IRÁNYÍTÁSTECHNIKA I.

5 éves + BSc kurzus

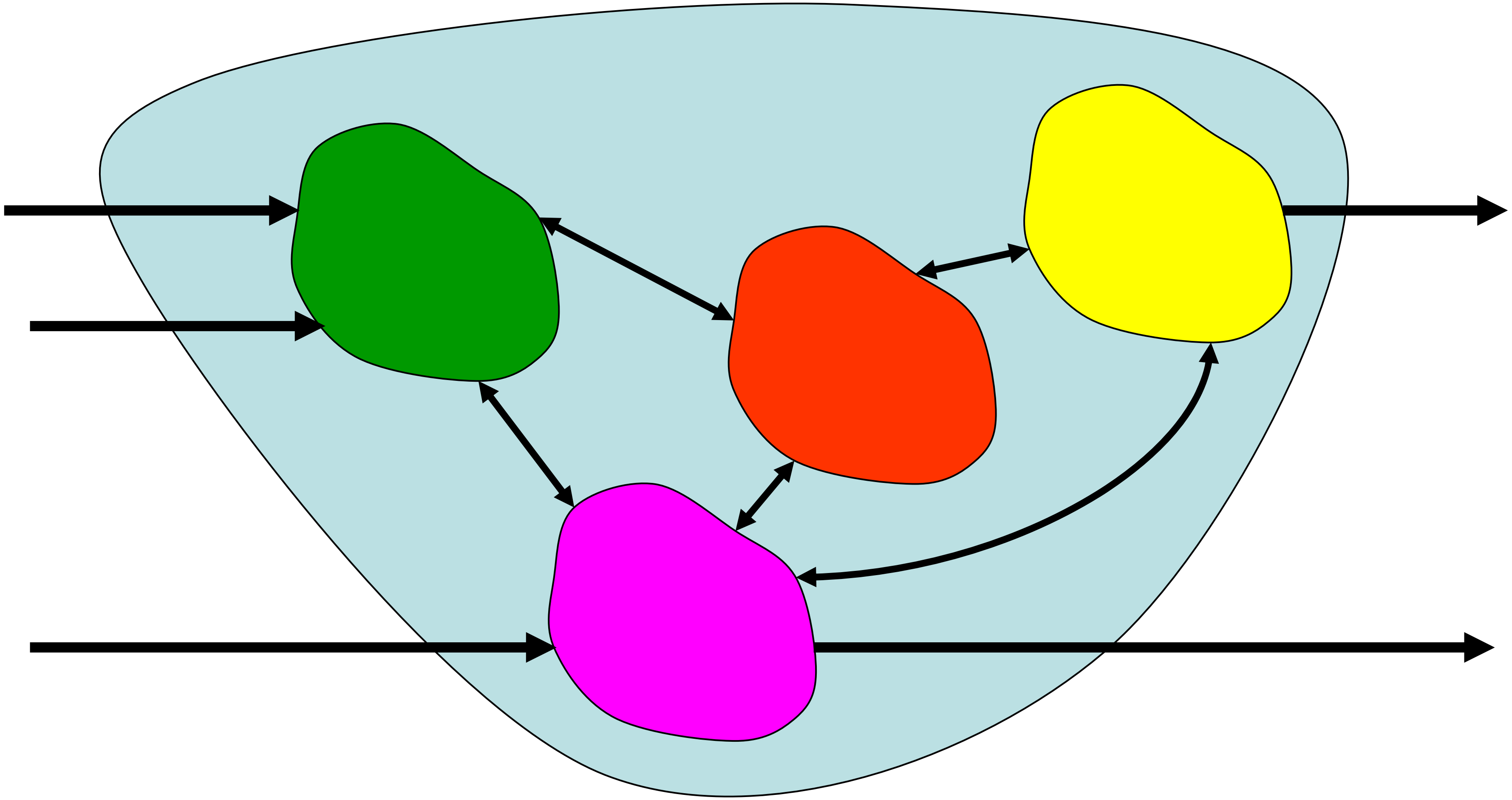
Összeállította:
Dr. Tarnai Géza egyetemi tanár

Budapest, 2008.

Rendszer- és irányításelméleti ismeretek

1. félév	2. félév
Diszkrét állapotú rendszerek, logikai hálózatok	Folytonos állapotú rendszerek és irányításuk

Rendszerek, részrendszerek, elemek
Jelek, értékek



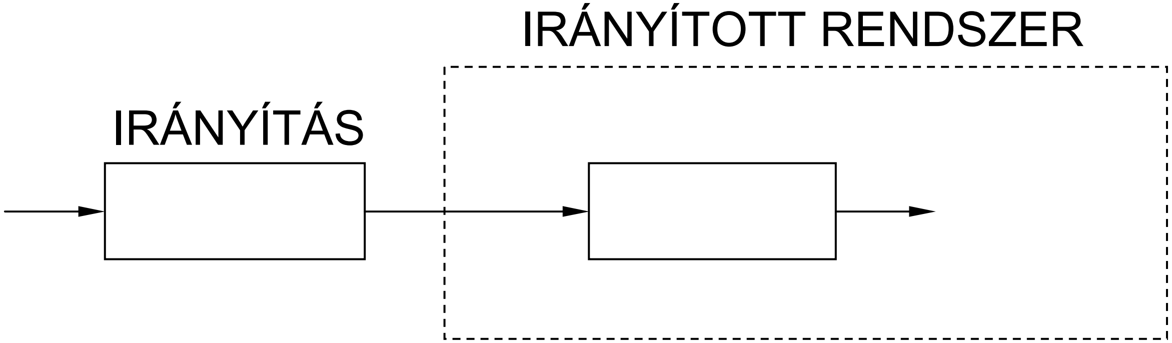
Az irányítás feladata

Az irányítás feladata

a rendszer kívánt viselkedésének eléréséhez szükséges

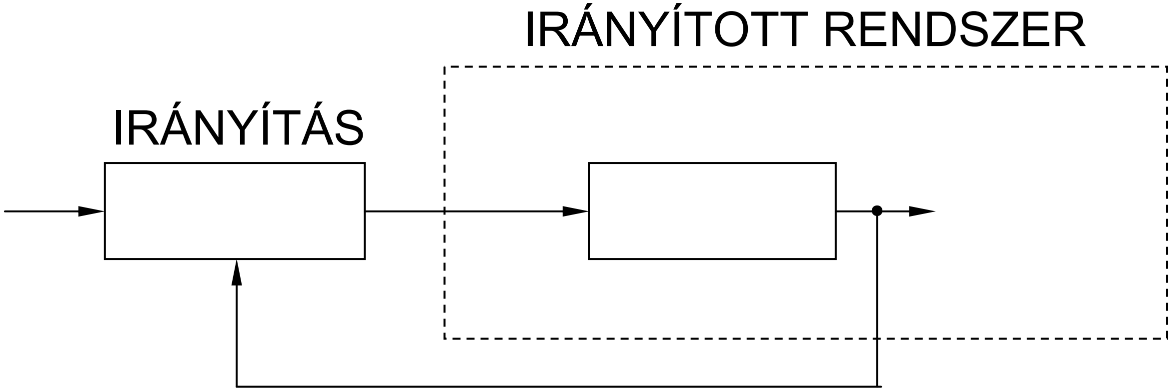
„helyes bemenetek” kiválogatása.

Az irányítás fajtái


IRÁNYÍTOTT RENDSZER

IRÁNYÍTÁS

Nyílt hurkú
irányítás

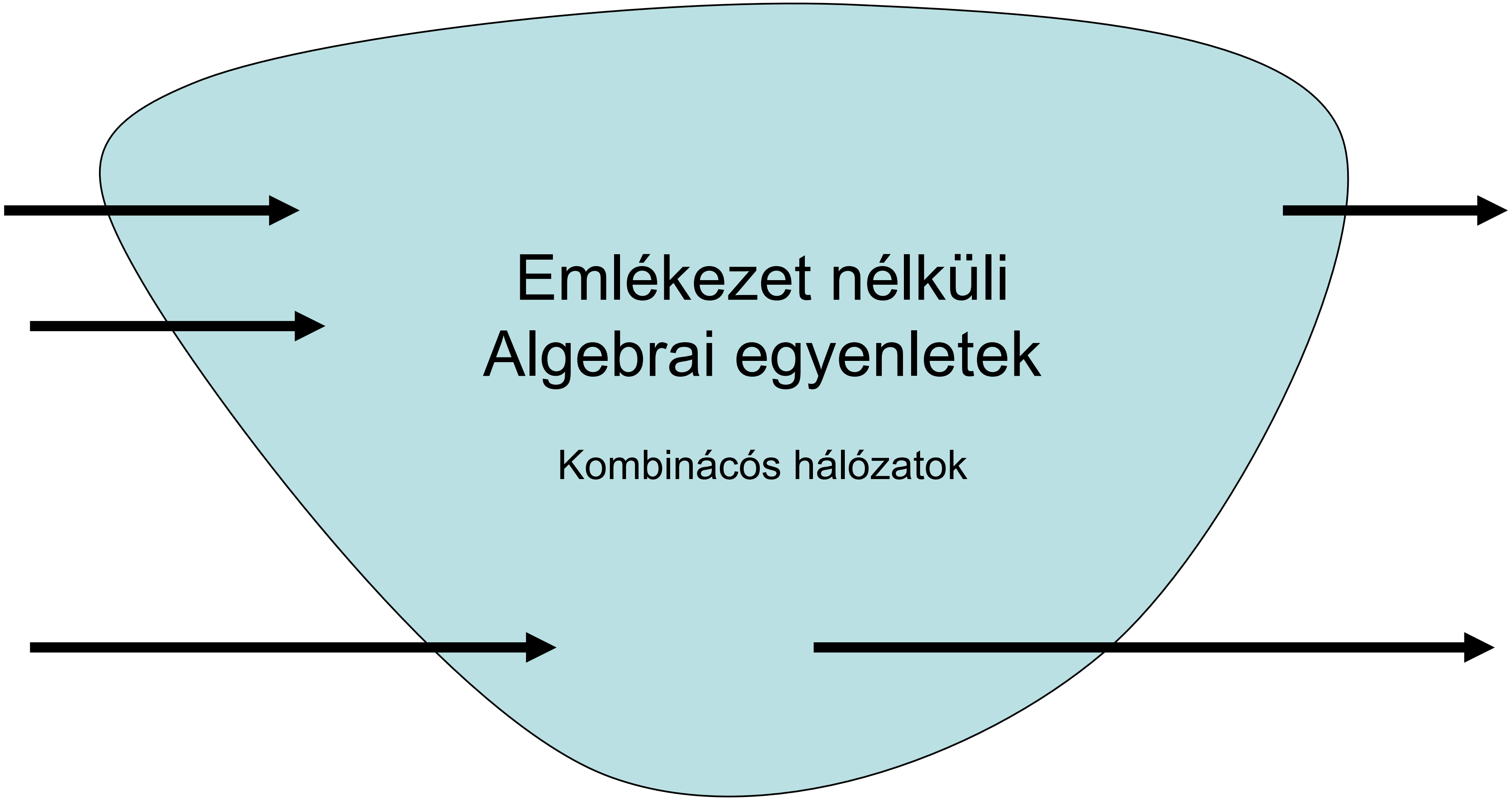

IRÁNYÍTOTT RENDSZER

IRÁNYÍTÁS

Zárt hurkú
irányítás

Statikus rendszer

A rendszer kimeneti jelei csak az aktuális bemeneti jelektől függenek, a korábbiaktól függetlenek.

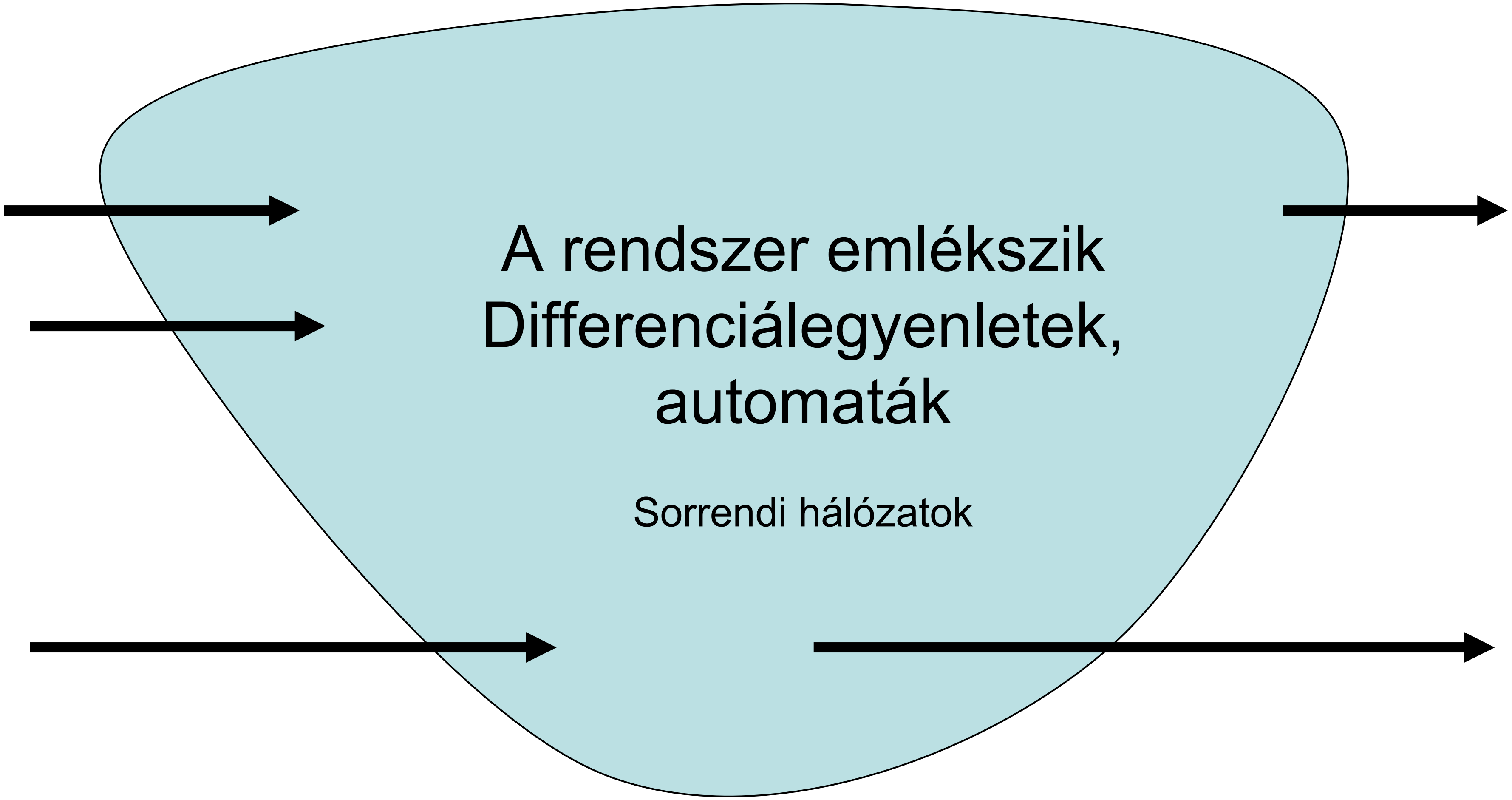


Emlékezet nélküli
Algebrai egyenletek

Kombinácós hálózatok

Dinamikus rendszer

A rendszer kimeneti jelei függenek a bemeneti jelek korábbi értékeitől is (szekvenciális jelleg).



A rendszer emlékszik
Differenciálegyenletek,
automaták

Sorrendi hálózatok

Rendszerek osztályozási szempontjai

1. Determinisztikus/Sztochasztikus
2. Folytonos állapotú/Diszkrét állapotú/Hibrid
3. Idővezérelt/Eseményvezérelt
4. Statikus/Dinamikus
5. Folytonos idejű/Diszkrét idejű
6. Lineáris/Nemlineáris
7. Időfüggő/Időinvariáns

KÖVETELMÉNYEK

- Tanszéki honlap: www.kka.bme.hu
- Tanszéki hirdetőtábla
- 4/3 **labor** gyakorlat
- Labor előkészületek
- Laborelismertetés 02. 20-ig Baranyi E-nél (Z522)
- **Zárthelyi** 5 éves 1 zh + vizsga
  BSc 2 zh (félév végi jegy)
- Zárthelyi beszámítás 50%/100%

Logikai hálózatok

Kombinációs hálózatok

Kétértékű logika

Logikai alapműveletek

$$0 \cdot 0 = 0 \cdot 1 = 1 \cdot 0 = 0; \qquad 1 \cdot 1 = 1$$

$$0 + 1 = 1 + 0 = 1 + 1 = 1; \qquad 0 + 0 = 0$$

$$\overline{0} = 1; \quad \overline{1} = 0; \quad \overline{\overline{0}} = 0; \quad \overline{\overline{1}} = 1$$

Logikai algebrai kifejezések (1)

$A \cdot 0 \equiv 0;$ $A \cdot 1 \equiv A$ $A \cdot \overline{A} \equiv 0$

$A + 0 \equiv A;$ $A + 1 \equiv 1;$ $A + \overline{A} \equiv 1$

$\overline{\overline{A}} \equiv A$

$A + B \equiv B + A;$ $A \cdot B \equiv B \cdot A$

$\overline{A + B} \equiv \overline{A} \cdot \overline{B};$ $\overline{A \cdot B} \equiv \overline{A} + \overline{B}$

De Morgan azonosságok

Logikai algebrai kifejezések (2)

$$\mathrm{A} + (\mathrm{B} + \mathrm{C}) \equiv \mathrm{A} + \mathrm{B} + \mathrm{C}$$

$$\mathrm{A} \cdot (\mathrm{B} \cdot \mathrm{C}) \equiv \mathrm{A} \cdot \mathrm{B} \cdot \mathrm{C}$$

$$\mathrm{A} \cdot (\mathrm{B} + \mathrm{C}) \equiv \mathrm{A} \cdot \mathrm{B} + \mathrm{A} \cdot \mathrm{C}$$

$$\underline{\mathrm{A} + (\mathrm{B} \cdot \mathrm{C}) \equiv (\mathrm{A} + \mathrm{B}) \cdot (\mathrm{A} + \mathrm{C})}$$

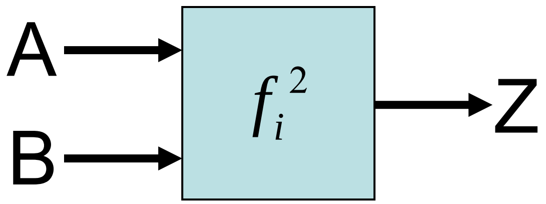
$$A \cdot A + A \cdot B + A \cdot C + B \cdot C \equiv A \cdot (A + B + C) + B \cdot C$$

Logikai függvények

$$f_i^2(A,B) = \overline{f_{15-i}^2(A,B)}$$

A	B	f_0	f_1	f_2	f_3	f_4	f_5	f_6	f_7	f_8	f_9	f_{10}	f_{11}	f_{12}	f_{13}	f_{14}	f_{15}
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1
0	1	0	0	0	0	1	1	1	1	0	0	0	0	1	1	1	1
1	0	0	0	1	1	0	0	1	1	0	0	1	1	0	0	1	1
1	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1
		0	A·B		A		B		A+B								1

Logikai függvények megadása



A	B	f_1	f_7
0	0	0	0
0	1	0	1
1	0	0	1
1	1	1	1

$$Z = f_1^2(A,B) = A \cdot B$$

$$Z = f_7^2(A,B) = \overline{A} \cdot B + A \cdot \overline{B} + A \cdot B =$$

$$= \overline{A} \cdot B + A \cdot (\overline{B} + B) = \overline{A} \cdot B + A = B + A$$

$$\overline{Z} = \overline{f_7^2(A,B)} = \overline{A} \cdot \overline{B}$$

$$Z = f_7^2(A,B) = \overline{\overline{f_7^2(A,B)}} = \overline{\overline{A} \cdot \overline{B}} = A + B$$

1. Előadás - összefoglalás

- Rendszer- és irányítástechnikai alapok
- Rendszerek osztályozása
- Logikai hálózatok – Kombinációs hálózatok
- Logikai alapműveletek, algebrai kifejezések, azonosságok
- Logikai függvények,
- Logikai kapuk – elvi logikai rajz
- Logikai függvények megadása
  - algebrai alak – minterm alak
  - igazságtáblázat
- Logikai függvények algebrai minimalizálása

Háromváltozós függvény algebrai minimalizálása

A	B	C	F
0	0	0	0
0	0	1	0
0	1	0	1
0	1	1	1
1	0	0	1
1	0	1	0
1	1	0	1
1	1	1	0

$$F(A,B,C) = \overline{A}\,B\,\overline{C} + \overline{A}\,BC + A\,\overline{B}\,\overline{C} + AB\overline{C} =$$

$$= \overline{A}\,B(C + \overline{C}) + A\,\overline{C}(B + \overline{B}) =$$

$$= \overline{A}\,B + A\,\overline{C}$$

Háromváltozós függvény minterm alakja

	A	B	C	F
0	0	0	0	0
1	0	0	1	0
2	0	1	0	1
3	0	1	1	1
4	1	0	0	1
5	1	0	1	0
6	1	1	0	1
7	1	1	1	0

$$\mathrm{F(A,B,C)} = \overline{\mathrm{A}}\mathrm{B}\overline{\mathrm{C}} + \overline{\mathrm{A}}\mathrm{BC} + \mathrm{A}\overline{\mathrm{B}}\overline{\mathrm{C}} + \mathrm{AB}\overline{\mathrm{C}}$$

$$\mathrm{F(A,B,C)} = m_2^3 + m_3^3 + m_4^3 + m_6^3$$

Szomszédos mintermek a minimalizálásban

	A	B	C	F
0	0	0	0	0
1	0	0	1	0
2	0	1	0	1
3	0	1	1	1
4	1	0	0	1
5	1	0	1	0
6	1	1	0	1
7	1	1	1	0

$$F(A,B,C) = \overline{A}B\overline{C} + \overline{A}BC + A\overline{B}\,\overline{C} + AB\overline{C}$$

$$F(A,B,C) = m_2^3 + m_3^3 + m_4^3 + m_6^3$$

$$F(A,B,C) = \overline{A}\,B(C+\overline{C}) + A\,\overline{C}(B+\overline{B}) = \overline{A}\,B + A\,\overline{C}$$

$$F(A,B,C) = (m_2^3 + m_3^3) + (m_4^3 + m_6^3)$$

2^k számú szomszédos minterm összevonásakor k számú változó „esik ki”

Háromváltozós függvény minterm alakja – negált függvény

	A	B	C	F
0	0	0	0	0
1	0	0	1	0
2	0	1	0	1
3	0	1	1	1
4	1	0	0	1
5	1	0	1	0
6	1	1	0	1
7	1	1	1	0

$$F(A,B,C) = \overline{A}B\overline{C} + \overline{A}BC + A\overline{B}\,\overline{C} + AB\overline{C}$$

$$F(A,B,C) = m_2^3 + m_3^3 + m_4^3 + m_6^3$$

$$\overline{F(A,B,C)} = \overline{A}\,\overline{B}\,\overline{C} + \overline{A}\,\overline{B}C + A\overline{B}C + ABC$$

$$\overline{F(A,B,C)} = m_0^3 + m_1^3 + m_5^3 + m_7^3$$

Háromváltozós függvény minterm és maxterm alakja

	A	B	C	F
0	0	0	0	0
1	0	0	1	0
2	0	1	0	1
3	0	1	1	1
4	1	0	0	1
5	1	0	1	0
6	1	1	0	1
7	1	1	1	0

$$\mathrm{F(A,B,C)} = \overline{\mathrm{A}}\mathrm{B}\overline{\mathrm{C}} + \overline{\mathrm{A}}\mathrm{BC} + \mathrm{A}\overline{\mathrm{B}}\,\overline{\mathrm{C}} + \mathrm{AB}\overline{\mathrm{C}}$$

$$\mathrm{F(A,B,C)} = m_2^3 + m_3^3 + m_4^3 + m_6^3$$

$$\overline{\mathrm{F(A,B,C)}} = \overline{\mathrm{A}}\,\overline{\mathrm{B}}\,\overline{\mathrm{C}} + \overline{\mathrm{A}}\,\overline{\mathrm{B}}\mathrm{C} + \mathrm{A}\overline{\mathrm{B}}\mathrm{C} + \mathrm{ABC}$$

$$\overline{\mathrm{F(A,B,C)}} = m_0^3 + m_1^3 + m_5^3 + m_7^3$$

$$\overline{\overline{\mathrm{F(A,B,C)}}} = \overline{\overline{\mathrm{A}}\,\overline{\mathrm{B}}\,\overline{\mathrm{C}} + \overline{\mathrm{A}}\,\overline{\mathrm{B}}\mathrm{C} + \mathrm{A}\overline{\mathrm{B}}\mathrm{C} + \mathrm{ABC}} =$$

$$= (\mathrm{A}+\mathrm{B}+\mathrm{C}) \cdot (\mathrm{A}+\mathrm{B}+\overline{\mathrm{C}}) \cdot (\overline{\mathrm{A}}+\mathrm{B}+\overline{\mathrm{C}}) \cdot (\overline{\mathrm{A}}+\overline{\mathrm{B}}+\overline{\mathrm{C}})$$

$$\overline{\overline{\mathrm{F(A,B,C)}}} = \mathrm{M}_7^3\mathrm{M}_6^3\mathrm{M}_2^3\mathrm{M}_0^3$$

A mintermek és a maxtermek kapcsolata

$$\mathrm{F(A,B,C)} = m_2^3 + m_3^3 + m_4^3 + m_6^3$$

$$\overline{\mathrm{F(A,B,C)}} = m_0^3 + m_1^3 + m_5^3 + m_7^3$$

$$\overline{\overline{\mathrm{F(A,B,C)}}} = \overline{m_0^3} \cdot \overline{m_1^3} \cdot \overline{m_5^3} \cdot \overline{m_7^3}$$

$$\overline{\overline{\mathrm{F(A,B,C)}}} = \mathrm{M}_7^3\mathrm{M}_6^3\mathrm{M}_2^3\mathrm{M}_0^3$$

$$\overline{\mathrm{m}_{\mathrm{i}}^{\mathrm{n}}} = \mathrm{M}^{\mathrm{n}}_{2^{\mathrm{n}}-1-\mathrm{i}}$$

Logikai függvények kanonikus (normál) alakjai

Minterm alak	Maxterm alak
logikai szorzatok logikai összege	logikai összegek logikai szorzata
diszjunktív kanonikus alak	konjunktív kanonikus alak
mindegyik szorzatban az összes független változó szerepel ponált vagy negált alakban	mindegyik összegben az összes független változó szerepel ponált vagy negált alakban
mindegyik szorzat olyan független-változó kombinációt képvisel, amelyhez tartozó függvényérték 1	mindegyik összeg olyan független-változó kombinációt képvisel, amelyhez tartozó függvényérték 0

Nem teljesen határozott logikai függvény megadása

A	B	C	F
0	0	0	0
0	0	1	0
0	1	0	1
0	1	1	1
1	0	0	--
1	0	1	0
1	1	0	--
1	1	1	0

$$\mathrm{F(A,B,C)} = \overline{\mathrm{A}}\mathrm{B}\overline{\mathrm{C}} + \overline{\mathrm{A}}\mathrm{BC} + \left(\mathrm{A}\overline{\mathrm{B}}\overline{\mathrm{C}}\right) + \left(\mathrm{AB}\overline{\mathrm{C}}\right)$$

$$\mathrm{F(A,B,C)} = m_2^3 + m_3^3 + \left(m_4^3\right) + \left(m_6^3\right)$$

4 lehetséges függvény

A négy lehetséges függvény

A	B	C	F
0	0	0	0
0	0	1	0
0	1	0	1
0	1	1	1
1	0	0	1
1	0	1	0
1	1	0	1
1	1	1	0

$$\overline{A}B + A\overline{C}$$

A	B	C	F
0	0	0	0
0	0	1	0
0	1	0	1
0	1	1	1
1	0	0	0
1	0	1	0
1	1	0	1
1	1	1	0

$$\overline{A}B + B\overline{C}$$

A	B	C	F
0	0	0	0
0	0	1	0
0	1	0	1
0	1	1	1
1	0	0	1
1	0	1	0
1	1	0	0
1	1	1	0

$$\overline{A}B + A\overline{B}\,\overline{C}$$

A	B	C	F
0	0	0	0
0	0	1	0
0	1	0	1
0	1	1	1
1	0	0	0
1	0	1	0
1	1	0	0
1	1	1	0

$$\overline{A}B$$

Logikai függvények grafikus minimalizálása

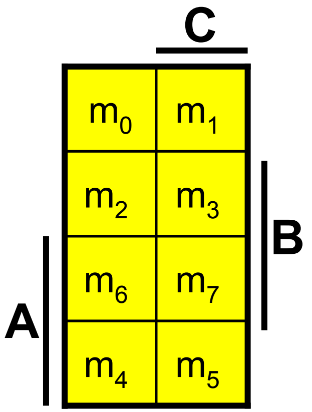
Karnaugh tábla

Igazságtáblából Karnaugh tábla

A	B	C	F
0	0	0	0
0	0	1	0
0	1	0	1
0	1	1	1
1	0	0	1
1	0	1	0
1	1	0	1
1	1	1	0

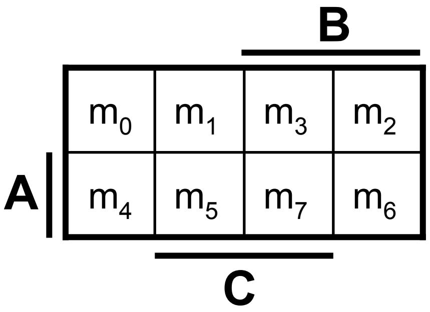
		0	1	C
AB	00	0	0	
	01	1	1	
	11	1	0	
	10	1	0	

		0	1	C
AB	00	m_0	m_1	
	01	m_2	m_3	
	11	m_6	m_7	
	10	m_4	m_5	



m_0	m_1
m_2	m_3
m_6	m_7
m_4	m_5

		00	01	11	10	BC
A	0	m_0	m_1	m_3	m_2	
	1	m_4	m_5	m_7	m_6	

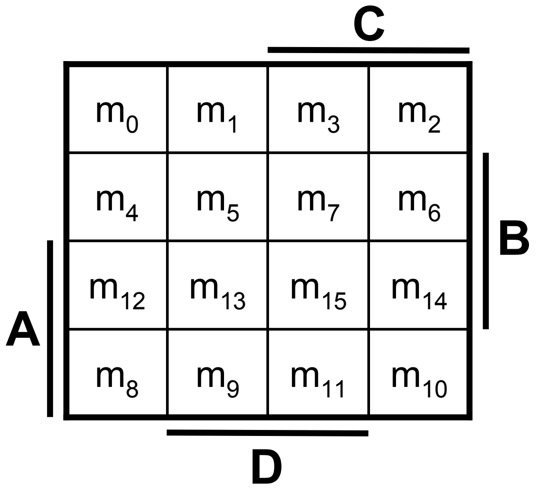


m_0	m_1	m_3	m_2
m_4	m_5	m_7	m_6

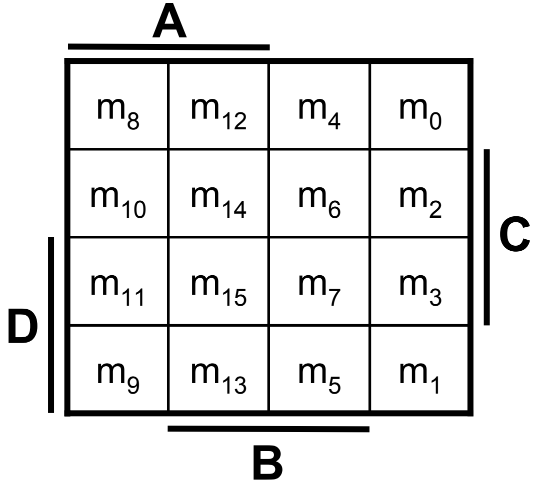
szomszédosság

Négyváltozós Karnaugh tábla a peremezés két változatával

		00	01	11	10	CD
AB	00	m_0	m_1	m_3	m_2	
	01	m_4	m_5	m_7	m_6	
	11	m_{12}	m_{13}	m_{15}	m_{14}	
	10	m_8	m_9	m_{11}	m_{10}	



m_0	m_1	m_3	m_2
m_4	m_5	m_7	m_6
m_{12}	m_{13}	m_{15}	m_{14}
m_8	m_9	m_{11}	m_{10}



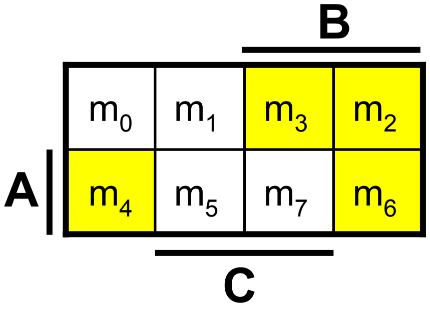
m_8	m_{12}	m_4	m_0
m_{10}	m_{14}	m_6	m_2
m_{11}	m_{15}	m_7	m_3
m_9	m_{13}	m_5	m_1

Függvény ábrázolása Karnaugh táblával

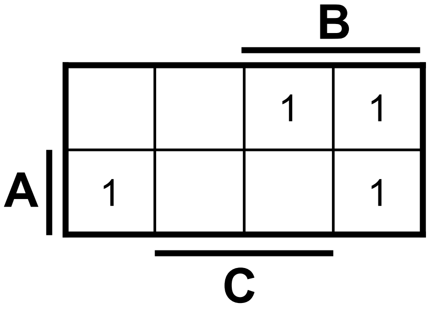
A	B	C	F
0	0	0	0
0	0	1	0
0	1	0	1
0	1	1	1
1	0	0	1
1	0	1	0
1	1	0	1
1	1	1	0

$$F(A,B,C) = \overline{A}\,B\,\overline{C} + \overline{A}\,BC + A\,\overline{B}\,\overline{C} + AB\,\overline{C}$$

$$F(A,B,C) = m_2^3 + m_3^3 + m_4^3 + m_6^3$$



m_0	m_1	m_3	m_2
m_4	m_5	m_7	m_6



		1	1
1			1

Egyszerűsítés szomszédos mintermek összevonásával

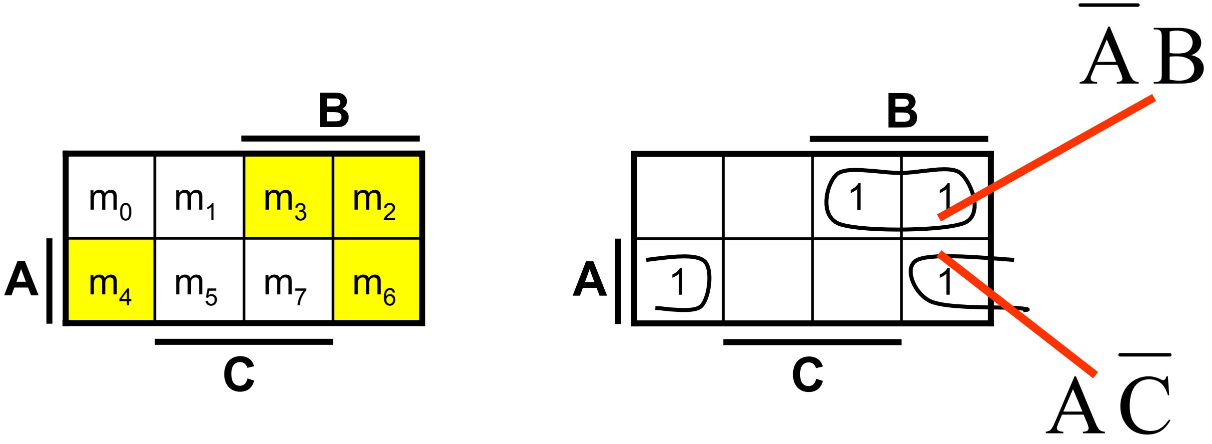
A	B	C	F
0	0	0	0
0	0	1	0
0	1	0	1
0	1	1	1
1	0	0	1
1	0	1	0
1	1	0	1
1	1	1	0

$$F(A,B,C) = \overline{A}\,B\,\overline{C} + \overline{A}\,BC + A\,\overline{B}\,\overline{C} + AB\,\overline{C} =$$

$$= \overline{A}\,B(C+\overline{C}) + A\,\overline{C}(B+\overline{B}) =$$

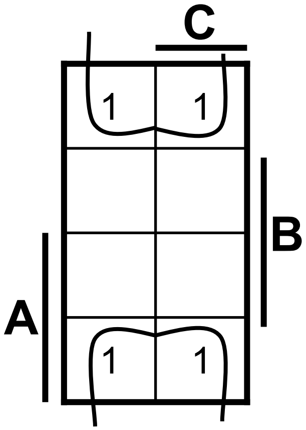
$$= \underline{\overline{A}\,B + A\,\overline{C}}$$

$$F(A,B,C) = (m_2^3 + m_3^3) + (m_4^3 + m_6^3)$$

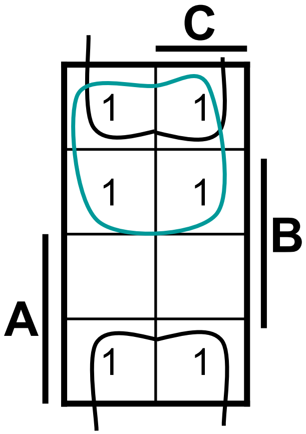


$$F = \overline{A}\,B + A\,\overline{C}$$

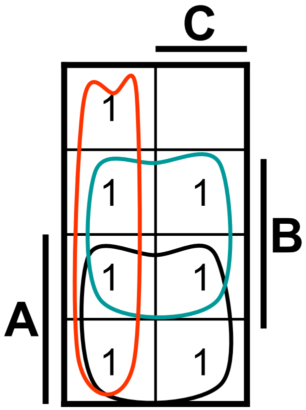
További összevonási példák (1)



$F = \overline{B}$

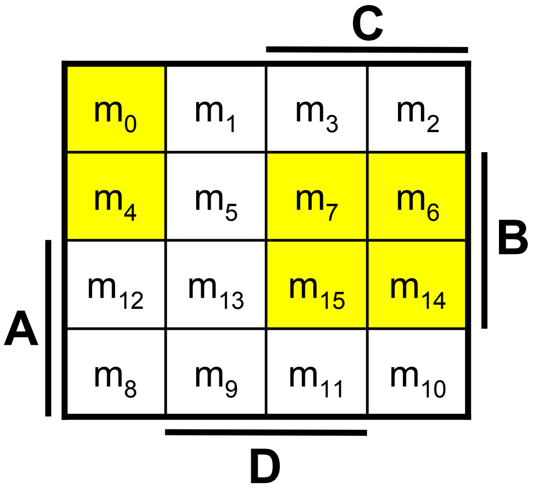


$F = \overline{A} + \overline{B}$



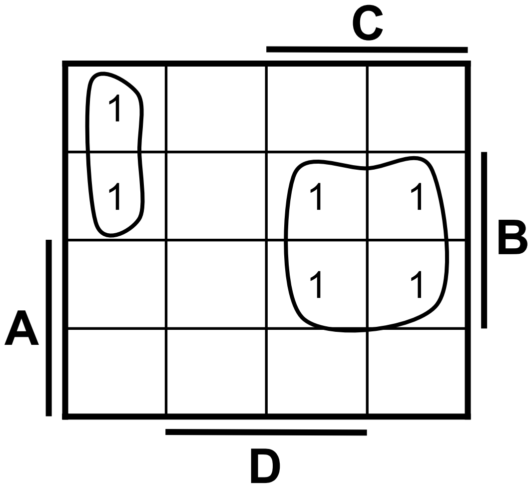
$F = A + B + \overline{C}$

Összevonás négyváltozós Karnaugh táblán



m_0	m_1	m_3	m_2
m_4	m_5	m_7	m_6
m_{12}	m_{13}	m_{15}	m_{14}
m_8	m_9	m_{11}	m_{10}

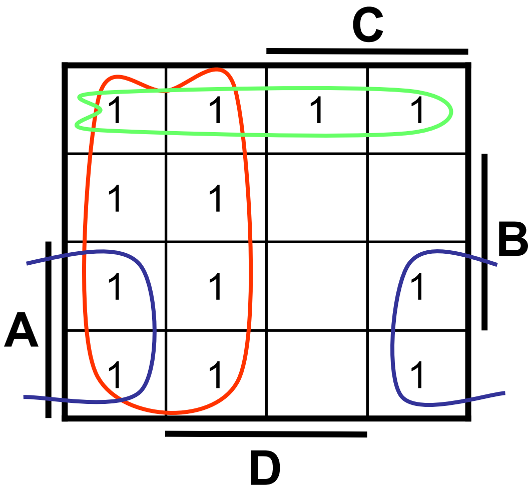
$$F=(m_0^4+m_4^4)+(m_6^4+m_7^4+m_{14}^4+m_{15}^4)$$



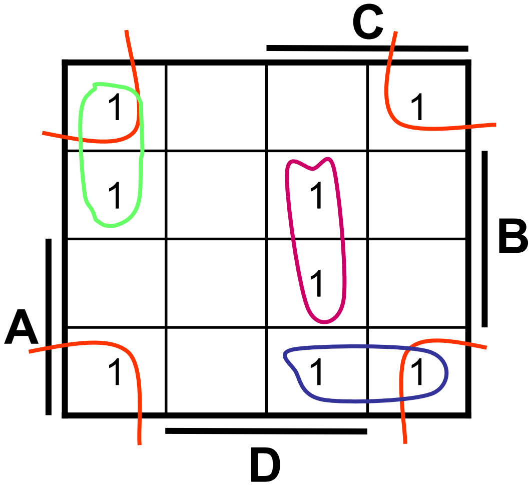
1			
1		1	1
		1	1

$$F=\overline{A}\,\overline{C}\,\overline{D}+BC$$

További összevonási példák (2)

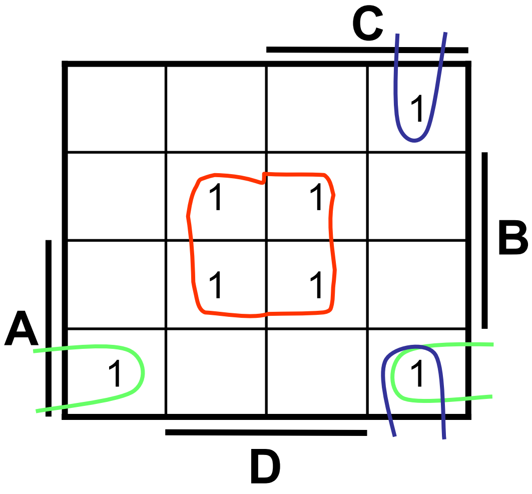


$\overline{C}+\overline{A}\,\overline{B}+A\,\overline{D}$



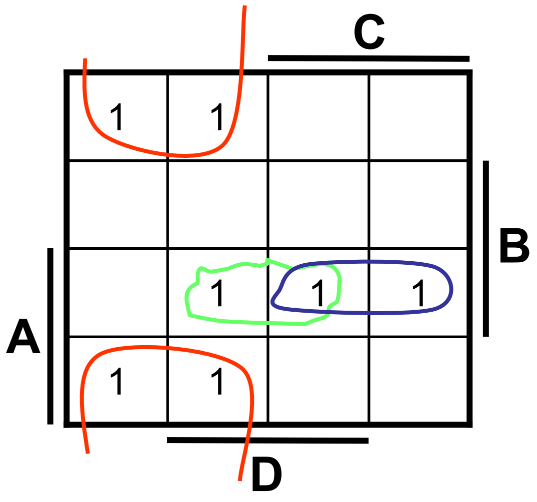
$\overline{B}\,\overline{D}+\overline{A}\,\overline{C}\,\overline{D}+$

$+BCD+A\,\overline{B}\,C$

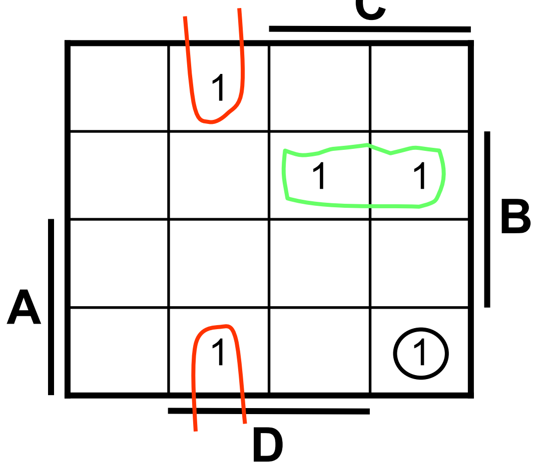


$BD+\overline{B}\,C\,\overline{D}+A\,\overline{B}\,\overline{D}$

További összevonási példák (3)



$$\overline{B}\,\overline{C} + ABC + ABD$$



$$\overline{B}\,\overline{C}D + \overline{A}BC + A\overline{B}C\overline{D}$$

2. előadás - összefoglalás

- Logikai függvények algebrai minimalizálása (folyt.)
- Mintermek, maxtermek
- Függvények minterm és maxterm alakja
- A mintermek és a maxtermek kapcsolata
- Nem teljesen határozott logikai függvény megadása
- Karnaugh tábla, logikai függvények grafikus minimalizálása
- Mintermek szomszédossága, összevonás

Mintermekkel kapcsolatos fogalmak

- minterm – olyan speciális elemi logikai szorzat (ÉS) függvény, amely valamennyi változót tartalmazza ponált vagy negált formában
- szomszédos mintermek – csak egy helyértéken térnek el egymástól (egy változó az egyik mintermben ponált, a másikban negált értékkel szerepel, a többi változó mindkettőben azonos módon)
- egy „n” változós logikai függvény egy mintermjének „n” darab szomszédos mintermje lehet, hiszen „n” helyértéken különbözhetnek egy változóban

Logikai függvények kanonikus (normál) alakjai

Minterm alak	Maxterm alak
logikai szorzatok logikai összege	logikai összegek logikai szorzata
diszjunktív kanonikus alak	konjunktív kanonikus alak
mindegyik szorzatban az összes független változó szerepel ponált vagy negált alakban	mindegyik összegben az összes független változó szerepel ponált vagy negált alakban
mindegyik szorzat olyan független-változó kombinációt képvisel, amelyhez tartozó függvényérték 1	mindegyik összeg olyan független-változó kombinációt képvisel, amelyhez tartozó függvényérték 0

Logikai függvények egyszerűsítése

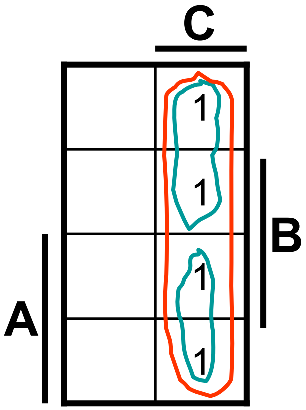
- a szomszédos mintermek megkeresése, párba válogatása
- a lehetséges összevonások után a kiadódó termek közül szintén meg kell keresni a szomszédosakat
- az eljárást addig kell folytatni, amíg a logikai függvény olyan szorzatok összege nem lesz, amelyekből már egyetlen változó sem hagyható el anélkül, hogy a logikai függvény meg nem változna
- az ilyen logikai összegekben szereplő logikai szorzatok a ***prímimplikánsok***

Példa az összevonásra

$$F(A,B,C) = \overline{A}BC + \overline{A}\overline{B}C + A\overline{B}C + ABC =$$

$$= \overline{A}C(B + \overline{B}) + AC(B + \overline{B}) = \overline{A}C + AC =$$

$$= C(\overline{A} + A) = C$$



Példa maxtermek összevonására

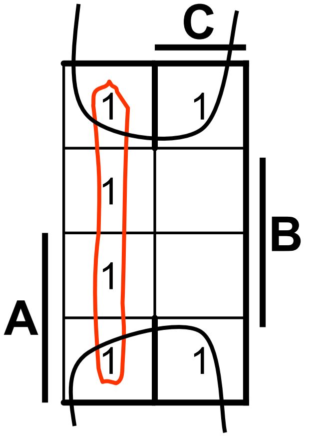
$$F(A,B,C) = (\overline{A}+\overline{B}+\overline{C})(A+\overline{B}+\overline{C}) =$$

$$= (\overline{A}+(\overline{B}+\overline{C}))(A+(\overline{B}+\overline{C})) =$$

$$= A\overline{A}+(A+\overline{A})(\overline{B}+\overline{C})+(\overline{B}+\overline{C})(\overline{B}+\overline{C}) =$$

$$= \overline{B}+\overline{C}$$

$$\overline{B}+\overline{C}$$



Példa maxtermek összevonására

$$F(A,B,C) = (\overline{A} + \overline{B} + \overline{C})(A + \overline{B} + \overline{C}) =$$

$$= (\overline{A} + (\overline{B} + \overline{C}))(A + (\overline{B} + \overline{C})) =$$

$$= A\,\overline{A} + (A + \overline{A})(\overline{B} + \overline{C}) + (\overline{B} + \overline{C})(\overline{B} + \overline{C}) =$$

$$= \overline{B} + \overline{C}$$

$$\overline{B} + \overline{C}$$

Inverz peremezés

Példa maxtermek összevonására

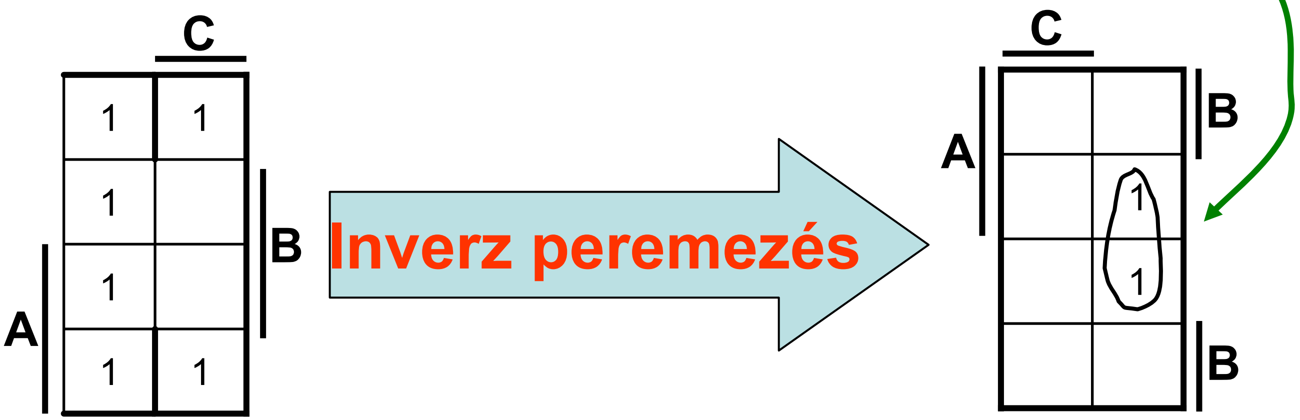
$$F(A,B,C) = (\overline{A} + \overline{B} + \overline{C})(A + \overline{B} + \overline{C}) =$$

$$= (\overline{A} + (\overline{B} + \overline{C}))(A + (\overline{B} + \overline{C})) =$$

$$= A\,\overline{A} + (A + \overline{A})(\overline{B} + \overline{C}) + (\overline{B} + \overline{C})(\overline{B} + \overline{C}) =$$

$$= \overline{B} + \overline{C}$$

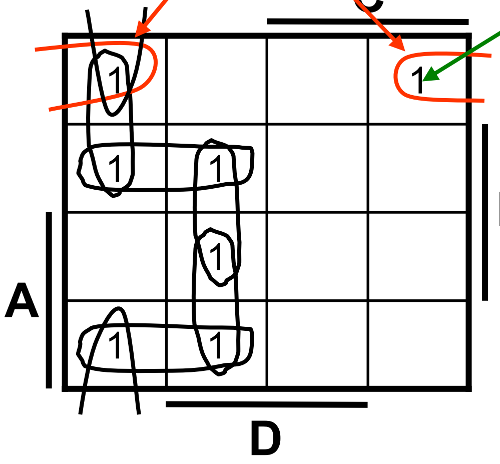
$$\overline{B} + \overline{C}$$



További fogalmak

- A Karnaugh táblán azoknak az 1-et tartalmazó celláknak, amelyek az összevonás során csak egy hurokban szerepelnek, olyan mintermek felelnek meg, amelyeket csak egy prímimplikáns tud lefedni. Ezek a mintermek a ***megkülönbeztetett mintermek***.
- A ***lényeges prímimplikáns*** olyan prímimplikáns, amely legalább egy megkülönböztetett mintermet helyettesít.

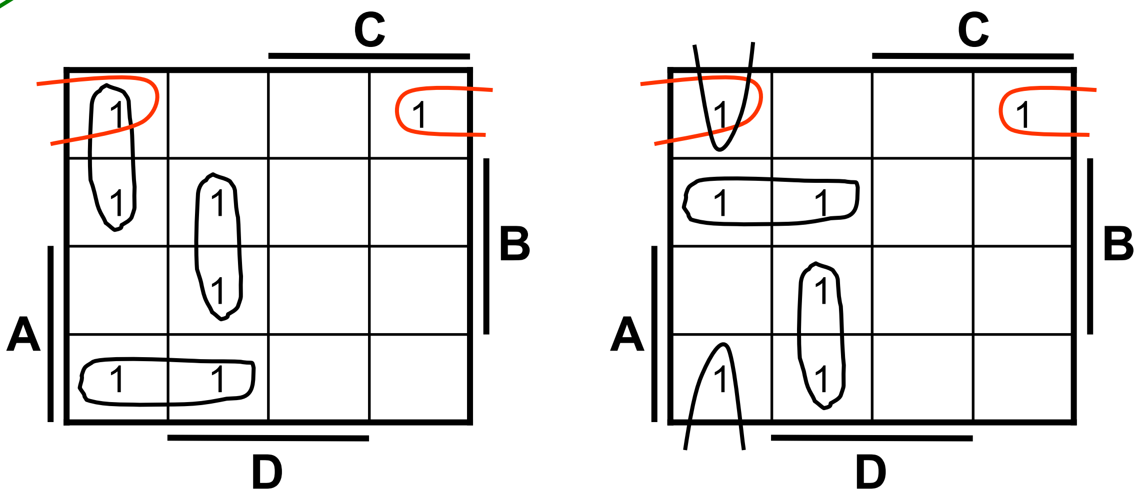
Lefedés prímimplikánsokkal



Lényeges prímimplikáns

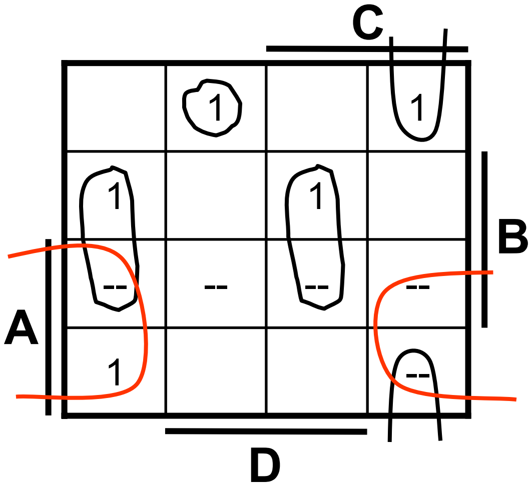
Megkülönböztetett minterm

Az összes prímimplikáns



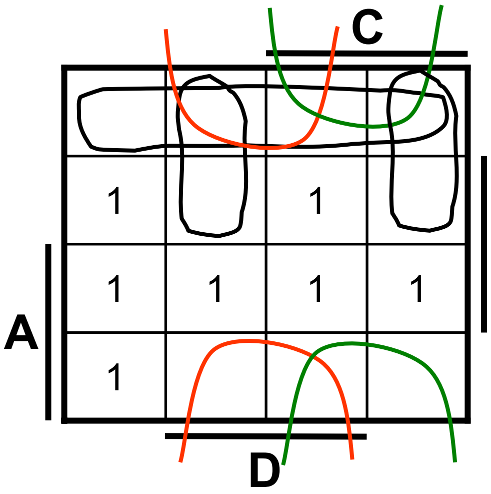
Egyenértékű összevonások

Nem teljesen határozott függvény egyszerűsítése



$$F = A\overline{D} + B\overline{C}\,\overline{D} + BCD + \overline{A}\,\overline{B}\,\overline{C}D$$

A legegyszerűbb konjunktív alak képzése



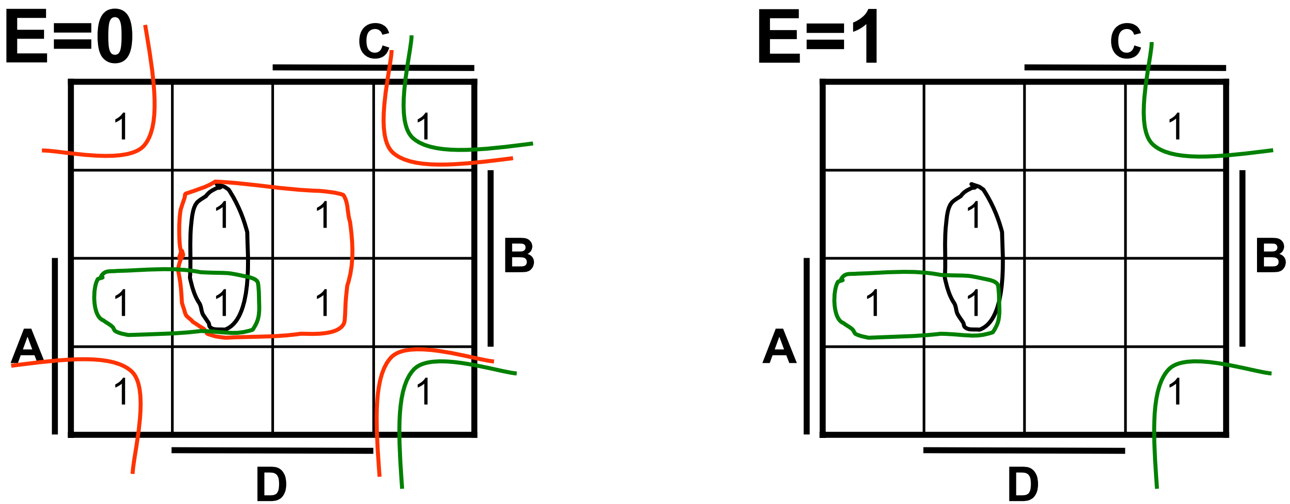
„Inverz peremezés!”

$$\overline{F} = \overline{A}\,\overline{B} + \overline{B}D + \overline{A}\,\overline{C}D + \overline{A}C\overline{D} + \overline{B}C$$

$$F = \overline{\overline{A}\,\overline{B} + \overline{B}D + \overline{A}\,\overline{C}D + \overline{A}C\overline{D} + \overline{B}C}$$

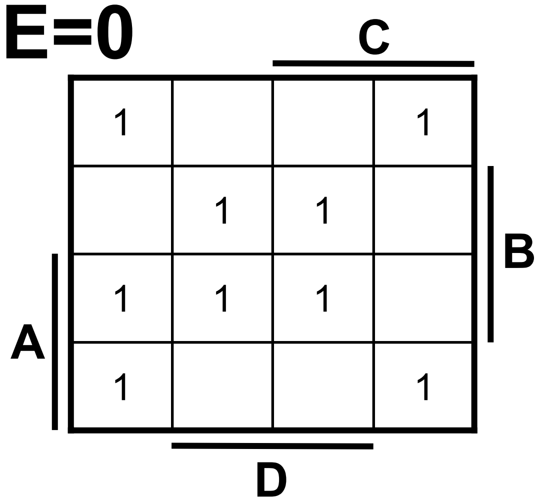
$$F = (A + B)(B + \overline{D})(A + C + \overline{D})(A + \overline{C} + D)(B + \overline{C})$$

Ötváltozós függvény ábrázolása

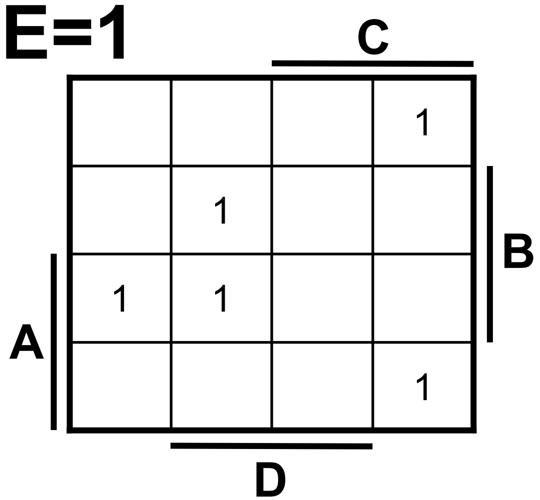


$$F = \underline{B D \bar{E}} + \underline{\bar{B} \bar{D} \bar{E}} + \underline{A B \bar{C}} + \underline{\bar{B} C \bar{D}} + \underline{B \bar{C} D}$$

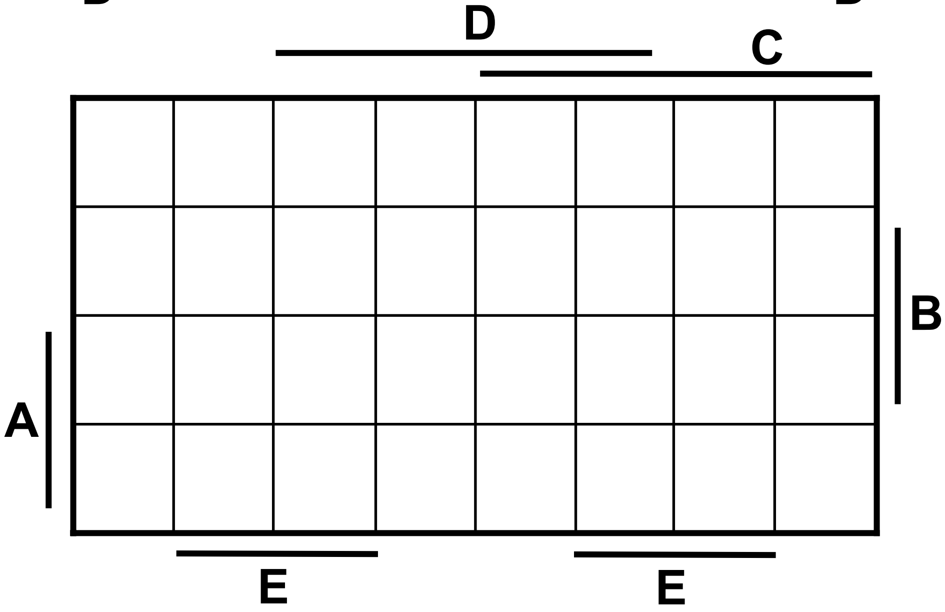
Ötváltozós függvény ábrázolása



1			1
	1	1	
1	1	1	
1			1



			1
	1		
1	1		
			1



3. előadás - összefoglalás

- logikai függvények egyszerűsítése
  - minterm és maxterm alakból
- inverz peremezés
- mintermekkel és implikánsokkal kapcsolatos fogalmak
- lefedés prímimplikánsokkal
- ötváltozós függvény Karnaugh táblája

Jelterjedés a kombinációs hálózatokban

A jelterjedés késleltetése (1)

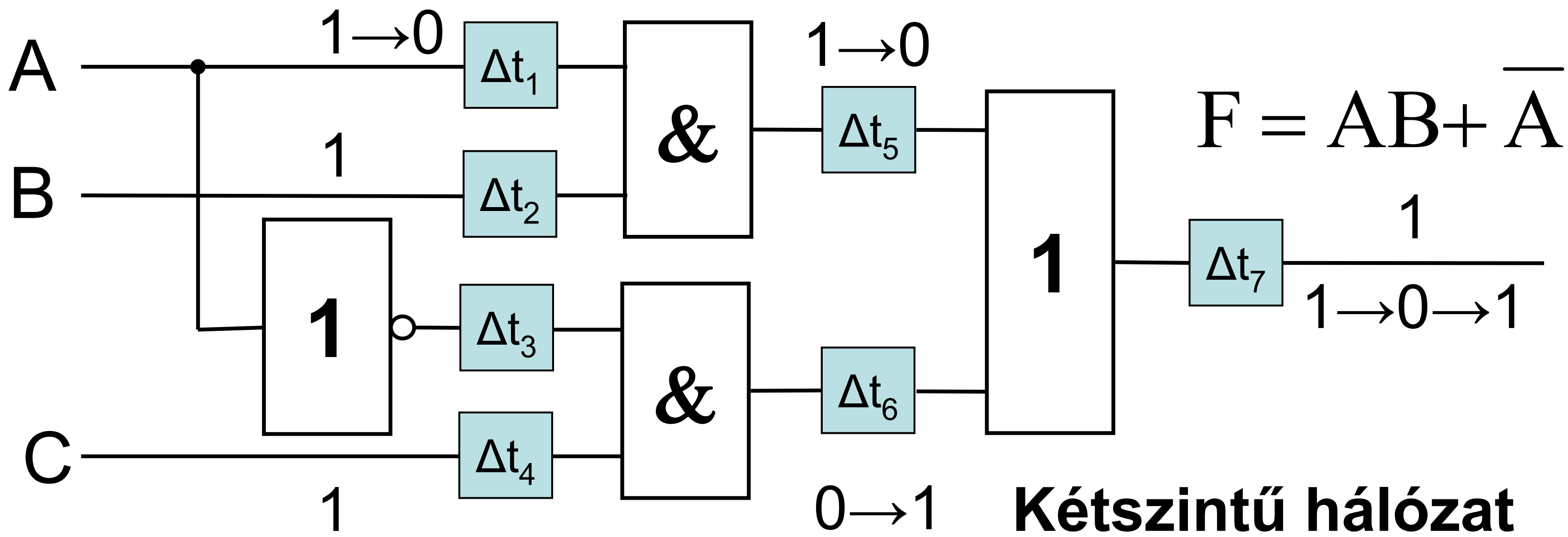
- véges jelterjedési sebesség → időkésés
  - kapuk bemenete és kimenete között
    - **megszólalási idő** (propagation delay) – min/typ/max – **változó**
    - kisebb terjedési idő → nagyobb működési sebesség
  - két kapu között – szórt kapacitások, induktivitások – **változó**
  - integrált áramköri technológiák hatása
  - modellezés koncentrált késleltető elemekkel

A jelterjedés késleltetése (2)

- **hazárdok**
  - a tervezettől eltérő
  - véletlenszerűen fellépő
  - átmeneti ideig tartó

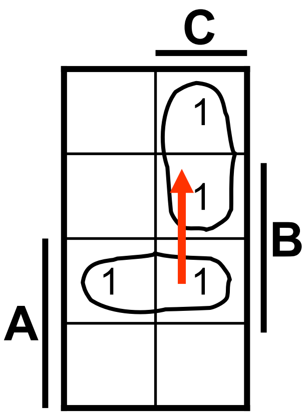
  kimeneti kombinációk
- igyekszünk kiküszöbölni
  - a fellépésüket,
  - de ha nem lehet, akkor a hatásukat

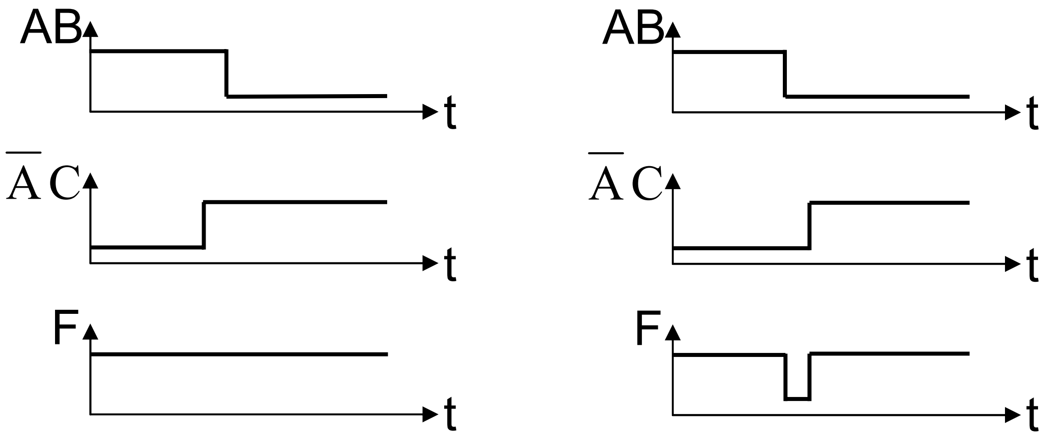
Statikus hazárd



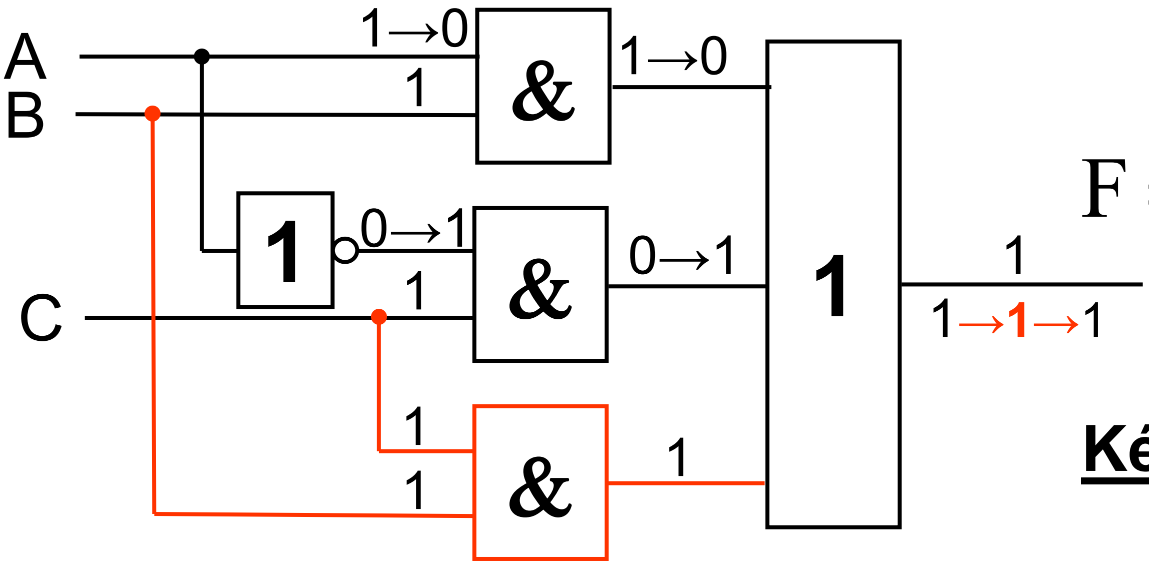
$$F = AB + \overline{A}\,C$$

Kétszintű hálózat



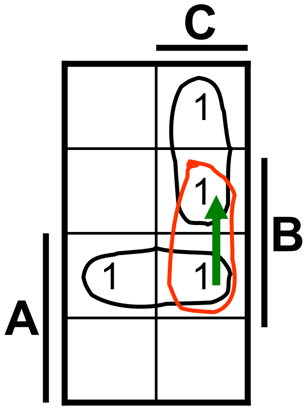


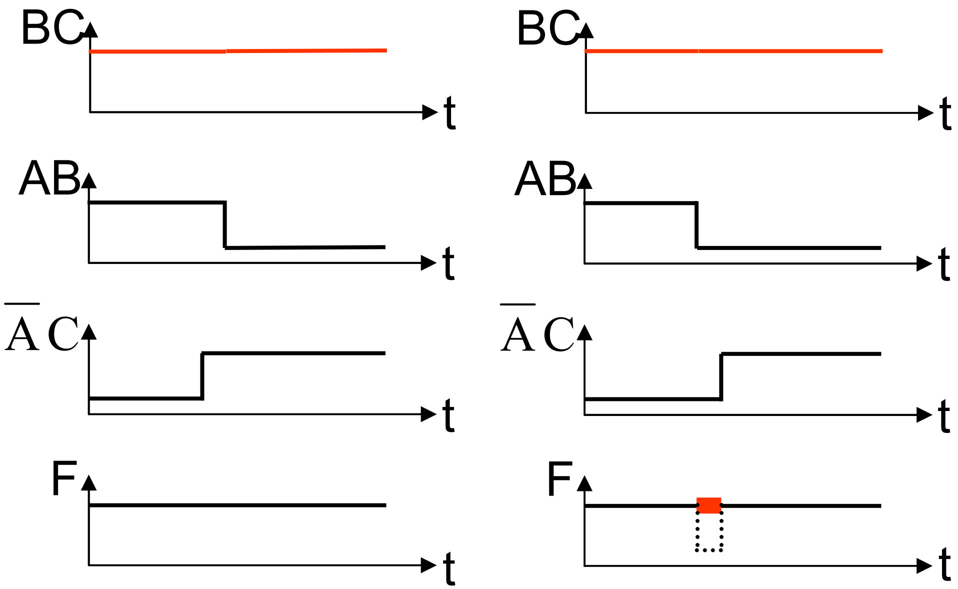
Statikus hazárd kiküszöbölése



$$F = AB + \overline{A}C + \underline{BC}$$

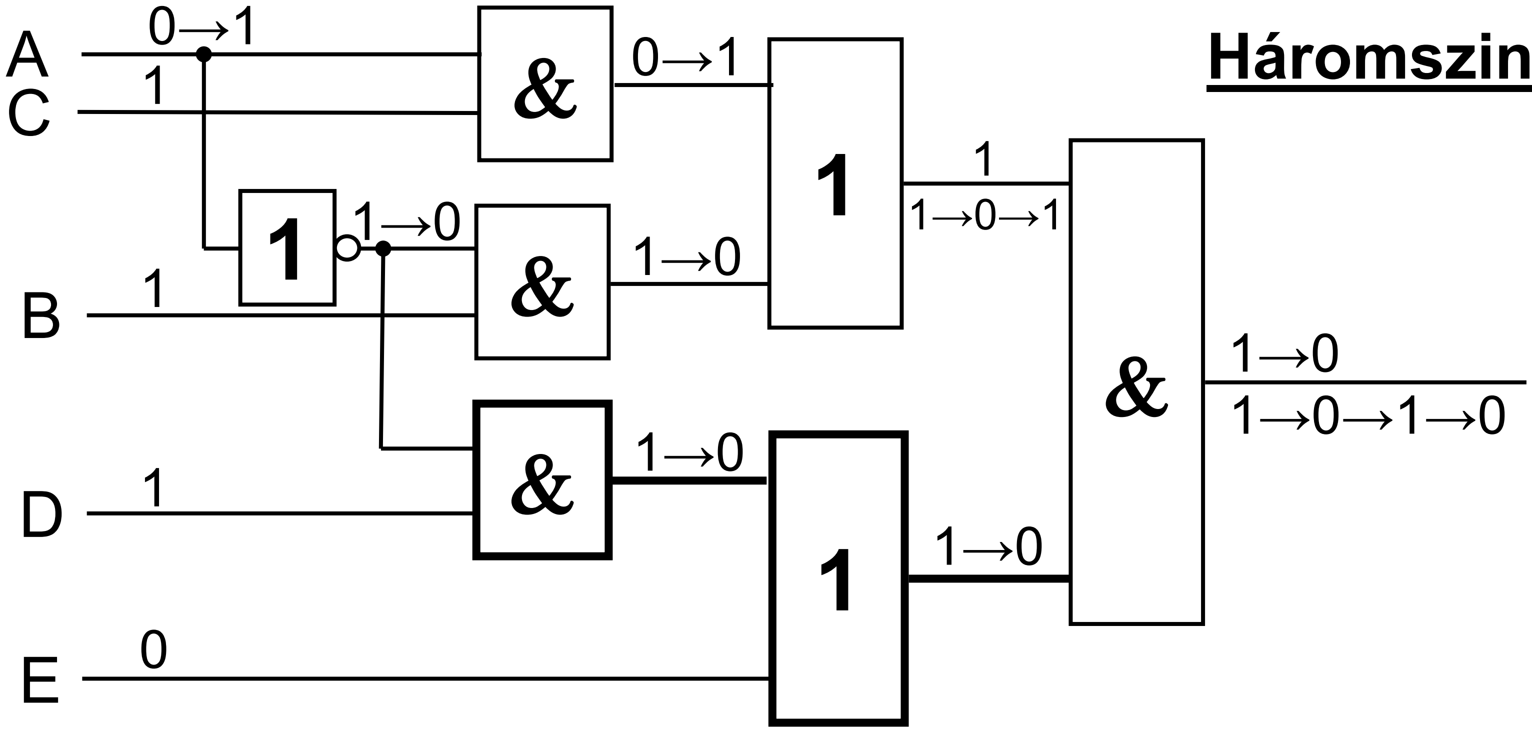
Kétszintű hálózat

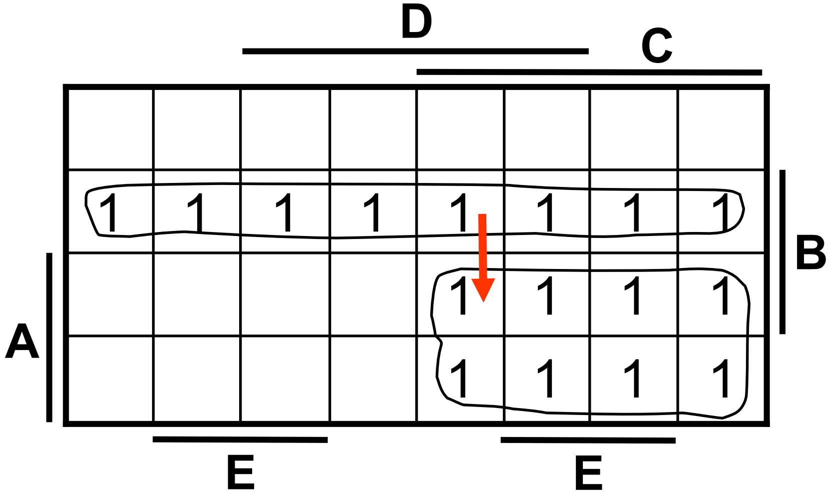




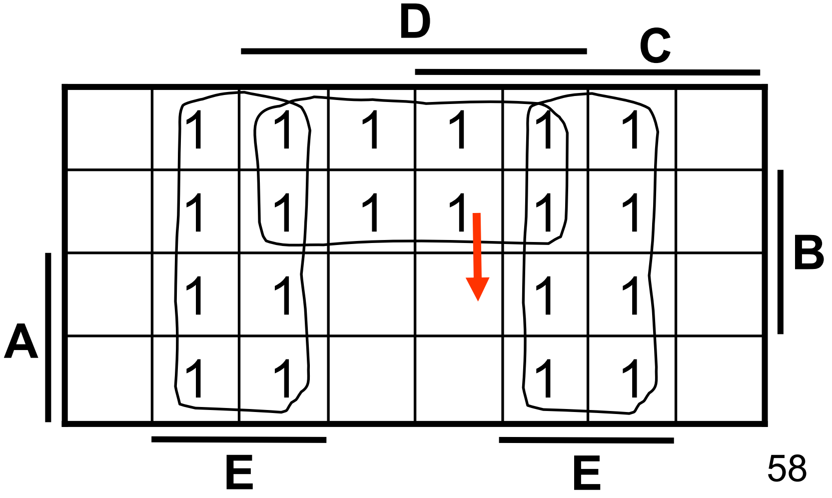
Dinamikus hazárd

Háromszintű hálózat

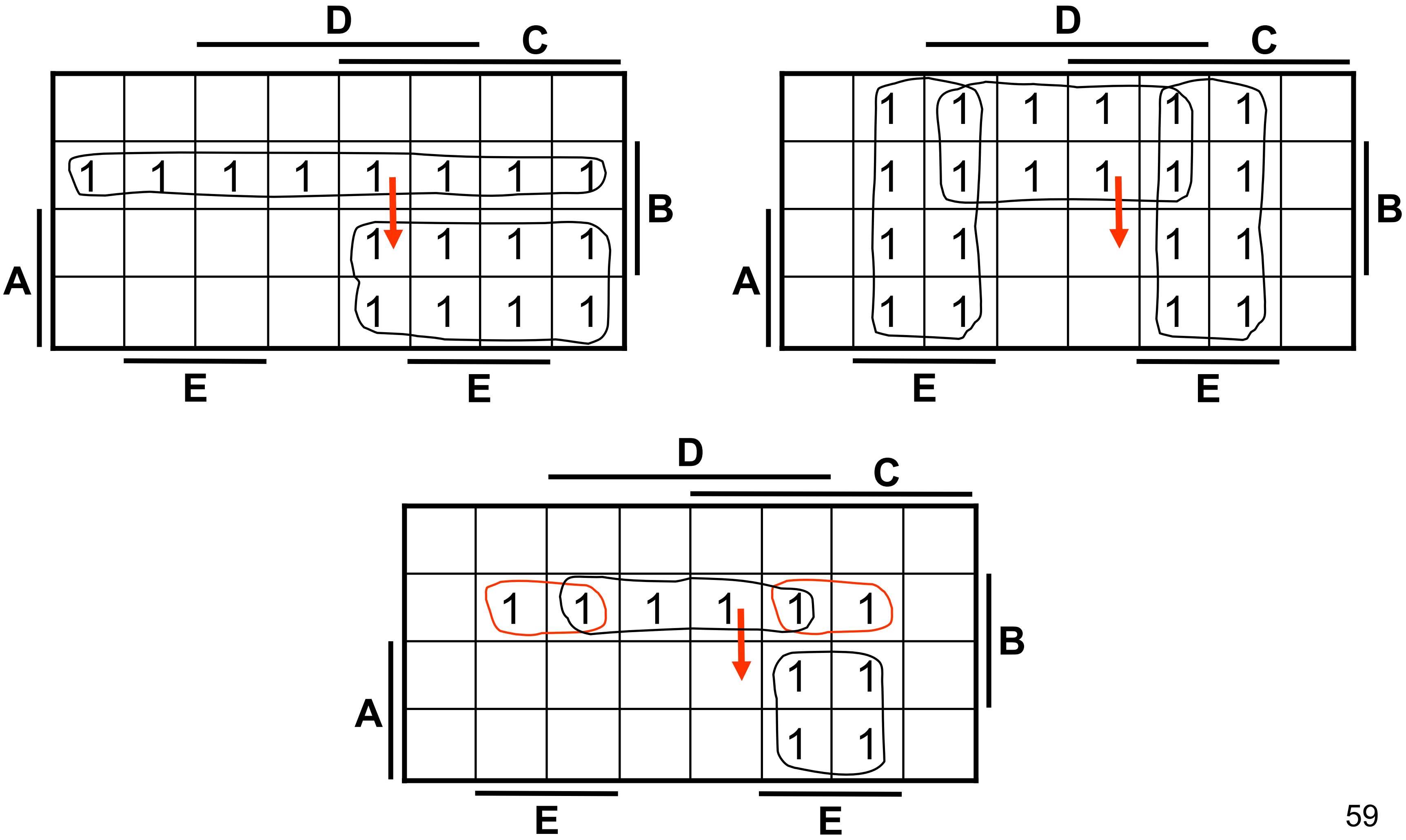




1	1	1	1	1	1	1	1
				1	1	1	1
				1	1	1	1



	1	1	1	1	1	1	
	1	1	1	1	1	1	
	1	1			1	1	
	1	1			1	1	


D
C
B
A
E
E
1 1 1 1 1 1 1 1
1 1 1 1
1 1 1 1
D
C
B
A
E
E
1 1 1 1 1 1
1 1 1 1 1 1
1 1 1 1
1 1 1 1
D
C
B
A
E
E
1 1 1 1 1 1
1 1
1 1

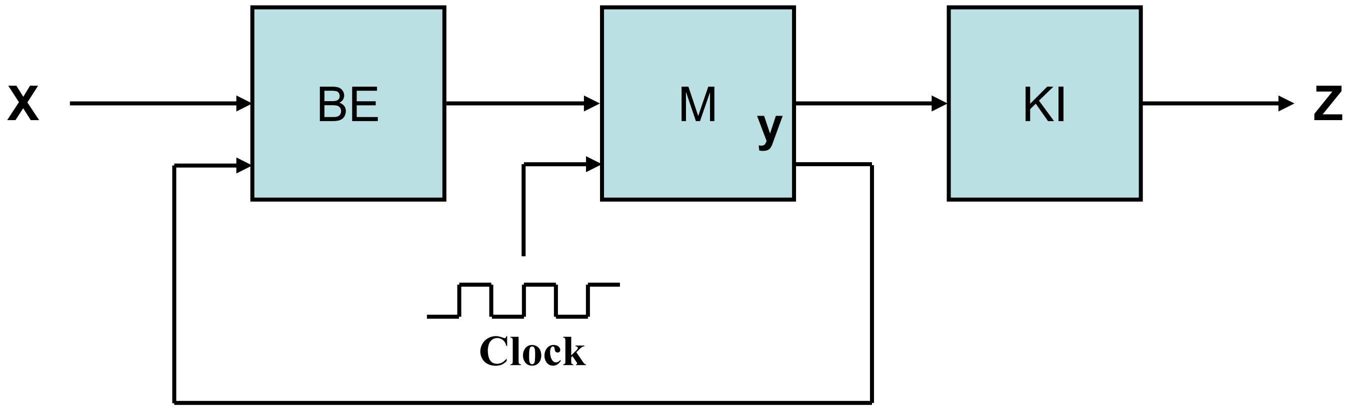
Funkcionális hazárd

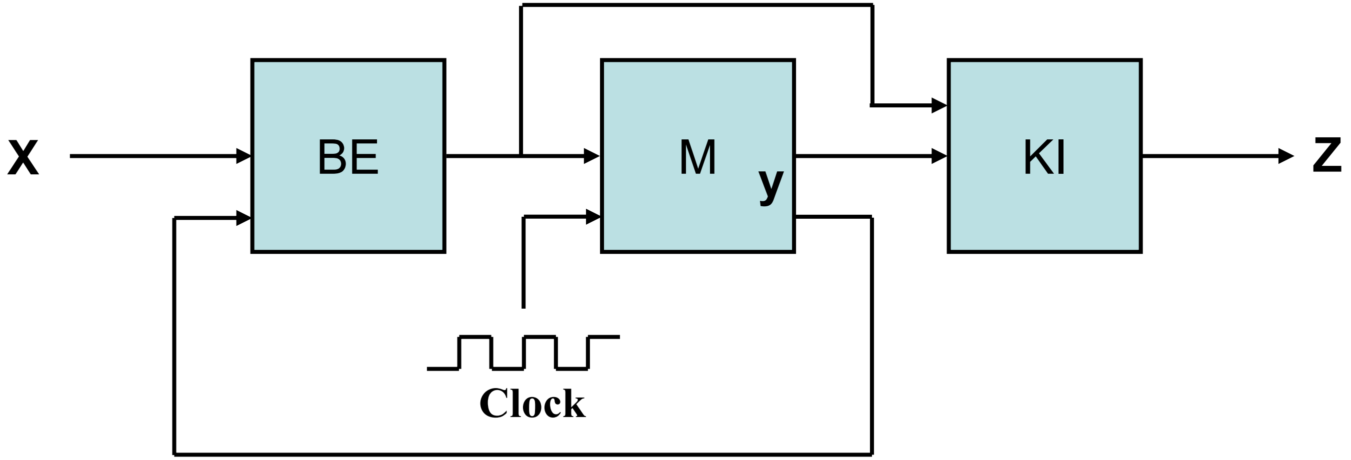
Logikai hálózatok felépítése NAND vagy NOR kapukkal

IDŐVEZÉRELT DISZKRÉT RENDSZEREK

SZINKRON SORRENDI HÁLÓZATOK

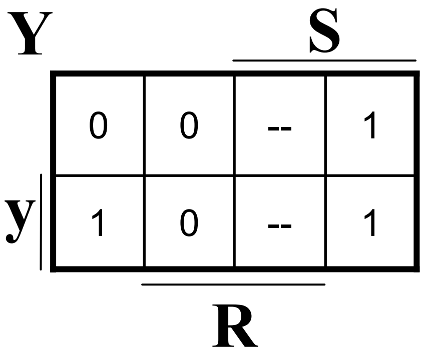
More és Mealy modell



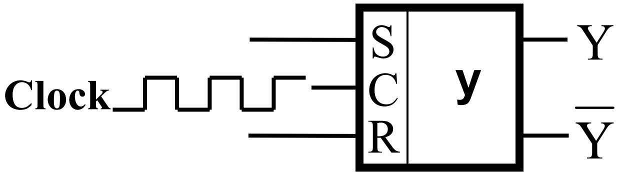


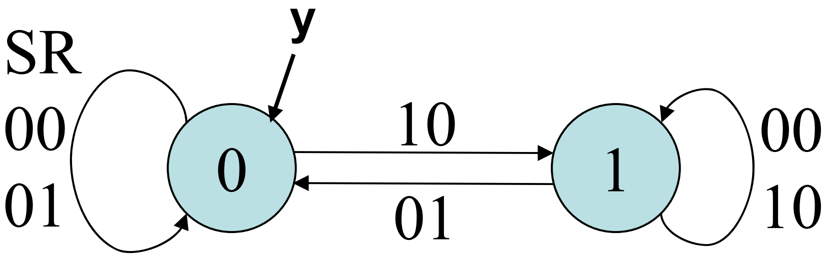
Szinkron SR flip-flop

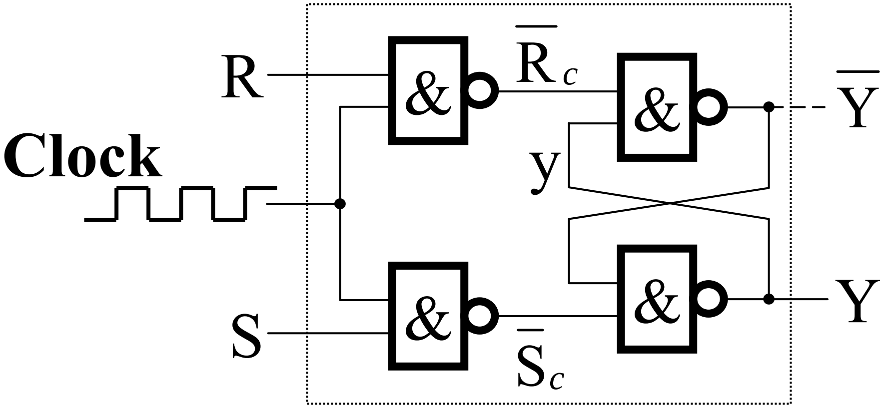
S	R	y	Y
0	0	0	0
0	1	0	0
1	1	0	--
1	0	0	1
0	0	1	1
0	1	1	0
1	1	1	--
1	0	1	1



0	0	--	1
1	0	--	1







Szinkron sorrendi hálózat tervezése 1-2.

1. Feladat specifikáció

Előzetes állapottábla

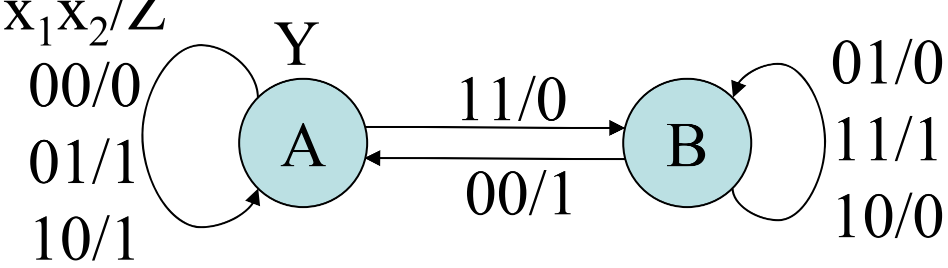
	x_1x_2 / y	00	01	11	10
A	a	a0	b1	c0	b1
	b	a0	b1	c0	b1
B	c	b1	c0	c1	c0

YZ

2. Összevont állapottábla és állapotgráf

	x_1x_2 / y	00	01	11	10
a,b	A	A0	A1	B0	A1
c	B	A1	B0	B1	B0

YZ



Szinkron sorrendi hálózat tervezése 3.

3. Állapotkódolás

	x_1x_2 y	00	01	11	10
0	A	A0	A1	B0	A1
1	B	A1	B0	B1	B0

YZ

x_1x_2 y	00	01	11	10
0	00	01	10	01
1	01	10	11	10

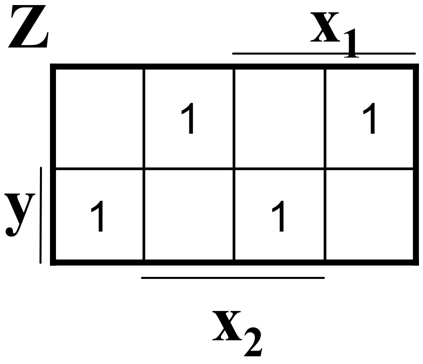
YZ

Szinkron sorrendi hálózat tervezése 4.

4. Kimeneti függvény

x_1x_2 \ y	00	01	11	10
0	00	01	10	01
1	01	10	11	10

YZ



	1		1
1		1	

$$Z = \overline{x_1}\cdot\overline{x_2}\cdot y + \overline{x_1}\cdot x_2\cdot\overline{y} + x_1\cdot x_2\cdot y + x_1\cdot\overline{x_2}\cdot\overline{y}$$

$$Z = y\left(\overline{x_1}\cdot\overline{x_2} + x_1\cdot x_2\right) + \cdot\overline{y}\left(\overline{x_1}\cdot x_2 + x_1\cdot\overline{x_2}\right)$$

$$Z = y\left(\overline{x_1 \oplus x_2}\right) + \overline{y}\left(x_1 \oplus x_2\right) = y \oplus x_1 \oplus x_2$$

Szinkron sorrendi hálózat tervezése 5-6.

5. Vezérlési tábla SR FF-hoz

$y \backslash x_1x_2$	00	01	11	10
0	00	01	10	01
1	01	10	11	10

YZ

$y \backslash x_1x_2$	00	01	11	10
0				
1				

SR

Szinkron sorrendi hálózat tervezése 5-6.

5. Vezérlési tábla SR FF-hoz

x_1x_2 y	00	01	11	10
0	00	01	10	01
1	01	10	11	10

YZ

x_1x_2 y	00	01	11	10
0	0-	0-		0-
1		-0	-0	-0

SR

Szinkron sorrendi hálózat tervezése 5-6.

5. Vezérlési tábla SR FF-hoz

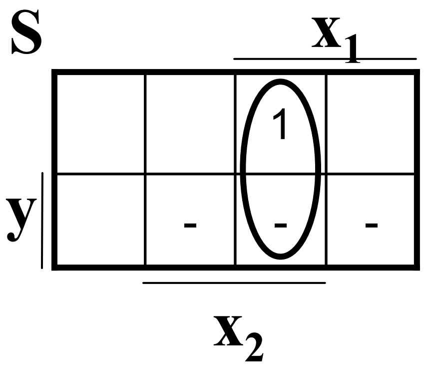
x_1x_2 y	00	01	11	10
0	00	01	10	01
1	01	10	11	10

YZ

x_1x_2 y	00	01	11	10
0	0-	0-	10	0-
1	01	-0	-0	-0

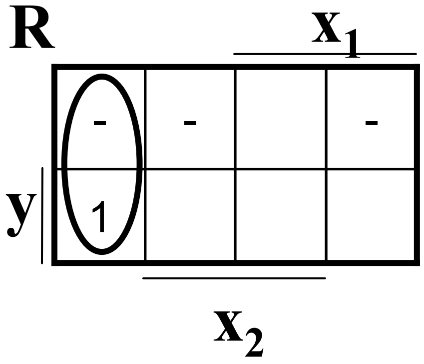
SR

6. Vezérlési függvények



		1	
	-	-	-

$$S = x_1 x_2$$

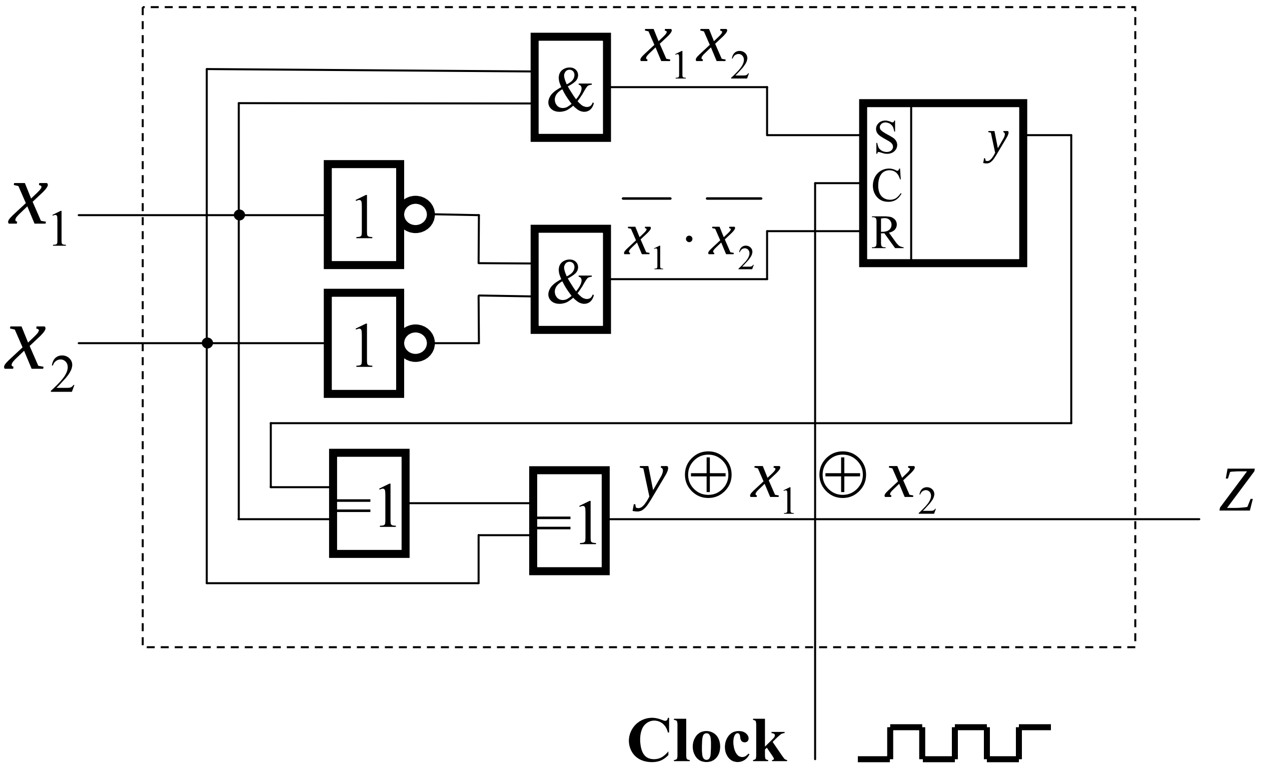


-	-		-
1			

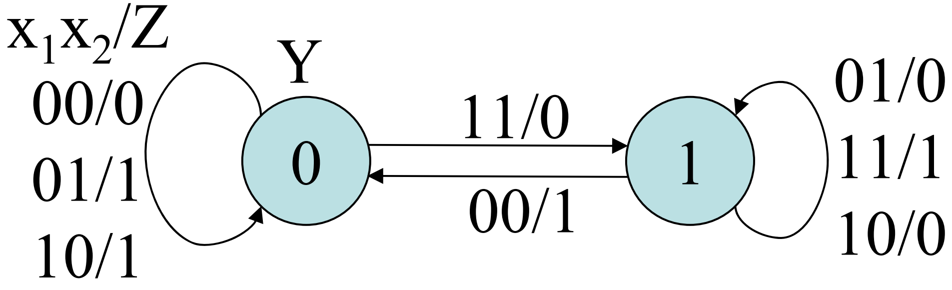
$$R = \overline{x_1} \cdot \overline{x_2}$$

Szinkron sorrendi hálózat tervezése 7-8.

7. A megvalósítás logikai vázlata



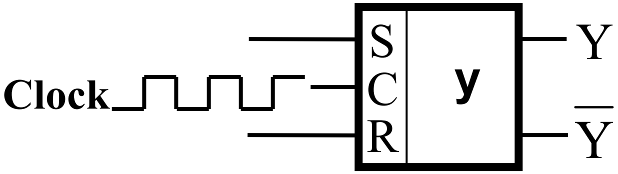
8. Ellenőrzés

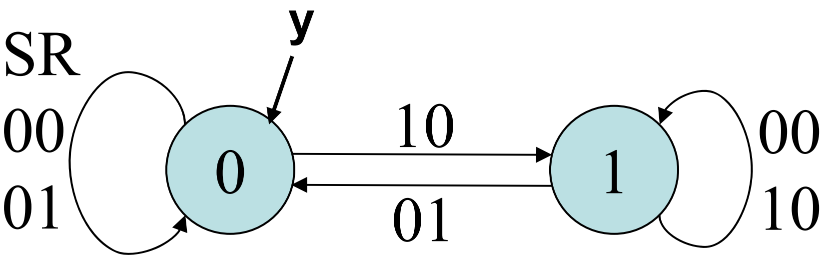


Flip-flopok

- SR*
- JK
- T
- DG*
- D

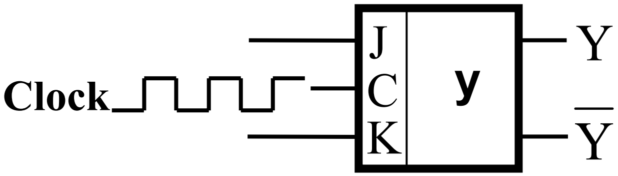
SR és JK flip-flop

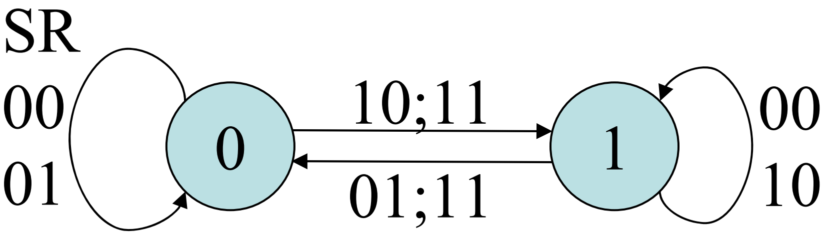




SR y	00	01	11	10
0	0	0	--	1
1	1	0	--	1

Y

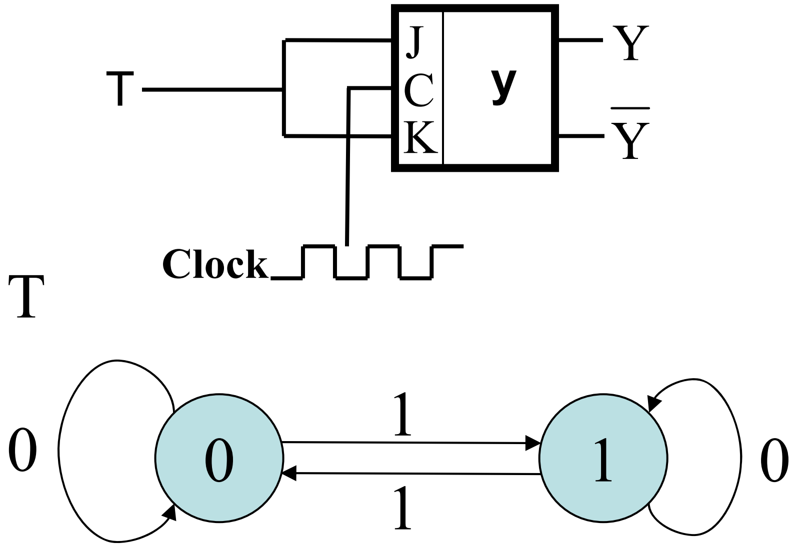




JK y	00	01	11	10
0	0	0	1	1
1	1	0	0	1

Y

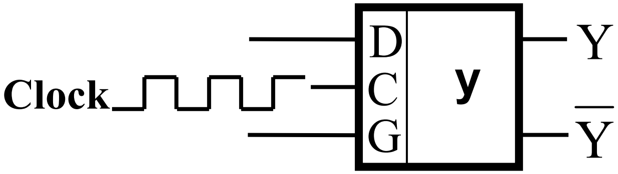
T flip-flop

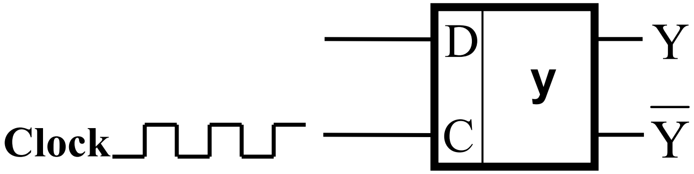


T / y	0	1
0	0	1
1	1	0

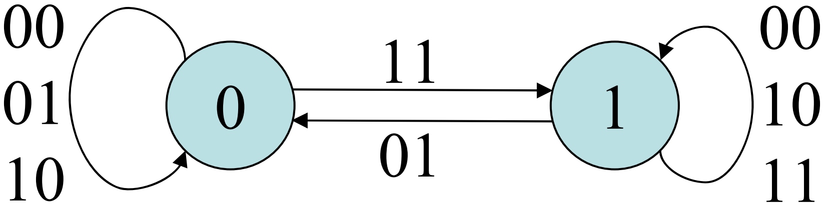
Y

DG és D flip-flop

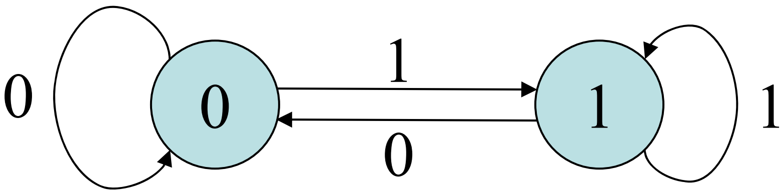




DG



D



DG y	00	01	11	10
0	0	0	1	0
1	1	0	1	1

Y

D y	0	1
0	0	1
1	0	1

Y

Vezérlési tábla SR és JK FF-hoz

x_1x_2 y	00	01	11	10
0	00	01	10	01
1	01	10	11	10

YZ

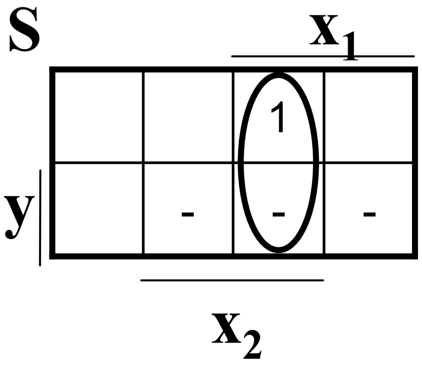
x_1x_2 y	00	01	11	10
0	0-	0-	10	0-
1	01	-0	-0	-0

SR

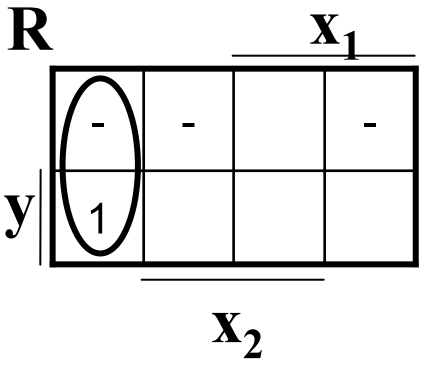
x_1x_2 y	00	01	11	10
0	0-	0-	1-	0-
1	-1	-0	-0	-0

JK

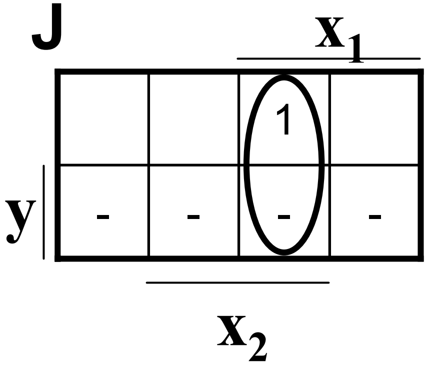
S



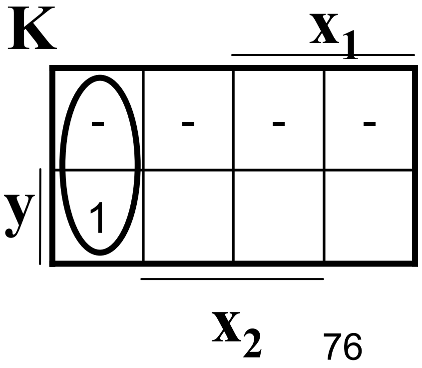
R



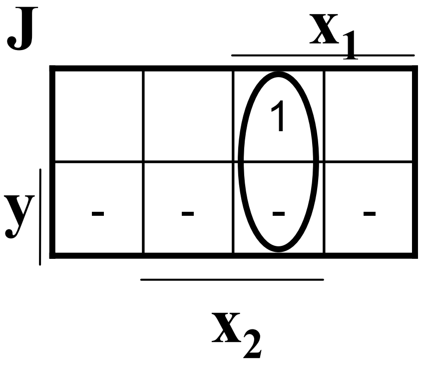
J



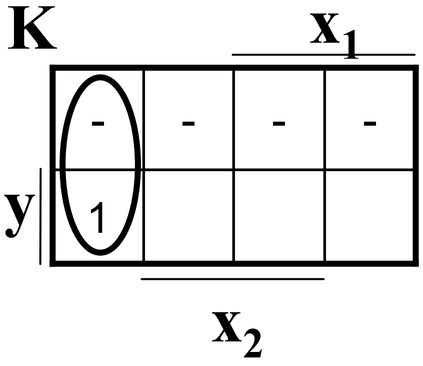
K



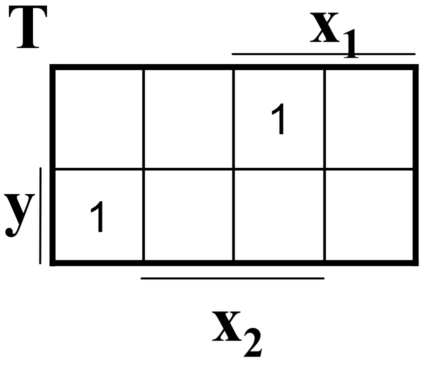
Megvalósítás JK és T FF-pal



		1	
-	-	-	-



-	-	-	-
1			

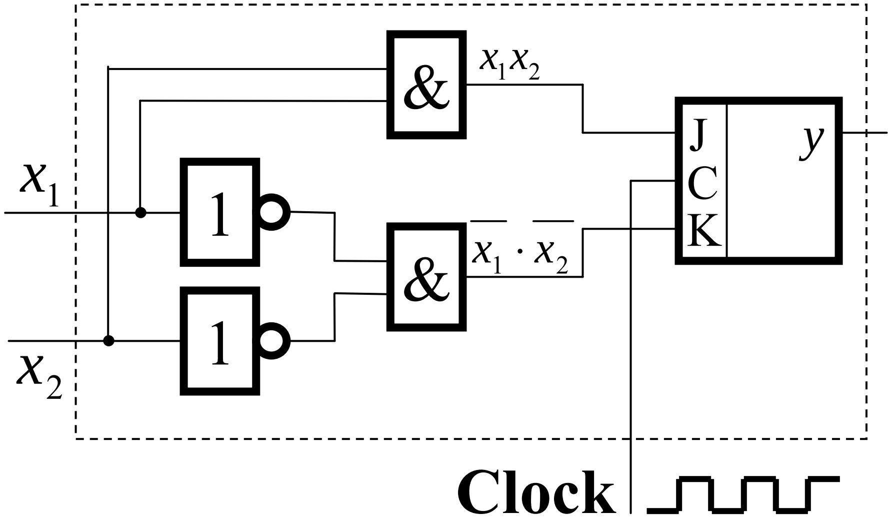


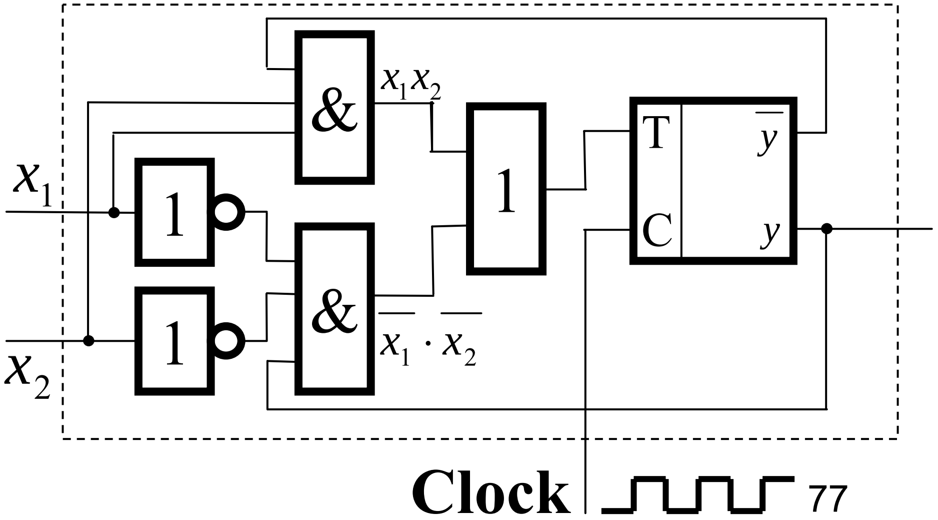
		1	
1			

$$J = x_1 x_2$$

$$K = \overline{x_1} \cdot \overline{x_2}$$

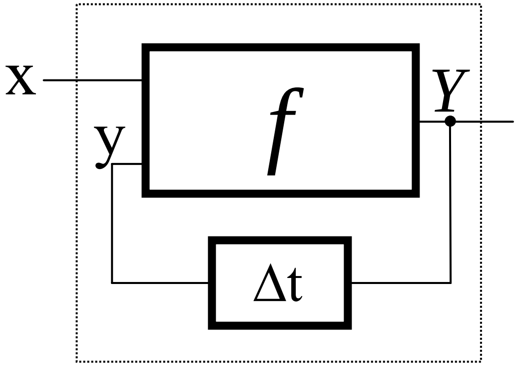
$$T = x_1 x_2 \overline{y} + \overline{x_1}\,\overline{x_2}\,y$$





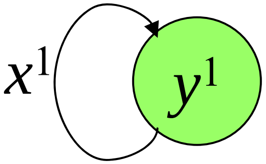
ASZINKRON SORRENDI HÁLÓZATOK

Aszinkron rendszer állapotváltozása



Y

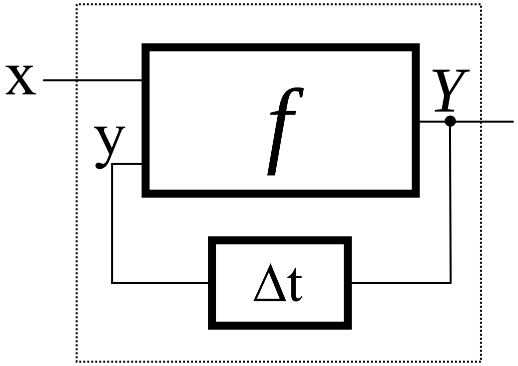
$$y^1 \times x^1 \to y^1 \quad \text{stabil}$$



y \ x	x^1	x^2	x^3	
y^1	$\textcircled{y^1}$			
y^2				
y^3				
y^4				

Y

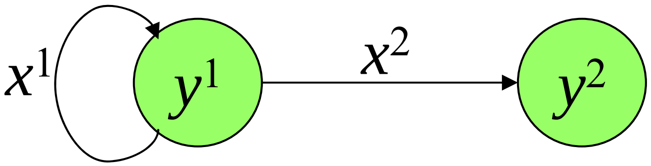
Aszinkron rendszer állapotváltozása



Y

$y^1 \times x^1 \rightarrow y^1$ stabil

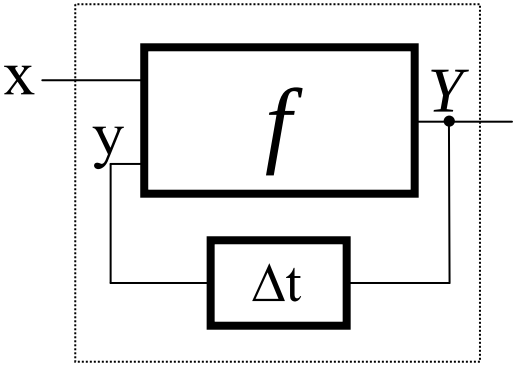
$y^1 \times x^2 \rightarrow y^2$ instabil



y \ x	x^1	x^2	x^3	
y^1	$\textcircled{y^1}$	y^2		
y^2				
y^3				
y^4				

Y

Aszinkron rendszer állapotváltozása

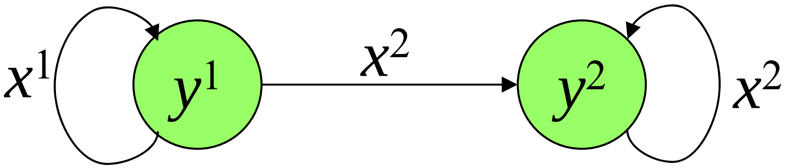


Y

$y^1 \times x^1 \rightarrow y^1$ stabil

$y^1 \times x^2 \rightarrow y^2$ instabil

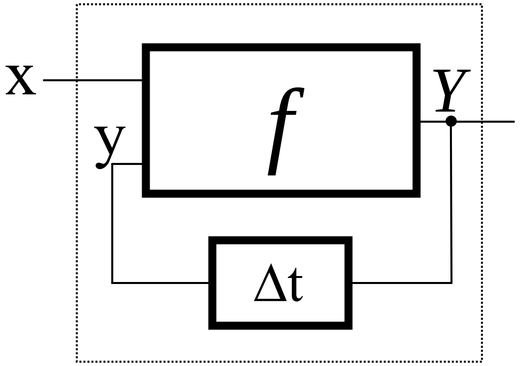
$y^2 \times x^2 \rightarrow y^2$ stabil



x / y	x^1	x^2	x^3	
y^1	y^1	y^2		
y^2		y^2		
y^3				
y^4				

Y

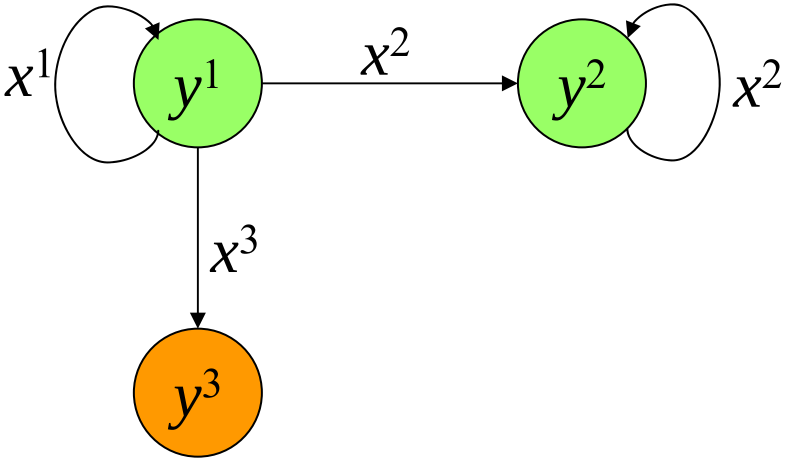
Aszinkron rendszer állapotváltozása



Y

$y^1 \times x^1 \rightarrow y^1$ stabil

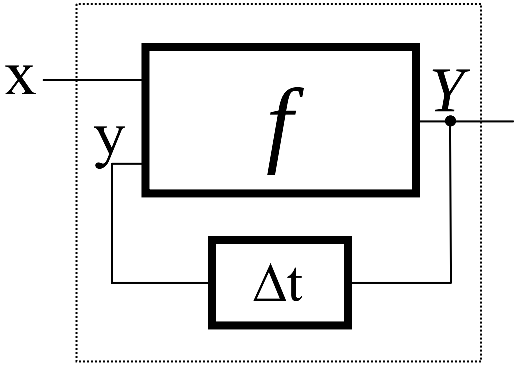
$y^1 \times x^3 \rightarrow y^3$ instabil



y \ x	x^1	x^2	x^3	
y^1	$\textcircled{y^1}$	y^2	y^3	
y^2		$\textcircled{y^2}$		
y^3				
y^4				

Y

Aszinkron rendszer állapotváltozása

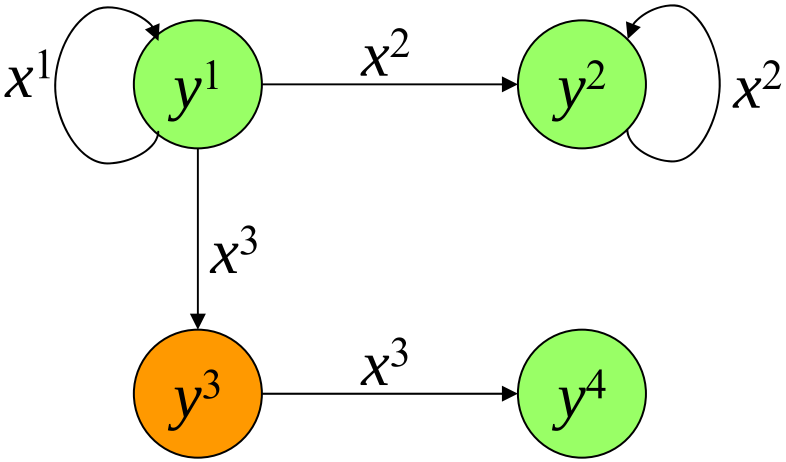


Y

$y^1 \times x^1 \rightarrow y^1$ stabil

$y^1 \times x^3 \rightarrow y^3$ instabil

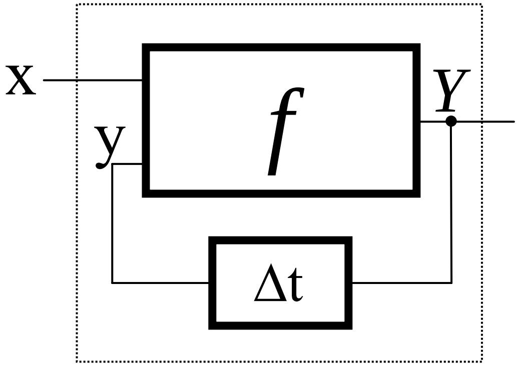
$y^3 \times x^3 \rightarrow y^4$ instabil



y \ x	x^1	x^2	x^3	
y^1	$\textcircled{y^1}$	y^2	y^3	
y^2		$\textcircled{y^2}$	--	
y^3			y^4	
y^4				

Y

Aszinkron rendszer állapotváltozása



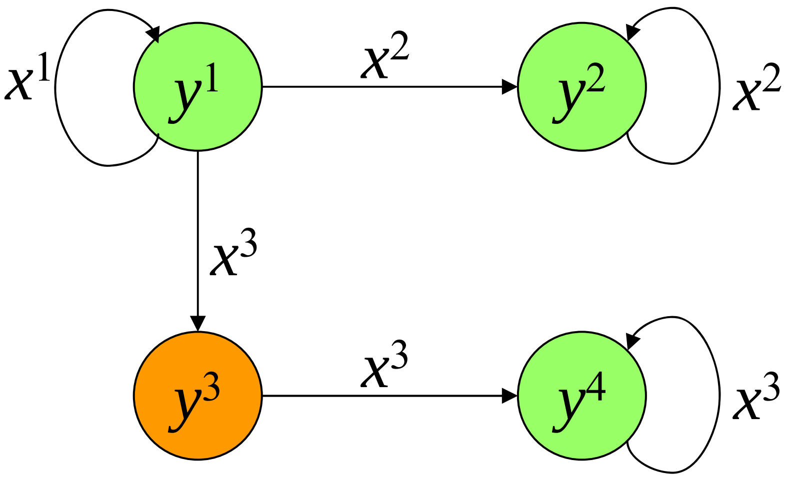
Y

$y^1 \times x^1 \rightarrow y^1$ stabil

$y^1 \times x^3 \rightarrow y^3$ instabil

$y^3 \times x^3 \rightarrow y^4$ instabil

$y^4 \times x^3 \rightarrow y^4$ stabil



x / y	x^1	x^2	x^3	
y^1	y^1	y^2	y^3	
y^2		y^2	--	
y^3			y^4	
y^4			y^4	

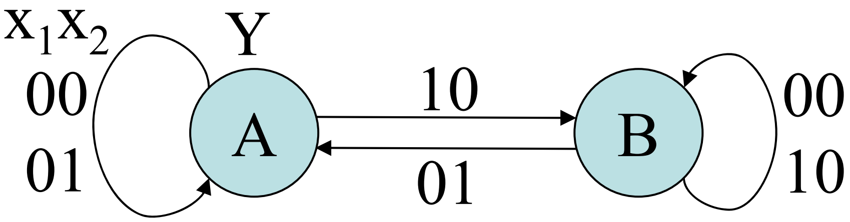
Y

Egyszerű aszinkron sorrendi hálózat tervezése 1-2.

1. Feladat specifikáció

x_1	x_2	Y
0	0	**y**
0	1	**A**
1	0	**B**
1	1	**-**

2. A specifikáció elemzése, állapotgráf és -tábla létrehozása



x_1x_2 \ y	00	01	11	10
A	Ⓐ	Ⓐ	--	B
B	Ⓑ	A	--	Ⓑ

Y

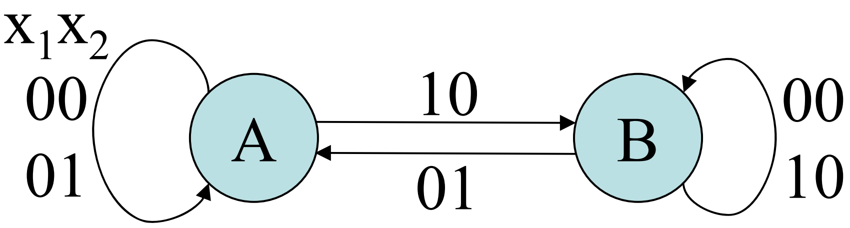
Egyszerű aszinkron sorrendi hálózat tervezése 3.

3. Felismerés, állapotkódolás

x_1	x_2	Y
0	0	**y**
0	1	**A**
1	0	**B**
1	1	**-**

x_1x_2 / y	00	01	11	10
A	Ⓐ	Ⓐ	--	B
B	Ⓑ	A	--	Ⓑ

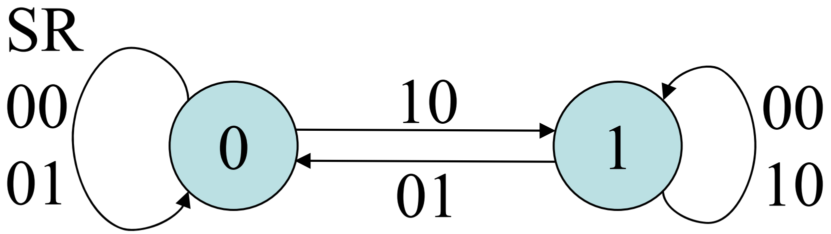
Y



S	R	Q
0	0	**Q^{-1}**
0	1	**0**
1	0	**1**
1	1	**-**

SR / y	00	01	11	10
0	⓪	⓪	--	1
1	①	0	--	①

Y

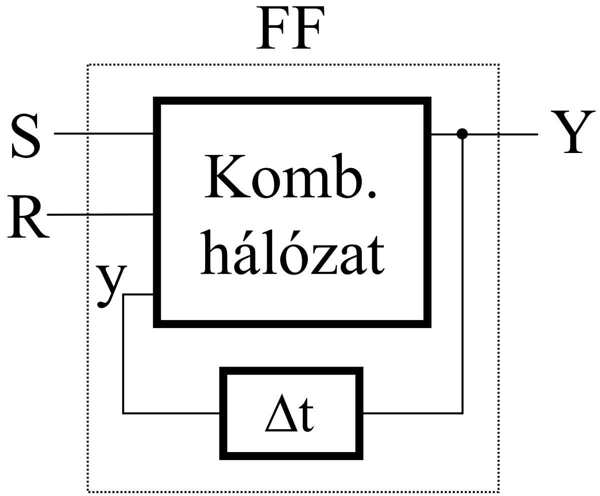


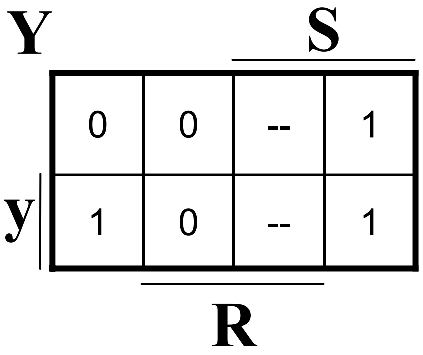
Egyszerű aszinkron sorrendi hálózat tervezése 4.

4. Megvalósítás eszköze, vezérlési tábla

y \ SR	00	01	11	10
0	⓪	⓪	--	1
1	①	0	--	①

Y

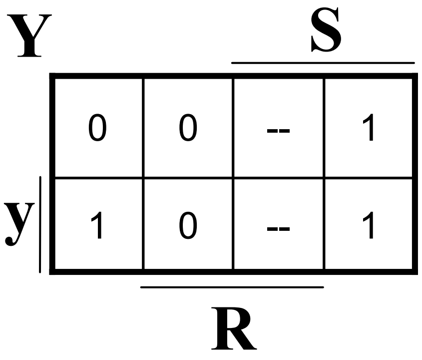


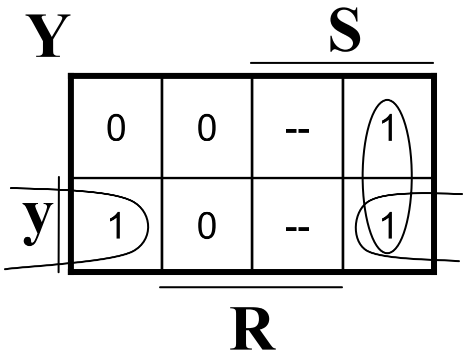


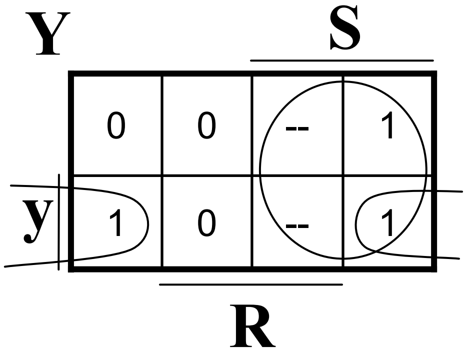
0	0	--	1
1	0	--	1

Egyszerű aszinkron sorrendi hálózat tervezése 5-6.

5-6. Vezérlési függvény, megvalósítási változatok

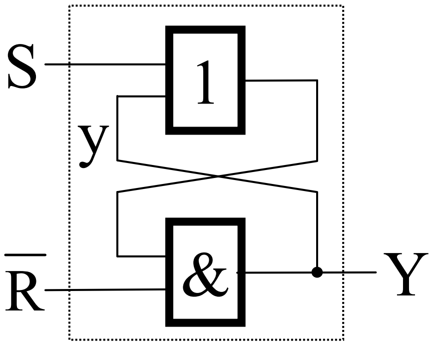


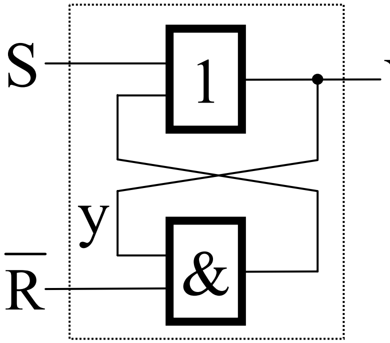




$$
\begin{aligned}
Y &= S\overline{R} + y\overline{R} = \\
&= \overline{R}\left(S + y\right)
\end{aligned}
$$

$$Y = S + y\overline{R}$$





Egyszerű aszinkron sorrendi hálózat tervezése 7.

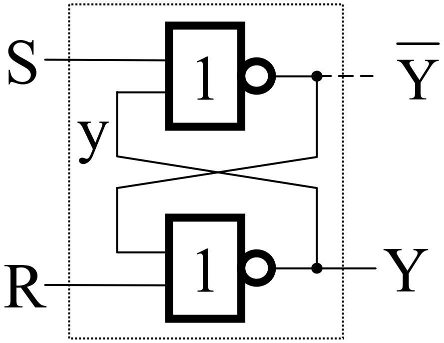
7. Megvalósítás univerzális elemekkel

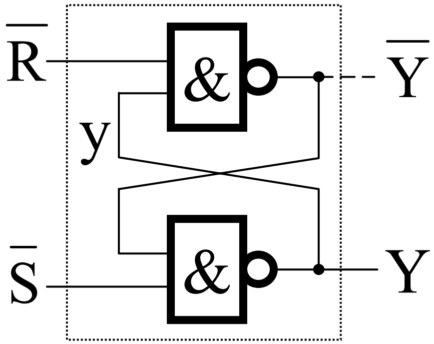
$$Y = \overline{R}\left(S + y\right) = \overline{\overline{\overline{R}\left(S + y\right)}} =$$

$$= \overline{R + \overline{S + y}}$$

$$Y = S + y\overline{R} = \overline{\overline{S + y\overline{R}}} =$$

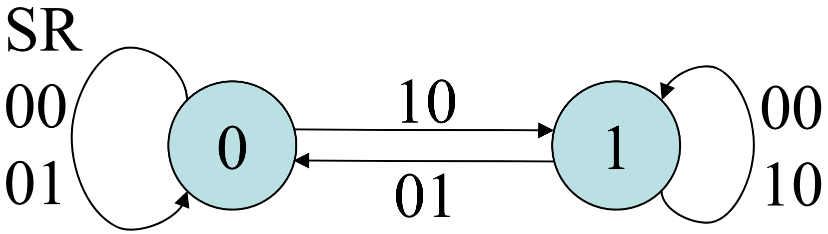
$$= \overline{\overline{S} * \overline{y\overline{R}}}$$

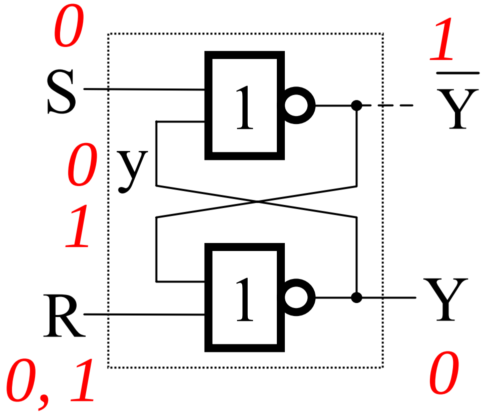


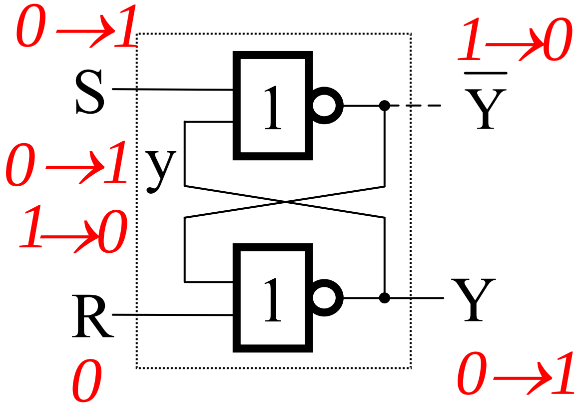


Egyszerű aszinkron sorrendi hálózat tervezése 8.

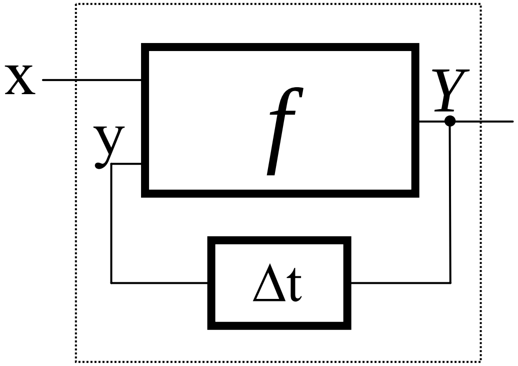
8. Ellenőrzés

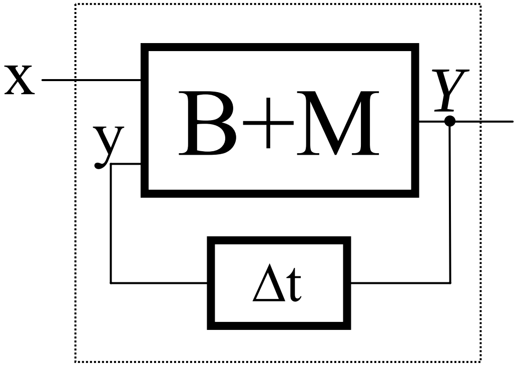




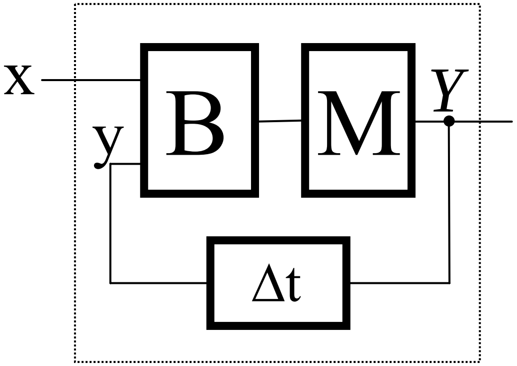


Aszinkron sorrendi hálózatok megvalósítása





Visszacsatolt
kombinációs hálózattal



Aszinkron
tároló elemekkel

Példa aszinkron hálózat tervezésére

Versenyhelyzet és kiküszöbölése

Specifikáció – állapottábla

Y Z

x_1x_2 y	00	01	11	10
a	ⓐ 0	b 0	--	c 0
b	a 0	ⓑ0	d 0	--
c	a 0	--	e --	ⓒ 0
d	--	b 0	ⓓ 0	c 0
e	--	g 1	ⓔ1	f 1
f	h 1	--	e 1	ⓕ1
g	h 1	ⓖ1	e 1	--
h	ⓗ1	b --	--	f 1

Összevont állapottábla

Y Z

x_1x_2 y	00	01	11	10
a	ⓐ 0	b 0	--	c 0
b	a 0	ⓑ0	d 0	--
c	a 0	--	e --	ⓒ 0
d	--	b 0	ⓓ 0	c 0
e	--	g 1	ⓔ1	f 1
f	h 1	--	e 1	ⓕ1
g	h 1	ⓖ1	e 1	--
h	ⓗ1	b --	--	f 1

a, b, d → A
c → B
e, f, g → C
h → D

Y Z

x_1x_2 y	00	01	11	10
A	Ⓐ 0	Ⓐ 0	Ⓐ 0	B 0
B	A 0	--	C --	Ⓑ0
C	D 1	Ⓒ1	Ⓒ1	Ⓒ1
D	Ⓓ1	A --	--	C 1

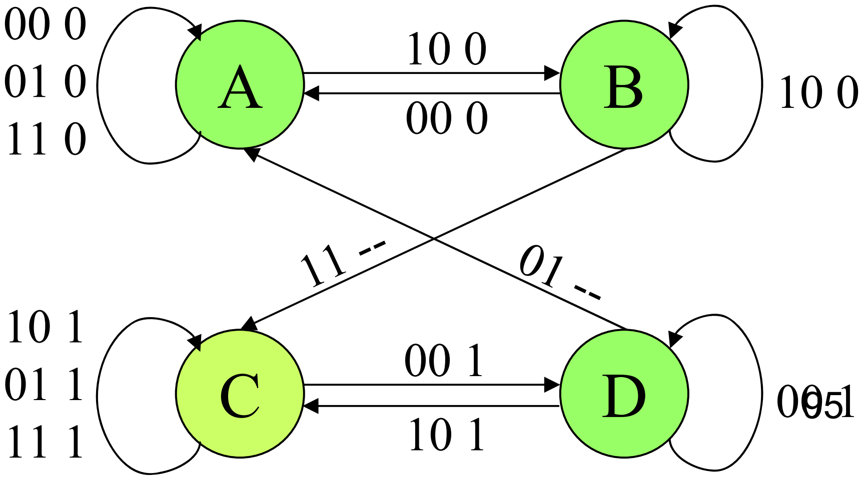
Összevont állapottábla és -gráf

Y Z

x_1x_2 y	00	01	11	10
a	ⓐ 0	b 0	--	c 0
b	a 0	ⓑ0	d 0	--
c	a 0	--	e --	ⓒ 0
d	--	b 0	ⓓ 0	c 0
e	--	g 1	ⓔ1	f 1
f	h 1	--	e 1	ⓕ1
g	h 1	ⓖ1	e 1	--
h	ⓗ1	b --	--	f 1

Y Z

x_1x_2 y	00	01	11	10
A	Ⓐ 0	Ⓐ 0	Ⓐ 0	B 0
B	A 0	--	C --	Ⓑ0
C	D 1	Ⓒ1	Ⓒ1	Ⓒ1
D	Ⓓ1	A --	--	C 1



Kódolt állapottábla és -gráf

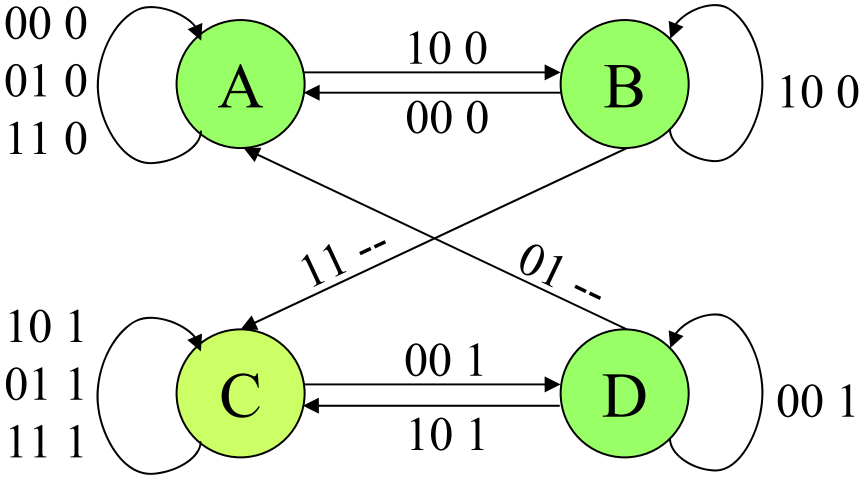
Y Z

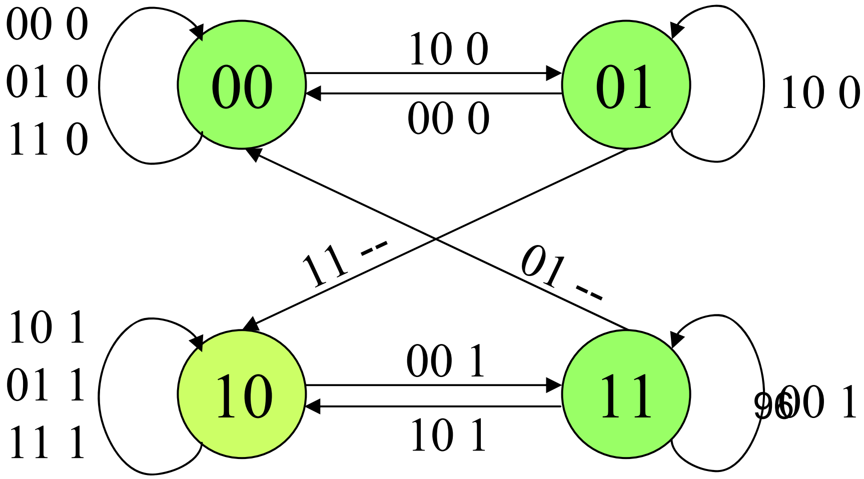
x_1x_2 y	00	01	11	10
A	Ⓐ 0	Ⓐ 0	Ⓐ 0	B 0
B	A 0	--	C --	Ⓑ0
C	D 1	Ⓒ1	Ⓒ1	Ⓒ1
D	Ⓓ1	A --	--	C 1

	y_1	y_2
A	0	0
B	0	1
C	1	0
D	1	1

Y_1Y_2 Z

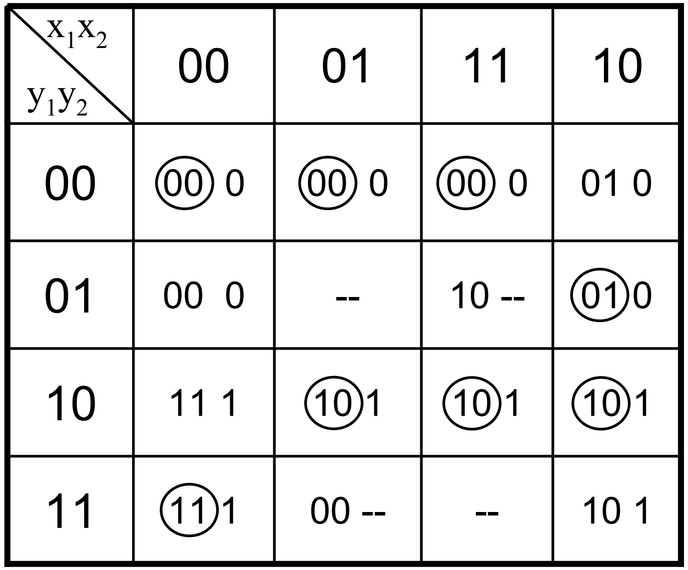
x_1x_2 y_1y_2	00	01	11	10
00	00 0	00 0	00 0	01 0
01	00 0	--	10 --	01 0
10	11 1	10 1	10 1	10 1
11	11 1	00 --	--	10 1





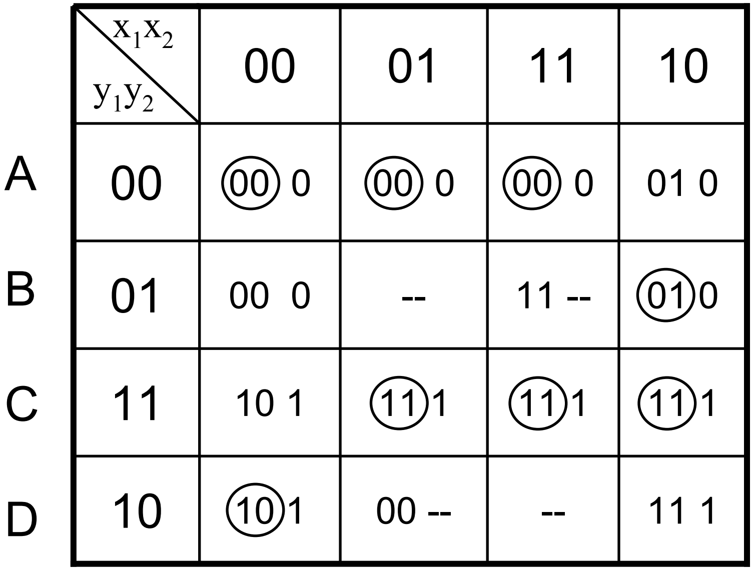
Versenyhelyzet kiküszöbölése

Y_1Y_2 Z



x_1x_2 / y_1y_2	00	01	11	10
00	00 0	00 0	00 0	01 0
01	00 0	--	10 --	01 0
10	11 1	10 1	10 1	10 1
11	11 1	00 --	--	10 1

Y_1Y_2 Z



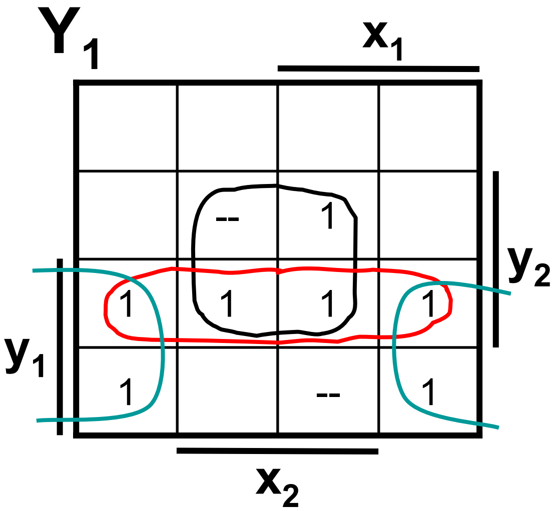
	x_1x_2 / y_1y_2	00	01	11	10
A	00	00 0	00 0	00 0	01 0
B	01	00 0	--	11 --	01 0
C	11	10 1	11 1	11 1	11 1
D	10	10 1	00 --	--	11 1

	y_1	y_2
A	0	0
B	0	1
C	1	1
D	1	0

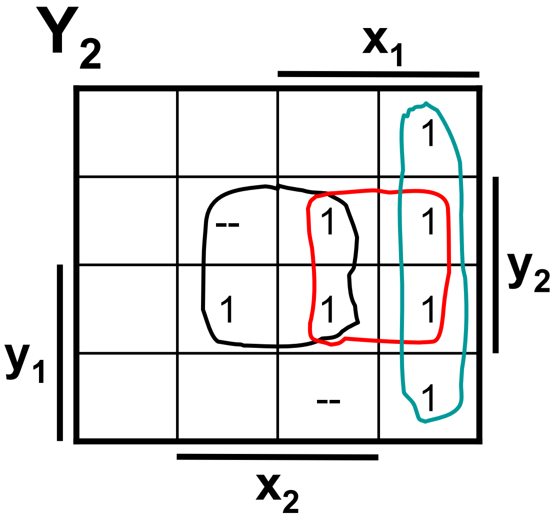
Megvalósítás visszacsatolt kombinációs hálózattal

Y_1Y_2 Z

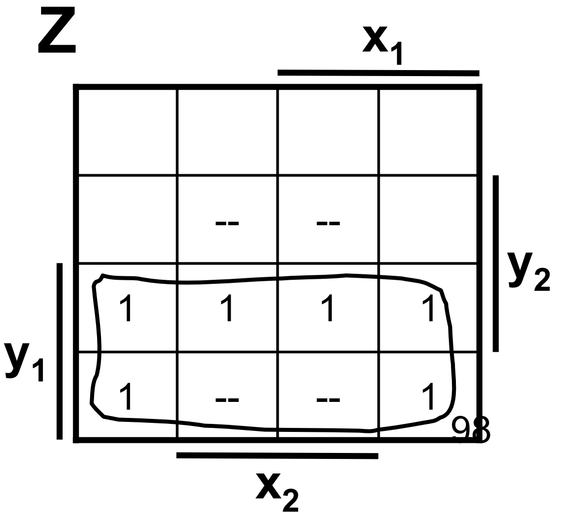
y_1y_2 \ x_1x_2	00	01	11	10
00	00 0	00 0	00 0	01 0
01	00 0	--	11 --	01 0
11	10 1	11 1	11 1	11 1
10	10 1	00 --	--	11 1



	--	1	
1	1	1	1
1		--	1



			1
	--	1	1
	1	1	1
		--	1



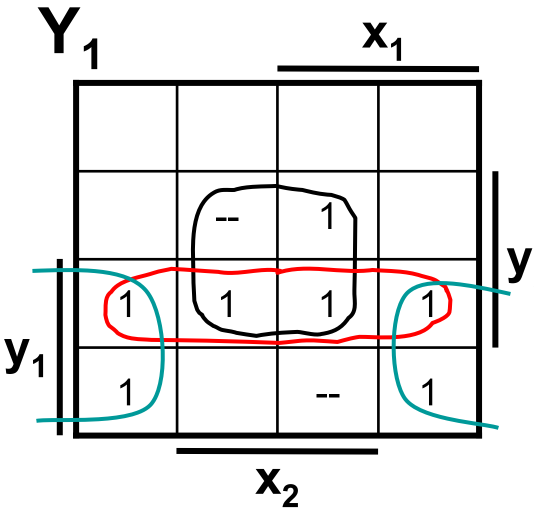
	--	--	
1	1	1	1
1	--	--	1

Függvények (visszacsatolt kombinációs hálózat)

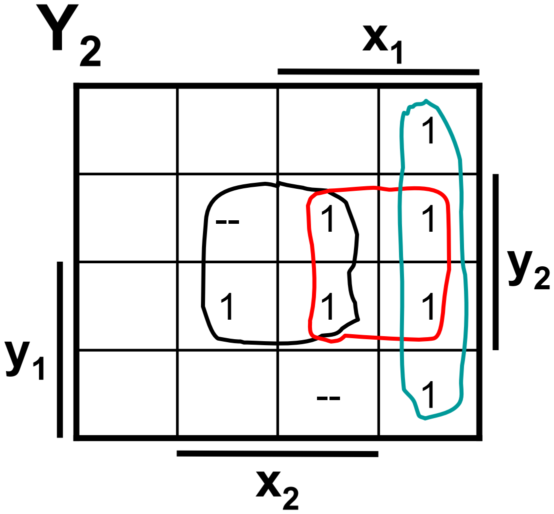
$$Y_1 = x_2 y_2 + \overline{x_2}\, y_1 + y_1 y_2$$

$$Y_2 = x_2 y_2 + x_1 y_2 + x_1 \overline{x_2}$$

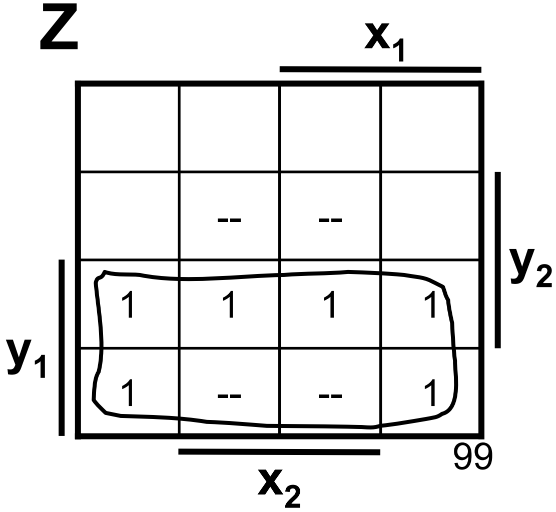
$$Z = y_1$$



	--	1	
1	1	1	1
1		--	1

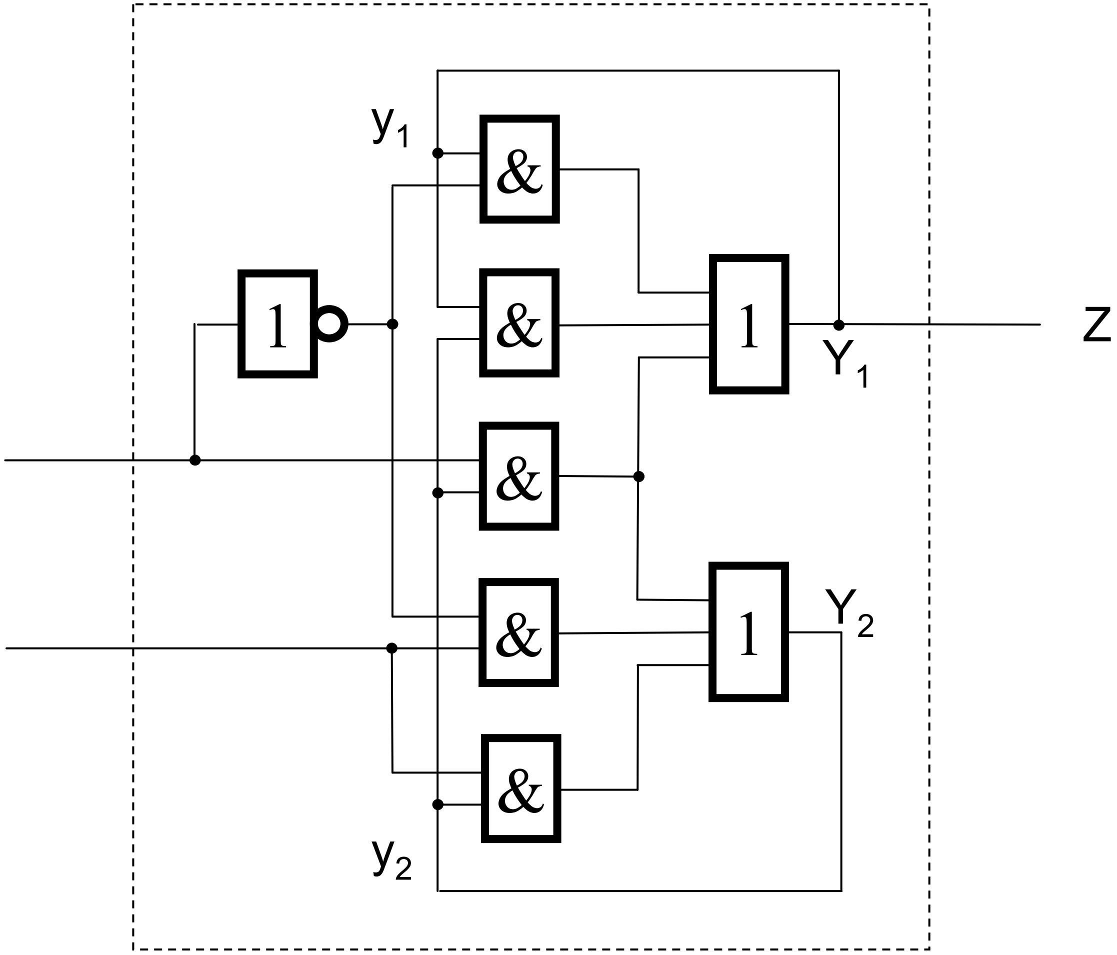


			1
	--	1	1
	1	1	1
		--	1



	--	--	
1	1	1	1
1	--	--	1

Logikai vázlat (visszacsatolt kombinációs hálózat)



$$Y_1 = x_2 y_2 + \overline{x_2}\, y_1 + y_1 y_2$$

$$Y_2 = x_2 y_2 + x_1 y_2 + x_1\, \overline{x_2}$$

$$Z = y_1$$

Megvalósítás SR tárolókkal
Vezérlési tábla

x_1x_2 / y_1y_2	00	01	11	10
00	00 0	00 0	00 0	01 0
01	00 0	--	11 --	01 0
11	10 1	11 1	11 1	11 1
10	10 1	00 --	--	11 1

x_1x_2 / y_1y_2	00		01		11		10	
00	0-	0-	0-	0-	0-	0-	0-	10
01	0-	01	--	--	10	-0	0-	-0
11	-0	01	-0	-0	-0	-0	-0	-0
10	-0	0-	01	0-	--	--	-0	10

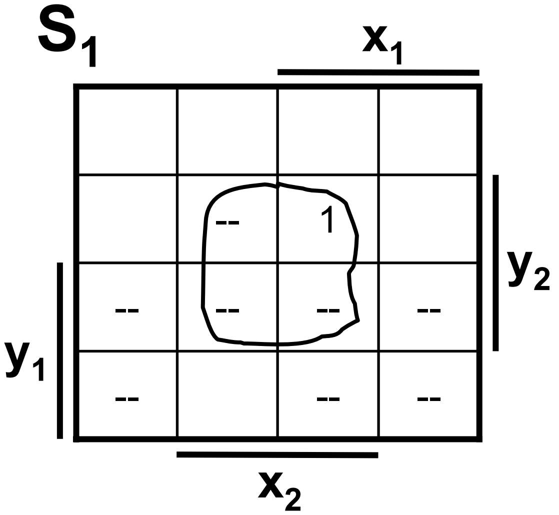
S_1R_1 S_2R_2

Megvalósítás SR tárolókkal
Karnaugh táblák

x_1x_2 / y_1y_2	00		01		11		10	
00	0-	0-	0-	0-	0-	0-	0-	10
01	0-	01	--	--	10	-0	0-	-0
11	-0	01	-0	-0	-0	-0	-0	-0
10	-0	0-	01	0-	--	--	-0	10

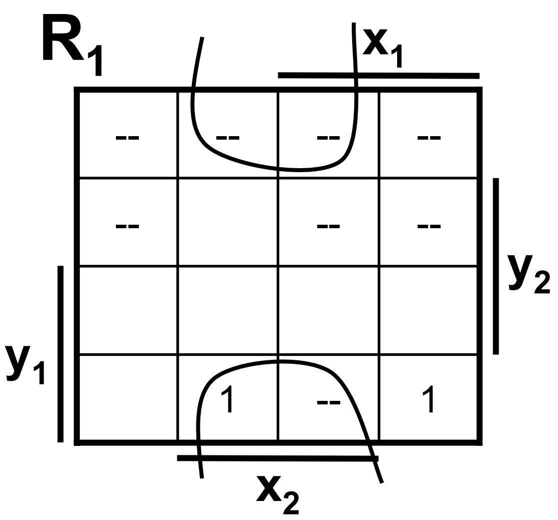
S_1R_1 S_2R_2

S_1



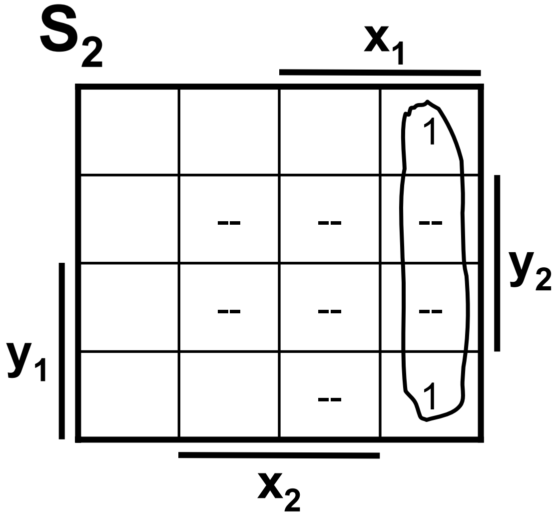
	--	1	
--	--	--	--
--		--	--

R_1



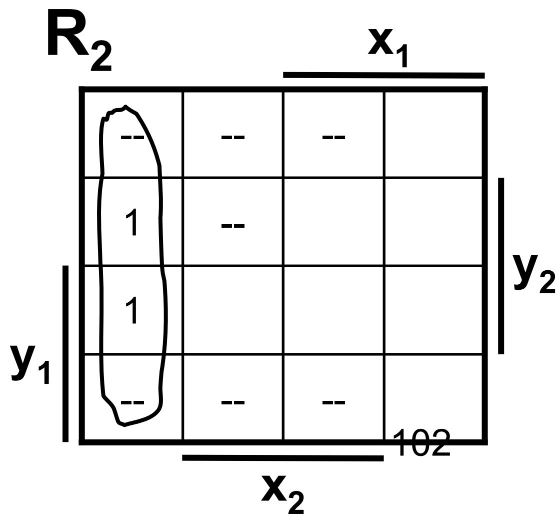
--	--	--	--
--		--	--
	1	--	1

S_2



			1
	--	--	--
	--	--	--
		--	1

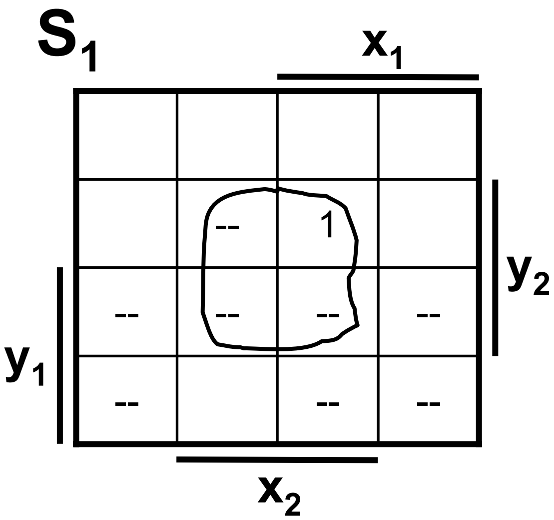
R_2



--	--	--	
1	--		
1			
--	--	--	

Vezérlő függvények

S_1

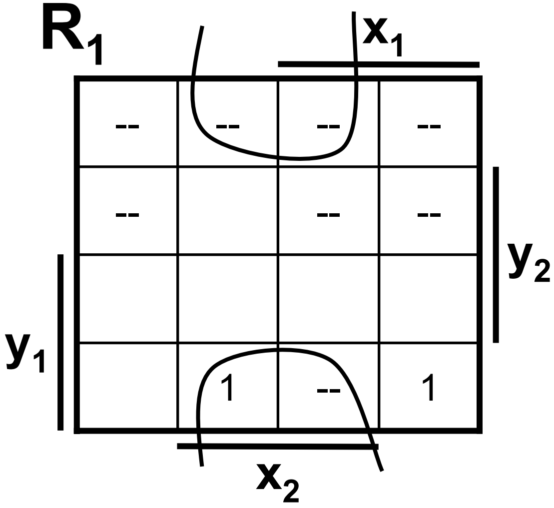


	--	1	
--	--	--	--
--		--	--

$$S_1 = x_2 y_2 \qquad R_1 = x_2 \overline{y_2}$$

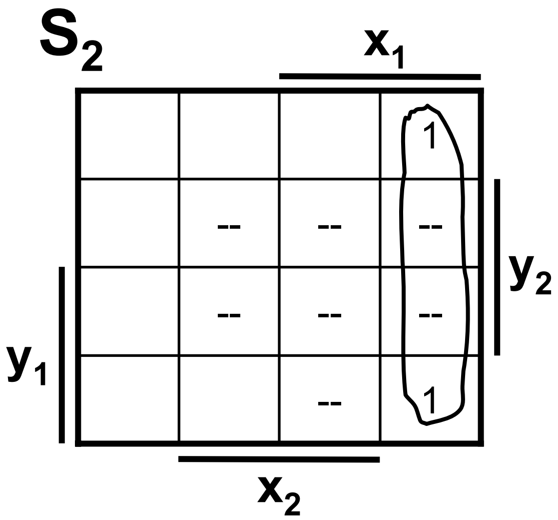
$$S_2 = x_1 \overline{x_2} \qquad R_2 = \overline{x_1}\,\overline{x_2}$$

R_1



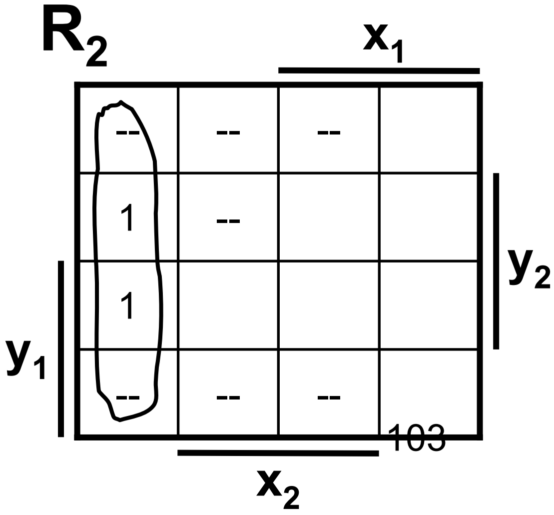
--	--	--	--
--		--	--
	1	--	1

S_2



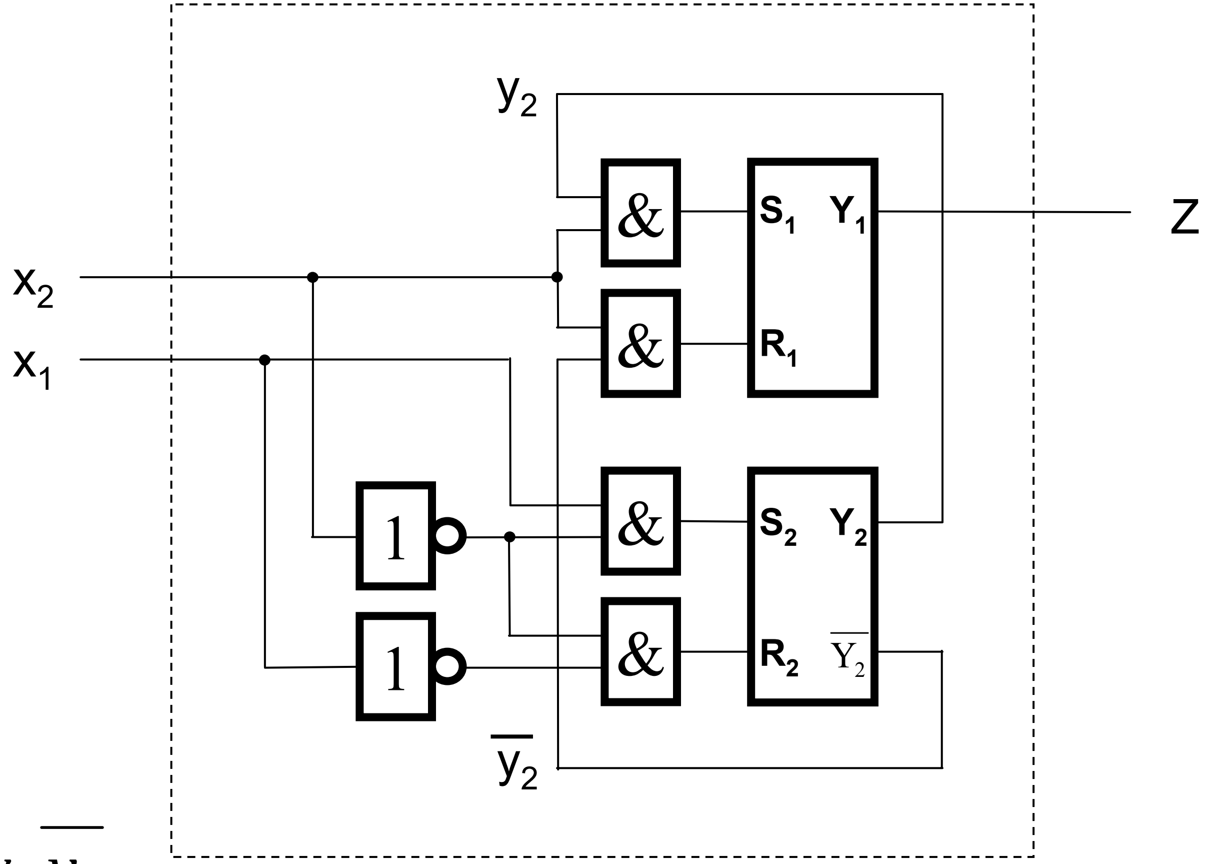
			1
	--	--	--
	--	--	--
		--	1

R_2



--	--	--	
1	--		
1			
--	--	--	

Logikai vázlat



$$S_1 = x_2 y_2 \qquad R_1 = x_2 \overline{y_2}$$

$$S_2 = x_1 \overline{x_2} \qquad R_2 = \overline{x_1}\,\overline{x_2}$$

Aszinkron sorrendi hálózat dinamikai problémái

Hazárd

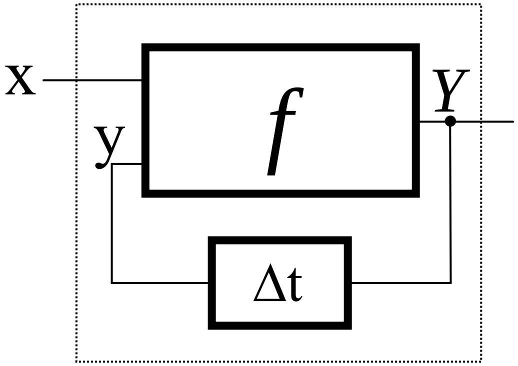
- *funkcionális*
- *statikus*
- *dinamikus*

Oszcilláció

Versenyhelyzet

- *nem kritikus*
- *kritikus*

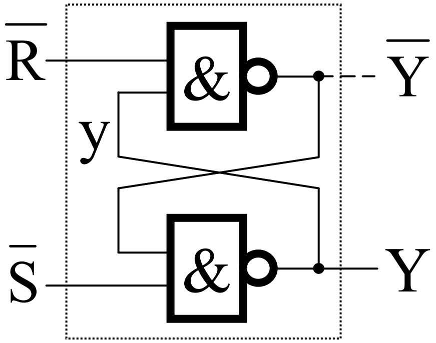
Lényeges hazárd

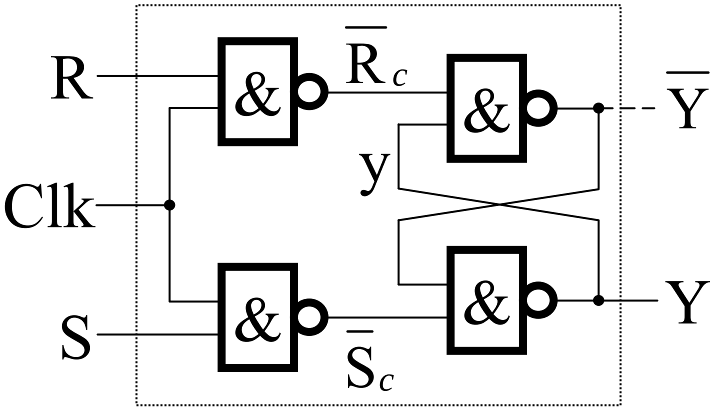


Funkcionális hálózatok

Számláló láncok

Flip-flopok (1)
Aszinkron/szinkron

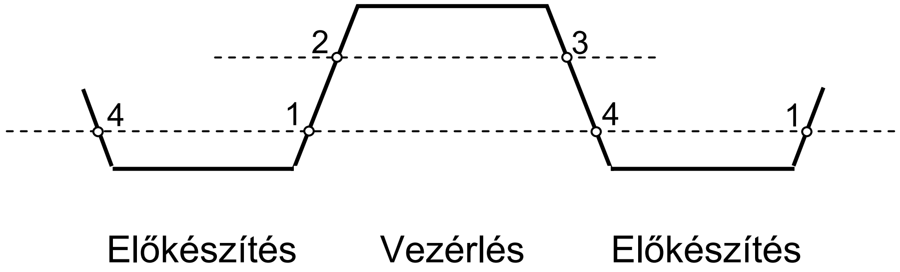




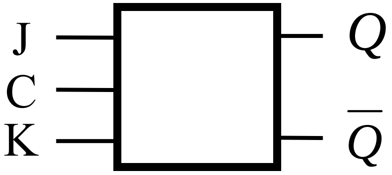
Flip-flopok (2)
Típusok

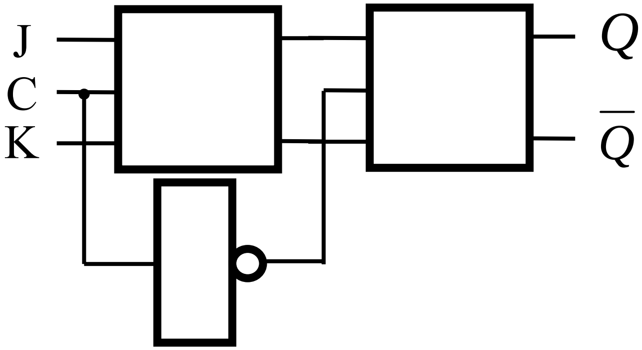
- SR*
- JK
- T
- DG*
- D
- * aszinkron módban is működhet

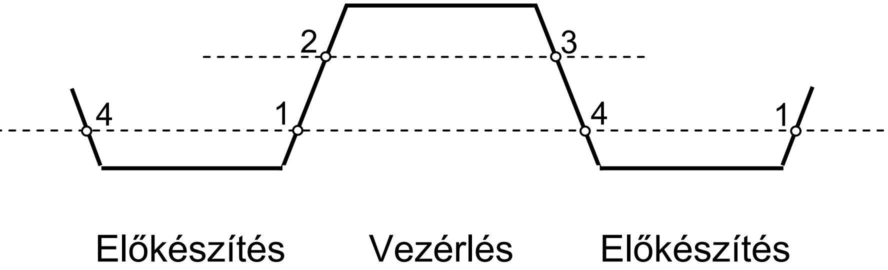
Flip-flopok (3)
Szintvezérlés, élvezérlés



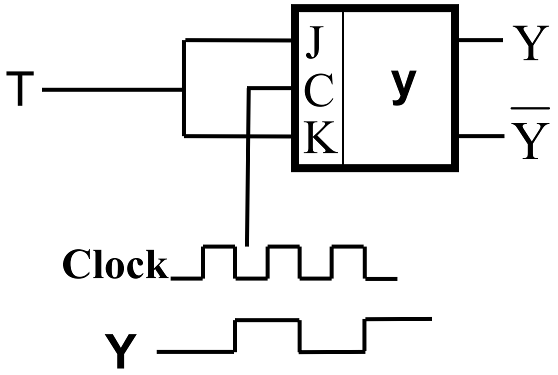
Flip-flopok (4)
egyfokozatú/kétfokozatú



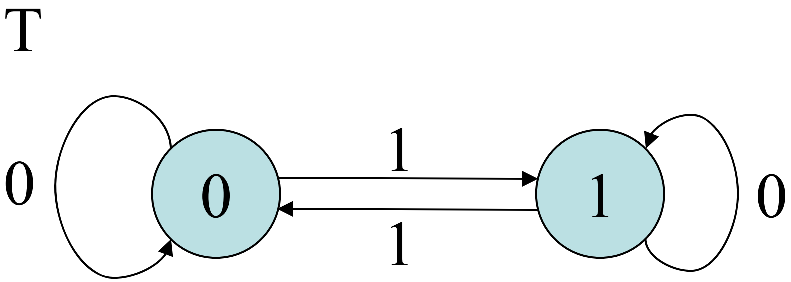




T flip-flop



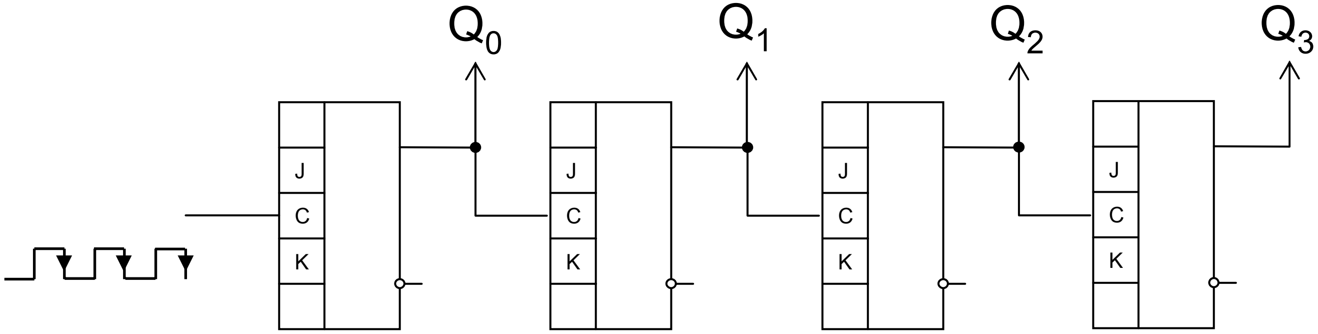
Szabad TTL bemenetek: „1”



Számlálók

- Ciklus
  - bináris
  - decimális (BCD)
  - egyéb
- Működésmód
  - Soros („aszinkron”)
  - Párhuzamos („szinkron)

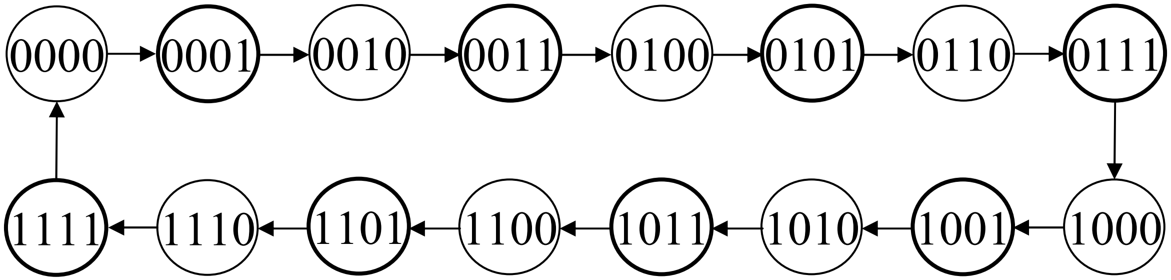
Soros bináris számláló



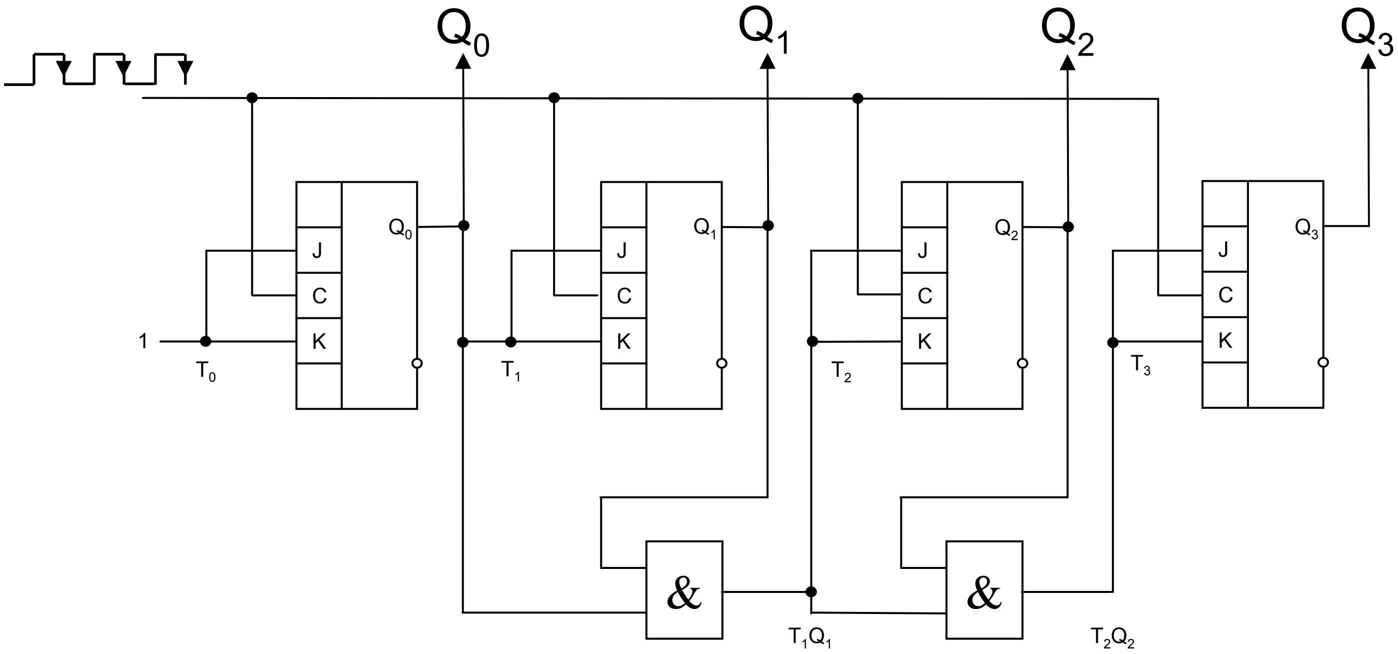
Előny: egyszerű

Hátrány: tranziensek

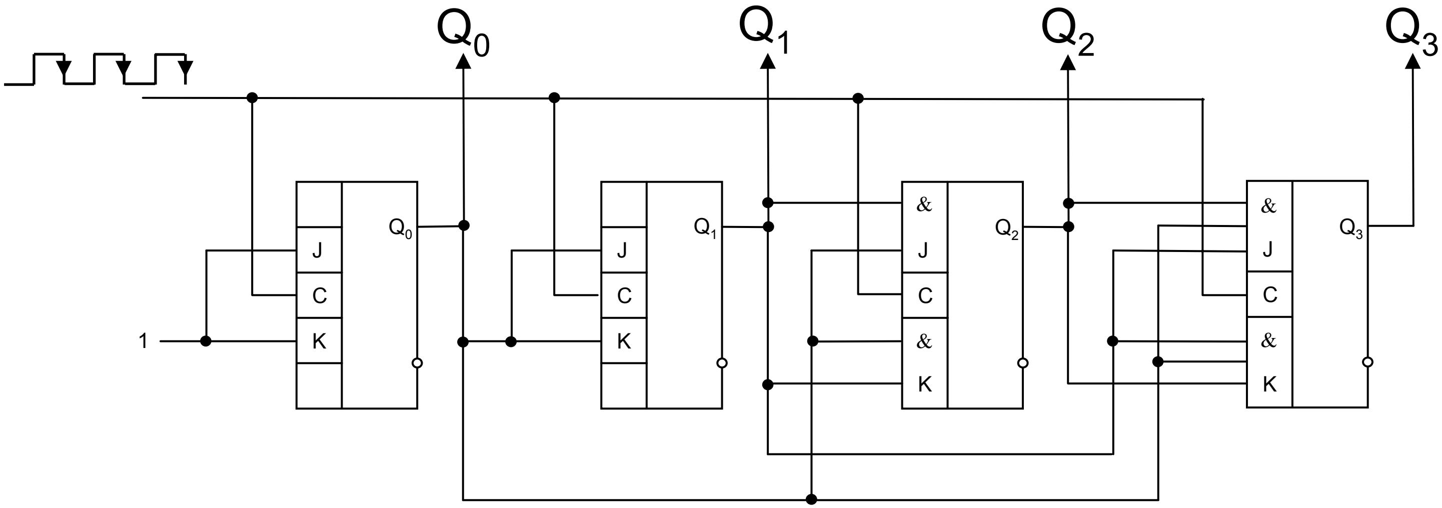
Szabad TTL bemenetek: „1”



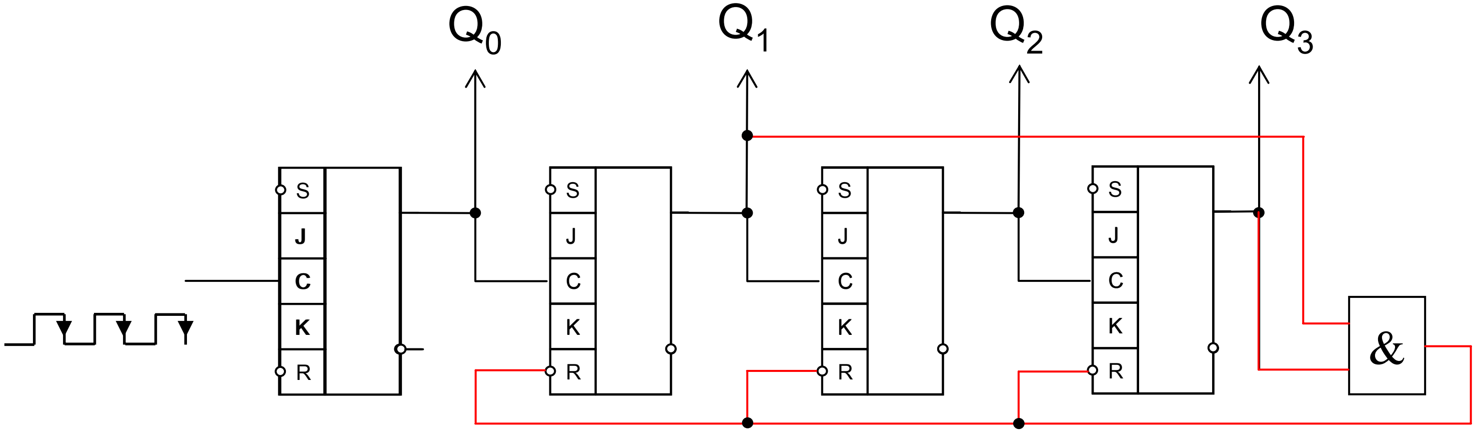
Párhuzamos bináris számláló (1)

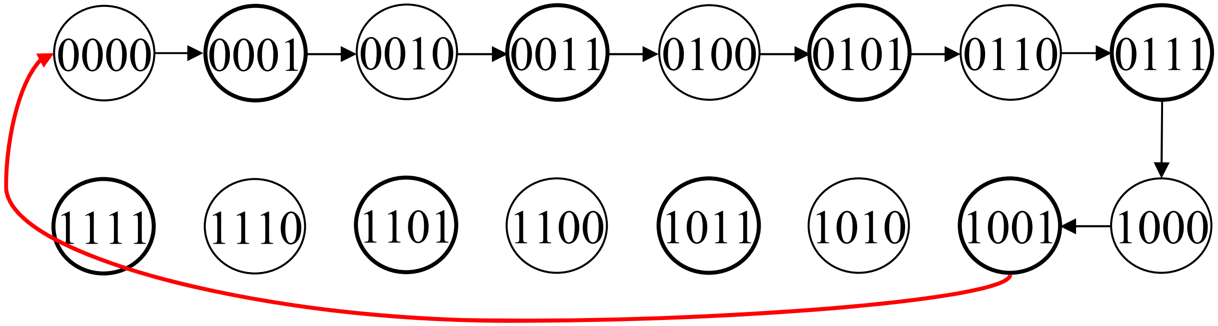


Párhuzamos bináris számláló (2)

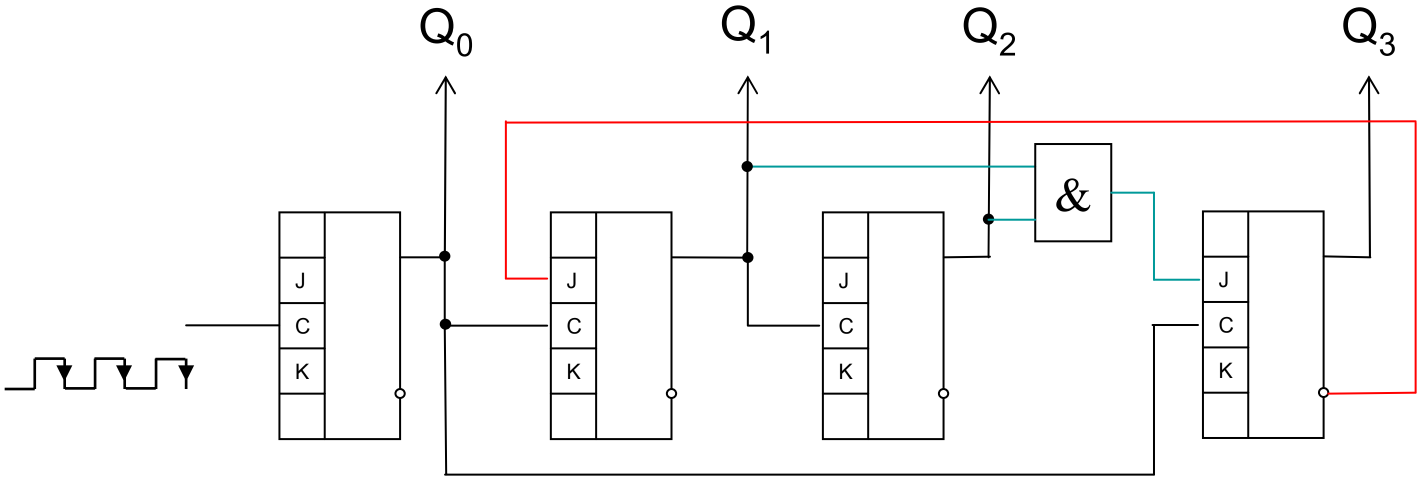


Soros BCD számláló (1)

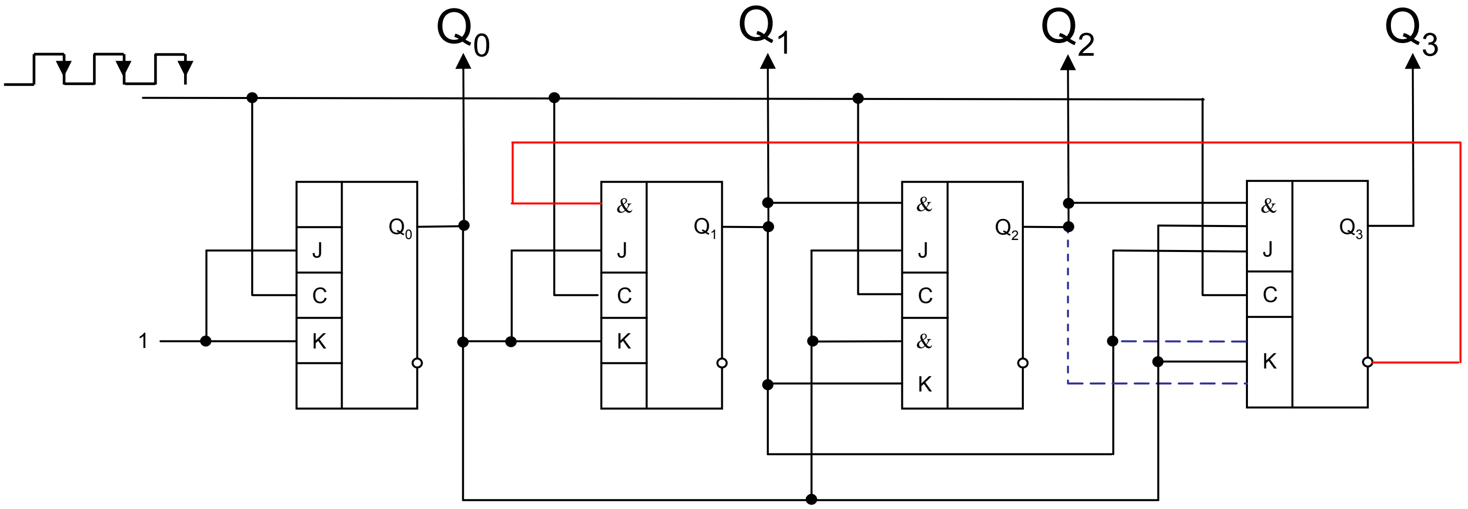




Soros BCD számláló (2)



Párhuzamos BCD számláló



Források

- Arató P.: Logikai rendszerek tervezése
  Tankönyvkiadó, Bp. 1990
- Tarnai G.: Irányítástechnika I. 2002-2007.
  BME Közlekedésautomatikai Tanszék
  www.kka.bme.hu