LINKÖPINGS UNIVERSITET Institutionen för Systemteknik

Tentamen i
TSKS06 Linjära system för Kommunikation

Tid: 2020-08-19 kl. 14.00-18.00

Provkod: TEN1

Lokaler: Distanstentamen

Lärare: Lasse Alfredsson, tel. 013-28 2645
Jag är tillgänglig på telefon under hela skrivningstiden samt i följande Zoom-rum kl. 15–15:30 & 17–17:30: **liu-se.zoom.us/j/61982530419**
Tentafrågor besvaras i första hand i Zoom-rummet.
Viss väntetid kan ske, om andra också har frågor – det går en annan tenta samtidigt.

Hjälpmedel:
- Alla miniräknare, formelsamlingar, kurslitteraturen samt annan motsvarande litteratur är godkända som hjälpmedel 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 13 poäng. För betyg 4 krävs 17 poäng och för betyg 5 krävs 21 poäng. *Notera att gränsen för 3:a och 4:a är 2 poäng resp. 1 poäng högre än normalt, p.g.a. att denna tentan genomförs som distanstentamen.*

OBS!
- 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 se den rättade/bedömda versionen av dina lösningar, så **hör av dig till examinatorn** om det efter att du fått besked om tentamensresultatet.

Eventuella synpunkter på rättningen skall formuleras *skriftligen* och lämnas via e-post till examinatorn *senast 2020-09-30*.
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) Ett icke-kausalt LTI-system, som beskrivs av differentialekvationen
   $\frac{d^2y(t)}{dt^2}+4\frac{dy(t)}{dt}+3y(t)=x(t)$, är stabilt.

   b) Ett LTI-system med insignal $x(t)$ och utsignal $y(t)=x(-t)$ är kausalt om $x(t)=0$ för $t>0$ och antikausalt om $x(t)=0$ för $t<0$.

   c) Det är möjligt att erhålla ett 10:e ordningens butterworthfilter genom en kaskadkoppling av två butterworthfilter av vars sammanlagda ordning är 10.

   d) När man i QAM använder sinusformade signalpulser $s_i(t)$, så väljs signalpulslängden T och signalpulsfrekvensen f_c så att produkten $2f_cT$ blir ett heltal. Detta gör man för att sinc:en vid $f=-f_c$ hos $S_i(f)$ skall få en nollgenomgång vid $f=f_c$.

   e) För en periodisk signal $x(t)$, med komplexa fourierseriekoefficienter C_k, gäller sambandet $C_{-k}=C_k^*$ endast om $x(t)$ är reellvärd.

2. Ett LTI-system med impulssvar $h(t)=2\cdot e^{-3t}u(t)$ matas med insignalen
$x(t)=x_1(t)+x_2(t)$, där $x_1(t)=2+3\cos(4t)$ och $x_2(t)=u(t+1)-u(t-1)$.
Beräkna systemets utsignal $y(t)$.

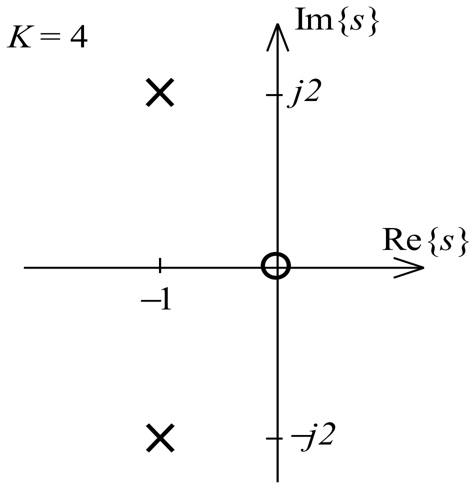
   Tips: Vid beräkning av $y(t)$ kan det vara lämpligt att hantera de två insignalskomponenterna på olika sätt…

3. Signalen $x(t)=\frac{\sin(t)}{t}$ utgör insignal till två olika system.
Det ena systemet deriverar insignalen två gånger, så att utsignalen $y_1(t)$ beskrivs av sambandet $y_1(t)=\frac{d^2x(t)}{dt^2}$.
Det andra systemet består av en multiplikator, som multiplicerar insignalen med en faktor $z(t)=\sin(t)$, dvs. systemets utsignal är $y_2(t)=x(t)\cdot z(t)=x(t)\cdot\sin(t)$.

   a) Beräkna energin hos de båda systemens respektive utsignaler. (4 p)

   b) Är det andra systemet ovan, med utsignal $y_2(t)$, linjärt? *Motivera tydligt!* (1 p)

4. Den periodiska signalen $x(t) = 2 + \sum_{k=1}^{\infty} \frac{6}{k\pi} \sin(k\pi t + \pi)$ är insignal till ett kausalt LTI-system med systemfunktion $H(s)$, som beskrivs av pol-nollställediagrammet nedan.



a) Beräkna de komplexa fourierseriekoefficienterna D_k till systemets periodiska utsignal $y(t)$. (3 p)

b) Skissera systemets amplitudkaraktäristik $|H(\omega)|$, utgående från ett resonemang *baserat på pol-nollställevektorer* i det givna pol-nollställediagrammet för $H(s)$. (2 p)

Anm 1: *Du skall/får alltså inte beräkna och rita* $|H(\omega)|$ *utgående från ett analytiskt uttryck på* $H(\omega)$.

Anm 2: $|H(\omega)|$ *beräknas (utgående från pol-nollställediagrammet) vid lokala max och min, men skisseras för övriga* ω.

5. Förhållandet mellan insignal $x(t)$ och utsignal $y(t)$ för ett visst kausalt LTI-system kan beskrivas med differentialekvationen $\frac{d^2y(t)}{dt^2} + 6\frac{dy(t)}{dt} + 13y(t) = \frac{d^2x(t)}{dt^2} - 9x(t)$.

a) Beräkna systemets systemfunktion $H(s)$ och ange dess konvergensområde! (2 p)

b) Beräkna systemets stegsvar $g(t)$, dvs. utsignalen för insignalen $x(t) = u(t)$. (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 $x(t)$:

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

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: $s_i(t) = A \cdot \cos\left(2\pi\left(f_c + \dfrac{i}{T}\right)t\right)$, $i = 0,1,2,\ldots,M-1$