LINKÖPINGS UNIVERSITET Institutionen för Systemteknik

Tentamen i
TSKS06 Linjära system för Kommunikation

Tid: 2020-06-03 kl. 08.00-12.00

Provkod: TEN1

Lokaler: Hemtentamen

Lärare: Lasse Alfredsson, tel. 013-28 2645
Jag är tillgänglig på telefon under hela skrivningstiden samt i följande Zoom-rum kl. 9:30–10 & 11–11:30: liu-se.zoom.us/j/61982530419
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 hemtentamen.
- 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 hemtentamen.

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.

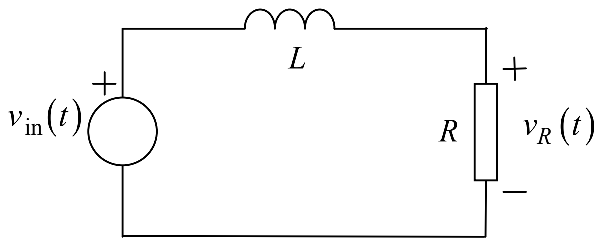
Lösningsförslag finns normalt tillgängligt på kursens tenta-webbsida *inom 5 arbetsdagar*: **www.cvl.isy.liu.se/education/undergraduate/TSKS06/tentor**

Uthämtning: Rättade tentor kan hämtas ut på **ISY:s expedition** från och med **2020-06-29**.
Expeditionen finns bredvid Café Java i B-huset – öppettider: *måndag, onsdag & torsdag kl. 12:30−13:15.* (*OBS: Expeditionen är stängd under juli månad.*)
Eventuella synpunkter på rättningen skall formuleras *skriftligen* och lämnas via ISY:s expedition *senast 2020-08-28.*
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) Det elektriska LTI-systemet till höger, där $v_{\text{in}}(t)$ är insignal och $v_R(t)$ är utsignal, utgör ett högpassfilter.



b) Ett visst tidskontinuerligt system har insignal $x(t)$ och utsignal $w(t)=\dfrac{dx(-t+1)}{dt}$.

För den periodiska insignalen $x(t)=\sum_{k=-\infty}^{\infty} C_k \cdot e^{jk\omega_1 t}$ erhålls då den periodiska utsignalen

$w(t)=\sum_{k=-\infty}^{\infty} D_k \cdot e^{jk\omega_1 t}$, där $D_k=\dfrac{C_k^* \cdot e^{-jk\omega_1}}{jk\omega_1}$ för $k \neq 0$.

c) Vid kaskadkoppling av två stabila LTI-system med impulssvar $h_1(t)$ respektive $h_2(t)$, så blir impulssvaret $h(t)$ för det totala kaskadkopplade systemet lika med produkten av impulssvaren för de två delsystemen, dvs. $h(t)=h_1(t)\cdot h_2(t)$.

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

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

2. Ett energifritt LTI-system har impulssvaret $h(t)=\delta(t)+2e^{-3t}u(t)$.
Beräkna systemets utsignal $y(t)$, då insignalen är

a) $x(t)=4\cos(2t)$. (2 p)

b) $x(t)=e^{2t}u_0(2-t)$. (3 p)

3. Förhållandet mellan utsignal $y(t)$ och insignal $x(t)$ för ett visst givet kausalt LTI-system ges av differentialekvationen

$$\frac{1}{K}\frac{d^2y(t)}{dt^2}+2\frac{dy(t)}{dt}+Ky(t)=K\frac{d^2x(t)}{dt^2}+4\frac{dx(t)}{dt}+4Kx(t)$$

där K är en reell, nollskild konstant.

a) För vilka värden på K är systemet stabilt? (2 p)

b) Låt $K=1$ och $x(t)=4\cos(5t)$. Beräkna utsignalen $y(t)$. (2 p)

c) Kan man välja K så att systemet blir ett LP-filter med $\lim_{\omega\to\infty}|H(\omega)|=0$?
Motivera tydligt! (1 p)

4. Ett system med insignal $x(t)$ har utsignalen $y(t)=x(t)\cdot\sin(20\pi t)$.
Antag att systemet initialt befinner sig i vila (ingen begynnelseenergi).

a) Är systemet (bevisa eller motbevisa)

i) linjärt? (1 p)

ii) tidsinvariant? (1 p)

iii) stabilt? (1 p)

b) Beräkna och rita utsignalens amplitudspektrum $|Y(\omega)|$ då insignalen är $x(t)=\dfrac{\sin(2\pi t)}{\pi t}$. (2 p)

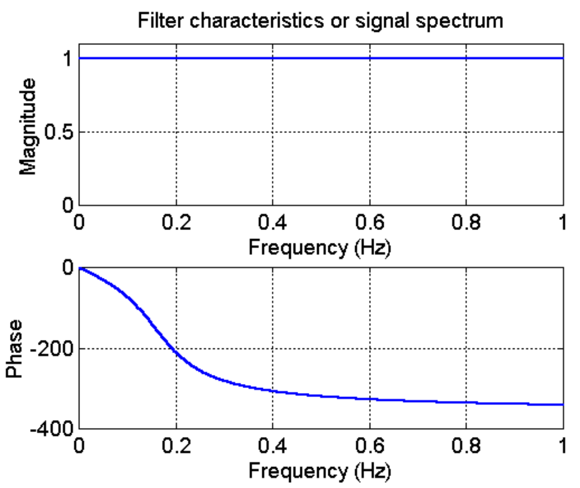
ALLMÄNNA TENTALÖSNINGSTIPS FÖR HELA TENTAN:

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…

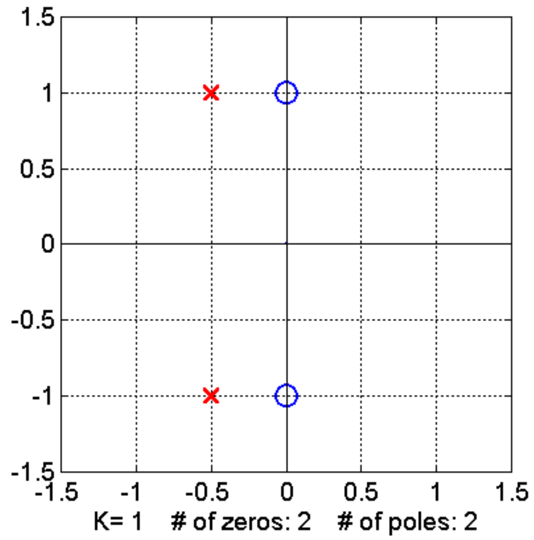
Tänk på följande, som står på tentans försättsblad: ”*Bristande motivering medför poängavdrag*”!

5. Sex olika LTI-system har amplitud- och faskaraktäristik (a−f) och systemfunktion med pol-nollställediagram (1−6) enligt graferna nedan och på nästa sida för samt – men *i blandad ordning*. Ange, och motivera noggrant vilka par som representerar samma system!

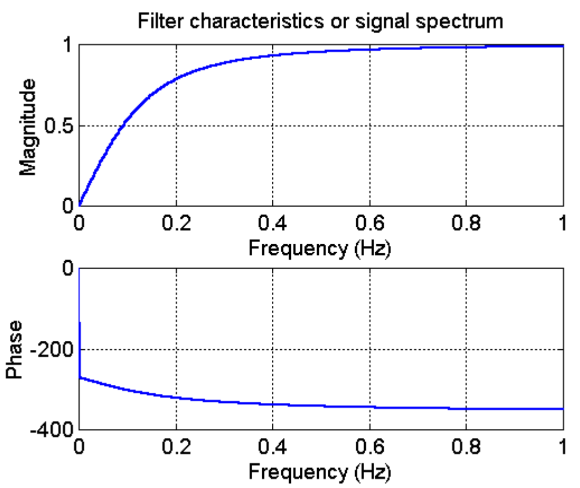
   Anm: $\arg H(f)$ *är ritad i intervallet –360 till 0 grader, så fashopp på 360 grader i grafen sker bara för att faskaraktäristiken ska ritas i det intervallet.*



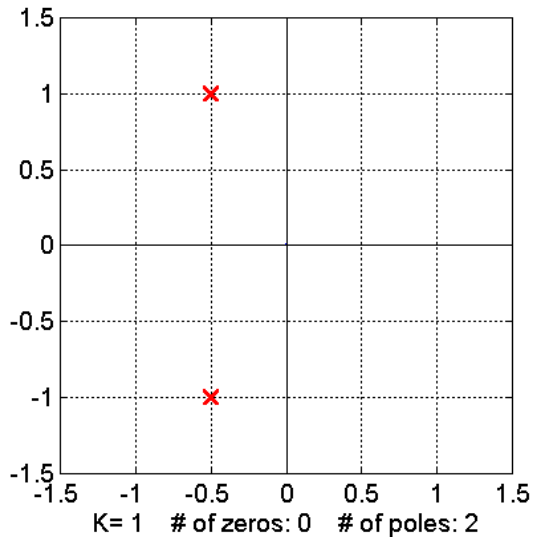
a



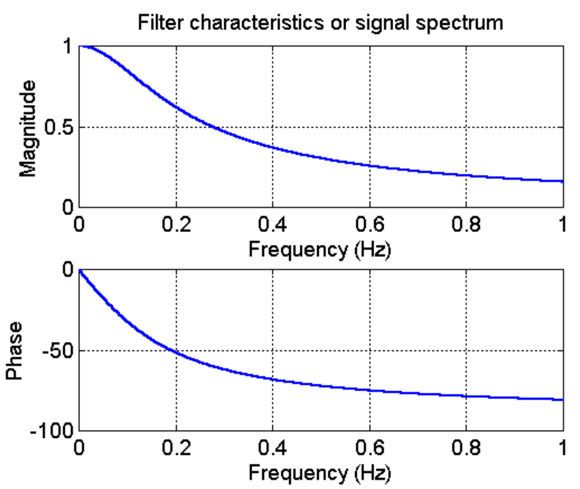
1



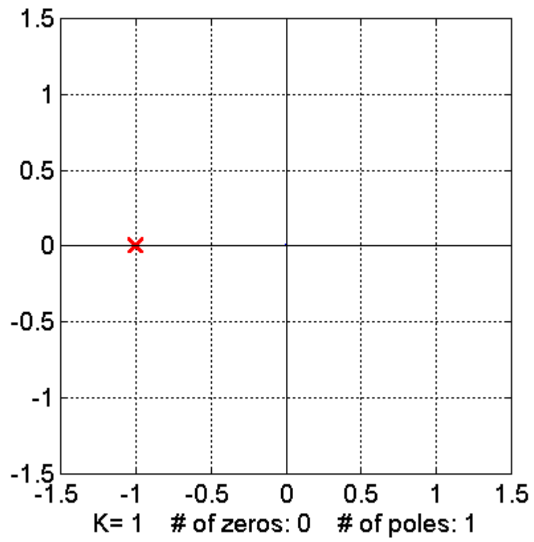
b



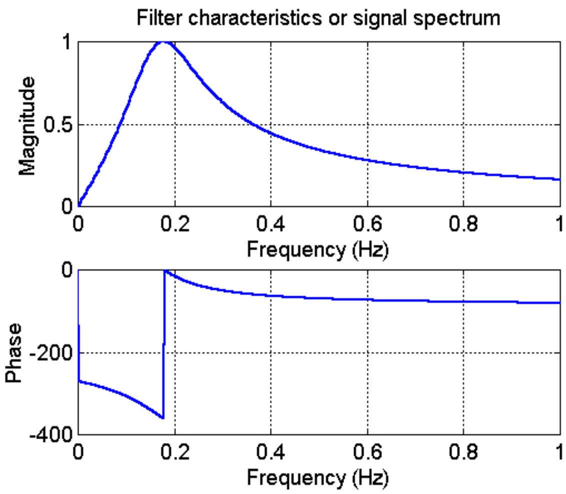
2

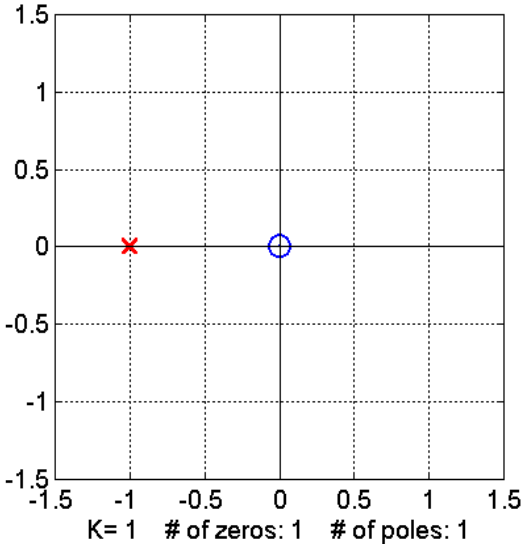


c

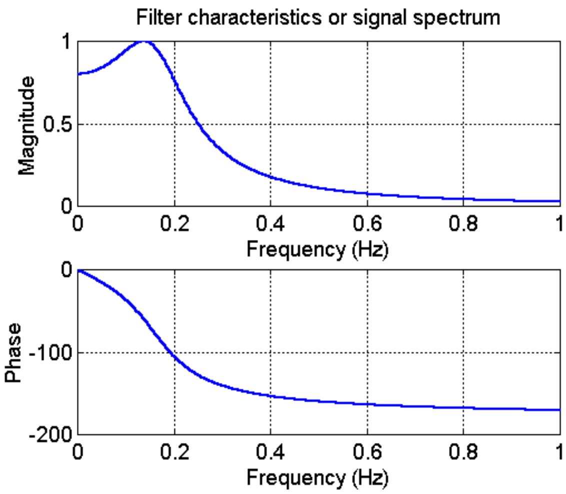


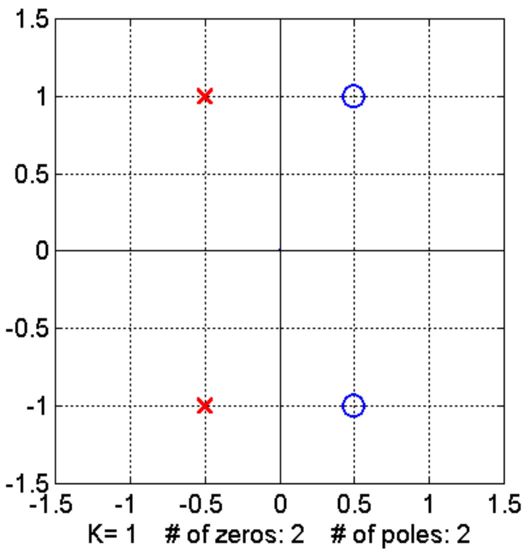
3


Filter characteristics or signal spectrum
Magnitude
Frequency (Hz)
Phase
Frequency (Hz)

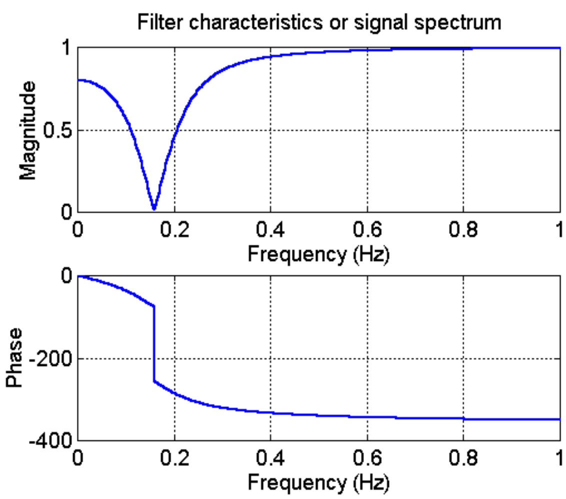

K= 1
# of zeros: 1
# of poles: 1

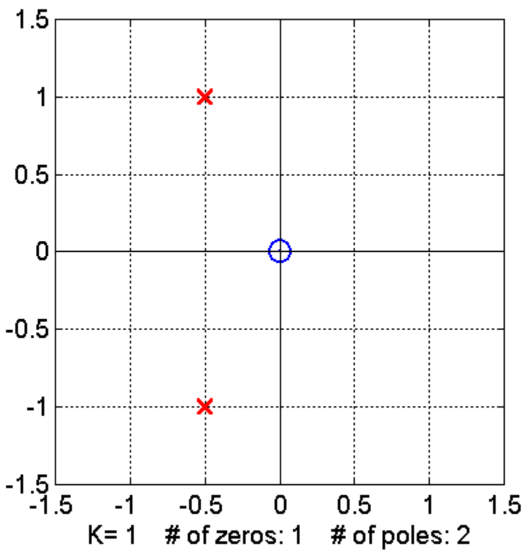
d | 4


Filter characteristics or signal spectrum
Magnitude
Frequency (Hz)
Phase
Frequency (Hz)


K= 1
# of zeros: 2
# of poles: 2

e | 5


Filter characteristics or signal spectrum
Magnitude
Frequency (Hz)
Phase
Frequency (Hz)


K= 1
# of zeros: 1
# of poles: 2

f | 6

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