

# Tentamen i Elektronik - ETIA01

Institutionen för elektro- och informationsteknik  
LTH, Lund University

2014-05-28  
8.00 - 13.00

Uppgifterna i tentamen ger totalt 60. Uppgifterna är inte ordnade på något speciellt sätt. Läs därför igenom alla uppgifter innan du börjar lösa dem. Några uppgifter är uppdelade i deluppgifter. Av totalt 60 möjliga poäng fordras minst 30 för godkänt.

Tillåtna hjälpmedel:

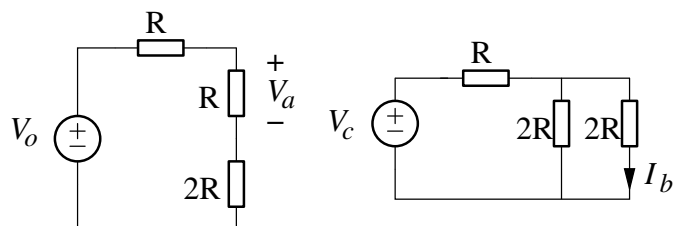
- Formelsamling i kretsteknik
- Räknare

Observera!

- För att rättning av lösning skall komma i fråga ska den vara läslig samt klart och tydligt uppställd.
- Glöm inte att skriva namn och personnummer på alla blad.

Lycka till!

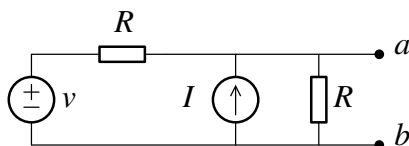
1. Nätet i figur 1 ska undersökas.



Figur 1: Två nät med likspänningskällor

- (a) Bestäm  $V_a$  i den vänstra figuren (5 p)
- (b) Bestäm  $V_c$  i den högra figuren om  $I_b = 2A$  och  $R = 6\Omega$  (5 p)

2. Nätet i figur 2 ska ersättas med en Theveninekvivalent i nodparet a-b.



Figur 2: Nät som ska ersättas med Theveninekvivalent

- (a) Bestäm Theveninekvivalenten i nodparet a-b i figuren (6 p)
- (b) En resistor med värdet  $R$  ansluts till nodparet a-b. Vad blir strömmen i den resistorn? (4 p)
3. Bland OPkopplingarna finns differentialförstärkaren och instrumentförstärkaren.
- (a) I vilka sammanhang behöver man använda dessa kopplingar. (1 p)
- (b) Ge någon fördel med instrumentförstärkaren jämfört med differentialförstärkaren med en OP (1 p)
- (c) Två spänningar,  $v_1 = 3.045V$  och  $v_2 = 3.055V$ , är insignaler till en differentialförstärkare. Bestäm  $|v_{DM}|$  respektive  $v_{CM}$  för signalerna. (2 p)
- (d) Vad blir utsignalen från en differentialförstärkare med insignalerna ovan om förstärkningen är  $A_{DM} = 10$  och  $A_{CM} = 0.01$  (2 p)
- (e) Förklara CMRR med ord och beräkna ett värde på CMRR uttryckt i dB från data ovan (2 p)

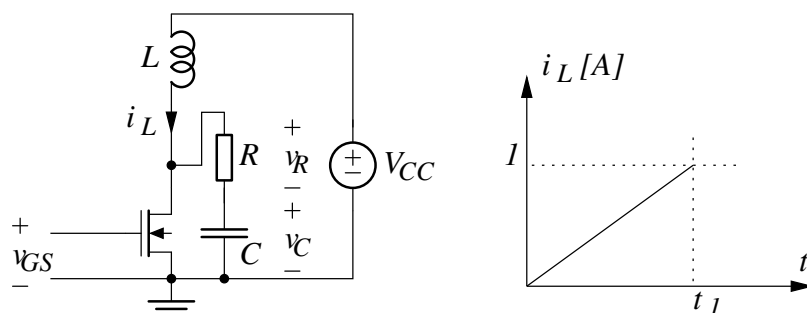
4. Ett datainsamlingssystem har ingångar med mätområdet 0 till 2V. Olika givare ansluts och deras ut signaler ska omvandlas så de passar för datainsamlingssystemet. Visa kopplingar med OPförstärkare som omvandlar signaler från följande givare till spänningen 2V. Resistorer får väljas i intervallet  $100\Omega$  till  $1M\Omega$ .

(a) En strömmätare med utsignalen  $-2\text{mA}$  (3 p)

(b) En termometer med utspänningen  $100\text{mV}$  (3 p)

(c) En tryckgivare med utsignalen  $-500\text{mV}$  (3 p)

5. Figur 3 visar en transistorswitch med induktiv last, där transistorn slås på och leder maximalt med  $V_{DS} = 0$  vid tiden  $t = 0$ . Strömmen i induktansen  $L$  ökar enligt diagrammet. Vid tiden  $t_1$  stängs transistorn av, då är också är kondensatorn  $C$  urladdad. Komponenterna  $R$  och  $C$  är en skyddskrets för transistorn.  $L = 1\text{mH}$ ,  $R = 10\Omega$ ,  $C = 1\mu\text{F}$  och  $V_{CC} = 10\text{V}$ .



Figur 3: Transistorswitch med induktiv last

(a) Vad är  $v_C(t_1-)$  och  $v_R(t_1-)$  just innan transistorn stängs av? (2 p)

(b) Vad är  $v_C(t_1+)$  och  $v_R(t_1+)$  alldeles efter transistorn stängts av? (2 p)

(c) Vad är  $v_C(\infty)$  och  $v_R(\infty)$  efter mycket lång tid? (2 p)

(d) Visa en ekvation, med givna storheter, för  $i_L(t)$  för tiden  $t = 0$  till  $t = t_1$  enligt figuren eller förklara varför strömmen ökar linjärt med tiden. (2 p)

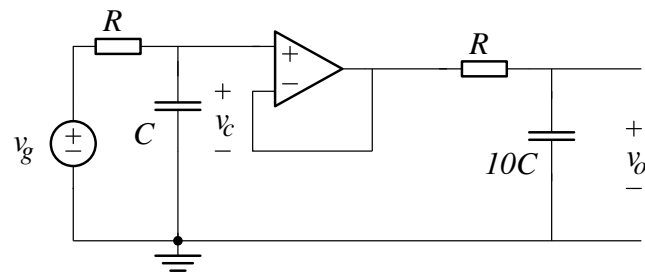
6. Frågan gäller AD- och DAomvandling.

(a) I specifikationen för digitalt ljud används 24 bitar. Antag att DA-omvandlaren i en spelare har den maximala utsignalen 2V. Vilken är den minsta spänningsändring som utsignalen kan ha? Visa hur du kommit fram till ditt svar. (2 p)

(b) Beskriv vad vikning (aliasing) är och hur man undviker det. (2 p)

(c) Vad menas med begreppen linjäritetsfel och kvantiseringsfel? (2 p)

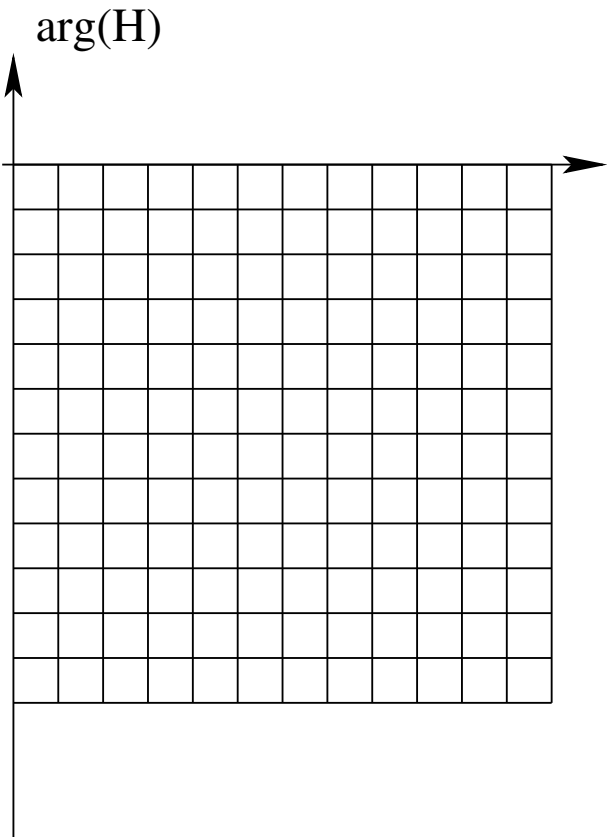
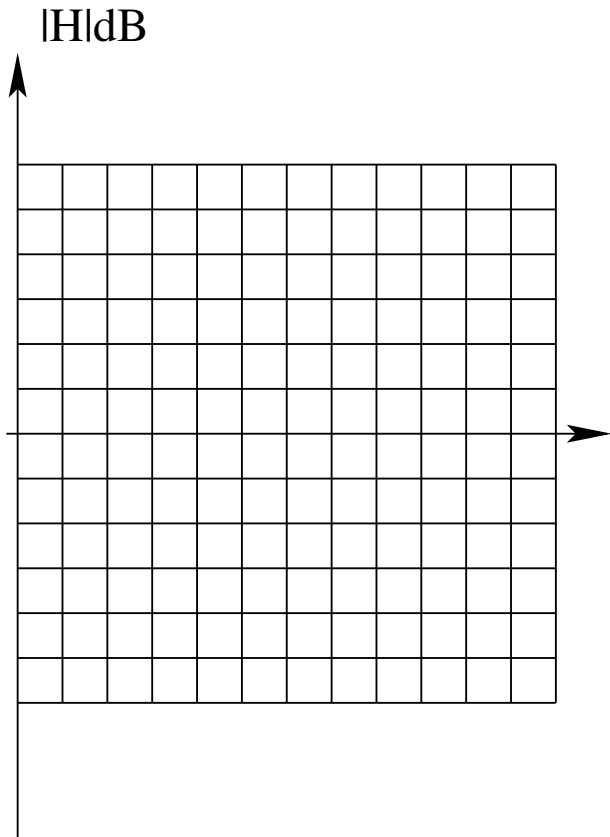
7. Figur 4 visar ett filter med OP.



Figur 4: Filter med OP

- (a) Bestäm överföringsfunktionerna  $H_1(j\omega) = \frac{V_c}{V_g}$  (3 p)
- (b) Bestäm överföringsfunktionerna  $H_2(j\omega) = \frac{V_o}{V_c}$  (2 p)
- (c) Rita BODEdiagrammen för  $H_1$  och  $H_2$  i samma diagram. Märk ut tydligt vad som är  $H_1$  och  $H_2$ . Markera brytpunkten (brytvinkelfrekvensen) för de båda om brytpunkten för  $H_1$  antas vara  $\omega_b$  i diagrammet. Diagramblad finns sist i tentamenshäftet. (4 p)

Namn:.....



1a  $V_a = V_o/4$

1a  $V_c = 2 * 12 + 4 * 6 = 48V$

2a  $V_{TH} = \frac{1}{2}(V + R * I)$  och  $R_{TH} = R/2$

2b  $I = \frac{V_{TH}}{R+R_{TH}} = \frac{1}{3R}(V + R * I)$

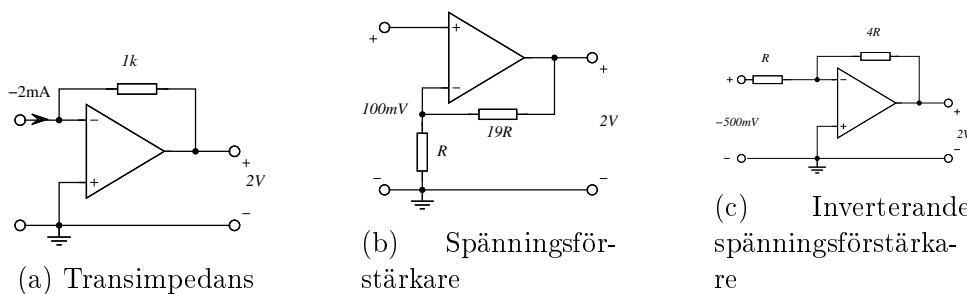
3a Kopplingarna behövs när man vill mäta spänningsskillnader där ingen av ingångarna är kopplad till jord. Även för störningsbekämpning av commonmode signaler är de användbara.

3b Instrumentförstärkaren har, jämfört med differentialsförstärkaren med en OP, högre och lika inresistans på de båda ingångarna, bättre  $CMRR$  samt förstärkningen ställbar med endast en resistor.

3c  $|v_{DM}| = 3.055 - 3.045 = 0.01V$ ,  $v_{CM} = (3.055 + 3.045)/2 = 3.050V$

3d  $v_{ut} = A_{DM}v_{DM} + A_{CM}v_{CM} = 10 * 0.01 + 0.01 * 3.050 = 0.1305V$

3e  $CMRR$ , Common Mode Rejection Ratio, visar hur bra gemensamma signaler undertrycks i förhållande till skillnadssignaler.  $CMRR$  är ett kvalitetsmått för differentialsförstärkare. Eftersom det ofta är ett stort tal anges det i dB.  $CMRR = A_{DM}/A_{CM} = 10/0.01 = 1000(60db)$



Figur 5: Svar till uppgift 4, OP-kopplingar

4a Ström till spänningsovandlare, transimpedans. Förstärkning  $\frac{v_{ut}}{i_{in}} = \frac{2V}{-2mA} = -R = -1k\Omega$

4b Spänningsförstärkare. Förstärkning  $\frac{v_{ut}}{v_{in}} = \frac{2V}{100mV} = 1 + \frac{R_2}{R_1} = 20$

4c Inverterande spänningsförstärkare. Förstärkning  $\frac{v_{ut}}{v_{in}} = \frac{2V}{-500mV} = -\frac{R_2}{R_1} = -4$

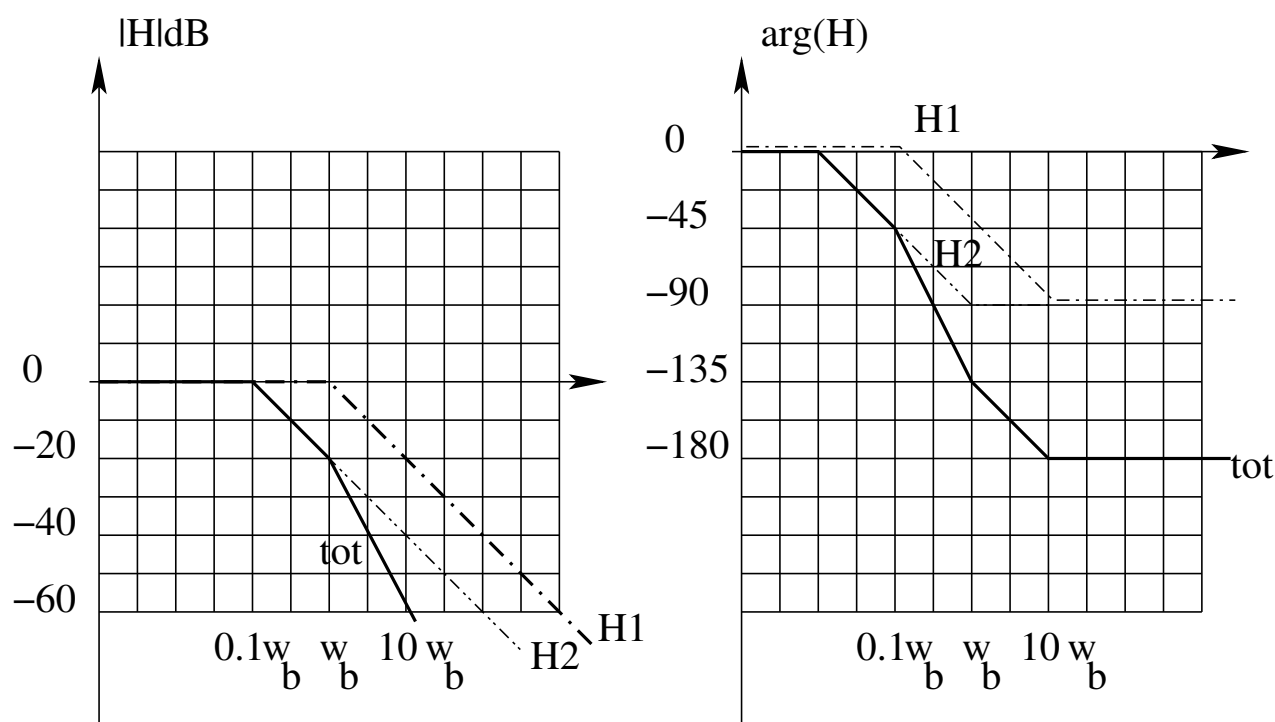
5a  $v_C(t_1-) = 0$  och  $v_R(t_1-) = 0$  Transistorn leder och är då en kortslutning.

5b  $v_C(t_1+) = 0$ , ingen laddning, och  $v_R(t_1+) = I_L * R = 1 * 10 = 10V$ . Strömmen 1A fortsätter att flyta men nu i  $R$  och i  $C$

5c  $v_C(\infty) = V_{CC}$  och  $v_R(\infty) = 0$  eftersom strömmen nu är 0

5d När transistorn leder (kortslutning) ligger hela  $V_{CC}$  över  $L$ .  $i_L(t) = \frac{1}{L} \int V_L dt = \frac{V_{CC}}{L} t$  för tiden  $t_1 = 0$  till  $t = t_1$ . Strömmen ökar linjärt enligt ekvationen och om ingen resistor ( $r$  i spolen t.ex.) hindrar kommer den att öka till  $\infty$  eftersom strömmen är ett mått på energin som är lagrad i spolen.

- 6a Minsta spänningsändring, upplösningen, är  $V_{fs}/2^n = 2/2^{24} \approx 119nV$
- 6b Vikning (aliasing) innebär att man tar för få sampel per period av signalen. Detta innebär att man inte kan återskapa signalen korrekt igen. Flera frekvenser passar på sampel-mönstret. Man undviker vikning genom att begränsa frekvensinnehållet i signalen med ett lågpasfilter, analogt av uppenbara skäl.
- 6c Vid AD- och DA-omvandling vill man att det finns ett linjärt samband mellan de digitala talen och den analoga spänningen. Om de omvandlade värdena avviker från den önskade linjära representationen på ett olinjärt sätt kallas det linjäritetsfel. Vid omvandling till digitala tal kommer flera analoga värden kopplas till ett digitalt värde. Denna osäkerhet kallas kvantiseringsfel
- 7a  $H_1(j\omega) = \frac{V_c}{V_g} = \frac{1}{1+j\omega RC}$
- 7b  $H_2(j\omega) = \frac{V_o}{V_c} = \frac{1}{1+j\omega 10RC}$
- 7c BODEdiagrammet för  $H_1$  är det vanliga lågpasnätet med  $R$  och  $C$ . I  $H_2$  är brytvinkelfrekvensen  $\omega_b = 1/(10RC)$ , också ett lågpasfilter. OPn är en spänningsföljare och isolerar de båda filtren från varandra. Bodediagrammen visas i figur 6

Figur 6: Bodediagrammen för  $H_1$  och  $H_2$