

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 två veckor efter tentamenstillfället.

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. i) Fotodiod, ii) Kapacitiv tryckgivare, iii) Enelektron transistor (3p)

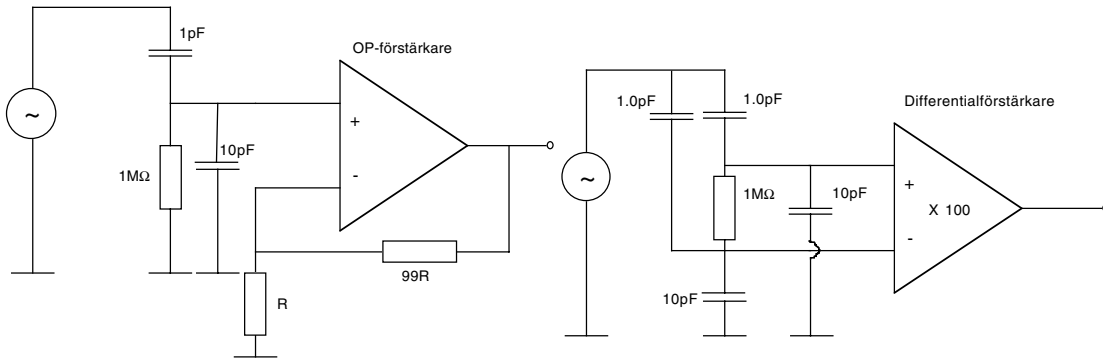
- 2) En Wheatstone brygga består av tre resistorer och en PT100 temperatur sensor vars resistans beror på temperaturen som $R=100\Omega\cdot[1+\alpha(T-T_0)]$, $\alpha=0.0042\text{ K}^{-1}$, $T_0=273.15\text{K}$. Bryggan biaseras med en dc-spänning på 100mV och mäts av en förstärkare med förstärkningen $G=100$. Hela bryggan plus förstärkaren monteras där temperaturen ska mätas. Resistorerna har en temperatur drift på $\pm 100\text{ ppm}/^\circ\text{C}$, medan förstärkaren har en temperatur drift på $5\mu\text{V}/^\circ\text{C}$.
 - a) Bestäm hur mycket utspänningen varierar beroende på PT100 sensorn om temperaturen ändrar sig 10°C . (1p)
 - b) Bestäm hur mycket utspänningen varierar beroende förstärkaren om temperaturen ändrar sig 10°C . (0.5p)
 - c) Bestäm hur mycket utspänningen, i värsta fall, varierar beroende på de tre resistorerna om temperaturen ändrar sig 10°C . (1.5p)

- 3) Man vill med lock-in förstärkare noggrant mäta resistansen hos en sensor. Antag att sensorn är vid rumstemperatur och har en resistans på 10 k Ω . Din mätfrekvens är 300Hz 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 ges helt av det termiska buset i sensorn och att spänningen över sensorn är 30 μV . (1p)

- 4) En enelektron-transistor kan mäta laddning extremt noga, en mycket liten laddnings ändring ∂Q på ”gate”-elektroden ger en avsevärd strömändring ∂I genom transistorn. Känsligheten hos transistorn anges som strömändring per laddningsändring. Hos en särskild transistor är känsligheten $\partial I/\partial Q=10\text{nA}/e$ (där e är elektron laddningen). Den optimala biasströmen för transistorn är 1nA. Idealt sett begränsas noggrannheten av hagelbrus. Beräkna den spektrala brus densiteten för transistorns laddningsbrus i $e/\sqrt{\text{Hz}}$. (3p)

5) En temperatursensor med impedansen $100\text{k}\Omega$ och känsligheten $1\text{mV}/^\circ\text{C}$ mäts med en förstärkare med förstärkningen 100 gånger. Mätningen störs av en nätledning som har spänningen 230V och frekvensen 50 Hz. 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 $^\circ\text{C}$ på grund av störningen. (1p)
- Beräkna mätfelet (uttryckt i $^\circ\text{C}$) om man istället använder en differentiell förstärkare med $\text{CMRR}=80\text{dB}$ enligt figuren till höger (2p)



6) Operationsförstärkaren OP27/37 är för vissa källresistanser den bästa av de fyra förstärkarna i figuren nedan. Figuren visar den spektrala brusdensiteten hos förstärkaren vid 1kHz relaterat till ingången, under antagandet att källresistansen R_s befinner sig vid $T=0\text{K}$.

- I vilket resistansområde är OP27/37 bättre än dom andra förstärkarna (0.5p)
- Beräkna NF (Noise Figure) och brustemperatur T^* för förstärkaren vid 1kHz relaterat till en sensor på $1\text{k}\Omega$ vid rumstemperatur.(1.5p)
- Beräkna den totala spektrala brus densiteten för förstärkare och sensor enligt b-uppgiften, vilken term dominerar (1.0p).

