LINKÖPINGS UNIVERSITET Institutionen för Systemteknik

Tentamen i
TSKS06 Linjära system för Kommunikation

Tid: 2018-11-01 kl. 08.00-12.00

Provkod: TEN1

Lokal: TER1

Lärare: Lasse Alfredsson, tel. 013-28 2645 (nås på detta nummer under tentan)
Jag besöker tentasalen *en gång*, efter ca. 60–90 minuter, och nås f.ö. per telefon.

Hjälpmedel:
- Räknedosa och ”Formler & Tabeller” av Sune Söderkvist.
- Det bifogade formelbladet om modulation.
- Andra motsvarande förlagsutgivna matematiska tabeller och formelsamlingar.

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.

OBS!
- Bristande motivering medför poängavdrag.
- Numeriska lösningar, dvs. om signifikanta delar av uppgiften löses m.h.a. räknare, accepteras ej.

Rättning: Tentorna rättas normalt inom *10 arbetsdagar* efter tentatillfället.
Efter registrering av resultaten i Ladok 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: Rättade tentor kan hämtas ut från **ISY:s expedition**, bredvid Café Java i B-huset, från och med **2018-11-26**. Öppettider *mån, ons & tor kl. 12:30−13:15*.

Eventuella synpunkter på rättningen skall formuleras *skriftligen* och lämnas via ISY:s expedition *inom en månad* från datumet ovan, då tentorna kan hämtas ut från expeditionen.
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 kaskadkoppling av två stabila LTI-system med impulssvar $h_1(t)$ resp. $h_2(t)$, så blir impulssvaret för det totala kaskadkopplade systemet lika med produkten av impulssvaren för de två delsystemen, dvs. $h(t) = h_1(t) \cdot h_2(t)$.

   b) Ett system där sambandet mellan insignal $x(t)$ och utsignal $y(t)$ beskrivs uttrycket $y(t) = \sin(x(t))$ är tidsinvariant.

   c) Impulssvaret för ett marginellt stabilt LTI-system är absolutintegrerbart.

   d) Ett femte ordningens butterworthfilter av har lägre dämpning i spärrbandet än ett motsvarande femte ordningens chebyshevfilter.

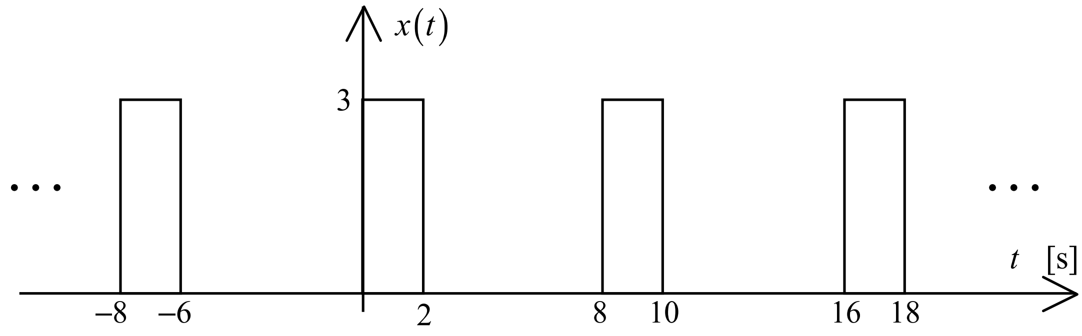
   e) För en fasmodulerad signal är frekvensavvikelsen $f_d(t)$ proportionell mot meddelandesignalen $m(t)$.

2. Beräkna, med hjälp av faltning, utsignalen från ett LTI-system med impulssvar $h(t) = 2(u(t-2) - u(t-6))$ när det matas med insignalen $x(t) = t \cdot (u(t+1) - u(t-1))$.

3. Ett energifritt stabilt LTI-system genererar, för insignalen $x(t) = (e^{-t} - e^{-2t})u(t)$, utsignalen $y(t) = t \cdot e^{-t}u(t)$.
   Beräkna systemets *frekvensfunktion* och *impulssvar* samt den *differentialekvation* som beskriver systemet.

4.

a) Beräkna de komplexa fourierseriekoefficienterna C_k till nedanstående periodiska signal $x(t)$. (ca. 50% av 5 p)



b) Låt $x(t)$ ovan vara insignal till ett LTI-system med impulssvar $h(t)=\delta(t)-3e^{-3t}u(t)$.
Den periodiska utsignalen $y(t)$ har de komplexa fourierseriekoefficienterna D_k.
Beräkna utsignalens dubbelsidiga amplitudspektrum $\left|D_k\right|$ för $k=1$ och $k=2$.
(ca. 50% av 5 p)

5. Nedanstående differentialekvationer beskriver förhållandet mellan insignal $x(t)$ och utsignal $y(t)$ för tre olika kausala LTI-system H_A, H_B och H_C:

$$H_\mathrm{A}: \quad \frac{d^2y(t)}{dt^2}-y(t)=\frac{dx(t)}{dt} \qquad\qquad H_\mathrm{B}: \quad \frac{d^2y(t)}{dt^2}+\frac{dy(t)}{dt}=\frac{dx(t)}{dt}-x(t)$$

$$H_\mathrm{C}: \quad \frac{d^2y(t)}{dt^2}+2\frac{dy(t)}{dt}+y(t)=\frac{d^2x(t)}{dt^2}-\frac{dx(t)}{dt}$$

- Rita fullständiga pol-nollställediagram för var och en av de tre systemens systemfunktioner $H_\mathrm{A}(s)$, $H_\mathrm{B}(s)$ respektive $H_\mathrm{C}(s)$. Ange även konvergensområde för varje systemfunktion och stabilitetsegenskap för varje system. *Motivera noga!*
- Vilket av systemen utgör ett högpassfilter? *Motivera noga!*

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: $\frac{d\phi\{m(t)\}}{dt} = a \cdot m(t) \;\Leftrightarrow\; \phi\{m(t)\} = a \cdot \int_{t_0}^{t} m(\tau)\,d\tau$

- **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. $\int_T \phi_0(t)\phi_1^*(t)\,dt = 0$:

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

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: $s_i(t) = A \cdot \cos\left(\omega_c t + (2i-1)\frac{\pi}{M}\right)$, $i = 1, 2, 3, \ldots, M$
    - 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: $s_i(t) = A \cdot \cos\left(2\pi\left(f_c + \frac{i}{T}\right)t\right)$, $i = 0, 1, 2, \ldots, M-1$