

# Ministero dell'Istruzione dell'Università e della Ricerca

## ESAME DI STATO DI ISTRUZIONE SECONDARIA SUPERIORE

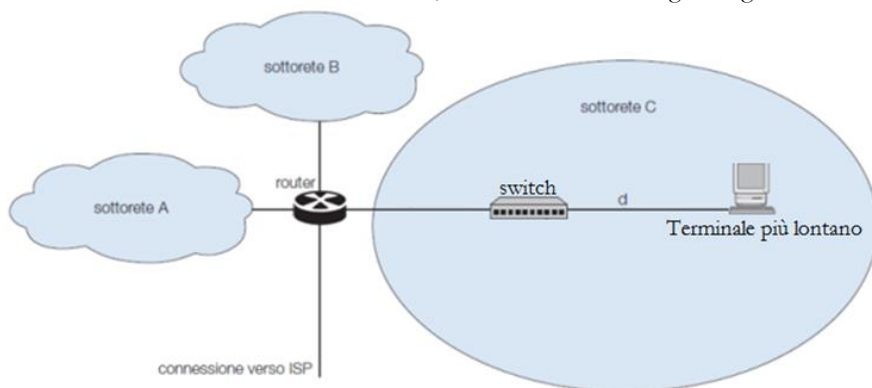
**Indirizzo:** ITTL – INFORMATICA E TELECOMUNICAZIONI

**ARTICOLAZIONE** TELECOMUNICAZIONI

**Tema di:** TELECOMUNICAZIONI

### PRIMA PARTE

Una LAN aziendale è divisa in tre sottoreti, come indicato nella figura seguente.



Rete aziendale suddivisa in tre sottoreti

La sottorete A è formata da 200 host, la sottorete B comprende 80 host, la sottorete C, che funziona secondo lo standard 802.3 alla velocità di 100 Mbps, comprende 25 host collegati allo switch ed ha una velocità  $v$  di propagazione dei segnali sulle linee pari a  $1,5 \cdot 10^8 \text{ m/s}$ .

Sapendo che il ritardo di propagazione introdotto dallo switch è  $t_{\text{switch}} = 2 \mu\text{s}$  e che le trame trasmesse hanno una lunghezza minima di 64 byte, il candidato, formulata ogni ipotesi aggiuntiva che ritiene opportuna, produca quanto segue.

- 1) Descriva gli aspetti fondamentali dello standard di funzionamento della sottorete C.
- 2) Determini il massimo valore che può assumere la distanza  $d$  tra il terminale più lontano e lo switch nella sottorete C.

- 3) Proponga un piano di indirizzamento che minimizzi il numero di indirizzi da richiedere all'ISP e lasci il minor numero di indirizzi inutilizzati in ciascuna delle sottoreti, sapendo che l'ISP può assegnare indirizzi IP di classe C contigui a partire da 192.220.15.0.

## SECONDA PARTE

Il candidato scelga due fra i seguenti quesiti e per ogni scelta formuli la risposta che ritiene più opportuna:

- 1) una sorgente elettromagnetica puntiforme irradia nello spazio circostante uniformemente in tutte le direzioni. Determinare i valori delle ampiezze  $E_M$  e  $H_M$  del campo elettromagnetico a una distanza  $r = 2$  km dalla sorgente, supponendo che la potenza emessa sia  $P_0 = 2$  kW e le perdite trascurabili;
- 2) supponendo di trascurare l'effetto del rumore, è possibile trasmettere una sequenza binaria a 24000 bit/s su un mezzo trasmissivo avente banda  $B = 6$  kHz?

---

Durata massima della prova: 6 ore.

È consentito l'uso di manuali tecnici e di calcolatrice non programmabile.

È consentito l'uso del dizionario bilingue (italiano-lingua del paese di provenienza) per i candidati di madrelingua non italiana.

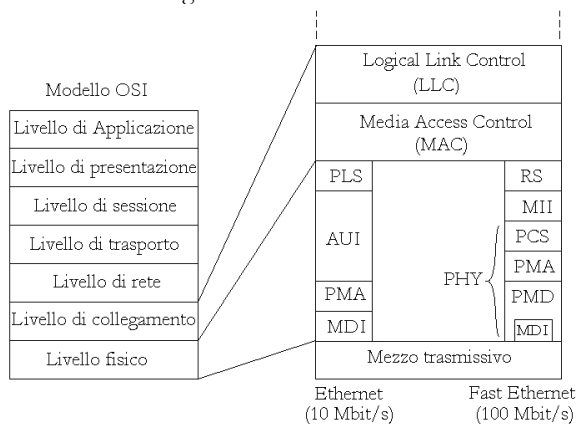
## SOLUZIONE PRIMA PARTE

**Punto 1:** *il candidato descriva gli aspetti fondamentali dello standard di funzionamento della sottorete C.*

Lo standard indicato dal testo è lo IEEE 802.3u o 100baseT, noto come Fast Ethernet. L'IEEE 802.3, evoluzione della rete Ethernet, utilizza un protocollo MAC di tipo CSMA/CD in cui la gestione del canale trasmissivo avviene tramite una procedura di contesa non deterministica, che non garantisce un tempo massimo di attesa predefinito; la topologia logica a bus può essere sia a bus sia a stella ed è caratterizzata da una velocità di trasmissione di 100 Mbit/s.

Il MAC si interfaccia con il livello fisico (PHY) mediante un livello denominato Media Independent Interface (MII), in grado di funzionare sia a 10 che a 100 Mbit/s; dal punto di vista logico il MII equivale all'AUI (Attachment Unit Interface) di Ethernet.

In realtà tra l'MII e il MAC è posto il Reconciliation Sublayer (RS), avente la funzione di tradurre i segnali MII in formato di tipo PLS (Physical Layer Signaling) il quale, come visto nell'unità precedente, è il livello che realizza la codifica e decodifica dei bit rispettivamente in fase di trasmissione e ricezione (nel 10baseT è collocato tra AUI e MAC), le cui funzionalità sono inglobate nell'RS.



Architettura del 100baseT

Il livello fisico PHY comprende i sottolivelli Physical Coding Sublayer (PCS), Physical Medium Attachment (PMA) e Physical Medium Dependent (PMD).

Nel PCS sono contenute le specifiche per ottenere le tre varianti del 100baseT rappresentate dagli standard 100baseTX, 100baseT4 e il 100baseFX (la coppia 100baseTX/FX è anche denominata 100baseX).

Il sottolivello PMA espleta le funzioni per la trasmissione e la ricezione del segnale informativo consentendo al PCS di supportare diversi mezzi trasmissivi; il PMD costituisce l'interfaccia vera e propria con i vari mezzi trasmissivi, nel quale sono definite le codifiche dei segnali utilizzate in ciascuno di essi; quest'ultimo contiene l'MDI, cioè

l'effettiva interfaccia meccanica ed elettrica con il mezzo trasmissivo, nella quale sono definite le modalità di connessione, come ad esempio i connettori per i mezzi trasmissivi. Essendo previsto il funzionamento sia 10 che a 100 Mbit/s, lo standard 10baseT definisce un processo, detto di autonegoziazione, che consente a due schede di rete di scambiarsi automaticamente le informazioni sulle loro caratteristiche, in modo da poter realizzare la configurazione necessaria affinché entrambi funzionino alla massima velocità comune.

Ad esempio, tramite l'autonegoziazione una scheda di rete 10/100 (cioè con possibilità di funzionamento sia 10 sia a 100 Mbit/s) può funzionare in modalità 10baseT se connessa ad un hub o switch 10baseT, e in modalità 100baseT se connessa ad un hub o switch 100baseT.

Il mezzo di comunicazione più utilizzato è il cavo FTP (Foiled Twisted Pair), formato da doppiini intrecciati, schermati con un unico schermo realizzato con un foglio di materiale conduttore (in genere alluminio).

**Punto 2:** *il candidato determini il massimo valore che può assumere la distanza  $d$  tra il terminale più lontano e lo switch nella sottorete C.*

Per la sottorete C il testo ipotizza una trama (PDU) minima di 64 byte e il protocollo CSMA/CD; indicando allora con  $\tau$  il tempo di propagazione dei bit nella rete, il Round Trip Collision Delay ( $t_r$ ), ovvero il massimo tempo di ritardo che può intercorrere dalla trasmissione del primo bit di una PDU all'individuazione di una collisione (ovvero l'ultimo bit della relativa sequenza di jamming), vale:

$$t_r = 2\tau$$

il quale deve essere inferiore al tempo di trasmissione  $t_{txmin}$  della trama di lunghezza minima, cioè:

$$t_r \leq t_{txmin}$$

che vale:

$$t_{txmin} = \frac{L_{trama}}{f_{bit}} = \frac{64 \cdot 8}{100 \cdot 10^6} = 5,12 \text{ } \mu\text{sec}$$

Considerando che il ritardo di propagazione introdotto dallo switch è  $t_{switch} = 2 \text{ } \mu\text{s}$ , il tempo di propagazione  $\tau$  risulta:

$$\tau = t_{switch} + \frac{d}{v} = 2 \cdot 10^{-6} + \frac{d}{1,5 \cdot 10^8}$$

Il Round Trip Collision Delay vale allora:

$$t_r = 2\tau = 2 \left( 2 \cdot 10^{-6} + \frac{d}{1,5 \cdot 10^8} \right) = 4 \cdot 10^{-6} + 1,33 \frac{d}{10^8}$$

Dovendo essere  $t_r \leq t_{txmin}$ , si ha:

$$4 \cdot 10^{-6} + 1,33 \frac{d}{10^8} \leq 5,12 \cdot 10^{-6} \rightarrow 400 + 1,33d \leq 512$$

da cui si ottiene:

$$d \leq \frac{512 - 400}{1,33} \leq 84m$$

**Punto 3:** *il candidato proponga un piano di indirizzamento che minimizzi il numero di indirizzi da richiedere all'ISP e lasci il minor numero di indirizzi inutilizzati in ciascuna delle sottoreti, sapendo che l'ISP può assegnare indirizzi IP di classe C contigui a partire da 192.220.15.0.*

Essendo il numero totale degli host della rete  $200 + 80 + 25 = 305$ , non è possibile utilizzare un solo blocco di indirizzi C (si ricordi che un blocco C comprende 254 indirizzi IP), e quindi occorre utilizzarne due: ad esempio, per la sottorete A (200 host) si può utilizzare il blocco 192.220.15.0, e per le reti B e C il blocco 192.220.16.0.

Considerando per la sottorete A la netmask 255.255.255.0, gli host avranno indirizzi IP compresi tra 192.220.15.1 e 192.220.15.200; all'interfaccia del router verso la rete A è assegnato l'indirizzo 192.220.15.201.

Il blocco 192.220.16.00 viene suddiviso tra le sottoreti B e C e la connessione verso l'ISP; occorre quindi definire l'indirizzamento per tre sottoreti: B con 80 host (più l'interfaccia con il router), C con 25 host (più l'interfaccia con il router) e l'interfaccia verso l'ISP.

Al riguardo conviene utilizzare la modalità di subnetting VLSM/CIDR (Variable Length Subnetting Mask/Classless Inter Domain Routing), che consente di assegnare alle tre sottoreti netmask di lunghezza variabile, associando a ciascuna di esse un numero di bit tale da evitare indirizzi non utilizzati; a tal proposito occorre innanzitutto determinare il numero di bit necessari ad indirizzare gli host della sottorete più grande (B). Per indirizzare gli 80 host (più l'interfaccia verso il router) sono necessari 7 zeri nell'ultimo ottetto della netmask (il numero dei terminali per ciascuna sottorete si ottiene elevando la cifra 2 al numero di 0 presenti nella netmask diminuito di due unità); per la rete B la netmask risulta pertanto:

11111111.11111111.11111111.10000000  $\rightarrow$  255.255.255.128

Così facendo, infatti, si ottengono  $2^7 - 2 = 126$  terminali, più che sufficienti per indirizzare gli 80 host più l'indirizzo l'interfaccia verso il router.

Ricordando che il numero delle sottoreti in cui è suddivisa la rete principale è pari a 2 elevato al numero di bit 1 presenti nel byte che contiene la separazione tra la serie di 1 e di 0 (in questo caso uno), le sottoreti che si possono definire sono  $2^1 = 2$ . Per determinare gli indirizzi IP di ciascuna delle due sottoreti occorre calcolare l'incremento.

Al riguardo, considerata la netmask precedente in formato binario (11111111.11111111.11111111.10000000), si individua l'ultimo bit 1 della serie partendo da sinistra (in grassetto) e si converte in base 10: il valore dell'incremento risulta  $1 \times 2^7 = 128$ .

Gli indirizzi IP delle due sottoreti da 128 host si ricavano a partire dall'indirizzo della rete principale 192.220.16.0 incrementando di 128 l'ultimo byte e quindi risultano: 192.220.16.0 e 192.192.192.128.

Il primo dei due indirizzi (192.220.16.0) viene assegnato alla sottorete B, e si prosegue con il ripartizionamento della seconda sottorete (192.192.192.128) per ricavare gli indirizzi di C.

Gli indirizzi della la sottorete B sono pertanto compresi tra 192.220.16.1 e 192.220.16.80 e all'interfaccia con il router è assegnato l'indirizzo 192.220.16.81 (netmask 255.255.255.128).

La sottorete C ha 25 host e quindi sono necessari 5 zeri nell'ultimo ottetto della netmask:

$$11111111.11111111.11111111.11100000 \rightarrow 255.255.255.224$$

Così facendo si ottengono infatti  $2^5 - 2 = 30$  terminali; nell'ottetto che contiene la separazione tra la serie di 1 e di 0 della netmask, il primo dei due bit 1 è riservato per la sottorete B (192.220.16.0) e quindi rimangono due bit 1 disponibili per la sottorete C, con i quale si possono definire  $2^2 = 4$  reti da 30 terminali.

Considerata la netmask in formato binario (11111111.11111111.11111111.11100000), si individua l'ultimo bit 1 della serie partendo da sinistra (in grassetto) e si converte in base 10; poiché il valore risultante è pari a  $1 \cdot 2^5 = 32$ , l'incremento vale 32.

Gli indirizzi IP delle quattro sottoreti si ricavano a partire dall'indirizzo 192.220.16.128 incrementando di 32 l'ultimo ottetto. L'indirizzo della prima sottorete è quindi 192.220.16.128, quello della seconda 192.220.16.160, quella della terza 192.220.16.192 e quello della quarta 192.220.16.

Scegliendo per la sottorete C il primo indirizzo utile (192.220.16.128), rimangono disponibili altre tre sottoreti da 30 host ciascuna (la 192.220.16.160, la 192.220.16.192 e la 192.220.16.224).

Gli indirizzi disponibili per la sottorete C, sono pertanto compresi tra 192.220.16.129 e 192.220.16.153, e all'interfaccia con il router è assegnato l'indirizzo 192.220.16.154.

L'IP verso l'ISP del router si intende fornito dall'ISP

Nella tabella che segue è riassunta la configurazione degli indirizzi IP determinata.

Piano di indirizzamento della rete di figura 1

SOTTORETE	INDIRIZZO DI SOTTORETE	NETMASK	INDIRIZZI UTILIZZATI	INDIRIZZI INTERFACCIA ROUTER
A	192.220.15.0	255.255.255.0	192.220.15.1 → 192.220.15.200	192.220.15.201
B	192.220.16.0	255.255.255.128	192.220.16.1 → 192.220.16.80	192.220.16.81
C	192.220.16.128	255.255.255.224	192.220.16.129 → 192.220.16.153	192.220.16.154
ISP	192.220.16.160			

## SOLUZIONE SECONDA PARTE

**Punto 1:** una sorgente elettromagnetica puntiforme irradia nello spazio circostante uniformemente in tutte le direzioni. Determinare i valori delle ampiezze  $E_M$  e  $H_M$  del campo elettromagnetico a una distanza  $r = 2 \text{ km}$  dalla sorgente, supponendo che la potenza emessa sia  $P_0 = 2 \text{ kW}$  e le perdite trascurabili.

Poiché la sorgente elettromagnetica irradia uniformemente in tutte le direzioni, le onde emesse sono di tipo sferico, per cui i relativi fronti d'onda sono formati da superfici sferiche. La potenza  $P_0$  trasmessa dal radiatore è allora uguale alla densità di potenza  $S$  estesa al fronte d'onda a distanza  $r$  dalla sorgente, cioè:

$$P_0 = S \cdot 4\pi r^2$$

essendo  $4\pi r^2$  l'area del fronte d'onda considerato.

Essendo:

$$S = \frac{1}{2} E_M \cdot H_M$$

in cui:

$$H_M = \frac{E_M}{\eta}$$

si ha:

$$S = \frac{1}{2} \frac{E_M^2}{\eta}$$

Sostituendo tale espressione in quella di  $P_0$  si ottiene:

$$P_0 = 2 \frac{E_M^2}{\eta} \pi r^2$$

dalla quale è possibile ricavare:

$$E_M = \frac{1}{r} \sqrt{\frac{P_0 \cdot \eta}{2\pi}} = \frac{1}{2 \cdot 10^3} \sqrt{\frac{2 \cdot 10^3 \cdot 377}{2\pi}} \cong 0,173 \text{ V/m}$$

L'ampiezza del campo magnetico risulta allora:

$$H_M = \frac{E_M}{\eta} = \frac{0,173}{377} \cong 4,59 \cdot 10^{-4} \text{ A/m}$$

**Punto 2:** supponendo di trascurare l'effetto del rumore, è possibile trasmettere una sequenza binaria a  $24000 \text{ bit/s}$  su un mezzo trasmissivo avente banda  $B = 8 \text{ kHz}$ ?

Essendo la capacità di canale:

$$C = 2B = 2 \cdot (6 \cdot 10^3) = 12000 \text{ bit/s}$$

non è possibile trasmettere una sequenza binaria a  $24000 \text{ bit/s}$ .

Effettuando però una codifica multilivello, si ha:

$$\log_2 L = \frac{C}{2B}$$

da cui si ottiene:

$$L = 2^{\frac{C}{2B}} = 2^{\frac{24000}{2 \cdot 6 \cdot 10^3}} = 4$$

Pertanto, con una codifica a 4 livelli è possibile trasmettere la sequenza binaria a 24000 bit/s; in tal caso, nell'ipotesi di trascurare il rumore, si ha infatti:

$$C = 2B \cdot \log_2 L = 2 \cdot (6 \cdot 10^3) \cdot \log_2 4 = 24\,000 \text{ bit/s}$$