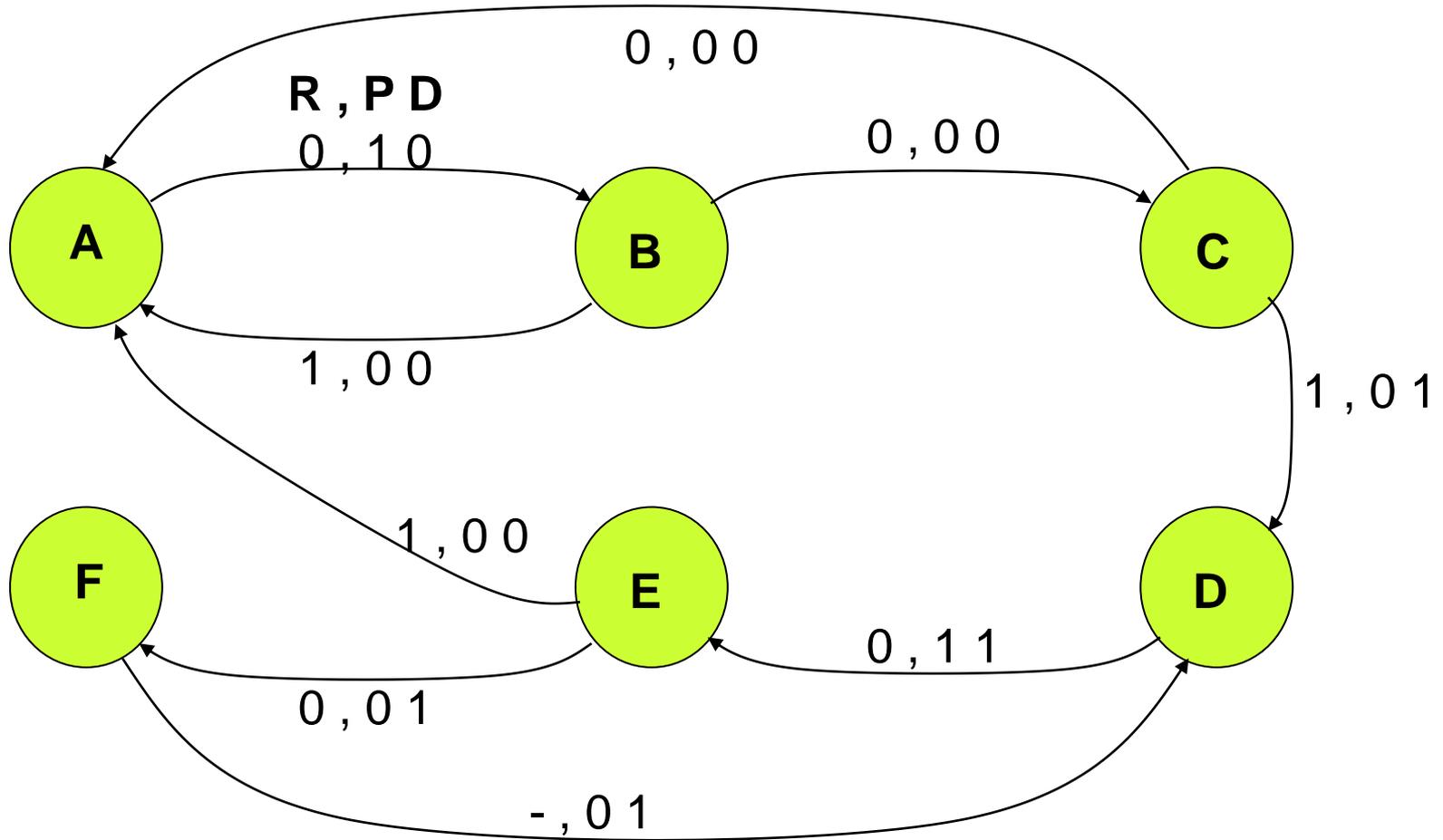


Esercizio 1 – Domanda 1



Esercizio 1 – Domanda 2

S^n	R=0	R=1
A	A, 10	-/-
B	C, 00	A, 00
C	A, 00	D, 01
D	E, 11	-/-
E	F, 01	A, 00
F	D, 01	D, 01

$S^{n+1}, P D$

S^n	$(Q_2 Q_1 Q_0)^n$	R=0	R=1
A	0 0 0	0 0 1, 1 0	-/-
B	0 0 1	0 1 1, 0 0	0 0 0, 0 0
C	0 1 1	0 0 0, 0 0	0 1 0, 0 1
D	0 1 0	1 0 0, 1 1	-/-
E	1 0 0	1 0 1, 0 1	0 0 0, 0 0
F	1 0 1	0 1 0, 0 1	0 1 0, 0 1
	1 1 1	-/-	-/-
	1 1 0	-/-	-/-

$(Q_2 Q_1 Q_0)^{n+1}, P D$

Esercizio 1 – Domanda 3

		$(Q_1 Q_0)^n$			
		00	01	11	10
$(R Q_2)^n$	00	0	0	0	1
	01	1	0	-	-
	11	0	0	-	-
	10	-	0	0	-

Q_2^{n+1}

		$(Q_1 Q_0)^n$			
		00	01	11	10
$(R Q_2)^n$	00	0	0	0	1
	01	-	-	-	-
	11	-	-	-	-
	10	-	0	0	-

J_2^n

$$J_2 \text{ (SP)} = Q_1 Q_0'$$

$$K_2 \text{ (SP)} = Q_0 + R$$

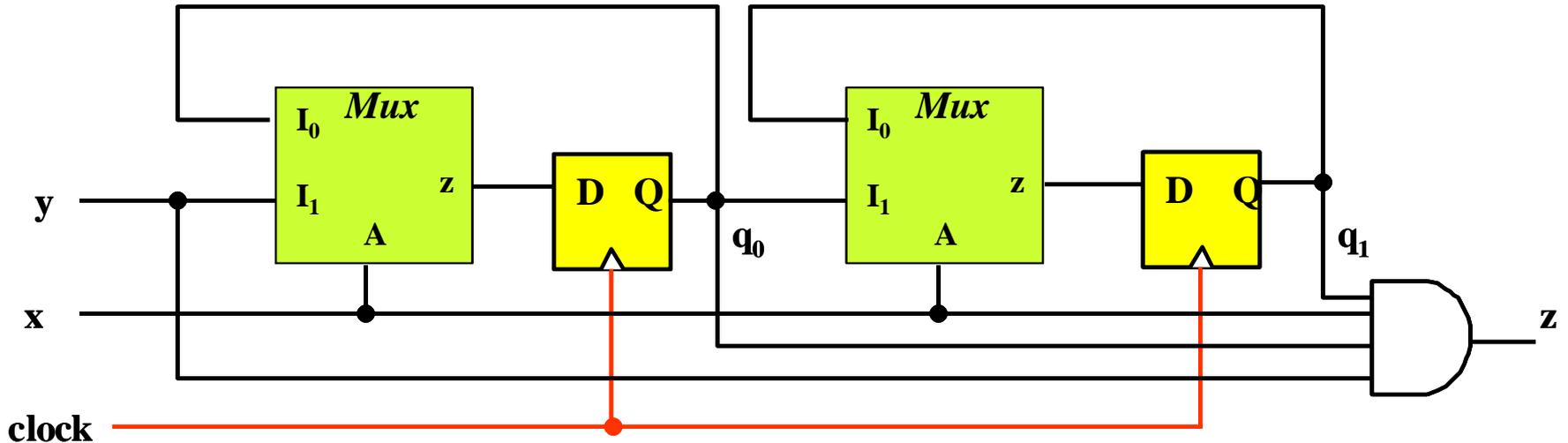
$$J_2 \text{ (NAND)} = (Q_1 \uparrow Q_0')' = (Q_1 \uparrow Q_0)' \uparrow 1$$

$$K_2 \text{ (NAND)} = Q_0' \uparrow R'$$

		$(Q_1 Q_0)^n$			
		00	01	11	10
$(R Q_2)^n$	00	-	-	-	-
	01	0	1	-	-
	11	1	1	-	-
	10	-	-	-	-

K_2^n

Esercizio 2 – Domanda 1



$$z^n (\text{SP}) = (q_1 \times q_0 y)^n$$

$$q_1^{n+1} (\text{SP}) = D_1^n = (x' q_1 + x q_0)^n$$

$$q_0^{n+1} (\text{SP}) = D_0^n = (x' q_0 + x y)^n$$

Esercizio 2 – Domanda 2

	$(x\ y)^n$				
	00	01	11	10	
$(q_1\ q_0)^n$	00	0	0	0	0
	01	0	0	0	0
	11	0	0	1	0
	10	0	0	0	0
		z^n			

	$(x\ y)^n$				
	00	01	11	10	
$(q_1\ q_0)^n$	00	0	0	0	0
	01	0	0	1	1
	11	1	1	1	1
	10	1	1	0	0
		q_1^{n+1}			

$$z^n \text{ (SP)} = (q_1 x q_0 y)^n$$

$$q_1^{n+1} \text{ (SP)} = (x' q_1 + x q_0)^n$$

$$q_0^{n+1} \text{ (SP)} = (x' q_0 + x y)^n$$

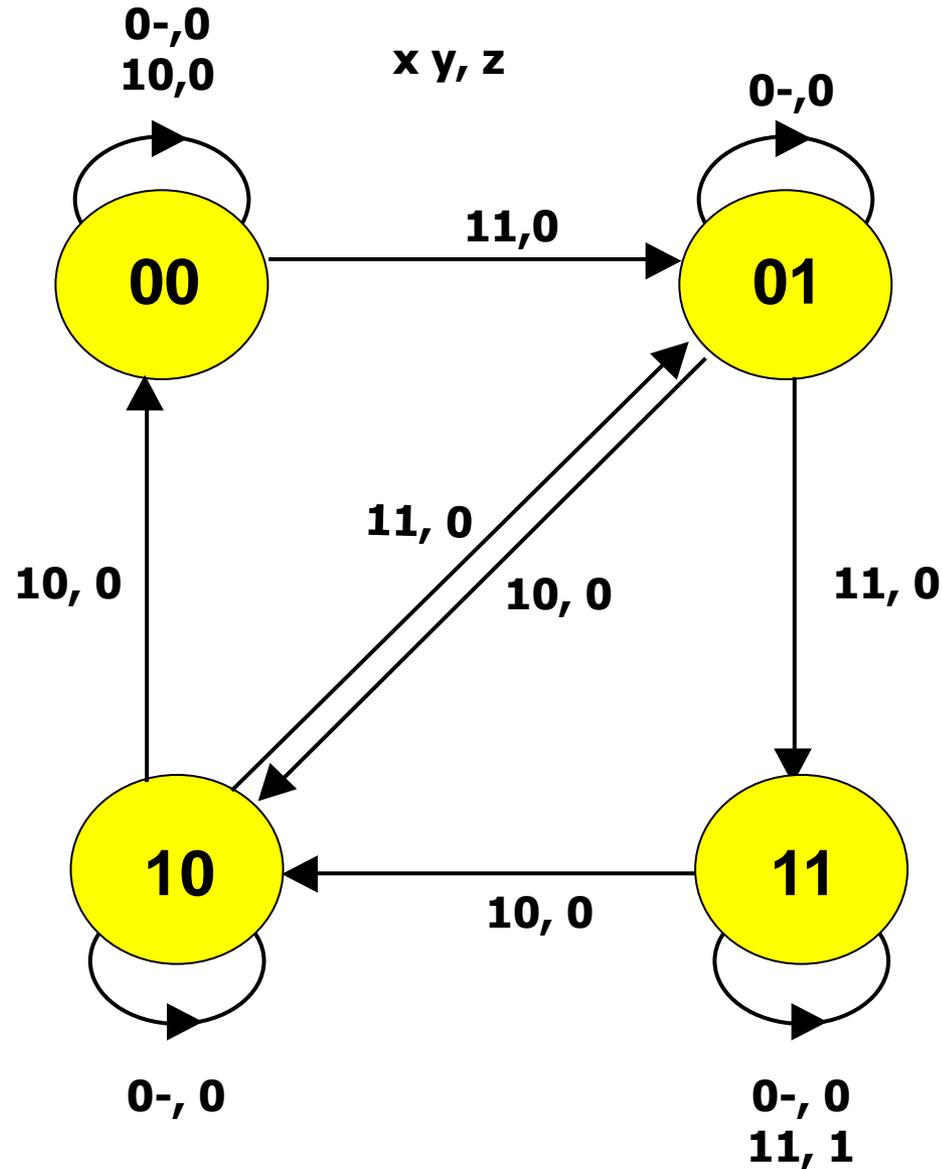
	$(x\ y)^n$				
	00	01	11	10	
$(q_1\ q_0)^n$	00	0	0	1	0
	01	1	1	1	0
	11	1	1	1	0
	10	0	0	1	0
		q_0^{n+1}			

Esercizio 2 – Domanda 3

		$(x\ y)^n$			
		00	01	11	10
$(q_1\ q_0)^n$	00	00,0	00,0	01,0	00,0
	01	01,0	01,0	11,0	10,0
	11	11,0	11,0	11,1	10,0
	10	10,0	10,0	01,0	00,0

$(q_1q_0)^{n+1}, z^n$

Esercizio 2 – Domanda 4

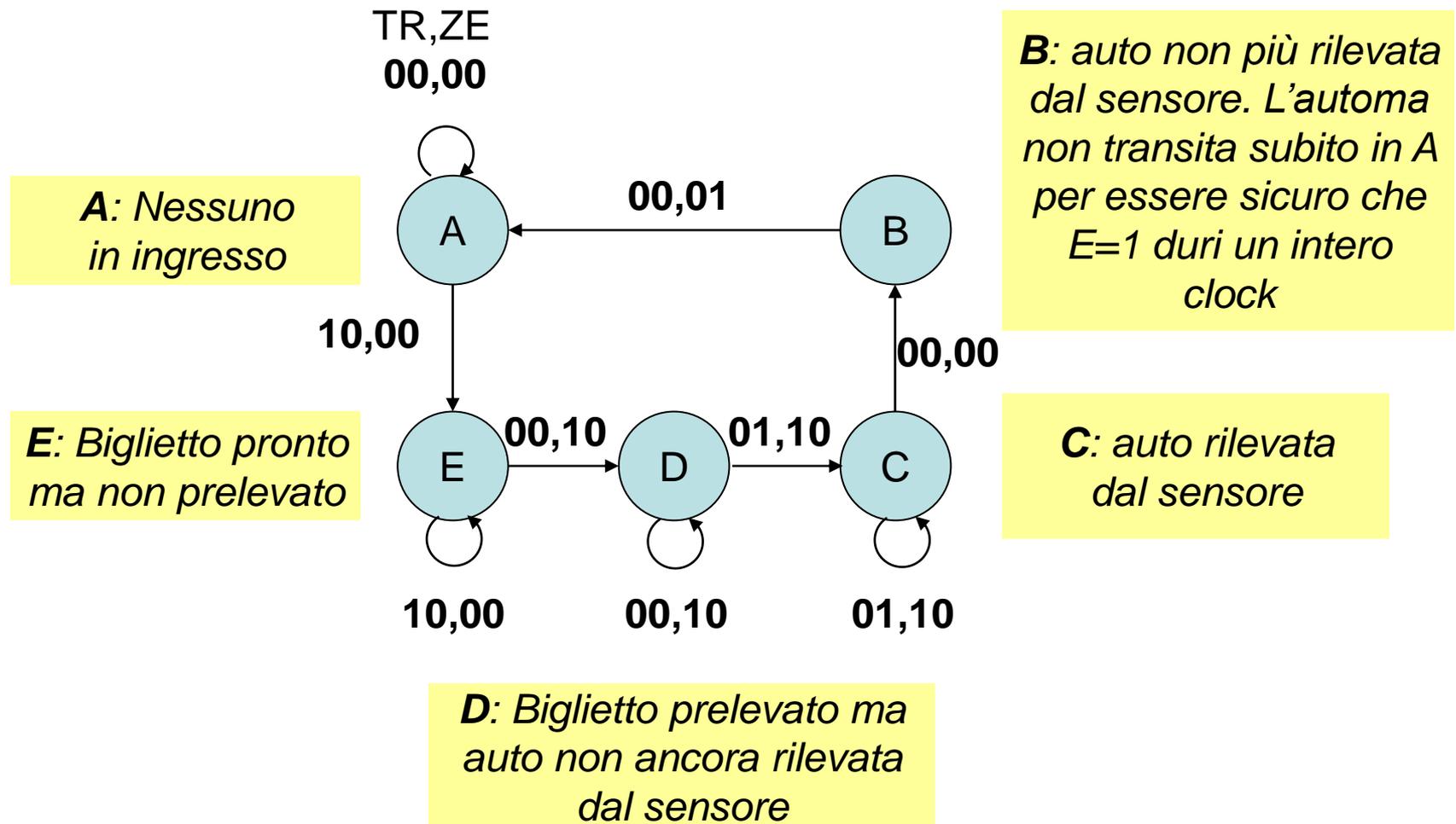


Esercizio 2 – Domanda 5

Per come sono fatte le transizioni nel grafo, al secondo periodo di clock consecutivo con ingresso 11, lo stato futuro sarà 11. Un altro modo per convincersi di questa proprietà è rendersi conto che la rete rappresenta uno shift register a 2 bit, con x ingresso di shift/hold' e y ingresso SI. A partire dal terzo periodo di clock è quindi possibile scrivere l'evoluzione degli stati e dell'uscita. Niente può invece essere detto su stato presente e uscita per i primi due periodi di clock.

xy^n	11	11	01	11	10	11	00	11	10	11
$q_1q_0^n$??	??	11	11	11	10	01	01	11	10
$q_1q_0^{n+1}$??	11	11	11	10	01	01	11	10	01
z^n	??	??	0	1	0	0	0	0	0	0

Esercizio 3 – Domanda 1.1



Esercizio 3 – Domanda 1.2

(T R)ⁿ

	00	01	11	10
A	A,00	--,--	--,--	E,00
B	A,01	--,--	--,--	--,--
C	B,00	C,10	--,--	--,--
D	D,10	C,10	--,--	--,--
E	D,10	--,--	--,--	E,00

s.p.

AC compatibili per sequenze di ingresso di lunghezza 1, ma incompatibili per lunghezza 2, poiché A è incompatibile con B.

s.f., (Z E)ⁿ

(T R)ⁿ

	00	01	11	10
A= 00	00,00	--,--	--,--	10,00
B= 01	00,01	--,--	--,--	--,--
C= 11	01,00	11,10	--,--	--,--
DE= 10	10,10	11,10	--,--	10,00

(y1 y2)ⁿ

(y1 y2)ⁿ⁺¹, (Z E)ⁿ

Esercizio 3 – Domanda 2

$(T R)^n$

	00	01	11	10
00	0	-	-	1
01	0	-	-	-
11	0	1	-	-
10	1	1	-	1

y_1^{n+1}

$$J_1 (SP) = T$$

$$K_1 (SP) = y_2 R'$$

$(T R)^n$

	00	01	11	10
00	0	-	-	1
01	0	-	-	-
11	-	-	-	-
10	-	-	-	-

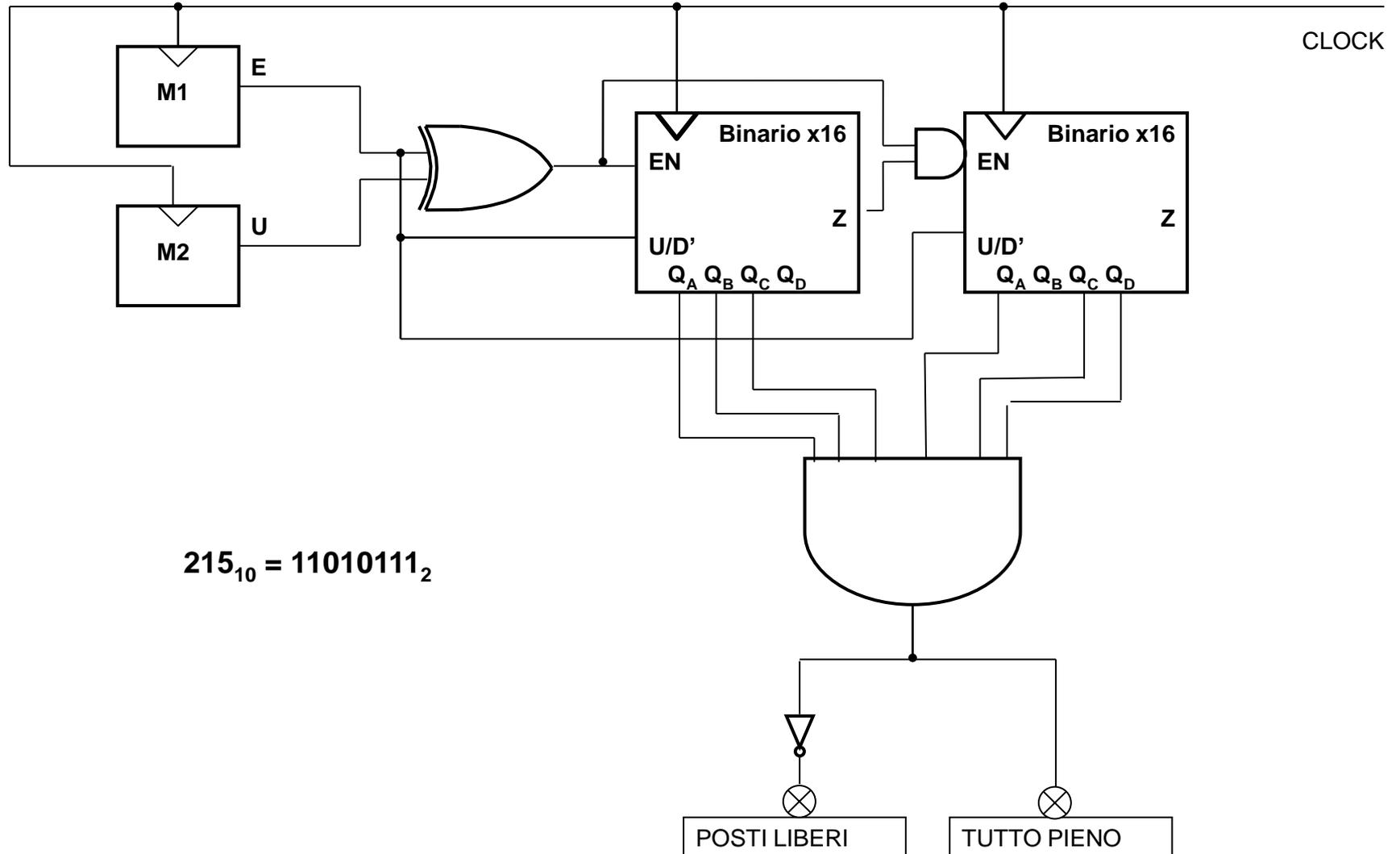
J_1^n

$(T R)^n$

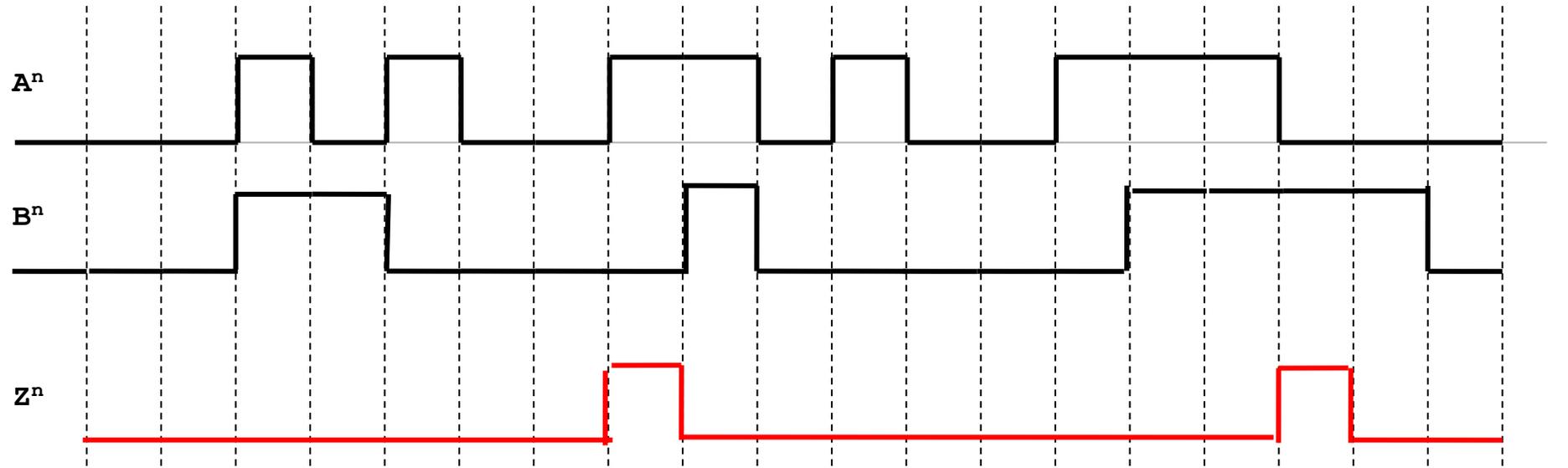
	00	01	11	10
00	-	-	-	-
01	-	-	-	-
11	1	0	-	-
10	0	0	-	0

K_1^n

Esercizio 3 – Domanda 3

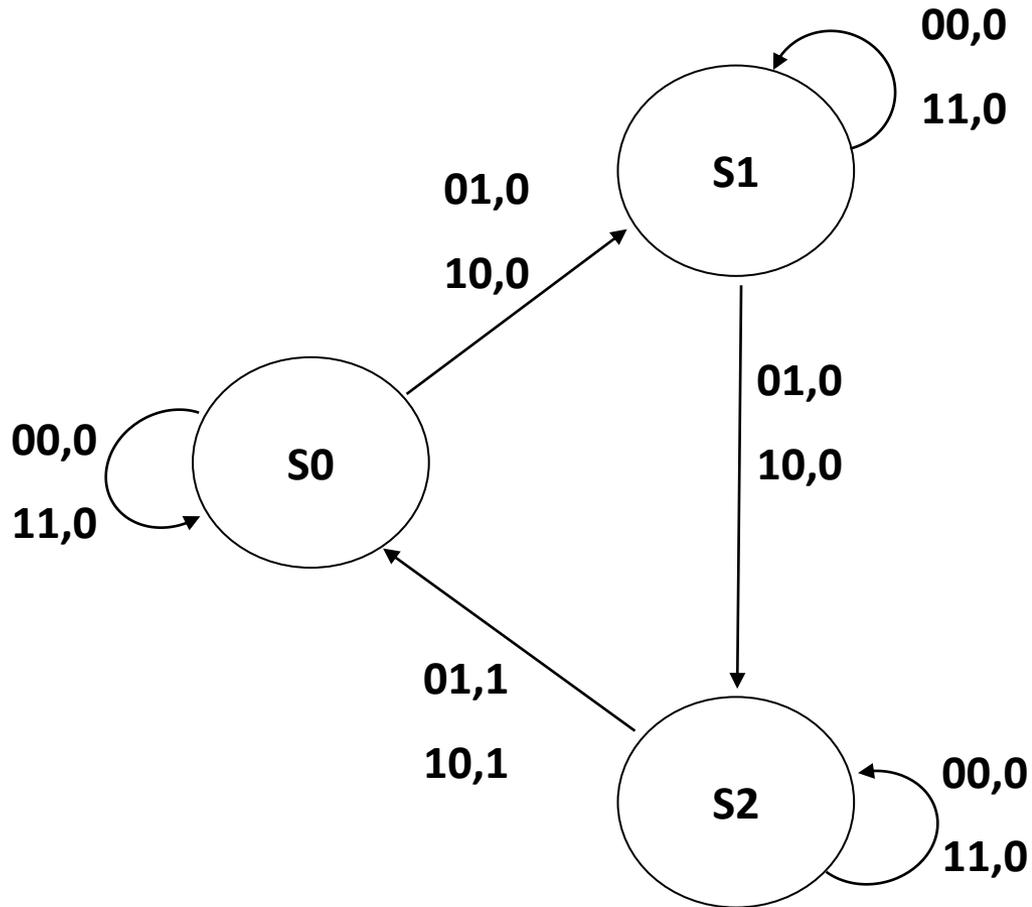


Esercizio 4 – Domanda 1



Esercizio 4 – Domanda 2

**$3k$
differenze**



**$3k+1$
differenze**

**$3k+2$
differenze**

Esercizio 4 – Domanda 2 e 3

s.p.

$(A B)^n$

	00	01	11	10
S0	S0,0	S1,0	S0,0	S1,0
S1	S1,0	S2,0	S1,0	S2,0
S2	S2,0	S0,1	S2,0	S0,1

s.f., $(Z)^n$



S0 e S1 indistinguibili per sequenze di ingresso di lunghezza 1, ma distinguibili per lunghezza 2, poiché S1 è distinguibile da S2 a causa dell'uscita per ingressi 01 e 10.

$(A B)^n$

	00	01	11	10
S0 = 00	00,0	01,0	00,0	01,0
S1 = 01	01,0	11,0	01,0	11,0
S2 = 11	11,0	00,1	11,0	00,1
10	--,-	--,-	--,-	--,-

$(Q_1 Q_0)^n$

$(Q_1 Q_0)^{n+1}, (Z)^n$

Esercizio 4 – Domanda 3

		$(A B)^n$			
		00	01	11	10
$(Q_1 Q_0)^n$	S0= 00	00,0	01,0	00,0	01,0
	S1= 01	01,0	11,0	01,0	11,0
	S2= 11	11,0	00,1	11,0	00,1
	10	--,-	--,-	--,-	--,-

$$J_1 \text{ (SP)} = Q_0 A' B + Q_0 A B'$$

$$K_1 \text{ (SP)} = A B' + A' B$$

$(Q_1 Q_0)^{n+1}, (Z)^n$

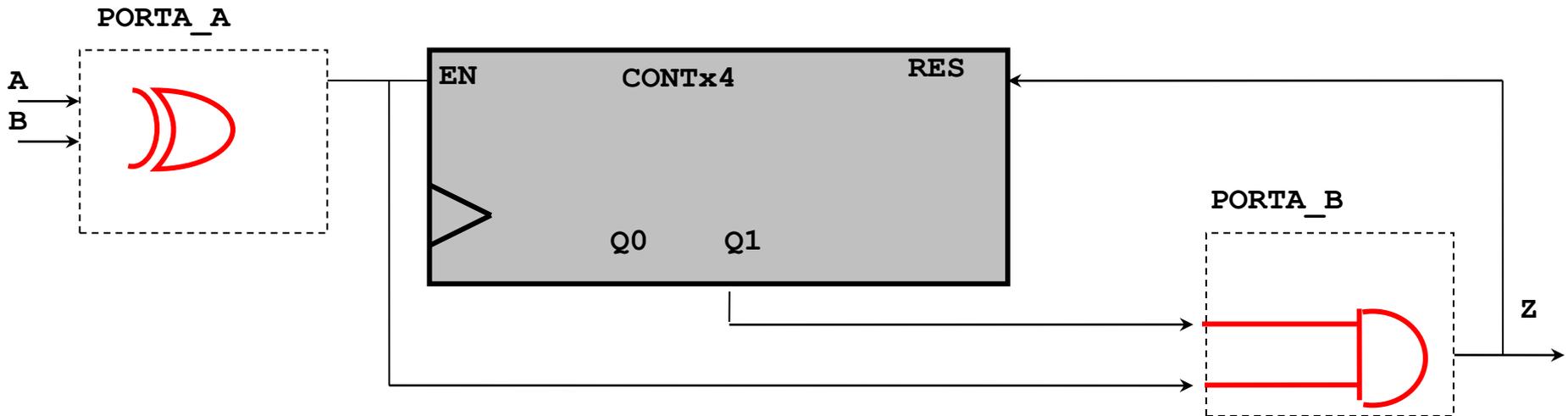
		$(A B)^n$			
		00	01	11	10
$(Q_1 Q_0)^n$	00	0	0	0	0
	01	0	1	0	1
	11	-	-	-	-
	10	-	-	-	-

J_1^n

		$(A B)^n$			
		00	01	11	10
$(Q_1 Q_0)^n$	00	-	-	-	-
	01	-	-	-	-
	11	0	1	0	1
	10	-	-	-	-

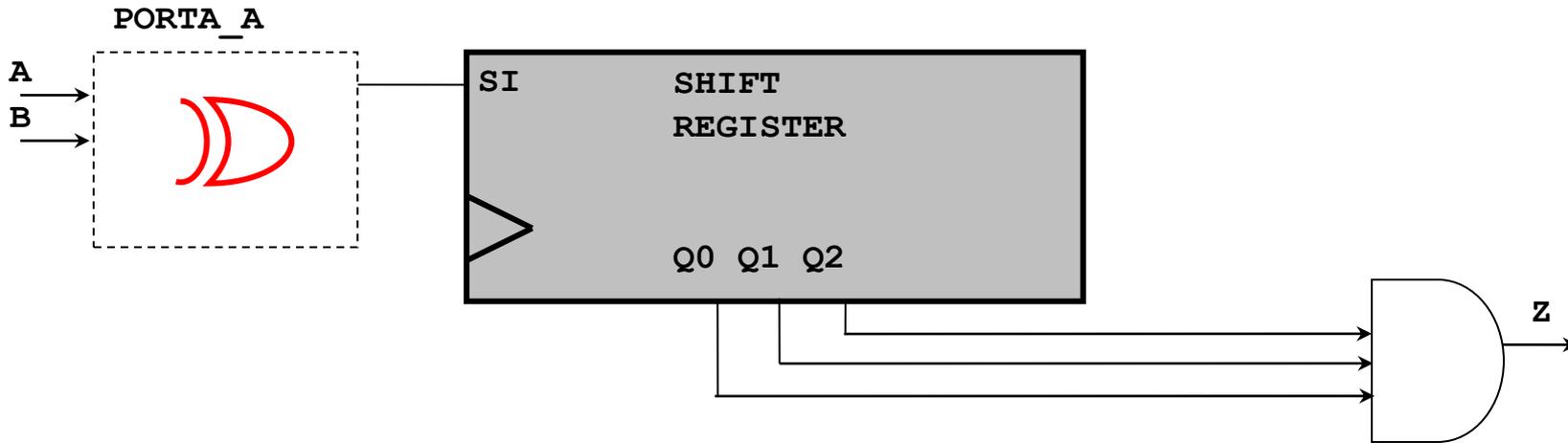
K_1^n

Esercizio 4 – Domanda 4



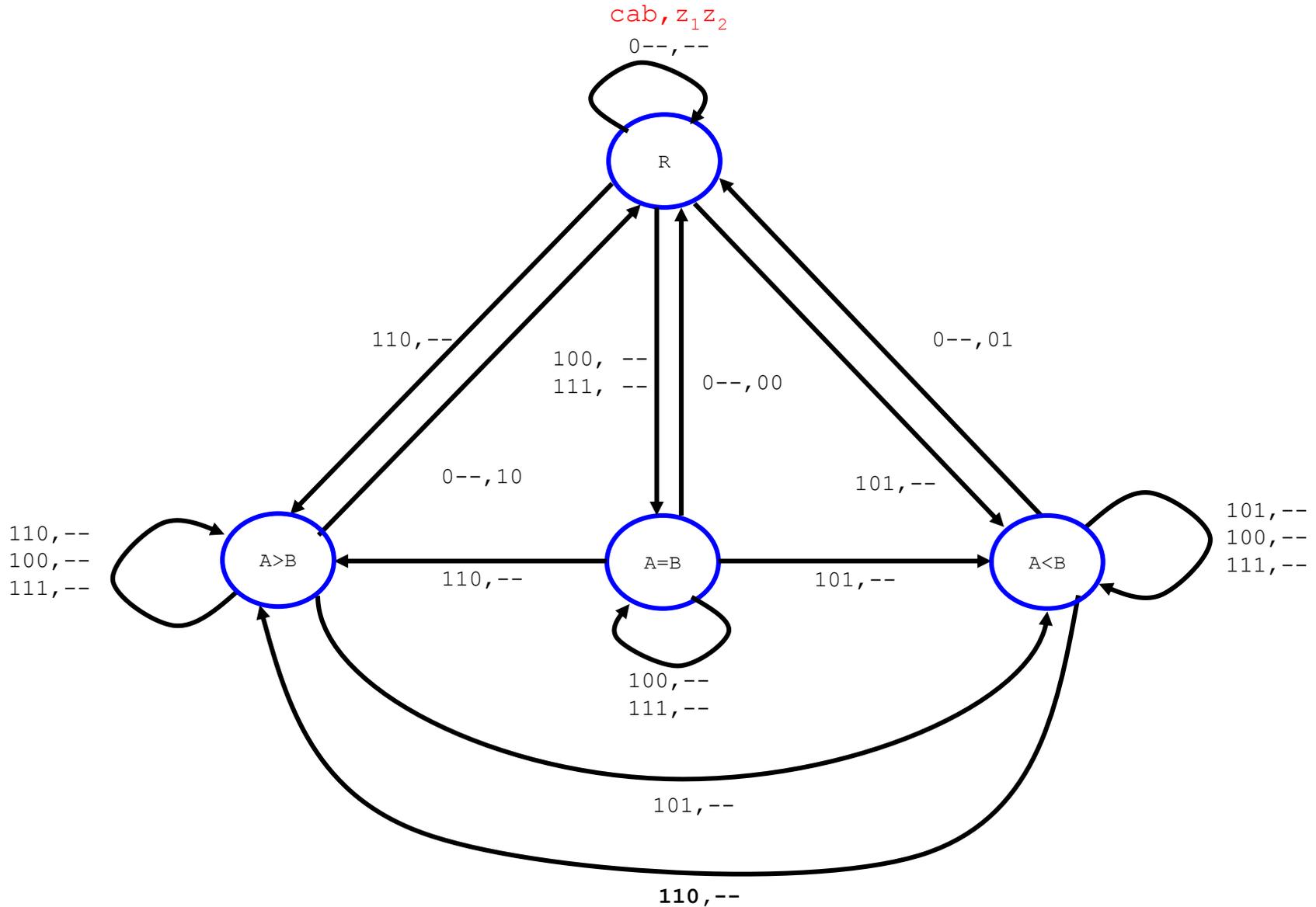
La rete deve contare ($EN=1$) solo quando A è diverso da B , segnale ottenibile solo con un gate elementare XOR. Quando la rete conta il terzo evento, ovvero quando $EN = 1$ e $Q1 Q0$ presentano la configurazione 10 (=2 in decimale), la rete deve tornare a stato 0, invece di incrementare lo stato a 3: comportamento ottenibile inserendo il gate elementare di AND per attivare il RESET. Per le proprietà dei contatori viste a lezione, è sufficiente collegare all'AND in forma vera i segnali a 1 nella configurazione binaria da riconoscere, ovvero solo $Q1$.

Esercizio 4 – Domanda 5



L'uscita Z è uguale a "1" se A è diverso da B per 3 o più periodi di clock consecutivi.

Esercizio 5 – Domanda 1



Esercizio 5 – Domanda 1 e 2

(c A B)ⁿ

s.p.	000	001	011	010	100	101	111	110
R	R,--	R,--	R,--	R,--	A=B,--	A<B,--	A=B,--	A>B,--
A>B	R,10	R,10	R,10	R,10	A>B,--	A<B,--	A>B,--	A>B,--
A=B	R,00	R,00	R,00	R,00	A=B,--	A<B,--	A=B,--	A>B,--
A<B	R,01	R,01	R,01	R,01	A<B,--	A<B,--	A<B,--	A>B,--

s.f., (z1 z2)ⁿ

Può essere ridotta a 3 stati perché gli stati "R" e "A=B" sono compatibili.

Esercizio 5 – Domanda 2

$(c A B)^n$

$(Q_1 Q_2)^n$	000	001	011	010	100	101	111	110
00 (A=B)	00,00	00,00	00,00	00,00	00,--	01,--	00,--	10,--
01 (A<B)	00,01	00,01	00,01	00,01	01,--	01,--	01,--	10,--
11	-,--	-,--	-,--	-,--	-,--	-,--	-,--	-,--
10 (A>B)	00,10	00,10	00,10	00,10	10,--	01,--	10,--	10,--

$(Q_1 Q_2)^{n+1}, (z_1 z_2)^n$

Per rendere minimo il costo della rete combinatoria di uscita si deve scegliere una codifica per cui $z_1 z_2$, dove specificati, sono coincidenti con le variabili di stato presente, quindi $A>B \rightarrow 10$, $R \rightarrow 00$, $A<B \rightarrow 01$.

Esercizio 5 – Domanda 3

$(c A B)^n$

$(Q_1 Q_2)^n$	000	001	011	010	100	101	111	110
00	00,00	00,00	00,00	00,00	00,--	01,--	00,--	10,--
01	00,01	00,01	00,01	00,01	01,--	01,--	01,--	10,--
11	--,--	--,--	--,--	--,--	--,--	--,--	--,--	--,--
10	00,10	00,10	00,10	00,10	10,--	01,--	10,--	10,--

$(Q_1 Q_2)^{n+1}, (z_1 z_2)^n$

Iniziamo evidenziando gli 0 e 1 che corrispondono ad un cambiamento delle due variabili di stato

Esercizio 5 – Domanda 3

	$(c A B)^n$							
$(Q_1 Q_2)^n$	000	001	011	010	100	101	111	110
00	0	0	0	0	0	0	0	1
01	0	0	0	0	0	0	0	1
11	-	-	-	-	-	-	-	-
10	-	-	-	-	-	-	-	-

$(J_1)^n$

$$J_1 \text{ (SP)} = c A B'$$

$$J_1 \text{ (NAND)} = (c \uparrow A \uparrow B') \uparrow 1$$

Esercizio 5 – Domanda 3

$(Q_1 Q_2)^n$	$(c A B)^n$							
	000	001	011	010	100	101	111	110
00	-	-	-	-	-	-	-	-
01	-	-	-	-	-	-	-	-
11	-	-	-	-	-	-	-	-
10	1	1	1	1	0	1	0	0

$(K_1)^n$

$$K_1 (SP) = A' B + c'$$

$$K_1 (NAND) = (A' \uparrow B) \uparrow c$$

Esercizio 5 – Domanda 3

	$(c A B)^n$							
$(Q_1 Q_2)^n$	000	001	011	010	100	101	111	110
00	0	0	0	0	0	1	0	0
01	-	-	-	-	-	-	-	-
11	-	-	-	-	-	-	-	-
10	0	0	0	0	0	1	0	0

J_2^n

$$J_2 \text{ (SP)} = c A' B$$

$$J_2 \text{ (NAND)} = (c \uparrow A' \uparrow B) \uparrow 1$$

Esercizio 5 – Domanda 3

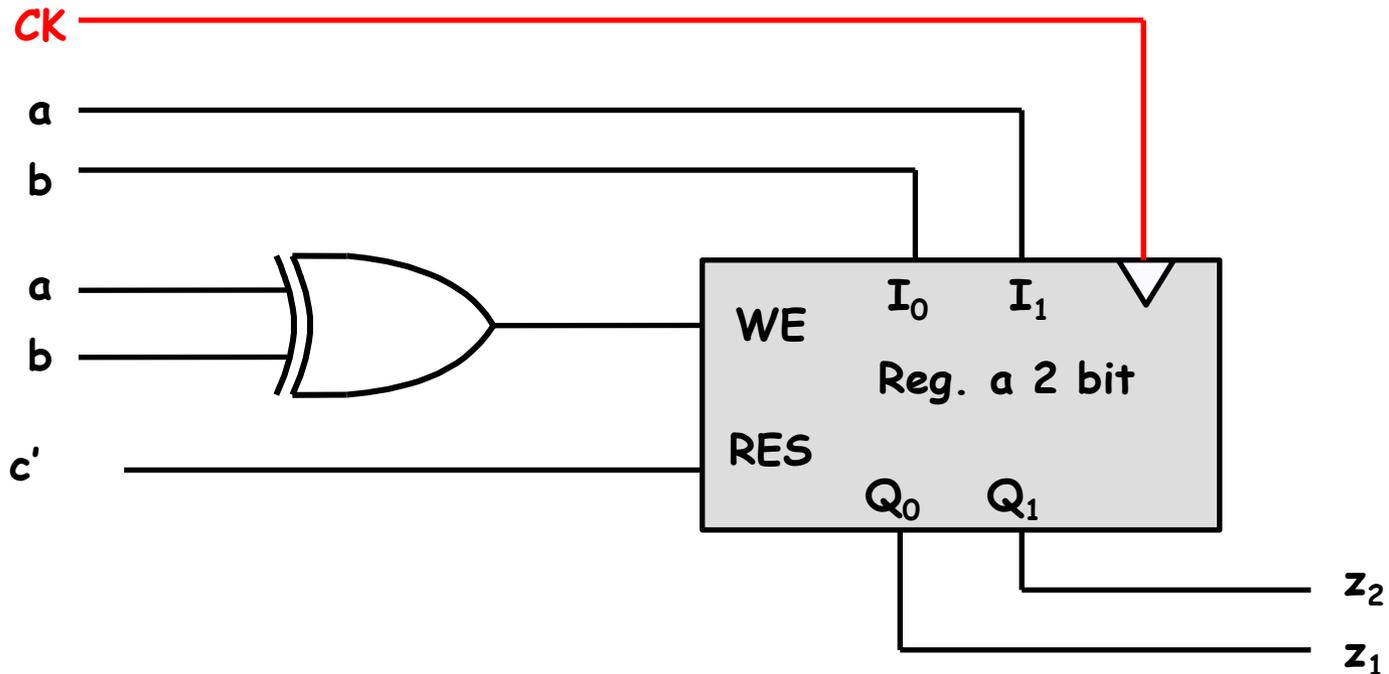
$(Q_1 Q_2)^n$	$(c A B)^n$							
	000	001	011	010	100	101	111	101
00	-	-	-	-	-	-	-	-
01	1	1	1	1	0	0	0	1
11	-	-	-	-	-	-	-	-
10	-	-	-	-	-	-	-	-

K_2^n

$$K_2 (SP) = A B' + c'$$

$$K_2 (NAND) = (A \uparrow B') \uparrow c$$

Esercizio 5 – Domanda 4

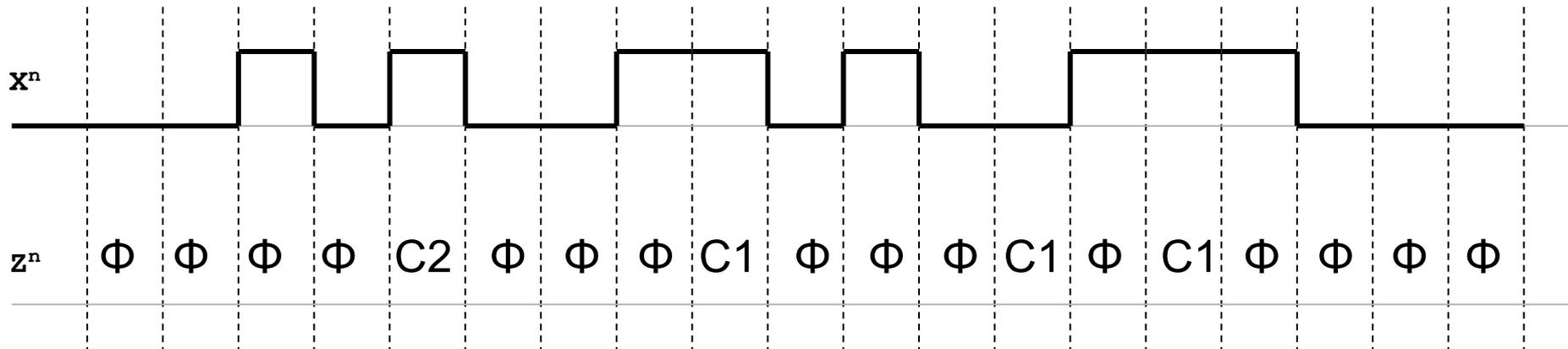


Nella rete data viene scritto un nuovo stato solo quando a è diverso da b . Se $ab=10$, l'uscita dovrà essere 10, se $ab=01$ similmente l'uscita dovrà essere 01. E' quindi sufficiente portare ab agli ingressi del registro, affinché li memorizzi.

Se $b=a$ viene mantenuto lo stato precedentemente memorizzato nel registro ($Q_0^{n+1}Q_1^{n+1} = Q_0^nQ_1^n$).

Inoltre, il registro deve essere resettato ($RES=1$) nell'intervallo successivo al verificarsi di $c=0$. Successivamente il valore delle uscite non è significativo, quindi la rete può continuare a resettarsi e dare uscita 00, finché $c = 0$. E' quindi sufficiente connettere c' a RES .

Esercizio 6 – Domande 1 e 2

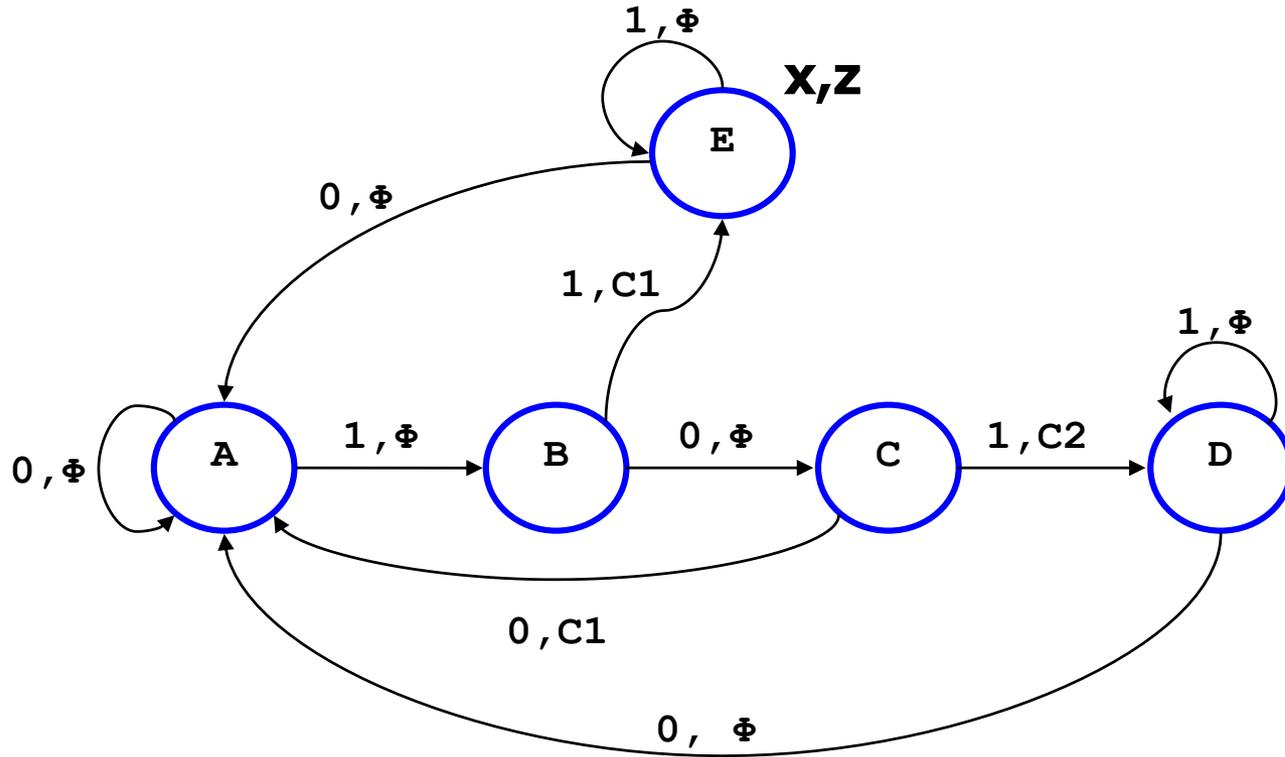


l'alfabeto di uscita deve permettere di esprimere i concetti di "click", "doppio click", e "assenza di ogni tipo di click", servono quindi 3 simboli, ad esempio:

$$U = \{\Phi, C1, C2\},$$

$$N_{\min} = 2$$

Esercizio 6 – Domanda 3, 4 e 5



(x)ⁿ

	0	1
A	A, Φ	B, Φ
B	C, Φ	E, C1
C	A, C1	D, C2
D	A, Φ	D, Φ
E	A, Φ	E, Φ

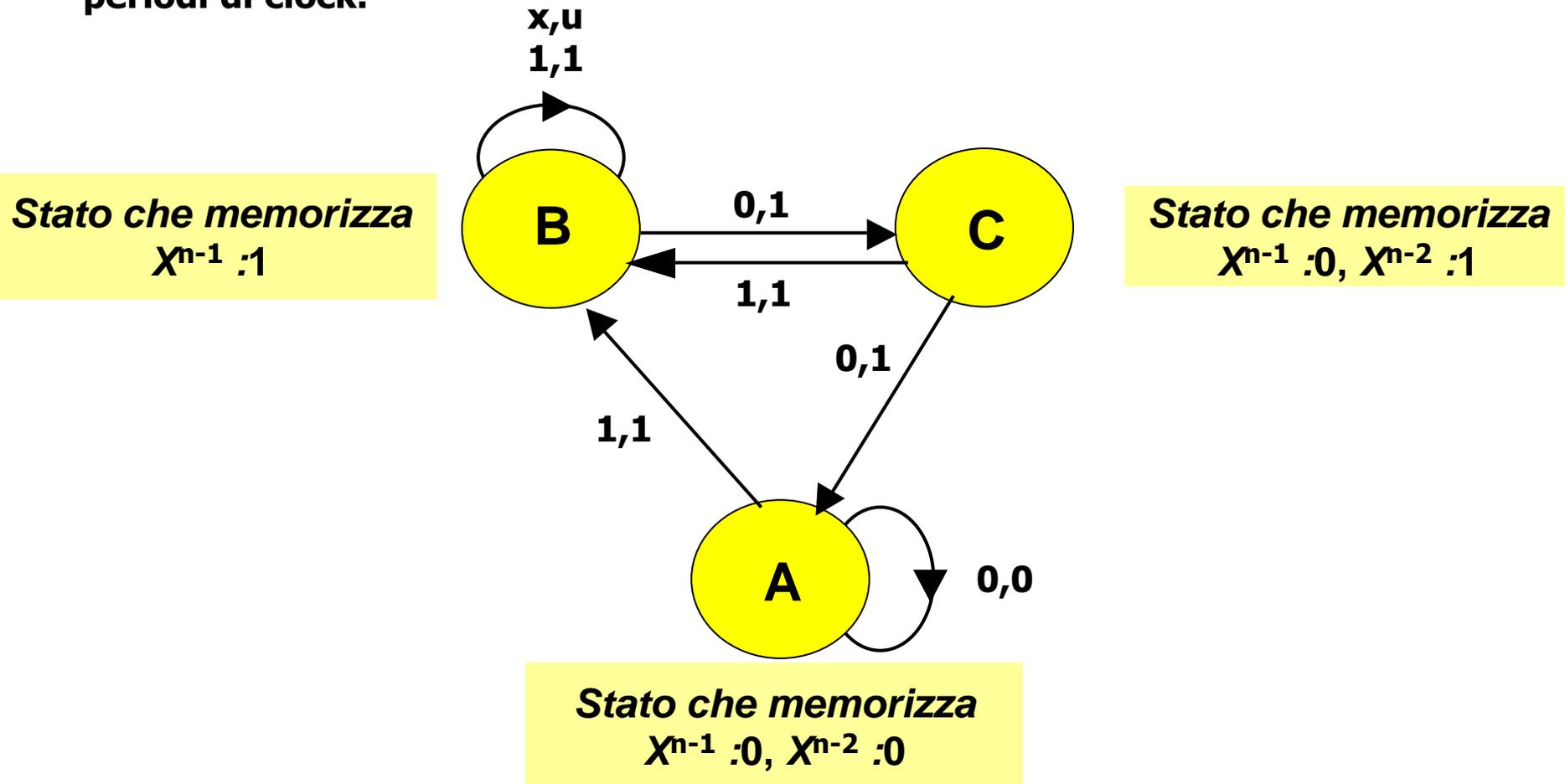
s.f., (z)ⁿ

**D ed E sono indistinguibili.
E' quindi possibile realizzare l'automa con 4 stati, usando 2 flip-flop.**

s.p.

Esercizio 7 – Domanda 1 e 2

$U^n=1$ se, e solo se, X ha assunto il valore 1 in questo o in uno dei 2 precedenti periodi di clock.



Esercizio 7 – Domanda 2 e 3

s.p.

		$(x)^n$	
		0	1
A	A	A, 0	B, 1
	B	C, 1	B, 1
	C	A, 1	B, 1

s.f., $(u)^n$

$(Q_1 Q_0)^n$

		$(x)^n$	
		0	1
$(Q_1 Q_0)^n$	B=00	01, 1	00, 1
	C=01	10, 1	00, 1
	A=10	10, 0	00, 1
	11	--,-	--,-

$(Q_1 Q_0)^{n+1}, (u)^n$

Lo stato B deve essere raggiungibile sia da C sia da A. l'unico stato raggiungibile da tutti gli altri in un contatore senza LD e U/D' è lo stato 0, ottenibile portando RES a 1.

E' quindi necessario usare 00 per codificare B. La rete poi si sposta in sequenza in C e poi in A, che devono quindi essere codificati con le configurazioni binarie successive 01 e 10.

Esercizio 7 – Domanda 4

	$(x)^n$		
	0	1	
$(Q_1Q_0)^n$	00	1	1
	01	1	1
	11	-	-
	10	0	1
	u^n		

$$u \text{ (PS)} = Q_1' + x$$

	$(x)^n$		
	0	1	
$(Q_1Q_0)^n$	00	0	1
	01	0	1
	11	-	-
	10	0	1
	RES^n		

$$RES \text{ (PS)} = x$$

	$(x)^n$		
	0	1	
$(Q_1Q_0)^n$	00	1	-
	01	1	-
	11	-	-
	10	0	-
	EN^n		

$$EN \text{ (PS)} = Q_1'$$

RES è prioritario rispetto ad EN, quindi dove RES=1 EN può non essere specificato. In stato 00 con stato futuro 00 (ovvero con ingresso 1) posso scegliere se mantenere RES=1 e EN=- o RES=- e EN=0.

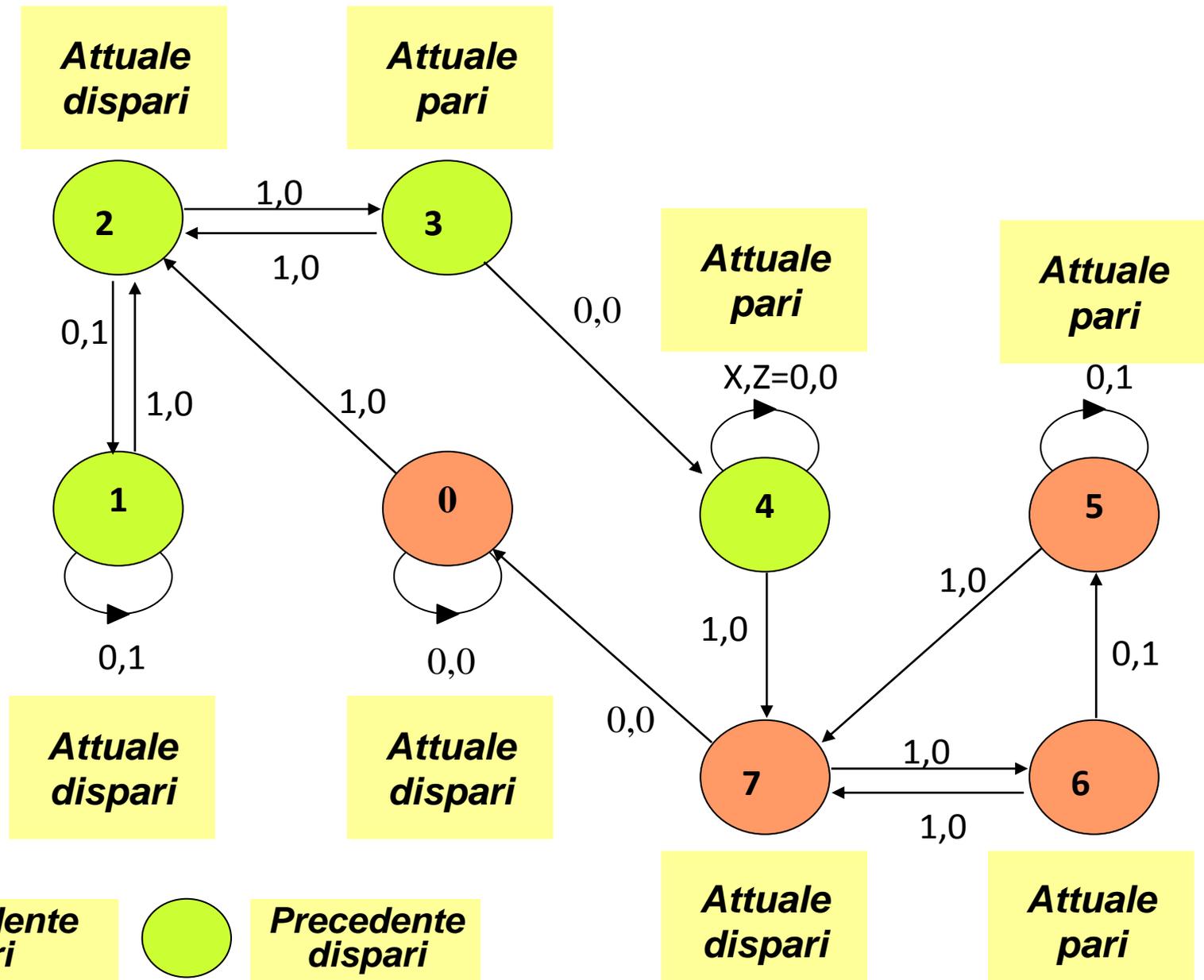
Esercizio 7 – Domanda 5

Se si usa lo shift register per memorizzare gli ultimi due valori di x , cioè si pone $SI = x$, allora l'uscita u è data dalla seguente mappa

		$(x)^n$	
		0	1
	00	0	1
$(Q_1 Q_0)^n$	01	1	1
	11	1	1
	10	1	1
		u^n	

$$u \text{ (PS)} = Q_0 + Q_1 + x$$

Esercizio 8 – Domanda 1



Esercizio 8 – Domanda 2

$(x)^n$

	0	1
0	0, 0	2, 0
1	1, 1	2, 0
3	4, 0	2, 0
2	1, 1	3, 0
4	4, 0	7, 0
5	5, 1	7, 0
7	0, 0	6, 0
6	5, 1	7, 0

s.f. , $(z)^n$

s.p.

$(x)^n$

	0	1
0 0 0	0 0 0, 0	0 1 0, 0
0 0 1	0 0 1, 1	0 1 0, 0
0 1 1	1 0 0, 0	0 1 0, 0
0 1 0	0 0 1, 1	0 1 1, 0
1 0 0	1 0 0, 0	1 1 1, 0
1 0 1	1 0 1, 1	1 1 1, 0
1 1 1	0 0 0, 0	1 1 0, 0
1 1 0	1 0 1, 1	1 1 1, 0

$(y_2 y_1 y_0)^n$

$(y_2 y_1 y_0)^{n+1}, z^n$

Esercizio 8 – Domanda 3

		$(y_1 y_0)^n$			
		00	01	11	10
$(x y_2)^n$	00	0	0	1	0
	01	1	1	0	1
	11	1	1	1	1
	10	0	0	0	0
		y_2^{n+1}			

		$(y_1 y_0)^n$			
		00	01	11	10
$(x y_2)^n$	00	0	0	1	0
	01	-	-	-	-
	11	-	-	-	-
	10	0	0	0	0
		J_2^n			
		$(T R)^n$			

$$J_2 \text{ (SP)} = x' y_1 y_0$$

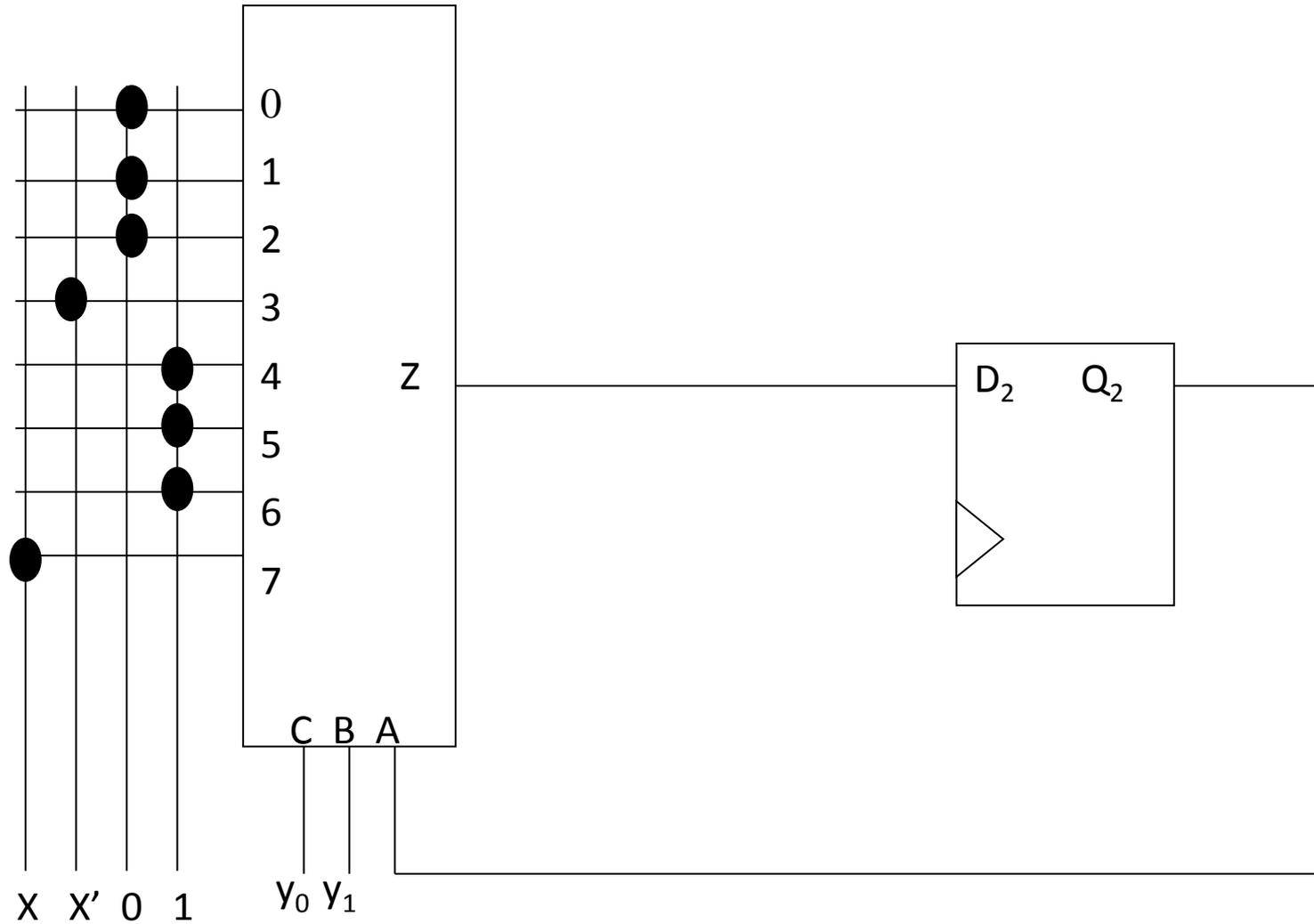
$$K_2 \text{ (SP)} = x' y_1 y_0$$

$$J_2 \text{ (NAND)} = (x' \uparrow y_1 \uparrow y_0) \uparrow 1$$

$$K_2 \text{ (NAND)} = (x' \uparrow y_1 \uparrow y_0) \uparrow 1$$

		00	01	11	10
$(y_1 y_2)^n$	00	-	-	-	-
	01	0	0	1	0
	11	0	0	0	0
	10	-	-	-	-
		K_1^n			

Esercizio 8 – Domanda 4



Esercizio 9 – Domanda 1 e 2

L'ingresso è un encoder a 3 ingressi delle variabili P4 P3 P2, le cui espressioni caratteristiche PS sono

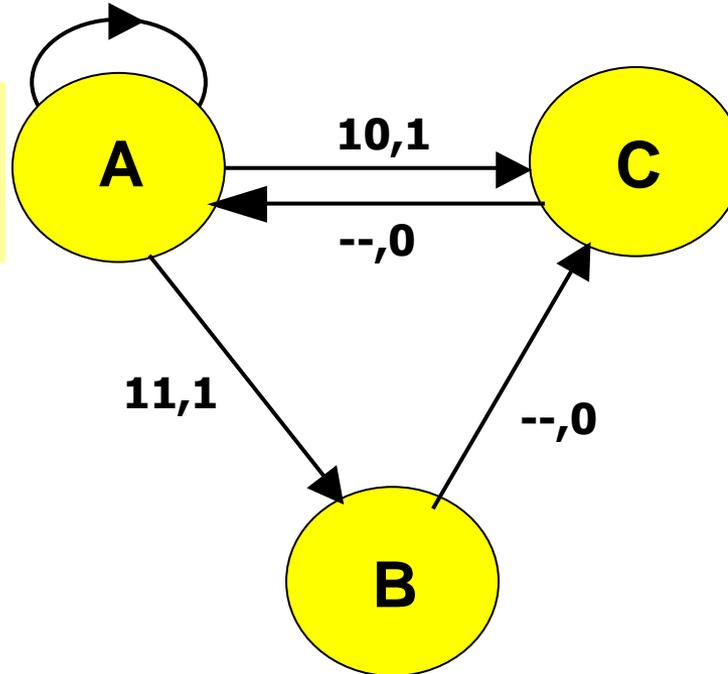
$$B1 = P2 + P3 \quad B0 = P2 + P4$$

L'uscita è un decoder 4:16 per trascodificare lo stato del contatore x16 nel codice 1 su 16 che accende la lampadina corretta. Sono quindi necessari $2^4 = 16$ AND a 4 ingressi e $2 \cdot 4 = 8$ NOT.

Esercizio 9 – Domanda 3

$b_1 b_0, EN$
00,0
01,1

*Leggere B0 B1 e
attivare EN, se
necessario*



*Attendere 1 clock senza
incrementare*

*Attendere 2 clock senza
incrementare*

Esercizio 9 – Domanda 4

s.p.

		$(B_1 B_0)^n$			
		00	01	11	10
A	A,0	A,1	B,1	C,1	
B	C,0	C,0	C,0	C,0	
C	A,0	A,0	A,0	A,0	

s.f., EN^n

$(Q_2 Q_1)^n$

		$(B_1 B_0)^n$			
		00	01	11	10
A = 00	00,0	00,1	01,1	11,1	
B = 01	11,0	11,0	11,0	11,0	
C = 11	00,0	00,0	00,0	00,0	
10	--,-	--,-	--,-	--,-	

$(Q_2 Q_1)^{n+1}, EN^n$

Esercizio 9 – Domanda 4

$(Q_2 Q_1)^n$

	$(B_1 B_0)^n$			
	00	01	11	10
00	00,0	00,1	01,1	11,1
01	11,0	11,0	11,0	11,0
11	00,0	00,0	00,0	00,0
10	--,-	--,-	--,-	--,-

$(Q_2 Q_1)^{n+1}, (Z)^n$

$$J_2 \text{ (SP)} = Q_1 + B_1 B_0'$$

$$K_1 \text{ (SP)} = 1$$

$(Q_2 Q_1)^n$

	$(B_1 B_0)^n$			
	00	01	11	10
00	0	0	0	1
01	1	1	1	1
11	-	-	-	-
10	-	-	-	-

J_2^n

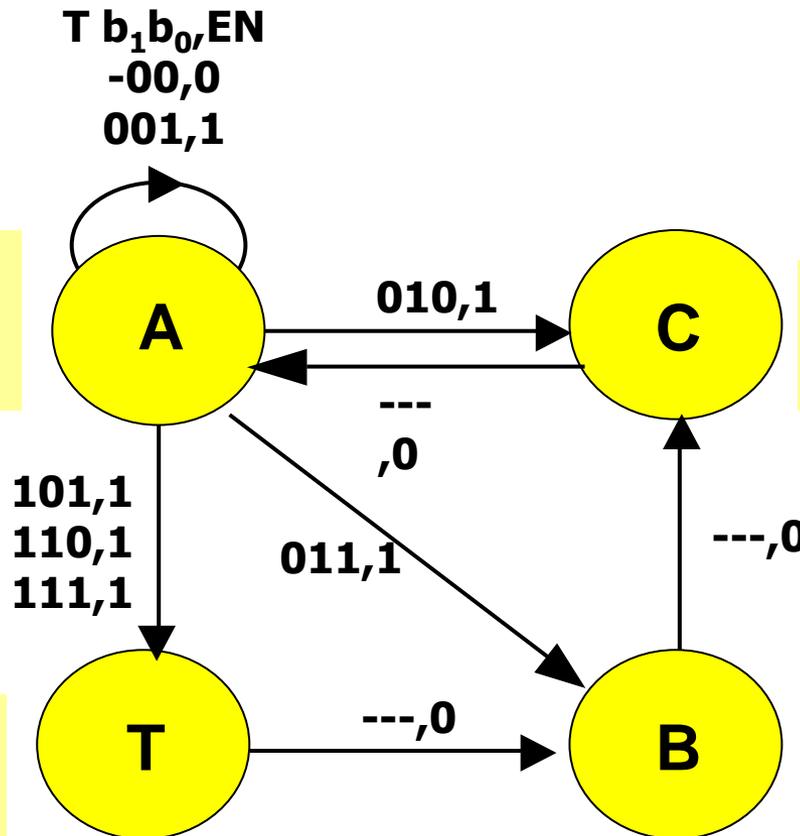
$(Q_2 Q_1)^n$

	$(B_1 B_0)^n$			
	00	01	11	10
00	-	-	-	-
01	-	-	-	-
11	1	1	1	1
10	-	-	-	-

K_2^n

Esercizio 9 – Domanda 5

*Leggere T B0 B1 e
attivare EN, se
necessario*



*Attendere 1 clock
senza incrementare*

*Attendere 3 clock
senza incrementare*

*Attendere 2 clock
senza incrementare*