

Fysikens mätmetoder

Kursprov 24.10.2017

Dela upp svaren på följande sätt: Uppgift 1, 2-3 och 4-5 på skilda papper (d.v.s. alla lämnar in åtminstone tre papper, lämna in ett tomt papper om du inte svarar på en enda uppgift som tillhör ifrågavarande papper). Skriv namn, studentnummer, kursens namn och datum på varje papper.

1. a) (3p) Välj sex av följande begrepp och förklara dem kort: fyrpunktsmätning, skottbrus, Nyquists teorem, kvantiseringsbrus, buffertförstärkare, equivalent-time sampling, lock-in förstärkare, emissivitet.

b) (2p) Räkna upp och förklara kort delarna i en ultraljudsmätning. (Tips: En bra mätning har åtminstone åtta delar.)

c) (2p) Bestäm signalernas frekvenser och effektivvärden för bägge bilder nedan. Är mätningen en absolut eller relativ mätning? Oscilloskopets nollnivå är justerat till mitten av rutan. Oscilloskopet är DC-kopplat, $1M\Omega$ ingång i kanal 1. I mätningarna användes en 5 gånger dämpande sensor.

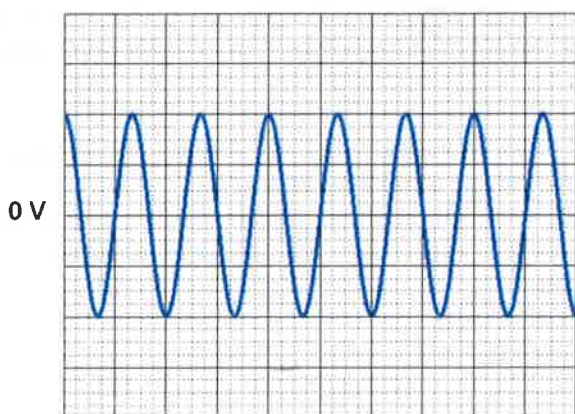


Bild 1, Signal med 1V/div och 200 μ s/div

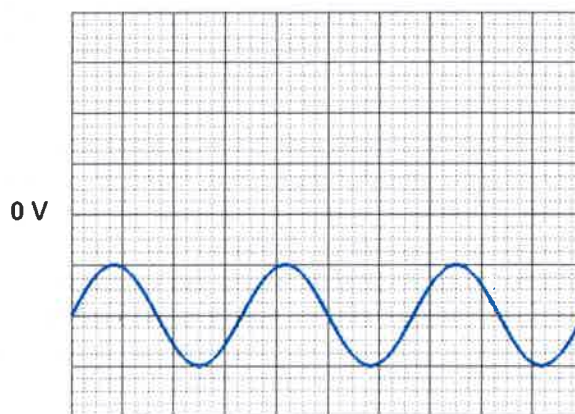
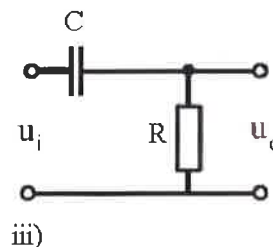
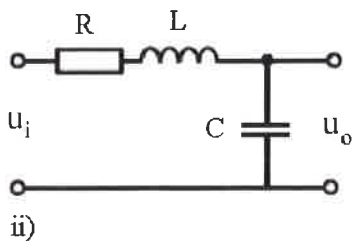
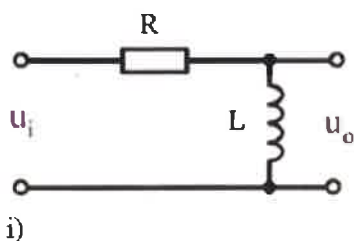


Bild 2, Signal med 5V/div och 20ms/div

2. a) (3p) Härled uttryck för amplitudresponsen (d.v.s. förhållandet $|u_o|/|u_i|$) i följande kretsar. Ge svaret som funktioner av reella tal (d.v.s. lämna inte i formen "absolutbelopp av komplexa tal" utan slutför härledningen).



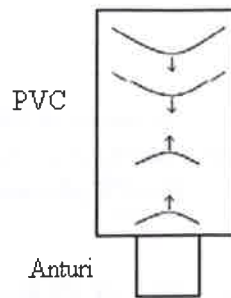
b) (2p) Hur påverkar kretsarna i a) signaler? Hurdana filter fungerar kretsarna som?

c) (1p) Du mottar en 10 MHz sinusvågssignal som har en smal bandbredd. Mätningarna störs av FM-radiosändningar inom frekvensområdet 88 - 108 MHz och av 50 Hz elnätsbrus. Hurdant filter skulle du kunna använda för att minska brusets inverkan på mätningarna? Rita kopplingskemat. Komponentvärden behöver inte bestämmas.

3. Ljudets hastighet i PVC-plast mättes med puls-ekometoden (bild till höger, Anturi=sensor):

En piezo-elektrisk sensor sänder en ultraljudspuls in i en rätblocksformad bit av materialet. Pulsen framskrider genom kroppen, reflekteras från motstående yta och samma sensor mottar ekot. Ljudets hastighet räknas från kroppens längd och från flygtiden, d.v.s. tiden mellan sändning och mottagning.

Kroppens längd mättes sex gånger med ett skjutmått och som värden uppmättes (mm) {15.1, 14.8, 15.1, 15.2, 15.0, 14.9}. Flygtiden mättes sju gånger med ett oskiloskop och som värden uppmättes (μs) {14.3, 14.2, 13.9, 14.0, 13.7, 14.2, 14.2}.



a) (4p) Beräkna ljudets hastighet i PVC-plast och dess 95 % -konfidensintervall.

b) (2p) Härrör den beräknade noggrannheten i a-fallet från slumpmässiga eller systematiska fel? Hurdana slumpmässiga och systematiska fel kunde existera i mätningen? Ge exempel (i pluralis) på båda och på hur bägge feltyper kunde förminska.

c) (Bonus: 2p) Har det någon betydelse att ljudets fas vänder vid gränssytan då reflexionen sker från högre akustisk impedans mot lägre akustisk impedans? Hur skiljer sig elektrisk impedans från akustisk impedans?

4. Du håller på att utveckla ett nytt mätinstrument för att mäta temperatur. Du vill jämföra ditt instrument med områdets guldstandardmetod, varpå du utför 64 olika mätningar med bägge metoder.

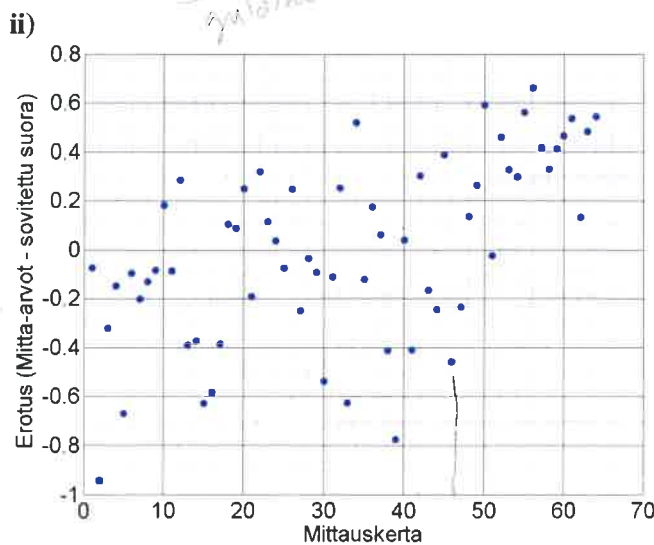
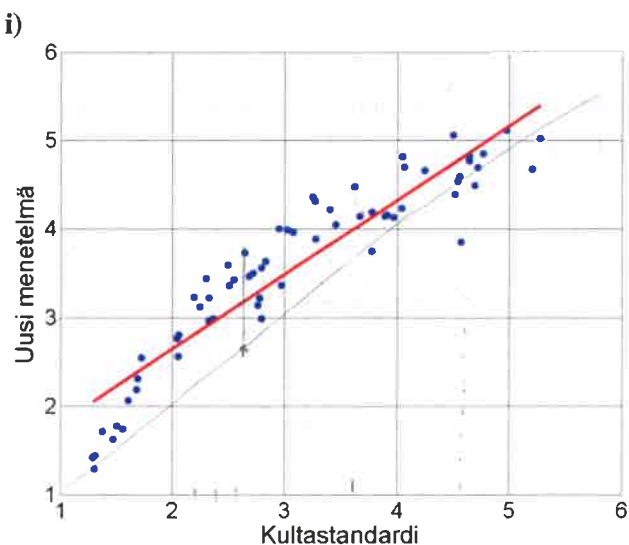
a) (3p) I i)-grafens syns mätresultaten med den nya metoden som funktion av guldstandardens och en linje anpassad till punkterna. Förklara hur den yttre noggrannheten (=accuracy) och den inre noggrannheten (=precision) syns i grafen. Skissa hur i)-grafens skulle se ut om

α) den yttre noggrannheten vore god och den inre noggrannheten dålig

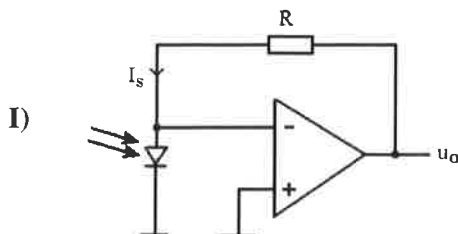
β) den yttre noggrannheten vore liten och den inre noggrannheten stor

b) (3p) I ii)-grafens har linjen från i)-grafens subtraherats från den nya metodens värden. Gör en grov numerisk uppskattning om den nya metodens inre noggrannhet. Gör även en grov numerisk uppskattning om den nya metodens yttre noggrannhet.

(Uusi menetelmä=ny metod, kultastandardi=guldstandard, mittauskerä=mätgång, erotus(mitta-arvot - sovitettu suora) = differensen(mätvärde - anpassad linje)).



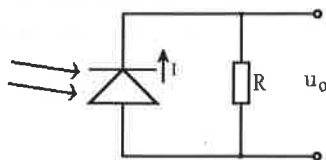
5. I)-kretsen nedan är en fotodiodförstärkare. Den mäter ljusstyrkan i ett rum i realtid som del av ett övervakningssystem.



Vänd!

- a) (1p) Den största ljusintensiteten i användningsmiljön producerar en ström i fotodioden på $6.1 \mu\text{A}$. Då vill du att utgångsspänningen skall vara 5 V . Välj det värde för R som förverkligar detta.
- b) (3p) I kretsens motstånd uppstår Johnson brus och strömmen i kretsen är så liten att skottbruset har en inverkan. u_o lågpasfiltreras och samplas med 1 kHz , varpå bandbredden är 0 Hz -Nyquistfrekvensen. Rummets temperatur är 21°C . u_o har ett effektivt spänningsvärde på 2.13 V under en längre tid. Dessutom producerar operationsförstärkaren själv brus vars effektiva värde är $12.8 \mu\text{V}$. Vad är brusets sammanlagda effektiva värde? Vad är u_o 's signal-brusförhållande i decibel?
- c) (1p) I systemets följande steg AD-konverteras u_o . Hur många bits behövs för konverteringen för att digitaliseringsresolutionen skall vara noggrannare än brusets effektiva värde?
- d) (1p) Varför är I)-kretsen bättre än krets II) som utför samma funktion?

II)



$$\text{LSB} = \frac{V_{\text{ref}}}{2^N - 1}$$

$$2^N - 1 = \frac{V_{\text{ref}}}{\text{LSB}}$$

$$2^N = \frac{V_{\text{ref}}}{\text{LSB}} + 1$$

Formler och konstanter:

$$Z_R = R$$

$$Z_C = -\frac{j}{\omega C}$$

$$Z_L = j\omega L$$

$$\sigma = \sqrt{\frac{1}{N} \sum (x_N - \mu)^2}$$

$$s = \sqrt{\frac{1}{N-1} \sum (x_N - \bar{x})^2}$$

$$\sigma_{\text{mean}} = \frac{\sigma_x}{\sqrt{N}}$$

$$\sigma_y = \sqrt{\sum \left(\frac{\partial y}{\partial x} \sigma_x \right)^2}$$

$$P(k) = \binom{n}{k} p^k (1-p)^{n-k}$$

$$\sigma = \sqrt{np(1-p)}$$

$$P(x) = \frac{\lambda^x e^{-\lambda}}{x!}$$

$$\sigma = \sqrt{\lambda}$$

$$I_{RMS} = \sqrt{2qI\Delta f}$$

$$U_{RMS} = \sqrt{4k_B T R \Delta f}$$

$$q_e = 1.602 \cdot 10^{-19} \text{ C}$$

$$k_B = 1.381 \cdot 10^{-23} \text{ J/K}$$

$$V_{rms} = \sqrt{V_{DC}^2 + \frac{V_0^2}{2}}$$