



LUNDS TEKNISKA  
HÖGSKOLA  
Lunds universitet

Institutionen för  
**REGLERTEKNIK**

## Tentamen i Systemteknik/Processreglering

28 maj 2013 kl 8–13

### Poängberäkning och betygssättning

Lösningar och svar till alla uppgifter skall vara klart motiverade. Tentamen omfattar 7 uppgifter om totalt 20 poäng (Systemteknik) eller 8 uppgifter om totalt 25 poäng (Processreglering). Poängberäkningen finns markerad vid varje uppgift. Preliminära betygsgränser:

Systemteknik:	Processreglering:
Betyg 3: 10 poäng	Betyg 3: 12 poäng
4: 14 poäng	4: 17 poäng
5: 17 poäng	5: 21 poäng

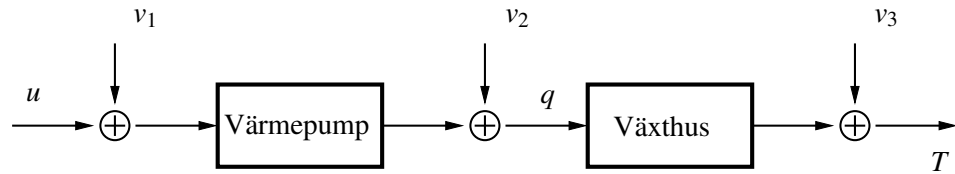
### Tillåtna hjälpmedel

Matematiska tabeller (TEFYMA eller motsvarande), formelsamling i reglerteknik samt icke förprogrammerade räknare.

### Tentamensresultat

Resultatlistor anslås senast fredagen den 11 juni på institutionens anslagstavla samt på kurs-hemsidorna. Visning sker fredagen den 11 juni kl 13:00–13:30 i rum 2209 på andra våningen i M-huset.

1. Ett blockschema som beskriver ett uppvärmt växthus finns givet i figur 1. Styrsignalen  $u$  utgörs av matarspänningen till värmepumpen, signalen  $q$  är värmeflödet in till växthuset och  $T$  är den temperatur som kan avläsas på termometern inuti växthuset. Vi är intresserade av att reglera  $T$  så att den håller en referens  $r$ .



Figur 1 Blockschemat över det uppvärmda växthuset i uppgift 1.

- a. Två störningar verkar på systemet:

- I. Termometern som mäter temperaturen är felkalibrerad och visar systematiskt fel.
- II. Yttertemperaturen varierar över dygnet vilket gör att det blir olika mycket värmeläckage från växthuset vid olika tidpunkter.

Rita in i blockschemat var störningarna I respektive II kommer in ( $v_1$ ,  $v_2$  eller  $v_3$ ).

(1 p)

- b. Antag att  $v_1 = v_3 = 0$  och att störningen  $v_2$  kan mätas. Rita om blockschemat och lägg till en framkoppling  $G_f(s)$  som kan reducera inverkan av denna störning på temperaturen  $T$ .

(1 p)

- c. Antag att  $v_1 = v_3 = 0$  och att värmeflödet  $q$  kan mätas. Rita en kaskadregleringsstruktur som drar nytta av att man kan mäta både  $q$  och  $T$ .

(1 p)

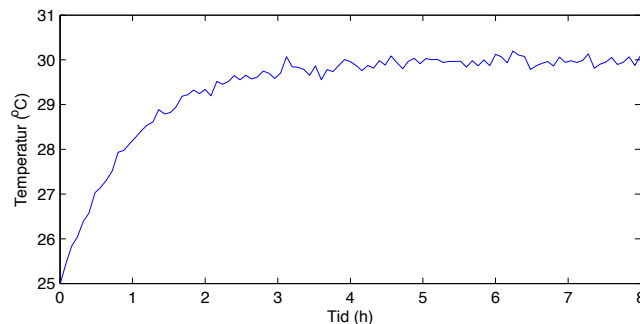
- d. Antag att man kan modellera växthusets dynamik som

$$T(s) = G_v(s)Q(s)$$

$$G_v(s) = \frac{K_v}{sT_v + 1}.$$

Ett enhetssteg i  $q$  ger en temperaturändring som visas i figur 2. Bestäm parametrarna  $K_v$  och  $T_v$  i modellen för växthuset,  $G_v(s)$ .

(1 p)



Figur 2 Stegsvarexperiment i uppgift 1.

2. Population av harar,  $H$ , och lodjur,  $L$ , i ett område kan beskrivas med den olinjära modellen

$$\frac{dH}{dt} = \frac{H}{10} \left( 1 - \frac{H}{200} \right) - \frac{3HL}{100 + H}$$

$$\frac{dL}{dt} = \frac{1.5HL}{100 + H} - \frac{1}{2}L.$$

- a. Beräkna systemets tre stationära punkter. Tolka också vad de tre stationära punkterna innebär för populationen av harar och lodjur. (1.5 p)
- b. Linjärisera systemet kring en stationär punkt där harar och lodjur samexisterar. (2 p)

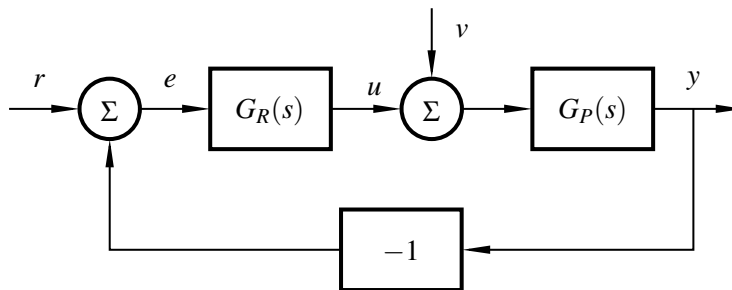
*Hint:* Derivatans av en kvot av två funktioner ges av

$$(f/g)' = \frac{f' \cdot g - g' \cdot f}{g^2} \quad \text{i de punkter där } g \neq 0.$$

- c. Beräkna det linjäriserade systemets poler och avgör dess stabilitetsegenskaper. Vad innebär det för djurpopulationerna? (1.5 p)
3. En klåpare till ingenjör har misslyckats i sin design av ett kritiskt processteg i en nybyggd syltfabrik. Detta har resulterat i en instabil process. Ingenjörens något mer kompetenta kollega har lyckats härleda en modell av processen

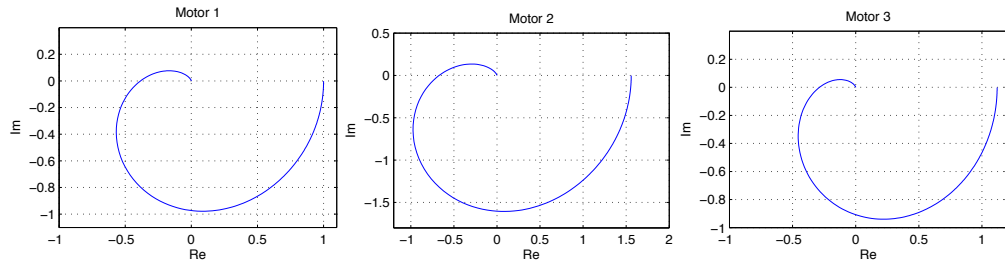
$$G_P(s) = -\frac{s+1}{s-3}$$

och hyser gott hopp om att processen skall kunna stabiliseras med en regulator. Regulator och process är kopplade i enlighet med blockdiagrammet i figur 3.



**Figur 3** Blockdiagram för process i uppgift 3.

- a. Designa en PI-regulator,  $G_R(s)$ , som stabiliserar processen och därmed säkrar Nordens syltförsörjning. (2 p)
- b. Beräkna det stationära felet då processen utsätts för en laststörning i form av en ramp,  $v(t) = t$ . Systemet börvärde antas vara noll. (2 p)
4. En tryckkokare med motordriven inflödesventil ska serietillverkas men motorerna som kommer från de tre underleverantörerna verkar vara lite olika. I figur 4 ges Nyquistkurvorna för de tre motorerna. Anta att motorerna ska styras av en P-regulator,  $u(t) = Ke(t)$ , vilket är det största positiva  $K$  som kommer ge stabila slutna system för samtliga modeller? (2 p)

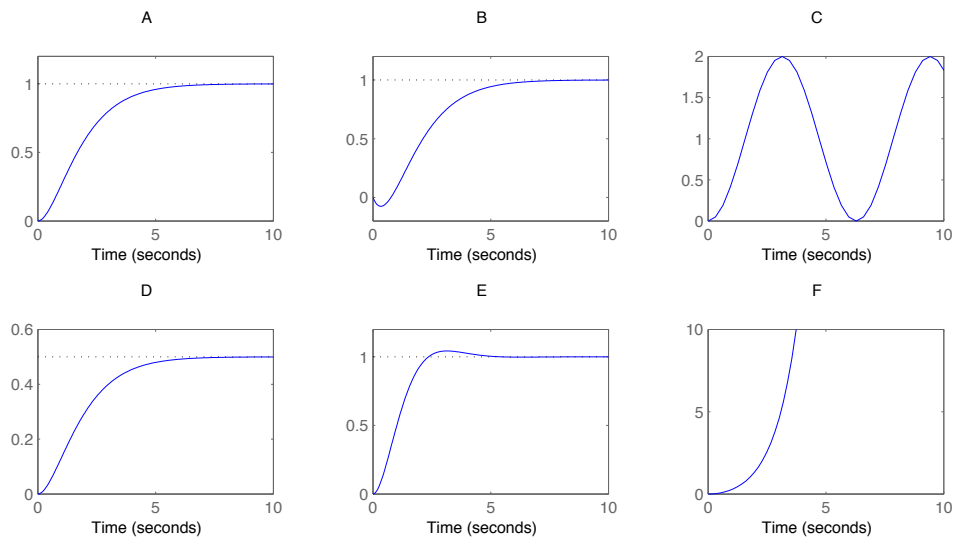


Figur 4 De uppmätta Nyquistkurvorna för de olika motordrivna ventilerna i uppgift 4.

5. Para ihop överföringsfunktionerna ( $G_1$ - $G_4$ ) nedan med rätt stegsvar (A-F) i figur 5. (2 p)

$$G_1(s) = \frac{1}{s^2 + 2s + 1} \quad G_2(s) = \frac{2}{s^2 + 2s + 2}$$

$$G_3(s) = \frac{1}{2s^2 + 4s + 2} \quad G_4(s) = \frac{1}{s^2 + 1}$$



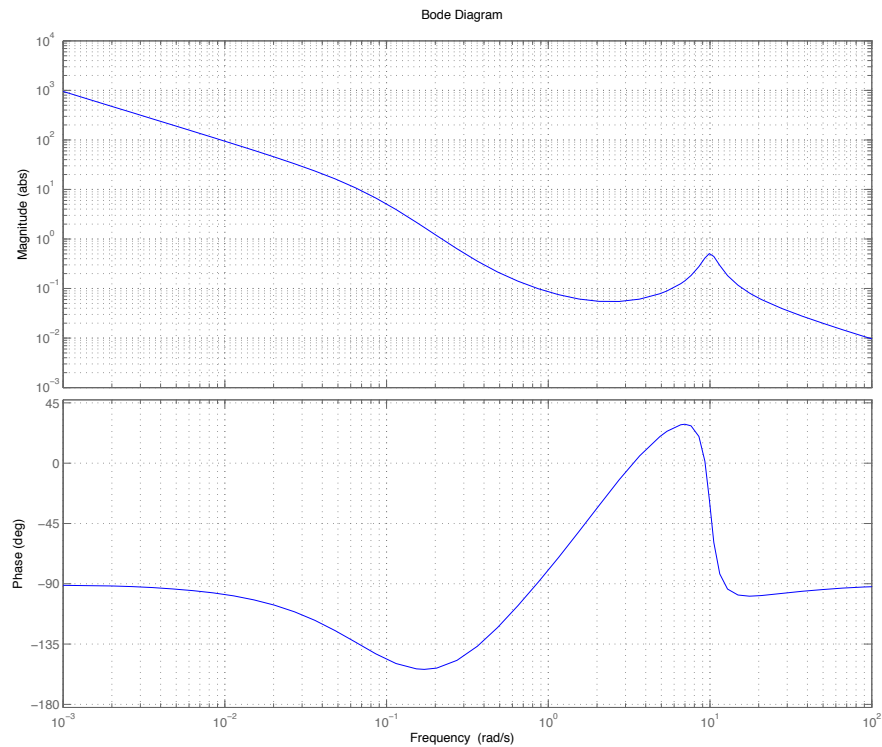
Figur 5 Stegsvvar i uppgift 5.

6. En servomotor som skall användas för att styra en ventil har ett Bodediagram som kan ses i figur 6.
- a. Använd Bodediagrammet för att beräkna vad utsignalen,  $y(t)$ , blir då insignalen, dvs spänningen till motorn, är

$$u(t) = 2 \sin(0.4t).$$

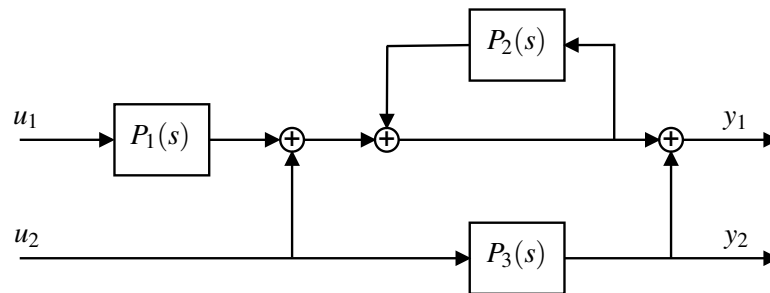
(1 p)

- b. Vad är systemets fasmarginal om motorn återkopplas med en P-regulator med förstärkningen  $K = 1$ ? (1 p)



Figur 6 Bodediagram för uppgift 6.

7. En process med tre delsystem är sammankopplad enligt figur 7.



Figur 7 Blockdiagram för process i uppgift 7.

- a. Beräkna överföringsfunktionen mellan  $u_2$  och  $y_1$ . (1 p)
- b. **Endast Processreglering.** Beräkna överföringsmatrisen från de båda insignalerna till utsignalerna. (1 p)
- c. **Endast Processreglering.** Enkla modeller av delsystemen ges av

$$P_1(s) = \frac{s-1}{s+3}, \quad P_2(s) = -\frac{1}{s+2}, \quad P_3(s) = \frac{3}{s+1}.$$

Designa en statisk särkoppling som särkopplar systemen och som ger de särkopplade systemen den statiska förstärkningen 1. (1.5 p)

**8. Endast processreglering.**

Lantarbetarna på Maggies lantgård har tröttnat på det återkommande arbetet att sortera gårdens nötkreatur. Det är dock lantarbetare med många goda idéer och de har med benägen bistånd av en ingenjörstudent, som försöker sitt allra bästa, byggt en automatisk sorterings- och mjölkningsfälla. Logiken som styr fällan är implementerad i JGrafchart, se figur 8.

Systemet sorterar nötkreaturen beroende på kön och ålder. När ett djur kliver in i fällan aktiveras `AnimalInPen`. Sensorerna för ålder och kön läses och variablerna `FEMALE` och `AGE` sätts. Därefter sorteras djuret in i en kategori och beroende på vilken kategori djuret tillhör utförs en åtgärd.

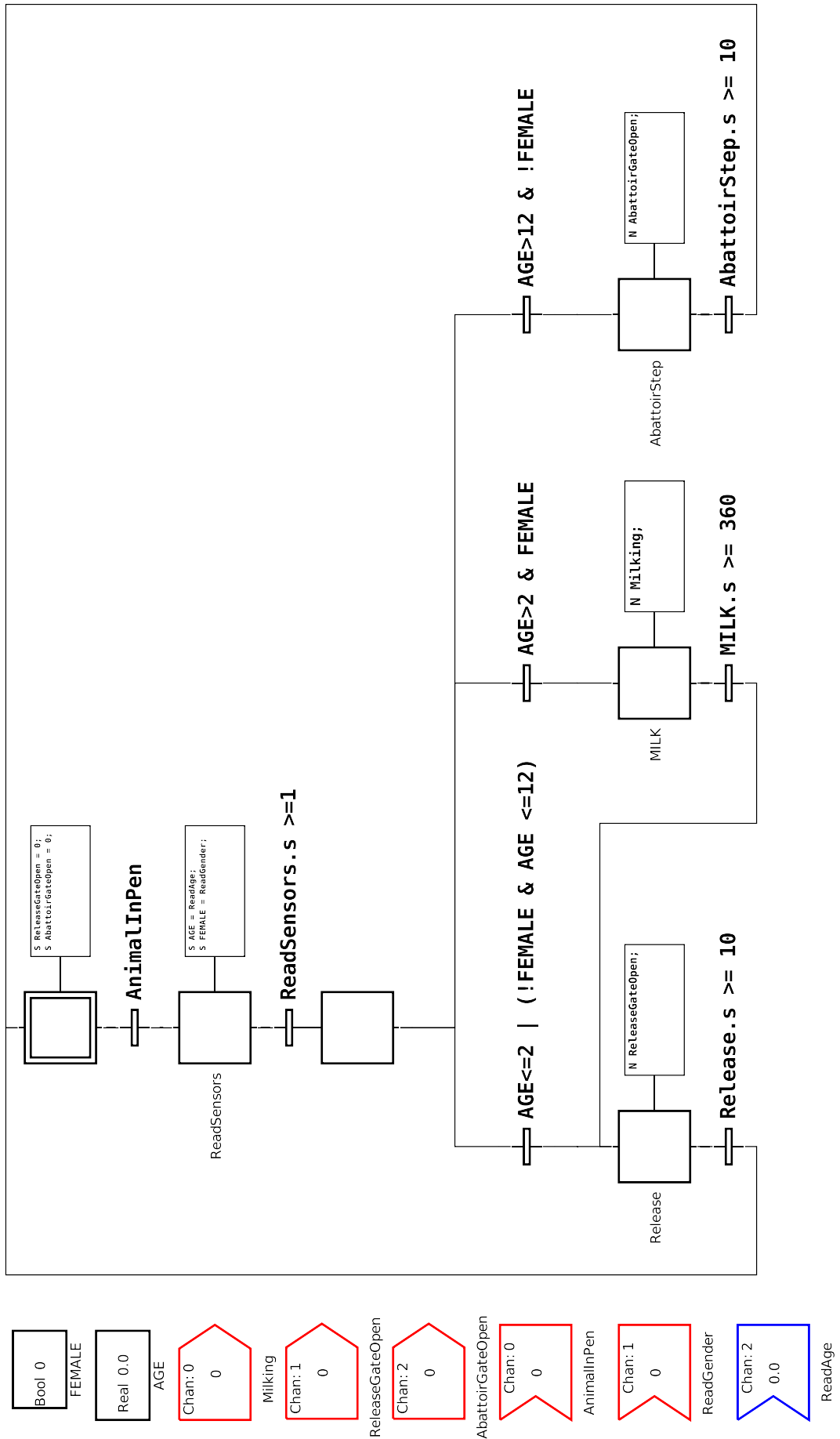
Systemet har följande insignaler:

- `AnimalInPen` aktiveras då det finns ett djur i fällan.
- `ReadGender` returnerar sant om djuret är av honkön.
- `ReadAge` läser av djurets ålder i år.

Systemet har följande utsignaler:

- `Milking` aktiverar mjölkningsförfarandet.
- `ReleaseGateOpen` öppnar grinden till hagen.
- `AbattoirGateOpen` öppnar grinden till vidare transport mot slakteri.

- a. Beskriv hur djuren, baserat på kön och ålder, sorteras och vilken åtgärd som vidtas för respektive kategori. (1.5 p)
- b. Maggies bror, som är förman på gården, upptäcker att det finns en lucka i logiken. Förändra sorteringsvillkoren så att nötkreatur av honkön som är äldre än 10 år går till slakt. Observera att inga förändringar av strukturen i programmet är tillåtna. (1 p)



Figur 8 JGrafchart-program i uppgift 8