

TENTAMEN I SENSORER OCH BRUS – FY 0350

Lärare: Per Delsing (tel. 772 3317) och Dag Winkler (tel. 772 3474, 750 1808)

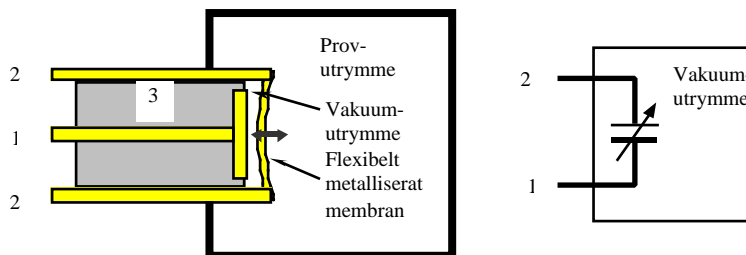
Hjälpmedel: Ett A4 blad med egna, handskrivna anteckningar och formler, Physics Handbook, TEFYMA, "Standard Math Tables", el. liknande, valfri kalkylator.

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

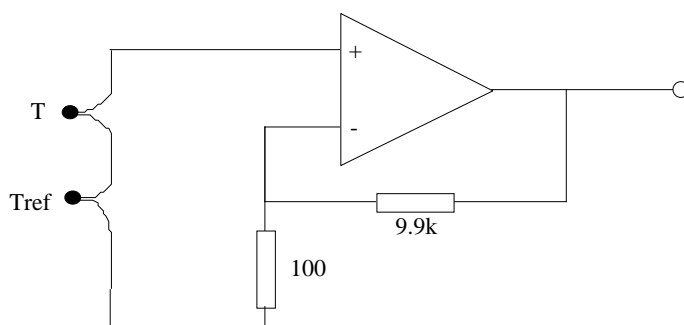
Rättningsprotokollet anslås i entréhallen origobyggnaden senast 1999-06-18.

Granskning sker efter överenskommelse.

- Beskriv lock-in-förstärkaren.
 - Rita ett blockdiagram.(1p)
 - Beskriv lock-in-förstärkarens funktion.(1p)
 - Beskriv på vilket sätt man kan öka känsligheten hos en mätning genom att använda lock-in-teknik, vari ligger förbättringarna.(1p)
- Ett förslag till en manometer (tryckmätare) baseras på att man mäter kapacitivt hur ett metalliserat membran som är elektriskt förbundet till kontakt "2" rör sig mot en fast elektrod kopplad till kontakt "1" som funktion av trycket i provutrymmet. Markering "3" indikerar enbart en kapsling. Sensorn skall på något sätt läsas av.
 - Om du skall koppla in din sensor till en elektronisk utläsning. I vilka energidomäner rör du dig? Är sensorn modulerande eller självgenererande? Rita upp en schematisk bild med de energiformer som är inblandade. (1p)
 - Rita upp hur en uppkoppling i en Wheatstonebrygga skulle kunna se ut och hur sensorn skall exciteras? (1p)
 - Hur skulle man kunna koppla upp sig i en annorlunda konfiguration utan Wheatstone-brygga och att använda frekvensinformationen istället ? (Ledtråd: resonanskrets) (1 p)



- Ett termoelement med känsligheten $30\mu\text{V}/\text{K}$ mäts med en operationsförstärkare enligt nedan. Referenselementet hålls vid en konstant temperatur på $T_{\text{ref}}=293.15\text{ K}$. Termoelementet har en resistans på $1\ \Omega$. OP-förstärkaren har en offsetspänning på $V_{\text{off}}=25\ \mu\text{V}$ och de båda ingångar har en ingångsström på $I_+=I_-=100\text{ nA}$ vardera. Rita en ny figur där spänningsoffset och biasströmmar är inritade. Beräkna hur stort temperaturfelet blir på grund av biasströmmar och offsetspänning.(3p)



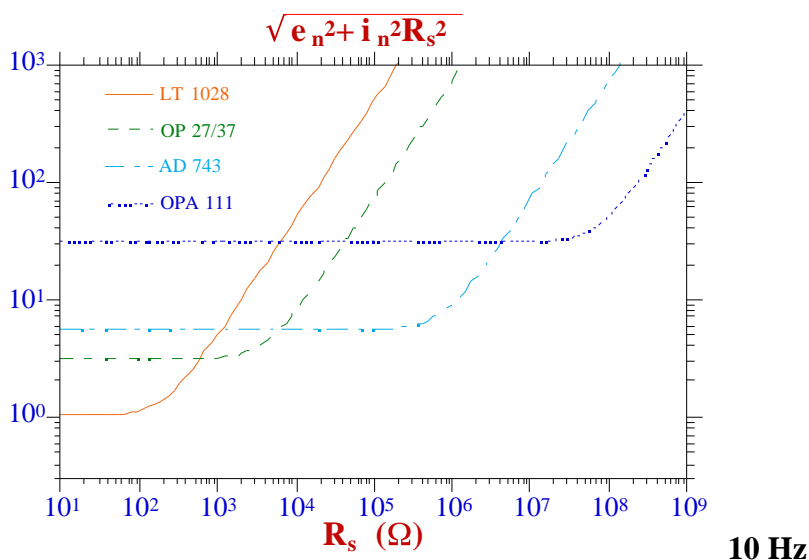
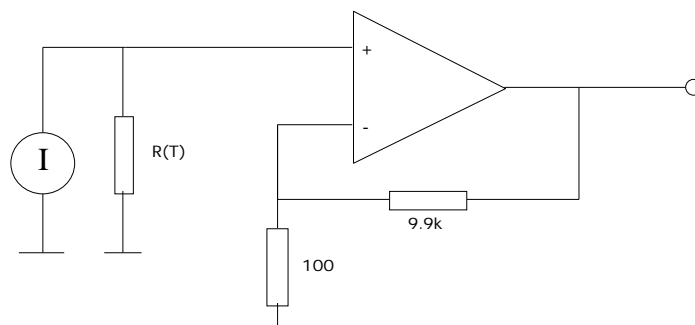
var god vänd

4. En förförstärkare har ett spänningsbrus med den spektrala brusdensiteten $1\text{nV}/\text{Hz}$ vid 1kHz och ett strömbus med den spektrala brusdensiteten $4\text{pA}/\text{Hz}$ vid 1kHz . Till förstärkaren finns en resistiv sensor kopplad, som har resistansen 50 och temperaturen 300K . Antag att bruset i sensorn domineras helt av termiskt brus.
- Beräkna den totala spektrala brusdensiteten för hela systemet (sensorn och förstärkaren) vid 1kHz relaterad till ingången på förstärkaren. (1p)
 - Beräkna NF (Noise Figure) för förstärkaren vid 1kHz relaterad till 50 . (1p)
 - Beräkna brustemperatur för förstärkaren vid 1kHz relaterad till 50 . (1p)

5. En resistiv temperatursensor används för att mäta temperaturen i ett bad med flytande helium i temperaturområdet $1.2\text{K} < T < 4.2\text{K}$. För att förhindra egenuppvärmning kan man inte mäta med en större effekt än 1nW . Antag att du mäter vid 10Hz och med en bandbredd på 10Hz . Sensorn som används är en kolkomposit-resistor och den har följande temperaturberoende

$$R(T) = R_0 e^{T_0/T}, \quad R_0 = 1\text{k}, \quad T_0 = 1\text{K}$$

- Bestäm vilken max ström som kan användas och vilken eller vilka av förstärkarna i grafen nedan som är bäst ur brussynpunkt. (1p)
- Beräkna det totala bruset på utgången av förstärkaren, extrahera brusdata för förstärkaren från figuren nedan. (1p)
- Ange hur stor osäkerhet i temperatur som det termiska bruset respektive förstärkarbruset ger upphov till vid 4.2K . (1p)



6. En radiomottagare skall användas för att mäta den kosmiska bakgrundsstrålningen i mikrovågsområdet (svartkroppstrålning ca 3K) i universum från "Big Bang".
- Om man antar att man måste kunna mäta temperaturer på ca 0.1K , vilken är den högsta brustemperatur T_R som mottagarsystemet får ha om man kan mäta under högst 100 sekunder med ett signal-brus-förhållande på $S/N=1$? Systemets bandbredd är 1MHz . (Ledtråd: Du kan använda dig av Dicke's radiometerformel: $S/N = (T_s/T_R) * (\text{integrationstid} * \text{bandbredd})^{0.5}$). (2 p)
 - Om du minskar systembrustemperaturen en faktor 2 , hur lång tid behöver du mäta för samma S/N ? (1p)