

---

# Reti di Telecomunicazione

Prof. Stefano Bregni

II Appello d'Esame 2023-24 – 15 febbraio 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 808 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( $t = 0$ ) = 56 kbyte;
- RCVWND( $t = 0$ ) = 72 kbyte; in seguito, il trasmettitore riceve dall'altro host la seguente dichiarazione:
  - RCVWND( $t = 1.00$  s) = 4 kbyte;
  - RCVWND( $t = 1.50$  s) = 8 kbyte;
  - RCVWND( $t = 3.75$  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  $t = (6.00 \text{ s}, 6.25 \text{ s})$ ,  $t = (7.75 \text{ s}, 8.00 \text{ s})$ ,  $t = (9.25 \text{ s}, 11.00 \text{ s})$ ,  $t = (13.00 \text{ s}, 13.25 \text{ s})$ ;
- 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:

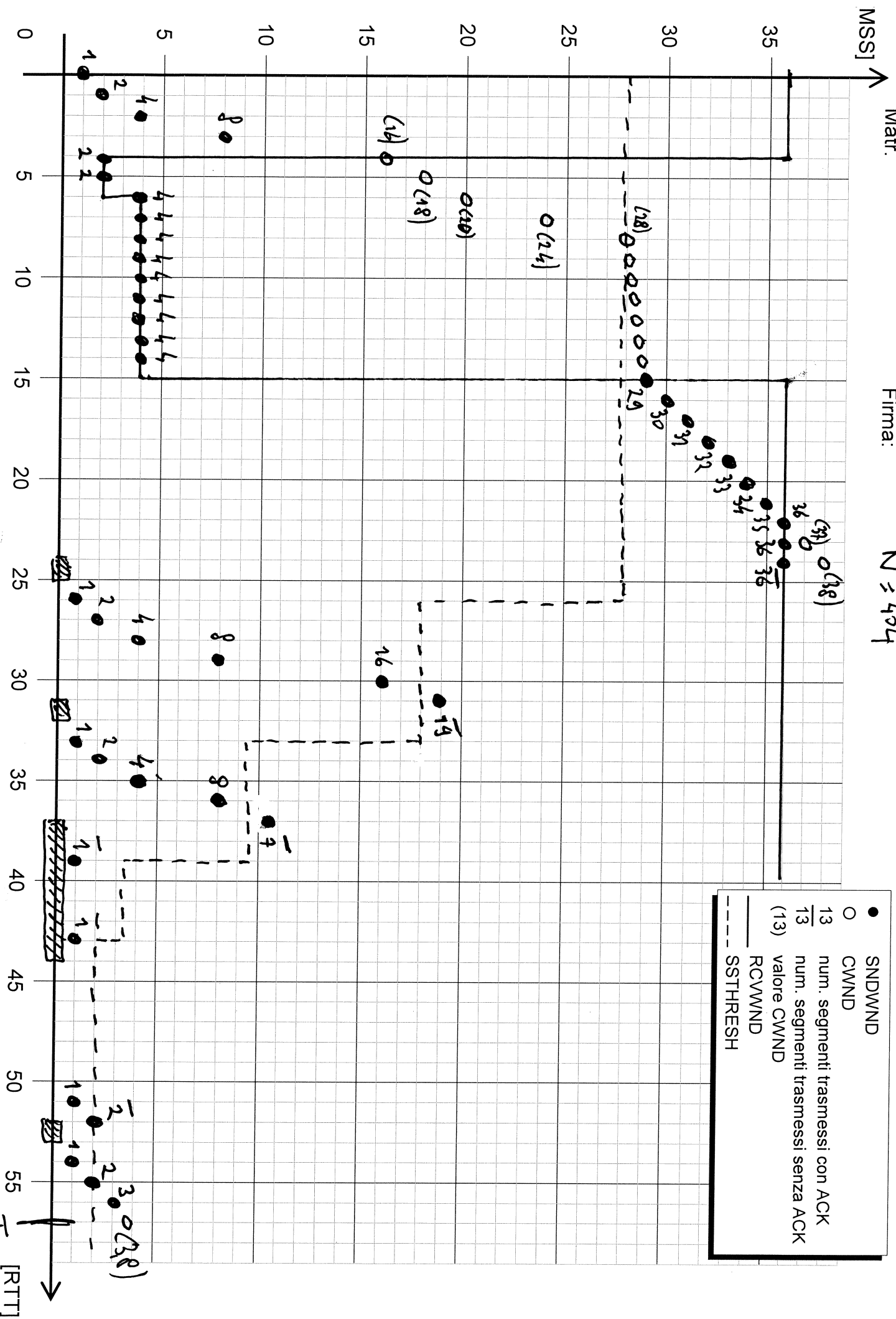
- il tempo totale di trasferimento del file  $T_{\text{END}}$  [s] (dall'inizio della trasmissione del primo pacchetto alla ricezione dell'ultimo ACK);
- i valori di CWND quando diversi da SNDWND (anche per  $t = T_{\text{END}}$ );
- il numero di segmenti trasmessi ad ogni intervallo, specificando se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

Cognome e nome:

Matr.

Firma:

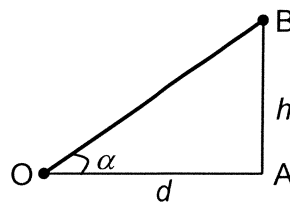
$N \approx 404$



Domanda 2

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

Un pallone aerostatico B ad altezza  $h$  dal suolo trasmette dati alla 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  $C = 14$  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:

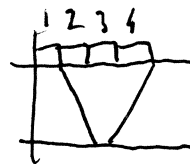
- pacchetti dati di dimensione fissa  $L_D$ , consistenti in 50 byte di carico utile e 20 byte di overhead;
- pacchetti di riscontro (ACK) di dimensione fissa  $L_A = 20$  byte;
- tempo di elaborazione pacchetto dati da parte della stazione ricevente (tempo che intercorre tra la ricezione di un pacchetto 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  $TO = 200 \mu s$  (il trasmettitore interpreta come NACK lo scadere del  $TO$  senza che sia ricevuto l'ACK).

- 1) Si consideri il sistema con  $h = 15$  km. Qual è la massima distanza  $d$ , per cui il trasferimento dati avviene con continuità senza interruzioni?
- 2) Si consideri il sistema con  $h = 15$  km e  $d = 5$  km. Si calcoli il tempo totale di trasferimento da B a O di un segmento dati di lunghezza 710 byte (dall'inizio della trasmissione del primo pacchetto dati al termine della ricezione dell'ultimo ACK), nel caso in cui il 7° pacchetto trasmesso da B non venga ricevuto correttamente da O.

$$1) \ell = \sqrt{h^2 + d^2} \quad \tau = \ell / c \quad T_A = 11.43 \mu s \quad T_D = 40 \mu s$$

$$TX \text{ cont. } \Rightarrow 2\tau + T_A \leq 3T_D \Rightarrow \ell \leq 16.3 \text{ km}$$

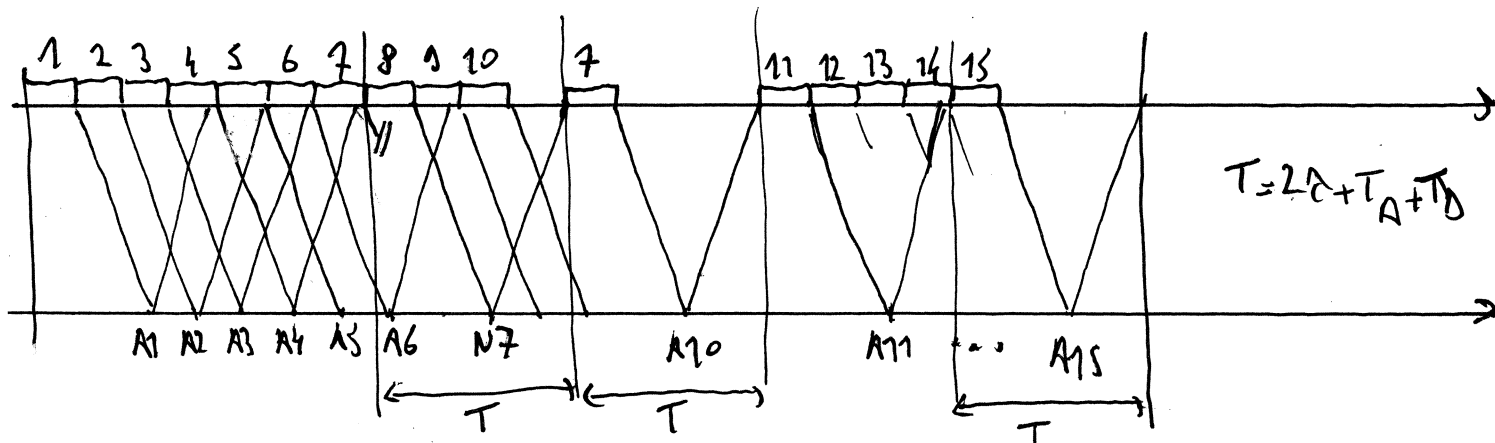


$$\sqrt{15^2 + d^2} \leq 16.3 \text{ km} \Rightarrow d \leq 6.34 \text{ km}$$

$$2) \ell = 15.8 \text{ km} \quad \tau = \ell / c = 52.7 \mu s \quad N = \left\lceil \frac{710}{50} \right\rceil = 15 \text{ pacchetti}$$

$$2\tau + T_A \cong 2.9 T_D \Rightarrow TX \text{ cont.}$$

$$< TO \Rightarrow TO \text{ suff.}$$



$$T_{TOT} = 7T_D + 3(T_D + T_A + 2\tau) + 4T_D = 910.5 \mu s$$

---

**Reti di Telecomunicazione**

**Prof. Stefano Bregni**

**II Appello d'Esame 2023-24 – 15 febbraio 2024**

**Cognome e nome:**

*(stampatello)*

*(firma leggibile)*

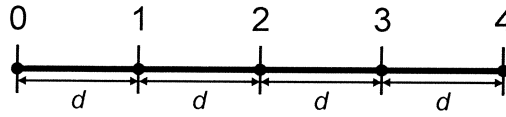
**Matricola:**

---

**Domanda 3**

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

Cinque stazioni radio, numerate da 0 a 4 come in figura, sono collocate lungo una linea retta, equamente distanziate una dall'altra  $d = 4500$  m. La velocità di trasmissione delle stazioni è 50 Mbit/s.



All'istante  $t_0 = 0$ , la stazione #0 inizia a trasmettere una trama di lunghezza  $L_0 = 250$  byte. Nel preciso istante in cui inizia a ricevere il segnale trasmesso da #0, la stazione #2 inizia a trasmettere una trama di lunghezza  $L_2 = 125$  byte. Le altre stazioni rimangono silenziose in ogni caso.

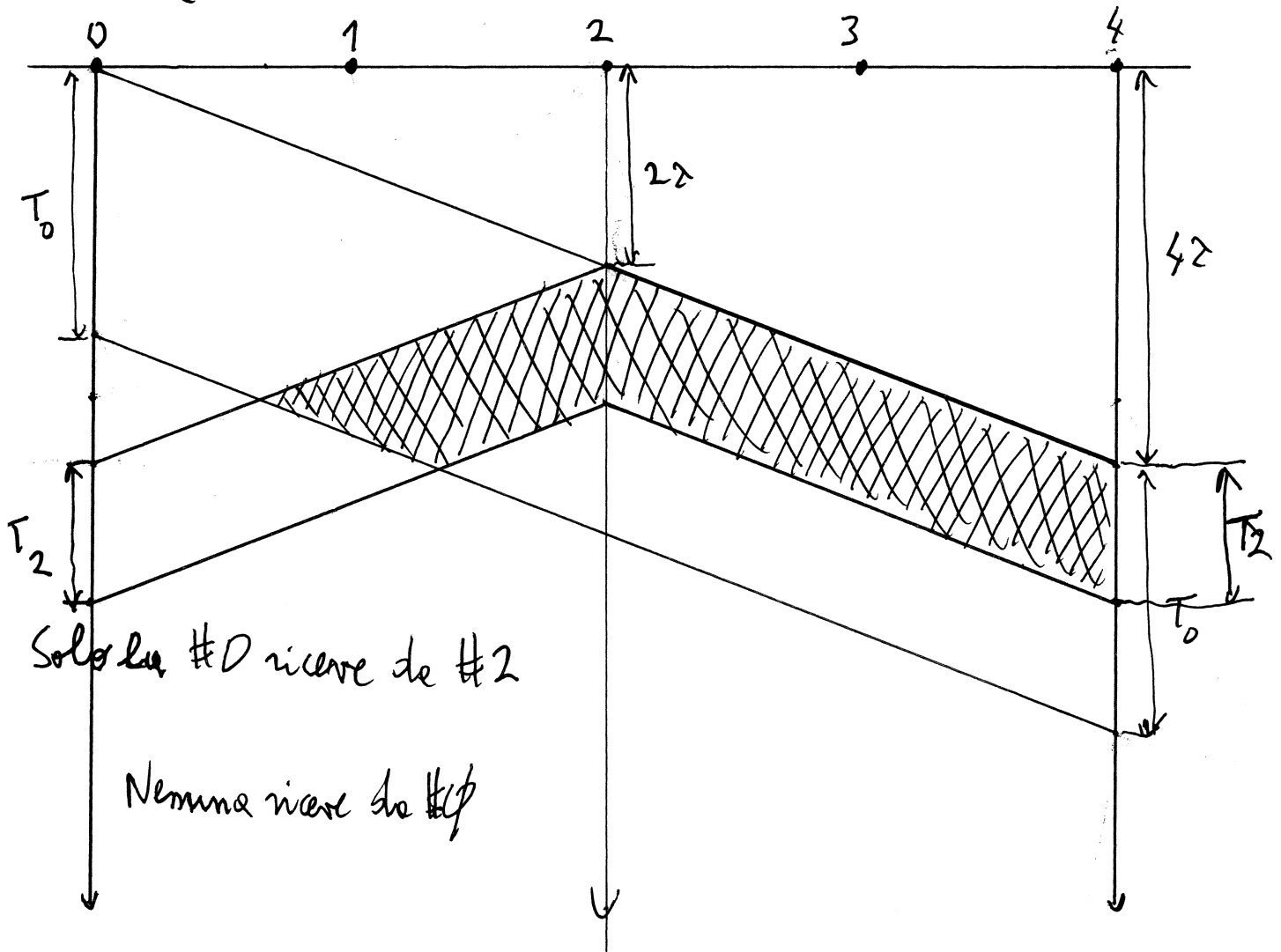
Quali stazioni ricevono correttamente le due trame?

Per rispondere alla domanda, si disegni il diagramma spazio-tempo di propagazione delle trame trasmesse dalle stazioni. Identificare sul diagramma gli intervalli di tempo e spazio in cui i segnali si sovrappongono (tratteggiare l'area corrispondente).

$$T_0 = \frac{L_0}{c} = 40 \mu s$$

$$\tau = \frac{d}{c} = 15 \mu s$$

$$T_2 = \frac{L_2}{c} = 20 \mu s$$



## 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 CIDR, ci è stato assegnato il blocco di indirizzi 16.0.0.0/7. (5 punti)

Si partizioni il blocco in  $N = 16$  sottoreti / $n$ .Si partizioni la sottorete #4 / $n$  in  $M = 16$  (sotto)<sup>2</sup>reti / $m$ .Si partizioni la sottorete #8 / $n$  in  $P$  (sotto)<sup>2</sup>reti / $p$ , tali che possano indirizzare almeno 3000 host ognuna.Si partizioni la (sotto)<sup>2</sup>rete #8-16 / $p$  in  $Q = 128$  (sotto)<sup>3</sup>reti / $q$ .

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

$$/n = /11 \quad /m = /15 \quad /p = /20 \quad /q = /27$$

- b) Si scriva in formato decimale l'indirizzo broadcast della (sotto)
- <sup>2</sup>
- rete #4-8 /
- $m$

$$0001000 | 0.100 | 1000 | 1.111111.111111 \quad 16.145.255.255$$

- c) Si scriva in formato decimale l'indirizzo dell'host #514 della (sotto)
- <sup>2</sup>
- rete #8-16 /
- $p$

$$0001000 | 1.000 | 00000.1000 | 0010.000000010 \quad 17.0.130.2$$

- d) All'indirizzo 16.64.255.255 corrisponde l'host #
- 65535
- della (sotto)
- 1
- rete #
- 2
- 
- 11

$$0001000 | 0.010 | 00000.111111.111111$$

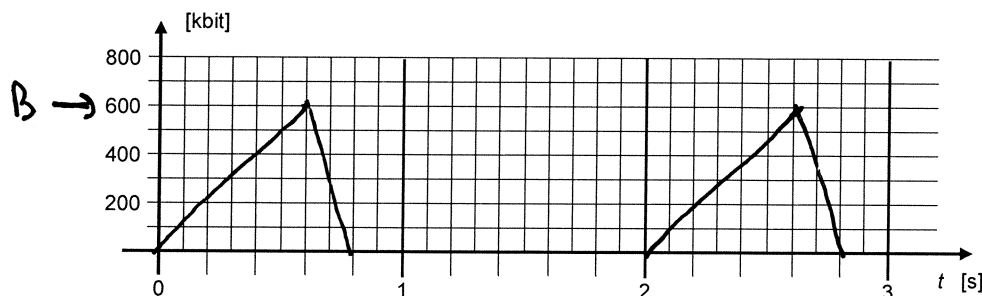
- e) All'indirizzo 17.1.1.31 corrisponde l'host #
- 136
- della (sotto)
- 3
- rete #
- 8
- 
- 16
- 
- 8
- /
- 27

$$0001000 | 1.000 | 00001.0000 | 001.000 | 11111$$

## 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 moltiplicatore statistico con buffer di capacità
- $B = 75$
- kbyte. La sorgente trasmette pacchetti di lunghezza
- $L = 300$
- kbyte al ritmo di 1 pacchetto ogni 2 secondi con velocità di picco
- $S = 4$
- Mbit/s. La linea d'uscita ha capacità
- $C = 3$
- 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)

 $\phi$  persi

$$T_D = 0.6 \text{ s}$$

$$\Delta f = 1 \text{ mb/s}$$

- 3)  $N$  sorgenti casuali, con frequenza di picco  $A$  e intervalli di silenzio tra un pacchetto e l'altro di durata media  $B$ , trasmettono pacchetti di lunghezza casuale aventi durata media  $T$ . I pacchetti sono trasmessi a un moltiplicatore statistico con buffer infinito e linea di uscita di capacità  $C = 600$  Mbit/s. (3 punti)
- a) Quanto vale il coefficiente di utilizzo della linea  $\eta$  se  $N = 12$ ,  $A = 200$  Mbit/s,  $B = 1000$   $\mu$ s, e  $T = 250$   $\mu$ s?
  - b) Qual è la lunghezza media dei pacchetti [bit] se  $N = 5$ ,  $A = 300$  Mbit/s,  $B = 100$   $\mu$ s, e  $T = 2$  ms?
  - c) Qual è l'intervallo medio di silenzio  $B$  tra un pacchetto e l'altro se  $N = 200$ ,  $A = 15$  Mbit/s,  $\eta = 0.2$ , e  $T = 100$   $\mu$ s?

a)  $\eta = 0,80$

b) 600 kbit

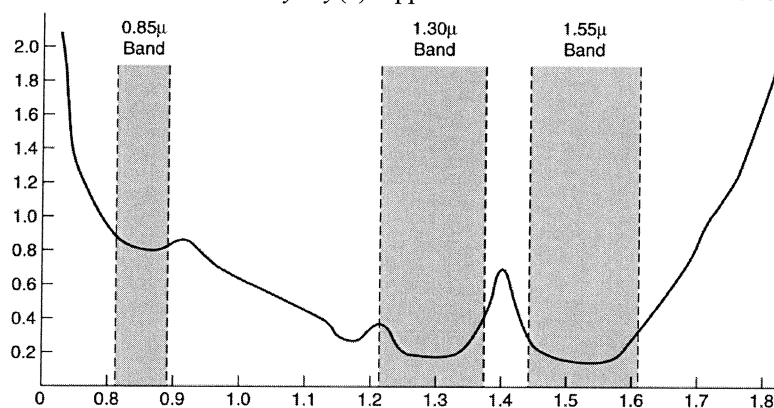
c)  $T_{OFF} = 2,4$  ms

- 4) A cosa serve il programma TRACEROUTE? Descrivere sinteticamente il suo meccanismo di funzionamento. (3 punti)

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

---

- 5) Spiegare il significato della figura sottostante. Quali sono le grandezze sui due assi  $X$  e  $Y$ ? Quali sono le loro unità di misura? Cosa indica la curva  $y = y(x)$  rappresentata dalla linea nera? Cosa sono le tre finestre disegnate in grigio? (3 punti)



- 6) Nel CSMA, se una stazione pronta a trasmettere rileva il canale occupato, è meglio che trasmetta immediatamente appena rileva il canale libero (CSMA persistente), oppure che attenda un tempo casuale (CSMA non persistente)? Se si sceglie di attendere un tempo casuale, il throughput sarà maggiore quanto più questo tempo in media sarà breve, o quanto più sarà lungo? (2 punti)