

RETI LOGICHE T

Ingegneria Informatica

Esercitazione 2

Reti Sequenziali Asincrone

Marco Lippi (marco.lippi3@unibo.it)

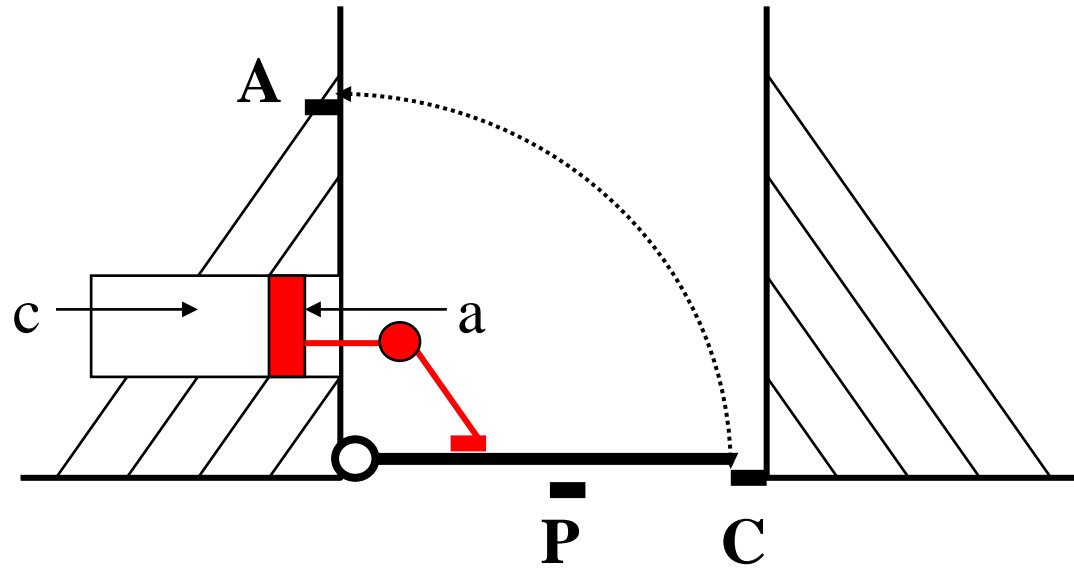
[Parte dei lucidi sono stati realizzati da Samuele Salti]

Esercizio Sintesi RSA

Si vuole automatizzare l'apertura di una porta con le seguenti specifiche:

- ❖ La porta deve essere di norma tenuta chiusa: il valore 1 di un sensore P, adibito a rilevare la presenza di una persona sulla soglia è l'evento che determina un movimento di apertura.
- ❖ Un attuatore idraulico consente di muovere la porta: il comando $a=1$ la apre ed il comando $c=1$ la chiude. I due comandi devono essere attivi solo durante il movimento della porta, ed **uno solo alla volta**.
- ❖ Il sensore A indica se la porta è aperta ($A=1$) o non è completamente aperta ($A=0$). Il sensore C indica se la porta è chiusa ($C=1$) o non è completamente chiusa ($C=0$).
- ❖ Riportare la tabella della verità nel caso di realizzazione con **macchina combinatoria**.
- ❖ Quale **comportamento indesiderato** si può presentare quando la porta inizia ad aprirsi?
- ❖ Come deve essere modificata la specifica per evitarlo?
- ❖ Quale macchina occorre per rispettare la nuova specifica? Qual è il suo grafo degli stati e la sua tabella di flusso?

Gestione dell'apertura automatica di una porta



A: Sensore di porta aperta

C: Sensore di porta chiusa

P: Sensore di presenza

a: Comando apertura porta

c: Comando chiusura porta

INGRESSI

USCITE

Soluzione 1: Macchina combinatoria

Tabella della verità

A	C	P	a	c
0	0	0	0	1
0	0	1	1	0
0	1	0	0	0
0	1	1	1	0
1	0	0	0	1
1	0	1	0	0
1	1	0	-	-
1	1	1	-	-

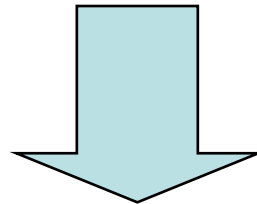
Comportamento anomalo
per A=0, C=0, P=0: la porta
potrebbe chiudersi in
faccia a chi ha superato il
sensore e sta entrando!

Occorre considerare la storia passata: macchina sequenziale

Soluzione 2: Macchina sequenziale asincrona

Nuova specifica:

Se la porta è in fase di apertura, essa deve continuare ad aprirsi completamente, indipendentemente dal valore rilevato dal sensore P



Occorre distinguere lo stato “apertura porta” dallo stato “chiusura porta”

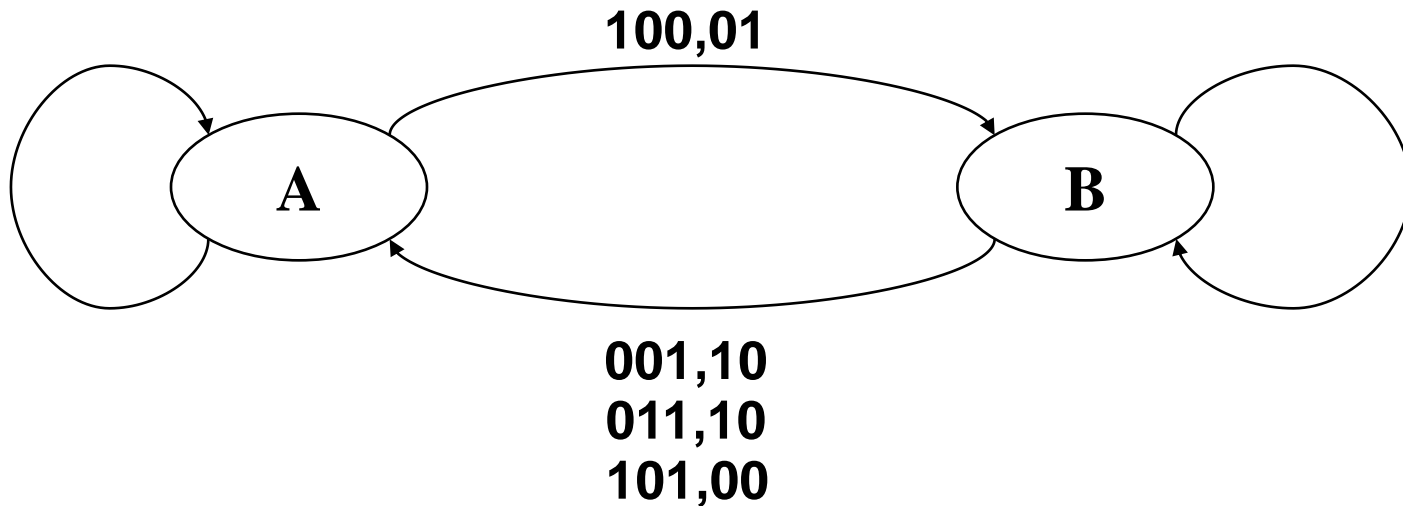
Soluzione 2: Diagramma degli stati (Mealy)

Stato A: Apertura porta

Stato B: Chiusura porta

ACP,ac

000,10
001,10
011,10
101,00

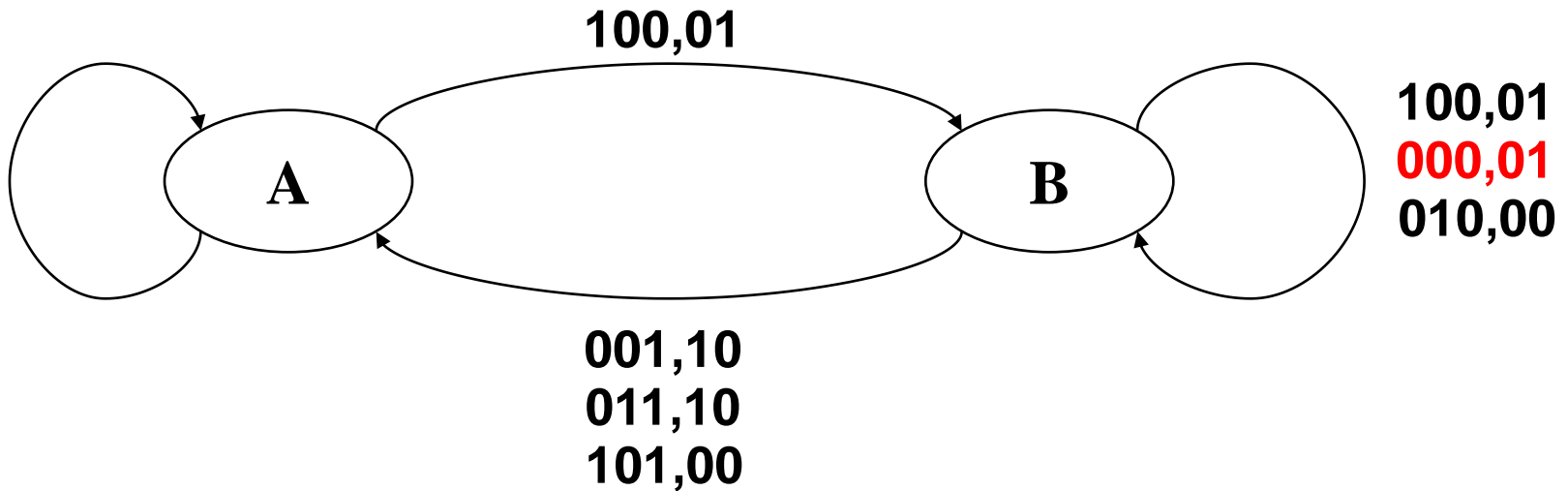


Possono esistere soluzioni
diverse ma equivalenti a
quella proposta

Tabella di flusso

ACP,ac

000,10
001,10
011,10
101,00



s. p.

	000	001	010	011	100	101	110	111
A	A,10	A,10	-,--	A,10	B,01	A,00	-,--	-,--
B	B,01	A,10	B,00	A,10	B,01	A,00	-,--	-,--

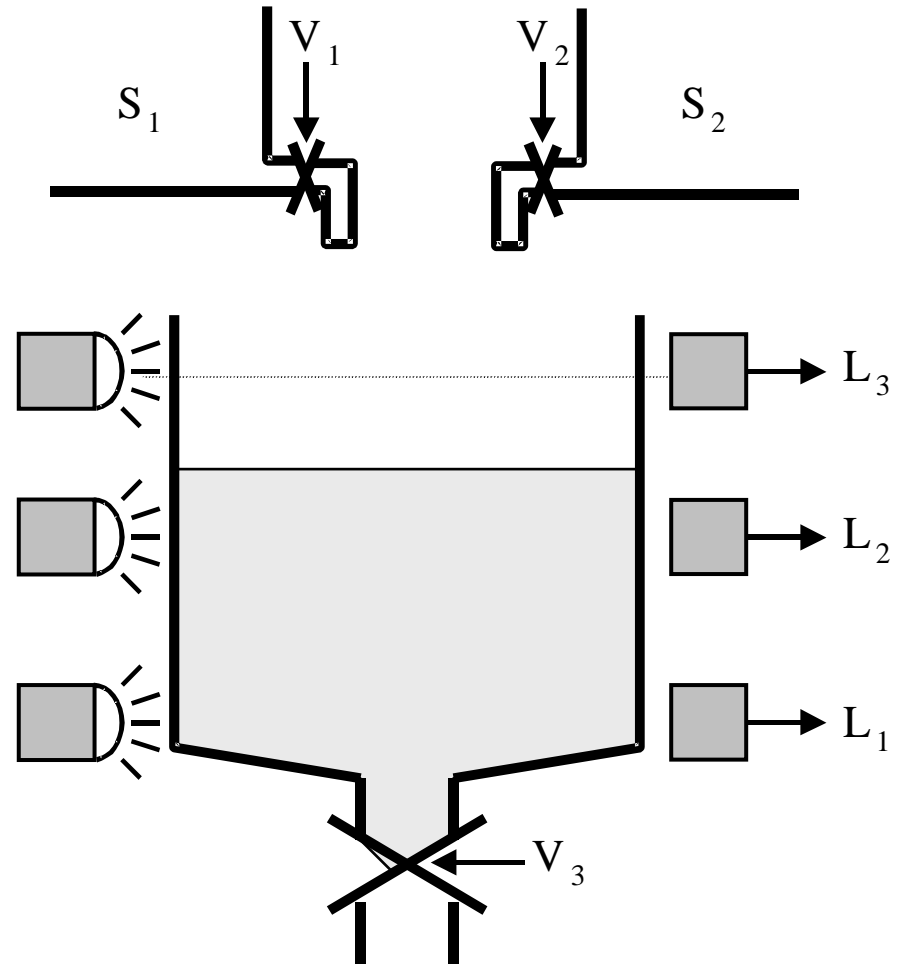
s. f., ac

Esercizio Sintesi RSA

Si vuole automatizzare l'impianto per la miscelazione di due liquidi, dotato di due serbatoi S_1 , S_2 ; un vaso di miscelazione; tre rilevatori di riempimento L_1 , L_2 , L_3 ; tre valvole V_1 , V_2 , V_3 .

❖ I tre rilevatori forniscono uscita 1 quando il livello del liquido nel vaso è minore della loro quota, uscita 0 quando è uguale o maggiore.

❖ Le tre valvole consentono il passaggio del liquido se, e solo se, il loro comando vale 1.



Esercizio Sintesi RSA

❖ L'unità di controllo dell'impianto realizzata con una RSA deve ripetere continuamente la seguente sequenza di fasi:

- riempimento del vaso con liquido proveniente da S1 finché il livello non raggiunge la quota L2;
- riempimento del vaso con liquido proveniente da S2 finché il livello non raggiunge la quota L3;
- svuotamento totale del vaso di miscelazione finché il livello non scende sotto la quota L1.

1. La macchina di controllo non può essere combinatoria. Perché?
2. La codifica degli ingressi e delle uscite è ridondante. Perché?
3. Individuare un grafo di Mealy a 3 stati considerando solo le configurazioni di ingresso possibili.
4. Tracciare la tabella di flusso considerando solo le configurazioni di ingresso possibili.
5. Individuare un grafo di Mealy equivalente con soli due stati.

Domanda 1

1) Combinatoria?

NO, perché il liquido sopra il livello L1 o sotto il livello L3 può caratterizzare una fase di svuotamento, ma anche una fase di riempimento.

			Svuotamento			Riempimento		
L1	L2	L3	V1	V2	V3	V1	V2	V3
0	0	1	0	0	1	0	1	0
0	1	1	0	0	1	1	0	0

Solo una macchina sequenziale può rispondere in modo diverso allo stesso ingresso

Domanda 2

2) Codice ridondante in ingresso?

SI, perché le configurazioni possibili per L1,L2,L3 sono solo quattro

000

001

011

111

e potrebbero essere codificate con due soli bit

2) Codice ridondante in uscita?

SI, perché le configurazioni possibili per V1,V2,V3 sono solo tre

100

010

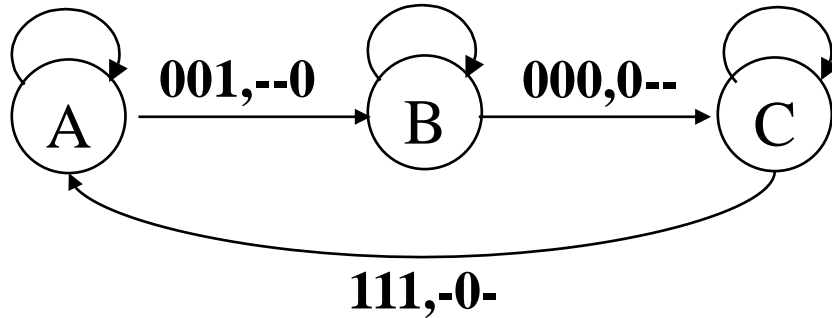
001

e potrebbero essere codificate con due soli bit

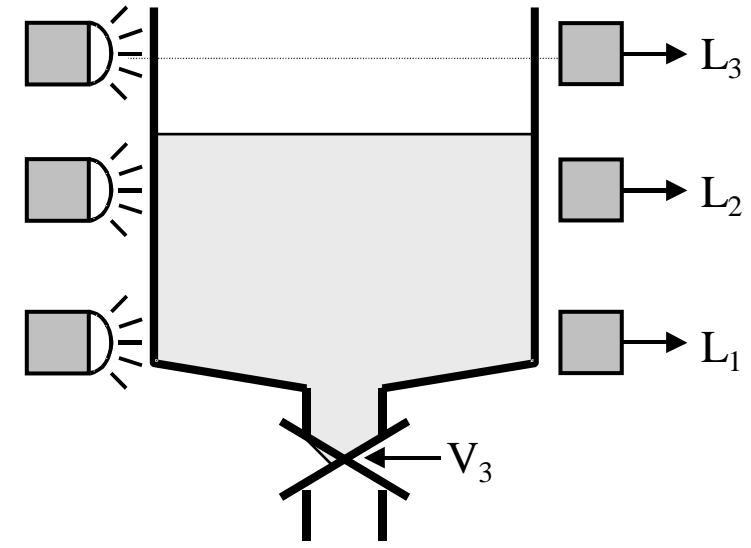
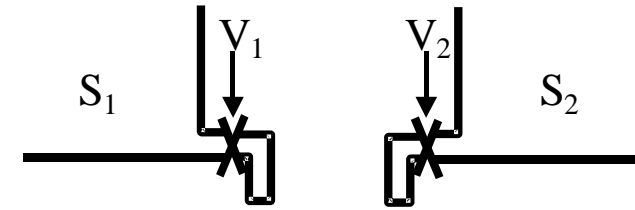
Domanda 3 e 4

L1L2L3, V1V2V3

011,100 000,001
 111,100 001,001
 001,010 011,001



Stato A: riempi da S1
Stato B: riempi da S2
Stato C: svuota



L1L2L3

	000	001	011	111
A	-, -	B, --0	A, 100	A, 100
B	C, 0--	B, 010	-, -	-, -
C	C, 001	C, 001	C, 001	A, -0-

Domanda 5

L1L2L3

	000	001	011	111
A	-, -	B, --0	A, 100	A, 100
B	C, 0--	B, 010	-, -	-, -
C	C, 001	C, 001	C, 001	A, -0-

Stati A e B compatibili

Stato AB =D: riempimento

da S1 se L2=1,

da S2 se L2=0

Stato C: svuota



L1L2L3

	000	001	011	111
D	C, 0--	D, 010	D, 100	D, 100
C	C, 001	C, 001	C, 001	D, -0-

L1L2L3, V1V2V3

001,010

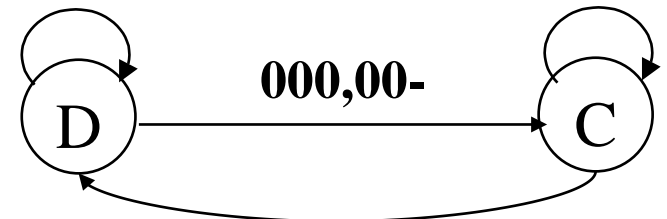
000,001

011,100

001,001

111,100

011,001



111,-00

Esercizio Sintesi RSA

- ❖ Due fotocellule $F1$ e $F2$ sono poste in sequenza su un nastro trasportatore. Esse assumono valore 1 al momento del passaggio di un oggetto sul nastro, 0 altrimenti.
- ❖ Normalmente, al passaggio di un oggetto, le due fotocellule si accendono e si spengono in modo sequenziale (si assuma che esse non risultino mai contemporaneamente accese).
- ❖ Se una delle due fotocellule si accende e si spegne per due volte consecutive, senza che si sia accesa l'altra, allora deve essere segnalata un'anomalia.
- ❖ Una rete sequenziale asincrona riceve in ingresso i due segnali $F1$ e $F2$ e deve produrre in uscita un segnale Z , che deve essere pari a 1 in caso di anomalia, e 0 altrimenti.
- ❖ Il segnale $Z=1$ deve essere mantenuto fino a che non si accende la fotocellula che era rimasta spenta troppo a lungo, indicando che un eventuale inceppamento del nastro è stato rimosso.

Esercizio Sintesi RSA

❖ Individuare:

1. il grafo degli stati **primitivo** della rete tramite modello di Moore
2. la tabella di flusso relativa all'automa **minimo** (modello di Mealy), evidenziando le condizioni di stabilità e riportando tabella triangolare e classi massime di compatibilità
3. una codifica degli stati indicando il grafo delle adiacenze e la tabella delle transizioni
4. le espressioni PS di costo minimo della variabile di stato di peso minore e dell'uscita, garantendo assenza di alea statica, riportando le mappe di Karnaugh e i raggruppamenti rettangolari individuati
5. l'espressione a NOR della variabile di stato di peso minore (partendo dal risultato ottenuto al punto precedente), riportando lo schema del circuito logico.

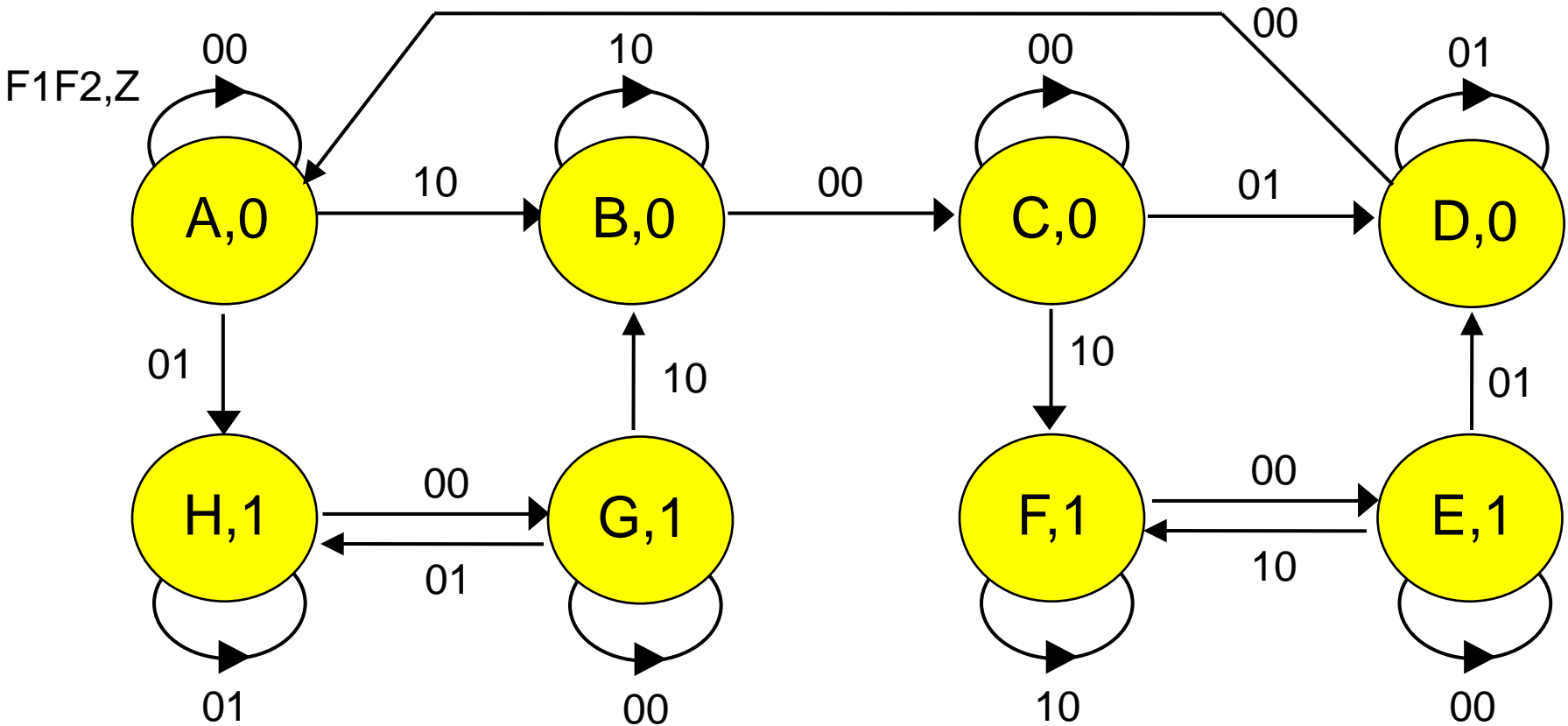
Domanda 1

*F2 spenta
no anomalie*

*F1 accesa
no anomalie*

*F1 spenta
no anomalie*

*F2 accesa
no anomalie*



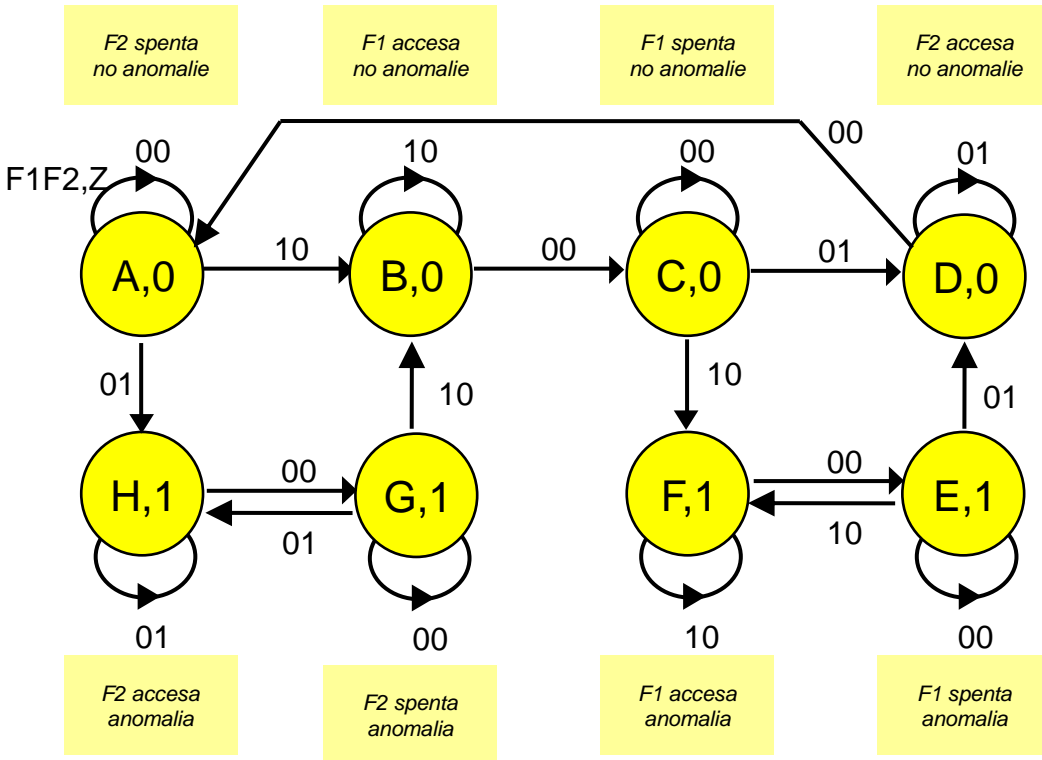
*F2 accesa
anomalia*

*F2 spenta
anomalia*

*F1 accesa
anomalia*

*F1 spenta
anomalia*

Domanda 2



		F1 F2				
		00	01	11	10	Z
s. p.	A	A	H	-	B	0
	B	C	-	-	B	0
	C	C	D	-	F	0
	D	A	D	-	-	0
	E	E	D	-	F	1
	F	E	-	-	F	1
	G	G	H	-	B	1
	H	G	H	-	-	1
		s.f., Z				

Domanda 2

		F1 F2				
		00	01	11	10	Z
s.p.	A	A	H	-	B	0
	B	C	-	-	B	0
	C	C	D	-	F	0
	D	A	D	-	-	0
	E	E	D	-	F	1
	F	E	-	-	F	1
	G	G	H	-	B	1
	H	G	H	-	-,	1

s.f., Z

Nota: quando è richiesto un passaggio dal grafo primitivo secondo il modello di Moore al grafo minimo secondo il modello di Mealy, è sempre conveniente tradurre la TdF dal modello di Moore al modello di Mealy

Domanda 2

s.p.

	F1 F2			
	00	01	11	10
A	A,0	H,1	-	B,0
B	C,0	-	-	B,0
C	C,0	D,0	-	F,-
D	A,0	D,0	-	-
E	E,1	D,-	-	F,1
F	E,1	-	-	F,1
G	G,1	H,1	-	B,-
H	G,1	H,1	-	-

s.f., Z

B	AC						
C	DH BF	BF					
D	DH	AC	AC				
E							
F							
G					BF DH	BF EG	
H					EG DH	EG	
	A	B	C	D	E	F	G

Domanda 3 – Stati minimi

B	AC						
C	DH BF	BF					
D	DH	AC	AC				
E							
F							
G					BF DH	BF EG	
H					EG DH	EG	
	A	B	C	D	E	F	G

Classi massime di compatibilità

A, B, C, D, EF, GH

$a=\{A\}$, $b=\{B\}$, $c=\{C\}$,
 $d=\{D\}$, $e=\{EF\}$, $g=\{GH\}$

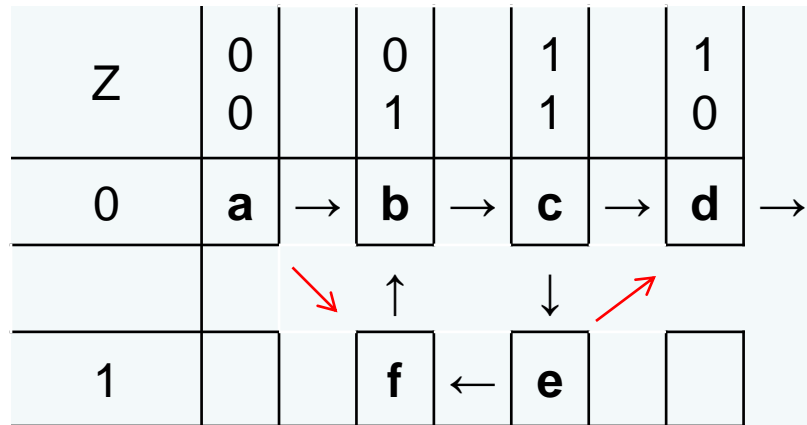
**Per Unger, copertura
 garantisce chiusura**

Domanda 3 – TdF minima

		F1 F2			
		00	01	11	10
s.p.	a	a,0	f,-	-, -	b,0
	b	c,0	-, -	-, -	b,0
	c	c,0	d,0	-, -	e,-
	d	a,0	d,0	-, -	-, -
	e	e,1	d,-	-, -	e,1
	f	f,1	f,1	-, -	b,-

s.f., Z

Domanda 4 – TdT Minima



Corse: a → f
e → d

Le corse NON sono critiche in quanto è possibile transitare per gli stati non utilizzati 100 e 110

Domanda 4 – TdT Minima

In giallo:
corse non critiche
modificando gli
s.f. per a ed e

	F1 F2			
	00	01	11	10
a = 000	000,0	001,-	-, -	001,0
b = 001	011,0	101,-	-, -	001,0
c = 011	011,0	010,0	-, -	111,-
d = 010	000,0	010,0	-, -	-, -
100	-, -	-, -	-, -	-, -
f = 101	101,1	101,1	-, -	001,-
e = 111	111,1	011,-	-, -	111,-
110	-, -	-, -	-, -	-, -

$Y_2 Y_1 Y_0, Z$

Domanda 5 – Sintesi combinatoria

		F1 F2			
		00	01	11	10
$y_1 y_0$	00	0	1	-	1
	01	1	1	-	1
	11	1	0	-	1
	10	0	0	-	-

$y_2 = 0$

		F1 F2			
		00	01	11	10
$y_1 y_0$	00	-	-	-	-
	01	1	1	-	1
	11	1	1	-	1
	10	-	-	-	-

$y_2 = 1$

$$Y_0 = (F1 + F2 + y_0)$$

$$(y_1' + y_0)$$

$$(y_1' + F2' + y_2)$$

Domanda 5 – Sintesi combinatoria

		F1 F2			
		00	01	11	10
y_1y_0	00	0	-	-	0
	01	0	-	-	0
	11	0	0	-	-
	10	0	0	-	-

$y_2 = 0$

		F1 F2			
		00	01	11	10
y_1y_0	00	-	-	-	-
	01	1	1	-	-
	11	1	-	-	-
	10	-	-	-	-

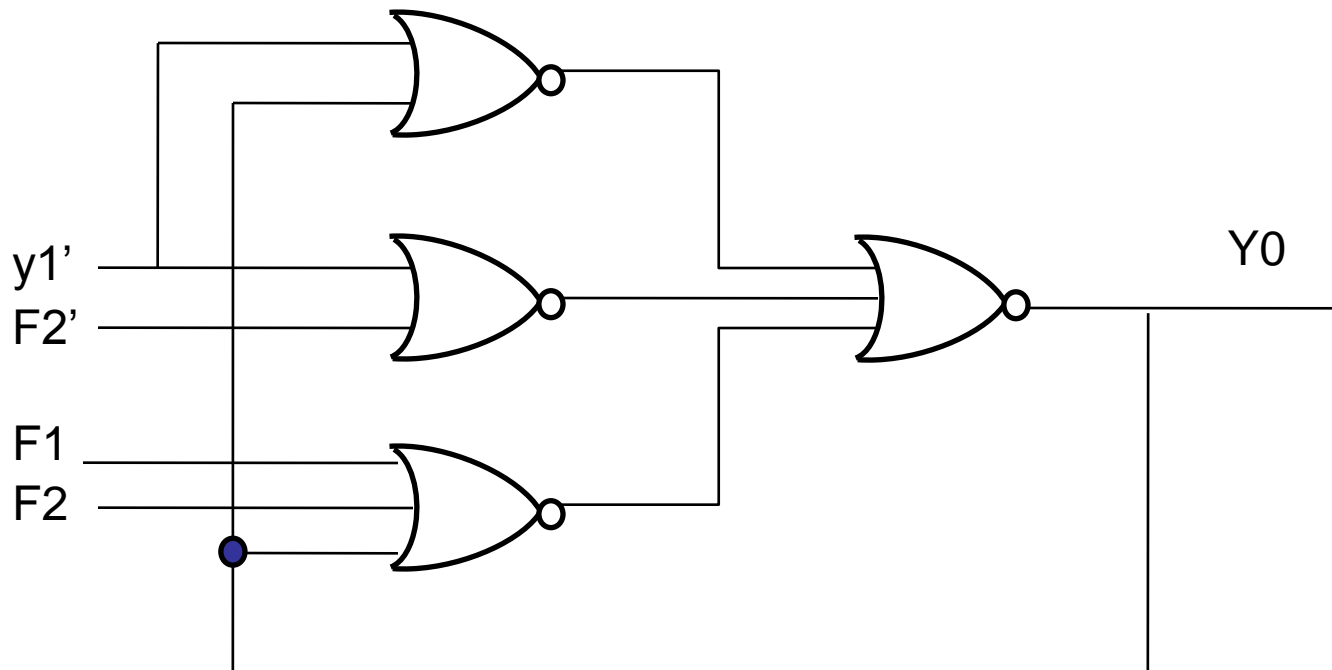
$y_2 = 1$

$$Z = y_2$$

Domanda 6 – Sintesi con NOR

$$Y_0 = (y1' + y0) (y1' + F2') (F1 + F2 + y0)$$

$$Y_0 = (y1' \downarrow y0) \downarrow (y1' \downarrow F2') \downarrow (F1 \downarrow F2 \downarrow y0)$$



Esercizio Sintesi RSA

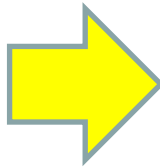
Determinare automa minimo, Tdf e TdT minime della macchina sequenziale asincrona di cui si conosce la seguente TdF del **grafo primitivo**.

		x1 x2			
		00	01	11	10
s.p.	A	B,0	-, -	E,0	A,0
	B	B,0	C,0	-, -	A,0
	C	B,0	C,0	D,0	-, -
	D	-, -	C,0	D,0	-, -
	E	-, -	F, -	E,0	-, -
	F	-, -	F,1	G,1	-, -
	G	-, -	-, -	G,1	H,1
	H	I,1	-, -	-, -	H,1
	I	I,1	-, -	-, -	A, -
			s.f., z		

B									
C	ED								
D	ED								
E		CF	CF DE	CF					
F									
G									
H									
I							AH	HA	
		A	B	C	D	E	F	G	H

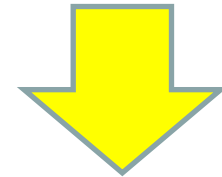
Stati minimi

B								
C	/							
D	ED							
E		CF	CF DE	CF				
F	/	/	/	/	/			
G	/	/	/	/	/	/		
H	/	/	/					
I	/	/	/				AI	HA
	A	B	C	D	E	F	G	H



Classi massime di compatibilità

{AB}, {AE}, {BCD}, {DH},
{DI}, {EH}, {EI}, {FGH}, {FI}



$\alpha = \{AB\}$
 $\beta = \{BCD\}$
 $\gamma = \{EI\}$
 $\delta = \{FGH\}$

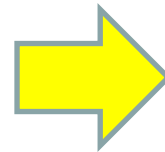
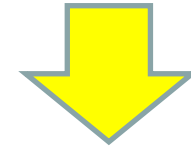
**Per Unger, copertura
garantisce chiusura**

TdF minima

		x1 x2			
		00	01	11	10
s.p.	A	B,0	-, -	E,0	A,0
	B	B,0	C,0	-, -	A,0
	C	B,0	C,0	D,0	-, -
	D	-, -	C,0	D,0	-, -
	E	-, -	F, -	E,0	-, -
	F	-, -	F,1	G,1	-, -
	G	-, -	-, -	G,1	H,1
	H	I,1	-, -	-, -	H,1
	I	I,1	-, -	-, -	A, -

s.f., z

$\alpha = \{AB\}$ $\beta = \{BCD\}$ $\gamma = \{EI\}$ $\delta = \{FGH\}$



s.p.

		x1 x2			
		00	01	11	10
α	$\alpha/\beta, 0$	$\beta, 0$	$\gamma, 0$	$\alpha, 0$	
β	$\alpha/\beta, 0$	$\beta, 0$	$\beta, 0$	$\alpha, 0$	
γ	$\gamma, 1$	$\delta, -$	$\gamma, 0$	$\alpha, -$	
δ	$\gamma, 1$	$\delta, 1$	$\delta, 1$	$\delta, 1$	

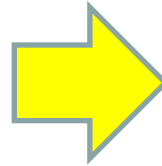
s.f., z

TdT Minima

s.p.

	x1 x2			
	00	01	11	10
α	$\alpha,0$	$\beta,0$	$\gamma,0$	$\alpha,0$
β	$\beta,0$	$\beta,0$	$\beta,0$	$\alpha,0$
γ	$\gamma,1$	$\delta,-$	$\gamma,0$	$\alpha,-$
δ	$\gamma,1$	$\delta,1$	$\delta,1$	$\delta,1$

s.f., z



Grafo delle adiacenze

y1\y2	0		1
0	α	\leftrightarrow	β
	\updownarrow		
1	γ	\leftrightarrow	δ

y1y2

	x1 x2			
	00	01	11	10
00	$00,0$	$01,0$	$10,0$	$00,0$
01	$01,0$	$01,0$	$01,0$	$00,0$
10	$10,1$	$11,-$	$10,0$	$00,-$
11	$10,1$	$11,1$	$11,1$	$11,1$

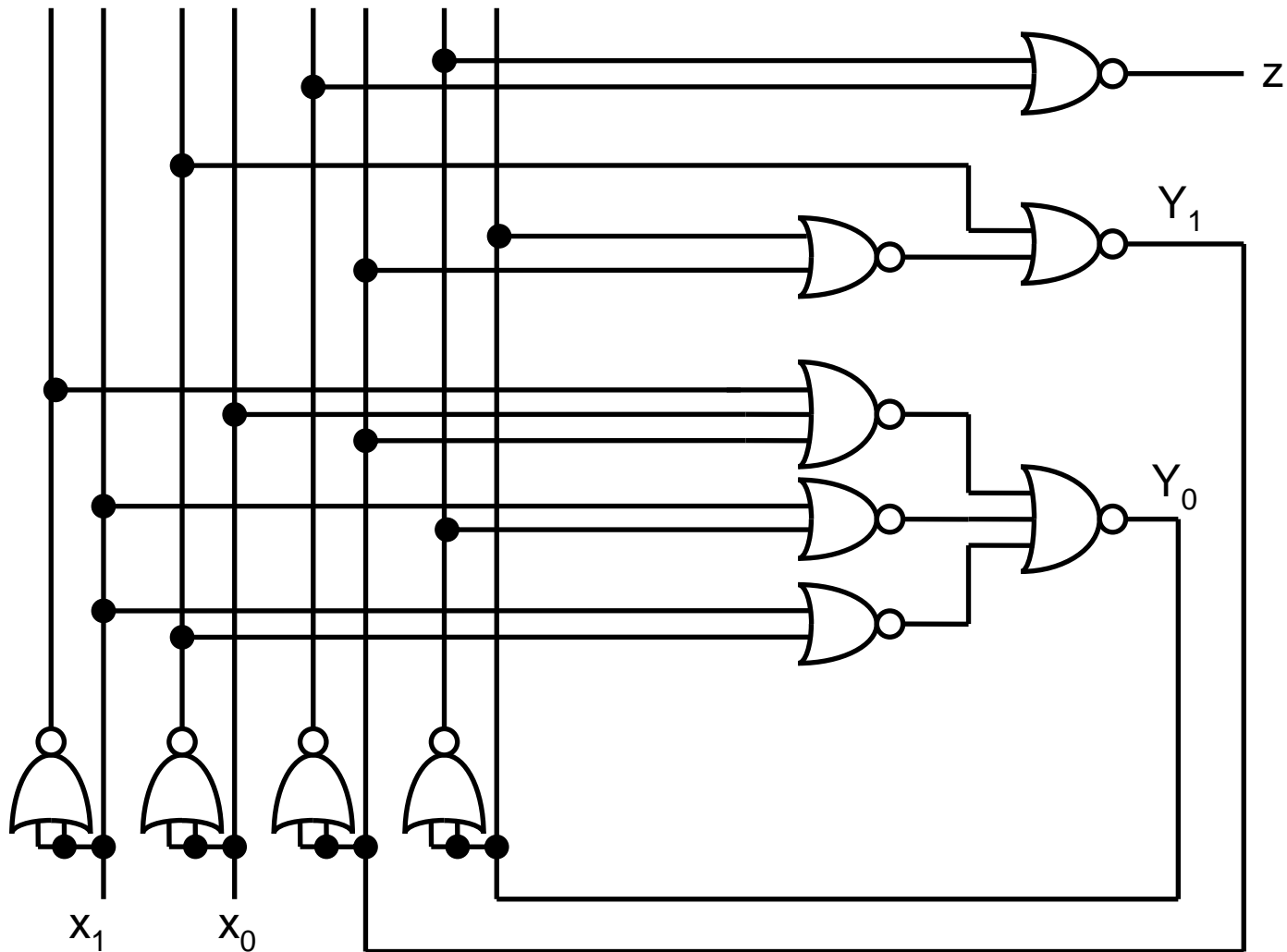
Y1Y2, z

Esercizio Analisi RSA

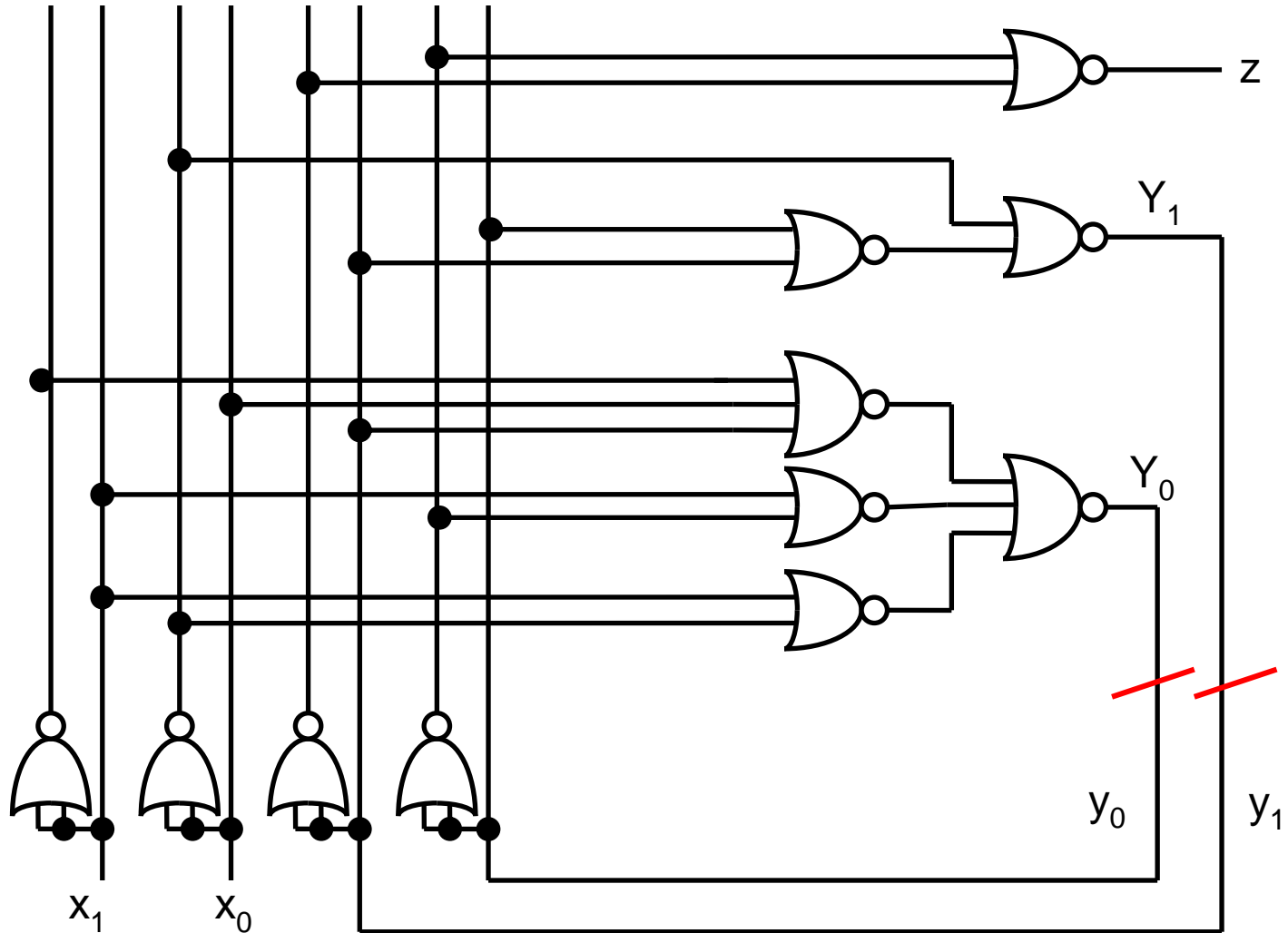
❖ Data la rete sequenziale asincrona a NOR riportata nella prossima slide, determinare:

1. le espressioni a NOR delle variabili di stato futuro e dell'uscita e le corrispondenti espressioni normali PS
2. le mappe delle variabili Y_1 , Y_0 e z evidenziando i RR derivanti dai termini somma delle espressioni ricavate in precedenza, e la tabella delle transizioni, evidenziando le situazioni di stabilità
3. i comportamenti indesiderati e le violazioni ai vincoli di progetto delle reti asincrone che si riscontrano nelle mappe e nella tabella ricavate al punto precedente.
4. la tabella di flusso, eliminando le colonne con comportamenti indesiderati
5. le transizioni multiple, riscrivendo in maniera opportuna la tabella di flusso
6. stati irraggiungibili e transizioni che corrispondono a configurazioni d'ingresso impossibili, eliminando entrambe dalla tabella
7. stati compatibili, semplificando la tabella
8. Il grafo degli stati e una descrizione a parole del comportamento

Esercizio Analisi RSA



Domanda 1 - Espressioni NOR



$$Y_1 \text{ (NOR)} = x_0' \downarrow (y_1 \downarrow y_0)$$

$$Y_0 \text{ (NOR)} = (x_1' \downarrow x_0 \downarrow y_1) \downarrow (x_1 \downarrow y_0') \downarrow (x_0' \downarrow x_1)$$

$$z \text{ (NOR)} = y_1' \downarrow y_0'$$

Domanda 1 - Espressioni PS

$$Y_1 \text{ (NOR)} = x_0' \downarrow (y_1 \downarrow y_0)$$

$$Y_0 \text{ (NOR)} = (x_1' \downarrow x_0 \downarrow y_1) \downarrow (x_1 \downarrow y_0') \downarrow (x_0' \downarrow x_1)$$

$$z \text{ (NOR)} = y_1' \downarrow y_0'$$



$$Y_1 \text{ (PS)} = x_0 (y_1 + y_0)$$

$$Y_0 \text{ (PS)} = (x_1' + x_0 + y_1) (x_1 + y_0') (x_1 + x_0')$$

$$z \text{ (PS)} = y_1 y_0$$

Domanda 2 - Mapped

x_0 ($y_1 + y_0$)

$(x_1' + x_0 + y_1)(x_1 + y_0')$ ($x_1 + x_0'$)

$(y_0)(y_1)$

x_1x_0 y_1y_0	00	01	11	10
00	0	0	0	0
01	0	1	1	0
11	0	1	1	0
10	0	1	1	0

Y_1

x_1x_0 y_1y_0	00	01	11	10
00	1	0	1	0
01	0	0	1	0
11	0	0	1	1
10	1	0	1	1

Y_0

x_1x_0 y_1y_0	00	01	11	10
00	0	0	0	0
01	0	0	0	0
11	1	1	1	1
10	0	0	0	0

z

$$Y_1 \text{ (PS)} = x_0 (y_1 + y_0)$$

$$Y_0 \text{ (PS)} = (x_1' + x_0 + y_1)(x_1 + y_0')(x_1 + x_0')$$

$$z \text{ (PS)} = y_1 y_0$$

Domanda 2 – TdT e stabilità

x_1x_0 y_1y_0	00	01	11	10
00	0	0	0	0
01	0	1	1	0
11	0	1	1	0
10	0	1	1	0

Y_1

x_1x_0 y_1y_0	00	01	11	10
00	1	0	1	0
01	0	0	1	0
11	0	0	1	1
10	1	0	1	1

Y_0

x_1x_0 y_1y_0	00	01	11	10
00	0	0	0	0
01	0	0	0	0
11	1	1	1	1
10	0	0	0	0

z



		$x_1 x_0$			
		00	01	11	10
y_1y_0	00	01,0	00,0	01,0	00,0
	01	00,0	10,0	11,0	00,0
	11	00,1	10,1	11,1	01,1
	10	01,0	10,0	11,0	01,0
		$Y_1 Y_0, z$			

Domanda 3 – Violazioni vincoli RSA

		$x_1 x_0$			
		00	01	11	10
$y_1 y_0$	00	01,0	00,0	01,0	00,0
	01	00,0	10,0	11,0	00,0
	11	00,1	10,1	11,1	01,1
	10	01,0	10,0	11,0	01,0

$Y_1 Y_0, z$

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

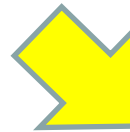
Y_0

1. Ad ingresso 00 non corrisponde nessun stato stabile
2. Transizioni tra stati con codifica non adiacente, rischio di corsa critica solo nel caso $y_1 y_0 = 01$
3. Sintesi della rete di stato futuro Y_0 non elimina a priori il rischio di alea statica

Domanda 4 - TdF

		$x_1 x_0$			
		00	01	11	10
$y_1 y_0$	00	01,0	00,0	01,0	00,0
	01	00,0	10,0	11,0	00,0
	11	00,1	10,1	11,1	01,1
	10	01,0	10,0	11,0	01,0

$Y_1 Y_0, z$



s.p.

		$x_1 x_0$			
		00	01	11	10
A=00	-, -	A,0	B,0	A,0	
B=01	-, -	D,0	C,0	A,0	
C=11	-, -	D,1	C,1	B,1	
D=10	-, -	D,0	C,0	B,0	

s.f., z

Domanda 5 – Trans. Multiple

s.p.

		$x_1 x_0$			
		00	01	11	10
A	-,-	A,0	B,0	A,0	
B	-,-	D,0	C,0	A,0	
C	-,-	D,1	C,1	B,1	
D	-,-	D,0	C,0	B,0	

s.f., z

s.p.

		$x_1 x_0$			
		00	01	11	10
A	-,-	A,0	C,0	A,0	
B	-,-	D,0	C,0	A,0	
C	-,-	D,1	C,1	A,1	
D	-,-	D,0	C,0	A,0	

s.f., z

Domanda 6 – Stati/ingressi impossibili

		$x_1 x_0$			
		00	01	11	10
s.p.	A	-,-	A,0	C,0	A,0
	B	-,-	D,0	C,0	A,0
	C	-,-	D,1	C,1	A,1
	D	-,-	D,0	C,0	A,0
		s.f., z			

B è uno stato irraggiungibile, in quanto nessun stato futuro porta a B

Quando l'automa è nello stato D, stabile per 01, la configurazione non adiacente 10 è inammissibile per il corretto funzionamento della RSA



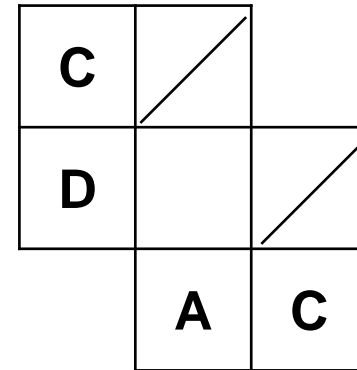
		$x_1 x_0$			
		00	01	11	10
s.p.	A	-,-	A,0	C,0	A,0
	C	-,-	D,1	C,1	A,1
	D	-,-	D,0	C,0	-,-
		s.f., z			

Domanda 7 – Stati compatibili

s.p.

	$x_1 x_0$			
	00	01	11	10
A	-, -	A, 0	C, 0	A, 0
C	-, -	D, 1	C, 1	A, 1
D	-, -	D, 0	C, 0	-, -

s.f., z



s.p.

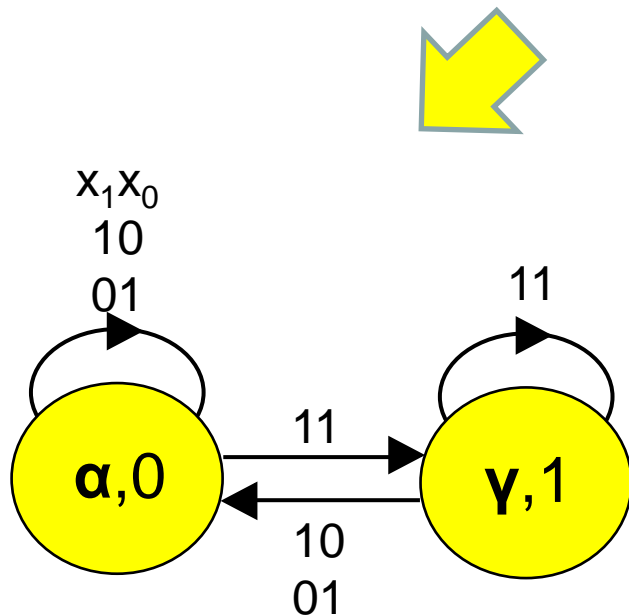
	$x_1 x_0$			
	00	01	11	10
$\alpha = AD$	-, -	$\alpha, 0$	$\gamma, -$	$\alpha, 0$
$\gamma = C$	-, -	$\alpha, -$	$\gamma, 1$	$\alpha, -$

s.f., z

Domanda 8 – Grafo e descrizione

		$x_1 x_0$			
		00	01	11	10
s.p.	$\alpha=AD$	-, -	$\alpha, 0$	$\gamma, -$	$\alpha, 0$
	$\gamma=C$	-, -	$\alpha, -$	$\gamma, 1$	$\alpha, -$

s.f., z



In realtà la rete ha un comportamento combinatorio: risponde 1 quando i due ingressi sono entrambi 1. In altre parole, la si può pensare come una realizzazione molto inefficiente di un AND