

# Tematika

- A rendszer- és irányításelmélet feladatai. Rendszerek leírása és modellezése
- Logikai változók, alaplőveletek, kifejezések, függvények kanonikus alakjai és minimalizálása.
- Kombinációs hálózatok statikus viselkedése és tranziensei (hazárdok).
- Sorrendi hálózatok. Moore és Mealy automaták.
  - Szinkron sorrendi hálózatok tervezése.
  - Aszinkron sorrendi hálózatok tervezése.
  - Aszinkron sorrendi hálózatok dinamikai problémái (versenyhelyzetek).

# Tematika

- A rendszer- és irányításelmélet feladatai. Rendszerek leírása és modellezése
- Logikai változók, alapl műveletek, kifejezések, függvények kanonikus alakjai és minimalizálása.
- Kombinációs hálózatok statikus viselkedése és tranziensei (hazárdok).
- Sorrendi hálózatok. Moore és Mealy automaták.
  - Szinkron sorrendi hálózatok tervezése.
  - Aszinkron sorrendi hálózatok tervezése.
  - Aszinkron sorrendi hálózatok dinamikai problémái (versenyhelyzetek).

# Kombinációs hálózatok

Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem

Közlekedésmérnöki és Járműmérnöki Kar

Közlekedés- és Járműirányítási Tanszék

- **Determinisztikus** / Sztochasztikus
- **Statikus** / Dinamikus
- Folytonos állapotú / **Diszkrét állapotú** / Hibrid
- **Idővezérelt** / Eseményvezérelt
- Folytonos idejű / **Diszkrét idejű**
- Lineáris / **Nemlineáris**
- Időfüggetlen / **Időinvariáns**

# Kombinációs hálózatok

A kombinációs hálózat minden egyes bemeneti kombinációjához egyértelműen hozzárendelhetünk egy-egy kimeneti kombinációt:

$$Z = f(X),$$

ahol  $X$  a bemeneti kombinációk halmaza,  $Z$  a kimeneti kombinációk halmaza,  $f$  a hozzárendelést megvalósító leképezés, amely annyi logikai függvénnel adható meg, ahány kimenetű a kombinációs hálózat.

# Sorrendi hálózatok

Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem

Közlekedésmérnöki és Járműmérnöki Kar

Közlekedés- és Járműirányítási Tanszék

- **Determinisztikus** / Sztochasztikus
- **Statikus** / **Dinamikus**
- Folytonos állapotú / **Diszkrét állapotú** / Hibrid
- **Idővezérelt** / **Eseményvezérelt**
- Folytonos idejű / **Diszkrét idejű**
- Lineáris / **Nemlineáris**
- Időfüggetlen / **Időinvariáns**

# Sorrendi hálózatok

A sorrendi hálózat esetén a kimenet értékeit nem kizárólag a pillanatnyi bemeneti értékek alapján lehet meghatározni, hanem függ az előző bemeneti jelektől is. Erre a célra sorrendi (szekvenciális) logikai hálózatot kell terveznünk.

$$Z = f_Z(X, y),$$
$$Y = f_y(X, y),$$

ahol  $X$  a bemeneti kombinációk halmaza,  
 $Z$  a kimeneti kombinációk halmaza,  
 $y$  a pillanatnyi állapot,  
 $Y$  a következő állapot halmaza,  
 $f_Z$  a kimeneti kombinációt előállító leképezés,  
 $f_y$  a szekunder kombinációt előállító leképezés.

# Kimeneti függvény

Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem

Közlekedésmérnöki és Járműmérnöki Kar

Közlekedés- és Járműirányítási Tanszék

$$Z = f_Z(X, y)$$

Mealy-modell

$$Z = f_Z(y)$$

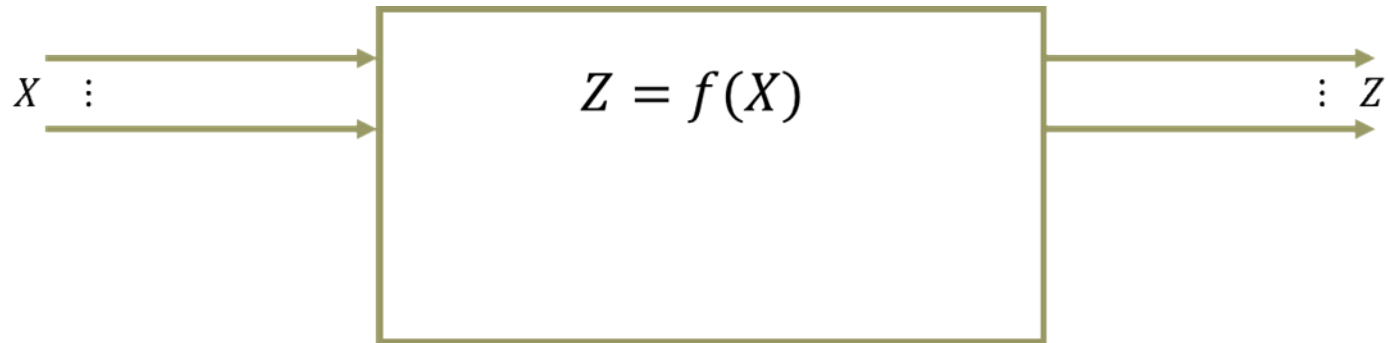
Moore-modell

# A kombinációs hálózatok működése

Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem

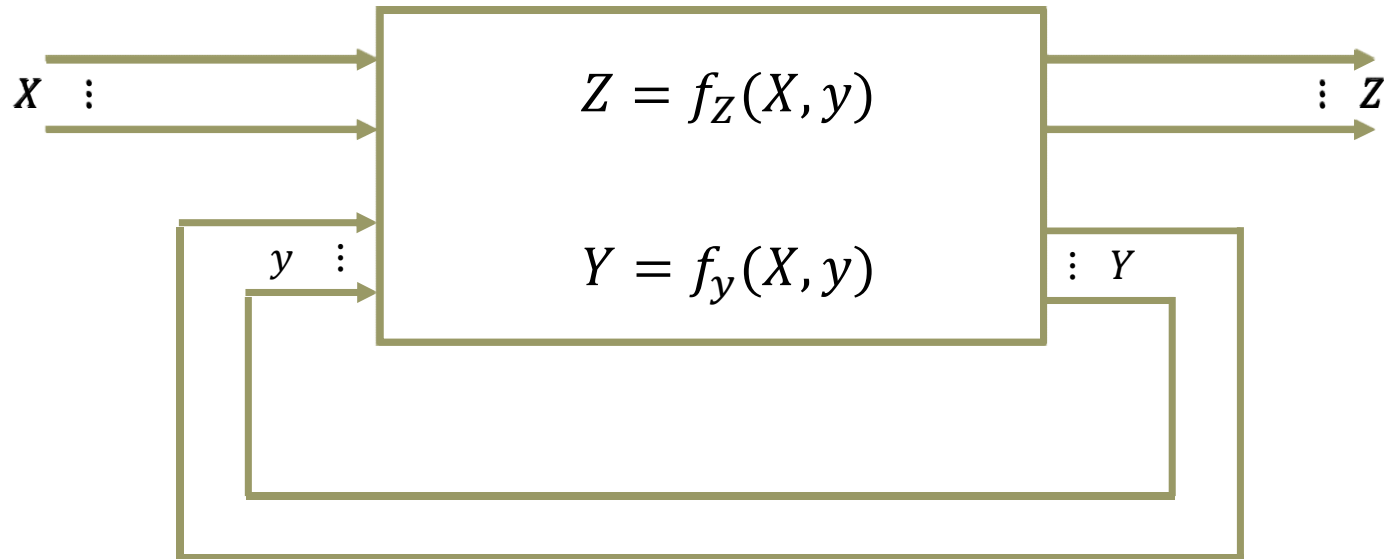
Közlekedésmérnöki és Járműmérnöki Kar

Közlekedés- és Járműirányítási Tanszék





# Az aszinkron sorrendi hálózatok működése

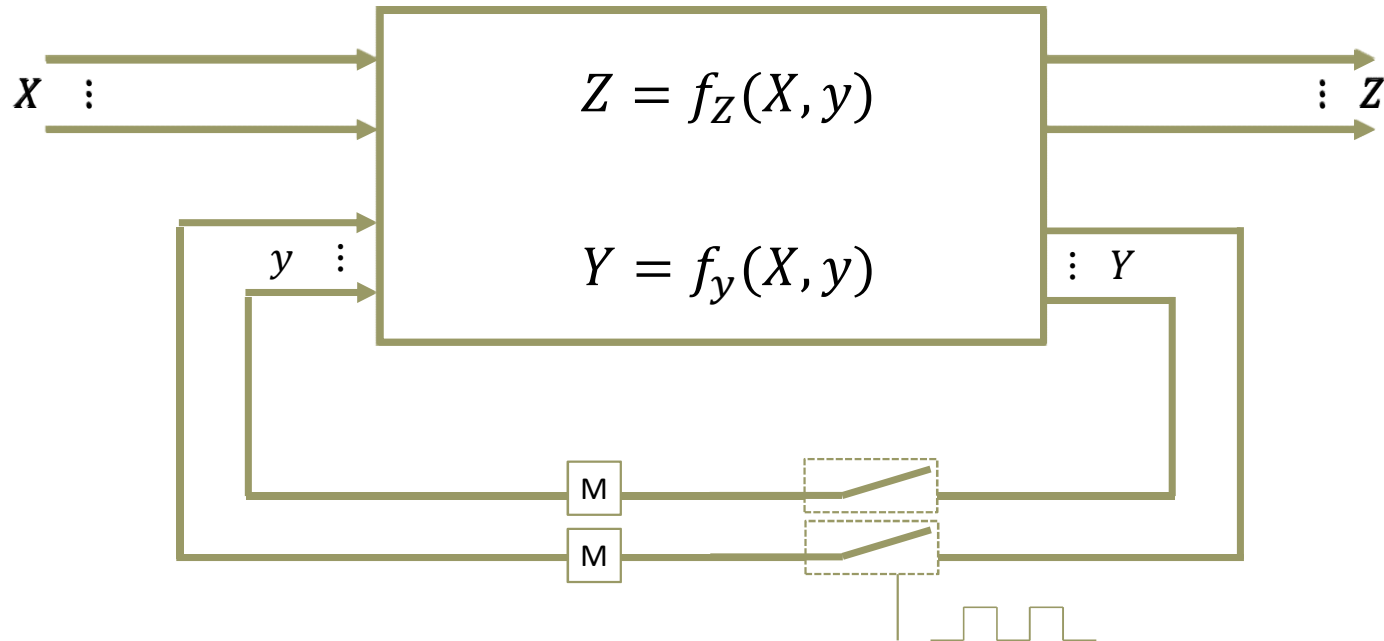


Stabil és instabil állapotok:

$$Y = y / Y \neq y$$

Oszcilláció

# A szinkron sorrendi hálózatok működése



Stabil állapotok

# Aszinkron és szinkron hálózatok összehasonlítása

## Aszinkron hálózat

- Az aszinkron sorrendi hálózatok esetében az instabil állapotok miatt az állapotváltozók szükséges száma rendszerint nagyobb, mint szinkron esetben, ez megbonyolítja a logikai tervezés folyamatát.
- Viszont a bemeneti változások gyakoriságát, vagyis a működési sebességet csak az építőelemek működési sebessége és a jelterjedési késleltetések korlátozzák.
- A tervezés folyamán egyszerűséget jelent, hogy nem kell biztosítani a szinkronizációs feltételeket.

## Szinkron hálózat

- A szinkron hálózatban nem értelmezünk külön instabil és stabil állapotot.
- A működés sebességet az órajel frekvenciája határozza meg.
- A bemeneti változásokra és a kimeneti kombináció értelmezésére szinkronizációs feltételeknek kell teljesülniük.

# Szinkron sorrendi hálózatok tervezési lépései

Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem

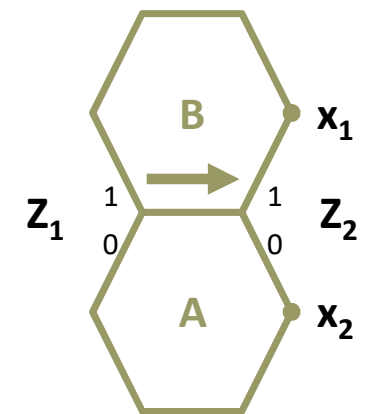
Közlekedésmérnöki és Járműmérnöki Kar

Közlekedés- és Járműirányítási Tanszék

- A logikai feladat megfogalmazása
- Az előzetes állapottábla / állapotgráf összeállítása
- Az egyszerűsített (összevont) állapottábla / állapotgráf
- Állapotkódolás megválasztása
- Alkalmazando flip-flopok megválasztása
- A vezérlési tábla összeállítása
- A vezérlő kombinációs hálózat és a kimenetet előállító kombinációs hálózat realizációja

# Példa szinkron sorrendi hálózat tervezésére

8-as sínpályán  $Z_1$  és  $Z_2$  váltókat az  $x_1$  és  $x_2$  sínérintők vezérik a megfelelő állásba. A nyíllal jelölt pozícióból indulva előbb az „A” majd a „B” kört kell bejárni.



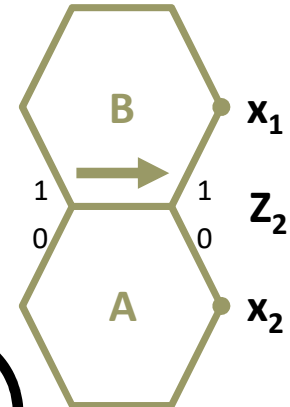
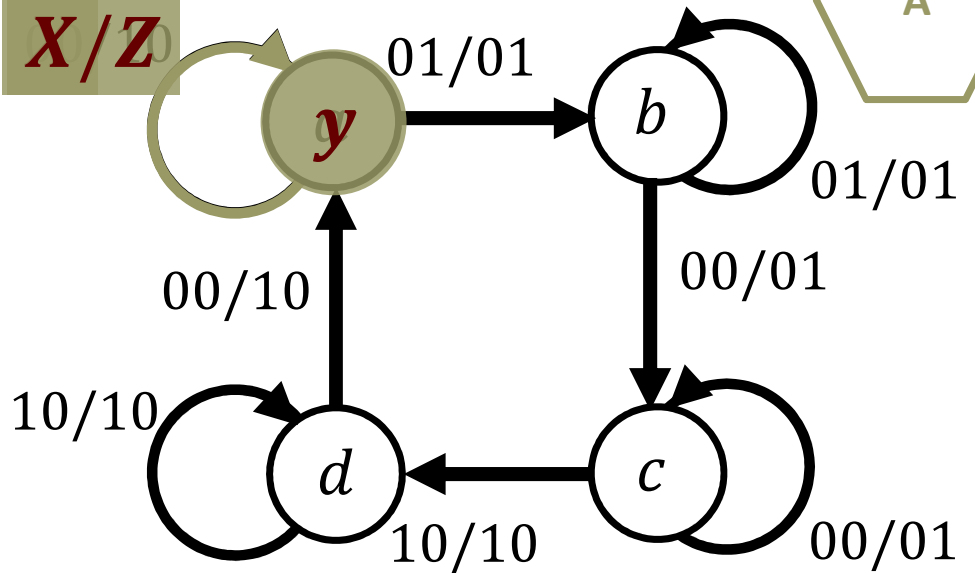
# Példa szinkron sorrendi hálózat tervezésére

## Előzetes állapotábra /

$x_1x_2$ y	00	01 <b>X</b>	11	10
a	a/10	b/01	—	—
b	c/01	b/01	—	—
<b>y</b>		<b>Y/Z</b>		
c	c/01	—	—	d/10
d	a/10	—	—	d/10

előzetes állapotgráf:

**X/Z**



# Példa szinkron sorrendi hálózat tervezésére

## Előzetes állapotábra

$y \backslash x_1x_2$	00	01	11	10
<i>a</i>	<i>a</i> /10	<i>b</i> /01	–	–
<i>b</i>	<i>c</i> /01	<i>b</i> /01	–	–
<i>c</i>	<i>c</i> /01	–	–	<i>d</i> /10
<i>d</i>	<i>a</i> /10	–	–	<i>d</i> /10

## Összevont állapotábra:

$y \backslash x_1x_2$	00	01	11	10
<i>A</i>	<i>A</i> /10	<i>B</i> /01	–	<i>A</i> /10
<i>B</i>	<i>B</i> /01	<i>B</i> /01	–	<i>A</i> /10

# Példa szinkron sorrendi hálózat tervezésére

Összevont állapottábla:

$y \backslash x_1 x_2$	00	01	11	10
A	A/10	B/01	–	A/10
B	B/01	B/01	–	A/10

Kódolt állapottábla:

$y \backslash x_1 x_2$	00	01	11	10
0	0/10	1/01	–	0/10
1	1/01	1/01	–	0/10



# Példa szinkron sorrendi hálózat tervezésére

Kódolt állapottábla:

$x_1x_2$ y	00	01	11	10
0	0/10	1/01	–	0/10
1	1/01	1/01	–	0/10

Kimeneti függvények:

$Z_1$	00	01	11	10
0	1	0	–	1
1	0	0	–	1

$Z_2$

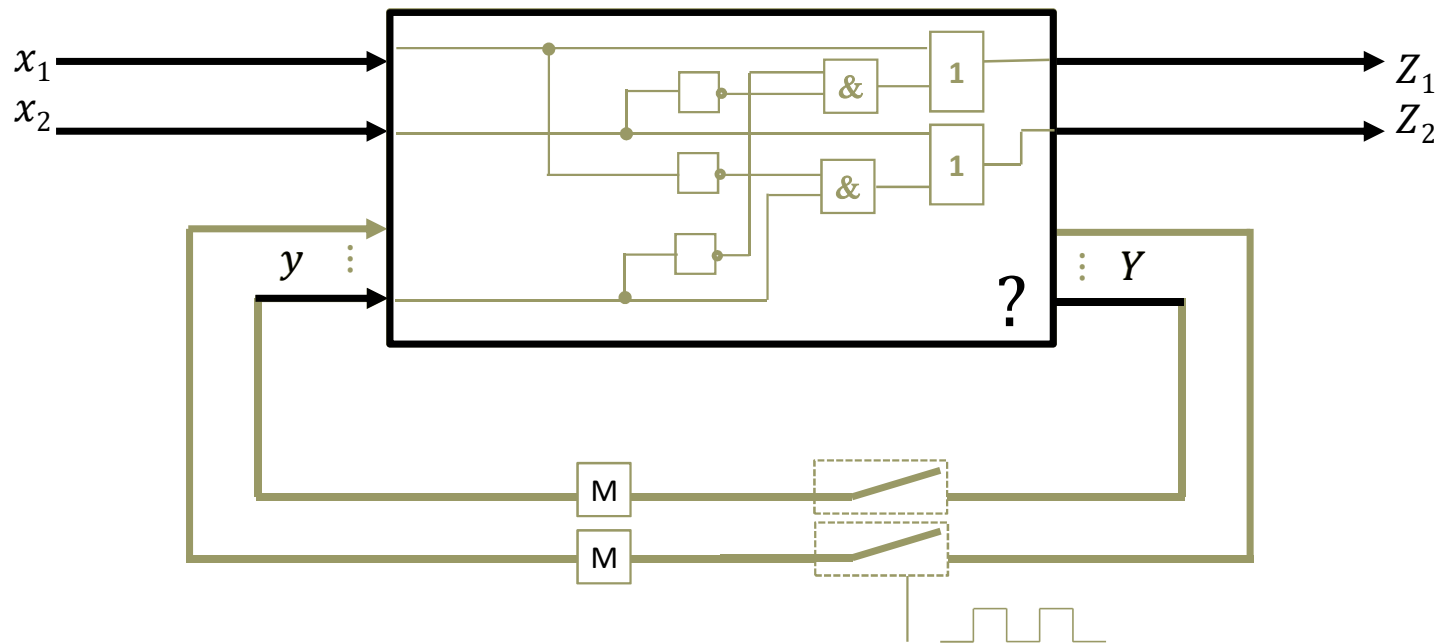
		$x_2$	$x_1$
0	1	–	0
1	1	–	0

$$Z_1 = x_1 + \overline{x_2}y$$

$$Z_2 = x_2 + \overline{x_1}y$$

y

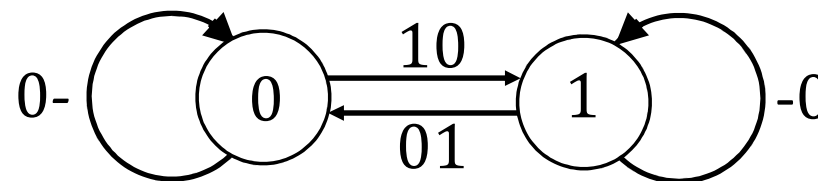
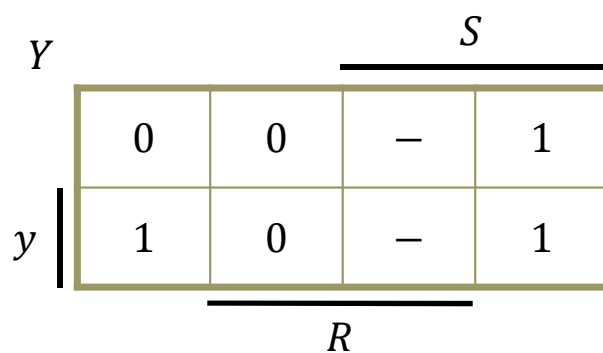
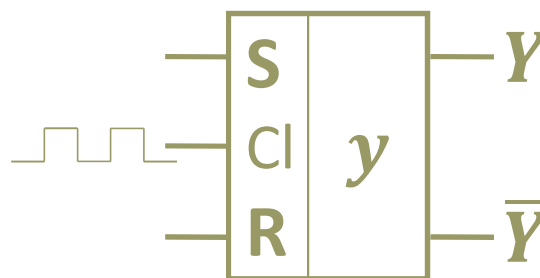
# Példa szinkron sorrendi hálózat tervezésére



# Flip-flopok

- 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



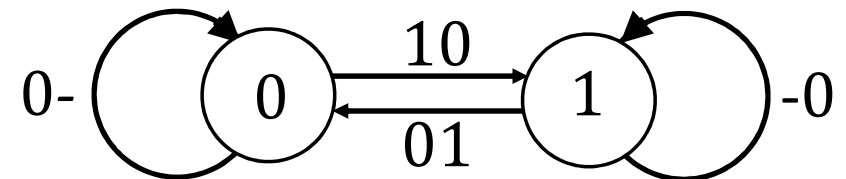
# Példa szinkron sorrendi hálózat tervezésére

Kódolt állapotábra:

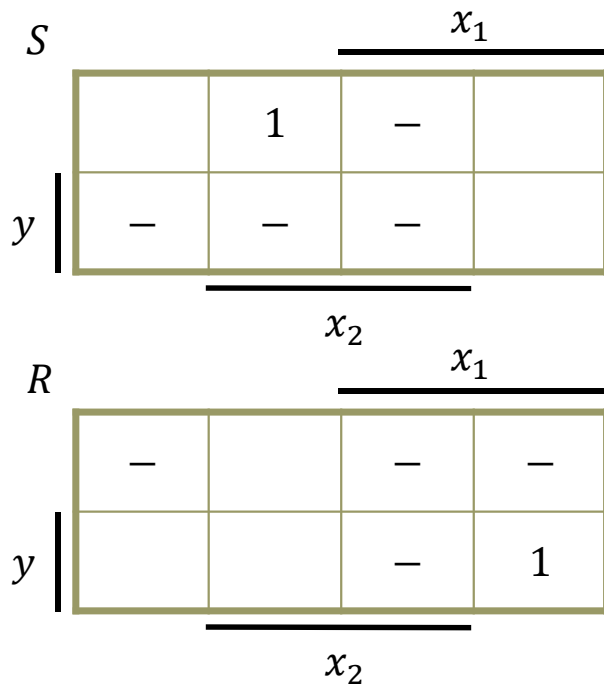
$x_1x_2$ $y$	00	01	11	10
0	0/10	1/01	—	0/10
1	1/01	1/01	—	0/10

Vezérlési tábla:

$x_1x_2$ $y$	00	01	11	10
0	<b>0</b> — <b>1 0</b> — — <b>0</b> —			
1	— <b>0</b> — <b>0</b> — — <b>0</b> <b>1</b>			
	S R S R S R S R			



# Példa szinkron sorrendi hálózat tervezésére



Vezérlési tábla:

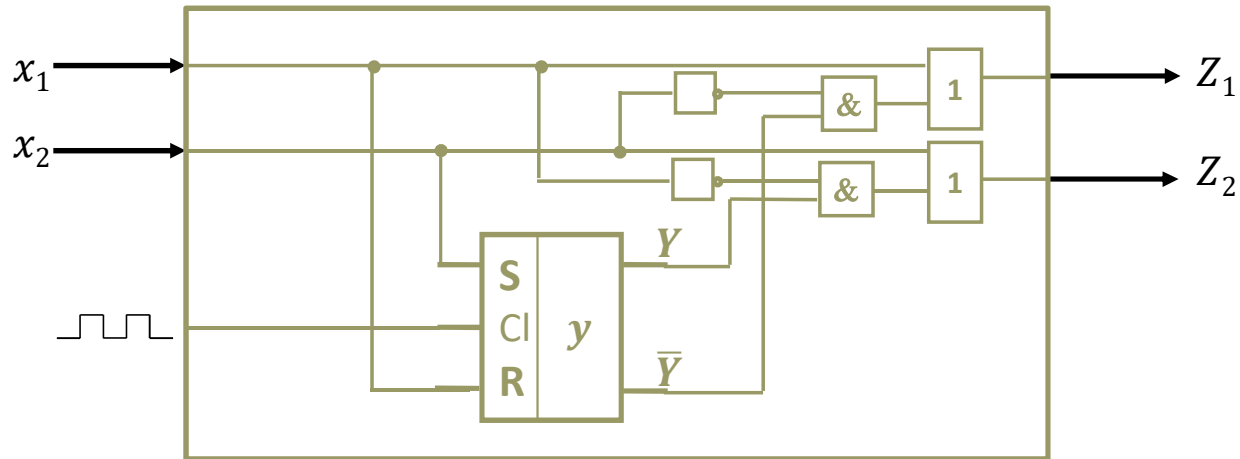
$x_1 x_2$	00		01		11		10	
$y$	0	-	1	0	-	-	0	-
	0	-	0	-	0	-	0	1
	$S$	$R$	$S$	$R$	$S$	$R$	$S$	$R$

$$S = x_2$$

$$R = x_1$$

# Példa szinkron sorrendi hálózat tervezésére

A vezérlő és a kimenetet előállító kombinációs hálózat realizációja



$$Z_1 = x_1 + \overline{x_2} \overline{y}$$

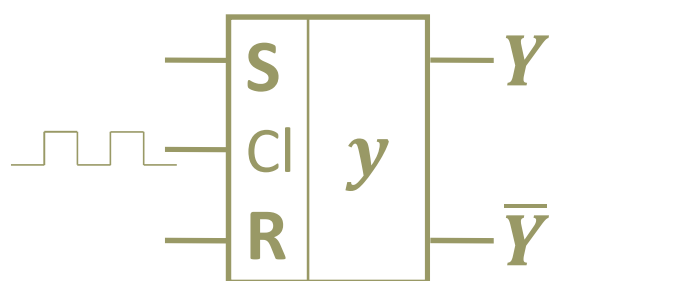
$$S = x_2$$

$$Z_2 = x_2 + \overline{x_1} y$$

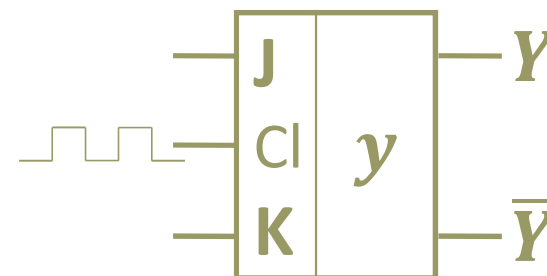
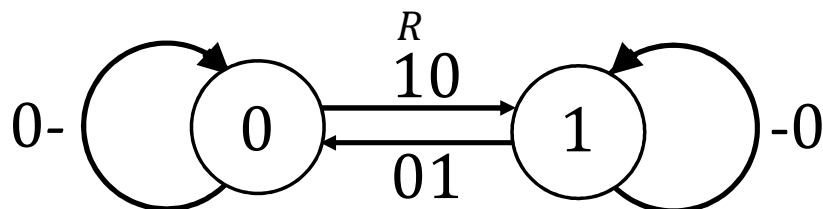
$$R = x_1$$

# Flip-flopok

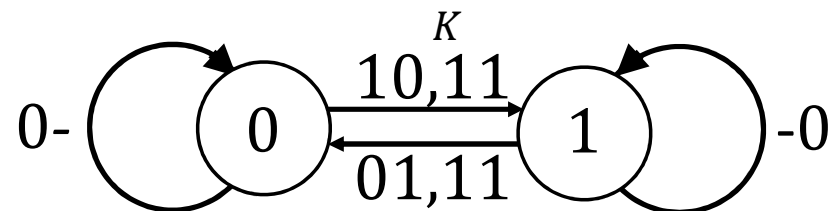
- Szinkron SR és JK flip-flop:



	$S$			
$Y$	0	0	–	1
$y$	1	0	–	1

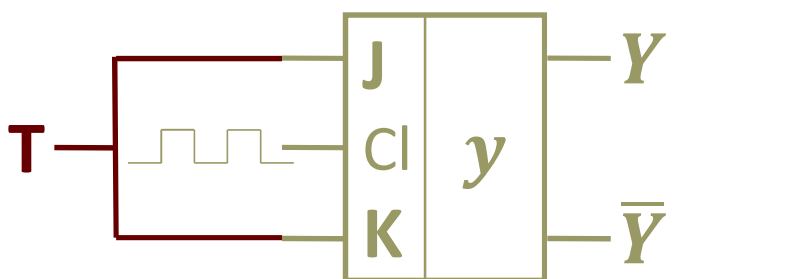


	$J$			
$Y$	0	0	1	1
$y$	1	0	0	1

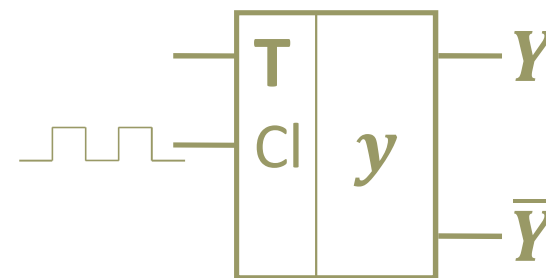
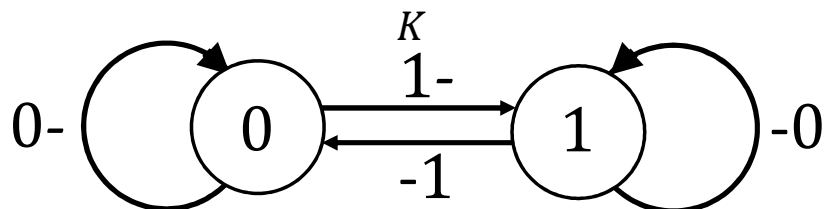


# Flip-flopok

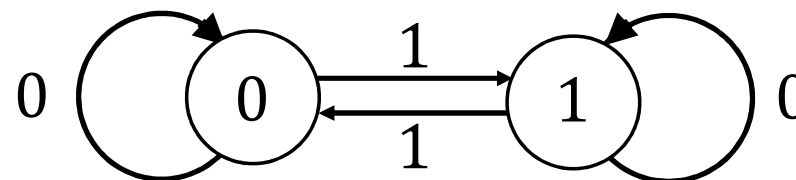
- Szinkron T flip-flop:



	$J$	
$Y$	0	1
$y$	1	0



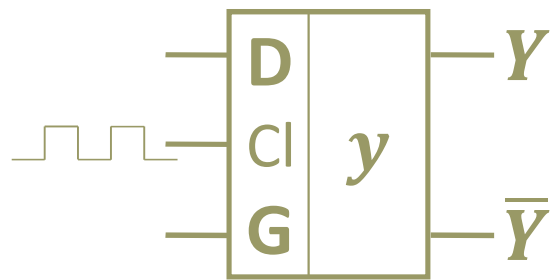
	$T$	
$Y$	0	1
$y$	1	0



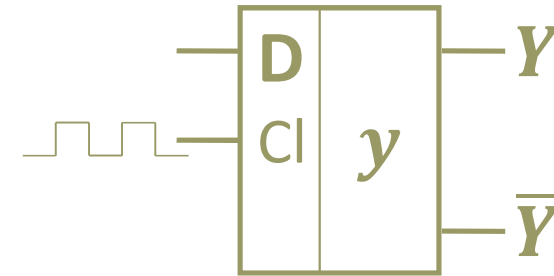


# Flip-flopok

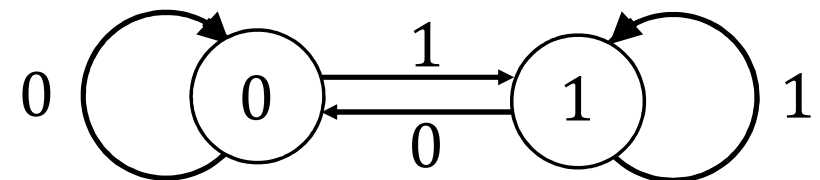
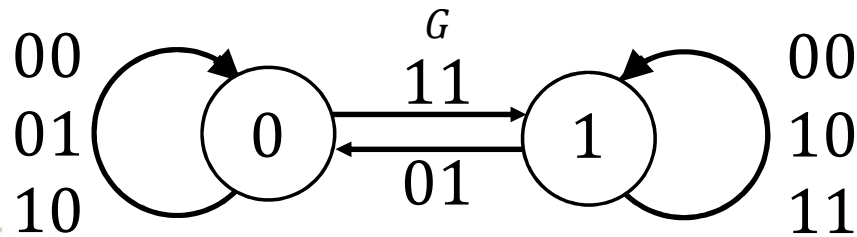
- Szinkron DG és D flip-flop:



	$D$			
$Y$	0	0	1	0
$y$	1	0	1	1



	$D$	
$Y$	0	1
$y$	0	1



# Tematika

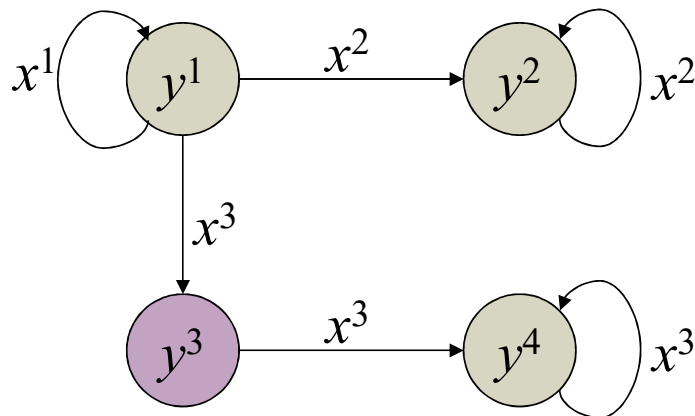
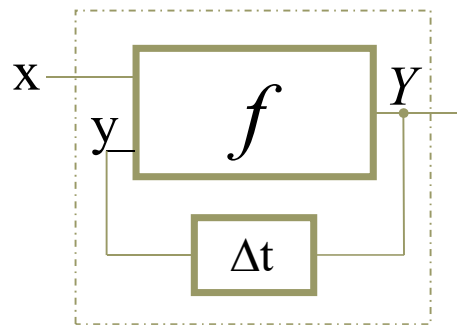
- A rendszer- és irányításelmélet feladatai. Rendszerek leírása és modellezése
- Logikai változók, alaplőveletek, kifejezések, függvények kanonikus alakjai és minimalizálása.
- Kombinációs hálózatok statikus viselkedése és tranziensei (hazárdok).
- Sorrendi hálózatok. Moore és Mealy automaták.
  - Szinkron sorrendi hálózatok tervezése.
  - Aszinkron sorrendi hálózatok tervezése.
  - Aszinkron sorrendi hálózatok dinamikai problémái (versenyhelyzetek).

# Stabil és instabil állapotok

Egy aszinkron hálózat akkor valósítható meg, ha

- minden specifikált bemeneti kombinációhoz tartozik legalább egy stabil állapot, amelyben az adott hálózat az adott bemenet esetén stabilizálódik, továbbá
- ha minden egyes belső állapothoz tartozik legalább egy olyan bemeneti kombináció, amely esetén az adott belső állapot stabilizálódik.

# Aszinkron rendszer állapotváltozása



Y

$y^1 \times x^1 \rightarrow y^1$  *stabil*  
 $y^1 \times x^2 \rightarrow y^2$  *instabil*  
 $y^1 \times x^3 \rightarrow y^3$  *instabil*  
 $y^2 \times x^2 \rightarrow y^2$  *stabil*  
 $y^3 \times x^3 \rightarrow y^4$  *instabil*  
 $y^4 \times x^3 \rightarrow y^4$  *stabil*

	x	Y		
y \ x	x <sup>1</sup>	x <sup>2</sup>	x <sup>3</sup>	
y <sup>1</sup>	(y <sup>1</sup> )	y <sup>2</sup>	y <sup>3</sup>	
y <sup>2</sup>		(y <sup>2</sup> )	--	
y <sup>3</sup>			y <sup>4</sup>	
y <sup>4</sup>			(y <sup>4</sup> )	

# Specifikáció – állapottábla

		Y Z				x <sub>1</sub> — Aszinkron — Z
		00	01	11	10	
y	x <sub>1</sub> x <sub>2</sub>					x <sub>2</sub> — hálózat
	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		

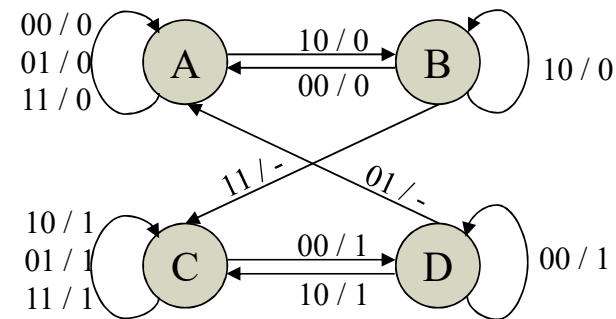
# Összevont állapotábra

		YZ			
		$x_1x_2$	00	01	11
y	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

$x_1$  — Aszinkron hálózat — Z  
 $x_2$

a, b, d → A  
 c → B  
 e, f, g → C  
 h → D

		YZ			
		$x_1x_2$	00	01	11
y	A	Ⓐ0	Ⓐ0	Ⓐ0	B0
	B	A0	--	C--	Ⓑ0
	C	D1	Ⓒ1	Ⓒ1	Ⓒ1
	D	Ⓓ1	A--	--	C1



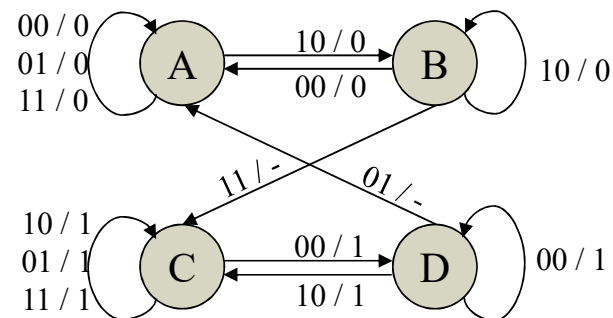
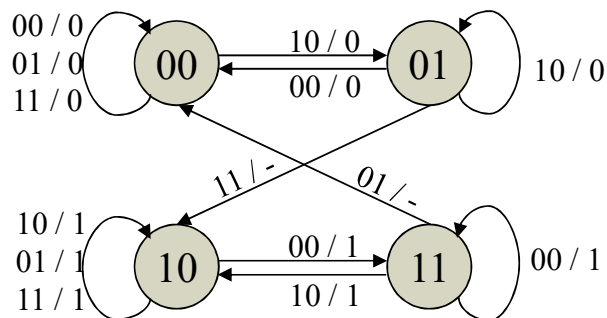
# Összevont állapotábra

$x_1x_2$ y	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



- A → 00
- B → 01
- C → 11
- D → 10

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

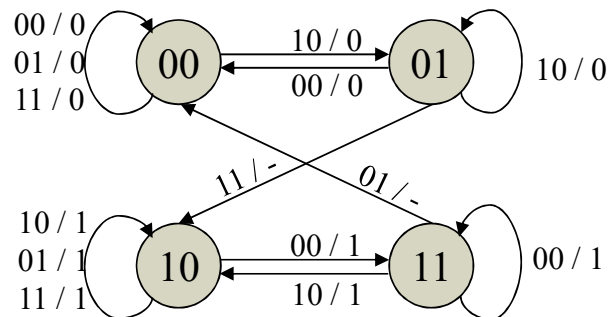


# Versenyhelyzet kiküszöbölése

$x_1 x_2$ \ y	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



- A → 00
- B → 01
- C → 11
- D → 10





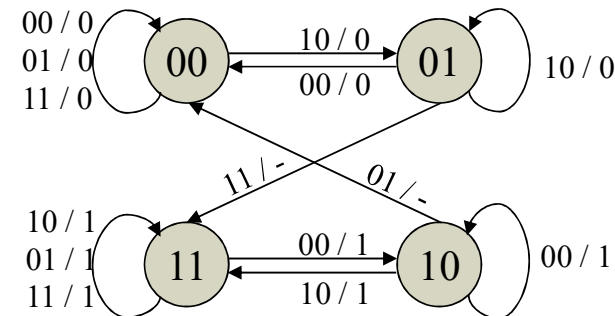
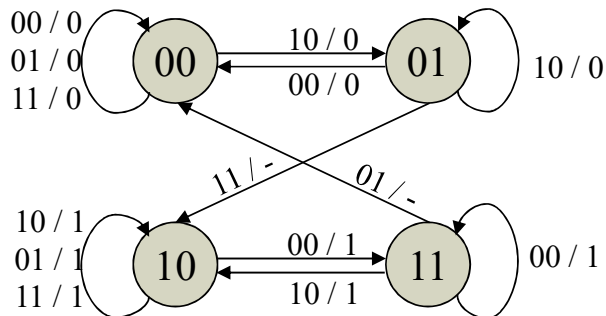
# Versenyhelyzet kiküszöbölése

$x_1x_2$ \ y	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

$x_1$  — Aszinkron hálózat — Z  
 $x_2$

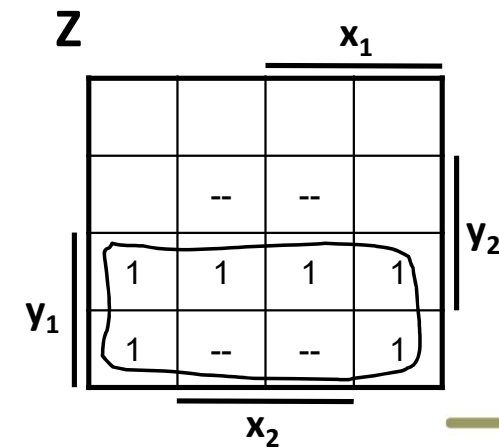
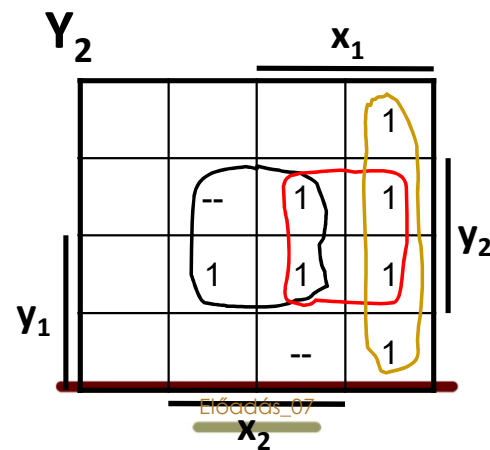
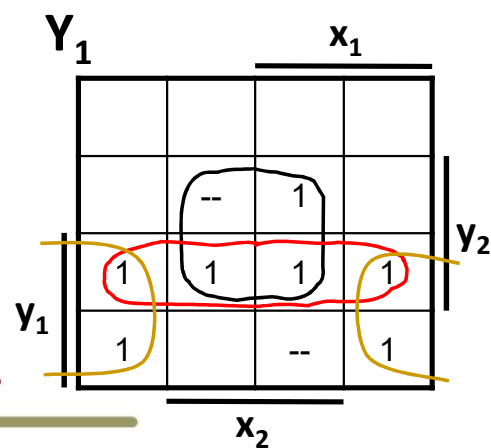
- A → 00
- B → 01
- C → 10
- D → 11

$x_1x_2$ \ y	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



# Megvalósítás visszacsatolt kombinációs hálózattal

		$Y_1 Y_2 Z$			
		$x_1 x_2$	00	01	11
$y_1 y_2$		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

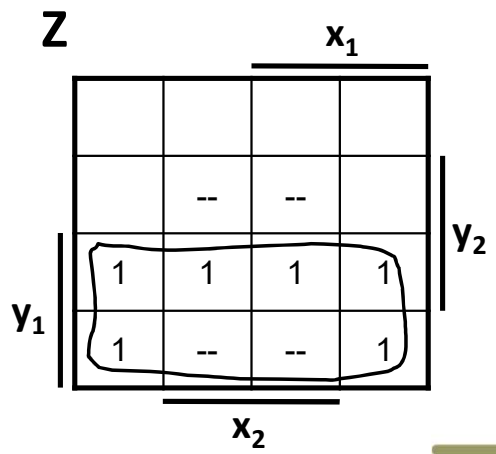
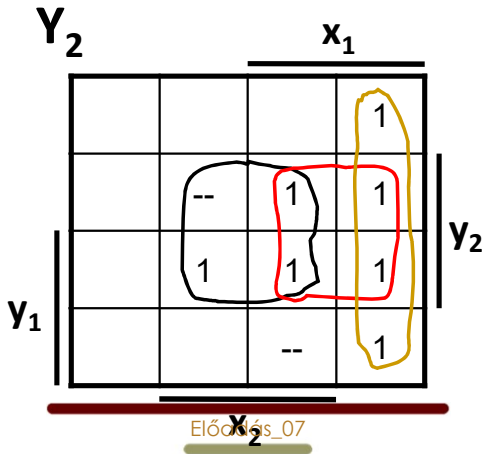
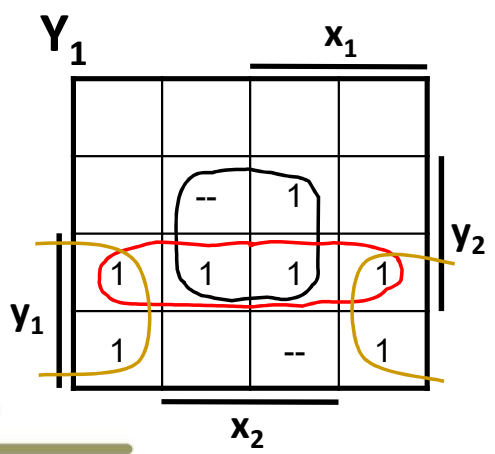


# Függvények (visszacsatolt kombinációs hálózat)

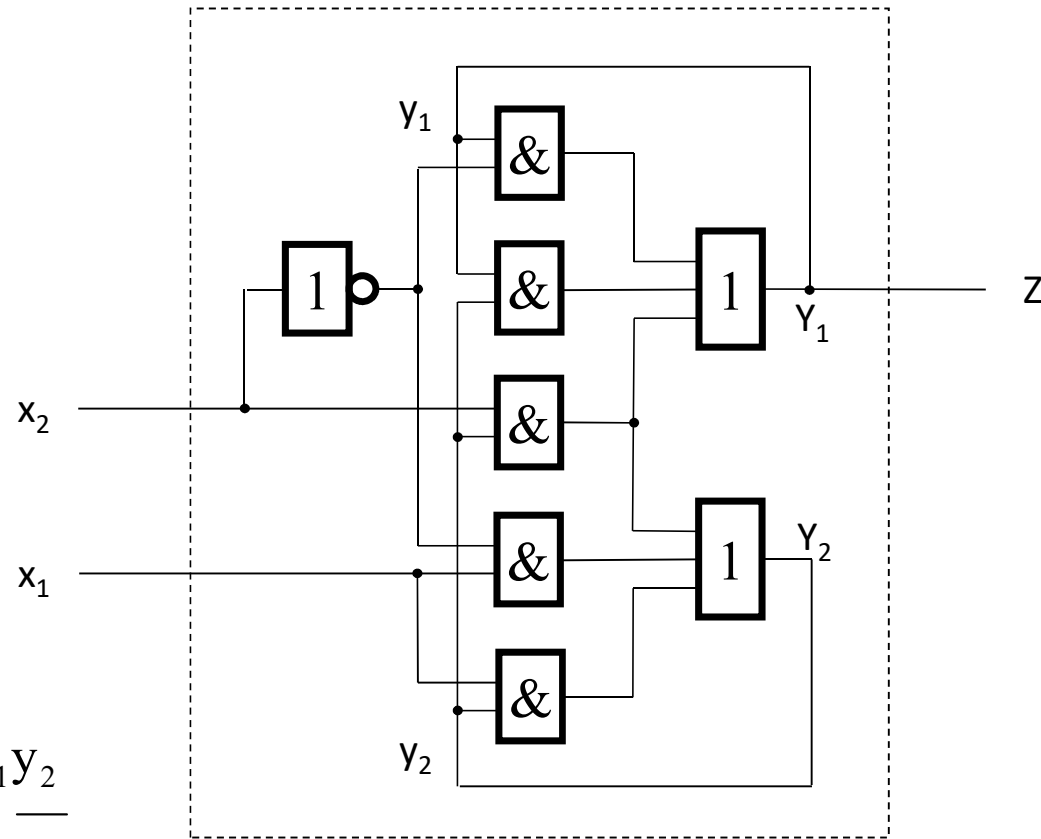
$$Y_1 = x_2 y_2 + \overline{x_2} y_1 + y_1 y_2$$

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

$$Z = y_1$$



# 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)

Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem

Közlekedésmérnöki és Járműmérnöki Kar

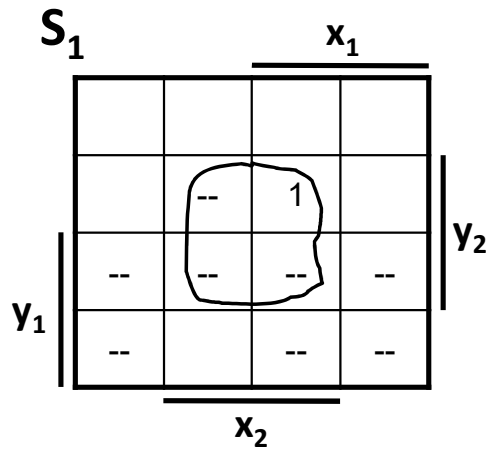
Közlekedés- és Járműirányítási Tanszék

$x_1x_2$ $y_1y_2$	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			

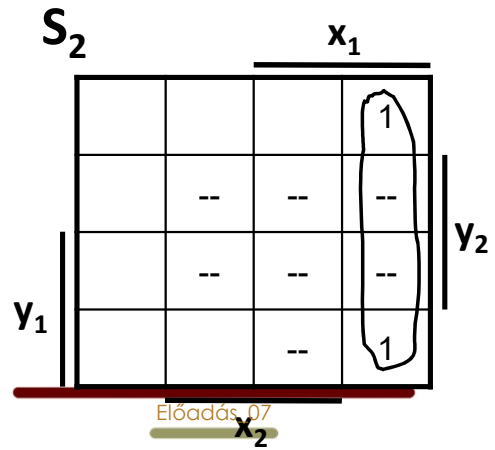
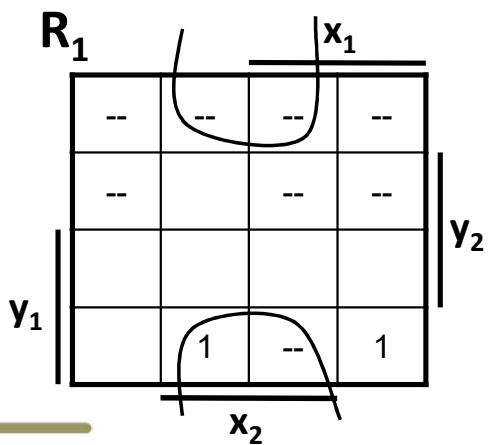
$S_1R_1$   $S_2R_2$

# Megvalósítás SR tárolókkal (Karnaugh táblák)

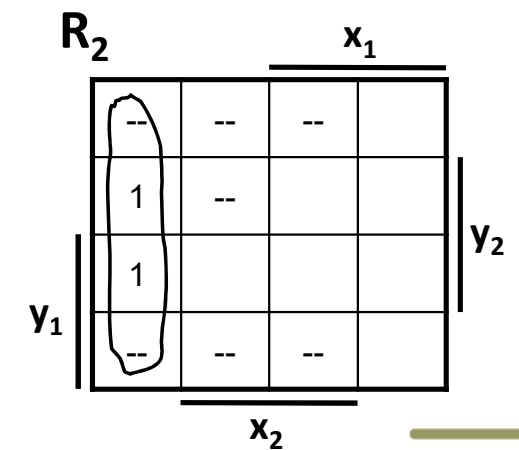


x <sub>1</sub> x <sub>2</sub> \ y <sub>1</sub> y <sub>2</sub>	00	01	11	10
00	0-	0-	0-	0-
01	0-	01	--	--
11	-0	01	-0	-0
10	-0	0-	01	0-

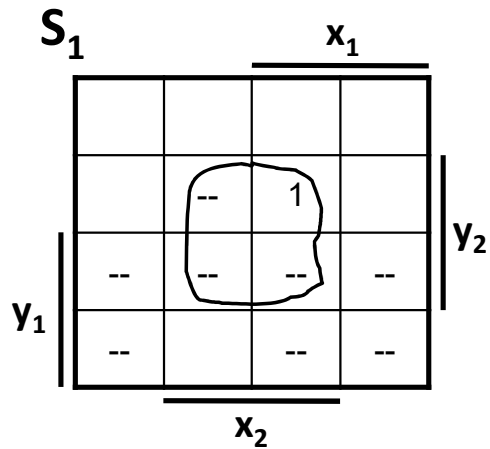
S<sub>1</sub>R<sub>1</sub> S<sub>2</sub>R<sub>2</sub>



Előadás\_07



# Vezérlő függvények

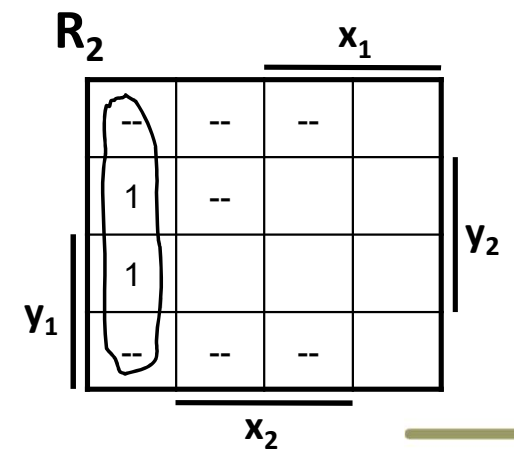
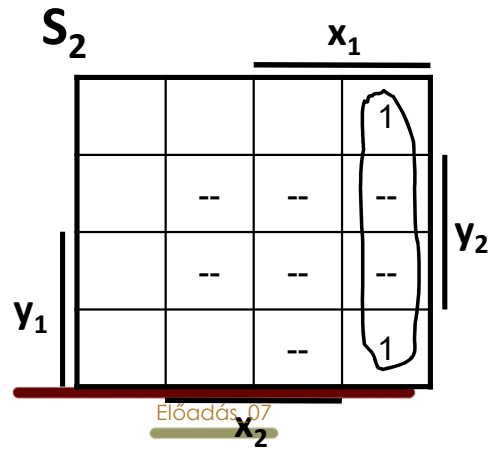
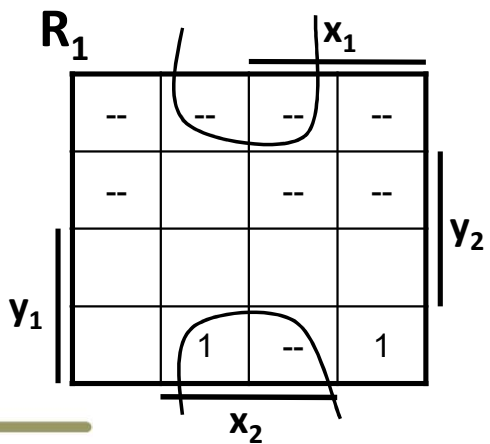


$$S_1 = x_2 y_2$$

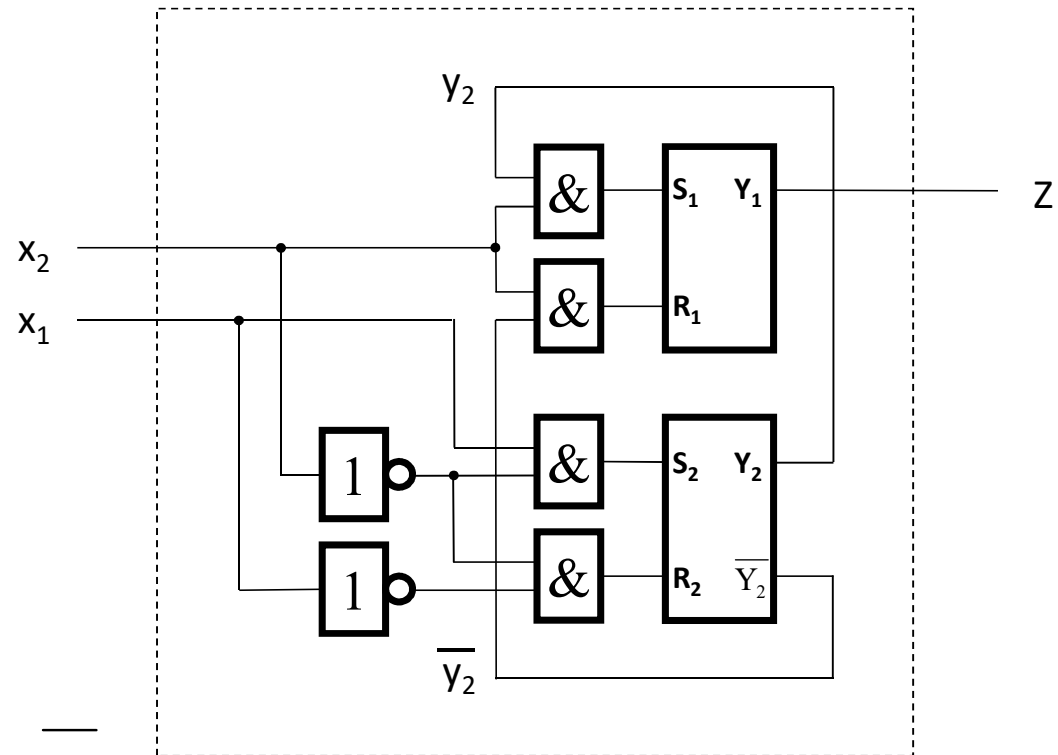
$$R_1 = \overline{x_2 y_2}$$

$$S_2 = \overline{x_1 x_2}$$

$$R_2 = \overline{\overline{x_1 x_2}}$$



# Logikai vázlat



$$S_1 = x_2 y_2$$

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

$$S_2 = x_1 \overline{x_2}$$

$$R_2 = \overline{x_1} x_2$$

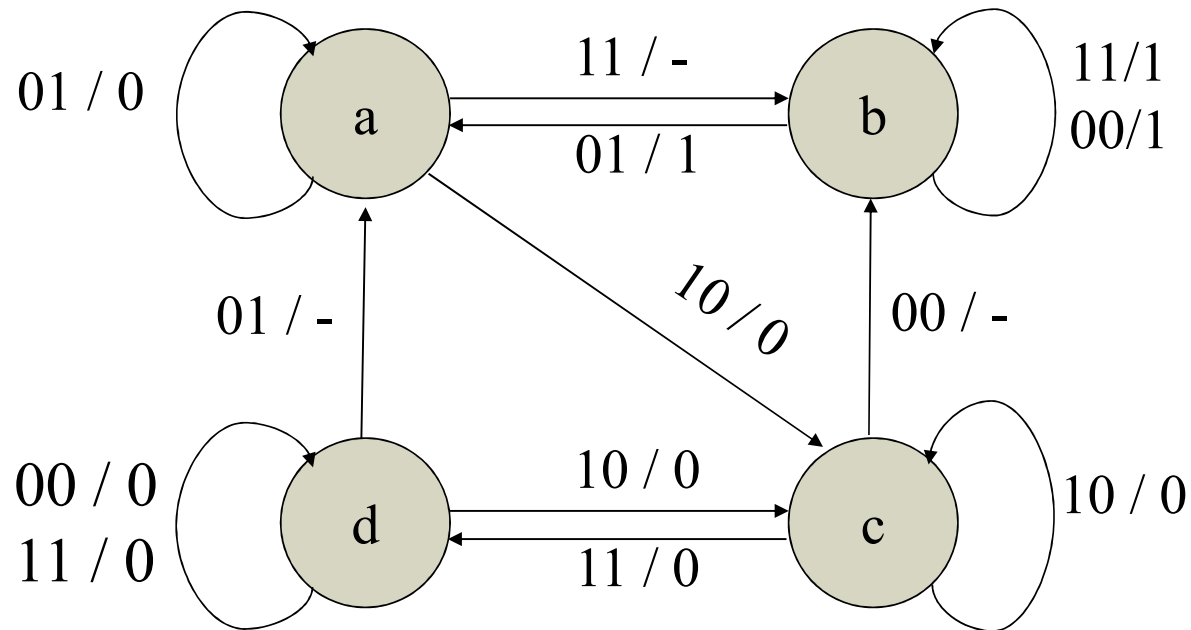


# Példa aszinkron sorrendi hálózat tervezésére

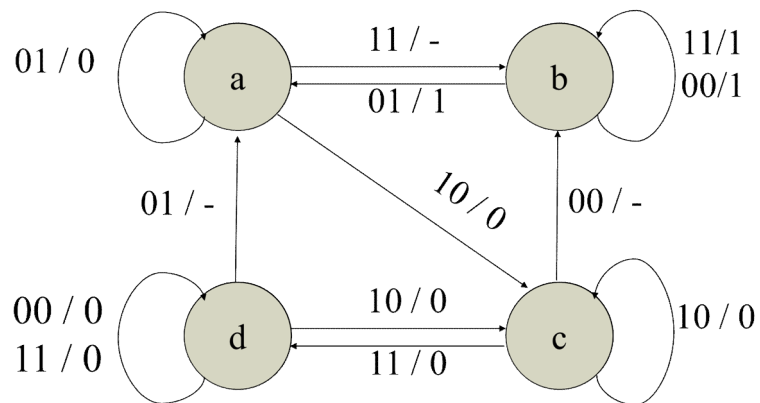
Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem

Közlekedésmérnöki és Járműmérnöki Kar

Közlekedés- és Járműirányítási Tanszék



# Előzetes állapotábra



$x_1x_2$ y	00	01	11	10
a	- / -	ⓐ / 0	b / -	c / 0
b	ⓑ / 1	a / 1	ⓓ / 1	- / -
c	b / -	- / -	d / 0	ⓒ / 0
d	ⓐ / 0	a / -	ⓓ / 0	c / 0

# Kódolt állapotábra

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

a → 00  
b → 01  
c → 11  
d → 10

$x_1x_2$ y	00	01	11	10
a	- / -	⓪/0	b / -	c / 0
b	⓪/1	a / 1	⓪/1	- / -
c	b / -	- / -	d / 0	⓪/0
d	⓪/0	a / -	⓪/0	c / 0



# Versenyhelyzet kiküszöbölése

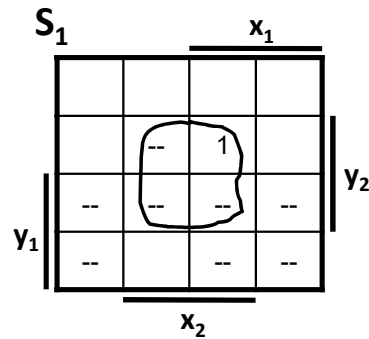
$x_1x_2$ y	00	01	11	10
00	- / -	00/0	01/-	11/0
01	01/1	00/1	01/1	- / -
11	01/-	- / -	10/0	11/0
10	10/0	00/-	10/0	11/0

a → 00  
b → 01  
c → 10  
d → 11

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



# Vezérlő függvények

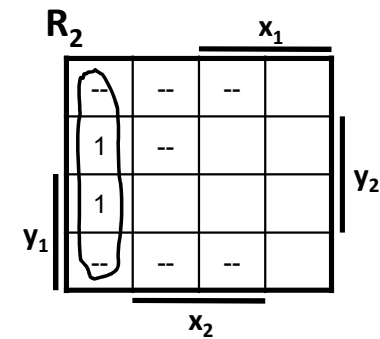
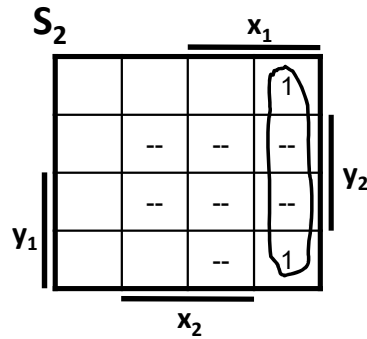
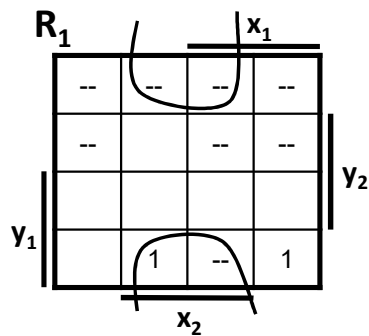


$$S_1 = x_2 y_2$$

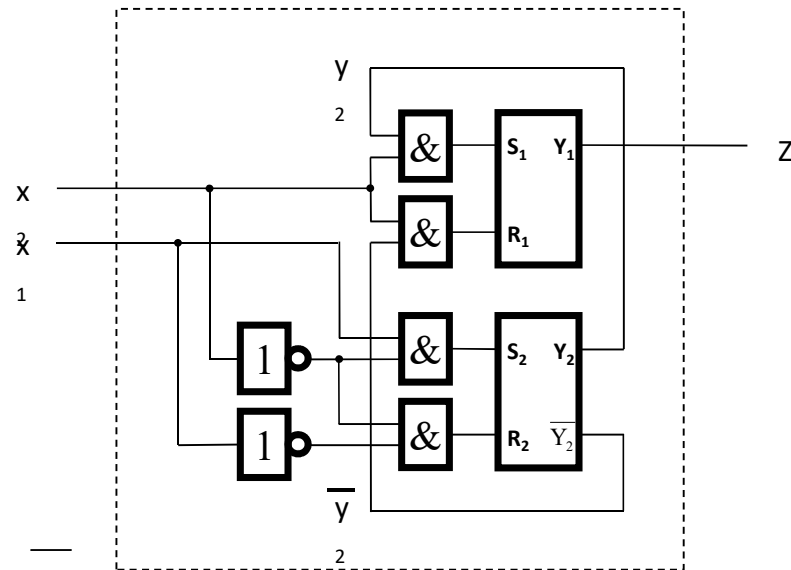
$$R_1 = \overline{x_2 y_2}$$

$$S_2 = \overline{x_1 x_2}$$

$$R_2 = \overline{x_1 x_2}$$



# Logikai vázlat



$$S_1 = x_2 y_2$$

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

$$S_2 = x_1 \overline{x_2}$$

$$R_2 = \overline{x_1} x_2$$



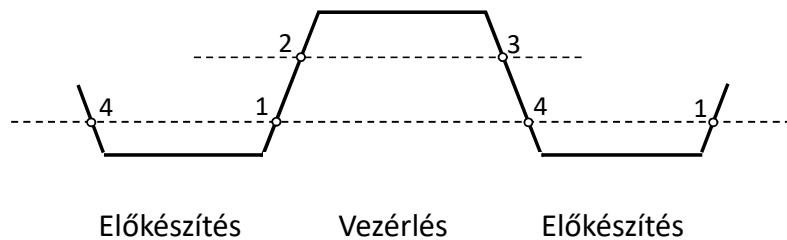
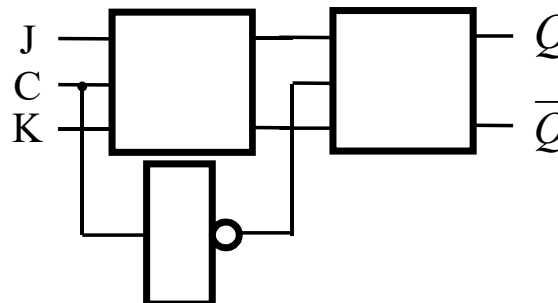
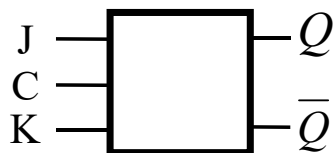
# MS tárolók, multiplexek, számlálók

# Flip-flopok egyfokozatú/kétfokozatú

Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem

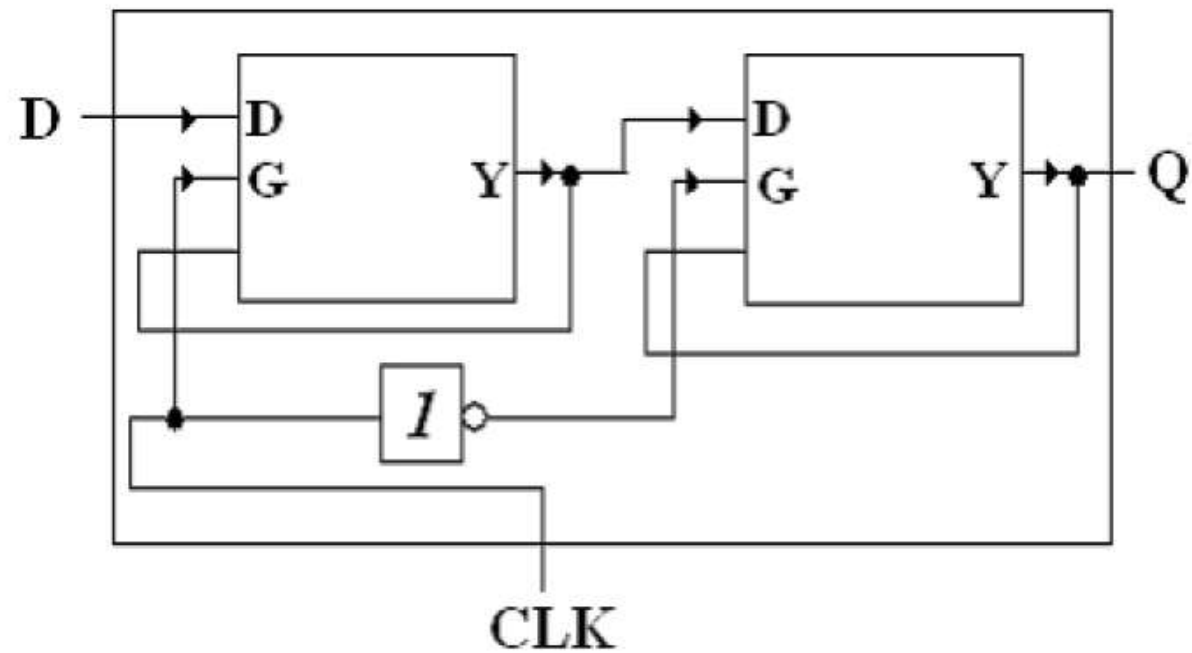
Közlekedésmérnöki és Járműmérnöki Kar

Közlekedés- és Járműirányítási Tanszék

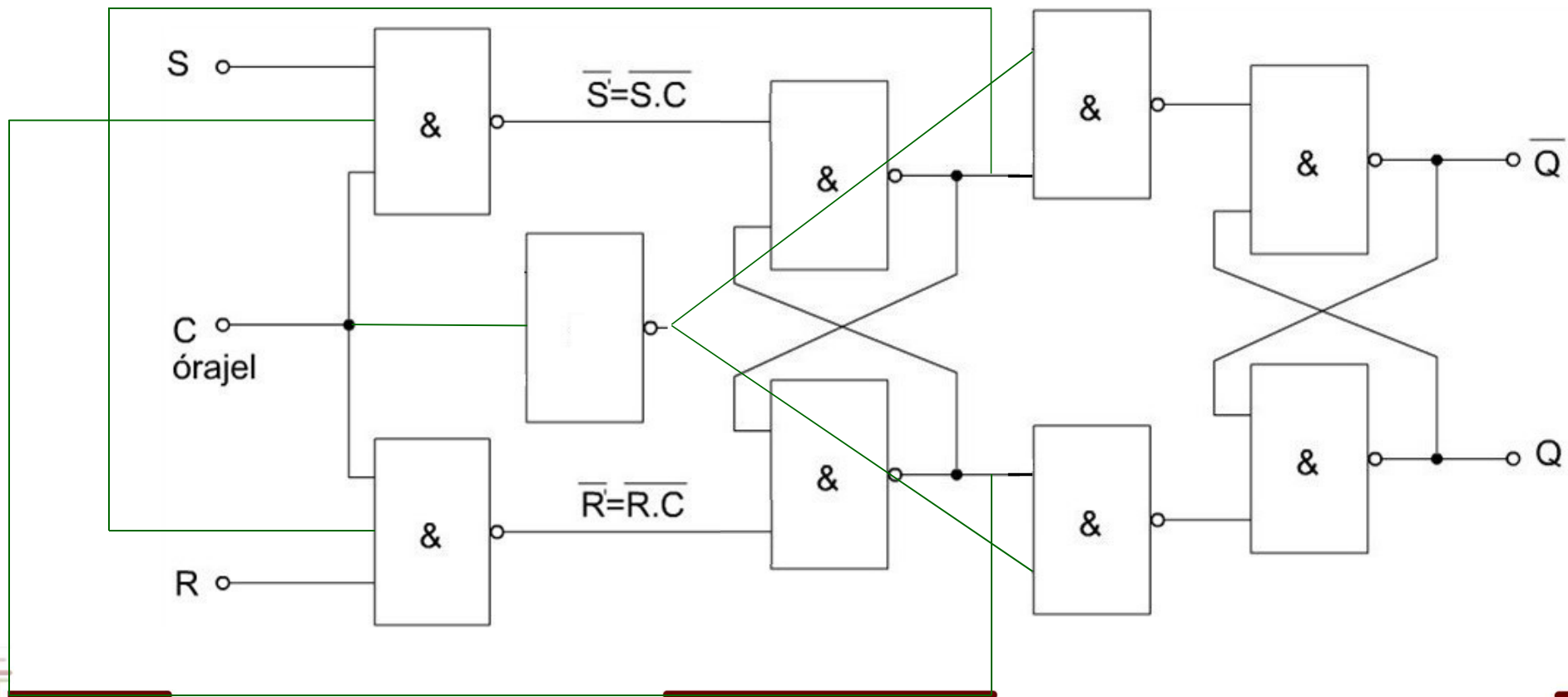




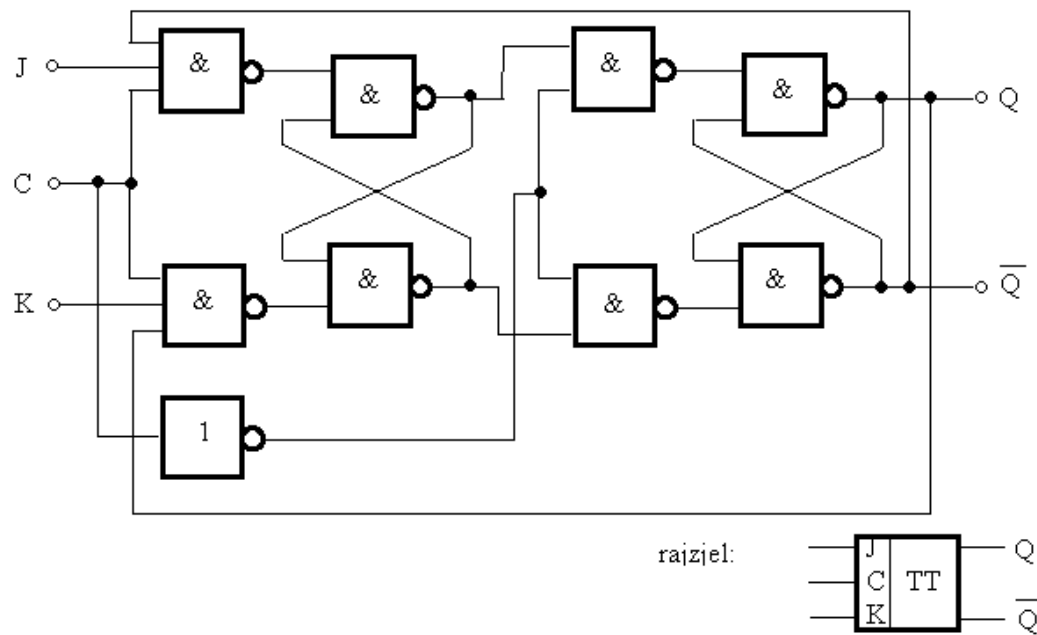
# Master-Slave tárolók (D)



# Master-Slave tárolók (JK)



# Master-Slave tárolók (JK)



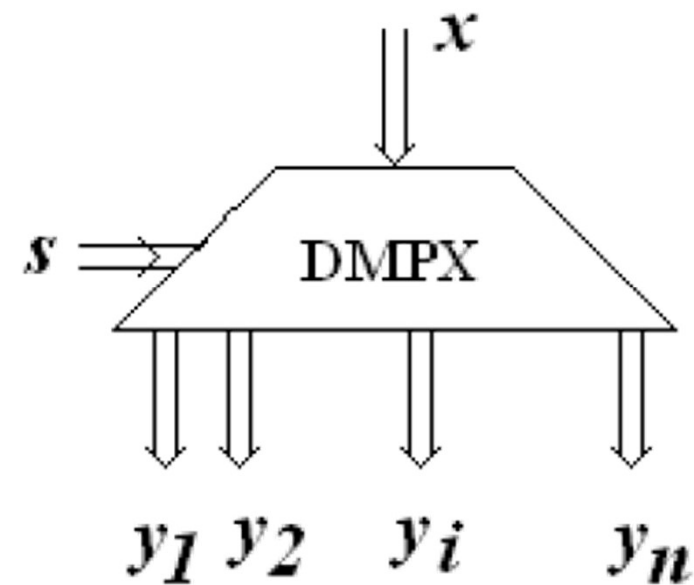
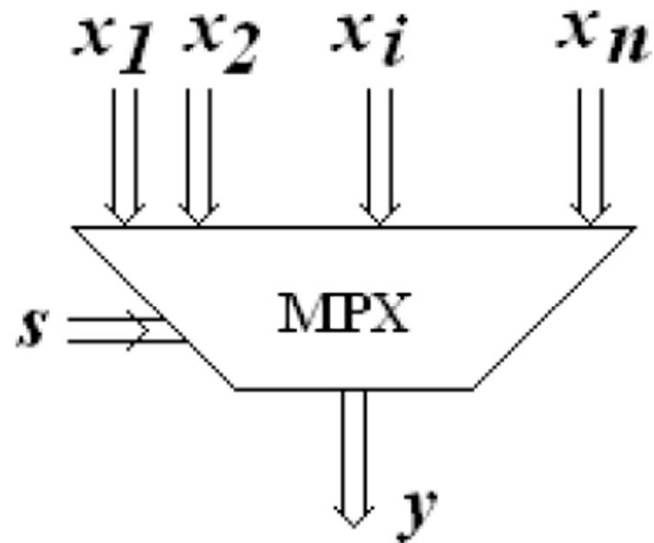
3.1.5.-1. ábra

# Multiplexerek, demultiplexerek

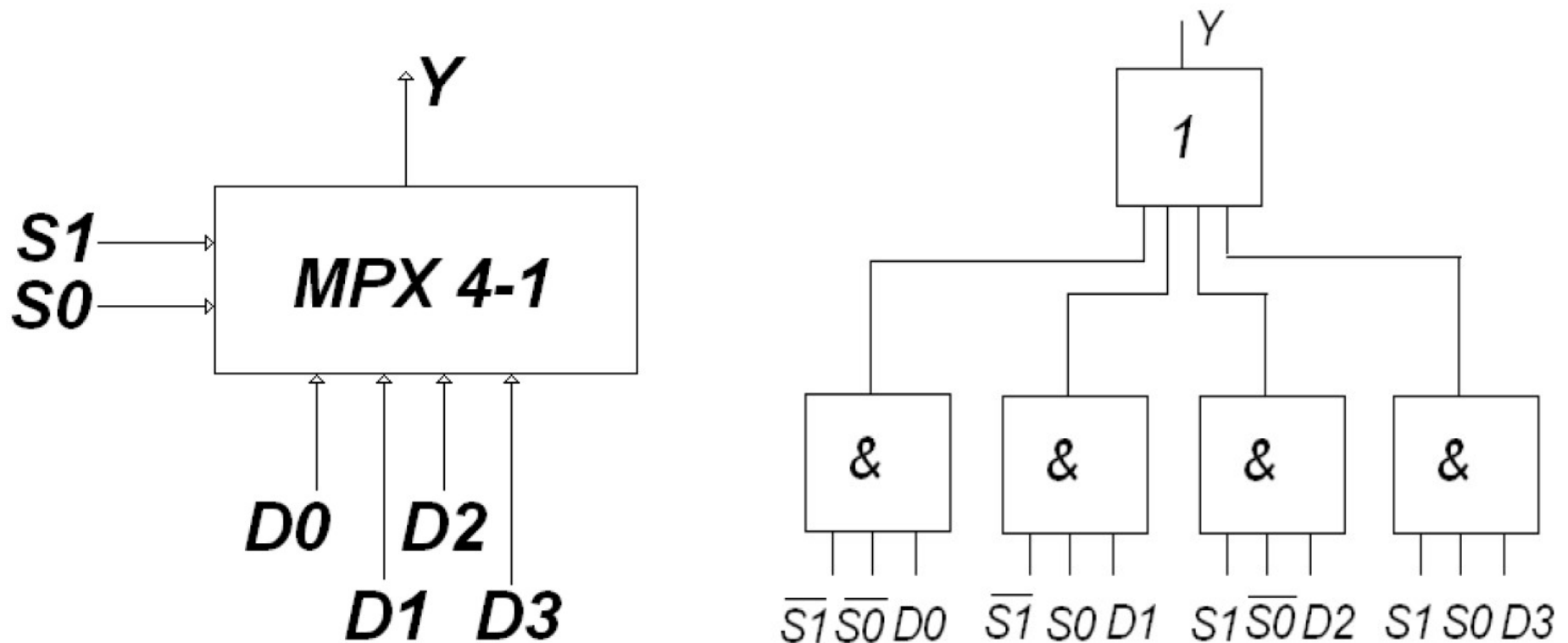
- A **multiplexer** (vagy mux) egy sorrendi hálózatokból felépített speciális logikai eszköz, amely két vagy több bemenő jel közül a címező (vezérlő) jel alapján egyet a kimenetére ad. Egy adott pillanatban igaz ez az állítás, de hosszabb időt tekintve képes a jelek egyesítésére (időeltolással). Az analóg és digitális jelek multiplexálására külön analóg és digitális multiplexer áramkörök szolgálnak.



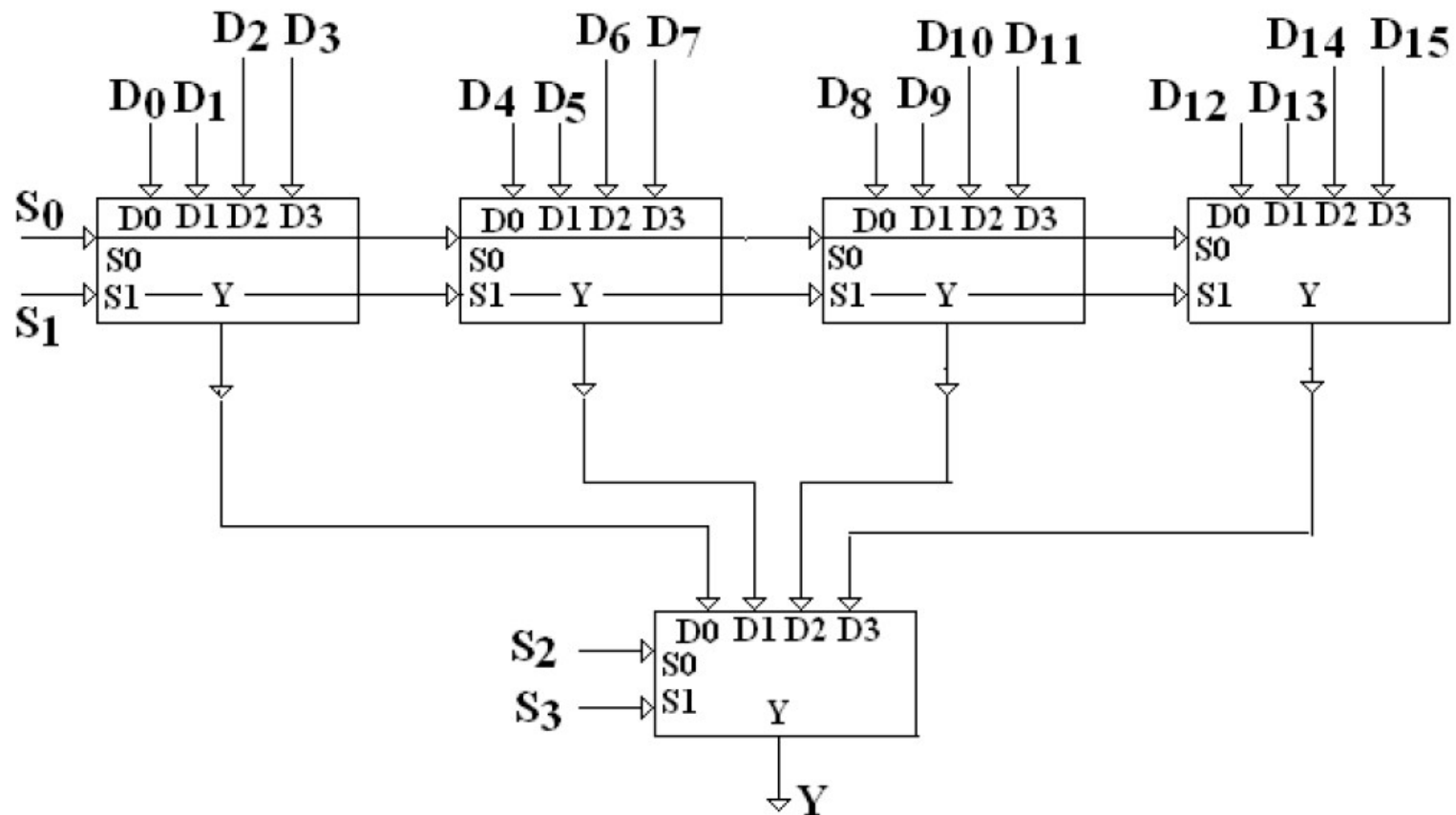
# Multiplexerek, demultiplexerek



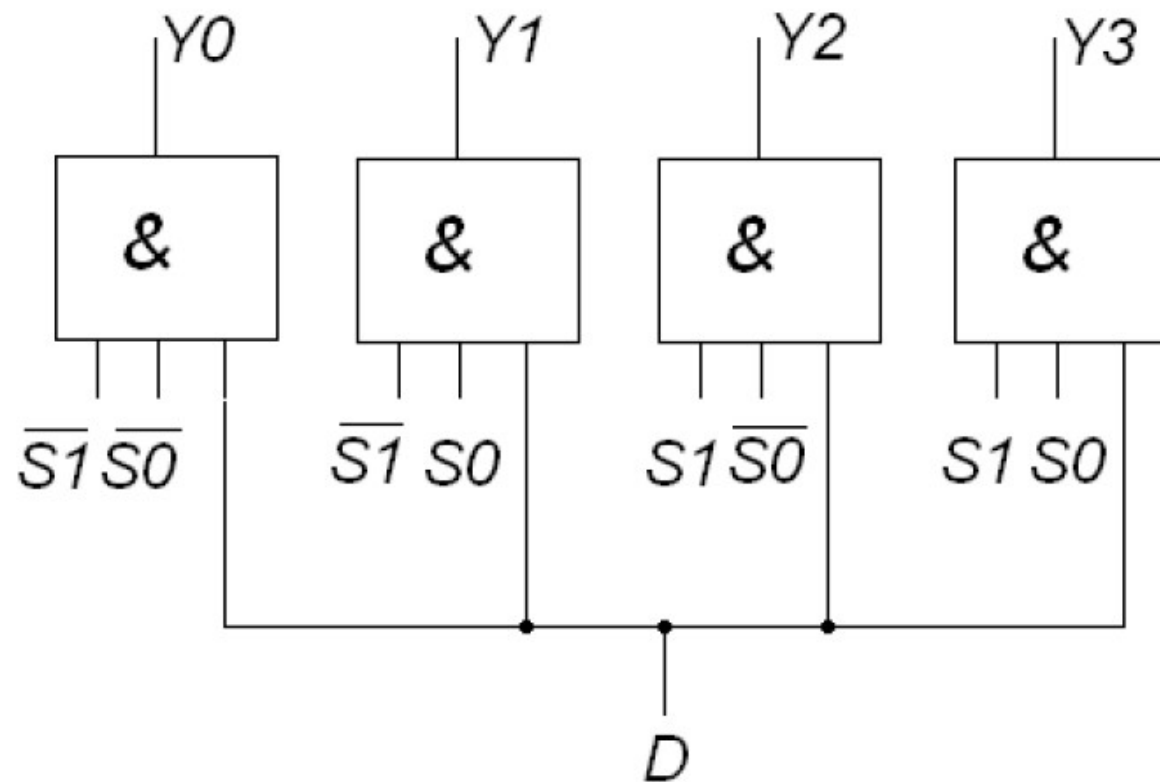
# 1 kimenetű, 4 bemenetű MUX4-1



# 1 kimenetű, 16 bemenetű MUX16-1



# 4 kimenetű, 1 bemenetű DEMUX1-4





# Számláló

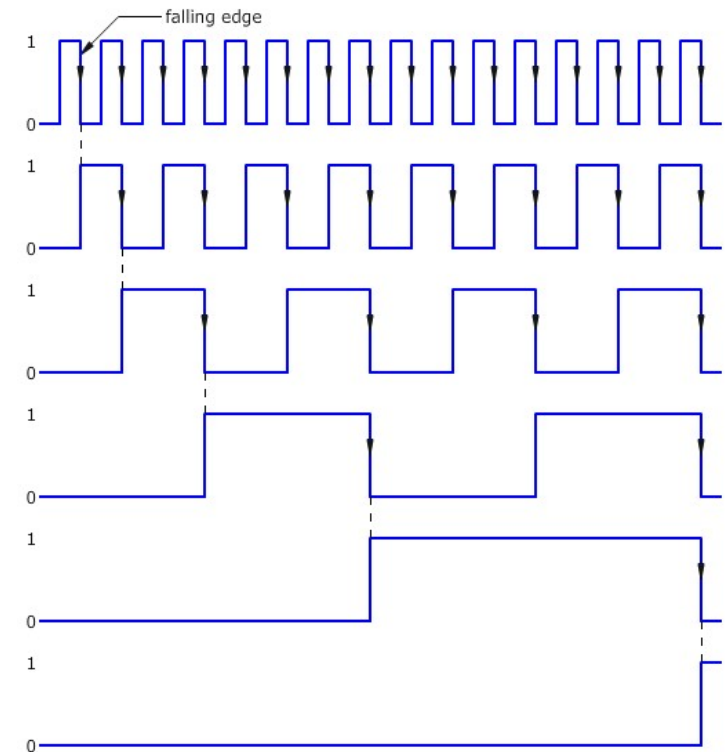
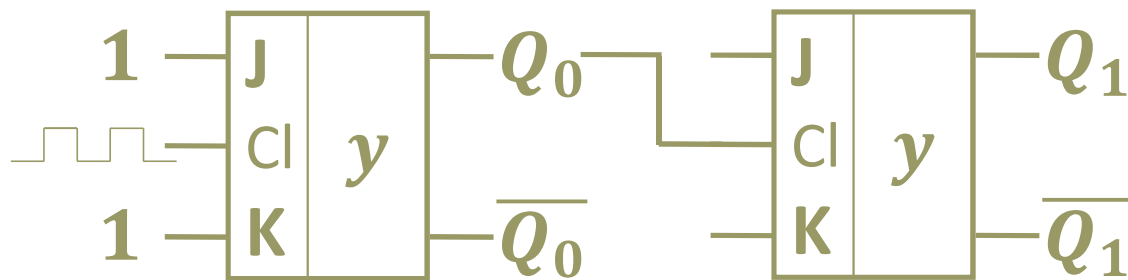
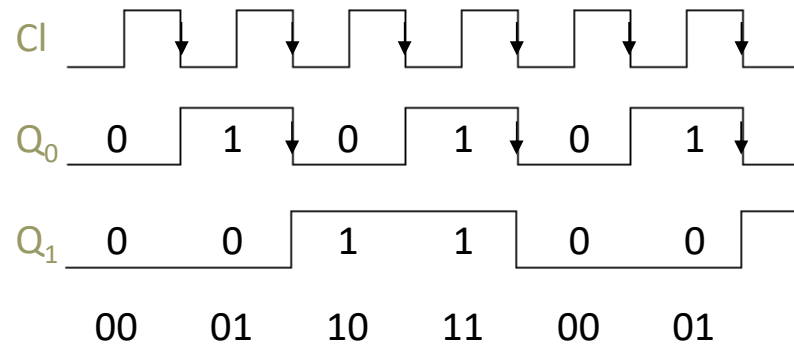
Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem

Közlekedésmérnöki és Járműmérnöki Kar

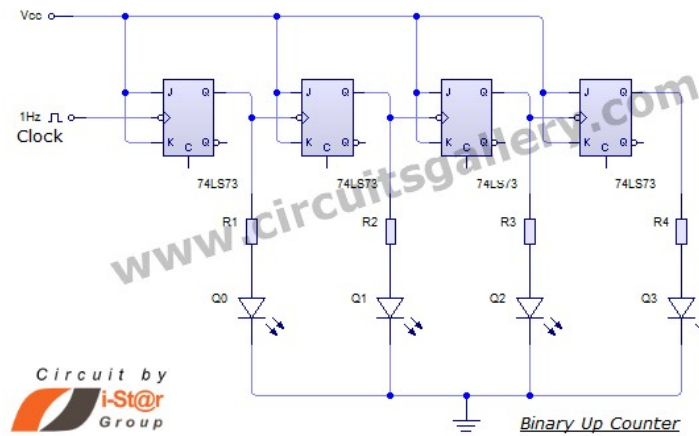
Közlekedés- és Járműirányítási Tanszék

- Ciklus
  - bináris
  - decimális (BCD)
  - egyéb
- Működésmód
  - soros („aszinkron”)
  - párhuzamos („szinkron”)

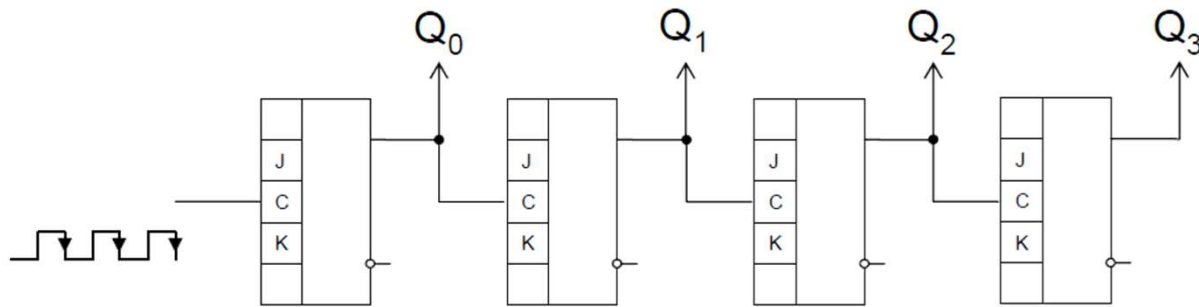
# Bináris felfelé számláló



# Bináris felfelé számláló



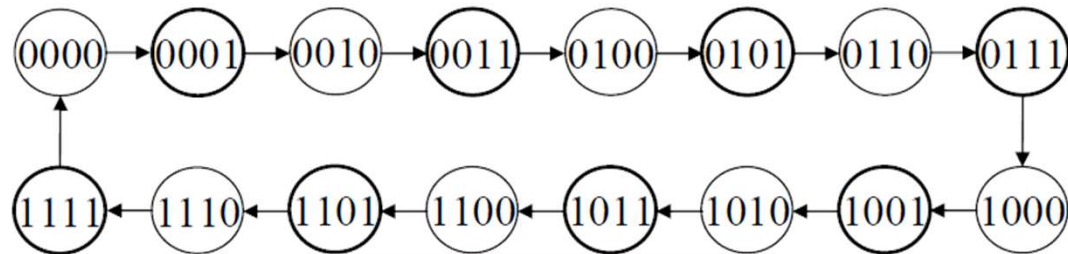
# Soros bináris számláló



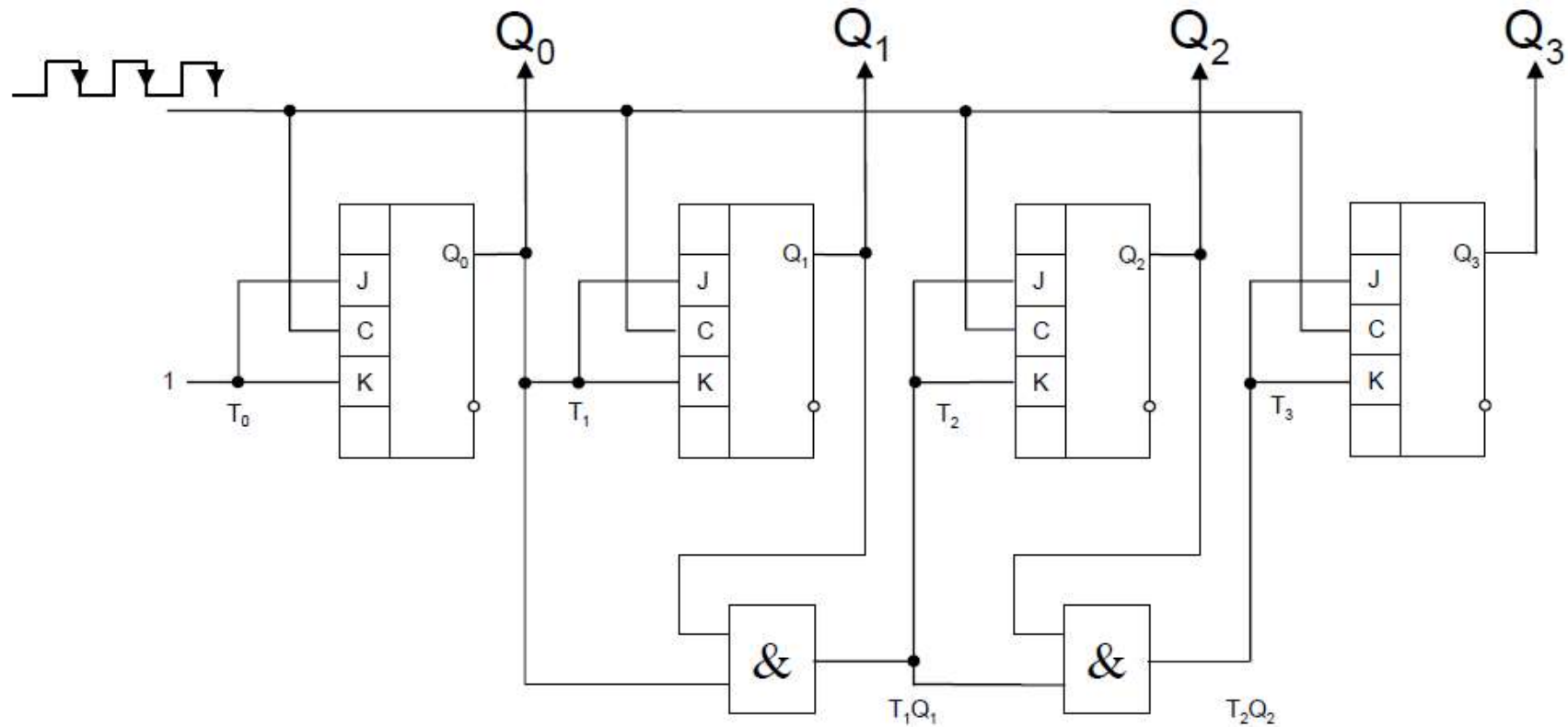
Előny: egyszerű

Hátrány: tranziensek

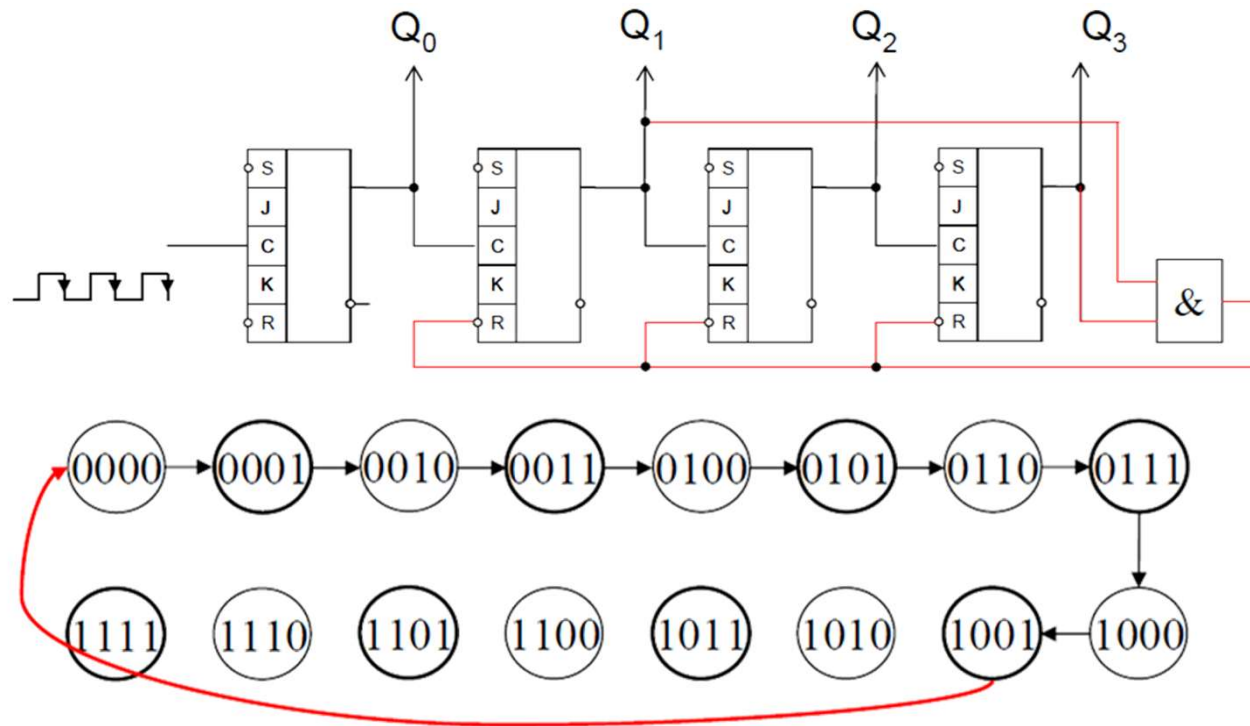
Szabad TTL bemenetek: „1”



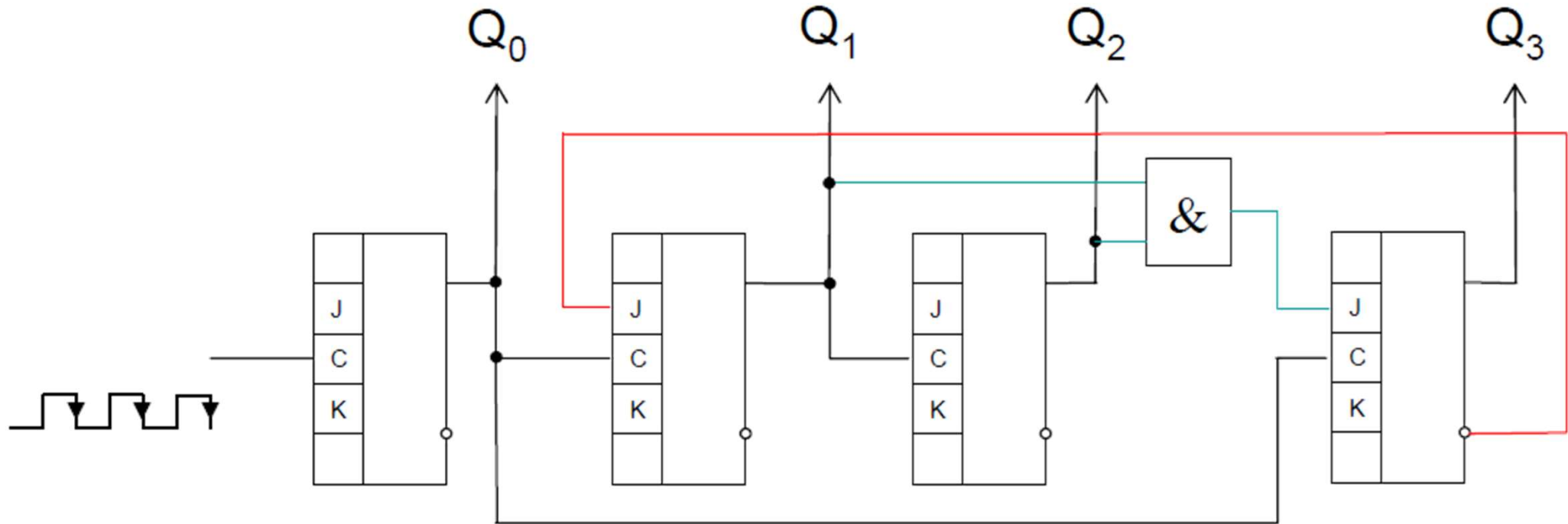
# Párhuzamos bináris számláló



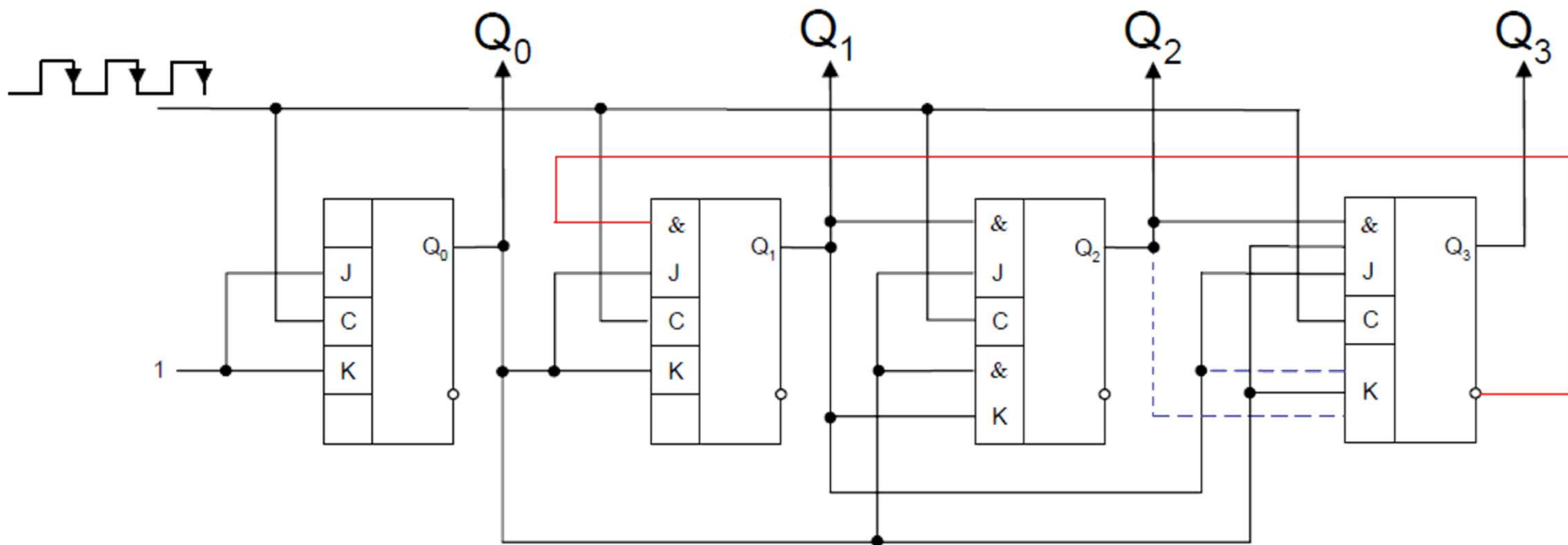
# Soros BCD számláló



# Soros BCD számláló



# Párhuzamos bináris számláló





# BCD számláló

