

Innhold

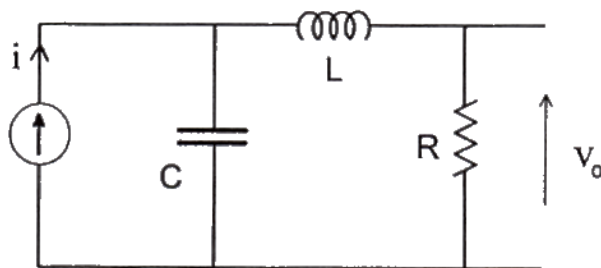
01-Passivt Chebychevfilter (H00-4).....	1
02-Aktivt Butterworth & Besselfilter (H03-1).....	2
04 Sallen and Key lavpass til båndpass filter	3
05 Butterworth & Chebychev (H02-2 a-d):	5
06 Fra 1-ordens prototype Besselfilter til høypass og båndpass	5

01-Passivt Chebychevfilter (H00-4)

Skriftlig eksamen: Denne oppgaven var gitt som skriftelig eksamensoppgave H2000 -4.

Muntlig eksamen: Denne oppgaven er også fin som trening til muntlig eksamen hvor spørsmålene vil bli vinklet mot forståelse av kretsen. Etter at oppgaven er løst skriftelig, gå da tilbake og forklar med ord:

- 1) Hvordan du gikk fram for å finne overføringsfunksjonen.
- 2) Hva det vil si at det er en strøm til spenningsfunksjon,
- 3) Prinsippene for å finne komponentene slik at det blir et Chebychevfilter
- 4) Når vi skal spesifisere et Chebychev filter stiller vi bestemte krav. Hva er kravene og hvordan er de i forhold til kravene vi stiller til et Butterworth filter
- 5) Når kravene er gitt, forklar prinsippene for å finne riktig rippel ϵ og orden n
- 6) Forklar hvordan man finner polene til et Chebychev filter og hvordan de fordeler seg i S-planet. Sammenlikne polmønsteret med mønsteret for et Butterworth filter



Figuren over viser skjema for et passivt filter.

a) Bestem kretsens systemfunksjon $H(s) = V_o(s)/I(s)$.

b) Et 2.ordens Chebychev lavpass filter har systemfunksjonen

$$H(s) \propto \frac{1}{\left(\frac{s}{\omega_c}\right)^2 + 2.37 \frac{s}{\omega_c} + 3.31}$$

Finn L og C uttrykt ved R og ω_c slik at kretsen over blir et Chebychev filter.

c) Et Chebychev lavpass filter skal tilfredsstille følgende krav;

i) cutoff frekvens: $\omega_c = 250 \text{ rad/s}$

ii) 0.1 dB rippel i passbåndet

iii) for $\omega > 2000 \text{ rad/s}$ er amplitudeforsterkningen redusert med minst 60 dB.

Vis at et 4.ordens filter tilfredsstiller disse kravene, mens et 3.ordens filter gjør det ikke.

d) Lag figur som presist viser polenes plassering i s-planet for 4.ordens filteret. Beregn realdel og imaginærdel til 2 av polene.

Gjøres når vi har gått igjennom digitale systemer

e) Det skal lagges et digitalt filter tilsvarende det analoge filteret i b). Utfør substitusjonen $s \rightarrow (1-z^{-1})/T_s$, og finn en rekursiv formel for det digitale Chebychev filteret. La her $1/T_s = 10\omega_c$, og sørg for at dc-forsterkningen blir 1.

02-Aktivt Butterworth & Besselfilter (H03-1)

Skriftlig eksamen: Denne oppgaven var gitt som skriftelig eksamensoppgave H2003-1.

Muntlig eksamen: Denne oppgaven er også fin som trening til muntlig eksamen hvor spørsmålene vil bli vinklet mot forståelse av kretsen og teorien rundt. Etter at oppgaven er løst skriftelig, gå da tilbake og forklar muntlig med ord hvordan man:

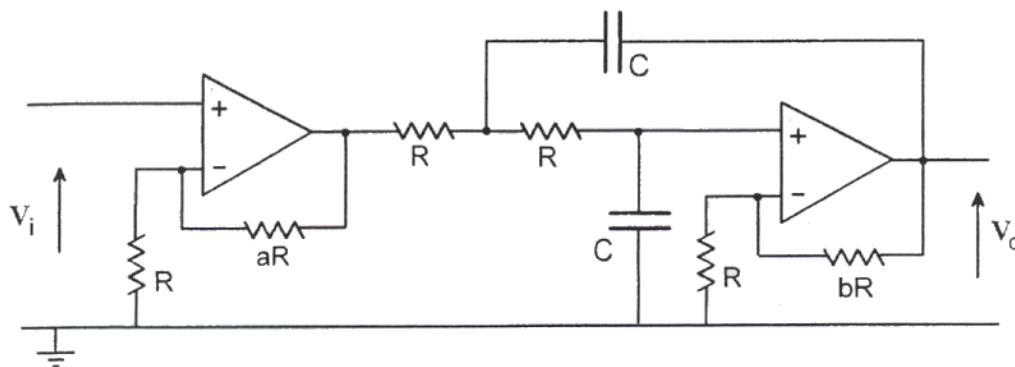
M1) går fram for å finne overføringsfunksjonen.

M2) Hva de ulike leddene i kretsen gjør. Hva er oppgaven til den første opampen, Hva er oppgaven til den andre.

M3) Signalet ut kobles tilbake til nettet som mater den positive inngangen. Hvorfor virker dette da som et filter og ikke som en oscillator?

M4) La kretsen være satt opp som et Butterworth filter med en dc forsterkning på 60 dB. Tegn amplitude og fase bodeplot.

M5) tenk selv ut et spørsmål som du ville stilt hvis du var eksaminator.



Figuren over viser skjema for et aktivt filter med forsterkning. Faktorene a og b er positive tall. Begge operasjonsforsterkerne skal regnes som ideelle.

Oppgaver

a) Vis at systemfunksjonen for kretsen kan skrives

$$H(s) = \frac{V_0}{V_i} = \frac{(a+1)(b+1)}{(RC)^2 s^2 + (2-b)RCs + 1}$$

b) Finn systemets forsterkning ved gitte frekvenser

b) Finn systemets forsterkning ved frekvensene $\omega = 0$ og $\omega = 1/RC$ uttrykt ved parametrene a og b.

Hva er fasedreiningen ved de samme frekvensene?

c) Bestem komponentverdier

Sett $R = 1 \text{ k}\Omega$. Bestem de øvrige komponentverdier slik at kretsen blir et lavpass Butterworth filter med grensefrekvens (cut-off) $\omega_0 = 10^3 \text{ rad/s}$, og med en maksimal forsterkning på 60 dB. Lag Bodeplot for amplitudeforløpet.

d) Skisser den nye amplitudekarakteristikk

La $b = 1.99$. Skisser den nye amplitude karakteristikken når $a = 2$ og RC har samme verdi som i spørsmål c). Benytt også samme figur.

e) Bestem parameter b slik at kretsen blir et Besselfilter.

Finn en verdi av b slik at kretsen blir et Besselfilter.

04 Sallen and Key lavpass til båndpass filter

Oppgaven omhandler forståelse av Butterworth filter, transformasjon av prototype filter, og finning av overføringsfunksjon $H(s)$

Muntlig eksamenstrening: Når oppgaven er løst skriftlig, gå da tilbake og forklar prinsippene og teorien med egne ord.

1) Fortell om Butterworth filtre

2) Prinsippene for å gjøre om et LP filter til et høypass og båndpass filter

3) fremgangsmåten for å finne overføringsfunksjonen

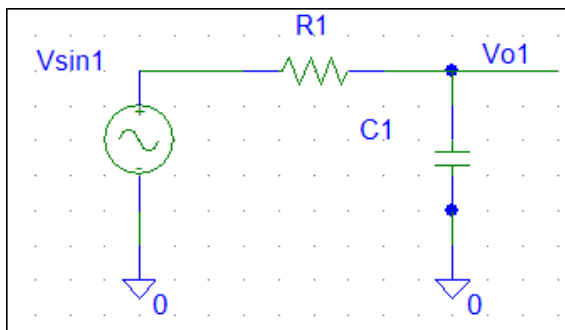
4) Denne kretsen tar utgangssignalet og sender det tilbake til det nettet som mater den positive inngangen. Forklar hvorfor det blir et filter og ikke en oscillator. Hva skal til for at kretsen skal bli en oscillator.

Oppgave

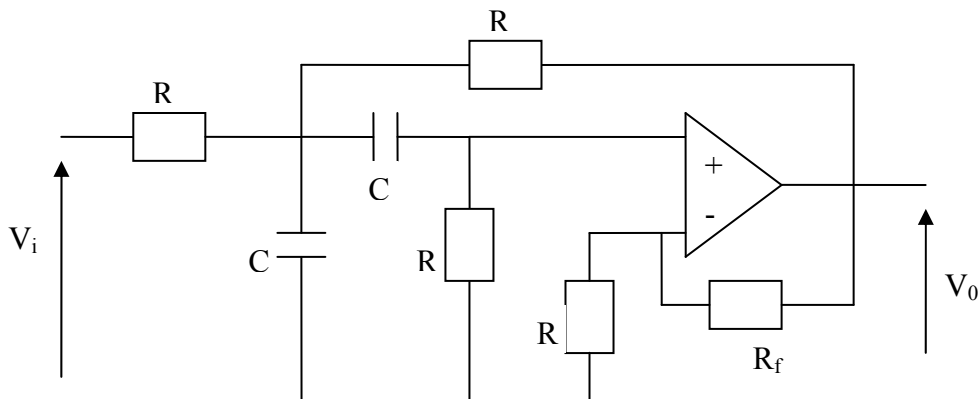
Et filter har en amplitudeforsterkning gitt ved formelen

$$M(\omega) = \frac{M_0}{\sqrt{1 + \left(\frac{\omega}{\omega_c}\right)^{2n}}}$$

- a) Definer og forklar betydningen av *alle* størrelsene som inngår i formelen over. Illustrer formelen gjennom en figur.
- b) Ved å substituere $\frac{s_{lp}}{\omega_c} \rightarrow \frac{\omega_0}{BW} \left(\frac{s_{bp}}{\omega_0} + \frac{\omega_0}{s_{bp}} \right)$ i systemfunksjonen for et lavpass filter blir det nye uttrykket en systemfunksjon for et tilsvarende båndpassfilter.
- Hva representerer parametrene ω_0 og BW?
 - Utfør substitusjonen for et 1.ordens filter.
 - I kretsen under, erstatt komponentene slik at vi får et båndpassfilter



Figur 1. 1 ordens lavpass filter

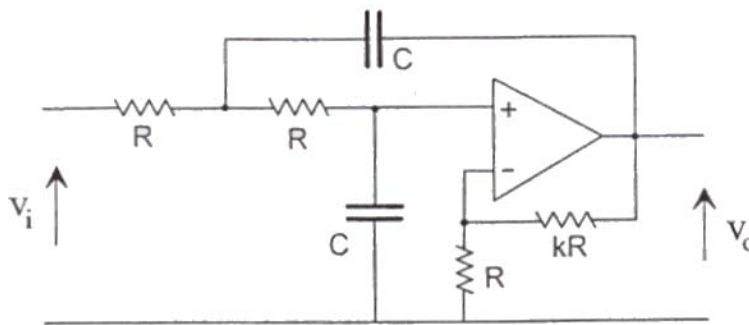


Figuren viser et skjema for en krets der operasjonsforsterkeren kan betraktes som ideell.
 $R_f = (K-1)R$

- c) Finn kretsens systemfunksjon, V_0/V_i . Bruk at $K = \frac{R + R_f}{R}$.
- d) Bestem K slik at kretsen blir et båndpassfilter med $BW = \sqrt{2} \omega_0$

- e) Hva blir BW når $K=4$? Skisser Bodeplot for amplitudekarakteristikken for dette tilfellet. Bruk komponentverdiene $C = 1\mu\text{F}$ og $R = \sqrt{2} \text{ k}\Omega$.

05 Butterworth & Chebychev (H02-2 a-d):



Figuren over viser skjema for et aktivt lavpass filter der operasjonsforsterkeren kan betraktes som ideell, og der k er en positiv konstant.

- a) Vis at kretsens systemfunksjon, $H(s) = V_o(s)/V_i(s)$, kan skrives som:

$$H(s) = \frac{1+k}{(RCs)^2 + (2-k)RCs + 1}$$

- b) Finn uttrykk for kretsens amplitudeforsterkning og fasedreining ved frekvensene $\omega = 0$ og $\omega = 1/RC$.

- c) Bestem k slik at kretsen blir et Butterworth filter.

La $R = 1\text{ k}\Omega$, og finn C slik at filteret får cut-off frekvensen $\omega_c = 10^3 \text{ rad/sek}$.

- d) Kretsen kan også bli et Chebychev filter (for andre valg av k).

Anta et filter med 0.5dB rippel i passbåndet, og bestem parameteren ϵ . Lag en figur som viser polenes plassering for dette filteret.

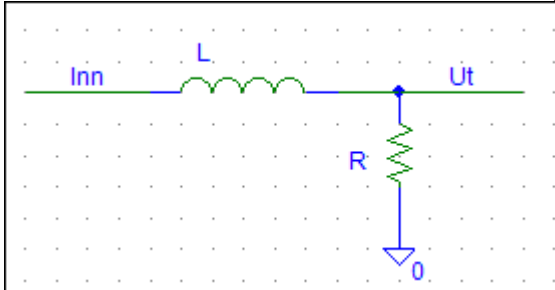
- e) Finn k slik at Chebychev filteret realiseres

- f) finn en digital algoritme for filteret

(Denne venter vi med til vi har begynt på siste kapittel)

06 Fra 1-ordens prototype Besselfilter til høypass og båndpass

- Når vi skal endre impedansen til et Prototype filter så multipliserer vi L og R med den nye impedansen mens vi deler C på den nye impedansen. Vis hvorfor det er slik.
- Når vi skal endre frekvensen må vi dele C og L på den nye frekvensen, mens R ikke endres. Vis hvorfor det er slik.
- La filteret i kretsen under være et 1 ordens prototype LP filter med $R=1$.



- Finn $H(s)$ og bestem L slik at kretsen blir et Besselfilter
- Utfør en impedans og frekvensskalering slik at filteret knekker ved 10^3 rad per sec og har en impedans på 5kOhm
- Vi skal lage et HP filter av LP filteret. Med utgangspunkt i bevaring av impedans og transformasjonen $s_{lp}=1/s_{hp}$, Vis hvorfor vi må bytte spoler mot kondensatorer og omvendt og hvorfor de nye komponentverdiene blir det inverse av de gamle.
- Lag Hp filter av det impedans og frekvens skalerte LP filteret.

En egnet transformasjonsformel fra Lp til BP er

$$s_{lp} = \frac{s_{bp}}{BW} + \frac{\omega_c^2}{BW s_{bp}}$$

hvor BW er båndbredden og ω_c senter frekvensen beregnet som geometrisk middel mellom øvre og nedre grensefrekvens.

- Vis ved hjelp av transformasjonsformelen og prinsippet om å bevare impedansen i systemet at spoler må byttes med seriekoblinger av spole og kondensator mens kondensatorer må byttes mot parallellkoblinger av spole og kondensator. Vis også hvordan uttrykkene for de nye komponentverdiene fremkommer.
- Lag et BP filter av LP prototype filteret hvor nedre knekk frekvens = 10^3 og øvre knekkfrekvens = 10^5
Finn overføringsfunksjonen og tegn bodeplot på grunnlag av denne.