UNIVERSITETET I OSLO.

Det matematisk - naturvitenskapelige fakultet.

Eksamen i :	FYS1210-Elektronikk med prosjektoppgaver
Eksamens dag :	14. august 2015 (Utsatt prøve)
Tid for eksamen :	14:30 – 17:30 (3 timer)
Oppgavesettet er på 6 sider	(+ vedlegg 3 sider logaritmepapir)
Vedlegg :	Logaritmepapir 3 stk
Tillatte hjelpemidler :	Lommekalkulator. Lærebok: Robert T. Paynter & B.J.Toby Boydell Engelsk/Norsk–Norsk/Engelsk ordbok

Pass på at oppgavesettet er komplett før du begynner å besvare spørsmålene

LØSNINGSFORSLAG

Oppgave 1

Vi skal i denne oppgaven se på hvordan vi benytter sensorer for måling av fysiske fenomener og hvordan responsen fra disse kan digitaliseres for videre behandling på en datamaskin.

Oppgave 1A

En sensor er en komponent som mottar et signal eller stimulering, og som responderer med et elektrisk signal.

Oppgaven : Hvilke egenskaper må en god sensor ha? Begrunn kort svarene dine.
1: Må være følsom for det fysiske fenomen som skal måles
2: Må være ufølsom for andre fysiske fenomener
3: Må ikke påvirke fenomenet som måles

Oppgave 1B

I forelesning gjennomgikk vi flere ulike sensortyper, som målte forskjellige fenomener og responderte med et analogt elektrisk signal. En av disse var termistoren.

Oppgaven : Hva slags stimuli er en termistor følsom for? Forklar virkemåten og nevn noen fordeler og ulemper med denne sensoren.
En termistor er en temperaturavhengig motstand, den er altså følsom for varme. I FYS1210 blir kun termistorer som får lavere motstand ved høyere temperatur nevnt (Negative THermal Coefficient), men det finnes også de som fungerer omvendt (Positive Thermal Coefficient). Poeng gis kun for sistnevnte om det

er poengtert at dette er en alternativ type, da den ellers ikke er beskrevet i dette pensumet. Termistoren har bedre følsomhet enn termokoplinger og RTD-motstander, men har en mer ulineær temperaturkarakteristikk og har et mer begrenset temperaturområde.

Oppgave 1C

Ved hjelp av AD-konverterting[1] kan vi videre behandle det analoge signalet digitalt på en datamaskin. Nyquist-Shannon samplingteoremet forteller om et minstekrav for hvordan et signal må samples for at vi skal beholde all informasjon.

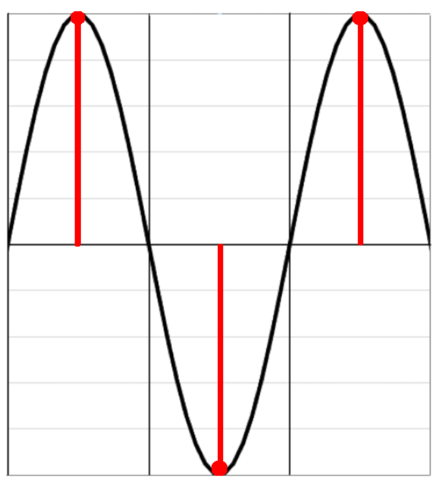


Figure 1: Analog signal med frekvens 20kHz

Oppgaven : Signalet som vi ønsker å digitalisere er vist i Figur 1 og har en frekvens på 20kHz. Med hvilken frekvens må vi sample dette signalet for å ikke miste noe informasjon? Hva skjer om vi sampler med henholdsvis lavere eller høyere frekvens?
Nyquist-Shannon samplingteorem forteller oss at den laveste frekvens vi kan bruke er 2 ganger frekvensen til signalet som skal samples.
For vårt signal på 20kHz må vi derfor sample med en frekvens på minst 40kHz.
Ved lavere samplingsfrekvens vil signalet ikke kunne rekonstrueres som den samme sinus-kurven. Ved høyere sampling vil vi få bedre oppløsning og en enda jevnere sinus-kurve, men dette vil kreve noe mer data, avhengig av hvor mye høyere samplingsfrekvens vi har.

[1]Analog til digital konvertering

Oppgave 1D

Når vi skal konvertere et analogt signal til en digital verdi finnes det flere metoder for dette, avhengig av ønskede egenskaper.

Oppgaven : Til vår digitaliseringskrets ønsker vi en rask AD-konverter. Hvilken type AD-konverter bør vi benytte og hvorfor? Finnes det noen ulemper med å velge denne konverteren?
Flash AD-konverter er en rask konverter som vil kunne fungere fint her. Ulemper med denne konverteren er at den er dyr og plasskrevende.
(Andre konvertere kan også godtas som svar)

Oppgave 2

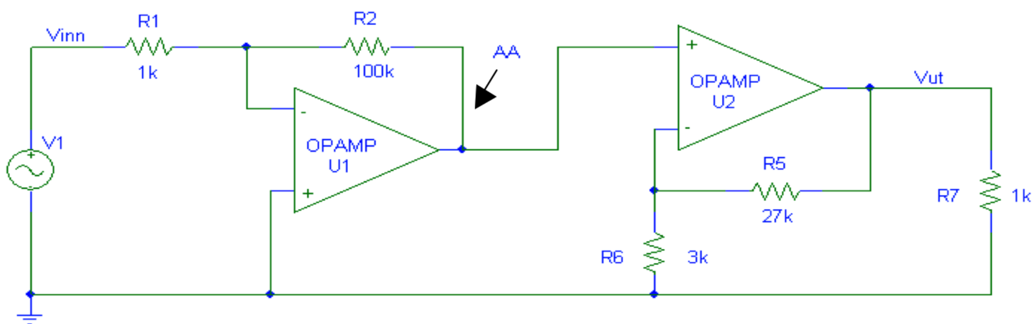


Figure 2: Oppgave 2

Oppgave 2A

Figur 2 viser 2 operasjonsforsterkere (OPAMP U1 og OPAMP U2) koplet i serie.
R1 = 1kΩ , R2 = 100kΩ, R5 = 27kΩ, R6 = 3kΩ og R7 = 1kΩ
Hvor stor er den totale forsterkningen i kretsen (Av = $\frac{V_{ut}}{V_{inn}}$) for lave frekvenser (1-10Hz)?
Forsterkningen i trinn U1: $Av_{U1} = \frac{R2}{R1} = \frac{100k}{1k}\Omega = -100$
Forsterkningen i trinn U2 er: $Av_{U2} = \frac{R5}{R6} + 1 = \frac{28k}{3k}\Omega + 1 = 10$
Total forsterkning: $Av_{tot} = Av_{U1} \cdot Av_{U2} = -100 \cdot 10 = -1000(60dB)$

Oppgave 2B

Anta en operasjonsforsterker med forsterkning på 100 (40dB) for lave frekvenser og en GBW på 1MHz unity gain. Ved hvilken frekvens reduseres forsterkningen med 3dB?
Vi tar utgangspunkt i formelen $GBW = Av \cdot f_c$ og løser for f_c.
Dette gir oss $f_c = \frac{GBW}{Av} = \frac{1MHz}{100} = 10kHz$

Oppgave 2C

Anta en forsterkerkrets med 1 operasjonsforsterker. Denne kretsen har en *slew rate* på 1,0 volt/μs. Hva blir den største signalamplituden denne kretsen klarer å gjengi ved 50kHz?
Fra formelen for slew rate får vi: $V_p = \frac{1{,}0V/\mu s}{2\pi f_{max}} = \frac{1{,}0V/\mu s}{2\pi 50kHz} \approx 3,18V_p$

Oppgave 2D

Ved 10kHz er signalet ut fra OPAMP U1 (punktet markert AA) i Figur 2 0,5Vpp. Hvor stort er signalet på den inverterte (-) inngangen til OPAMP U1? - tilkoplet knutepunktet mellom R1 og R2.
Kom gjerne med en argumentasjon på beregningsmetoden du bruker.
Forsterkeren U1 har en forsterkning Av = 100. Dette betyr at signalet på den inngangen til U1 er forsterket 100 ganger. Ved å sette inn i formelen $Av = \frac{V_{ut}}{V_{inn}}$ og gjør om på formelen, får vi $V_{inn} = \frac{V_{ut}}{Av} = \frac{0{,}5Vpp}{100} = 5mVpp$

Oppgave 2E

Tegn et plot som viser spenningen ut fra OPAMP U2 i figur 2 når signalet V_{inn} har konstant amplitude 10mV, og frekvensen "sweeper" fra 1Hz til 1MHz.
Bruk vedlagt logaritmepapir og marker **tydelig** knekkpunkter på denne kurven. Vis også utregning for beregningen av knekkpunkter. Du kan ta utgangspunkt i at operasjonsforsterkeren har GBW = 1MHz unity gain.
Tegnes på eget logaritmepapir. Plottet skal vise at kretsen begynner å falle med -20dB fra første opamps knekkfrekvens (10kHz) og totalt med -40dB fra andre opamps knekkfrekvens (100kHz).

Oppgave 3

For hele oppgave 3 gjelder figuren vist i Figur 3. Vi har her tegnet opp et frekvensfilter med følgende komponentverdier:

R1 = R2 = 20kΩ
C1 = C2 = 50nF

Oppgave 3A

Hva slags type filter er kretsen i Figur 3? Hvor mange poler har dette filteret?
Kretsen viser et høypassfilter og har 1 pol.

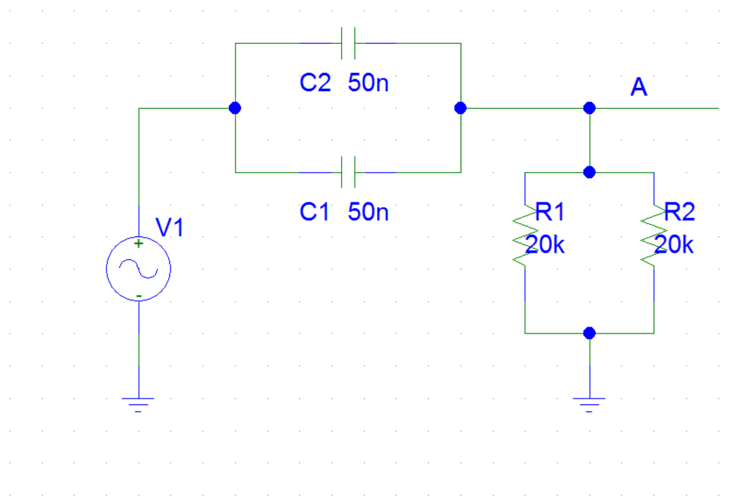


Figure 3: Oppgave 3

Oppgave 3B

Hva er knekkfrekvensen[2] til filteret i Figur 3? - vis utregningen.
Hva er faseforskyvningen ved denne frekvensen og ved frekvens en dekade over knekkfrekvensen?
$C_{tot} = C1 + C2 = 100nF, R_{tot} = \frac{R1R2}{R1+R2} = 10k\Omega$
$f_c = \frac{1}{2\pi C_{tot} Rtot} = 159,15Hz$

Faseforskjellen i knekkfrekvensen er +45 grader. Siden dette er et høypassfilter med 1 pol er faseforskjellen +90 grader en dekade før knekkfrekvensen, mens den er 0 grader en dekade etter (På forelesning forklart at en grei forenkling er at faseskift starter en dekade før og slutter en dekade etter knekkfrekvensen, med 45 grader endring pr dekade for et slikt filter, men vi godtar her også utregnet faseforskjell. Det gir følgende utregning: $\phi = \arctan(\frac{1}{2\pi fRC}) = \frac{1}{2\pi \cdot 159.15Hz \cdot 10k\Omega \cdot 100nF} = 5.979°$)

Oppgave 3C

Bruk logaritmepapiret vedlagt og tegn frekvensresponsen til filteret vist i Figur 3. Markér tydelig knekkpunt/knekkpunkter og før på dB-verdier på y-aksen.
Signalamplituden skal stige opp mot -3dB på y-aksen, og skjære dette punktet ved knekkfrekvensen funnet i oppgave 3b (159.15 Hz). Deretter skal signalet flate ut og følge 0dB på y-aksen. Tegnes på eget logaritmepapir.

[2] cutoff-frekvensen

Oppgave 4

Kretsen i Figur 4 viser en enkel forsterker med en bipolar NPN transistor. Transistoren har en strømforsterkning $\beta = 150$. Batterispenningen V_{CC}=9,0 volt. Kollektorstrømmen I_C=1mA. Basemotstanden R1=1.1MΩ, kollektormotstanden R2=4kΩ, emittermotstanden R3=1kΩ og lastmotstanden R4=4kΩ.

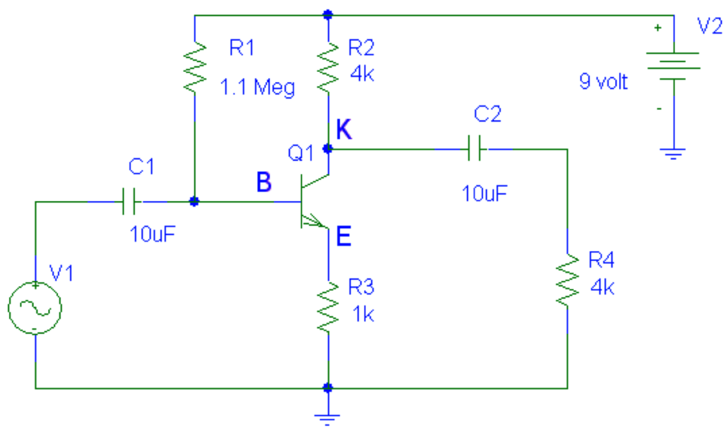


Figure 4: Oppgave 4

Oppgave 4A

Tegn opp Thevenin-ekvivalenten for forspenning av basen og regn ut Thevenin-spenningen (V_{Th}) og Thevenin-motstanden (R_{Th})
$R_{TH} = R1 = 1.1M\Omega$, $V_{TH} =$ *Vcc = 9V*

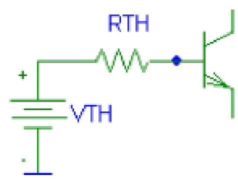


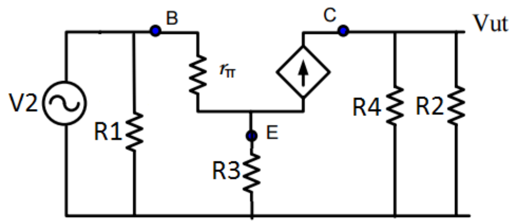
Figure 5: Thevenin

Oppgave 4B

Hvor stor er transistorens transkonduktans g_m?
$g_m = \frac{I_c}{V_T} = \frac{1mA}{25mV} = 0.04S = 40mS$

Oppgave 4C

Tegn opp småsignalekvivalenten for midlere frekvenser, til forsterkeren i Figur 4.
Figur:

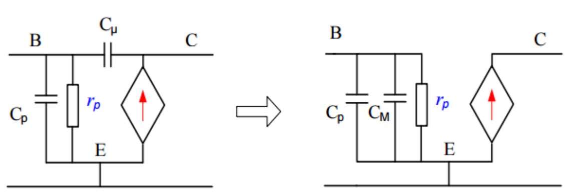


Fasit - småsignal

Oppgave 4D

Beskriv kort hva du forstår ved Miller-effekt. Hvordan påvirker denne frekvensresponsen til en forsterker?

Pga. forsterkningen av signalet fra basis til kollektor vil kapasiteten C_μ opptre forsterket på inngangen, $C_M = (1 + A_V) \cdot C_\mu$ i parallell med C_π. Se figuren under. Det betyr: Stor forsterkning i transistoren gir dårlig frekvensrespons for høye frekvenser.



Fasit -Miller-effekt

Oppgave 4E

Hva blir spenningsforsterkningen til kretsen for midlere frekvenser?
$Av = \frac{R4||R2}{R3} = \frac{2k}{1k} = 2$

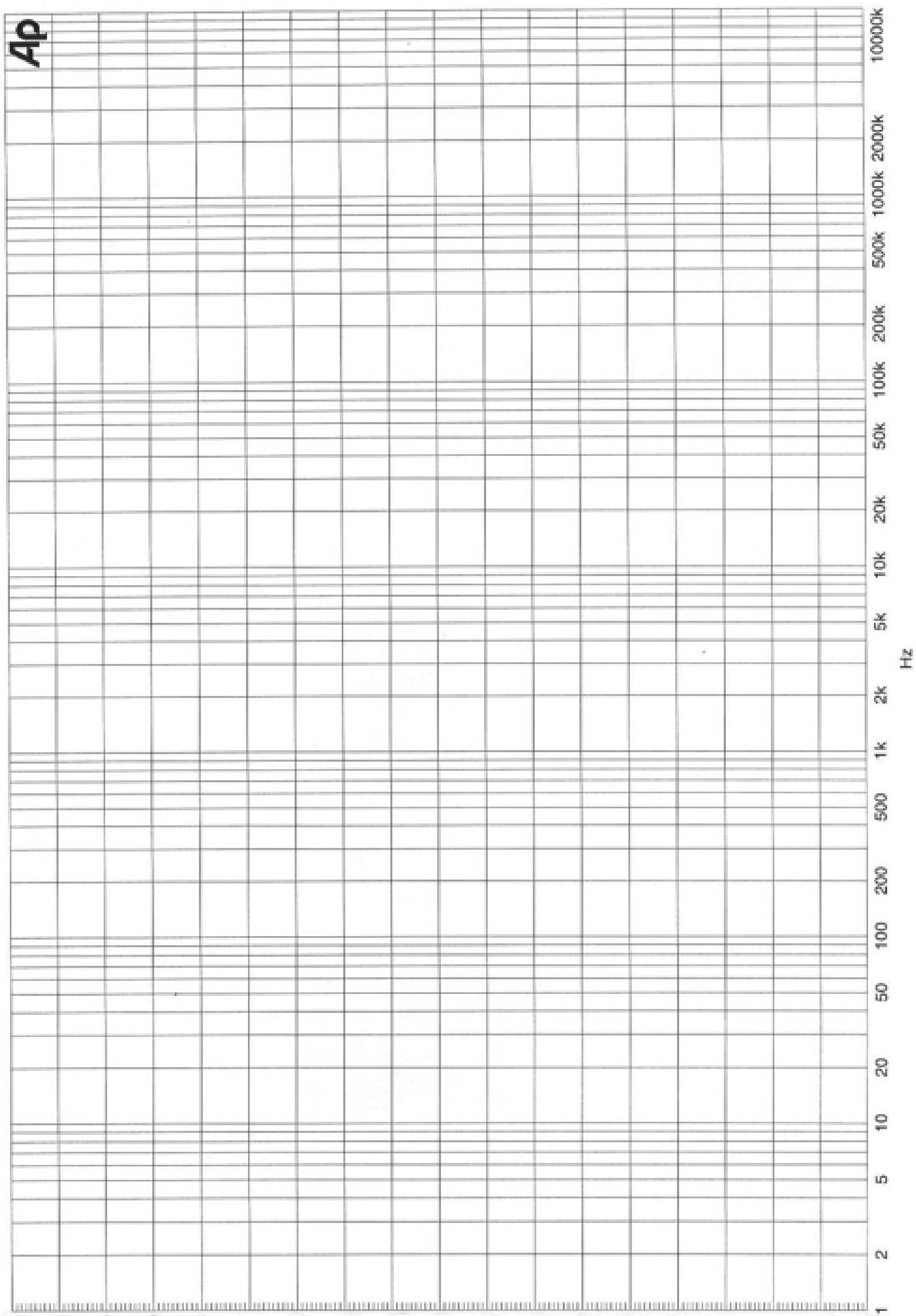
Oppgave 4F

Vi setter inn en stor kondensator i parallell med emittermotstanden R3. Hva blir spenningsforsterkningen ? (- for midlere frekvenser)
En kondensator i parallell med emittermotstanden R3 vil kortslutte signalet forbi motstanden. Forsterkningen er nå gitt av:
$Av = g_m \cdot R_L = 40mS \cdot (R4||R2) = 80$

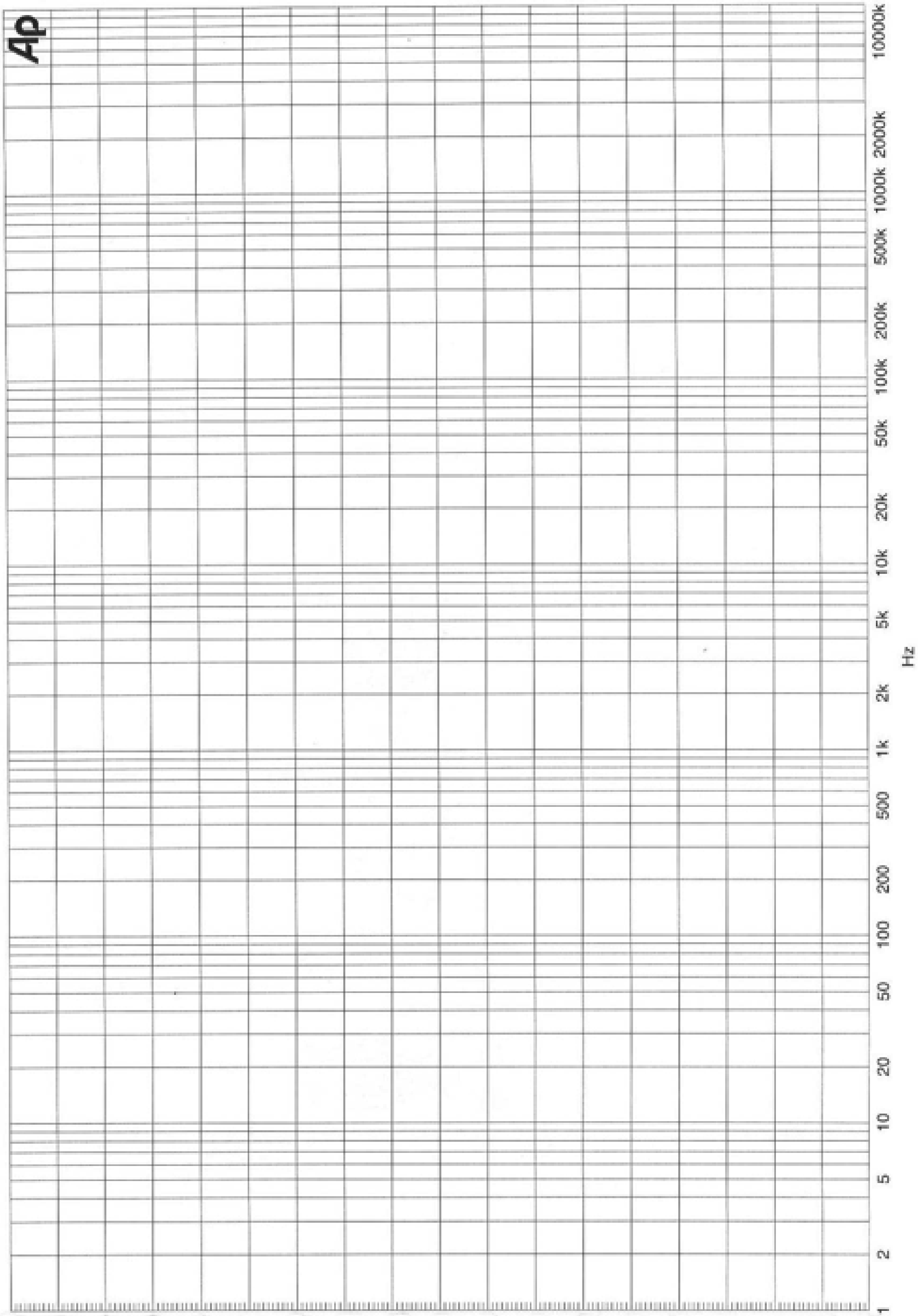
Oppgave 4G

Vi beholder emitterkondensatoren - og øker lastmotstanden R4 fra 4kΩ til 12kΩ – Hva blir nå forsterkningen for midlere frekvenser?
Parallellkoblingen $R4||R2$ øker nå fra $2k\Omega$ til $3k\Omega$. Dette gir en forsterkning $Av = g_m \cdot (R4||R2) = 120$

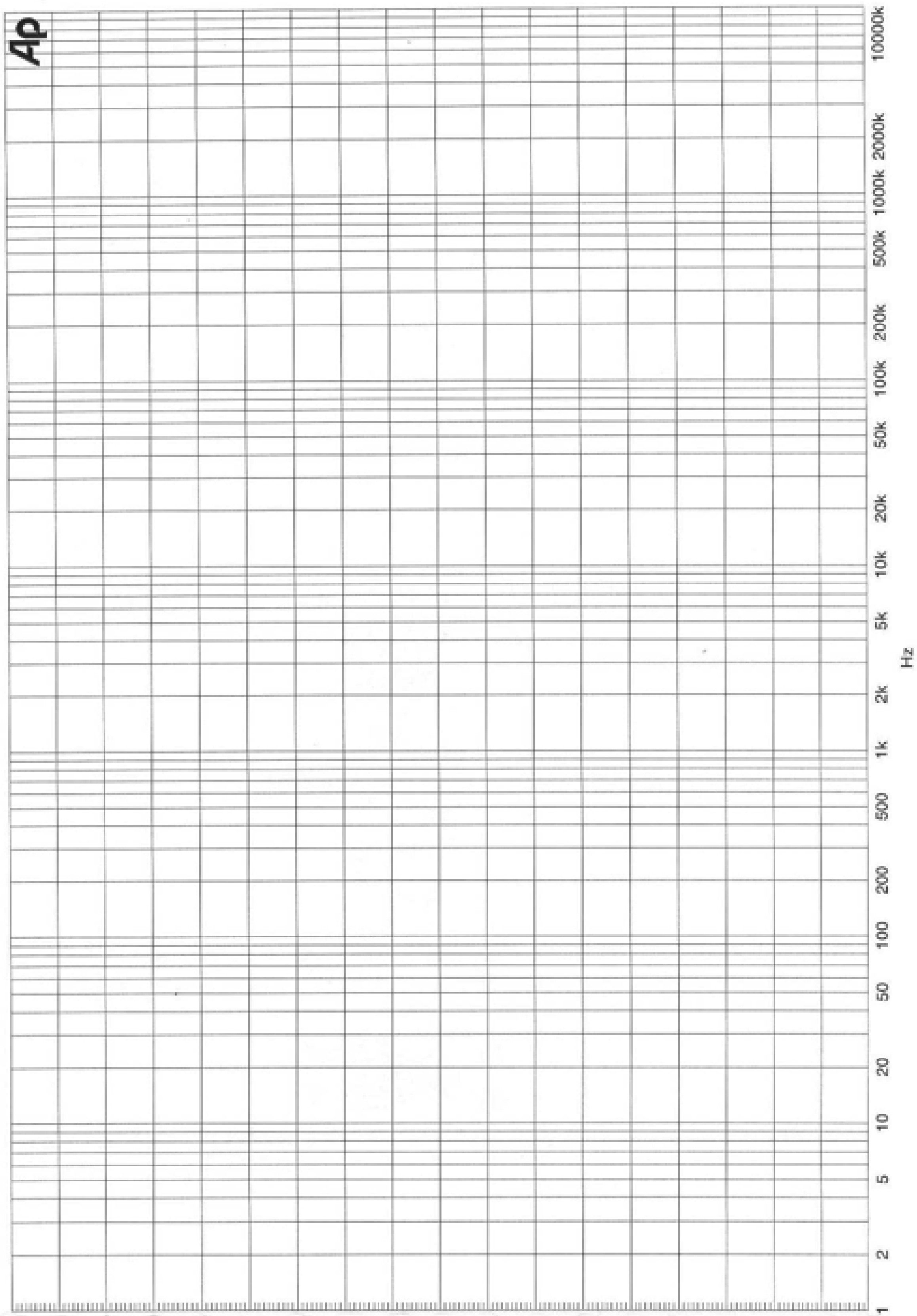
Lykke til med oppgavene!



Kandidatnummer :



Kandidatnummer :



Kandidatnummer :