

Irányítástechnikai alapismeretek

Összeállította: Koszár András

Mechanizálás, gépesítés, automatizálás

Elvégzendő feladat	A feladat elvégzésének eszköze	Az eszköz energiaforrása	A fejlődés állomásai
Munkavégzés	Szerkezet (mechanizmus)	Izomerő	MECHANIZÁLÁS
Munkavégzés	Munkagép	Erőgép	GÉPESÍTÉS
Munkavégzés irányítása	Irányító-berendezés	Erőgép	AUTOMATIZÁLÁS

Az irányítás fogalma

Az **irányítás** olyan műveletsor, amely valamely *műszaki (technológiai) folyamatot **elindít***, annak meghatározott állapotát ***fenntartja*** vagy ***megváltoztatja***, végül a műszaki folyamatot ***leállítja***.

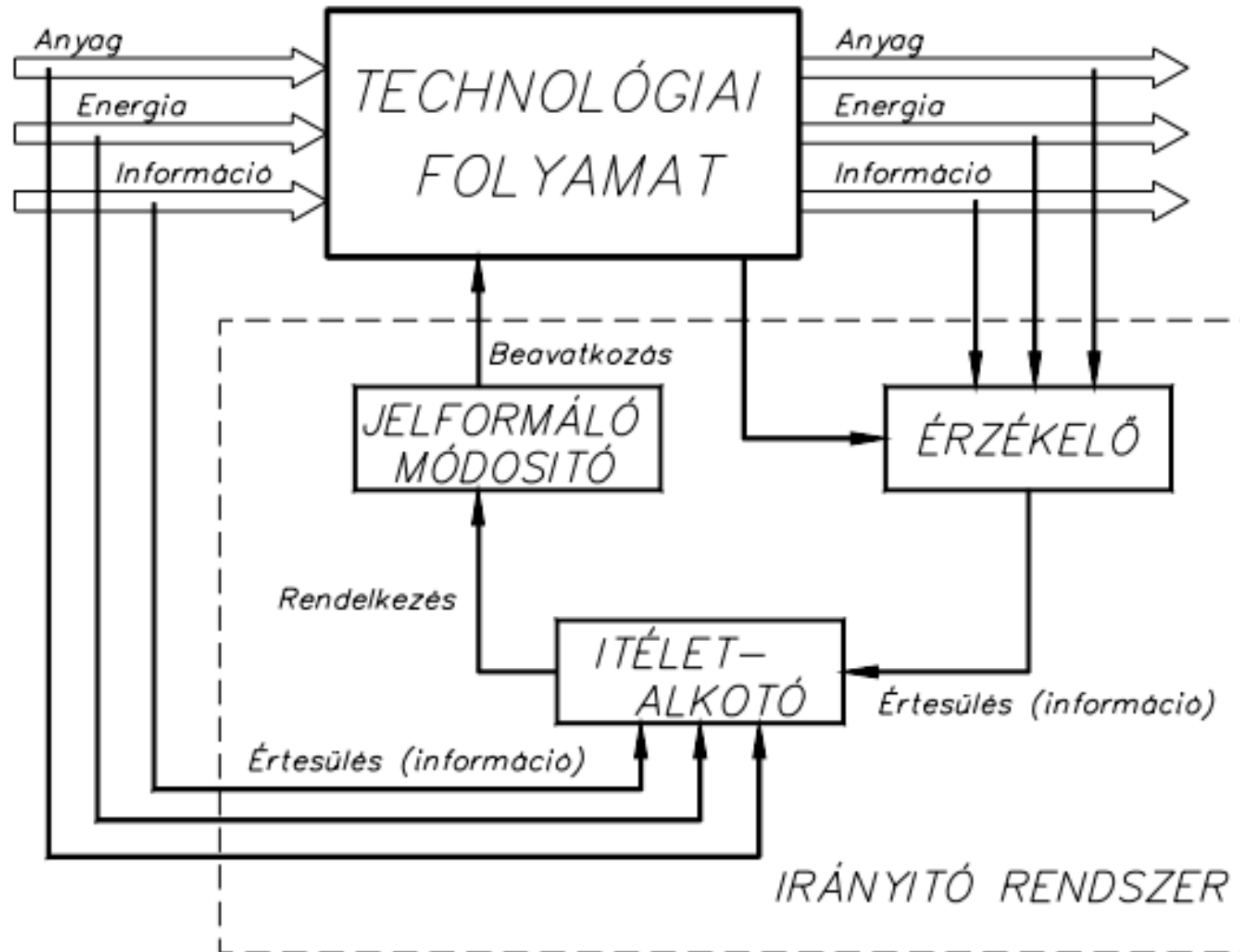
Az irányítástechnika tudományága

*Az irányítás törvényszerűségeivel,
gyakorlati megvalósításával foglalkozó
műszaki tudományág az irányítástechnika
(automatika).*

Az irányítás részműveletei

- 1. Érzékelés:** értesülés (*információszerzés*) az irányítandó folyamatról.
- 2. Ítéletalkotás:** döntés az értesülés feldolgozása alapján a rendelkezés szükségességéről.
- 3. Rendelkezés:** utasítás a beavatkozásra.
- 4. Beavatkozás:** az irányított folyamat befolyásolása a rendelkezés alapján.

Az irányítási folyamat elvi vázlatja



Érzékelő szervek

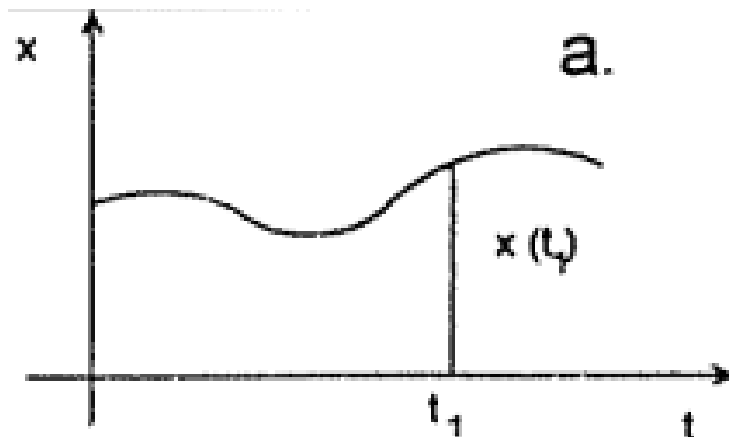
- Az irányítási folyamat tényleges megvalósulásáról az **érzékelő szervek** révén lehet értesülni (*információt szerezni*).
- Az érzékelő szerveket nevezzük még ***mérőműszereknek*** v. ***szenzoroknak*** is.
- Pl.: *úszós szintmérő, síkmembrános nyomásmérő.*

Jelhordozó, Jel

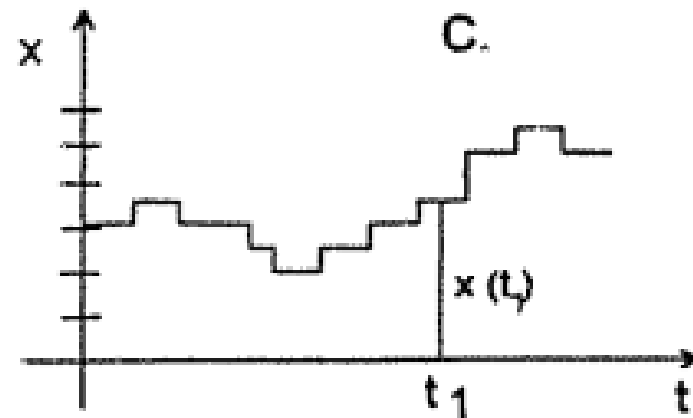
- A műszaki folyamatokról valamilyen fizikai mennyiség mérése útján kaphatunk információkat. Ezeket a fizikai mennyiségeket (pl.: *folyadékszint*, *nyomás*, *hőmérséklet*, *villamos feszültség*) **jelhordozóknak** nevezzük.
- **Jel:** minden olyan *fizikai v. kémiai mennyiség értéke* v. *értékváltozása*, amely *alkalmas információ szerzésére, továbbítására, tárolására*.

Jelek csoportosítása értékkészletük szerint

- **Folytonos** a jel, ha *az értelmezési tartományban* tetszés szerinti értéket felvehet.
- **Szakaszos** a jel, ha *az értelmezési tartományban* nem vehet fel tetszőleges értéket.



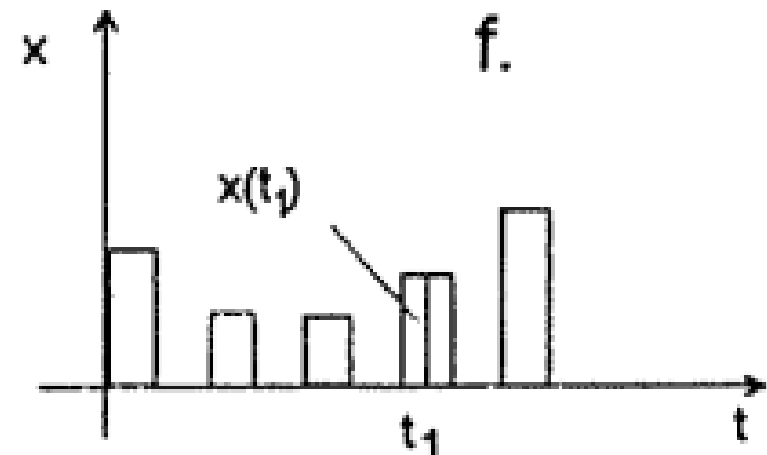
Folytonos



Szakaszos

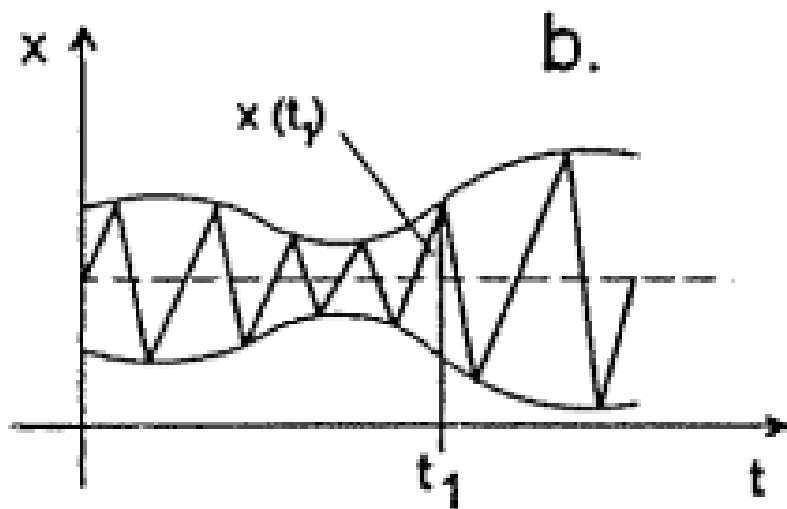
Jelek csoportosítása az időbeli lefolyás szerint

- **Folyamatos** a jel, ha *az értékkészlete adott időtartomány* bármely időpontjában változhat.
- **Szaggatott** a jel, ha ... nem minden időpontjában változhat.

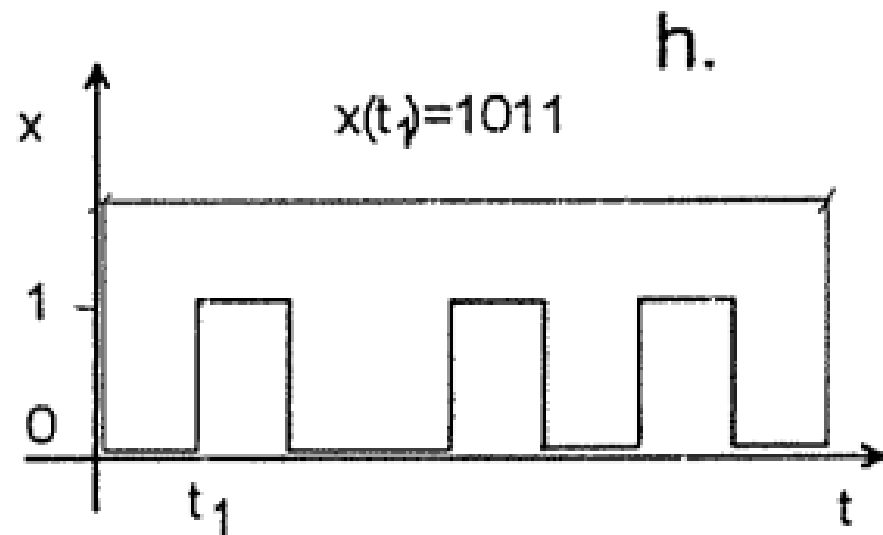


Jelek csoportosítása az információ megjelenési formája szerint

- **Analóg** a jel, ha az információt a jelhordozó értéke vagy értékváltozása közvetlenül képviseli.
- **Digitális** a jel, ha az információ a jelhordozó számjegyet kifejező, diszkrét jelképi értékeiben van jelen. (pl.: *binárisan kódolt*).



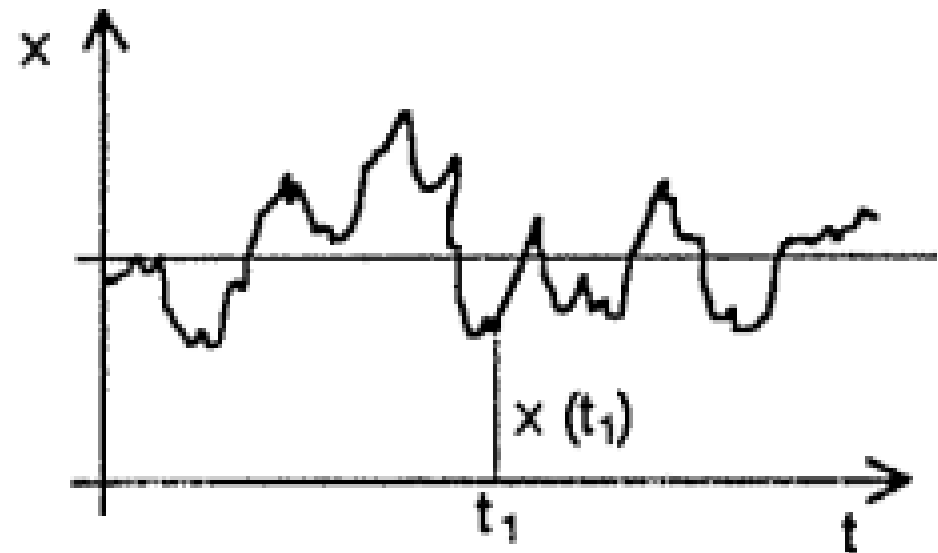
Analóg



Digitális

Jelek csoportosítása az érték meghatározottsága szerint

- **Determinisztikus** a jel, ha értéke meghatározott időfüggvénnyel egyértelműen megadható.
- **Sztochasztikus** a jel, ha időben statisztikus lefolyású, csak valószínűség-számítási módszerekkel írható le.



Sztochasztikus

Az irányítási rendszer részei

- Az **irányított berendezés** az irányítás tárgyát képezi.
Ez a technológiai folyamat az irányítástól függetlenül is létezik.
- Az **irányítóberendezés** mindazon szerkezeti egységek összessége, amelyeknek a segítségével az irányítás megvalósul.

Az irányítástechnikai rendszerek szerkezeti részei

- **Elem:** az irányítástechnikai szempontból tovább nem bontható rész. *Egy v. több **alkatrészből** állhat.*
- **Szerv:** az irányítási részfeladatokat önállóan ellátó szerkezeti egység. *Egy v. több **elemből** állhat.*
- **Készülék:** szerkezetileg körülhatárolt, önálló irányítási v. technológiai feladattal rendelkező egység. *Egy v. több **szervből** állhat.*
- **Jelvivő vezetékek:** összeköttetés, mely a jeleket átviszi az irányítási rendszer egyes részei között. ***Mechanikus rendszereknél pl.:** fogaskerék, tengely; **hidraulikus, pneumatikus rendszereknél pl.:** csövek, tömlők; **elektromos rendszereknél pl.:** sodort érpár.*

Hatáslánc

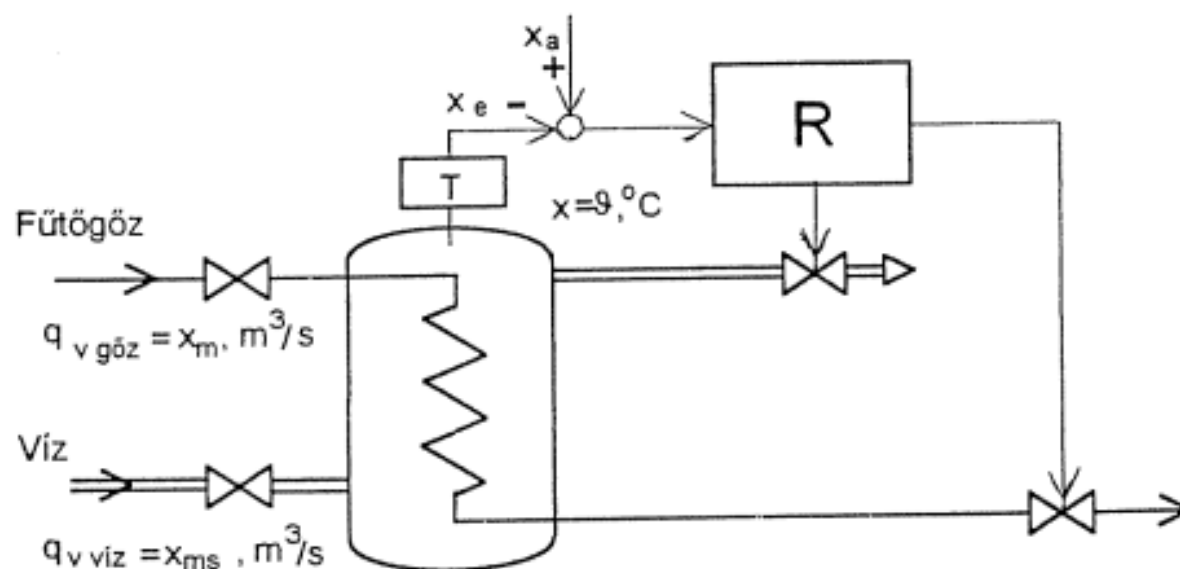
*Az irányítási rendszer azon szerkezeti egységeinek sorozata (láncolata), amelyeken keresztül **az irányítási hatás érvényesül.***

Az irányítási rendszer ábrázolása

- **Szerkezeti vázlat**
- **Működési vázlat**
- **Hatásvázlat**

Szerkezeti vázlat

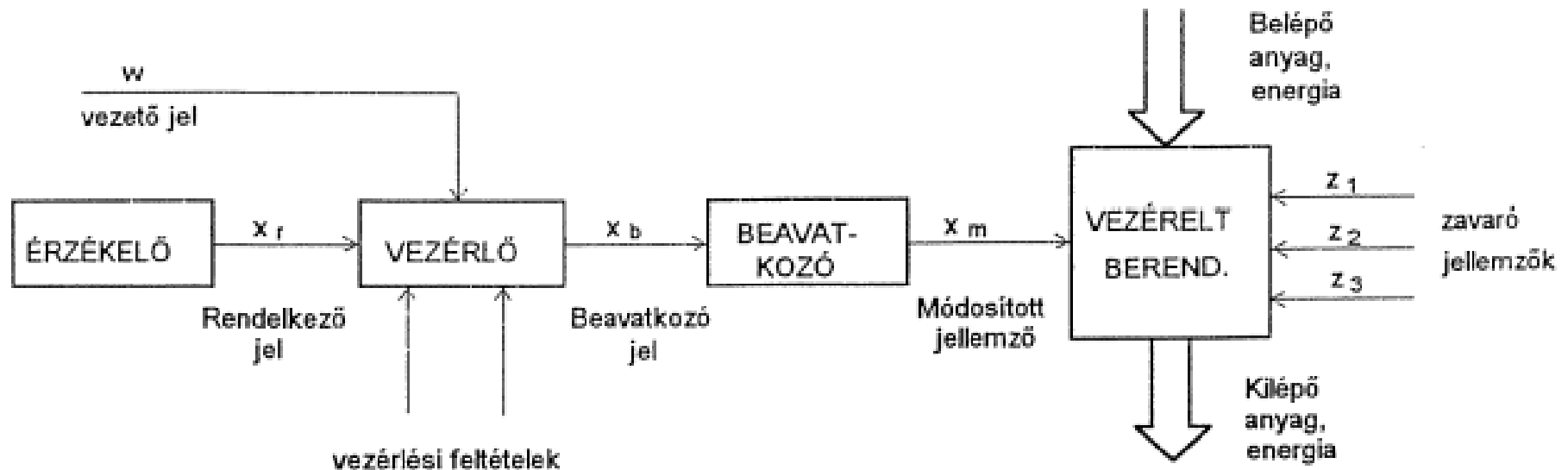
Az irányítási rendszer olyan **vázlatos v. jelképes** ábrázolási módja, amely főként **a rendszer irányítási szempontból lényeges részeit** tünteti fel.



Hőmérséklet-szabályozási kapcsolás szerkezeti vázlata

Működési vázlat

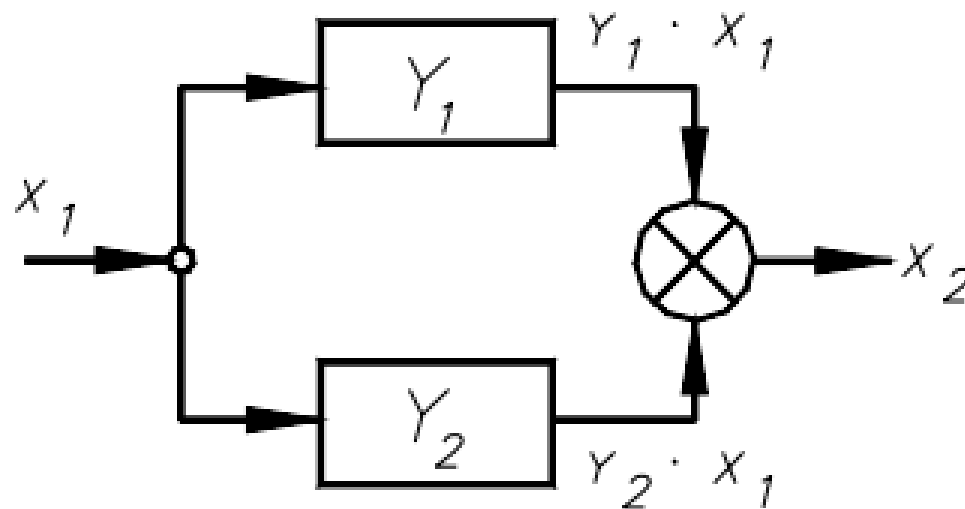
A hatáslánc **szerkezeti részeinek jelképi ábrázolását** tartalmazza. A szerkezeti egységeket **téglalapok**, míg a jelek útját **hatásvonalak** jelképezik.



A vezérlés működési vázlata

Hatásvázlat

A hatáslánc **elvi, elvonatkoztatott ábrázolási módja**, amelyben a tagokat és jeleket **egyszerű geometriai alakzatok** jelképezik.



Tagok párhuzamos
kapcsolása

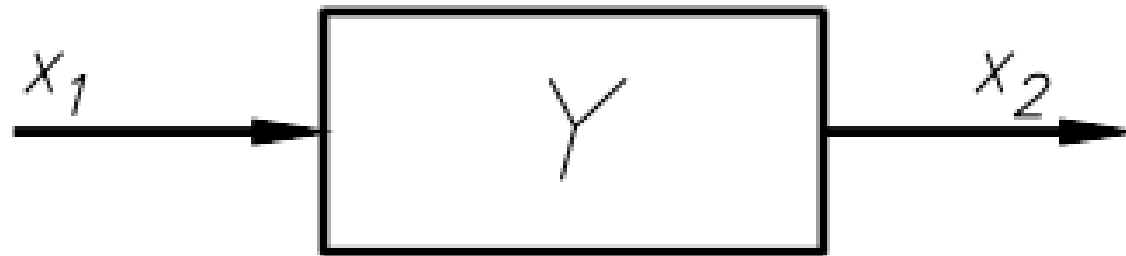
$$x_2 = (Y_1 + Y_2) \cdot x_1$$

A hatásvázlat részei

- **A tag.**
- **Az irányított szakasz.**
- **A hatásirány.**
- **A jelek.**

A tag

Az irányítástechnikai rendszer valamely tetszés szerint kiválasztott részének jelformáló tulajdonságát fejezi ki.



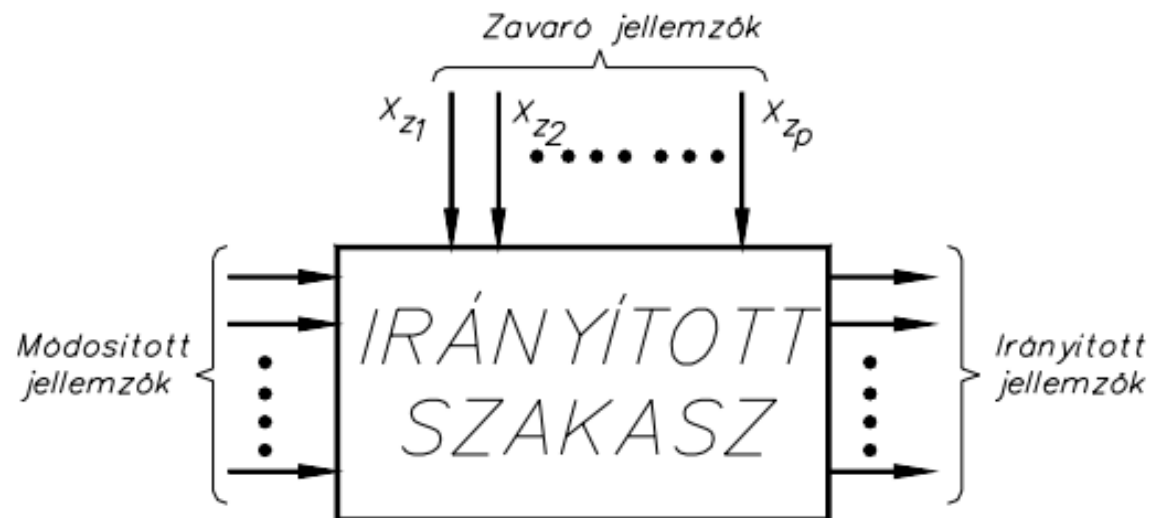
A **bemenő jel** (x_1) a tagot működésre készíti, annak eredményeképpen jön létre a **kimenő jel** (x_2).

A jelek terjedési iránya a **hatásirány**. **A tagok visszahatás-mentesek!**

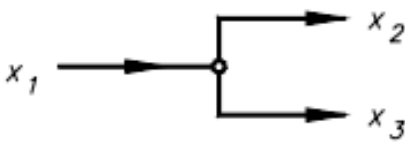
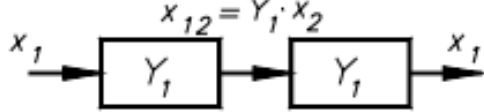
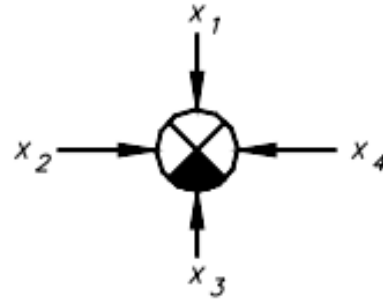
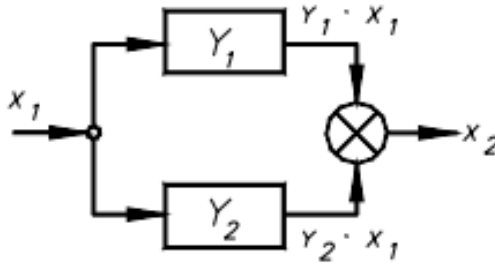
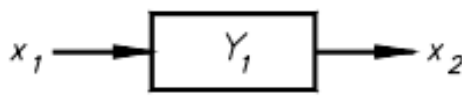
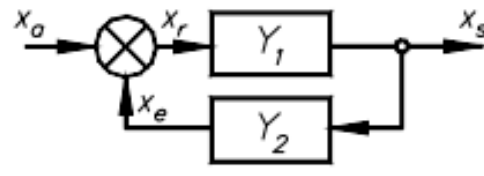
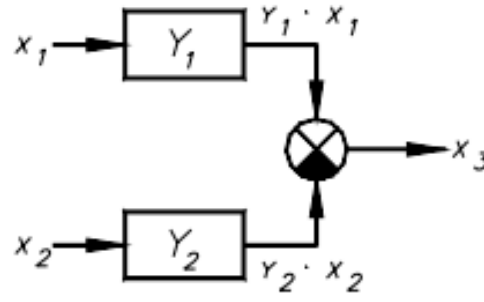
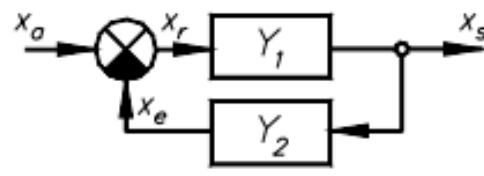
A tagot jellemzi még a **jelformáló hatása** (Y - *matematikai függvénnnyel, egyenlettel írható le egyértelműen*).

Írányított szakasz

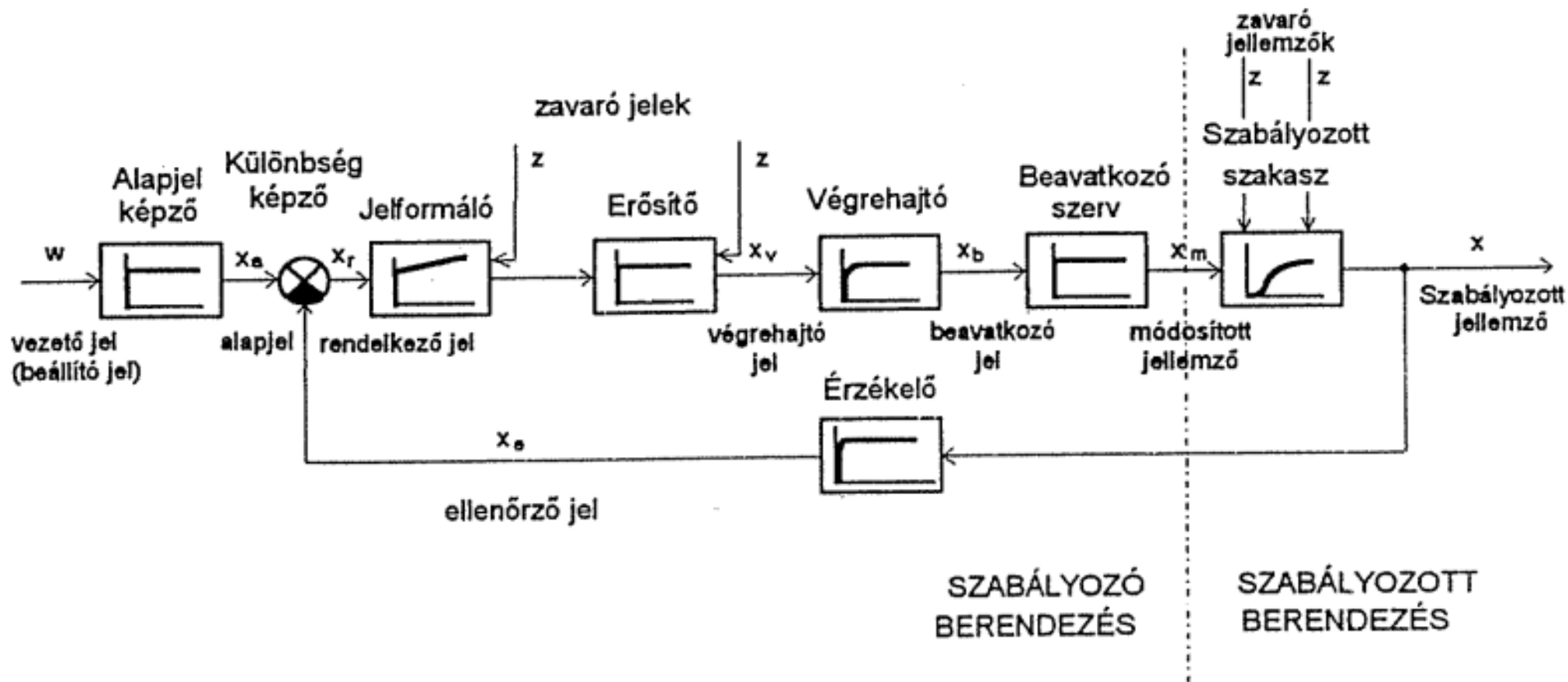
Az irányított berendezés ***jelátviteli tulajdonságait*** írja le. Az irányítása során annak egyes fizikai tulajdonságait módosítják (***módosított jellemzők***), ennek révén érik el a célnak megfelelő más jellemző fizikai mennyiségek (***irányított jellemzők***) megváltoztatását. A működése során számítani kell ún. ***zavaró jellemzőkre***.



A hatásvázlat (tömbvázlat) jelképei

Sor-szám	A kapcsolat megnevezése és leírása	Hatásvázlat tömbvázlattal	Sor-szám	A kapcsolat megnevezése és leírása	Hatásvázlat tömbvázlattal
1.	Jelelágazás		5.	Tagok soros kapcsolása	
2.	Jelelek összegzése		6.	Tagok párhuzamos kapcsolása	
3.	Tag, bemenő és kimenő jelek		7.	Pozitív visszacsatolás	
4.	Tagok által módosított jelek összegezése		8.	Negatív visszacsatolás	

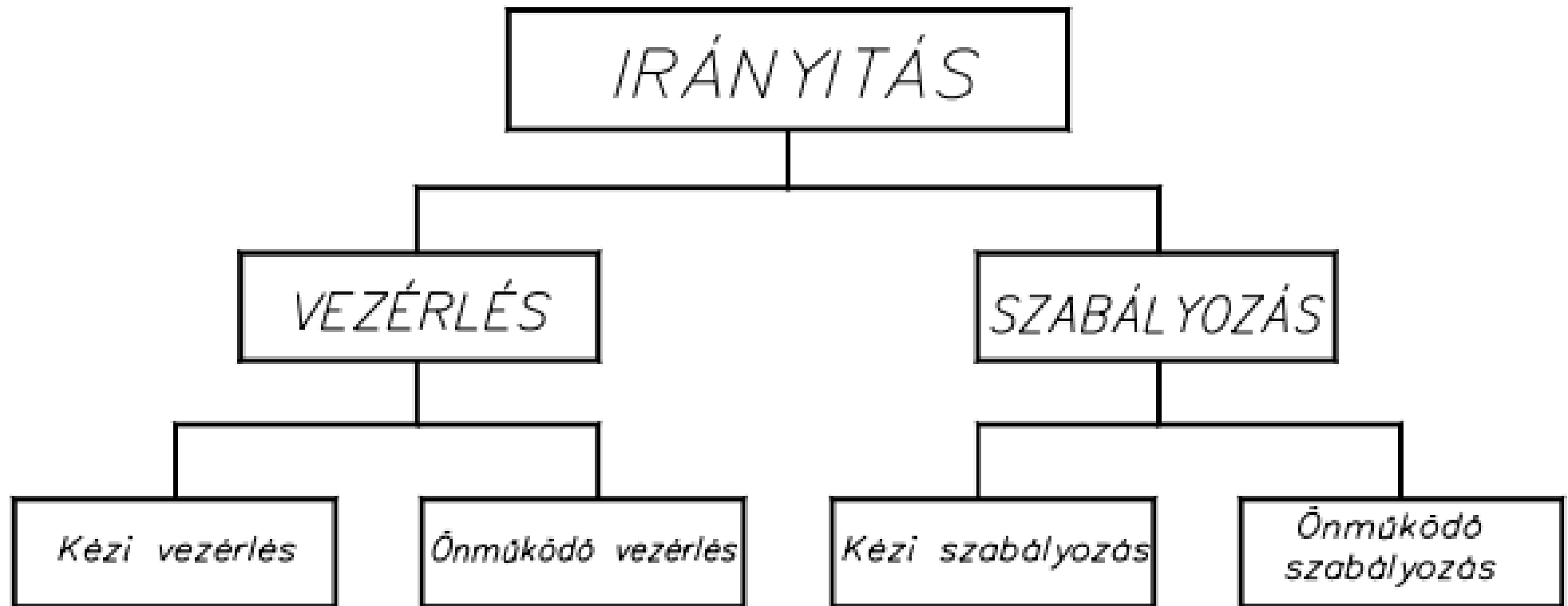
Példa összetett hatásvázlatra



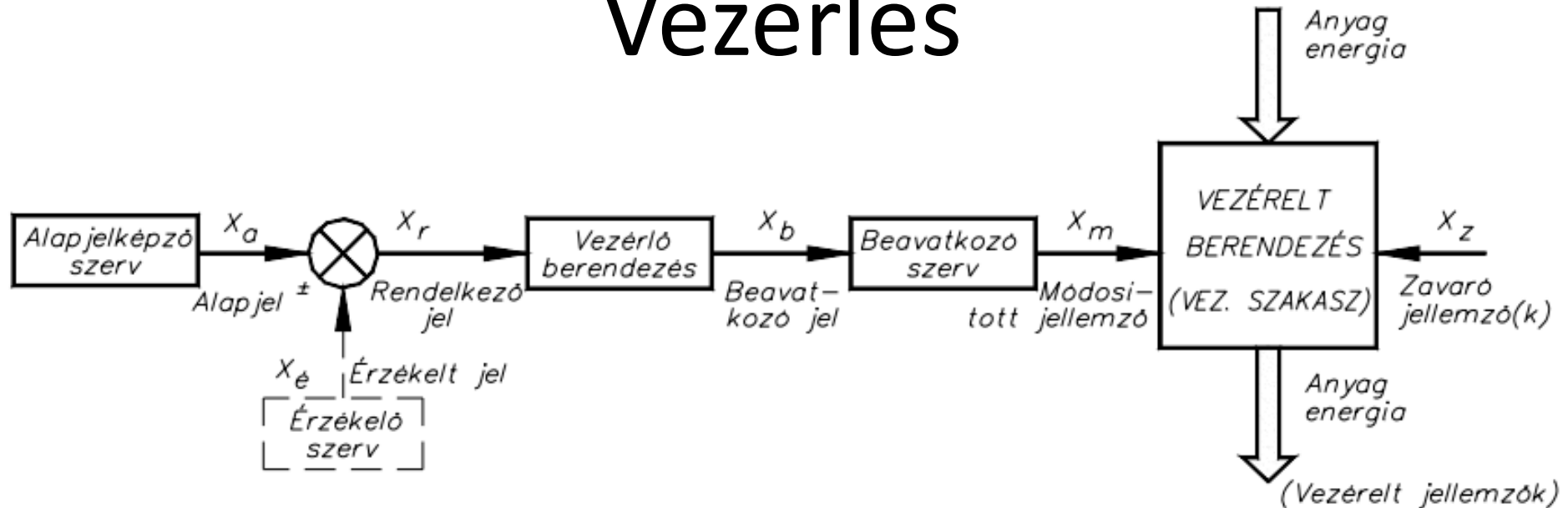
A szabályozási kör hatásvázlata.

A jelképekbe belerajzolt függvény a tag **statikus** v. **dinamikus** viselkedését jellemzi.

Az irányítás műveletének felosztása



Vezérlés



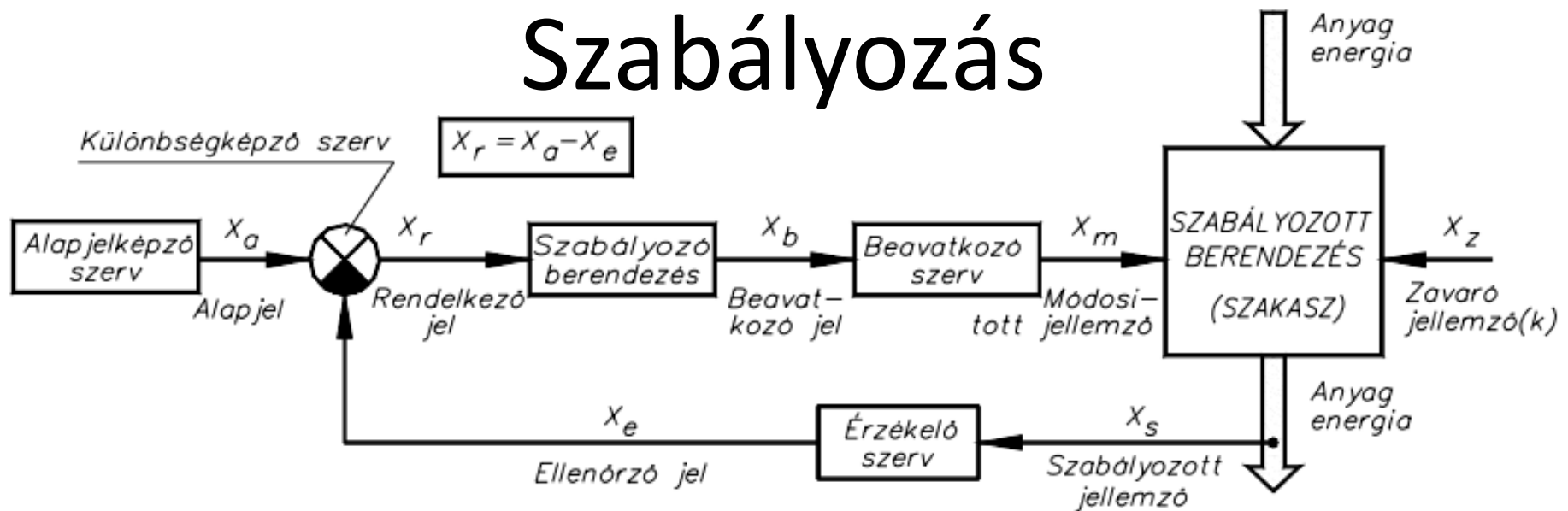
A **vezérlő berendezés** a **rendelkező jel** (x_r) alapján, a **beavatkozó jellel** (x_b) működteti a **beavatkozó szervet**.

A rendelkező jelet az **alapjellel** (x_a) és/vagy az **érzékelő(k) kimenő jelével** (x_e) képezheti a **különbségképző szerv**.

A vezérlő berendezés a beavatkozó szerv működtetése útján a **módosított jellemzővel** (x_m) befolyásolja a **műszaki, technológiai folyamatot, illetve berendezést**.

A **vezérelt berendezést zavaró hatások** (x_z) érik, amelyek befolyásolhatják a technológiai folyamatot.

Szabályozás



A **rendelkező jel** (x_r) egy előre megadott **alapjelnek** (x_a) és az **ellenőrző jelnek** (x_e) a különbsége.

Az **ellenőrző jel** a **szabályozott jellemző** (x_s) pillanatnyi értékétől függő.

A **rendelkező jel** rendszerint egy **jelformáló** és egy **erősítő szerv**en végigfutva a **beavatkozó jellel** (x_b) működésre készíti a **beavatkozó szervet**.

A **módosított jellemző** (x_m) hatása a **szabályozott berendezésben** a **szabályozott jellemzőnek** (x_s) az előírt értéktől való eltérését megszüntetni igyekszik.

A **szabályozott jellemző** megváltozása visszahat a hatáslánc elejére; ha eltérés mutatkozik az **alapjel** és az **ellenőrző jel** között, létrejön a **szabályozási eltérés**, azaz egy **rendelkező jel**.

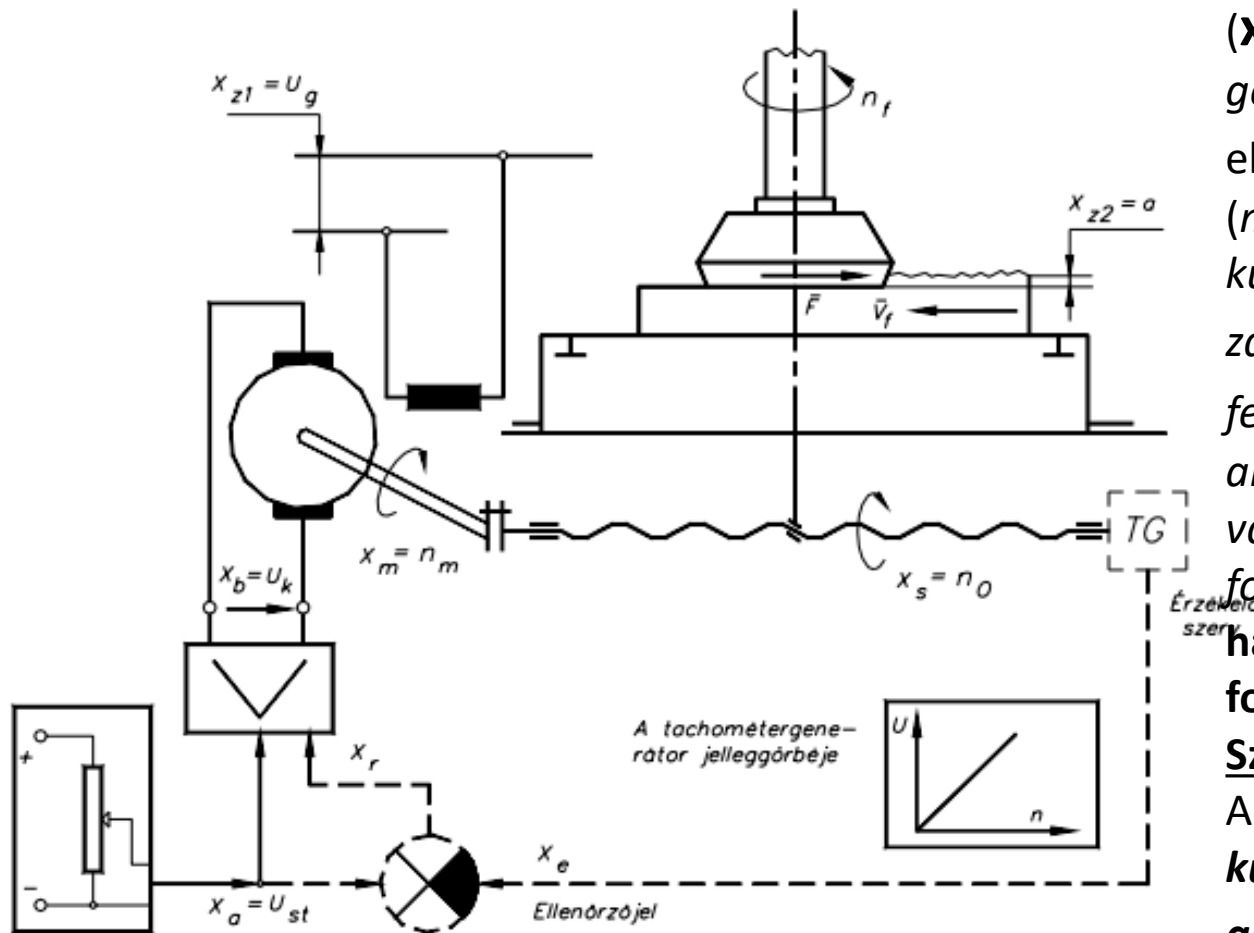
Vezérlés jellemzői

- Az irányítóberendezés az irányított folyamatban ténylegesen lejátszódó változásokról nem rendelkezik folyamatos információval.
- A beavatkozás eredménye nem hat vissza a vezérlőberendezésre.
- ***A rendszerre ható zavaró hatásokat nem képes kiküszöbölni.***
- ***A vezérlés hatáslánca nyitott.***

Szabályozás jellemzői

- A szabályozott jellemző értékét egy ellenőrző szerv figyeli.
- Eltérés esetén megváltoztatja a rendelkező jelet.
- Mindaddig korrigál, amíg a folyamat ismét az előírás szerint zajlik.
- ***A szabályozási művelet a negatív visszacsatolás elve szerint valósul meg.***
- ***A szabályozás hatáslánca zárt.***

Vezérlés és szabályozás összehasonlítása (példa)



CNC-marógép előtoló motorjának működési módjai vezérléssel, illetve szabályozással.

(A szaggatott vonallal jelölt szerkezeti egységek csak **szabályozás** esetén értelmezendők.)

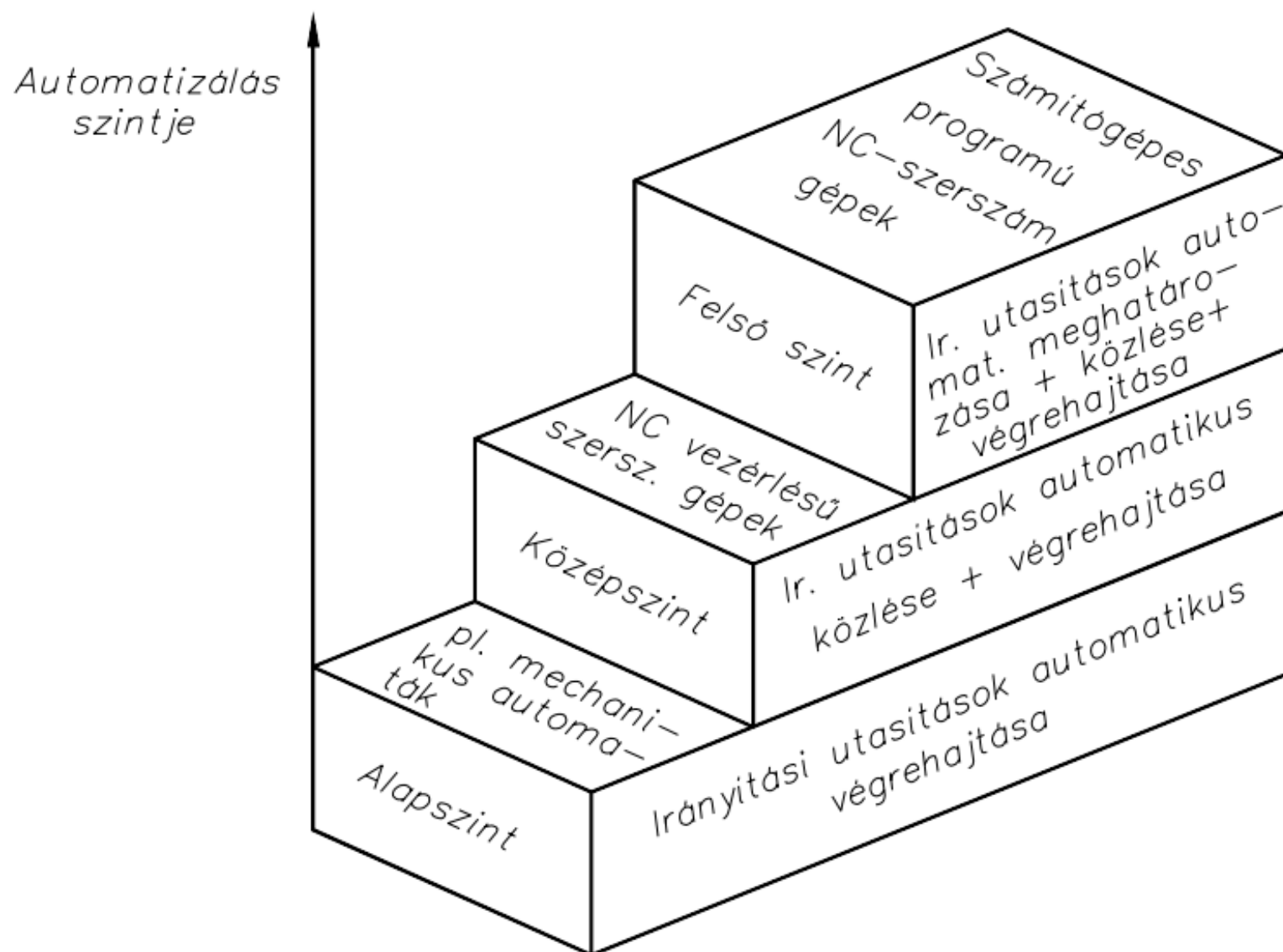
Vezérlés esetén:

A vezérlő berendezés egy **alapjel** (x_a) **képző szervből** és egy **erősítő szervből** áll. Az erősítő kimentén létrejövő **beavatkozó jel** ($x_b = U_k$) a **beavatkozó szervet** (külső gerjesztésű egyenáramú motor) készíti egy előírt nagyságú $x_m = n_m$ **módosított jellemző** (motor fordulatszáma) megvalósítására. Nem küszöbölhetők ki a forgácsolás során fellépő zavaró hatások (pl.: $x_{z1} = U_g$ hálózati feszültség ingadozása, illetve $x_{z2} = a$ anyagjellemzőtől /pl.: anyagréteg vastagsága/ és technológiától függő forgácsolási erő ingadozása). A zavaró jelek hatása miatt a motor tényleges fordulatszáma eltérhet az előírttól.

Szabályozás esetén:

A negatív visszacsatolással rendelkező **különbségképző szerv** a **tachométer generátor** által szolgáltatott x_e **ellenőrző jel** (feszültségérték) alapján elrendeli a **motor kapcsolófeszültségének** ($x_b = U_k$) megváltoztatását az x_r **rendelkező jel** révén. A motor fordulatszáma, a **szabályozott jellemző** ($x_s = n_0$) változatlan marad.

Az automatizálás szintjei



CAD/CAM!

Az automatizálás szintjei és a komplexitás kapcsolata

AZ AUTOMATIZÁLÁS		SZINTJEI		
KOMPLEXSÉGE		alap	közép	felső
	Különálló szerszám-gép	Nem számjegyes vezérlésű gép	Számjegyes (NC-) vezérlésű gép	Számjegyes vezérlésű gép automatikus programozással
	Összekapcsolt gépek	Gépsor	NC-vezérlésű gépcsoport	Számítógépes folyamatirányítású gépcsoport

FMC: rugalmas gyártócellák (NC-gépcsoportok)

FMS: rugalmas gyártórendszerek (folyamatirányító számítógéppel felügyelt gyártás, munkadarab adagolás, szállítás, tárolás, stb.)

CIM: számítógéppel integrált gyártás (integráció az anyag- és információ-feldolgozásra)

Integrált gyártórendszerek

Szabályozástechnika

A szabályozó rendszerek osztályozása

- Az alapérték időbeli lefolyása szerint.
- A szabályozás folyamatossága szerint.
- A hatáslánc jeleinek értékkészlete szerint.
- A szabályozó rendszer szerkezete alapján.

Különbség az alapérték és az alapjel között

- **Jelölések:**
 - Alapérték: $\mathbf{x}_{sa}$
 - Alapjel: $\mathbf{x}_a$
- Az alapérték és az alapjel ***nem azonos mennyiségek, többnyire a mértékegységük is eltérő.***
- Pl.: NC-szerszámgép előtoló-sebességének szabályozása:
 - **alapérték:** a szabályozott jellemző előírt értéke, azaz a ***golyósorsó előírt fordulatszáma*** ($\mathbf{n}_0$, [1/min]);
 - **alapjel:** az alapérték előírására szolgáló jel, azaz egy $\mathbf{U}_{st}$ [V] ***feszültségérték***.

Szabályozás az alapérték időbeli lefolyása szerint

- Értéktartó szabályozás:

- Alapértéke ($\mathbf{x}_{sa}$) és alapjele ($\mathbf{x}_a$) állandó.
- Az alapjelet szükség esetén üzemszerűen meg lehet változtatni.
- ***Az alapjel változása esetén sem változhat az alapérték!***
- *Pl.: légtechnikai berendezés hőmérséklet-tartása.*

- Követő szabályozás:

- Alapértéke és alapjele is üzemszerűen, előírt módon változik.

Az értékkövető szabályozás csoportosítása

- **Menetrendi (program) szabályozás**
 - Az alapérték ($\mathbf{x}_{sa}$) az idő függvényében előre megadott módon változik.
 - *Pl.: Légcserélő rendszer napi programja.*
- **Értékkövető (pl.: helyzetszabályozás)**
 - Az alapérték időbeli lefolyása előre nem ismert.
 - *Pl.: NC-szerszámgép helyzetreálló-útmérő rendszere esetén, amikor a szabályozott jellemző ($\mathbf{x}_s$) az asztal térbeli helyzete.*

Szabályozások a folyamatosság szerint

- **Folyamatos működésű**
 - A rendszer hatáslánca tartósan zárt.
- **Szaggatott működésű**
 - A hatáslánc időnként ***legalább egy helyen megszakad*** üzemszerűen.
 - *Pl.: mintavételes szabályozás, amikor a hatásláncot periodikusan megszakítja a mintavételező. Az érzékelő szervből származó ellenőrző jel csak a mintavétele ideje alatt jut be a szabályozási körbe.*

Szabályozások a hatáslánc jeleinek értékkészlete szerint

- **Folytonos**

- A szabályozás hatásláncában a jelek mindenütt folytonosak.

- **Szakaszos**

- A szabályozás hatásláncának legalább egy pontján diszkrét (általában: digitális) jelek jelennek meg.

Két szomszédos diszkrét értéke között értékkészlete hiányzik.

- *Olyan rendszerekre jellemző, ahol digitális és analóg jelek is megtalálhatóak.*

Szabályozások a rendszerek szerkezeete alapján

- **Egyhurkos**

- Egyetlen szabályozott jellemzője egyetlen beavatkozó jele van.
- Szervei egyetlen zárt hurkot alkotnak.

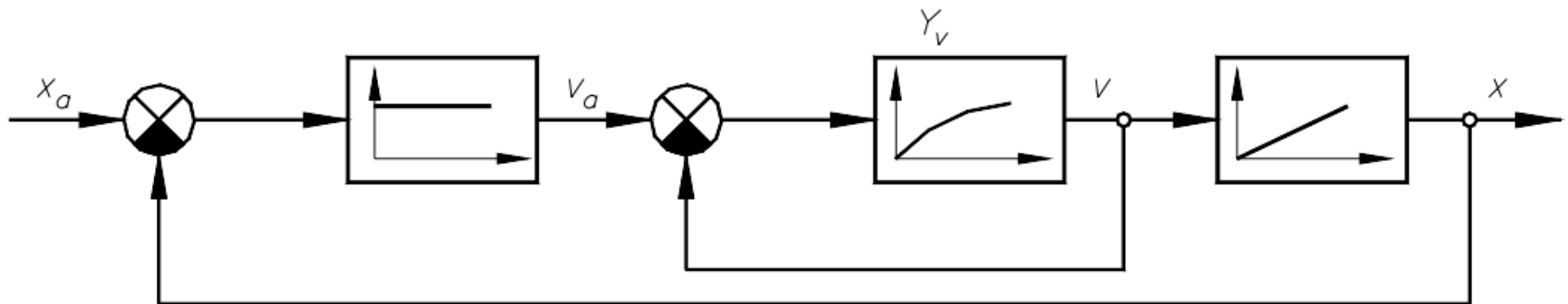
- **Többhurkos**

- A szabályozási rendszerben két v. több zárt hurok található.

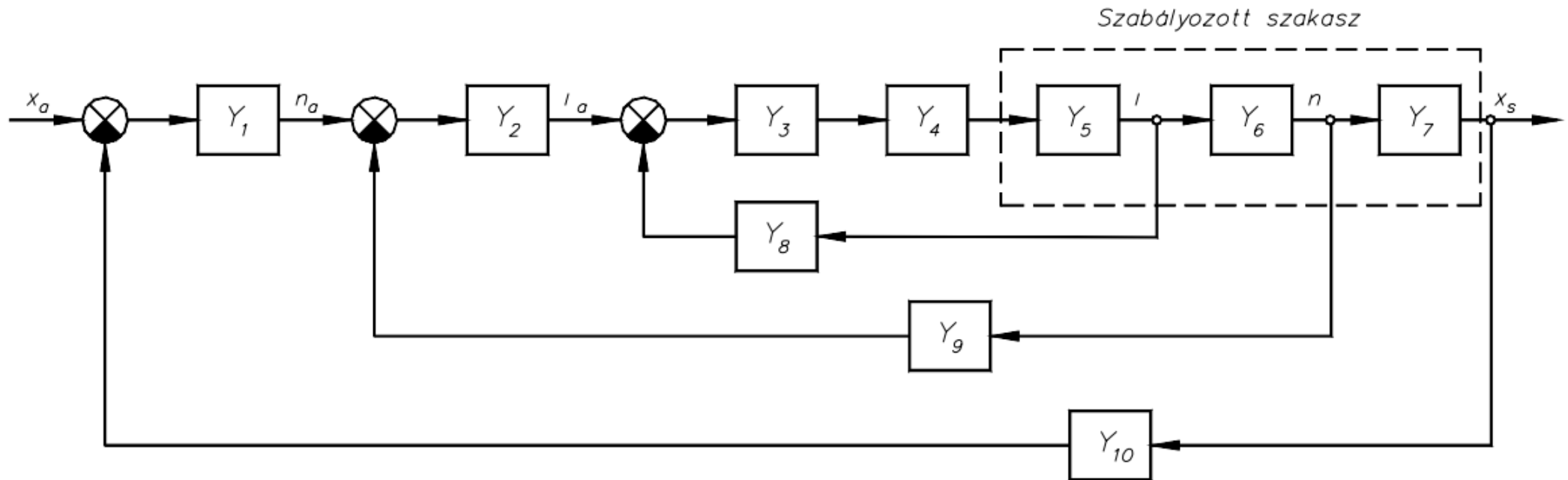
- **Többváltozós (kapcsolt)**

- A rendszerben több szabályozási kör található, amelyek kölcsönösen befolyásolják egymást.

Egyhurkos szabályozási rendszer



Többsurkos szabályozási rendszer



Jelmagyarázat:

Y_1 – helyszabályozó

Y_2 – sebességszabályozó

Y_3 – áramszabályozó

Y_4 – gyújtásszögvezérlő

Y_5 – áramirányító

Y_6 – motor

Y_7 – szón

Y_8 – árammérő

Y_9 – fordulatszám-mérő

Y_{10} – helyzetmérő

I – áramerősség

n – fordulatszám

x_s – helyzet, pozíció

Jelátviteli tagok állandósult állapotbeli vizsgálata

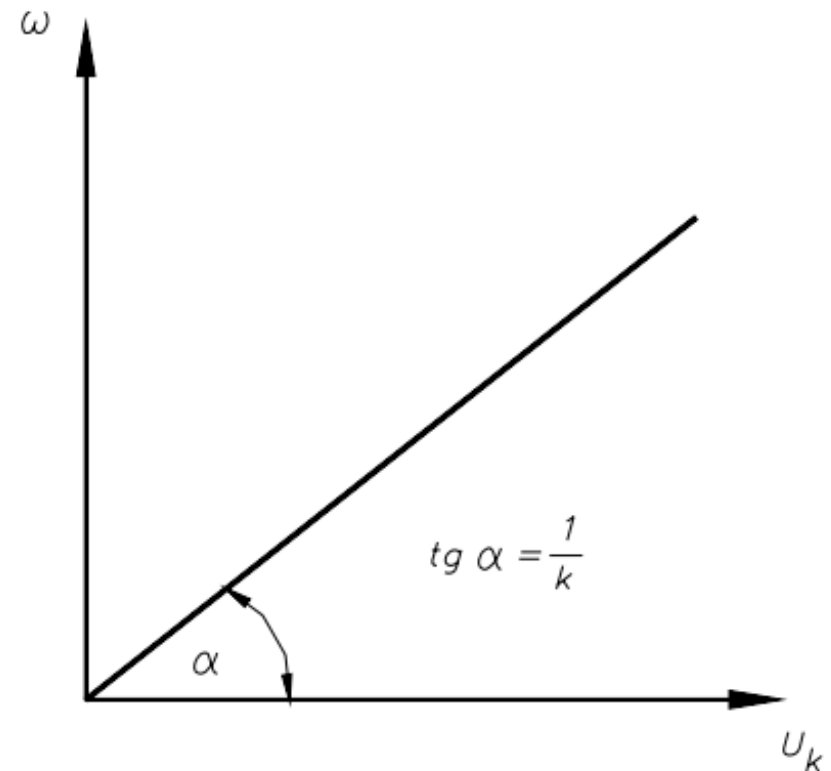
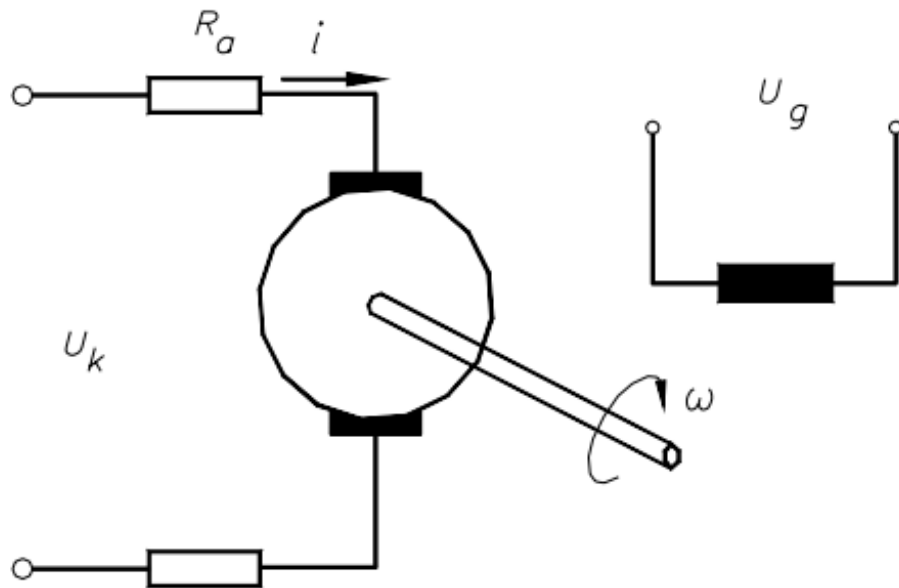
- A vizsgálat során ***eltekintünk attól, hogy a jelek hogyan és mennyi idő alatt alakulnak ki.***
- Feltételezzük, hogy a bemenőjel már hosszú ideje fennáll és állandó, valamint azt is, hogy állandósult már a kimenőjel is.
- ***A tag bemenőjele és kimenőjele között ilyenkor lineáris kapcsolat van.***

Bemenőjel: U_k (kapocsfeszültség)

Kimenőjel: ω (a motor szögsebessége,
kis omega)

**A motor szögsebessége a
kapocsfeszültségtől függ.**

A statikus jelleggörbe



A grafikonon egy egyenáramú, külső gerjesztésű motornak, mint irányítástechnikai tagnak a karakterisztikája látható.

A motor bemenő és kimenő jele között **lineáris kapcsolat** van, mert kapcsolatukat egy **$\operatorname{tg} \alpha = 1/k$** iránytangensű egyenes jellemzi.

Az átviteli tényező

- A statikus jelleggörbe alapján bevezethető az **átviteli tényező** (**A**) fogalma.
- *A lineáris tagok állandósult állapotbeli jelátviteli tulajdonságát fejezi ki.*
- *Értéke a jelleggörbe iránytangensével egyezik meg, másként fogalmazva a **kimenőjel** ($\mathbf{x}_k$) és a **bemenőjel** ($\mathbf{x}_b$) **hányadosa**. (Az előző példa szerint: ω/U_k)*
- *Az átviteli tényező ismeretében a kimenőjel tetszőleges értéke a bemenőjelből meghatározható.*

$$A = \frac{\mathbf{x}_k}{\mathbf{x}_b}$$

$$\mathbf{x}_k = \mathbf{A} \mathbf{x}_b$$

Dinamikus tulajdonságok

- Az állandósult állapot létrejöttéig a jelek valamilyen *időfüggvény* szerint változnak.
- ***Az állandósult állapot eléréséig sokszor jelentékeny időre van szükség.***
- Az időbeli késés oka az, hogy ***a tagok rendszerint valamilyen energiát tárolnak.***
- *A dinamikus tulajdonságok vizsgálata a rendszer minőségi jellemzőiről ad információkat.*
- A dinamikus viselkedést matematikailag differenciálegyenletekkel fejezhetjük ki.

A rendszer dinamikus viselkedése (példa)

- Az előzőekben vázolt ***külső gerjesztésű motor indításkor csak bizonyos idő elteltével veszi fel az előírt szögsebességet*** (fordulatszámot).
- A kapocsfeszültség megváltoztatása nem jelenti a szögsebesség azonnali megváltozását.
- ***A forgórész felgyorsításához a kinetikai energia megnövelése, lelassításához pedig annak elvezetése szükséges.***
- A késést okozó ***energiatároló*** ez esetben ***a motor forgórészének tehetetlensége.***

A jelátviteli tagok csoportosítása

A bemenőjel és az időben állandósult kimenőjel közötti összefüggés alapján a jelátviteli tagoknak három alaptípusa különböztethető meg:

- ***Arányos v. proporcionális tag (P tag).***

Kimenőjele arányos a bemenőjellel.

- ***Integráló tag (I tag).***

A tag kimenetén a bemenőjel idő szerinti integrálja jelenik meg.

- ***Differenciáló tag (D tag)***

A tag kimenetén a bemenőjel idő szerinti differenciálhányadosa jelenik meg.

Vezérléstechnika

Önműködő vezérlések csoportosítása

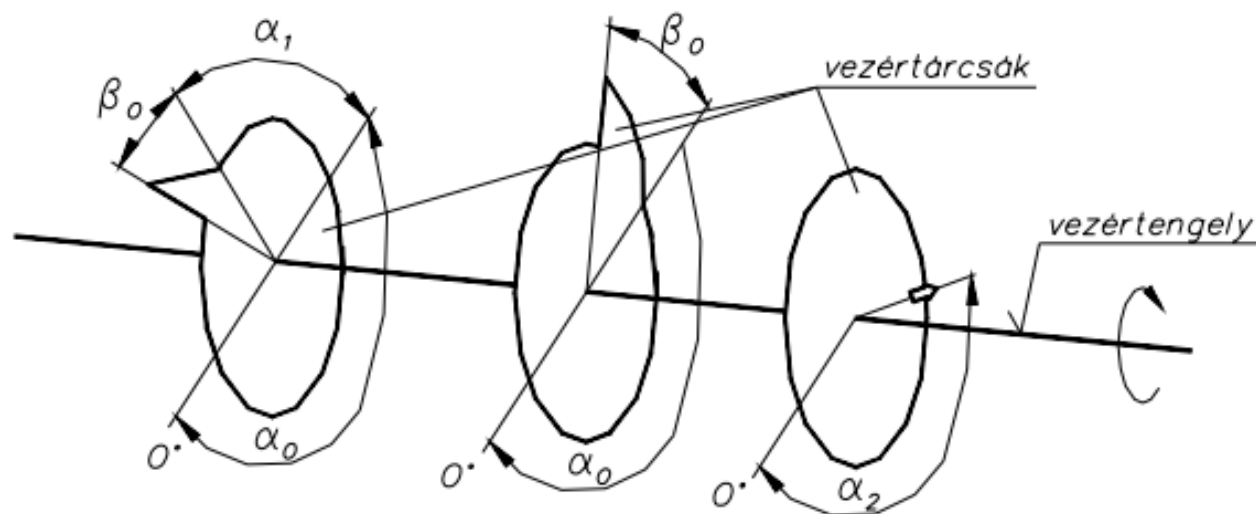
- **Programvezérlések**
 - *Időbázisú*
 - *Térbázisú*
 - *Tér- és időbázisú*
 - *Lefutó programvezérlés (sorrendvezérlés)*
- **Követővezérlések**

Programvezérlések

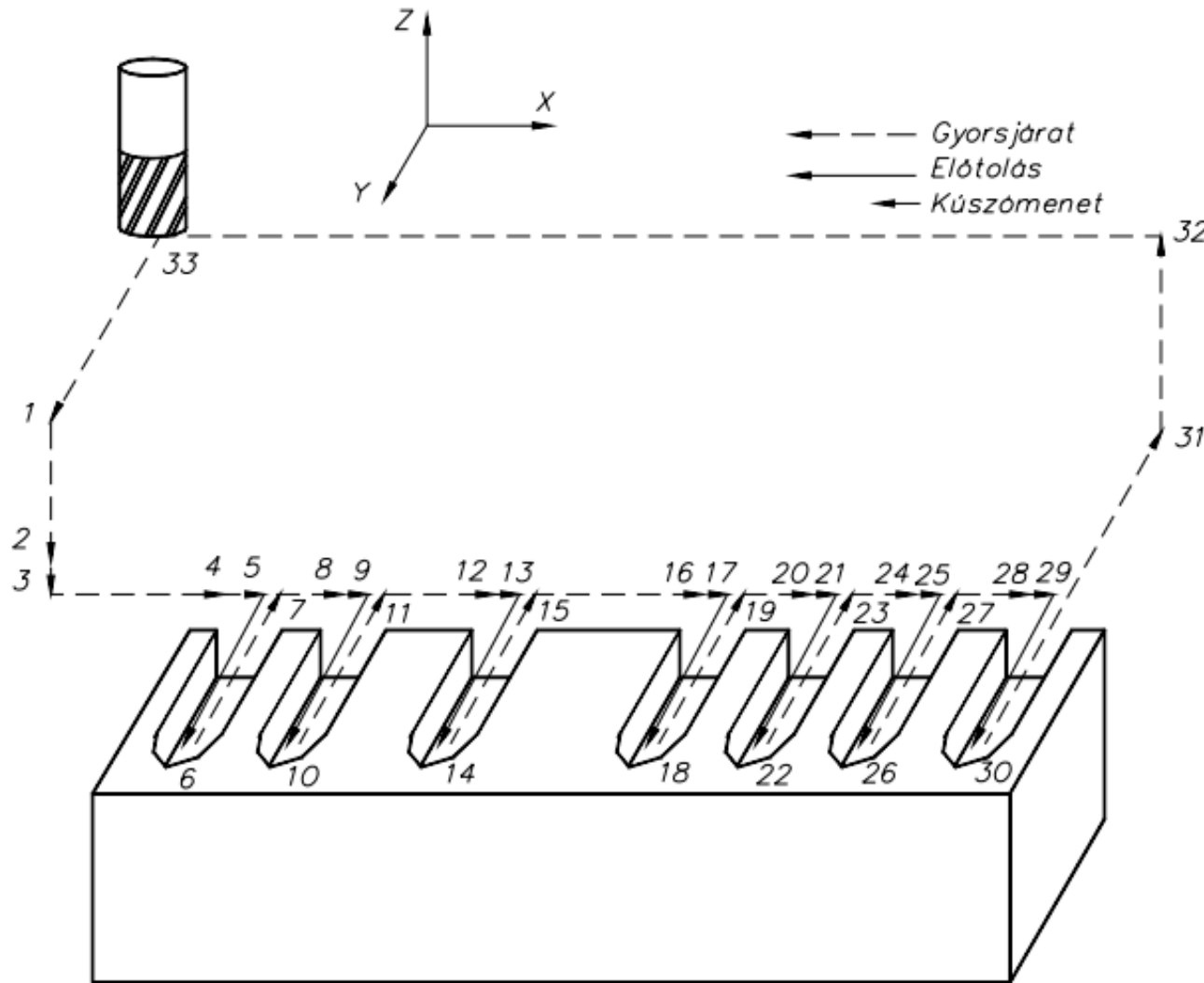
- ***A rendelkező jelet (x_r)*** valamilyen ***programtároló*** biztosítja.
- Ilyen programtároló lehet:
 - bütykös tárcsák,
 - lyukkártyák,
 - lyukszalag,
 - mágneslemez,
 - mágnesszalag,
 - memóriatároló (táplált RAM-ok, ROM-ok).

Időbázisú programvezérlés

- A program a ***megmunkálási időadatok*** alapján van kódolva.
- A hagyományos mechanikus automaták, esztergák működtek így.
- A programot vezértengelyen elhelyezett bütykös tárcsák, vezértárcsák, kapcsolóművek testesítették meg.



Térbázisú programvezérlés



- A program alapja ***a szerszám és a munkadarab kölcsönös térbeli helyzete.***
- NC-szerszám-gépeknél, ipari robotoknál alkalmazzák.

Tér- és időbázisú programvezérlés

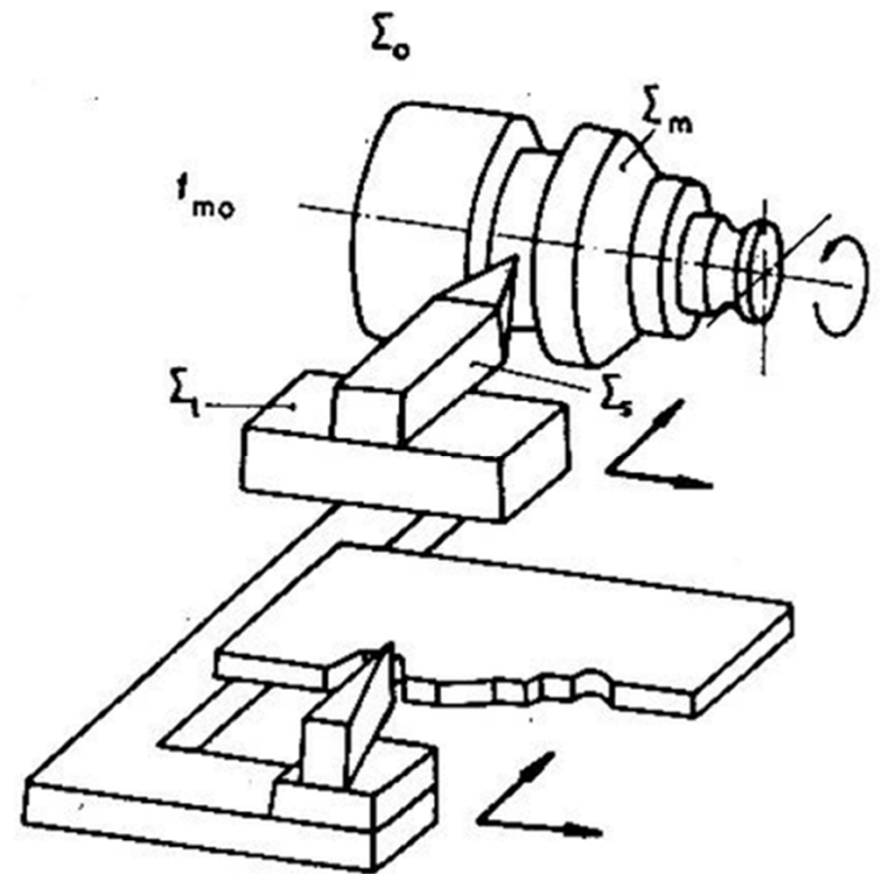
- A programvezérlésben ***megnyilvánul a térbázis és az időbázis is.***
- Így működnek például a hőkezelőgépek is.
- *A térbázist a munkadarab geometriai alakja és méretei,*
- *az időbázist a hőntartások ideje jelenti a példában.*

Lefutó programvezérlés, sorrendvezérlés

- *A munkafolyamat ütemekre bontható.*
- A munkaütemek *előre meghatározott sorrendben* következnek egymás után.
- A sorrendet a *lefutási terv*, az ún. *ütemdiagram* rögzíti.
- *Pneumatikus, hidraulikus vezérléseknél alkalmazzák elsősorban.*
- *A programot a vezérlő elemek mindenkori állapota és az elemeket összekötő csővezetékek együttesen hordozzák.*
- A vezérlési feladatok megoldásához **PLC**-ket alkalmaznak.

Követővezérlés

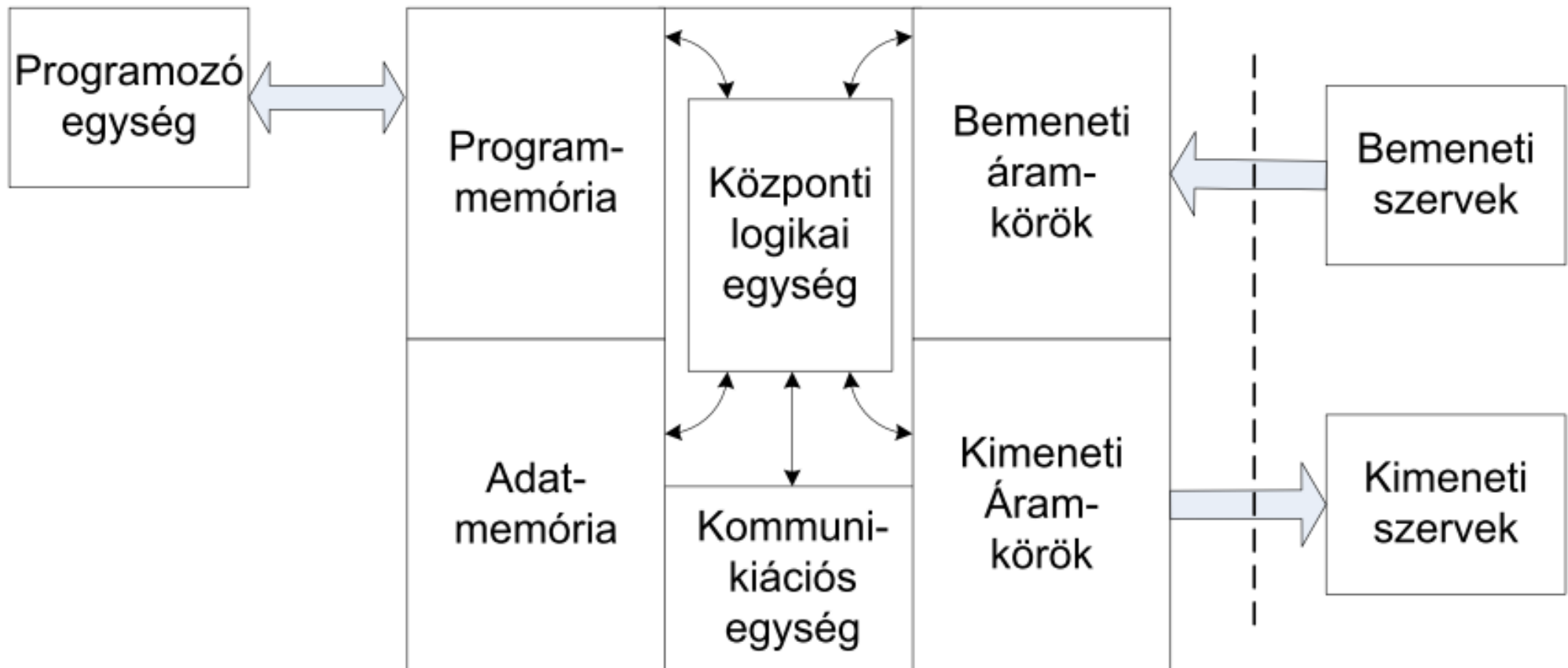
- A programtárolót **vezető szervnek**, a vezető szerv által kiadott *rendelkező jelet* pedig **vezető jelnek** nevezik.
- Önműködő követővezérléssel működnek pl. a *másoló szerszámgépek* is.
- A vezető szerv a **mesterdarab**, a vezető jelet előállító érzékelő szerv a **tapintó**.



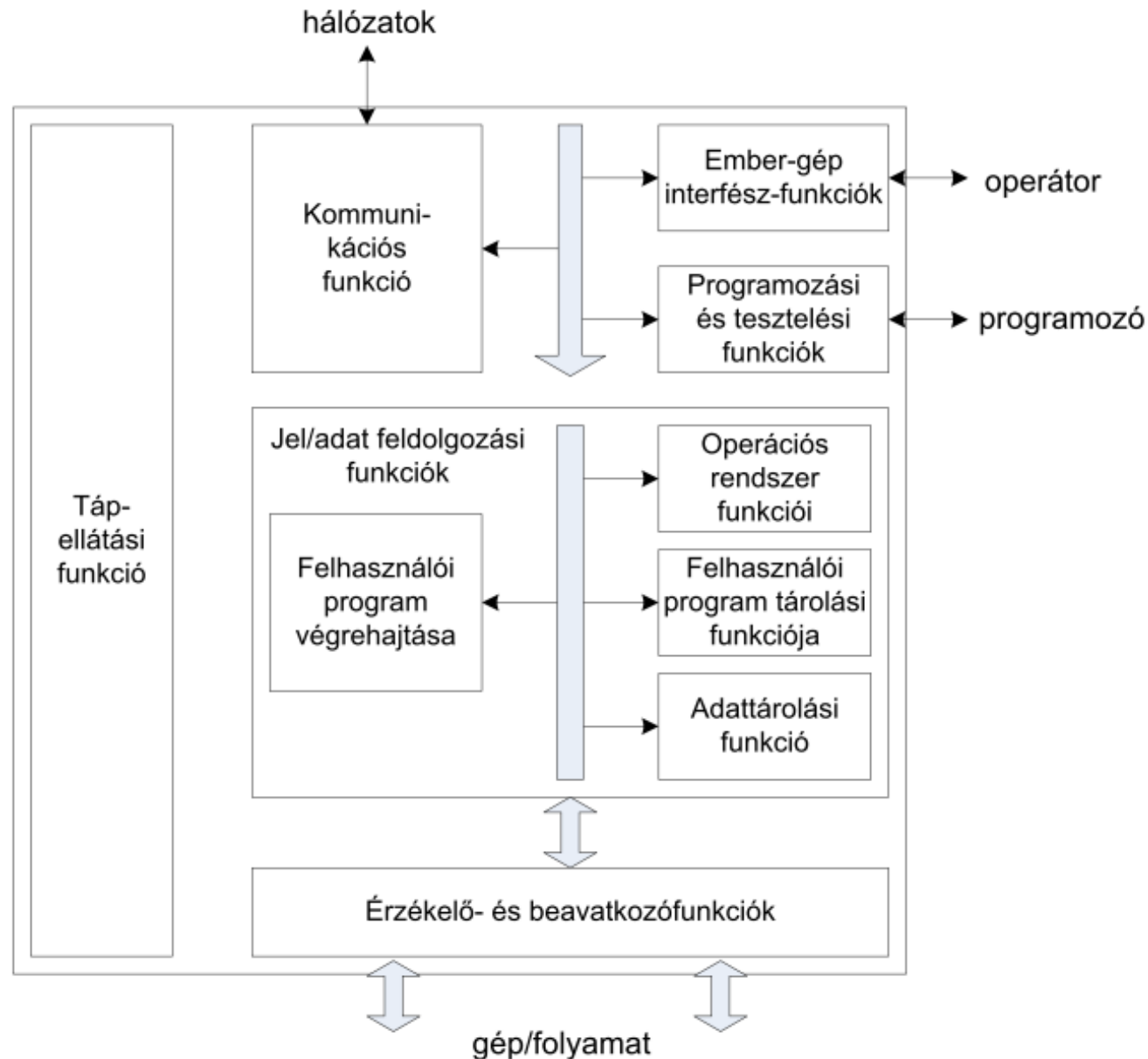
PLC

- **Programozható logikai vezérlő.**
- Ipari folyamatok vezérlésére használják.
- A technológiai folyamatok **tárolt programú vezérlésére** közvetlenül alkalmasak **beviteli és kiviteli egységeik** révén.
- ***A vezérlési és szabályozási funkciókat szoftver útján valósítják meg.***
- A mai PLC-k **kompakt** (a hardverstruktúra nem bővíthető, módosítható) vagy **moduláris** formában kerülnek kiépítésre.

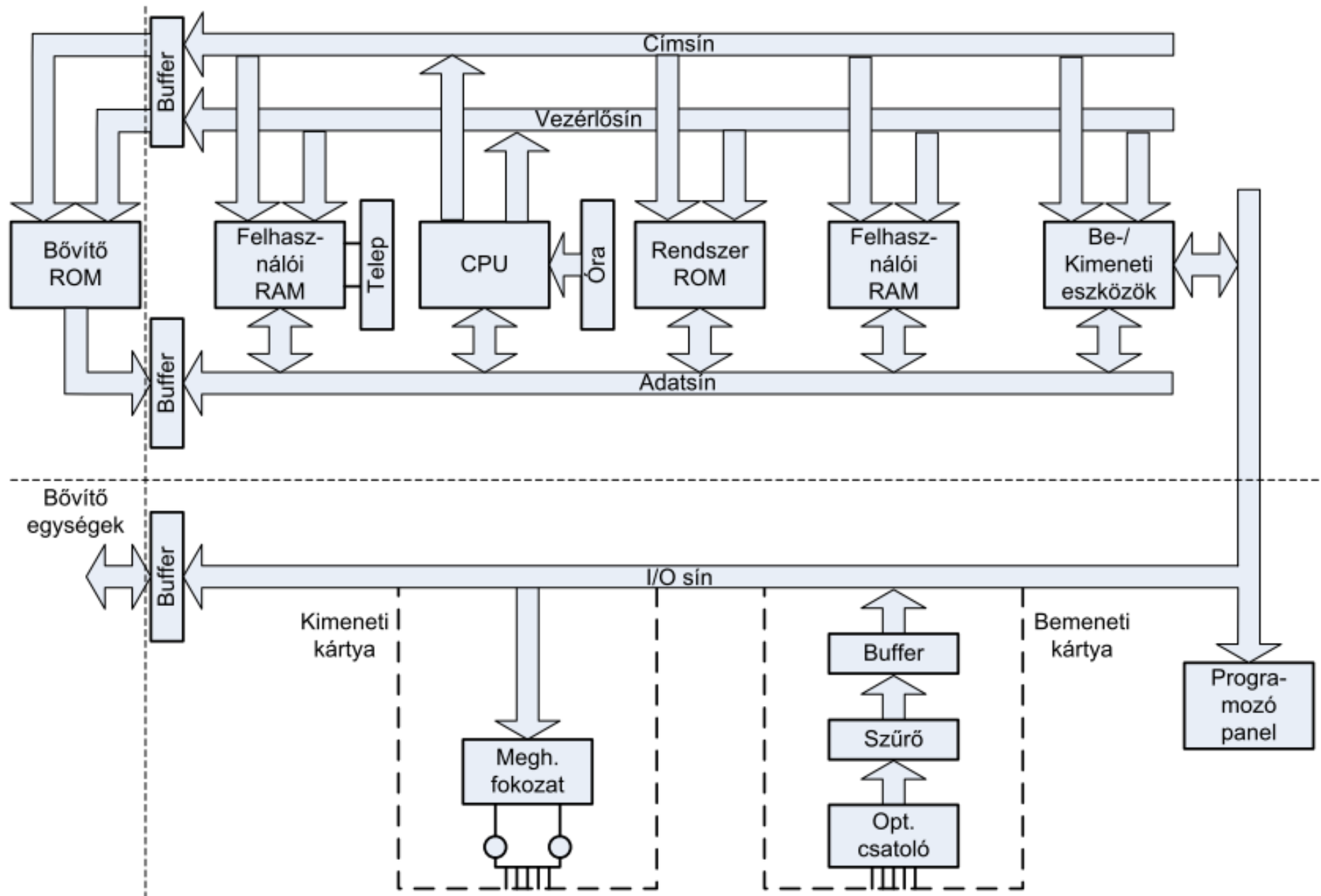
A PLC funkcionális felépítése



Korszerű PLC funkciók az IEC 1131-1 szabvány szerint



Korszerű PLC általános felépítése



PLC programnyelvek

