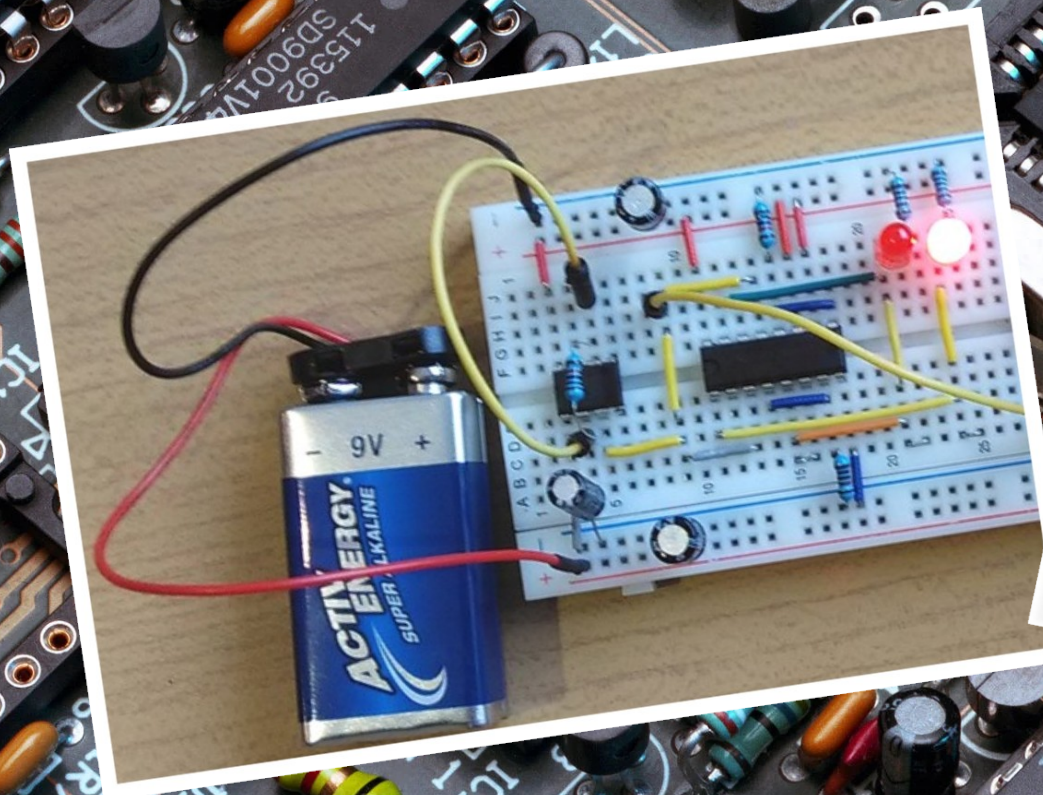


# A digitális elektronika alapjai



## 8. Sorrendi logikai áramkörök – 1. rész



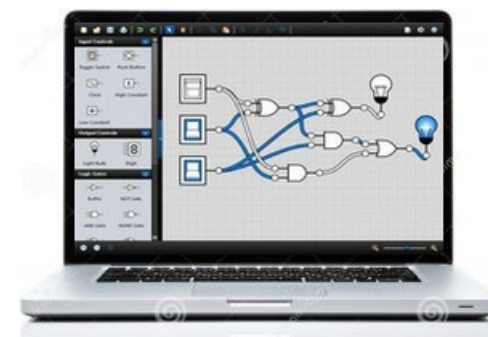
# Felhasznált és ajánlott irodalom

- Gulyás Dénes: [Számítógép architektúrák](#) (*interaktív jegyzet*)
- Mike Gábor: [A digitális elektronika alapjai](#) (*jegyzet és videók*)
- Zalotay Péter: [Digitális technika](#)
- Végh János: [Ismerkedés a digitális elektronikával](#)
- Mészáros Miklós: [Logikai algebra alapjai, logikai függvények I.](#)
- Mingesz Róbert: [Digitális technikai tananyagok](#)
- F-alpha.net: [Digital Electronics](#)
- Electronics Tutorials: [Logic Gates](#), [Combinational logic](#), [Sequential logic](#)
- M. Morris Mano and Michael D. Ciletti: [Digital Design](#)
- Simon Fraser University: [CMPT-150: Introduction to Computer Design](#)



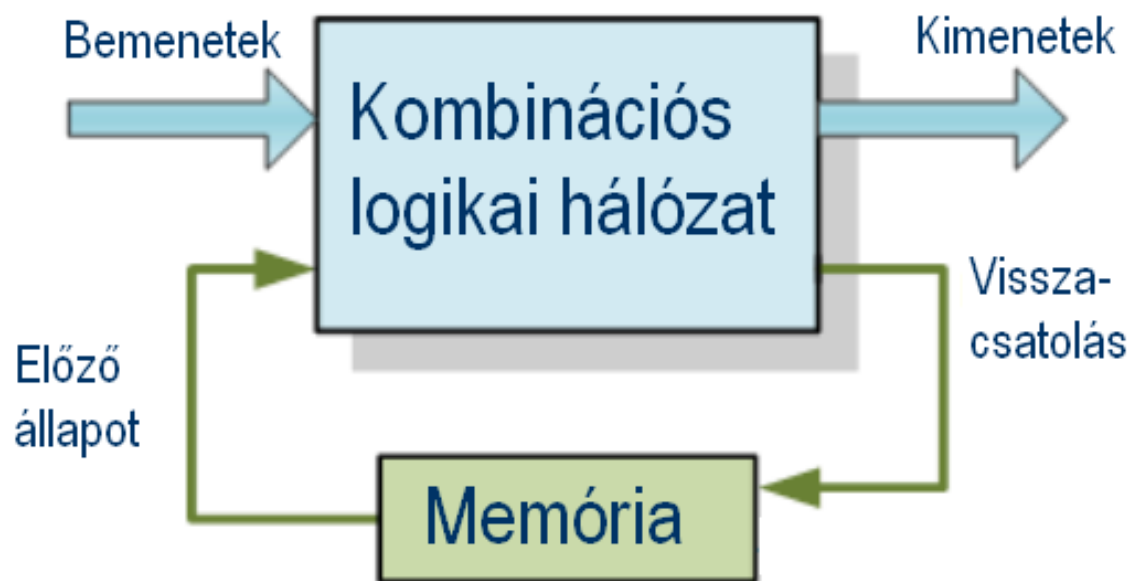
## Logikai áramkör szimulátorok

- LogiSim szimulátor: [www.cburch.com/logisim/](http://www.cburch.com/logisim/)
- Falstad.com: [Circuit simulator](#)
- CircuitVerse: [Simulator](#)
- University of Genoa: [Deeds Simulator](#)
- Gatecat: [Breadboard Simulator v1.0](#)
- Logic.ly: [Logic.ly Simulator \(online demo\)](#)



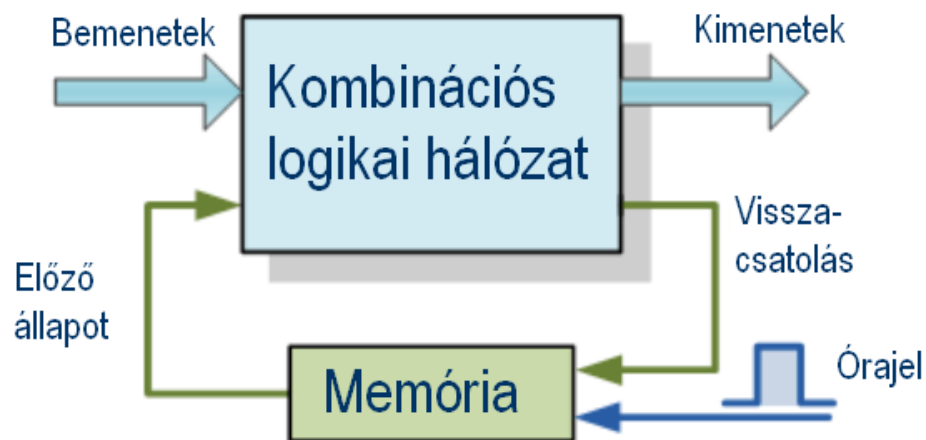
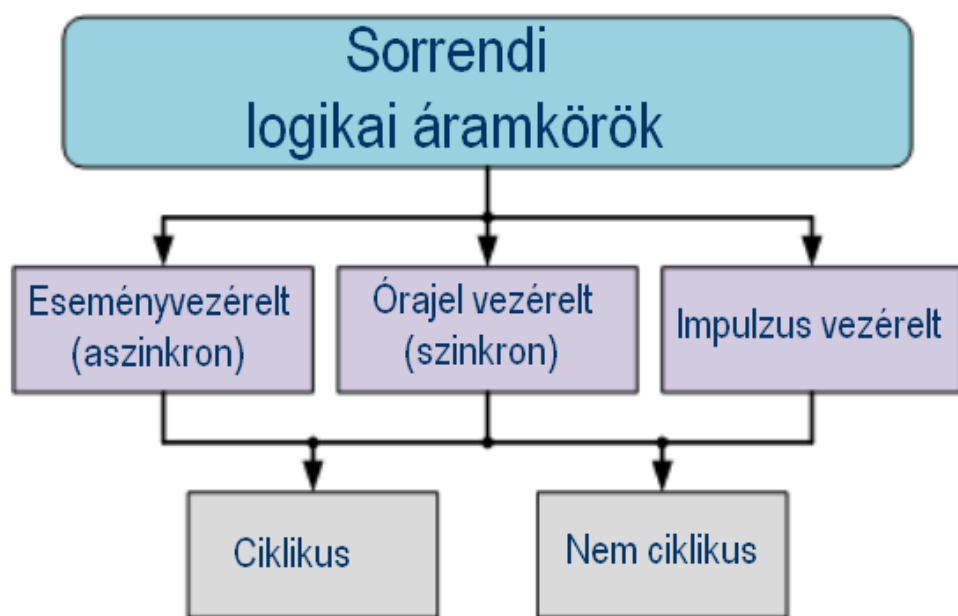
# Sorrendi logikai áramkörök

- A sorrendi (szekvenciális) logikai áramkörök tárolóelemeket és visszacsatolást is tartalmaznak
- A kimenetek logikai állapotát a bemenetek mellett a tároló által rögzített előző állapot is befolyásolja, másrészt a tároló következő állapota is a pillanatnyi bemenetek és állapot függvénye
- Végeredményben a sorrendi logikai áramkör a bemeneti, a kimeneti és a közbenső állapotok időbeli sorrendjével jellemezhető



# A sorrendi logikai áramkörök osztályozása

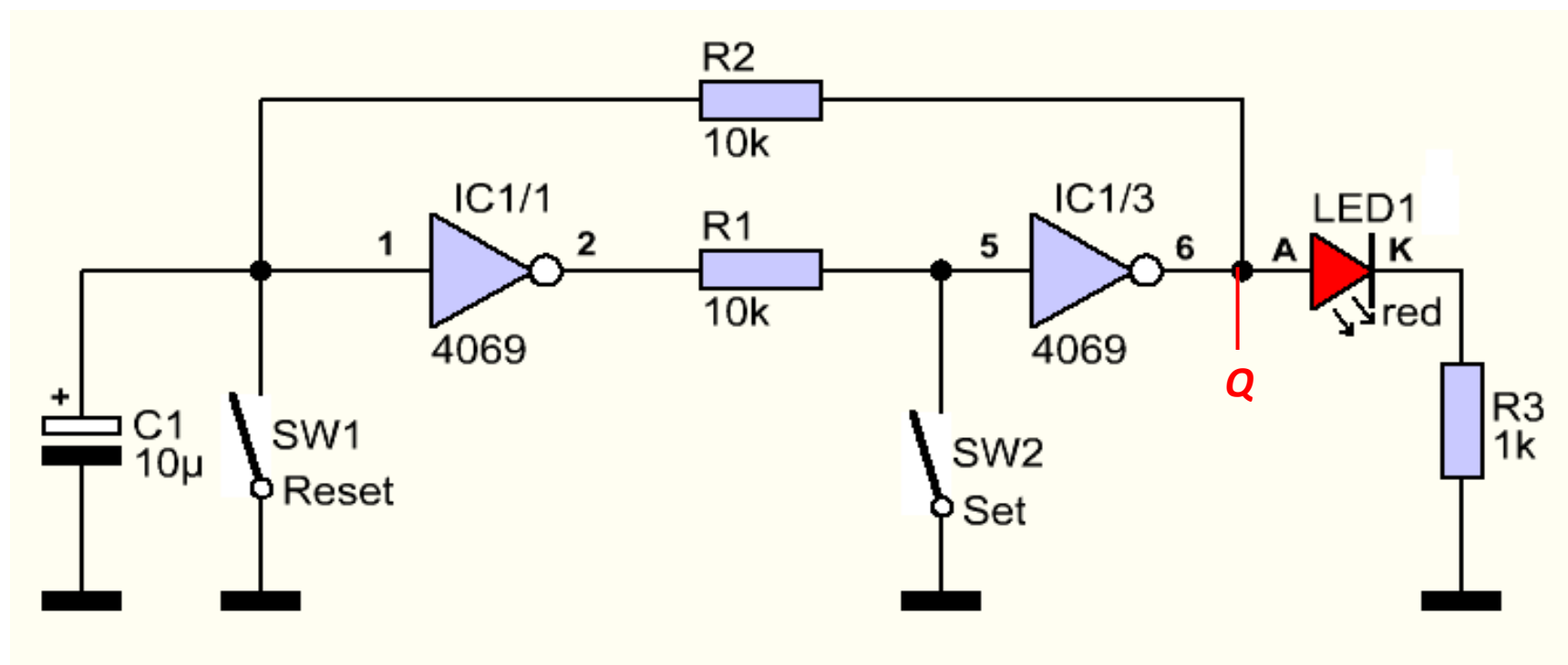
- A sorrendi logikai áramkörök építőelemei a **bistabil billenőkörök**, amelyekből komplex áramköröket építhetünk (adatregiszterek, shift regiszterek, számlálók)
- A sorrendi áramköröket működés szerint az alábbi kategóriákba sorolhatjuk:
  - ❖ **Eseményvezérelt**: aszinkron áramkörök, amelyek az események bekövetkeztekor váltanak állapotot
  - ❖ **Órajel vezérelt**: szinkron áramkörök, amelyekben az állapotváltozás szinkronizáltan, egy órajel által vezérelten megy végbe
  - ❖ **Impulzus vezérelt**: a fenti kettő keveréke



Szinkron áramköröknél egy szinkronizáló órajelre is szükségünk van az áramkör vezérléséhez.

# R-S tároló két inverterrel

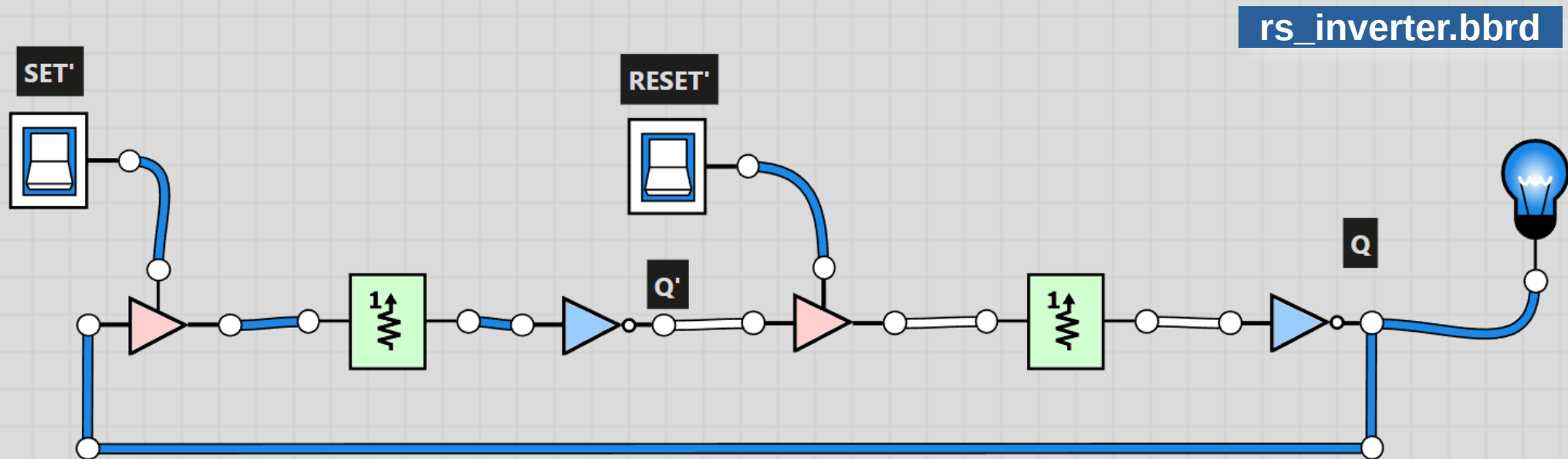
- Két sorbakötött és visszacsatolt inverterrel kialakíthatunk egy **R-S tárolót** (Reset-Set bistabil billenőkör). Az alábbi ábrán bemutatott kapcsolásban ezt egy beállító (Set) és egy törlő (Reset) kapcsolóval is elláttuk
- A **Q** kimenet állapotát a LED jelzi. A **C1** kondenzátor segítségével gondoskodhatunk róla, hogy bekapcsoláskor ismert állapotban induljon az áramkör. Az **R1** és **R2** ellenállások a kapuk kimenetét védik a túlterheléstől



**Set:** záráskor '1'-b állítja a **Q** kimenetet, **Reset:** záráskor '0'-b állítja a **Q** kimenetet

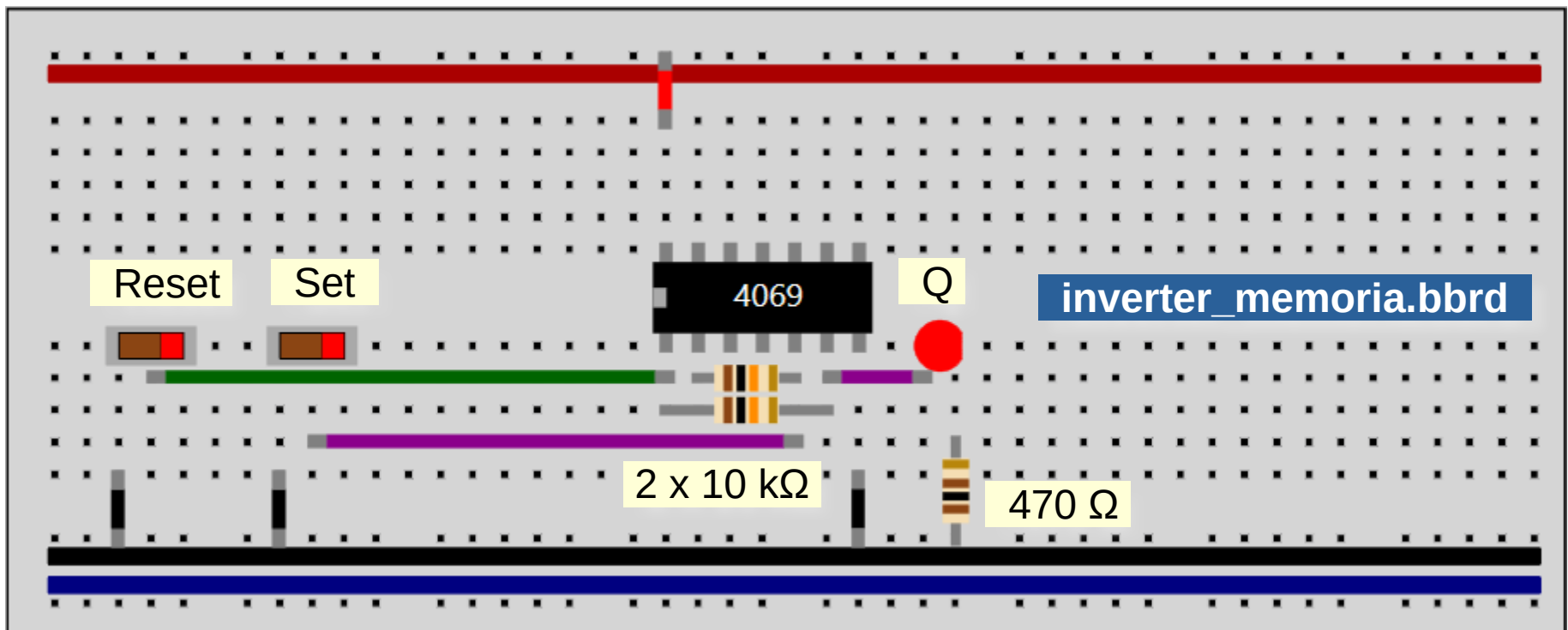
# R-S tároló inverterekkel - szimuláció

- Az inverterekkel megvalósított tárolót a [Logic.ly](https://www.logic.ly) programban felhúzó ellenállással és háromállapotú kapukkal (amelyeket feszültségvezérel kapcsolóknak is tekinthetünk) tudjuk megépíteni
- Amikor a **SET'** vagy **RESET'** kapcsoló magas szintet ad ki, akkor a hozzájuk tartozó *tri-state* kapu átvezet. Ha a kapcsoló alacsony szintre vált, akkor az átvezetés megszakad és a felhúzó ellenállás magas szintre húzza az inverter bemenetét



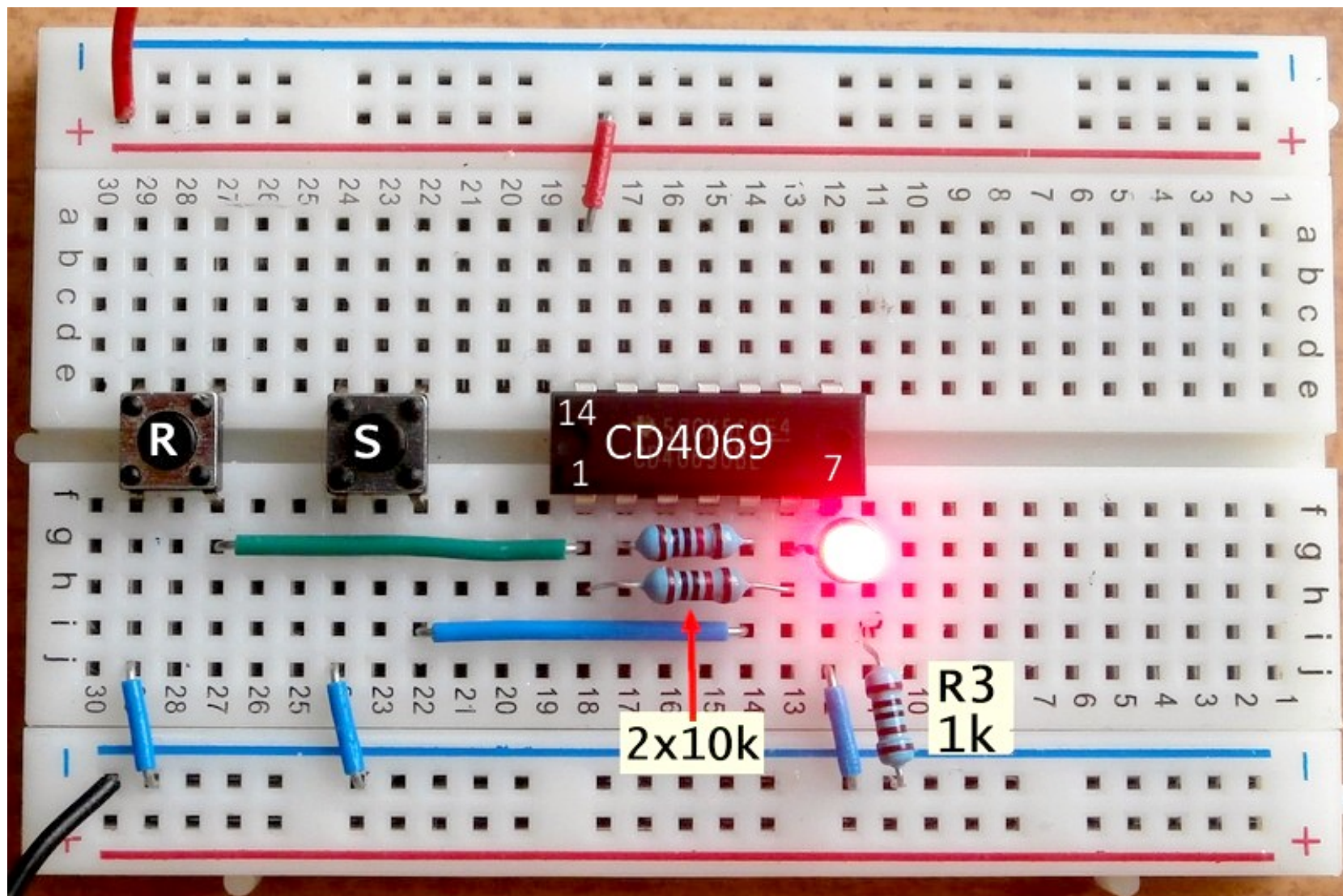
# Tároló két inverterrel - szimuláció

- Az inverterekkel megvalósított **R-S tárolót** itt egy **CD4069** IC két kapujának felhasználásával alakítottuk ki, és a **Breadboard Simulator** programban ki is próbálhatjuk
- Ügyeljünk arra, hogy a szimuláció elindítása előtt az egyik kapcsoló legyen aktív (balra tolt) állapotban, máskülönben a szimuláció határozatlan állapotba kerül és hibajelzést kapunk!





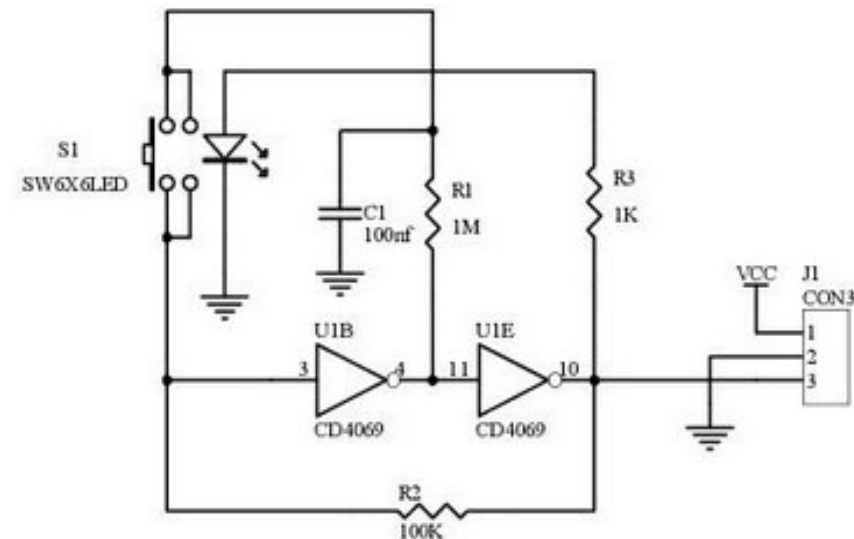
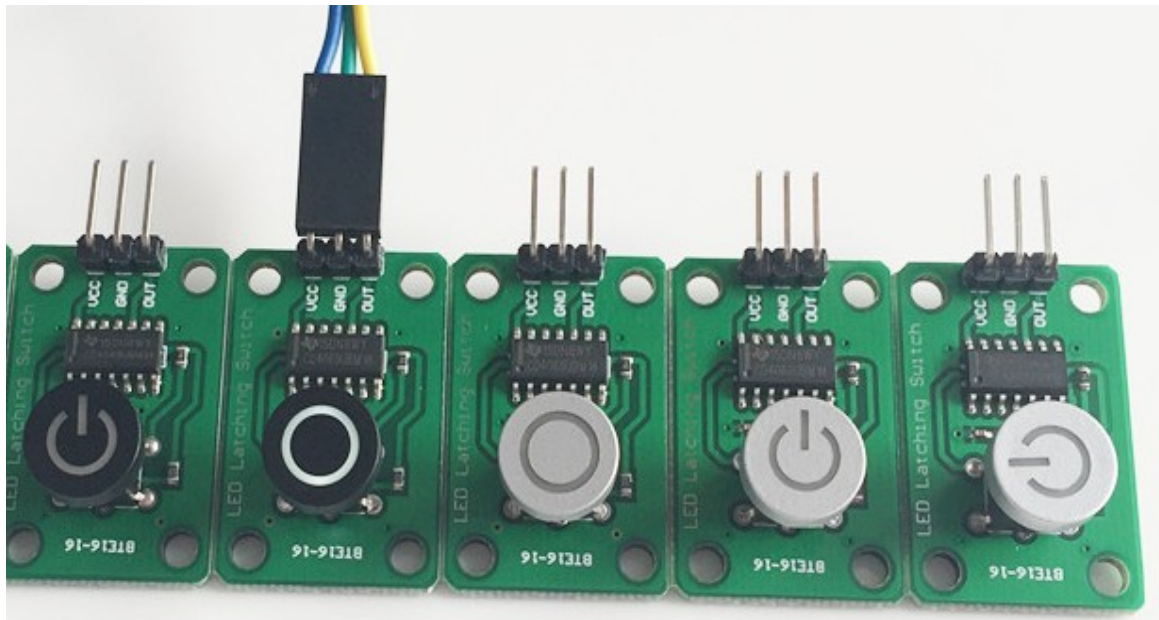
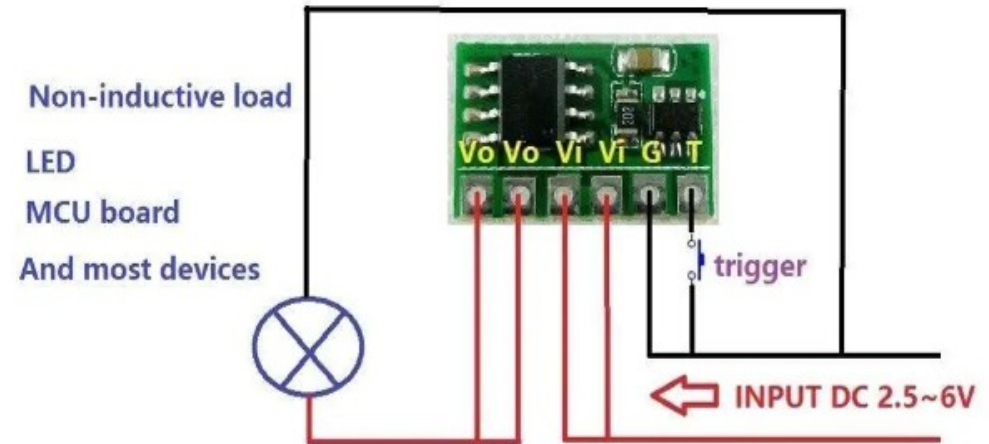
- Az ábrán a dugaszolós próbapanelon megépített kapcsolás látható





# Tároló két inverterrel – mint termék

- A kétinverteres tároló nyomógombos ki-bekapcsolóként (toggle switch) kereskedelmi fogalomban is kapható – alkalmanként teljesítményillesztéssel együtt

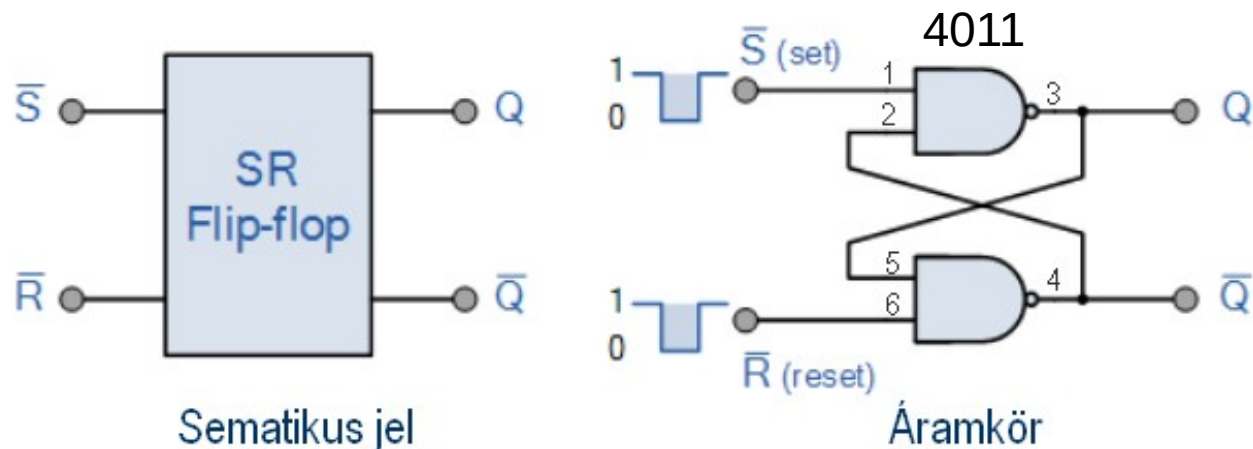


# R-S tároló NAND kapukból

Az előzőhöz hasonló **Reset–Set** tárolót **NAND** (NEM ÉS) kapukból is építhetünk

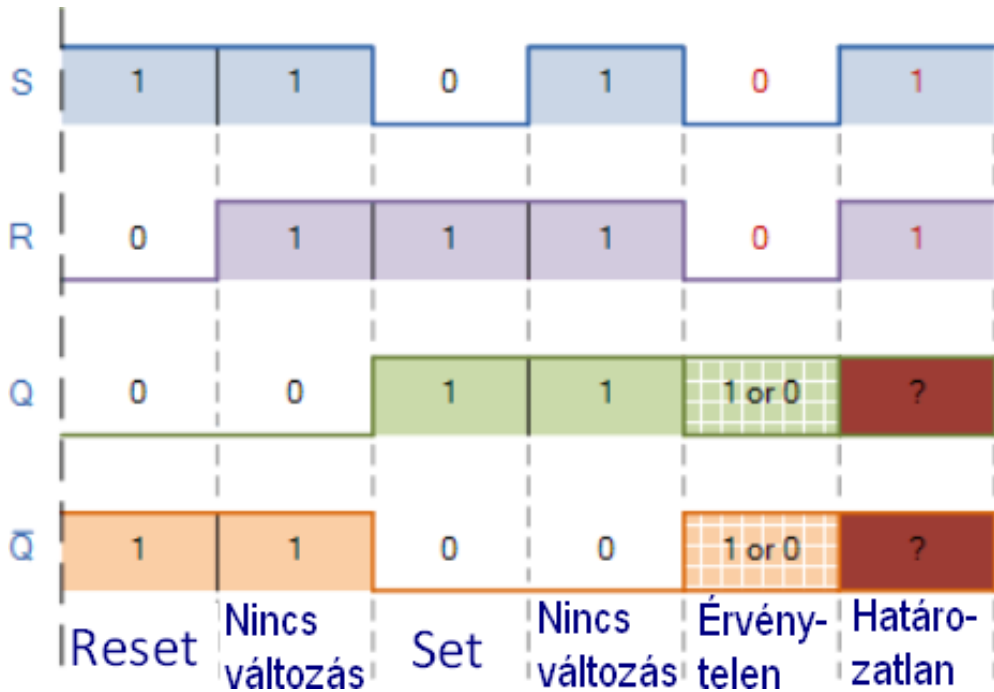
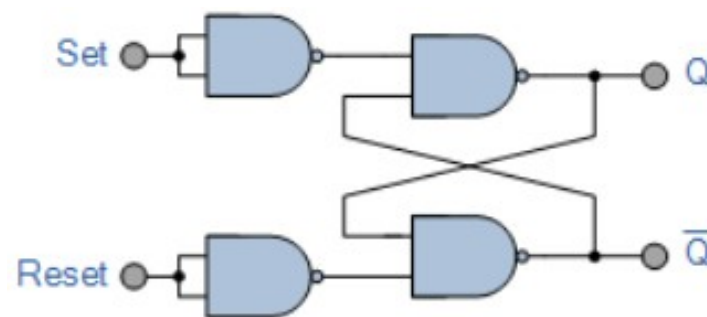
A kimenetek állapotát a megfelelő bemenet **alacsony szintre** húzásával billenhetjük át

Az áramkör működése eseményvezérelt, aszinkron



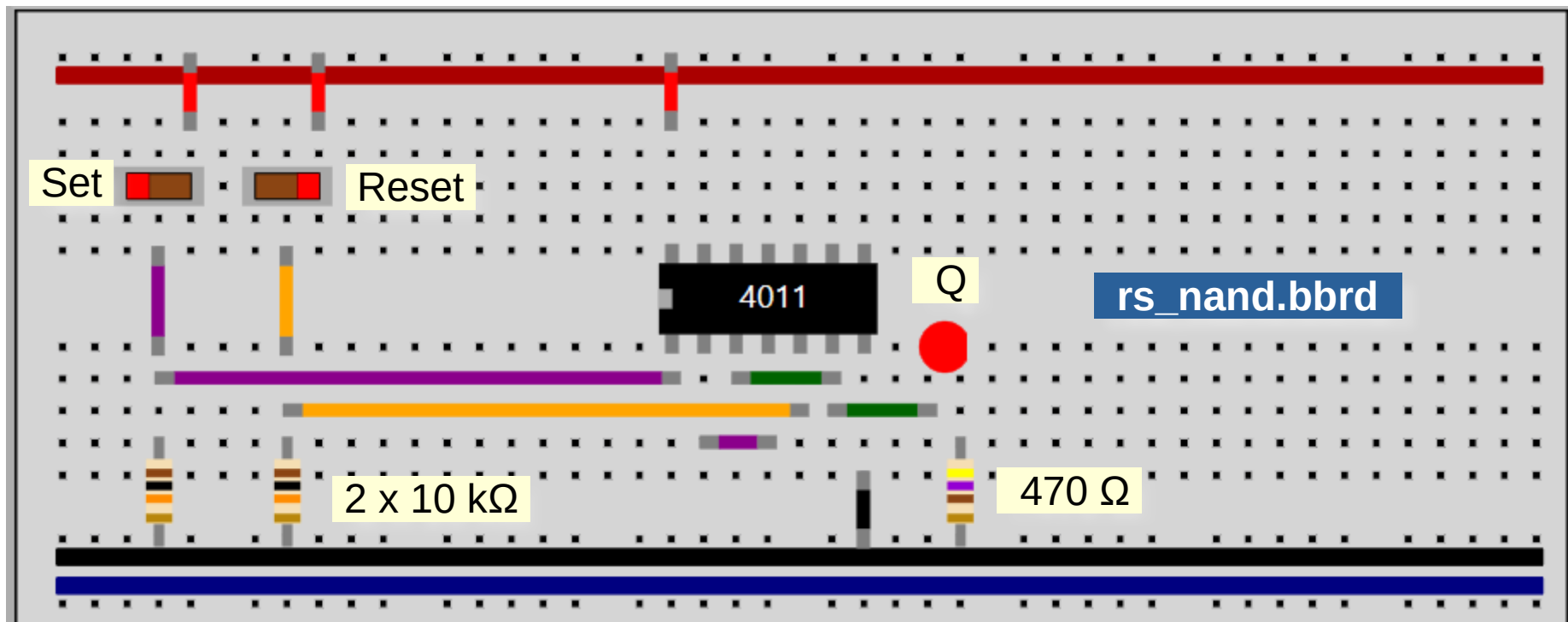
Az R-S tároló **hátrányos tulajdonsága**, hogy a bemenetek egyidejű lehúzása tilos, mert a kimenetek határozatlan állapotba kerülnek

A zavaró negatív bemenetvezérlésre egy egyszerű megoldás:



# R-S tároló NAND kapukból - szimuláció

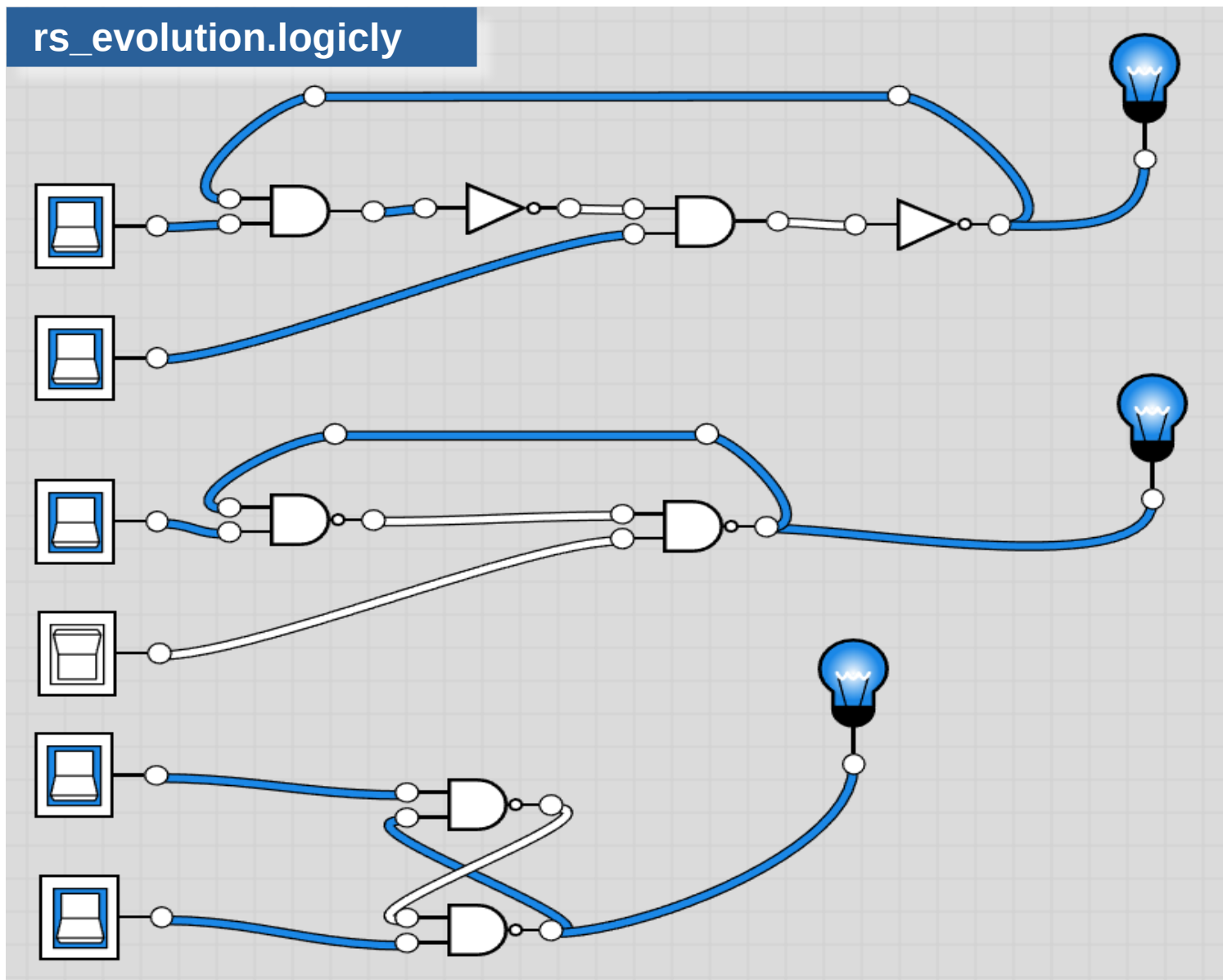
- Az előző oldalon látható kapcsolást dugaszolós próbapanelen is megépíthetjük, vagy a **Breadboard Simulator** alkalmazással szimulálhatjuk
- Itt is ügyeljünk rá, hogy az egyértelmű szimuláció érdekében indítás előtt az egyik (és csak az egyik) kapcsoló legyen balra tolt állásban!





# Inverterrel vagy NAND kapuval ugyanaz?

- Bemutatjuk, hogy a NAND kapukkal is az inverteres R-S tárolót valósítottuk meg



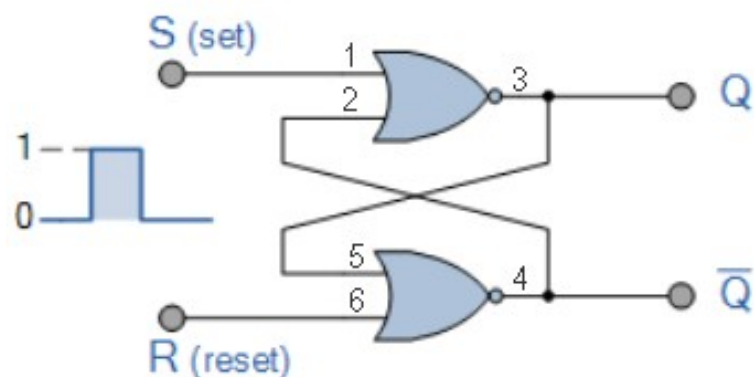
Inverteres R-S tároló  
Az ellenállások helyett ÉS kapukkal választjuk el a kimeneteket a kapcsolóktól

Az ÉS és a NEM kapukat összevonhatjuk NEM-ÉS kapukká (NAND)

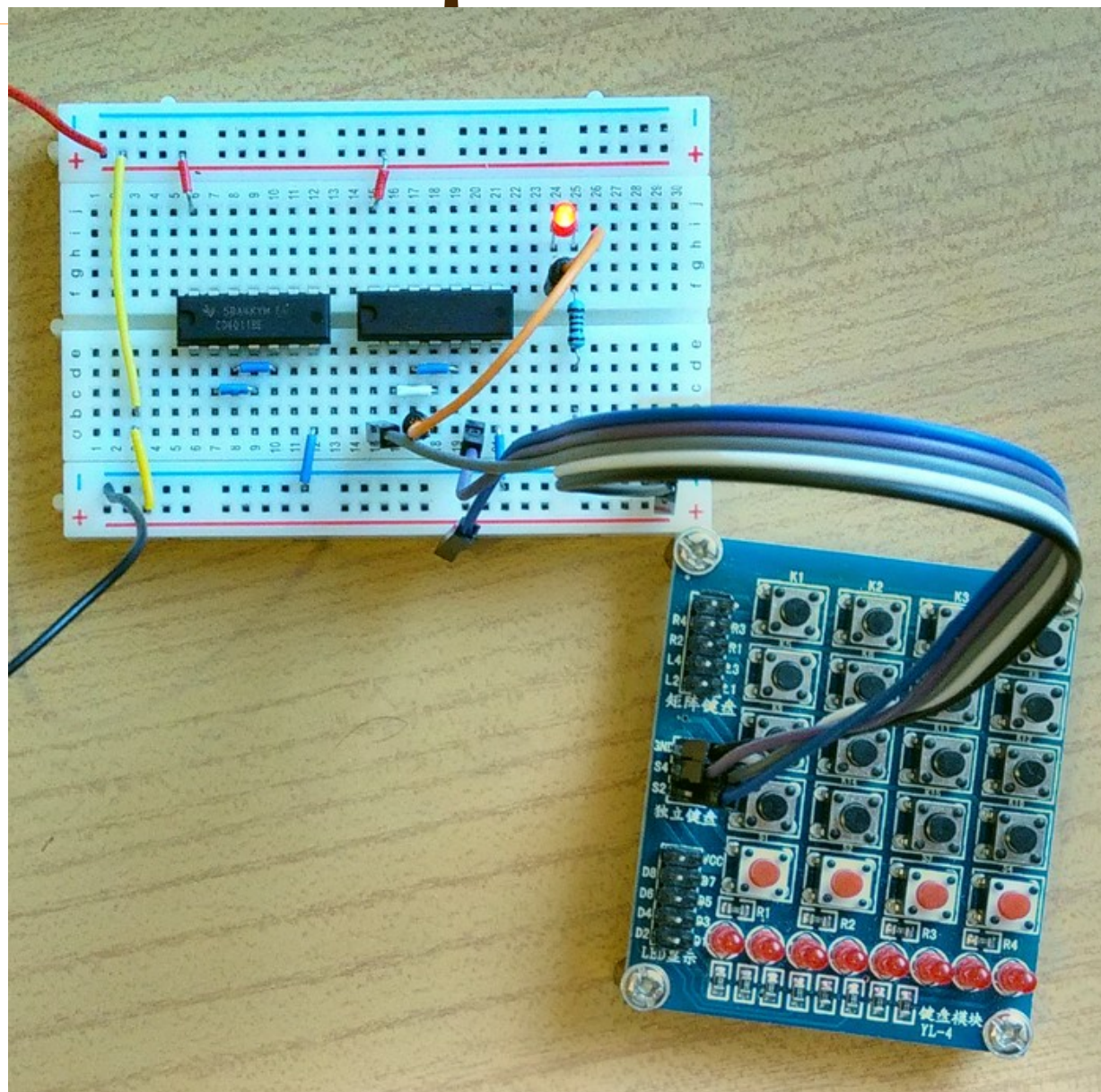
Így eljutottunk a NAND kapus R-S tárolóhoz.  
Ugye, ráismerünk?

# R-S tároló NOR kapukból

Az R-S tárolót NOR (NEM VAGY) kapukból is megépíthetjük. Ennek a kimeneteit a megfelelő bemenet **magas szintre** történő húzásával billenthetjük át



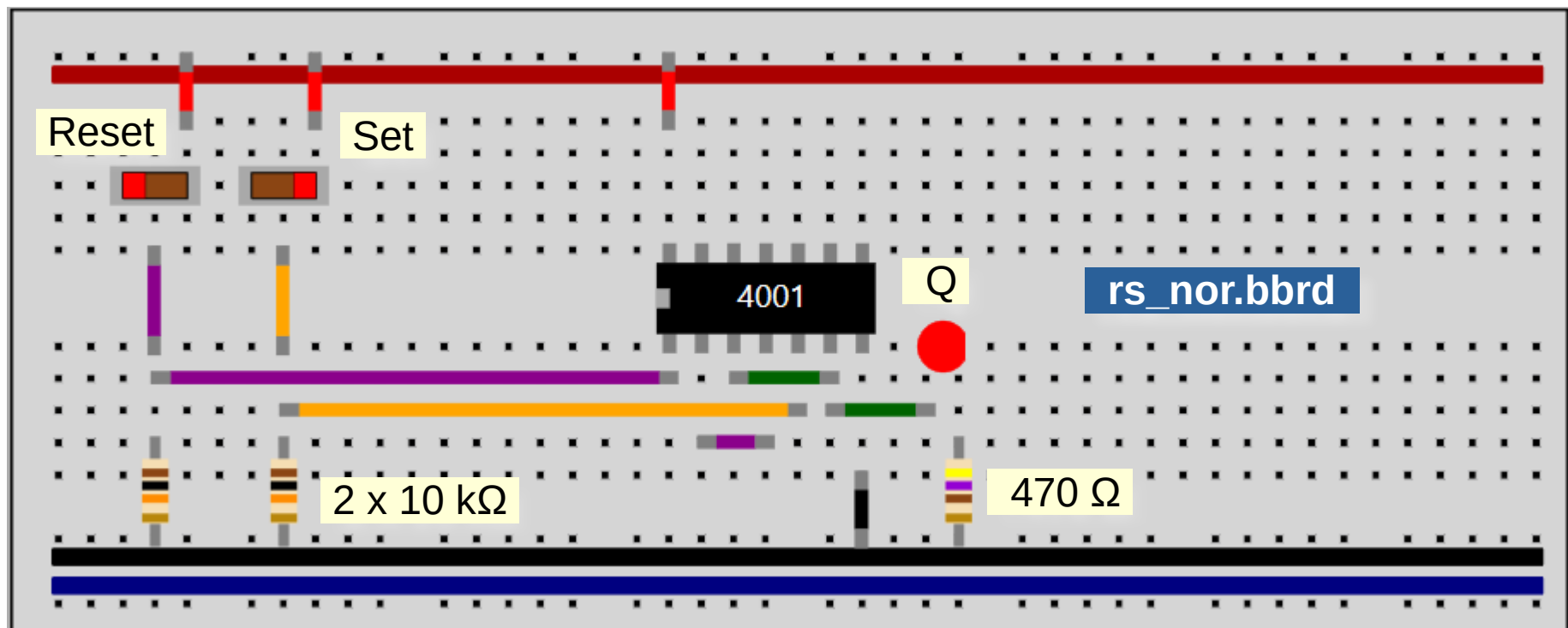
S	R	Q	$\bar{Q}$
0	0	nincs változás	
0	1	1	0
1	0	0	1
1	1	X	X
(érvénytelen)			



A NAND és a NOR S-R tároló kipróbálása

# R-S tároló NOR kapukból - szimuláció

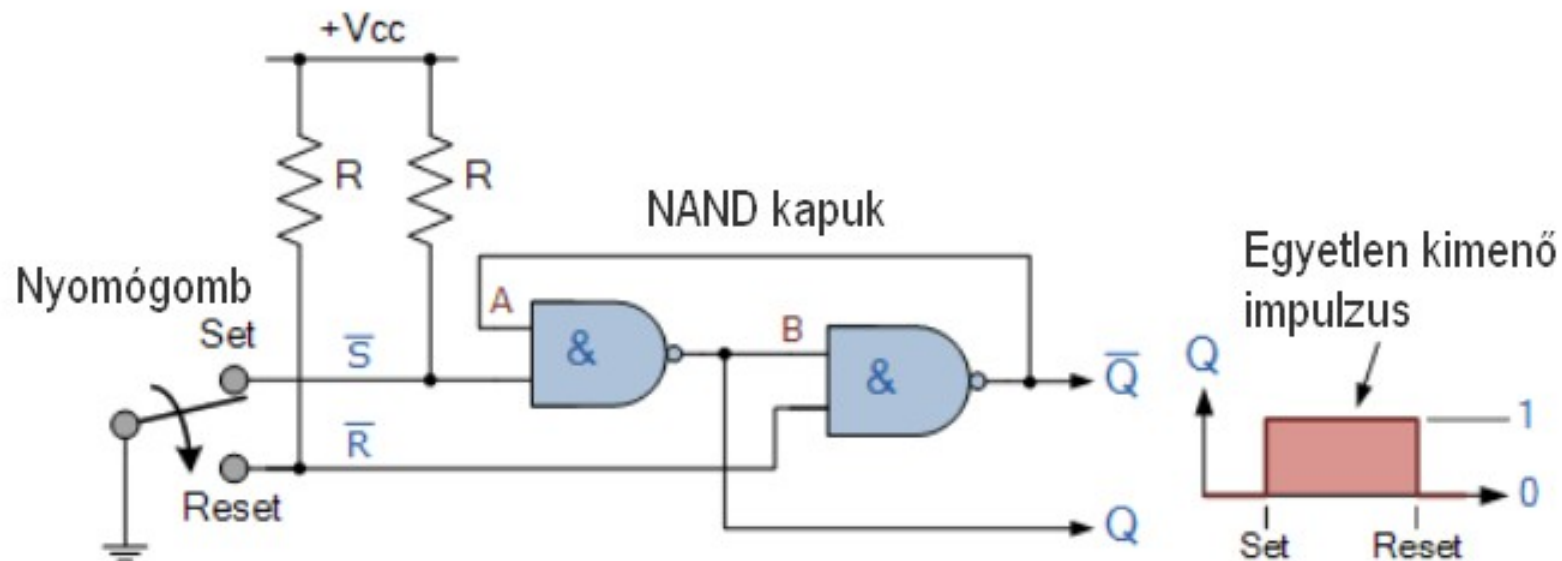
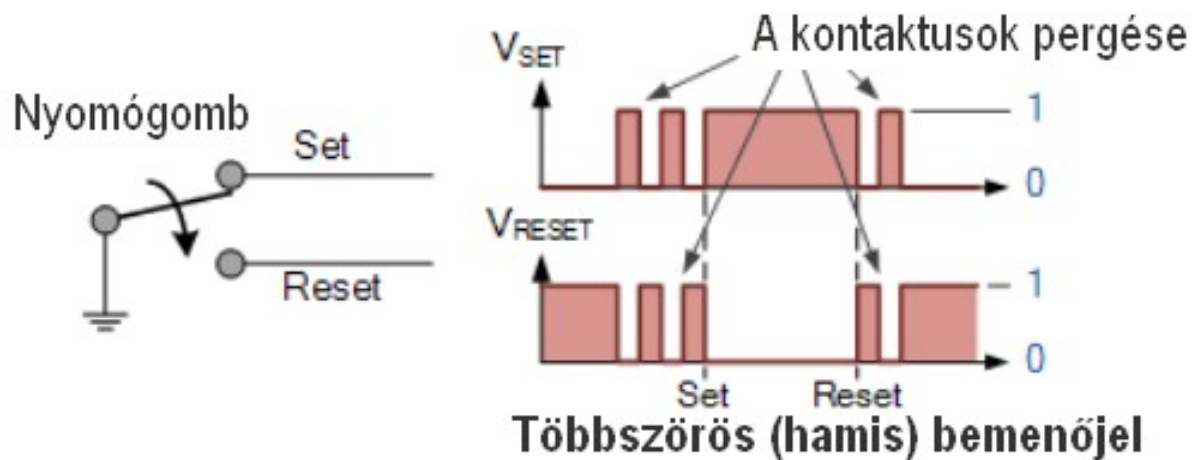
- Az **R-S** tárolót **NOR** kapukból is megépíthetjük, illetve a **Breadboard Simulator** alkalmazással is szimulálhatjuk
- Ügyeljünk rá, hogy az egyértelmű szimuláció érdekében indítás előtt az egyik (és csak az egyik) kapcsoló legyen jobbra tolt állásban!
- Ez ugyanaz a kapcsolás, mint a 10 oldalon bemutatott **rs\_nand.bbrd**, csak az IC-t cseréltük ki. A kapcsolók szerepe azonban felcserélődött!





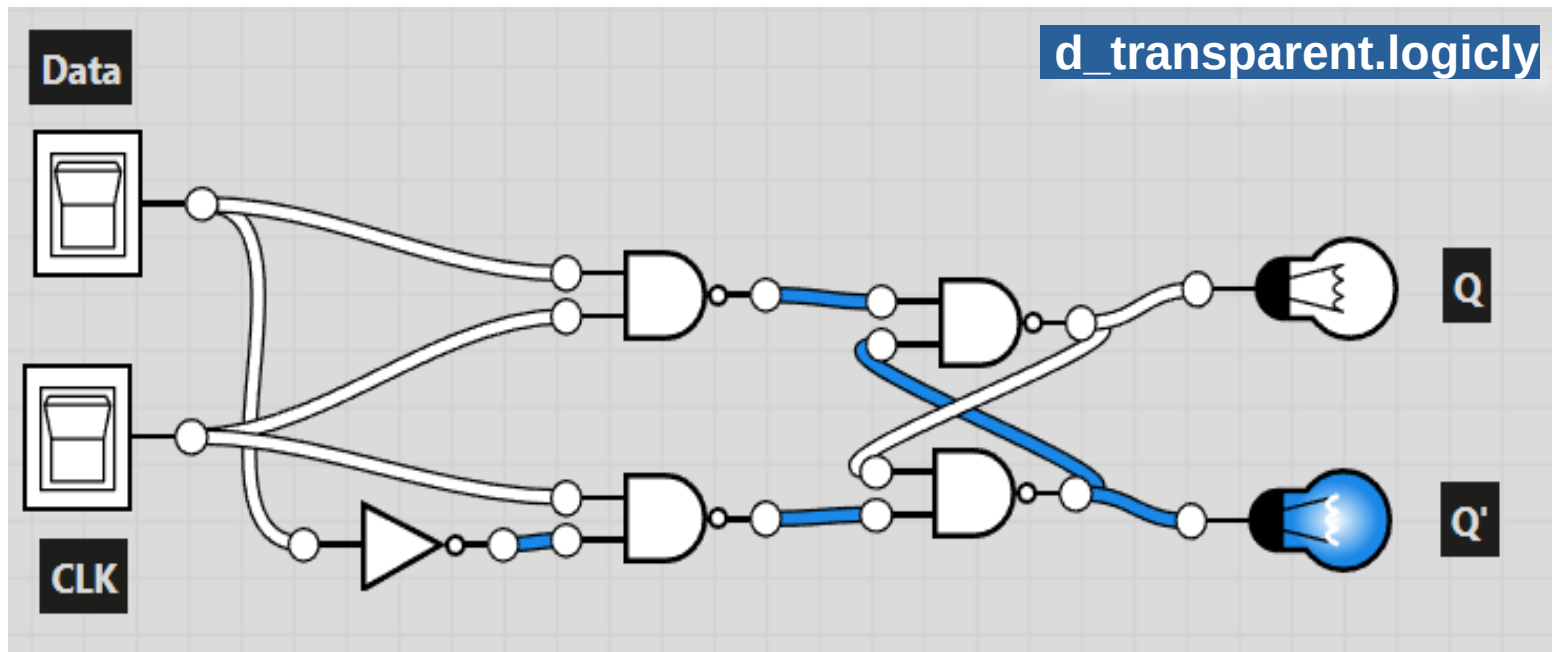
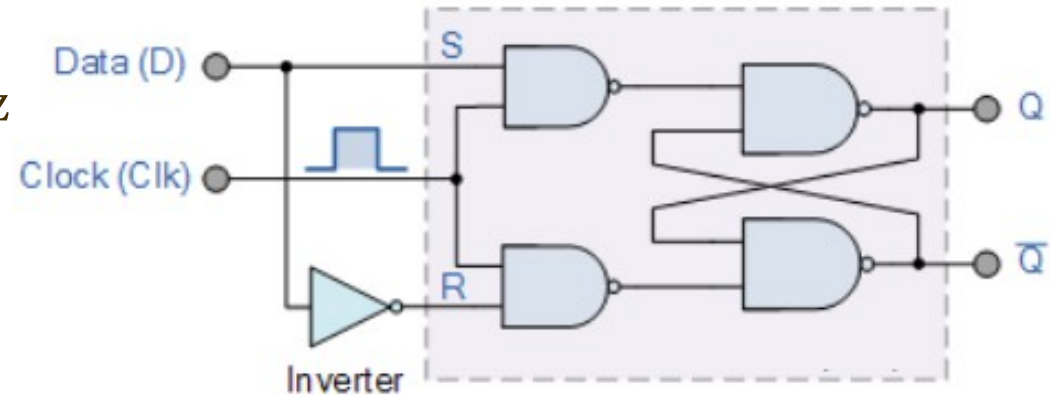
# Gyakorlati alkalmazás

- Nyomógomb pergésének szűrése



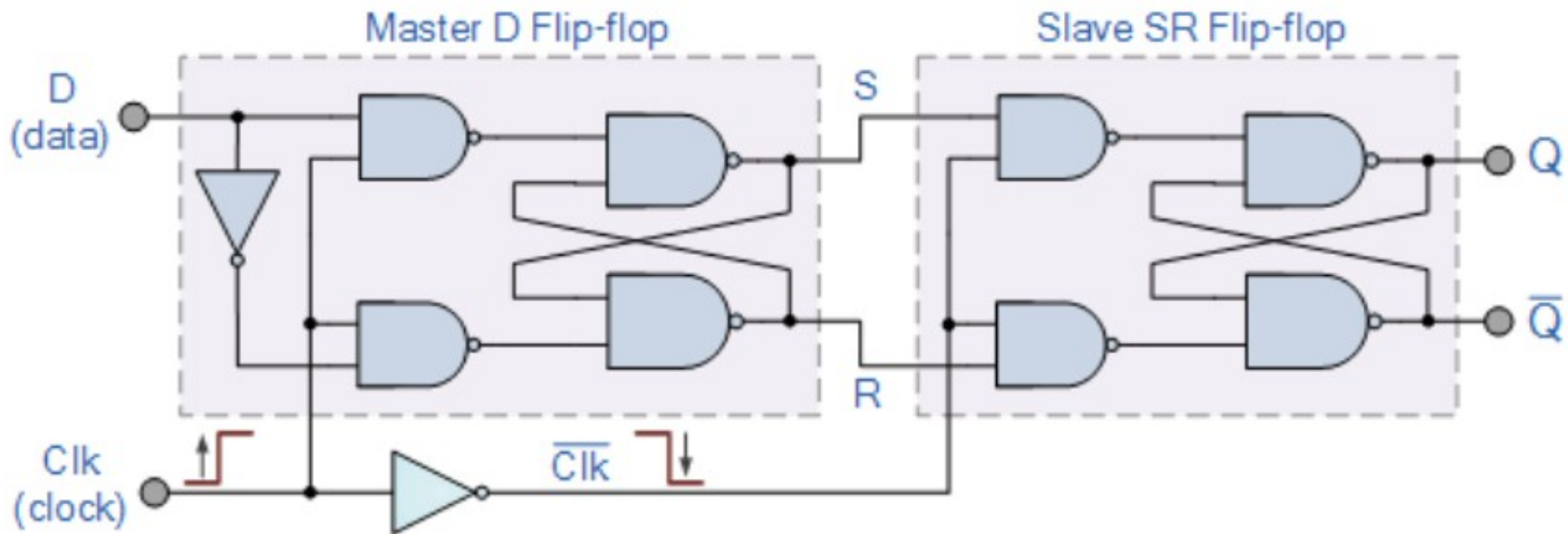
# D-tároló (D-latch)

- A **D-tároló** az órajel vezérelt áramkörök kategóriájába tartozik. Az **S** és **R** bemenetek egyidejű aktiválása ellen az inverter véd
- Az ábrán látható kapcsolás az ún. **transzparens tároló**, mivel az órajel magas állapotában a kimenet követi a bemenet változásait.
- A **D-tárolót** a [Logic.ly](https://logic.ly) programban is kipróbálhatjuk



# Master-slave D-tároló

- Különbféle megoldásokat dolgoztak ki arra, hogy a kimenet ideiglenesen se kövesse a **D** vonal esetleges gyors változásait. A **Master-Slave** kialakítás elve az, hogy az órajel felfutó élén egy előkészítő tárolóba, a lefutó élénél pedig a kimeneti tárolóba íródik be az adat
- Ha hátrány, hogy a kimenőjel csak az órajel végén jelenik meg, arra is van megoldás: az élvezérelt D-tároló

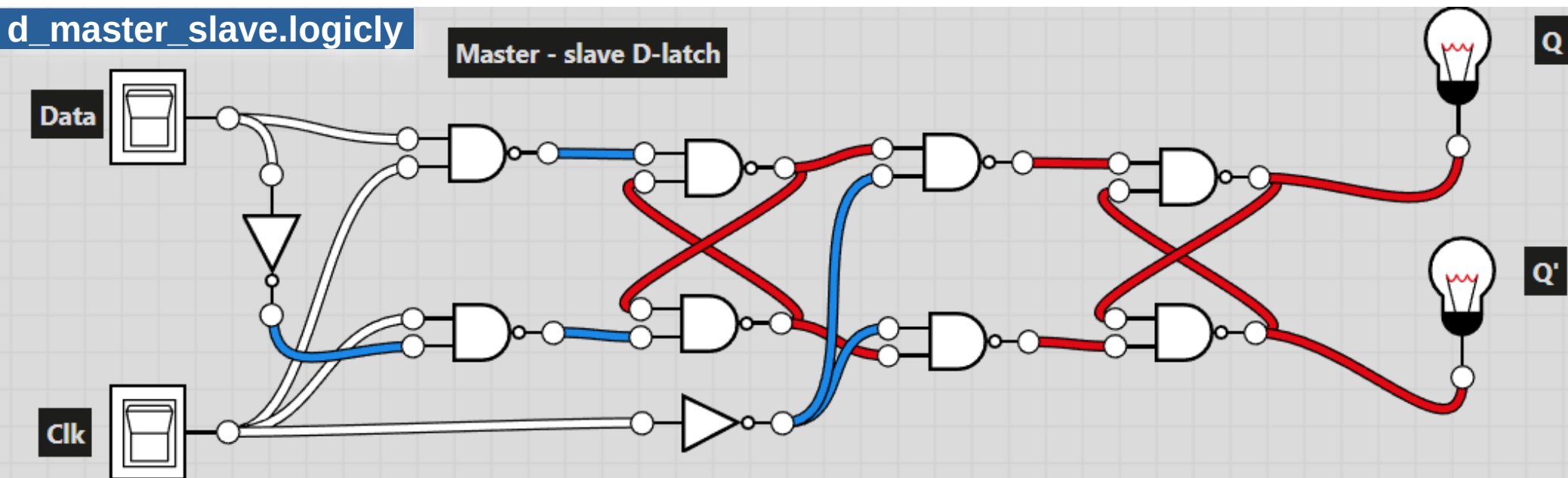


Forrás: [https://www.electronics-tutorials.ws/sequential/seq\\_4.html](https://www.electronics-tutorials.ws/sequential/seq_4.html)



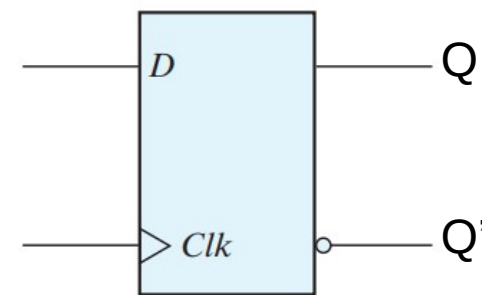
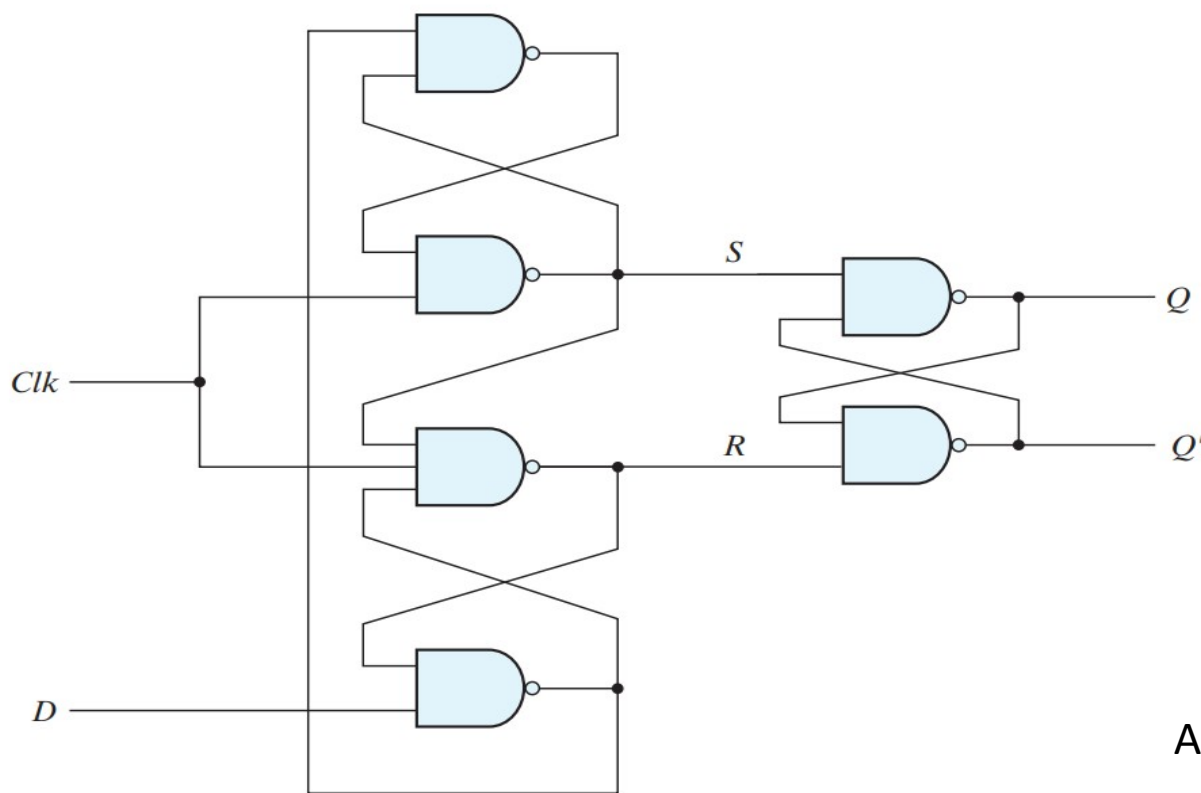
# Master-slave D-tároló szimulációja

- A Master-slave D-tárolót a [Logic.ly](https://www.logic.ly) programban is kipróbálhatjuk
- Az első fokozat ugyanaz, mint a korábban bemutatott transzparens tároló, a második fokozatba pedig az órajel invertálása miatt akkor íródik át az adat, amikor az első fokozat állapota már „befagyott” az órajel alacsony szintre futásakor



# Élvezérelt D-tároló

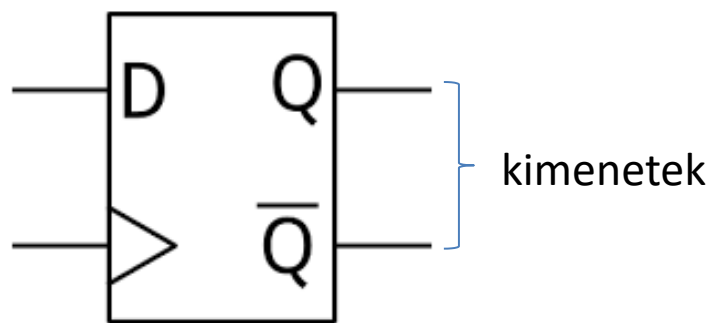
- Az **élvezérelt D-tároló** egy másik megoldás arra, hogy a kimenet ideiglenesen se kövesse a **D** vonal esetleges gyors változásait
- A kimeneten az órajel felfutásakor azonnal megjelenik az új állapot, s a bemenő fokozat két, egymást kölcsönösen kizáró billenőkörre gondoskodik róla, hogy a kimeneti billenőkör jele ne változhasson meg az órajel magas szintű állapotában



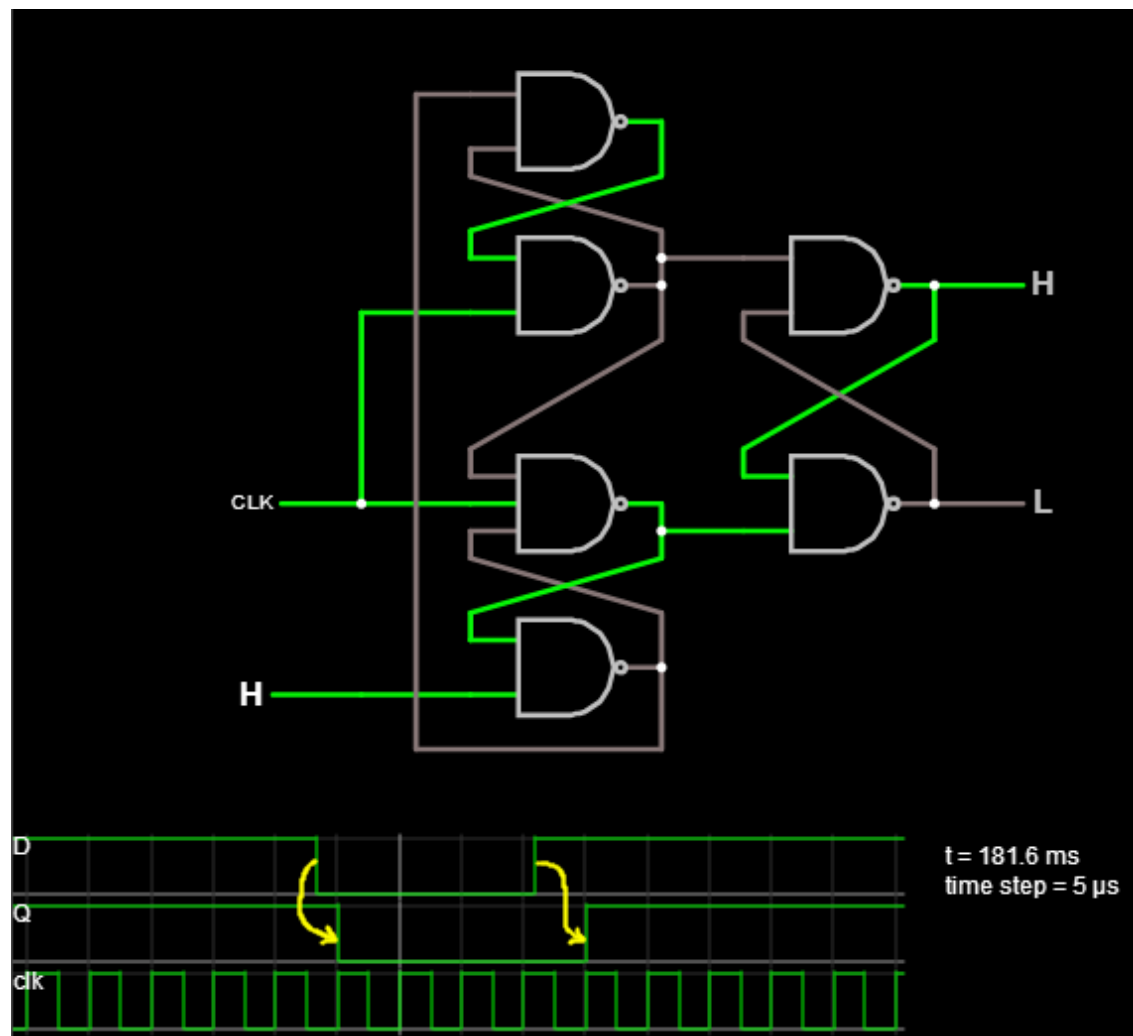
Az élvezérelt D-tároló rajzjele

# Élvezérelt D-tároló – szimuláció

- **Működés:** Az órajel alacsony állapotában az adatbemenet jelszintjétől függően az **A** vagy a **B** kapu bemenete aktiválódik, s vált a kimenete alacsonyra az órajel felfutó élénél.
- A visszacsatolások arra szolgálnak, hogy az órajel magas állapotában az adatvonal állapotának megváltozása ne okozhasson változást a kimeneten



Az élvezérelt D-tároló rajzjele



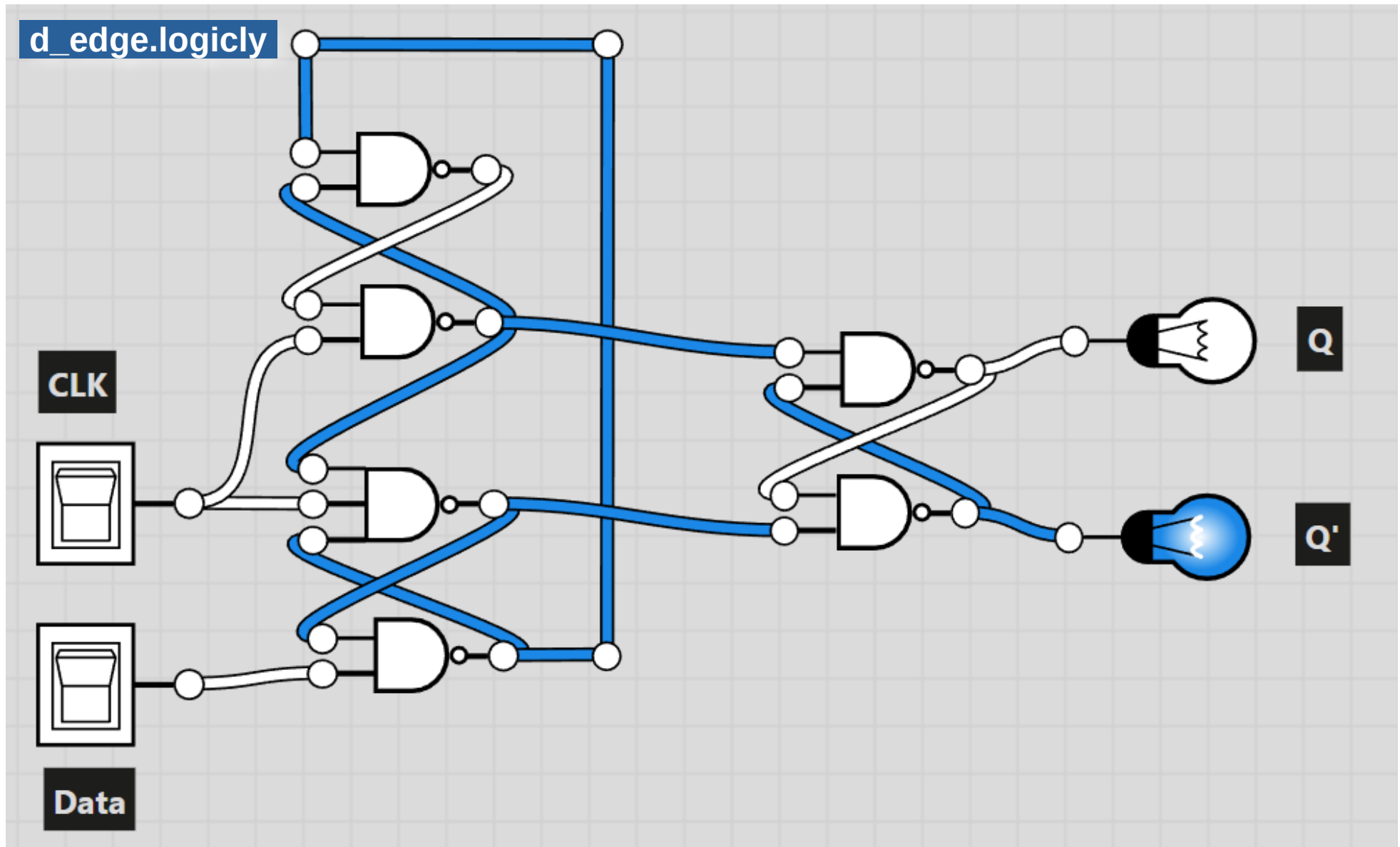
Link: [www.falstad.com/circuit/e-edgedff.html](http://www.falstad.com/circuit/e-edgedff.html)

Hasonló kapcsoláson alapul az **SN7474** IC is.



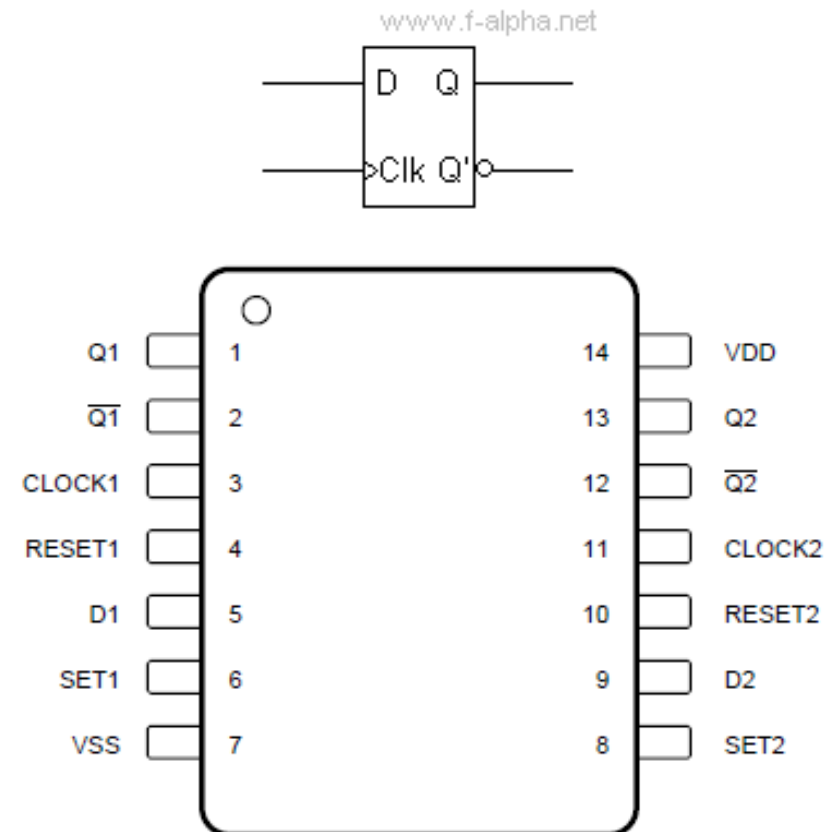
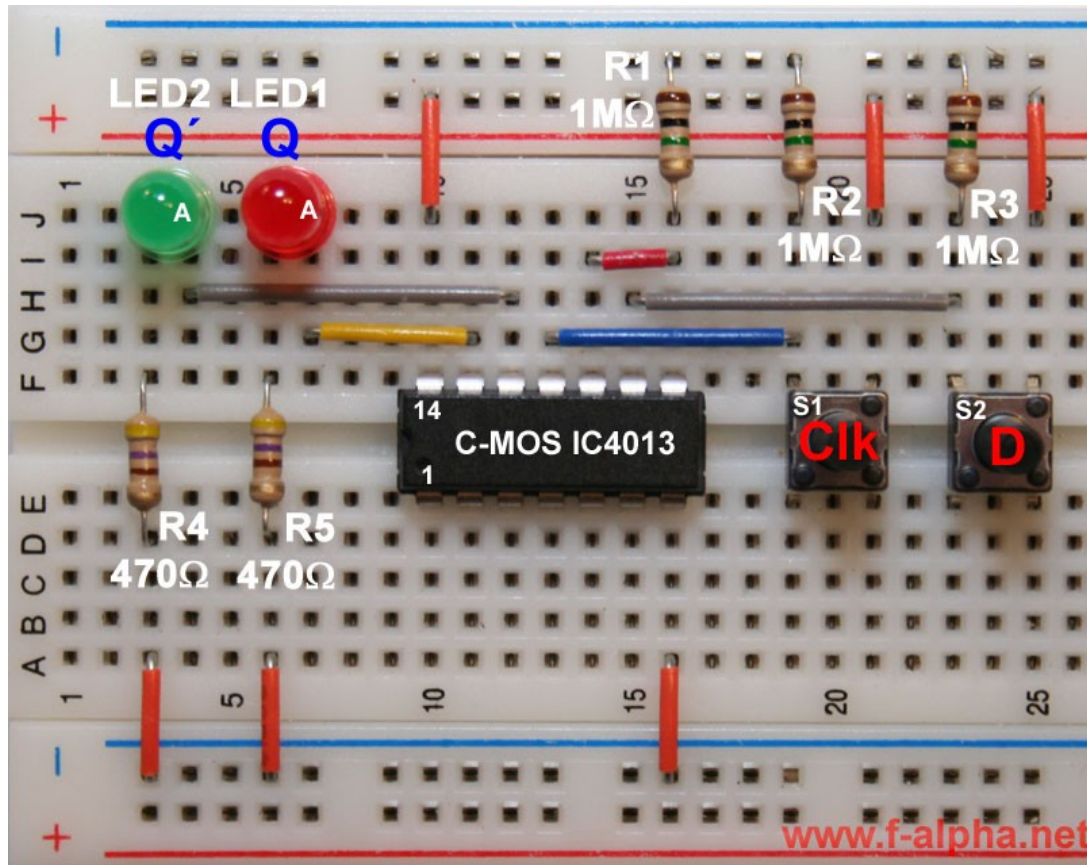
# Élvezérelt D-tároló – szimuláció

- Az előző oldalon bemutatott kapcsolást a [Logic.ly](https://logic.ly) programban is kipróbálhatjuk



# CD4013B: élvezérelt D-tároló

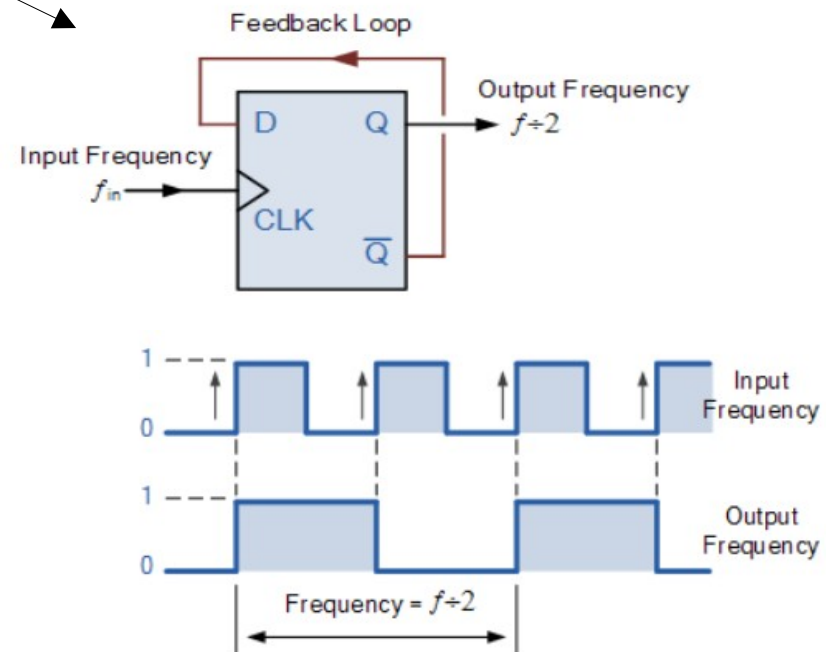
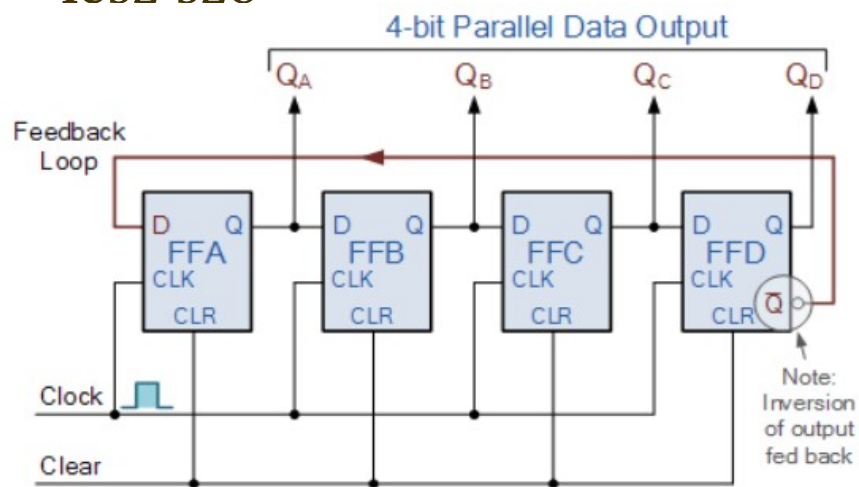
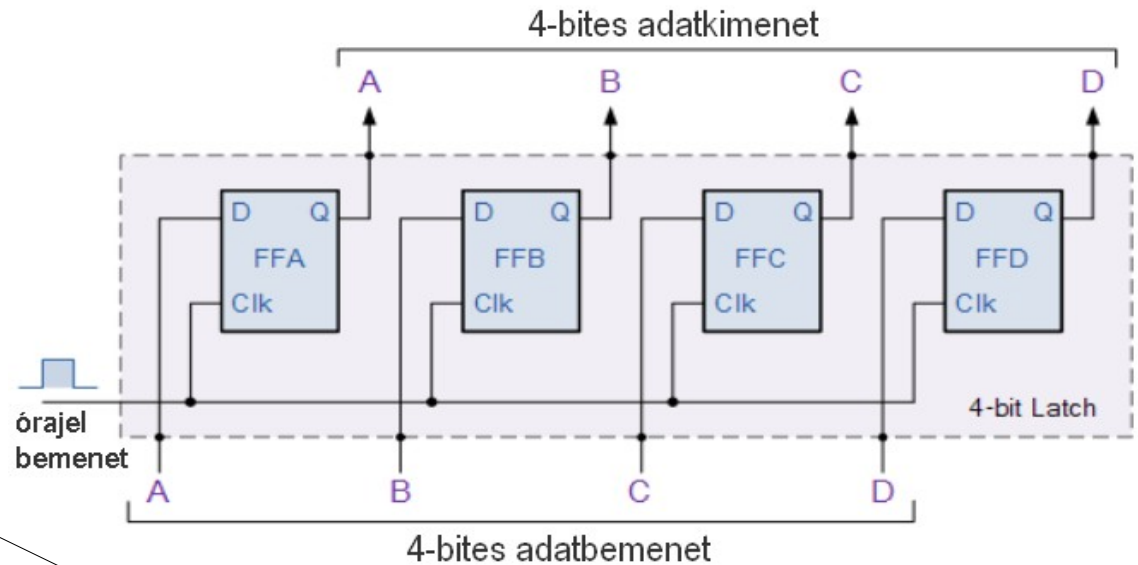
- Az élvezérelt **D-tároló** kipróbálásához a **SET** és **RESET** bemeneteket földre húzzuk, s a **CLOCK**, illetve a **D** bemeneteket vezéreljük (a nyomógombok lenyomott állapotban magas, felengedett állapotban alacsony szintet adnak)



Link: [en.f-alpha.net/electronics/digital-electronics/flip-flop/lets-go/experiment-9-d-flip-flop/](http://en.f-alpha.net/electronics/digital-electronics/flip-flop/lets-go/experiment-9-d-flip-flop/)

# A D-tárolók tipikus alkalmazásai

- **Adatregiszterek**  
bitenként 1 db D-tároló, közös órajellel
- **Frekvenciaosztó**
- **Shift regiszterek, számlálók**  
ezekről egy későbbi fejezetben lesz szó



# A 4000-es sorozat tipikus tagjai

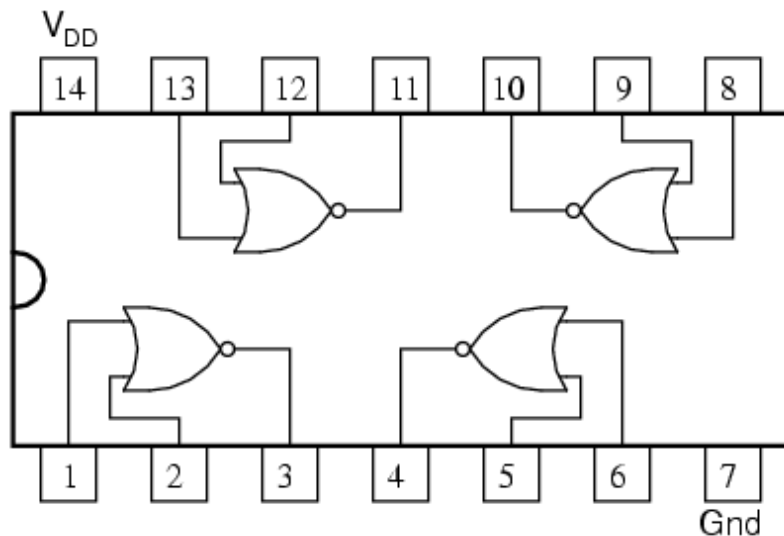
---

4001	CMOS Quad 2-Input NOR Gate
4011	CMOS Quad 2-Input NAND Gate
4013	CMOS Dual D-Type Flip Flop
4017	CMOS Decade Counter with 10 Decoded Outputs
4021	CMOS 8-Stage Static Shift Register
4022	CMOS Octal Counter with 8 Decoded Outputs
4023	CMOS Triple 3-Input NAND Gate
4025	CMOS Triple 3-Input NOR Gate
4026	CMOS Decade Counter/Divider with Decoded 7-Segment Display Outputs and Display Enable
4027	CMOS Dual J-K Master-Slave Flip-Flop
4028	CMOS BCD-to-Decimal or Binary-to-Octal Decoders/Drivers
4043	CMOS Quad NOR R/S Latch with 3-State Outputs
4046	CMOS Micropower Phase-Locked Loop
4049	CMOS Hex Inverting Buffer/Converter
4050	CMOS Hex Non-Inverting Buffer/Converter
4051	CMOS Single 8-Channel Analog Multiplexer/Demultiplexer with Logic-Level Conversion
4052	CMOS Differential 4-Channel Analog Multiplexer/Demultiplexer with Logic-Level Conversion
4053	CMOS Triple 2-Channel Analog Multiplexer/Demultiplexer with Logic-Level Conversion
4060	CMOS 14-Stage Ripple-Carry Binary Counter/Divider and Oscillator
4066	CMOS Quad Bilateral Switch
4069	CMOS Hex Inverter
4070	CMOS Quad Exclusive-OR Gate
4071	CMOS Quad 2-Input OR Gate
4072	CMOS Dual 4-Input OR Gate
4073	CMOS Triple 3-Input AND Gate
4075	CMOS Triple 3-Input OR Gate
4081	CMOS Quad 2-Input AND Gate
4082	CMOS Dual 4-Input AND Gate
4093	CMOS Quad 2-Input NAND Schmitt Triggers
4094	CMOS 8-Stage Shift-and-Store Bus Register

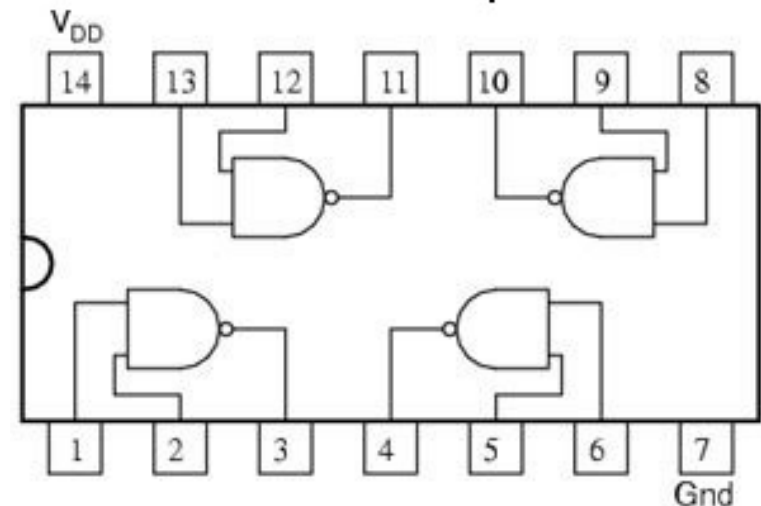


# A 4000-es sorozat tipikus tagjai

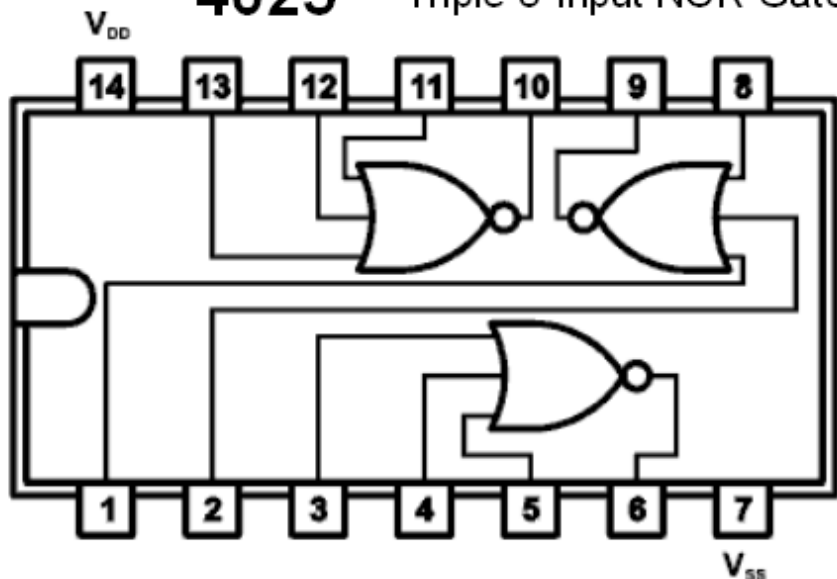
**4001** Quad 2-Input NOR Gate



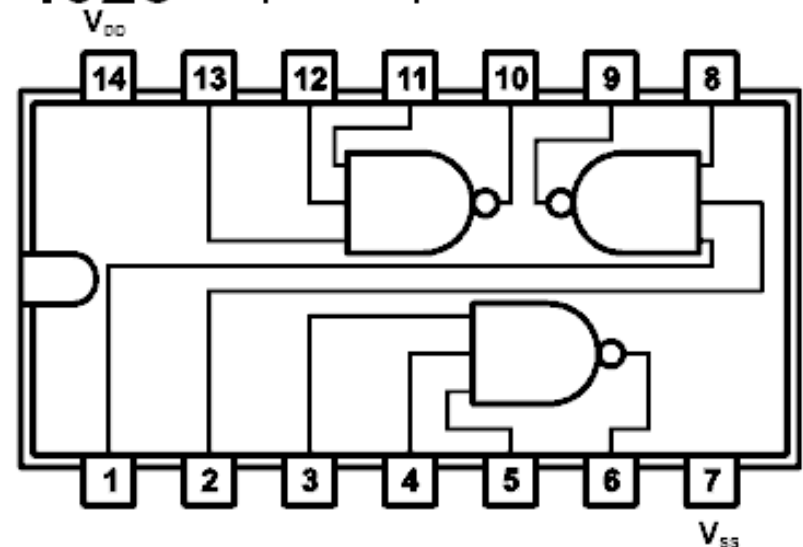
**4011** Quad 2-input NAND



**4025** Triple 3-Input NOR Gate



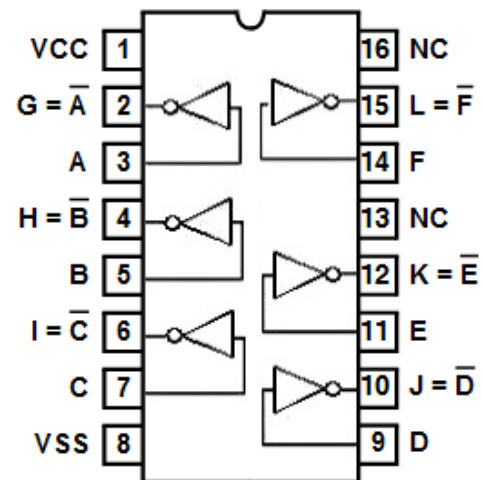
**4023** Triple 3-Input NAND Gate



# A 4000-es sorozat tipikus tagjai

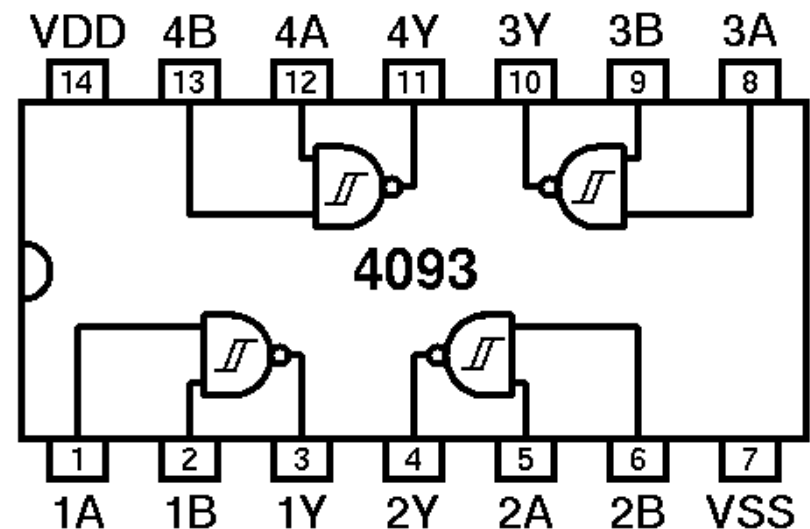
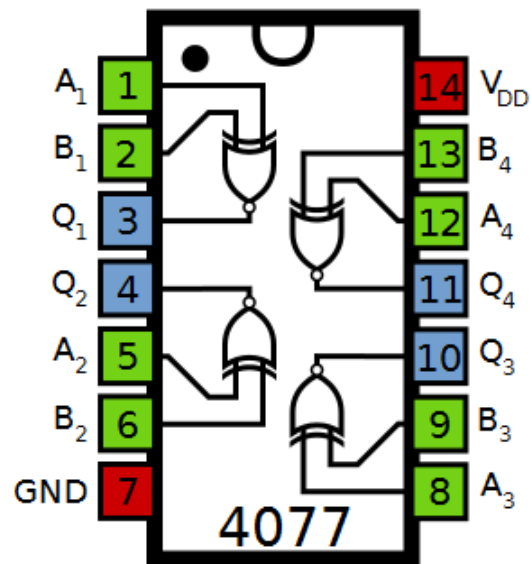
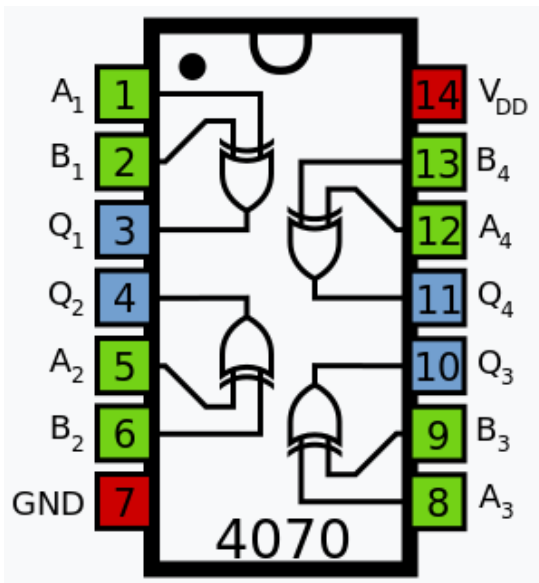
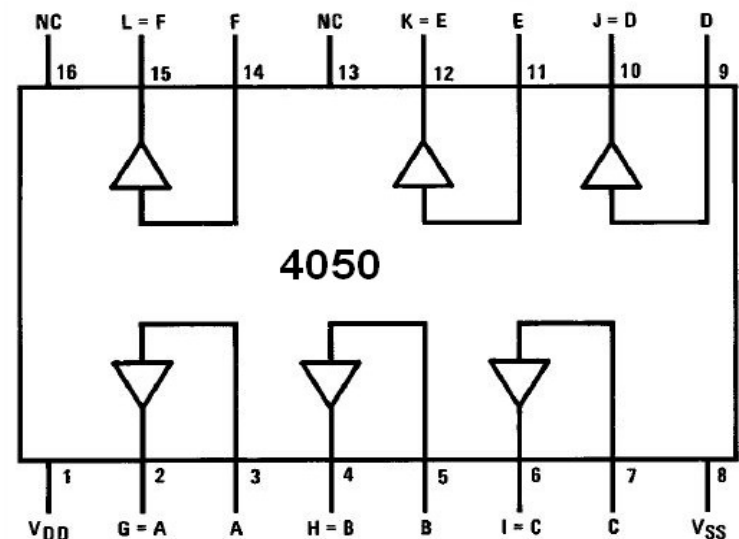
## 4049

Hex Inverting Buffer/Converter



## 4050

Hex Non-Inverting Buffer/Converter



# A 4000-es sorozat tipikus tagjai

