

---

# Reti di Telecomunicazione

Prof. Stefano Bregni

IV Appello d'Esame 2021-22 – 12 luglio 2022

---

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 510 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;
- SSTORESH( $t = 0$ ) = 32 kbyte;
- RCVWND( $t = 0$ ) = 64 kbyte; in seguito, il trasmettitore riceve dall'altro host la seguente dichiarazione:
  - RCVWND( $t = 1.50$  s) = 8 kbyte;
  - RCVWND( $t = 6.50$  s) = 64 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  $t = (10.50$  s, 11.00 s),  $t = (14.00$  s, 14.50 s),  $t = (16.00$  s, 23.00 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  $\geq$  SSTORESH.

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 SSTORESH durante il trasferimento.

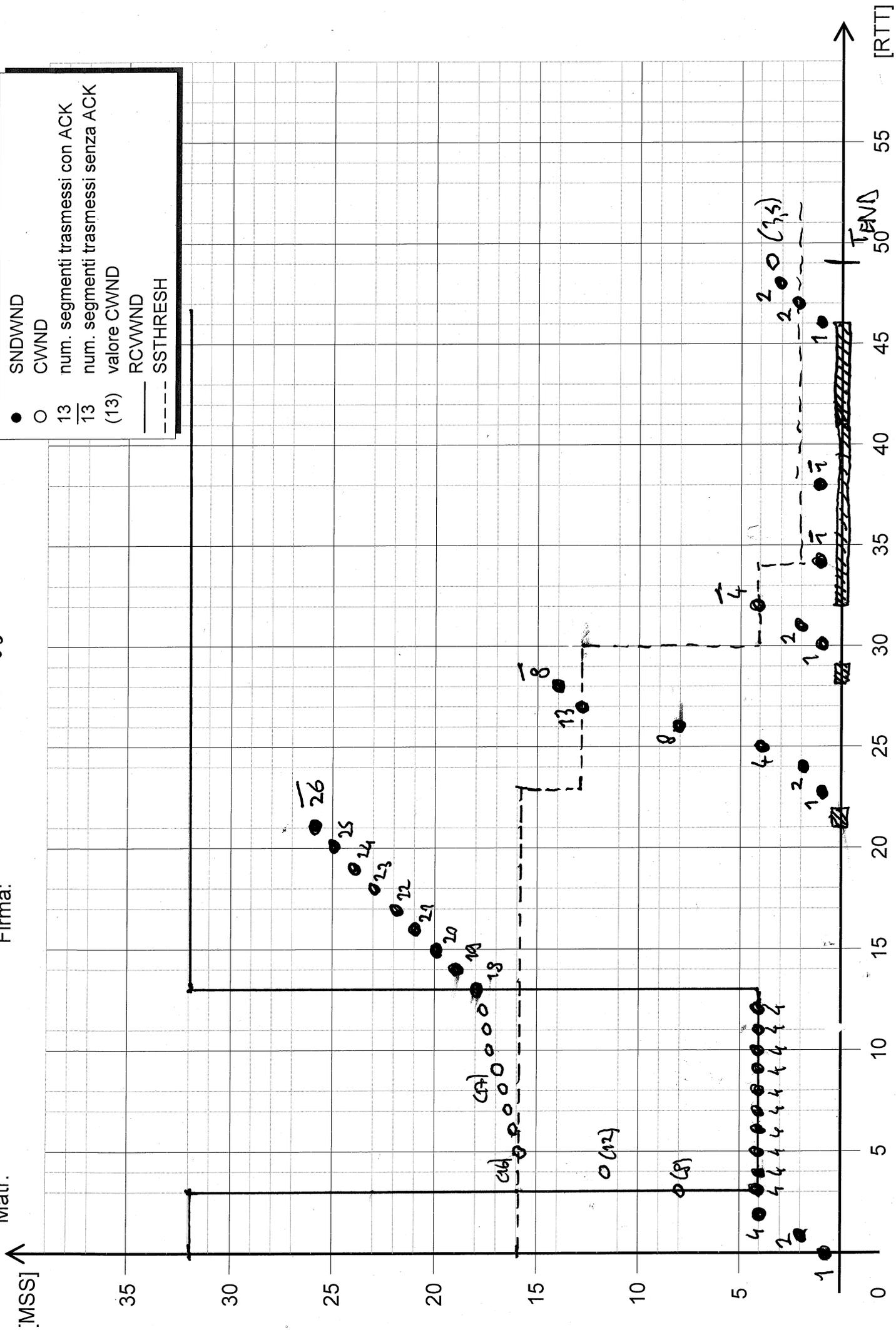
Cognome e nome:

Matr.

Firma:

$N=255$

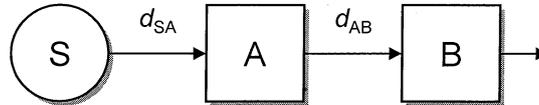
●	SNDWND
○	CWND
13	num. segmenti trasmessi con ACK
$\frac{13}{13}$	num. segmenti trasmessi senza ACK
(13)	valore CWND
—	RCVWND
- - -	SSTHRESH



Domanda 2

(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 periodi di attività di durata costante  $T_{ON}$ , in cui trasmette segmenti di dati di lunghezza  $L$  a frequenza costante  $P_S = 10$  Mbit/s, a periodi di inattività di durata costante  $T_{OFF}$ .

Il nodo A incapsula ogni segmento dati ricevuto in pacchetti, costituiti dal segmento stesso (*payload*) più un'intestazione (*overhead*) di lunghezza fissa  $L_{OH} = 750$  byte, che inoltra a valle trasmettendo alla frequenza di picco  $P_A = 8$  Mbit/s.

Il nodo B inoltra a sua volta i pacchetti ricevuti a frequenza di picco  $P_B$ , 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  $d_{SA} = 120$  km. Il collegamento tra A e B è una tratta radio di lunghezza  $d_{AB} = 60$  km.

Al tempo  $t = 0$ , la sorgente S inizia a trasmettere segmenti dati di dimensione  $L = 1.25$  kbyte con fattore di burstiness pari a  $1/3$ .

Si consideri la trasmissione da parte della sorgente S dei primi 3 segmenti di dati.

a) Determinare:

- gli intervalli di attività e inattività della sorgente S:  $T_{ON} = 1 \text{ ms}$        $T_{OFF} = 2 \text{ ms}$ ;
- il fattore di utilizzo della linea tra A e B:  $2/3$
- dopo avere tracciato il grafico richiesto al punto b), il tempo totale di trasferimento dei dati da S a B (da  $t = 0$  alla ricezione dell'ultimo bit del terzo pacchetto in B):  $T_{TOT} = 9.8 \text{ ms}$

$$\tau_{SA} = \frac{d_{SA}}{v} = 600 \mu\text{s} \quad \tau_{AB} = \frac{d_{AB}}{c} = 200 \mu\text{s}$$

$$T_{ON/S} = \frac{L}{P_S} = \frac{1.25 \text{ Kbyte}}{10 \text{ Mb/s}} = 1 \text{ ms}$$

$$T_{OFF/S} = 2 T_{ON} = 2 \text{ ms}$$

$$\text{All'uscita di A: } T_{ON/A} = \frac{L + L_{OH}}{P_A} = 2 \text{ ms}$$

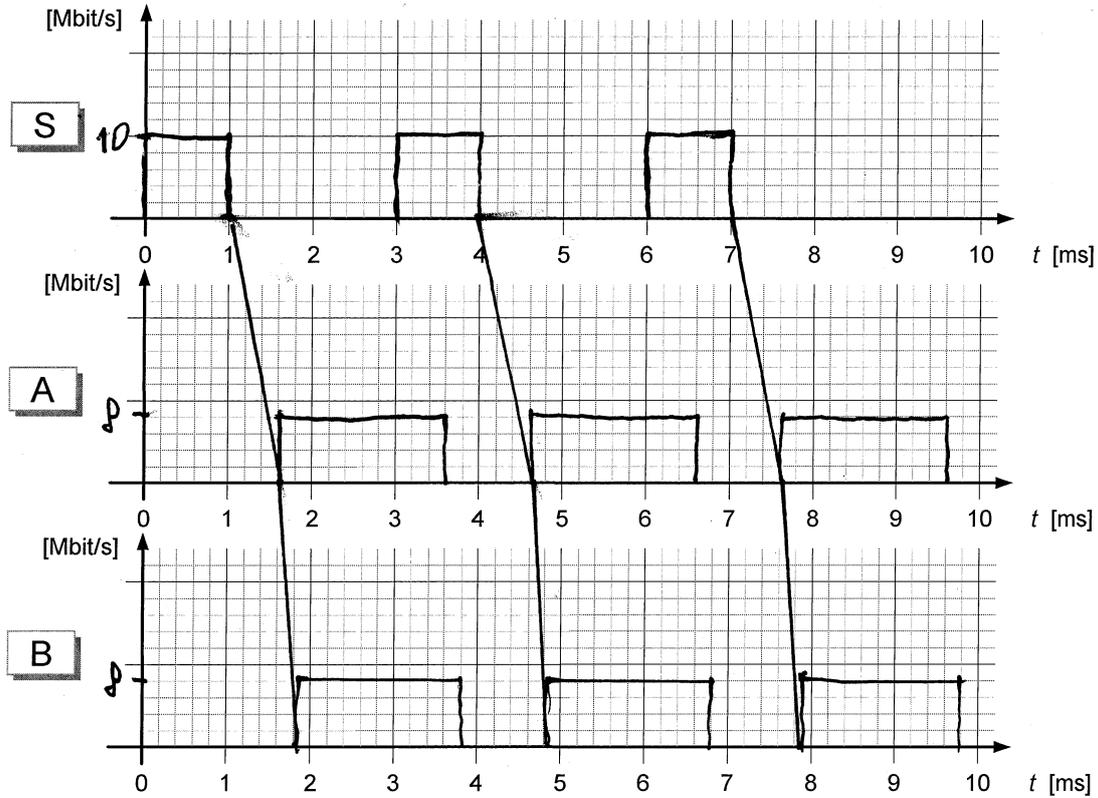
pacchetti trasmessi ogni  $T_{ON/S} + T_{OFF/S} = 3 \text{ ms}$

$$\Rightarrow \rho = 2/3$$

b) Disegnare nel grafico sotto:

- il profilo di trasmissione [Mbit/s] all'uscita della sorgente S (diagramma S);
- il profilo di trasmissione [Mbit/s] all'uscita del nodo A (diagramma A);
- il profilo di ricezione [Mbit/s] all'ingresso del nodo B (diagramma B).

Nota: con "profilo di trasmissione/ricezione" si intende l'andamento della frequenza di trasmissione/ricezione in funzione del tempo sulla linea specificata.



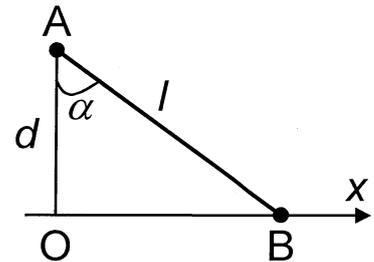
$$T_{TOT} = 9,8 \text{ ms}$$

Domanda 3

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

già data

Un terminale B è posto su un'automobile che viaggia a velocità  $v = 50$  km/h lungo l'asse  $x$  in figura e scambia dati con la stazione A posta a distanza  $d = 20$  km dalla l'origine dell'asse  $x$  sia nel punto O a minima distanza da A. Si ponga inoltre l'origine dei tempi  $t = 0$  nell'istante in cui B si trova in O. Il canale radio ha capacità  $C = 10$  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 32 byte di carico utile e 8 byte di overhead;
- pacchetti di riscontro (ACK) di dimensione fissa  $L_A = 8$  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  $W = 3$  pacchetti dati e Timeout di ritrasmissione  $TO = 1$  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).

Si valuti la velocità effettiva di trasferimento dei dati al variare del tempo  $t \geq 0$  [min]. Calcolare:

- a)  $T_1$ : valore limite di  $t$  per cui la trasmissione passa da continua a discontinua (o viceversa);

Trasmissione continua per  $t < T_1 = \frac{NAI}{v}$  [s] oppure  $t > T_1 = \frac{NAI}{v}$  [s]

- b)  $T_2$ : il valore limite di  $t$  per cui il TO diventa insufficiente e la trasmissione si interrompe;

TO insufficiente per  $t > T_2 = 2$  [h] 57 [m] 14 [s]

- c) il valore minimo del throughput raggiunto in  $0 \leq t \leq T_2$ ;

Throughput minimo:  $0,93$  Mb/s per  $t = T_2$

$$T_A = 6,4 \mu s \quad l = \sqrt{d^2 + x^2} \quad x = vt \quad \alpha = l/c$$

$$T_D = 32 \mu s \quad \tau_{min} = \tau(\alpha) = d/c = 66,7 \mu s$$

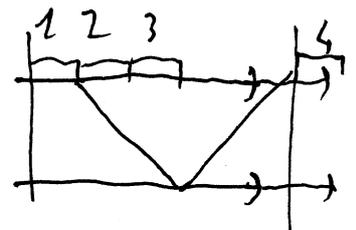
a)  $2\tau + T_A \approx 4,3 T_D \Rightarrow$  TX sempre discontinua

b)  $2\tau + T_A > TO \quad \frac{2}{c} \sqrt{d^2 + x^2} > TO - T_A$

$$\Rightarrow x \approx 147,7 \text{ Km}$$

$$t > 2,954 \text{ h} = 2 \text{ h } 57' 14''$$

c)  $THR(t=T_2) = \frac{W L_D}{2\tau(T_2) + T_A + T_D} = 0,93 \text{ Mb/s}$



$$\tau(T_2) = \frac{\sqrt{d^2 + x^2}}{c} = 496 \mu s$$

Pag. 4/9  
 $x = 147,7 \text{ Km}$

---

**Reti di Telecomunicazione**

**Prof. Stefano Bregni**

**IV Appello d'Esame 2021-22 – 12 luglio 2022**

**Cognome e nome:**

*(stampatello)*

*(firma leggibile)*

**Matricola:**

---

**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, ci è stato assegnato il blocco di indirizzi 47.170.0.0/15. (4 punti)  
Si partizioni il blocco in  $N=8$  sottoreti  $/n$ .  
Si partizioni la sottorete #2  $/n$  in  $M$  (sotto)<sup>2</sup>reti  $/m$ , tali che possano indirizzare almeno 1500 host ognuna.  
Si partizioni la sottorete #4  $/n$  in  $P$  (sotto)<sup>2</sup>reti  $/p$ , tali che possano indirizzare almeno 13 host ognuna.  
Si partizioni la (sotto)<sup>2</sup>rete #2-5  $/m$  in  $Q = 16$  (sotto)<sup>3</sup>reti  $/q$ .

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

$$/n = /18 \quad /m = /22 \quad /p = /28 \quad /q = /25$$

b) Si scriva in formato decimale l'indirizzo broadcast della (sotto)<sup>2</sup>rete #4-224  $/p$ .

$$\underline{47.1010101|1.00|001110.0000|1111} \quad 47.171.14.15$$

c) Si scriva in formato decimale l'indirizzo dell'host #512 della (sotto)<sup>2</sup>rete #2-5  $/m$ .

$$\underline{47.1010101|0.10|100|010.00000000} \quad 47.170.162.0$$

d) All'indirizzo 47.171.0.1 corrisponde l'host # 1 della (sotto)<sup>2</sup> rete # 4 - 0 - 0 / 28

$$\underline{47.1010101|1.00|00000000.0000|0001}$$

**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) Per quale motivo in Ethernet CSMA-CD il tempo di attesa per la ritrasmissione dopo una collisione non è fisso? Cosa succederebbe se lo fosse? Descrivere sinteticamente l'algoritmo con cui viene calcolato tale tempo di attesa. (3 punti)

Cognome e nome:

(stampatello)  
(firma leggibile)

---

Matricola:

---

- 3) *Mio Cuggino* dura 5'36". Lo si converte in forma digitale con frequenza di campionamento standard  $f = 44.1$  kHz. Con quanti livelli è possibile quantizzare il segnale, se si desidera limitare la dimensione del file risultante a non più di 12 Mbyte ( $M = \times 1024^2$ )? (2 punti)

$$N \cdot T \cdot f_c \leq 12 \text{ Mbyte}$$

$$\rightarrow N \leq 6 \text{ bit/campione} \rightarrow Q \leq 64 \text{ livelli}$$

- 
- 4) Descrivere sinteticamente il processo di conversione da analogico a digitale di un segnale (2 punti)

- 
- 5) Cosa succede se in un moltiplicatore numerico sincrono un tributario si discosta dalla frequenza nominale? Distinguere i casi in cui questo avviene per un breve intervallo di tempo o a lungo termine. (2 punti)

- 6) Definire i parametri *Send Window*, *Receive Window* e *Congestion Window* nel protocollo TCP precisandone il loro significato. (3 punti)

- 
- 7) Cosa calcola l'Algoritmo di Dijkstra? A partire da quali informazioni in ingresso?

(2 punti)