

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

**Schriftelijk tentamen Telecommunicatietechniek I (ET2505-B)**  
**Maandag 22 augustus 2011, van 14.00 - 17.00 uur.**

---

**Lees dit eerst:**

1. Naam en studienummer **duidelijk** vermelden op **alle** in te leveren vellen.
  2. De toets bestaat uit **zes** 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) | 0.42 mW | ⇒ | dBpW  |
| b) | -68 dBW | ⇒ | nW    |
| c) | 58 μW   | ⇒ | dBW   |
| d) | 26 dB   | ⇒ | (SNR) |
| e) | 61 dBmV | ⇒ | V     |
| f) | 175 mW  | ⇒ | dBμW  |

**Opgave 2.**

Het enkelzijdige vermogensspectrum van een basisbandsignaal wordt gegeven door:

$$P(f) = \frac{A^2}{4 + (2\pi\alpha f)^2} \quad f \geq 0$$

met  $\alpha = 3 \cdot 10^{-5}$  s.

- a. Bepaal de -35 dB "bounded spectrum bandwidth" voor dit signaal.
- b. Bepaal de equivalente signaalbandbreedte (zoals gedefinieerd voor de equivalente ruisbandbreedte) voor dit signaalspectrum.
- c. Bereken de 90% vermogensbandbreedte van het signaal.

**Opgave 3.**

Een datalink wordt gebruikt voor het verzenden van een HiFi stereo muzieksignaal met PCM. De hoogste frequentie die moet kunnen worden weergegeven is 20 kHz. De signaal-ruisverhouding  $SNR_q$  ten gevolge van kwantisatiefouten bij gemiddeld signaalniveau dient ten minste 88 dB te zijn.

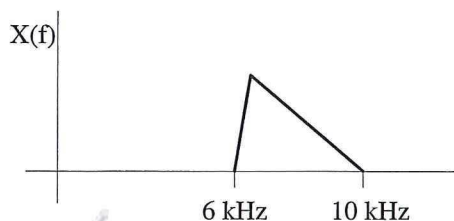
- Bepaal de minimaal benodigde samplefrequentie  $f_s$  en motiveer uw antwoord.
- Bepaal het minimaal benodigde aantal bits per PCM woord en de resulterende bitrate van het digitale PCM signaal.

De PCM data wordt verzonden met een 8-niveau lijncode met de volgende spanningsniveaus voor de symbolen:  $V_{\text{symb}} \in \{-7V, -5V, -3V, -1V, +1V, +3V, +5V, +7V\}$ , aan de zenzijde. Elk van deze symbolen wordt met gelijke waarschijnlijkheid verzonden.

- Bepaal voor deze lijncode het gemiddeld genormaliseerd uitgezonden vermogen voor NRZ rechthoekpulsen.
- Bereken de -6 dB bandbreedte en de absolute bandbreedte van het 8-niveau signaal indien een "raised-cosine" pulsvorm wordt gebruikt met "roll-off" factor  $r = 0.45$ .
- Op de eindbestemming wordt na de PCM-decoder een  $SNR = 68$  dB gemeten bij maximaal signaalniveau. Bereken de bitfoutenkans  $P_e$  die op de datalink optreedt.

**Opgave 4.**

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 frequentie  $f_s = 11$  kHz. Het spectrum  $X(f)$  is in Figuur 1 voor  $f \geq 0$  schematisch weergegeven.

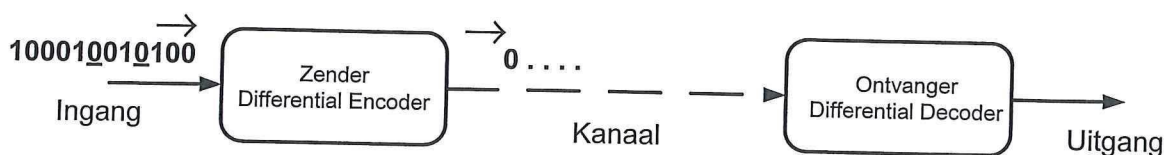


Figuur 1: Het signaalspectrum  $X(f)$ .

- 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?
- Beantwoord de vragen a) en b) ook voor het geval dat de bemonsteringsfrequentie  $f_s = 15$  kHz.

**Opgave 5.**

In Figuur 2 is een transmissiesysteem geschetst waarin differentiële codering/decoding wordt toegepast. De 12 bits op de ingang worden van rechts naar links ingelezen (dus de eerste ingelezen bit is een "0").



Figuur 2.

- Bepaal de reeks symbolen die na differentiële codering door de zender op het kanaal wordt uitgezonden, voor de gegeven 12 bits op de ingang. Doe dit voor de toestand zoals die in Figuur 3 is aangegeven, waarbij het referentiesymbool een "0" is.
- Bepaal voor de opgegeven 12 bits de waarden aan de uitgang van de ontvanger na differentiële decoding, indien door storing op het kanaal het 4<sup>e</sup> en 7<sup>e</sup> symbool foutief op de ontvangeringang aankomen. (NB! De corresponderende 4<sup>e</sup> en 7<sup>e</sup> bit in de ingangsreeks zijn onderstreept aangegeven.)

**Opgave 6.**

Een zendamateur wil de ontvangstgevoeligheid van zijn radiostation op 10 GHz onderzoeken. Een medeamateur zendt met een beschikbaar vermogen van 1 mW uit op een afstand van 15 km; de antennewinst van het zendstation bedraagt 10 dB.

Van het ontvangstation zijn de volgende gegevens bekend:

- Als ontvangantenne wordt een parabolantenne gebruikt met een diameter van 1.4 m en een efficiëntiefactor  $\eta = 0.5$ ,
- De antenneruistemperatuur (antenna noise temperature) bedraagt  $T_a = 180$  K,
- De antenne is via een kabel (lengte 2 m, demping 1.5 dB/m) verbonden met een zogenaamde mixer-versterker (met versterkingsfactor (gain)  $G_v = 20$  dB en ruisgetal (noise figure)  $F_v = 5$  dB) die het signaal omzet naar de frequentieband rond 500 MHz.
- De uitgang van de mixer-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  $G_o = 60$  dB, het ruisgetal  $F_o = 12$  dB, en de equivalente ruisbandbreedte  $BW_o = 5$  kHz.

- Geef een gedetailleerd blokschema van het zender-ontvangersysteem.
- Bereken het beschikbare signaalvermogen (in dBm) aan de uitgang van de ontvangantenne.
- Bereken de totale systeemruistemperatuur  $T_{syst}$  van het ontvangstation:
  - op de uitgang van de ontvangantenne,
  - op de ingang van de ontvanger.
- Bereken de resulterende SNR op de ingang van de ontvanger.