

## EMISSORS I RECEPTORS

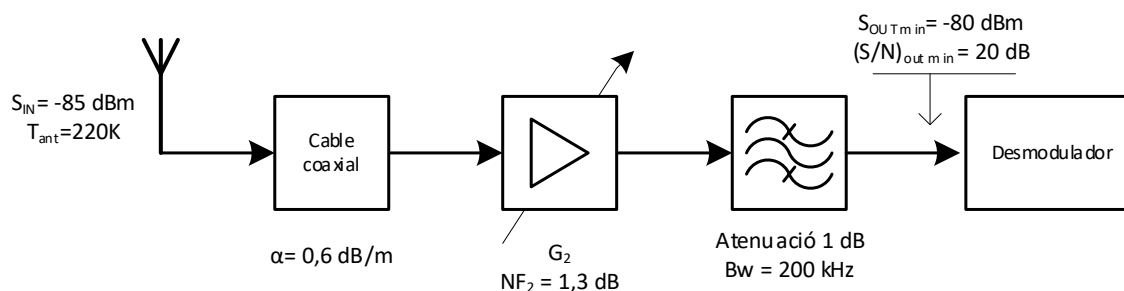
### Examen MQ

QP 22/23

#### Problema 1:

Per tal de que el receptor de la figura, que opera en la banda de 433 MHz amb canalitzacions de 200 kHz, funcioni correctament, precisa a l'entrada del desmodulador una potència mínima de senyal de  $-80$  dBm amb una  $(S/N)$  mínima de 20 dB i un IMR mínim de 40 dB.

Aquest receptor es connecta a una antena que proporciona una potència de senyal de  $-85$  dBm amb una temperatura d'antena de 220K. L'amplificador presenta un guany ajustable entre 15 dB i 25 dB amb un factor de soroll d'1,3 dB.



- Suposant que tot el sistema es troba a la temperatura de referència ( $T_0 = 290K$ ), determinar la llargada màxima que pot tenir el cable coaxial que connecta l'antena al receptor, considerant que atenua 0,6 dB/m, i el valor del guany de l'amplificador per tal de que el sistema funcioni correctament. (1 p)
- Si el guany de l'amplificador s'ajusta a 20 dB, determinar la llargada màxima del cable per tal d'obtenir a l'entrada del desmodulador una  $(S/N)$  de 30 dB. (1 p)
- Suposant una llargada del cable de 8,2 m i guany de l'amplificador de 20dB, determinar el valor mínim de l'OIP3 que ha de tenir l'amplificador per garantir l'IMR mínim de 40 dB en el desmodulador. (1 p)
- Suposant una llargada del cable de 8,2 m i un OIP3 = -50 dBm per l'amplificador, determinar el valor de l'IMR que s'obtindrà en el desmodulador quan el guany de l'amplificador sigui de 15 dB. (0,5 p)
- Suposant un OIP3 = -50 dBm per l'amplificador, determinar el valor del marge dinàmic lliure d'espuris del receptor en les condicions de l'apartat a) (quan la  $(S/N)$  a la sortida és de 20 dB). (1 p)

Constant de Boltzmann:  $k = 1,38 \cdot 10^{-23}$  [W/Hz/K]

#### Problema 2:

Les següents taules inclouen les dades del balanç d'enllaç, tant de baixada ("downlink") com de pujada ("uplink"), entre els satèl·lits Iridium i el terminal terrestre ("Handheld") en condicions normals de propagació (sense "fading").

Table 8. Link budget from handheld to IRIDIUM [source: Motorola 1992]

(a) Uplink (Without Shadowing)

EIRP (dBW)	- 4.2
Satellite Gr (dB)	24
Path Loss (dB)	160
Noise Temperature (K)	500
Noise Bandwidth (kHz)	31.5
CNR (dB)	16.42

(b) Downlink (Without Shadowing)

EIRP (dBW)	27.7
Handheld Gr (dB)	1
Path Loss (dB)	160
Noise Temperature (K)	250
Noise Bandwidth (kHz)	31.5
CNR (dB)	28.34

## EMISSORS I RECEPTORS

### Examen MQ

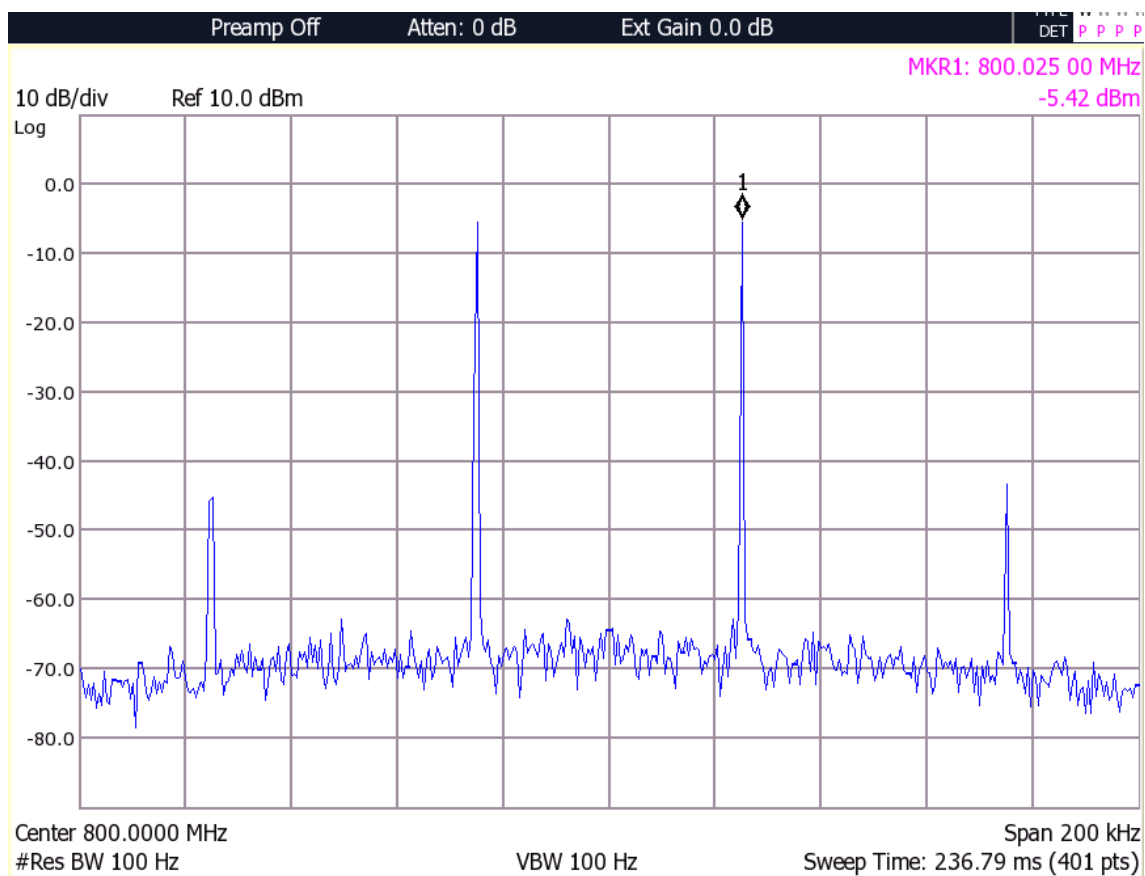
QP 22/23

El paràmetre  $G_r$  és el guany de l'antena receptora i el "Path Loss" son les pèrdues en espai lliure. "Noise Temperature" es la suma de les temperatures de soroll de l'antena i el receptor i CNR es la relació senyal/soroll a l'entrada del receptor. "Noise Bandwidth" es l'amplada de banda ocupada. Es demana:

- Comprovar que ambdues taules son correctes detallant tots el càlculs que feu. (1 p)
- Tenint en compte que la velocitat de transmissió és 50 kbit/s i que es requereix una  $E_b/N_0$  mínima de 10 dB a l'entrada del receptor (tant per "downlink" com per "uplink"), calcular el marge d'enllaç (marge de "fading") de que disposa el sistema tant per "downlink" com per "uplink". (1 p)
- Aquest balanç de potencia està calculat per la pitjor situació: satèl·lit a 1607 km del terminal terrestre (la màxima distancia). Quins son els marges d'enllaç quan el satèl·lit sobrevola l'usuari (distancia 780 km)? (1 p)

### Problema 3:

La gràfica de la figura correspon a la mesura de la distorsió d'intermodulació amb dos tons d'un amplificador.



Es demana:

- Indicar la freqüència i potència dels dos tons. (0,5 p)
- Indicar l'IMR obtingut. (0,5 p)
- Indicar la freqüència dels dos tons d'intermodulació. (0,5 p)
- Indicar quina seria la potència del terra de soroll per un filtre de resolució de 10 kHz. (0,5 p)
- I per un filtre de vídeo de 10 Hz? (0,5 p)

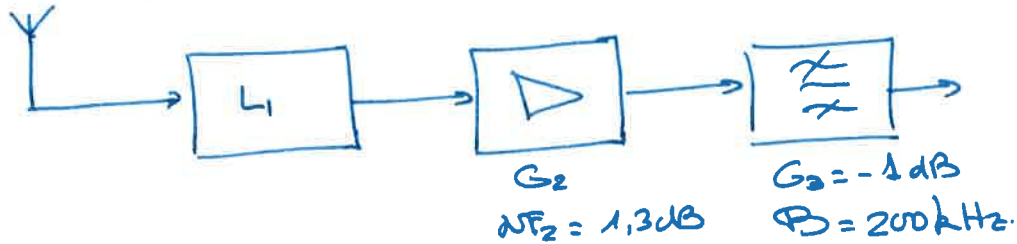
$$1.- (S/N)_{\min} = 20 \text{ dB}$$

$$IMR_{\min} = 40 \text{ dB}$$

$$S_{\text{out min}} = -80 \text{ dBm}$$

$$S_{\text{in}} = -85 \text{ dBm}$$

$$T_a = 220 \text{ K}$$



2)

$$S_{\text{out}} = S_{\text{in}} + G_T \quad ; \quad G_T = -L_1 + G_2 - L_2 = S_{\text{out}} - S_{\text{in}} \\ = -80 \text{ dBm} - (-85 \text{ dBm}) = 5 \text{ dB}$$

$$N_{\text{out}} = k(T_a + T_{\text{eqT}}) \cdot B \cdot G_T = S_{\text{out}} - (S/N)_{\text{out}} = -80 \text{ dBm} - 20 \text{ dB} = -100 \text{ dBm}$$

$$T_{\text{eqT}} = \frac{100 \cdot 10^{-15}}{k B G_T} - T_a = \frac{100 \cdot 10^{-15}}{1,38 \cdot 10^{-23} \cdot 200 \cdot 10^3 \cdot 10^{0,5}} - 220 \text{ K} \\ = 11.457 \text{ K} - 220 \text{ K} = 11.237,5 \text{ K}$$

$$F_T = 1 + \frac{T_{\text{eqT}}}{T_0} = 39,75 \rightarrow NF_T = 16 \text{ dB}$$

$$F_T = L_1 + \frac{F_2 - 1}{1/L_1} + \frac{L_3 - 1}{1/L_1 \cdot G_2} = L_1(1 + F_2 - 1) + L_1(L_3 - 1) \cdot \frac{1}{G_2}$$

$$F_T = L_1 \cdot F_2 + \frac{L_1}{G_2} \cdot (L_3 - 1)$$

$$G_2 - L_1 = G_T + L_2 = 5 \text{ dB} + 1 \text{ dB} = 6 \text{ dB} \Rightarrow \frac{G_2}{L_1} = 3,981$$

$$39,75 = L_1 \cdot 10^{0,13} + \frac{1}{3,981} \cdot (10^{0,1} - 1) = 1,349 \cdot L_1 + 0,065$$

$$L_1 = \frac{39,75 - 0,065}{1,349} = 29,42 \Rightarrow \underline{L_1 = 14,69 \text{ dB}}$$

$$l = \frac{L_1}{0,6 \text{ dB/m}} = \frac{14,69}{0,6} = \underline{24,48 \text{ m}}$$

$$G_2 = 6 \text{ dB} + L_1 = 6 \text{ dB} + 14,69 \text{ dB} = \underline{20,69 \text{ dB}}$$

b)

$$G_2 = 20 \text{ dB}, (S/N) = 30 \text{ dB} \quad S_{in} = -85 \text{ dBm}$$

$$S_{out} = S_{in} + G_T = -85 \text{ dBm} + G_T$$

$$N_{out} = S_{out} + (S/N)_{out} = -85 \text{ dBm} + G_T - 30 \text{ dB} = -115 \text{ dBm} + G_T$$

$$N_{out} = k (T_a + T_{eqT}) \cdot B \cdot G_T = 3,162 \cdot 10^{-15} \cdot G_T \cdot W$$

$$T_{eqT} = \frac{3,162 \cdot 10^{-15}}{1,38 \cdot 10^{-23} \cdot 200 \cdot 10^3} - 220 = 1146 - 220 = 925,8 \text{ K}$$

$$F_T' = 1 + \frac{T_{eqT}}{T_0} = 1 + \frac{925,8}{290} = 4,192 \rightarrow NF_T = 6,225 \text{ dB}$$

$$F_T' = L_1 F_2 + (L_3 - 1) \cdot \frac{L_1}{G_2} = L_1 \left( 10^{0,13} + (10^{0,1} - 1) \cdot \frac{1}{10^2} \right)$$

$$4,192 = L_1 \cdot 1,352 \rightarrow L_1 = \frac{4,192}{1,352} = 3,102 \rightarrow L_1 = 4,916 \text{ dB}$$

$$l' = \frac{4,916}{0,6} = 8,193 \text{ m}$$

$$c) \quad l = 8,2 \text{ m} \quad G_2 = 20 \text{ dB} \quad IMR = 40 \text{ dB}$$

$$L_1 = 8,2 \text{ m} \cdot 0,6 \text{ dB/m} = 4,92 \text{ dB}$$

$$P_{out} = -85 \text{ dBm} - 4,92 \text{ dB} + 20 \text{ dB} - 1 \text{ dB} = -70,92 \text{ dBm}$$

$$IMR = 40 \text{ dB} = 2(OIP3_T - P_{out})$$

A la salida de l'amplificador.  $P_{out2} = -70,92 \text{ dBm} + 1 \text{ dB} = -69,92 \text{ dBm}$

$$OIP3_2 = \frac{40 \text{ dB}}{2} + (-69,92 \text{ dBm}) = -49,92 \text{ dBm}$$

$$d) \quad OIP3_2 = -50 \text{ dBm}, \quad l = 8,2 \text{ m} \rightarrow L_1 = 4,92 \text{ dB}, \quad G_2 = 15 \text{ dB}$$

$$P_{out2} = -85 \text{ dBm} - 4,92 \text{ dB} + 15 \text{ dB} = -74,92 \text{ dBm}$$

$$IMR = 2(OIP3_2 - P_{out2}) = 2(-50 \text{ dBm} - (-74,92 \text{ dBm})) = 49,84 \text{ dB}$$

$$e) \quad OIP3_2 = -50 \text{ dBm}, \quad (S/N)_{out} = 20 \text{ dB}$$

$$N_{out} = S_{out} - (S/N)_{out} = -80 \text{ dBm} - 20 \text{ dB} = -100 \text{ dBm}$$

$$OIP3_T = -50 \text{ dBm} - 1 \text{ dB} = -51 \text{ dBm}$$

$$SFDR = \frac{2}{3} (-51 \text{ dBm} - (-100 \text{ dBm})) = 32,67 \text{ dB}$$

2.-

Uplink

$$P_{IRE} = -4,2 \text{ dBW}$$

$$G_R = 24 \text{ dB}$$

$$FSL = -160 \text{ dB}$$

$$T = 500 \text{ K}$$

$$B = 31,5 \text{ kHz}$$

$$SNR = 16,42 \text{ dB}$$

Down-link

$$P_{IRE} : 27,7 \text{ dBW}$$

$$G_R : 1 \text{ dBi}$$

$$FSL = -160 \text{ dB}$$

$$T = 250 \text{ K}$$

$$B = 31,5 \text{ kHz}$$

$$SNR = 28,34 \text{ dB}$$

a)

Terra → Sat

$$P_R = P_{IRE} \cdot FSL \cdot G_R = -4,2 \text{ dBW} - 160 \text{ dB} + 24 \text{ dBi} = -140,2 \text{ dBW}$$

$$N = k (T_a + T_{eq}) \cdot B$$

$$(S/N) = \frac{P_{IRE} \cdot FSL \cdot G_R}{k (T) \cdot B} = -140,2 \text{ dBW} - (-228,6 \text{ dBW/HzK}) - 26,59 \text{ dBK} \\ = -44,98 \text{ dBHz}$$

$$(S/N) = -140,2 \text{ dBW} - (-156,6 \text{ dBW}) = \underline{16,43 \text{ dB}}$$

Sat → Terra.

$$P_R = 27,7 \text{ dBW} - 160 \text{ dB} + 1 \text{ dBi} = -131,3 \text{ dBW}$$

$$N_0 = k \cdot 250 \cdot 31,5 \cdot 10^3 = -159,6 \text{ dBW}$$

$$(S/N) = -131,3 \text{ dBW} - (-159,6 \text{ dBW}) = \underline{28,34 \text{ dB}}$$

b)

$$R_b = 50 \text{ kbps} \quad (E_b/N_0)_{\min} = 10 \text{ dB}$$

$$\frac{E_b}{N_0} = \frac{P_a}{R_b \cdot kT} = \frac{(S/N) \cdot B}{R_b} = 16,43 \text{ dB} + 44,98 \text{ dBHz} - 47 \text{ dB} \\ = 14,42 \text{ dB}$$

$$M = 14,42 \text{ dB} - 10 \text{ dB} = \underline{4,42 \text{ dB}} \quad (\text{up-link})$$

$$\frac{E_b}{N_0} = 28,34 + 44,98 - 47 \text{ dB} = 26,32 \text{ dB}$$

$$M = 26,32 \text{ dB} - 10 \text{ dB} = \underline{16,32 \text{ dB}} \quad (\text{down-link})$$

c)

$$R = 1607 \text{ km.}$$

$$R' = 780 \text{ km.}$$

$$FSL = \left( \frac{\lambda}{4\pi R} \right)^2 = \left( \frac{\lambda}{4\pi \cdot 1607 \cdot 10^3} \right)^2 = -160 \text{ dB} = 100 \cdot 10^{-18}$$

$$\lambda = 201,9 \text{ mm.}$$

$$FSL' = \left( \frac{201,9 \text{ mm.}}{4\pi \cdot 780 \cdot 10^3} \right)^2 = 424,5 \cdot 10^{-18} = -153,7 \text{ dB}$$

$$\Delta FSL = -160 + 153,7 \text{ dB} = 6,278 \text{ dB.}$$

$\Rightarrow$  Incrementum  $L_c$  (S/N) en 6,278 dB, per feet.

$$M = 4,42 \text{ dB} + 6,278 \text{ dB} = \underline{10,7 \text{ dB}} \quad (\text{up-link})$$

$$M = 16,72 \text{ dB} + 6,278 \text{ dB} = \underline{22,5 \text{ dB}} \quad (\text{down-link})$$


---

3.-

c)  $800,025 \text{ MHz}, -5,42 \text{ dBm}$

$$800,025 - 2,5 \cdot 20 \text{ kHz} = 799,975 \text{ MHz} \quad -5,42 \text{ dBm}$$

b)  $1 \text{ MHz} = 40 \text{ dB}$

c)  $800 \text{ MHz} \pm 3,75 \cdot 20 \text{ kHz} = \begin{cases} 800,075 \text{ MHz} \\ 799,925 \text{ MHz} \end{cases}$

d)  $N_f = -70 \text{ dBm} / \text{BW} = 100 \text{ Hz} = -70 \text{ dBm} + 10 \log \frac{10.000}{100} = -50 \text{ dBm.}$

e)  $N_f = -70 \text{ dBm}, \text{ no carrier.}$

---