
Reti di Telecomunicazione

Prof. Stefano Bregni

IV Appello d'Esame 2022-23 – 14 luglio 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 1210 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 = $2 \cdot \text{RTT}$; 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($t = 0$) = 28 kbyte;
- RCVWND($t = 0$) = 32 kbyte; in seguito, il trasmettitore riceve dall'altro host la seguente dichiarazione:
 - RCVWND($t = 1.75$ s) = 16 kbyte;
 - RCVWND($t = 2.75$ s) = 72 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 $t = (4.00$ s, 4.25 s), $t = (9.50$ s, 9.75 s), $t = (12.00$ s, 13.00 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:

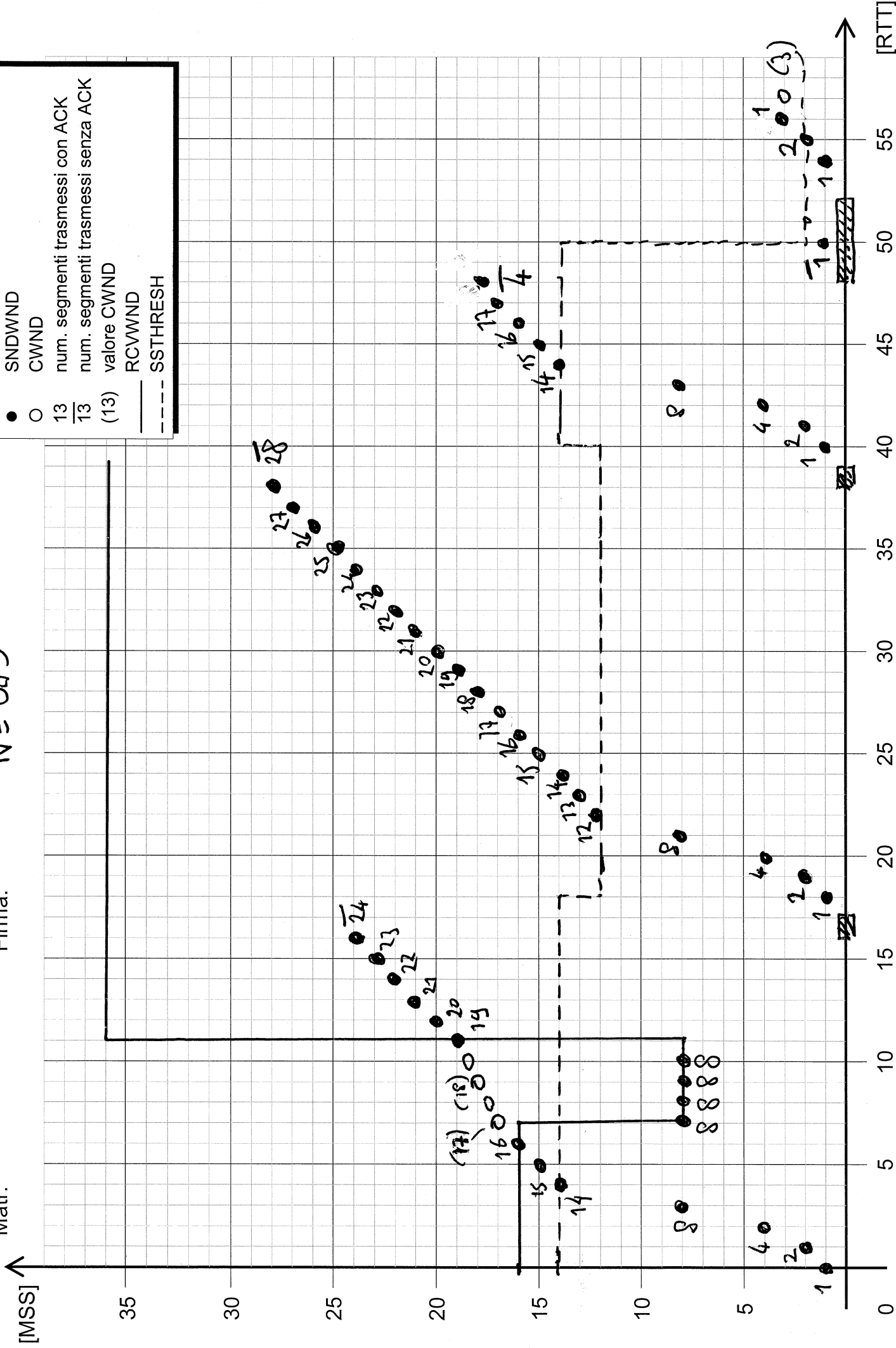
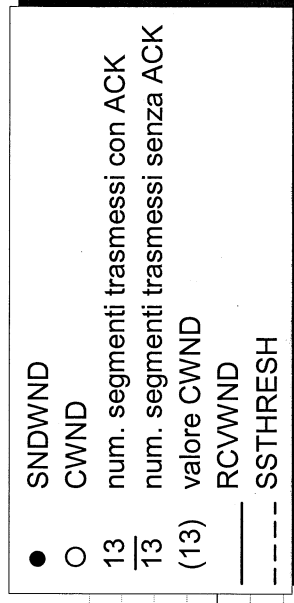
- il tempo totale di trasferimento del file T_{END} [s] (dall'inizio della trasmissione del primo pacchetto alla ricezione dell'ultimo ACK);
- i valori di CWND quando diversi da SNDWND (anche per $t = T_{\text{END}}$);
- il numero di segmenti trasmessi ad ogni intervallo, specificando se ne vengono ricevuti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

Cognome e nome:

Matr.

Firma:

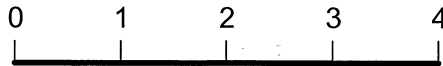
$N = 645$



Domanda 2

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

Un cavo di coassiale di lunghezza $L = 2000$ m è utilizzato come bus di collegamento a 2.5 Gbit/s tra 5 stazioni equamente distanziate, numerate da 0 a 4 come in figura.



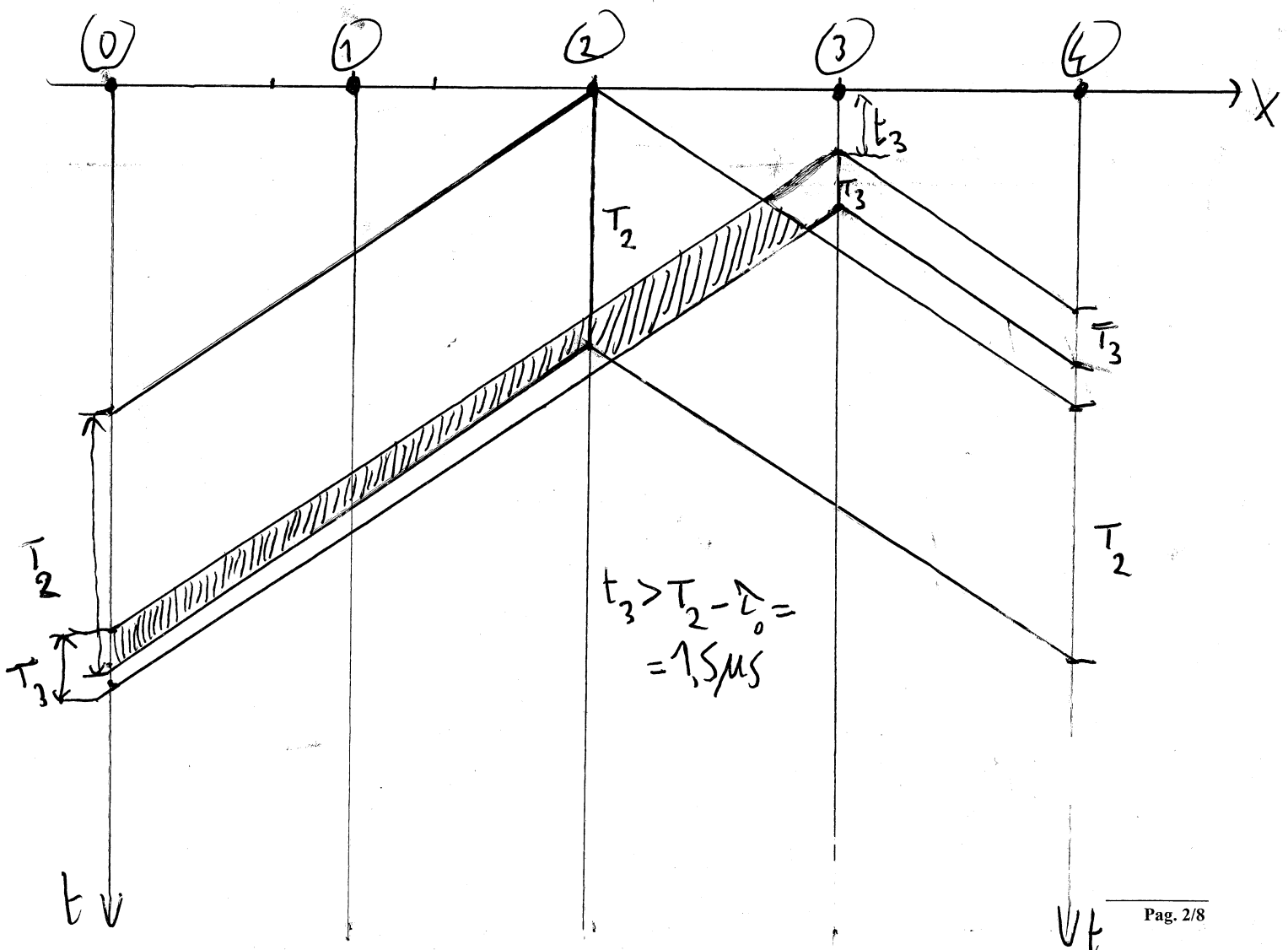
All'istante $t_2 = 0$, la stazione #2 inizia a trasmettere una trama di lunghezza $D_2 = 1250$ byte. All'istante t_3 , la stazione #3 inizia a trasmettere una trama di lunghezza $D_3 = 250$ byte. Le altre stazioni rimangono silenziose in ogni caso.

Per quali intervalli del valore di t_3 la stazione #1 riceve entrambe le trame correttamente?

Per rispondere alla domanda, si disegni il diagramma spazio-tempo di propagazione della trama trasmessa dalla stazione #2 e un esempio di propagazione della trama della stazione #3 per $t_3 = 1$ μ s. Identificare sul diagramma gli intervalli di tempo e lunghezza del cavo in cui i segnali si sovrappongono (colorare l'area corrispondente).

$$T_2 = \frac{D_2}{c} = 4 \mu s \quad l_2 = T_2 v = 800 \text{ m} \quad \tau = 10 \mu s \text{ (totale bus)}$$

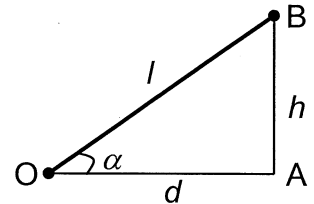
$$T_3 = \frac{D_3}{c} = 0.8 \mu s \quad l_3 = T_3 v = 160 \text{ m} \quad \tau_0 = 2.5 \mu s \text{ (tra 2 stazioni)}$$



Domanda 3

(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 $C = 10$ 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 48 byte di carico utile e 24 byte di overhead;
- pacchetti di riscontro (ACK) di dimensione fissa $L_A = 24$ 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 $W = 3$ pacchetti dati e Timeout di ritrasmissione $TO = 1000 \mu s$ (il trasmettitore interpreta come NACK lo scadere del TO senza che sia ricevuto l'ACK).

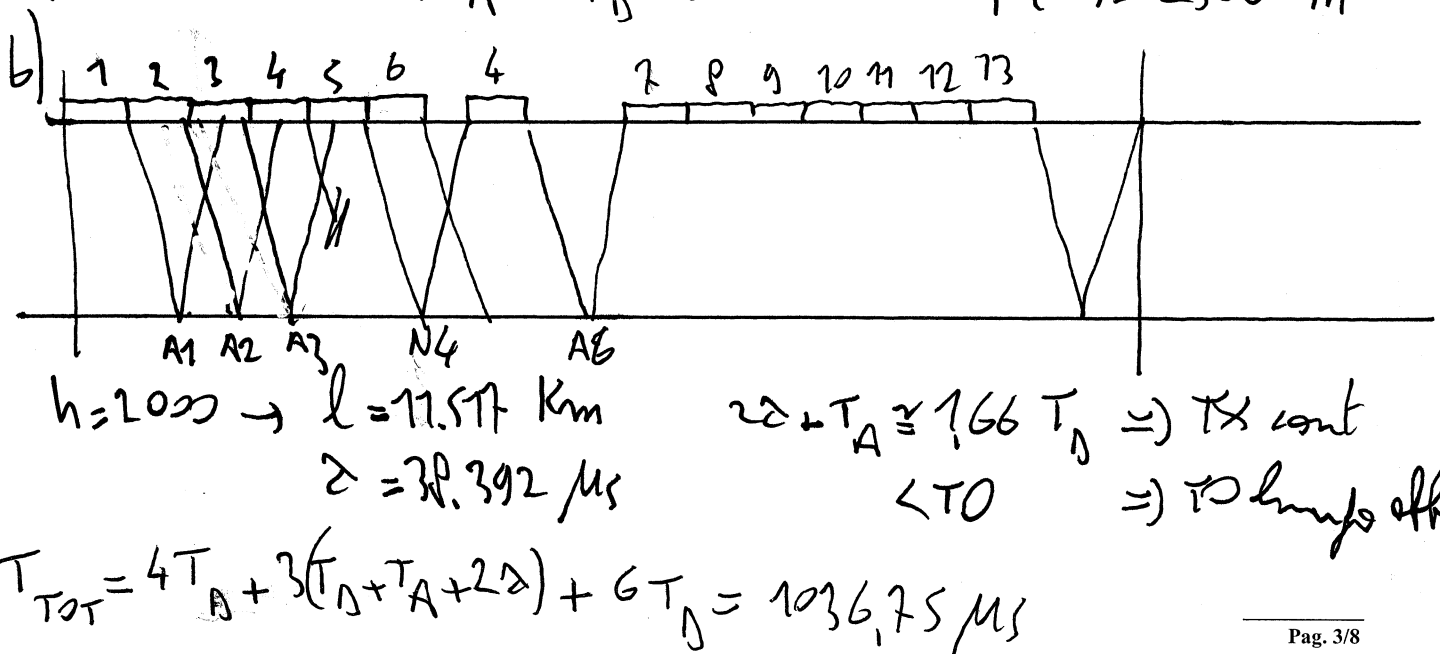
a) Si calcoli a quale altezza h dell'aereo dal suolo la trasmissione diventa discontinua.

b) Si calcoli il tempo di trasferimento da B a O di un segmento dati di lunghezza 600 byte (dall'inizio della trasmissione del primo pacchetto dati al termine della ricezione dell'ultimo ACK) quando l'aereo è ad altezza $h = 2000$ m, nel caso in cui il 4° pacchetto trasmesso da B non venga ricevuto correttamente da O.

$$l = h / \sin \alpha \quad T_A = 19.2 \mu s \quad N = \left\lceil \frac{600}{48} \right\rceil = 13 \text{ pacchetti}$$

$$\tau = l / c \quad T_D = 57.6 \mu s$$

a) TX cont. per $2\tau + T_A < 2T_D \rightarrow$ TX discontin. per $h > 2500$ m



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) In un sistema di indirizzamento IP, ci è stato assegnato il blocco di indirizzi 51.4.0.0/15. (4 punti)

Si partizioni il blocco in $N = 4$ sottoreti $/n$.Si partizioni la sottorete #2 $/n$ in M (sotto)²reti $/m$, tali che possano indirizzare almeno 400 host ognuna.Si partizioni la sottorete #3 $/n$ in P (sotto)²reti $/p$, tali che possano indirizzare almeno 100 host ognuna.Si partizioni la (sotto)²rete #2-2 $/m$ in $Q = 8$ (sotto)³reti $/q$.a) Quanto valgono le lunghezze dei prefissi $/n$, $/m$, $/p$, $/q$?

$$/n = /17 \quad /m = /23 \quad /p = /25 \quad /q = /26$$

b) Si scriva in formato decimale l'indirizzo broadcast della (sotto)²rete #3-0 $/p$.

$$51.0000010 | 1.1 | 000000.0 | 111111 \quad 51.5.128.127$$

c) Si scriva in formato decimale l'indirizzo dell'host #510 della (sotto)²rete #2-32 $/m$.

$$51.0000010 | 1.0 | 100000 | 1.1111110 \quad 51.5.65.254$$

d) All'indirizzo 51.4.130.130 corrisponde l'host # 642 della (sotto)¹ rete # 1 - - / 17

$$51.0000010 | 0.1 | 0000010.10000010$$

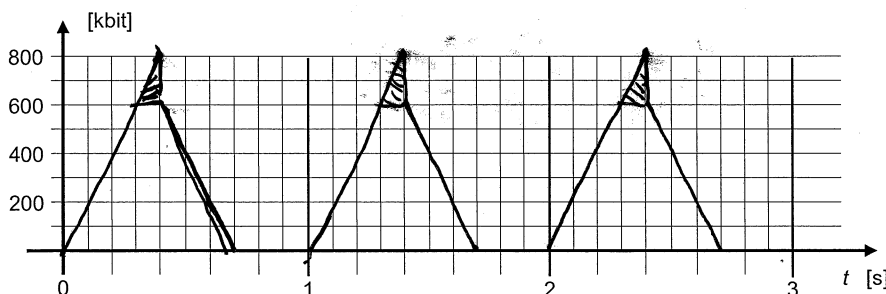
e) All'indirizzo 51.5.4.65 corrisponde l'host # 1 della (sotto)³ rete # 2 - 2 - 1 / 26

$$51.0000010 | 1.0 | 0000100 | 0.01 | 000001$$

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.

2) Una sorgente trasmette pacchetti a un multiplexatore statistico con buffer di capacità $B = 75$ 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 $C = 2$ 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)



$$T = 0.4 \text{ sec}$$

$$P_{\text{persi}}: 3.200 \text{ Kbit} = 600 \text{ Kbit}$$

- 3) N sorgenti casuali *on-off* con frequenza di picco 150 Mbit/s e coefficiente di *burstiness* $1/30$ trasmettono pacchetti di durata casuale avente media $T = 25 \mu\text{s}$. I pacchetti sono trasmessi a un multiplatore statistico con buffer infinito e linea di uscita di capacità C . (3 punti)
- a) Quale dovrebbe essere la capacità della linea C , affinché possa moltiplicare fino a $N = 1000$ sorgenti mantenendo il coefficiente di utilizzo della linea non superiore al 25%?
 - b) Quanti bit sono trasmessi in media in ogni pacchetto?
 - c) Qual è il tempo medio di silenzio tra un pacchetto e l'altro?

a) $C \geq 20 \text{ Gbit/s}$

b) 3750 bit

c) $T_{\text{OFF}} = 725 \mu\text{s}$

- 4) 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)

- 5) Spiegare a cosa servono i campi *Preamble* (P) e *Start Frame Delimiter* (SFD) nella trama Ethernet CSMA-CD, distinguendo la loro diversa funzione. Cosa succederebbe se si sostituisse P con tutti "1"? (2 punti)

Cognome e nome:*(stampatello)**(firma leggibile)***Matricola:**

- 6) Si consideri l'*Algoritmo di Jacobson* nel protocollo TCP. *(4 punti)*
- a) Viene eseguito allo scopo di calcolare quale grandezza? Perché usare l'*Algoritmo di Jacobson*, invece di assegnare a questa grandezza un valore costante predeterminato?
 - b) Sugeriresti un modo per predeterminare questo valore costante, se non si usasse l'*Algoritmo di Jacobson*? Perché questo valore costante non sarebbe appropriato?
 - c) In quale caso anche l'*Algoritmo di Jacobson* fallisce e non calcola un valore appropriato? Qual è il rimedio adottato nel TCP?