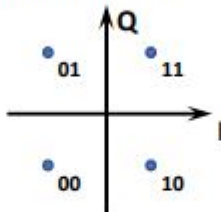


Ejercicio 9

Una señal QPSK es modulada por una línea de datos de $45 \cdot 10^6$ bps, luego es transmitida y se atenúa 120 dB en el trayecto hasta el receptor. La temperatura de ruido a la entrada de la antena receptora es de 55 K y el receptor antes del demodulador tiene una cifra de ruido de 3,5 dB. Considere que el demodulador emplea filtro acoplado.



Se pide determinar:

- El ancho de banda de nulo a nulo.
- El ancho de banda mínimo.
- La tasa de error de bit si se transmite con 1,185 W de potencia.
- La mínima potencia de transmisión necesaria para tener una tasa de error de bit inferior a 10^{-6} .

a)

El ancho de banda de nulo a nulo para una señal QPSK se calcula como:

$$B_{n-n} = \frac{2 \cdot R}{l}$$

$$M = 2^l$$

Para QPSK $M = 4$, entonces $l = 2$.

Finalmente:

$$B_{n-n} = \frac{2 \cdot R}{2} = R$$

$$B_{n-n} = 45 \text{ MHz}$$

b)

El ancho de banda mínimo para una señal QPSK se calcula como:

$$B_{min} = \frac{R}{2} = 22,5 \text{ MHz}$$

c)

Considerando que:

- La potencia transmitida es: $S_t = 1,185 \text{ W}$

- La atenuación en el trayecto es: $L = 120dB = 10^{12}$
- El tiempo de bit es: $T_b = \frac{1}{R}$
- La cifra de ruido es: $F_r = 3,5dB = 2,24$

La tasa de error de bits (BER) se calcula como:

$$S_r = \frac{S_t}{L} = \frac{1,185W}{10^{12}} = 1,185pW$$

$$E_b = S_r \cdot T_b = \frac{S_r}{R} = \frac{1,185pW}{45MHz} = 2,63x10^{-20} \left[\frac{W}{Hz} \right]$$

$$\eta = k \cdot (T_i + T_e) = k \cdot [T_i + T_0 \cdot (F_r - 1)] = 5,72x10^{-21} \left[\frac{W}{Hz} \right]$$

$$P_e = Q\left(\sqrt{2 \cdot \frac{E_b}{\eta}}\right) = Q\left(\sqrt{2 \cdot \frac{2,63x10^{-20}}{5,72x10^{-21}}}\right) = Q_{(3,032)}$$

Por tabla:

$$P_e = Q_{(3,032)} = 1,35x10^{-3}$$

d)

Para obtener una tasa de error inferior a 10^{-6} se debe calcular la potencia de la siguiente forma:

$$P_e = Q\left(\sqrt{2 \cdot \frac{E_b}{\eta}}\right) = 10^{-6}$$

Por tabla:

$$\left(\sqrt{2 \cdot \frac{E_b}{\eta}}\right) = 4,75$$

Por lo tanto, la energía de bit se calcula como:

$$E_b = \frac{4,75^2 \cdot \eta}{2} = 6,45x10^{-20} \left[\frac{W}{Hz} \right]$$

$$E_b = \frac{S_r}{R}$$

$$S_r = E_b \cdot R = 6,45x10^{-20} \left[\frac{W}{Hz} \right] \cdot 45x10^6 Hz = 2,9pW$$

Finalmente:

$$S_t = S_r \cdot L = 2,9pW \cdot 10^{12} = 2,9W$$