

Systemteknik/Processreglering F1

- ▶ Vad är systemteknik/reglerteknik/processreglering?
- ▶ Grafiska systemrepresentationer
- ▶ Fundamentala reglertekniska principer

Läsanvisning: *Process Control*: 1.1–1.3

Vad är systemteknik?

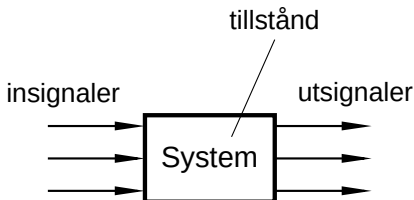
Systemteknik handlar allmänt om **dynamiska system**

- ▶ Hur kan man modellera dynamiska system?
- ▶ Hur kan man förstå hur ett komplext system bestående av många delsystem beter sig?
- ▶ Hur kan man få ett system att bete sig som man vill?

Vad är ett dynamiskt system?

Exempel på system:

- ▶ Mekaniska system
- ▶ Elektriska system
- ▶ Kemiska system
- ▶ Biologiska system
- ▶ Ekologiska system
- ▶ Finansiella system
- ▶ ...



Dynamiska system har ett "minne" — ett **tillstånd**

Utsignalerna beror inte direkt på insignalerna; det finns en tröghet

Exempel: klimatet

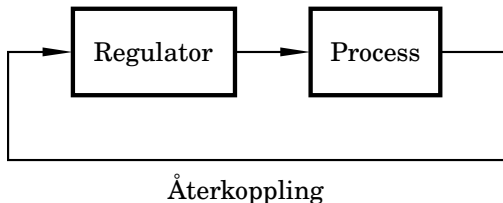
Chalmers Climate Calculator

[www.chalmers.se/en/departments/ee/organisation/physical_resource_theory/Pages/get-online-ccc.aspx]

Vad är reglerteknik?

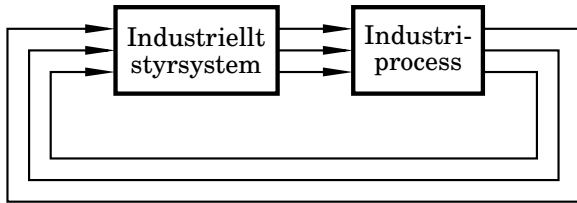
Reglerteknik är en delmängd av systemtekniken som behandlar **återkopplade** dynamiska system.

Reglerteknik handlar om att styra system ("processer") så att de beter sig på önskat sätt.



Vad är processreglering?

Processreglering handlar om att styra industriprocesser så att de blir säkra, förutsägbara, ekonomiskt lönsamma



Återkoppling

Tidigt reglertekniskt exempel

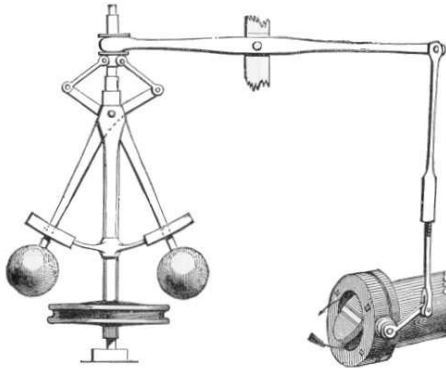
Watts ångmaskin (första från 1775)



- ▶ Förhöjd effektivitet jämfört med tidigare varianter
- ▶ Kunde köra med konstant fart trots störningar

Ångmaskinen, forts

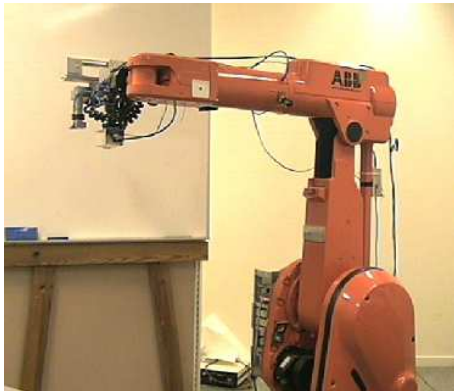
Centrifugalregulator



- Mätning av varvtalet
- Korrigerar inflödet av ånga baserat på maskinens varvtal
- Beteendet analyserades i [Maxwell, *On Governors*, 1868]

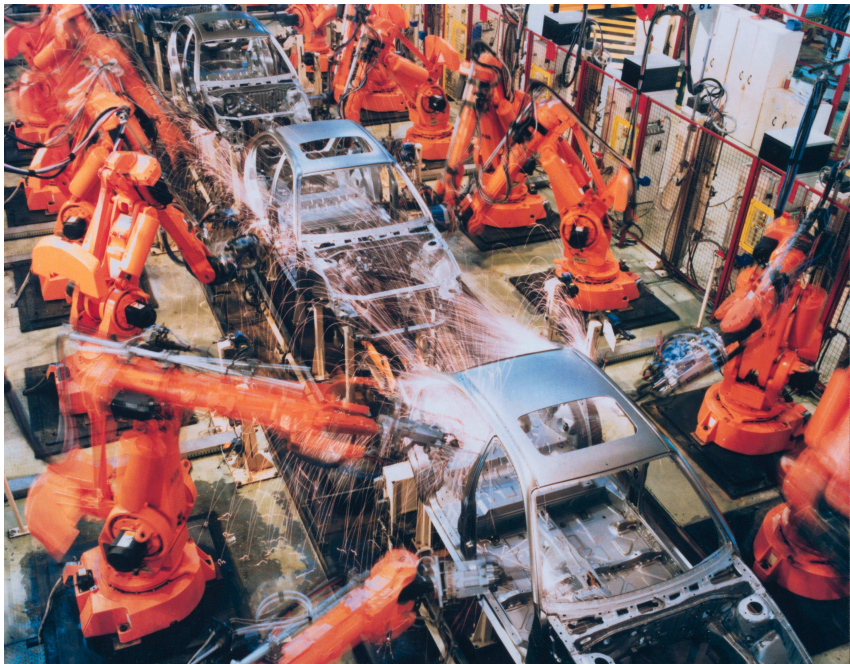
Nutida reglertekniska exempel

ABB IRB 2000



- ▶ Axlar: 6
- ▶ Maxlast: 10 kg
- ▶ Räckvidd: 1542 mm
- ▶ Repetitionsnogrannhet: $\pm 0.1\text{mm}$
- ▶ Massa: 350 kg

Designkompromiss: Kraft, fart, styvhet, repeterbarhet **mot** kostnad, vikt, strömförbrukning



Stabilisering

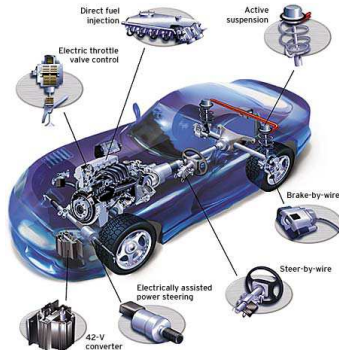
Många system behöver stabilisering
m.h.a. reglering för att fungera

- ▶ Flygplan
- ▶ Cyklar
- ▶ Segway
- ▶ Raketer
- ▶ Exoterma reaktioner
- ▶ ...



Bilar

- Motorreglering
- Kraftöverföring
- (Adaptiv) Farthållare
- Antisladdsystem
- Filassistans
- Antikrocksystem
- Parkeringsassistans
- ...



Autonoma flygfarkoster

Obemannade stealth-flygplan



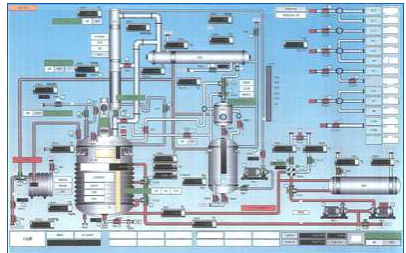
Kvadrokopter



Processindustri



Perstorp ABs kemikalieproduktions-
anläggning i Stenungsund



Schematisk bild av
processanläggning

Optimal odling av bakterier

- ▶ Produktion av protein från bakterier
- ▶ Celler matas med glukos
- ▶ Undvik svält och övermatning
- ▶ Avsaknad av viktiga mätningar försvårar optimal tillförsel av glukos

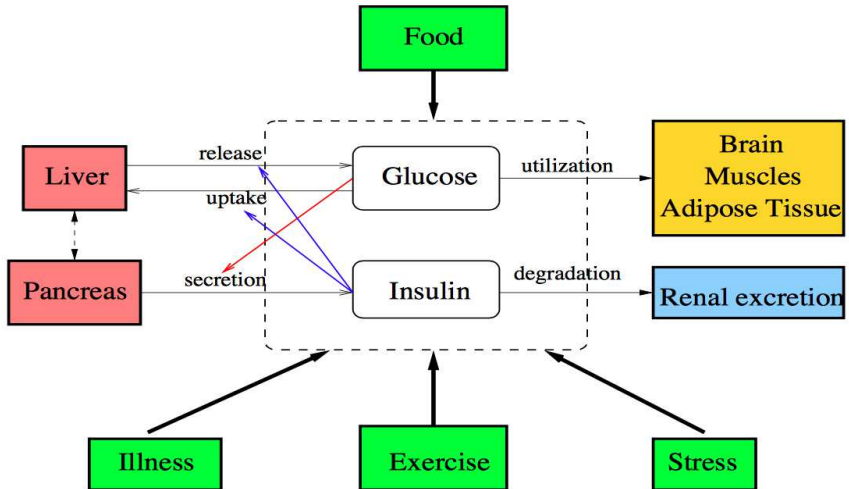


Biologi

Feedback is a central feature of life. The process of feedback governs how we grow, respond to stress and challenge, and regulate factors such as body temperature, blood pressure, and cholesterol level. The mechanisms operate at every level, from the interaction of proteins in cells to the interaction of organisms in complex ecologies.

[Mahlon B. Hoagland and B. Dodson. The Way Life Works, 1995]

Blodsockerreglering



Försegling av kopparkapslar vid SKB

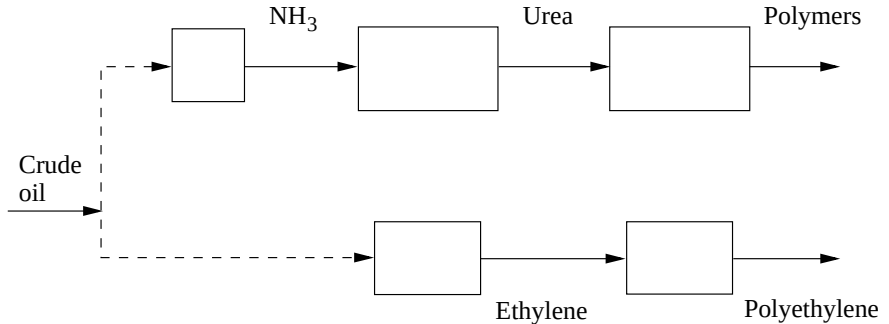


- ▶ Kopparkapslar för slutförvaring av uttjänt kärnbränsle
- ▶ Kapseln förseglas med friktionsomrörningssvets (FSW)
- ▶ Reglering av temperatur och svetsdjup för optimal hållbarhet

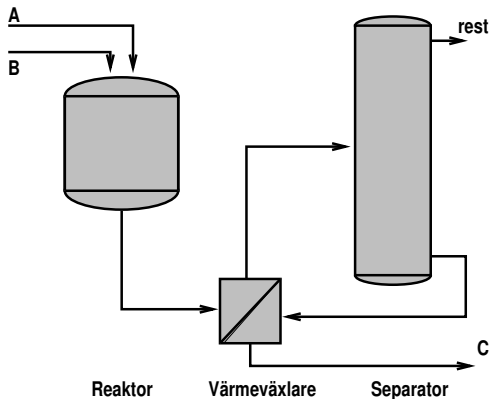
Grafiska processrepresentationer

- ▶ Översiktsskiss
- ▶ Processchema
- ▶ P/I-diagram
- ▶ Blockdiagram

Översiktsskiss

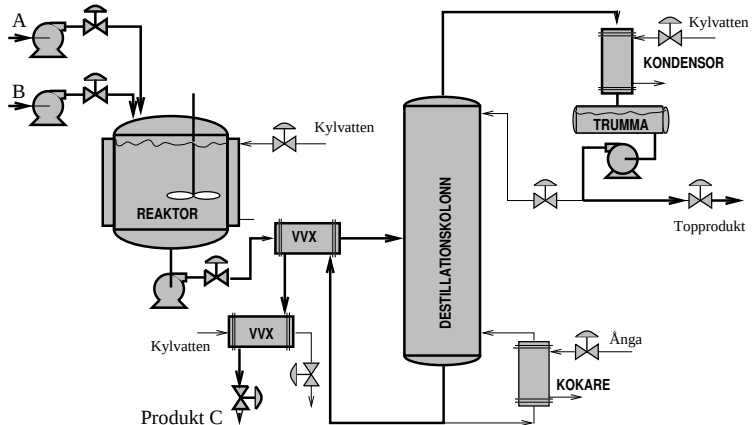


Processchema



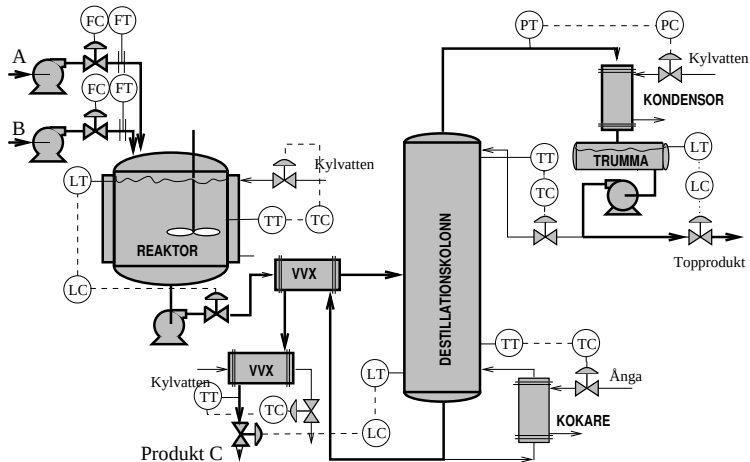
Produktflöden, viktiga enhetsoperationer, principiell sekvens av operationer

Detaljerat processschema



Alla viktiga flöden, alla enheter (t.ex. pumpar, ventiler), viktiga delsteg (t.ex. kokare, kondensatorer)

Process- och instrumentdiagram (P/I-diagram)



Viktiga flöden (produkt- och energiflöden, signalflöden),
enhetsoperationer och instrument (mätgivare, regulatorer, styrdon)

Instrumentsymboler



Första bokstaven: **storhet**

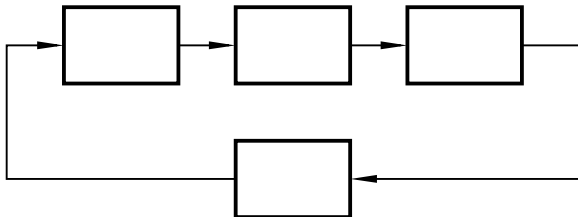
- ▶ T = temperature
- ▶ L = level
- ▶ F = flow
- ▶ P = pressure
- ▶ (C/Q = concentration)
- ▶ (X = power)

Andra och ev tredje bokstaven:
funktion

- ▶ T = transmitter (sensor)
- ▶ C = controller
- ▶ I = indicator
- ▶ R = recorder
- ▶ A = alarm

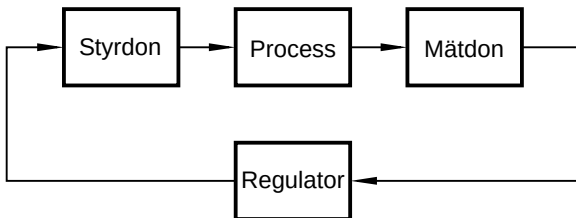
Standardiserat i *ISA Standard S5.1*

Blockdiagram



- ▶ Ett blockdiagram återspeglar informationsflödet mellan olika delsystem, och inte nödvändigtvis systemets fysikaliska flöden
- ▶ Pilarna överför **information**
- ▶ Kan finnas många olika sätt att rita blockdiagram för samma fysiska system
 - ▶ Detalnivå
 - ▶ Syfte med regleringen

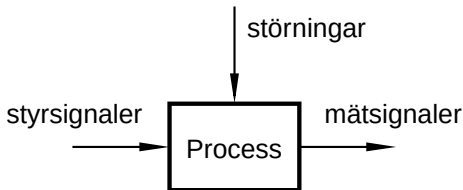
Reglersystemets delar



- ▶ Mät don/mätgivare (*sensor/transmitter*)
 - ▶ Något som kan mäta vad som händer med systemet
- ▶ Regulator (*controller*)
 - ▶ Något som bestämmer hur systemet ska styras
- ▶ Styr don/ställdon (*actuator*)
 - ▶ Något som kan påverka systemet

Styr don och mät don ritas ofta inte ut utan bakas in i processen

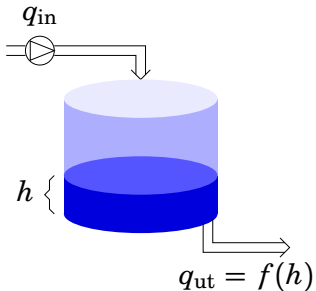
Blockdiagram för en (del)process



- ▶ Processens påverkbara insignaler kallas styr signaler (*control signals/manipulated variables*)
- ▶ Processens icke påverkbara insignaler kallas störningar (*disturbances*)
- ▶ Processens mätbara utsignaler kallas mät signaler (*measurement signals/measured variables*)

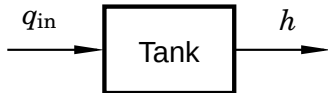
Exempel: tankprocess

Verklighet:



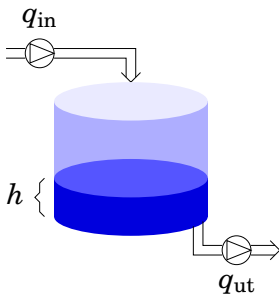
- ▶ Vi styr inflödet q_{in}
- ▶ Vi mäter höjden h

Blockdiagram:



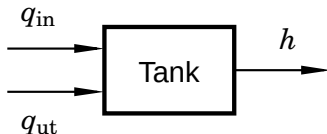
Exempel: tankprocess

Verklighet:



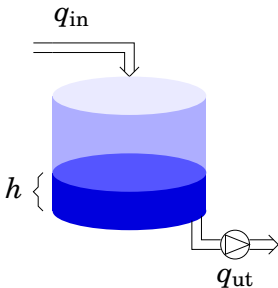
- ▶ Vi styr både inflödet q_{in} och utflödet q_{ut}
- ▶ Vi mäter höjden h

Blockdiagram:



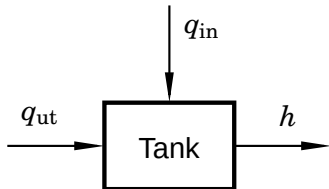
Exempel: tankprocess

Verklighet:



- ▶ Vi styr utflödet q_{ut}
- ▶ Vi mäter höjden h
- ▶ Inflödet q_{in} är en yttre störning som vi inte kan påverka

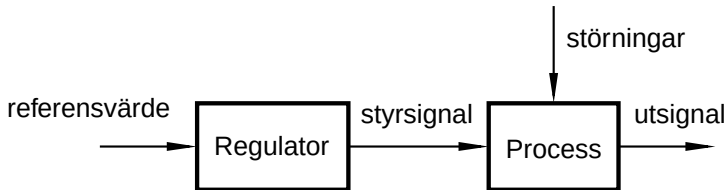
Blockdiagram:



Fundamentala reglertekniska principer

- ▶ Öppen styrning / framkoppling
- ▶ Sluten styrning / återkoppling

Öppen styrning



- ▶ Regulatorn är utformad så att utsignalen ska bli lika med referensvärdet (*setpoint*)
- ▶ Ingen återkoppling (*feedback*) från utsignalen, bara framkoppling (*feedforward*) från referensvärdet
- ▶ Öppet system (*open-loop system*)

För- och nackdelar med öppen styrning

Fördelar:

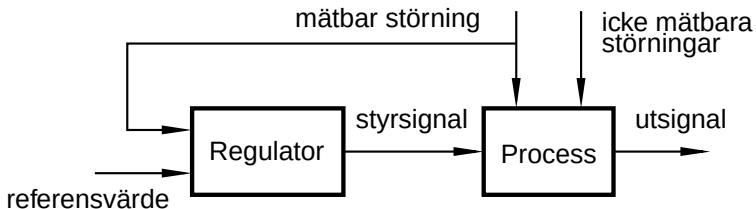
- ▶ Enkelt
- ▶ Kräver inga mätton

Nackdelar:

- ▶ Fungerar bara för stabila processer
- ▶ För bra prestanda krävs en noggrann modell av det system man vill styra
- ▶ Kan inte kompensera för okända störningar och modellfel

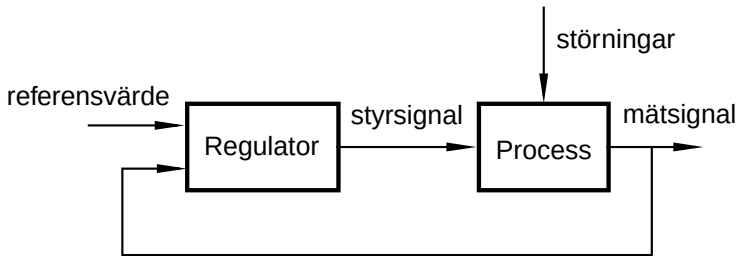
Öppen styrning med framkoppling

Om någon störning är mätbar kan man framkoppla från den:



- ▶ Kräver mätdon
- ▶ Kräver modell av hur störningen påverkar processen
- ▶ Icke mätbara störningar och modellfel kan fortfarande ge fel i utsignalen

Sluten styrning



- ▶ Återkoppling från mätsignalen
- ▶ Regulatorn bestämmer styrsignalen så att mätsignalen närmar sig referensvärdet
- ▶ Slutet system (*closed-loop system*)

För- och nackdelar med sluten styrning

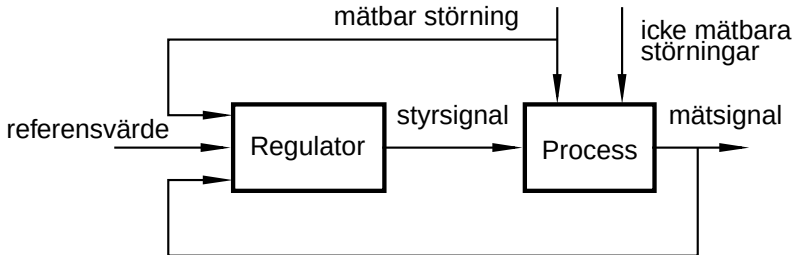
Fördelar:

- ▶ Kan minska inverkan av störningar, öka snabbheten, förbättra noggrannheten
- ▶ Kan stabilisera ett instabilt system
- ▶ Räcker ofta med en enkel modell av systemet
- ▶ Kan möjliggöra helt nya produkter och systemlösningar

Nackdelar:

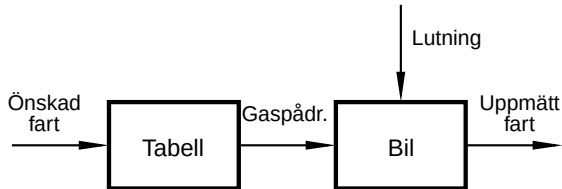
- ▶ Kräver mätidon
- ▶ Kan leda till självsvängningar och instabilitet
- ▶ Mätstörningar förs tillbaka till processen

Sluten styrning med framkoppling



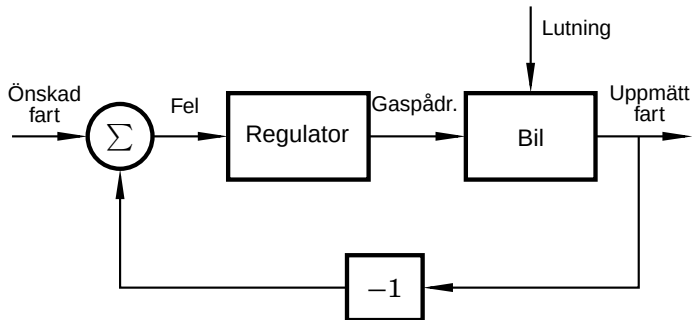
- ▶ Mätbara störningar kompenseras genom framkoppling
- ▶ Icke mätbara störningar och modellfel kompenseras genom återkoppling

Exempel: Farthållare med framkoppling



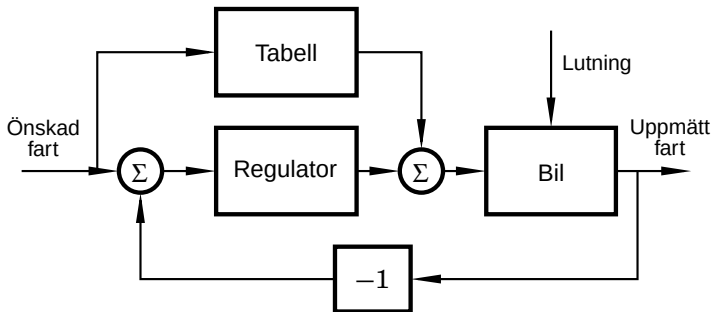
- Öppen styrning
- Problem?

Example: Farthållare med återkoppling



- ▶ Sluten styrning
- ▶ Regulator:
 - ▶ $Fel > 0$: öka gaspådrag
 - ▶ $Fel < 0$: minska gaspådrag
 - ▶ (Men hur mycket?)

Exempel: Farthållare med fram- och återkoppling



- ▶ Både proaktiv och reaktiv
- ▶ Skulle även kunna framkoppla från lutningen (GPS), avstånd till framförvarande bil (radar/kamera), o.s.v.