

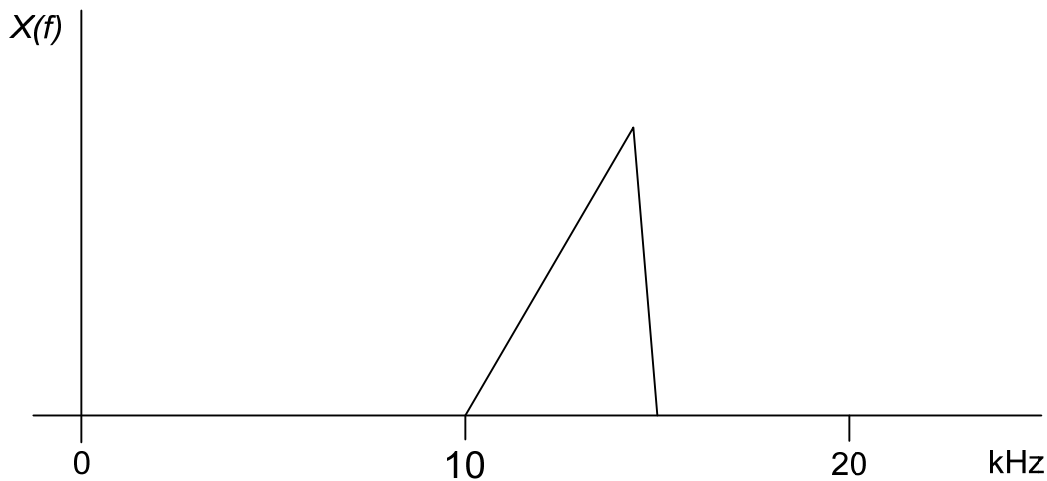
Werkcollege 3: huiswerkopgaven

Hieronder volgen de huiswerkopgaven voor het 3e werkcollege Telecommunicatietechniek. Bij het werkcollege wordt verwacht dat je de stof tot dan toe goed hebt bestudeerd en deze opgaven vooraf thuis hebt voorbereid.

Tijdens het werkcollege is er nog enige tijd om aan de lastige onderdelen, waar je thuis niet uit bent gekomen, met collega-studenten verder te werken. Daarna worden een aantal opgaven op het bord voorgemaakt.

Opgave 1.

Van het basisband signaal $x(t)$ is het frequentiespectrum $X(f)$ beperkt is tot de band van 10 kHz tot 15 kHz. Het enkelzijdige frequentiespectrum $X(f)$ is in Figuur 1 schematisch weergegeven. Het signaal $x(t)$ wordt ideaal bemonsterd met een bemonsteringsfrequentie $f_s = 10$ kHz.



Figuur 1: Spectrum $X(f)$.

- Schets het spectrum $X_\delta(f)$ dat hoort bij het ideaal bemonsterde signaal $x_\delta(t)$, voor de frequentieband -40 kHz tot +40 kHz.
- Kan het signaal $x(t)$ uit het signaal $x_\delta(t)$ worden teruggewonnen? Zo ja, hoe dan? Zo nee, waarom niet?
- Geef een duidelijke schets van het frequentiespectrum voor $X_{PAM}(f)$ indien flat-top PAM sampling met een pulsbreedte $\tau = 50 \mu s$ wordt toegepast. Laat ook hier de frequentieas lopen van -40 kHz tot +40 kHz.

Opgave 2.

De informatie in een analoge spanningsgolfvorm moet met een PCM systeem overgezonden worden. De vereiste nauwkeurigheid is 0.1 % van het maximale spanningsbereik. Het analoge signaal heeft een absolute bandbreedte van 100 Hz en een amplitude bereik van -10 volt tot +10 volt.

- a. Bereken de minimale bemonsteringsfrequentie die vereist is.
- b. Bereken het aantal benodigde bits van het PCM woord.
- c. Bereken de minimum bitrate die vereist is.
- d. Bereken de minimaal vereiste bandbreedte voor het verzenden van het PCM signaal.

Opgave 3.

De maker van een radioprogramma wil een HiFi mono-signaal met PCM verzenden van een concertzaal naar de studio. De hoogste frequentie in het signaal is 18 kHz. De gemiddelde signaal-ruisverhouding SNR_q ten gevolge van quantisatiefouten dient minimaal 78 dB te zijn.

- a. Bepaal de minimaal benodigde samplefrequentie voor dit signaal.
- b. Bepaal het minimaal benodigde aantal bits per PCM-woord, en geef de resulterende bitrate van het PCM signaal.
- c. Welke maximale bitfoutenkans P_e is op de verbinding toelaatbaar, indien op de bestemming een SNR bij maximaal signaalniveau van 75 dB geëist wordt?

- d. Op een relatief slechte radioverbinding blijkt de bitfoutenkans $P_e = 10^{-6}$ te zijn.
1. Hoe groot is nu de gemiddelde SNR (bij uniform verdeelde signaal niveaus)?
 2. Met hoeveel bits per PCM-woord kan volstaan worden als een 4 dB lagere gemiddelde SNR , dan hierboven onder d.1 berekend, nog toelaatbaar is?

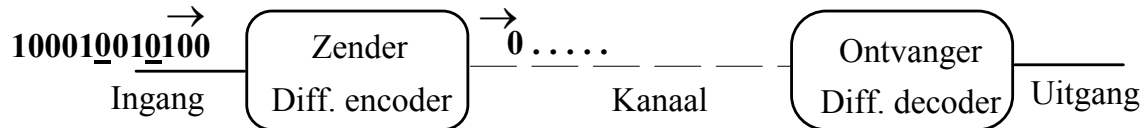
Opgave 4.

Een transmissiesysteem dat gebruik maakt van Delta Modulatie, wordt getest met een sinusvormig signaal met frequentie 10 kHz en piek-piek spanning $V_{pp} = 10$ V. De samplefrequentie f_s is 12 maal the Nyquist-frequentie.

- a. Welke stapgrootte is vereist om "slope overloading" te voorkomen bij een zo klein mogelijke "granular noise" niveau?
- b. Bepaal de enkelzijdige spectrale ruisvermogensdichtheid $[dBV^2/Hz]$ ten gevolge van "granular noise".
- c. Indien de ontvanger een bandbreedte heeft van $BW = 15$ kHz, geef dan de gemiddelde signaal-quantisatieruis verhouding (SNR) in dB aan de uitgang.

Opgave 5.

In figuur 2 is een transmissiesysteem geschetst waarin differentiële encoding/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 2 is aangegeven, waarbij het laatst verzonden symbool een "0" is geweest.
- Bepaal voor de opgegeven 12 bits de waarden aan de uitgang van de ontvanger na differentiële decodering, indien door storing op het kanaal het 4^e en 7^e symbool foutief op de ontvangeringang aankomen. (NB! De corresponderende 4^e en 7^e bit in de ingangsrreeks zijn onderstreept aangegeven.)

Opgave 6.

Een binair signaal wordt naar een 32-niveau (multilevel) signaal geconverteerd, en verzonden over een kanaal met een "cosine-rolloff" filter karakteristiek met roll-off factor $r = 0.5$.

- Bereken de absolute bandbreedte van het signaal indien nog gegeven is dat de -9 dB bandbreedte van het ontvangen signaal spectrum gelijk is aan 10 kHz.
- Bepaal de hoogste symboolsnelheid [kbaud] van het multilevel signaal dat over dit kanaal zonder ISI kan worden verzonden.
- Bepaal de bitrate [kbit/sec] van dit signaal.