

ROBOTI INDUSTRIALI

□ **DEFINITII. PARAMETRI SPECIFICI. STRUCTURA GENERALA**

□ **SISTEME DE ACTIONARE ALE ROBOTILOR INDUSTRIALI**

➤ **Actionare pneumatica**

➤ **Actionare electrica**

➤ **Actionare hidraulica**

SCURT ISTORIC

1938 – prima incercare de realizare a unui robot in conceptie antropomorfa, din partea inginerului american Wenslei (Westinghouse Electric Manufacturing Co.)

1940 – se mentioneaza utilizarea primelor manipuloare sincrone pentru manevrarea substantelor radioactive

1959 – Joseph Engelberger construiește la firma Unimation Inc. primul robot: UNIMATE

1968 – firma Kawasaki Havy Ind. Preia spre fabricatie pe scara larga robotii de tip UNIMATE.

1982 – se pune in exploatare primul robot industrial romanesc , REMT – 1, la Electromotor Timisoara.

ROBOT INDUSTRIAL: un sistem integrat mecano-electrono-informational, utilizat in procesul de productie in scopul realizarii unor functii de manipulare analoge cu cele realizate de mana omului, conferind obiectului manipulat orice miscare programata liber, in cadrul unui proces tehnologic ce se desfasoara intr-un mediu specific.

Robot industrial

Executa miscari dupa un program flexibil, modificabil, in functie de sarcinile de productie si de conditiile de mediu

Manipulator

Instalatie automata care executa operatiuni repetitive, miscarile realizandu-se dupa un program fix, rigid



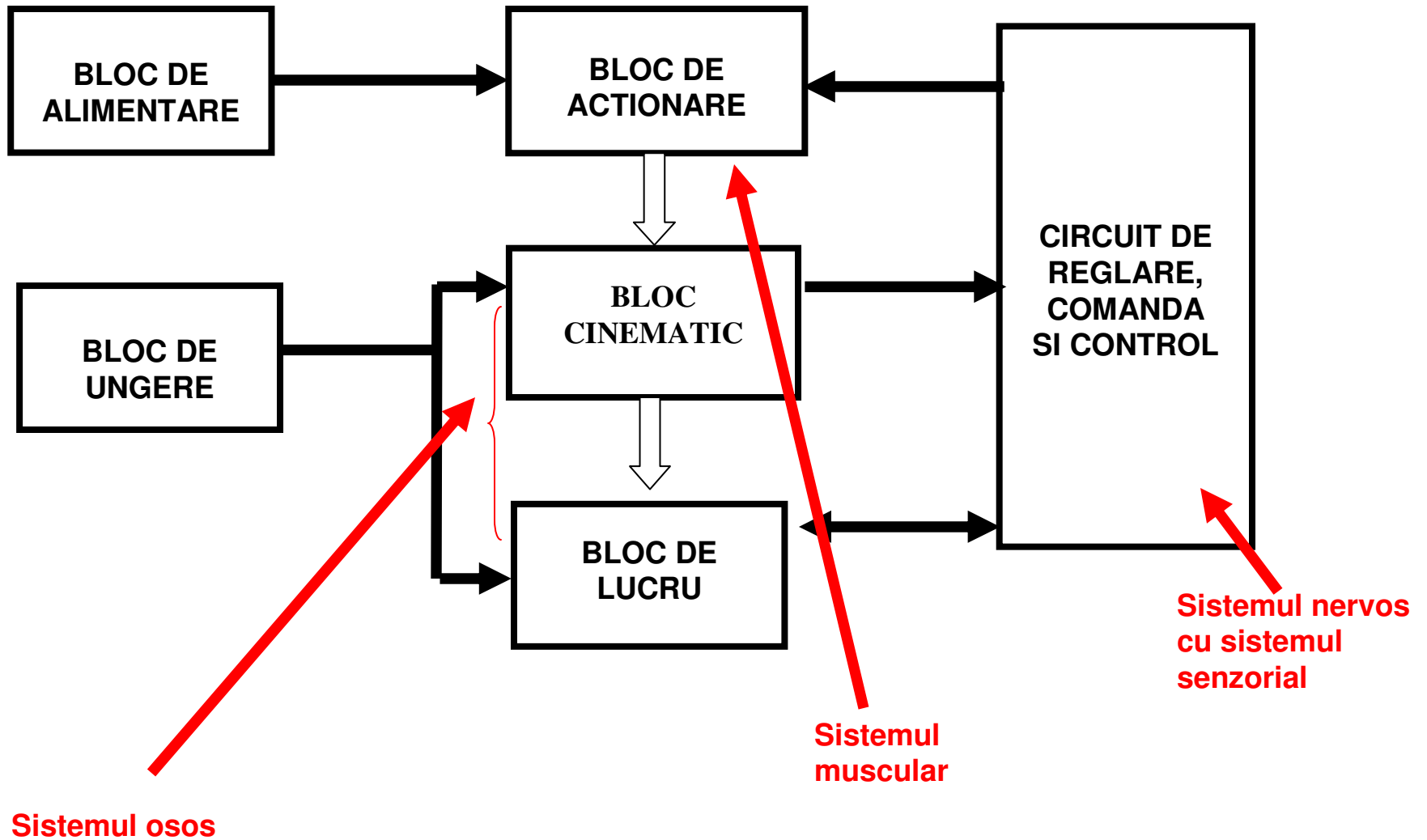
Trebuie sa posede elemente de reglaj, care sa permita reglarea in limite restranse sau mai largi, a unor parametri cinematico-functionali sau de precizie.

□ Flexibilitatea (in programarea robotilor) :

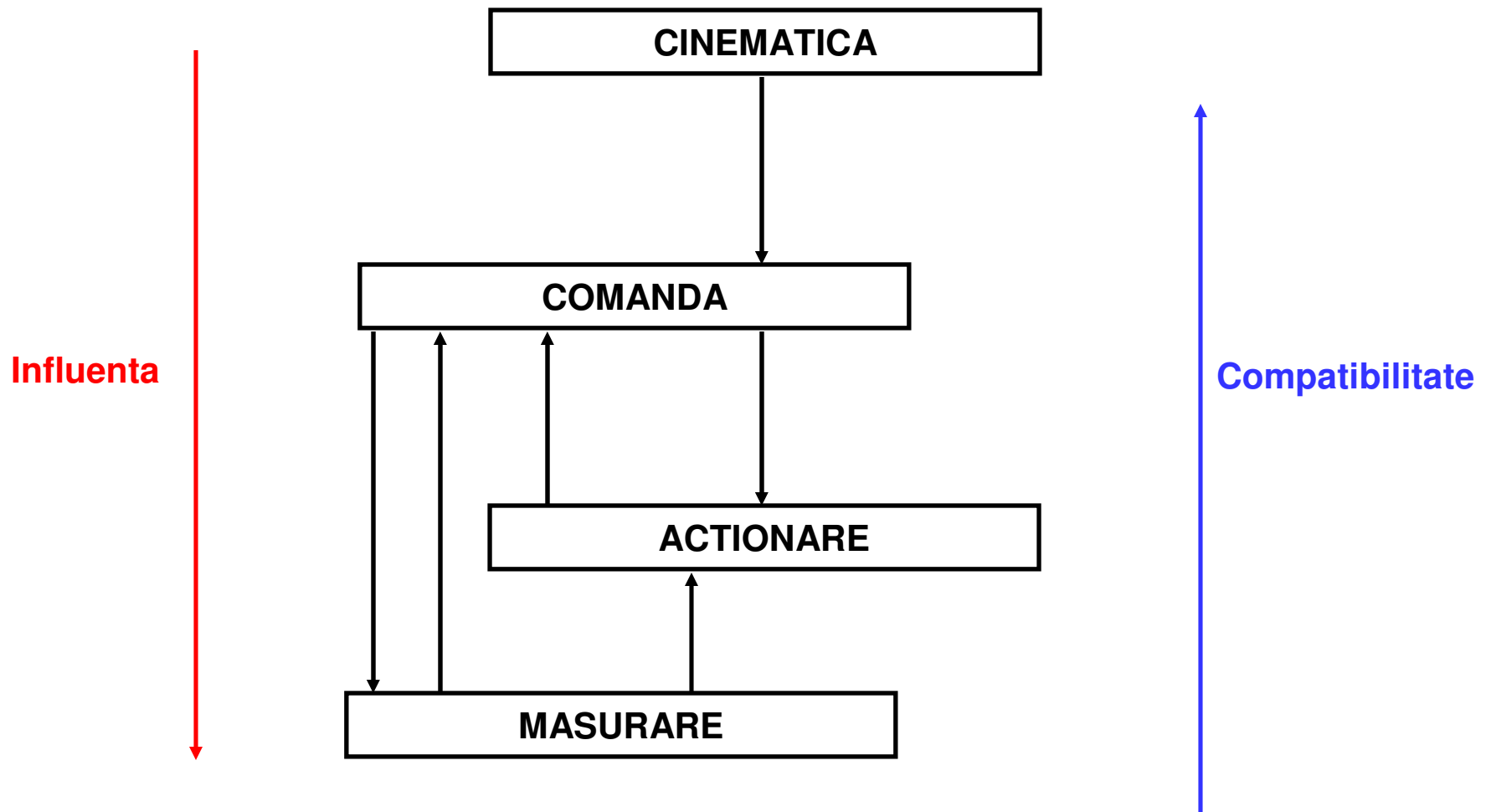
- usurinta cu care pot fi schimbate programele de functionare,**
- limitele intre care se pot comanda valorile parametrilor cinematici,**
- numarul si modul de desfasurare a secventelor de miscare,**
- posibilitatea dozarii miscarilor in vederea generarii unor traiectorii complexe,**
- modul de introducere a programelor.**

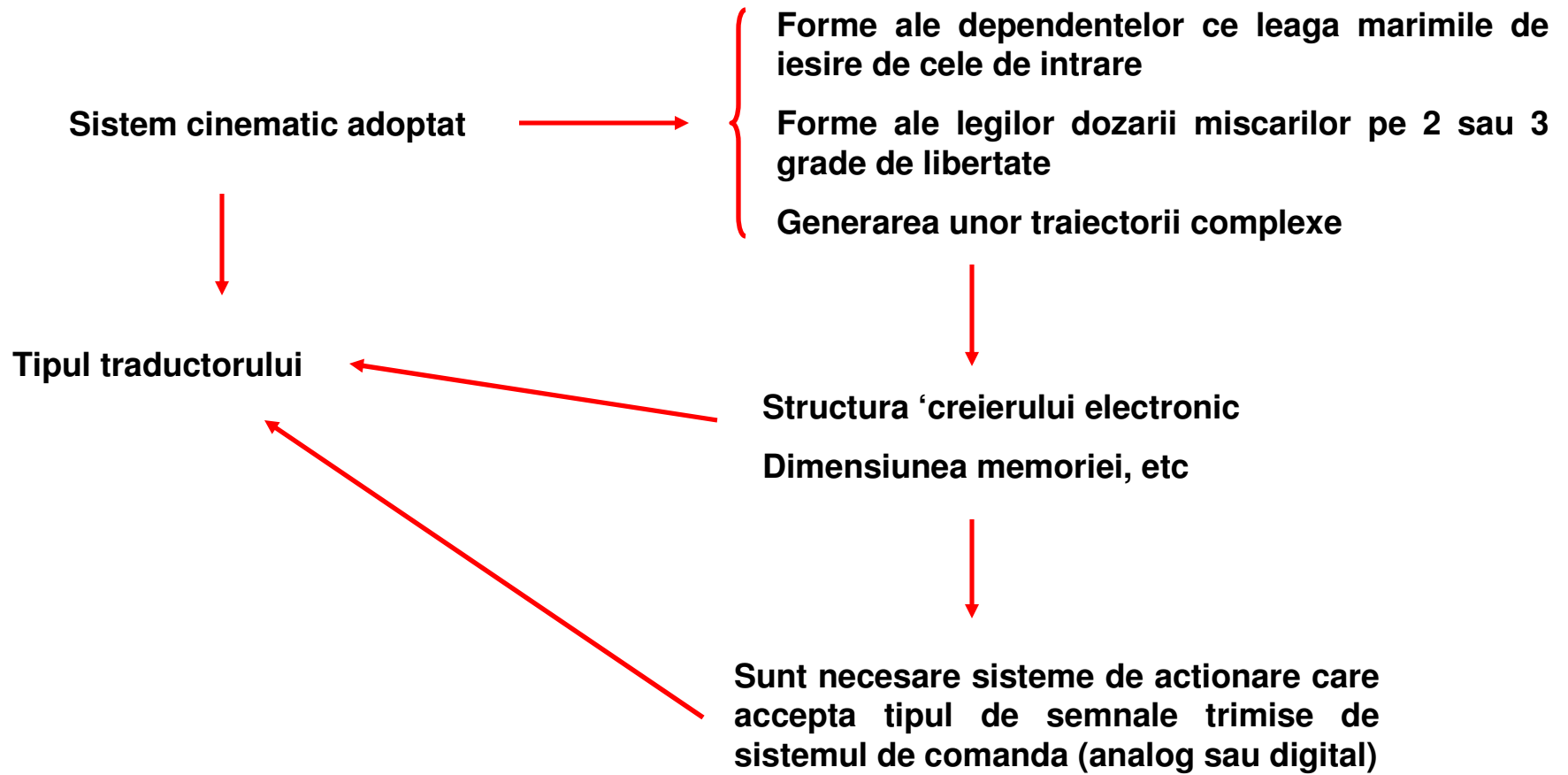
STRUCTURA ROBOTILOR INDUSTRIALI

- Antropomorfism structural -



Ierarhizarea si influenta subsistemelor componente ale unui robot industrial



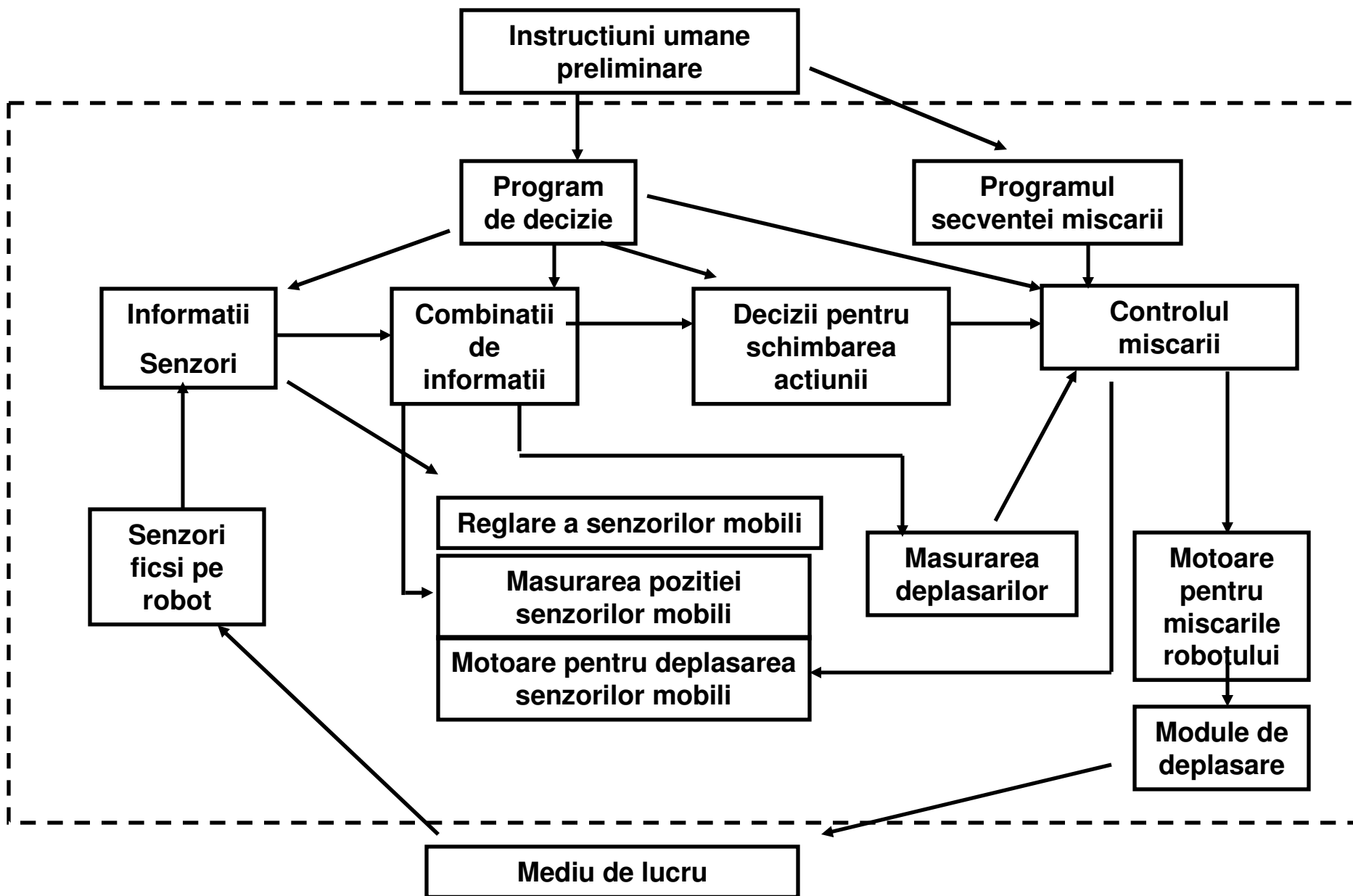


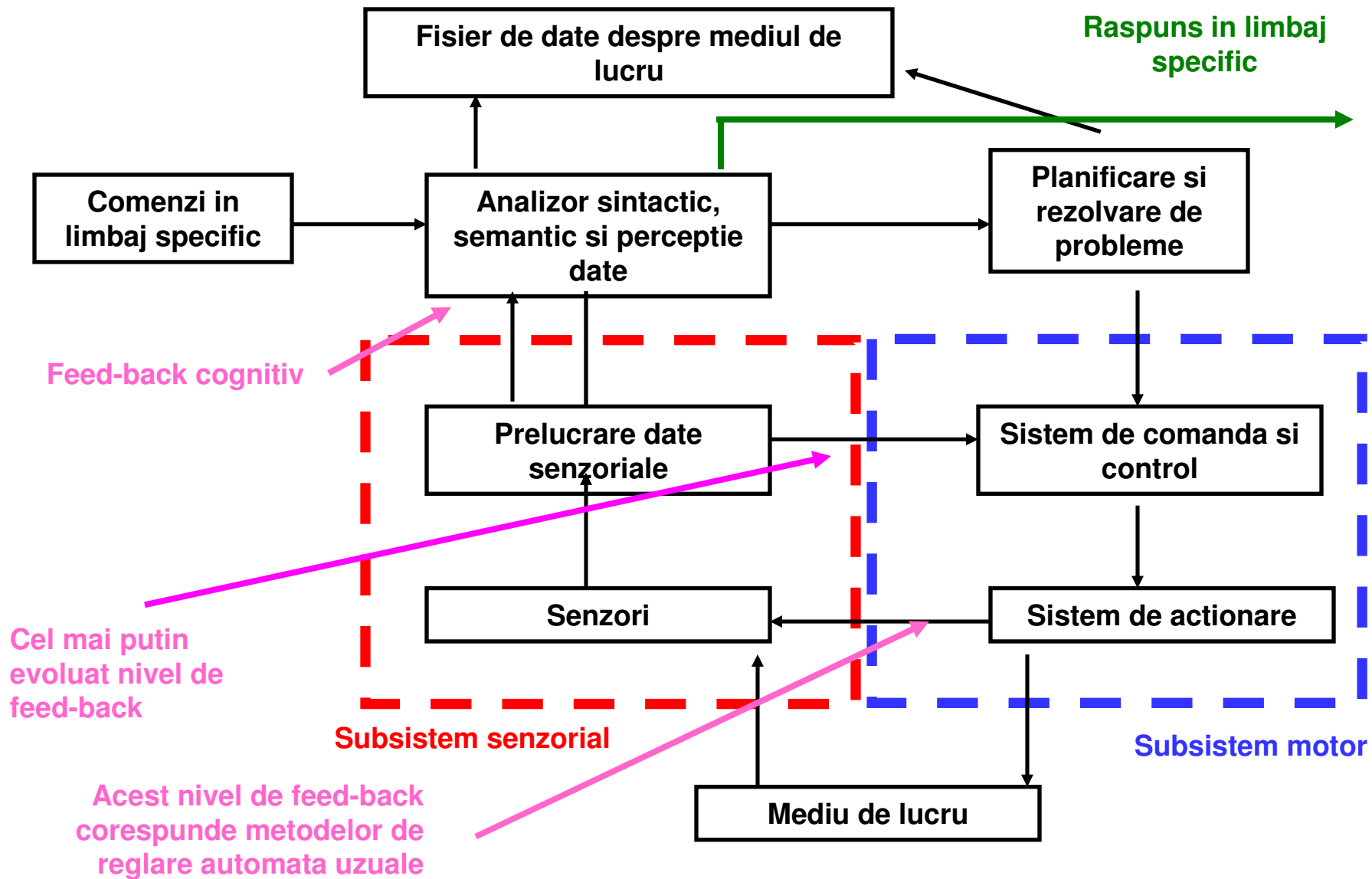
□ “inteligent” (in contextul industrial) : abilitatea unei masini

- de a actiona prin contacte senzoriale intr-un mediu care nu este complet definit,**
- de a se acomoda la schimbari de sarcini,**
- de a face fata unor situatii variabile intamplatoare, fara instructiuni detaliate.**

□ Robotii inteligenti reprezinta cel mai inalt stadiu de dezvoltare, la care senzorii sunt mult mai numerosi si mai complecsi, apar blocuri si subsisteme specifice de miscare si orientare a propriilor senzori, de masurare a deplasarii acestora, de prelucrare a informatiilor.

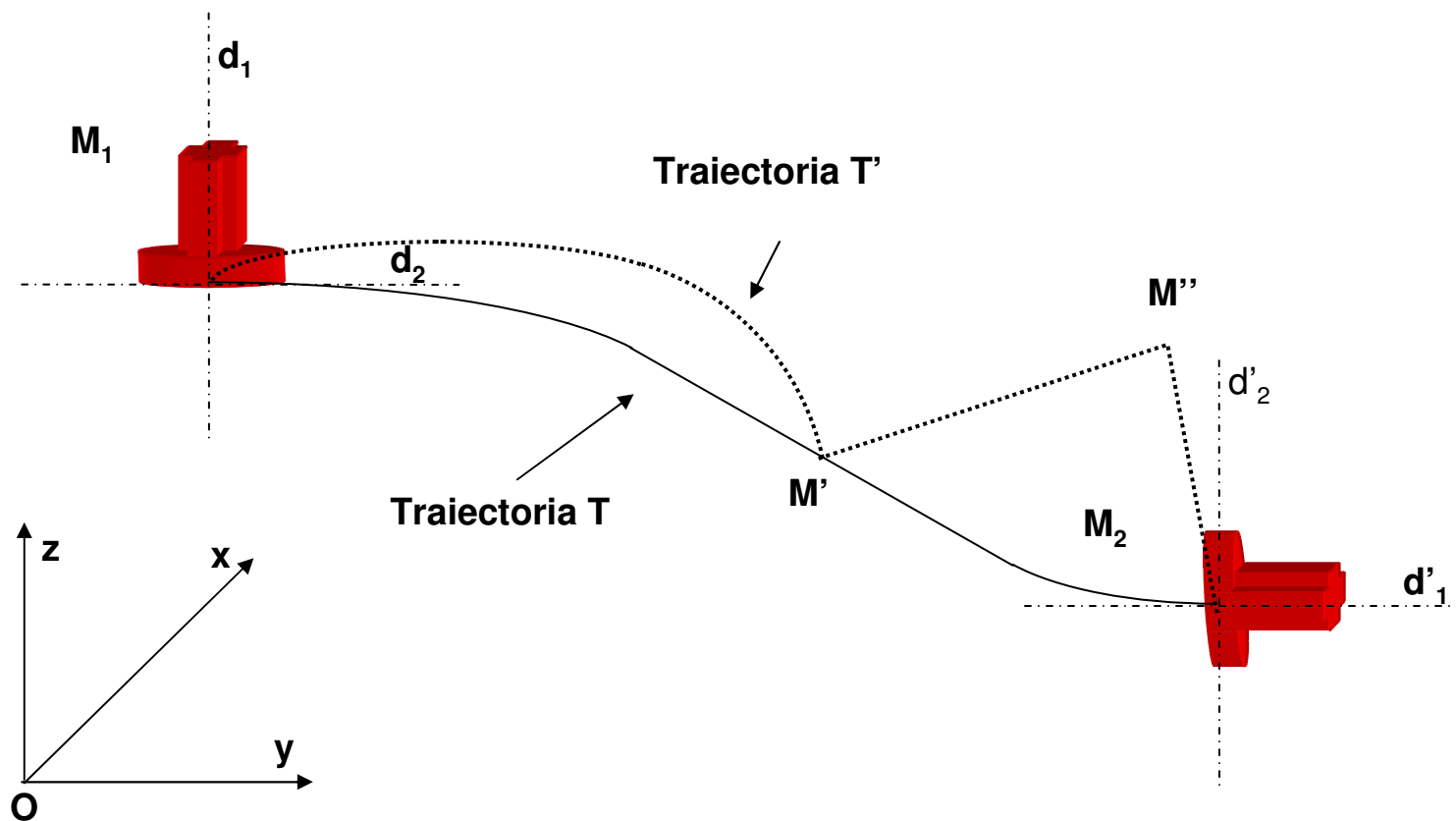
□ Robotii inteligenti reprezinta sisteme formate din alti roboti inteligenti.





□ Subsistemul mecano-cinematic al robotilor industriali

➤ Elemente caracteristice – pornind de la deplasarea unui obiect între două puncte în spațiu



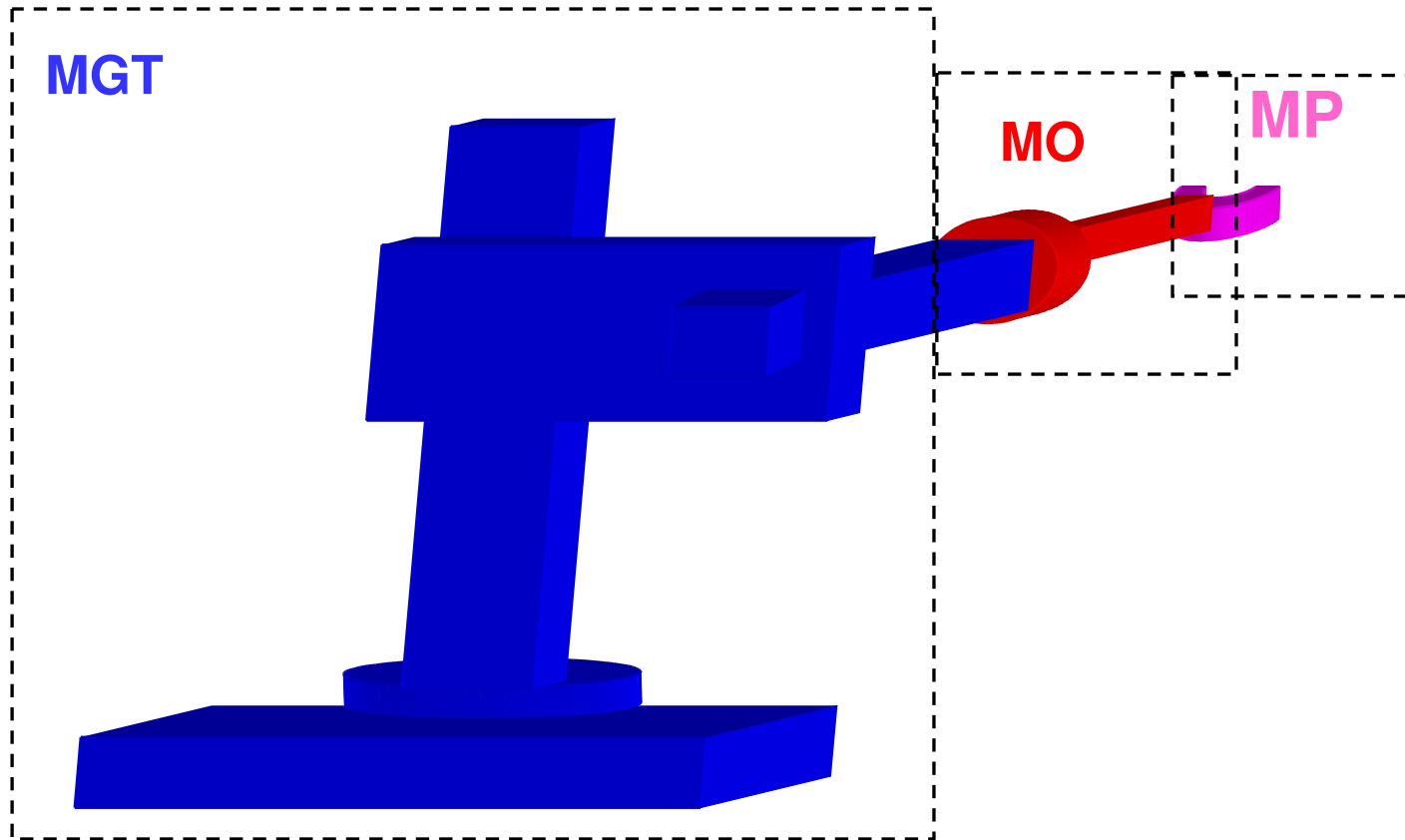
Punct caracteristic – un punct semnificativ asociat corpului

Dreapta caracteristica – axa de rotatie a corpului

Dreapta auxiliara – o axa perpendiculara pe prima ce reprezinta axa de simetrie pe directie transversala

Pentru generarea traiectoriei T sunt necesare si suficiente 3 grade de libertate: rotatie in jurul axei Oz; deplasare verticala in lungul axei Oz si o deplasare radiala in lungul axei x.

➤ **Elemente componente**



➤ **Mecanismul generator al traiectoriei (MGT): mecanismul format din acele cuple cinematice care fac posibila deplasarea punctului caracteristic M pe traiectoria impusa**

❖ **Pentru generarea traiectoriei T sunt necesare si suficiente 3 grade de libertate: rotatie in jurul axei Oz; deplasare verticala in lungul axei Oz si o deplasare radiala in lungul axei x.**

➤ **Mecanismul de orientare (MO): mecanismul format din cuplele cinematice care asigura orientarea spatiala a obiectului**

❖ **Mecanismul care realizeaza rotirea dupa x' , y' si z' (incheietura palma-antebrat a mainii omului)**

➤ **Mecanismul de prindere (MP) care asigura prinderea si fixarea obiectului manipulat**

❖ **Nu au grade de libertate proprii**

➤ **Clasificare din punct de vedere al generarii traiectoriei:**

❖ **Roboti cu pozitionare continua**

- ✓ **Traectoria este generata in mod continuu ceea ce presupune blocuri speciale de corelare a miscarilor pe 2 sau 3 grade de libertate, numite interpolatoare de miscare.**
- ✓ **Sistemul de actionare si sistemul de comanda trebuie sa fie apte pentru acest mod de functionare**
- ✓ **Trebuie sa exista in permanenta corespondenta biunivoca bine definita intre comanda-deplasare**
- ✓ **Sistemul de comanda trebuie sa fie apt sa gestioneze miscarile pe fiecare grad de libertate in parte si sa coreleze miscarile intre ele, in sensul generarii traiectoriei descrisa matematic**

❖ **Roboti cu pozitionare secventiala**

➤ Parametri mecano-geometrici

❖ **Dispozitiv de ghidare**: ansamblul tuturor cuplelor cinematice care concura la realizarea traiectoriilor si a orientarii spatiale ale obiectelor manipulate in cadrul limitelor impuse(MGT+MO)

❖ **Efectorul final**: mecanismul de prindere (in cazul robotilor de manipulare) sau dispozitivul (in cazul unor operatii specifice)

❖ **Capacitatea portanta**: marimea maxima a masei ce poate fi manipulata, in conditii de siguranta totala, pentru **pozitia cea mai defavorabila mainii robotului** si pentru **valoarea cea mai mare a acceleratiei** ce poate sa o dezvolte, in deplasare verticala ascendenta.

✓ **Pozitie defavorabila**: acea pozitie a mecanismului de prindere, in care obiectul manipulat este mentinut si deplasat numai sub efectul fortelor de frecare, generate prin actiunea de strangere intre obiect si 'degetele' mecanismului.

✓ **Capacitati portante normalizate**: 0.250; 1; 2.5; 6.4; 10; 25; 64; 100...etc

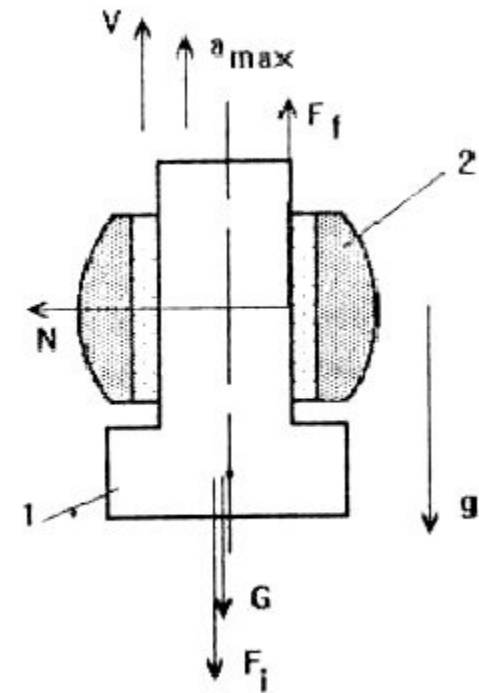
✓ **Clasificarea robotilor dupa valoarea capacitatii portante:**

- **Microroboti (zeci de grame)**
- **Miniroboti (sute de grame)**
- **Roboti mijlocii (de ordinul kg)**
- **Roboti grei ((de ordinul sutelor de kg)**

Definirea capacitatii portante

1 – obiectul manipulat

2 – degetele mainii robotului



❖ **Zona de lucru:** proiectia in plan orizontal a zonei in care activeaza mecanismele functionale mobile ale robotului, aceasta incluzand si suprafata ocupata de sistemul mecanico-cinematic al robotului

✓ Determina dimensionarea pe orizontala a celulelor robotizate

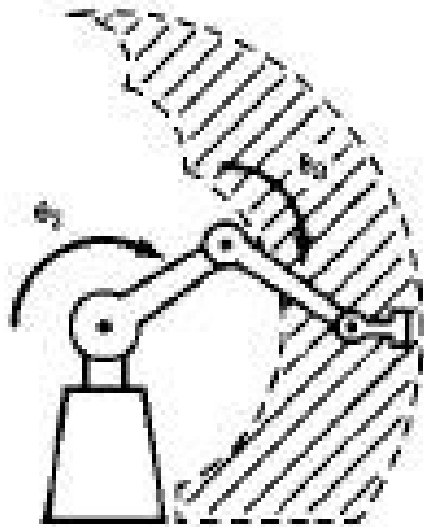
❖ **Raza maxima de actiune:** raza maxima la care ajunge punctul caracteristic al mecanismului de prindere, masurata de la centrul de pivotare al robotului

✓ Pentru robotii cu MGT organizat sa functioneze in coordonate cilindrice sau sferice

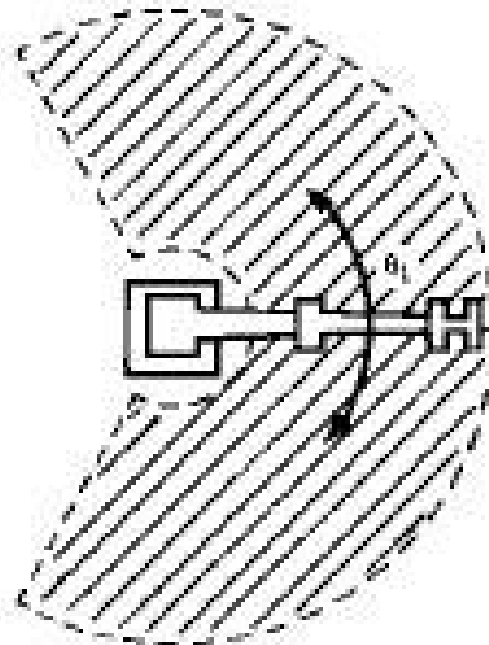
❖ **Raza minima de actiune:** valoarea cea mai mica a razei in care se poate pozitiona punctul caracteristic al mecanismului de prindere, in scopul executarii unei actiuni tehnologice

❖ **Volumul de lucru:**

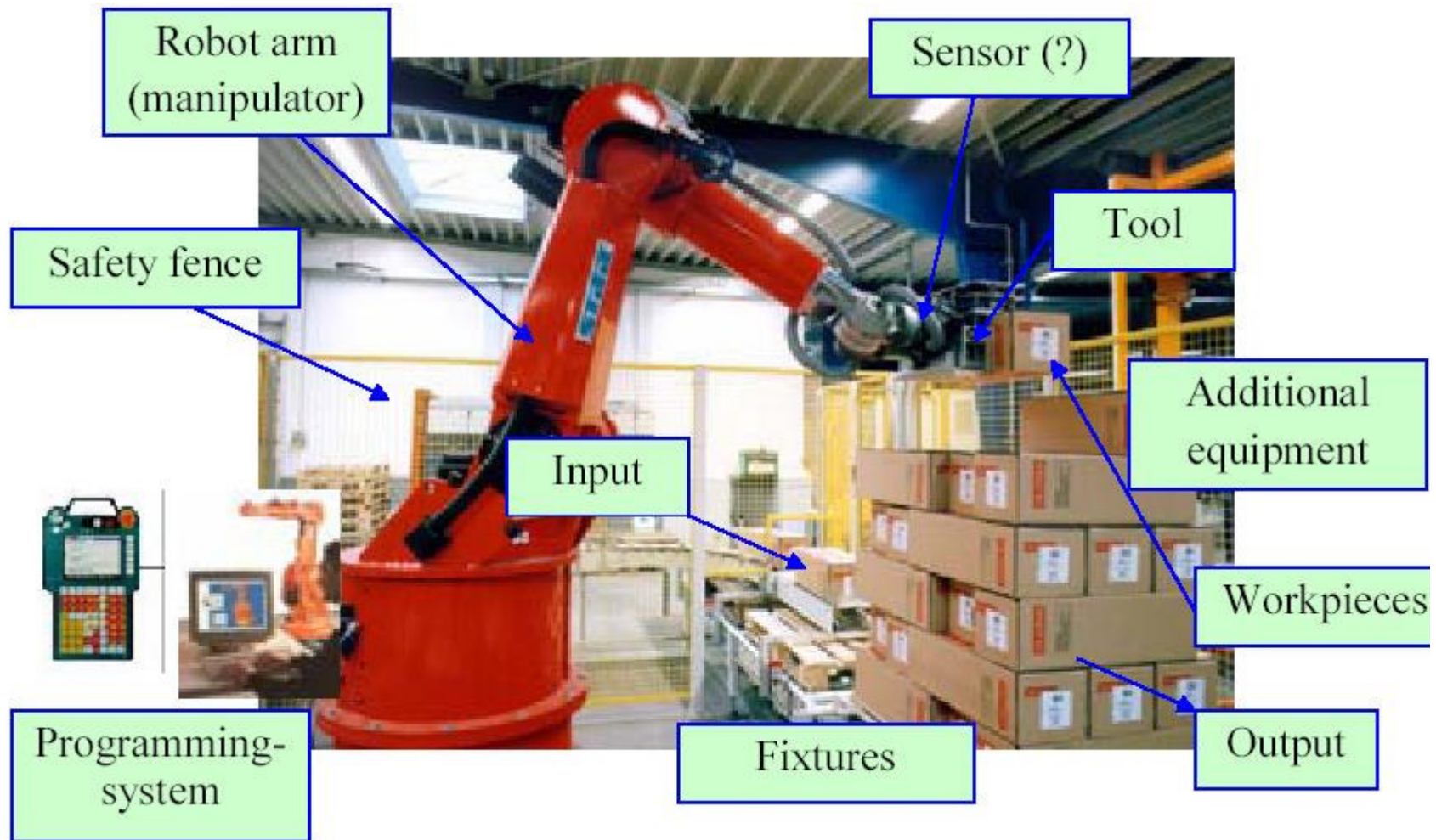
- ✓ Se apreciaza prin forma si dimensiunile robotului
- ✓ Dimensiunile volumului de lucru sunt determinate de valoarea curselor elementelor mobile, precum si de locul dispunerii cuplelor cinematice pe structura robotului
- ✓ Determina dimensionarea pe orizontala si pe verticala a celulelor flexibile robotizate



Side view



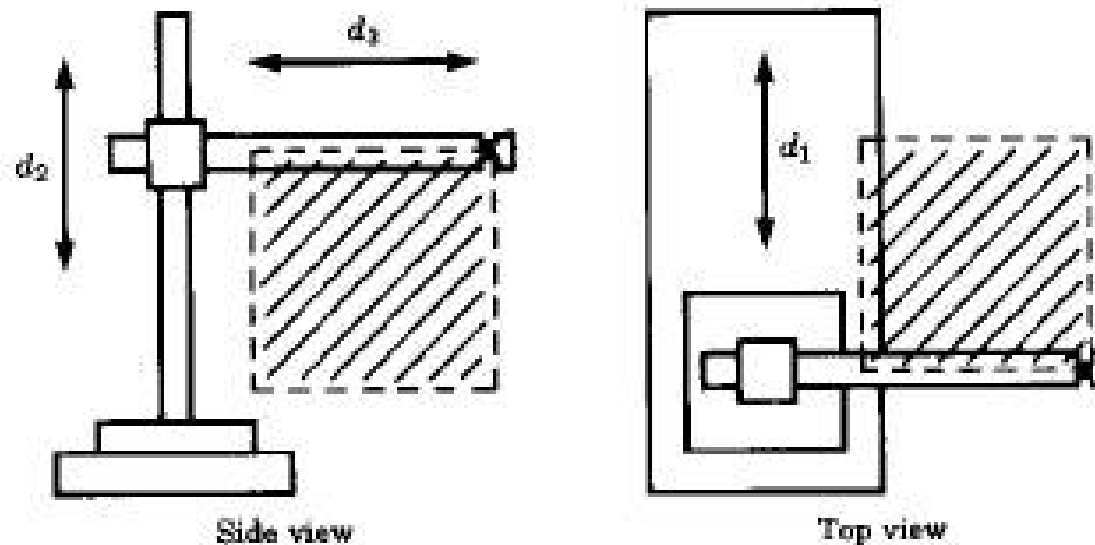
Top view

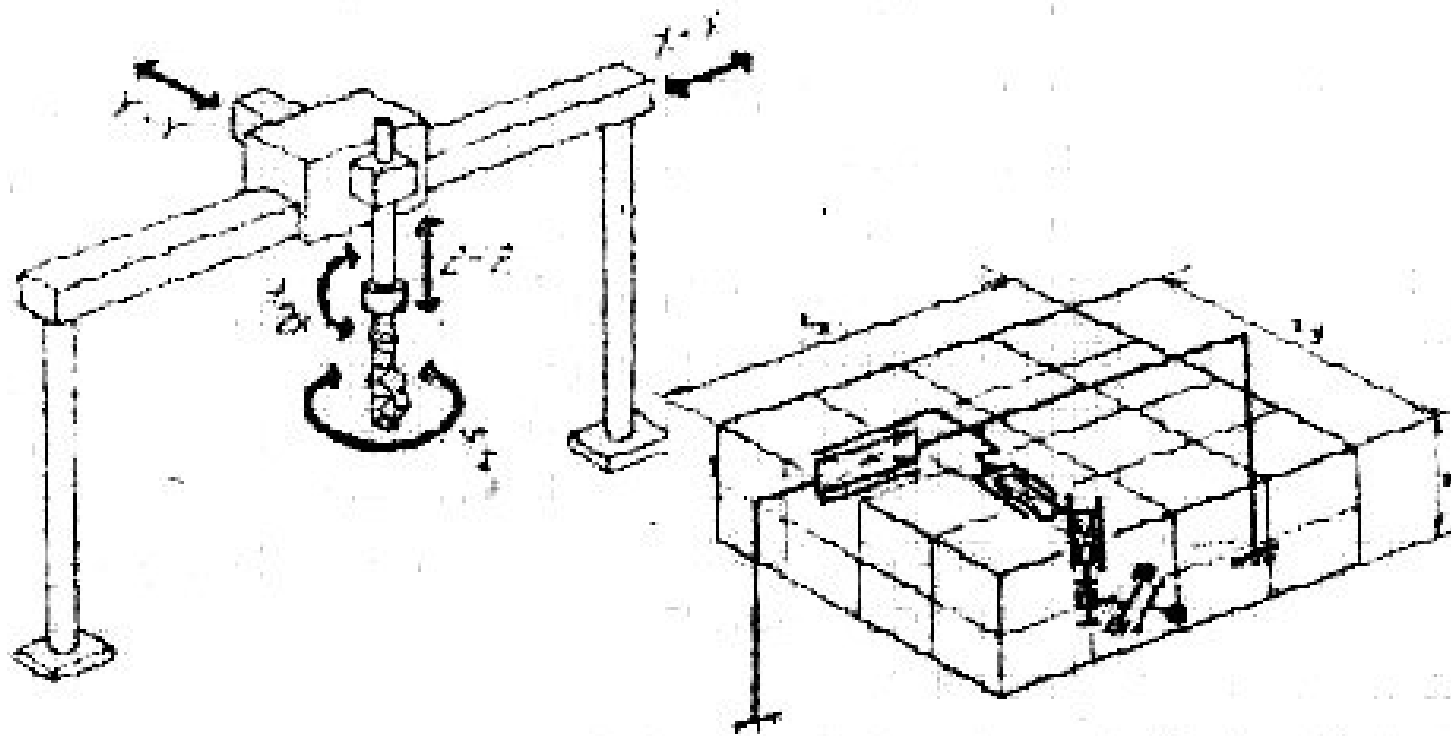


Clasificarea robotilor dupa forma volumului de lucru

□ Roboti in sistem de coordonate carteziene

- Volumul de lucru este paralelipipedic si rezulta din modul de deplasare a cuplelor cinematice ale MGT in lungul celor trei axe x , y si z ale unui sistem cartezian de coordonate.
- Cele trei cuple cinematice ale MGT sunt cuple prismatice de tipul translatie T.





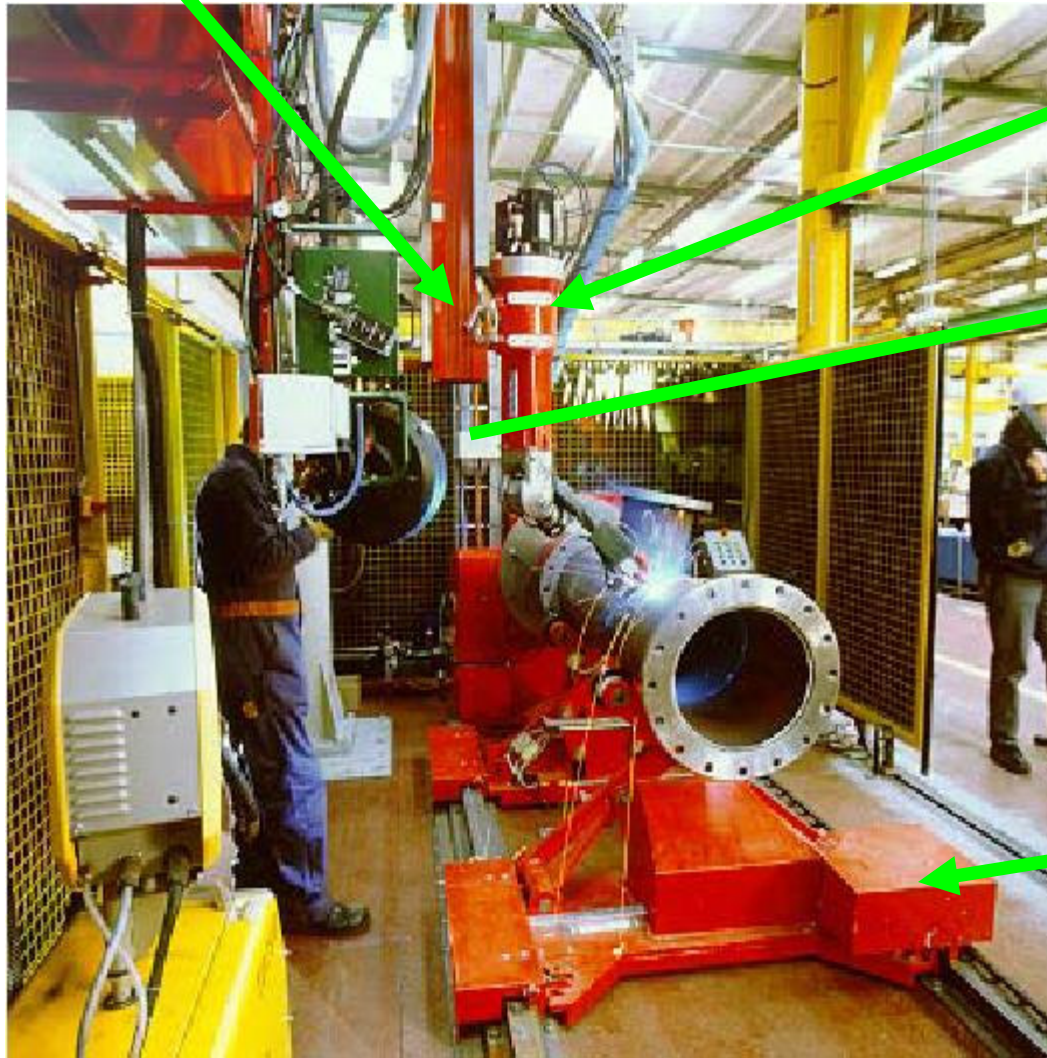
❑ Avantaje:

- ❖ Volum de lucru foarte mare, in comparatie cu volumul propriu al robotului daca cuplele cinemate, pe cel putin 2 axe, permit deplasari de valori mari.
- ❖ In cazul robotilor suspendati, accesul mainii robotului la posturile de lucru organizate dedesubt este foarte bun, robotul putand servi mult mai multe asemenea posturi
- ❖ Simplitatea comenzilor de miscare, a algoritmilor de comanda, a celor de interpolare, precum si simplitatea structural-functionala a echipamentului de comanda-programare si celor de interfatare.

❑ Dezavantaje:

- ❖ Accesul mainii robotului la posturile de lucru ale masinilor si instalatiilor este pe verticala, de jos in sus si usor oblic, fapt ce pentru unele procese tehnice este impropriu
- ❖ Structura suspendata gen pod rulant, implica amplasarea locala (suspendata) a unora din echipamentele robotului si dificultati in alimentarea cu energie, conexiuni electrice, etc.

coloana



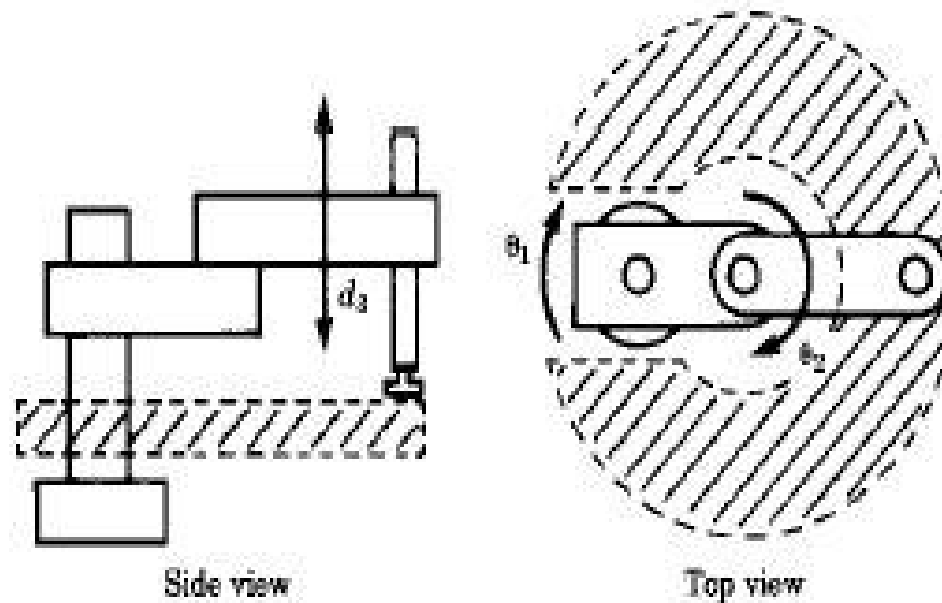
bratul robotului

sania verticalala

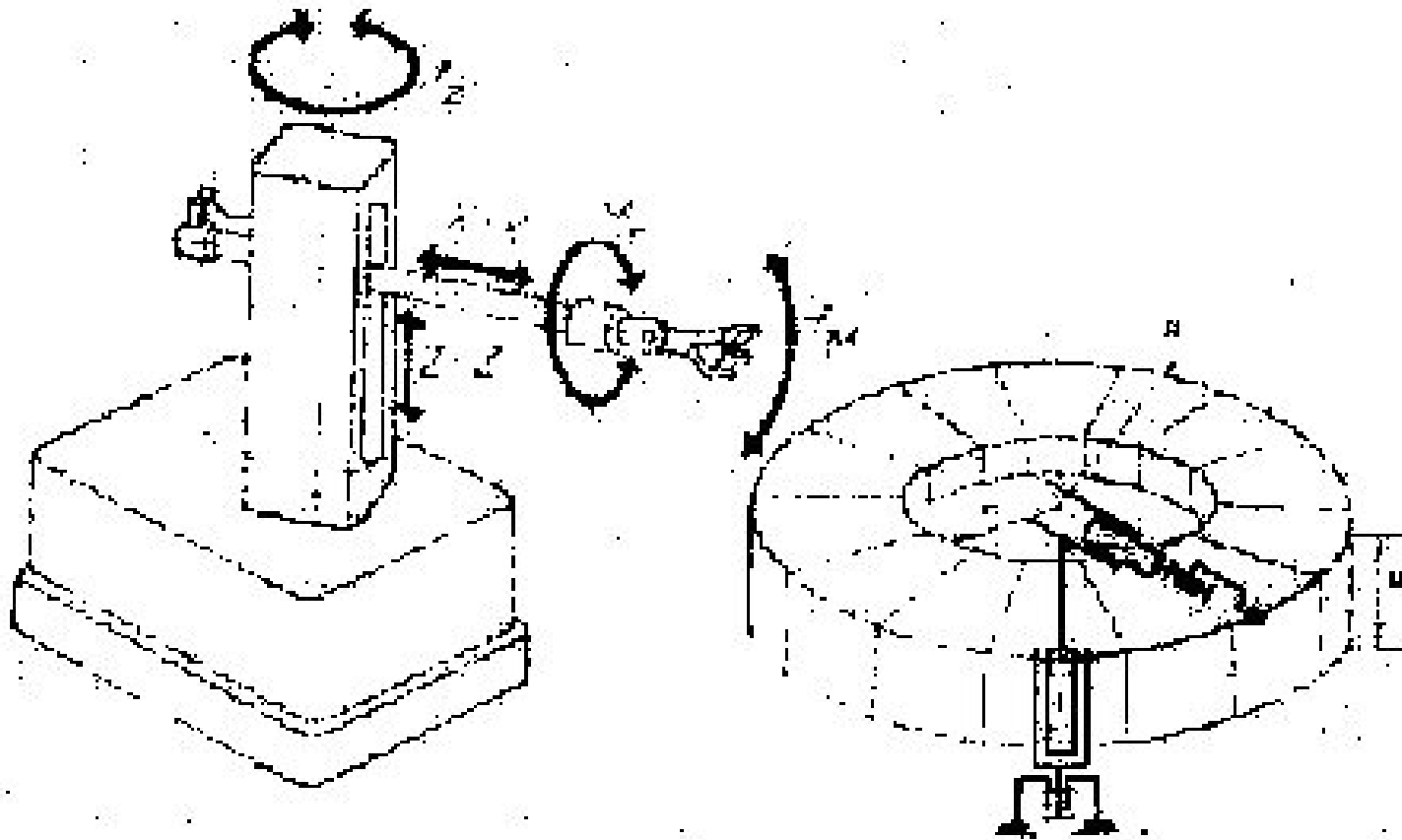
batiu

□ Roboti in sistem de coordonate cilindrice

- Volumul de lucru generat este un tor cilindric sau un sector de tor cilindric



➤ Cele trei cuple cinematice ale MGT sunt 2 cuple de tipul translatie T si una de rotatie R.

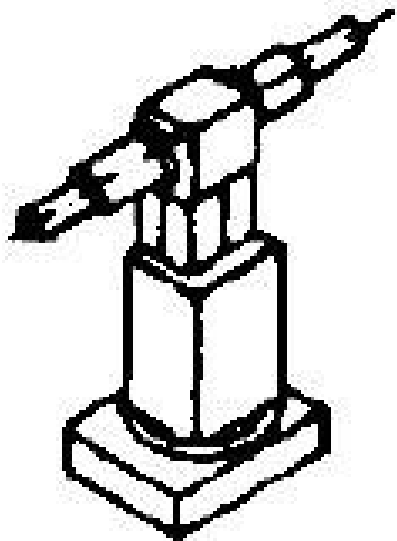


❑ Avantaje:

- ❖ Accesul mai usor al mainii robotului in posturile de lucru ce impun accesul lateral
- ❖ Posturile de lucru se pot desfasura si pe verticala, sens in care se face o utilizare mai economica a suprafetei de productie
- ❖ In acest tip de coordonate se pot obtine structuri mecanice rigide cu precizie buna de pozitionare

❑ Dezavantaje:

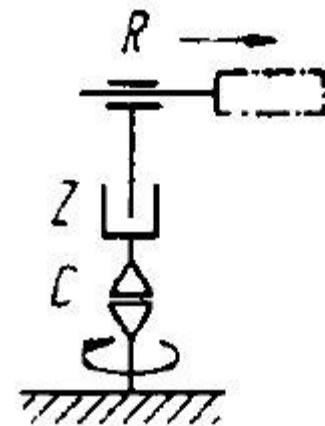
- ❖ Raportul volum de lucru/volum propriu mai mic decat in cazul celor in coordonate carteziane
- ❖ Ocuparea unei zone circulare de raza r , din suprafata de productie
- ❖ Flexibilitatea bratului robotului este mai redusa in operatiunile de manipulare ce solicita pozitionari dificile



Structura unui robot RTT



Volumul de lucru



Cuplele din lantul cinematic

□ **Roboti in sistem de coordonate sferice**

➤ **Punctul caracteristic se poate pozitiona in orice punct al spatiului cuprins intre doua calote sferice**

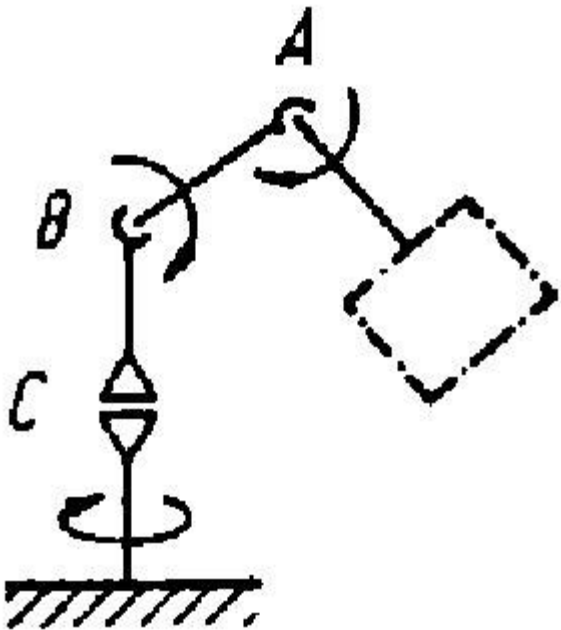
➤ **Cele trei cuple cinematice ale MGT sunt 2 cuple de tipul rotatie R si una de translatie T sau trei de rotatie.**

➤ **Se subdivid in doua clase:**

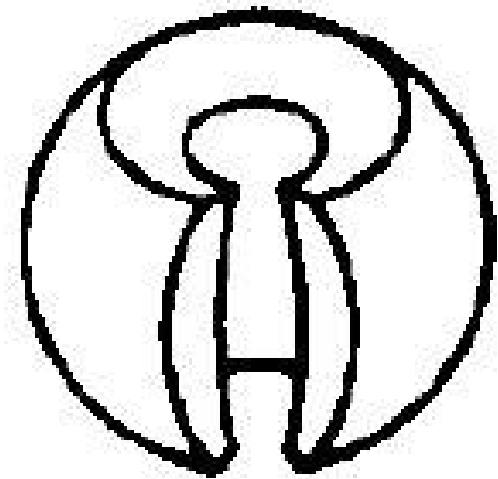
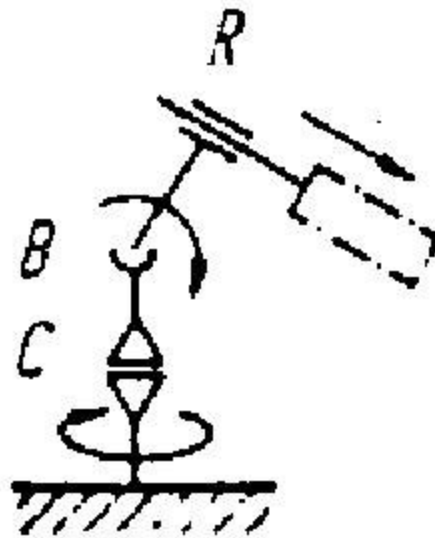
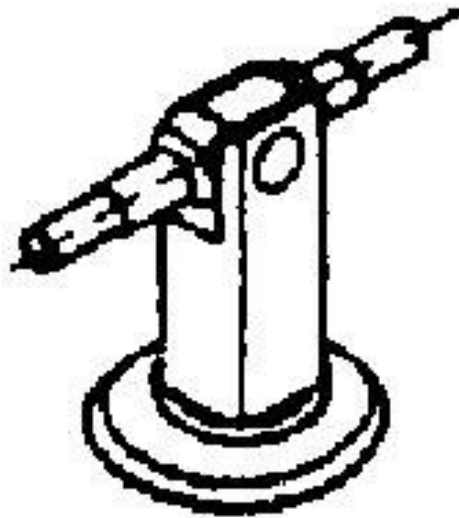
❖ **Roboti cu brat telescopic RRT**

❖ **Roboti articulati RRR**

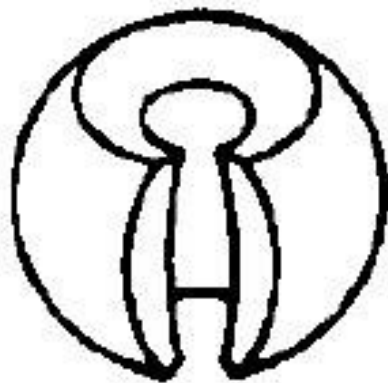
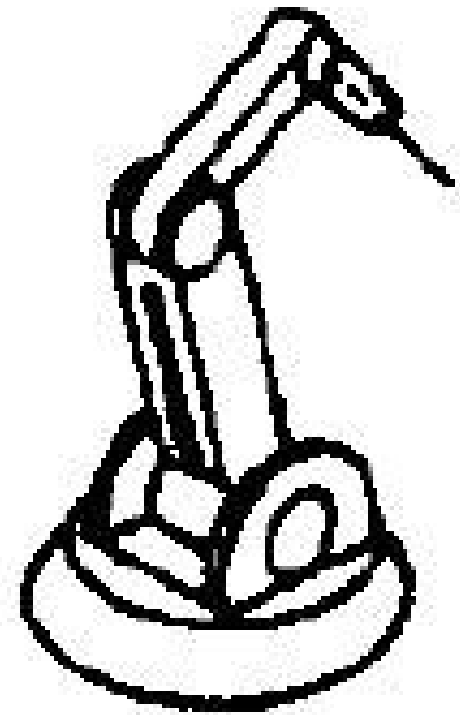
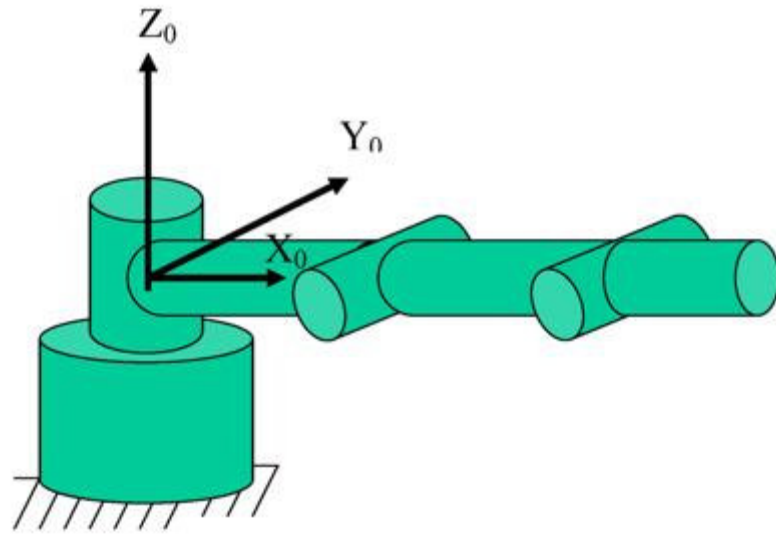
Robot cu brat telescopic RRR

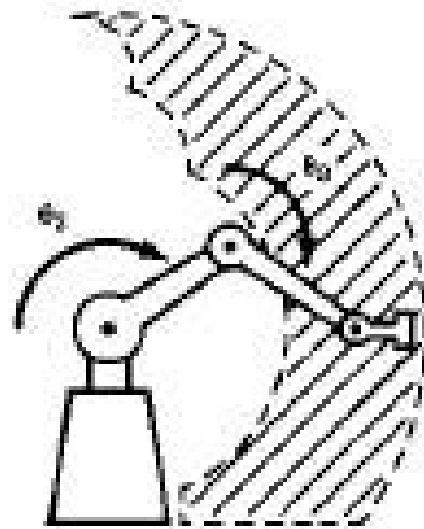


Robot in coordonate sferice RRT-RRR si forma zonei si volumului de lucru

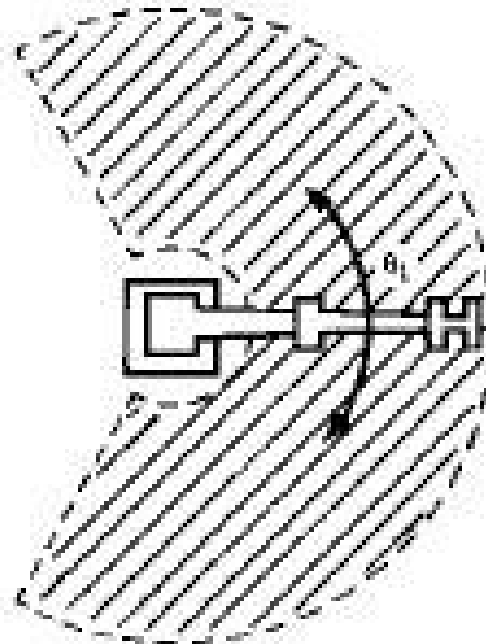


Robot articulat RRR-RRR si forma zonei si volumului de lucru





Side view



Top view

Forma zonei de lucru si a volumului de lucru pentru robotul de tip RRR-RRR

□ **SISTEME DE ACTIONARE ALE ROBOTILOR INDUSTRIALI**

➤ **Actionare pneumatica**

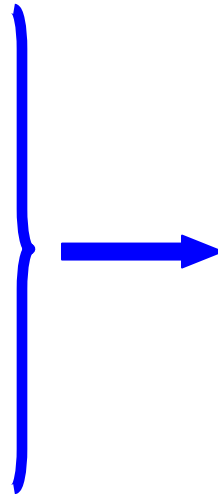
➤ **Actionare electrica**

➤ **Actionare hidraulica**

➤ **Efecte dinamice ce apar in lanturi cinematice si in cuple**

➤ **Acceleratii si viteze mari de miscare**

➤ **Complexitatea traiectoriei de deplasare**



Particularitati si caracteristici specifice ale sistemelor de actionare pentru roboti

□ **Particularitati ale sistemelor de actionare pentru robotii industriali:**

- **Sa dezvolte cuplu sau forta motoare nominala mai mare decat suma celor rezistente, a celor de frecare, de energie**
 - ❖ **Pentru cea mai mare valoare a acceleratiei elementului mobil actionat pe directia de miscare**
 - ❖ **In pozitia pentru care forta respectiv momentul redus in cuplu are valoare maxima**
- **Masa inertiala, respectiv momentul de inertie propriu cat mai reduse**
- **Sa aiba un indice energetic (putere nominala/greutate) cat mai ridicat**
- **Sa prezinte siguranta sporita in executarea comenzilor de deplasare primite**
- **Sa aiba o comportare cat mai liniara intre marimea de iesire si marimea de comanda**

- **Sa asigure stabilitatea sistemului la eventuale perturbatii externe**
- **Sa nu fie generatoare de vibratii si oscilatii neamortizate**
- **Sa prezinte un punct de echilibru termodinamic cat mai scazut si o buna stabilitate termica in timp**
- **Sa blocheze sistemul mecano-cinematic in pozitia curenta in cazul intreruperii accidentale a energiei care le alimenteaza**
- **Sa prezinte o fiabilitate cat mai buna, depanarea sau inlocuirea lor sa fie usoara**

□ ACTIONARI PNEUMATICE

- **Una din cele mai economice si comode mijloace de actionare**

- **S-a utilizat pe scara larga la actionarea mainilor mecanice si a manipuloarelor pentru sarcini relativ reduse**

- **Avantaje:**
 - ❖ **Economicitatea solutiei de actionare**
 - ❖ **Simplitatea schemelor de comanda-reglaj**
 - ❖ **Posibilitatea supraincercarii surselor**
 - ❖ **Motoare fara pericol de avarii**
 - ❖ **Pericol redus de accidente**
 - ❖ **Intretinere usoara si nepoluarea mediului**

➤ **Dezavantaje:**

- ❖ **Compresibilitatea ridicata a aerului din incinta camerelor motoare si a conductelor (un motiv pentru care nu se utilizeaza in actionari de mare precizie)**
- ❖ **Randament scazut al acestui tip de actionare, datorita presiunii scazute**
- ❖ **Aparitia unor socuri mecanice la capetele curselor pistoanelor cilindrilor pneumatici**
- ❖ **Producerea unor zgomote specifice caracteristice la deversarea in atmosfera a aerului de retur si functionarii cu socuri a aparatelor de comanda**
- ❖ **Depunerea condensului de apa in incintele aparatelor de executie si reglare si de aici pericolul de corodare si dereglari de functionare**
- ❖ **Intretinere usoara si nepoluarea mediului**

➤ **Actionare pneumatica secventiala**

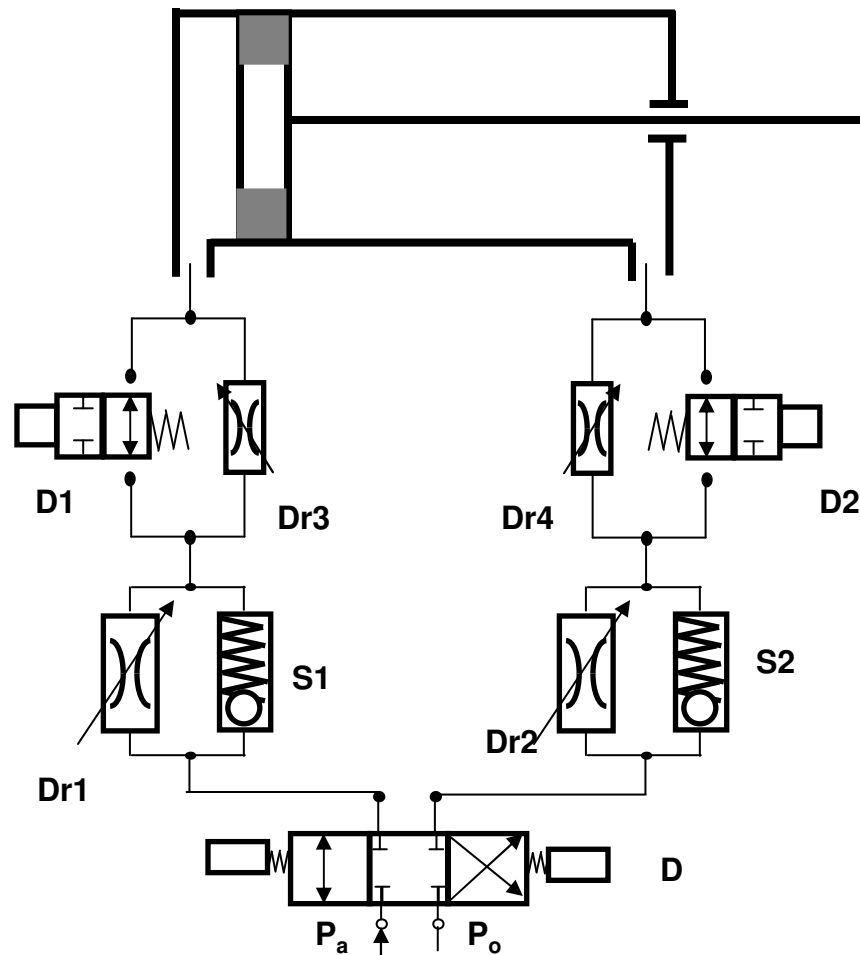
❖ **Surse motoare:**

- ✓ **Cilindrii pneumatici cu simplu sau dublu efect**
- ✓ **Camere pneumatice**
- ✓ **Motoare rotative**

❖ **Elemente de comanda:**

- ✓ **Drozele**
- ✓ **Distribuitoare**
- ✓ **Ventile**
- ✓ **Relee de presiune**
- ✓ **Supape de sens**
- ✓ **Sertare pilot**

Actionare pneumatica cu reglarea vitezelor in doua trepte pe o axa - robot



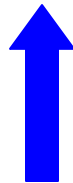
- Dr1-S1 si Dr2 S2 regleaza vitezele rapide stanga-dreapta
- Dr3 si Dr4 regleaza vitezele lente necesare fazelor de demaraj si franare pentru fiecare sens si miscare
- D1 si D2 stabilesc introducerea in circuitul de aer a Dr1 si Dr2, deci pentru trecerea de la viteze rapide la cele lente si invers
- CF, cilindru de franare
- SP sertar pilot
- D distribuitor principal

➤ Actionare pneumatica asistata hidraulic

❖ Este un tip de actionare hibrida

❖ Avantaje:

- ✓ Controlul mult mai eficace al valorii vitezei de deplasare a elementului mobil in conditiile unei stabilitati mai bune a cesteia
- ✓ Precizia de pozitionare mai buna
- ✓ Rigiditate ridicata a sistemului de actionare



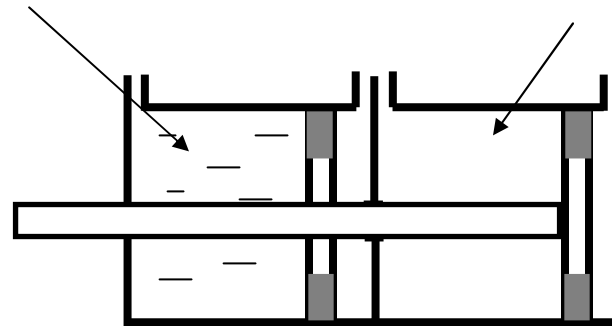
Elementul mobil este fixat pe pozitie prin inchiderea circulatiei agentului hidraulic ce are o rigiditate incomparabil mai buna decat aerul comprimat

❖ **Dezavantaje:**

- ✓ **Randamentul mult mai scazut, datorita pierderilor de putere produse pentru circulatia agentului hidraulic**
- ✓ **Gabaritul mai mare al sistemului**
- ✓ **Complexitatea crescuta prin numarul mai mare de aparate de comanda si reglare**

Cilindru hidraulic– element de control al vitezei

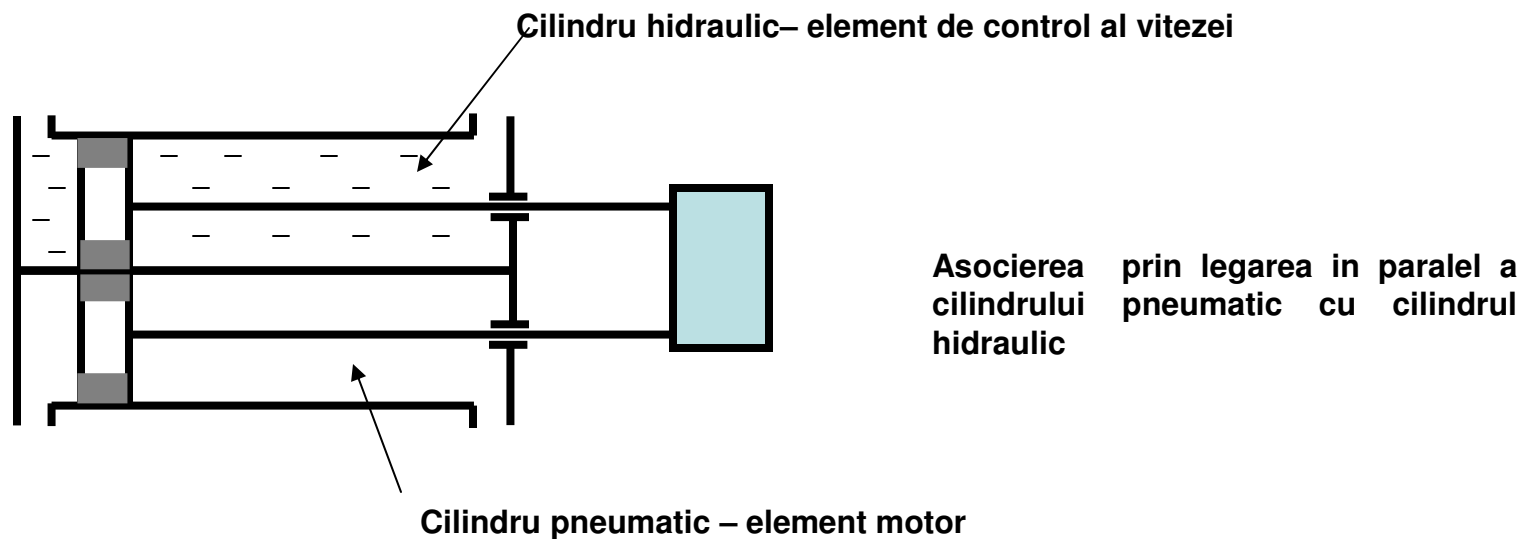
Cilindru pneumatic – element motor



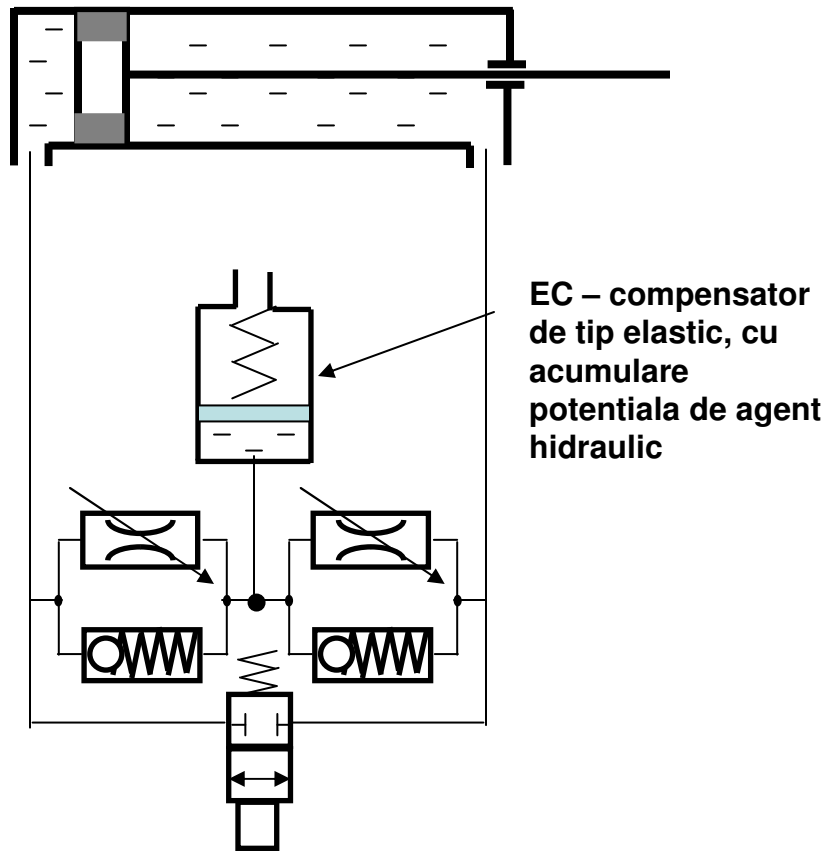
Asocierea prin inseriere a cilindrului pneumatic cu cilindrul hidraulic

❖ **Dezavantaje:**

- ✓ **Complexitatea constructiva**
- ✓ **Inegalitatea fortelor utile disponibile la tije pentru cele doua sensuri de deplasare**



Circuit hidraulic de reglare cu compensator elastic

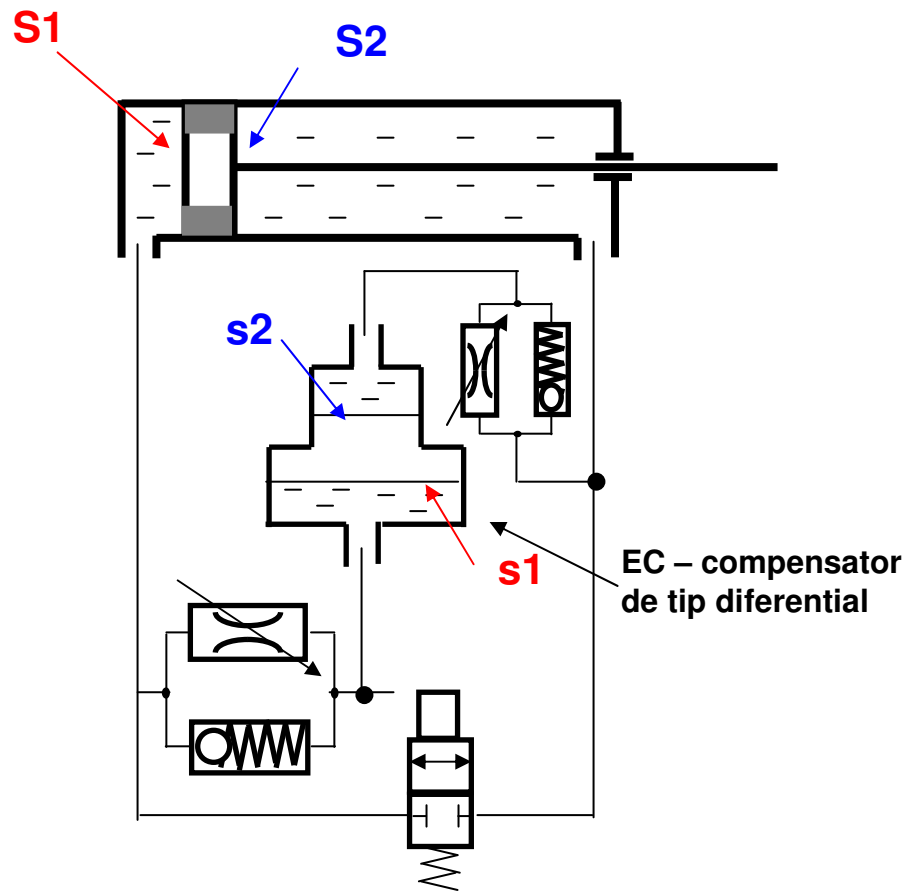


➤ In timpul deplasării la stanga a pistonului hidraulic, volumul de lichid ce iese din cilindru, pentru o deplasare data, este mai mare decât cel solicitat în camera dreapta

➤ Surplusul de ulei este circulat în/din incinta compensatorului.

➤ Compensatorul se dimensionează astfel încât volumul său util să fie mai mare decât volumul maxim al tijei pistonului în poziția total spre stanga.

Circuit hidraulic de reglare cu compensator diferential



$$\frac{S_1}{S_2} = \frac{s_1}{s_2}$$

➤ Distribuitorul are rolul trecerii sistemului de reglaj de pe treapta de viteza rapida (necontrolata) pe viteza de regim (de valoare prereglata), pentru ambele sensuri de deplasare.

➤ Actionare pneumatica de precizie

❖ Limitate de:

- ✓ Compresibilitatea ridicata care conduce la neliniaritati pronuntate de la functia de reglaj a debitului, deci a vitezei
- ✓ Vascozitatea redusa care conduce la pierderi insemnate in etansari si deci la dereglarea pozitiei comandate prin scaparile de aer.

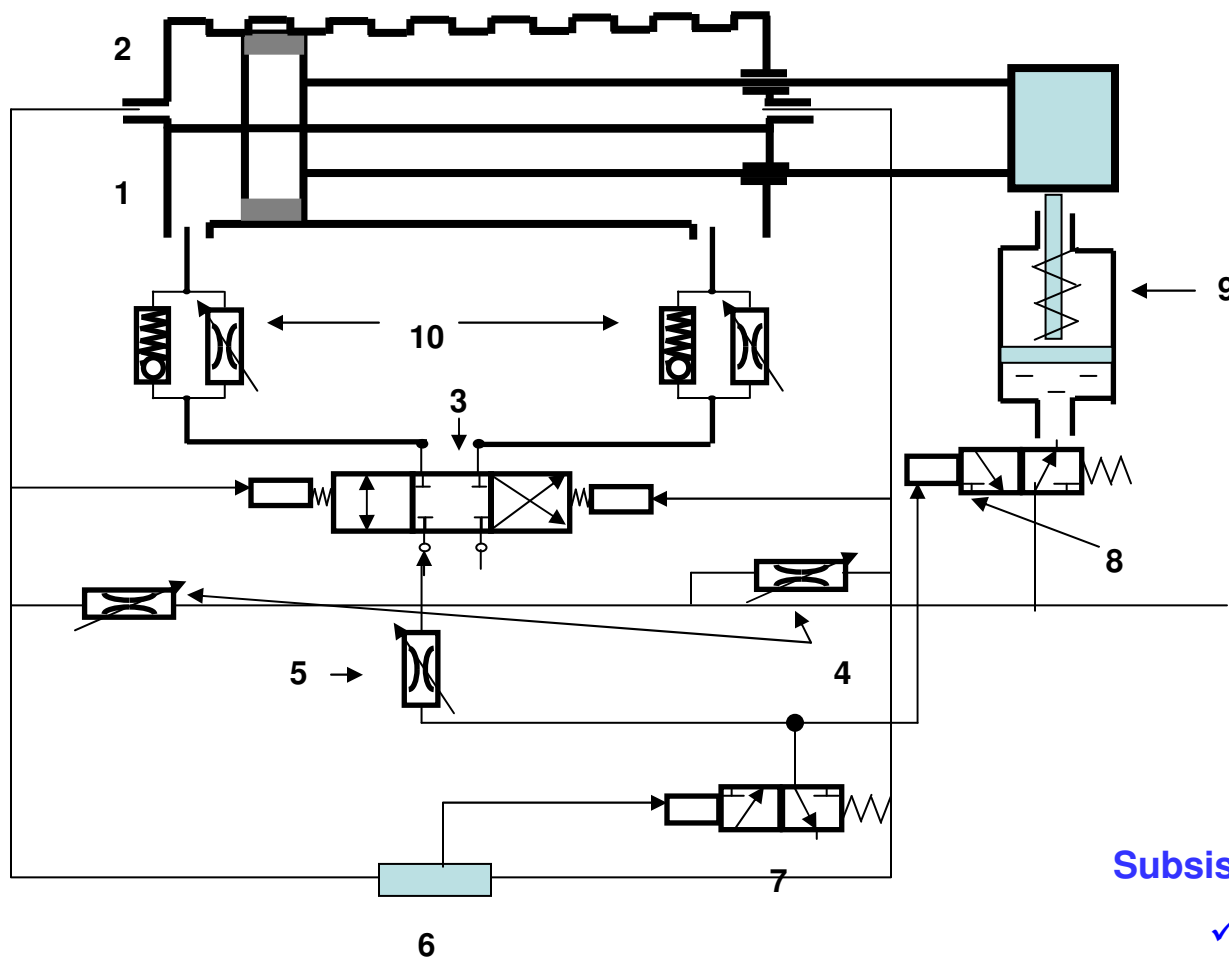
❖ Sisteme componente

Subsistemul de actionare:

- ✓ Cilindrul pneumatic de actionare (1)
- ✓ Distribuitorul principal cu trei pozitii (3)
- ✓ Grupurile drosel-supapa (10), cu rol de reglare a vitezelor de deplasare in ambele sensuri de miscare

Subsistemul de reglare automata:

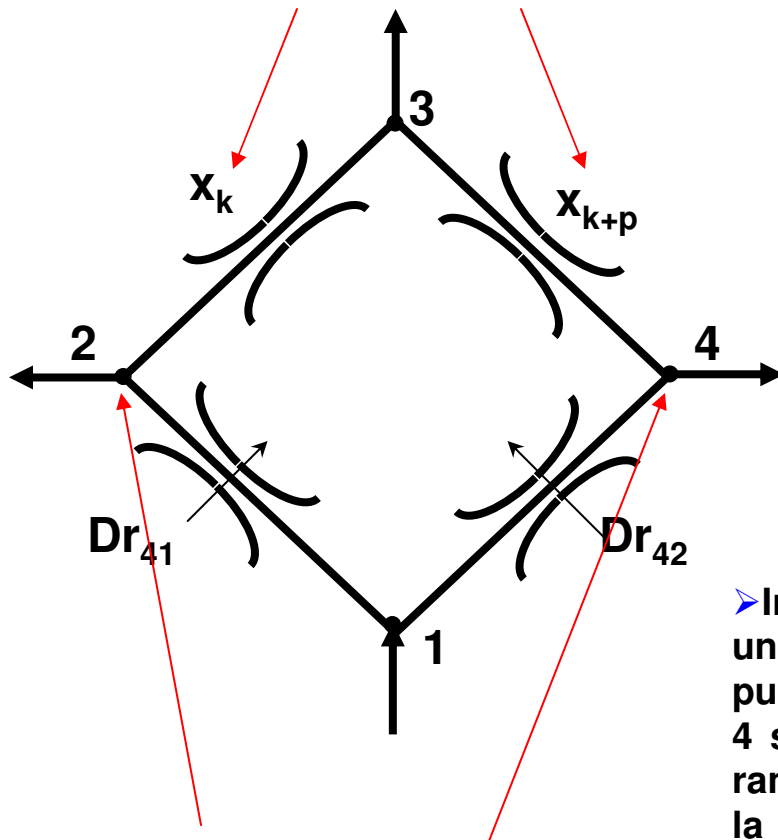
- ✓ Servocilindrul (2) cu orificii a caror capac este actionat de electroventile
- ✓ Drozele reglabile (4)
- ✓ Servocamerele distribuitorului principal (3)



Subsistemul de franare:

- ✓ Cilindrul de franare (9)
- ✓ Distribuitor (7) și (8)
- ✓ Releul de presiune (6)
- ✓ Droselul reglabil (5)

Două orificii de pe
generatoarea servocilindrului



Legate la servocamerile
distribuitoarelor principale

➤ La o reglare corectă a secțiunii droșelor Dr_{41} și Dr_{42} presiunile în punctele 3 și 4 ale punții sunt egale și deci, când toate orificiile x_k sunt închise sertarul distribuitorului principal rămâne în poziția mediană, alimentarea cu aer fiind întreruptă.

➤ În momentul deschiderii a două orificii, din care unul se află în partea dreaptă a pistonului, echilibrul punții pneumatice este dereglat, presiunea în punctul 4 scade mult față de presiunea în punctul 3 care rămâne aproximativ la valoarea p_a fapt ce va conduce la dezechilibrarea forțelor de pe sertarul distribuitorului astfel ca acesta se deplasează în poziția dreaptă, stabilind astfel comunicarea camerei stângi a cilindrului principal 1 cu rețeaua de alimentare.

□ ACTIONARI ELECTRICE

➤ Se aplica in cazul robotilor mici si mijlocii, acolo unde puterea necesara actionarii nu depaseste ordinul a 3-5 kW, caz in care gabaritul si greutatea motoarelor se incadreaza in dezideratele de forma si de suplete ale structurii mecanice

➤ Este posibila acolo unde nu se pun conditii speciale de mediu

➤ Masini electrice utilizate:

- ❖ Masini electrice de c.c.
- ❖ Masini asincrone
- ❖ Masini pas cu pas
- ❖ Masini de c.c cu comutatie statica (brushless DC)

□ ACTIONARI HIDRAULICE

- Agent de lucru este uleiul hidraulic, la presiuni cuprinse între 20 și 200 de bari, și dezvoltă forțe, respectiv momente ridicate, la gabarite mici ale motoarelor (hidraulice).
- Se pot utiliza la acționări simple pentru roboți industriali mijlocii și grei, destinați manipularii sarcinilor în sectoare calde, turnătorii, stivuire automată, minerit, etc.
- Avantaje:
 - ❖ Compresibilitate mult mai redusă a agentului hidraulic, ceea ce oferă rigiditate sistemului de acționare
 - ❖ Proprietățile de bun lubrefiant reduc uzura elementelor componente ale sistemului hidraulic
- Dezavantaje:
 - ❖ Randament global mai scăzut decât în cazul acționarilor electrice\
 - ❖ Necesitatea existenței unor instalații speciale de preparare a agentului hidraulic, fapt ce mărește complexitatea și ridică costul
 - ❖ Necesitatea conductelor și furtunelor de alimentare, precum și problemele pe care le ridică etansările elementelor

➤ **Elemente principale ale unei actionari hidraulice:**

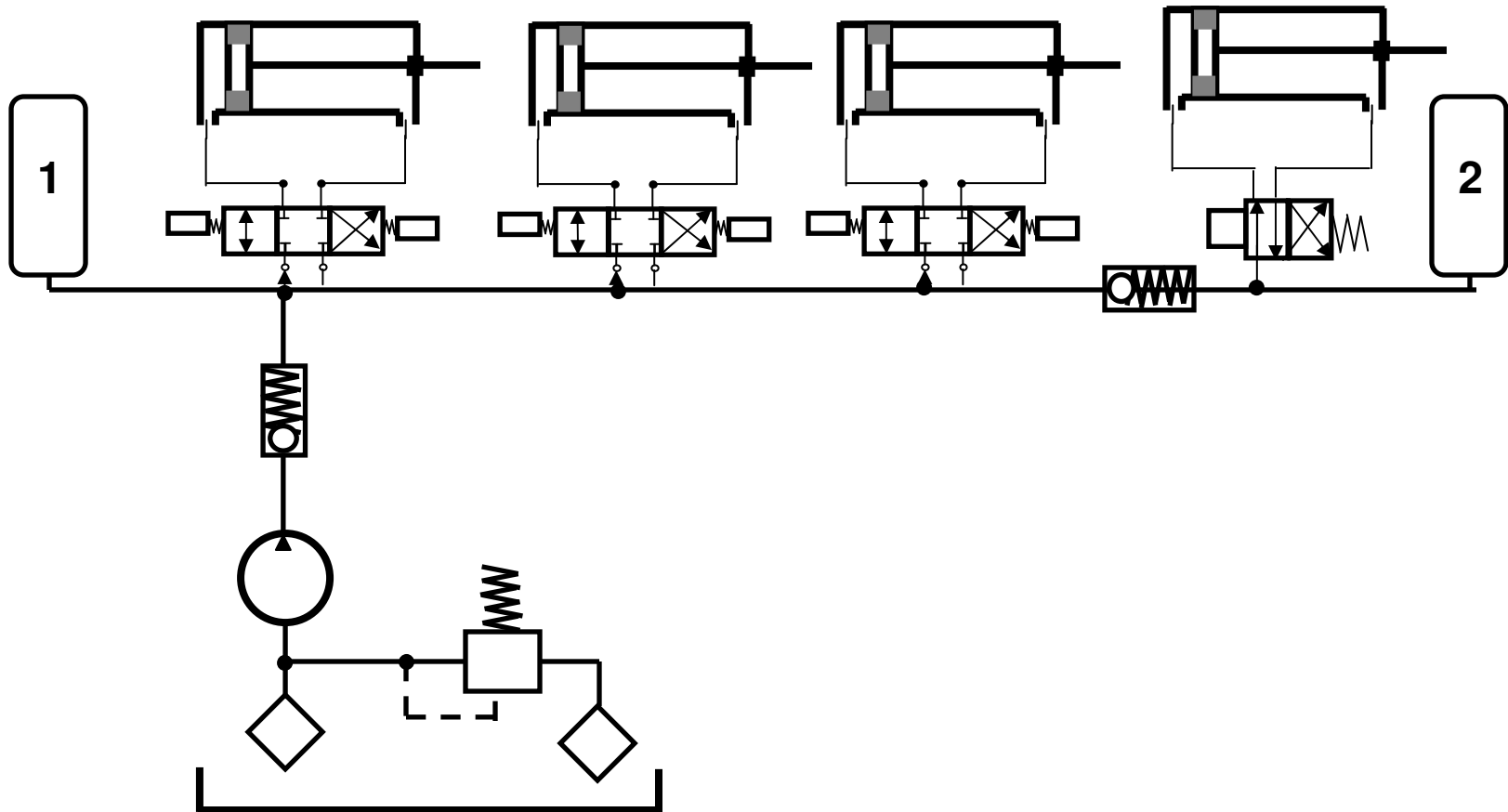
- ❖ **Aparate de productie si de transformare a energiei hidraulice (pompa hidraulica, motoare hidraulice)**

- ❖ **Aparate de reglare si control a circulatiei agentului hidraulic (reglarea presiunii, atenuarea pulsatiilor de presiune, distribuitoare)**

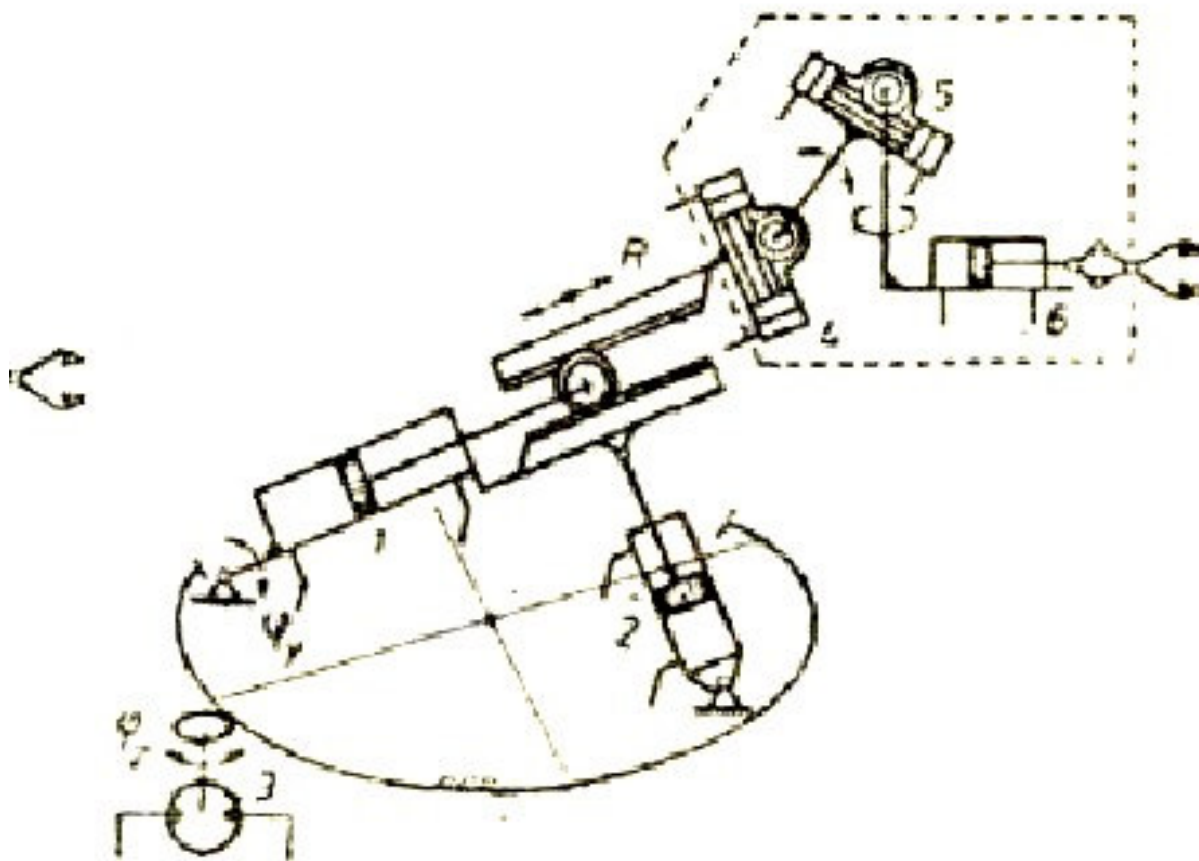
- ❖ **Aparate de mentinere a calitatii agentului hidraulic (aparate de filtrare)**

➤ **Actionare hidraulica secventiala**

❖ **Distributia agentului hidraulic spre motoare se realizeaza prin intermediul distribuitorilor (in mod normal cate unul pentru fiecare grad de libertate)**



Actionare hidraulica secventiala a unui robot cu 3+1 grade de libertate



Schema de actionare hidraulica secventiala a unui robot cu 5+1 grade de libertate in coordonate sferice

❖ **Se utilizeaza motoare hidraulice:**

✓ **Rotative**

✓ **Liniare**

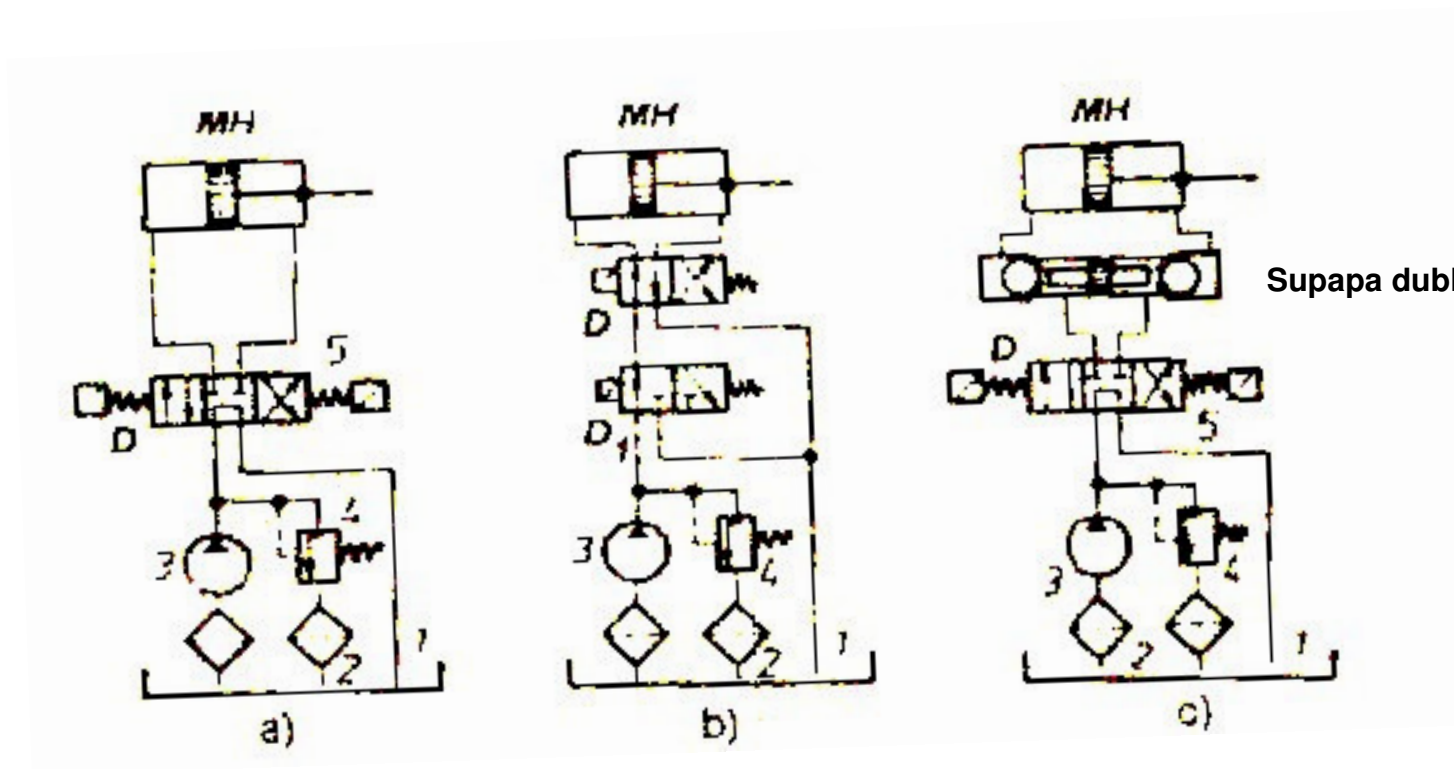
✓ **De constructie speciala**

❖ **Limitarea marimii curselor se poate face:**

✓ **Mecanic, prin tamponare rigida**

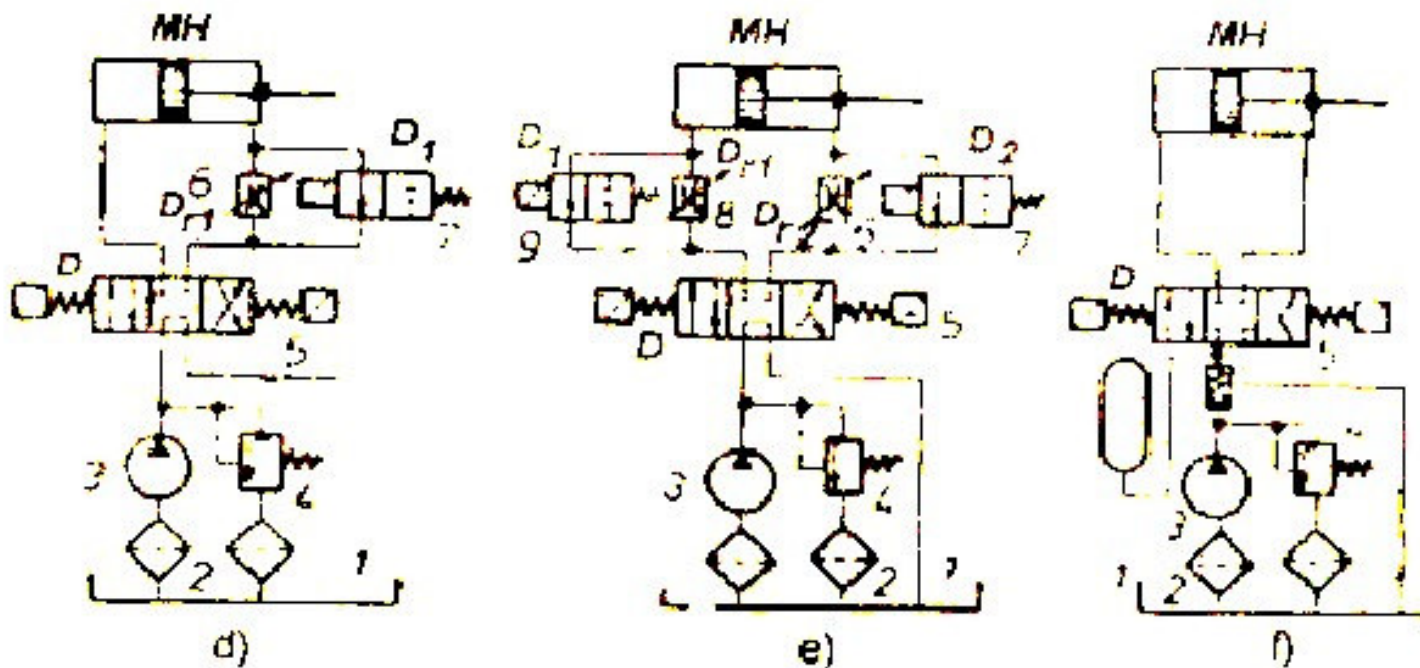
✓ **Electromecanic, capetele de cursa fiind definite de pozitionarea adecvata a unor sesizoare sau microlimitatoare**

❖ Exemple de scheme elementare de actionare hidraulica secventiala



❖ Cele trei variante nu asigura reglarea de viteza

❖ In cazul c utilizarea supapei duble cu bile si pistonas rezolva problema dinamica a socurilor la pornire si oprire



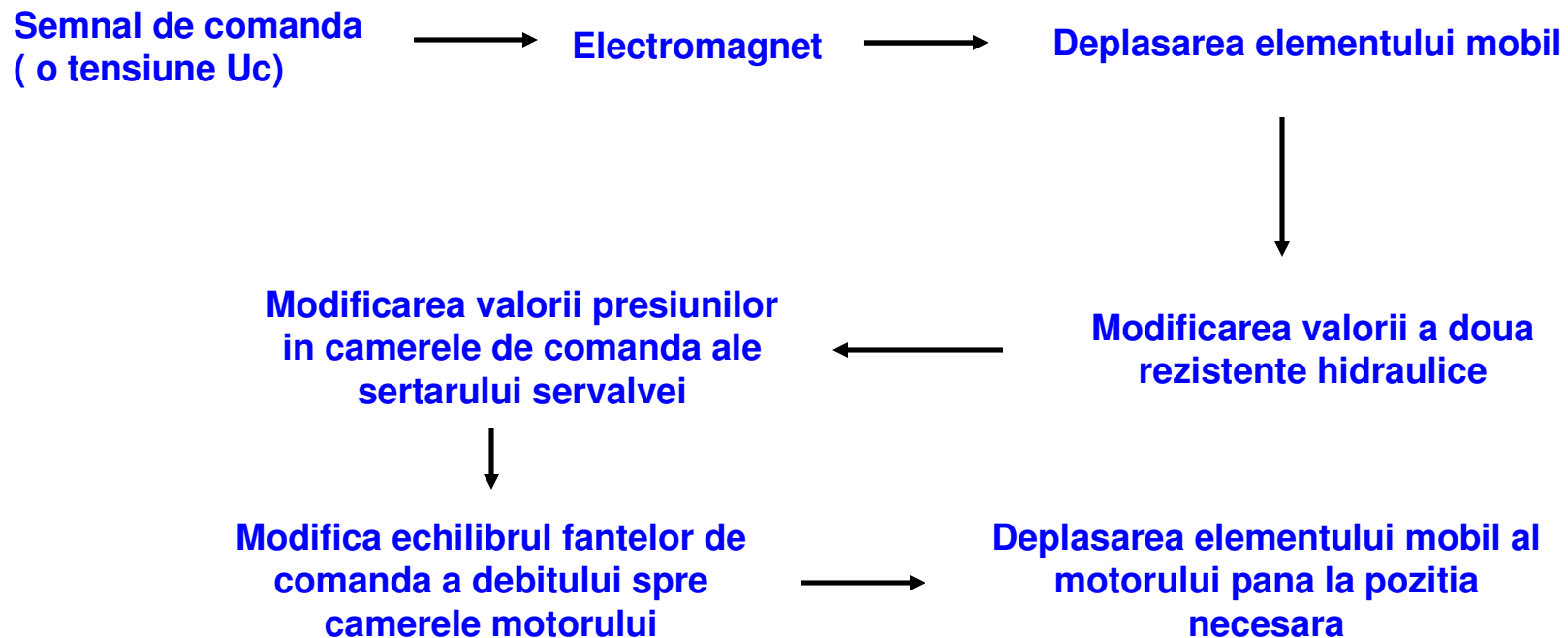
- ❖ Varianta d asigura 2 trepte de viteza pentru un sens de deplasare
- ❖ In cazul e se asigura 2 trepte de viteza pentru ambele sensuri de deplasare
- ❖ Cazul f prevede o suplimentare de debit din acumulator

➤ **Actionare electro-hidraulica servocomandata analogic**

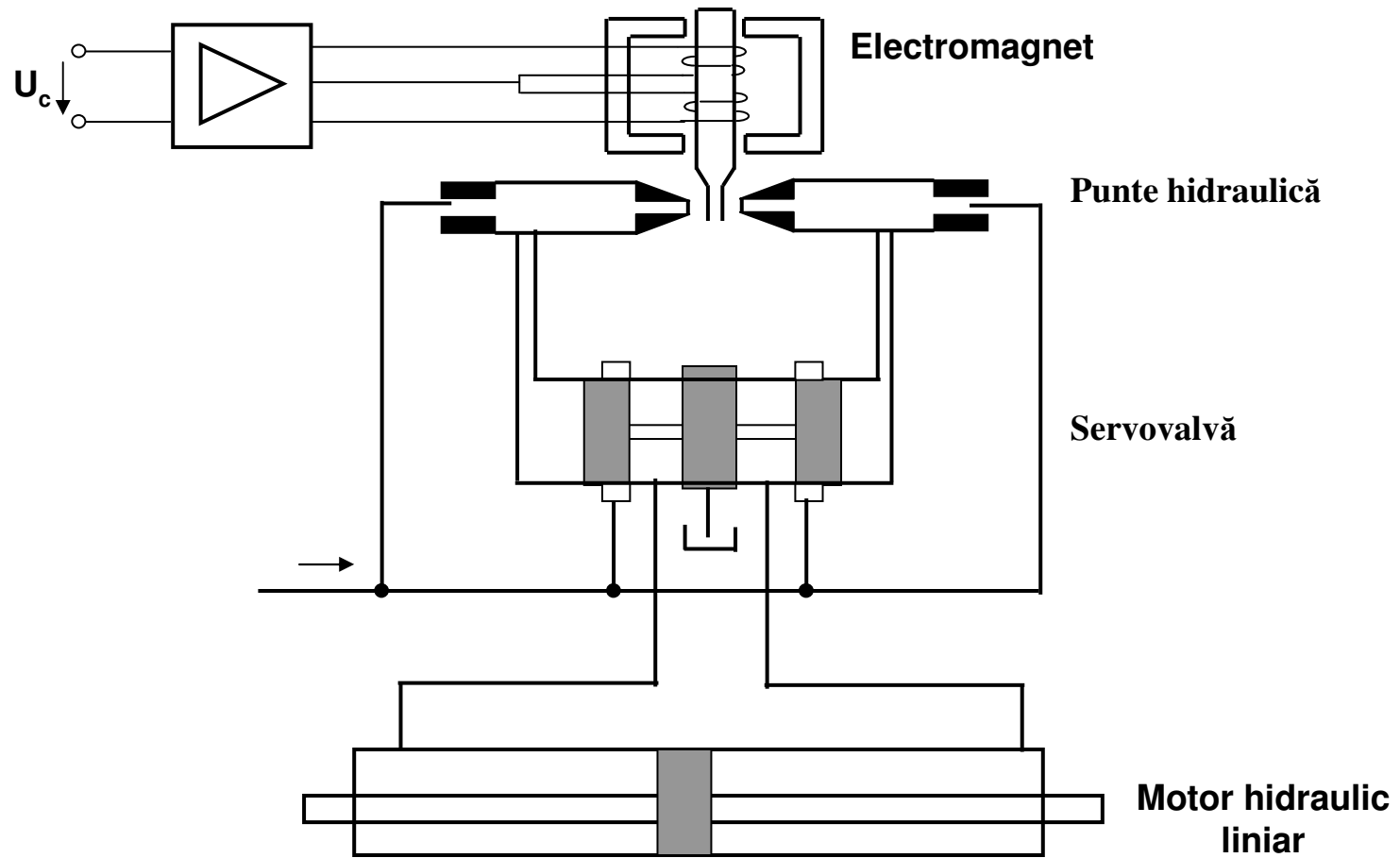
❖ **Permite asocierea calitatilor deosebite ale sistemelor electrice si electronice in privinta comenzilor automate cu avantajele sistemelor hidraulice**

❖ **Servosistemele analogice asociaza o servovalva sau un servodistribuitoare, cu 2 sau 3 trepte de amplificare, cu un motor hidraulic, intre elementul mobil si semnalul de intrare existand cel putin o legatura de reactie**

❖ **Principiu de lucru:**

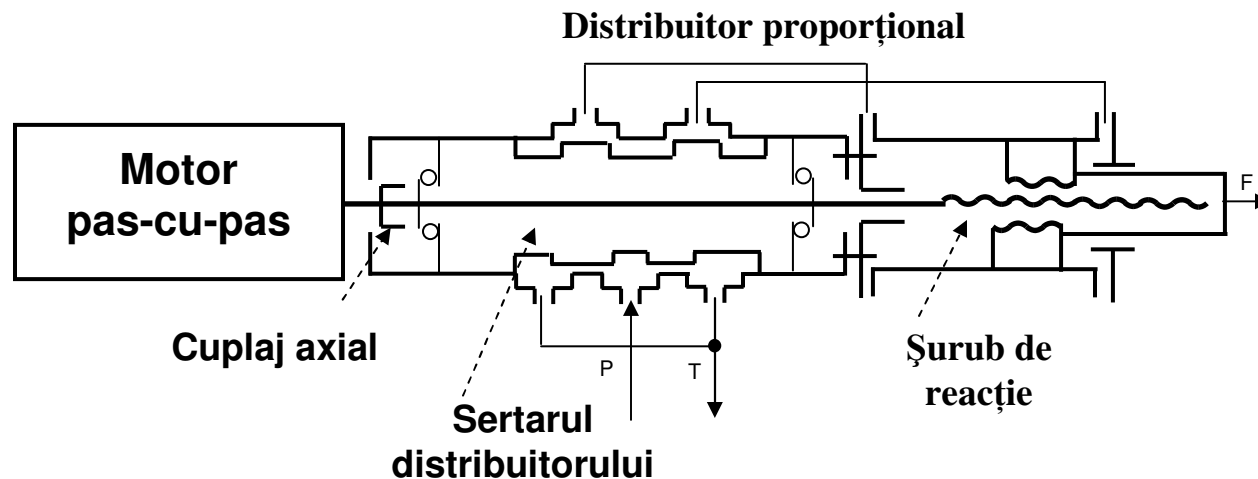


Servosistem electrohidraulic analogic



➤ **Actionare electro-hidraulica servocomandata digital**

- ❖ Se bazeaza pe asocierea dintre un motor electric pas-cu-pas si unul hidraulic rotativ sau liniar
- ❖ Motorul electric constituie treapta de intrare, transformand semnalul digital (impuls electric) in marime digitala de iesire (pas unghiular)



Motor electro-hidraulic digital
cu pas liniar

$$\Delta x = p_s \frac{\alpha_p}{360}$$

Pasul motorului pas cu pas (pointing to α_p)
Pasul surubului cu reacție (pointing to p_s)