

Aszinkron sorrendi hálózatok tervezése mintapéldákon keresztül

aszinkron szekvenciális hálózat: aszinkron sorrendi hálózatokban nincs szinkronizáló jel (órajel), azaz a következő állapot ($n+1$) értelmezését nem egy órajel ciklus lezajlása után determináljuk. Ezekben a hálózatokban általánosságban azt feltételezhetjük, hogy a bemenet minden egyes változása egy új állapotot generál.

(megjegyzés: az új állapot ($n+1$) nem feltétlenül különbözik (a szekunder változók és a kimenetek tekintetében) az előzőtől (n), ezt mindig a specifikáció szerinti - adott időpontbeli - működési feltételek határozzák meg.)

Aszinkron sorrendi hálózatok tervezése mintapéldákon keresztül

- 1. mintafeladat -

*Közvetlenül visszacsatolt kombinációs hálózattal tervezzünk olyan egybemenetű (**X**) és egykimenetű (**Z**) aszinkron sorrendi hálózatot, amelynek kimenetén a szint mindannyiszor ellenkezőjére vált, ahányszor a bemenet magas szintről alacsony szintre vált.*

*Bekapcsolás után a hálózat az **X=0** bemenetnél **Z = 0** kimenetet szolgáltatasson!*

- 1. mintafeladat -

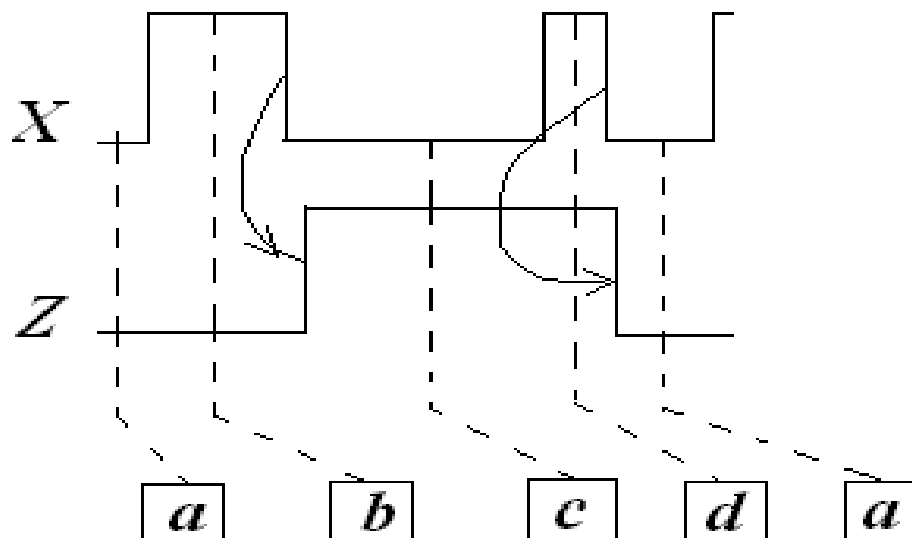
A feladat megoldásához a következő, általános szisztematikus lépéssort alkalmazzuk:

- 1. Idődiagram (vagy állapotgráf) felrajzolása.*
- 2. Előzetes szimbolikus állapottábla felvétele.*
- 3. Összevont szimbolikus állapottábla megszerkesztése.*
- 4. Kódolt állapottábla elkészítése a kritikus versenyhelyzet elemzésével.*
- 5. - közvetlen visszacsatolt kombinációs hálózat esetében a szekunder változó(k) és a kimenet(ek) függvényeinek Karnaugh tábla segítségével történő statikus házárdmentesített megadása algebrai alakban;*
 - SR tárolók alkalmazása esetén a vezérlési tábla, valamint a szükséges Karnaugh táblák alapján az SR tároló(k) és a kimenet(ek) statikusan házárdmentesített algebrai függvényalakjainak megadása.*
- 6. Kezdeti állapotról történő gondoskodás.*
- 7. Lényeges házárdok vizsgálata (szükség esetén késleltetések beiktatása).*
- 8. Realizáció logikai kapukkal (és tárolókkal).*

- 1. mintafeladat -

Megoldás (Mealy-modell):

1. lépés: idődiagram(ütemdiagram) felrajzolása



- 1. mintafeladat -

2. lépés: A feladat absztrakt szimbolikus állapotábrájának megszerkesztése

előzetes szimbolikus állapotábra

bem. akt.áll.	$X=0$	$X=1$
a	$\textcircled{a}/0$	$b/0$
b	$c/1$	$\textcircled{b}/0$
c	$\textcircled{c}/1$	$d/1$
d	$a/0$	$\textcircled{d}/1$

Egy stabil-stabil átmenet ($a \rightarrow b$) az állapotábrán:

bem. akt.áll.	$X=0 \rightarrow X=1$
a	$\textcircled{a}/0 \rightarrow b/0$
b	$c/1 \rightarrow \textcircled{b}/0$
c	$\textcircled{c}/1 \rightarrow d/1$
d	$a/0 \rightarrow \textcircled{d}/1$

- 1. mintafeladat -

3. lépés: összevont szimbolikus állapottábla megszerkesztése

előzetes szimbolikus állapottábla

bem. akt.áll.	$X=0$	$X=1$
a	$\textcircled{a}/0$	$b/0$
b	$c/1$	$\textcircled{b}/0$
c	$\textcircled{c}/1$	$d/1$
d	$a/0$	$\textcircled{d}/1$

Az előzetes szimbolikus állapottáblán – az összevonás feltételeit figyelembe véve – nem tudunk állapot összevonást végezni. A kódolt állapottáblát így e táblázat alapján kell elkészíteni.

- 1. mintafeladat -

4. lépés: kódolt állapottábla elkészítése, kritikus versenyhelyzet elemzés

egy lehetséges kód kiosztás:

	Y_1	Y_2
$a :$	0	0
$b :$	0	1
$c :$	1	0
$d :$	1	1



kódolt állapottábla

kódolt aktuális állapot	kódolt következő állapot/kimenet	
	$X=0$ $Y_1^v Y_2^v / Z$	$X=1$ $Y_1^v Y_2^v / Z$
00	$00/0$	$01/0$
01	$10/1$	$01/0$
10	$10/1$	$11/1$
11	$00/0$	$11/1$

- 1. mintafeladat -

- kritikus versenyhelyzet elemzése a kódolt állapotábrán

kódolt aktuális állapot $Y_1^v Y_2^v$	kódolt következő állapot/kimenet	
	$X=0$ $Y_1^v Y_2^v / Z$	$X=1$ $Y_1^v Y_2^v / Z$
0 0	0 0/0	0 1/0
0 1	1 0/1	0 1/0
1 0	1 0/1	1 1/1
1 1	0 0/0	1 1/1

Egy ideális, '01' → '10' stabil-stabil állapot átmenetet

- 1. mintafeladat -

Valóságos állapot-átmenet: kritikus versenyhelyzet az $Y_1^v Y_2^v = '01' \rightarrow '10'$ állapot átmenet esetében!

kódolt aktuális állapot $Y_1^v Y_2^v$	kódolt következő állapot/kimenet	
	$X=0$ $Y_1^v Y_2^v / Z$	$X=1$ $Y_1^v Y_2^v / Z$
00	00/0	01/0
01	10/1	1. 01/0
10	10/1	2. 11/1
11	00/0	11/1

1.eset: $Y_1^v Y_2^v = '01' \rightarrow '00' \rightarrow '10'$

- az $X=1 \rightarrow 0$ hatására az $Y_1^v Y_2^v = 00$ sorba ugorva a '00' kódú állapotban stabilizálódik a hálózatunk:
 \Rightarrow HIBÁS működés!!

2.eset: $Y_1^v Y_2^v = '01' \rightarrow '11' \rightarrow '10'$

- az $X=1 \rightarrow 0$ hatására először az $Y_1^v Y_2^v = 11$ sorba ugorva a '00' tranzien kód jelenik meg. Innen továbblépve az $Y_1^v Y_2^v = 00$ sorba ismét a '00' kódú állapotban stabilizálódik a hálózatunk:
 \Rightarrow HIBÁS működés!!

- 1. mintafeladat -

Kritikus versenyhelyzet:

amennyiben egy tranziens állapot kódja egynél több szekunder változó értékében különbözik a kiinduló stabil állapot kódjától, a reális hálózaton - az eltérő jelkésleltetési utak miatt - átmenetileg olyan más tranziens állapotok is jelentkezhetnek az f_y hálózat kimenetén, amelyek stabilizálódhatnak. Ezzel más, a specifikációnak ellentmondó pályára áll az aszinkron hálózat.

*Az ilyen hibalehetőségeket **kritikus versenyhelyzeteknek** nevezzük.*

- 1. mintafeladat -

A kritikus versenyhelyzet kiküszöbölése:
az állapotkódolás megváltoztatása

kódolt állapottábla

egy másik lehetséges kódkiosztás:

	Y_1	Y_2
$a :$	0	0
$b :$	0	1
$c :$	1	1
$d :$	1	0

\Rightarrow

kódolt aktuális állapot $Y_1^v Y_2^v$	kódolt következő állapot/kimenet	
	$X=0$ $Y_1^v Y_2^v / Z$	$X=1$ $Y_1^v Y_2^v / Z$
0 0	0 0 / 0	0 1 / 0
0 1	1 1 / 1	0 1 / 0
1 1	1 1 / 1	1 0 / 1
1 0	0 0 / 0	1 0 / 1

Nincs kritikus versenyhelyzet!

- 1. mintafeladat -

5. lépés: a szekunder változók és a kimenet függvényeinek Karnaugh tábla segítségével történő megadása (**hazárdmentesített függvényalak!!**)

Y1

Y_1^v	0	0	1	1
Y_2^v	0	1	1	0
X 0		1	1	
1			1	1

$$Y_1 = Y_2^v \bar{X} + Y_1^v X + Y_1^v Y_2^v$$

Y2

Y_1^v	0	0	1	1
Y_2^v	0	1	1	0
X 0		1	1	
1	1	1		

$$Y_2 = \bar{Y}_1^v X + \bar{Y}_1^v Y_2^v + Y_2^v \bar{X}$$

Z

Y_1^v	0	0	1	1
Y_2^v	0	1	1	0
X 0		1	1	
1			1	1

$$Z = Y_1$$

- 1. mintafeladat -

6. lépés: a kezdeti állapot beállításának ellenőrzése

Az ellenőrzés menete:

a megoldásként kapott függvényekbe, mint egyenletekbe be kell helyettesíteni a kezdeti állapothoz tartozó ismert és előírt bemeneti értéke(ke)t : ha egyértelműek az eredmények, és teljesül az egyenlőség, akkor nem kell külön kezdő állapot beállító jelről (,RESET') gondoskodni.

Amennyiben azonban a behelyettesítéssel kapott eredmény nem az előírás szerinti kezdő értékeket biztosítja a kimenet(ek) és a szekunder változó(k) tekintetében, illetve nem egyértelmű az eredmény, akkor a következő szabály alapján kell eljárni:



- 1. mintafeladat -

A kezdeti állapot beállításának általános feltételei(sorrendje):

1. a kezdeti állapot kódját rá kell kényszeríteni az f_y hálózatra, a visszacsatolástól függetlenül ezeket a bemeneteket. Ezt a helyzetet legalább addig kell fenntartani, amíg az f_y kimenetein kialakul a kezdeti állapot kódja (illetve, ha **SR** tárolókkal történik a visszacsatolás, akkor azok kimenetén alakul ki ez a kód),
2. rá kell kapcsolni a hálózatra azt a bemeneti értéket (kombinációt), amely a kezdeti állapothoz tartozik,
3. végül meg kell szüntetni a kényszerített visszacsatoló ágat (állapotot), és helyre kell állítani az eredeti visszacsatolást, ezzel a hálózat a kezdeti állapotban stabilizálódik.

- 1. mintafeladat -

A kezdeti állapot beállításának ellenőrzése az 1. mintafeladatban:

$$Y_1 = Y_2^v \overline{X} + Y_1^v X + Y_1^v Y_2^v$$

$$Y_2 = \overline{Y_1^v} X + \overline{Y_1^v} Y_2^v + Y_2^v \overline{X}$$

$$Z = Y_1$$

kezdőállapotban:
 $X=0$

\Rightarrow

$$0 = Y_2^v \cdot 1 + Y_1^v \cdot 0 + Y_1^v Y_2^v$$

$$0 = \overline{Y_1^v} \cdot 0 + \overline{Y_1^v} Y_2^v + Y_2^v \cdot 1$$

$$0 = Y_1$$

bizonytalan!

Konklúzió:

gondoskodni kell a kezdeti állapot beállításáról! \rightarrow 'RESET' (R) jel beiktatása

- 1. mintafeladat -

A ,RESET' (R') jel beiktatásának elve (a feladat specifikációja alapján):

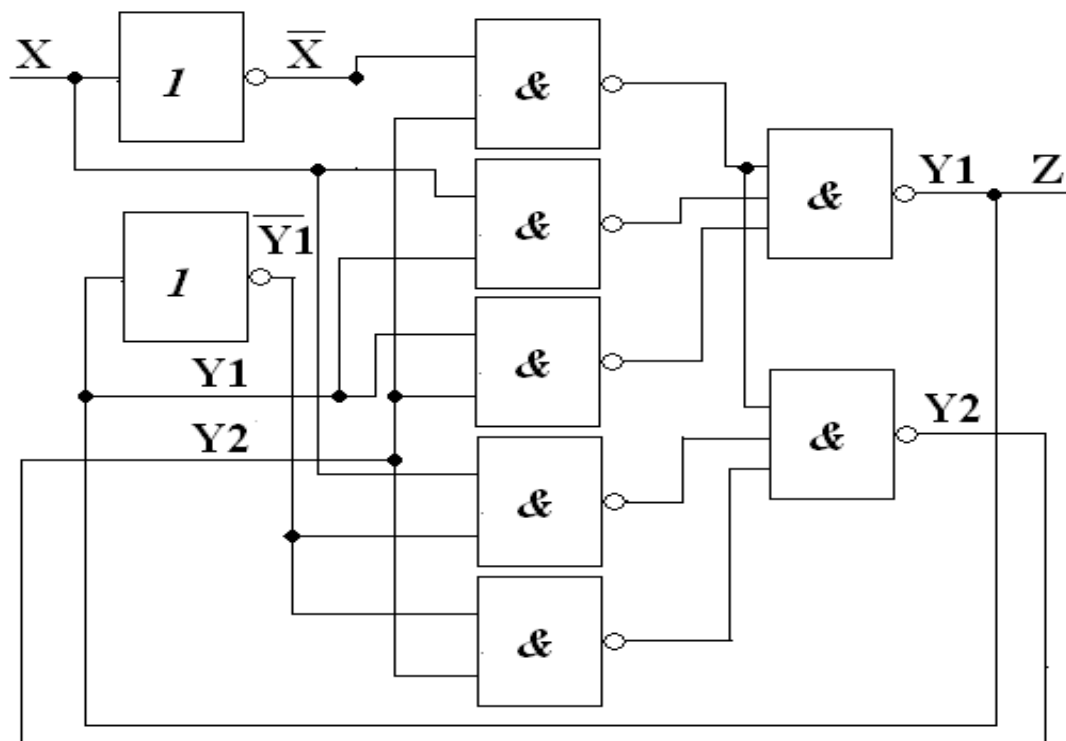
hasítsuk fel a visszacsatolásokat ($Y_1^v; Y_2^v$), és illesszünk be a visszacsatoló körbe 2 darab kétbemenetű logikát. Az egyik bemenetük közös, a kezdeti állapotba kényszerítő ' R ' (reset) jel, a másik bemenetük a visszacsatolandó szekunder változókra ($Y_1^v; Y_2^v$) kapcsolandó. A kimeneteket kapcsoljuk az f_y hálózat bemeneteire. Mindkét R -logika az $R = '1'$ esetben ' 0 '-át ad tovább, ez pedig a kezdeti állapot kódja. Ha $R=0$, a logikák kimenetére a megfelelő szekunder változó kerül, tehát él a visszacsatolás.

- 1. mintafeladat -

(7. lépés: lényeges hazárdok vizsgálata)

8. lépés: realizáció

NAND realizáció 'RESET' logika nélkül:



$$Y_1 = Y_2^v \bar{X} + Y_1^v X + Y_1^v Y_2^v$$

$$Y_2 = \bar{Y}_1^v X + \bar{Y}_1^v Y_2^v + Y_2^v \bar{X}$$

$$Z = Y_1$$

18

Aszinkron sorrendi hálózatok tervezése mintapéldákon keresztül

- 2. mintafeladat -

Tervezzünk kétbemenetű (X_1, X_2) ún. „sorrendi ÉS” áramkört, amelynek Z kimenete akkor és csakis akkor ad magas szintet, ha az X_1 bemenet előbb áll '1'-re, mint az X_2 . Kezdeti állapotban az $X_1X_2=00$ bemeneti bitkombináció esetén $Z=0$.

*A tervezést végezzük el a következő állapotot előállító hálózat közvetlen visszacsatolásával, és **SR** tárolókkal történő visszacsatolással is !*

- 2. mintafeladat -

Megoldás 1.: közvetlen visszacsatolás alkalmazása (Mealy-modell szerint)

(1. lépés: idődiagram vagy állapotgráf felrajzolása – elhagyható)

1. lépés: előzetes szimbolikus állapottábla felvétele a specifikáció alapján

aktuális állapot	következő állapot/kimenet			
	$X_1 X_2$			
	00	01	10	11
<i>a</i>	ⓐ/0	<i>b</i> /0	<i>c</i> /0	-/-
<i>b</i>	<i>a</i> /0	ⓑ/0	-/-	<i>d</i> /0
<i>c</i>	<i>a</i> /0	-/-	ⓒ/0	<i>e</i> /1
<i>d</i>	-/-	<i>b</i> /0	<i>c</i> /0	ⓓ/0
<i>e</i>	-/-	<i>b</i> /0	<i>c</i> /0	ⓔ/1

- 2. mintafeladat -

2. lépés: összevont szimbolikus állapottábla megszerkesztése

előzetes szimbolikus állapottábla

aktuális állapot	következő állapot/kimenet			
	$X_1 X_2$			
	00	01	10	11
<i>a</i>	$\textcircled{a}/0$	<i>b/0</i>	<i>c/0</i>	<i>-/-</i>
<i>b</i>	<i>a/0</i>	$\textcircled{b}/0$	<i>-/-</i>	<i>d/0</i>
<i>c</i>	<i>a/0</i>	<i>-/-</i>	$\textcircled{c}/0$	<i>e/1</i>
<i>d</i>	<i>-/-</i>	<i>b/0</i>	<i>c/0</i>	$\textcircled{d}/0$
<i>e</i>	<i>-/-</i>	<i>b/0</i>	<i>c/0</i>	$\textcircled{e}/1$

összevonható állapotpárok:

ab, ad, bd, ce

összevont állapotok osztályai:

abd, ce

$abd \rightarrow s_1$

$ce \rightarrow s_2$

- 2. mintafeladat -

$$abd \rightarrow s_1$$

$$ce \rightarrow s_2$$

előzetes szimbolikus állapottábla

aktuális állapot	következő állapot/kimenet			
	$X_1 X_2$			
	00	01	10	11
a	ⓐ/0	b/0	c/0	-/-
b	a/0	ⓑ/0	-/-	d/0
c	a/0	-/-	ⓒ/0	e/1
d	-/-	b/0	c/0	ⓓ/0
e	-/-	b/0	c/0	ⓔ/1



összevont szimbolikus állapottábla

aktuális állapot,	következő állapot/kimenet			
	$X_1 X_2$			
	00	01	10	11
s_1	ⓐ/0	ⓑ/0	$s_2/0$	ⓓ/0
s_2	$s_1/0$	$s_1/0$	ⓔ/0	ⓔ/1

- 2. mintafeladat -

3. lépés: kódolt állapottábla elkészítése (kritikus versenyhelyzet elemzés: nem szükséges)

egy lehetséges kód kiosztás:

Y
 $s_1 : 0$
 $s_2 : 1$

\Rightarrow

kódolt állapottábla

aktuális állapot, Y	következő állapot/kimenet X_1X_2			
	00	01	10	11
0	$\textcircled{0}/0$	$\textcircled{0}/0$	$1/0$	$\textcircled{0}/0$
1	$0/0$	$0/0$	$\textcircled{1}/0$	$\textcircled{1}/1$

- 2. mintafeladat -

4. lépés: a szekunder változó és a kimenet függvényeinek Karnaugh tábla segítségével történő megadása

Y

$X1$	0	0	1	1
$X2$	0	1	1	0
Y^v 0				1
1			1	1

$$Y = X_1 \overline{X_2} + X_1 Y^v$$

Z

$X1$	0	0	1	1
$X2$	0	1	1	0
Y^v 0				
1			1	

$$Z = X_1 X_2 Y^v$$

- 2. mintafeladat -

5.lépés: a kezdeti állapot beállításának ellenőrzése

$$\begin{array}{llll} Y = X_1 \overline{X_2} + X_1 Y^v & \text{kezdőállapotban:} & 0(Y) = 0 \cdot 1 + 0 \cdot Y^v & \checkmark \text{😊} \\ & X_1 X_2 = 00 & & \\ Z = X_1 X_2 Y^v & \Rightarrow & 0(Z) = 0 \cdot 0 \cdot Y^v & \checkmark \text{😊} \end{array}$$

Konklúzió:

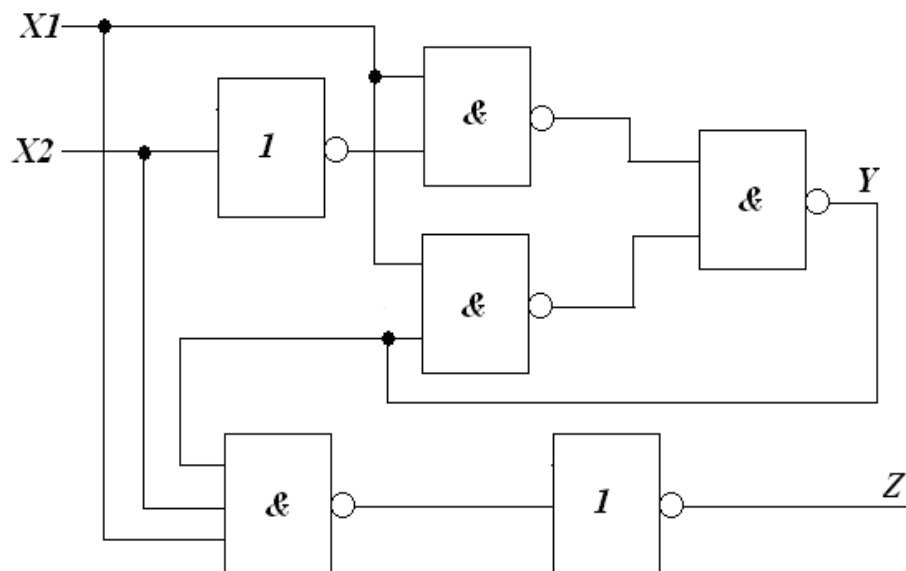
nem kell gondoskodni a kezdeti állapot 'RESET' jellel történő beállításáról

- 2. mintafeladat -

(6. lépés: lényeges hazárdok vizsgálata)

7. lépés: realizáció

NAND realizáció ('RESET' logika nélkül):



$$Y = X_1 \overline{X_2} + X_1 Y^v$$

$$Z = X_1 X_2 Y^v$$

- 2. mintafeladat -

Megoldás 2.: *SR tárolóval történő visszacsatolás alkalmazása (Mealy-modell szerint)*

1.-3. lépés: megegyezik az előző feladatmegoldás lépéseivel

4. lépés: az alkalmazott SR tároló vezérlésének felírása a kódolt állapottábla alapján

Q : az aktuális állapotot reprezentáló szekunder változó

aktuális állapot, Q	következő állapot/kimenet $X_1 X_2$			
	00	01	10	11
0	0/0	0/0	1/0	0/0
1	0/0	0/0	1/0	1/1

- 2. mintafeladat -

Az SR tároló
saját vezérlési
táblája

$Y^V \rightarrow Y$		S	R
0	0	0	—
0	1	1	0
1	0	0	1
1	1	—	0

kódolt állapottábla

aktuális állapot, Q	következő állapot/kimenet			
	$X_1 X_2$			
	00	01	10	11
0	0/0	0/0	1/0	0/0
1	0/0	0/0	1/0	1/1



vezérlési tábla

kódolt aktuális állapot Q	kódolt következő állapot			
	$X_1 X_2$			
	00	01	10	11
	S R	S R	S R	S R
0	0 -	0 -	1 0	0 -
1	0 1	0 1	- 0	- 0



- 2. mintafeladat -

5. lépés: az SR tároló és a kimenet függvényeinek Karnaugh tábla segítségével történő megadása

S

X_1	0	0	1	1
X_2	0	1	1	0
Y^v 0				1
1			-	-

R

X_1	0	0	1	1
X_2	0	1	1	0
Y^v 0	-	-	-	
1	1	1		

Z

X_1	0	0	1	1
X_2	0	1	1	0
Y^v 0				
1			1	

$$S = X_1 \overline{X_2}$$

$$R = \overline{X_1}$$

$$Z = X_1 X_2 Y^v$$

- 2. mintafeladat -

6.lépés: a kezdeti állapot beállításának ellenőrzése

kezdeti állapot: $Q=0! \rightarrow$ szükséges SR vezérlés: $\left\{ \begin{matrix} S=0 \\ R=1 \end{matrix} \right\}$

↓

$$S = X_1 \overline{X_2}$$

$$R = \overline{X_1}$$

$$Z = X_1 X_2 Y^v$$

kezdőállapotban:

$$X_1 X_2 = 00$$

\Rightarrow

$$0(S) = 0 \cdot 1$$

$$1(R) = 1$$

$$0(Z) = 0 \cdot 0 \cdot Y^v$$

✓ 😊

✓ 😊

✓ 😊

Konklúzió:

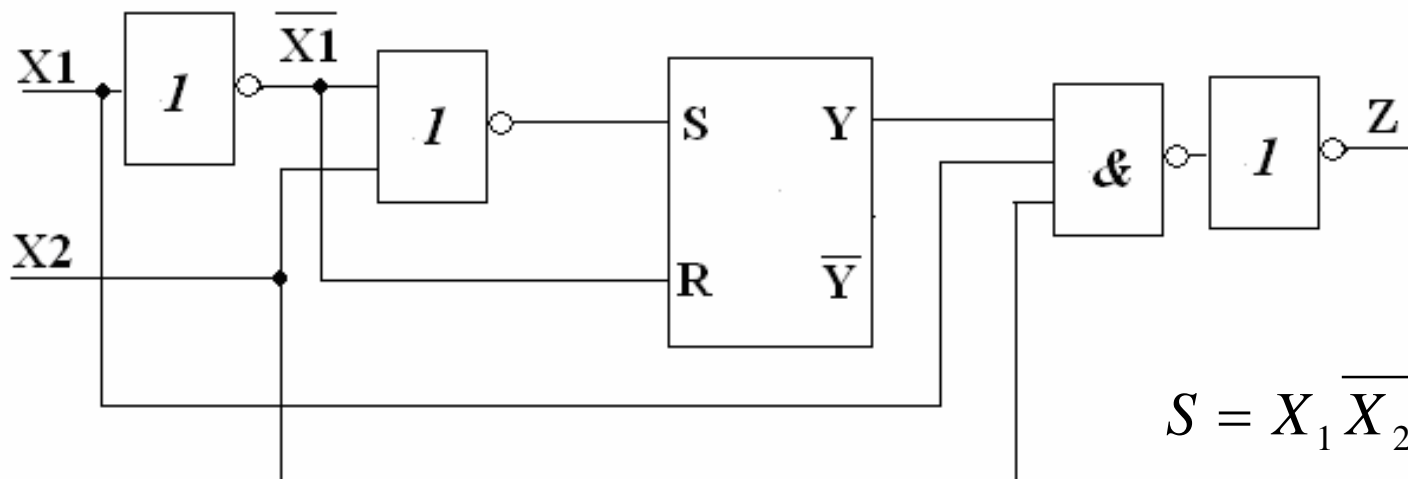
nem kell gondoskodni a kezdeti állapot 'RESET' jellel történő beállításáról

- 2. mintafeladat -

(7. lépés: lényeges hazárdok vizsgálata)

8. lépés: realizáció

NAND realizáció ('RESET' logika nélkül):



$$S = X_1 \overline{X_2}$$

$$R = \overline{X_1}$$

$$Z = X_1 X_2 Y^v$$

Lényeges hazardok aszinkron hálózatokban

Az eddigi aszinkron hálózat tervezési példáink megoldása során csak a szekunder változók versengése miatt kialakuló hibákkal, és azok kiküszöbölésével foglalkoztunk. Ez csak akkor tekinthető korrekt eljárásnak, ha garantálni tudjuk azt, hogy a bemeneti jelek változása okozta események a szekunder változók értékeinek megváltozása kezdete előtt már lezajlanak. Ez a feltételezésünk abban is megnyilvánul, hogy amikor az állapottáblán követjük az aszinkron hálózat működését, egyik oszlopról a másikra térünk át, és csak ezután vizsgáljuk a tranzienseket. A valóságban ez a feltételezés nem mindig jogos. A szekunder változók és egyik bemeneti változó kritikus versenyhelyzete úgynevezett lényeges hazard veszélyével jár. Ennek kiküszöbölése időkésleltetési manipulációkat igényel.

Lényeges hazárdok aszinkron hálózatokban

Példa:

aszinkron szekvenciális
hálózat (1.mintapélda)
működésének analízálása
az állapottáblán:

kódolt aktuális állapot $Y_1^v Y_2^v$	kódolt következő állapot/kimenet	
	$X=0$ $Y_1^v Y_2^v / Z$	$X=1$ $Y_1^v Y_2^v / Z$
0 0	0 0/0	0 1/0
0 1	1 0/1	0 1/0
1 0	1 0/1	1 1/1
1 1	0 0/0	1 1/1