

INF1411 Obligatorisk oppgave nr. 2

Fyll inn navn på alle som leverer sammen, 2 per gruppe (1 eller 3 i unntakstilfeller):

1 Aleksander Våge (aleksava)

2 Øyvind Imsland (oyvinim)

3 _____

Gruppenummer: Torsdag 25.02

.Ø

Informasjon og orientering

Alle obligatoriske oppgaver ved IFI skal følge instituttets reglement for slike oppgaver. Det forutsettes at du gjør deg kjent med innholdet i reglementet og at besvarelsen er i henhold til dette. Reglementet finner du på <http://www.ifi.uio.no/studier/skjemaer/oblig-retningslinjer.pdf>

Besvarelsen leveres elektronisk i Devilry (<https://devilry.ifi.uio.no/>). Frist for innlevering kunngjøres på kursets nettside.

Du kan redigere dette dokumentet i Microsoft Word og levere den redigerte versjonen som en PDF (File -> Save as Adobe PDF...). Det er også mulig å bruke en annen editor, men da er det viktig at rapporten inneholder både oppgavene og ditt svar, inkl. figurer formler osv. **Lever uansett én PDF fil, som er oversiktlig og lettleselig.** Det anbefales å begynne med LaTeX tidlig i studiet da dette er et krav i senere kurs, så hvis du har tid er det en god ide å lære deg å lage rapporter i LaTeX.

Om oppgaven

I denne oppgaven skal du lære hvordan du bruker et oscilloskop, og om responsen til RC-kretser i tidsdomenet. Oppgaven er delt i tre deler. Oppgave 1 er en primer, hvor du skal koble opp oscilloskopet for første gang og se på signaler fra funksjonsgeneratoren. I oppgave 2 studerer vi oppladningen av en kondensator i en RC forsinkelseskrets, når spenningen vi påtrykker er en step-funksjon (i form av en firkant-bølge). I oppgave 3 skal vi studere AC-oppførselen til en RC forsinkelseskrets, når vi påtrykker den en spenning som varierer som en sinus med tiden.

Lykke til!

Oppgave 1 - Bruk oscilloskopet til å se signaler fra FGEN.

Bakgrunnsstoff for denne finner du hovedsakelig i kapittel 8 i læreboka og i veiledningen om funksjonsgenerator og oscilloskop.

Denne oppgaven er ment som en måte å raskt bli kjent med bruken av to nye instrumenter på ELVIS: oscilloskopet (SCOPE) og funksjonsgeneratoren (FGEN). Bruk gjerne ekstra tid på eksperimentere med hva som skjer når du skrur på 'knottene' i instrumentpanelene til ELVIS, slik at du blir godt vant med det. Merk at du ikke skal bruke oscilloskopet til å måle spenninger over 10 Volt DC.

I laboppsettet har vi lagt opp til at to svarte COAX-kabler (med BNC-plugger i endene) skal være tilkoblet ELVIS fast. Disse skal gå fra 'CH0' til 'BNC1', og fra 'CH1' til 'BNC2'. COAX-kablene er der for at det skal være lett å ha tilgang til oscilloskopet ved å trekke ledninger fra 'BNC1+' og 'BNC1-' (som blir oscilloskopets CH0), og 'BNC2+' og 'BNC2-' (som blir oscilloskopets CH1) ut på breadboardet.

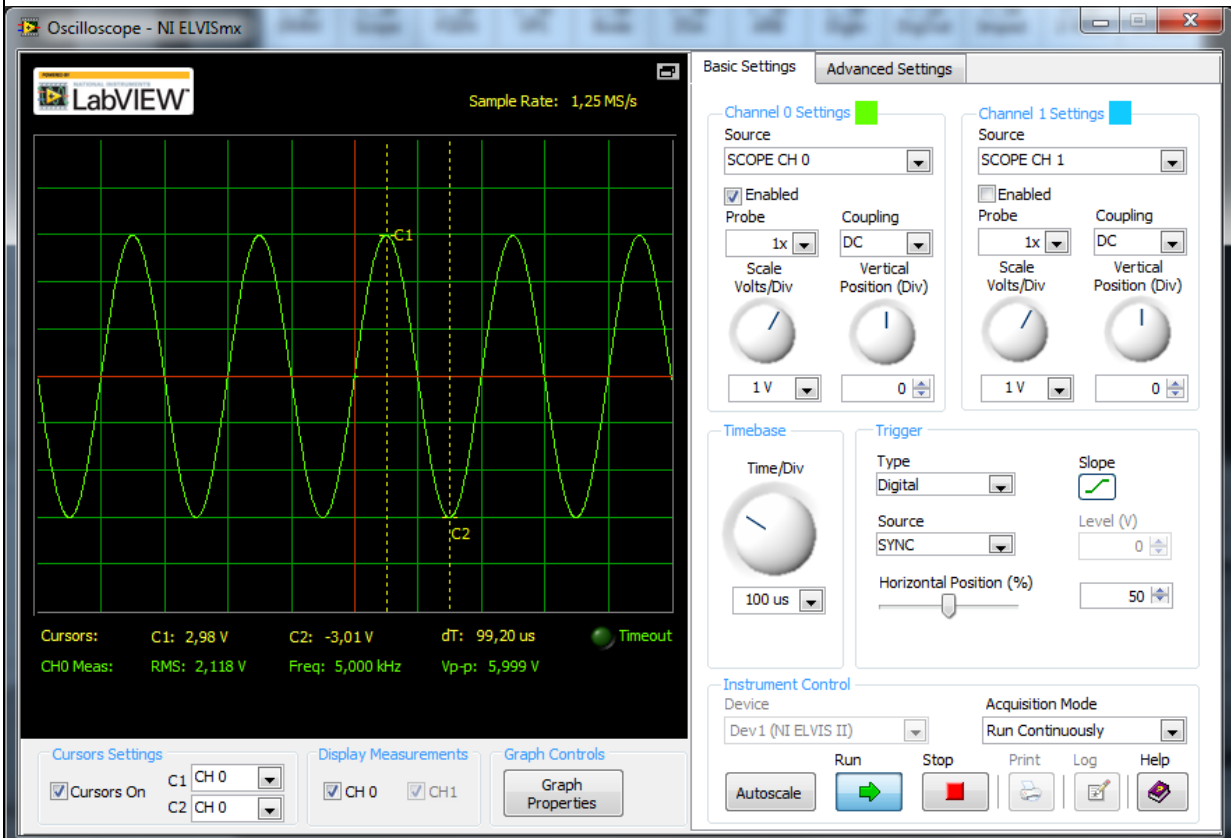
- Sjekk først at de to svarte COAX-kablene er tilkoblet riktig, som beskrevet over.
- Bruk en ledning til å lage kobling mellom 'BNC1-' og Jord. (Typisk farge på ledninger tilkoblet jord: Svart eller Blå.)
- Bruk en ledning til å lage kobling mellom 'BNC1+' og 'FGEN'.
- Åpne FGEN-instrumentet og start en sinus på 1kHz, Amplitude=3 Volt, Offset=1.5 Volt. Velg 'Signal route' til 'Prototyping board'. Klikk 'RUN'.
- Åpne SCOPE-instrumentet. Sjekk for 'Channel 0' at signalkilden (*source*) er satt til 'SCOPE CH 0', og at kanalen er merket som *Enabled* like under. Velg *Trigger type: DIGITAL*, og pass på at *source* der er satt til SYNC. Klikk RUN-knappen, og bruk deretter knappen Autoscale for å automatisk skalere og sentrere signalet fra kilden. Du bør nå se signalet du satte opp.
- Det er anbefalt at du bruker en del tid på å eksperimentere med oscilloskopet og funksjonsgeneratoren sammen, slik at du ser hvordan de forskjellige knappene virker. Se gjerne i veiledningen for en nærmere forklaring.

Oppgave:

- Sett i FGEN opp en sinus-bølge med en frekvens på 500x Hz, der x er antall bokstaver i det første av fornavnene på side 1. Amplituden skal være 3 Volt og Offset = 0 Volt.
- Juster på visningen i oscilloskopet slik at du ser mellom 3 og 5 perioder av signalet, og signalet går over ca 80% av y-aksen.
- Sett opp begge cursorene slik at de hver for seg måler toppputslaget til bølgen, en halv tidsperiode ($T/2$) fra hverandre. Legg merke til målingene som blir vist under bølgeformen i oscilloskopet, og at dT viser avstanden mellom cursorene på tidsaksen. (Tips: Etter at du har enablet begge cursorene i oscilloskopet må du klikke og dra de gule cursorene ut fra venstre side i oscilloskop-vinduet.)
- Ta nå et bilde av oscilloskop-vinduet ved hjelp av tastekombinasjonen **Ctrl+Alt+Print Screen**. Bildet kan nå limes inn i et annet Windows-program med **Ctrl-V**. (F.eks. Word eller Paint)
- Lim bildet inn i rapporten på neste side. (Om du leverer besvarelse med felter fylt inn for hånd legger du ved en utskrift av skjermbildet bakerst i rapporten på eget ark. Merk arket med Oppgave 1 + navnet til person nr.1 som leverer.)

- For samme bølgeform som fremtrer på skjermbildet av oscilloskopet, bruk nå cursorer og/eller kalkulator til å måle og/eller beregne følgende kvantiteter:
(Forklar/vis hvordan du gjør målingene og beregningene.)
 1. Periodetiden T
 2. Frekvensen basert på målingen av T
 3. Peak-to-peak spenningen.
 4. Stigetid (t_{rise}).
 5. Tiden det tar fra spenningen krysser 0 Volt til sinusen er ved 60° .
 6. Spenningen når sinusbølgen er ved $\pi/4$ radianer.
 7. Vinkelen på sinusbølgen når spenningen er ved 0.5 Volt og på vei oppover.

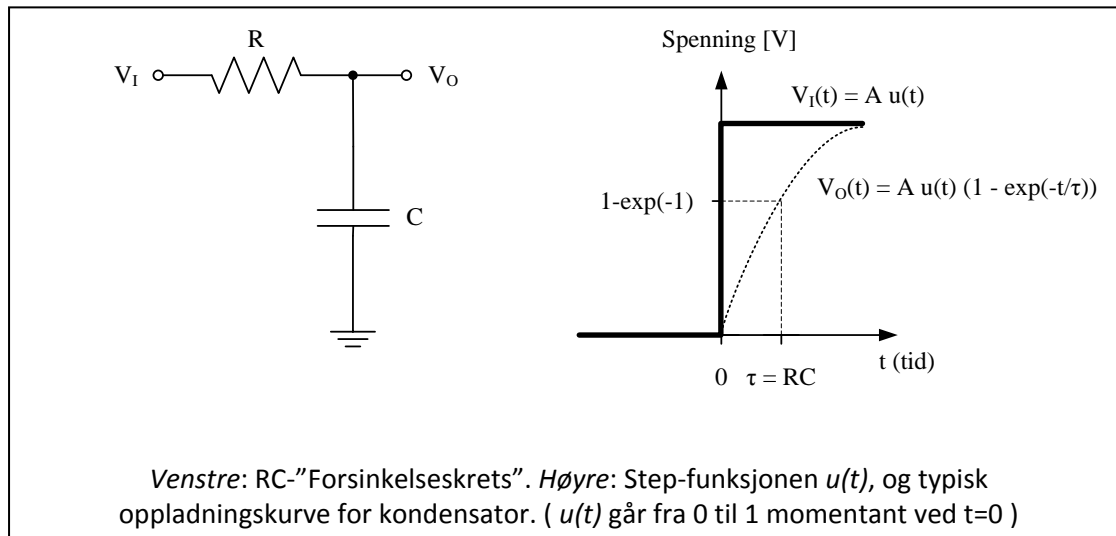
Svar:



1. $T = 1/f = 1/5000 = 0.0002s$
2. $f = 1/T = 1/(2 \cdot dT) = 1/(2 \cdot 99.2 \cdot 10^{-6}) = 5040.3 \text{ Hz}$
3. $V_{pp} = 5.999V$
4. $t_{\text{rise}} = 33.6us$
5. Tiden fra 0 Volt til sinus er ved 60° er 9.6us.
6. Tiden fra 0 Volt til sinus er ved $\pi/4$ radianer er 7.6us.
7. Vinkelen er da 30° .

Oppgave 2 – Oppladning av kondensator

Bakgrunnsstoff til denne oppgaven finner du hovedsaklig i kap. 9-5 og kap. 15 i læreboka.



Vi skal undersøke med oscilloskopet hva som skjer i kretsen i figuren over når du raskt forandrer inngangsspenningen (V_I) fra 0 Volt til 5 Volt. Dette kan skje for eksempel hvis du slår på en bryter. Som en forklaring på hvordan kretsen da virker, kan vi se at motstanden R begrenser strømmen som kan gå fra V_I til V_O . Strømmen gjennom R vil da legge til eller ta bort ladning fra kondensatoren C . Når vi får en forandring i ladningen lagret over kondensatoren får vi også en forandring i spenningen. Dette medfører at forskjellen i spenning mellom V_I og V_O blir mindre, noe som resulterer i mindre strøm gjennom R . Prosessen går tregere og tregere, og fortsetter til vi knapt kan se noen forskjell mellom V_I og V_O . Forutsatt at V_I og V_O var 0 Volt før inngangsspenningen V_I forandret seg, kan tidsoppførselen til signalet V_O beskrives som:

$$V_O(t) = V_S \left(1 - e^{-\frac{t}{\tau}} \right)$$

hvor V_S er størrelsen på spenningen man bytter til på inngangen. Tidskonstanten τ (uttales tau) måles i sekunder og er for kretsen gitt ved $\tau = RC$.

I stedet for å slå av og på en bryter skal vi i denne oppgave bruke en firkantbølge fra funksjonsgeneratoren til å lage en rask forandring på inngangen.

- Anta at vi har en firkantbølge, hvor en oppadgående flanke opptrer ved tiden $t = 0$, at $V_O(t = 0) = 0$ Volt og at $V_S = 5$ Volt. Bruk formelen over til å finne spenningen $V_O(t = \tau)$.

$$V_O(t = \tau) = 5(1 - 1/e) = 3.16V$$

- Finn en motstand på rundt 10 k Ω , og en kondensator på 10 μ F.
Oppgi målt verdi for motstanden, og beregnet verdi for tidskonstanten $\tau = RC$.

R (målt)	= 9.862 k Ω
C	= 10 μ F
τ (beregnet)	= $9.862 \cdot 10^{-2}$

- Koble opp RC-kretsen med FGEN koblet til V_I og oscilloskopkanalene til V_I og V_O .
- Start en firkantbølge på funksjonsgeneratoren og still inn bølgen ved hjelp av amplitude og offset slik at den har et utslag fra 0 Volt til 5 Volt. Bruk en frekvens på rundt 2 Hz.
- Still inn oscilloskopet slik at du ser minst en oppadgående flanke for V_I og V_O samtidig, og slik at utgangen går helt fra 0 Volt til 5 Volt i en relativt slak bue.
- Bruk en av cursorene på oscilloskopet til å finne spenningen $V_O(t = \tau)$, mens du lar den andre cursoren stå ved tidspunktet flanken starter på. Nå kan du langs tidsaksen måle tidskonstanten på utgangssignalet etter en oppadgående flanke. Oppgi den målte tidskonstanten og beregn en målt verdi for C på bakgrunn av de målte verdiene for R og τ :

τ (målt) = $9.68 \cdot 10^{-2}$
C (målt) = 9.815 μ F

- Ta også et bilde av oscilloskop-vinduet, mens cursorene markerer hvordan du måler tidskonstanten. Lim bildet inn i rapporten under, eller som vedlegg på eget ark (bakerst, merket 'oppladning av kondensator')

- Svar på spørsmål 1 og 2 vha målinger med oscilloskopet, og 3-5 vha teori:
(Se læreboka kap. 8-8 for definisjon av stige og falltid (10%-90%))
 1. Hva er stigetiden til V_O (t_{rise}) ?
 2. Hva er falltiden til V_O (t_{fall}) ved nedadgående flanke ? Er $t_{rise} = t_{fall}$? Kommenter.
 3. Når en RC-krets hhv. opplades eller utlades, hva er utspenningen i % av V_S etter $t = \tau$?
 4. Hvis $C = 1 \mu F$ og spenningen over C er 5 Volt, hvor mye ladning er det lagret over C?
 5. Gitt ladningen fra spm. 4. : I hvor lang tid kan du trekke en konstant strøm på 10 μA før spenningen over C er 0 Volt?

Svar:

1. $V_O(t_{rise})$ leses av grafen og er 81.6 ms
2. $V_O(t_{fall})$ leses av grafen og er 79.6 ms. Dette er nærme nok til at differansen er innenfor marginen. Hvilket gir mening i og med at det er en periodisk graf.
3. Det vil henholdsvis være 63% eller 27% om en måler oppladning eller utladning.
4. Snur på formelen $C = Q/V \rightarrow Q = C \cdot V = 5 \cdot 10^{-6}$. Altså 5 μC
5. Siden definisjonen på strøm er ladning per tid, får vi: $t = Q/I = 5 \cdot 10^{-6} / 10 \cdot 10^{-6} = \underline{0.5s}$

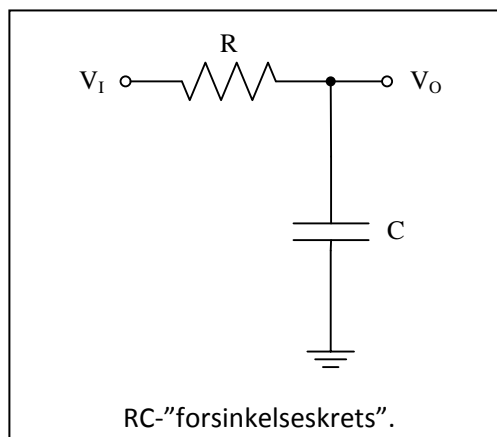
Oppgave 3 – Sinusrespons til RC forsinkelseskrets

Bakgrunnsstoff til denne oppgaven finner du hovedsakelig i kap. 9-6, og kap. 10 i læreboka.

Reaktans kan forklares som *opposisjonen* en kondensator har mot strømmer som varierer som en sinusbølge. Reaktansen til en kondensator måles i Ohm og er gitt ved:

$$X_C = \frac{1}{2\pi fC}$$

Vi kan se at reaktansen varierer med frekvensen (f) til sinusen vi påtrykker. For $f = 0$ får vi uendelig reaktans, og det går ingen strøm gjennom kapasitansen. Øker vi frekvensen så slipper vi strøm i økende grad igjennom.



3.1 Variasjoner i reaktans og impedans.

Vi skal fortsette å se på RC-forsinkelseskretsen, men nå hvordan kretsen oppfører seg når vi setter en kontinuerlig sinusbølge på inngangen V_I . Først skal vi finne komponentene vi skal bruke. Hensikten med verdiene for R og C som vi velger under er å få $X_C = R$ ved $f = 1$ kHz. Når $X_C = R$ skal kretsen vise noen spesielle egenskaper.

$$R = 1.614\text{k}\Omega$$

$$C = 90.7\text{nF}$$

- Finn først en motstand R i nærheten av $1.6\text{ k}\Omega$, deretter en kondensator med verdi $C = 100\text{ nF}$.
- Bruk multimeteret til å måle R og C , og oppgi resultatet til høyre. (Tips: For å måle C må du sette kondensatoren mellom 'DUT+' og 'DUT-' på venstre side av breadboardet.)
- For tabellen under: Basert på de målte verdiene, beregn først reaktansen til kondensatoren og deretter den totale impedansen Z (Se boka s. 446) for alle frekvensene.

f [kHz]	Beregnet X_C [k Ω]	Beregnet Z [k Ω]
0.1	17.55	17.62
0.316	5.553	5.783
1	1.754	2.384
3.16	0.555	1.707
10	0.175	1.623

- Hva skjer med impedansen Z når X_C er mye mindre (\ll), mye større (\gg) eller nesten lik (\approx) motstanden R ? Kommenter.

Svar:

Impedansen vil bli veldig lik R når X_C er lav, og når den er mye større vil den bli veldig lik X_C . Og når de er veldig like vil det tilsi å gange med $\sqrt{2}$.

3.2 Faseforskyving mellom kondensatorens strøm og spenning

Læreboka forteller oss (s. 421) at "Fasen til strømmen i en kondensator er alltid 90° foran fasen til spenningen over kondensatoren.". Vi ønsker å undersøke om dette er tilfelle, men dessverre kan ikke oscilloskopet på ELVIS måle strøm direkte. Vi må derfor gå en liten omvei og se på en RC-seriekrets.

Les først gjennom følgende påstander:

- 1) Etter Kirchhoffs strømlov må strømmen gjennom motstanden (I_R) og kondensatoren (I_C) være den samme i en RC-seriekrets.
- 2) Spenningen over en motstand (V_R) er alltid i fase med strømmen gjennom motstanden (I_R).
- 3) Fasen til strømmen i en kondensator er 90° foran fasen til spenningen over en kondensator.
- 4) I en RC-seriekrets, på bakgrunn av 1) 2) og 3), må fasen til V_R alltid være 90° foran spenningen over kondensatoren (V_C).

Vi skal godta påstand 1 og 2 i denne laben. Anta først at påstand 3 er sann og forsøk å følge resonnement som leder frem til påstand 4, for vi skal nå undersøke påstand 4 med oscilloskopet.

- Sett sammen RC-kretsen. Sett så opp funksjonsgeneratoren slik at inngangsbølgen er en sinus med $V_{p-p} = 5V$ og Offset = 0 Volt. Koble FGEN inn på V_I

For dette eksperimentet må vi bruke 'Analog Input'-kanalene (AI0, AI, ..., AI7) i stedet for CH0 og CH1. Grunnen er at de negative inngangene på oscilloskopet har en kobling mellom seg ved inngangen til oscilloskopet. 'Analog Input'-kanalene er bufret så de har ikke dette problemet.

- Koble opp oscilloskopkanalen AI0 så du måler V_R , og kanalen AI1 så du måler V_C . Husk å velge 'AI0' og 'AI1' som kilder på oscilloskopet.
(Tips 1: Du må koble AI0- til V_O , og AI0+ til V_I , for å måle spenningen V_R .)
(Tips 2: Du må koble AI1- til jord, og AI1+ til V_O , for å måle spenningen V_C .)
- For tabellen under: Bruk frekvensen til å beregne perioden T. Mål deretter Δt (se s. 468) med oscilloskopet. Beregn til slutt faseforskyvningen mellom bølgeene.
(Tips: Siden vi kun er interessert i fasen kan AC-kobling også godt brukes. Dette vil gjøre det lettere å justere 'Scale' på oscilloskopet for å se små signaler tydeligere.)
- Svar på hvilken av spenningene som er foran (*leder på*) den andre til høyre for tabellen.

f [kHz]	Beregnet T [us]	Målt t [us]	Beregnet fra t, T $\theta [^\circ]$
0.1	10000	10000	84.74
0.316	3164	3180	73.79
1	1000	1000	47.38
3.16	316.4	316	18.98
10	100	100	6.19

Svar:
Spenningen over motstanden leder.

- Svar på spørsmålene.
 - I hvilken grad vil du si at påstand 4 stemmer med det du har målt?
 - Stemte det? Forklar hvorfor påstand 3 må stemme hvis påstand 1, 2 og 4 stemmer.

Svar:

- Den stemte ikke overens med våre funn, vinkelen varierer fra, opp mot, 90 grader til, ned mot, 0 grader avhengig av frekvensen.
- Den stemte ikke

3.3 Faseforskyvning i RC-forsinkelseskrets

Vi skal nå se på faseforskyvningen mellom inngangen V_I og utgangen V_O .

- Bytt nå om på kanalen CH0 slik at du måler V_I og V_O med oscilloskopet.
- Mål som tidligere T , t og beregnet θ mellom V_I og V_O .
- Svar igjen på hvilken av bølgene som *leder* på den andre. (til høyre for tabellen)
- Beregn til slutt *faseforsinkelsen* som V_O ligger etter V_I , basert på formel(er) fra boka.

f [kHz]	Beregnet T [ms]	Målt t [ms]	Beregnet fra t, T $\theta_{\text{målt}} [^\circ]$	Beregnet $\theta_{\text{beregnet}} [^\circ]$
0.1	10	10	0	84.74
0.316	3.164	3.17	0	73.79
1	1	1	0	47.38
3.16	0.316	0.316	0	18.98
10	0.1	0.1	0	6.19

- Forklar hvordan du beregnet θ , og diskuter evt. forskjeller mellom målt og beregnet θ .

Svar:

Beregnet θ ved formelen $\tan^{-1}(X_C/R)$, fra boka side 463.

Forskjellene ved målt og beregnet θ var jo veldig forskjellig, i og med at målt gav at den var i fase, mens beregnet gav at den ikke var det i det hele tatt. Uklart hvorfor, potensielt at det var forskjell mellom analogt og digitalt, som ikke var kompatibelt.

- Bruk teori eller målinger til å svare på hvilke(n) av disse påstandene som er riktige for en RC-forsinkelseskrets:
 - 1) Utgangsspenningen er forsinket i forhold til inngangsspenningen med nesten -90° grader når frekvensen blir svært liten.
 - 2) Utgangsspenningen er nesten 0° grader etter inngangsspenningen når frekvensen blir svært stor.
 - 3) Inngangsspenningen leder i forhold til utgangsspenningen med nesten 0° grader når frekvensen blir svært liten.
 - 4) Inngangsspenningen er forsinket i forhold til utgangsspenningen med nesten 90° grader når frekvensen blir svært stor.
 - 5) Utgangsspenningen er forsinket i forhold til inngangsspenningen med nesten 90° grader når frekvensen blir svært liten.
 - 6) Utgangsspenningen er nesten -90° grader foran inngangsspenningen når frekvensen blir svært stor.

Svar:

Riktige: 1), 2)

- Teoretisk sett, hva skal faseforskyvningen mellom inn- og utgang være ved $X_C = R$?

Svar:

På grunn av $\tan^{-1}(1)$ så vil faseforskyvningen bli 45 grader

3.4 Variasjoner i amplitude i RC-forsinkelseskrets

- For tabellen under: Sett inn beregnet reaktans for kondensatoren (fra oppgave 3.1) og deretter den totale impedansen Z for alle frekvensene. Regn på kretsen som en spenningsdeler (boka s. 455) og beregn X_C/Z . Beregn deretter peak-to-peak spenningen for V_O for frekvensene når inngangen er en sinus med V_{p-p} på 5 Volt.
- Fortsett med RC-forsinkelseskretsen :
- Koble funksjonsgeneratoren til V_I , og oscilloskopkanalene CH0 til V_I , og CH1 til V_O .
- Bruk funksjonsgeneratoren og oscilloskopet til å måle V_{p-p} når inngangsbølgen er en sinus med $V_{p-p} = 5V$. Tips: Juster 'Scale' for å "blåse opp signalet" i oscilloskopvinduet.

f [kHz]	Beregnet X_C [k Ω]	Beregnet Z [k Ω]	beregnet X_C/Z	beregnet $V_O[V_{p-p}]$	målt $V_O[V_{p-p}]$
0.1	17.55	17.62	0.996	4.98	4.86
0.316	5.553	5.783	0.960	4.8	4.855
1	1.754	2.384	0.736	3.679	4.85
3.16	0.555	1.707	0.325	1.625	4.845
10	0.175	1.623	0.108	0.54	4.82

- Hvordan stemmer målinger og beregninger overens? Kommenter.

Svar:

Målingene av $V_O[V_{p-p}]$ stemmer svært dårlig overens med beregningene. Koblingene var bekreftet korrekt av gruppelærer Ole Herman, og vi vet derfor ikke hvorfor de er så ulike, når de burde være riktige.

- Hva kan man si om kretsens respons til forskjellige frekvenser?

Svar:

Spenningen burde synke slik som den gjorde ved beregnet peak-to-peak. Den gjør det pga en frekvensavhengig parasittresistans over kondensatoren.

- Teoretisk sett, hva skal forholdet ($\frac{X_C}{Z}$) være, mellom ut- og inngang, når $X_C = R$?

Svar:

$1/\sqrt{2}$

Takk for innsatsen!

Om du ønsker det, mottas kommentarer til oppgaven med takk. Det kan hjelpe til med å forbedre kurset senere.