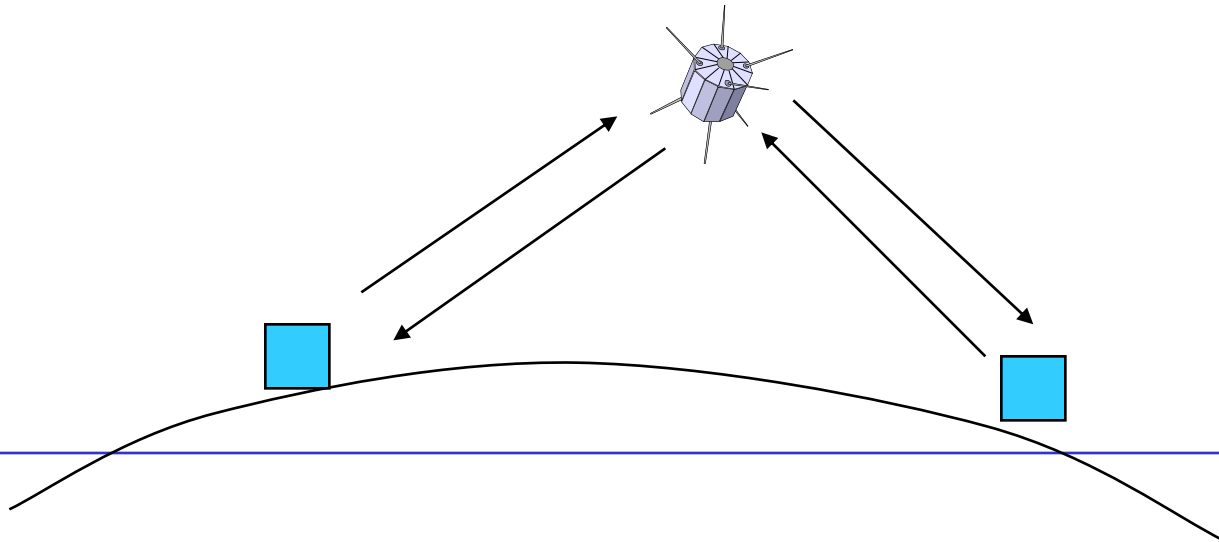

Esercizi
Controllo d'errore
HDLC

Esercizio 1

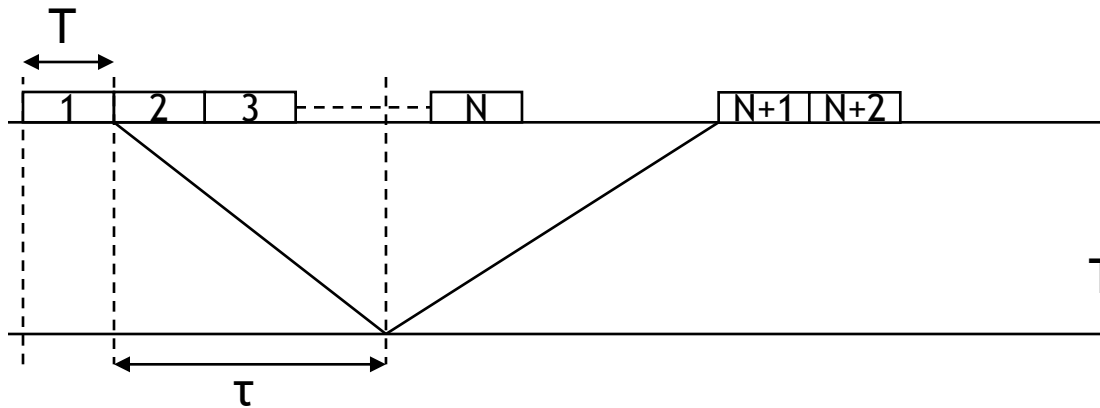
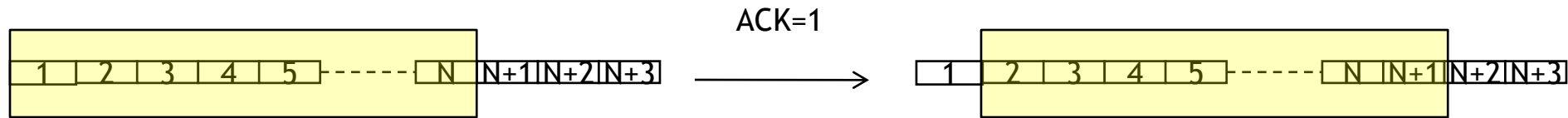
- Si consideri un canale via satellite della capacità di 1 Mb/s. Considerando che il tempo di propagazione attraverso un satellite geostazionario richiede 250 ms, si chiede di dimensionare la minima finestra di trasmissione di un protocollo *Go-BACK-N* (con time-out) in modo che sia consentita la massima utilizzazione del canale quando vengano trasmesse trame di 2000 bit in assenza di errori.
- Si calcoli poi la massima efficienza trasmissiva che si avrebbe nel caso in cui il meccanismo ARQ sia di tipo *STOP and WAIT*.



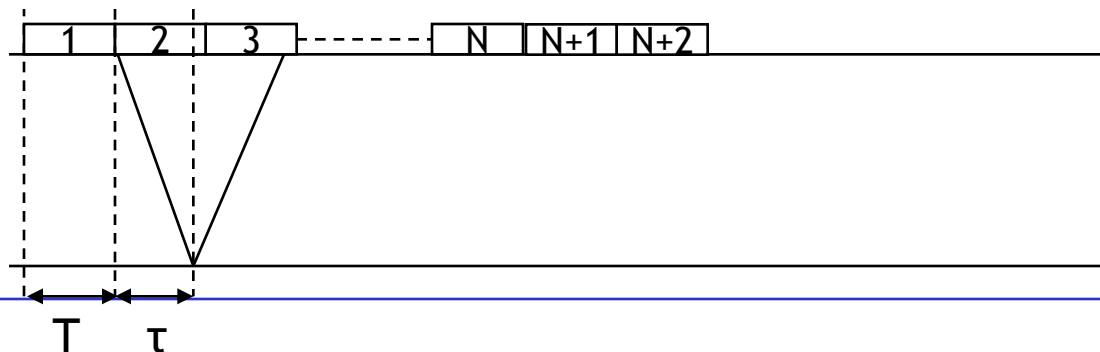
Esercizio 1-Soluzione

- *Go-Back-N*:

- Finestra Scorrevole



Trasmissione Inefficiente
 $RTT > NT$



Trasmissione Continua
 $RTT < NT$

Esercizio 1-Soluzione

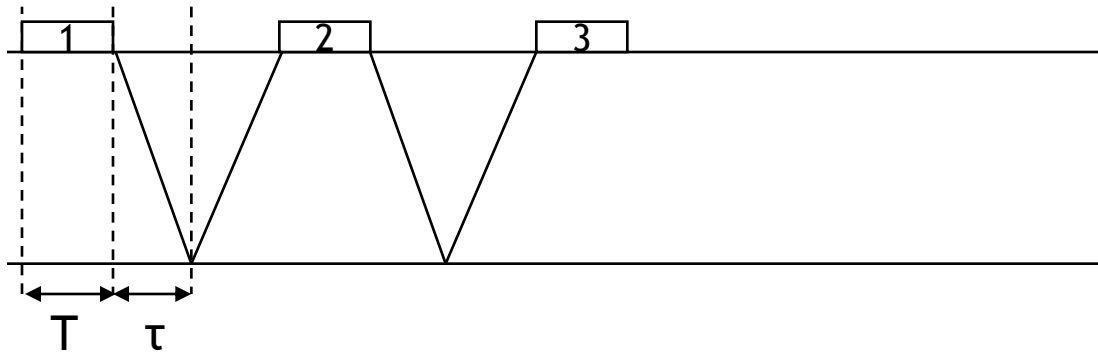


- Il numero di trame N nella finestra deve essere tale che il loro tempo di trasmissione copra il tempo di andata e ritorno della prima trama. Detto $T=2$ ms il tempo di trasmissione di una trama deve essere allora

$$NT \geq T + 2t \quad \text{----->} \quad N \geq 1 + 2t/T = 1 + 2 \times 502/2 = 251$$

Esercizio 1-Soluzione

- Stop & Wait

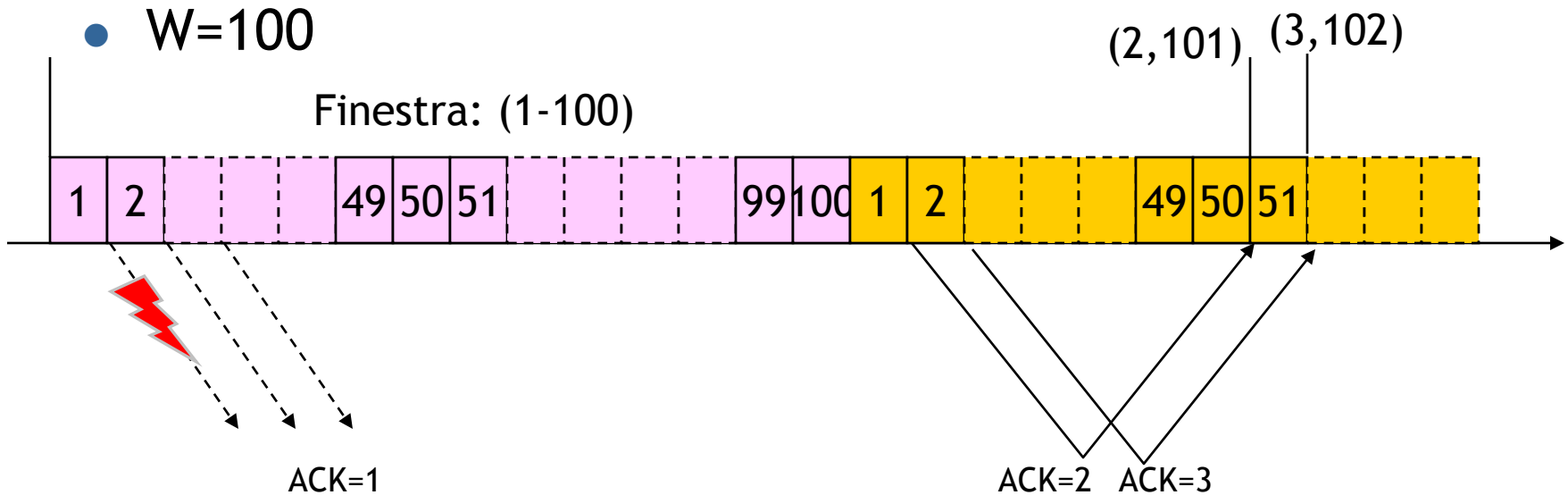


- L'efficienza del meccanismo *Stop and Wait* si calcola così:
 - trasmetto 1 pacchetto (durata $T=2$ ms) ogni $T+2\tau$
 - efficienza: $\eta = T/(T+2\tau)=1/25$
-

Esercizio 2

- Un sistema GO-BACK-N presenta un ritardo di propagazione pari a 24 volte il tempo di trasmissione di un pacchetto e viene usato per inviare un file di 1000 pacchetti. Ipotizzando che tutti i pacchetti ricevuti correttamente siano riscontrati (tempo di trasmissione del riscontro = tempo di trasmissione del pacchetto), si calcoli il numero di pacchetti trasmessi inutilmente (errati o corretti ma scartati dal ricevitore) quando:
 - si sbaglia il primo pacchetto del file
 - si sbagliano il primo e il 100-esimo pacchetto del file
 - si sbaglia l'ACK del primo pacchetto del file
 - si sbaglia l'ACK del primo e del 100-esimo pacchetto del file
 - nel caso in cui la finestra sia lunga $W=100$
-

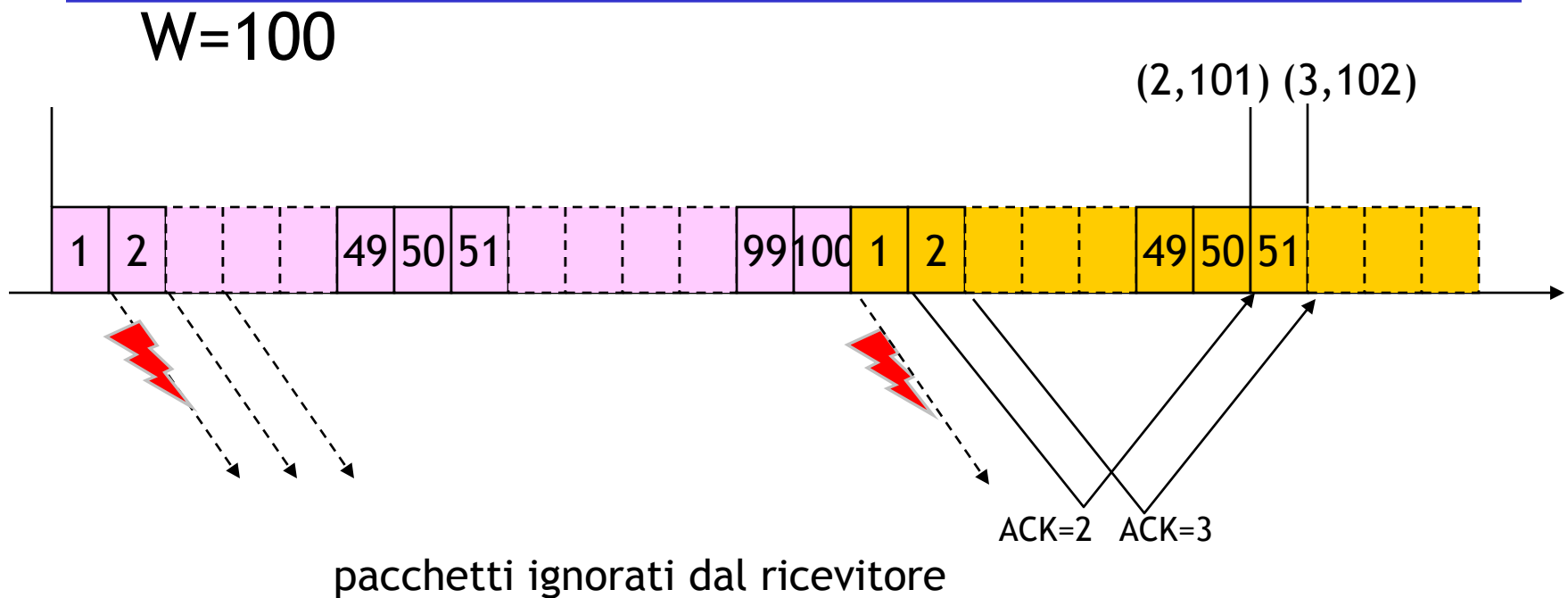
Esercizio 2 - Soluzione (1)



pacchetti ignorati dal ricevitore

- Tempo di ritorno dell'ACK = $50 T$
- Ritrasmetto inutilmente i pacchetti dal 1 a 100

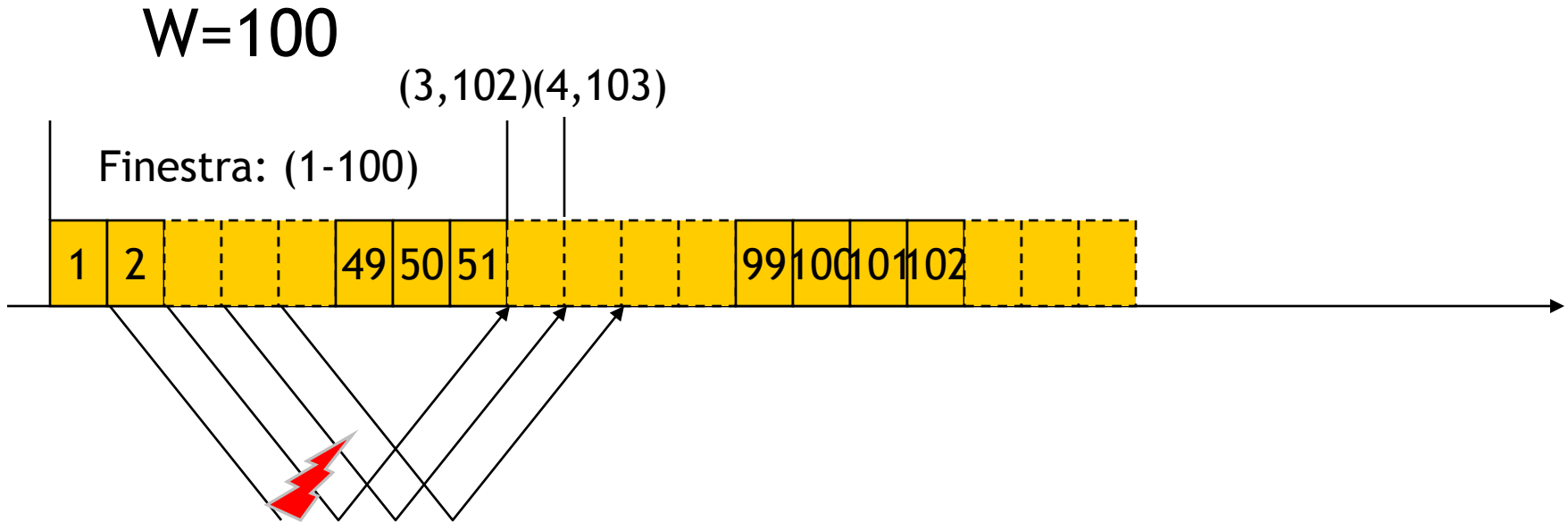
Esercizio 2 - Soluzione (2)



Ritrasmetto inutilmente i pacchetti dal 1 a $W=100$, ovvero 100 pacchetti.

Come in a)

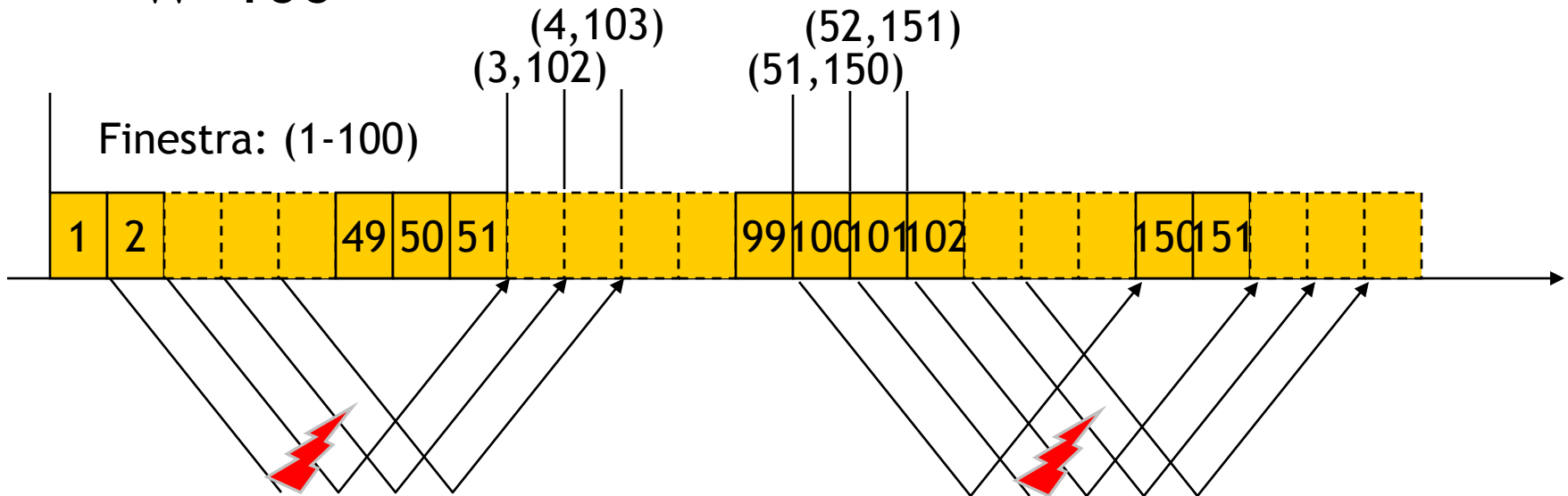
Esercizio 2 - Soluzione (3)



I pacchetti 1, 2,.... sono tutti ricevuti corretti e viene inviato l'ACK.
L'ACK del 2 riscontra implicitamente anche il pacchetto 1 e pertanto non si ritrasmette NESSUN pacchetto.

Esercizio 2 - Soluzione (4)

$W=100$



Anche in questo caso la perdita del 100-esimo ACK non ha effetto

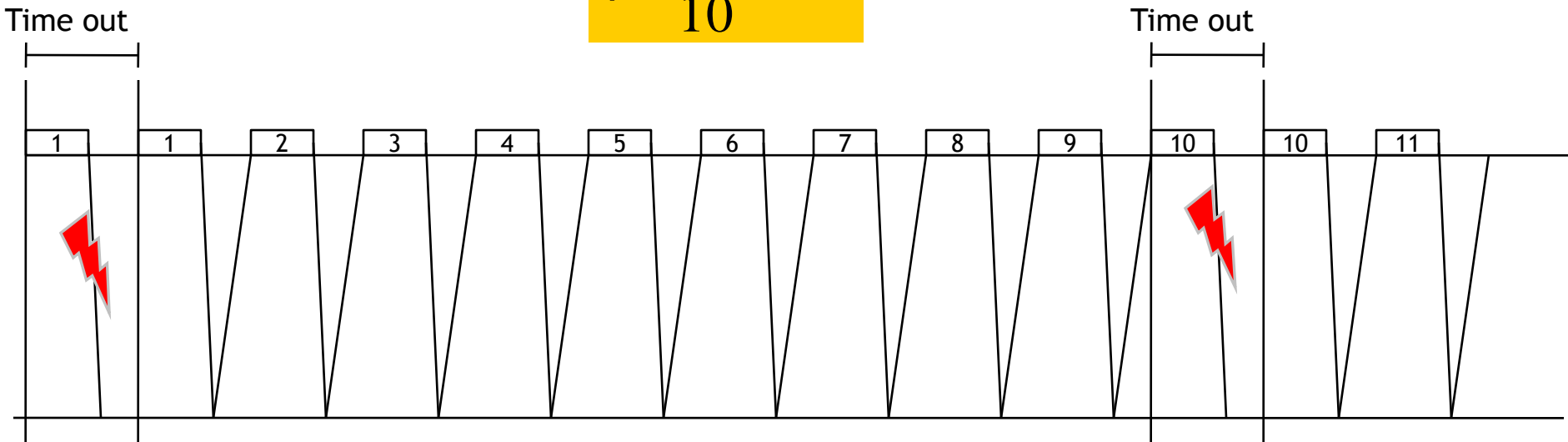
Esercizio 3

- a) Un canale sbaglia la trasmissione di pacchetti in ragione di 1 ogni 10 mentre non sbaglia il ritorno degli ACK. Si calcoli l'efficienza del meccanismo (n. pacchetti corretti/n. totale pacchetti trasmessi) nel caso in cui si usi STOP and WAIT con *time-out* minimo.
- b) Si calcoli poi l'efficienza trasmissiva totale (tempo usato per trasmettere pacchetti corretti/tempo totale) nel caso in cui il tempo di propagazione sia pari a n volte il tempo di trasmissione di un pacchetto e il tempo di trasmissione dell'ACK sia pari a T .
-

Esercizio 3 - Soluzione

a) STOP and WAIT: ogni 10 pacchetti, ne sbaglia 1. Dunque l'efficienza è

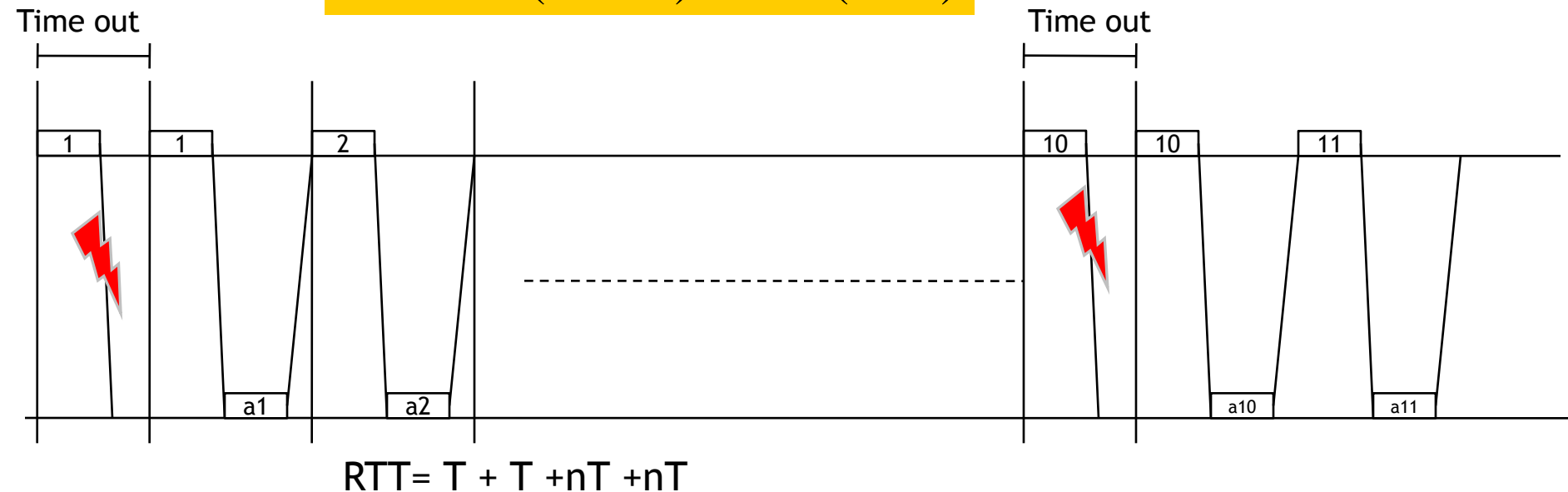
$$\eta = \frac{9}{10} = 0.9$$



Esercizio 3 - Soluzione

b) Efficienza temporale: caso Stop and Wait: per quanto visto prima, si trasmettono 9 pacchetti corretti (durata $9T$) ogni 10 round trip time, pari a $10T(2+2n)$. Dunque:

$$\eta = \frac{9T}{10T \cdot (2 + 2n)} = \frac{9}{20 \cdot (1 + n)}$$



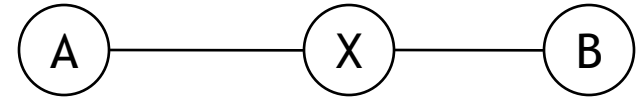
Esercizio 4

- Due stazioni A e B colloquiano attraverso da due collegamenti in cascata con velocità rispettivamente di 100 e 200 Mb/s e ritardo di propagazione di 500 [μ s] su ciascun collegamento. Il *forwarding* fra i due collegamenti sia di tipo *store and forward* senza ritardo di *processing*. Un file di 1250 Mbyte viene trasferito fra i due nodi suddividendolo in pacchetti di 10000 bit con *header* trascurabile. Si calcoli il ritardo con cui viene ricevuto l'ultimo *bit* del file in B nelle ipotesi in cui:
 - a) I pacchetti vengano spediti sulle linee alla velocità massima
 - b) I pacchetti vengano trasferiti attraverso un meccanismo di ARQ Stop and Wait applicato su ciascuno dei due collegamenti separatamente
 - c) I pacchetti vengano trasferiti attraverso un meccanismo di ARQ *Stop and Wait* applicato *end-to-end* (ACK lunghi come pacchetti).
 - Si ipotizzi che le trasmissioni sono senza errori.
-

Esercizio 4 - Soluzione (a)

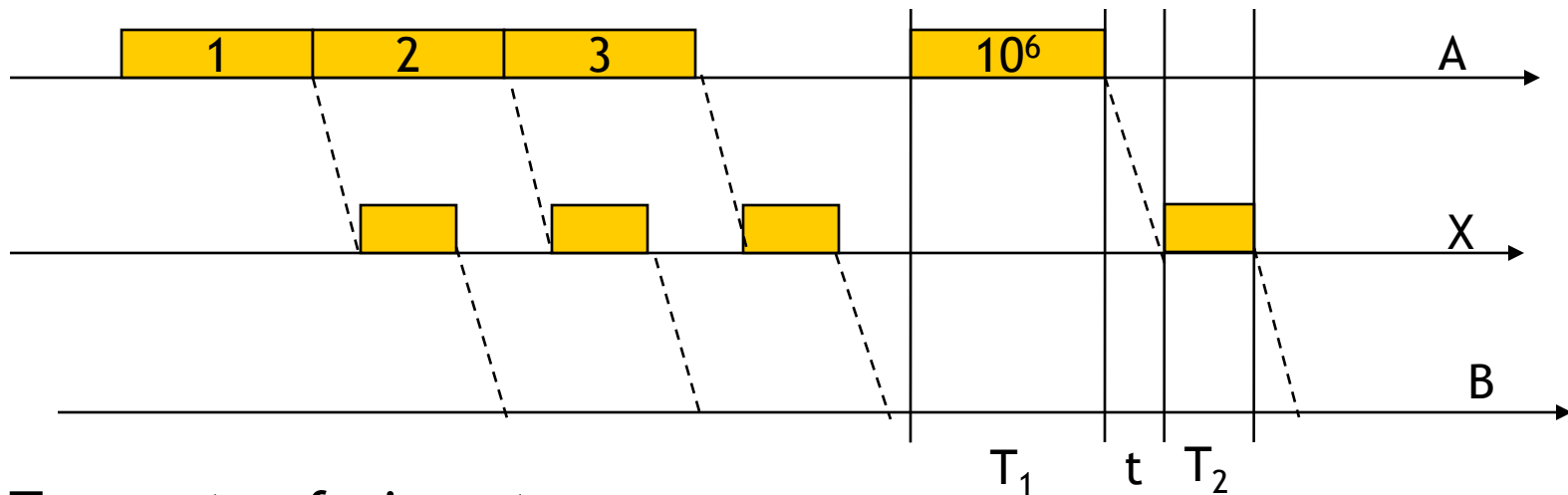
- Numero pacchetti da trasmettere:

➤ $N = (1250 \times 8 \times 10^6) / 10000 = 10^6$



- Tempi di trasmissione:

➤ $T_1 = 10000[\text{bit}] / 100 [\text{Mb/s}] = 100 [\mu\text{s}]$, $T_2 = T_1 / 2 = 50 [\mu\text{s}]$



- Tempo trasferimento

➤ $T_{\text{tot}} = NT_1 + 2t + T_2 = 10^6 \cdot 100 [\mu\text{s}] + 2 \cdot 500 [\mu\text{s}] + 50 [\mu\text{s}] = 100,0015 [\text{s}]$

Esercizio 4 - Soluzione (b)

Il tempo fra due trasmissioni consecutive sulla prima tratta è pari a

$$\Delta = 2T + 2\tau = 1.2 \text{ ms}$$

Il tempo fra due trasmissioni consecutive sulla seconda tratta è pari a

$D = 2T' + 2t = 1.1 \text{ ms}$. Dunque i pacchetti non fanno coda sulla prima tratta (quando arriva il secondo il primo è già partito). Il calcolo è come nel caso precedente con tempi di trasmissione mutati:

L'ultimo bit sulla prima tratta viene ricevuto dopo il tempo

$$(N-1)\Delta + \Delta/2 = N\Delta - \Delta/2 = 1200 \text{ s} - 0.6 \text{ ms}$$

A partire da questo tempo deve essere inviato e ricevuto sulla seconda tratta l'ultimo pacchetto che impiega come nel caso a)

$$T' + \tau = 0.05 \text{ ms} + 0.5 \text{ ms}$$

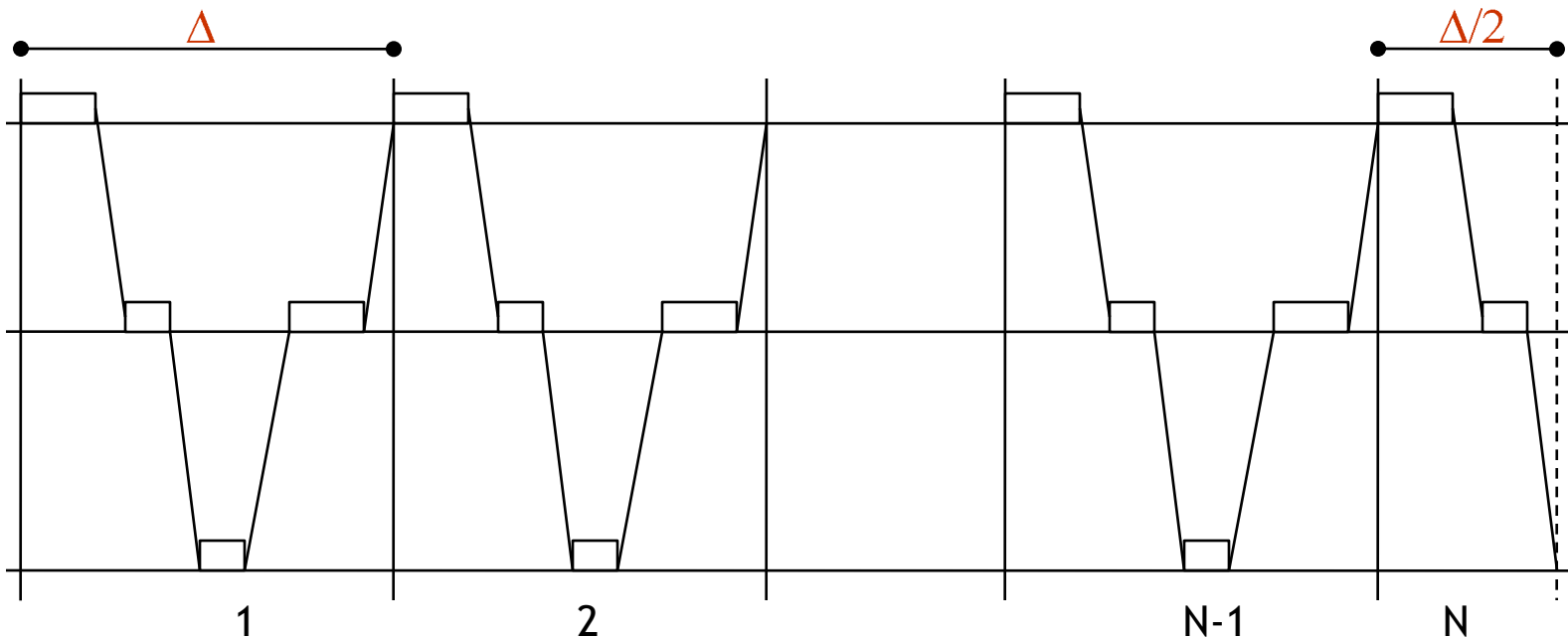
Il tempo cercato è allora la somma dei due e vale

$$1200 \text{ s} - 0.6 \text{ ms} + 0.05 \text{ ms} + 0.5 \text{ ms} = 1200 \text{ s} - 0.05 \text{ ms} = 1199.99995 \text{ s}$$

Esercizio 4 - Soluzione

Il tempo fra due trasmissioni consecutive sulla prima tratta è pari a
 $\Delta = T_1 + t + T_2 + t + T_2 + t + T_1 + t = 2T_1 + 2T_2 + 4t = 2.3 \text{ ms}$

L'ultimo bit sulla seconda tratta viene ricevuto dopo il tempo
 $(N-1)\Delta + \Delta/2 = N\Delta - \Delta/2 = 2300 \text{ s} - 1.15 \text{ ms} = 2299.99885 \text{ s}$



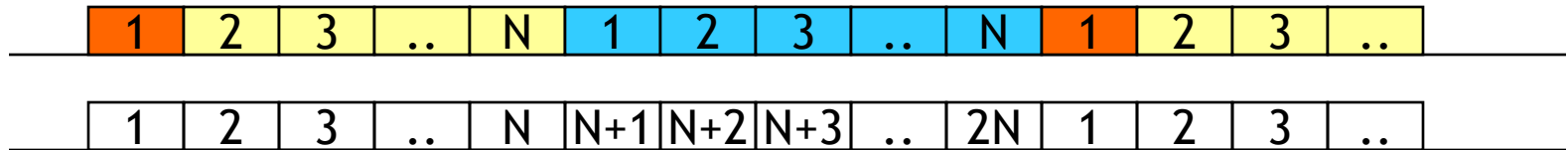
Esercizio 5

- Un meccanismo GO-BACK-N con finestra di $N \gg 1$ pacchetti sbaglia la trasmissione dei pacchetti in ragione di 1 ogni $2N$. Si calcoli l'efficienza del sistema (tempo usato per la trasmissione di pacchetti corretti/tempo totale) nell'ipotesi in cui il tempo di propagazione in un senso sia pari a $N/4$ pacchetti, supposto intero, nei due casi in cui
 - - A. Si trasmetta solo l'ACK dei pacchetti ricevuti correttamente
 - B. Si utilizzi anche il NAK
 - C. Si utilizzi il meccanismo Selective Repeat al posto del GO-BACK-N
-

Esercizio 5-Soluzione (a)

Qui la finestra è molto più lunga del minimo richiesto. Dunque la trasmissione non si ferma mai.

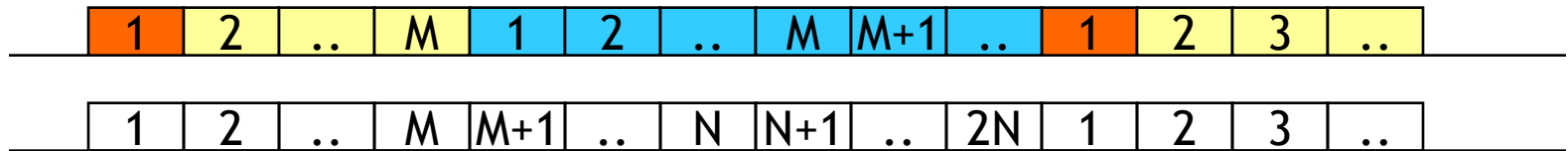
Se non si usa il NAK il meccanismo arriva alla fine della finestra e ritrasmette a partire dal pacchetto errato. Un errore causa la ritrasmissione completa della finestra ossia di N pacchetti.



Si vede che in caso di errore ogni $2N$ pacchetti, si trasmettono N pacchetti inutilmente + N pacchetti corretti e l'efficienza è $N/(2N)=1/2$

Esercizio 5-Soluzione (b)

Se il tempo di propagazione in un senso è pari a $N/4$ pacchetti, allora il tempo di ritorno dell'ACK è pari a $2 \times N/4 + 2 = N/2 + 2$ pacchetti, mentre il tempo di ritorno del NAK è $M = N/2 + 3$ (il ricevitore deve aspettare il pacchetto successivo per rilevare il fuori sequenza)

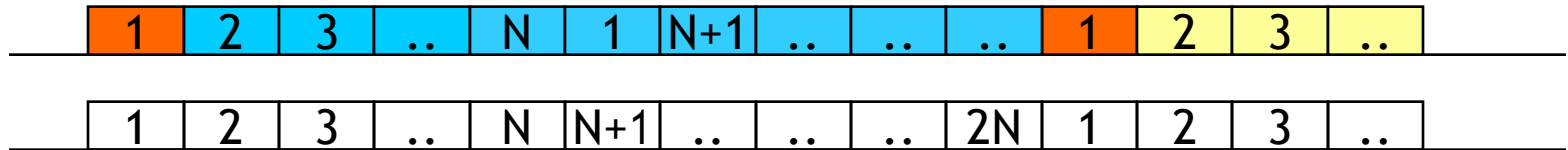


Si vede che in caso di errore ogni $2N$ pacchetti, si trasmettono M pacchetti inutilmente + $2N - M$ pacchetti corretti e l'efficienza è

$$\eta = \frac{2N - M}{2N} = \frac{2N - N/2 - 3}{2N} = \frac{3N - 6}{4N} \approx 3/4$$

Esercizio 5-Soluzione (c)

Nel meccanismo Selective Repeat vengono ritrasmessi i soli pacchetti errati

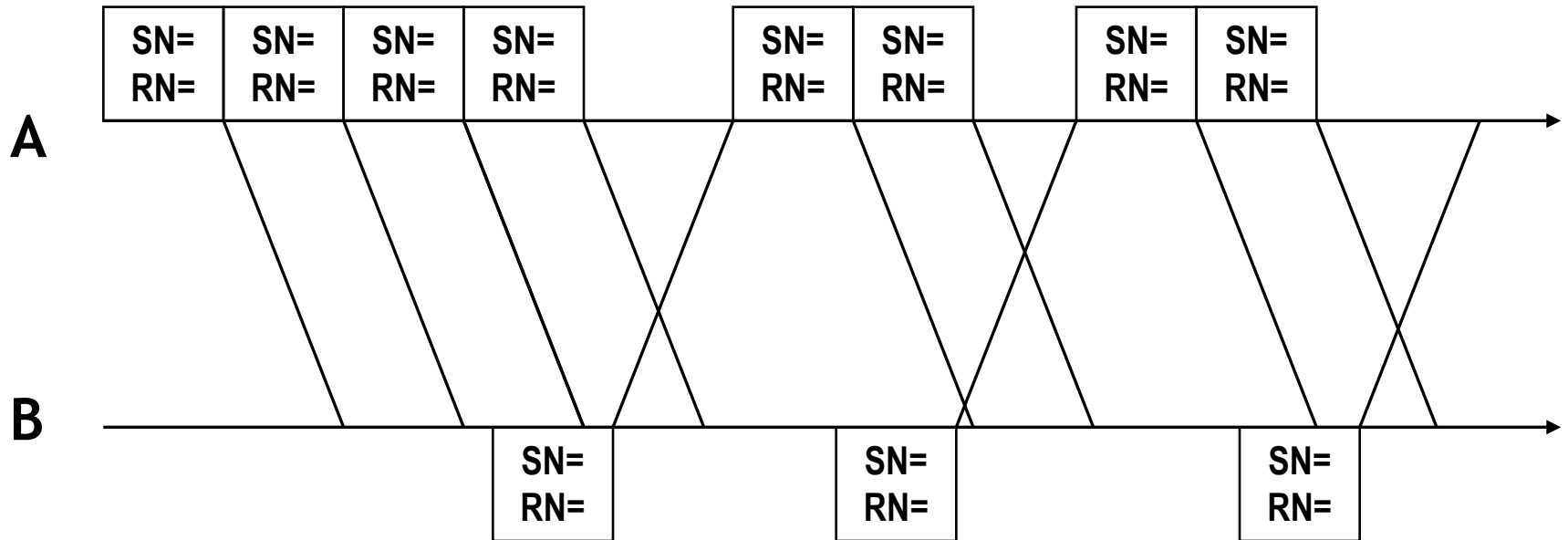


Si vede che in caso di errore ogni $2N$ pacchetti, si trasmette 1 solo pacchetto inutilmente + $2N-1$ pacchetti corretti e l'efficienza è

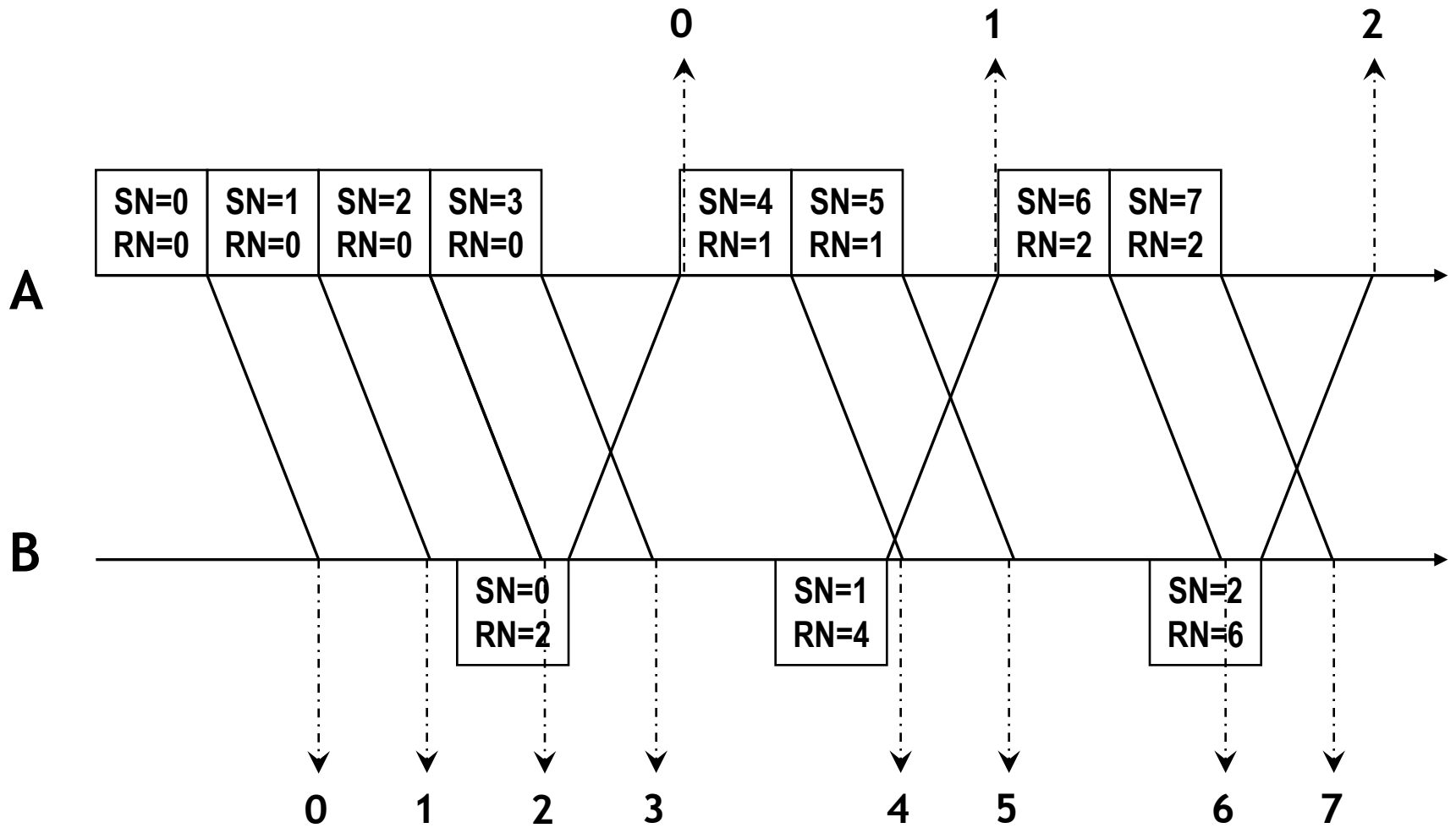
$$\eta = \frac{2N-1}{2N}$$

Domanda 1

- Si consideri il protocollo Go-BACK-N
- si assuma $n=4$ e time-out pari a 5 volte il tempo di trasmissione di una trama
- si completi la figura in accordo alle regole del protocollo

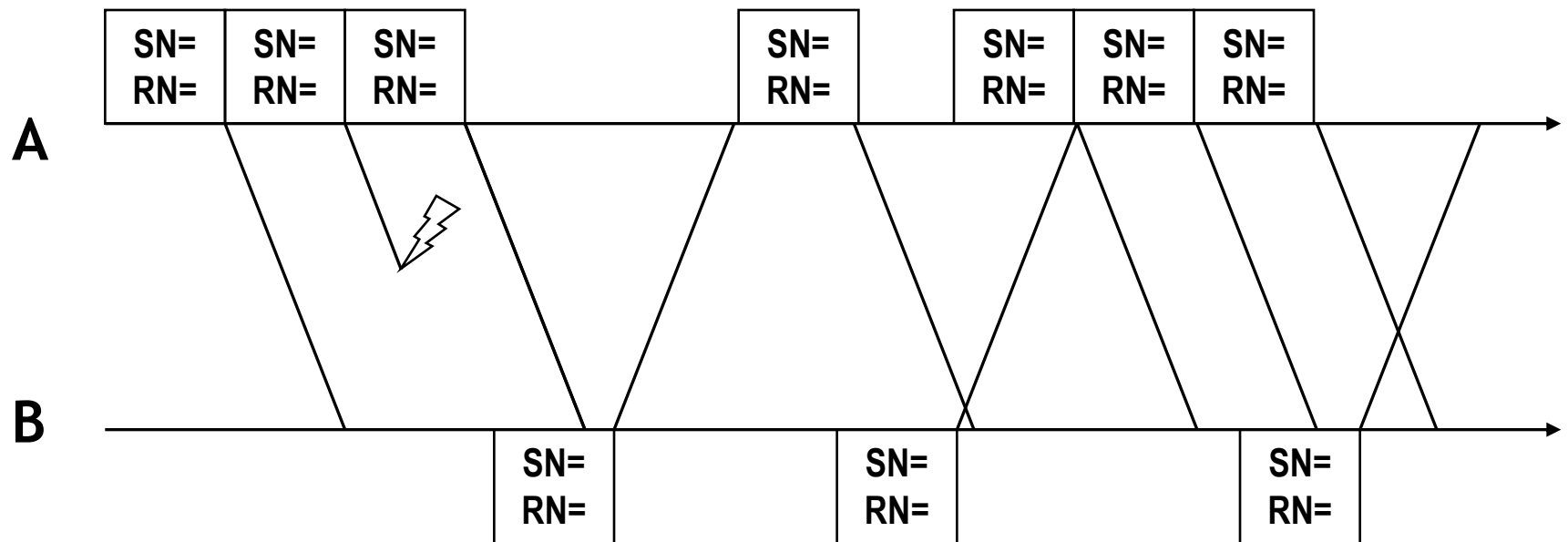


Domanda 1

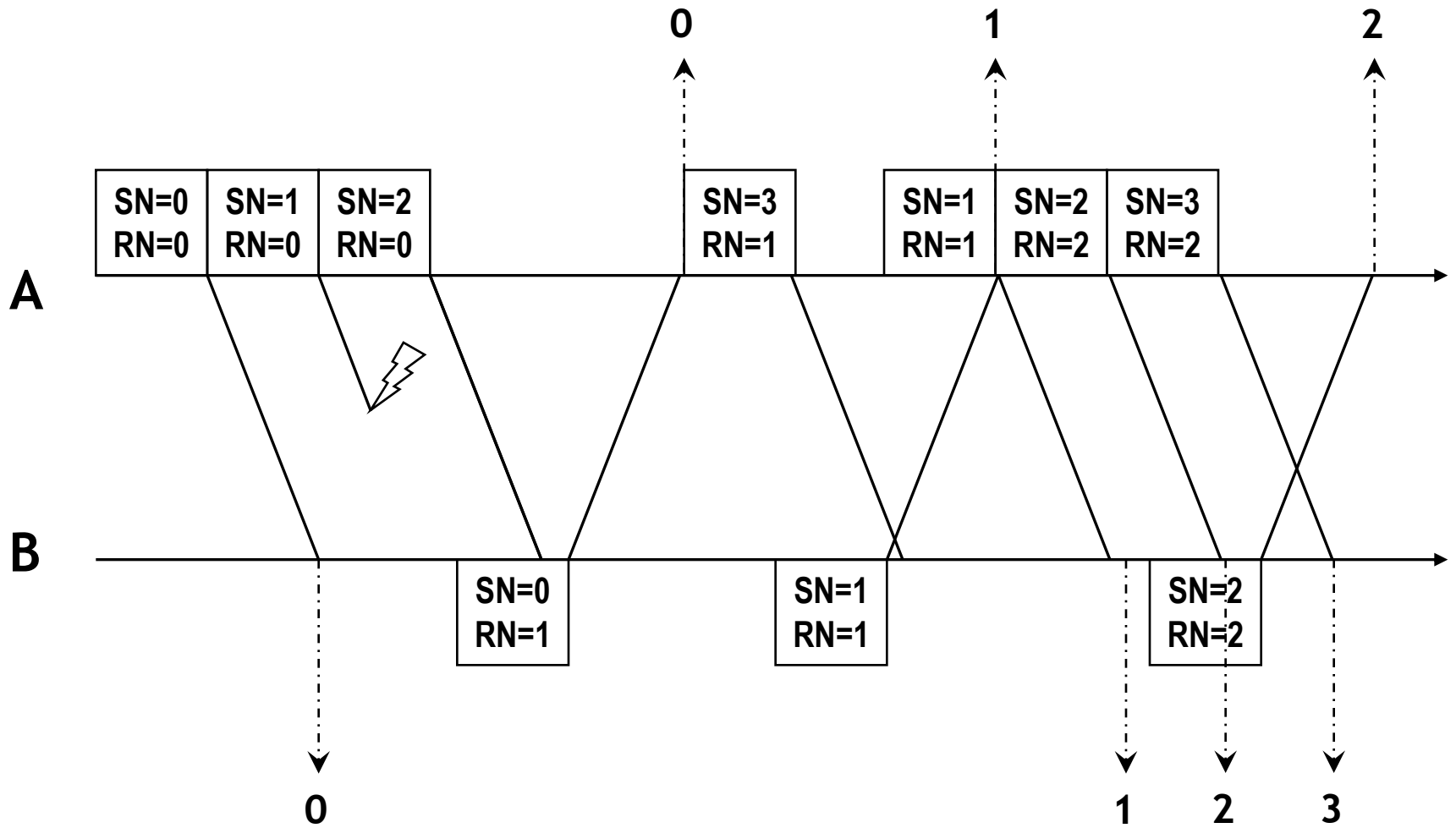


Domanda 2

- Si consideri il protocollo Go-BACK-N
- si assuma $n=3$
- si completi la figura in accordo alle regole del protocollo

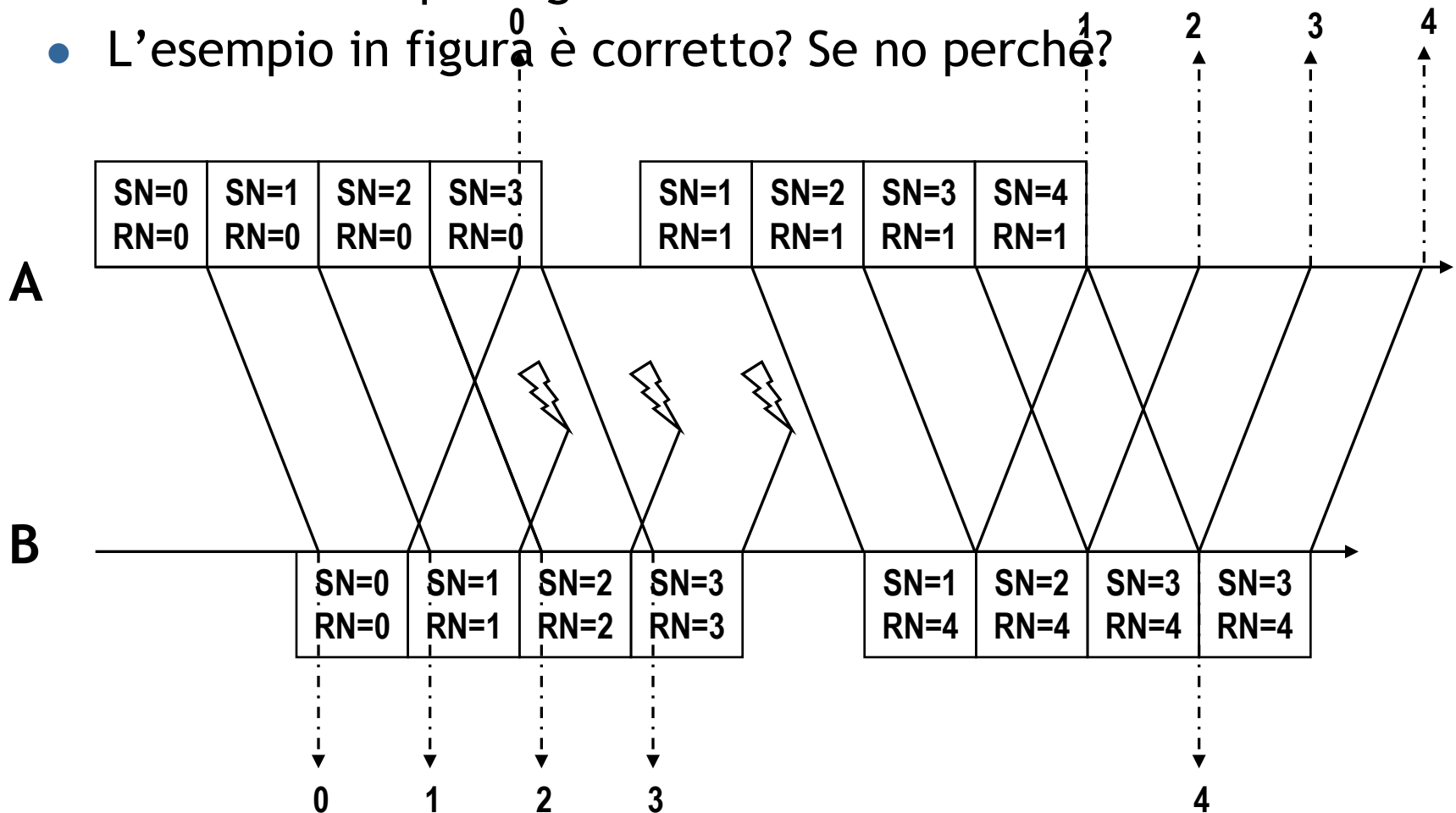


Domanda 2



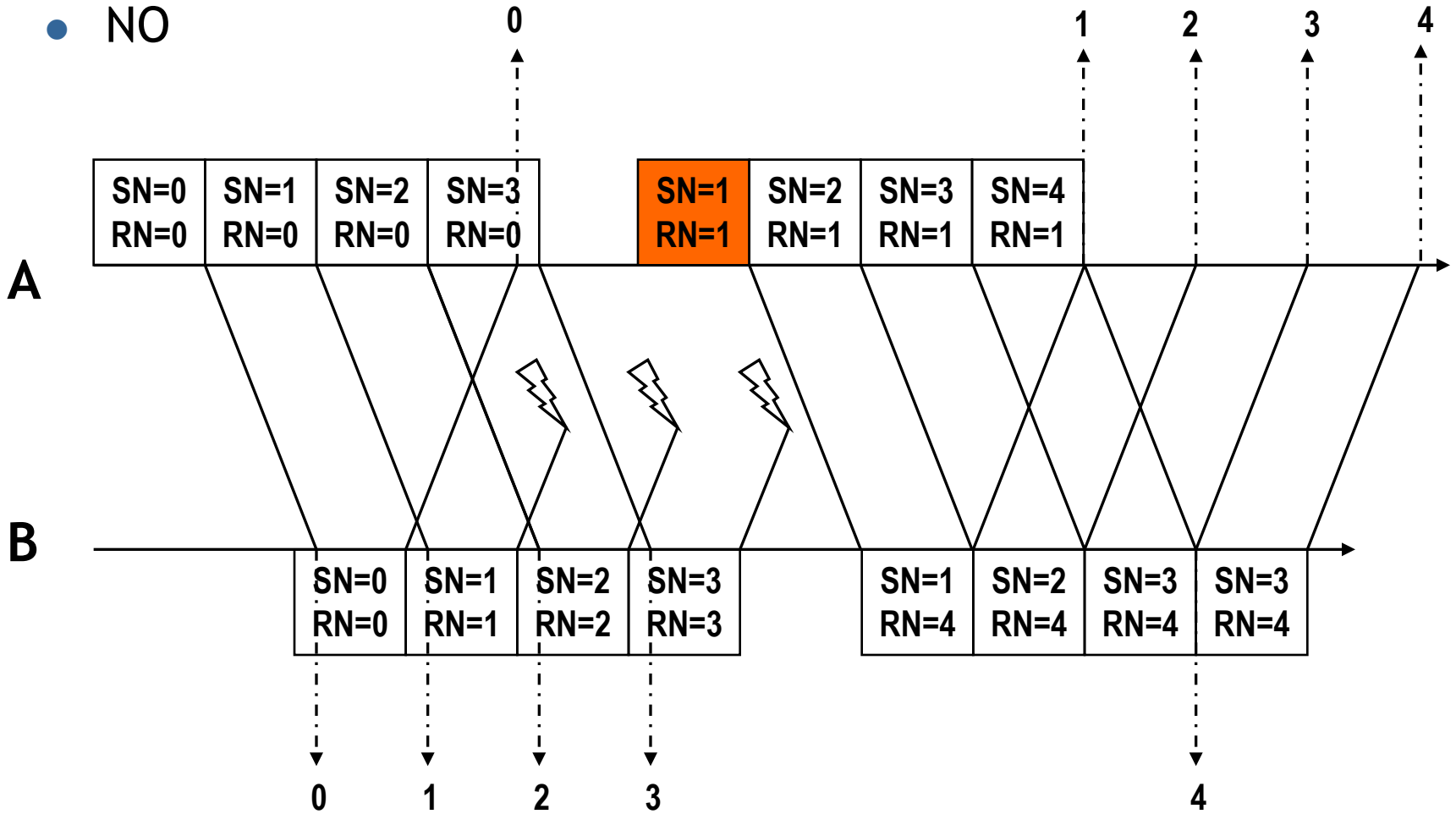
Domanda 3

- Si consideri il prot. go back n. Si assuma $n=4$.
- L'esempio in figura è corretto? Se no perché?

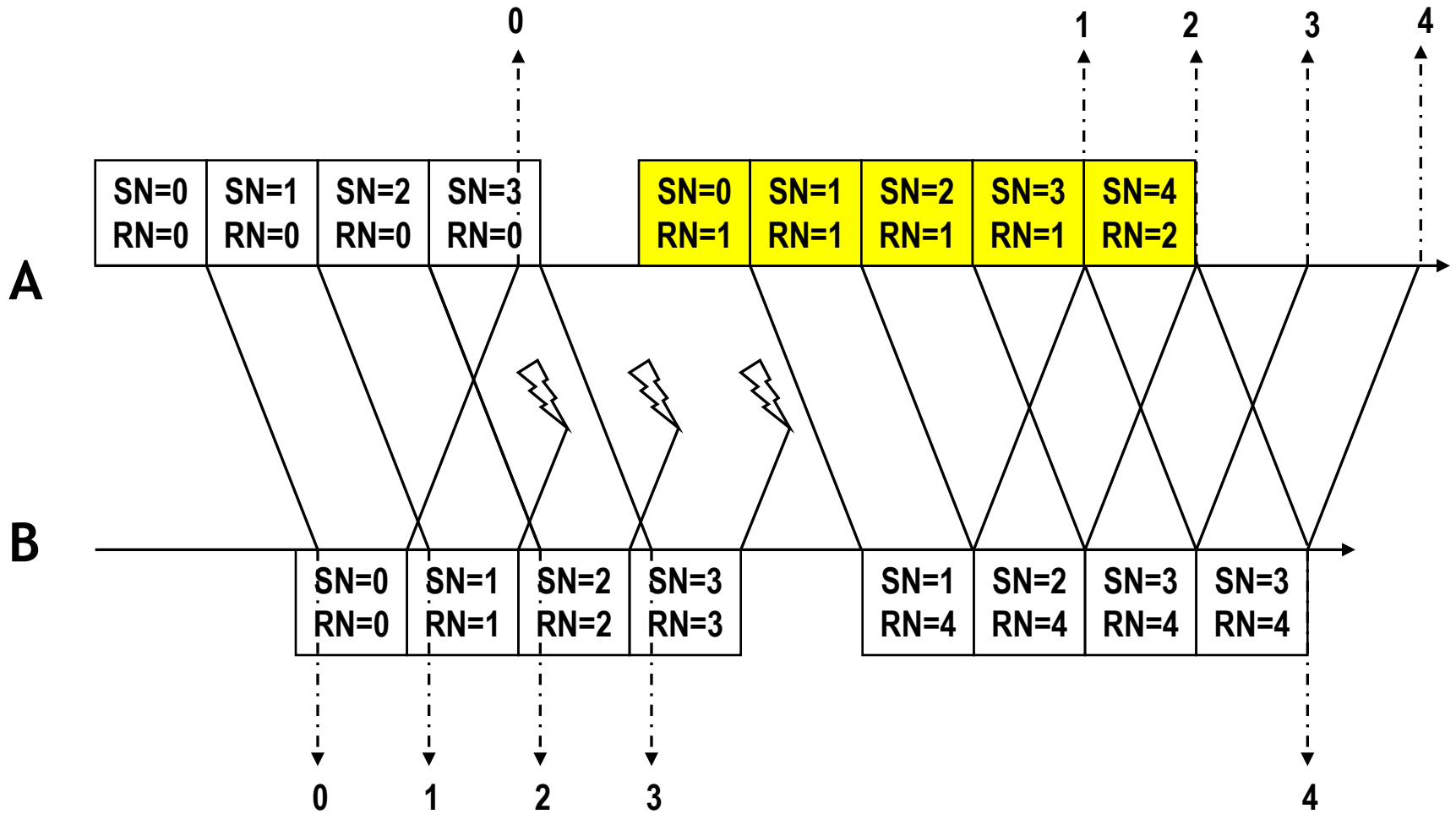


Domanda 3

- NO



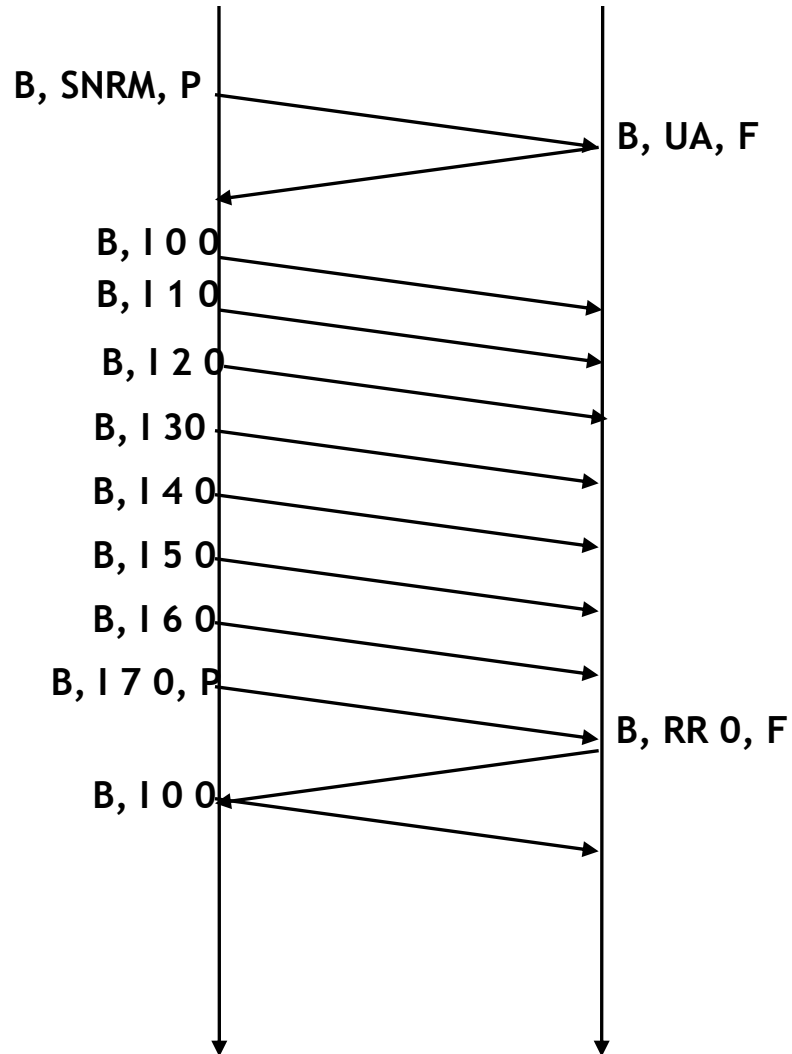
Domanda 3



Domanda 4

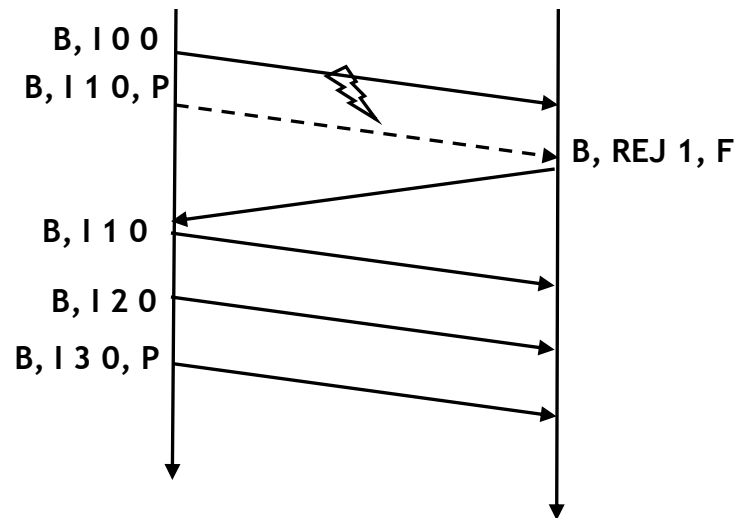
- Si consideri un collegamento a livello 2 effettuato mediante il protocollo HDLC
 - la modalità di trasferimento e' la NRM
 - la stazione primaria A deve inviare 9 trame informative alla stazione secondaria B
 - si ipotizzi:
 - numerazione delle trame modulo 8
 - trasmissione sequenziale delle 4 trame
 - nessun errore sul canale
 - si illustri lo scambio di messaggi relativi all'apertura della connessione, invio trame informative e ACK, con la simbologia adottata a lezione
-

Domanda 4



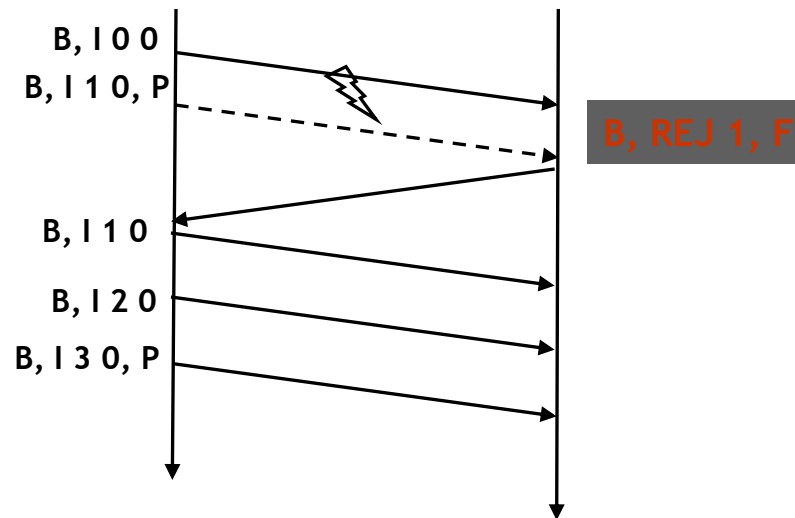
Domanda 5

- Il funzionamento del protocollo HDLC in modalità NRM illustrato in figura non e' corretto.
- a) dire perché
- a) mostrare un comportamento compatibile con le regole del protocollo



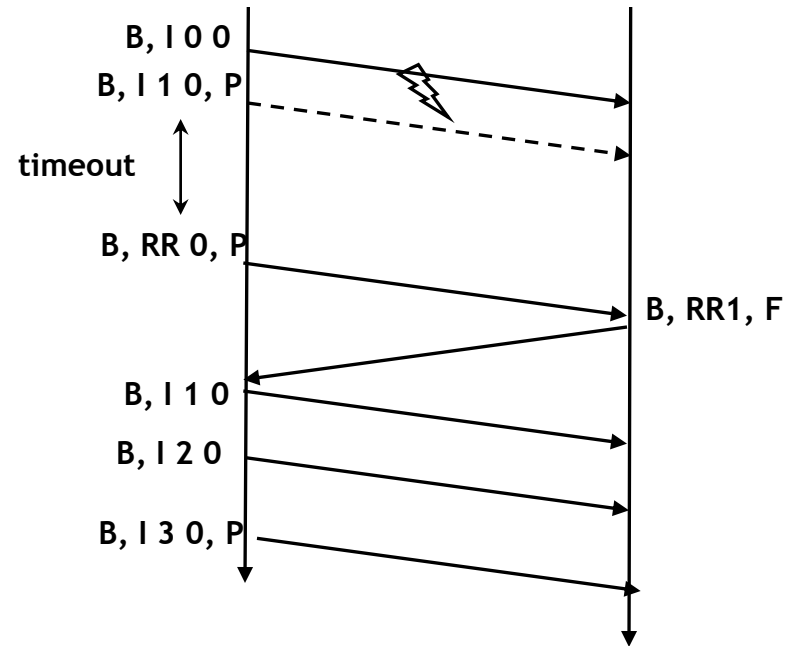
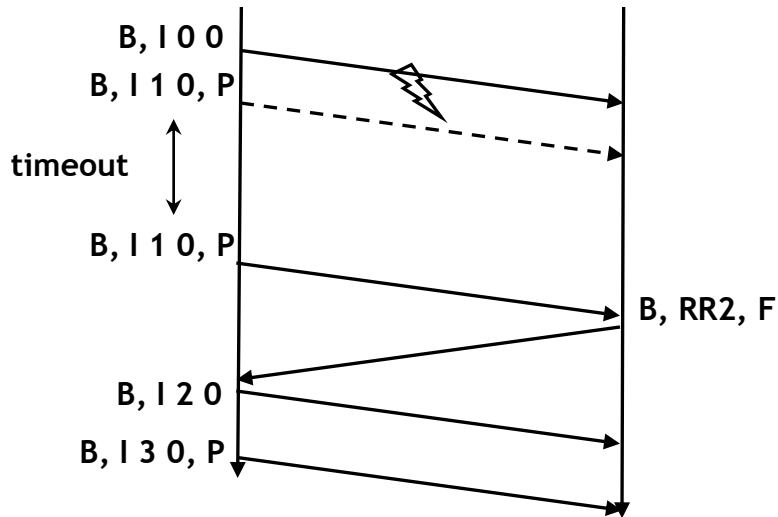
Domanda 5

- Non e' possibile che la stazione B emetta un messaggio di REJ dopo aver ricevuto un pacchetto errato
- un messaggio di REJ puo' essere emesso solo dopo l'arrivo di un pacchetto fuori sequenza



Domanda 5

- Possibili funzionamenti



Esercizio 6

- Si consideri un collegamento mediante protocollo HDLC con:
 - canale 2 Mbit/s
 - ritardo di propagazione 1 ms
 - trame lunghezza fissa con 1000 bit di informazione
 - campi control e address di lunghezza minima
 - si calcoli il ritmo medio di trasferimento in bit/s nell'ipotesi
 - modalità ABM full-duplex
 - ACK immediati di lunghezza trascurabile
-

Esercizio 6 - Soluzione

- Lunghezza pacchetti:
 - $L=1000+16(\text{flag})+8(\text{address})+16(\text{FCS})+8(\text{control})=1048$
 - Tempo di trasmissione:
 - $T_t=1048/2000000=0.524 \text{ ms}$
 - Ritmo medio:
 - $R=\min(W*L/RTT, C)$
 - $W=8$
 - $RTT=T_t+2\tau=0.5+2=2.524 \text{ ms}$
 - $W*L/RTT=8384/0.002524=3.35 \text{ Mbit/s}$
 - » $R=2 \text{ Mbit/s}$
-

Esercizio 7

- Lo stesso che in Es. 4.12 ma con pacchetti di 100 bit
-

Esercizio 7 - Soluzione

- Lunghezza pacchetti:
 - $L=100+16(\text{flag})+8(\text{address})+16(\text{FCS})+8(\text{control})=148$
 - Tempo di trasmissione:
 - $T_t=148/2000000=0.074 \text{ ms}$
 - Ritmo medio:
 - $R=\min(W*L/RTT, C)$
 - $W=8$
 - $RTT=T_t+2\tau=0.5+2=2.074 \text{ ms}$
 - $W*L/RTT=1184/0.002074=570.88 \text{ Kbit/s}$

» $R=570.88 \text{ Kbit/s}$
-

Domanda 6

- Supponendo di avere a disposizione k bit per la numerazione delle trame in trasmissione (e relativo riscontro, dire:
 - Quale è il valore della finestra in trasmissione massima nel caso di schema Go-Back-N (versione base)
 - Quale è il valore massimo della finestra in trasmissione e della finestra in ricezione in caso di schema selective repeat.
-

Domanda 6

- Caso Go-Back-N

- La finestra in ricezione è unitaria (il Go-Back-N accetta solo trame consegnate in sequenza)
- La finestra in trasmissione non può eccedere il modulo della numerazione delle trame:

$$W_s \leq 2^k$$

- Caso *Selective Repeat*

- Esempio: $k=2$,
- *La stazione A ha trasmesso 1 2 3 0*
- *La stazione B riscontra ACK=1, ma il riscontro si perde*
- *La stazione A ritrasmette 1 2 3 0*
- *La stazione B interpreta 1 2 3 0 come trame “nuove”*
- *Le due finestre non possono mai sovrapporsi*

$$W_s + W_r \leq 2^k$$
