28. EGYSZERŰ DIGITÁLIS ÁRAMKÖRÖK

Célkitűzés:

- Az egyszerű kombinációs digitális áramkörök elvi alapjainak, valamint ezek néhány gyakorlati alkalmazásának megismerése.

I. Elméleti áttekintés

A digitális eszközök működését a matematikai logikai műveleteket a gyakorlatban megvalósító digitális áramkörök teszik lehetővé, amelyek egyaránt megtalálhatók jelfeldolgozó és vezérlő berendezésekben, számítógépekben, adatátviteli rendszerekben stb.

A logikai áramkörök kombinációs és szekvenciális (sorrendi) áramkörökre oszthatók. Az előbbiek olyan visszacsatolás nélküli hálózatok, amelyekben a kimenő jelet a bemenő jelek egyértelműen meghatározzák. Ezzel szemben a szekvenciális áramkörök visszacsatolt hálózatok, amelyekben a kimenő jelet a bemenő jelek és a hálózat állapota (tárolás) együttesen határozzák meg.

A logikai algebrában a feltételeket, amelyek lehetnek igazak vagy hamisak, logikai változóknak nevezzük. A logikában a **0**, illetve az **1** jeleket rendelik a hamis és az igaz fogalmaihoz. A logikai áramkörökben (az ún. pozitív logikában) a hamis fogalmához alacsony, az igaz fogalmához magas feszültségérték – pontosabban egy tartomány – tartozik.

Az összetettebb logikai áramkörök tulajdonságai csak az egyes áramkörök funkcióinak ismeretében tárgyalhatók, ezért a gyakorlat keretében elsősorban a legegyszerűbb – az egyes logikai funkciókat megvalósító – kombinációs áramkörök tulajdonságaival foglalkozunk.

1. Logikai függvények

A logikai függvények a változók értékeihez egy logikai értéket rendelnek. Jelekben: $Q = \mathrm{f}(A, B, C, ...)$, ahol Q a függvény értékét jelenti, A, B, C, ... a változókat jelöli. A Q értékeit a kapcsolás-algebrában igazságtáblázat formájában szokás megadni, amelyben azt foglaljuk össze, hogy a bemeneti változók értékeihez milyen kimeneti érték tartozik (l. pl. II. táblázat).

A logikai változók között három alapvető műveletet különböztetünk meg.

a) Konjunkció (vagy logikai szorzás), szokásos jelölése a szorzás:

$$Q = A \cdot B \cdot C \cdot \ ... \ .$$

A konjunkciónak megfelelő logikai művelet neve ÉS (AND), értelmezése a következő: Q értéke akkor és csak akkor 1, ha minden változó értéke 1, ettől eltérő esetben 0.

b) Diszjunkció (vagy logikai összeadás), jelölése az összeadás:

$$Q = A + B + C + \ \dots \ .$$

A diszjunkciónak megfelelő logikai művelet neve VAGY (OR), értelmezése: Q értéke akkor és csak akkor 0, ha minden változó értéke 0, ettől eltérő esetben 1.

c) Negáció (vagy tagadás), jelölése a felülvonás:

$$Q = \overline{A}.$$

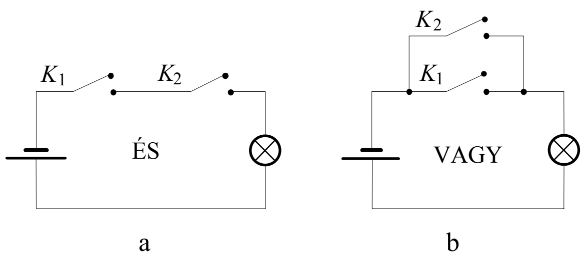
A negációnak megfelelő logikai művelet neve NEM (NOT), értelmezése: Q értéke 1, ha $A = 0$, illetve Q értéke 0, ha $A = 1$.

Az alapműveletek 0-val és 1-gyel leírva a következők:

konjunkció	diszjunkció	negáció
$0 \cdot 0 = 0,$	$0 + 0 = 0,$	$\overline{0} = 1,$
$0 \cdot 1 = 0,$	$0 + 1 = 1,$	$\overline{1} = 0.$
$1 \cdot 0 = 0,$	$1 + 0 = 1,$	
$1 \cdot 1 = 1,$	$1 + 1 = 1,$	

Az áramkörtechnikában a logikai műveleteket megvalósító áramköröket kapuknak nevezik. A $Q = A \cdot B$ kifejezés úgy olvasható, hogy Q akkor igaz, ha A és B is igaz, ezért a konjunkciót ÉS műveletnek, az ennek megfelelő áramkört AND kapunak nevezik. A $Q = A + B$ kifejezés azt jelenti, hogy Q akkor igaz, ha legalább A vagy B, vagy mindkettő igaz, ezért ezt a műveletet VAGY-nak, az ennek megfelelő áramkört OR kapunak nevezik.

A konjunkció és a diszjunkció művelete kapcsolókkal egyszerűen megvalósítható. Tekintsük az 1. ábrán látható áramköröket: a nyitott kapcsoló feleljen meg a 0, a zárt kapcsoló az 1 állapotnak. Könnyen belátható, hogy az 1.a ábrán a lámpa akkor világít, ha a K_1 és K_2 kapcsoló is zárva van, tehát a sorosan kötött kapcsolók a logikai ÉS kapcsolatot valósítják meg. A b ábra kapcsolása a logikai VAGY kapcsolatot szemlélteti.



1. ábra

Az alapműveletek tulajdonságai a következők.

– Kommutativitás:

$$A \cdot B = B \cdot A\,,$$

$$A + B = B + A\,.$$

– Asszociativitás:

$$A \cdot (B \cdot C) = (A \cdot B) \cdot C\,,$$

$$A + (B + C) = (A + B) + C\,.$$

Pl.: $A \cdot (B \cdot C) = (A \cdot B) \cdot C$

$$\begin{aligned} 0 \cdot (0 \cdot 0) &= (0 \cdot 0) \cdot 0 \\ 0 \cdot 0 &= 0 \cdot 0 \\ 0 &= 0 \end{aligned}$$

– Disztributivitás:

$$A \cdot (B + C + D) = A \cdot B + A \cdot C + A \cdot D\,,$$

$$A + (B \cdot C \cdot D) = (A + B) \cdot (A + C) \cdot (A + D)\,.$$

Pl.: $A \cdot (A + B) = A$

$$\begin{aligned} 0 \cdot (0 + 1) &= 0 \\ 0 \cdot 1 &= 0 \\ 0 &= 0 \end{aligned}$$

– Abszorpció:

$$A \cdot (A + B) = A\,,$$

$$A + A \cdot B = A\,.$$

– Tautológia:

$$A \cdot A = A\,,$$

$$A + A = A\,.$$

A negációra vonatkozó összefüggések:

$$\overline{(\overline{A})} = A\,,$$

$$A \cdot \overline{A} = 0\,,$$

$$A + \overline{A} = 1\,.$$

A *De Morgan*-szabályok:

$$\overline{A \cdot B \cdot C} = \overline{A} + \overline{B} + \overline{C}\,,$$

$$\overline{(A + B + C)} = \overline{A} \cdot \overline{B} \cdot \overline{C}\,.$$

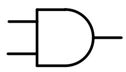
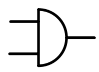
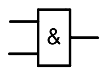
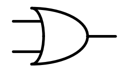
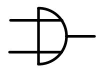
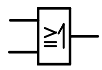
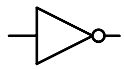
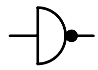
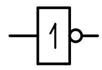
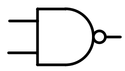
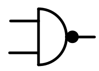
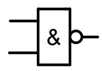
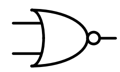
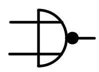
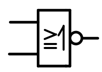
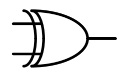
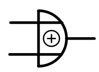
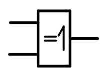
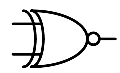
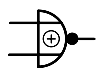
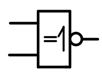
(Az utóbbi sorban a zárójel használata felesleges, mert a több mennyiség fölé írt negációjel ezt már jelöli. Ne feledjük el, hogy a szokásos algebrai műveletek csak részlegesen hasonlóak a logikai műveletekhez.)

Az alapfüggvényeken kívül elterjedtek a származtatott függvényeket megvalósító kapuk is.

Egy-egy logikai függvény egy igazságtáblázattal írható fel, amelyben a változók lehetséges értékeihez megadjuk a megfelelő függvényértéket.

A különböző logikai függvényeket szabványosított kapukból építik fel. Az I. táblázatban az áramkörtechnikában alkalmazott kapuk igazságtáblázatát és rajzjeleit foglaltuk össze. A kapuk rajzjelein, amelyeknek – kivéve a csak két változóra értelmezett ANTI-

VALENCIA-t és EKVIVALENCIA-t – kettőnél több bemenete is lehet, a kis kör az invertálást jelenti.

		igazságtáblázat			r a j z j e l		
művelet	elnevezés	*A*	*B*	*Q*	angol	német	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			
$\overline{A}$	NEM (NOT)						
$\overline{A \cdot B}$	NEM ÉS (NAND)	0 0 1 1	0 1 0 1	1 1 1 0			
$\overline{A + B}$	NEM VAGY (NOR)	0 0 1 0	0 1 0 1	1 0 0 0			
$A \oplus B$	ANTIVALENCIA (EX. OR)	0 0 1 1	0 1 0 1	0 1 1 0			
$\overline{A \oplus B}$	EKVIVALENCIA (EX. NOR)	0 0 1 1	0 1 0 1	1 0 0 1			

I. táblázat

2. A logikai függvények normálalakja

Egy logikai függvényt úgy adunk meg, hogy változóinak összes lehetséges értékéhez megadjuk a függvényértéket. Ezt legegyszerűbb táblázatba foglalni, amelyet igazságtáblázatnak nevezünk. Példaként tekintsük a II. táblázatot, amely egy 3 változós Q = f(A, B, C) függvény igazságtáblázata. A táblázatban A, B, C a bemenő változókat, Q a függvény értékét, N pedig a bemenő változókból alkotott ABC kettes számrendszerbeli szám tízes számrendszerbeli megfelelőjét jelenti (pl.: $ABC \Rightarrow 011 \rightarrow 3$). Egy n változós függvény igazságtáblázatának 2^n sora van. A táblázatot úgy célszerű kitölteni, hogy N értéke 0-tól kezdve monoton növekedjen.

N	*C*	*B*	*A*	*Q*
0.	0	0	0	0
1.	0	0	1	1
2.	0	1	0	1
3.	0	1	1	0
4.	1	0	0	0
5.	1	0	1	1
6.	1	1	0	0
7.	1	1	1	0

II. táblázat

N	*C*	*B*	*A*	*Q*
0.	0	0	0	0
1.	0	0	1	0
2.	0	1	0	0
3.	0	1	1	1
4.	1	0	0	0
5.	1	0	1	0
6.	1	1	0	0
7.	1	1	1	0

III. táblázat

N	*C*	*B*	*A*	*Q*
0.	0	0	0	1
1.	0	0	1	1
2.	0	1	0	1
3.	0	1	1	1
4.	1	0	0	1
5.	1	0	1	0
6.	1	1	0	1
7.	1	1	1	1

IV. táblázat

A legegyszerűbb n változós logikai függvény a minterm és a maxterm. A minterm értéke a táblázat egyetlen sorában 1, a többi helyen 0. A III. táblázat egy mintermet mutat be. A maxterm értéke a táblázat egyetlen sorában 0, minden más helyen 1 (l. IV. táblázat).
A mintermeket kis, a maxtermeket nagy betűvel jelöljük, pl. m_3^3, M_5^3, ahol a felső index a változók számát, az alsó index a változókból alkotott kettes számrendszerbeli szám tízes megfelelőjét jelenti.

Egy adott sorhoz tartozó mintermet a változók összeszorzásával állíthatunk elő úgy, hogy azon változókat, amelyek értéke 0, negáljuk. Pl. a III. táblázatban bemutatott minterm esetén $Q = \overline{C} \cdot B \cdot A$. A maxtermek a változók összegével állíthatók elő úgy, hogy az 1 értékű változókat negáljuk. A IV. táblázatnak megfelelő maxterm: $Q = \overline{C} + B + \overline{A}$.

A logikai függvények előállítására két egyszerű lehetőség van: a diszjunktív és a konjuntív normálalak.

Valamely logikai függvény előállítható úgy, hogy minden olyan sorhoz, amelyben a függvény értéke 1, felírjuk a mintermeket és összeadjuk azokat. Ezt az előállítást diszjunktív normálalaknak nevezzük. Pl. a II. táblázatban szereplő logikai függvény diszjunktív normálalakja a következő módon állítható elő:

$$m_1^3 = \overline{C} \cdot \overline{B} \cdot A\,, \quad m_2^3 = \overline{C} \cdot B \cdot \overline{A} \quad \text{és} \quad m_5^3 = C \cdot \overline{B} \cdot A\,;$$

$$Q = m_1^3 + m_2^3 + m_5^3 = \overline{C} \cdot \overline{B} \cdot A + \overline{C} \cdot B \cdot \overline{A} + C \cdot \overline{B} \cdot A\,.$$

A logikai függvény konjunktív normál alakját azon maxtermek szorzata adja, amelyekben a függvény értéke 0. A fenti logikai függvény konjunktív normálalakja:

$$M_0^3 = C + B + A\,,\quad M_3^3 = C + \overline{B} + \overline{A}\,,\quad M_4^3 = \overline{C} + B + A\,,\quad M_6^3 = \overline{C} + \overline{B} + A$$

$$\text{és}\quad M_7^3 = \overline{C} + \overline{B} + \overline{A}\,;$$

$$Q = M_0^3 \cdot M_3^3 \cdot M_4^3 \cdot M_6^3 \cdot M_7^3\,.$$

Látható, hogy a vizsgált függvény diszjunktív normálalakja akkor egyszerűbb, ha Q értéke kevesebb helyen 1-es, mint 0.

Itt jegyezzük meg, hogy az I. táblázatban szereplő ANTIVALENCIA és EKVIVALENCIA művelete a normálalak felhasználásával az igazságtáblázat alapján:

$$\text{ANTIVALENCIA} \quad \rightarrow \quad Q = m_1^2 + m_2^2 = \overline{B} \cdot A + B \cdot \overline{A}\,,\ \text{illetve}$$

$$\text{EKVIVALENCIA} \quad \rightarrow \quad Q = m_0^2 + m_3^2 = \overline{B} \cdot \overline{A} + B \cdot A\,.$$

Belátható, hogy az ekvivalencia tagadása az antivalencia. Ezt a logikai műveletek alkalmazásának gyakorlásaként bebizonyítjuk.
Az ekvivalencia negáltja

$$\overline{\overline{B} \cdot \overline{A} + B \cdot A} =$$

a *De Morgan*-szabály és a kettős tagadás szerint

$$= (\overline{\overline{B} \cdot \overline{A}}) \cdot (\overline{B \cdot A}) = (B + A) \cdot (\overline{B} + \overline{A}) =$$

a disztributivitás miatt

$$= B\overline{B} + A\overline{B} + B\overline{A} + A\overline{A} =$$

a negáció tulajdonságai szerint

$$= A\overline{B} + B\overline{A} =$$

és végül a kommutativitás miatt

$$= \overline{B}A + B\overline{A} \quad (= \text{ANTIVALENCIA})\,.$$

3. Logikai függvények előállítása kapukból

A digitális elektronikában egy megoldandó feladatot először igazságtáblázatban fogalmazunk meg, majd felírjuk a táblázatnak megfelelő logikai függvény normálalakját. Ezt követően célszerű a normálalakban felírt függvényt a lehető legegyszerűbb alakra hozni, mert így a hálózat gazdaságosabban építhető fel és megbízhatóbban működik.

Példaként tekintsük a II. táblázatban megadott logikai függvényt és induljunk ki annak

$$Q = \overline{C} \cdot \overline{B} \cdot A + \overline{C} \cdot B \cdot \overline{A} + C \cdot \overline{B} \cdot A$$

diszjunktív normálalakjából. Az első és harmadik tag a disztribúció felhasználásával összevonható:

$$Q = \overline{C} \cdot B \cdot \overline{A} + \overline{B} \cdot A \cdot (\overline{C} + C)\,.$$

Ez – figyelembe véve a negáció tulajdonságát – tovább egyszerűsíthető:

$$Q = \overline{C} \cdot B \cdot \overline{A} + \overline{B} \cdot A\,.$$

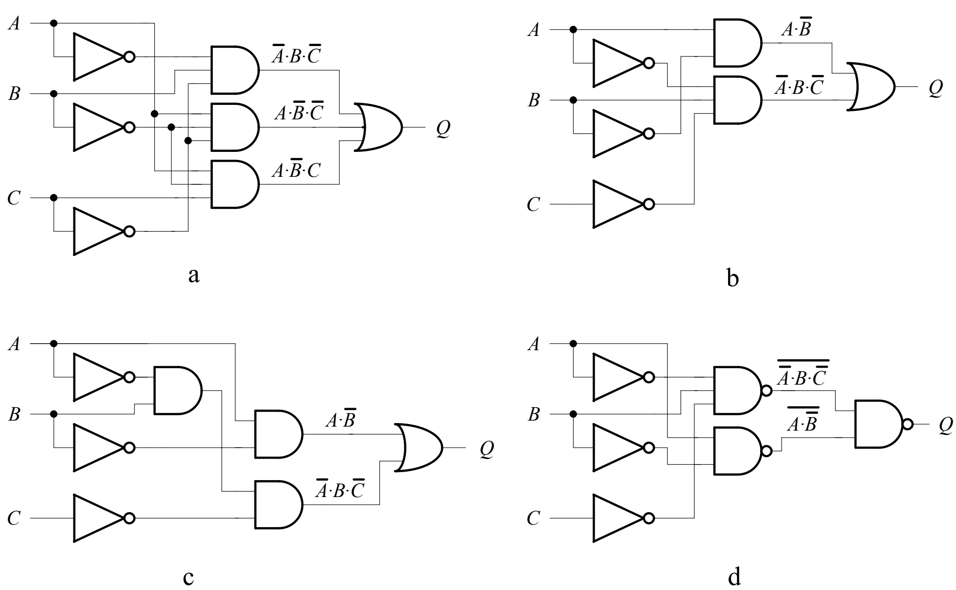
A példából látható, hogy a feladat a mintermek összevonásával egyszerűsíthető. Két minterm akkor vonható össze, ha valamelyik változó az egyikben negálva, a másikban negálás nélkül fordul elő és az összes többi változó azonos alakban szerepel. Az összevonható mintermekben a negáltak száma eggyel különbözik.

A II. táblázatban megadott logikai függvényt kapukból felépítve a 2. ábrán mutatjuk be. Az a ábrán a diszjunktív normálalaknak, a b és c ábrán a $Q = \overline{C} \cdot B \cdot \overline{A} + \overline{B} \cdot A$ alaknak megfelelő áramkörök láthatók.

A legegyszerűbb felépítésű kapu a NAND (NEM ÉS) kapu. Ebből pl. 12 bemenetű kaput is gyártanak. Ez indokolja a kapcsolások olyan átalakítását, hogy az áramköröket kizárólag NAND kapukból és INVERTER-ekből (a negációnak megfelelő kapu neve INVERTER) építik fel. Ez példánknál maradva a diszjunktív normálalakból kiindulva kettős negálással érhető el:

$$Q = \overline{C} \cdot B \cdot \overline{A} + \overline{B} \cdot A = \overline{\overline{\overline{C} \cdot B \cdot \overline{A} + \overline{B} \cdot A}} = \overline{\overline{\overline{C} \cdot B \cdot \overline{A}} \cdot \overline{\overline{B} \cdot A}}\,.$$

Az utóbbi kifejezés kapukból felépítve a 2.d ábrán látható. A szükséges kapuk száma nem változott, de az áramkör csak NAND kapukat és INVERTER-t tartalmaz.



2. ábra

4. A logikai kapuk néhány tulajdonsága

A kapuk tulajdonságait sztatikus körülmények között három karakterisztikával lehet jellemezni:
- az $I_{be}(U_{be})$ karakterisztika a bemeneti jelleggörbe,
- az $U_{ki}(U_{be})$ diagram az átviteli (transzfer-) karakterisztika, és
- az $U_{ki}(I_{ki})$ jelleggörbe a kimeneti karakterisztika.

A logikai áramkörök gyártói a kapuk működésének feltételei között megadják pl. a megengedhető környezeti hőmérsékletet, tápfeszültséget, a logikai értékekhez tartozó feszültségtartományokat stb. Az egyik leggyakrabban használt, bipoláris tranzisztorokra épülő ún. *TTL* áramkörök esetén az V. táblázatban foglaltak nyújtanak tájékoztatást. Ezek az értékek függnek az áramkör típusától is. Más értékeket definiálnak pl. a komplementer *MOS* tranzisztorokat tartalmazó 5 V tápfeszültségű áramkörökre (l. VI. táblázat). Ha egy logikai áramkör bemenetén lévő feszültségszint nem a megengedett tartományban van, akkor az áramkör működése nem megfelelő. Például nem megengedett egy *TTL* kapu bemenetén az 1,2 V feszültség. Ezért biztosítanunk kell, hogy minden bemeneten a kívánt logikai szintet reprezentáló feszültség legyen. Hibás működést eredményezhet, ha egy bemenetet szabadon hagyunk.

	TTL normál sorozat	
logikai érték	bemeneten (V)	kimeneten (V)
0	0 ... 0,8	0 ... 0,4
1	2 ... 5	2,4 ... 5

V. táblázat

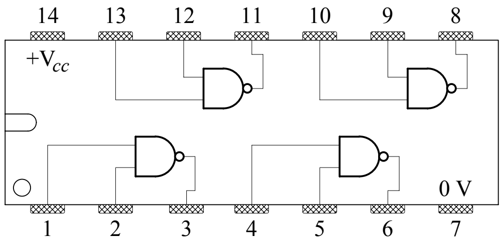
	CMOS H sorozat	
logikai érték	bemeneten (V)	kimeneten (V)
0	0 ... 1,5	0 ... 0,5
1	3,5 ... 5	4,5 ... 5

VI. táblázat

A bonyolultabb logikai függvényeket több kapu megfelelő összekapcsolásával lehet előállítani, amelyek működése során a bemeneteken áramnak kell folynia. Mivel a kimenet csak korlátozott áramot képes szolgáltatni, ezért egy kapu kimenetére csak korlátozott számú bemenetet köthetünk. A terhelések könnyű számontartása érdekében szabványosították a bemenetek által felvett áramokat. A bemeneti terhelés („fan in”) egységének a legegyszerűbb kapu (SN 7400) által felvett áramértéket választották. Ha egy áramkör több áramot vesz fel, akkor annak a bemenetét az egységnyi bemeneti terhelés egész számú többszörösével jellemzik. A kapuk kimeneti terhelhetőségét pedig azzal a számmal („fan out”) jellemzik, amely megmondja, hogy az áramkör kimenetéről hány egyszerű kapu hajtható meg úgy, hogy a kimeneti feszültségszintek az előírt határon belül maradjanak. (Ez az érték az egyszerű kapcsolásoknál általában 10, de meghajtó/teljesítmény kapuknál 30 is lehet. A fan in és fan out értékek egy áramkörcsaládon belül érvényesek.)

A technikai kivitelezést illetően a kapukat integrált áramköri tokban helyezik el.
A bemenethez tartozó mennyiségek indexelésére általában az **I** betű (input) szokásos, a kimeneti mennyiségeket az **O** (output) vagy a **Q** betűvel szokás jelölni. Egy tok több kaput is tartalmazhat.

Az áramkör bekötését (tápfeszültség, kapuk ki- és bemenetei stb.) katalógusban találhatjuk meg. Példaképpen a 7400 jelű négy NAND kapu bekötését mutatjuk be a 3. ábrán.



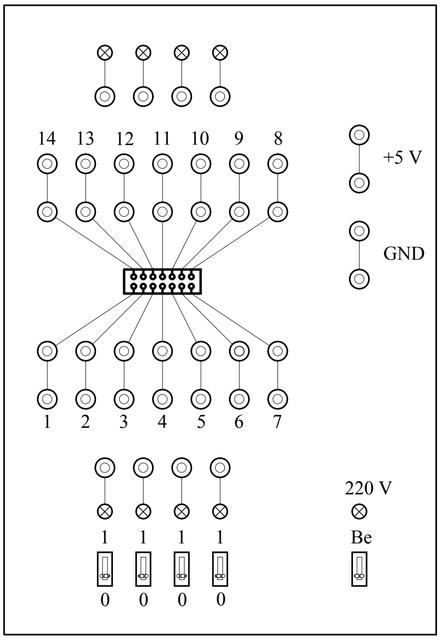
3. ábra

II. A mérés menete

A gyakorlat során *TTL* technikával felépített, integrált áramkörök formájában gyártott kapukat alkalmazunk. Ezek a digitális áramkörök – a műveleti erősítőkhöz hasonlóan – ún. dual-in-line tokozással készülnek, 14 vagy 16 kivezetéssel. Bekötésüknél még a pozitív tápfeszültség (U_{cc}) és a nullpont vagy földpont (GND) helye sem állandó, ezért mindenkor katalógusból kell megállapítani az egyes be- és kimeneteket, illetőleg a tápfeszültség helyét.

Méréseink során a transzfer- (átviteli) karakterisztikák vizsgálatához a 4. ábrán, a NEM, ÉS, NEM ÉS, VAGY, NEM VAGY kapuk, illetőleg ezek kombinációjával előállított függvények igazságtáblázatának felvételéhez a 5. ábrán látható kapcsolótáblát használjuk. (A bekötési rajzok felülről nézve láthatók!)

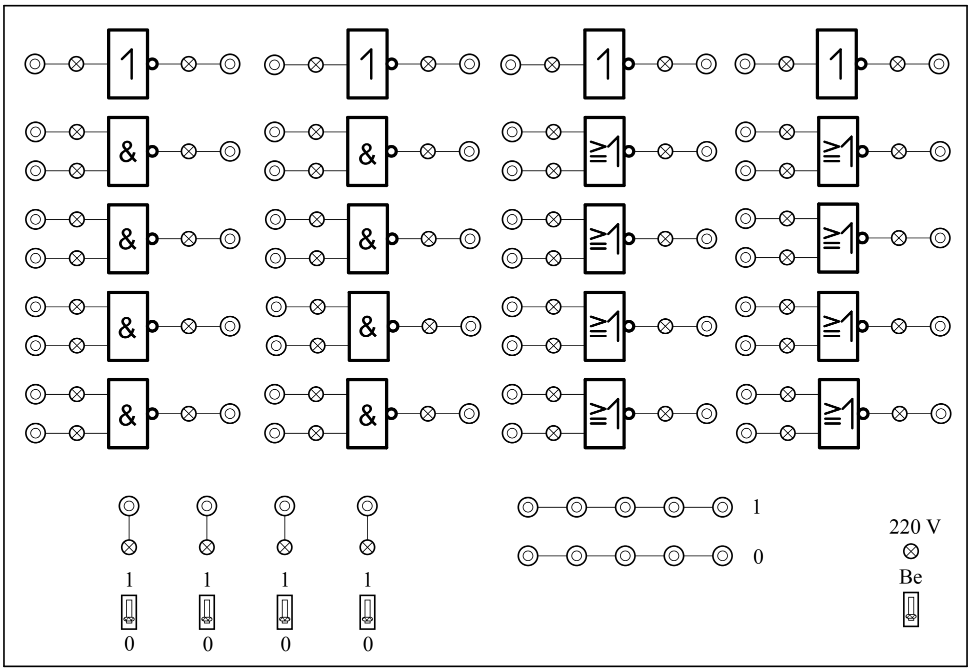
A 4. ábrán látható kapcsolótáblán a vizsgálandó kaput a foglalatba kell helyezni és a gyakorlathoz mellékelt katalógusban található bekötési rajz alapján a + 5 V - GND hüvelyekről tápfeszültséggel kell ellátni. A kapu bemeneteire a tábla alsó szélén elhelyezkedő banánhüvelyekről adható feszültség. (A kapcsolók 1 állásában a jelződiódák világítanak.) A tábla felső részén elhelyezkedő banánhüvelyek a hozzájuk kapcsolódó jelződiódákkal a kimenetek 0 vagy 1 állapotának vizsgálatát teszik lehetővé.



4. ábra

Az $U_{ki}(U_{be})$ és $I_{be}(U_{be})$ karakterisztikát a bemenő- illetve a kimenő áramkörbe kapcsolt műszerek segítségével vizsgálhatjuk. Ekkor a bemenő feszültséget egy potenciométer közbeiktatásával osszuk le a tápfeszültségről.

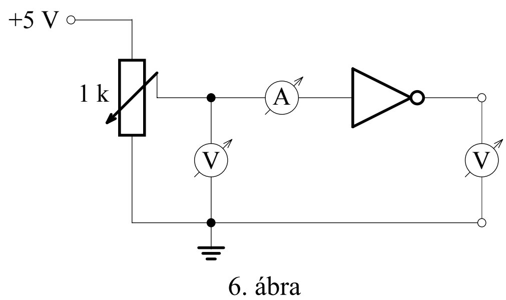
Az 5. ábrán látható kapcsolótáblán jelölt kétbemenetű kapuk tápfeszültséggel ellátva a tábla belsejében nyertek elhelyezést. Mind a bemenetek, mind a kimenetek 0 illetve 1 szintjét jelződiódák mutatják. A kapuk bemeneteire itt is a tábla alsó részén elhelyezkedő banánhüvelyekről adható a logikai 0 és a logikai 1 szintnek megfelelő feszültség.



5. ábra

<u>Feladatok</u>:

1. Mérje ki a 6. ábrán látható kapcsolásban a 7404 INVERTER kapu bemeneti és transzfer-karakterisztikáját. Az eredményeket U_{be} függvényében ábrázolja.

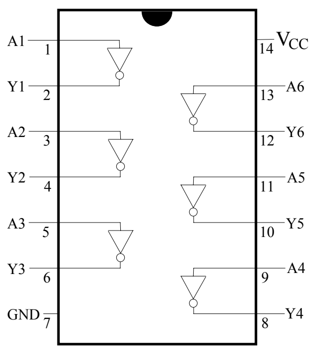


6. ábra

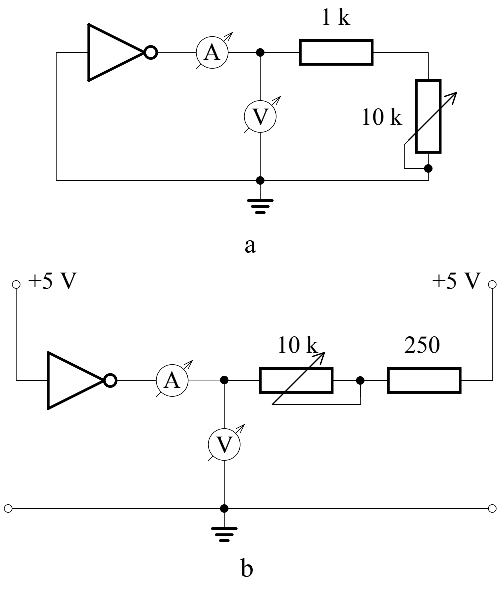
A 7404 INVERTER bekötési rajza:

SN 7404 N	
Kapu, NEM (NOT) Bemenet: 6X1 Kimenet: TP	
Logikai negáció (invertálás) $Q = \overline{A}$ Működési táblázat	
Bemenetek	Kimenetek
0	1
1	0

P = 10 mW/kapu, t_p = 9,5 ns, U_I = 15 V.



2. Mérje ki a 7. ábrán látható kapcsolásban a 7404 INVERTER kapu kimeneti karakterisztikáit a terhelés függvényében: **0** (a ábra) és **1** (b ábra) szinteken. A kimenő feszültséget az I_{ki} függvényében ábrázolja.



7. ábra

3. Készítse el az alábbi (VII. táblázat) igazságtáblázatból a gyakorlatvezető által kiválasztott logikai függvény normálalakját és egyszerűsítse azt! Ezt követően a de Morgan szabályokkal alakítsa át a logikai függvényt NAND kapus alakba! Mindkét esetben készítsen kapcsolási vázlatot és állítsa össze az áramkört! Vizsgálja meg, hogy a kapcsolások valóban azt a függvényt valósítják-e meg, amit kellett!

C	B	A	Q_1	Q_2	Q_3	Q_4	Q_5
0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	1	0	1	0	0	0
0	1	0	0	0	1	0	0
0	1	1	0	1	0	0	0
1	0	0	1	0	1	0	1
1	0	1	1	0	0	1	1
1	1	0	0	0	1	1	0
1	1	1	1	1	0	1	1

VII. táblázat

Kérdések:

1. Mit tartalmaz egy logikai függvény igazságtáblázata?
2. A kapuk rajzjelein mit jelent a kis kör?
3. Hogyan állíthatunk elő mintermet és maxtermet?
4. Mi a diszjunktív és konjunktív normálalak?
5. A kapu tulajdonságai sztatikus körülmények között milyen karakterisztikákkal jellemezhető?
6. A kapuk kimeneti terhelhetőségét hogyan jellemzik?

Ajánlott irodalom:

1. Török M.: Elektronika, JATEPress, Szeged, 2000.