
Reti di Telecomunicazione

Prof. Stefano Bregni

IV Appello d'Esame 2023-24 – 11 luglio 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 2416 kbyte a partire dal tempo $t = 0$. Si assuma che:

- TCP Maximum Segment Size (MSS) = 4 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($t = 0$) = 64 kbyte;
- RCVWND($t = 0$) = 64 kbyte; in seguito, il trasmettitore riceve dall'altro host la seguente dichiarazione:
 - RCVWND($t = 1.00$ s) = 16 kbyte;
 - RCVWND($t = 3.00$ s) = 128 kbyte;
 - RCVWND($t = 3.75$ s) = 44 kbyte;
 - RCVWND($t = 5.25$ s) = 160 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 $t = (8.25$ s, 8.50 s), $t = (10.50$ s, 10.75 s), $t = (11.75$ 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 $CWND \geq Ssthresh$.

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 $t = T_{END}$);
- 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.

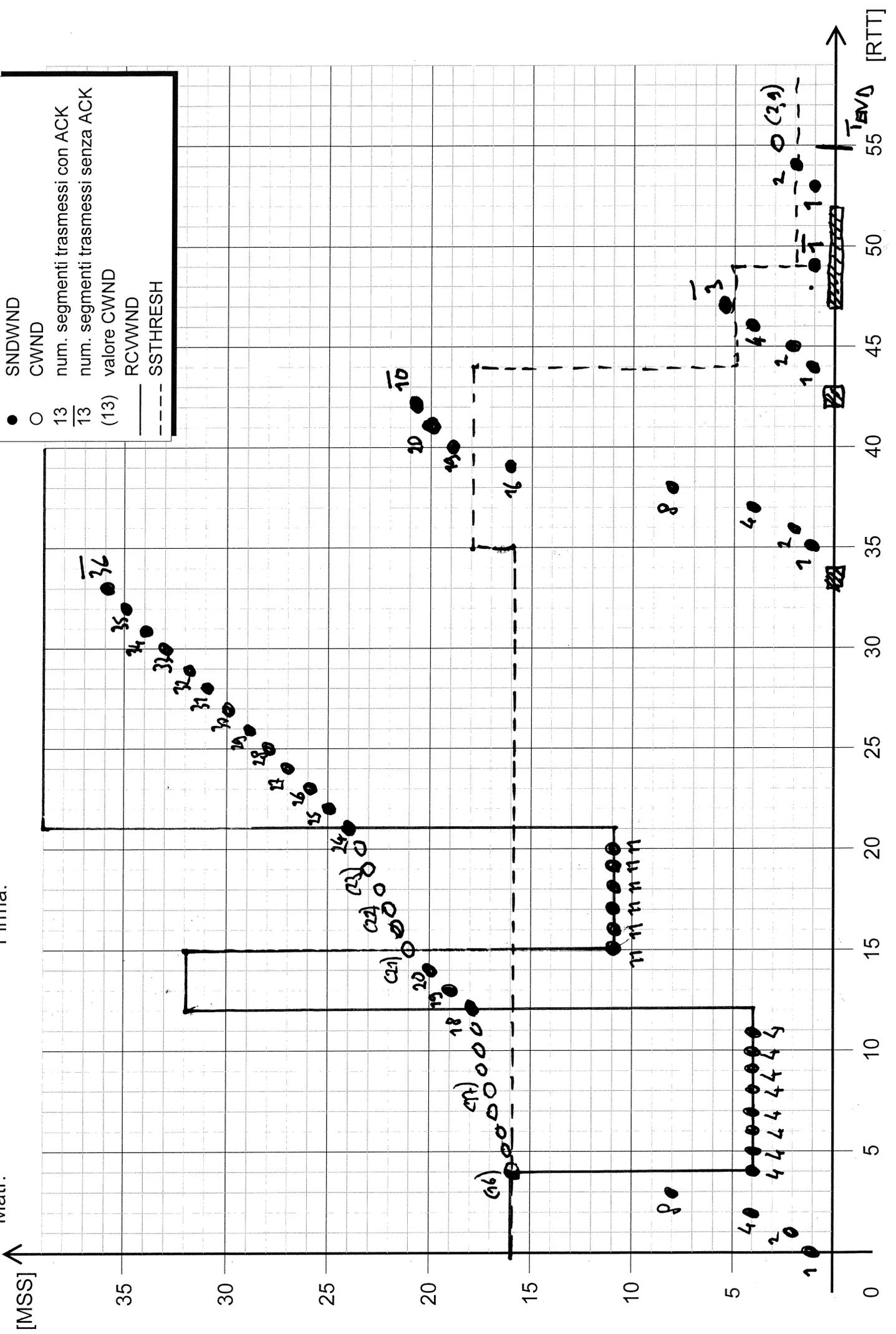
Cognome e nome:

Matr.

Firma:

N = 604

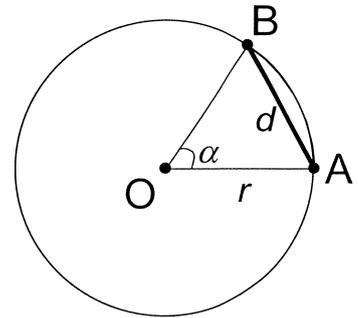
●	SNDWND
○	CWND
13	num. segmenti trasmessi con ACK
13	num. segmenti trasmessi senza ACK
(13)	valore CWND
—	RCVWND
- - -	SSTHRESH



Domanda 2

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

Due satelliti A e B sono sulla stessa orbita circolare intorno alla Terra di raggio $r = 40000$ km. 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 $C = 64$ kbit/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 500 byte di carico utile e 200 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 pacchetti dati e Timeout di ritrasmissione $TO = 1000$ 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).

- Per $\alpha = 100^\circ$, si calcoli il valore ottimale della finestra di trasmissione W [pacchetti dati] per cui la trasmissione è continua e la velocità effettiva di trasferimento dei dati raggiunge C .
- Per $\alpha = 100^\circ$ e $W = 8$, si calcoli il tempo di trasferimento da B ad A di un segmento di dati di lunghezza 7200 byte (dall'inizio della trasmissione del primo pacchetto dati al termine della ricezione dell'ultimo ACK), nel caso in cui il 6° pacchetto trasmesso da B non venga ricevuto correttamente da A.

$$T_A = \frac{L_A}{C} = 12.5 \text{ ms} \quad T_D = \frac{L_D}{C} = 17.5 \text{ ms} \quad N = \left\lceil \frac{7200}{500} \right\rceil = 15 \text{ pacchetti}$$

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

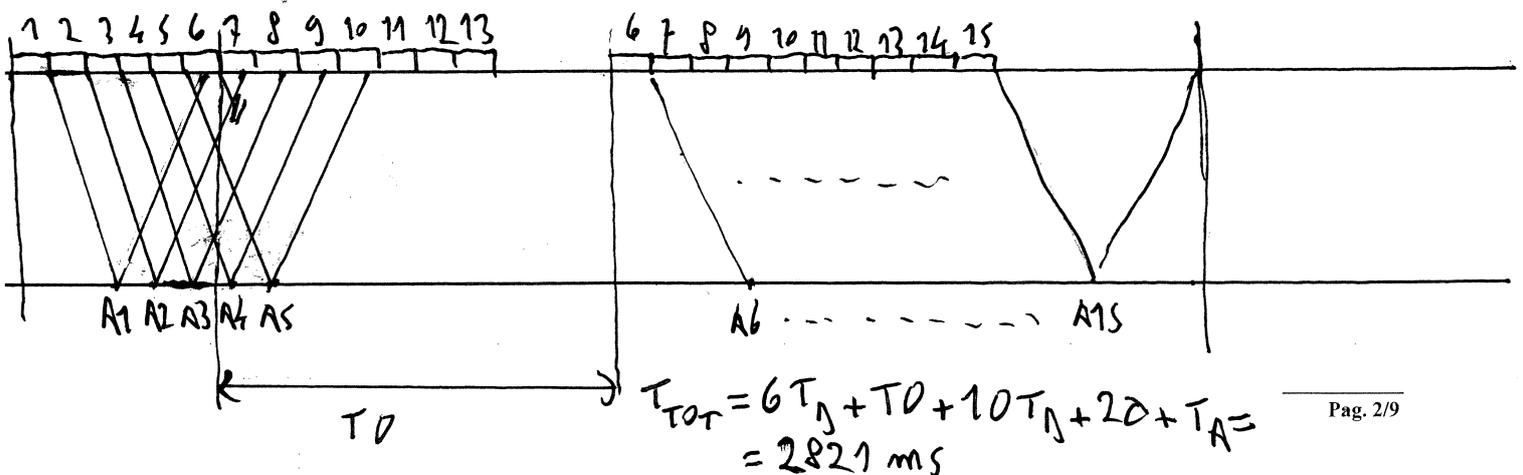
$$a) \text{ TX cont. } \Rightarrow 2\Delta + T_A \leq (W-1)T_D \Rightarrow W \geq 6$$

$$b) 2\Delta + T_A \cong 4.8 T_D \Rightarrow \text{TX cont} < TO \Rightarrow TO \text{ suff.}$$

Per $\alpha = 100^\circ$:

$$d = 61293.5 \text{ km}$$

$$\Delta = 204.3 \text{ ms}$$



Reti di Telecomunicazione

Prof. Stefano Bregni

IV Appello d'Esame 2023-24 – 11 luglio 2024

Cognome e nome:

(stampatello)

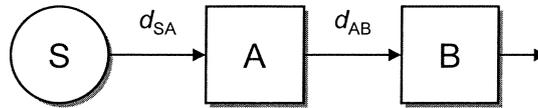
(firma leggibile)

Matricola:

Domanda 3

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

Si consideri il sistema in figura, dove la sorgente S invia dati al nodo A, il quale a sua volta li inoltra al nodo B.



S è una sorgente di tipo ON-OFF deterministica che alterna regolarmente intervalli di attività di durata costante T_{ON} , durante i quali trasmette segmenti di dati di lunghezza $L = 500$ byte a frequenza costante P_S , a periodi di inattività di durata costante $T_{OFF} = 20$ ms, per una frequenza media di trasmissione pari a $A_S = 100$ kbit/s.

Il nodo A incapsula ogni segmento ricevuto in pacchetti, costituiti dal segmento stesso (*payload*) di lunghezza L più un'intestazione (*overhead*) di lunghezza L_{OH} . La lunghezza L_{OH} sia tale per cui il nodo A trasmetta in modo continuo e smaltisca completamente tutti i dati ricevuti da S. Il nodo A inoltra i pacchetti a valle verso B trasmettendo alla frequenza $P_A = P_S$.

Il nodo B a sua volta inoltra a valle i pacchetti ricevuti da A, trasmettendo a frequenza $P_B = 2P_A$, senza aggiungere ulteriore *overhead*.

I nodi A e B iniziano a ritrasmettere ogni pacchetto immediatamente dopo averlo interamente ricevuto (modalità *Store & Forward*). I tempi di elaborazione nei nodi A e B sono trascurabili.

Il collegamento tra S e A è una tratta in fibra ottica di lunghezza $d_{SA} = 4000$ km. Il collegamento tra A e B è una tratta radio di lunghezza $d_{AB} = 6000$ km.

a) Al tempo $t = 0$, la sorgente S inizia a trasmettere. Determinare:

- l'intervallo di attività della sorgente S: $T_{ON} = \underline{20 \text{ ms}}$
- la frequenza di trasmissione della sorgente S: $P_S = \underline{200 \text{ Kbit/s}}$
- la lunghezza dell'overhead aggiunto da A: $L_{OH} = \underline{500 \text{ byte}}$
- il tempo totale di trasferimento dei primi 3 segmenti di dati da S a B: $T_{TOT} = \underline{180 \text{ ms}}$
 (da $t = 0$ alla ricezione in B dell'ultimo bit del terzo pacchetto)

$$\frac{500 \text{ byte}}{T_{ON} + 20 \text{ ms}} = 100 \text{ Kbit/s} \Rightarrow T_{ON} = 20 \text{ ms}$$

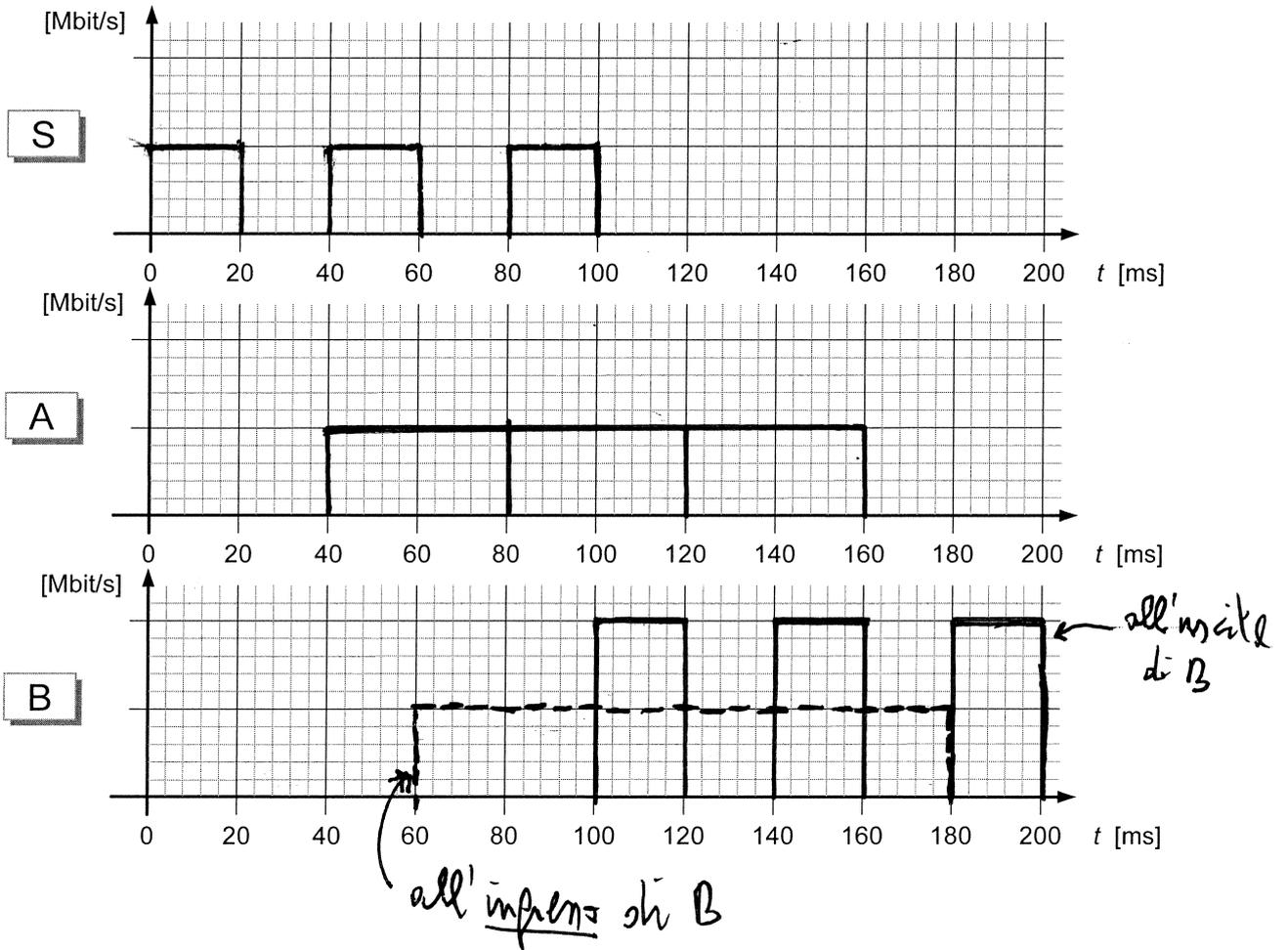
$$\begin{aligned} \Delta t_{SA} &= 20 \text{ ms} \\ \Delta t_{AB} &= 20 \text{ ms} \end{aligned}$$

$$P_S = \frac{500 \text{ byte}}{T_{ON}} = 200 \text{ Kbit/s}$$

$$\frac{L_{OH}}{P_A} = 20 \text{ ms} \Rightarrow L_{OH} = 500 \text{ byte}$$

b) Solo per i primi 3 segmenti, disegnare nel grafico sotto:

- la frequenza di trasmissione [Mbit/s] all'uscita della sorgente S in funzione del tempo t [ms] (diagramma S);
- la frequenza di trasmissione [Mbit/s] all'uscita del nodo A in funzione del tempo t [ms] (diagramma A);
- la frequenza di ricezione [Mbit/s] all'ingresso del nodo B in funzione del tempo t [ms] (diagramma B).



Domanda 4

(rispondere su questo foglio negli spazi assegnati) (18 punti)

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

1) In un sistema di indirizzamento IP CIDR, ci è stato assegnato il blocco di indirizzi 4.0.0.0/7. (4 punti)

Si partizioni il blocco in $N = 8$ sottoreti $/n$.

Si partizioni la sottorete #4 $/n$ in $M = 256$ (sotto)²reti $/m$.

Si partizioni la sottorete #6 $/n$ in P (sotto)²reti $/p$, tali che possano indirizzare almeno 500 host ognuna.

Si partizioni la (sotto)²rete #4-4 $/m$ in $Q = 128$ (sotto)³reti $/q$.

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

$$/n = /19 \quad /m = /18 \quad /p = /23 \quad /q = /25$$

b) Si scriva in formato decimale l'indirizzo dell'host #131072 della (sotto)²rete #7 $/n$.

$$\underline{0000010 | 1.11 | 000010.00000000.00000000} \quad 5.194.20$$

c) Si scriva in formato decimale l'indirizzo dell'host #500 della (sotto)²rete #6-1024 $/p$.

$$\underline{0000010 | 1.10 | 001000.000000 | 1.11110100} \quad 5.136.1.244$$

d) All'indirizzo 4.255.255.255 corrisponde l'host # BC della (sotto)¹ rete # 3 - - / 10

$$\underline{0000010 | 0.11 | 11111.1111111.1111111}$$

e) All'indirizzo 5.1.0.64 corrisponde l'host # 64 della (sotto)³ rete # 4 - 4 - 0 / 25

$$\underline{0000010 | 1.00 | 000001.00 | 000000.0 | 1000000}$$

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) N sorgenti casuali, con frequenza di picco A e frequenza media B , trasmettono pacchetti di durata media T . I pacchetti sono trasmessi a un moltiplicatore statistico con buffer infinito e linea di uscita di capacità $C = 1$ Gbit/s. Si consideri il caso: $N = 10, A = 50$ Mbit/s, $B = 5$ Mbit/s, $T = 250$ μ s. (3 punti)

a) Quanto vale il coefficiente di utilizzo della linea η ?

b) Qual è l'intervallo medio di silenzio tra un pacchetto e l'altro?

c) Qual è la lunghezza media dei pacchetti [bit]?

(per le singole sorgenti)

$$a) \eta = 0,05$$

$$b) T_{OFF} = 2250 \mu s$$

$$c) 12500 \text{ bit}$$

Cognome e nome:

(stampatello)

(firma leggibile)

Matricola:

- 3) 8 flussi numerici con frequenza di cifra $f_i = 1024$ kbit/s sono multiplati a interallacciamento di bit. La trama di multiplo è composta da X bit di overhead e 256 bit in tutto per i tributari. Quali sono i valori ammissibili per X , se la frequenza di multiplo deve essere non superiore a 9 Mbit/s? (2 punti)

$$8 \cdot 1024 \text{ Kbit/s} \frac{X+256}{256} \leq 9 \text{ Mbit/s}$$

$$\Rightarrow X \leq 25 \text{ bit}$$

- 4) Una sorgente VoIP trasmette un flusso di pacchetti IP a ritmo costante 50 pacchetti/s, ciascuno di lunghezza fissa $L = 280$ byte, verso il client destinazione attraverso Internet. Si supponga che i pacchetti non vadano mai persi e arrivino tutti a destinazione. Il pacchetto IP è composto da, nell'ordine: 20 byte di overhead IP, 20 byte di overhead del protocollo di trasporto, 240 byte di payload che trasporta il segnale numerico prodotto dal codificatore VoIP. (3 punti)
- Quanto vale la frequenza f_{VoIP} [bit/s] del segnale VoIP di cui sopra?
 - Se la codifica del segnale vocale è una semplice PCM su 256 livelli di quantizzazione e frequenza di campionamento di Nyquist $f_c = 2B$, quanto vale la banda B del segnale vocale codificato?

- $f_{\text{VoIP}} = 240 \text{ byte/pack} \cdot 50 \text{ pack/s} = 96 \text{ Kbit/s}$
- 256 livelli $\rightarrow 8 \text{ bit/campione}$

$$f_c = \frac{96 \text{ Kbit/s}}{8 \text{ bit}} = 12 \text{ KHz}$$

$$B = \frac{f_c}{2} = 6 \text{ KHz}$$

- 5) A cosa serve e come funziona la *Early Revalidation* nell'*Address Resolution Protocol* di IP? (3 punti)

-
- 6) Si consideri una rete LAN CSMA su un mezzo di trasmissione broadcast che copre una distanza massima L .
Conviene adottare un protocollo *CSMA persistente* o *CSMA non-persistente*? In quali condizioni si raggiunge un *throughput* più alto adottando uno piuttosto che l'altro? Perché? A parità di tutte le altre condizioni, il *throughput* di questi protocolli sarà maggiore o minore, se la distanza massima viene decuplicata? (3 punti)