
Reti di Telecomunicazione

Prof. Stefano Bregni

III Appello d'Esame 2025-26 – 19 giugno 2026

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 890 kbyte a partire dal tempo $t = 0$. Si assuma che:

- TCP Maximum Segment Size (MSS) = 2 kbyte;
- Round Trip Time (RTT) = 250 ms, costante durante tutto il trasferimento;
- valore base TIMEOUT = 2·RTT; nel caso di TIMEOUT scaduti consecutivamente, secondo Karn TIMEOUT = 4·RTT dopo 1 pacchetto non riscontrato, TIMEOUT = 8·RTT dopo 2 pacchetti consecutivi non riscontrati, TIMEOUT = 16·RTT dopo 3 o più pacchetti consecutivi non riscontrati;
- Ssthresh($t = 0$) = 48 kbyte;
- RcvWnd($t = 0$) = 8 kbyte; in seguito, il trasmettitore riceve dall'altro host la seguente dichiarazione:
 - RcvWnd($t = 3.25$ s) = 52 kbyte;
 - RcvWnd($t = 4.00$ s) = 66 kbyte;
 - RcvWnd($t = 6.50$ s) = 18 kbyte;
 - RcvWnd($t = 8.00$ s) = 70 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 $t = (4.50 \text{ s}, 4.75 \text{ s})$, $t = (9.50 \text{ s}, 9.75 \text{ s})$, $t = (11.25 \text{ s}, 14.00 \text{ s})$;
- 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:

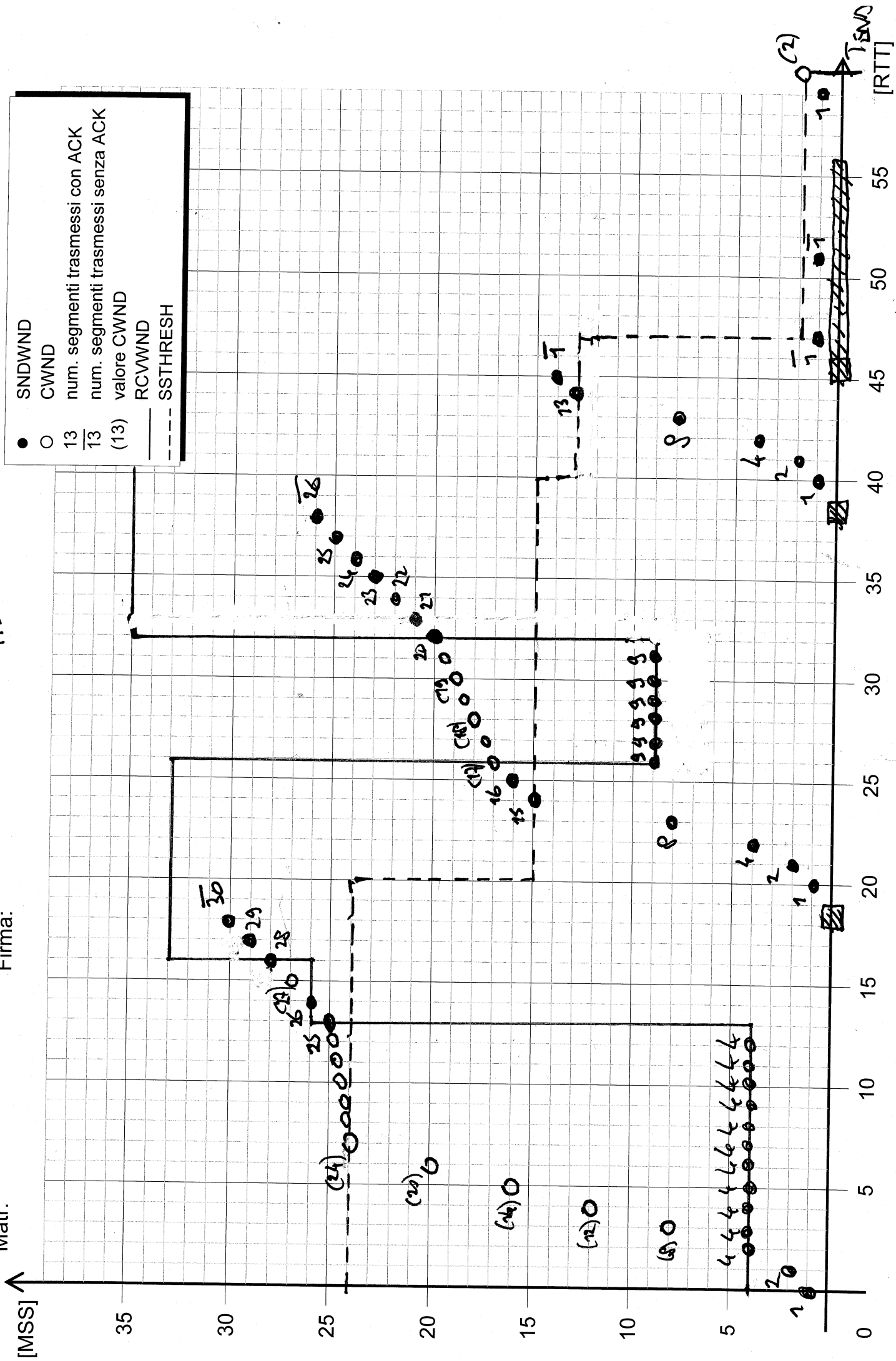
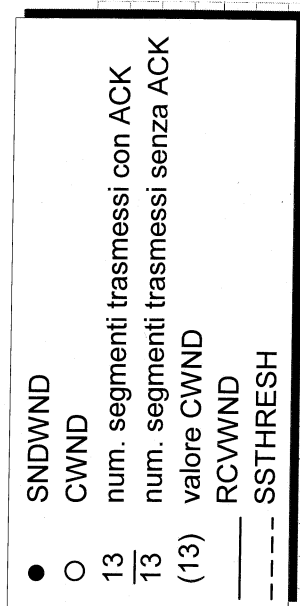
- il tempo totale di trasferimento del file T_{END} [s] (dall'inizio della trasmissione del primo pacchetto alla ricezione dell'ultimo ACK);
- i valori di CWND quando diversi da SNDWND (anche per $t = T_{\text{END}}$);
- il numero di segmenti trasmessi ad ogni intervallo, specificando se ne vengono ricevuti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

Cognome e nome:

Matr.

Firma:

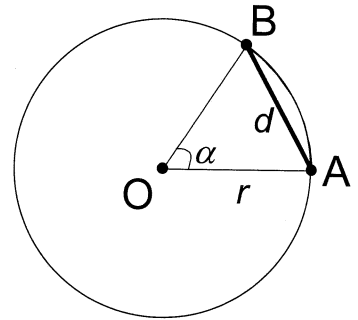
$N = 445$



Domanda 2

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

Due satelliti A e B sono sulla stessa orbita circolare di raggio $r = 35786$ km intorno alla Terra (GEO). B trasmette dati ad A, attraverso un sistema di trasmissione radio diretto lungo il segmento AB che fornisce un canale libero da errori, eccetto quando diversamente indicato, di capacità $C = 1$ Mbit/s. A e B si trovano quindi su una circonferenza di centro O e raggio r , come rappresentato in figura, dove α è l'angolo formato da OB e OA.



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 300 byte di carico utile e 150 byte di overhead;
- pacchetti di riscontro (ACK) di dimensione fissa $L_A = 150$ 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 $W = 8$ pacchetti dati e Timeout di ritrasmissione $TO = 200$ ms (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).

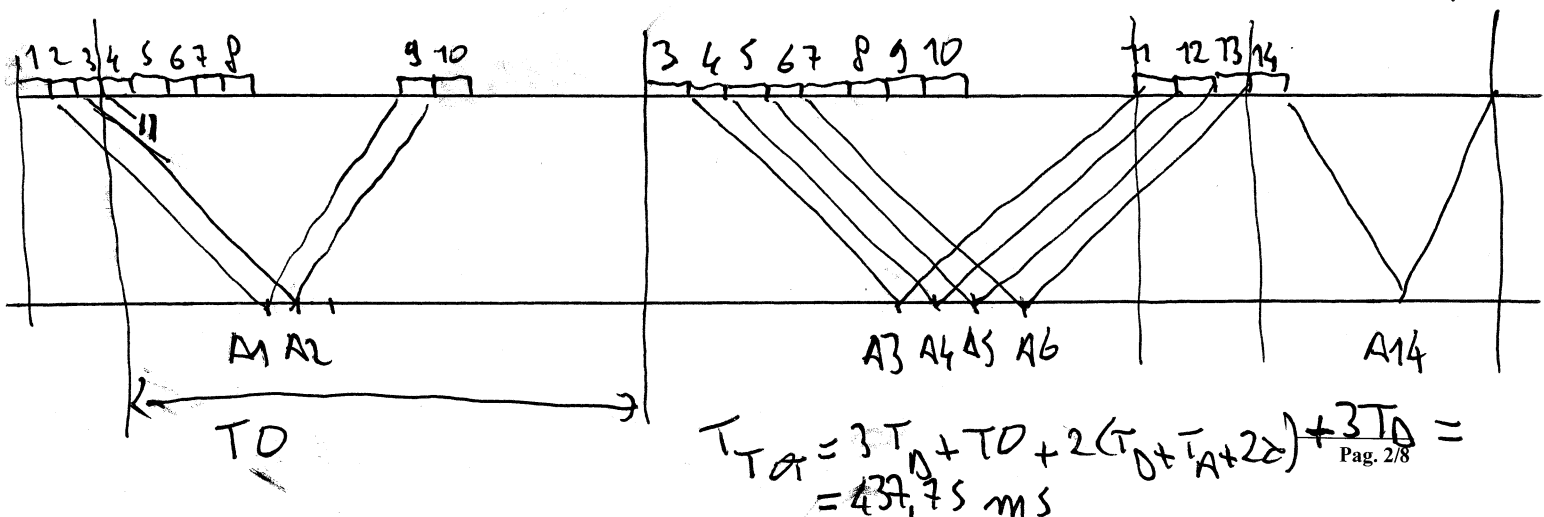
- Si calcoli il valore limite di α [gradi] per cui la trasmissione è continua e la velocità effettiva di trasferimento dei dati raggiunge C .
- Si calcoli il tempo di trasferimento da B ad A di un segmento di dati di lunghezza 4000 byte (dall'inizio della trasmissione del primo pacchetto dati al termine della ricezione dell'ultimo ACK), per $\alpha = 25^\circ$, nel caso in cui il 3° pacchetto trasmesso da B non venga ricevuto correttamente da A.

$$T_A = \frac{L_A}{C} = 1,2 \text{ ms} \quad T_D = \frac{L_D}{C} = 3,6 \text{ ms} \quad N = \left\lceil \frac{4000}{300} \right\rceil = 14 \text{ pacchetti}$$

$$d = 2r \sin \frac{\alpha}{2} \quad c = \frac{d}{C}$$

$$2) \text{ TX cont. ne } 2c + T_A \leq 7T_D \rightarrow d \leq 3600 \text{ km} \quad \alpha \leq 5,77^\circ$$

$$b) \alpha = 25^\circ \rightarrow d = 45483 \quad c = 51,6 \text{ ms} \quad 2c + T_A \approx 29 T_D \Rightarrow \text{TX disc.} \\ < TO \Rightarrow TO \text{ null.}$$



Reti di Telecomunicazione

Prof. Stefano Bregni

III Appello d'Esame 2025-26 – 19 giugno 2026

Cognome e nome:

(stampatello)

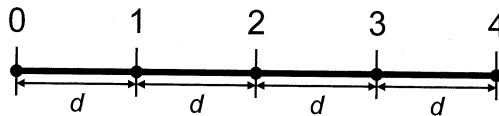
(firma leggibile)

Matricola:

Domanda 3

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

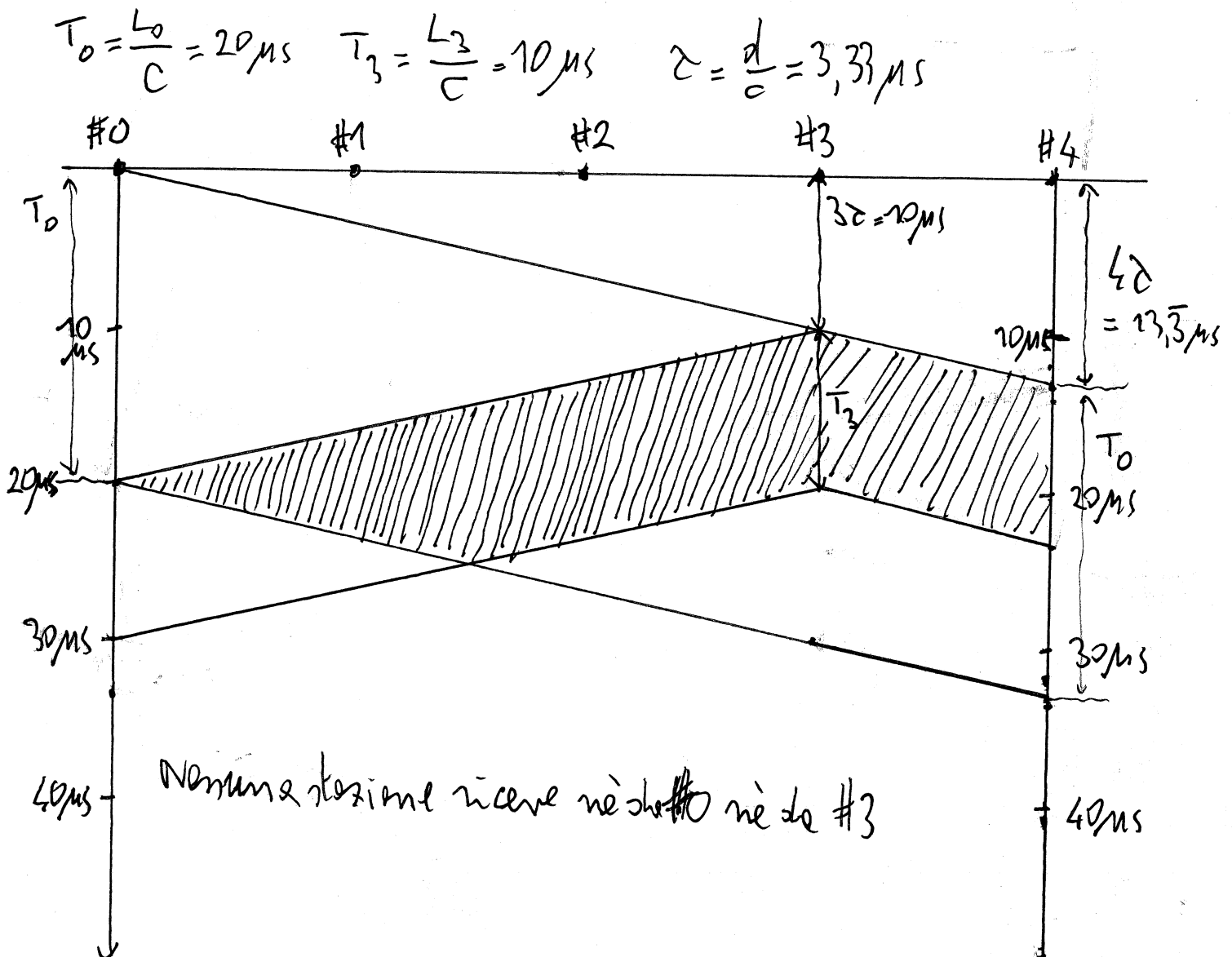
Cinque stazioni radio, numerate da 0 a 4 come in figura, sono collocate lungo una linea retta, equamente distanziate una dall'altra $d = 1000$ m. La velocità di trasmissione delle stazioni è 2.5 Gbit/s.



All'istante $t_0 = 0$, la stazione #0 inizia a trasmettere una trama di lunghezza $L_0 = 6250$ byte. Nel preciso istante in cui inizia a ricevere il segnale trasmesso da #0, la stazione #3 inizia a trasmettere una trama di lunghezza $L_3 = 3125$ byte. Le altre stazioni rimangono silenziose in ogni caso.

Quali stazioni ricevono correttamente le trame trasmesse da #0 e da #3?

Per rispondere alla domanda, si disegni il diagramma spazio-tempo di propagazione delle trame trasmesse dalle stazioni. Identificare sul diagramma gli intervalli di tempo e spazio in cui i segnali si sovrappongono (tratteggiare l'area corrispondente).



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) Un segnale audio viene codificato in forma numerica PCM con frequenza di campionamento $f_c = 12$ kHz e 4096 livelli di quantizzazione, e quindi trasmesso su rete a pacchetto (VoIP). (2 punti)
- Se i pacchetti VoIP sono trasmessi a frequenza costante 24 pacchetti/s, qual è la lunghezza del loro payload [byte]?
 - Se raddoppio il numero di livelli di quantizzazione, ma mantengo la stessa frequenza dei pacchetti VoIP, quale diventa la lunghezza del payload dei pacchetti?

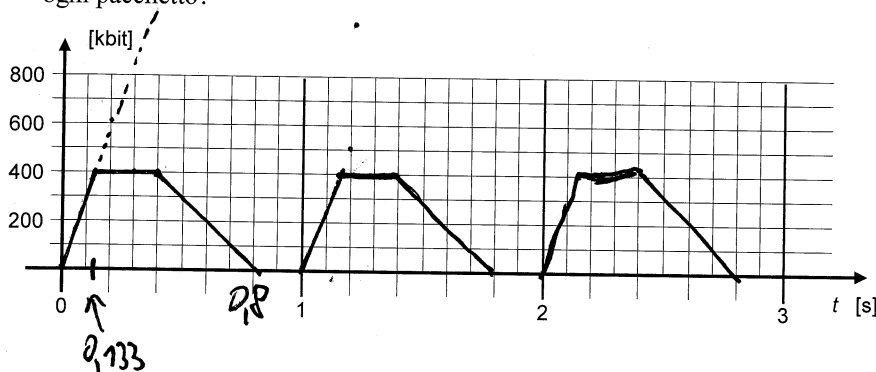
$$I_0 = (12 \text{ kHz}) \cdot (12 \text{ bit/campione}) = 144 \text{ Kbit/s}$$

$$L_{PL} = \frac{144 \text{ Kbit/s}}{24 \text{ pacchetti/s}} = 450 \text{ byte}$$

$$\hat{f}_0 = f_0 \frac{13}{12}$$

$$\Rightarrow \hat{L}_{PL} = 517,5 \text{ byte}$$

- 2) Una sorgente trasmette pacchetti a un moltiplicatore statistico con buffer di capacità $B = 50$ kbyte. La sorgente trasmette pacchetti di lunghezza $L = 200$ kbyte al ritmo di 1 pacchetto ogni secondo con velocità di picco $S = 4$ 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 per ogni pacchetto? (2 punti)



$$\Delta f = 3 \text{ Mb/s}$$

$$T_0 = 0,4 \text{ sec}$$

Però! 800 Kbit/pacchetto

- 3) Quale grandezza è calcolata tramite l'Algoritmo di Karn? Quando viene eseguito? (3 punti)

- 4) In un sistema di indirizzamento IP CIDR, ci è stato assegnato il blocco di indirizzi 16.0.0.0/7. (5 punti)
- Si partizioni il blocco in $N = 8$ sottoreti $/n$.
 Si partizioni la sottorete #5 $/n$ in $M = 8$ (sotto)²reti $/m$.
 Si partizioni la sottorete #6 $/n$ in P (sotto)²reti $/p$, tali che possano indirizzare almeno 1024 host ognuna.
 Si partizioni la (sotto)²rete #6-256 $/p$ in $Q = 16$ (sotto)³reti $/q$.
- a) Quanto valgono le lunghezze dei prefissi $/n$, $/m$, $/p$, $/q$? Scrivere la maschera in formato decimale delle (sotto)²reti $/p$.

$$/n = /10 \quad /m = /13 \quad /p = /21 \quad /q = /25 \quad 255.255.248.0$$

- b) Si scriva in formato decimale l'indirizzo dell'host #513 della (sotto)²rete #5-5 $/m$.

$$00010001.01101000.00000101.00000001 \quad 17.104.2.1$$

- c) Si scriva in formato decimale l'indirizzo broadcast della (sotto)³rete #6-256-2 $/q$.

$$00010001.1.10000000.00000000.11111111 \quad 17.136.1.127$$

- d) All'indirizzo 16.255.255.255 corrisponde l'host # 13 della (sotto)¹ rete # 3 - - / 10

$$00010001.11111111.11111111.11111111$$

- e) Quanti host sono indirizzabili dalla rete 17.72.0.0?

$$00010001.01100100.00000000.00000000$$

$$2^{19} - 2 = 524286 \text{ host}$$

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.

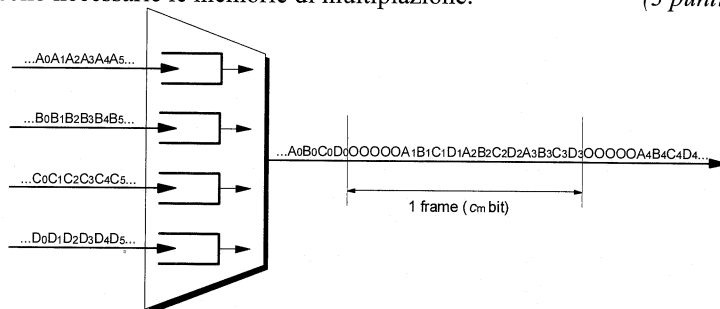
Cognome e nome:

(stampatello)

(firma leggibile)

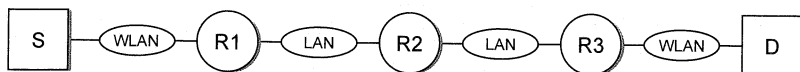
Matricola:

- 5) Si consideri un multiplatore numerico sincro di segnali CBR come nello schema in figura. Spiegare il suo funzionamento, cosa entra, cosa esce, e perché sono necessarie le memorie di multiplazione. (3 punti)



- 6) Perché il cosiddetto *problema della stazione nascosta* impedisce l'utilizzo del CSMA-CD nelle Wireless LAN? Cosa potrebbe accadere, se utilizzassi il CSMA-CD? (2 punti)

- 7) Un terminale *S* invia un pacchetto IP al terminale *D*. Il pacchetto segue il percorso da *S* a *D* rappresentato in figura, attraverso i tre router R1, R2, R3, e viene consegnato senza errori. (3 punti)



- Dove *S* scrive l'indirizzo MAC di *D*?
- *D* apprende l'indirizzo IP di *R1*? Dove lo legge?
- *D* apprende l'indirizzo MAC di *S*? Dove lo legge?