

---

# Reti di Telecomunicazione

Prof. Stefano Bregni

III Appello d'Esame 2022-23 – 20 giugno 2023

Cognome e nome:

(stampatello)  
(firma leggibile)

Matricola:

**NB: In ogni esercizio, ogni risposta non giustificata adeguatamente, anche con pochissime parole, avrà valore nullo.**

## Domanda 1

(svolgere sul diagramma allegato) (6 punti)

In una connessione TCP è trasferito un file lungo 562 kbyte a partire dal tempo  $t = 0$ . Si assuma che:

- TCP Maximum Segment Size (MSS) = 2 kbyte;
- Round Trip Time (RTT) = 500 ms, costante durante tutto il trasferimento;
- valore base TIMEOUT =  $2 \cdot \text{RTT}$ ; nel caso di TIMEOUT scaduti consecutivamente, secondo Karn TIMEOUT =  $4 \cdot \text{RTT}$  dopo 1 pacchetto non riscontrato, TIMEOUT =  $8 \cdot \text{RTT}$  dopo 2 pacchetti consecutivi non riscontrati, TIMEOUT =  $16 \cdot \text{RTT}$  dopo 3 o più pacchetti consecutivi non riscontrati;
- Ssthresh( $t = 0$ ) = 24 kbyte;
- RCVWND( $t = 0$ ) = 32 kbyte; in seguito, il trasmettitore riceve dall'altro host la seguente dichiarazione:
  - RCVWND( $t = 1.50$  s) = 8 kbyte;
  - RCVWND( $t = 3.50$  s) = 14 kbyte;
  - RCVWND( $t = 5.50$  s) = 64 kbyte;
- CWND( $t = 0$ ) = 1 MSS;
- il trasferimento dei pacchetti in rete avviene senza errori o perdite; la capacità di trasmissione è abbastanza grande da rendere il tempo di trasmissione dei pacchetti trascurabile rispetto a RTT;
- il ricevitore riscontra immediatamente i segmenti ricevuti;
- la rete va fuori servizio negli intervalli di tempo aperti  $t = (10.00 \text{ s}, 10.50 \text{ s})$ ,  $t = (14.00 \text{ s}, 14.50 \text{ s})$ ,  $t = (16.00 \text{ s}, 22.50 \text{ s})$ ;
- vengono trasmessi segmenti di lunghezza MSS; se SNDWND non è multiplo intero di MSS, si arrotondi il numero di segmenti trasmessi all'intero più vicino;
- la procedura di *congestion avoidance* abbia luogo per  $\text{CWND} \geq \text{Ssthresh}$ .

Si tracci sul foglio allegato l'andamento nel tempo di CWND e SNDWND usando la notazione specificata in legenda. Si determinino in particolare:

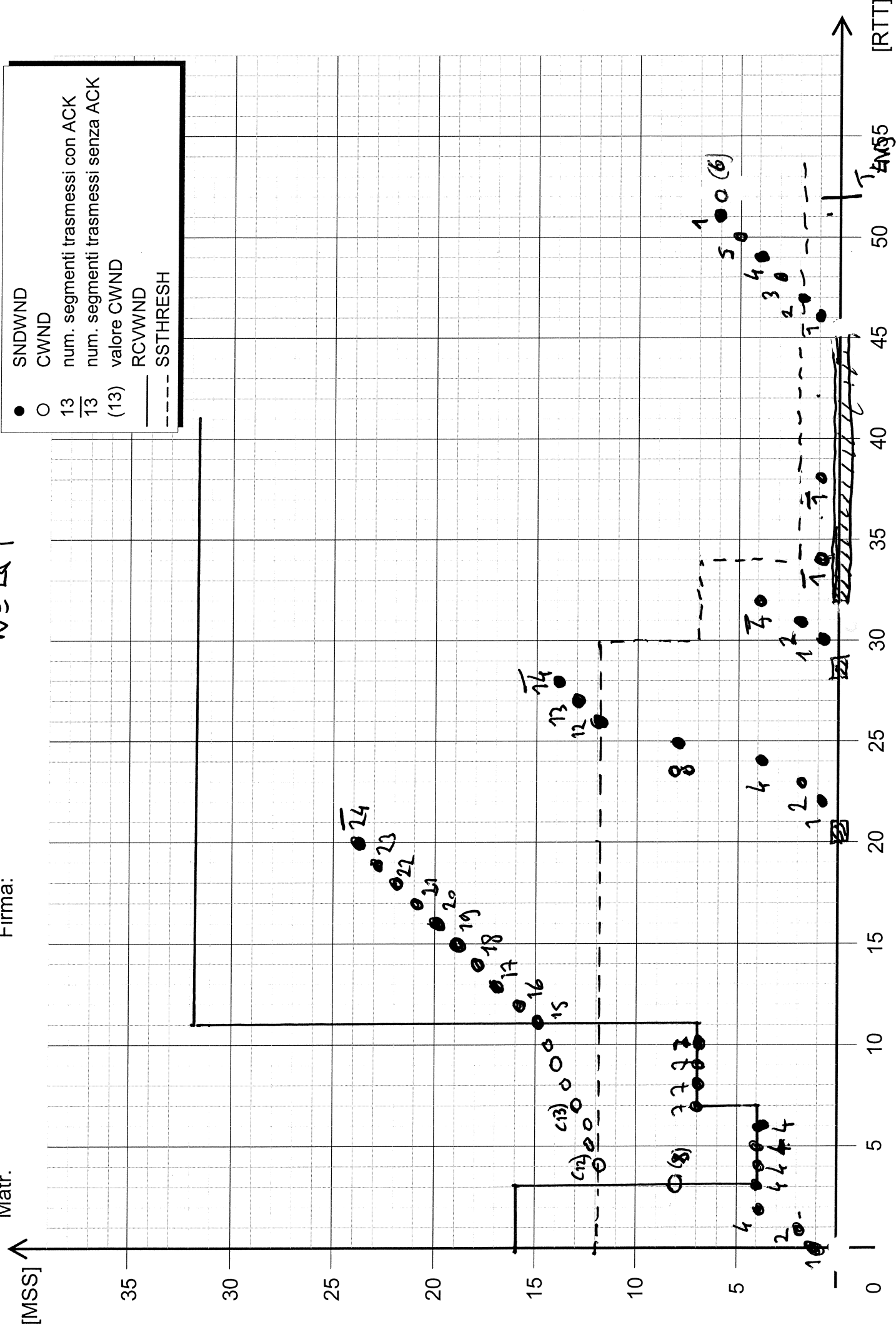
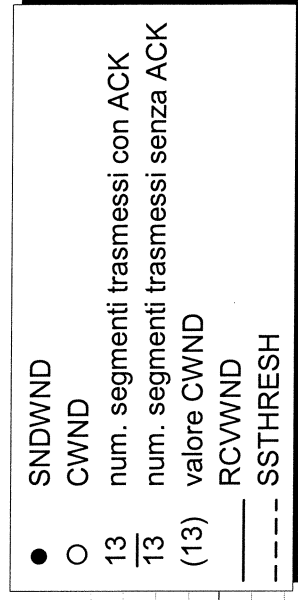
- il tempo totale di trasferimento del file  $T_{\text{END}}$  [s] (dall'inizio della trasmissione del primo pacchetto alla ricezione dell'ultimo ACK);
- i valori di CWND quando diversi da SNDWND (anche per  $t = T_{\text{END}}$ );
- il numero di segmenti trasmessi ad ogni intervallo, specificando se ne vengono ricevuti gli ACK o no;
- i valori assunti da Ssthresh durante il trasferimento.

Cognome e nome:

Matr.

Firma:

$N = 201$



Domanda 2

(svolgere su questo foglio nello spazio assegnato) (4 punti)

In un sistema di indirizzamento IP, ci è stato assegnato il blocco di indirizzi 50.128.0.0/13.

Si partizioni il blocco in  $N=4$  sottoreti  $/n$ .

Si partizioni la sottorete #0  $/n$  in  $M=32$  (sotto)<sup>2</sup>reti  $/m$ . Si partizioni la sottorete #1  $/n$  in  $P=128$  (sotto)<sup>2</sup>reti  $/p$ .

Si partizioni la (sotto)<sup>2</sup>rete #1-128  $/p$  in  $Q=64$  (sotto)<sup>3</sup>reti  $/q$ .

a) Quanto valgono le lunghezze dei prefissi  $/n$ ,  $/m$ ,  $/p$ ,  $/q$ ?

$$/n = /15 \quad /m = /20 \quad /p = /22 \quad /q = /28$$

~~7~~ #1-128  
 $/q = (\text{sotto})^3 \text{reti di } \#1 \times /p$

b) Si scriva in formato decimale l'indirizzo *broadcast* della (sotto)<sup>2</sup>rete #1-32  $/p$ .

(1 punto)

50.10000|01|0.100000|11.1111111

50.130.131.255

c) Si scriva in formato decimale l'indirizzo dell'*host* #256 della sottorete #3  $/n$ .

(1 punto)

50.1000|11|0.000000001.00000000

50.134.1.0

d) All'indirizzo 50.129.20 corrisponde l'host # 512 della (sotto)<sup>2</sup> rete # 0 - 16 - 20 (1 punto)

50.10000|001.0000010.00000000

e) All'indirizzo 50.130.1.1 corrisponde l'host # 257 della (sotto)<sup>2</sup> rete # 1 - 0 - 22 (1 punto)

50.10000|1|0.000000|01.00000001

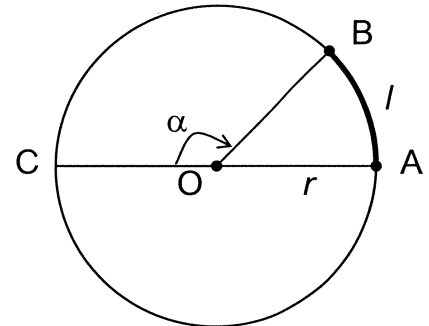
Note:

- tutti gli indirizzi richiesti vanno indicati in formato decimale (scrivere gli indirizzi anche in formato binario è consigliabile per evitare errori);
- tutti gli indirizzi di rete vanno espressi specificando la lunghezza del relativo prefisso  $/x$ ;
- tutte le sottoreti sono numerate a partire da #0;
- in tutti gli indirizzi di rete in formato binario sottolineare una volta il prefisso di rete; sottolineare due volte l'estensione del prefisso di rete che con esso forma il prefisso di sottorete (es.: 11111111.11111111.00000000.00000000); alternativamente, specialmente nel caso di partizionamenti successivi VLSM, si suggerisce di separare le estensioni con una barra " | ".

## Domanda 3

(svolgere su questo foglio nello spazio assegnato) (6 punti)

Un sensore B e una base A sono disposti sulla costa di un lago circolare di diametro 20 km. Il sensore B trasmette dati alla base A attraverso una fibra ottica stesa lungo la costa, che fornisce un canale libero da errori eccetto quando diversamente indicato di capacità  $C = 1$  Gbit/s. A e B si trovano quindi su una circonferenza di centro O e raggio  $r$ , come rappresentato in figura. Sia  $\alpha$  l'angolo formato da OC e OB ( $0 \leq \alpha \leq 180^\circ$ ). L'arco AB ha lunghezza  $l$ .



Il protocollo di livello 2, che controlla la trasmissione delle trame su questo collegamento, sia così caratterizzato:

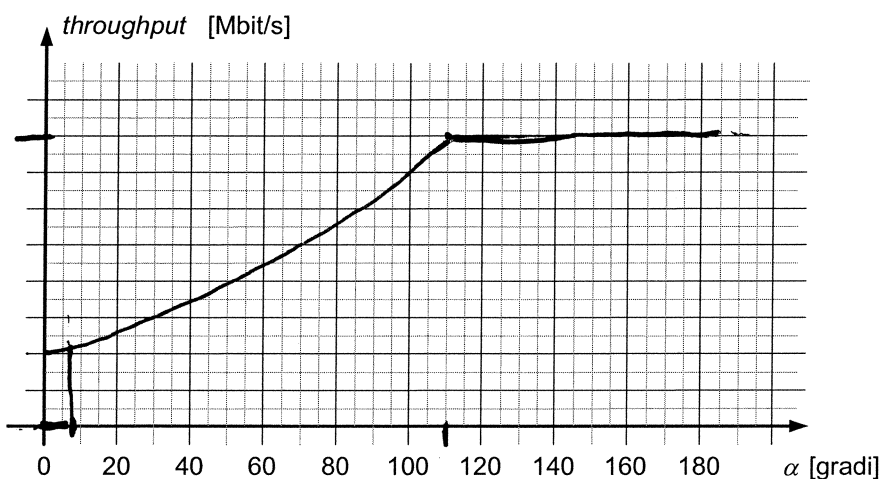
- pacchetti dati di dimensione fissa  $L_D$ , consistenti in 1000 byte di carico utile e 100 byte di overhead;
- pacchetti di riscontro (ACK) di dimensione fissa  $L_A = 100$  byte;
- tempo di elaborazione pacchetto dati da parte della stazione ricevente (tempo che intercorre tra la ricezione di un pacchetto dati e la trasmissione dell'ACK) trascurabile;
- tempo di elaborazione pacchetto ACK da parte della stazione ricevente (tempo che intercorre tra la ricezione di un pacchetto ACK e la trasmissione del pacchetto dati successivo) trascurabile.

Il protocollo sia di tipo *go-back-N*, con soli riscontri positivi (ACK), con dimensione della finestra di trasmissione pari a  $W = 15$  pacchetti dati e Timeout di ritrasmissione  $TO = 300 \mu s$  (il trasmettitore interpreta come NACK lo scadere del  $TO$  senza che sia ricevuto l'ACK; se il  $TO$  scade durante la trasmissione di un pacchetto, la trasmissione viene interrotta per ritrasmettere il pacchetto perso).

Si calcoli la velocità effettiva di trasferimento dei dati al variare della posizione del sensore B, per  $0 \leq \alpha \leq 180^\circ$ , e se ne tracci l'andamento nel grafico sottostante. Calcolare il valore limite di  $\alpha$  per cui la trasmissione diventa discontinua (se ciò avviene).

Throughput ( $\alpha = 0$ ) =  $\frac{407,71 \text{ Mbit/s}}{0 \text{ (TO=300}\mu\text{s)}}$  Throughput ( $\alpha = 180^\circ$ ) =  $1 \text{ Gbit/s}$

Trasmissione continua per  $\alpha < 109,87^\circ$  oppure  $\alpha > 109,87^\circ$



$T_D = 0,8 \mu s$   
 $T_A = 0,8 \mu s$   
 $l = (\pi - \alpha)r \quad z = l/r$

TX cont. e  $2z + T_A \leq 14 T_D$   
 $\Rightarrow z \leq 61,2 \mu s$   
 $l \leq 12,24 \text{ km}$   
 $\alpha \geq 109,87^\circ$

TO mff. e  $TO \geq 2z + T_A$   
 $\Rightarrow z \leq 149,6 \mu s$   
 $l \leq 29,92 \text{ km}$   
 $\alpha \leq 8,6^\circ$

THR( $\alpha = 0$ ) =  $\frac{15 L_D}{2z + T_A + T_D} = 407,71 \text{ Mbit/s}$   
 $z(\alpha = 0) = 157,08 \mu s \quad (\text{e TO mff})$



Cognome e nome:

(stampatello)

(firma leggibile)

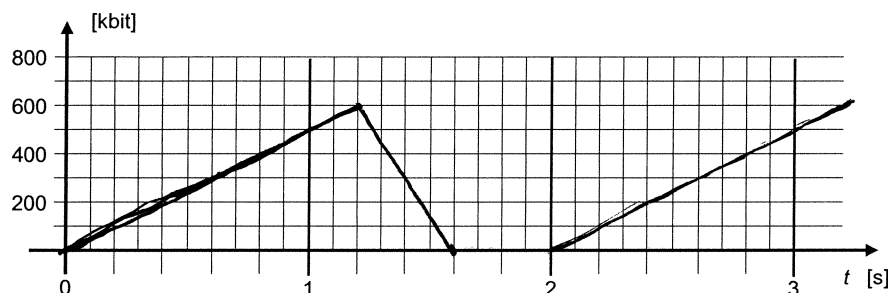
Matricola:

## Domanda 4

(rispondere su questo foglio negli spazi assegnati) (20 punti)

(NB: ogni risposta non giustificata adeguatamente, anche con pochissime parole, avrà valore nullo).

- 1) Una sorgente trasmette pacchetti a un moltiplicatore statistico con buffer di capacità  $B = 100$  kbyte. La sorgente trasmette pacchetti di lunghezza  $L = 300$  kbyte al ritmo di 1 pacchetto ogni 2 secondi con velocità di picco  $S = 2$  Mbit/s. La linea d'uscita ha capacità  $C = 1.5$  Mbit/s. Il buffer è inizialmente vuoto. La sorgente si attiva a partire da  $t = 0$  s. Disegnare l'andamento del numero di bit nel buffer  $N(t)$  nell'intervallo in figura. Quanti bit vanno persi nei primi 3 secondi? (3 punti)



0 bit persi

- 2)  $N$  sorgenti casuali, con frequenza di picco  $A$  e frequenza media  $B$ , trasmettono pacchetti di durata casuale avente media  $T$ . I pacchetti sono trasmessi a un moltiplicatore statistico con buffer infinito e linea di uscita di capacità  $C = 150$  Mbit/s. (3 punti)
- Quanto vale il coefficiente di utilizzo della linea  $\eta$  se  $N = 30$ ,  $A = 200$  Mbit/s,  $B = 3$  Mbit/s, e  $T = 250$   $\mu$ s?
  - Qual è la lunghezza media dei pacchetti [bit] se  $N = 10$ ,  $A = 200$  Mbit/s,  $B = 1$  Mbit/s, e  $T = 2$  ms?
  - Qual è il tempo medio di silenzio tra un pacchetto e l'altro se  $N = 300$ ,  $A = 10$  Mbit/s,  $\eta = 0.2$ , e  $T = 100$   $\mu$ s?

a)  $\eta = 0.60$     b) 400 Kbit

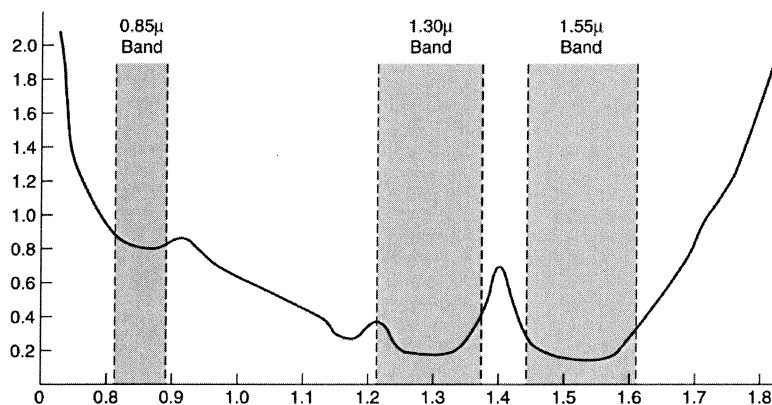
c)  $NA \frac{T}{T + T_{OFF}} = \eta C \rightarrow T_{OFF} = 9.9 \text{ ms}$

- 3) *The Lamb Lies Down on Broadway*, avente durata  $T = 4'49''$ , è convertito in forma digitale PCM non compressa, realizzata con  $Q$  livelli di quantizzazione e frequenza di campionamento standard CD  $f_c = 44.1$  kHz, producendo un file di lunghezza  $L$ . Con quanti livelli di quantizzazione dovrebbe essere effettuata la codifica PCM, se si desidera limitare la lunghezza del file risultante a non più di 18 Mbyte? ( $M = 1024^2 \times$ ) (2 punti)

$N_b \cdot T \cdot f_c \leq 18 \text{ Mbyte}$

$\rightarrow N_b \leq 11 \text{ bit/campione} \rightarrow Q \leq 2048 \text{ livelli}$

- 4) Spiegare il significato della figura sottostante. Quali sono le grandezze sui due assi? Quali sono le loro dimensioni? Cosa sono le "finestre"? (3 punti)



- 5) Spiegare in cosa consiste la *quantizzazione dell'ampiezza* nel processo di conversione analogico/digitale di un segnale. In che modo influenza la qualità del segnale analogico riprodotto a valle del decodificatore e la frequenza di cifra del segnale digitale codificato? (3 punti)

**Cognome e nome:**

(stampatello)  
(firma leggibile)

**Matricola:**

---

- 6) E' sempre necessario prevedere un *Time Out* nei protocolli di tipo *Selective Repeat* e *Go-Back-N*, anche se sono previsti NACK? Per ovviare a quale possibile incidente? Fare un esempio. (3 punti)

- 
- 7) A cosa serve il programma TRACEROUTE? Descrivere sinteticamente il suo meccanismo di funzionamento. (3 punti)