

---

# Reti di Telecomunicazione

Prof. Stefano Bregni

III Appello d'Esame 2024-25 – 19 giugno 2025

---

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

- TCP Maximum Segment Size (MSS) = 2 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( $t = 0$ ) = 56 kbyte;
- RCVWND( $t = 0$ ) = 64 kbyte; in seguito, il trasmettitore riceve dall'altro host la seguente dichiarazione:
  - RCVWND( $t = 1.50$  s) = 4 kbyte;
  - RCVWND( $t = 2.50$  s) = 8 kbyte;
  - RCVWND( $t = 8.00$  s) = 72 kbyte;
  - RCVWND( $t = 12.50$  s) = 48 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  $t = (9.50 \text{ s}, 10.00 \text{ s})$ ,  $t = (18.00 \text{ s}, 18.50 \text{ s})$ ,  $t = (21.00 \text{ s}, 21.50 \text{ s})$ ,  $t = (23.00 \text{ s}, 25.00 \text{ s})$ ;
- 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:

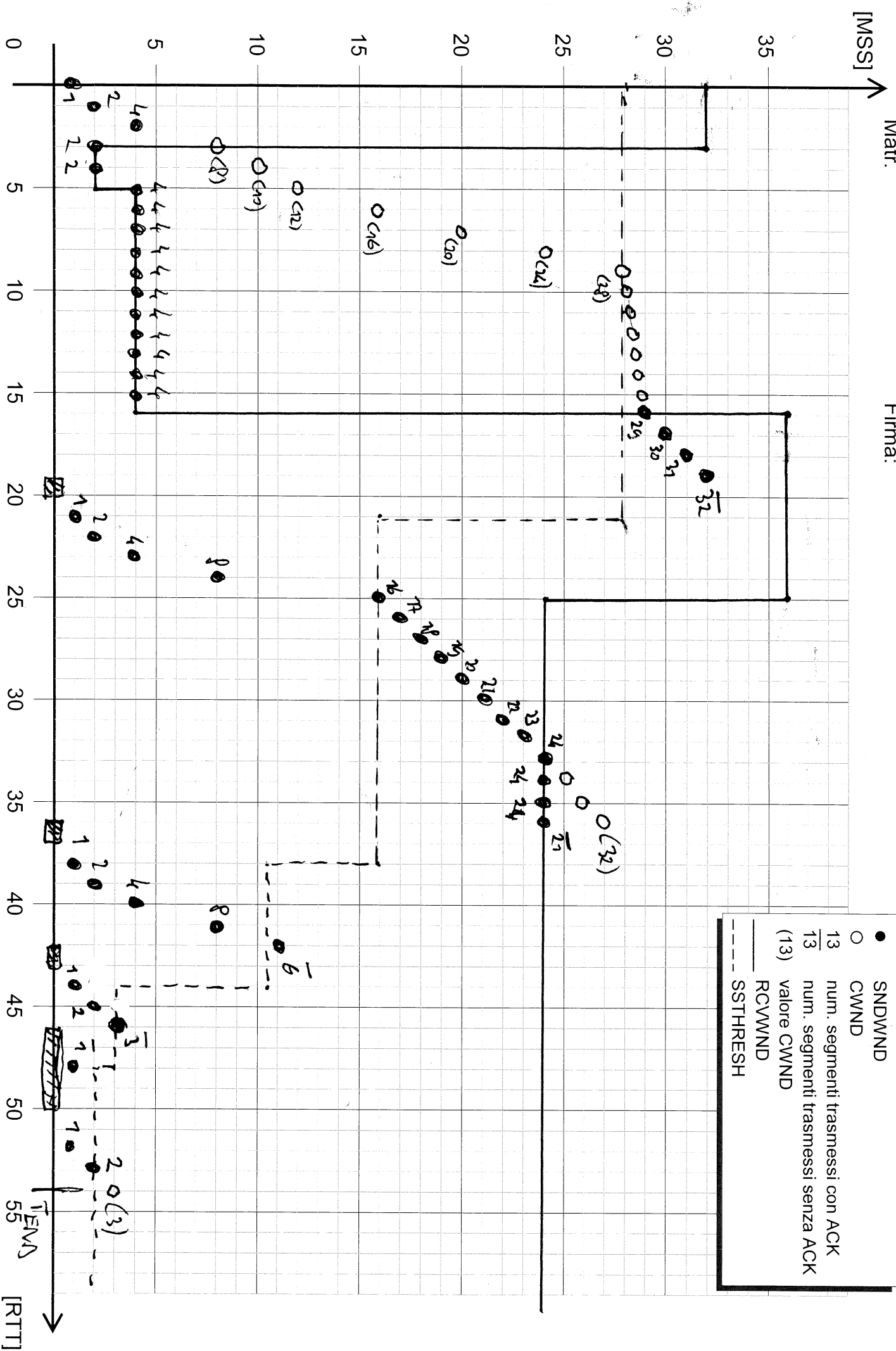
- il tempo totale di trasferimento del file  $T_{\text{END}}$  [s] (dall'inizio della trasmissione del primo pacchetto alla ricezione dell'ultimo ACK);
- i valori di CWND quando diversi da SNDWND (anche per  $t = T_{\text{END}}$ );
- il numero di segmenti trasmessi ad ogni intervallo, specificando se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

Cognome e nome:

Matr.

Firma:

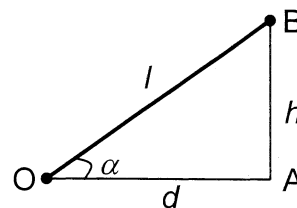
N = 409



## 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  $\alpha = 5^\circ$  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  $C = 8$  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 80 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  $W = 4$  pacchetti dati e Time Out di ritrasmissione  $TO = 1$  ms (il trasmettitore interpreta come NACK lo scadere del  $TO$  senza che sia ricevuto l'ACK).

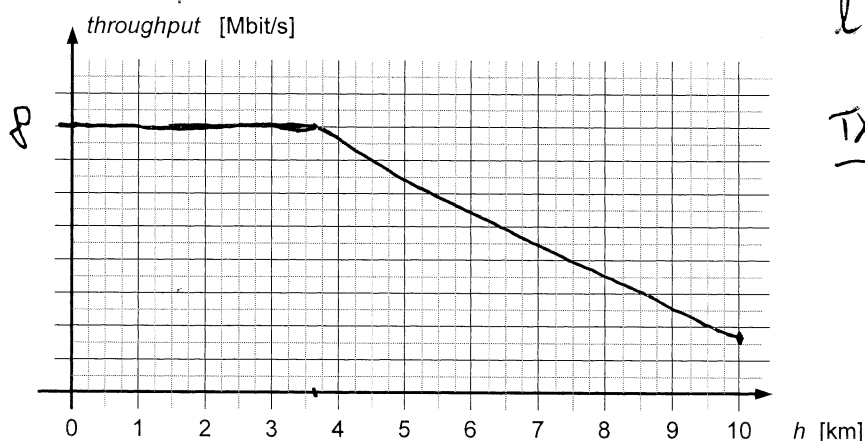
Si calcoli la velocità effettiva di trasferimento dei dati (incluso overhead) all'aumentare dell'altezza  $h$ , per  $0 \text{ km} \leq h \leq 10 \text{ km}$ , e se ne tracci l'andamento nel grafico sottostante. Calcolare il valore limite di  $h$  per cui la trasmissione diventa discontinua (se ciò avviene) e il valore limite di  $h$  per cui il Time Out diventerebbe insufficiente.

$$\text{Throughput } (h = 0 \text{ km}) = 8 \text{ Mbit/s}$$

$$\text{Throughput } (h = 10 \text{ km}) = 3,61 \text{ Mbit/s}$$

$$\text{Trasmissione continua per } h < 3,66 \text{ km, oppure } h > \dots$$

$$\text{Time Out} = 1 \text{ ms insufficiente per } h < \dots \text{ oppure } h > 12,81 \text{ km}$$



$$l = h / \sin \alpha \quad c = l / \tau$$

$$T_A = 20 \mu\text{s} \quad T_D = 100 \mu\text{s}$$

$$\text{TX cont. se } 2\tau + T_A \leq 3T_D$$

$$\text{THR } (h = 10 \text{ km}) = \frac{4L_D}{2\tau + T_A + T_D} = 3,61 \text{ Mbit/s}$$

$$\Rightarrow \tau \leq 140 \mu\text{s}$$

$$l \leq 42 \text{ km}$$

$$h \leq 3,66 \text{ km}$$

$$\text{TO insuff. se } TO < 2\tau + T_A$$

$$\Rightarrow h > 12,81 \text{ km}$$

---

**Reti di Telecomunicazione**

**Prof. Stefano Bregni**

**III Appello d'Esame 2024-25 – 19 giugno 2025**

**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 24.0.0.0/5.

Si partizioni il blocco in  $N = 4$  sottoreti  $/n$ .Si partizioni la sottorete #2  $/n$  in  $M = 64$  (sotto)<sup>2</sup>reti  $/m$ .Si partizioni la sottorete #1  $/n$  in  $P$  (sotto)<sup>2</sup>reti  $/p$ , tali che possano indirizzare almeno 10000 host ognuna.Si partizioni la (sotto)<sup>2</sup>rete #1-257  $/p$  in  $Q = 256$  (sotto)<sup>3</sup>reti  $/q$ .a) Quanto valgono le lunghezze dei prefissi  $/n$ ,  $/m$ ,  $/p$ ,  $/q$ ? Scrivere la maschera in formato decimale delle (sotto)<sup>3</sup>reti  $/q$ . $/n = /17$   $/m = /13$   $/p = /14$   $/q = /26$  255.255.255.192b) Si scriva in formato decimale l'indirizzo *broadcast* della (sotto)<sup>2</sup>rete #2-33  $/m$ .000111101.00001111.11111111.11111111 29.15.255.255c) Si scriva in formato decimale l'indirizzo dell'host #256 della (sotto)<sup>2</sup>rete #1-1025  $/p$ .000111011.00000000.01000000.00000000 27.0.65.0d) All'indirizzo 26.64.66.32 corrisponde l'host # 32 della (sotto)<sup>3</sup> rete # 1 - 257 - 8 / 26000111010.01000000.01000010.00100000e) All'indirizzo 25.0.0.0 corrisponde l'host # 2<sup>24</sup> della (sotto)<sup>1</sup> rete # 0 - 0 - 0 / 7000111001.00000000.00000000.00000000

## 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) Un segnale audio viene codificato in forma numerica con frequenza di campionamento  $f_c = 16$  kHz, 2048 livelli di quantizzazione, compresso con rapporto 1/8, e quindi trasmesso su rete a pacchetto (VoIP). (3 punti)
- Se i pacchetti VoIP sono trasmessi a frequenza costante 50 pacchetti/s, qual è la lunghezza del loro payload [byte]?
  - Se ognuno di questi pacchetti include anche 40 byte di overhead (UDP+IP) oltre al payload calcolato prima, qual è la frequenza complessiva dei dati trasmessi in rete [bit/s]?

$$f_b = (16 \text{ KHz}) \cdot (11 \text{ bit/campione}) \cdot \frac{1}{8} = 22 \text{ Kbit/s}$$

$$L_{p2} = \frac{22 \text{ Kbit/s}}{50 \text{ pacch/s}} = 55 \text{ byte}$$

$$f_{tot} = f_b \frac{55 + 40}{55} = 38 \text{ Kbit/s}$$

- 2)  $N$  sorgenti casuali, con frequenza di picco  $P$ , frequenza media  $A$ , e intervalli di silenzio tra un pacchetto e l'altro di durata media  $T$ , trasmettono pacchetti di lunghezza casuale aventi lunghezza media  $L_D$ . I pacchetti sono trasmessi a un moltiplicatore statistico con buffer infinito e linea di uscita di capacità  $C = 40$  Gbit/s. (3 punti)
- Quanto vale il coefficiente di utilizzo della linea  $\eta$  se  $N = 400$ ,  $P = 1$  Gbit/s,  $A = 2$  Mbit/s, e  $T = 1$   $\mu$ s?
  - Qual è la lunghezza media  $L_D$  dei pacchetti se  $N = 50$ ,  $P = 1$  Gbit/s,  $A = 400$  Mbit/s, e  $T = 9$   $\mu$ s?
  - Qual è la frequenza media dei pacchetti trasmessi sulla linea nel caso b)?

$$a) \eta = 2\%$$

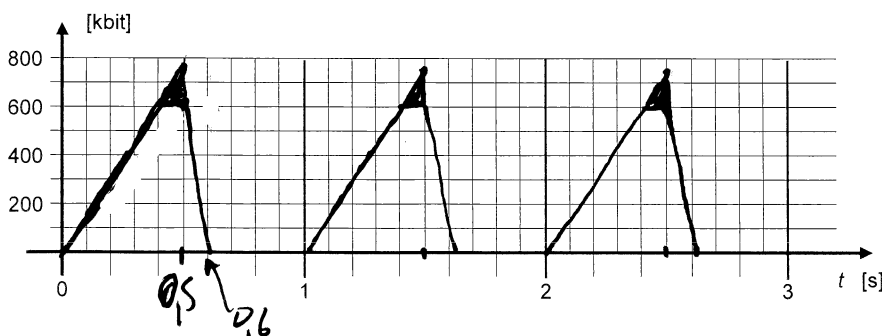
$$b) T_D = 6 \mu s \quad L_D = 6000 \text{ bit}$$

$$c) 1 \text{ sorgente: } f_{pacch} = \frac{1}{T + T_D} = \frac{1}{15 \mu s} = 66666.7 \text{ pacch/s}$$

Sulle linee:

$$N \cdot f_{pacch} = 3.3 \cdot 10^6 \text{ pacch}$$

- 3) Una sorgente trasmette pacchetti a un moltiplicatore statistico con buffer di capacità  $B = 75$  kbyte. La sorgente trasmette pacchetti di lunghezza  $L = 3750$  kbit, al ritmo di 1 pacchetto ogni secondo con velocità di picco  $S = 7.5$  Mbit/s. La linea d'uscita ha capacità  $C = 6$  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)



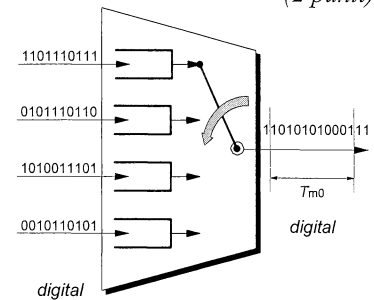
$$T = 0.5 \text{ sec}$$

$$\Delta f = 1.5 \text{ Mb/s}$$

$$150 \text{ Kbit} \times 3 =$$

$$= 450 \text{ Kbit persi}$$

- 4) Si consideri un multiplatore numerico di segnali CBR come nello schema in figura. Spiegare una ragione per cui le memorie dovrebbero essere grandi. (2 punti)



- 5) Spiegare in cosa consiste la *quantizzazione dell'ampiezza* nel processo di conversione analogico/digitale di un segnale. (2 punti)

- 6) A cosa serve il programma PING? Descrivere sinteticamente il suo meccanismo di funzionamento. (2 punti)

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

---

---

**7)** Cos'è una finestra di propagazione di una fibra ottica?*(2 punti)*

---

**8)** Cos'è una *collisione* in una rete locale basata su CSMA-CD?*(2 punti)*