Reti sequenziali asincrone

Esercizio 1

Una rete sequenziale asincrona è caratterizzata da due segnali di ingresso (E, X) e da un segnale di uscita (Z). I segnali di ingresso non variano mai contemporaneamente, né può X cambiare di valore allorché E = 1. Z deve assumere il valore 0 allorché E = 0. Quando E = 1, Z deve assumere il valore 1 se e soltanto se X presenta lo stesso valore assunto nel precedente intervallo di attivazione di E.

Si determini:

- il diagramma degli stati della rete;
- la realizzazione di costo minimo della rete mediante NAND.

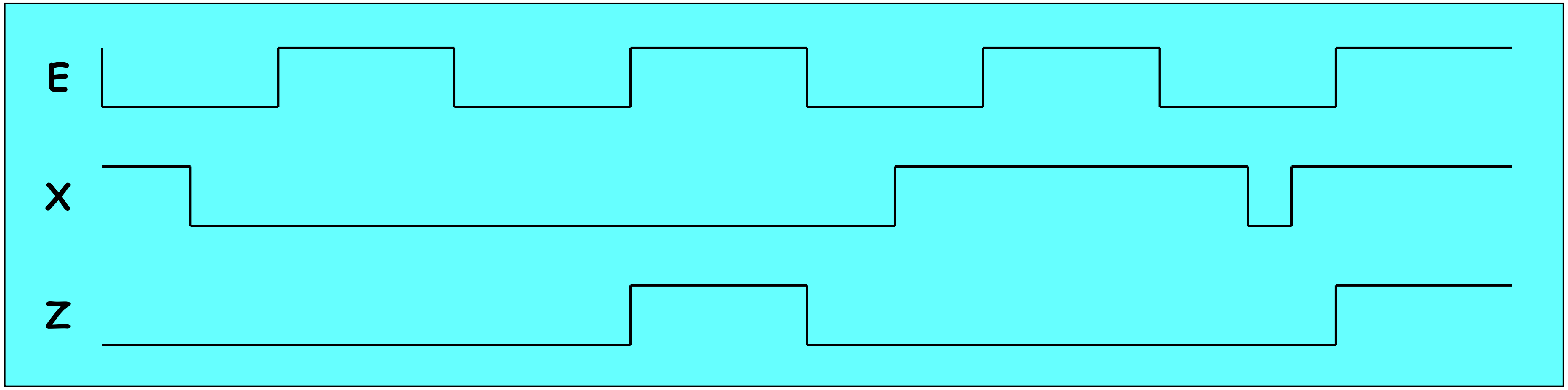
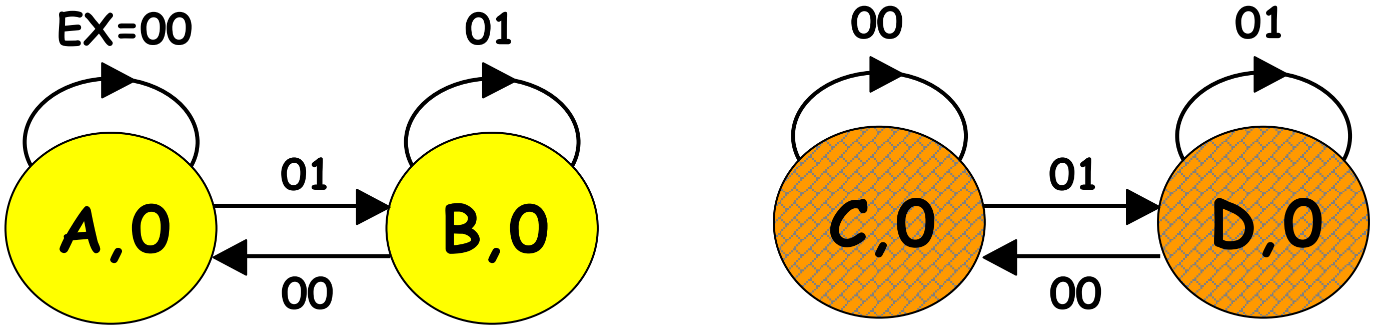


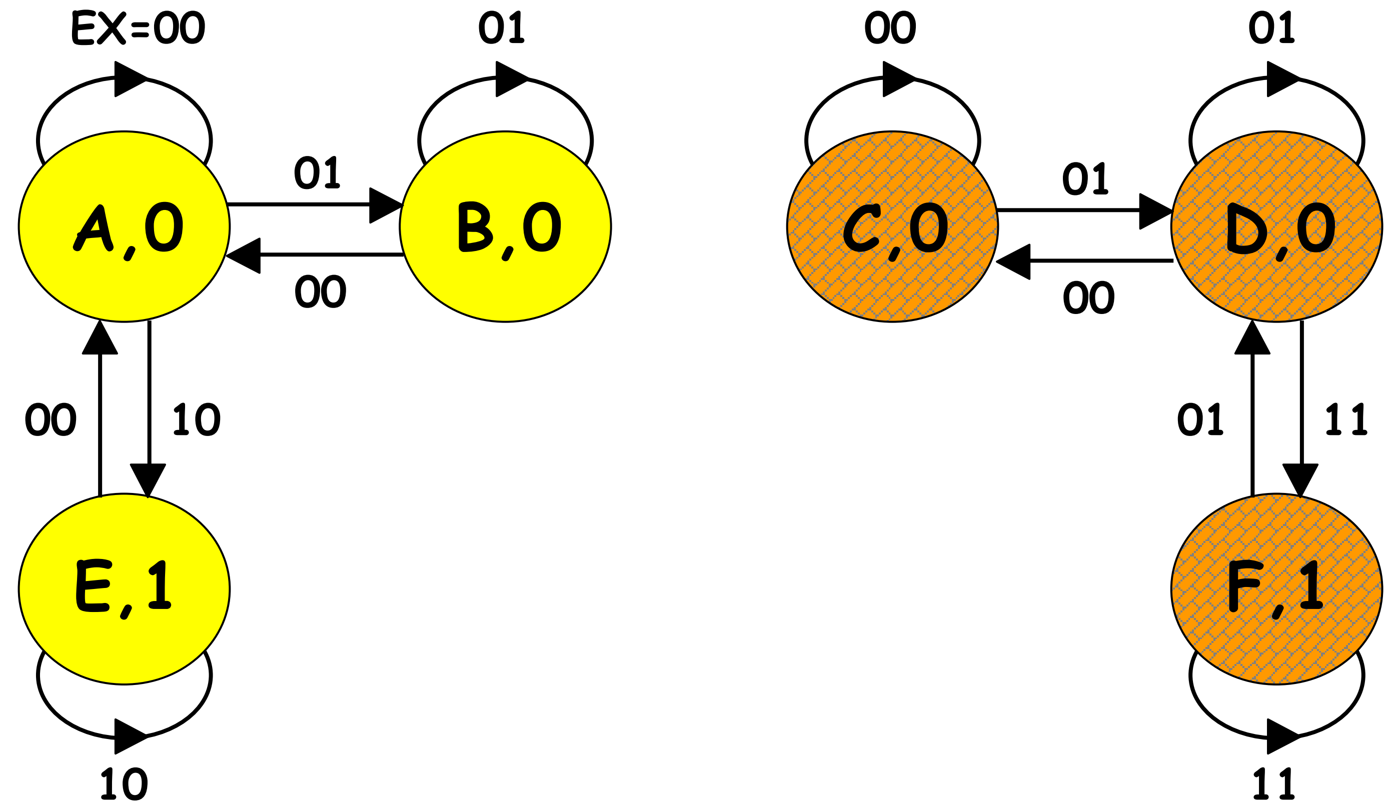
Diagramma degli stati primitivo (modello di Moore)

Il diagramma degli stati può essere costruito considerando innanzitutto le diverse situazioni in cui può trovarsi ad operare la rete allorché in ingresso si ha E=0.
Al di là del fatto che l'uscita Z deve comunque valere 0,
occorre prevedere due distinte coppie di stati, contraddistinte dal valore (0 o 1) precedentemente assunto da X nell'ultimo intervallo di attivazione di E.
Nell'ambito di ciascuna coppia, eventuali variazioni di X provocano semplicemente la transizione tra i due stati, stabili l'uno per EX=00, l'altro per EX=01.



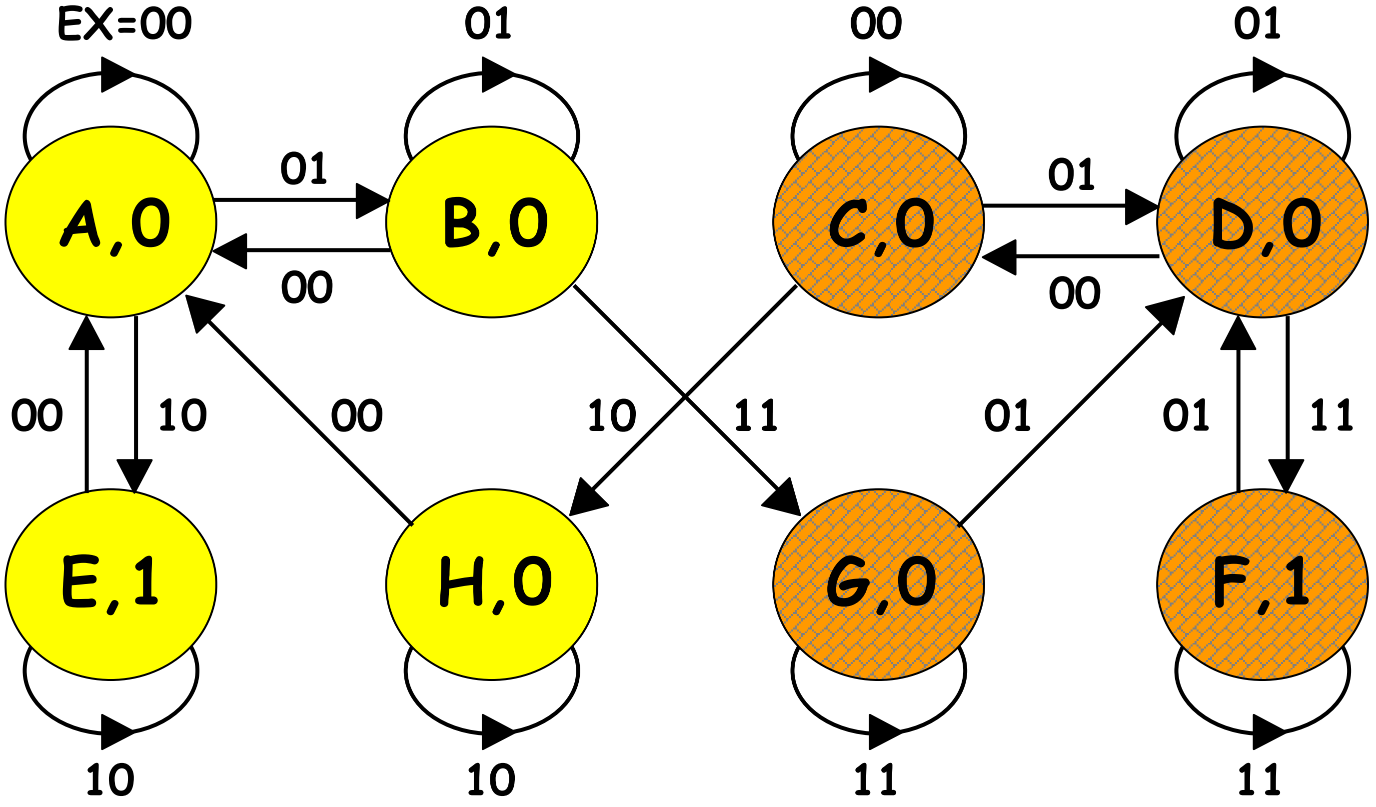
Valore di X nell'ultimo intervallo di attivazione di E: 0 1

Supponiamo ora che E assuma il valore 1 e che X presenti lo stesso valore assunto nel precedente intervallo di attivazione di E.
Per ciascuna coppia di stati già definiti occorre prevedere la transizione verso un nuovo stato caratterizzato da Z=1, dal quale si effettuerà poi la transizione opposta non appena E si riporterà a 0.



Valore di X nell’ultimo intervallo di attivazione di E: 0 1

Supponiamo infine che, quando E assume il valore 1, X abbia un valore diverso da quello corrispondente al precedente intervallo di attivazione di E.
Per ciascuna coppia di stati inizialmente definiti occorre prevedere la transizione verso un nuovo stato, caratterizzato ancora da Z=0, dal quale si transiterà poi nell'opportuno stato dell'altra coppia quando E si riporterà a 0.



Valore di X nell'ultimo intervallo di attivazione di E: 0 1

Tabella di flusso

modello di Moore

E X

	00	01	11	10	Z
A	**A**	B	-	E	0
B	A	**B**	G	-	0
C	**C**	D	-	H	0
D	C	**D**	F	-	0
E	A	-	-	**E**	1
F	-	D	**F**	-	1
G	-	D	**G**	-	0
H	A	-	-	**H**	0

modello di Mealy

E X

	00	01	11	10
A	**A,0**	B,0	-	E,-
B	A,0	**B,0**	G,0	-
C	**C,0**	D,0	-	H,0
D	C,0	**D,0**	F,-	-
E	A,-	-	-	**E,1**
F	-	D,-	**F,1**	-
G	-	D,0	**G,0**	-
H	A,0	-	-	**H,0**

condizioni
di stabilità ▨

Il valore dell'uscita di norma può non essere specificato durante le transizioni di stato cui corrisponde una variazione dell'uscita.

Tabella triangolare

modello di Mealy

B							
C	BD EH	AC BD					
D	AC BD	AC FG					
E			■	AC			
F	BD	■					
G	BD	BD		FG		■	
H	EH		AC	AC	■		
	A	B	C	D	E	F	G

modello di Moore

B							
C	BD EH	AC BD					
D	AC BD	AC FG					
E	■	■	■	■			
F	■	■	■	■			
G	BD	BD		FG	■	■	
H	EH		AC	AC	■	■	
	A	B	C	D	E	F	G

□ stati compatibili

■ stati incompatibili per almeno una configurazione d'ingresso

▒ stati compatibili per ogni sequenza d'ingresso di lunghezza unitaria, ma incompatibili per almeno una sequenza d'ingresso di lunghezza superiore

Classi massime di compatibilità

modello di Mealy

{G,H}, {F,H}, {E,F},
{E,G}, {C,D,F}, {C,G},
{A,B,E}, {B,H}

modello di Moore

{G,H}, {E,F}, {C,D},
{C,G}, {B,H}, {A,B}

Tabella di flusso minima

E X

		00	01	11	10
{A,B,E}	α	α,0	α,0	γ,0	α,1
{C,D,F}	β	β,0	β,0	β,1	γ,0
{G,H}	γ	α,0	β,0	γ,0	γ,0

3 stati

E X

		00	01	11	10	Z
{A,B}	α	α	α	δ	γ	0
{C,D}	β	β	β	γ	δ	0
{E,F}	γ	α	β	γ	γ	1
{G,H}	δ	α	β	δ	δ	0

4 stati

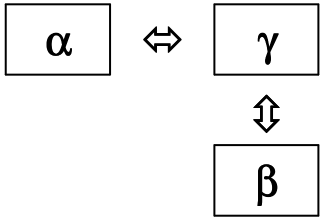
L'automa minimo di una rete sintetizzata secondo il modello di Moore coinvolge in generale un numero di stati superiore rispetto all'automa minimo di Mealy:

diagramma degli stati → modello di Moore

tabella di flusso → modello di Mealy

modello di Mealy

Diagramma delle adiacenze



y_2

		0	1
y_1	0	α	γ
	1	-	β

Mappa di codifica

Tabella delle transizioni

E X

		00	01	11	10
y_1y_2	00	00,0	00,0	01,0	00,1
	01	00,0	11,0	01,0	01,0
	11	11,0	11,0	11,1	01,0
	10	--,-	--,-	--,-	--,-

Y_1Y_2,Z

Rete combinatoria di uscita mediante NAND

E X

		00	01	11	10
y_1y_2	00	0	0	0	1
	01	0	0	0	0
	11	0	0	1	0
	10	-	-	-	-

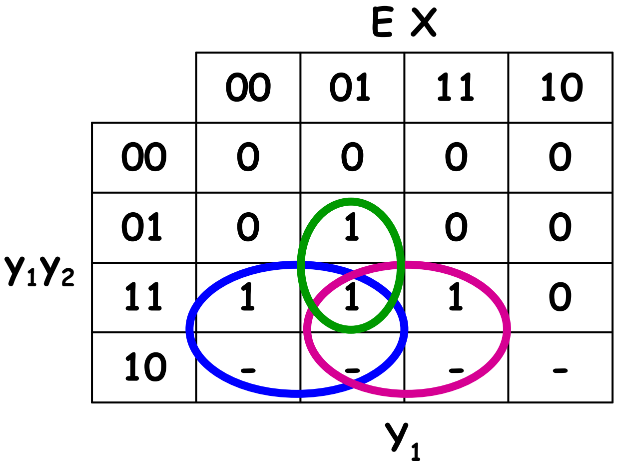
Z

$$Z = y_1\ E\ X + y_2'\ E\ X'$$

$$Z = (y_1 \uparrow E \uparrow X)$$

$$\uparrow (y_2' \uparrow E \uparrow X')$$

Rete combinatoria di aggiornamento dello stato mediante NAND



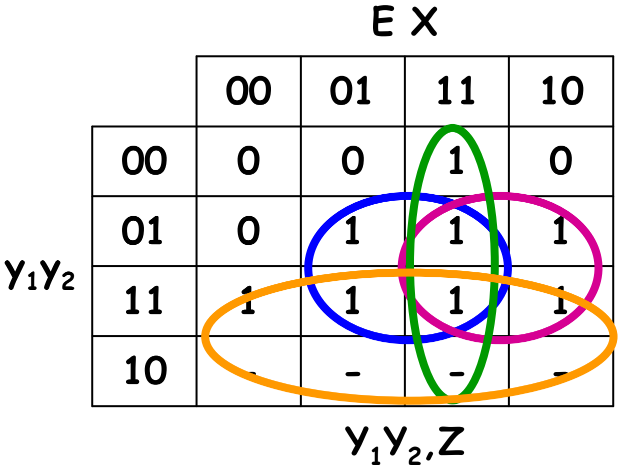
E X

y_1y_2

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

Y_1

$Y_1 = y_1\,E' + y_1\,X + y_2\,E'\,X = (y_1 \uparrow E') \uparrow (y_1 \uparrow X) \uparrow (y_2 \uparrow E' \uparrow X)$



E X

y_1y_2

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

Y_1Y_2,Z

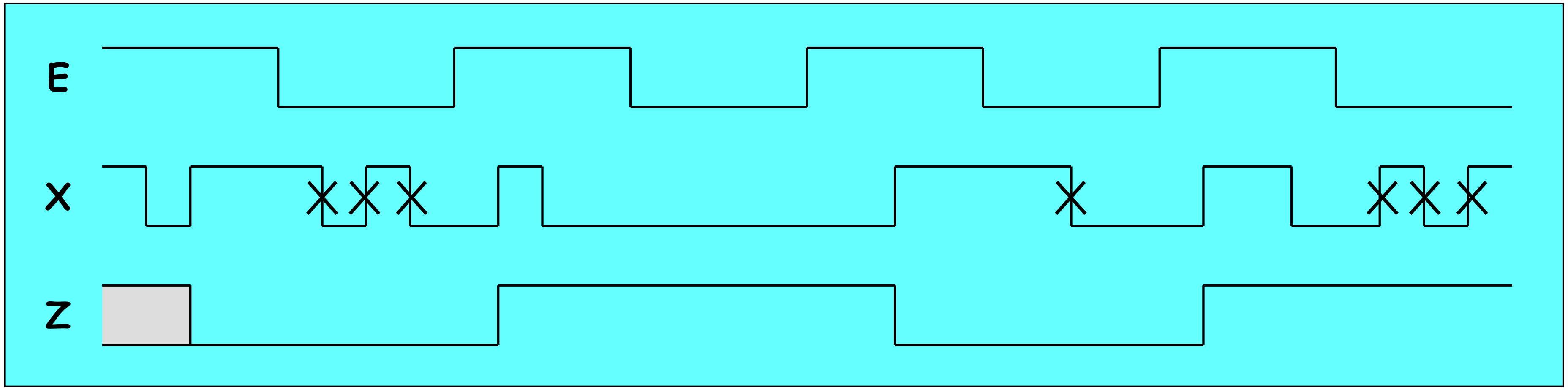
$Y_2 = y_2\,X + y_2\,E + E\,X + y_1 = (y_2 \uparrow X) \uparrow (y_2 \uparrow E) \uparrow (E \uparrow X) \uparrow y_1'$

Esercizio 2

Una rete sequenziale asincrona è caratterizzata da due segnali di ingresso (X, E), i quali non variano mai contemporaneamente, e da un segnale di uscita (Z). La rete deve generare Z tenendo conto esclusivamente dei fronti di salita e di discesa presentati da X allorché E = 1. In particolare Z deve assumere il valore 1 se il penultimo fronte significativo di X è stato un fronte di salita, il valore 0 se il penultimo fronte significativo di X è stato un fronte di discesa.

Si identifichi:

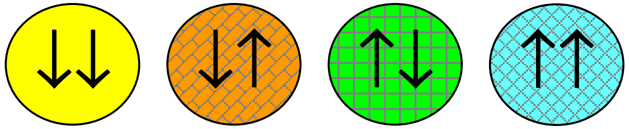
- il diagramma degli stati della rete;
- la realizzazione di costo minimo della rete mediante NOR.

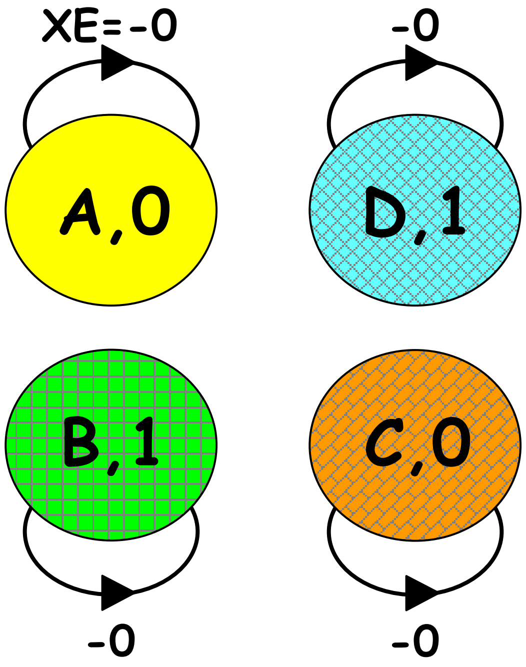


Un primo diagramma degli stati non primitivo (modello di Moore)

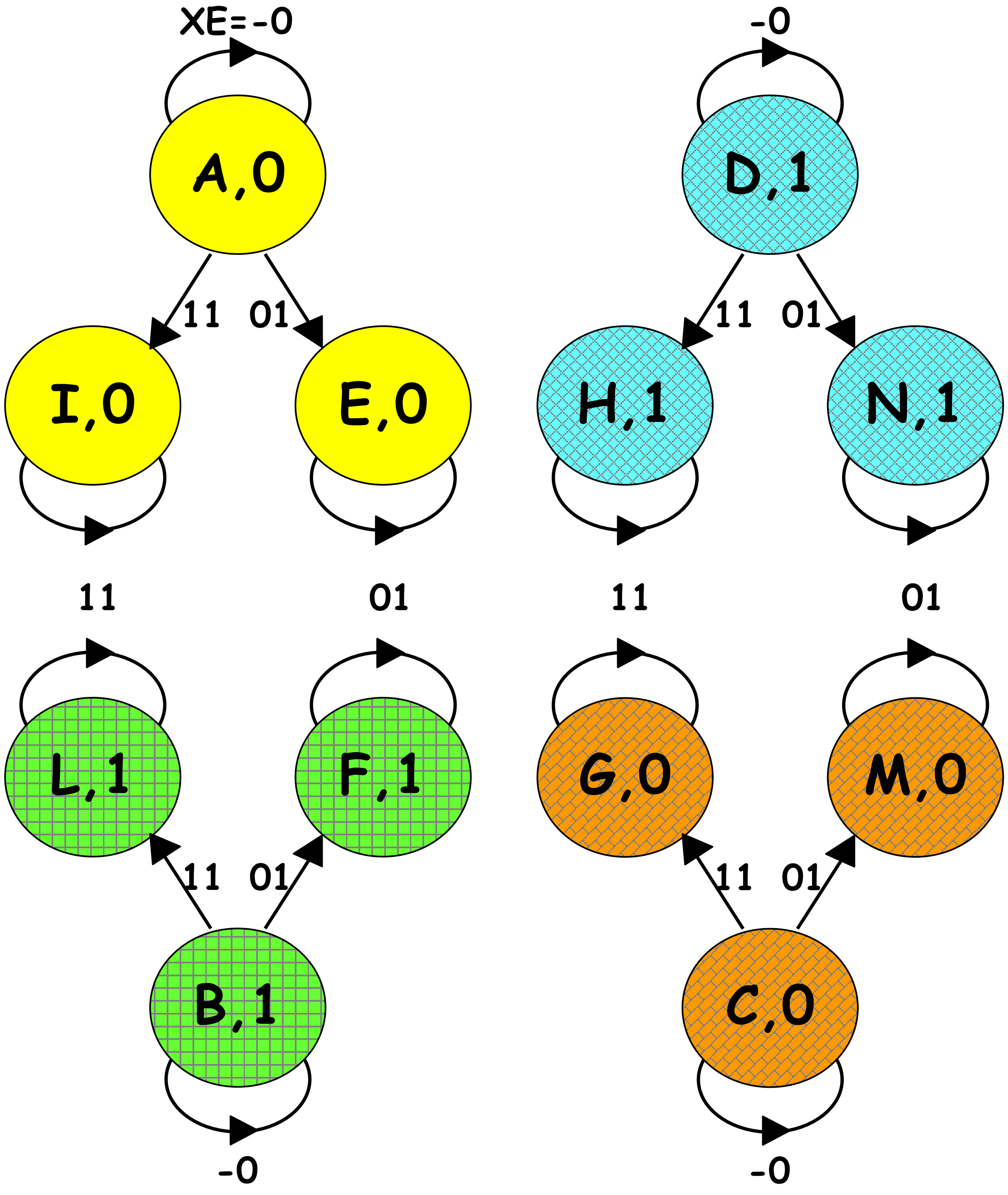
Il diagramma degli stati può essere costruito considerando innanzitutto le situazioni di ingresso caratterizzate da E=0, e ritenendo conseguentemente ininfluenti eventuali variazioni di X. Occorre prevedere quattro distinti stati, tutti stabili per XE=-0, ciascuno dei quali corrisponde ad una ben precisa combinazione degli ultimi due fronti significativi di X. Il penultimo di tali fronti associato a ciascuno stato ne individua univocamente il relativo valore di Z.

Penultimo e ultimo fronte significativo di X:





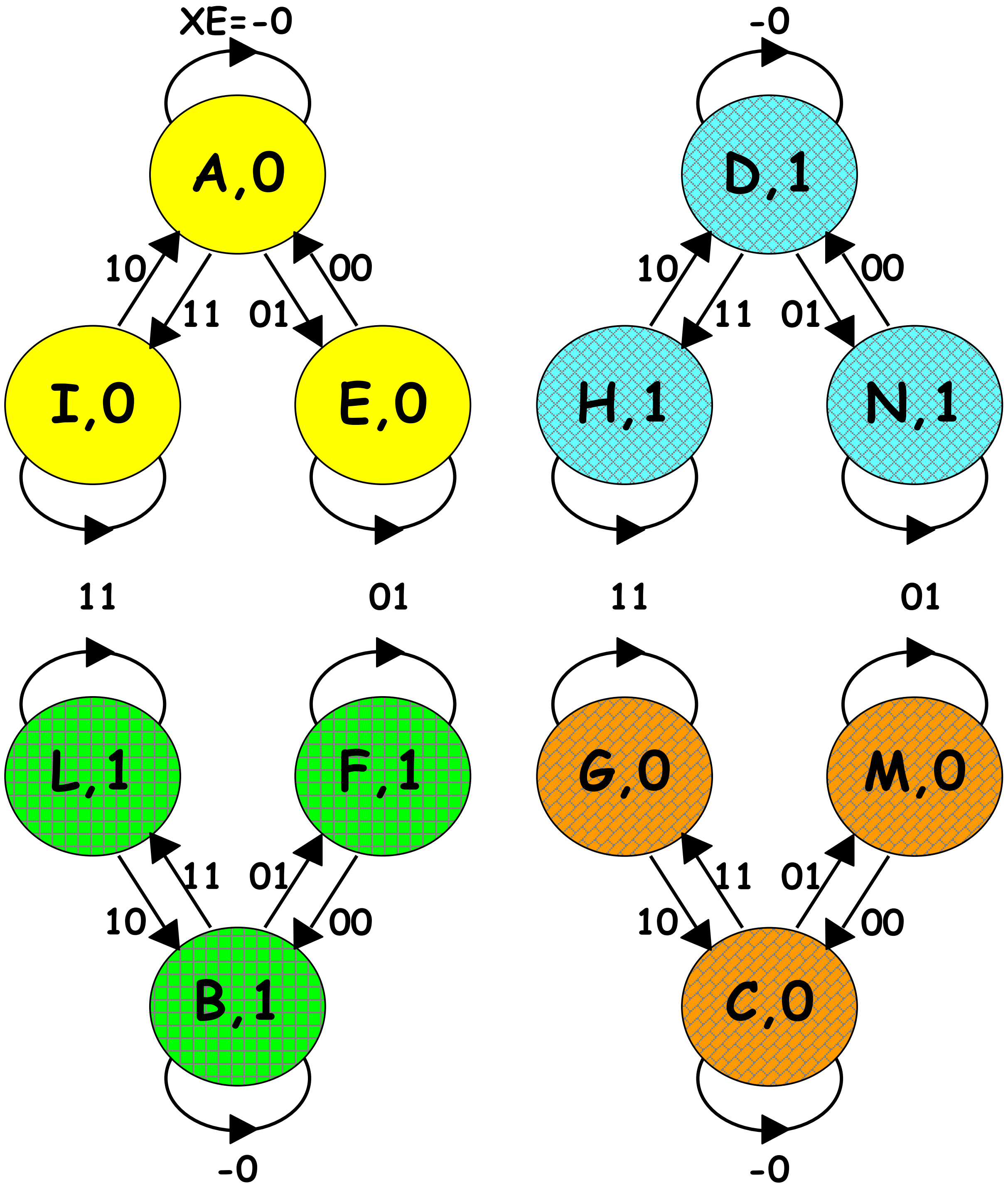
Supponiamo ora che E assuma il valore 1. Al fine di poter rilevare eventuali successive variazioni (ora significative) di X, occorre prevedere per ogni stato già definito la transizione verso due nuovi stati, caratterizzati dallo stesso valore di Z e stabili rispettivamente per X=0 e X=1:



Penultimo e ultimo fronte significativo di X:

↓↓ ↓↑ ↑↓ ↑↑

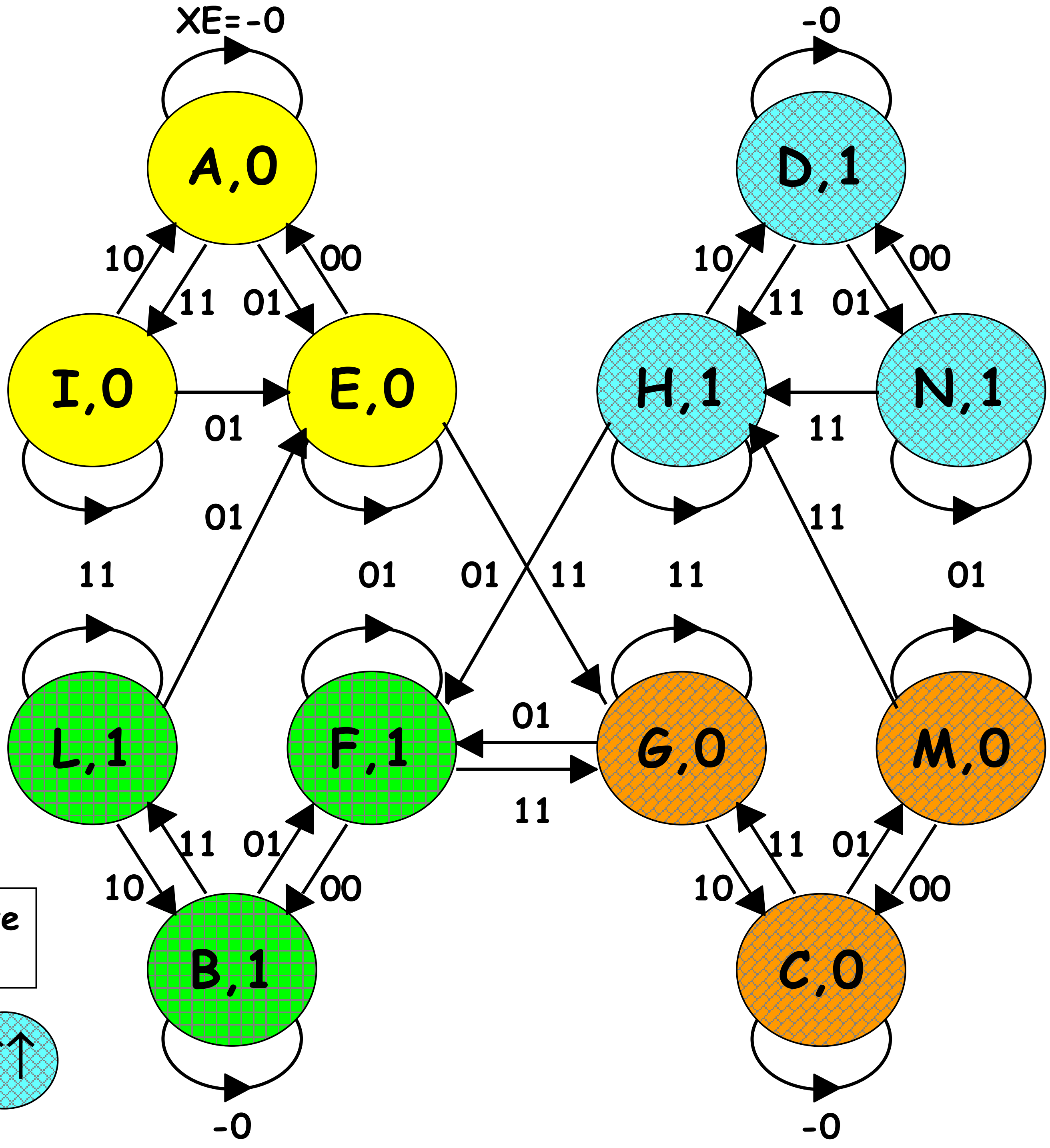
Se E si riporta a 0 prima che X cambi di valore, gli ultimi due fronti significativi di X rimangono quelli precedentemente assunti. Da tale considerazione discendono le seguenti transizioni di stato:



Penultimo e ultimo fronte significativo di X:

🟡 ↓↓ 🟠 ↓↑ 🟢 ↑↓ 🔵 ↑↑

Il diagramma viene completato considerando infine variazioni di X in presenza del valore 1 di E, ed indicando coerentemente le transizioni di stato in base all’attuale ed al precedente fronte significativo di X.



Penultimo e ultimo fronte significativo di X:

↓↓ ↓↑ ↑↓ ↑↑

Tabella di flusso (modello di Mealy) e tabella triangolare

X E

	00	01	11	10
A	A,0	E,0	I,0	A,0
B	B,1	F,1	L,1	B,1
C	C,0	M,0	G,0	C,0
D	D,1	N,1	H,1	D,1
E	A,0	E,0	G,0	-,-
F	B,1	F,1	G,-	-,-
G	-,-	F,-	G,0	C,0
H	-,-	F,1	H,1	D,1
I	-,-	E,0	I,0	A,0
L	-,-	E,-	L,1	B,1
M	C,0	M,0	H,-	-,-
N	D,1	N,1	H,1	-,-

B	■										
C	EM IG	■									
D	■	FN LH	■								
E	IG	■	CA ME	■							
F	■	LG	■	DB NF HG	■						
G	EF IG AC	■	MF	■	EF						
H	■	LH BD	■	NF	■	GH	■				
I		■	ME GI CA	■	GI	■	FE CA	■			
L	■	FE	■	NE HL DB	■	FE GL	■	FE DB	■		
M	AC EM IH	■	GH	■	AC GH	■	FM GH	■	EM IH	EM LH	
N	■	BD FN LH	■		■	BD GH	■	FN	■	EN LH	■
	A	B	C	D	E	F	G	H	I	L	M

Classi massime di compatibilità

{A,I}, {B}, {C}, {D,N},
{E}, {F,G}, {H}, {L}, {M}

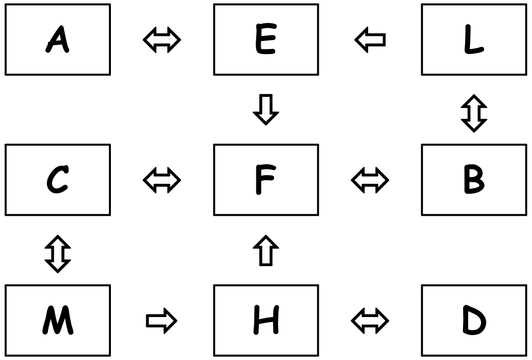
Tabella di flusso ridotta

9 stati

X E

		00	01	11	10
{A,I}	A	A,0	E,0	A,0	A,0
	B	B,1	F,1	L,1	B,1
	C	C,0	M,0	F,0	C,0
{D,N}	D	D,1	D,1	H,1	D,1
	E	A,0	E,0	F,0	-,-
{F,G}	F	B,1	F,1	F,0	C,0
	H	-,-	F,1	H,1	D,1
	L	-,-	E,-	L,1	B,1
	M	C,0	M,0	H,-	-,-

Diagramma delle adiacenze



A ⇔ E ⇦ L

⇩ ⇳

C ⇔ F ⇔ B

⇳ ⇧

M ⇨ H ⇔ D

Mappa di codifica

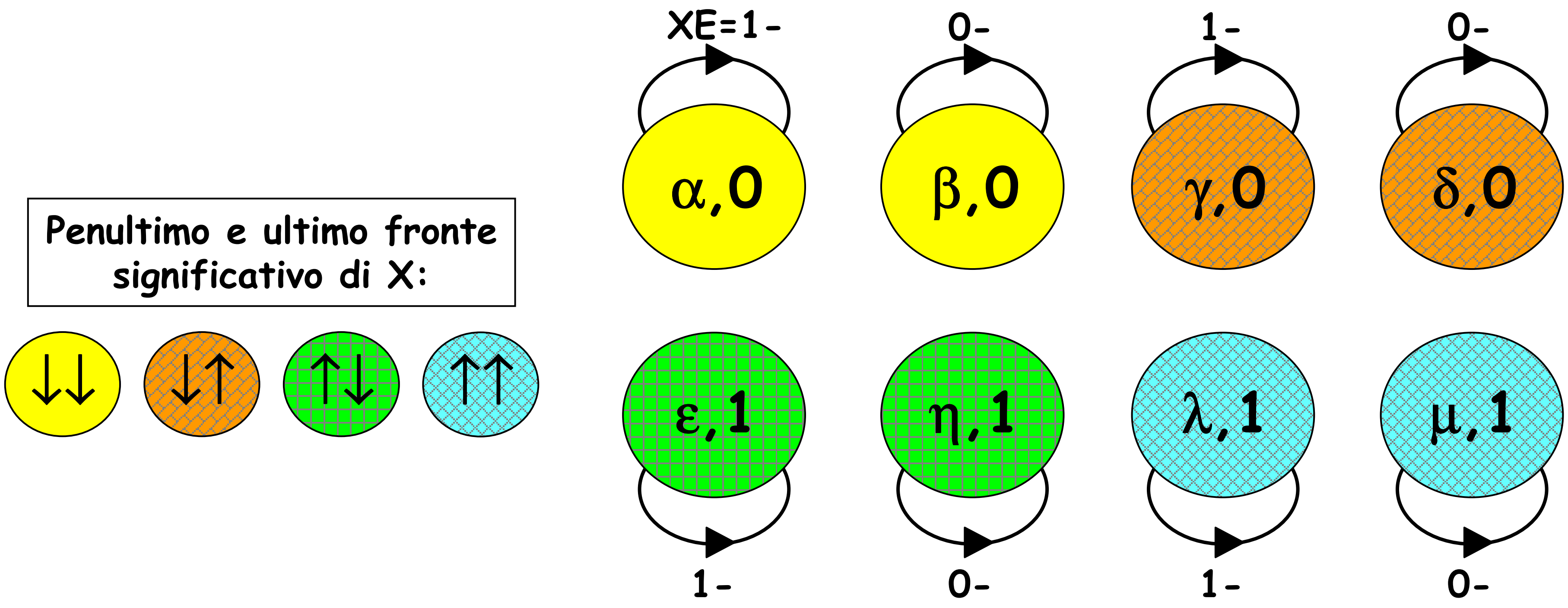
y_3y_4

y_1y_2	00	01	11	10
00	A	E	L	-
01	C	F	B	-
11	M	H	D	-
10	-	-	-	-

4 variabili di stato

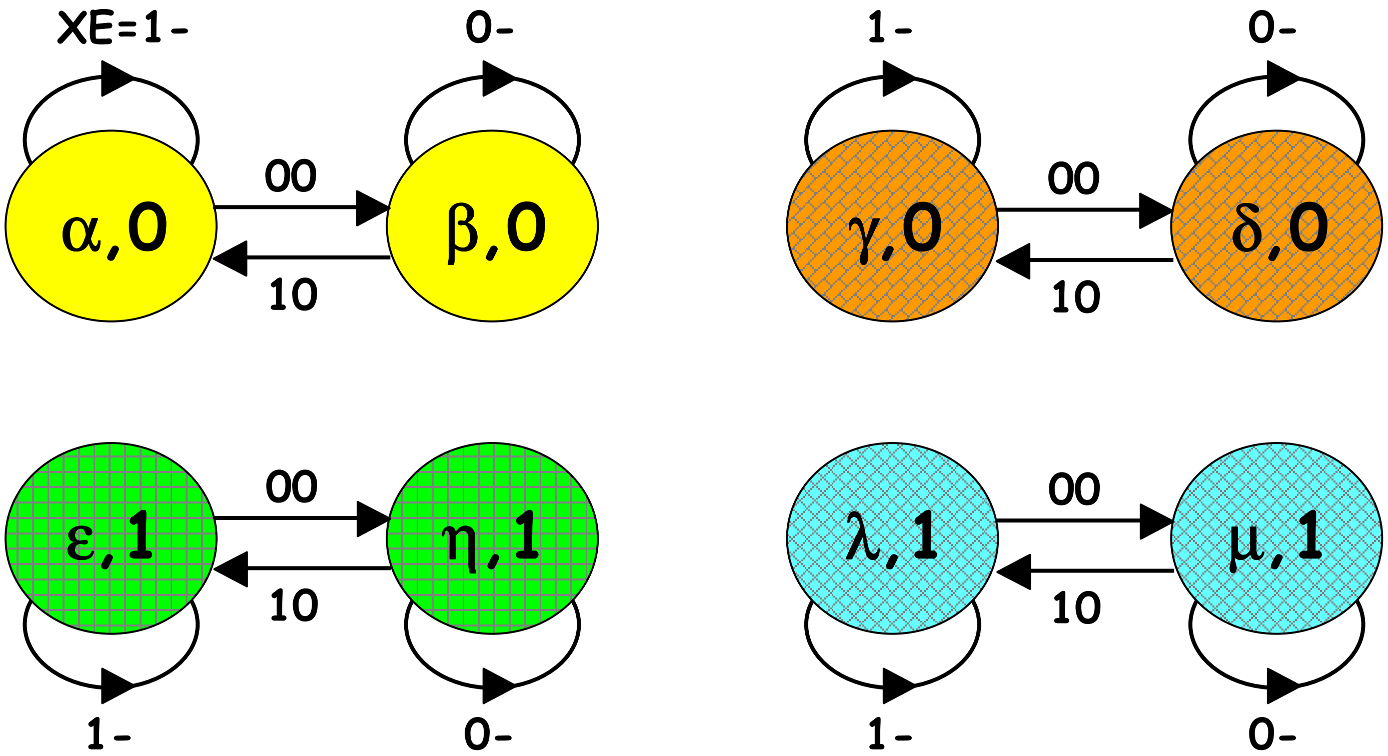
Un secondo diagramma degli stati non primitivo (modello di Moore)

Il diagramma può essere costruito in maniera alternativa partendo dalla constatazione che il valore di E è irrilevante se X non varia. Definiamo pertanto, per ognuna delle quattro combinazioni degli ultimi due fronti significativi del segnale X, una coppia di stati, l'uno stabile per XE=1-, l'altro per XE=0-. Il penultimo di tali fronti associato a ciascuno stato ne individua univocamente il relativo valore di Z.

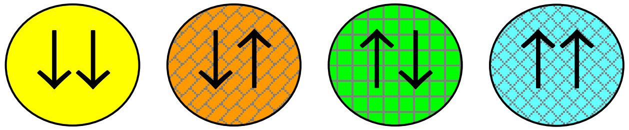


Penultimo e ultimo fronte significativo di X:

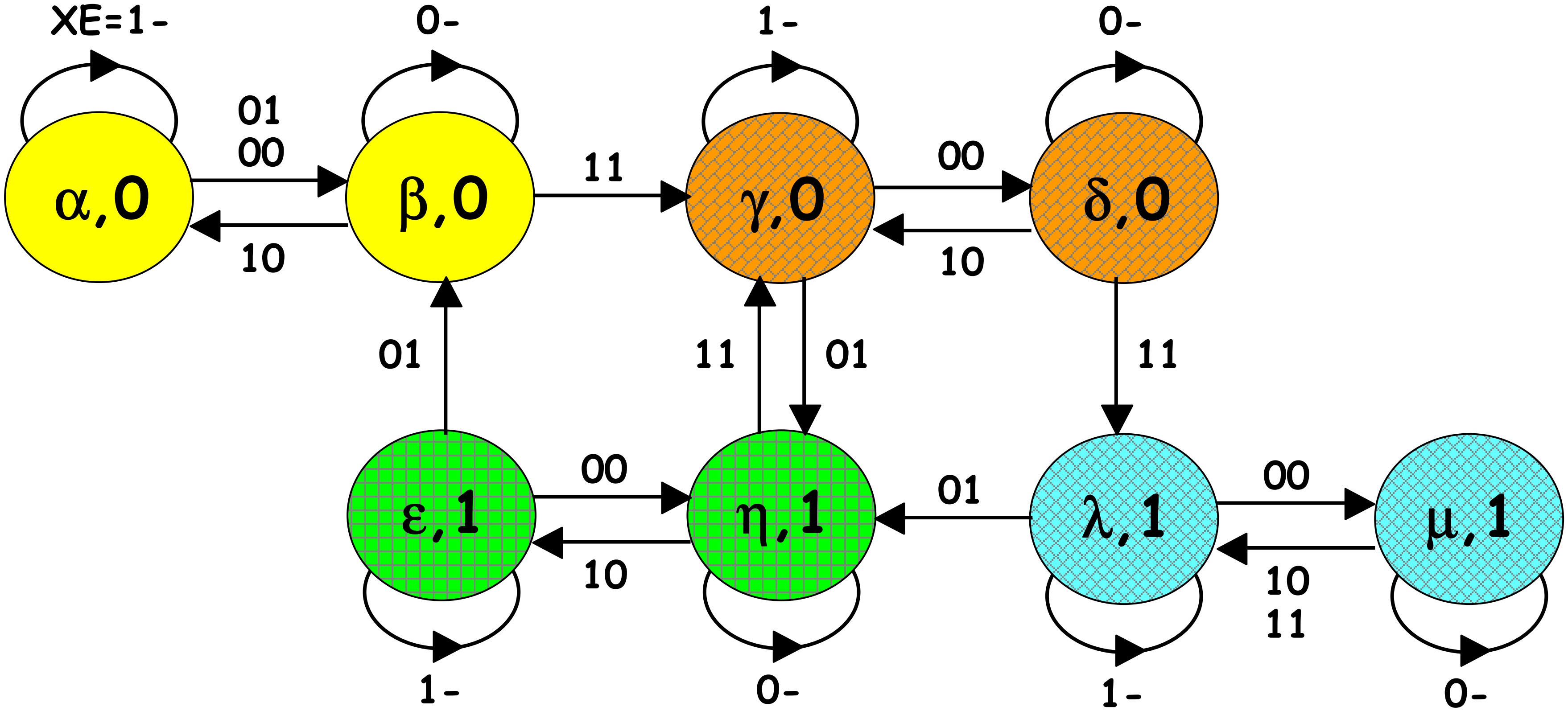
Variazioni di X in presenza del valore 0 di E sono da intendersi non significative. Gli ultimi due fronti significativi di X rimangono quelli precedentemente assunti.



Penultimo e ultimo fronte significativo di X:



Il diagramma viene completato considerando infine variazioni di X in presenza del valore 1 di E, ed indicando coerentemente le transizioni di stato in base all'attuale ed al precedente fronte significativo di X.



Penultimo e ultimo fronte significativo di X:

↓↓ ↓↑ ↑↓ ↑↑

Tabella di flusso (modello di Mealy)

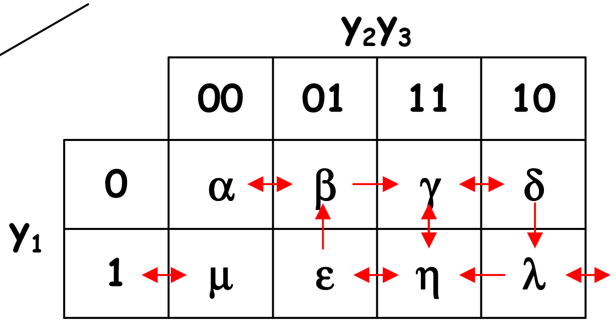
	X E 00	01	11	10
α	β,0	β,0	α,0	α,0
β	β,0	β,0	γ,0	α,0
γ	δ,0	η,-	γ,0	γ,0
δ	δ,0	δ,0	λ,-	γ,0
ε	η,1	β,-	ε,1	ε,1
η	η,1	η,1	γ,-	ε,1
λ	μ,1	η,1	λ,1	λ,1
μ	μ,1	μ,1	λ,1	λ,1

tabella
non riducibile

8 (anziché 9) stati

Diagramma delle adiacenze e mappa di codifica

direttamente
dal diagramma
degli stati



y_1	y_2y_3 00	01	11	10
0	α	β	γ	δ
1	μ	ε	η	λ

Tabella delle transizioni

X E

$y_1y_2y_3$	00	01	11	10
000	001,0	001,0	000,0	000,0
001	001,0	001,0	011,0	000,0
011	010,0	111,-	011,0	011,0
010	010,0	010,0	110,-	011,0
100	100,1	100,1	110,1	110,1
101	111,1	001,-	101,1	101,1
111	111,1	111,1	011,-	101,1
110	100,1	111,1	110,1	110,1

$Y_1Y_2Y_3$,Z

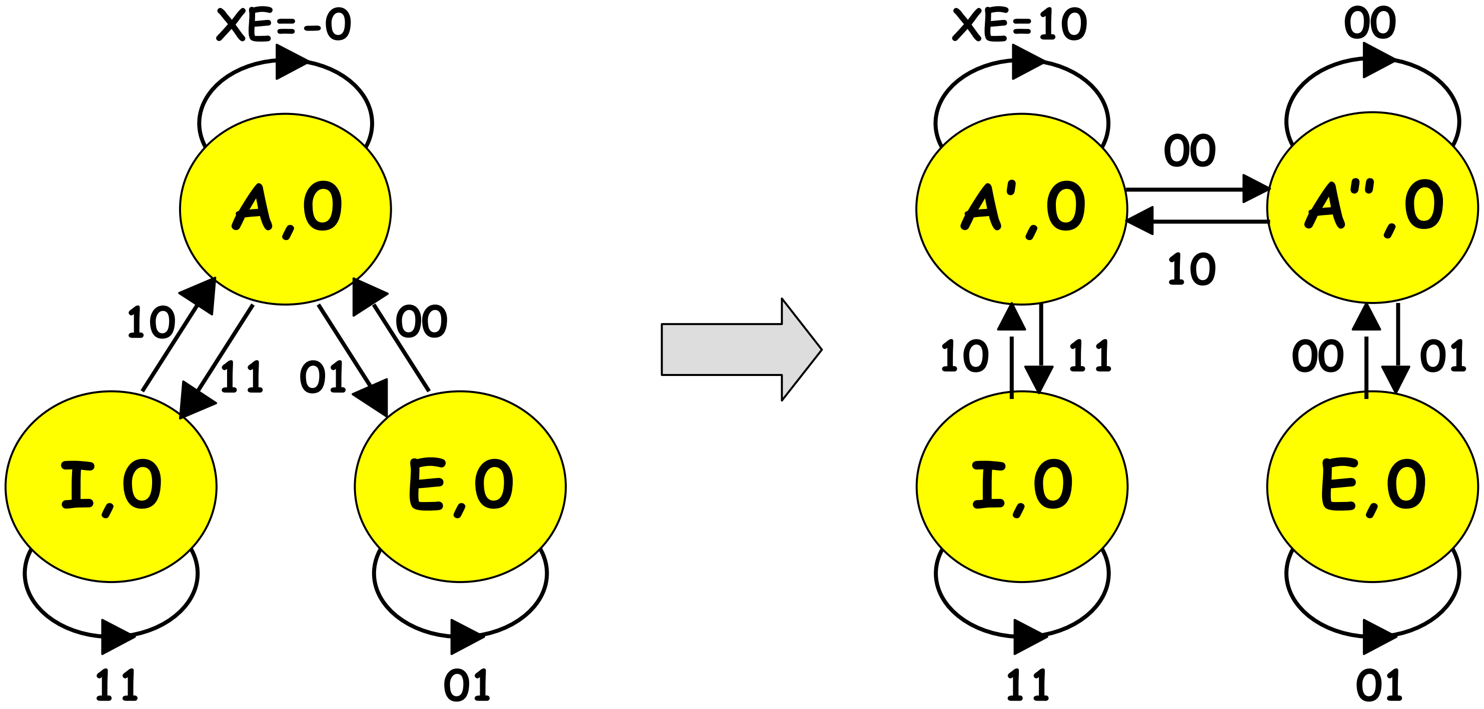
3 (anziché 4)
variabili di stato

La costruzione del diagramma degli stati in una forma non primitiva non necessariamente conduce all'identificazione dell'automa minimo.

La costruzione del diagramma degli stati in forma primitiva necessariamente conduce, una volta applicato l'algoritmo di riduzione, all'identificazione dell'automa minimo.

Il diagramma degli stati primitivo (modello di Moore)

Il diagramma primitivo è alquanto simile al primo diagramma non primitivo.
Occorre soltanto "*sdoppiare*" ciascuno dei quattro stati A, B, C e D,
stabili per le due configurazioni d'ingresso XE=10 e 00, in una coppia di stati,
l'uno stabile per XE=10, l'altro per XE=00.



L'applicazione dell'algoritmo di riduzione conduce immediatamente alla tabella di flusso minima, coincidente con quella associata al secondo diagramma non primitivo.

Rete combinatoria di costo minimo mediante NOR

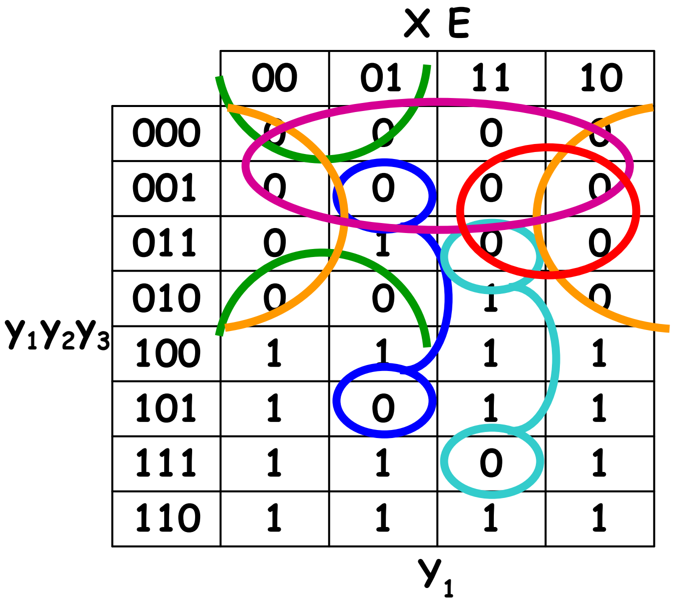
Rete combinatoria di uscita

$Z=y_1$

direttamente dalla mappa
di codifica degli stati

Rete combinatoria di aggiornamento dello stato

$$Y_1 = (y_2+y_3'+X+E')$$
$$(y_2'+y_3'+X'+E')$$
$$(y_1+y_3+X)$$
$$(y_1+E)$$
$$(y_1+y_2)$$
$$(y_1+y_3'+X')$$



	00	01	11	10
000	0	0	0	0
001	0	0	0	0
011	0	1	0	0
010	0	0	1	0
100	1	1	1	1
101	1	0	1	1
111	1	1	0	1
110	1	1	1	1

$$Y_1 = (y_2 \downarrow y_3' \downarrow X \downarrow E') \downarrow$$
$$(y_2' \downarrow y_3' \downarrow X' \downarrow E') \downarrow$$
$$(y_1 \downarrow y_3 \downarrow X) \downarrow$$
$$(y_1 \downarrow E) \downarrow$$
$$(y_1 \downarrow y_2) \downarrow$$
$$(y_1 \downarrow y_3' \downarrow X')$$

per evitare alee statiche

$Y_2 = (y_1'+y_3+X+E)$

$(y_1'+y_3'+X'+E)$

$(y_1+y_2+y_3)$

(y_1+y_2+E)

(y_2+X+E')

$(y_1'+y_2+y_3'+X')$

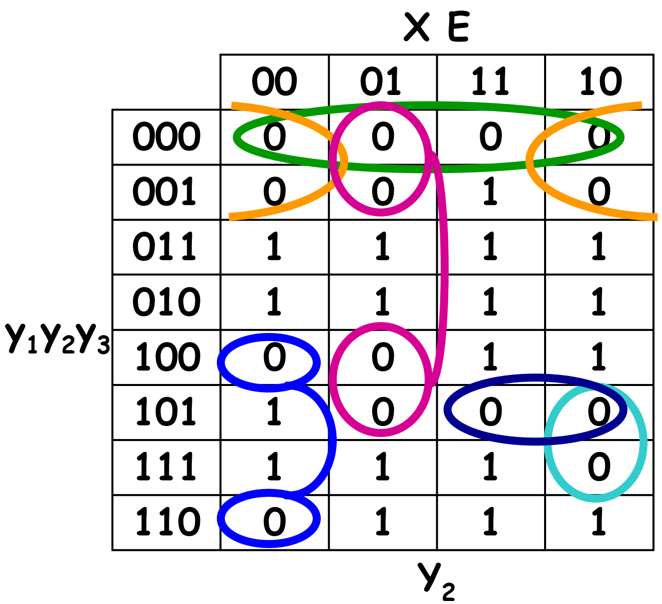
$(y_1'+y_2+y_3'+E')$

(y_2+y_3+X)

(y_1+y_2+X)

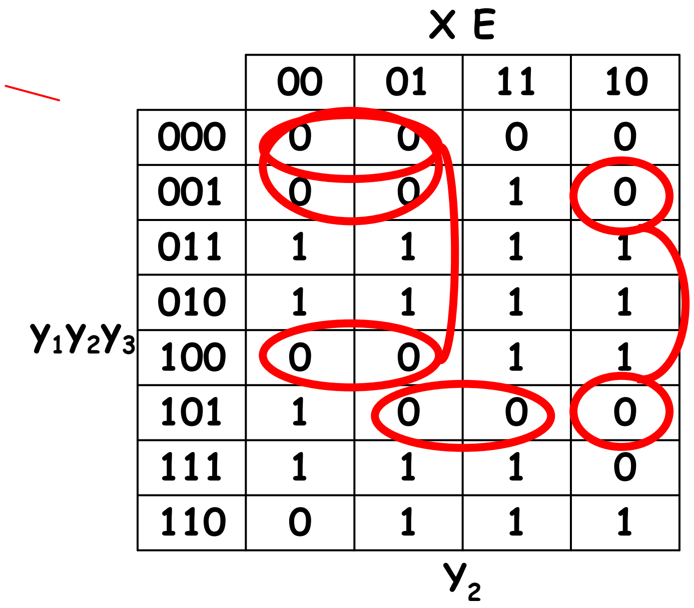
$(y_2+y_3'+X'+E)$

per evitare alee statiche



	00	01	11	10
000	0	0	0	0
001	0	0	1	0
011	1	1	1	1
010	1	1	1	1
100	0	0	1	1
101	1	0	0	0
111	1	1	1	0
110	0	1	1	1

la mappa è istanziata due volte per motivi di leggibilità



	00	01	11	10
000	0	0	0	0
001	0	0	1	0
011	1	1	1	1
010	1	1	1	1
100	0	0	1	1
101	1	0	0	0
111	1	1	1	0
110	0	1	1	1

$Y_2 = (y_1' \downarrow y_3 \downarrow X \downarrow E) \downarrow$

$(y_1' \downarrow y_3' \downarrow X' \downarrow E) \downarrow$

$(y_1 \downarrow y_2 \downarrow y_3) \downarrow$

$(y_1 \downarrow y_2 \downarrow E) \downarrow$

$(y_2 \downarrow X \downarrow E') \downarrow$

$(y_1' \downarrow y_2 \downarrow y_3' \downarrow X') \downarrow$

$(y_1' \downarrow y_2 \downarrow y_3' \downarrow E') \downarrow$

$(y_2 \downarrow y_3 \downarrow X) \downarrow$

$(y_1 \downarrow y_2 \downarrow X) \downarrow$

$(y_2 \downarrow y_3' \downarrow X' \downarrow E)$

$Y_3 = (y_1+y_2'+X+E)$

$(y_1+y_2+X'+E)$

$(y_3+X'+E')$

$(y_1+y_2'+y_3+X)$

$(y_1'+y_2+y_3)$

$(y_1'+y_3+E)$

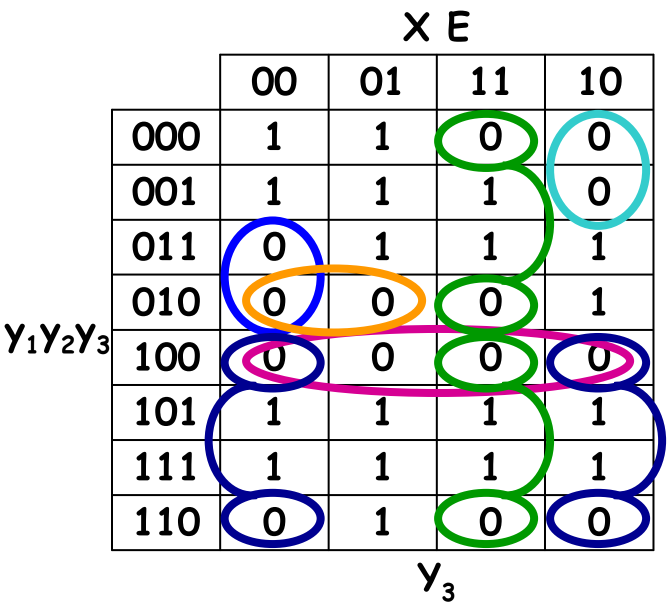
per evitare alee statiche

$(y_1+y_2'+y_3+E')$

(y_2+y_3+X')

$(y_1'+y_3+X')$

$(y_2'+y_3+X+E)$

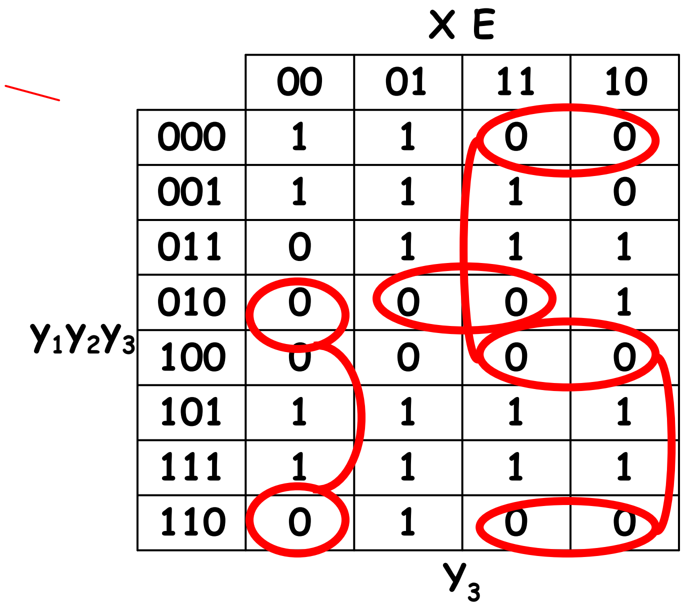


X E

$y_1y_2y_3$	00	01	11	10
000	1	1	0	0
001	1	1	1	0
011	0	1	1	1
010	0	0	0	1
100	0	0	0	0
101	1	1	1	1
111	1	1	1	1
110	0	1	0	0

Y_3

la mappa è istanziata due volte per motivi di leggibilità



X E

$y_1y_2y_3$	00	01	11	10
000	1	1	0	0
001	1	1	1	0
011	0	1	1	1
010	0	0	0	1
100	0	0	0	0
101	1	1	1	1
111	1	1	1	1
110	0	1	0	0

Y_3

$Y_3 = (y_1 \downarrow y_2' \downarrow X \downarrow E) \downarrow$

$(y_1 \downarrow y_2 \downarrow X' \downarrow E) \downarrow$

$(y_3 \downarrow X' \downarrow E') \downarrow$

$(y_1 \downarrow y_2' \downarrow y_3 \downarrow X) \downarrow$

$(y_1' \downarrow y_2 \downarrow y_3) \downarrow$

$(y_1' \downarrow y_3 \downarrow E) \downarrow$

$(y_1 \downarrow y_2' \downarrow y_3 \downarrow E') \downarrow$

$(y_2 \downarrow y_3 \downarrow X') \downarrow$

$(y_1' \downarrow y_3 \downarrow X') \downarrow$

$(y_2' \downarrow y_3 \downarrow X \downarrow E)$

Esercizio 3

Una rete sequenziale asincrona è caratterizzata da due segnali di ingresso (X_1, X_2) e da un segnale di uscita (Z).

I segnali di ingresso non variano mai contemporaneamente, né possono essere contemporaneamente attivi (livello logico 1), né può X_2 attivarsi più di una volta fra due successive attivazioni di X_1.

Z deve assumere il valore 0 quando $X_1=0$. Quando $X_1=1$, Z può assumere il valore 1 soltanto una volta ogni *due* attivazioni di X_1, e ciò se nell'intervallo di tempo precedente delimitato dal penultimo fronte di discesa di X_1 stesso, si è avuto un numero pari di attivazioni di X_2.

Si determini:

- il diagramma degli stati della rete;
- una possibile tabella delle transizioni minima priva di corse critiche.

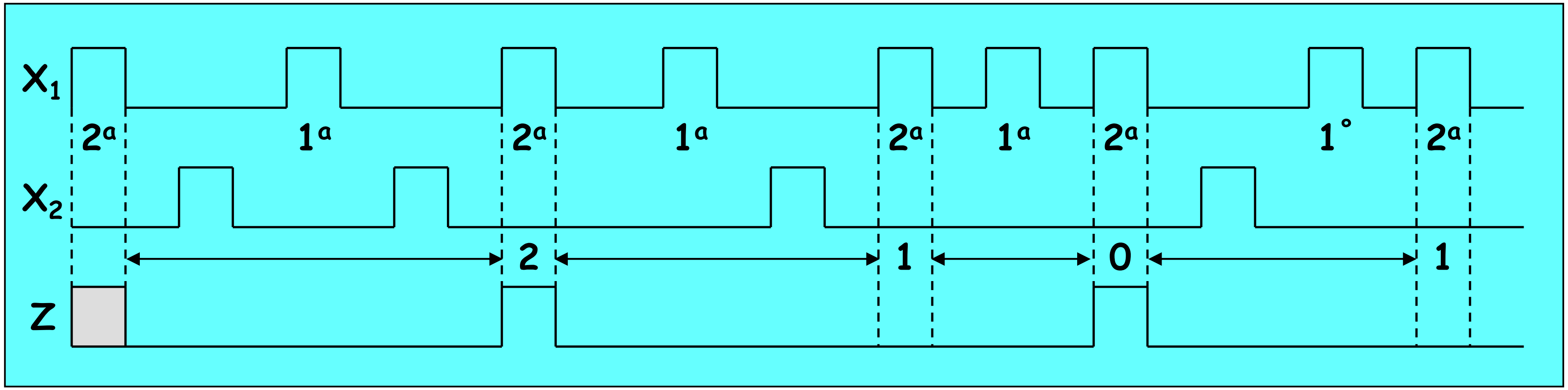
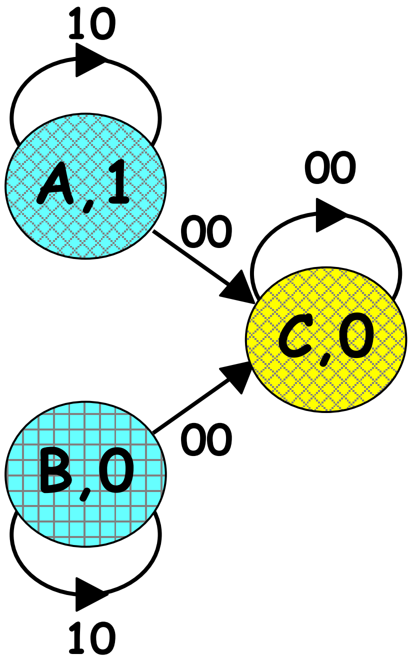


Diagramma degli stati primitivo (modello di Moore)



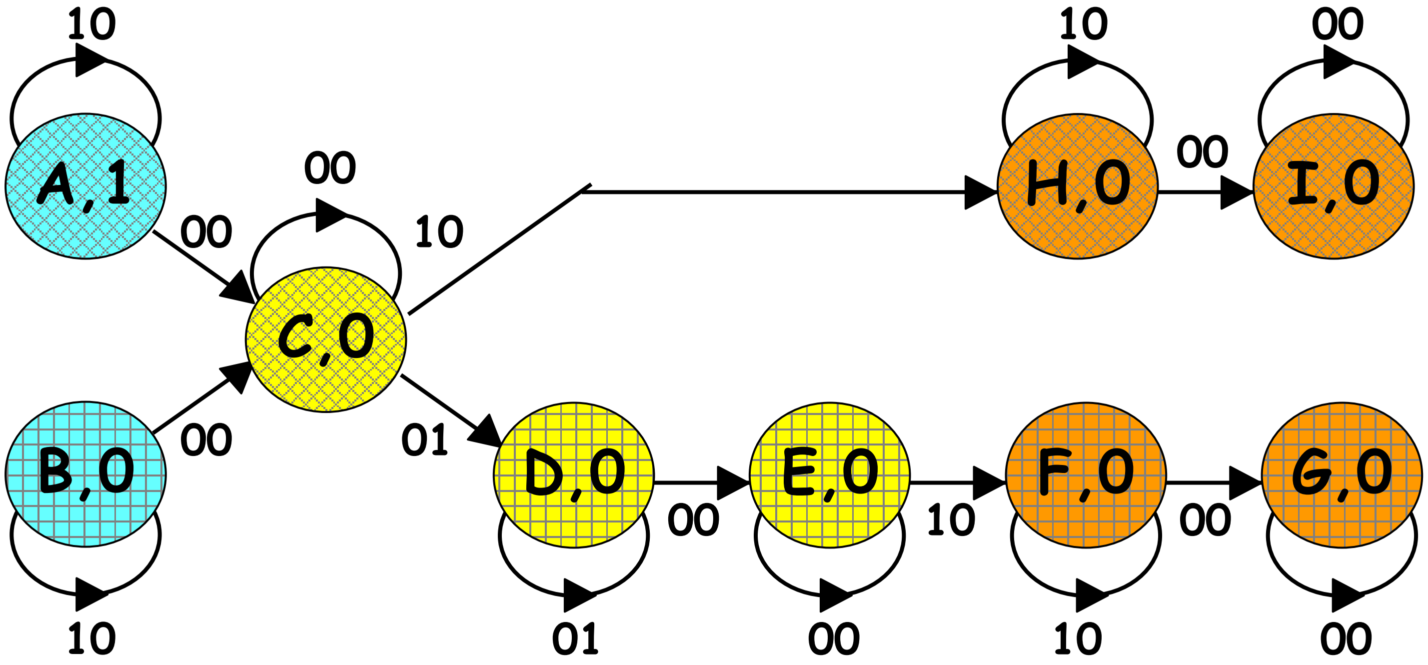
Il diagramma degli stati può essere costruito considerando inizialmente la configurazione di ingresso X_1X_2=10 e supponendo che essa corrisponda alla seconda attivazione del segnale X_1. Occorre prevedere due distinti stati A e B, entrambi stabili per X_1X_2=10 e caratterizzati rispettivamente da Z=1 e Z=0, onde tener conto del fatto che il numero di attivazioni del segnale X_2 può essere stato in precedenza pari o dispari.

Allorché il segnale X_1 si disattiva, dagli stati A e B si transita nello stato C in attesa della prima attivazione di X_1, eventualmente preceduta da quella di X_2.

Numero di attivazioni di X_1: 0 2

Numero di attivazioni di X_2: P D

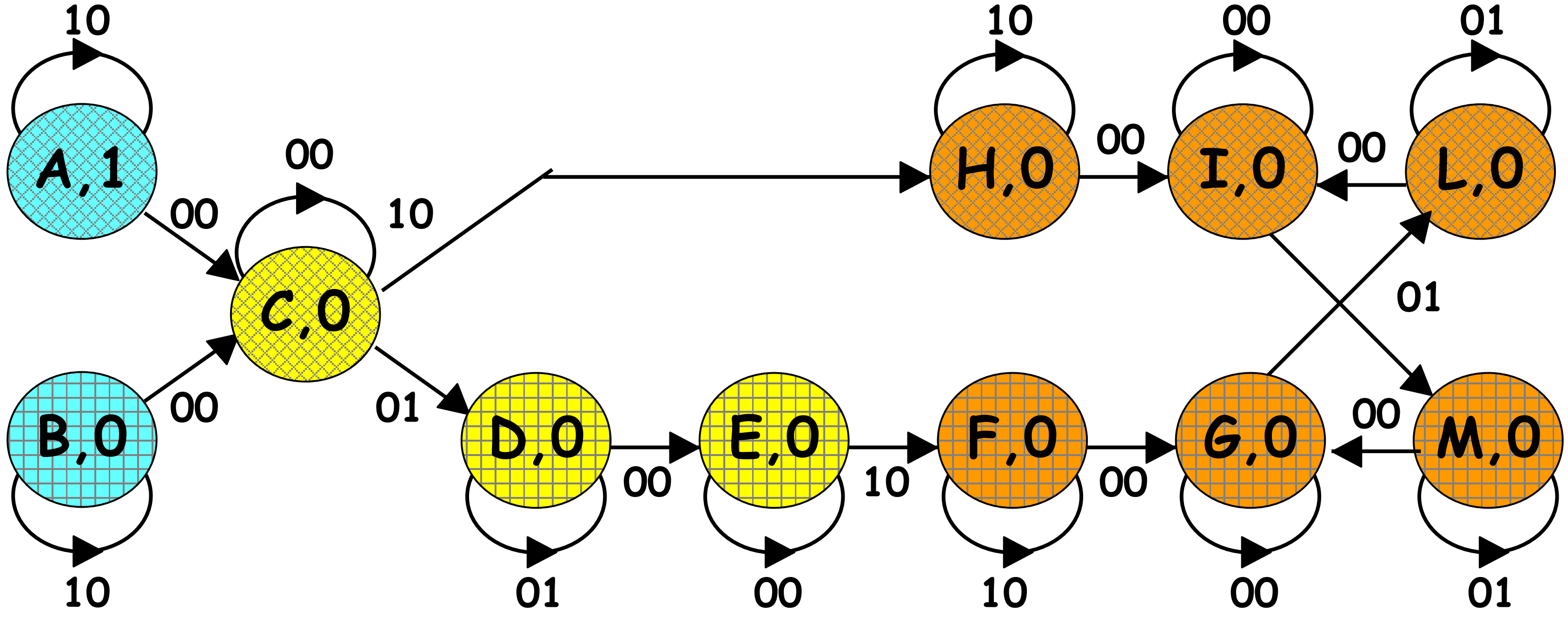
Lo stato C viene abbandonato non appena si attiva l'uno o l'altro segnale di ingresso. Occorre prevedere due distinte sequenze di stati (D, E, F, G e H, I rispettivamente) per tener traccia del fatto che la prima attivazione di X_1 sia stata o meno preceduta da quella di X_2.



Numero di attivazioni di X_1: 0 1 2

Numero di attivazioni di X_2: P D

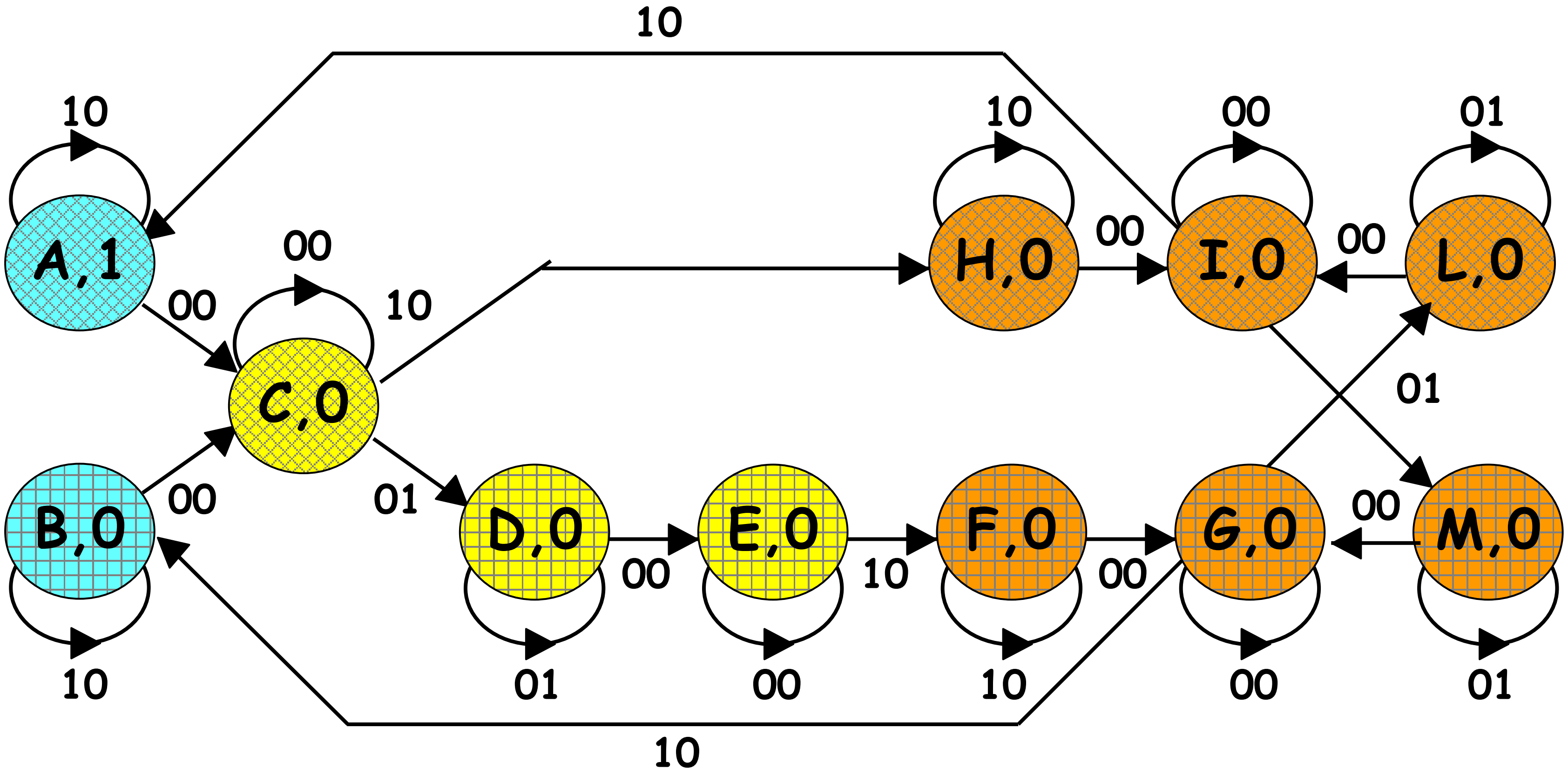
Occorre ora prevedere l'eventuale attivazione di X_2 prima della seconda attivazione di X_1. Il numero di attivazioni di X_2 risulterà complessivamente pari se in precedenza ne è stata rilevata un'altra (transizione dallo stato G in I via L), dispari in caso contrario (transizione dallo stato I in G via M).



Numero di attivazioni di X_1: 0 1 2

Numero di attivazioni di X_2: P D

Il diagramma viene completato prevedendo la seconda attivazione di X_1.
Dallo stato I (nessuna o due attivazioni di X_2) occorre transitare in A,
dallo stato G (una sola attivazione di X_2) in B.



Numero di attivazioni di X_1: 0 1 2

Numero di attivazioni di X_2: P D

Tabella di flusso (modello di Mealy) e tabella triangolare

$X_1 X_2$

	00	01	11	10
A	C,-	-,-	-,-	A,1
B	C,0	-,-	-,-	B,0
C	C,0	D,0	-,-	H,0
D	E,0	D,0	-,-	-,-
E	E,0	-,-	-,-	F,0
F	G,0	-,-	-,-	F,0
G	G,0	L,0	-,-	B,0
H	I,0	-,-	-,-	H,0
I	I,0	M,0	-,-	A,-
L	I,0	L,0	-,-	-,-
M	G,0	M,0	-,-	-,-

B	▨									
C	▨	BH								
D	CE	CE	CE							
E	▨	CE BF	FH							
F	▨	CG	CG FH	EG	EG					
G	▨	CG	DL BH	EG DL	BF	BF				
H	▨	CI	CI	EI	EI FH	GI	GI BH			
I	CI	CI AB	DM AH	EI DM	AF	GI AF	LM AB	AH		
L	CI	CI	CI DL	EI	EI	GI	GI LM		LM	
M	CG	CG	CG DM	EG	EG		LM	GI	GI	GI
	A	B	C	D	E	F	G	H	I	L

Classi massime di compatibilità

{A}, {B}, {C}, {D,E},
{F,M}, {G}, {H,L}, {I}

Tabella di flusso minima

$X_1 X_2$

		00	01	11	10
	A	C,-	-,-	-,-	A,1
	B	C,0	-,-	-,-	B,0
	C	C,0	D,0	-,-	H,0
{D,E}	D	D,0	D,0	-,-	F,0
{F,M}	F	G,0	F,0	-,-	F,0
	G	G,0	H,0	-,-	B,0
{H,L}	H	I,0	H,0	-,-	H,0
	I	I,0	F,0	-,-	A,-

Mappa di codifica

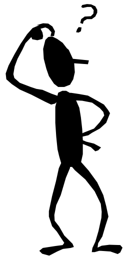
$y_2 y_3$

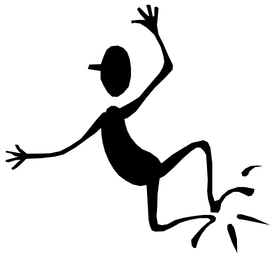
y_1	00	01	11	10
0	~~A~~	~~C~~	~~B~~	
1	~~G~~	~~H~~	~~D~~	~~F~~

$y_2 y_3$

y_1	00	01	11	10
0	A	C	B	D
1	I	H	G	F

stato	vincoli di adiacenza	transizioni indirette
A	A ⇨ C	
B	B ⇨ C	
~~C~~	~~C ⇨ D, C ⇨ H~~	~~C ⇨ B ⇨ D~~
~~D~~	~~D ⇨ F~~	
~~F~~	~~F ⇨ G~~	
~~G~~	~~G ⇨ H, G ⇨ B~~	
C	C ⇨ D, C ⇨ H	C ⇨ B ⇨ D
D	D ⇨ F	
F	F ⇨ G	
G	G ⇨ H, G ⇨ B	
H	H ⇨ I	
I	I ⇨ F, I ⇨ A	





Un metodo più sistematico per individuare una codifica degli stati che non dia luogo a corse critiche consiste nell'esaminare i vincoli di adiacenza colonna per colonna, differenziandoli in "vincoli di adiacenza forti" e "vincoli di adiacenza deboli".

Tabella di flusso minima

X_1 X_2

	00	01	11	10
A	C,-	-,-	-,-	A,1
B	C,0	-,-	-,-	B,0
C	C,0	D,0	-,-	H,0
D	D,0	D,0	-,-	F,0
F	G,0	F,0	-,-	F,0
G	G,0	H,0	-,-	B,0
H	I,0	H,0	-,-	H,0
I	I,0	F,0	-,-	A,-

vincoli di adiacenza

	forti	deboli
$X_1X_2=10$	C ⇨ H D ⇨ F G ⇨ B I ⇨ A	
$X_1X_2=00$	F ⇨ G H ⇨ I	A ⇨ C B ⇨ C
$X_1X_2=01$		C ⇨ D G ⇨ H I ⇨ F

é sufficiente che uno dei due stati A, B sia adiacente a C, non necessariamente entrambi

esistono due condizioni di indifferenza che possono essere utilmente sfruttate per transizioni indirette

Tabella di flusso minima

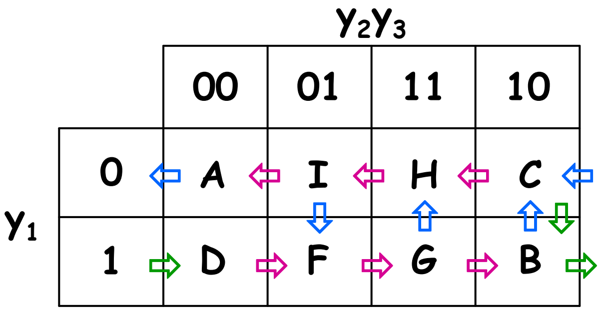
	$X_1\ X_2$			
	00	01	11	10
A	C,-	-,-	-,-	A,1
B	C,0	-,-	-,-	B,0
C	C,0	D,0	-,-	H,0
D	D,0	D,0	-,-	F,0
F	G,0	F,0	-,-	F,0
G	G,0	H,0	-,-	B,0
H	I,0	H,0	-,-	H,0
I	I,0	F,0	-,-	A,-

Tabella delle transizioni

	$y_1y_2y_3$	$X_1\ X_2$			
		00	01	11	10
A	000	010,-	---,-	---,-	000,1
I	001	001,0	101,0	---,-	000,-
H	011	001,0	011,0	---,-	011,0
C	010	010,0	110,0	---,-	011,0
D	100	100,0	100,0	---,-	101,0
F	101	111,0	101,0	---,-	101,0
G	111	111,0	011,0	---,-	110,0
B	110	010,0	100,0	---,-	110,0

$Y_1Y_2Y_3,Z$

Mappa di codifica



	y_2y_3			
y_1	00	01	11	10
0	A	I	H	C
1	D	F	G	B

vincoli di adiacenza forti

C ⇨ H　D ⇨ F　G ⇨ B

I ⇨ A　F ⇨ G　H ⇨ I

vincoli di adiacenza deboli

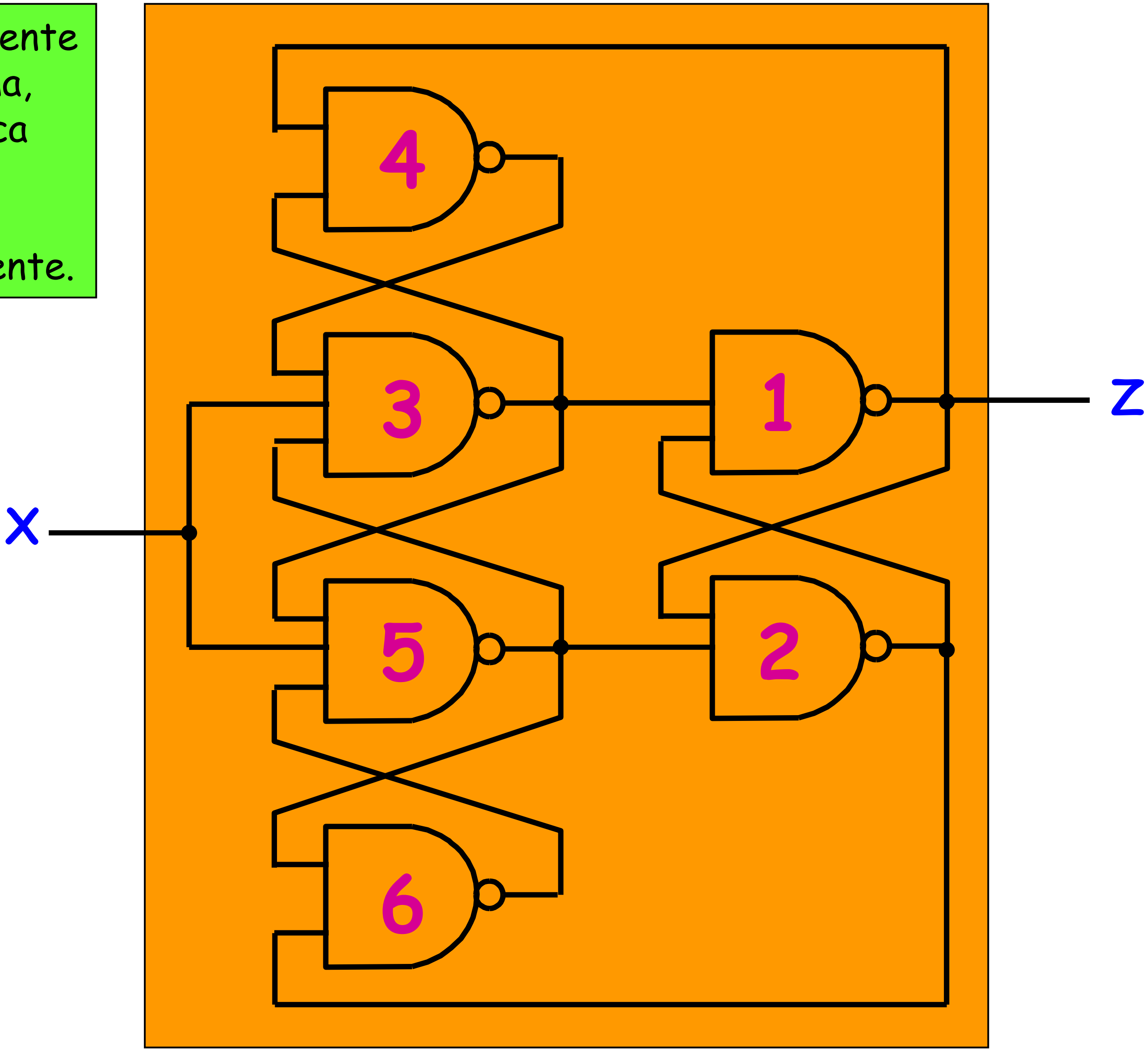
C ⇨ D　G ⇨ H　I ⇨ F

A ⇨ C　B ⇨ C

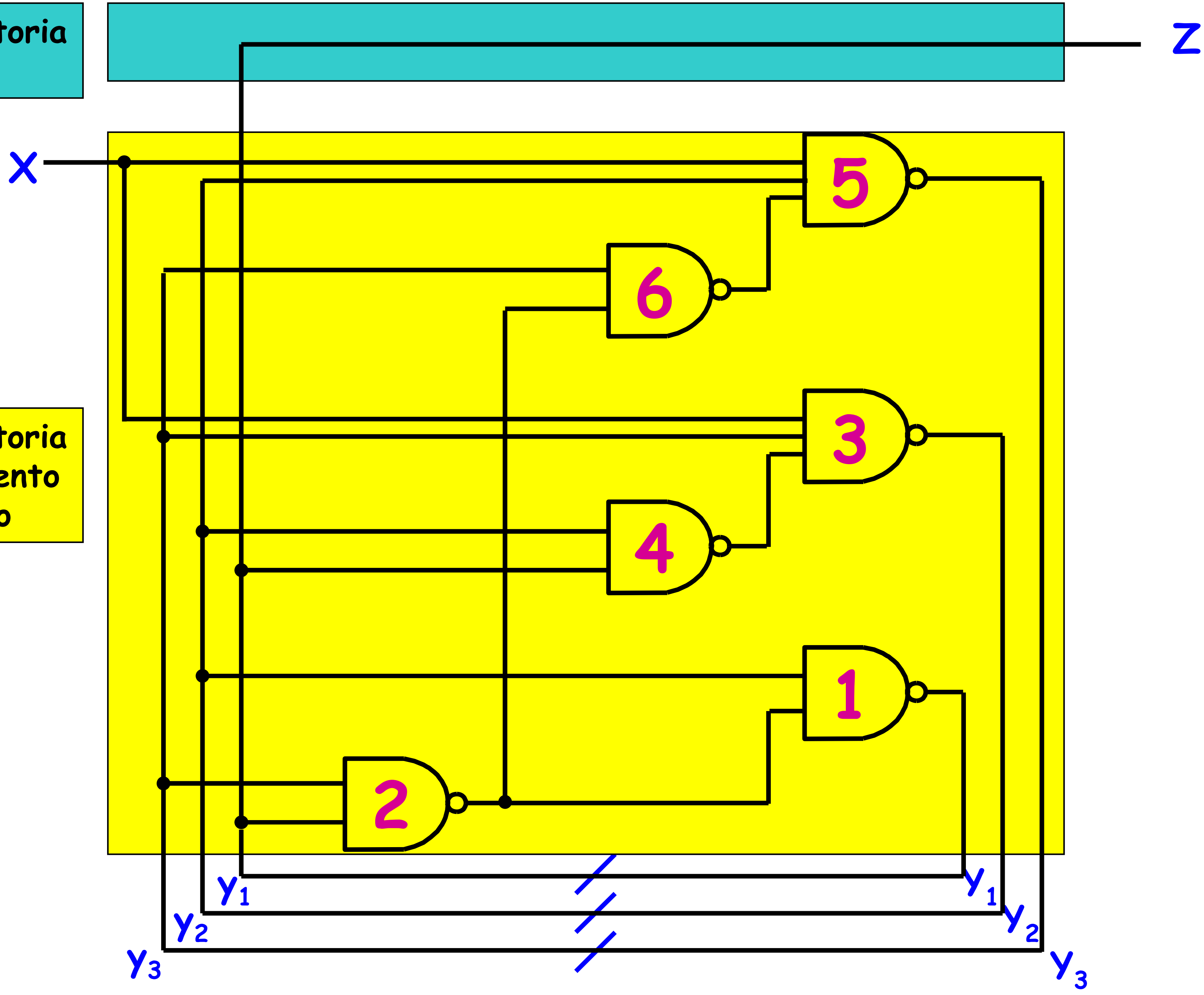
una transizione indiretta　C ⇨ B ⇨ D

Esercizio 4

Si esegua l'analisi della seguente rete sequenziale asincrona, identificando una sintetica descrizione a parole del suo comportamento ed una rete ad essa equivalente.



Lo schema logico ridisegnato secondo il modello di riferimento



rete combinatoria di uscita

rete combinatoria di aggiornamento dello stato

Schema logico

Espressioni delle variabili
di stato interno futuro e di uscita
in funzione delle variabili
di stato interno presente e di ingresso

Espressioni ↑

$$Y_1 = y_2 \underset{1}{\uparrow} (y_1 \underset{2}{\uparrow} y_3)$$

indice di livello

$$Y_2 = X \underset{1}{\uparrow} y_3 \underset{1}{\uparrow} (y_1 \underset{2}{\uparrow} y_2)$$

$$Y_3 = X \underset{1}{\uparrow} y_2 \underset{1}{\uparrow} (y_3 \underset{2}{\uparrow} (y_1 \underset{3}{\uparrow} y_3))$$

Espressioni SP

$$Y_1 = y_2' + y_1 y_3$$

$$Y_2 = X' + y_3' + y_1 y_2$$

$$Y_3 = X' + y_2' + y_3 (y_1' + \xcancel{y_3'})$$

$$Z = y_1$$

Tabella delle transizioni

X

$y_1y_2y_3$	0	1
000	111,0	111,0
001	111,0	🟩 101,0
011	▨ 011,0	🟩 001,0
010	🟦 011,0	▨ 010,0
100	111,1	111,1
101	🟦 111,1	▨ 101,1
111	▨ 111,1	🟩 110,1
110	011,1	🟩 010,1

$Y_1Y_2Y_3$,Z

▨	condizioni di stabilità
🟦	transizioni dirette
🟩	transizioni multiple
⬜	stati irraggiungibili

Tabella delle transizioni

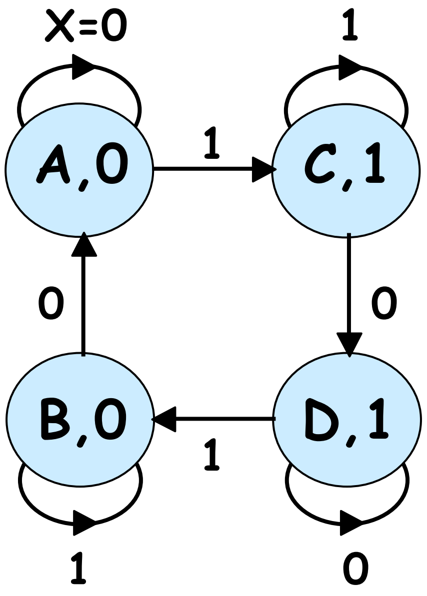
		X	
		0	1
$y_1y_2y_3$	000	111,0	111,0
	001	111,0	101,0
	011	011,0	001,0
	010	011,0	010,0
	100	111,1	111,1
	101	111,1	101,1
	111	111,1	110,1
	110	011,1	010,1

$Y_1Y_2Y_3,Z$

Tabella di flusso

		X	
		0	1
011	A	A,0	C,-
010	B	A,0	B,0
101	C	D,1	C,1
111	D	D,1	B,-

Diagramma degli stati



Il segnale di uscita Z commuta
ad ogni fronte di salita
del segnale di ingresso X

Rete equivalente