

# DIGITÁLIS ELEKTRONIKA

- előadás vázlat -

analóg  $\leftrightarrow$  digitális áramkörök

## Boole algebra

-digitális (kapcsoló áramkörök)  $\Leftrightarrow$  boole algebra (értelmezése és értéktartománya  $\{0,1\}$  halmaz)

	$\wedge$	$\vee$	$-$
-műveletek:	$\cdot$	$+$	$-$

-tulajdonságok:

-kommutatív

-asszociatív

-disztributív (egyik műv. a másikkal szemben)

	$x + 0 = x$	$x \cdot 0 = 0$	$x + \bar{x} = 1$
-seml. elem	$x \cdot 1 = x$	$x + 1 = 1$	$x \cdot \bar{x} = 0$

	$\overline{x + y} = \bar{x} \cdot \bar{y}$
-De Morgan szab.	$\overline{x \cdot y} = \bar{x} + \bar{y}$

-kettős tagadás elve  $\bar{\bar{x}} = x$ 

	$x \cdot x \cdot \dots \cdot x = x$
-idempotencia	$x + x + \dots + x = x$

-boole függvények:  $y = f(x_1, x_2, \dots, x_n)$ 

-felírása, megadása:

$$Y = \bar{A} \cdot \bar{B} \cdot \bar{C} \cdot D + \bar{A} \cdot \bar{B} \cdot C \cdot \bar{D} + \bar{A} \cdot \bar{B} \cdot C \cdot D + \dots + A \cdot B \cdot \bar{C} \cdot D$$

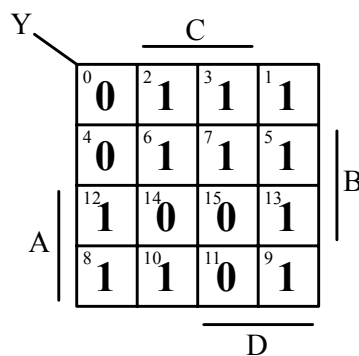
$$Y = (A + B + C + D) \cdot (A + \bar{B} + C + D) \cdot (\bar{A} + B + \bar{C} + D) \cdot \dots \cdot (\bar{A} + \bar{B} + \bar{C} + \bar{D})$$

-kanonikus alak:

-igazságtáblázattal:

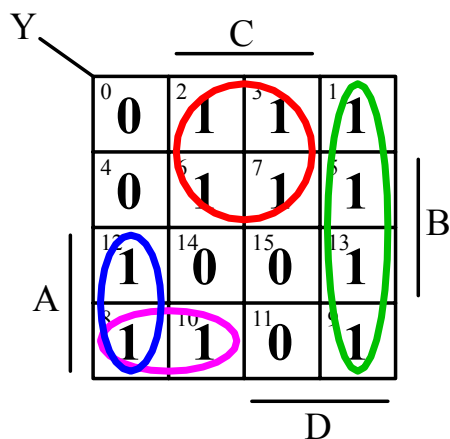
-Karnaugh diagrammal:

A	B	C	D	Y
0	0	0	0	0
0	0	0	1	1
0	0	1	0	1
0	0	1	1	1
0	1	0	0	0
0	1	0	1	1
0	1	1	0	1
0	1	1	1	1
1	0	0	0	1
1	0	0	1	1
1	0	1	0	1
1	0	1	1	0
1	1	0	0	1
1	1	0	1	1
1	1	1	0	0
1	1	1	1	0



-egyszerűsítés:

-analitikus: boole algebra tulajdonságait alkalmazva

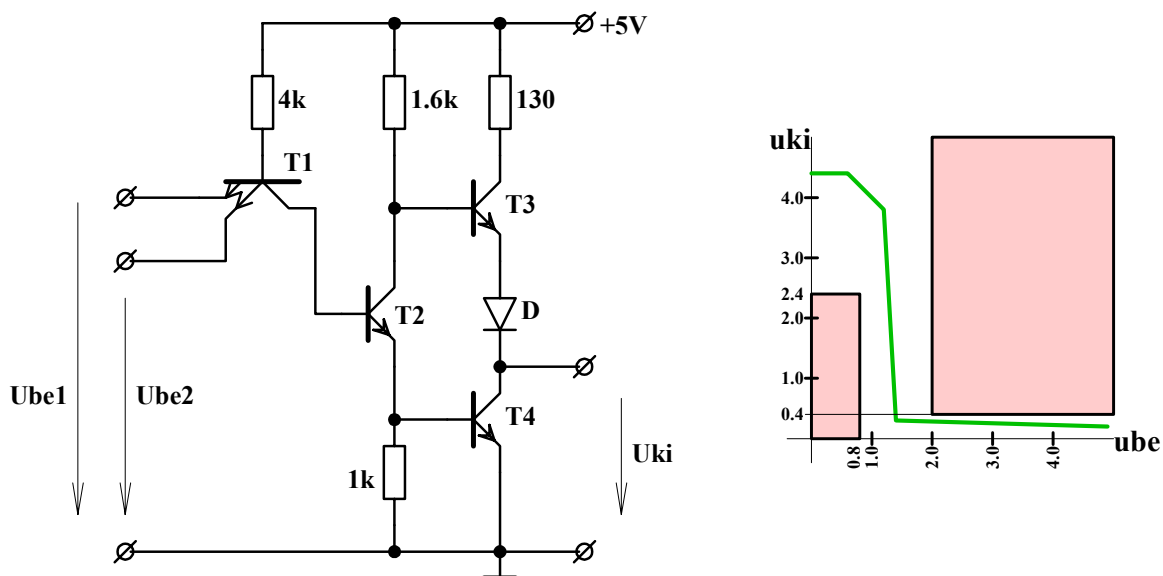
-Karnaugh tábla segítségével:  $Y = \bar{A} \cdot C + \bar{C} \cdot D + A \cdot \bar{C} \cdot \bar{D} + A \cdot \bar{B} \cdot \bar{D}$ 

-áramköri megvalósítás:

-pozitív logika:  $0 \leftarrow \text{Lo}$   
 $1 \leftarrow \text{Hi}$ -negatív logika:  $0 \leftarrow \text{Hi}$   
 $1 \leftarrow \text{Lo}$

## Logikai áramkörök megvalósítása

## • TTL NAND



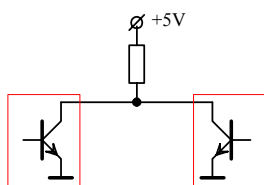
-TTL szabvány:

tápfeszültség:	$+5V \pm 0.25V$			
áramfelvétel:	szint és terhelésfüggő			
	bemenet:		kimenet:	
elf. be/ki szintek:	LO	HI	LO	HI
fesz.:	$<0.8V$	$>2.0V$	$<0.4V$	$>2.4V$
áram:	1.6mA	$40\mu A$	16mA	$400\mu A$
késleltetés:	10 - 20 ns			

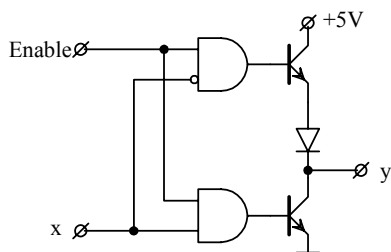
-további változatok:

- H-TTL, S-TTL, LS-TTL

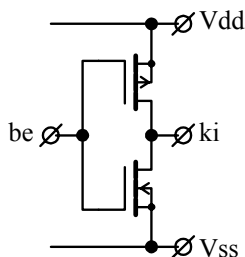
- "open collector"



- "three-state"

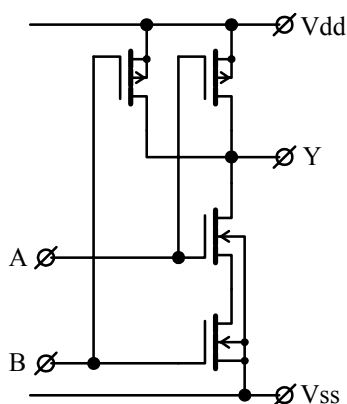


- CMOS Inverter



tápfeszültség:	$U_t = 3 - 18V$
áramfelvétel:	nagyon kicsi, kapcsolási frekv.-tól függ
billenési szint:	$\approx U_t / 2$
késleltetés:	100 – 150 ns

- CMOS NAND



### Kombinációs logikai hálózatok

-a kimenetek állapota csak attól függ, hogy pillanatnyilag éppen milyen logikai kombináció van a bemeneteken.



$$y_0 = f(x_0, x_2, \dots, x_m)$$

$$y_2 = f(x_0, x_2, \dots, x_m)$$

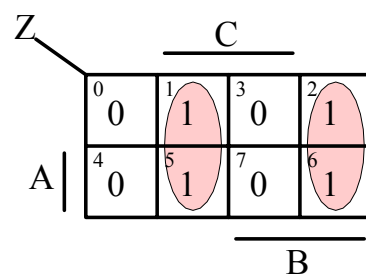
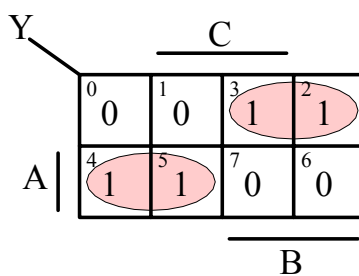
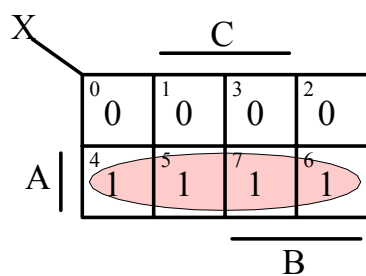
$$\dots\dots\dots$$

$$y_n = f(x_0, x_2, \dots, x_m)$$

- Kódolók, dekódolók

- 1° Bináris → Gray kód

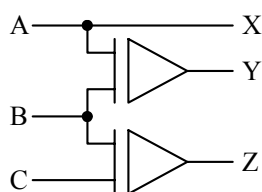
A	B	C	X	Y	Z
0	0	0	0	0	0
0	0	1	0	0	1
0	1	0	0	1	1
0	1	1	0	1	0
1	0	0	1	1	0
1	0	1	1	1	1
1	1	0	1	0	1
1	1	1	1	0	0



$$X = A$$

$$Y = A\bar{B} + \bar{A}B = A \otimes B$$

$$Z = \bar{B}C + B\bar{C} = B \otimes C$$



- 2° Gray → Bináris kód

A	B	C	X	Y	Z
0	0	0	0	0	0
0	0	1	0	0	1
0	1	1	0	1	0
0	1	0	0	1	1
1	1	0	1	0	0
1	1	1	1	0	1
1	0	1	1	1	0
1	0	0	1	1	1

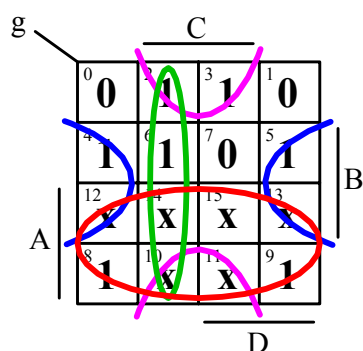
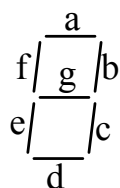
- 3° Címdekódolók (n-ből 1)

A	B	C	Y <sub>0</sub>	Y <sub>1</sub>	Y <sub>2</sub>	Y <sub>3</sub>	Y <sub>4</sub>	Y <sub>5</sub>	Y <sub>6</sub>	Y <sub>7</sub>
0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0
0	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0
0	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0
0	1	1	0	0	0	1	0	0	0	0
1	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0
1	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0
1	1	0	0	0	0	0	0	0	1	0
1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	1

## 4° BCD → 7 szegmens

A	B	C	D	a	b	c	d	e	f	g
0	0	0	0	1	1	1	1	1	1	0
0	0	0	1	0	1	1	0	0	0	0
0	0	1	0	1	1	0	1	1	0	1
0	0	1	1	1	1	1	1	0	0	1
0	1	0	0	0	1	1	0	0	1	1
0	1	0	1	1	0	1	1	0	1	1
0	1	1	0	1	0	1	1	1	1	1
0	1	1	1	1	1	1	0	0	0	0
1	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1
1	0	0	1	1	1	1	1	0	1	1
1	0	1	0	x	x	x	x	x	x	x
1	0	1	1	x	x	x	x	x	x	x
1	1	0	0	x	x	x	x	x	x	x
1	1	0	1	x	x	x	x	x	x	x
1	1	1	0	x	x	x	x	x	x	x
1	1	1	1	x	x	x	x	x	x	x

Pl: a g szegmens függvénye



$$g = A + C\bar{D} + B\bar{C} + \bar{B}C$$

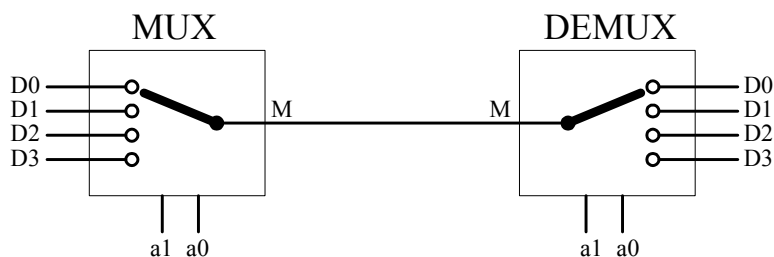
## 5° Paritás generáló / detektáló

A	B	C	P
0	0	0	0
0	0	1	1
0	1	0	1
0	1	1	0
1	0	0	1
1	0	1	0
1	1	0	0
1	1	1	1

## 6° Egyenlőség és relatív nagyság detektor

a <sub>1</sub>	a <sub>0</sub>	b <sub>1</sub>	b <sub>0</sub>	E	N
0	0	0	0	1	0
0	0	0	1	0	0
0	0	1	0	0	0
0	0	1	1	0	0
0	1	0	0	0	1
0	1	0	1	1	0
0	1	1	0	0	0
0	1	1	1	0	0
1	0	0	0	0	1
1	0	0	1	0	1
1	0	1	0	1	0
1	0	1	1	0	0
1	1	0	0	0	1
1	1	0	1	0	1
1	1	1	0	0	1
1	1	1	1	1	0

## • Multiplexerek, demultiplexerek



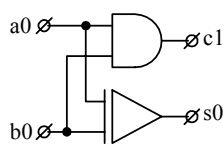
## Alkalmazás:

- átviteltechnika
- tetszőleges logikai fgv. megvalósítása MUX segítségével

- Összeadó áramkörök

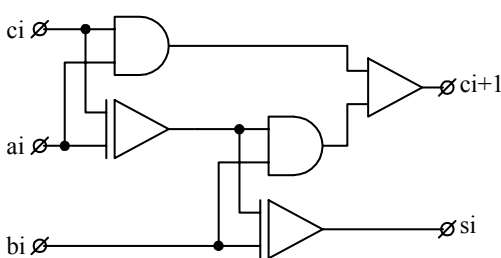
- 1° Félösszeadó

$a_0$	$b_0$	$c_1$	$s_0$
0	0	0	0
0	1	0	1
1	0	0	1
1	1	1	0



- 2° Teljes összeadó

$c_i$	$a_i$	$b_i$	$c_{i+1}$	$s_i$
0	0	0	0	0
0	0	1	0	1
0	1	0	0	1
0	1	1	1	0
1	0	0	0	1
1	0	1	1	0
1	1	0	1	0
1	1	1	1	1



- Csak olvasható (ROM) memóriák



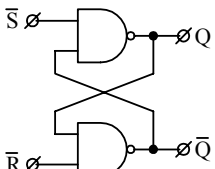
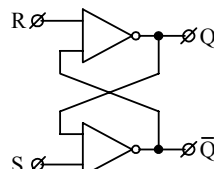
### Sorrendi (szekvenciális) logikai hálózatok

-a kimenetek állapota **nem csak** attól függ, hogy pillanatnyilag éppen milyen logikai kombináció van a bemeneteken, hanem attól is, hogy mi volt **az előző állapot!** (állapotdiagram fogalma!)

- Bistabil (tároló) áramkörök

- RS aszinkron

$\bar{S}$	$\bar{R}$	$Q$	$\bar{Q}$
0	0	tiltott!	
0	1	1	0
1	0	0	1
1	1	előző áll.	

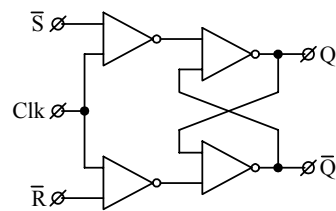
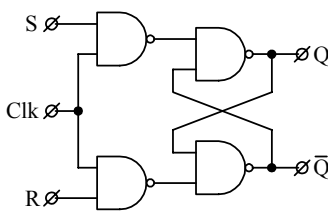



- Alkalmazás:

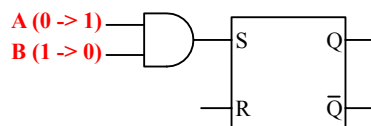
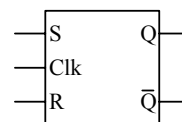
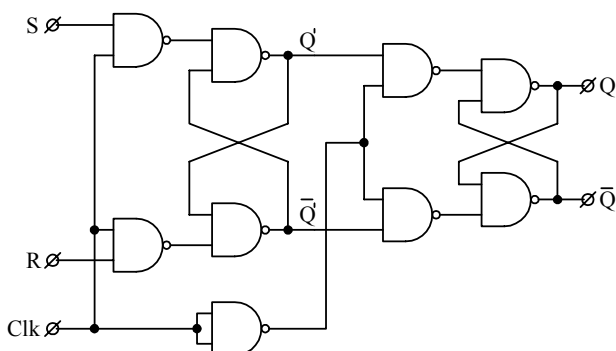
- állapottárolás
- kapcsolók pergésmentesítése

**-RS szinkron**

S	R	Clk	Q	$\bar{Q}$
0	0	0	előző áll.	
0	0	1	előző áll.	
0	1	0	előző áll.	
0	1	1	0	1
1	0	0	előző áll.	
1	0	1	1	0
1	1	0	előző áll.	
1	1	1	tiltott!	

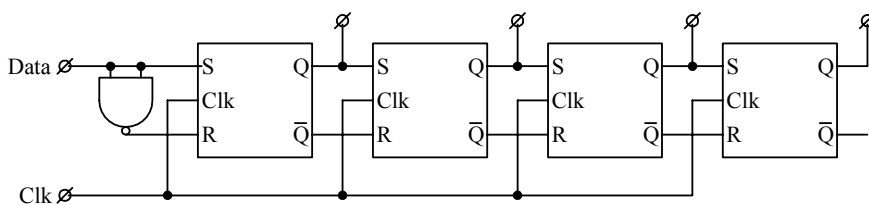


Szinkron szükségességének igazolása:

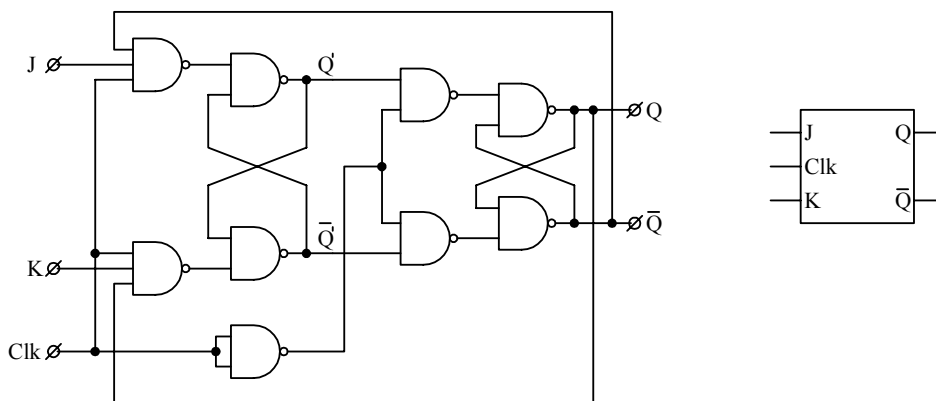
**-RS master-slave**

S	R	Clk	Q'	$\bar{Q}'$	Q	$\bar{Q}$
0	0	↑	előző áll.		előző áll.	
0	0	↓	előző áll.		előző áll.	
0	1	↑	0	1	előző áll.	
0	1	↓	előző áll.		0	1
1	0	↑	1	0	előző áll.	
1	0	↓	előző áll.		1	0
1	1	↑	tiltott!		tiltott!	
1	1	↓	tiltott!		tiltott!	

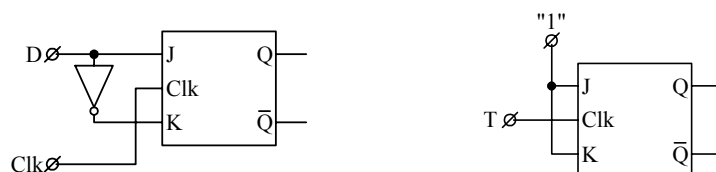
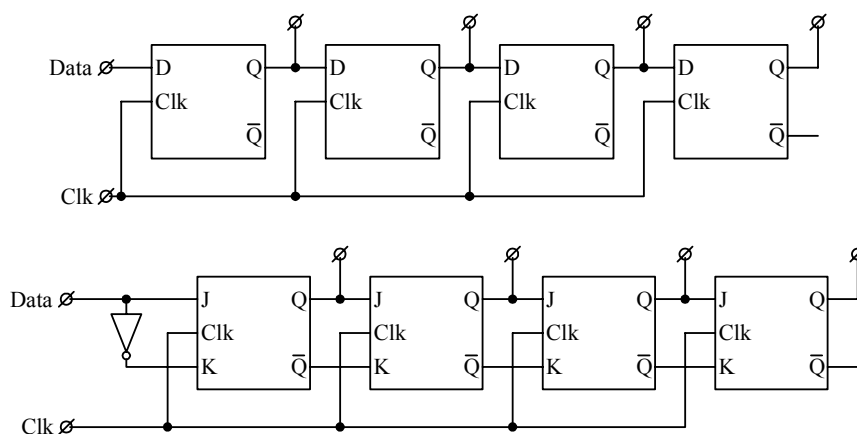
Alkalmazás: pl.: léptető (shift) regiszterekben

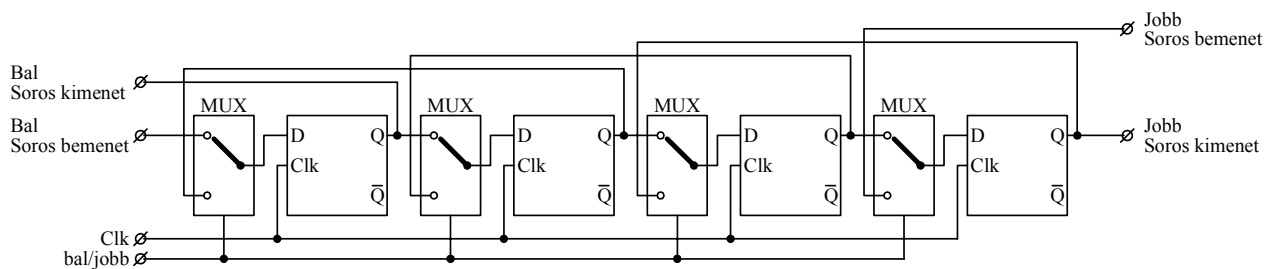




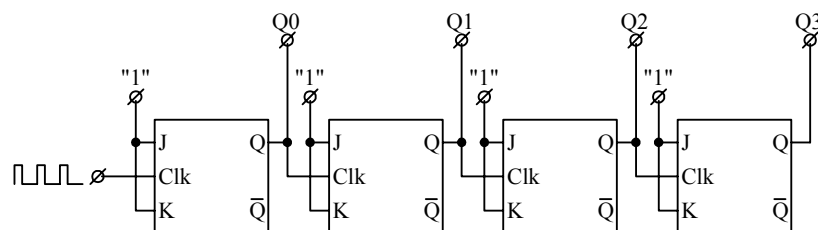
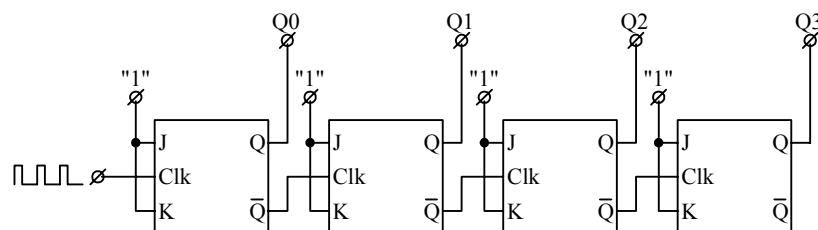
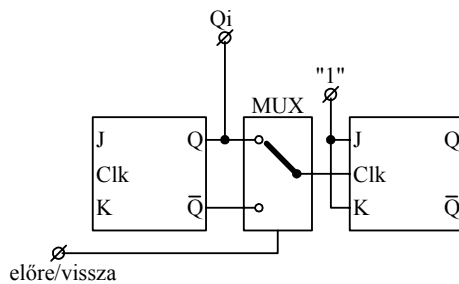
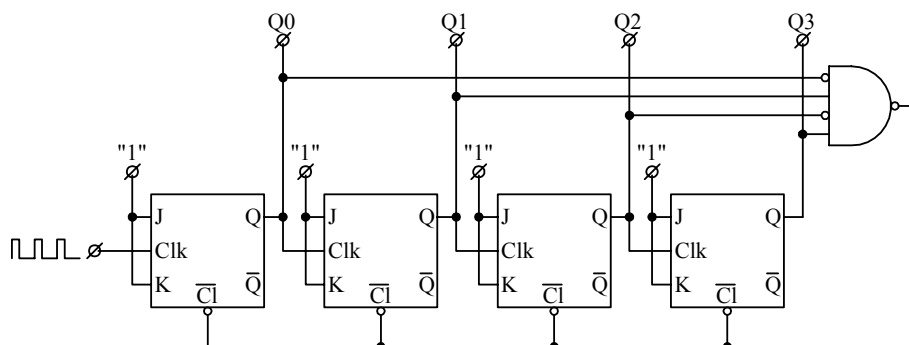
**-JK master-slave**

J	K	Clk	Q'	Q'	Q	Q
0	0	↑	előző áll.	előző áll.	előző áll.	előző áll.
0	0	↓	előző áll.	előző áll.	előző áll.	előző áll.
0	1	↑	0	1	előző áll.	előző áll.
0	1	↓	előző áll.	0	1	előző áll.
1	0	↑	1	0	előző áll.	előző áll.
1	0	↓	előző áll.	1	0	előző áll.
1	1	↑	kompl.	előző áll.	előző áll.	előző áll.
1	1	↓	előző áll.	kompl.	kompl.	kompl.

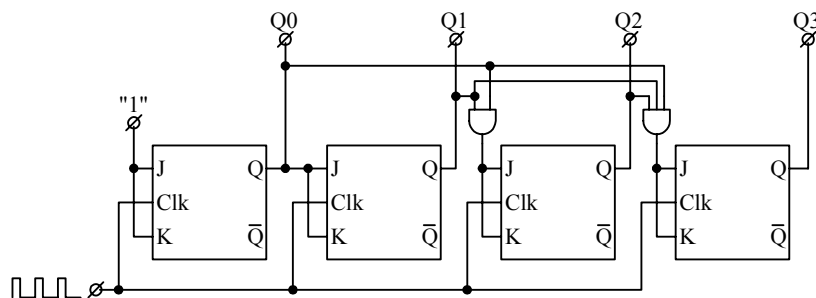
**-változatok:****-D tároló** (alkalmazás: léptető regiszterekben)**-T tároló** (alkalmazás: aszinkron számlálókban)• **Léptető regiszterek**

**-váltható irányú (jobbra-balra) léptető regiszterek**

## • Számlálók

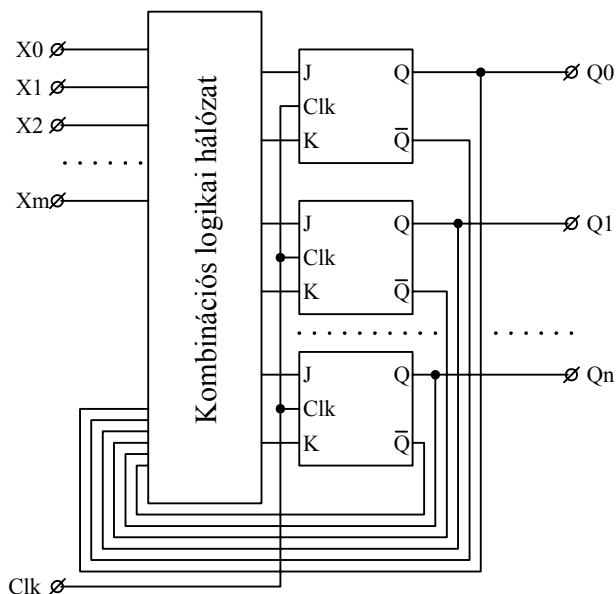
**-aszinkron számlálók (elv: frekvencia felezés)****-előre****-vissza****-váltható előre/vissza****-moduló számlálók****-ha mod  $2^n$  a fentiek lényegében mod  $2^n$  számlálók****-ha mod p (ahol  $p \neq 2^n$ ) pl: p=10**

-szinkron számlálók (**elv:** akkor billen, ha az összes megelőző bit 1)



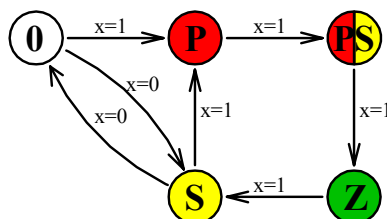
- Általános digitális gép

-tetszőleges állapotdiagram szerint működő szekvenciális logikai áramkör



(tervezés  $\equiv$  kombinációs logikai hálózat meghatározása!)

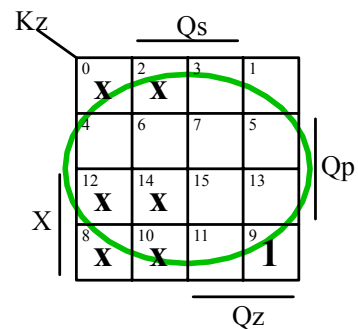
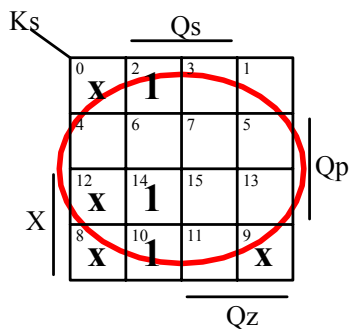
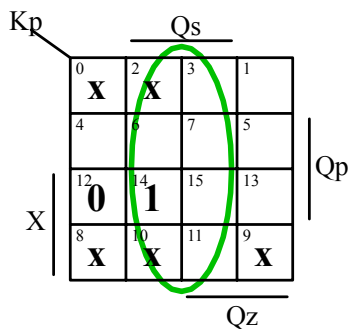
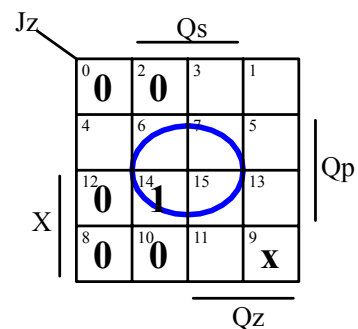
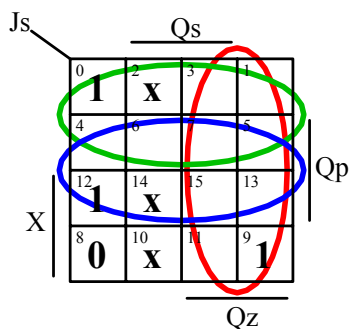
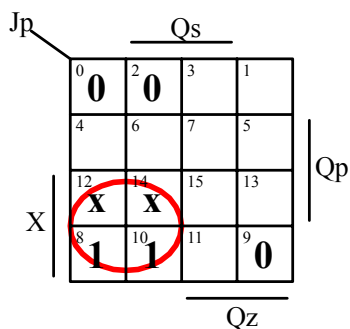
**Példa:** JK tárolók felhasználásával tervezzük meg egy közlekedési jelzőlámpa vezérlőjét, amely az alábbi állapotdiagram szerint működik!



ahhoz, hogy egy JK tároló:

$Q^n$	$Q^{n+1}$	J	K
0	0	0	x
0	1	1	x
1	0	x	1
1	1	x	0

	X	$Q_P^n$	$Q_S^n$	$Q_Z^n$	$Q_P^{n+1}$	$Q_S^{n+1}$	$Q_Z^{n+1}$	$J_P$	$K_P$	$J_S$	$K_S$	$J_Z$	$K_Z$
0	0	0	0	0	0	1	0	0	x	1	x	0	x
2	0	0	1	0	0	0	0	0	x	x	1	0	x
8	1	0	0	0	1	0	0	1	x	0	x	0	x
12	1	1	0	0	1	1	0	x	0	1	x	0	x
14	1	1	1	0	0	0	1	x	1	x	1	1	x
9	1	0	0	1	0	1	0	0	x	1	x	x	1
10	1	0	1	0	1	0	0	1	x	x	1	0	x



$$J_P = X \cdot \bar{Q}_Z$$

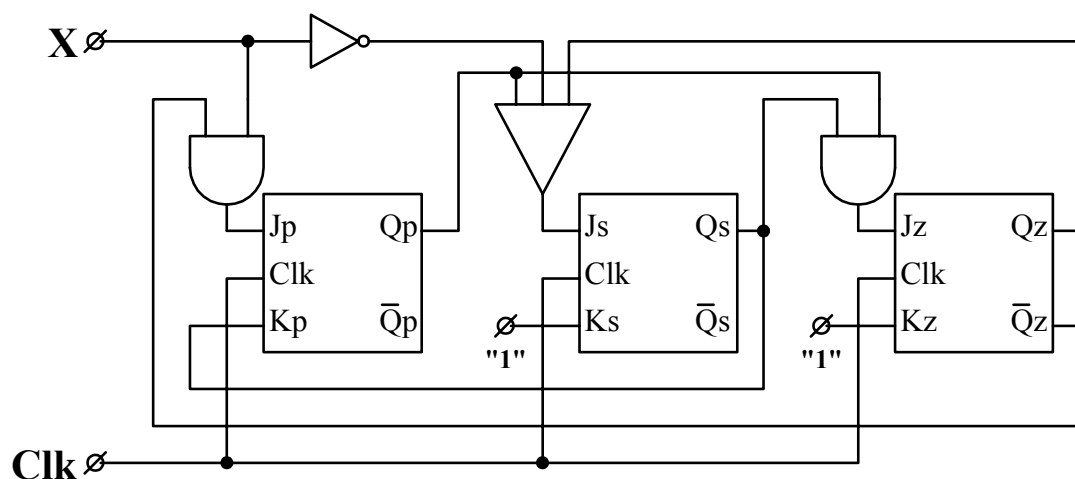
$$K_P = Q_S$$

$$J_S = \bar{X} + Q_P + Q_Z$$

$$K_S = 1$$

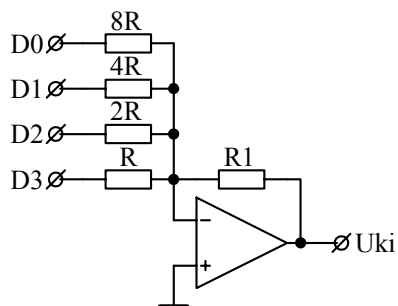
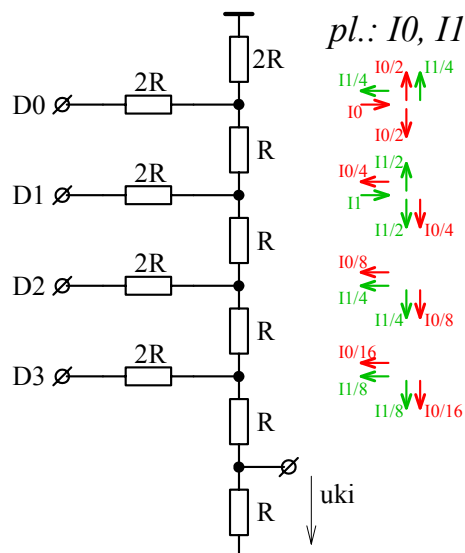
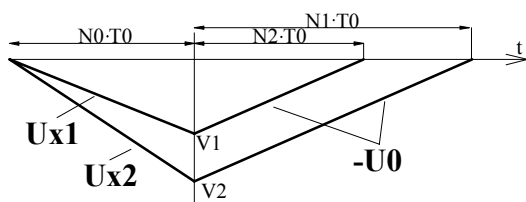
$$J_Z = Q_P \cdot Q_S$$

$$K_Z = 1$$



**Memóriák**

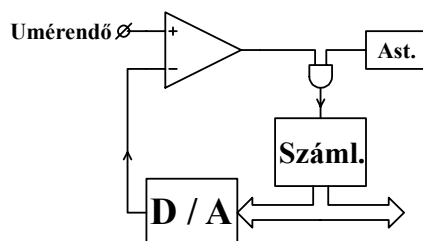
- ROM (PROM, EPROM, EEPROM)
- RAM (statikus, dinamikus)
- FIFO, LIFO

**Digitál Analóg átalakítók (DAC)****1° Súlyozott összeadó****2° R-2R létrahálózat****Analóg Digitál átalakítók (ADC)****1° Kettős (integrálással) meredekségű:**

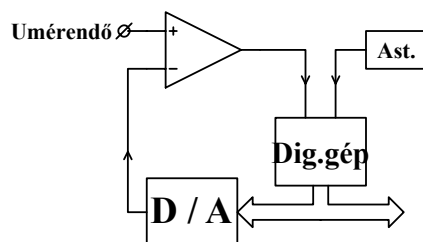
$$V_1 = -\frac{1}{R \cdot C} \int_0^{N_0 T_0} U_{x1} \cdot dt = -\frac{U_{x1} \cdot N_0 \cdot T_0}{R \cdot C}$$

$$0 = V_1 - \frac{1}{R \cdot C} \int_0^{N_1 T_0} (-U_0) \cdot dt = V_1 + \frac{U_0 \cdot N_1 \cdot T_0}{R \cdot C}$$

$$\Rightarrow \frac{U_{x1} \cdot N_0 \cdot T_0}{R \cdot C} = \frac{U_0 \cdot N_1 \cdot T_0}{R \cdot C} \Rightarrow U_{x1} = U_0 \frac{N_1}{N_0}$$

**2° Számláló elven működő**

## 3° Szukcesszív approximációs



## 4° Flash konverter

X <sub>7</sub>	X <sub>6</sub>	X <sub>5</sub>	X <sub>4</sub>	X <sub>3</sub>	X <sub>2</sub>	X <sub>1</sub>	Y <sub>2</sub>	Y <sub>1</sub>	Y <sub>0</sub>
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	1	0	0	1
0	0	0	0	0	1	1	0	1	0
0	0	0	0	1	1	1	0	1	1
0	0	0	1	1	1	1	1	0	0
0	0	1	1	1	1	1	1	0	1
0	1	1	1	1	1	1	1	1	0
1	1	1	1	1	1	1	1	1	1

