

UNIVERSITETET I OSLO

Det matematisk-naturvitenskapelige fakultet

Løsningsforslag: FYS3230
Eksamensdag: 11. Desember 2009

1. Sensorkarakteristikk

- a) Full scale input: $\pm 6g$
- b) Nedre grense: $1.5V - 6g \cdot 174 \frac{mV}{g} = 0.456V$
- Øvre grense: $1.5V + 6g \cdot 174 \frac{mV}{g} = 2.544V$
- Typisk FSO: $0.5V - 2.5V$ (Godtar 0.1V - 2.8 V)
- c) Utgangsimpedans: $32 k\Omega$

2 Båndbredde og egenstøy

- a) Utgangsimpedansen på $32 k\Omega$ og kondensatoren på $5 nF$ gir en lavpassfiltrering av utgangs signalet. Denne er begrenset av 0 Hz nedad og knekkfrekvensen oppad. Knekkfrekvensen og dermed båndbredden er gitt av:

$$\frac{1}{2 \cdot \pi \cdot 32k\Omega \cdot 5nF} = 0.995kHz$$

Det vil si en båndbredde på $1 kHz$

- b) Databladet oppgir en typisk støytetthet på $250 \mu g/\sqrt{Hz}$. Med båndbredden på $1 kHz$ gir dette en RMS støy på:

$$250 \frac{10^{-6} g}{\sqrt{Hz}} \cdot \sqrt{1kHz} = 8 mg$$

- c) En firedobling av kapasitansen reduserer båndbredden med en faktor fire, dette halverer støyen.

3 Piezoelektriske materialer

- a) Piezoelektrisk felt er at en påført mekanisk spenning (trykk/strekk) gir en elektrisk spenning ut.
- b) og c) Plukk to fra:
PZT – Akselerometere (ultralyd transducere)
PVDF – Mikrofoner
Quartz – Mikrovekter, trykksensorer, kraft sensorer (resonnerende)

3 Analog til digital omformere

Plukk tre fra:

- Dual slope
- SAR
- Sigma-delta
- Flash

(Godtar også spenning til frekvens siden boka ikke har noen god oversikt på dette).

4 Kapasitive sensorer

I formelen:

$$C = \frac{\epsilon_0 \epsilon_r A}{d} \quad (1)$$

angir $\epsilon_0 = 8.85 \cdot 10^{-12}$ farad/m den dielektriske konstanten for vakuum.

- a) C er kapasitansen for to parallelle plater
 A er det overlappende arealet
 d er avstanden mellom platene
 ϵ_r er den relative dielektrisitetskonstanten til mediet mellom platene
- b) A: En sideveis forskyvning av to plater gir en endring i A og dermed en endring i kapasitansen. Dette kan brukes for å måle forskyvning.
 d: En endring av avstanden mellom to plater endrer kapasitansen. Dette kan brukes til å måle avstand.
 ϵ_r : En endring av mediet mellom to plater gir en endring av dielektrisitetskonstanten og dermed en endring av kapasitansen. Dette kan brukes for å måle fuktighet, vannstand eller om det befinner seg noe (e.g. et menneske) med høy relativ dielektrisitetskonstant mellom to plater.
- c) **Kapasitiv trykksensor:** I en kapasitiv trykksensor virker trykket på en membran som bøyer seg og dermed beveger seg proporsjonalt med trykket. Dette endrer avstanden mellom to parallelle plater, noe som gir en endring i kapasitans.
Kondensator mikrofon: I prinsipp det samme som kapasitiv trykksensor.
Kapasitivt akselerometer: I et kapasitivt akselerometer må en "test masse" akselereres for å holde følge med omgivelsen. Dette krever en kraft proporsjonal med massen og akselerasjonen. Kraften overføres via en fjær som bøyes proporsjonalt med akselerasjonen. Utbøyningen gir en endring i overlapp eller avstand mellom to (eller flere) plater, noe som endrer kapasitansen.

- d) Husk at overlappet bare er halvparten av lengden:

$$C_0 := \frac{\epsilon_0 \cdot 1 \cdot 1 \text{mm} \cdot 1 \text{mm}}{10 \mu\text{m}} = 0.89 \text{pF}$$

- e)

$$K := \frac{\epsilon_0 \cdot 1 \cdot 1 \text{mm}}{10 \mu\text{m}} = 0.89 \frac{\text{nF}}{\text{m}}$$

- f) Kretsen utgjøres av to spenningsdelere som skal trekkes fra hverandre. I og med at det er fritt valg av fortegn for både inngangs og utgangs spenning er det flere veier til svaret, og begge fortegn er riktige. En versjon er:

$$V_{out} = V_{in} \frac{\frac{1}{j\omega C_-}}{\frac{1}{j\omega C_+} + \frac{1}{j\omega C_-}} - \frac{\frac{1}{j\omega C_+}}{\frac{1}{j\omega C_+} + \frac{1}{j\omega C_-}}$$

$$= V_{in} \frac{C_+ - C_-}{C_- + C_+} = V_{in} \frac{2Kx}{2C_0} = 1 \frac{V}{mm} x$$

Følsomheten blir altså 1 V/mm.

(Hvis man regner peak-to-peak blir det 2 V/mm, det er OK)

Det er mulig å resonere seg frem til følsomheten ut fra spenningen i ytterpunktene, men det er ikke noe fullgodt svar i og med at man da implisitt har antatt at sensoren er lineær uten at man har noe godt argument for det).

g) Eksitasjons frekvensen har ingen innvirkning på følsomheten. MEN, fordi utgangsimpedansen er gitt av $1/j\omega C_0$ trenger man en relativt høy eksitasjonsfrekvens for at ikke utgangsimpedansen skal dominere inngangsimpedansen for neste trinn. (Dette kan forklares på mange måter, forklaringer som inneholder at man ikke kan bruke DC eksitasjon fordi det da ikke går strøm gjennom kondensatorene vil bli akseptert).

To tilleggsaspekter er:

- Eksitasjonsfrekvensen kan ikke være høyere enn det neste trinn (typisk en opamp) kan følge.
- Eksitasjonsfrekvensen bør velges i et område der det er lite interfererende støy.