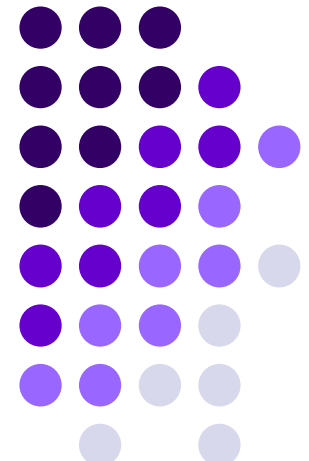
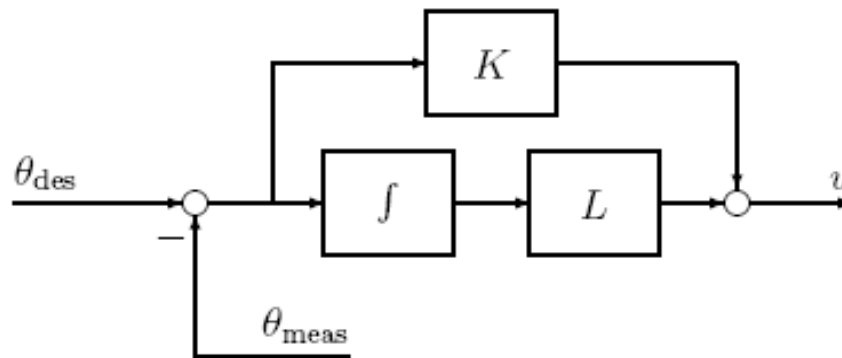
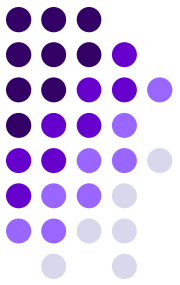


# TEORIA SISTEMELOR AUTOMATE



# TSA - Informatii generale



- CURS – 2h / saptamina: II MCTR – licenta 4 ani
- LABORATOR - 1h / saptamina: as.ing. Adriana Teodorescu  
- sala 311

## • **ACTIVITATEA PE PARCURS**

- **LABORATOR**
- **PREZENTA LA CURS**
- **TEMA DE CASA**
  - 2 REFERATE
  - 2 TEME APLICATIVE (PROBLEME)

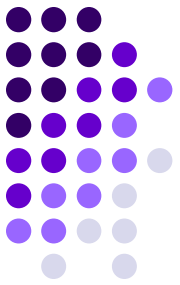
## • **EXAMEN .....6 subiecte ( 3 subiecte teoretice + 3 probleme)**

•  $NOTA\_EXAMEN = \Sigma(\text{note\_subiecte})/6$

•  $NOTA\_SAIIV = 0.6 \times NOTA\_PARCURS + 0.4 \times NOTA\_EXAMEN$

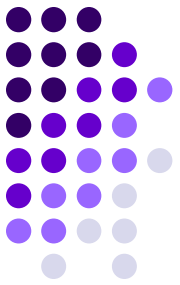
## BIBLIOGRAFIE

- Valer Dolga - Mecatronică. Teoria sistemelor, Editura Politehnica, Timișoara, 2010
- <http://mec.upt.ro/dolga/TSA.htm>



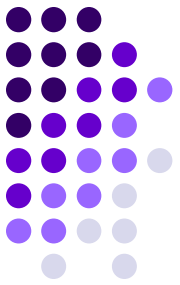
# Cuprins\_1

1. Obiectul cursului. Introducere.
2. Evolutia sistemelor.
3. Ce este mecatronica? Definitie, evolutie, sisteme mecatronice.
4. Conceptia sistemica.
5. Sistem static – sistem dinamic.
6. Produs, proces.
7. Mecanizare, automatizare, robotizare.



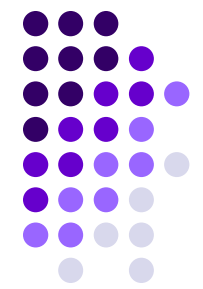
## *Obiectul cursului:*

- prezentarea notiunii de sistem;
- prezentarea structurii sistemului mecatronic;
- prezentarea *filozofiei mecatronice* pentru realizarea de produse noi competitive;
- definirea modului de conectare a elementelor și forme organizatorice ale sistemelor;
- modele matematice ale sistemelor;
- proprietățile sistemelor liniare: stabilitate, controlabilitate, observabilitate;
- studiul sistemelor cu evenimente discrete,
- sinteza funcțională și structurală a sistemelor automate

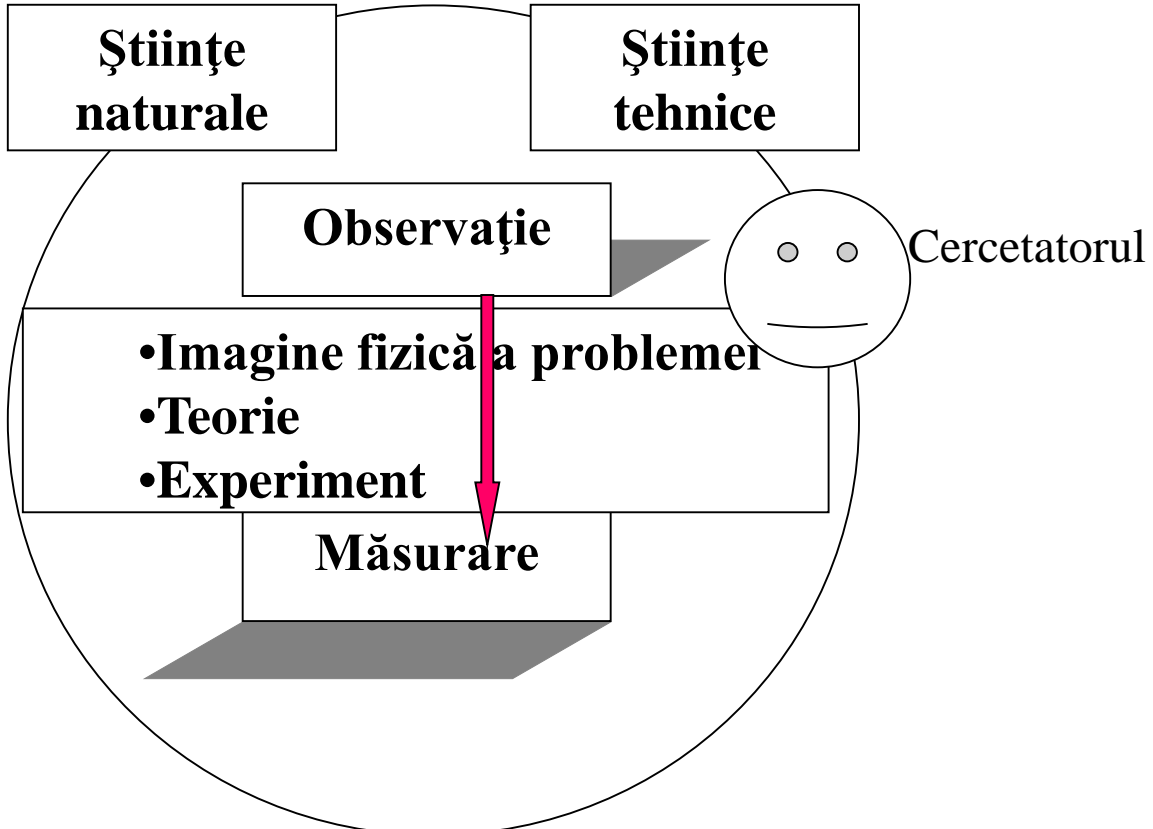


## *Obiective*

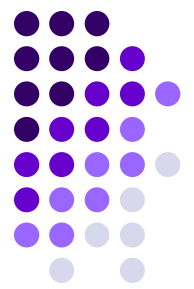
- Utilizarea cunoștințelor de matematică, inginerie mecanică și electrică pentru modelarea sistemelor;
- Operarea cu funcții de transfer;
- Consolidarea cunoștințelor de modelare a sistemelor în domeniul timp și domeniul frecvență, în scopul analizei și proiectării acestora;
- Înțelegerea principalelor noțiuni privind comanda, reglarea sistemelor pentru sisteme statice și dinamice;
- Analiza stabilității sistemelor.



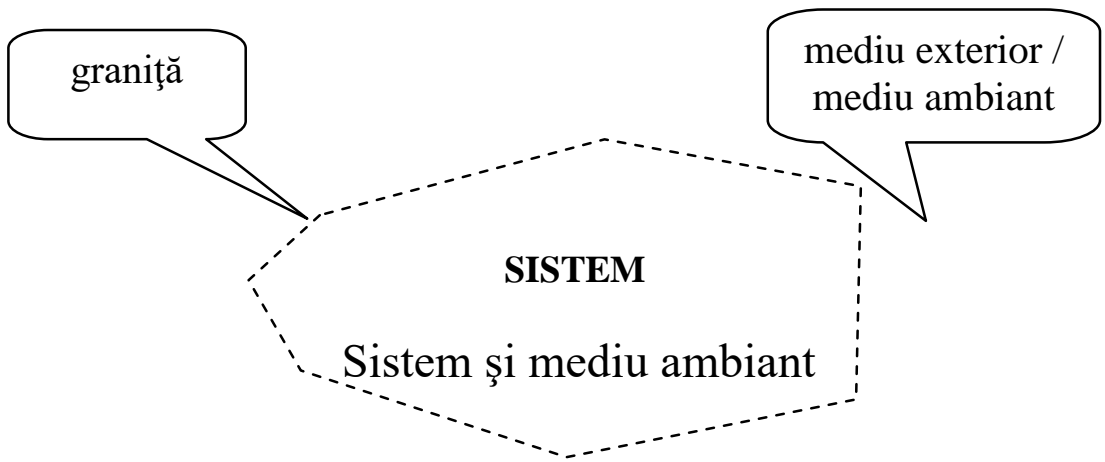
*În centrul științelor naturale și tehnice - noțiunile de observație și măsurare*



**Fig.1**

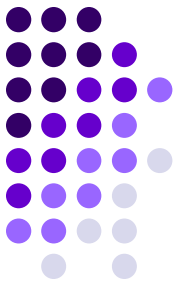


# Ce este primordial: construirea unei complexități sau funcțiile complexității?

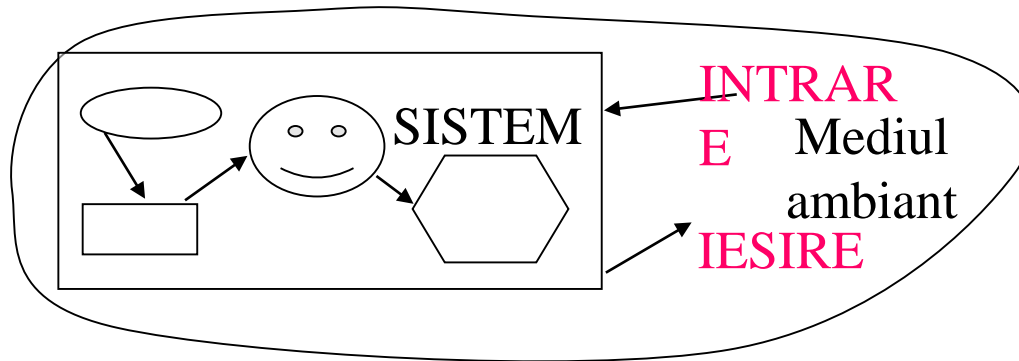


**Fig.1**

- După linia de demarcație ce se impune între sistem și mediul ambiant, se pot defini pentru sistem relațiile de intrare / ieșire.
- Precizarea intrărilor și ieșirilor unui sistem poartă numele de orientarea sistemului



**SISTEM - o colecție de obiecte aranjate într-o formă ordonată, care într-un anumit sens este dirijată spre un scop sau o țintă**



**Fig.1**

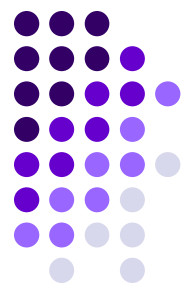
• Ceea ce constituie un sistem sau un subsistem depinde de punctul de vedere al observatorului. Noțiunea de sistem are un caracter relativ, în sensul că orice sistem poate fi descompus în subsistem și la rândul lui poate fi privit ca subsistem al unui sistem mai complex.

• Există o serie de caracteristici comune oricărui sistem:

- a) Sistemul este o abstractizare a realității;
- b) Sistemele au o structură definită prin părți și compoziția lor;
- c) Sistemele au o funcționare care implică intrări, procesare și ieșiri de material, informații sau energie;
- d) Între părțile componente există relații funcționale.



# Conceptia sistematica



- Un **sistem** reprezintă un ansamblu de elemente, care interacționează atât între ele cât și cu mediul înconjurător pentru atingerea unui **scop**;
  - **Sistem deschis** - definește interacțiunea părților componente cu orice entitate din mediu.
  - **Sistemul închis** este “izolat” față de mediu, este separat de acesta prin intermediul graniței;
- Un **element** al unui sistem este un ansamblu sau o componentă care îndeplinește o **funcție de sine stătătoare** în cadrul sistemului: un servomotor, un circuit integrat, etc.
- Un set de elemente din structura sistemului poate defini noțiunea de **subsistem**.

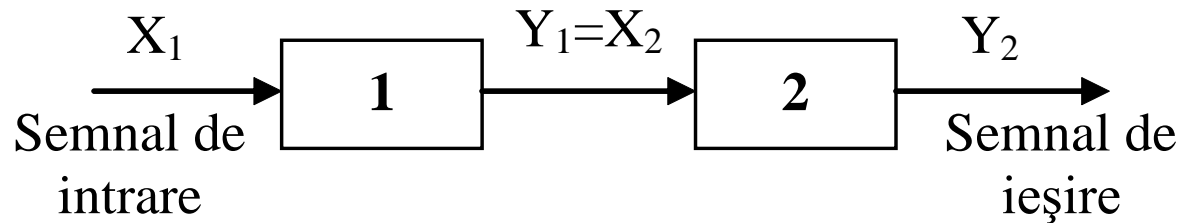
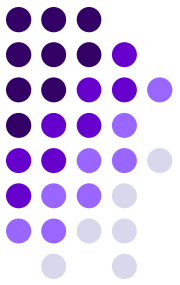


Fig.1

**Automatica** este ramura științei care studiază metodele și mijloacele tehnice necesare pentru asigurarea conducerii proceselor tehnice **fără intervenția directă a omului.**

**În automatică elementele sunt unidirecționale.**

Fiind cauzale, intrarea determină ieșirea, dar ieșirea nu modifică intrarea.



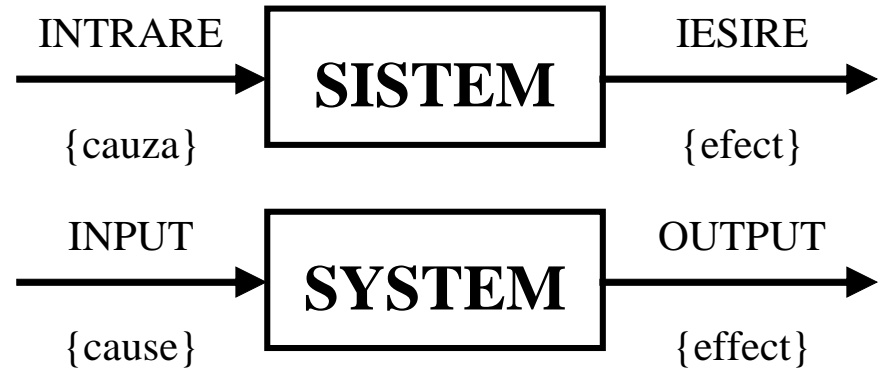
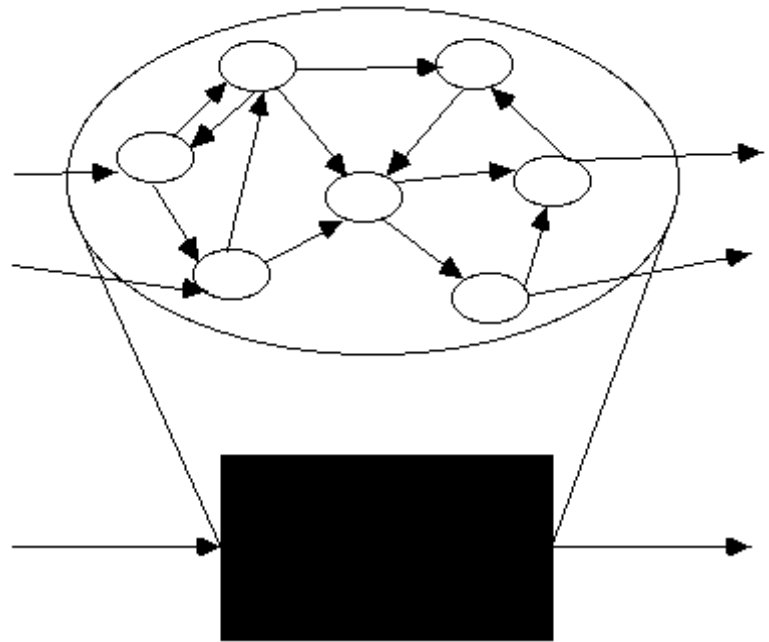
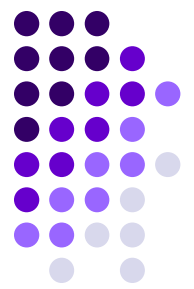
**Fig.1**

- **Teoria sistemelor** - studiul interdisciplinar al organizării abstracte a fenomenelor, independent de substanța lor, de tipul lor, de scara spațială sau temporală de existență a acestora;

- **Teoria sistemelor** investighează: principiile comune tuturor entităților complexe, cât și modelele (în general, matematice) care pot fi folosite pentru a descrie aceste entități (**sisteme**).

Noțiunea de **sistem** este frecventă în diverse domenii ale tehnicii și științei, în economie, în natură și societate. Așa sunt conceptul de sistem social, sistem economic, sistem de ecuații, sistem fizic, sistem dinamic, sistem informațional, sistem de conducere, sistem automat etc.

# Conceptia sistemica



*Tratarea sistemului ca și „cutie neagră” –  
 black-box în cadrul teoriei sistemelor*

# Evoluția sistemelor

4 elemente definitorii pentru dezvoltare în istorie:

- preocupările grecilor și arabilor pentru urmărirea timpului;
- revoluția industrială din Europa (după mijlocul secolului al XVIII –lea);
- debutul comunicației de masă, primul și al doilea război mondial (1910 – 1945);
- debutul în spațiu și anul computerului (1957)
- **1974: Intel 8080 – cel mai important produs al secolului 20** – este pus în circulație

## Ceasul cu apă

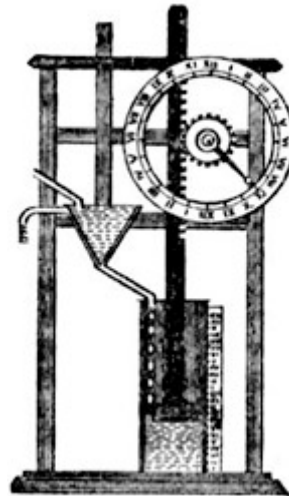


Fig.1

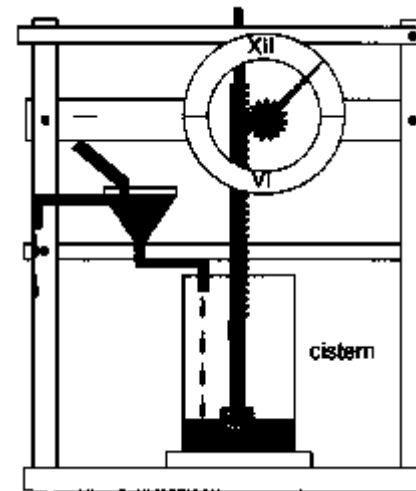
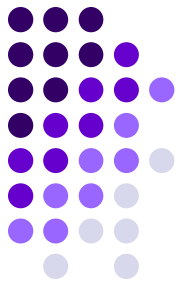
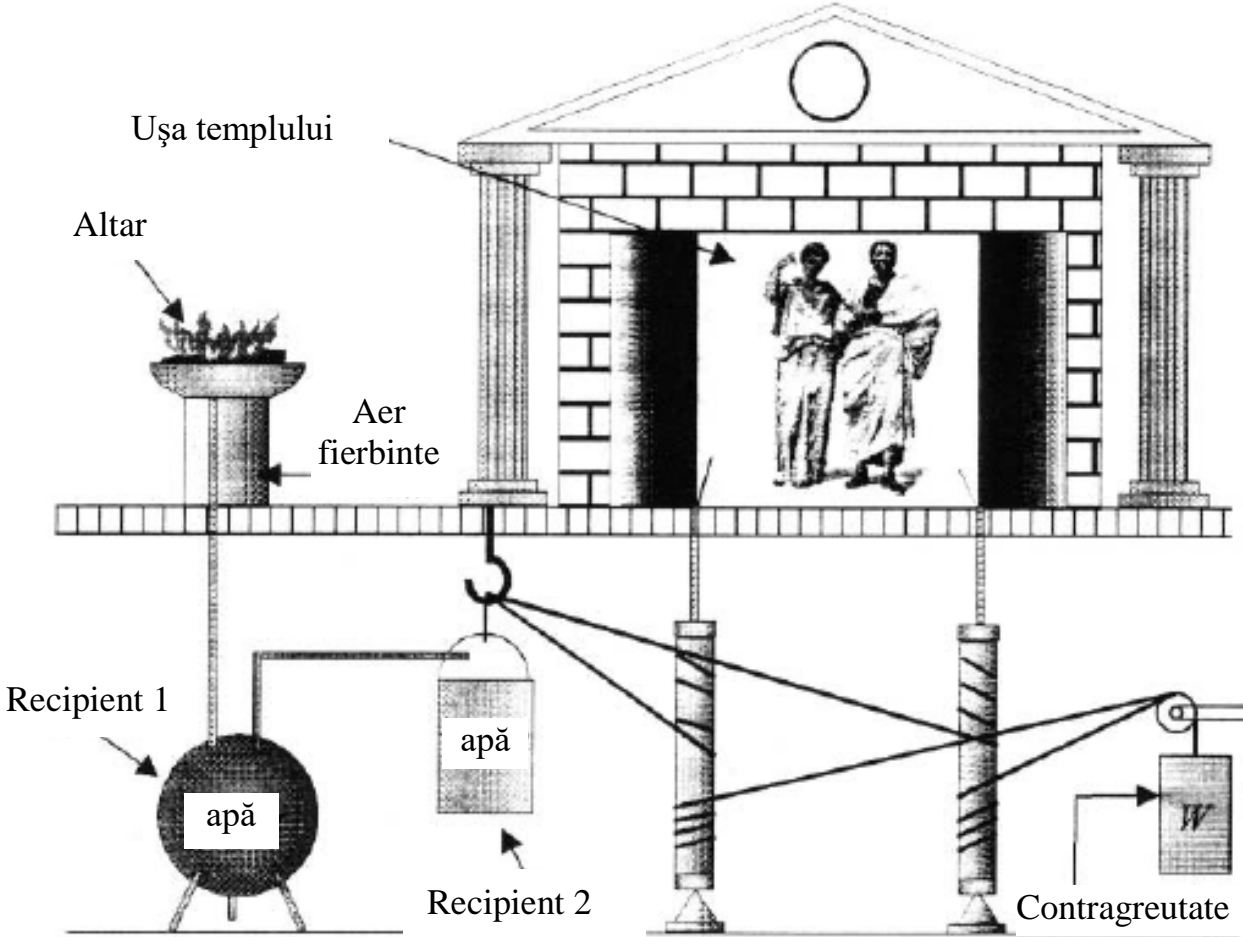


Fig.2

# Evoluția sistemelor

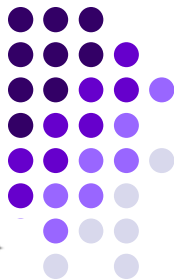


## Regulatorul lui Heron din Alexandria

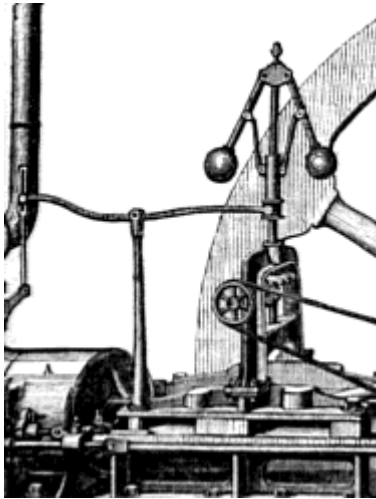


**Fig.1**

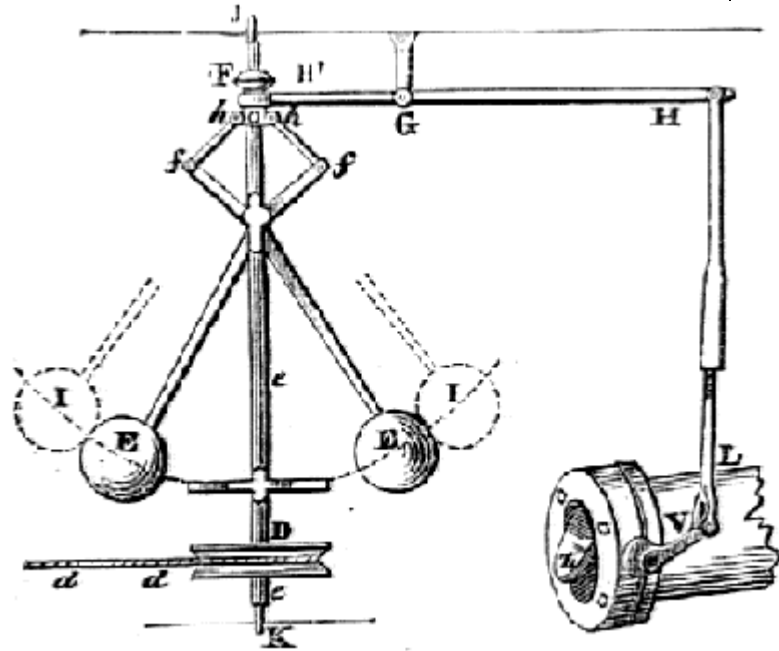
# Evoluția sistemelor



- J. Watt - locomotiva cu abur în 1769
- debutul Revoluției industriale
- Regulatorul lui Watt realizat în 1787 – “governor”.



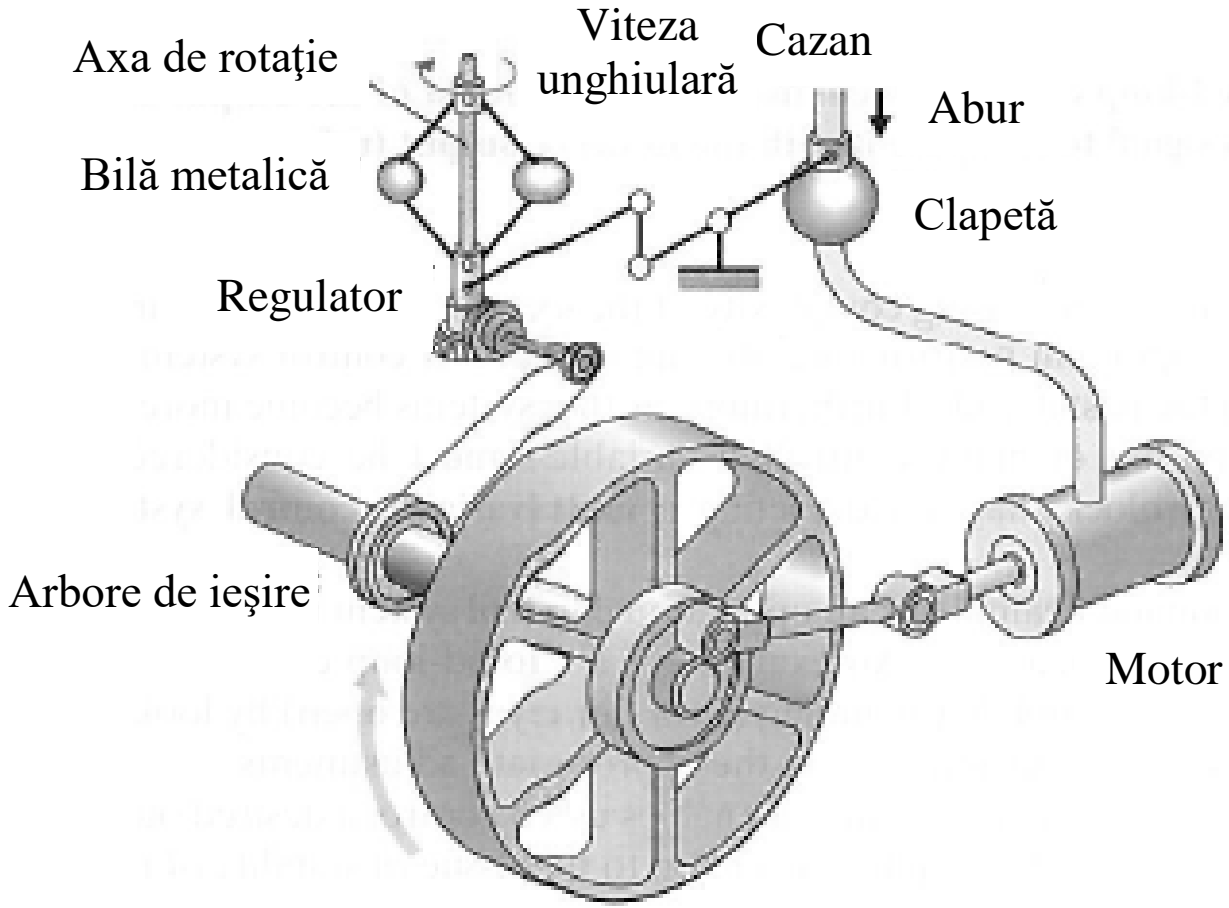
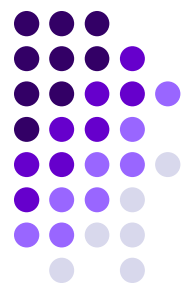
**Fig.1**



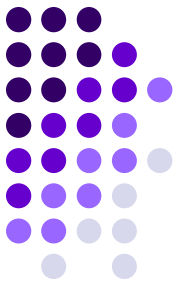
**Fig. 2**

- 1681 D. Papin inventează o supapă de siguranță pentru un fierbător și utilizată în 1707 pentru reglarea presiunii la locomotiva cu abur.
- Regulatorul de presiune - 1799 - inventatori: R Delap și M. Murray.
- 1803 - Boulton și Watt combină regulatorul de presiune cu regulatorul de nivel pentru locomotiva cu aburi.

# Evoluția sistemelor



**Fig.1**



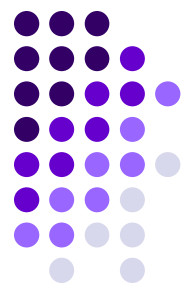
- Războiul de țesut – Jacquard (sec.18) - contribuții la prima și la cea de-a doua revoluție industrială
- **Sistemul cartelei perforate** (cartelă cu orificii pe linie și coloană detectabile pe cale mecanică) (**punch\_card**) - utilizat și în *pianul ambulant și alte automate* – a contribuit la dezvoltarea viitoarelor calculatoare



**Fig.1**



# Evoluția sistemelor

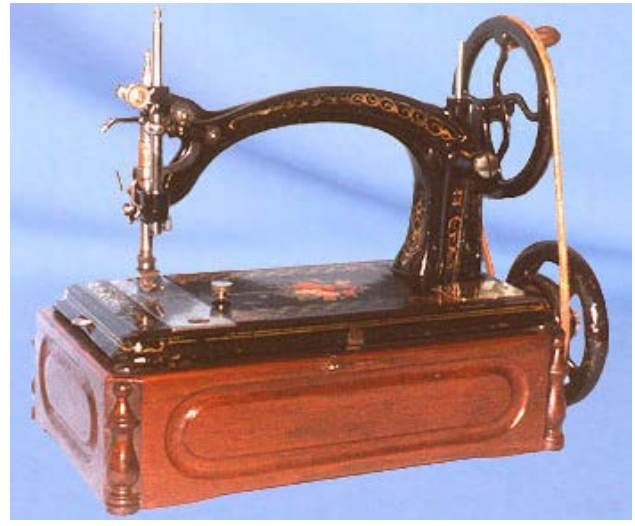


**Fig.1**

- Elias Howe - începutul anilor 1800 prima variantă a mașinii de cusut (patentele datează din 1845 și 1854) - mecanizarea activității din industria textilă
- variante ale mașinii au fost introduse pe piață: Fanton – 1860, Flora – 1870

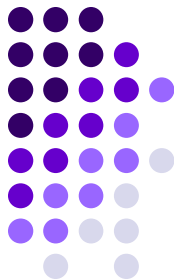


**Fig.2**

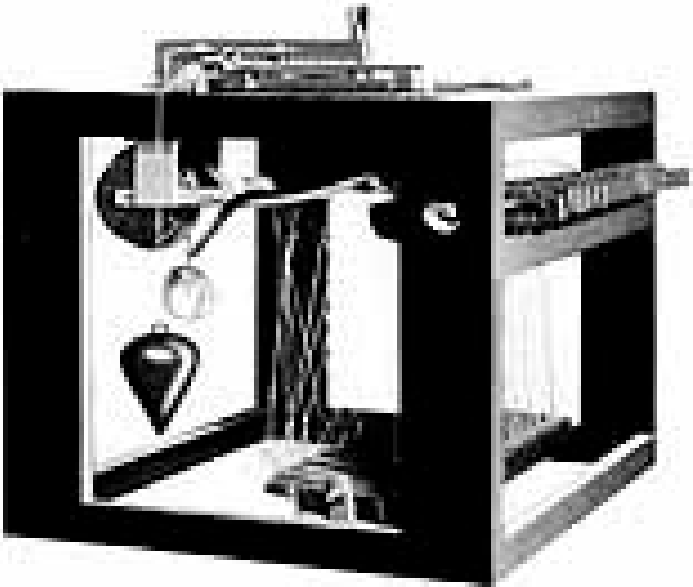


**Fig.3**

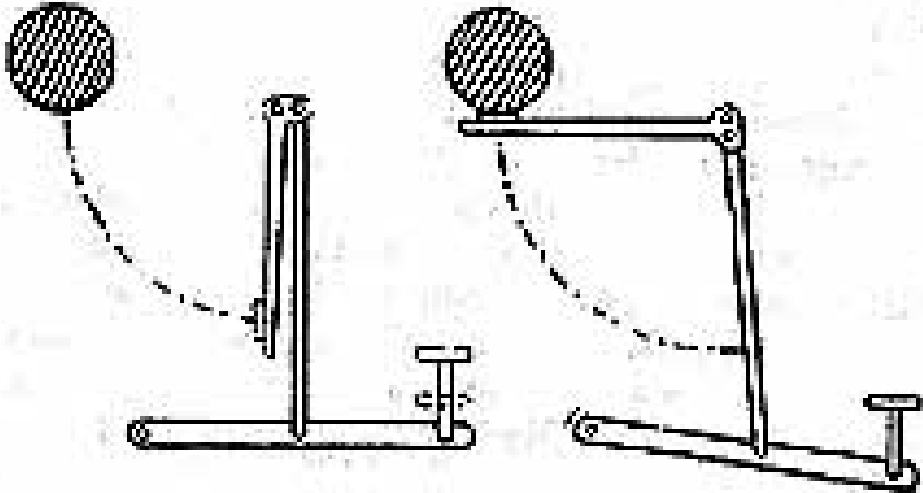
# Evoluția sistemelor



- Primul patent pentru mașina de scris - 1713
- Prima realizare practică poate fi citată abia peste aproape un secol (1808) - Pellegrino Turri
- 1868 modelul patentat – și respectiv schema mecanismului de bază – publicist – filozof – politician Christopher Latham Sholes (Milwaukee, Wisconsin).

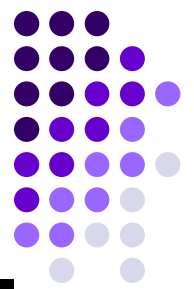


**Fig.1**



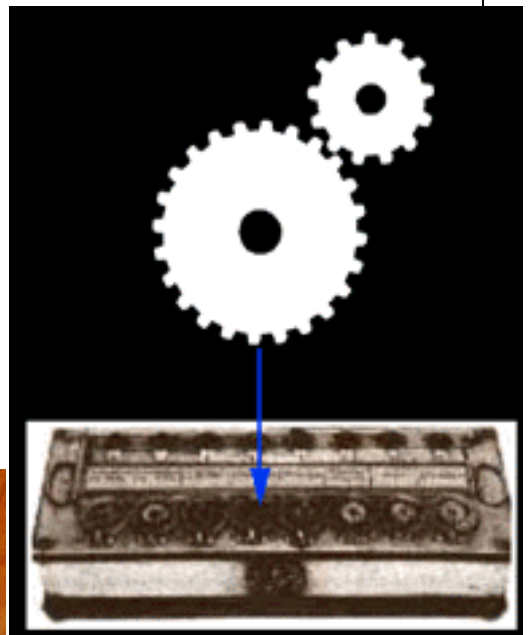
**Fig.2**

# Evoluția sistemelor



Masina de scris cu pedala  
**Fig.1**

Primul calculator mecanic -  
Wilhelm Schickard - 1623

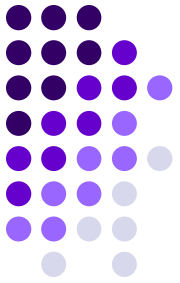


**Fig.2a**



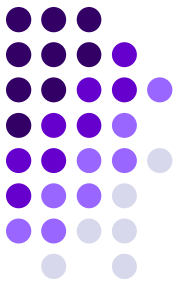
**Fig.2b**

# Evoluția sistemelor



|      |  |
|------|--|
| 1624 | <i>Incubatorul, C. Drebble</i>   |
| 1728 | <i>Governatorul cu bile, J. Watt</i>   |
| 1769 | <i>Mașina cu abur, <b>J. Watt</b> – debutul revoluției industriale</i>               |
| 1840 | <i>Dispozitiv de reacție pentru calibrarea telescopului, <b>G.B. Airy</b></i>        |
| 1868 | <i>Analiza stabilității mișcării guvernatorului Watt, <b>J.C.Maxwell</b></i>         |
| 1877 | <i>Criteriul de stabilitate, E. J. Routh</i>   |
| 1890 | <i>Analiza stabilității neliniare, <b>A.M.Lyapunov</b></i>                           |
| 1920 | <i>Giroscoful și pilotul automat, <b>Sperry</b></i>                                  |
| 1927 | <i>Amplificatorul electronic cu reacție, <b>Black</b></i>                            |
| 1932 | <i>Criteriul de stabilitate Nyquist, <b>Nyquist</b> (Bell Telephone Lab.)</i>        |
| 1938 | <i>Metoda răspunsului în frecvență, <b>Bode</b> (Bell Telephone Lab.)</i>            |
| 1942 | <i>Regulatorul PID, <b>Ziegler-Nichols</b></i>                                       |
| 1947 | <i>Sisteme cu eșantionare (sursa sistemelor discrete / digitale, <b>Hurewicz</b></i> |
| 1948 | <i>Locul geometric al rădăcinilor, <b>Evans</b></i>                                  |
| 1956 | <i>Principiul de maxim (controlul optimal), <b>Pontryagin</b></i>                    |
| 1960 | <i>Estimarea stărilor, teoria controlului modern, <b>Kalman</b> și alții</i>         |
| 1969 | <i>Microprocesorul, <b>Hoff</b></i>  |

# *Evoluția sistemelor*



- “explozie” în domeniul electronicii și în tehnologia informațiilor

**1940:** Russell S. Ohl demonstrează posibilitatea realizării joncțiunii “p-n” pe bază de siliciu



**Fig.1**

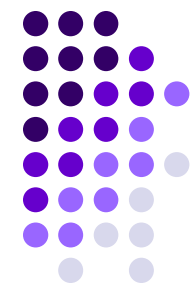
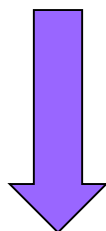


Fig.1a

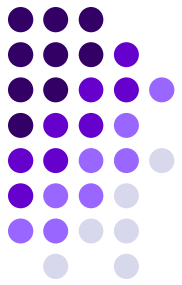
- ### ELEMENTE CONSTRUCTIVE
- **Mecanice**
  - **Hidraulice**
  - **Pneumatice**
  - **Termice**
  - **Electrice** / Electronice
  - Software, ...



**EVOLUTIE IN TIMP**

Fig.1b

- ### ELEMENTE CONSTRUCTIVE
- **Roți dințate, arcuri, știfturi, ...**
  - **Motor electric, releu, ....**
  - Senzori optici, senzori tactili, ....
  - Circuite de control, ....
  - Microprocesoare, ..
  - Software, ...



# *Ce este mecatronica ? Evoluție și definiții ale sistemelor mecatronice*

- Conceptul de “mecatronică” - brevetat în anii 1971-1972.
- în anul 1982 firma **Yasukawa** renunță la drepturile de autor asupra acestuia pentru a putea fi utilizat pe scară largă.
- În anul 1986 conceptul este citat și în literatura de specialitate din România pentru roboți industriali.
- Conceptul de mecatronică - legitimitate academică în anul 1996 prin **IEEE / ASME Transactions on Mechatronics**.

## **CONTROVERSE:**

- este un domeniu nou sau o combinație a unor domenii existente?
- este vorba despre controlul sistemelor mecanice cu calculatorul?
- definește mecanismele inteligente?
- este vorba de mașini computerizate?
- este vorba despre sisteme mecanice informatizate?

# Structura sistemului mecatronic

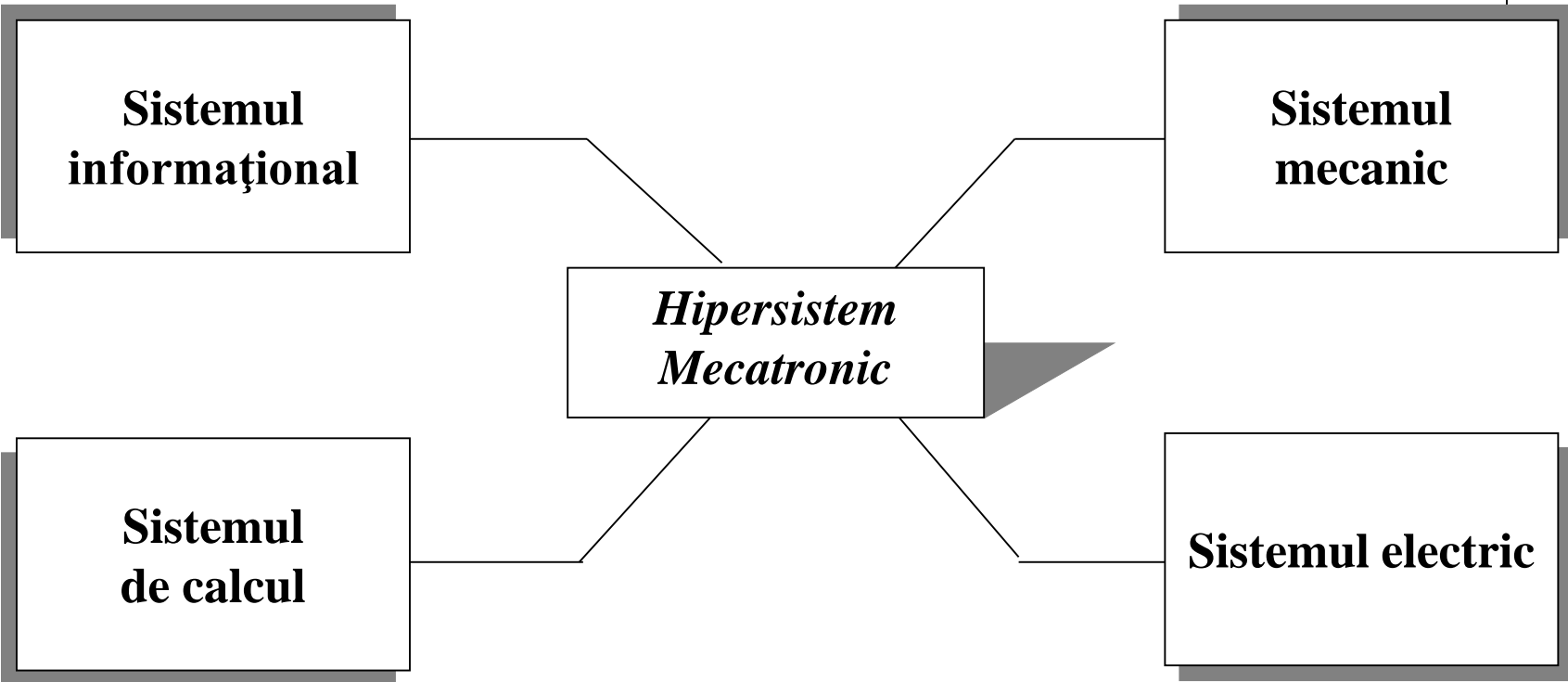
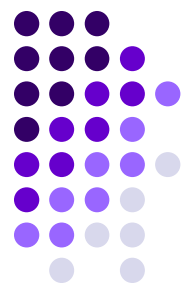
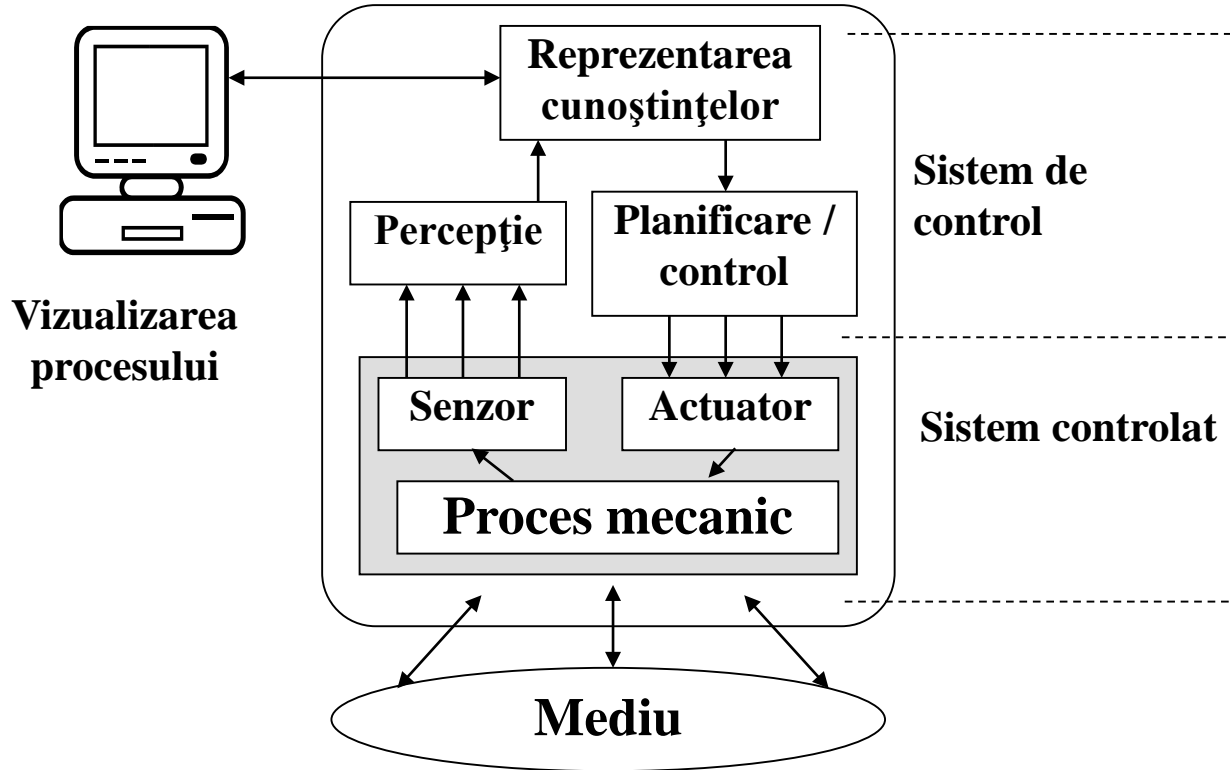
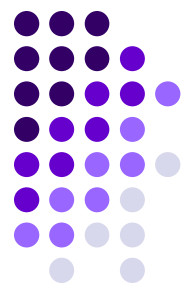


Fig.1



# Structura sistemului mecatronic



**Fig.1**

# Exemple pentru sisteme mecatronice: productia de animale

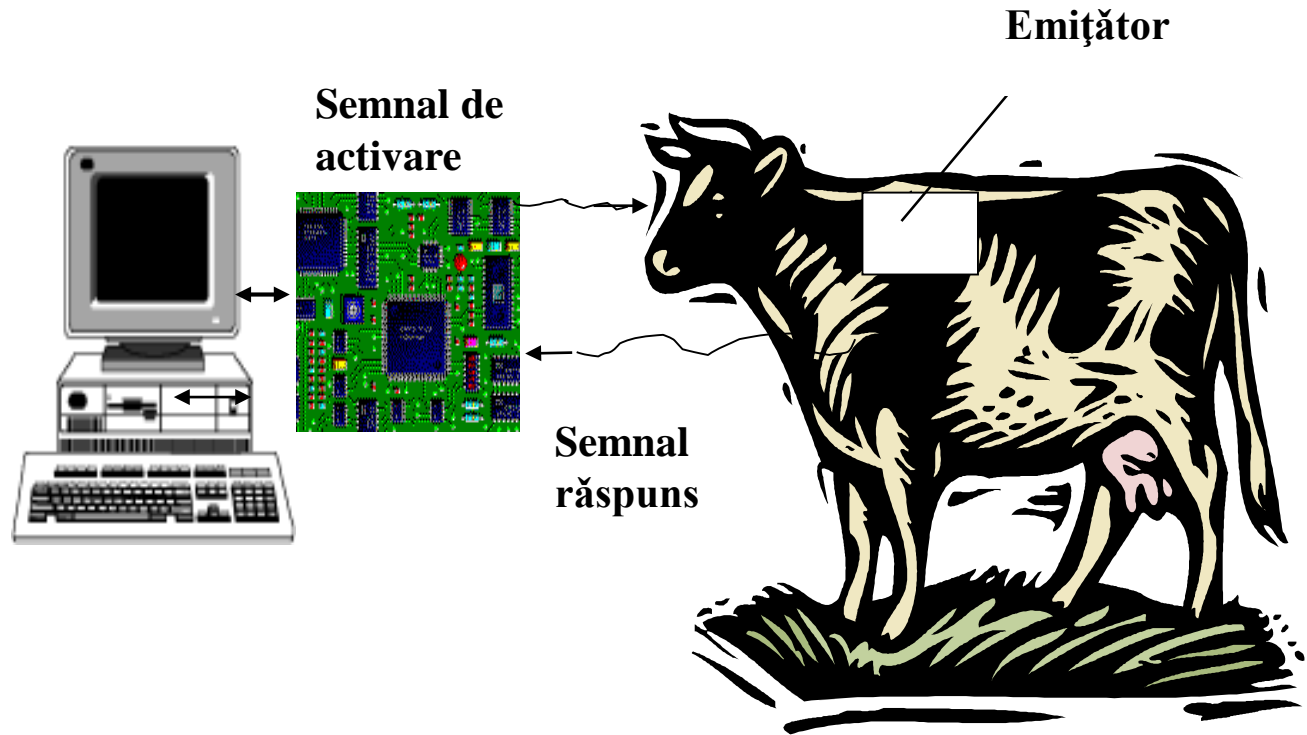
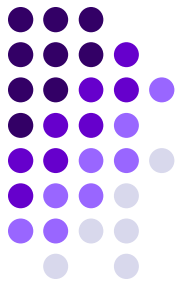


Fig.1

# Exemple pentru sisteme mecatronice: Linie pentru montaj

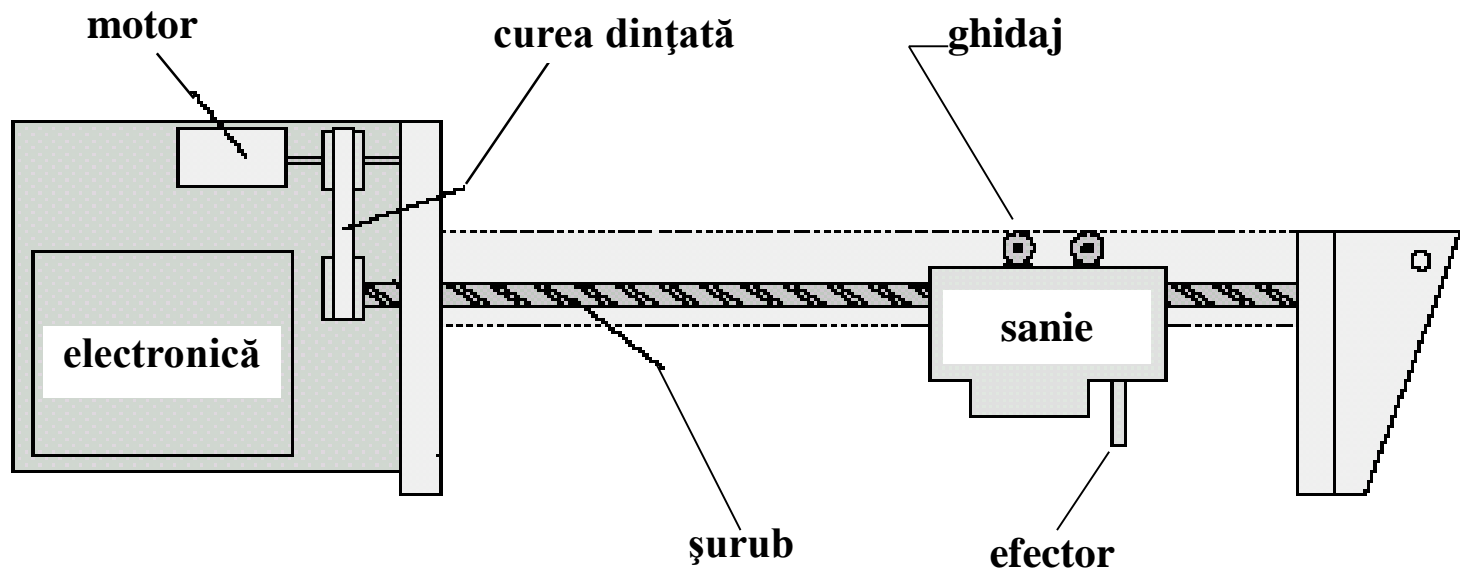
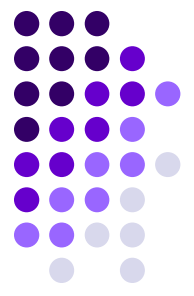
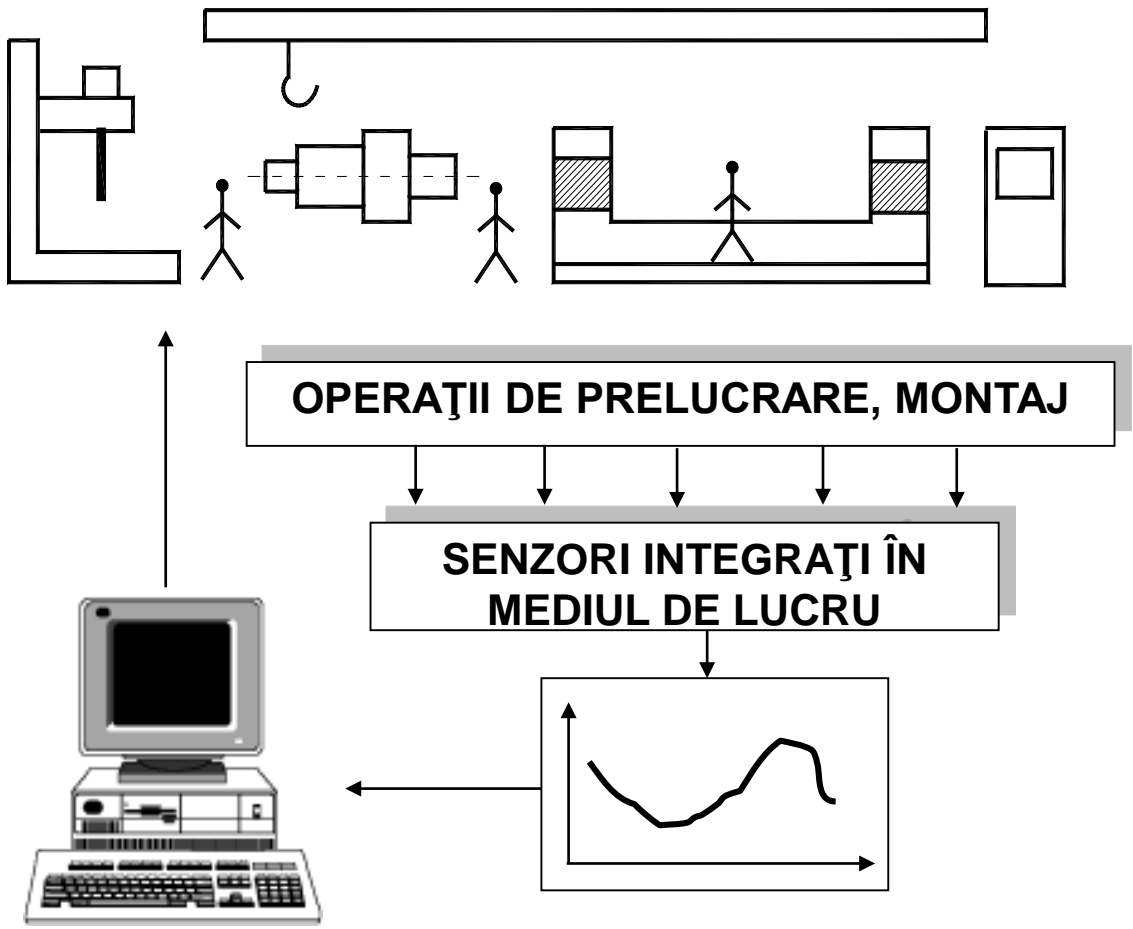
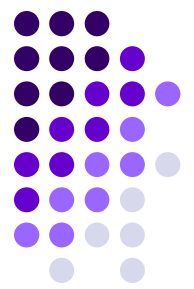


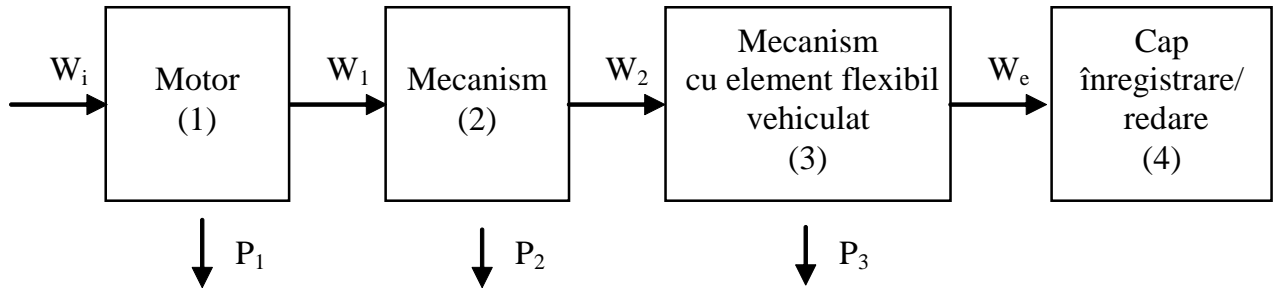
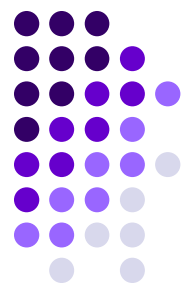
Fig.1

# Exemple pentru sisteme mecatronice: Diagnosticare automata

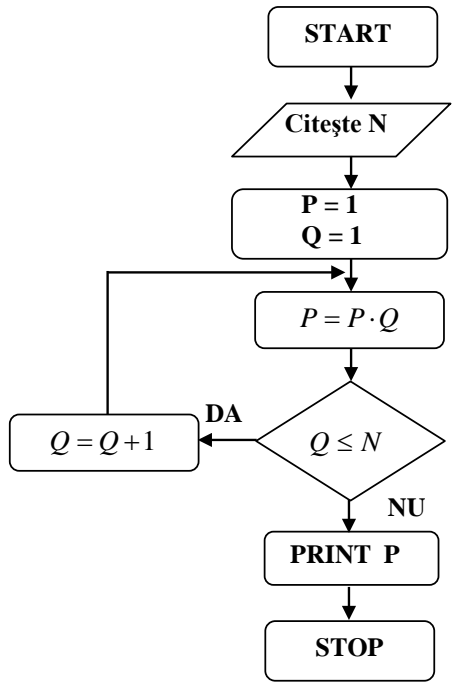


**Fig.1**

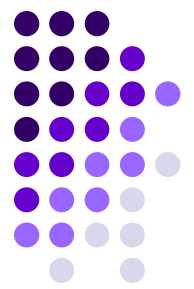
# Reprezentari grafice ale sistemelor



**Fig.1** Schema structurala pentru reprezentarea unui sistem



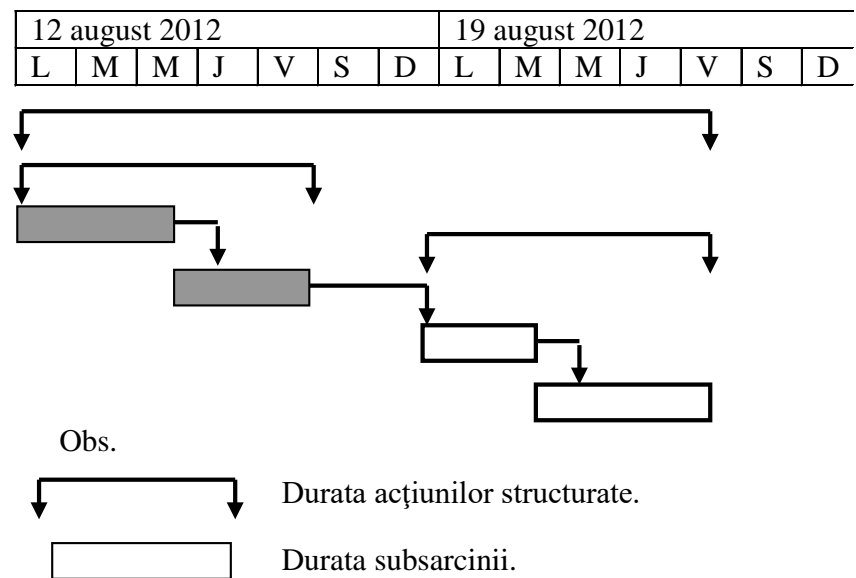
**Fig.2** Organigrama – o simpla diagrama pentru reprezentarea unui proces sau algoritm



| Legătura      | Descriere  | Reprezentare Gantt |
|---------------|--|--------------------|
| STOP / START  | Predecesorul se termină și începe următorul                          |                    |
| START / START | Activitățile încep simultan  |                    |
| STOP / STOP   | Activitățile se termină simultan                                     |                    |
| START / STOP  | Activitatea care începe determină momentul terminării predecesorului |                    |

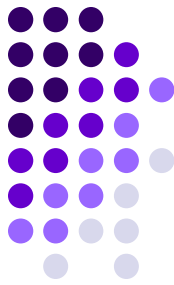
**Fig.1a**

**Fig.1**  
*Diagrama Gantt -*  
 ilustrează succesiunea / planul unor acțiuni referitoare la un proces



**Fig.1b**

# De ce model ?



**MODEL** – Formularea unei teorii se poate echivala cu “construirea modelului”;

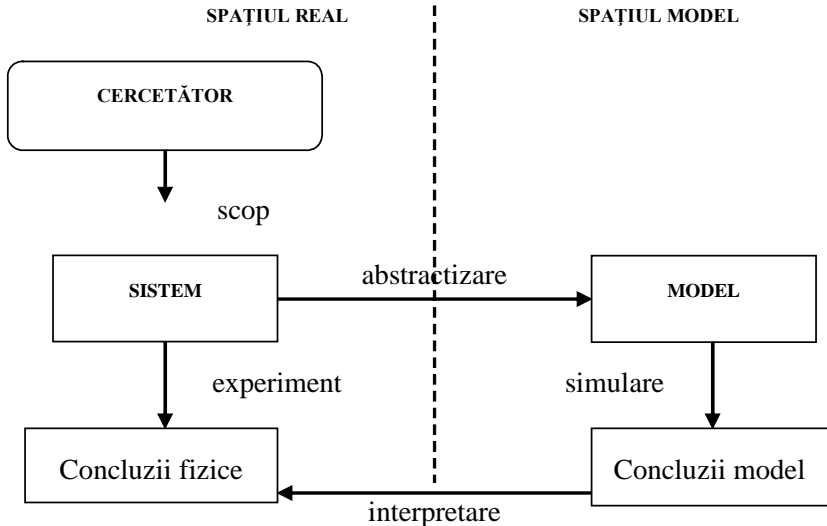
- Teoria ar putea defini “modelul” realității analizate;
- Modelul va reprezenta sub o formă utilizabilă, aspectele esențiale ale sistemului existent.

**De ce modele ?**

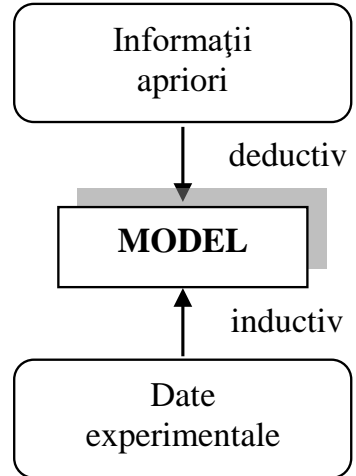
- ✓ compactizarea conținutului unor cunoștințe;
- ✓ cercetarea;
- ✓ comunicare eficientă;
- ✓ educația, modelarea pentru control și proiectare

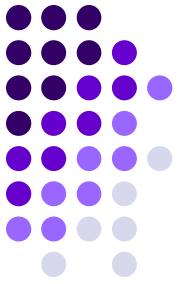
| UTILIZĂRI ALE MODELĂRII   |                                     |
|---------------------------|-------------------------------------|
| • Intuiție și înțelegere  | • Sinteza sistemelor de comandă     |
| • Analiză                 | • Instruire operator                |
| • Simulare                | • Rapid prototyping                 |
| • Optimizarea proiectării | • Diagnoză și detectarea defectelor |
| • ....                    | • .....                             |

**Fig.1**

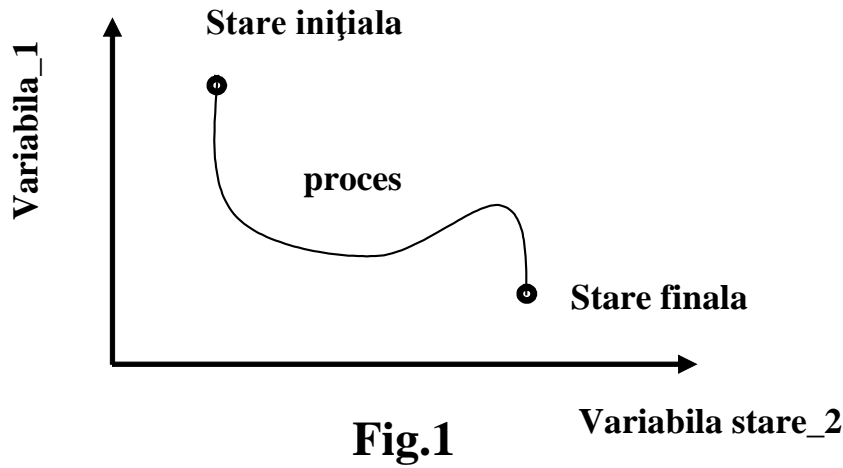


**Fig.2**





- **sistem termodinamic**: porțiune din univers pentru care se poate delimita un “interior” și un “exterior”, interiorul conținând un număr oarecare de corpuri macroscopice , considerate ca având o structură fizică continuă
- **stările termodinamice** - o mulțime de parametri, care descriu aspecte interne ale sistemului și relațiile cu mediul înconjurător (exteriorul sistemului).
- **Tranziția de stare** a unui sistem termodinamic - **proces fizic**

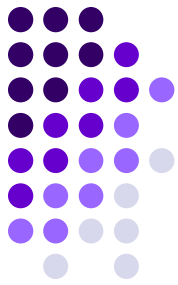


Ex: *variabila de stare*:

- masa
- volumul
- presiunea
- densitatea ....



# Clasificarea sistemelor liniare



## Sisteme liniare

### Principiul aditiv

If  $u_1 \rightarrow y_1$  AND  $u_2 \rightarrow y_2$  THEN  $u_1 + u_2 \rightarrow y_1 + y_2$

### Proprietatea de omogenitate

If  $u \rightarrow y$  THEN  $k \cdot u \rightarrow k \cdot y$

### Proprietatea de superpozitie

$k_1 u_1 + k_2 u_2 \rightarrow k_1 y_1 + k_2 y_2$

## Sisteme discrete

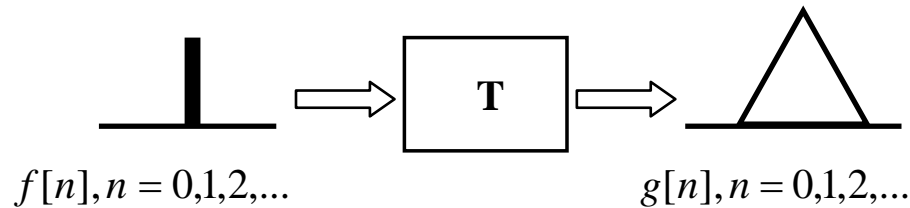
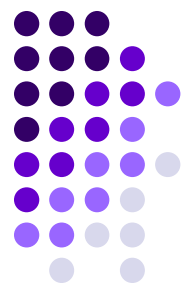
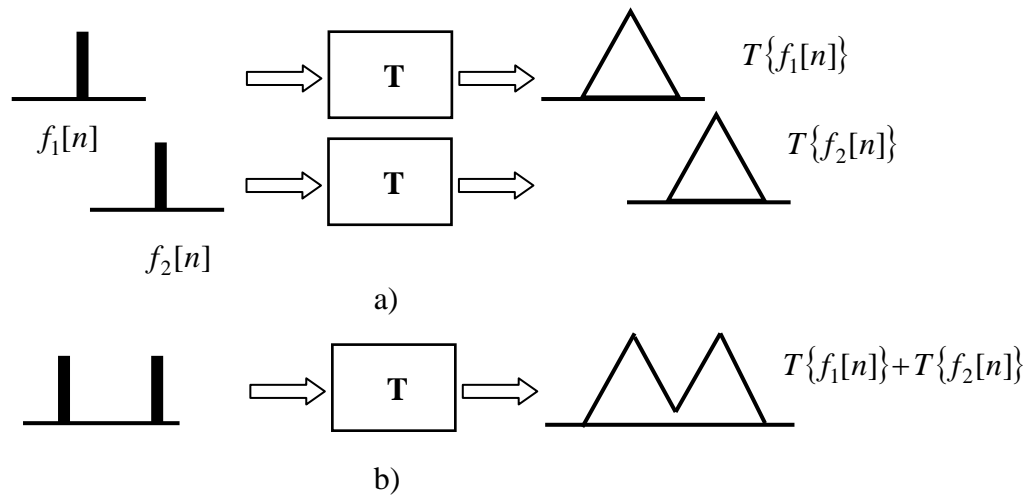


Fig.1

# Clasificarea sistemelor liniare

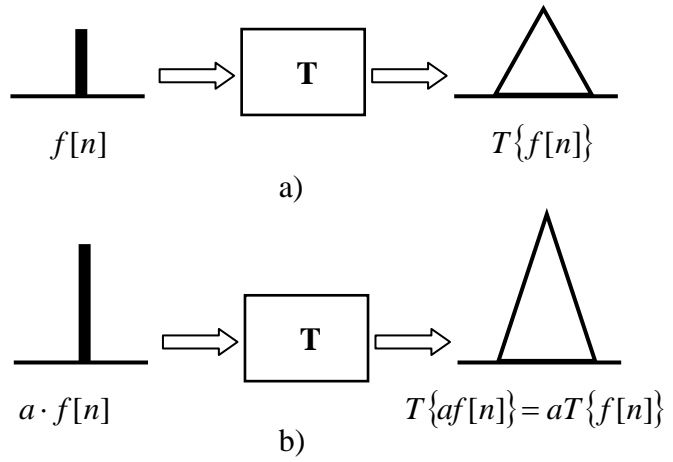


*Sisteme discrete – prop. de aditivitate*



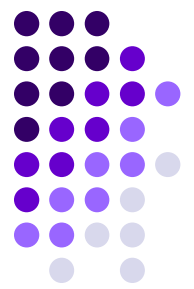
**Fig.1 Proces, stare și variabilă de stare**

*Sisteme discrete – prop. de omogenitate*

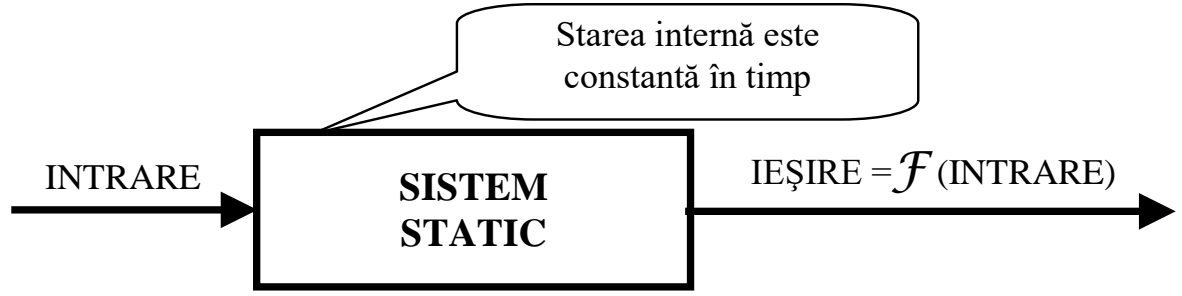


**Fig.2**

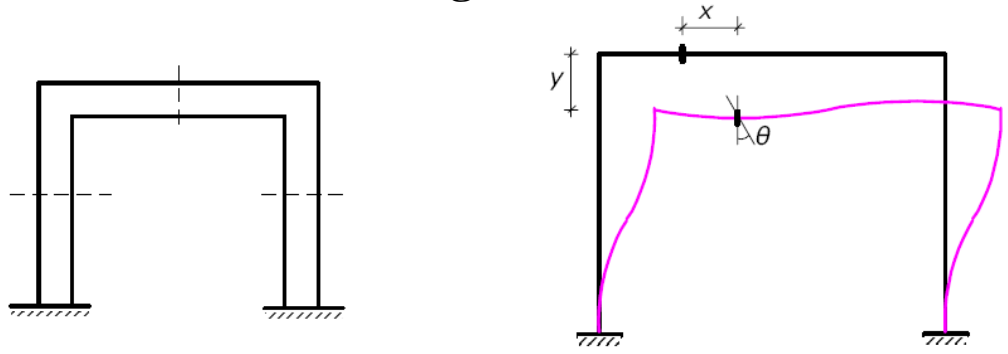
# Sistem static



Sistemele în care variabilele și relațiile dintre ele sunt independente de timp sunt *sisteme statice*. Se spune ca sistemele au regimuri statice, permanente sau stationare



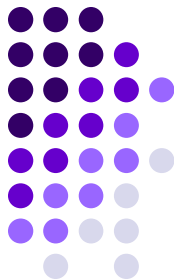
**Fig.1**



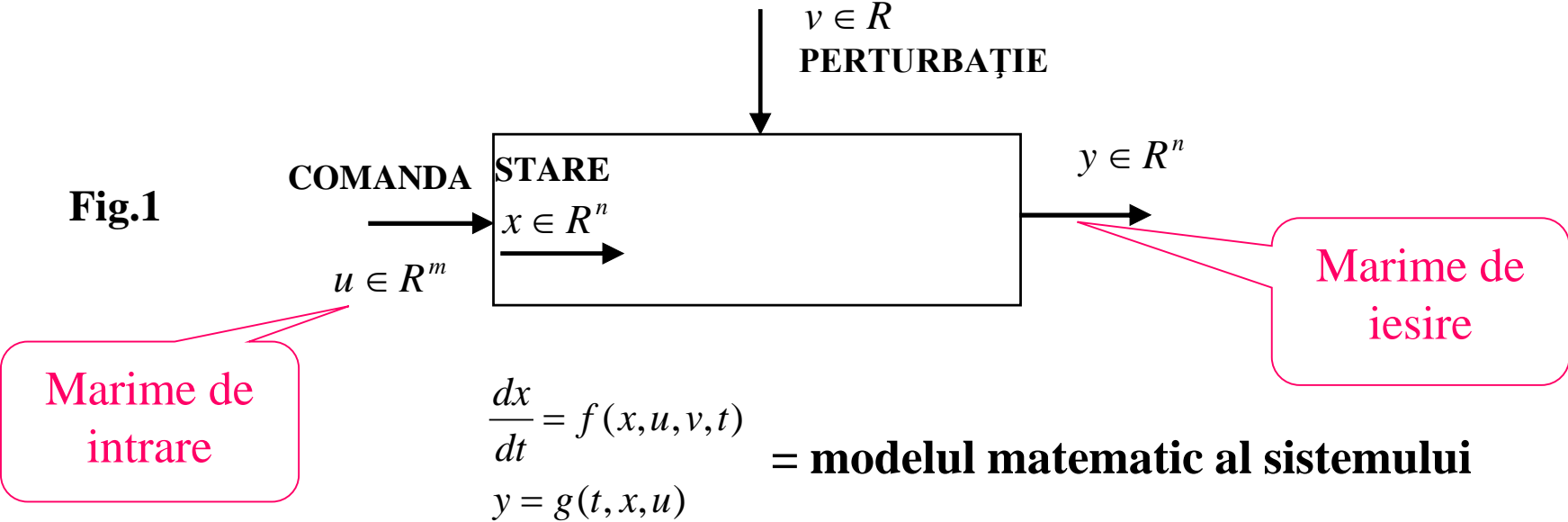
Sistem static:  $x, y, \theta$  – coordonate statice

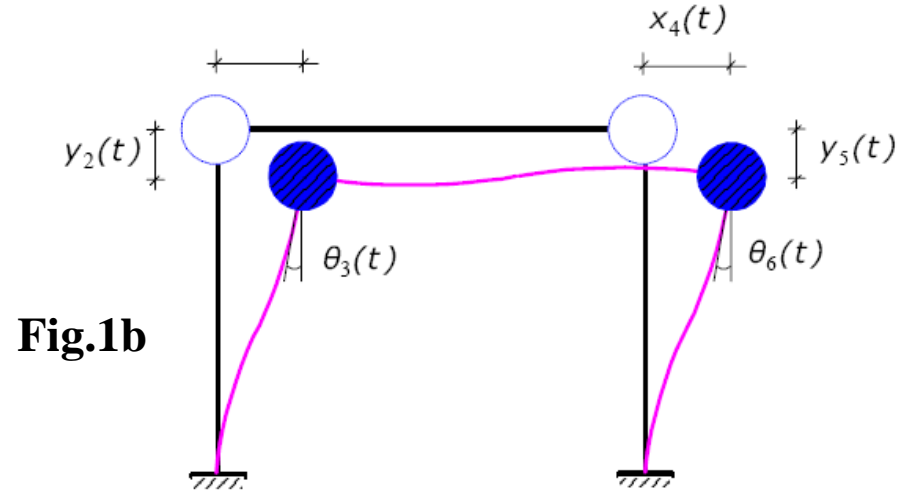
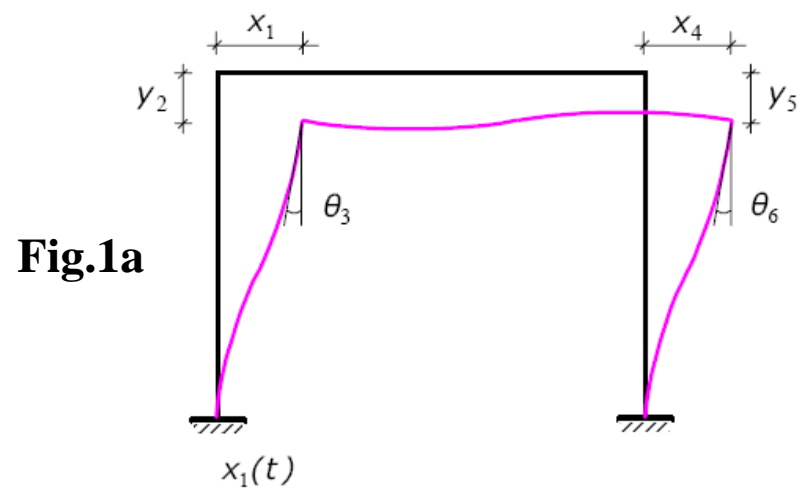
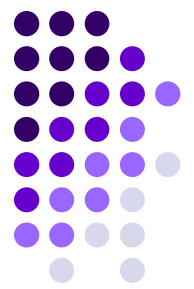
**Fig.2**

# Sistem dinamic



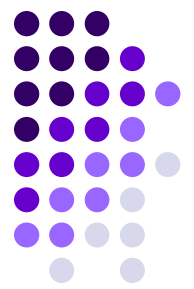
- una sau mai multe mărimi de intrare variabile în timp care formează intrarea sistemului  $u_i(t)$  ;
- una sau mai multe mărimi de ieșire variabile în timp, care formează ieșirea sistemului  $y_j(t)$  ;
- ecuație diferențială care leagă variabilele de stare  $x_n(t)$  de derivatele acestora, de mărimile de intrare și perturbația  $v(t)$ ;
- o ecuație de ieșire, care leagă mărimile de ieșire de variabilele de stare și de mărimile de intrare .





Sistem dinamic:  $x(t)$ ,  $y(t)$ ,  $\theta(t)$  – coordonate dinamice

# Sisteme continue,

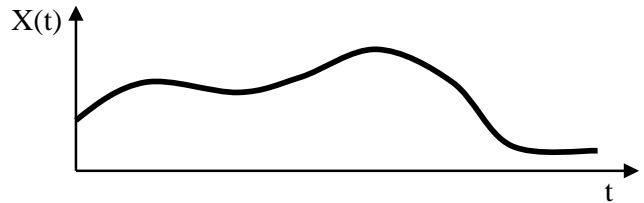


$\mathbf{x}$  – vector care descrie starea sistemului

$$\frac{d\mathbf{x}}{dt} = \mathbf{F}[\mathbf{x}(t), \mathbf{u}(t), t]$$

$$\mathbf{y}(t) = \mathbf{G}[\mathbf{x}(t), \mathbf{u}(t), t]$$

$\mathbf{u}(t)$  – vectorul de intrare;  
 $\mathbf{y}(t)$  – vectorul de iesire



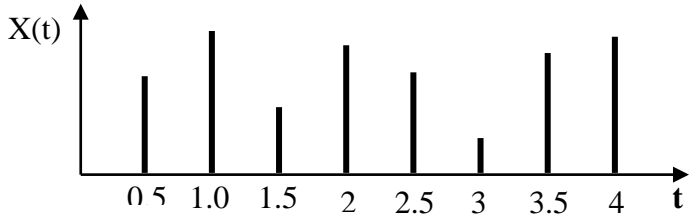
**Fig.1**

# ....discrete in timp ....

$$\mathbf{x}[t+1] = \mathbf{F}_a(\mathbf{x}[t], \mathbf{u}[t], t)$$

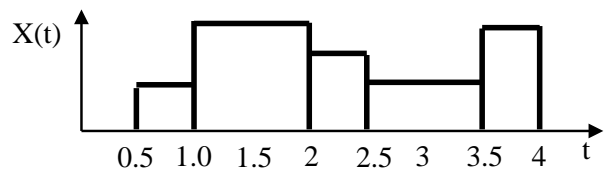
$$\mathbf{y}(t) = \mathbf{G}_a(\mathbf{x}[t], \mathbf{u}[t], t)$$

[#] – partea intreaga a parametrului #



**Fig.2**

# .. si sisteme cu evenimente discrete in timp



**Fig.3**

# Relatia operator uman – proces

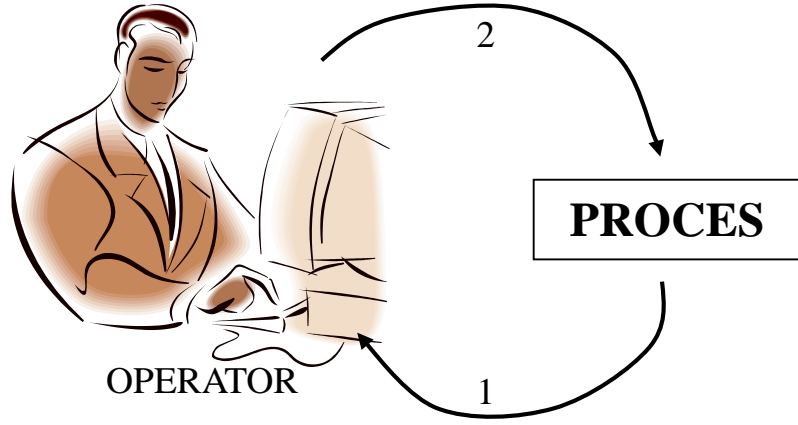
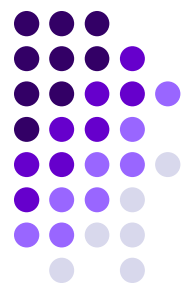


Fig.1

**1 – OPERATIA DE INFORMARE A OPERATORULUI**

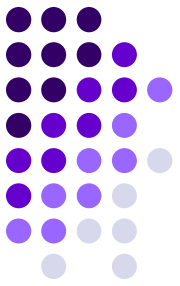
- a) cantitativa: *operatia de masurare - CONTINUU SAU DISCRET*
- b) calitativa : *operatia de semnalizare - OPTICA, ACUSTICA*

**2 – ACTIUNEA OPERATORULUI ASUPRA PROCESULUI**

- a) Cantitativa: *REGLARE*
- b) Calitativa: *COMANDA*

***REGLARE + COMANDA + INFORMARE = CONDUCERE PROCES***

# Conceptia sistematica



- Conceptul de sistem este foarte general, elastic. De exemplu, în informatică noțiunea de *sistem informatic* definește un ansamblu format din echipamentul de calcul și biblioteca de programe existente.
- **sistemul automat** este format din obiectul sau procesul automatizat (O) și mijloacele tehnice / dispozitivul de automatizare (DA).
- **sistem în circuit deschis sau sistem de comandă automată (SCA)**. De ex.: sistemul luminatului public care funcționează pe principiul: când luminozitatea scade (sau crește) sub / peste o anumită limită, se comandă aprinderea / stingerea iluminatului electric

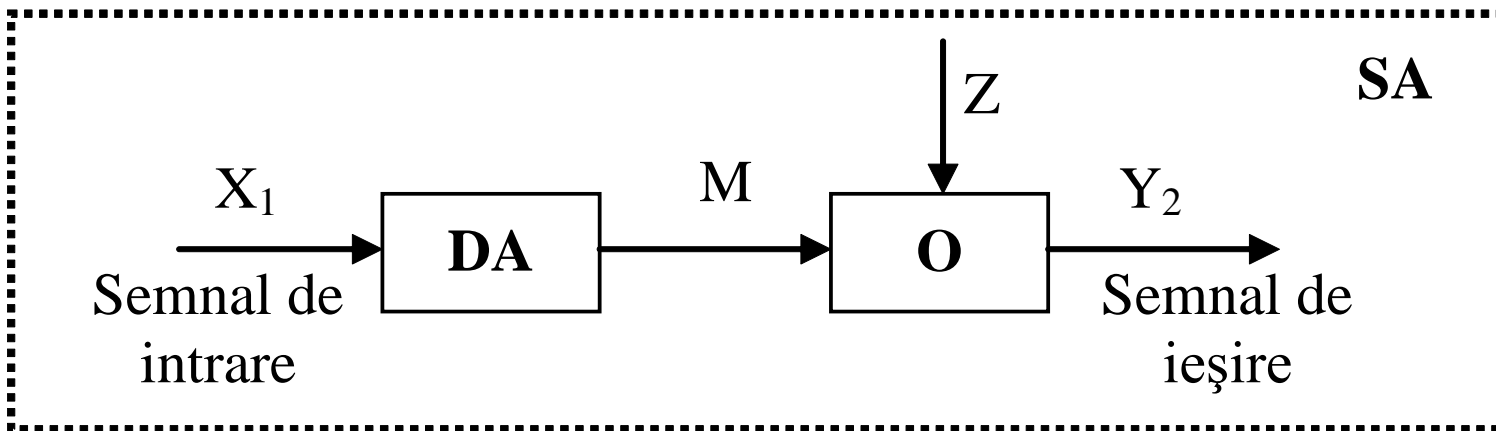


Fig.1



### Sistem cu structura deschisa, conexiune serie

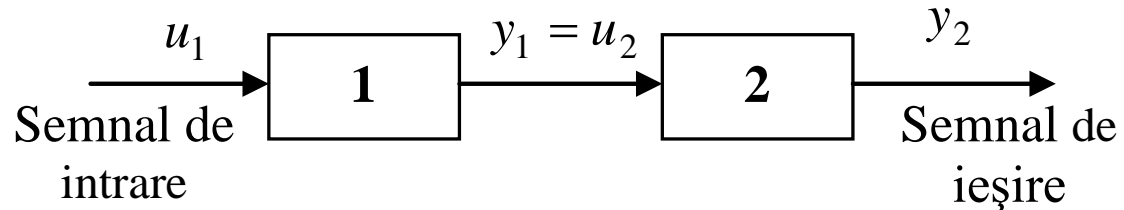


Fig.1

### Sistem cu structura deschisa, conexiune paralela

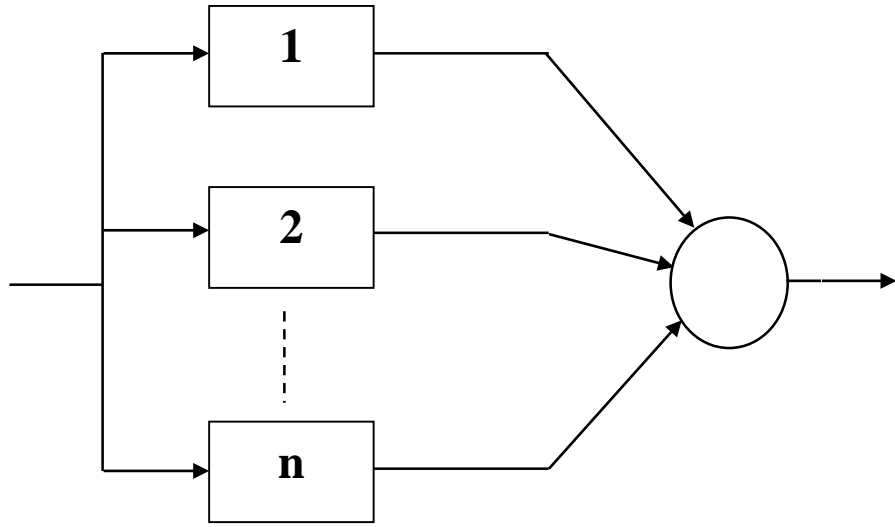
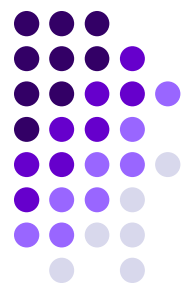
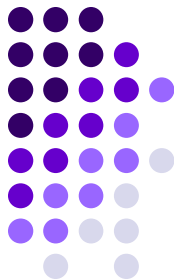


Fig.2



# Conceptia sistemica

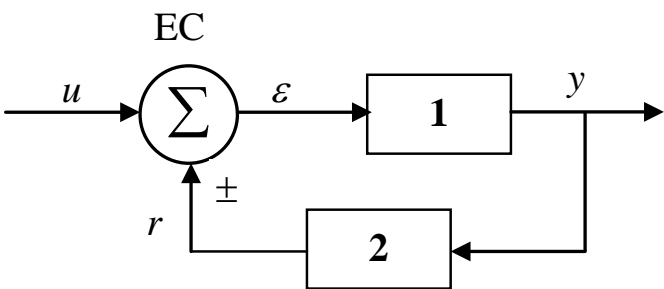


• **sistem în circuit închis sau sistem de reglare automată (cu reacție) (SRA).**

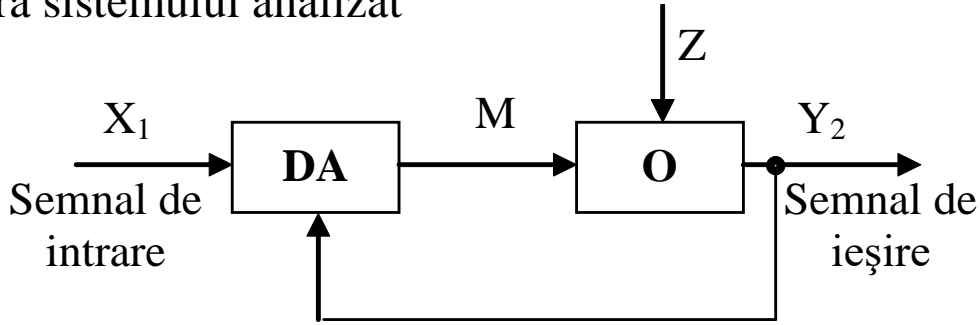
• **REGLARE** – un proces in care o marime – marimea reglata – este masurata continuu, comparata cu o alta marime, marimea de referinta si in functie de rezultatul acestei comparatii se intervine in sensul aducerii marimii reglate la valoarea celei de referinta

• Ex.: sistemul de reglarea temperaturii apei într-un boiler electric la care funcționarea are loc după principiul: când temperatura apei atinge limita inferioară, rezistența electrică pentru încălzire este conectată iar când temperatura atinge limita superioară, rezistența este deconectată de la sursa de tensiune.

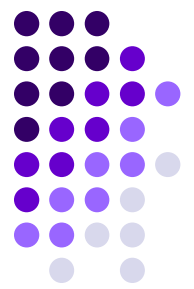
Notația “Z” - **mărimi perturbatoare** asupra sistemului analizat



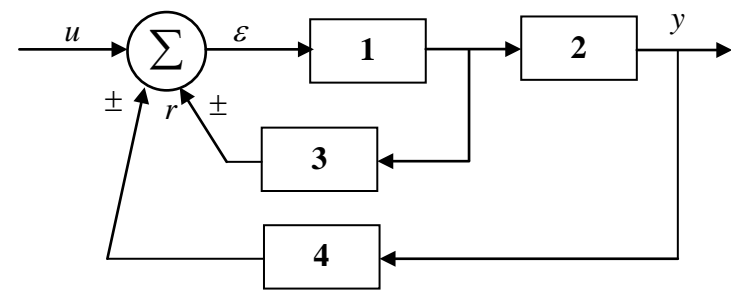
**Fig.1**



**Fig.2**

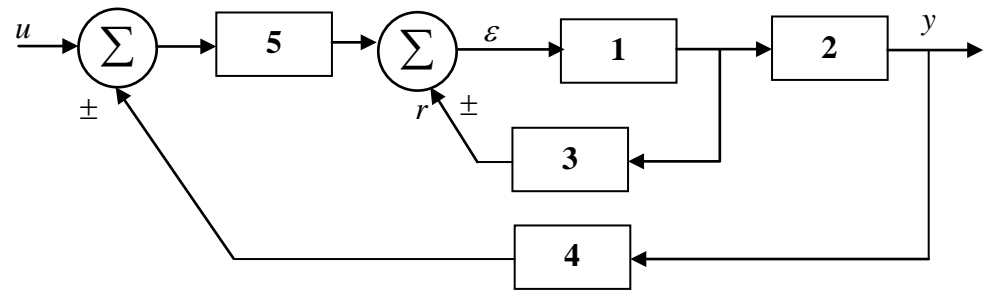


**Sistem cu reactie convergenta**

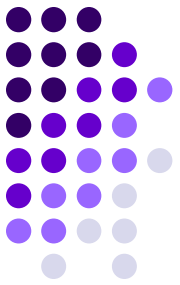


**Fig.1**

**Sistem cu reactie in cascada**

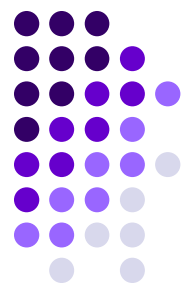


**Fig.2**

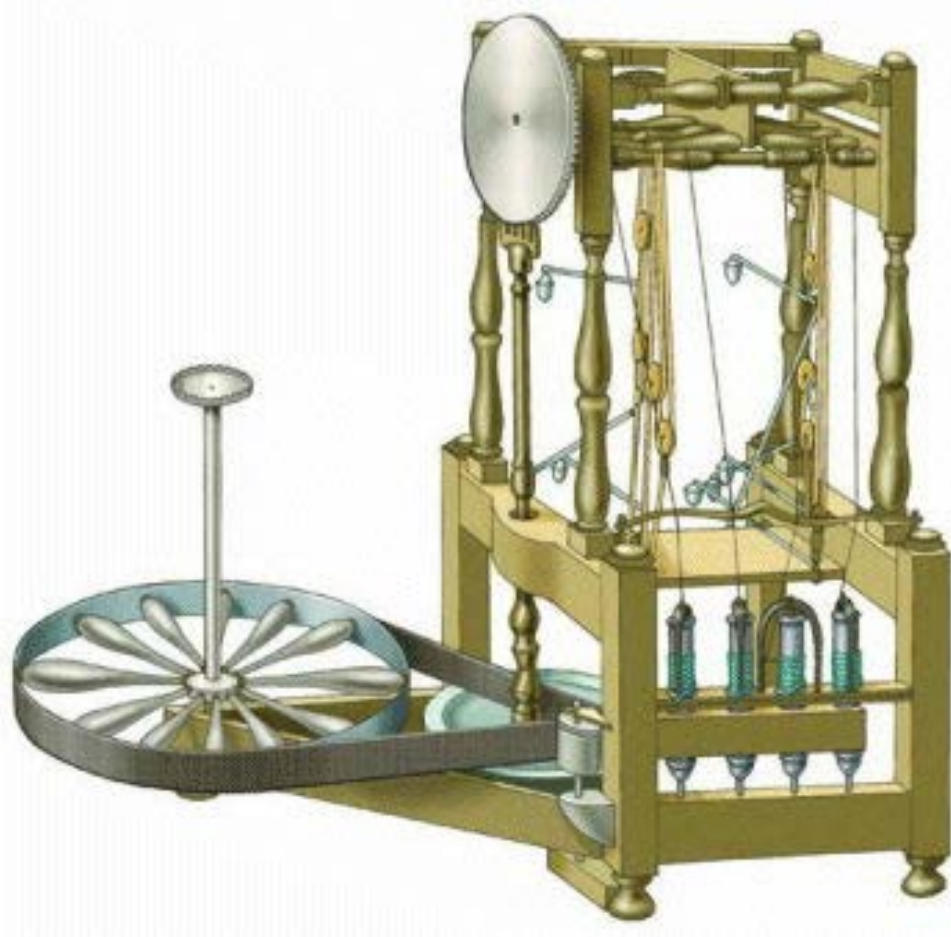


- **Produsele** - obiecte fizice, materiale, create în mod conștient, dirijat și controlat prin munca omului;
- **Procese** - fenomene din natură care se produc și a căror desfășurare este programată, având la bază diferite legături funcționale și obiecte. *Domeniului tehnic* îi este caracteristic **procesul tehnologic**. **Procesul** definesc transformările reciproce ale formelor de mișcare ale materiei (mecanică, termică, electromagnetică, etc.)
- Procesele tehnologice sunt destinate creării produselor și au la bază trei tipuri de transformări:
  - ❖ **ale materiei (substanței);**
  - ❖ **ale energiei ;**
  - ❖ **ale informației.**
- **Comanda** - *Actiunea cu caracter calitativ sau cantitativ asupra situației de stare sau de poziție a unor elemente din instalația tehnologică a procesului*
- **REGLAREA = MASURARE + COMANDA !!!!!**
- **Automatizare** – utilizarea controlului sistemelor pentru coordonarea mașinilor industriale sau a proceselor înlocuind operatorul uman
- **CONTROLUL = MASURARE + SEMNALIZARE !!!!!**

# Mecanizare

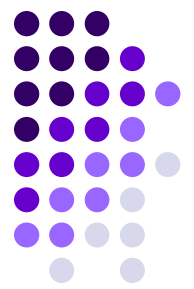


- Masina cu apa – filatura de bumbac
- Richard Arkwright in 1768
- dupa 1790 actionare prin masina cu abur



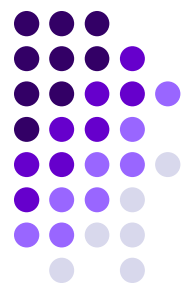
**Fig.1**

# Automatizare



**Fig.1**

# Robotizare



**Fig.1**



# Sistem de fabricatie robotizat

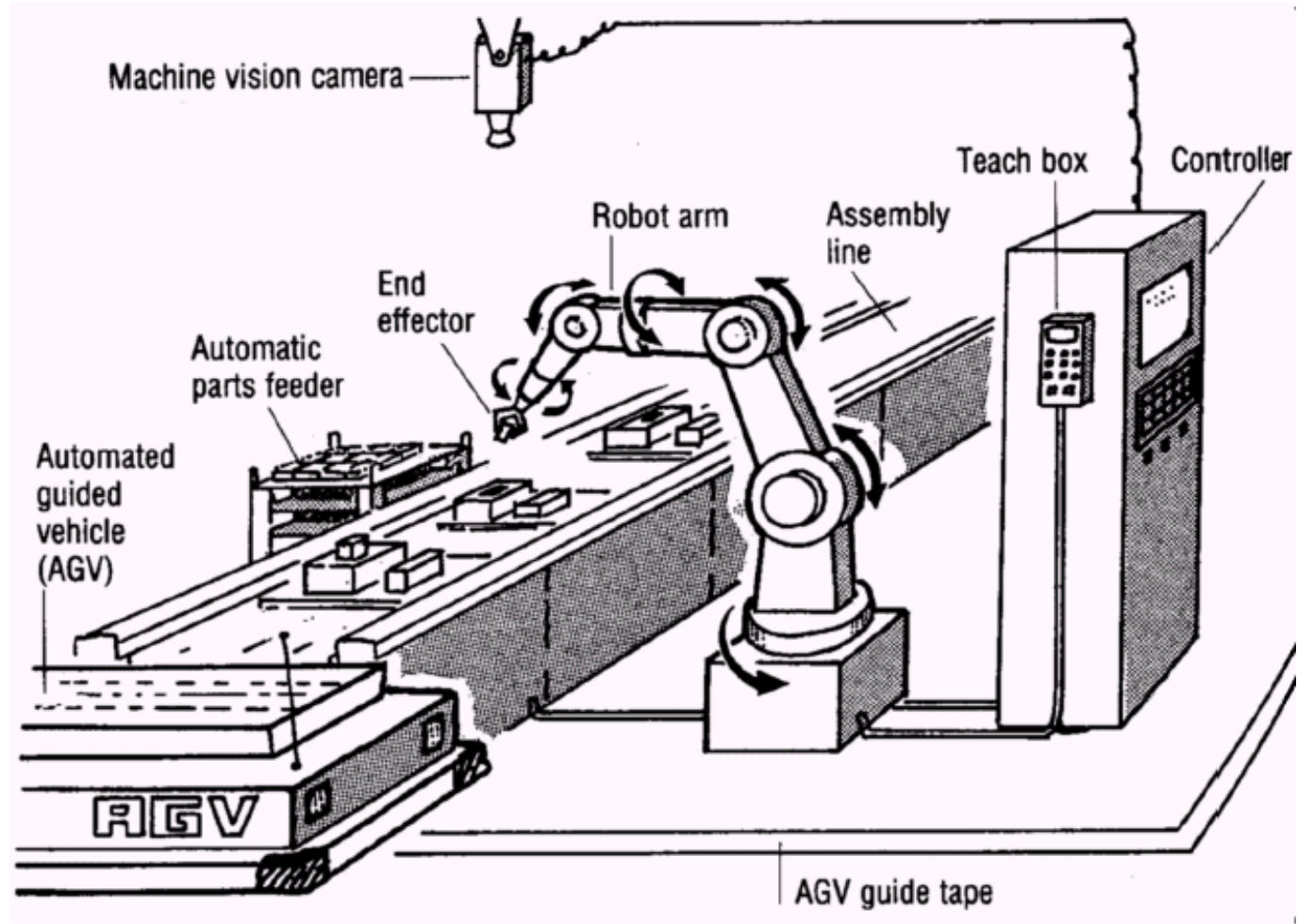
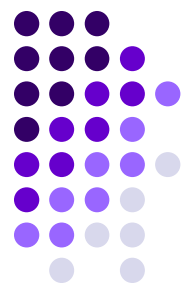


Fig.1