



Rīgas Tehniskā Universitāte  
Datorzinātnes un Informācijas tehnoloģijas fakultāte  
Mākslīgā intelekta un sistēmu inženierijas katedra

**SISTĒMU TEORIJAS METODES**  
METHODS OF SYSTEMS THEORY



# Sistēmu vadība (2.daļa)

Dr.sc.ing., Dr.paed. asoc.prof. **Alla Anohina-Naumeca**

*E-pasts:* [alla.anohina-naumeca@rtu.lv](mailto:alla.anohina-naumeca@rtu.lv)

*Kontaktadrese:* Daugavgrīvas iela 2- 545, Rīga, Latvija, LV-1048

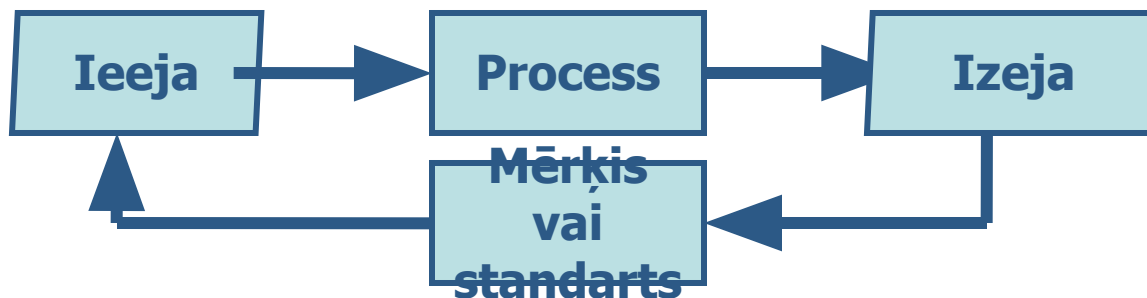
*Tālrunis:* (+371) 67089595

# Slēgta kontūra vadības sistēmas

- **Slēgta kontūra vadības sistēmā** tiek nodalītas detektora, salīdzinātāja un izpildmehānisma funkcijas un tiek veikta izejas mainīgo pašreizējo vērtību salīdzināšana ar vēlamajām vērtībām
- Slēgta kontūra vadības sistēmās ir 2 veidu regulēšanas (kontroles) mehānismi:
  - ❖ Atgriezeniskās saites kontroles mehānisms
  - ❖ Apsteidzošs kontroles mehānisms

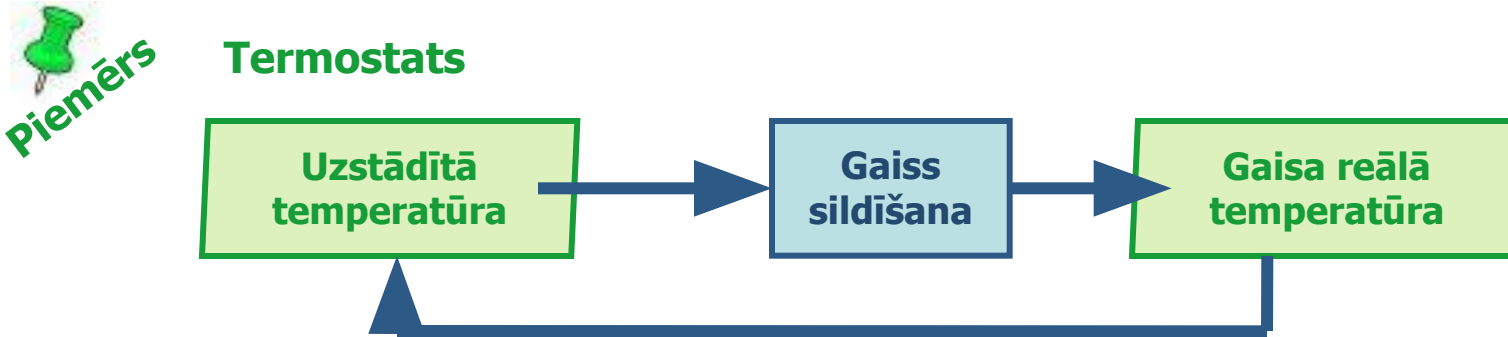
# Atgriezeniskā saite (1)

- **Atgriezeniskā saite** ir pamatstratēģija, kas ļauj sistēmai kompensēt neparedzētas novirzes no vēlamās vērtības, kas rodas no tā, ka traucējumi (iekšējie un ārējie) ietekmē sistēmas procesu un izeju
- Kompensēšana notiek caur atgriezeniskās saites kontūru, kas uztur sistēmas vadāmā objekta vērtības noteiktās robežās
- Tādējādi, izejas signāls tiek pievadīts salīdzināšanas elementam, kur tas tiek salīdzināts ar ieejas signālu (vēlamo vērtību)



# Atgriezeniskā saite (2)

- Vadībā atgriezeniskajai saitei ir tikai informatīvs raksturs: tā pārnes informāciju, nevis kādu fizisku lietu vai enerģiju



Atgriezeniskās saites ieejai ir tikai informatīvs raksturs: tā pārnes gaisa reālās temperatūras vērtību (informāciju!), nevis pašu gaisu vai kādu citu fizisku objektu



Atgriezeniskās saites ieejai ir tikai informatīvs raksturs: tā pārnes informāciju par studentu skaitu, nevis pašus studentus vai kādu citu fizisku objektu

# Atgriezeniskā saite (3)

- Atgriezeniskā saite kā kontroles mehānisms darbojas, pamatojoties vairāk uz pašreizējo nekā uz paredzamo darbību
- Atgriezeniskā saite var būt:
  - ❖ Pozitīva atgriezeniskā saite
  - ❖ Negatīva atgriezeniskā saite

# Atgriezeniskā saite (4)

- **Pozitīva atgriezeniskā saite** ir saistīta ar sistēmas izejas daļas ievadi atpakaļ ieejā, regulējot jaunu izeju tā, ka tā kļūst lielākā nekā iepriekšējā izeja
- Pozitīvas atgriezeniskās saites sistēmas izmanto savas izejas daļu kā ieeju tajā pašā sistēmā tādā veidā, ka tās faktiski ir novirzes no vēlamās vērtības pastiprinošas sistēmas jeb, citiem vārdiem sakot, tā pastiprina sekas, kas rodas traucējumu darbības rezultātā

# Atgriezeniskā saite (5)

- Tādējādi, vārds „pozitīvs” atgriezeniskās saites definīcijā nemaz nenozīmē, ka atgriezeniskās saites sekas ir vēlamas. Tas drīzāk nozīmē, ka atgriezeniskā saite darbojas pieaugošu izmaiņu virzienā nevis izejas vēlamās vērtības virzienā
- Pozitīva atgriezeniskā saite ir sistēmas izaugsmi veicinoša
- Taču, sistēma ar pozitīvu atgriezenisko saiti ir nestabila, t.i., tai ir tendence iziet ārpus kontroles, jo izmaiņas, ko rada traucējumi, tiek pastiprinātas

# Atgriezeniskā saite (6)

- Tādējādi, pozitīva atgriezeniskā saite ir pārejoša parādība, tā nevar pastāvēt bezgalīgi ilgi. Pretējā gadījumā galu galā vai nu kaut kādi ārējās vides traucējumi novedīs šādu sistēmu pie sabrukšanas, vai arī sistēma pati sabruks iekšēju traucējumu rezultātā
- Diemžēl, pati sistēma pozitīvas atgriezeniskās saites darbību nespēj apstādināt. Kaut kam no ārienes šī saite ir jāapstādina, lai sistēma netiktu iznīcināta
- **Pozitīvas atgriezeniskās saites kauzalitātes princips:** ja ir realizēta pozitīva atgriezeniskā saite, tad sistēmā no viena un tā paša sākuma stāvokļa ir iespējami krasi atšķirīgi beigu stāvokļi



# Atgriezeniskā saite (7)



## Pozitīva atgriezeniskā saite

- Bioloģijā pozitīvas atgriezeniskās saites piemērs ir asins sarecēšanas process. Atgriezeniskās saites kontūrs tiek realizēts tad, kad ievainoti audi izlaiž kā signālu ķīmiskus elementus, kas aktivizē trombocītus asinīs. Savukārt, katrs aktivizētais trombocīts izlaiž ķīmiskus elementus, lai aktivizētu vēl vairāk trombocītu, līdz brīdim, kad asins receklis ir izveidots
- Viens iestādīts kartupelis rezultātā dod daudz jaunu kartupeļu
- Uzņēmums, veicot investīcijas, iegūst vēl vairāk naudas

# Atgriezeniskā saite (8)

- **Negatīva atgriezeniskā saite** ir saistīta ar sistēmas izejas daļas ievadi atpakaļ, ieejā, regulējot jaunu izeju tā, ka katra nākoša izeja ir mazākā par iepriekšējo izeju
- Negatīvas atgriezeniskās saites sistēmas izmanto savas izejas daļu kā ieeju tajā pašā sistēmā tādā veidā, ka tās faktiski ir novirzi no vēlamās vērtības kompensējošas sistēmas
- Tādējādi, vārds „negatīvs” atgriezeniskās saites definīcijā nozīmē, ka atgriezeniskā saite darbojas izejas vēlamās vērtības virzienā nevis pieaugošu izmaiņu virzienā

# Atgriezeniskā saite (9)

- Negatīva atgriezeniskā saite ir vadību uzturoša, un tā var pastāvēt ilgtermiņā
- Negatīva atgriezeniskā saite ir vērsta uz kļūdas samazināšanu, nodrošinot paškorekciju un sistēmas stabilizēšanu, jo sistēma automātiski kompensē novirzes
- **Negatīvas atgriezeniskās saites kauzalitātes princips:** ja ir realizēta negatīva atgriezeniskā saite, tad sistēmas līdzsvara stāvoklis ir nemainīgs, neskatoties uz sākuma stāvokļu plašu kopu

# Atgriezeniskā saite (10)



## Negatīva atgriezeniskā saite

- Negatīvas atgriezeniskās saites piemērs ir termostata realizētā vadība. Tajā vēlamā istabas temperatūra ir ieejas signāls, kas tiek salīdzināts ar reālo istabas temperatūru (izejas signālu). Ja tiek konstatēts, ka reālā temperatūra ir zemāka par vēlamo temperatūru, tad tiek ieslēgts sildelements. Gadījumā, ja reālā temperatūra sasniedz vēlamo temperatūru, sildelements tiek izslēgts
- Temperatūras regulēšanas mehānisms dzīvos organismos

# Atgriezeniskā saite (11)

- No vienas puses negatīva atgriezeniskā saite nodrošina jebkuru traucējumu kompensēšanu, tādēļ ka atgriezeniskajai saitei nekas nav zināms par traucējumu dabu, tā tikai un vienīgi uztur vadāmo objektu uzdotās vērtības
- Taču, no citas puses, negatīva atgriezeniskā saite var kompensēt traucējumus tikai pēc tam, kad vadāmā objekta novirze no uzstādītās vērtības ir notikusi traucējumu dēļ

# Negatīva atgriezeniskā saite (1)

Attiecībā uz negatīvu atgriezenisko saiti var izdalīt:

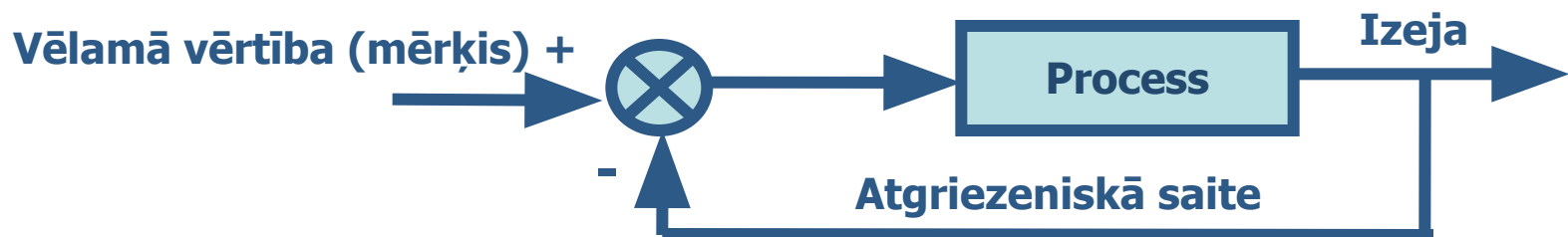
- Pirmās kārtas atgriezenisko saiti
- Otrās kārtas atgriezenisko saiti
- Trešās kārtas atgriezenisko saiti

# Negatīva atgriezeniskā saite (2)

- **Pirmās kārtas atgriezeniskās saites sistēmas** var tikt arī nosauktas par sistēmām ar automātisku mērķu sasniegšanu
- Realizējot šo vadības mehānismu, sistēma tiek novērota attiecībā pret ārēju mērķi (vēlamo vērtību)
- Pirmās kārtas atgriezeniskās saites sistēmas funkcija ir uzturēt sistēmu vēlamajā līdzsvara stāvoklī, kurš ir definēts attiecībā pret uzdotu ārēju mērķi
- Atgriezeniskā saite nāk vai nu no tikko izpildīta soļa, vai tieši no novērošanas

# Negatīva atgriezeniskā saite (3)

- Pirmās kārtas atgriezeniskā saite blokdigrammā tiek atspoguļota šādi



- Sistēma koriģē novirzes no vēlamās vērtības (mērķa), izpildot vienu īpašu komandu, kas tai ir jāizpilda, neskatoties uz izmaiņām ārējā vidē, tādējādi mērķis paliek nemainīgs, mainoties ārējai videi
- Sistēma tikai var koriģēt novirzi (automātiska mērķa sasniegšana), jo tai nav atmiņas un nav pieejamas jebkādas alternatīvas darbības



# Negatīva atgriezeniskā saite (4)



## Termostats: pirmās kārtas atgriezeniskā saite

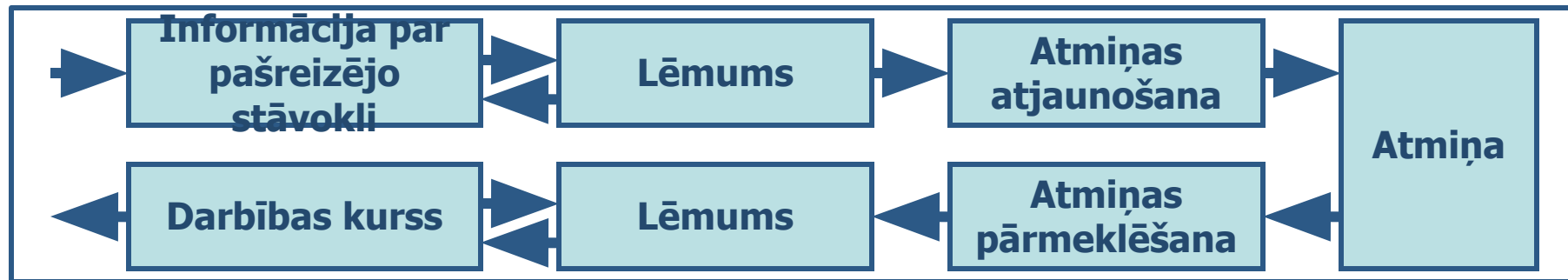
- Mērķis: uzturēt uzdoto istabas temperatūru, piemēram, 24°C
- Komanda: ieslēgt/izslēgt sildelementu gadījumā, ja temperatūra atšķiras no uzstādītā mērķa
- Ieeja: uzstādītā temperatūra - 24°C
- Process: gaisa sildīšana
- Izeja: reālā temperatūra istabā
- Atgriezeniskā saite: sistēma visu laiku salīdzina reālo temperatūru istabā ar uzstādīto temperatūru un veic

# Negatīva atgriezeniskā saite (5)

- **Otrās kārtas atgriezeniskās saites sistēmas** var tikt nosauktas par sistēmām ar automātisku mērķu maiņu
- Šīm sistēmām ir atmiņas elementi, un tās spēj ierosināt alternatīvus darbību kursus, atbildot uz ārējo apstākļu maiņu, kā arī spēj izvēlēties labāko darbību specifiskai apstākļu kopai
- Sistēmai ir atmiņa, kas ietver sevī visu, kas ir vajadzīgs sistēmai, lai uzkrātu un atsauktu pagātnē iegūtos datus

# Negatīva atgriezeniskā saite (6)

- Alternatīvas darbības, kas ir iebūvētas sistēmā, tiek pārmeklētas un izdarīta izvēle, ja ir uztvertas izmaiņas ārējos apstākļos (automātiska mērķu maiņa)
- Tādējādi, otrās kārtas atgriezeniskās saites sistēmas spēj mainīt mērķu sasniegšanas veidus
- Mērķu maiņa ir daļa no atgriezeniskās saites procesa pašā



# Negatīva atgriezeniskā saite (7)

- Pagātnes informācija tiek izmantota lēmumu pieņemšanai tagadnē
- Ja sistēmai nav pieejama pagātnes informācija, vai tā vairs nav efektīva, tad sistēma vairs nespēj mainīt mērķus
- Jo labāka ir atmiņa un lielākas spējas atsaukt pagātnes informāciju, jo autonomāka ir sistēma
- Spēja uzkrāt un atsaukt informāciju, kas ļauj sistēmai izvēlēties alternatīvu darbības kursu, reaģējot uz ārējās vides izmaiņām, tiek saukta par apmācību
- Apmācību var definēt kā resursu iekšēju sakārtošanu, kas ir

# Negatīva atgriezeniskā saite (8)



## Telefona stacijas komutators: otrās kārtas atgriezeniskā saite

- Atmiņa: kopējais kanālu skaits, kanālu statuss (brīvs vai nav brīvs)
- Mērķis: savienot, izmantojot 1. kanālu
- Tiek identificēts, ka 1.kanāls nav brīvs
- Lēmums: atrast citu brīvu kanālu
- Atmiņas izsaukšana: kādi kanāli ir brīvi?
- Atmiņas pārmeklēšana: mēģina atrast brīvu kanālu
- Lēmums: sakarā ar to, ka pirmie četri kanāli ir aizņemti, bet 5.kanāls ir brīvs, veikt savienojumu caur to (mērķa maiņa)

# Negatīva atgriezeniskā saite (9)

- **Trešās kārtas atgriezeniskās saites sistēmas** atspoguļo savus pagātnes lēmumus (domājošs mērķu mainītājs)
- Trešās kārtas atgriezeniskās saites sistēmas ne vien vāc un glabā informāciju savā atmiņā, bet arī pārskata atmiņu un formulē jaunus darbības kursus (pilnīgi jaunus, kas nav iebūvēti sistēmā)
- Ja atmiņā esošā informācija var tikt rekombinēta, un var tikt radītas pilnīgi jaunas alternatīvas, kas nav iebūvētas sistēmā, sistēma veic vienkāršu prognozēšanu (pirmās pakāpes prognozēšana)

# Negatīva atgriezeniskā saite (10)

- Ja daudz atmiņu var kombinēt, un ja no daudzām kombinācijām dažas var izvēlēties tālākiem apsvērumiem un tālākai rekombinācijai, tad sistēma spēj salīdzināt to, kas pašlaik notiek, ar to, kas ir noticis pagātnē, un kas varētu notikt nākotnē (otrās un trešās pakāpes prognozēšana)
- Sistēma realizē apsteidzošu kontroles mehānismu (sk. 60.slaidu), paredzot izmaiņas gan sistēmā, gan tās ārējā vidē
- Sistēmu sauc arī par pašorganizējošos sistēmu

# Negatīva atgriezeniskā saite (11)

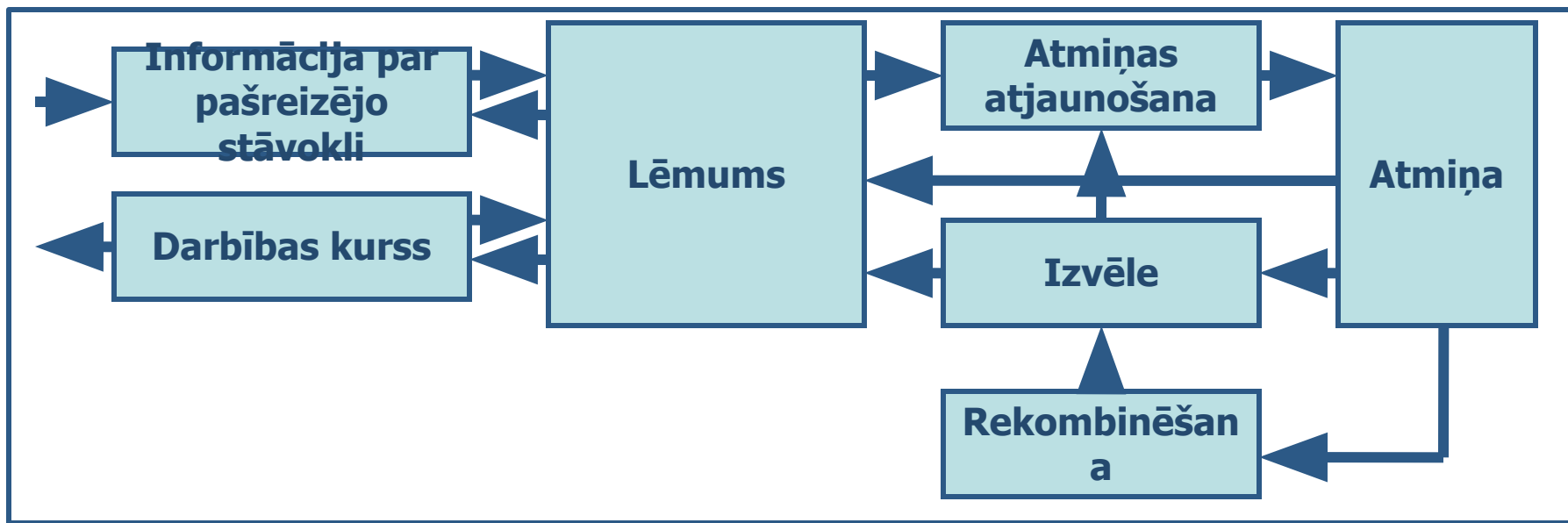
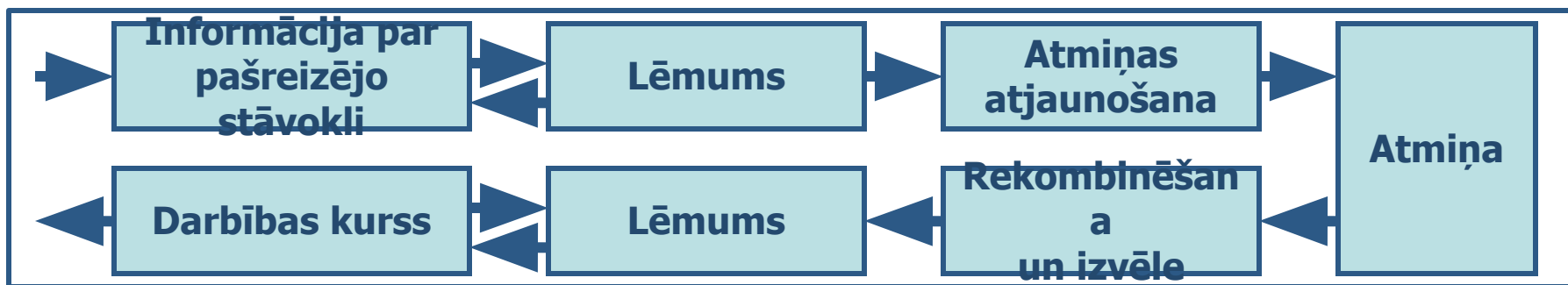
- Trešās kārtas atgriezeniskās saites sistēma ir autonoma, un tai piemīt spēja mācīties no pagātnes kļūdām
- Sistēma nepārtraukti adaptējas (pašadaptācija), mainot savu struktūru, procesus un/vai darbības politikas
- Pašorganizēšanās un pašadaptēšanās prasa abus kontroles mehānismus – atgriezenisko saiti, kas atspoguļo pašreizējo sistēmas stāvokli, un apsteidzošo kontroles mehānismu (sk. 60.slaidu), kas nodrošina informāciju par plānoto ārējās vides

 Piemēri: Trešās kārtas atgriezeniskās saites sistēmu piemēri ir cilvēks-operatori, kas paredz iespējamo mašīnas defektu un savlaicīgi nomaina elementu



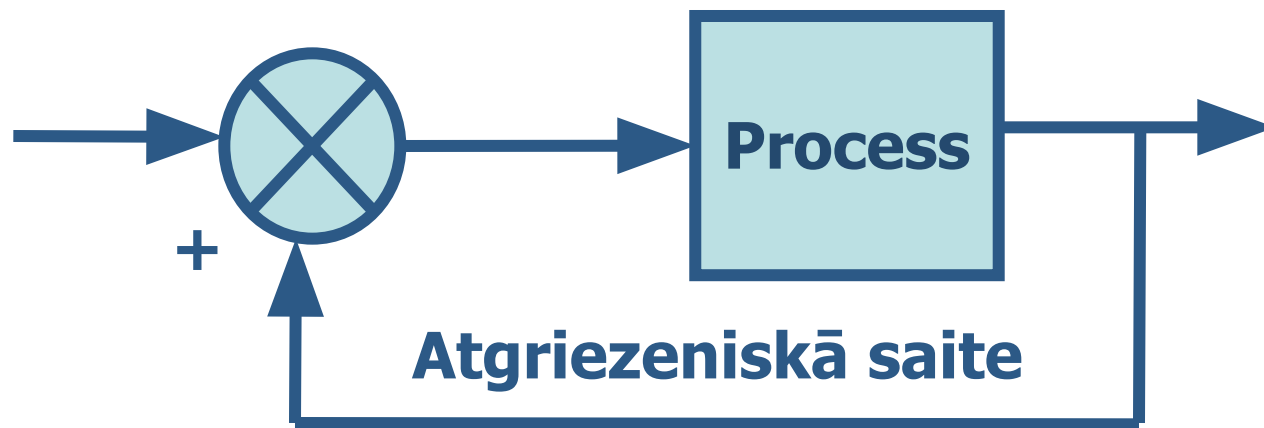
# Negatīva atgriezeniskā saite (12)

Trešās kārtas atgriezeniskās kārtas sistēmas iespējamās konfigurācijas:

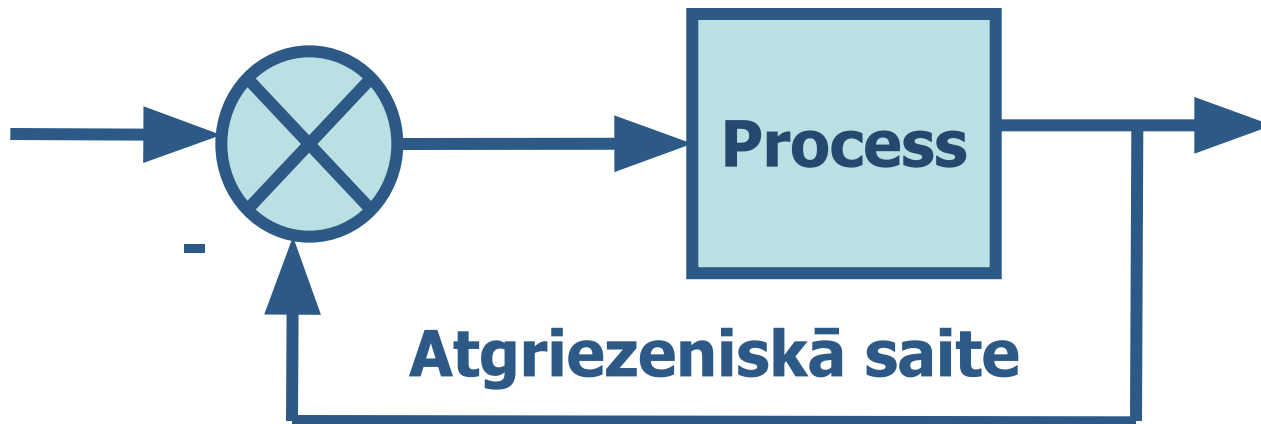


# Atgriezeniskās saites atspoguļojums (1)

Pozitīva un negatīva atgriezeniskā saite blokdiagrammā tiek atspoguļota šādi:



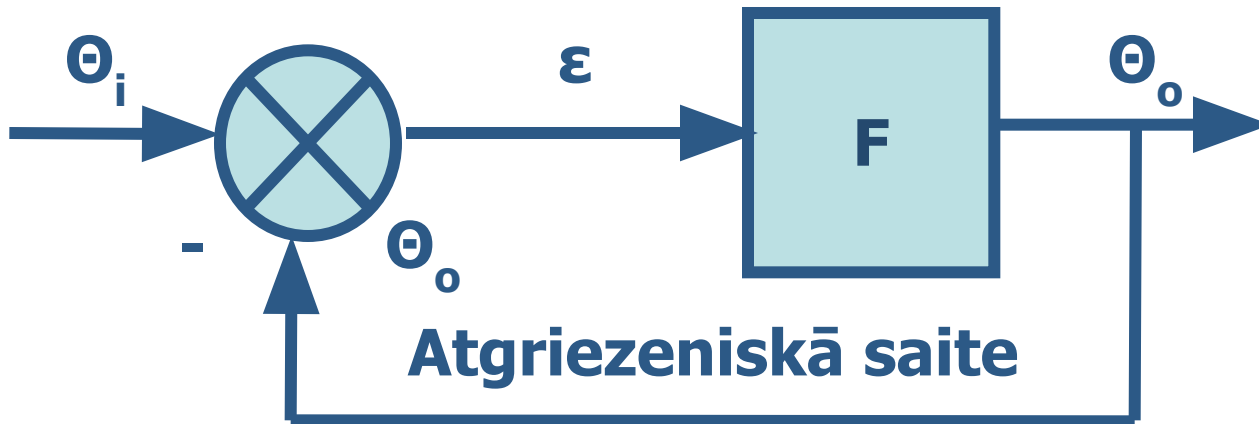
Pozitīva  
atgriezeniskā saite



Negatīva  
atgriezeniskā saite

# Atgriezeniskās saites atspoguļojums (2)

Sistēma ar negatīvu atgriezenisko saiti matemātiski tiek aprakstīta šādi:



$$\varepsilon = \Theta_i - \Theta_o$$

$$\Theta_i = \varepsilon * F$$

$$\Theta_o = \frac{F * \Theta_i}{1 + F}$$

$\varepsilon$  - ieeja blokā (procesā)

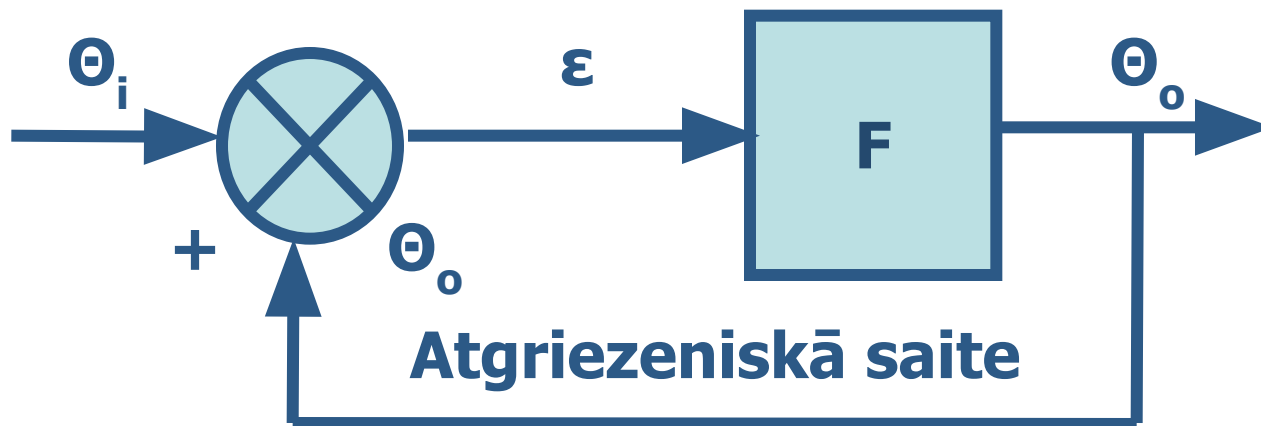
$\Theta_i$  - ieejas signāls

$\Theta_o$  - izejas signāls

$F$  – pārvades funkcija

# Atgriezeniskās saites atspoguļojums (3)

Savukārt, sistēma ar pozitīvu atgriezenisko saiti matemātiski tiek aprakstīta šādi:



$$\varepsilon = \Theta_i + \Theta_o$$

$\varepsilon$  - ieeja blokā (procesā)

$$\Theta_i = \varepsilon * F$$

$\Theta_i$  - ieejas signāls

$\Theta_o$  - izejas signāls

$$\Theta_o = \frac{F * \Theta_i}{1 + F}$$

$F$  – pārvades funkcija

# Citi atgriezeniskās saites veidi (1)

- Atgriezeniskā saite var būt:
- ❖ Automātiska atgriezeniskā saite
- ❖ Manuāla atgriezeniskā saite
- **Automātiska atgriezeniskā saite** ir saistīta ar to, ka sistēma pati automātiski kontrolē savu darbību, salīdzinot pašreizējo sistēmas izejas mainīgā vērtību ar vēlamo vērtību
- **Manuāla atgriezeniskā saite** ir cilvēka realizēta atgriezeniskā saite, t.i., cilvēks salīdzina pašreizējo un vēlamo vērtības un nepieciešamības gadījumā veic izmaiņas sistēmas darbībā

# Citi atgriezeniskās saites veidi (2)



## Automātiska atgriezeniskā saite

Automātiskas atgriezeniskās saites piemērs ir termostata realizētā vadība. Tajā vēlamā istabas temperatūra ir ieejas signāls, kas tiek salīdzināts ar reālo istabas temperatūru (izejas signālu). Šo salīdzināšanu veic pats termostats (sistēma), nevis cilvēks



## Manuāla atgriezeniskā saite

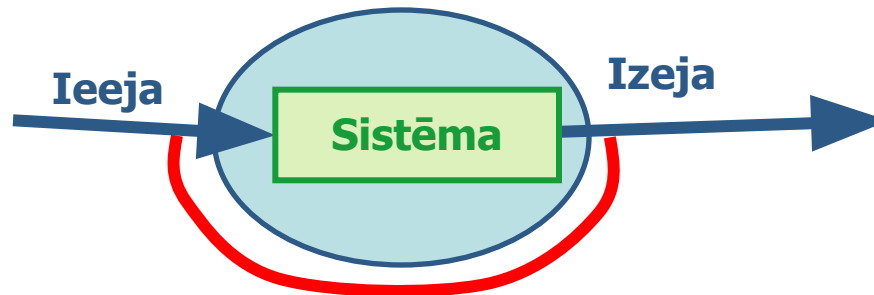
Manuālas atgriezeniskās saites piemērs ir veikala direktora darbība, kas mēneša beigās salīdzina plānoto peļņas summu ar reālo peļņu

# Citi atgriezeniskās saites veidi (3)

- Atgriezeniskā saite var būt:

- ❖ Ārēja atgriezeniskā saite
- ❖ Iekšēja atgriezeniskā saite

- **Ārēja atgriezeniskā saite** pastāv tad, kad sistēmas izeja (informācija par pašreizējo darbību) šķērso tās robežas, to modificē ārējā vide, un tad tā atgriežas atpakaļ sistēmā



## Ārēji ietekmēta atgriezeniskā saite



Piemērs

Ārējas atgriezeniskās saites piemēri ir trenera piezīmes par sportista rezultātiem pēc sacensībām, vai mātes uzņēmuma sniegtā informācija par meitas uzņēmuma darbību šim uzņēmumam

# Citi atgriezeniskās saites veidi (4)

- **Iekšēja atgriezeniskā saite** pastāv tad, kad izeja tiek modificēta sistēmas robežas iekšienē



**Iekšējas atgriezeniskās saites piemēri ir paša sportista savu rezultātu novērtējums pēc sacensībām, vai meitas uzņēmuma darbības novērtējums, ko veic pats šis uzņēmums**



# Vadības sistēmas pamatelementi

- Tādējādi, vadības sistēma uztur sistēmas izejas mainīgā vērtību iepriekš definētās robežās, izmantojot šim nolūkam pašregulējošos mehānismu, kas sastāv no:
  - ❖ Detektora, kas pastāvīgi novēro izmaiņas izejas mainīgajā laika gaitā
  - ❖ Salīdzinātāja, kas salīdzina izejas mainīgā pašreizējo vērtību ar standartu
  - ❖ Izpildmehānisma, kas pieņem lēmumu, vai ir nepieciešams veikt koriģējošas iedarbes attiecībā uz sistēmas ieeju
- Detektors, salīdzinātājs un izpildmehānisms veido atgriezeniskās saites sistēmu

# Vadāmā objekta stabilitāte (1)

- Vadāmais objekts var būt divos stāvokļos, kas abi ir nepieciešami sistēmas izdzīvošanai:
  - ❖ Stāvoklis var būt stabils
  - ❖ Stāvoklis var būt nestabils
- **Stabilitāti** definē kā sistēmas tendenci atgriezties savā sākuma stāvoklī pēc traucējumu novēršanas
- Stabilitāte ir sistēmas galīgs ilgtermiņa mērķis, ko sistēma sasniedz caur īslaicīgiem nestabilitātes periodiem

# Vadāmā objekta stabilitāte (2)

- Īstermiņa nestabilitāte ir nepieciešama sistēmas adaptācijai un apmācībai
- Sistēmas uzvedība uzrāda nestabilitāti, ja sistēmas vadāmais objekts nespēj atgriezties uz vai atgūt sākuma stāvokli
- **Resursu redundances princips:** sistēmas stabilitātes uzturēšanai traucējumu apstākļos nepieciešama kritiski svarīgu resursu dublēšanās
- Traucējumus var izsaukt atgriezeniskā saite, kas ir viens no galvenajiem traucējumu avotiem, vai arī traucējumi var būt

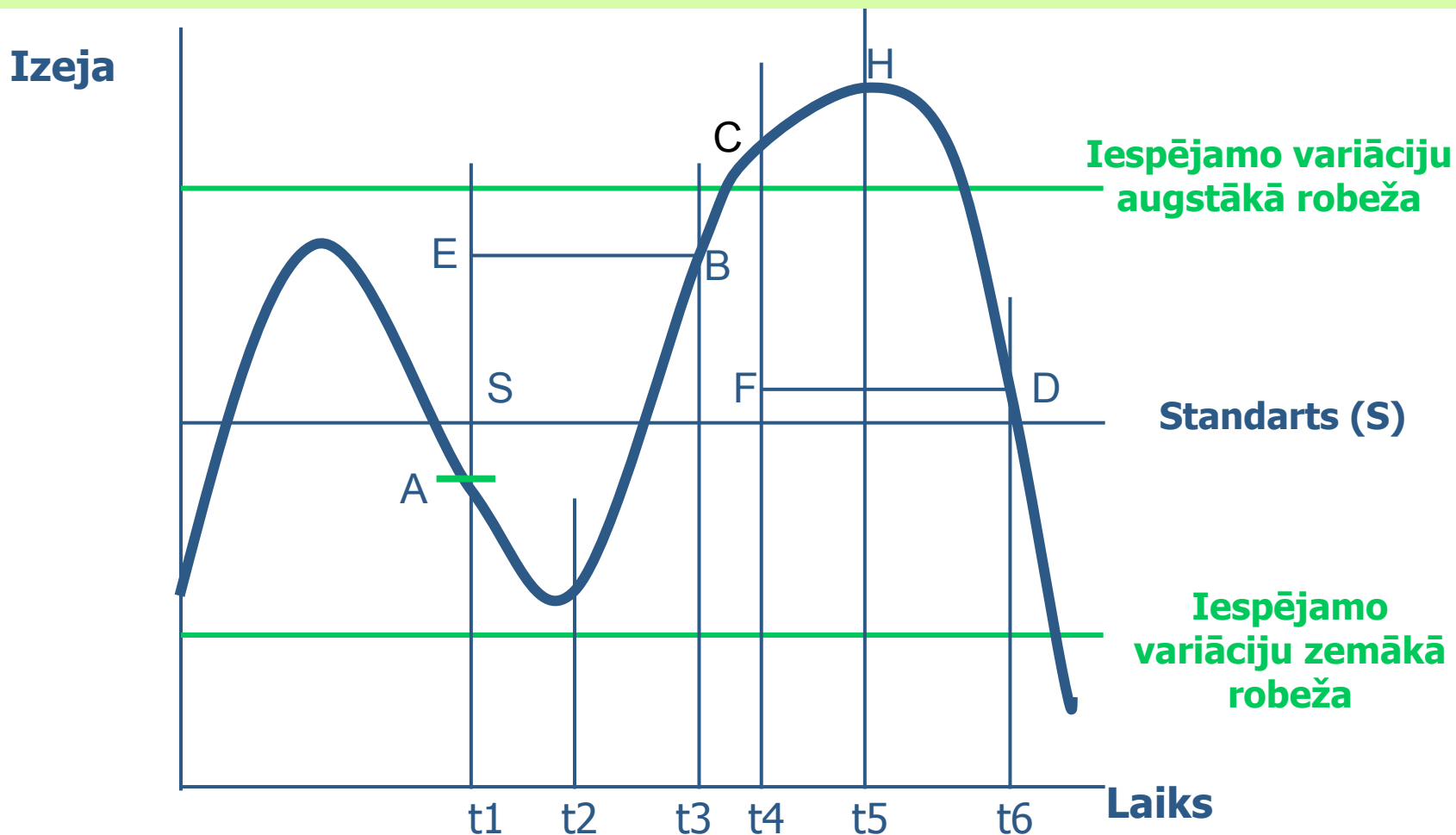
# Vadāmā objekta stabilitāte (3)

- Sistēmas specifiska uzvedība ir atkarīga no atgriezeniskās saites sistēmas (detektors, salīdzinātājs un izpildmehānisms) kvalitātes, ko nosaka detektora un salīdzinātāja jutīgums un precizitāte, kā arī laiks, kas nepieciešams, lai pārraidītu kļūdas ziņojumu no detektora uz izpildmehānismu
- Pārāk jutīga un ļoti ātra atgriezeniskā saite var būt tāds pats nestabilitātes cēlonis kā inerta un gausa atgriezeniskā saite
- Laika kavējums (vadības cikla ilgums) arī var būt nestabilitātes cēlonis

# Vadāmā objekta stabilitāte (4)

- **Vadības cikla ilgums** ir laika intervāls, sākot no laika momenta, kad detektors ir uztvēris izmaiņas vadāmajā objektā un beidzot ar laika momentu, kad tiek saņemta izpildmehānisma izstrādātā korigējošā iedarbe
- Pie pārāk īsa vadības cikla korigējošās iedarbes būtībā nav vajadzīgas, bet pārāk gara vadības cikla gadījumā vadāmā objektā notikušās izmaiņas var būt neatgriezeniskas (sistēma vairs nespēj uz tām reaģēt)
- Minētās problēmas demonstrē nākošie attēli

# Vadāmā objekta stabilitāte (5)



A- punkts, kurā izejas novirzes virziens ir atpazīts (zem standartvērtības)

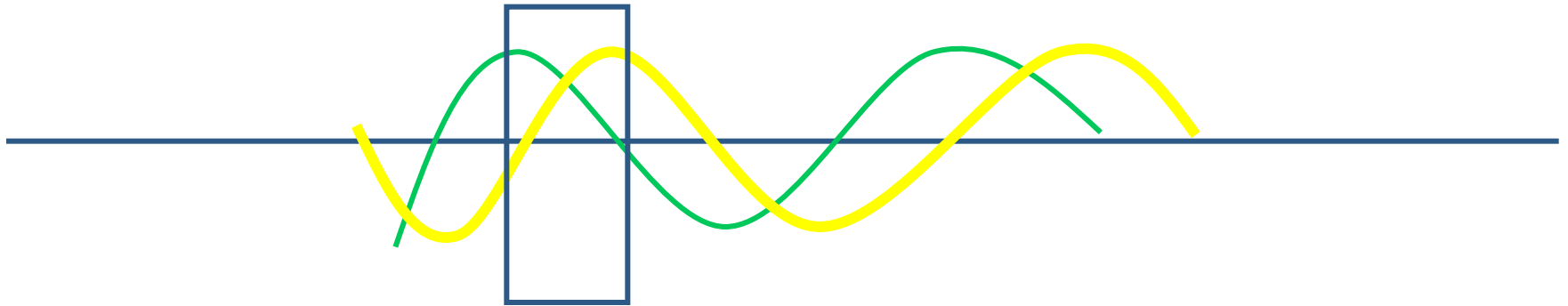
B- punkts, kurā koriģējošā iedarbe tika veikta (pusperioda laika kavējums)

C- punkts, kurā sistēma izjūt koriģējošās iedarbes iespaidu, bet detektors uztver jauno novirzi

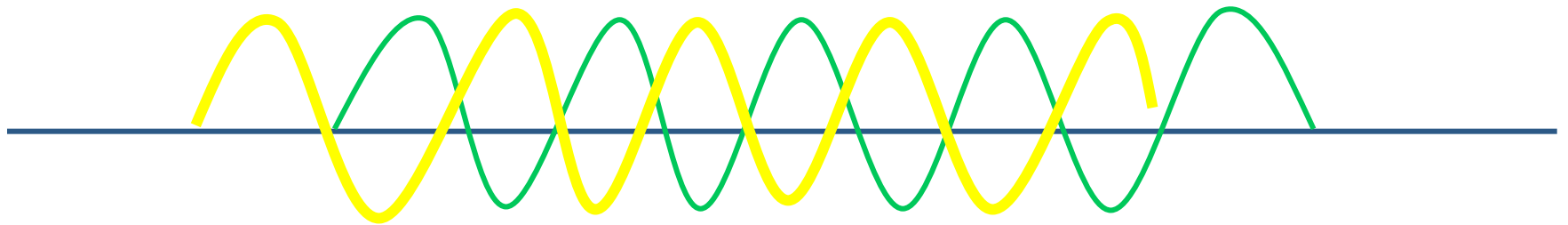
D- punkts, kurā jauna vadības iedarbe ir pielietota

EB and FD- **informācijas kavēšanās laiks**

# Vadāmā objekta stabilitāte (6)



Raustītā līnija norāda koriģējošas iedarbes kavējumu

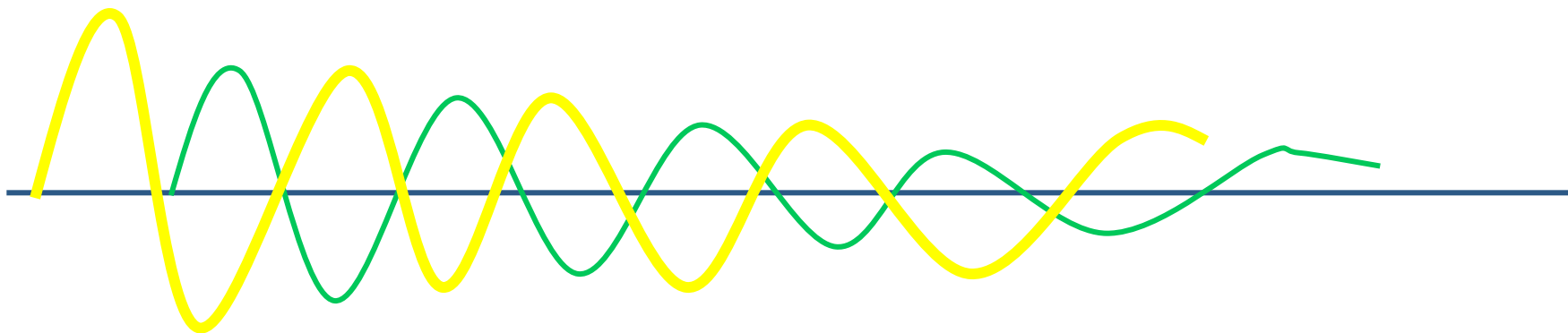


Pretfāzē realizēta koriģējošā iedarbe kompensē nestabilitāti

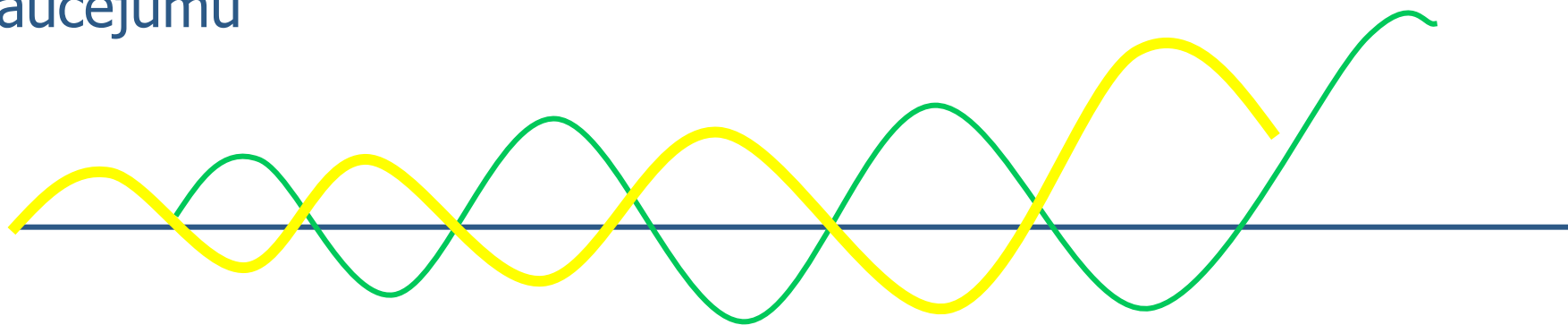
— Signāls, ko ir uztvēris detektors

— Izpildmehānisma koriģējošā iedarbe

# Vadāmā objekta stabilitāte (7)



Koriģējošā iedarbe, kas ir mazāka nekā kļūda, samazina traucējumu



Koriģējošā iedarbe, kas ir lielāka nekā kļūda, pastiprina traucējumu

— Signāls, ko ir uztvēris detektors

— Izpildmehānisma koriģējošā iedarbe



# Apsteidzošs kontroles mehānisms (1)

- Apsteidzošs kontroles mehānisms novērš atgriezeniskās saites trūkumu



Piemērs

Mājā ir uzstādīts termostats. Tā ieeja ir vēlamā istabas temperatūra – 24°C. Ieejas signāls tiek salīdzināts ar reālo temperatūru (izejas signālu). Ja tiek konstatēts, ka reālā temperatūra ir zemāka par vēlamo temperatūru, tad tiek ieslēgts sildelements. Gadījumā, kad reālā temperatūra sasniedz vēlamo temperatūru, sildelements tiek izslēgts. Pieņemsim, ka kāds ir atvēris durvis un auksts gaiss plūst mājā. Rezultātā temperatūra pazeminās zemāk par 24°C un termostats ieslēdz sildelementu. Taču laika periodā no momenta, kad termostats uztvēra, ka temperatūra ir zemāka par 24°C un ieslēdza sildelementu, līdz momentam, kad gaiss mājā atkal tika sasildīts līdz vēlamajai temperatūrai, reālā temperatūra ir bijusi zemāka par 24°C. Šāds ir atgriezeniskās saites trūkums

- **Apsteidzošs kontroles mehānisms** darbojas pirms kāds notikums iestājas, un tas ir daļa no sistēmas plānošanas kontūra, kas nepieciešams, lai sagatavotos iespējamām nākotnes notikumiem

# Apsteidzošs kontroles mehānisms (2)

- Apsteidzošs kontroles mehānisms nodrošina informāciju par paredzamo sistēmas uzvedību un imitē reālo procesu
- Tādējādi, apsteidzoša kontroles mehānisma mērķis ir izmērīt traucējumus un kompensēt tos pirms vēl ir notikusi vadāmā objekta novirze no uzstādītās vērtības. Pielietojot šo mehānismu pareizi, vadāmā objekta novirze būs minimāla



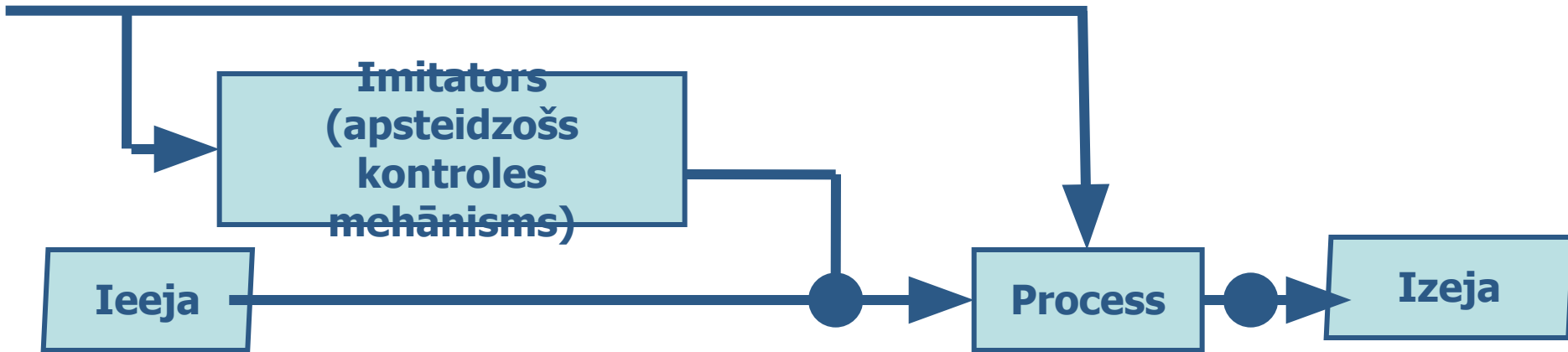
**Piemērs**

**Iepriekšējā piemērā ar māju un termostatu, apsteidzošs kontroles mehānisms varētu jau iepriekš identificēt faktu, ka durvis tiks atvērtas vaļā, un ieslēgt sildelementu, negaidot, kad temperatūra pazemināsies zem 24°C**

# Apsteidzošs kontroles mehānisms (3)

- Apsteidzošu kontroles mehānismu var atspoguļot šādi:

traucējumi



- Apsteidzošs kontroles mehānisms ir saistīts ar sistēmas priekšlaicīgu kontroli, kas ir vajadzīga, lai sasniegtu paredzamo, vēlamo stāvokli nākotnē
- To realizē saskaņā ar esošo iekšējo modeli, kurš saista pašreizējās ieejas ar paredzamajām izejām

# Apsteidzošs kontroles mehānisms (4)

- Ideālā situācijā apsteidzošs kontroles mehānisms var pilnībā samazināt identificēto traucējumu ietekmi uz procesa izeju
- Problēma ar apsteidzošu kontroles mehānismu ir tāda, ka traucējumu sekas ir precīzi jāparedz un nav jābūt nekādiem citiem neidentificētiem traucējumiem
- Tādējādi, apsteidzošs kontroles mehānisms nevar kompensēt jebkurus traucējumus, kas ietekmē procesu
- Lēmums par apsteidzoša kontroles mehānisma izmantošanu ir jāpieņem, vadoties no tā, vai ieguvumi no šī mehānisma, atbildot uz traucējumiem, attaisnos tā realizācijas un

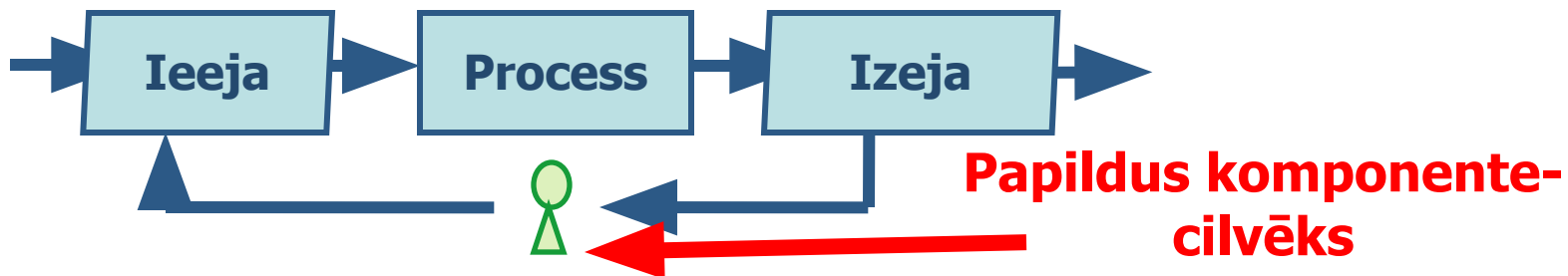
# Valēja un slēgta kontūra vadības sistēmas (1)

- Ir iespējams pārveidot valēja kontūra vadības sistēmu slēgta kontūra vadības sistēmā, pievienojot papildus komponentes

 Piemērs

## Veļas mazgājamā mašīna

Cilvēks var noteikt drēbju tīrības pakāpi pēc mazgāšanas procesa beigām un ievietot tās atpakaļ veļas mazgājamā mašīnā, ja to tīrības pakāpe nav atbilstoša



- Savukārt, slēgta kontūra vadības sistēmu var pārvērst valēja kontūra sistēmā, izslēdzot komponentes, kas salīdzina pašreizējo sistēmas stāvokli ar vēlamo stāvokli

# Valēja un slēgta kontūra vadības sistēmas (2)

- Organizācijas var tikt apskatītas kā valēja kontūra vadības sistēmas, ja cilvēki, kas strādā organizācijā, tiek izslēgti no apskates
- Taču, pievienojot pārvaldības mehānismu (piemēram, menedžerus), kas salīdzina izeju ar ieeju, piemēram, ieguldīto naudu un saņemto peļņu, un veic vajadzīgās korekcijas, organizācija kļūst par slēgta kontūra vadības sistēmu

# Vadības principi (1)

- Pirmais kibernetiskas vadības princips: sistēmas iekšējā vadības mehānisma sekmes ir atkarīgas no diviem faktoriem:
  - ❖ Nepārtrauktas un automātiskas kāda vadāmā objekta salīdzināšanas ar standartu
  - ❖ Nepārtrauktas un automātiskas koriģējošās iedarbes, lietojot atgriezenisko saiti

# Vadības principi (2)

- Atbilstoši N.Vīneram vadība ir sinonīms komunikācijai: “Vadība nav nekas cits kā ziņojuma nosūtīšana, kas efektīvi maina saņēmēja uzvedību”
- **Otrais kibernetiskas vadības princips:** jo biežāk notiek sistēmas iziešana ārpus kontroles, jo biežāk sistēmā notiek komunikācijas, un tās rezultātā tiek izstrādāts vairāk koriģējošu iedarbju



# Vadības principi (3)

- **Trešais kibernetiskas vadības princips:** vadāmajam objektam izejot ārpus kontroles, un tieši šī procesa laikā notiek objekta atgriešana atpakaļ zem kontroles, ko veic sistēmas iekšējais vadības mehānisms
- Novirze starp standartu un pašreizējo vērtību un novirzes lielums iedarbina detektoru
- Jo biežāk notiek novirze, jo biežāka ir komunikācija starp detektoru un salīdzinātāju
- Jo biežāka un būtiskāka ir novirze, jo ticamāk, ka

# Sistēmu daudzveidība

- Jo sarežģītāka ir sistēma, jo grūtāk ir to pētīt un vadīt, citiem vārdiem sakot, jo grūtāk ir noteikt tās struktūru un paredzēt tās uzvedību
- **Sistēmas struktūru** veido sistēmas objekti un attiecības starp tiem
- Ja objektu skaits aug, tad aug arī attiecību skaits starp tiem, un rezultātā sistēma iegūst lielāku daudzveidību (nenoteiktību)
- Daudzveidības jeb nenoteiktības samazināšana ir viena no vadības tehnikām, un tā padara sistēmu prognozējamāku

# Nepieciešamās daudzveidības likums (1)

- Nepieciešamās daudzveidības likumu formulēja Ross Ešbijs (R.Ashby) 1964.gadā, sakot, ka tikai daudzveidība var tikt galā ar daudzveidību
- **Nepieciešamās daudzveidības likuma** būtība: augot sistēmas sarežģītībai, aug sistēmas nenoteiktība, un, lai sistēmu vadītu, vadības mehānisma daudzveidībai ir jābūt vismaz vienādai ar vadāmās sistēmas (situācijas) daudzveidību
- Citiem vārdiem sakot, jo daudzveidīgākas ir problēmas sistēmā, jo daudzveidīgākiem ir jābūt šo problēmu risinājumiem, vai sistēmas vadības mehānismiem. Būtībā tas nozīmē, ka ir jābūt tik daudz vadības darbībām, cik sistēmai ir stāvokļu

# Nepieciešamās daudzveidības likums (2)



## Televizors

Televizora galvenais lietotājs ir tā īpašnieks. Viņš ir arī televizora vadības mehānisms. Ja televizora lietotājs pārzina visas tā vadības pogas, konfigurēšanas parametrus un to, kas jādara, ja televizors pārstāj strādāt vai strādā slikti, tad lietotājam ir nepieciešamā vadības daudzveidība. Piemēram, ja ieslēdzot televizoru, nav skaņas, lietotājam ir jāzina, ka ir jāpārbauda poga "Mute"



## Būvfirma

Uz būvfirmu ir atnācis klients. Viņš vēlas iegūt informāciju, ko parasti var izdarīt sekretāre, bet ir 13.00, un sekretāre ir aizgājusi uz ēdnīcu pusdienot. Ja klientu neapkalpos, ļoti iespējams, ka viņš neapmierināts pametīs biroja telpas. Lai tas nenotiktu, uzņēmuma darbiniekiem ir noteikti papildus pienākumi, kuri ir jāpilda nepieciešamības gadījumos, un kuri veido šo daudzveidību. Tātad, apskatāmajā gadījumā, kādai ierindas darbiniecei ir noteikts papildus pienākums – apkalpot birojā ienākušos klientus sekretāres prombūtnes laikā