

Control Grup 20. Quadrimestre Tardor. Novembre 2009.

**Problema (5p)**

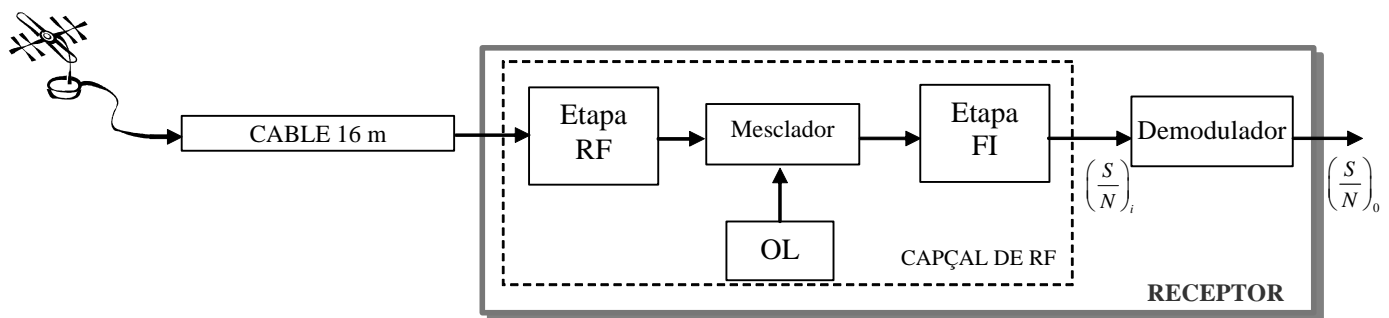
Es disposa d'un receptor superheterodí de conversió simple amb les següents característiques:

- Etapa de RF:  $G_{RF}=10$  dB,  $IP_{i,RF}= 20$  dBm (prod. de 3r ordre)
- Mesclador:  $G_m= -5$  dB,  $IP_{i,m}= -7$  dBm (prod. de 3r ordre)
- Etapa de FI:  $G_{FI}=15$  dB,  $IP_{i,FI}= -20$  dBm (prod. de 3r ordre),  $B_{FI}=25$  kHz
- Demodulador:  $\left(\frac{S}{N}\right)_0 = 3 \cdot \left(\frac{f_d}{f_m}\right)^2 \cdot \left(\frac{S}{N}\right)_i$ ,  $f_d = 5$  kHz i  $f_m = 3$  kHz

Si es connecta el capçal de RF a una font de soroll a temperatura  $T_s=1200$  K es mesura a la sortida una potència  $P_{no}= -96$  dBm. Es demana:

- a) Calcular el factor de soroll del capçal.

El receptor s'instal·la en un edifici segons el següent esquema:



Sabent que la temperatura física del sistema és de  $T_0=290$  K, la temperatura d'antena és de  $T_A=2600$  K, i que el cable presenta unes pèrdues de 0.5 dB/m, es demana:

- b) Calcular la sensibilitat del sistema, expressada en dBm, per tal que la relació senyal-soroll a la sortida sigui de  $\left(\frac{S}{N}\right)_0 = 20$  dB.

- c) Calcular la màxima diferència de potències a l'entrada entre la sensibilitat i els canals adjacents ubicats a 25 kHz i a 50 kHz del senyal útil, per tal que el producte d'intermodulació de 3r ordre que generen no superi el nivell de senyal útil a la sortida.

A fi de millorar la sensibilitat del conjunt s'afegeix un amplificador de baix soroll a peu d'antena amb  $NF_A=3$  dB,  $G_A=8$  dB i,  $IP_{i,A}= 0$  dBm (prod. de 3r ordre). Es demana:

- d) Calcular el nou valor de sensibilitat del conjunt, expressada en dBm.
- e) Calcular el rebuig a la sortida relatiu a aquest valor de sensibilitat, pel producte d'intermodulació d'ordre 3 que generen els canals adjacents comentats abans.

DADA: Constant de Boltzmann  $K=1.38 \cdot 10^{-23}$  J/K



**ESCOLA TÈCNICA SUPERIOR D'ENGINYERIA DE TELECOMUNICACIÓ**  
**EMISSORS I RECEPTORS**

Grup 20. Quadrimestre Tardor. Novembre 2009.

<b>NOM:</b>
-------------

---

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

**1.- Quina de les següents afirmacions és certa en relació al model de referència OSI de la ISO?**

- a) Es tracta d'una estructura de 8 nivells, definida a finals dels anys 1970s.
- b) En el cas d'una comunicació extrem-extrem amb diversos salts, els nodes entremitjos en general només inclouen els nivells més baixos.
- c) Tots els nivells han d'estar sempre presents en tots els nodes independentment del servei que es realitzi.
- d) Hi ha 4 nivells dependents de la xarxa, i 3 nivells orientats a aplicació.

**2.- 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 3 ms. Per altra banda el retard total en entrellaçar i desentrellaçar ha de ser menor que 1 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=350 files i M=180 columnes
- b) N=350 files i M=190 columnes
- c) N=400 files i M=150 columnes
- d) N=400 files i M=170 columnes

**3.- L'espectre radioelèctric és un bé escàs de la naturalesa, i per tant és cert que:**

- a) tothom el pot utilitzar segons li convingui.
- b) existeixen les tècniques de duplexat que en regulen l'accés compartit de múltiples usuaris.
- c) en l'àmbit internacional el CNAF reflexa l'atribució de les diferents bandes.
- d) cal optimitzar-ne el seu ús i la seva gestió ha de tenir un caràcter internacional.

**4.- 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 convolucionals usen un mapeig fix entre paraules de k bits i paraules de n bits.
- c) Com més petita 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.

**5.- Considereu un conversor A/D de 7 bits que mostreja un senyal amb freqüència màxima 300 kHz, i que està perfectament ajustat al marge dinàmic del conversor. Quina freqüència de mostreig és necessària si es vol obtenir una SNR de quantificació de 54 dB aplicant sobremostreig?**

- a) 81.3 MHz
- b) 600 kHz
- c) 6.14 MHz
- d) 3.07 MHz

**6.- Per un receptor superheterodí de conversió simple és cert que:**

- a) La freqüència de l'oscil·lador local està sempre separada  $2 \cdot f_{FI}$  de la freqüència de sintonia.
- b) La freqüència intermitja ( $f_{FI}$ ) varia amb la freqüència de sintonia.
- c) La freqüència imatge està per sobre de la de sintonia si l'oscil·lador local treballa per sobre de la freqüència de sintonia.
- d) Totes les anteriors són falses.

**7.- Quina de les següents afirmacions és certa en relació a la sensibilitat d'un receptor?**

- a) És la capacitat del receptor per atenuar el nivell dels senyals interferents pròxims en freqüència.
- b) Està relacionada exclusivament amb el soroll intern generat en el propi receptor.
- c) Com més baix sigui el seu valor, millor és el receptor.
- 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 8 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 12 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 8 dB.
- d) El factor de soroll total és de 12 dB si la temperatura física és de  $T_o$ , i el punt d'intercepció a l'entrada pel tercer harmònic de 70 dBm.

**9.- La etapa de RF d'un receptor superheterodí presenta un guany variable per tal de mantenir constant la potència del senyal a l'entrada del demodulador. Així doncs un augment del nivell de senyal rebut a l'antena provocarà que:**

- a) La relació S/N a l'entrada del demodulador augmenti.
- b) El soroll intern que generi el receptor es mantingui constant.
- c) El soroll equivalent a l'entrada del receptor sigui més petit.
- d) El factor de soroll del receptor disminueixi.

**10.- 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 la sortida 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

## Solució Problema - GRUP 20:

a) La potència total de soroll a la sortida és:

$$P_{no} = K(T_s + (F-1)T_o)B_{FI}G = -96 \text{ dBm}$$

I per tant el factor de soroll total és:

$$F = \frac{1}{T_o} \left( \frac{P_{no}}{KB_{FI}G} - T_s \right) + 1 \Rightarrow F = \frac{1}{290} \left( \frac{10^{-9.6} \cdot 10^{-3}}{1.38 \cdot 10^{-23} \cdot 25 \cdot 10^3 \cdot 10^2} - 1200 \right) + 1 \Rightarrow \boxed{F = 21.97 = 13.43 \text{ dB}}$$

b) Per tenir a la sortida una S/N de 20 dB necessitem a l'entrada del demodulador:

$$\left( \frac{S}{N} \right)_0 = 3 \cdot \left( \frac{f_d}{f_m} \right)^2 \cdot \left( \frac{S}{N} \right)_i \Rightarrow \left( \frac{S}{N} \right)_i = \left( \frac{S}{N} \right)_0 \cdot \frac{1}{3} \cdot \left( \frac{f_m}{f_d} \right)^2 = 100 \cdot \frac{1}{3} \cdot \left( \frac{3}{5} \right)^2 \Rightarrow \left( \frac{S}{N} \right)_i = 12$$

El cable presenta unes pèrdues totals de:  $L = 16m \cdot 0.5 \text{ dB/m} = 8 \text{ dB}$

I la temperatura física del sistema és de  $T_o = 290 \text{ K}$ , així el factor de soroll de tot el conjunt és:

$$F_{TOT} = L \cdot F = 10^{0.8} \cdot 21.97 = 138.62 \text{ (21.42 dB)}$$

Pel que la sensibilitat necessària és de:

$$\left( \frac{S}{N} \right)_i = \frac{P_s}{K(T_A + (F_{TOT} - 1)T_o)B_{FI}} \Rightarrow P_s = \left( \frac{S}{N} \right)_i K(T_A + (F_{TOT} - 1)T_o)B_{FI} \Rightarrow$$

$$\Rightarrow P_s = 12 \cdot 1.38 \cdot 10^{-23} \cdot (2600 + (138.62 - 1)290)25 \cdot 10^3 \Rightarrow P_s = 1.76 \cdot 10^{-13} \text{ W} \Rightarrow \boxed{P_s = -97.55 \text{ dBm}}$$

c) La diferencia que es demana és el rebuig a l'entrada quan el senyal útil pren el valor de sensibilitat calculat a l'apartat b. Així volem:

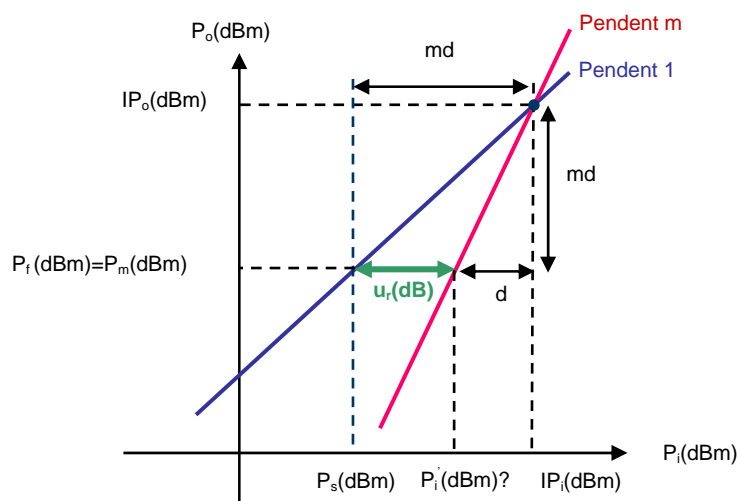
$$u_r(\text{dB}) = \frac{(m-1)}{m} [IP_{i,TOT}(\text{dBm}) - P_s(\text{dBm})]$$

I el punt d'intercepció total és:

$$\frac{1}{IP_{i,TOT}} = \frac{1}{L} \left( \frac{1}{IP_{i,RF}} + \frac{G_{RF}}{IP_{i,m}} + \frac{G_{RF}G_m}{IP_{i,FI}} \right) = \frac{1}{10^{0.8}} \left( \frac{1}{10^2} + \frac{10}{10^{-0.7}} + \frac{10 \cdot 10^{-0.5}}{10^{-2}} \right) \Rightarrow IP_{i,TOT} = 1.72 \cdot 10^{-2} \text{ mW} = -17.64 \text{ dBm}$$

Pel que el rebuig és:

$$u_r(\text{dB}) = \frac{(3-1)}{3} [-17.64 \text{ dBm} - (-97.55 \text{ dBm})] \Rightarrow \boxed{u_r = 53.27 \text{ dB}} \quad (\text{Nota: es pot calcular per altres camins})$$



**d)** Ara amb la nova configuració amb l'amplificador a peu d'antena el nou factor de soroll total és:

$$F_{TOT}' = F_A + \frac{F_{TOT} - 1}{G_A} = 10^{0.3} + \frac{138.62 - 1}{10^{0.8}} \Rightarrow F_{TOT}' = 23.81 (13.77 \text{ dB})$$

I per tant el nou valor de sensibilitat és:

$$P_s' = \left( \frac{S}{N} \right)_i K \left( T_A + (F_{TOT}' - 1) T_o \right) B_{FI} \Rightarrow P_s' = 12 \cdot 1.38 \cdot 10^{-23} \cdot (2600 + (23.81 - 1) 290) 25 \cdot 10^3 \Rightarrow$$

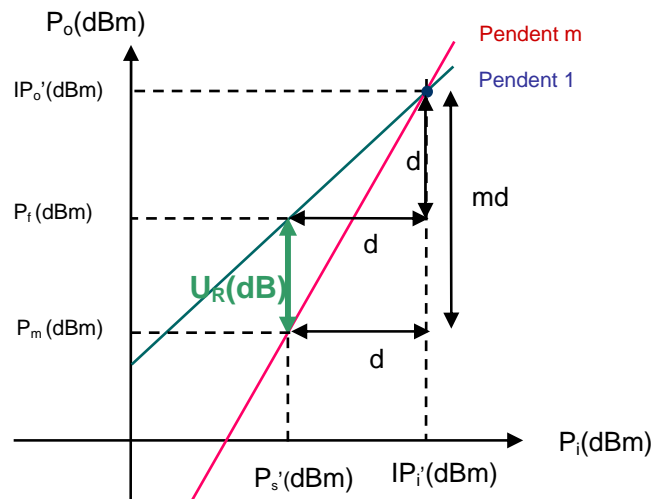
$$\Rightarrow P_s' = 3.81 \cdot 10^{-14} \text{ W} \Rightarrow \boxed{P_s' = -104.19 \text{ dBm}}$$

**e)** I el nou valor del punt d'intercepció a l'entrada pels productes d'ordre 3 és:

$$\frac{1}{IP_{i,TOT}'} = \frac{1}{IP_{i,A}} + \frac{G_A}{IP_{i,TOT}} = \frac{1}{1 \text{ mW}} + \frac{10^{0.8}}{1.72 \cdot 10^{-2} \text{ mW}} \Rightarrow IP_{i,TOT}' = 2.72 \cdot 10^{-3} \text{ mW} = -25.66 \text{ dBm}$$

I per tant el rebuig a la sortida pel valor  $P_s'$  és:

$$U_R(\text{dB}) = (m - 1) [IP_{i,TOT}'(\text{dBm}) - P_s'(\text{dBm})] = 2 [-25.66 \text{ dBm} - (-104.19 \text{ dBm})] \Rightarrow \boxed{U_R = 157.1 \text{ dB}}$$



# ESCOLA TÈCNICA SUPERIOR D'ENGINYERIA DE TELECOMUNICACIÓ

## EMISSORS I RECEPTORS

Grup 20. Quadrimestre Tardor. Novembre 2009.

NOM: SOLUCIÓ

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

**1.- Quina de les següents afirmacions és certa en relació al model de referència OSI de la ISO?**

- a) Es tracta d'una estructura de 8 nivells, definida a finals dels anys 1970s.
- b) En el cas d'una comunicació extrem-extrem amb diversos salts, els nodes entremetjats en general només inclouen els nivells més baixos.
- c) Tots els nivells han d'estar sempre presents en tots els nodes independentment del servei que es realitzi.
- d) Hi ha 4 nivells dependents de la xarxa, i 3 nivells orientats a aplicació.

**2.- 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 3 ms. Per altra banda el retard total en entrellaçar i desentrellaçar ha de ser menor que 1 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=350 files i M=180 columnes
- b) N=350 files i M=190 columnes
- c) N=400 files i M=150 columnes
- d) N=400 files i M=170 columnes

$$T_b = \frac{1}{R_b} \Rightarrow T_b = \frac{1}{128 \cdot 10^3} \text{ s} = 7.8125 \cdot 10^{-6} \text{ s} \quad \text{i} \quad N_{\text{files}} \cdot T_b > T_{\text{rafega}} \Rightarrow N_{\text{files}} > \frac{T_{\text{rafega}}}{T_b} = \frac{3 \cdot 10^{-3}}{7.8125 \cdot 10^{-6}} = 384$$
$$2 \cdot N_{\text{files}} \cdot M_{\text{columnes}} \cdot T_b < T_{\text{max}} = 1 \text{ s} \quad \text{per} \quad N_{\text{files}} = 400 \Rightarrow M_{\text{columnes}} < \frac{T_{\text{max}}}{2 \cdot N_{\text{files}} \cdot T_b} = \frac{1 \text{ s}}{2 \cdot 400 \cdot 7.8125 \cdot 10^{-6}} = 160$$

**3.- L'espectre radioelèctric és un bé escàs de la naturalesa, i per tant és cert que:**

- a) tothom el pot utilitzar segons li convingui.
- b) existeixen les tècniques de duplexat que en regulen l'accés compartit de múltiples usuaris.
- c) en l'àmbit internacional el CNAF reflexa l'atribució de les diferents bandes.
- d) cal optimitzar-ne el seu ús i la seva gestió ha de tenir un caràcter internacional.

**4.- 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 convolucionals usen un mapeig fix entre paraules de k bits i paraules de n bits.
- c) Com més petita 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.

**5.- Considereu un convertidor A/D de 7 bits que mostreja un senyal amb freqüència màxima 300 kHz, i que està perfectament ajustat al marge dinàmic del convertidor. Quina freqüència de mostreig és necessària si es vol obtenir una SNR de quantificació de 54 dB aplicant sobremostreig?**

- a) 81.3 MHz
- b) 600 kHz
- c) 6.14 MHz
- d) 3.07 MHz

$$SNR(dB) = 6.02 \cdot n \cdot dB + 1.76dB + 10 \log \left( \frac{f_m}{2 \cdot f_B} \right) \Rightarrow 54dB = 42.14dB + 1.76dB + 10 \log \left( \frac{f_m}{2 \cdot 300 \cdot 10^3} \right) \Rightarrow f_m = 6.14 \text{ MHz}$$

**6.- Per un receptor superheterodí de conversió simple és cert que:**

- a) La freqüència de l'oscil·lador local està sempre separada  $2 \cdot f_{FI}$  de la freqüència de sintonia.
- b) La freqüència intermitja varia amb la freqüència de sintonia.
- c) La freqüència imatge està per sobre de la de sintonia si l'oscil·lador local treballa per sobre de la freqüència de sintonia.
- d) Totes les anteriors són falses.

**7.- Quina de les següents afirmacions és certa en relació a la sensibilitat d'un receptor?**

- a) És la capacitat del receptor per atenuar el nivell dels senyals interferents pròxims en freqüència.
- b) Està relacionada exclusivament amb el soroll intern generat en el propi receptor.
- c) Com més baix sigui el seu valor, millor és el receptor.
- 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 8 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 12 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 8 dB.
- d) El factor de soroll total és de 12 dB si la temperatura física és de  $T_o$ , i el punt d'intercepció a l'entrada pel tercer harmònic de 70 dBm.

**9.- La etapa de RF d'un receptor superheterodí presenta un guany variable per tal de mantenir constant la potència del senyal a l'entrada del demodulador. Així doncs un augment del nivell de senyal rebut a l'antena provocarà que:**

- a) La relació S/N a l'entrada del demodulador augmenti.
- b) El soroll intern que generi el receptor es mantingui constant.
- c) El soroll equivalent a l'entrada del receptor sigui més petit.
- d) El factor de soroll del receptor disminueixi.

$$\text{A l'entrada del demodulador } \left( \frac{S}{N} \right)_i = \frac{P_s \cdot G_T}{K \cdot (T_A + (F-1) \cdot T_0) \cdot B_{FI} \cdot G_T} \text{ on } G_T = G_{RF} \cdot G_m \cdot G_{FI}$$

$$\text{Si } P_s \text{ augmenta } G_{RF} \text{ disminueix, i per tant el factor de soroll augmenta: } F = F_{RF} + \frac{F_m - 1}{G_{RF}} + \frac{F_{FI} - 1}{G_{RF} \cdot G_m}$$

**10.- 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 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 la sortida 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

$$IP_o(dBm) = IP_i(dBm) + G(dB)$$

$$G(dB) = -55dBm - (-80dBm) = 25dB$$



$$\left. \begin{aligned} u_r(dB) &= -35dBm - (-80dBm) = 45dB \\ u_r(dB) &= (m-1)[IP_i(dBm) - (-35dBm)] \end{aligned} \right\} \Rightarrow IP_i = -12.5dBm \Rightarrow IP_o = -12.5dBm + 25dB = 12.5dBm$$