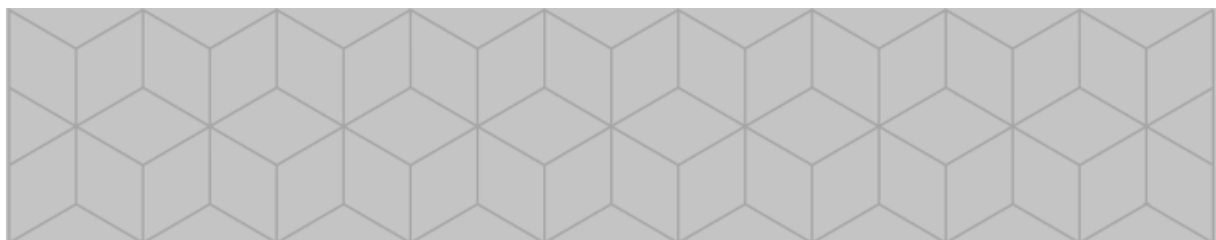


SENSORVEILEDNING

Emnekode:	IRE 30614
Emnenavn:	Digital Radio
Eksamensform:	Skriftlig 9:00 -13:00 Papireksamen
Dato:	12.mars 2019
Faglærer(e):	Reidar Nordby
Eventuelt:	Oppdatert 22. mars 2019



Følgende er hentet fra emnebeskrivelsen:**Kunnskaper**

Studenten kan:

- gi en oversikt over teori og teknikker for overføring av elektromagnetiske signaler, med hovedvekt på digital radiooverføring
- beskrive fysisk forhold ved transmisjon over linjer (radio, optofiber og transmisjonslinje)

Ferdigheter

Studenten:

- forstår den tekniske anvendelsen av radio- transmisjons- og fiber-optiske linjer
- anvender teknikker for beregning av transmisjonslinjer
- forstår teknikker anvendt i sensornettverk og personlige nettverk (PAN)

Generell kompetanse

Studenten har forståelse og oversikt over:

- kortholds radiokommunikasjonsteknikker og anvendelse av disse
- trådløse teknikker anvendt i datakommunikasjon
- teknikker for trådløs innhenting og overføring av måle- og styredata i sensornettverk

Karaktersetting

Hver deloppgave teller likt. Fortrinnsvis benyttes følgende prosentkala på hele besvarelsen:

Karakter Poeng

A 90% og over

B 80% - 89%

C 60% - 79%

D 50% - 59%

E 40% - 49%

F Under 40%

Der det av diverse grunner kan være problematisk å benytte ovenstående skala, kan en helhetsvurdering etter følgende beskrivelser benyttes.

A Fremragende Fremragende prestasjon der kandidaten har løst

problemer som krever fantasi og innsikt.

Besvarelsen viser at kandidaten fullt ut behersker både de begrepsmessige, regnetekniske og anvendelsesmessige delene av emnet.

Fremstillingen er klar og presis med korrekt bruk av notasjon og fagterminologi. Noen få mindre feil eller blanke punkter kan tillates.

B Meget god Meget god prestasjon der kandidaten har løst

problemer som går utover det rutinemessige, og

som krever god oversikt over emnet. Besvarelsen

viser meget god beherskelse av de sentrale

teknikkene, begrepene og anvendelsene i kurset.

Fremstillingen er klar og med stort sett riktig bruk av

terminologi og notasjon.

C God Gjennomsnittlig prestasjon der kandidaten har løst

oppgaver av middels vanskelighetsgrad fra de fleste

deler av kurset. Besvarelsen viser god beherskelse

av de sentrale teknikkene, begrepene og

anvendelsene i kurset, men kandidaten har ikke i

særlig grad klart å anvende sine ferdigheter og

kunnskaper på oppgaver som går ut over det

rutinemessige. Fremstillingen er grei å forstå, men

kan ha en del formelle mangler.

D Nokså god Prestasjon under gjennomsnittet der kandidaten har

løst eller kommet et stykke på vei med oppgaver fra

2flere sentrale deler av kurset. Besvarelsen viser

kjennskap til de viktigste teknikkene, begrepene og

anvendelsene i kurset, men kandidaten har

vanskelig for å komme helt i mål selv på rutinepregede oppgaver. Fremstillingen er stort sett forståelig, men kan ha en god del formelle mangler.

E Tilstrekkelig Prestasjon som tilfredsstiller minimumskravene, men heller ikke mer. Besvarelsen viser at kandidaten har kjennskap til begreper, teknikker og anvendelser fra flere deler av kurset, og at han/hun til en viss grad kan bruke sine kunnskaper til å løse oppgaver. Fremstillingen er stort sett forståelig, men røper klare feil og misforståelser.

F Ikke bestått Prestasjon som ikke tilfredsstiller minimumskravene. Besvarelsen viser at kandidaten har manglende kjennskap til sentrale teknikker, begreper og anvendelser, eller manglende evne til å bruke sine kunnskapene til å løse oppgaver. Besvarelser som bare viser beherskelse av en avgrenset del av emnet, vil normalt havne i denne kategorien.

Om oppgavene

Oppgave 1 omhandler IoT og radionett.

Her legges det vekt på konsesjonspliktighet og fribruksforskriften, samt Generell IoT oppbygging. Siste punkt omhandler Felles Europeisk togkontrollsystem.

Oppgave 2 er feilnummerert ved at oppgavesettet benytter oppgaveserien 2a,2b,2c, 3d, 3e,3f og 3g. Det finnes ingen oppgave 3.

Oppgave 4 omhandler støy og støyforhold gjennom filter og forsterker.

Løsningsforslag

Emnekode: IRE 30614	Emnenavn: Digital Radio
Dato: 11. mars 2019 Sensurfrist: 1. april 2019	Eksamenstid: 9:00 - 13:00
Antall oppgavesider: Antall vedleggsider:	Faglærer: Reidar Nordby Oppgaven er kontrollert: Ja
Hjelpemidler: <ul style="list-style-type: none">• kalkulator, passer og linjal.• lærebok Beasley et al: Modern electronic communication• skriftlig utdelt materiell, herunder utskrift av elektronisk utdelt materiell.• Egenprodusert formelsamling med notater godkjent og signert av faglærer.	
Om eksamensoppgaven:	
Kandidaten må selv kontrollere at oppgavesettet er fullstendig	

Oppgave 1 IoT og radionett

1a) Hvilke muligheter åpner "Forskrift om generelle tillatelser til bruk av frekvenser" for trådløs overføring av f.eks. sensordata på frekvensen 865MHz ?

Fribruksforskriften's §11 pkt1 gir generell tillatelse til dataoverføring i frekvensbåndet 863-868 MHz, maksimal båndbredde er 1MHz og maksimal utstrålt effekt er 25mW eirp. Maksimal sendetid er 2,8% for noder og 10% for aksesspunkt.

Fribruksforskriften tillater også i §11 pkt 2 at frekvensbåndene 865,6-865,8MHz , 866,2-866,4MHz , 866,8-867,0MHz brukes til datanettverk med opp til 500mW erp. maksimal sendetid er 2,5 % for noder og 10% for aksesspunkt. Maksimal båndbredde er 200KHz.

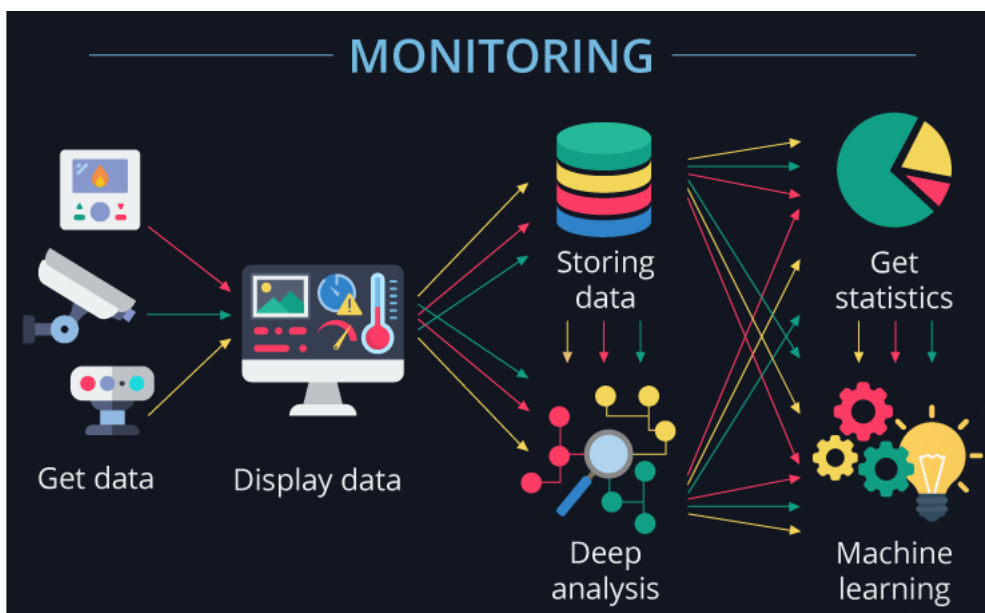
Sensur: Kandidaten bør nevne "fribruksforskriften", sendetidsbegrensning og effektgrenser.

1b) Er det tillatt å sende data på frekvensbåndet 87,5-108,0 MHz uten lisens? Grunngi svaret.

Fribruksforskriften presiserer at det kun er lovlig å benytte trådløst lydutstyr på frekvensen(e) maksimal sendeeffekt er 50nW erp.

Sensur: Det gis ikke poeng for Ja eller Nei. Det bør refereres til fribruksforskriften eller EN301 357.

1c) Tegn opp et typisk IoT system for innsamling av miljødata (temperatur og lys) med lagring , prosessering og presentasjon.



Illustrasjon 1: Iot system. Kilde Sciencesoft

<https://www.scnsoft.com/blog/iot-systems-classification>

Sensur: Må være med: endenode, database, server.

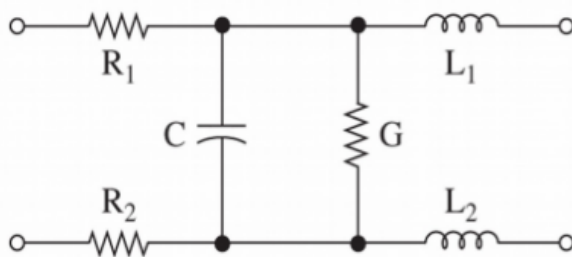
1d) ETCS, hva er det, hvordan relaterer dette til IoT? Hvilket nåværende mobiltelefonsystem ligger til grunn?

European Train Control System , Felles Europeisk togstyringsystem bygget på en tillempning av GSM (GSM-R) med spesifikasjoner fra ETSI og relateres til IoT gjennom bruk av teletjenester for overvåkning og styring av togmateriell. Systemet baserer seg pr. dato på GSM /GPRS men forbereder overgang til 4G (LTE) radiosystem.

Sensur: Må ha med styring av jernbanemateriell, GSM / GPRS.

Oppgave 2 Linjebundet kommunikasjon.

2a) Tegn den elektriske modellen for en transmisjonslinje og gi en tekstlig omtale av komponentene i modellen.



- L_1 = inductance of top wire
- L_2 = inductance of bottom wire
- R_1 = resistance of top wire
- R_2 = resistance of bottom wire
- G = conductance between wires
- C = capacitance between wires

Bildet til venstre er hentet fra Læreboka s511. Det skal nevnes at "bottom wire" kan oppfattes som skjermen i en koaksialkabel. Derfor også mulighetene for ulikheter i R_1, R_2 og L_1, L_2 .

Sensur: Kandidaten må nevne induktansene og kapasitansene.

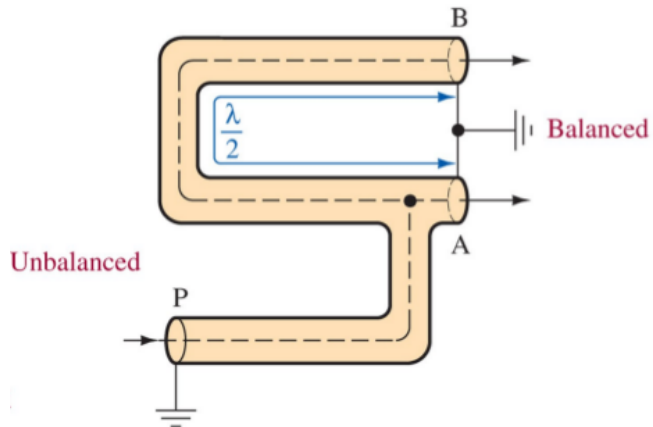
2b) Forklar forskjellen på en balansert og ubalansert linje. Bruk gjerne din figur i 2a) som utgangspunkt.

En balansert linje består av to likeverdige strømkanaler hvor potensialet langs linja alltid er likt, men med ulikt fortegn. I en ubalansert linje er utførelsen av de to strømkanalene ulike, og den ene refereres til som "jord" eller "0". Et eksempel på balansert linje er tvunnet parkabel, og et eksempel på ubalansert linje er koaksialkabelen.

Sensur: Eksempler bør nevnes.

2c) Hva menes med en balun når vi snakker om transmisjonslinjer?

En balun benyttes som mellomkobling mellom balanserte linjer og ubalanserte. Balunen består av et ekstra $\lambda/2$ langt stykke koaksialkabel for å fasevende signalet på den ene lederen i den balanserte linja.



Bildet til venstre er hentet fra læreboka side 544 og viser prinsippet for en balun.

Sensur: Kandidaten må omtale prinsippet med fasevending og anvendelsesområde. (overgang balanser / ubalansert)

3d) Du har en transmisjonslinje i form av kabelen RG58 og trenger å koble denne til en tilpasset kilde, men kilden er balansert. Beregn en balun som vil løse oppgaven! Den midlere frekvensen er 20MHz. Datablad for RG58 finner du i vedlegg1. Hva blir lengden på linjesløyfa?

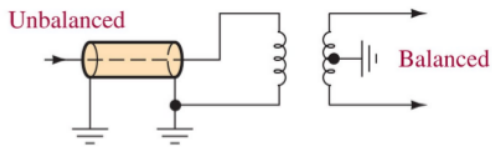
$$\text{Avlest hastighetsfaktor} = 0,66 \approx 2/3 \quad L_s = \frac{\alpha * c}{2 f_m} = \frac{\left(\frac{2}{3}\right) 3 * 10^8}{2 * 2 * 10^7} = 5,0 \text{ m}$$

Sensur: Kandidaten bør regne reell bølgelengde i kabelen og nyttegjøre seg hastighetsfaktoren gitt i databladet.

3e) En annen variant når vi vil tilpasse en balansert utgang til en ubalansert kabel er en koblingstransformator. Hva er problemet med slike transformatorer? Hva vil eventuelt viklingsforholdet i en slik transformator være?

Problemet med koblingstransformatorer er høye tap og dermed stor

demping av signalet. Viklingsforholdet vil være $\frac{N_{ut}}{N_{inn}} = \sqrt{\frac{Z_{ut}}{Z_{inn}}}$.



Til venstre vises lærebokas illustrasjon av en koblingstransformator.

Sensur: Kandidaten bør nevne tap og omsetningsformel.

3f) Linja har en fysisk lengde på 30 m. Hva er linjas elektriske lengde?

$$L_{el} = \frac{L_{fys}}{\lambda} = \frac{L_{fys}}{\left(\frac{a * c}{F_m}\right)} = \frac{30 \text{ m}}{\left(\frac{\left(\frac{2}{3}\right) * 3 * 10^8}{20 * 10^6}\right)} = 3.0 \lambda$$

"Uheldig" sammenreff: Tallene er valgt slik at bølgelengden er 10m.

Sensur: Kandidaten bør vite forskjell på fysisk og elektrisk lengde.

3g) Den fysiske 30 m lange linja er ikke perfekt og har demping, hvor mye? Anngi linjas totale demping, som skalarverdi og desibelverdi. Regn også hva dette betyr i spenningsnivåer, dB_u og skalar.

To veier å gå, databladet oppgir følgende matematiske modell for demping pr meter linje:

$$A = af^{0.5} + bf \quad \text{med oppgitte parametre:}$$

$$a = 0.4617; \quad b = 0.2295$$

frekvens regnes i GHz betyr at

$$A = 0.4617 * \sqrt{20 * 10^6} + 0.2295 * 20 * 10^6 = 0.0699 \text{ dB/m}$$

$$\text{med 30 meter blir dette: } A_{linje} = A * l = 0.0699 * 30 \text{ m} = \underline{2.09 \text{ dB}}$$

Linja demper altså effekten ca 2.1 dB. Omregnet til skalar blir dette:

$A_{skalar} = 10^{\left(\frac{A_{db}}{10}\right)} = 0.6171 \text{ effektdemping}$ Dette kan i sin tur omregnes til spenningsdemping :

$$\frac{V_{ut}}{V_{inn}} = \frac{\left(\sqrt{\frac{P_{ut}}{50}}\right)}{\left(\sqrt{\frac{P_{inn}}{50}}\right)} = \sqrt{\frac{P_{ut}}{P_{inn}}} = \sqrt{A_{skalar}} = 0,7855 \quad \text{hvilket i sin tur kan regnes om til}$$

logaritmisk spenningsdemping:

$$A_{u \text{ dB}} = 20 \log\left(\frac{V_{ut}}{V_{inn}}\right) = -2,09 \text{ dB} \quad \text{Tilsvarende } A_{linje}.$$

Alternativt : Dempningen under 50 MHz oppgis i vedlagte datablad til å være 0.11dB/m mao:

vi vil ha en demping på (-)3.3dB. noe som vil tilsvare:

$$\frac{P_{utg}}{P_{inng}} = 10^{\left(\frac{-3,3}{10}\right)} = 0,4647 \quad \text{som skalarverdi.}$$

Omregnet til spenningsdemping vil dette være:

$$\frac{V_{ut}}{V_{inn}} = \frac{\left(\sqrt{\frac{P_{ut}}{50}}\right)}{\left(\sqrt{\frac{P_{inn}}{50}}\right)} = \sqrt{\frac{P_{ut}}{P_{inn}}} = 0,6839 \quad \text{Som i dB}_U \text{ vil tilsvare}$$

$$A_{u \text{ dB}} = 20 \log\left(\frac{V_{ut}}{V_{inn}}\right) = -2,09 \text{ dB}$$

Hvilket indirekte beviser setning

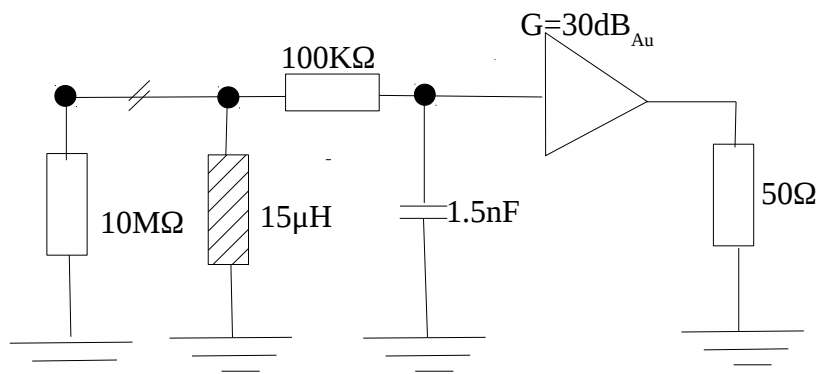
(5) i læreboka side 8

Sensur: Kandidaten bør skille mellom effekt og spenningslogaritmene, men også kjenne til likhetene, samt nyttegjøre seg opplysningene i databladet.

Oppgave 4 Støy, filtere og tilpassinger.

Vi har en ideell støyfri forsterker med $A_u = 30 \text{ dB}$. Foran denne er koblet en $10 \text{ M}\Omega$ motstand og et RLC filter. Resistansverdien i filteret er $100 \text{ k}\Omega$. Spolen er på $15 \mu\text{H}$ og kondensatoren er på 1500 pF . Inngangsimpedansen til forsterkeren er $1 \text{ k}\Omega$ og utgangsimpedansen er 50Ω . Forsterkeren driver en last på 50Ω .

4a) Tegn en enkel skisse av systemet.



Sensur: I ettertid sees det at beskrivelsen over er tvetydig, Kandidatens skisse legges derfor til grunn ved videre sensur.

4b) Hva er støyeffekten etter filteret?

Støyeffekten er gitt av formelen $P_n = kT \Delta f$

[formel 10 i læreboka.]

Vi må dermed finne båndbredden gitt som

$$BW = \frac{R_{tot}}{2\pi L} \Rightarrow \Delta f = \frac{(+1 * 10^5 + 1 * 10^3)}{2 * \pi * 15 * 10^{-6}} = 1.0610 \text{ GHz}$$

[kjent fra foil uke2 "Digital radiooverføring"]

Siden dette er et RLC filter bør vi utvide båndbredden for å kompensere for støy i filterflankene. $BW_{korr} = \frac{\Delta f * \pi}{2} = \frac{10610 * \pi}{2} = 1.6667 \text{ GHz}$ ifølge [15] i læreboka. Vi antar arbeidstemperatur 300K.

Støyeffekten blir dermed

$$P_n = kT \Delta f \Rightarrow P_n = 1.38 * 10^{-23} * 300 * 16667 = 6.9 * 10^{-12} [\text{W}]$$

Sensur: Kandidaten bør selv kunne velge en temperatur innenfor 270-300K. Det legges vekt på å kunne regne båndbredde og å benytte støyeffektformelen framfor støyspenningsformelen.

4c) Hva er støyeffekten etter forsterkeren?

Vi regner om den oppgitte spenningsforsterkningen til effektforsterkning:

$$A_p = \frac{\left(\frac{U_{ut}^2}{R_{ut}}\right)}{\left(\frac{U_{inn}^2}{R_{inn}}\right)} \quad \text{vi trenger å finne forholdet} \quad \frac{U_{ut}}{U_{inn}} = A_u$$

Kalkulerer forsterkerens skalare spenningsforsterkning:

$$A_u = 10^{\frac{dB_u}{20}} = 10^{1.5} = 31.623x$$

$$A_p = \frac{\left(\frac{U_{ut}^2}{R_{ut}}\right)}{\left(\frac{U_{inn}^2}{R_{inn}}\right)} = \frac{\left(\frac{(U_{inn} * A_u)^2}{R_{ut}}\right)}{\left(\frac{U_{inn}^2}{R_{inn}}\right)} = \left(\frac{(U_{inn})^2 * (A_u)^2 * R_{inn}}{(U_{inn})^2 * R_{ut}}\right) = A_u^2 \frac{R_{inn}}{R_{ut}} \Rightarrow A_p = 31.623^2 \frac{1000}{50} = 20000$$

Imidlertid vil vi også få generert støy i lastmotstanden like stor som i $1M\Omega + 100K\Omega$ konstellasjonen, denne støyen adderer seg til den forsterkede støyen slik at vi kan regne støyen i lastmotstanden som

$$P_{N_{last}} = P_n * (A_p + 1) \quad \text{Dette har ingen stor innvirkning her.}$$

Støyeffekten i lastmotstanden blir:

$$P_{N_{last}} = 6.9 * 10^{-17} * 20001 = 1.380 * 10^{-12} [W]$$

Sensur: Legger vekt på at støyen forsterkes i forsterkeren.

Parallelt over $10M\Omega$ motstanden plasseres en antenne som leverer $10 \mu W$, forsterkeren er her ikke ideell lengre, men gis et støytall (NF) på 24dB.

4d) Hva er det resulterende signal /støyforholdet i lastmotstanden?

Strategi:

- regne signal / støyforholdet før forsterkeren.
- regne ut støyen i lastmotstanden med å legge til forsterkerens støytall:

Regner ut S/N før forsterkeren:

$$\left(\frac{S}{N}\right)_{inndB} = 10 \log\left(\frac{P_s}{P_n}\right) = 10 \log\left(\frac{10 * 10^{-6}}{6.9 * 10^{-17}}\right) = \underline{111.61 dB}$$

Regner ut S/N i lastmotstanden:

$$\left(\frac{S}{N}\right)_{last} = \left(\frac{S}{N}\right)_{inn} - \text{Støytall}_{forsterker} = 111.61 - 24 = 87.61 \text{ dB}$$

Alternativ vei:

- regne ut forsterket støy, gjort i 4c)
- regne ut forsterket signaleffekt
- regne signal støyforholdet med ideell forsterker
- trekke fra støytall for forsterkeren

regner ut forsterket signal:

$$P_{S-last} = P_{S-inn} * A_p = 10 * 10^{-6} * 20000 = 0,2 [W]$$

Regner ut S/N i last med ideell forsterker:

$$\left(\frac{S}{N}\right)_{ideell-last} = 10 * \log\left(\frac{0.2}{1.380 * 10^{-12}}\right) = 111,61$$

Korrigerer for støy i forsterker:

$$(S \text{ over } N)_{reell \text{ laststøy}} = \left(\frac{S}{N}\right)_{ideell-last} - \text{Støytall}_{forsterker} = 111.61 - 24 = \underline{87.61 \text{ dB}}$$

Sensur: Det legges vekt på bruken av forsterkerens støytall.