	<h1>Teknisk notat</h1>	
	Tittel: Enkle prinsipper for støyfjerning	
	Referanse: Elsys-2016-LL-2	
	Forfatter: Lars Lundheim	
	Versjon: 1	Dato: 04.03.2016
Innhold		
1. Problembeskrivelse		1
2. Metoder		1
3. Støyfjerning ved lineær tidsinvariant filtrering		1
4. Analoge filter		2
5. Overordnet metodikk		2

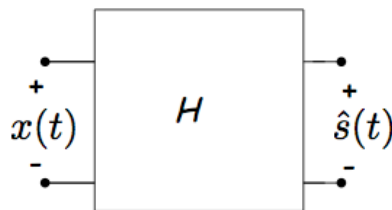
1 Problembeskrivelse

Et signal $x(t)$ vil ofte inneholde informasjon fra ulike kilder. Det er da gjerne slik at vi bare er interessert i den delen av signalet som stammer fra en bestemt kilde. Vanligvis kan vi da modellere signalet som en sum av $s(t)$, den delen vi er interessert i, og resten av signalet $w(t)$ som stammer fra andre kilder:

$$x(t) = s(t) + w(t). \quad (1)$$

Ofte kaller vi da $s(t)$ *signalet* og $w(t)$ kalles *støy*, *interferens* eller *forstyrrelse*.

En viktig signalbehandlingsoperasjon er å skille signal fra støy, dvs å lage et system som vist i figur 1.



Figur 1: System for støyfjerning.

Systemets inngang er $x(t)$ som definert i (1). På utgangen har vi signalet $\hat{s}(t)$ som skal være en best mulig tilnærming til det ønskede signalet $s(t)$, det vil si et signal hvor så mye som mulig av støyen $w(t)$ er fjernet, og hvor signalet $s(t)$ er endret så lite som mulig.

2 Metoder

Så lenge mennesker har drevet elektronisk signalbehandling (godt over hundre år) har støyfjerning vært en aktuell problemstilling. En mengde teoretiske metoder er utviklet, og mer og mer avanserte metoder blir tilgjengelig ettersom ny teknologi for å implementere de teoretiske prinsippene blir tilgjengelig.

3 Støyfjerning ved lineær tidsinvariant filtrering

En mye brukt strategi er å bruke et lineært filter. Dette kan gjøres analogt eller digitalt. Dersom filterets egenskaper ikke endres over tid, kalles filteret *tidsinvariant*. Et eksempel er lineære

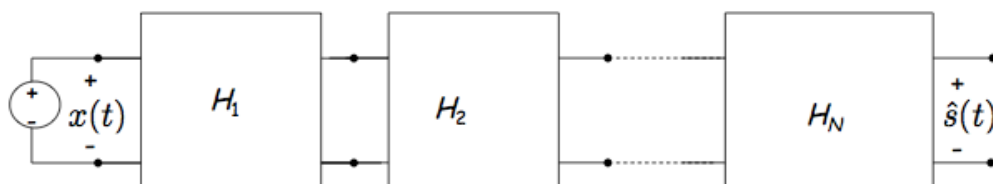
analoge filter realisert med spoler, kondensatorer, motstander og operasjonsforsterkere. Slike filter er tidsinvariante, siden komponentene har verdier som (i prinsippet) ikke endrer seg over tid.

Støyfjerning med lineære, tidsinvariante filter er spesielt aktuelt i tilfeller der signal og støy har ulike spektrum. Man kan da realisere systemet som et filter som demper frekvenskomponenter som er typiske for støyen, og slipper andre frekvenskomponenter igjennom. Vanligvis vil både signal og støy ha en del felles frekvenskomponenter (overlappende spektrum) slik at det ikke er mulig å fjerne støyen uten samtidig å endre selve signalet. Dette er akseptabelt så lenge totalresultatet på utgangen $\hat{s}(t)$ er bedre enn inngangssignalet $x(t)$.

Et relevant spørsmål er hva som menes med "bedre." Det er avhengig av hvilken sammenheng filteret brukes i. Dersom $s(t)$ er et musikksignal, vil "bedre" kunne bety at det filtrerte signalet er mer behagelig å lytt til enn det ufiltrerte. I andre sammenhenger vil det kunne være aktuelt å benytte mer presise, kvantifiserbare kriterium for å definere hva som er "bra" kvalitet.

4 Analoge filter

Det å designe et analogt filter som oppfyller gitte spesifikasjoner, er en egen spesialitet innen elektronisk systemdesign. Mange metoder finnes og mange datamaskinbaserte designhjelpemidler er tilgjengelige. For å oppnå ønsket form på frekvensresponsen trengs gjerne høy orden N på filteret. Jo høyere orden, jo mer komplisert vil designprosessen kunne bli. En vanlig måte å håndtere kompleksiteten på er å bruke kaskadepoling av del-systemer som vist i figur 2 hvor hvert delsystem har lav orden (typisk $N = 1$ eller 2.)



Figur 2: Systemrealisering ved kaskadepoling.

Dersom inngangsimpedansen til system H_n er mye større enn utgangsimpedansen til det foregående system H_{n-1} i kaskaden, kan totalresponsen regnes som produktet av alle delresponsene:

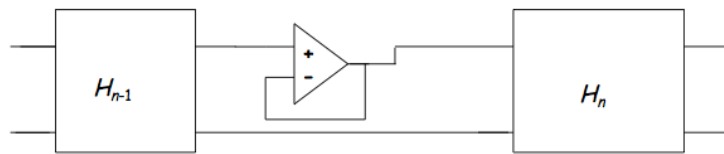
$$H(f) = H_1(f)H_2(f) \cdots H_N(f). \quad (2)$$

En praktisk måte å oppnå den ønskede relasjonen mellom inn- og utgangsimpedanser er å sette inn buffere mellom hvert av systemene i kaskaden, som vist i figur 3.

5 Overordnet metodikk

Som sagt er støyfjerning en problemstilling hvor stadig nye metoder blir utviklet. Det følgende er kun en overordnet fremgangsmåte som kan anvendes uten kjennskap til avansert signalbehandlingsteori.

1. Prøv å fremskaff informasjon om signalets og støyens spektrum.



Figur 3: Bufring for å sikre lav utgangs- og høy inngangsimpedans.

2. Dersom signalet $s(t)$ har et klart avgrenset spektrum, ha som mål å lage et filter som fjerner mest mulig av frekvenskomponenter utenfor signalspekteret og slipper signalspekteret mest mulig uhindret gjennom
3. Dersom støyen $w(t)$ har et klart avgrenset spektrum, ha som mål å lage et filter som fjerner mest mulig av støyspekteret og slipper resten av signalet uhindret gjennom.
4. Basert på denne undersøkelsen, kan man lage en overordnet skisse av hvordan filterets amplituderrespons $|H_i(f)|$ ideelt bør være.
5. Når ønsket filtertype er bestemt, designer man et filter med amplituderrespons $|H(f)|$ mest mulig lik den ideelle reponsen $|H_i(f)|$. I hvor stor grad man lykkes med dette, avhenger naturligvis av hvor avanserte metoder man behersker for formålet.
6. Når et slikt filter er designet, kobler man opp og måler for å sammenligne resultatet stemmer med den forventede teoretiske oppførselen.
7. 100% samsvar vil man nesten aldri finne. Man kan på dette stadiet gjøre noen justeringer av komponentverdier og repetere punkt 6 eller 5.
8. Når man har fått en respons man har tro på, kan man koble til det støybefengte signalet $x(t)$ og vurdere kvaliteten på resultatet $\hat{s}(t)$.
9. Er resultatet akseptabelt, er man ferdig. I motsatt fall går man tilbake til ett av punktene 1-7.

Metodikken ovenfor forutsetter en antagelse om at systemet som realiseres er lineært. Fysiske komponenter har alltid et visst avvik fra lineær oppførsel, men disse er ofte så små at antagelsen om linearitet i stor grad er berettiget. Unntak oppstår gjerne ved høye frekvenser eller store signalnivå. En skal være oppmerksom på at billige spoler viklet på ferromagnetisk kjernemateriale kan oppvise ulineær oppførsel også ved moderate frekvenser og signalnivå. Dette kan føre til at ønsket oppførsel blir vanskelig å realisere.