Førsteamanuensis Bernt Ribbum
Inst. for elektroteknikk og databehandling
Postboks 2557 Ullandhaug, 4004 Stavanger
Tlf 51 83 20 16 / Fax 51 83 17 50
email: bernt@hsr.no

Ingeniørstudenter i teleteknikk

Stavanger, 17. september 1996

TE509 Digitale og analoge filtre, analog-lab høsten 1996

Faglærer:	Bernt Ribbum Institutt for elektroteknikk og databehandling Rom E-423b
Laboratorium:	Rom E-451/E-453
Grupper:	Fordel dere i grupper på 2-3 studenter.
Øvinger:	Oppgavesettet inneholder en samling av tre relativt enkle kretser dere skal koble opp på innstikkbord og utføre målinger på. Forsyningsspenning ± 15V finnes på kortene. Samtlige kretser er i form av filtre, og en del av oppgaven er å beregne og dimensjonere kretsene. Målinger skal utføres på amplitude- og faserespons til disse, og avvik fra ideell respons skal dokumenteres og kommenteres. Observer også tidsresponsen til relativt lavfrekvente firkantpulser, og prøv å forklare dette.
Forarbeid:	Det vil lønne seg å dimensjonere kretsene og finne komponentverdier samt ideell respons før dere begynner labarbeidet.
Dokumentasjon:	*Under arbeidet skal dere føre labjournal.* Her skal all informasjon av betydning noteres (så som instrumentbruk, kretsløsninger, måleresultater etc). Journalen er utgangspunktet for labrapporten som skrives til slutt. Hver gruppe leverer én rapport (5-10 sider).
Tider:	Laboppgavene bør fortrinnsvis utføres i uke 39 – i denne tiden kan kretsene stå oppkoblet på laben fra dag til dag. Avd. Ing. Jan Johannesen vil også være behjelpelig med utførelsen i den tiden.
Merk:	Les databladet for operasjonsforsterkerene LM-308 og LM-324, og finn maksimale strømmer og spenninger. Dette skal brukes til dimensjonering av kretsene i alle oppgavene; husk at forsyningsspenningene er ± 15V; dette vil selvsagt bestemme maksimalt utsving. Det kan også være nødvendig å stabilisere op.ampene så de ikke får selvsving — se datablad. I utgangspunktet kan vi regne op.ampene som ideelle — hvis dette viser seg å være veldig galt kan vi se på en eller flere modifikasjoner til modellen for disse. (Dette er strengt tatt ikke pensum.) *Frist for innlevert labrapport: mandag 7. oktober kl. 13.15.*

Oppgave 1 - Sallen-Key

Lag en Sallen-Key-krets som implementerer et 2. ordens lavpass Butterworth-filter med knekkfrekvens (3dB) på 1 kHz. Mål frekvensgangen (amplitude og fase), og sammenlign med ideell respons (ut fra de valgte komponenter).

Figur 1 viser et Sallen-Key-filter med normalisert respons lik

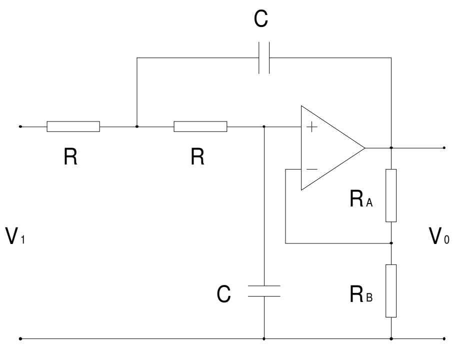
$$H_N(s) = \frac{K}{s^2 + (3-K)s + 1} \tag{1}$$

hvor

$$K = 1 + \frac{R_A}{R_B} \tag{2}$$

Kretsen denormaliseres til ønsket frekvens ved relasjonen

$$\omega_c = \frac{1}{RC} \tag{3}$$



Figur 1: 2. ordens lavpass-seksjon (Sallen-Key)

Oppgave 2 - Ring-of-Three (*state variable filter*)

Figur 2 viser skjema for et normalisert (1 rad/s) tilstandsvariabelt filter (ring-of-three), som samtidig realiserer et høypass-, et båndpass- og et lavpassfilter. Dette er litt forskjellig fra det vi har sett på i forelesningene, siden en ekstra op.amp er i bruk i tilbakekoblingssløyfen. Dette medfører at vi uavhengig kan justere frekvensen (denormalisering!), forsterkning (K), samt "dempning" d i transferfunksjonene:

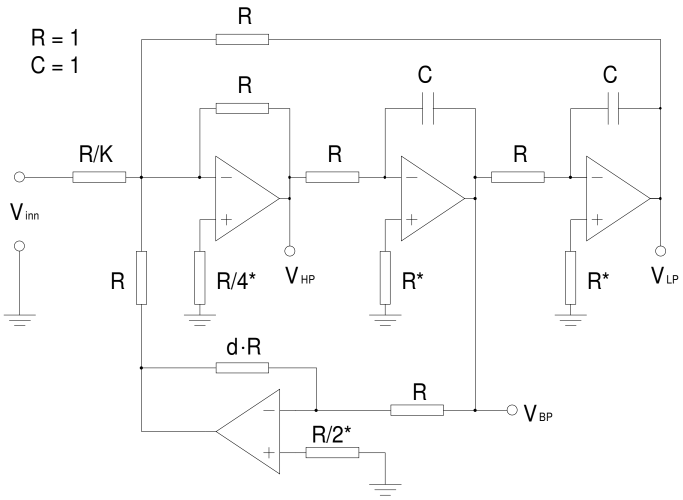
$$H_{LP}(s) = \frac{-K}{s^2 + ds + 1} \tag{4}$$

$$H_{BP}(s) = \frac{Ks}{s^2 + ds + 1} \tag{5}$$

$$H_{HP}(s) = \frac{-Ks^2}{s^2 + ds + 1} \tag{6}$$

Hvis man modifiserer frekvensresponsen slik at ω_c blir 1.0 kHz og setter resistansen $R = 10\text{k}\Omega$, vil man få verdien 16 nF for kondensatorene. Beregn verdier slik at kretsen realiserer Butterworth-filtre med knekkfrekvens 1.0 kHz, hvor forsterkningen K er lik 1. Gjør de normale målingene på alle utgangene.

På figuren er enkelte motstandsverdier merket med *. Disse motstandene er ikke kritiske og kan i enkelte tilfeller erstattes med kortslutninger. Slik de står hjelper de til å justere "offset"-spenninger i kretsen.



Figur 2: Tilstandsvariabelt filter med $f_c = 1$ rad/s

Oppgave 3 - Notch-filter

Et notch-filter er som vi har sett et båndstopp-filter med fullstendig dempning for et uhyre smalt frekvensområde. Med koblingen fra oppgave 2 er det en smal sak å implementere et slikt ved å summere lavpass- og høypassutgangene (via en ny operasjonsforsterker). Sett opp en slik kobling, og verifiser både teoretisk og praktisk at vi faktisk får en notch.

Appendix A - LM-308 og LM-324