

TECHNISCHE UNIVERSITEIT DELFT
Faculteit der Elektrotechniek, Wiskunde en Informatica
Opleiding Electrical Engineering

Schriftelijk deeltentamen Telecommunicatietechniek (ET2711)
en tentamen Telecommunicatietechniek 1 (ET2505-B)
Dinsdag 10 april 2012, van 14.00 - 17.00 uur.

Lees dit eerst:

1. Naam en studienummer **duidelijk** vermelden op **alle** in te leveren vellen.
 2. Geeft duidelijk aan aan welk tentamen je deelneemt: EE2711 of ET2505-B.
 2. De toets bestaat uit vijf opgaven. Alle opgaven tellen mee voor het eindresultaat en wel met gelijke weegfactoren!
 3. Lees alle opgaven eerst goed door alvorens met de beantwoording te beginnen en geef antwoord op zoveel mogelijk van deze vragen.
-

Opgave 1.

Bereken de volgende omzettingen:

- | | | | |
|----|-------------------------------|---------------|-------------------------------|
| a. | $38 \mu\text{W}$ | \Rightarrow | dBnW |
| b. | -78 dBm | \Rightarrow | pW |
| c. | 93 nW | \Rightarrow | dBm |
| d. | 55 dB | \Rightarrow | (spanningsversterkingsfactor) |
| e. | 46 kHz | \Rightarrow | dBHz |
| f. | $102 \text{ dB } \mu\text{W}$ | \Rightarrow | kW |

Opgave 2.

Deze opgave bestaat uit 5 onderdelen met meerkeuze-antwoorden. Geef bij elk onderdeel aan welk van de gegeven antwoorden juist is.

Onderdeel 1.

Welke bewering ten aanzien van aliasing is juist:

- a. aliasing is het opwekken van een nagenoeg identieke replica van het signaal,
- b. aliasing ontstaat door onderbemonstering van een signaal,
- c. aliasing kan voorkomen worden door digitale filtering van het signaal na de analoog-digitaal omzetter.
- d. aliasing ontstaat door overlapping van signaalspectra ten gevolge van overbemonstering,

Onderdeel 2.

De equivalente ruisbandbreedte van een eerste orde RC-laagdoorlaatfilter:

- a. is kleiner dan de -3 dB bandbreedte B_{3dB} ,
- b. is gelijk aan de -3 dB bandbreedte B_{3dB} .
- c. ligt tussen $2 B_{3dB}$ en $3 B_{3dB}$,
- d. is oneindig,

Onderdeel 3.

Een datasignaal met een bitsnelheid R_b dient met een zo groot mogelijke vermogens- en spectrale efficiëntie te worden verzonden over een transmissielijn met een hoog stoorniveau nabij $f = 0$ Hz.

Welke lijncode is hiervoor het meest geschikt?

- a. 8-niveau Unipolair RZ,
- b. 4-niveau (binair) Manchester NRZ,
- c. 8-niveau Bipolair RZ,
- d. 4-niveau Polair NRZ.

Onderdeel 4.

Een datasignaal met bitsnelheid $R_b = 2\text{Mbit/s}$ wordt verzonden met een 16-niveau unipolair NRZ lijncode waarbij een "raised-cosine" pulsform wordt gebruikt met "roll-off" factor $r = 0.75$. Welke van de onderstaande beweringen is waar:

- a. de absolute transmissiebandbreedte van dit signaal is 875 kHz,
- b. de pulsform is tijdbegrensd tot $2\mu\text{s}$,
- c. de -6 dB transmissiebandbreedte is 250 kHz,
- d. de absolute transmissiebandbreedte is ∞ .

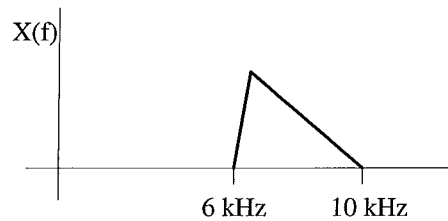
Onderdeel 5.

Een versterker heeft last van 2^e-orde niet-lineaire vervorming. Voor een ingangssignaal bestaande uit twee sinusvormige signalen met frequenties 1500 Hz en 1700 Hz bevat het uitgangssignaal enkel de volgende frequentiecomponenten:

- a. 200 Hz, 1500 Hz, 1700 Hz, 3000 Hz, 3200Hz, 3400 Hz,
- b. 0 Hz, 200 Hz, 1500 Hz, 1700 Hz, 3000 Hz, 3200Hz, 3400 Hz,
- c. 1500 Hz, 1700 Hz, 3000Hz, 3400 Hz,
- d. 200 Hz, 1500 Hz, 1700 Hz, 3200 Hz,

Opgave 3.

Een signaal $x(t)$ waarvan het spectrum $X(f)$ beperkt is tot de band van 6 kHz tot 10 kHz, wordt ideaal bemonsterd met een bemonsteringsfrequentie $f_s = 11$ kHz. Het enkelzijdige spectrum $X(f)$ is in figuur 1 schematisch weergegeven.



Figuur 1: Het signaalspectrum $X(f)$.

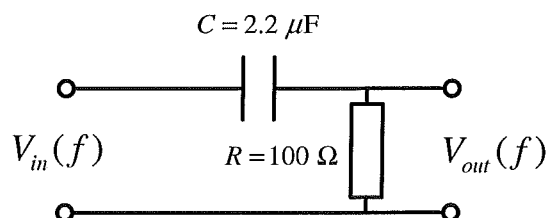
- Schets het spectrum $X_s(f)$ dat hoort bij het ideaal bemonsterde signaal $x_s(t)$, voor de frequentieband -30 kHz tot +30 kHz.
- Kan het signaal $x(t)$ uit het signaal $x_s(t)$ worden teruggewonnen?
Zo ja, hoe dan? Zo nee, waarom niet?

Dit signaal wordt met PCM verzonden, maar met een samplefrequentie gelijk aan 2x de Nyquist frequentie. De signaal-ruisverhouding SNR_q ten gevolge van quantisatiefouten bij maximaal signaalniveau dient ten minste 84 dB te zijn.

- Bepaal het minimaal benodigde aantal bits per PCM woord en de resulterende bitrate van het digitale PCM signaal.
- Op de eindbestemming wordt een gemiddelde $SNR = 65$ dB gemeten. Bepaal de bitfoutenkans P_e die op de datalink optreedt.

Opgave 4

Het signaal $x(t) = 1 + 3 \sin 1000\pi t$ wordt toegevoerd aan de tweepoort gegeven in Figuur 2, met overdrachtsfunctie $H(f) = V_{uit}(f)/V_{in}(f)$. De -3 dB frequentie van de overdrachtsfunctie is $f_{-3dB} = f_0$, waarbij $f_0 = \omega_0 / 2\pi$.



Figuur 2.

- Geef een uitdrukking en een schets van het enkelzijdige vermogenspectrum van het ingangssignaal $x(t)$.

Vervolg opgave 4 op de volgende pagina.

Vervolg opgave 4.

- b) Bepaal een uitdrukking en geef een schets van de vermogensoverdrachtsfunctie $|H(f)|^2$ van de tweepoort. Bereken tevens de waarde van f_0 .
- c) Bepaal een uitdrukking en geef een schets van het vermogensspectrum van het uitgangssignaal.
- d) Op de ingang is naast het signaal $x(t)$ een ruissignaal aanwezig met een enkelzijdig spectrale vermogensdichtheidspectrum:

$$P_n(f) = \begin{cases} N_0 & 0 \leq f \leq 4 \text{ kHz} \\ 0 & f \geq 4 \text{ kHz} \end{cases}$$

met $N_0 = 10^{-4} \text{ V}^2/\text{Hz}$. Bereken de signaal-ruis verhouding aan de uitgang van de tweepoort.

Opgave 5.

Een boer (tevens zendamateur) in de Flevopolder wil zijn buurman van internet voorzien door deze draadloos toegang te verlenen tot zijn eigen internetverbinding. De afstand tussen beide woonhuizen bedraagt 600 meter.

Hij gebruikt hiertoe standaard Wireless LAN (WLAN) apparatuur, echter als zend/ontvang antenne gebruikt hij bij beide stations een aangepaste satellietantenne met een diameter van 50 cm en een efficiëntiefactor $\eta = 0.5$. Bij ontvangst wordt een versterker met lage ruis toegepast om een betere ontvangstgevoeligheid te krijgen. De verbinding werkt op de frequentie $f_c = 2420 \text{ MHz}$. Bij het zenden wordt een zendvermogen van 100 mW gebruikt.

Als een station ontvangt geldt het volgende:

- De antenne-ruis temperatuur (antenna noise temperature) bedraagt $T_a = 180 \text{ K}$,
 - De antenne is via een kabel (lengte 1 m, demping 1.5 dB/m) verbonden met een versterker (met versterkingsfactor (gain) $G_v = 20 \text{ dB}$ en ruisgetal (noise figure) $F_v = 3 \text{ dB}$).
 - De uitgang van de versterker is via een tweede kabel (lengte 15 m, demping 0.5 dB/m) met de ingang van de ontvanger verbonden. De ontvanger heeft een versterking $G_o = 40 \text{ dB}$, het ruisgetal $F_o = 12 \text{ dB}$, en de equivalente ruisbandbreedte $BW_o = 20 \text{ MHz}$.
- a) Geef een gedetailleerd blokschema van het WLAN-systeem waarbij de ene locatie als zender werkt en de andere locatie als ontvanger.
 - b) Bereken het beschikbare signaalvermogen (in dBm) aan de uitgang van de ontvangantenne.
 - c) Bereken de totale systeemruis temperatuur T_{sys} van het ontvangstation op de uitgang van de ontvangantenne en bepaal het beschikbare equivalente ruisvermogen aan de uitgang van de versterker in een bandbreedte van 1 kHz.
 - d) Bereken de resulterende SNR op de ingang van de ontvanger op basis van de ontvangerbandbreedte.