

Kurs: FYS3220 Lineær kretselektronikk		Gruppe:	Utført dato:															
Oppgave: <div style="text-align: center;">LABORATORIEØVELSE B</div>																		
Omhandler: <table border="0" style="width: 100%;"> <tr> <td style="width: 5%;">1</td> <td style="width: 90%;">STUDIE AV EN LRC SERIERESONANSKRETS.....</td> <td style="width: 5%; text-align: right;">3</td> </tr> <tr> <td>2</td> <td>IDEELL OG IKKE IDEELLE OPERASJONSFORSTERKERE.....</td> <td style="text-align: right;">5</td> </tr> <tr> <td>3</td> <td>DERIVASJON.....</td> <td style="text-align: right;">6</td> </tr> <tr> <td>4</td> <td>INTEGRASJON.....</td> <td style="text-align: right;">8</td> </tr> <tr> <td>5</td> <td>WIENBROFILTER.....</td> <td style="text-align: right;">10</td> </tr> </table>				1	STUDIE AV EN LRC SERIERESONANSKRETS.....	3	2	IDEELL OG IKKE IDEELLE OPERASJONSFORSTERKERE.....	5	3	DERIVASJON.....	6	4	INTEGRASJON.....	8	5	WIENBROFILTER.....	10
1	STUDIE AV EN LRC SERIERESONANSKRETS.....	3																
2	IDEELL OG IKKE IDEELLE OPERASJONSFORSTERKERE.....	5																
3	DERIVASJON.....	6																
4	INTEGRASJON.....	8																
5	WIENBROFILTER.....	10																
Utført av ⁱ <div style="border: 1px solid black; padding: 10px; margin-top: 10px; width: fit-content;"> Sett inn et bilde av deg selv her: </div>		Utført av <div style="border: 1px solid black; padding: 10px; margin-top: 10px; width: fit-content;"> Sett inn et bilde av deg selv her </div>																
Navn: email:		Navn: email:																
<u>Godkjent dato:</u>		Godkjent av:																
Kommentar fra veileder:																		

Innhold

Innlevering	3
Krav til å få journalen godkjent	3
Deres kommentarer til oppgavene	3
Innlevering	3
Utskrift fra probe.exe	3
Vedlegg	3
Plotting	3
1 Studie av en LRC serieresonanskrets	4
1.1 La PSpice gjøre en transientanalysesimulering	5
1.2 La PSpice gjøre en AC-analyse	5
2 Ideell og ikke ideelle operasjonsforsterkere	6
2.1 Fyll ut tabell 2	6
2.2 Beskriv kort forskjellen mellom en ideell opamp og den ikke ideelle LM324. Se på plottet av utgangene fra den ikke helt ideelle LM2324.	6
2.3 Fyll ut tabell 3	6
2.4 På bakgrunn av simuleringsplottene av LM324 i ulike koblinger, lag og skriv ned en regel for sammenhengen mellom båndbredde og forsterkning.	7
3 Derivasjon	8
3.1	9
4 Integrasjon	10
4.1	11
5 Wienbrofilter	12
5.1	12
5.2	13
5.3	13
5.4	13

Innlevering

Krav til å få journalen godkjent

For at journalen skal godkjennes må den

1. være levert i tide i hht kursetes hjemmeside
2. være skrevet av to personer om ikke annet er avtalt
3. ha utfylt forside
4. ha alle spørsmål skikkelig besvart¹.

Deres kommentarer til oppgavene

Skriv gjerne kortfattet, men sørg for at kommentarene viser

- a. Hva oppgaven omhandler
- b. At dere har forstått oppgaven
- c. Bruk fullstendige setninger

Innlevering

Denne rapporten skal leveres på "<https://devilry.ifi.uio.no/>".

Bruk filnavn som begynner på "FYS3220_LAB_B_H20xx" etterfulgt av deres navn

Utskrift fra probe.exe

1. Ikke ta utskrifter direkte, men bruk menyen Windows / Copy to clipboard.
2. Velg change white to black.
3. Lim inn utklipp i journalen der de hører hjemme. Ikke legg dem som vedlegg bakerst.

Vedlegg

Kurver, tabeller og diagrammer skal ikke samles bakerst som vedlegg men inngå naturlig i teksten. Det er kun hvis dere ønsker å ta med tillegg utover selve oppgaven at det skal legges til slutt under et eget avsnitt merket Vedlegg.

Plotting

Når en generer et plot i PSpice vil det om man følger standarden bli veldig mange ledelinjer på selve plottet. Dette er ikke nødvendig, og kan gjøre at man ikke så lett ser den informasjonen en gjerne vil se. Derfor vil jeg gjerne at dere følger følgende punkter for å få litt mer oversiktlige plot.

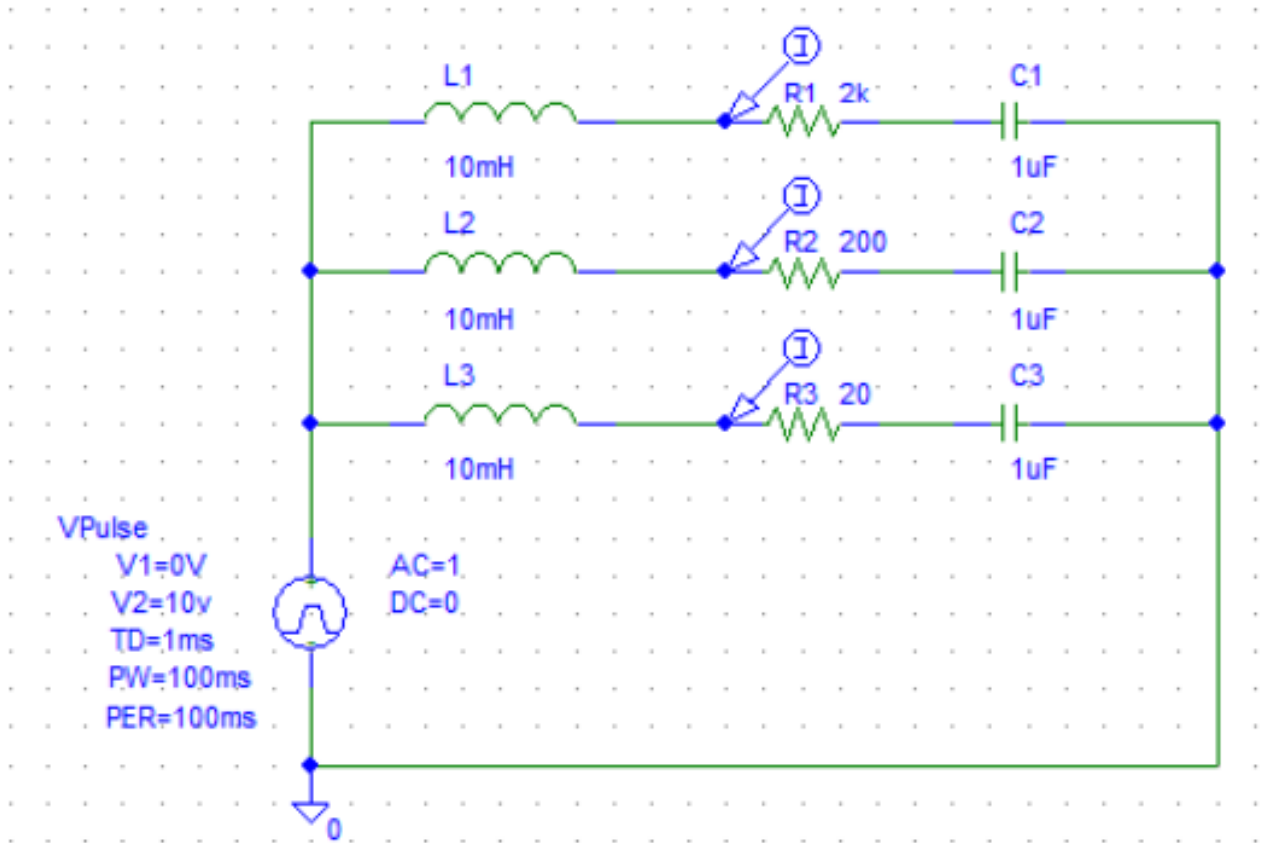
1. Trykk på F11 for å åpne plotteverktøyet.
2. Når plotteverktøyet er åpent, gå inn på *Plot* → *Axis Settings*.
3. Trykk på *X Grid*.
4. Under Grids velger du "+" på major og "Dots" på minor.
5. Avslutt med å trykke på knappen *Save As Default*.
6. Følg punkt 3 til 5 med *Y Grid* etterfulgt av *OK*

¹Med skikkelig besvart menes at

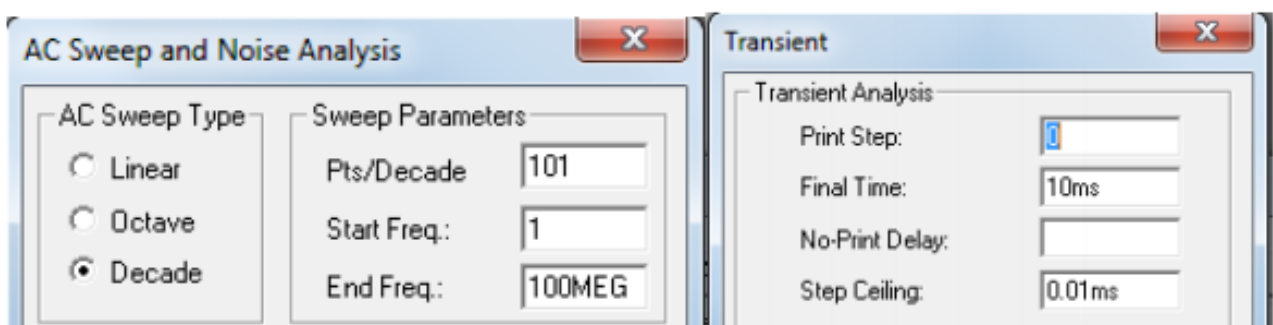
- a) Den som leser besvarelsen skal lett kunne forstå hva man svarer på uten å måtte finne fram Lab oppgaveteksten.
- b) Setninger skal være fullstendig
- c) tabeller og resultater skal være pent ført
- d) resultatene skal være diskutert. Dette skal gjøres kortfattet og konsist uten at man skal skrive en lengre avhandling om hvert punkt

1 Studie av en LRC serieresonanskrets

Vi skal studere tids og frekvensforløpet en enkel resonanskrets når vi varierer dempeleddet. Vi skal se på hvordan dempeleddet påvirker polenes plassering og hva dette har å si for hvordan kretsen oppfører seg. For lett å kunne sammenlikne responsene på ulike dempeledd tegner vi tre versjoner av kretsen slik at vi kan simulere flere ulike dempeledd samtidig.



Figur 1: Kretsoppsett for oppgave 1.



Figur 2: Sweep-oppsett for oppgave 1.

Strømmen i en LRC krets eksitert med en kort puls kan modelleres slik:

$$I(s) = \frac{V_{inn}(s)}{Z(s)} = \frac{V_{inn}(s)}{sL + R + \frac{1}{sC}} = \frac{V_{inn}sC}{LCs^2 + RCs + 1} \quad (1)$$

Overføringsfunksjonen finner vi ved å dele på V_{inn} .

$$Y(s) = \frac{I(s)}{V_{inn}} = \frac{sC}{LCs^2 + RCs + 1} = \frac{\frac{1}{L}s}{s^2 + \frac{R}{L}s + \frac{1}{LC}} = \frac{\frac{1}{L}s}{(a - p_1)(s - p_2)} \quad (2)$$

Vi får et førstegrads uttrykk i teller som gir oss et 0-punkt og ett andreggradsuttrykk i nevner som gir to poler. For å studere polene kan vi benytte abc-formelen.

$$\begin{aligned}
 N(s) &= s^2 + s \frac{R}{L} + \frac{1}{LC} \\
 &= as^2 + bs + c \\
 p_1, p_2 &= -\frac{R}{2L} \pm \frac{\sqrt{\frac{R^2}{L} - \frac{4}{LC}}}{2} \\
 p_1, p_2 &= -\frac{R}{2L} \pm \sqrt{\left(\frac{R}{2L}\right)^2 - \frac{1}{LC}} \\
 p_1, p_2 &= -\alpha \pm \beta
 \end{aligned} \tag{3}$$

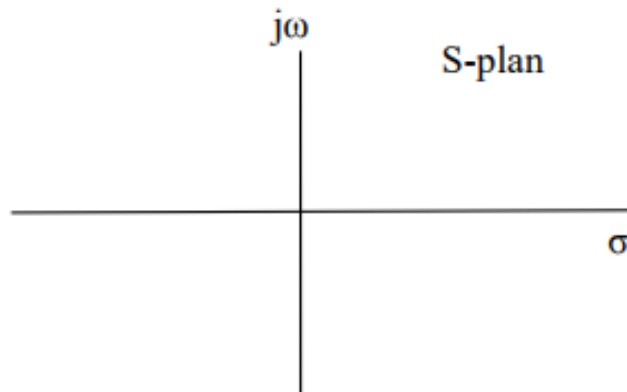
Som gir tre fundamentalt ulike løsninger avhengig av størrelsen på komponentene i β -delen.

1.1 La PSpice gjøre en transientanalysesimulering

- La Probe plote $I(R1)^2$, $I(R2)$ og $I(R3)$. Lim inn plottet i journalen og beskriv motstandens betydning for strømmen i en LRC krets.
- Beregn nullpunktet og polene for de tre kretsene. Fyll ut tabellen med verdiene og tegn pol-parrene tydelig merket inn i s-planet i Figur 3.

	0-punkt	$\alpha[k]$	$\beta[k]$	Pol 1 $[k]$	Pol 2 $[k]$
R1-kretsen					
R2-kretsen					
R3-kretsen					

Tabell 1: Pol-plassering. NB! La enheten være kilo dvs. 1000 og rund av til 1 desimal som for eksempel fra 9497.54 til 9.5k. Dere vil få absolutte tallverdier i området $\{0.5k, 200k\}$



Figur 3: S-plan med pol plassering for de tre LRC kretsene. La aksene ha enheten kilo som i tabellen over. Plasser polene forholdsvis uten å bruke for mye tid på nåyaktige avstander, men merk polene så man kan se hvilke poler som hører til hvilken krets.

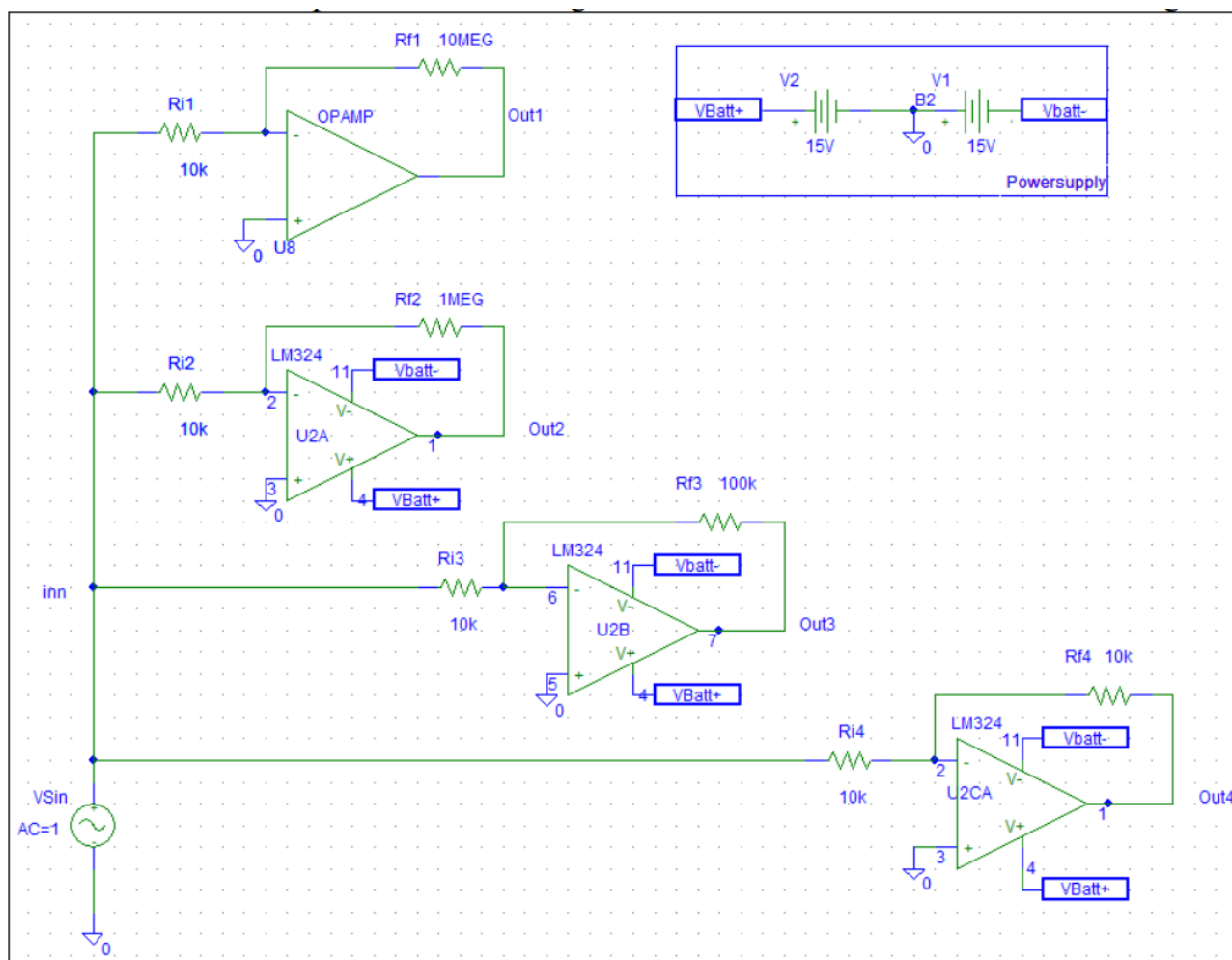
1.2 La PSpice gjøre en AC-analyse

- Legg ved amplitudebodeplottet som skal vise dB plott av strømmen i hver av de tre kretsene.
- Beskriv kort sammenhengen mellom verdiene til polene og nullpunktene i Tabell 1, deres plassering i s-planet og linjen og knekkpunktene som kommer frem i Bodeplottet.

²Multipliser $I(R1)$ med 50 for at den skal bli lettere å se i plottet

2 Ideell og ikke ideelle operasjonsforsterkere

Vi skal studere noen aspekter ved ideelle og ikke ideelle forsterker i inverterende kobling.



Figur 4: Ideell og ikke ideell opamp i inverterende kobling.

Anta ideelle operasjonsforsterkere og beregn forsterkningen for de fire kretsene. Simuler kretsen med en AC-analyse og lag amplitude Bodeplot for alle fire utganger i samme plot med Probe.exe. Mål båndbredde og forsterkning for hver av utgangene. Båndbredde er gitt ved det punkt hvor signalet synker under -3dB i forhold til maksstrøm.

2.1 Fyll ut tabell 2

	Out1	Out2	Out3	Out4
Er ideelt beregnet og simulert gain tilnærmet riktig ved 100hz? ja/nei				
Er ideelt beregnet og simulert gain tilnærmet riktig ved 100kHz? Ja/nei				
Hva er båndbredden for de ulike forsterkertrinnene? BW=?				

Tabell 2: Sjekk av forsterkning og båndbredde

2.2 Beskriv kort forskjellen mellom en ideell opamp og den ikke ideelle LM324. Se på plottet av utgangene fra den ikke helt ideelle LM2324.

2.3 Fyll ut tabell 3

1. Koble om ledningen til Ri4 merket A fra Inn til Out2 slik at kretsene U2A og U2C kommer i serie.
2. Sett $R_{F2}=R_{F4}= 31.64k\Omega$. Plot out3 og out4 i dB og sammenlikne resultatene.

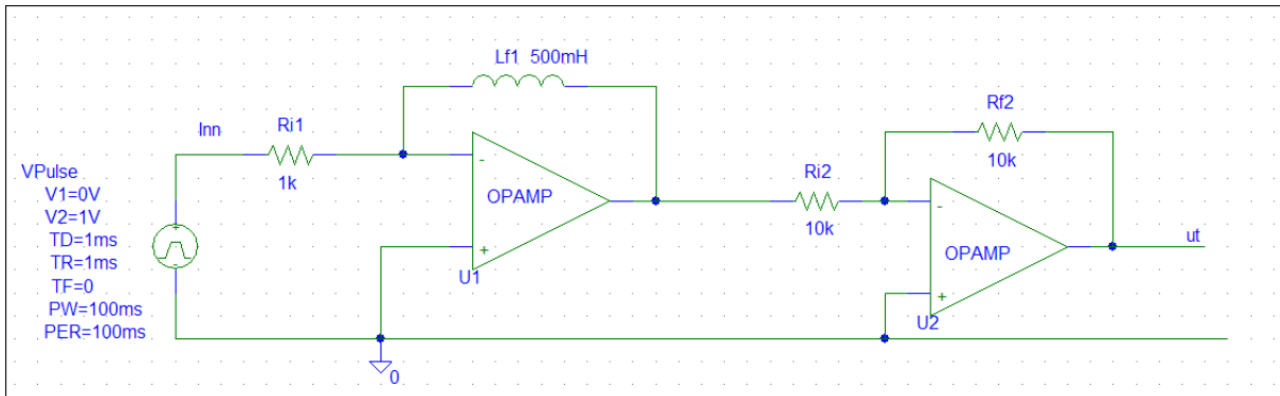
3. Finn båndbredde og forsterkning for out4 og fyll ut tabell 3

	Out3 fra forrige tabell	Ny Out4
Forsterkning		
Båndbredde BW		

Tabell 3: Seriekobling av forsterkertrinn

2.4 På bakgrunn av simuleringsplottene av LM324 i ulike koblinger, lag og skriv ned en regel for sammenhengen mellom båndbredde og forsterkning.

3 Derivasjon



Figur 5: Derivasjonskrets

Vi sender inn et signal som ligger konstant på 0 volt fram til tiden 1ms, stiger til 1 volt i løpet av 2 ms og ligger så konstant på 1 volt i resten av simuleringstiden. Deriverer vi et konstant signal skal vi få 0. Deriverer vi en funksjon $f(t) = at$ får vi at $f'(t) = a$. Når funksjonen stiger med 1 volt per 1 ms ser vi at a blir

$$a = \frac{1\text{volt}}{1\text{ms}} = 1000\text{v/s} \quad (4)$$

Vi ønsker å teste om derivasjonskretsen virkelig deriverer en rampe korrekt. Vi må da

1. Finne overføringsfunksjonen $H(s)$ for derivasjons kretsen
2. Laplacetransformere eksitasjonen og overføringsfunksjonen
3. Multiplisere eksitasjon med overføringsfunksjon.
4. Inverstransformere svaret og løse ut $u(t)$.

(a) Vi finner først $H(s)$ fra formelen for forsterkning til de to ideelle opampene i Figur 5.

$$\begin{aligned} H(s) &= \frac{V_{ut}}{V_{inn}} \\ &= (-) \frac{Z_{f1}}{Z_{i1}} \cdot (-) \frac{Z_{f2}}{Z_{i2}} \frac{R_{f2}}{R_{i2}} \\ &= \frac{Ls}{Ri} \\ &= \frac{500\text{mH}}{1\text{k}\Omega} s \\ &= 0.5 \cdot 10^{-3} s \\ &= ks \end{aligned}$$

- (b) Vi finner så den laplacetransformerte til eksitasjonen. En rampe som stiger konstant igjennom origo beskrives som $f(t) = at$. For at denne skal være 0 fram til tiden $t=1\text{ms}$ før den begynner å stige må vi tidsforskyve tiden t og multiplisere med en trinnfunksjon $u(t)$. For å få til en funksjon som stanser å stige etter 2ms må vi trekke fra en tilsvarende funksjon som begynner å avta i tiden 2ms. Vi får da funksjonen $f(t) = a(t-1) \cdot [u(t-1) - u(t-2)]$. Siden vi bare er interessert i stigningen i det intervallet funksjonen stiger, kan vi forskyve starten på stigningen til $t=0$ og droppe leddet som stanser stigningen ved tiden $t=2\text{ms}$.

Vi får da eksitasjonen $f(t) = at \cdot u(t)$ som vi laplacetransformere til

$$\mathcal{L}[at \cdot u(t)] = -aU'(s) = \frac{a}{s^2}$$

Transformasjonen er beskrevet i læreboka "Lineær kretselektronikk" i kapittelet om Laplace transformasjon, oppbygging av laplacebiblioteket, rampe og bygger på relasjonen $U'(s) \leftrightarrow t \cdot u(t)$.

(c) Vi ser at responsen som er eksitasjonen multiplisert med overføringsfunksjonen må bli

$$V_{ut} = V_{inn} \cdot H(s) = \frac{a}{s^2} ks = aks^{-1}$$

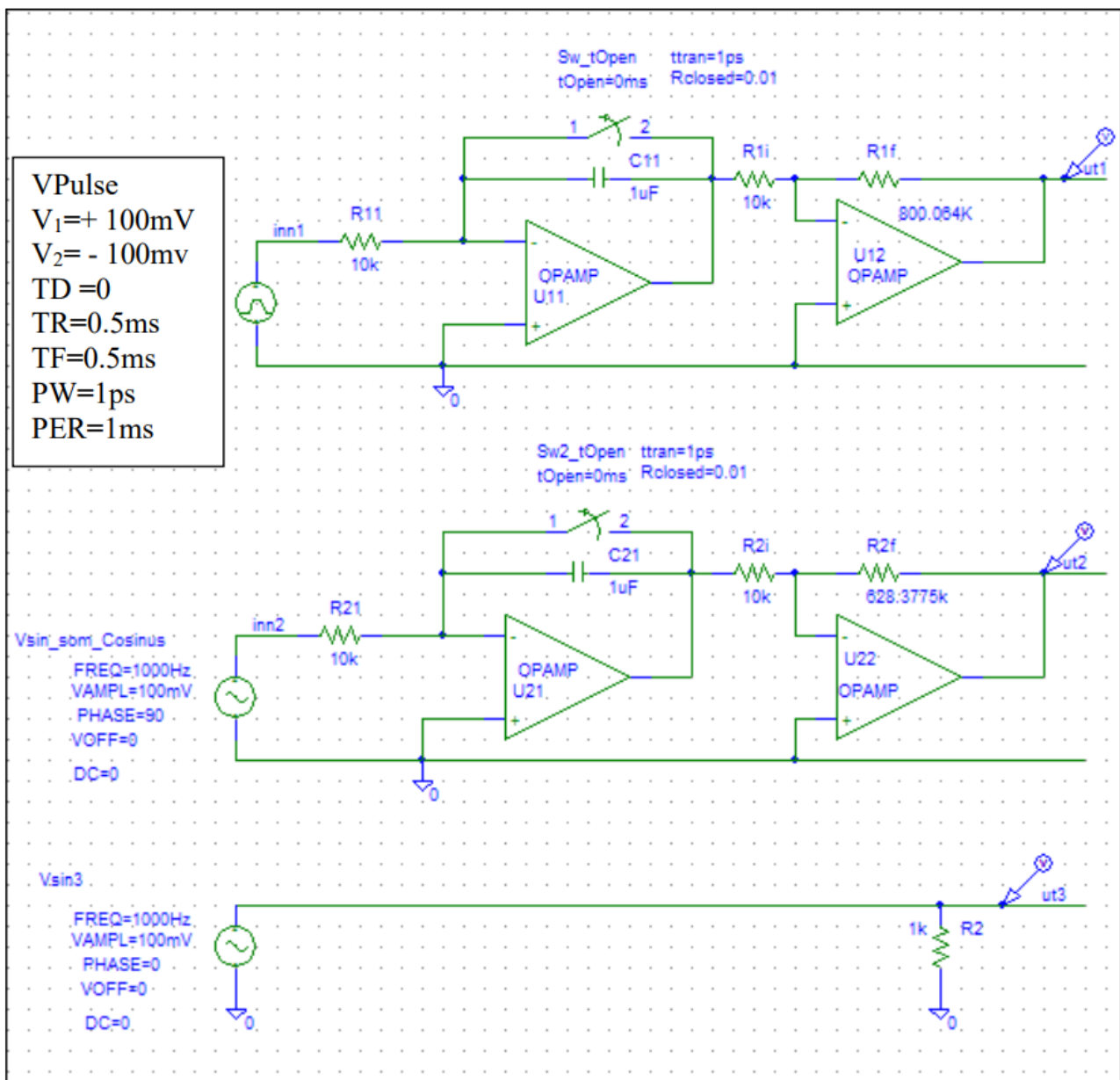
(d) Vi inverstransformerer ved å slå opp $1/s$ i biblioteket og finner at det tilsvarer $u(t)$. For rampen vil vi derfor få ut spenningen

$$V_{ut} = aku(t) = a \cdot \frac{L}{Ri} = \frac{1000\text{v/s} \cdot 500\text{mH}}{1\text{k}\Omega} = 0.5\text{volt}$$

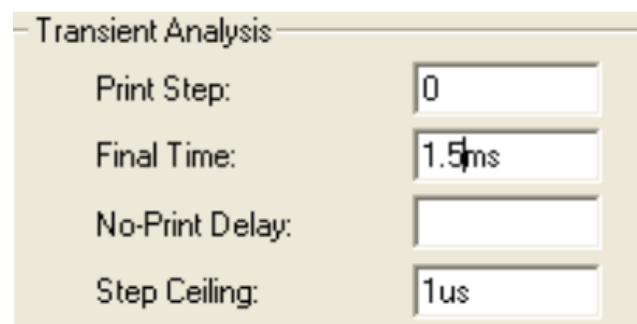
3.1

- Erstatt spolen L og motstanden $Ri1$ i Figur 4. med en spole på 700mH og en motstand på $1.2\text{k}\Omega$.
- Beregn den deriverte spenningen V_{ut} . Utfør en transientanalyse og kontroller om utgangsspenningen stemmer med den beregnede V_{ut} .
- Vedlegg plottet av V_{inn} og V_{ut} og kommenter hvordan plottene stemmer med beregningen av den deriverte $V_{ut}=V_{in}'$.
- Hvis du nå hadde sendt inn et cosinussignal, hva ville du forventet å se på utgangen?

4 Integrasjon



Figur 6: Integrasjonskretser



Figur 7: SetUp for transientanalysen av kretsene i figur 6

En integrator vil integrere signalet som sendes inn på inngangen og produsere en utgangsspenning tilsvarende integralet. Fordi vi benytter operasjonsforsterkeren i inverterende kobling, vil integralet være invertert. Dette

kunne vi ha rettet opp med et etterfølgende inverteringstrinn. For å unngå at det skal ligge noe rest spenning på integrasjonskondensatoren C1, har vi satt på en bryter som i starten kortslutter kondensatoren, men som åpner etter 1ps.

Vi kan finne ut hvordan integratoren virker ved å bruke formelen for ideell inverterende forsterkning $G = -R_f/R_i$ og så bytte ut motstandene med impedanser som er funksjoner av s. Disse erstattes igjen av sine Laplace modeller.

$$H(s) = -\frac{Z_f(s)}{Z_i(s)} = -\frac{\frac{1}{sC}}{R_i} = -\frac{1}{sRC}$$

Vi kan nå multiplisere $H(s)$ med en spenningsfunksjon $V_{inn}(s)$, og så inverstransformere resultatet for å finne $V_{ut}(t)$. Et alternativ er her å se direkte på uttrykket for en kondensator og se at det kan skrives som

$$v_c(t) = \frac{1}{C}q(t) = \frac{1}{C} \cdot \int_0^t i(t)dt$$

Siden kondensatoren står mellom operasjonsforsterkerens virtuelle 0-punkt og utgang, må spenningen V_c være den samme som operasjonsforsterkerens utgangsspenning. Videre har vi at strømmen i inngangsmotstanden er lik strømmen i kondensatoren fordi det pga. idealbetingelser ikke går strøm inn i operasjonsforsterkerens inngang. Vi kan derfor skrive at $i(t) = V_{inn}(t)/R_{inn}$, og sette R utenfor integrasjonen. Vi får

$$v_c(t) = v_{ut}(t) = \frac{1}{RC} \cdot \int_0^t v_{inn}(t)dt \quad (5)$$

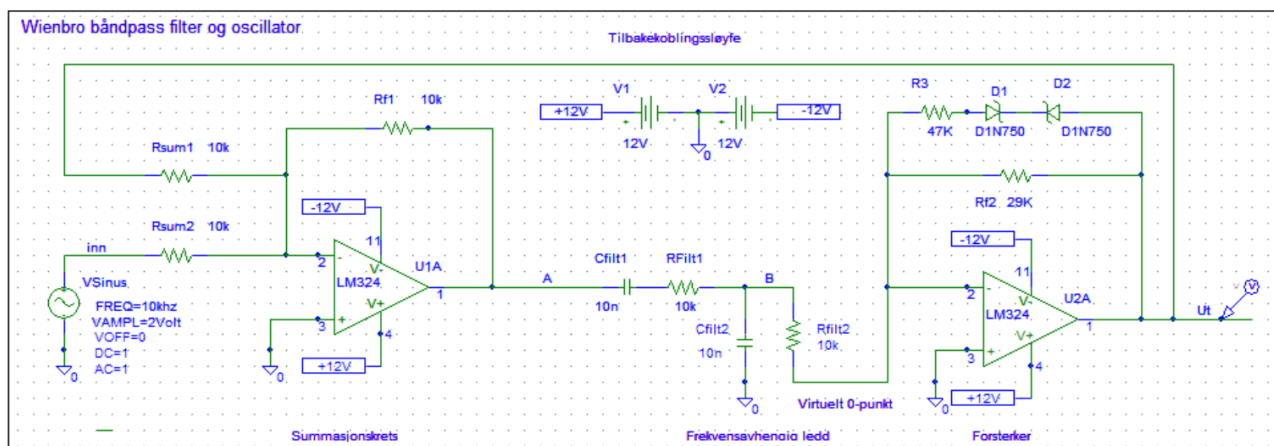
4.1

- Simuler kretsen i Figur 5 og plot signalene V_{inn} , V_{ut1} , V_{ut2} og V_{ut3} her skrevet i Probenotasjon.
- Forklar hva integratoren gjør med inngangssignalet og hva slags kurveform vi har på utgangen. Forklar hvorfor $V_{ut2} = V_{ut3}$ men forskjellig fra V_{ut1}

5 Wienbrofilter

Vi skal her studere en berømt krets, nemlig et Wienbrofilter. Overføringsfunksjonen kan beskrives med

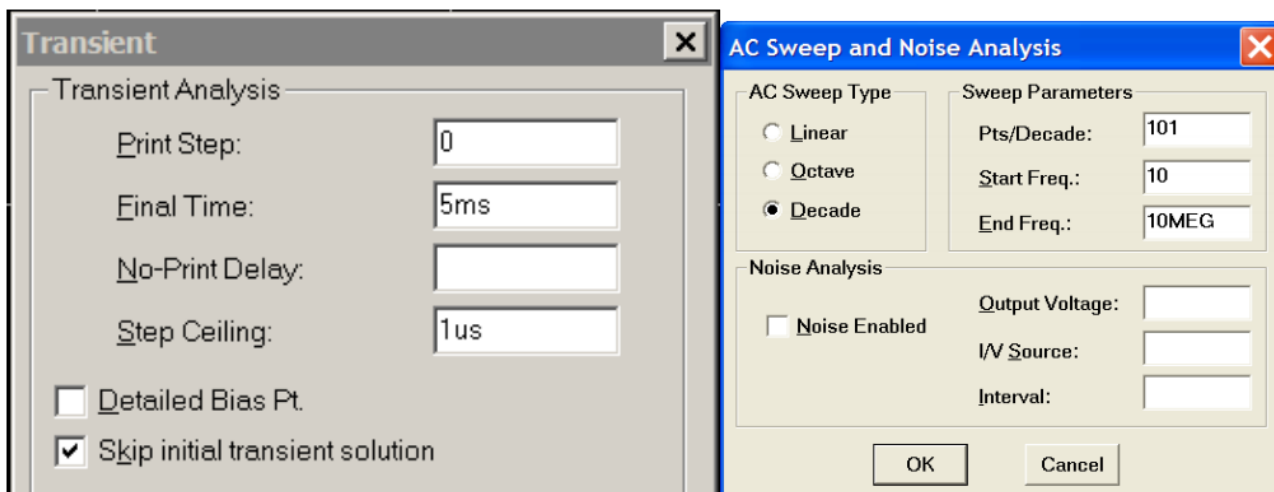
$$H(s) = \frac{sRC}{(sRC)^2 + s(3-G)RC + 1} \quad (6)$$



Figur 8: Wienbrofilter

Wienbrofilteret består av en summasjonskrets som summerer signalet fra en sinus generator med det tilbake-koblede signalet, et passivt frekvens avhengig nettverk og en forsterker. Vi kan finne overføringsfunksjonen ved å sette opp likninger for punktene A, B og ut og løse disse. Dette er vist i Læreboka "Lineær kretselektronikk" i kapittelet som omhandler operasjonsforsterkere.

Tegn kretsen i PSpice og utfør AC og transient analyse. Sinusgeneratoren er satt opp til 10 kHz. Rf2 skal varieres i området 20k..35k. G i filterets overføringsfunksjon Eq. 4 er gitt ved forholdet mellom Rf2 og Rf1. Med Rf2= 20k blir G=2. AC og transient analyse er satt opp som vist under.



Figur 9: Transient- og AC-analyse-oppsett

Sett G=2 i likningen for overføringsfunksjonen ved å sette Rf2=20kOhm. Bruk AC analyse og lag et Bodeplot for amplitude og fase.

5.1

- Bruk Eq. (6) og standardlikningen til å beregne dempingsfaktor ξ , godhet Q og resonansfrekvens ω_0 .
- Legg ved kopi av simulert amplitude og fase Bodeplot og beskriv kort hva slags filter dette er, hvordan det knekker og ved hvilken frekvens.
- Forklar hvordan linjene i det simulerte bodeplottet henger sammen med poler, konstanter og 0-punkt i Eq. (6) og med beregnet ξ , godhet Q og resonansfrekvens ω_0

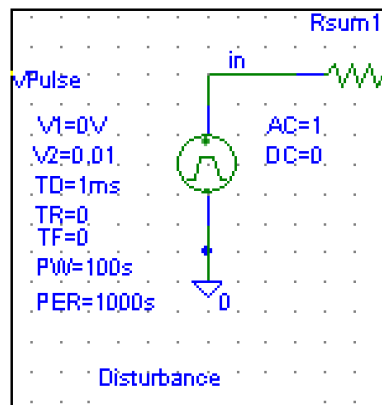
5.2

- Utfør AC-analyse og beskriv kort hva som skjer med båndbredden, amplitude og fase når motstanden Rf2 økes fra 20, til 29k. Ikke legg med plot her.

5.3

- La motstanden $R_{f2} = 32k$. Bruk transientanalyse. Studer tidssignalet $V_{ut}(t)$ og Fourier analyse av $V_{ut}(t)$ ³.
- Beskriv tidssignalet og forklar årsaken til toppene i fourierspekteret.
- Undersøk om det er noen samsvarer mellom toppene i Fourerspekteret, signalet vinn og den beregnede ω_0 .
- Dokumenter resultatet av undersøkelsen.

5.4



Figur 10: Vpulse satt opp til å gi en kort forstyrrelse

- La Rf2 være 35k og bytt ut sinus generatoren med en Vpulse generator slik som vist i Figur 10, som bare gir en enhetstrinn puls.
- Bruk transient analyse. øk simuleringstid fra 5 til 10mS "Final time". Studer $V_{ut}(t)$ og fourerspekteret og forklar hva som skjer og hvorfor.

³Bruk FFT-knappen i probe