

Kurs: FYS3230 Sensorer og måleteknikk	Gruppe:	Gruppe-dag:
Oppgave: <p style="text-align: center;">LABORATORIEØVELSE NR 3</p>		
Omhandler: <p style="text-align: center;">Studere en fasefølsom forsterker</p> <p style="text-align: center;">Revidert , 17 sept. 06 B. Skaali</p>		
Utført dato:	Utført av: Navn: email: Navn: email:	
Godkjent: dato:	Godkjent av:	
Kommentar fra veileder:		

Fasefølsom Forsterker

Støy og andre uønskede signaler er alltid med på å begrense følsomheten ved ulike målinger. Ofte benyttes derfor avstemte forsterkere, men det er i praksis sterke begrensninger i hvor liten båndbredde man kan oppnå i båndfiltre. Når støyen blir tilnærmet like stor som eller overstiger målesignalet, er den "fasefølsomme deteksjon" en meget viktig metode for å grave fram signalet fra støyen.

Faselåste forsterkere (Lock-In Amplifiers, LIA) kan lages på flere måter, men prinsippet er det samme som vist i Fig. 3.1:

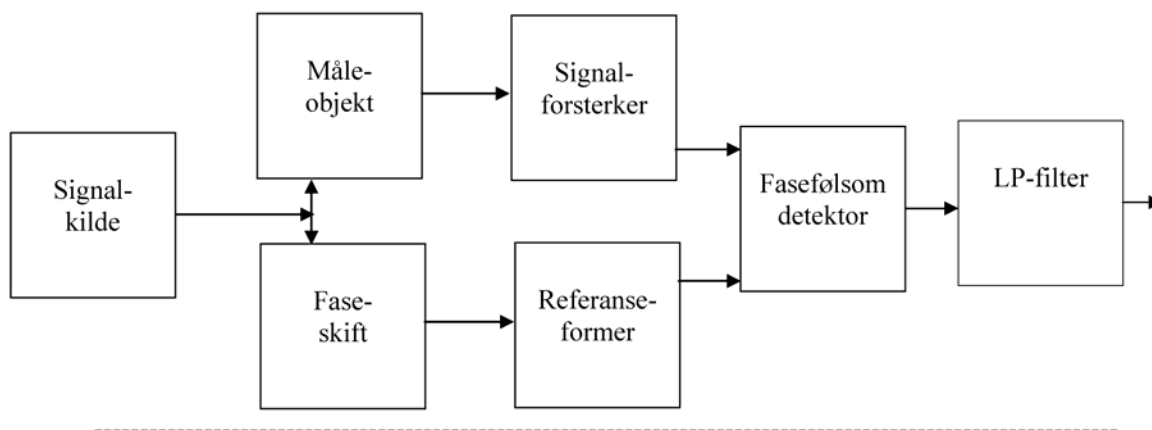


Fig 3.1

Et signal sendes inn på måleobjektet, og responsen derfra sendes inn på forsterkerens *signalkanal*. Samtidig tas signalet inn på forsterkerens *referansekanal*. Målesignalet blir forsterket i signalforsterkeren som kan være smalbåndet for å redusere risikoen for at den skal bli overstyrt av uønskede signaler.

I referansekanalen bestemmes fasen mellom de to signalene som sendes inn på detektoren. Videre endres referansesignalet til en ønsket form, enten en ren harmonisk bølge, eller - som i denne oppgaven - firkantpulser (som består av grunnfrekvensen og alle odde harmoniske):

$$v_r = \frac{4}{\pi} \sum_n \frac{1}{n} \sin(n\omega_r t) \quad n=1,3,5,\dots$$

Den fasefølsomme detektoren er den sentrale enheten. Her foretas en fasefølsom liketretting. Virkemåten er i prinsippet en multiplikasjon mellom signalet og firkantpulsen (som regnes å ha amplitude 1), og resultatet er sendt gjennom et lavpass-filter. Vi antar at signalet har en ren sinusform (= er harmonisk), med frekvens ω_s og firkantpulsen har en grunnfrekvens ω_r . Målesignalets amplitude inn på detektoren kalles S. Videre kaller vi fasevinkelen mellom de to signalene for φ . Signalet ut fra detektoren er da gitt ved:

$$v = \frac{4}{\pi} \sum_n \frac{S}{n} \sin(\omega_s t) \sin(n\omega_r t + \varphi) \quad , \text{ eller}$$

$$(1) \quad v = \frac{4}{\pi} \sum_n \frac{S}{n} [\cos((\omega_s - n\omega_r)t - \varphi) - \cos((\omega_s + n\omega_r)t + \varphi)]$$

På grunn av lavpassfilteret kan vi se bort fra ledd med summen av frekvensene. Videre kan vi se bort fra alle høyere harmoniske når ω_s og ω_r er omtrent like store. Vi kan da skrive (1) slik:

$$(2) \quad v = 2 \frac{S}{\pi} [\cos \varphi \cos(\omega_s - \omega_r)t + \sin \varphi \sin(\omega_s - \omega_r)t]$$

Når $\omega_s = \omega_r$ fås

$$(3) \quad v = \frac{S}{\pi} \cos \varphi$$

Lavpass-filterets grensefrekvens vil sammen med ligning (2) bestemme den effektive båndbredde til forsterkeren.

Utstyr og oppgave

I denne oppgaven skal vi bruke en strekkapp og en fasefølsom likeretter til å måle deformasjon av en stålbjelke. Strekkappen består av en tynn motstandstråd. Motstanden varierer når den strekkes, fordi tverrsnittsarealet blir mindre og lengden større, men også fordi den spesifikke resistansen endres ved mekaniske deformasjoner. Motstandsendringen i strekkappen er gitt ved lappens forlengelse og strekkapp-konstanten G:

$$\frac{\Delta R}{R} = G \frac{\Delta L}{L}$$

Faktoren G er omkring 2 for metaller. I praksis er den relative forlengelsen $\Delta L/L$ meget liten. Motstandsendringen er derfor også meget liten, og målingene vil ofte være vanskelige på grunn av f.eks. elektrisk støy fra omgivelsene.

Den beste målemetoden er som regel å montere strekkappen i en brokobling. For en bro med en strekkapp og de tre andre motstandene lik motstanden R i strekkappen når den ikke er belastet, er signalet v_i fra broen tilnærmet lik

$$v_i = \frac{1}{4} \frac{\Delta R}{R} v_s = \frac{1}{4} \frac{\Delta L}{L} G v_s, \text{ hvor } v_s \text{ er forsyningsspenningen til broen.}$$

For å få best mulig signal/støy forhold brukes en fasefølsom likeretter. Vi bruker et sinus-signal v_s med en fast frekvens som forsyningsspennning til broen, og dette signalet brukes som referansesignal. Signalet v_i fra strekkappen er også sinusformet med samme frekvens og kan forsterkes i en AC-koblet forsterker før det likerettes i den fasefølsomme likeretteren.

Prinsippet for en brukbar kobling er vist i Fig. 3.2.

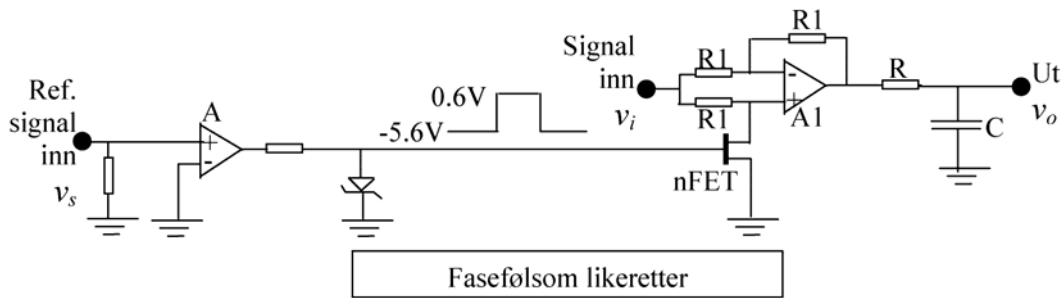


Fig. 3.2

Referansesignalet v_s (som har samme frekvens som målesignalet v_i) omformes ved hjelp av komparatoren A til firkantpulser. Disse gjør at FET-transistoren veksler mellom å lede og å være sperret. Ved hjelp av op.amp A1 vil signalet v_i bli invertert når FET leder, og gå uforandret igjennom når FET er sperret ($v_o = 2v_i - v_i$).

Signalet v_o vil avhenge av faseforskjellen mellom målesignalet og referansesignalet, og være maksimalt når faseforskjellen er null eller 180 grader. (Se Fig. 3.3)

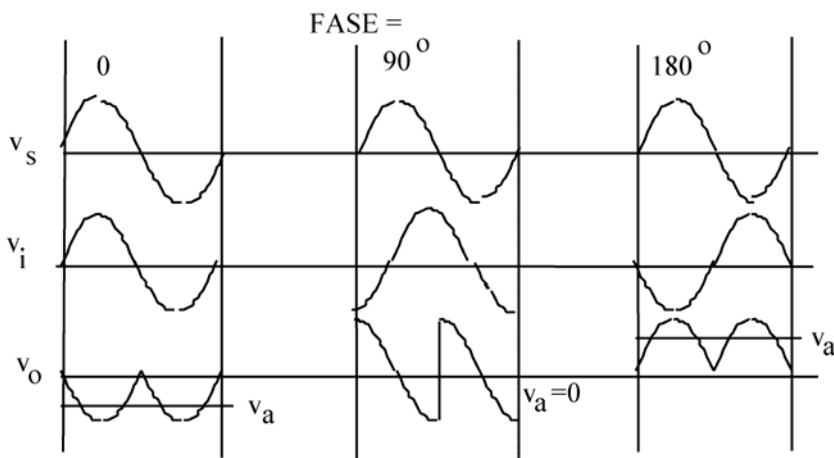


Fig. 3.3

Utgangsspenningen etter filteret blir

$$v_a = \frac{2}{T} \int_0^{T/2} v_i \sin(2\pi ft + \varphi) dt = \frac{2v_i}{2\pi f T} [\cos \varphi - \cos(\pi + \varphi)] = \frac{2v_i}{\pi} \cos \varphi$$

En vanlig likeretter vil likerette signal og støy uansett frekvens. En fasefølsom likeretter vil likerette bare den delen av støyen som har frekvenser innen et smalt bånd omkring signalfrekvensen. Den virker som et båndfilter med senterfrekvens ω_r og båndbredde bestemt av R og C på utgangen av likeretteren. Båndbredden til filteret (frekvensintervallet mellom -3dB punktene) er

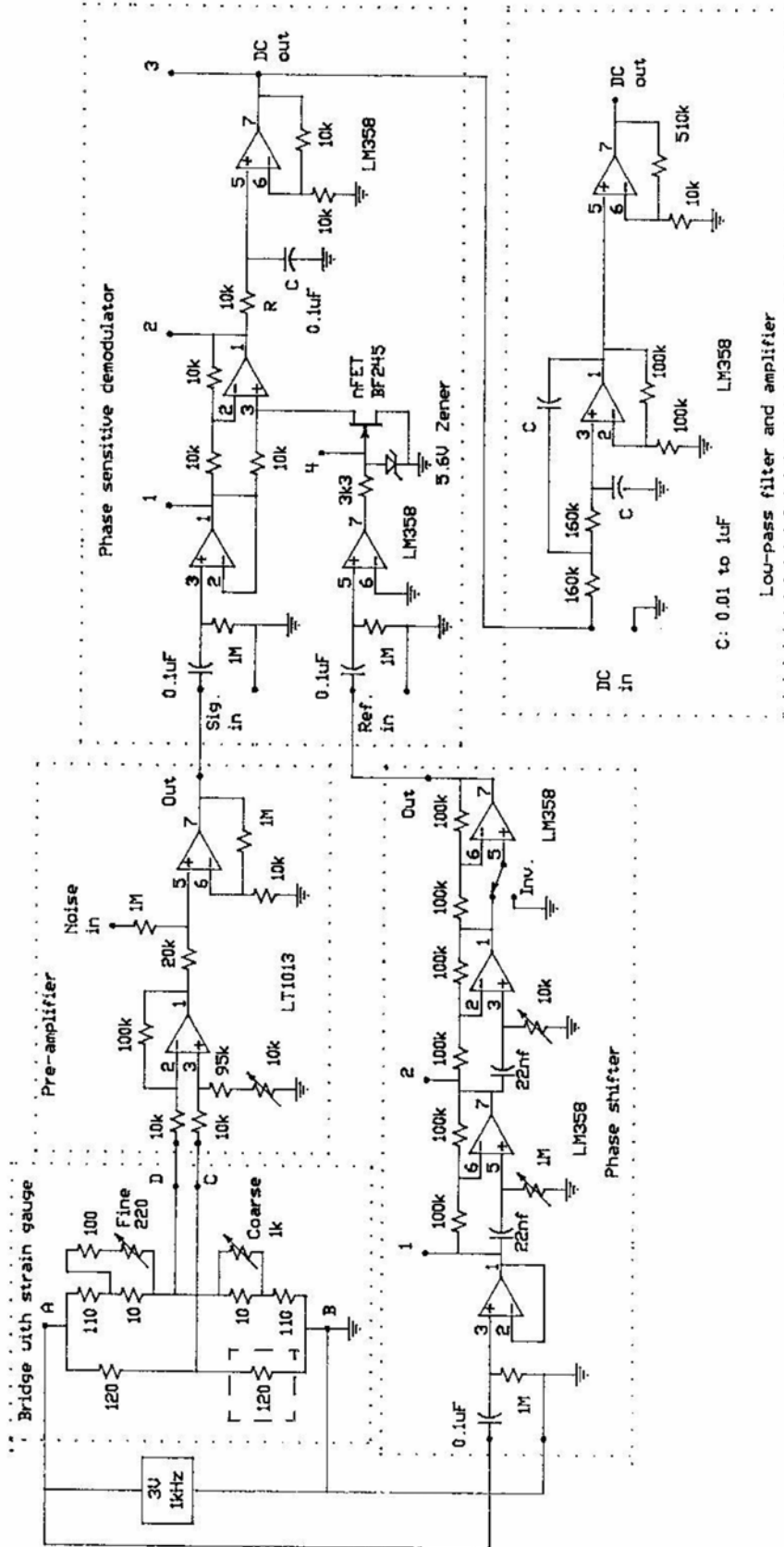
$$2\Delta f = 1/\pi RC$$

I kretsen som blir brukt i oppgaven, er det i tillegg et 2. ordens lavpassfilter hvor båndbredden kan ytterligere reduseres, men samtidig vil responstiden øke.

Skjema for kretsene og bilder av testbordet er vist i Figur 3.4, 3.5 og 3.6. Beskrivelse av operasjonsforsterkeren LM358 finnes på <http://www.national.com/pf/LM/LM358.html>.

Oppgaver:

1. Sløyf strekkklappbro, for-forsterker og lavpassfilter, og ta 1 kHz, ca. 3 volt (p-p) sinuspenning fra signalgeneratoren direkte inn på signalinngangen til den fasefølsomme likeretteren. Det samme signalet tas også via faseskifteren til likeretterens referanse-inngang. Signalgeneratorspenningen tas dessuten inn på kanal 1 på oscilloskopet.
 - a) Følg signalgangen gjennom begge kretsene, og skisser signalene. Beskriv virkemåten.
 - b) Mål utgangssignalet fra likeretter-kortet (DC) som funksjon av fassen til referanse-signalet
2.
 - a) Koble sammen de to inngangene på for-forsterkeren og juster til maksimal CMRR (Common Mode Rejection Ratio) og bestem CM-forsterkningen. Koble for-forsterkeren for normal operasjon, og mål forsterkningen. Finn CMRR.
 - b) Koble for-forsterkeren sammen med strekkklapp-broen og den fasefølsomme likeretteren slik som vist i fig. 1. Balanser broen og kontroller at utgangen fra likeretteren varierer med kraften på bjelken i både positiv og negativ retning. Juster referanse-fasen for maksimal følsomhet.
3. Bruk kondensatoren på 0.01 mikrofarad i lavpassfilteret slik at grensefrekvensen blir omlag 100 Hz. Kontroller at kretsen virker som ventet. Mål filterets forsterkning for likespenning.
4. Koble sammen alle delene av kretsen som vist i fig.1. Balanser broen og prøv at alt virker som ventet. Adder et kunstig "støysignal" fra en signalgenerator til 2. trinn i for-forsterkeren. Støysignalet amplitude må ikke være så stor at etterfølgende trinn overstyres.
 - a) Undersøk hvordan bredden av det støyfølsomme frekvensområde varierer med forskjellige kondensatorverdier i filterseksjonen. Bruk støyfrekvenser nær referansesignalets frekvens. Frekvensene kan måles med frekvensteller. (Hvis støygeneratoren brukes i sweep mode, og et "sweep-out"-signal gir x-avbøyningen på oscilloskopet, kan utgangssignalet vises som funksjon av støysignalet frekvens.)
 - b) Heng et lodd på bjelken slik at du får et lite, men godt lesbart signal ut. Bruk minste båndbredde. Mål hvor stort støysignalet kan være før det gir merkbar virkning på DC-signalet ut når støyfrekvensen er utenfor det følsomme området. Mål så støysignalet i testpunkt 1 på likeretterbrettet, og bruk den kjente forsterkning i for-forsterkeren til å regne om støyspenningen til en ekvivalent spenning på inngangen til for-forsterkeren.
5.
 - a) Koble fra støykilden og anslå størrelsen på minste DC-signal som kan skjernes fra støyen på utgangen. Regn det om til signal på inngangen, og bestem den tilsvarende relative forlengelse av strekkklappen (Strekkklapp-konstanten er påført holderen).
 - b) Bestem forholdet mellom ekvivalent støyspenning fra punkt 4.b) og minimum observerbart signal.



fase.dwg
SM Aug -96

Fig 3.4 Skjema

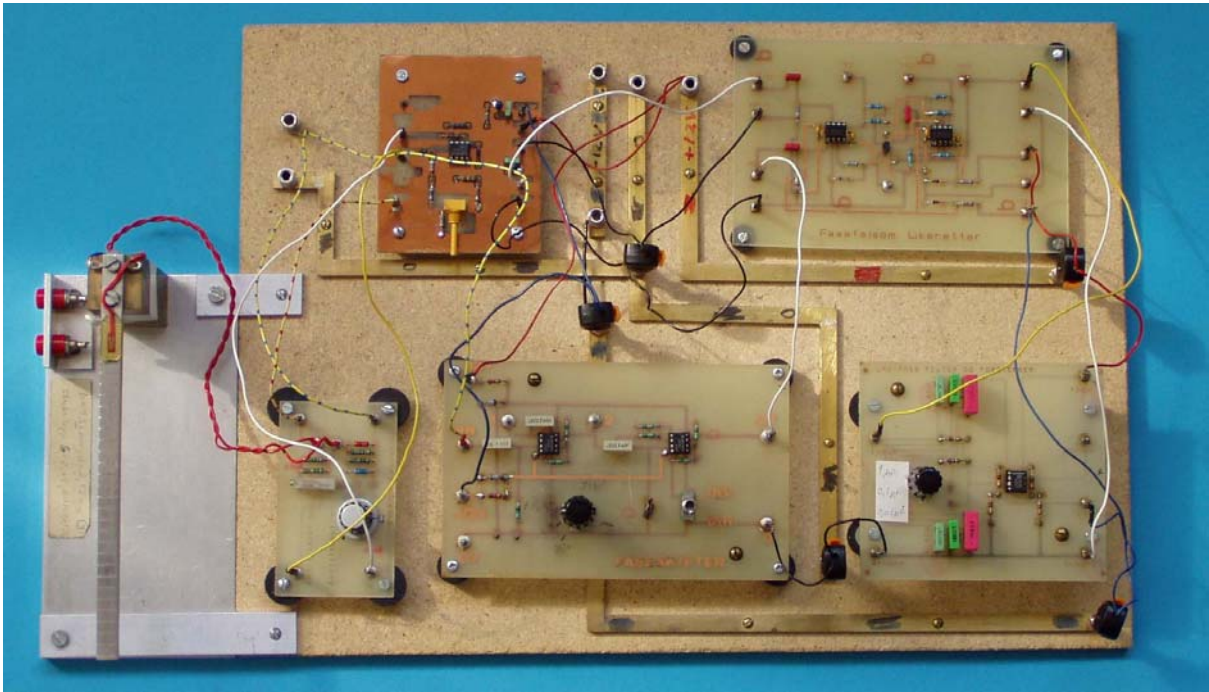


Fig. 3.5 Oppkobling av moduler på testbord

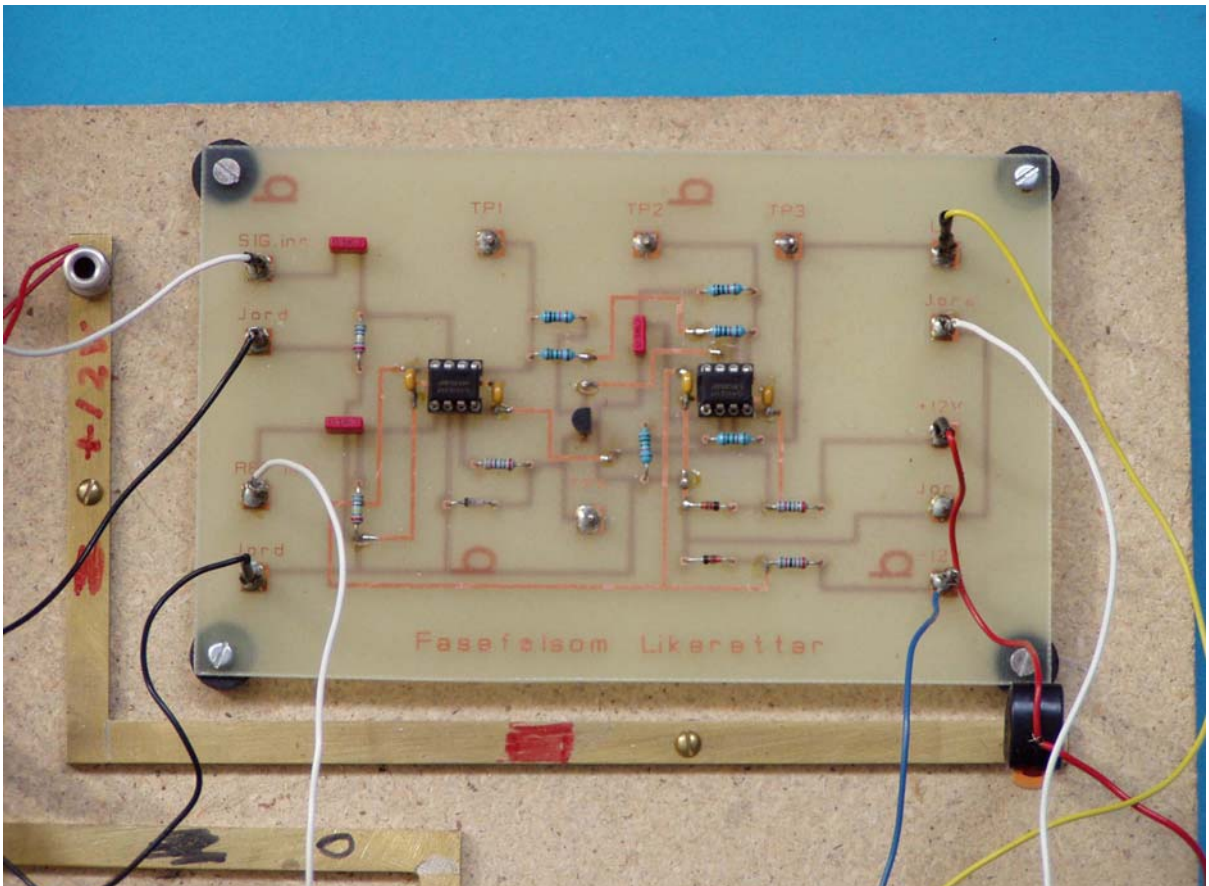


Fig. 3.6 Fasefølsom likeretter