

Digitális technika I. (vimia102)

5. gyakorlat: Sorrendi hálózatok tervezése

Elméleti anyag:

- Teljesen (TSH) – és nem teljesen (NTSH) specifikált hálózatok
- Állapotminimalizálás partíciófinomítással
- Állapotminimalizálás lépcsős táblás módszerrel
- A maximális ekvivalencia osztályok meghatározása – minimális realizáció
- A maximális kompatibilitási osztályok meghatározása – minimális realizáció: osztályok ill. osztályokból állapotok elhagyása.
- FF választás, tervezés előírt típusú FF-pal
- Szinkron hálózatok állapotkódolása, a különböző költségű kódolások száma

Innentől a 6. gyakorlaton:

- Kódolási módszerek:
 - Hasból
 - Szomszédos kódolás (soronkövetkező állapotok alapján, megelőző állapotok alapján)
 - Kódolás az előírt kimenet alapján
 - Kódolás a hálózat dekompozíciójával: HT partíciók, önfüggő szekunder változók, makrográf
 - A soros és a párhuzamos dekompozíció kialakulása

Irodalom:

Benesóczky Zoltán: Állapotminimalizálás (elektronikus jegyzet, http://home.mit.bme.hu/%7Ebenes/oktatas/dig-jegyz_052/minea.pdf)

Benesóczky Zoltán: Állapotkódolás (elektronikus jegyzet, http://home.mit.bme.hu/%7Ebenes/oktatas/dig-jegyz_052/allapotkodolas.pdf)

Arató Péter: Logikai rendszerek tervezése (jegyzet), 3.8.-3.9.

Ezen a gyakorlaton a sorrendi hálózatok működésének megértése (1-4példák) és az állapotminimalizálás gyakorlása a legfontosabb.

Az állapotkódolás gyakorlása átkerül a 6. gyakorlatra (9. és 11. feladat), de ciklikus feladatoknál a HT partíciók szerinti kódolás (külön kódoljuk a ciklusszámlálót) már használható.

A feladatsor a szokásosnál bőségesebb, ezek közül választja ki a kurzusvezető azokat, amelyek egy-egy gyakorlaton ténylegesen szerepelnek. A többi a hallgatók önálló gyakorlását szolgálja.

Gyakorló példák:

5.1. Két T FF-ot (Q1, Q2) tartalmazó szinkron sorrendi hálózatban a T bemenetekre kapcsolódó függvények:

$$T1 = Q1+Q2$$

$$T2 = Q1+Q2$$

Analizálja a kapcsolást! (Vegye fel az állapotátmeneti táblát és az állapotgráfot!)

Megoldás:

t		t+1
---	--	-----

Q1Q2	T1T2	Q1Q2
00	01	01
01	10	11
10	11	01
11	11	00

5.2. Két JK FF-ot (Q1, Q2) tartalmazó, X bemenetű szinkron sorrendi hálózat vezérlő függvényei:

$$J1 = X \quad K1 = \neg Q2$$

$$J2 = X \quad K2 = Q1$$

Analizálja a kapcsolást!

Megoldás:

t	X=0	X=0	X=1	X=1	X=0	X=1
Q1Q2	J1K1	J2K2	J1K1	J2K2	Q1Q2	Q1A2
00	01	00	11	10	00	11
01	00	00	10	10	01	11
10	01	01	11	11	00	01
11	00	01	10	11	10	10

5.3. Milyen modell szerint működik az alábbi szinkron állapotábra?

Írja fel a hálózat kimenetén megjelenő sorozatot, ha a hálózatot az *a* állapotból indítva a bemeneti sorozat: 00, 10, 11, 01, 10, 00!

UV=	00	01	10	11
a	a/0	b/0	a/1	c/1
b	a/0	b/0	a/0	c/1
c	a/1	b/0	a/1	c/1

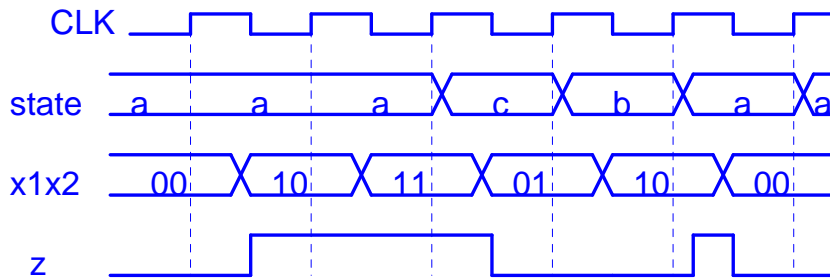
Megoldás:

Mealy modell, mert a kimenet nem csak az állapottól, hanem a bemenettől is függ (mindhárom állapotban van mindkét féle kimenet).

be	állapot	ki
00	a	0
10	a	1
11	a	1
01	c	0
10	b	0
00	a	0

A táblázatban a kimenetet az órajel hatékony éle (jelen esetben ez a pozitív él) előtti „pillanatban” tüntettük fel.

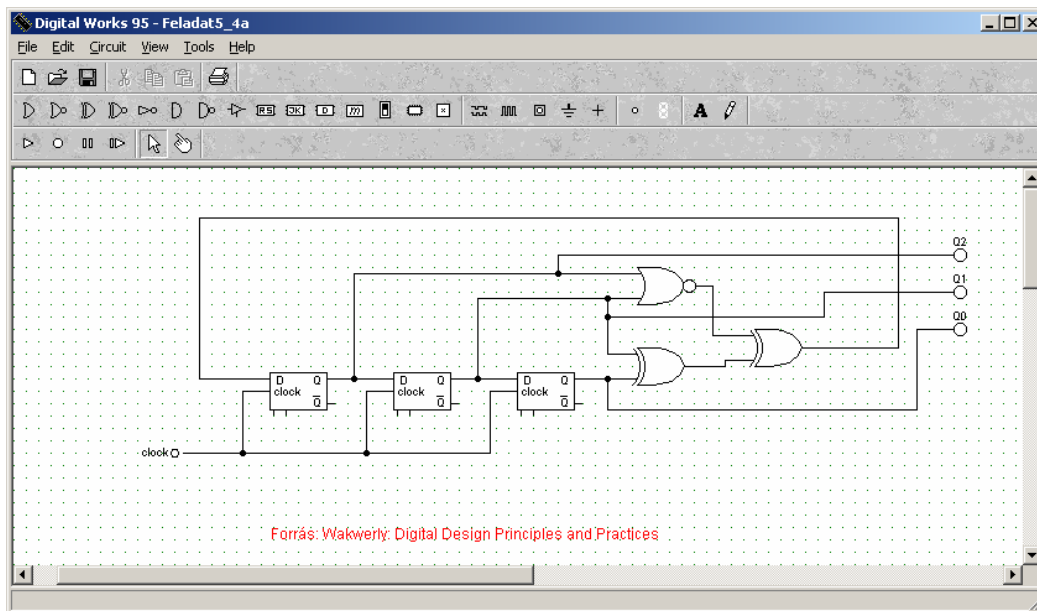
Idődiagramon:



Látható, hogy az órajellel szinkronban érkező bemenet az órajel pozitív él környezetében stabil és csak valamivel ezután változik meg a következő bemeneti értékre.

5.4. Analizálja az alábbi kapcsolást! (Forrás: Wakerly: Digital Design, Principles and Practices)

a. L. Feladat5-4a.dwm



Megoldás:

Ez egy 3 bites shiftregiszter, a kimeneteket a soros bemenetre visszacsatoló függvény:

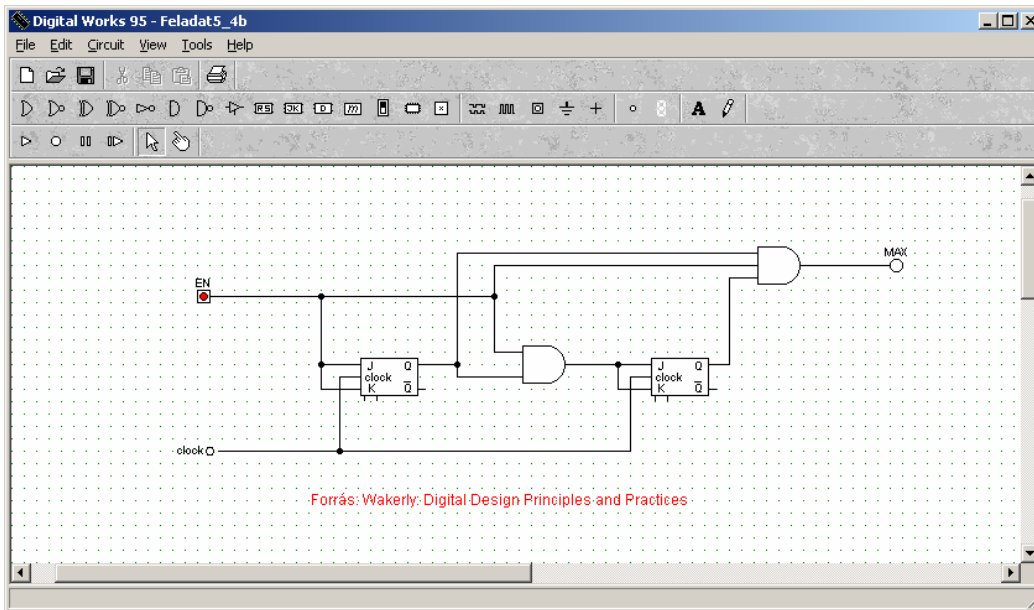
$$SI = Q_0 \text{ mod } 2Q_1 \text{ mod } 2 / (Q_1 + Q_2)$$

Az állapotátmeneti tábla:

t		t+1
Q2Q1Q0	SI	Q2Q1Q0
000	1	100
100	0	010
010	1	101
101	1	110
110	1	111
111	0	011
011	0	001
001	0	000

A kapcsolás önkorrigáló max. hosszúságra visszacsatolt shiftregiszter, mind a 8 állapot benne van a ciklusban.

b. L. Feladat5_4b.dwm



Megoldás:

T-FF-okból felépített engedélyezhető kétbites számláló (00-01-10-11)

Max=EN.Q2.Q1, a ciklus utolsó állapotban Max jelzés.

5.5. Minimalizálja az alábbi állapotátmeneti táblákkal megadott teljesen specifikált hálózatokat: (Forrás: Roth: Logic Design)

a.

	X=0	X=1
A	C/0	F/0
B	D/0	E/0
C	H/0	G/0
D	B/0	G/0
E	E/0	B/1
F	F/0	A/1
G	C/0	G/1
H	C/0	F/0

Megoldás:

Partíciófinomítással:

0. partíció a kimenet alapján

			1				2			
	A	B	C	D	H		E	F	G	
X=0	1	1	1	1	1		2	2	1	
X=1	2	2	2	2	2		1	1	2	

1. partíciófinomítás

			1				2		3	
	A	B	C	D	H		E	F	G	
X=0	1	1	1	1	1		2	2	1	
X=1	2	2	3	3	2		1	1	3	

2. partíciófinomítás

		1			2			3			4
	A	B	H		C	D		E	F		G
X=0	2	2	2		1	1		3	3		2
X=1	3	3	3		4	4		1	1		4

Ez a partíció már zárt, így itt a vége.

A maximális ekvivalencia osztályok: (ABH)(CD)(EF)(G), a minimális állapotszám tehát 4.

Hátra van még az egyszerűsített állapotábra megszerkesztése. Ide másoltuk a feladat elejéről az állapotábrát, csak az állapotokat az ekvivalencia osztályok szerint csoportosítottuk.

	X=0	X=1
A	C/0	F/0
B	D/0	E/0
H	C/0	F/0
C	H/0	G/0
D	B/0	G/0
E	E/0	B/1
F	F/0	A/1
G	C/0	G/1

Az azonos színnel jelölt állapotok ekvivalensek, látható, hogy egy csoporton belül a kimenetek megegyeznek, a soronkövetkező állapotok pedig ekvivalensek. Ez egyben jó próbája a minimalizálásnak!

Helyettesítsük az ekvivalencia osztályokat a minimalizált rendszerben az abc szerinti első betűvel, az új állapotábra:

	X=0	X=1
A	C/0	E/0
C	A/0	G/0
E	E/0	A/1
G	C/0	G/1

b.

	X=0	X=1
A	H/1	C/0
B	C/0	D/1
C	H/0	B/0
D	D/0	H/0
E	C/0	F/1
F	F/0	G/0
G	G/1	C/0
H	H/1	C/0

Megoldás:

0. partíció a kimenet alapján

		1			2			3		
	A	G	H		B	E		C	D	F
X=0	1	1	1		3	3		1	3	3
X=1	3	3	3		3	3		2	1	1

1. partíciófinomítás

		1			2			3		4
	A	G	H		B	E		C		D
X=0	1	1	1		3	3		1		4
X=1	3	3	3		4	4		2		1

Ez a partíció már zárt, így itt a vége.

A maximális ekvivalencia osztályok: (AGH)(BE)(C)(DF), a minimális állapotszám tehát 4.

A minimalizált állapotábra felvételét (és az ellenőrzést) az olvasóra bízunk!

c.

	X=0	X=1
A	F/0	D/0
B	D/1	A/1
C	H/0	B/0
D	B/1	C/1
E	G/0	B/0
F	A/0	H/0
G	E/0	C/0
H	C/0	F/0

Megoldás:

0. partíció a kimenet alapján

			1					2		
	A	C	E	F	G	H		B	D	
X=0	1	1	1	1	1	1		2	2	
X=1	2	2	2	1	1	1		1	1	

1. partíciófinomítás

		1				2			3	
	A	C	E		F	G	H		B	D
X=0	2	2	2		1	1	1		3	3
X=1	3	3	3		2	1	2		1	1

2. partíciófinomítás

		1				2			3		4
	A	C	E		F	H		G		B	D
X=0	2	2	3		1	1		1		4	4
X=1	4	4	4		2	2		1		1	1

3. partíciófinomítás

	1		2		3		4		5	
	A	C	E		F	H	G		B	D
X=0	3	3	4		1	1	2		5	5
X=1	5	5	5		3	3	1		1	1

Ez a partíció már zárt, így itt a vége.

A maximális ekvivalencia osztályok: (AC)(E)(FH)(G)(bd), a minimális állapotszám tehát 5.

A minimalizált állapottábla felvételét (és az ellenőrzést) ismét az olvasóra bízunk!

5.6. Adja meg az alábbi állapottáblával megadott 3 kimenetű sorrendi hálózat minimális állapotgráfját!

	X=0	X=1
a	b/x1x	c/x0x
b	d/xxx	e/x0x
c	f/x1x	f/xxx
d	a/110	a/0x1
e	a/0x1	a/10x
f	a/01x	a/0x0

Megoldás:

NTSH minimalizálás, tehát a lépcsős táblán dolgozunk:

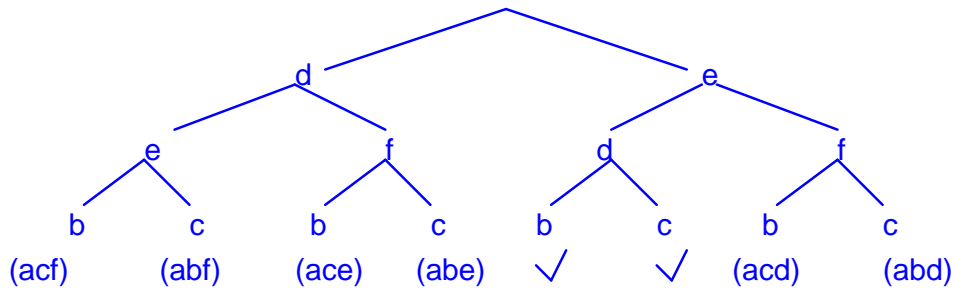
b	bd, ce				
c	bf, cf	df, ef			
d	ab, ac	ad, ae	af		
e	ab, ac	ad, ae	af	X	
f	ab, ac	ad, ae	af	X	X
	a	b	c	d	e

Első körben, az állapotpáronkénti vizsgálatnál 3 esetben antikompatibilitást, a többi esetben feltételes kompatibilitást találtunk. Második körben a feltételek között keressük az ellentmondásokat, egyedül az ef antikompatibilis párt találtuk meg a feltételek között, ezért antikompatibilissé nyilvánítjuk a bc állapotpárt is, és ez is keressük a feltételekben. A lépcsős tábla végeredménye:

b	bd, ce				
c	bf, cf	df, ef X			
d	ab, ac	ad, ae	af		
e	ab, ac	ad, ae	af	X	
f	ab, ac	ad, ae	af	X	X
	a	b	c	d	e

Az inkompatibilis állapotpárok: bc, de, df, ef.

Ezek alapján „szétszedve” a kiinduló abcdef osztályt, az alábbi maximálisam kompatibilis osztályokat kapjuk:



(abe)(abf)(abd)(ace)(acf)(acd)

Ezek száma ugyanúgy hat mint a kiinduló hálózaté, ezzel a hat állapottal is megcsinálhatnánk a rendszert, de semmit sem nyernénk.

Viszont tudjuk, hogy a max.komp. osztályok közül ki is lehet hagyni, i.e. osztályból állapotot el is lehet hagyni, midig arra figyelve, hogy zárt legyen az állapotok particionálása! Most ezzel fogunk kísérletezni.

Ha felrajzoljuk a fenti hat osztály állapotgráfját, azt tapasztaljuk, hogy az abe és acd osztályokból csak kivezet a rendszer, más osztályokból ide soha sem megy át, és ha kivesszük ezt a két osztályt, akkor a kiinduló rendszernek még minden állapota megtalálható az új maradék osztályokban. Ebből következik, hogy ezzel a megmaradó négy állapottal is meg lehet valósítani a feladatot – ez pedig már szép egyszerűsítés!

Válasszuk tehát a megvalósításhoz a (abf)(abd)(ace)(acf) osztályokat:

Az állapottábla:

	X=0	X=1
a	b/x1x	c/x0x
b	d/xxx	e/x0x
f	a/01x	a/0x0
a	b/x1x	c/x0x
b	d/xxx	e/x0x
d	a/110	a/0x1
a	b/x1x	c/x0x
c	f/x1x	f/xxx
e	a/0x1	a/10x
a	b/x1x	c/x0x
c	f/x1x	f/xxx
f	a/01x	a/0x0

Az azonos színű osztályokat elnevezve rendre A, B., C, D új állapotoknak, az egyszerűsített állapottábla az alábbi. A kimeneti értékeket a fenti tábla azonos színben belüli kimeneteinek egyeztetésével kaptuk meg.

Az eredő állapottábla felrajzolása egyben jó ellenőrzése is a minimalizálási munkának.

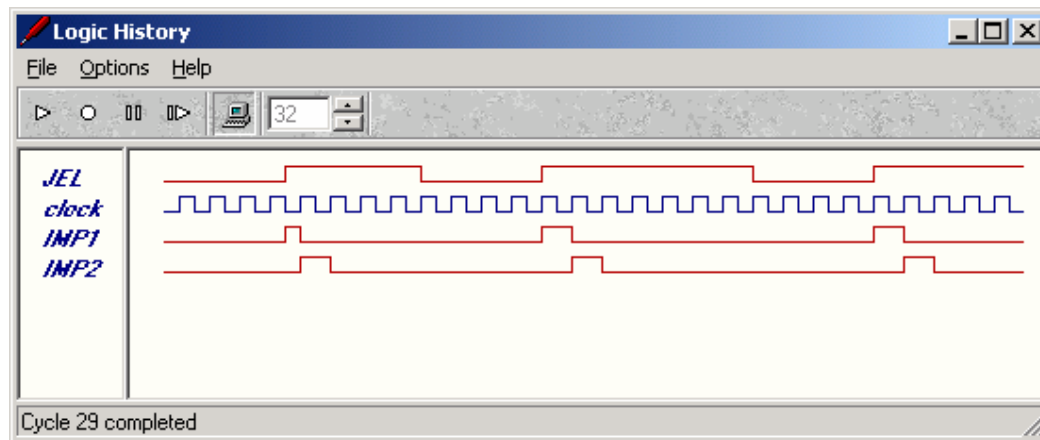
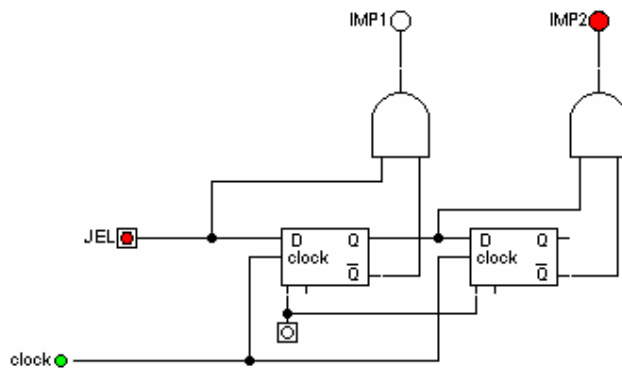
	X=0	X=1
A	B/01x	C/000
B	B/110	C/001
C	A/011	D/10x
D	A/11x	D/000

5.7. Készítsen egy jel felfutó éléből impulzust sorrendi hálózattal!

Ilyet már kombinációs hálózatként csináltunk, ott a jelnek „elektronikus” úton állítottuk elő a késleltetettjét. Most a késleltetést digitálisan csináljuk meg! **(Előadáson szerepelt)**

Megoldás:

Az alábbi kapcsolásban az IMP1-et egybités shiftregiszterrel „Mealy” modellben állítottuk elő – ennek megfelelően az impulzus hossza függ attól, hogy mikor sikerül változtatni a JEL-et. Az IMP2-t kétféltés shiftregiszterrel Morre modell szerint állítottuk elő. Érdeemes az idődiagramon tanulmányozni a működést!



A fenti kapcsolás mintájára készítsen

- Lefutó élből,
- Mindkét élből impulzust faragó áramkört!

5.8. Egy kétbemenetű szinkron sorrendi hálózat kimenete akkor 1 értékű, ha a bemenetére érkező jelkombináció

- megegyezik az előző ütemben beérkezett jelkombináció bitenkénti negáltjával, vagy
- az előző ütem jelkombinációjával, ha az nem 00 volt!

A hálózat a "bekapcsolás" utáni első ütemben természetesen 0-t ad ki, hiszen ekkor még nem volt "előző" ütem!

- a/ Adja meg a hálózat Mealy típusú állapotábráját és állapotgráfját!
 b/ (Ha lehet) minimalizálja az állapotokat!

Megoldás:

A hálózatnak szemlélet alapján 5 állapota lesz:

A – a „kályha”, ahonnan indulunk

00 – az előző ütemben 00 jött

01 – az előző ütemben 10 jött

10 – az előző ütemben 10 jött

11 – az előző ütemben 11 jött

Ezekkel az állapotábrával:

	00	01	10	11
A	00/0	01/0	10/0	11/0
00	00/0	01/0	10/0	11/1
01	00/0	01/1	10/1	11/0
10	00/0	01/1	10/1	11/0
11	00/1	01/0	10/0	11/1

Az állapotátmeneti táblában

- a soronkövetkező állapot megegyezik az aktuális bemenettel
- a kimenet a sárgával jelölt helyeken a feladat első kitétele miatt,
- a kézzel jelölt helyeken pedig a második kitétel miatt lesz 1-es.

Próbáljunk meg minimalizálni!

Könnyű észrevenni, hogy a 01 és 10 állapotokban ugyanaz a kimenet és megegyezik a soronkövetkező állapot is, így ez a két állapot ekvivalens. A végeredmény állapotábrával felrajzolását az olvasóra bízuk!

5.9. . Tervezze meg az alábbi állapotátmeneti táblával megadott hálózatot: **(6. gyak.)**

	X=0	X=1
a	a/0	b/1
b	c/0	b/0
c	c/0	d/0
d	e/1	d/0
e	e/0	f/0
f	a/0	f/0

A kódolást HT partíciók alapján készítse el, a kapcsolásban T FF-okat használjon.

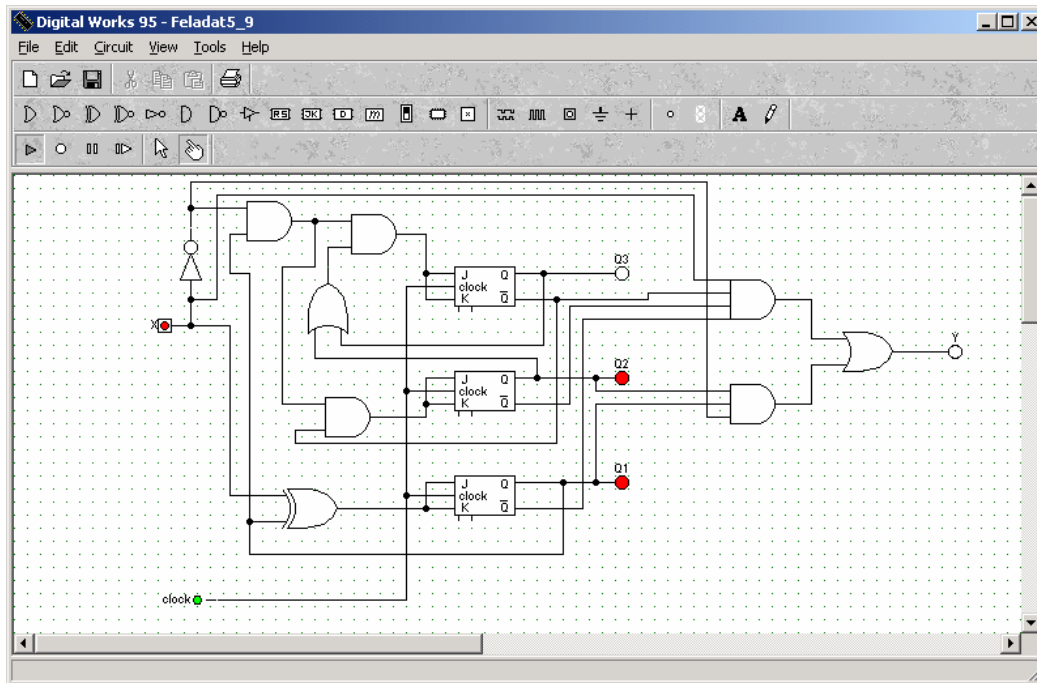
Megoldás:

A HT partíciók: (ace) (bdf), ennek megfelelően az alábbi állapotkódolást választjuk (ace-nél Q1=0, bdf-nél Q1=1):

	Q3Q2Q1	X=0	X=1
a	000	000/0	001/1
b	001	010/0	001/0
c	010	010/0	011/0
d	011	100/1	011/0
e	100	100/0	101/0

f	101	000/0	101/0
---	-----	-------	-------

A T-FF-okkal való tervezés eredményét az alábbi kapcsolás mutatja.



5.10. Egy készülék négybites párhuzamos bemenetére 4 bites kódszavak érkeznek egymás után. A készülék jelzi, ha két egymás utáni kód között a Hamming távolság egynél nagyobb. Tervezze meg a készüléket!

Megoldás:

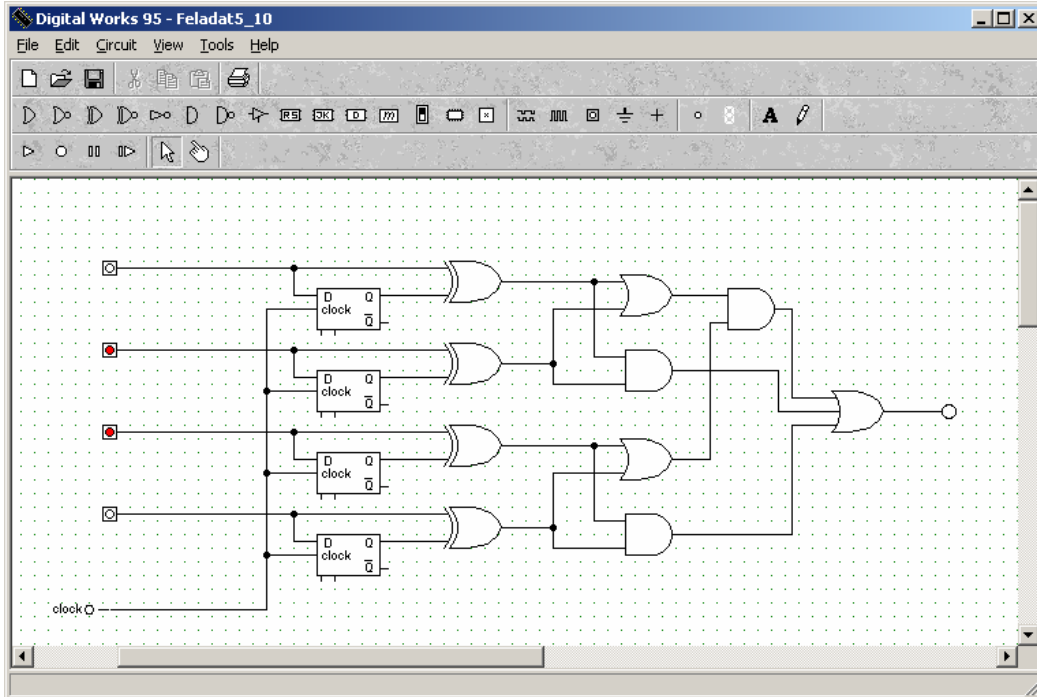
A beérkező négybites szót órajelenként beírjuk egy regiszterbe (4 db. D-FF-ba) és ennek kimenetét összehasonlítjuk 4 db. mod2 kapuval a beérkező 4 bittel (így Mealy modell szerinti működést kapunk). Ha mod2 kapuk kimeneti szavában 1-nél több egyes van, akkor kell jelezni.

Ennek a függvénynek a Karnaugh táblája:

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

És a megvalósítás pl. $Y = (a+b).(c+d)+c.d+a.b$.

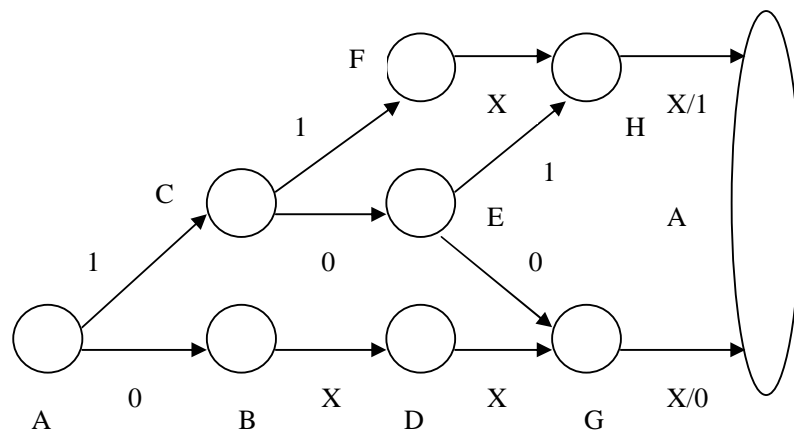
Ezek alapján a kapcsolás:



5.11. Egy szinkron sorrendi hálózat bemenetére sorosan NBCD kódok érkeznek, először a legnagyobb helyérték. A hálózat feladata az, hogy a negyedik ütemben egyessel jelezze a tiltott kódszavakat. **(6. gyak.)**
 Rajzoljon minimális állapotszámú gráfot, keressen HT partíciókat és tervezze meg a hálózatot JK-FF-okkal.

Megoldás:

Az állapotgráf (a nem jelölt kimenetek 0-k):



Gondolatok az állapotgráf felrajzolásához:

- ha az első bit 0, akkor már biztos jó a kódszó
- ha az első bit 1, akkor
 - ha második 1, már biztosan rossz
 - ha a második 0, akkor a harmadik bitnél dől el, hogy 1010-nél kevesebb a kódszó vagy nem.

A HT partíciók nyilvánvalóan a ciklusnak megfelelően alakulnak: (A) (BC) (DEF) (GH)