

HIDRONICĂ ȘI PNEUTRONICĂ

prof. dr. ing. Liliana Topliceanu

- suport de curs -

Universitatea Vasile Alecsandri din Bacau

1.1 SCURT ISTORIC PRIVIND APARIȚIA NOȚIUNII DE HIDRONICĂ ȘI PNEUTRONICĂ

- De-a lungul epocilor, progresele înregistrate în domeniul științei și tehnicii s-au impus prin adevărate revoluții industriale ce au produs schimbări profunde în societate.
- **prima revoluție industrială** - ultimile decenii ale secolului al XVIII-lea și în prima parte a secolului al XIX-lea:
 - motorul cu abur, inventat de către James Watt (1788);
 - mașina de țesut și de tors mecanic (1764, 1785).
- **cea de a doua revoluție industrială, revoluția informatică** - trecerea de la societatea industrializată la societatea informațională și care generează, în primul rând, **schimbarea conceptului de proces și echipament tehnologic.**

- Dezvoltarea electronicii și a informaticii a schimbat pentru totdeauna concepția sistemelor tehnice care integrează acum elemente de microelectronică și computere cu softuri specializate.
- Au apărut științe și discipline noi transfrontaliere: **robotica, hidronica, pneutonica, termotronica, optomelectronica, biomecatronica, etc**

1.2 CARACTERISTICILE SISTEMELOR MECATRONICE

- *controlabilitate avansată;*
- *multifuncționalitate;*
- *intelență;*
- *flexibilitate/ modularitate;*
- *conducere de la distanță .*

- Utilizate pentru capacitatea de a dezvolta forțe și momente mari, acționările hidraulice au suferit de-a lungul timpului în competiția tehnică datorită unei lipse de finețe, de precizie, în reglarea și menținerea constantă a parametrilor funcționali, comparativ cu sistemele electro-mecanice și chiar mecanice. O parte a acestor dezavantaje a fost înlăturată odata cu dezvoltarea servohidraulicii și a aparaturii proporționale, iar noua concepție de integrare a microelectronicii și informaticii cu hidraulica, concepție ce a dat naștere **hidronicii**, aduc acționările hidraulice în rândul celor mai performante domenii.
- Hidronica și pneutonica, sunt încă în evoluție atât pe plan național cât și internațional, dar calitățile de precizie și inteligență ce au fost adăugate concepției clasice, garantează progrese rapide și necesare pentru a satisface cerințele de utilizare a acestor sisteme.

1.3 STRUCTURA SISTEMELOR HIDRONICE ȘI PNEUTRONICE

- Sistemele hidronice respectiv pneutronice se compun din trei grupuri mari de elemente cu funcțiuni bine definite:
 - **Grupul componentelor hidraulice/pneumatice** care formează sistemul de acționare cu rolul de a asigura energia necesară desfășurării procesului tehnologic;
 - **Grupul componentelor electronice** care asigura controlul parametrilor sistemului și procesului desfășurat, transformă valoarea acestor parametri fizici mășurați în semnale electronice care ajung la unitatea de comandă a ansamblului;
 - **Componenta de informatizare** a echipamentului sau procesului, componenta ce stabilește programul funcțional, controlează realizarea acestuia la valorile stabilite pentru parametri, reglează sau schimbă procesul funcțional în funcție de peturbați exterioare aleatoare sau de comenzi impuse.

- Controlul parametrilor prin intermediul traductoarelor și senzorilor.
- Comanda proceselor prin utilizarea echipamentelor cu logică programată de diverse tipuri și complexități sau se poate folosi direct un computer.

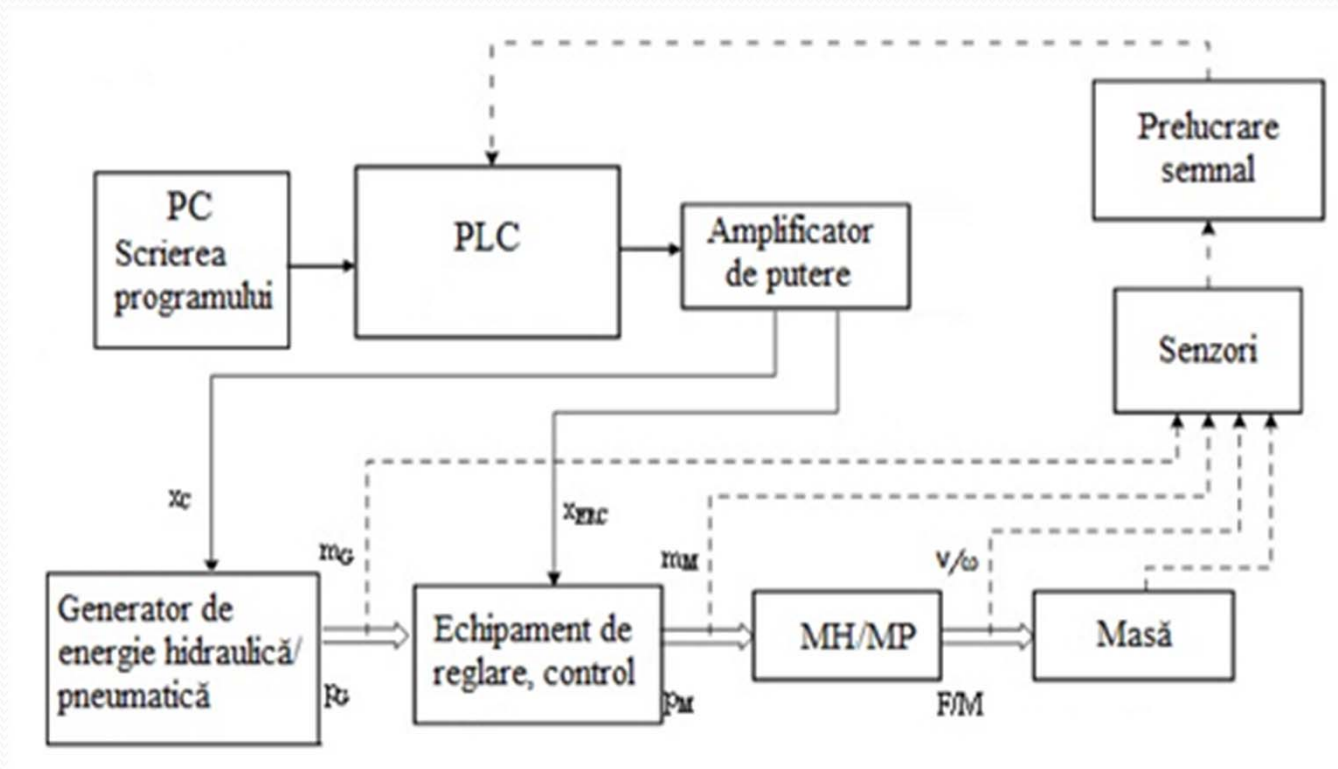


Fig. 1.2 Structura unui sistem hidronic/pneutronic

2. APLICAȚII ALE SISTEMELOR HIDRONICE ȘI PNEUTRONICE

• 2.1 DOMENII DE UTILIZARE

- Sistemele hidronice fiind o combinație a sistemelor hidraulice cu elemente electronice și informatice se regăsesc în construcția echipamentelor modernizate din toate domeniile în care sunt necesare forțe sau moment mari și pentru funcționarea cărora se solicită un control flexibil și permanent al parametrilor funcționali.
- Cea mai frecventă utilizare a sistemelor hidronice și pneutronice se găsește însă la roboții industriali rmanent al parametrilor funcționali.

- Sistemele pneutronice, mai flexibile și ușor de instalat, permițând viteze de lucru mari și inversări rapide cu șocuri minime, se întâlnesc frecvent la liniile automate de manipulare, ambalare, etichetare din diferite ramuri industriale.

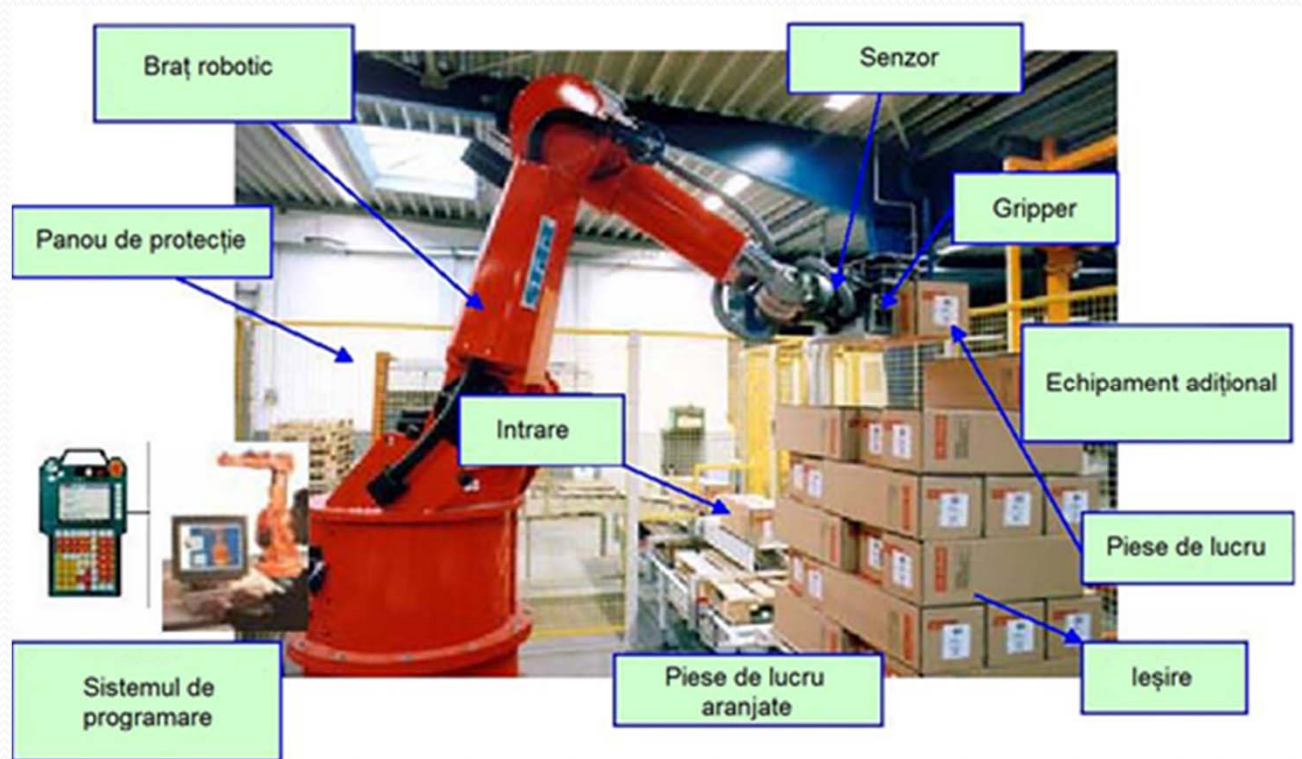


Fig. 2.1 Robot acționat hidraulic pentru manipulare (prelucrare după [Re])

2.2 TIPOLOGIA SISTEMELOR HIDRAULICE UTILIZATE ÎN MECATRONICĂ

- 2.2.1 Sisteme de acționare hidraulică cu poziționări și comenzi secvențiale

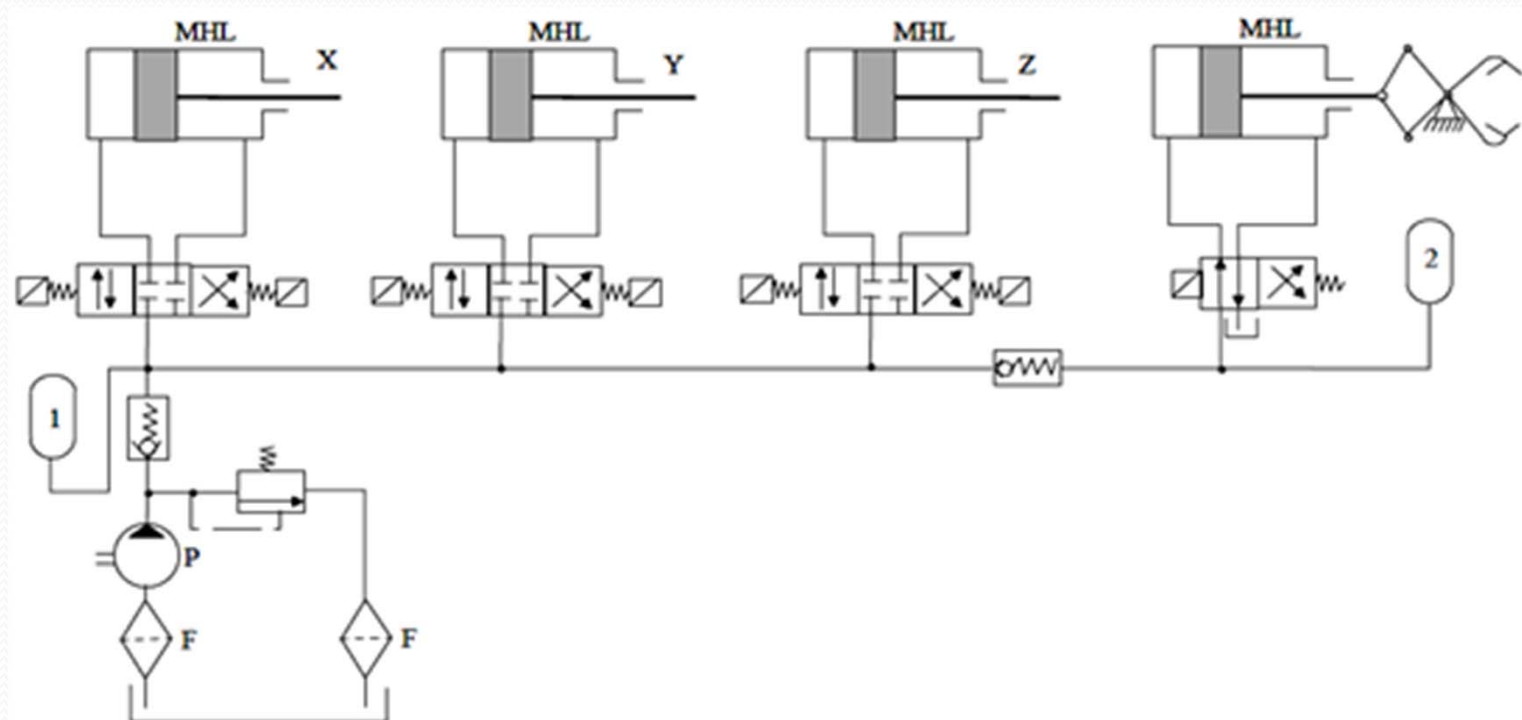


Fig. 2.3 Acționare secvențială a unui manipulator cu 3+1 grade de libertate [Dr]

2.2.2 Sisteme de acționare hidraulică cu poziționări incrementale

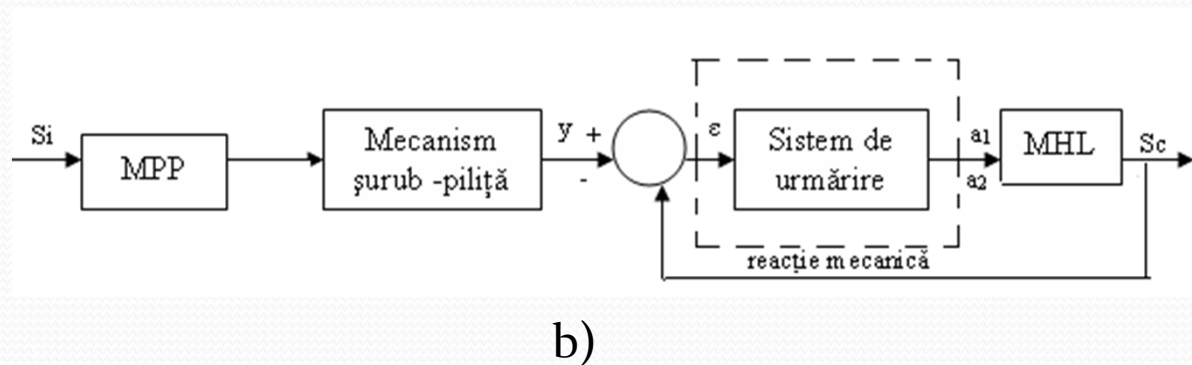
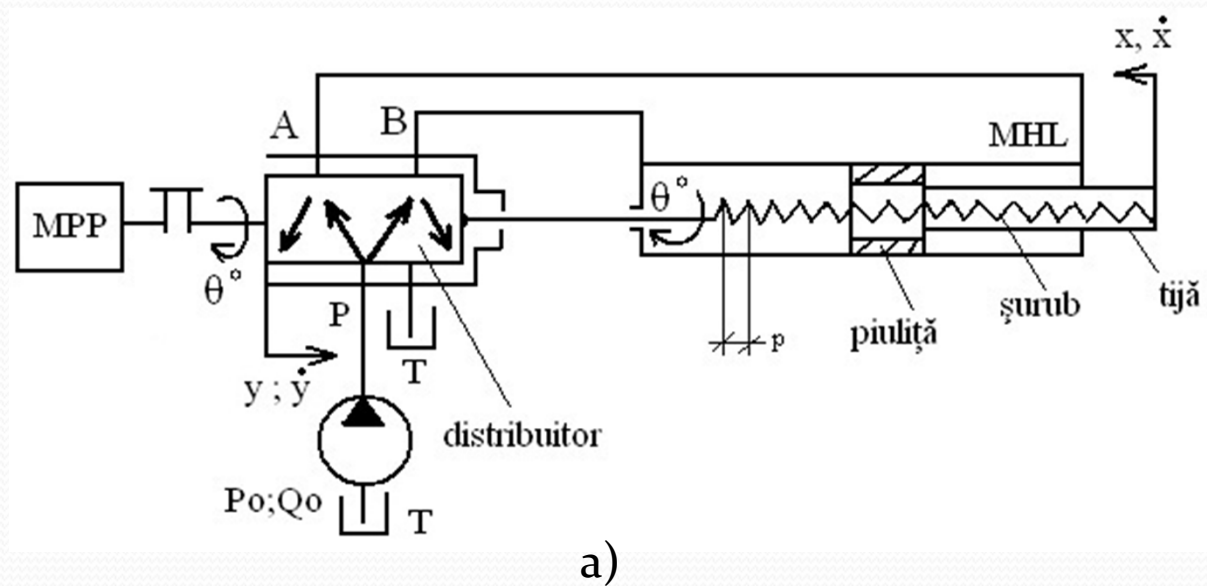


Fig. 2.6 Schema unui sistem de translație incrementală [Ze]
a) – reprezentare convențională;
b) – schema bloc

2.2.3 Sisteme de acționare hidraulică cu poziționări analogice

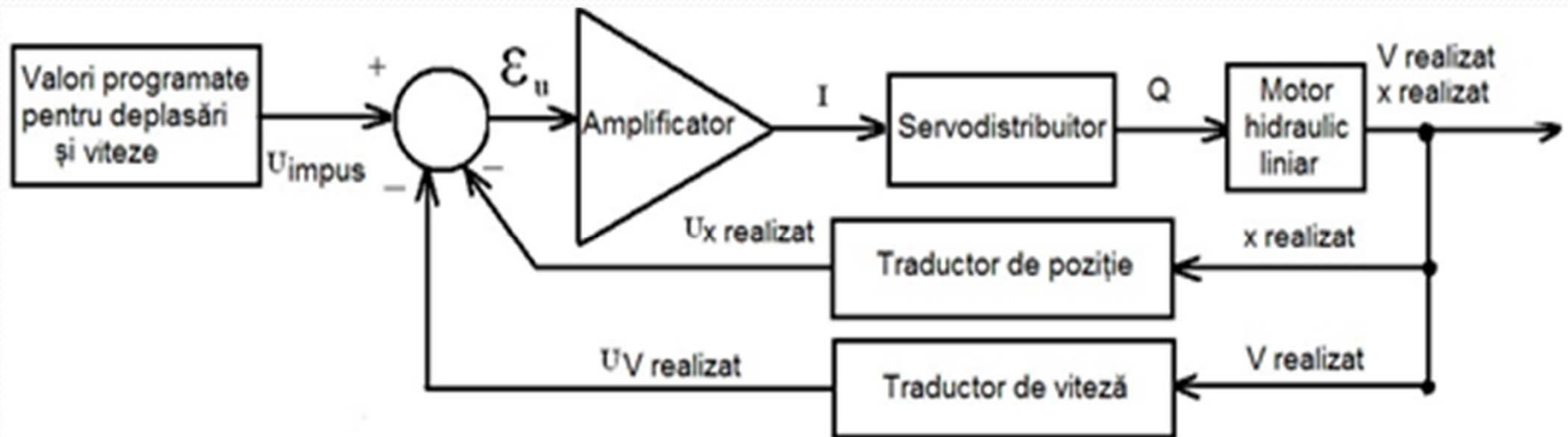
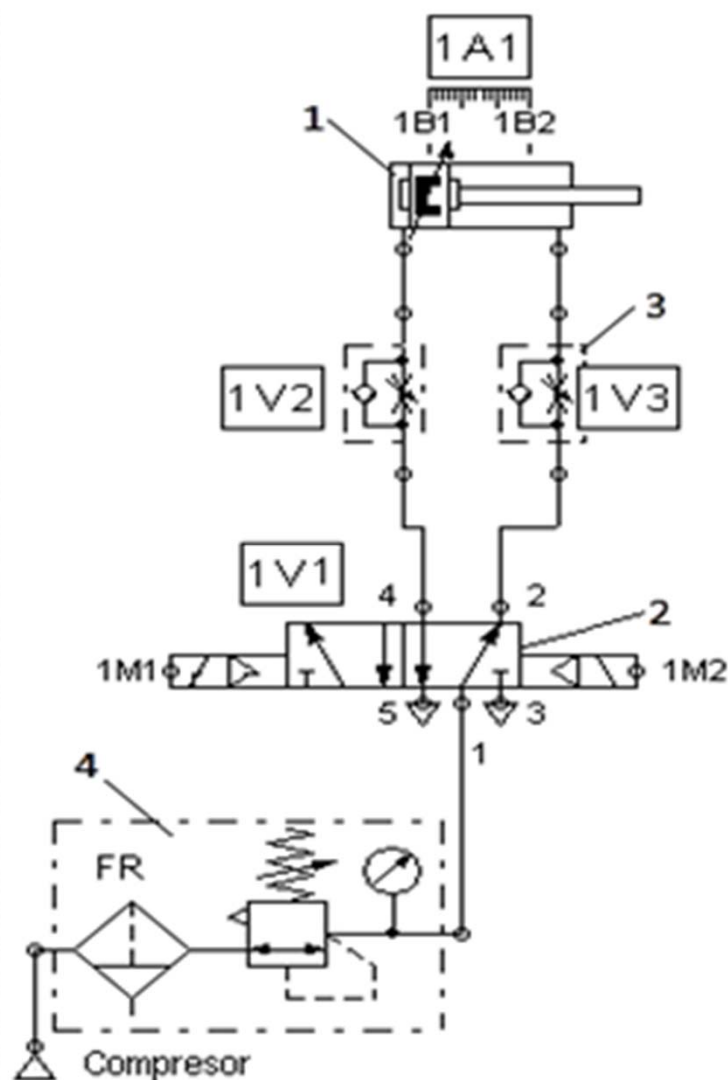


Fig. 2.8 Schema bloc a unui sistem de translație hidraulic cu acțiune analogică [Ze]

2.3.1 Sisteme pneutronice secvențiale



Cilindrul 1, cu piston cu inel magnetic, este cu tijă unică și dublă acțiune, deci afectuează curse active pe ambele senzori de deplasare. Este prevăzut cu frânare la cap de cursă și senzori magnetici de tip REED 1B1 și 1B2 care stabilesc limitele cursei pistonului.

Reglarea vitezei de deplasare pe cele două curse se realizează prin intermediul a două drosele de cale, 1V2 și 1V3

Fig. 2.10 Sistem pneutronic cu un cilindru [Cr]

2.3.2 Sisteme pneutronice proporționale – analogice

Elementele proporționale cresc performanțele sistemelor pneumatice printr-un reglaj mai ușor și precis al parametrilor.

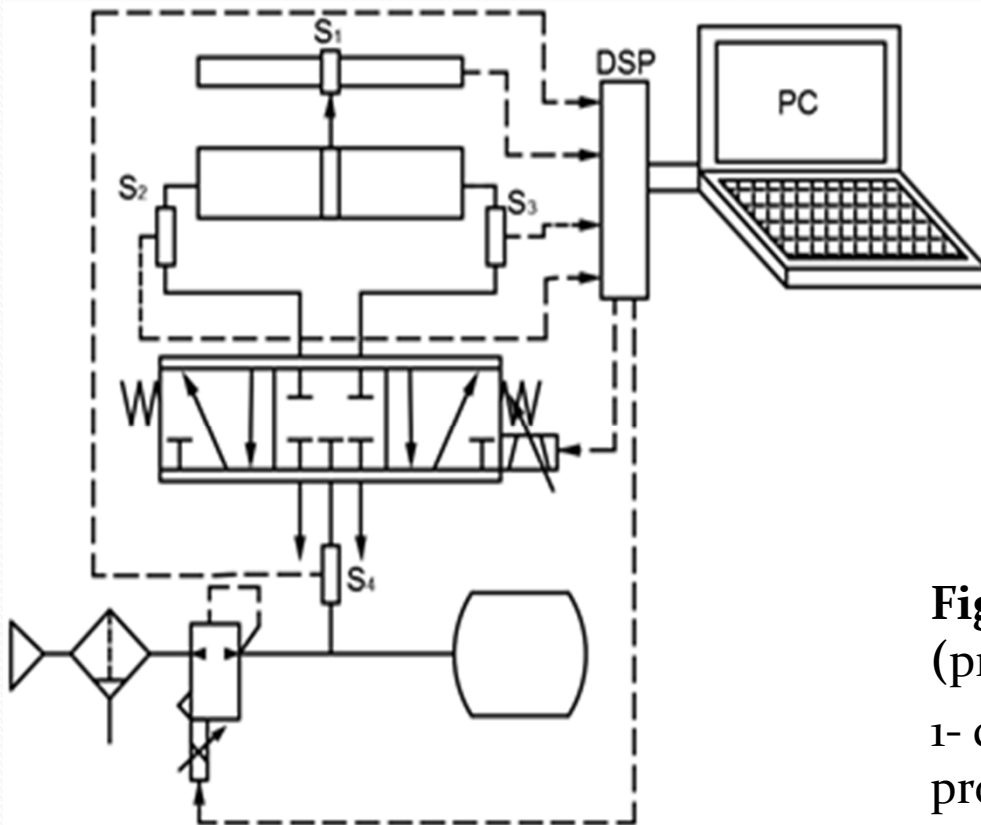


Fig. 2.12 Sistem pneutronic analogic
(prelucrare după [Gu])

1- cilindru pneumatic; 2 - distribuitor proporțional; 3 - regulator de presiune; 4- filtru; 5 – acumulator; S₁- traductor de deplasare liniară; S₂, S₃, S₄ - senzori de presiune piezoelectrice.

2.3.3 Sistem pneumatic de acționare secvențială multiplă cu dispozitiv de vacuum

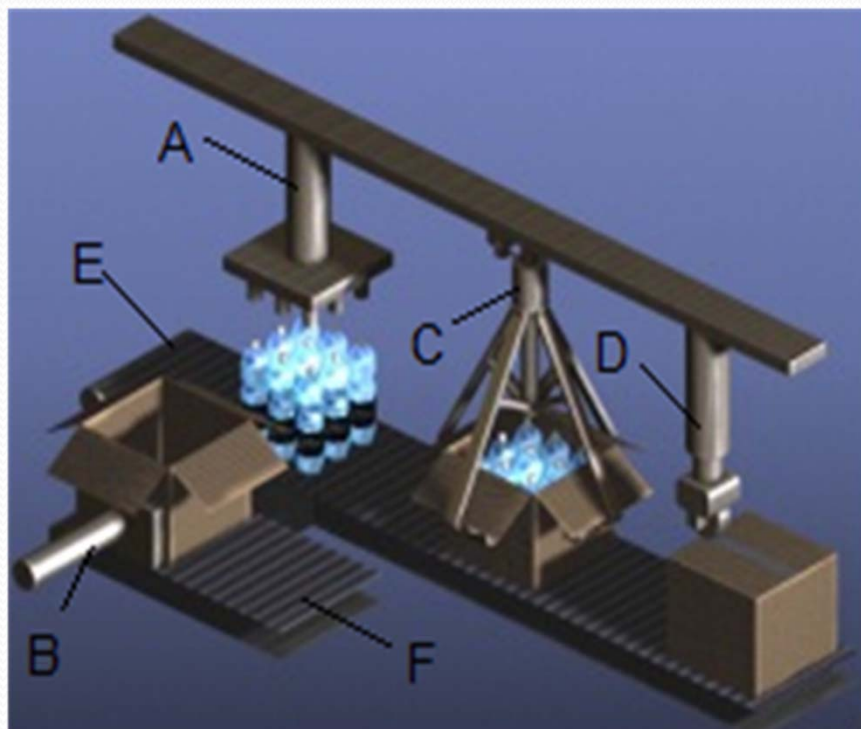


Fig. 2.14 Reprezentare 3D a unui sistem de amabalare a sticlelor de apă [Fi]

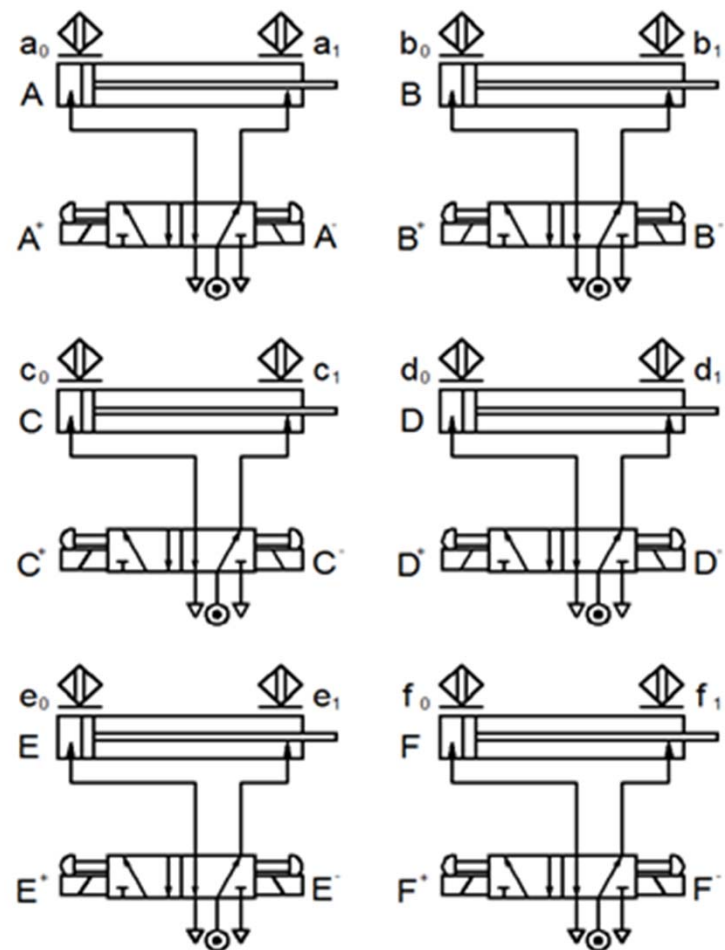


Fig. 2.15 Comanda cilindrilor pneumatici (prelucrare după [Fi])

2.4 EXEMPLE DE APLICAȚII ALE SISTEMELOR HIDRONICE ȘI PNEUTRONICE

2.4.1.1 Instalații de ridicat

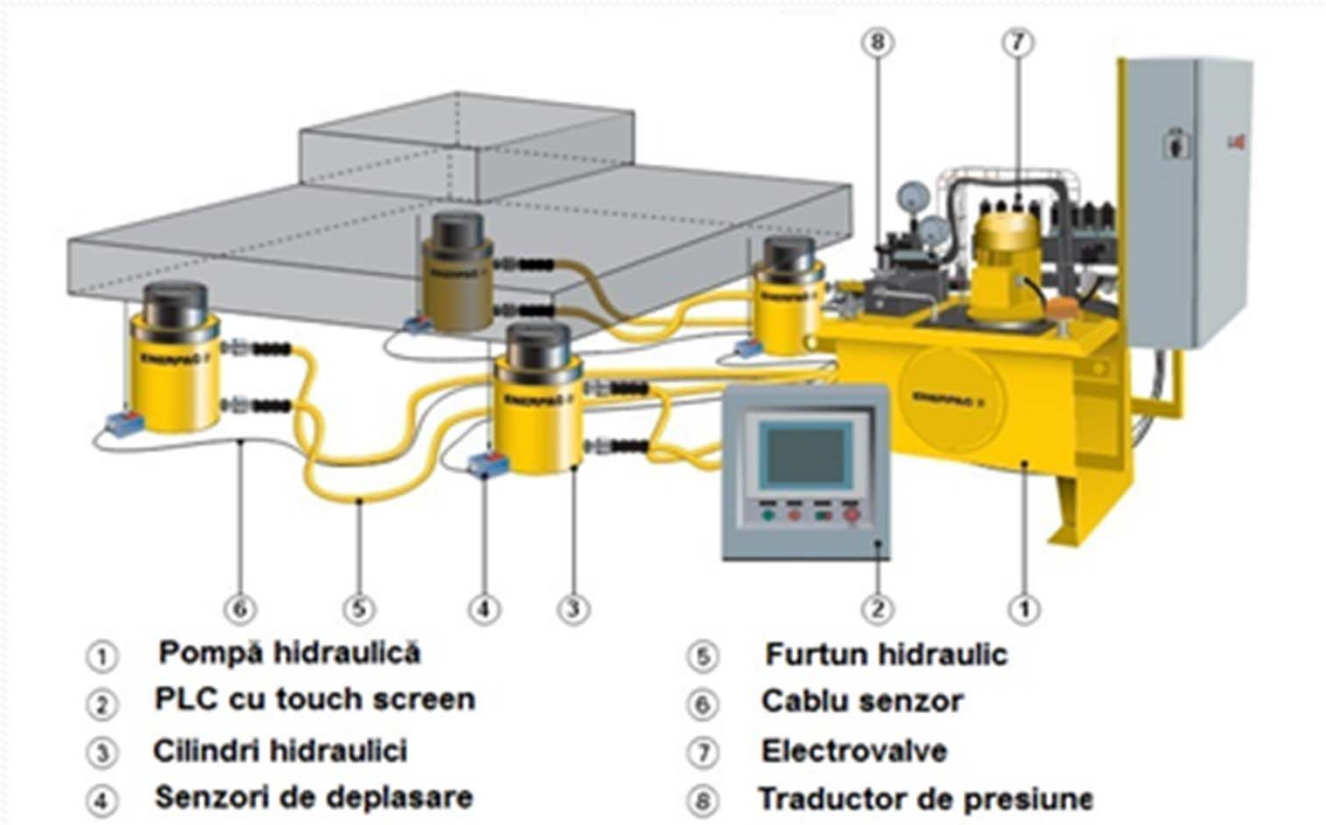


Fig. 2.16 Instalație sincron de ridicare (fabricație ENERPAC)

- **2.4.1.2 Acționarea hidraulică a unei macarale portal**

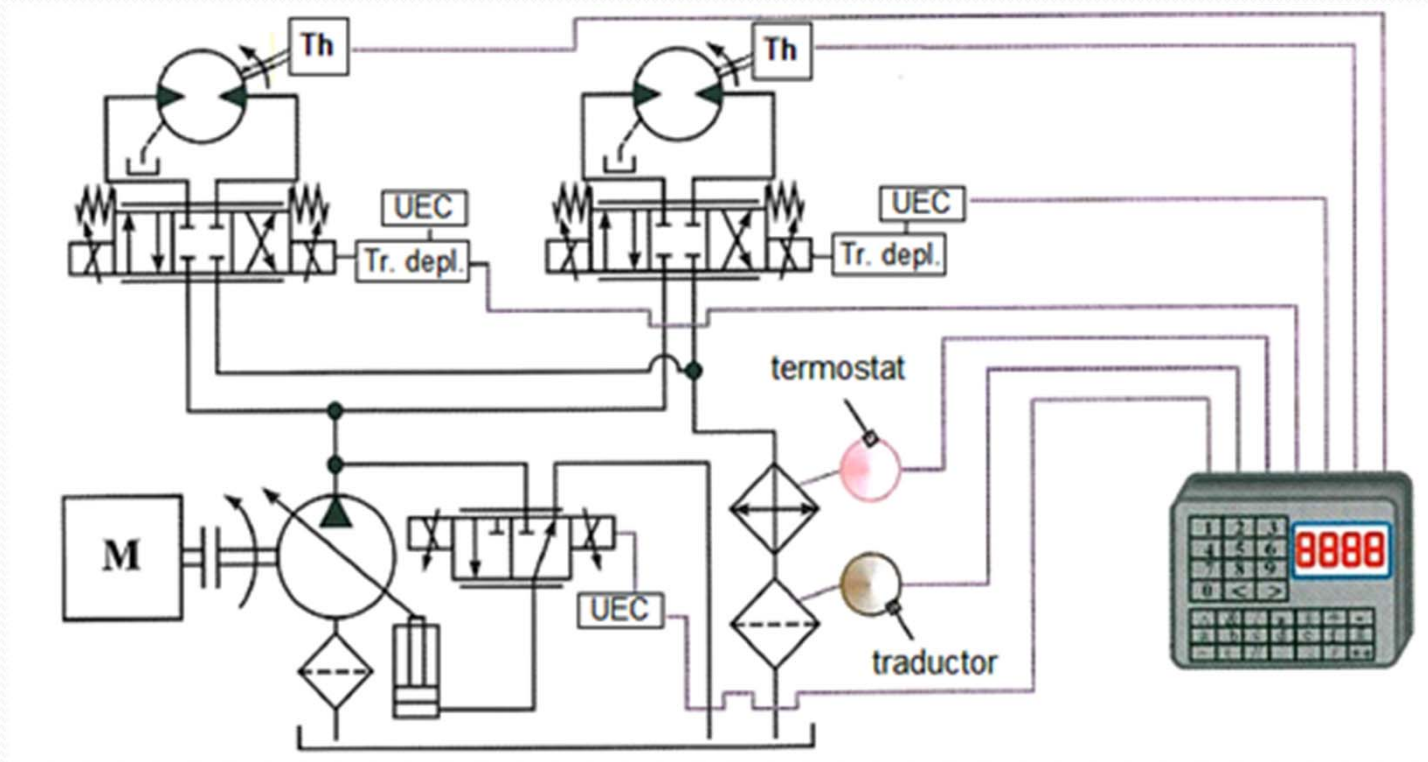


Fig. 2.18 Transmisie hidrostática cu microprocesor (prelucrare după [As])

• 2.4.1.3 Sisteme de siguranță la autoturisme

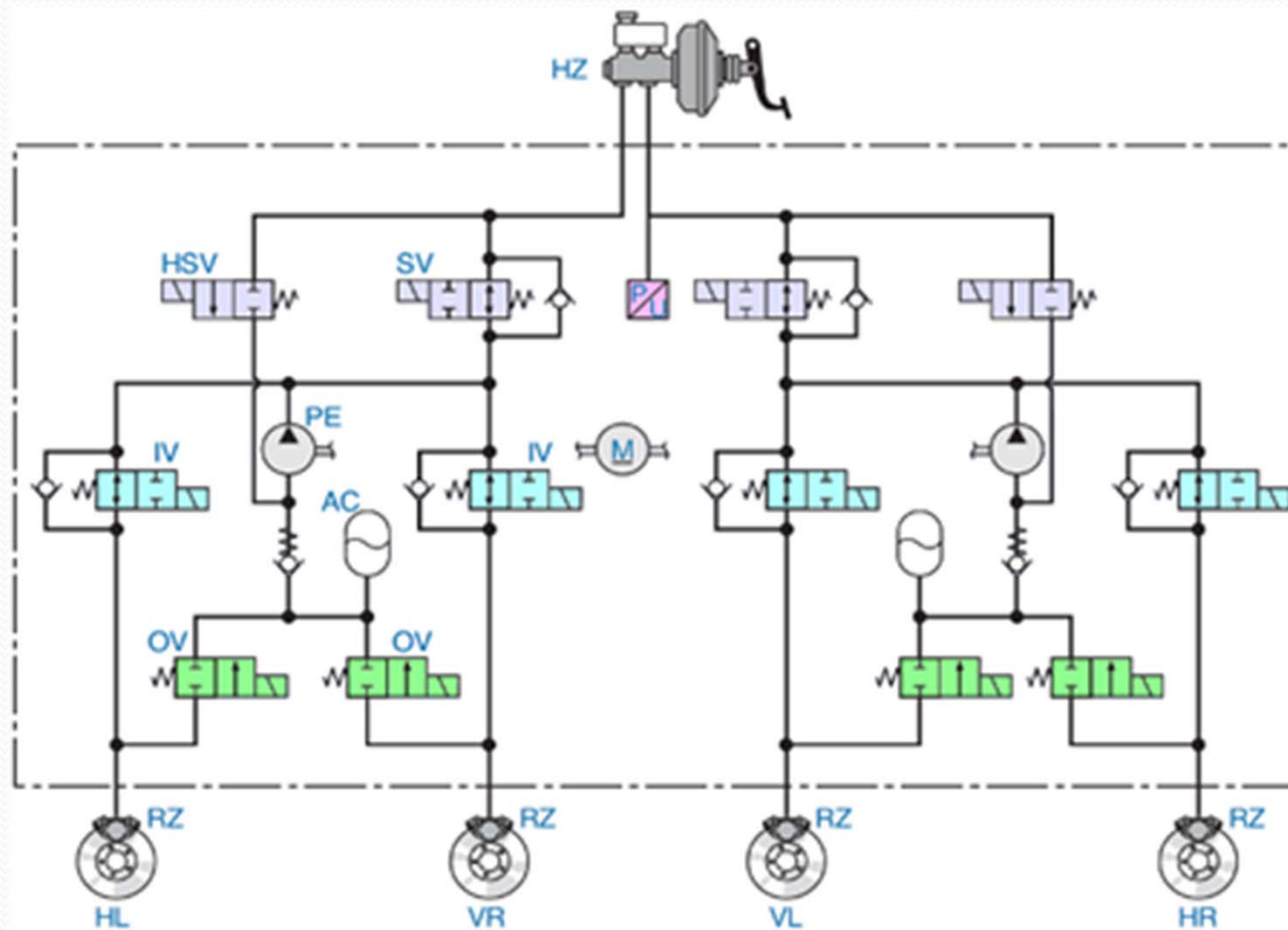


Fig. 2.22 Circuitul hidraulic de frânare al sistemului ESP [Ea]

2.4.1.5 Sistem hidronic de comandă pentru masina de ștanțat

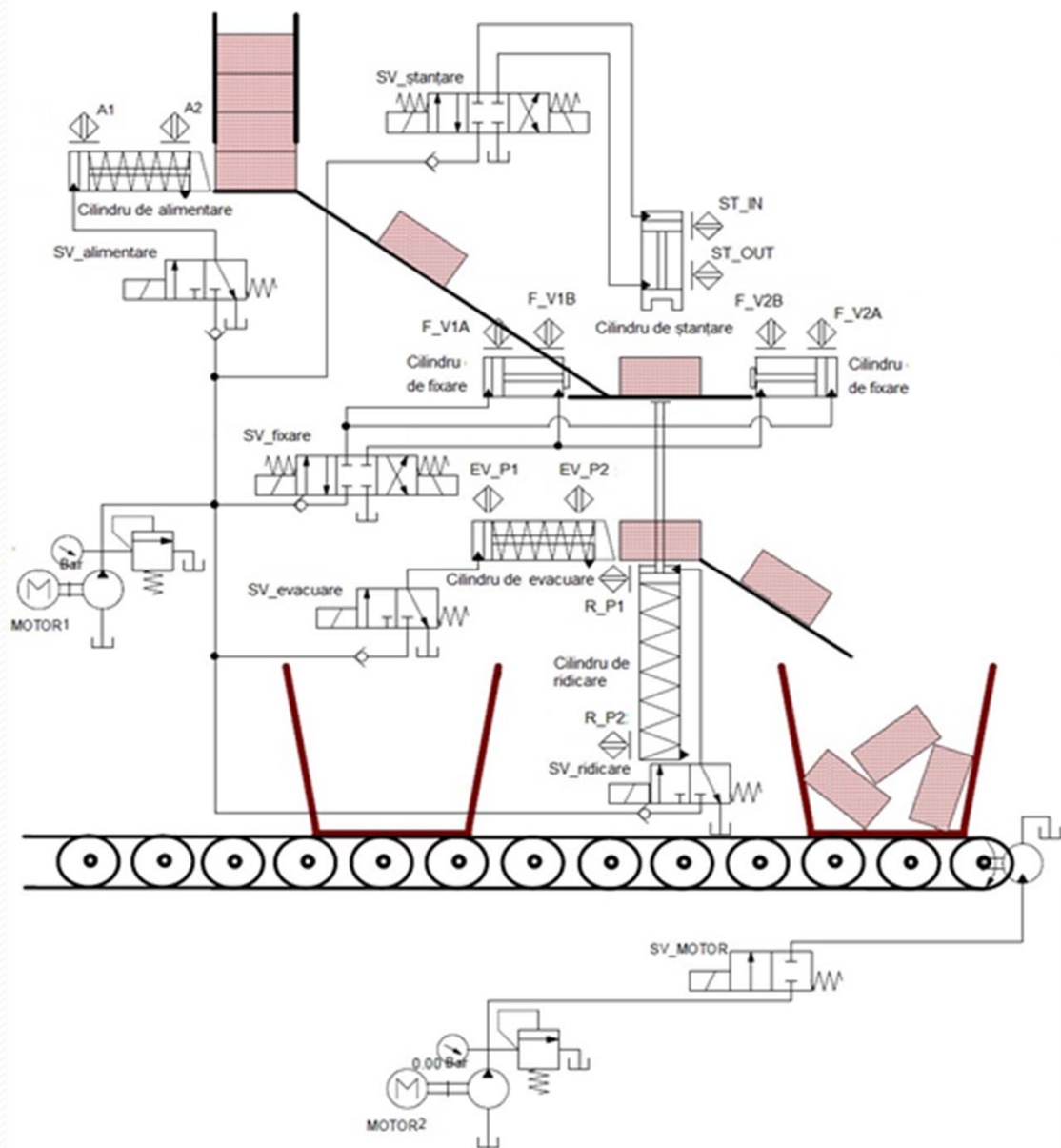


Fig. 2.25 Sistem de acționare hidraulică pentru linia tehnologică a instalației de ștanțat (prelucrare dupa [Ol])

• 2.4.2.2 *Bandă de sortare acționată pneumatic*

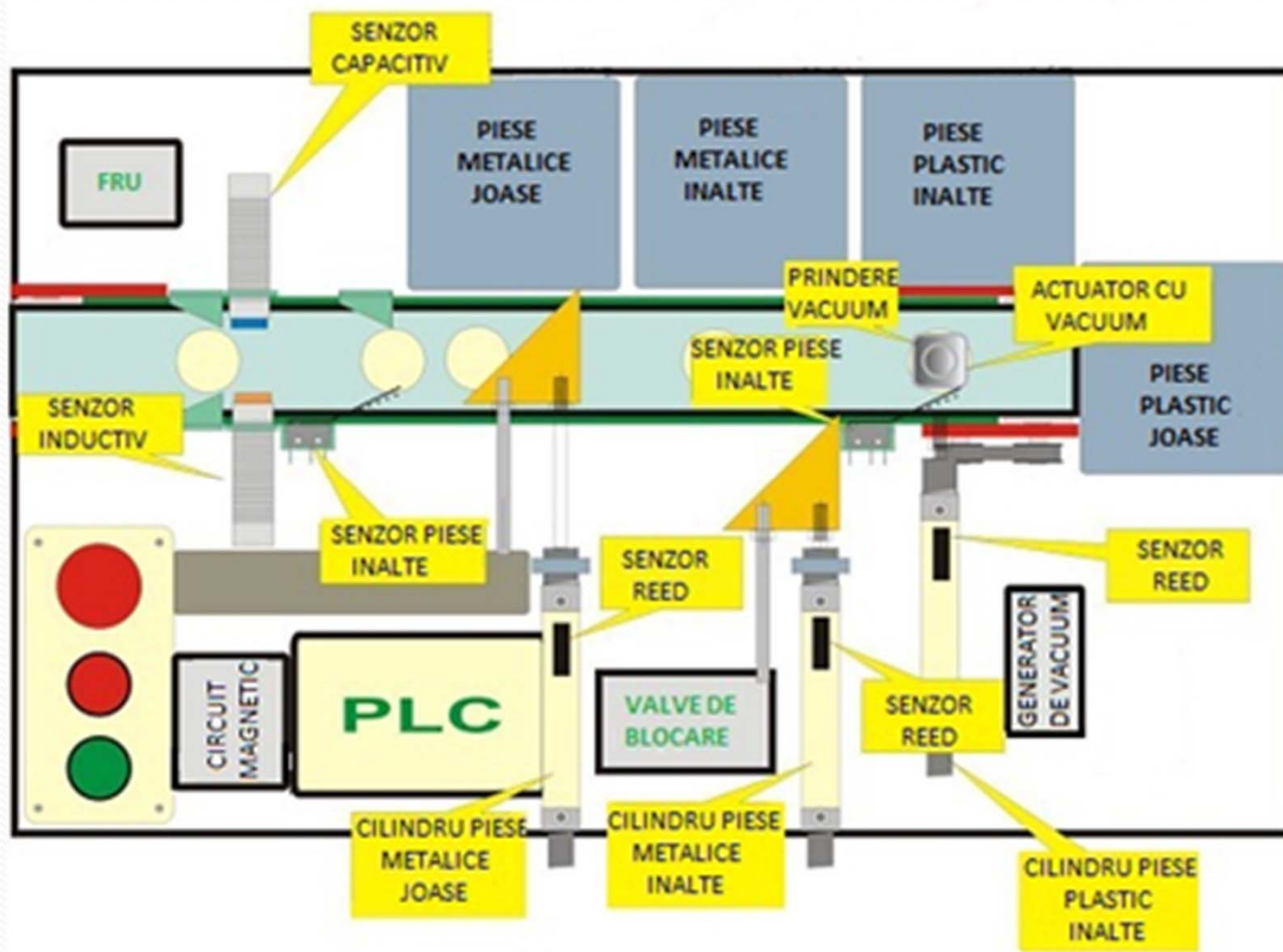


Fig. 2.30 Linie tehnologică de sortare a pieselor (prelucrare proprie după [De])

• 2.4.2.3 Braț robotic pick and place

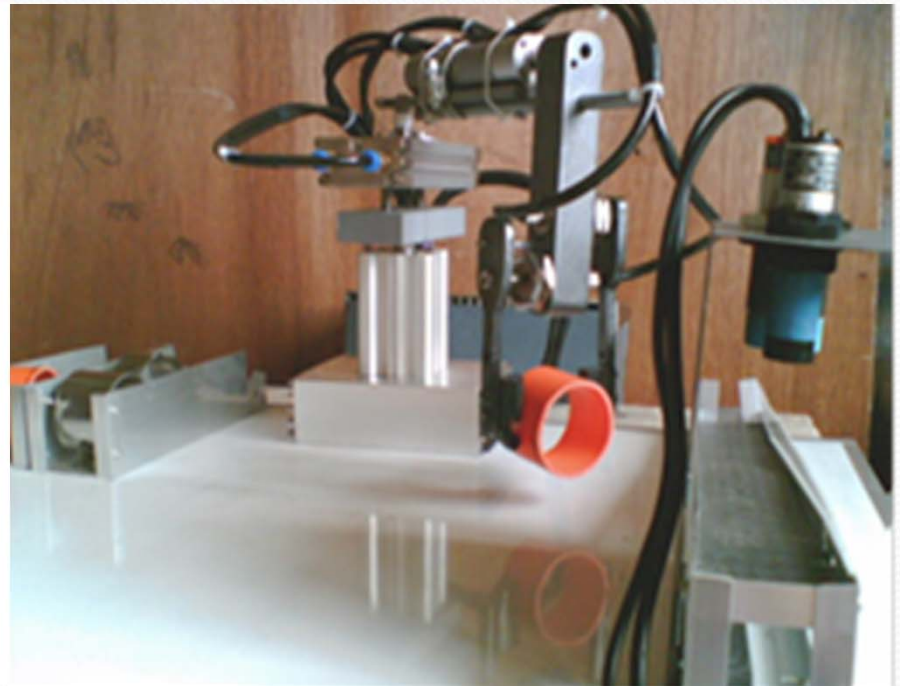


Fig 2.33 Robot pick & place pneumatic [Ma]

a) sortare și transfer material metalic b) sortare și transfer material plastic

3. ELECTROHIDRAULICĂ

• 3.1 HIDRAULICA PROPORȚIONALĂ

Principiul funcțional al hidraulicii proporționale este exemplificat în figura 3.1.

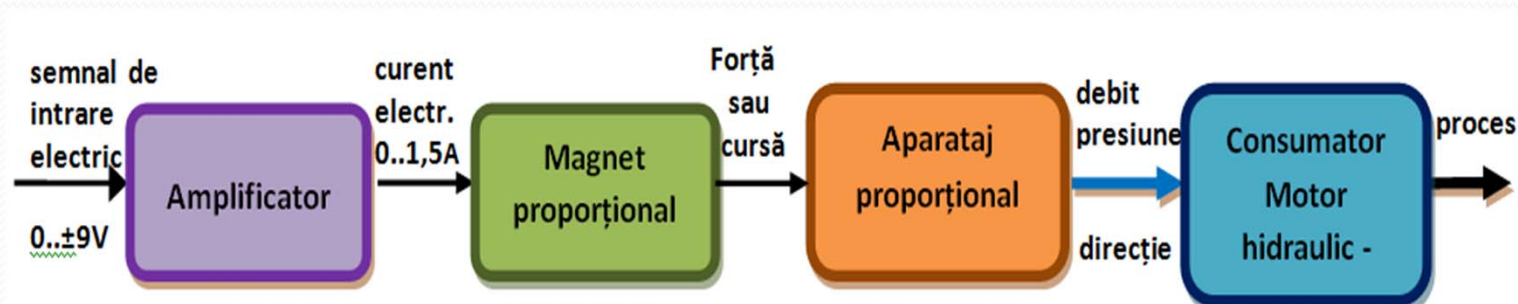


Fig. 3.1 Schema de desfășurare a semnalului în hidraulica proporțională

Din categoria elementelor hidraulice proporționale fac parte:

- ❖ Distribuitoare direct comandate sau pilotate
- ❖ Supape de debit
- ❖ Supape de presiune directe sau pilotate

- **3.1.2 Electromagneți proporționali**
- Electromagneții utilizați în hidraulică proporțională sunt magneți de curent continuu care asigură caracteristici diferite comparativ cu cei folosiți în mod uzual pentru aparatura comandată electric din sistemele de acționare (Fig. 3.2).

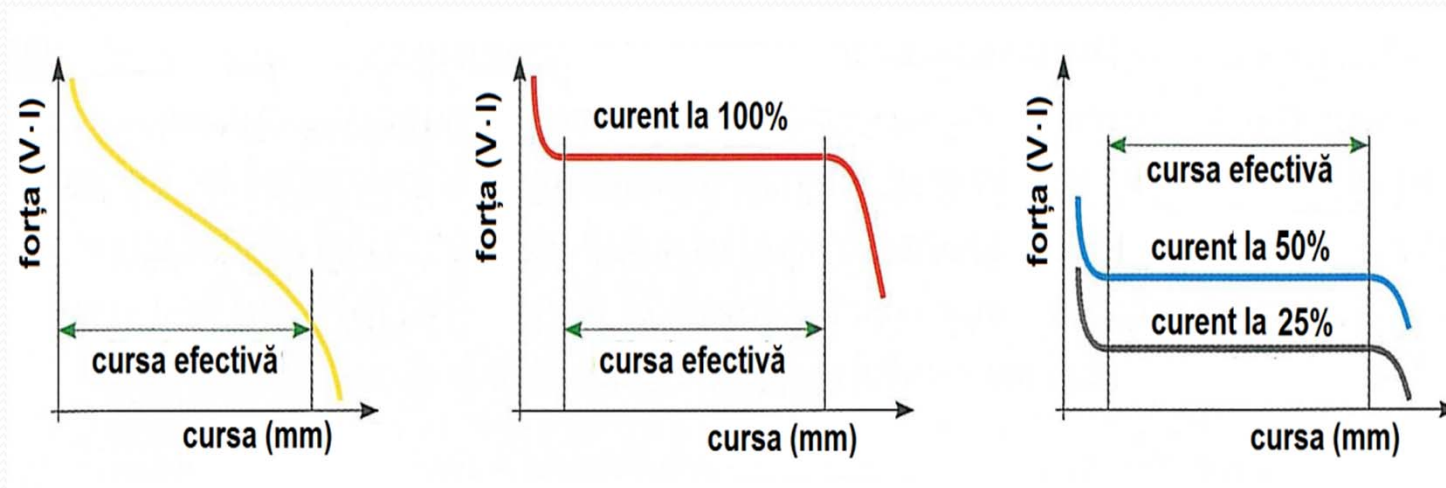


Fig. 3.2 Diagrama variației forței la solenoid în funcție de cursă[As]

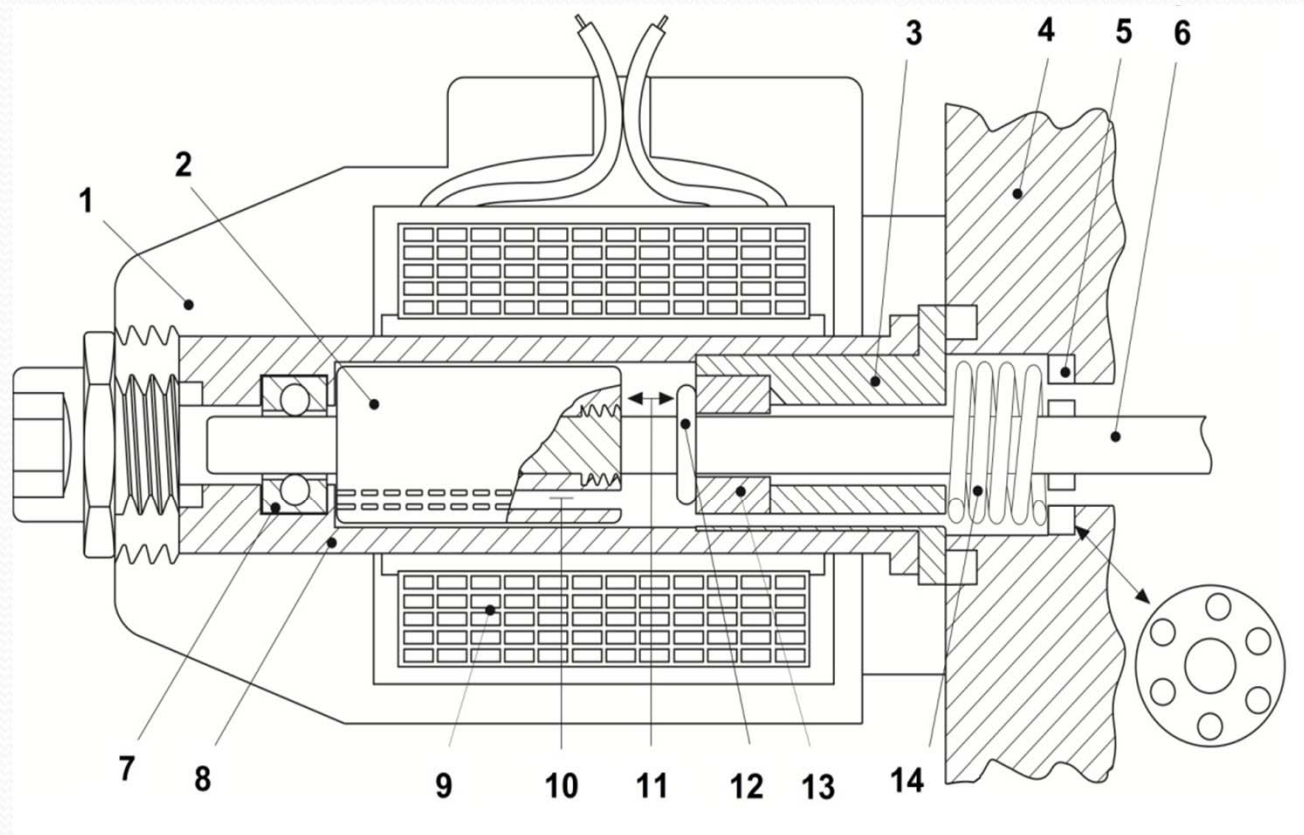
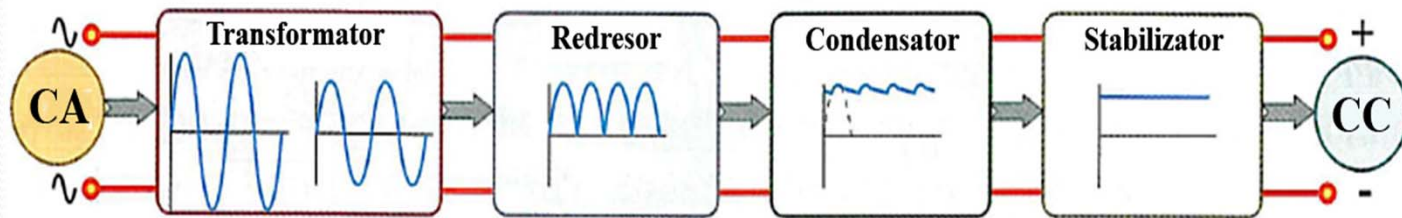


Fig. 3.3 Electromagnet proporțional

1- corp; 2- element magnetic mobil; 3- element magnetic; 4- corpul distribuitorului; 5- disc cu orificii; 6 - tijă; 7 - rulment; 8 - manșon; 9- bobina; 10 - canale; 11 - cursa; 12 - disc nemagnetic; 13 - bucșă.

3.1.3 Unitatea electronică de comandă

- Unitatea electronică de comandă (UEC) reprezintă un ansamblu de componente și circuite electronice care recepționează semnale de intrare pe care le procesează și le trimite apoi către solenoid, în cazul aparaturii proporționale sau către motorul de cuplu, în cazul servovalvelor. Dacă sistemul de comandă este conceput în circuit închis semnalele de intrare provin de la bucla de reacție.
- Unitatea electronică de comandă este însoțită de o sursă de alimentare prin intermediul căruia curentul alternativ al sursei electrice, care poate fi de 380V sau 220V, este convertit în curent continuu iar tensiunea este redusă, așa încât să fie adaptată cerințelor unității electronice



• Fig. 3.4 Transformarea curentului alternativ în curent continuu

- Cel mai important element al unității electronice de comandă este amplificatorul

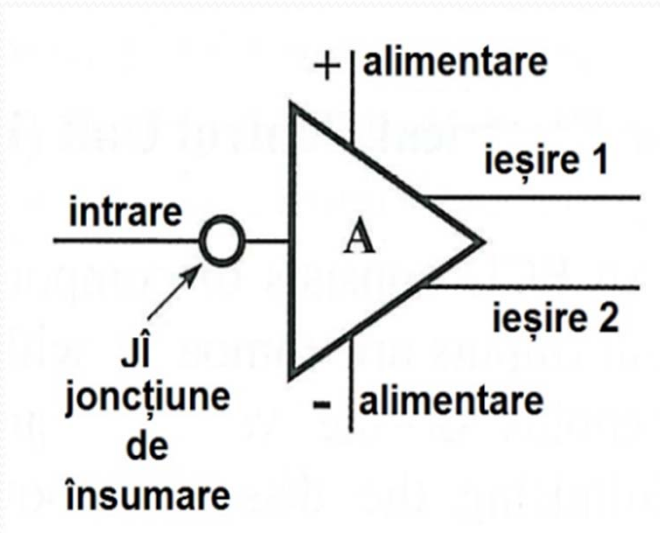
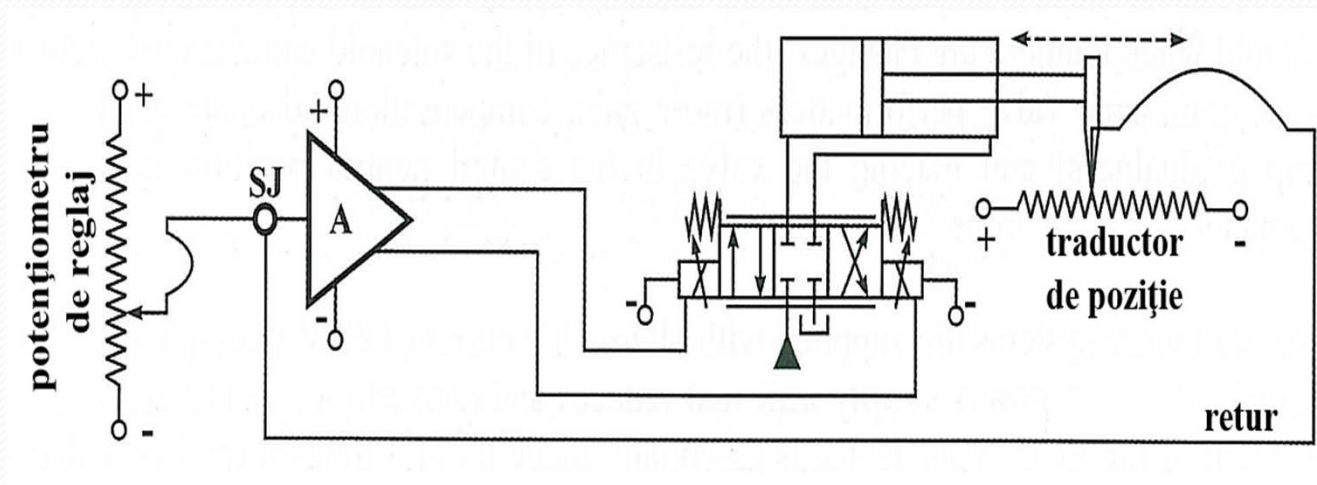


Fig. 3.5 Simbolul amplificatorului

Poziția unui amplificator atașat unui element proporțional în circuitul unui sistem hidralic este prezentată în figura 3.6



• Fig. 3.6 Amplificator montat în circuit hidraulic [As]

- Factorul de amplificare este raportul dintre mărimea de ieșire și cea de intrare:

$$\text{factor de amplificare} = \frac{\text{semnal de ieșire}}{\text{semnal de intrare}}$$

3.1.5 Controlul sistemelor complexe

- Etapele funcționarele ale sistemelor pot impune o structură mai complicată și pot necesita preluarea din mai multe surse a informațiilor legate de proces: UEC individuale, temporizatoare, countere, traductoare, etc.
- Volumul de informații necesare a fi procesate și comparate este cu atât mai mare cu cât în derularea procesului tehnologic intervin mai multe motoare, care pot fi de diferite tipuri. În astfel de situații, în care trebuie corelată funcționarea unui număr mai mare de motoare, într-o logică funcțională precisă, este necesară utilizarea unui sistem care să comunice cu toate subsistemele individuale să controleze și decidă secvența sau secvențele de lucru și parametrii necesari, în concordanță cu informațiile primite de la etapele anterioare.

- Soluția optimă unui astfel de caz este utilizarea unui computer prevăzut cu soft specializat sau un automat programabil, un PLC (Programmable Logic Controller) așa cum este reprezentat în figura 3.13 [As]. Atunci când procesul automatizat o permite, se recomandă utilizarea controlerelor logice care sunt mai ieftine, ușor de programat și fiabile în condiții diferite de exploatare.

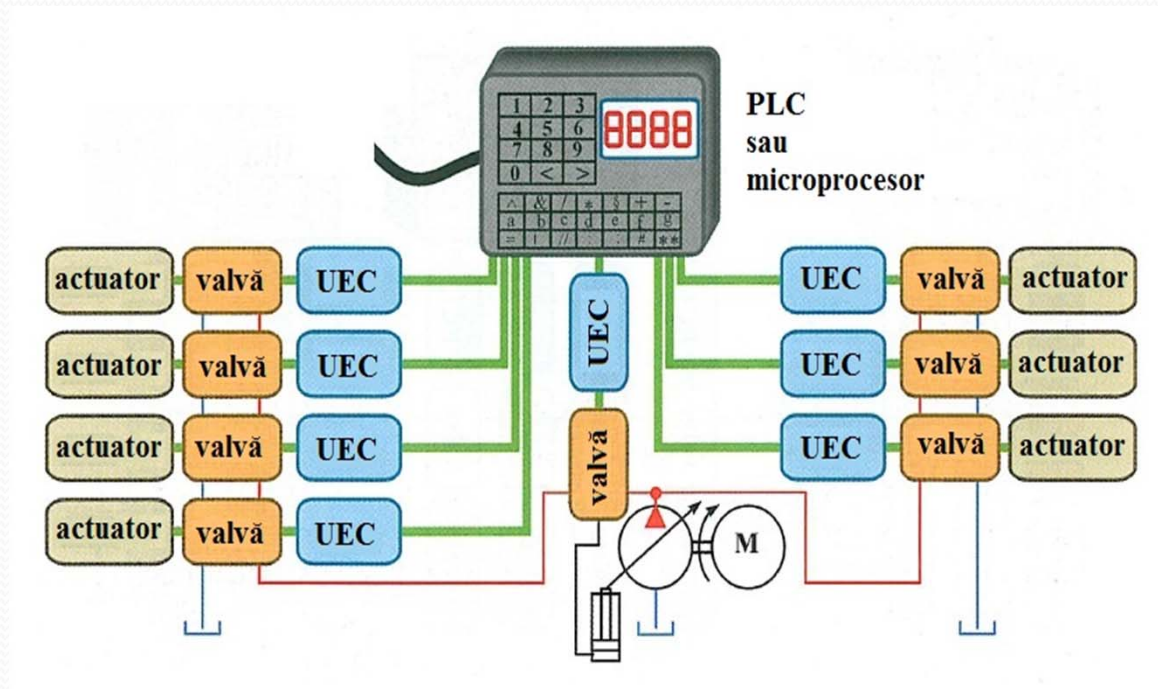


Fig. 3. 13 Utilizarea automatelor programabile pentru controlul sistemelor
UEC- unitate electronică de comandă; (prelucrare după [As])

- Pentru procese de complexitate mare utilizarea unui PLC sau a microprocesoarelor nu mai este suficientă și este necesară atunci utilizare unui computer performat pentru sistem general de comandă (tip master slave) și a unei comunicații “Fieldbus” pentru legătura cu subsistemele. Aceste tip de comunicație este reprezentat în figura 3.14.

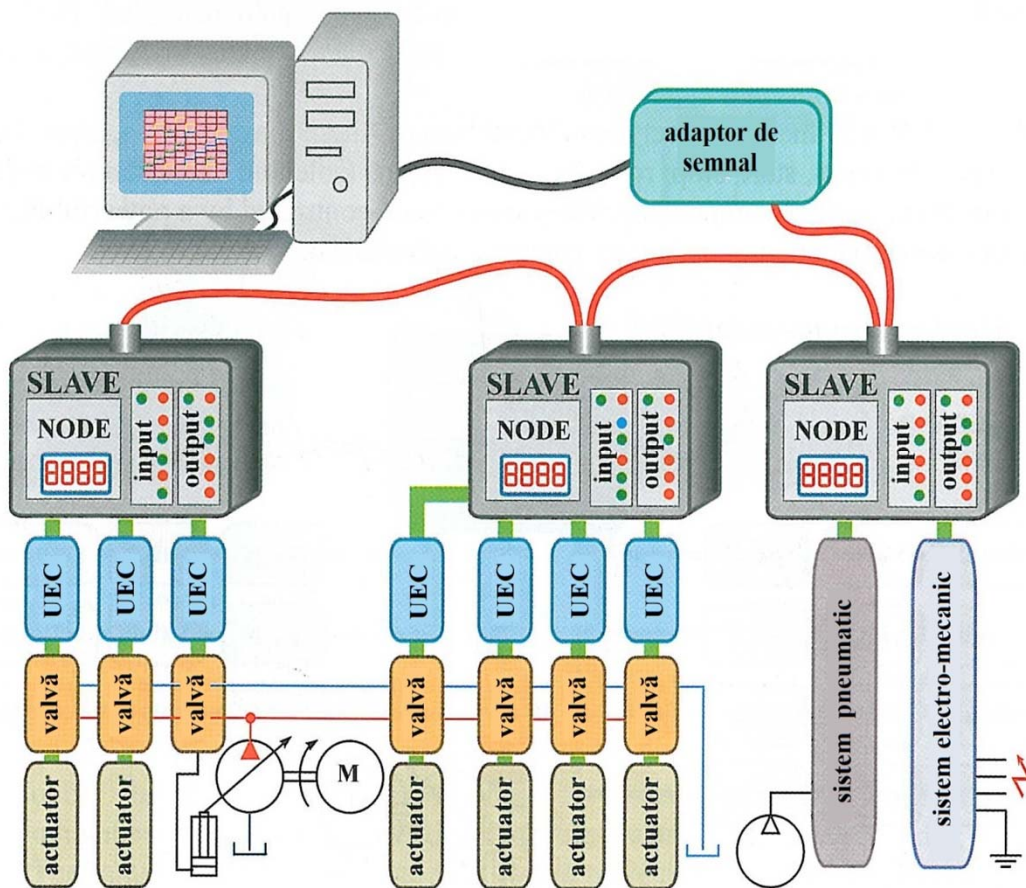
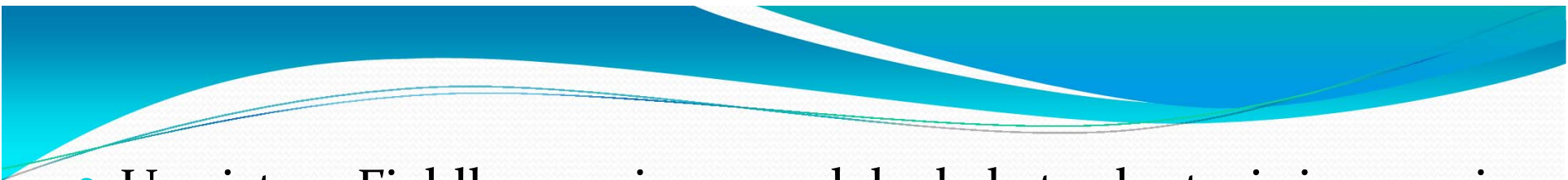


Fig. 3.14 Tehnica Fieldbus pentru sisteme complexe (prelucrare după [As])

- 
- Un sistem Fieldbus preia semnalele de la traductori și senzori și le trimite la unitatea *master*, asigură decodarea semnalelor de ieșire de la unitatea master și le trimite către terminalele dispozitivelor pentru controlul parametrilor mișcărilor cilindrilor.
 - Avantajul important al acestui sistem constă în transmiterea informațiilor în timp real și posibilitatea de vizualizare a lor prin intermediul unui display sau a altei modalități de semnalizare optică, de exemplu prin intermediul LED-urilor.
 - Unitățile *slave* sunt constituite în principiu, dintr-un *nod* de decodare și module Intrare/Ieșire conectate la componenta operațională. Conexiunea dintre *master* și *slave* este realizată în general prin intermediul cablurilor ecranate cu 2 fire sau a cablurilor cu fibră optică [Măr, Po].

- Tehnologiile Fieldbus cunosc mai multe variante:
 - PROFIBUS
 - PROFIBUS FMS
 - PROFIBUS DP
 - Interbus S
 - CAN-Bus
 - AS Interface (ASI).
 - În cazul sistemelor hidraulice proporționale cele mai utilizate sunt protocoalele CAN-Bus, AS Interface și pentru complexități mai ridicate Profibus și Interbus.
- **3.1.6 Aparatură proporțională**
- **3.1.6.1 *Distribuator proporțional direct comandat***
- Distribuitorul proporțional cu comandă directă, prezentat în figura 3.15, este echipat cu un magnet proporțional cu comandă prin deplasare ce acționează direct asupra pistonului distribuitorului.

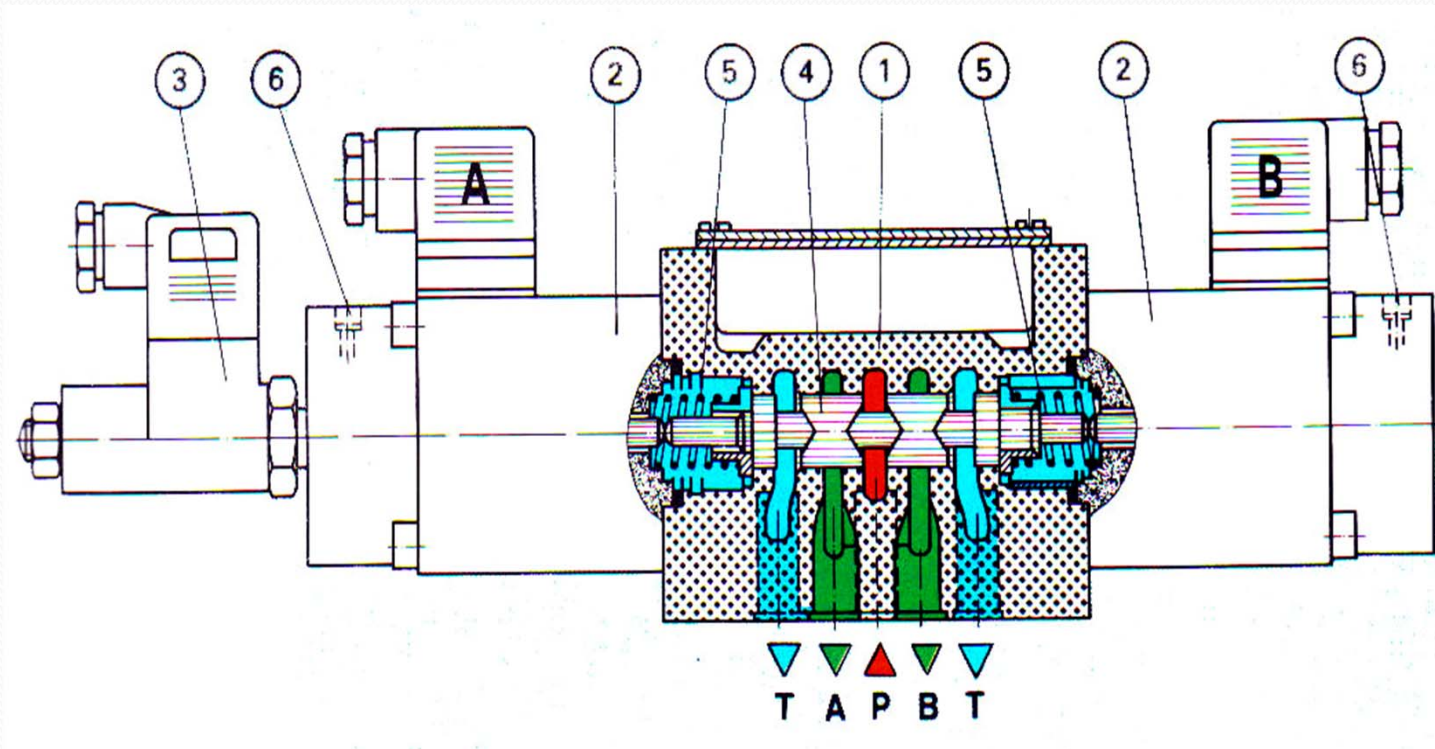


Fig. 3.15 Distributor proporțional direct comandat (fabricație Rexroth)

Unitatea electronică de comandă poate fi montată pe distribuitorul proporțional (Fig. 3.17b) sau separat de acesta (Fig. 3.17a)

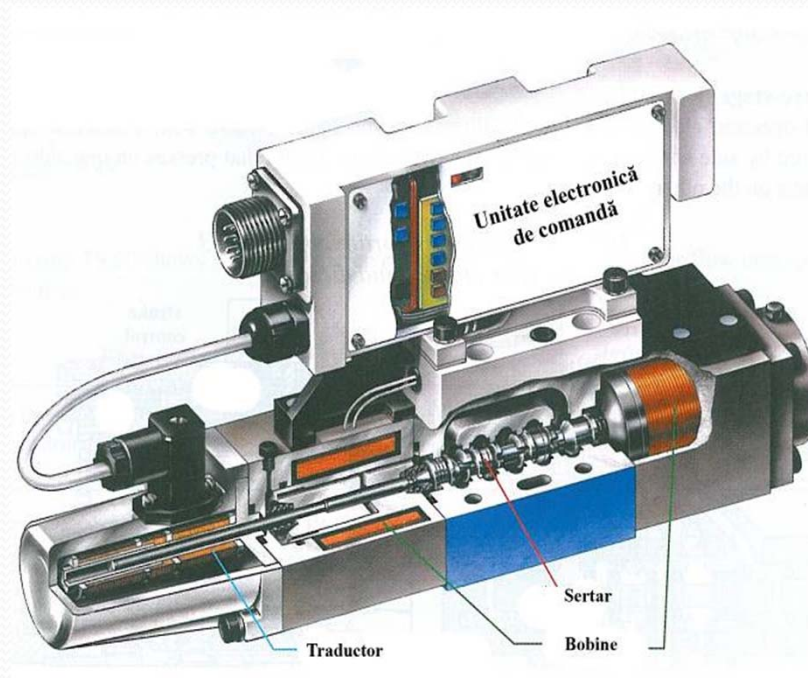
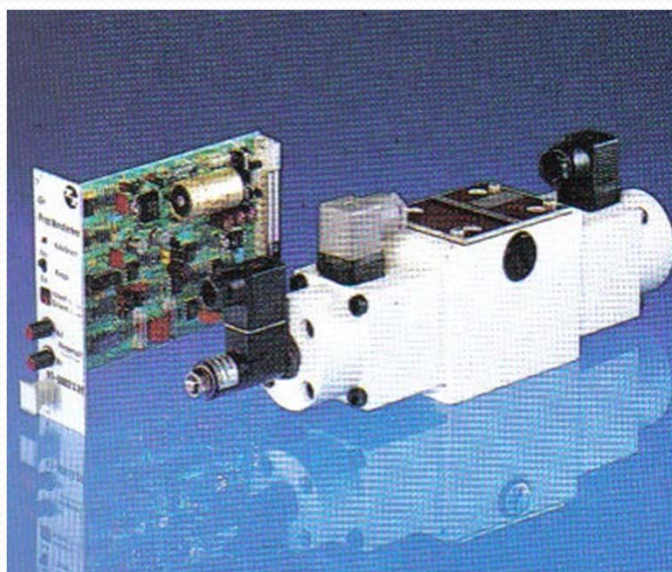


Fig. 3.17 Distribuitor proporțional cu traductor de deplasare
a) UEC montată separat b) UEC montată pe aparat

3.1.6.2 Distribuitor proporțional pilotat

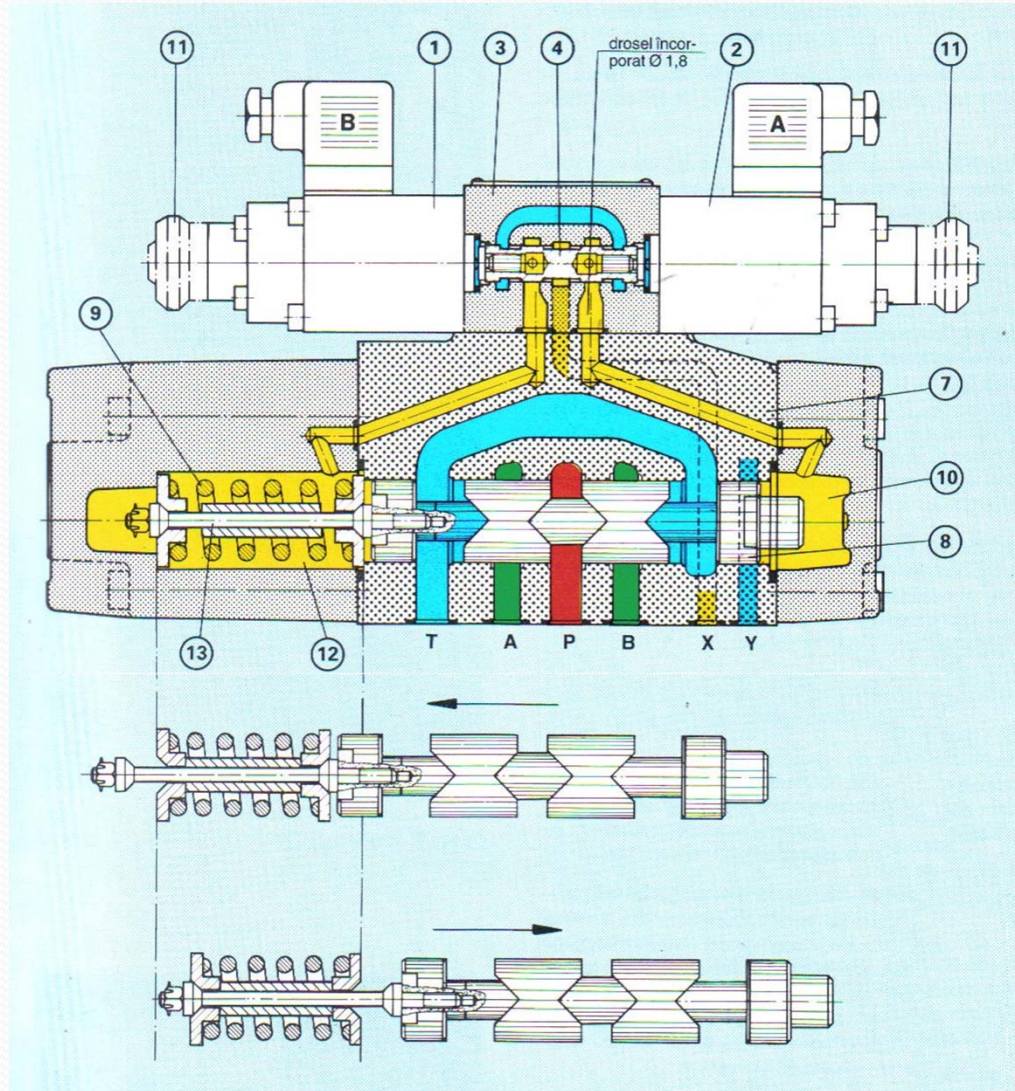


Fig. 3.18 Distribuitor proporțional pilotat [Ma4]

- Fig. 3.20 Distribuitor proporțional pilotat cu două arcuri de revenire [Ma4]

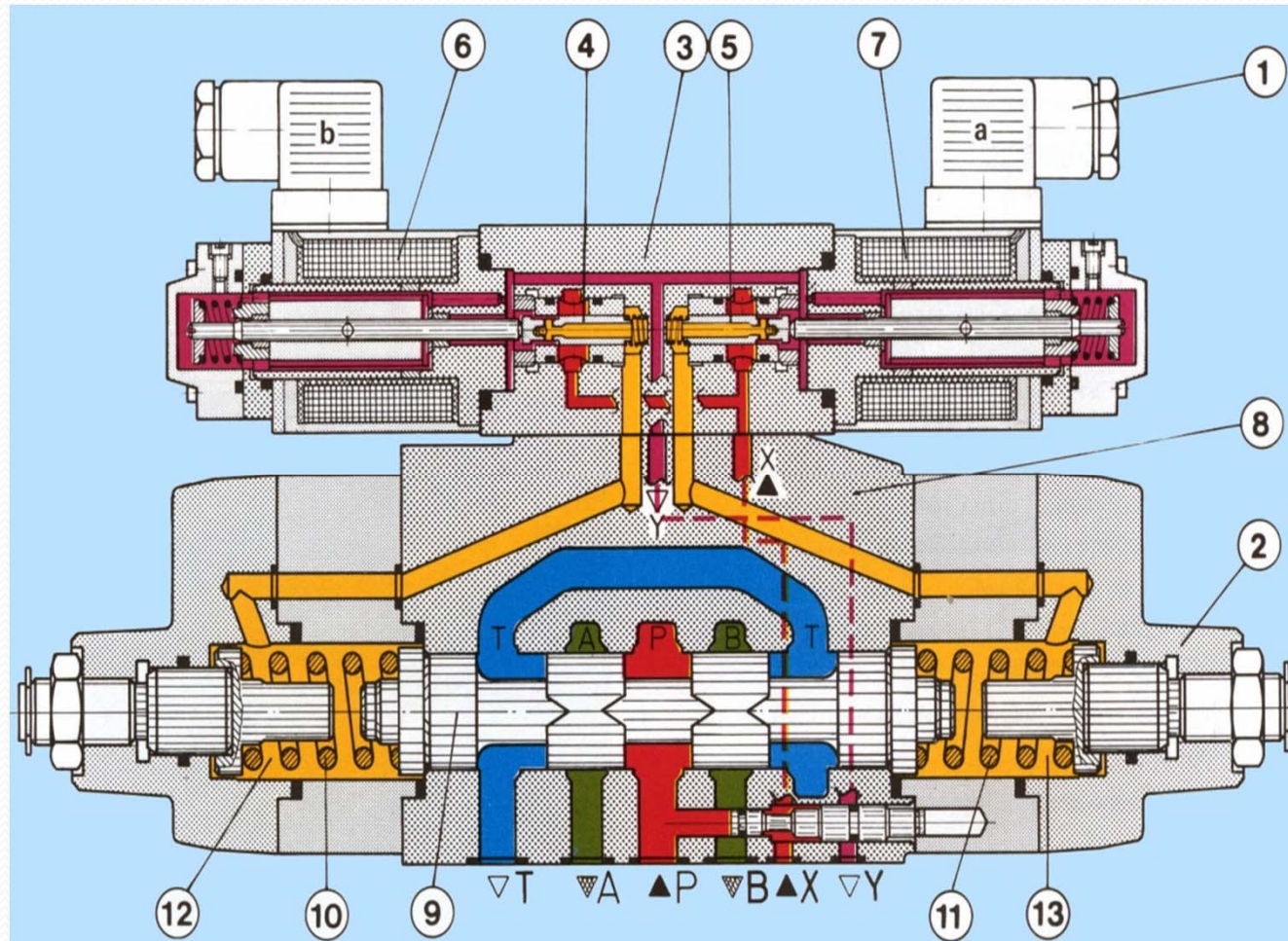


Fig. 3.20 Distribuitor proporțional pilotat cu două arcuri de revenire [Ma4]

3.2 SERVOVALVE

3.2.1 Servovalva cu 2 trepte tip ajutoraj clapetă

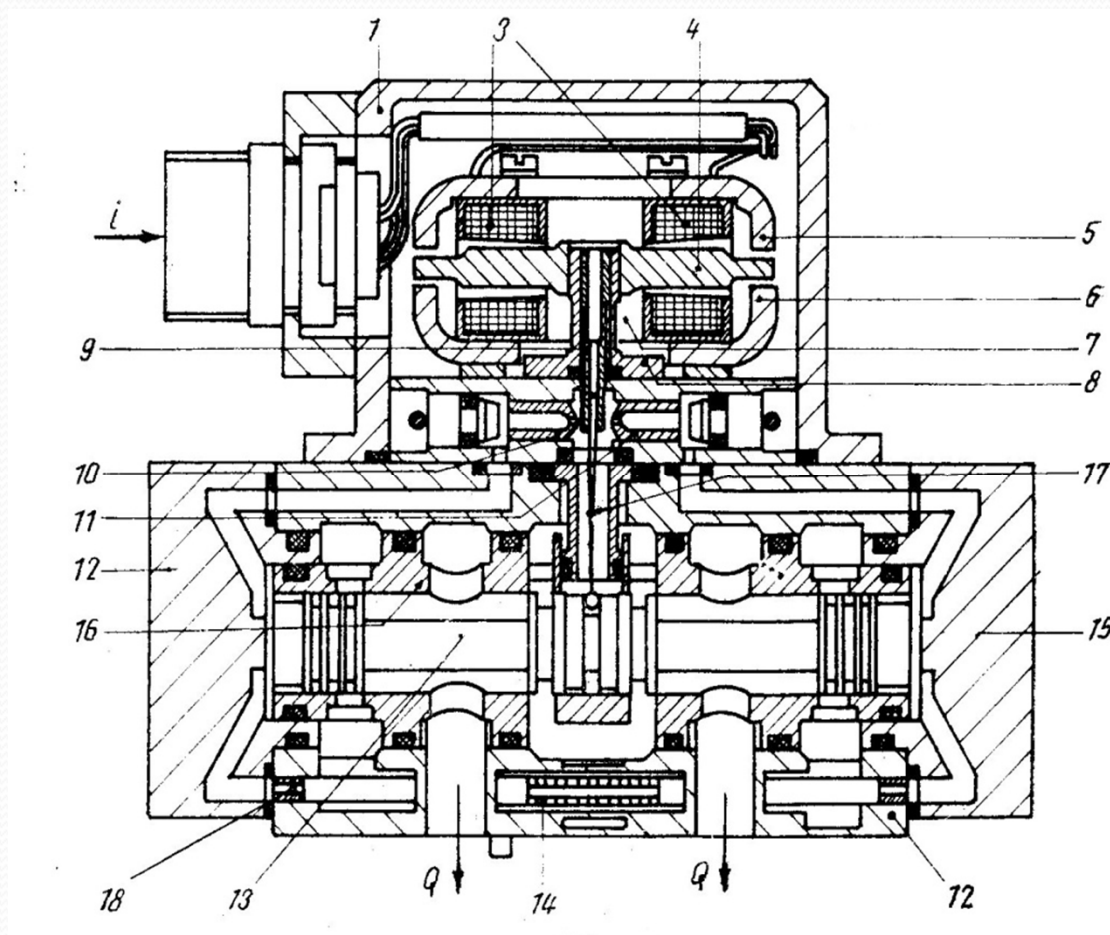


Fig. 3.23 Servovalvă electrohidraulică cu reacție de forță [Ma2]

1 – pilotul (carcasa motorului de cuplu); 2 – distribuitor de bază; 3 – bobine; 4 – armătura mobilă; 5, 6 – armăturifixe; 7 – spațiu interior (câmp magnetic); 8 – magnet permanent; 9 – element elastic tubular; 10, 11 – ajutoraje; 12 – corpul distribuitorului; 13 – sertarul distribuitorului; 14 – filtru; 15 – capace ce închid distribuitorul; 16 – bucsă fixă orificii scurte; 17 – tija elastică; 18 – duze fixe.

3.2.2 Servovalvă cu două trepte cu reacție electrică

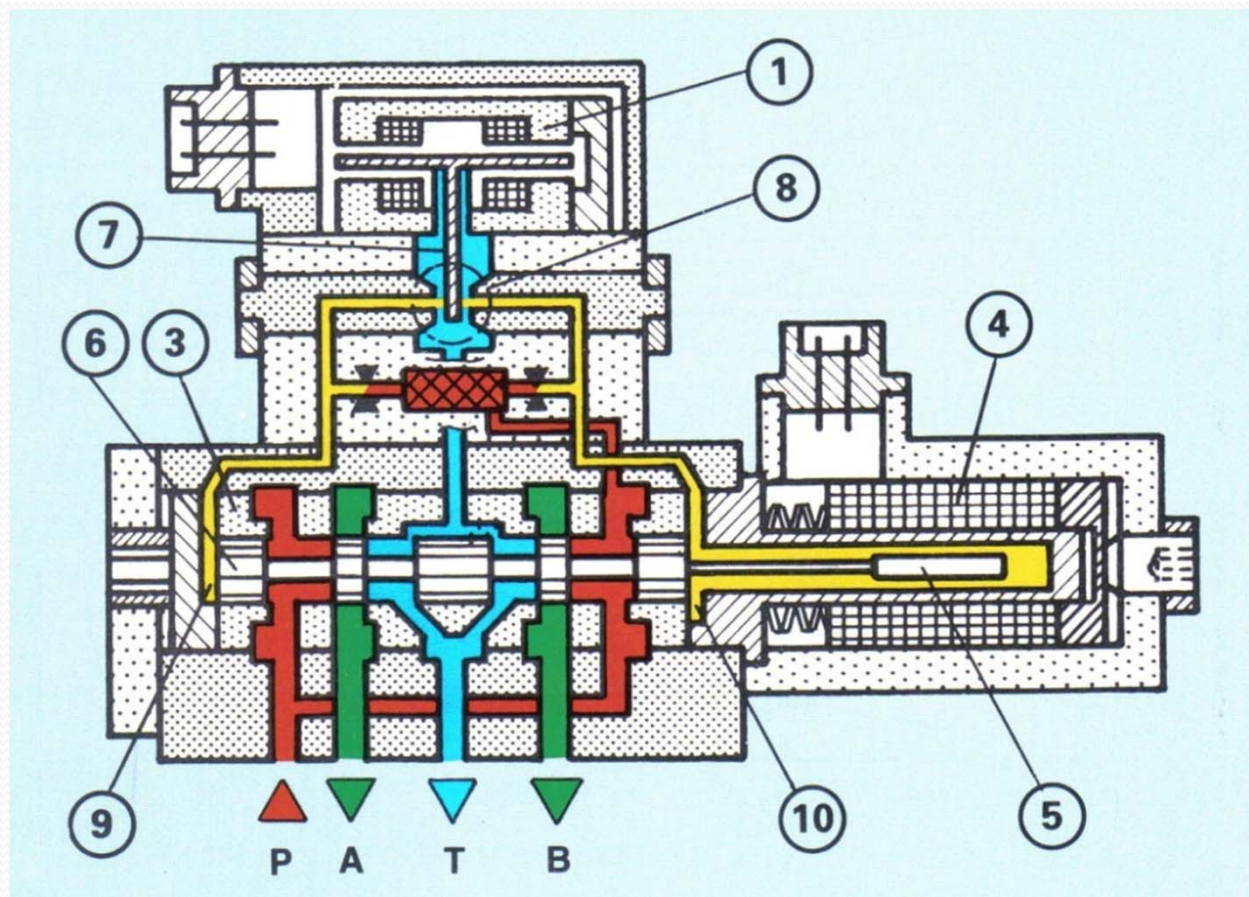


Fig. 3.26 Servovalvă cu două trepte cu reacție electrică [Ma4]

3.2.3 Servovalvă cu trei trepte cu reacție electrică

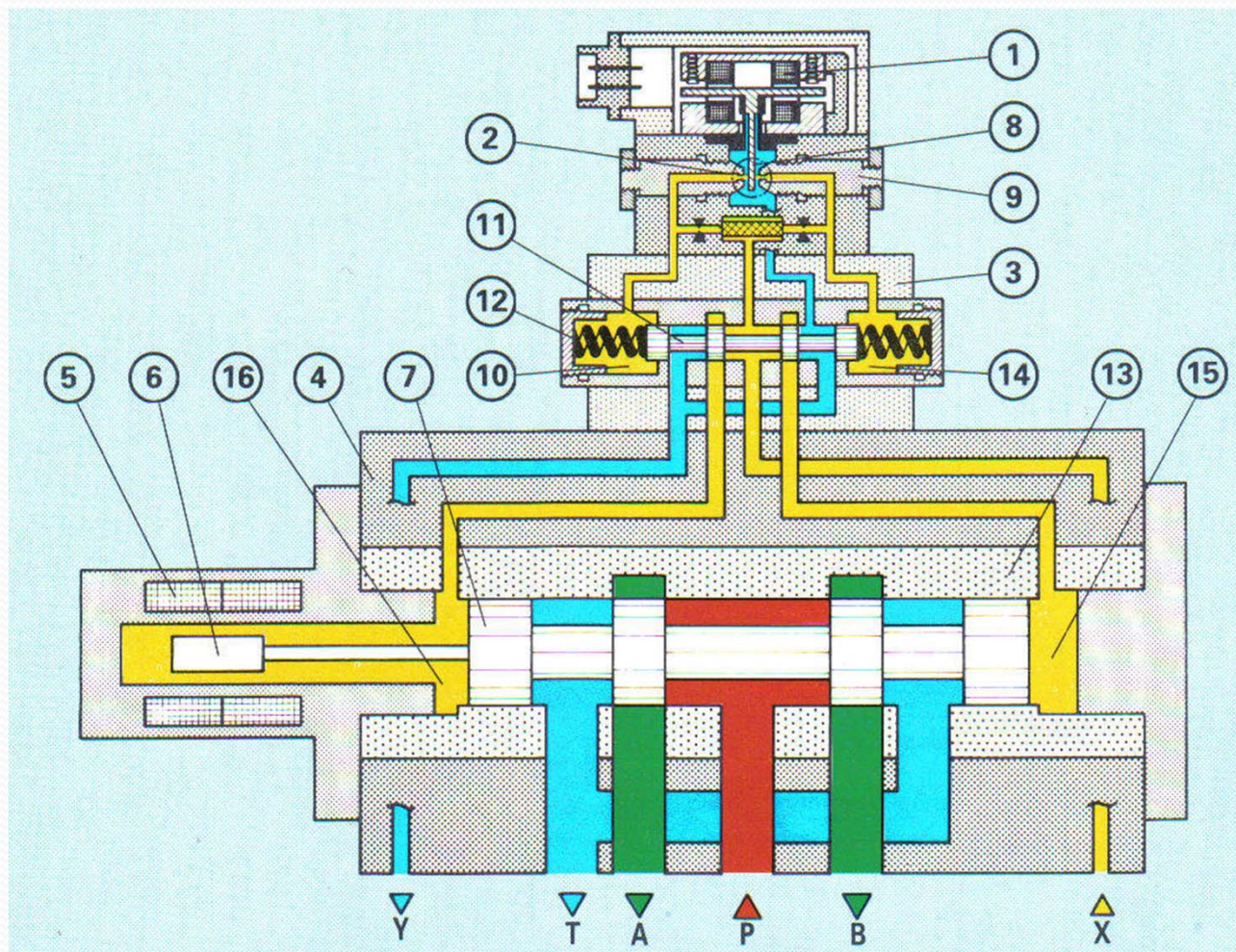


Fig. 3.27 Servovalvă cu trei trepte cu reacție electrică [Ma4]

3.2.4 Servovalvă cu o singură treaptă și comandă mecanică

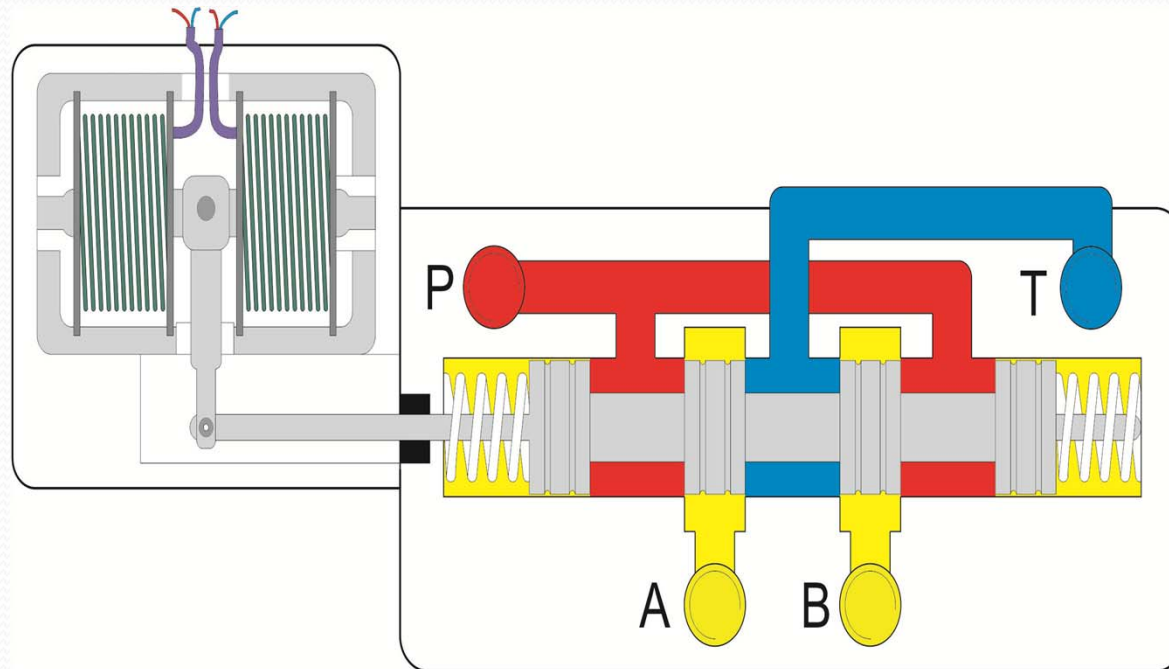


Fig. 3.28 Servovalvă cu reacție mecanică

3.2.5 Servovalvă cu două trepte cu comandă mecanică

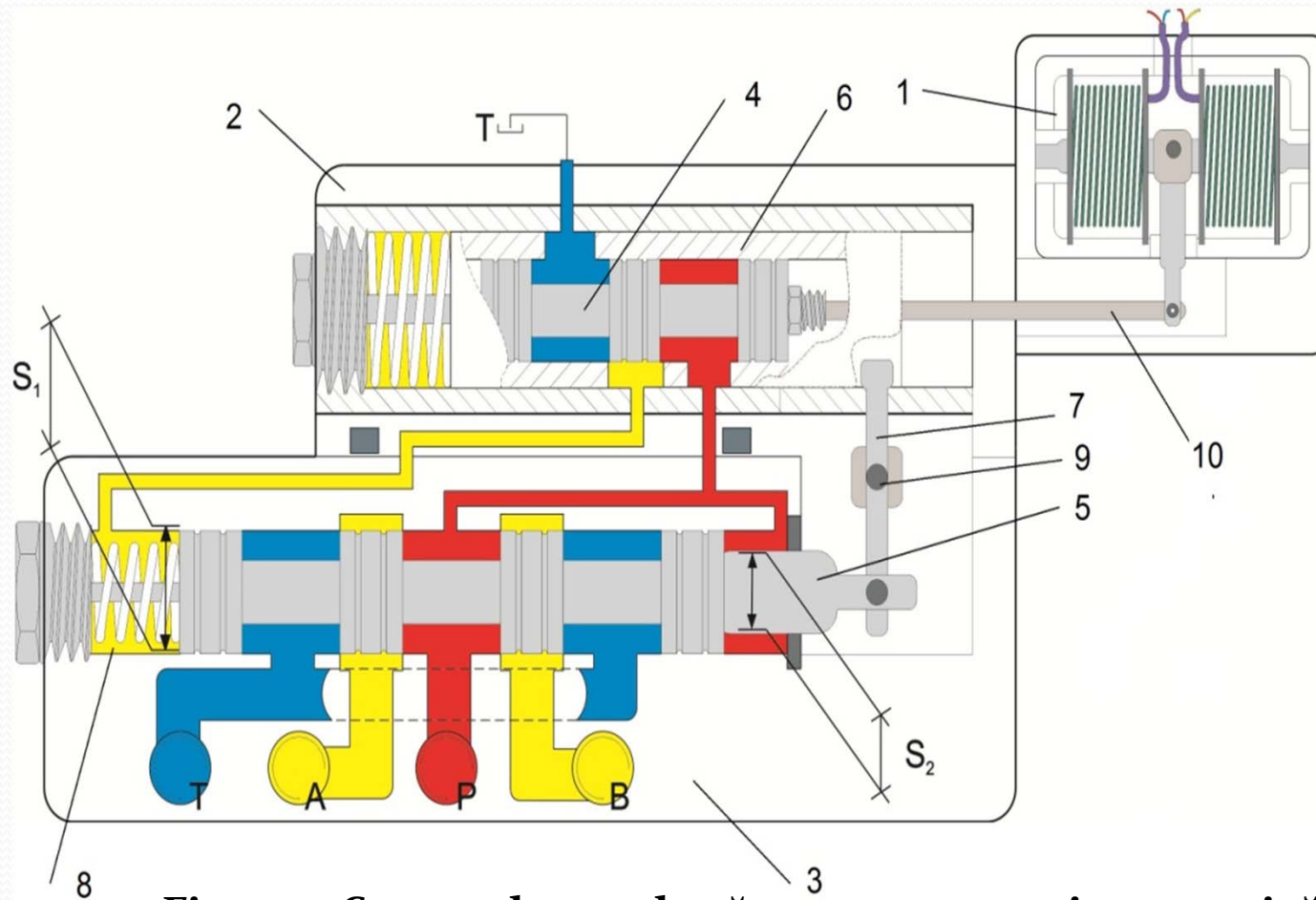


Fig. 3.29 Servovalvă cu două trepte cu reacție mecanică

1 - motorul de cuplu; 2 - pilotul; 3 - etaj principal; 4- sertarul pilotului; 5 - sertarul etajului principal; 6 - bușă mobilă; 7- tijă de contrabalansare; 8 - cameră de comandă; 9 - ax de rotație; 10 - tijă motorului de cuplu.

3.2.6 Servo valve cu jet de fluid

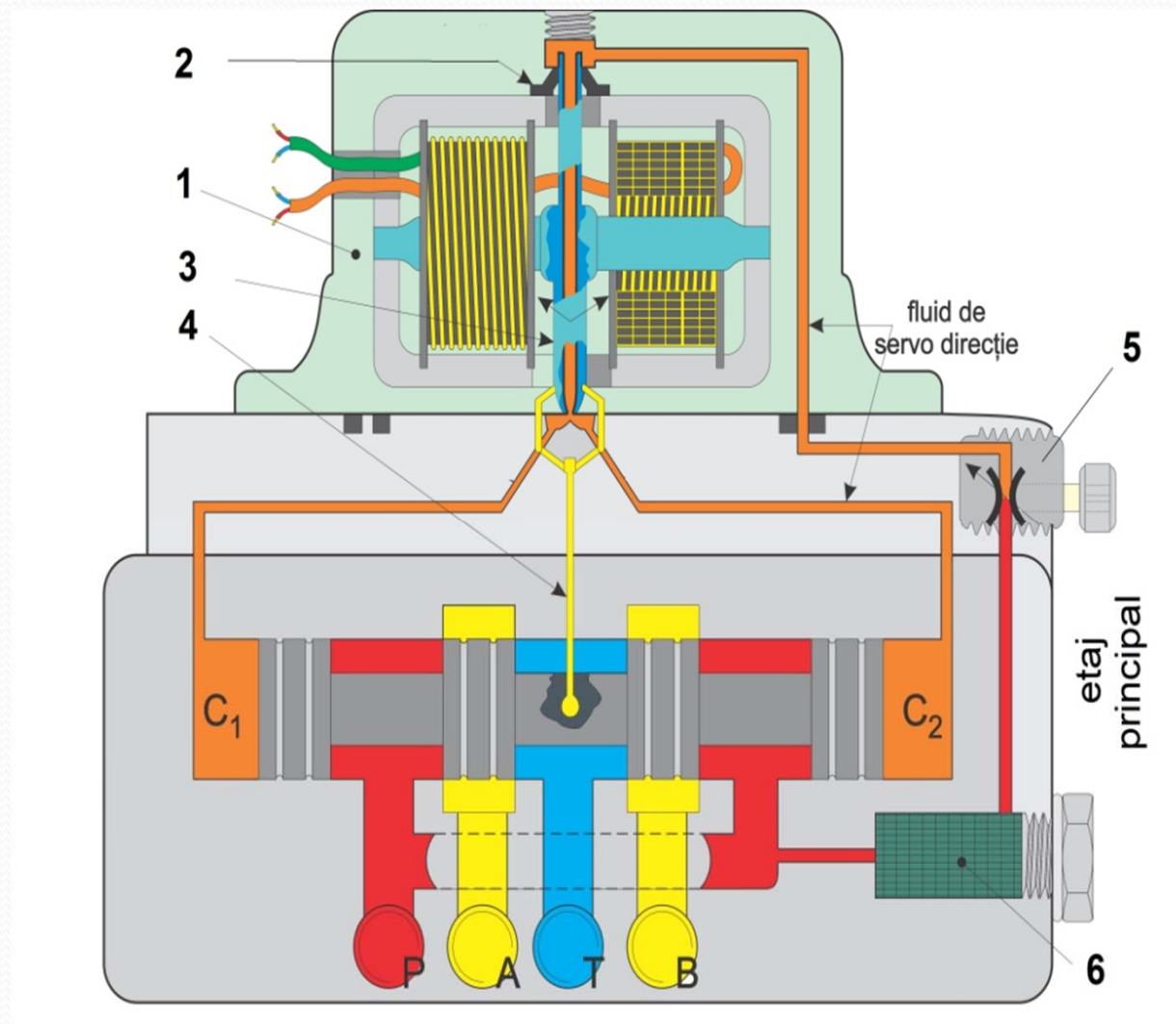


Fig. 3.30 Servovalvă cu jet de fluid

1 - motorul de cuplu; 2 - etanșare flexibilă; 3 - duză; 4 - tijă elastică; 5- drosel; 6 - filtru.

5. SENZORI ȘI TRADUCTOARE

5.2 SENZORI DE PROXIMITATE

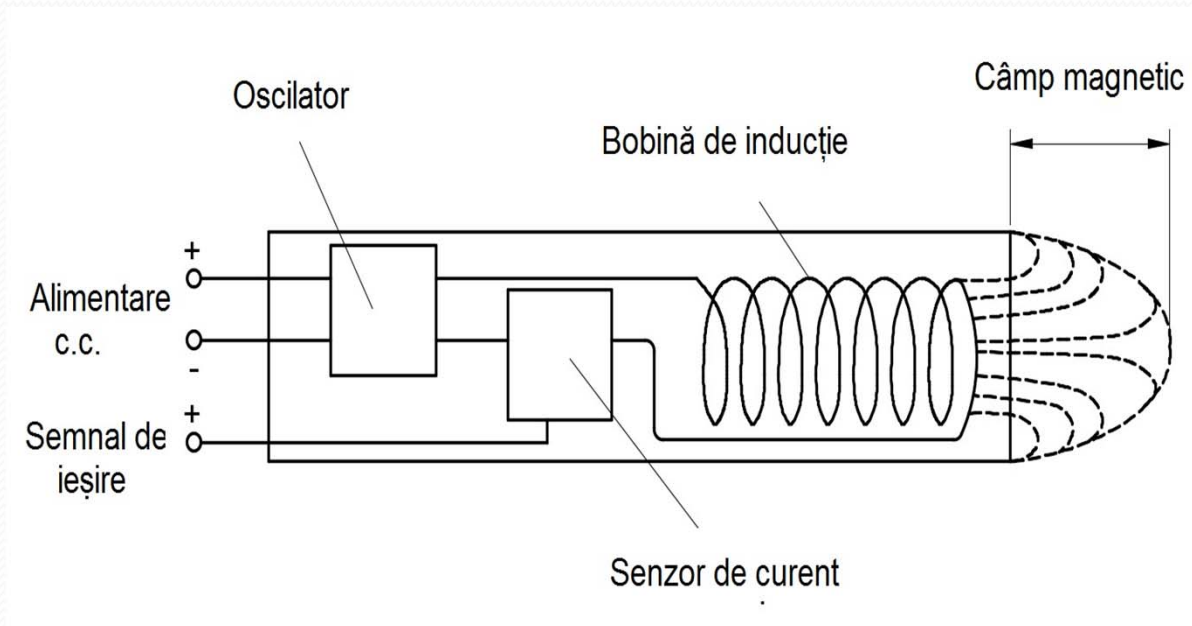
- Conform definiției, “*senzorii de proximitate sunt dispozitive care permit detectarea și semnalizarea prezenței unor obiecte în câmpul lor de acțiune fără contact fizic cu obiectele respective*” [Me].
- Sunt caracterizați de o bună fiabilitate, gabarit mic, posibilitate de reglaj internă sau externă, consum energetic mic, siguranță. Deși există senzori cu o funcționare analogică, majoritatea sunt de tip binar, semnalul de ieșire indicând prezența sau absența obiectului în proximitatea lor.
- Există o gamă constructivă foarte variată de senzorii de proximitate dar ei pot fi clasificați după principiul funcțional în:
 - Inductivi;
 - Capacitivi;
 - Magnetici;
 - Optici;
 - Pneumatici;
 - Ultrasonici;
 - etc.

5.2.1 Senzori de proximitate inductivi

- Se bazează pe modificarea inductivității unei bobine în momentul în care în câmpul ei de influență pătrunde un obiect metalic.
- Inductivitatea este definită de relația:

$$L = \frac{\mu_0 \mu_r N^2 A}{l}$$

în care μ_0 este permeabilitatea magnetică a vidului, μ_r este permeabilitate magnetică relativă (reamintim ca permeabilitatea este capacitatea de magnetizare a unui material), N numărul de spire ale bobinei și A secțiunea transversală a acesteia.



a) Principiul funcțional [EI]

b) Senzor inductiv (OMRON IA)

Fig. 5.1 Senzor inductiv

5.2.2 Senzori de proximitate capacitivi

- Se bazează pe modificarea capacității unui condensator atunci când în câmpul său intră un obiect strain, fie el confecționat din metal sau dintr-un material dielectric.
- Senzorii de proximitate capacitivi se pot realiza în două variante constructive, utilizând un condensator plan sau unul cilindric.
- Capacitatea unui condensator plan se calculează cu relația

$$C = \frac{\epsilon_0 \epsilon_r A}{d}$$

- în care prin ϵ_0 s-a notat permitivitatea vidului, ϵ_r este permitivitatea relativă a dielectricului, A suprafața de suprapunere a celor două armături iar d distanța dintre cele două armături.

- În cazul unui condensator cilindric se utilizează relația

$$C = \frac{2\pi\epsilon_0\epsilon_r h}{\ln \frac{D}{d}}$$

- în care D este diametrul electrodului exterior, d diametrul electrodului interior, tot de formă cilindrică și coaxial cu cel exterior iar h înălțimea electrozilor.

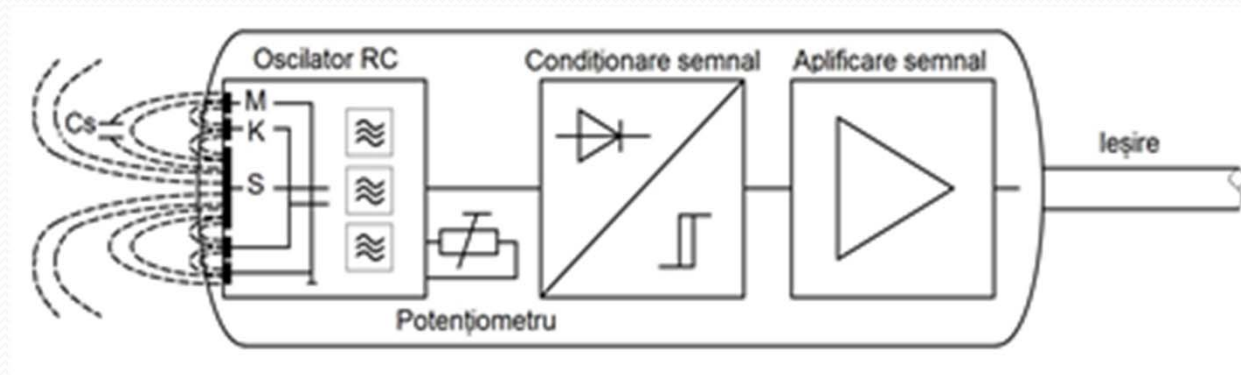
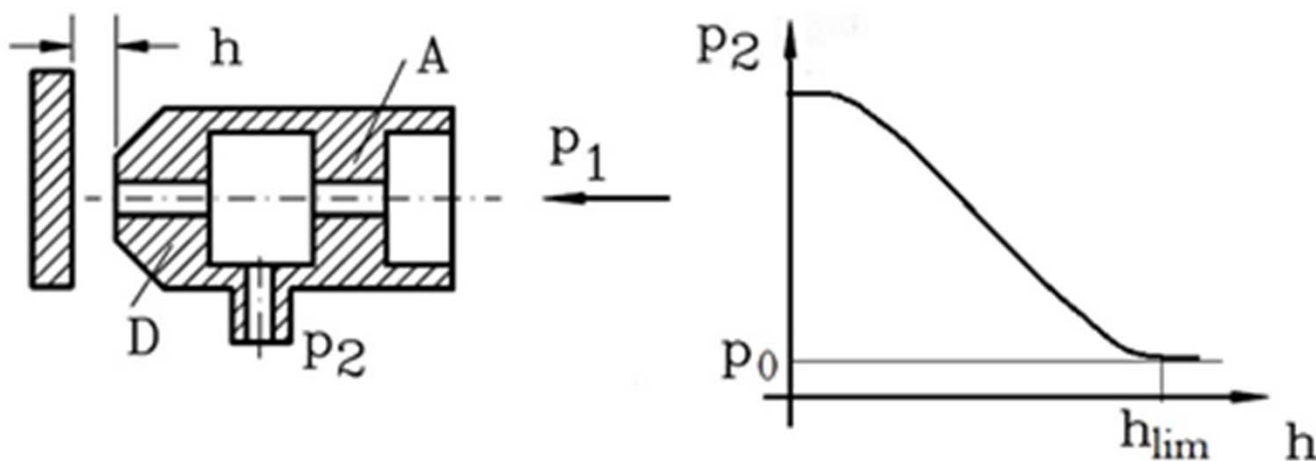


Fig. 5.2 Senzor de proximitate capacitiv - Baumer senzor [El]

5.2.3 Senzori de proximitate pneumatici

- Funcționarea senzorilor de proximitate pneumatici se bazează pe modificarea valorii unui parametru de stare al fluidului când un obiect, a cărui prezență trebuie detectată, intră în contact cu fluidul respectiv.
- Senzorul este format principal din două rezistențe pneumatice, una fixă (ajutajul A) și cealaltă variabilă, (duza D), variație determinată de gradul de apropiere al obiectului de detectat. Ieșirea aerului din senzor se realizează prin orificii calibrate cuprinse între 0,5÷4 mm, în funcție de dimensiunea solicitată a ariei de acțiune.
- Senzorul este alimentat cu o presiune p_1 de o valoare constantă și se monitorizează cu ajutorul unui manometru valoarea p_2 a presiunii de ieșire.

În general lucrează pe distanțe de detectare mici care depind de varianta constructivă aleasă și de presiunea de alimentare, $h_{\text{lim}} = d_e/4$ relație în care d_e este diametrul orificiului calibrat de evacuare al aerului.



a) Schema constructivă

b) Diagrama de funcționare

Fig. 5.4 Senzor de proximitate pneumatic
(prelucrare după [Do])

5.2.3.1 *Senzori de proximitate cu jet de fluid*

- Pentru detectarea obiectelor aflate la o distanță mai mare, de până la 25 mm, din categoria senzorilor pneumatici se pot folosi senzorii cu jet de fluid.
- Jetul de aer comprimat este suflat la presiune p_1 prin porțiunea dreaptă a unui dispozitiv în formă de T. La orificiul p_2 nu există curgere exterioară de aer, presiunea aici fiind în fapt ușor mai mică decât presiunea atmosferică p_a , datorită depresiei create de jetul de fluid. Presiunea la ieșire p_e este aproximativ egală cu presiunea de alimentare.
- În situația în care un obiect exterior blochează evacuarea liberă a jetului, apare o așa numită curgere înapoi (“back pressure”) și o parte din aer se va evacua la valoarea $p_2 > p_a$. Cu cât obiectul este mai aproape și blochează mai mult evacuarea p_e a aerului cu atât mai mare este valoarea presiunii p_2 .

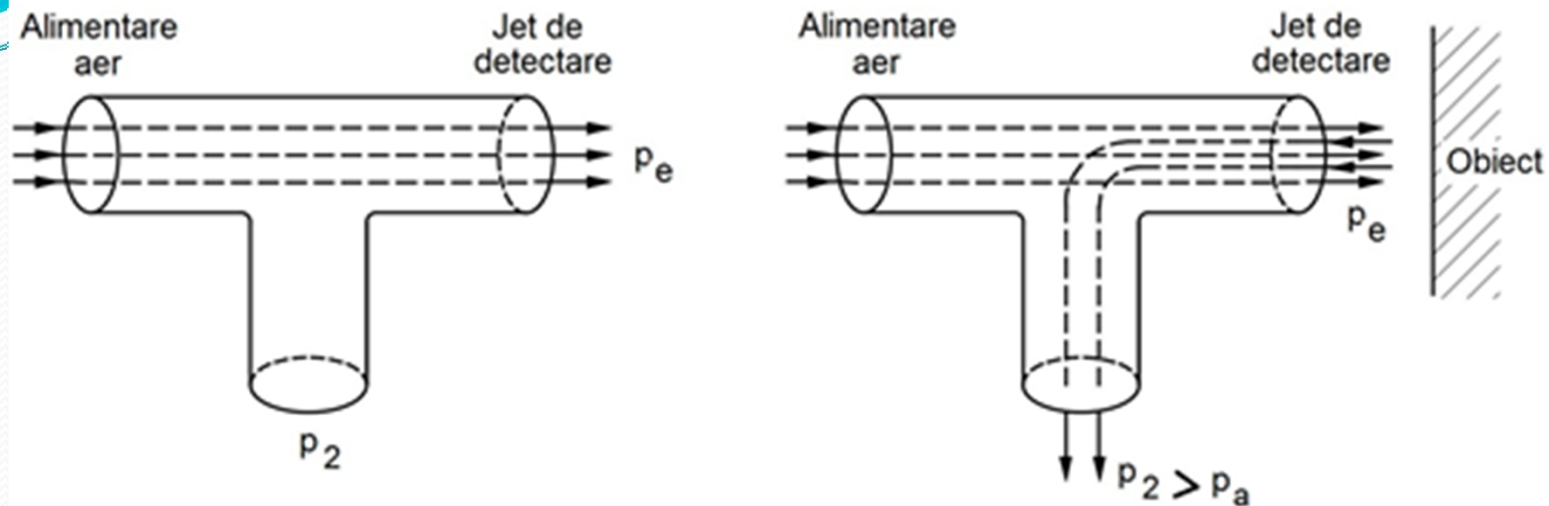


Fig. 5.5 Principiul de funcționare al senzorului cu jet [In]

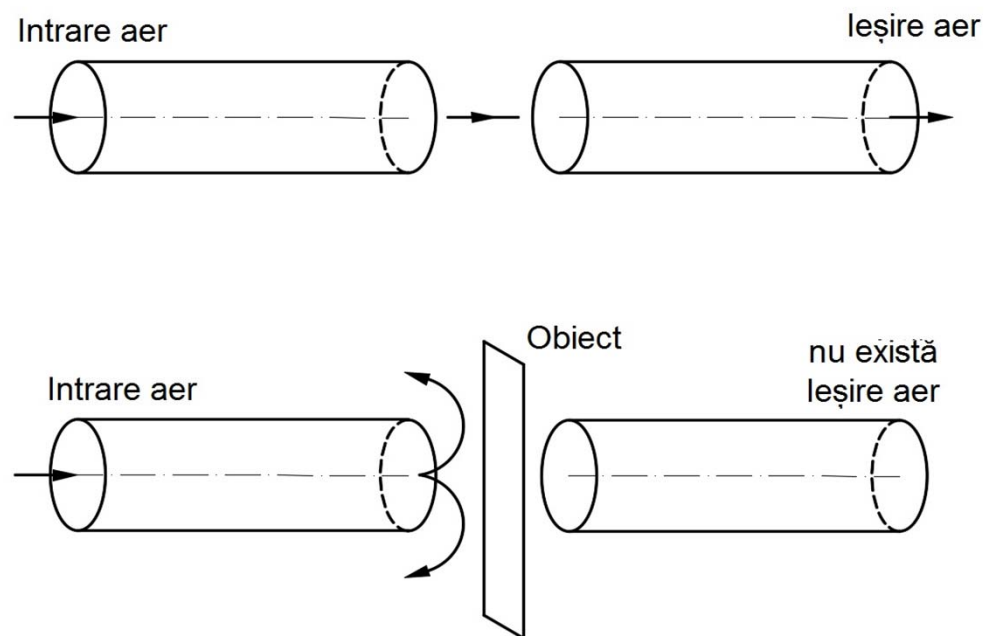


Fig. 5.6 Senzori de interceptare

- Există și variante mai simple de senzori care se bazează direct pe principiul emițător receptor: un jet de fluid este emis de către dispozitivul emițător și este preluat integral de un receptor (Fig.5.6.). În momentul în care un obiect se interpune între emițător și receptor, blochează parțial sau total jetul recepționat și se identifică astfel prezența obiectului de detectat.
- Acești senzori mai sunt cunoscuți sub denumirea de senzori de interceptare
- **5.2.4 Senzori de proximitate magnetici**

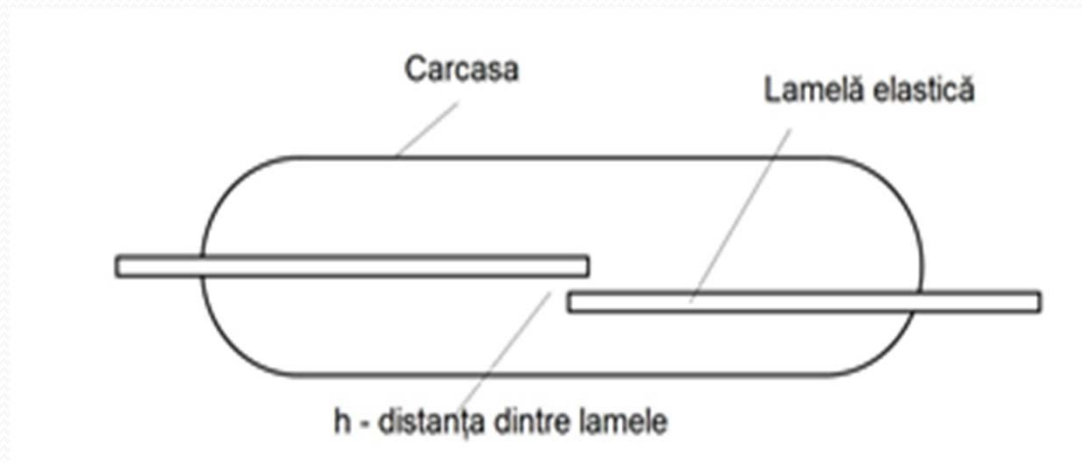


Fig. 5.8 Releu Reed

- Senzorii de tip Reed sunt mult folosiți în aplicațiile pneumatice pentru detectarea poziției pistonului și semnalizarea sfârșitului de cursă impus.
- Releul este constituit din două lamele metalice, din ferită de cele mai multe ori, care sunt închise într-o carasă din sticlă, aliaj de aluminiu, alamă nichelată sau material plastic. În prezența unui câmp magnetic cele două lamele sunt atrase una către cealaltă. În situația în care forța magnetică produsă de câmp este mai puternică decât forța elastică a celor două lamele acestea intră în contact și transmit un semnal electric.



Fig. 5.7 Senzori magnetici de tip Reed

6. AUTOMATE PROGRAMABILE ȘI UTILIZAREA LOR IN SISTEMELE HIDRONICE ȘI PNEUTRONICE

- 6.2 ARHITECTURA CONTROLERELOR LOGICE PROGRAMABILE
- Un automat programabil tipic are structura generală prezentată în figura 6.1 și se compune din mai multe module cu funcțiuni bine stabilite.

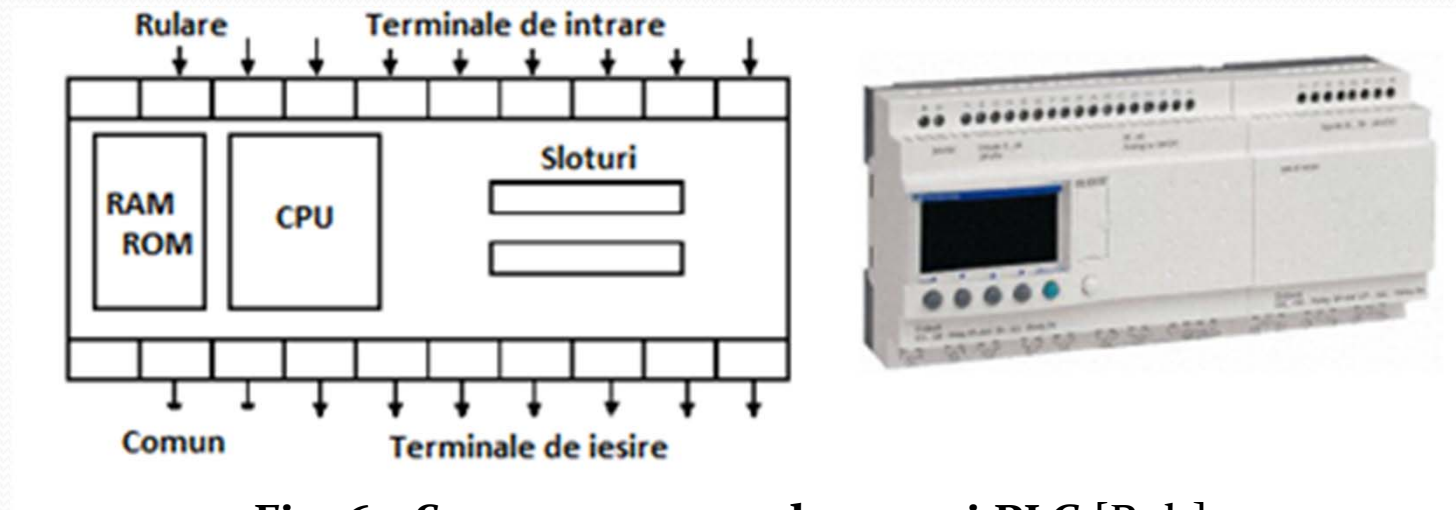


Fig. 6.1 Structura generala a unui PLC [Rob]

- ***Modulul de intrare*** – conține terminale care preiau datele din exterior.
- ***Modulul de ieșire*** – conține terminale care pot fi activate de către microprocesor (CPU - central processing unit) și care pot fi: contactori, declanșatori, relee electromagnetice, electrovalve sau circuite de tip PWM (Pulse Wide Modulation).
- ***Memoria interna*** RAM (Random Access Memory) este o memorie volatilă care conține variabilele de lucru și întregul program de lucru după ce a fost citit și încărcat.
- ***Memoria ROM*** – conține programe permanente cum ar fi cele de diagnostic sau care citesc permanent statusul pinilor de intrare și ieșire. Ea nu se șterge după un reset general.
- ***CPU (central processing unit) sau Microprocesorul central***
- procesează informațiile și calculele conform programului sau variabilelor salvate în memoria RAM sau ROM. Totul e interconectat prin două magistrale centrale – magistrala de date și magistrala de adrese. Contine Unitatea Aritmetico-Logica (UAL sau ALU), care este responsabilă de operațiile matematice.

- **Registrul** – reprezintă o locație temporară de memorie unde datele sunt amplasate pentru a fi manipulate și apoi eliminate.
- **Circuitul oscilator** – sincronizează funcționarea operațiilor din microcontroler. Viteza de execuție a instrucțiunilor nu este impusă de funcționarea lui, ci o instrucțiune poate fi executată în câțiva pași, deci de câteva ori mai lent. Viteza lui a ajuns la nivelul gigahertzilor, asta însemnând câteva mii de milioane de pulsuri pe secundă.

- **6.3 CONSTRUCȚIE ȘI TIPURI**

- Din punct de vedere al flexibilității automatele programabile, PLC-urile, sunt disponibile în structură unitară, monobloc sau în construcție modulară . Varianta de construcție modulară acceptă și ea două forme constructive: închisă și deschisă.

- Automatele programabile compacte au un număr limitat de intrări și ieșiri și sunt destinate automatizărilor simple.



Fig. 6.4 Automat programabil unitar modular (Zelio Logic Schneider)



Fig. 6.5 Automat programabil (Modicom)

- Automatele programabile de tip modular integrează procesorul în unitatea de bază însă alimentarea, interfețele de intrare și de ieșire sunt situate pe unități separate (module) și sunt fixate pe unul sau mai multe rackuri ce conțin magistrala plus conectori.

6.4. PROGRAMARE

- Există 5 limbaje de programare standardizate pe plan mondial conform normei IEC 61131[WiI]:

- Diagram Scara, mai cunoscut ca diagrama Ladder (LD - Ladder Diagram), este un limbaj ce permite o abordare vizuală a procesului și care se aseamănă cu schemele circuitelor electrice cu relee electromagnetice; el operează în principal cu variabile logice;
- Lista de Instrucțiuni (IL - Instruction List) este similar limbajului de asamblare, care este de nivel mai scăzut - low level;
- Textul Structurat (ST - Structured Text) similar limbajelor mai înalte de programare (high level) și se apropie de limbajul de programare Pascal;
- Diagrame cu Funcții Bloc (FBD Function Bloc Diagram) este un limbaj grafic unde funcțiile sunt reprezentate prin dreptunghiuri având intrările în stânga și ieșirile prin dreapta. Blocurile sunt biblioteci sau programabile;
- SFC (Sequential Function Chart) care are ca sursă standardul francez Grafcet și este un limbaj de programare dezvoltat pe principiile rețelei Petri. El este un limbaj grafic compus din etape și tranziții cu ajutorul cărora se pot organiza structuri de programe secvențiale și paralele [Sc]. El este utilizat în mod deosebit de firmele Schneider și Siemens.