



ALMA MATER STUDIORUM  
UNIVERSITÀ DI BOLOGNA

# Architettura di Internet

## a.a. 2022/2023

### Esercitazione 5

Ulderico Vagnoni  
ulderico.vagnoni2@unibo.it

[www.unibo.it](http://www.unibo.it)

## Esercizio 1

Assumere che in una sessione TCP Reno il RTT sia fisso a 150 ms, che i segmenti abbiano una lunghezza fissa di 1500 bit e che la banda massima disponibile tra i due host sia di 10 Mbps.

- Calcolare la finestra di congestione massima
- Da che valore riprende la finestra se, una volta raggiunto il massimo, si verifica un 3 ack duplicato?
- Calcolare il tempo impiegato dalla connessione per raggiungere di nuovo il valore massimo della finestra dopo un 3 ack duplicato

Assumere che il file inviato dal server sia composto da 55 segmenti e che la SST iniziale sia di 8 segmenti e che vi siano perdite nel caso dei pacchetti 33, 41 e 43.

- Disegnare l'evoluzione della finestra di congestione e della SST



## Soluzione

a)

$$CW_{max} = \frac{RTT \times R}{L} = \frac{1 \times 10^7 \times 1.5 * 10^{-1}}{1500} = 1000 \text{segmenti}$$

b) 500 segmenti

c)  $500 * RTT = 75$  secondi



# Soluzione

d)

Round	CW	SST	Pacchetti
1	1	8	1
2	2	8	2,3
3	4	8	4,5,6,7
4	8	8	8,...,15
5	9	8	16,...,24
6	10	8	25,..., <b>33</b> , <u>34</u>
7	11	8	<u>35</u> , <u>36</u> , ... <b>41</b> ,..., <b>43</b> , .. 45
8	5	5	33, 34, 35, 36, 37
9	6	5	38,...,43
10	7	5	44,...,50
11	8	5	51,...,55

3 ACK DUPLICATO



## Esercizio 2

Assumere che in una sessione TCP Reno il RTT sia fisso a 85 ms, che i segmenti abbiano una lunghezza fissa di 2500 bit e che la banda massima disponibile tra i due host sia di 10 Mbps.

- Calcolare la finestra di congestione massima
- Di quanto diminuisce la finestra se, una volta raggiunto il massimo, avviene un timeout?
- Calcolare il tempo impiegato dalla connessione per raggiungere di nuovo il valore massimo della finestra dopo un 3 ack duplicato



## Soluzione

a)

$$CW_{max} = \frac{RTT \times R}{L} = \frac{1 \times 10^7 \times 8.5 * 10^{-2}}{2500} = 340segmenti$$

b) 339 segmenti, perché ritorna a 1

c)  $170 * RTT = 14.45$  secondi

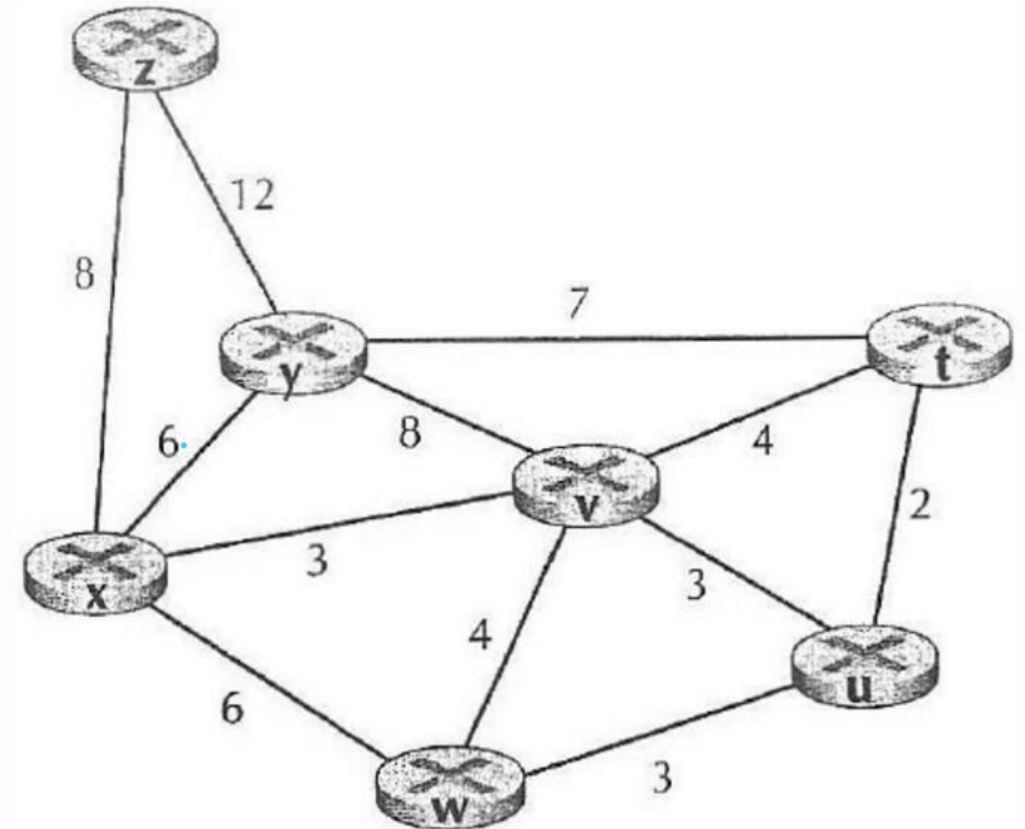


# Algoritmo di Dijkstra

L'algoritmo di Dijkstra è un algoritmo di ricerca del **cammino più breve in un grafo pesato**, l'algoritmo trova quindi il **percorso più breve tra un nodo sorgente e tutti gli altri nodi del grafo**.

L'algoritmo di Dijkstra utilizza una "frontiera" di nodi con i costi più bassi conosciuti per raggiungere quel nodo dalla sorgente. Questa **frontiera viene iterativamente espansa fino a quando non viene raggiunto il nodo di destinazione** o fino a quando tutti i nodi raggiungibili sono stati esplorati.

L'algoritmo seleziona il nodo con il costo minimo e aggiorna i costi dei suoi vicini se il costo per raggiungerli è più basso del costo corrente.



# Algoritmo di Dijkstra

```
1 function Dijkstra(Graph, source):
2
3     create vertex set Q
4
5     for each vertex v in Graph:
6         dist[v] ← INFINITY
7         prev[v] ← UNDEFINED
8         add v to Q
9
10    dist[source] ← 0
11
12    while Q is not empty:
13        u ← vertex in Q with min dist[u]
14
15        remove u from Q
16
17        for each neighbor v of u:
18            alt ← dist[u] + length(u, v)
19            if alt < dist[v]:
20                dist[v] ← alt
21                prev[v] ← u
22
23    return dist[], prev[]
```

A parità di costo, si sceglie il nodo  
in ordine alfabetico

*// only v that are still in Q*

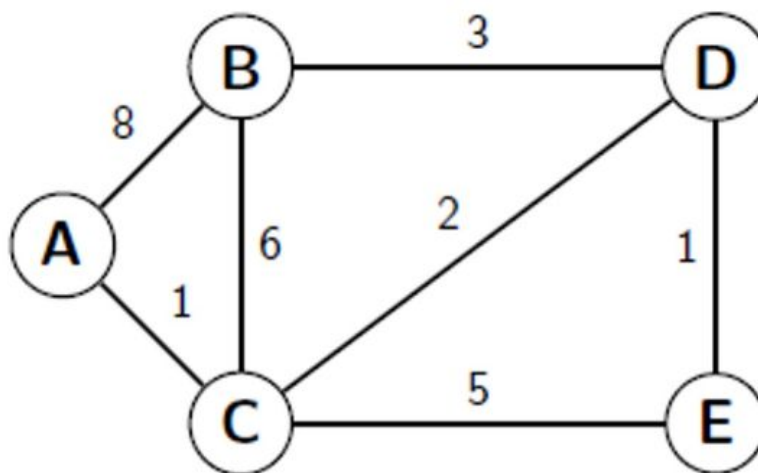




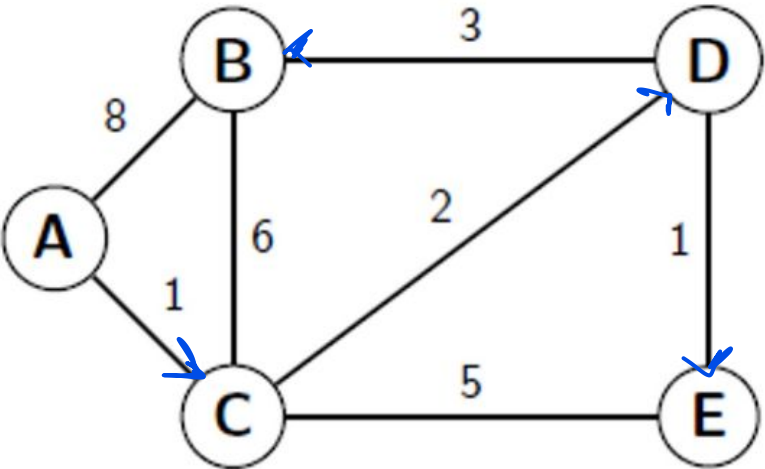
## Algoritmo di Dijkstra - Esempio

Considerare il seguente grafico, dove le etichette riportate vicino ogni arco rappresentano il costo di attraversamento dell'arco stesso.

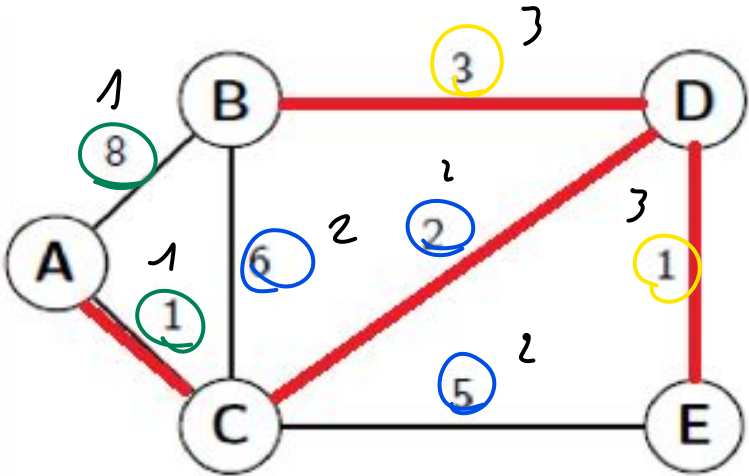
Si mostrino i passi necessari per ricavare i cammini di costo minimo da A verso tutti gli altri nodi utilizzando l'algoritmo di Dijkstra, si esplicitino tutti i passaggi in una tabella e si disegni l'albero dei cammini minimi risultante:



# Algoritmo di Dijkstra - Esempio



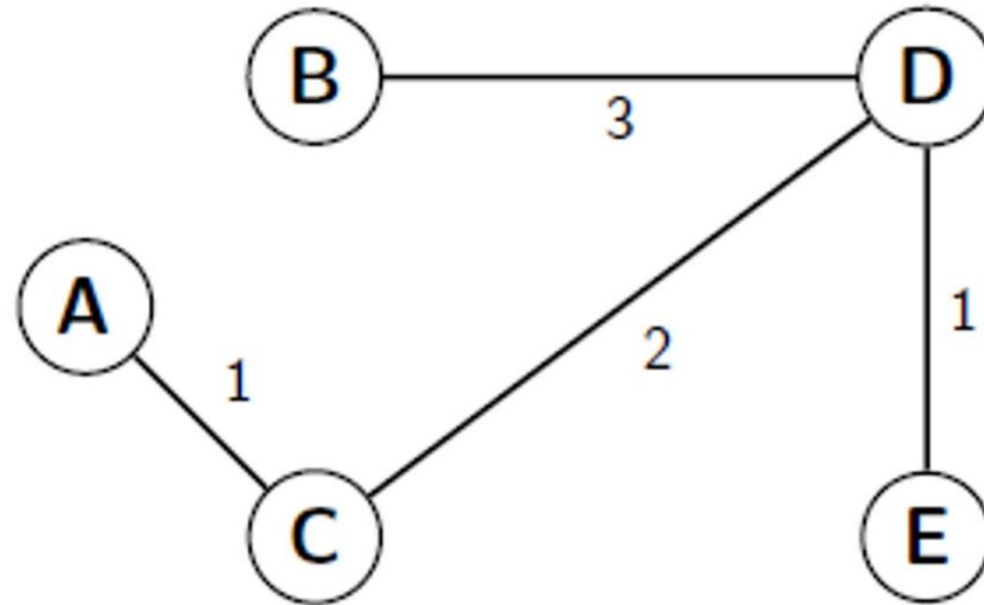
Nodi conosciuti	$D_b$	$D_c$	$D_d$	$D_e$
A	8	<u>1</u>	$\infty$	$\infty$
AC	7		<u>3</u>	6
ACD	6			<u>4</u>
ACDE	<u>6</u>			
ACDEB				



Percorsi	
B	ACDB
C	AC
D	ACD
E	ACDE



## Algoritmo di Dijkstra - Esempio



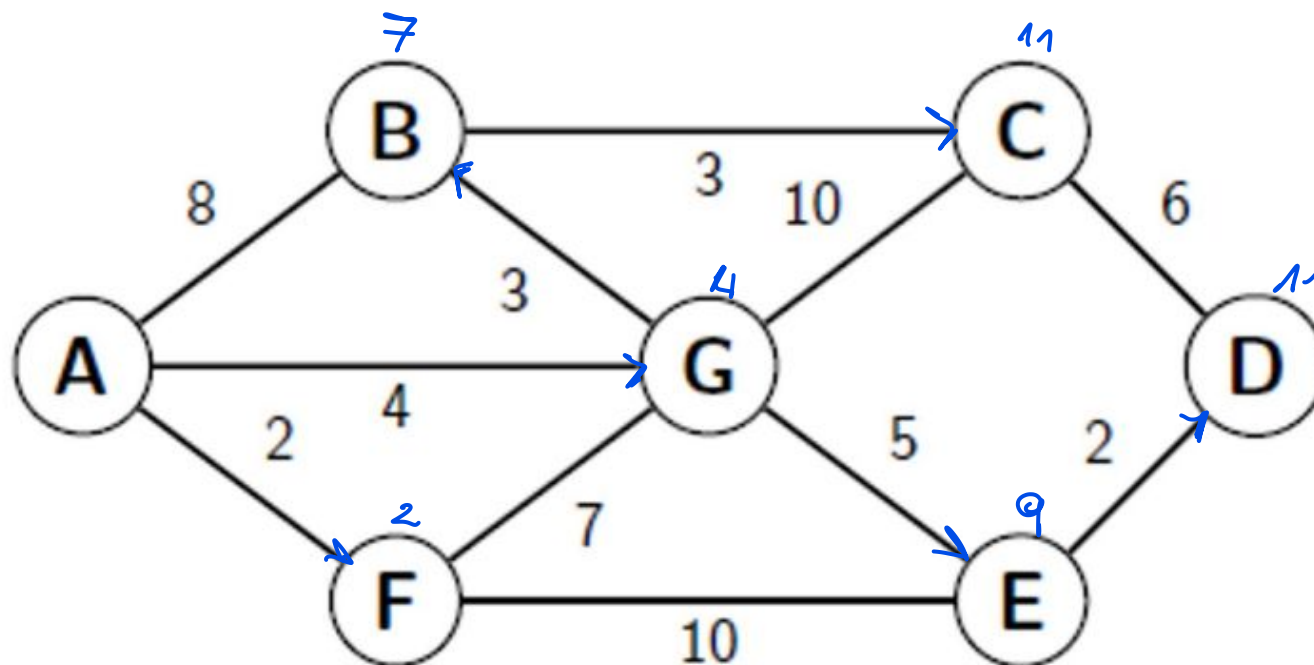
Nodi conosciuti	$D_b$	$D_c$	$D_d$	$D_e$
A	8	<u>1</u>	$\infty$	$\infty$
AC	7		<u>3</u>	6
ACD	6			<u>4</u>
ACDE	<u>6</u>			
ACDEB				

Percorsi	
B	ACDB
C	AC
D	ACD
E	ACDE

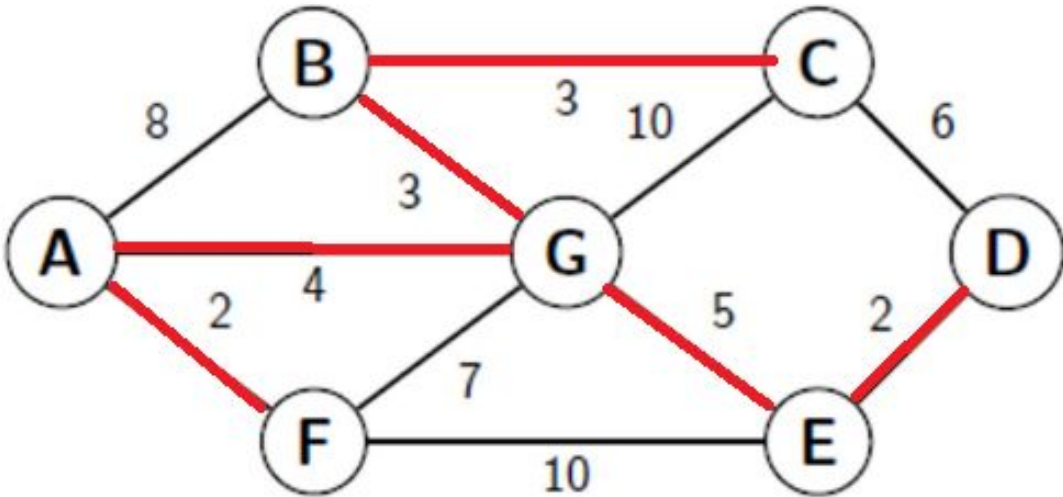
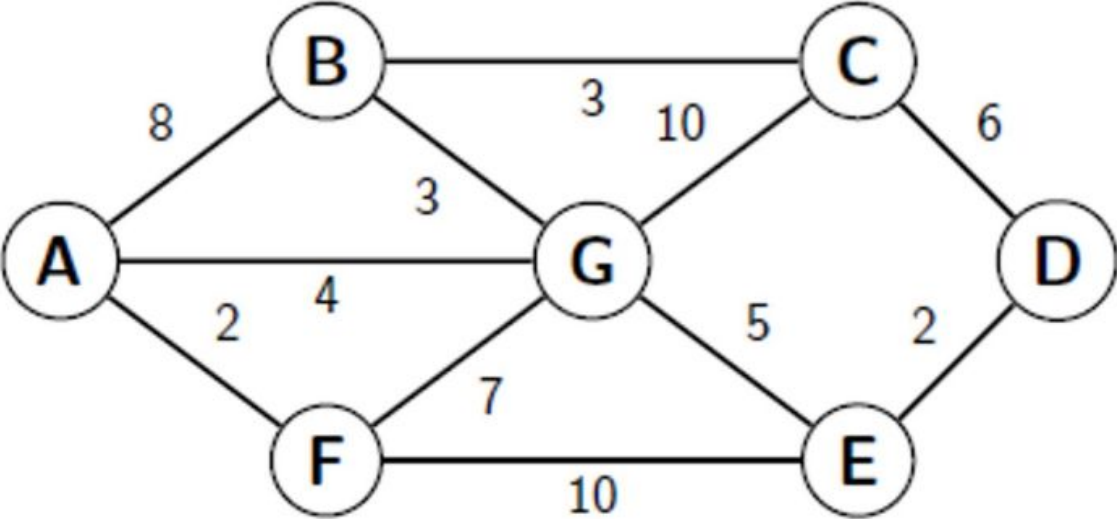


## Esercizio 3 - Parte 1

Considerare il seguente grafico, si mostrino i passi necessari per ricavare i cammini di costo minimo da A verso tutti gli altri nodi utilizzando l'algoritmo di Dijkstra, si esplicitino tutti i passaggi in una tabella e si disegni l'albero dei cammini minimi risultante:



# Esercizio 3 - Parte 1



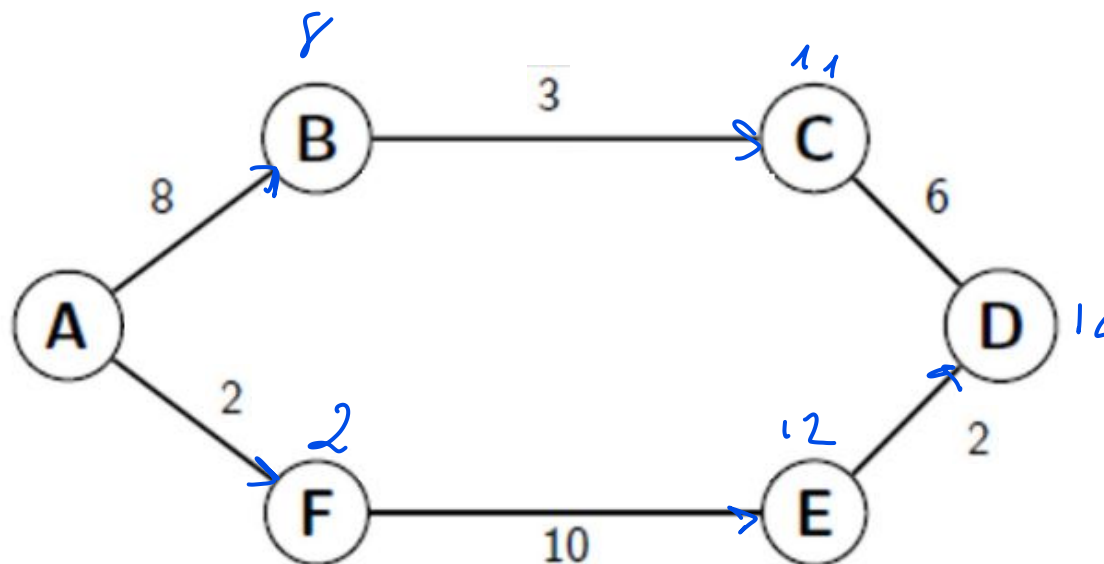
Nodi conosciuti	$D_b$	$D_c$	$D_d$	$D_e$	$D_f$	$D_g$
A	8	$\infty$	$\infty$	$\infty$	<u>2</u>	4
AF	8	$\infty$	$\infty$	12		<u>4</u>
AFG	<u>7</u>	14	$\infty$	9		
AFGB		10	$\infty$	<u>9</u>		
AFGBE		<u>10</u>	11			
AFGBEC			<u>11</u>			
AFGBECD						

Percorsi	
B	AGB
C	AGBC
D	AGED
E	AGE
F	AF
G	AG

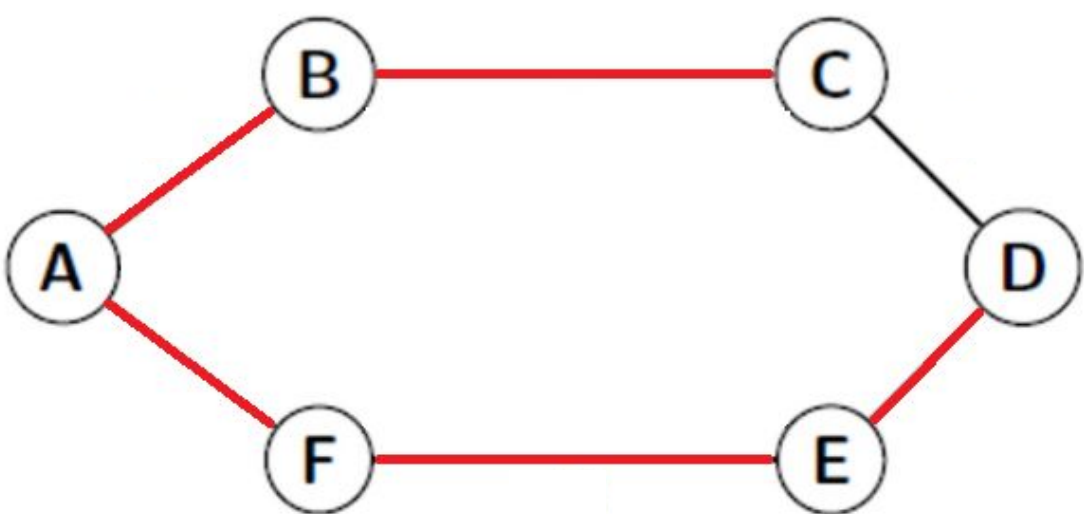
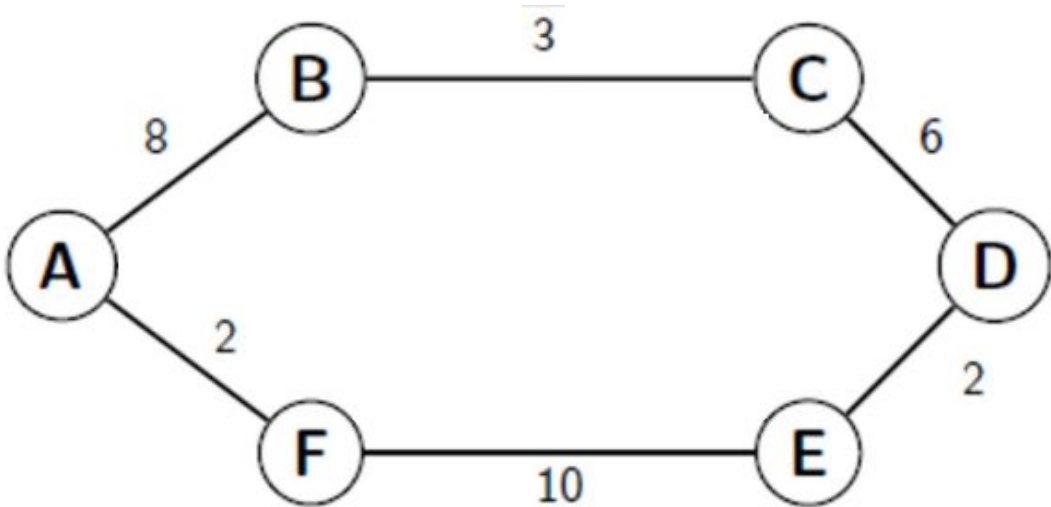


## Esercizio 3 - Parte 2

Disegnare ora l'albero dei cammini minimi supponendo che il nodo G venga disattivato:



# Esercizio 3 - Parte 2



Nodi conosciuti	$D_b$	$D_c$	$D_d$	$D_e$	$D_f$
<b>A</b>	8	$\infty$	$\infty$	$\infty$	<u>2</u>
<b>AF</b>	<u>8</u>	$\infty$	$\infty$	12	
<b>AFB</b>		<u>11</u>	$\infty$	12	
<b>AFBC</b>			17	<u>12</u>	
<b>AFBCE</b>			<u>14</u>		

Percorsi	
B	AB
C	ABC
D	AFED
E	AFE
F	AF

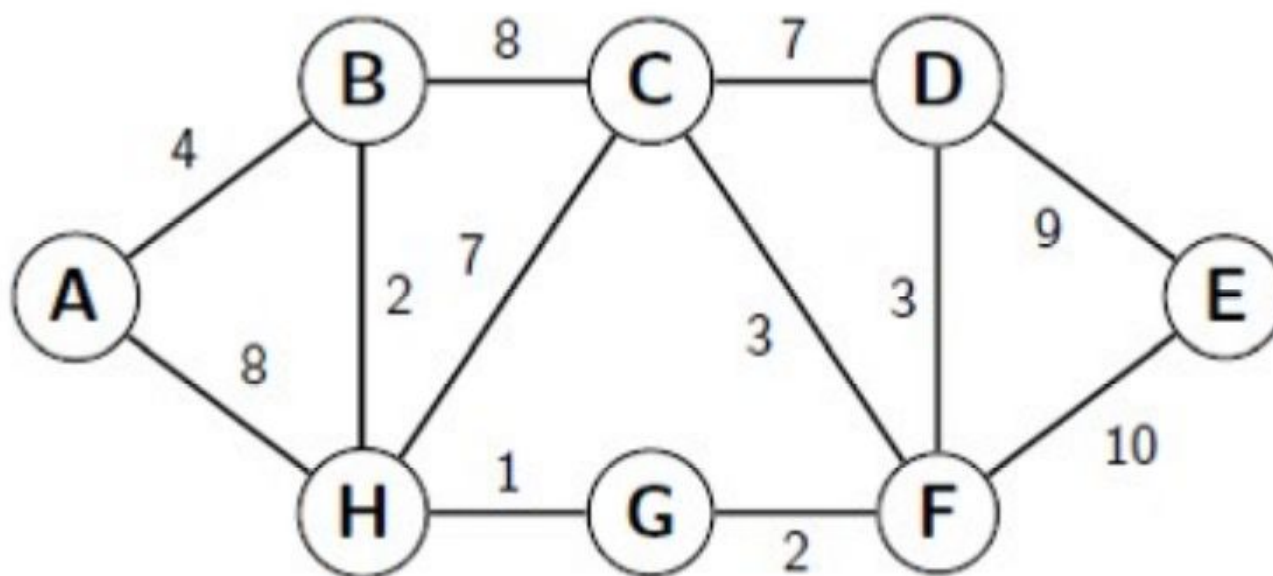
F





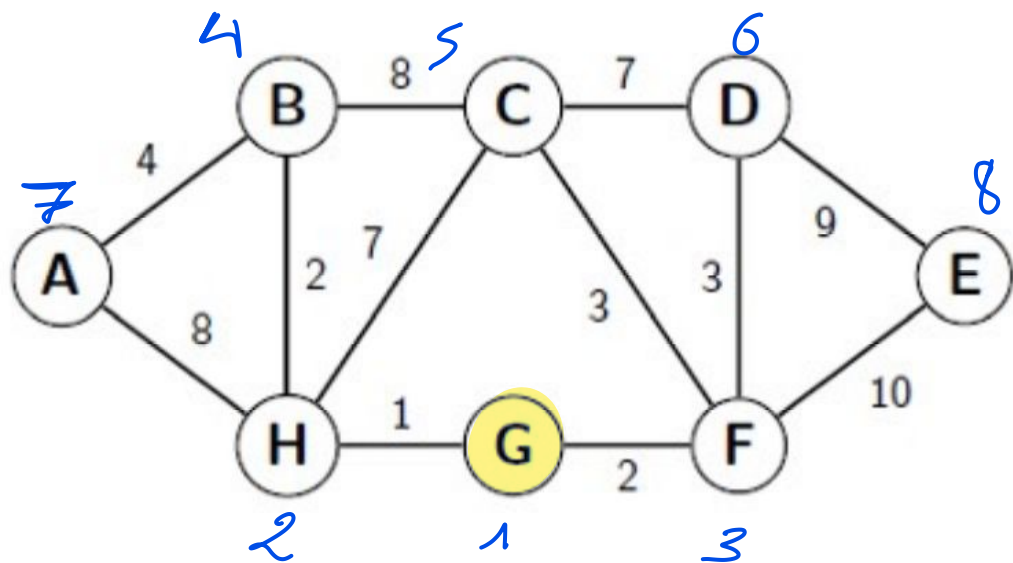
## Esercizio 4 - Parte 1

Considerare il seguente grafico, si mostrino i passi necessari per ricavare i cammini di costo minimo da G verso tutti gli altri nodi utilizzando l'algoritmo di Dijkstra, si esplicitino tutti i passaggi in una tabella e si disegni l'albero dei cammini minimi risultante:

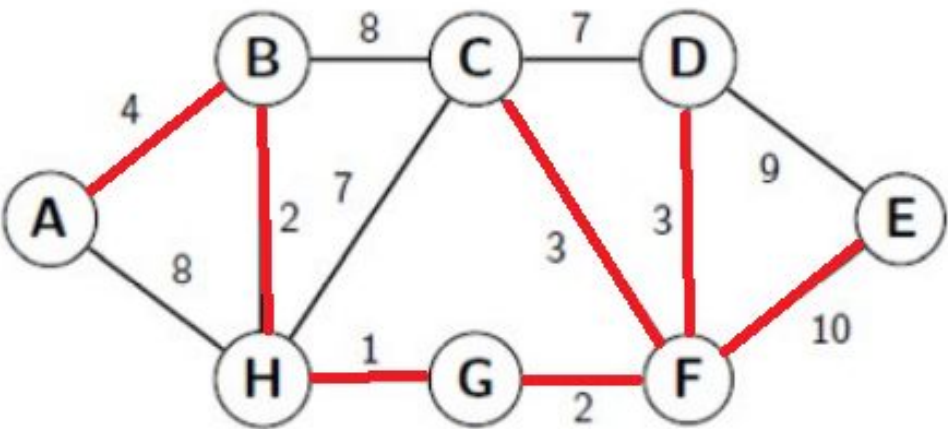




# Esercizio 4 - Parte 1



Nodi conosciuti	$D_a$	$D_b$	$D_c$	$D_d$	$D_e$	$D_f$	$D_h$
G	$\infty$	$\infty$	$\infty$	$\infty$	$\infty$	2	<u>1</u>
GH	9	3	8	$\infty$	$\infty$	<u>2</u>	
GHF	9	<u>3</u>	5	5	12		
GHFB	7		<u>5</u>	5	12		
GHFBC	7			<u>5</u>	12		
GHFBCD	<u>7</u>				12		
GHFBCDA					<u>12</u>		
GHFBCDAE							

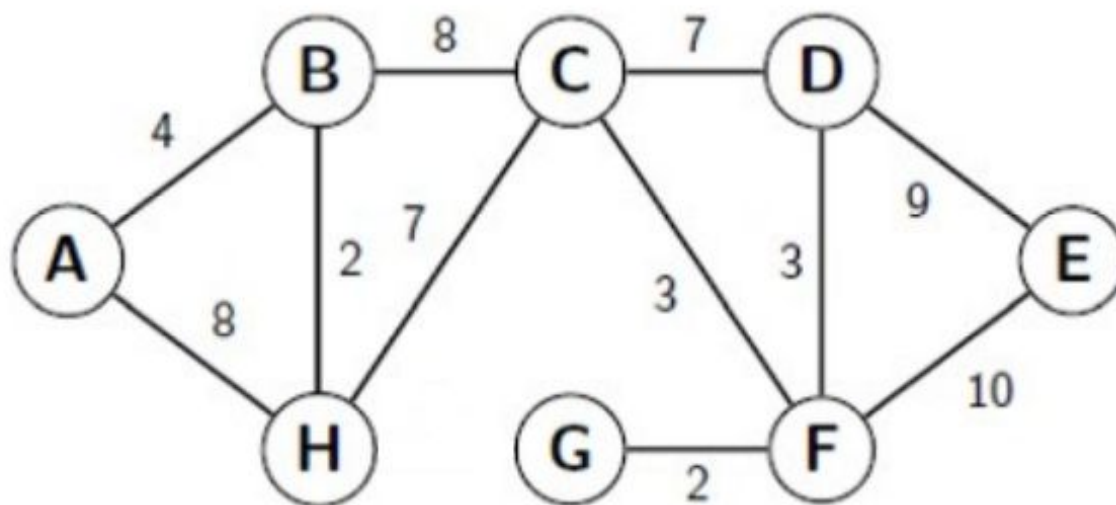


Percorsi	
A	GHBA
B	GHB
C	GFC
D	GFD
E	GFE
F	GF
H	GH

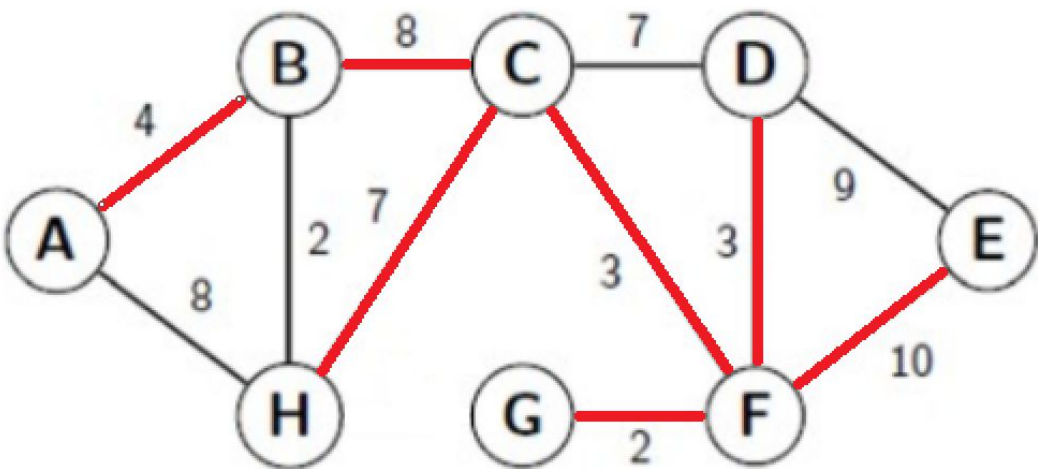
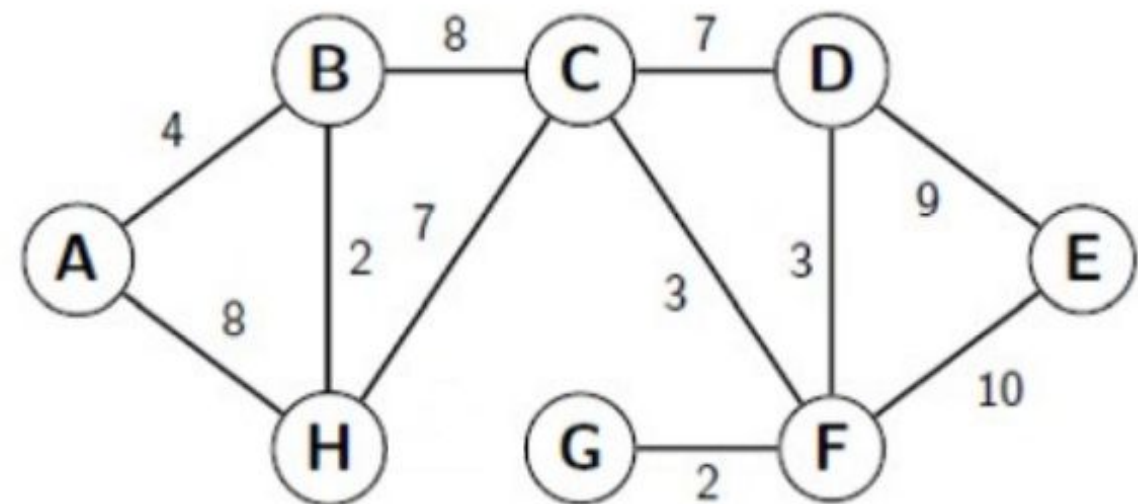


## Esercizio 4 - Parte 2

Disegnare ora l'albero dei cammini minimi supponendo che il collegamento G-H venga eliminato:



# Esercizio 4 - Parte 2



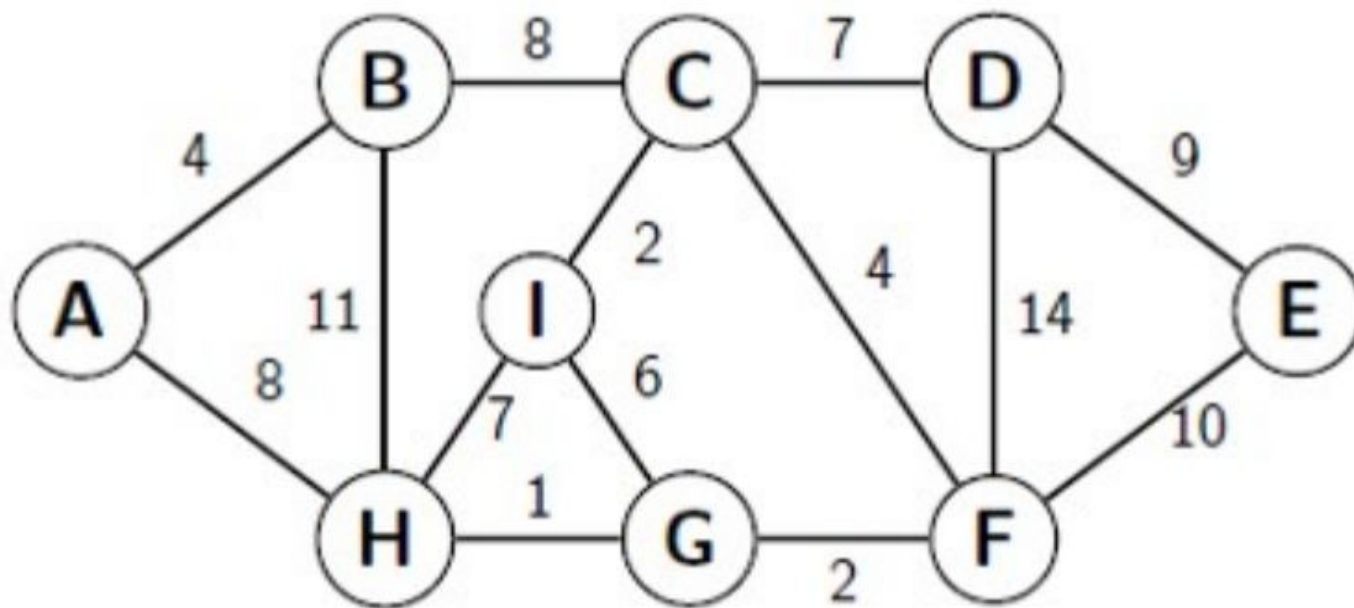
Nodi conosciuti	$D_a$	$D_b$	$D_c$	$D_d$	$D_e$	$D_f$	$D_h$
G	$\infty$	$\infty$	$\infty$	$\infty$	$\infty$	<u>2</u>	$\infty$
GF	$\infty$	$\infty$	<u>5</u>	5	12		$\infty$
GFC	$\infty$	13		<u>5</u>	12		$\infty$
GFCD	$\infty$	13			<u>12</u>		12
GFCDE	$\infty$	13					<u>12</u>
GFCDEH	20	<u>13</u>					
GFCDEHB	<u>17</u>						
GFCDEHBA							

Percorsi	
A	GFCBA
B	GFCB
C	GFC
D	GFD
E	GFE
F	GF
H	GFCH

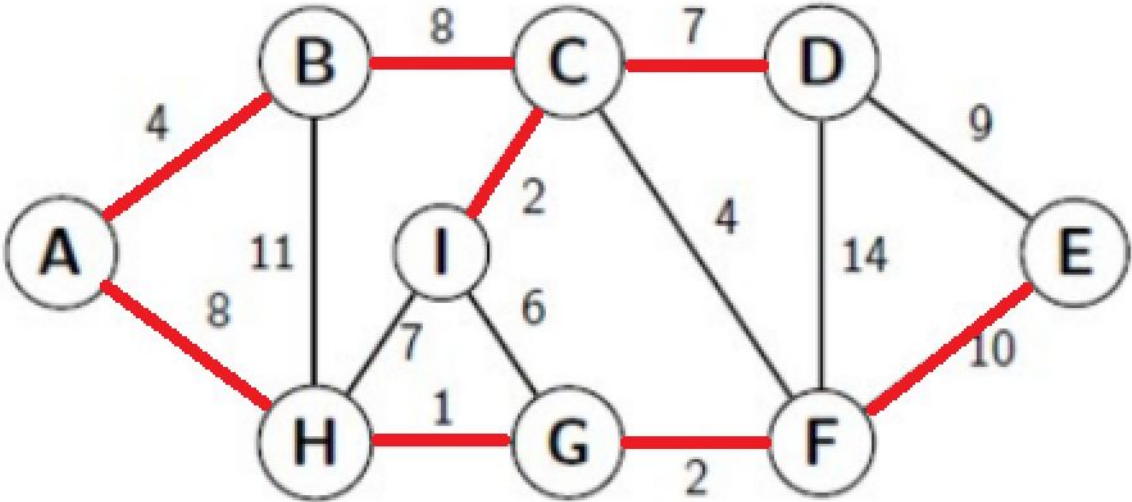
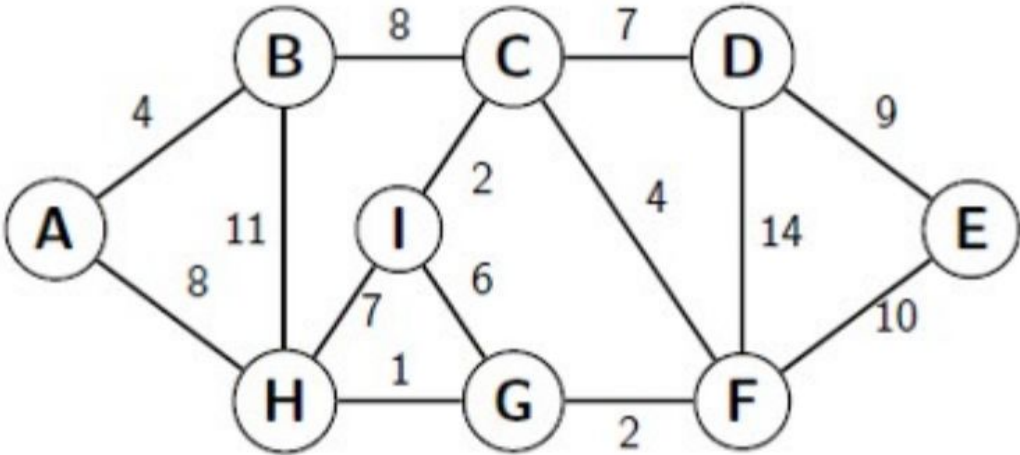


## Esercizio 5 - Parte 1

Considerare il seguente grafico, si mostrino i passi necessari per ricavare i cammini di costo minimo da A verso tutti gli altri nodi utilizzando l'algoritmo di Dijkstra, si esplicitino tutti i passaggi in una tabella e si disegni l'albero dei cammini minimi risultante e disegnare l'albero dei cammini minimi supponendo che il collegamento B-H abbia costo 1:



# Esercizio 5 - Parte 1



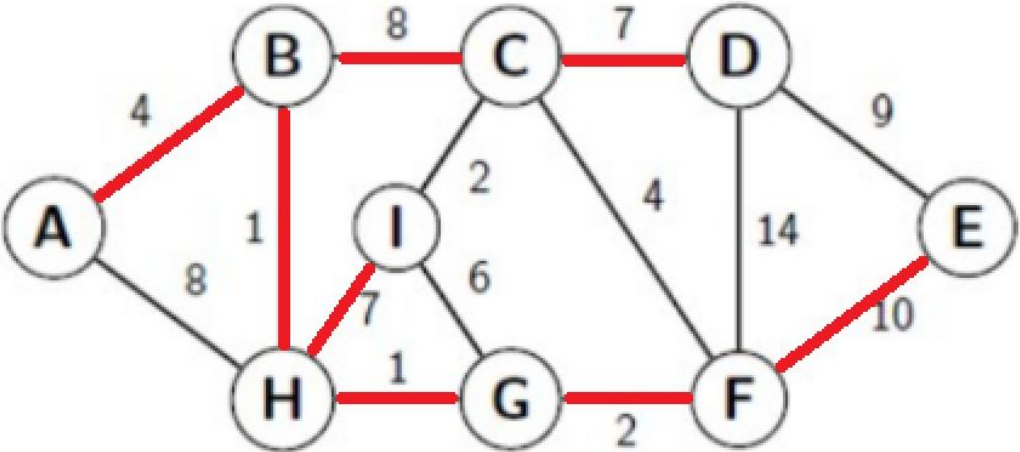
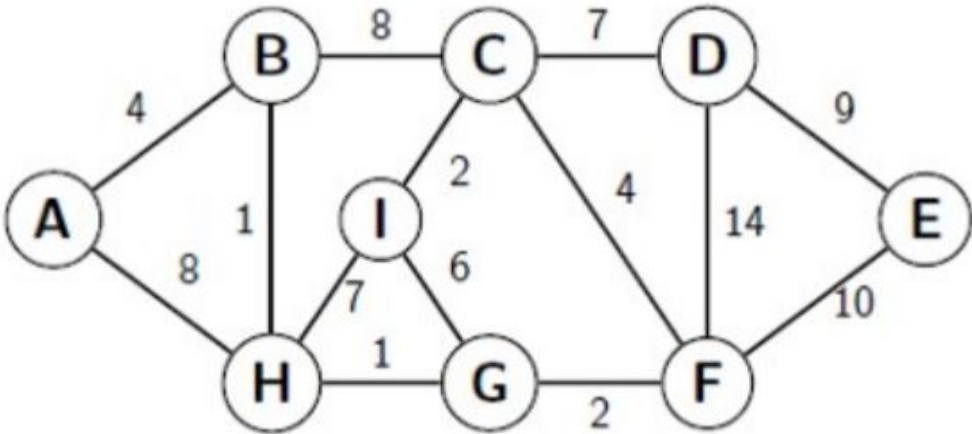
Nodi conosciuti	$D_b$	$D_c$	$D_d$	$D_e$	$D_f$	$D_g$	$D_h$	$D_i$
A	<u>4</u>	$\infty$	$\infty$	$\infty$	$\infty$	$\infty$	8	$\infty$
AB		12	$\infty$	$\infty$	$\infty$	$\infty$	<u>8</u>	$\infty$
ABH		12	$\infty$	$\infty$	$\infty$	<u>9</u>		15
ABHG		12	$\infty$	$\infty$	<u>11</u>			15
ABHGF		<u>12</u>	25	21				15
ABHGFC			19	21				<u>14</u>
ABHGFCI			<u>19</u>	21				
ABHGFCID				<u>21</u>				
ABHGFCIDE								

Percorsi	
B	AB
C	ABC
D	ABCD
E	AHGFE
F	AHGF
G	AHG
H	AH
I	ABCI





# Esercizio 5 - Parte 2



Nodi conosciuti	$D_b$	$D_c$	$D_d$	$D_e$	$D_f$	$D_g$	$D_h$	$D_i$
A	<u>4</u>	$\infty$	$\infty$	$\infty$	$\infty$	$\infty$	8	$\infty$
AB		12	$\infty$	$\infty$	$\infty$	$\infty$	<u>5</u>	$\infty$
ABH		12	$\infty$	$\infty$	$\infty$	<u>6</u>		12
ABHG		12	$\infty$	$\infty$	<u>8</u>			12
ABHGF		<u>12</u>	22	18				12
ABHGFC			19	18				<u>12</u>
ABHGFCI			19	<u>18</u>				
ABHGFCIE			<u>19</u>					
ABHGFCIED								

Percorsi	
B	AB
C	ABC
D	ABCD
E	ABHGF E
F	ABHGF
G	ABHG
H	ABH
I	ABHI





ALMA MATER STUDIORUM  
UNIVERSITÀ DI BOLOGNA

Campus di Bologna  
Corso di Laurea in Informatica per il management

E-mail [ulderico.vagnoni2@unibo.it](mailto:ulderico.vagnoni2@unibo.it)

[www.unibo.it](http://www.unibo.it)