

# Problema 1

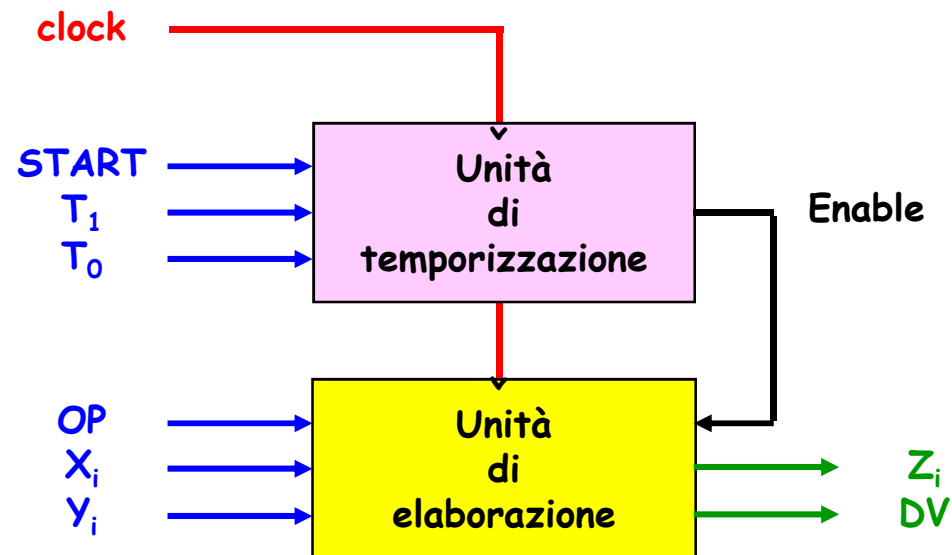
Un sistema sequenziale sincrono, caratterizzato da sei segnali di ingresso ( $X_i, Y_i, START, T_1, T_0, OP$ ) e da due segnali di uscita ( $Z_i, DV$ ), ha il compito di elaborare dati numerici del tipo "unsigned binary integer", fornendo in uscita, per ciascuna coppia di dati  $X, Y$  ricevuti in ingresso, il corrispondente valore medio  $Z = (X + Y) / 2$ , eventualmente arrotondato per difetto o per eccesso come nel seguito specificato. Gli  $n$  bit rappresentativi di ciascuna coppia di operandi ( $\{X_{n-1}, \dots, X_1, X_0\}, \{Y_{n-1}, \dots, Y_1, Y_0\}$ ) e del corrispondente risultato ( $\{Z_{n-1}, \dots, Z_1, Z_0\}$ ) sono trasferiti in ingresso al / uscita dal sistema in serie ed a partire dal bit meno significativo ( $X_0, Y_0$  e  $Z_0$ ) tramite i segnali  $X_i, Y_i$  e  $Z_i$ , rispettivamente. Il segnale  $START$ , attivo a livello logico 1 e di durata unitaria, identifica l'intervallo di presentazione in ingresso al sistema del primo bit ( $X_0, Y_0$ ) di ciascuna coppia di operandi. Contestualmente gli altri segnali di ingresso identificano il tipo di dati che il sistema deve gestire e lo specifico processo di elaborazione che il sistema deve svolgere. Più precisamente:

$T_1 T_0 = 00$	$\Rightarrow$	$X, Y, Z$ : "short unsigned integer" ( $n = 16$ ),
$T_1 T_0 = 01$	$\Rightarrow$	$X, Y, Z$ : "unsigned integer" ( $n = 32$ ),
$T_1 T_0 = 11$	$\Rightarrow$	$X, Y, Z$ : "long unsigned integer" ( $n = 64$ ),
$OP = 0$	$\Rightarrow$	$Z = \lfloor (X+Y)/2 \rfloor$ ,
$OP = 1$	$\Rightarrow$	$Z = \lceil (X+Y)/2 \rceil$ .

L'intervallo di generazione di ciascun risultato deve essere evidenziato dal sistema attraverso l'attivazione (valore logico 1) del segnale di uscita  $DV$  (Data Valid).

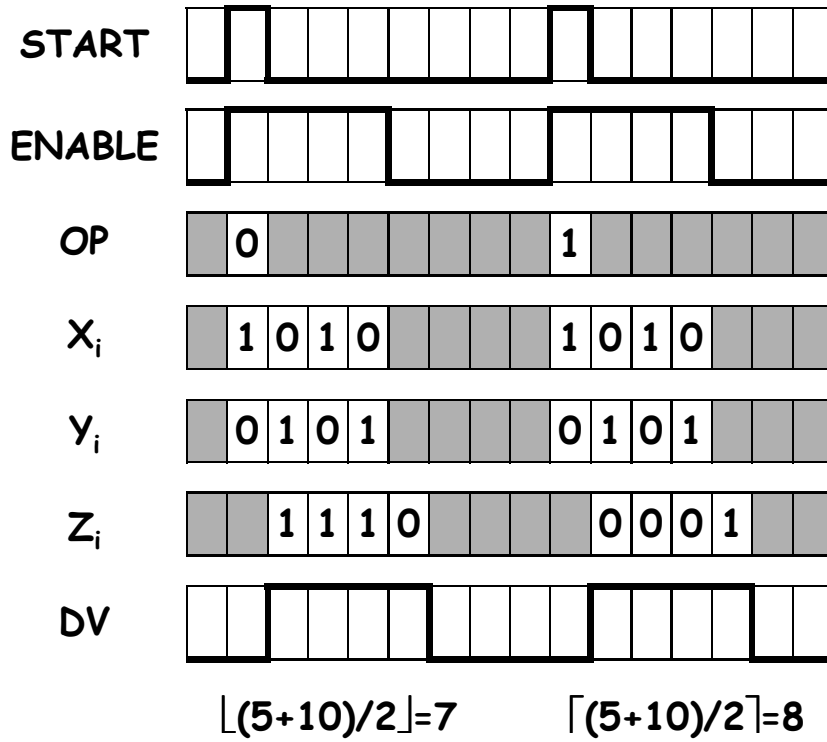
Il sistema deve essere strutturato secondo lo schema riportato in figura.

- Si esegua il progetto dell'unità di temporizzazione utilizzando i componenti ritenuti più idonei allo scopo e motivando esplicitamente le scelte operate.
- Si formalizzi il comportamento dell'unità di elaborazione in termini di automa a stati finiti.
- Si identifichino le modifiche e/o le estensioni che è necessario apportare alla soluzione individuata nell'ipotesi che il sistema debba gestire dati numerici del tipo "n-bit unsigned integer" o "n-bit signed (2's complement) integer", in dipendenza del valore (1 o 0, rispettivamente) assunto da un ulteriore segnale di ingresso U in corrispondenza dell'intervallo di attivazione del segnale START.

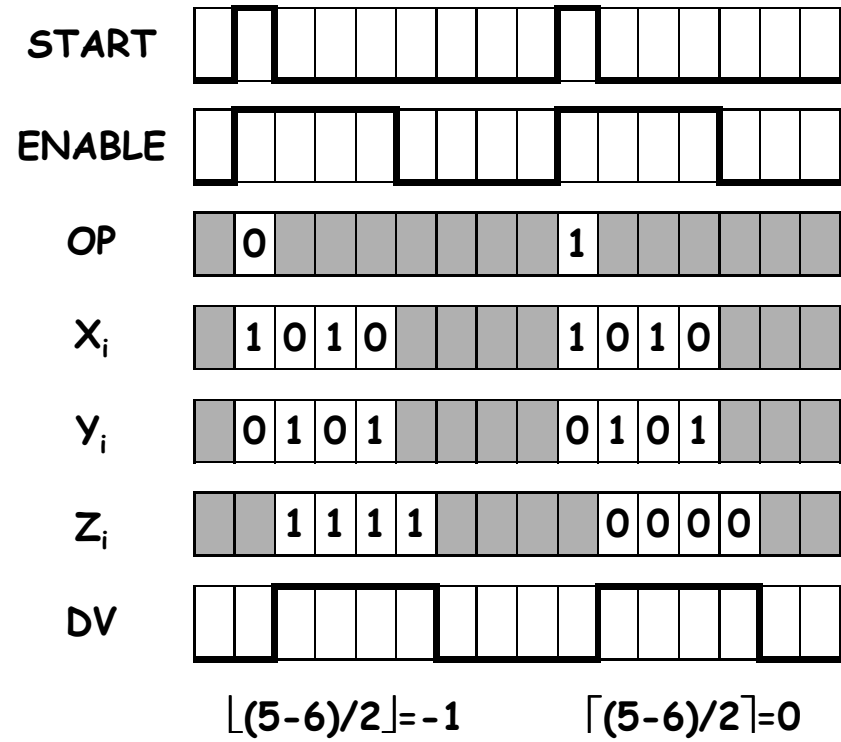


n = 4

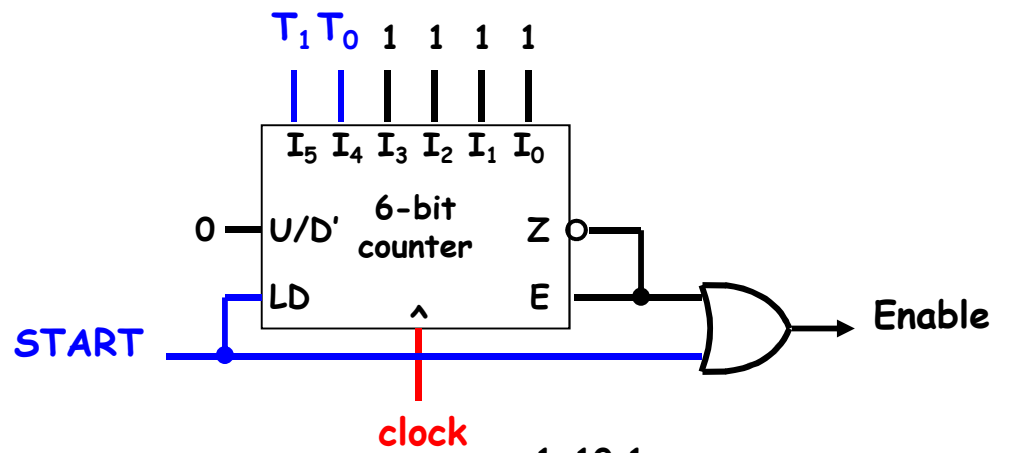
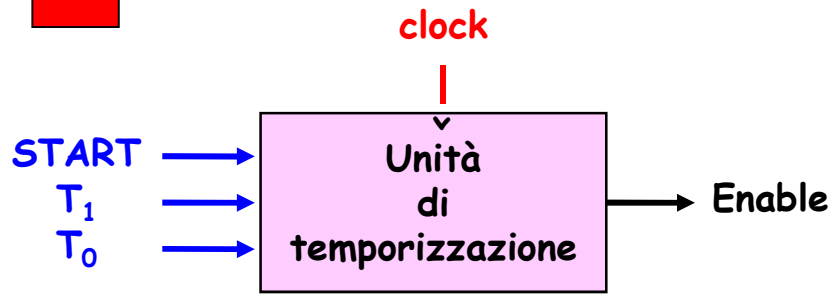
U = 1



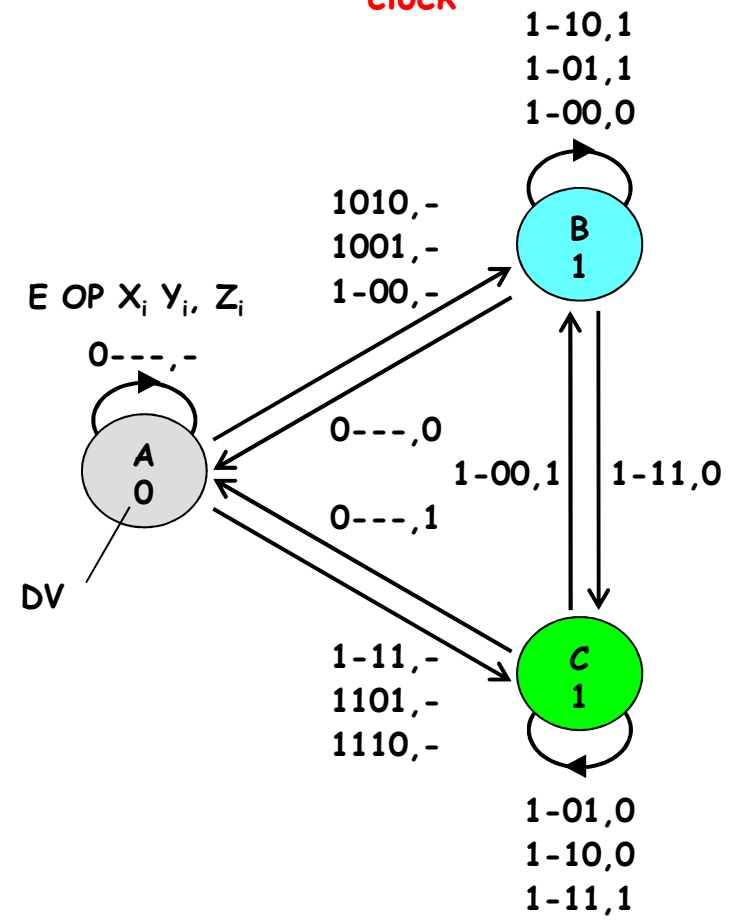
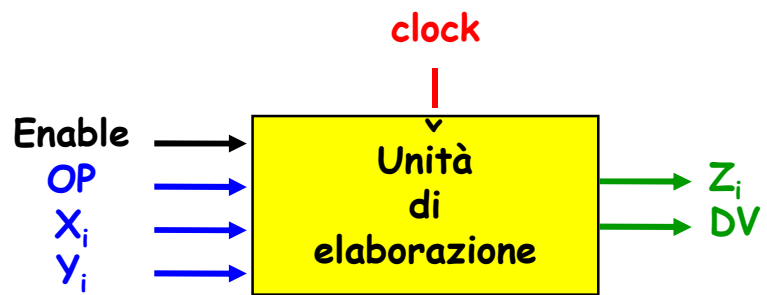
U = 0



1

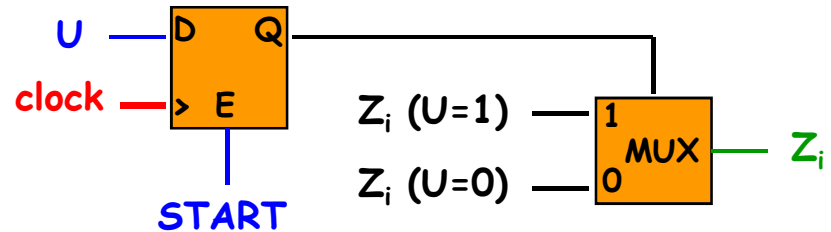
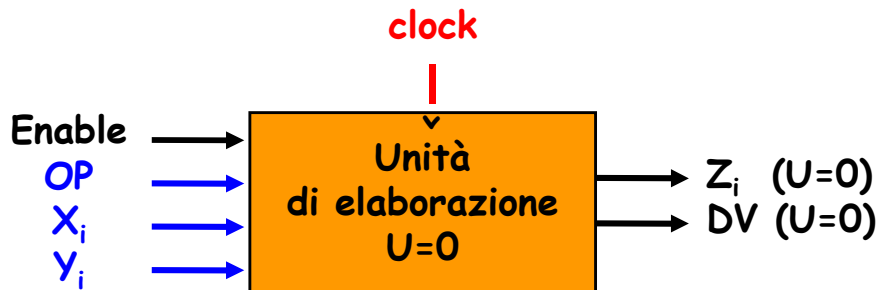
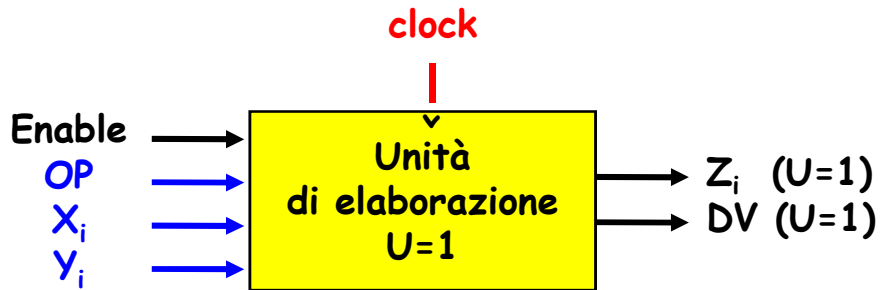
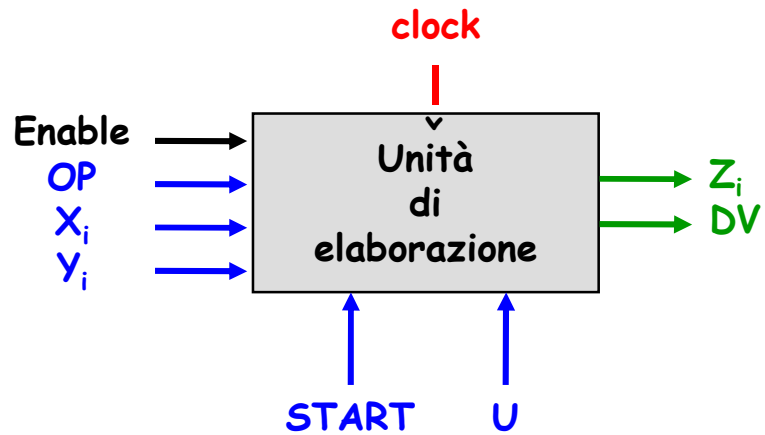


2



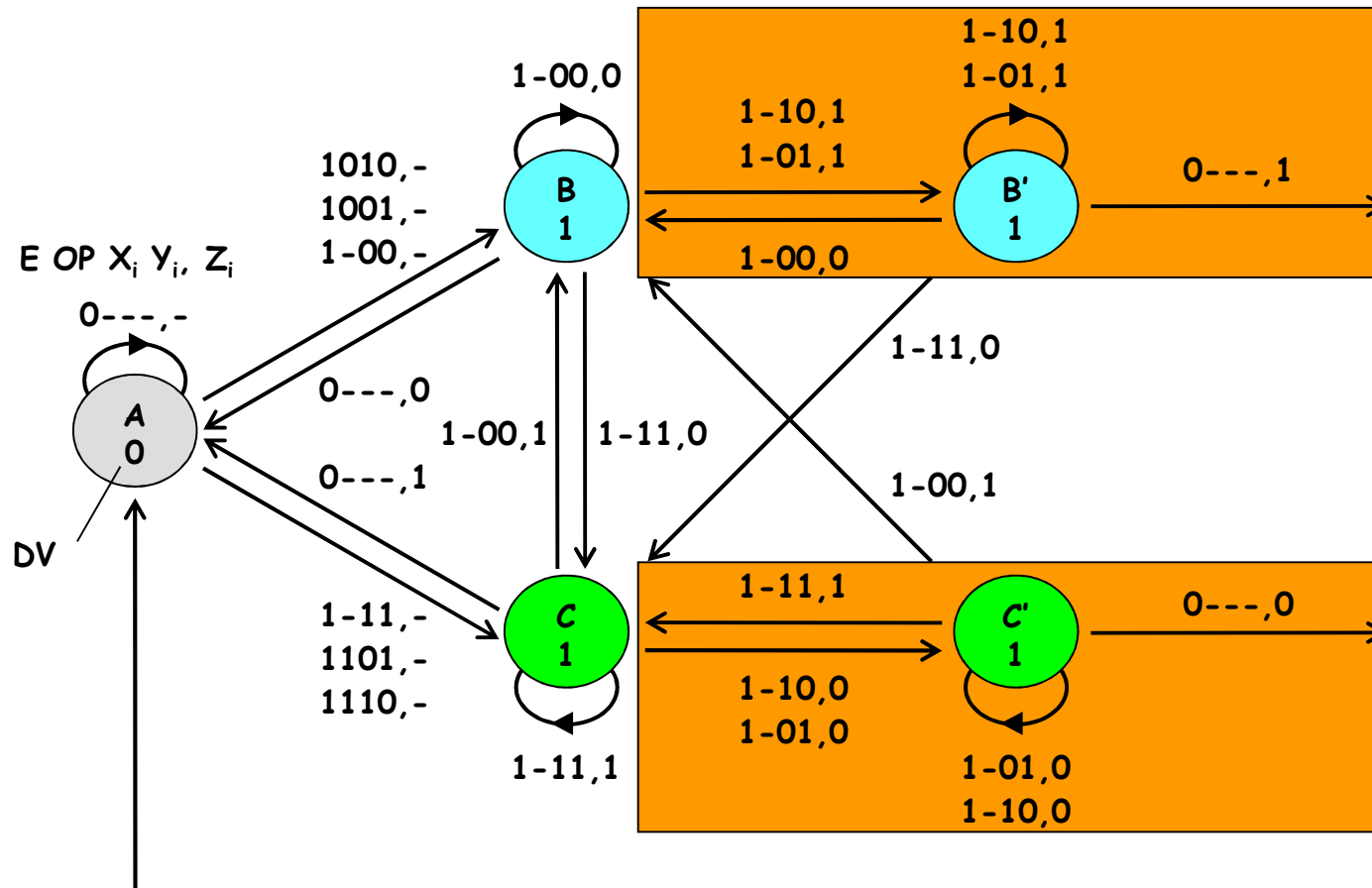
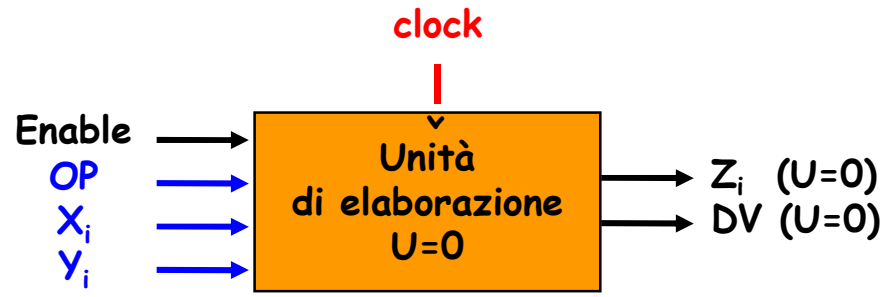
riporto:  
 no  sì

3



$$DV = DV (U=1) /* o DV (U=0) */$$

3

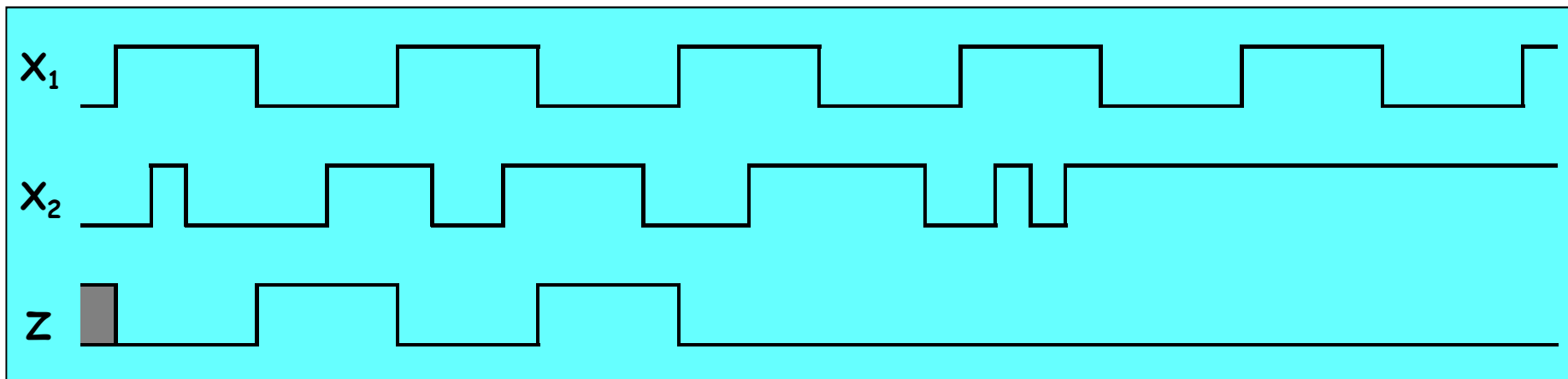


## Problema 2

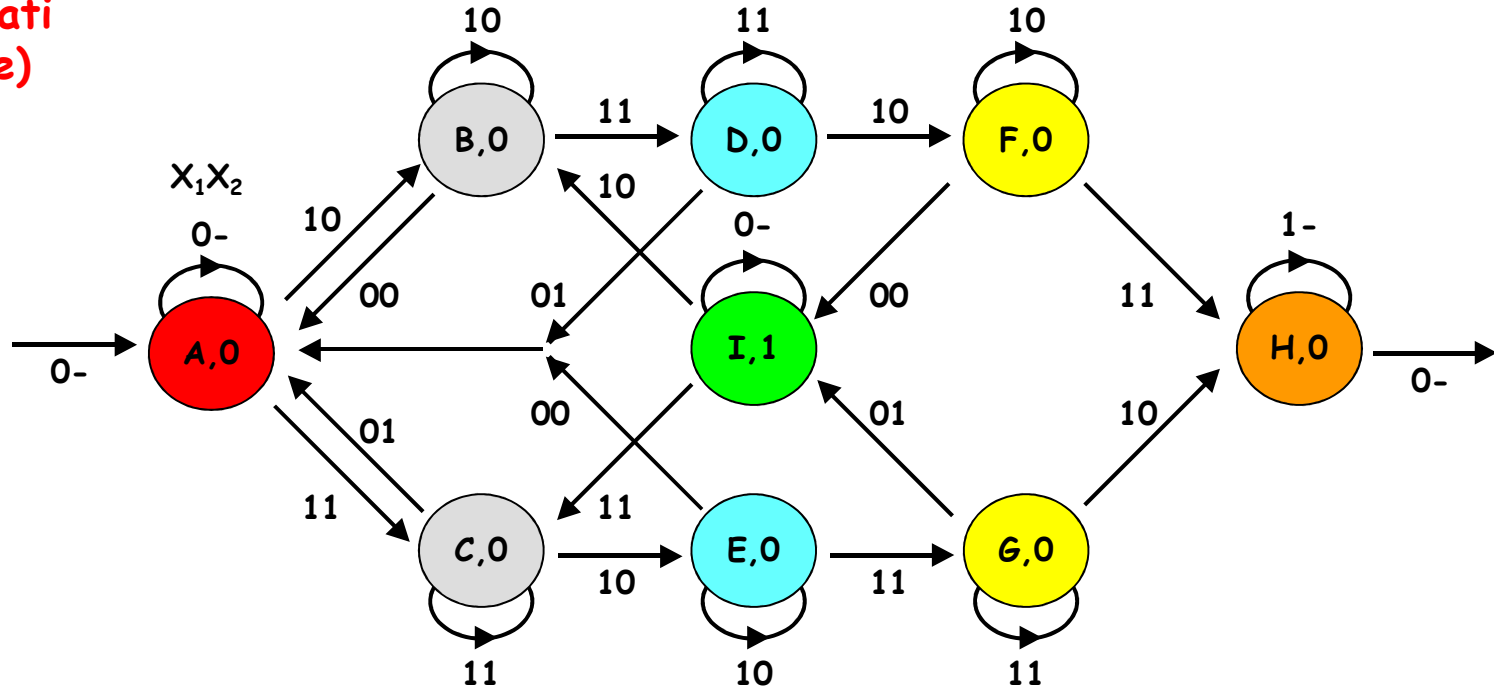
Una rete sequenziale asincrona è caratterizzata da due segnali di ingresso  $X_1$ ,  $X_2$  e da un segnale di uscita  $Z$ . Allorché  $X_1 = 1$ ,  $Z$  deve assumere il valore 0. Allorché  $X_1 = 0$ ,  $Z$  deve assumere il valore 1 se e soltanto se  $X_2$  ha presentato, non necessariamente nell'ordine, 1 fronte di salita e 1 fronte di discesa nel precedente intervallo di attivazione del segnale  $X_1$ .

Nell'ipotesi che i segnali  $X_1$  e  $X_2$  non cambino mai di valore contemporaneamente, si identifichi:

- il grafo degli stati della rete;
- la corrispondente tabella di flusso in forma minima;
- una tabella delle transizioni priva di corse critiche.



**Grafo degli stati  
(non riducibile)**



In alternativa,  
 automa primitivo: 12 stati  
 A', A'', B, C, D, E, F, G, H', H'', I', I''

riduzione

automa minimo: 8 stati  
 {A'B}, {A''C}, {D}, {E}, {F}, {G}, {H}, {I}

**Mappa di codifica**

		Y <sub>3</sub> Y <sub>4</sub>			
		00	01	11	10
Y <sub>1</sub> Y <sub>2</sub>	00	A	B		E
	01	C	I	G	
	11		F	H	
	10		D		

4 transizioni multiple

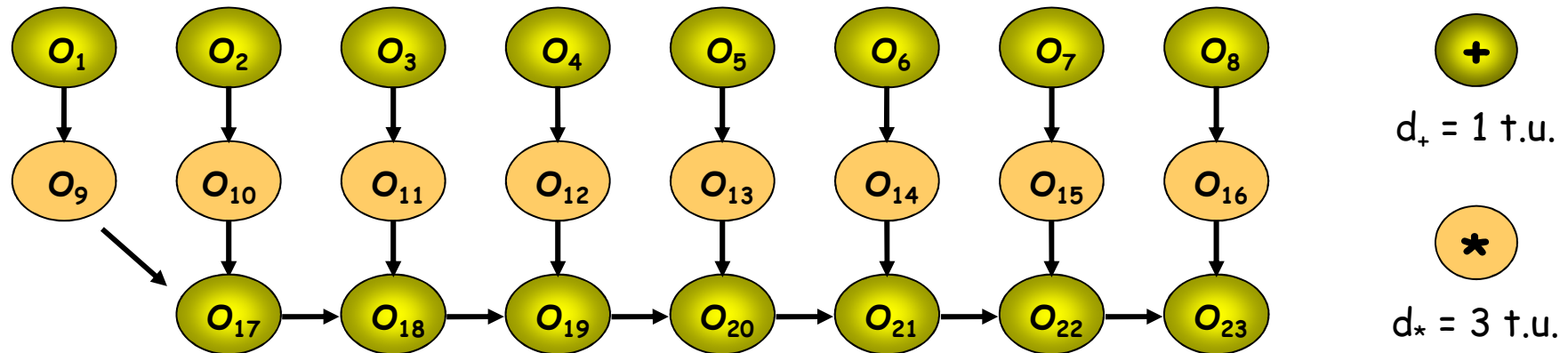
**ecc.**

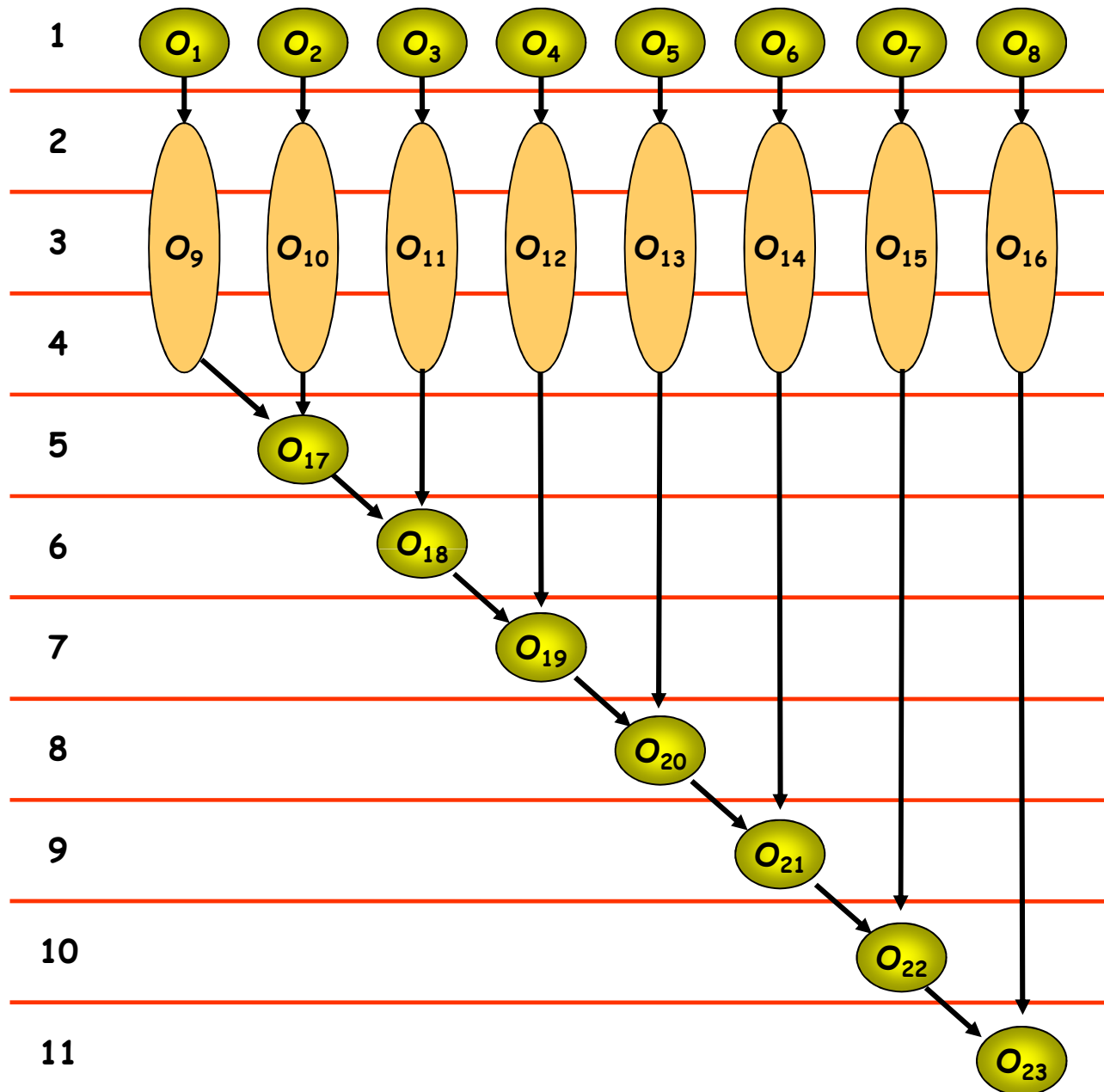


## Problema 3

Con riferimento al "Sequencing Graph" riportato in figura, si identifichi:

- la latenza derivante dall'applicazione dell'algorithm "ASAP", nonché il corrispondente numero di risorse richieste per ciascuna tipologia ( $*_{ASAP}, +_{ASAP}$ );
- il numero di risorse derivante dall'applicazione dell'algorithm "ALAP" ( $*_{ALAP}, +_{ALAP}$ ), a parità di latenza;
- la latenza minima derivante dall'applicazione dell'algorithm "Static List Scheduling" (SLS), nell'ipotesi che il vincolo sulle risorse sia  $*_{SLS} = \min \{ *_{ASAP}, *_{ALAP} \} / 2, +_{SLS} = \min \{ +_{ASAP}, +_{ALAP} \}$ .



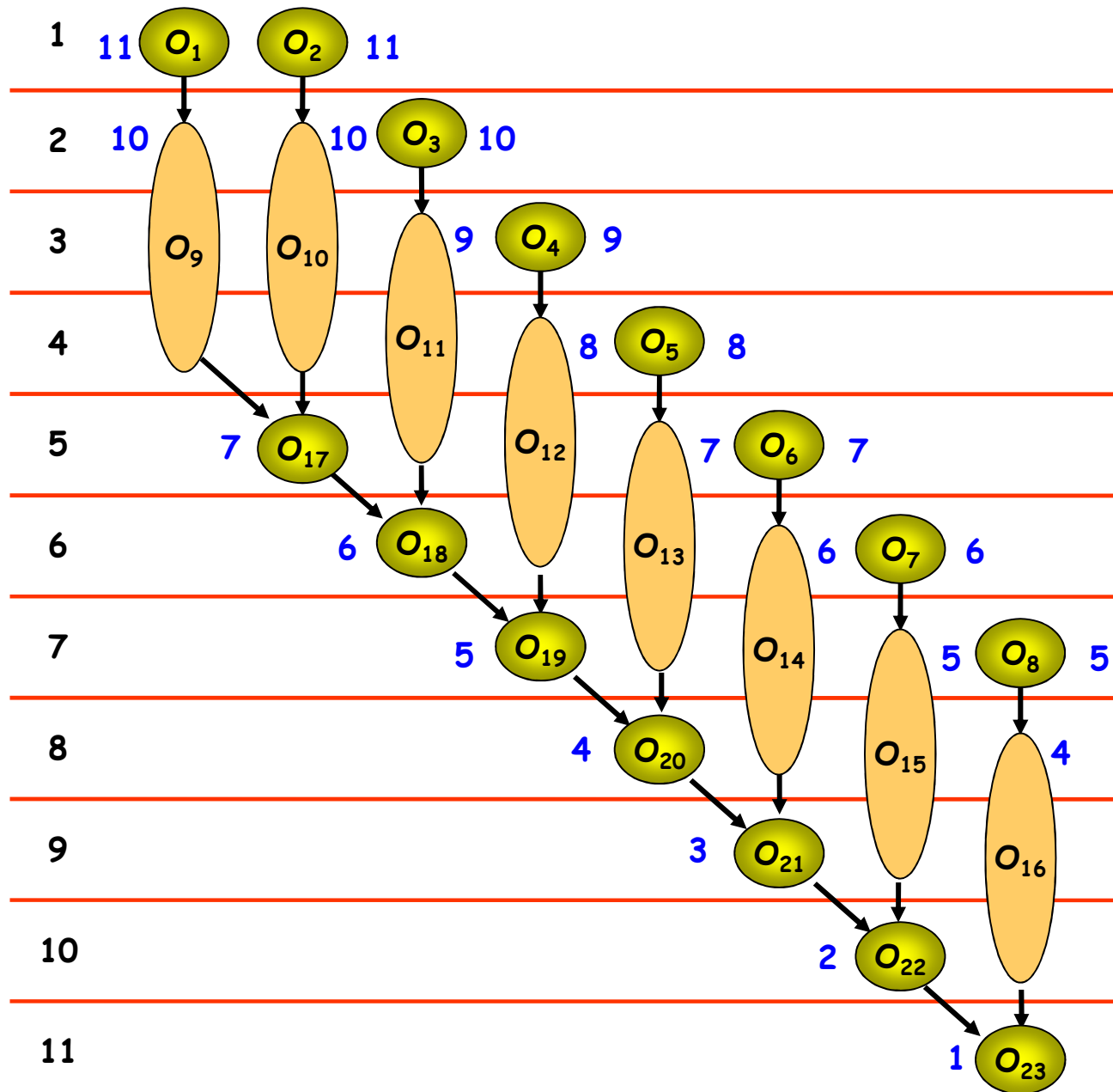


**SSG<sub>ASAP</sub>**

$\lambda_{\min} = 11$  t.u.

$N_* = 8$

$N_+ = 8$



**SSG<sub>ALAP</sub>**

$\lambda_{\min} = 11 \text{ t.u.}$

$N_* = 4$

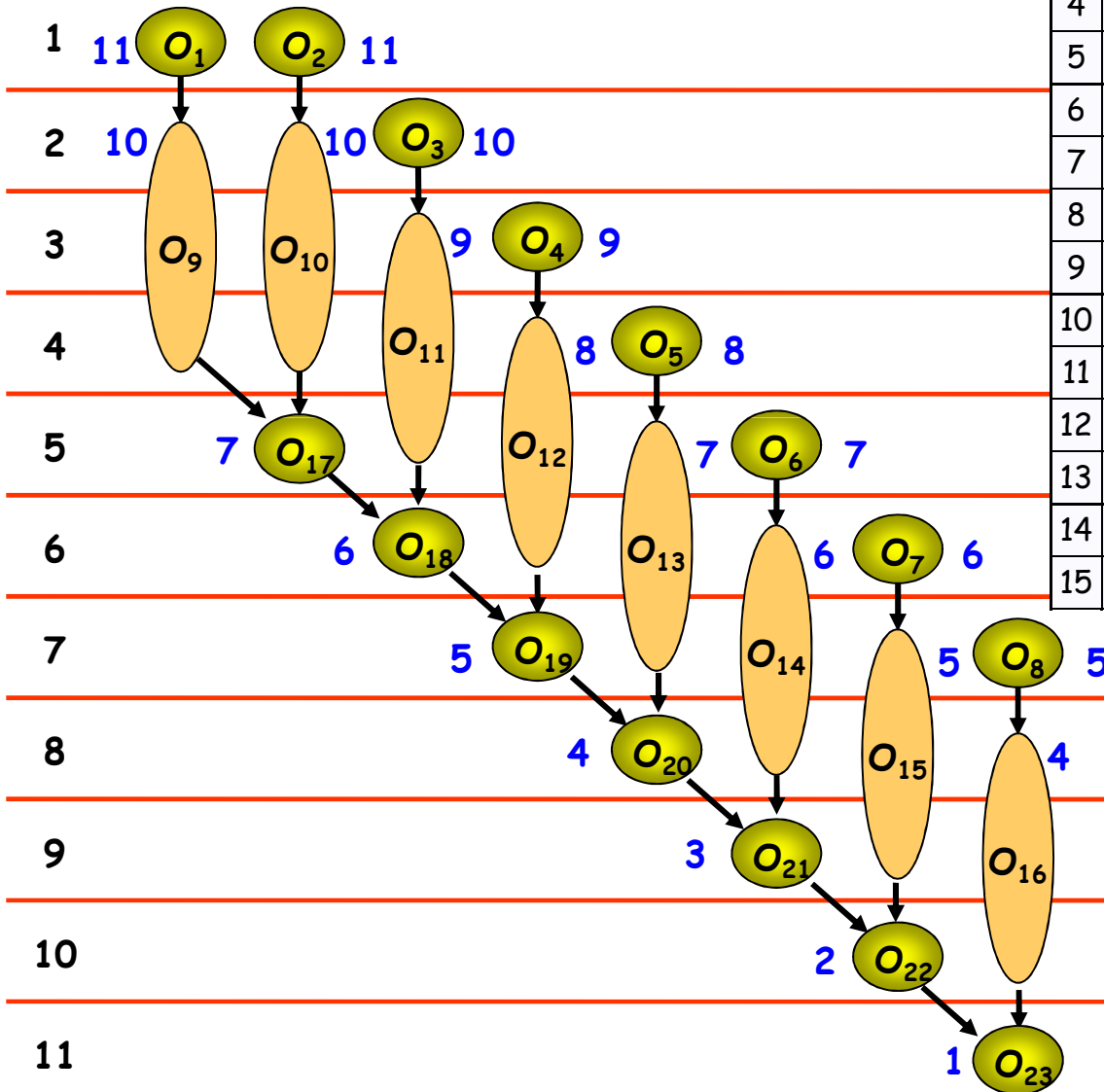
$N_+ = 2$

	$O_1$	$O_2$	$O_3$	$O_4$	$O_5$	$O_6$	$O_7$	$O_8$	$O_9$	$O_{10}$	$O_{11}$	$O_{12}$	$O_{13}$	$O_{14}$	$O_{15}$	$O_{16}$	$O_{17}$	$O_{18}$	$O_{19}$	$O_{20}$	$O_{21}$	$O_{22}$	$O_{23}$
$p_i$	11	11	10	9	8	7	6	5	10	10	9	8	7	6	5	4	7	6	5	4	3	2	1

# SLS

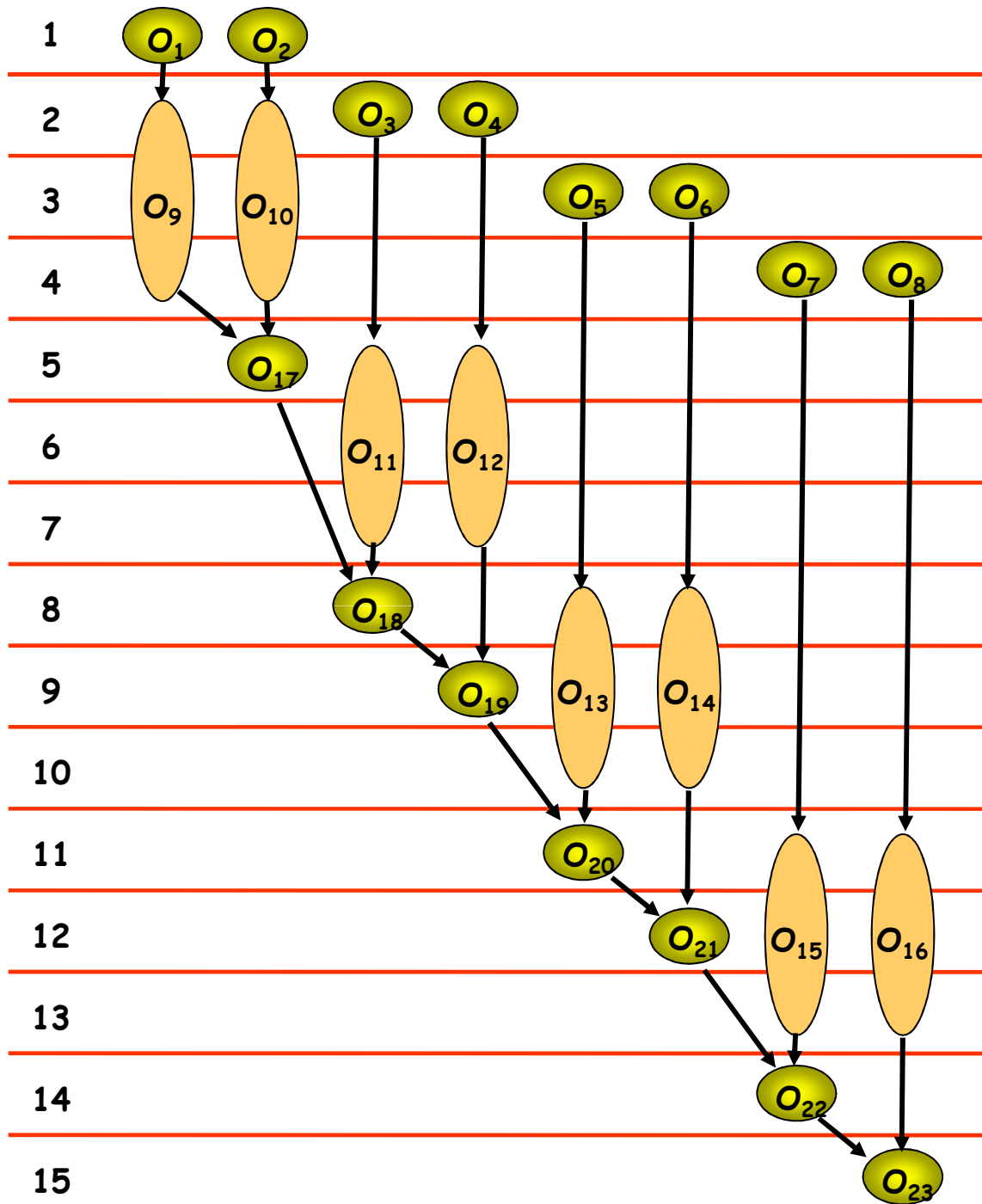
$N_* = 2$

$N_+ = 2$



1	O <sub>1</sub> , O <sub>2</sub> , O <sub>3</sub> , O <sub>4</sub> , O <sub>5</sub> , O <sub>6</sub> , O <sub>7</sub> , O <sub>8</sub>	-	O <sub>1</sub> , O <sub>2</sub>
2	O <sub>3</sub> , O <sub>4</sub> , O <sub>5</sub> , O <sub>6</sub> , O <sub>7</sub> , O <sub>8</sub> , O <sub>9</sub> , O <sub>10</sub>	-	O <sub>3</sub> , O <sub>4</sub> , O <sub>9</sub> , O <sub>10</sub>
3	O <sub>5</sub> , O <sub>6</sub> , O <sub>7</sub> , O <sub>8</sub> , O <sub>11</sub> , O <sub>12</sub>	O <sub>9</sub> , O <sub>10</sub>	O <sub>5</sub> , O <sub>6</sub>
4	O <sub>7</sub> , O <sub>8</sub> , O <sub>11</sub> , O <sub>12</sub> , O <sub>13</sub> , O <sub>14</sub>	O <sub>9</sub> , O <sub>10</sub>	O <sub>7</sub> , O <sub>8</sub>
5	O <sub>11</sub> , O <sub>12</sub> , O <sub>13</sub> , O <sub>14</sub> , O <sub>15</sub> , O <sub>16</sub> , O <sub>17</sub>	-	O <sub>11</sub> , O <sub>12</sub> , O <sub>17</sub>
6	O <sub>13</sub> , O <sub>14</sub> , O <sub>15</sub> , O <sub>16</sub>	O <sub>11</sub> , O <sub>12</sub>	-
7	O <sub>13</sub> , O <sub>14</sub> , O <sub>15</sub> , O <sub>16</sub>	O <sub>11</sub> , O <sub>12</sub>	-
8	O <sub>13</sub> , O <sub>14</sub> , O <sub>15</sub> , O <sub>16</sub> , O <sub>18</sub>	-	O <sub>13</sub> , O <sub>14</sub> , O <sub>18</sub>
9	O <sub>15</sub> , O <sub>16</sub> , O <sub>19</sub>	O <sub>13</sub> , O <sub>14</sub>	O <sub>19</sub>
10	O <sub>15</sub> , O <sub>16</sub>	O <sub>13</sub> , O <sub>14</sub>	-
11	O <sub>15</sub> , O <sub>16</sub> , O <sub>20</sub>	-	O <sub>15</sub> , O <sub>16</sub> , O <sub>20</sub>
12	O <sub>21</sub>	O <sub>15</sub> , O <sub>16</sub>	O <sub>21</sub>
13	-	O <sub>15</sub> , O <sub>16</sub>	-
14	O <sub>22</sub>	-	O <sub>22</sub>
15	O <sub>23</sub>	-	O <sub>23</sub>

$\lambda = 15 \text{ t.u.}$



**SSG<sub>SLS</sub>**

**$N_* = 2$**

**$N_+ = 2$**

1	$O_1, O_2$
2	$O_3, O_4, O_9, O_{10}$
3	$O_5, O_6$
4	$O_7, O_8$
5	$O_{11}, O_{12}, O_{17}$
6	-
7	-
8	$O_{13}, O_{14}, O_{18}$
9	$O_{19}$
10	-
11	$O_{15}, O_{16}, O_{20}$
12	$O_{21}$
13	-
14	$O_{22}$
15	$O_{23}$

**$\lambda = 15$  t.u.**