
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:

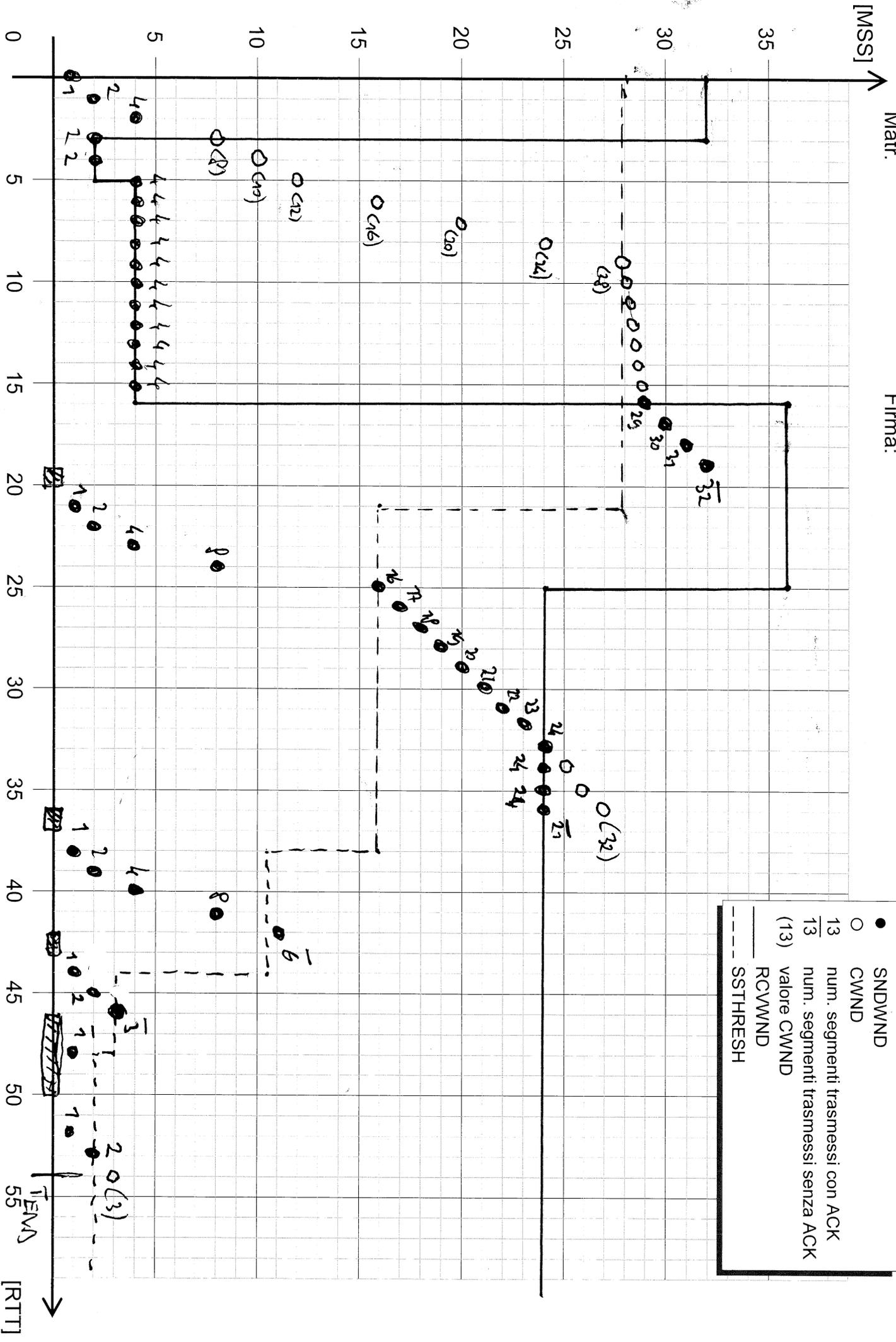
- il tempo totale di trasferimento del file T_{END} [s] (dall'inizio della trasmissione del primo pacchetto alla ricezione dell'ultimo ACK);
- i valori di CWND quando diversi da SNDWND (anche per $t = T_{\text{END}}$);
- il numero di segmenti trasmessi ad ogni intervallo, specificando se ne vengono ricevuti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

Cognome e nome:

Matr.:

Firma:

N = 409

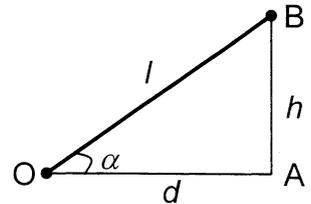


- SNDWIND
- CWIND
- num. segmenti trasmessi con ACK
- - - num. segmenti trasmessi senza ACK
- | valore CWIND
- RCWIND
- | SSTHRESH

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).

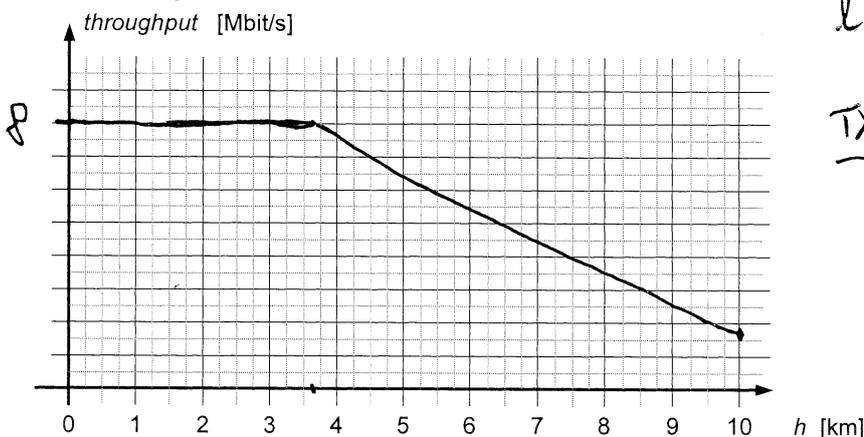
Si calcoli la velocità effettiva di trasferimento dei dati (incluso overhead) all'aumentare dell'altezza h , per $0 \text{ km} \leq h \leq 10 \text{ km}$, e se ne tracci l'andamento nel grafico sottostante. Calcolare il valore limite di h per cui la trasmissione diventa discontinua (se ciò avviene) e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

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

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

Trasmissione continua per $h < \underline{3,66 \text{ km}}$ oppure $h > \underline{\hspace{2cm}}$

Time Out = 1 ms insufficiente per $h < \underline{\hspace{2cm}}$ oppure $h > \underline{12,871 \text{ km}}$



$T_A = 20 \mu\text{s}$
 $T_D = 100 \mu\text{s}$
 $l = h / \sin \alpha \quad c = l / \tau$
TX cont se $2\tau + T_A \leq 3T_D$

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

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

$l \leq 42 \text{ km}$

$h \leq 3660,5 \text{ m}$

TO insuff. se $TO < 2\tau + T_A$

$\Rightarrow h > 12,871 \text{ km}$

Reti di Telecomunicazione

Prof. Stefano Bregni

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

Cognome e nome:

(stamatello)

(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 24.0.0/5.

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

Si partizioni la sottorete #2 $/n$ in $M = 64$ (sotto)²reti $/m$.

Si partizioni la sottorete #1 $/n$ in P (sotto)²reti $/p$, tali che possano indirizzare almeno 10000 host ognuna.

Si partizioni la (sotto)²rete #1-257 $/p$ in $Q = 256$ (sotto)³reti $/q$.

a) Quanto valgono le lunghezze dei prefissi $/n$, $/m$, $/p$, $/q$? Scrivere la maschera in formato decimale delle (sotto)³reti $/q$.

$/n = /17$ $/m = /13$ $/p = /14$ $/q = /26$ 255.255.255.192

b) Si scriva in formato decimale l'indirizzo broadcast della (sotto)²rete #2-33 $/m$.

000111101.00001111.11111111.11111111 29.15.255.255

c) Si scriva in formato decimale l'indirizzo dell'host #256 della (sotto)²rete #1-1025 $/p$.

00011011.00000000.01000000.00000000 27.0.65.0

d) All'indirizzo 26.64.66.32 corrisponde l'host # 32 della (sotto)³ rete # 1-257-8 / 26

00011010.01000000.01000010.00100000

e) All'indirizzo 25.0.0.0 corrisponde l'host # 2²⁴ della (sotto)¹ rete # 0 - - - / 7

00011001.00000000.00000000.00000000

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]?

$$f_0 = (16 \text{ KHz}) \cdot (11 \text{ bit/campione}) \cdot \frac{1}{8} = 22 \text{ Kbit/s}$$

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

$$f_{tot} = f_0 \frac{55 + 40}{55} = 38 \text{ Kbit/s}$$

- 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 η se $N = 400$, $P = 1$ Gbit/s, $A = 2$ Mbit/s, e $T = 1 \mu\text{s}$?
 - Qual è la lunghezza media L_D dei pacchetti se $N = 50$, $P = 1$ Gbit/s, $A = 400$ Mbit/s, e $T = 9 \mu\text{s}$?
 - Qual è la frequenza media dei pacchetti trasmessi sulla linea nel caso b)?

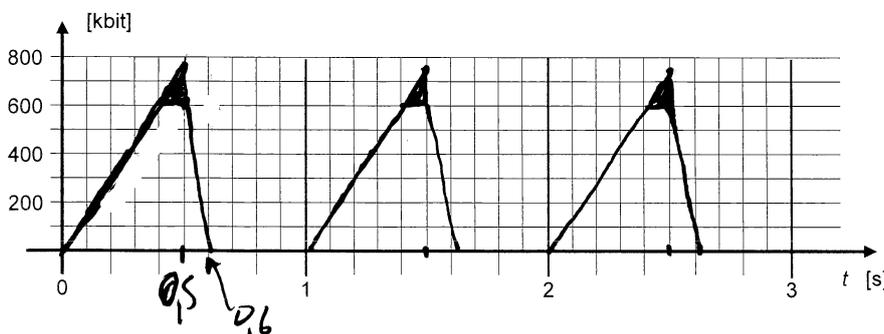
a) $\eta = 2\%$

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

c) 1 sorgente: $f_{pacch} = \frac{1}{T + T_D} = \frac{1}{75 \mu\text{s}} = 6666.7 \text{ pacch/s}$

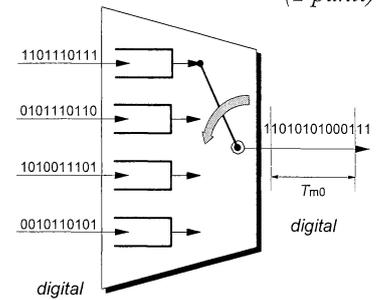
Sulle linee:
 $N \cdot f_{pacch} = 3.3 \cdot 10^6 \text{ pacch}$

- 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)



$T = 0.1 \text{ sec}$
 $\Delta f = 7.5 \text{ Mb/s}$
 $750 \text{ Kbit} \times 3 = 450 \text{ Kbit persi}$

- 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)

Reti di Telecomunicazione

Prof. Stefano Bregni

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

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)*