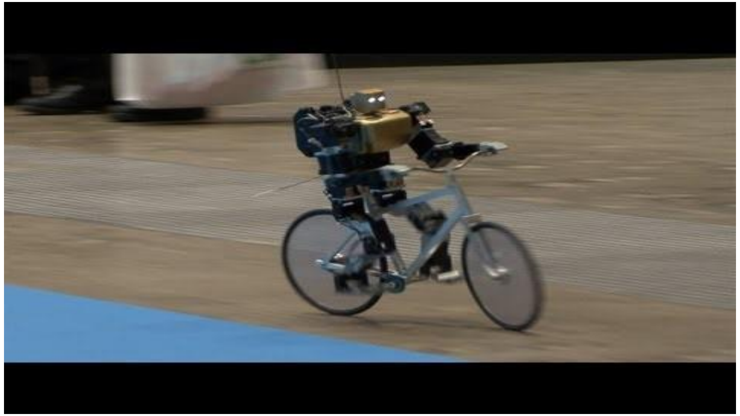
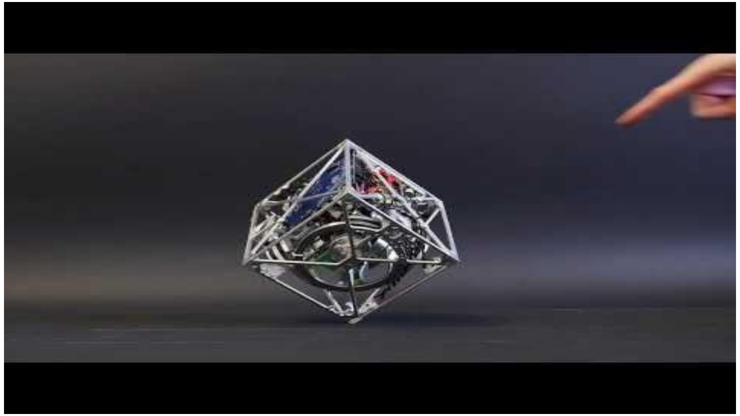
Introduktion till reglering

Carl Ahlberg, Forskningsingenjör, IDT/IFT

Vad är ett reglersystem?





Vad är ett reglersystem?

Kan vara en autonom racerbil

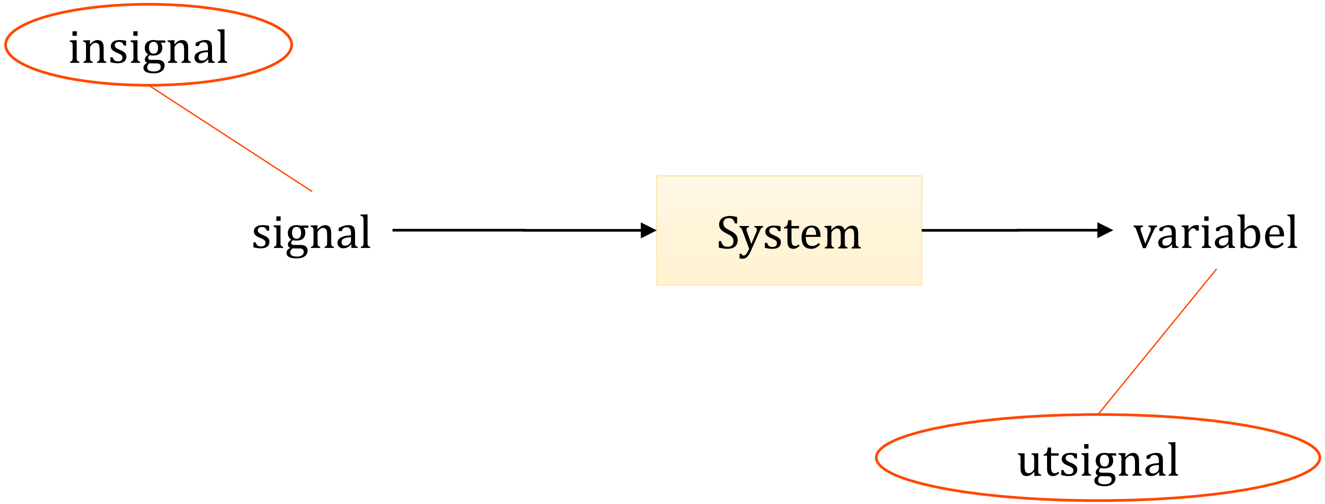
Utmaningar

- Hur fort ska bilen köra på raksträckor?
- När skall den bromsa? Hur mycket skall den bromsa?
- När, och hur mycket, skall den svänga?

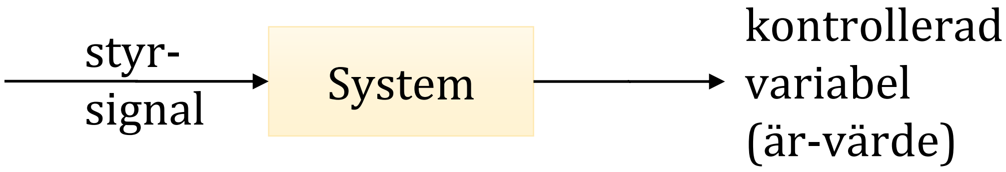
Vad har vi för hjälp?

- Sensorer
- Strategi
- Kontrollsystem

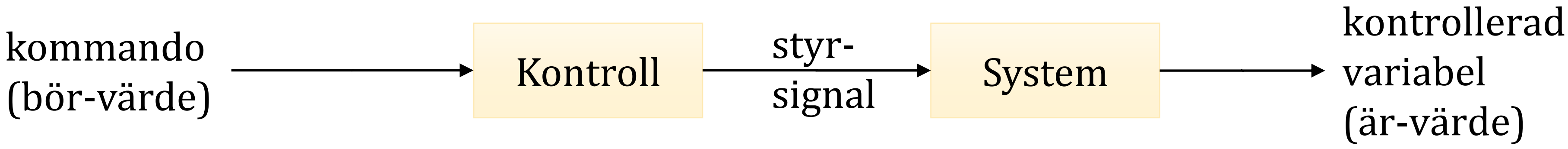
Vad är ett reglersystem?



Vad är ett reglersystem?



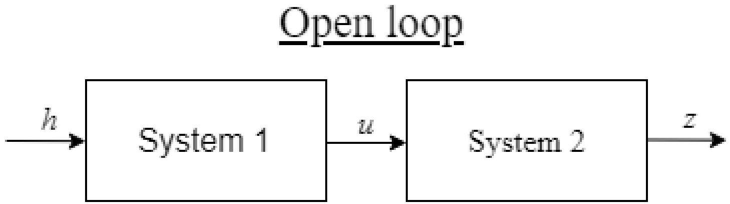
Vad är ett reglersystem?



Open loop

Vid konstant gas:

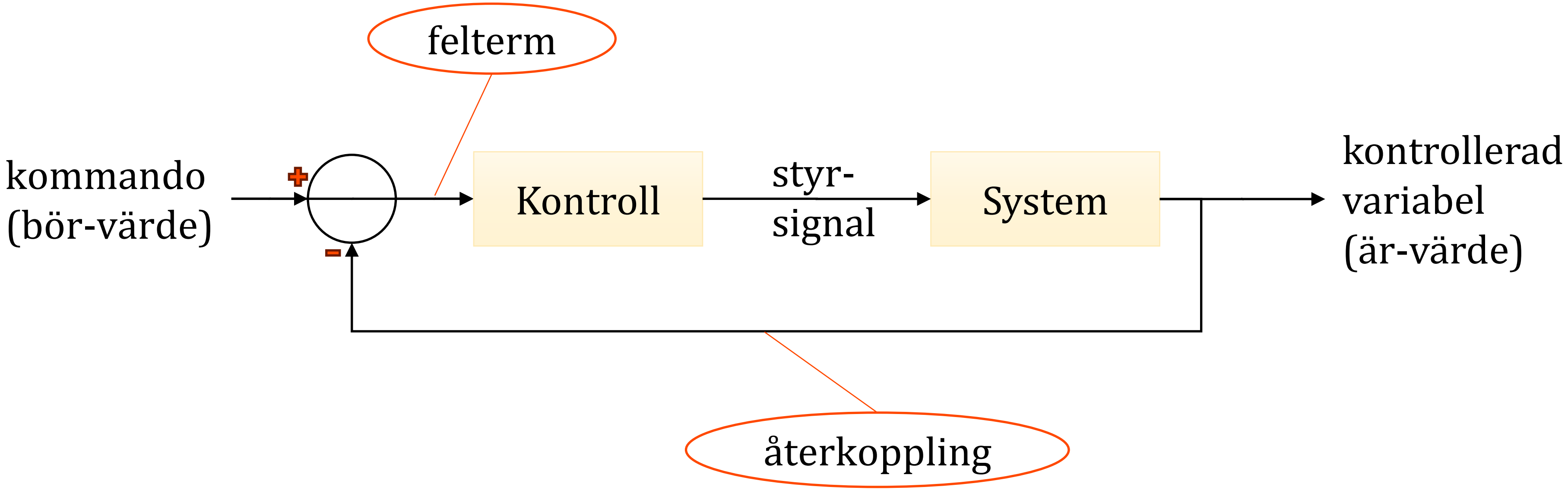
- Uppförsbacke = lägre hastighet
- Nedförsbacke = högre hastighet
- Kan mopeden hålla en konstant hastighet?



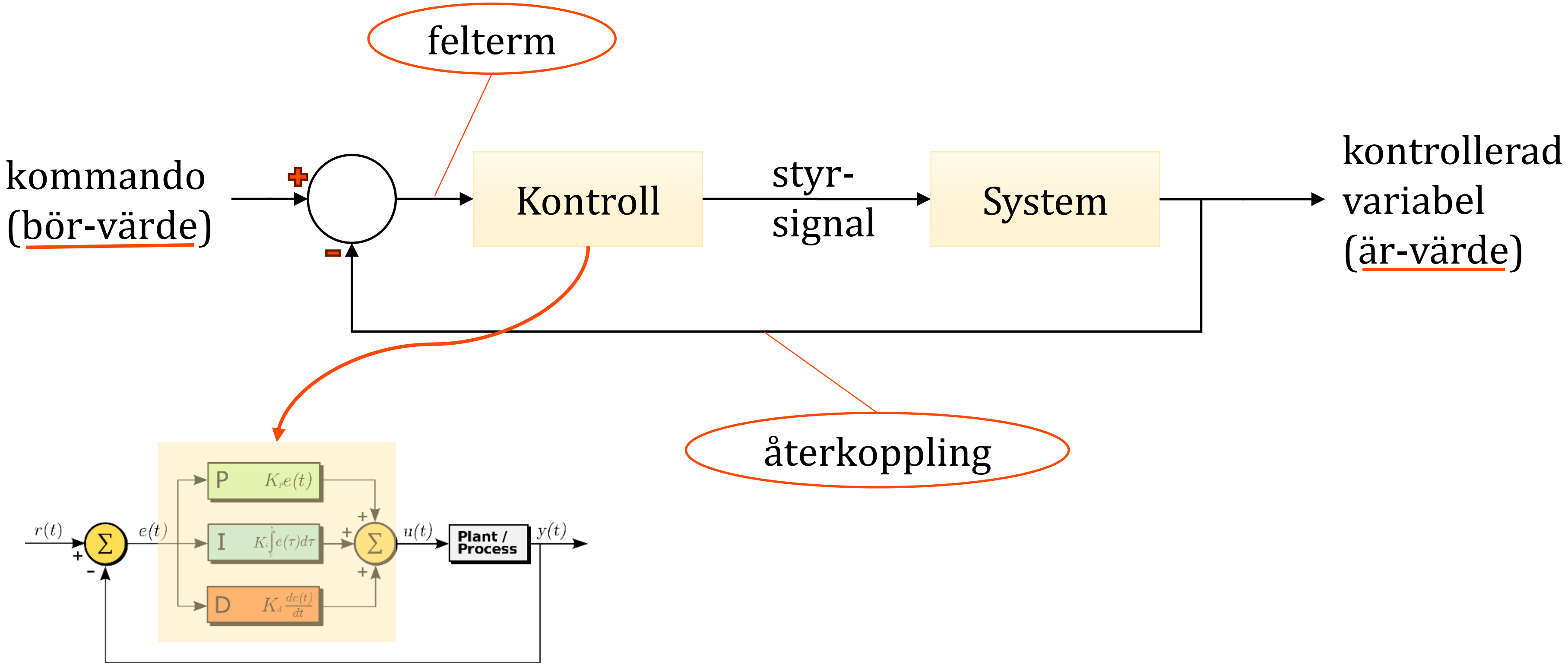
Vad saknar vi?

Foto: Jonn Leffmann

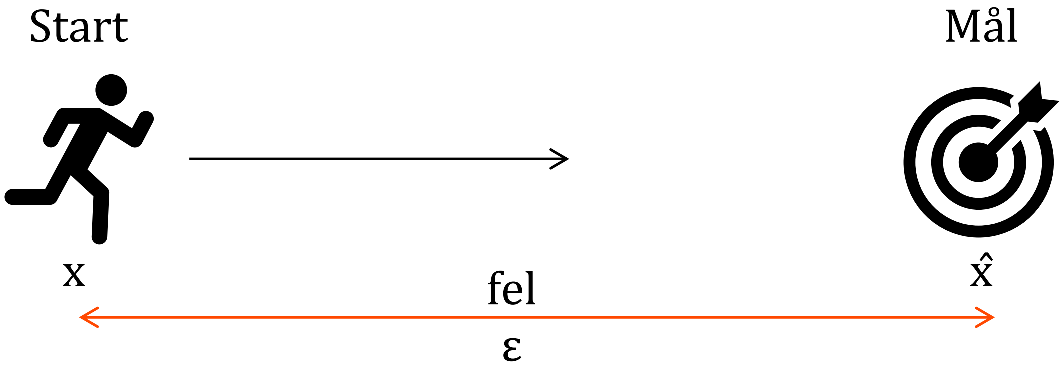
Closed loop (återkopplat)



Closed loop (återkopplat)



Gå till en viss position



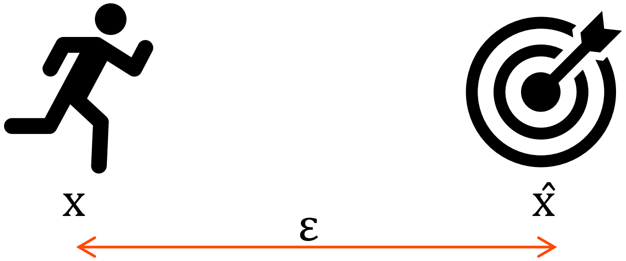
Är-värde (x)
Bör-värde ($\hat{x}$)
Felterm (ε)

$\varepsilon = (\hat{x} - x)$

Gå till en viss position

Start

Mål



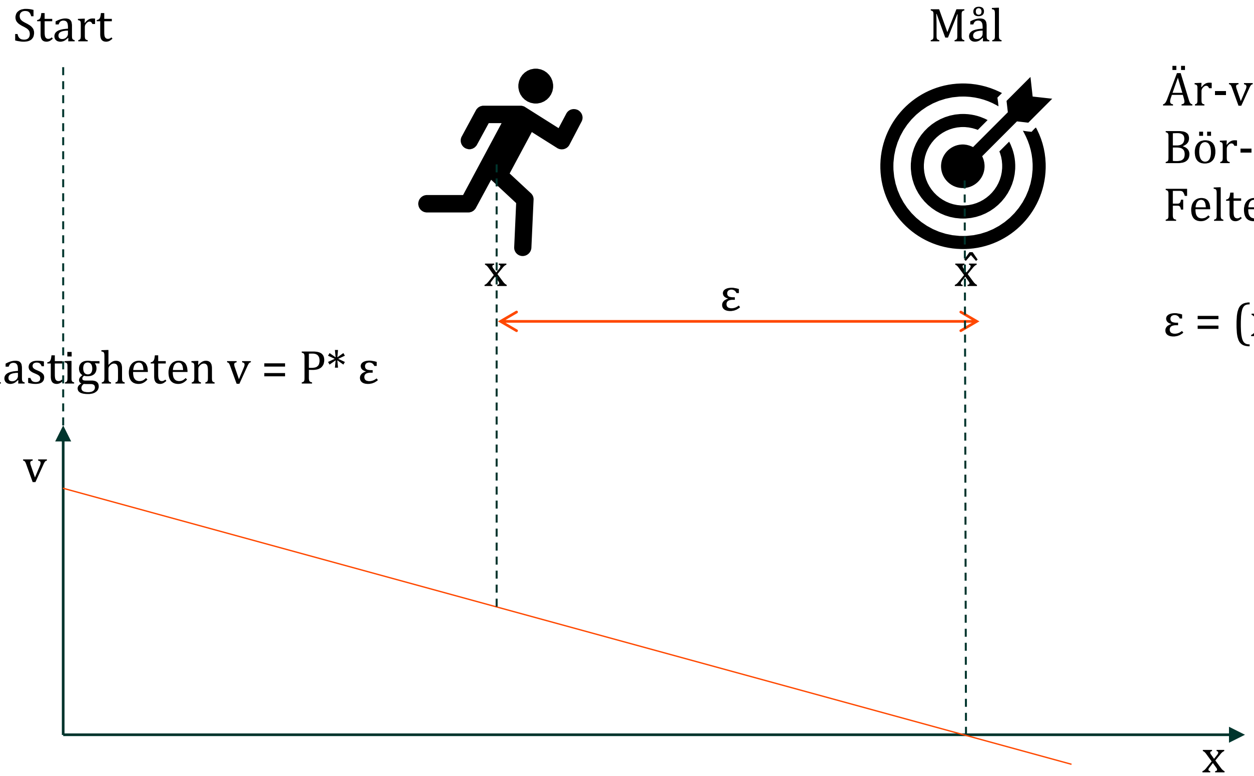
Är-värde (x)

Bör-värde ($\hat{x}$)

Felterm (ε)

$\varepsilon = (\hat{x} - x)$

Gå till en viss position



Låt hastigheten $v = P^* \varepsilon$

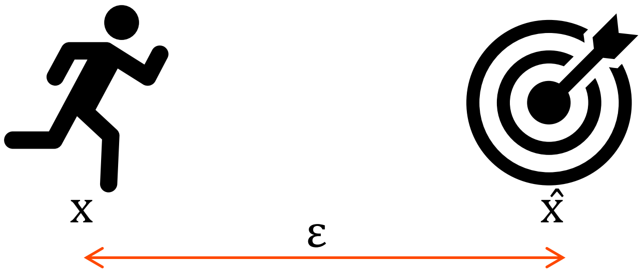
Är-värde (x)
Bör-värde ($\hat{x}$)
Felterm (ε)

$\varepsilon = (\hat{x}-x)$

Gå till en viss position

Start

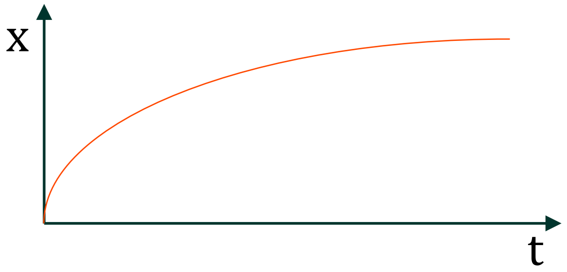
Mål

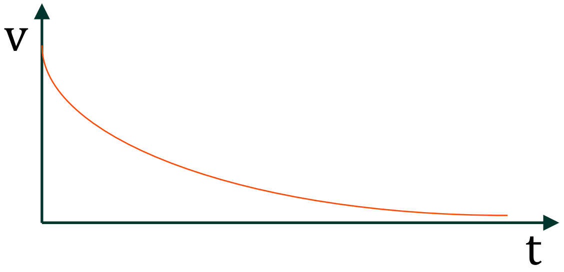


Är-värde (x)
Bör-värde ($\hat{x}$)
Felterm (ε)

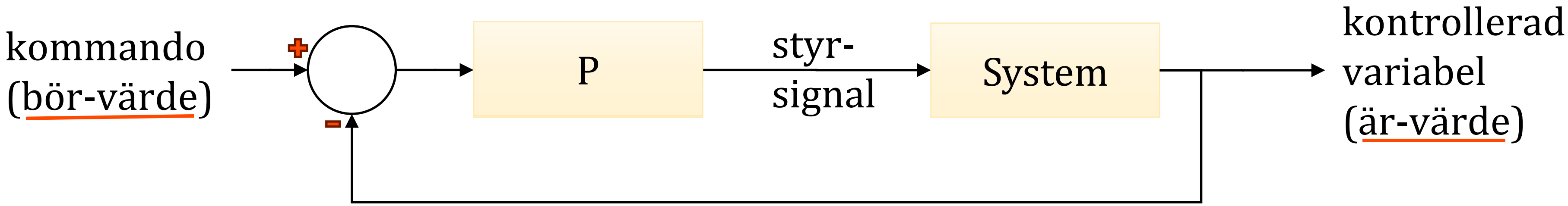
$\varepsilon = (\hat{x} - x)$

Låt hastigheten $v = P^* \varepsilon$
Proportionell kontroll (P) -> avtagande hastighet till dess att vi är framme





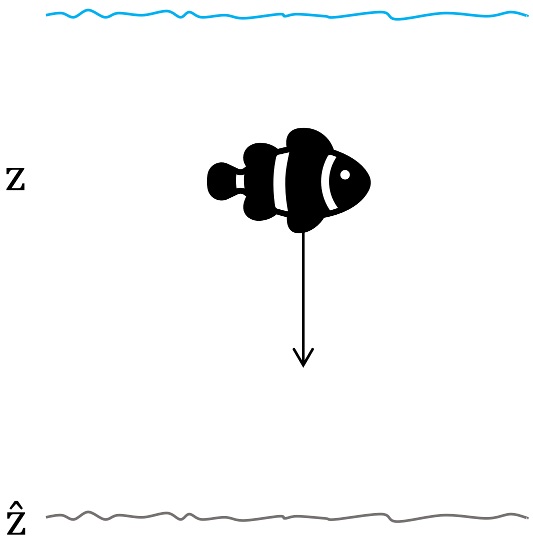
Gå till en viss position



Proportionell kontroll (P) -> avtagande hastighet till dess att vi är framme

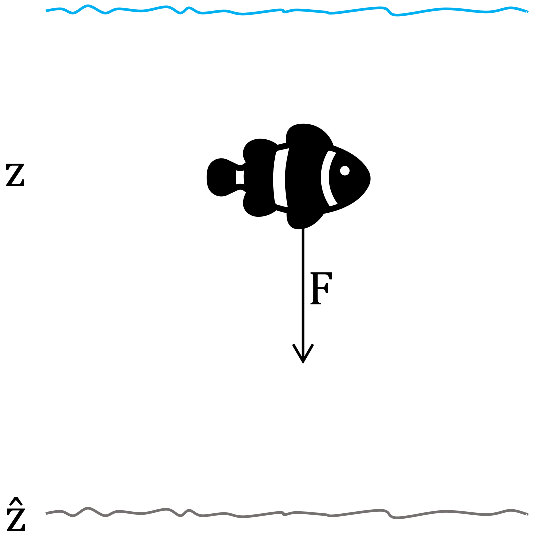
Det här fungerar inte alltid

Om Naiad vill dyka till ett visst djup



Naiad till ett visst djup

$F = P(\hat{z}-z)$



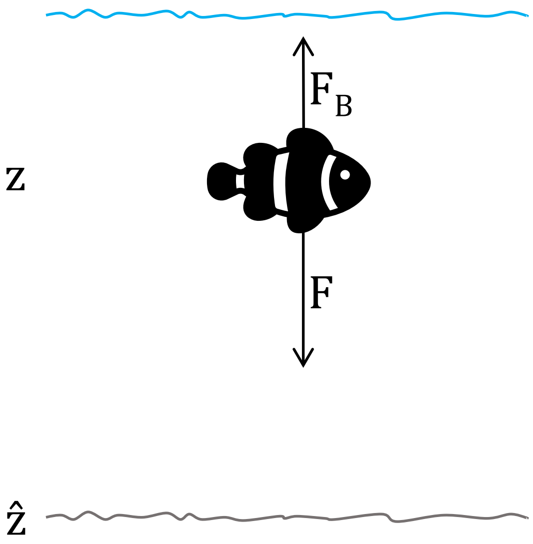
Vad händer när den är på rätt djup?

Vad förväntar vi oss när den är på rätt djup?

$(\hat{z}-z) = 0 \rightarrow F = 0$

Naiad till ett visst djup

$F = P(\hat{z} - z)$



Vad händer när den är på rätt djup?

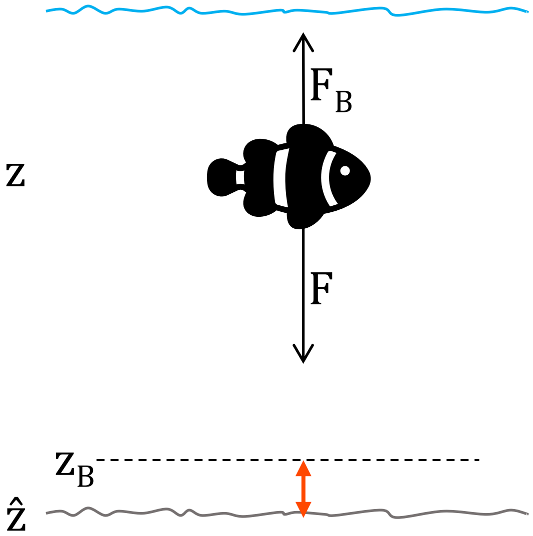
Vad förväntar vi oss när den är på rätt djup?

$\cancel{(\hat{z} - z) = 0 \rightarrow F = 0}$

Naiad har en viss flytkraft (F_B) vilket gör att det kommer att behövas en motsvarande kraft för att hålla den på ”rätt” djup

Naiad till ett visst djup

$F = P(\hat{z}-z)$



$F_B = P(\hat{z}-z_B)$

Vad händer när den är på rätt djup?

Vad förväntar vi oss när den är på rätt djup?

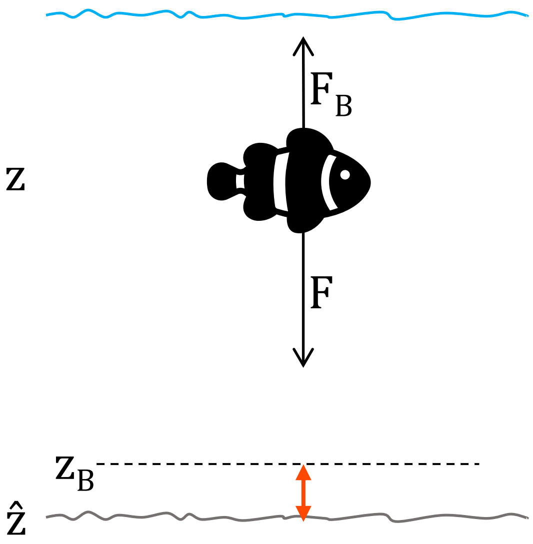
~~$(\hat{z}-z) = 0 \rightarrow F = 0$~~

Naiad har en viss flytkraft (F_B) vilket gör att det kommer att behövas en motsvarande kraft för att hålla den på ”rätt” djup

Om det enbart är en proportionell term så kommer aldrig AUVn ner till bestämt djup.

Naiad till ett visst djup

$F = P(\hat{z}-z)$



$F_B = P(\hat{z}-z_B)$

Om det är så att det krävs att motorerna snurrar med 40 varv per minut (totalt) för att upphäva flytkraften, och P är vald till 40, hur nära önskat djup kommer Naiad?

40 40 1

$F_B = P(\hat{z}-z_B)$

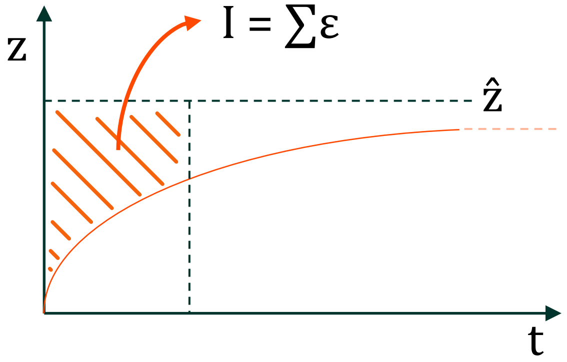
Om P är satt till 80?

40 80

$F_B = P(\hat{z}-z_B)$

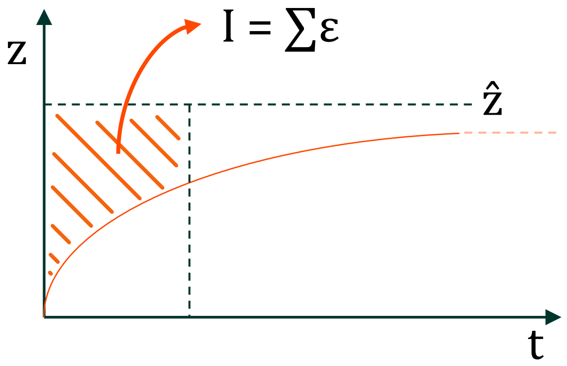
Naiad till ett visst djup

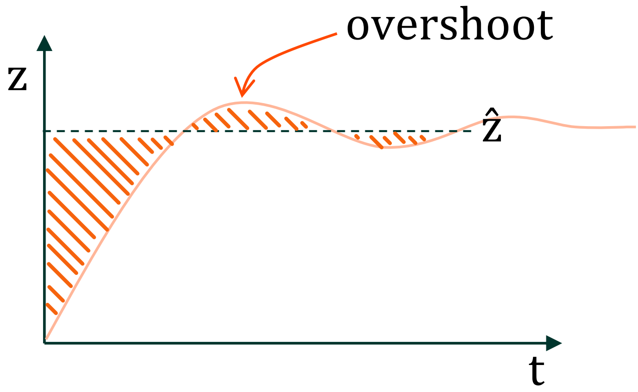
- Genom att lägga till en term som kommer ihåg vad som hänt, dvs integrera tidigare feltermer, kan vi rätta till detta.



Naiad till ett visst djup

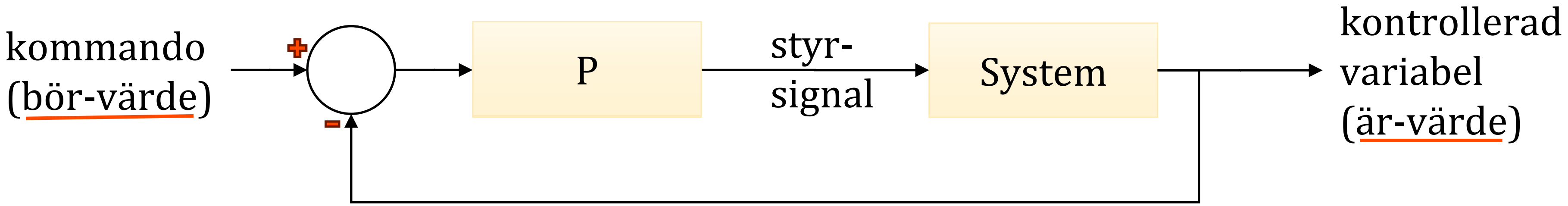
- Vad händer när vi närmar oss bör-värdet?
- Felet är litet, vilket gör att P-termen är liten medan den integrerande delen är positiv (och nödvändigtvis inte liten)
- Vi får en ny, negativ, area
- Den integrerande delen behöver bli så stor som stegade state felet (40 varv per minut i Naiad-fallet)

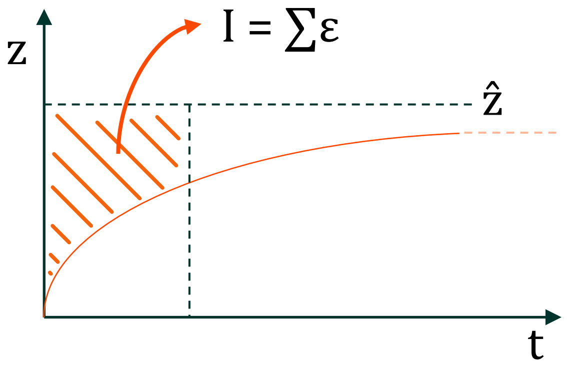


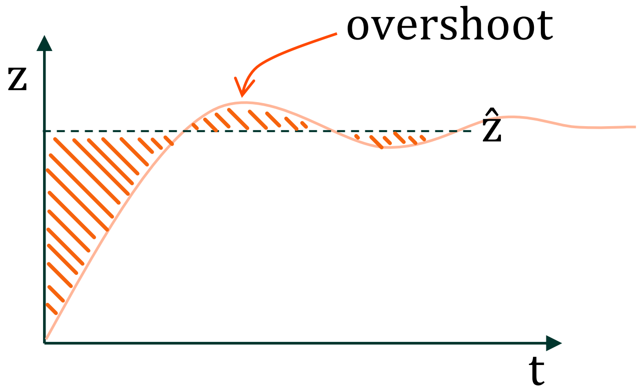


Naiad till ett visst djup

- Hur påverkar detta modellen?

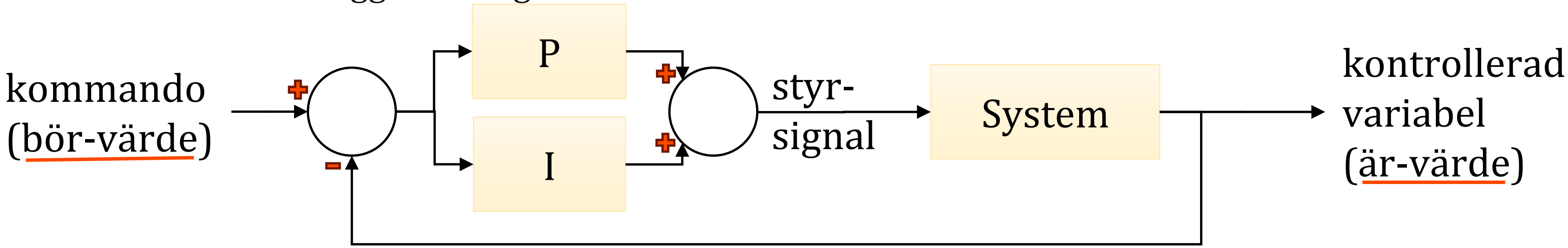


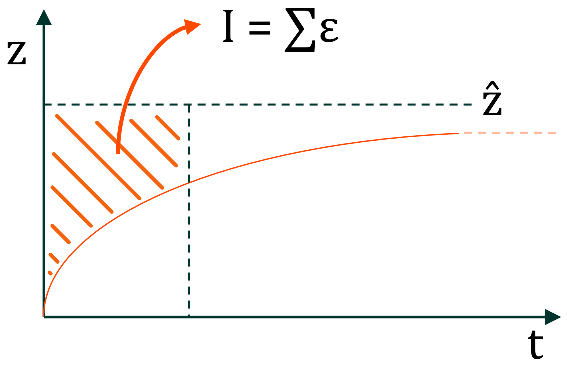


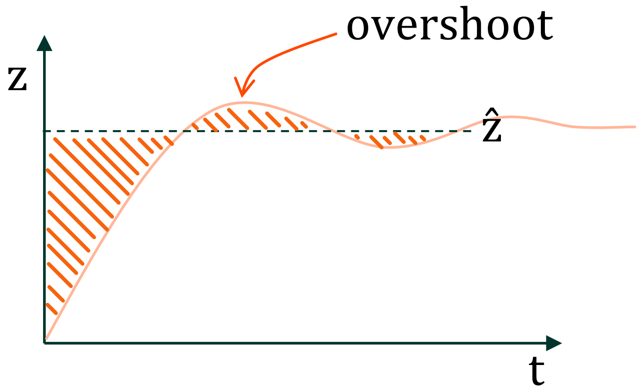


Naiad till ett visst djup

- Hur påverkar detta modellen?
- En I-term läggs till i regulatorn

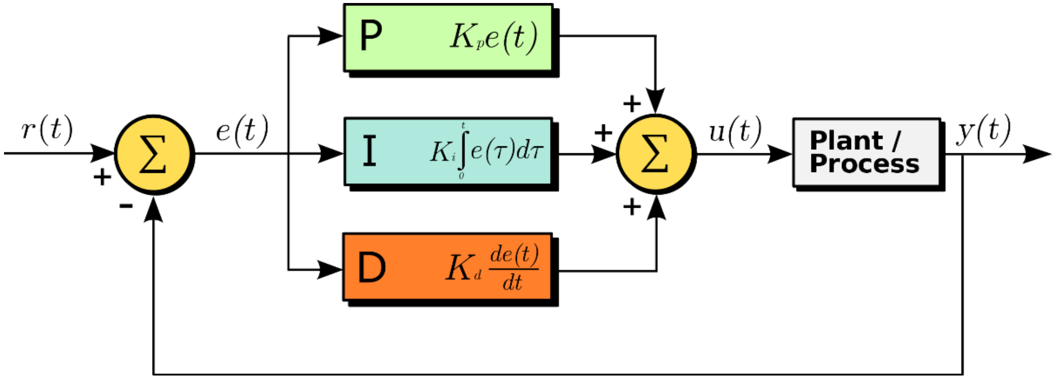






Naiad till ett visst djup

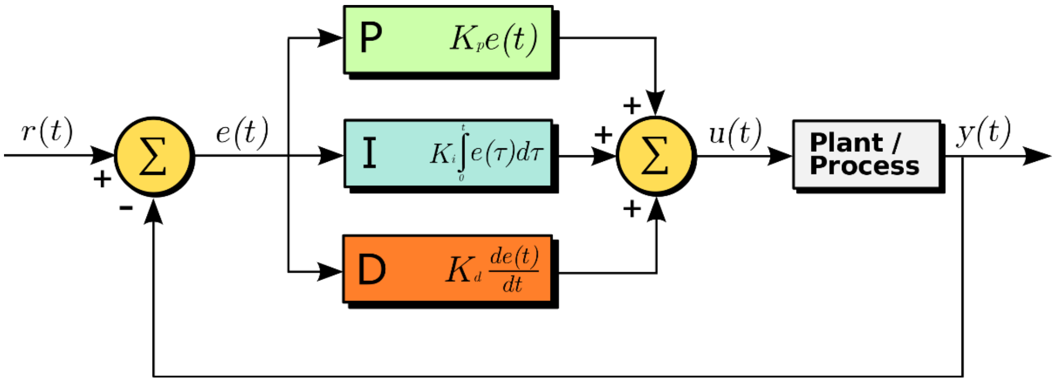
- P – kommer inte till djupet, stiger (eller sjunker) när motorerna stängs av
- I – summerar felet, skjuter dock förbi målet
- D – deriverar feltermen, snabb förändring -> minskad hastighetsändring



- Kan även överföras till andra system (cykel…)

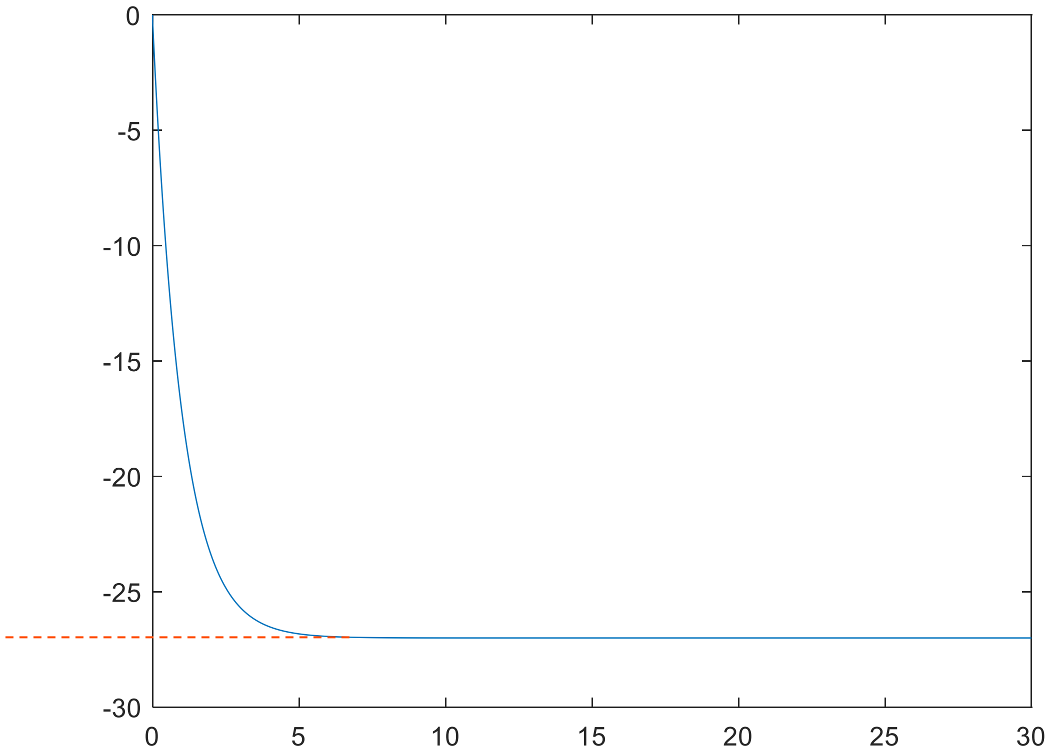
PID-regulatorn

$$u(t) = \mathrm{MV}(t) = K_{\mathrm{p}} e(t) + K_{\mathrm{i}} \int_0^t e(\tau)\, d\tau + K_{\mathrm{d}} \frac{de(t)}{dt}$$

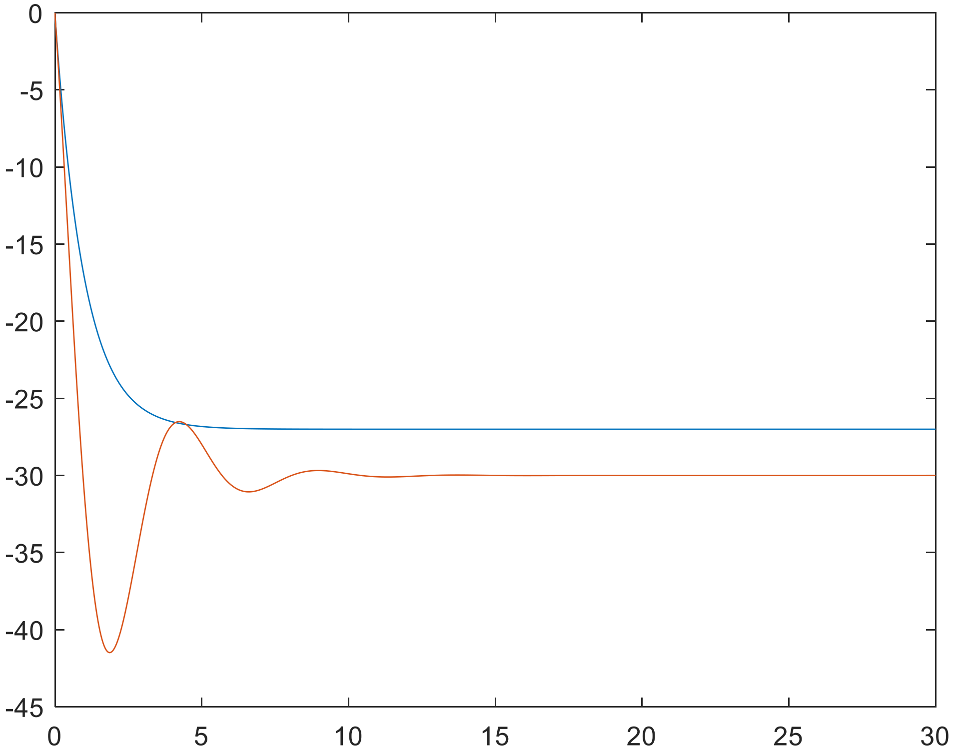


By Arturo Urquizo - http://commons.wikimedia.org/wiki/File:PID.svg, CC BY-SA 3.0, https://commons.wikimedia.org/w/index.php?curid=17633925

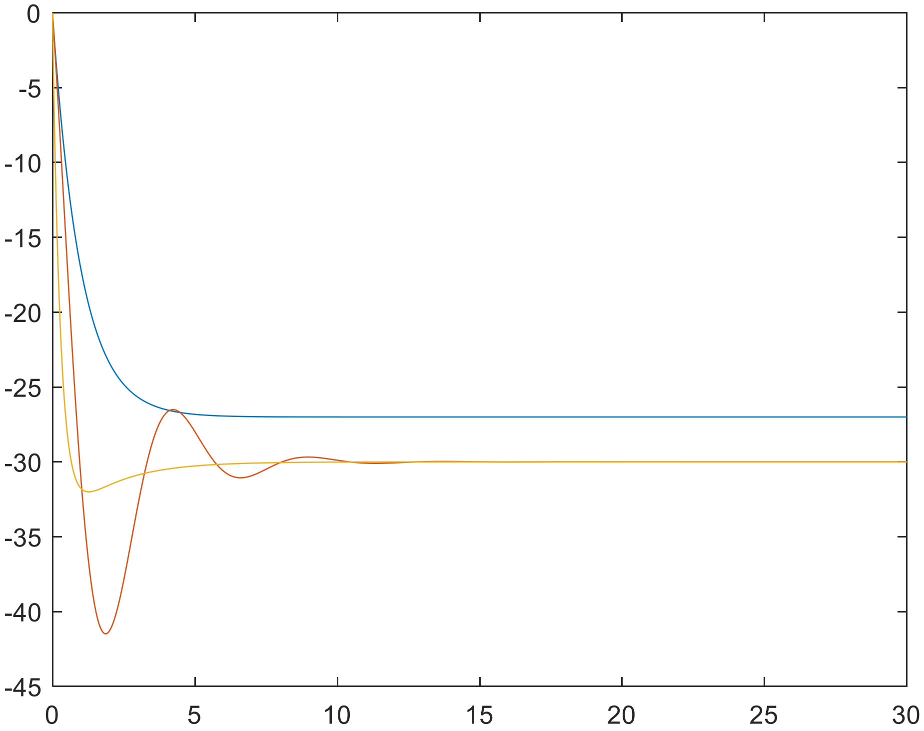
Proportionell term



Proportionell och integrerande term



Proportionell, integrerande och deriverande term



Effekt av att öka respektive parameter

Parameter	**Stigtid**	**Översläng**	**Steady-state fel**	**Stabilitet**
Kp	Minskar	Ökar	Minskar	Minskar
Ki	Minskar	Ökar	Minskar markant	Minskar
Kd	Minskar lite	Minskar lite	Ingen effekt	Förbättras

Manuell inställning av parameterar

- Sätt Ki och Kd till noll
- Vrid upp Kp till dess att systemet oscillerar
- Sänk Kp till hälften
- Öka Ki till oscillation
- Sänk Ki till hälften
- Öka Kd till oscillation
- Sänk Kd till hälften

Ziegler-Nichols metod för parametrar

- Sätt Ki och Kd till noll
- Vrid upp Kp till dess att systemet oscillerar
  - Denna förstärkning kallas Ku
  - Periodtiden är Pu
- Sänk Kp till hälften

Kontroller	Kp	Ki	Kd
P	Ku/2	-	-
PI	0,45*Ku	1,2Kp/Pu	-
PID	0,6*Ku	2Kp/Pu	Kp*Pu/8

Lästips och övning

- https://en.wikipedia.org/wiki/PID_controller
- https://janismac.github.io/ControlChallenges/