

Fysikens mätmetoder 1

Sluttent 27.10.2010

Skriv namn, studentnummer, kursens namn och datum på varje inlämnat papper.

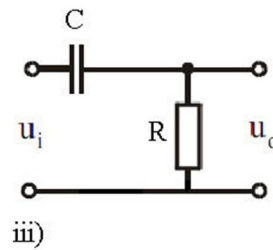
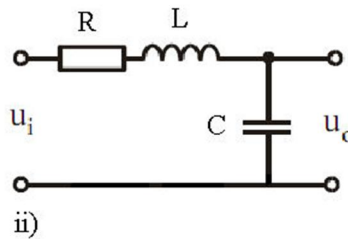
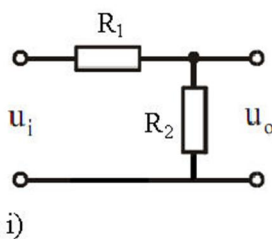
1.

a) (3p) Välj sex av följande begrepp och förklara dem kort: systematiskt fel, decibel, Nyquists teorem, buffertförstärkare, fyrpunktsmätning, stoppband, equivalent-time sampling, slew rate, pink noise

b) (3p) Ge exempel på variabler ur riktiga världen som är i) normal, ii) binomial, och iii) Poissonfördelade

2.

a) (3p) Härled formler för följande kretsars amplitudrespons (dvs för förhållandet $|u_o|/|u_i|$). Uttryck svaren som funktion av realtal (dvs lämna inte svaren i formen "absolutbelopp av komplextal", utan förenkla vidare). I hurdana riktiga mätsituationer kan kretsarna i fråga vara till nytta?



b) (3p) Essäuppgift, välj ett av de två alternativen nedan.

(i) Vad gör en lock-in-förstärkare? Hur använder man en lock-in-förstärkare för att ta reda på frekvensen och fasen för en periodisk signal som är begravd i stora mängder brus?

(ii) AD-omvandling. Förklara kort hur de tre vanligaste typerna av AD-konverterare (ramp, SAR, flash) fungerar, och vilka för- och nackdelar de har jämfört med varandra.

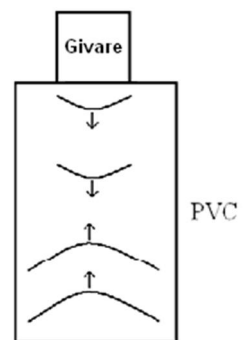
3.

Ljudets hastighet i PVC-plast mättes med pulseko-metoden (bild till höger): En piezoelektrisk givare skickar en puls ultraljud genom en rätblocksformad bit av ämnet. Pulsen går igenom blocket, reflekteras vid motsatt sida, och tas emot av samma givare. Ljudets hastighet räknas ut av blockets längd och flygtiden, dvs tiden mellan sändning och mottagning.

Blockets längd mättes fem gånger, och mätvärdena (i mm) var {15.1, 14.8, 15.1, 15.2, 15.0}. Flygtiden mättes tio gånger med oscilloskop, och dess värden var (i μs) {14.3, 14.2, 13.9, 14.0, 13.7, 14.2, 13.7, 13.7, 13.3, 13.4}.

a) (4p) Räkna ut ljudets hastighet i PVC-plast, inkl. ett 95 % ($2 \cdot \sigma$) konfidensintervall.

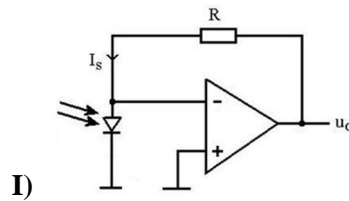
b) (2p) Är felgränserna du räknade i a-fallet en följd av slumpfel eller systematiska fel? Hurdana slumpfel och systematiska fel kunde förekomma i mätningen? Ge exempel på hur båda feltyperna kunde minskas i mätningen i fråga.



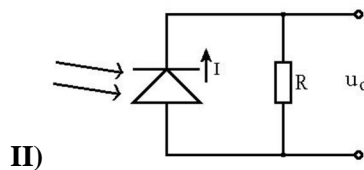
Vänd om! →

4.

Kretsen **I**) nedan är en fotodiodförstärkare. Den utgör en del av ett övervakningssystem och används för att mäta ljusnivån i ett rum i realtid över flera dagar.



- a) (1p) Den största ljusintensitet som kommer att träffa dioden då kretsen är i vanligt bruk producerar en ström på $3.1 \mu\text{A}$. Du vill att kretsen ska ge ut 10 V när detta sker. Välj ett värde för R så att detta uppfylls.
- b) (3p) Motståndet i kretsen genererar Johnson-brus. Strömmen i kretsen är så liten att grynbrus (shot noise) är av betydelse. u_o samplas med en frekvens på 1 kHz . Rummets temperatur är 21°C . u_o själv har ett rms-värde på 2.13 V över en längre tid. Operationsförstärkaren producerar brus vid sin utgång med ett rms-värde på $12.8 \mu\text{V}$. Vad är rms-värdet för den totala brusspänningen från alla källor sammanlagt? Vad är SNR för u_o (i decibel)?
- c) (1p) I systemets nästa skede AD-omvandlas u_o . Ett hur många bitars binärtal måste u_o omvandlas till för att digiteringsresolutionen (dvs skillnaden mellan två kvantiseringsnivåer) ska vara noggrannare än brusspänningens rms-värde?
- d) (1p) Varför är krets I) bättre för ändamålet i fråga än krets II), bekant från räkneövningarna?



5. (6p)

Du hittar några passivfilter som verkar fungera, men som helt saknar angivelser om hurdana filter de är. Du vill mäta deras amplitud- och fasresponser. Vilken utrustning behöver du för detta ändamål? Rita en bild där det framkommer hur utrustningen ska kopplas. Beskriv detaljerat hur mätningen utförs. Hur bedömer du från mätresultaten vilka filtertyper det är frågan om?

Formler och konstanter:

$$\nabla \cdot \mathbf{D} = \rho_f \quad \nabla \cdot \mathbf{B} = 0$$

$$\nabla \times \mathbf{E} = -\frac{\partial \mathbf{B}}{\partial t} \quad \nabla \times \mathbf{H} = \mathbf{J}_f + \frac{\partial \mathbf{D}}{\partial t}$$

$$Z_R = R \quad Z_C = -\frac{i}{\omega C} \quad Z_L = \omega L$$

$$\sigma = \sqrt{\frac{1}{N} \sum (x - \mu)^2} \quad \sigma = \sqrt{\frac{1}{N-1} \sum (x - \bar{x})^2} \quad \sigma_{\bar{x}} = \frac{\sigma_x}{\sqrt{N}} \quad \sigma_y = \sqrt{\sum \left(\frac{\partial y}{\partial x} \sigma_x \right)^2}$$

$$P(k) = \binom{n}{k} p^k (1-p)^{n-k} \quad \sigma = \sqrt{np(1-p)} \quad P(x) = \frac{\lambda^x e^{-\lambda}}{x!} \quad \sigma = \sqrt{\lambda}$$

$$I_{RMS} = \sqrt{2qI\Delta f} \quad U_{RMS} = \sqrt{4k_B T R \Delta f} \quad e = 1.602 \cdot 10^{-19} \text{ C} \quad k_B = 1.381 \cdot 10^{-23} \text{ J/K}$$