

  <div>Escola Tècnica Superior d'Enginyeria de Telecomunicació de Barcelona</div> <div>UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE CATALUNYA</div>	<b>Emissors i Receptors</b>
	<b>18/05/2010</b>
	Grup 40
<ul style="list-style-type: none"><li>• Duració total: 2h (45 min test + 1h 15min problema)</li></ul>	

### Problema (5p)

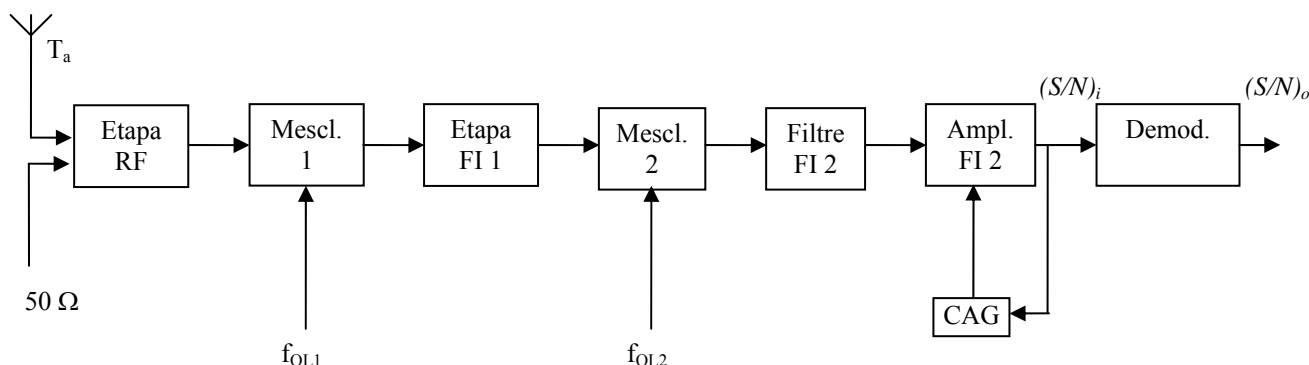
Es vol analitzar un sistema format per un emissor i un receptor.

L'emissor emet una potència de 2 watts.

Al propagar-se el senyal per l'aire pateix les següents pèrdues (en lineal) en funció de la distància a la que es troben emissor i receptor:

$$L_p = \left( \frac{4\pi}{\lambda} * d \right)^2 \quad \text{amb } \lambda = 0.337 \text{ m i } d \text{ en metres}$$

El diagrama de blocs del receptor es mostra en la següent figura:



Els paràmetres característics del sistema són:

Ordre de la distorsió  $m = 3$ . Tots els  $IP_i$ s són pel producte d'intermodulació d'ordre 3.

Canalització: 50 kHz

Temperatura de soroll d'antena,  $T_a = 10^6$  K

Etapa de RF:  $G_{RF} = 10$  dB,  $F_{RF} = 3$  dB,  $IP_{i,RF} = 10$  dBm

Mesclador1:  $G_{m1} = -6$  dB,  $F_{m1} = 10$  dB,  $IP_{i,m1} = 20$  dBm

Etapa de FI1:  $G_{FI1} = 30$  dB,  $F_{FI1} = 7$  dB,  $IP_{i,FI1} = -10$  dBm,  $B_{FI1} = 250$  kHz,  $\Delta_{FI1} = 70$  dB

Mesclador2:  $G_{m2} = -6$  dB,  $F_{m2} = 10$  dB,  $IP_{i,m2} = 20$  dBm

Filtre de FI2:  $B_{FI2} = 50$  kHz, no té pèrdues d'inserció

Amplificador de FI2:  $F_{FI2} = 14$  dB,  $IP_{i,FI2} = -30$  dBm,  $B_{FI2} = 50$  kHz

Relació entrada-sortida del demodulador (en lineal):  $(S/N)_o = 3\beta^2(S/N)_i$  amb  $\beta = f_d/f_m$

Desviació de freqüència,  $f_d = 5$  kHz

Màxima freqüència del senyal modulador,  $f_m = 3$  kHz

$K = 1.38 \cdot 10^{-23}$  J/K

Es demana:

**a)** Determinar la màxima distància a la que es pot col·locar l'emissor si es vol una  $(S/N)_o$  a la sortida del demodulador de com a mínim 16 dB.

**b)** Calcular el valor de la selectivitat de l'etapa de segona FI para garantir un rebuig a la intermodulació ocasionada pels canals adjacents de com a mínim 30 dB.

Per tal de garantir que la potència de senyal útil a l'entrada del demodulador és sempre de -25 dBm s'usa un control automàtic de guany que modifica el guany de l'etapa de segona FI.

**c)** Si la mínima distància entre emissor i receptor és de 1000 m, calcular el marge de variació del guany de l'etapa de segona FI.

**d)** Si en un determinat moment els dos senyals interferents que generen el producte d'intermodulació d'ordre 3 arriben a l'antena amb una potència de -86.68 dBm, calcular la mínima diferència ( $\Delta P$ ) entre la potència del soroll a la sortida del capçal de RF i la potència del producte d'intermodulació d'ordre 3 també a la sortida.



  <div> <b>Escola Tècnica Superior d'Enginyeria de Telecomunicació de Barcelona</b>  <small>UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE CATALUNYA</small> </div>	<b>Emissors i Receptors</b>
	<b>18/05/2010</b>
	Grup 40

**NOM i COGNOM:**

**Test (5p) Marcar únicament una resposta en cada pregunta. Els errors descompten 1/3.**

**1.- Consideri un sistema de codificació més entrellaçat en un sistema de comunicacions mòbils que treballa a 256 kb/s i en el que les ràfegues d'errors del canal tenen una duració de 3 ms. Per altra banda el retard total en entrellaçar i desentrellaçar tolerat per l'aplicació ha de ser menor que 2.5 s. Sabent que la matriu d'entrellaçat s'escriu per files i es llegeix per columnes, determinar quina de les següents combinacions pot ser adequada:**

- a) N=800 files i M=400 columnes
- b) N=760 files i M=450 columnes
- c) N=512 files i M=625 columnes
- d) N=850 files i M=380 columnes

**2.- Quina de les següents afirmacions és falsa en relació a la codificació de canal?**

- a) Després de codificar un flux de bits de  $R_b$  (b/s) amb un codi de taxa 1/3, la velocitat resultant entregada al canal serà de  $3R_b$  (b/s).
- b) Els codis bloc usen un mapeig fix entre paraules de k bits i paraules de n bits.
- c) Com més gran sigui la taxa de codificació d'un codi, més redundància s'envia.
- d) Al usar codificació de canal es requerirà una S/N menor a l'entrada d'un receptor per aconseguir la mateixa taxa d'error a la sortida que si no s'usés la codificació.

**3.- Quina de les següents afirmacions és certa en relació a les tècniques d'accés múltiple?**

- a) Permeten diferenciar les transmissions en els dos sentits d'una comunicació bidireccional.
- b) La tècnica TDMA requereix una estricta sincronització per tal que els senyals arribin en l'instant apropiat.
- c) La tècnica FDMA permet que els diferents usuaris comparteixin la mateixa freqüència i temps simultàniament.
- d) Cap de les anteriors.

**4.- Considereu un convertor A/D de 6 bits que mostreja un senyal amb freqüència màxima 100 kHz, i que està perfectament ajustat al marge dinàmic del convertor. Quina freqüència de mostreig aproximada és necessària si es vol obtenir una SNR de quantificació de 40 dB aplicant sobremostreig?**

- a) 163 kHz
- b) 325.8 kHz
- c) 16.3 MHz
- d) 3.25 MHz

**5.- Un receptor superheterodí que capta senyals entre 600 MHz i 680 MHz, treballa amb una freqüència intermitja de 15 MHz. Quina de les següents afirmacions és certa?**

- a) L'oscil·lador local ha de variar entre 15 MHz i 585 MHz.
- b) Si l'oscil·lador local treballa per sobre de la freqüència de sintonia, la freqüència imatge estarà per sota de la de sintonia.
- c) L'oscil·lador local pot variar entre 585 MHz i 665 MHz.
- d) La freqüència imatge estarà sempre a 30 MHz.

**6.- Un receptor superheterodí usa un mesclador amb guany=-6 dB, aïllament RF-FI=70 dB i aïllament OL-FI=70 dB. Si el senyal de RF té un nivell de -60 dBm i l'oscil·lador local presenta una potència de 35 dBm, quina és la potència mitja a la freqüència del OL a l'entrada de l'etapa de FI?**

- a) -35 dBm
- b) -45 dBm
- c) -66 dBm
- d) -51 dBm

**7.- Quina de les següents afirmacions és certa en relació als conversors A/D?**

- a) Com més bits tingui el conversor, més petita serà la relació senyal-soroll de quantificació.
- b) Augmentar un bit al conversor resulta en una millora d'uns 6 dB de relació-senyal soroll de quantificació, només en cas que es tracti d'un conversor sigma-delta.
- c) Els conversors de tipo Flash acostumen a tenir un número de bits reduït però una freqüència de mostreig elevada.
- d) Cap de les anteriors.

**8.- Si posem a l'entrada d'un amplificador un to de potència -80 dBm a freqüència de 850 MHz, observem a la sortida un senyal a la mateixa freqüència de valor -55 dBm. En un segon experiment posem dos tons de potència -35 dBm a les freqüències de 850.2 MHz i 850.4 MHz, i observem a la sortida un to de -55 dBm a la freqüència de 850 MHz. Quin és el punt d'intercepció a l'entrada de l'amplificador pels productes d'intermodulació de tercer ordre?**

- a) 32.5 dBm
- b) 12.5 dBm
- c) -12.5 dBm
- d) 57.5 dBm

**9.- Es connecta una font de soroll a  $T_s=600K$  adaptada a l'entrada d'un quadripol de guany 30 dB i ample de banda de 0.5 MHz. La potència de soroll a la sortida és de -56.98 dBm. El factor de soroll del quadripol és aproximadament:**

- a) 30 dB
- b) 35 dB
- c) 10 dB
- d) 20 dB

**10.- Un filtre de 5 dB de pèrdues d'inserció i 60 dB de selectivitat col·locat davant d'un quadripol pot millorar el punt d'intercepció a l'entrada pels productes de tercer ordre en:**

- a) 65 dB
- b) 60 dB
- c) 95 dB
- d) 90 dB

## Solució Problema - GRUP 40:

a) Per una  $(S/N)_o = 3\beta^2 (S/N)_i \geq 10^{1.6} \Rightarrow (S/N)_i \geq 10^{1.6} \cdot \left(\frac{3}{5}\right)^2 \cdot \frac{1}{3} = 4.78$

Com que limita l'etapa de FI2, puc usar la fórmula de FRIIS:

$$F_{TOT} = F_{RF} + \frac{F_{m1}-1}{G_{RF}} + \frac{F_{FI1}-1}{G_{RF} \cdot G_{m1}} + \frac{F_{m2}-1}{G_{RF} \cdot G_{m1} \cdot G_{FI1}} + \frac{F_{FI2}-1}{G_{RF} \cdot G_{m1} \cdot G_{FI1} \cdot G_{m2}} \Rightarrow$$

$$\Rightarrow F_{TOT} = 10^{0.3} + \frac{10-1}{10} + \frac{10^{0.7}-1}{10 \cdot 10^{-0.6}} + \frac{10-1}{10 \cdot 10^{-0.6} \cdot 10^3} + \frac{10^{1.4}-1}{10 \cdot 10^{-0.6} \cdot 10^3 \cdot 10^{-0.6}} = 4.53$$

$$(S/N)_i = \frac{P_s}{K(T_a + (F_{TOT}-1)T_o)B_{FI2}} \Rightarrow \frac{P_s}{1.38 \cdot 10^{-23} \cdot (10^6 + (4.53-1)290) \cdot 50 \cdot 10^3} \geq 4.78 \Rightarrow$$

$$\Rightarrow P_s \geq 3.3 \cdot 10^{-12} \text{ W} = -84.81 \text{ dBm} \Rightarrow P_s = \frac{P_T}{L_p} \Rightarrow L_p \leq \frac{P_T}{P_s} = \frac{2 \text{ W}}{3.3 \cdot 10^{-12} \text{ W}} = 60.577 \cdot 10^{10} \Rightarrow$$

$$\Rightarrow d \leq 20872.5 \text{ m} \Rightarrow \boxed{d_{\max} = 20.87 \text{ Km}}$$

b) Per garantir un rebuig a la intermodulació de 30 dB necessitem un  $IP_{i,TOT}$ :

$$u_r(\text{dB}) = \frac{m-1}{m} [IP_{i,TOT}(\text{dBm}) - P_s(\text{dBm})] \geq 30 \text{ dB} \Rightarrow IP_{i,TOT} \geq 45 \text{ dB} - 84.81 \text{ dBm} \Rightarrow IP_{i,TOT} \geq -39.81 \text{ dBm}$$

$$\frac{1}{IP_{i,TOT}} = \frac{1}{IP_{i,RF}} + \frac{G_{RF}}{IP_{i,m1}} + \frac{G_{RF} \cdot G_{m1}}{IP_{i,FI1}} + \frac{G_{RF} \cdot G_{m1} \cdot G_{FI1}}{IP_{i,m2}} + \frac{G_{RF} \cdot G_{m1} \cdot G_{FI1} \cdot G_{m2}}{IP_{i,eq}} \Rightarrow$$

$$\Rightarrow \frac{1}{10^{-3.981}} = \frac{1}{10} + \frac{10}{10^2} + \frac{10 \cdot 10^{-0.6}}{10^{-1}} + \frac{10 \cdot 10^{-0.6} \cdot 10^3}{10^2} + \frac{10 \cdot 10^{-0.6} \cdot 10^3 \cdot 10^{-0.6}}{IP_{i,eq}} \Rightarrow$$

$$\Rightarrow IP_{i,eq} = 6.627 \cdot 10^{-2} \text{ mW} = -11.787 \text{ dBm}$$

I per tant la selectivitat ha de ser com a mínim de:

$$IP_{i,eq}(\text{dBm}) = IP_{i,FI2}(\text{dBm}) + \frac{m}{(m-1)} \Delta_{FI2}(\text{dB}) \Rightarrow -11.787 \text{ dBm} = -30 \text{ dBm} + \frac{3}{2} \Delta_{FI2}(\text{dB}) \Rightarrow$$

$$\boxed{\Delta_{FI2} = 12.142 \text{ dB}}$$

c) Si l'emissor es troba a la mínima distància del receptor, la potència útil rebuda a l'antena és de:

$$P_{S\max} = \frac{P_T}{L_p} = \frac{P_T}{(4\pi \cdot d_{\min})^2} \lambda^2 = \frac{2 \text{ W}}{(4\pi \cdot 1000)^2} 0.337^2 = 1.44 \cdot 10^{-9} \text{ W} = -58.42 \text{ dBm}$$

I per tant a l'entrada del demodulador arribarà:

$$P_{s,dem} = P_{s,\max}(\text{dBm}) + G_{TOT,\min}(\text{dB}) = -25 \text{ dBm} \Rightarrow G_{TOT,\min} = -25 \text{ dBm} - (-58.42 \text{ dBm}) \Rightarrow G_{TOT,\min} = 33.42 \text{ dB}$$

$$\text{Amb: } G_{TOT,\min}(\text{dB}) = G_{RF}(\text{dB}) + G_{m1}(\text{dB}) + G_{FI1}(\text{dB}) + G_{m2}(\text{dB}) + G_{FI2,\min}(\text{dB}) \Rightarrow$$

$$\Rightarrow G_{FI2,\min}(\text{dB}) = G_{TOT,\min}(\text{dB}) - G_{RF}(\text{dB}) - G_{m1}(\text{dB}) - G_{FI1}(\text{dB}) - G_{m2}(\text{dB}) \Rightarrow$$

$$\Rightarrow G_{FI2,\min}(\text{dB}) = 33.42 \text{ dB} - 10 \text{ dB} + 6 \text{ dB} - 30 \text{ dB} + 6 \text{ dB} \Rightarrow \boxed{G_{FI2,\min} = 5.42 \text{ dB}}$$

Mentre que si l'emissor es troba a la màxima distància:  $P_{S\min} = -84.81 \text{ dBm}$

I per tant a l'entrada del demodulador arribarà:

$$P_{s,dem} = P_{s,\min}(\text{dBm}) + G_{TOT,\max}(\text{dB}) = -25 \text{ dBm} \Rightarrow G_{TOT,\max} = -25 \text{ dBm} - (-84.81 \text{ dBm}) \Rightarrow G_{TOT,\max} = 59.81 \text{ dB}$$

$$G_{FI2,\max}(\text{dB}) = 59.81 \text{ dB} - 10 \text{ dB} + 6 \text{ dB} - 30 \text{ dB} + 6 \text{ dB} \Rightarrow \boxed{G_{FI2,\max} = 31.81 \text{ dB}}$$

**d)** Com que el guany de l'amplificador de FI2 no afecta al  $F_{TOT}$  ni  $IP_{iTOT}$

El soroll equivalent a l'entrada és:  $P_N = K(T_a + (F_{TOT} - 1)T_o)B_{FI2} = 6.91 \cdot 10^{-13} W = -91.61 dBm$

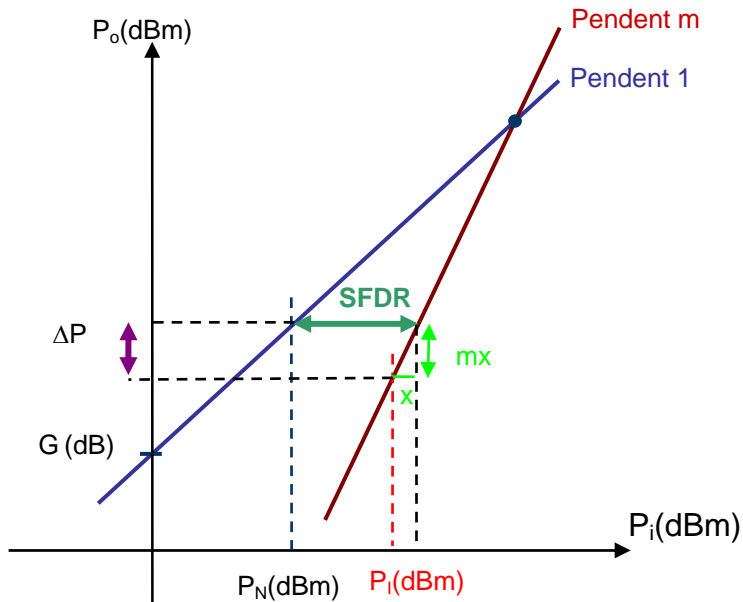
Així el SFDR és:

$$SFDR(dB) = \frac{m-1}{m} [IP_{i,TOT}(dBm) - P_N(dBm)] = 34.53 dB$$

I per tant:

$$\Delta P = m [SFDR(dB) + P_N(dBm) - P_i(dBm)] = 3 [34.53 dB - 91.61 dBm - (-86.68 dBm)] \Rightarrow$$

$$\Delta P = 88.82 dB$$



## Respostes Test- GRUP 40:

1.- Consideri un sistema de codificació més entrellaçat en un sistema de comunicacions mòbils que treballa a 256 kb/s i en el que les ràfegues d'errors del canal tenen una duració de 3 ms. Per altra banda el retard total en entrellaçar i desentrellaçar tolerat per l'aplicació ha de ser menor que 2.5 s. Sabent que la matriu d'entrellaçat s'escriu per files i es llegeix per columnes, determinar quina de les següents combinacions pot ser adequada:

a) N=800 files i M=400 columnes

b) N=760 files i M=450 columnes

c) N=512 files i M=625 columnes

d) N=850 files i M=380 columnes

$$N_{files} \cdot T_b > T_{rafega} \Rightarrow N_{files} > T_{rafega} \cdot R_b = 3 \cdot 10^{-3} \cdot 256 \cdot 10^3 = 768$$

$$2 \cdot N_{files} \cdot M_{columnes} \cdot T_b < T_{max} = 2.5s$$

$$N_{files} = 800 \Rightarrow M_{columnes} < \frac{T_{max}}{2 \cdot N_{files}} R_b = \frac{2.5s}{2 \cdot 800} 256 \cdot 10^3 = 400$$

$$N_{files} = 850 \Rightarrow M_{columnes} < \frac{T_{max}}{2 \cdot N_{files}} R_b = \frac{2.5s}{2 \cdot 850} 256 \cdot 10^3 = 376.47$$

2.- Quina de les següents afirmacions és falsa en relació a la codificació de canal?

a) Després de codificar un flux de bits de  $R_b$  (b/s) amb un codi de taxa 1/3, la velocitat resultant entregada al canal serà de  $3R_b$  (b/s).

b) Els codis bloc usen un mapeig fix entre paraules de k bits i paraules de n bits.

c) Com més gran sigui la taxa de codificació d'un codi, més redundància s'envia.

d) Al usar codificació de canal es requerirà una S/N menor a l'entrada d'un receptor per aconseguir la mateixa taxa d'error a la sortida que si no s'usés la codificació.

3.- Quina de les següents afirmacions és certa en relació a les tècniques d'accés múltiple?

a) Permeten diferenciar les transmissions en els dos sentits d'una comunicació bidireccional.

b) La tècnica TDMA requereix una estricta sincronització per tal que els senyals arribin en l'instant apropiat.

c) La tècnica FDMA permet que els diferents usuaris comparteixin la mateixa freqüència i temps simultàniament.

d) Cap de les anteriors.

4.- Considereu un convertidor A/D de 6 bits que mostreja un senyal amb freqüència màxima 100 kHz, i que està perfectament ajustat al marge dinàmic del convertidor. Quina freqüència de mostreig aproximada és necessària si es vol obtenir una SNR de quantificació de 40 dB aplicant sobremostreig?

a) 163 kHz

b) 325.8 kHz

c) 16.3 MHz

d) 3.25 MHz

$$SNR(dB) = 6.02 \cdot n \cdot dB + 1.76dB + 10 \log \left( \frac{f_m}{2 \cdot f_B} \right) \Rightarrow 40dB = 36.12dB + 1.76dB + 10 \log \left( \frac{f_m}{2 \cdot 100 \cdot 10^3} \right) \Rightarrow f_m \approx 325.8 kHz$$

5.- Un receptor superheterodí que capta senyals entre 600 MHz i 680 MHz, treballa amb una freqüència intermitja de 15 MHz. Quina de les següents afirmacions és certa?

a) L'oscil.lador local ha de variar entre 15 MHz i 585 MHz.

b) Si l'oscil.lador local treballa per sobre de la freqüència de sintonia, la freqüència imatge estarà per sota de la de sintonia.

c) L'oscil.lador local pot variar entre 585 MHz i 665 MHz.

d) La freqüència imatge estarà sempre a 30 MHz.

$$\text{Si } f_{FI} = f_s - f_{OL} \Rightarrow f_{OL} = f_s - f_{FI} \Rightarrow f_{IM} = f_s - 2f_{FI} \Rightarrow \begin{cases} f_{OLmin} = 585MHz \Rightarrow f_{IMmin} = 570MHz \\ f_{OLmax} = 665MHz \Rightarrow f_{IMmax} = 650MHz \end{cases}$$

$$\text{Si } f_{FI} = f_{OL} - f_s \Rightarrow f_{OL} = f_s + f_{FI} \Rightarrow f_{IM} = f_s + 2f_{FI} \Rightarrow \begin{cases} f_{OLmin} = 615MHz \Rightarrow f_{IMmin} = 630MHz \\ f_{OLmax} = 695MHz \Rightarrow f_{IMmax} = 710MHz \end{cases}$$

6.- Un receptor superheterodí usa un mesclador amb guany=-6 dB, aïllament RF-FI=70 dB i aïllament OL-FI=70 dB. Si el senyal de RF té un nivell de -60 dBm i l'oscil·lador local presenta una potència de 35 dBm, quina és la potència mitja a la freqüència del OL a l'entrada de l'etapa de FI?

a) -35 dBm

b) -45 dBm

c) -66 dBm

d) -51 dBm

$$P_{OL, porta FI} = P_{OL} - A_{OL-FI} = 35 \text{ dBm} - 70 \text{ dBm} = -35 \text{ dBm}$$

7.- Quina de les següents afirmacions és certa en relació als conversors A/D?

a) Com més bits tingui el conversor, més petita serà la relació senyal-soroll de quantificació.

b) Aumentar un bit al conversor resulta en una millora d'uns 6 dB de relació-senyal soroll de quantificació, només en cas que es tracti d'un conversor sigma-delta.

c) Els conversors de tipo Flash acostumen a tenir un número de bits reduït però una freqüència de mostreig elevada.

d) Cap de les anteriors.

8.- Si posem a l'entrada d'un amplificador un to de potència -80 dBm a freqüència de 850 MHz, observem a la sortida un senyal a la mateixa freqüència de valor -55 dBm. En un segon experiment posem dos tons de potència -35 dBm a les freqüències de 850.2 MHz i 850.4 MHz, i observem a la sortida un to de -55 dBm a la freqüència de 850 MHz. Quin és el punt d'intercepció a l'entrada de l'amplificador pels productes d'intermodulació de tercer ordre?

a) 32.5 dBm

b) 12.5 dBm

c) -12.5 dBm

d) 57.5 dBm

$$u_r(\text{dB}) = (m-1)[IP_i(\text{dBm}) - P_i(\text{dBm})] = P_i(\text{dBm}) - P_i(\text{dBm}) \Rightarrow IP_i(\text{dBm}) = \frac{P_i(\text{dBm}) - P_i(\text{dBm})}{m-1} + P_i(\text{dBm}) \Rightarrow$$

$$\Rightarrow IP_i(\text{dBm}) = \frac{-35(\text{dBm}) + 80(\text{dBm})}{3-1} - 35(\text{dBm}) \Rightarrow IP_i = -12.5 \text{ dBm}$$

9.- Es connecta una font de soroll a  $T_s=600\text{K}$  adaptada a l'entrada d'un quadripol de guany 30 dB i ample de banda de 0.5 MHz. La potència de soroll a la sortida és de -56.98 dBm. El factor de soroll del quadripol és aproximadament:

a) 30 dB

b) 35 dB

c) 10 dB

d) 20 dB

$$P_{no} = K \cdot (T_s + (F-1)T_0) \cdot B \cdot G \Rightarrow 10^{-5.698} \cdot 10^{-3} = 1.38 \cdot 10^{-23} \cdot (600 + (F-1)290) \cdot 0.5 \cdot 10^6 \cdot 10^3 \Rightarrow F = 1000.66 = 30 \text{ dB}$$

10.- Un filtre de 5 dB de pèrdues d'inserció i 60 dB de selectivitat col·locat davant d'un quadripol pot millorar el punt d'intercepció a l'entrada pels productes de tercer ordre en:

a) 65 dB

b) 60 dB

c) 95 dB

d) 90 dB

$$IP'_i(\text{dBm}) = IP_i(\text{dBm}) + \frac{m}{m-1} \Delta(\text{dB}) + L(\text{dB})$$

$$\text{millora} \quad \frac{m}{m-1} \Delta(\text{dB}) + L(\text{dB}) = 95 \text{ dB}$$