Tentamen i
TSKS06 Linjära system för Kommunikation

Tid: 2021-06-02 kl. 8.00-12.00

Provkod: TEN1

Lokaler: Distanstentamen

Lärare: Lasse Alfredsson 013-28 2645 (vid nödfall under hela skrivningstiden)
Tentafrågor besvaras kl. 9–9:30 och 11–11:30 i följande Zoom-rum:
liu-se.zoom.us/j/61982530419
När du ansluter till Zoom-rummet hamnar du i ett väntrum.
Viss väntetid kan ske, om andra också har frågor.

Hjälpmedel:
- Miniräknare, kursens formelsamling, föreläsningsanteckningar, kurslitteraturen, andra böcker, information på Internet m.m. är **godkända hjälpmedlen** vid denna distanstentamen.
- Det är **inte tillåtet att samarbeta eller på något sätt ta hjälp** av en annan person för att lösa några uppgifter. Dina lösningar ska vara baserade på **din egen kunskap, förståelse och förmåga** att lösa tentamensproblemen.

Bedömning: Varje helt rätt och *väl motiverad* uppgift ger 5 poäng. För godkänd tentamen krävs 11 poäng. För betyg 4 krävs 16 poäng och för betyg 5 krävs 21 poäng. Dessa poäng inkluderar eventuella tillgodoräknade poäng (TRP).

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

Rättning: Tentorna rättas normalt och resultatrapporteras i Ladok inom *15 arbetsdagar* efter tentatillfället. Efter ladokrapporteringen skickas, inom *ytterligare* några dagar, ett automatiskt Ladok-utskick med tentamensresultat via e-post till alla som är **registrerade** på kursen.

Lösningsförslag finns normalt tillgängligt på kursens tenta-webbsida *inom 5 arbetsdagar*: **www.cvl.isy.liu.se/education/undergraduate/TSKS06/tentor**

Uthämtning: Eftersom du lämnar in en skannad version av dina lösningar, så behåller du dina originallösningar. Om du önskar få en kopia på den rättade/bedömda versionen av dina lösningar, så kontakta ISY:s studerandexpedition på ladok@isy.liu.se från och med den **29 juni** – i den mån expeditionen är bemannad över sommaren.
Eventuella synpunkter på rättningen skall formuleras *skriftligen* till Lasse.Alfredsson@liu.se *inom en månad* från det att resultatet rapporterats i Ladok. Synpunkter om *uppenbara felbedömningar* kan dock lämnas senare.

Lycka till!

1. Nedan finns fem påståenden om tidskontinuerliga system. Ange för vart och ett av påståendena om det är **SANT** eller **FALSKT**! *Lämna ingen motivering.*
Korrekt svar på en delfråga ger +1 poäng, felaktigt svar ger –1 poäng, medan utelämnat svar ger 0 poäng. Totalt ger dock uppgiften aldrig mindre än 0 poäng.
Om du tvärtemot anvisningen ovan lämnar motivering till ett korrekt svar, men där motiveringen är felaktig, så ges också –1 poäng för den deluppgiften.

   a) Vid amplitudmodulering av en bärvåg $c(t)=\cos(\omega_c t)$ med en lågfrekvent meddelande-signal $m(t)$, som har bandbredd W rad/sek, erhålls signalen $s(t)$. Vid en direkt efterföljande demodulering, genom multiplicering med $c(t)=\cos(\omega_c t)$ kaskadkopplat med ett idealt LP-filter, måste LP-filtrets gränsvinkelfrekvens vara mellan W och $2\omega_c - W$ för att filtrera bort frekvenskomponenter som inte finns med i $m(t)$.

   b) Ett system där sambandet mellan insignal $x(t)$ och utsignal $y(t)$ beskrivs av uttrycket $y(t)=x(t^2)$ är linjärt.

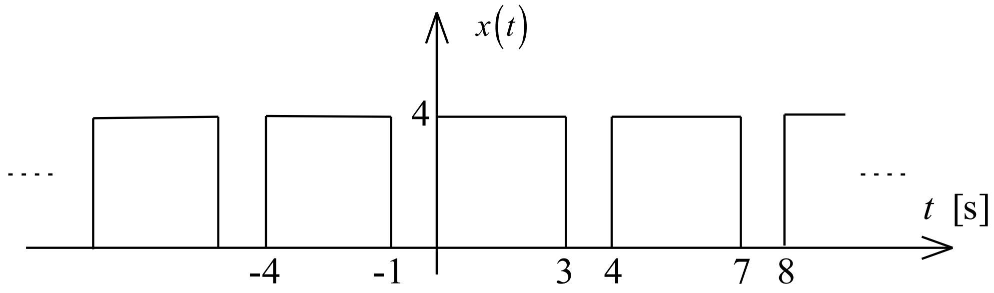
   c) Det är möjligt att erhålla ett 6:e ordningens butterworthfilter genom en kaskadkoppling av två butterworthfilter av vars sammanlagda ordning är 6.

   d) Ett nödvändigt och tillräckligt villkor för stabilitet för LTI-system är att systemets impulssvar är begränsat.

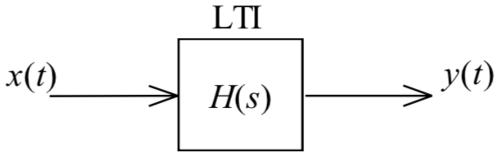
   e) Ett LTI-system med stegsvar $g(t)$ (dvs. utsignalen då insignalen är enhetssteget $u(t)$) har impulssvar $h(t)=\dfrac{dg(t)}{dt}$.

2. Låt $x(t)=\delta(t)-u(t)+u(t-2)$ vara insignal till ett LTI-system med impulssvar $h(t)=e^{-(t-1)}\cdot u(t-1)$.
Beräkna systemets utsignal $y(t)$, *både* genom faltningsberäkning och laplacetransformberäkning.

3. Signalen $x(t)$ nedan är insignal till ett stabilt LTI-system med impulssvar $h(t)=e^{-2t}\cdot u(t)$.
Beräkna den periodiska insignalens komplexa fourierseriekoefficienter C_k samt utsignalens grundton $y_1(t)=\hat{Y}_1\sin(\omega_1 t+\beta_1)$, där ω_1 är grundvinkelfrekvensen för $x(t)$ nedan.



4.



Det tidskontinuerliga kausala LTI-systemet i figuren ovan, som kan beskrivas av differentialekvationen $\dfrac{d^2y(t)}{dt^2}+2\dfrac{dy(t)}{dt}+y(t)=\dfrac{dx(t)}{dt}+x(t)$, matas med insignalen $x(t)=3u(t)$.

I samband med att insignalen ansätts vid $t=0$, uppmäts $y(0\text{-})=-1$ och $\dfrac{dy(0\text{-})}{dt}=0$.

Bestäm LTI-systemets systemfunktion $H(s)$ (*inklusive konvergensområde!*)

samt den totala utsignalen $y(t)$ för $t \geq 0$.

5. Clas Ohlson har extrapris på amplitudnormerade chebyshev I-filter av lågpasstyp. Vi är intresserade av ett sådant filter av ordning 4 och med 3 dB-gränsvinkelfrekvens $\omega_{3\text{dB}}=80$ rad/s .

   a) Rita ett rimligt/principiellt pol-nollställediagram för filtrets systemfunktion $H(s)$, inklusive samt dess konvergensområde.
   (*Nivåkonstantens värde och polernas exakta lägen behöver inte beräknas*). (2 p)

   b) Skissera amplitudspektrumet $|Y(\omega)|$ för filtrets utsignal $y(t)$ då dess insignal är
   $x(t)=\dfrac{200}{\pi}\operatorname{sinc}\left(\dfrac{100t}{\pi}\right)$.
   I grafen ska alla relevanta amplitudvärden (lokala max och min) och vinkelfrekvenser anges. (3 p)

ALLMÄNNA TENTALÖSNINGSTIPS:

Motivera varje steg i dina lösningar noga! Vi fokuserar relativt mycket på detta vid tentarättningen, så se till att du *tydligt* visar *vad* du gör – och *varför*.
Hur du kommer fram till svaret är vid examinationen ofta viktigare än själva svaret…

Tänk på följande, som står på tentans försättsblad: ”*Bristande motivering medför poängavdrag*”!

BILAGA – ANALOGA & DIGITALA MODULATIONSFORMER

- **Analog modulation**
  - AM-DSB-SC: $x(t) = A \cdot m(t) \cdot \cos(\omega_c t)$, AM-DSB: $x(t) = A \cdot (C + m(t)) \cdot \cos(\omega_c t)$
  - Vinkelmodulering: $x(t) = A \cdot \cos(\omega_c t + \phi\{m(t)\})$
    - PM: $\phi\{m(t)\} = a \cdot m(t)$
    - FM: $\dfrac{d\phi\{m(t)\}}{dt} = a \cdot m(t) \Leftrightarrow \phi\{m(t)\} = a \cdot \int_{t_0}^{t} m(\tau)\,d\tau$

- **Digital modulation**
  - **Grundläggande samband:**

$$x(t) = \begin{cases} A \cdot \cos(\omega_c t + \varphi); & 0 \le t < T \\ 0; & \text{f.ö.} \end{cases} = \begin{cases} a \cdot \phi_0(t) + b \cdot \phi_1(t); & 0 \le t < T \\ 0; & \text{f.ö.} \end{cases},$$

där $\phi_0(t)$ och $\phi_1(t)$ är ortogonala basfunktioner, dvs. $\int_T \phi_0(t)\phi_1^*(t)\,dt = 0$:

$$\begin{cases} a = A\sqrt{\dfrac{T}{2}} \cdot \cos(\varphi) \\ b = A\sqrt{\dfrac{T}{2}} \cdot \sin(\varphi) \end{cases} \quad \& \quad \begin{cases} \phi_0(t) = \sqrt{\dfrac{2}{T}} \cdot \cos(\omega_c t) \\ \phi_1(t) = -\sqrt{\dfrac{2}{T}} \cdot \sin(\omega_c t) \end{cases}$$

Vektorrepresentation av $x(t)$:

$$\bar{x} = \begin{pmatrix} a \\ b \end{pmatrix}$$

Utgående från en vektorrepresentation enligt ovanstående, kan man för olika modulationsformer nedan rita motsvarande *signaluppsättningsdiagram* (Eng: ”signal space diagram”).

  - **Binära modulationsformer**, där de binära symbolerna 0 och 1 representeras av $s_0(t)$ resp. $s_1(t)$ i intervallet $0 \le t < T$:
    - 2-ASK: $s_0(t) = A \cdot \cos(\omega_c t)$ $s_1(t) = B \cdot \cos(\omega_c t)$ (specialfall: OOK)
    - BPSK: $s_0(t) = A \cdot \cos(\omega_c t + \pi)$ $s_1(t) = A \cdot \cos(\omega_c t)$
    - BFSK: $s_0(t) = A \cdot \cos(\omega_0 t)$ $s_1(t) = A \cdot \cos(\omega_1 t)$
  - **Icke-binär modulation**, där varje *k*-bitars symbol (totalt $M = 2^k$ symboler) representeras av $s_i(t)$ i intervallet $0 \le t < T$:
    - ASK: $s_i(t) = A_i \cdot \cos(\omega_c t)$, $i = 1,2,3\ldots,M$
    - *M*-PSK: $s_i(t) = A \cdot \cos\left(\omega_c t + (2i-1)\dfrac{\pi}{M}\right)$, $i = 1,2,3,\ldots,M$
    - QPSK: QPSK är ett specialfall av *M*-PSK, för $M = 4$, dvs. då $k = 2$.
    - QAM: $s_i(t) = A_i \cdot \cos(\omega_c t + \varphi_i)$, $i = 1,2,3,\ldots,M$
    - FSK: $s_i(t) = A \cdot \cos\left(2\pi\left(f_c + \dfrac{i}{T}\right)t\right)$, $i = 0,1,2,\ldots,M-1$