

---

# Reti di Telecomunicazione

Prof. Stefano Bregni

I Appello d'Esame 2023-24 – 22 gennaio 2024

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)

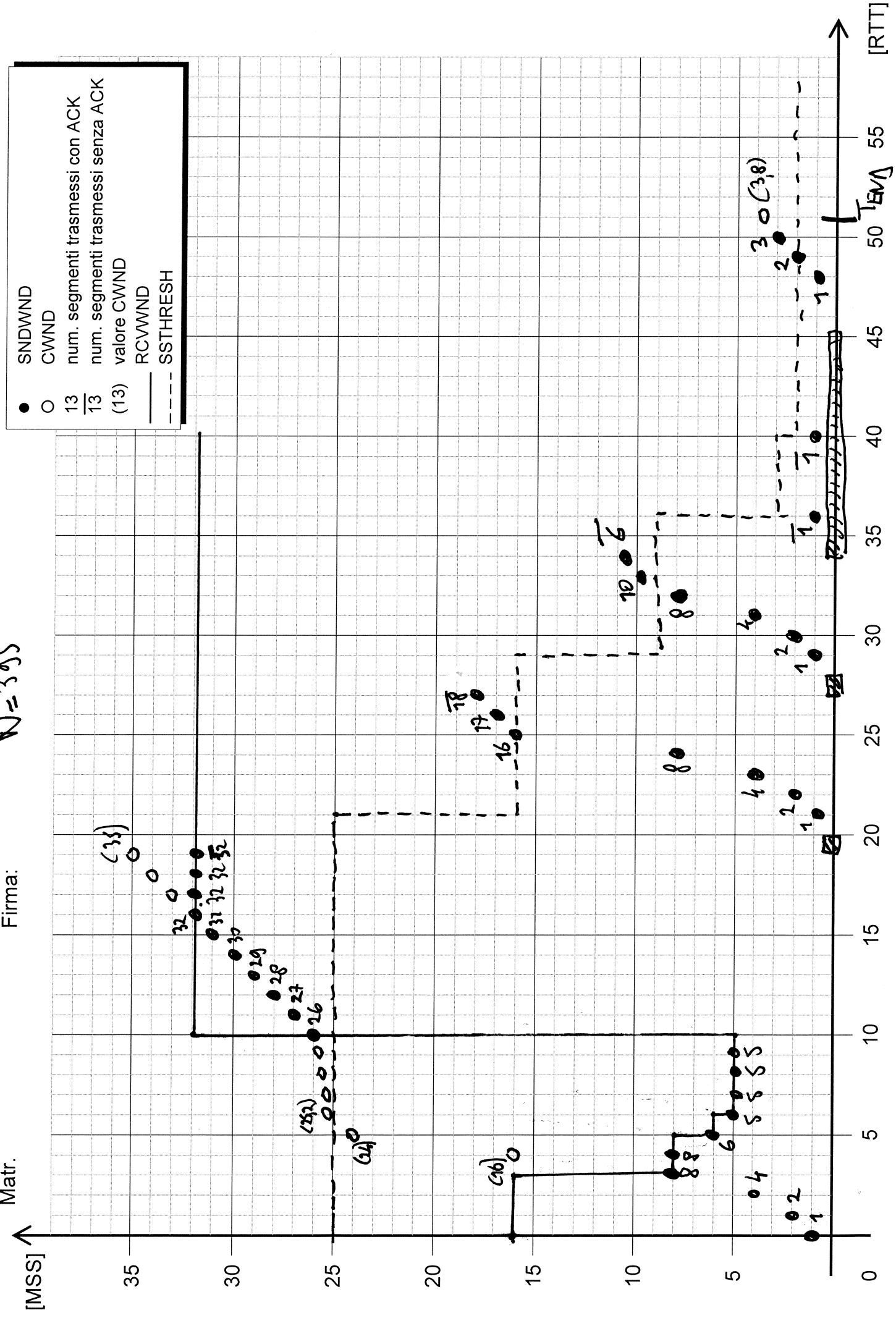
In una connessione TCP è trasferito un file lungo 1580 kbyte a partire dal tempo  $t = 0$ . Si assuma che:

- TCP Maximum Segment Size (MSS) = 4 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( $t = 0$ ) = 100 kbyte;
- RCVWND( $t = 0$ ) = 64 kbyte; in seguito, il trasmettitore riceve dall'altro host la seguente dichiarazione:
  - RCVWND( $t = 1.50$  s) = 32 kbyte;
  - RCVWND( $t = 2.50$  s) = 24 kbyte;
  - RCVWND( $t = 3.00$  s) = 20 kbyte;
  - RCVWND( $t = 5.00$  s) = 128 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  $t = (9.50 \text{ s}, 10.00 \text{ s})$ ,  $t = (13.50 \text{ s}, 14.00 \text{ s})$ ,  $t = (17.00 \text{ s}, 23.00 \text{ s})$ ;
- 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.

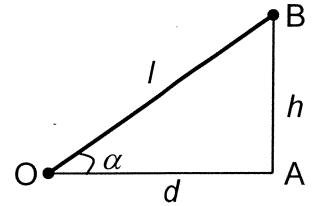
Matr.

$$N = 395$$


**Domanda 2**

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

Un aereo B al decollo si stacca dal suolo nel punto O e si innalza secondo una traiettoria rettilinea ad angolo  $\alpha = 10^\circ$  rispetto all'orizzontale, come rappresentato in figura. Sia  $h$  l'altezza AB dell'aereo dal suolo,  $d$  la distanza sul terreno percorsa dall'aereo tra O e la verticale AB,  $l$  la distanza di volo tra l'aereo B e il punto O.



L'aereo B trasmette dati a una stazione base sita in O attraverso un sistema di trasmissione radio che fornisce un canale libero da errori, eccetto quando diversamente indicato, di capacità  $C = 12$  Mbit/s.

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 40 byte di carico utile e 20 byte di overhead;
- pacchetti di riscontro (ACK) di dimensione fissa  $L_A = 20$  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 *selective repeat*, con riscontri positivi e negativi (ACK e NACK), con dimensione delle finestre di trasmissione e ricezione pari a  $W = 5$  pacchetti dati e Time Out di ritrasmissione  $TO = 400 \mu s$  (il trasmettitore interpreta come NACK lo scadere del  $TO$  senza che sia ricevuto l'ACK).

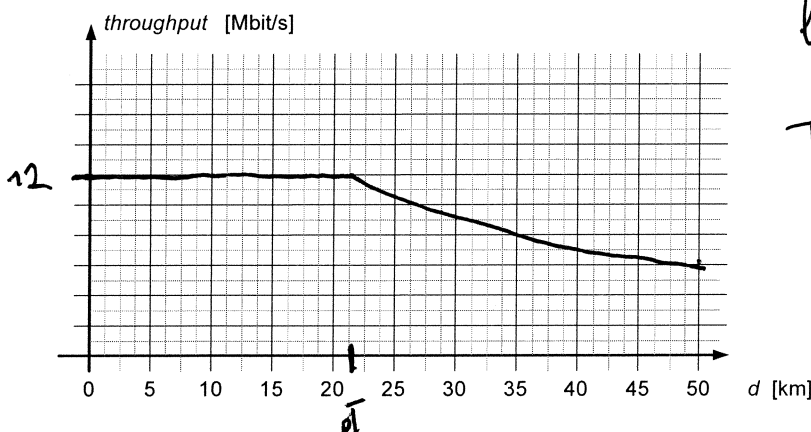
Si calcoli la velocità effettiva di trasferimento dei dati (incluso overhead) al variare della distanza  $d$  tra O e AB, per  $0 \text{ km} \leq d \leq 50 \text{ km}$ , e se ne tracci l'andamento nel grafico sottostante. Calcolare il valore limite di  $d$  per cui la trasmissione diventa discontinua (se ciò avviene) e il valore limite di  $d$  per cui il Time Out diventa insufficiente.

Throughput ( $d = 0 \text{ km}$ ) = 12 Mb/s

Throughput ( $d = 50 \text{ km}$ ) = 6.12 Mb/s

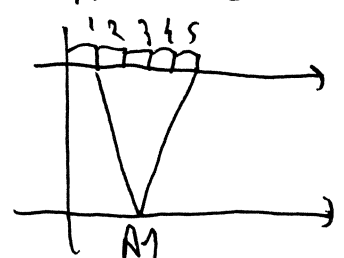
Trasmissione continua per  $d < \underline{21.66 \text{ km}}$  oppure  $d > \underline{\quad}$

Time Out =  $400 \mu s$  insufficiente per  $d < \underline{\quad}$  oppure  $d > \underline{57.9 \text{ km}}$



$T_A = 13.3 \mu s$   
 $T_D = 40 \mu s$   
 $l = d / \cos \alpha$     $\tau = l / c$

TX cont. e  $2\tau + T_A \leq 4T_D$



$$THR(d = 50 \text{ km}) = \frac{5L_D}{2\tau + T_A + T_D} = 6.12 \text{ Mb/s}$$

$\tau(d = 50 \text{ km}) = 169.2 \mu s$

$\Rightarrow \tau \leq 73.3 \mu s$

$l \leq 22 \text{ km}$

$d \leq 21.67 \text{ km} (\bar{d})$

TO insuff. e  $TO < 2\tau + T_A$

$\Rightarrow d \geq 57.9 \text{ km}$

---

**Reti di Telecomunicazione**

**Prof. Stefano Bregni**

**I Appello d'Esame 2023-24 – 22 gennaio 2024**

**Cognome e nome:**

*(stampatello)*

*(firma leggibile)*

**Matricola:**

---

Domanda 3

(svolgere su questo foglio nello spazio assegnato) (5 punti)

In un sistema di indirizzamento IP CIDR, ci è stato assegnato il blocco di indirizzi 60.16.0.0/12.

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

Si partizioni la sottorete #0  $/n$  in  $M=8$  (sotto)<sup>2</sup>reti  $/m$ . Si partizioni la sottorete #1  $/n$  in  $P=16$  (sotto)<sup>2</sup>reti  $/p$ .

Si partizioni la (sotto)<sup>2</sup>rete #1-8  $/p$  in  $Q=32$  (sotto)<sup>3</sup>reti  $/q$ .

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

$$/n = /14 \quad /m = /17 \quad /p = /18 \quad /q = /23$$

b) Si scriva in formato decimale l'indirizzo dell'host #512 della (sotto)<sup>2</sup>rete #0-4  $/m$ .

(1 punto)

60.0001|00|10.0|0000010.00000000

60.18.2.0

c) Si scriva in formato decimale l'indirizzo *broadcast* della (sotto)<sup>3</sup>rete #1-8-16  $/q$ .

(1 punto)

60.0001|01|10.0|100001.11111111

60.22.33.255

d) All'indirizzo 60.29.0.0 corrisponde l'host # <sup>65536</sup> della (sotto) <sup>1</sup> rete # 3 -      -      / 14

(1 punto)

60.0001|11|01.00000000.00000000

e) All'indirizzo 60.<sup>20</sup>255.255 corrisponde l'host # BC della (sotto) <sup>2</sup> rete # 1 - 3 -      / 18

(1 punto)

60.0001|01|00.11|11111111.11111111

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 4

(rispondere su questo foglio negli spazi assegnati) (19 punti)

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

- 1)  $N$  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  $C = 1$  Gbit/s. (3 punti)
- Quanto vale il coefficiente di utilizzo della linea  $\eta$  se  $N = 150$ ,  $A = 20$  Mbit/s,  $B = 2$  Mbit/s, e  $T = 250$   $\mu$ s?
  - Qual è la lunghezza media dei pacchetti [bit] se  $N = 250$ ,  $A = 5$  Mbit/s,  $\eta = 1\%$ , e  $T = 2$  ms?
  - Qual è il tempo medio di silenzio tra un pacchetto e l'altro se  $N = 250$ ,  $A = 20$  Mbit/s,  $\eta = 0.1$ , e  $T = 100$   $\mu$ s?

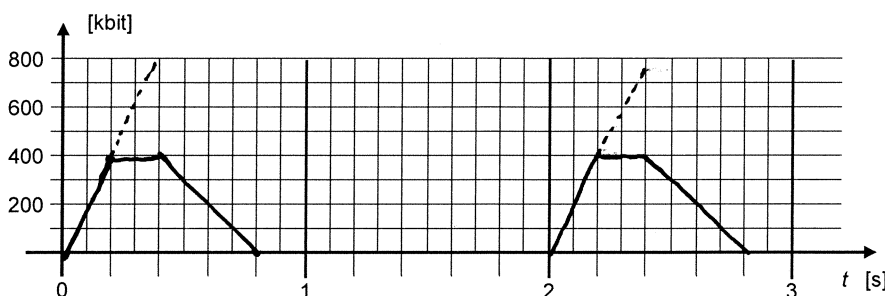
$$a) \eta = 0,30 \quad b) 10000 \text{ bit} \quad c) T_{OFF} = 4,9 \text{ ms}$$

- 2) Volete convertire il *Black Album* di Prince (due canali stereo, durata  $T = 44'43''$ ) 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 desiderasse limitare la lunghezza del file risultante a non più di 500 Mbyte? ( $M = 1024^2 \times$ ) (2 punti)

$$2 \cdot N_b \cdot T \cdot f_c \leq 500 \text{ Mbyte}$$

$$\Rightarrow N_b \leq 17 \text{ bit/campione} \Rightarrow Q \leq 131072 \text{ livelli}$$

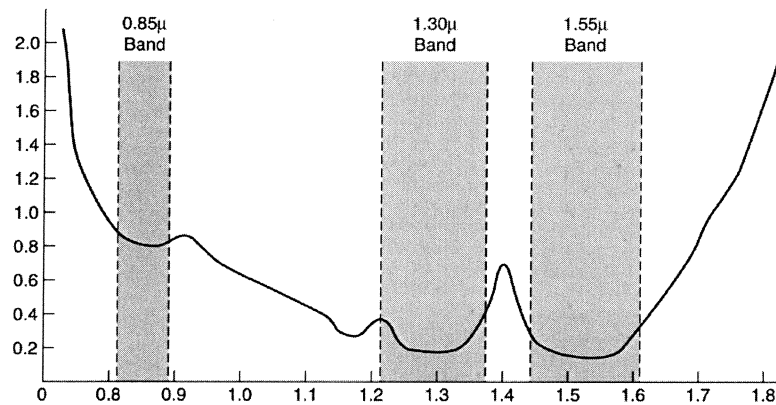
- 3) Una sorgente trasmette pacchetti a un moltiplicatore statistico con buffer di capacità  $B = 50$  kbyte. La sorgente trasmette pacchetti di lunghezza  $L = 150$  kbyte al ritmo di 1 pacchetto ogni 2 secondi con velocità di picco  $S = 3$  Mbit/s. La linea d'uscita ha capacità  $C = 1$  Mbit/s. Il 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 10 secondi? (3 punti)



Persi in 10 sec:  
 $5 \times 400 \text{ kbit} =$   
 $2000 \text{ kbit}$

$$T_D = 0,4 \text{ s} \quad \Delta f = 2 \text{ mb/s}$$

- 4) Spiegare il significato della figura sottostante. Quali sono le grandezze sui due assi? Quali sono le loro unità di misura? 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 a) la frequenza di cifra del segnale digitale codificato e b) la qualità del segnale analogico riprodotto a valle del decodificatore? (3 punti)

---

**Cognome e nome:**

(stampatello)  
(firma leggibile)

---

**Matricola:**

---

- 6) Fornire almeno una ragione per cui il *direct mapping* degli indirizzi MAC negli indirizzi IP è impossibile. Fornire almeno una ragione per cui, se anche questo fosse possibile, è meglio adottare il *dynamic binding*. (2 punti)

- 
- 7) Per quale motivo nelle Wireless LAN è necessario utilizzare ACK per confermare la corretta ricezione delle trame, contrariamente alle LAN su cavo basate su CSMA-CD? Nel CSMA-CD, in base a cosa la stazione assume che la trama trasmessa sia stata correttamente ricevuta oppure no? (3 punti)