

**XARXES (GEINF)      CURS 2016/17**  
**Recuperació del primer examen parcial de teoria i problemes (8 de febrer de 2017)**

**Nom:** \_\_\_\_\_

**DNI:** \_\_\_\_\_

La duració de l'examen és de 2 hores.

No es poden utilitzar apunts.

**Test (5 punts)**

**OPCIÓ A**

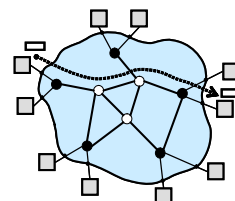
Una resposta correcta suma 0.500 punts, una incorrecta resta 0.125 punts, i una no contestada suma zero. Fes servir la taula que tens a sota (les respostes que no estiguin a la taula no es comptaran).

Respostes

1)	a	b	c	d
2)	a	b	c	d
3)	a	b	c	d
4)	a	b	c	d
5)	a	b	c	d
6)	a	b	c	d
7)	a	b	c	d
8)	a	b	c	d
9)	a	b	c	d
10)	a	b	c	d

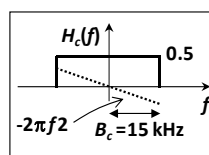
- 1) A través de la xarxa de commutació de paquets de la figura es transmet un flux de paquets que segueix el camí indicat (5 enllaços). Cadascun dels enllaços d'aquesta xarxa té una velocitat de transmissió  $r_b$  de 100 Mbps, una longitud de 10 km i una velocitat de propagació  $v_p$  de  $2.5 \cdot 10^8$  m/s. La longitud dels paquets és 1000 bytes. Quin és el retard de paquet més petit possible (és a dir, quan el paquet troba les cues buides)?

- a. 0.25 ms.  
b. 0.48 ms.  
c. 0.42 ms.  
☒ d. 0.60 ms.



- 2) Si un senyal de 2 nivells ( $E_{FD} = 2$ ) passa a través d'un cable amb la resposta freqüencial  $H_c(f)$  de la figura, quina seria la seva velocitat de transmissió màxima  $r_b$  (és a dir, sense distorsió)?

- a. 0 kbps.  
☒ b. 30 kbps.  
c. 60 kbps.  
d. 7.5 kbps.



- 3) Quant als mecanismes de correcció ARQ de parada i espera i ARQ continu ( $t_{AT}$  és el temps d'anada i tornada, i  $T_{ix}$  és el temps de transmissió d'un paquet d'informació), quina és FALSA?

- a. A l'ARQ continu cal afegir-li un mecanisme per controlar el ritme d'enviament de la font.  
b. Si  $t_{AT}$  és semblant a  $T_{ix}$ , tots dos aconseguirien una velocitat efectiva  $v_{ef}$  semblant.  
c. A l'ARQ de parada i espera no cal afegir-li un mecanisme de control de flux ja que el té implícit.  
☒ d. Si  $t_{AT}$  és força més gran que  $T_{ix}$ , l'ARQ de parada i espera és més eficient (velocitat efectiva  $v_{ef}$  més "propera" a la velocitat de la font  $r_{bf}$ ) que l'ARQ continu.

- 4) Un senyal amb una potència  $S_{in}$  de -1 dBm passa a través d'un cable amb una atenuació  $L_c$  de 50 dB i d'un amplificador de guany  $G_a$  de 48 dB. Quina serà la potència de senyal a la sortida  $S_{out}$ ?

- a. 0 dBm.  
b. 0.002 W.  
c. 1 mW.  
☒ d. 0.5 mW.

- 5) Quant al concepte de “model de referència” d'arquitectures (o piles) de protocols d'aplicacions en xarxa (o aplicacions distribuïdes), quina és FALSA?
- Un model de referència és la “base” a partir del qual es poden definir diverses arquitectures de protocols.
  - ☒ Un model de referència defineix els serveis de cada capa i els protocols de cada capa.
  - El model de referència OSI (*Open Systems Interconnection*) defineix 7 capes, 3 sobre la comunicació entre “aplicacions”, 1 de transport i 3 sobre la comunicació entre estacions.
  - El model de referència de l'arquitectura de protocols TCP/IP d'Internet, el “model TCP/IP”, defineix 3 capes, aplicació, transport i interxarxa (a sobre de la capa de xarxa).
- 6) Quant a les adreces de l'arquitectura de protocols TCP/IP d'Internet, quina és FALSA?
- Una estació (la capa IP) queda identificada a la xarxa per la seva adreça IP.
  - Una entitat usuària d'IP (TCP, UDP, ICMP, etc.) queda identificada per una adreça IP i un número de protocol.
  - Una entitat (o procés) d'aplicació pot fer servir la capa de transport en diversos punts (o *sockets*), cadascun dels quals queda identificat per una adreça IP, un número de protocol i un número de port.
  - ☒ Quan es parla d'adreces de l'arquitectura de protocols TCP/IP es refereix a les adreces IP.
- 7) Quant al soroll, quina és CERTA?
- Com major és la relació de senyal a soroll rebuda  $(S/M)_R$ , pitjor és la qualitat de la transmissió.
  - La relació de senyal a soroll rebuda  $(S/M)_R$  es dona en dBm o dBW.
  - El filtre del receptor pot eliminar tot el soroll afegit al senyal original durant la transmissió.
  - ☒ Si el filtre del receptor es dissenya bé, com major és l'amplada de banda del senyal transmès, major és la potència del soroll rebut.
- 8) Un senyal PSK-4 ( $E_{FD} = 2$ ) a la banda de 900 MHz transporta música d'alta qualitat d'amplada de banda  $B_m$  de 18 kHz. S'utilitza digitalització PCM, amb mostreig a la freqüència de Nyquist (la mínima) i 256 nivells de quantificació. Quina és CERTA?
- La velocitat de transmissió  $r_b$  és 144 kbps.
  - ☒ L'amplada de banda de transmissió  $B_T$  és 144 kHz.
  - La velocitat de senyalització  $r_s$  és 576 kbaud.
  - Cada mostra es codifica amb 256 bits.
- 9) Quant als mecanismes de correcció d'error ARQ i FEC, quina és FALSA?
- Amb ARQ, quan el destí detecta un missatge erroni o perdut, li demana a l'origen que li reenvii; amb FEC, el destí tot sol fa la correcció a partir del que ha rebut.
  - ☒ Tant FEC com ARQ afegixen uns bits extra (segons un codi de control d'error), però en general FEC necessita afegir-ne menys que ARQ.
  - Amb ARQ el retard en el lliurament augmenta, mentre que amb FEC no.
  - FEC no necessita que hi hagi un camí de tornada (del destí a l'origen) i ARQ sí.
- 10) Es transmeten 2 senyals PSK-4 ( $E_{FD} = 2$ )  $s_1(t)$  i  $s_2(t)$ , amb freqüències portadores  $f_{p1}$  de 903 MHz i  $f_{p2}$  de 909 MHz, i velocitat de transmissió  $r_b$  de 2 Mbps, per un cable d'amplada de banda de 900 a 912 MHz, fent servir la “divisió en freqüència”. Com s'han de filtrar per separar-los en el receptor?
- ☒ Amb un divisor i 2 filtres, un de 902.5 a 903.5 MHz per  $s_1(t)$  i un de 908.5 a 909.5 MHz per  $s_2(t)$ .
  - Amb un filtre de 900 a 912 MHz per als dos senyals.
  - Amb un divisor i 2 filtres, un de 901 a 905 MHz per  $s_1(t)$  i un de 907 a 911 MHz per  $s_2(t)$ .
  - Aquests senyals no es poden separar amb filtres ja que els seus espectres es solapen.

### Exercicis (5 punts)

Cada exercici son 2.5 punts.

1.- Un protocol de la capa de transport orientat a la connexió utilitza el mecanisme de control d'errors ARQ continu de repetició selectiva i el mecanisme de control de flux de la finestra lliscant de longitud  $k$ . Els noms i significats dels seus missatges són els següents:

PIC: petició d'inici de connexió.

PFC: petició de fi de connexió.

RP: resposta (positiva) de les peticions anteriors.

I(N): missatge d'informació número N.

ACK(N): confirmació positiva del missatge I(N) i de tots els anteriors.

Els números de seqüència no estan limitats i els missatges es numeren consecutivament (0,1,2, etc.). No hi ha confirmacions negatives. S'envia una confirmació positiva sempre que es rep correctament un missatge I. En un moment determinat una entitat de protocol A estableix la connexió amb una altra entitat B per enviar-li un fitxer, i després allibera la connexió. El fitxer es fragmenta en 8 missatges I. Tots els missatges intercanviats arriben bé, excepte el cinquè missatge I(4) que no arriba bé (es perd o es detecta error) el primer cop. La longitud de la finestra lliscant  $k$  és 3. Es demana el següent:

- a) La seqüència temporal de missatges intercanviats per les entitats A i B (poseu-hi comentaris raonant totes les accions que fan les dues entitats A i B).
- b) La velocitat efectiva de transmissió del fitxer.

NOTA:

- La velocitat de transmissió de l'enllaç de sortida de la font (A) és 10 Mbps.
- Tots els missatges d'informació I són de 1500 bytes i cadascun conté 1475 bytes d'informació.
- El valor del *timeout* és 8.4 ms.
- Els retards dels paquets (tant d'anada com de tornada) són constants i tenen els valors següents: el retard d'un missatge d'informació I  $D_I$  és 3.6 ms, i el retard dels altres missatges  $D_{altres}$  és 2.4 ms.
- El temps de processament de les estacions és zero.

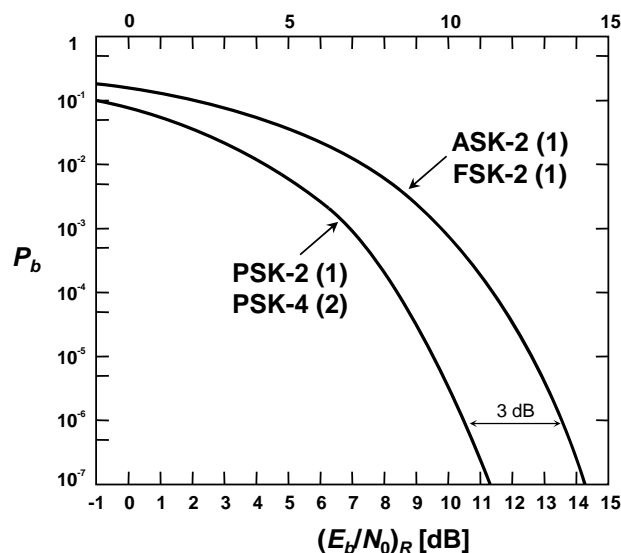
2.- Dos *routers* d'una xarxa estan units a través d'un enllaç de 100 Mbps. El transmissor està format per un codificador, un modulador ASK-2 a la freqüència de 2 GHz i un amplificador amb un guany de 30 dB, que dona a la seva sortida una potència de senyal transmès de 0 dBm. L'enllaç és un cable de longitud 100 km, atenuació 0.7 dB/km i temperatura de soroll 3000 K. El receptor està format per un filtre, un amplificador amb un guany de 40 dB, un desmodulador i un descodificador. El senyal no pateix distorsió.

Es demana el següent:

- Dibuixeu el senyal transmès  $s_T(t)$  quan transporta el missatge ...10000111... (indiqueu el temps entre símbols  $T_s$ , la velocitat de senyalització  $r_s$ , etc.), i dibuixeu el seu espectre  $S_T(f)$  (indiqueu l'amplada de banda  $B_T$ , la posició, etc.).
- Dibuixeu una possible resposta freqüencial del cable  $H_c(f)$ , la resposta freqüencial dels dos amplificadors  $H_{aT}(f)$  i  $H_{aR}(f)$ , i la del filtre  $H_f(f)$  (indiqueu les amplades de banda  $B_c$ ,  $B_{aT}$ ,  $B_{aR}$  i  $B_f$ , la posició, etc.).
- Deduïu l'expressió de la relació de senyal a soroll rebuda  $(S/N)_R$  en funció de la potència del senyal transmès  $S_T$ , la temperatura de soroll  $T_n$ , l'amplada de banda del senyal  $B_T$  i l'atenuació del cable  $L_c$ .
- Calculeu la probabilitat d'error de bit  $P_b$ .

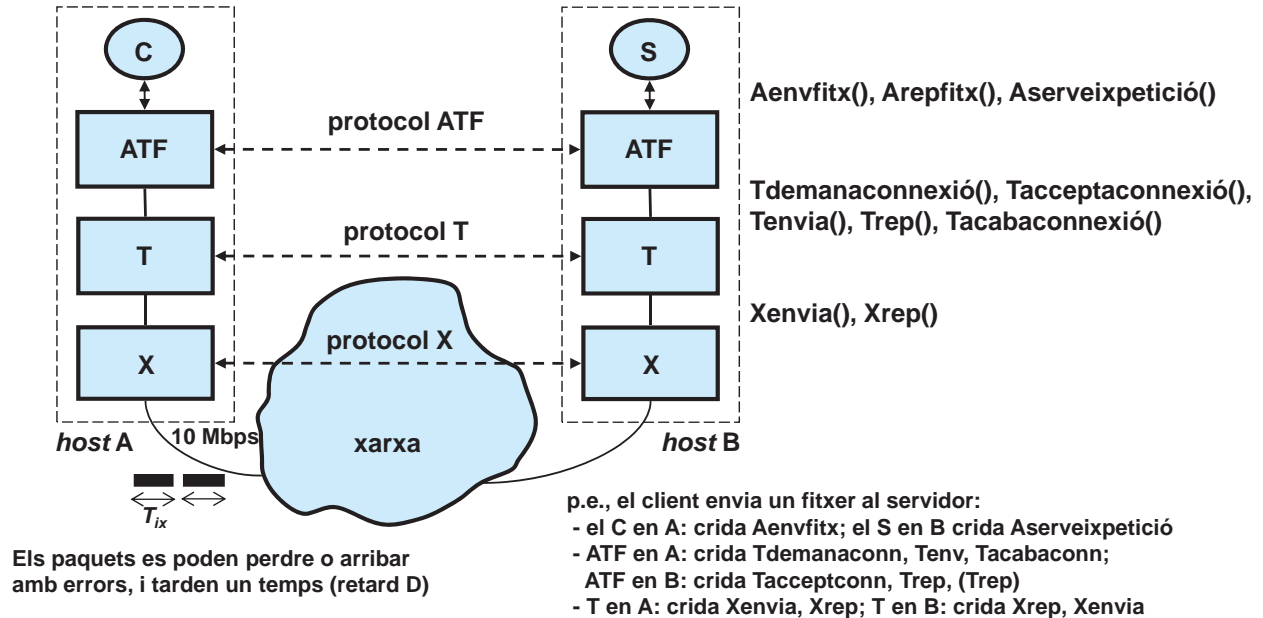
NOTA:

- La constant de *Boltzman* és  $K = 1.38 \cdot 10^{-23}$  J/K.
- L'eficiència espectral  $E_{fD}$  d'un senyal ASK-2 és 1.
- Feu servir els gràfics  $P_b - (S/N)_R$  següents, on  $(S/N)_R \text{ [dB]} = (E_b/N_0)_R \text{ [dB]} + 10 \log_{10} E_{fD}$ :



## Exercici 1 (i)

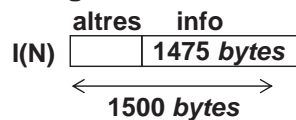
- Es tracta d'una aplicació de transferència de fitxers, amb arquitectura (~ TCP/IP):
  - Aplicació de Transferència de Fitxers (ATF): transfereix fitxers (C-S o P2P)
  - Transport (T): permet que múltiples processos d'aplicació s'enviïn i rebin missatges d'informació; a més, aquí és orientada a la connexió i fiable.
  - Xarxa (X): envia i rep missatges d'informació entre estacions; aquí és no orientada a la connexió i no fiable



## Exercici 1 (ii)

- El protocol T és orientat a la connexió i utilitza ARQ amb ACKs (i no NAKs), per corregir els paquets perduts i erronis de la xarxa:
  - els ACKs són acumulatius!
  - les causes de retransmissió són expiracions de *timeout* però no NAKs!
  - els #seqüència no estan limitats

- El fitxer es fragmenta en 8 missatges-I idèntics:

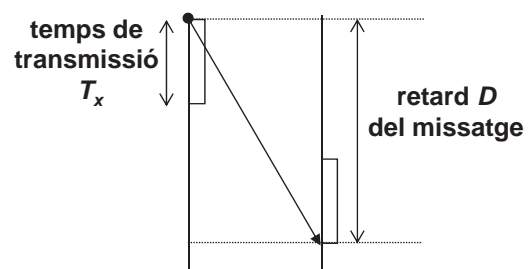


longitud del fitxer:  $1475 \cdot 8 = 11800$  bytes

Els altres missatges en general són molt més curts

- Els temps els posem en funció del temps de transmissió  $T_{ix}$  d'un missatge-I:

- $T_{ix} = 1500 \cdot 8 / (10 \cdot 10^6) = 1.2 \cdot 10^{-3} \text{ s} = 1.2 \text{ ms}$
- $D_I = 3.6 \text{ ms} (= 3 \cdot T_{ix})$
- $D_{altres} = 2.4 \text{ ms} (= 2 \cdot T_{ix})$
- $t_{AT} = D_I + D_{ack} = 3.6 + 2.4 = 6 \text{ ms} (= 5 \cdot T_{ix})$
- $timeout = 8.4 \text{ ms} (= 7 \cdot T_{ix})$



2 divisions =  $T_{ix}$  (=1.2 ms)

Indica que la finestra és plena, és a dir, que hi ha  $k = 3$  missatges  $I(N)$  pendents de confirmar

En rebre ACK(0) queden  $I(1)$  i  $I(2)$  pendents de confirmar, i per tant pot enviar 1 nou  $I(N)$ : envia  $I(3)$

El **timeout d' $I(4)$**  expira i llavors comença "**SR-4 en transmissió**": només reenvia  $I(4)$ , i continua enviant, si la finestra ho permet, és clar (aquí finestra: no)

El **timeout d' $I(5)$**  expira i llavors comença "**SR-5 en transmissió**" (finestra: no)

El **timeout d' $I(6)$**  expira i llavors comença "**SR-6 en transmissió**" (finestra: no)

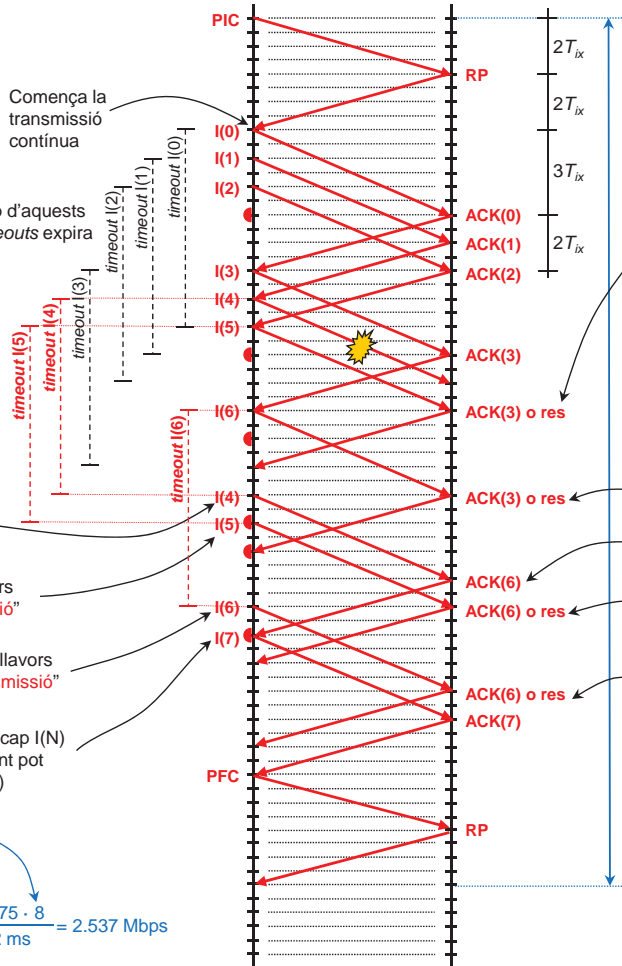
En rebre ACK(6) ja no queda cap  $I(N)$  pendent de confirmar, i per tant pot enviar 3 nous  $I(N)$ : s'envia  $I(7)$

8 bits per byte  
bytes d'info a cada  $I(N)$   
nombre de  $I(N)$

$$v_{ef} = \frac{\text{bits del fitxer}}{\text{temps total}} = \frac{8 \cdot 1475 \cdot 8}{37.2 \text{ ms}} = 2.537 \text{ Mbps}$$

Comença la transmissió continua

Cap d'aquests timeouts expira



### Repetició Selectiva finestra $k = 3$

$I(4)$  no arriba bé, és a dir, o bé es perd o bé arriba erroni

Espera  $I(4)$  i ...

(si  $I(4)$  perdut) rep bé  $I(5)$ ...

(si  $I(4)$  erroni) rep un missatge erroni que descarta, i després rep bé  $I(5)$

En resum, en els dos casos, **espera  $I(4)$  i rep bé  $I(5)$** . Llavors comença "**SR-4 en recepció**": no hi ha NAKs, envia un ACK(3) duplicat (els ACK són "acumulatius") o bé no envia res, i es guarda  $I(5)$  que s'ha rebut bé... Farà això fins que rebí bé  $I(4)$

Li falta  $I(4)$ , es guarda  $I(6)$ , i envia un ACK(3) duplicat o bé res

Rep bé  $I(4)$ , i com que ara sí té  $I(4)$ ,  $I(5)$  i  $I(6)$ , envia ACK(6)

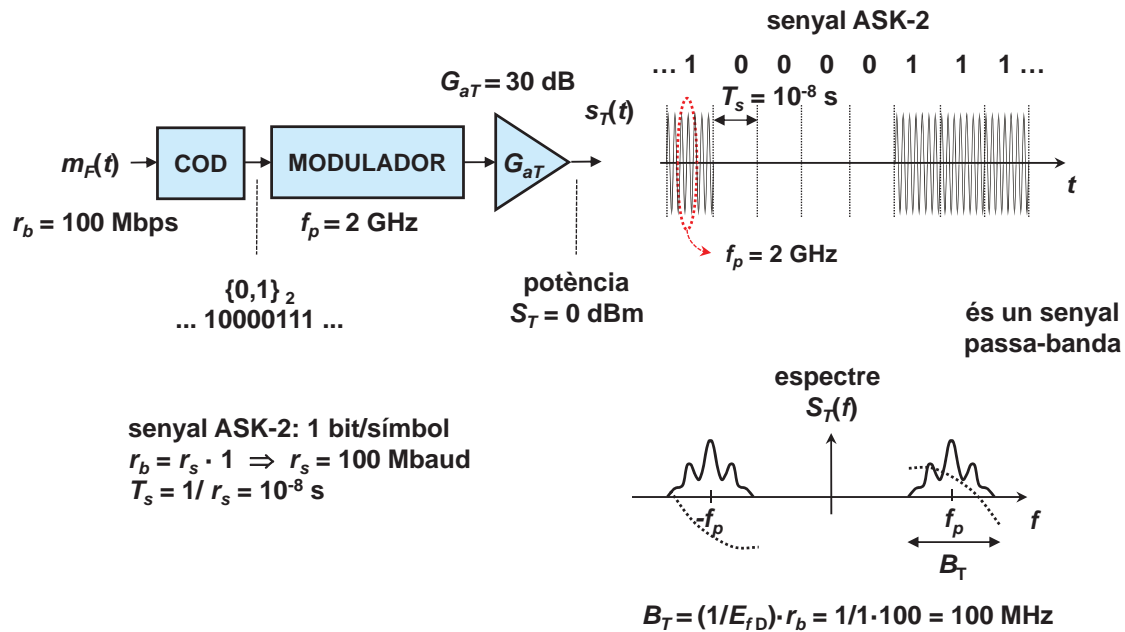
Rep un duplicat d' $I(5)$ , el descarta, i envia un ACK(6) duplicat o bé res

Rep un duplicat d' $I(6)$ , el descarta, i envia un ACK(6) duplicat o bé res

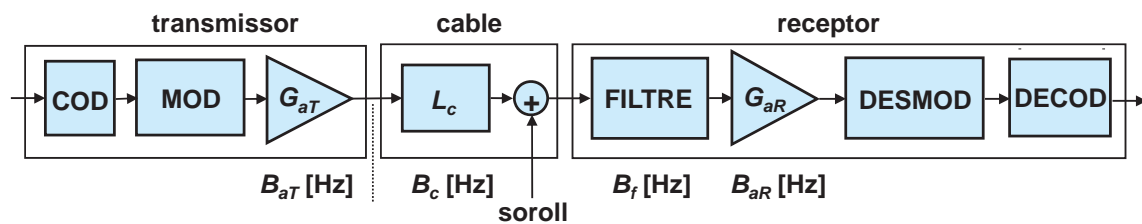
Missatges  $I(N)$  rebuts:  
0, 1, 2, 3, ERR/res, 5, 6, 4, 5, 6, 7

temps total =  $31 \cdot T_{ix} = 37.2 \text{ ms}$

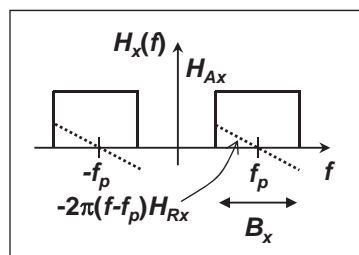
## Exercici 2 (i)



## Exercici 2 (ii)



Sigui  $H_x(f)$  una resposta freqüencial. Si no causa distorsió, la resposta freqüencial d'amplitud  $|H_x(f)|$  és plana i la resposta freqüencial de fase  $\arg H_x(f)$  és lineal en la banda del senyal  $B_x$ :



$H_x(f)$  passa-banda:

$f_p = 2 \text{ GHz}$ , al mig de  $B_x$

$B_x : B_c \geq B_T \quad B_{aT} = B_{aR} = B_f = B_T \quad (B_T = 100 \text{ MHz})$

$H_{Rx}$ : un retard (pendent) determinat...

$H_{Ax}$ :  $< 1$  línia,  $= 1$  filtre,  $> 1$  amplificadors

senyal  $s_{out}(t) = H_{Ax} s_{in}(t - H_{Rx})$

potència  $S_{out} = \overline{s_{out}(t)^2} = H_{Ax}^2 \overline{s_{in}(t - H_{Rx})^2} = H_{Ax}^2 S_{in}$

$L_c = 70 \text{ dB}^*$  lineal  $L_c = 10^{70/10} = 10^7$  ( $L_c = 1/H_{Ac}^2$ )  $H_{Ac} = 3.16 \cdot 10^{-4}$

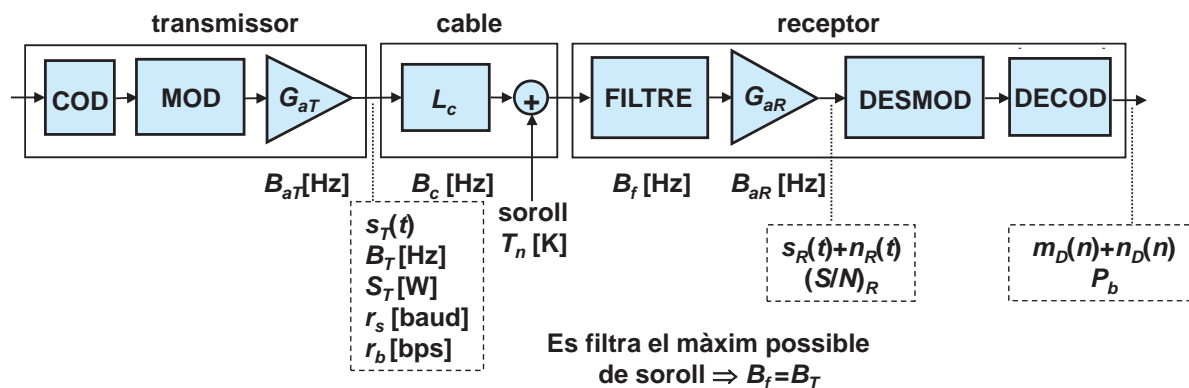
$G_{aT} = 30 \text{ dB}$  lineal  $G_{aT} = 10^{30/10} = 10^3$  ( $G_{aT} = H_{At}^2$ )  $H_{At} = 31.62$

$G_{aR} = 40 \text{ dB}$  lineal  $G_{aR} = 10^{40/10} = 10^4$  ( $G_{aR} = H_{Ar}^2$ )  $H_{Ar} = 100$

Filtre  $H_{Af} = 1$

\*  $L_c$  del cable (100 km, 0.7 dB/km) =  $100 \cdot 0.7 = 70 \text{ dB}$

## Exercici 2 (iii)



$$S_R = \overline{s_R^2(t)} = \overline{s_T^2(t - H_R)} \frac{1}{L_c} G_{aR} = S_T [W] \frac{1}{L_c} G_{aR} [W]$$

$$N_R = \overline{n_R^2(t)} = (KT_n) B_f G_{aR} = K [J/K] T_n [K] B_f [Hz] G_{aR} [W]$$

$$(S/N)_R = \frac{S_R}{N_R} = \frac{S_T / L_c G_{aR}}{KT_n B_f G_{aR}} = \frac{S_T}{KT_n B_f L_c}$$

$$10 \cdot \log_{10} (S/N)_R = 10 \cdot \log_{10} \left( \frac{S_T}{KT_n B_f L_c} \right) = \underbrace{10 \cdot \log_{10} S_T [W]}_{\triangleq S_T [\text{dBW}]} - 10 \cdot \log_{10} KT_n B_f - \underbrace{10 \cdot \log_{10} L_c}_{\triangleq L_c [\text{dB}]}$$

$$\triangleq (S/N)_R [\text{dB}]$$

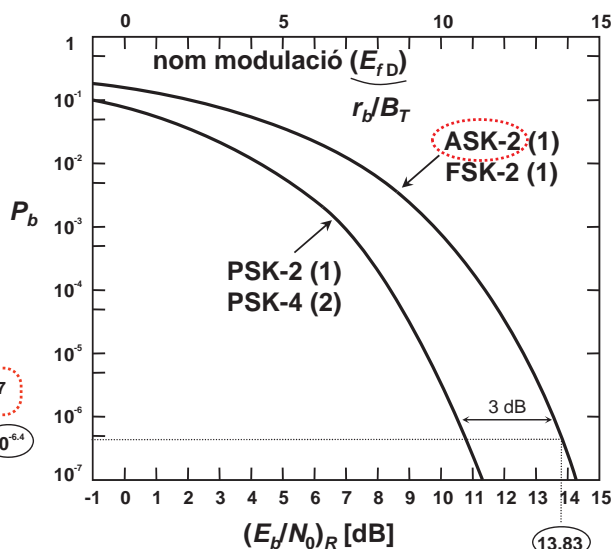
$$(S/N)_R [\text{dB}] = S_T [\text{dBW}] - 10 \log_{10} (KT_n B_f) - L_c [\text{dB}]$$

## Exercici 2 (iv)

$$S_T [\text{dBm}] = 0 \text{ dBm} \Rightarrow S_T [\text{mW}] = 10^{0/10} \text{ mW} = 1 \text{ mW} = 10^{-3} \text{ W}$$

$$S_T [\text{dBW}] = 10 \log_{10} (10^{-3}) = -30 \text{ dBW}$$

$$(S/N)_R [\text{dB}] = S_T [\text{dBW}] - 10 \log_{10} \underbrace{KT_n B_f}_{1.38 \cdot 10^{-23} \cdot 3 \cdot 10^3 \cdot 10^8} - L_c [\text{dB}] = -30 - (-113.83) - 70 = 13.83 \text{ dB} \quad (24.15)$$



$$(S/N)_R [\text{dB}] = (E_b/N_0)_R [\text{dB}] + 10 \log_{10} E_{fD}$$

$$(E_b/N_0)_R = 13.83 - 10 \log_{10} 1 = 13.83 \text{ dB}$$