Digitális rendszerek I.

2004/2005 tanév I. félév

Dr. Ádám Tihamér
Villamosmérnöki Intézet, Automatizálási Tanszék
Informatikai épület, 207.

Telefon: 565 140 (közvetlen), 19-32 (egyetemi mellék)
email: adam@mazsola.iit.uni-miskolc.hu
hompage: http://mazsola.iit.uni-miskolc.hu

A logikai feladat fogalma

- ***Feladat: Présgép biztonságos üzemeltetése.***
- ***Szöveges megfogalmazás:***
- ***A gép csak akkor működjön, ha a kezelő egyik kezével lezárja a fedelet, másik kezével pedig megnyomja a működtető BE gombot.***
- ***A működési feltételek táblázatos összefoglalása***

A logikai feladat fogalma

Feltételek		Következmény
Védőrács állapot	**BE gomb állapot**	**présgép**
Nyitott	**Ki**	**Áll**
Nyitott	**be**	**Áll**
Zárt	**Ki**	**Áll**
Zárt	**Be**	**Működik**

Logikai feladat: ahol véges számú feltételek közül egyesek teljesüléséhez egyértelműen hozzá kell rendelni valamilyen előírás szerint véges számú következmény közül egy-egy következményt. A logikai feladat megoldásához logikai döntések szükségesek.

A logikai feladat fogalma

A jelek véges számú értékeket vehetnek fel. Mi a kétér-tékű jelek rendszerével foglalkozunk: A kétértékű rendszerek a legmegbízhatóbbak. A kétértékű jelek-kel működő logikai hálózatokkal foglalkozunk. Két-értékű logikai rendszerek leírására a kettes szám-rendszer használható. A bemeneti pontok mindegyi-kéhez egy-egy n bites bináris szám egy-egy helyiér-téke rendelhető. Így a bemeneti pontok minden le-hetséges együtteséhez egy-egy n jegyű bináris szám rendelhető, ahol a 0 és 1 érték jelzi, hogy a jel értéke a két lehetséges érték közül melyik. Így a bemeneti értékeknek 2^n féle együttese fordulhat elő. Ez egy 2 elemből álló ismétlődéses kombináció, ezért

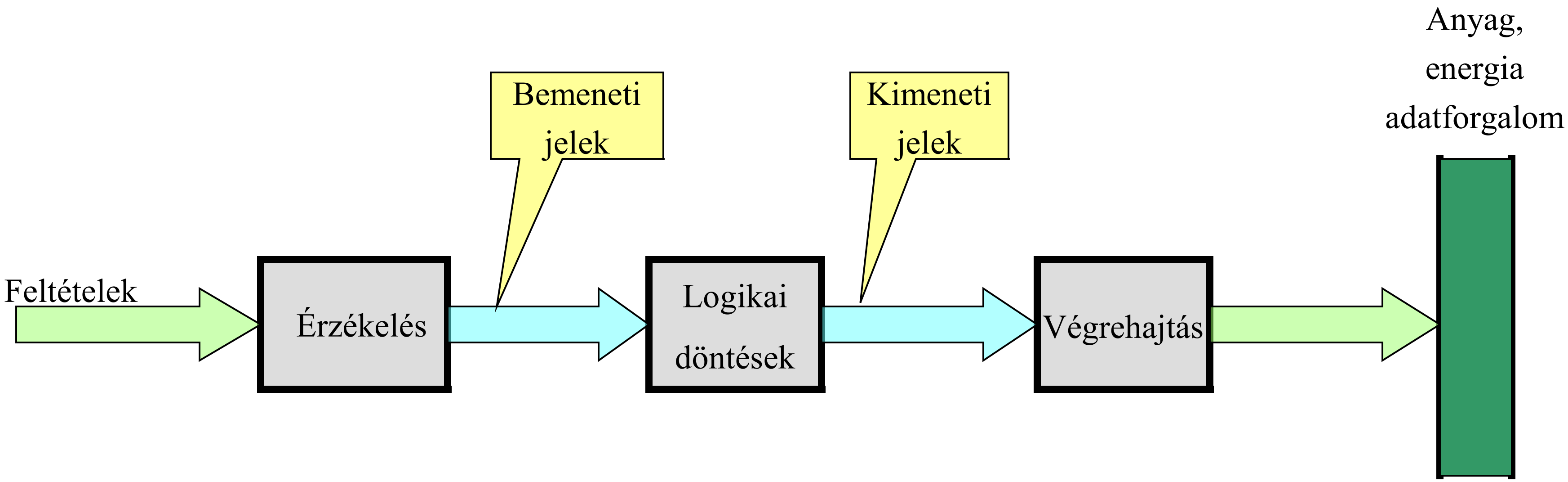
bemeneti kombinációnak nevezzük.

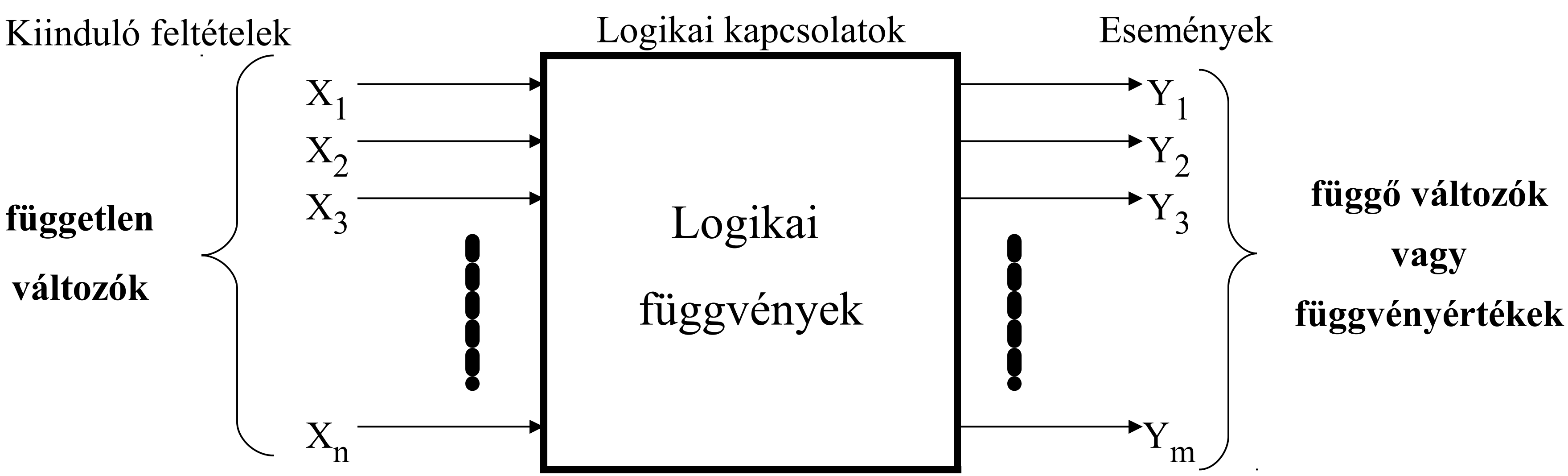
M kimenet esetén így 2^m féle kimeneti kombináció lehet.

A logikai feladat fogalma

A fenti feladat leírása a fentiek szerint:

Feltételek		**Következ mény**
Védőrács állapot	**BE gomb állapot**	**présgép**
Nyitott	**Ki**	**Áll**
Nyitott	**be**	**Áll**
Zárt	**Ki**	**Áll**
Zárt	**Be**	**Működik**


Anyag,
energia
adatforgalom
Bemeneti
jelek
Kimeneti
jelek
Feltételek
Érzékelés
Logikai
döntések
Végrehajtás

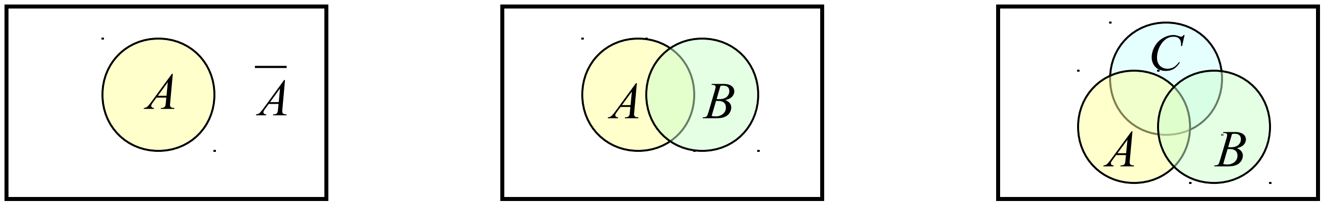

Kiinduló feltételek
Logikai kapcsolatok
Események
független
változók
X_1
X_2
X_3
X_n
Logikai
függvények
Y_1
Y_2
Y_3
Y_m
függő változók
vagy
függvényértékek

LOGIKAI VÁLLTOZÓK ÉS MŰVELETEK

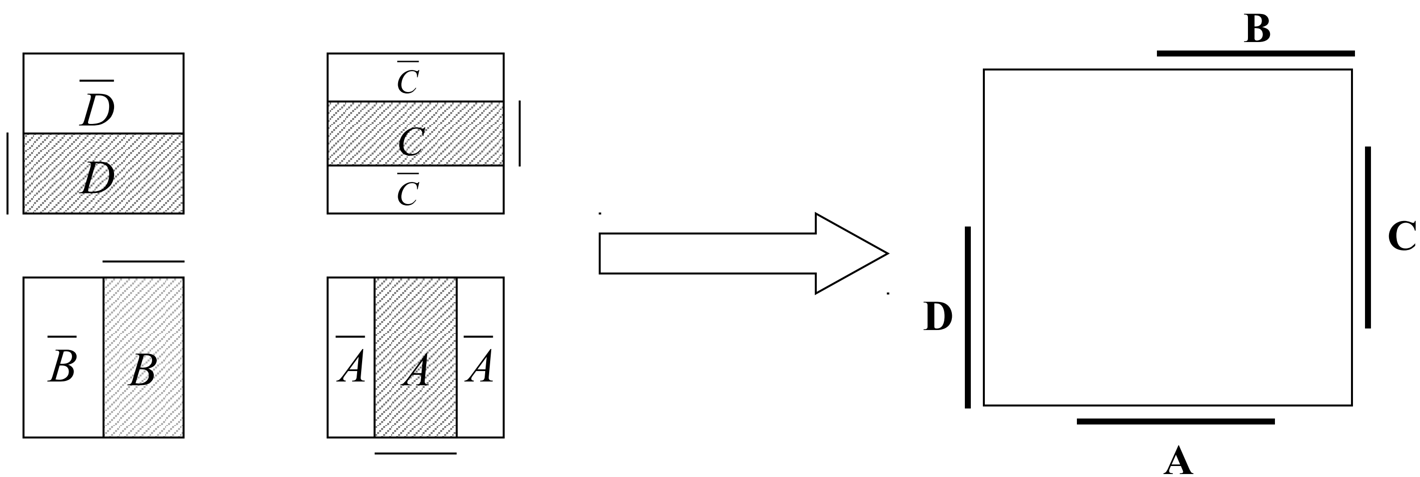
- ***LOGIKAI VÁLTOZÓK ÉS SZEMLÉLTETÉSÜK***
- ***LOGIKAI MŰVELETEK***
- ***LOGIKAI MŰVELETEK TULAJDONSÁGAI***
- ***BOOLE ALGEBRA AZONOSSÁGAI***

LOGIKAI VÁLTOZÓK SZEMLÉLTETÉSE

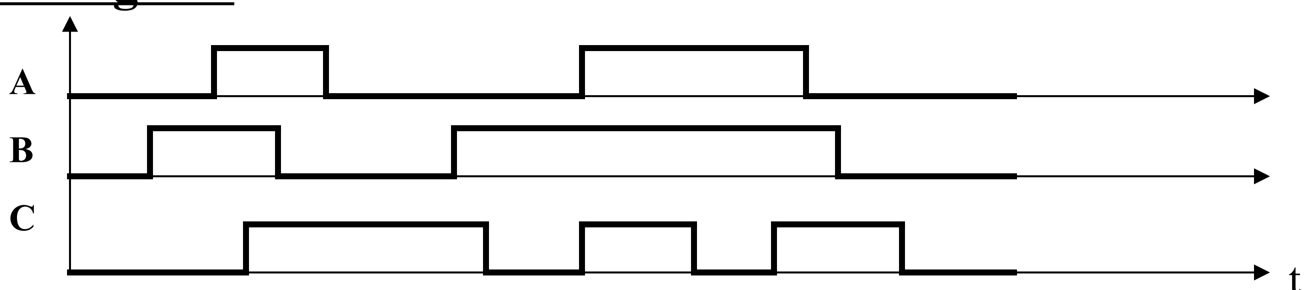
- ***VENN diagram:***



•**Veits diagram:**



•**Idődiagram**



Logikai függvény

kombinációs hálózat	szekvenciális hálózat
a bemeneti változók pillanatértéke egyértelmüen meghatározza a kimeneti változók értékét	a kimeneti változók értékét a bemeneti változok és a belsõ állapotok határozzák meg

$$Y_1 = F_1(X_1, X_2, X_3, \ldots X_n)$$
$$Y_2 = F_2(X_1, X_2, X_3, \ldots X_n)$$
$$Y_3 = F_3(X_1, X_2, X_3, \ldots X_n)$$
$$\vdots \qquad \vdots$$
$$Y_m = F_m(X_1, X_2, X_3, \ldots X_n)$$

Az „n” bemenetű „m” kimenetű kombinációs hálózatot „m” darab „n” változós függvénnyel lehet leírni

$$\mathbf{X} = \{X_1, X_2, X_3, \ldots X_n\}$$ **Bemeneti változók vektora**

$$\mathbf{Y} = \{Y_1, Y_2, Y_3, \ldots Y_m\}$$ **Kimeneti változók vektora**

$$\mathbf{Y = F_K(X)}$$

y

•Negáció $\overline{A}$

A	F
0	1
1	0

•ÉS (AND) A*B

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

•NEM-ÉS (NAND) $\overline{A*B}$

SHEFFER

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

•VAGY (OR) A+B

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

•NEM-VAGY (NOR) $\overline{A+B}$

PEIRCE

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

•EKVIVALENCIA

$$A \otimes B = \overline{A} * \overline{B} + A * B$$

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

•ANTIVALENCIA

$$A \oplus B = \overline{A} * B + A * \overline{B}$$

KIZÁRÓ VAGY

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

A logikai (BOOLE) algebrai alapjai

- ***Logikai (BOOLE-) algebra***
- ***BOOLE (1815-1864) angol matematikus volt az első, aki a logikai, ill. a róla elnevezett BOOLE-algebra alapfogalmait bevezette és összefüggéseit vizsgálta a „The Mathematical of Logic" (1848) c. munkájában. Tulajdonképpen olyan szimbolikus jelölésmódot dolgozott ki, amely alkalmas volt a formális logikai problémáinak algebrai formában történő leírására. A megkezdett munkát kiváló matematikusok egész sora – mint SCHROEDER, RUSSEL, WHITEHEAD stb. – fejlesztette tovább. BOOLE – algebrának jelfogós kapcsolóáramkörök analízisére való felhasználása (1938-ban) SHANNON nevéhez fűződik.***

LOGIKAI MŰVELETEK

- **Negáció** $\overline{A}$

A	F
0	1
1	0

- **ÉS (AND)** $A*B$

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

- **NEM-ÉS (NAND)** $\overline{A*B}$

SHEFFER

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

- **VAGY (OR)** $A+B$

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

- **NEM-VAGY (NOR)** $\overline{A+B}$

PEIRCE

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

- **EKVIVALENCIA**

$$A \otimes B = \overline{A} * \overline{B} + A * B$$

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

- **ANTIVALENCIA**

$$A \oplus B = \overline{A} * B + A * \overline{B}$$

KIZÁRÓ VAGY

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

A LOGIKAI (BOOLE) MŰVELETEK TULAJDONSÁGAI

I. Kommutativitás: $A*B=B*A$

$A+B=B+A$

II. Asszociativitás: $(A*B)*C=A*(B*C)=A*B*C$

$(A+B)+C=A+(B+C)=A+B+C$

III. Disztributivitás $A*(B+C)=A*B+A*C$

$A+(B*C)=(A+B)*(A+C)$

IV. EGYSÉG- és NULLA-elem létezése: $A*1=A$

$A+0=A$

V. KOMPLEMENS-elem létezése: $A*\breve{A}=0$

$A+\breve{A}=1$

VI. Abszorpciós tulajdonság: $A(B+A)=A$

$A+B*A=A$

A BOOLE ALGEBRA AZONOSSÁGAI

$X+0=X$ $X*1=X$	$(X+Y)+Z=X+(Y+Z)=X+Y+Z$ $(X*Y)*Z=X*(Y*Z)=X*Y*Z$
$X+1=1$ $X*0=0$	$X*Y+X*Z=X*(Y+Z)$ $(X+Y)*(X+Z)=X+(Y*Z)$
$X+X=X$ $X*X=X$	$\overline{X+Y+Z+\ldots}=\overline{X}*\overline{Y}*\overline{Z}*\ldots$ $\overline{X*Y*Z*\ldots}=\overline{X}+\overline{Y}+\overline{Z}+\ldots$
$X+\overline{X}=1$ $X*\overline{X}=0$	$X*\left(\overline{X}+Y\right)=X*Y$ $X+\overline{X}*Y=X+Y$
$X+Y=Y+X$ $X*Y=Y*X$	$(X+Y)*(\overline{X}+Z)*(Y+Z)=(X+Y)*(\overline{X}+Z)$ $X*Y+\overline{X}*Z+Y*Z=X*Y+\overline{X}*Z$
$\left(\overline{X}\right)=\overline{X}$ $\left(\overline{\overline{X}}\right)=X$	$(X+Y)*(\overline{X}+Z)=X*Z+\overline{X}*Y$

3. ELŐADÁS

LOGIKAI KAPCSOLATOK LEÍRÁSA

- ***LOGIKAI FÜGGVÉNYKAPCSOLATOK MEGADÁSI MÓDJAI***
  - **szöveges**
  - **igazságtáblázatos**
  - **algebrai**
  - **grafikus**
- ***LOGIKAI FÜGGVÉNYEK SZABÁLYOS ALAKJAI***
- ***A DISZJUNKTÍV ÉS A KONJUNKTÍV ALAK KAPCSOLATA***

LOGIKAI KAPCSOLATOK MEGADÁSI MÓDJAI

•**<u>Szöveges leírás:</u>**

Pl.: Négy résztvevős szavazógép a többségi elv alapján működik.

Szavazat egyenlőség esetén az elnök szavazata dönt.

•**<u>Táblázatos megadás:</u>**

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

Ahol **A**, **B**, **C**, a tagok, **D** az elnök szavazata

LOGIKAI KAPCSOLATOK MEGADÁSI MÓDJAI

- ***<u>Algebrai leírás:</u>***

$$F^4(D,C,B,A) = \overline{D}CBA + D\overline{C}\overline{B}A + D\overline{C}B\overline{A} + D\overline{C}BA + DC\overline{B}\overline{A} + DC\overline{B}A + DCB\overline{A} + DCBA$$

- **<u>Grafikus megadás:</u>**

B

0	**0**	**0**	**0**
0	**0**	**1**	**0**
1	**1**	**1**	**1**
0	**1**	**1**	**1**

C

D

A

LOGIKAI FÜGGVÉNYEK SZABÁLYOS ALAKJAI

minterm: A változók olyan **ÉS** kapcsolata, amelyben minden változó - ponált vagy negált - alakban egyszer és csakis egyszer szerepel

$$\boxed{m_i^n}$$

Ahol **n** a független változók száma, **i** a term sorszáma

maxterm: A változók olyan **VAGY** kapcsolata, amelyban minden változó - ponált vagy negált - alakban egyszer és csakis egyszer szerepel

$$\boxed{M_i^n}$$

Ahol **n** a független változók száma, **i** a term sorszáma

$$M_i^n = \overline{m_{2^n - i - 1}^n} \qquad \text{illetve} \qquad m_i^n = \overline{M_{2^n - i - 1}^n}$$

diszjunktív szabályos (kanonikus) alak:

A mintermek **VAGY** kapcsolata

$$F^4(D,C,B,A) = \overline{D}CBA + D\overline{C}\overline{B}A + D\overline{C}B\overline{A} + D\overline{C}BA + DC\overline{B}\overline{A} + DC\overline{B}A + DCB\overline{A} + DCBA$$

$$0111 + 1001 + 1010 + 1011 + 1100 + 1101 + 1110 + 1111$$

$$F^4(D,C,B,A) = m_7^4 + m_9^4 + m_{10}^4 + m_{11}^4 + m_{12}^4 + m_{13}^4 + m_{14}^4 + m_{15}^4$$

$$F^4(D,C,B,A) = \sum{}^4(7,9,10,11,12,13,14,15)$$

Indexes alakban

konjunktív szabályos (kanonikus) alak:

A maxtermek **ÉS** kapcsolata

$$F^4(D,C,B,A) = (\overline{D}+C+B+A)(D+\overline{C}+\overline{B}+A)(D+\overline{C}+B+\overline{A})(D+\overline{C}+B+A)(D+C+\overline{B}+\overline{A})(D+C+\overline{B}+A)(D+C+B+\overline{A})(D+C+B+A)$$

$$F^4(D,C,B,A) = M_7^4 + M_9^4 + M_{10}^4 + M_{11}^4 + M_{12}^4 + M_{13}^4 + M_{14}^4 + M_{15}^4$$

$$F^4(D,C,B,A) = \prod{}^4(7,9,10,11,12,13,14,15)$$

Sorszámos alakban

A DISZJUNKTÍV ÉS A KONJUNKTÍV ALAK KAPCSOLATA

$$F^4 = m_7^4 + m_9^4 + m_{10}^4 + m_{11}^4 + m_{12}^4 + m_{13}^4 + m_{14}^4 + m_{15}^4$$

$$\overline{F}^4 = m_0^4 + m_1^4 + m_2^4 + m_3^4 + m_4^4 + m_5^4 + m_6^4 + m_8^4$$

$m_i^n = \overline{M^n_{2^n-i-1}}$ felhasználásával

$$\overline{F^4} = \overline{M_{15}^4} + \overline{M_{14}^4} + \overline{M_{13}^4} + \overline{M_{12}^4} + \overline{M_{11}^4} + \overline{M_{10}^4} + \overline{M_9^4} + \overline{M_7^4}$$

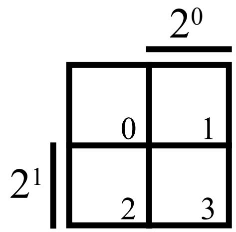
$$\overline{\overline{F^4}} = \overline{\overline{M_{15}^4} + \overline{M_{14}^4} + \overline{M_{13}^4} + \overline{M_{12}^4} + \overline{M_{11}^4} + \overline{M_{10}^4} + \overline{M_9^4} + \overline{M_7^4}}$$

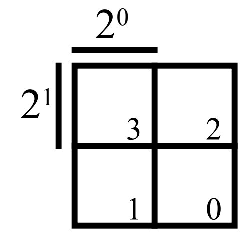
$\overline{X_1 + X_2 + X_3 + \ldots} = \overline{X_1} * \overline{X_2} * \overline{X_3} * \ldots$ és $\overline{\overline{x}} = X$ felhasználásával

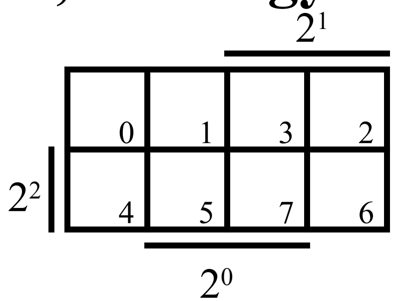
$$F^4 = \overline{\overline{M_{15}^4}} * \overline{\overline{M_{14}^4}} * \overline{\overline{M_{13}^4}} * \overline{\overline{M_{12}^4}} * \overline{\overline{M_{11}^4}} * \overline{\overline{M_{10}^4}} * \overline{\overline{M_9^4}} * \overline{\overline{M_7^4}}$$

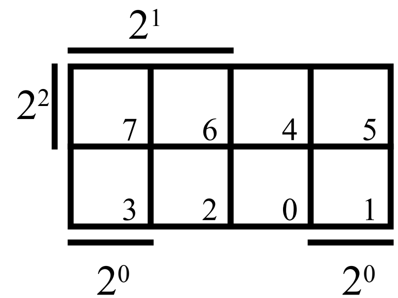
$$F^4 = M_{15}^4 * M_{14}^4 * M_{13}^4 * M_{12}^4 * M_{11}^4 * M_{10}^4 * M_9^4 * M_7^4$$

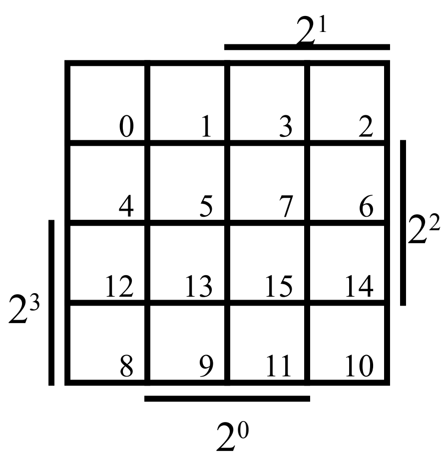
2, 3 és négyváltozós min- és maxterm táblák

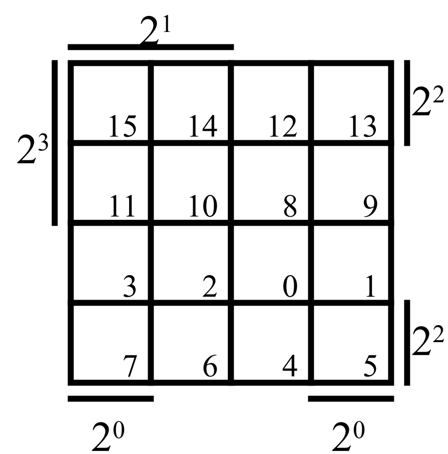












LOGIKAI FÜGGVÉNYEK EGYSZERŰSÍTÉSE

- ***TERM ÖSSZEVONÁSI LEHETŐSÉGEK***
- ***A GRAFIKUS MINIMALIZÁLÁS LÉPÉSEI***

LOGIKAI FÜGGVÉNYEK EGYSZERŰSÍTÉSE

•**<u>A BOOLE algebra azonosságainak felhasználásával:</u>**

$$DCBA + \overline{D}CBA + DCB\overline{A} = DCBA + DCBA + \overline{D}CBA + DCB\overline{A} =$$

$$(\mathrm{DCBA} + \overline{\mathrm{D}}\mathrm{CBA}) + (\mathrm{DCBA} + \mathrm{DCB}\overline{\mathrm{A}}) = \mathrm{CBA}\underbrace{(\mathrm{D} + \overline{\mathrm{D}})}_{1} + \mathrm{DCB}\underbrace{(\mathrm{A} + \overline{\mathrm{A}})}_{1} =$$

$$\mathrm{CBA}(1) + \mathrm{DCB}(1) = \mathrm{CBA} + \mathrm{DCB}$$

Az összevonás feltétele, hogy a két term csak egyetlen változóban különbözhet

egymástól. A kérdéses változó az egyik termben ponált, a másik termben negált

állapotban kell hogy szerepeljen

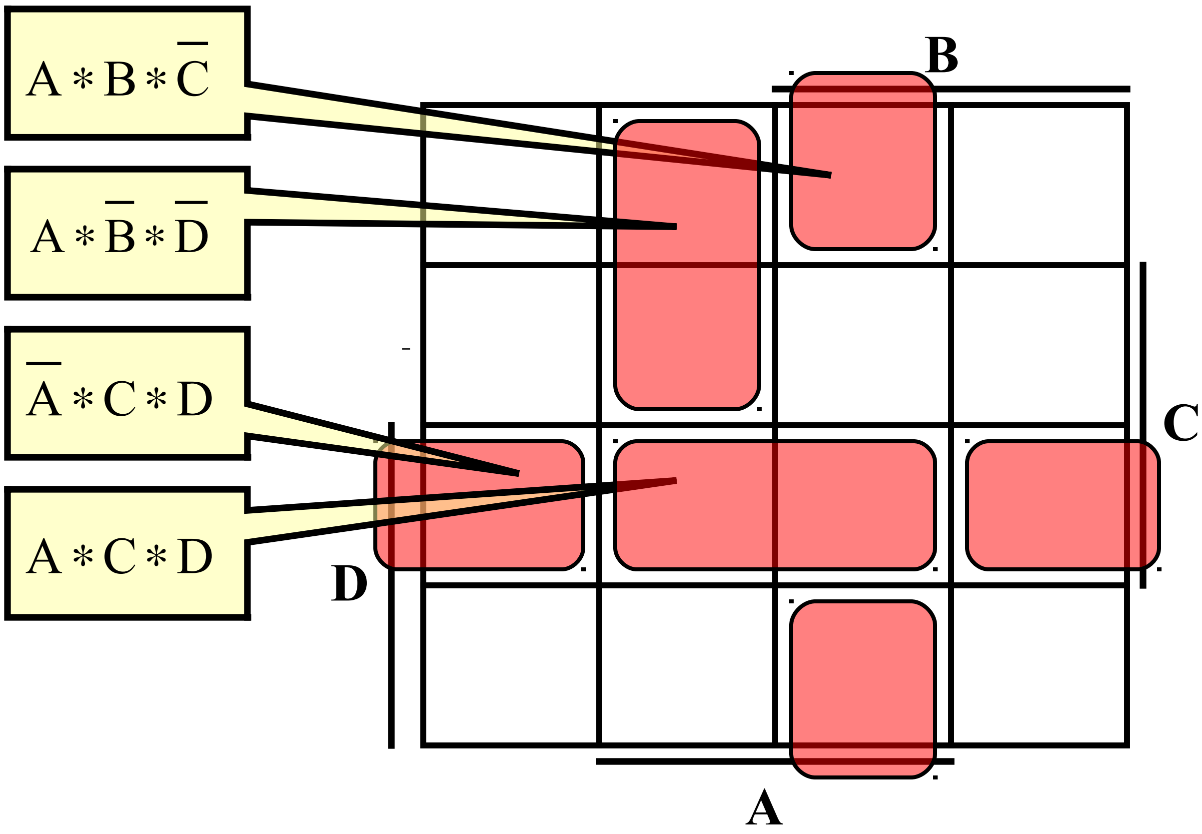
•**<u>Szisztematikus eljárással:</u>**

•**Grafikus minimalizálás (**Veitch-Karnaugh táblával)

•**Numerikus minimalizálás** (Quine-Mc Cluskey-féle eljárás)

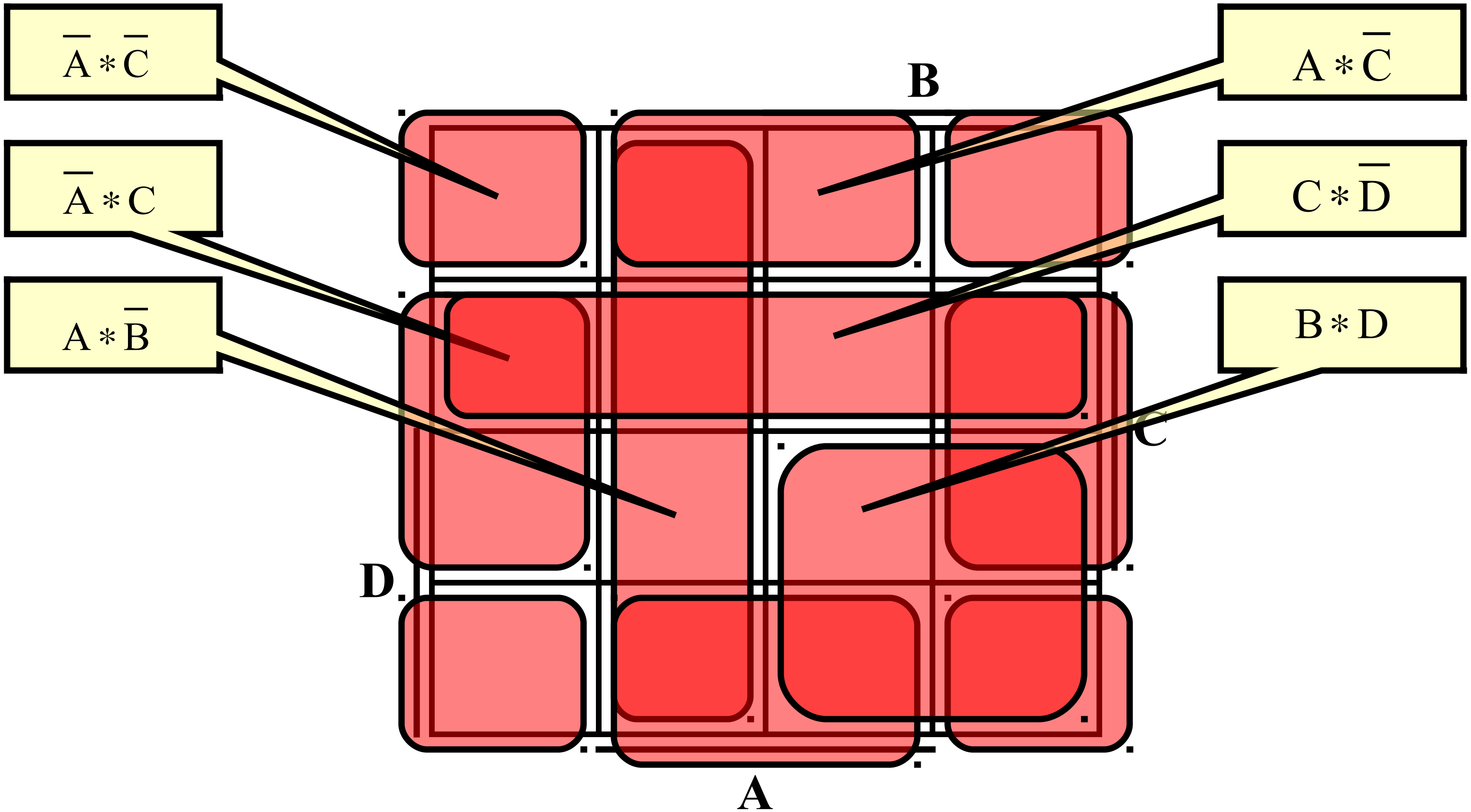
TERM ÖSSZEVONÁSOK A V-K TÁBLÁKBAN

KETTES IMPLIKÁNSOK



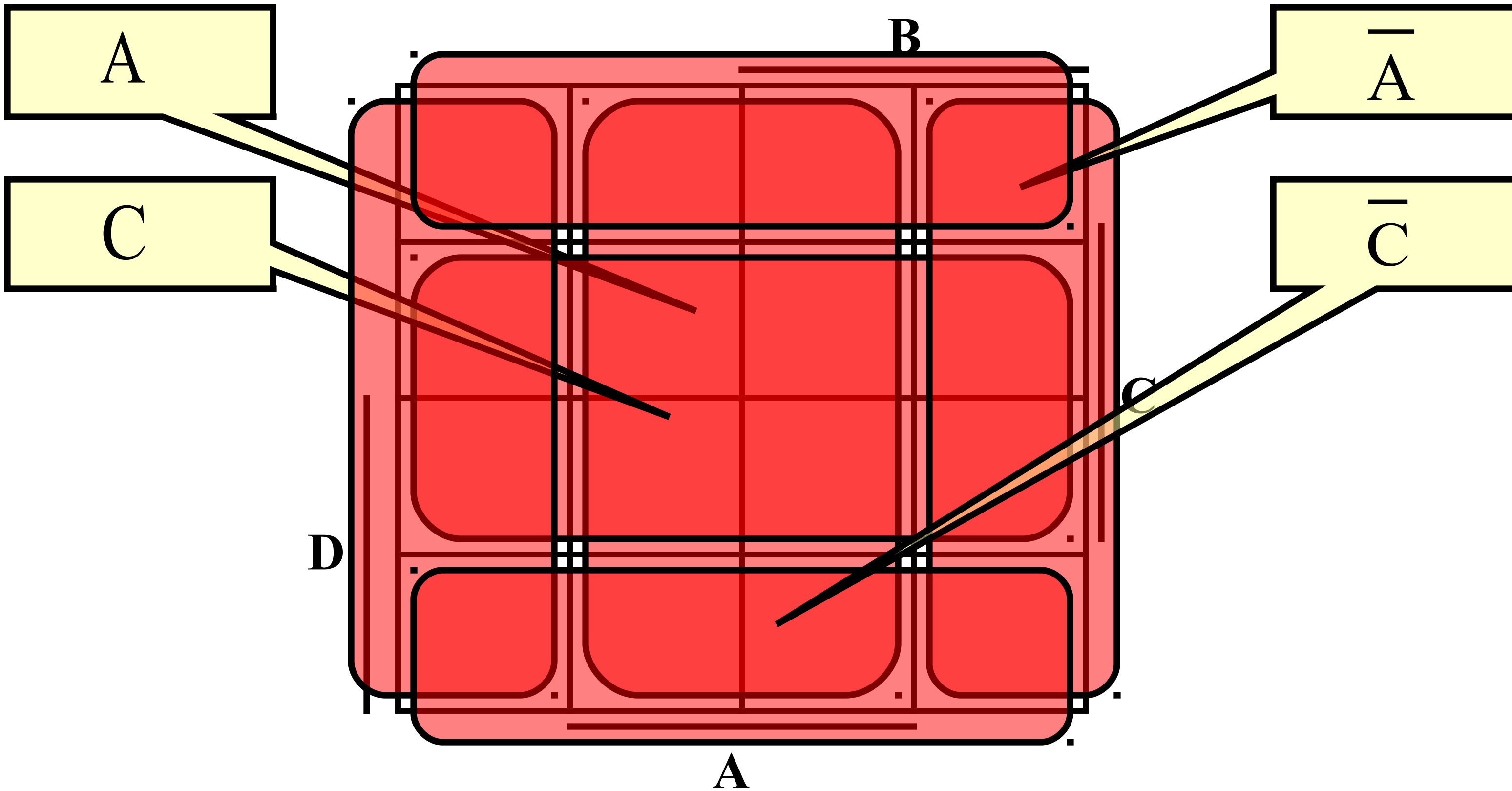
TERM ÖSSZEVONÁSOK A V-K TÁBLÁKBAN

NÉGYES IMPLIKÁNSOK



TERM ÖSSZEVONÁSOK A V-K TÁBLÁKBAN

NYOLCAS IMPLIKÁNSOK



GRAFIKUS MINIMALIZÁLÁS

A logikai függvények minimalizálási eljárása a primimplikánsok megkereséséből, majd pedig a szükséges primimplikánsok kiválasztásából áll.

Primimplikánsok keresése:

1. **Ábrázoljuk a függvényt VK táblán**
2. **A 2^i számú szimmetrikusan elhelyezkedő szomszédos 1-gyel jelölt cellát egy tömbbé vonunk össze**
3. **Mindig a lehető legnagyobb tömböt célszerű kialakítani**
4. **Valamennyi 1-gyel jelölt cellának legalább egy tömbben szerepelnie kell**
5. **Ugyanazon cella több tömbnek is eleme lehet**
6. **A táblák négy változóig széleiken egybefüggőnek tekinthetők**

Valamely primimplikáns lényeges, ha tartalmaz olyan $m^n{}_i$ mintermet, amelyet minden más primiplikáns már nem tartalmaz. Azon tömbök lesznek a minimalizált függvény szükséges primimplikánsai, amelyek a függvény valamennyi 1-gyel jelölt cellájának egyszeri lefedéséhez elengedhetetlenül szükségesek.

A szükséges primimplikánsok kiválasztásának lépései:

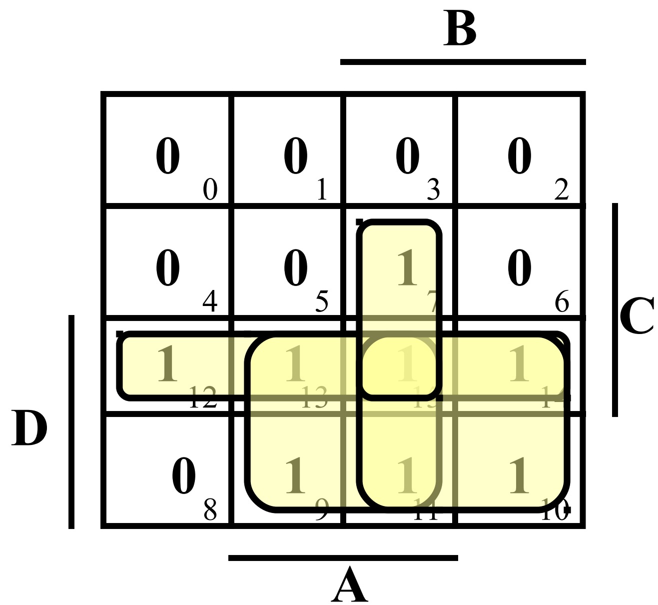
1 **Jelöljük meg egy-egy ponttal azon mintermeket, amelyeken csak egy hurok megy keresztül. Ezen tömbök lesznek a nélkülözhetetlen implikánsok.**

2 **Vonalkázzuk be a nélkülözhetetlen primimplikánsok által lefedett mintermeket**

3 **Maradt-e olyan 1-egyel jelölt minterm, amelyet a nélkülözhetetlen primimplikánsok nem fedtek le?**

4 **A fennmaradó 1-ek lefedésére válasszuk a legkevesebb és legnagyobb tömböt.**

$$F^4(D,C,B,A) = \sum{}^4(7,9,10,11,12,13,14,15)$$



C*D

A*D

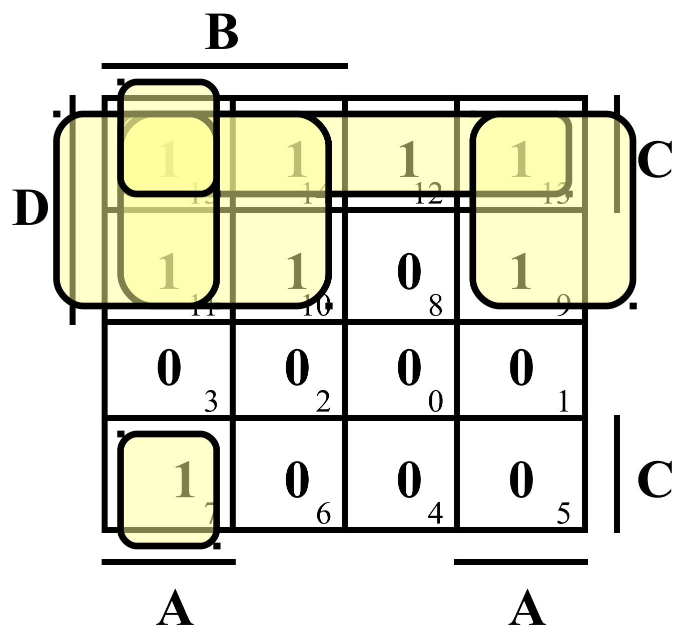
B*D

A*B*C

F=C*D+A*D+B*D+A*B*C

minimál diszjunktív alak

$$F^4(D,C,B,A) = \prod{}^4 (7,9,10,11,12,13,14,15)$$



C+D

A+D

B+D

A+B+C

F=(C+D)*(A+D)*(B+D)*(A+B+C)

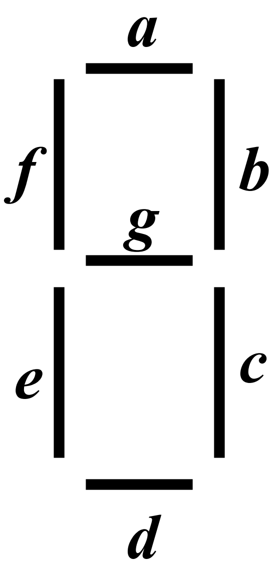
minimál konjunktív alak

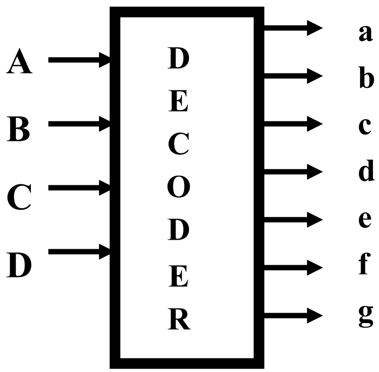
5. ELŐADÁS

RÉSZBEN MEGHATÁROZOTT FÜGGVÉNYEK

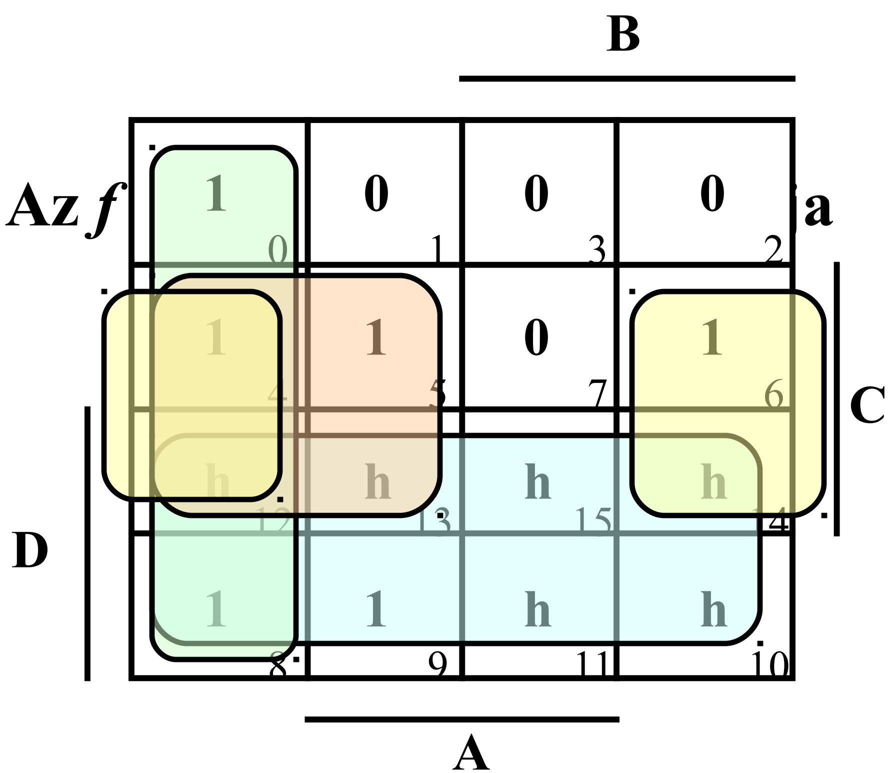
- ***RÉSBEN MEGHATÁROZOTT LOGIKAI FÜGGVÉNYEK EGYSZERŰSÍTÉSE***
- ***EGYSZERÜSÍTÉS EKVIVALENCIA ÉS ANTIVALENCIA FÜGGVÉNYEKKEL***
- ***KÖZÖS RÉSZHÁLÓZAT KIALAKÍTÁSA***

RÉSZBEN MEGHATÁROZOTT FÜGGVÉNYEK





	D	C	B	A	*a*	*b*	*c*	*d*	*e*	*f*	*g*
0	0	0	0	0	1	1	1	1	1	1	0
1	0	0	0	1	0	1	1	0	0	0	0
2	0	0	1	0	1	1	0	1	1	0	1
3	0	0	1	1	1	1	1	1	0	0	1
4	0	1	0	0	0	1	1	0	0	1	1
5	0	1	0	1	1	0	1	1	0	1	1
6	0	1	1	0	1	0	1	1	1	1	1
7	0	1	1	1	1	1	1	0	0	0	0
8	1	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1
9	1	0	0	1	1	1	1	1	0	1	1
10	1	0	1	0	h	h	h	h	h	h	h
11	1	0	1	1	h	h	h	h	h	h	h
12	1	1	0	0	h	h	h	h	h	h	h
13	1	1	0	1	h	h	h	h	h	h	h
14	1	1	1	0	h	h	h	h	h	h	h
15	1	1	1	1	h	h	h	h	h	h	h



(8,9,10,11,12,13,14,15) **D**

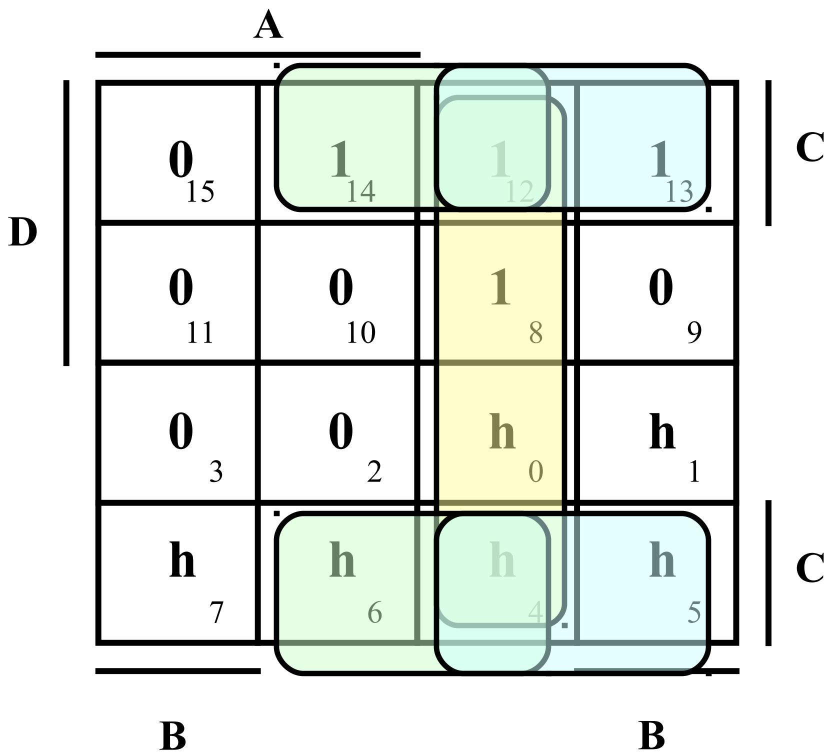
(0,4,8,12) $\overline{A}\,\overline{B}$

(4,5,12,13) $\overline{B}\,\overline{C}$

(4,6,12,14) **B C**

$$F_d^4(D,C,B,A) = D + \overline{A}\,\overline{B} + \overline{B}\,\overline{C} + BC$$

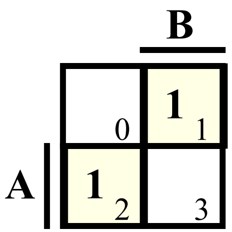
Az *f* szegmens maxtermtáblája



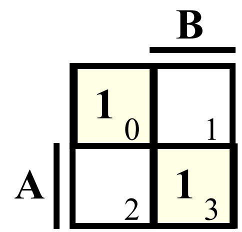
(0,4,8,12)	$\overline{A}+\overline{B}$
(0,4,8,12)	$\overline{B}+C$
(0,4,8,12)	$\overline{A}+C$

$$F_k^4(D,C,B,A)=(\overline{A}+\overline{B})(\overline{B}+C)(\overline{A}+C)$$

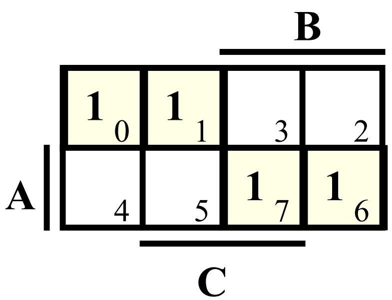
EGYSZERÜSÍTÉS EKVIVALENCIA ÉS ANTIVALENCIA FÜGGVÉNYEKKEL



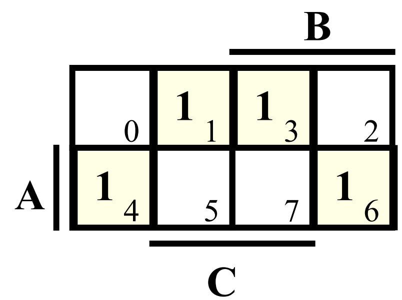
$F = A \oplus B$



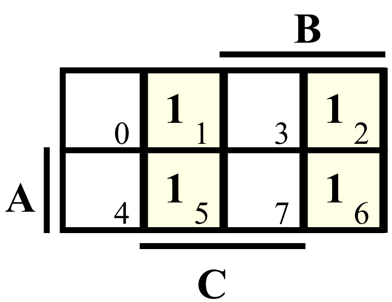
$F = A \otimes B$

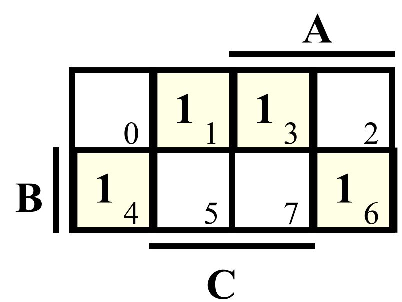


$F = A \otimes B$

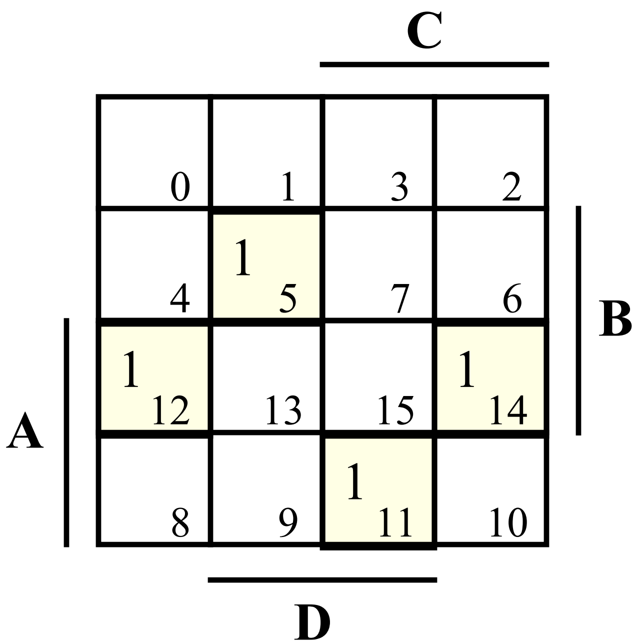


$F = A \oplus B$

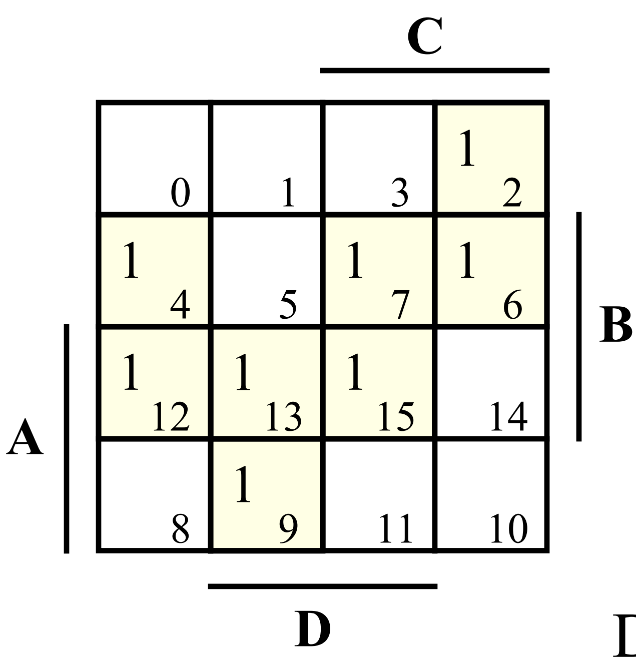




$F = A \oplus B$

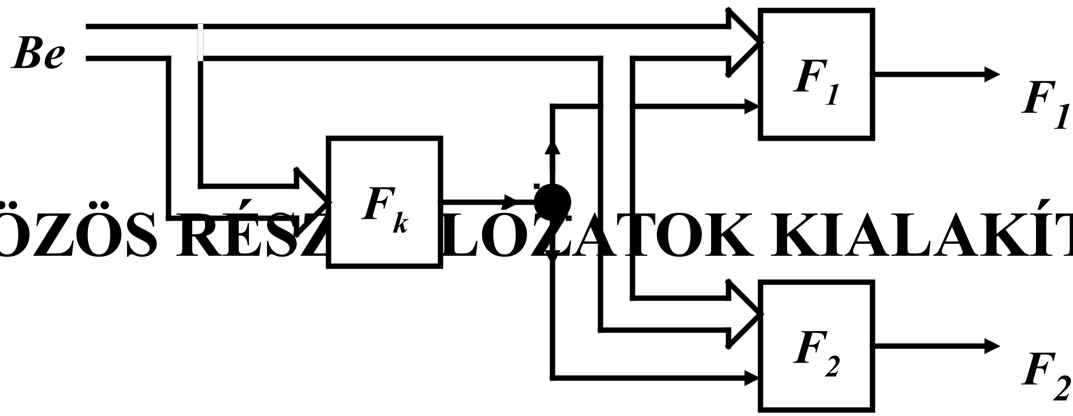


$$F(A,B,C,D) = B\overline{C}(A \oplus D) + AC(B \oplus D)$$



$$F(A,B,C,D) = B(C \otimes D) + (A \oplus C)(C \oplus D)$$

KÖZÖS RÉSZHÁLÓZATOK KIALAKÍTÁSA



I. ***lépés*****: Megkeressük egymástól függetlenül , a kimenetekhez tartozó függvények prim-implikánsait.**

II. ***lépés:*** **Megkeressük a közös implikánsokat, az egyes függvények imlikánsainak a V-K táblán történő fedésbe hozásával**

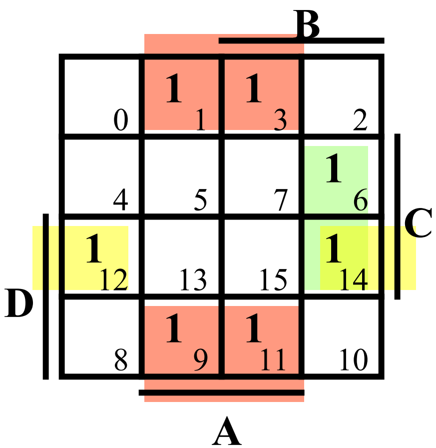
III. ***lépés:*** **Kiválasztjuk az optimális megoldást adó implikánsokat az implikáns táblázat és - ha szükséges - az ún.** ***„szelekciós függvény”*** **segítségével. (Egyes irodalmakban jelenléti függvény)**

IV. ***lépés:*** **Felírjuk a hálózat optimalizált függvényeit közös implikánsok feltüntetésével, majd felrajzoljuk a közös részeket tartalmazó logikai vázlatot.**

PÉLDA KÖZÖS RÉSZHÁLÓZAT KIALAKÍTÁSÁRA

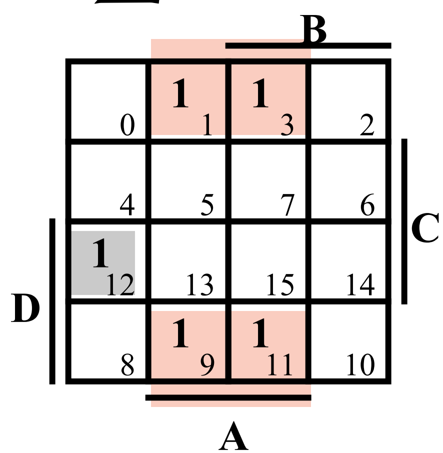
$$Y_\alpha(D,C,B,A) = \sum^{4}(1,3,6,9,11,12,14)$$

$$Y_\beta(D,C,B,A) = \sum^{4}(1,3,8,9,11,12)$$

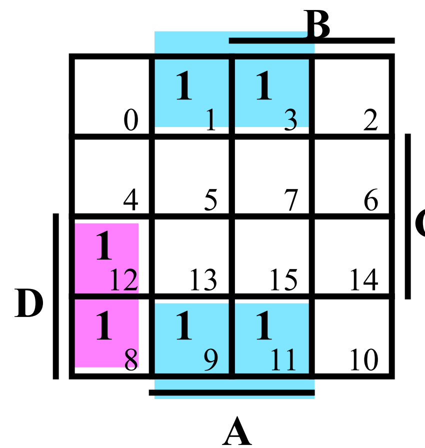


$$Y_\alpha = \overline{C}A + CB\overline{A} + DC\overline{A}$$

$$Y_{\alpha\beta} = \sum^{4}(1,3,9,11,12)$$



$$Y_\beta = \overline{C}A + DC\overline{B}\,\overline{A}$$



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

			Y_α							Y_β					
			1	3	6	9	11	12	14	1	3	8	9	11	12
Y_α	$\overline{C}A$	a	x	x		x	x								
	$CB\overline{A}$	b			x				x						
	$DC\overline{A}$	c						x	x						
Y_β	CA	d								x	x		x	x	
	$D\overline{B}\overline{A}$	e										x			x
$Y_{\alpha\beta}$	$\overline{C}A$	f	x	x		x	x			x	x		x	x	
	$DC\overline{B}\overline{A}$	g						x							x

$$(a+f)\cancel{(a+f)}\, b\, \cancel{(a+f)}\cancel{(a+f)}(c+g)(b+c)(d+f)\cancel{(d+f)}\, e\, \cancel{(d+f)}\cancel{(d+f)}(e+g)=$$

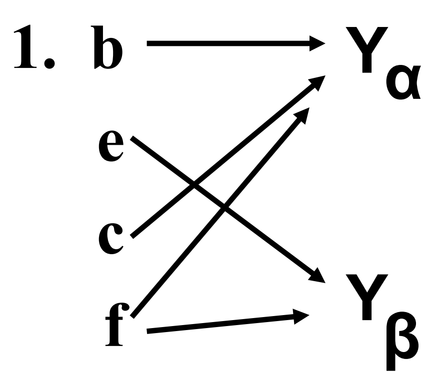
$$=(a+f)\, b\, (c+g)\cancel{(b+c)}(d+f)\, e\, \cancel{(e+g)}=$$

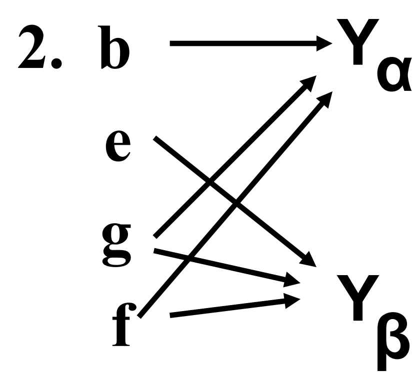
$$=(a+f)\, b\, (c+g)(d+f)\, e = b\, e\, (c+g)(f+a\, d)=$$

$$=b\, e\, c\, f + b\, e\, g\, f + b\, e\, c\, a\, d + b\, e\, g\, a\, d$$

$$\underbrace{b\ e\ c\ f + b\ e\ g\ f}_{\text{4 implikáns}} + \underbrace{b\ e\ c\ a\ d + b\ e\ g\ a\ d}_{\text{5 implikáns}}$$

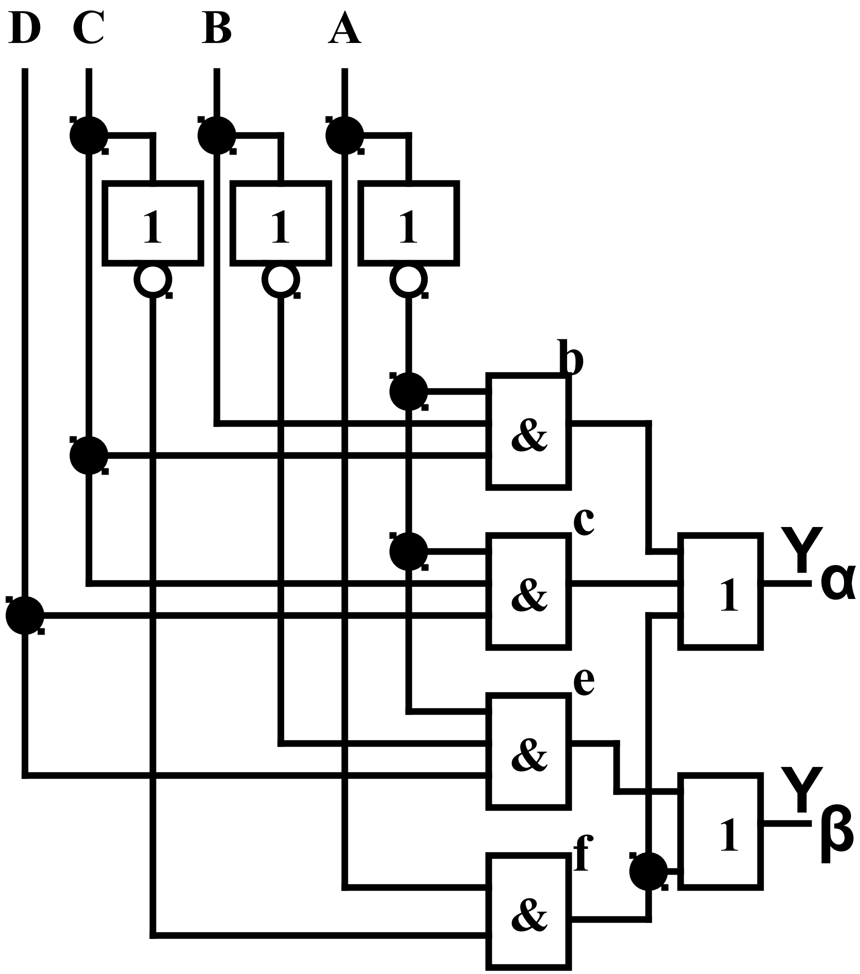
1. b e c f   3+3+3+2 = 11 db   változó
2. b e g f   3+3+4+2 = 12 db   változó

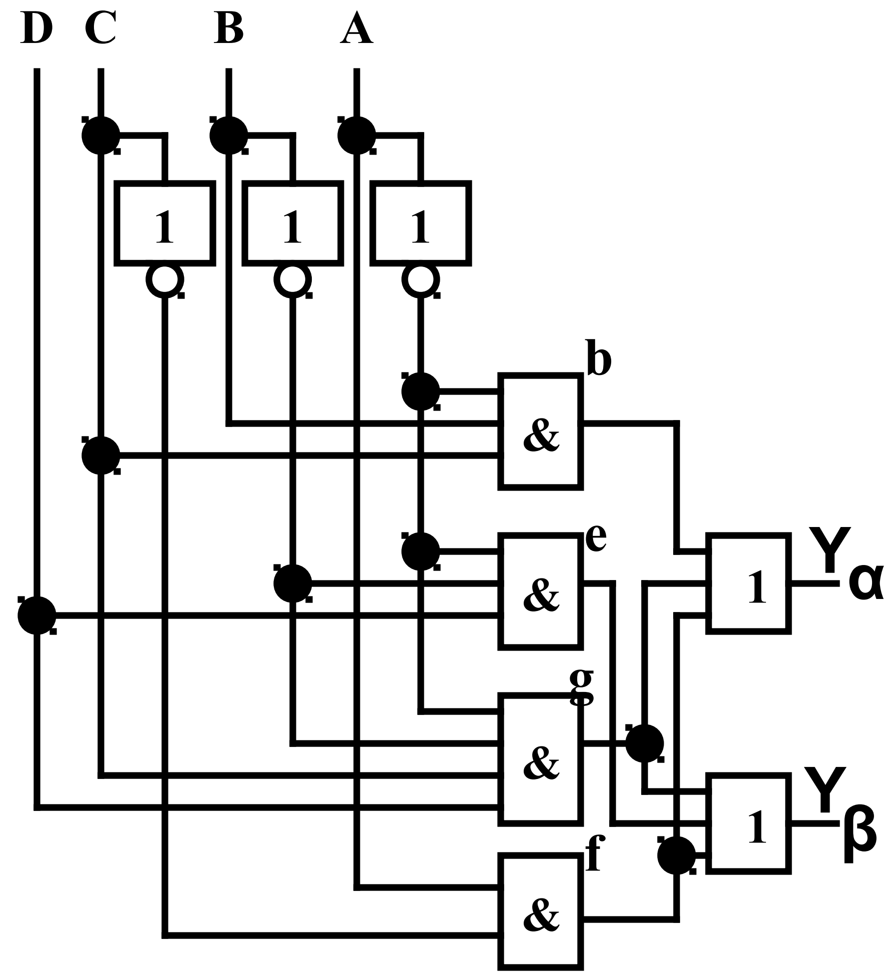




$$\left.\begin{array}{l} Y_\alpha = b\cdot c\cdot f = C\cdot B\cdot\overline{A} + D\cdot C\cdot\overline{A} \\ Y_\beta = e\cdot f = D\cdot\overline{B}\cdot\overline{A} \end{array}\right\} + \overline{C}\cdot A \;.$$

$$\left.\begin{array}{l} Y_\alpha = b\cdot g\cdot f = C\cdot B\cdot\overline{A} \\ Y_\beta = e\cdot g\cdot f = D\cdot\overline{B}\cdot\overline{A} \end{array}\right\} + D\cdot C\cdot\overline{B}\cdot\overline{A} + \overline{C}\cdot A \;.$$





6. ELŐADÁS

NUMERIKUS MINIMALIZÁLÁS

- ***A TERMEK ÖSSZEVONÁSÁNAK KRITÉRIUMAI***

- ***A MINIMALIZÁLÁS LÉPÉSEI***

- ***PRIMIMPLIKÁNS TÁBLÁZAT***

A TERMEK ÖSSZEVONÁSÁNAK KRITÉRIUMAI:

NUMERIKUS MINIMALIZÁLÁS

QUINE Mc CLUSKEY MÓDSZER

1 **A bináris súlyok különbsége 1 kell hogy legyen (bináris súly = a termben szereplő „egyesek” száma)**

2 **A decimális indexek különbsége kettő hatványa kell legyen**

3 **A nagyobb bináris súlyúnak a decimális indexe is nagyobb kell legyen**

A MINIMALIZÁLÁS LÉPÉSEI

1 ***A Termeket bináris súlyuknak megfelelően csoportosítjuk a decimális indexek növekvő sorrendjében***

2 ***Az összehasonlítást a legelső elemmel kezdjük, ezt csak a következő csoport elemeivel kell összehasonlítani. Ha találunk olyan számpát amely kielégíti a „2” -es és „3” -as feltételt, akkor mindkettőt megjelöljük, és a számpár elemeit növekvő sorrendbenegy új oszlopba egymás mellé írjuk, majd zárójelben megjelöljük a különbségüket is.***

3 ***A második oszlopból a harmadik oszlopot az előző pontban leírt módon képezzük, de az összevonás feltétele az, hogy a zárójelben lévő összes szám megegyezzen, és ugyanazon változók hiányozzanak mindkét csoportból, és az első decimális számok különbsége 2 pozitív egész kitevőjű hatványa legyen, és a hátrább álló csoportból való decimális szám legyen a nagyobb. A nem jelölt csoportok a primimplikánsok***

4 ***A szükséges primimplikánsok kiválastása a primimplikáns táblázattal történik***

$$F^4(D,C,B,A)=\sum{}^4(7,9,10,11,12,13,14,15)$$

Bináris súly

$m_7^4 = 0111$	**3**
$m_9^4 = 1001$	**2**
$m_{10}^4 = 1010$	**2**
$m_{11}^4 = 1011$	**3**
$m_{12}^4 = 1100$	**2**
$m_{13}^4 = 1101$	**3**
$m_{14}^4 = 1110$	**3**
$m_{15}^4 = 1111$	**4**

I. oszlop		II. oszlop			III. oszlop		
9	+	9,11	(2)	+	9,11,13,15	(2,4)	b
10	+	9,13	(4)	+	10,11,14,15	(1,4)	c
12	+	10,11	(1)	+	12,13,14,15	(1,2)	d
7	+	10,14	(4)	+			
11	+	12,13	(1)	+			
13	+	12,14	(2)	+			
14	+	7,15	(8)	a			
15	+	11,15	(4)	+			
		13,15	(2)	+			
		14,15	(1)	+			

PRIMIMPLIKÁNS TÁBLÁZAT

	7	9	10	11	12	13	14	15
a	X							X
b		X		X		X		X
c			X	X			X	X
d					X	X	X	X

$$F = a * b * c * d$$

		DCBA	
a	7	0111	$C*B*A$
	15	1111	
b	9	1001	
	11	1011	$D*A$
	13	1101	
	15	1111	
c	10	1010	
	11	1011	$D*B$
	14	1110	
	15	1111	
d	12	1100	
	13	1101	$D*C$
	14	1110	
	15	1111	

$$F = D*A + D*B + D*C + A*B*C$$

7. ELŐADÁS

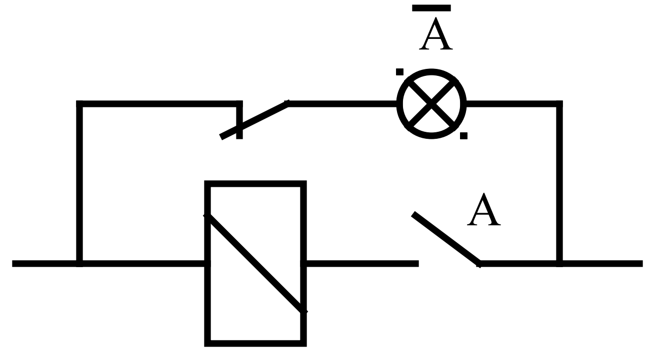
LOGIKAI FÜGGVÉNYEK REALIZÁLÁSA

- ***KONTAKTUSOKKAL***
- ***KAPUÁRAMKÖRÖKKEL***
- ***KAPUK BŐVÍTÉSE***
- ***FUNKCIONÁLISAN TELJES RENDSZEREK***

REALIZÁLÁS KONTAKTUSOKKAL

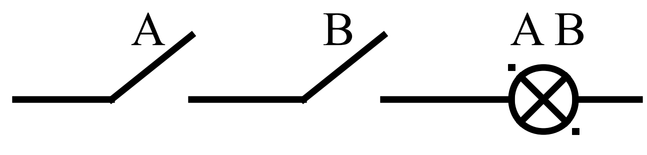
- **Negáció $\overline{A}$**

A	F
0	1
1	0



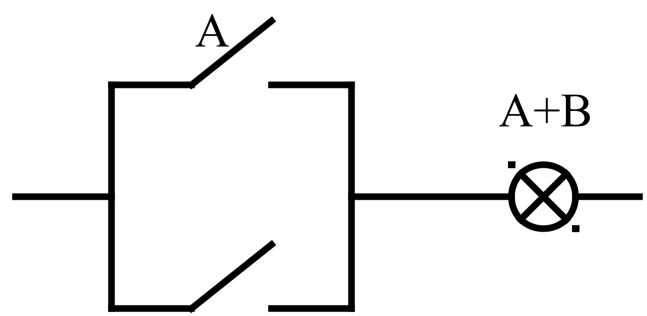
- **ÉS (AND) A*B**

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



- **VAGY (OR) A+B**

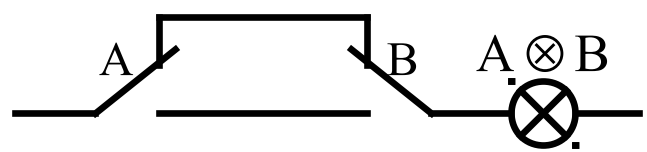
A	B	F
0	0	0
0	1	1
1	0	1
1	1	1



- **EKVIVALENCIA**

$A \otimes B = \overline{A} * \overline{B} + A * B$

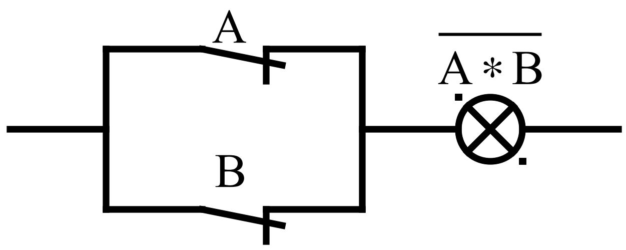
A	B	F
0	0	1
0	1	0
1	0	0
1	1	1



REALIZÁLÁS KONTAKTUSOKKAL

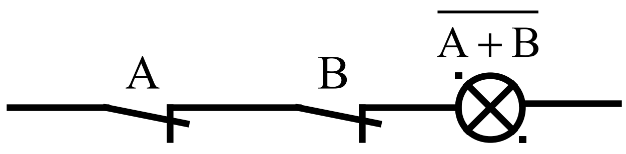
•**NEM-ÉS (NAND)** $\overline{A*B}$

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



•**NEM-VAGY (NOR)** $\overline{A+B}$

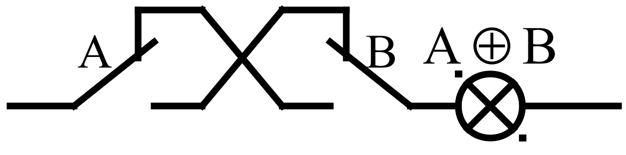
A	B	F
0	0	1
0	1	0
1	0	0
1	1	0



•**ANTIVALENCIA**

$$A \oplus B = \overline{A} * B + A * \overline{B}$$

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

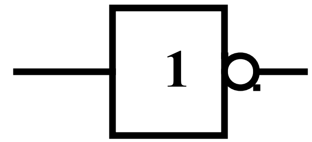


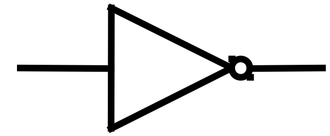
REALIZÁLÁS KAPUKKAL

MSZ **USA** **jelkép**

- **Negáció $\overline{A}$**

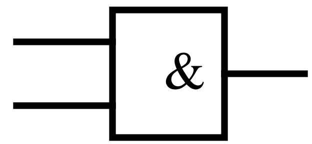
A	F
0	1
1	0

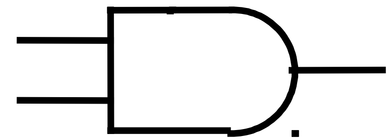




- **ÉS (AND) A*B**

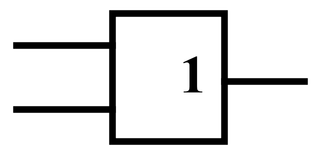
A	B	F
0	0	0
0	1	0
1	0	0
1	1	1

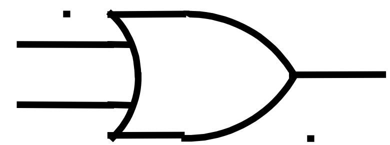




- **VAGY (OR) A+B**

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

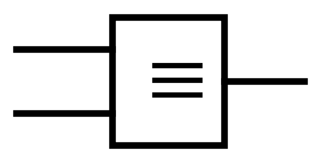


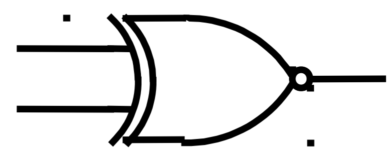


- **EKVIVALENCIA**

$$A \otimes B = \overline{A} * \overline{B} + A * B$$

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



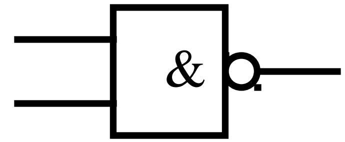


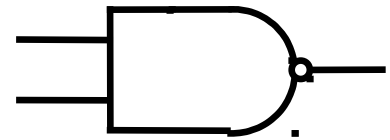
REALIZÁLÁS KAPUKKAL

MSZ **USA jelkép**

•**NEM-ÉS (NAND)** $\overline{A*B}$

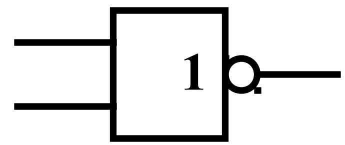
A	B	F
0	0	1
0	1	1
1	0	1
1	1	0

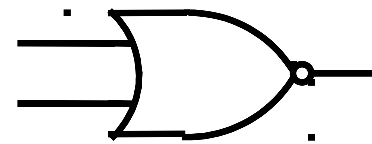




•**NEM-VAGY (NOR)** $\overline{A+B}$

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

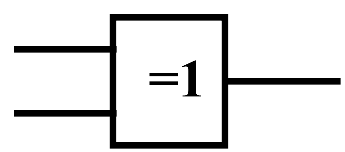


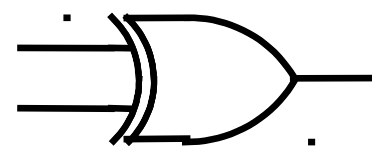


•**ANTIVALENCIA**

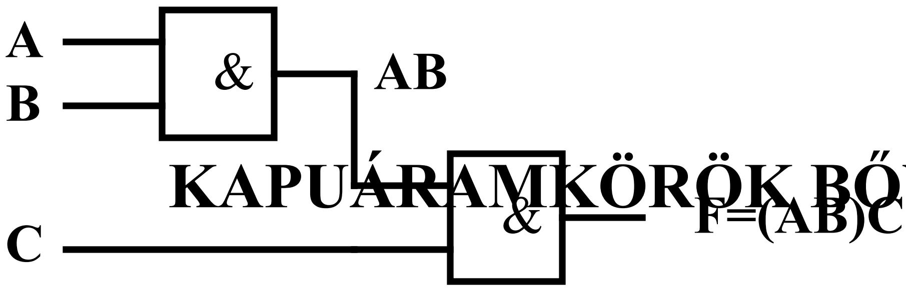
$$A \oplus B = \overline{A} * B + A * \overline{B}$$

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

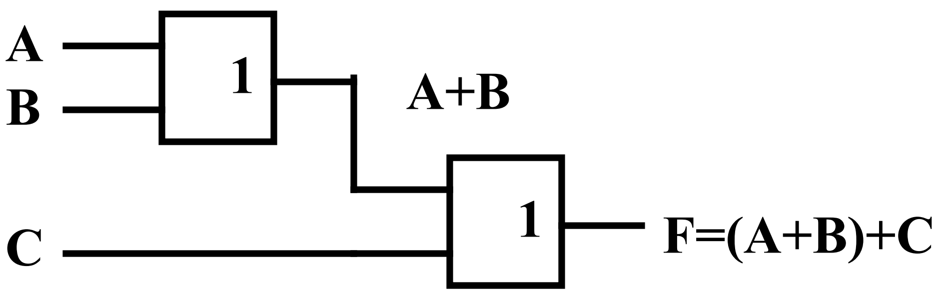




KAPUÁRAMKÖRÖK BŐVÍTÉSE



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



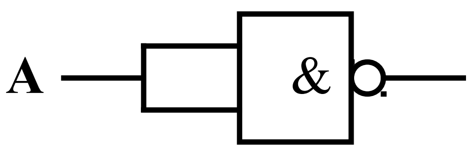
A	B	C	F
0	0	0	0
0	0	1	1
0	1	0	1
0	1	1	1
1	0	0	1
1	0	1	1
1	1	0	1
1	1	1	1

FUNKCIONÁLISAN TELJES RENDSZEREK

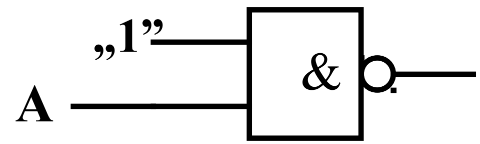
Azokat a kapucsoportokat, amelyekkel tetszőleges logikai függvény megvalósítható, <u>funkcionálisan teljes rendszereknek</u> nevezzük

- **<u>N</u>em-<u>É</u>s-<u>V</u>agy (NÉV)**
- **NAND**
- **NOR**

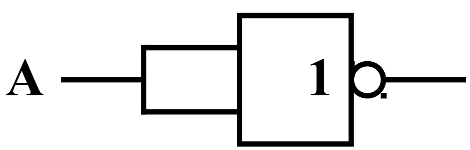
INVERTER MEGVALÓSÍTÁSA NAND ÉS NOR KAPUKKAL



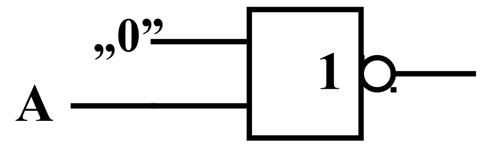
$F=\overline{A\,A}=\overline{A}$



$F=\overline{A\ \ 1}=\overline{A}$

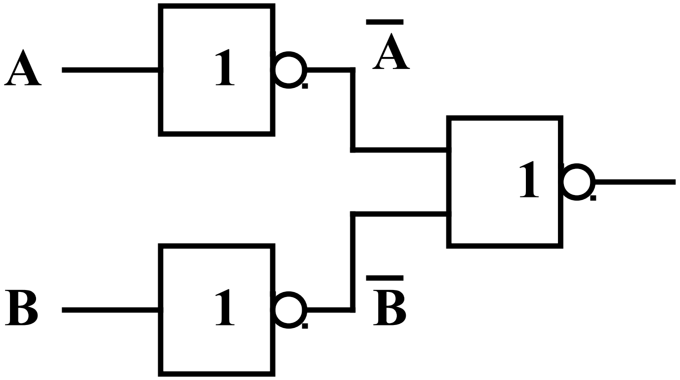


$F=\overline{A+A}=\overline{A}$



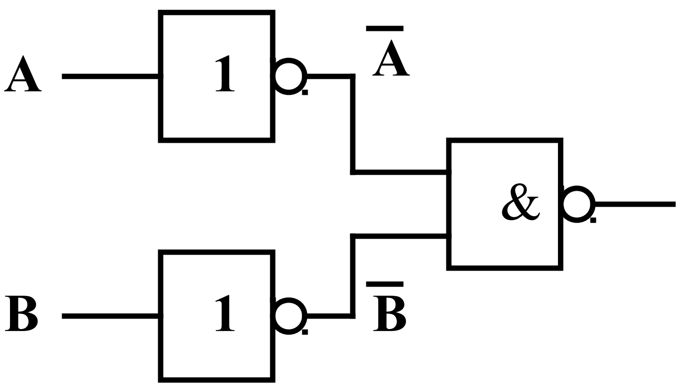
$F=\overline{A+1}=\overline{A}$

ÉS KAPCSOLAT REALIZÁLÁSA NOR KAPUKKAL



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

VAGY KAPCSOLAT REALIZÁLÁSA NAND KAPUKKAL



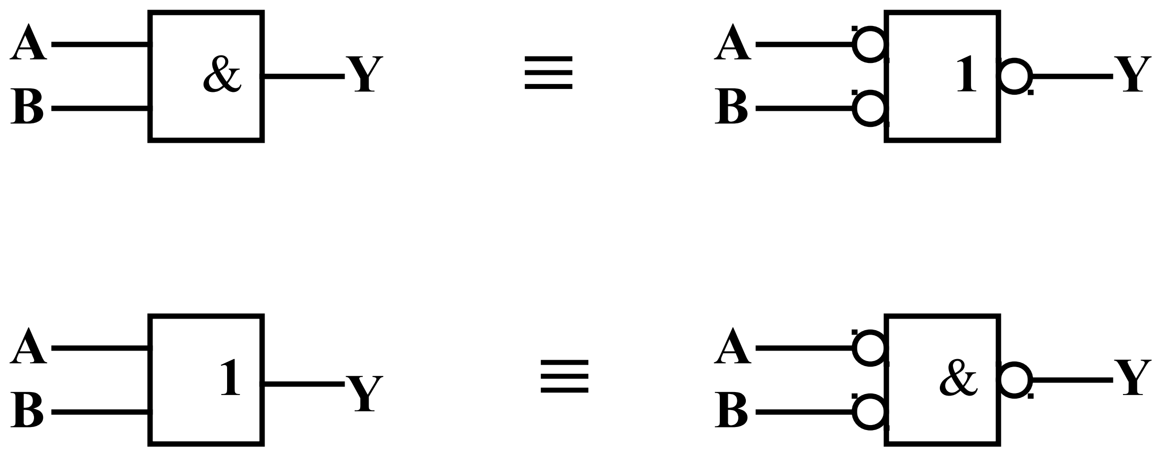
$$F = \overline{\overline{A} \cdot \overline{B}} = A + B$$

8. ELŐADÁS

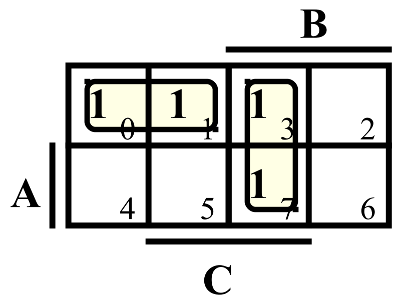
LOGIKAI FÜGGVÉNYEK KÉTSZINTŰ REALIZÁLÁSA

- ***KAPU TRANSZFORMÁCIÓK***
- ***KÉTSZINTŰ REALIZÁLÁSI LEHETŐSÉGEK***
- ***REALIZÁLÁS N-É-V RENDSZERBEN***
- ***REALIZÁLÁS NAND ÉS NOR RENDSZERBEN***
- ***REALIZÁLÁS ELŐTT FIGYELEMBE VEENDŐ SZEMPONTOK***

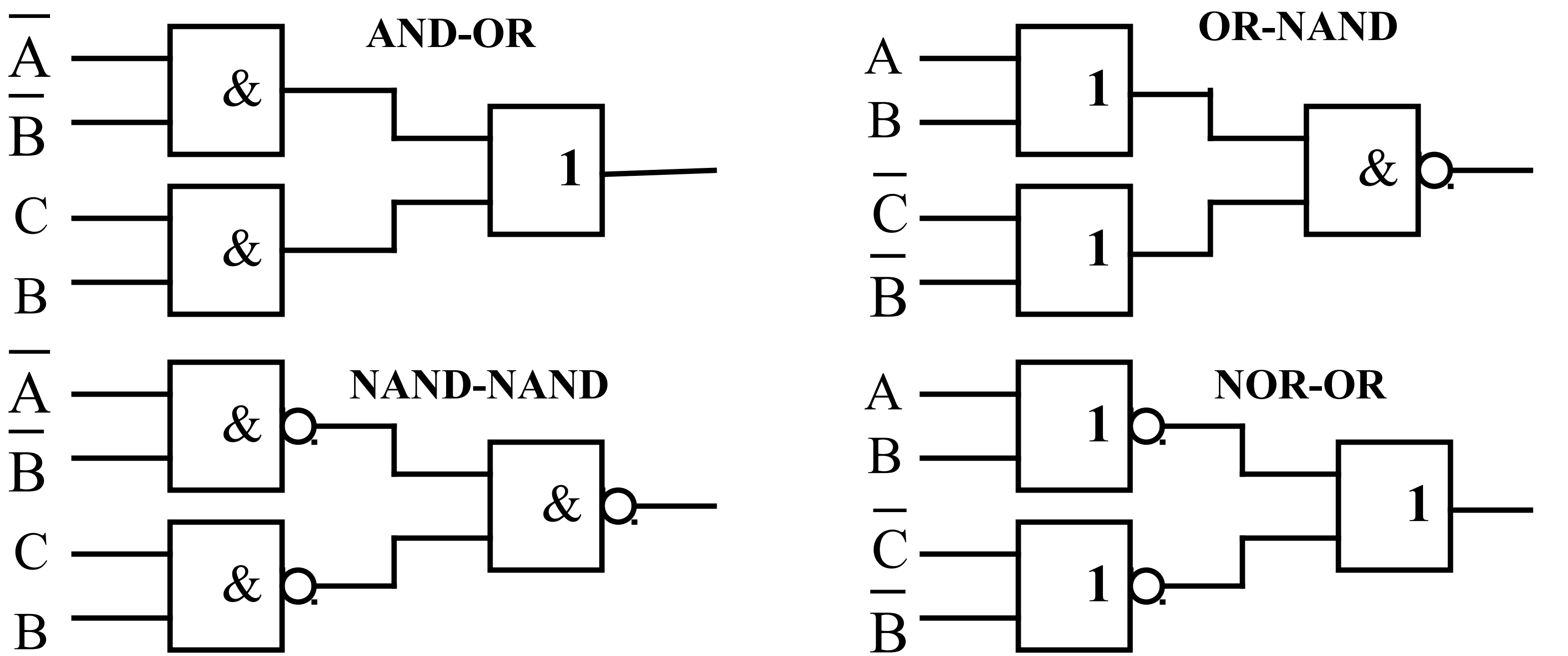
KAPU TRANSZFORMÁCIÓK



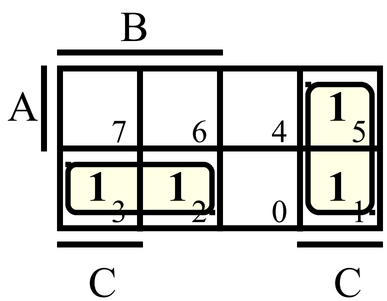
LOGIKAI FÜGGVÉNYEK KÉTSZINTŰ REALIZÁLÁSA



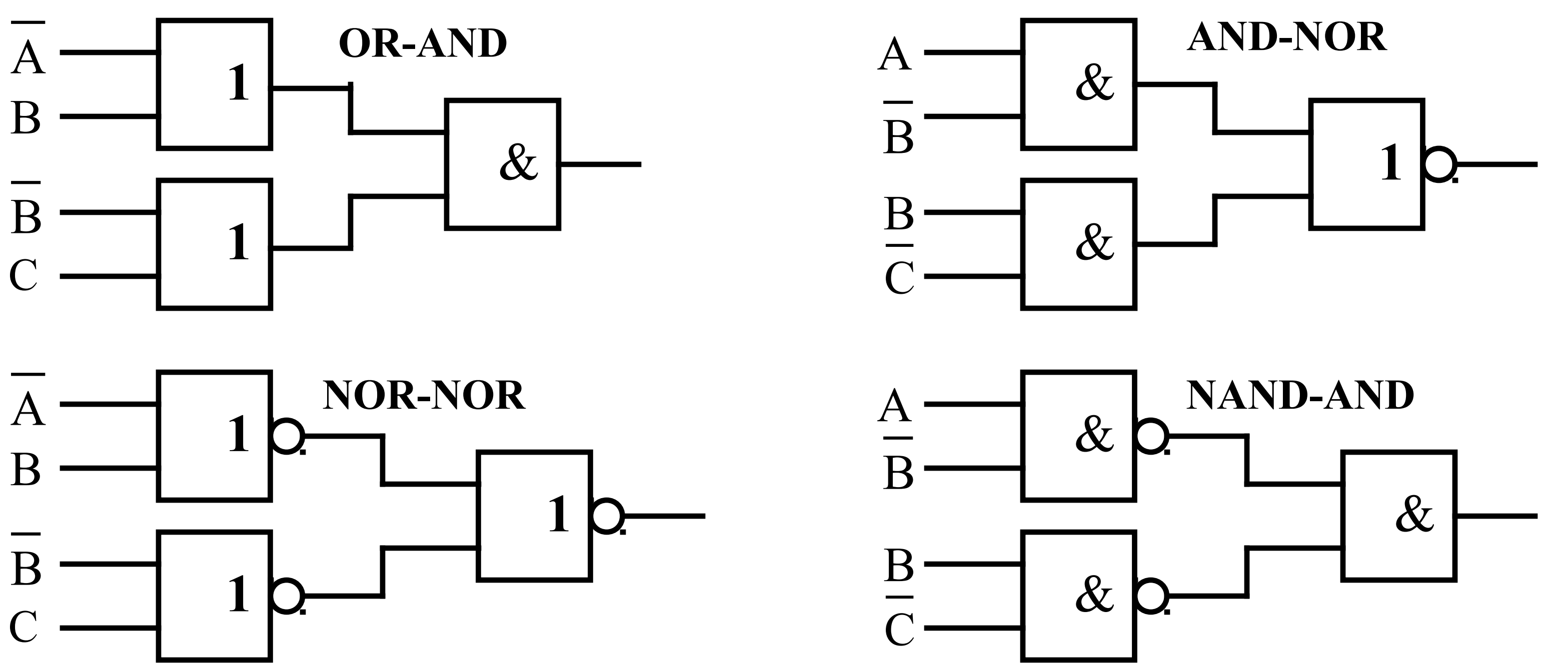
$$F(A,B,C) = \overline{A} \cdot \overline{B} + B \cdot C$$



LOGIKAI FÜGGVÉNYEK KÉTSZINTŰ REALIZÁLÁSA

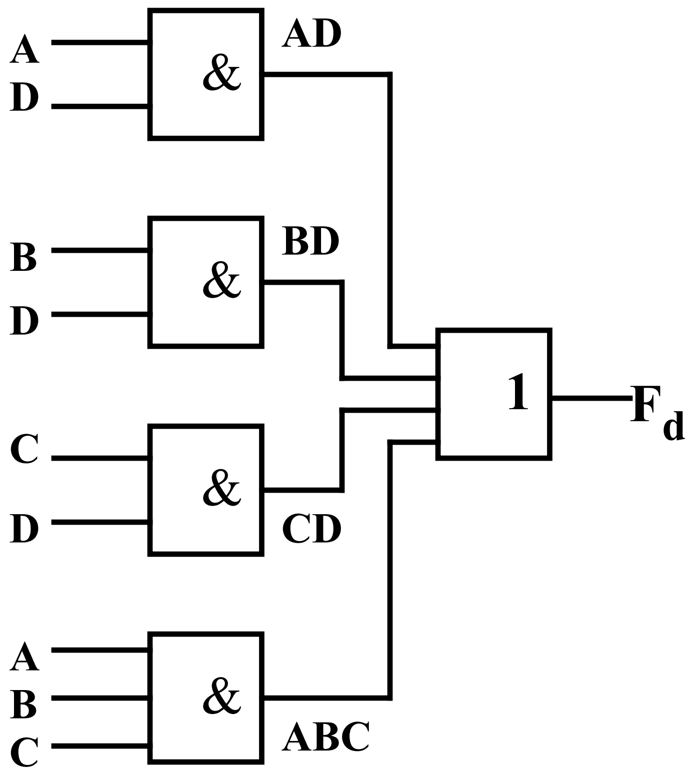


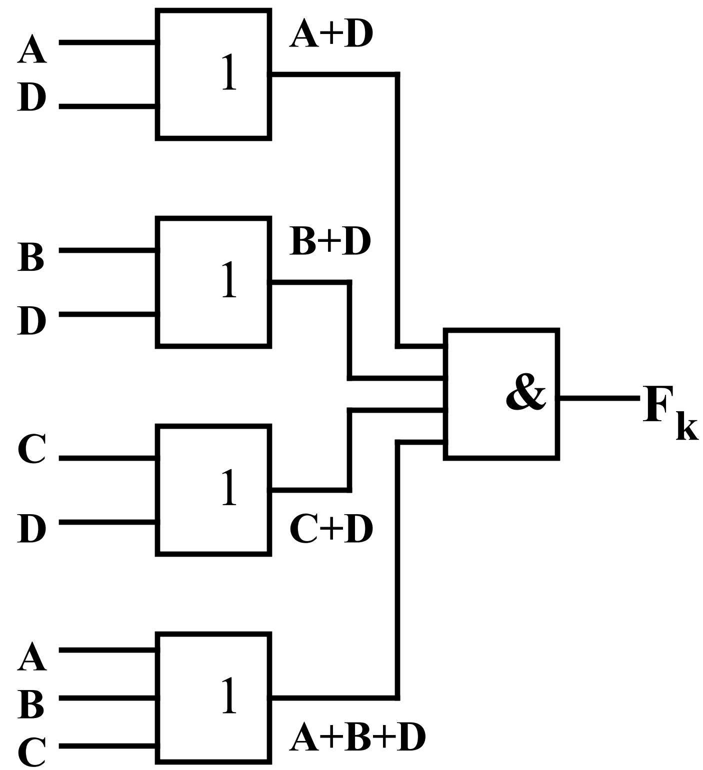
$$F(A,B,C) = (\overline{B}+C)(\overline{A}+B)$$



$F_d = AD + BD + CD + ABC$

$F_k = (A+D)(B+D)(C+D)(A+B+C)$

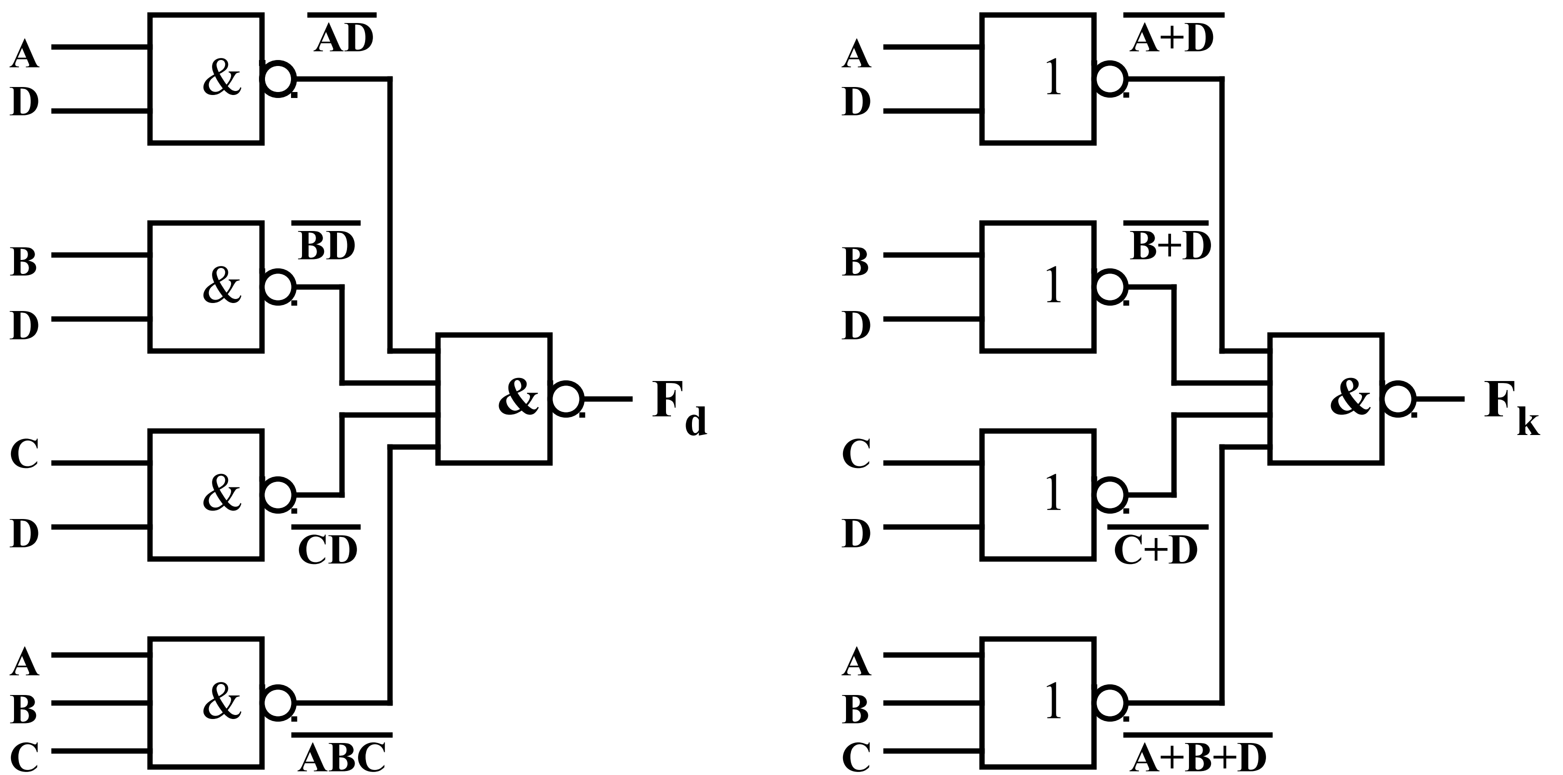




$F_d = AD + BD + CD + ABC$ $F_k = (A+D)(B+D)(C+D)(A+B+C)$

FÜGGVÉNYEK REALIZÁLÁSA

NAND **NOR**



A REALIZÁLÁS ELŐTT FIGYELEMBE VEENDŐ SZEMPONTOK

- **FOGYASZTÁS**
  - **áramkörcsalád (TTL, MOS, ECL, stb.)**
  - **tokszám**
- **HELYFOGLALÁS**
  - **tokozat (hagyományos, SMD)**
  - **tokszám**
- **KÉSLELTETÉSI IDŐ**
  - **áramkörcsalád (TTL, MOS, ECL, stb.)**
  - **alkalmazott szintek száma**

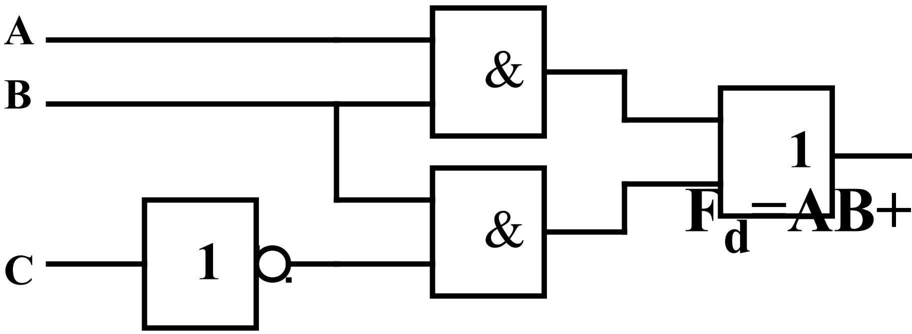
KÖVETKEZTETÉS:

A legkedvezőbb megoldást kétszintű realizálás esetén, minimális tokszám mellett kapjuk

EGY TOKBAN TALÁLHATÓ KAPUKSZÁMA

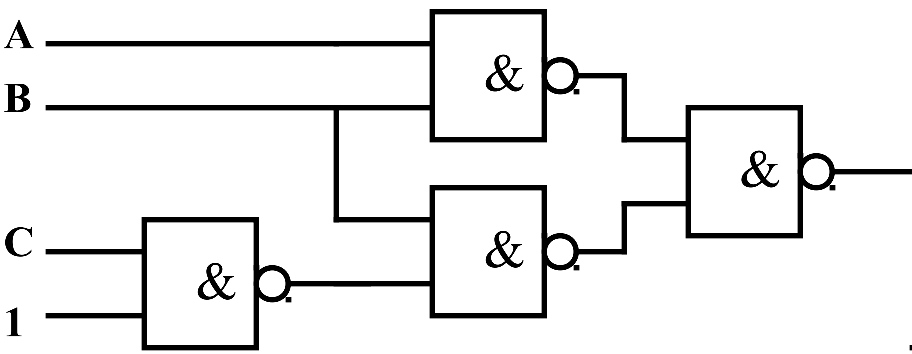
1 BEMENEŰ KAPU (INVERTER)	*6 db*
2 BEMENETŰ KAPU (AND, NAND, OR, NOR, XOR)	*4 db*
3 BEMENETŰ KAPU (AND, NAND, OR, NOR)	*3 db*
4 BEMENETŰ KAPU	*2 db*

$F_d = AB+BC$



Kapu	tok	használt	üres
INVERTER	1	1	5
AND	1	2	2
OR	1	1	3
Összes:	3	4	10

Kihasználtság 28,5 %



Kapu	tok	használt	üres
NAND	1	4	0
Összes:	1	4	0

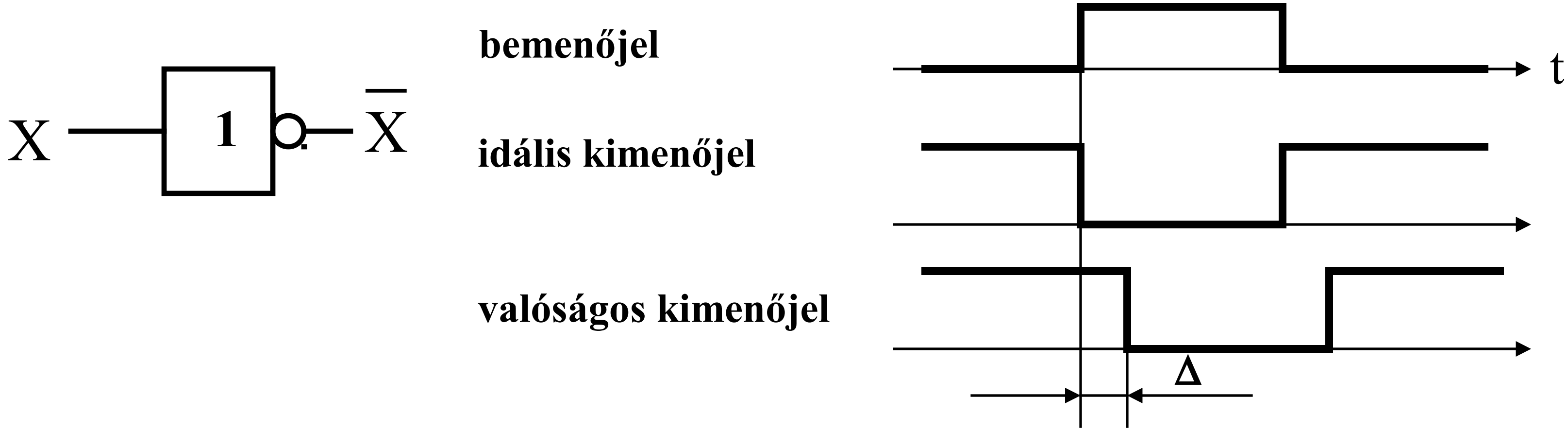
Kihasználtság 100 %

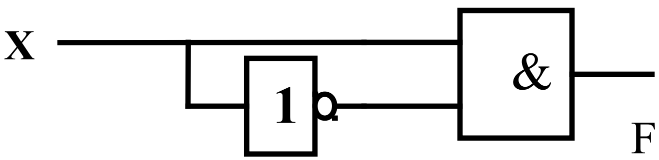
9. ELŐADÁS

A KAPUK KÉSLELTETŐ HATÁSÁNAK FIGYELEMBEVÉTELE

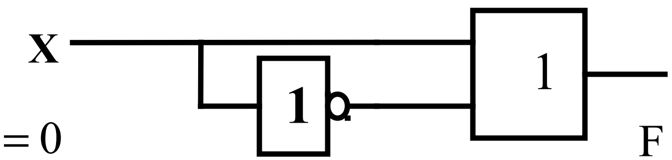
- ***KAPUKÉSLELTETÉS***
- ***STATIKUS HAZÁRD***
- ***HAZÁRDMENTESÍTÉS***
- ***EGYÉB HAZÁRDOK***

A KAPUK KÉSLELTETŐ HATÁSÁNAK FIGYELEMBEVÉTELE

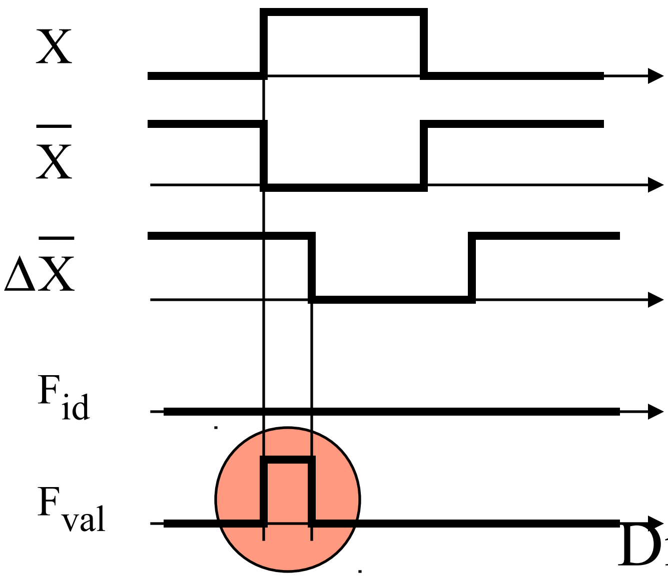


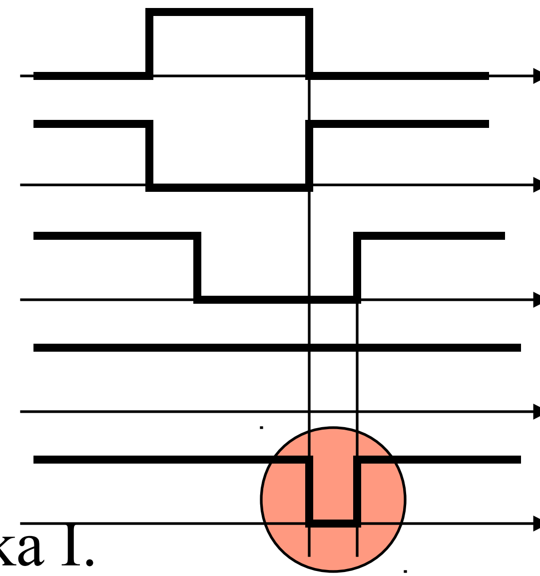


$F = X \cdot \overline{X} = 0$



$F = X + \overline{X} = 1$





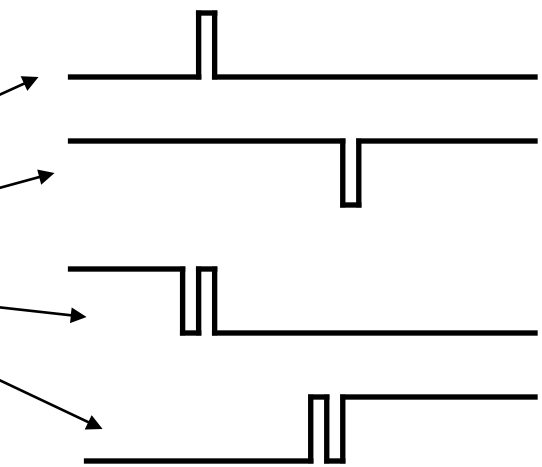
HAZÁRD

a kimeneten „0” vagy „1” impulzus nem a logikai feltétel hatására keletkezik

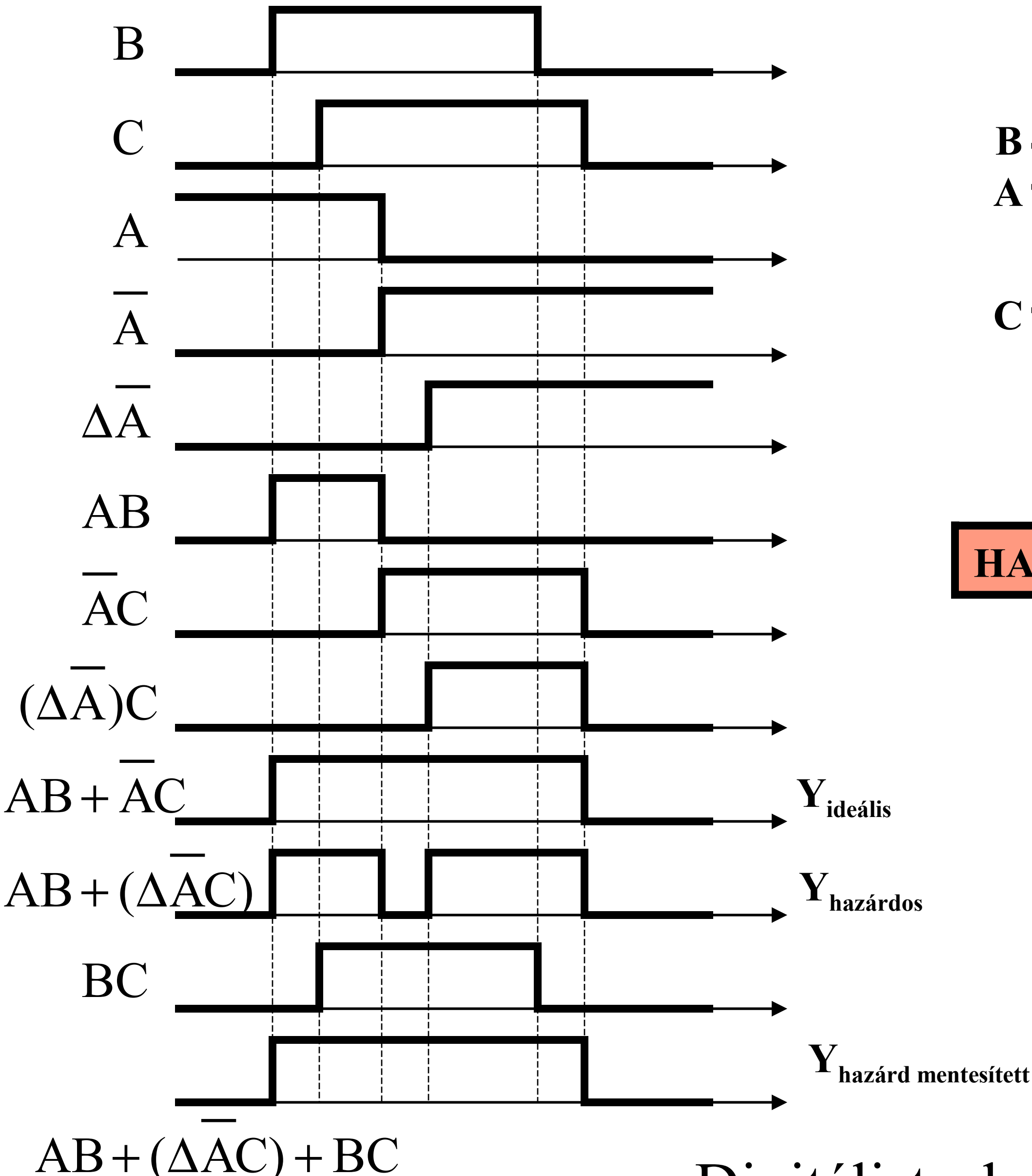
a késleltetések gyakran váratlan feltételektől (pl. melegedés) is függhetnek, ezért nem mindig ellenőrizhető

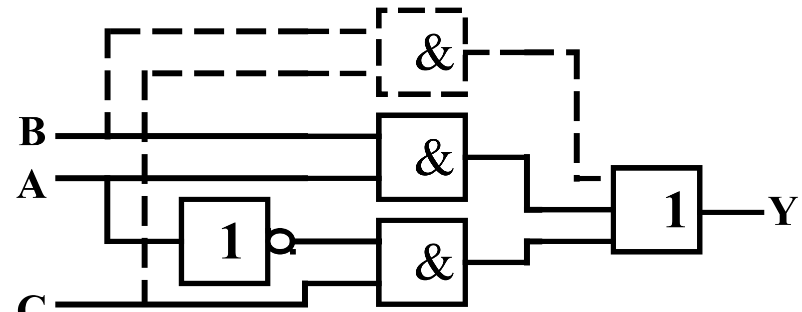
HAZÁRD TÍPUSOK

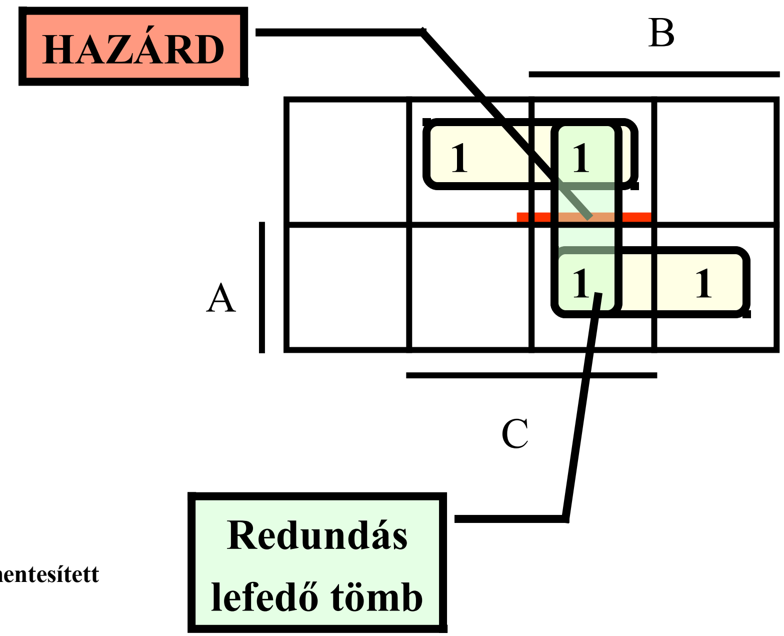
- **Logikai hazárdok**
  - **Sztatikus hazárd**
    - **„0”-ás típusú hazárd**
    - **„1”-es típusú hazárd**
  - **Dinamikus hazárd**
- **Funkcionális hazárdok**



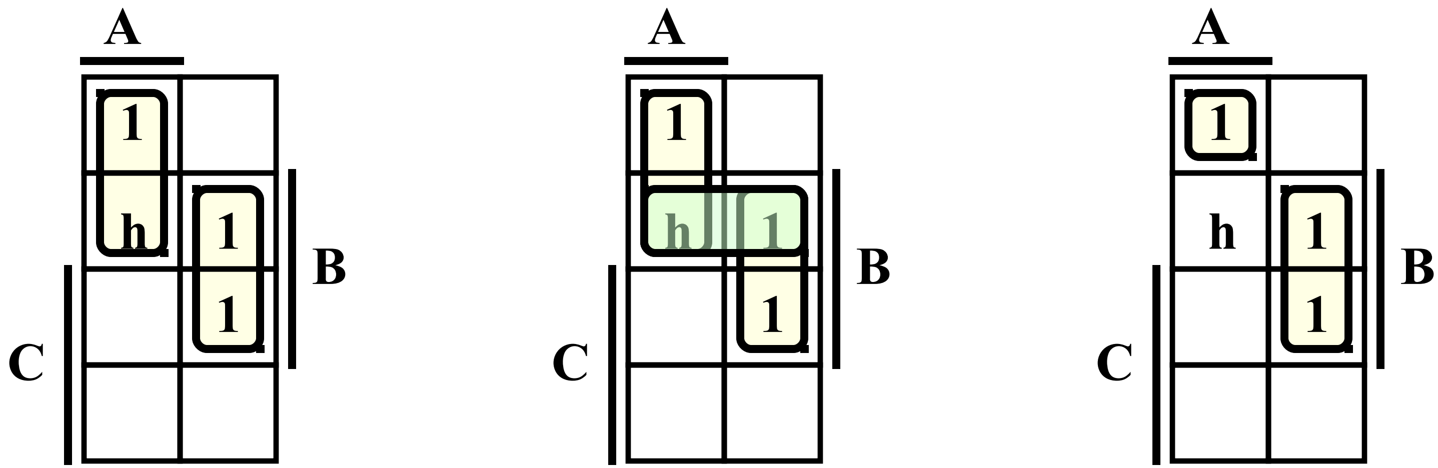
SZTATIKUS HAZÁRD

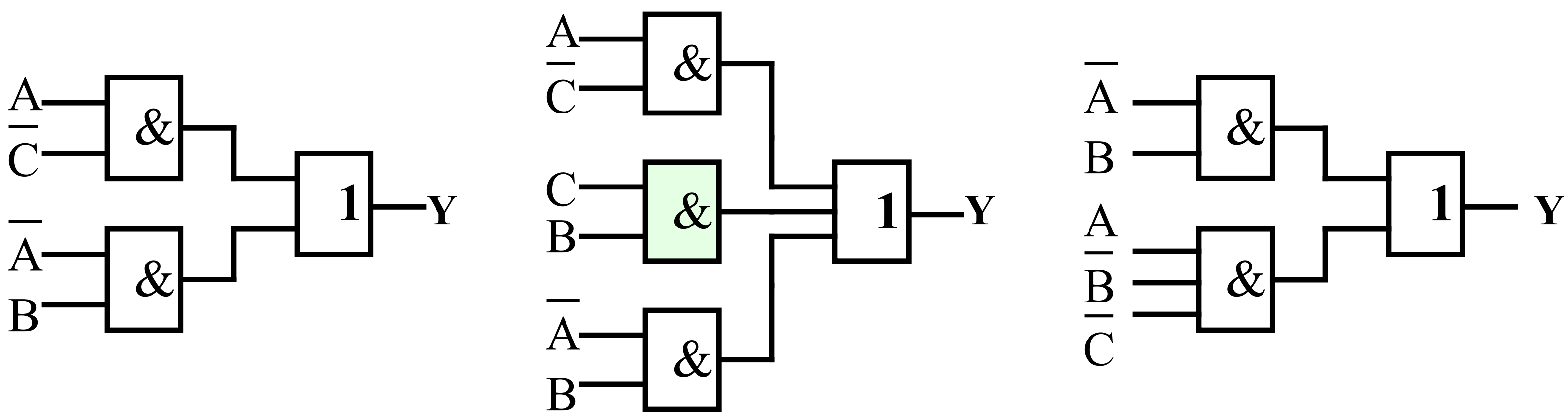






HAZÁRDMENTESÍTÉS HATÁROZATLAN ÁLLAPOT ESETÉN

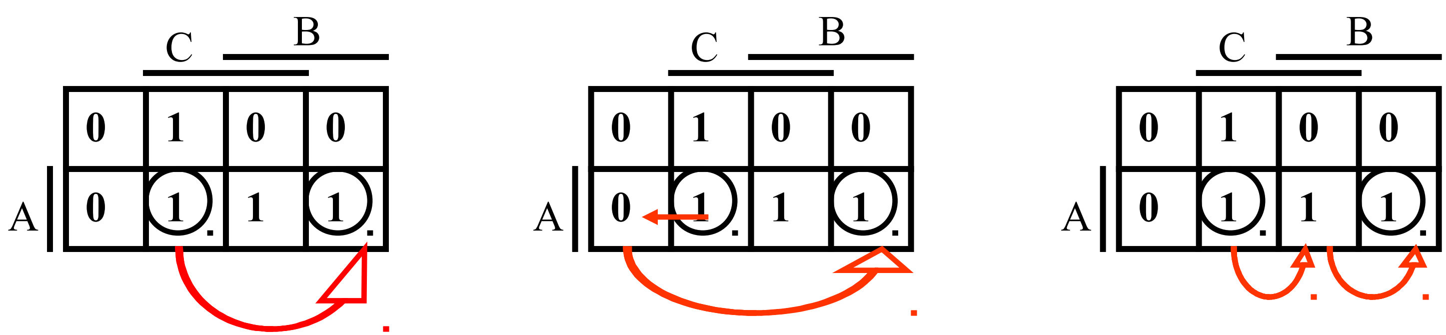




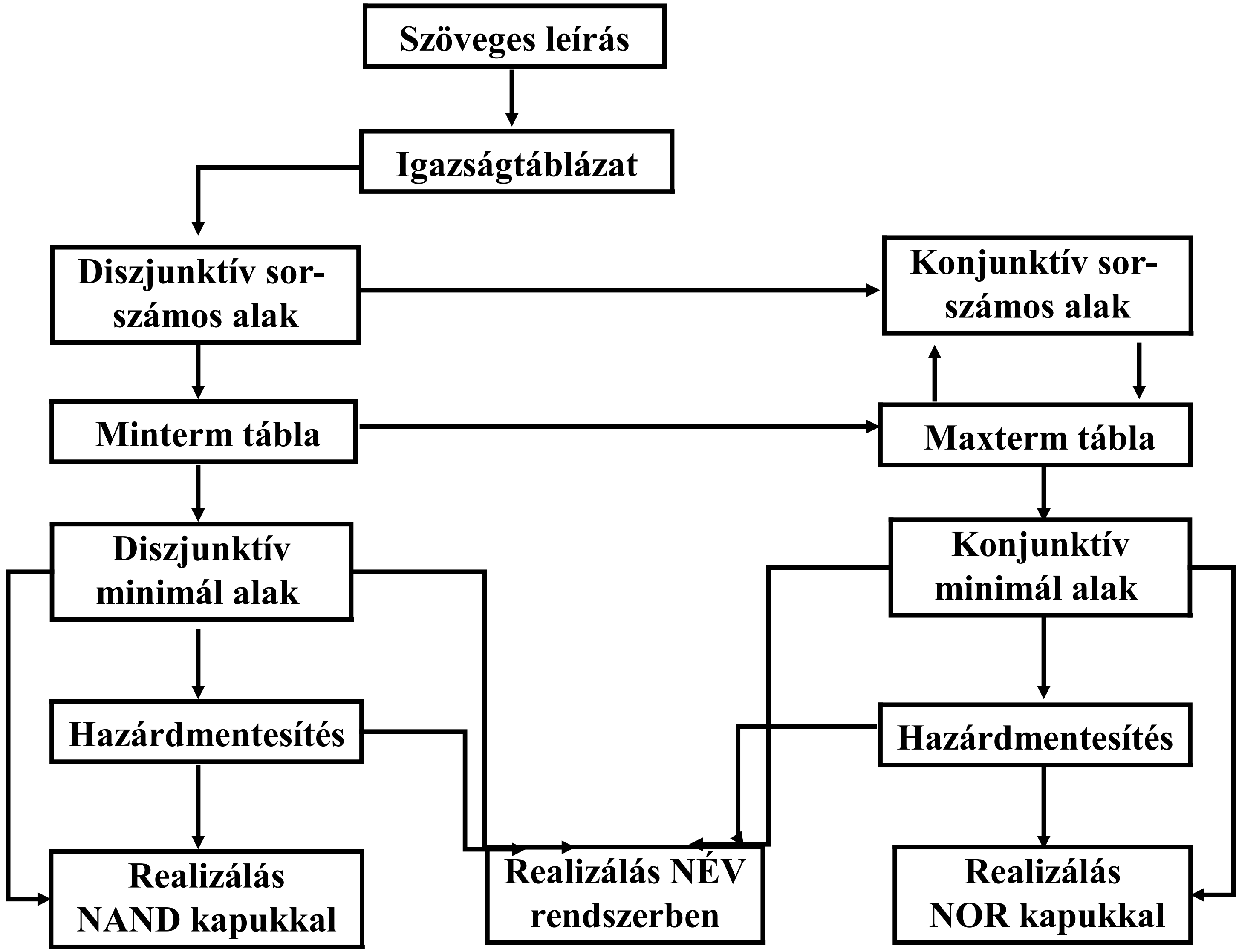
DINAMIKUS HAZÁRD

- ***HÁROM, VAGY TÖBB SZINTŰ HÁLÓZATOKNÁL FORDULHAT ELŐ***
- ***A DINAMIKUS HAZÁRD BEKÖVETKEZÉSÉBEN A STATIKUS HAZÁRD JÁTSZIK SZEREPET, AZOK MEGSZÜNTETÉSÉVEL A DINAMIKUS HAZÁRD IS KIKÜSZÖBÖLHETŐ***

FUNKCIONÁLIS HAZÁRD



1⇒1 **1⇒0⇒1** **1⇒1⇒1**



Szöveges leírás
Igazságtáblázat
Diszjunktív sor-számos alak
Konjunktív sor-számos alak
Minterm tábla
Maxterm tábla
Diszjunktív minimál alak
Konjunktív minimál alak
Hazárdmentesítés
Hazárdmentesítés
Realizálás NAND kapukkal
Realizálás NÉV rendszerben
Realizálás NOR kapukkal

10. ELŐADÁS

FUNKCIONÁLIS EGYSÉGEK I.

- ***MULTIPLEXEREK***
- ***MULTIPLEXEREK BŐVÍTÉSE***
- ***LOGIKAI FÜGGVÉNYEK REALIZÁLÁSA MULTIPLEXERREL***
- ***DEMULTIPLEXEREK***
- ***DEMULTIPLEXEREK BŐVÍTÉSE***
- ***KÓDÁTALAKÍTÓK***

FUNKCIONÁLIS EGYSÉGEK

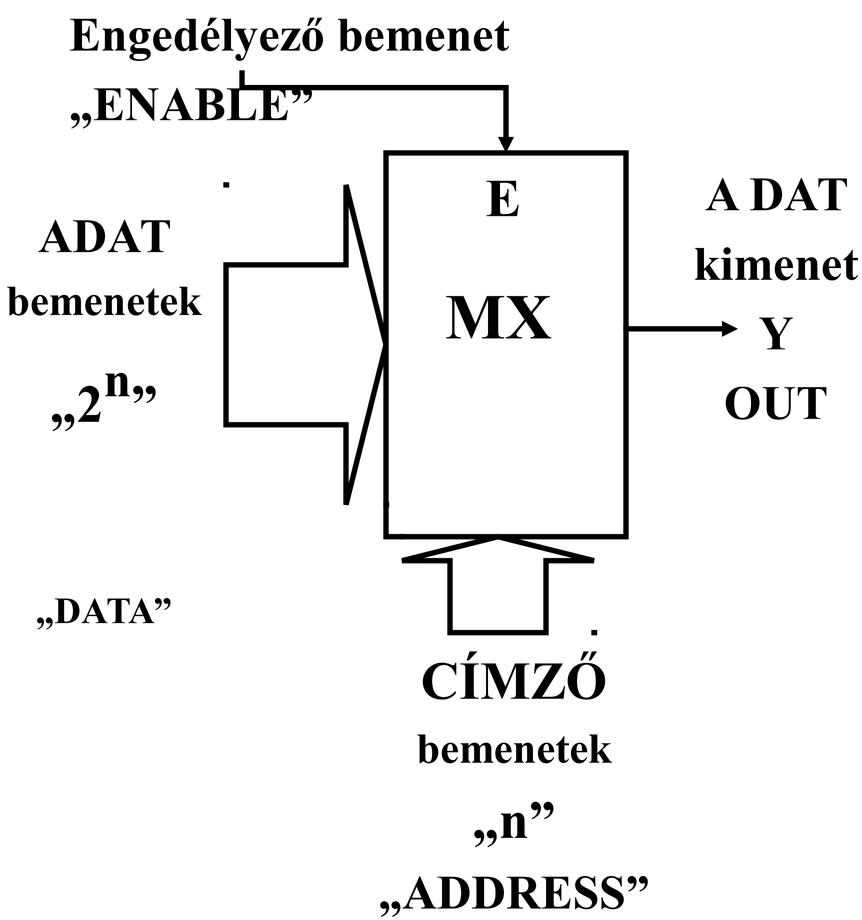
A funkcionális egységek valamely komplex feladatra kialakított, rendszerint moduláris szempontokat is figyelembevevő összetett elektronikus hálózatok

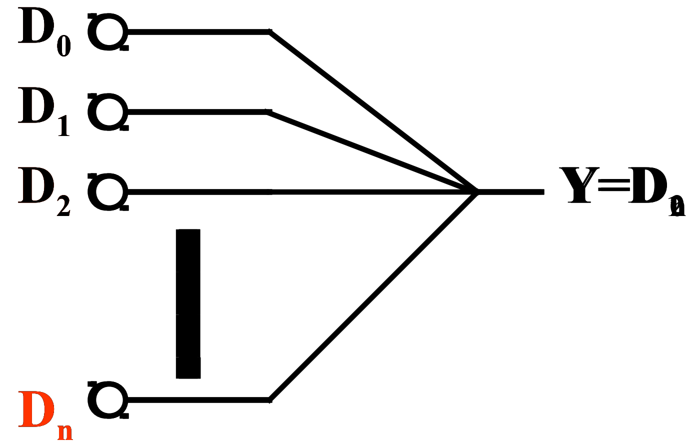
FUNKCIONÁLIS EGYSÉGEK

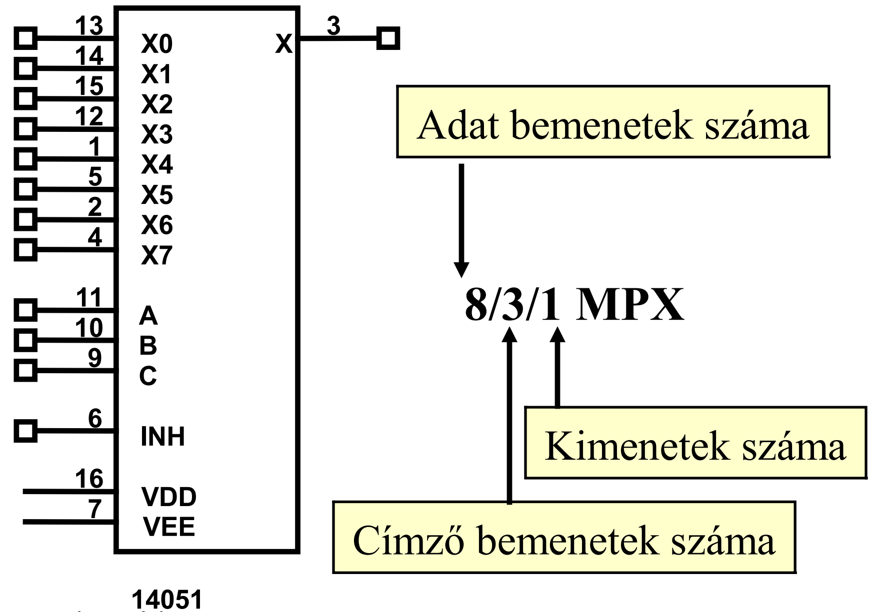
- **Kombinációs hálózatokra épülő egységek**
  - **multiplexerek/demultiplexerek**
  - **kódolók/dekódolók**
  - **összeadók**
  - **komparátorok**
- **Szekvenciális hálózatokra épülő egységek**
  - **flip-flop-ok**
  - **regiszterek**
  - **számlálók**
- **Memóriák**
  - **ROM**
  - **RAM**
- **A/D és D/A átalakítók**

KOMBINÁCIÓS HÁLÓZATOKRA ÉPÜLŐ EGYSÉGEK

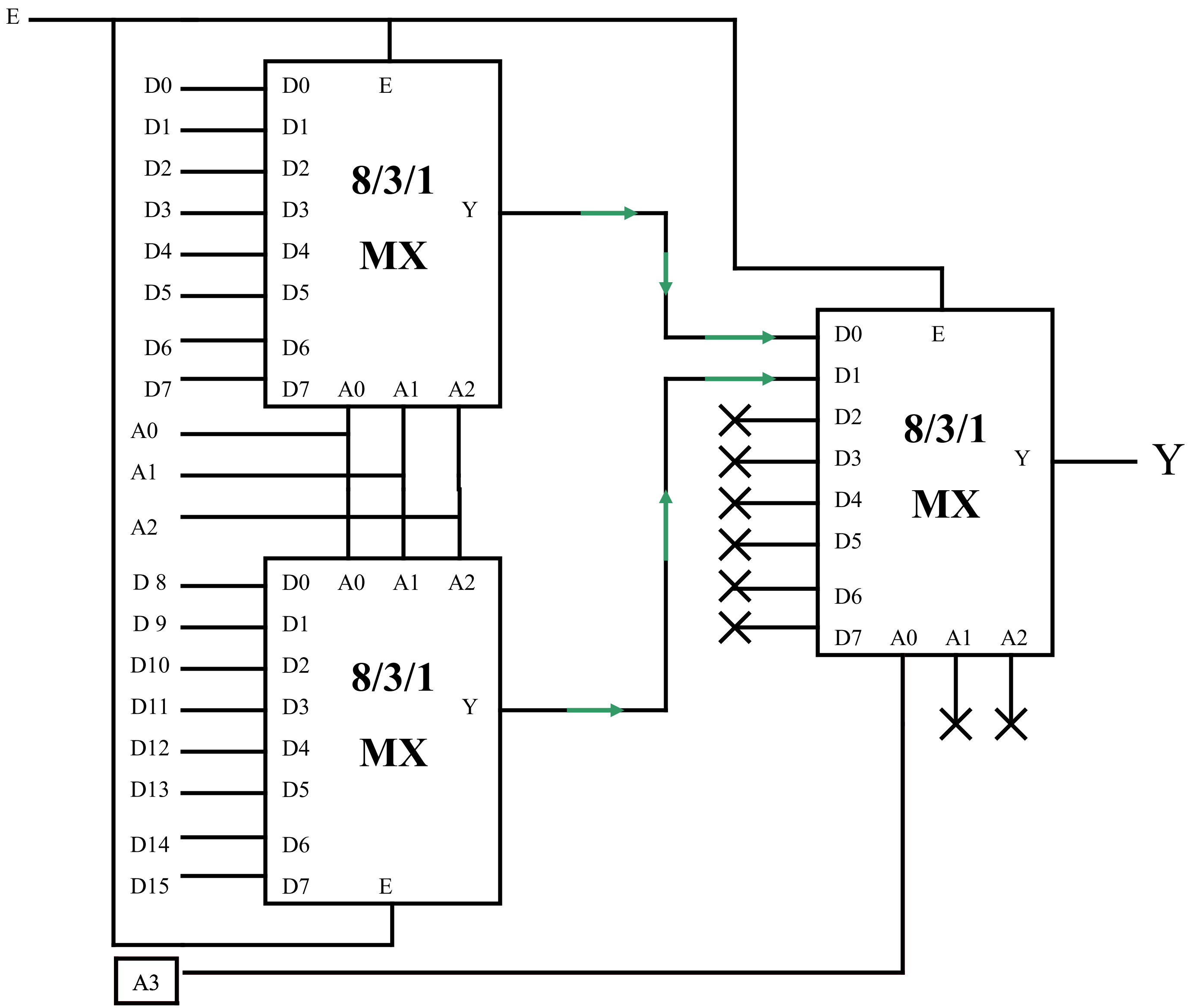
MULTIPLEXEREK



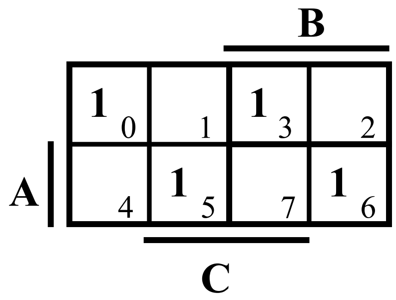




MULTIPLEXEREK BŐVÍTÉSE



LOGIKAI FÜGGVÉNYEK REALIZÁLÁSA MULTIPLEXERREL

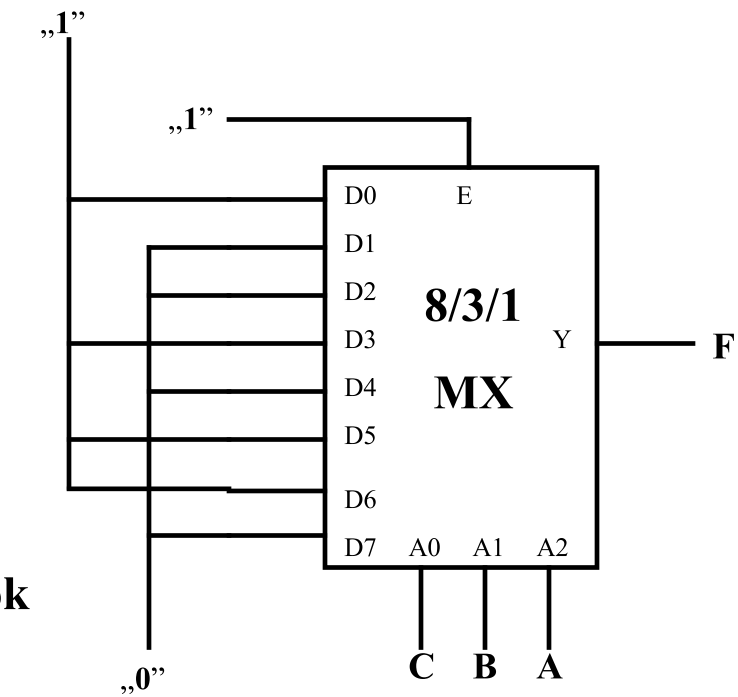


$$F(A,B,C) = \sum{}^{3}(0,3,5,6)$$

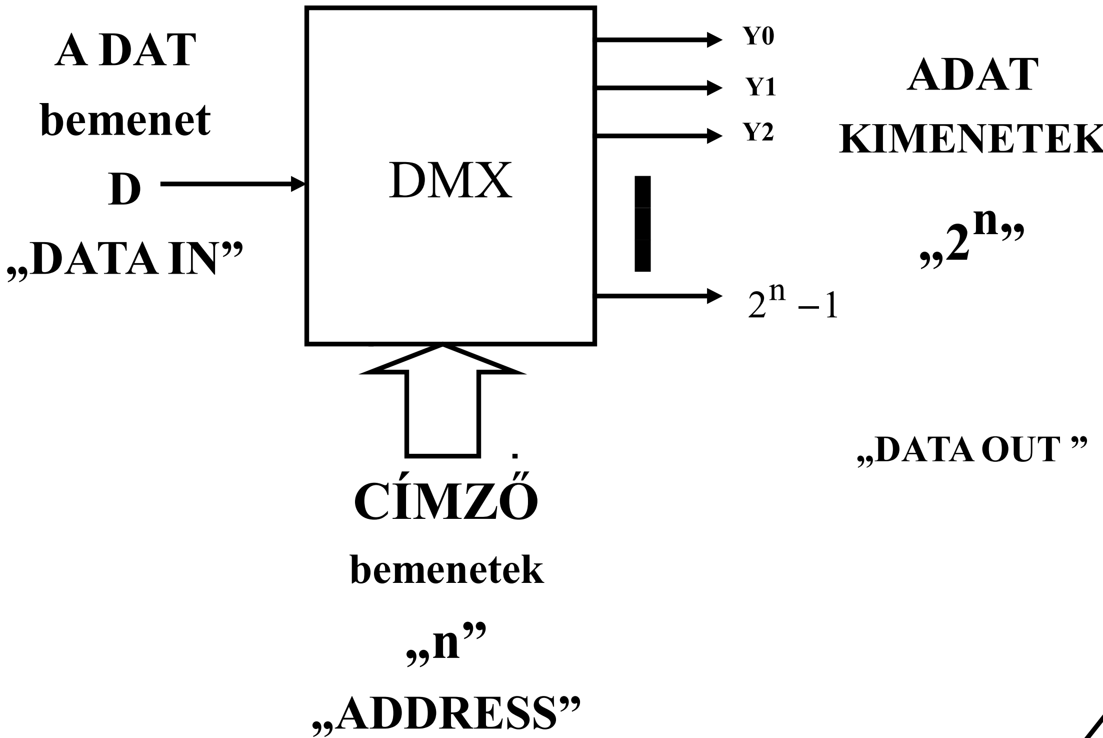
$$F(A,B,C) = \overline{A}\cdot\overline{B}\cdot\overline{C} + \overline{A}\cdot B\cdot C + A\cdot\overline{B}\cdot C + A\cdot B\cdot\overline{C}$$

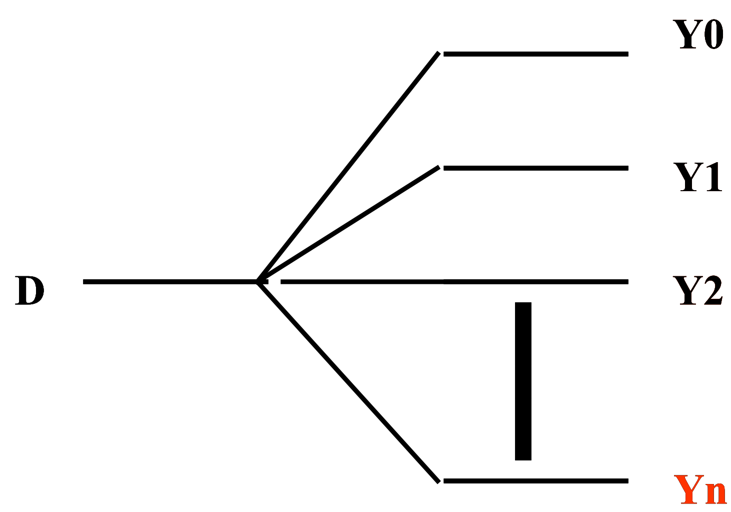
Kapukkal minimum 3 tok

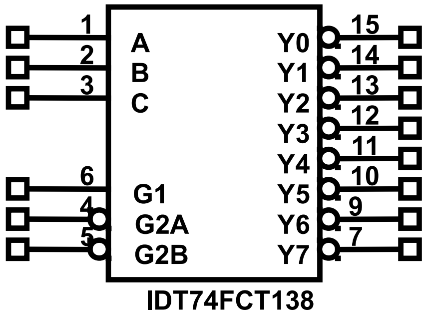
Multiplexerrel egyetlen tok



DEMULTIPLEXEREK







3/3/8 DMX

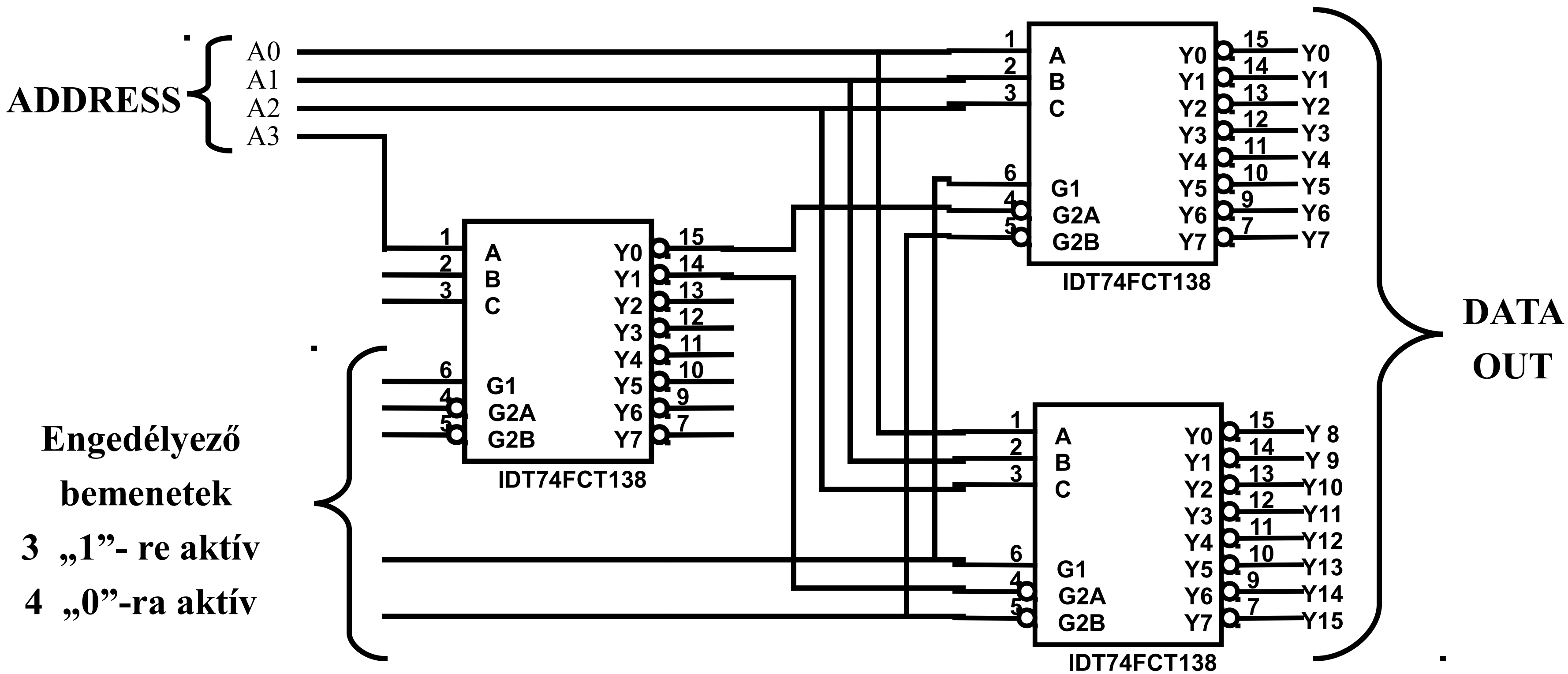
$A=2^0$, $B= 2^1$, $C= 2^2$, címző bemenetek

Y0-Y7 kimenetek

bamenőjel=G1*G2A*G2B

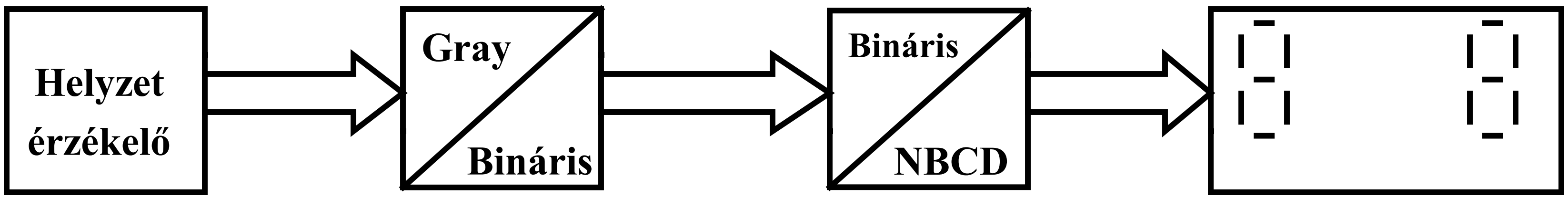
	C	B	A	Y0	Y1	Y2	Y3	Y4	Y5	Y6	Y7
	0	0	0	D	1	1	1	1	1	1	1
	0	0	1	1	D	1	1	1	1	1	1
	0	1	0	1	1	D	1	1	1	1	1
Ha G1*G2A*G2B=1	0	1	1	1	1	1	D	1	1	1	1
	1	0	0	1	1	1	1	D	1	1	1
	1	0	1	1	1	1	1	1	D	1	1
	1	1	0	1	1	1	1	1	1	D	1
	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	D
Ha G1*G2A*G2B=0	h	h	h	1	1	1	1	1	1	1	1

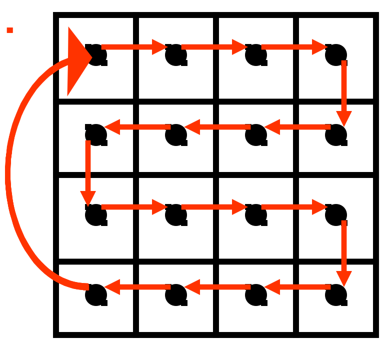
DEMULTIPLEXEREK BŐVÍTÉSE



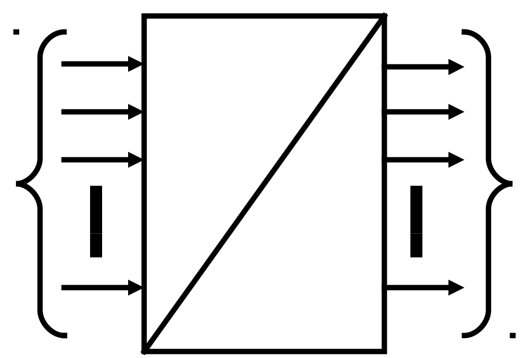
KÓDÁTALAKÍTÓK

Kódátalakítókra akkor van szükség, ha az adatforrás és a nyelő kódrendszere nem egyezik meg. Pl.:





Gray
0 0 0 0
0 0 0 1
0 0 1 1
0 0 1 0
0 1 1 0
0 1 1 1
0 1 0 1
0 1 0 0
1 1 0 0
1 1 0 1
1 1 1 1
1 1 1 0
1 0 1 0
1 0 1 1
1 0 0 1
1 0 0 0



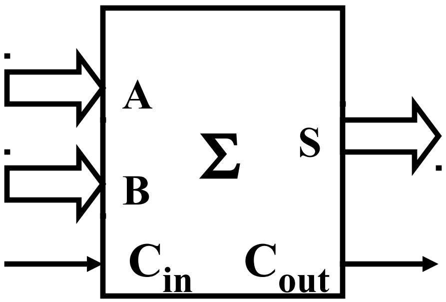
10	1
8421	**8421**
0 0 0 0	0 0 0 0
0 0 0 0	0 0 0 1
0 0 0 0	0 0 1 0
0 0 0 0	0 0 1 1
0 0 0 0	0 1 0 0
0 0 0 0	0 1 0 1
0 0 0 0	0 1 1 0
0 0 0 0	0 1 1 1
0 0 0 0	1 0 0 0
0 0 0 0	1 0 0 1
0 0 0 1	1 0 1 0
0 0 0 1	1 0 1 1
0 0 0 1	1 1 0 0
0 0 0 1	1 1 0 1
0 0 0 1	1 1 1 0
0 0 0 1	1 1 1 1

11. ELŐADÁS

FUNKCIONÁLIS EGYSÉGEK II.

- ***BINÁRIS ÖSSZEADÓK***
- ***SOROS / PÁRHUZAMOS ÁTVITELKÉPZÉS***
- ***BCD ÖSSZEADÓK***
- ***KIVONÓK ARITMETIKAI LOGIKAI EGYSÉGEK***
- ***KOMPARÁTOROK***
- ***KOMPARÁTOROK BŐVÍTÉSE***

ÖSSZEADÓK



Az összeadó áramkörök (adder) az A és B bemeneteiken érkező számoknak valamint az előző helyérték átvitelének (Cin-carry)az összegét (S) és átvitelét (Cout) állítja elő kimeneteiken

- **Fél összeadók** **(half adder)**
- **Teljes összeadók** **(full adder)**

Működési mód tekintetében:

- **SOROS ÖSSZEADÓK**
- **PÁRHUZAMOS ÖSSZEADÓK**

Az operandusok kódolását tekintve:

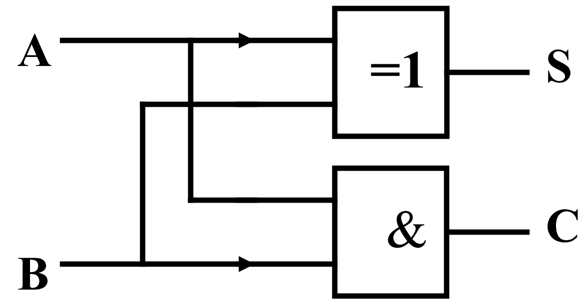
- **BINÁRIS ÖSSZEADÓK**
- **BCD ÖSSZEADÓK**

FÉL ÖSSZEADÓK

Nem veszik figyelembe az előző helyérték átvitelét

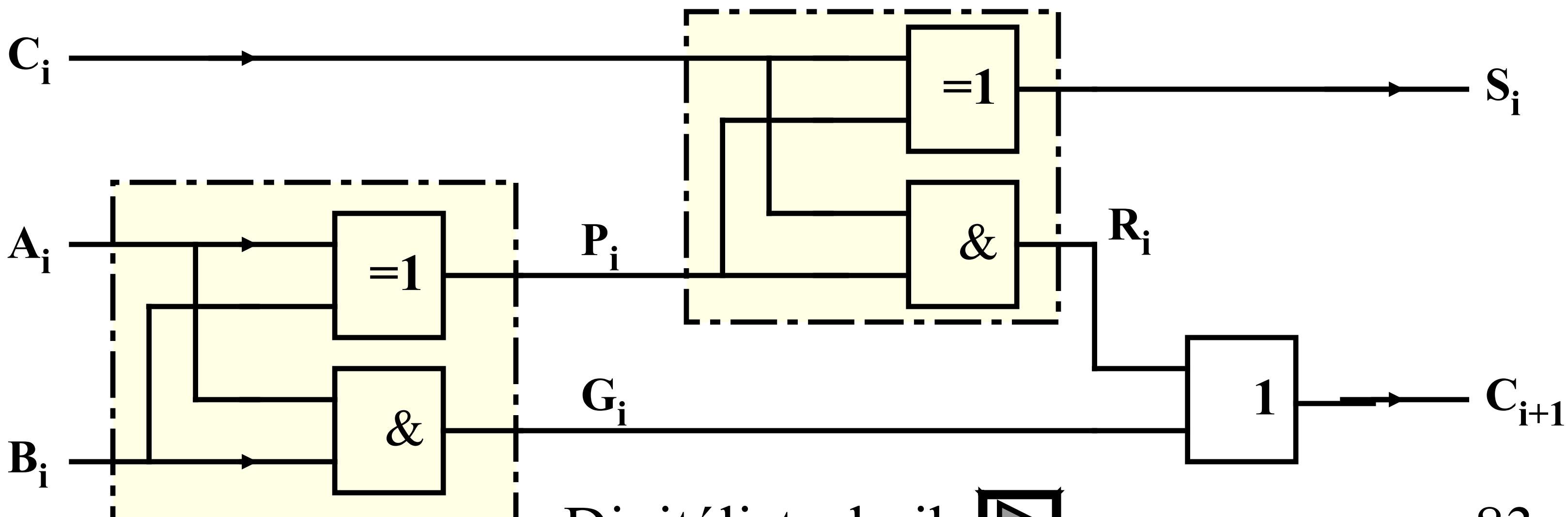
0+0=0
0+1=1
1+0=1
1+1=10

A	B	S	C
0	0	0	0
0	1	1	0
1	0	1	0
1	1	0	1



Csak a legkisebb helyértéken használható

TELJES ÖSSZEADÓK

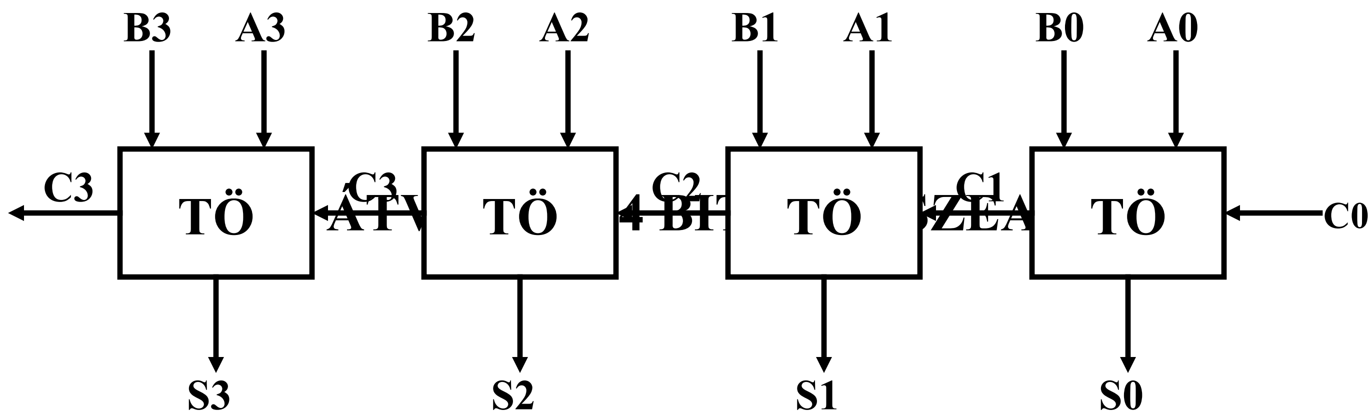


TELJES ÖSSZEADÓK

Bemenet			Belső			Kimenet		Decimális
Ai	Bi	Ci	Pi	Gi	Ri	Si	Ci+1	Í
0	0	0	0	0	0	0	0	0
0	1	0	1	0	0	1	0	1
1	0	0	1	0	0	1	0	1
1	1	0	0	1	0	0	1	2
0	0	1	0	0	0	1	0	1
0	1	1	1	1	1	0	1	2
1	0	1	1	0	1	0	1	2
1	1	1	0	1	0	1	1	3

$$S_i = A_i + B_i + C_i$$

$$C_{i+1} = A_i B_i + A_i C_i + B_i C_i$$



S_i és C_i eredményt csak azután kapjuk meg amikor C_{i-1} felvette végső értékét.

LASSÚ!!!

PÁRHUZAMOS ÁTVITELŰ 4 BITES ÖSSZEADÓ

$$C_{i+1} = A_iB_i + \underbrace{(A_i + B_i)}_{P_i}C_i$$

Generate carry — Gi

Pi — Propagate carry

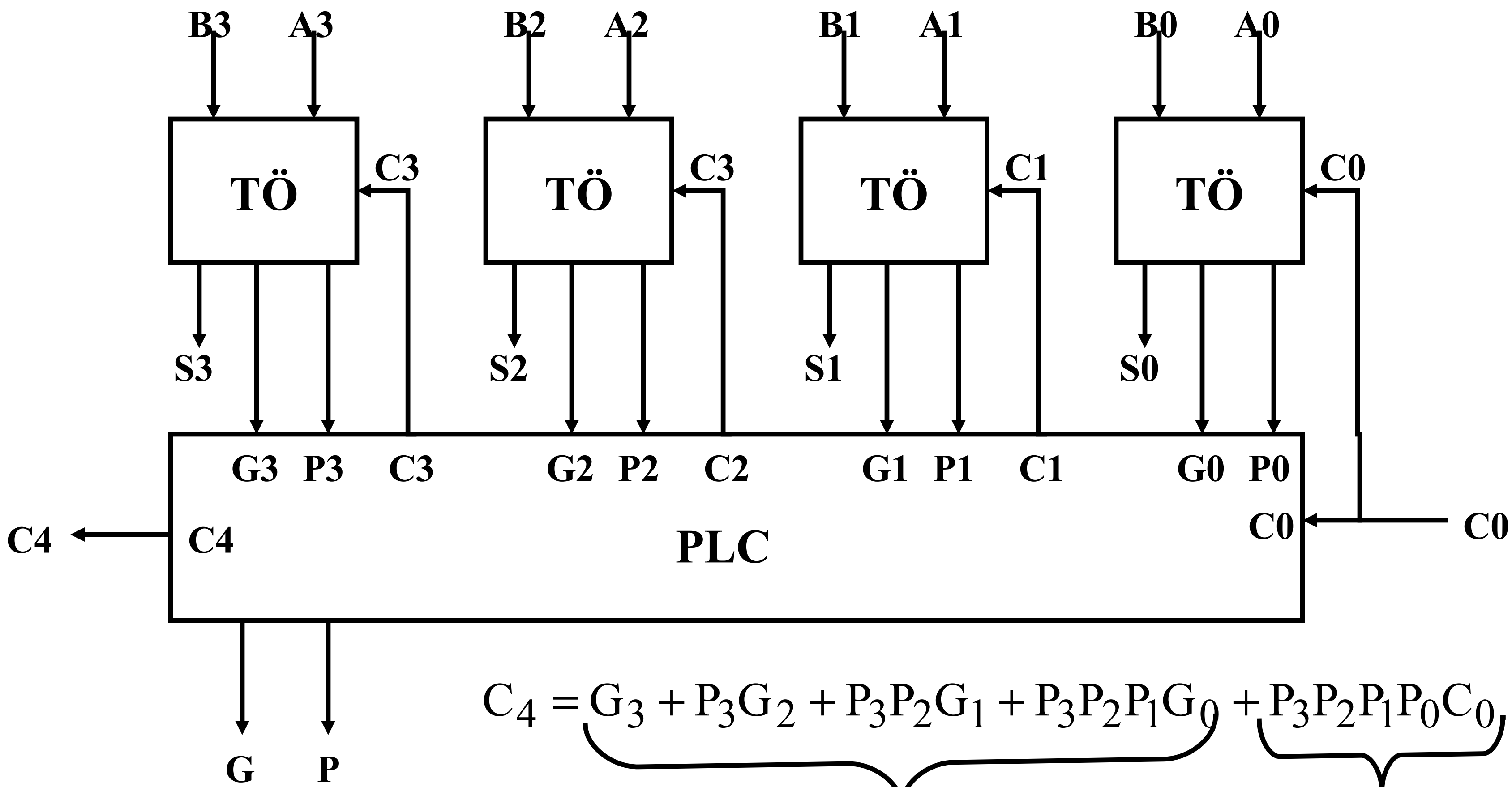
$$C_1 = G_0 + P_0C_0$$

$$C2 = G_1 + P_1C_1 = G_1 + P_1G_0 + P_1P_0C_0$$

$$C_3 = G_2 + P_2C_2 = G_2 + P_2G_1 + P_2P_1G_0 + P_2P_1P0C_0$$

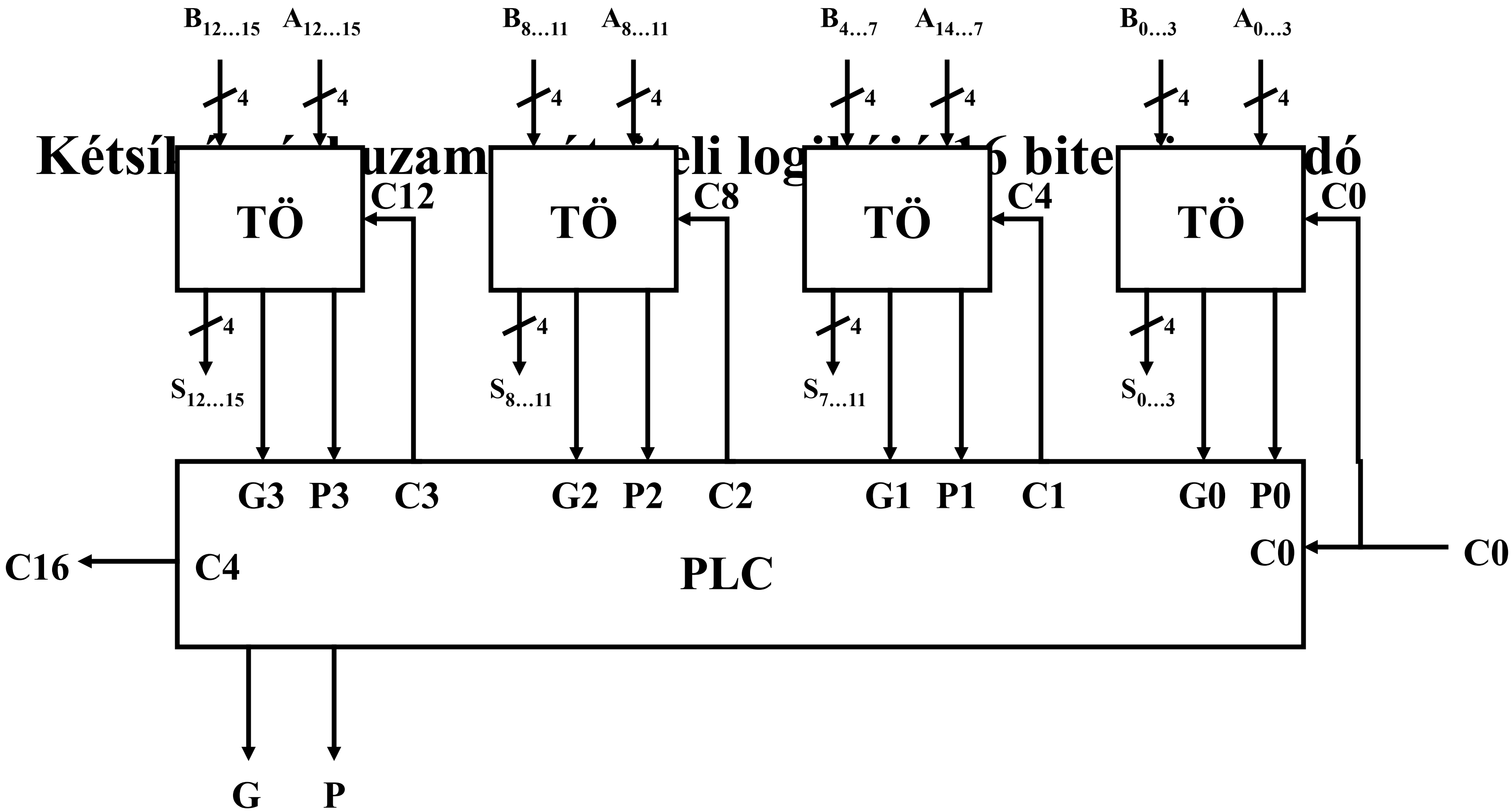
$$C_4 = G_3 + P_3C_3 = G_3 + P_3G_2 + P_3P_2G_1 + P_3P_2P_1G_0 + P_3P_2P_1P_0C_0$$

Párhuzamos átviteli logikájú 4 bites összeadó

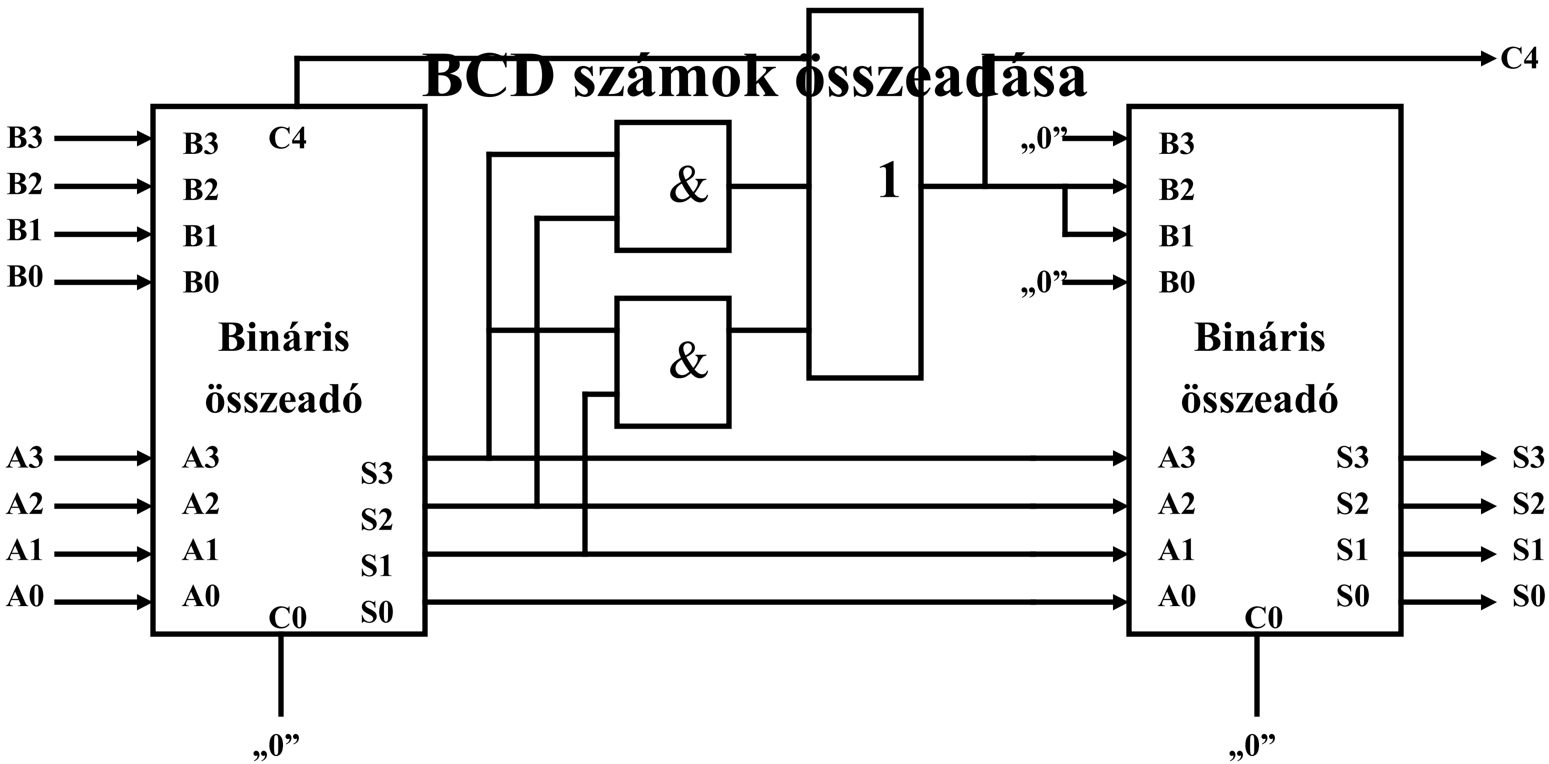


$$C_4 = \underbrace{G_3 + P_3G_2 + P_3P_2G_1 + P_3P_2P_1G_0}_{G} + \underbrace{P_3P_2P_1P_0C_0}_{P}$$

Kétsík … uzam … eli logi … 6 bite … dó



BCD számok összeadása



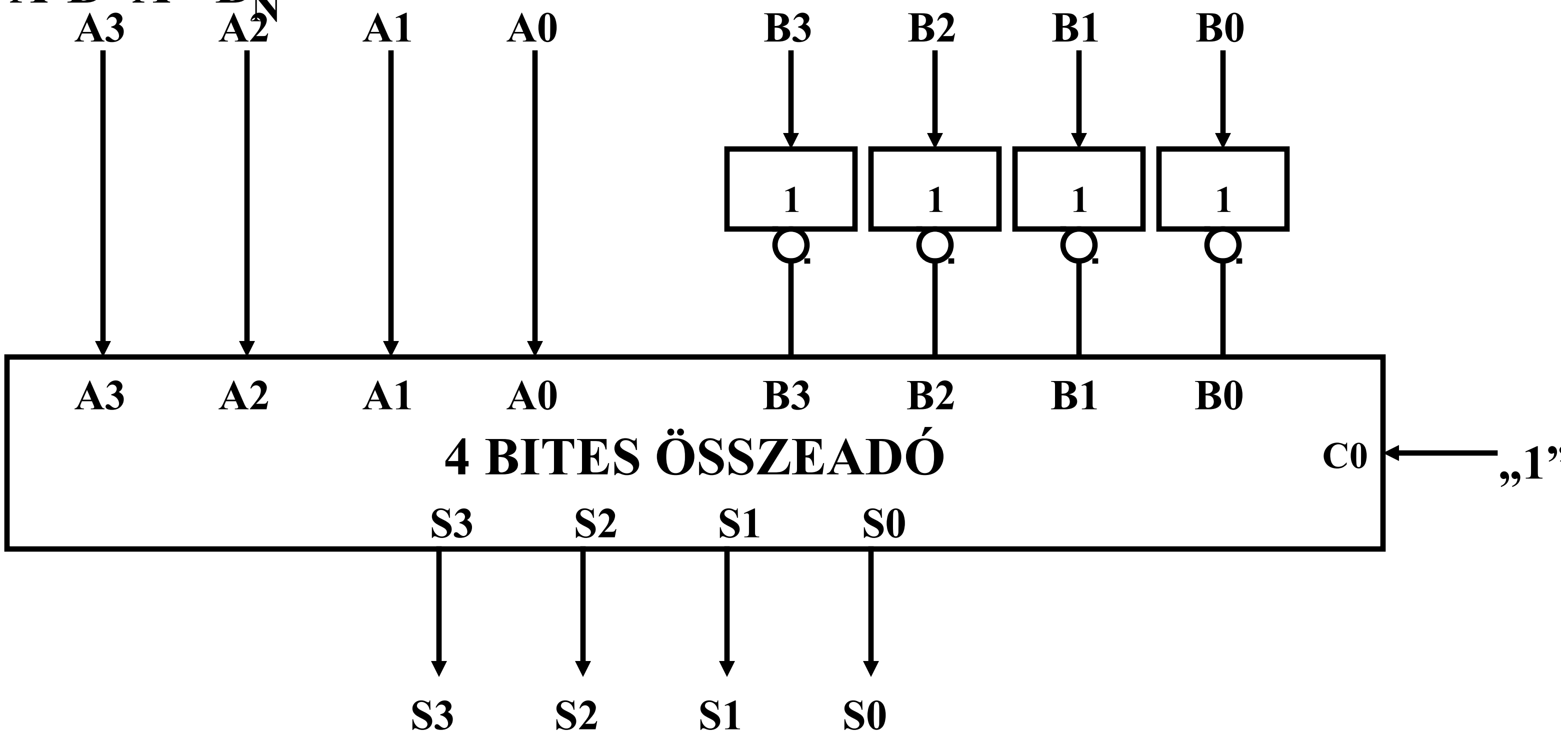
KIVONÁS

$A-B=A+(-B)$

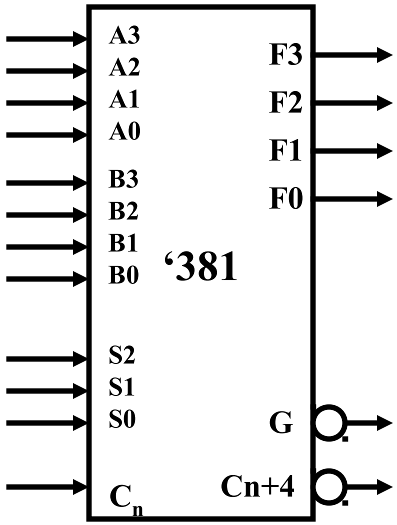
$-B_N = B_N^{(2)}$

$B_2^{(2)} = \overline{B}+1$

$A-B = A + B_N^{(2)}$



ARITMETIKAI-LOGIKAI EGYSÉGEK

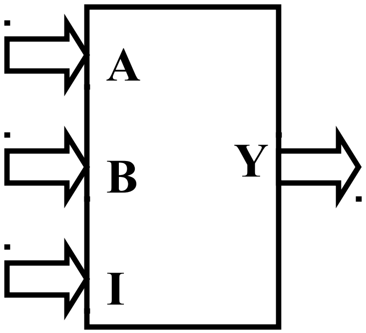


Az aritmetikai-logikai egységek olyan kombinációs hálózatok, amelyek a bemeneteikre érkező két számmal (A és B) az S bemeneteken megadott logikai vagy aritmetikai műveletet végzik el, és az eredményt az F kimeneteken jelenítik meg. Összeadás és kivonás művelet elvégzésekor figyelembe veszik az előző helyérték átvitelét (Cn), és az előállított átvitelt továbbítják a következő helyértékre (C).

Jelnév	Név	Funkció
A_3-A_0		Első négy bites operandus
B_3-B_0		Második négy bites operendus
S_2-S_0	Select-kiválasztás	Művelet kiválasztás
C_n	Carry-átvitel	Átvitel az előző helyértékről
F_3-F_0	Function-függvény	A művelet eredménye
G	Generation-előállítás	Kimenet az átvitel gyorsítóhoz
P	Propagation-terjedés	Kimenet az átvitel gyorsítóhoz
Cn+4	Carry-átvitel	Átvitel a következő helyértékre

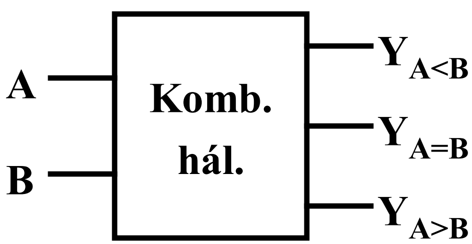
S2	S1	S0	Művelet
0	0	0	F=0000
0	0	1	F=B-A
0	1	0	F=A-B
0	1	1	F=A+B
1	0	0	$F=A\oplus B$
1	0	1	$F=A\vee B$
1	1	0	$F=A\wedge B$
1	1	1	F=1111

KOMPARÁTOROK

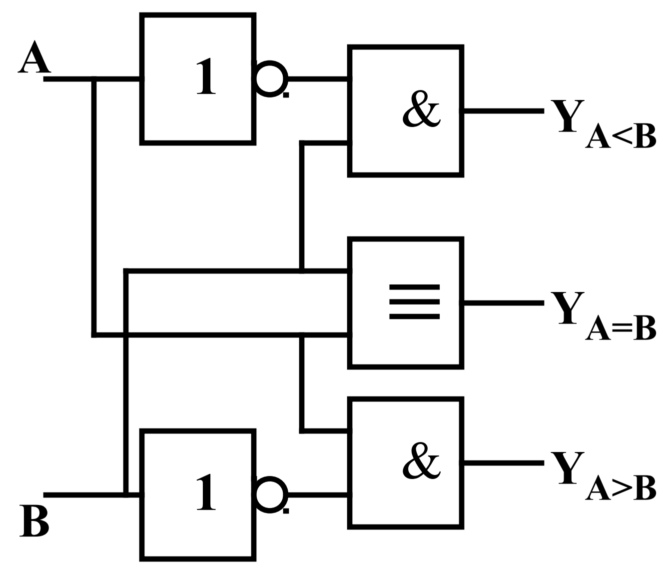


A komparátorok olyan kombinációs hálózatok, amelyek a bemenetükre érkező két szám (A és B) nagyságának egymáshoz való viszonyát, relációját (kisebb, egyenlő, nagyobb) mutatja meg az Y kimeneteken, lehetőséget biztosítva a bővítésre az I jelű bemenetek segítségével.

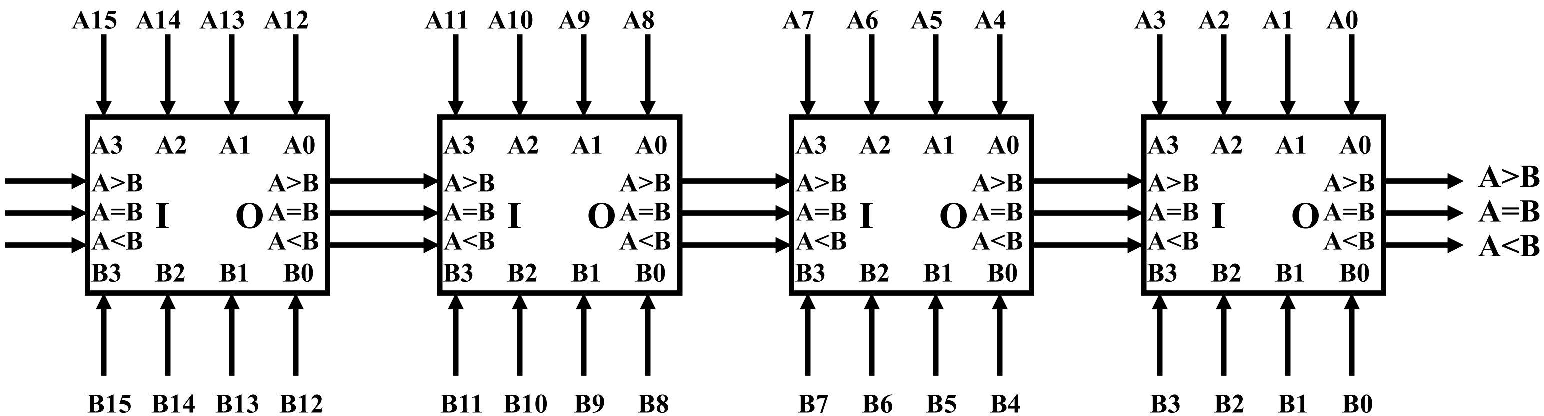
Egy bites komparátor



A	B	$Y_{A<B}$	$Y_{A=B}$	$Y_{A>B}$
0	0	0	1	0
0	1	1	0	0
1	0	0	0	1
1	1	0	1	0



KOMPARÁTOROK SOROS BŐVÍTÉSE



FUNCTION TABLES

COMPARING INPUTS				CASCADING INPUTS			OUTPUTS		
A3, B3	A2, B2	A1, B1	A0, B0	A > B	A < B	A = B	A > B	A < B	A = B
A3 > B3	X	X	X	X	X	X	H	L	L
A3 < B3	X	X	X	X	X	X	L	H	L
A3 = B3	A2 > B2	X	X	X	X	X	H	L	L
A3 = B3	A2 < B2	X	X	X	X	X	L	H	L
A3 = B3	A2 = B2	A1 > B1	X	X	X	X	H	L	L
A3 = B3	A2 = B2	A1 < B1	X	X	X	X	L	H	L
A3 = B3	A2 = B2	A1 = B1	A0 > B0	X	X	X	H	L	L
A3 = B3	A2 = B2	A1 = B1	A0 < B0	X	X	X	L	H	L
A3 = B3	A2 = B2	A1 = B1	A0 = B0	H	L	L	H	L	L
A3 = B3	A2 = B2	A1 = B1	A0 = B0	L	H	L	L	H	L
A3 = B3	A2 = B2	A1 = B1	A0 = B0	L	L	H	L	L	H

'85, 'LS85, 'S85

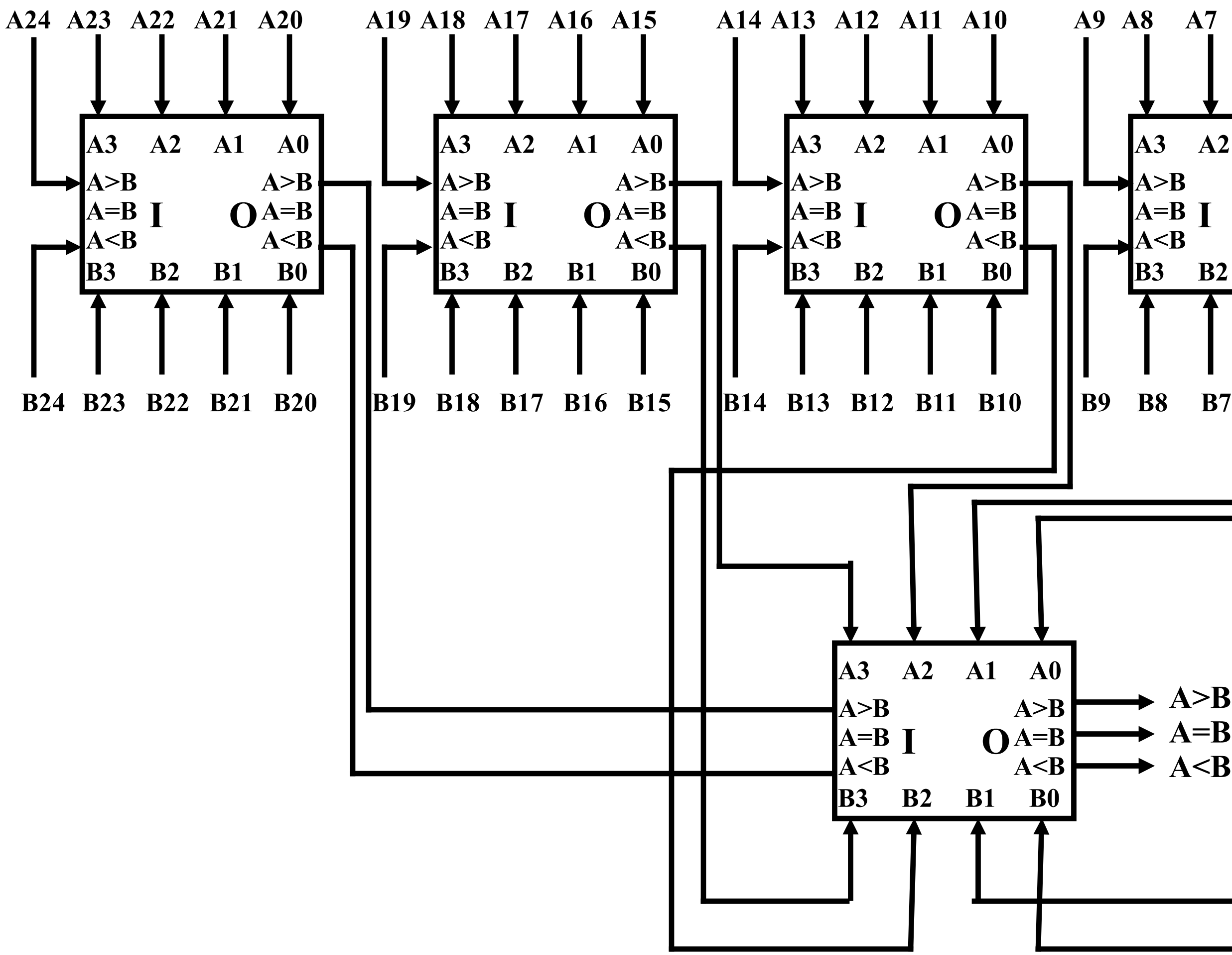
A3 = B3	A2 = B2	A1 = B1	A0 = B0	X	X	H	L	L	H
A3 = B3	A2 = B2	A1 = B1	A0 = B0	H	H	L	L	L	L
A3 = B3	A2 = B2	A1 = B1	A0 = B0	L	L	L	H	H	L

'L85

A3 = B3	A2 = B2	A1 = B1	A0 = B0	L	H	H	L	H	H
A3 = B3	A2 = B2	A1 = B1	A0 = B0	H	L	H	H	L	H
A3 = B3	A2 = B2	A1 = B1	A0 = B0	H	H	H	H	H	H
A3 = B3	A2 = B2	A1 = B1	A0 = B0	H	H	L	H	H	L
A3 = B3	A2 = B2	A1 = B1	A0 = B0	L	L	L	L	L	L

H = high level, L = low level, X = irrelevant

KOMPARÁTOROK PÁRHUZAMOS BŐVÍTÉSE



12. ELŐADÁS

TÁROLÓK

- ***SZEKVENCIÁLIS HÁLÓZATOK***
- ***RS TÁROLÓK***
- ***JK TÁROLÓK***
- ***T ÉS D TÍPUSÚ TÁROLÓK***

SZEKVENCIÁLIS HÁLÓZATOK

- ***SZEKVENCIÁLIS HÁLÓZATOK FOGALMA***
- ***TÁROLÓK***
  - **ALAPTÍPUSOK**
  - **FIZIKAI VEZÉRLÉS**
- ***SZÁMLÁLÓK***
  - **SZINRON SZÁMLÁLÓK**
  - **ASZINKRON SZÁMLÁLÓK**
- ***REGISZTEREK***

SZEKVENCIÁLIS HÁLÓZATOK FOGALMA

Logikai függvény

kombinációs hálózat

a bemeneti változók pillanatértéke egyértelmüen meghatározza a kimeneti változók értékét

szekvenciális hálózat

a kimeneti változók értékét a bemeneti változok és a belsõ állapotok határozzák meg

Belső állapot függvények

$$Q_1' = F_{Q1}(X_1, X_2, \ldots X_n, Q_1, Q_2, \ldots Q_p)$$

$$Q_2' = F_{Q2}(X_1, X_2, \ldots X_n, Q_1, Q_2, \ldots Q_p)$$

$$Q_p' = F_{Qp}(X_1, X_2, \ldots X_n, Q_1, Q_2, \ldots Q_p)$$

Kimeneti függvények

$$Z_1 = F_{Z1}(X_1, X_2, \ldots X_n, Q_1, Q_2, \ldots Q_p)$$

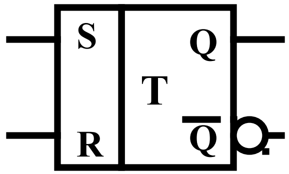
$$Z_2 = F_{Z2}(X_1, X_2, \ldots X_n, Q_1, Q_2, \ldots Q_p)$$

$$Z_p = F_{Zm}(X_1, X_2, \ldots X_n, Q_1, Q_2, \ldots Q_p)$$

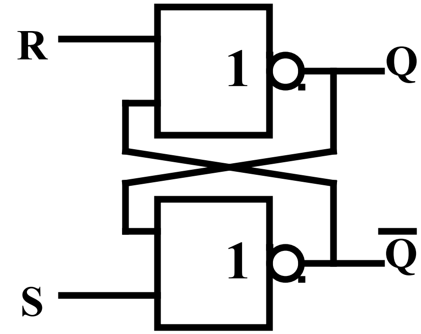
TÁROLÓK

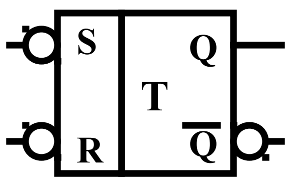
- ***ÜZEMMÓDJAIK:***
  - **beírás SET a tárolóba logikai „1” beírása**
  - **törlés RESET a tárolóba logikai „0” beírása**
  - **tárolás STORE az előző állapot (0 vagy 1) megtartása**
- ***TÍPUSAIK:***
  - **R-S tároló**
  - **J-K tároló**
  - **D tároló**
  - **T tároló**
- ***VEZÉRLÉSI TÍPUSOK:***
  - **sztatikus tárolók**
  - **kapuzott tárolók**
  - **közbenső tárolású tárolók**
    - **élekkel vezérelt tárolók**
    - **élvezérlésű tárolók**
  - **vegyes vezérlésű tárolók**

R-S TÁROLÓK

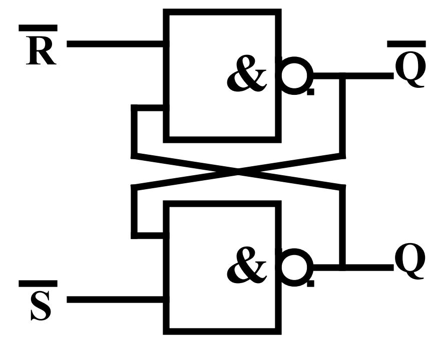


R	S	Q^{n+1}	$\overline{Q^{n+1}}$	Művelet
0	0	Q^n	$\overline{Q^n}$	tárolás
0	1	1	0	beírás
1	0	0	1	törlés
1	1	T	T	tiltott

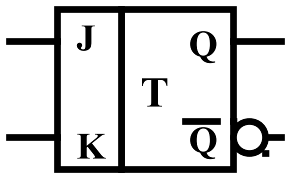




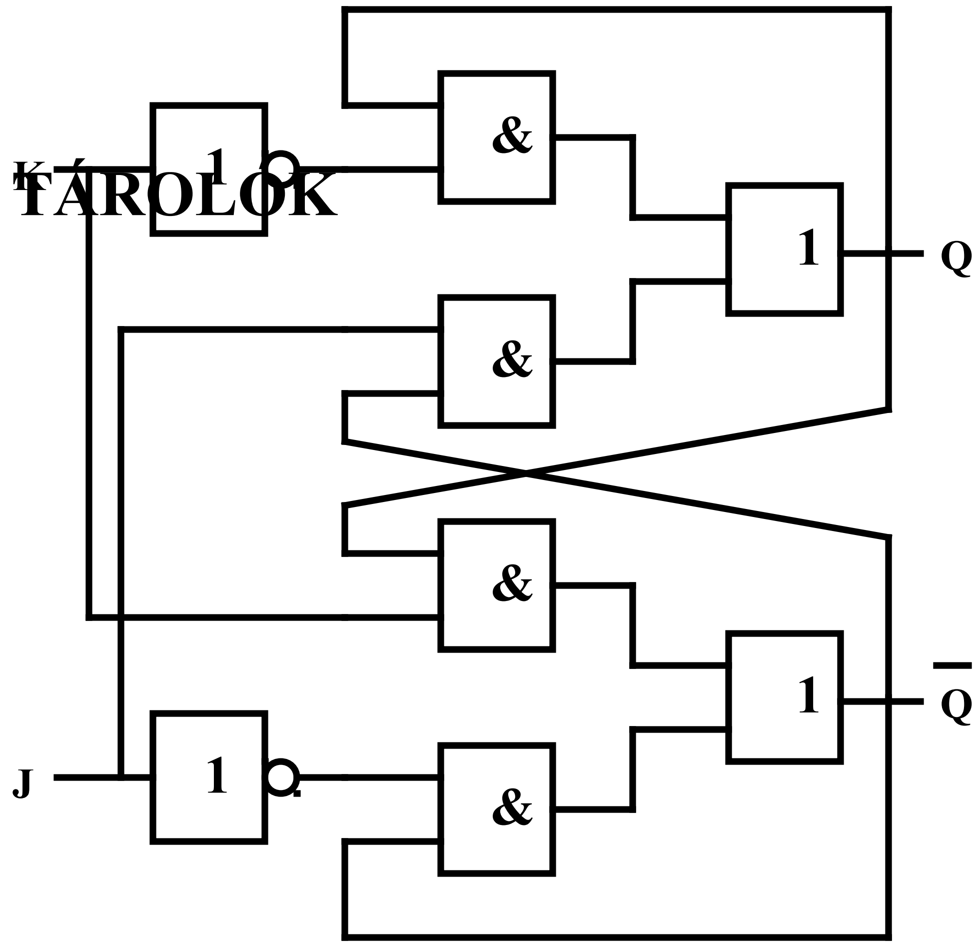
$\overline{R}$	$\overline{S}$	Q^{n+1}	$\overline{Q^{n+1}}$	Művelet
0	0	T	T	tiltott
0	1	0	1	törlés
1	0	1	0	beírás
1	1	Q^n	$\overline{Q^n}$	tárolás



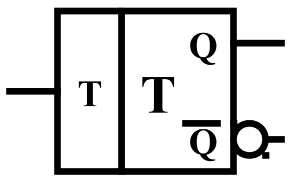
J-K TÁROLÓK



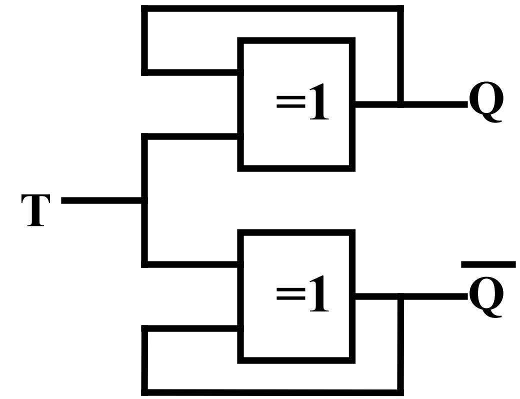
J	K	Q^{n+1}	$\overline{Q^{n+1}}$	Művelet
0	0	Q^n	$\overline{Q^n}$	tárolás
0	1	0	1	beírás
1	0	1	0	törlés
1	1	$\overline{Q^n}$	Q^n	negálás



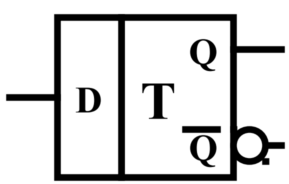
„T” TÍPUSÚ TÁROLÓ



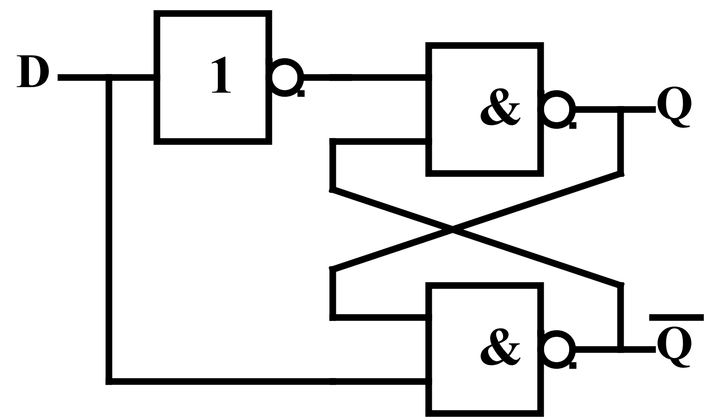
T	Q^{n+1}
0	Q^{n}
1	$\overline{Q^{n}}$



„D” TÍPUSÚ TÁROLÓ



D	Q^{n+1}
0	0
1	1

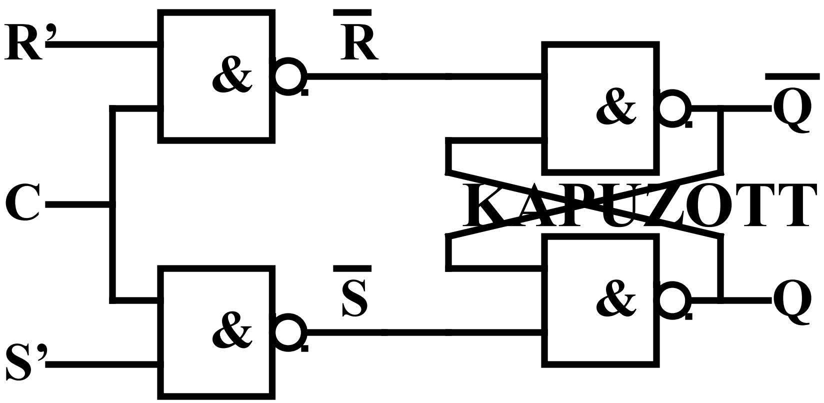


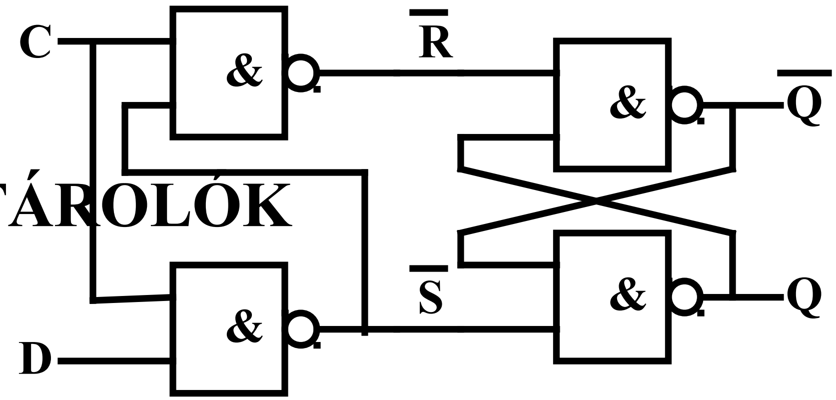
13. ELŐADÁS

TÁROLÓK VEZÉRLÉSE

- ***KAPUZOTT TÁROLÓK***
- ***KÖZBENSŐ TÁROLÁSÚ TÁROLÓK***
- ***VEGYES VEZÉRLÉSŰ TÁROLÓK***

KAPUZOTT TÁROLÓK





C	R	S	Q^{n+1}	$\overline{Q}^{n+1}$
0	0	0	Q_{-1}	$\overline{Q}_{-1}$
0	0	1	Q_{-1}	$\overline{Q}_{-1}$
0	1	0	Q_{-1}	$\overline{Q}_{-1}$
0	1	1	Q_{-1}	$\overline{Q}_{-1}$
1	0	0	Q_{-1}	$\overline{Q}_{-1}$
1	0	1	1	0
1	1	0	0	1
1	1	1	T	T

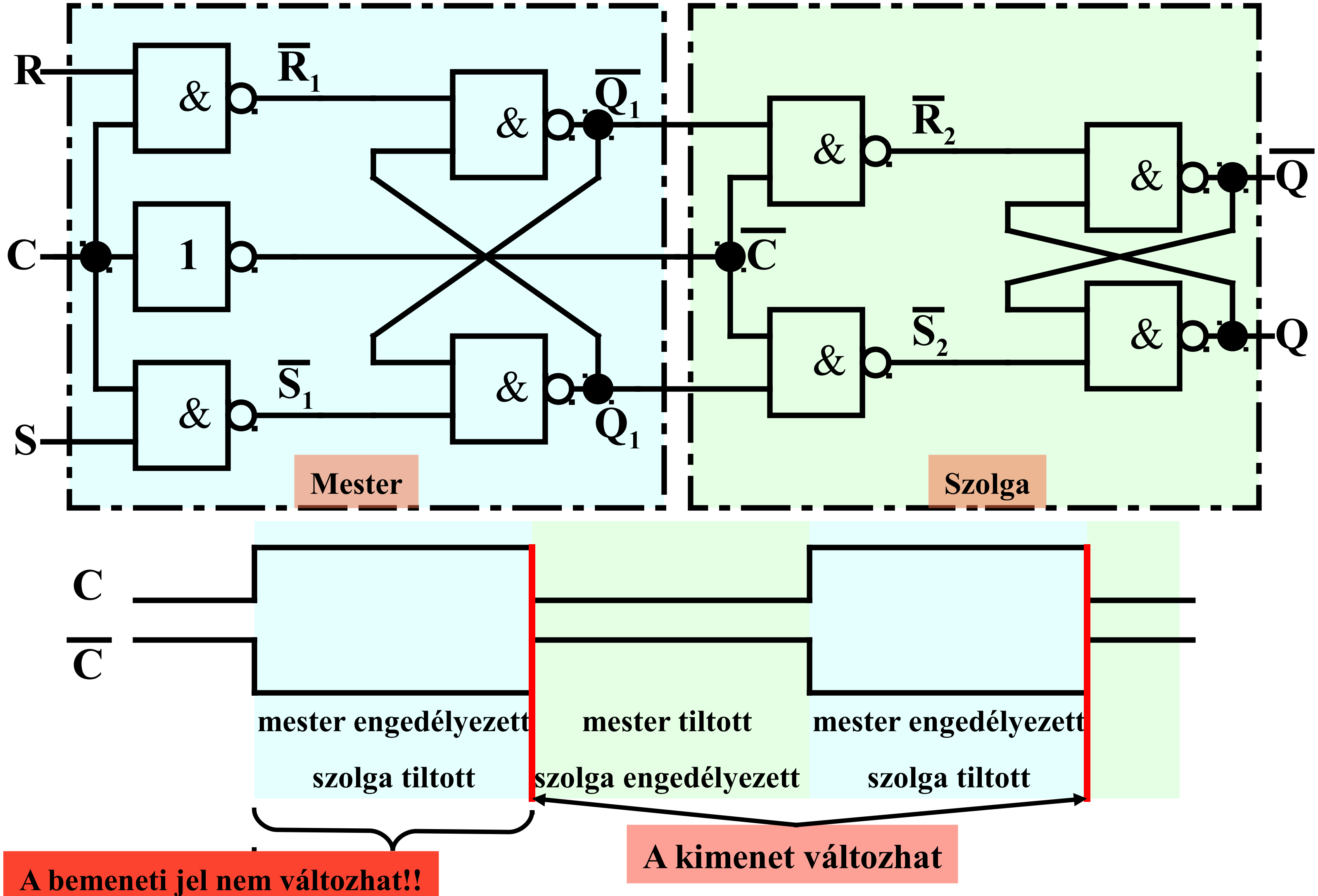
C	D	Q^{n+1}	$\overline{Q}^{n+1}$
0	0	Q_{-1}	Q_{-1}
0	1	Q_{-1}	Q_{-1}
1	0	0	1
1	1	1	0

KAPUZOTT „D” TÁROLÓ

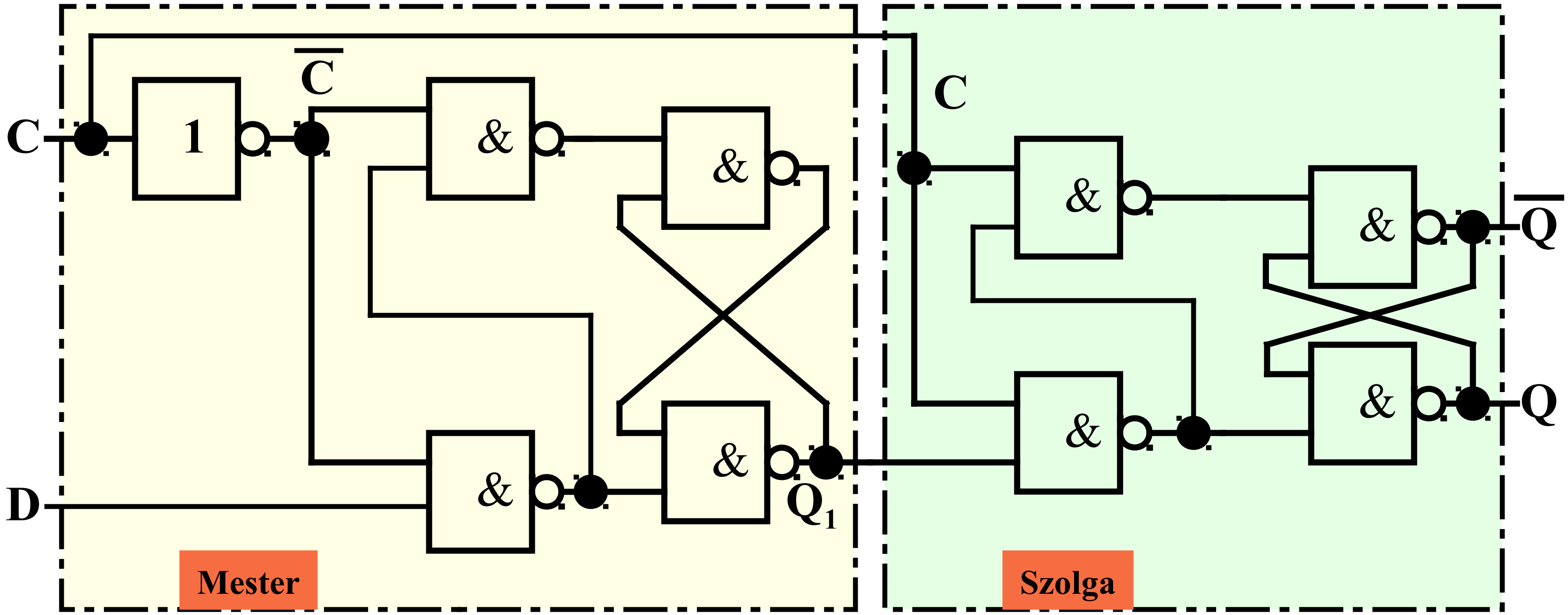
„ÁTLÁTSZÓ”

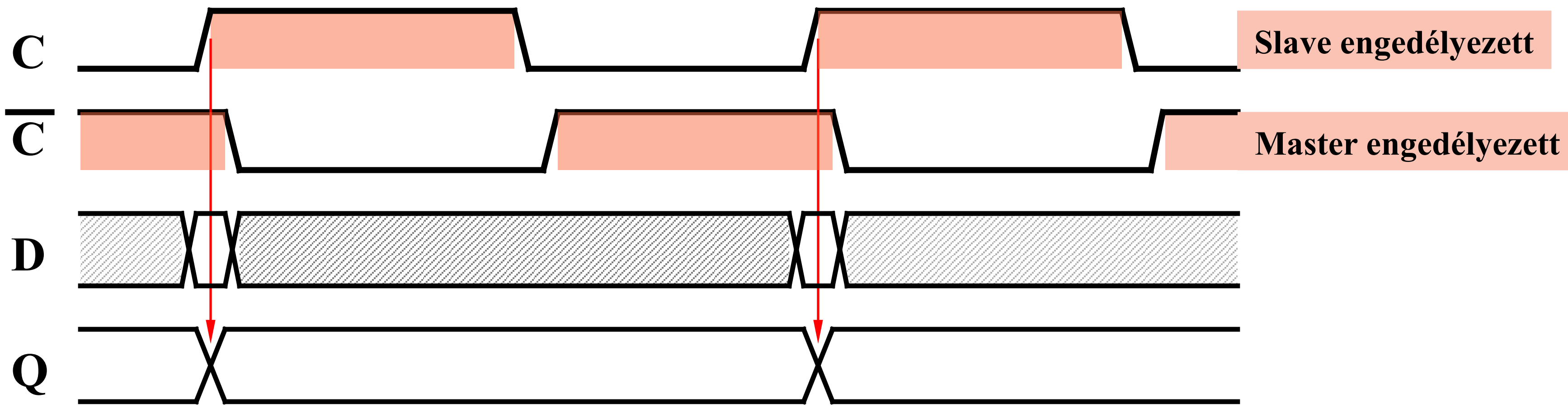
KÖZBENSŐ TÁROLÁSÚ TÁROLÓK

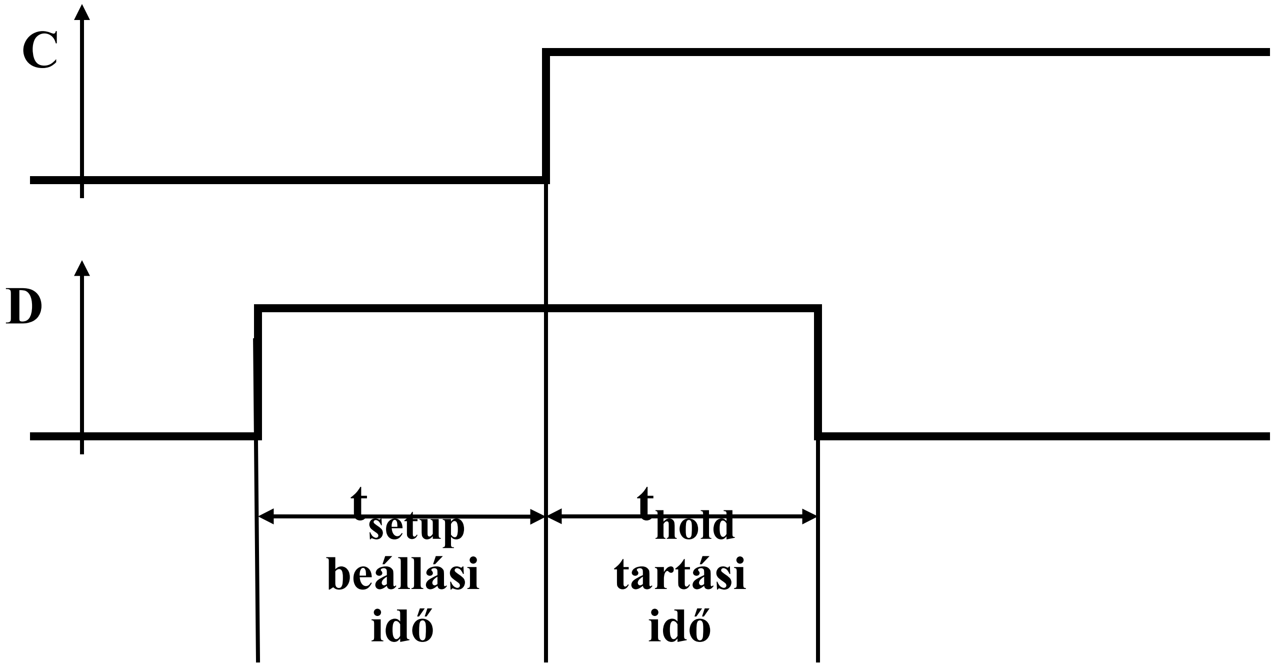
Két éllel vezérelt tároló:

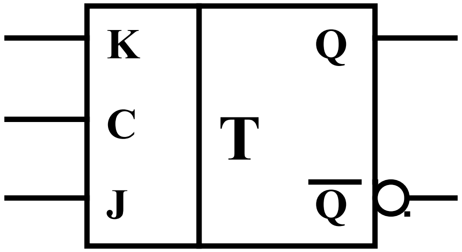


EGY ÉLLEL VEZÉRELT TÁROLÓK

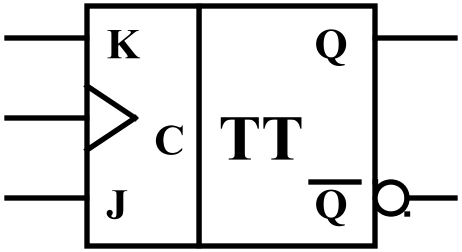




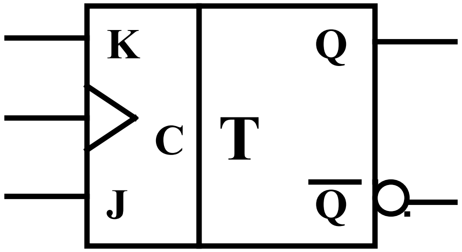




KAPUZOTT

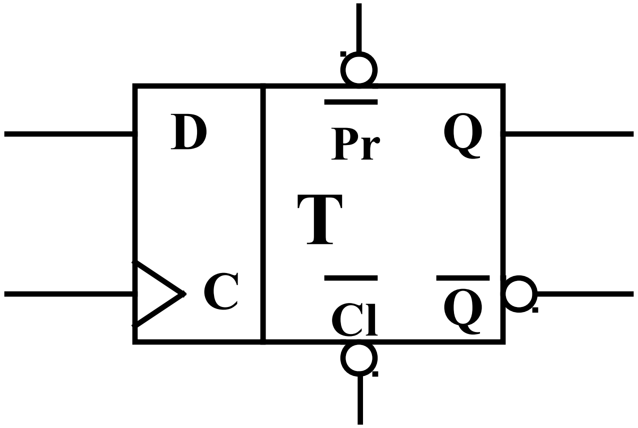


ÉLEKKEL VEZÉRELT



ÉLVEZÉRELT

VEGYES VEZÉRLÉSŰ TÁROLÓK

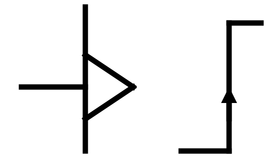


Élvezérelt „D” tároló

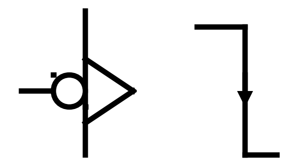
direkt beíró és

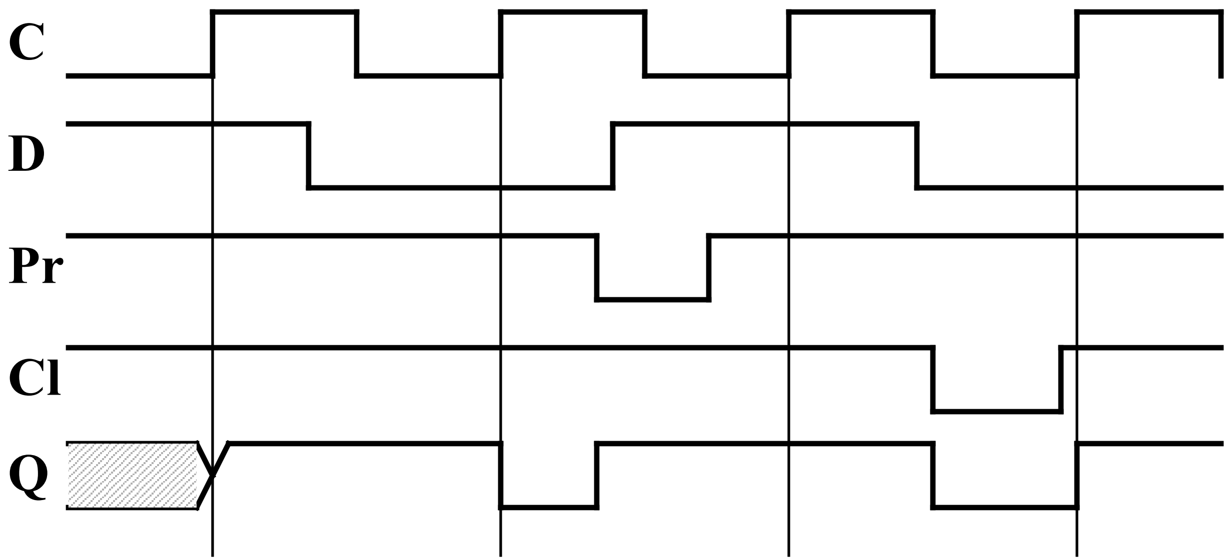
direkt törlő bemenettel

Felfutó élre érzékeny



Lefutó élre érzékeny





14. ELŐADÁS

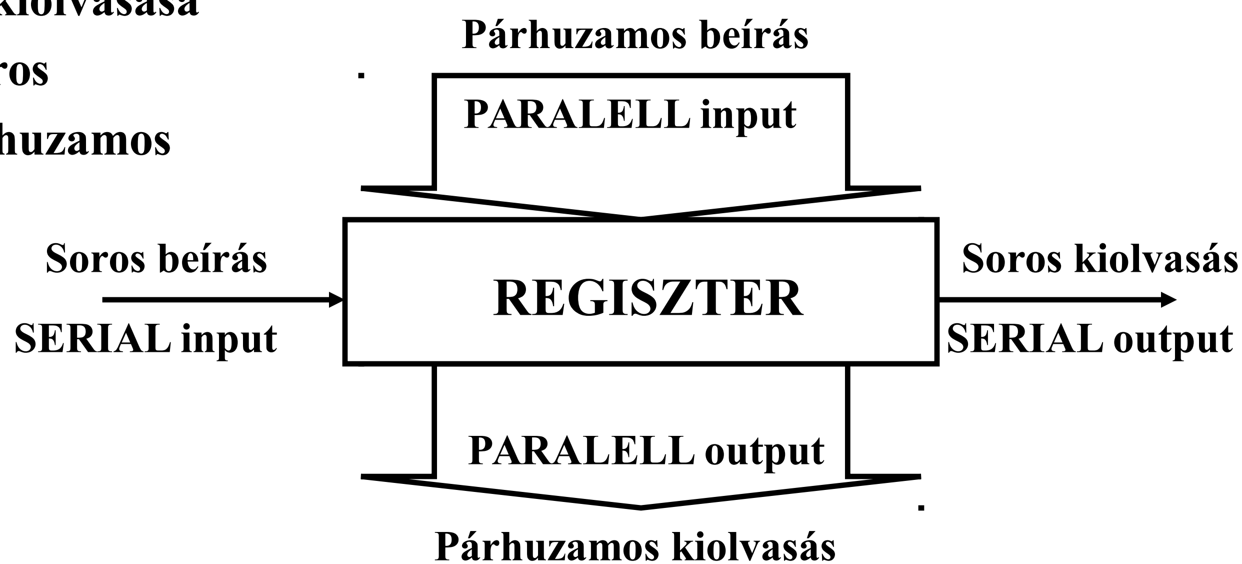
REGISZTEREK

- ***REGISZTEREK OSTÁLYOZÁSA***
- ***PUFFER REGISZTER***
- ***SHIFT REGISZTEREK***
- ***REGISZTEREK FELHASZNÁLÁSA***
- ***GYŰRŰS SZÁMLÁLÓK***

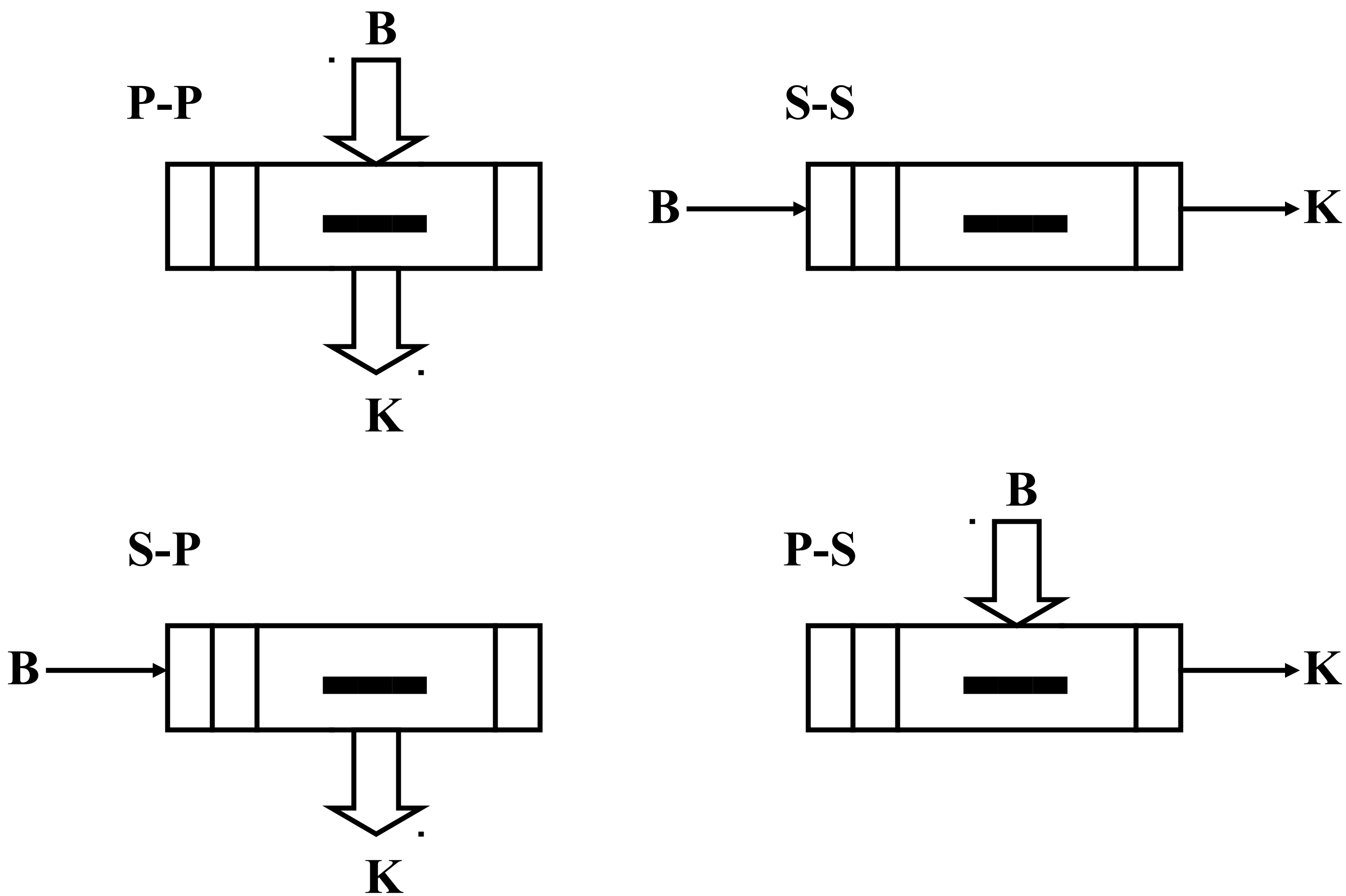
REGISZTEREK

A regiszterek tárolók hálózatából adott típusfeladatra kialakított funkcionális egységek.

- **Működési funkciói:**
  - **adatok beírása**
    - ♦ **soros**
    - ♦ **párhuzamos**
  - **adatok tárolása**
  - **adatok kiolvasása**
    - ♦ **soros**
    - ♦ **párhuzamos**

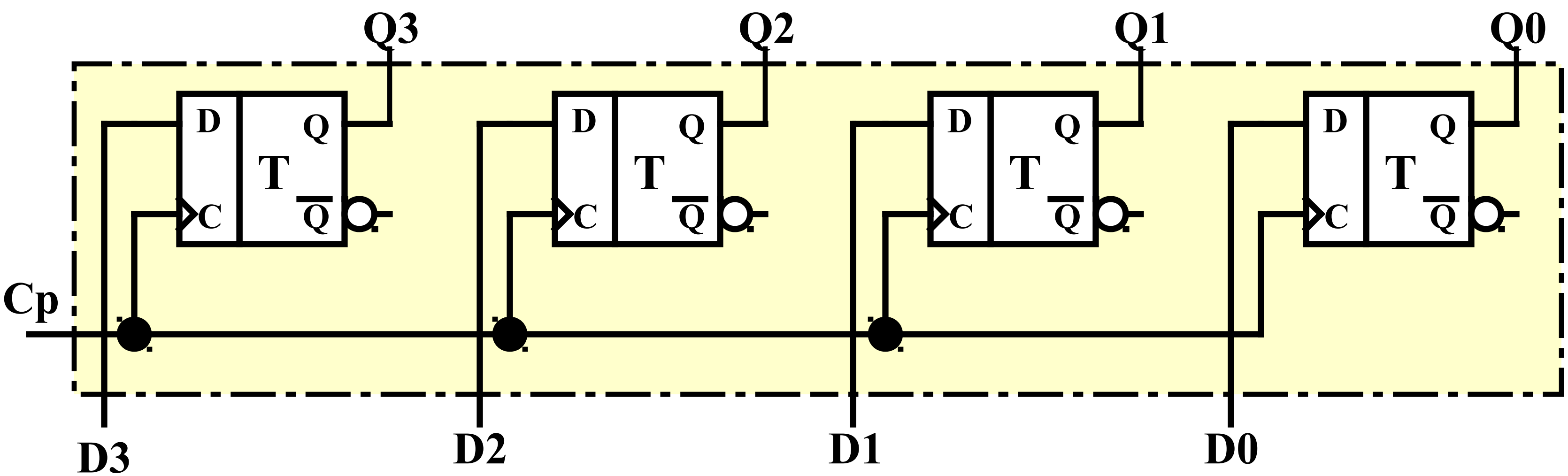


REGISZTEREK ALAPTÍPUSAI



P-P REGISZTEREK

A párhuzamos beírású és kiolvasású regisztereket átmeneti tárolóknak vagy más néven puffer regisztereknek nevezzük.



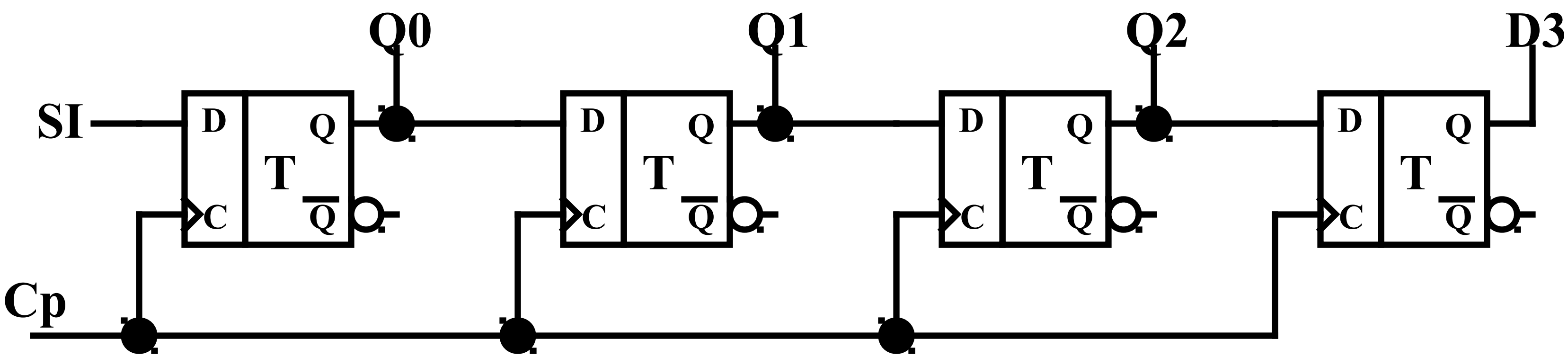
A tárolók lehetnek kapuzottak vagy élvezéreltek

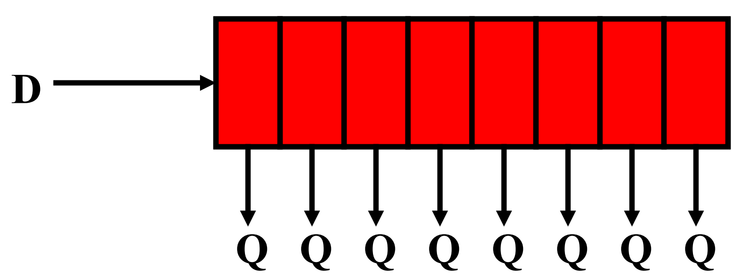
Kapuzott D tárolókból felépített regisztert LATCH-nek nevezzük

SHIFT REGISZTEREK

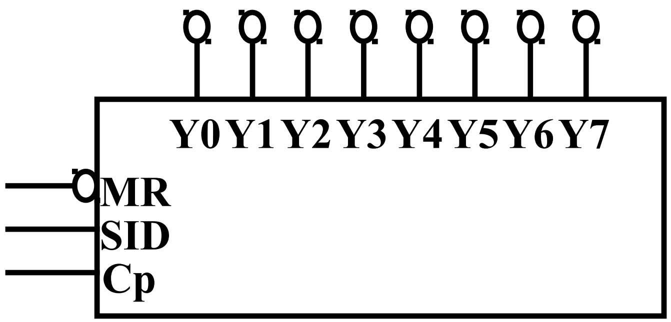
Azokat a regisztereket, amelyeknek van soros be- és/vagy kimenete <u>léptető</u>- vagy <u>shift regiszterek</u>nek nevezzük.

S-P regiszterek

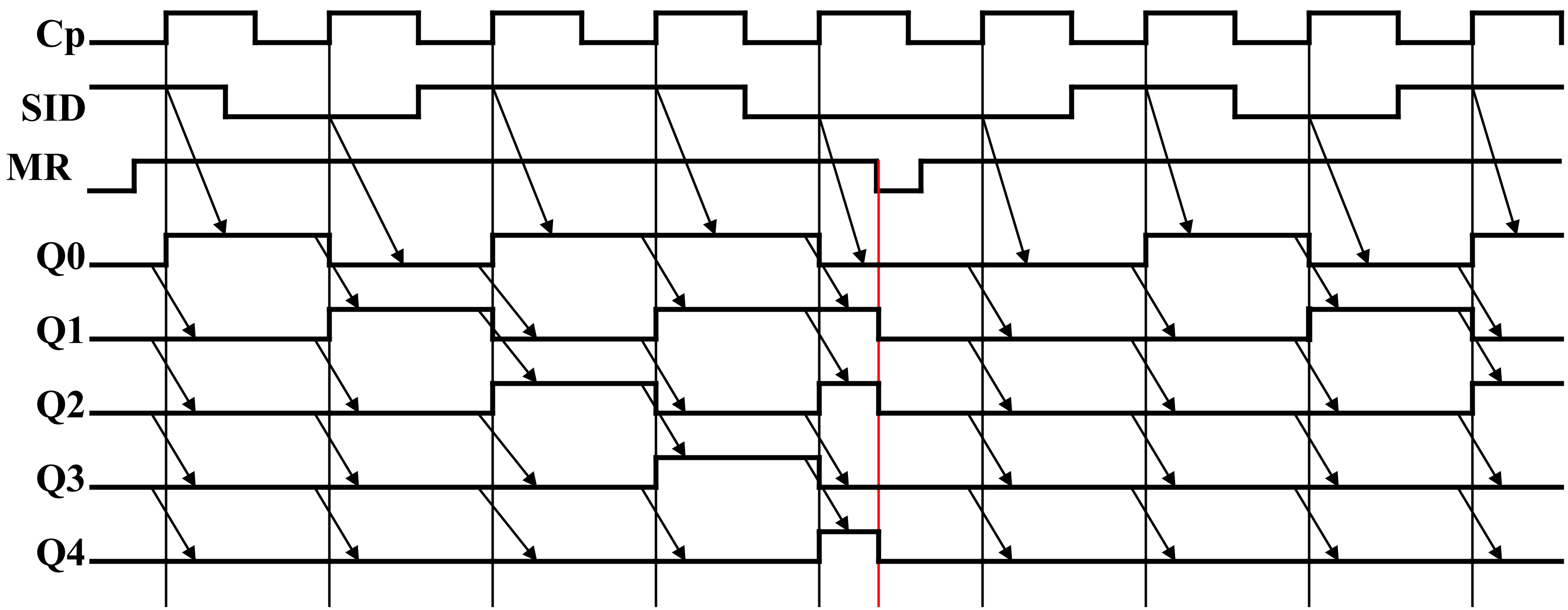




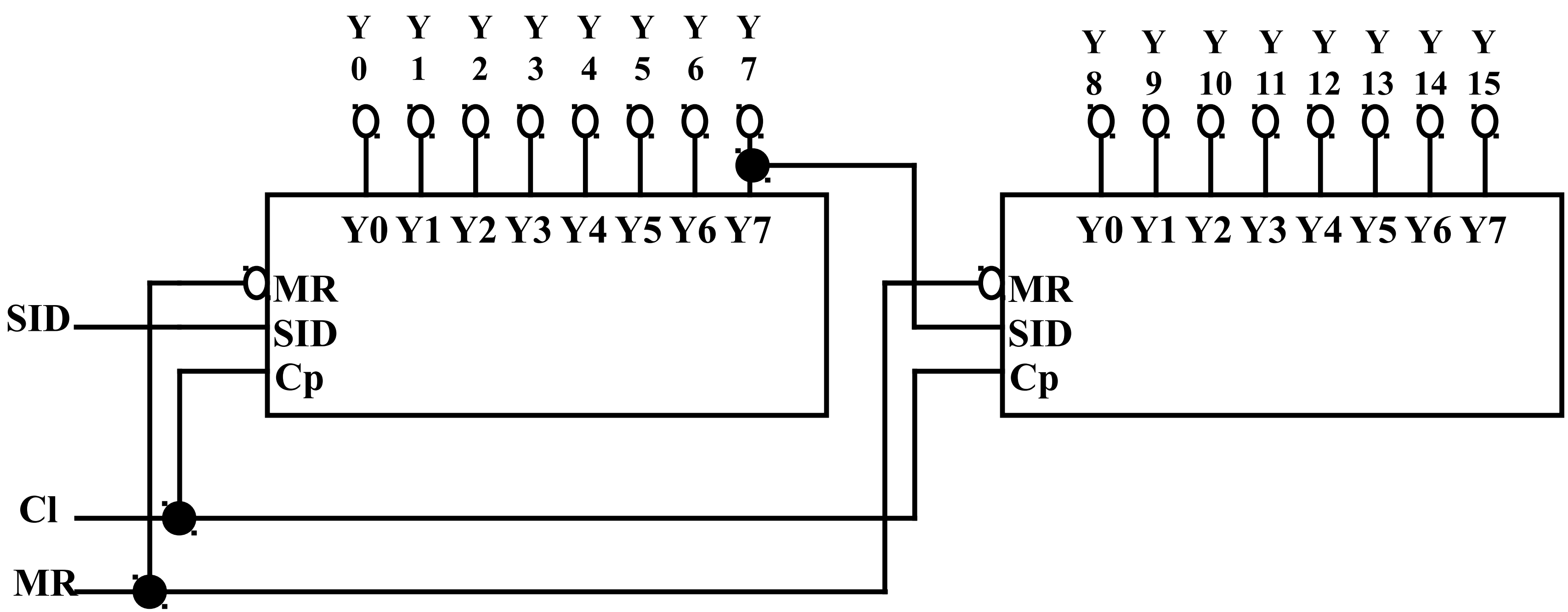
8 BITES S-P SHIFT REGISZTER



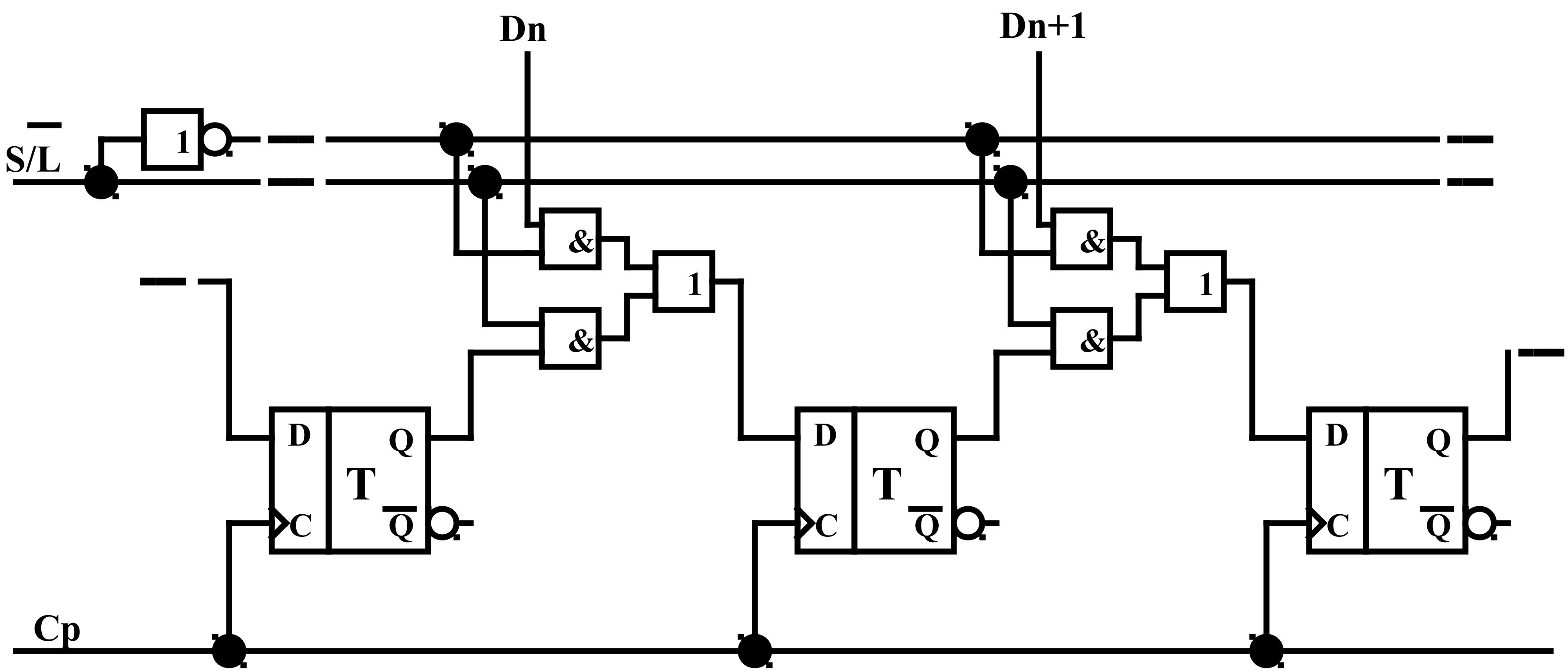
Cp	**Clock pulzus**	**órajel bemenet**
SID	**Serial input data**	**soros adatbemenet**
Y0-Y7	**Paralell output**	**párhuzamos kimenetek**
MR	**Master reset**	**törlő bemenet**



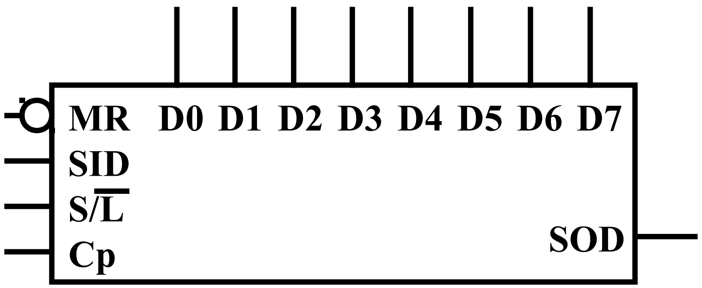
S-P SHIFT REGISZTEREK BŐVÍTÉSE



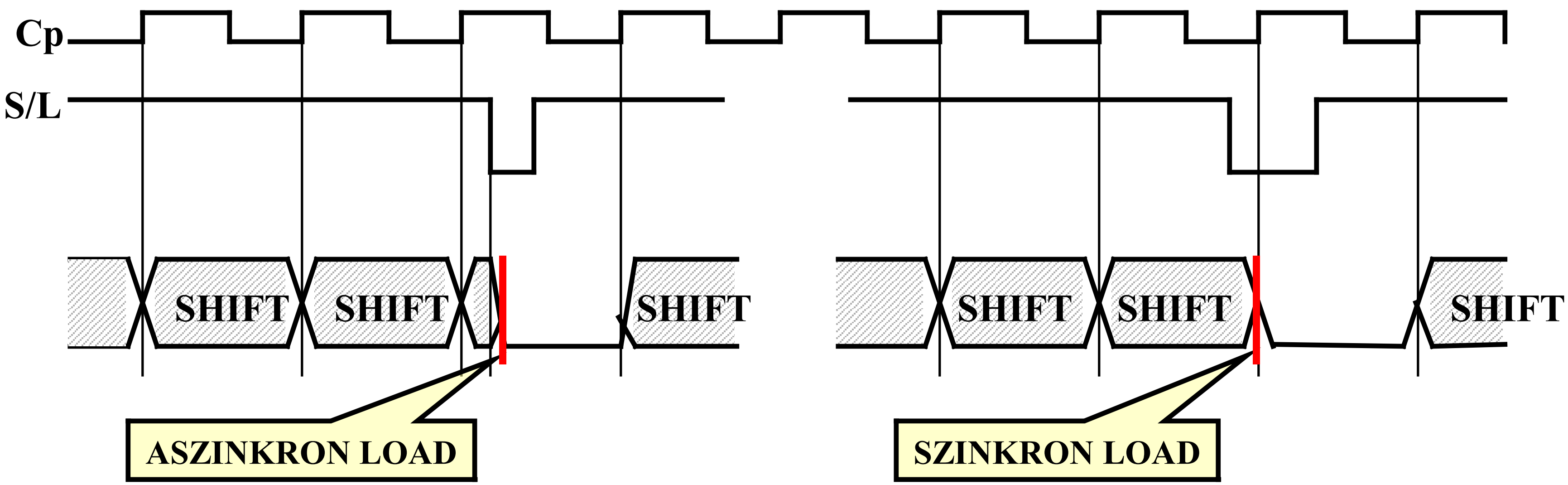
P-S SHIFT REGISZTEREK



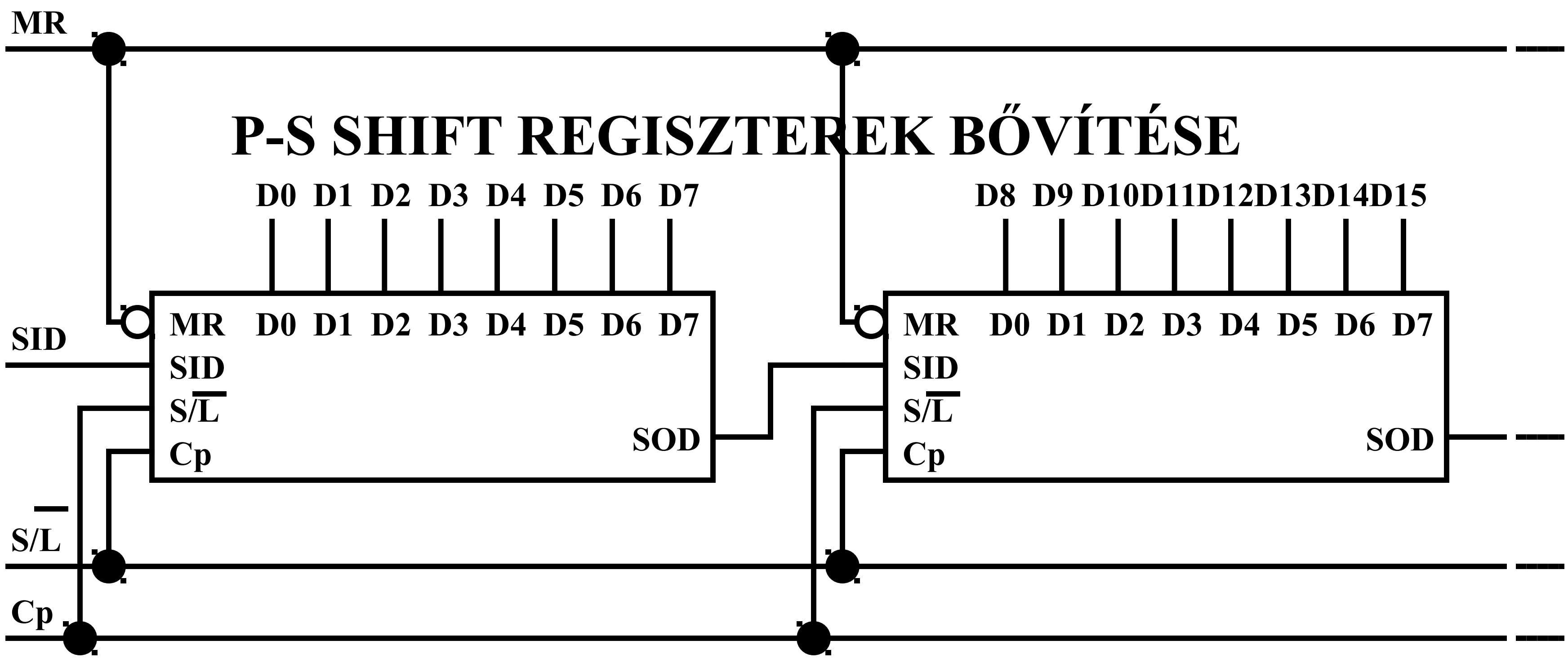
8 BITES P-S SHIFT REGISZTEREK



Cp	Clock pulzus	órajel bemenet
SID	Serial input data	soros adatbemenet
SOD	Serial out data	soroa adatkimenet
S/L	Shift/Load	léptetés/beírás választó
D0-D7	Paralell input	párhuzamos bemenetek
MR	Master reset	törlő bemenet



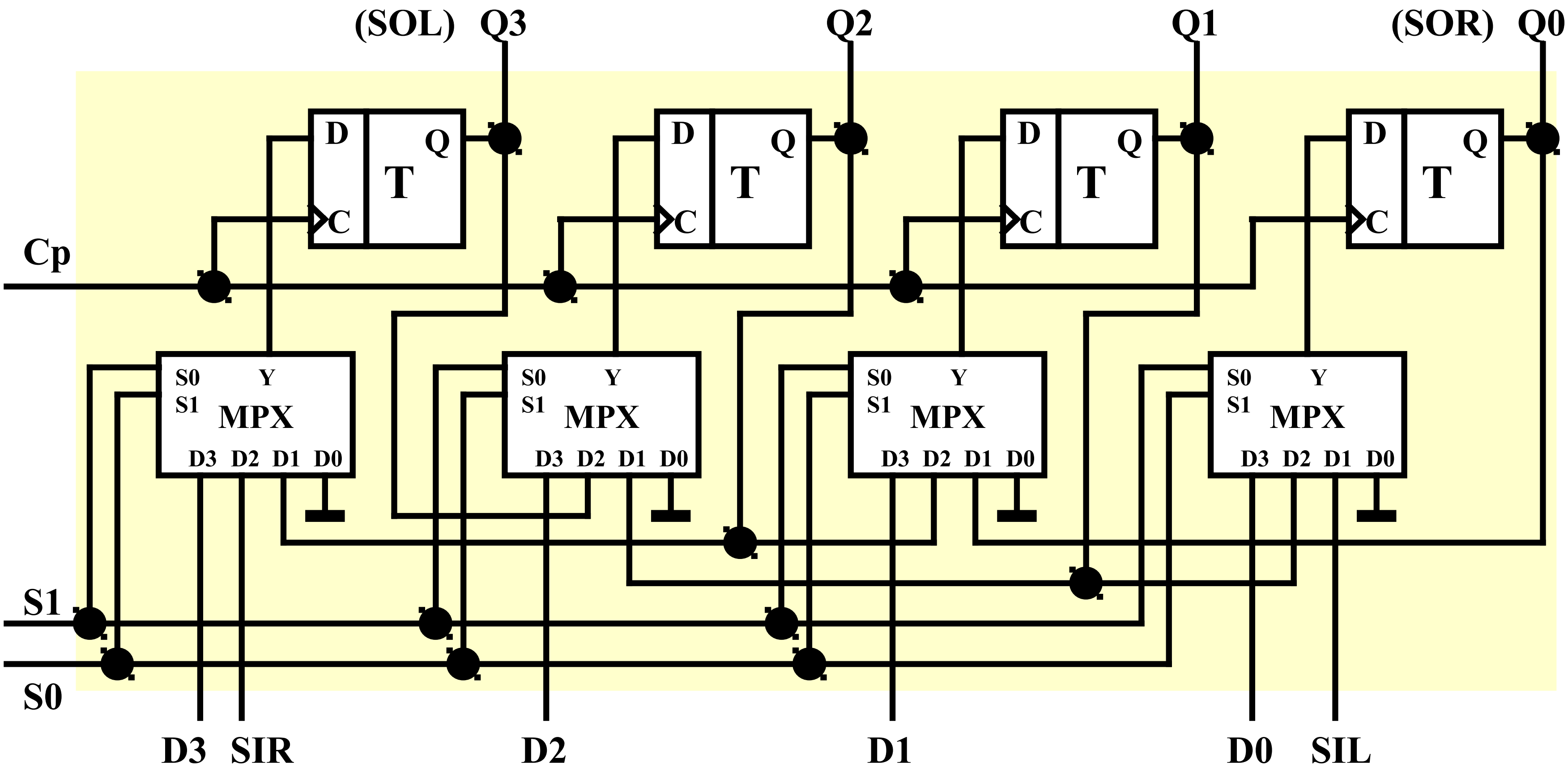
P-S SHIFT REGISZTEREK BŐVÍTÉSE



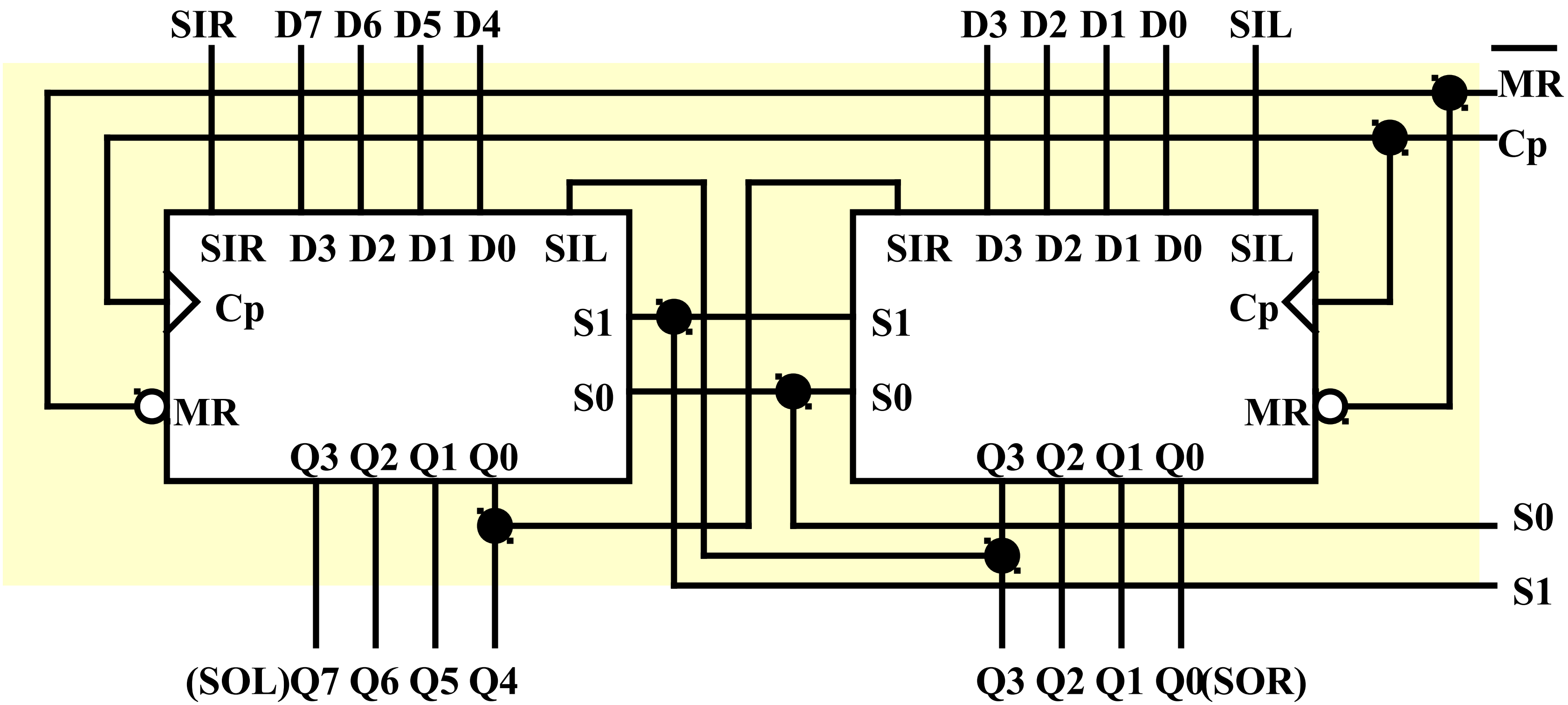
UNIVERZÁLIS SHIFT REGISZTEREK

Azokat a regisztereket, amelyek képesek az adatok soros és párhuzamos fogadására, párhuzamos megjelenítésére, két irányban az adatok léptetésére és az adatok törlésére <u>univerzális shift regiszterek</u>nek nevezzük.

S1	S2	Üzemmód
0	0	szinkron törlés
0	1	léptetés balra
1	0	léptetés jobbra
1	1	párhuzamos beírás



UNIVERZÁLIS SHIFT REGISZTEREK BŐVÍTÉSE



- ***PUFFER REGISZTEREK***

  ADATOK ÁTMENETI TÁROLÁSA

REGISZTEREK FELHASZNÁLÁSA

- ***SHIFT REGISZTEREK***

  FORMÁTUM ÁTALAKÍTÁS

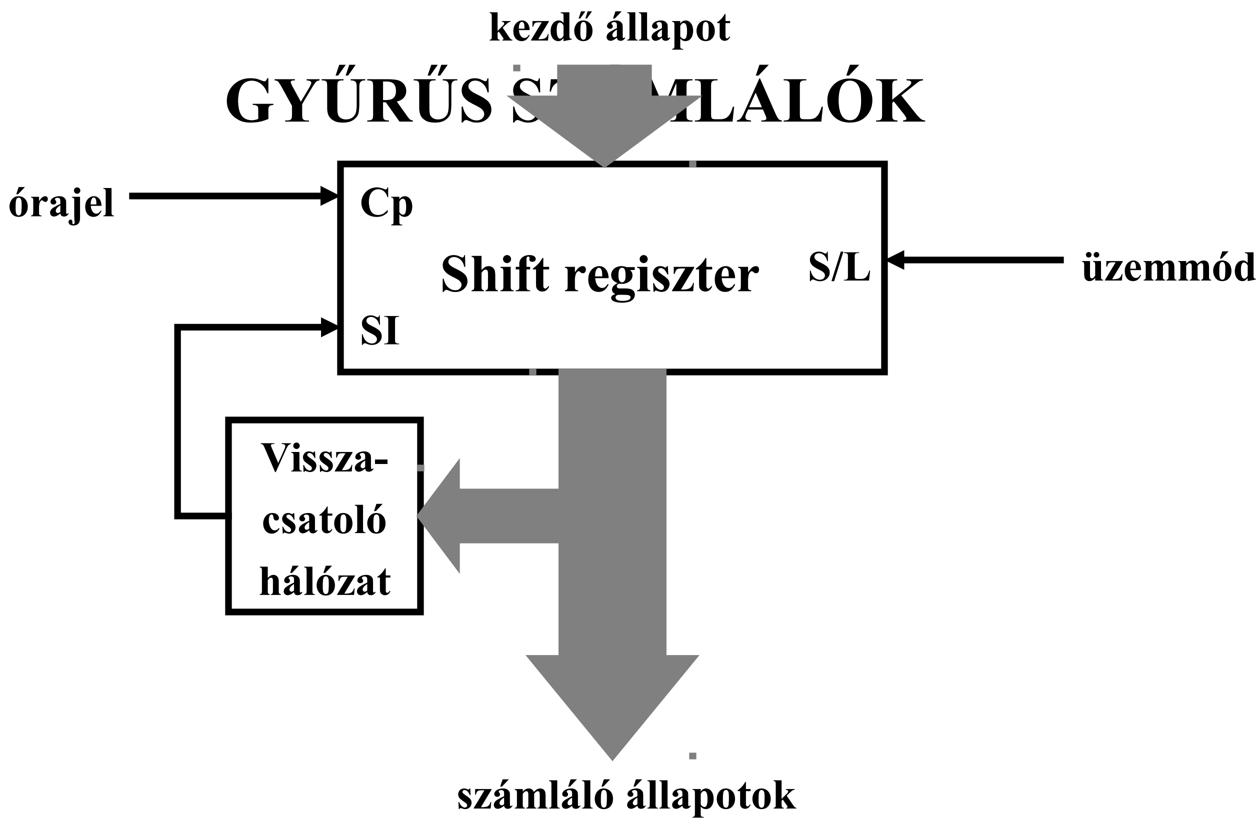
  - **S-P SOROS / PÁRHUZAMOS ÁTALAKÍTÁS**
  - **P-S PÁRHUZAMOS / SOROS ÁTALAKÍTÁS**

  GYŰRŰS SZÁMLÁLÓK

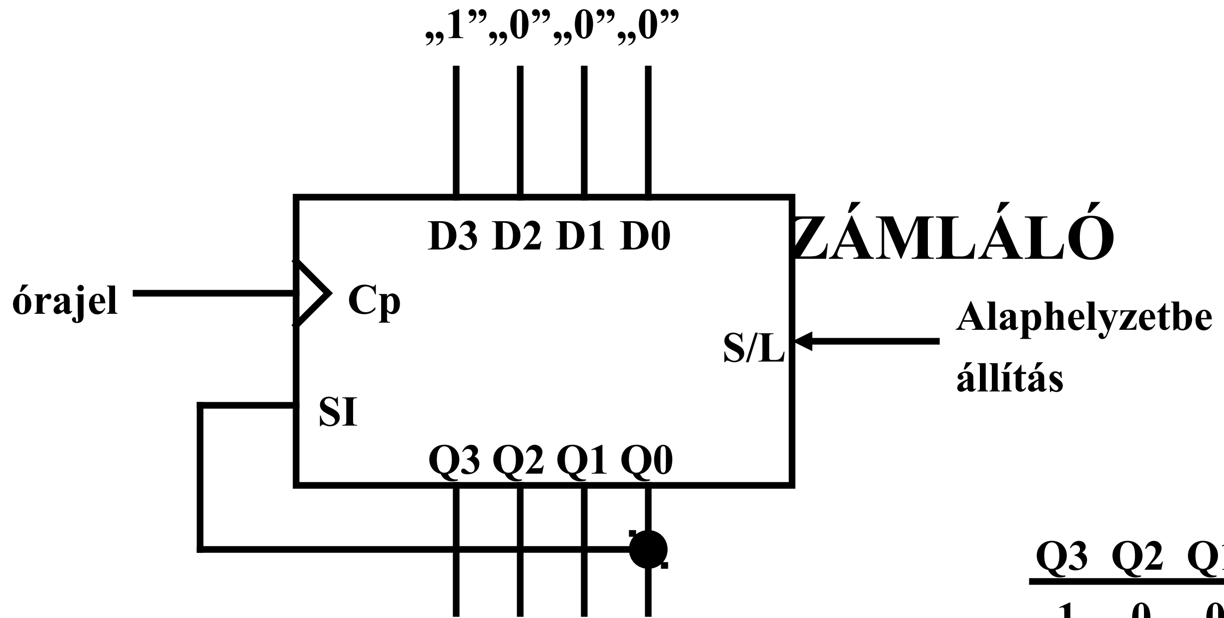
  - **N-BŐL 1 SZÁMLÁLÓ**
  - **JOHNSON SZÁMLÁLÓ**
  - **MAXIMÁLIS HOSSZÚSÁGÚ SZÁMLÁLÓ**

GYŰRŰS SZÁMLÁLÓK

A gyűrűs számlálók egyszerű visszacsatolással ellátott shift regiszterek.

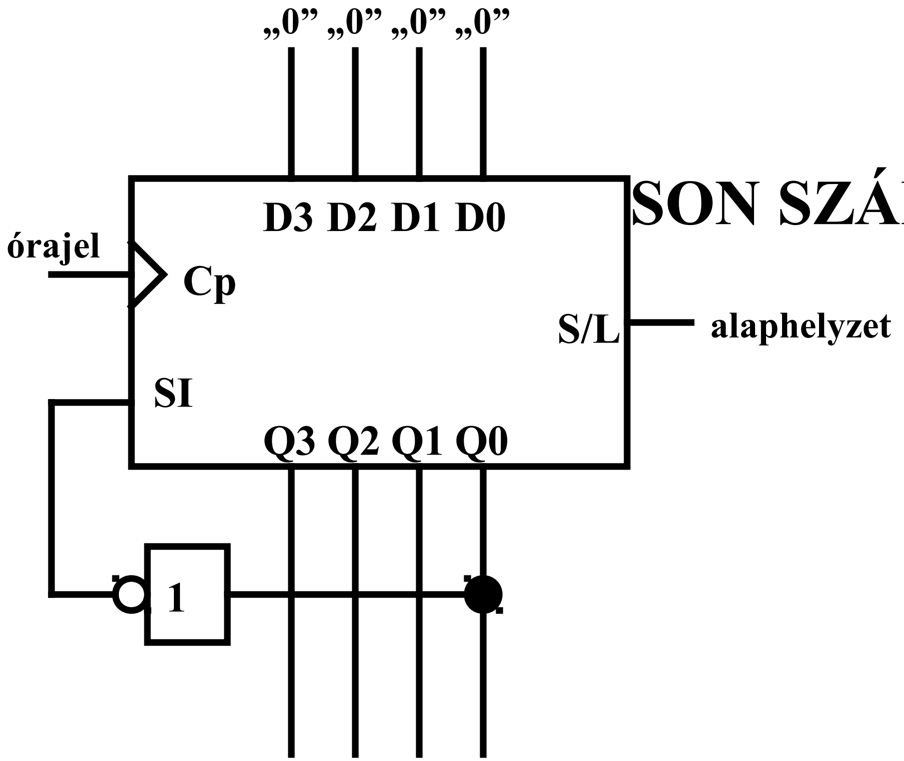


ZÁMLÁLÓ



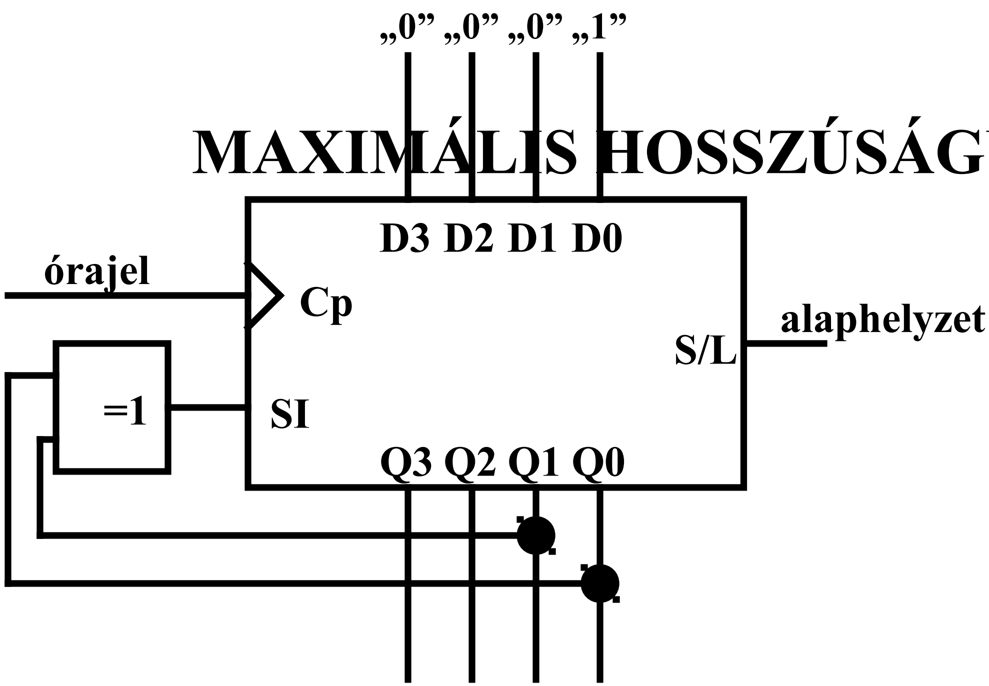
Q3	Q2	Q1	Q0	Órajel ciklus
1	0	0	0	alaphelyzet
0	1	0	0	1. órajel
0	0	1	0	2. órajel
0	0	0	1	3. órajel
1	0	0	0	4. órajel

SON SZÁMLÁLÓ



Q3	Q2	Q1	Q0	CIKLUS
0	0	0	0	alaphelyzet
1	0	0	0	1. órajel
1	1	0	0	2. órajel
1	1	1	0	3. órajel
1	1	1	1	4. órajel
0	1	1	1	5. órajel
0	0	1	1	6. órajel
0	0	0	1	7. órajel
0	0	0	0	8. órajel
1	0	0	0	9. órajel

MAXIMÁLIS HOSSZÚSÁGÚ SZÁMLÁLÓ



Q3	Q2	Q1	Q0	CIKLUS
0	0	0	1	alaphelyzet
1	0	0	0	1. órajel
0	1	0	0	2. órajel
0	0	1	0	3. órajel
1	0	0	1	4. órajel
1	1	0	0	5. órajel
0	1	1	0	6. órajel
1	0	1	1	7. órajel
0	1	0	1	8. órajel
1	0	1	0	9. órajel
1	1	0	1	10. órajel
1	1	1	0	11. órajel
1	1	1	1	12. órajel
0	1	1	1	13. órajel
0	0	1	1	14. órajel
0	0	0	1	15. órajel
1	0	0	0	16. órajel

15. ELŐADÁS

SZÁMLÁLÓK

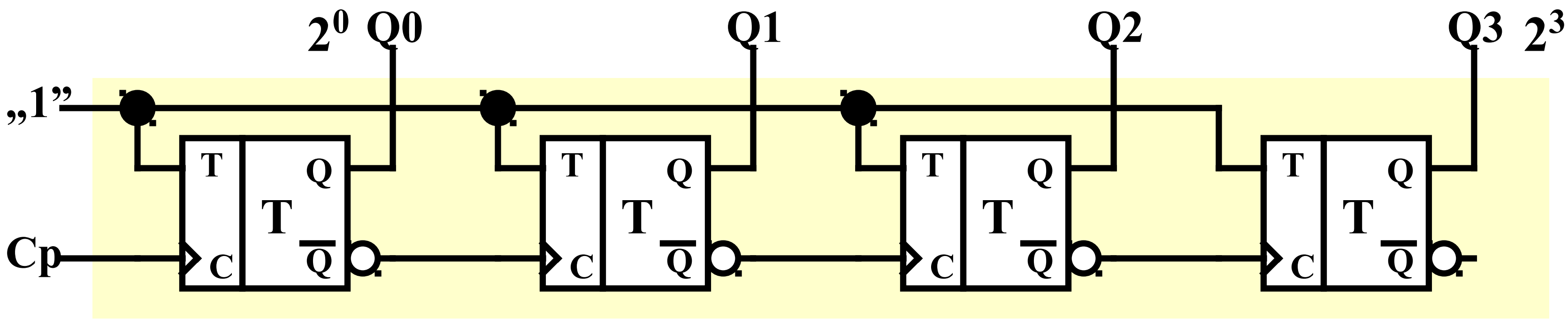
- ***ASZINKRON SZÁMLÁLÓK***
- ***SZINKRON SZÁMLÁLÓK***
- ***REVERZIBILIS SZÁMLÁLÓK***
- ***SZÁMLÁLÓK SZOLGÁLTATÁSAI (Cl; Ld)***
- ***CIKLUSRÖVIDÍTÉS***

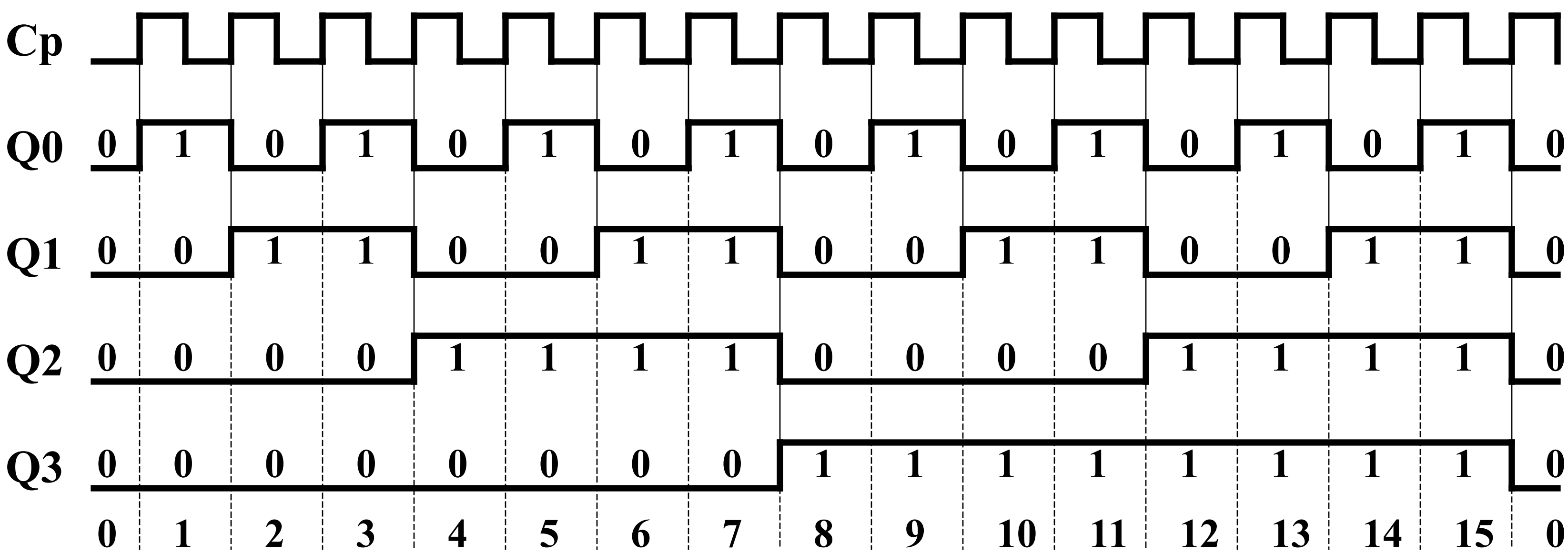
SZÁMLÁLÓK

A számlálók olyan szekvenciális áramkörök, amelyek a Cp bemenetükre érkező impulzusokat összeszámlálják, és az eredményt a Q kimeneteken jelenítik meg.

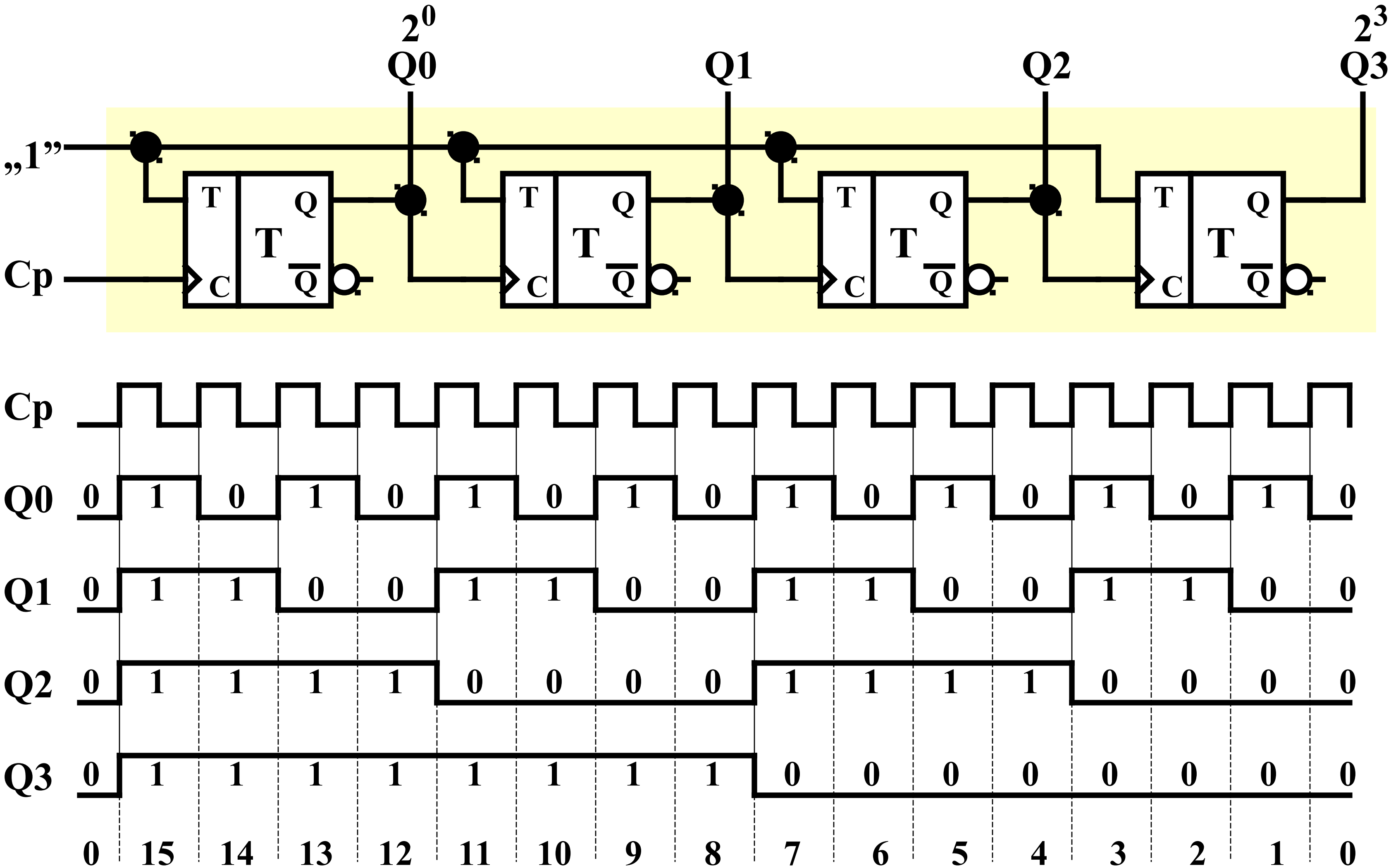
- ***Vezérlési mód szempontjából:***
  - **aszinkron**
  - **szinkron**
- ***Számlálás kódja szerint:***
  - **bináris**
  - **BCD**
- ***Számlálás iránya szerint:***
  - **előre számlálók**
  - **reverzibilis számlálók**
- ***Egyéb szolgáltatások:***
  - **szinkron/aszinkron törlés**
  - **szinkron aszinkron kezdőérték beállítás (programozhatóság)**

ASZINKRON SZÁMLÁLÓK

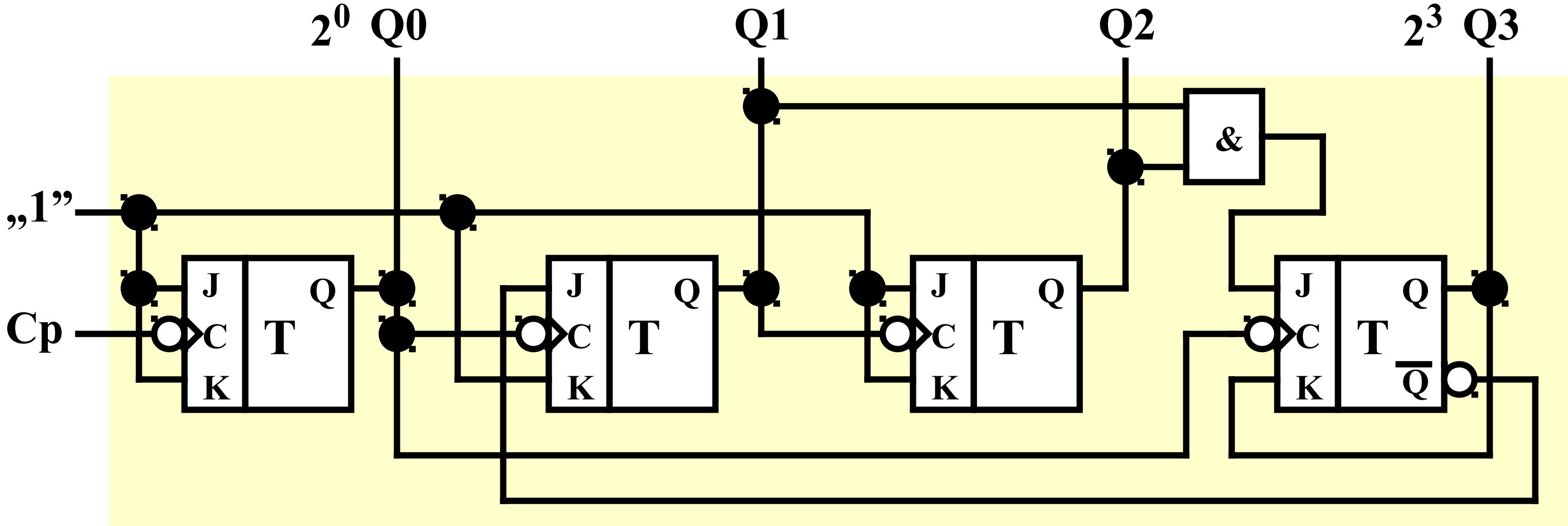


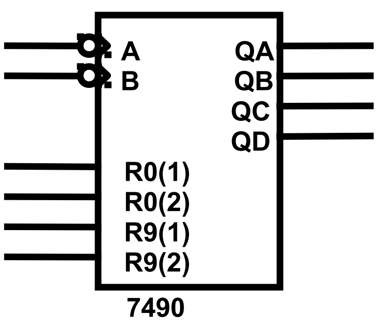


ASZINKRON HÁTRA SZÁMLÁLÓ



ASZINKRON DECIMÁLIS SZÁMLÁLÓK

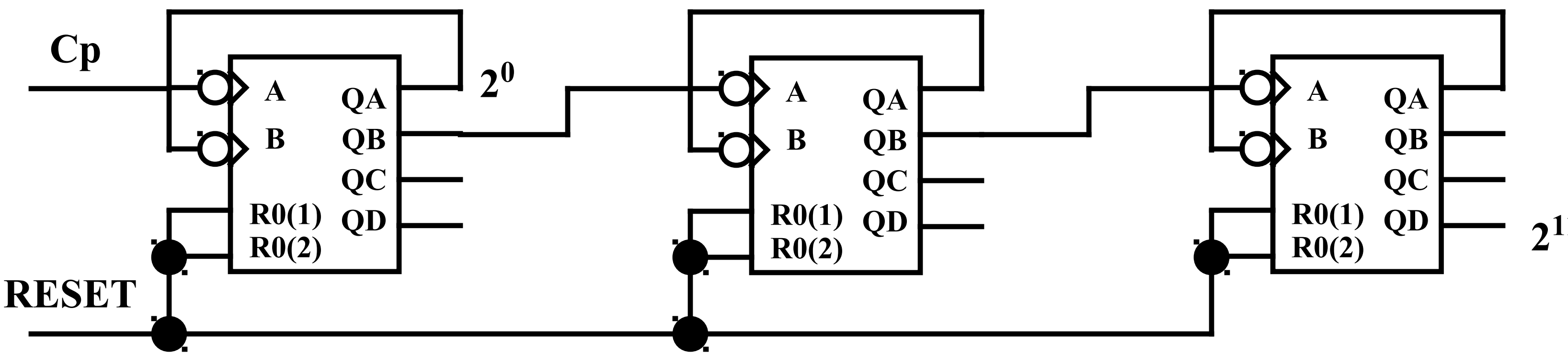




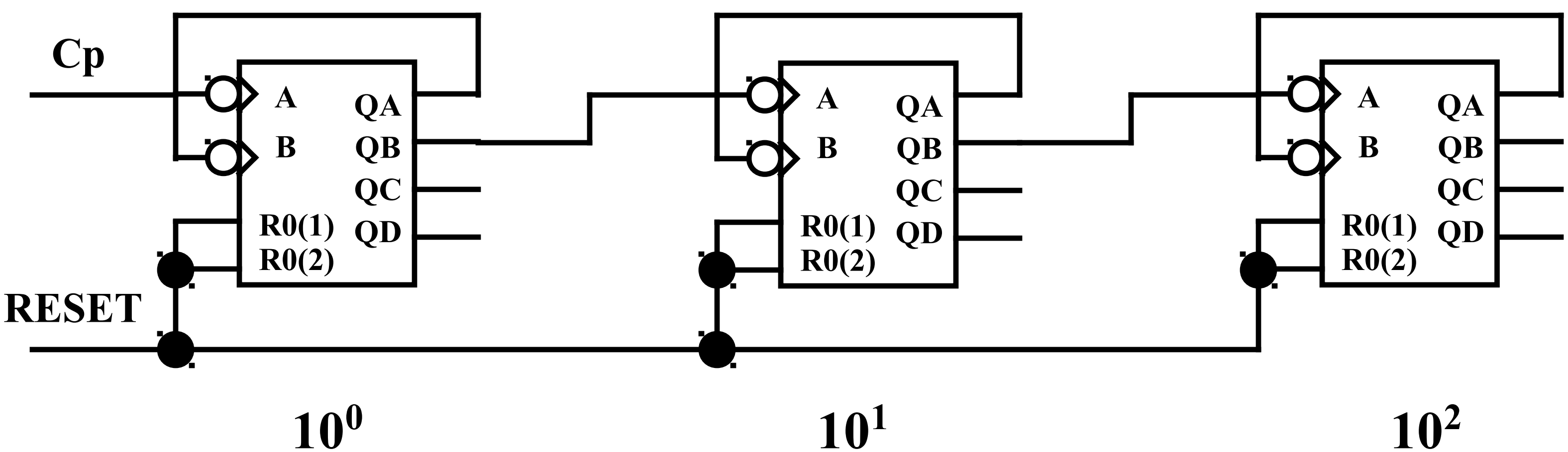
A	Cp A	Az A tároló órajel bemenete
B	Cp B	A B tároló órajel bemenete
QA-QD		Számláló kimenetek
R0(1-2)		Aszinkron törlő bemenetek
R9(1-2)		Végértéket (9) beíeó bemenet

ASZINKRON SZÁMLÁLÓK BŐVÍTÉSE

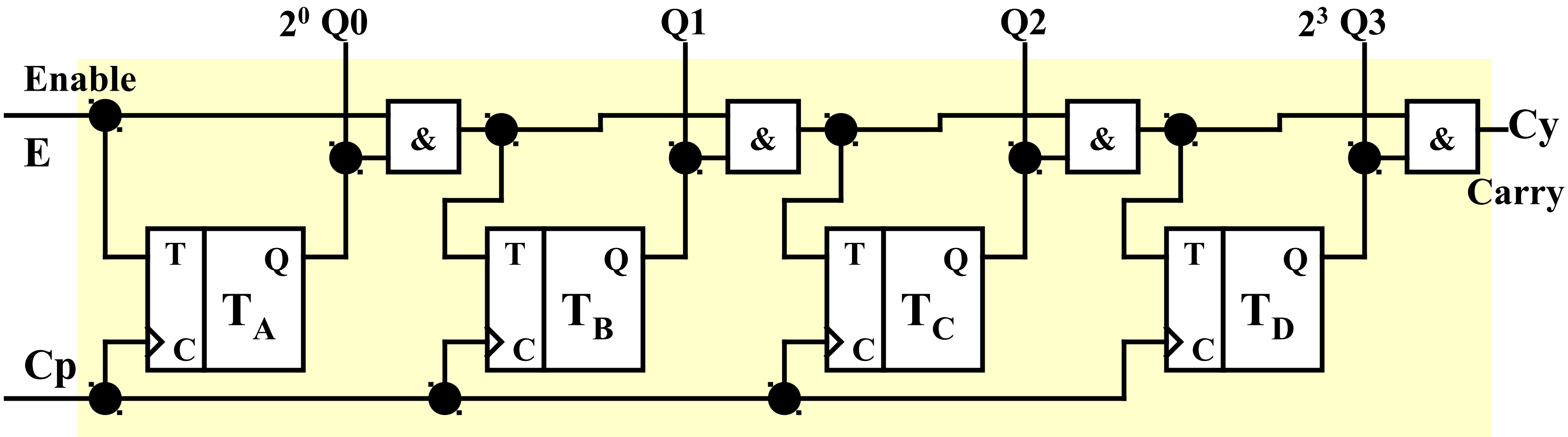
BINÁRIS

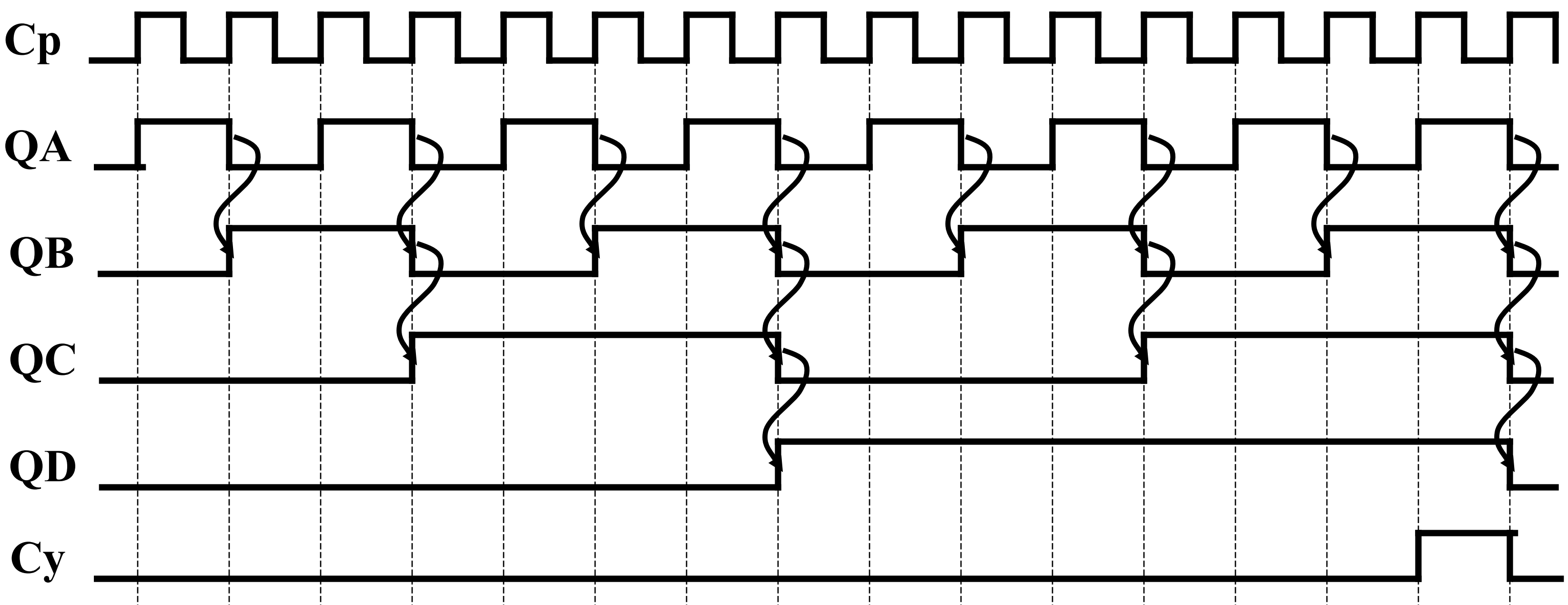


DECIMÁLIS

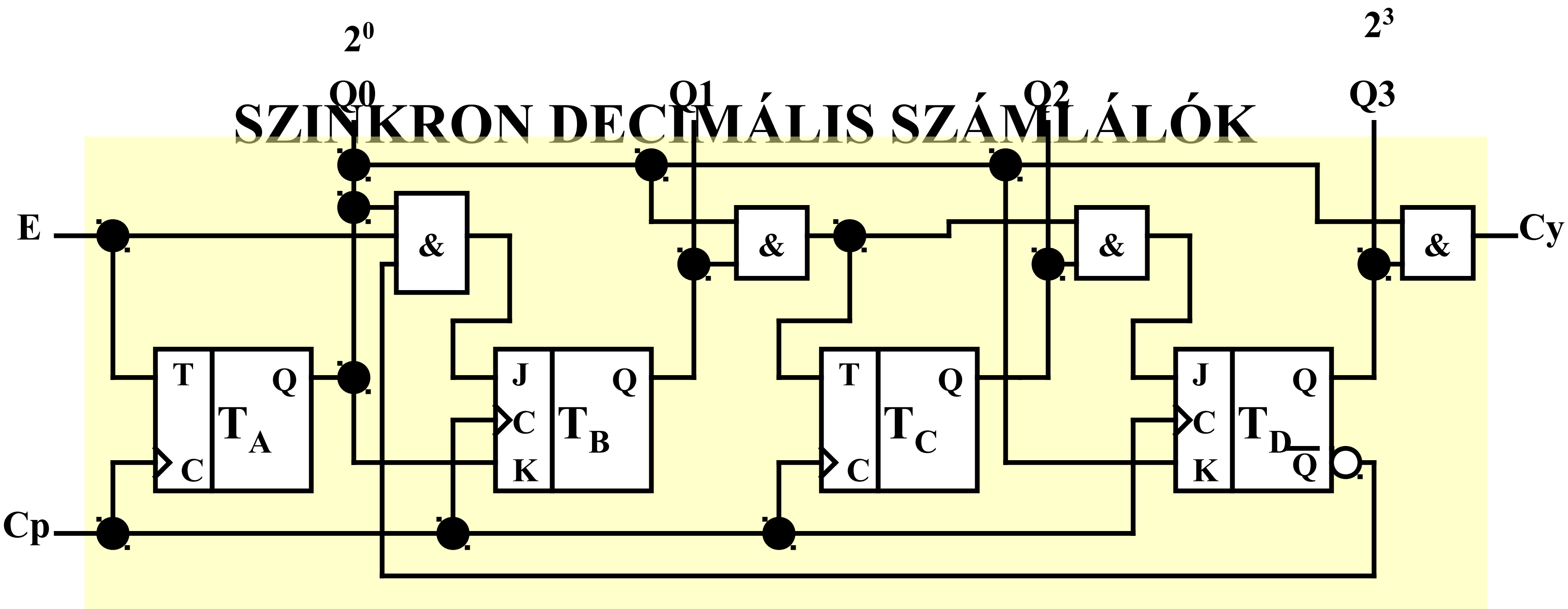


SZINKRON BINÁRIS SZÁMLÁLÓK

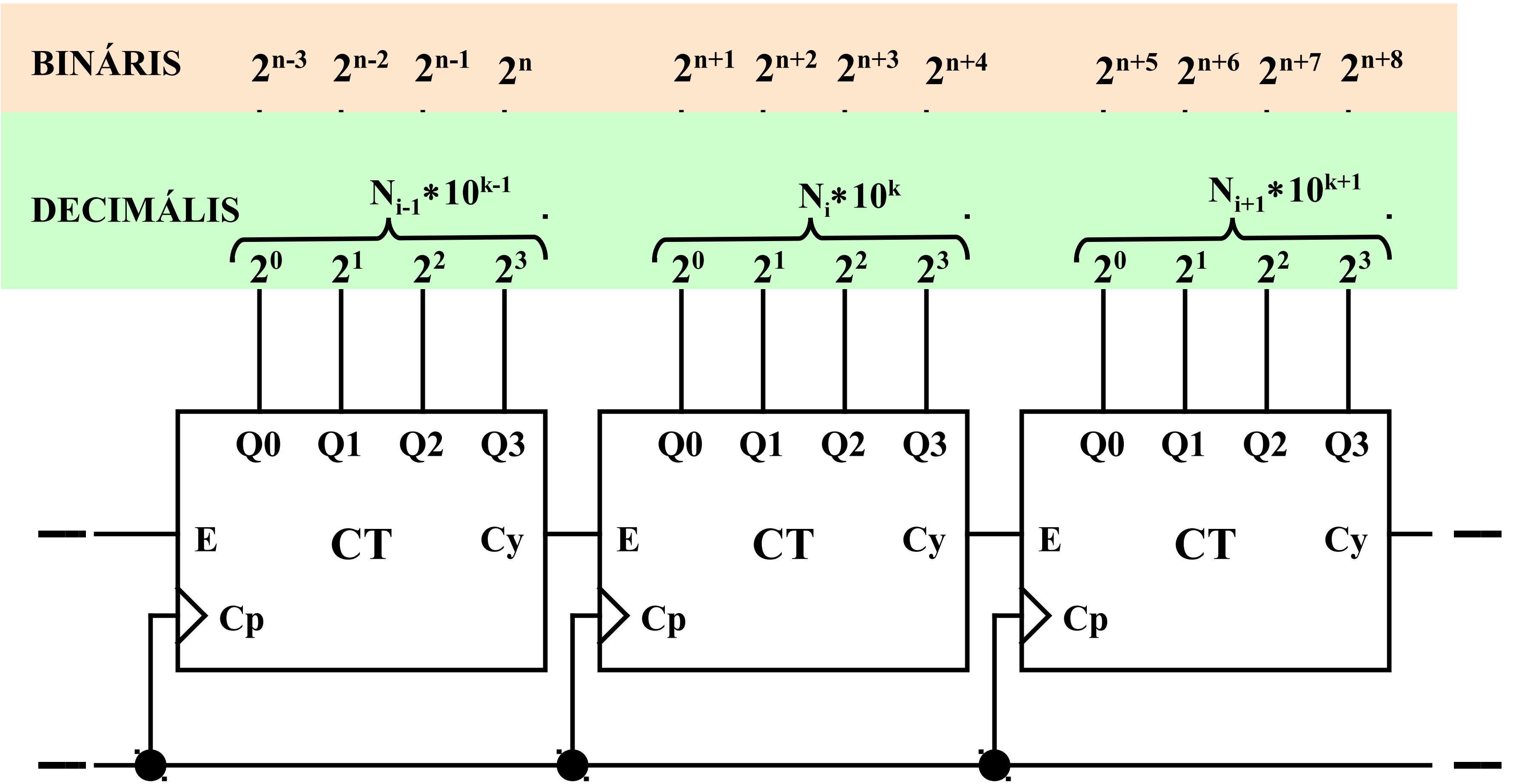




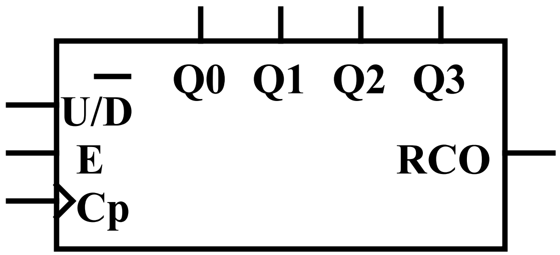
SZINKRON DECIMÁLIS SZÁMLÁLÓK



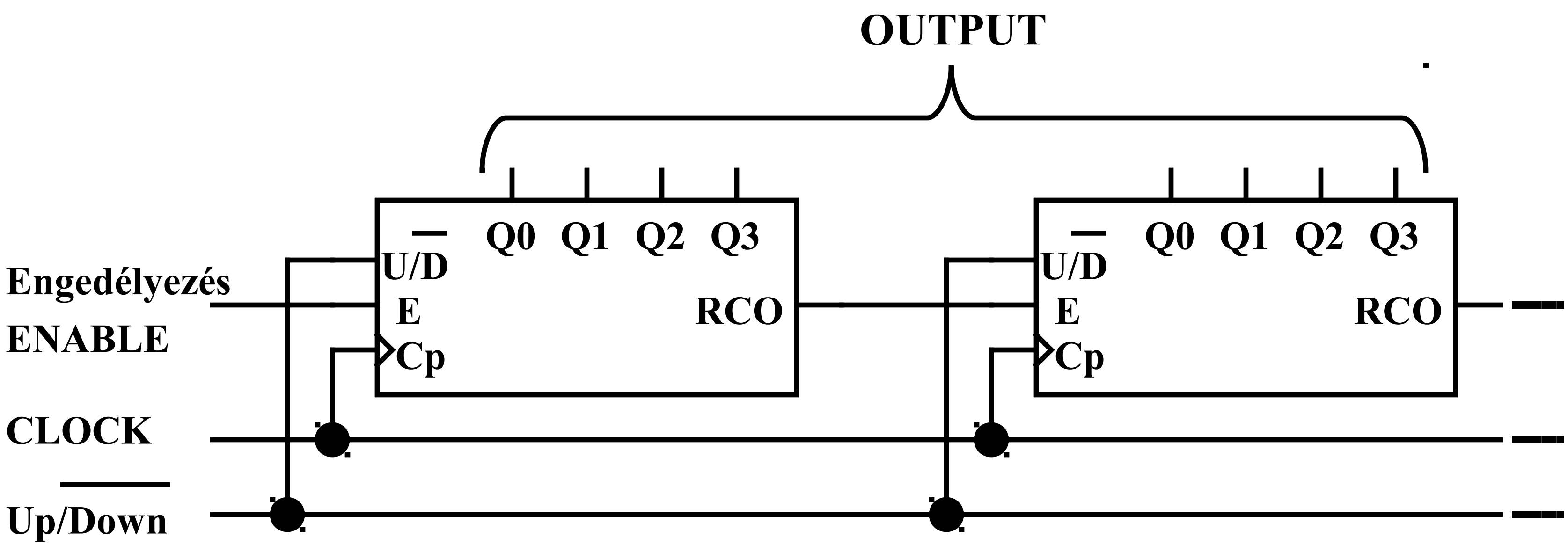
SZINKRON SZÁMLÁLÓK BŐVÍTÉSE



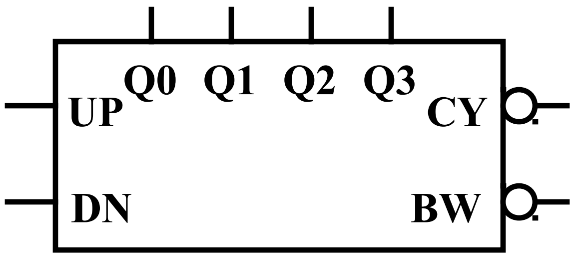
REVERZIBILIS SZÁMLÁLÓK



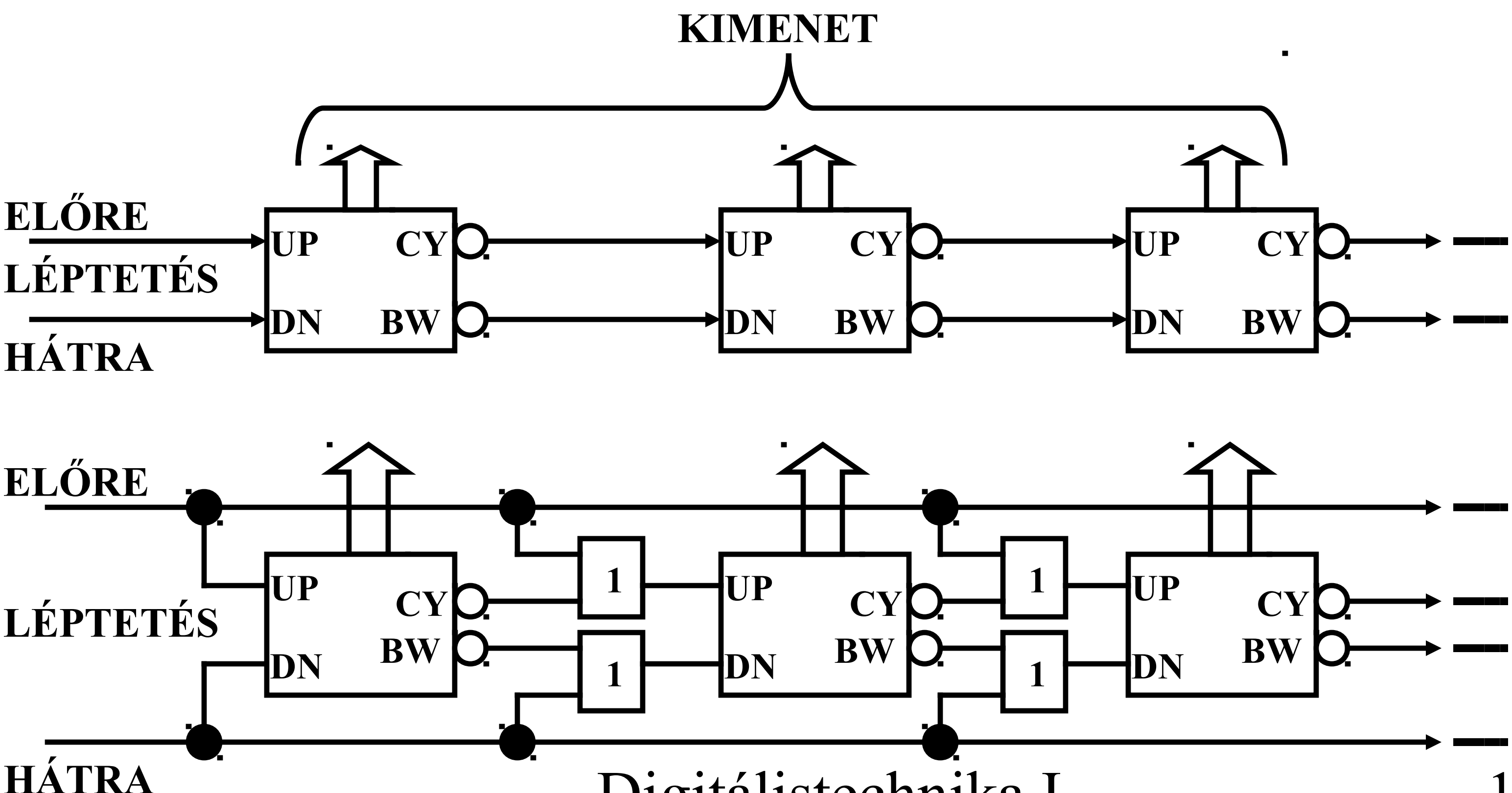
Cp	Clock pulzus	órajel
E	Enable	engedélyezés
RCO	Ripple Carry Outpuut	átvitel
U/D	Up/Down	számlálási írány
Q0-Q3		számláló kimenetek



REVERZIBILIS SZÁMLÁLÓK



UP	**Count Up**	**felfelé számláló bemenet**
DN	**Count Down**	**visszaszámláló bemenet**
CY	**Carry Out**	**túlcsordulás kimenet**
BW	**Borrow Out**	**alulcsordulás kimenet**
Q0-Q3		**számláló kimenetek**

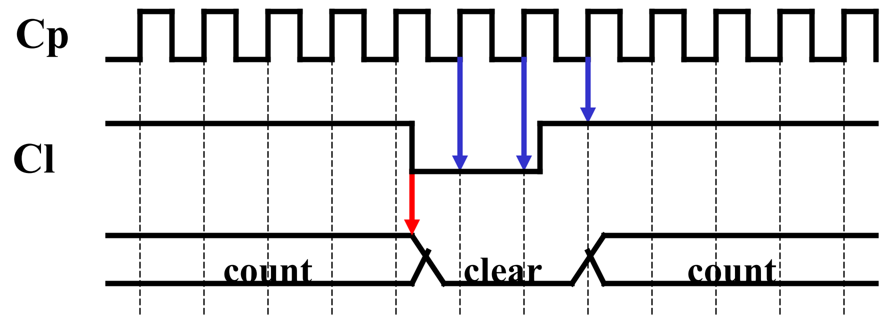


SZÁMLÁLÓK TOVÁBBI SZOLGÁLTATÁSAI

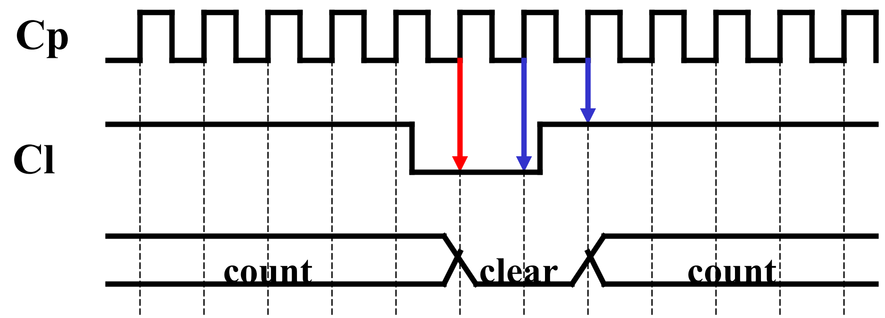
TÖRLÉS (0 beállítása) Cl, MR

– **aszinkron**

Cl	**Clear**
MR	**Master Reset**

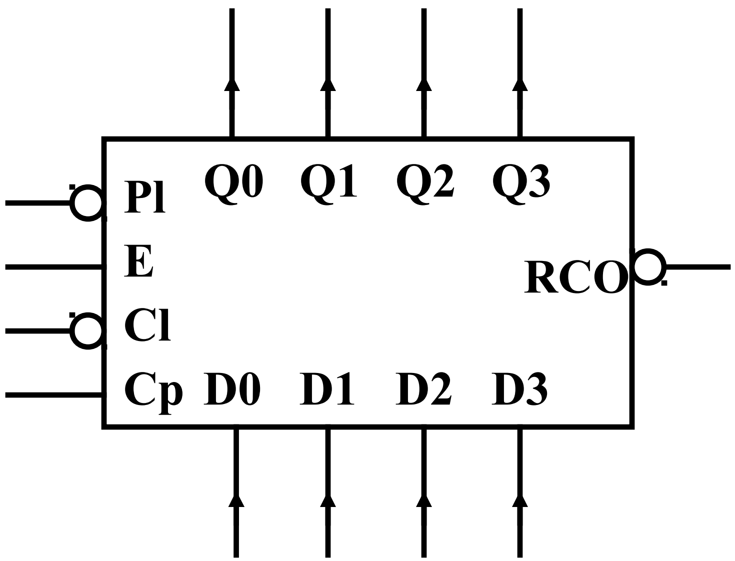


– **szinkron**

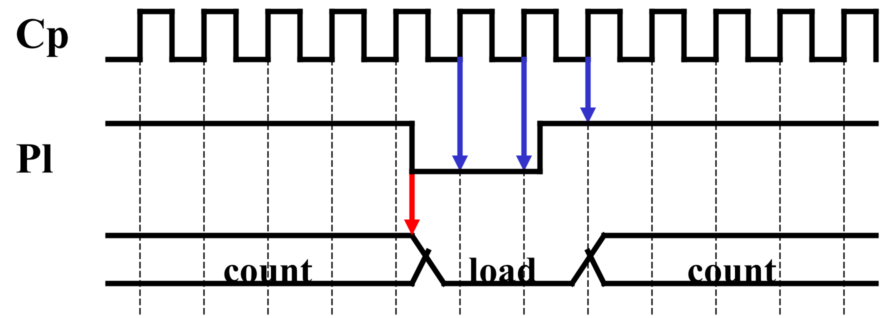


PROGRAMOZHATÓ SZÁMLÁLÓK

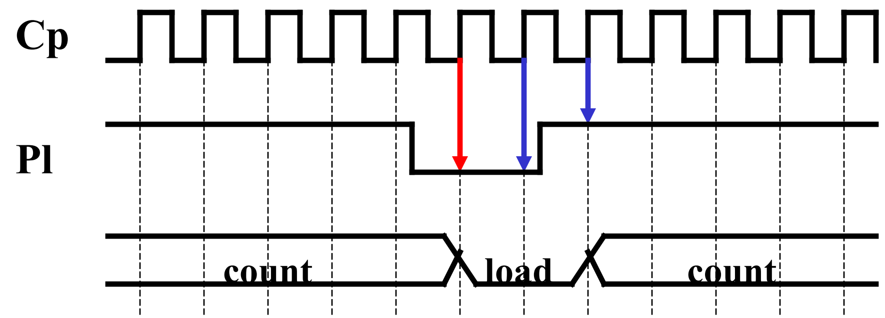
Párhuzamos beírás Pl; Ld (Paralell Load)



– **aszinkron**



– **szinkron**



SZÁMLÁLÓK CIKLUS RÖVIDÍTÉSE

4 bites számlálók ciklusai

BINÁRIS:

0→1 → 2 →3 →4 →5 →6 →7 →8 →9 →A →B →C →D →E →F

DECIMÁLIS:

0 →1 →2 →3 →4 →5 →6 →7 →8 →9

RÖVIDÍTETTCIKLUS:

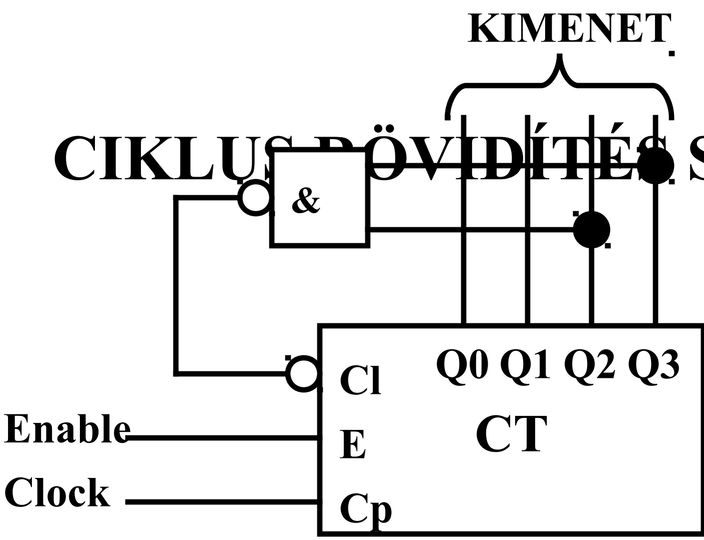
0→1 → 2 →3 →4 →5 →6 →7 →8 →9 →A →B →C

CILKUS RÖVIDÍTÉS:

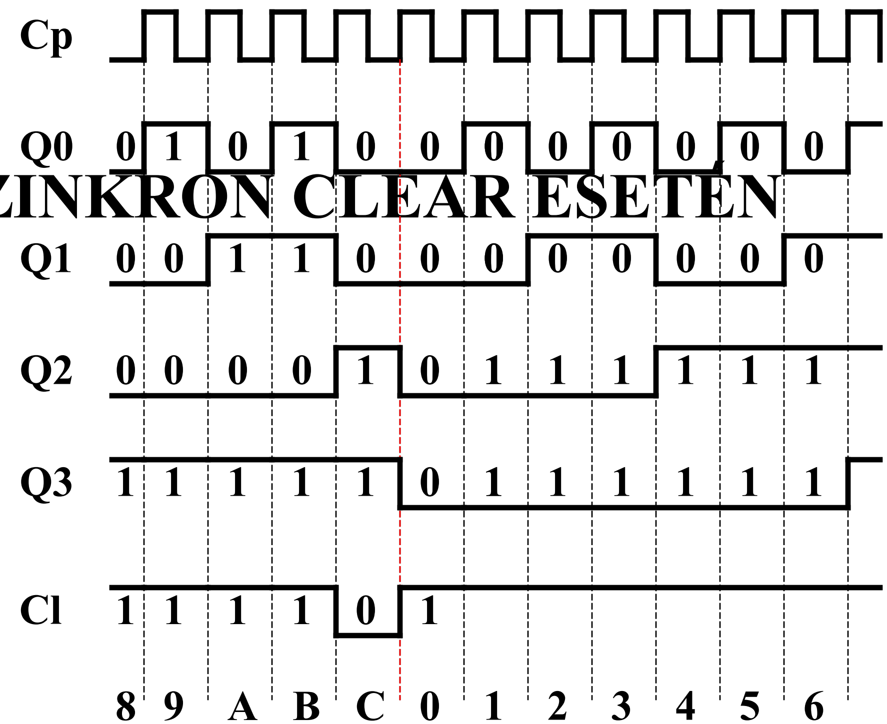
SZINKRON CLEAR ESTÉN

ASZINKRON CLEAR ESETÉN

CIKLUS RÖVIDÍTÉS SZINKRON CLEAR ESETÉN

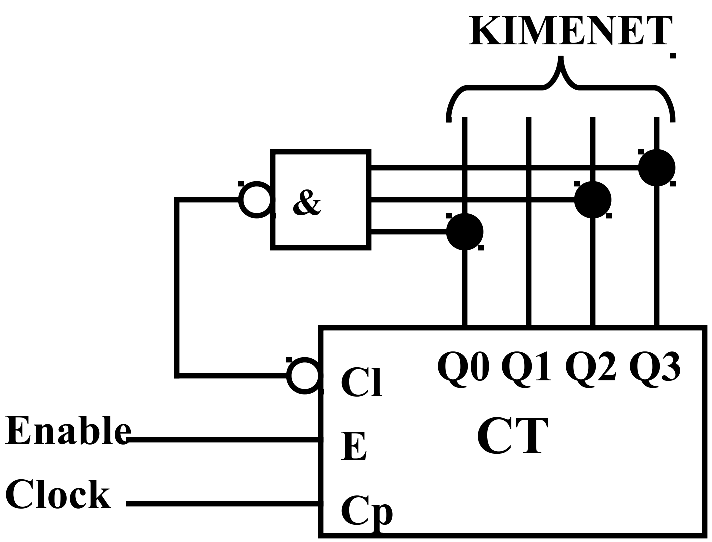


$Cl = \overline{Q3 * Q2}$

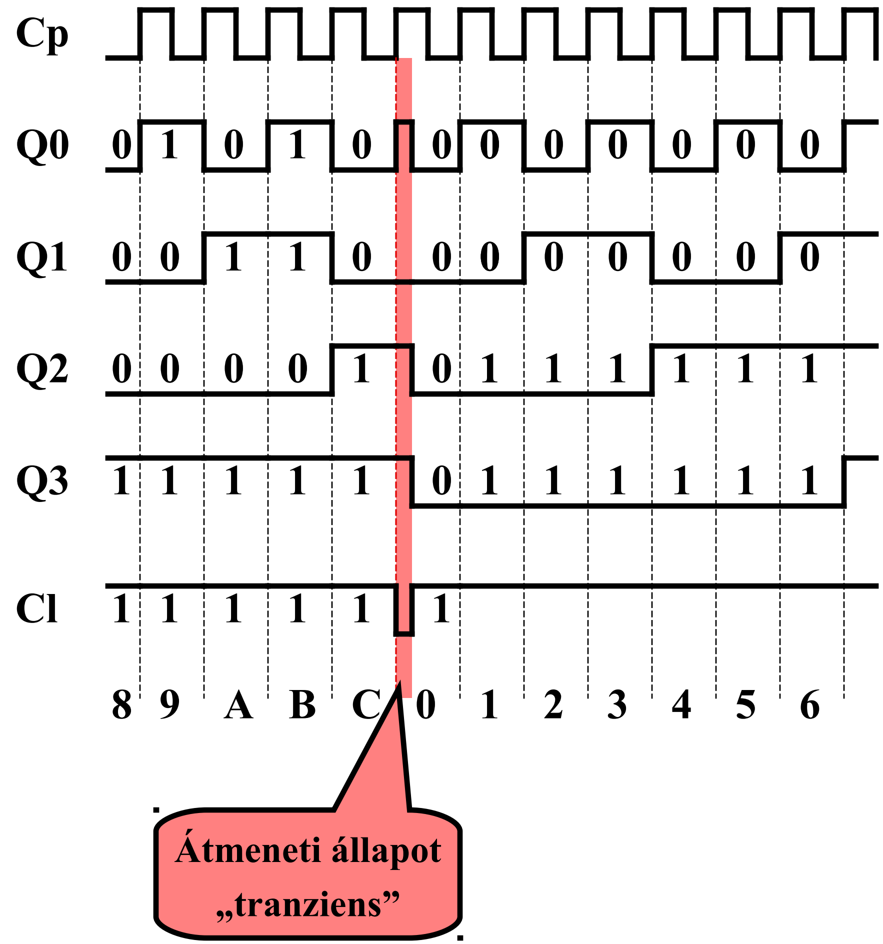


KIKAPUZANDÓ ÉRTÉK A SZÁMLÁLÁSI VÉGÉRTÉK!

CIKLUS RÖVIDÍTÉS ASZINKRON CLEAR ESETÉN



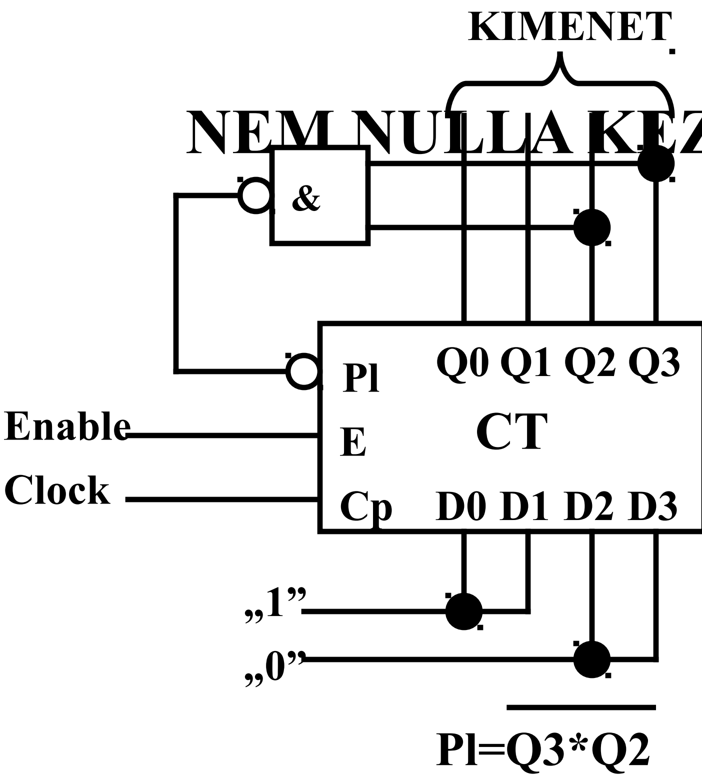
$Cl=\overline{Q3*Q2}$

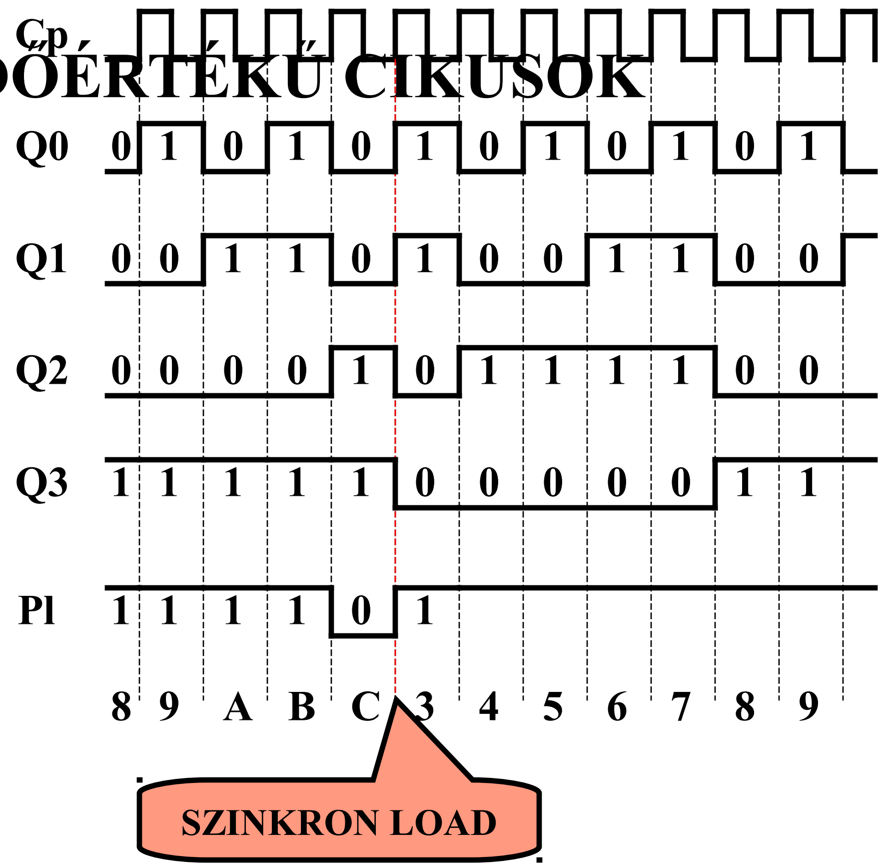


KIKAPUZANDÓ ÉRTÉK:
SZÁMLÁLÁSI VÉGÉRTÉK+1!

NEM NULLA KEZDŐÉRTÉKŰ CIKUSOK

3 →4 →5 →6 →7 →8 →9 →A →B →C





KIKAPUZANDÓ ÉRTÉK:

SZÁMLÁLÁSI VÉGÉRTÉK!

CIKLUS RÖVIDÍTÉS ASZINKRON LOAD FELHASZNÁLÁSÁVAL

$3 \rightarrow 4 \rightarrow 5 \rightarrow 6 \rightarrow 7 \rightarrow 8 \rightarrow 9 \rightarrow A \rightarrow B \rightarrow C$