5. hét A sorrendi hálózatok leírása

5.1. Bevezető példák

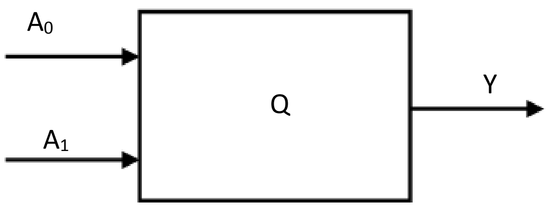
Először néhány bevezető példán keresztül fogjuk áttekinteni a rendszereket és bevezetni azokat a fogalmakat, melyekre a későbbiekben szükségünk lesz.

5.1.1. Italautomata

Legyen az általunk vizsgált rendszer egy italautomata, amelyről az alábbi dolgokat tudjuk:

- 150 Ft egy üdítő
- A gép 50 és 100 Ft-os érmét fogad el,
- és visszaad

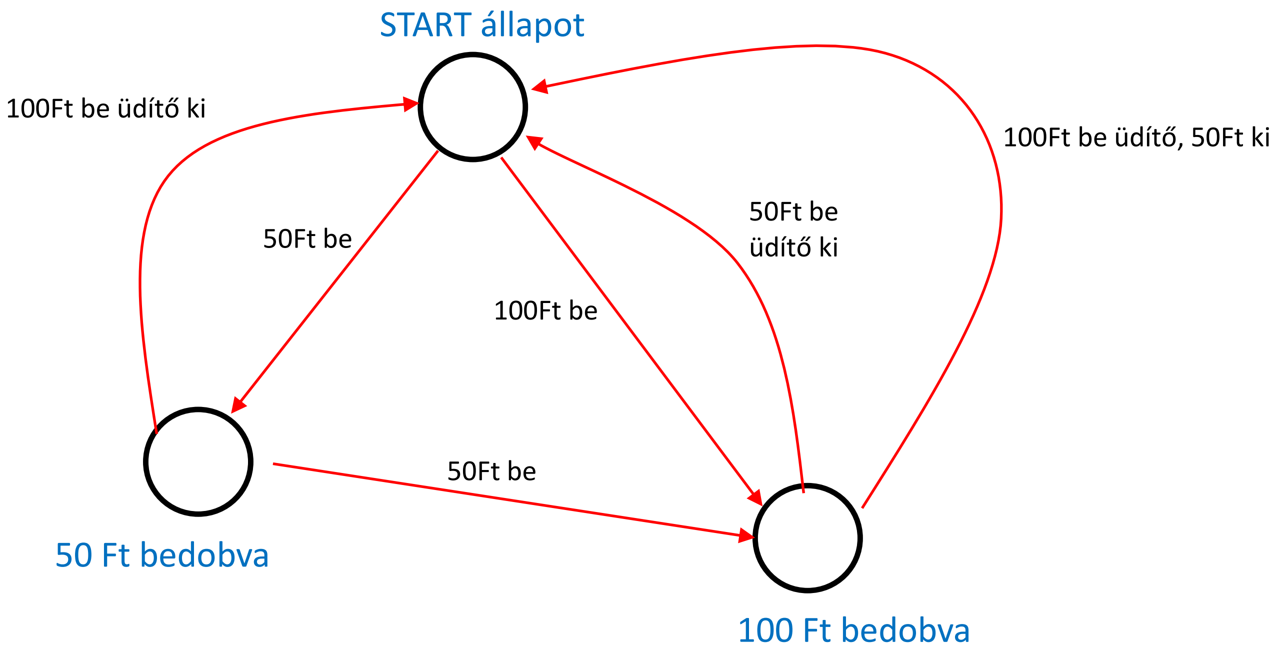
A rendszer felírható a következő módon:



1. ábra Az italautomata elméleti modellje

Belső állapotok száma 3, hiszen vagy kezdeti állapotban vagyunk, vagy bedobtuk valamelyik pénzérmét, és el kell dönteni, hogyan tovább.

Ezt a folyamatot egy gráffal lehet szemléltetni.



2. ábra Az italautomata gráfja

Kódoljuk le a lehetőségeket:

Bemenetek:

A_1: 100Ft;

A_0: 50 Ft

Kimenetek;

Y_1: üdítő ki;

Y_0: 50 Ft ki;

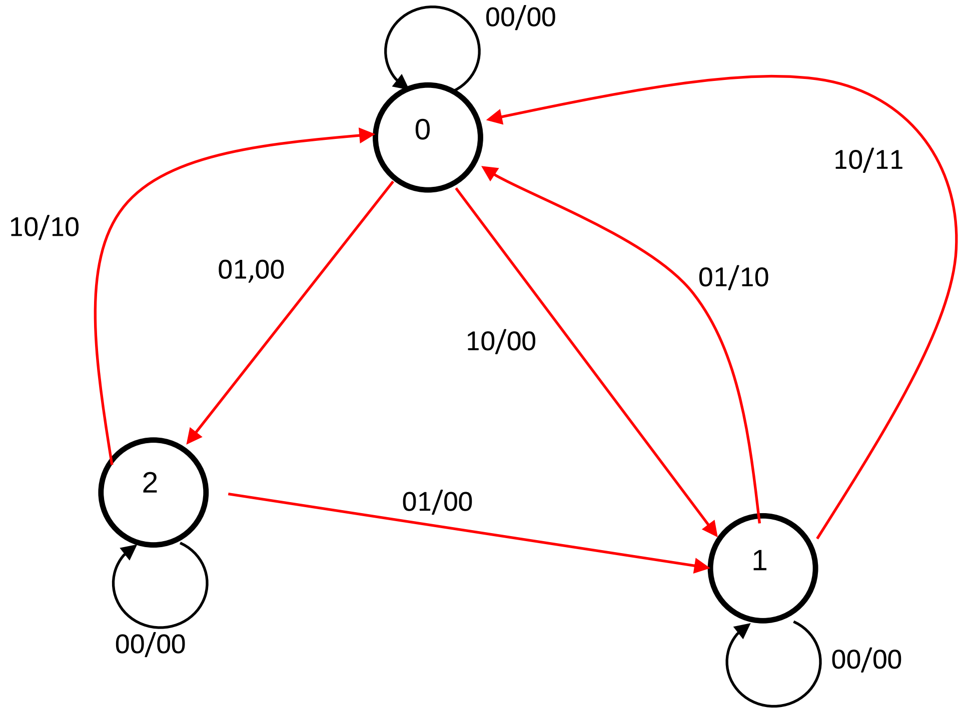
Belső állapotok:

Start állapot: 00,

Bedobtunk 100 Ft-ot : 01,

Bedobtunk 50 Ft-ot: 10.

A kódolás után, a bináris kódokat ráírhatjuk a gráf éleire.



3. ábra Az italautomata gráfja

A rendszer működését táblázatos formában is meg tudjuk adni:

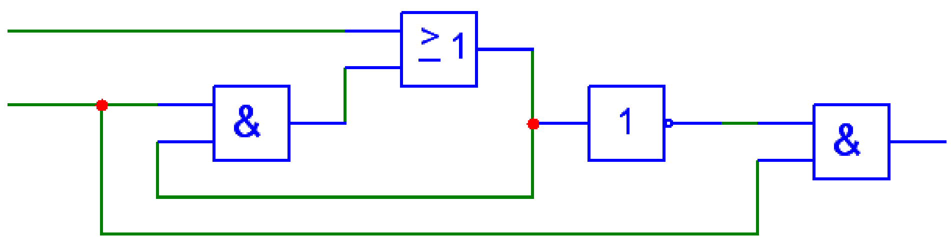
Előző állapot	Bemenet (A_1A_0) 100/50Ft			
	00	**01**	**10**	**11**
0 (0 Ft)	0	2	1	x
1 (100 Ft)	1	0	0	x
2 (50 Ft)	2	1	0	x

4. ábra Az italautomata állapotai

Az 11 állapot jelzi a 150 Ft bedobását, és az automata kiadja az üdítőt.

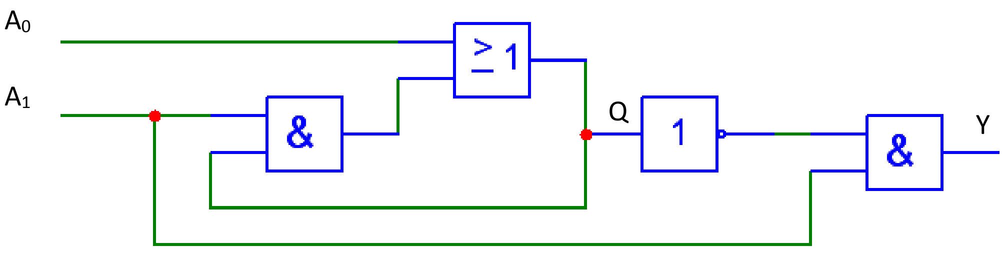
5.1.2. Hálózat

Legyen egy olyan hálózatunk, ahol a hálózatban visszacsatolás van.



5. ábra A példahálózat

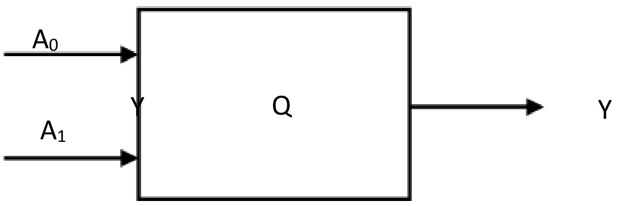
A kimenet ebben az esetben nem csak a bemenetektől függ, hanem a VAGY kapu kimenetén előzőleg észlelt logikai értéktől is, ezért a hálózat egyenletének felírásához szükség van egy közbenső (belső) változóra is.



6. ábra A példahálózat ki - és bemenetei

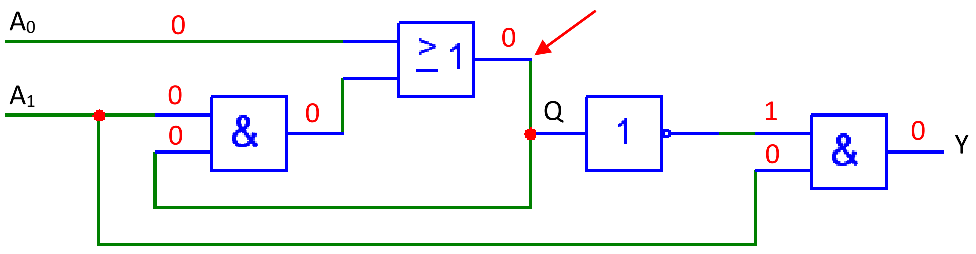
A **<u>Q_{n+1}-gyel jelölve a belső változó aktuális, és Q-val az előző értékét</u>**, logikai függvénykapcsolat írható fel a közbenső változóra és a kimenetre is.

$$Q_{n+1} = A_0 + A_1 Q$$
$$Y = A_1 \cdot \bar{Q}$$



7. ábra A hálózat blokksémája

Tegyük fel, hogy kezdetben

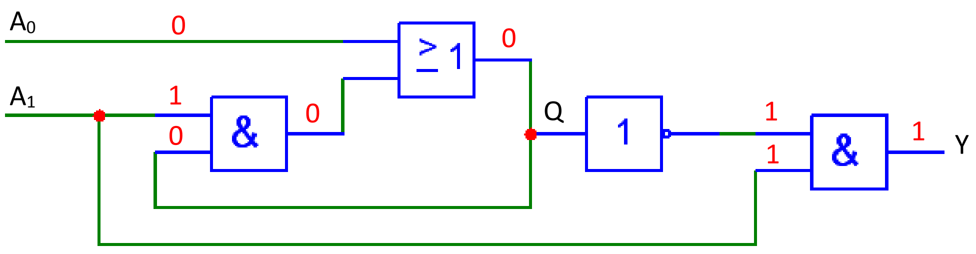


8. ábra Kezdeti állapot

A_0	A_1	Q	Y
0	0	0	0

9. ábra A kezdeti állapot táblázatba foglalva

Tegyük fel, hogy a kezdeti állapotból változás történik: A_1 értéke valamilyen okból 1 lesz.

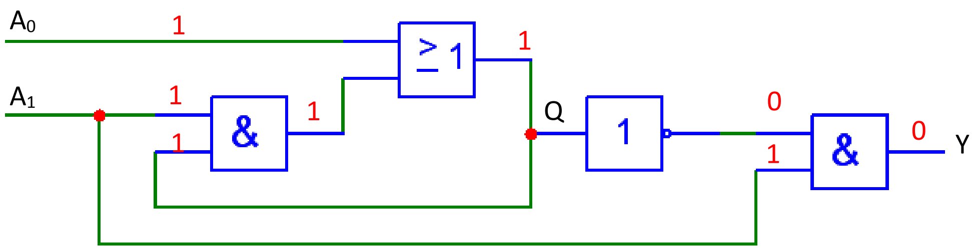


10. ábra Az első lépés

A_0	A_1	Q	Y
0	0	0	0
0	1	0	1

11. ábra Az első lépés táblázatba foglalva

Következő lépésként az A_0 is 1 értéket fog felvenni.

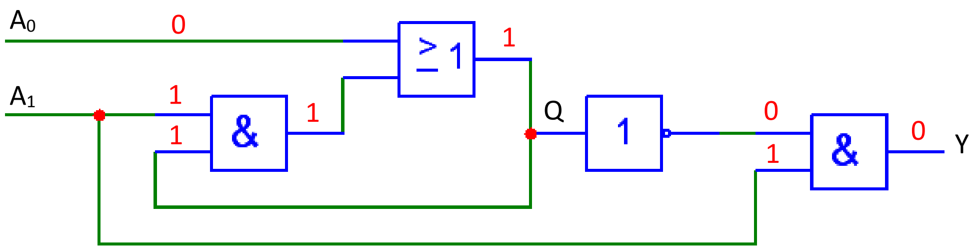


12. ábra A második lépés

A_0	A_1	Q	Y
0	0	0	0
0	1	0	1
1	1	0	0

13. ábra A második lépés táblázata

Harmadik lépésünk legyen megint az, hogy az A_0 értéke legyen nulla.



14. ábra A harmadik lépés

A_0	A_1	Q	Y
0	0	0	0
0	1	0	1
1	1	0	0
0	1	0	0

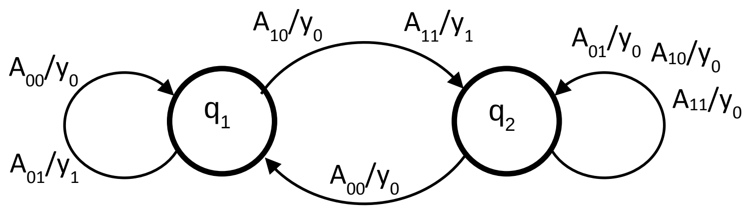
15. ábra A harmadik lépés

Most viszont érdemes visszatekintenünk a harmadik lépés után kapott táblázatra. Jól látható, hogy két alkalommal volt ugyanaz a bemenetünk, de a kimenetek eltérnek egymástól! Ez azért valósulhat meg, mert a hálózat kimenete nem csak a bemenetektől, hanem a hálózat előző Q állapotától is függ. Ez a jelenség mutatja, hogy az adott hálózatban a visszacsatolás mellett, emlékezettel is rendelkezik.

A_0	A_1	Q	Y
0	0	0	0
0	**1**	**0**	**1**
1	1	0	0
0	**1**	**0**	**0**

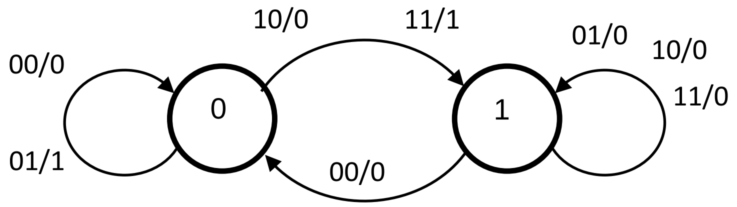
16. ábra Azonos a bemenet, de a kimenet mégis különbözik.

Mivel ennek a hálózatnak két belső állapota van, ezért gráfként két csomóponttal írható fel.



17. ábra A rendszer gráfja

Ha a megfelelő értékeket behelyettesítjük:



18. ábra A rendszer gráfja

Az állapottábla táblázatos formában adja meg, hogy adott bemeneti kombinációk hatására mely állapotból mely állapotba ugrik a rendszer. A kimenet alakulását is ebben a táblázatban írhatjuk fel. A kombinációs hálózatoknál használt igazságtáblázathoz hasonló szerkezetű táblázatról van szó.

Q	A_0	A_1	Q_{n+1}	Y
0	0	0	0	0
0	0	1	0	1
0	1	0	1	0
0	1	1	1	1
1	0	0	0	0
1	0	1	1	0
1	1	0	1	0
1	1	1	1	0

19. ábra A hálózat állapottáblája

5.2. A sorrendi hálózatok fogalma

Korábbi előadásokon már tisztáztuk a logikai hálózat fogalmát.

Logikai hálózatnak nevezzük azokat a rendszereket, melyeknek bemeneti illetve kimeneti jelei logikai jelek, a kimeneti jeleket a bemeneti jelek függvényében többé-kevésbé bonyolult logikai műveletsorozat eredményeként állítják elő.

Ezeknek a logikai hálózatoknak két típusa van:

1. **Kombinációs hálózatok**

Kombinációs hálózatoknak nevezzük azokat a logikai hálózatokat, melyeknek kimeneti jelei csak a bemeneti jelek pillanatnyi értékétől függnek. Ezek a hálózatok éppen ezért „Emlékezet" nélküli hálózatok.

Ez persze azt is jelenti, hogy ezek a hálózatok csak a pillanatnyi bemenetekkel és a pillanatnyi kimenetekkel jellemezhetőek, tehát a rendszer egyrészt csak e kettővel rendelkezik, másrészt nem tudjuk a kimeneti érték ismeretében a pillanatnyi bemenetet meghatározni.

20. ábra A kombinációs hálózat

2. **Sorrendi hálózatok**

Sorrendi (szekvenciális) hálózatoknak nevezzük azokat a logikai hálózatokat, melyek kimeneti jelei nemcsak a pillanatnyi bemeneti jelkombinációtól függnek, hanem attól is, hogy korábban milyen bemeneti jelkombinációk voltak. Ezek a hálózatok tehát emlékezettel rendelkeznek. Ez csak úgy valósítható meg, ha a hálózatban visszacsatolás van.

Ez azt is jelenti, hogy a kimeneti kombinációit csak akkor tudjuk meghatározni, ha ismerjük a

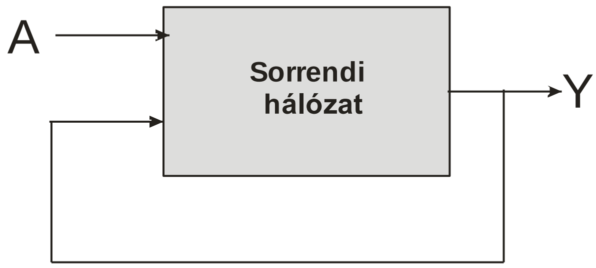
- pillanatnyi bemeneti kombinációt
- a pillanatnyi bemeneti kombinációt megelőző bemeneti kombinációkat
- és ezen bemeneti kombinációk sorrendjét

Ez önmagában azt jelenti, hogy ezekben a rendszerek minden egyes bemeneti kombináció felépítésének hatására elő kell állítania a egy olyan szekunder kombinációt, amely a soron következő bemeneti kombináció mellett a hálózat előéletét, azaz a hálózatra hatott korábbi bemeneti kombinációkat és azok fellépésének sorrendjét. hivatott képviselni. Ezek a szekunder kombinációk jelentik a sorrendi hálózat emlékező elemét.

Így egy adott időpillanatban az aktuális bemeneti kombinációja fellépéskor fennálló szekunder kombinációval együtt létrehozza a kimeneti kombinációt, valamint az új szekunder kombinációt.. Ez utóbbi fogja az aktuális bemeneti kombináció hatását is előéletként képviselni majd a soron következő bemeneti kombináció fellépésekor.

A sorrendi hálózatnak éppen ezért ún. rekurzív módon kell gondoskodnia a szekunder kombinációk módosításáról

A szekunder kombinációkat a fenti szerepük miatt a sorrendi hálózat állapotainak nevezik, és ezek a logikai változók: állapotjellemzők.



21. ábra A sorrendi hálózat

5.3. A sorrendi hálózatok leírási módjai

Alapvetően a sorrendi hálózatokat is többféle módon lehet ábrázolni. Ez az ábrázolás lehetséges:

- függvénnyel,
- különböző modellekkel,
- állapottáblával,
- állapotgráffal.

5.3.1. A sorrendi hálózatot leíró függvény

Mivel a sorrendi hálózatok esetében a működés során adott bemeneti kombináció mellett létrejövő szekunder kombinációk a soron következő bemeneti kombinációval együtt hozzák létre a soron következő kimeneti és szekunder kombinációt a hálózat működését két leképezéssel, függvénnyel tudjuk felírni.

$$f_y = (A, Q) \Rightarrow Y$$

$$f_{Qn+1} = (A, Q) \Rightarrow Q^{n+1}$$

ahol

A: bemeneti kombinációk halmaza

Y: a kimeneti kombinációk halmaza

Q: a bemenetre pillanatnyilag visszajutott szekunder kombinációk, azaz a pillanatnyi állapotok halmaza

Q_{n+1}: A és Q által létrehozott soron következő szekunder kombinációk, azaz a következő állapotok halmaza

f_y: a kimeneti kombinációt előállító leképezése

f_q: a szekunder kombinációt előállító leképezés

Mivel minden kialakuló szekunder kombinációról feltételezzük hogy visszajut a bemenetre, ezért a pillanatnyi és a következő állapotok, azaz szekunder kombinációk halmaza tulajdonképpen ugyanaz a halmaz, melyet állapothalmaznak nevezzük. A q és Q jelölésbeli megkülönböztetésének csupán az a szerepe, hogy a sorrendi hálózat működésének egyes fázisait vagyis az állapotváltozások menetét szemléltesse.

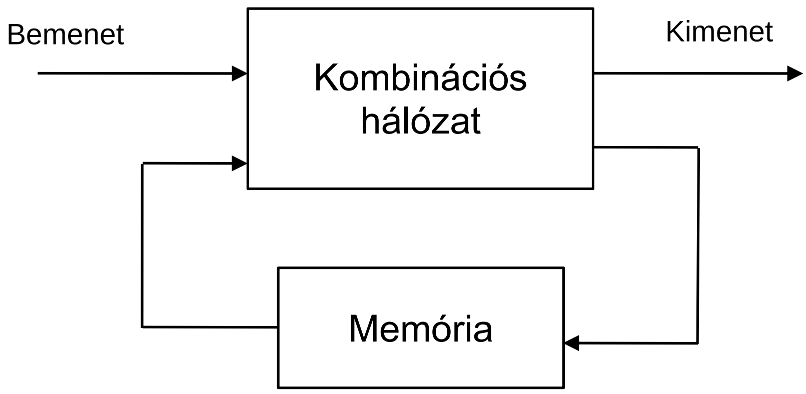
Tehát összefoglalva:

- Sorrendi (szekvenciális) hálózatoknak nevezzük azokat a logikai hálózatokat, melyek kimeneti jelei nemcsak a pillanatnyi bemeneti jelkombinációtól függnek, hanem attól is, hogy korábban milyen bemeneti jelkombinációk voltak
- „Emlékezettel” (memóriával) rendelkező hálózat
- Ugyanazon bemeneti kombinációhoz más-más kimeneti kombináció tartozhat, a szekunder változók aktuális értékétől függően.
- A szekunder változók értékét a korábbi bemeneti kombinációk és azok sorrendje is befolyásolja

Mindezekből az is következik, hogy előző állapotuktól függően különböző módon reagálnak a bemenetükre . Az eképpen működő rendszerek az ún. Véges állapotú automaták (Finite State Machines – FSM) Ezek a rendszerek valamiképpen tehát emlékezniük kell a korábbi bemenetekre ill. a bemenetek sorrendjére (ez tulajdonképpen a belső állapotváltozók alapján fog megvalósuln)i.

Ezért a rendszerben két dolognak meg kell lennie

- ❖ visszacsatolás
- ❖ memória
- ❖



22. ábra A sorrendi hálózat modellje

A működés folyamata tehát leírható oly módon, hogy tudjuk, a hálózat belső állapotát a szekunder változók értéke határozza meg. A szekunder változók száma viszont megadja a lehetséges állapotok maximális számát. Ugyanakkor fontos azt is leszögezni, hogy nem feltétlenül jön létre minden lehetséges állapot. Bekapcsoláskor a sorrendi hálózat a szekunder változók kezdeti értékeinek megfelelő állapotban van. A bemenő kombinációk változásának hatására a rendszer viszont újabb állapotba kerülhet, további bemeneti változások hatására pedig még újabb, vagy akár korábbi állapotokba is ugorhat. Azonos bemenő jelre adott esetben más-más szekunder változó és kimeneti kombináció tartozhat. A sorrendi hálózat aktuális állapota pedig megadja a rendszer előéletét.

Egy n hosszúságú bemeneti sorozat (szekvencia hatására) n hosszúságú belső állapot (szekunder változó) szekvencia jön létre, és n hosszúságú kimeneti szekvencia generálódik.

Ha n véges: véges sorrendi automatáról beszélünk.

5.3.2. A sorrendi hálózat típusai

5.3.2.1. Aszinkron hálózat

A kimeneti kombinációt előállító leképezést az alábbi alakban is definiálhatjuk:

$$f_y' = (Q) \Rightarrow Y$$

Ekkor azonban a bemeneti változók csak látszólag nem befolyásolja mert az

$$f_{Q^{n+1}} = (A, Q) \Rightarrow Q^{n+1}$$

leképezés Q-t ezúttal is A-tól függően fogja előállítani. Ezért a kétféle felírási mód alapján a sorrendi hálózatokat is két csoportba osztjuk. Egy adott A bemeneti kombináció és az éppen fennálló Q kombináció hatására létrejön egy Y és Q^{n+1} ahogyan az f_y és f $_{Qn+1}$ leképezések előírják. Ha változatlan marad is az A bemeneti kombináció, általában akkor sem biztos, hogy a hálózat rögtön nyugalomba kerül. A Q^{n+1} kombináció ugyanis a visszacsatolás következtében visszajut a bemenetre és a két f_y és f $_{Qn+1}$ leképezéstől függően újabb Y és Q^{n+1} értéket hozhat létre. Ebből az is következik, hogy nyugalmi állapot egy adott A bemeneti kombináció mellett csak akkor jöhet létre, ha egy kialakult Q kombináció a bemenetre visszajuttatva az f_Q leképezés alapján változatlan Q^{n+1} kombinációt hozhat létre. Ez természetesen csak akkor áll fenn ha

$Q = Q^{n+1}$

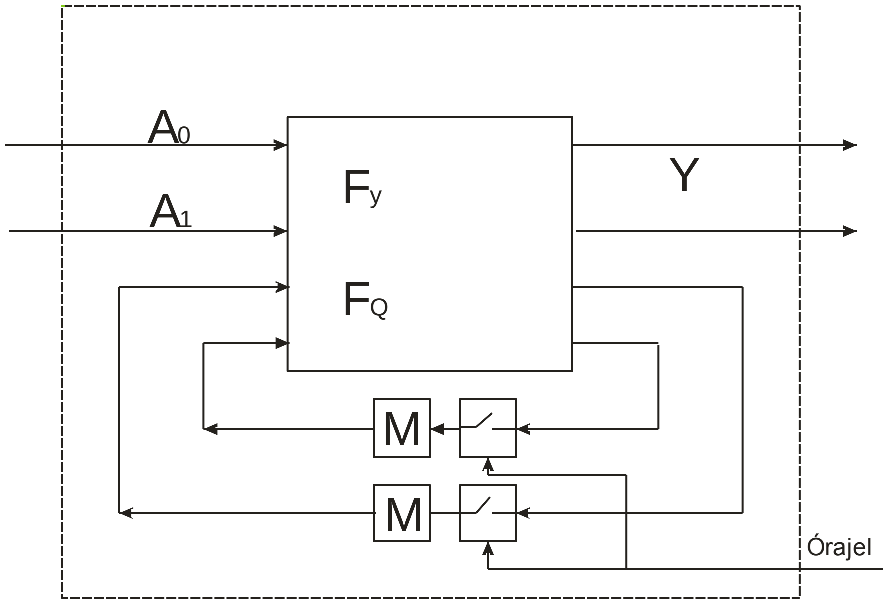
A hálózat ezen állapotát szoktuk stabil állapotnak nevezni. Abban az esetben, ha ez az egyenlőség nem áll fenn, akkor instabil állapotról beszélünk. Természetesen a kettő között az is különbséget teremt, hogy a Q jel mennyi idő alatt ér vissza bemenetre. ez azt is jelenti, hogy ha az instabil állapotok ideje alatt éri a sorrendi hálózatot bemeneti változás, akkor az ennek hatására kialakuló Q^{n+1} és Y kombináció értéke attól is függ, hogy melyik instabil állapot áll fenn. Emiatt az A változó értéke nem változhat tetszőlegesen gyorsan.

Ha azonban a bemeneti kombináció mellett nem alakul ki stabil állapota, akkor a különböző instabil állapotok megléte miatt a rendszer nem válik stabillá, hanem oszcillál.

Az ilyen módon működő hálózatot nevezhetjük aszinkron hálózatnak. Az aszinkron sorrendi hálózatok minden esetben megvalósíthatók visszacsatolt kombinációs hálózattal.

Normál aszinkron hálózatról akkor beszélhetünk, ha a rendszer két stabil állapota között legfeljebb egy instabil állapota alakul ki.

Tekintsük az alábbi rendszert:



23. ábra A visszacsatoló ágak periodikus nyitásának modellje

A vissza csatoló ágakban jelképesen olyan kapcsolókat ábrázolunk, amelyek periodikusan ismétlődő négyszögimpulzusok (azaz az órajel) hatására létrehozzák, ill. megszüntetik a visszacsatolást. Az egyes kapcsolók után rajzolt M jelű elemekről tételezzük fel, hogy kimeneteiken azt az értéket jelenítik meg, amely a kapcsoló zárásainak pillanatában a bemenetükre jutott. Tételezzük fel továbbá azt is, hogy ezt a kimeneti értéket mindaddig fenntartják, amíg egy újabb kapcsolózárás be nem következik. Ezért az M jelű elemek kimeneti értéke a kapcsolók nyitásakor, vagyis a visszakapcsoló ágak megszakítása alatt nem változik. Az M elemek tehát memória tulajdonságúak is.

Az órajel logikai 1 szintjének időtartama alatt a visszacsatoló ágak zártak, 0 esetén pedig nyitottak.

Induljunk ki abból, hogy két órajel között a hálózat éppen nyugalomban van. Ekkor a visszacsatoló ágak nyitottak, s az éppen jelenlévő A és az előző óraimpulzus hatására a bemenetre jutó Q alakítja ki az Y-t és a Q^{n+1}- et. Ha ezek után megérkezett az óraimpulzus, akkor ennek hatására az éppen fennálló Q kombináció a bemenetre jut,az M jelű elemek közvetítésével. Az így kialakuló új Q kombináció az éppen aktuális A –val együtt új Y és Q kombinációt hoz létre. Ez mindaddig ismétlődik minden órajel hatására, amíg a rendszer stabil állapotú nem lesz. Ha a mindenkori A megváltoztatásával mindig megvárjuk a stabil állapot kialakulását, akkor a hálózat aszinkron jellegű lesz. Az előzőekhez képest azonban mégis van annyi különbség, hogy hogy az instabil állapotok felbukkanása nem véletlenszerű, hanem mindig az órajel ütemezésében következnek be egymás után.

Ezért már fennállási időtartamuk sem véletlenszerű, hanem pontosan az órajel periódusideje. Következésképpen a hálózat működési sebességét az órajel frekvenciája korlátozza, hiszen két óraimpulzus között a visszahatások meg vannak szüntetve. Az így működő hálózatokat ütemezett aszinkron hálózatoknak nevezzük. Ennek a hálózattípusnak nagy hátránya a sebességcsökkenés, előnye viszont, hogy az órajel periódusideje rögzíti az instabil állapotok fennállási idejét.

Az aszinkron hálózatok esetén tehát fontos leszögezni, hogy

- az instabil állapotok miatt a szükséges szekunder változók száma általában nagyobb, mint szinkron esetben
- többek között ezért szinkron tervezésük bonyolultabb.
- a bemeneti változások gyakoriságát, vagyis a működési sebességet csak az építőelemek működési sebessége és a jelterjedési késleltetések okozzák.

5.3.2.2. Szinkron hálózat

Újfajta működési módhoz jutunk, ha a visszacsatoló hatások leírt ütemezése esetén megengedjük A változását instabil állapotban is. Így minden kialakuló állapot – függetlenül attól, hogy stabil- e vagy sem – a logikai feladatban előírt bemeneti kombinációkkal együtt új kimeneti kombinációt (Y) és új állapotot (Q) hoz létre. Ha tehát megengedjük, hogy minden órajelperiódusban új A kombináció juthasson a bemenetre, akkor ún. szinkron sorrendi hálózatot kapuk. Ilyenkor ugyanis a bemeneti változás szinkronban van az órajellel. Nyilvánvaló, hogy ilyen szinkron hálózat esetén nincs jelentősége annak, hogy egy állapot stabil, vagy instabil, hiszen minden Q kombináció új A kombinációval találkozik.

Éppen ezért a szinkron sorrendi hálózatok legfőbb jellemzője, hogy

- a stabil és az instabil állapotok nincsenek értelmezve,
- a szükséges szekunder változók száma ezért általában kisebb, mint aszinkron esetben,
- ezért logikai tervezésük egyszerűbb.
- a működési sebességet az órajel frekvenciája korlátozza
- ezért általában lassúbbak, mint az ütemezés nélküli szinkron hálózatok
- a bemeneti változásokra és a kimeneti kombináció értelmezésére szinkronizációs feltételeknek kell teljesülniük
- logikai tervezésük után, megvalósításuk során biztosítani kell a szinkronizációs feltételeket.

5.3.3. A sorrendi hálózatot leíró modellek

A kimeneti kombinációt előállító leképezést az alábbi alakban is definiálhatjuk:

$$f_y' = (A, Q) \Rightarrow Y$$

Ekkor azonban a bemeneti változók csak látszólag nem befolyásolja mert az

$$f_{Q^{n+1}} = (A, Q) \Rightarrow Q^{n+1}$$

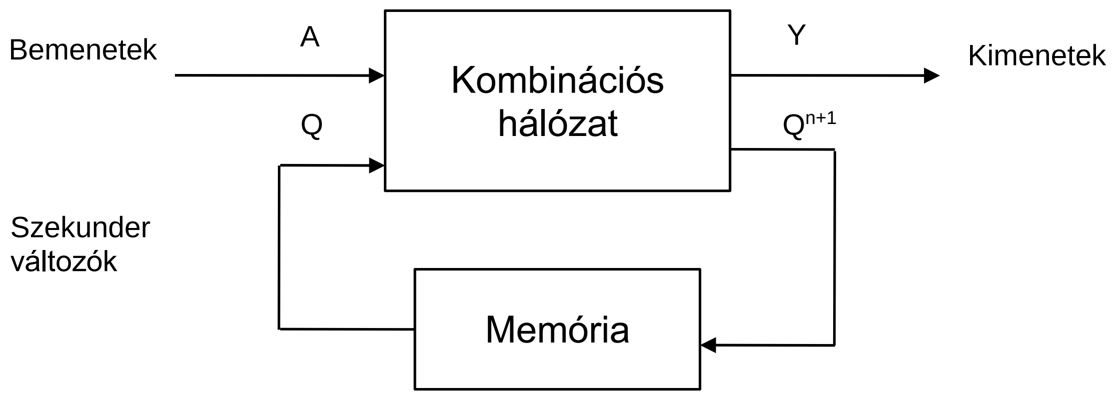
leképezés Q-t ezúttal is A-tól függően fogja előállítani. Ezért a kétféle felírási mód alapján a sorrendi hálózatokat is két csoportba osztjuk.

5.3.3.1. Mealy[1] – modell

Mealy modellről akkor beszélhetünk, ha

$$f_y = (A, Q) \Rightarrow Y$$

alakban felírható a hálózat



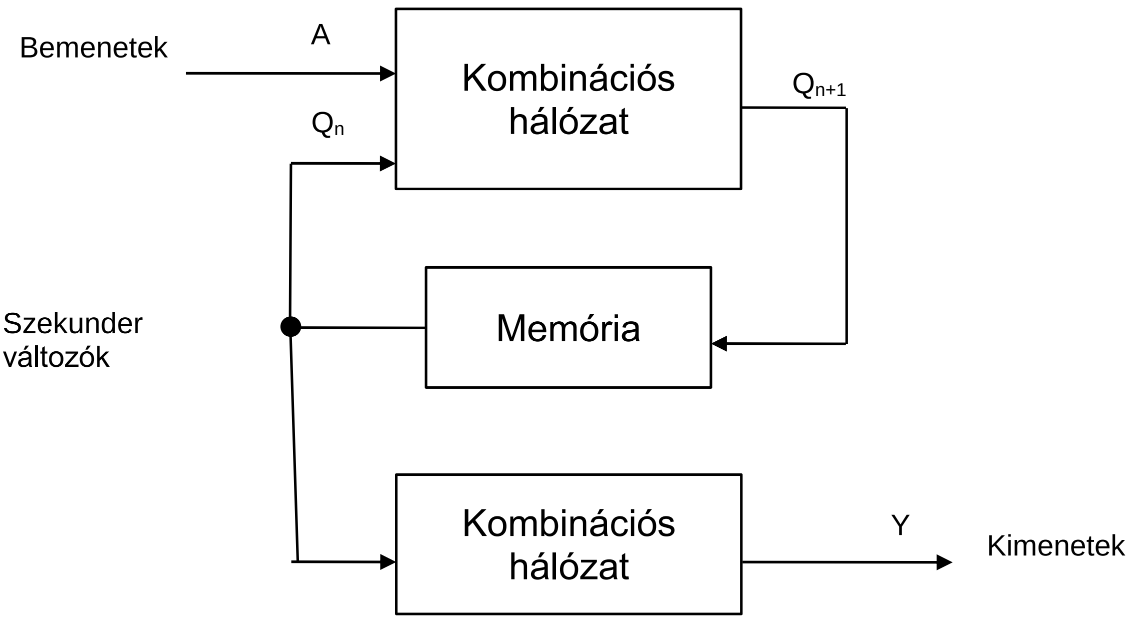
1

5.3.3.2. Moore[2] – modell

Moore – modellről akkor beszélhetünk, ha a sorrendi hálózat felírható, az alábbi alakban:

$$f_y' = (Q) \Rightarrow Y$$

Ez azt is jelenti, hogy a modell az alábbi blokksémával írható fel:



Bebizonyítható a modellekről, hogy

- Minden Mealy modellnek előállítható egy Moore ekvivalense
- Minden Moore modellnek előállítható egy Mealy ekvivalense

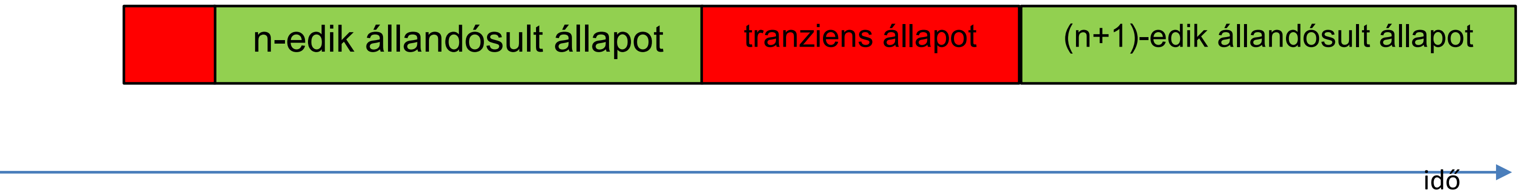
Bármely modellt is használjuk azonban egy sorrendi hálózat működése két logikai függvénnyel írható le:

- Szekunder változók függvénye
- Kimeneti függvény (függő változók függvénye)

A két függvény tehát együttesen határozza meg a sorrendi hálózat működését. Ebben a folyamatban a belső (szekunder) változók tárolják a hálózat előző vezérlési állapotait és a bemenő (primer) és belső (szekunder) változók együtt egyértelműen meghatározzák a kimeneteket.

2

Ugyanakkor fontos tudni, hogy a hálózat modellje, függvényei nem írják le a tranzienseket, pedig a valós működés az alábbi módon szemléltethető:



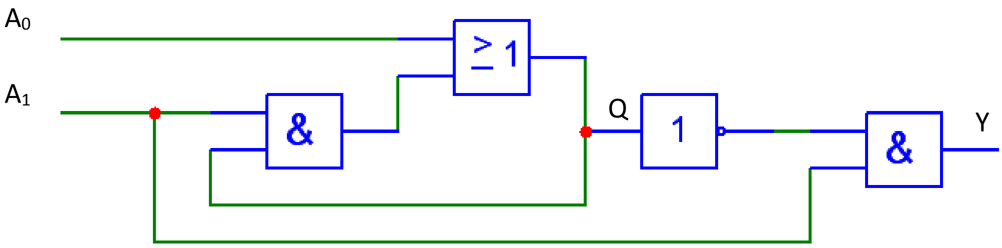
Fontos, hogy a függvényekben az idő nem szerepel változóként, és az állapotváltások között azonban rövid átmeneti jelenségek játszódnak le.

5.3.4. A sorrendi hálózat leírásának eszközei

5.3.4.1. Az állapottábla

Az állapottábla nem más, mint a sorrendi hálózatok működésének leírása táblázatos formában. A táblázatban fel kell tüntetnünk a bemeneti és kimeneti változókat, valamint a szekunder változók n-edik és n+1.- dik értékét. Két bemenet esetén még a belső állapot értékével, mint bemenettel kell számolnunk, valamint a kimenet (ek) mellett „belső kimenet tulajdonképpen ”a szekunder változók következő értéke is. A táblázatnak természetesen 2 bemenet és 1 belső változó esetén nyolc sora lesz (mert három független változónak számít)

pl.



24. ábra A példahálózat ki - és bemenetei

A **<u>Q_{n+1}-gyel jelölve a belső változó aktuális, és Q-val az előző értékét</u>**, logikai függvénykapcsolat írható fel a közbenső változóra és a kimenetre is.

$$Q_{n+1} = A_0 + A_1 Q$$
$$Y = A_1 \cdot \bar{Q}$$

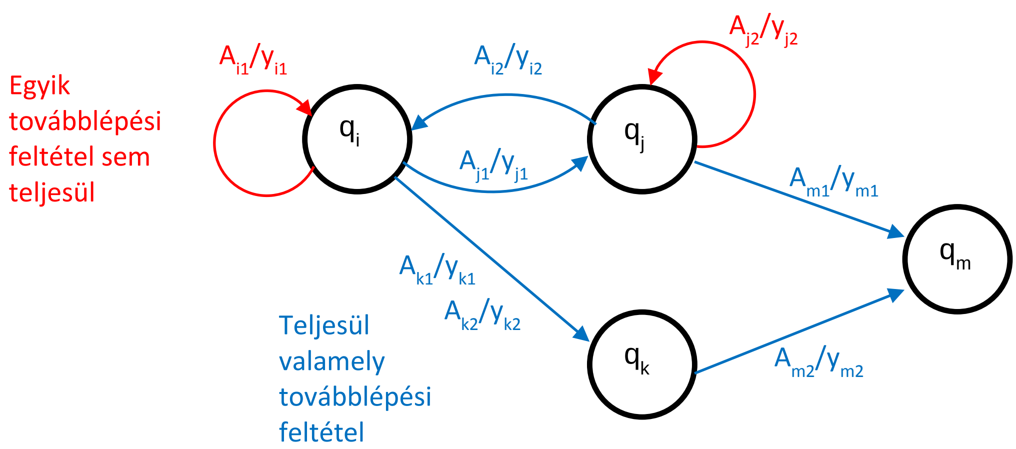
Q	A_0	A_1	Q_{n+1}	Y
0	0	0	0	0
0	0	1	0	1
0	1	0	1	0
0	1	1	1	1
1	0	0	0	0
1	0	1	1	0
1	1	0	1	0
1	1	1	1	0

25. ábra Állapottábla

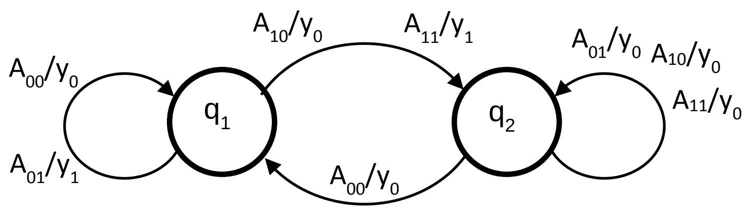
5.3.4.2. *Az állapotgráf*

Az állapotgráf a rendszer egy grafikus szemléltetési módja. a szemléltetés oly módon történik, hogy a sorrendi hálózat belső állapotait a gráf csomópontjai szemléltetik. (Az ábrán q-val jelölve, hogy a különböző belső állapotok megkülönböztethetők legyenek. A csomópontokat összekötő irányított élek (nyilak) az egyik állapotból a másikba történő átmenetet reprezentálják. Az éleken az átmenetet előidéző bemeneti A kombináció szerepel. Emellett az y kimeneti értékeket is gyakran fel szokás tüntetni

Ha nem teljesül semmilyen továbblépési feltétel, a rendszer marad az előző állapotban. Előfordul, hogy több feltétel is kielégítheti a továbblépés feltételét. Fontos, hogy egy állapotból visszafelé, egy előző állapotba is lehetséges állapotátmenet.

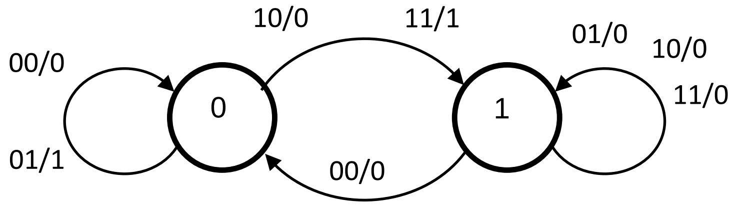


Mivel ennek a hálózatnak két belső állapota van, ezért gráfként két csomóponttal írható fel.



26. ábra A rendszer gráfja

Ha a megfelelő értékeket behelyettesítjük:



27. ábra A rendszer állapotgráfja

5.3.4.3. A vezérlési táblázat

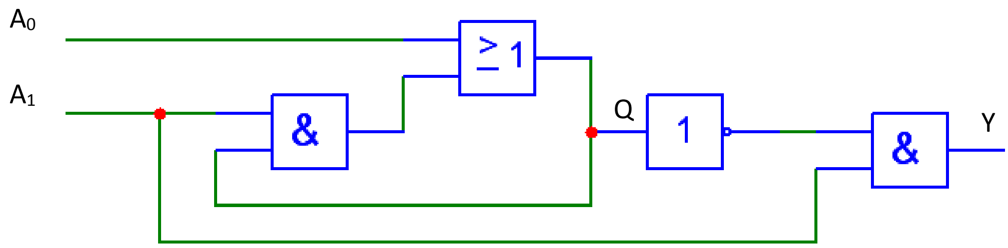
Egy szekunder változós vezérlési táblázat

A vezérlési táblázat az állapottábla célszerűen átalakított formája, ahol az oszlopok a bemenő jelek, a sorok pedig a késleltetés után előállt visszacsatolt jelek.

A cellákba a bemenő jel hatására keletkező Q_{n+1} jelet írjuk, majd a stabil állapotokat bekarikázzuk.

- ❖ Ahol $Q = Q_{n+1}$, ott nincs állapotváltozás a visszacsatoló hurokban.
- ❖ Ahol $Q \neq Q_{n+1}$, ott instabil állapot lép fel, , mert állapotváltozás zajlik a visszacsatoló hurokban. Tulajdonképpen ilyenkor a jel még nem ért át a késleltetőn.

5.3.4.3.1. Egy szekunder változós vezérlési tábla



28. ábra A példahálózat ki - és bemenetei

kiindulás: $Q = A_0 = A_1 = 0$

bemeneti szekvencia:

01,

11,

01,

00

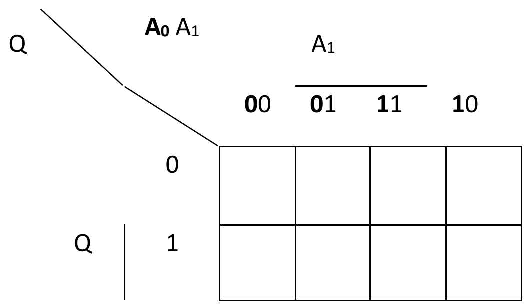
A rendszer állapottáblája a következő módon állítható elő:

i	Q	A_0	A_1	Q_{n+1}	Y
0	0	0	0	0	0
1	0	0	1	0	1
2	0	1	0	1	0
3	0	1	1	1	1
4	1	0	0	0	0
5	1	0	1	1	0
6	1	1	0	1	0
7	1	1	1	1	0

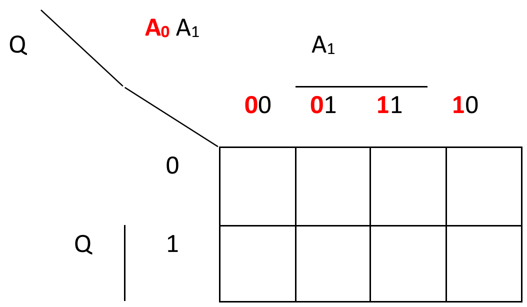
29. ábra Állapottábla

Ezt a korábbiakból már ismerjük, de ez alkalommal megszámoztuk a sorokat. Vegyük észre, hogy ez a számozás ismét nem önkényes: i értéke decimálisan pontosan annyi, amennyit Q és A_0 valamint A_1 változók binárisan adnak.

A rendszer működését le tudjuk írni az állapottábla alapján egy egyszerű táblával, melyet vezérlési táblázatnak nevezünk, mert a sorrendi hálózat működési elvét írja le, sorban lekövethetők rajta a hálózat egymást követő állapotai. A leírás hasonló a korábban tanult Karnaugh- tábla módszerhez, DE nem teljesen azonos vele!



30. ábra Három változós vezérlési tábla



31. ábra Három változós (A_0 elemei kiemelve) vezérlési tábla

Természetesen a cellák ebben az esetben is feltölthetők a változók megfelelő értékeivel, akár betűkről, akár számokról van szó.

Q \ $A_0 A_1$	00	01	11	10
0	$\overline{QA_0A_1}$	$\overline{QA_0A_1}$	$\overline{QA_0A_1}$	$\bar{Q}A_0\overline{A_1}$
Q 1	$Q\overline{A_1A_2}$	$Q\overline{A_0}A_1$	QA_0A_1	$QA_0\overline{A_1}$

32. ábra Három változós (A_0 elemei kiemelve) vezérlési tábla értékeinek számítás

Q \ $A_0 A_1$	00	01	11	10
0	000	001	011	010
Q 1	100	101	111	110

33. ábra Három változós (A_0 elemei kiemelve) vezérlési tábla bináris értékekkel

Q \ $A_0 A_1$	00	01	11	10
0	0	1	3	2
Q 1	4	5	7	6

34. ábra Három változós (A_0 elemei kiemelve) vezérlési tábla cellaértékei

Természetesen a fenti hálózatot is felírhatjuk ilyen vezérlési táblába az alábbi módon:

Az állapottáblából kiválasztjuk azokat a sorokat, ahol Q értéke 1 lesz a folyamat során.

- ❖ Ezt vezetjük be a vezérlési táblába.
- ❖ Meghatározzuk a stabil állapotokat. (Minden olyan állapot stabil, ahol $Q_n = Q_{n+1}$)
- ❖ Kiolvassuk a vezérlés folyamatát.

	Q	A_0	A_1	Q_{n+1}	Y
0	0	0	0	0	0
1	0	0	1	0	1
2	**0**	**1**	**0**	**1**	0
3	**0**	**1**	**1**	**1**	1
4	1	0	0	0	0
5	**1**	**0**	**1**	**1**	0
6	**1**	**1**	**0**	**1**	0
7	**1**	**1**	**1**	**1**	0

35. ábra Az állapottáblából kiválasztott értékek

Q \ A_0 A_1	00	01	11	10
0	0	0	1	1
Q 1	0	1	1	1

(A_1 over columns 01 and 11)

36. ábra Az kitöltött vezérlési tábla

Q \ $A_0 A_1$	00	01	11	10
0	**0**	**0**	1	1
1	0	1	1	1

37. ábra A stabil állapotok (sötétvörös)

A stabil állapotokat az fogja jelenteni, ahol

$Q_n = Q_{n+1}$

tehát adott esetben 0, 1, 5, 6, 7 értékeknél.

A rendszer működésének kiolvasása pedig az állapottábla figyelembevételével zajlik:

i	Q	A_0	A_1	Q_{n+1}	Y
0	0	0	0	0	0
1	0	0	1	0	1
2	0	1	0	1	0
3	0	1	1	1	1
4	1	0	0	0	0
5	1	0	1	1	0
6	1	1	0	1	0
7	1	1	1	1	0

38. ábra Az állapottábla

A kiolvasás során érdemes a táblát az állapottáblával együtt figyelni.

Q \ $A_0 A_1$	00	01	11	10
0	**0**	**0**	1	1
1	0	1	1	1

39. ábra Az állapottábla kiolvasása

Kezdjük a start állapottal.

i	Q	A_0	A_1	Q_{n+1}	Y
0	0	0	0	0	0
1	0	0	1	0	1
2	0	1	0	1	0
3	0	1	1	1	1
4	1	0	0	0	0
5	1	0	1	1	0
6	1	1	0	1	0
7	1	1	1	1	0

40. ábra Az állapottáblából történő kiolvasás (start)

Q \ A_0 A_1	00	01	11	10
0	0	0	1	1
1	0	1	1	1

41. ábra A vezérlő tábla kiolvasása (start)

A következő állapot csak olyan lehet, ahol Q =0, hiszen a beső változó kimenetén ezt kaptuk.

ehhez legközeleb az ’-es érték esik.

i	Q	A_0	A_1	Q_{n+1}	Y
0	0	0	0	0	0
1	0	0	1	0	1
2	0	1	0	1	0
3	0	1	1	1	1
4	1	0	0	0	0
5	1	0	1	1	0
6	1	1	0	1	0
7	1	1	1	1	0

42. ábra Az állapottáblából történő kiolvasás (1)

Q \ $A_0 A_1$		00	01 (A_1)	11 (A_1)	10
	0	0	0	1	1
Q	1	0	1	1	1

43. ábra A vezérlő tábla kiolvasása (1)

Mivel olyat, ahol A1 értéke 1 és Q értéke pedig 0, újra csak egyet találunk:

i	Q	A_0	A_1	Q_{n+1}	Y
0	0	0	0	0	0
1	0	0	1	0	1
2	0	1	0	1	0
3	0	1	1	1	1
4	1	0	0	0	0
5	1	0	1	1	0
6	1	1	0	1	0
7	1	1	1	1	0

44. ábra Az állapottáblából történő kiolvasás (3)

Q \ $A_0 A_1$	00	01	11	10
0	0	0	1	1
1 (Q)	0	1	1	1

(A_1 above columns 01 and 11)

45. ábra A vezérlő tábla kiolvasása (3)

Ez után viszont a következő Q értéknek már 1- nek kell lennie, úgy, hogy közben mindkét bemenet még 1 értékű:

i	Q	A_0	A_1	Q_{n+1}	Y
0	0	0	0	0	0
1	0	0	1	0	1
2	0	1	0	1	0
3	0	1	1	1	1
4	1	0	0	0	0
5	1	0	1	1	0
6	1	1	0	1	0
7	**1**	**1**	**1**	**1**	**0**

46. ábra Az állapottáblából történő kiolvasás (7)

Q \ A_0 A_1	00	01	11	10
0	**0**	**0**	1	1
1 (Q)	0	1	1	1

(A_1 over columns 01, 11)

47. ábra A vezérlő tábla kiolvasása (7)

A következőkben először az A_0 bemenet fog váltani 0-ra, ezért az 101 kombinációt kapjuk.

i	Q	A_0	A_1	Q_{n+1}	Y
0	0	0	0	0	0
1	0	0	1	0	1
2	0	1	0	1	0
3	0	1	1	1	1
4	1	0	0	0	0
5	**1**	**0**	**1**	**1**	**0**
6	1	1	0	1	0
7	1	1	1	1	0

48. ábra Az állapottáblából történő kiolvasás (5)

Q \ A_0 A_1	00	01	11	10
0	**0**	**0**	1	1
Q 1	0	1	1	1

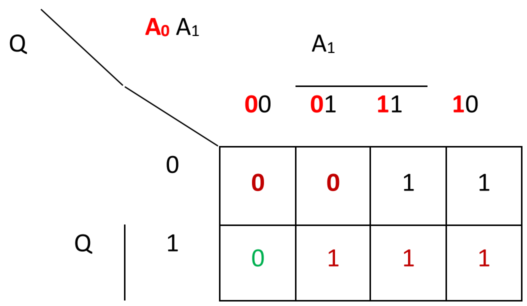
(A_1 over columns 01 and 11)

49. ábra A vezérlő tábla kiolvasása (5)

Mivel a rendszer alap/stabil állapotba igyekszik visszajutni, ezért a következő lehetőség az 100 állapot:

i	Q	A_0	A_1	Q_{n+1}	Y
0	0	0	0	0	0
1	0	0	1	0	1
2	0	1	0	1	0
3	0	1	1	1	1
4	**1**	**0**	**0**	**0**	**0**
5	1	0	1	1	0
6	1	1	0	1	0
7	1	1	1	1	0

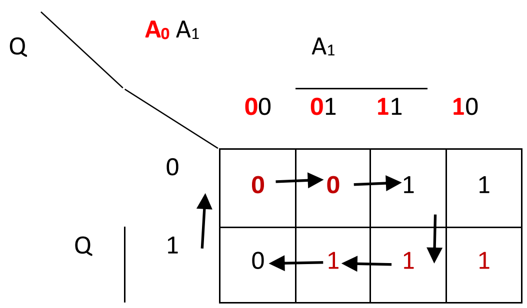
50. ábra Az állapottáblából történő kiolvasás (4)



51. ábra A vezérlő tábla kiolvasása (4)

Innen már csak egy lépés lesz start állapotba, azaz 000 állapotba jutni.

A teljes folyamat pedig:



52. ábra A teljes folyamat

Ebből az is következik, hogy bár több stabil állapot is lehetséges, ezek közül a folyamat nem mindet érinti, vannak olyan értékek, melyeket a rendszer nem vesz fel.

5.3.4.3.2. Két szekunder változós vezérlési táblázat

Következzék egy példa két belső (szekunder) változóra.

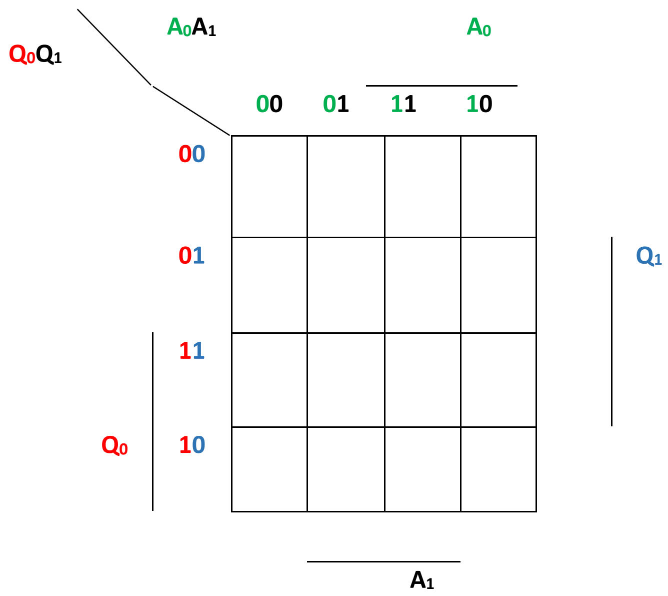
Először azonban figyeljük meg, hogyan tudjuk kitölteni a vezérlési táblázatot. Mielőtt egy feladat megoldását látnánk, figyeljük meg ezt először.

Q_0Q_1 \ A_0A_1	00	01	11	10
00	0000	0001	0011	0010
01	0100	0101	0111	0110
11	1100	1101	1111	1110
10	1000	1001	1011	1010

A_0 (11, 10 columns); A_1 (01, 11 columns); Q_0 (11, 10 rows); Q_1 (01, 11 rows)

53. ábra A négy változós vezérlő tábla

Fontos lekövetni, hogy melyik változó mely cellában Igaz vagy hamis értékű. Ezért a következő ábrán színekkel jelöltük meg az összetartozó értékeket.



54. ábra A négy változós vezérlő tábla

Q_0Q_1 \ A_0A_1	00	01	11	10
00	$\overline{Q_0Q_1A_0A_1}$	$\overline{Q_0Q_1A_0}A_1$	$\overline{Q_0Q_1}A_0A_1$	$\overline{Q_0Q_1}A_0\overline{A_1}$
01	$\overline{Q_0}Q_1\overline{A_0A_1}$	$\overline{Q_0}Q_1\overline{A_0}A_1$	$\overline{Q_0}Q_1A_0A_1$	$\overline{Q_0}Q_1A_0\overline{A_1}$
11	$Q_0Q_1\overline{A_0A_1}$	$Q_0Q_1\overline{A_0}A_1$	$Q_0Q_1A_0A_1$	$Q_0Q_1A_0\overline{A_1}$
10	$Q_0\overline{Q_1A_0A_1}$	$Q_0\overline{Q_1A_0}A_1$	$Q_0\overline{Q_1}A_0A_1$	$Q_0\overline{Q_1}A_0\overline{A_1}$

A_0 (columns 11, 10); A_1 (columns 01, 11); Q_0 (rows 11, 10); Q_1 (rows 01, 11)

55. ábra A négy változós vezérlőv tábla értékei (változók)

Q_0Q_1 \ A_0A_1	00	01	11	10
00	0000	0001	0011	0010
01	0100	0101	0111	0110
11	1100	1101	1111	1110
10	1000	1001	1011	1010

A_0 (columns 11, 10); Q_0 (rows 11, 10); Q_1 (rows 01, 11)

A_1

56. ábra A négy változós vezérlő tábla tábla értékei (binaris)

A_0

Q_0Q_1 \ A_0A_1	00	01	11	10
00	0	1	3	2
01	4	5	7	6
11	12	13	15	14
10	8	9	11	10

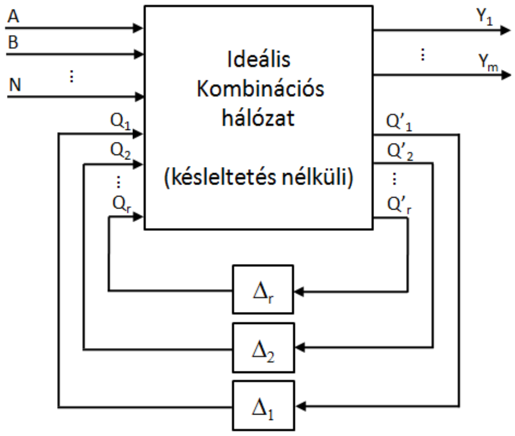
Q_1

Q_0

A_1

57. ábra A négy változós vezérlő tábla értékei (decimális)

Legyen tehát a rendszer:



Tehát ha a két belső változós rendszerben onnan indulunk ki, hogy

$Q_2Q_1 = A_0A_1 = 00$ stabil állapot.

Ekkor A_0A_1 bemenet változzon meg $A_0A_1 = 01$-re

Ekkor fontos észrevenni, hogy mindkét belső változó 0-ról 1-re vált Ekkor fontos kérdés: Mi történik, ha eltérő Δ késleltetések vannak?

A tábla kitöltésénél fontos megfigyelni: minden cella két értéket tartalmaz, hiszen a belső változókat is figyelemmel kell kísérni.

A válasz az, hogy nem tudjuk előre megmondani, hogy melyik hurok a gyorsabb, tehát nem egyértelmű a működés.

Q_1Q_0 \ A_0A_1	00	01	11	10
00	00	11	01	00
01	11	01	11	00
11	11	11	10	00
10	00	11	00	00

58. ábra A versenyfutás

A magyarázat az, hogy fellép az ún. versenyfutás jelenség. Ez a jelenség csak akkor alakul ki, ha két szekunder változónak egyszerre kell változnia.

Kritikus versenyfutásról akkor beszélünk, ha az eltérő késleltetések miatt a hálózat eltérő stabil állapotokba kerülhet. Azaz ha a vezérlési táblázat versenyfutást tartalmazó oszlopában több stabil állapot is van. Nem kritikus a helyzet akkor, ha egy oszlopban csak egy stabil állapot van (utolsó oszlop).

A következő esetben ugyanennél a rendszernél legyen a kiindulás:

$Q_1Q_0 = 0$; $A_0A_1 = 10$ stabil állapot.

Ekkor az A_0A_1 bemenet változzon $A_0A_1 = 11$-re.

Ekkor csak az Q_0-hoz tartozó hurok kell változzon

Így nem alakul ki versenyfutás, de instabil állapotba jut a rendszer, melyet újabb és újabb instabil állapotok követnek.

Q_1Q_0 \ A_0A_1	00	01	11	10
00	00	11	01	00
01	11	01	11	00
11	11	11	10	00
10	00	11	00	00

59. ábra Az instabil állapot kialakulása

Ekkor, ha nincs stabil állapot a vezérlési tábla egy oszlopában, az adott bemeneti kombináció esetén a rendszer biztosan oszcillálni fog.

5.4. Ellenőrző kérdések

1) Definiálja a logikai hálózat fogalmát!
2) Definiálja a kombinációs hálózat fogalmát!
3) Definiálja a sorrendi hálózat fogalmát!
4) Milyen leképezéssel lehet leírni egy sorrendi hálózatot?
5) Milyen típusú sorrendi hálózatokat ismer?
6) Definiálja az aszinkron hálózat fogalmát és jellemezze a hálózatot!
7) Definiálja és jellemezze a szinkron hálózat fogalmát!
8) Milyen modellekkel lehet leírni a sorrendi hálózatot?
9) Jellemezze a Mealy – modellt!
10) Jellemezze a Moore – modellt!
11) Hasonlítsa össze a Mealy és a Moore – modellt!
12) Jellemezze az állapotgráfot!
13) Jellemezze az állapottáblát!
14) Hasonlítsa össze az igazságtáblát és az állapottáblát!
15) Hasonlítsa össze a vezérlési táblát és a Karnaugh – táblát!
16) Mit értünk azon, ha egy állapot stabil?
17) Mit jelent a sorrendi hálózatok esetében az instabilitás?
18) Definiálja a sorrendi hálózatok esetében az oszcilláció fogalmát!
19) Rajzoljon fel egy egy szekunder változós vezérlési táblát! Többféleképpen töltse ki a cellákat! (változók, bináris, decimális alakok)
20) Rajzoljon fel egy két szekunder változós vezérlési táblát! Többféleképpen töltse ki a cellákat! (változók, bináris, decimális alakok)
21) Rajzolja fel a példahálózatot, és elemezze sorrendi hálózatként az összes hálózatleírási lehetőség segítségével!

5.5. Feladatok

1) Alakítsa át a tízes számrendszerbeli számokat kettes számrendszerbe, majd ellenőrizze az eredményt: a, 129; b, 132; c, 140; d, 4512; e, 5051
1) Alakítsa át a tízes számrendszerbeli számokat kettes számrendszerbe, majd ellenőrizze az eredményt: a, 10; b, 92; c, 146; d, 3268; e, 5000
2) Alakítsa át a kettes számrendszerbeli számokat tízes számrendszerbe, majd ellenőrizze az eredményt: a, 101000011; b, 11100110011; c, 11111; d, 11111001; e, 01100111
3) Alakítsa át a kettes számrendszerbeli számokat tízes számrendszerbe, majd ellenőrizze az eredményt: a, 1010001; b, 111001101; c, 000101; d, 1111101; e, 011001101
4) Írja fel a következő hálózatot blokkal, Karnaugh – táblával, igazságtáblázattal, logikai függvénnyel és a hozzá tartozó kapcsolási rajzzal! Ahol lehet, egyszerűsítsen!

$$F = \sum^{4}(11,15,10)$$

5) Írja fel a következő hálózatot blokkal, Karnaugh – táblával, igazságtáblázattal, logikai függvénnyel és a hozzá tartozó kapcsolási rajzzal! Ahol lehet, egyszerűsítsen!

$$F = \sum^{4}(6,11,14,15)$$

6) Írja fel a következő hálózatot blokkal, Karnaugh – táblával, igazságtáblázattal, logikai függvénnyel és a hozzá tartozó kapcsolási rajzzal! Ahol lehet, egyszerűsítsen!

$$F = \sum^{4}(5,6,10,11,13,14)$$

7) Írja fel a következő hálózatot blokkal, Karnaugh – táblával, igazságtáblázattal, logikai függvénnyel és a hozzá tartozó kapcsolási rajzzal! Ahol lehet, egyszerűsítsen!

$$F = \sum^{4}(13,14,15)$$

8) Írja fel a következő hálózatot blokkal, Karnaugh – táblával, igazságtáblázattal, logikai függvénnyel és a hozzá tartozó kapcsolási rajzzal! Ahol lehet, egyszerűsítsen!

$$F = \sum^{4}(7,11,13,14)$$

9) Írja fel a következő hálózatot blokkal, Karnaugh – táblával, igazságtáblázattal, logikai függvénnyel és a hozzá tartozó kapcsolási rajzzal! Ahol lehet, egyszerűsítsen!

$$F = \sum^{4}(6,7,14)$$

10) Írja fel a következő hálózatot blokkal, Karnaugh – táblával, igazságtáblázattal, logikai függvénnyel és a hozzá tartozó kapcsolási rajzzal! Ahol lehet, egyszerűsítsen!

$$F = \sum^{4}(4,9,12,13,15)$$

11)

5.6. Irodalom

Kóré László: Digitális elektronika I. (BMF 1121)

Zsom Gyula: Digitális technika I. (Műszaki Könyvkiadó, Budapest, 2000, KVK 49-273/I, ISBN 963 6 1786 6)

Zsom Gyula: Digitális technika II. (Műszaki Könyvkiadó, Budapest, 2000, KVK 49-273/II, ISBN 963 16 1787 4)

Arató Péter: Logikai rendszerek tervezése (Tankönyvkiadó, Budapest, 1990, Műegyetemi Kiadó 2004, 55013)

Zalotay Péter: Digitális technika (http://www.kobakbt.hu/jegyzet/DigitHW.pdf)

Rőmer Mária: Digitális rendszerek áramkörei (Műszaki Könyvkiadó, Budapest, 1989, KVK 49-223)

Rőmer Mária: Digitális technika példatár (KKMF 1105, Budapest 1999)

Matijevics István: Digitális Technika Interaktív példatár (ISBN 978-963-279-528-7 Szegedi Tudományegyetem)

http://www.inf.u–szeged.hu/projectdirs/digipeldatar/digitalis_peldatar.html