

# TENTAMEN I DYNAMISKA SYSTEM OCH REGLERING

SAL: G32

TID: 8 juni 2017, klockan 8 - 12

KURS: TSRT21

PROVKOD: TEN1

INSTITUTION: ISY

ANTAL UPPGIFTER: 6

ANSVARIG LÄRARE: Johan Löfberg, 070-3113019

BESÖKER SALEN: 09.30, 11.00

KURSADMINISTRATÖR: Ninna Stensgård, tel 013-284725, [ninna.stensgard@liu.se](mailto:ninna.stensgard@liu.se)

TILLÅTNA HJÄLPMEDEL: Läroboken Glad-Ljung: "Reglerteknik, grundläggande teori" med inläsningsanteckningar, Kompendium Dynamiska system och reglering med inläsningsanteckningar tabeller, formelsamling, räknedosa utan färdiga program.

LÖSNINGSFÖRSLAG: Anslås efter tentamen på kursens hemsida.

PRELIMINÄRA BETYGSGRÄNSER: betyg 3 14 poäng  
betyg 4 19 poäng  
betyg 5 23 poäng

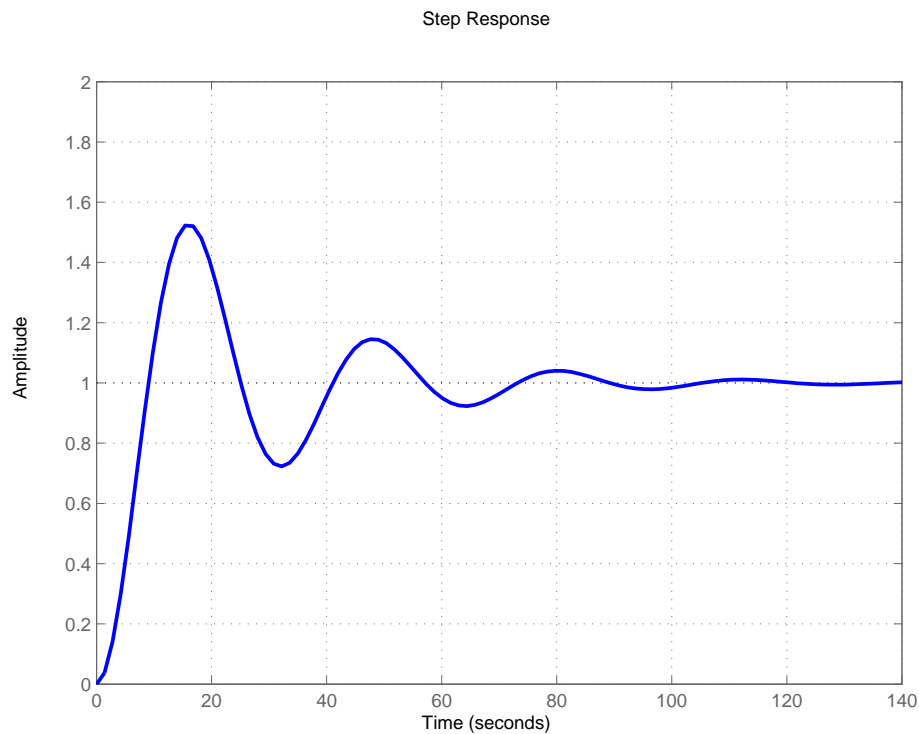
OBS! Lösningar till samtliga uppgifter ska presenteras så att alla steg (utom triviala beräkningar) kan följas. Bristande motiveringar ger poängavdrag.

Lycka till!

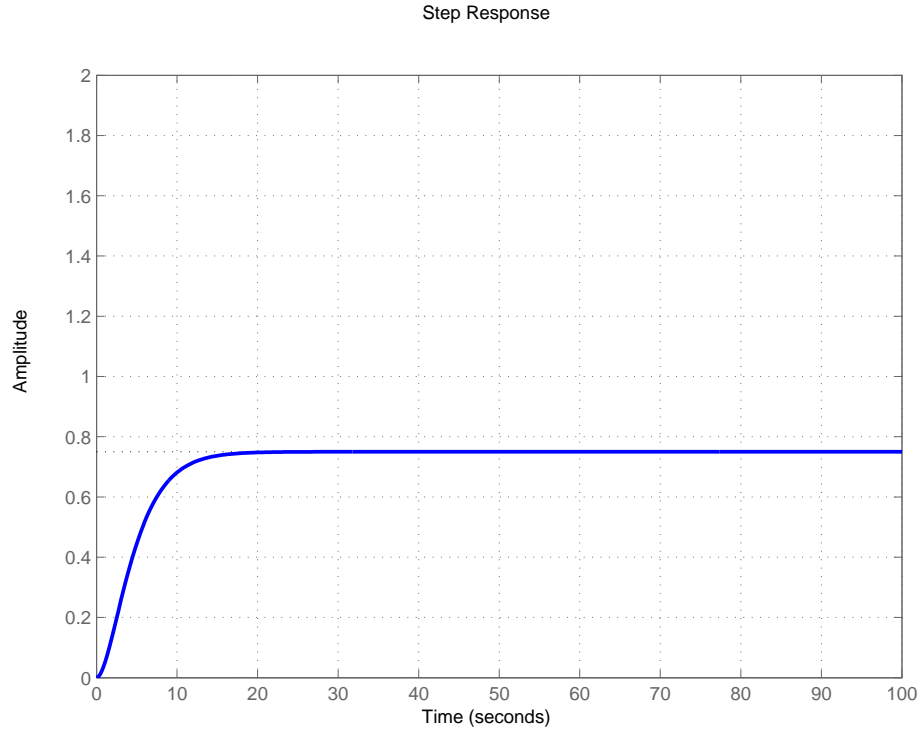


1. (a) Ett sätt att förbättra effektiviteten i solpaneler är att placera dem på konstruktioner som kan roteras med hjälp av elmotorer. Förklara hur du kan använda reglerteknik för att få ut maximalt med solenergi, och förklara i din design vad som är styrsignal  $u(t)$ , utsignal  $y(t)$  och referenssignal  $r(t)$ . (3p)
- (b) Ett gyro skall användas för att uppskatta hur mycket ett objekt vrider sig. Tyvärr så kan vi inte mäta vinkelhastigheten perfekt med gyro utan har  $\omega_m(t) = \omega(t) + \delta$  där  $\omega_m(t)$  är mätsignalen,  $\omega(t)$  är den sanna hastigheten och  $\delta$  är ett konstant bias på 0.02 rad/s. Om vi använder mätsignalen  $\omega_m(t)$  för att skatta vinkeln, utan att kompensera för felet, hur många sekunder tar det innan den beräknade vinkeln är  $10^\circ$  fel? Vi antar att den initiala gissningen av vinkel  $\theta(0) = 0$  är korrekt. (2p)

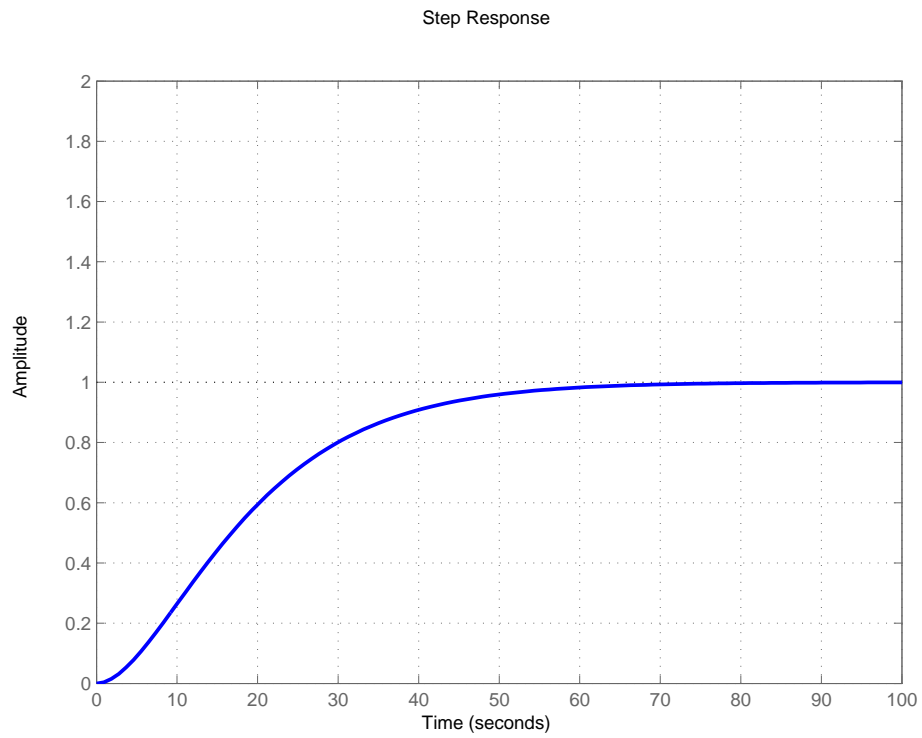
2. (a) I figurerna 1-3 finns visas tre stycken stegsvar för tre olika system styrda med tre olika regulatorer. För varje stegsvar finns en inställning för en använd PID-regulator angiven. Målet i alla fallen är att få ett stegsvar med en stigtid på runt 10 sekunder utan signifikanta oscillationer eller överslängar, samt frånvaro av statiska reglerfel vid följning av konstanta referenssignaler. Förslå en justering av en av regulatorkoefficienterna för varje fall. (3p)
- (b) Ange en fördel respektive nackdel med att använda tillståndsbaserad reglering (användandes polplacering) jämfört med en PID-regulator. (2p)



Figur 1:  $K_P = 10$ ,  $K_I = 1$ ,  $K_D = 0.01$

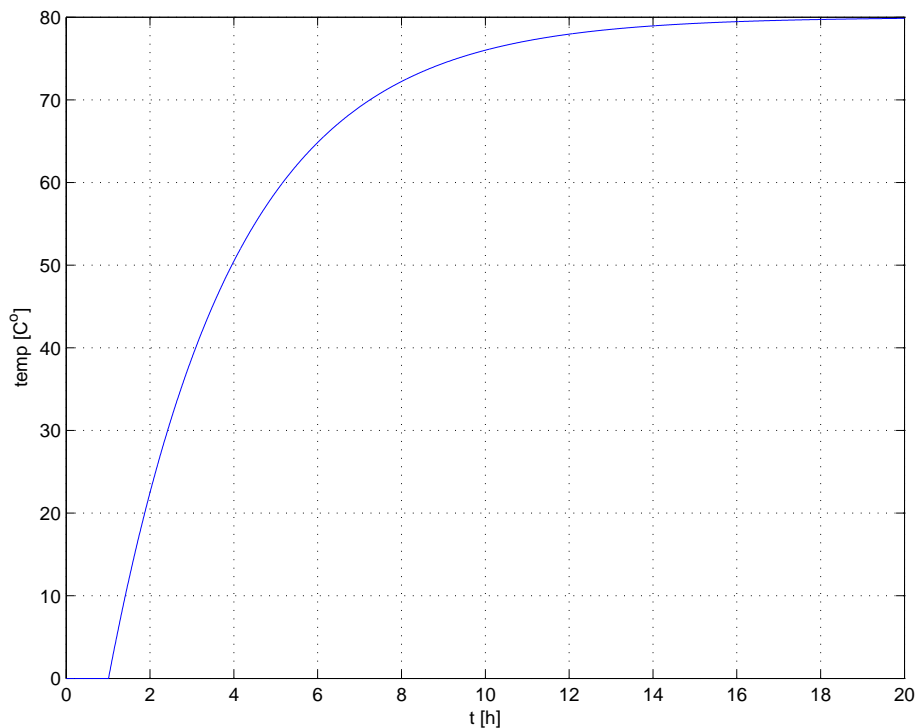


Figur 2:  $K_P = 3, K_I = 0, K_D = 0.1$



Figur 3:  $K_P = 2, K_I = 0, K_D = 0.01$

3. (a) Givet differentialekvationerna  $\dot{y}(t) + 2y(t) = \dot{z}(t) + z(t)$  och  $\dot{z}(t) + 4z(t) = u(t)$ , tag fram överföringsfunktionen från  $u$  till  $y$ . (2p)
- (b) Ett experiment på ett bastuaggregat i en badstuga har genomförts. Man startar värmeelementet vid tidpunkt 1 med en effekt  $u(t) = 1500W$ . Temperaturen  $y(t)$  i badhuset ges av figuren nedan, och man har för avsikt att modellera bastuns dynamik med  $Y(s) = \frac{K}{sT+1}U(s)$ . Identifiera parameterarna  $K$  och  $T$  från experimentet. (3p)



Figur 4: Temperatur i bastu under stegsvarsexperiment.

4. (a) Ett föremål som rör sig friktionsfritt kan beskrivas med modellen

$$Y(s) = G(s)U(s)$$

där  $U(s)$  är den applicerade kraften och  $Y(s)$  är positionen och

$$G(s) = \frac{1}{s^2}$$

Antag att positionen regleras med PD-återkopplingen

$$U(s) = K(1 + T_D s)(R(s) - Y(s))$$

där  $R(s)$  är den referenspositionen, och att  $K = 4$  och  $T_D = 1$ . Vilka poler får det återkopplade systemet? (3p)

- (b) Antag nu att PD-återkopplingen ska implementeras i en dator med hjälp av metoden Euler bakåt. Ange ekvationen för den tidsdiskreta PD-regulatorn. Ange också någon praktisk begränsning för att använda en PD-regulator på denna form. (2p)

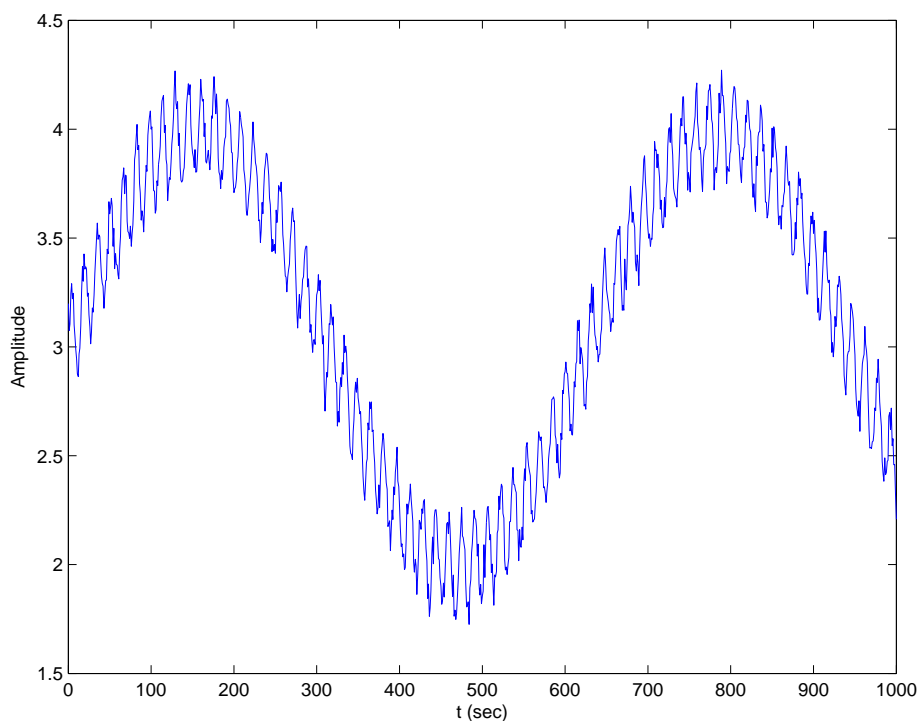
5. (a) På ett anteckningsblock som din förre kollega lämnat efter sig är följande samband nedskrivna

$$\begin{aligned} Y(s) &= G(s)U(s) \\ Z(s) &= Y(s) + W(s) \\ U(s) &= F(s)(R(s) - P(s)) + H(s)W(s) \\ P(s) &= L(s)Z(s) \end{aligned}$$

Red ut uppställningen genom att rita ett blockschema med tydligt markerade signaler  $Y, Z, W, U, P, R$  och delsystem. (3p)

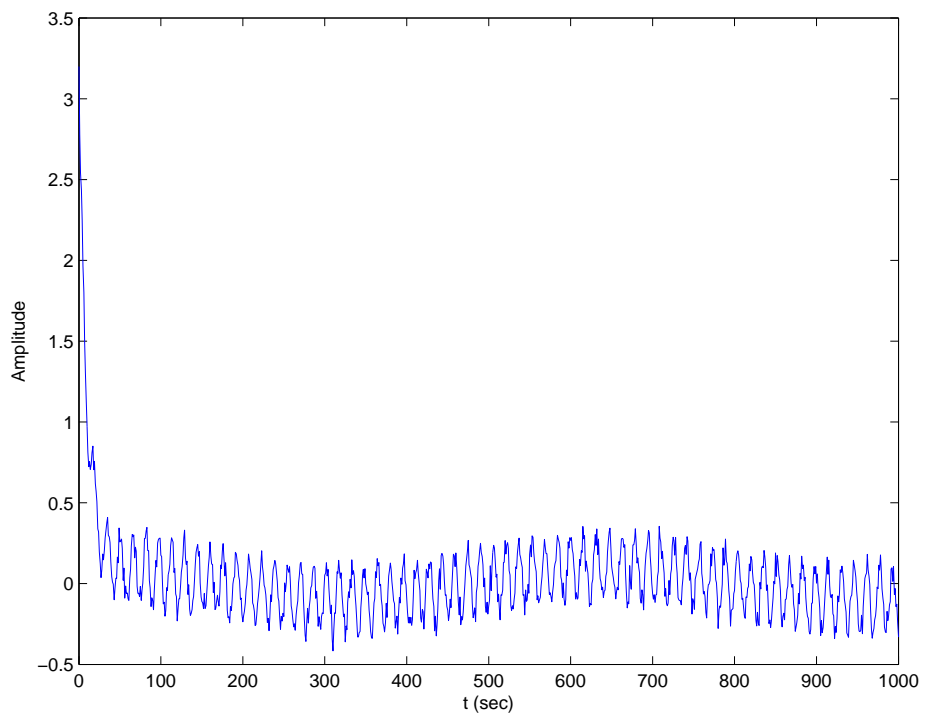
- (b) I figur 5 finns en signal som har mätts upp i ett visst system. Signalen filtreras och resultatet (dvs den filtrerade signalen) finns i figur 6. I figur 7 och figur 8 finns bodediagram för två olika filter. Förklara vilket filter det är som använts. (2p)

(3p)

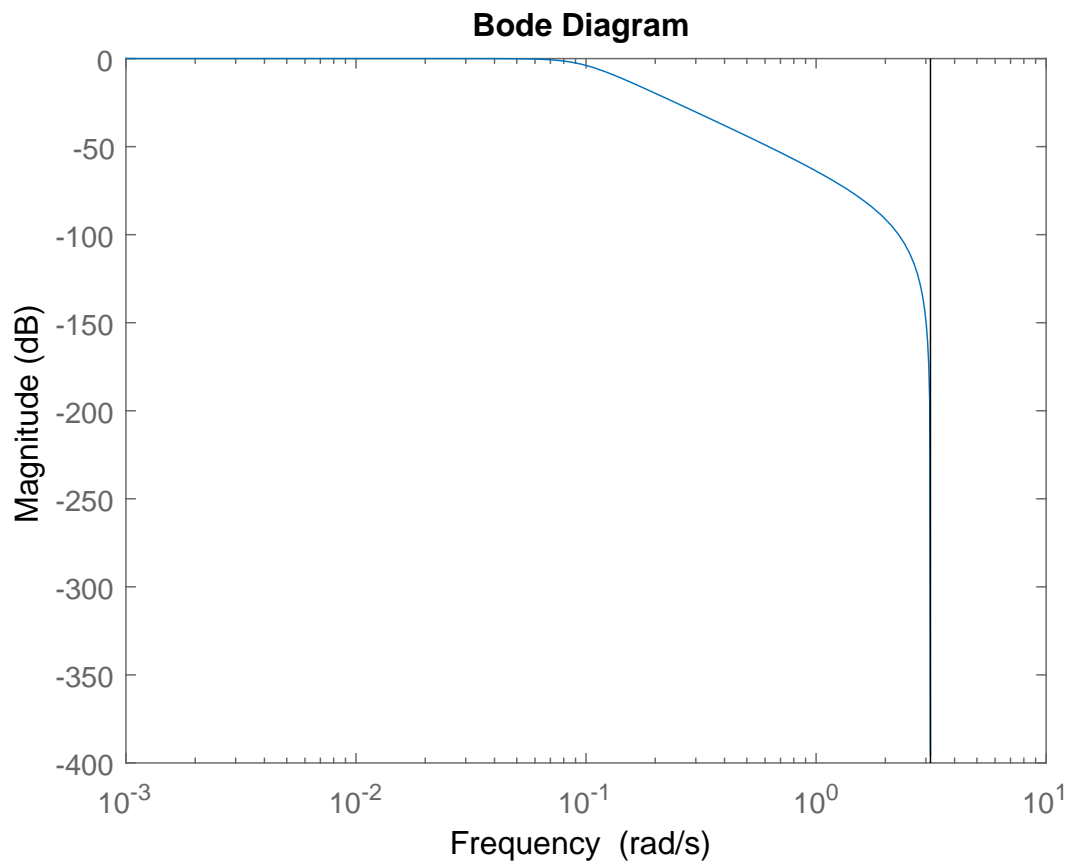


Figur 5: Ofiltrerad signal till uppgift 5b.

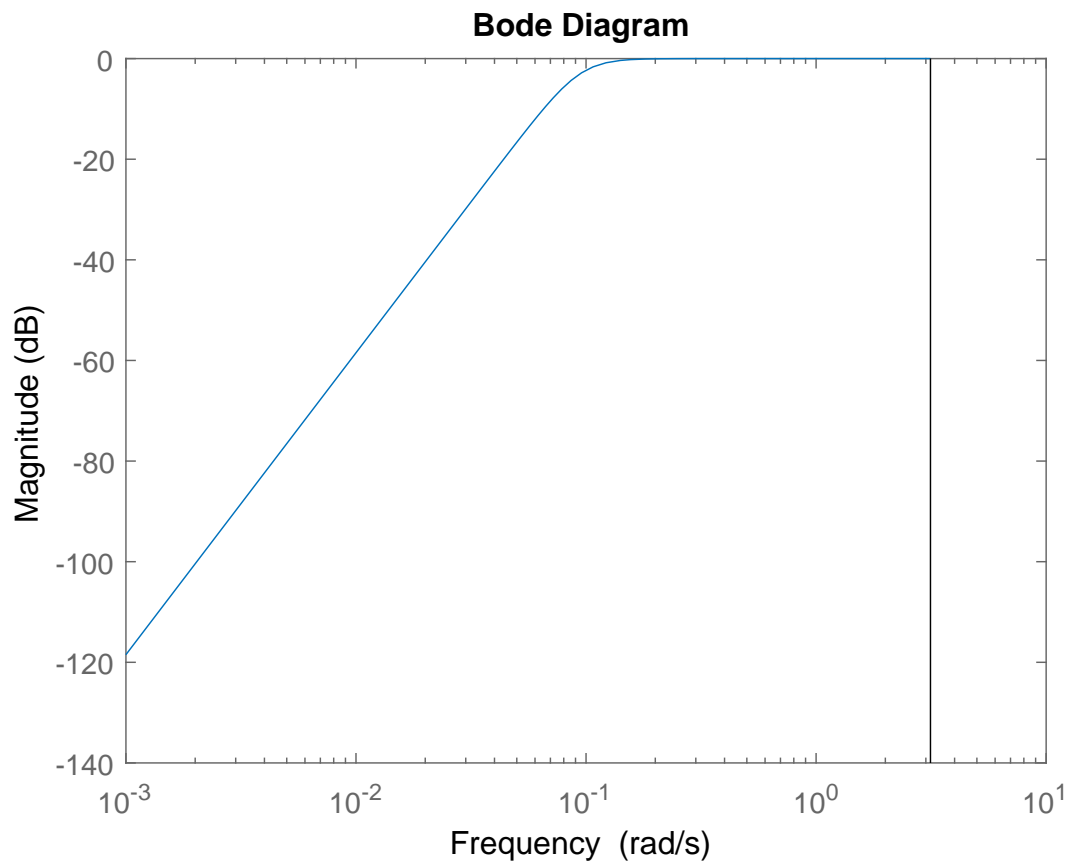




Figur 6: Filtreerad signal till uppgift 5b.



Figur 7: Bodediagram till uppgift 5b.



Figur 8: Bodediagram till uppgift 5b.

6. Du har fått i uppdrag att bygga en mekatronisk konstruktion som stabiliserar en kamerahållare. Dynamiken från pålagd spänning  $u(t)$  på en elmotor som vrider en av armarna i konstruktionen till kamerans reglerade vinkel  $y(t)$  ges av

$$\begin{aligned}\dot{x}(t) &= \begin{pmatrix} -1 & 2 \\ 2 & -1 \end{pmatrix} x(t) + \begin{pmatrix} 1 \\ \alpha \end{pmatrix} u(t) \\ y(t) &= (1 \ 0) x(t)\end{aligned}$$

där  $\alpha$  är en parameter som beror på hur du väljer längder på olika armar i din design.



Figur 9: Kamera upphängd i armar med servomotorer

- (a) Låt  $\alpha = 2$ . Tag fram en tillståndsåterkoppling  $u(t) = -Lx(t) + l_0r(t)$  så att det slutna systemet får poler i  $-2$ , samt att inget statiskt reglerfel uppstår då referenssignalen är ett steg. (3p)
- (b) Antag nu att du gör en mekanisk design som leder till  $\alpha = 1$ . Kan du fortfarande konstruera en återkoppling så att du får polerna i  $-2$ ? (2p)