

Reti di Telecomunicazione

Prof. Stefano Bregni

IV Appello d'Esame 2025-26 – 10 luglio 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 1924 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($t = 0$) = 128 kbyte;
- RCVWND($t = 0$) = 96 kbyte; in seguito, il trasmettitore riceve dall'altro host la seguente dichiarazione:
 - RCVWND($t = 1.00$ s) = 8 kbyte;
 - RCVWND($t = 2.00$ s) = 32 kbyte;
 - RCVWND($t = 4.25$ 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 $t = (4.75 \text{ s}, 5.00 \text{ s})$, $t = (9.25 \text{ s}, 9.50 \text{ s})$, $t = (10.75 \text{ s}, 11.00 \text{ s})$, $t = (11.75 \text{ s}, 12.00 \text{ s})$; $t = (12.75 \text{ s}, 13.50 \text{ s})$;
- 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:

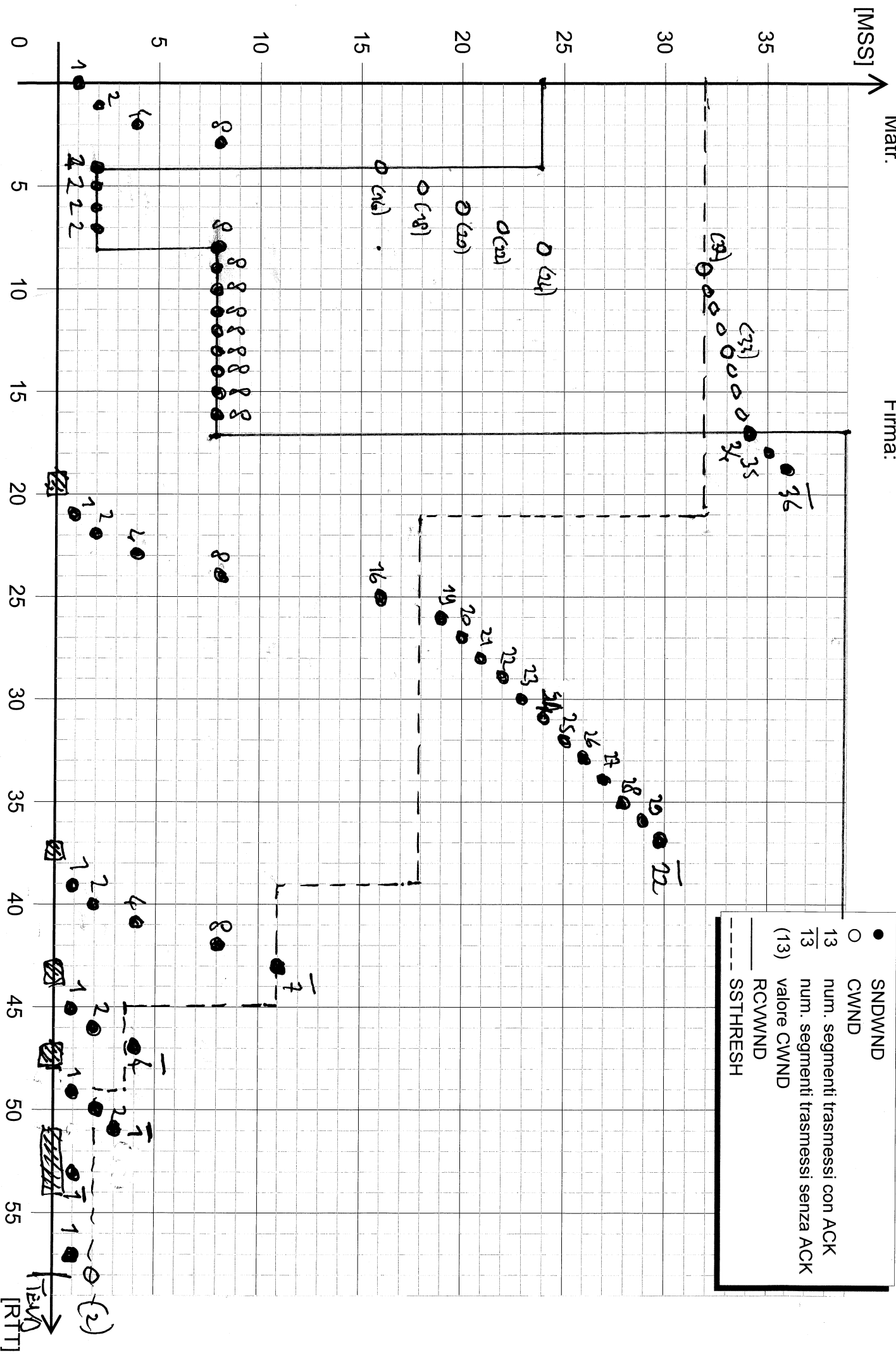
- il tempo totale di trasferimento del file T_{END} [s] (dall'inizio della trasmissione del primo pacchetto alla ricezione dell'ultimo ACK);
- i valori di CWND quando diversi da SNDWND (anche per $t = T_{\text{END}}$);
- il numero di segmenti trasmessi ad ogni intervallo, specificando se ne vengono ricevuti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

Cognome e nome:

Matr.

Firma:

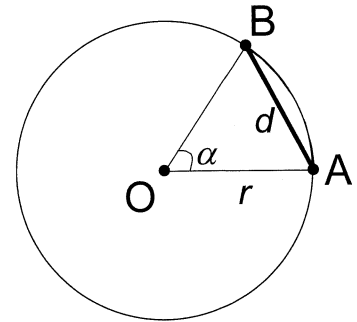
N = 481



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 $C = 500$ 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 500 byte di overhead;
- pacchetti di riscontro (ACK) di dimensione fissa $L_A = 500$ 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 $TO = 300$ 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 $\alpha = 40^\circ$ e $W = 15$, si calcoli il tempo di trasferimento da B ad A di un segmento di dati di lunghezza 6600 byte (dall'inizio della trasmissione del primo pacchetto dati al termine della ricezione dell'ultimo ACK), nel caso in cui il 2° pacchetto trasmesso da B non venga ricevuto correttamente da A.

$$T_A = \frac{L_A}{C} = 8 \text{ ms} \quad T_D = \frac{L_D}{C} = 16 \text{ ms} \quad N = \left\lceil \frac{6600}{500} \right\rceil = 14 \text{ pacchetti} \quad d = 2r \sin \frac{\alpha}{2} \quad c = d/c$$

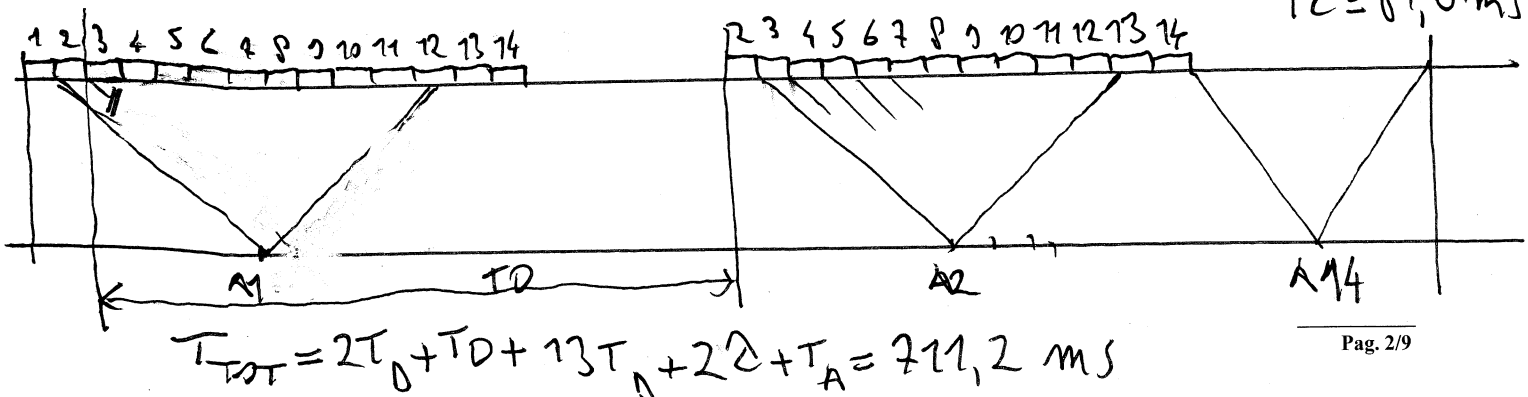
a) $\alpha = 100^\circ$
 $d = 54822 \text{ km}$
 $c = 18275 \text{ ms}$
 $2c + T_A > TO \Rightarrow TO \text{ insufficiente}$
 $\text{pacchetti ritrasmessi all'infinito}$
 $\text{Senza considerare } TO: TX \text{ cont. se } 2c + T_A \leq (W-1)T_D$
 $\Rightarrow W \geq 25$

b) $2c + T_A \approx 10,7 T_D \Rightarrow TX \text{ cont.}$
 $< TO \Rightarrow TO \text{ suff.}$

$$\alpha = 40^\circ$$

$$d = 24679 \text{ km}$$

$$c = 81,6 \text{ ms}$$



Reti di Telecomunicazione

Prof. Stefano Bregni

IV Appello d'Esame 2025-26 – 10 luglio 2026

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 6.0.0.0/7.

Si partizioni il blocco in $N = 16$ sottoreti $/n$.

Si partizioni la sottorete #12 $/n$ in $M = 128$ (sotto)²reti $/m$.

Si partizioni la sottorete #10 $/n$ in P (sotto)²reti $/p$, tali che possano indirizzare almeno 512 host ognuna.

Si partizioni la (sotto)²rete #10-130 $/p$ in $Q = 32$ (sotto)³reti $/q$.

a) Quanto valgono le lunghezze dei prefissi $/n$, $/m$, $/p$, $/q$? Scrivere la maschera in formato decimale delle (sotto)²reti $/p$.

$/n = /11$ $/m = /18$ $/p = /22$ $/q = /27$ 255.255.252.0

b) Si scriva in formato decimale l'indirizzo *broadcast* della (sotto)²rete #10-1024 $/p$.

0000011 | 1.010 | 10000.000000 | 11.1111111 7.80.3.255

c) Si scriva in formato decimale l'indirizzo dell'host #1030 della (sotto)²rete #12-64 $/m$.

0000011 | 1.100 | 10000.00 | 000100.00000110 7.144.4.6

d) All'indirizzo 6.129.1.8 corrisponde l'host # ⁶⁵⁸⁰⁰ della (sotto) ¹ rete # 4 - - / 11

0000011 | 0.100 | 00001.00000001.00001000

e) Quanti host sono indirizzabili dalla rete 7.66.8.128?

0000011 | 1.010 | 00010.0000100.1000000 30 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.

Domanda 4

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

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

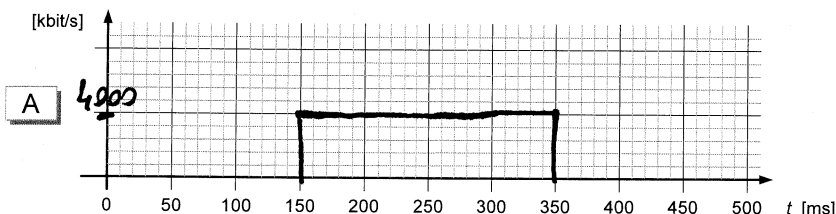
- 1) Si consideri il sistema in figura, dove la sorgente S invia dati al nodo A, il quale a sua volta li inoltra a valle. (3 punti)



S è una sorgente di tipo ON-OFF deterministica che alterna regolarmente intervalli di attività di durata costante $T_{ON} = 120$ ms, durante i quali trasmette segmenti di dati di lunghezza $L = 75$ kbyte a frequenza costante P_S , a periodi di inattività di durata costante T_{OFF} , per una frequenza media di trasmissione pari a $A_S = 625$ 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 $L_{OH} = L/3$. Il nodo A inoltra i pacchetti a valle verso B trasmettendo alla frequenza $P_A = 0.8 \cdot P_S$, iniziando a ritrasmettere ogni pacchetto immediatamente dopo averlo interamente ricevuto (modalità Store & Forward), con ritardo di elaborazione trascurabile. Il collegamento tra S e A è una tratta radio di lunghezza $d_{SA} = 9000$ km. Al tempo $t = 0$, la sorgente S inizia a trasmettere.

- Calcolare la frequenza di picco della sorgente S: $P_S = 5 \text{ Mb/s}$.
- Calcolare l'intervallo di inattività della sorgente S: $T_{OFF} = 840 \text{ ms}$.
- Solo per il primo segmento, disegnare nel grafico sotto la frequenza di trasmissione [kbit/s] all'uscita del nodo A in funzione del tempo t [ms].



$$T_{ON/A} = \frac{L + L_{OH}}{P_A} = 200 \text{ ms}$$

$$P_S = \frac{L}{T_{ON}} = 5 \text{ Mb/s}$$

$$\frac{L}{T_{ON} + T_{OFF}} = A_S \rightarrow T_{OFF} = 840 \text{ ms}$$

$$\tau_{SA} = 30 \text{ ms}$$

- 2)
- N
- sorgenti casuali con frequenza di picco
- C
- trasmettono pacchetti di durata media
- A
- e intervalli di silenzio tra un pacchetto e l'altro di durata media
- B
- . I pacchetti sono trasmessi a un multiplatore statistico con buffer infinito e linea di uscita di capacità 1 Gbit/s. (3 punti)

- Qual è la lunghezza media dei pacchetti [bit] se $N = 1000$, $C = 300$ Mbit/s, $A = 10$ μ s, $B = 2$ ms?
- Quanto vale il coefficiente di utilizzo della linea η se $N = 35$, $C = 150$ Mbit/s, $A = 250$ μ s, $B = 1.5$ ms?
- Qual è l'intervallo medio di silenzio B tra un pacchetto e l'altro se $N = 10$, $C = 15$ Mbit/s, $\eta = 0.05$, $A = 100$ μ s?

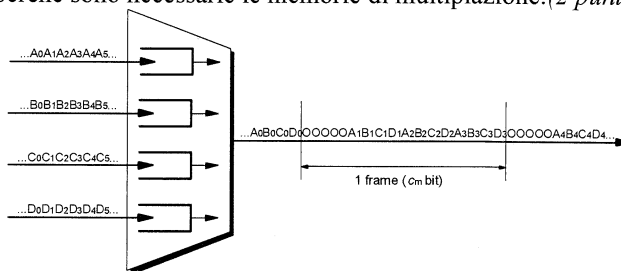
$$a) 3000 \text{ bit}$$

$$b) \eta = 0.75$$

$$c) B = 200 \mu s \text{ (} T_{OFF} \text{)}$$

- 3) Descrivere il processo di *quantizzazione dell'ampiezza* nel processo di conversione analogico/digitale di un segnale. In particolare, precisare in che modo influenza: a) la frequenza di cifra del segnale digitale codificato; b) la qualità del segnale analogico riprodotto a valle del decodificatore. (3 punti)

- 4) Si descriva il funzionamento di un multiplatore numerico sincro di segnali CBR illustrato nello schema in figura. Spiegare qual è la sua funzione, cosa entra, cosa esce, e perché sono necessarie le memorie di multiplazione. (2 punti)



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

5) Spiegare cosa sono e la funzione di a) *Send Window* e b) *Congestion Window* nel protocollo TCP. *(2 punti)*

6) Cos'è la *Random Early Detection (RED)*? Come funziona? Perché tutti i router la implementano? Se non lo facessero, che problema sorgerebbe? *(2 punti)*

- 7) Si consideri la tabella di instradamento di un nodo di rete a commutazione di pacchetto datagramma. Quante righe ha? Quali informazioni contiene ogni riga? (2 punti)

-
- 8) Spiegare in cosa consiste e perché è necessario il *dynamic binding* tra indirizzi IP e MAC. (2 punti)