

TENTAMEN I SENSORER OCH BRUS – FY 0350

Lärare: Per Delsing (tel. 772 3317, 070-3088317)

Hjälpmedel: Ett A4 blad med egna, handskrivna anteckningar och formler, Physics Handbook, TEFYMA, ”Standard Math Tables”, el. liknande, valfri kalkylator.

För godkänt prov fordras minst 8.5 poäng. Väl godkänt fordrar 13.5 poäng. Max 18 poäng

Rättningsprotokollet anslås i entréhallen i trapphuset senast 2001-06-09.

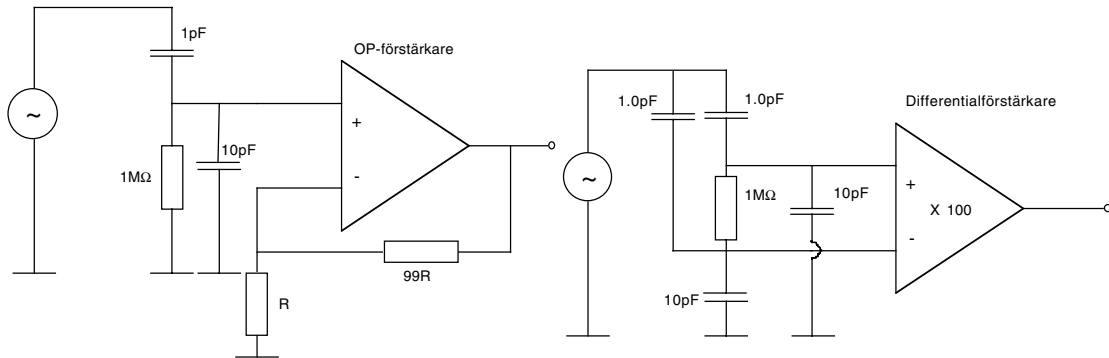
Granskning sker efter överenskommelse.

- 1) Beskriv för följande tre sensorer, dels om sensorn är självgenererande eller modulerande, och dels i vilka energidomäner sensorn arbetar, dvs vilken typ av energi utgör insignalen, utsignalen och den modulerade signalen. (3p)
 - a) Termoelement
 - b) Trådtöjnings givare
 - c) SQUID

- 2) Man vill med lock-in förstärkare noggrant mäta resistansen hos en sensor. Antag att sensorn är vid rumstemperatur och har en resistans på ca 10 k Ω . Din mätfrekvens är 200Hz och du använder en integrationstid på 1 sek.
 - a) Rita ett blockdiagram för en lock-in förstärkare. (1p)
 - b) Rita hur du biaserar och kopplar in din sensor till lock-in förstärkaren, och beskriv hur du på ett noggrant sätt kan få ut ett värde på resistansen. (1p)
 - c) Ungefär hur stort blir felet i resistans, antag att brusets amplitud ges helt av det termiska bruset i sensorn och att spänningen över sensorn är 100 μ V. (1p)

- 3) En Wheatstone brygga består av tre resistorer och en PT100 temperatur sensor vars resistans beror på temperaturen som $R=100\Omega\cdot[1+\alpha(T-273.15K)]$, $\alpha=0.12 \Omega/K$. Bryggan biaseras med en dc-spänning på 100mV och mäts av en förstärkare med förstärkningen $G=100$. Hela bryggan plus förstärkaren monteras där temperaturen ska mätas. Resistorerna har en temperatur drift på 100 ppm/ $^{\circ}$ C, medan förstärkaren har en temperatur drift på 5 μ V/ $^{\circ}$ C.
 - a) Bestäm hur mycket utspänningen varierar beroende på PT100 sensorn om temperaturen ändrar sig 2.5 $^{\circ}$ C. (1p)
 - b) Bestäm hur mycket utspänningen varierar beroende förstärkaren om temperaturen ändrar sig 2.5 $^{\circ}$ C. (0.5p)
 - c) Bestäm hur mycket utspänningen varierar beroende på de tre resistorerna om temperaturen ändrar sig 2.5 $^{\circ}$ C. (1.5p)

- 4) En trycksensor med impedansen $1\text{M}\Omega$ och känsligheten 3mV/Pa mäts med en förstärkare med förstärkningen 100 gånger. Mätningen störs av en nätledning som har spänningen 230V och frekvensen 50Hz . Kapacitansen mellan nätledningen och den ledning som går mellan sensor och förstärkare är 1pF , kapacitansen mellan sensorledningen och jord är 10pF . Se figuren nedan till vänster
- Hur stor bli mätfelet uttryckt i Pa på grund av störningen. (1p)
 - Beräkna mätfelet (uttryckt i Pa) om man istället använder en differentiell förstärkare med $\text{CMRR}=100\text{dB}$ enligt figuren till höger (2p)



- 5) En temperatursensor består av en framspänd diod som biaseras med en konstant ström I och spänningen V mäts med en förstärkare. Diodekvationen för en kiseldiod kan skrivas

$$I = I_0 \left(e^{\frac{eV}{kT}} - 1 \right)$$

e är elektronladdningen, k Boltzmanns konstant, T temperaturen och I_0 en konstant.

- Ange temperaturen som funktion av biasström och den uppmätta spänningen. (0.5p)
 - Härled ett uttryck för den dynamiska resistansen hos dioden (0.5p)
 - Härled ett uttryck för den spektrala brusdensiteten som kommer från sensorn som funktion av temperatur och biasström om man antar att termiskt brus dominerar. (1p)
 - Härled ett uttryck för den spektrala brusdensiteten som kommer från sensorn som funktion av temperatur och biasström om man antar att hagelbrus dominerar. (1p)
- 6) Du har en sensor med källimpedansen $200\text{k}\Omega$ och ska mäta en spänning som kommer från sensorn. Du har tre förförstärkare att välja mellan med följande data:

	e_n (nV/ $\sqrt{\text{Hz}}$)	i_n (fA/ $\sqrt{\text{Hz}}$)
LT 1028	1	1000
AD 743	3.8	6.9
OPA 111	6	0.4

- Rita ett log-log diagram som visar förstärkarnas brus (dvs $\sqrt{e_n^2 + i_n^2 R_s^2}$) som funktion av källresistansen R_s . (1p)
- Vilken förstärkare är bäst för den givna sensorn, och hur stort är förstärkarens brus om vi ansluter sensorn och antar att sensor temperaturen är 0K . (1p)
- Vid vilken temperatur ger sensorn lika mycket brus som förstärkaren. Hur stor är brusfaktorn (NF) vid denna temperatur (1p)