

# UNIVERSITETET I OSLO

## Det matematisk-naturvitenskapelige fakultet

Løsningsforslag for:  
Eksamensdag:

FYS3230  
13. desember 2011

### 1. Sensorkarakteristikk (Piezoelektrisk akselerometer)

- Følsomheten er  $1.5 \text{ pC/g} \pm 20\%$ , alternativt  $0.15 \text{ pC}/\frac{m}{s^2} \pm 20\%$ .  
(Det gis ikke trekk om  $\pm 20\%$  utelates).
- Full scale input (FSI):  $5000 \text{ g}$  (peak). (Det gis ikke trekk om peak utelates).
- Full scale output (FSO):  $5000 \text{ g} * 1.5 \frac{\text{pC}}{\text{g}} = 7.5 \text{ nC}$  (man kan gjerne føye på  $\pm 20\%$ ).
- Utgangsimpedansen bestemmes av kapasitansen som er  $600 \text{ pF}$ . (Det kan gjerne legges til at frekvensen også spiller en rolle siden  $Z = \frac{1}{j\omega C}$ ).
- Et inklinometer må gi en konstant respons dersom vinkelen, og dermed tyngdens akselerasjon langs den følsomme akselen, holdes konstant. Et piezoelektrisk akselerometer gir ut en ladning proporsjonal med akselerasjonen. Men, ladningen vil etter hvert lekke ut gjennom sensoren selv og gjennom utlesnings elektronikken. Responsen vil derfor avta med tiden. Med andre ord: Et piezoelektrisk akselerometer slik som dette kan ikke benyttes som inklinometer.

Det kan også bemerkes at FSI ( $5000 \text{ g}$ ) er dårlig tilpasset behovet til et inklinometer ( $1 \text{ g}$ ). Dersom man kun svarer dette gir det  $\frac{1}{2}$  poeng.

### 2. Temperaturmåling

Det tenkes her først og fremst på tre fra:

- Termisk utvidelse av en veske (vanlig termometer)
- Forskjell i termisk utvidelse i to metaller (bimorph termostat)
- Motstandsending (Resistive thermal detector, RTD kan ha negative temperature coefficient, NTC eller positive temperature coefficient, PTC).
- Termoelektrisk effekt

Men det er mange andre muligheter som også aksepteres, noen er:

- Utstrålt lys fra et objekt (totalenergi eller bølglengdesammensetning)
- Endring av lyd hastigheten i en gass
- Strøm i en revers forspent diode

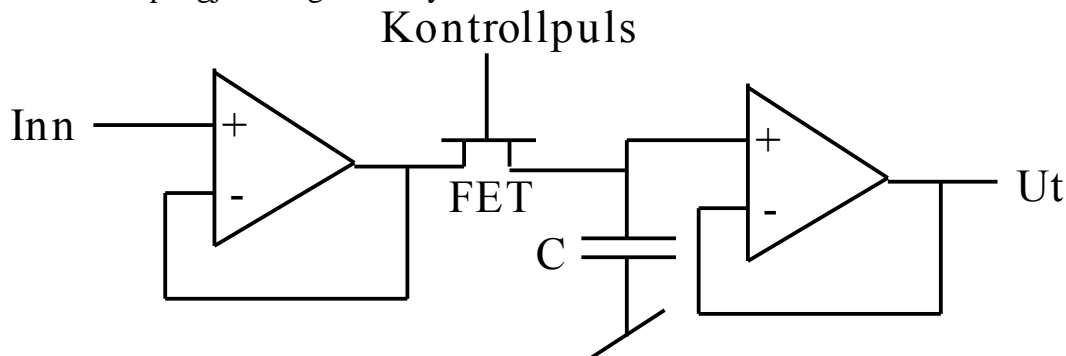
### 3. Støy

- Støyen skyldes at ledningene danner en sløyfe som virker som en antenne. Det elektromagnetiske feltet fra FM sendingene (rundt  $100 \text{ MHz}$ ) induserer en spenning i denne sløyfen.
- Støyen kan reduseres ved at man tvinner ledningene. Det blir da vekselvis induisert positiv og negativ spenning i de små sløyfene som dannes og disse kansellerer hverandre.

Alternativer er skjerming eller bruk av koaks- eller triaks-kabel.

#### 4. "Sample and hold" krets

- En "sample and hold" krets leser ut en spenning i løpet av en kort tid og lagrer den i en lengre tid slik at den kan prosesseres, for eksempel av en analog til digital omformer.
- Kretsen kan for eksempel tegnes som under. (Mange alternativer finnes, man kan for eksempel gjerne tegne en bryter i stedet for FET'en.



Opampen til venstre virker som en spenningsfølger. Den konverterer ned impedansen fra det man måler på og sørger dermed for at man kan levere mye ladning til kondensatoren uten å trekke ladning fra det man måler på.

FET'en virker som en bryter og sørger for at man måler spenningen i riktig øyeblikk.

Kondensatoren lagrer en ladning som tilsvarer spenningsnivået på inngangen under kontrollpuls.

Opampen til høyre virker også som en spenningsfølger, den sørger for at man kan levere en spenning lik spenningen på kondensatoren uten å trekke ladning fra kondensatoren.

#### 5. Trykksensorer

Det tenker her først og fremst på membranbaserte trykksensorer som leses ut:

- Kapasitivt, eller
- Piezoeresistivt

Men det finnes en del alternativer, for eksempel:

- Optisk utleste trykkesensorer (membranbasert)
- Trykksensor med resonnerende krystall som kraftmåler (basert på krumt rør)
- Trykksensor som benytter en LVDT til å måle posisjonen på en belg
- Trykksensorer basert på endring i induktans som følge av at en ferromagnetisk membran endrer avstand til en eller flere spoler.

#### 6. Ladningsforsterkning

- For å holde spenningen på de to inngangene like (det vil si på jord) må opampen overføre hele ladningen (100 pC) fra sensoren til kapasitansen C. Utgangsspenningen blir da:

$$V_{out} = -\frac{100\text{pC}}{1\text{nF}} = -0.1\text{V}$$

- Hvis man benytter akselerometeret som sensor vil det generere en ladning som også variere med 160 Hz, amplituden for ladningen er  $1\text{ g} * 1.5 \frac{\text{pC}}{\text{g}} = 1.5\text{ pC}$  Denne ladningen overføres til kondensatoren slik at amplituden på spenningen ut blir:  $\frac{1.5\text{ pC}}{1\text{ nF}} = 1.5\text{ mV}$  (man kan gjerne ha med  $\pm 20\%$ , det er også greit å ha med et minus tegn).