

---

# Reti di Telecomunicazione

Prof. Stefano Bregni

IV Appello d'Esame 2024-25 – 18 luglio 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 1398 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·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( $t = 0$ ) = 52 kbyte;
- RCVWND( $t = 0$ ) = 10 kbyte; in seguito, il trasmettitore riceve dall'altro host la seguente dichiarazione:
  - RCVWND( $t = 2.00$  s) = 26 kbyte;
  - RCVWND( $t = 3.50$  s) = 80 kbyte;
  - RCVWND( $t = 4.50$  s) = 10 kbyte;
  - RCVWND( $t = 8.50$  s) = 80 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, 4.50 s),  $t = (17.00$  s, 17.50 s),  $t = (24.50$  s, 25.00 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.

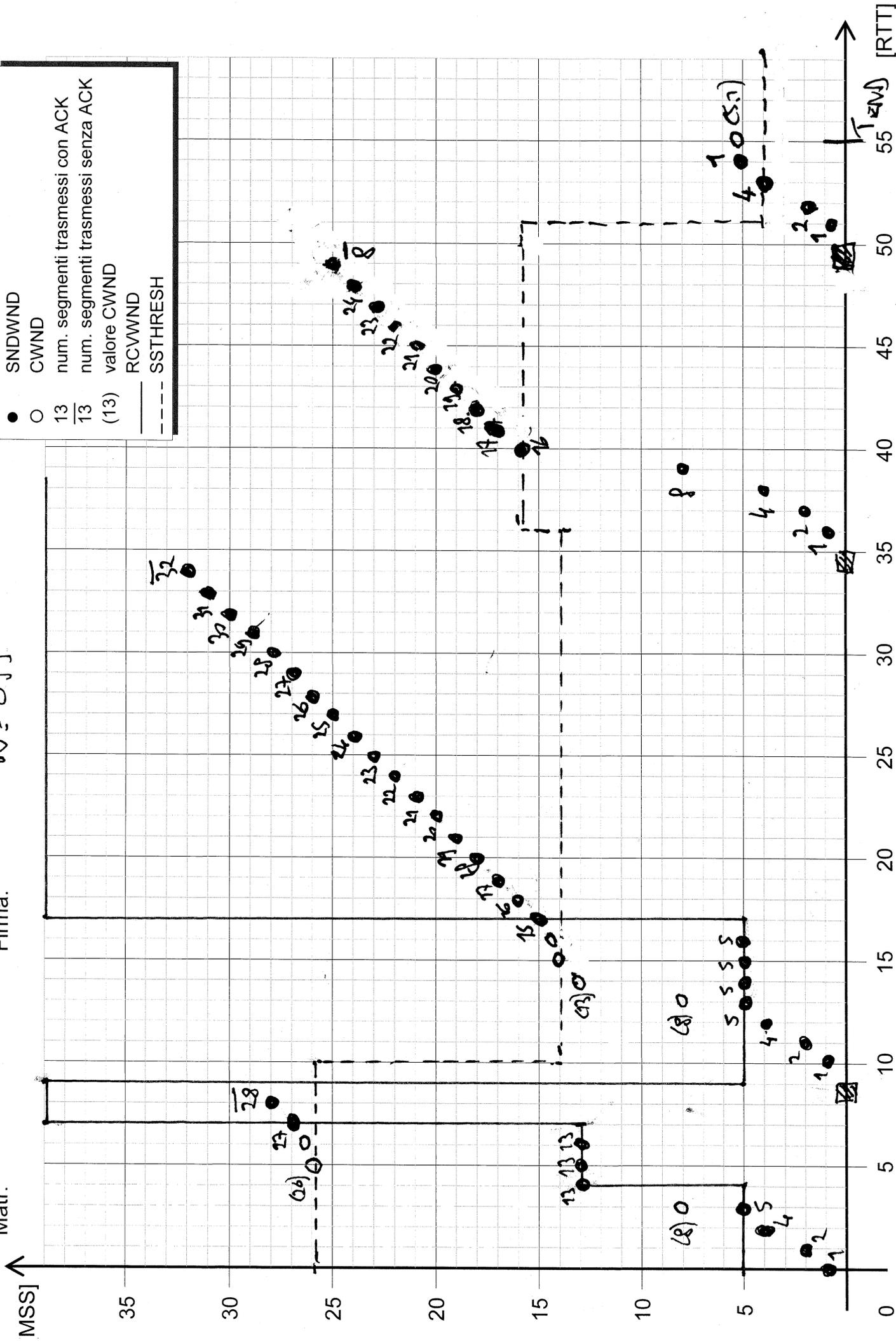
Cognome e nome:

N: 699

Firma:

Matr.

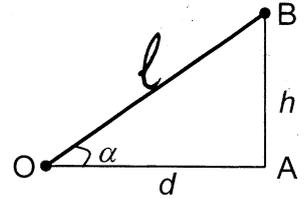
●	SNDWND
○	CWND
13	num. segmenti trasmessi con ACK
13	num. segmenti trasmessi senza ACK
(13)	valore CWND
—	RCVWND
- - -	SSTHRESH



**Domanda 2**

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

Una stazione B su un pallone aerostatico ad altezza  $h$  dal suolo trasmette dati a una stazione base O, sita a terra a distanza  $d$  dalla verticale AB attraverso un sistema di trasmissione radio che fornisce un canale libero da errori, eccetto quando diversamente indicato, di capacità  $C = 50$  Mbit/s. Sia  $\alpha$  l'angolo con cui da O si vede B rispetto all'orizzonte (formato da OA rispetto alla congiungente OB).



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 60 byte di carico utile e 10 byte di overhead;
- pacchetti di riscontro (ACK) di dimensione fissa  $L_A = 10$  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  $TO = 100 \mu s$  (il trasmettitore interpreta come NACK lo scadere del  $TO$  senza che sia ricevuto l'ACK).

- 1) Si consideri il sistema con  $d = 2000$  m. Qual è la massima altezza  $h$ , per cui il trasferimento dati avviene con continuità senza interruzioni?
- 2) Si consideri il sistema con  $h = 3000$  m e  $d = 6000$  m. Si calcoli il tempo totale di trasferimento da B a O di un segmento dati di lunghezza 500 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 O.

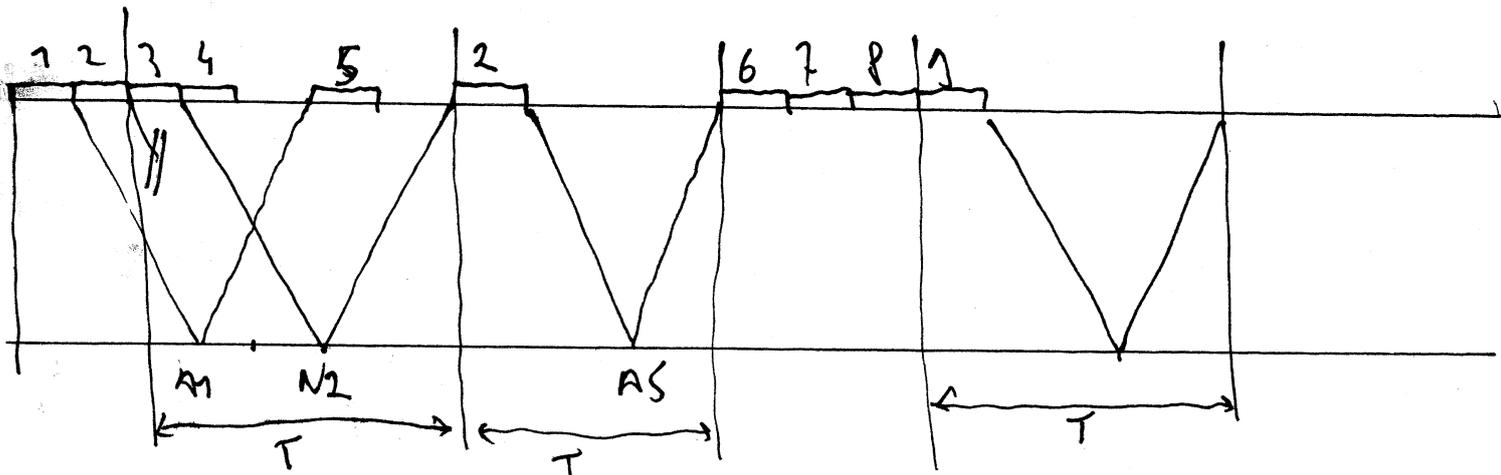
1)  $l = \sqrt{h^2 + d^2}$      $\tau = l/c$      $T_A = 1,6 \mu s$      $T_D = 7,2 \mu s$

TX cont. se  $2\tau + T_A \leq 3T_D \Rightarrow l \leq 4800 \text{ m}$      $h \leq 4363,5 \text{ m}$

2)  $l = 6708,2 \text{ m}$      $\tau = 22,36 \mu s$      $N = \lceil \frac{500}{60} \rceil = 9$  pacchetti

$2\tau + T_A \approx 4,1 T_D \Rightarrow$  TX discont

$< TO \Rightarrow TO$  sufficiente



$T_{TOT} = 5T_N + 3(2\tau + T_A + T_N) = 228,56 \mu s$

---

**Reti di Telecomunicazione**

**Prof. Stefano Bregni**

**IV Appello d'Esame 2024-25 – 18 luglio 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 4.0.0.0/7.

Si partizioni il blocco in  $N = 4$  sottoreti  $/n$ .

Si partizioni la sottorete #1  $/n$  in  $M = 256$  (sotto)<sup>2</sup>reti  $/m$ .

Si partizioni la sottorete #3  $/n$  in  $P$  (sotto)<sup>2</sup>reti  $/p$ , tali che possano indirizzare almeno 400 host ognuna.

Si partizioni la (sotto)<sup>2</sup>rete #3-512  $/p$  in  $Q = 16$  (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  $/q$ .

$/n = /9$   $/m = /17$   $/p = /23$   $/q = /27$  255.255.255.224

b) Si scriva in formato decimale l'indirizzo dell'host #1025 della (sotto)<sup>1</sup>rete #0  $/n$

00000100.0 | 00000000.00000100.00000001 4.0.4.1

c) Si scriva in formato decimale l'indirizzo broadcast della (sotto)<sup>2</sup>rete #1-4  $/m$ .

00000100.1 | 00000100.0 | 11111111.11111111 4.130.127.255

d) All'indirizzo 5.1.0.0 corrisponde l'host # <sup>76</sup>2 della (sotto)<sup>1</sup> rete # 2 -     -     / 9

00001001.0 | 00000001.00000000.00000000

e) All'indirizzo 5.132.1.31 corrisponde l'host # BC della (sotto)<sup>3</sup> rete # 3 - 512 - 8 / 27

00000101.1 | 00001000.00000001.00011111

**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 " | ".

Cognome e nome:

(stampatello)

(firma leggibile)

Matricola:

## 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)  $N$  sorgenti casuali con frequenza di picco 1000 Mbit/s e coefficiente di *burstiness*  $1/20$  trasmettono pacchetti aventi lunghezza casuale media  $L_D = 2000$  bit. I pacchetti sono trasmessi a un moltiplicatore statistico con buffer infinito e linea di uscita di capacità  $C$ . (3 punti)
- Quale dovrebbe essere la capacità della linea  $C$ , affinché possa moltiplicare fino a  $N = 50$  sorgenti mantenendo il coefficiente di utilizzo della linea non superiore al 5%?
  - Qual è la durata media  $T_D$  dei pacchetti trasmessi dalle sorgenti?
  - Qual è la frequenza media dei pacchetti trasmessi da ogni sorgente [pacchetti/s]?

$$a) C \geq 50 \text{ Gbit/s}$$

$$b) T_D = 2 \mu\text{s}$$

$$c) 25000 \text{ pacch/s}$$

- 2) Volete convertire *Darling Nikki* di Prince (due canali stereo, durata  $T = 4'14''$ ) in forma digitale realizzata con 32768 livelli di quantizzazione, frequenza di campionamento standard CD  $f_c = 44.1$  kHz, rapporto di compressione  $\eta$ , producendo un file di lunghezza  $L$ . Quale rapporto di compressione dovrebbe avere la codifica, se si desidera limitare la lunghezza del file risultante a non più di 5 Mbyte? ( $M = 1024^2 \times$ ) (2 punti)

$$T = 254 \text{ sec}$$

$$2 \cdot T \cdot f_c \cdot 16 \text{ b/camp} \cdot \eta \leq 5 \text{ Mbyte} \Rightarrow \eta < 9.124875 \approx 1/8$$

- 3) Un segnale audio viene codificato in forma numerica con frequenza di campionamento  $f_c = 12$  kHz, 1024 livelli di quantizzazione, compresso con rapporto  $1/4$ , e quindi trasmesso su rete a pacchetto. I pacchetti sono composti da 20 byte di intestazione IP, 20 byte di intestazione UDP, 40 byte di payload. Quanti pacchetti sono generati dalla codifica di 4 minuti di voce? (2 punti)

$$f_p = (12 \text{ kHz}) \cdot (16 \text{ bit/camp}) \cdot \frac{1}{4} = 30 \text{ Kbit/s}$$

$$f_{\text{pacchetti}} = 93.75 \text{ pacch/s}$$

$$\Rightarrow 22500 \text{ pacchetti}$$

- 4) 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)

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

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

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

---

7) A quale scopo un router IP esegue l'*Algoritmo di Dijkstra*? Di quali informazioni necessita per eseguirlo correttamente? Chi glielne fornisce? *(2 punti)*

---

8) Si consideri il viaggio di un pacchetto UDP da un computer all'altro attraverso Internet. Chi legge il suo header, lungo il percorso dal computer che lo ha generato fino al computer destinazione, attraverso i vari router intermedi? Cosa succede se la verifica del *checksum* non risulta corretta? *(2 punti)*

---

9) A cosa è associato un Indirizzo IP? Ossia, cosa identifica? Quanti Indirizzi IP può avere un router connesso a Internet? Almeno 1? Almeno 2? Almeno 3? Spiegare perché. *(2 punti)*