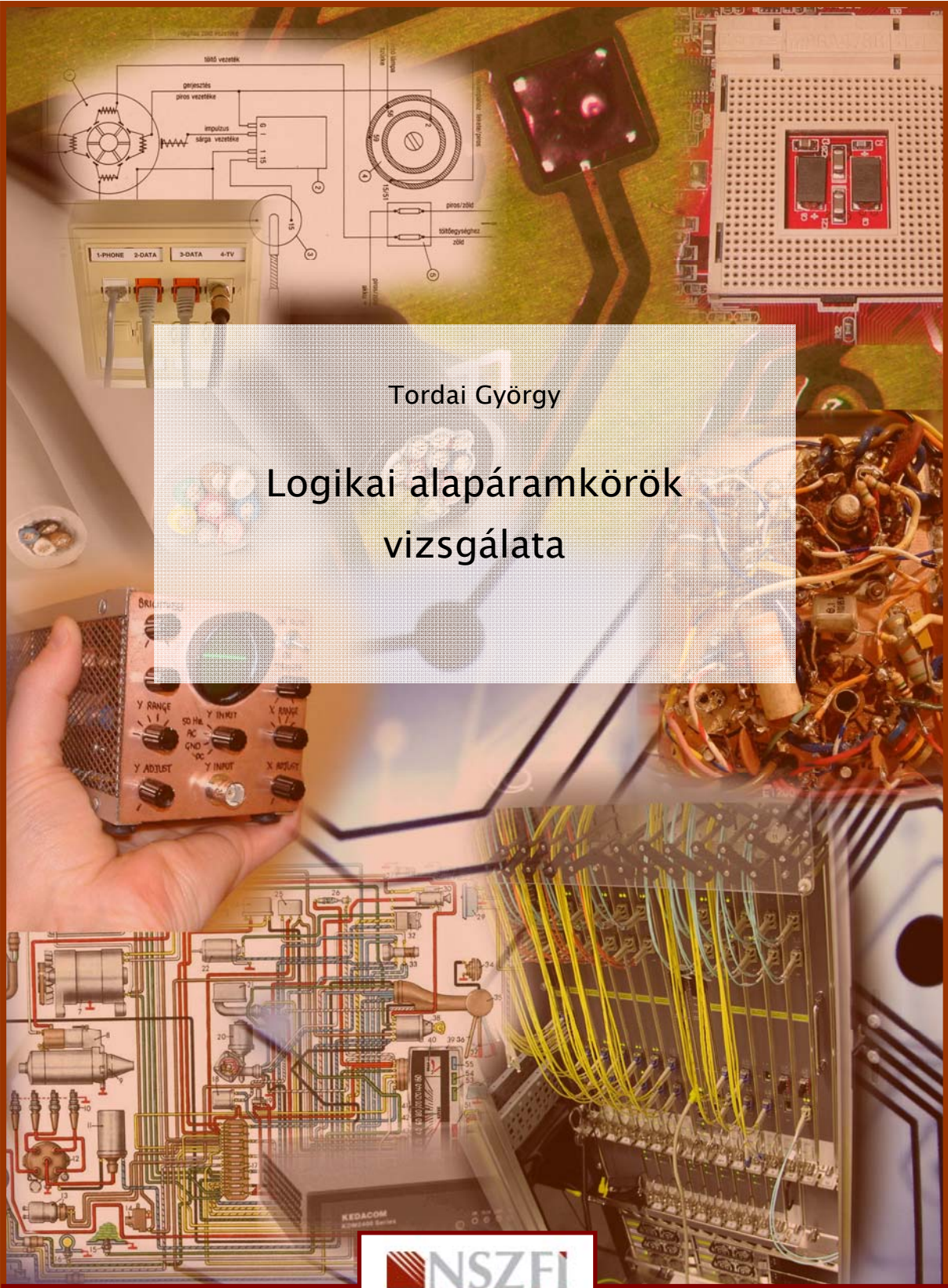




Tordai György

Logikai áramkörök vizsgálata

NSZFI
NEMZETI SZAKKÉPZÉSI
ÉS FELNŐTTKÉPZÉSI INTÉZET

A követelménymodul megnevezése:
Elektronikai áramkörök tervezése, dokumentálása

A követelménymodul száma: 0917-06 A tartalomazonosító száma és célcsoportja: SzT-025-50

LOGIKAI ALAPÁRAMKÖRÖK VIZSGÁLATA

ESETFELVETÉS – MUNKAHELYZET

Egy műszaki szakközépiskolában digitális technikai szakkör indul és a szakkört vezető tanár a 12. évfolyamos tanulók közül Önt kéri fel, hogy a szakkörön a diákokkal ismételjék át a logikai alapáramkörök elméletéről és méréstechnikai vizsgálatáról tanultakat.

Az elméleti összefoglalást követően a feladata: hogyan lehet méréssel igazolni a logikai kapuáramkörök helyes működését, valamint méréssel meghatározni a logikai alapáramköröket jellemző áramokat és feszültségeket.

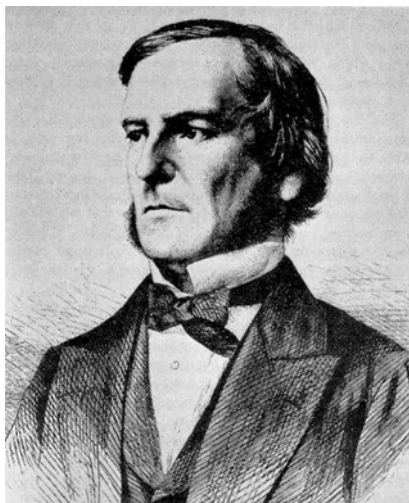
SZAKMAI INFORMÁCIÓTARTALOM

A szakmai információ tartalmat négy jól elkülöníthető és egymásra épülő fejezetre osztottam a követhetőség és az átláthatóság érdekében.

1. LOGIKAI ELMÉLETI ALAPOK
2. LOGIKAI ALAPÁRAMKÖRÖK
3. LOGIKAI KAPUÁRAMKÖRÖK MÉRÉSÉHEZ, VIZSGÁLATÁHOZ SZÜKSÉGES ESZKÖZÖK
4. LOGIKAI KAPUÁRAMKÖRÖK IGAZSÁGTÁBLÁZATÁNAK ÉS JELLEMZŐ ÁRAMAINAK A MÉRÉSE

LOGIKAI ELMÉLETI ALAPOK

A logikai feladatok megoldásához a Boole-algebrát használjuk, amely lehetőséget ad arra, hogy a logikai kapcsolatokat matematikai úton kezeljük. A Boole-algebra alaptétele szerint ugyanis bármely bonyolult logikai kapcsolat kifejezhető megfelelően megválasztott alpműveletek segítségével. A Boole-algebra a kétértékű jelekkel végzett logikai műveletek algebrai leírását teszi lehetővé. A „Boole-algebrát” George Boole tiszteletére nevezték el, aki autodidakta angol matematikus volt.



1. ábra. George Boole¹

George Boole (1815–1864) Lincolnban, Angliában született egy szegény cipész fiaként. Az iskolában nem kapott elég képzést, ezért autodidakta módon tanult. Kezdetben a nyelvek érdekelték, de húsz éves korában saját iskolát alapított, ekkor kezdett el komolyan foglalkozni a matematikával. 1847-ben jelent meg a logika matematikai analízise című munkája, amelyben először mutatta meg, hogy az arisztotelészi logika algebrai egyenletekként is leírható. Maga Boole ezt így fogalmazta meg: többé nem a logikát és a metafizikát kell összekapcsolnunk, hanem a logikát és a matematikát. 1849-ben az írországi Corkban a Queen College matematika professzora lett, itt tanított élete hátralevő részében. 1854-ben megjelentette gondolkodás törvényeinek vizsgálata című művét, amelyben a logika és a valószínűség matematikai teóriái alapulnak. Ez a mű tartalmazza azokat a koncepciókat, amelyek ma Boole-algebra néven ismeretesek.

A logikai alapáramköröket megvalósító kapuáramkörök olyan egy vagy több bemenetű logikai áramkörök, amelyek egy meghatározott logikai műveletet valósítanak meg.

Logikai tervezés – logikai függvény – egyszerűsítés – megvalósítás logikai kapukkal

A logikai alapfüggvényeket megvalósító áramkört elemeket logikai kapuknak nevezzük.

A logikai felépítéstől függően a kapuk lehetnek kombinációs, vagy szekvenciális (sorrendi) áramkörök. A kombinációs hálózatok ki- és bemenetei közötti összefüggések logikai függvényekkel írhatók fel. Ehhez a matematikai alapot a Boole-algebra adja. A Boole-algebrában a bementi változókat és a kimeneti függvényt, függvényeket nagybetűkkel jelöljük. Ha a logikai eredmény igaz, akkor "1"-el, ha nem igaz, tehát hamis, akkor "0"-val jelöljük. A logikai áramköröket megvalósító kapukban a logikai "1" és "0" értékek a gyakorlatban feszültség értéket jelentenek.

¹ Forrás: http://en.wikipedia.org/wiki/George_Boole, 001.jpg

A logikai áramkörökben a logikai értéket hordozó villamos jellemző leggyakrabban a villamos feszültség. Mindkét logikai értékhez egymástól jól elválasztva egy-egy feszültségtartományt rendelünk. A logikai értékhez rendelt feszültségértékeket logikai feszültség szinteknek, vagy rövidebben logikai szinteknek nevezzük. Az egyes logikai értékekhez rendelt szintek egy-egy feszültségsávot jelentenek. E sávon belüli bármely feszültségérték ugyanazon elemi információt (logikai értéket) jelenti.

A logikai IGAZ értékhez rendelt szintet 1 szintnek, vagy IGEN szintnek nevezzük.

A logikai HAMIS értékhez rendelt szintet 0 szintnek, vagy NEM szintnek nevezzük.

Az angol nyelvű elnevezés miatt a szakirodalomban (pl. műszaki leírás, jegyzet, katalógus stb.) a pozitív logikai feszültség szintet magas, vagy H (High) szintnek, a negatív feszültség szintet pedig alacsony, vagy L (Low) szintnek is szokás nevezni.

A választott feszültség szintek egymáshoz viszonyított elhelyezkedése, valamint a megengedett feszültségsáv (szint) nagysága szerint többféle logikai szintrendszerrel beszélünk.

A szintek egymáshoz való viszonya szerint megkülönböztetünk:

- pozitív és
- negatív logikai szintrendszert.

Pozitív logikai szintrendszerrel akkor beszélünk, ha az IGAZ értékhez rendeljük a pozitívabb feszültségsávot. A HAMIS értéknek ekkor a negatívabb feszültségsáv felel meg.

A pozitív feszültség szintű logikában a logikai "1" értéket "H" szintnek, a logikai "0" értéket "L" szintnek nevezzük.

A negatív logikai szintrendszerben a negatívabb feszültségsávhoz (szinthez) tartozik az IGAZ érték és a pozitívabb szinthez rendeljük a HAMIS értéket.

A negatív feszültség szintű logikában a logikai "1" értéket "L" szintnek, a logikai "0" értéket "H" szintnek nevezzük.

A logikai kapuk legkorszerűbb változatai a digitális integrált áramkörök választékaiban szerepelnek. Az egyetlen kristályban – integrálási technológiával – előállított áramkörök az IC-k (Integrated Circuit). A diszkrét elemes digitális áramkörökkel szemben sok előnnyel rendelkeznek. Jelentős a kis méret, a nagy működési sebesség, a kis disszipációs teljesítmény, valamint a nagy sorozatban való gazdaságos előállítás. A különböző integrált áramköri családok alapelemei a NEM-ÉS (NAND), vagy NEM-VAGY (NOR) kapuk.

A különböző felépítésű integrált áramköri családok közül a TTL (Tranzisztor –Tranzisztor – Logika) és a CMOS (Complementer Metal– Oxid Semiconductor) rendszerű integrált áramkörökkel foglalkozunk. Ezek használata terjedt el legjobban a világban.

TTL rendszer

A TTL integrált áramköri család pozitív logikai szinttel működik. A normál TTL sorozat alap kapuja a NAND (NEM-ÉS) kapu. A családban kettő, három, négy és nyolc bemenetű NAND kapukat készítenek. A kapuk mind különböző kialakítású tokozásban kerülnek a kereskedelembe. A leggyakoribb változat az ún. duál-in-line tokozás, amely műanyag burkolatú, két oldalt elhelyezkedő kivezetései (lábak) vannak. Egy ilyen tokban több azonos kapu van. A két bemenetű NAND kapuból négy db, a három bemenetűből három db, a négy bemenetűből kettő db van egy tokban. Mindezek a kapuk csak a bemenetszámban térnek el. Mi csak a két bemenetű NAND kapu működését és jellemzőit vizsgáljuk meg. A TTL áramkör csak 0 és +5V tápfeszültség tartományban használható.

CMOS rendszer

A digitális integrált áramkörök technológiai és áramköri fejlesztésében a 80-as évtizedben terjedt el a tervezérelt tranzisztorok (FET) szélesebb körű alkalmazása. A digitális áramkörcsaládok kialakításban szigetelt vezérlőelektródájú MOS-FET (Metal Oxid Semiconductor Field Effect Transistor), vagy röviden MOS tranzisztorokat használnak. Ezekben az áramkörökben nagy elemsűrűség érhető el, mert egy MOS tranzisztor helyigénye lényegesen kisebb mint a bipoláris tranzisztoré. A MOS integrált áramkör bemeneti ellenállása közel végtelen. A működési sebességük általában alacsonyabb, mint a bipoláris tranzisztorokból kialakított IC-ké.

A MOS integrált áramkörök csoportosítása:

- MOS
- CMOS

Az azonos típusú MOS tranzisztorokkal az alacsony integráltságú (SSI) digitális áramkörök (kapuk, flip-flopok stb.), illetve a közepes integráltságú (MSI) funkcionális egységek (számlálók, regiszterek stb.) gyártása gazdaságtalan. Ezért elsősorban a nagy integráltságú (LSI) áramkörök (mikroprocesszorok, memóriák stb.) készülnek ilyen megoldásban. A komplementer – p és n csatornás – MOS tranzisztorokat együttesen alkalmazva készülnek a CMOS integrált áramkörök. A komplementer MOS tranzisztorok vegyes kapcsolásával NEM-VAGY (NOR) és NEM-ÉS (NAND) kapukat is készítenek.

A CMOS áramkörökben a MOS tranzisztorok küszöbfeszültsége $U_s = 2V$, ezért a megengedett feszültség maximuma 15V. A CMOS áramkör ezért széles tápfeszültség tartományban (3 – 15 V) használható.

A TTL ÉS A CMOS ÁRAMKÖRCSALÁD ELEMÉIT ÖSSZEHASONLÍTVA, A KÖVETKEZŐ JELLEMZŐK A LEGFONTOSABBAK:

- A TTL áramkörök működtető feszültség szempontjából kötött szintűek. A tápfeszültségük, azaz H szintjük maximális értéke 5V, ezért csak kis mértékben ($\pm 10\%$) szórhatnak,

A TTL logikai kapuk csak 5V-ról működtethetők!

- A CMOS áramkörök működtető feszültség szempontjából szabadszintűek. A tápfeszültségük, azaz H szintjük 3 V... 15 V tartományon belül választható meg,

A CMOS logikai kapuk 3–15V tartományon belül bármely feszültségről működtethetők!

- A TTL áramkörök jelentős, 1 mW-tól több száz mW-ig terjedő teljesítményfelvétellel rendelkeznek, míg a CMOS áramkörök teljesítményfelvétele a 10–100 nW-os nagyságrendekbe esik,
- A TTL áramkörök működési sebessége általában nagyobb a CMOS áramkörök működési sebességénél,
- A TTL áramkörök terhelhetősége (FAN OUT) 10... 15 kapubemenet, míg a CMOS áramköröknél a terhelhetőség eléri a több száz kapubemenetet. Megjegyzendő azonban, hogy a terhelés, vagyis a kapubemenet-szám növelésével a működési sebesség jelentősen csökken!

LOGIKAI ALAPÁRAMKÖRÖK

A logikai feladatok megoldásához a Boole-algebrát használjuk, amely lehetőséget ad arra, hogy a logikai kapcsolatokat matematikai úton kezeljük. A Boole-algebra alaptétele szerint ugyanis bármely bonyolult logikai kapcsolat kifejezhető megfelelően megválasztott alpműveletek segítségével. A Boole-algebrát megvalósító kapuáramkörök olyan egy, vagy több bemenetű logikai áramkörök, amelyek egy meghatározott logikai műveletet valósítanak meg. A logikai felépítéstől függően a kapuk lehetnek kombinációs, vagy szekvenciális (sorrendi) áramkörök. A kombinációs áramkör olyan logikai áramkör, amely nem tartalmaz tároló elemet és amelynek kimeneti értékei csakis a bemeneti értékektől függenek.

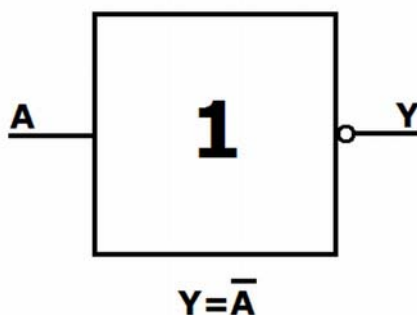
Tekintsük át a legfontosabb logikai alpműveleteket megvalósító kapuáramköröket.

Negáció (tagadás, invertálás)

Negáláskor valamely esemény, logikai változó, vagy logikai függvény igazságtartalmának ellenkezőjét vesszük figyelembe. Egyváltozós művelet, amellyel egy logikai jel 0 és 1 értékét felcseréljük, invertáljuk. Az invertált változót negált változónak nevezzük. Az invertálást megvalósító áramkör az INVERTER.

Igazságtáblázata és rajzjele:

A	Y
0	1
1	0



2. ábra. Inverter rajzjele és kimeneti függvénye

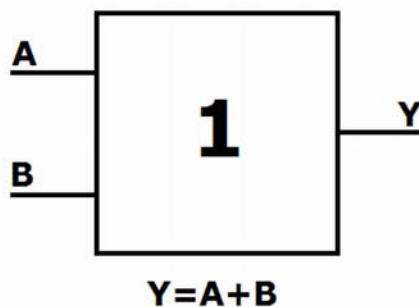
Logikai VAGY kapcsolat

A VAGY kapuáramkör 2 vagy több bemenetű logikai elem. A VAGY kapcsolatban, ha bármely bementi változó 1-es értékű, akkor a függvény kimeneti értéke 1-es lesz. Ahhoz, hogy kimeneti függvényérték nulla legyen, minden változónak 0-nak kell lennie. A VAGY kapcsolat műveleti jele az algebrában használatos “+” jel.

Igazságtáblázata:

B	A	Y
0	0	0
0	1	1
1	0	1
1	1	1

VAGY kapuáramkör



3. ábra. Logikai VAGY kapu rajzjele és kimeneti függvénye

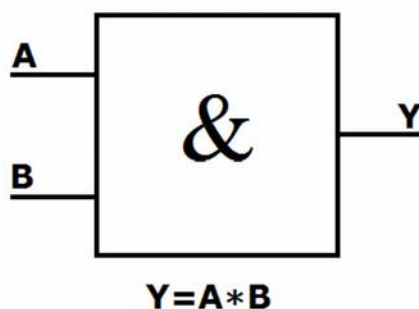
Logikai ÉS kapcsolat

Az ÉS kapuáramkör 2 vagy több bemenetű logikai elem. Az ÉS kapcsolat kimeneti eredménye csak akkor 1-es, ha valamennyi bementi változó egyidejűleg 1-es. Minden más esetben a kimeneti függvény értéke 0 lesz. Az ÉS kapcsolat műveleti jele a szorzópont.

Igazságtáblázata:

B	A	Y
0	0	0
0	1	0
1	0	0
1	1	1

ÉS kapu rajzjele:



4. ábra. Logikai ÉS kapu rajzjele és kimeneti függvénye

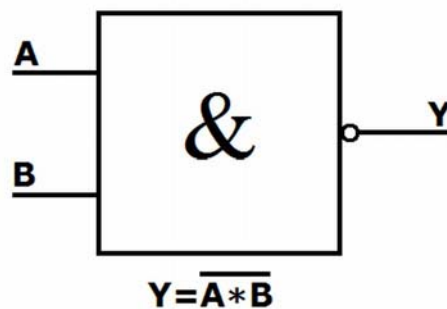
Logikai NEM-ÉS kapcsolat (NAND)

A NEM-ÉS (NAND) kapuáramkör 2 vagy több bemenetű logikai elem. A NEM-ÉS kapcsolat kimenetén csak akkor jelenik meg 0 szint, ha az összes bemenetén 1-es van. Minden más esetben a kimeneti függvény értéke 1 lesz.

Igazságtáblázata:

B	A	Y
0	0	1
0	1	1
1	0	1
1	1	0

NEM-ÉS (NAND) kapu rajzjele:



5. ábra. NAND kapu rajzjele és kimeneti függvénye

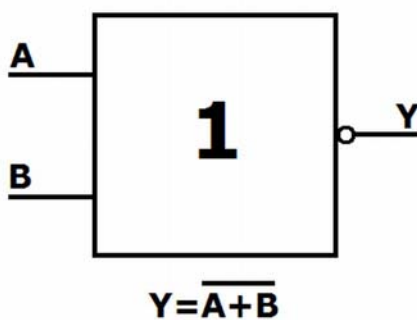
NEM-VAGY kapcsolat (NOR)

A NEM-VAGY (NOR) kapuáramkör 2 vagy több bemenetű logikai elem. A NOR kapu kimenetén akkor és csak akkor jelenik meg 1, ha mindkét bemenetén 0 van. Minden más esetben a kimeneti függvény értéke 0 lesz.

Igazságtáblázata:

B	A	Y
0	0	1
0	1	0
1	0	0
1	1	0

NEM-VAGY (NOR) kapu rajzjele:



6. ábra. NOR kapu rajzjele és kimeneti függvénye

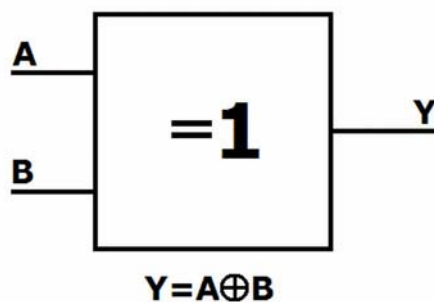
KIZÁRÓ VAGY kapcsolat (XOR)

A KIZÁRÓ VAGY (XOR) kapuáramkör 2 bemenetű logikai elem. Akkor ad a kimenetén logikai 1-et, ha vagy az $A=1$ és $B=0$, vagy ha a $B=1$ és $A=0$. Az eredmény, tehát a kimenet akkor 1-es, ha a változók különböző értékűek, ezért ezt a kapcsolatot a szakirodalomban antivalenciának nevezik. Műveleti jele: $\oplus$

Igazságtáblázata:

B	A	Y
0	0	0
0	1	1
1	0	1
1	1	0

KIZÁRÓ VAGY rajzjele:



7. ábra. Kizáró VAGY kapu rajzjele és kimeneti függvénye

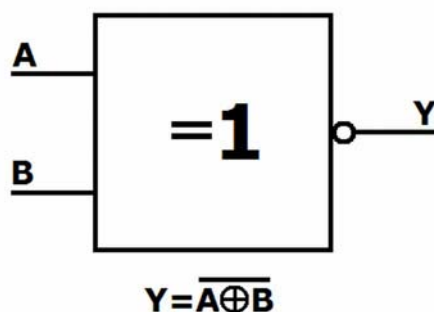
KIZÁRÓ NEM-VAGY kapcsolat

A KIZÁRÓ NEM-VAGY (XNOR) kapuáramkör 2 bemenetű logikai elem a KIZÁRÓ VAGY függvény negáltja és ekvivalenciának nevezzük. Akkor ad a kimenetén logikai 1-et, ha a két bemeneti változó egyező értékű, tehát mind a kettő 1-es, vagy mind a kettő 0 értékű. Ezt a logikai kapcsolatot a szakirodalom ekvivalenciának nevezi.

Igazságtáblázata:

B	A	Y
0	0	1
0	1	0
1	0	0
1	1	1

KIZÁRÓ NEM-VAGY rajzjele:



8. ábra. Kizáró NEM-VAGY kapu rajzjele és kimeneti függvénye

Összefoglalás

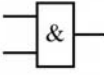
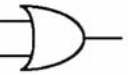
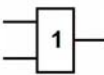
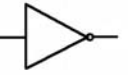
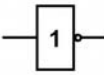
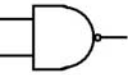
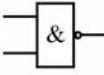
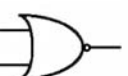
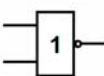
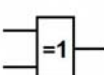
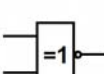
A logikai algebra alapáramköreinek az ismételése keretében foglaljuk össze a legfontosabb kétváltozós logikai kapcsolatot, függvényt.

Az összefoglaló táblázat bal oldalán a logikai kapcsolat műveletét és elnevezését tüntetjük fel.

A táblázat közepén az igazságtáblázatban A és B változók lehetséges értékeinek kombinációit és az ezekhez tartozó kimeneti Y függvény értékeit soroltuk fel.

A táblázat jobb oldalán felrajzoltuk a logikai kapuk ma használatos rajzi jelöléseit.

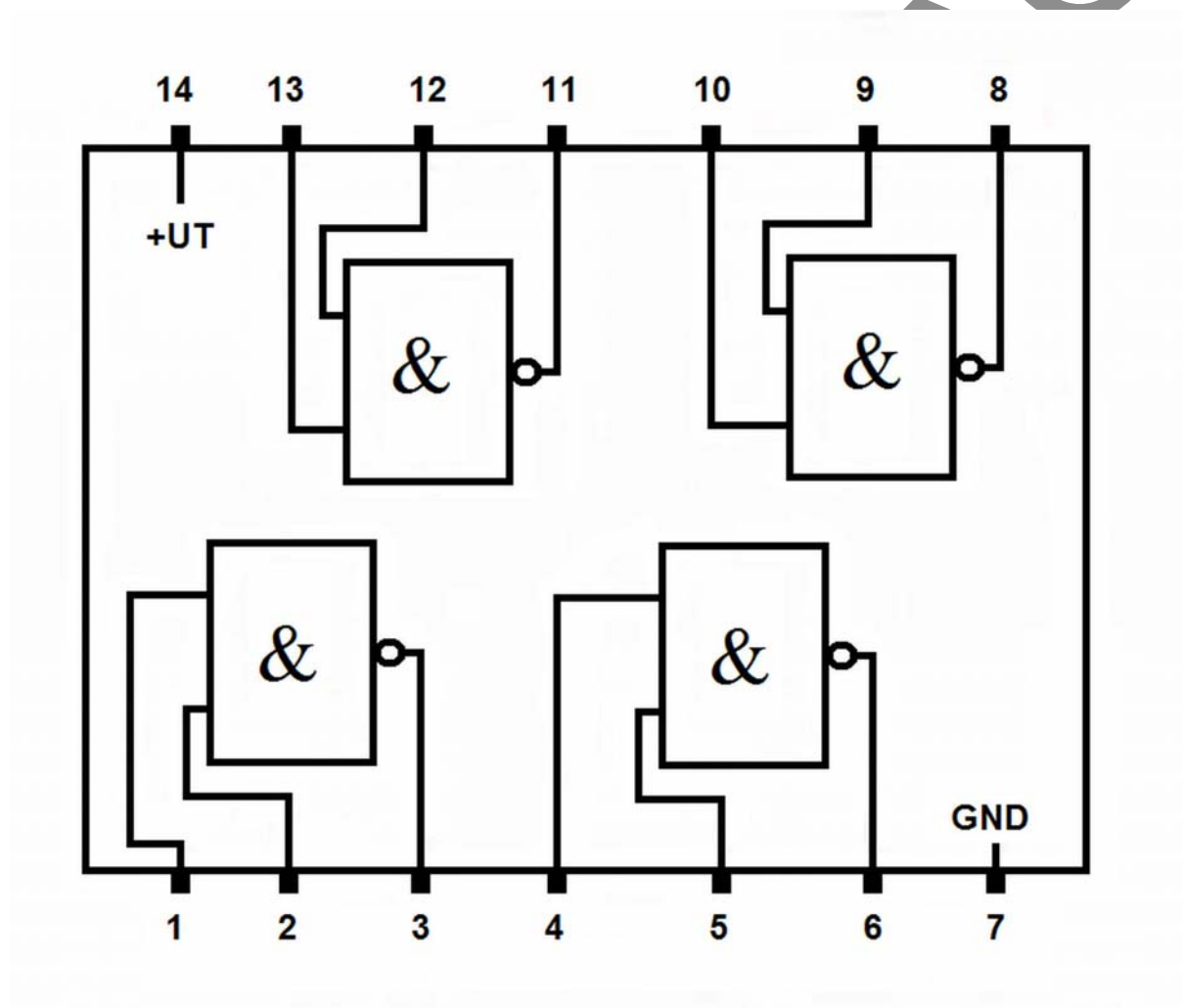
MUNKANYAG

Logikai kapcsolat		Igazságtáblázat			Rajzjel	
művelet	elnevezés	B	A	Y	angol	nemzetközi
$A \cdot B$	ÉS (AND)	0 0 1 1	0 1 0 1	0 0 0 1		
$A + B$	VAGY (OR)	0 0 1 1	0 1 0 1	0 1 1 1		
$\bar{A}$	NEM (NOT)		0 1	1 0		
$\overline{A \cdot B}$	NEM-ÉS (NAND)	0 0 1 1	0 1 0 1	1 1 1 0		
$\overline{A + B}$	NEM-VAGY (NOR)	0 0 1 1	0 1 0 1	1 0 0 0		
$A \oplus B$	ANTIVALENCIA (XOR)	0 0 1 1	0 1 0 1	0 1 1 0		
$\overline{A \oplus B}$	EKVIVALENCIA (XNOR)	0 0 1 1	0 1 0 1	1 0 0 1		

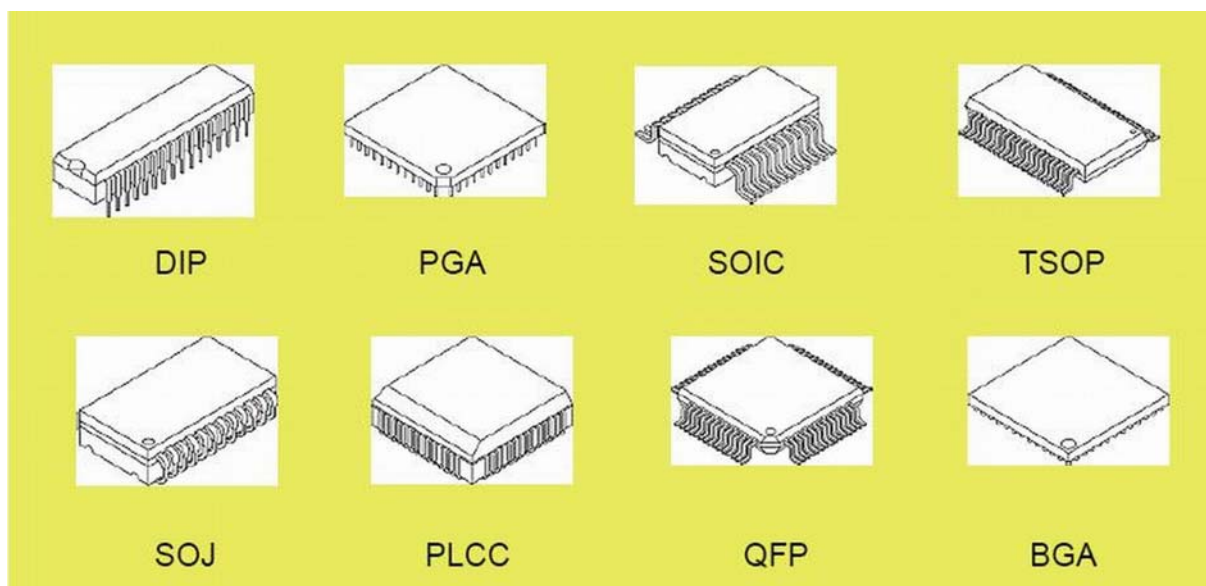
9. ábra. Összefoglaló táblázat

LOGIKAI KAPUÁRAMKÖRÖK MÉRÉSÉHEZ, VIZSGÁLATÁHOZ SZÜKSÉGES ESZKÖZÖK

A logikai kapuáramkörök igazságtáblázatát méréssel úgy vesszük fel, hogy kézbe vesszük az adott logikai kapukat tartalmazó IC-t. A mérőkapcsolás utasításai alapján összeállítjuk a mérőkört. Kiválasztjuk a mérés elvégzéséhez szükséges eszközöket és műszereket. A mérési eredményeket táblázatba foglaljuk és jegyzőkönyvet készítünk a mérésről. TTL illetve CMOS IC-t használunk a mérésen. A mérési gyakorlat célja az, hogy jártasságot szerezzenek a tanulók a különböző logikai alapáramkörök működésének az ellenőrzésében. Megismerjék a leggyakrabban használt integrált áramkörök tokbekötését és belső felépítését. A 10. ábrán a 7400 NAND kapu IC belső kialakítását láthatjuk. A 11. ábrán bemutatjuk, hogy milyen típusú tokozások terjedtek el a különböző integrált áramköröknél.



10. ábra. 7400 IC belső felépítése



11. ábra. Integrált áramkörök tokozásai típusai²



12. ábra. DIP tokozású logikai IC

DIP (Dual In-Line Package)

Ez a legismertebb integrált áramköri tokozás.

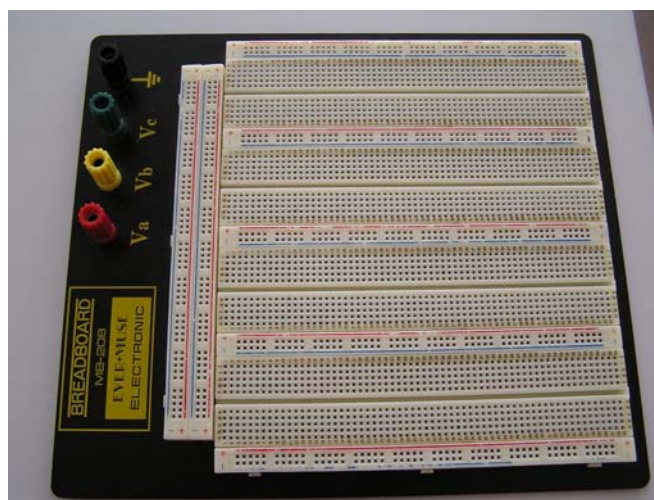
- Lábtávolsága: 0,1" (2,54 mm) Sortávolsága: 3" (7,62 mm) vagy 5" (12,7 mm)
- Felhasználása: közvetlenül furatba forrasztva vagy IC foglalatban
- Jellemzője: igen távol levő lábai miatt nagyon könnyű forrasztani.

² Forrás: http://wiki.ham.hu/index.php/Fájl:IC_tokozasok

A MÉRÉSEK ELVÉGZÉSÉHEZ JAVASOLT ÉS HASZNÁLHATÓ ESZKÖZÖK:

BREADBOARD próbapanel

A breadboard próbapanel univerzális panel elektronikai (analóg, digitális) alapáramkörök és kapcsolások összeállításához. Egy board soros panel (+-) tápbuszt is tartalmaz. Az elektronikai alkatrészek, vezetékek csatlakoztatása dugaszolással történik, ezért nem igényel forrasztást. Az elektronikai alkatrészek többször is felhasználhatóak. Használata gyors és egyszerű. A raszterhálóban elhelyezett érintkezőkkel oldalirányban sorolható és bővíthető.



13. ábra. Breadboard panel – 3 soros

Logikai IC TESZTER

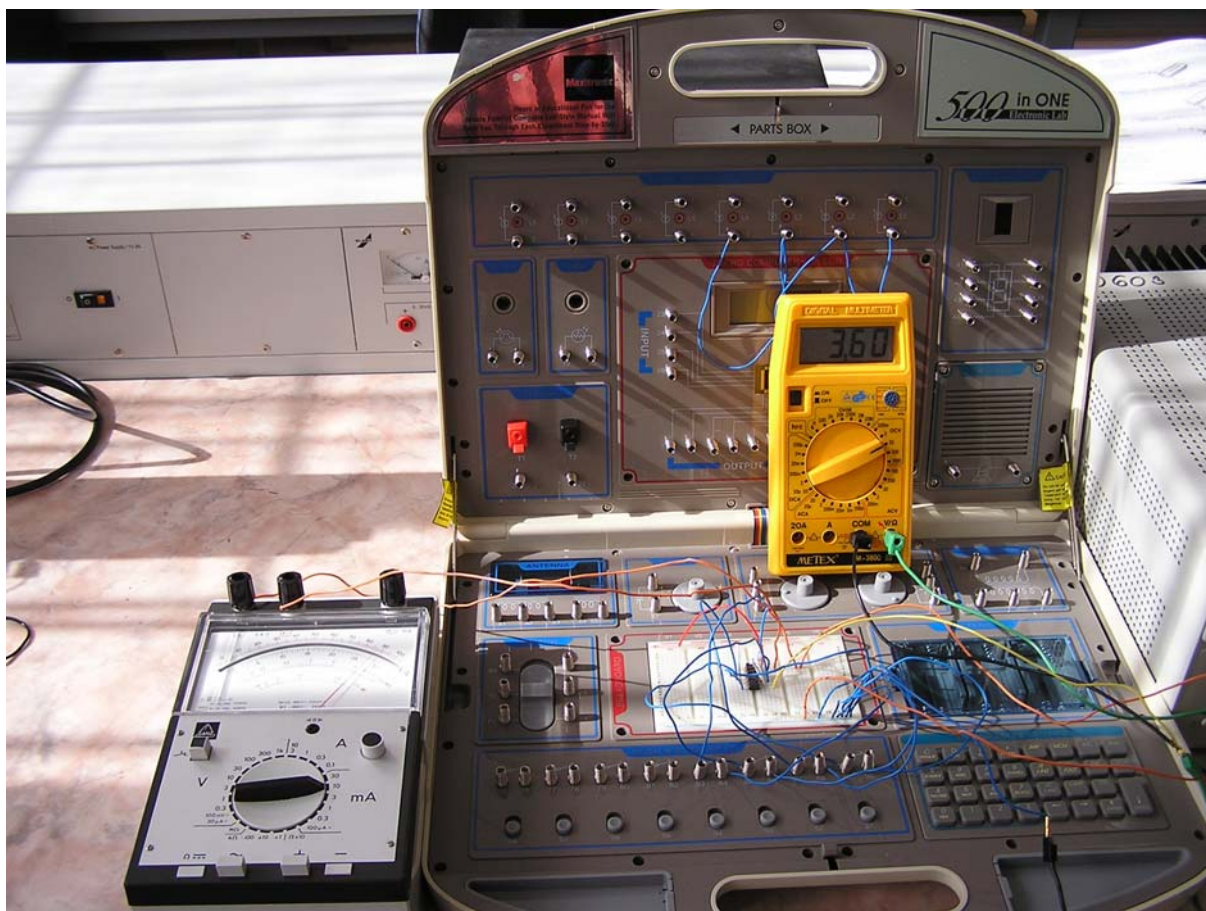
A digitális IC-tesztetek használatakor az alapvető cél az, hogy gyorsan és egyszerűen ellenőrizzük azt, hogy a logikai kapu, illetve a logikai kapukat tartalmazó Integrált áramkör (IC) funkciói az igazságtábla szerint rendben működnek-e. A mérés célja alapvetően az, hogy az esetleges működési hibát megállapítsuk. A logikai IC teszter kijelzi a logikai szinteknek megfelelő értéket, amelyből a mérést végző megtudja állapítani a helyes működést. Külön kapható logikai szintvizsgáló a TTL és a CMOS áramkörökhöz. A 14. ábrán egy TTL logikai IC teszter látható.



14. ábra. TTL logikai IC teszter

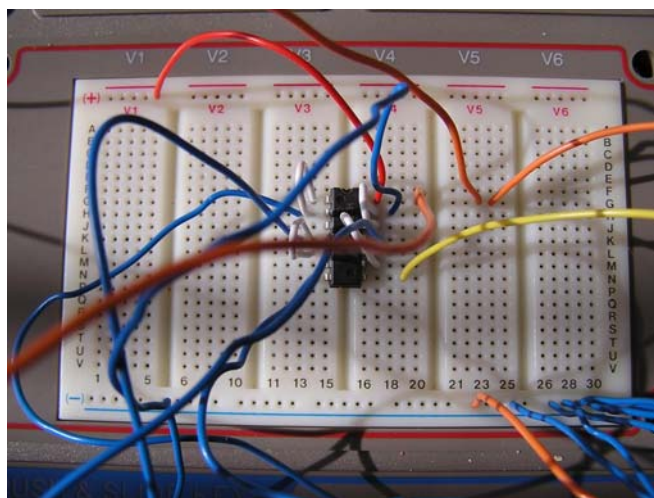
Electronic Lab elektronikai oktatókészlet

Könnyen kezelhető és a hagyományos áramköri elemekből nagyon sok féle áramkör alakítható ki a 15. ábrán látható Electronic Lab oktatókészlet segítségével.



15. ábra. Elektronikai oktatókészlet

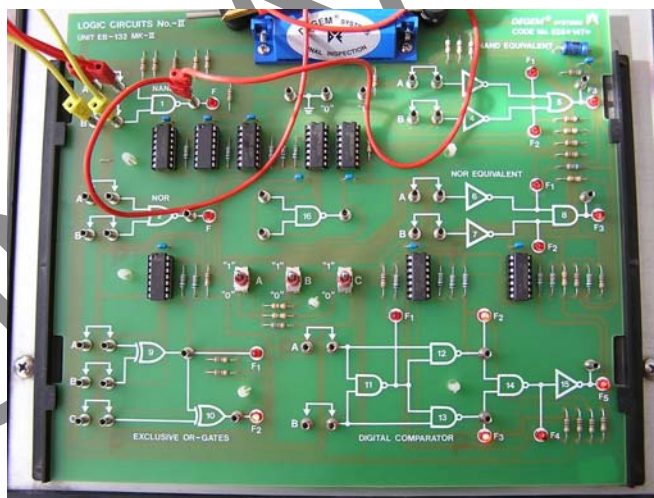
500 különböző áramköri kísérlet leírása van a minta példatárban és a hozzá való alkatrészek miatt az iskolák elektronikai laborjában is ideális oktatóeszköz. A készüléket egy kazetta táskába építették, ezáltal jól tárolható és könnyű a mozgatása. Az összeállított áramkörök működéséhez 6 db 1,5V-os hagyományos elemre van szükség. Az elektronikai alkatrészek dugaszolással történő elhelyezésével a 16. ábra példája szerint, a tanulás az eszköz segítségével egyszerű és gyors.



16. ábra. Az oktatókészlet BOARD panelján összeállított logikai mérés

Elektronikai tanulói mérőhely

Az elektronikai tanulói mérőhely két fő részből áll. Az oktatórendszer alapegysége a tápegység, ez biztosítja a csatlakozási lehetőséget és a tápfeszültségeket a mérőkártyák részére. Az áramköri mérőkártyák –17. ábra– egy 36 pólusú csatlakozóval egyszerűen rögzíthetők a mérőhelyhez. A különféle mérőkártyák analóg és digitális áramkörök működésének vizsgálatát és a jellemző paraméterek mérését teszik lehetővé.

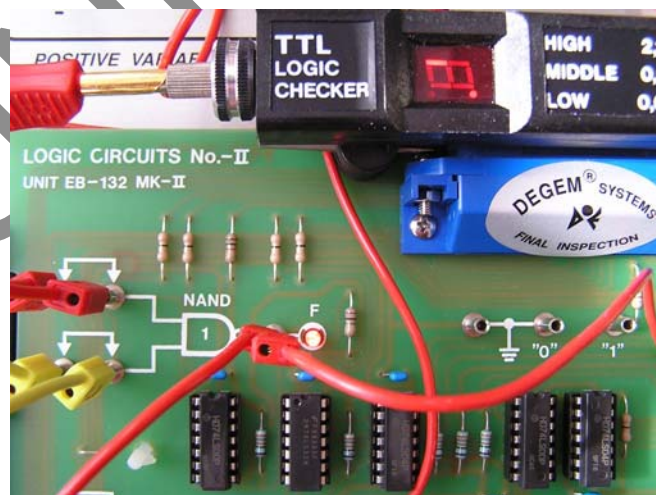


17. ábra. Mérőpanel – logikai alapáramkörök



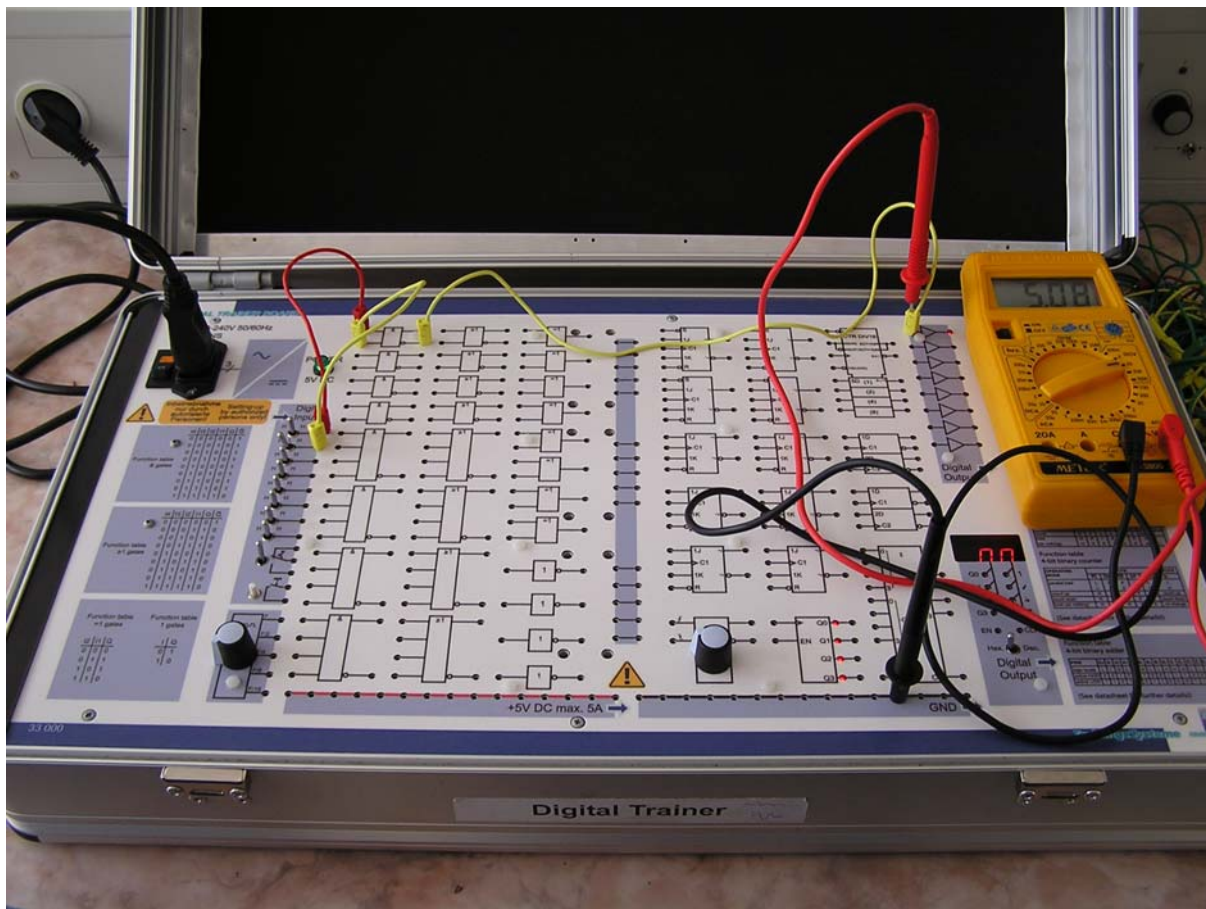
18. ábra. SYSTEMS tanulói komplex mérőhely

A 18. ábrán a teljes komplex elektronikai mérőhely látható. A 19. ábrán egy logikai kapu (NAND) működésének a mérését láthatjuk.

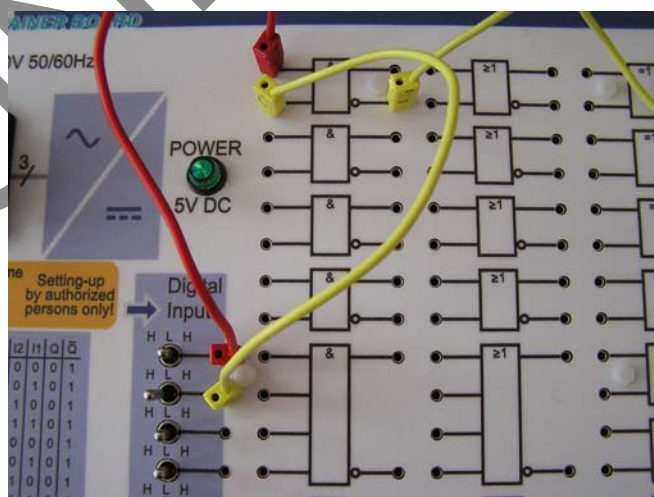


19. ábra. TTL NAND kapu logikai szintvizsgálás

Az elektronikai oktatóbőrönd -20. ábra- legfőbb előnyei közé tartozik a bőrönd kialakítás, mert minden egyben van, hordozható, tehát a tanterembe is bevihető, nincs helyhez kötve.



20. ábra. Digital Trainer digitális oktatóbőrönd



21. ábra. Digitális oktatóbőrönd – logikai kapu mérés

Egyszerű a kezelhetősége, ezért könnyű megtanulni a használatát. Kreatív szemléletet ad a diákok számára az áramkörök összeállításakor. A Digitális oktató bőrrönd a logikai alapáramköröktől a bonyolultabb logikai hálózatokig tartalmazza a teljes középiskolás tananyagot. A 21. ábrán egy két bemenetű logikai kapu mérése látható.

Jegyzőkönyv

A villamos mérések elvégzéséről jegyzőkönyvet kell készíteni. A jegyzőkönyv szerepe, hogy minden lényeges mérési és számítási eredményt rögzítsen, amelyhez a mérést végző személy a mérési feladat elvégzése során hozzájutott.

A jegyzőkönyvnek fejezet, vagy bejegyzés formájában a következőket kell tartalmaznia:

Címlap (22. ábra)

- mérést végző neve,
- mérés tárgya, megnevezése,
- mérés helye, dátuma,
- mérést vezető tanár neve.

MÉRÉSI JEGYZŐKÖNYV

A mérést végző neve : _____

A mérés tárgya : _____

A mérés száma : _____

A mérés dátuma : _____

A mérést vezette : _____

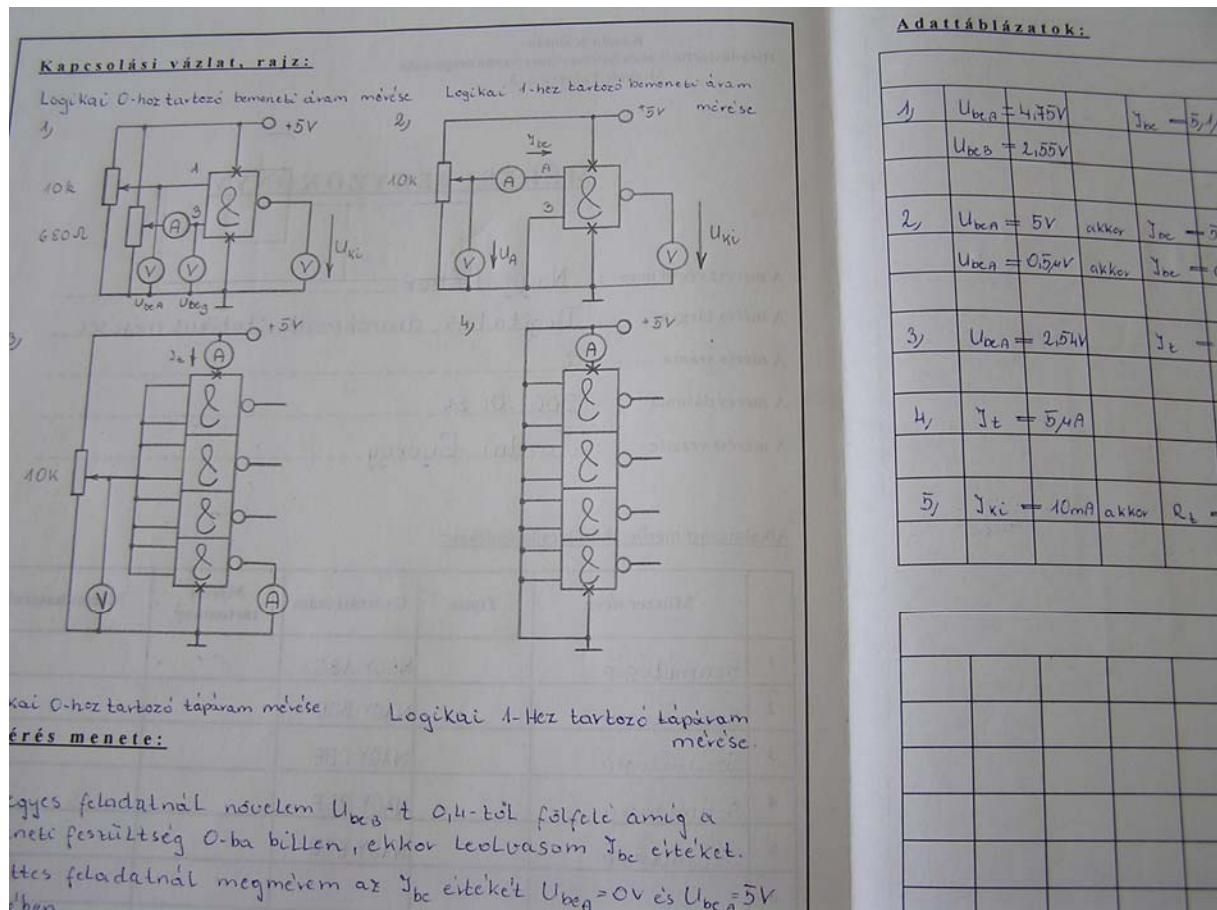
Alkalmazott mérőeszközök és készülékek:

	Műszer neve	Típus	Gyártási szám	Mérési tartomány	Mérési határok
1					
2					
3					
4					
5					
6					
7					
8					

22. ábra. Jegyzőkönyv előlap

Belső lapok (23. ábra)

- elektronikai kapcsolási rajz, vagy mérési elrendezés vázlata,
- a mérési feladat rövid leírása,
- a mérésnél felhasznált eszközök, mérőműszerek, vizsgált alkatrészek felsorolása,
- a mérés menete, a tevékenységek sorrendje,
- a mérési és számítási eredmények táblázatai,
- a méréssel kapcsolatos számítások,
- az eredmények kiértékelése, elemzése, észrevételek és megjegyzések.



23. ábra. Jegyzőkönyv belső oldalak – kitöltött jegyzőkönyv

LOGIKAI KAPUÁRAMKÖRÖK IGAZSÁGTÁBLÁZATÁNAK ÉS JELLEMZŐ ÁRAMAINAK A MÉRÉSE

A logikai kapuáramkörök igazságtáblázatát méréssel úgy vesszük fel, hogy kézbe vesszük az adott logikai kapukat tartalmazó IC-t. A mérőkapcsolás utasításai alapján összeállítjuk a mérőkört. Kiválasztjuk a mérés elvégzéséhez szükséges eszközöket és műszereket. A mérési eredményeket táblázatba foglaljuk és jegyzőkönyvet készítünk a mérésről. A TTL 7400 és a CMOS 4011 IC-t használjuk fel a mérésre, amelyek 4 db kétbemenetű NAND kaput tartalmaznak. A mérési gyakorlat célja az, hogy jártasságot szerezzenek a tanulók a logikai áramkörök statikus jellemzőinek a mérésében. Megismerjék az alapvető integrált áramkörök legfontosabb katalógus adatait és a tokbekötéseket.

ESETFELVETÉS–MUNKAHELYZET

Az elméleti információk megbeszélése, összefoglalása után az Ön feladata annak bemutatása, hogyan lehet méréssel igazolni az alapvető logikai kapuk igazságtáblázatát és meghatározni a jellemző áramokat és feszültségeket.

TANULÁSIRÁNYÍTÓ

A logikai alapáramkörök mérés technikai vizsgálatához ki kell választani azokat az eszközöket és műszereket amelyek segítségével a mérést el lehet végezni. A mérési adatokat, eredményeket mérési jegyzőkönyvbe kell rögzíteni.

A logikai alapáramkörök igazságtáblázatának az ellenőrzéséhez és a főbb jellemzők méréséhez (tápfeszültség, tápáramfelvétel, teljesítményfelvétel, logikai szintek) a megadott mérőkapcsolásokhoz önállóan elektronikai alkatrészt, mérőeszközt és mérőműszert választ.

Annak érdekében, hogy összetudjon állítani és méréseket tudjon végezni egy-egy bonyolultabb logikai hálózatban, gyakorlásképpen az alábbi méréseket kell elvégezni.

1. feladat – Logikai kapu igazságtábla felvétele

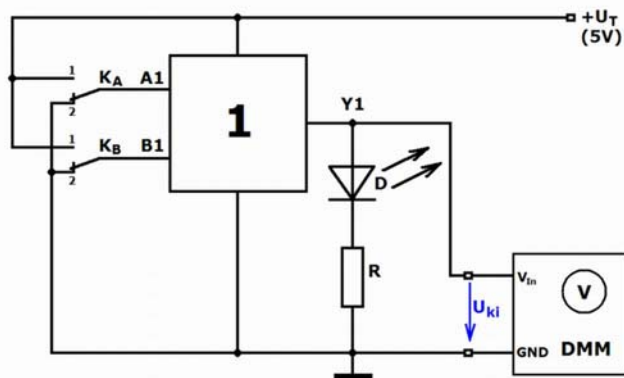
Logikai VAGY kapu igazságtáblájának felvétele méréssel

Mérés tárgya: Logikai VAGY kapu (7432 IC) vizsgálata

Mérés célja:

- logikai VAGY kapu működésének az ellenőrzése,
- igazságtábla felvétele,
- kimeneti logikai szint megállapítása.

Mérés kapcsolási rajza:



24. ábra. Logikai VAGY kapu vizsgálata

Mérés táblázata:

B	A	U _{ki} (V)	Y
0	0		
0	1		
1	0		
1	1		

25. ábra. Igazságtáblázat a méréshez

Mérési feladatok:

1. Állítsa össze a kapcsolást a 24. ábra alapján!
2. A tápfeszültség bekapcsolása után az A1 és B1 bemenetre a KA és KB kapcsolók segítségével állítsa be a táblázatban megadott logikai szinteket és mérje meg feszültségmérővel a logikai VAGY kapu kimeneti feszültség szintjeit! A kimenetre kapcsolt D LED világít, ha logikai 1 értékű a kapu kimeneti feszültsége.
3. A mért feszültség szinteket írja be a táblázatba, 25. ábra, és ez alapján határozza meg a vizsgált logikai kapu kimeneti (Y) szintjeit!

2. feladat – Logikai kapu igazságtábla felvétele

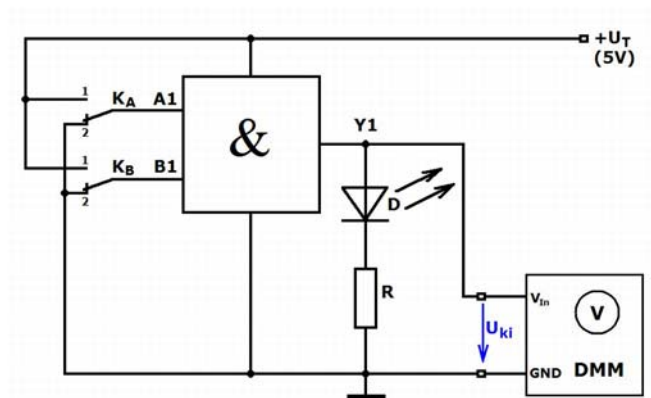
Logikai ÉS kapu igazságtáblájának felvétele méréssel

Mérés tárgya: Logikai ÉS kapu (7408 IC) vizsgálata

Mérés célja:

- logikai ÉS kapu működésének az ellenőrzése, igazságtábla felvétele méréssel.

Mérés kapcsolási rajza:



26. ábra. Logikai ÉS kapu vizsgálata

Mérési feladatok:

1. Állítsa össze a kapcsolást a 26. ábra alapján!
2. A tápfeszültség bekapcsolása után az A1 és B1 bemenetre a KA és KB kapcsolók segítségével állítsa be a táblázatban megadott logikai szinteket, és mérje meg feszültségmérővel a logikai ÉS kapu kimeneti feszültség szintjeit! A kimenetre kapcsolt D LED világít, ha logikai 1 értékű a kapu kimeneti feszültsége.
3. Készítsen igazságtáblázatot a 25. ábrának megfelelően és a mért feszültség szinteket írja be a táblázatba, és ez alapján határozza meg a logikai kapu kimeneti (Y) szintjeit!

3. feladat – Logikai kapu igazságtábla felvétele

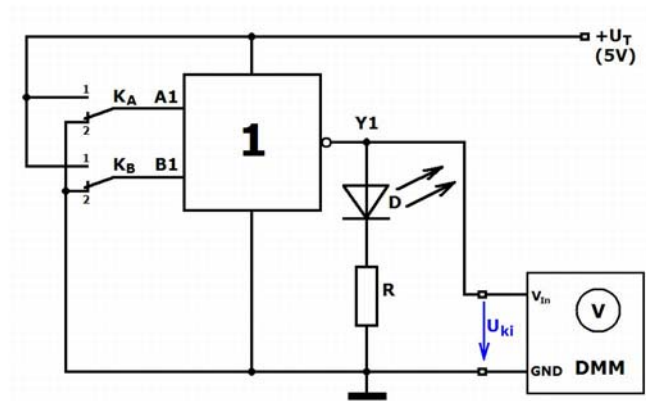
Logikai NEM-VAGY (NOR) kapu igazságtáblájának felvétele méréssel

Mérés tárgya: Logikai NEM-VAGY (NOR) kapu (7402 IC) vizsgálata

Mérés célja:

- logikai NEM-VAGY (NOR) kapu működésének az ellenőrzése,
- igazságtábla felvétele,
- kimeneti logikai szint megállapítása.

Mérés kapcsolási rajza:



27. ábra. Logikai NEM-VAGY (NOR) kapu vizsgálata

Mérési feladatok:

1. Állítsa össze a kapcsolást a 27. ábra alapján!
2. A tápfeszültség bekapcsolása után az A1 és B1 bemenetre a KA és KB kapcsolók segítségével állítsa be a táblázatban megadott logikai szinteket és mérje meg feszültségmérővel a logikai NEM-VAGY (NOR) kapu kimeneti feszültség szintjeit! A kimenetre kapcsolt D LED világít, ha logikai 1 értékű a kapu kimeneti feszültsége.
3. Készítsen igazságtáblázatot a 25. ábrának megfelelően és a mért feszültség szinteket írja be a táblázatba, és ez alapján határozza meg a vizsgált logikai kapu kimeneti (Y) szintjeit!

4. feladat – Logikai kapu igazságtábla felvétele

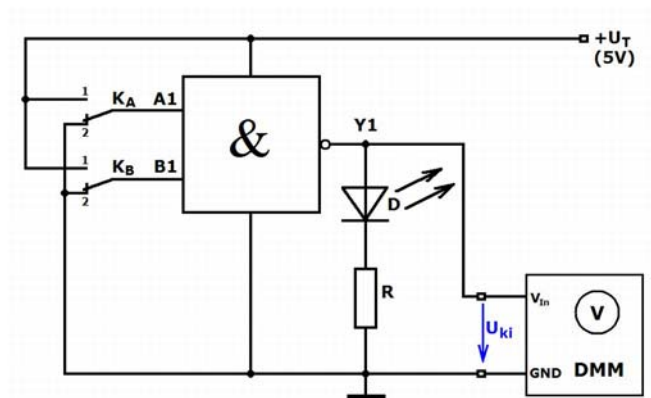
Logikai NEM-ÉS (NAND) kapu igazságtáblájának felvétele méréssel

Mérés tárgya: Logikai NEM-ÉS (NAND) kapu (7400 IC) vizsgálata

Mérés célja:

- logikai NEM-ÉS (NAND) kapu működésének az ellenőrzése,
- igazságtábla felvétele,
- kimeneti logikai szint megállapítása.

Mérés kapcsolási rajza:



28. ábra. Logikai NEM-ÉS (NAND) kapu vizsgálata

Mérési feladatok:

1. Állítsa össze a kapcsolást a 28. ábra alapján!
2. A tápfeszültség bekapcsolása után az A1 és B1 bemenetre a KA és KB kapcsolók segítségével állítsa be a táblázatban megadott logikai szinteket és mérje meg feszültségmérővel a logikai NEM-ÉS (NAND) kapu kimeneti feszültség szintjeit! A kimenetre kapcsolt D LED világít, ha logikai 1 értékű a kapu kimeneti feszültsége.
3. Készítsen igazságtáblázatot a 25. ábrának megfelelően, a mért feszültség szinteket írja be a táblázatba, és ez alapján határozza meg a vizsgált logikai kapu kimeneti (Y) szintjeit!

5. feladat – Logikai kapu igazságtábla felvétele

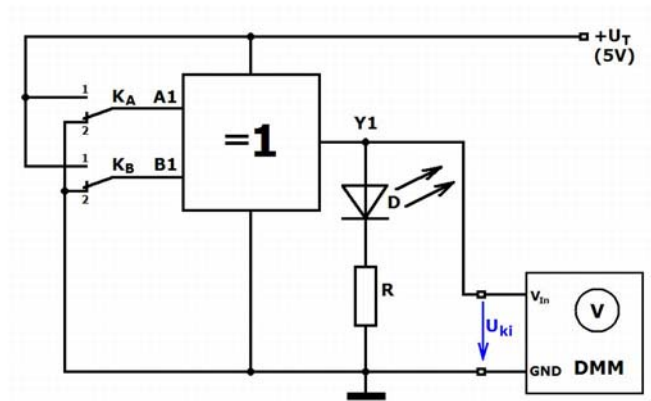
Logikai KIZÁRÓ-VAGY (XOR) kapu igazságtáblájának felvétele méréssel

Mérés tárgya: Logikai KIZÁRÓ-VAGY (XOR) kapu (7486 IC) vizsgálata

Mérés célja:

- logikai KIZÁRÓ-VAGY kapu működésének az ellenőrzése,
- igazságtábla felvétele,
- kimeneti logikai szint megállapítása.

Mérés kapcsolási rajza:



29. ábra. Logikai KIZÁRÓ-VAGY (XOR) kapu vizsgálata

Mérési feladatok:

1. Állítsa össze a kapcsolást a 29. ábra alapján!
2. A tápfeszültség bekapcsolása után az A1 és B1 bemenetre a KA és KB kapcsolók segítségével állítsa be a táblázatban megadott logikai szinteket és mérje meg feszültségmérővel a logikai KIZÁRÓ-VAGY (XOR) kapu kimeneti feszültség szintjeit! A kimenetre kapcsolt D LED világít, ha logikai 1 értékű a kapu kimeneti feszültsége.
3. Készítsen igazságtáblázatot a 25. ábrának megfelelően, a mért feszültség szinteket írja be a táblázatba és ez alapján határozza meg a vizsgált logikai kapu kimeneti (Y) szintjeit!

6. feladat – Logikai kapu igazságtábla felvétele

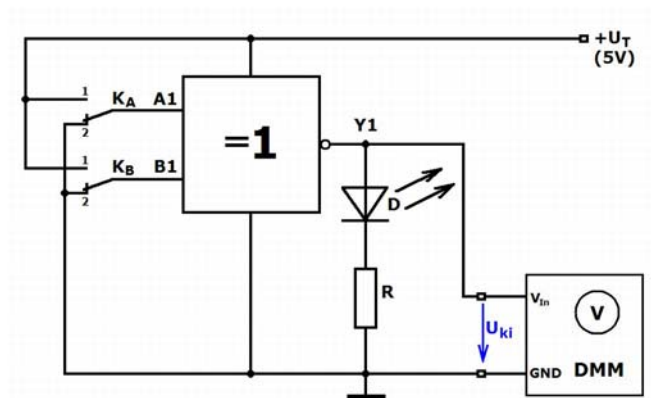
Logikai KIZÁRÓ-NEM-VAGY (XNOR) kapu igazságtáblájának felvétele méréssel

Mérés tárgya: Logikai KIZÁRÓ-NEM-VAGY (XNOR) kapu vizsgálata

Mérés célja:

- logikai KIZÁRÓ-NEM-VAGY (XNOR) kapu működésének az ellenőrzése
- igazságtábla felvétele
- kimeneti logikai szint megállapítása

Mérés kapcsolási rajza:



30. ábra. Logikai KIZÁRÓ-NEM-VAGY (XNOR) kapu vizsgálata

Mérési feladatok:

1. Állítsa össze a kapcsolást a 30. ábra alapján!
2. A tápfeszültség bekapcsolása után az A1 és B2 bemenetre a KA és KB kapcsolók segítségével állítsa be a táblázatban megadott logikai szinteket és mérje meg feszültségmérővel a logikai KIZÁRÓ-NEM-VAGY (XNOR) kapu kimeneti feszültség szintjét! A kimenetre kapcsolt D LED világít, ha logikai 1 értékű a kapu kimeneti feszültsége.
3. Készítsen igazságtáblázatot a 25. ábrának megfelelően, a mért feszültség szinteket írja be a táblázatba és ez alapján határozza meg a vizsgált logikai kapu kimeneti (Y) szintjeit!

7. feladat – Jellemző áramok mérése TTL és CMOS áramkörökben

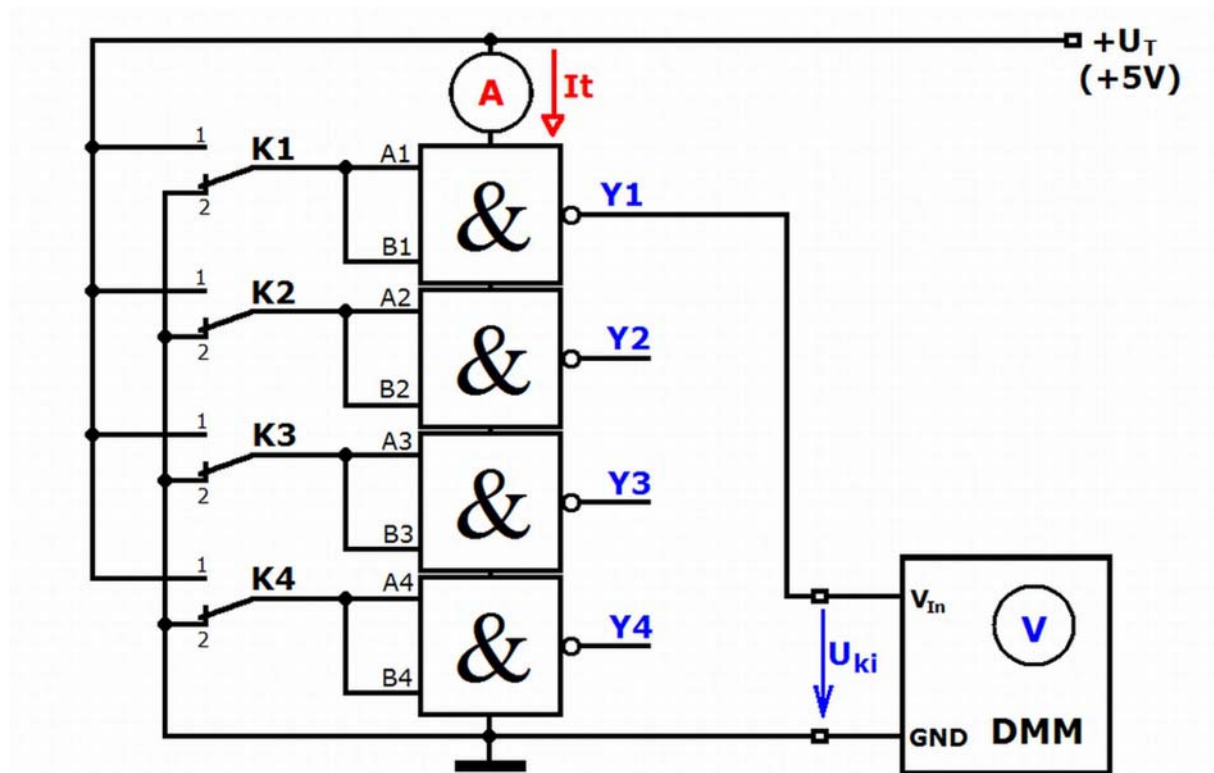
Logikai 1 értékhez tartozó tápáram mérése

Mérés tárgya: Meghatározni a kimeneti logikai 1 értékhez tartozó tápáramfelvételt

Mérés célja:

- logikai kapuk működésekor az áramfelvétel megmérése
- a tápáram fogyasztásból a felvett teljesítmény kiszámítása

Mérés kapcsolási rajza:



31. ábra. Mérési összeállítás a tápáram meghatározásához

Mérési feladatok:

1. Állítsa össze a 31. ábrán látható mérési kapcsolást TTL 7400 IC-vel!
2. A K kapcsolókat állítsa 2-es állásba, azaz az IC tok valamennyi bemenete logikai 0 szinten, azaz 0 Volton legyen!
3. A rajznak megfelelően kösse be az árammérő műszert!
4. Ellenőrizze feszültségmérő műszerrel a kimeneti (Y1, Y2, Y3, Y4) logikai 1 szinteknek megfelelő feszültségértékeket és olvassa le a tápáram értékét az ampermérő műszerről! A mérési eredményeket írja be a 33. ábrán található táblázatba!
5. Ismételje meg a 2. a 3. és a 4. mérési feladatot 4011 CMOS IC-vel!
6. Hasonlítsa össze a TTL és a CMOS IC által felvett áramot! Számítsa ki a teljesítményeket! Mit tapasztalt?

8. feladat

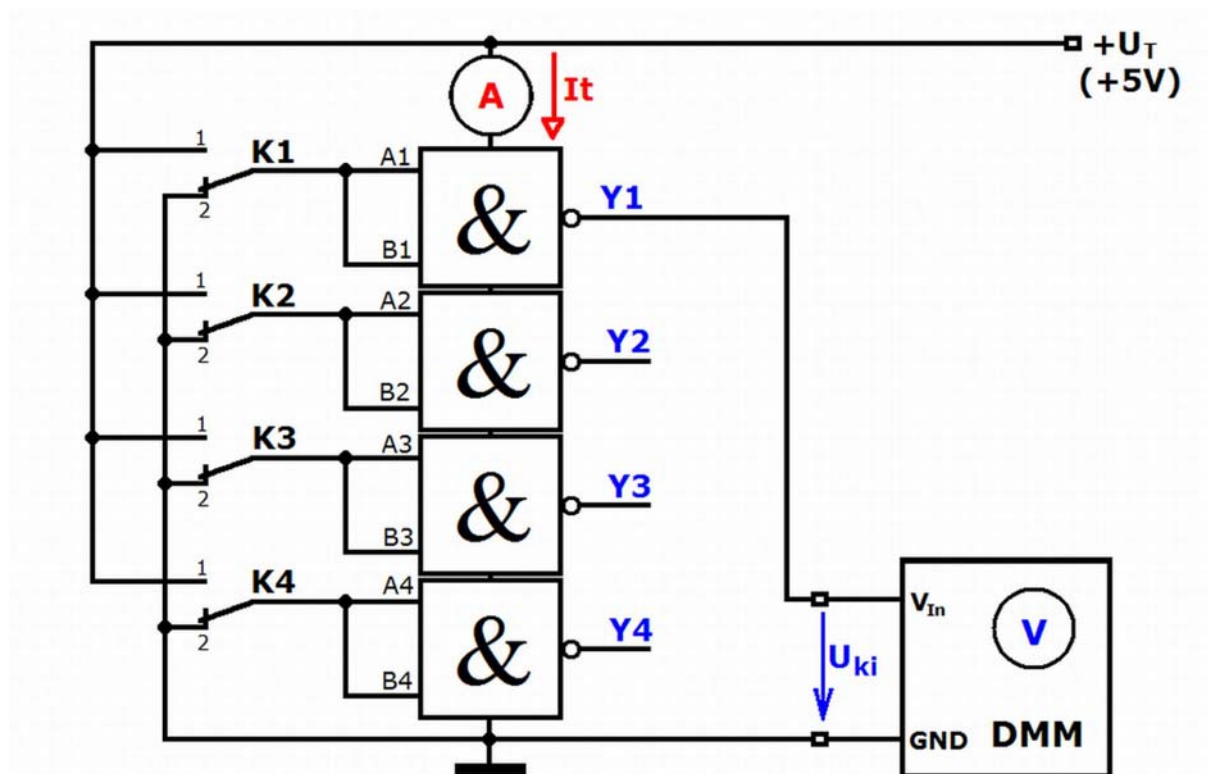
Logikai 0 értékhez tartozó tápáram mérése

Mérés tárgya: Meghatározni a kimentei logikai 0 értékhez tartozó tápáramfelvételt

Mérés célja:

- logikai kapuk működésekor az áramfelvétel megmérése
- a tápáram fogyasztásból a felvett teljesítmény kiszámítása

Mérés kapcsolási rajza:



32. ábra. Mérési összeállítás a tápáram meghatározásához

Mérési feladatok:

1. Állítsa össze a 32. ábrán látható mérési kapcsolást TTL 7400 IC-vel!
2. A K kapcsolókat állítsa 1-es állásba, azaz az IC tok valamennyi bemenete logikai 1 szinten, azaz 5 Volton legyen!
3. A rajznak megfelelően kösse be az árammérő műszert!
4. Ellenőrizze feszültségmérő műszerrel a kimeneti logikai 0 szinteknek megfelelő feszültségértékeket és olvassa le a tápáram értékét az ampermérő műszerről! A mérési eredményeket írja be a 33. ábrán látható táblázatba!
5. Ismételje meg a 2. a 3. és a 4. mérési feladatot 4011 CMOS IC-vel!
6. Hasonlítsa össze a TTL és a CMOS IC által felvett áramot! Számítsa ki a teljesítményeket! Mit tapasztalt?
7. Készítsen jegyzőkönyvet a mérésről! Az előírások alapján szerepeljenek benne a következők:
 - A kapcsolási rajz, vagy mérési elrendezés vázlata,
 - a mérési feladat rövid leírása,
 - a mérésnél felhasznált eszközök, mérőműszerek, vizsgált alkatrészek felsorolása,
 - a mérés menete, a tevékenységek sorrendje,
 - a mérési és számítási eredmények táblázata,
 - az eredmények kiértékelése, elemzése, észrevételek és megjegyzések.

Mérés táblázata:

IC típusa	Y1	Y2	Y3	Y4	It	P
	V	V	V	V	mA	mW
7400						
4011						

33. ábra. Táblázat a mérésekhez

9. feladat**Bemeneti áram mérése**

Mérés tárgya: Meghatározni a bementi logikai 0 és 1 értékhez tartozó bemeneti áramot

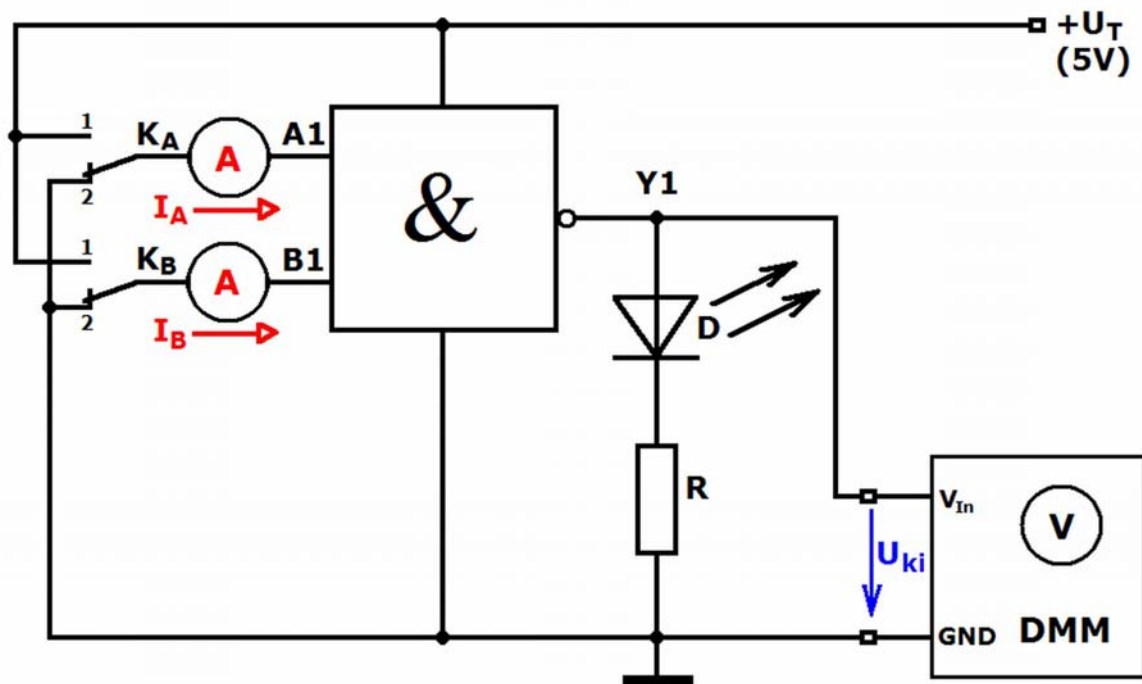
Mérés célja:

- Megmérni, hogy egy logikai kapu bemeneti 0 értékéhez mekkora áram tartozik
- Megmérni, hogy egy logikai kapu bemeneti 1 értékéhez mekkora áram tartozik

Mérési feladatok:

1. Állítsa össze a 34. ábrán látható mérési kapcsolást TTL 7400 IC-vel!
2. A kapu egyik bemenetét ampermérő műszeren keresztül kösse +5V-ra! (K1 kapcsoló 1-es állás)
3. A kapu másik bemenetét ampermérő műszeren keresztül kösse 0V-ra! (K2 kapcsoló 2-es állás)
4. Olvassa le a bementi áramok értékét az ampermérő műszerekről! Készítsen táblázatot és a mérési eredményeket írja be a táblázatba!
5. Ismételje meg a 2. a 3. és a 4. mérési feladatot 4011 CMOS IC-vel!
6. Hasonlítsa össze a TTL és a CMOS IC által mért bemeneti áramokat! Mit tapasztalt?
7. Készítsen jegyzőkönyvet a mérésről!

Mérés kapcsolási rajza:



34. ábra. Bemeneti áram méréséhez szükséges kapcsolás

4. feladat

Rajzolja le a logikai ÉS kapcsolat rajzjelét!

**5. feladat**

Rajzolja fel egy kétváltozós NEM-ÉS (NAND) kapuáramkör igazságtáblázatát! Az A változó a legkisebb helyi értéken legyen!

**6. feladat**

Rajzolja le a logikai VAGY kapu igazságtáblájának felvételéhez szükséges mérési összeállítást és írja le röviden a mérés menetét!

Mérőkapcsolás rajza:

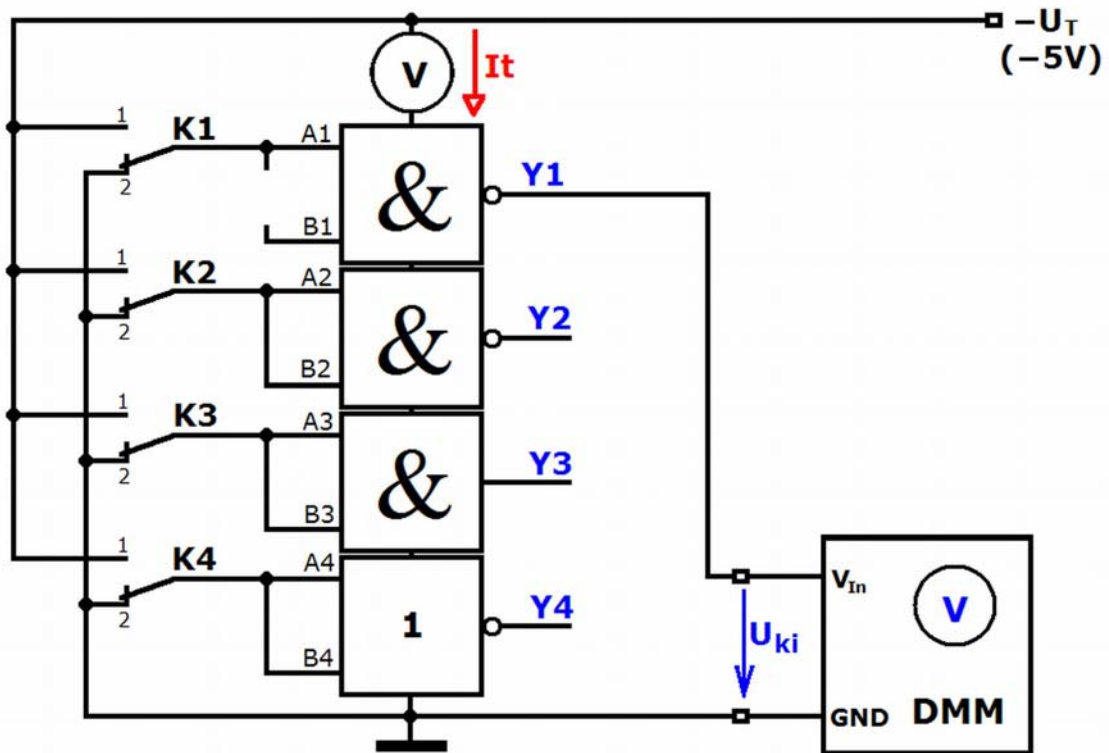


Mérés menete:



7. feladat

NEM-ÉS (NAND) kapu logikai 1 értékhez tartozó tápáram mérésének az összeállítási rajzát látja a 35. ábrán. Öt hibát rejtettünk el a rajzon? Karikázza be és sorolja fel a hibákat!



35. ábra. Logikai 1 értékhez méréshez tartozó hibás mérőkapcsolás

Megtalált hibák felsorolása:

1. _____
2. _____
3. _____
4. _____
5. _____

MEGOLDÁSOK

1. feladat

A több változóval végezhető logikai műveletek közé tartozik a logikai VAGY (OR) művelet. Logikai értéke **IGAZ**, ha a műveletben részt vevő bemeneti változók logikai értékének bármelyike IGAZ. A művelet logikai értéke csak akkor lesz HAMIS, ha a műveletben részt vevő bemeneti változók logikai értékének mindegyike **HAMIS**.

2. feladat

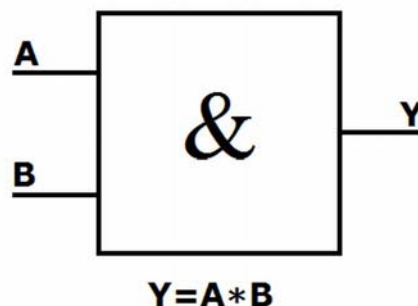
George Boole (1815–1864) Lincolnban, Angliában született egy szegény cipész fiaként. Az iskolában nem kapott elég képzést, ezért autodidakta módon tanult. Kezdetben a nyelvek érdekelték, de húsz éves korában saját iskolát alapított, ekkor kezdett el komolyan foglalkozni a matematikával. 1847-ben jelent meg a logika matematikai analízise című munkája, amelyben először mutatta meg, hogy az arisztotelészi logika algebrai egyenletekként is leírható. Maga Boole ezt így fogalmazta meg: többé nem a logikát és a metafizikát kell összekapcsolnunk, hanem a logikát és a matematikát. 1849-ben az írországi Corkban a Queen College matematika professzora lett, itt tanított élete hátralevő részében. 1854-ben megjelentette gondolkodás törvényeinek vizsgálata, amelyeken a logika és a valószínűség matematikai teóriái alapulnak című művét. Ez tartalmazza azokat a koncepciókat, amelyek ma Boole-algebra néven ismeretesek.

3. feladat

A pozitív feszültségű logikában a logikai "1" értéket "H" szintnek, a logikai "0" értéket "L" szintnek nevezzük.

4. feladat

A logikai ÉS kapcsolat rajzjele:



36. ábra. Logikai ÉS kapu rajzjele

5. feladat

A kétváltozós NEM-ÉS (NAND) kapuáramkör igazságtáblázata:

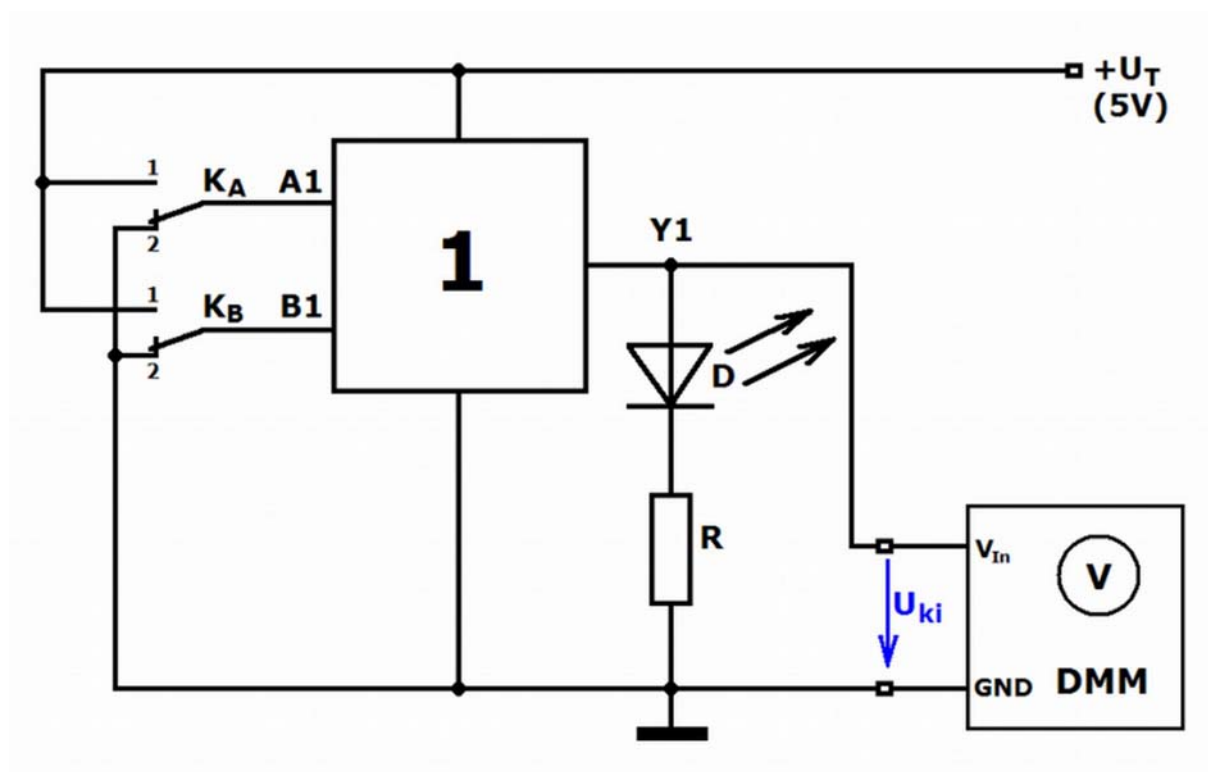
B	A	Y
0	0	1
0	1	1
1	0	1
1	1	0

6. feladat

A logikai VAGY kapu igazságtáblájának felvételéhez szükséges mérési feladatok:

1. A mérési vázlat szerint összeállítom a kapcsolást.
2. A +5V tápfeszültség bekapcsolása után az A és B bemenetre a K1 és K2 kapcsolók segítségével logikai 0 és logikai 1 értéknek megfelelő feszültséget kapcsolok és megmérem feszültségmérővel a logikai VAGY kapu kimeneti feszültség szintjét.
3. A mért feszültség szinteket beírom az igazságtáblázatba és a szakirodalomban előírt logikai feszültség szintek alapján meghatározom a vizsgált logikai kapu kimeneti (Y) szintjeit.

A logikai VAGY kapu igazságtáblájának felvételéhez szükséges mérési összeállítás:



37. ábra. Logikai VAGY kapu mérése

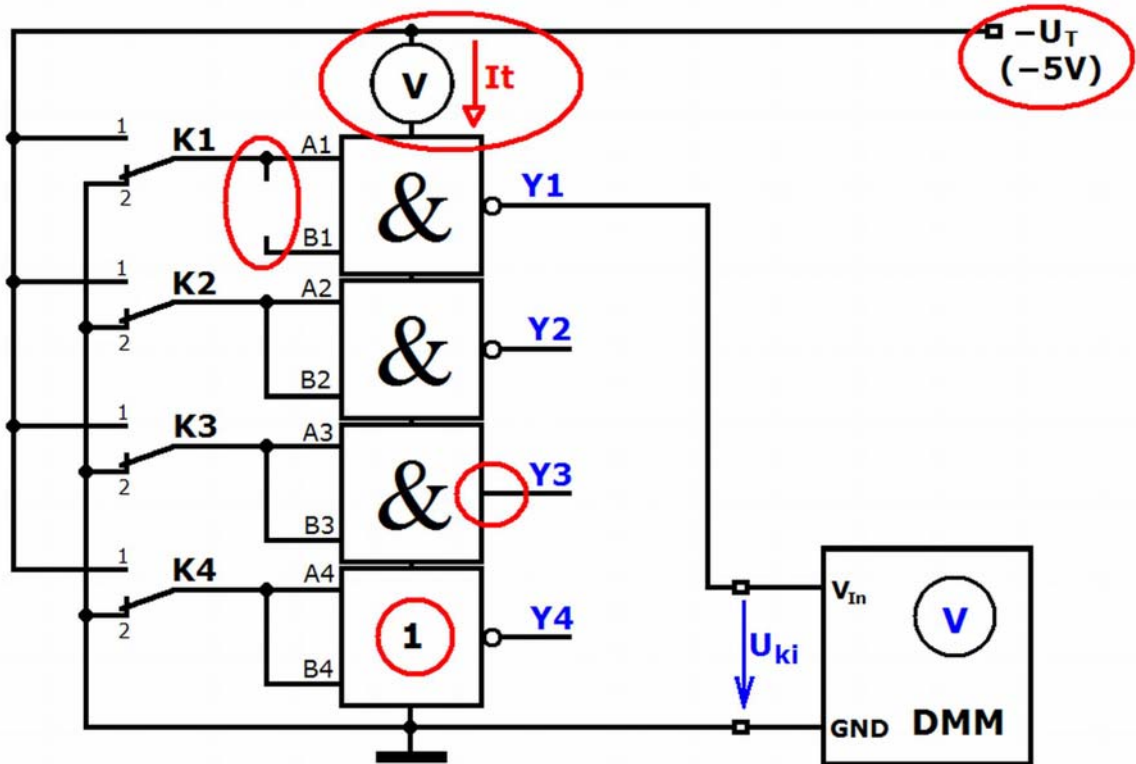
7. feladat

A NEM-ÉS (NAND) kapu logikai 1 értékhez tartozó tápáram mérésének az összeállítási rajzában bekarikázott és felsorolt öt hiba:

A mérési összeállításban megtalált hibák felsorolása:

1. Ampermérő helyett Voltmérő van bekötve,
2. Egy ÉS kapu van a NAND kapu helyett,
3. Egy NOR kapu van NAND kapu helyett,
4. B1 nincs hozzákötve az A1-hez,
5. A tápfeszültség +5V helyett hibásan -5V

Hibák bejelölése:



38. ábra. Hibás mérőkapcsolás, jelölve a hibákkal

IRODALOMJEGYZÉK

FELHASZNÁLT IRODALOM

Kovács Csongor: Digitális elektronika. General Press Kiadó, 2002

Magyar–Theisz–Glofák: Digitális IC-atlasz. Műszaki Könyvkiadó, 1981

A tartalomelemben illusztrációként felhasznált fotók a szerző saját készítésű képei

A tartalomelemben illusztrációként felhasznált ábrák a szerző saját készítésű ábrái

A tartalomelemben illusztrációként felhasznált táblázatok a szerző saját készítésű ábrái

AJÁNLOTT IRODALOM

Gergely István: Elektronikus műszerek. Műszaki Könyvkiadó, 1999

Major László: Villamos mérés technika. KIT Képzőművészeti Kiadó és Nyomda, 1999

A(z) 0917-06 modul 025-ös szakmai tankönyvi tartalomeleme
felhasználható az alábbi szakképesítésekhez:

A szakképesítés OKJ azonosító száma:	A szakképesítés megnevezése
54 523 01 0000 00 00	Elektronikai technikus

A szakmai tankönyvi tartalomelem feldolgozásához ajánlott óraszám:
20 óra

MUNKANYAG

MUNKANYAG

A kiadvány az Új Magyarország Fejlesztési Terv
TÁMOP 2.2.1 08/1–2008–0002 „A képzés minőségének és tartalmának
fejlesztése” keretében készült.

A projekt az Európai Unió támogatásával, az Európai Szociális Alap
társfinanszírozásával valósul meg.

Kiadja a Nemzeti Szakképzési és Felnőttképzési Intézet
1085 Budapest, Baross u. 52.

Telefon: (1) 210–1065, Fax: (1) 210–1063

Felelős kiadó:
Nagy László főigazgató