

Digitális kapcsolások megvalósítása

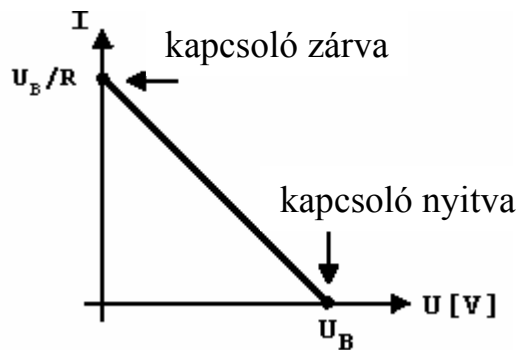
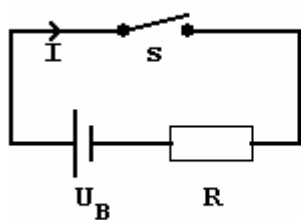
Bináris állapotok megvalósítása

Bináris állapotok realizálásához **két állapot** megkülönböztetése, azaz egyszerű átkapcsolás-átváltás szükséges (pl. elektromos áram iránya, feszültség polaritása, feszültség vagy áram ki-, bekapcsolása).

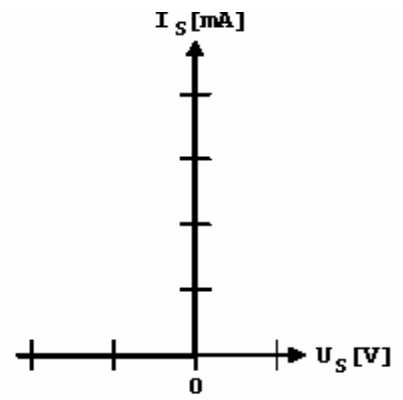
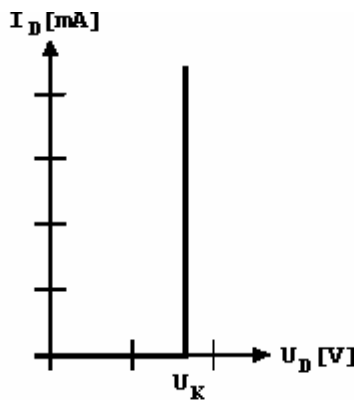
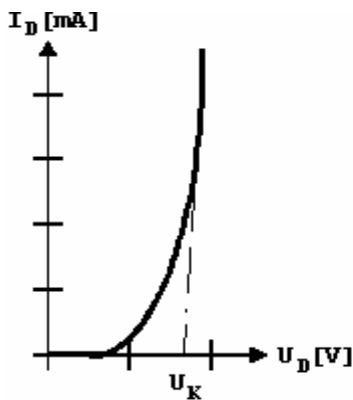
A felhasználható **alapsvető áramköri elemek**:

- kapcsolók (mechanikus, elektromechanikus) vagy relék
- diódák
- tranzisztorok

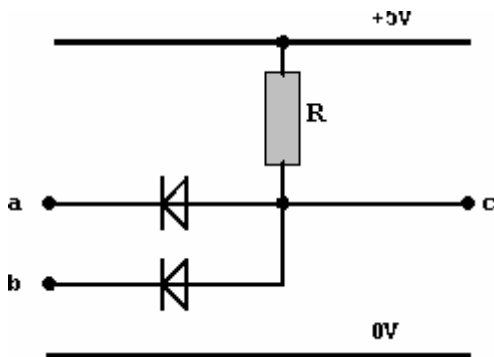
•**Kapcsolók:** áramkör és munkaegyes



•**Diódák:** valós dióda, ideális dióda és ideális kapcsoló jelleggörbéje



Pl. „AND” logikai függvény kapcsolása, feszültség- és igazságtáblázata



b	a	c
0V	0V	0V
0V	5V	0V
5V	0V	0V
5V	5V	5V

→

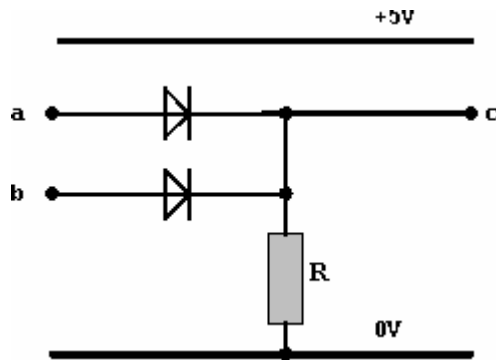
b	a	c
0	0	0
0	1	0
1	0	0
1	1	1

Digitális kapcsolások megvalósítása

Bináris állapotok megvalósítása

• Diódák: (folytatás)

Pl. „OR” logikai függvény kapcsolása, feszültség- és igazságtáblázata



b	a	c
0V	0V	0V
0V	5V	5V
5V	0V	5V
5V	5V	5V

→

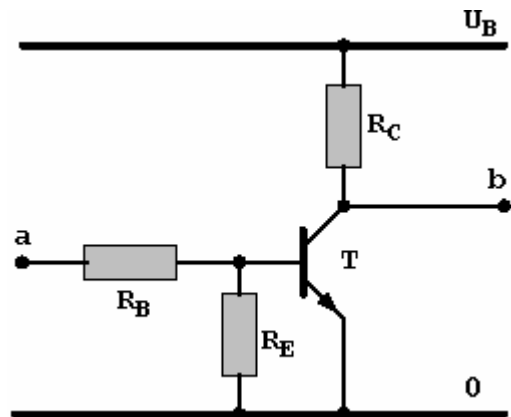
b	a	c
0	0	0
0	1	1
1	0	1
1	1	1

• Tranzisztorok: Tranzisztoros alapkapsolás: Inverter-kapsolás, feszültség- és igazságtáblázat

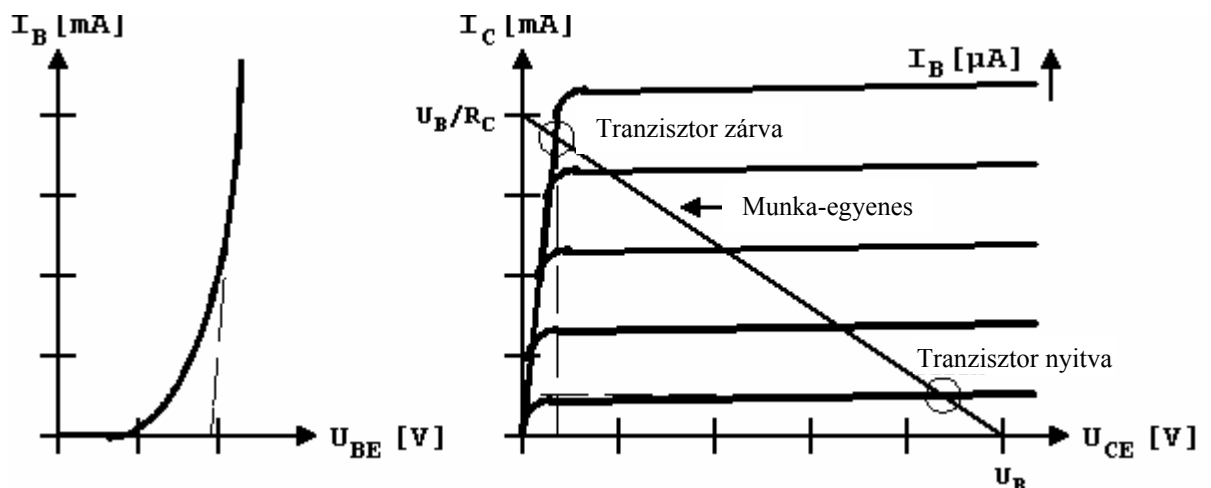
a	b
0V	5V
5V	0V

→

a	b
0	1
1	0



Bipoláris tranzisztor-jelleggörbék: bemeneti $I_B=f(U_{BE})$; és kimeneti ($I_C=f(U_{CE})$)



Az ideális kapcsolóhoz képest a tranzisztornál a „nyitott” és a „zárt” állapotokban is jelen vannak kisméretű maradékáramok ill. maradékfeszültségek.

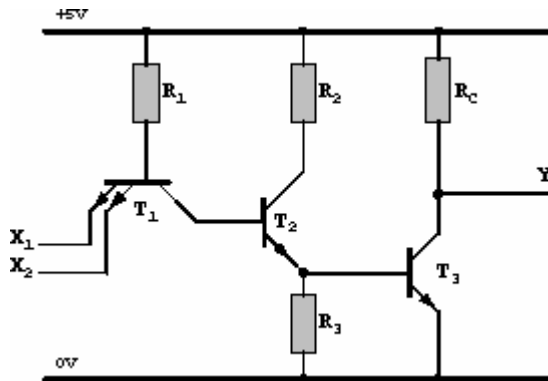
Digitális kapcsolások megvalósítása

TTL-áramkörök felépítése

Alacsony fokú integráció (SSI) és rövid késleltetési idők → TTL áramkör család

Bemenet: multiemitter-trnzsztor (ÉS funkció); **Kimenet:** változó

Legegyszerűbb TTL-áramköri elem a kétbemenetes NAND-kapu:



Invertáló kimenetű (NAND,NOR,NOT) kapuáramkörök technikailag egyszerűbben megvalósíthatóak mint a neminvertálók.

TTL NAND alapfelépítés

1. eset: Legalább egy bemenet 0 V-on van.

Ekkor a T_1 -tranzisztor bázis-emitter diódája nyitó irányban van előfeszítve; T_2 bázisa gyakorlatilag 0-szinten ($\sim 0,4$ V) van. T_2 tehát zárva van, emiatt T_3 is, ezért a kimenet 5 V-on van.

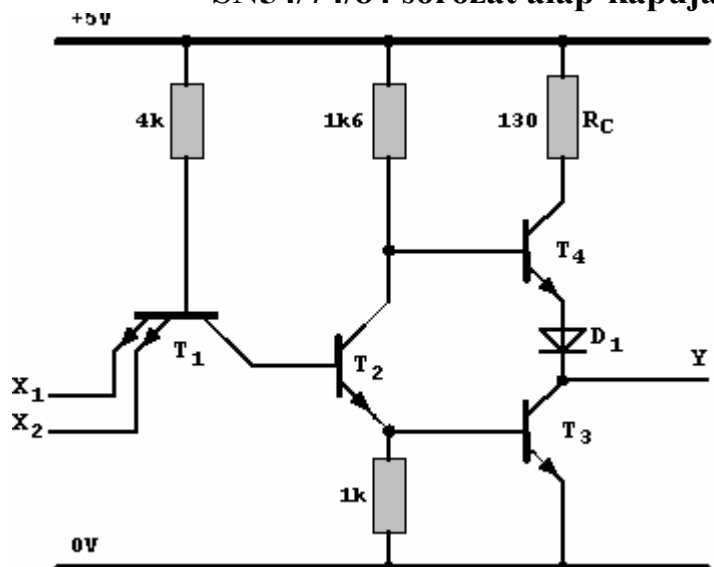
2. eset: Mindegyik bemenet 5 V-on van.

T_1 bázis-emitter diódája zárt, miközben a kollektor-bázis diódája nyitóirányban van előfeszítve. T_1 inverz módban (emitter-kollektor felcserélve) működik. T_1 emitterárama vezérli T_2 -öt és T_3 -at telítésbe: az Y kimeneten gyakorlatilag 0 V-szint van.

SN54/74/84 sorozat alap-kapuja:

Fenti kapcsolás továbbfejlesztett változata:
[R_C ha nagy, a kapcsolás a parazita kapacitások miatt lassú (0→1)
ha kicsi, túl nagy a teljesítményfelvétel]

A passzív R_C -t helyettesítő T_4 biztosítja az alacsony kimeneti ellenállást.
(R_C drasztikusan csökkenthető)



Digitális kapcsolások megvalósítása

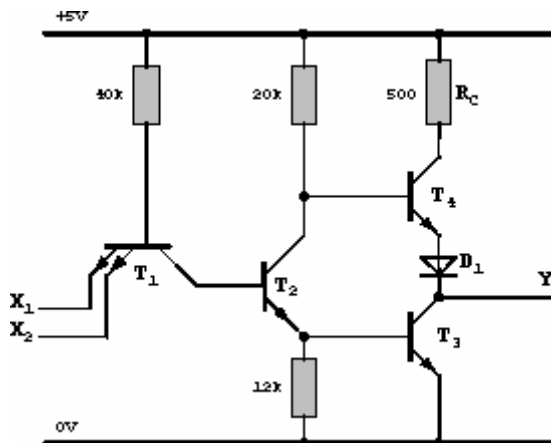
TTL-áramkörök felépítése

A standard TTL-kapuarámkör felhasználói igények szerint módosított változatait használja a kezdeti két TTL-sorozat (ma már elavult):

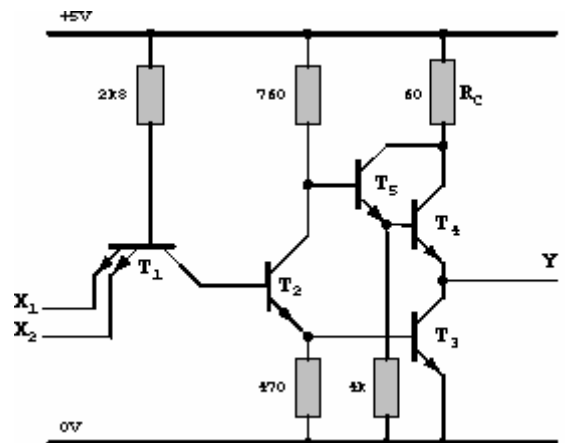
„Low power”-TTL

„High Speed”-TTL

(T_4 helyett darlington-kapcsolás)



74L00



74H00

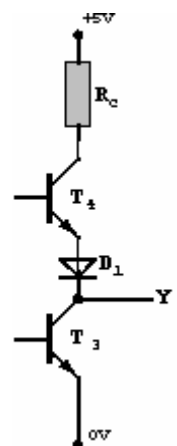
Digitális kapcsolások megvalósítása

TTL-áramkörök kimeneti fokozatai

A fenti - standard TTL-kapcsolásokban használt - kimenetet „ellenütemű kimeneti fokozat”-nak, „totem pole”-kimenetnek is nevezik.

Leggyakoribb TTL-kimenet. Párhuzamosan kapcsolni több kimenetet nem szabad.

Pull-down üzemmód és Pull-up üzemmód



Több TTL-kimenet összekapcsolására szolgál a másik két kimeneti fokozat: (pl. buszrendszerek)

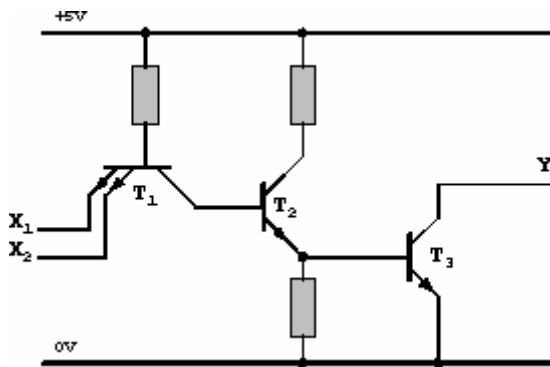
- nyitott kollektoros kimenet (*open collector*)
- *Tri-State*-kimenet

Digitális kapcsolások megvalósítása

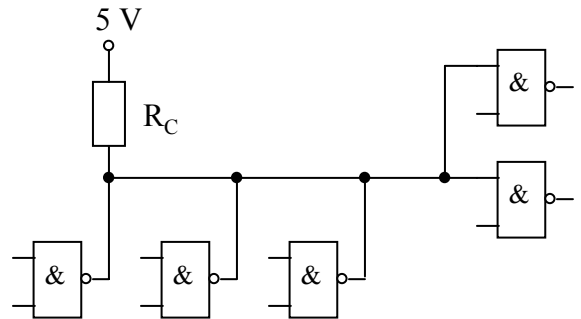
TTL-áramkörök kimeneti fokozatai

Open-collector-kimenet

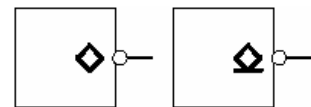
A kimeneti tranzisztor mindig pull-down-üzemmódban dolgozik. Vezetési állapotában a kimenetet a testponttal összeköti, zárt állapotában pedig nagy ellenállással leválasztja.



2-bemenetű NAND kapu OC-kimenettel



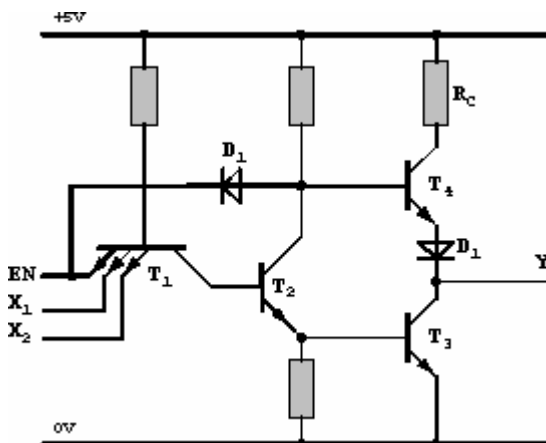
OC-kimenetek párhuzamos kapcsolása



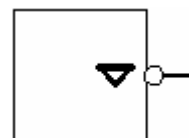
OC-kimenetek kapcsolási rajzjele

Tri-State-kimenet

A totem-pole-kimenet módosított változata. A plusz engedélyező bemenetre adott „0”-szinttel az egész kimeneti fokozat lezárható (T_3 és T_4 egyszerre lezárnak).



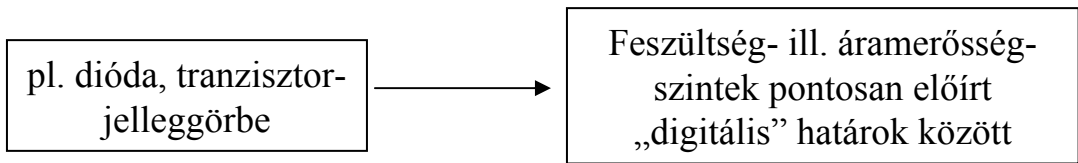
X_1	X_2	EN	Y
L	L	H	H
L	H	H	H
H	L	H	H
H	H	H	L
irreleváns		L	leválasztva



Digitális kapcsolások megvalósítása

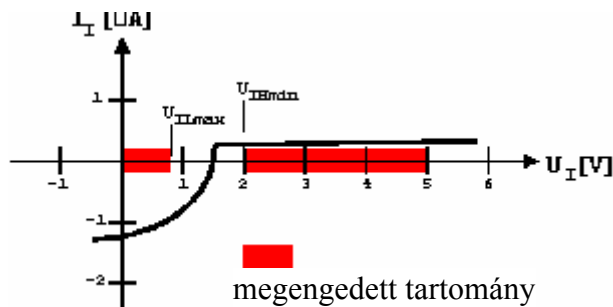
TTL-áramkörök statikus jellemzői

analóg kapcsolásoktól várunk digitális viselkedést



analóg viselkedés digitális „keretek” között

bemeneti karakterisztika (standard TTL) : $I_I = f(U_I)$



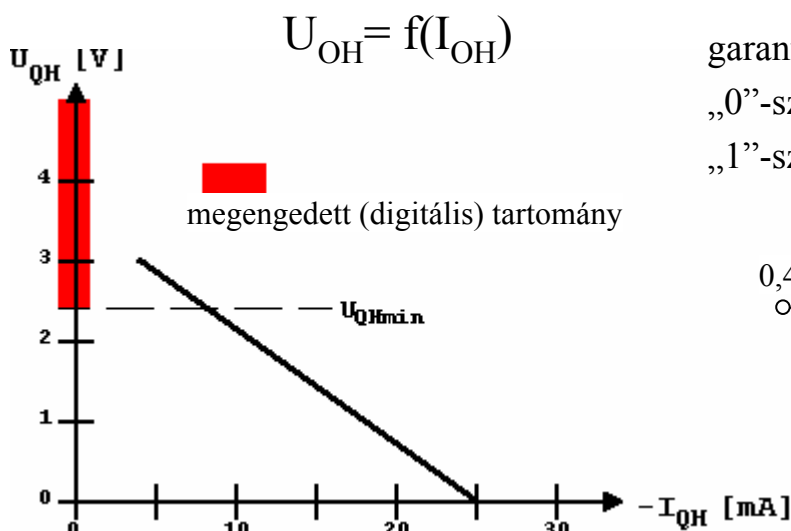
Mindegyik TTL-kapura érvényes, garantált értékek:

„0”-szint: $U_{IL} \leq 0,8$ V

„1”-szint: $U_{IH} \geq 2,0$ V

kimeneti karakterisztika (standard TTL) : $U_O = f(I_O)$

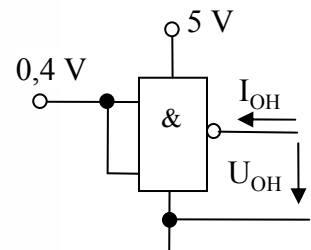
A kapuáramkörök kimeneti értékei a bemeneti logikai szinttől függenek, ezért külön karakterisztika van a „totem pole” H, illetve L kimenetekre.



garantált szint-értékek:

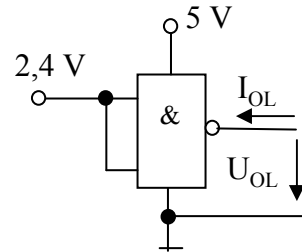
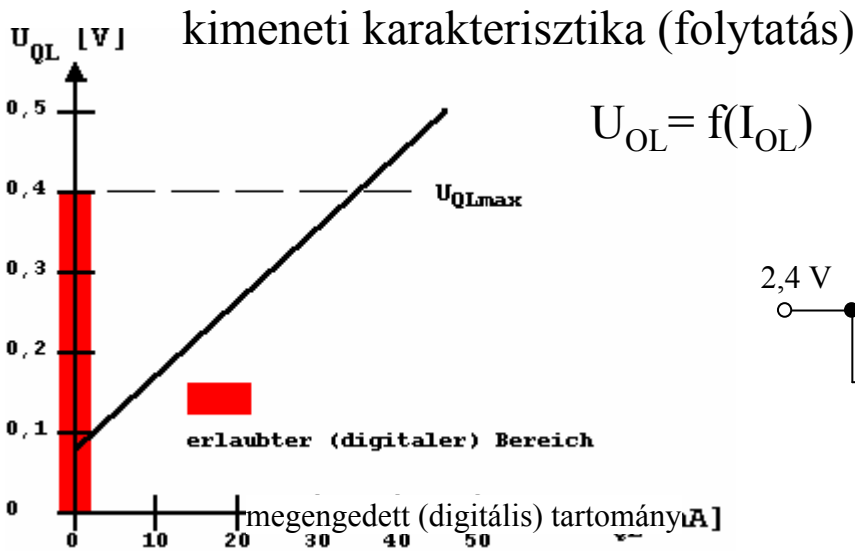
„0”-szint: $U_{OL} \leq 0,4$ V

„1”-szint: $U_{OH} \geq 2,4$ V

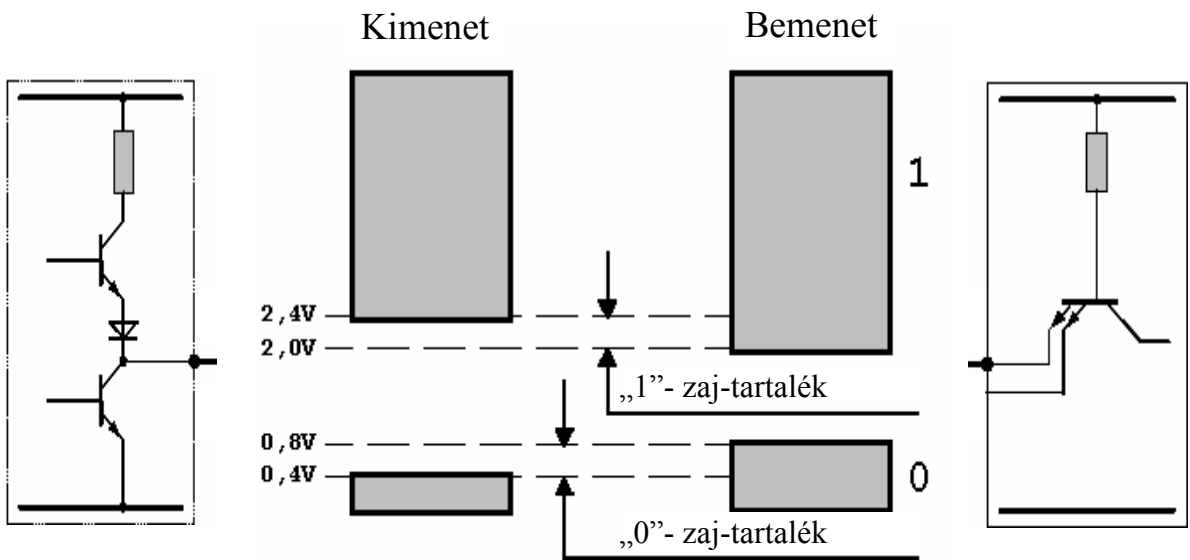


Digitális kapcsolások megvalósítása

TTL-áramkörök statikus jellemzői



Statikus zaj-tartalék (zavarfesz.: „noise margin” = $2 \times 0,4 \text{ V} \cong 1 \text{ V}$)



Fan-Out/Fan-In

Logikai kapu fontos jellemzője, hogy hány bemenetet képes „meghajtani”:

Fan-Out (szabvány bemenetek db-száma adott áramkörcsaládon belül, az előírt logikai jelszintek nem sérülhetnek)

$$\text{Fan - Out} = \frac{I_{O \max}}{I_{I \max}}$$

Fan-In (csak különböző TTL-családok összehasonlítására szolgál, a viszonyítási alap általában az LS-TTL-család: $I_{I \max \text{ LS}}$)

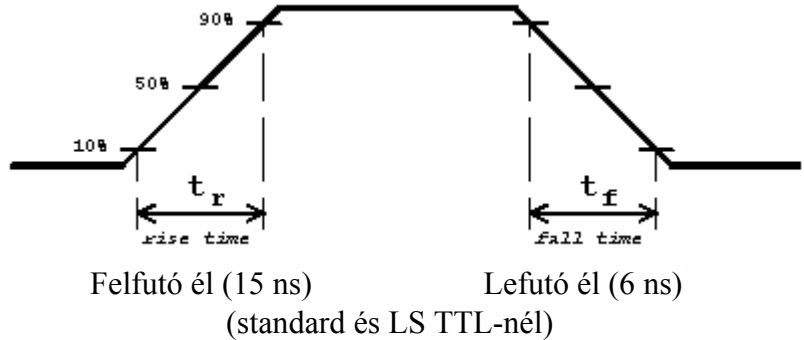
$$\text{Fan - In} = \frac{I_{I \max}}{I_{I \max 0}}$$

Digitális kapcsolások megvalósítása

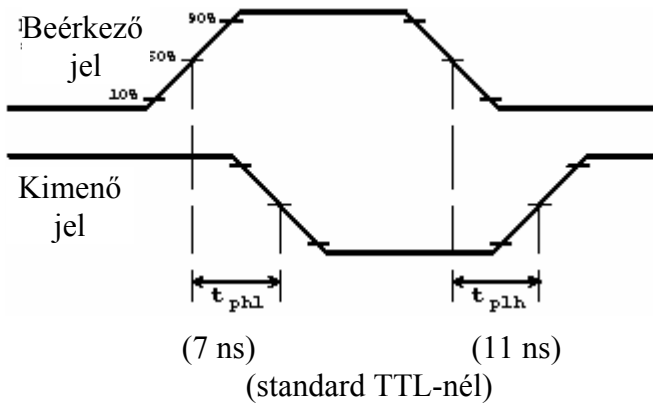
TTL-áramkörök dinamikus jellemzői

Fontos jellemző a **sebesség** (az elvárt funkció minél gyorsabb - és helyes - végrehajtása). Két legfontosabb jellemző:

• Élmeredekség:



• Jelterjedési (késleltetési) idő (*propagation time (delay)*):

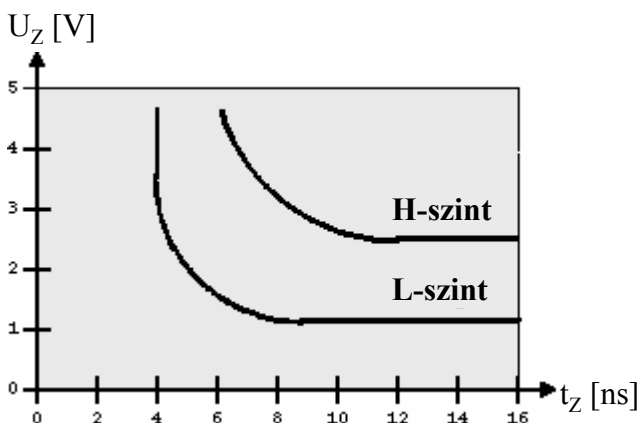


$$t_p = \frac{1}{2} (t_{pHL} + t_{pLH})$$

Nagyobb sebességhez többnyire nagyobb teljesítmény tartozik
→ kompromisszum szükséges

Az áramkörök „jóságára” jellemző mennyiség a jelterjedési idő és a felvett tápteljesítmény szorzata (*speed-power-product*):

$$t_{pd} \cdot P_D \text{ [pJ]}$$



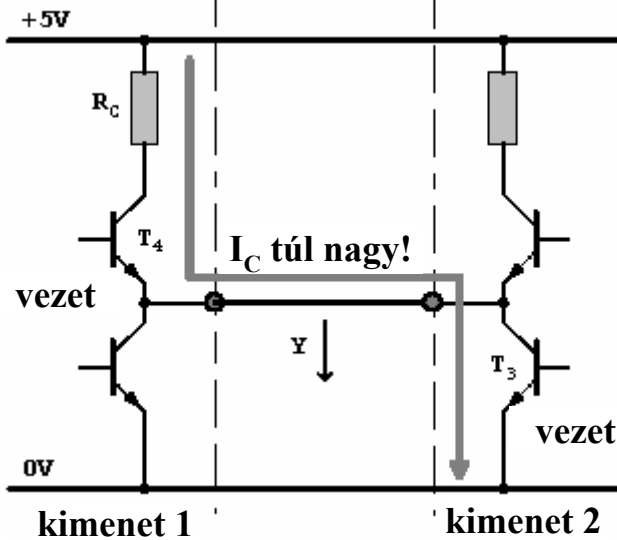
Dinamikus zaj-tartalék

A statikus zajtartalék egyenfeszültségre (kisfrekvenciára) vonatkozik. Általában a működési sebesség korlátozottsága miatt a nagyobb frekvenciájú - azaz rövididejű - zavarokra az áramkörök kevésbé érzékenyek. Ezen „immunitás” mértékére a zavarjel szintje és időbeli kiterjedése is befolyással van.

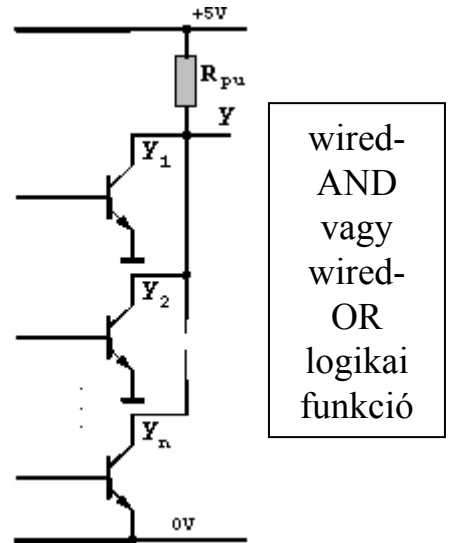
Digitális kapcsolások megvalósítása

TTL Open-Collector és Tri-State-kimenetek

Két Totem-Pole-kimenet (hibás) összekötése:
Pl. kimenet 1 = „H”, kimenet 2 = „L”

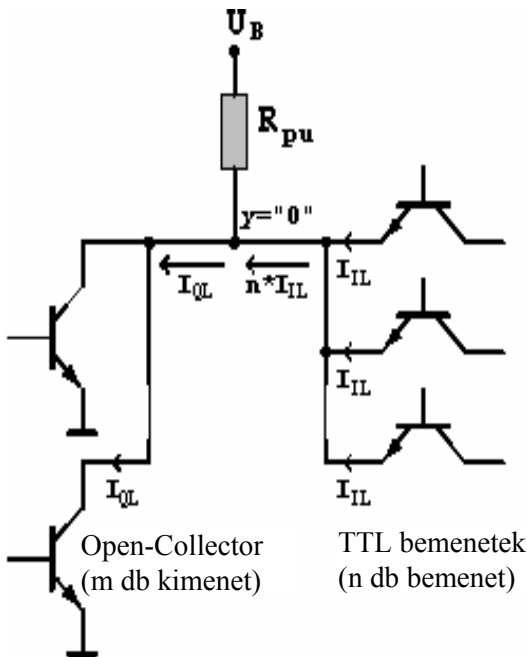


Open-Collector kimenetek összekötése:

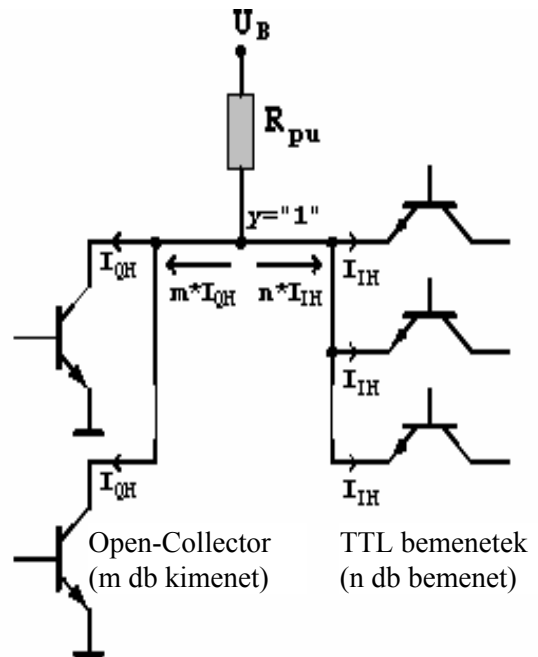


R_{pu} (pull up ellenállás) méretezése

Minimális értékét az „L”, maximális értékét a „H” kimeneti szint határozza meg:



$$R_{pu \min} = \frac{U_{B \max} - U_{OL \max}}{I_{OL} - n \cdot I_{IL}}$$



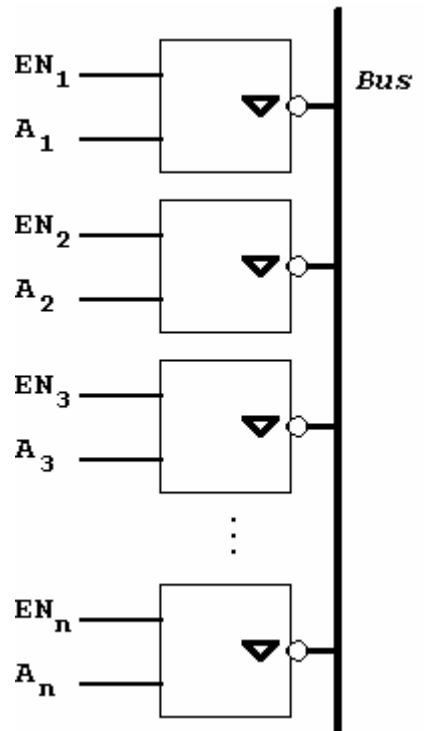
$$R_{pu \max} = \frac{U_{B \min} - U_{OH \min}}{m \cdot I_{OH} + n \cdot I_{IH}}$$

Digitális kapcsolások megvalósítása

TTL Open-Collector és Tri-State-kimenetek

Tri-State kimenetek gyakorlati alkalmazása:

- Az Open-Collector-módszerhez képest az az előnye, hogy nem kell a kapcsolás minden változtatásakor a *Pull-Up*-ellenállást újraméretezni.
- Hátránya, hogy az összekötött kimenetek közül egyszerre csak az egyik lehet aktív, ami viszont **vezérlést** igényel (az EN-bemenetek erre szolgálnak)
inaktív állapot = nagy-Ohm-os lezárás (*high impedance*)



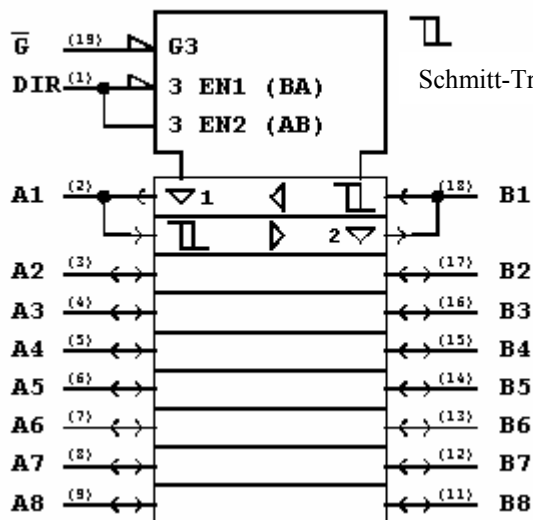
Példák:

Open-Collector
Tri-State

közös Interrupt-vezeték (alarm)
busz-vezetékek (adat vagy cím)

Példa: SN74LS245

74LS245:
Octal Bus Transceivers with 3-State Output



Schmitt-Trigger-bemenet jele

DIR= „0” → adatút B-ből A-ba
DIR= „1” → adatút A-ból B-be

G = ENABLE (Tri-State-funkció)
G=„1” ≡ nagyohmos leválasztás

Schmitt-triggeres adatbemenet szolgál a zavarjel-elynyomásra (Histerézis: TTL + 0,4 V)

Digitális kapcsolások megvalósítása

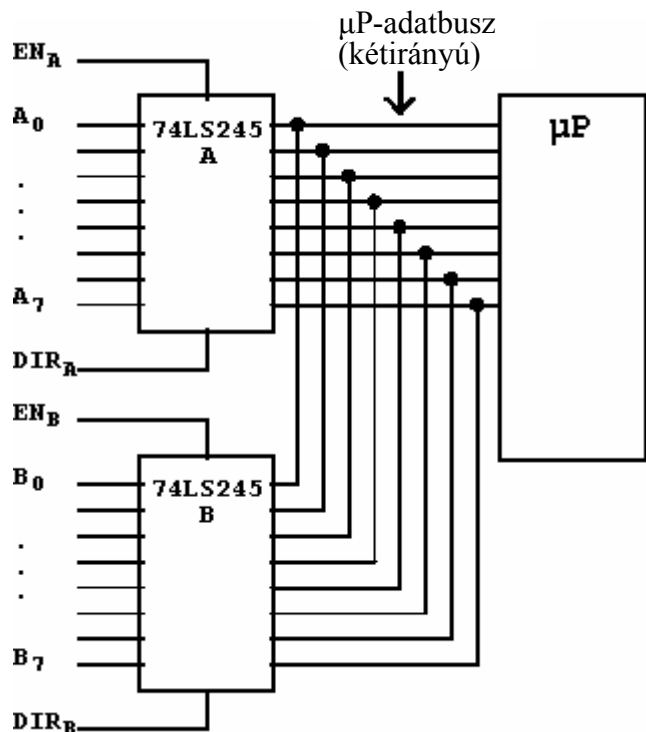
TTL Open-Collector és Tri-State-kimenetek

Példa: SN74LS245 áramkör jellemző paramétereit:

Paraméter	Érték	Jelentés
I_{Ql}	24mA	Kimeneti áram "low"
I_{Qh}	-15mA	Kimeneti áram "high"
I_{QZh}	10 μ A	"Z"- Kimeneti áram "high"
I_{QZl}	-200 μ A	"Z"- Kimeneti áram "low"
t_{plh}	8ns	Kapu-késleltetési idő "L" "H"
t_{phl}	8ns	Kapu-késleltetési idő "H" "L"
t_{pzl}	27ns	Output enable time to low level
t_{pzh}	25ns	Output enable time to high level
t_{plz}	15ns	Output disable time from low level
t_{phz}	15ns	Output disable time from high level

SN74LS245 egyik jellemző alkalmazása:

8-bites mikroprocesszor-busz és két periféria-egység - A és B - összekapcsolása

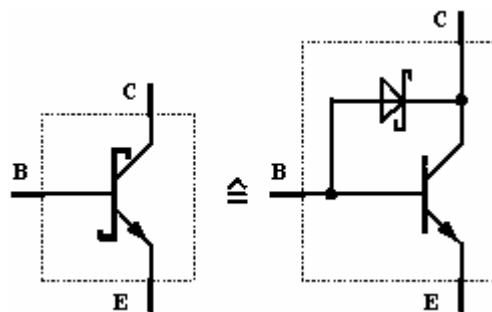
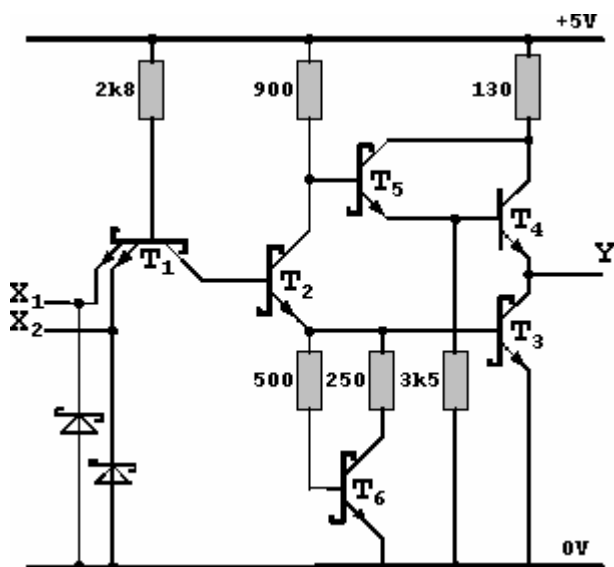


Digitális kapcsolások megvalósítása

Schottky-TTL

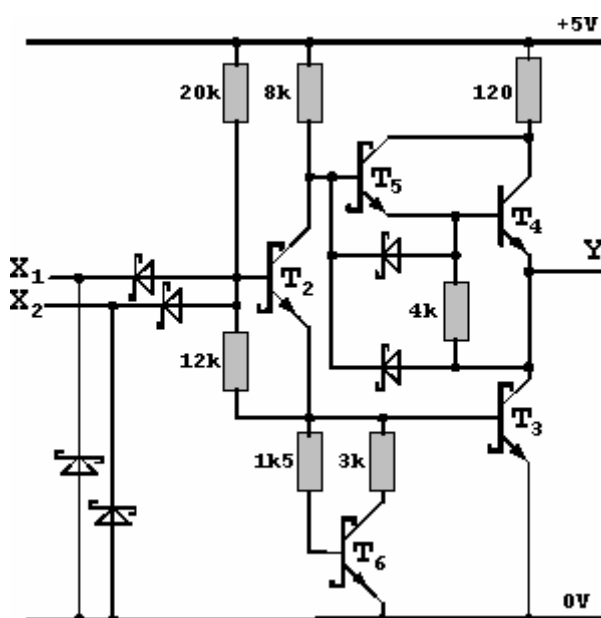
Schottky-diódák és Schottky-tranzisztorok használata az áramkör működésének (a telítésbe vezérelt bipoláris tranzisztorok töltődési folyamatainak) gyorsításához vezet.

A Schottky-technológia legfontosabb áramkör-családjai az S- és az LS-áramkör-családok.



Schottky-tranzisztor

Alap-kapuáramkör S-
(Schottky) technológiával



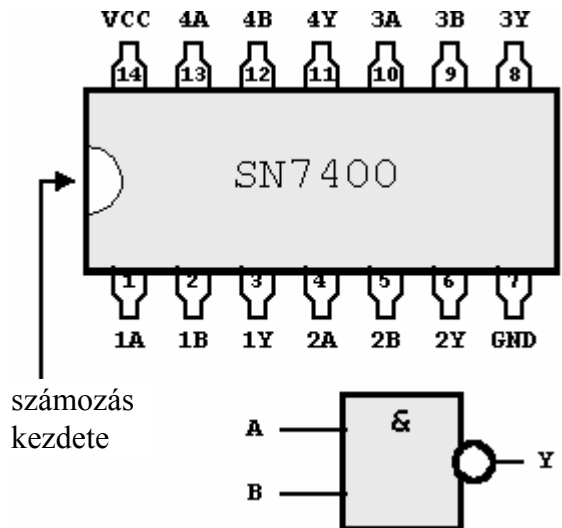
Alap-kapuáramkör LS-
(Low-Power-Schottky)
technológiával

Digitális kapcsolások megvalósítása

TTL áramkör családok

60-as évek elején TTL-standard integrált áramkörök megjelenése:
74-es kezdő-számjellel

Pl. Kétszeres NAND:



Év	Áramkör-család	Megnevezés
1963	Standard-TTL	74xx
1967	<i>Low-Power</i>	74Lxx
1967	<i>High-Power</i>	74Hxx
1969	Schottky	74Sxx
1971	<i>Low-Power-Schottky</i>	74LSxx
1978	<i>Fast</i>	74Fxx
1980	<i>Advanced Low-Power-Schottky</i>	74ALSxx
1981	<i>Advanced Schottky</i>	74ASxx

Hőmérséklet-tartomány	Kezdőszám
0-től +70C-ig (Standard)	74'
-55-től +125-ig (katonai)	54'
-25-től +85C-ig	84'

Digitális kapcsolások megvalósítása

TTL áramkör családok

TTL-család	Röv.	Késl. idő [nsec]	Teljesítmény [mW]
Low Power TTL	L	33	1
Standard TTL	-	10	10
Low Power Schottky	LS	9	2
High Power	H	6	22,5
Advanced Low Power Schottky	ALS	4	1
Schottky	S	3	20
Fast Schottky	F	2	4
Advanced Schottky	AS	1,5	22

TTL-család	I_{IL} [mA]	I_{IH} [μ A]	<i>fan out</i>
Low Power TTL	-0,18	10	20
Standard TTL	-1,6	40	10
Low Power Schottky	-0,4	20	20
High Power	-2,0	50	10
Advanced Low Power Schottky	-0,2	20	20
Schottky	-2,0	50	10
Fast Schottky	-1,2	40	25
Advanced Schottky	-1,0	20	40

Digitális kapcsolások megvalósítása

TTL áramkörrel

Az integráció-sűrűség meghatározása	Röv.	Tranzisztorok száma áramkörönként	Év
Diszkrét tranzisztor			1951
Small Scale Integration	SSI	$< 10^2$	1960
Medium Scale Integration	MSI	$10^2 - 10^3$	1966
Large Scale Integration	LSI	$10^3 - 10^4$	1969
Very Large Scale Integration	VLSI	$10^4 - 10^5$	1975
Ultra Large Scale Integration	ULSI	$10^5 - 10^6$	
Super Large Scale Integration	SLSI	$10^6 - 10^7$	
Extra Large Scale Integration	ELSI	$10^7 - 10^8$	
Giga Scale Integration	GSI	10^9	