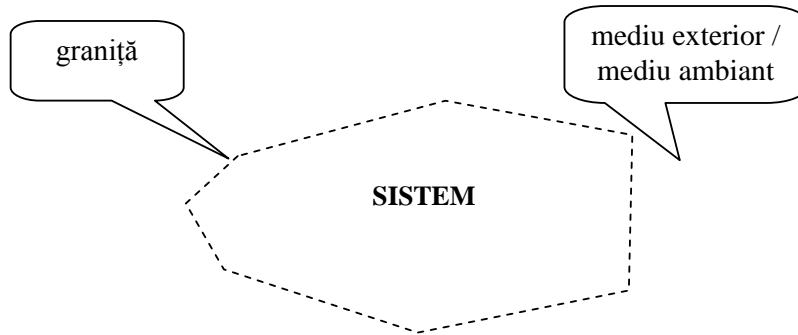


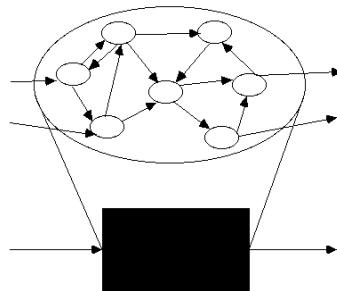
# I. Teoria sistemelor automate

**Sistemul** se poate defini ca „orice ansamblu organizat de resurse și proceduri în interacțiune sau interdependente, real sau abstract, pentru realizarea unui set de funcții specifice”. Pentru definirea acestui concept se apelează la definirea unei „granițe” care separă sistemul de mediul exterior.



Sistem și mediu ambiant

Teoria sistemelor consideră sistemul ca un „o cutie neagră”, („black box”). Tot ceea ce interesează este setul mărimilor de intrare și respectiv de ieșire. Structura internă a sistemului nu interesează.



Reprezentarea sistemului prin „cutie neagră”

Reprezentarea din figura următoare asociază sistemului noțiunile de cauză și efect. Mărimea de intrare  $u$  exprimă acțiunea mediului exterior asupra sistemului (cauza). Mărimea de ieșire  $y$  pune în evidență comportarea sistemului (efectul) din punctul de vedere al funcției îndeplinite.



Reprezentarea unui sistem prin *black box* și asocierea intrare – ieșire

Un sistem este liniar dacă satisface:

- **principiul aditiv:** dacă unui sistem cu parametrul de intrare  $u_1(t)$  îi corespunde un semnal de ieșire  $y_1(t)$  și respectiv pentru  $u_2(t)$  va exista un  $y_2(t)$ , atunci la un semnal cauză  $u_1(t) + u_2(t)$  îi va corespunde semnal efect  $y_1(t) + y_2(t)$ :

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:** o combinație liniară a parametrilor de intrare  $k[u(t)]$  dau aceeași combinație liniară a parametrilor de ieșire  $k[y(t)]$ :

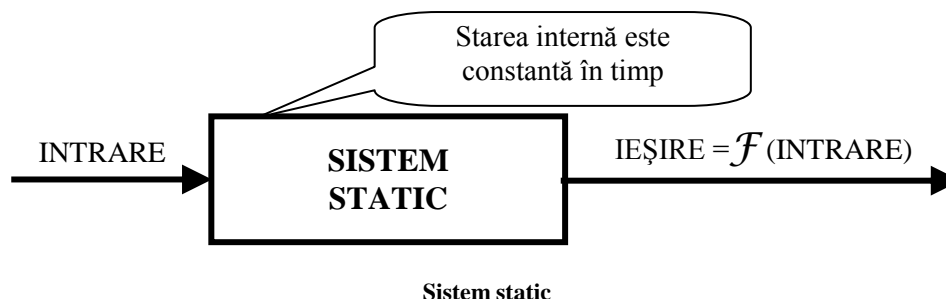
If  $u \rightarrow y$  THEN  $k \cdot u \rightarrow k \cdot y$

- **superpoziție**: combinația de aditivitate și omogenitate:

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

Sistemele care nu satisfac relațiile anterioare sunt sisteme *neliniare*.

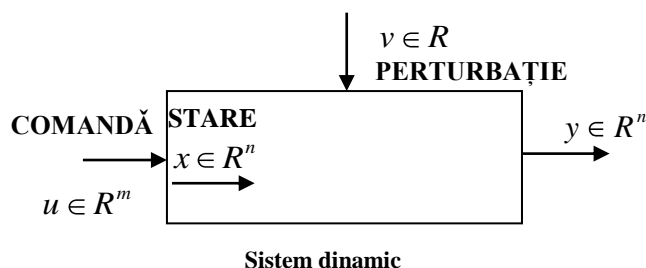
Sistemele în care variabilele și relațiile dintre ele sunt independente de timp sunt *sisteme statice*.



Dacă valorile mărimilor de ieșire depind atât de valorile celor de intrare, cât și de starea internă a sistemului (starea internă se modifică în timp) spunem că sistemul este *dinamic*.

Un sistem dinamic poate fi caracterizat prin:

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



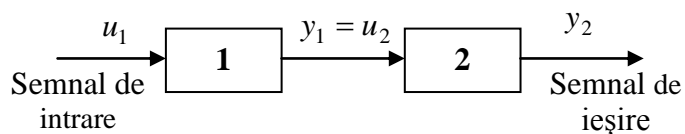
Se definește sistemul simplu ca și sistemul descris matematic sub forma:

$$\frac{dx}{dt} = f(x, u, v, t)$$

$$y = g(t, x, u)$$

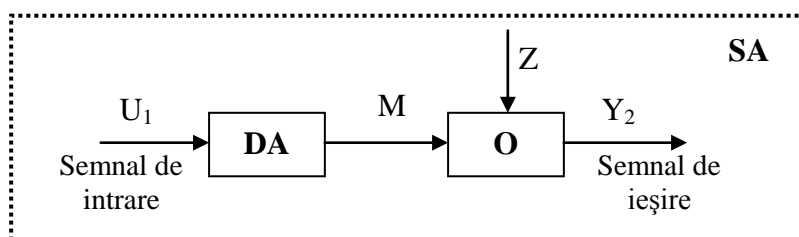
în care nu există nici o conexiune de tip reacție inversă.

*Sistemele cu structură deschisă* sunt compuse din elemente conectate în serie sau paralel. La aceste sisteme mărimile de ieșire nu influențează funcționarea sistemului. Conectarea în serie rezultă ca o necesitate: conversia naturii fizice a valorii sau a formei mărimii de intrare, amplificarea puterii, prelucrarea matematică a mărimii de intrare, separare galvanică etc. La această conexiune, mărimea de ieșire a unui element constituie mărime de intrare pentru următorul element.



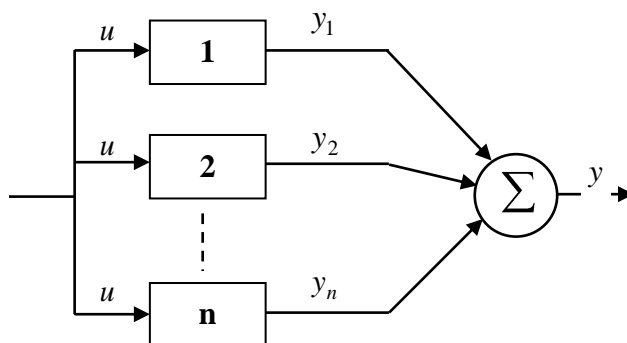
Sistem cu structură deschisă, în serie

*Sistemul în circuit deschis* se poate identifica cu sistemul 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. În automată, *sistemul automat* este format din obiectul sau procesul automatizat (O) și dispozitivul de automatizare (DA). Notăția “Z” din figură are semnificația unei mărimi perturbatoare asupra sistemului analizat iar „M” are semnificația mărimii de execuție.



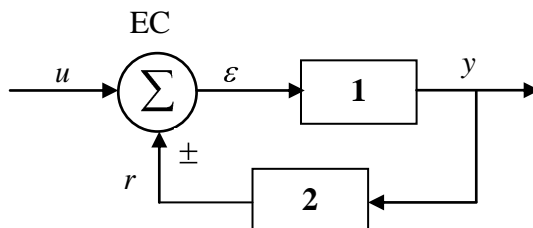
Sistem de comandă automată

Două sau mai multe elemente formează o conexiune paralelă când mărimea de intrare  $u$  este comună tuturor elementelor iar mărimea de ieșire a conexiunii este egală cu suma algebrică a mărimilor de ieșire ale elementelor componente.



Sistem cu structură deschisă, conexiune în paralel

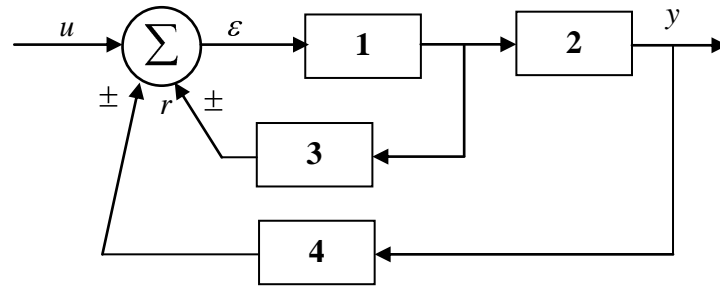
*Sistemele cu structură închisă* se identifică cu acele sisteme în care mărimea de ieșire  $y$  influențează la rândul său sistemul prin intermediul reacției concretizată prin mărimea  $r$ . După semnul de însumare (asigurat de elementul de comparație EC) sistemul poate fi cu reacție pozitivă (semnul + pentru mărimea de reacție) și respectiv cu reacție negativă (semnul – pentru mărimea de reacție). În mod corespunzător, mărimea rezultată va fi  $\varepsilon = u \pm r$ .



Sistem cu structură închisă

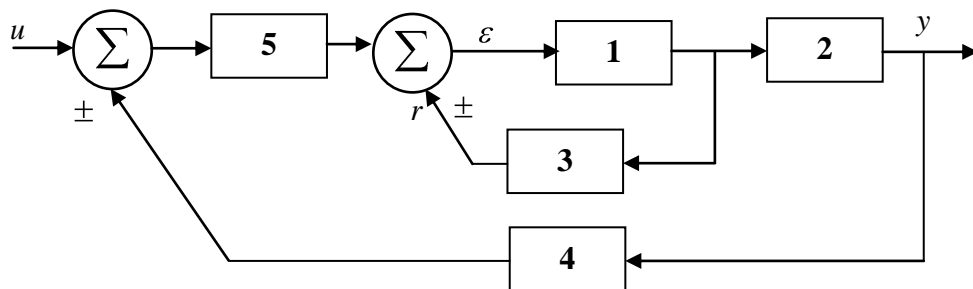
Sistemele cu structură închisă pot fi cu bucle de reacție multiplă:

- Cu reacție convergentă;



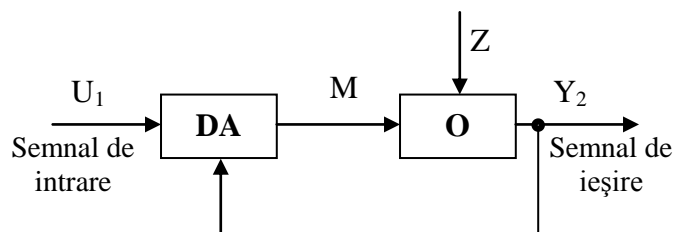
Sistem cu reacție convergentă

- Cu reacție în cascadă.



Sistem cu reacție convergentă

Sistemul în circuit închis se identifică cu sistem de reglare automată (cu reacție) (SRA). De 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 alimentată iar când temperatura atinge limita superioară, rezistența este deconectată de la sursa de tensiune.



Sistem de reglare automată

Teoria sistemelor utilizează în construcția modelelor matematice relația dintre mărimile de intrare și de ieșire pentru un sistem liniar invariant în timp, relație care se numește *funcție de transfer a sistemului*.

Fie sistemul având următoarea ecuație diferențială ca relație între mărimile de intrare  $u(t)$  și de ieșire  $y(t)$ , unde  $y^{(k)}(t)$  este derivata de ordinul  $k$  a mărimii de ieșire  $y(t)$ , iar  $u^{(i)}(t)$  este derivata de ordinul  $i$  a mărimii de intrare,  $u(t)$ :

$$a_n y^{(n)}(t) + a_{n-1} y^{(n-1)}(t) + \dots + a_0 y(t) = b_m u^{(m)}(t) + b_{m-1} u^{(m-1)}(t) + \dots + b_0 u(t)$$

Transformata Laplace a relației dintre mărimile de intrare și de ieșire se poate scrie, pe baza proprietăților acestora de liniaritate și a modului de calcul al transformatei Laplace pentru derivata unei funcții:

$$a_n s^n Y(s) + a_{n-1} s^{n-1} Y(s) + \dots + a_0 Y(s) = b_m s^m U(s) + b_{m-1} s^{m-1} U(s) + \dots + b_0 U(s)$$

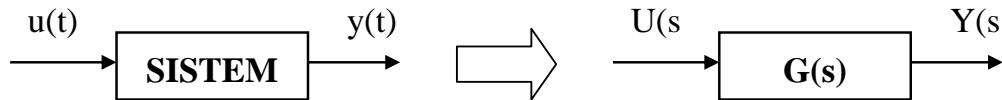
Relația anterioară permite exprimarea transformatei Laplace a mărimii de ieșire:

$$Y(s) = \frac{b_m s^m + b_{m-1} s^{m-1} + \dots b_0}{a_n s^n + a_{n-1} s^{n-1} + \dots a_0} U(s)$$

sau:

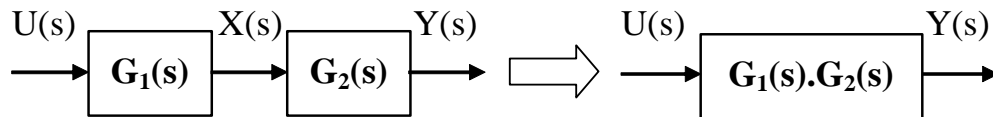
$$Y(s) = G(s)U(s)$$

Funcția  $G(s)$  este *funcția de transfer* a sistemului și se prezintă ca o funcție rațională de  $s$ . Prin introducerea noțiunii de funcție de transfer, schema-bloc a sistemului devine mai concretă :

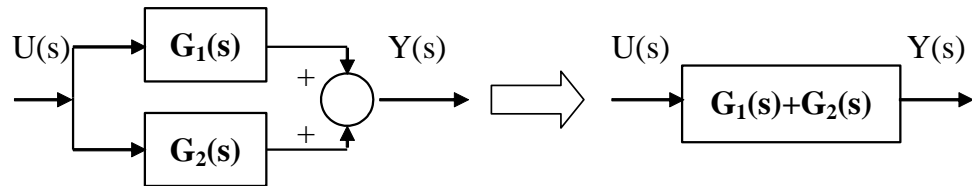


Schema bloc a unui sistem, cu evidențierea funcției de transfer

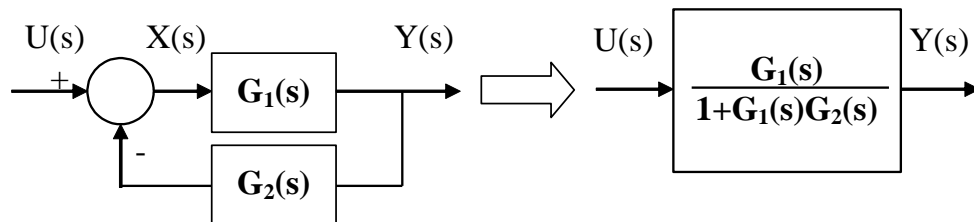
În figurile următoare sunt reprezentate cele mai importante identități ale algebrei schemelor bloc, care sunt utilizate în simplificarea sistemelor.



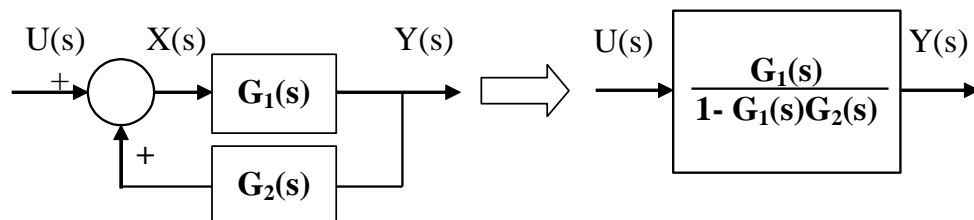
Funcția de transfer a unei serii de subsisteme



Funcția de transfer a unei conexiuni de subsisteme în paralel



Funcția de transfer a conexiunii cu reacție negativă



Funcția de transfer a conexiunii cu reacție pozitivă

Ecuția diferențială care descrie sistemul poate fi clasificată, în funcție de ordinul cel mai mare al derivatei ( $\max\{m, n\}$ ), în *ordinul zero*, *ordinul întâi*, *ordinul doi*, etc. Ecuția respectivă permite astfel definirea unei noțiuni de referință în teoria sistemului: *ordinul sistemului* echivalent cu ordinul ecuației diferențiale.

- **Sistem de ordinul zero-** descrierea dinamică a unui sistem liniar de ordinul zero este dată de ecuația:

$$a_0 y(t) = b_0 u(t)$$

și a cărei funcție de transfer este  $G(s) = \frac{Y(s)}{U(s)} = \frac{b_0}{a_0}$

- **Sistem de ordinul unu** - Ecuația dinamică a sistemului este de forma:

$$a_1 \cdot \frac{dy(t)}{dt} + a_0 y(t) = b_0 u(t)$$

iar funcția de transfer:

$$G(s) = \frac{Y(s)}{U(s)} = \frac{b_0}{a_1 s + a_0} = \frac{\frac{b_0}{a_0}}{\frac{a_1}{a_0} s + 1} = \frac{S}{\tau \cdot s + 1}$$

unde  $S = \frac{b_0}{a_0}$  este *sensibilitatea sistemului*, iar  $\tau = \frac{a_1}{a_0}$  [s] este *constantă de timp a sistemului*.

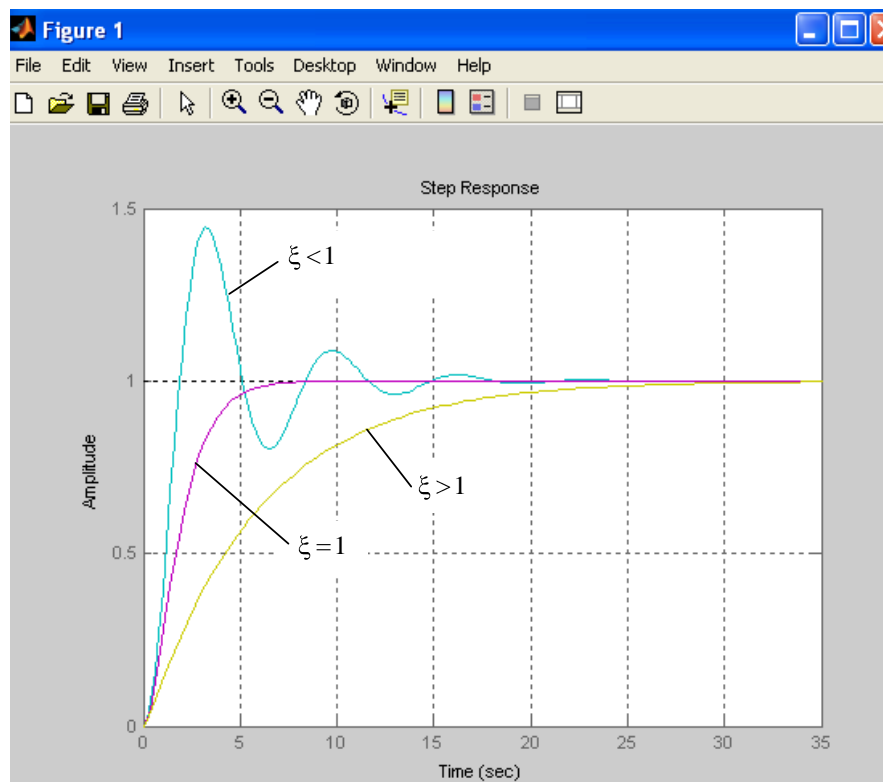
- **Sistem de ordinul doi** - Ecuația diferențială care descrie sistemul de ordinul doi este de forma:

$$a_2 \cdot \frac{d^2 y}{dt^2} + a_1 \cdot \frac{dy}{dt} + a_0 \cdot y = b_0 \cdot u$$

Utilizând transformata Laplace, se poate obține funcția de transfer a sistemului:

$$G(s) = \frac{Y(s)}{U(s)} = \frac{b_0}{a_2 \cdot s^2 + a_1 \cdot s + a_0}$$

Se pot defini stările acestuia: a) sistemul cu amortizare slabă, subatenuat  $\xi < 1$ ; b) sistemul critic amortizat,  $\xi = 1$ ; c) sistemul supra-amortizat,  $\xi > 1$ ; d) sistemul neamortizat  $\xi = 0$ .



Sistem de ordinul doi slab amortizat, critic și supra-amortizat

## II. Fundamente de inginerie electronică

1. Modalitati de inscripționare a rezistoarelor și condensatoarelor. Regula divizorului de tensiune și regula divizorului de curent.
2. Redresorul mono și bialternanță
3. Tranzistorul bipolar: efectul de transistor, tipurile de conexiuni, familiile de caracteristici ale tranzistorului bipolar, ecuația TB.
4. Tranzistorul bipolar: modelul dinamic cu efect de câmp în parametrii  $\pi$  și  $h$ .
5. Proiectarea schemei cu stabilizare totală a punctului static de funcționare pentru un montaj amplificator cu transistor bipolar.
6. Tranzistorul cu efect de câmp: tipurile de tranzistoare cu efect de câmp, modalități tehnologice de obținere a TEC
7. Tranzistorul cu efect de câmp: familii de caracteristici ale TEC, inversorul CMOS.
8. Amplificatorul operational (AO) ideal și real.
9. AO inversor, neinversor, sumator (relatii + schema)
10. AO diferențial, integratorul.

## III. Circuite Integrate Digitale

1. Enumerați principalele avantaje și dezavantaje ale memoriilor SRAM în comparație cu memoriile DRAM (cap. 5 curs CID)..
2. Desenați schema unui numărător asincron binar, pe 4 biți, explicați funcționarea sa, și trasați formele de undă aferente (cap. 4 curs CID).
3. Desenați schema unui numărător sincron binar, pe 4 biți, explicați funcționarea sa, și trasați formele de undă aferente (cap. 4 curs CID).
4. Descrieți, pe scurt, principalele aplicații ale registrelor de deplasare (cap. 4 curs CID).
5. Prezentați, sumar, principalele metode de obținere a divizoarelor de frecvență cu  $p$  ( $p \neq 2^n$ ) (cap. 4 curs CID).
6. Descrieți modalitățile de realizare a conversiei paralel-serie, respectiv serie-paralel a datelor (cap. 3 și 4 curs CID).
7. Explicați, pe scurt, funcționarea unei memorii DRAM (citire, scriere, reînprospătare) (cap. 5 curs CID).
8. Prezentați funcționarea unui decodificator pe post de demultiplexor (cap. 3 curs CID).
9. Desenați reprezentarea simbolică a unui bistabil de tip D care comută pe frontul crescător al impulsului de tact, tabelului lui de funcționare și formele de undă aferente (cap. 4 curs CID).
10. Desenați reprezentarea simbolică a unui bistabil de tip T care comută pe frontul descrescător al impulsului de tact, tabelului lui de funcționare și formele de undă aferente (cap. 4 curs CID).