

Tentamen i Elektronik - ETIA01

Institutionen för elektro- och informationsteknik
LTH, Lund University

2015-08-28
8.00 - 13.00

Uppgifterna i tentamen ger totalt 60 poäng. 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

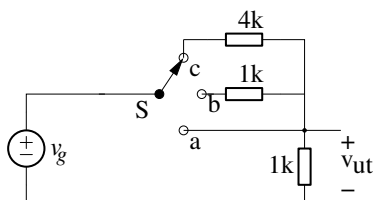
Observera!

- 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!

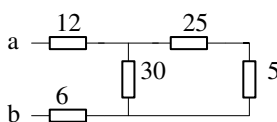
1. Några nät ska undersökas.

- (a) Figur 1 i visar en dämpsats som används för att minska inspänningen till ett mätinstrument. Bestäm V_{ut} för de tre olika lägena på omkopplaren S som funktion av mätsignalen v_g (5 p)



Figur 1: Nät med likspänningskälla

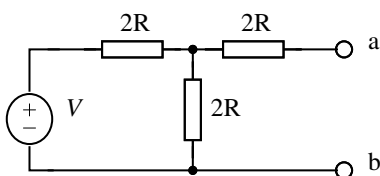
- (b) Bestäm den ekvivalenta resistansen för nätet i figur 2 sett ifrån noderna a - b. (3 p)



Figur 2: Nät med resistorer

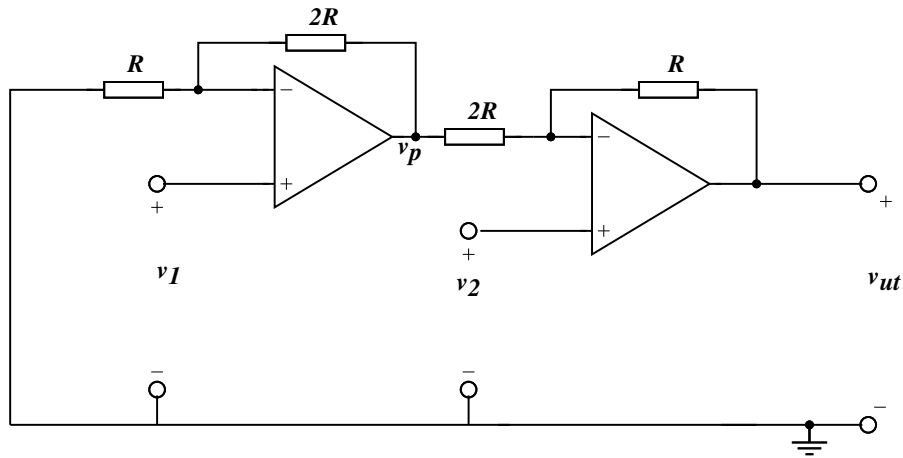
2. En likspänningskälla med värdet V volt ansluts till några resistorer enligt figur 3.

- (a) Bestäm Theveninekvivalenten i nodparet a-b i figur 3 (5 p)
- (b) Vad blir effektutvecklingen i en resistor med värdet $3R$ om den ansluts till nodparet a-b? (5 p)



Figur 3: Nät med likspänningskälla

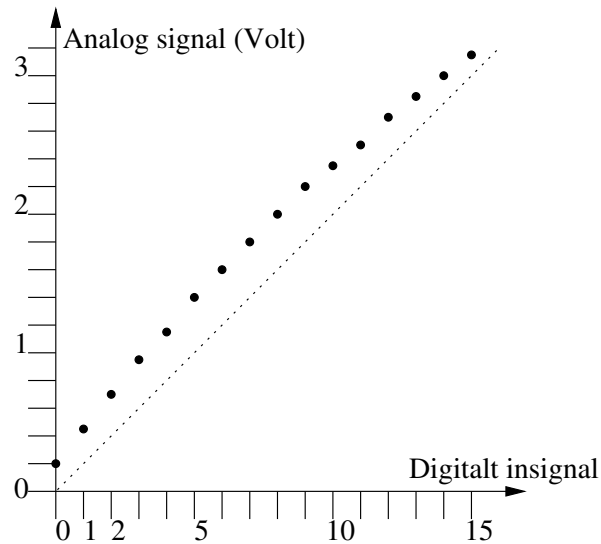
3. Kopplingen i figur 4 består av två stycken OPförstärkare. Du får anta att det är ideala OP.



Figur 4: Koppling med två OP

- (a) Bestäm v_p på första OPns utgång som funktion av v_1 (5 p)
- (b) Bestäm v_{ut} som funktion av v_1 och v_2 . (5 p)

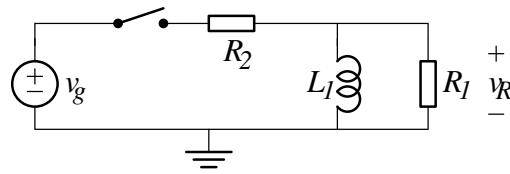
4. Vid test av en DA-omvandlare genomlöptes samtliga digitala värden och i diagrammet i figur 5 visas de analoga mätvärdena som punkter.



Figur 5: Testresultat på DAomvandlare

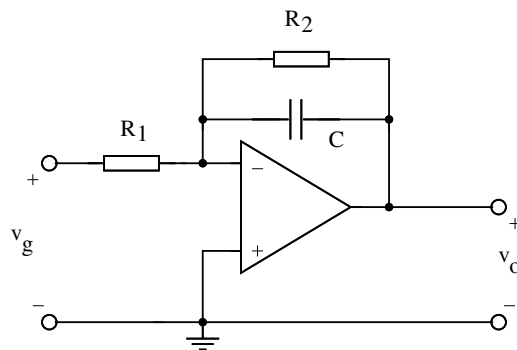
- (a) Hur många bitar har DA-omvandlaren? (2 p)
- (b) Nämn två fel som DA-omvandlaren har. (2 p)
- (c) Vilken upplösning har DA-omvandlaren om $V_{full\ scale}$ är 3,2V (och den är felfri)? (2 p)

5. I figur 6 är v_g en likspänningskälla. Vid tiden $t = 0$ sluts strömbrytaren. Induktansen L är strömlös före tiden $t = 0$. $R_1 = R_2 = 2R$



Figur 6: Nät med induktans

- (a) Vad blir slutvärdet på strömmen i spolen L_1 lång tid efter $t = 0$? (2 p)
- (b) Ge ett uttryck för strömmen i spolen L_1 för $t \geq 0$ (3 p)
- (c) Efter tiden t_0 , där $t_0 \gg \tau$, öppnas strömbrytaren. Ge ett uttryck för spänningen v_R över R_1 för $t \geq t_0$ (3 p)
6. Figur 7 visar en OPkoppling som har en filterfunktion, $H(j\omega)$. V_g är en ideal växelspänningskälla med varierbar frekvens och $R_2 = 100R_1$. *Glöm inte att riva av och bifoga diagrammet sist i häftet!*

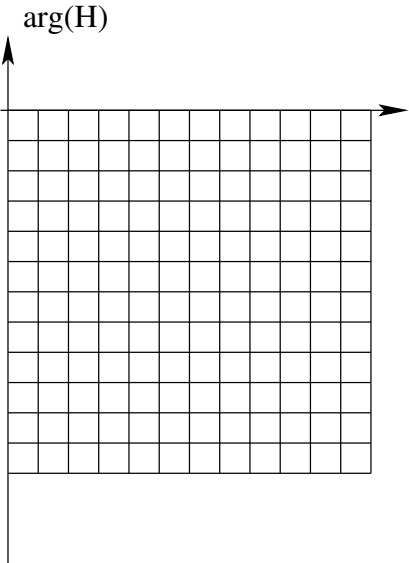
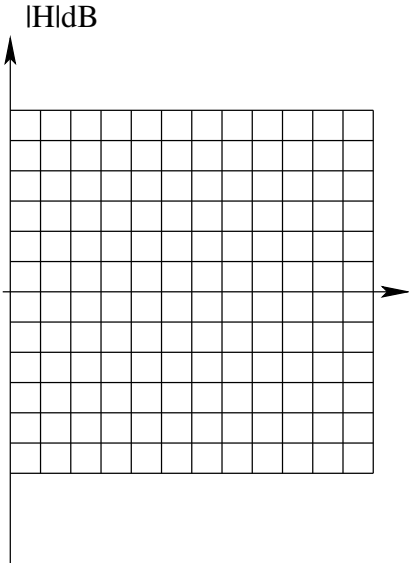


Figur 7: Filterkoppling

- 4c (a) Bestäm överföringsfunktionen $H(j\omega) = \frac{V_o}{V_g}$ (2 p)
- (b) Rita BODEdiagrammen för H . Normera diagrammen så att brytpunkten, f_b , har vinkelfrekvensen 1. Diagramblad finns sist i tentamenshäftet. Gradera axlarna för att få poäng. (4 p)
- (c) En signal med den normerade frekvensen 10 ($10 * f_b$) och med amplituden $v_g = 5V$ ansluts, $v_g(t) = 5 \sin(10 * 2\pi f_b t)$. Vilken amplitud och fasvridning har då $v_o(t)$? (2 p)
- (d) Om källan v_g inte är ideal utan har en inre resistans, $R_g = R_1$, vad innebär detta för kopplingens egenskaper? (2 p)

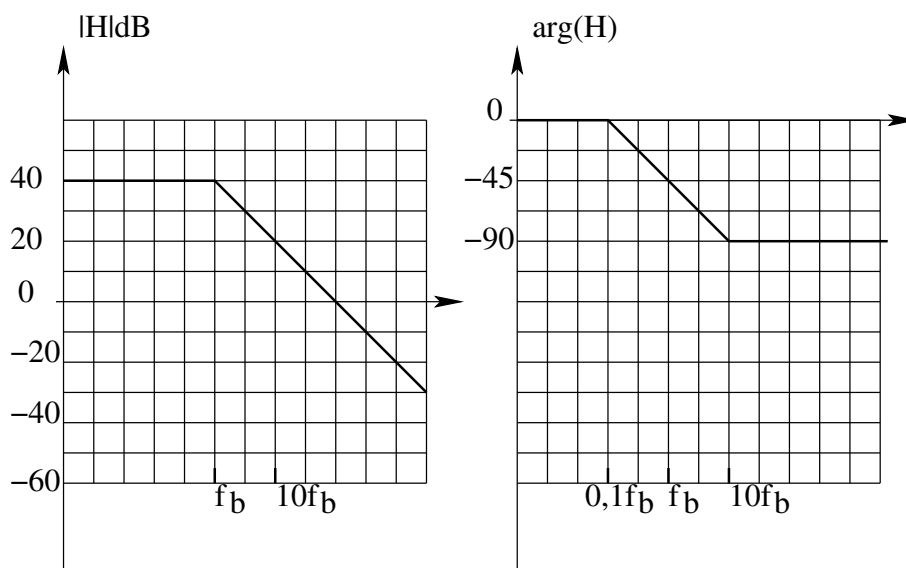
7. En mätning av EEG, elektroencefalogram, dvs mätning av hjärnans elektriska aktivitet sker genom att många elektroder anbringas på huvudet. Den uppmätta signalen mellan två stycken elektroder är i storleksordningen $10\mu V$ ($10^{-5}V$) men samtidigt finns en störning från omgivande elektriska apparater och belysning på ca $0,5V$ relativt en referenselektrod (=jord). En mätkoppling ska specificeras.
- (a) En differentialförstärkarkoppling är lämplig som mätkoppling i detta fall. Beskriv vilken OPkoppling du väljer och ange för- och nackdelar med den du väljer. (3 p)
 - (b) Ange förstärkning för kopplingen om utsignalen från denna skall vara $10mV$. (1 p)
 - (c) Ange vad $CMRR$ betyder (i ord eller med formel) (1 p)
 - (d) Ange ett minsta $CMRR$ värde i fallet ovan om störningens inverkan på utsignalen skall vara mindre än $1mV$. (3 p)

Namn:.....



Svar

- 1a Spänningsdelning, läge a): v_g direkt, läge b): $1k/(1k+1k)*v_g = v_g/2$ och läge c): $1k/(1k+4k) * v_g = v_g/5$
- 1b $12 + 30 \parallel (25 + 5) + 6 = 33\Omega$
- 2a $V_{TH} = V/2, R_{TH} = 3R$
- 2b Utnyttja Theveninekvivalenten. Spänningen över $3R$ blir $V/4$ och effekten $U^2/R = \frac{(V/4)^2}{3R} = \frac{V^2}{48R} \text{ W}$
- 3a Ickeinverterande spänningsförstärkare med $A = 1 + 2R/R = 3$. $v_p = 3v_1$
- 3b Superposition. Nollställ v_p : $v_{ut,1} = (1 + R/2R)v_2$. Nollställ v_2 : $v_{ut,2} = -R/2R * v_p$. $v_{ut} = 3/2(v_2 - v_1)$
- 4a 16 steg = 2^N ger 4 bitar.
- 4b Offsetfel och linjäritetsfel
- 4c $V_{LSB} = 3.2/2^4 = 3.2/16 = 0.2V$
- 5a Spänningen över spolen blir 0 efter lång tid. $i_L(\infty) = v_g/R_2 = v_g/2R$
- 5b Gör en Theveninekvivalent av v_g och resistorerna: $v_{TH} = v_g/2$ och $R_{TH} = R$.
 $i_L(t) = \frac{v_g/2}{R}(1 - e^{t/\tau_1})$ där $\tau_1 = L/R$
- 5c Nu är endast R_1 kvar i kretsen. Tiden startar vid t_0 . $i_L = (v_g/2R) * e^{(t-t_0)/\tau_2}$ där $\tau_2 = L/2R$ och spänningen över R_1 blir $V_{R1} = -i_L 2R = -v_g * e^{(t-t_0)/\tau_2}$
- 6a $H(j\omega) = -\frac{R_2}{R_1} \frac{1}{1+j\omega R_2 C} = -\frac{100}{1+j\omega R_2 C}$
- 6b Förstärkningen 100 ger att amplitudkurvan flyttas upp med 40dB



- 6c Enligt diagrammet förstärks den endast med 20dB vilket är 10 gånger. Amplituden blir $5 * 10 = 50V$ (blev lite stort för en praktisk OP). Fasvridningen vid $10f_b$ är -90 grader.

- 6d Överföringsfunktionen ändras: $H(j\omega) = -\frac{R_2}{R_1+R_g} \frac{1}{1+j\omega R_2 C}$ d.v.s. förstärkningen ändras och kurvan i amplituddiagrammet sjunker under 40dB-strecket.
- 7a I detta fall, med hög källresistans, är *Instrumentförstärkaren* lämplig. Fördelar är hög och lika impedans på ingångarna samt högt *CMRR*. En nackdel är högre pris.
- 7b $A_{DM} = \frac{10mV}{10\mu V} = 1000$
- 7c $CMRR = \frac{A_{DM}}{A_{CM}}$ är ett mått på hur mycket förstärkaren undertrycker signaler som är gemensamma på båda ingångarna.
- 7d Utsignalen är $10mV$ och kan skrivas som $v_{ut} = A_{DM}v_{DM} + A_{CM}v_{CM} = 10mV + 1mV$. Störningen på $0.5V$ får alltså inte förstärkas mer än att resultatet från den blir $1mV$. $A_{CM} = 1mV/0.5V = 0.002$. $A_{CM} = A_{DM}/CMRR$ vilket ger $CMRR = 1000/0.002 = 500000$ (114dB).