LINKÖPINGS UNIVERSITET Institutionen för Systemteknik

# Tentamen i

- **TSDT18 Signaler & System för Y/Yi, MED & Mat – TEN1**
- **TSDT84 Signaler & System samt Transformer för D & I/Ii – TEN3**

**Tid:** 2023-01-11 kl. 14:00–19:00

**Lokaler:** **TSDT18** – TER4, T1, R43
**TSDT84** – TER3, TER4, R43

**Lärare:** Mårten Wadenbäck 013-282775
Läraren besöker tentasalen två gånger:
- Ca 1–2 tim. efter skrivtidens början.
- Ca 1–2 tim. innan skrivtidens slut.

**Hjälpmedel:** Miniräknare med tömt minne samt följande tre (fyra) formelsamlingar:
1. "*Formelsamling för Signaler & System*", Lasse Alfredsson
2. "*Formler & Tabeller*", Sune Söderkvist,
3. MAI:s formelsamling i transformteori/fourieranalys, dvs. "*Transformteori: sammanfattning, formler och lexikon*" eller "*Formelsamling för Fourieranalys*".

**Bedömning:** Tentans uppgifter ger totalt 50 poäng
Preliminära betygsgränser:

| | |
|---|---|
| Betyg 3: | 21 poäng |
| Betyg 4: | 31 poäng |
| Betyg 5: | 41 poäng |

**OBS!**
- Redovisa tydligt alla steg i dina lösningar, det är främst *lösningsgången* vi poängbedömer! **Bristande motivering medför poängavdrag.**
- **Numeriska lösningar**, dvs. om signifikanta delar av uppgiften löses m.h.a. räknare, **accepteras ej.**

**Rättning:** Tentorna rättas och resultaten rapporteras normalt till ladok inom *15 arbetsdagar* efter tentatillfället. Natten efter ladokrapporteringen skickas ett automatiskt Ladok-utskick med tentamensresultat via e-post till alla kursregistrerade. Om inget oförutsett inträffar finns lösningsförslag tillgängligt under TSDT18:s tenta-webbsida **www.cvl.isy.liu.se/education/undergraduate/TSDT18/tentor** *inom 5 arbetsdagar*.

**Uthämtning:** Rättade tentor kan hämtas ut på **ISY:s expedition** från och med **2023-02-06**. Expeditionen finns bredvid Café Java i B-huset – *öppet måndagar och torsdagar kl. 12:30–13:15*. Frågor om uthämtning av tentor skickas till **tentor@isy.liu.se**. Eventuella synpunkter på rättningen skall formuleras *skriftligen* och lämnas via ISY:s expedition *inom en månad* från första uthämtningsdatumet ovan. Synpunkter om *uppenbara felbedömningar* kan dock lämnas senare.

***Lycka till på tentan!***

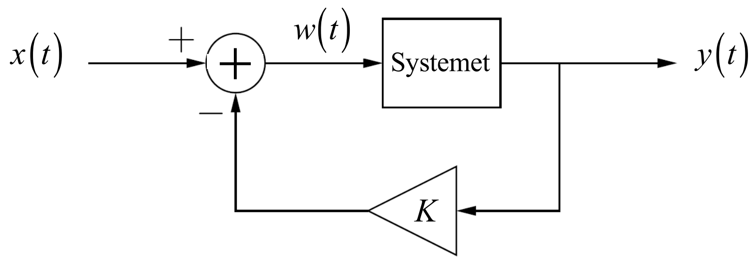
1. Ett tidskontinuerligt kausalt och instabilt LTI-system beskrivs av differentialekvationen

$$\frac{d^2y(t)}{dt^2} + 2\frac{dy(t)}{dt} - 3y(t) = 2\frac{dw(t)}{dt} + 2w(t),$$

där $w(t)$ är insignal och $y(t)$ är utsignal.

a) Bestäm systemets systemfunktion $H_1(s)$, inklusive konvergensområde. (2 p)

b) Vi önskar stabilisera systemet genom återkoppling med en multiplikator enligt figuren nedan.




För vilka värden på den reella konstanten *K* är det totala systemet (externt) stabilt? (6 p)

2.

a) Definiera tydligt nedanstående systemegenskaper för tidskontinuerliga system samt ange, för respektive egenskap, icke-triviala exempel (utsignal som funktion av insignal) på ett system som *har* egenskapen och ett som *inte har* den:

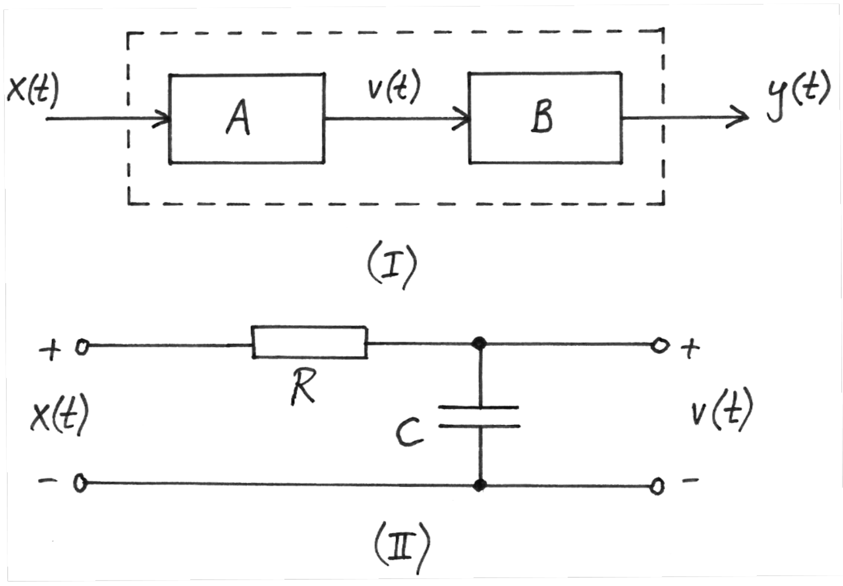
i) Linjäritet (2 p)

ii) Tidsinvarians (2 p)

b) Ett visst tidskontinuerligt LTI-system har impulssvaret $h(t) = 4te^{-2t}u(t)$.

Beräkna systemets utsignal $y(t)$ då dess insignal är $x(t) = 6\cos\left(2t + \frac{\pi}{4}\right)$. (4 p)

3. Figur (I) nedan visar ett tidskontinuerligt LTI-system, som består av en kaskadkoppling av de två tidskontinuerliga LTI-systemen A och B.
   System A utgörs av den elektriska kretsen i figur (II), där $R = 1\ \Omega$ och $C = 0.5$ F.




   System B, som har impulsvar $h_B(t) = u(t-1) - u(t-4)$, belastar inte system A (dvs. utsignalen $v(t)$ från system A beror inte på system B).

   a) Beräkna impulssvaret $h_{\mathrm{A}}(t)$ för system A. (4 p)

   b) Beräkna impulssvaret $h(t)$ för det totala kaskadkopplade systemet. (5 p)
   (*Om du inte har löst uppgift a) så kan du använda* $h_{\mathrm{A}}(t) = 4e^{-3t}u(t)$ *vid beräkningen av* $h(t)$.)

4. Ett visst energifritt tidsdiskret LTI-system med insignal $x[n]$ har utsignal

$$y[n] = \frac{2}{3}\left(y[n+1] - y[n-1] - 2x[n]\right).$$

   a) Rita det fullständiga pol-nollställediagrammet, dvs. inklusive nivåkonstant och angivet konvergensområde, för LTI-systemets systemfunktion $H[z]$. (4 p)

   b) Beräkna systemets utsignal $y[n]$ då dess insignal är $x[n] = \delta[n] - u[n-1]$. (4 p)

5. Ett visst tidsdiskret LTI-system har impulssvaret $h\left[n\right]=\left(0.5^{n}-\left(-0.5\right)^{n}\right)u\left[n\right]$.

   a) Rita en realisering av systemet, dvs. rita dess signalflödesschema. (5 p)

   b) Beräkna systemets utsignal $y\left[n\right]$ då dess insignal är $x[n]=3+5\cos\left(\frac{\pi}{2}n\right)$. (4 p)

6. Signalen $x\left(t\right)=\frac{75}{25t^{2}+1}$ samplas likformigt med sampelfrekvens $f_s$, vilket resulterar i den tidsdiskreta signalen $x\left[n\right]$. Eftersom $x\left(t\right)$ inte är bandbegränsad, så är egentligen inte samplingsteoremet uppfyllt. Av praktiska skäl låter vi dock signalens bandbredd $B$ vara lika med dess *väsentliga* (boken: ”*essential*”) bandbredd, som vi här definierar som den frekvens (i Hz) där amplitudspektrumet $\left|X\left(f\right)\right|$ når en faktor $1/80$ av sitt maxvärde.
   Vid samplingen antas därför samplingsteoremet vara uppfyllt med avseende på *denna* bandbredd $B$ hos $x\left(t\right)$ (även om det i praktiken uppstår *lite* vikning)

   Efter samplingen kan fouriertransformen $X\left[fT\right]$ approximeras med hjälp av den diskreta fouriertransformen (DFT:n) av längd $N_0=2^b$, dvs. transformlängden ska vara en tvåpotens, med motsvarande frekvensupplösning $f_0=0.5$ Hz.

   a) Bestäm en lämplig sampelfrekvens $f_s$ och en *minsta* transformlängd $N_0$ som uppfyller ovanstående specifikationer. (4 p)

   b) Beräkna och rita amplitudspektrumet $\left|X\left[\Omega\right]\right|$ för den tidsdiskreta samplade signalen $x\left[n\right]$ ovan, för den sampelfrekvens du erhöll i uppgift a).
   (*Anm: Om du inte löst uppgift a) kan du välja sampelfrekvensen* $f_s=10$ *Hz*.) (4 p)