

Lezione 17 - Esercizi livello di rete - Piano dei dati

Esercizio 1

Si consideri il seguente indirizzo IP in notazione decimale puntata:

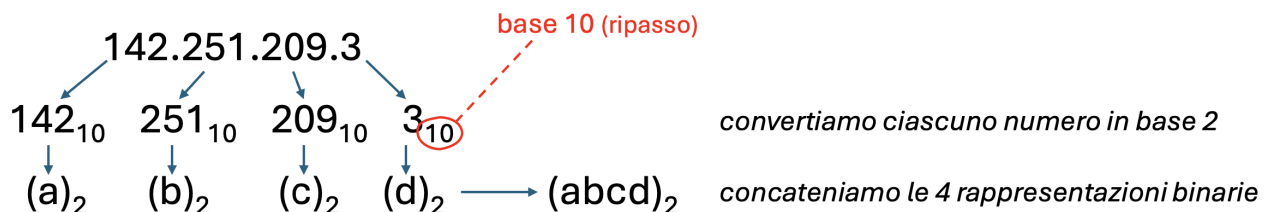
142.251.209.3

1. Qual è la sua rappresentazione in formato binario?
2. Considerando il sistema di indirizzamento a classi (ora non più in uso), dire:
 - 2.a Qual è la maschera di sottorete (in notazione decimale puntata)
 - 2.b Qual è il prefisso di rete in formato CIDR
 - 2.c Quali sono la parte di sottorete e la parte di host nell'indirizzo
 - 2.d Quante interfacce potrebbe supportare la sottorete
 - 2.e Indirizzo di broadcast diretto della sottorete

Soluzione:

Per rispondere alla domanda 1, osserviamo innanzitutto che nella notazione decimale puntata, i 4 numeri forniti (da sinistra verso destra) rappresentano i 4 byte che compongono l'indirizzo IP a 32 bit (dal più significativo al meno significativo).

Quindi:



Un **byte** è un gruppo di 8 bit (binary digit). La sua rappresentazione binaria (cioè in base 2) è: $d_7d_6d_5d_4d_3d_2d_1d_0$
dove $d_i \in \{0,1\}$

La sua rappresentazione decimale (cioè in base 10) si può ottenere così:

$$x = \sum_{i=0}^{7} d_i 2^i$$

numero di cifre - 1

b^i per una generica base b

(dove 7 numero di cifre -1)

I bit a 1 ci indicano, quindi, quali potenze di 2 "prendere".

Potenza	Rappresentazione in base 10	Rappresentazione in base 2
2^0	1	1
2^1	2	10
2^2	4	100
2^3	8	1000
2^4	16	10000
2^5	32	100000
2^6	64	1000000
2^7	128	10000000
2^8	256	100000000
2^9	512	1000000000
2^{10}	1024	10000000000

In generale:

$$(2^i)_{10} = (1 \overbrace{0 \dots 0}^i)_2$$

Si noti che

$$\left(\overbrace{1 \dots 1}^i \right)_2 = (2^i - 1)_{10}$$

Cambio di variabile.

$$i' = i - 1 \text{ se e solo se } i = i' + 1$$

Per convertire un numero x dalla base 10 alla base 2, possiamo considerare la seguente identità (n è il numero di bit):

$$x = \sum_{i=0}^{n-1} d_i 2^i = \left(\sum_{i=1}^{n-1} d_i 2^i \right) + d_0 2^0 = \left(\sum_{i=0}^{n-2} d_{i+1} 2^{i+1} \right) + d_0 2^0$$

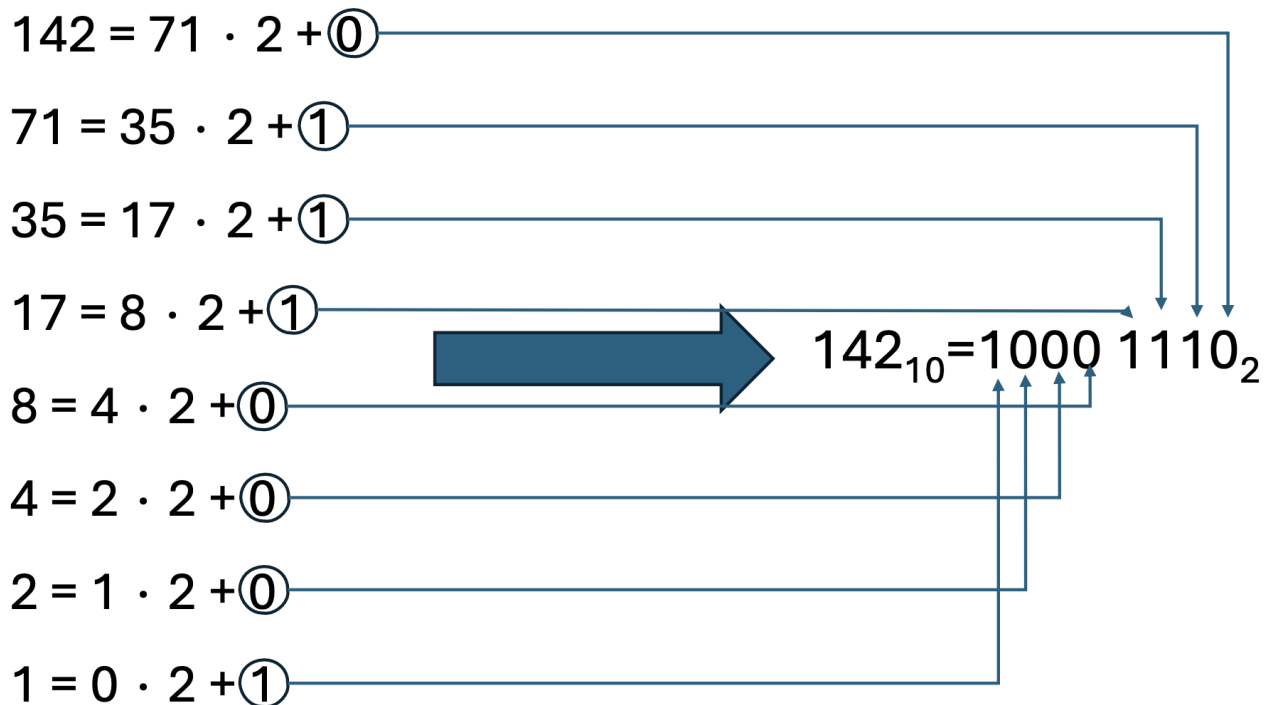
$$= \left(\sum_{i=0}^{n-2} d_{i+1} 2^i \cdot 2 \right) + d_0 2^0 = \left(\sum_{i=0}^{n-2} d_{i+1} 2^i \right) 2 + d_0 2^0$$

$$x = \sum_{i=0}^{n-1} d_i 2^i = \dots = \left(\sum_{i=0}^{n-2} d_{i+1} 2^i \right) 2 + d_0 2^0$$

Ovvero, dividendo x per 2:

- il resto (che può essere solo 0 o 1) ci dà la cifra meno significativa d_0
- il quoziente è un numero sul quale continuare la conversione ricorsivamente (finché il quoziente non è uguale 0) per ottenere le restanti cifre $d_{n-1} \cdots d_1$.

Convertiamo **142.251.209.3**



Convertiamo **142.251.209.3**

251 = ...

Possiamo fare più velocemente

$$251 = 255 - 4$$

255 sono un byte di soli 1, da cui dobbiamo sottrarre 4...è sufficiente mettere a 0 il bit d_2 che vale $2^2 = 4$



$$251_{10} = 11111011_2$$

Convertiamo 142.251.**209**.3

$$209 = 104 \cdot 2 + 1$$

$$104 = 52 \cdot 2 + 0$$

$$52 = 26 \cdot 2 + 0$$

$$26 = 13 \cdot 2 + 0$$

$$13 = 6 \cdot 2 + 1$$

$$6 = 3 \cdot 2 + 0$$

$$3 = 1 \cdot 2 + 1$$

$$1 = 0 \cdot 2 + 1$$



$$209_{10} = 1101\ 0001_2$$

Convertiamo 142.251.209.**3**

$$3 = 1 \cdot 2 + 1$$

$$1 = 0 \cdot 2 + 1$$



$$3_{10} = 0000\ 0011_2$$

$$142_{10} = 1000\ 1110_2$$

$$251_{10} = 1111\ 1011_2$$

$$209_{10} = 1101\ 0001_2$$

$$3_{10} = 0000\ 0011_2$$

La rappresentazione binaria dell'indirizzo IP 142.251.209.3 è

1000 1110 1111 1011 1101 0001 0000 0011

Si consideri la rappresentazione binaria dell'indirizzo IP

1000 1110 1111 1011 1101 0001 0000 0011

(ripasso: mostrare *CIDR* e *classful addressing*)

Il byte più significativo inizia con 10: si tratta di un indirizzo IP di classe B.

Nella classe B, la parte della rete è lunga 16 bit, così come la parte dell'host.

Considerando l'indirizzo IP fornito 142.251.209.3 :

- 2a: maschera di sottorete: 255.255.0.0 (equivalente a /16)
- 2b: prefisso della rete in formato CIDR: 142.251.0.0/16
- 2c: parte di sottorete: 142.251 parte di host: 209.3
- 2d: la sottorete 142.251.0.0/16 può supportare:
 $2^{16} - 2$ interfacce = 65534 (avendo escluso l'indirizzo della sottorete e l'indirizzo di broadcast diretto)
- 2e: la sottorete 142.251.0.0/16 ha indirizzo di broadcast (diretto)
142.251.255.255

Nota: se non ci fosse stato chiesto di convertire l'indirizzo IP nel formato binario, avremmo potuto determinare la classe di appartenenza nel modo seguente:

Classe A -> byte più significativo: $0b_6b_5b_4b_3b_2b_1b_0$ ha valori in 0...127

Classe B: byte più significativo: $10b_6b_5b_4b_3b_2b_1b_0$ ha valori in 128...191

Classe D: byte più significativo: $110b_6b_5b_4b_3b_2b_1b_0$ ha valori in 192...223

Classe C: [...]

Il byte più significativo dell'indirizzo IP dato vale 142 ed appartiene pertanto all'intervallo 128..191 associato alla classe B.

Detto altrimenti: la differenza tra il byte da testare e il byte del prefisso deve essere non negativa e minore stretto di 2^{8-n} dove n è il numero di bit del prefisso che identifica la classe.

Ancora altrimenti: si poteva ragionare sul fatto che le classi A, B, .. corrispondono a blocchi di indirizzi IP crescenti e quindi prendere classe più alta tale che il byte da testare sia maggiore o uguale al "valore di partenza" della classe. Nel nostro caso 142 è maggiore di 0 (inizio della classe A), è maggiore di 128 (inizio della classe B) e minore di 192 (inizio della classe C): quindi scegliamo la classe B.

Per convertire un numero x dalla base 10 alla base 2, possiamo considerare la seguente identità (n è il numero di bit):

$$x = \sum_{i=0}^{n-1} d_i 2^i = d_{n-1} 2^{n-1} + \underbrace{\left(\sum_{i=0}^{n-2} d_i 2^i \right)}_{< 2^{n-1}}$$

Quindi partendo dalla potenza di due più alta:

- se $x \geq 2^i$ allora $d_i = 1$ e decrementiamo x di 2^i altrimenti $d_i = 0$
- Ripetiamo decrementando i finché a zero

Esercizio 2

Si consideri la tabella di inoltro seguente:

Prefisso	Porta
142.251.200.0/24	0
142.251.192.0/18	1
142.251.0.0/16	2
0.0.0.0/0	3

Verso quale porta viene inoltrato un pacchetto destinato all'indirizzo IP 142.251.209.3?

Soluzione:

Nell'instradamento tradizionale basato sulla destinazione, la porta su cui viene inoltrato un pacchetto è determinata dalla riga cui è associato il prefisso più lungo tra quelli cui corrisponde l'indirizzo IP del destinatario del pacchetto.

il prefisso a 24 bit (*primo indirizzo ip*), ci chiede di confrontare i primi 3 byte dell'indirizzo 142.251.209.3 con i byte 142.251.200.

Chiaramente non c'è una corrispondenza, perché il terzo byte è diverso.

il prefisso di 18 bit comprende i primi due byte che corrispondono e del terzo byte solo i due bit più significativi. Usando la rappresentazione binaria:

$$192_{10} = 1100\ 0000_2$$

$$209_{10} = 1101\ 0001_2$$

Vediamo che c'è una corrispondenza sui due bit più significativi del terzo byte.

La porta di uscita è dunque la 1, senza bisogno di controllare gli altri prefissi, che hanno lunghezza inferiore.

In alternativa al confronto tra le rappresentazioni binarie del terzo byte, si poteva osservare quanto segue.

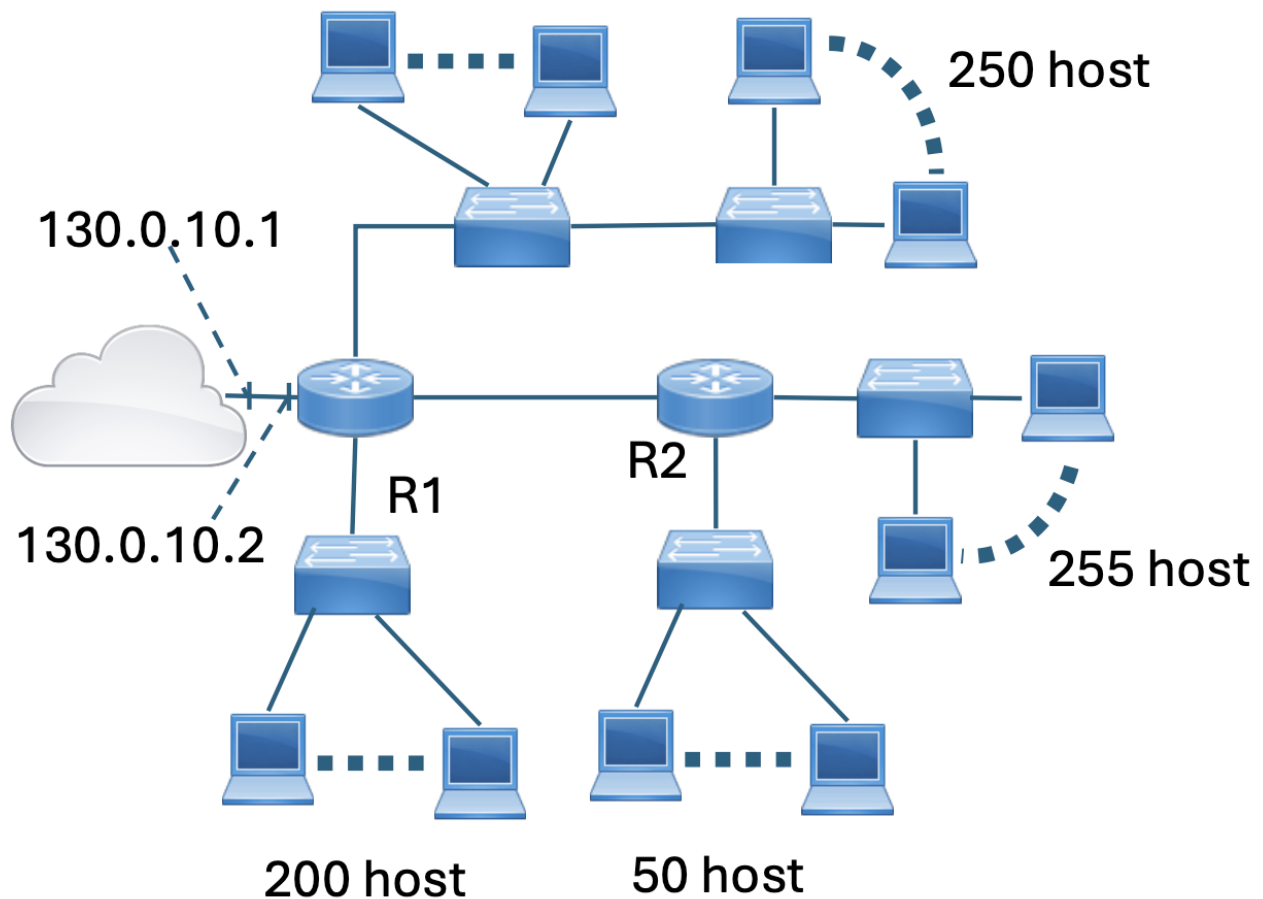
Negli indirizzi IP nella sottorete, il terzo byte può avere qualsiasi valore per i restanti 6 bit (da tutti 0 a tutti 1). Quindi, il terzo byte può assumere i valori da 192 a 255 (cioè $192 + 63$, il valore di 111111_2).

Il terzo byte dell'indirizzo IP dato (209) cade in questo intervallo.

Esercizio 3

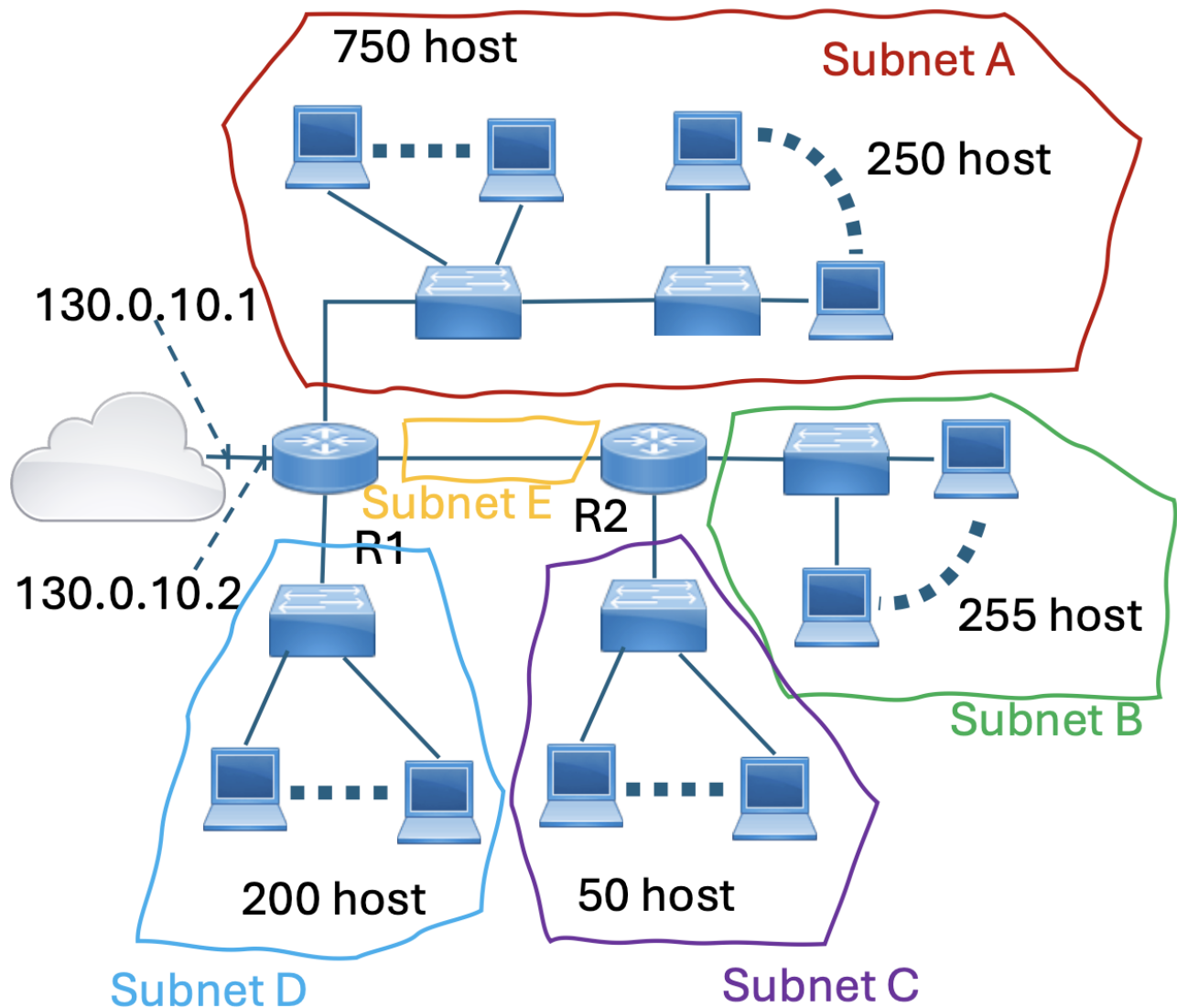
Definire un piano di partizionamento per la seguente rete (131.175.0.0/21), gli indirizzi dei router, gli indirizzi di broadcast, e le tabelle di inoltro. Il numero di host include i router.

750 host



Soluzione:

Identifichiamo le sottoreti: gruppi di interfacce che possono comunicare direttamente senza la mediazione di un router (o altro dispositivo di livello 3 o superiore).



Subnet A: # interfacce = 250 + 750 = 1000

Subnet B: # interfacce = 255

Subnet C: # interfacce = 50

Subnet D: # interfacce = 200

Subnet E: # interfacce = 2

Ordiniamo le subnet per numero decrescente di interfacce.

Prefisso:

Subnet A -> 22 bit (1022 interfacce)

Subnet B -> 23 bit (510 interfacce)

Subnet C -> 24 bit (254 interfacce)

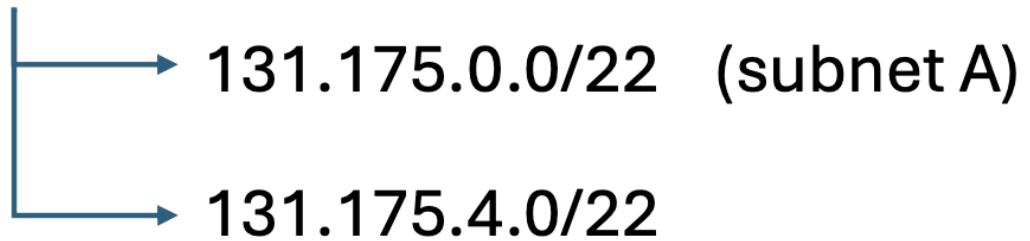
Subnet D -> 26 bit (62 interfacce)

Subnet E -> 30 bit (2 interfacce)

Ricordiamo che con un prefisso di n bit posso indirizzare $2^{32-n} - 2$

interfacce (perché ho una parte di host di $32 - n$ bit e devo togliere l'indirizzo per la sottorete e quello per il broadcast diretto).

131.175.0.0/21

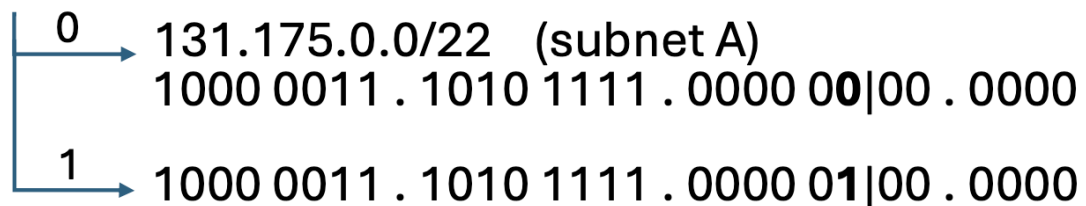


Estendo il prefisso di rete 131.175.0.0/21 di un bit ottenendo due blocchi /22.

Il prefisso di rete lascia fuori i 2 bit meno significativi del terzo byte, quindi la differenza tra due blocchi consecutivi nel terzo byte è $100_2 = 4_{10}$. Il primo blocco lo uso per la subnet A. L'altro blocco può essere ulteriormente suddiviso.

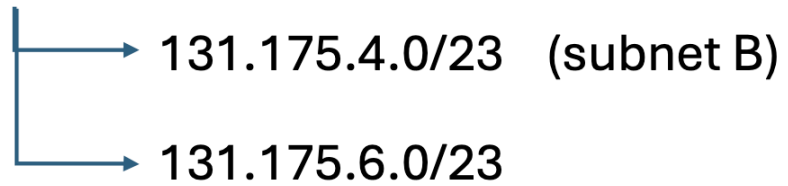
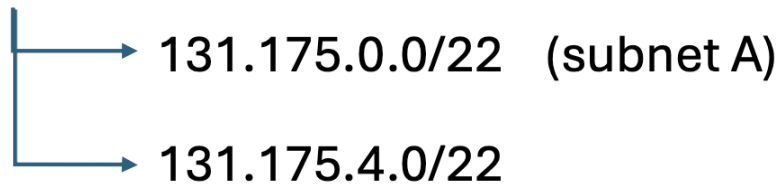
131.175.0.0/21

1000 0011 . 1010 1111 . 0000 0|000 . 0000



Ripeto il ragionamento di prima in binario.

131.175.0.0/21



Estendo il prefisso di rete 131.175.4.0/22 di un bit ottenendo due blocchi /23.

Il prefisso di rete lascia fuori 1 bit meno significativo del terzo byte, quindi la differenza tra due blocchi consecutivi nel terzo

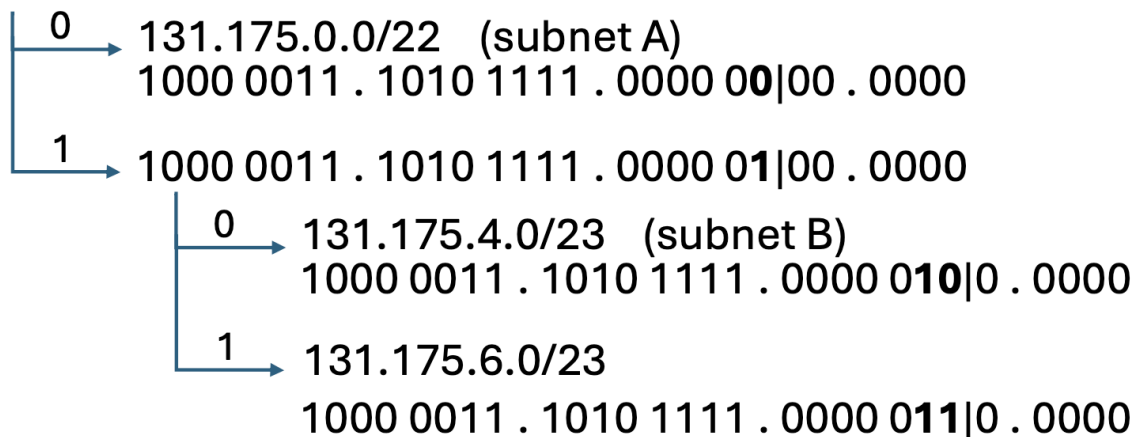
byte è $10_2 = 2_{10}$

Il primo blocco lo uso per la subnet B.

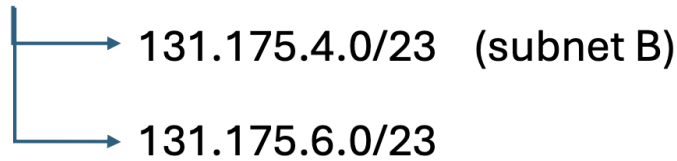
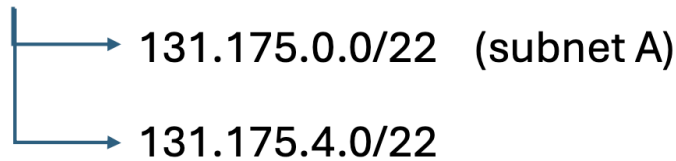
L'altro blocco può essere ulteriormente suddiviso.

131.175.0.0/21

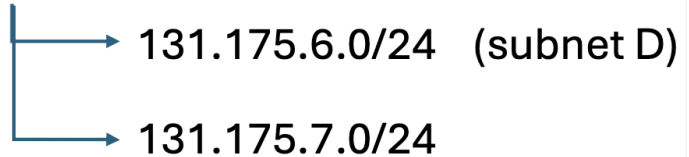
1000 0011 . 1010 1111 . 0000 0|000 . 0000



131.175.0.0/21



li un bit ottenendo due blocchi



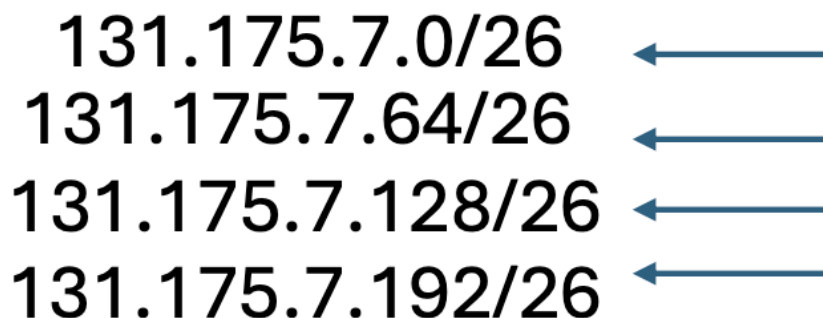
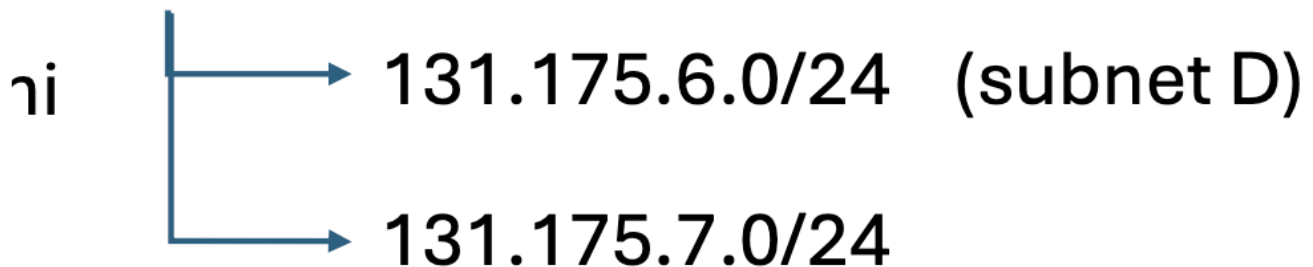
Estendo il prefisso di rete 131.175.6.0/23 di un bit ottenendo due blocchi /24.

Il prefisso di rete lascia fuori 0 bit meno significativo del terzo byte, quindi la differenza tra due blocchi consecutivi nel terzo byte è $1_2 = 1_{10}$

Il primo blocco lo uso per la subnet D.

L'altro blocco può essere ulteriormente suddiviso.

131.175.6.0/23



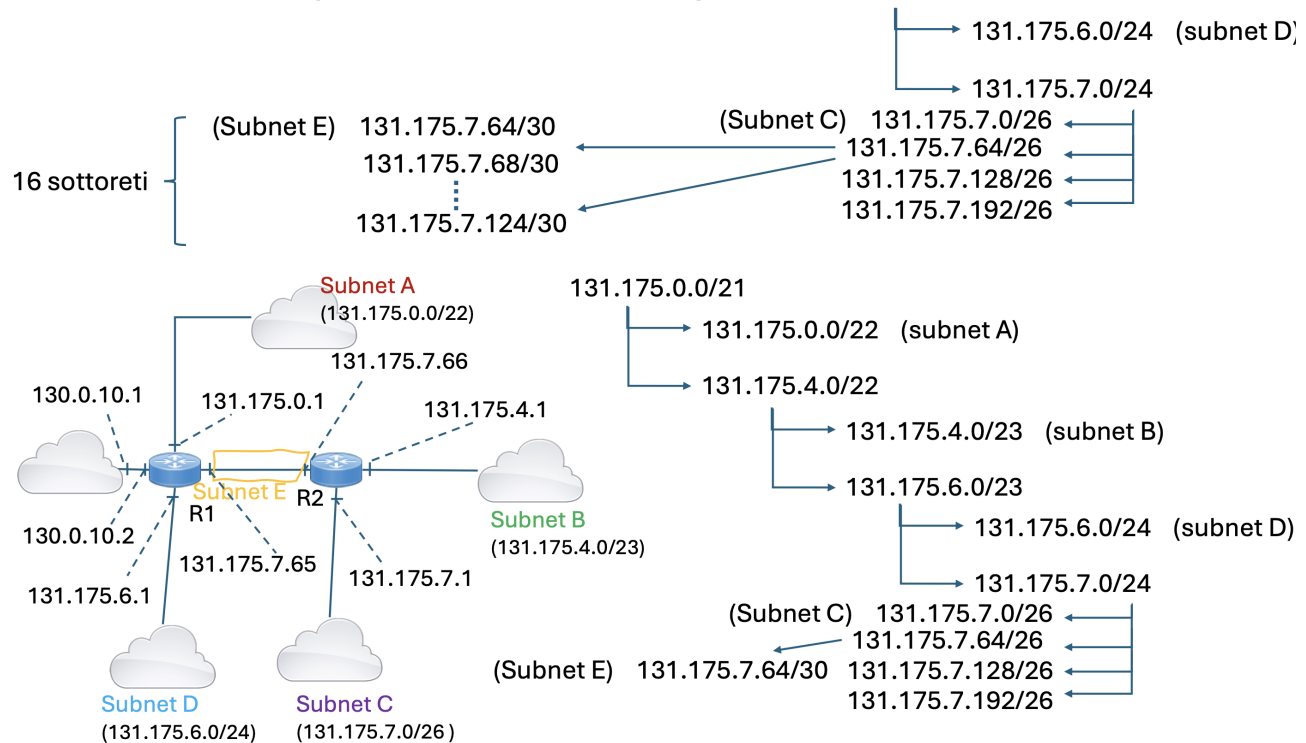
Ho esteso il prefisso di rete 131.175.7.0/24 di 2 bit ottenendo 4 blocchi /26.

Il prefisso di rete lascia fuori i 6 bit meno significativi del quarto byte, quindi la differenza tra due blocchi consecutivi nel quarto byte è

$$1000000_2 = 64_{10}$$

Il primo blocco lo uso per la subnet C.

Il secondo lo uso per una sottorete /30 per la subnet E



Subnet A: 131.175.0.0/22

I 32 - 22 bit meno significativi sono a 1

broadcast: 131.175.3.255

Subnet B: 131.175.4.0/23

broadcast: 131.175.5.255

Subnet C: 131.175.7.0/26

broadcast: 131.175.7.63

3)

Subnet D: 131.175.6.0/24

broadcast: 131.175.6.255

Subnet E: 131.175.7.64/30

broadcast: 131.175.7.67

Ho assegnato gli indirizzi IP ai router e identificate le interfacce.

Tabella di inoltro di R1: le righe con next hop indicano i casi di inoltro indiretto, le altre i casi di inoltro diretto.

Destinazione	Interfaccia	Next Hop
131.175.0.0/22	eth3	
131.175.4.0/23	eth0	131.175.7.66
131.175.7.0/26	eth0	131.175.7.66
131.175.6.0/24	eth1	
131.175.7.64/30	eth0	
0.0.0.0/0	eth2	130.0.10.1

Negli esercizi con soluzione del libro, i casi di inoltro diretto sono omessi perché implicati dalle configurazioni delle varie interfacce.

Tabella di inoltro di R2: le righe con next hop indicano i casi di inoltro indiretto, le altre i casi di inoltro diretto.

Destinazione	Interfaccia	Next Hop
131.175.0.0/22	eth2	131.175.7.65
131.175.4.0/23	eth0	
131.175.7.0/26	eth1	
131.175.6.0/24	eth2	131.175.7.65
131.175.7.64/30	eth2	
0.0.0.0/0	eth2	131.175.7.65

Esercizio 4

È possibile ridurre la dimensione della seguente tabella di inoltro?

Destinazione	Netmask	Next Hop
131.175.132.0	255.255.255.0	131.123.124.125
131.175.21.0	255.255.255.0	131.123.123.121
131.175.20.0	255.255.255.0	131.123.123.121
131.175.133.0	255.255.255.0	131.123.124.125
131.175.134.0	255.255.255.0	131.123.124.130
131.175.135.0	255.255.255.0	131.123.124.125
131.175.50.0	255.255.254.0	131.123.124.126
0.0.0.0	0.0.0.0	131.123.124.126

Soluzione:

1. Identificare gruppi di 2^k reti adiacenti (opportunamente allineate) e con pari next hop, che saranno sostituite da una sola voce per il gruppo (supernet) la cui netmask è stata accorciata di k bit.
In sintesi: è il contrario di quanto fatto per estendere un prefisso di rete.
2. Come al punto 1, ma se una o più reti nel gruppo hanno next hop diverso, si lasciano le loro voci come exception route.
3. Come al punto 1, ma se una o più reti nel gruppo sono mancanti, si aggiunge una voce per ciascuna rete mancante con next hope pari alla rotta di default.
4. Si tolgono tutte le voci con next hop pari alla rotta di default (purché non corrisponda ad altre destinazioni).

Destinazione	Binario (131.175.X.0)	Next Hop
131.175.132.0/24	1000 0100	131.123.124.125
131.175.21.0/24	0001 0101	131.123.123.121
131.175.20.0/24	0001 0100	131.123.123.121
131.175.133.0/24	1000 0101	131.123.124.125
131.175.134.0/24	1000 0110	131.123.124.130
131.175.135.0/24	1000 0111	131.123.124.125
131.175.50.0/23	0011 001	131.123.124.126
0.0.0.0/0	0000 0000	131.123.124.126

#	Destinazione	Binario (131.175.X.0)	Next Hop
1	131.175.132.0/24	1000 01 00	131.123.124.125
2	131.175.21.0/24	0001 01 01	131.123.123.121
3	131.175.20.0/24	0001 01 00	131.123.123.121
4	131.175.133.0/24	1000 01 01	131.123.124.125
5	131.175.134.0/24	1000 01 10	131.123.124.130
6	131.175.135.0/24	1000 01 11	131.123.124.125
7	131.175.50.0/23	0011 001	131.123.124.126
8	0.0.0.0/0	0000 0000	131.123.124.126

Le voci 1, 4, 5, 6 formano un blocco per il prefisso 131.175.132.0/22
 Mi serve una exception route per la voce 5 che ha un next hop
 diverso dagli altri.

Le voci 2 e 3 formano un blocco per il prefisso 131.175.20.0/23

La voce 7 con next hop pari alla rotta di default non corrisponde ad altre
 voci e può quindi essere cancellata

#	Destinazione	Bin (131.175.....)	Next Hop
1	131.175.132.0/24	1000 0100	131.123.124.125
2	131.175.21.0/24	0001 0101	131.123.123.121
3	131.175.20.0/24	0001 0100	131.123.123.121
4	131.175.133.0/24	1000 0101	131.123.124.125
5	131.175.134.0/24	1000 0110	131.123.124.130
6	131.175.135.0/24	1000 0111	131.123.124.125
7	131.175.50.0/23	0011 001	131.123.124.126
8	0.0.0.0/0	0000 0000	131.123.124.126



Destinazione	Next Hop
131.175.132.0/22	131.123.124.125
131.175.134.0/24	131.123.124.130
131.175.20.0/23	131.123.123.121
0.0.0.0/0	131.123.124.126

Destinazione	Next Hop
131.175.132.0/22	131.123.124.125
131.175.134.0/24	131.123.124.130
131.175.20.0/23	131.123.123.121
0.0.0.0/0	131.123.124.126



Destinazione	Netmask	Next Hop
131.175.132.0	255.255.252	131.123.124.125
131.175.134.0	255.255.255	131.123.124.130
131.175.20.0	255.255.254.0	131.123.123.121
0.0.0.0/0	0.0.0.0	131.123.124.126