

**XARXES (GEINF)      CURS 2016/17**  
**Primer examen parcial de teoria i problemes (21 de novembre de 2016)**

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

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

La duració de l'examen és de 2 hores.

No es poden utilitzar apunts.

**Test (5 punts)**

**OPCIÓ A**

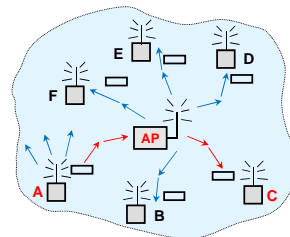
Una resposta correcta suma 0.500 punts, una incorrecta resta 0.125 punts, i una no contestada suma zero. Fes servir la taula que tens a sota (les respostes que no estiguin a la taula no es comptaran).

**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 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?

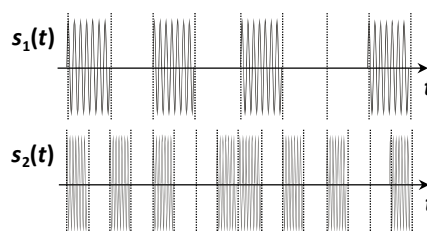
- a. 5.1  $\mu$ s.
- b. 40.1  $\mu$ s.
- c. 10.1  $\mu$ s.
- ☒ d. 80.1  $\mu$ s.



- 2) Una aplicació de correu electrònic està estructurada en 3 capes, la capa d'Aplicació de Correu Electrònic (ACE), la de Transport Fiable (TF) i la de Xarxa (X) no fiable. Quina és FALSA?
- a. El servei de la capa X és portar paquets entre estacions, el de TF és portar paquets entre "processos d'aplicació" (i de manera fiable) i el d'ACE enviar i rebre correus electrònics.
  - b. Els camps "adreces origen i destí" d'un paquet de X identifiquen les entitats de TF origen i destí, i juntament amb els camps "adreces origen i destí" d'un paquet de TF identifiquen les entitats d'ACE origen i destí.
  - ☒ c. El camp "informació" d'un paquet d'ACE conté un paquet de TF, i alhora el camp "informació" d'un paquet de TF conté un paquet de X.
  - d. Els serveis de la capa d'ACE es construeixen d'acord amb el protocol d'ACE i fent servir els serveis de la capa de TF (a través de la interfície de la capa de TF).
- 3) Quant al concepte d'"arquitectura (o pila) de protocols" d'una aplicació en xarxa (o aplicació distribuïda), quina és FALSA?
- a. L'arquitectura de protocols és el conjunt de serveis de cada capa i els protocols de cada capa.
  - b. Dos processos es poden comunicar si tenen la mateixa arquitectura de protocols.
  - ☒ c. Les interfícies de cada capa formen part de l'arquitectura de protocols.
  - d. L'arquitectura de protocols que es fa servir a Internet s'anomena "TCP/IP".

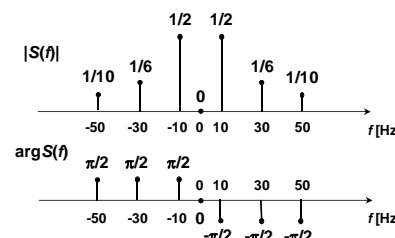
- 4) El camp de control d'error d'un protocol és 1 bit de paritat (parella). Quina és FALSA?
- Es poden detectar totes les situacions d'error d'1 bit, 3 bits, 5 bits...  $n$  bits ( $n$  imparell).
  - ☒ Es poden detectar totes les situacions d'error de 2 bits, 4 bits, 6 bits...  $n$  bits ( $n$  parell).
  - No es pot corregir cap situació d'error d'1 bit, 2 bits, 3 bits...  $n$  bits ( $n$  qualsevol).
  - Si es rep el missatge 1011001 (el darrer bit és el de paritat), es decidirà que és correcte.
- 5) Quant al control d'errors que fa una capa o protocol, quina és FALSA?
- Hi ha protocols (p.e., TCP) que tenen mecanismes de detecció i correcció.
  - Hi ha protocols (p.e., UDP o *Ethernet*) que si detecten un missatge erroni, el descarten.
  - ☒ Hi ha protocols (p.e., HTTP) que fan detecció i correcció perquè sempre funcionen sobre una capa inferior fiable.
  - 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.

- 6) Si els senyals ASK-2 de la figura,  $s_1(t)$  i  $s_2(t)$ , tenen velocitats de transmissió  $r_{b1}$  i  $r_{b2}$ , i amplades de banda  $B_{T1}$  i  $B_{T2}$ , respectivament, quina és CERTA?

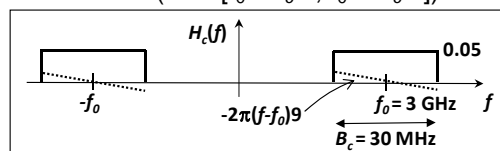


- $r_{b1}$  és major que  $r_{b2}$  i  $B_{T1}$  és major que  $B_{T2}$ .
  - $r_{b1}$  és menor que  $r_{b2}$  i  $B_{T1}$  és major que  $B_{T2}$ .
  - $r_{b1}$  és major que  $r_{b2}$  i  $B_{T1}$  és menor que  $B_{T2}$ .
  - ☒  $r_{b1}$  és menor que  $r_{b2}$  i  $B_{T1}$  és menor que  $B_{T2}$ .
- 7) 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?
- $S_{in}$  és 3 dB més petita que  $S_{out}$ .
  - Si  $S_{in}$  és 0.5 W llavors  $S_{out}$  és 1 W.
  - ☒ Si  $S_{in}$  és 2 W llavors  $S_{out}$  és 30 dBm.
  - Si  $S_{in}$  és 3 dBW llavors  $S_{out}$  és -30 dBm.

- 8) Donat un senyal  $s(t)$  amb el següent espectre  $S(f)$ , quina és FALSA?



- El senyal conté una cosinusoide de freqüència 10 Hz, amplitud 1 i fase  $-\pi/2$ .
  - ☒ Aquest espectre no és correcte, ja que el d'amplitud és parell i el de fase imparell.
  - L'amplada de banda del senyal és 50 Hz.
  - El senyal és periòdic.
- 9) Un senyal PSK-8 ( $E_b = 3$ ) amb freqüència portadora  $f_p$  de 17 GHz i velocitat de transmissió  $r_b$  de 6 Mbps es transmet a través d'un cable amb resposta freqüencial  $H_c(f)$  (figura). Quina és FALSA?
- ☒ No hi ha distorsió ja que  $H_c(f)$  és plana en amplitud i lineal en fase (dins  $[f_0 - B_c/2, f_0 + B_c/2]$ ).
  - L'amplada de banda del senyal és 2 MHz.
  - L'atenuació del cable és aproximadament 26 dB.
  - El senyal és un "senyal passa-banda" i el cable té una "resposta freqüencial passa-banda".



- 10) Es volen transmetre 3 senyals FSK-4, cadascun amb una amplada de banda de 100 MHz i una freqüència portadora  $f_{p1}$ ,  $f_{p2}$  i  $f_{p3}$ , respectivament, a través d'un cable amb una amplada de banda de 500 a 800 MHz, fent servir la "divisió en freqüència". Quina és CERTA?
- Si  $f_{p1} = 550$  MHz,  $f_{p2} = 600$  MHz, i  $f_{p3} = 650$  MHz, la transmissió és possible.
  - Si  $f_{p1} = 700$  MHz,  $f_{p2} = 800$  MHz, i  $f_{p3} = 900$  MHz, la transmissió és possible.
  - No hi ha cap combinació de valors de  $f_{p1}$ ,  $f_{p2}$  i  $f_{p3}$ , per fer possible la transmissió.
  - ☒ Si  $f_{p1} = 550$  MHz,  $f_{p2} = 650$  MHz, i  $f_{p3} = 750$  MHz, la transmissió és possible.

### 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 *go-back-N* 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.

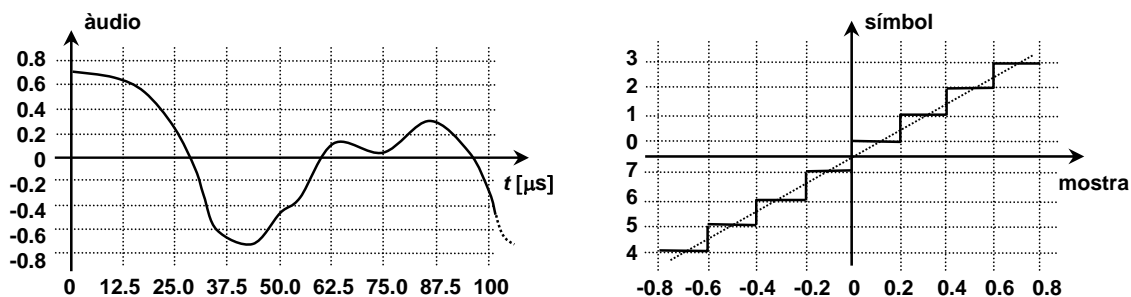
Els números de seqüència no estan limitats i els missatges es numeren consecutivament (0,1,2, etc.). No hi ha confirmacions negatives. S'envia una confirmació positiva sempre que es rep correctament un missatge I. En un moment determinat una entitat de protocol A estableix la connexió amb una altra entitat B per enviar-li un fitxer, i després allibera la connexió. El fitxer es fragmenta en 9 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.- Un senyal ASK-2 transporta àudio d'una amplada de banda de 0 a 20 kHz (veieu la figura de l'esquerra) a través d'un enllaç que té una amplada de banda de 500 a 1500 kHz, una longitud de 60 km, una atenuació d'1 dB/km i una temperatura de soroll de 1000 K. Per digitalitzar l'àudio es mostreja a la freqüència de *Nyquist* des de l'instant 0, i es quantifica amb 8 nivells (veieu la figura de la dreta, on la línia discontinua indica les mostres amb error de quantificació 0).

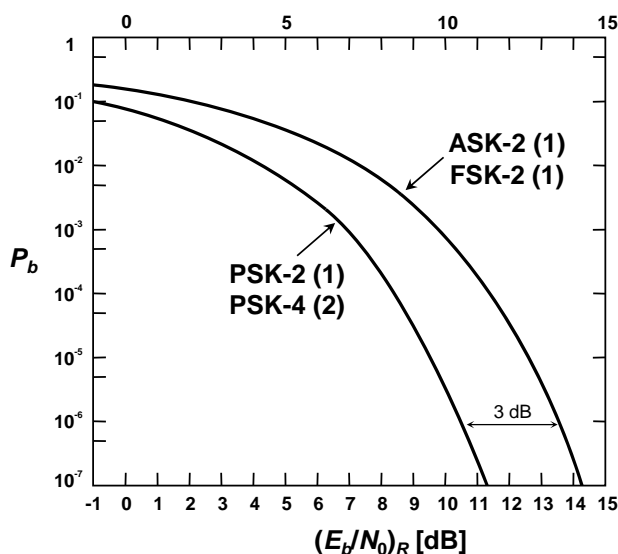


Es demana el següent:

- Dibuixeu el diagrama de blocs del transmissor-línia-receptor.
- Dibuixeu el missatge de vídeo  $m_F(t)$  i el seu espectre (indiqueu l'amplada de banda  $B_m$ , la posició, etc.).
- Trobeu els 4 primers valors del missatge de vídeo digitalitzat, juntament amb el valor aproximat de l'error de quantificació per a cada símbol. Calculeu la velocitat de transmissió  $r_b$ .
- Escolliu una freqüència portadora  $f_p$  per al senyal transmès  $s_T(t)$  ASK-2, dibuixeu el seu espectre  $S_T(f)$  (indiqueu l'amplada de banda  $B_T$ , la posició, etc.), i dibuixeu el senyal  $s_T(t)$  durant el temps que correspon als símbols digitals de l'apartat c (indiqueu el temps entre símbols  $T_s$ , la velocitat de senyalització  $r_s$ , etc.).
- A partir de l'apartat a, trobeu l'expressió de la relació de senyal a soroll rebuda  $(S/N)_R$ .
- Calculeu la probabilitat d'error de bits  $P_b$  si la potència de senyal injectada a la línia és  $-45.3$  dBm.

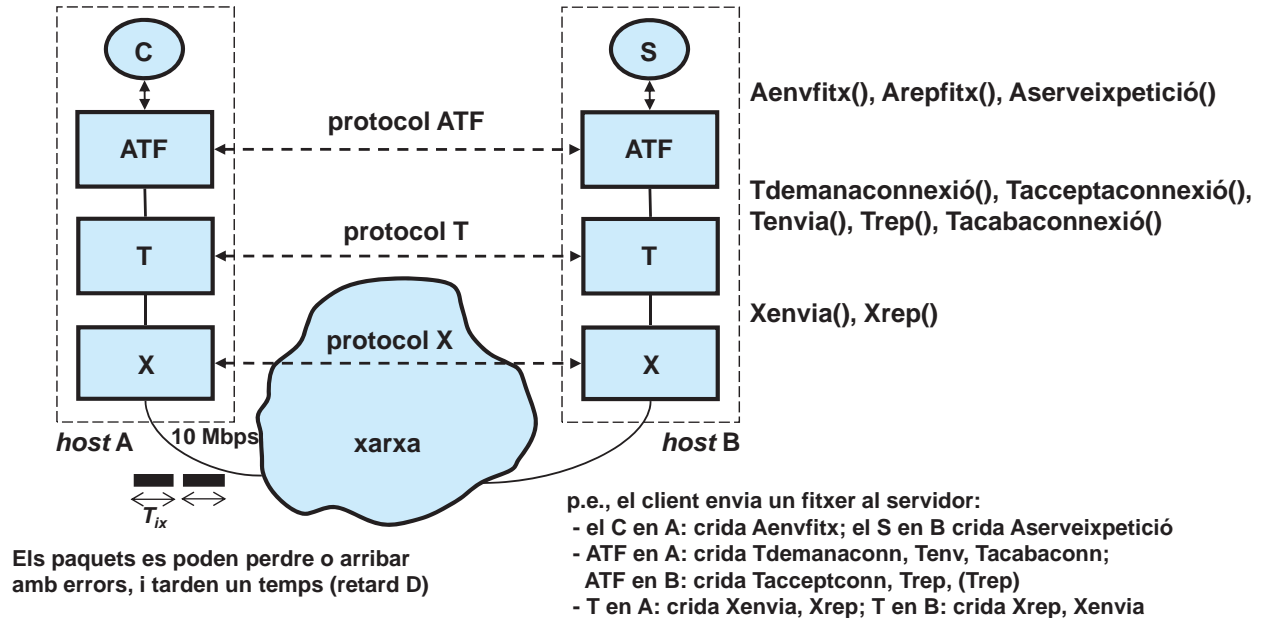
NOTA:

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



## Exercici 1 (i)

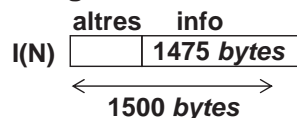
- Es tracta d'una aplicació de transferència de fitxers, amb arquitectura (~ TCP/IP):
  - Aplicació de Transferència de Fitxers (ATF): transfereix fitxers (C-S o P2P)
  - Transport (T): permet que múltiples processos d'aplicació s'enviïn i rebin missatges d'informació; a més, aquí és orientada a la connexió 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 9 missatges-I idèntics:

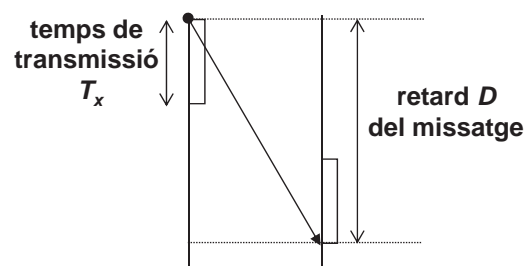


longitud del fitxer:  $1475 \cdot 9 = 13275$  bytes

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 =  $T_{ix}$  ( $\approx 1.2$  ms)

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

Comença la transmissió continua

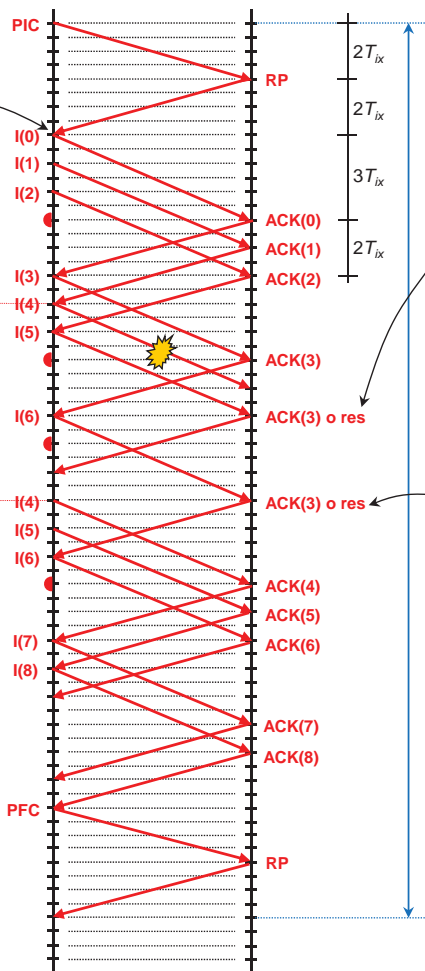
Cap d'aquests timeouts expira

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 "GBN-4 en transmissió": ho reinicia tot (finestra, para la resta de timeouts, etc.) i torna a començar des d' $I(4)$

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

$$v_{ef} = \frac{\text{bits del fitxer}}{\text{temps total}} = \frac{9 \cdot 1475 \cdot 8}{38.4 \text{ ms}} = 2.765 \text{ Mbps}$$



Go-Back-N  
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  $I(5)$

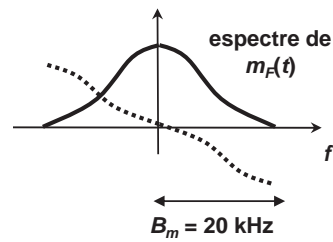
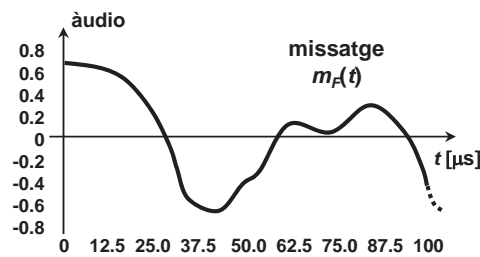
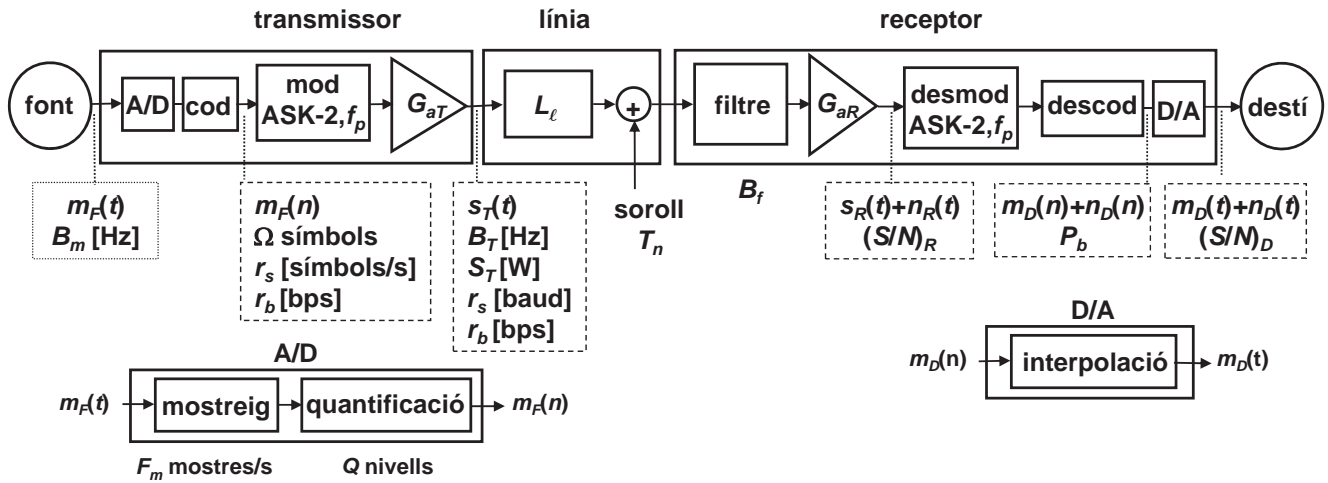
En resum, en els dos casos, **espera  $I(4)$  i rep bé  $I(5)$** . Llavors comença "GBN-4 en recepció": no hi ha NAKs, envia un ACK(3) duplicat (els ACK són "acumulatius") o bé no envia res, i descarta  $I(5)$  que s'ha rebut bé... Farà això fins que rebí bé  $I(4)$

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

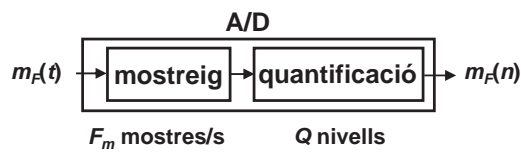
Missatges  $I(N)$  rebuts:  
0, 1, 2, 3, ERR/res, 5, 6, 4, 5, 6, 7, 8

temps total =  $32 \cdot T_{ix} = 38.4$  ms

## Exercici 2 (i)



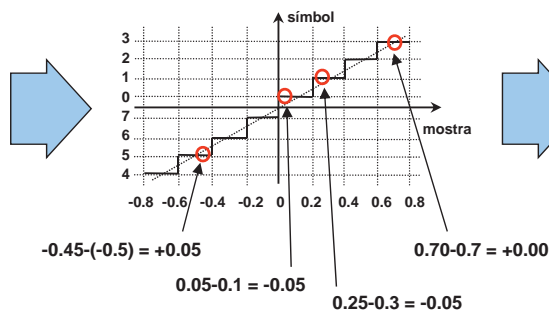
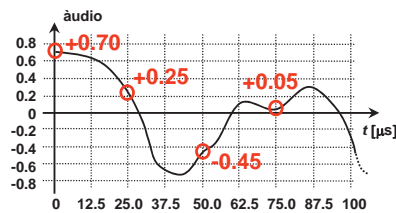
## Exercici 2 (ii)



$$F_m = 2B_m = 40 \text{ kmostres/s} \Rightarrow T_m = 1/(4 \cdot 10^4) = 25 \mu s$$

$$Q = 8, \log_2 8 = 3 \text{ bits/nivell}$$

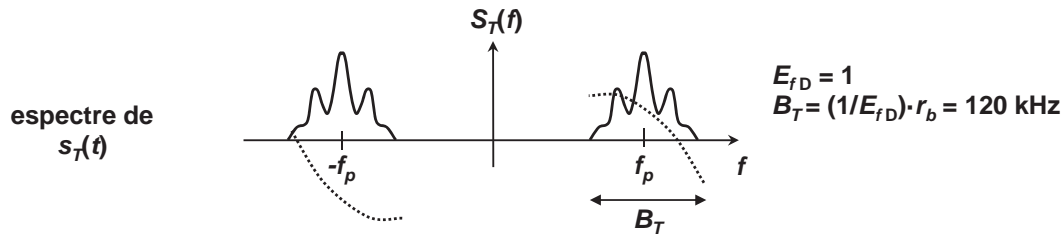
$$r_b = 40 \text{ kmostres/s} \cdot 3 \text{ bits/mostra} = 120 \text{ kbps}$$



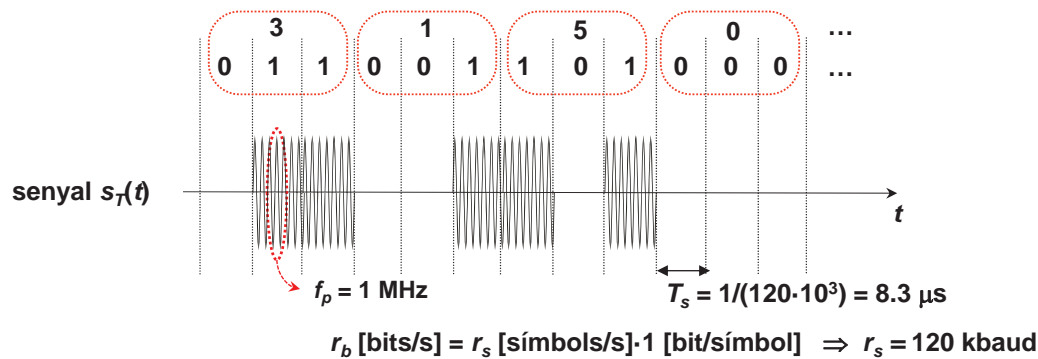
3, 1, 5, 0 ...

## Exercici 2 (iii)

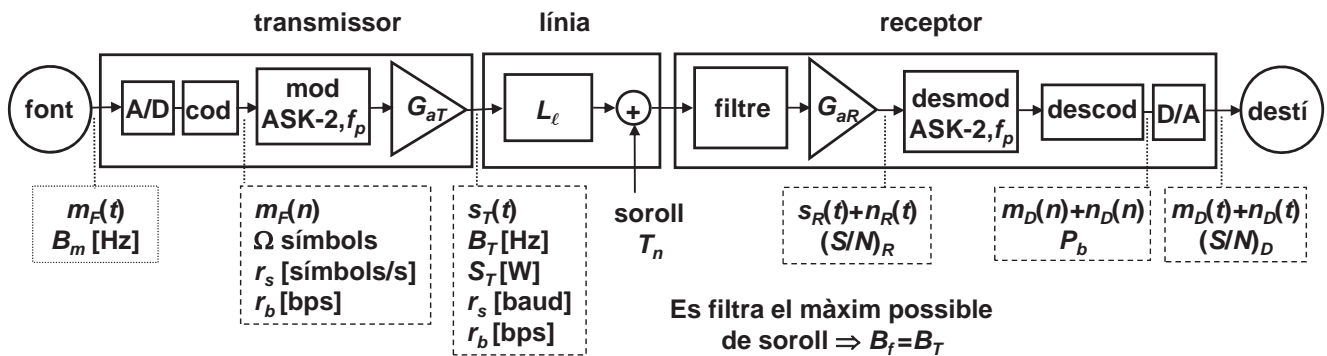
Un senyal ASK-2 (*Amplitude Shift Keying*) és un senyal digital passa-banda que es forma modulant en amplitud una cosinusoide de freqüència  $f_p$



L'espectre del senyal ha d'estar dins el de la línia, entre 500 i 1500 kHz; p.e., si escollim  $f_p = 1000 \text{ kHz}$ , l'espectre es troba entre 1000-60 i 1000+60 kHz



## Exercici 2 (iv)



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

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

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



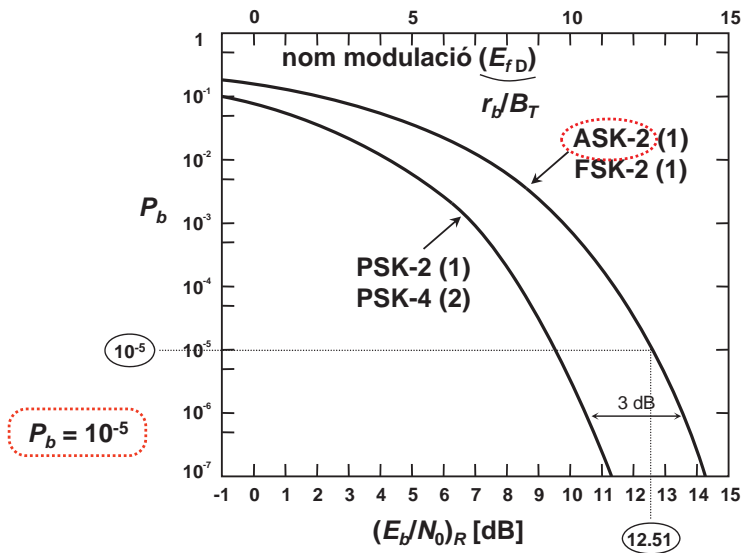
## Exercici 2 (v)

$$S_T [\text{dBm}] = -45.3 \text{ dBm} \Rightarrow S_T [\text{mW}] = 10^{-45.3/10} \text{ mW} = 10^{-4.53} 10^{-3} \text{ W} = 2.95 \cdot 10^{-8} \text{ W}$$

$$S_T [\text{dBW}] = 10 \log_{10}(2.95 \cdot 10^{-8}) = -75.3 \text{ dBW}$$

$$L_\ell = 1 \text{ dB/km} \cdot 60 \text{ km} = 60 \text{ dB}$$

$$(S/N)_R [\text{dB}] = S_T [\text{dBW}] - 10 \log_{10} \underbrace{KT_n B_T}_{1.38 \cdot 10^{-23} \cdot 10^3 \cdot 12 \cdot 10^4} - L_\ell [\text{dB}] = -75.3 - (-147.81) - 60 = 12.51 \text{ dB} \quad (17.82)$$



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

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