

1. Sinyal digital dengan bit rate 2 Mbps, $N_0 = 10^{-11}$ W/Hz, Amplituda = 10 mV
- Berapa periode sinyal, symbol rate, dan bandwidth yang diperlukan jika ditransmisikan menggunakan modulasi QPSK dan menggunakan raised cosine filter dengan roll off factor 0.6?
 - Hitung probabilitas error yang terjadi!
 - Hitung bandwidth dan probabilitas error yang terjadi apabila digunakan sinyal baseband NRZ bipolar!

$$R_b = 2 \text{ Mbps} = 2 \times 10^6 \text{ bps}$$

$$N_0 = 10^{-11} \text{ W/Hz}$$

$$A = 10 \text{ mV}$$

a. QPSK $\rightarrow M = 4$

$$T_b = \frac{1}{R_b} = \frac{1}{2 \times 10^6} = 5 \times 10^{-7} \text{ s}$$

$$T_s = T_b \cdot \log_2 M = 5 \times 10^{-7} \cdot \log_2 4 = 10^{-6} \text{ s} = 1 \mu\text{s}$$

Periode sinyal $T_s = 10^{-6} \text{ s} = 1 \mu\text{s}$

$$R_s = \frac{1}{T_s} = \frac{1}{10^{-6}} = 10^6 \text{ sps}$$

Symbol rate = 10^6 sps

$$r = 0.6$$

$$BW = (1 + r) R_s = (1 + 0.6) \cdot 1 \text{ Mbps} = 1.6 \text{ Mbps}$$

b. $A = \sqrt{\frac{2 E_s}{T_s}} \rightarrow A^2 = \frac{2 E_s}{T_s}$

$$E_s = \frac{A^2 T_s}{2}$$

$$E_b = \frac{E_s}{\log_2 M} = \frac{A^2 T_s}{2 \log_2 M} = \frac{(10 \times 10^{-3})^2 \cdot 10^{-6}}{2 \cdot \log_2 4} = 2.5 \times 10^{-11}$$

$$\begin{aligned}
 P_e &= 2 Q \left(\sqrt{\frac{2E_b}{N_0}} \right) \left[1 - \frac{1}{2} Q \left(\sqrt{\frac{2E_b}{N_0}} \right) \right] \\
 &= 2 \cdot Q \left(\sqrt{\frac{2 \cdot 2,5 \times 10^{-11}}{10^{-11}}} \right) \left[1 - \frac{1}{2} \cdot Q \left(\sqrt{\frac{2 \cdot 2,5 \times 10^{-11}}{10^{-11}}} \right) \right] \\
 &= 2 \cdot Q(\sqrt{5}) \left[1 - \frac{1}{2} \cdot Q(\sqrt{5}) \right] \\
 &= 2 \cdot 0,0126737 \left(1 - \frac{1}{2} \cdot 0,0126737 \right) \\
 &= 0,0252 = 2,52 \%
 \end{aligned}$$

C. $BW = (1+r) \frac{R_s}{2} = (1+0,6) \cdot \frac{1 \text{ Mbps}}{2} = 0,8 \text{ Mbps}$

$$\begin{aligned}
 P_e &= Q \left(\sqrt{\frac{A^2}{N_0 \cdot BW}} \right) = Q \left(\sqrt{\frac{(10^{-2})^2}{10^{-11} \cdot 0,8 \times 10^6}} \right) \\
 &= Q(2,5\sqrt{2}) \\
 &= 0,0002 = 0,02 \%
 \end{aligned}$$

2. Sistem perekaman CD melakukan sampling pada 44.1 kHz menggunakan ADC 16 bit (jumlah bit per sampel 16 bit).
- Tentukan jumlah sample dan jumlah level kuantisasi
 - Tentukan bit rate keluaran
 - CD dapat merekam musik selama 1 jam. Tentukan jumlah bit yang dapat ditampung oleh CD tersebut.
 - Tentukan Sinyal to Quantizing noise ratio rata-rata untuk sinyal sinusoidal tersebut !

a. Jumlah sampel = 44.100 sps

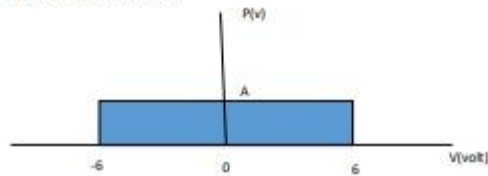
$$M = 2^N = 2^{16} = 65.536 \text{ level}$$

b. $BR = 44.100 \times 16$
 $= 705,6 \text{ kbps}$

c. $B = 705,6 \text{ kbps} \times 1 \text{ jam}$
 $= 705,6 \text{ kbps} \times 3600$
 $= \underline{\underline{2,54 \text{ Gb}}}$

d. $SQNR = 2^N \sqrt{\frac{3}{2}} = 2^{16} \sqrt{\frac{3}{2}} = 80264,88$
 $= 20 \log(80264,88) = \underline{\underline{99,08 \text{ dB}}}$

3. Suatu sinyal noise di penerima mempunyai pdf (probability density function) kemunculan nilai tegangannya seperti gambar berikut ini.



- Tentukan nilai A dan bentuk gambar CDF (Cumulative Distributive Function/fungsi distribusi probabilitas kumulatif) !
- Jika diterima sinyal biner dengan bit "1" diwakili oleh tegangan +5 volt dan bit "0" direpresentasikan dengan tegangan -5 volt, dan noise bersifat additive (serta stasioner), gambarkan bentuk pdf gabungan sinyal setelah bercampur noise tersebut di atas ! Tentukan nilai Threshold !
- Hitung nilai probabilitas error sistem tersebut !

a.

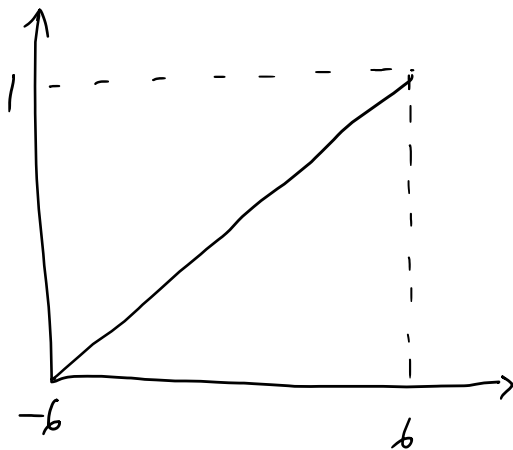
$$L = 1$$

$$A(6 + 6) = 1$$

$$A = \frac{1}{12}$$

$$Y = \int A dx = \int \frac{1}{12} dx \rightarrow Y = \frac{1}{12} x$$

Gambar CDF

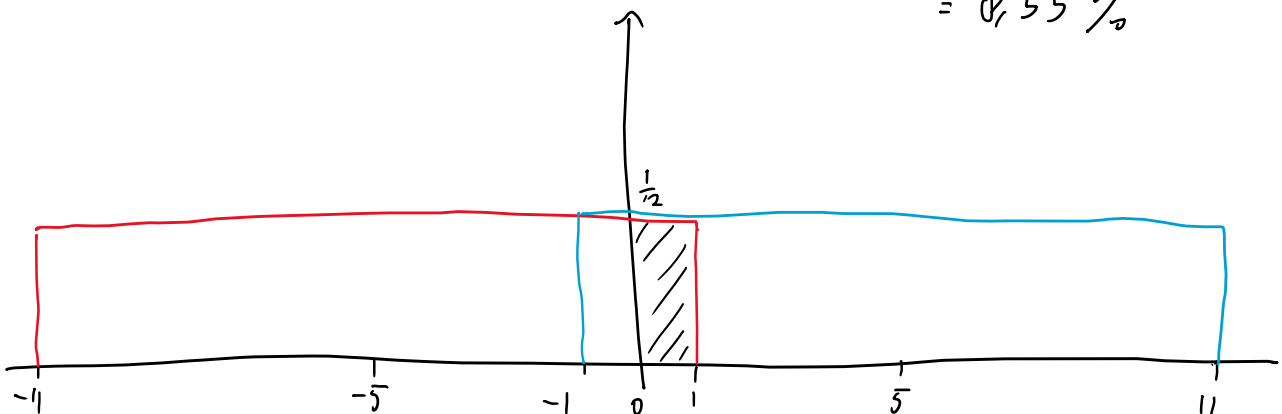


$$C. P_e = 1 - \frac{1}{2}$$

$$= 1 - \frac{1}{2} = 0,08333...$$

$$= 8,33 \%$$

b.



Nilai Threshold = 0 V