

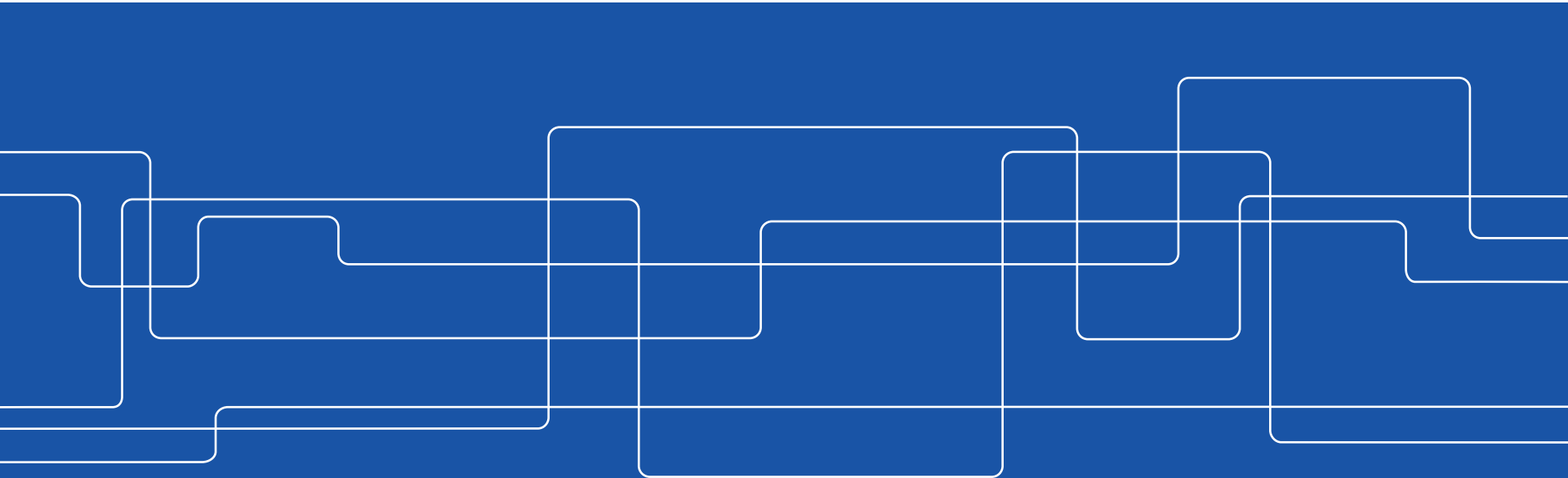


# EL1000/1120 Reglerteknik AK

**Henrik Sandberg** ([hsan@kth.se](mailto:hsan@kth.se))

Reglerteknik – EES

Osquldas väg 10, plan 6





# Dagens program

- **Kursinformation**
- Reglerteknik – konsten att styra
- Inledande exempel och begrepp



# Lärandemål

Efter avslutad kurs skall studenten kunna redogöra för hur **återkopplingsmekanismer** påverkar systemegenskaper som stabilitet, snabbhet, känslighet och robusthet. Vidare skall studenten kunna **analysera** och **designa** återkopplade system med avseende på dessa egenskaper.



# Kursinformation (se kurs-PM på KTH Social)

- Kurskoder
  - EL1000 – Farkostteknik, Medicinsk teknik och Industriell ekonomi
  - EL1120 – Maskinteknik och Design och produktutveckling (Öppen för övriga program)
- Samma kurskrav för alla
- Kursanmälan via "Mina sidor"
- Gemensam kurshemsida (HT 2015 CFATE: <https://www.kth.se/social/course/EL1000/subgroup/ht-2015-cfate/page/start-omg-1-11/>)
- Kursen ger 6hp
  - Lab1: 1hp
  - Lab2 och Lab3: 2hp/var
  - Tentamen: 1hp



# Kursinformation

12 st föreläsningar

- Föreläsare: Henrik Sandberg
- Lärobok *Glad och Ljung, Reglerteknik – grundläggande teori*
- Skillnader mellan 2:a och 3:e/4:e upplagan. Se hemsida.
- Alternativ lärobok: *Franklin and Powell, Feedback Control of Dynamical Systems*
- Länshänvisningar i kurs-PM (se kurshemsida under ['Kursinformation'](#))



# Kursinformation

## Repetitionsseminarium: Laplacetransformen

- Repetitionsseminarium ett önskemål från farkostprogrammet, men alla är välkomna. **Helt frivilligt**
- Onsdag 4 november kl. 8-10 i sal H1
- Maila mig snarast om ni vill att vi ska ta upp något speciellt



# Kursinformation

## 13 st räkneövningar

- Övningsledare:
  - Mohamed Abdalmoaty (Grupp 1)
  - Miguel Galrinho (Grupp 2)
  - Valerio Turri (Grupp 3)
  - Antonio Adaldo (Grupp 4)
  - Pedro Pereira (Grupp 5)
- Välj själv grupp. Går att byta, men **försök att sprida ut er**
- 2 olika tillfällen per övning
- Räkneuppgifter **in English**
- 3 övningar i datorsal (MATLAB [ev. ta introkurs [online](#) före])
- Kursbunt hos STEX, Osquldas väg 10, plan 3 entrén, öppet 09.30-11.00 och 12.00-14.00 (kursbunt finns även på hemsidan under '[Kursmaterial](#)')



# Kursinformation

10 st räknestugor

- Övningsledare: Alexandros Nikou
- Minst en per vecka. Fler före Lab3 och tentan.
- För att uppmuntra egen lösning av räkneövningar
- Bra tillfällen att få svar på frågor





# Kursinformation

2 st laborationer i vattentanks-labbet (Lab1-Lab2),  
Osquidas väg 10, plan 2, Rum A:225

- Testa teorin på verkliga problem
- Kontrollskrivning under Lab2. Öva på [bilda.kth.se](http://bilda.kth.se)
- 7 tillfällen per labb, anmälan under [bilda.kth.se](http://bilda.kth.se)
- **Lab1 börjar redan på fredag fm denna vecka!**
- **Anmäl dig redan idag till både Lab1 och Lab2!**
- Lab2 och Lab3 ligger sent i kursen (kursvecka 5-7).  
**Mycket jobb de sista kursveckorna...**



# Kursinformation

## 1 datorprojekt (Lab3)

- Studera ett reglerproblem i detalj i MATLAB
- Övningar i datorsal nödvändiga för att klara Lab3
- Redovisning 15-17 december (20 min/grupp)
- **Börja arbeta med Lab3 i god tid, t.ex. efter föreläsning 5**
- Skjut inte upp Lab3 till nästa år. Lab3 utgör bästa förberedelsen inför...

## Tentamen

- 15 januari kl. 14-19
- KTH-regel: Anmälan senast två veckor innan via "Mina sidor"
- Kursbok och räknetabell (typ BETA) tillåten. Övningar, slides, extentor **ej** tillåtna.



## Kontakt

**Kursinnehåll:** Fråga mig under föreläsning, rast, övningar, räknestugor eller maila ([hsan@kth.se](mailto:hsan@kth.se))

**Kursadministration, resultat, kursmaterial, o.s.v.:**  
STEX ([stex@ee.kth.se](mailto:stex@ee.kth.se))

**Problem med BILDA-registrering:** [annelist@ee.kth.se](mailto:annelist@ee.kth.se)

**Kursnämnd:** Någon utsedd eller finns frivilliga? Gärna en representant per program

**Kursutvärdering:** kommer på kurshemsida efter tentan

- Halvtidsutvärdering delas ut på föreläsning



# Dagens program

- Kursinformation
- **Reglerteknik – konsten att styra**
- Inledande exempel och begrepp



# Dynamiska system

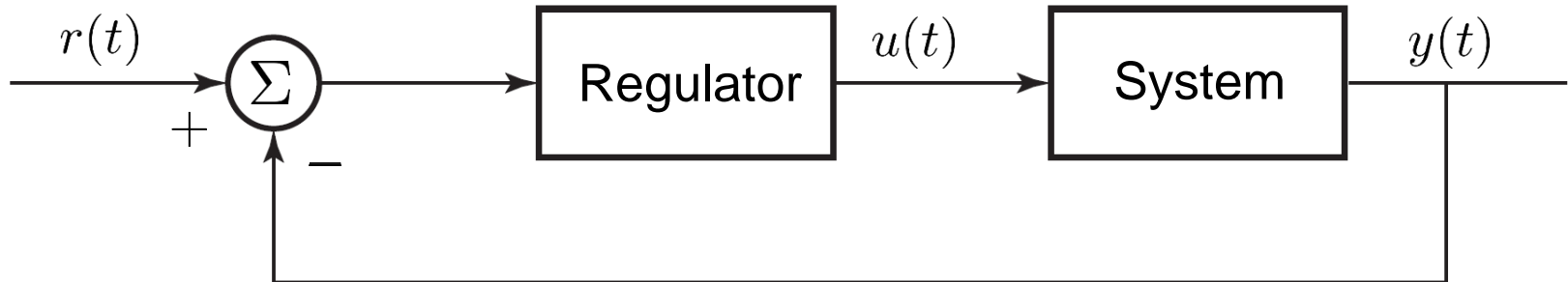


**Dynamiskt system:**  $y(t)$  beror inte bara på nuvarande påverkan  $u(t)$ , utan även på tidigare påverkan  $u(\tau)$ ,  $\tau < t$ .

## Exempel:

- Husuppvärmning: värme  $\rightarrow$  temperatur
- Flygplan: roder  $\rightarrow$  attityd
- Ekonomi: styrränta  $\rightarrow$  inflation, arbetslöshet, bolån,...
- Biologi: andningsfrekvens  $\rightarrow$  syresättning

# Återkoppling (Eng. Feedback)



- Kursens viktigaste begrepp
- Syfte: Ge systemet önskade egenskaper
  - Göra systemet okänsligt för yttre störningar
  - Stabilisera instabilt system
  - Göra systemet snabbare och/eller mer dämpat
  - ...

# Målkonflikter inom reglerteknik



*Problem kan också uppträda vid inställning av badkarstemperatur!  
Observera att det ofta finns motstridiga krav som man måste ta hänsyn till vid reglering.*

(Jämför med styrränta → inflation, arbetslöshet, bolån...)

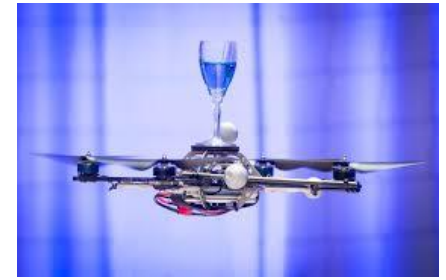
# Var finns reglerteknik?



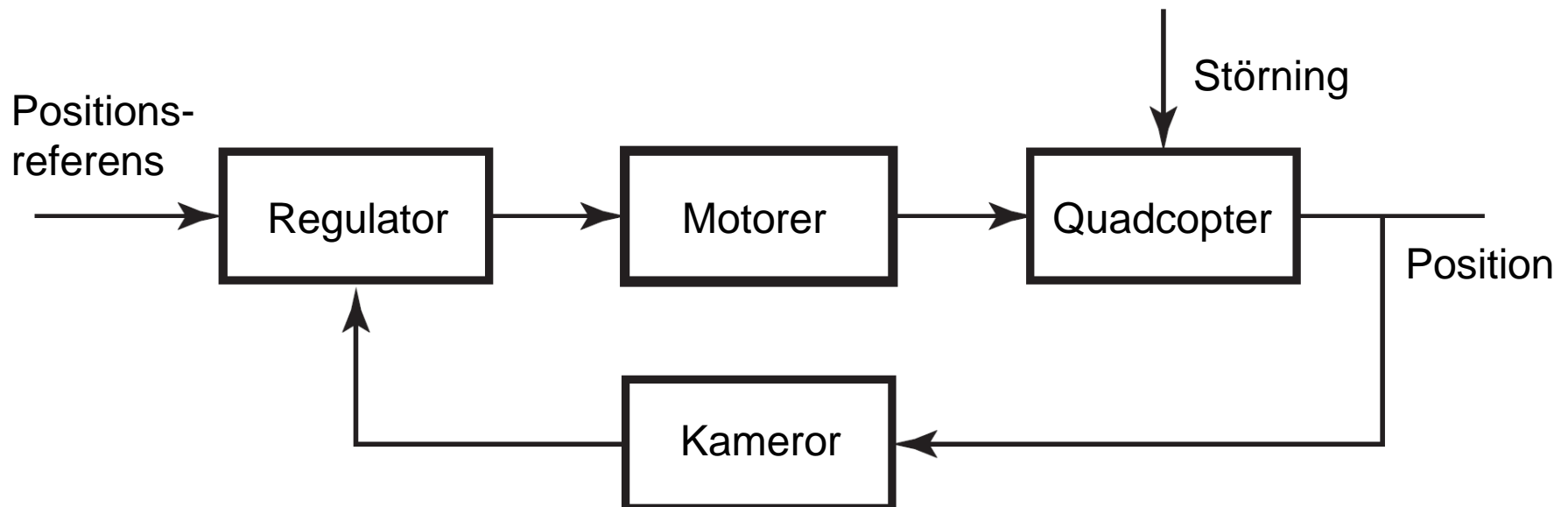
Med små inbyggda processorer är möjligheterna i princip obegränsade...



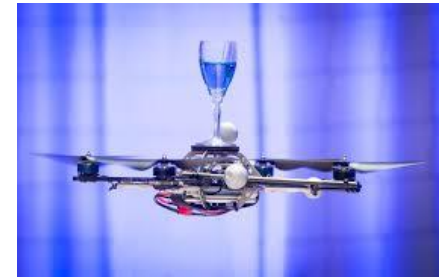
# Aktuellt tekniskt exempel



TED Talks: The astounding athletic power of quadcopters  
(Raffaello D'Andrea, ETH)



# Aktuellt tekniskt exempel



”How does one design the algorithms that create a machine athlete?

We use something broadly called **model-based design**.

We first capture the physics with a mathematical model of how the machines behave.

We then use a branch of mathematics called **control theory** to **analyze** these models and also to **synthesizing algorithms** to controlling them...”



# Kursinnehåll

Vad innehåller kursen?

- Matematiska modeller och beskrivningssätt
- *Analys* av återkopplade system
- *Syntes* av regulatorer (styrlagar)

Vilka verktyg?

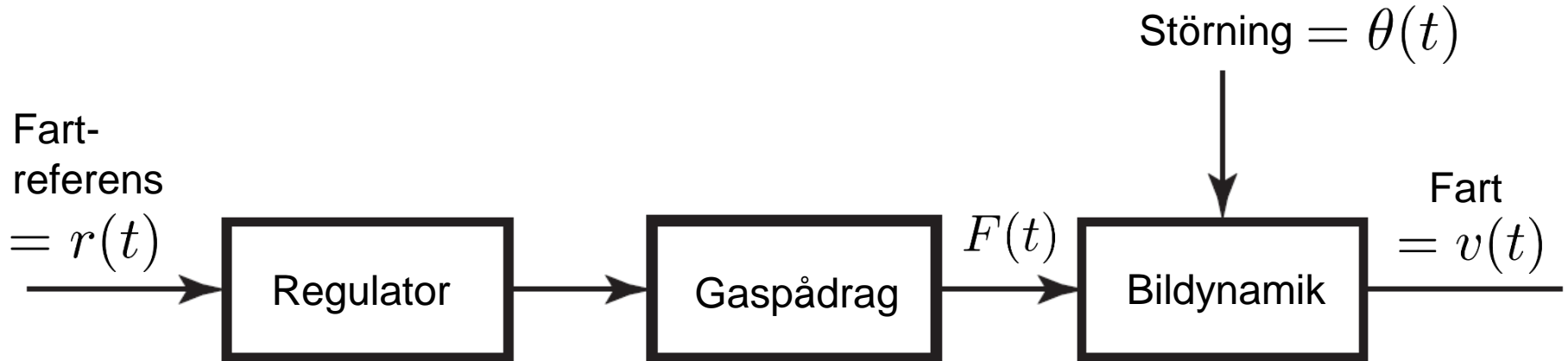
- Linjära differentialekvationer
- Laplacetransformen
- Komplexa tal
- Linjär algebra
- **Repetitionsblad finns på hemsidan!** (Under 'En kort introduktion' och 'Repetition av komplexa tal')



# Dagens program

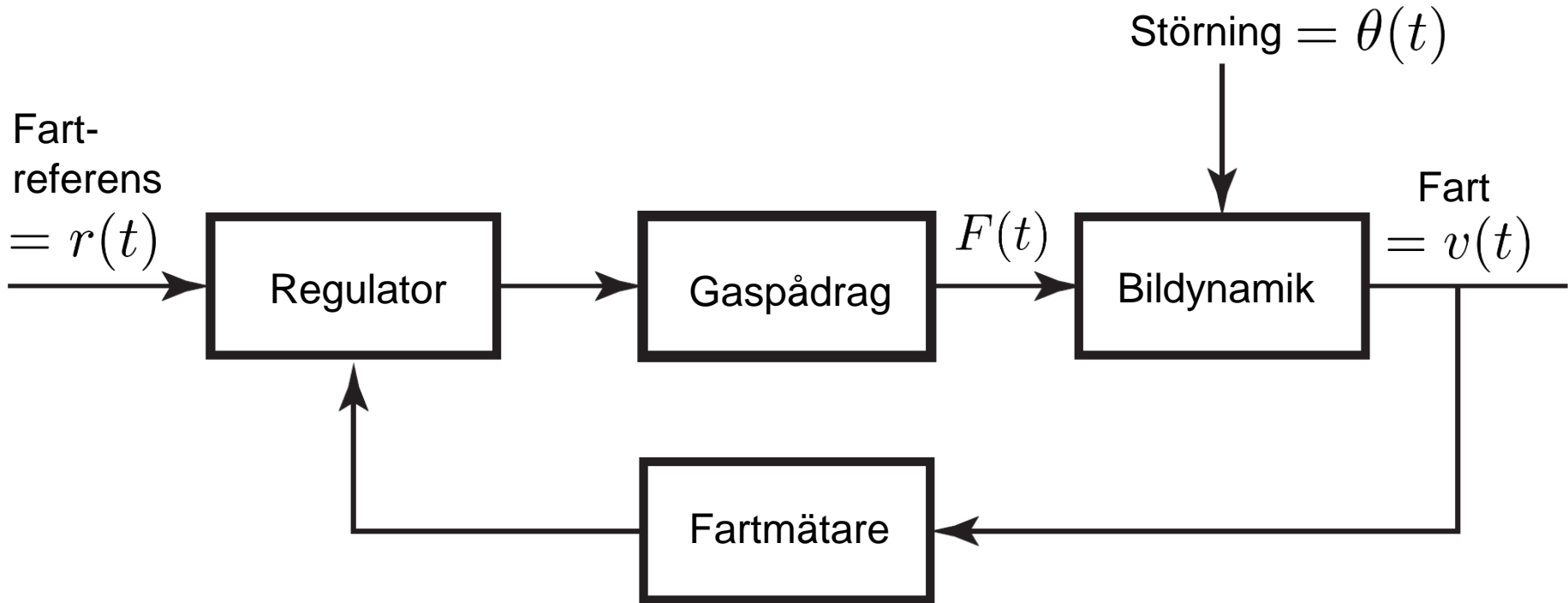
- Kursinformation
- Reglerteknik – konsten att styra
- **Inledande exempel och begrepp**

# Farthållning med öppen styrning





# Farthållning med sluten styrning (återkoppling)





## Quiz-frågor

(1) Anta att ni vill designa en kaffeapparat som fyller en kopp med lagom mycket kaffe (ungefär upp till en centimeter från kanten). Är det lämpligt att använda öppen styrning i detta fall?

- a) Ja, alltid
  - b) Nej, aldrig
  - c) Ja, om alla koppar är likadana
  - d) Det går inte att säga, det beror på elektroniken i kaffeapparaten
- 

(2) I våra ögon kan pupillens storlek varieras för att få in rätt mängd ljus till ögat. Är detta öppen styrning?

- a) Ja
- b) Nej



## Quiz-frågor

(3) En fallskärmshoppare med massan 100 kg faller med fallskärmen utvecklad. Fallskärmens luftmotståndskoefficient är  $K$  och antas ha enheten kg/s. Differentialekvationen

$$\frac{dv}{dt} = mg - Kv$$

beskriver systemet. Gravitationskonstanten  $g$  kan antas vara  $10 \text{ m/s}^2$ . Vad måste gälla för att fallskärmshopparen ska kunna få en säker landning? En säker landning innebär en fart under  $3 \text{ m/s}$  vid landning i detta fall, och fallskärmshoppet kan antas ta lång tid.

a)  $K > \frac{3}{1000}$   
c)  $K > 30$

b)  $K < \frac{1000}{3}$   
d)  $K > 0$  och  $v$  begränsad





## Quiz-frågor

(4) Vad står P i P-reglering för?

- a) Proportionell
  - b) Parallell
  - c) Parameter
  - d) Precis
- 

(5) Vad innebär det att använda P-reglering?

- a) Man gör insignalen proportionell mot utsignalen.
- b) Man gör insignalen proportionell mot störningen.
- c) Man gör insignalen proportionell mot reglerfelet.
- d) Man gör insignalen proportionell mot referensvärdet.