

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

Schriftelijk tentamen Telecommunicatietechniek I (ET2505-B)
Vrijdag 2 juli 2010, 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 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) 3.45 mW \Rightarrow dBmW
- b) -55 dBW \Rightarrow μ W
- c) 17pW \Rightarrow dBW
- d) 44 dB \Rightarrow (spanningsversterkingsfactor)
- e) 18 MHz \Rightarrow dBHz
- f) 482 μ W \Rightarrow dBm

Opgave 2.

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.

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

Vervolg opgave 2 op de volgende pagina.

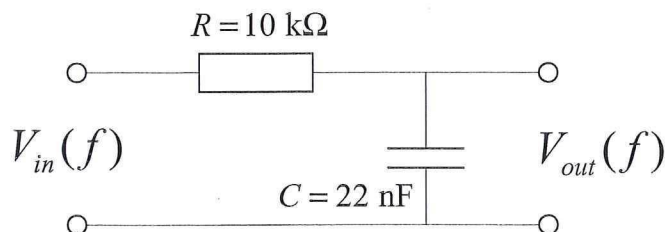
Vervolg opgave 2.

De PCM data wordt verzonden met een 8-niveau lijncode met de volgende spanningsniveaus voor de symbolen: $V_{\text{symp}} \in \{-7V, -5V, -3V, -1V, +1V, +3V, +5V, +7V\}$, 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 $\text{SNR} = 68 \text{ dB}$ gemeten bij maximaal signaalniveau. Bereken de bitfoutenkans P_e die op de datalink optreedt.

Opgave 3.

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



Figuur 1.

- Geef een uitdrukking en een schets van het enkelzijdige vermogensspectrum van het ingangssignaal $x(t)$.
- Bepaal een uitdrukking voor en geef een schets van de vermogensoverdrachtsfunctie $|H(f)|^2$ van de tweepoort. Bereken tevens de waarde van f_0 .
- Bepaal een uitdrukking en geef een schets van het vermogensspectrum van het uitgangssignaal.
- Bereken de equivalente ruisbandbreedte van $H(f)$.

Opgave 4.

Twee geostationaire satellieten (A en B) onderhouden een directe digitale communicatieverbinding op een frequentie van 40 GHz. De datasnelheid bedraagt 25 Mbit/s. De afstand tussen de satellieten bedraagt 15000 km. Voor deze communicatie-verbinding hebben de satellieten een aparte paraboolantenne aan boord met een diameter van 0.3 m en een efficiëntiefactor $\eta = 0.5$.

Voor beide satellieten gelden de volgende parameters:

- het beschikbare zendvermogen is $P_z = 10$ W,
- de antenneruistemperatuur (antenna noise temperature) bedraagt $T_a = 10$ K,
- de antenne is via een versterker (versterkingsfactor (gain) $G_{amp} = 20$ dB, ruisgetal (noise figure) $F_{amp} = 1$ dB) verbonden met een frequentie-omzetter (versterkingsfactor $G_{conv} = -3$ dB, ruisgetal $F_{conv} = 2$ dB),
- de uitgang van de frequentie-omzetter is direct met de ingang van de ontvanger verbonden. De versterking van deze ontvanger bedraagt $G_o = 55$ dB, het ruisgetal is $F_o = 12$ dB.

Op een bepaald moment is satelliet A de zender en satelliet B de ontvanger.

- a) Geef een gedetailleerd blokschema van dit inter-satelliet communicatiesysteem.
- b) Bereken het EIRP vermogen (dBm) van satelliet A en het ontvangen signaalvermogen (dBm) aan de antenne-uitgang van satelliet B.
- c) Bereken de totale systeemruistemperatuur T_{sys} van satelliet B:
 1. aan de uitgang van de ontvangantenne,
 2. aan de ontvangeringang.
- d) Bereken de verhouding E_b / N_0 aan de ingang van de ontvanger.
Hierin is E_b de ontvangen energie per databit [Joule] en N_0 de enkelzijdige ruisvermogensdichtheid [W/Hz].

Opgave 5.

Een DC-gekoppelde breedbandige versterker wordt gekarakteriseerd door de spanningsoverdracht:

$$V_{uit} = 0.5 + 8 \cdot V_{in} + 0.2 \cdot V_{in}^3$$

- a) Beargumenteer of dit de spanningsoverdracht van een lineaire of een niet-lineaire versterker betreft?
- b) Bepaal de "Total Harmonic Distortion (THD)" voor hetingangssignaal $V_{in}(t) = \sin 1500\pi t$ volt.
- c) Welke frequentiecomponenten bevat het uitgangssignaal indien hetingangssignaal gelijk is aan: $V_{in}(t) = 2\sin 180\pi t + 3\sin 1500\pi t$ volt?