

A valós digitális áramkörök legfontosabb tulajdonságai

Mivel a valóságos digitális áramköröket nem ideális kapcsoló elemek valósítják meg, ezért viselkedésük sem ideális. Ezeket figyelembe kell venni a tervezésnél.

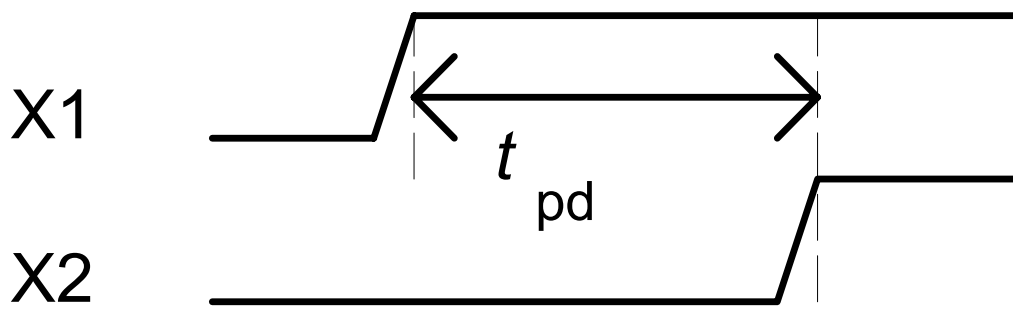
A nem ideális viselkedést leíró jellemzők két fő csoportra oszthatók

- Dinamikus (időbeli) tulajdonságok (pl. késleltetés)
- Statikus jellegű tulajdonságok (pl. meghajtó képesség)

Időzítési alapfogalmak

Késleltetési idő (t_{pd} propagation delay time)

A bementi jelváltozáshoz képest mennyit késik a kimenet jelváltozás. Különböző irányú tranziensek (H-L, L-H) esetén a késleltetési idők eltérőek lehetnek.



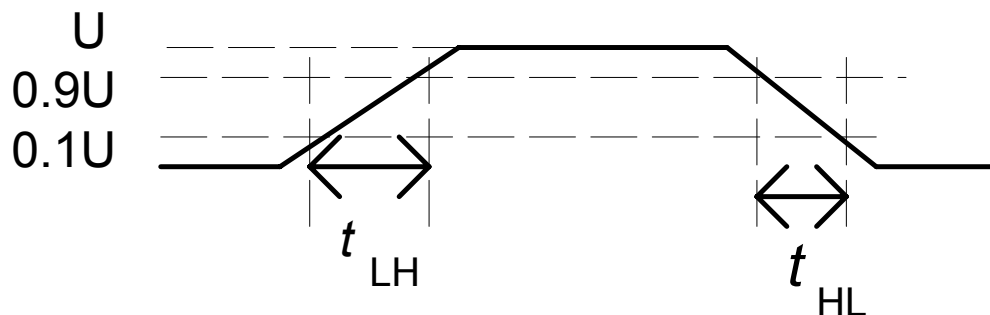
1. ábra. Késleltetési idő

Példák:

- kapuk, kombinációs hálózat késleltetése
- flip-flop órajeléhez képest mennyit késik a kimeneti változás

Fel- ill. lefutási idő

A jelek változási sebessége a valóságos áramkörökben korlátozott, így a digitális jeleknek is véges meredeksége van. A fel- ill. lefutási időn azt az időt értik, ami a jelváltozás során a 10% elérésétől a 90% eléréséig (ill. fordítva) eltelik.



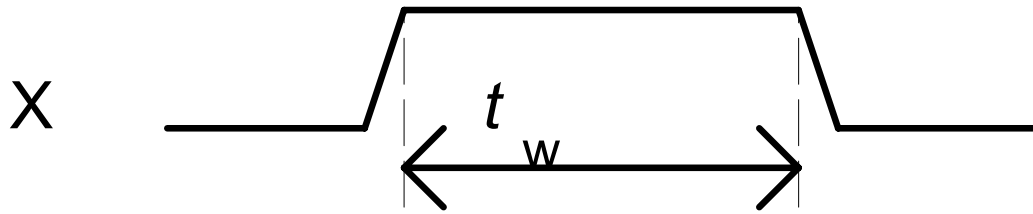
2. ábra. Fel- és lefutási idő

Példa:

Flip-floppok órajel bemenetéhez előírják a minimális fel ill. lefutási időt.

Impulzus szélesség (t_w pulse duration, with)

Az impulzus szélessége a jel első és hátsó éle között.



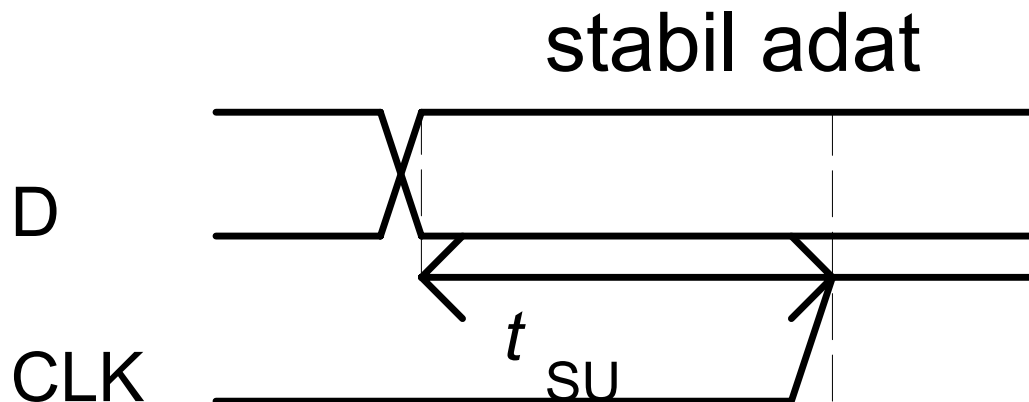
3. ábra. Impulzus szélesség

Példák:

- a flip-floppok órajel bementénél előírják a minimális impulzus szélességet L és H szint esetén.
- a flip-floppok aszinkron clear és preset bemenetéhez előírják a minimális impulzus szélességet
- szinkron áramkörök órajel bemeneténél meg szokás adni a **maximális órajel frekvenciát** is.

Előkészítési idő (t_{SU} setup time)

Az egyik jelnek minimálisan a megadott idővel a másik előtt már stabilnak kell lennie. Ennek be nem tartásából származnak a legnagyobb bajok.



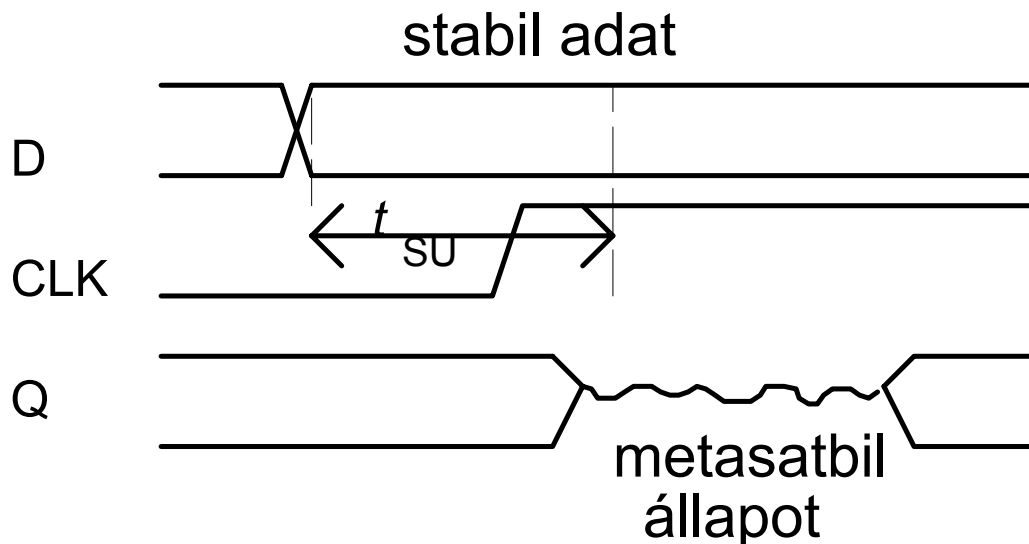
4. ábra. Előkészítési idő

Példa:

A flip-flop bemenetének a megadott idővel a mintavevő órajel él előtt már stabilizálódni kell.

Metastabilitás

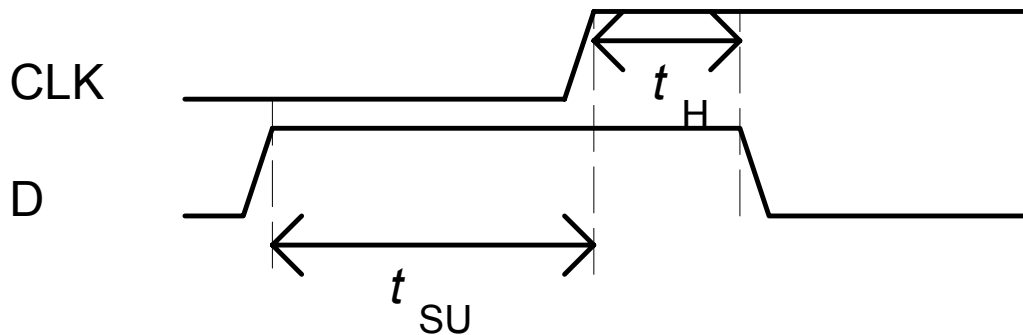
Ha egy flip-flop bemenetén az órajelhez túl közel van a bemeneti jel változása (a setup time-ot nem tartjuk be), a flip-flop ún. metastabil állapotba kerülhet. Ez azt jelenti, hogy egyrészt a flip-flop kimenete az órajelhez képest a definiált késletetésnél jóval később jelenik meg, másrészt a kimenet egy ideig köztes (nem logikai L vagy H) szinten marad. Ilyenkor nem jósolható meg a metastabil állapot hossza, s a végén kiadott logikai szint is véletlenszerű. A jelenség magyarázatához a logikai áramkörök tranzisztor szintű vizsgálata szükséges, ezért azzal itt nem foglalkozunk.



5. ábra Metastabilitás

Tartási idő (t_H hold time)

Az egyik jelet a másik jel megjelenése után még legalább a megadott ideig nem szabad megváltoztatni (pl. órajel után a flip-flop bemenetén az adatot még ennyi ideig kell stabilan tartani).



6. ábra. Tartási idő

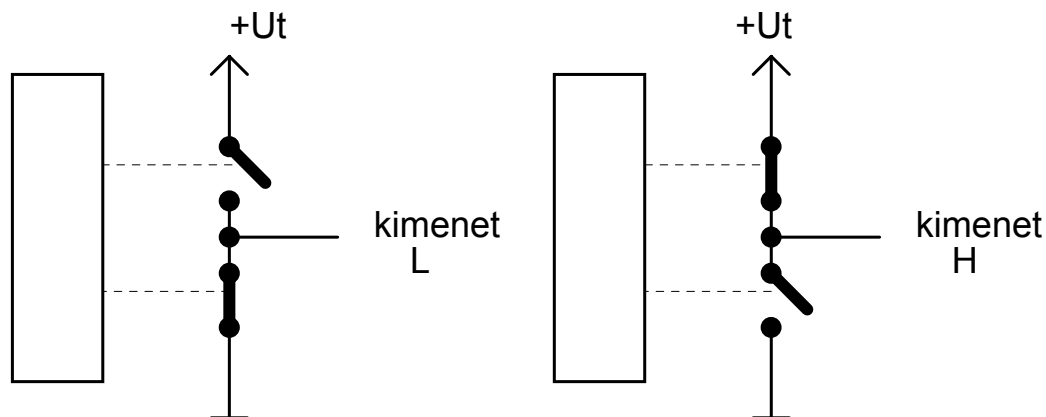
A katalógusban megadott időzítési adatokat szigorúan be kell tartani, különben nem garantált a specifikáció szerinti működés!

A digitális áramkörök kimeneti áramkörének típusai

Az alábbi sematikus ábrák a tranzisztorok működésének ismeretét nem feltételezik. Ezért egy nagyon durva, de a lényeget megmutató kapcsolós modellt alkalmaznak.

Totem-pole jellegű kimenet

Az L és H szintet aktív félvezető kapcsolók biztosítják.

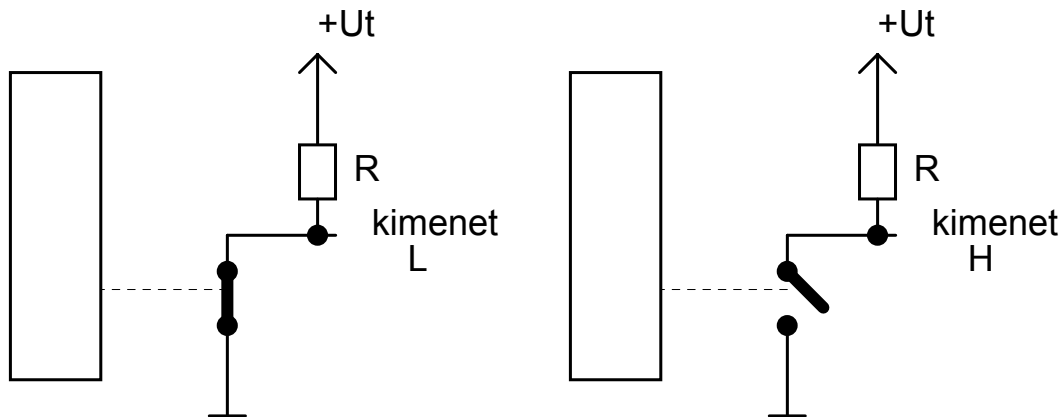


7. ábra Totem pole kimenet

Totem-pole kimeneteket sohasem szabad szembe kapcsolni! (Amikor ellentétes szinteket akarnak kiadni, a kialakuló nagy áramok miatt tönkremehetnek.)

Nyitott kollektoros (open collector) kimenet

Az L szintet aktív félvezető kapcsoló biztosítja, a H szintet egy ellenállás. Az ellenállás általában nincs beépítve az áramkörbe!



8. ábra Open collectoros kimenet

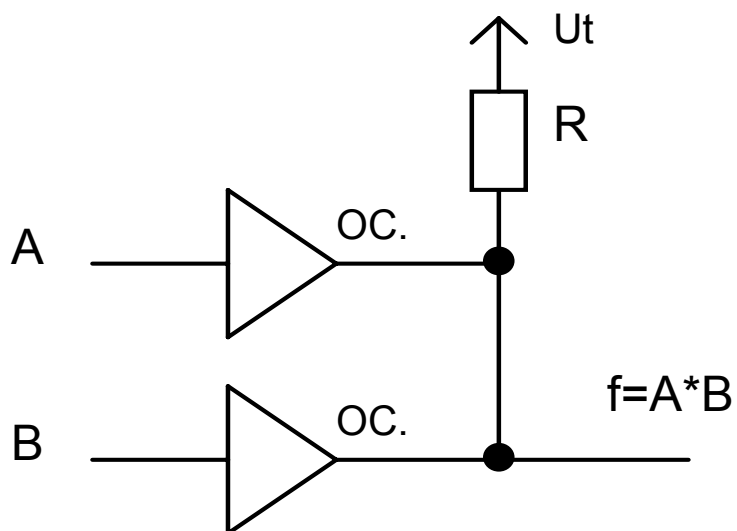
A nyitott kollektoros kimenet L-H átmenete lassabb, mint a totem-pole kimeneté.



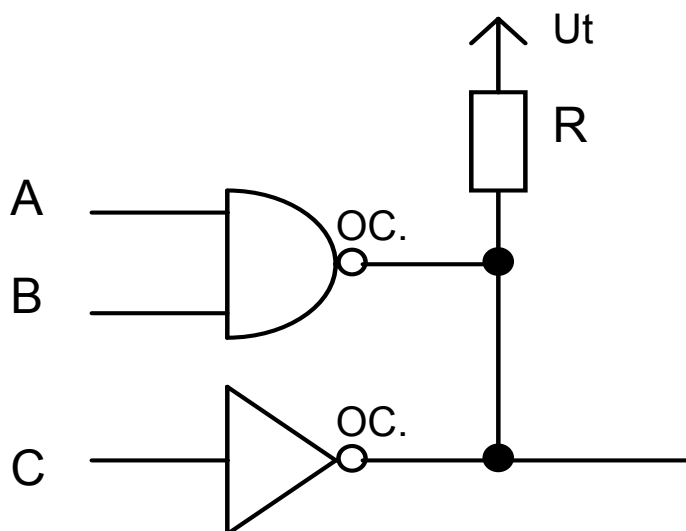
9. ábra OC. kimenet be és kikapcsolása

A bekapcsolt félvezető ellenállásához képest jóval nagyobb ellenálláson keresztül viszonylag lassan töltődnek fel a mindig jelen levő szórt kapacitások.

Az open kollektoros kimenetek szembe köthetők, így *huzalozott ÉS kapcsolat* hozható létre. Ha bármelyik OC. kimenet L szintet ad, akkor az eredő kimenet is L lesz.



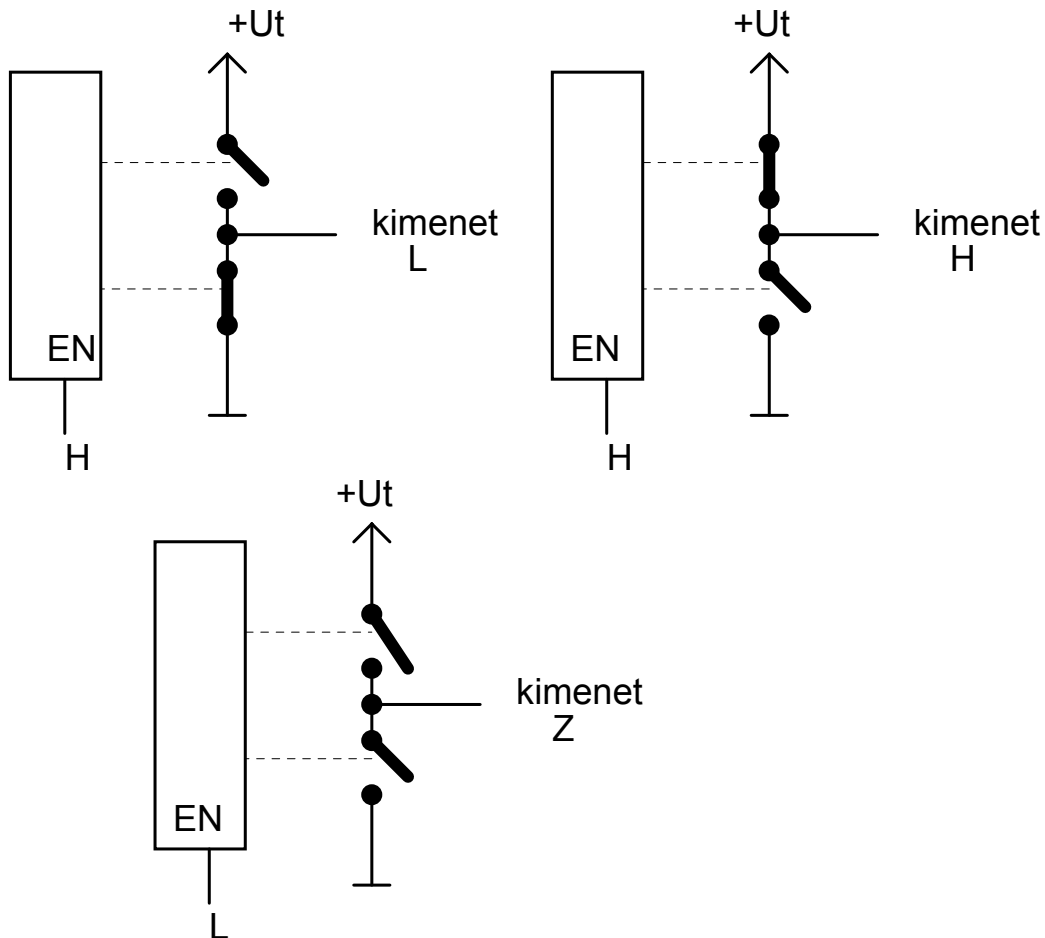
10. ábra Huzalozott ÉS kapcsolat



11. ábra $f = \overline{AB} \overline{C} = \overline{A} \overline{C} + \overline{B} \overline{C}$

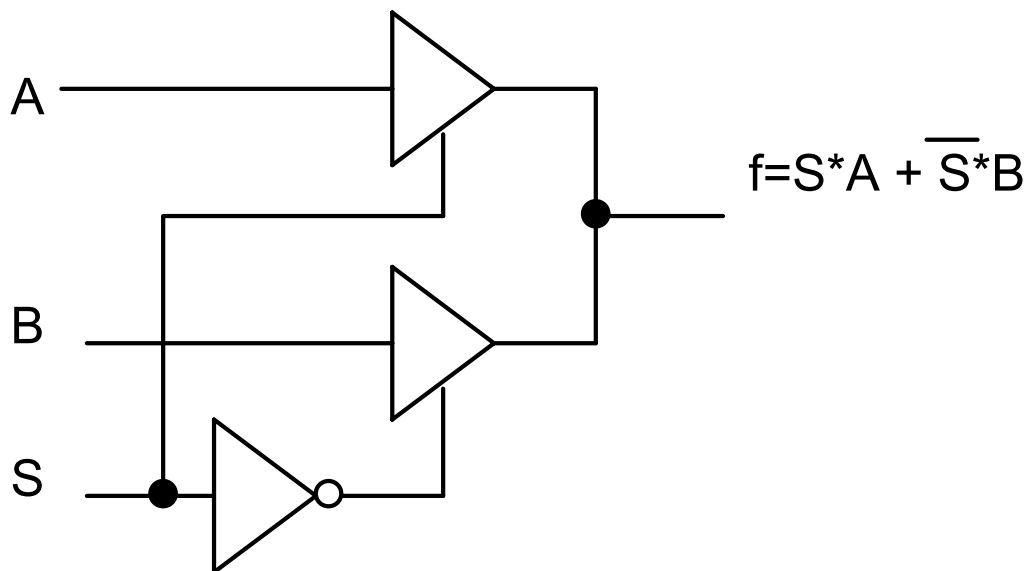
Három állapotú kimenet

Az L és H szintet aktív félvezető kapcsolók biztosítják, de a harmadik állapotban mindektő kikapcsol.



12. ábra Három állapotú kimenet

A három állapotú kimenettel rendelkező áramkörök szembe kapcsolhatók, *ha biztosítjuk, hogy egyszerre csak egy lehet aktív* (pl. 13. ábra).



13. ábra Három állapotú kimenetek szembekapcsolása

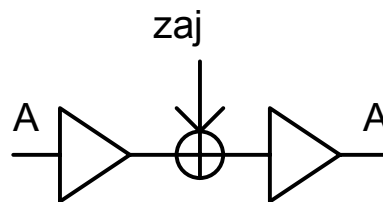
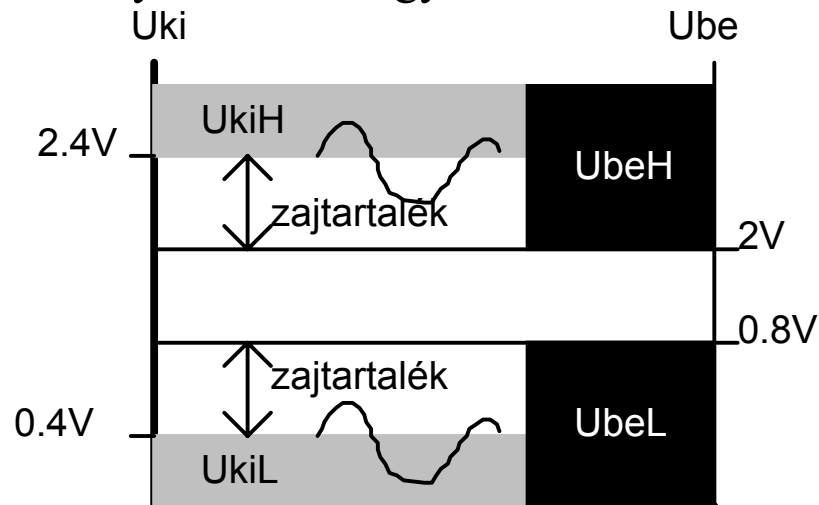
A TTL (tranzisztor-tranzisztor logika) áramkörök

Tápfeszültségük: 5V

A logikai értéket feszültség tartományok reprezentálják:

	bemenet	kimenet
L	$U_{be} < 0.8V$	$U_{ki} < 0.4V$
H	$U_{be} > 2V$	$U_{ki} > 2.4V$

A tartományok átfedik egymást:



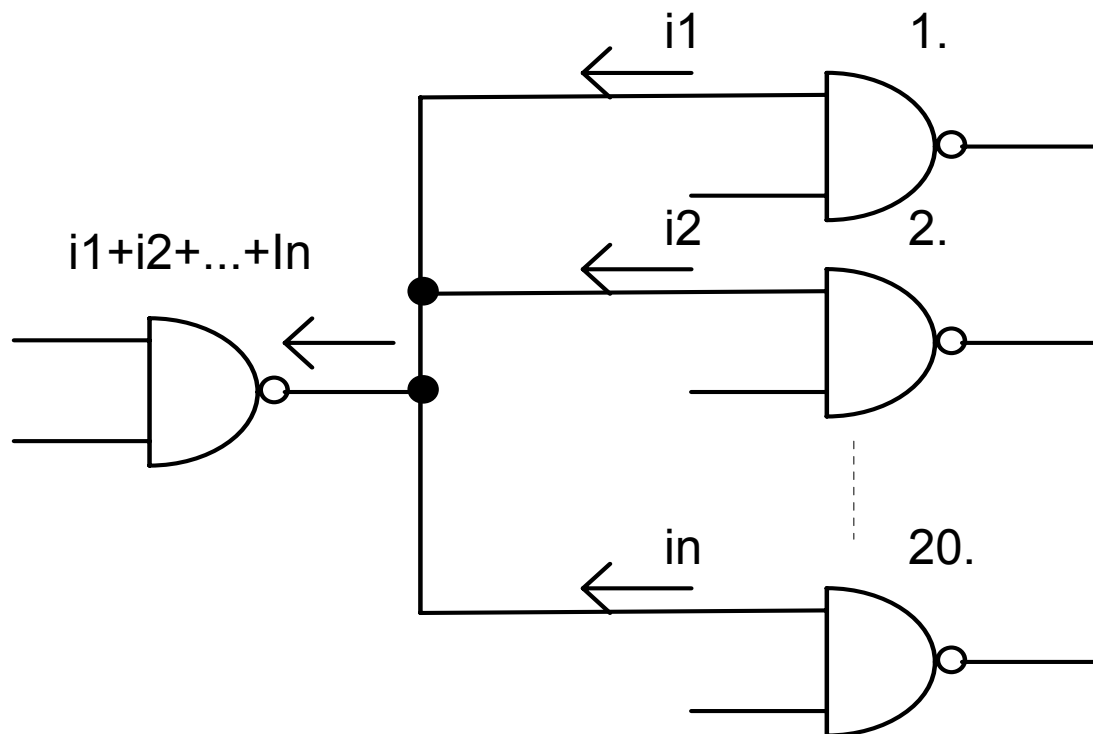
14. ábra

A bemeneti jelre szuperponálódó kismértékű zaj még nem okoz hibás logikai szint érzékelést!

Kimeneti terhelhetőség

Egy TTL kimenetre nem kapcsolható tetszőleges számú TTL bemenet, mert véges áramot képes kiadni (néhány mA).

Az egy kimenetre kapcsolható standard kapu bemenetek számát nevezik **fan-out**nak.



15. ábra Kimeneti terhelhetőség

Néhány 74-es sorozatú TTL áramkör család

A családok SSI bonyolultságú (logikai kapuk, flip-floppok) és MSI bonyolultságú (funkcionális elemek) tartalmaznak. (Lásd: Szittyá-Hunwald katalógus)

Egy-egy IC többnyire 14, 16 lábú tokban van. Egy tokban a lábak jó kihasználása miatt több azonos kapu vagy flip-flop van. (A táp, föld is elvesz 2 lábat.)

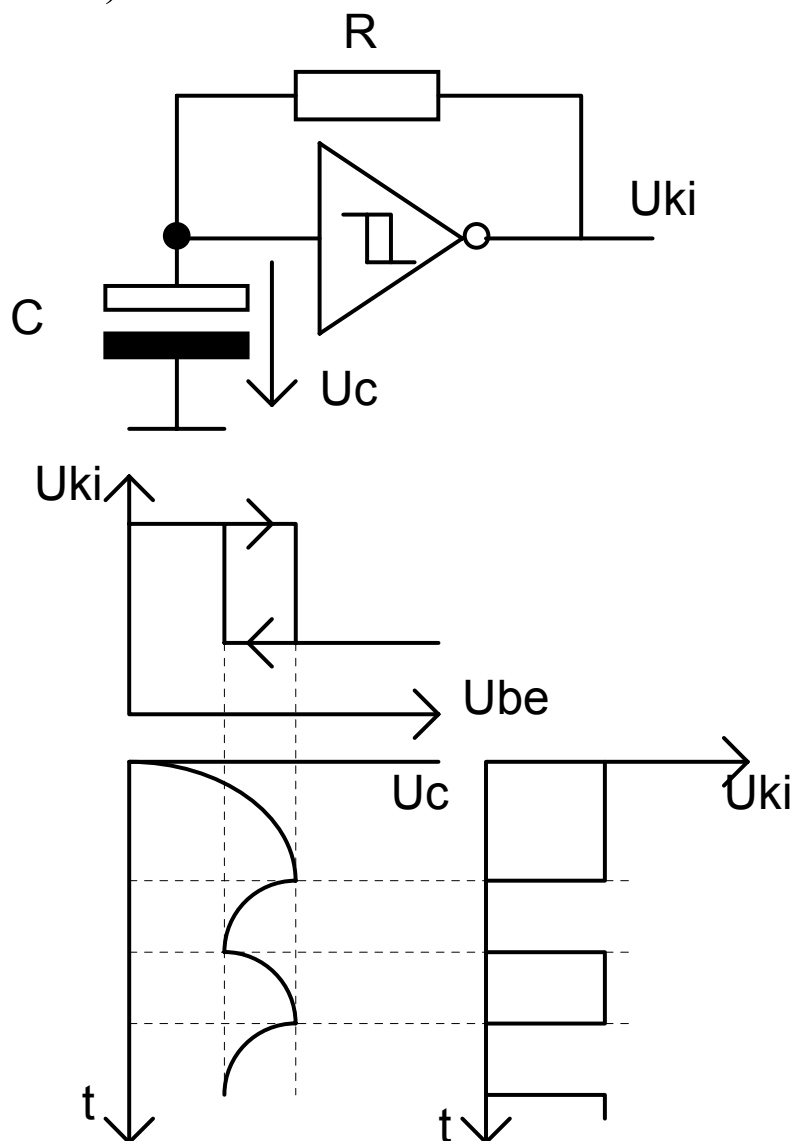
Pl: 6db inverter
4db 2 bemenetű kapu
3db 3 bemenetű kapu
2db 4 bementű kapu
1db 8 bemenetű kapu

család	74xx	74LSxx	74ASxx
tpd	10ns	15ns	5ns
fan-out	10	20	20
I _{IH}	50μA	20μA	20μA
I _{IL}	-2mA	-0.4mA	-0.5mA

Ma már inkább az un. CMOS áramköröket használjuk. Léteznek a kis lábszámú, kisméretű (SMD) egy tokban egy kaput tartalmazó áramkörök is.

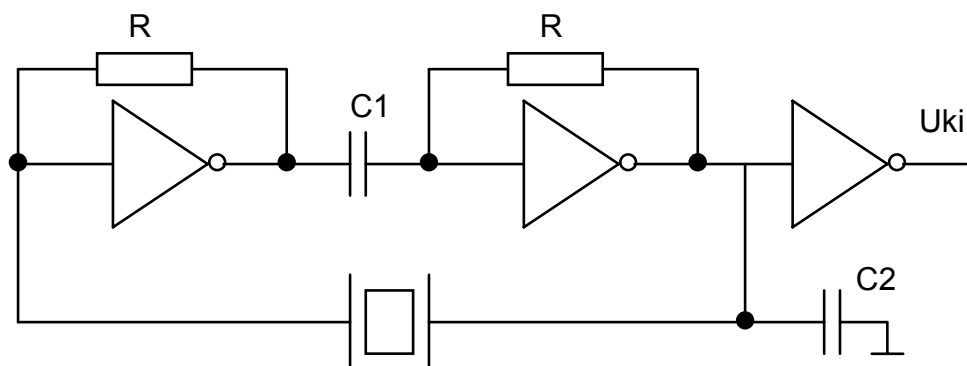
Órajel előállítás

RC oszcillátorral (ha nem igényelt nagyon pontos frekvencia)



16. ábra RC oszcillátor és működése

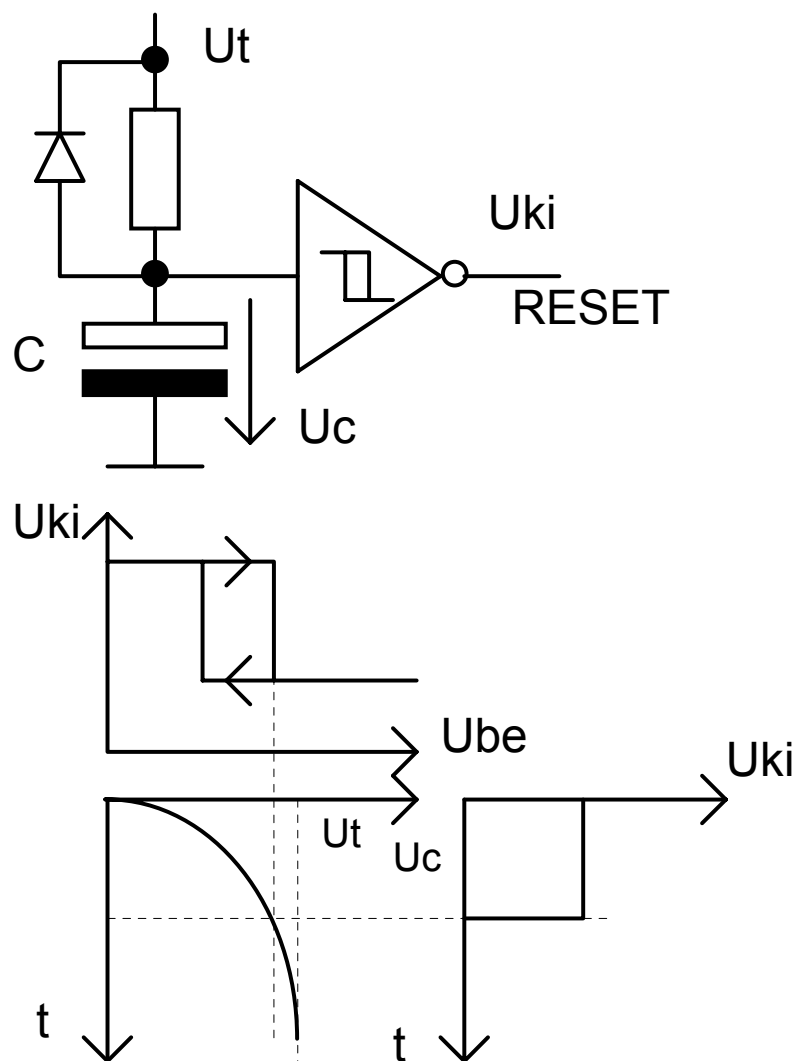
Kvarc oszcillátorral (nagyon pontos frekvencia esetén)



17. ábra Kvarc oszcillátor

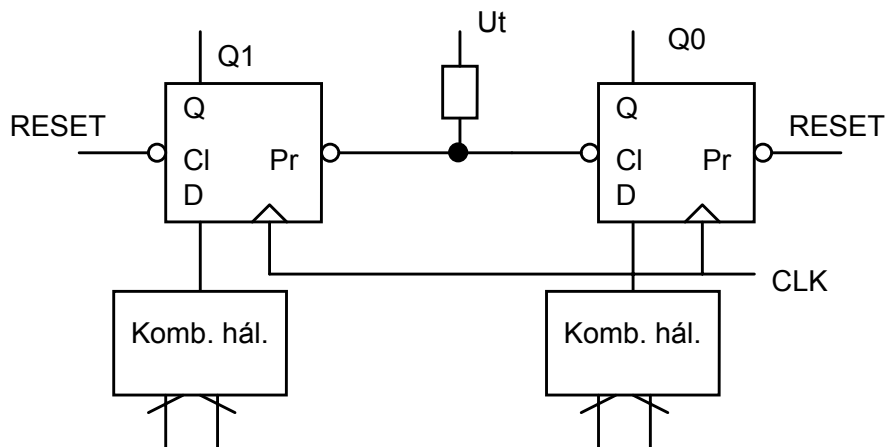
Kaphatók kész oszcillátor IC-k is.

Szinkron sorrendi hálózatok alaphelyzetbe állítása (bekapcsolási reset)

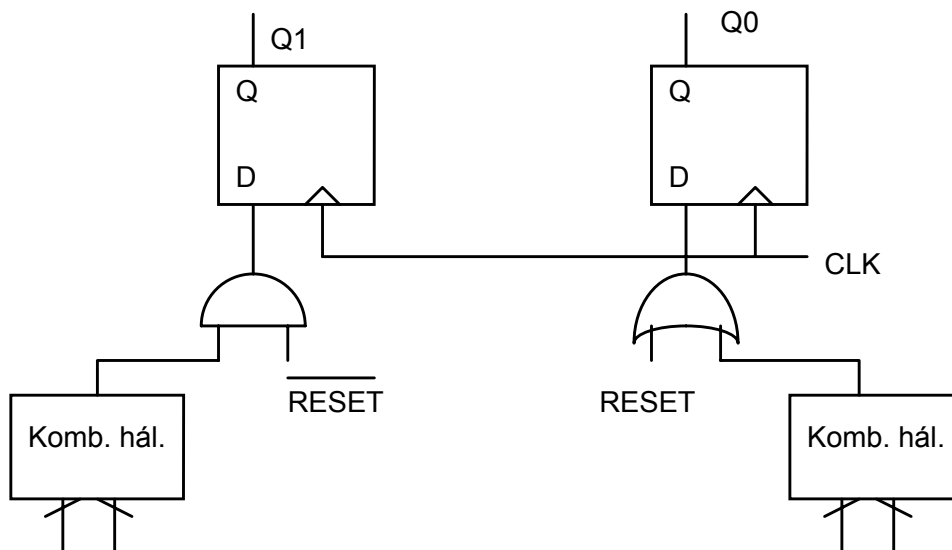


18. ábra RESET áramkör és működése

A szinkron sorrendi hálózatok a flip-floppok aszinkron Clear és Preset bemenete segítségével, vagy egy külön szinkron alaphelyzetbe állító jel betervezésével állítható alaphelyzetbe.



19. ábra SSH alaphelyzetbe hozása aszinkron módon (itt az alaphelyzet $Q_1Q_0=01$)



20. ábra SSH alaphelyzetbe hozása szinkron módon (itt az alaphelyzet $Q_1Q_0=01$)