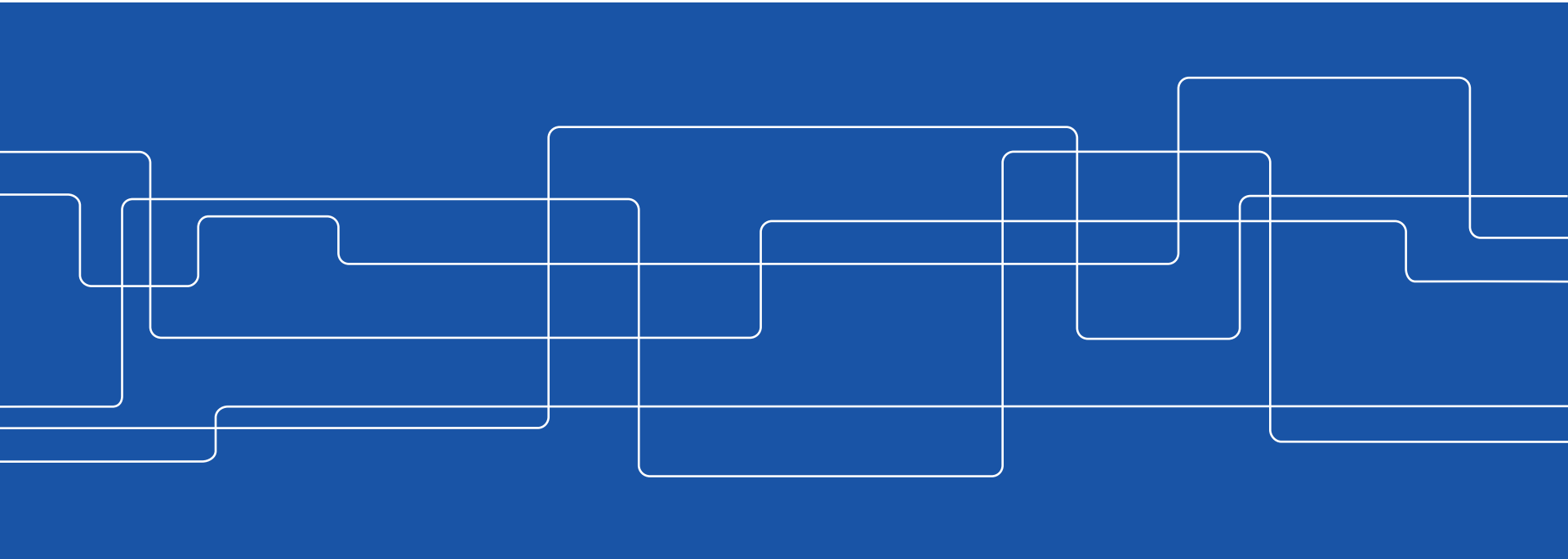




Reglerteknik AK

Period 2, 2013

Jonas Mårtensson, kursansvarig





Olika kurskoder – samma kurs

EL1000 – Farkostteknik och Medicinsk teknik

EL1110 – Elektroteknik och Industriell ekonomi

EL1120 – Maskinteknik och Design och produktutveckling

(Öppen för övriga program)

- Samma kurskrav för alla
- Gemensam undervisning
- Gemensam kurshemsida



Lärandemål

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



Lärandemål

Speciellt skall studenten efter avslutad kurs kunna

- Redogöra för grundläggande begrepp och problemställningar inom reglerteknik, som t.ex. blockschema, in- och utsignaler, poler, nollställen, impulssvar, stegsvar, frekvenssvar, stabilitet, återkoppling, framkoppling.
- Baserat på en matematisk modell i form av olinjära differentialekvationer, ta fram linjära dynamiska systembeskrivningar i form av överföringsfunktioner, frekvensbeskrivningar och tillståndsbeskrivningar.

Lärandemål

Speciellt skall studenten efter avslutad kurs kunna

- Analysera en linjär systembeskrivning med avseende på dynamiska systemegenskaper som t.ex. stabilitet, dämpning, snabbhet, noggrannhet, störningskänslighet och robusthet.
- Analysera hur en given återkoppling påverkar ovan nämnde egenskaper
- Designa en återkopplingsregulator (styrslag) som ger önskade systemegenskaper, baserat på kompensering i frekvensplanet, polplacering samt återkoppling från rekonstruerade tillstånd.



Aktiviteter och examination

- Föreläsningar, 12 st
- Räkneövningar, 13 st
- Laborationer, 2 st
 - LAB1, 1hp, P/F
 - LAB2, 2hp, P/F
- Datoruppgift, 1 st
 - LAB 3, 2hp, P/F
- Tentamen, 1hp, A,B,C,D,E,Fx,F

(Observera ny hp-fördelning 1+2+2+1)



Kursinformation

- Hemsida: KTH Social,
<https://www.kth.se/social/course/EL1000/>
Samma för EL1000/EL1110/EL1120
OBS! Schema för grupp F finns på EL1110
- Administration: Hanna Holmqvist
hanna.holmqvist@ee.kth.se, 08-790 87 78



Föreläsningar

- Föreläsare: Jonas Mårtensson
- Lärobok: *Glad och Ljung, Reglerteknik – grundläggande teori*
 - OBS! Skillnader mellan 2:a och 3:e/4:e upplagan
 - Länshänvisningar på hemsidan
- Alternativa kursböcker
 - *Franklin, Powell och Emami-Naeini, Feedback Control of Dynamic Systems*
 - *Åström och Murray, Feedback Systems: An Introduction for Scientists and Engineers*



Räkneövningar

- Sex övningsgrupper, tre olika tillfällen
 - A. Arda Aytekin
 - B. António Gonga
 - C. Mohamed Abdalmoaty
 - D. Per Hägg
 - E. Niclas Blomberg
 - F. Hamid Mahdavian
- Välj grupp själv, **men försök sprida ut er**
- OBS! Tre övningar i datorsal
- Kursbunt att ladda ner under *Kursmaterial* eller att köpa på STEX, Osquldas väg 10



Laborationer

- Två labbar i "Plasklabbet" (LAB1 och LAB2)
 - Testa teorin på verkliga system
- 9 labbtillfällen per labb
- Första labben börjar på torsdag
- Anmälan på Bilda, <http://bilda.kth.se>
 - Sista dag för anmälan är 6/11 (LAB1) och 29/11 (LAB2)
 - **Anmäl dig till båda labbarna idag!**
- Kontrollskrivning under LAB2, förbered dig på Bilda
- LAB-PM ingår i kursbunten (ladda ner eller köp på STEX)



Datorprojekt (LAB3)

- Studera ett reglerproblem i detalj i Matlab
- Utförs i grupper om två personer
- OBS! Genomförda datorövningar underlättar
- Redovisningar i datorsal 17 och 18 dec (20 min/grupp)
- Börja med LAB3 i god tid, t.ex efter föreläsning 5
- LAB3 är bra förberedelse inför tentan
- LAB-PM ingår i kursbunten (ladda ner eller köp på STEX)



Tentamen

- 15 jan, 14-19
- Anmälan två veckor innan via "Mina sidor"
- Kursbok tillåten. Övningar, extentor, m.m. **ej** tillåtna.
- Extentor inkl lösningar finns på kurshemsidan



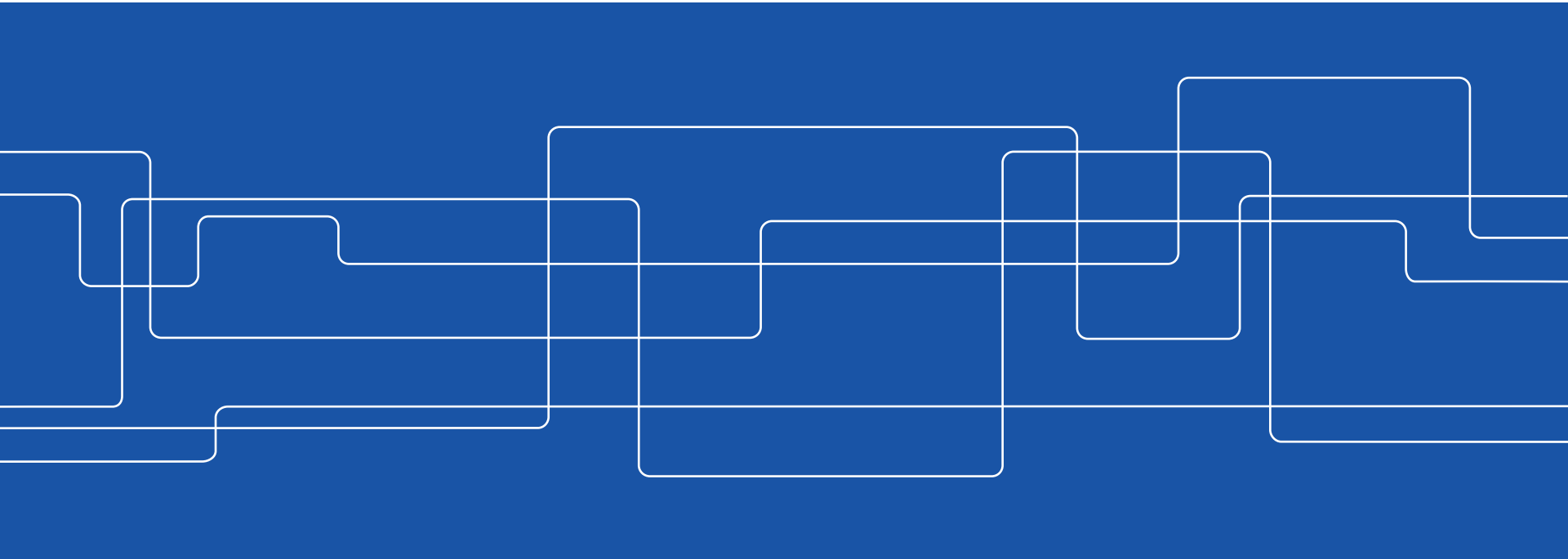
Kursnämnd och utvärdering

- Kursnämnd:
 - Finns någon utsedd redan eller finns frivilliga?
 - Gärna en representant per program
 - Prata med mig i rasten eller maila
- Kursutvärdering
 - kommer på kurshemsida efter tentan
 - halvtidsutvärdering delas ut på föreläsning



Reglerteknik

Inledande exempel





Viktiga koncept och begrepp

- Signaler och system
- Blockschema
- Framkoppling
- Återkoppling

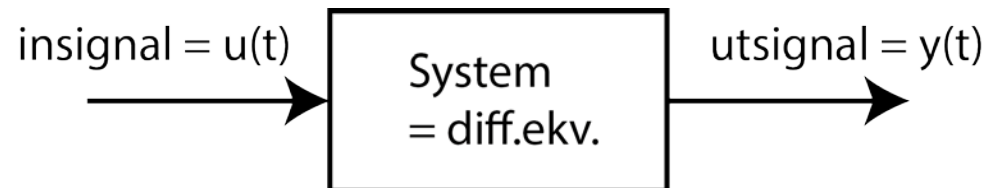


Blockschema

Insignal = $u(t)$

Utsignal = $y(t)$

System: differentialekvationer, t.ex: $\dot{y} + ay = bu$



Ett första exempel

Värmereglering i studentrum

$$\beta \dot{T} = u - \alpha(T - T_{ute})$$

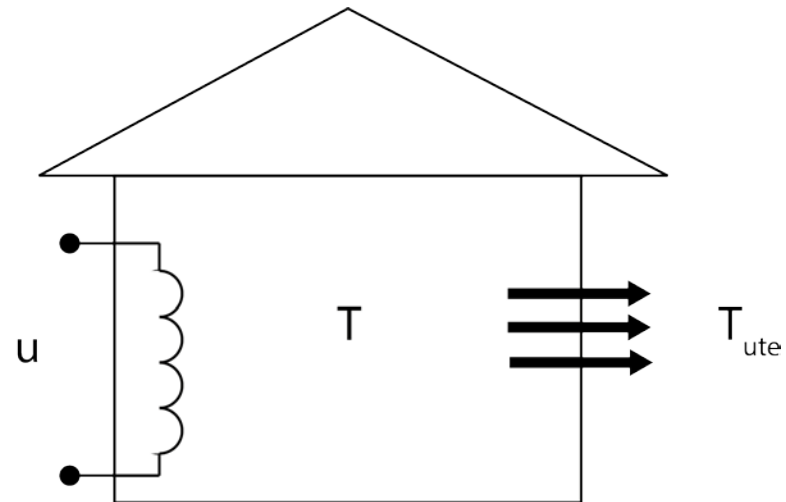
T = inomhustemperatur

T_{ute} = utomhustemperatur

u = effekt i element

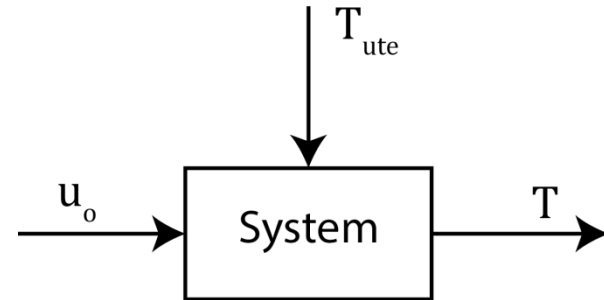
$\alpha = 10 \text{ W/K}$

$\beta = 10^5 \text{ J/K}$



Tillförd effekt - bortförd effekt

Öppen styrning



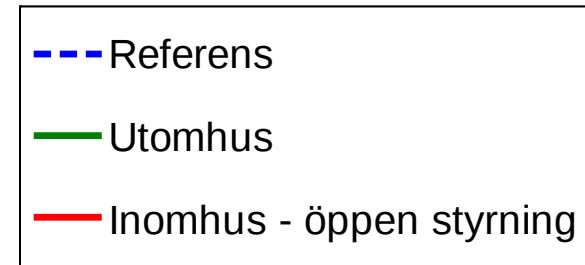
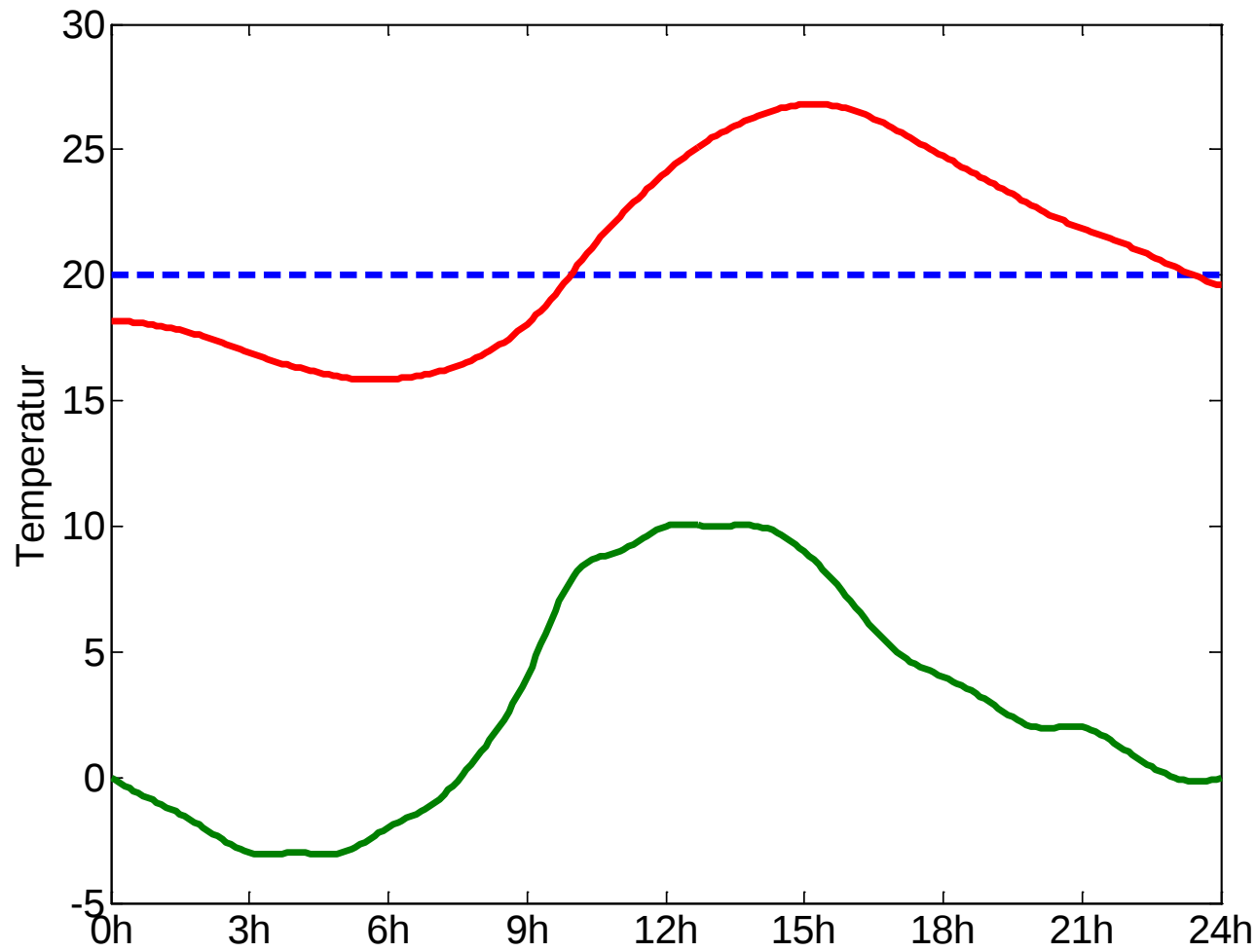
$$\beta \dot{T} = u - \alpha(T - T_{ute})$$

Nollgradigt ute, 20 grader inne => bortförd effekt 200 W

- Öppen styrning = sätt elementet på 200W

$$u = u_o = \hat{\alpha}(T_{ref} - \overline{T_{ute}})$$

Vad händer när utomhustemperaturen varierar?

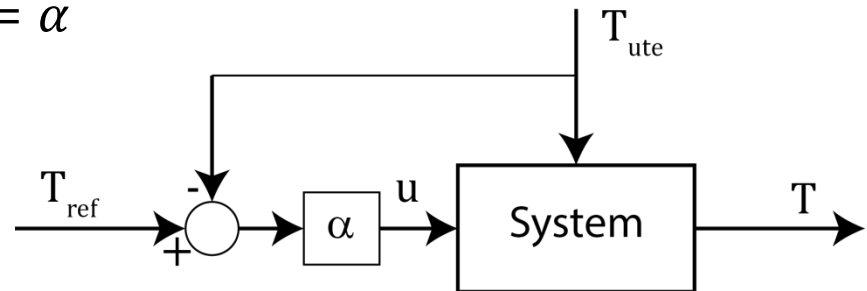


Framkoppling från störning

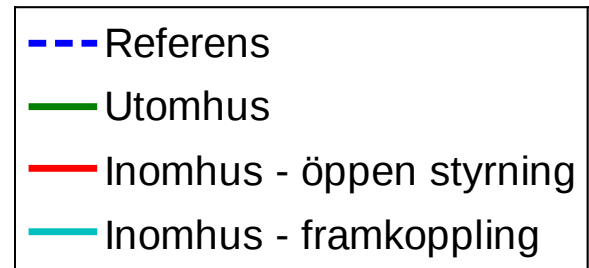
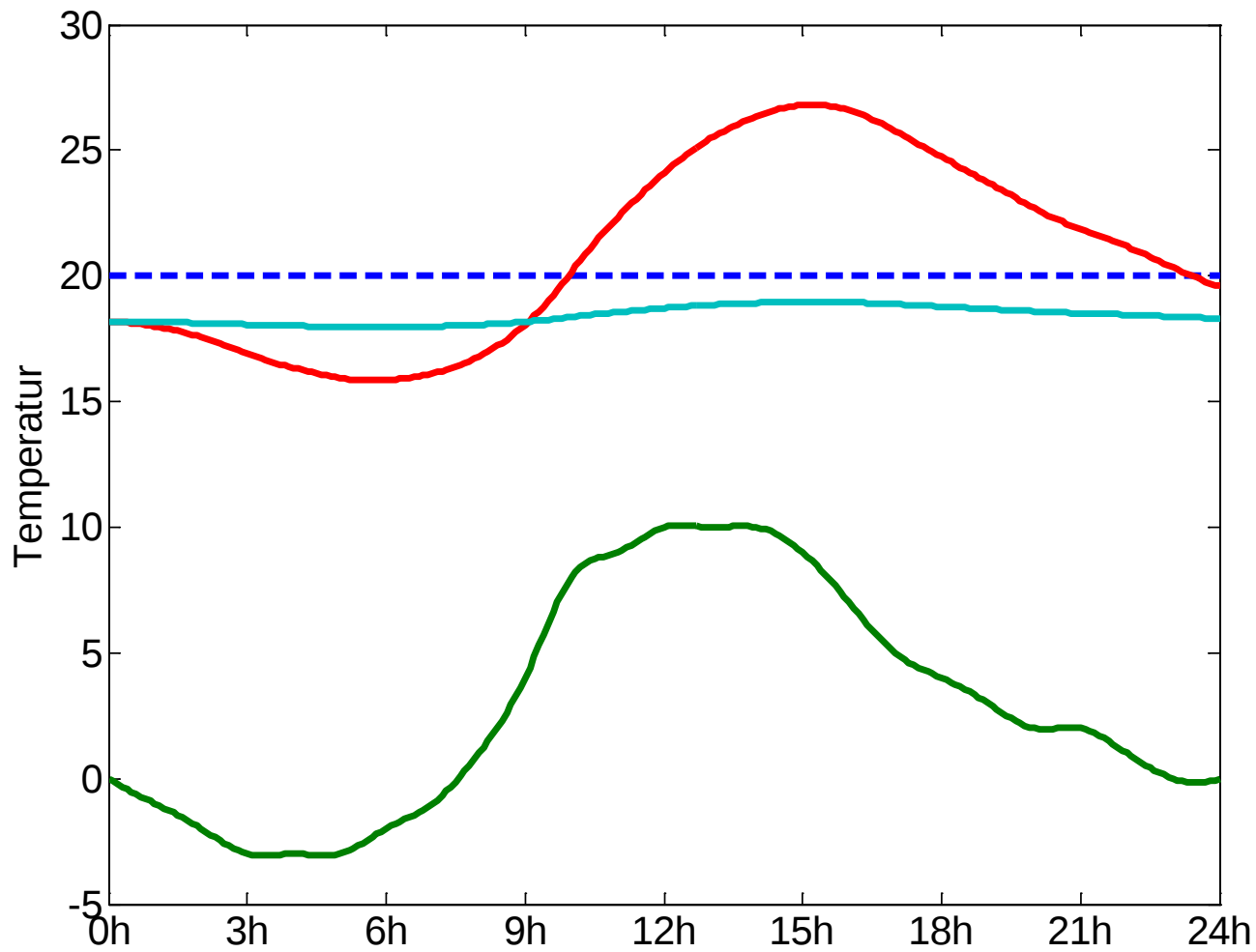
Mät utomhustemperaturen och bestäm effekten från det

$$u = \hat{\alpha} (T_{ref} - T_{ute}) = 10(20 - T_{ute}) = 200W - 10T_{ute}$$

$$\beta \dot{T} = \alpha (T_{ref} - T), \quad \hat{\alpha} = \alpha$$



Vad händer om modellen är fel, dvs om $\alpha \neq 10$?



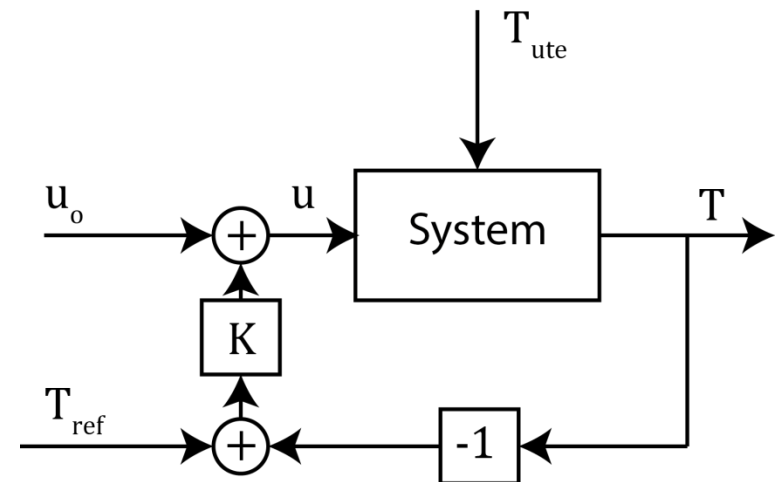
Återkoppling

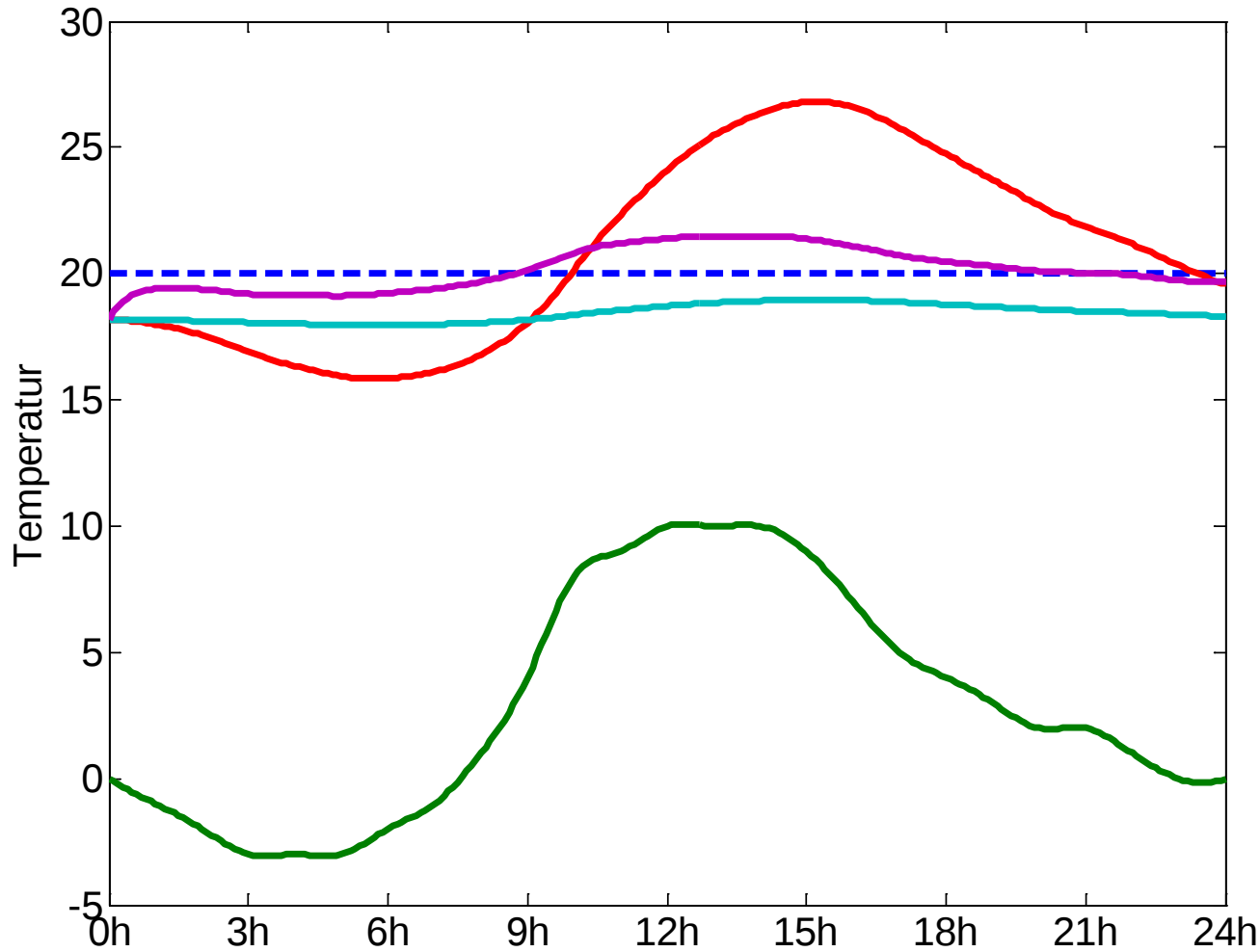
Mät temperaturen i rummet och jämför med önskad temperatur – öka effekten om temperaturen är för låg, minska om temperaturen är för hög

$$u = u_o + K(T_{ref} - T)$$

Vilket värde på K?

- Stationärt reglerfel
- Snabbhet
- Storlek på styrsignal
- Stabilitet?



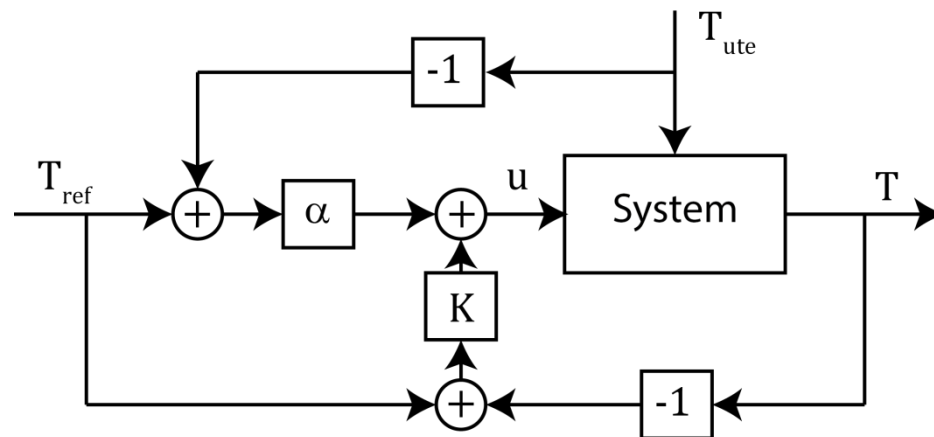


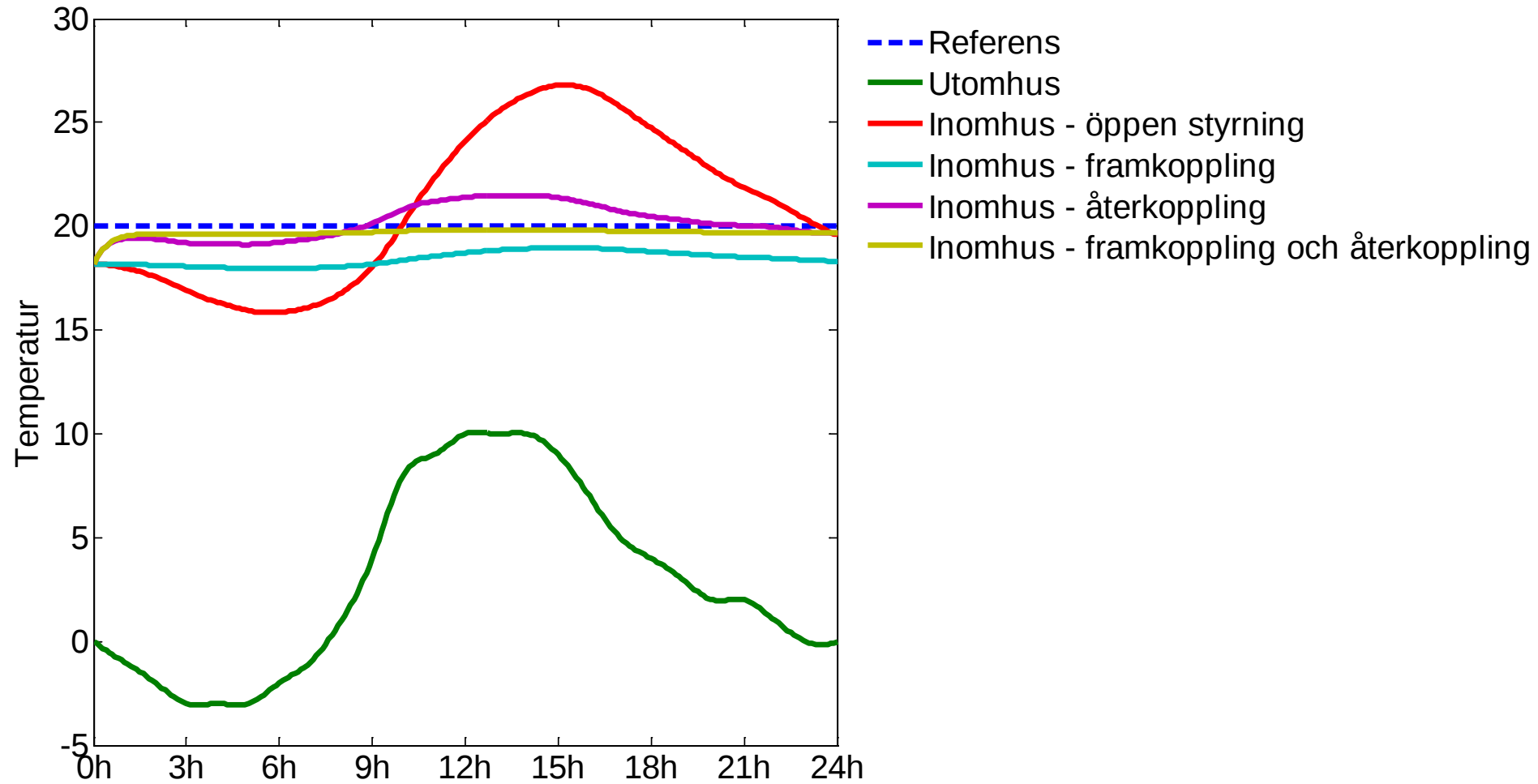
- Referens
- Utomhus
- Inomhus - öppen styrning
- Inomhus - framkoppling
- Inomhus - återkoppling

Fram- och återkoppling

Ofta är det bra att använda både framkoppling och återkoppling:

$$u = \hat{\alpha} (T_{ref} - T_{ute}) + K(T_{ref} - T)$$





Återkoppling eller framkoppling?

Framkoppling

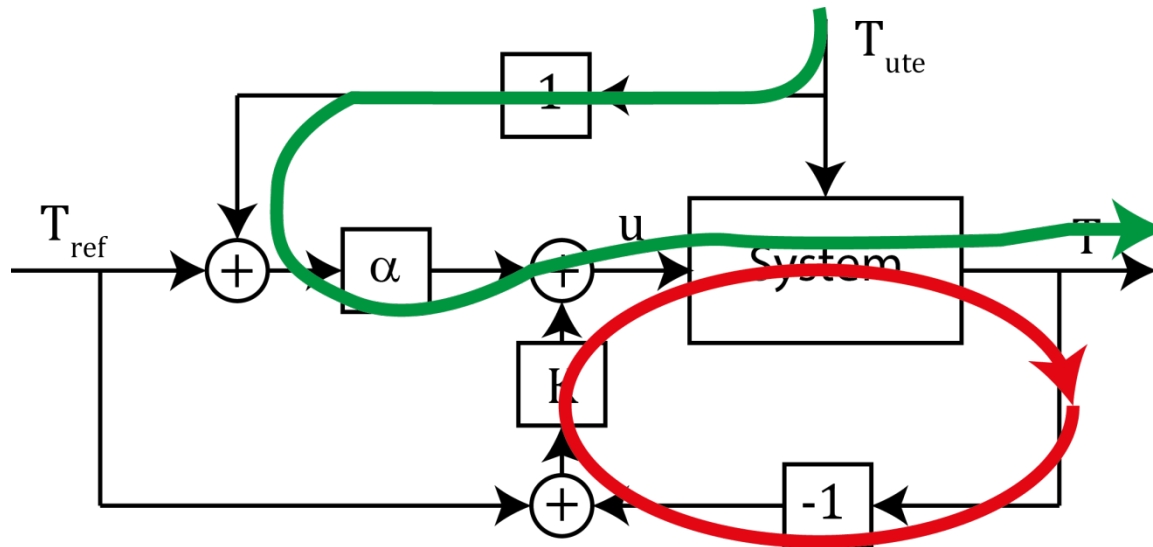
- Beräkna "off-line" vilken styrsignal som behövs
- Eliminera eller reducera mätbara störningar
- Kräver modell

Återkoppling

- Anpassa "on-line" till den verkliga utsignalen
- Minska inverkan av störningar och modellfel
- Ändra dynamiken i systemet (snabbare/långsammare)
- Stabilisera instabila system (t.ex Segway)

Bra strategi

Gör så gott du kan med **framkoppling** – fixa resten med **återkoppling**





Kursinnehåll i stort

Matematisk beskrivning av signaler och system

- Överföringsfunktioner, Laplacetransformer
- Frekvensbeskrivning, Bodediagram
- Tillståndsbeskrivning

Analys

- Stabilitet, Nyquistkriteriet, rotort
- Känslighet och robusthet

Syntes

- PID-reglering, Lead/Lag
- Tillståndsåterkoppling, observatör

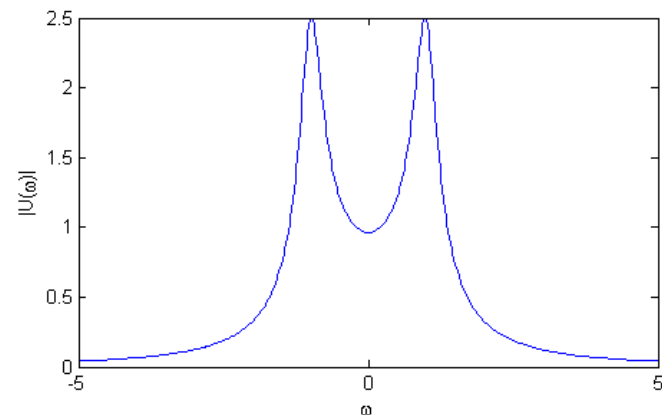
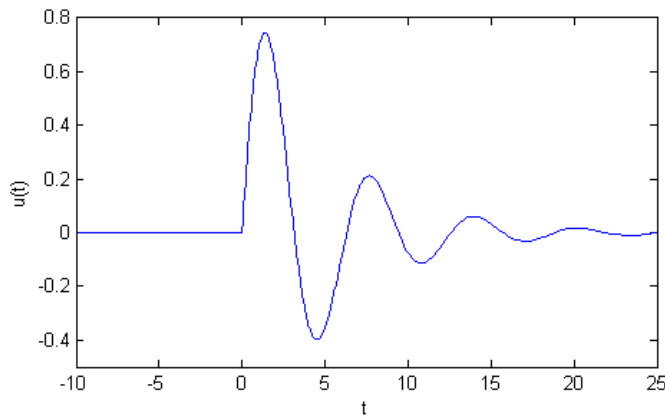
Fouriertransformen

Uttryck en signal $u(t)$ som en oändlig summa av svängningar

$$u(t) = \frac{1}{2\pi} \int_{-\infty}^{\infty} U(\omega) e^{i\omega t} d\omega$$

$$e^{i\omega t} = \cos \omega t + i \sin \omega t$$

$U(\omega)$ = frekvensviktning = Fouriertransformen av $u(t)$





Laplacetransformen

Fourier:

$$U(\omega) = \int_{-\infty}^{\infty} u(t) e^{-i\omega t} dt$$

Laplace

$$U(s) = \int_{-\infty}^{\infty} u(t) e^{-st} dt = \int_{-\infty}^{\infty} u(t) e^{-(\sigma+i\omega)t} dt$$

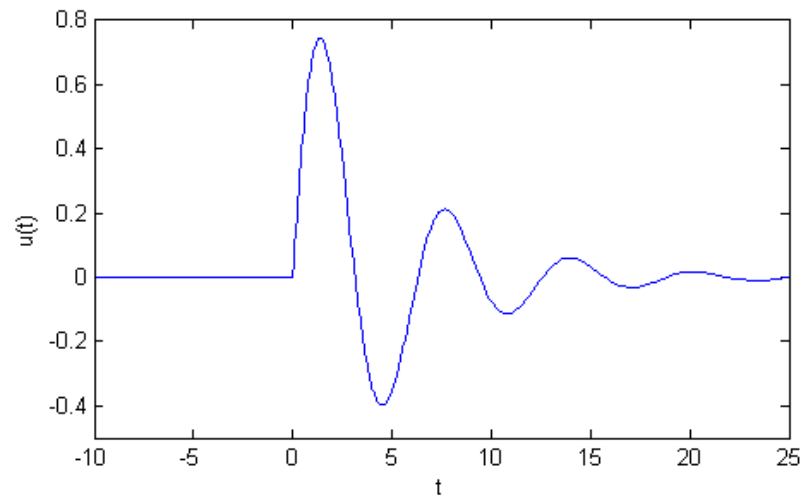
Oändlig summa av växande/avtagande svängningar

$$e^{-(\sigma+i\omega)t} = e^{-\sigma t} (\cos \omega t + i \sin \omega t)$$

Laplaceformen

Enkelsidig Laplacetransform, $u(t) = 0, t < 0$

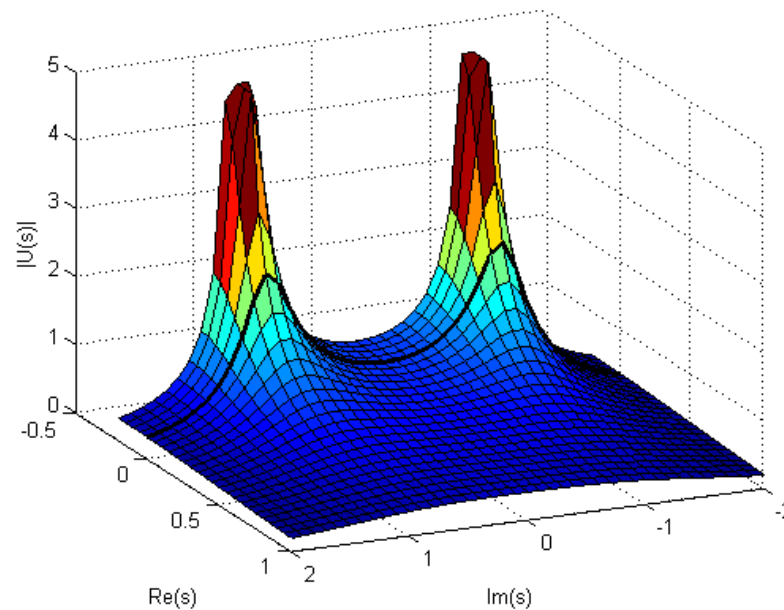
$$U(s) = \int_0^{\infty} u(t)e^{-st}dt$$



Laplace, exempel

$$u(t) = e^{-at} \sin \omega t \Leftrightarrow U(s) = \frac{\omega}{\omega^2 + (a + s)^2}$$

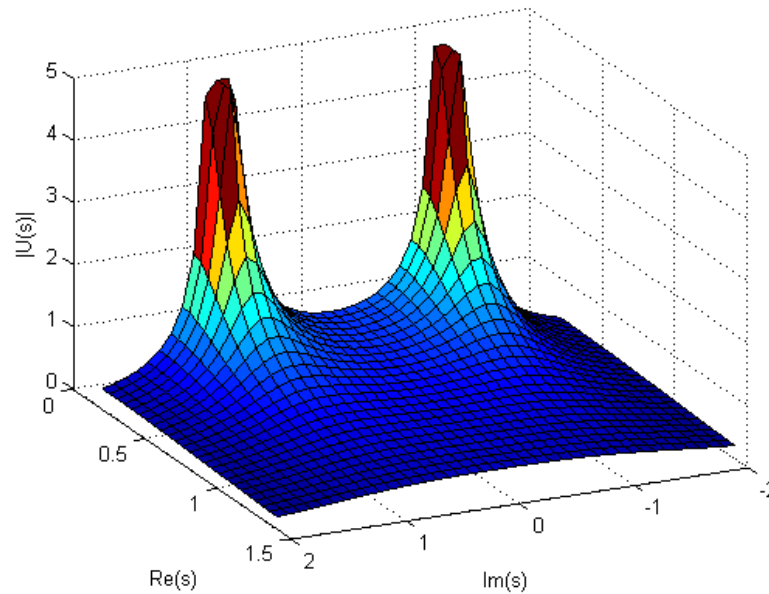
Definitionsområde: $\operatorname{Re}(s) > -a$



Laplace, exempel (instabil)

$$u(t) = e^{at} \sin \omega t \Leftrightarrow U(s) = \frac{\omega}{\omega^2 + (-a + s)^2}$$

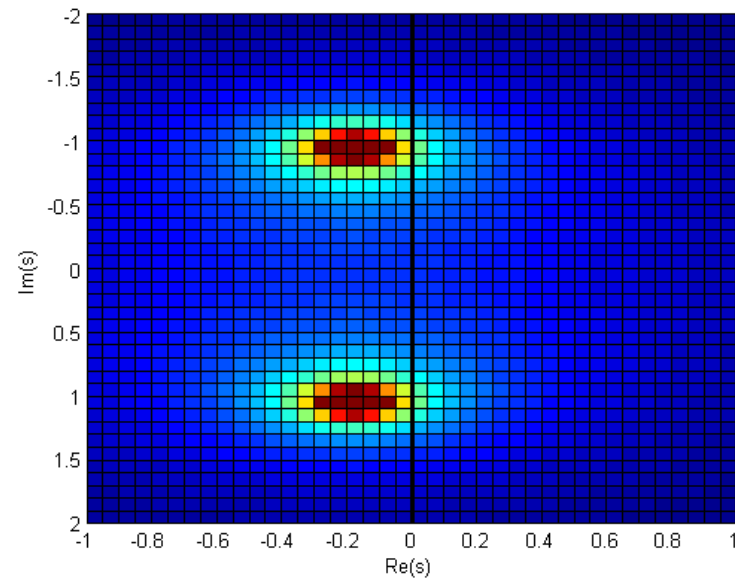
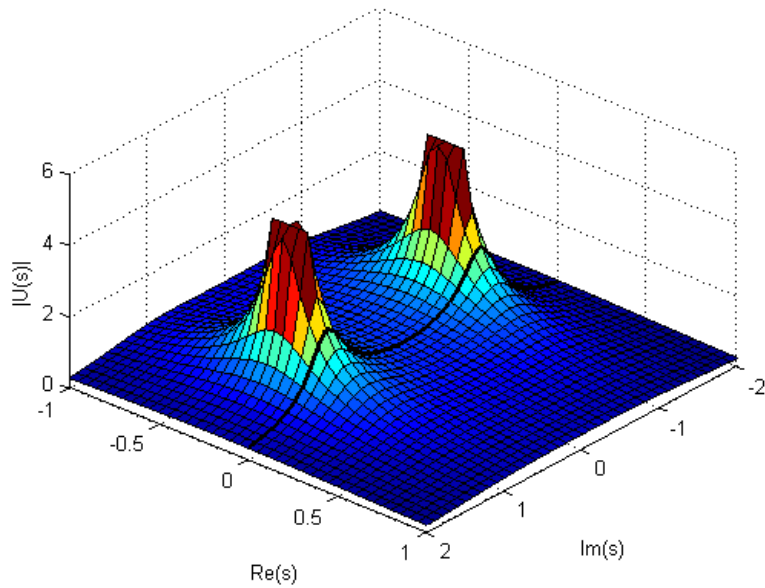
Definitionsområde: $\operatorname{Re}(s) > a$



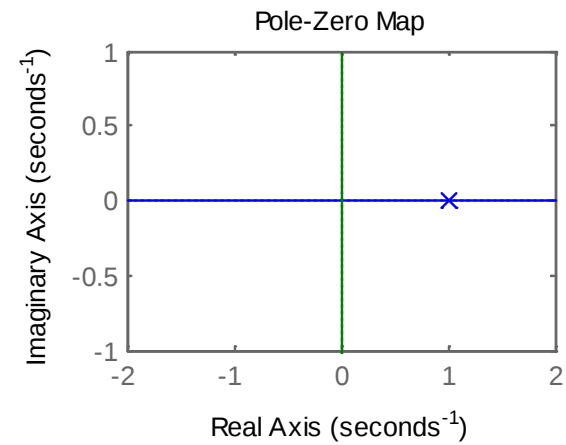
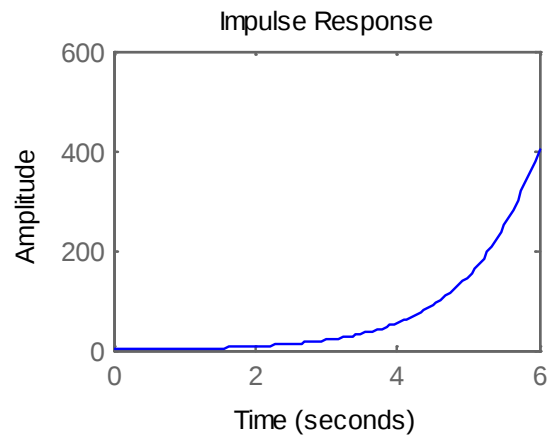
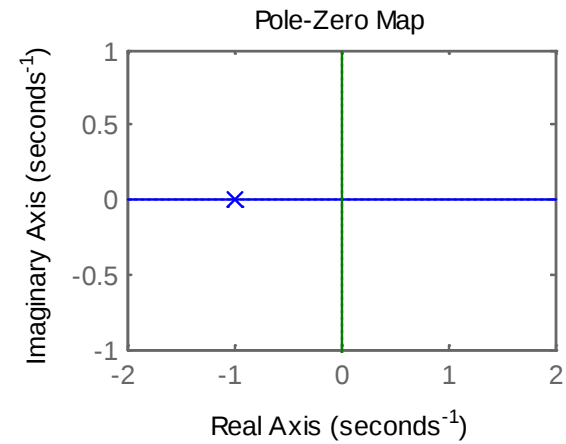
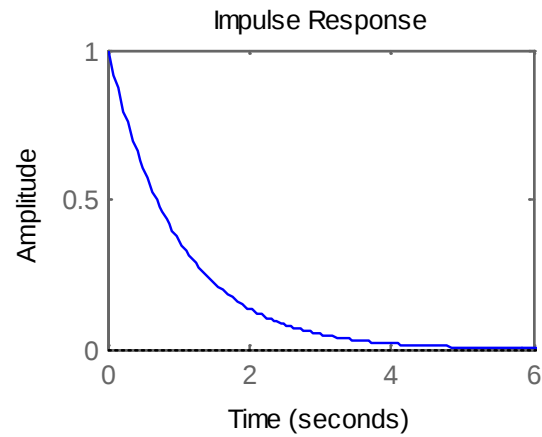
Analytisk fortsättning, poler

$$u(t) = e^{-at} \sin \omega t \Leftrightarrow U(s) = \frac{\omega}{\omega^2 + (a + s)^2}$$

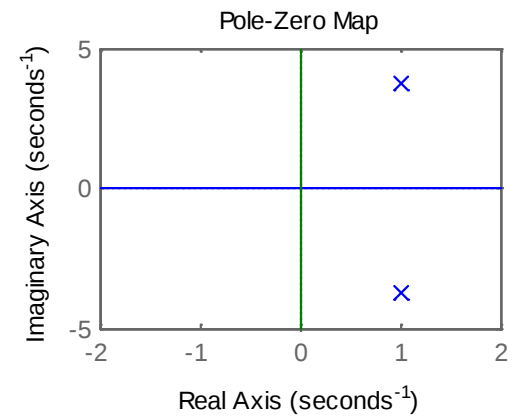
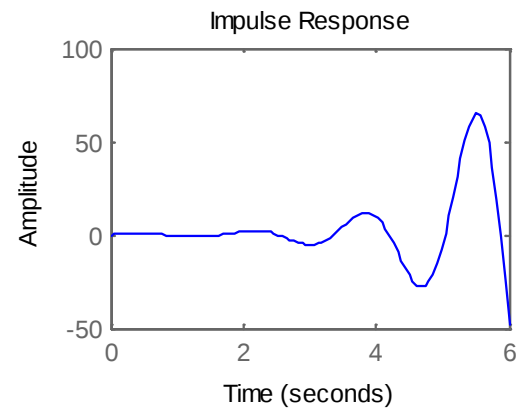
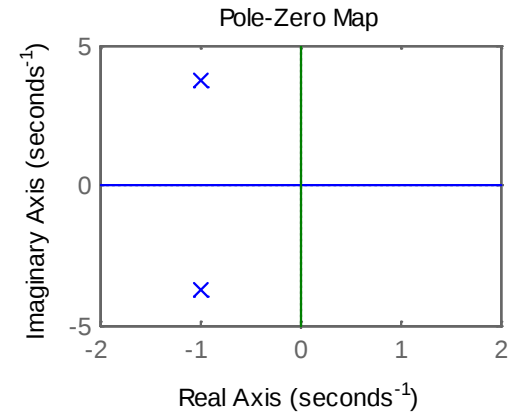
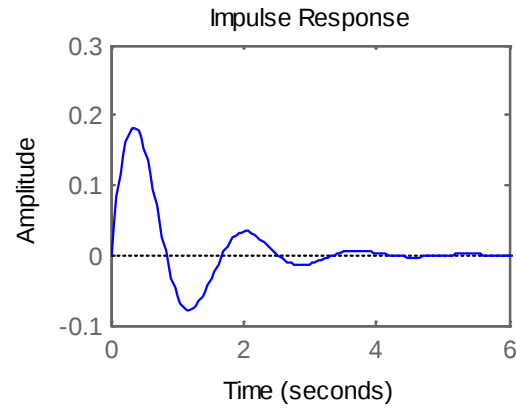
Poler i $s = -a \pm i\omega$



Reella poler



Komplexa poler





Sammanfattning

- Framkoppling
- Återkoppling
- Blockschema
- Laplacetransformer



Nästa föreläsning (imorgon)

Diff.ekvationer – Laplace – Överföringsfunktioner

PID-reglering



Glöm inte...

Anmälan till LAB1

Kursregistrering