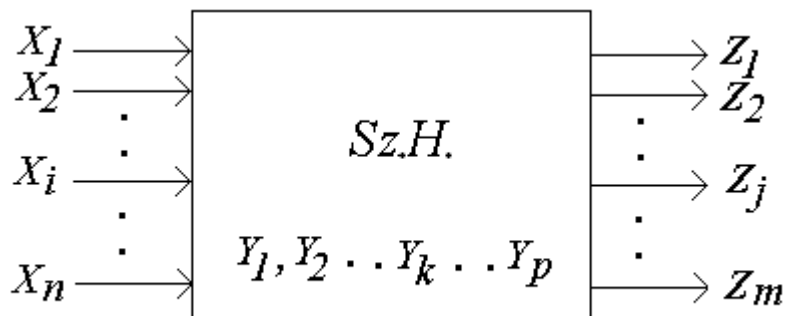


## Sorrendi (szekvenciális) hálózatok

*Definíció: a sorrendi (szekvenciális) hálózatok legfontosabb tulajdonsága, hogy a kimeneti érték (kombináció) nem csak a pillanatnyi bemeneti értéktől (kombinációtól) függ, hanem a korábbi bemeneti értéktől (kombinációtól), sőt azok sorrendjétől is.*

## A sorrendi hálózatok fekete-doboz modellje (1)



$$f_z : \mathbf{X} \times \mathbf{Y} \Rightarrow \mathbf{Z}$$

$$f_y : \mathbf{X} \times \mathbf{Y} \Rightarrow \mathbf{Y}$$

$\mathbf{X}$ : a bemenet kombinációk halmaza

$\mathbf{Z}$ : a kimeneti kombinációk halmaza

$\mathbf{Y}$ : a szekundér változók halmaza

$$Z_1 = f_{z1}(X_1, \dots, X_i, \dots, X_n, Y_1, \dots, Y_k, \dots, Y_p)$$

$$Z_2 = f_{z2}(X_1, \dots, X_i, \dots, X_n, Y_1, \dots, Y_k, \dots, Y_p)$$

$$\dots \dots \dots$$

$$Z_j = f_{zj}(X_1, \dots, X_i, \dots, X_n, Y_1, \dots, Y_k, \dots, Y_p)$$

$$\dots \dots \dots$$

$$Z_m = f_{zm}(X_1, \dots, X_i, \dots, X_n, Y_1, \dots, Y_k, \dots, Y_p)$$

$$Y'_1 = f_{y1}(X_1, \dots, X_i, \dots, X_n, Y_1, \dots, Y_k, \dots, Y_p)$$

$$Y'_2 = f_{y2}(X_1, \dots, X_i, \dots, X_n, Y_1, \dots, Y_k, \dots, Y_p)$$

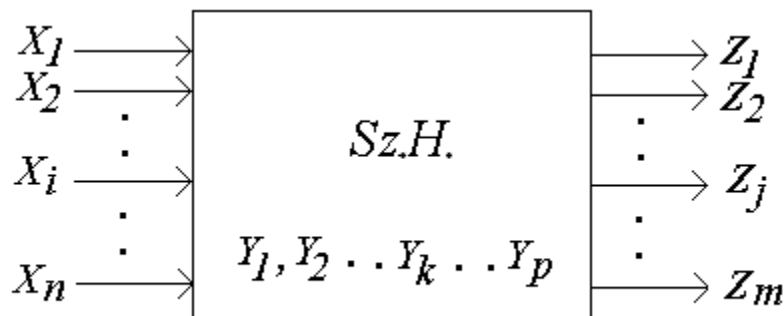
$$\dots \dots \dots$$

$$Y'_k = f_{yk}(X_1, \dots, X_i, \dots, X_n, Y_1, \dots, Y_k, \dots, Y_p)$$

$$\dots \dots \dots$$

$$Y'_p = f_{yp}(X_1, \dots, X_i, \dots, X_n, Y_1, \dots, Y_k, \dots, Y_p)$$

## A sorrendi hálózatok fekete-doboz modellje (2)



$$f_y : (x_i^t, y_k^t) \rightarrow y_l^{t+\Delta t}$$

$$f_z : (x_i^t, y_k^t) \rightarrow z_j^t$$

$x_i^t$  : egy bemeneti kombináció  $t$  pillanatban

$z_j^t$  : egy kimeneti kombináció  $t$  pillanatban

$y_k^t$  : egy szekundér változó kombináció  $t$  pillanatban

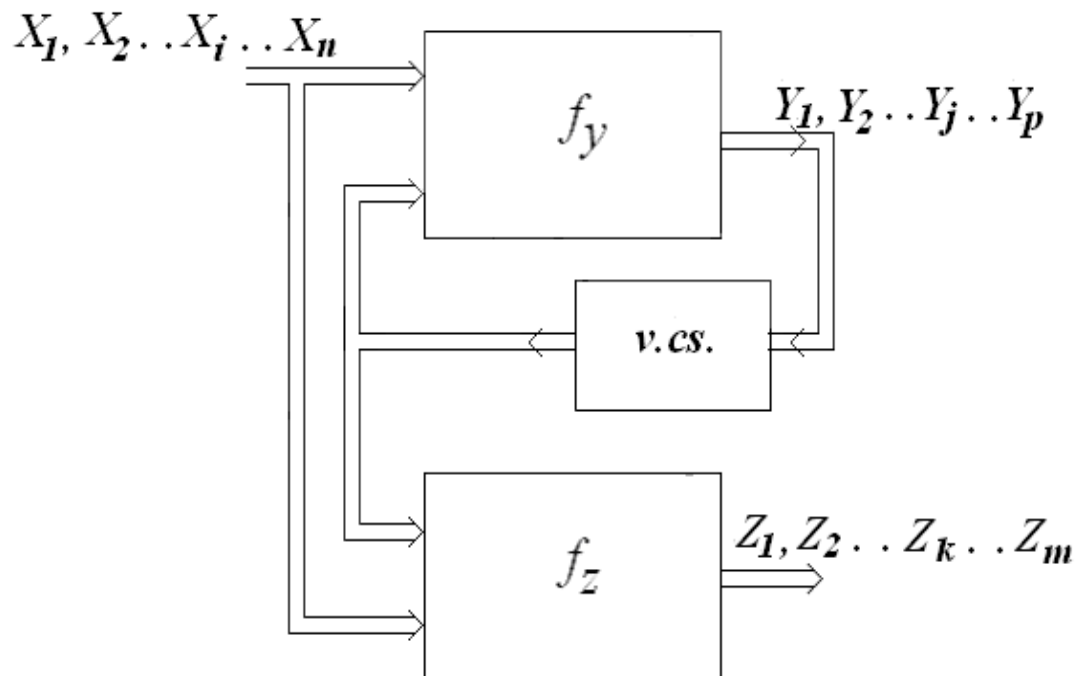
$y_l^{t+\Delta t}$  : egy szekundér változó kombináció  $(t + \Delta t)$  pillanatban

## Sorrendi hálózatok strukturális modelljei(1)

- Mealy-típusú szekvenciális hálózatok
  - Szinkron
  - Aszinkron
  
- Moore-típusú szekvenciális hálózatok
  - Szinkron
  - Aszinkron

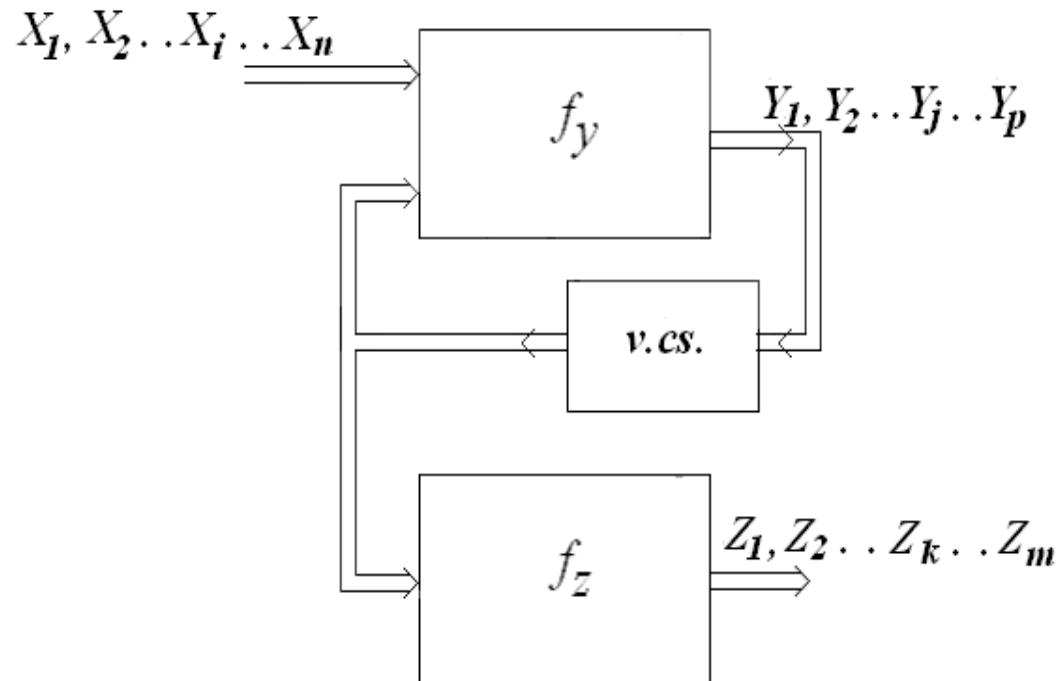
## Sorrendi hálózatok strukturális modelljei(2)

### Mealy-típusú szekvenciális hálózatok



## Sorrendi hálózatok strukturális modelljei(3)

### Moore-típusú szekvenciális hálózatok



## Sorrendi hálózatok csoportosítása

### ➤ Szinkron szekvenciális hálózatok

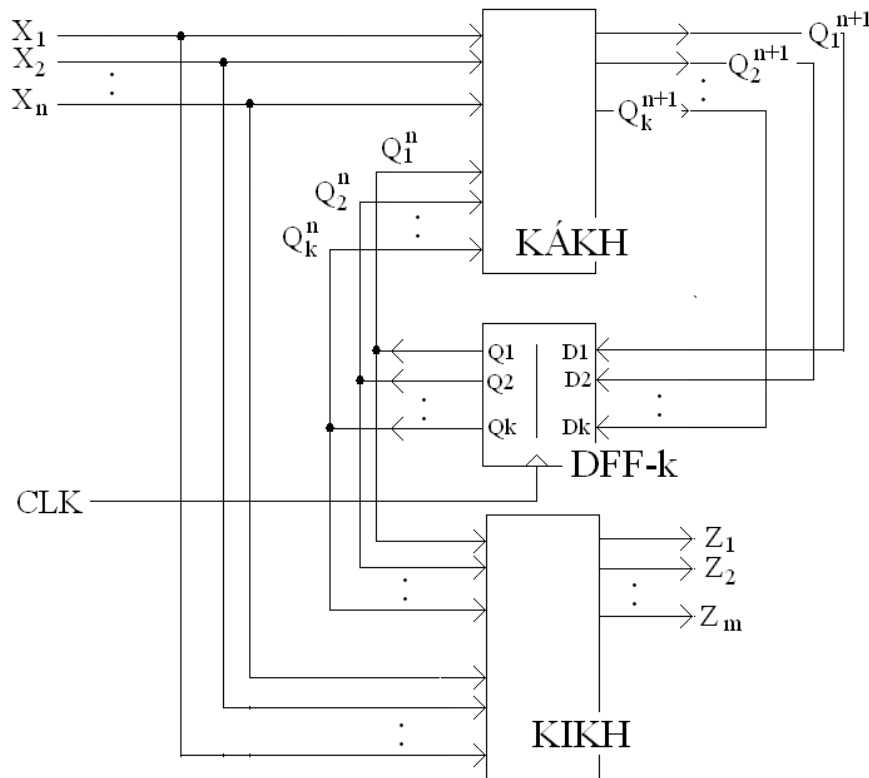
- *tárolóval („MS”) visszacsatolt szinkron sorrendi hálózatok*

### ➤ Aszinkron szekvenciális hálózatok

- *közvetlen visszacsatolásos aszinkron sorrendi hálózatok*
- *tárolóval visszacsatolt aszinkron sorrendi hálóztok*

## Sorrendi hálózatok felépítése és működése (1) (általános sémák)

**Példa: szinkron MEALY-hálózat, D-MS tárolós visszacsatoló ágakkal**

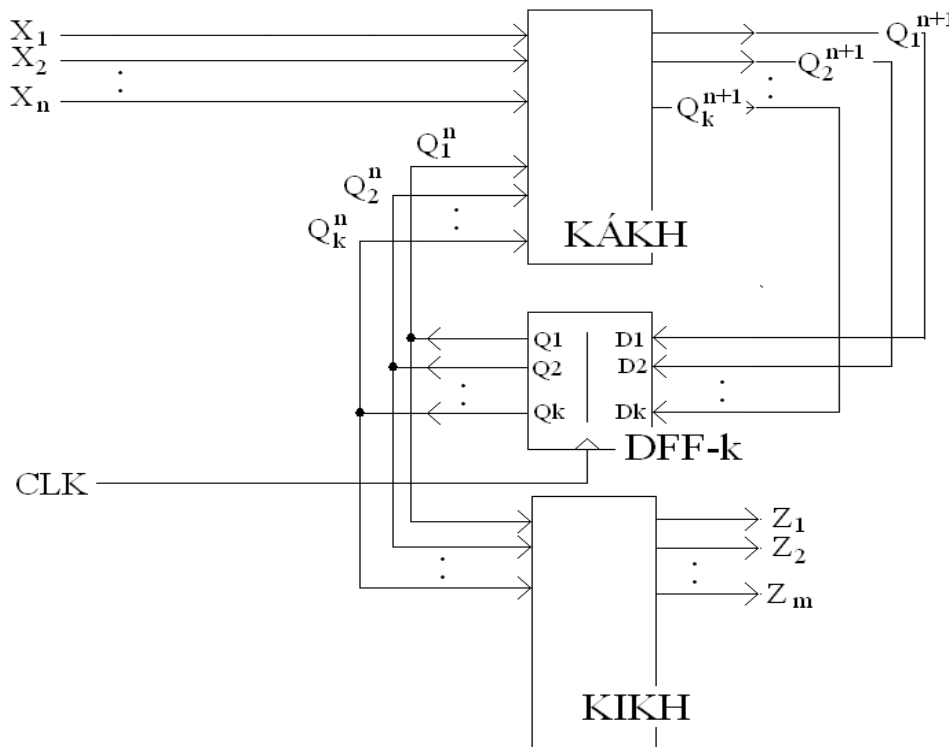


„KÁKH”: következő állapotot  
előállító kombiációs  
hálózat

„KIKH”: kimenetet előállító  
kombiációs hálózat

## Sorrendi hálózatok felépítése és működése (2) (általános sémák)

**Példa: szinkron MOORE-hálózat, D-MS tárolós visszacsatoló ágakkal**

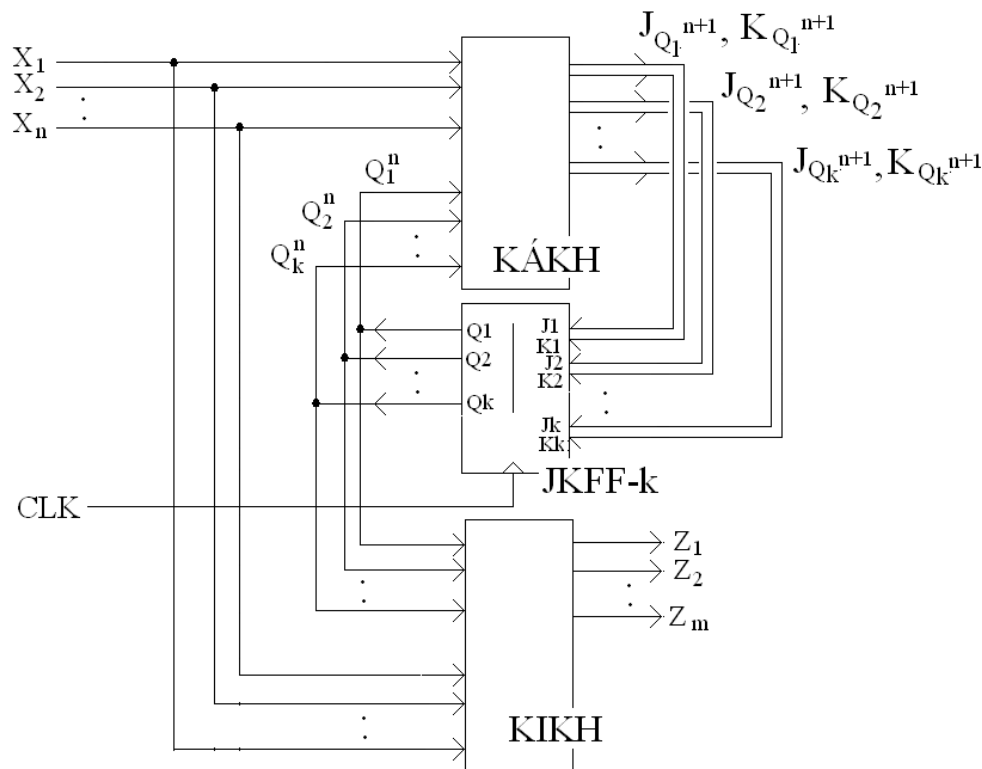


„KÁKH”: következő állapotot  
előállító kombinációs  
hálózat

„KIKH”: kimenetet előállító  
kombinációs hálózat

## Sorrendi hálózatok felépítése és működése (3) (általános sémák)

**Példa: szinkron MEALY-hálózat, JK-MS tárolós visszacsatoló ágakkal**

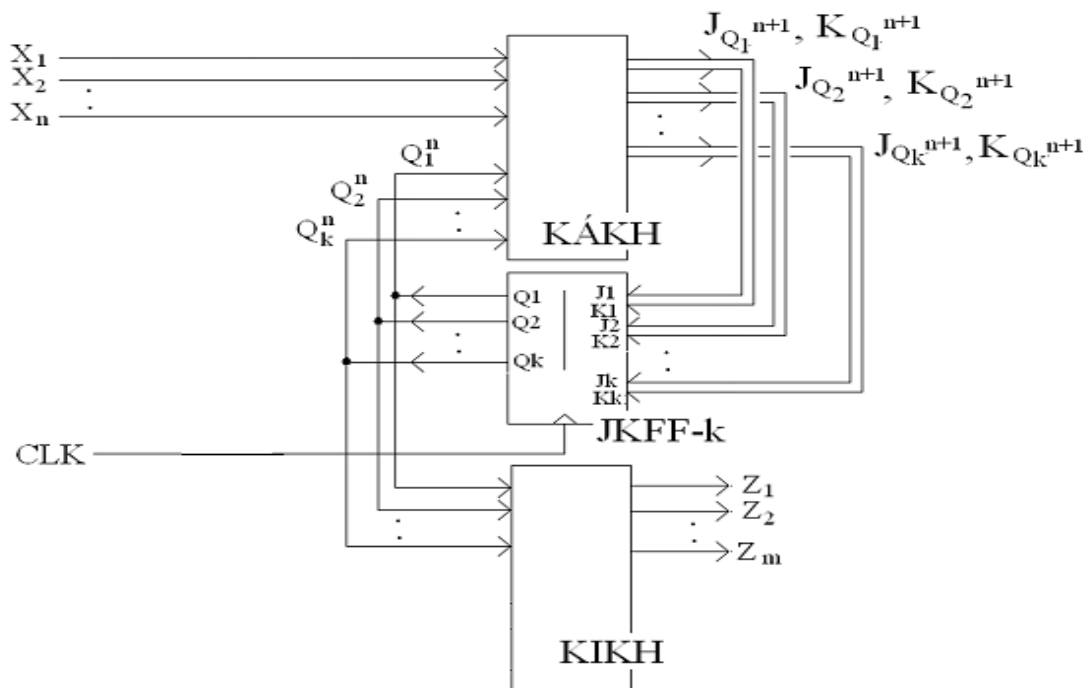


„KÁKH”: következő állapotot előállító kombinációs hálózat

„KIKH”: kimenetet előállító kombinációs hálózat

## Sorrendi hálózatok felépítése és működése (4) (általános sémák)

Példa: szinkron MOORE-hálózat, JK-MS tárolós visszacsatoló ágakkal

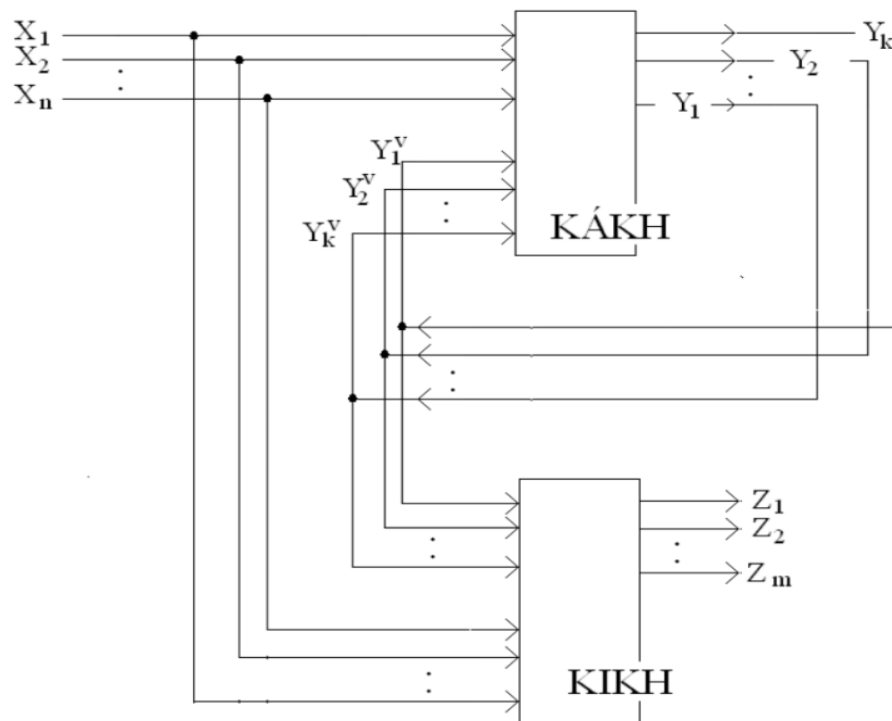


„KÁKH”: következő állapotot  
előállító kombinációs  
hálózat

„KIKH”: kimenetet előállító  
kombinációs hálózat

## Sorrendi hálózatok felépítése és működése (5) (általános sémák)

**Példa: aszinkron MEALY-hálózat, közvetlen visszacsatolásokkal**

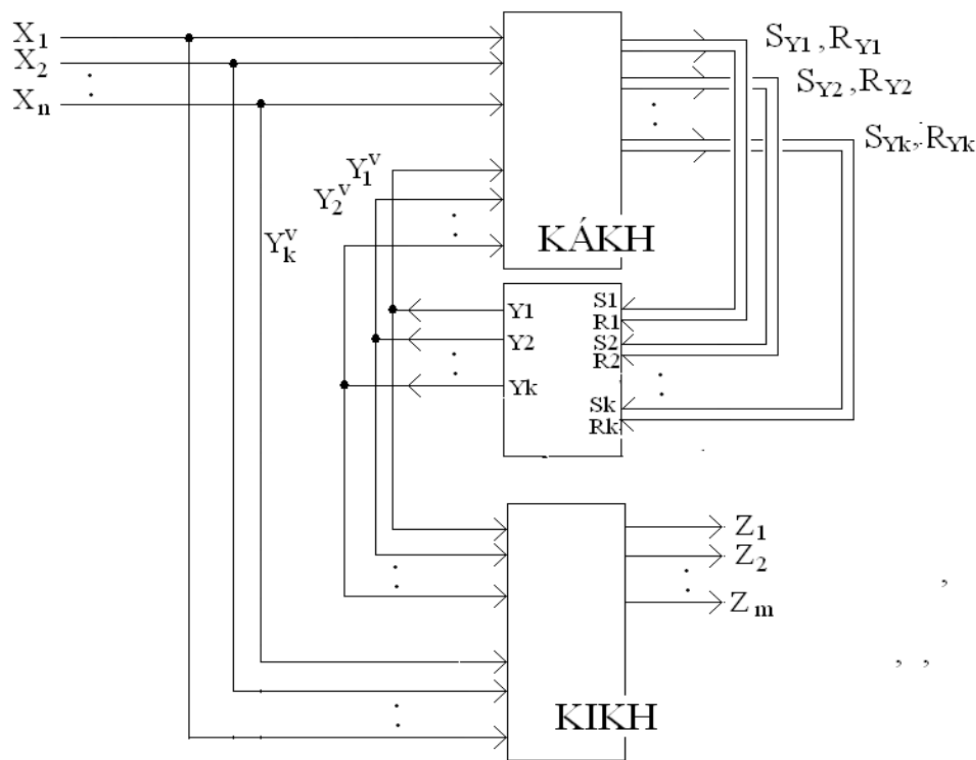


„KÁKH”: következő állapotot  
előállító kombinációs  
hálózat

„KIKH”: kimenetet előállító  
kombinációs hálózat

## Sorrendi hálózatok felépítése és működése (6) (általános sémák)

**Példa: aszinkron MEALY-hálózat, SR tárolós visszacsatolásokkal**

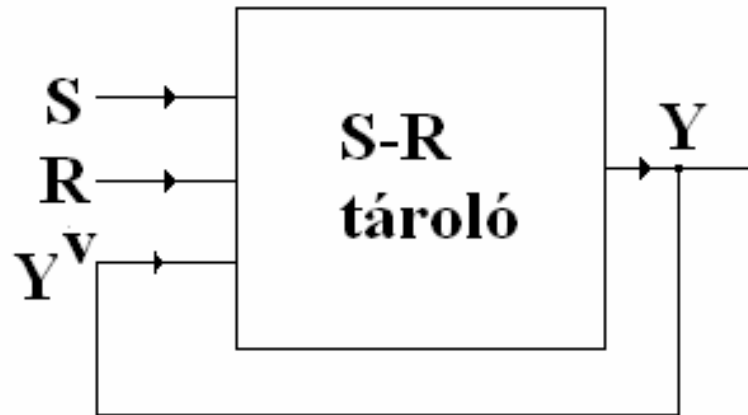


„KÁKH”: következő állapotot  
előállító kombinációs  
hálózat

„KIKH”: kimenetet előállító  
kombinációs hálózat

## Tárolók sorrendi hálózatokban: SR tároló (1)

Általános séma:



- kombinációs hálózat, amelynek kimenete a bemenetre érkezik vissza

## Tárolók sorrendi hálózatokban: SR tároló (2)

*egyszerű igazságtábla*

| S | R | Y     |
|---|---|-------|
| 0 | 0 | $Y^V$ |
| 0 | 1 | 0     |
| 1 | 0 | 1     |
| 1 | 1 | -     |



*összetett igazságtábla*

| S | R | $Y^V$ | Y |
|---|---|-------|---|
| 0 | 0 | 0     | 0 |
| 0 | 0 | 1     | 1 |
| 0 | 1 | 0     | 0 |
| 0 | 1 | 1     | 0 |
| 1 | 0 | 0     | 1 |
| 1 | 0 | 1     | 1 |
| 1 | 1 | 0     | - |
| 1 | 1 | 1     | - |

## Tárolók sorrendi hálózatokban: SR tároló (3)

Az állapot-átmeneti tábla

| $Y^v \backslash SR$ |  |      |      |      |      |
|---------------------|--|------|------|------|------|
|                     |  | $00$ | $01$ | $10$ | $11$ |
| $0$                 |  | $0$  | $0$  | $1$  | -    |
| $1$                 |  | $1$  | $0$  | $1$  | -    |

## Tárolók sorrendi hálózatokban: SR tároló (4)

*összetett igazságtábla*

| S | R | $Y^v$ | Y |
|---|---|-------|---|
| 0 | 0 | 0     | 0 |
| 0 | 0 | 1     | 1 |
| 0 | 1 | 0     | 0 |
| 0 | 1 | 1     | 0 |
| 1 | 0 | 0     | 1 |
| 1 | 0 | 1     | 1 |
| 1 | 1 | 0     | - |
| 1 | 1 | 1     | - |

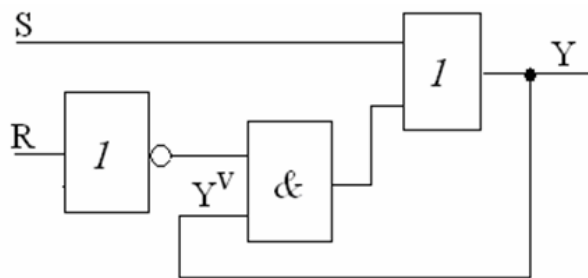
$\Rightarrow$

|       |   |   |   |   |   |
|-------|---|---|---|---|---|
| $Y^v$ | S | 0 | 0 | 1 | 1 |
|       | R | 0 | 1 | 1 | 0 |
| 0     |   | 0 | 0 | - | 1 |
| 1     |   | 1 | 0 | - | 1 |

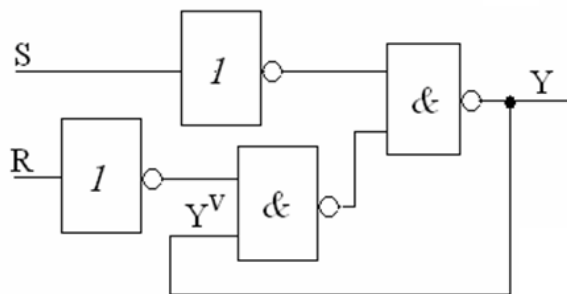
$$Y = S + \bar{R} Y^v = \overline{\overline{S + \bar{R} Y^v}} = \overline{\bar{S}(\bar{R} Y^v)}$$

## Tárolók sorrendi hálózatokban: SR tároló (5)

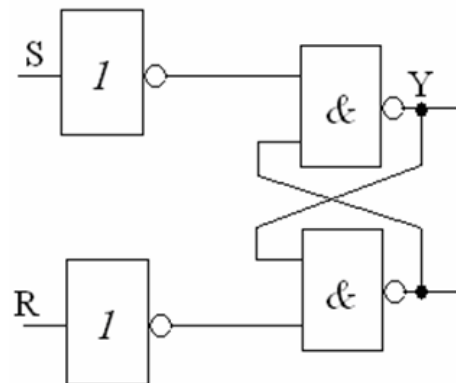
Realizációs megoldások:



• „ÉS-VAGY”

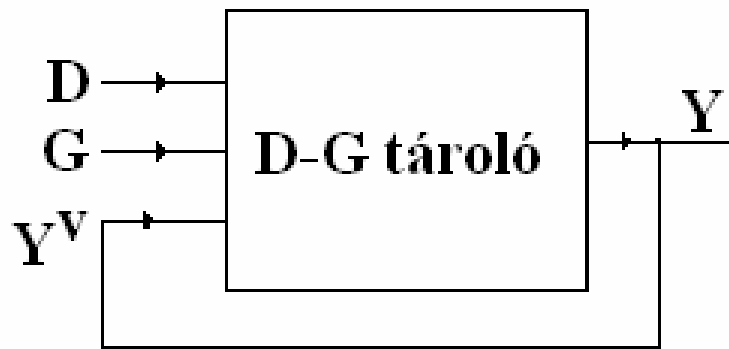


• „NEM-ÉS”



## Tárolók sorrendi hálózatokban: DG tároló (1)

Általános séma:



- kombinációs hálózat, amelynek kimenete a bemenetre érkezik vissza

## Tárolók sorrendi hálózatokban: DG tároló (2)

*egyszerű igazságtábla*

| D | G | Y     |
|---|---|-------|
| 0 | 0 | $Y^V$ |
| 0 | 1 | 0     |
| 1 | 0 | $Y^V$ |
| 1 | 1 | 1     |

$\Rightarrow$

*összetett igazságtábla*

| D | G | $Y^V$ | Y |
|---|---|-------|---|
| 0 | 0 | 0     | 0 |
| 0 | 0 | 1     | 1 |
| 0 | 1 | 0     | 0 |
| 0 | 1 | 1     | 0 |
| 1 | 0 | 0     | 0 |
| 1 | 0 | 1     | 1 |
| 1 | 1 | 0     | 1 |
| 1 | 1 | 1     | 1 |

## Tárolók sorrendi hálózatokban: DG tároló (3)

Az állapot-átmeneti tábla

| $Y^v$ \ $D G$ |       |       |       |       |
|---------------|-------|-------|-------|-------|
|               | $0 0$ | $0 1$ | $1 0$ | $1 1$ |
| $0$           | $0$   | $0$   | $0$   | $1$   |
| $1$           | $1$   | $0$   | $1$   | $1$   |

## Tárolók sorrendi hálózatokban: DG tároló (4)

*összetett igazságtábla*

| D | G | $Y^v$ | Y |
|---|---|-------|---|
| 0 | 0 | 0     | 0 |
| 0 | 0 | 1     | 1 |
| 0 | 1 | 0     | 0 |
| 0 | 1 | 1     | 0 |
| 1 | 0 | 0     | 0 |
| 1 | 0 | 1     | 1 |
| 1 | 1 | 0     | 1 |
| 1 | 1 | 1     | 1 |

$\Rightarrow$

|       | D | 0 | 0 | 1 | 1 |
|-------|---|---|---|---|---|
| G     | 0 | 1 | 1 | 0 |   |
| $Y^v$ |   |   |   |   |   |
| 0     | 0 | 0 | 1 | 0 |   |
| 1     | 1 | 0 | 1 | 1 |   |

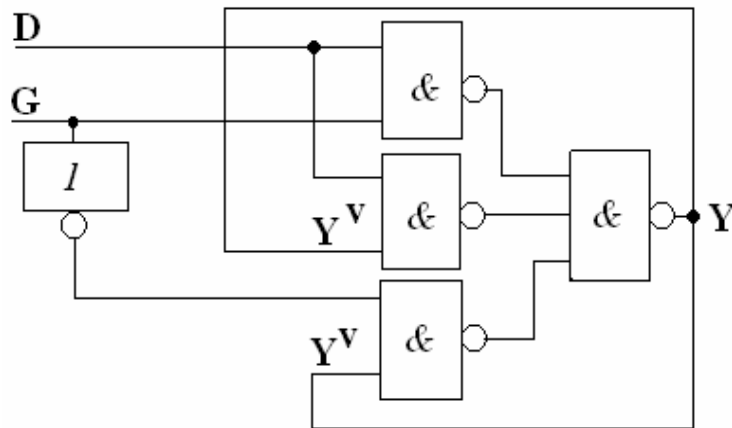
hazárdmentesítés!!

$$Y = D G + \underbrace{D Y^v}_{\text{hazárdmentesítés!!}} + \bar{G} Y^v$$

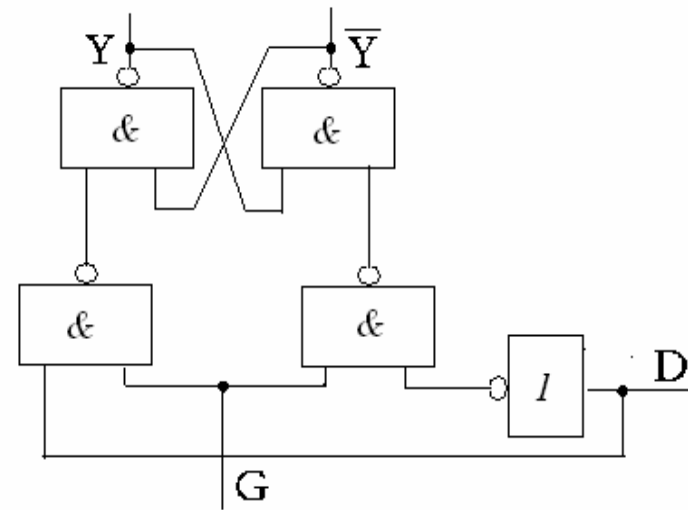
**Szabály: visszacsatolt kombinációs hálózattal  
megvalósított kapcsolást mindig hazárdmentesíteni kell !!!**

## Tárolók sorrendi hálózatokban: DG tároló (5)

Realizációs megoldások:



- „NAND-NAND”(1)



- „NAND-NAND”(2), SR-ből

## Tárolók sorrendi hálózatokban: DG tároló (6)

*A többszörös bemeneti szintváltás szemléltetése **DG** tárolón*

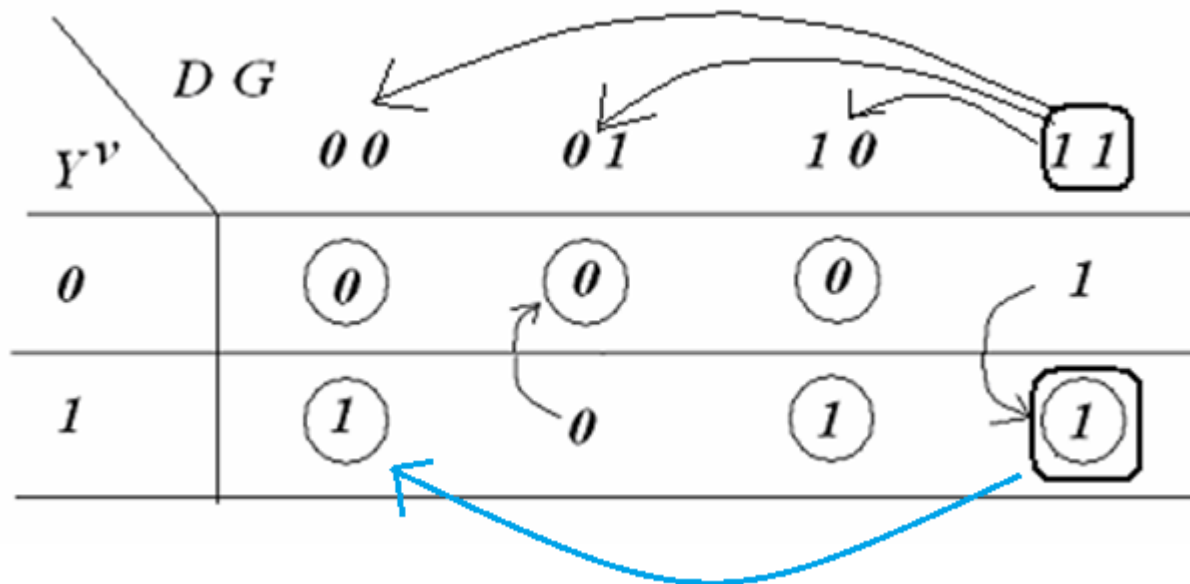
### Példa:

vizsgáljuk meg a következő bemeneti jelváltozást a **DG** tároló esetében az állapot-átmeneti tábla (állapottábla) segítségével!

DGY<sup>v</sup>: '111' → '001'

## Tárolók sorrendi hálózatokban: DG tároló (7)

*A többszörös bemeneti szintváltás szemléltetése **DG** tárolón*



DGY<sup>v</sup>: '111' → '001'

## Tárolók sorrendi hálózatokban: DG tároló (8)

*A többszörös bemeneti szintváltás szemléltetése **DG** tárolón*

A valóság:

DGY<sup>v</sup>: '111'  $\nrightarrow$  '001'



1. '111'  $\rightarrow$  '101'  $\rightarrow$  '001' vagy

2. '111'  $\rightarrow$  '011'  $\rightarrow$  '001' : ez az átmenet hibás működéshez vezet,  
mert Y=0-ban stabilizálódik a kimenet!!

## Tárolók sorrendi hálózatokban: DG tároló (9)

*A többszörös bemeneti szintváltás szemléltetése **DG** tárolón*

### Konklúzió:

A fenti lehetőségnek a kiküszöbölése csak akkor biztosítható, ha megtiltjuk a többszörös bemeneti váltásokat, azaz egyszerre csak egyetlen egy bemeneti jel értéke változhat meg. Ezzel egy olyan általános szabályt is kimondhatunk, mely szerint *visszacsatolt kombinációs hálózatok bemenetei közül egyszerre csak egyet szabad változtatni!*

## Tárolók sorrendi hálózatokban: DG tároló (10)

### *A DG tároló átlátszósága*

#### A probléma:

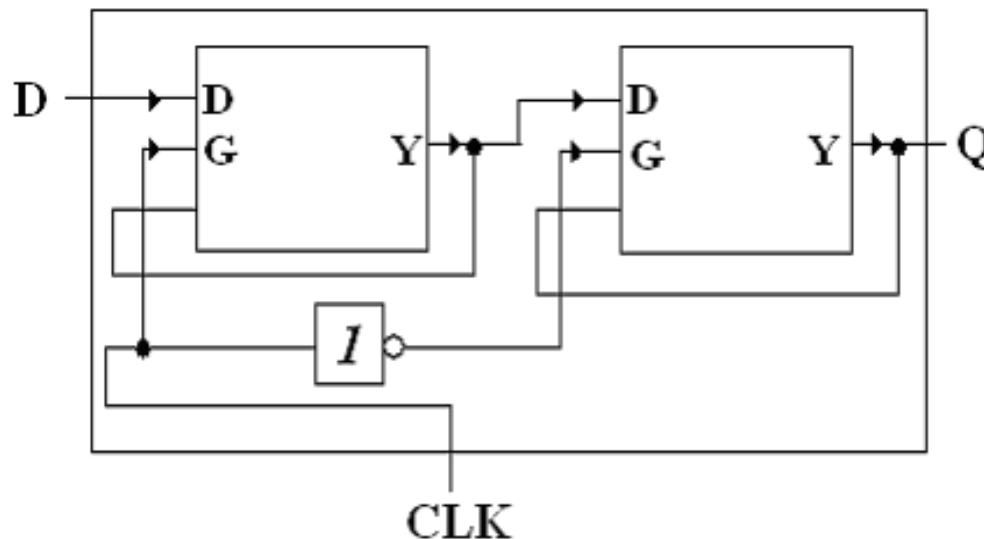
a **DG** tároló sajátossága, hogy a **G=1** helyzetben a **D**-re adott változások kijutnak a kimenetre. A **G=1** helyzetben tehát a tároló a **D**-bemenet felől „átlátszó” (transzparens).

#### Megoldás:

mester-szolga (master-slave) elv alkalmazása

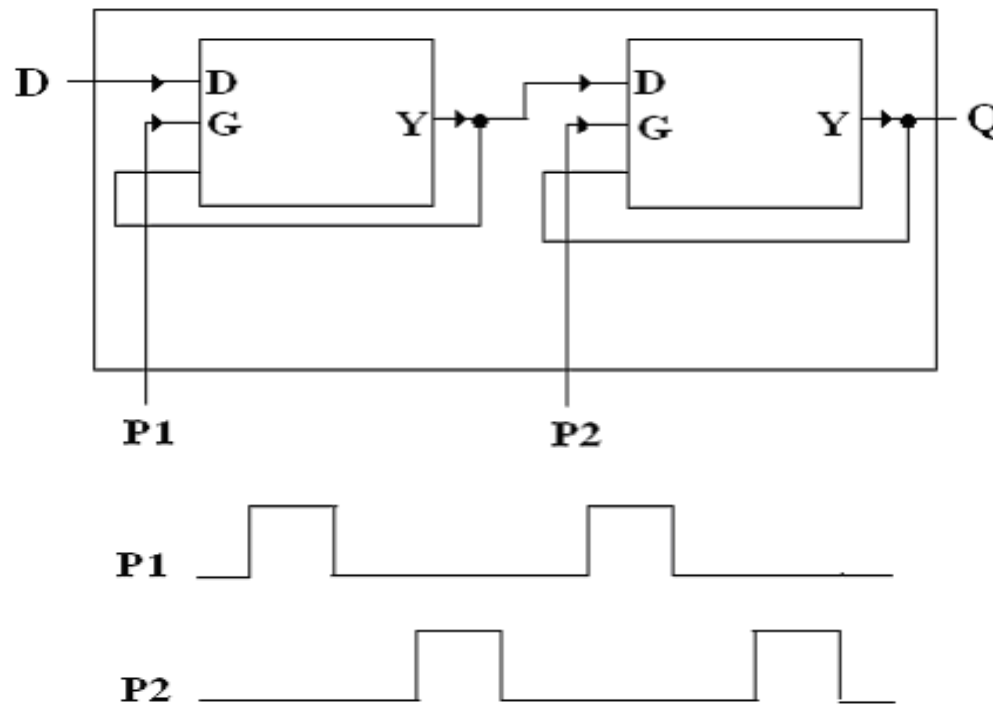
## Tárolók sorrendi hálózatokban: D-MS tároló(1)

*A **D-MS** tároló megvalósítása **DG** tárolókból a mester-szolga elv alkalmazásával: egyfázisú órajel alkalmazása*



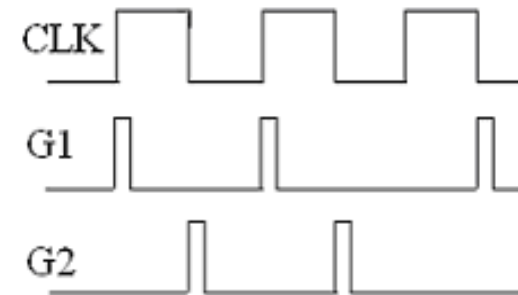
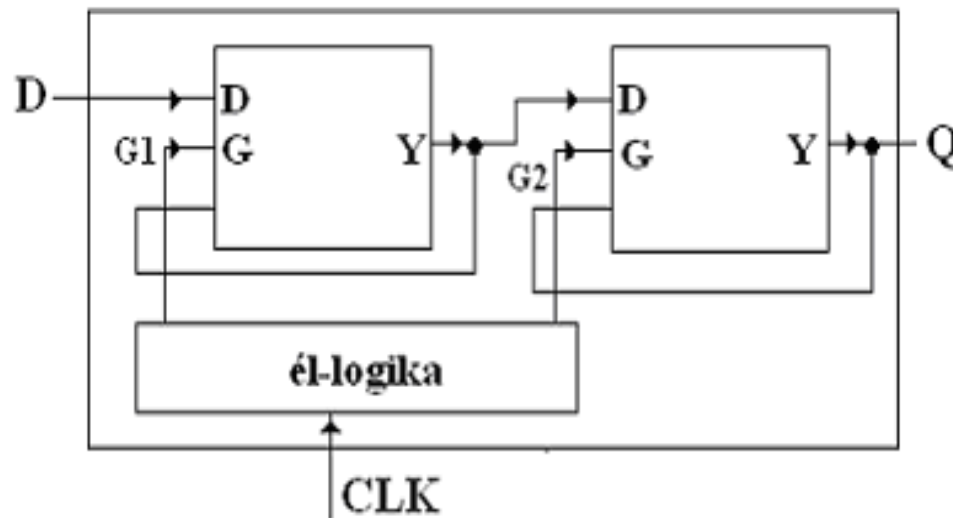
## Tárolók sorrendi hálózatokban: D-MS tároló(2)

A **D-MS** tároló megvalósítása **DG** tárolókból a mester-szolga elv alkalmazásával: kétfázisú, „nem átlapolt” órajel alkalmazása



## Tárolók sorrendi hálózatokban: D-MS tároló(3)

*A **D-MS** tároló megvalósítása **DG** tárolókból a mester-szolga elv alkalmazásával: élvezérelt órajel alkalmazása*



## Tárolók sorrendi hálózatokban: D-MS tároló(4)

A **D-MS** tároló vezérlési táblája:

| D | $Q^n$ | $Q^{n+1}$ | $Q^n \rightarrow Q^{n+1}$ | D |
|---|-------|-----------|---------------------------|---|
| 0 | 0     | 0         | 0 0                       | 0 |
| 0 | 1     | 0         | 0 1                       | 1 |
| 1 | 0     | 1         | 1 0                       | 0 |
| 1 | 1     | 1         | 1 1                       | 1 |



| D | $Q^{n+1}$ |
|---|-----------|
| 0 | 0         |
| 1 | 1         |

## Tárolók sorrendi hálózatokban: JK-MS tároló(1)

*egyszerű igazságtábla*

| J | K | $Q^{n+1}$        |
|---|---|------------------|
| 0 | 0 | $Q^n$            |
| 0 | 1 | 0                |
| 1 | 0 | 1                |
| 1 | 1 | $\overline{Q^n}$ |

$\Rightarrow$

*összetett igazságtábla*

| J | K | $Q^n$ | $Q^{n+1}$ |
|---|---|-------|-----------|
| 0 | 0 | 0     | 0         |
| 0 | 0 | 1     | 1         |
| 0 | 1 | 0     | 0         |
| 0 | 1 | 1     | 0         |
| 1 | 0 | 0     | 1         |
| 1 | 0 | 1     | 1         |
| 1 | 1 | 0     | 1         |
| 1 | 1 | 1     | 0         |

## Tárolók sorrendi hálózatokban: JK-MS tároló(2)

*A JK-MS flip-flop megvalósítása D tárolóval: egy gyakran használt megoldás*

*összetett igazságtábla*

| J | K | $Q^n$ | $Q^{n+1}$ |
|---|---|-------|-----------|
| 0 | 0 | 0     | 0         |
| 0 | 0 | 1     | 1         |
| 0 | 1 | 0     | 0         |
| 0 | 1 | 1     | 0         |
| 1 | 0 | 0     | 1         |
| 1 | 0 | 1     | 1         |
| 1 | 1 | 0     | 1         |
| 1 | 1 | 1     | 0         |



*A D bemenet vezérlése*

| J | K | $Q^n$ | D |
|---|---|-------|---|
| 0 | 0 | 0     | 0 |
| 0 | 0 | 1     | 1 |
| 0 | 1 | 0     | 0 |
| 0 | 1 | 1     | 0 |
| 1 | 0 | 0     | 1 |
| 1 | 0 | 1     | 1 |
| 1 | 1 | 0     | 1 |
| 1 | 1 | 1     | 0 |

## Tárolók sorrendi hálózatokban: JK-MS tároló(3)

*A JK-MS flip-flop megvalósítása D tárolóval: egy gyakran használt megoldás*

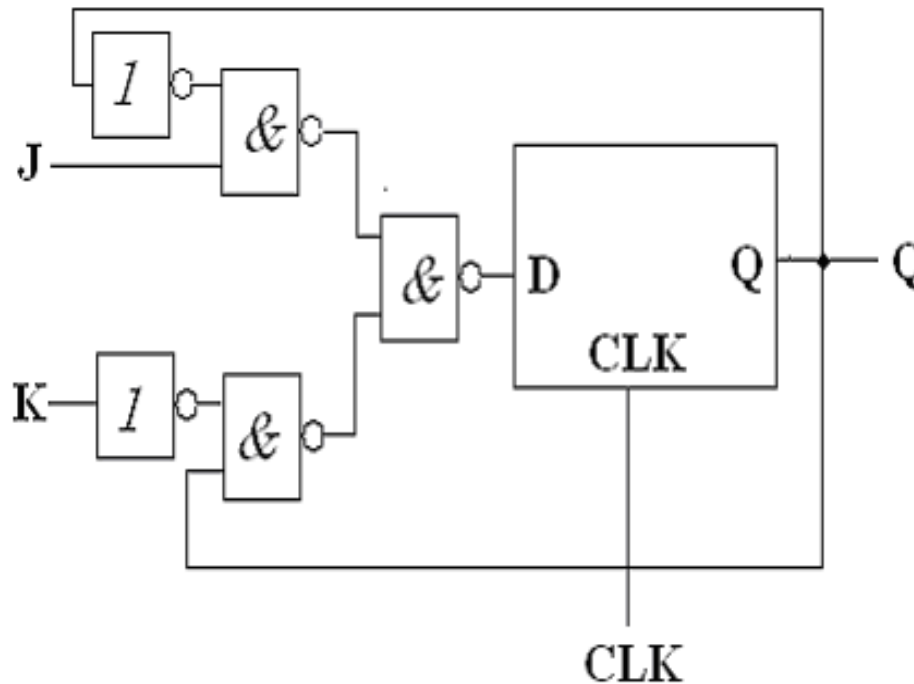
|       |   |   |   |   |   |
|-------|---|---|---|---|---|
| D     | J | 0 | 0 | 1 | 1 |
|       | K | 0 | 1 | 1 | 0 |
| $Q^n$ |   |   |   |   |   |
| 0     |   |   | 1 | 1 |   |
| 1     | 1 |   |   |   | 1 |

$$D = J\overline{Q}^n + \overline{K}Q^n$$

$$\left( D = \overline{\overline{J\overline{Q}^n}} \cdot \overline{\overline{\overline{K}Q^n}} \right)$$

## Tárolók sorrendi hálózatokban: JK-MS tároló(4)

Realizáció:



$$(D = \overline{\overline{J\overline{Q^n}}}) \cdot \overline{\overline{KQ^n}})$$

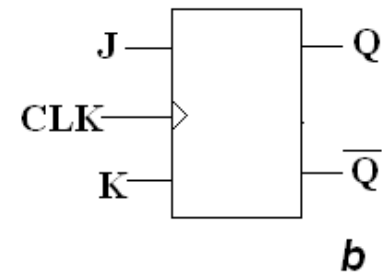
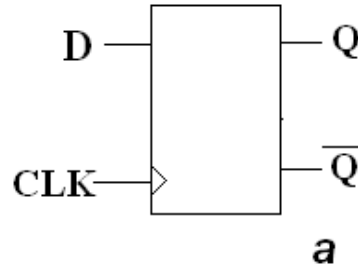
## Tárolók sorrendi hálózatokban: JK-MS tároló(5)

*A JK-MS flip-flop vezérlési táblája:*

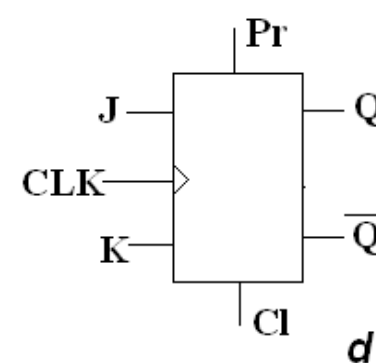
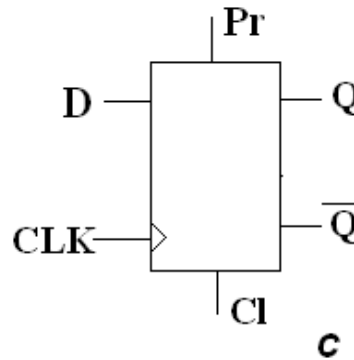
| J | K | $Q^n$ | $Q^{n+1}$ | $Q^n \rightarrow Q^{n+1}$ | J | K |
|---|---|-------|-----------|---------------------------|---|---|
| 0 | 0 | 0     | 0         | 0 → 0                     | 0 | — |
| 0 | 0 | 1     | 1         | 0 → 1                     | 1 | — |
| 0 | 1 | 0     | 0         | 1 → 0                     | — | 1 |
| 0 | 1 | 1     | 0         | 1 → 1                     | — | 0 |
| 1 | 0 | 0     | 1         |                           |   |   |
| 1 | 0 | 1     | 1         |                           |   |   |
| 1 | 1 | 0     | 1         |                           |   |   |
| 1 | 1 | 1     | 0         |                           |   |   |

## Flip-flopok segéd-bemenetei és szimbólumaik

Segédbemenetek nélkül:



Segédbemenetekkel:



*Pr (Preset) : az aktuális állapottól függetlenül ,1'-be állítja a tárolót(Q)*

*Cl (Clear) : az aktuális állapottól függetlenül ,0'-ba állítja a tárolót(Q)*