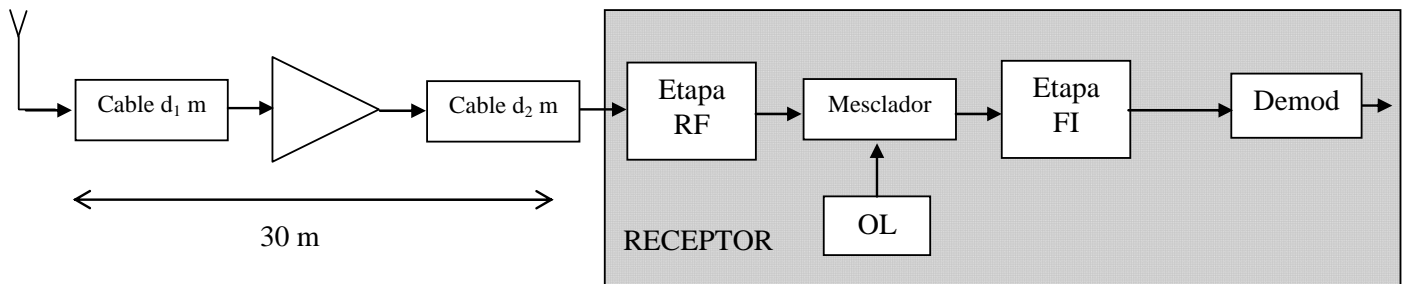


  <div>Escola Tècnica Superior d'Enginyeria de Telecomunicació de Barcelona</div> <div>UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE CATALUNYA</div>	Emissors i Receptors
	18/05/2010
	Grup 10
<ul style="list-style-type: none">Duració total: 2h (45 min test + 1h 15min problema)	

Problema (5p)

Considereu la part receptora d'un sistema de comunicacions ràdio formada per un receptor superheterodí de conversió simple que es connecta a l'antena per mitjà d'un cable coaxial de 0.5 dB/m d'atenuació. La distància entre l'antena i el receptor és de 30 metres. La sensibilitat a l'antena és de -90 dBm, i per tal de disposar en qualsevol punt del cable d'un nivell de senyal suficient es proposa d'intercalar un amplificador amb les següents característiques:

- Guany $G_a = 15$ dB
- Punt d'intercepció pels productes d'intermodulació d'ordre 3: $IP_{i,a} = -24$ dBm



Els paràmetres que caracteritzen el receptor són els següents:

- Etapa de RF: $G_{RF} = 20$ dB, $NF_{RF} = 3$ dB, $IP_{i,RF} = 20$ dBm (prod. de 3r ordre)
- Mesclador: $G_m = -10$ dB, $NF_m = 9$ dB, $IP_{i,m} = 30$ dBm (prod. de 3r ordre)
- Etapa de FI: $NF_{FI} = 13$ dB, $IP_{i,FI} = 0$ dBm (prod. de 3r ordre), $B_{FI} = 200$ kHz
- Resistència d'entrada/sortida dels quadripols: 50Ω
- Distorsió per llei cúbica.

La taxa d'error de bit a la sortida del demodulador en funció de la SNR a la seva entrada és (en lineal): $P_e = \frac{3}{4SNR^2}$

- Temperatura equivalent de soroll a l'antena: $T_A = 2000$ K
- Temperatura física del conjunt: $T_o = 290$ K
- Constant de Boltzmann: $K = 1.38 \cdot 10^{-23}$ J/K

Es demana:

- Determinar a quina distància de l'antena (d_1) s'ha de situar l'amplificador en el cable per garantir un rebuig a l'entrada del conjunt referit a la sensibilitat de com a mínim 50 dB.
- Calcular el factor de soroll que ha de tenir l'amplificador per tal que la probabilitat d'error de bit a la sortida del demodulador sigui de 10^{-3} .
- Amb aquesta configuració, quina és l'amplitud màxima (en mV_{ef}) que poden tenir els canals adjacents que generen el producte d'intermodulació d'ordre 3, si es vol que aquest quedi emmascarat pel soroll a la sortida?
- Si en un determinat moment apareix un senyal interferent amb una potència de -86.68 dBw, a una freqüència propera a la del nostre sistema, calcular la pèrdua de sensibilitat que es produeix a l'antena. (Nota: Model no lineal del conjunt: $y(t) = a_1 x(t) - a_3 x^3(t)$, amb $a_1 = 100$ i $a_3 = 4 \cdot 10^7$)

  <div> Escola Tècnica Superior d'Enginyeria de Telecomunicació de Barcelona <small>UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE CATALUNYA</small> </div>	Emissors i Receptors
	18/05/2010
	Grup 10

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 128 kb/s i en el que les ràfegues d'errors del canal tenen una duració de 5 ms. Per altra banda el retard total en entrellaçar i desentrellaçar ha de ser menor que 1.5 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) $N=600$ files i $M=100$ columnes
- b) $N=660$ files i $M=150$ columnes
- c) $N=640$ files i $M=200$ columnes
- d) Cap de les anteriors

2.- Quina de les següents afirmacions és certa 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 $1/2$, la velocitat resultant entregada al canal serà de $R_b/2$ (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 major 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 falsa en relació a les tècniques d'accés múltiple?

- a) Regulen l'accés de múltiples usuaris a la banda de freqüències assignada.
- 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 7 bits que mostreja un senyal amb freqüència màxima 200 kHz, i que està perfectament ajustat al marge dinàmic del convertor. Quin factor de sobremostreig s'ha d'usar si es vol obtenir una SNR de quantificació d'aproximadament 50 dB?

- a) 2
- b) 4
- c) 8
- d) 10

5.- Un receptor superheterodí que capta senyals entre 840 MHz i 980 MHz, treballa amb una freqüència intermitja de 5 MHz. Quina de les següents afirmacions és certa?

- a) L'oscil·lador local ha de variar entre 5 MHz i 145 MHz.
- b) Si l'oscil·lador local treballa per sobre de la freqüència de sintonia, la freqüència imatge variarà entre 850 MHz i 990 MHz.
- c) L'oscil·lador local ha de variar entre 835 MHz i 985 MHz.
- d) Si l'oscil·lador local treballa per sobre de la freqüència de sintonia, la freqüència imatge estarà sempre a 850 MHz.

6.- En l'entrada de RF d'un mesclador es té un senyal $10\cos(2\pi \cdot 10 \cdot 10^6)t$ μV . El senyal a la sortida és $0.1\cos(2\pi \cdot 10 \cdot 10^6)t + 0.2\cos(2\pi \cdot 11 \cdot 10^6)t + 20\cos(2\pi \cdot 10^6)t + 20\cos(2\pi \cdot 21 \cdot 10^6)t$ μV . Suposant que les resistències d'entrada i sortida són iguals, és cert que:

- a) El guany de conversió és de 4 dB.
- b) El guany de conversió és de 3 dB.
- c) L'aïllament OL-FI és infinit.
- d) L'aïllament RF-FI és de 40 dB.

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 deguda al jitter d'obertura.
- b) Augmentar un bit al conversor resulta en una millora d'uns 6 dB de relació-senyal soroll de quantificació.
- c) Els conversors de tipo Flash acostumen a tenir un número de bits elevat però una freqüència de mostreig reduïda.
- d) Cap de les anteriors.

8.- Si afegim un filtre de 4 dB de pèrdues d'inserció i selectivitat 30 dB davant d'un quadripol amb factor de soroll 10 dB i punt d'intercepció a l'entrada pel tercer harmònic de 25 dBm, quina de les següents afirmacions és certa pel conjunt filtre+quadripol?

- a) El punt d'intercepció a l'entrada pel tercer harmònic és de 74 dBm.
- b) El factor de soroll total és de 14 dB si la temperatura física és de T_o , i el punt d'intercepció a l'entrada pel tercer harmònic de 29 dBm.
- c) El factor de soroll total mai serà superior a 10 dB.
- d) El factor de soroll total és de 14 dB si la temperatura física és de T_o , i el punt d'intercepció a l'entrada pel tercer harmònic de 70 dBm.

9.- Es connecta una font de soroll a $T_s=1000\text{K}$ adaptada a l'entrada d'un quadripol de guany 20 dB i ample de banda de 1 MHz. La potència de soroll a la sortida és de -73.87 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 3 dB de pèrdues d'inserció i 40 dB de selectivitat col·locat davant d'un quadripol pot millorar el punt d'intercepció a la sortida pels productes de tercer ordre en:

- a) 63 dB
- b) 60 dB
- c) 43 dB
- d) 30 dB

Solució Problema - GRUP 10:

a) Per garantir un rebuig a l'entrada de 50 dB necessitem un $IP_{i,TOT}$:

$$u_r(dB) = \frac{m-1}{m} [IP_{i,TOT}(dBm) - P_s(dBm)] \geq 50 dB \Rightarrow IP_{i,TOT} \geq 75dB - 90dBm \Rightarrow IP_{i,TOT} \geq -15dBm$$

$$\text{Definint: } L_1 = 0.5 \frac{dB}{m} \cdot d_1(m) \quad i \quad L_2 = 0.5 \frac{dB}{m} \cdot d_2(m)$$

$$\text{Com que: } d_1 + d_2 = 30m \Rightarrow L_1 + L_2 = 15dB \quad i \quad \text{per tant: } -L_1(dB) + G_a(dB) - L_2(dB) = 0dB \Rightarrow \frac{1}{L_1} \cdot G_a \cdot \frac{1}{L_2} = 1$$

$$\frac{1}{IP_{i,TOT}} = \frac{1/L_1}{IP_{i,a}} + \frac{1}{IP_{i,RF}} + \frac{G_{RF}}{IP_{i,m}} + \frac{G_{RF} \cdot G_m}{IP_{i,FI}} \Rightarrow \frac{1}{10^{-1.5}} = \frac{1/L_1}{10^{-2.4}} + \frac{1}{10^2} + \frac{10^2}{10^3} + \frac{10^2 \cdot 10^{-1}}{10^0} \Rightarrow L_1 = 11.676 \Rightarrow$$

$$\Rightarrow L_1 = 10.67 dB \Rightarrow d_1 = \frac{L_1(dB)}{0.5 \frac{dB}{m}} \Rightarrow \boxed{d_1 = 21.35 m}$$

b) Per una $P_e = 10^{-3}$ necessitem: $P_e = \frac{3}{4SNR^2} = 10^{-3} \Rightarrow SNR = 27.386 = 14.375 dB$

$$SNR = \frac{P_s}{K(T_A + (F_{TOT} - 1)T_o)B_{FI}} \Rightarrow$$

$$\Rightarrow F_{TOT} = \left[\frac{P_s}{K \cdot SNR \cdot B_{FI}} - T_A \right] \cdot \frac{1}{T_o} + 1 = \left[\frac{10^{-9} \cdot 10^{-3}}{1.38 \cdot 10^{-23} \cdot 27.386 \cdot 200 \cdot 10^3} - 2000 \right] \cdot \frac{1}{290} + 1 \Rightarrow F_{TOT} = 39.72$$

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

$$F_{TOT} = L_1 + \frac{F_a - 1}{1/L_1} + \frac{L_2 - 1}{1/L_1 \cdot G_a} + \frac{F_{RF} - 1}{1/L_1 \cdot G_a \cdot 1/L_2} + \frac{F_m - 1}{1/L_1 \cdot G_a \cdot 1/L_2 \cdot G_{RF}} + \frac{F_{FI} - 1}{1/L_1 \cdot G_a \cdot 1/L_2 \cdot G_{RF} \cdot G_m} \Rightarrow$$

$$\Rightarrow 39.72 = 11.676 + \frac{F_a - 1}{1/11.676} + \frac{10^{0.4325} - 1}{1/11.676 \cdot 10^{1.5}} + \frac{10^{0.3} - 1}{1} + \frac{10^{0.9} - 1}{1 \cdot 10^2} + \frac{10^{1.3} - 1}{1 \cdot 10^2 \cdot 10^{-1}} \Rightarrow \boxed{F_a = 3.09 = 4.9 dB}$$

c) El nivell dels productes d'intermodulació pot ser com a màxim: $P_I(dBm) = P_{Ni}(dBm) + SFDR(dB)$

El soroll equivalent a l'entrada és: $SNR(dB) = P_s(dBm) - P_{Ni}(dBm) \Rightarrow P_{Ni}(dBm) = P_s(dBm) - SNR(dB) \Rightarrow$

$$\Rightarrow P_{Ni}(dBm) = -90dBm - 14.37dB \Rightarrow P_{Ni}(dBm) = -104.37 dBm$$

$$\text{I el SFDR és: } SFDR(dB) = \frac{m-1}{m} (IP_{i,TOT}(dBm) - P_{Ni}(dBm)) = \frac{2}{3} (-15dBm + 104.37dBm) = 59.58 dB$$

Així el nivell dels productes d'intermodulació pot ser com a màxim: $P_I(dBm) = -44.79 dBm$

$$\text{I l'amplitud eficaç pot ser: } P_I = \frac{V_{I,ef}^2}{R} = 10^{-4.479} \cdot 10^{-3} W \Rightarrow V_{I,ef} = \sqrt{10^{-4.479} \cdot 10^{-3} \cdot 50} \Rightarrow \boxed{V_I = 1.29 mV_{ef}}$$

d) La pèrdua de sensibilitat és: $\Delta P(dB) = -20 \log \left(1 - \frac{3a_3}{2a_1} I^2 \right)$

$$\text{Amb: } P_{Int} = \frac{I^2}{2 \cdot R} = 10^{-8.668} W \Rightarrow I^2 = 2.148 \cdot 10^{-7} V^2$$

$$\text{Així: } \Delta P(dB) = -20 \log \left(1 - \frac{3 \cdot 4 \cdot 10^7}{2 \cdot 100} 2.148 \cdot 10^{-7} \right) \Rightarrow \boxed{\Delta P = 1.2 dB}$$

Respostes Test- GRUP 10:

1.- Consideri un sistema de codificació més entrelaçat en un sistema de comunicacions mòbils que treballa a 128 kb/s i en el que les ràfegues d'errors del canal tenen una duració de 5 ms. Per altra banda el retard total en entrelaçar i desentrelaçar ha de ser menor que 1.5 s. Sabent que la matriu d'entrelaçat s'escriu per files i es llegeix per columnes, determinar quina de les següents combinacions pot ser adequada:

- a) N=600 files i M=100 columnes
- b) N=660 files i M=150 columnes
- c) N=640 files i M=200 columnes

d) Cap de les anteriors

$$N_{\text{files}} \cdot T_b > T_{\text{rafega}} \Rightarrow N_{\text{files}} > T_{\text{rafega}} \cdot R_b = 5 \cdot 10^{-3} \cdot 128 \cdot 10^3 = 640$$

$$2 \cdot N_{\text{files}} \cdot M_{\text{columnes}} \cdot T_b < T_{\text{max}} = 1.5s$$

$$N_{\text{files}} = 640 \Rightarrow M_{\text{columnes}} < \frac{T_{\text{max}}}{2 \cdot N_{\text{files}}} R_b = \frac{1.5s}{2 \cdot 640} 128 \cdot 10^3 = 150$$

$$N_{\text{files}} = 660 \Rightarrow M_{\text{columnes}} < \frac{T_{\text{max}}}{2 \cdot N_{\text{files}} \cdot T_b} = \frac{1.5s}{2 \cdot 660 \cdot 7.8125 \cdot 10^{-6}} = 145.45$$

2.- Quina de les següents afirmacions és certa 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 1/2, la velocitat resultant entregada al canal serà de $R_b/2$ (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 major 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 falsa en relació a les tècniques d'accés múltiple?

a) Regulen l'accés de múltiples usuaris a la banda de freqüències assignada.

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 7 bits que mostreja un senyal amb freqüència màxima 200 kHz, i que està perfectament ajustat al marge dinàmic del convertidor. Quin factor de sobremostreig s'ha d'usar si es vol obtenir una SNR de quantificació d'aproximadament 50 dB?

- a) 2
- b) 4**
- c) 8
- d) 10

$$SNR(dB) = 6.02 \cdot n \cdot dB + 1.76dB + 10 \log \left(\frac{f_m}{2 \cdot f_B} \right) \Rightarrow 50dB = 42.14dB + 1.76dB + 10 \log(U) \Rightarrow U \approx 4$$

5.- Un receptor superheterodí que capta senyals entre 840 MHz i 980 MHz, treballa amb una freqüència intermitja de 5 MHz. Quina de les següents afirmacions és certa?

a) L'oscil.lador local ha de variar entre 5 MHz i 145 MHz.

b) Si l'oscil.lador local treballa per sobre de la freqüència de sintonia, la freqüència imatge variarà entre 850 MHz i 990 MHz.

c) L'oscil.lador local ha de variar entre 835 MHz i 985 MHz.

d) Si l'oscil.lador local treballa per sobre de la freqüència de sintonia, la freqüència imatge estarà sempre a 850 MHz.

$$\text{Si } f_{FI} = f_s - f_{OL} \Rightarrow f_{OL} = f_s - f_{FI} \Rightarrow f_{IM} = f_s - 2f_{FI} \Rightarrow \begin{cases} f_{OL\min} = 835MHz \Rightarrow f_{IM\min} = 830MHz \\ f_{OL\max} = 975MHz \Rightarrow f_{IM\max} = 970MHz \end{cases}$$

$$\text{Si } f_{FI} = f_{OL} - f_s \Rightarrow f_{OL} = f_s + f_{FI} \Rightarrow f_{IM} = f_s + 2f_{FI} \Rightarrow \begin{cases} f_{OL\min} = 845MHz \Rightarrow f_{IM\min} = 850MHz \\ f_{OL\max} = 985MHz \Rightarrow f_{IM\max} = 990MHz \end{cases}$$

6.- En l'entrada de RF d'un mesclador es té un senyal $10\cos(2\pi \cdot 10 \cdot 10^6)t$ μV . El senyal a la sortida és $0.1\cos(2\pi \cdot 10 \cdot 10^6)t + 0.2\cos(2\pi \cdot 11 \cdot 10^6)t + 20\cos(2\pi \cdot 10^6)t + 20\cos(2\pi \cdot 21 \cdot 10^6)t$ μV . Suposant que les resistències d'entrada i sortida són iguals, és cert que:

- a) El guany de conversió és de 4 dB.
- b) El guany de conversió és de 3 dB.
- c) L'aïllament OL-FI és infinit.
- d) L'aïllament RF-FI és de 40 dB.

$$G = \frac{20^2}{10^2} = 4 = 6 \text{ dB}$$

$$A_{RF-FI} = \frac{10^2}{0.1^2} = 10^4 = 40 \text{ dB}$$

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 deguda al jitter d'obertura.
- b) Aumentar un bit al conversor resulta en una millora d'uns 6 dB de relació-senyal soroll de quantificació.
- c) Els conversors de tipus Flash acostumen a tenir un nombre de bits elevat però una freqüència de mostreig reduïda.
- d) Cap de les anteriors.

8.- Si afegim un filtre de 4 dB de pèrdues d'inserció i selectivitat 30 dB davant d'un quadripol amb factor de soroll 10 dB i punt d'intercepció a l'entrada pel tercer harmònic de 25 dBm, quina de les següents afirmacions és certa pel conjunt filtre+quadripol?

- a) El punt d'intercepció a l'entrada pel tercer harmònic és de 74 dBm.
- b) El factor de soroll total és de 14 dB si la temperatura física és de T_o , i el punt d'intercepció a l'entrada pel tercer harmònic de 29 dBm.
- c) El factor de soroll total mai serà superior a 10 dB.
- d) El factor de soroll total és de 14 dB si la temperatura física és de T_o , i el punt d'intercepció a l'entrada pel tercer harmònic de 70 dBm.

$$\text{Si } T_o \quad F_{TOT} = L + F = 4 \text{ dB} + 10 \text{ dB} = 14 \text{ dB}$$

$$IP_{iTOT}(\text{dBm}) = IP_i(\text{dBm}) + L(\text{dB}) = 25 \text{ dBm} + 4 \text{ dBm} = 29 \text{ dBm}$$

9.- Es connecta una font de soroll a $T_s=1000\text{K}$ adaptada a l'entrada d'un quadripol de guany 20 dB i ample de banda de 1 MHz. La potència de soroll a la sortida és de -73.87 dBm. El factor de soroll del quadripol és aproximadament:

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

$$P_{no} = K \cdot (T_s + (F-1)T_o) \cdot B \cdot G \Rightarrow 10^{-7.387} \cdot 10^{-3} = 1.38 \cdot 10^{-23} \cdot (1000 + (F-1)290) \cdot 10^6 \cdot 100 \Rightarrow F = 100.05 = 20 \text{ dB}$$

10.- Un filtre de 3 dB de pèrdues d'inserció i 40 dB de selectivitat col·locat davant d'un quadripol pot millorar el punt d'intercepció a la sortida pels productes de tercer ordre en:

- a) 63 dB
- b) 60 dB
- c) 43 dB
- d) 30 dB

$$IP_o(\text{dBm}) = IP_i(\text{dBm}) + G(\text{dB}) \quad i \quad IP_o'(\text{dBm}) = IP_i'(\text{dBm}) + G'(\text{dB})$$

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

$$G'(\text{dB}) = G(\text{dB}) - L(\text{dB}) \quad i \quad IP_o'(\text{dBm}) = IP_i(\text{dBm}) + \frac{m}{m-1} \Delta(\text{dB}) + L(\text{dB}) + G(\text{dB}) - L(\text{dB})$$

$$IP_o'(\text{dBm}) = IP_o(\text{dBm}) + \frac{m}{m-1} \Delta(\text{dB}) \quad \text{millora} \quad \frac{m}{m-1} \Delta(\text{dB}) = 60 \text{ dB}$$