

**XARXES (GEINF i GDDV)      CURS 2018/19**  
**Primer examen parcial de teoria i problemes (10 de desembre de 2018)**

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

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

La duració de l'examen és de 2 hores.

No es poden utilitzar apunts.

**Test (5 punts)**

**OPCIÓ A**

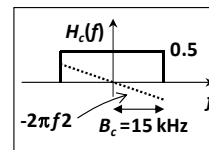
Una resposta correcta suma 0.500 punts, una incorrecta resta 0.125 punts, i una no contestada suma zero. Fes servir la taula que tens a sota (les respostes que no estiguin a la taula no es comptaran).

Respostes

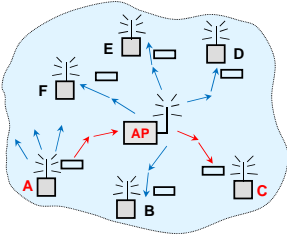
1)	a	b	c	d
2)	a	b	c	d
3)	a	b	c	d
4)	a	b	c	d
5)	a	b	c	d
6)	a	b	c	d
7)	a	b	c	d
8)	a	b	c	d
9)	a	b	c	d
10)	a	b	c	d

- 1) 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.



- 2) Quant a les adreces de l'arquitectura de protocols TCP/IP d'Internet, quina és FALSA?
- a. Una estació (la capa IP) queda identificada a la xarxa per la seva adreça IP.  
b. Una entitat usuària d'IP (TCP, UDP, ICMP, etc.) queda identificada per una adreça IP i un número de protocol.  
c. 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.  
☒ d. Quan es parla d'adreces de l'arquitectura de protocols TCP/IP es refereix a les adreces IP.
- 3) Es disposa d'un cable d'atenuació  $L_c$  de 3 dB. Si la potència del senyal d'entrada és  $S_{in}$  i la de sortida és  $S_{out}$ , quina és CERTA?
- a.  $S_{in}$  és 3 dB més petita que  $S_{out}$ .  
b. Si  $S_{in}$  és 0.5 W llavors  $S_{out}$  és 1 W.  
☒ c. Si  $S_{in}$  és 2 W llavors  $S_{out}$  és 30 dBm.  
d. Si  $S_{in}$  és 3 dBW llavors  $S_{out}$  és -30 dBm.
- 4) Quant al control d'errors que fa una capa o protocol, quina és FALSA?
- a. Hi ha protocols (p.e., TCP) que tenen mecanismes de detecció i correcció.  
b. Hi ha protocols (p.e., UDP o *Ethernet*) que si detecten un missatge erroni, el descarten.  
☒ c. Hi ha protocols (p.e., HTTP) que fan detecció i correcció perquè sempre funcionen sobre una capa inferior fiable.  
d. Hi ha protocols (p.e., IPv6) que no fan detecció ni correcció perquè suposen que alguna capa superior ja s'encarregarà del control d'error.

- 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) Un senyal  $s_{in}(t) = 7\cos(2\pi 10t - \pi/2) + 2\cos(2\pi 20t + 3\pi/2)$  [ms] passa a través d'un cable que no el distorsiona sinó que el retarda 0.05 ms i l'atenua de manera que el senyal a la sortida  $s_{out}(t)$  es redueix a una desena part. Llavors, a 10 kHz i 20 kHz, la resposta freqüencial del cable  $H_c(f)$  (d'amplitud  $|H_c(f)|$  i de fase  $\arg H_c(f)$ ) és
- $|H_c(10)| = |H_c(20)| = 0.1$ ,  $\arg H_c(10) = \pi$ ,  $\arg H_c(20) = 2\pi$ .
  - $|H_c(10)| = |H_c(20)| = 10$ ,  $\arg H_c(10) = \pi$ ,  $\arg H_c(20) = \pi$ .
  - ☒  $|H_c(10)| = |H_c(20)| = 0.1$ ,  $\arg H_c(10) = -\pi$ ,  $\arg H_c(20) = -2\pi$ .
  - $|H_c(10)| = |H_c(20)| = 0.1$ ,  $\arg H_c(10) = -2\pi$ ,  $\arg H_c(20) = -5\pi$ .
- 7) 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.
- 8) Quant al mecanisme de la finestra lliscant de longitud  $k$ , quina és FALSA?
- Si el destí no processa els missatges prou ràpidament o l'usuari (capa superior) no els llegeix, el *buffer* del destí s'emplena, i els següents missatges que arriben es perden; per arreglar-ho cal “frenar” a la font, cal un mecanisme de control de flux com p.e., el de la finestra lliscant.
  - ☒ En ARQ continu el destí envia a la font un missatge que conté el valor de  $k$  que la font ha de fer servir, un valor gran si el *buffer* del destí està força ple o un valor petit si està força buit.
  - En ARQ de parada i espera es pot dir que el valor de  $k$  és 1.
  - En ARQ continu la finestra lliscant pot fer que l'enviament no sigui continu (si  $k \cdot T_{ix} < t_{AT}$ , on  $t_{AT}$  és el temps d'anada i tornada, i  $T_{ix}$  és el temps de transmissió d'un paquet d'informació).
- 9) A la xarxa de difusió sense fils de la figura (amb un “Punt d'Accés” AP) l'estació A envia un paquet a l'estació C. La velocitat de transmissió  $r_b$  és 50 Mbps, la velocitat de propagació  $v_p$  és  $3 \cdot 10^8$  m/s, la distància entre una estació qualsevol i l'AP és 15 m i la longitud del paquet és 250 bytes. Si no hi ha col·lisió i es considera que el temps de processament i en cua a l'AP és zero, quin és el retard del paquet?
- 
- 5.1  $\mu$ s.
  - 40.1  $\mu$ s.
  - 10.1  $\mu$ s.
  - ☒ 80.1  $\mu$ s.
- 10) Un senyal ASK-16 ( $E_{FD} = 4$ ) a la banda d'1 GHz transporta un canal de TV d'amplada de banda  $B_m$  de 3 MHz. Per digitalitzar el vídeo es mostreja a la freqüència de Nyquist (la mínima) i es quantifica amb 65536 nivells. Quina és CERTA?
- La velocitat de transmissió  $r_b$  és 48 Mbps.
  - L'amplada de banda de transmissió  $B_T$  és 384 kHz.
  - ☒ La velocitat de senyalització  $r_s$  és 24 Mbaud.
  - La freqüència de mostreig és 2 Gmostres/s.

### 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.

BEN(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 erroni) 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.

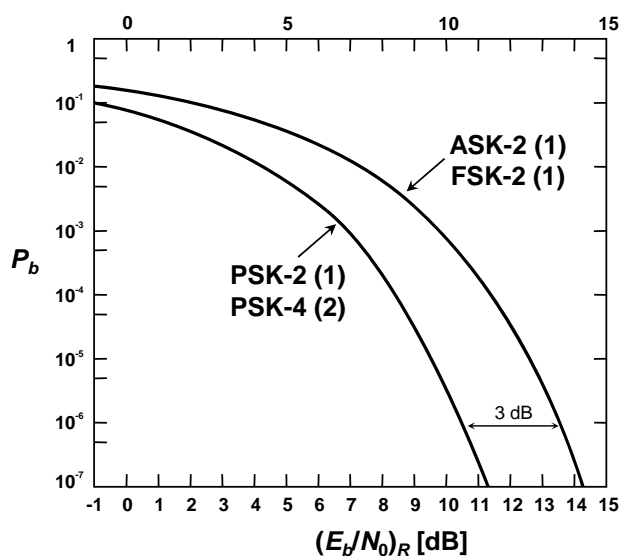
2.- En una xarxa sense fils ("semblant" a Wi-Fi) que utilitza la banda de 2.4 GHz i té una velocitat de 54 Mbps, hi ha una estació i un Punt d'Accés. El transmissor (de l'estació) està format per un codificador, un modulador FSK-2 a la freqüència de 2.412 GHz i un amplificador amb un guany de 20 dB, que dona a la seva sortida una potència de senyal transmès de -10.75 dBm. La línia té una longitud (distància entre l'estació i el Punt d'Accés) de 20 m i una temperatura de soroll de 2000 K. El receptor (del Punt d'Accés) 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 un paquet amb 01100011 (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 de la línia  $H_\ell(f)$ , 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  $B_\ell$ ,  $B_{aT}$ ,  $B_{aR}$  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 de la línia  $L_\ell$ .
- Calculeu la probabilitat d'error de bit  $P_b$ .

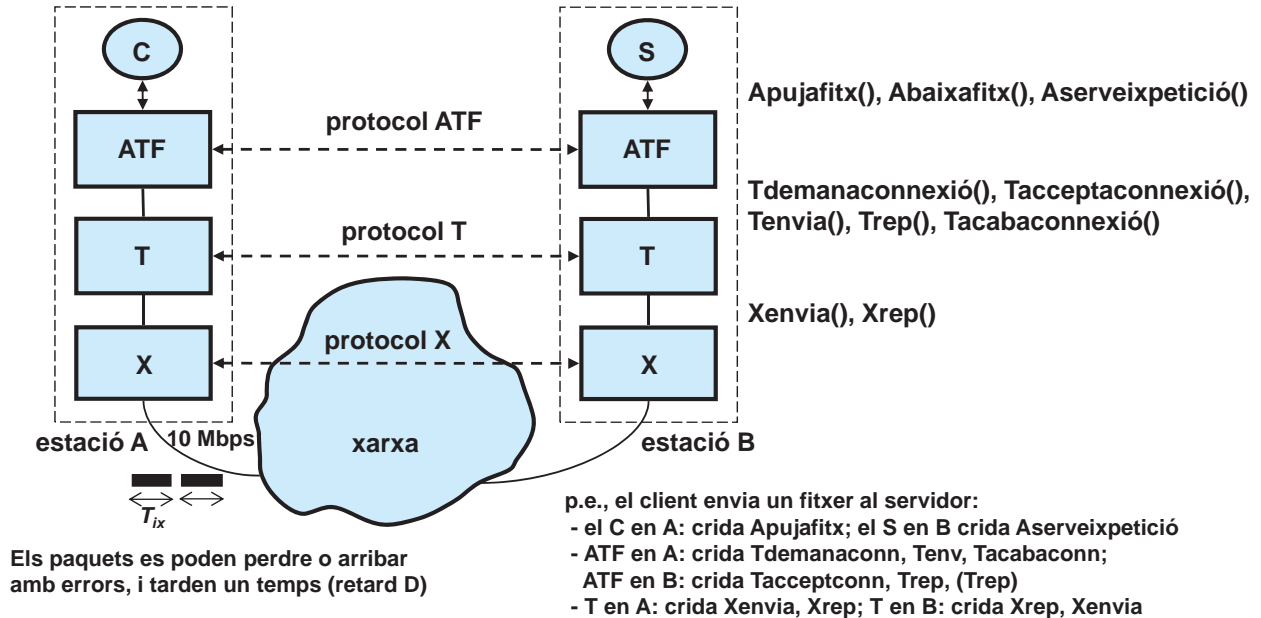
NOTA:

- La constant de Boltzman és  $K = 1.38 \cdot 10^{-23}$  J/K.
- L'eficiència espectral  $E_{fD}$  d'un senyal FSK-2 és 1.
- L'atenuació de la línia és  $L_\ell [\text{dB}] = 98.98 + 20 \cdot \log_{10}(d/1000)$ , on  $d$  [m] és la seva longitud.
- Feu servir els gràfics  $P_b - (S/N)_R$  següents, on  $(S/N)_R [\text{dB}] = (E_b/N_0)_R [\text{dB}] + 10 \cdot \log_{10} E_{fD}$ :



# Exercici 1

- Es tracta d'una aplicació de transferència de fitxers, amb arquitectura (~ TCP/IP):
  - Aplicació de Transferència de Fitxers (ATF): transfereix fitxers, C-S; 2 missatges
  - Transport (T): permet que múltiples processos d'aplicació s'enviïn i rebin missatges; aquí és orientada a la connexió i fiable; missatges info, confirmacions, per connexions
  - Xarxa (X): envia i rep missatges d'informació entre estacions; aquí és no orientada a la connexió i no fiable; 1 únic missatge



# Exercici 1

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

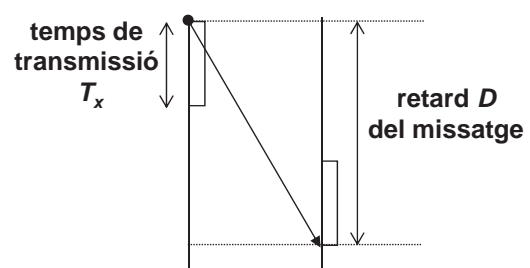
- El fitxer es fragmenta en 8 missatges-I idèntics:



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:

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



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 BEN(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)

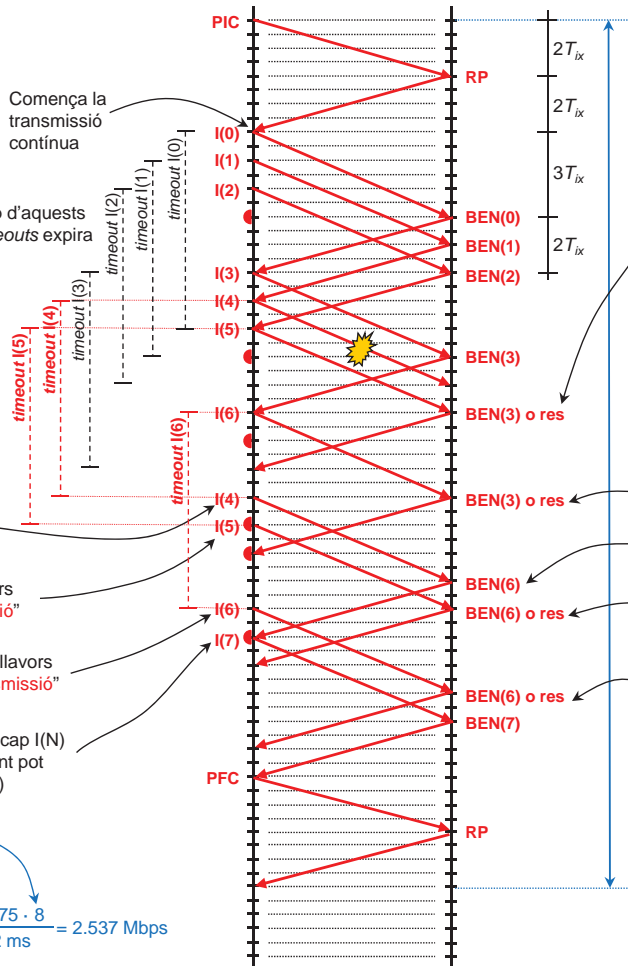
En rebre BEN(6) ja no queda cap  $I(N)$  pendent de confirmar, i per tant pot enviar 3 nous  $I(N)$ : s'envia  $I(7)$

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 MALs, envia un BEN(3) duplicat (els BEN 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 BEN(3) duplicat o bé res

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

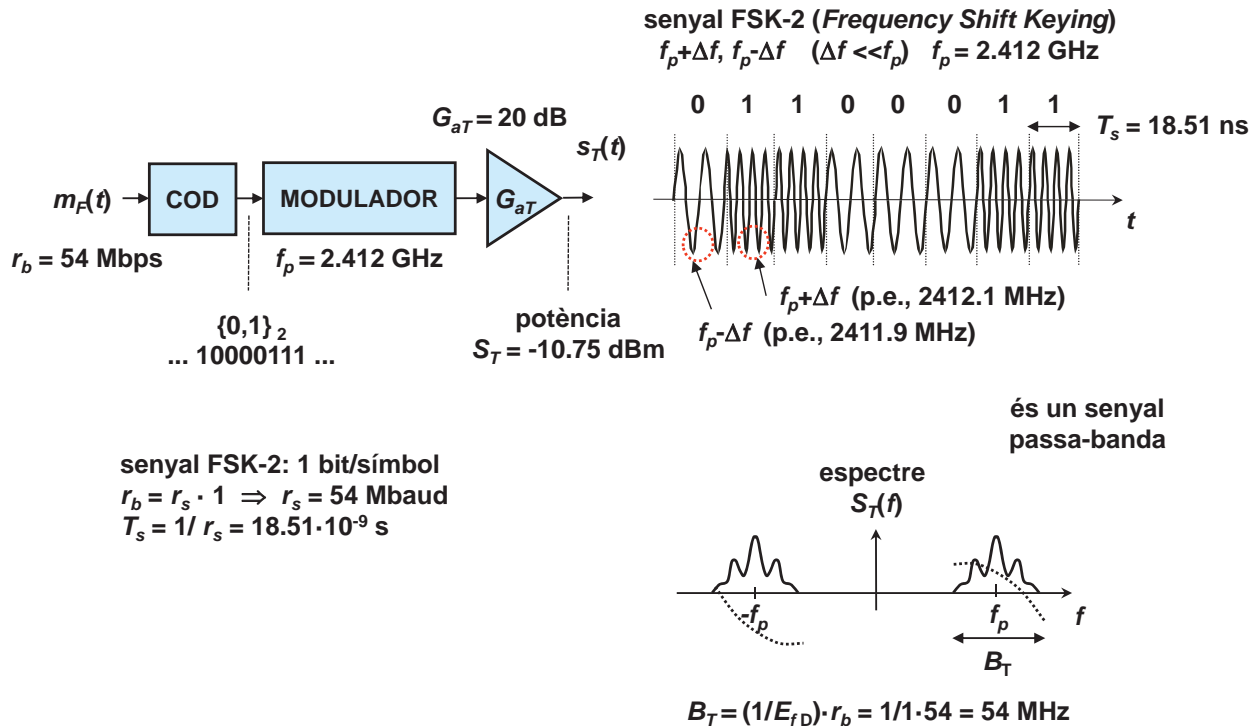
Rep un duplicat d' $I(5)$ , el descarta, i envia un BEN(6) duplicat o bé res

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

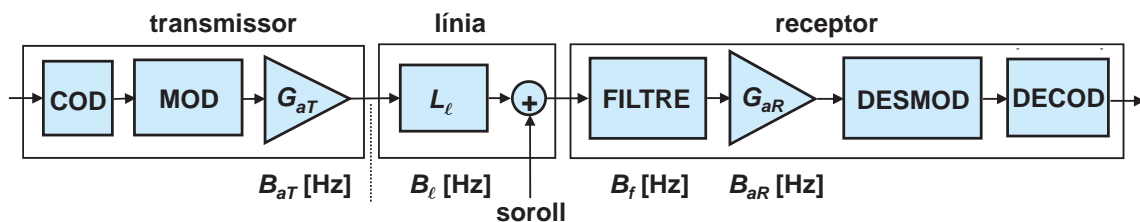
Missatges  $I(N)$  rebuts:  
0, 1, 2, 3, ERR/res, 5, 6, 4, 5, 6, 7

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

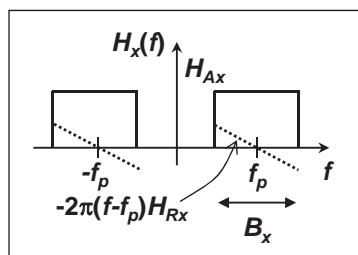
## Exercici 2: senyal i espectre



## Exercici 2: respostes freqüencials



Segui  $H_x(f)$  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:

$f_p = 2.412$  GHz, al mig de  $B_x$

$B_x$ :  $B_\ell \geq B_T$   $B_{aT} = B_{aR} = B_f = B_T$  ( $B_T = 54$  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  $S_{out} = \overline{s_{out}(t)^2} = H_{Ax}^2 \overline{s_{in}(t - H_{Rx})^2} = H_{Ax}^2 S_{in}$

$L_\ell = 65$  dB\* lineal  $L_\ell = 10^{65/10} = 10^{6.5}$

$G_{aT} = 20$  dB lineal  $G_{aT} = 10^{20/10} = 10^2$

$G_{aR} = 40$  dB lineal  $G_{aR} = 10^{40/10} = 10^4$

Filtre  $H_{Af} = 1$

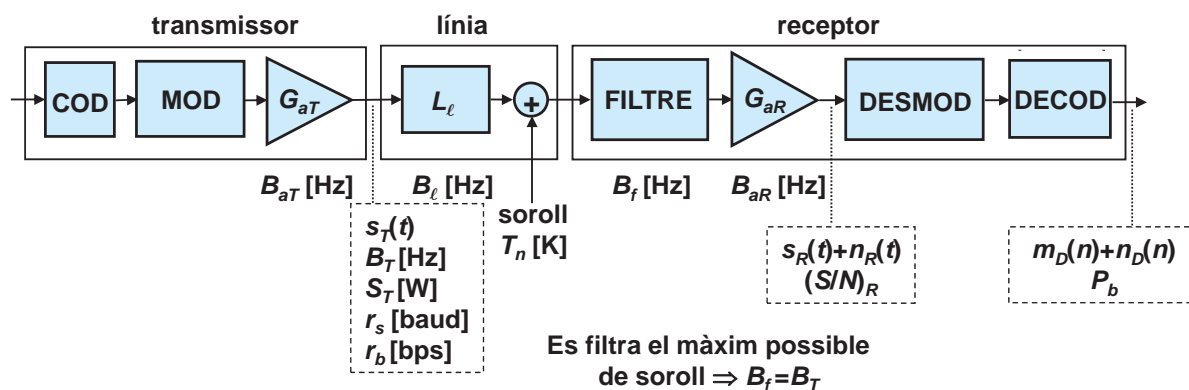
( $L_\ell = 1/H_{A\ell}^2$ )  $H_{A\ell} = 5.62 \cdot 10^{-4}$

( $G_{aT} = H_{AaT}^2$ )  $H_{AaT} = 10$

( $G_{aR} = H_{AaR}^2$ )  $H_{AaR} = 100$

\* atenuació de la línia (20 m):  $L_\ell = 98.98 + 20 \cdot \log_{10}(20/1000) = 65$  dB

## Exercici 2: la $(S/N)_R$



$$\left. \begin{aligned} S_R &= \overline{s_R^2(t)} = \overline{s_T^2(t - H_R)} \frac{1}{L_\ell} G_{aR} = S_T [W] \frac{1}{L_\ell} G_{aR} [W] \\ N_R &= \overline{n_R^2(t)} = (KT_n) B_f G_{aR} = K [J/K] T_n [K] B_f [Hz] G_{aR} [W] \end{aligned} \right\} (S/N)_R = \frac{S_R}{N_R} = \frac{S_T / L_\ell G_{aR}}{KT_n B_f G_{aR}} = \frac{S_T}{KT_n B_f L_\ell}$$

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

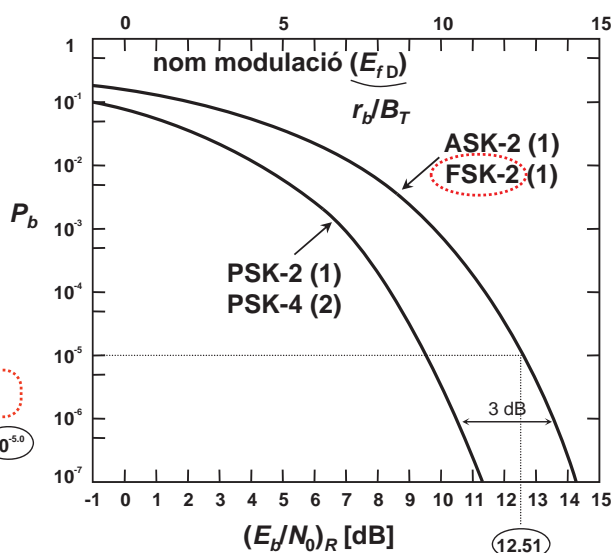
$$(S/N)_R [\text{dB}] = S_T [\text{dBW}] - 10 \log_{10} (KT_n B_f) - L_\ell [\text{dB}]$$

## Exercici 2: $P_b$

$$S_T [\text{dBm}] = -10.75 \text{ dBm} \Rightarrow S_T [\text{mW}] = 10^{-10.75/10} \text{ mW} = 10^{-1.075} \cdot 10^{-3} \text{ W}$$

$$S_T [\text{dBW}] = 10 \cdot \log_{10} (10^{-4.075}) = -40.75 \text{ dBW}$$

$$(S/N)_R [\text{dB}] = S_T [\text{dBW}] - 10 \log_{10} \underbrace{KT_n B_f}_{1.38 \cdot 10^{-23} \cdot 2 \cdot 10^3 \cdot 54 \cdot 10^6} - L_\ell [\text{dB}] = -40.75 - (-118.26) - 65 = 12.51 \text{ dB} \quad (17.78)$$



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

$$(E_b/N_0)_R = 12.51 - 10 \log_{10} 1 = 12.51 \text{ dB}$$