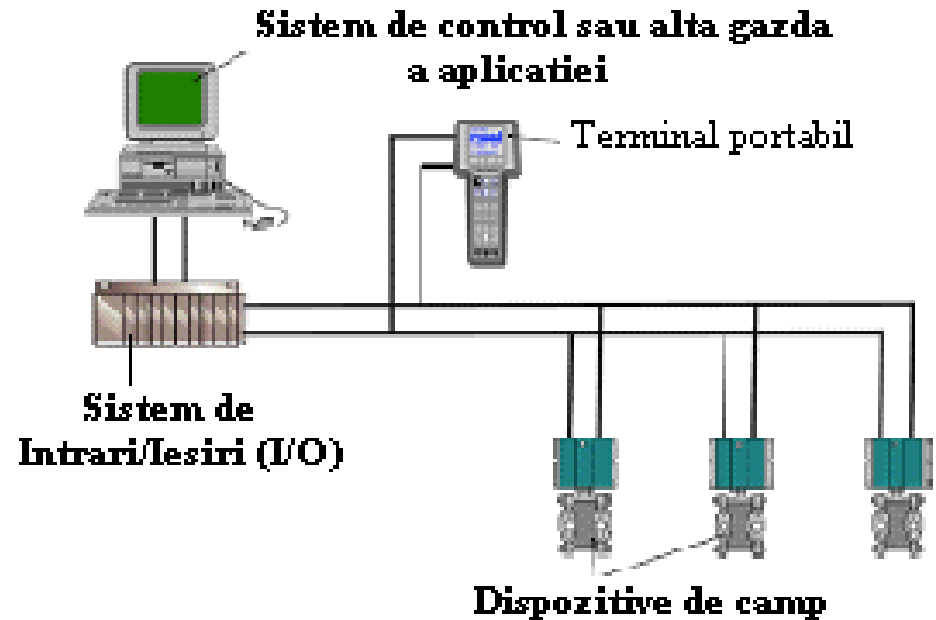
Prin intermediul comunicației digitale HART se obțin informații suplimentare despre dispozitiv, pe lângă variabila primară, cum ar fi: starea dispozitivului, diagnostice, măsurări suplimentare sau valori calculate etc.

TRADUCTOARE INTELIGENTE

Se pot modifica anumiți parametri ai dispozitivului ca: unitatea de măsură a variabilei primare, limitele (superioară, inferioară) ale domeniului de măsurare, constanta de amortizare etc (parametrii care pot fi modificați sunt specificați de fabricant în ideea garantării unei configurări flexibile a dispozitivului montat într-o buclă de automatizare).

Dispozitivele prevăzute cu protocol HART pot opera în două configurații de rețea: punct la punct și multipunct (exemplificare în figura).

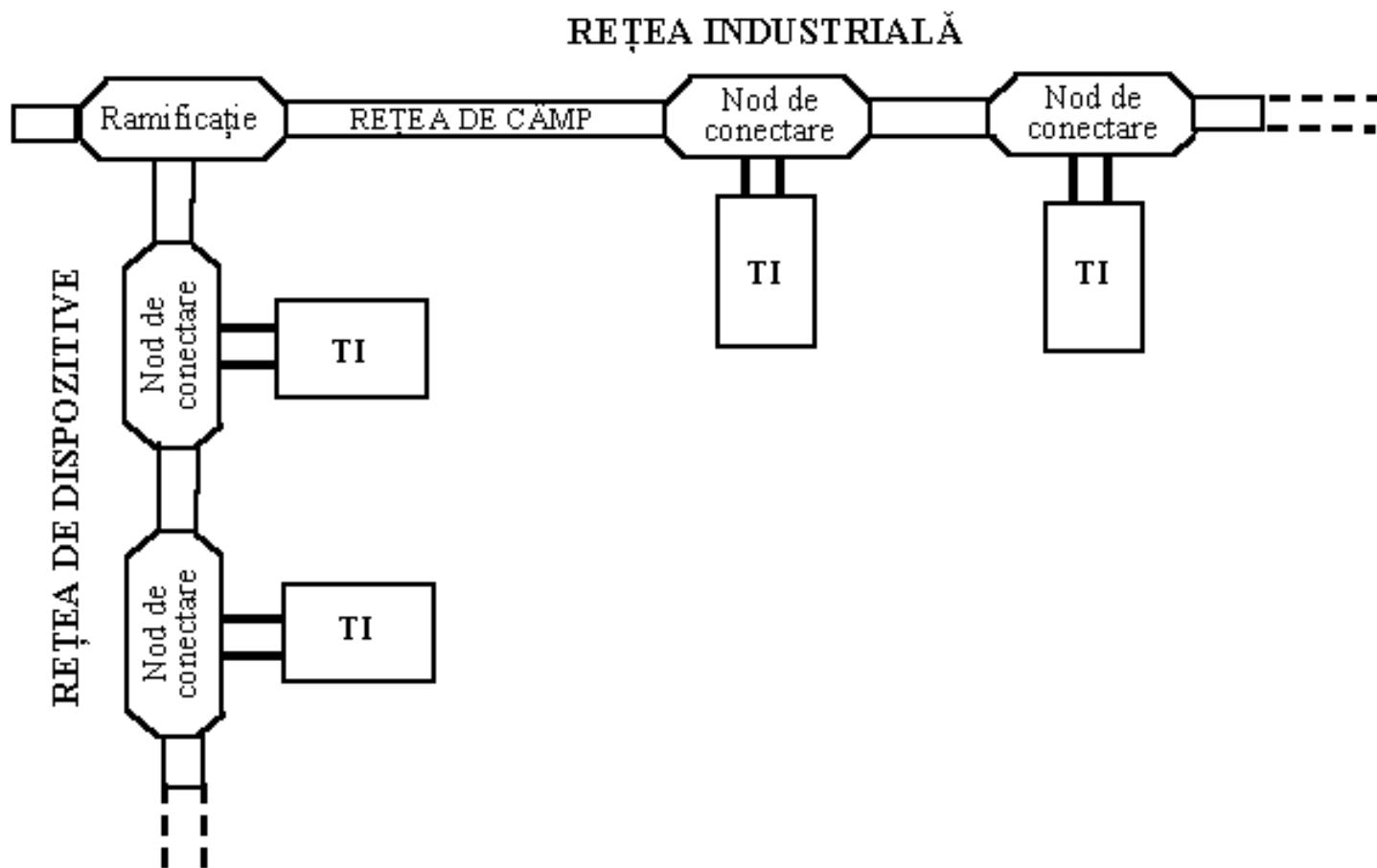
Setul de comenzi HART realizează o comunicație consistentă și uniformă pentru toate dispozitivele configurate HART. Acesta include trei clase de comenzi: universale, comune conform practicii de utilizare și specifice unui anumit dispozitiv.



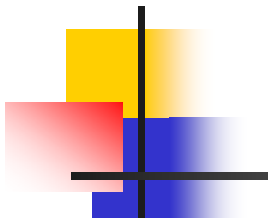
Nota: Alimentarea dispozitivelor nu este aratata in figura

Standarde pentru rețele industriale

Cele mai multe din rețelele industriale funcționează independent de liniile analogice 4÷20mA, însă multe dintre ele sunt dezvoltate în ideea interfațării (directe sau indirecte) cu traductoare inteligente (figura...)



Standarde pentru rețele industriale



Aceste rețele industriale pot lua diverse forme. Notăția “rețea de câmp” din figura... reprezintă o rețea distribuită de bandă largă cum ar fi Ethernet sau Lonwork. O rețea de câmp astfel definită nu este, în general, destinată să se interfațeze direct cu traductoare inteligente. O “rețea de dispozitive” este destinată în mod special să se interfațeze cu traductoare inteligente. Multe din “rețelele de dispozitive” (cum ar fi magistrala ASI, magistrala CAN, HART) realizează, de asemenea, alimentarea traductoarelor inteligente pe aceleași linii pe care circulă datele seriale digitale.

Printre cele mai cunoscute (populare) standarde de rețele industriale se numără: Ethernet, Foundation Fieldbus, Lonwork, Profibus, Interbus-S, Universal Serial Bus (USB), CAN-bus, Device-Net, World FIP, P-Net, HART, ASI → fiecare dintre acestea oferă avantaje și dezavantaje, având o implementare hardware unică și un protocol serial unic → un traductor inteligent proiectat pentru o anumită rețea industrială nu este – în mod necesar – compatibil cu un alt tip de rețea.

Întrucât fabricile și multe alte medii rețelizate au adesea multiple rețele și subrețele, o soluție mult mai flexibilă este aceea în care traductoarele sunt compatibile “plug and play” cu toate tipurile de rețele de câmp și rețele de dispozitive → *scopul familiei de standarde IEEE 1451.x este de a transpune în realitate cerința traductoarelor de a le face independente de rețea.* 14



Familia de standarde IEEE-1451

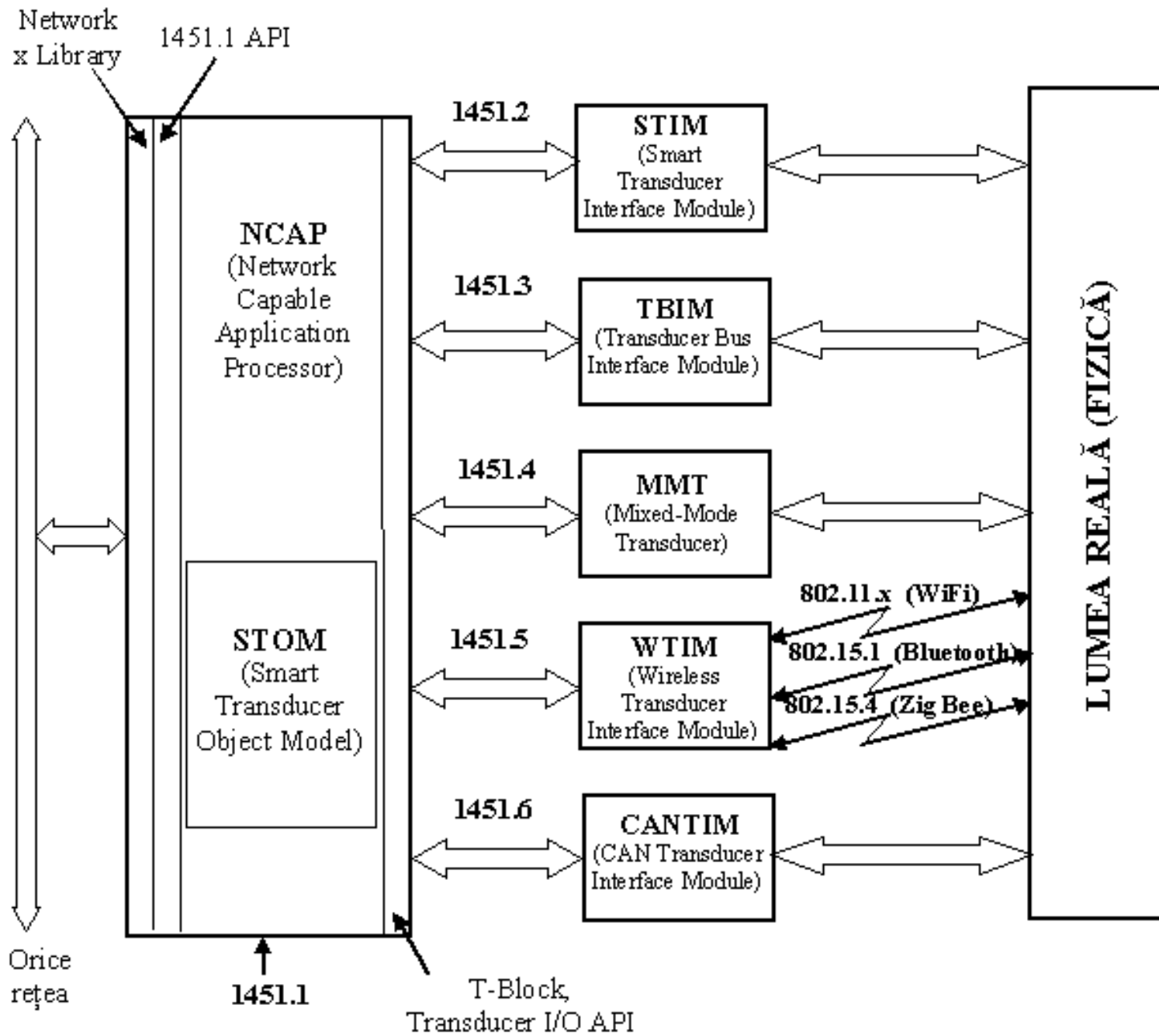
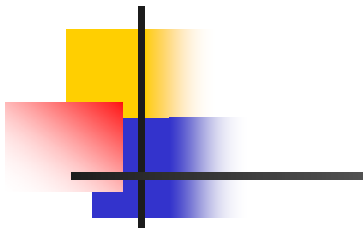
Setul de standarde IEEE 1451 are ca scop ușurarea eforturilor fabricanților de traductoare în dezvoltarea dispozitivelor inteligente și de a le interfața la rețele, sisteme și instrumente prin incorporarea tehnologiilor senzorilor existenți sau viitori cu cele de rețea

Familia de standarde IEEE 1451 descrie un set de interfețe deschise, generale, de comunicație, independentă de rețea, pentru conectarea traductoarelor (senzori sau dispozitive de execuție) la microprocesoare, sisteme de instrumentație și rețele de câmp.

Cheia succesului acestor standarde este definirea datelor de catalog ale traductorului într-un format electronic (TEDS – Transducer Electronic Data Sheets). TEDS-ul este o memorie a dispozitivului atașat traductorului, în care sunt memorate o serie de date ca: identificarea tipului, calibrarea, date de corecție, domeniul de măsurare, informații referitoare la constructor etc.

Scopul standardelor IEEE 1451 este de a asigura accesul datelor de la traductor, prin intermediul unui set comun de comenzi de interfață, atunci când traductoarele sunt conectate la sisteme sau rețele, prin intermediul unor fire sau wireless.

O imagine de ansamblu a familiei IEEE-1451.x este prezentată în figura....





Familia de standarde IEEE-1451

Poate că cel mai important substandard este IEEE-1451.1 care se referă la modelul de traductor inteligent “rețelizat”.

Prin definirea unui model de obiect general pentru componentele unui traductor inteligent “rețelizat”, împreună cu specificațiile de interfață pentru aceste componente, standardul asigură:

- Specificația interfeței logice a protocolului de rețea (prin dispecerizarea obiectelor de către server și porturi);
- Interfețele software dintre funcțiile de aplicație din NCAP și rețea într-o manieră independentă de orice rețea specificată;
- Specificația interfeței logice de traductor (prin blocul traductor);
- Interfețele software dintre funcțiile de aplicație din NCAP și traductoare într-o manieră independentă de orice tip de driver de interfață al traductorului.

De remarcat: la nivelul **NCAP** se realizează software-ul de aplicație, care conferă inteligența traductorului.

CONVERSIA ANALOG-NUMERICĂ ȘI NUMERIC-ANALOGICĂ

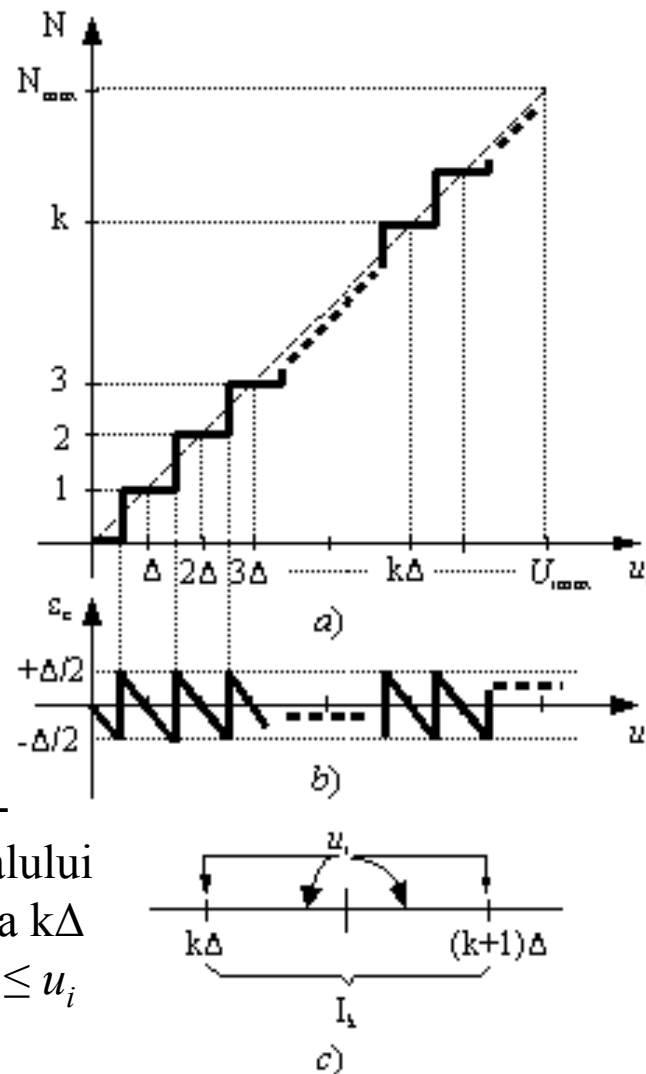
Principiile conversiei analog-numeric

Convertoarele analog-numeric (CAN) sunt structuri (componente) de sine stătătoare, care primesc în intrare un semnal analogic de tensiune continuă cu limite de variație standard și oferă în ieșire un echivalent numeric în conformitate cu un cod precizat.

În cadrul unui CAN au loc două operații specifice: *cuantizarea (cuantificarea)* și *codarea (codificarea)*.

Cuantizarea → împărțirea intervalului maxim de variație a tensiunii de intrare în intervale egale elementare - denumite *cuante* sau *intervale de cuantificare* - de valoare Δ , fiecărui interval corespunzându-i un număr în ordinea crescătoare a numerelor naturale.

Atribuirea numărului natural în ieșirea cuantizorului - fig. a - depinde de valoarea tensiunii u_i în raport cu mijlocul intervalului de clasă k - fig. c. Dacă $k\Delta \leq u_i < (k+1/2)\Delta \rightarrow$ lui u_i valoarea $k\Delta$ - aproximare prin lipsă - iar pentru situația în care $(k+1/2)\Delta \leq u_i < (k+1)\Delta \rightarrow$ lui u_i valoarea $(k+1)\Delta$ - aproximare prin adaos.



Principiile conversiei analog- numerice

Pe caracteristica statică a cuantizorului (fig.a) s-a desenat punctat caracteristica ideală ($\Delta \rightarrow 0$) \rightarrow se pune în evidență eroarea de cuantizare:

$$\varepsilon_c = \begin{cases} k\Delta - u_i, & \text{pentru } k\Delta \leq u_i < (k + 1/2)\Delta \\ (k + 1)\Delta - u_i, & \text{pentru } (k + 1/2)\Delta \leq u_i < (k + 1)\Delta \end{cases} \quad \text{cu reprezentarea din fig.b}$$

În valoare absolută, eroarea de cuantizare - admitând o funcționare ideală a cuantizorului - are valoarea maximă $\Delta/2$.

Cum $N_{\max} = \frac{U_{i_{\max}}}{\Delta}$ \rightarrow cu cât Δ este mai mic cu atât N_{\max} este mai mare, adică se crește finețea cuantizării.

Consecință: valoarea intervalului elementar de cuantizare Δ dă *rezoluția conversiei* analog-numeric.

Fiind realizat cu componente analogice și numerice, cuantizorul poate avea o serie de erori suplimentare - față de eroarea inerentă de cuantizare ε_c - care produc eroarea informației din ieșire; cele mai semnificative: de nul (offset), de amplificare neunitară (gain).

Principiile conversiei analog-numeric

Codificarea constă în alocarea de simboluri, convențional alese, mărimii discretizate în valoare.

În cadrul CAN-urilor se folosesc coduri ponderate aparținătoare sistemului de numerație cu baza 2, adică *coduri binare*.

Pentru reprezentarea numerelor fără semn (sau cu semn totdeauna pozitiv) se folosesc *coduri unipolare*, în timp ce pentru reprezentarea numerelor cu semn se utilizează *coduri bipolare*.

Cele mai utilizate *coduri binare unipolare* sunt: *codul binar-natural*, *codul binar-zecimal*, *codurile progresive* (Gray)

Codurile binare bipolare au caracteristic faptul că bitul cel mai semnificativ (MSB) reprezintă semnul, iar ceilalți biți sunt biți de valoare propriu-zisă. Cele mai folosite coduri în conversia analog-numerică sunt: *codul binar-deplasat*, *codul complement față de 2*, *codul complement față de 1* și *codul semn + modul (valoare)*

Între codurile unipolare și cele bipolare sunt relații simple de determinare care permit trecerea dintr-un cod în altul.

Categorii de convertoare analog-numerice

a) *CAN* funcționând în circuit închis (cu reacție), în care tensiunea de comparație $u_c = k\Delta$ se obține în procesul de conversie; din această categorie fac parte:

- *CAN* în rampă sau cu compensare în trepte egale;
- *CAN* cu urmărire;
- *CAN* cu aproximații succesive;

b) *CAN* funcționând în circuit deschis (fără reacție), la care tensiunea de comparație $u_c = k\Delta$ se obține pe baza unei referințe riguroase, întâlnindu-se variantele:

- *CAN* de tip paralel;
- *CAN* de tip serie-paralel;
- *CAN* cu conversie intermediară.

CAN-uri funcționând în circuit închis

Principiul de funcționare - pentru această categorie de *CAN* - poate fi ușor înțeles urmărind schema principală din figura..., în care:

CT - comparator de tensiune; BCN - bloc de conversie numerică; CNA - convertor numeric-analogic

