



Miterli Zoltán

Digitális áramkörök mérése

NSZFI
NEMZETI SZAKKÉPZÉSI
ÉS FELNŐTTKÉPZÉSI INTÉZET

A követelménymodul megnevezése:

Távközlési alaptevékenység végzése

A követelménymodul száma: 0908-06 A tartomelem azonosító száma és célcsoportja: SzT-009-50

LOGIKAI ÁRAMKÖRÖK FELÉPÍTÉSE, TERVEZÉSE

ESETFELVETÉS – MUNKAHELYZET

Ön egy informatikai hálózatszerelő cég beosztottjaként gyakran foglalkozik logikai áramkörök tartalmazó berendezések telepítésével, mérésével. A munkahelyére kezdő technikusok érkeztek. Ismertesse velük a logikai áramkörök mérésének módszereit, feladatokon keresztül mutassa be a fontosabb paraméterek mérési lehetőségeit. A mérések előtt tartson összefoglalót a logikai áramkörök felépítéséről, tervezési módjairól!

SZAKMAI INFORMÁCIÓTARTALOM

LOGIKAI ALAPOK

A logikus gondolkodás során az alaptételekből, állításokból, ítéletekből logikai műveletek elvégzésével valamilyen következtetésre jutunk. Ezek az állítások, ítéletek igazak (true), vagy hamisak (false), harmadik lehetőség nincsen. A belőlük levont következtetés is vagy igaz, vagy hamis lehet. Ez a kétféle lehetséges tartalom adta meg a lehetőségét annak, hogy az ún. formális logika törvényeit követő villamos logikai hálózatokat hozzunk létre.

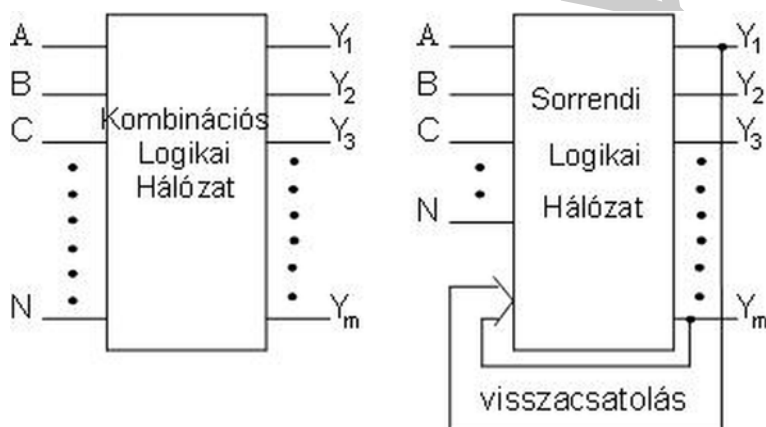
A digitális rendszerekben tehát kétféle jellel dolgozunk, az igaz tartalomnak a logikai 1-et, a hamis tartalomnak a logikai 0-át feleltetjük meg. A hálózatok leírására a bináris (kettes) számrendszert használjuk, hiszen itt a lehetséges jelkészlet 0, vagy 1. A 0-nak, 1-nek megfeleltethetünk elektromos analógiaként nincs feszültség (0) – van feszültség (1) szélső értékeket, vagy a régebbi áramutas rendszerekben nem folyik áram (0) – folyik áram (1) állapotokat.

A logikai hálózatok a bonyolult logikai kapcsolatokat mindig egyszerű, elemi logikai alapl műveletekből állítják elő. Ennek a logikai algebrának az alapjait G. Boole fektette le, mai alkalmazását pedig C.E. Shannon alapozta meg.

A logikai hálózatok bemenetére érkező jeleket **bemeneti logikai változóknak nevezzük. Jelölésükre általában az ABC nagybetűit használjuk.** A bemeneti változók jelentik valamely esemény bekövetkezését, értékük tehát lehet 0, vagy 1. Ezeket a jeleket dolgozza fel a „fekete dobozban” lévő logikai áramkör, velük logikai műveleteket végezve az Y kimenet(ek)en a bemeneti változók állapotától függően 0, vagy 1 értéket állít elő.

A logikai hálózatokat felépítésük szerint alapvetően két nagy csoportra oszthatjuk (1. ábra):

- Legegyszerűbbek a **kombinációs logikai hálózatok**, amelyek a bemenetekre érkező jelek között azonnal elvégzik a logikai műveleteket és ezek eredményét – az áramkörre jellemző késleltetési idő elteltével – a kimenet(ek)en jelzik. A kimenet(ek) következő értéke tehát csak a bemeneti változók kombinációjától függ, a kimenet(ek) előző állapotától nem. Ezt úgy is mondhatjuk, hogy nincs visszacsatolás a kimenet(ek) és a bemenetek között.
- Más a helyzet a **sorrendi logikai hálózatoknál**. A digitális áramkörök nagy része a kimeneti értékeket nem csak a bemenetre érkező jelekből állítja elő, hanem figyelembe veszi a kimenetek előző pillanatbeli értékét is. Más szóval „emlékezik” az előéletére is. Ezt úgy érzük el, hogy a kimenetek közül legalább egy – de lehet, hogy mindegyik – vissza van csatolva a hálózat bemenetére. Tehát ugyanazon bemeneti változókombinációra a hálózat másként válaszolhat, ha a kimenetek előző értéke 0 volt és másként, ha 1.



1. ábra. Logikai hálózatok modellje

1. Logikai alpműveletek

A logikai algebrának 3 alpművelete van, az összes lehetséges logikai függvény ezek kombinációjával megadható. Ezek a **tagadás**, a **logikai ÉS kapcsolat** és a **logikai VAGY kapcsolat**. A hálózatok tervezéséhez még további elemi függvényeket használunk, ezeket is ismertetjük.

A logikai függvényeket jellemezhetjük igazságtáblázatukkal, algebrai alakjukkal vagy logikai rajzjelükkel. Az igazságtáblázatban az összes lehetséges bemeneti változó kombinációra megadjuk a kimenet függvény értékét. A logikai függvény szimbolikus rajzjelével a kapcsolási rajzokon a függvényt helyettesítjük. Az általunk alkalmazott rajzjelek az amerikai szabványos jelölések, hiszen főként az angol nyelvterületről idekerülő katalógusokkal, kapcsolásokkal találkozunk. A logikai kapuk angol elnevezéseit zárójelben adjuk meg.

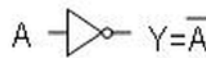
- 1. A tagadás művelete:

A tagadás – más néven negáció, invertálás – azt jelenti, hogy valamely esemény (logikai változó), vagy logikai függvény igazságtartalmát ellenkezőjére változtatjuk. A 0-t 1-re, az 1-et 0-ra váltjuk. Az igazságtáblázata is egyszerű, a 2. ábrán láthatjuk. Ha az A változó értéke 0, akkor az invertálás eredménye 1, ha az A változó értéke 1, akkor pedig 0. Az $Y = \bar{A}$ függvény a tagadás algebrai alakja, ami szintén azt fejezi ki, hogy akkor lesz a kimenet igaz (1 értékű), ha az A változó nem igaz (0 értékű). A tagadás műveleti jele az A változó felülvonása ($\bar{A}$). A továbbiakban ezt úgy olvassuk, hogy „A-negált”. Ha a változó igaz értékű (A), azt úgy is mondhatjuk, hogy „A-ponált”. Azt a logikai áramkört, amely a negálás műveletét elvégzi, inverternek nevezzük.

Igazságtáblázat:

A	$Y = \bar{A}$
0	1
1	0

Rajzjel:



2. ábra. A tagadás művelet

– 2. A logikai ÉS kapcsolat:

A logikai ÉS kapcsolat – más néven konjunkció – legalább két logikai változó között értelmezhető. Az ÉS kapcsolat eredménye csak akkor lesz 1, ha az összes logikai változó 1 értékű. Ha közülük akár egy is 0, akkor az eredmény is 0. Az ÉS kapcsolat műveleti jele a $\wedge$ jel, vagy a szorzás jele ($\cdot$), de ugyanezt jelenti, ha a változókat csak egyszerűen egymás mellé írjuk. Mi a továbbiakban ezt az egymás mellé írást fogjuk használni. Azt a logikai áramkört, amely a változók közötti ÉS kapcsolatot teremti meg, ÉS kapunak (AND GATE-nek) nevezzük. Két logikai változó esetén az ÉS kapcsolat igazságtábláját és rajzjelét a 3. ábrán látjuk.

Igazságtáblázat:

B	A	$Y = A \cdot B = AB$
0	0	0
0	1	0
1	0	0
1	1	1

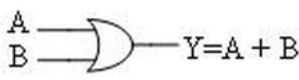
Rajzjel:



3. ábra. A logikai ÉS kapcsolat

– 3. A logikai VAGY kapcsolat:

A logikai VAGY kapcsolat – más néven diszjunkció – szintén legalább két logikai változó között értelmezhető. Ha a változók közül akár egyetlen egy is 1-es értékű, akkor a VAGY kapcsolat eredménye már 1 lesz. Természetesen akkor is 1 lesz az eredmény, ha egyszerre több változó is 1. A függvény értéke csak akkor lesz 0, ha valamennyi változó 0. A VAGY kapcsolat műveleti jele a $\vee$ jel, vagy a $+$ jel. Itt a $+$ jel azonban nem matematikai összeadást jelent, hanem logikait (diszjunkciót). Azt a logikai áramkört, amely a változók közötti VAGY kapcsolatot teremti meg, VAGY kapunak (OR GATE-nek) nevezzük. Két logikai változó esetében a 4. ábrán láthatjuk a VAGY kapcsolat igazságtábláját és rajzjelét.

Igazságtáblázat:			Rajzjel:	
B	A	$Y=A+B$		
0	0	0		
0	1	1		
1	0	1		
1	1	1		

4. ábra. A logikai VAGY kapcsolat

– 4. A logikai NEM ÉS kapcsolat:

Az ÉS függvény tagadott értékét (negáltját) NEM ÉS függvénynek nevezzük (Not AND, NAND). Igazságtáblázatát és a logikai kapu rajzjelét az 5. ábra mutatja.

Igazságtáblázat:			Rajzjel:	
B	A	$Y=\overline{AB}$		
0	0	1		
0	1	1		
1	0	1		
1	1	0		

5. ábra. A logikai NEM ÉS kapcsolat

– 5. A logikai NEM VAGY kapcsolat:

A VAGY függvény tagadott értékét (negáltját) NEM VAGY függvénynek nevezzük (Not OR, NOR). Igazságtáblázatát és a logikai kapu rajzjelét a 6. ábrán figyelhetjük meg.

Igazságtáblázat:

B	A	$\overline{Y=A+B}$
0	0	1
0	1	0
1	0	0
1	1	0

Rajzjel:

6. ábra. A logikai NEM VAGY kapcsolat

– 6. A logikai KIZÁRÓ VAGY kapcsolat:

Ez a logikai függvény csak két változó esetén értelmezhető. Csak abban az esetben lesz a kimeneten 1, ha a két változó nem egyforma (nem egyenlő). Ezt a függvényt KIZÁRÓ VAGY-nak, más néven antivalencia függvénynek nevezzük (EXclusive OR, EXOR). Műveleti jele a $\oplus$ jel. Igazságtáblázatát és a logikai kapu rajzjelét a 7. ábrán láthatjuk.

Igazságtáblázat:

B	A	$Y=A \oplus B$
0	0	0
0	1	1
1	0	1
1	1	0

Rajzjel:

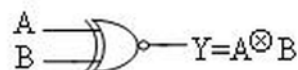
7. ábra. A logikai KIZÁRÓ VAGY kapcsolat

– 7. A logikai NEM KIZÁRÓ VAGY kapcsolat:

Ez a függvény az előzőnek a negáltja, a függvény értéke akkor lesz 1, ha a két változó egyforma értékű (egyenlő). A függvényt ekvivalenciának nevezzük (EXclusive NOR, EXNOR). Műveleti jele a bekarikázott szorzásjel ($\otimes$). Igazságtáblázatát és a logikai kapu rajzjelét a 8. ábrán láthatjuk.

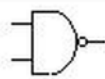
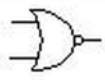
Igazságtáblázat:

B	A	$Y=A \otimes B$
0	0	1
0	1	0
1	0	0
1	1	1

Rajzjel:

8. ábra. A logikai NEM KIZÁRÓ VAGY kapcsolat

Végül, mintegy összefoglalásként a 9. ábrán lévő táblázatban közöljük az eddig megismert logikai kapuk összehasonlító, amerikai, a német és a magyar (MSZ) szabványos rajzjeleit.

LOGIKAI KAPU	AMERIKAI RAJZJEL	NÉMET RAJZJEL	ÚJ MSZ
Inverter			
AND			
NAND			
OR			
NOR			
EXOR			
EXNOR			

9. ábra. Logikai kapuk rajzjelei

2. A boole algebra alaptételei, szabályai

A Boole-algebra alpműveleteinek áttekintése után összefoglaljuk azokat az alpműveletekre vonatkozó szabályokat, tételeket, amelyeket a digitális technikában leggyakrabban használunk. A csoportosítás is elsősorban a gyakorlati felhasználásnak megfelelő, nem tükrözi a teljes axiómarendszert.

- A tagadás törvénye:

$$\overline{0} = 1 \quad \overline{1} = 0$$

- A kettős tagadás törvénye: ha egy logikai változót kétszer tagadunk, akkor az eredeti értékét kapjuk vissza.

$$\overline{\overline{0}} = 0 \quad \overline{\overline{1}} = 1 \quad \overline{\overline{A}} = A$$

- Logikai 0 és 1 ÉS, illetve VAGY kapcsolata:

$$0 + 0 = 0 \quad 0 + 1 = 1 + 0 = 1 \quad 1 + 1 = 1$$

$$0 \cdot 0 = 0 \quad 0 \cdot 1 = 1 \cdot 0 = 0 \quad 1 \cdot 1 = 1$$

- Változó és állandó érték logikai kapcsolata:

$$A + 0 = A \qquad A + 1 = 1$$

$$A \cdot 0 = 0 \qquad A \cdot 1 = A$$

- Műveletek azonos változóval:

$$A + A + \dots + A = A$$

$$A \cdot A \cdot \dots \cdot A = A$$

$$A + \overline{A} = 1 \qquad A \cdot \overline{A} = 0$$

- Kommutativitás (felcserélhetőség) szabálya:

$$A + B = B + A$$

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

- Asszociativitás (társíthatóság) szabálya:

$$A + (B + C) = (A + C) + B = (A + B) + C = A + B + C$$

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

- Disztributivitás (szétoszthatóság) szabálya:

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

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

- De Morgan azonosságok:

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

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

3. Logikai függvények megadása szabályos algebrai alakban

Ha a függvényt olyan algebrai alakban adjuk meg amelyben csak logikai összegzés, logikai szorzás és negáció fordul elő, és ezeket is szabályszerű alakba rendezzük, akkor kétféle ekvivalens felírási lehetőségünk van. Most ezt a kétféle felírási módot vizsgáljuk meg, egyben gyakorolva a függvények megadását egy szöveges feladat alapján.

Legyen feladatunk egy többségi szavazó áramkör elkészítése 3 bemenet esetén! Az áramkör az Y kimenetén a szavazás végeredményének megfelelő logikai értékeket szolgáltatassa! Ha a 3 bemenet közül legalább 2 igen (logikai 1), akkor a többségi szavazás eredménye igen (Y=1), különben nem (Y=0). A 3 bemenetet jelöljük A,B és C bemeneti változóként.

A feladat első lépéseként elkészítjük a megvalósítandó függvény igazságtáblázatát (10. ábra). Tudjuk, hogy 3 bemeneti változó esetén $2^3 = 8$ kombináció lehetséges. Ezeket a kombinációkat célszerűen bináris sorrendben egymás alá írva megadjuk a kimenet értékeit.

A függvényt az igazságtáblázatból legegyszerűbben úgy olvashatjuk ki, hogy megnézzük milyen bemeneti változókombinációk esetén lesz igaz ($Y=1$). A bemeneti változók ezen értékeinek egyszerre kell teljesülni, közöttük ÉS kapcsolat van. Algebrai alakban felírva – ha a változó igaz (1), akkor a ponáltjával ha nem igaz (0), akkor a negáltjával – ezeket az esetet: $Y = \overline{C}BA + C\overline{B}A + \overline{C}B\overline{A} + CBA$. Ebben az esetben a függvényt logikai szorzatok összegeként adtuk meg.

Ezt a rendezett, szabályos alakot diszjunktív teljes normál alaknak nevezzük. Az igazságtáblázat egy kombinációs sorának szorzattagját mintermnek nevezzük, jele az m betű.

Ha a bemeneti változók kombinációit bináris sorrendben írjuk be az igazságtáblázatba, akkor az egyes kombinációkhoz rendelt mintermek indexei megegyeznek a binárisan felírt bemeneti változókombináció decimális megfelelőjével (10. ábra). A függvényt megadhatjuk a mintermek logikai összegeként is: $Y = m_3 + m_5 + m_6 + m_7$.

m	C	B	A	Y	M	C	B	A	Y
0	0	0	0	0	7	0	0	0	0
1	0	0	1	0	6	0	0	1	0
2	0	1	0	0	5	0	1	0	0
3	0	1	1	1	4	0	1	1	1
4	1	0	0	0	3	1	0	0	0
5	1	0	1	1	2	1	0	1	1
6	1	1	0	1	1	1	1	0	1
7	1	1	1	1	0	1	1	1	1

10. ábra. Szavazó áramkör igazságtáblázata

A gyakorlatban még ennél is rövidebb formában adjuk meg a függvényt: $Y = \Sigma^3(3,5,6,7)$. A zárójelben csak azokat a sorszámokat adjuk meg, ahol a függvény igaz. A görög Σ (szumma, logikai összeg) jelzi, hogy ez egy diszjunktív normál alak, tehát a sorszámok mintermsorszámok. A Σ felső indexe a bemeneti változók számát mutatja.

Bármely logikai függvény felírható összegetényezőök logikai szorzataként is. Az igazságtáblázatból történő felíráshoz a kétszeres tagadást és a De Morgan azonosságokat alkalmazzuk. Először írjuk fel a függvény negáltját, olvassuk ki azokat a változókombinációkat amikor a függvény nem igaz ($Y=0$): $\overline{Y} = \overline{C}B\overline{A} + C\overline{B}A + \overline{C}B\overline{A} + CBA$. Az eredeti függvényt visszkapjuk, ha ezt még egyszer negáljuk: $Y = \overline{\overline{Y}} = \overline{\overline{C}B\overline{A} + C\overline{B}A + \overline{C}B\overline{A} + CBA}$.

Ha alkalmazzuk a De Morgan azonosságokat, akkor megkapjuk a függvény másik szabályos formáját: $Y = (C + B + A) \cdot (\bar{C} + B + A) \cdot (C + \bar{B} + A) \cdot (C + B + \bar{A})$.

Ezt a rendezett, szabályos alakot konjunktív teljes normál alaknak nevezzük. A szorzattagokban lévő összegtényezőket maxtermeknek nevezzük, jele az M betű.

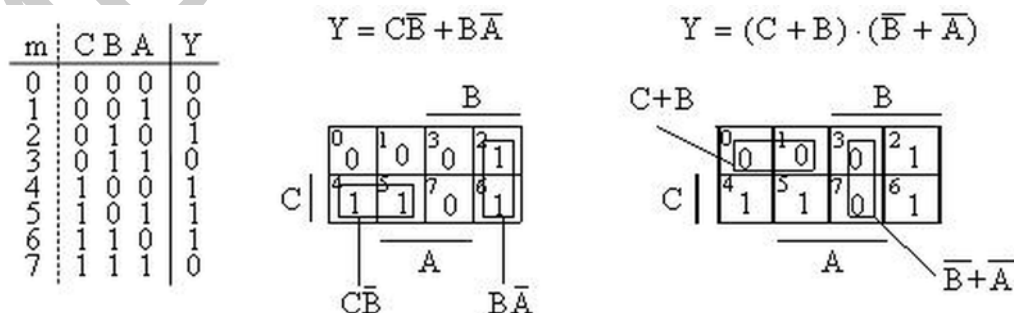
A maxtermek indexeit szintén az összegtényezők által felírt bináris szám decimális megfelelője adja. A függvényt megadhatjuk a megfelelő maxtermek logikai szorzataként: $Y = M_7 \cdot M_3 \cdot M_5 \cdot M_6$. Még rövidebb alakban: $Y = \Pi^3(3,5,6,7)$. A zárójelben csak a maxtermsorszámokat adjuk meg. A Π (produktum, logikai szorzat) jelzi a tagok közötti szorzatképzést. A maxtermek sorszámait is beírhatjuk az igazságtáblázatba, csak itt a számozás alulról kezdődik (10. ábra).

4. Logikai függvények egyszerűsítése, megvalósítása logikai kapukkal

A kombinációs hálózatok algebrai leírásának legtöbbször az a célja, hogy a Boole algebrai szabályok és azonosságok segítségével az adott függvényt minél egyszerűbben – minimális számú logikai kapuval – megvalósíthassuk. A minimalizálás történhet algebrai-, vagy grafikus módszerrel. Az algebrai módszer – a Boole algebrai szabályok és azonosságok alkalmazása – igen nehézkes és bonyolult (főleg 4–5, vagy több bemeneti változó esetén) folyamat, ezért inkább a grafikus módszert alkalmazzuk.

A grafikus egyszerűsítési módszerek közül a **Weitch–Karnaugh táblázat (a továbbiakban V–K tábla)** a legelterjedtebb, mi is ezt ismertetjük. A V–K tábla tulajdonképpen a függvény igazságtáblázatának egy célszerűen átrendezett formája. Az egyszerűsíthetőség érdekében úgy kell a táblázatot kialakítani, hogy a szomszédos termek (cellák) csak egy változóban különbözzenek egymástól. Ebben az esetben alkalmazhatjuk az azonosságok közül a kiemelést: $A \cdot B + A \cdot \bar{B} = A \cdot (B + \bar{B}) = A \cdot 1 = A$.

Az egyszerűsítés lépéseit egy egyszerű példán mutatjuk be: $Y = \Sigma^3(2,4,5,6)$. A függvény igazságtáblázatát és a V–K táblát a 11. ábra mutatja.



11. ábra. V–K táblázat

A táblázat szélein vannak feltüntetve a bemeneti változók, a cellákba pedig a megfelelő változókombinációkhoz rendelt függvényértékeket írjuk. A cellákat – a sakktáblához hasonlóan – úgy olvassuk ki, hogy a hozzá tartozó oszlop- és sorváltozó értékeit helyi érték helyesen egymás mellé írjuk.

A könnyebb felismerhetőséget segítő az egyes cellák sarkaiba beírtuk a mintermsorszámokat is. Például a táblázat bal felső sarkában lévő cellához a BA oszlopváltozók 00 és a C sorváltozó 0 értéke tartozik. Tehát ebben a cellában a 0-ás sorszámú mintermhez tartozó függvényérték található.

A táblázat peremezésénél a bemeneti változókombinációk nem bináris sorrendben követik egymást. A 01 után binárisan az 10 következne, de ebben az esetben a szomszédos cellák már két változóban különböznének egymástól, ezért a 01 után az 11 következik, majd az 10. Így betartottuk a kiemelés lehetőségéhez szükséges szabályt. Ez a sorrendiség érvényes mind a sor- mind az oszlopváltozóknál.

A függvény teljes diszjunktív alakjának minimalizálása a V-K táblázatban:

Ebben az esetben a függvény logikai 1-es értékeire kell koncentrálnunk (11. ábra). Láthatjuk, hogy a 4. oszlopban két 1-es található egymás alatt. A két term csak egy változóban különbözik egymástól ($\overline{C} B \overline{A}$ és $C B \overline{A}$), tehát összevonhatók. Az összevonást úgy jelöljük, hogy az összevonandó cellákat hurokkal közrefogjuk, és – hogy el ne felejtjük – melléírjuk az összevonás eredményét: $B \overline{A}$. A két term között a C változóban van eltérés, tehát a C változó kiesik. Ennek megfelelően az 4-es minterm sorszámú cella összevonható a 5-össe ($\overline{C} B \overline{A}$ és $C B \overline{A}$). Az A változó értékében különbözik a két term, tehát az egyszerűsítés eredménye: $C \overline{B}$.

A legegyszerűbb diszjunktív alakot akkor kapjuk, ha az összes 1-est a lehető legkevesebb és legnagyobb hurokkal letakartuk. További összevonás felesleges, mert ezzel visszabővítjük a függvényt.

A példánknál maradván két kettős hurokkal letakartuk az összes egyest, tehát a hurokfüggvényeket kiolvassuk (egymással VAGY kapcsolatba hozva) megkapjuk a végeredményt: $Y = C \overline{B} + B \overline{A}$.

A függvény teljes konjunktív alakjának minimalizálása a V-K táblázatban:

Ebben az esetben a függvény logikai 0-ás értékeire kell koncentrálnunk (11. ábra). A konjunktív alakot az igazságtáblázatból a kétszeres tagadás törvényének, és a De Morgan azonosságok alkalmazásával származtattuk.

Most is ezt az utat járjuk, csak a kétszeres tagadást „fejben” hajtjuk végre, nem írjuk le:

- Az első negációt úgy végezzük el, hogy nem a táblázatban lévő 1-eseket hanem a 0-kat igyekszünk a legkevesebb, és lehető legnagyobb hurokkal letakarni.

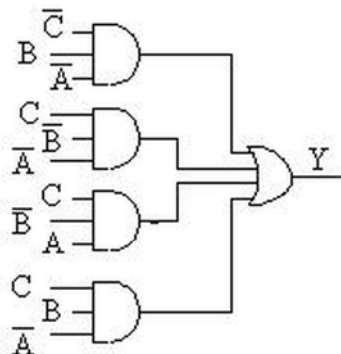
- A második negálást a hurokfüggvények kiolvasásakor végezzük el. A maxtermben a megmaradó változók értékét negálva írjuk le.

A legegyszerűbb konjunktív alakot akkor kapjuk, ha az összes 0-át a lehető legkevesebb és legnagyobb hurokkal letakartuk. További összevonás felesleges, mert ezzel visszabővítjük a függvényt.

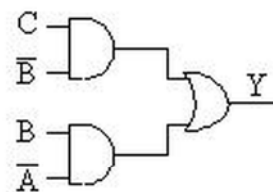
A példánknál maradva két kettes hurokkal letakartuk az összes nullát, tehát a hurokfüggvényeket kiolvasva (egymással ÉS kapcsolatba hozva) megkapjuk a végeredményt: $Y = (C + B) \cdot (\bar{B} + \bar{A})$.

A függvények megvalósítása a már ismert logikai kapukkal történik. A függvény megvalósítását mindig a belső függvénykapcsolatokkal kezdjük. Diszjunktív alaknál első lépésben a változók közötti ÉS kapcsolatokat építjük meg, majd a mintermek közötti VAGY kapcsolatokat fejezzük be. Konjunktív alaknál a változók közötti VAGY kapcsolatokat kezdjük, aztán a maxtermek ÉS kapcsolata következik. A kétféle megvalósítás teljesen egyenértékű (12. ábra).

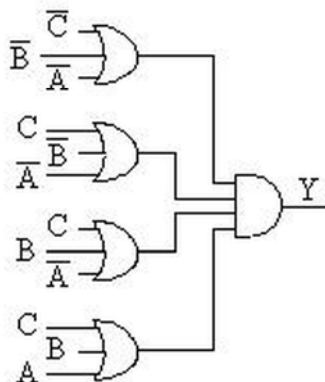
$$Y = \bar{C}\bar{B}\bar{A} + C\bar{B}\bar{A} + C\bar{B}A + CBA$$



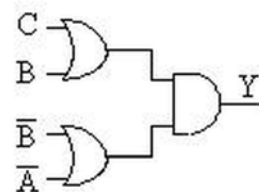
$$Y = C\bar{B} + B\bar{A}$$



$$Y = (\bar{C} + \bar{B} + \bar{A})(C + \bar{B} + \bar{A})(C + B + \bar{A})(C + B + A)$$



$$Y = (C + B)(\bar{B} + \bar{A})$$

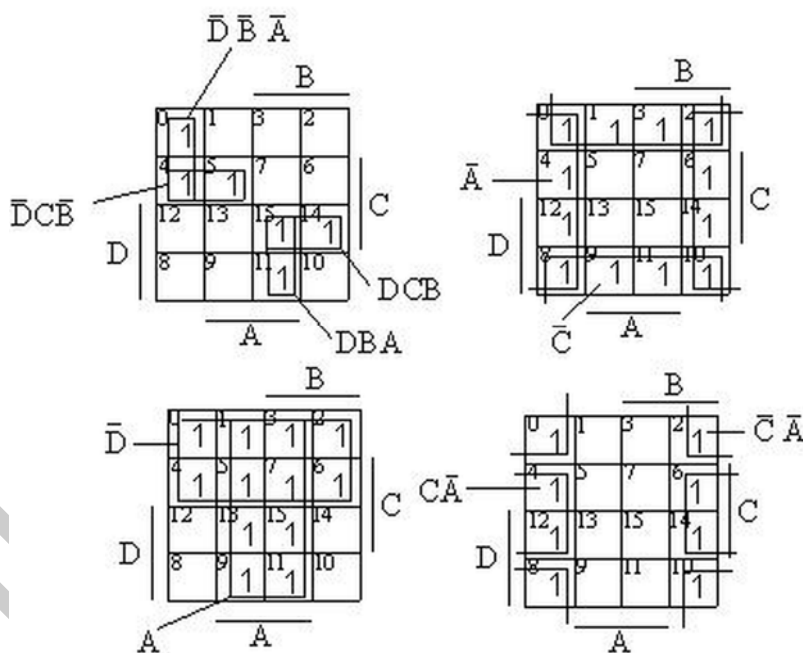


12. ábra. A függvény megvalósítása logikai kapukkal

Az egyszerűsítés eredményeként kapott kapcsolási rajz mellett láthatjuk a teljes alakok megvalósítását is. Ennél az egyszerű feladatnál is kevesebb bemenetű- és darabszámú logikai kapura van szükség a megvalósításhoz.

A lehetséges összevonásokat egy 4 változós V-K tábla esetén foglaljuk össze (13. ábra):

- 1. Megfelelő alakzatban lévő (a szomszédos cellák egy változóban különböznek) termek közül általánosságban 2^n vonható össze, ahol $n=1,2,3,\dots$ stb.
- 2. Két egymás melletti, alatti term összevonható, ekkor 1 változó esik ki.
- 3. A széleken lévő 2 term (oszlopban vagy sorban) összevonható.
- 4. Négy db, négyzet alakzatban elhelyezkedő term összevonható, ekkor 2 változó esik ki. A négyzet elhelyezkedhet kettesével a táblázat szélein is. Képzeljük el, hogy a táblázatot akár a sorok akár az oszlopok mentén – mint egy papírlapot – összehajthatjuk, a széleken lévő termek is csak egy változóban különböznek egymástól.
- 5. A 4 sarokban lévő term összevonható.
- 6. Teljes sorok, oszlopok összevonhatók.
- 7. Két szomszédos sor vagy oszlop (a tábla szélein is) összevonható.



13. ábra. Lehetséges összevonások 4 változó esetén

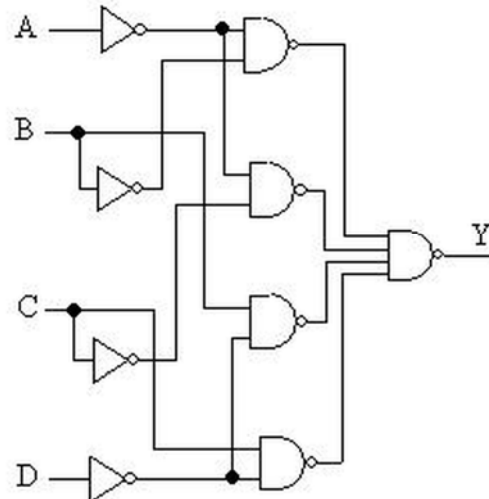
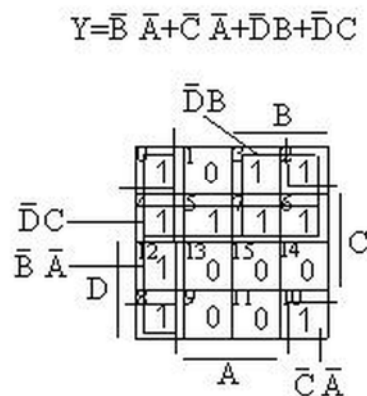
Az eddig tanult szabályokat alkalmazva oldjuk meg az alábbi feladatot: $Y = \sum^4(0,2,3,4,5,6,7,8,10,12)$! Minimalizáljuk az alábbi alakban megadott függvényt diszjunktív alakra és a leegyszerűsített változatát rajzoljuk meg NAND kapukkal!

Először vegyük fel a függvény igazságtáblázatát, majd rajzoljuk meg a V-K táblát. A táblázaton a lehetséges összevonásokat elvégezve megkapjuk a megoldást, amit a kapcsolási rajzzal együtt a 14. ábrán láthatunk.

A függvény diszjunktív alakját – amely egy ÉS-VAGY hálózattal realizálható – a De Morgan azonosságok és a kettős tagadás alkalmazásával könnyen átírhatjuk NEM ÉS kapcsolatokká:

$$Y = \overline{B} \overline{A} + \overline{C} \overline{A} + \overline{D} B + \overline{D} C = \overline{\overline{B} \overline{A} + \overline{C} \overline{A} + \overline{D} B + \overline{D} C} = \overline{\overline{B} \overline{A}} \cdot \overline{\overline{C} \overline{A}} \cdot \overline{\overline{D} B} \cdot \overline{\overline{D} C}.$$

m	D	C	B	A	Y
0	0	0	0	0	1
1	0	0	0	1	0
2	0	0	1	0	1
3	0	0	1	1	1
4	0	1	0	0	1
5	0	1	0	1	1
6	0	1	1	0	1
7	0	1	1	1	1
8	1	0	0	0	1
9	1	0	0	1	0
10	1	0	1	0	1
11	1	0	1	1	0
12	1	1	0	0	1
13	1	1	0	1	0
14	1	1	1	0	0
15	1	1	1	1	0



14. ábra. Mintafeladat megoldása

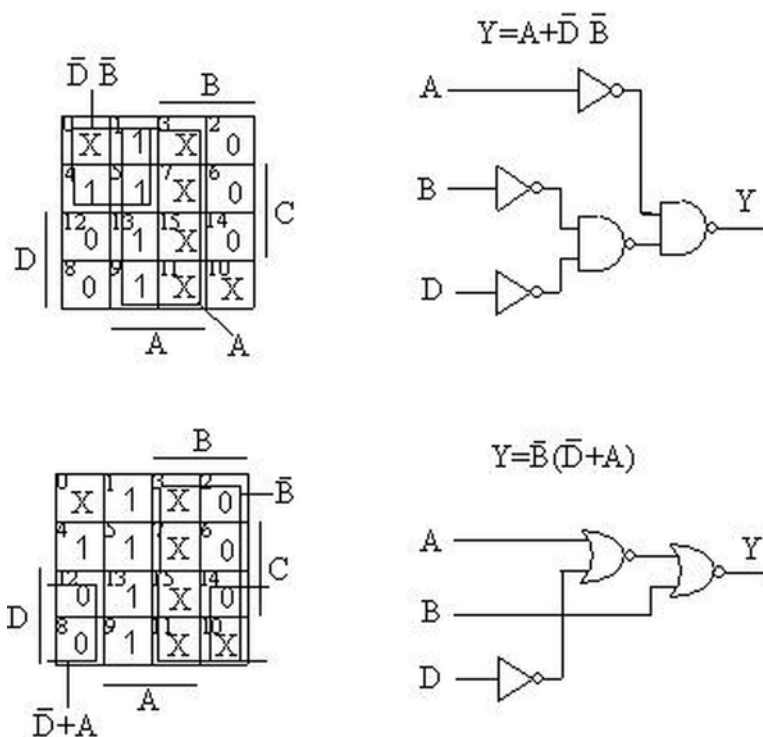
Látjuk, hogy egy bonyolultnak tűnő függvény esetében is egyszerű hurkolásokkal gyorsan eredményt érhetünk el. Mivel a lehető legnagyobb és legkevesebb hurokkal takartuk le az egyeseket, biztosak lehetünk benne, hogy a legegyszerűbb diszjunktív alakot kaptuk.

Kombinációs hálózatok tervezésénél gyakran előfordul, hogy vannak olyan bemeneti változó kombinációk, amelyek a normális működés közben nem fordulhatnak elő. Ha mégis egy ilyen kombináció kerül a hálózat bemenetére, akkor a kimeneti függvény értéke határozatlan (lehet 0 is, 1 is). Ezeket az állapotokat *határozatlan állapotoknak*, *don't care-nek* nevezzük.

A függvény megadásánál ezeket a termeket a sorszám felső indexeként egy h betűvel jelöljük. Az igazságtáblázat és a V-K táblázat ezen helyeire pedig X-et, vagy h betűt írunk. A függvény egyszerűsítésénél ezeket a cellákat – ha az nekünk kedvező – vehetjük akár 0-nak, akár 1-nek.

A jobb érhetőséget segítő nézzünk erre egy példát:
 $Y = \Sigma^4(0^h, 1, 3^h, 4, 5, 7^h, 9, 10^h, 11^h, 13, 15^h)$. Egyszerűsítsük a függvényt diszjunktív- és konjunktív normál alakra is, és rajzoljuk meg a minimál alakokat NAND ill. NOR kapukkal! Vigyázzunk, hogy a don't care-eket feleslegesen ne vonjuk be hurokba! A feladat megoldását a 15. ábrán követhetjük végig.

A függvény konjunktív alakját – amely egy VAGY-ÉS hálózattal realizálható – a De Morgan azonosságok és a kettős tagadás alkalmazásával könnyen átírhatjuk NEM VAGY kapcsolatokká: $Y = \overline{B} \cdot (\overline{D} + A) = \overline{B} \cdot (\overline{D} + A) = B + (\overline{D} + A)$.



15. ábra. Határozatlan állapot kezelése

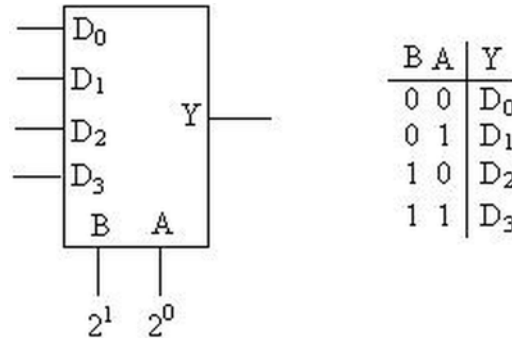
5. Feladatspecifikus kombinációs hálózatok

A digitális átviteltechnikai és informatikai hálózatoknál nagyon sokszor találkozunk olyan funkciókkal, amelyek elvégzésére speciális logikai hálózatokat fejlesztettek ki. Ezek közül foglaljuk össze a legfontosabbakat ebben a fejezetben. Megismerkedünk funkciójukkal, vezérlőjeleikkel, alkalmazási lehetőségeikkel. Az egyes áramköröket tömbvázlatszinten ábrázoljuk. Az áramkörök ismertetésénél bemutatunk egy-egy konkrét típust is a Texas Instruments által forgalmazott TTL integrált áramkörcsaládból.

1. Multiplexerek

A multiplexert (MUX) magyarul legtalálósabban adatválasztónak nevezhetjük. Feladata, hogy a bemeneteire (Data Inputs) érkező jelek közül egyet a kimenetére engedjen. Azt, hogy a bemenetek közül melyik értéke jelenjen meg a kimeneten, a címbemenetek (Address) határozzák meg. Mindig az a decimális indexű adat kerül a kimenetre, amelynek megfelelő bináris szám érkezik a címbemenetekre. Ekkor a további bemenetek logikai értékétől a kimenet független. A multiplexer tömbvázlatát és vezérlőjeleit az 16. ábrán tanulmányozhatjuk.

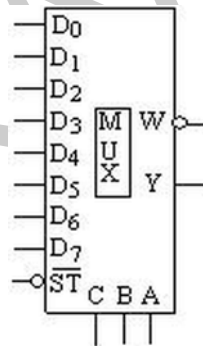
Az ábrán megadtuk a címbemenetek (B, A) súlyozását is. Belátható, hogy „n” darab címbemenettel 2^n számú adatot tudunk megcímezni, szelektálni. A tömbvázlat egy „négy az egyre” ($4 \rightarrow 1$) multiplexert ábrázol. Ez 4 adatbemenet közül tud – a címbemenetek értékétől függően – kiválasztani egyet, és annak értékét adja a kimenetén.



16. ábra. $4 \rightarrow 1$ Multiplexer

A multiplexerek leggyakoribb alkalmazási területe a különböző helyekről érkező adatok, vezérlőjelek szelektálása (pl. vonalkiválasztás, vonallekérdezés többcsatornás adatátvitelnél).

A Texas Instruments SN 74151 számú áramkörének felépítését látjuk a 17. ábrán, amely egy $8 \rightarrow 1$ multiplexer.

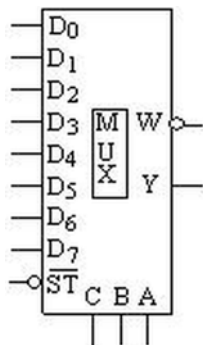


17. ábra. SN 74151 multiplexer

Az Y kimenet a ponált- és a W a negált kimenet. Egy új vezérlőjelet is felfedezhetünk az ábrán, ez a STROBE, engedélyezés. A jelöléséből láthatóan ez egy aktív 0-ás bemenet, tehát akkor engedélyezi a MUX működését, ha erre a bemenetre logikai 0-át adunk. Ha a bemenetre logikai 1 kerül, akkor az egész áramkör le van tiltva. Ekkor az adatbemenetek- és címbemenetek értékeitől függetlenül az Y kimenet 0 lesz, a W pedig 1.

2. Demultiplexerek/dekódoló áramkörök

Funkciójuk hasonló mint a multiplexereké, csak nem adatválasztásra, hanem adat- és vezérlőjelek elosztására alkalmasak. A beérkező adat mindig a címbemenet által meghatározott decimális indexű kimenetre kerül. A 18. ábrán egy 1→4 demultiplexer blokkvázlatát ábrázoljuk.

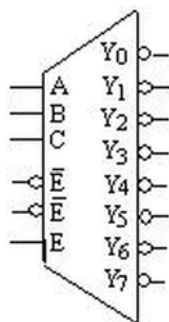


18. ábra. 1→4 Demultiplexer

A multiplexerrel való azonos felépítése miatt a gyakorlatban (pl. analóg jeleknél, digitális jeleknél CMOS technológiájú áramkörök esetében) nincs külön multiplexer illetve demultiplexer, hiszen ezeken a „kapcsolókon” mindkét irányban folyhat az áram. A bipoláris tranzisztoros (TTL) áramköröknél ez nem lehetséges, itt a két funkciót külön kell megvalósítani.

A demultiplexerek tipikus gyakorlati alkalmazása a dekódolás (pl. 3→8, 4→10, 4→16). Ebben az esetben a bináris bemeneteknek megfelelő decimális sorszámú kimenet lesz aktív. A katalógusokban általában ezért a demultiplexerek/dekódolók közös címszó alatt szerepelnek.

A Texas Instruments SN 74138 számú áramkörének felépítését látjuk a 19. ábrán, amely egy 1→8 demultiplexer és 3→8 dekóder is egyben.



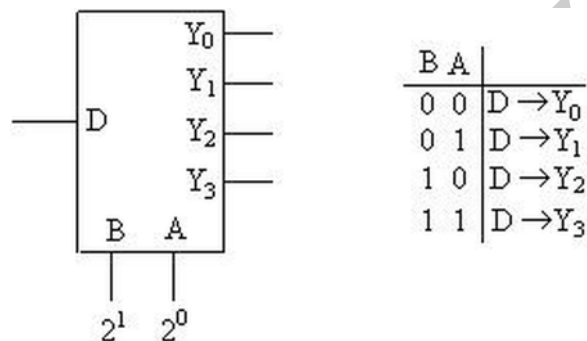
19. ábra. SN 74138, 1→8 demultiplexer és 3→8 dekóder

A címbemenetek (C, B, A) súlyozása itt is ugyanaz mint a multiplexereknél. A 3 engedélyező bemenet (Enable) lehetővé teszi, hogy – külső logikai kapuk alkalmazása nélkül – 3 feltétel együttes teljesülésétől tegyük függővé az áramkör működését. A két $\bar{E}$ bemenetre 0-át, az E bemenetre pedig 1-et kell egyidejűleg kötni ahhoz, hogy engedélyezzük a DEMUX-ot.

Az áramkört 3→8 dekóderként úgy értelmezzük, hogy mindig csak a címbemenetek által kijelölt decimális indexű kimeneten lesz 0, a többin pedig 1 (aktív 0-ás kimenetek).

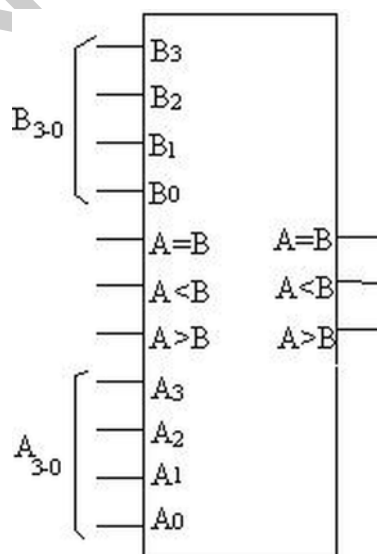
3. Digitális komparátorok

A digitális komparátorok (összehasonlító áramkörök) két bináris szám összehasonlítását végzik el, és az összehasonlítás eredményét a kimeneteken jelzik (20. ábra). A három kimenet közül a komparálás eredményének megfelelő kimeneten 1 lesz, a másik kettőn 0.



20. ábra. Digitális komparátor

A Texas Instruments SN 7485 számú áramkörének felépítését látjuk a 21. ábrán, amely egy 4 bites komparátor, tehát 2 db 4 bites bináris szám összehasonlítására alkalmas.



21. ábra. SN 7485 4 bites komparátor

Az A és B bemeneteken kívül még három bemenete van amelyek lehetővé teszik az egységek bővítését. A gyakorlatban gyakran előfordul, hogy 4 bitesnél nagyobb számokat kell összehasonlítani. A bővítő bemenetekre ekkor az előző csoport megfelelő relációs kimeneteit kötjük, hiszen ezen kimenetek értékei is befolyásolják a végső eredményt.

TANULÁSIRÁNYÍTÓ

Az alapvető logikai tervezési készség kialakulásához sok feladat megoldásán keresztül vezet az út. Ezekből néhányat az önellenőrző feladatoknál megtalálhatunk. Ha elakadunk a feladat megoldásában, akkor térjünk vissza az adott elméleti anyagrészhöz és újra ismételjük át a tudnivalókat.

Ha rendelkezésünkre áll az Internet, a különböző alkatrészgyártó- illetve forgalmazó cégek honlapjain is hozzájuthatunk kiegészítő és hasznos információkhoz (pl. www.ti.com, a Texas Instruments honlapjának neve). Ezen feladatok elvégzését csoportmunkában is végrehajthatjuk.

ÖNELLENŐRZŐ FELADATOK**1. feladat**

Válaszoljon az alábbi kérdésekre! A válaszokat írja be az üres megoldásblokkba!

a) Miért alkalmas a bináris (kettes) számrendszer a logikai hálózatok leírására?

b) Milyen alapműveletei vannak a Boole-algebrának?

c) Mikor beszélünk diszjunktív normál alakról? Mi a minterm fogalma?

d) Mikor nevezünk egy logikai függvényt minimál alakúnak?

e) Milyen egyszerűsítési szabályt alkalmazunk a grafikus egyszerűsítésnél?

f) Lehet-e a táblázat átlóiban elhelyezkedő termeket összevonni? Indokolja meg a választ!

g) Milyen állapotokat nevezünk don't care-nek?

h) Mi a multiplexer?

i) Mi a demultiplexer definíciója?

j) Mi a digitális komparátorok feladata?

2. feladat

V-K táblázattal egyszerűsítse az alábbi függvényeket diszjunktív normál alakra, és rajzolja meg a minimál alakokat NAND kapukkal!

a) $Y = \Sigma^3(0^h, 1, 3^h, 6)$

b) $Y = \Sigma^4(0,1^h,2,4,6^h,8,10,15^h)$

3. feladat

V-K táblázattal egyszerűsítse az alábbi függvényeket konjunktív normál alakra, és rajzolja meg a minimál alakokat NOR kapukkal!

a) $Y = \Pi^3(1,3,5,6,7)$

b) $Y = \Pi^4(2,3^h,4,6,7,8^h,13^h,14,15)$

MEGOLDÁSOK

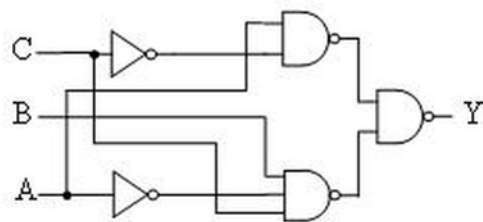
1. feladat

- a) A formális logika állításai, ítéletei és az ezekből levont következtetések csak igazak vagy hamisak lehetnek. Ennek a rendszernek az albegrai leírására egy „kétértékű”, tehát bináris számrendszer alkalmas.
- b) A Boole-algebrának 3 alpművelete van: a tagadás (negáció), a logikai VAGY kapcsolat (diszjunkció) és a logikai ÉS kapcsolat (konjunkció). Ezzel a 3 alpművelettel, vagy ezek kombinációival az összes logikai hálózat leírható.
- c) Ha a függvényt logikai szorzatok összegeként adjuk meg, akkor diszjunktív normál alakot kapunk. A függvény logikai szorzattagjait mintermeknek nevezzük.
- d) Egy logikai függvény akkor minimál alakú, ha benne minimális számú tag van és ezekben a tagokban minimális számú változó fordul elő.
- e) Grafikus egyszerűsítésnél úgy helyezzük el a táblázatban a termeket, hogy a szomszédok között csak egy változóban legyen különbség. Ebben az esetben az(ok) a változó(k) amely(ek) a szomszédos cellákban nem azonos logikai értéken szerepel(nek), az egyszerűsítés során kimarad(nak). Az alkalmazott azonosság: $CBA + CB\bar{A} = CB(A + \bar{A}) = CB1 = CB$.
- f) A táblázat átlóiban elhelyezkedő termek nem vonhatók össze, mert közöttük legalább két változó értékében is különbség van.
- g) Azokat a bemeneti változókombinációkat amelyek előfordulása esetén a kimeneti függvény nincs értelmezve, don't care-eknek (határozatlan állapotoknak) nevezzük.
- h) A multiplexer egy olyan adatválasztó, amely a bemenetére érkező adatok közül a címbemeneteknek megfelelő decimális sorszámút engedi a kimenetére.
- i) A demultiplexer egy olyan adatelosztó, amely a bemenetére érkező adatot a címbemeneteknek megfelelő decimális sorszámú kimenetre engedi.
- j) A digitális komparátorok elvégzik a bemenetükre érkező két bináris szám összehasonlítását és a kimenetükön jelzik az összehasonlítás eredményét.

2. feladat

- a) $Y = \Sigma^3(0^h, 1, 3^h, 6)$

	B				
	0	1	2	3	
$\bar{C}A$	h	1	h	0	C
	4	0	0	1	
	5	0	0	1	
	6	0	0	1	
	A				

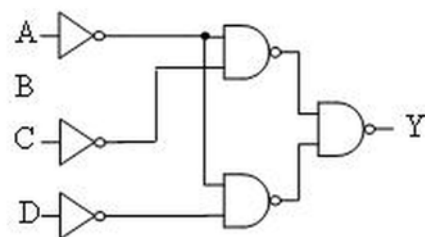


$$Y = \bar{C}A + CBA = \overline{\bar{C}A} \cdot CBA$$

22. ábra. A 2 a) feladat megoldása

b) $Y = \Sigma^4(0,1^h,2,4,6^h,8,10,15^h)$

	B				
	0	1	2	3	
	4	h	0	1	C
	5	0	0	h	
	6	0	0	h	
	7	0	0	h	
D	8	1	0	0	C
	9	0	0	1	
	10	0	0	1	
	11	0	0	1	
	A				



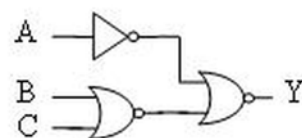
$$Y = \bar{C}A + \bar{D}A$$

23. ábra. A 2 b) feladat megoldása

3. feladat

a) $Y = \Pi^3(1,3,5,6,7)$

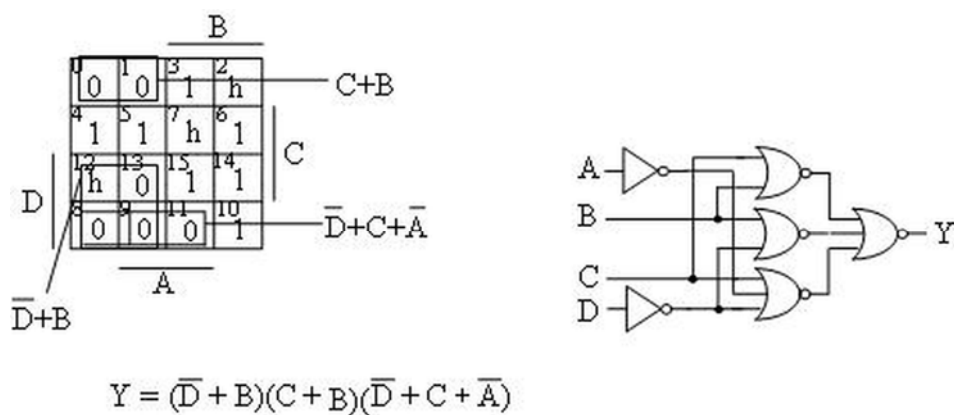
	B				
	0	1	2	3	
	4	0	1	0	C
	5	0	1	0	
	6	1	1	0	
	7	1	1	0	
	A				



$$Y = A(C+B)$$

24. ábra. A 3 a) feladat megoldása

b) $Y = \Pi^4(2,3^h,4,6,7,8^h,13^h,14,15)$



25. ábra. A 3 b) feladat megoldása

DIGITÁLIS ÁRAMKÖRÖK MÉRÉSE

ESETFELVETÉS – MUNKAHELYZET

Ön egy informatikai hálózatszerelő cég beosztottjaként gyakran foglalkozik logikai áramkörök tartalmazó berendezések telepítésével, mérésével. A munkahelyére kezdő technikusok érkeztek. Ismertesse velük a logikai áramkörök mérésének módszereit, feladatokon keresztül mutassa be a fontosabb paraméterek mérési lehetőségeit.

SZAKMAI INFORMÁCIÓTARTALOM

Ebben a tananyagelemben olyan egyszerű eszközökkel mutatunk be méréseket, amelyek egy átlagos felszereltségű iskolában is rendelkezésre állnak. A mérések a két legrégebben alkalmazott áramkörcsalád (TTL és CMOS) működését, jellemző paramétereinek vizsgálatát tartalmazzák. A speciális kialakítású áramkörök felhasználási lehetőségeire is mutatunk példákat.

Először ismerkedjünk meg a digitális áramkörök azon legfontosabb jellemzőivel, amelyek alapján az adott feladathoz kiválaszthatjuk a megfelelő áramkörcsaládot.

– 1. Logikai szintek:

A logikai áramkörök nagy része pozitív szintű logika szerint működik. Ez azt jelenti, hogy a logikai 1 szinthez tartozó feszültség nagyobb, mint a logikai 0 szinté. A jelszintek értékét a katalógusok mindig valamilyen tűréssel adják meg, a feszültségek minimumát és maximumát közlik. A katalógusokban gyakran találkozhatunk a logikai 1-nek megfelelő H (High) és a logikai 0-nak megfelelő L (Low) jelöléssel is.

TTL normál változat esetén: $U_{be0max.}=0,8\text{ V};$ $I_{be0max.}=-1,6\text{ mA};$

$U_{be1min.}=2\text{ V};$ $I_{be1max.}=40\text{ }\mu\text{A};$

$U_{ki0max.}=0,4\text{ V};$ $I_{ki0max.}=-16\text{ mA};$

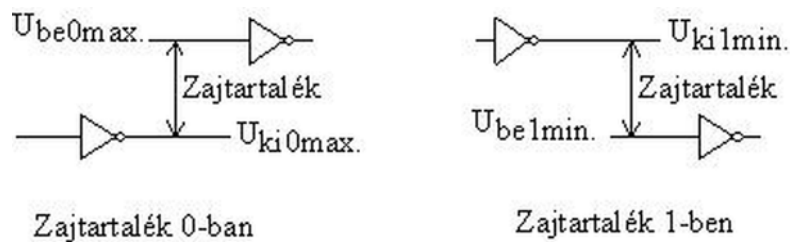
$U_{ki1min.}=2,4\text{ V};$ $I_{ki1max.}=400\text{ }\mu\text{A}.$

CMOS technológiájú áramköröknél a bemeneti logikai 0 szint kb. a tápfeszültség feléig értelmezhető, attól kezdve 1. A kimeneten (üresjárásban) a logikai 1 a tápfeszültségnek, a logikai 0 kb. 0 volt felel meg.

– 2. Zajtartalék (Noise margin):

Ez az adat a külső zavarok szempontjából a legfontosabb jellemző. A zajtartalék azt a feszültségtartományt jelenti, amelyen belül a logikai szint a rászuperponálódott zajjal együtt változhat anélkül, hogy az téves működést eredményezne.

A 26. ábra szerint külön-külön értelmezzük a zajtartalékot logikai 0-ban és 1-ben.



26. ábra. Zajtartalék értelmezése

Logikai 0-ban a legrosszabb eset akkor lesz, ha a kapu kimenetén a 0-hoz tartozó maximális feszültséghez adódik a zaj. Ahhoz, hogy a következő fokozat ezt még 0-nak érzékelje, a zaj pozitív csúcsértéke nem haladhatja meg a bemeneti 0 szint maximális értékét.

Logikai 1-ben legrosszabb esetben a kapu kimenetén zaj a logikai 1-hez tartozó minimális feszültséghez adódik. Ahhoz, hogy a következő fokozat ezt még 1-nek érzékelje, a zaj negatív csúcsértéke nem lehet kisebb a bemeneti 1 szint minimumánál.

A katalógusok általában a pozitív és a negatív csúcsértékek összegét adják meg zajtartalékként.

TTL normál változat esetén: a logikai feszültség szintek határértékeiből adódóan mind logikai 0, mind logikai 1 esetén maximálisan 0,4 V csúcsértékű zajt képes a TTL kapu hibás működés nélkül elviselni. A logikai jelre szuperponálódott zaj csúcstól-csúcsig vett értéke tehát a 0,8 V-ot nem haladhatja meg.

CMOS technológiájú áramköröknél a zajtartalék kb. a tápfeszültség fele, tehát zajosabb környezetben és magasabb tápfeszültségnél sokkal érzékenyebbek a bemenetre érkező zajjal szemben, mint a TTL eszközök.

– 3. Teljesítmény disszipáció (P_D):

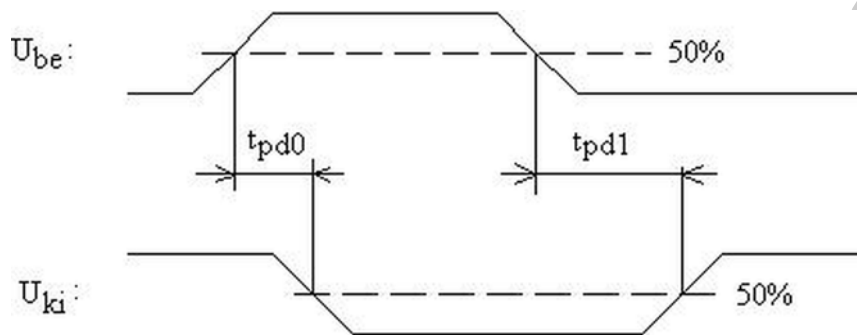
A felhasználási lehetőséget alapvetően befolyásoló egyenáramú jellemző. A tervezésnél egyik legfontosabb célunk a minimális teljesítményfelvételre való törekvés.

A TTL család tápfeszültsége szűk határok között változhat, ami stabilizált tápegységet igényel. A tápfeszültség értéke ipari típusokra (SN 74... sorozat) $+5\text{ V} \pm 5\%$, katonai típusokra (SN 54... sorozat) $+5\text{ V} \pm 10\%$. A tápáramfelvétel logikai 0 szint esetén max. 22 mA, logikai 1 szintnél max. 8 mA.

CMOS logikánál a teljesítményfelvétel a kapcsolás frekvenciájával arányosan nő, statikus üzemben 10 nW-, de 1 MHz-en már 10 mW nagyságrendű.

– **4. Jelterjedési késleltetési idő (propagation delay time, t_{pd}):**

A legfontosabb dinamikus jellemző. Megadja egy adott mérőkapcsolásnál a kimeneti jel késési idejét a bemeneti jelátmenet 50%-os pontjától a kimeneti jelátmenet 50%-os pontjáig. Például egy inverternél a bemeneti- és a kimeneti feszültség jelalakjával szemlélítve (27. ábra).



27. ábra. Jelterjedési késleltetési idő

Mivel a két átmenethez tartozó (t_{pd0} és t_{pd1}) késleltetési idő általában nem egyforma, ezért az átlagos jelterjedési késleltetési időt adják meg: $t_{pd} = \frac{t_{pd0} + t_{pd1}}{2}$.

TTL normál változatnál a t_{pd} tipikus értéke 10 ns. A t_{pd0} maximuma 15 ns, a t_{pd1} maximális értéke 22 ns.

CMOS áramköröknél a t_{pd} értéke tápfeszültségtől függően 30–100 ns között változik, tehát lassabbak, mint a TTL változatok.

– **5. A kimenet terhelhetősége:**

A katalógusok megadják egy logikai kapu maximális kimeneti áramát logikai 0-ban, és 1-ben. A terhelhetőség jellemezhető egy számmal is, ezt FAN-OUT-nak nevezzük. Ez a szám megutatja, hogy egy kapukimenet hány darab azonos típusú kapubemenetet képes meghajtani.

TTL normál változat esetén az 1. pontnál megadott értékekből láthatóan a maximális kimeneti áram 16 mA. Mivel egy bemenet meghajtásához max. 1,6 mA szükséges, a FAN-OUT értéke 10.

A CMOS eszközök bemeneti vezérléséhez elvileg nem szükséges áram (térvezérelt eszköz), ezért a kimeneti terhelhetőségük is kicsi.

– **6. A működési hőmérséklet tartomány:**

A katalógusok megadják azt a hőmérséklet tartományt, ahol szavatolják valamennyi katalógusadat teljesítését. Ez különbséget az áramkörök tokozásában jelent.

- Normál kivitel esetében: $0^{\circ}\text{C} \dots +70^{\circ}\text{C}$;
- Ipari kivitel esetén: $-25^{\circ}\text{C} \dots +85^{\circ}\text{C}$;
- Katonai kivitelnél: $-55^{\circ}\text{C} \dots +125^{\circ}\text{C}$.

LOGIKAI ÁRAMKÖRÖK VIZSGÁLATA

A mérés céljai:

- A különböző technológiájú logikai áramkörök viselkedésével vizsgálata;
- A működésükre jellemző transzfer karakterisztika felvétele;
- Alkalmazási lehetőségek tanulmányozása.

A méréshez szükséges eszközök:

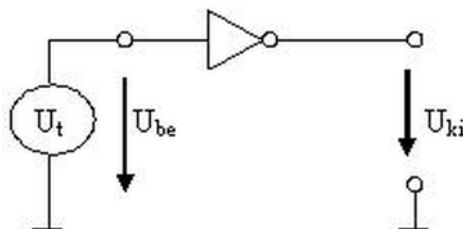
- Próbapanel IC aljzattal az áramkörök csatlakoztatásához;
- Digitális multiméter;
- Oszilloszkóp;
- Változtatható feszültségű stabilizált tápegység.

Mérési feladatok:

1. TTL totem pole kimenetű inverter transzfer karakterisztikájának felvétele:

A vizsgálandó áramkör típusa: SN 7404. Bekötése a katalógus alapján történik. Ha nem áll rendelkezésre nyomtatott formátumban, akkor az Internet segítségével (www.ti.com) megoldható a probléma.

A méréshez állítsuk össze a mérési kapcsolást (28. ábra)!



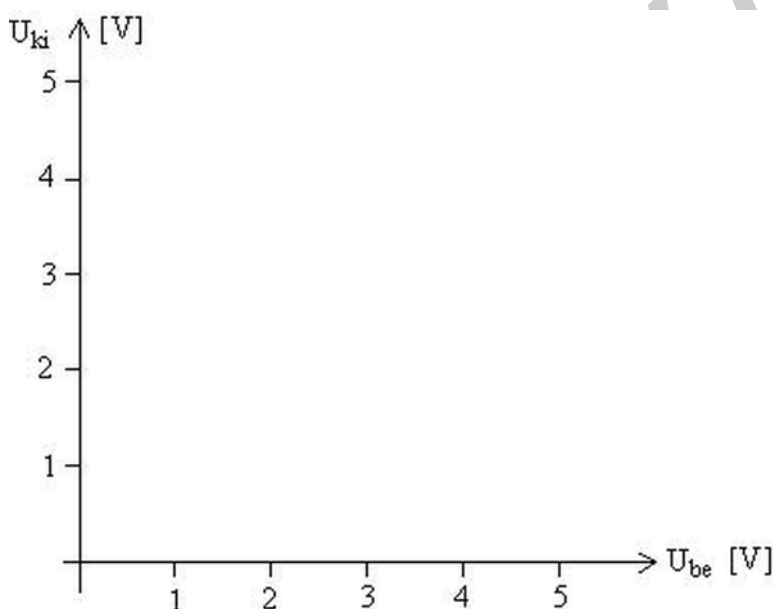
28. ábra. Mérési kapcsolási rajz

A bemeneti feszültséget 0 V-tól +5 V-ig változtatva mérjük a kimeneti feszültséget. Vigyázzunk arra, hogy a bemeneti feszültség ne haladja meg a +5 V-ot, mert az áramkör tönkremehet! A mérést 10, célszerűen megválasztott bemeneti feszültségnél végezzük el, a mérési eredményeinket foglaljuk táblázatba! Először nézzük meg milyen bemeneti feszültségnél billen át az inverter, és ennek megfelelően válasszuk ki a mérési pontokat.

A mérési eredmények táblázata:

U_{be} (V)										
U_{ki} (V)										

A mérési eredményekből rajzoljuk meg a transzfer karakterisztikát!



29. ábra. Transzfer karakterisztika

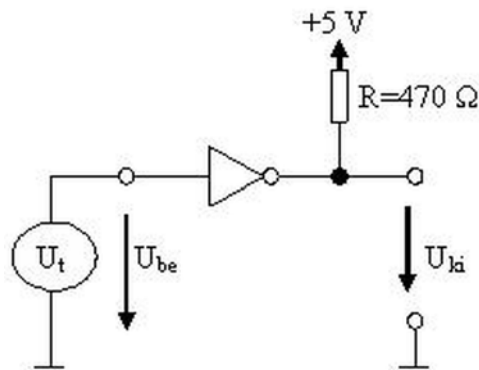
A transzfer karakterisztikából olvassuk le az inverter üresjárási jellemző feszültségeit:

- Bemeneti logikai 0 feszültségtartomány:
- Bementi logikai 1 feszültségtartomány:
- Kimeneti logikai 0 feszültségtartomány:
- Kimeneti logikai 1 feszültségtartomány:

2. TTL nyitott kollektoros kimenetű inverter transzfer karakterisztikájának felvétele:

A vizsgálandó áramkör típusa: SN 7405. Bekötése a katalógus alapján történik.

A méréshez állítsuk össze a mérési kapcsolást (30. ábra)!



30. ábra. Mérési kapcsolási rajz

A bemeneti feszültséget 0 V-tól +5 V-ig változtatva mérjük a kimeneti feszültséget. Vigyázzunk arra, hogy a bemeneti feszültség ne haladja meg a +5 V-ot, mert az áramkör tönkremehet! A mérést 10, célszerűen megválasztott bemeneti feszültségnél végezzük el, a mérési eredményeinket foglaljuk táblázatba! Először nézzük meg milyen bemeneti feszültségnél billen át az inverter, és ennek megfelelően válasszuk ki a mérési pontokat.

A mérési eredmények táblázata:

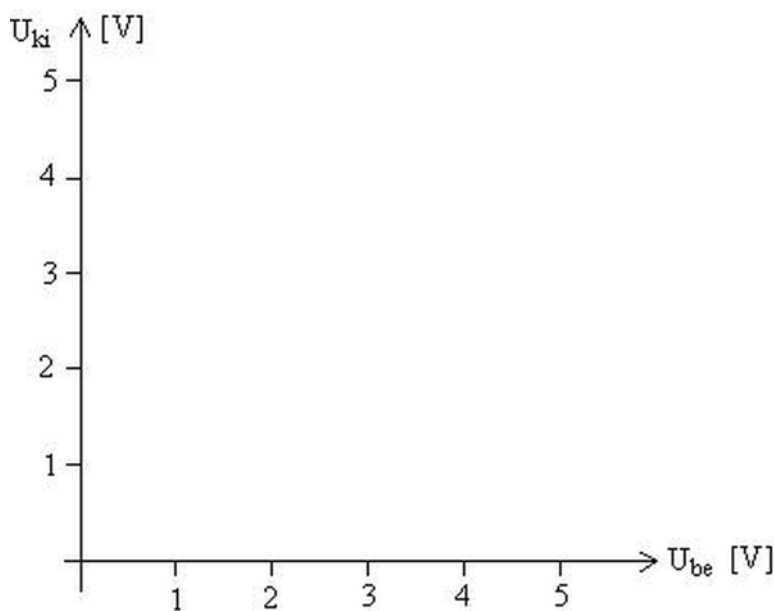
U_{be} (V)										
U_{ki} (V)										

Ismételjük meg a mérést $R=10\text{ k}\Omega$ esetében is!

A mérési eredmények táblázata:

U_{be} (V)										
U_{ki} (V)										

A mérési eredményekből rajzoljuk meg a transzfer karakterisztikákat közös koordináta-rendszerben!



31. ábra. Transzfer karakterisztikák

A transzfer karakterisztikákból olvassuk le az inverter üresjárási jellemző feszültségeit:

$R=470\ \Omega$ -os felhúzó ellenállás esetén:

- Bemeneti logikai 0 feszültségtartomány:
- Bementi logikai 1 feszültségtartomány:
- Kimeneti logikai 0 feszültségtartomány:
- Kimeneti logikai 1 feszültségtartomány:

$R=10\ k\Omega$ -os felhúzó ellenállás esetén:

- Bemeneti logikai 0 feszültségtartomány:
- Bementi logikai 1 feszültségtartomány:
- Kimeneti logikai 0 feszültségtartomány:
- Kimeneti logikai 1 feszültségtartomány:

3. TTL Schmitt trigger bemenetű inverter transzfer karakterisztikájának felvétele:

A vizsgálandó áramkör típusa: SN 7414. Bekötése a katalógus alapján történik.

A méréshez állítsuk össze a mérési kapcsolást (28. ábra)!

A bemeneti feszültséget 0 V-tól +5 V-ig növelve, majd +5 V-tól 0 V-ig csökkentve mérjük a kimeneti feszültséget. Vigyázzunk arra, hogy a bemeneti feszültség ne haladja meg a +5 V-ot, mert az áramkör tönkremehet! A mérést 10, célszerűen megválasztott bemeneti feszültségnél végezzük el, a mérési eredményeinket foglaljuk táblázatba! Először nézzük meg milyen bemeneti feszültségeknél billen át az inverter, és ennek megfelelően válasszuk ki a mérési pontokat.

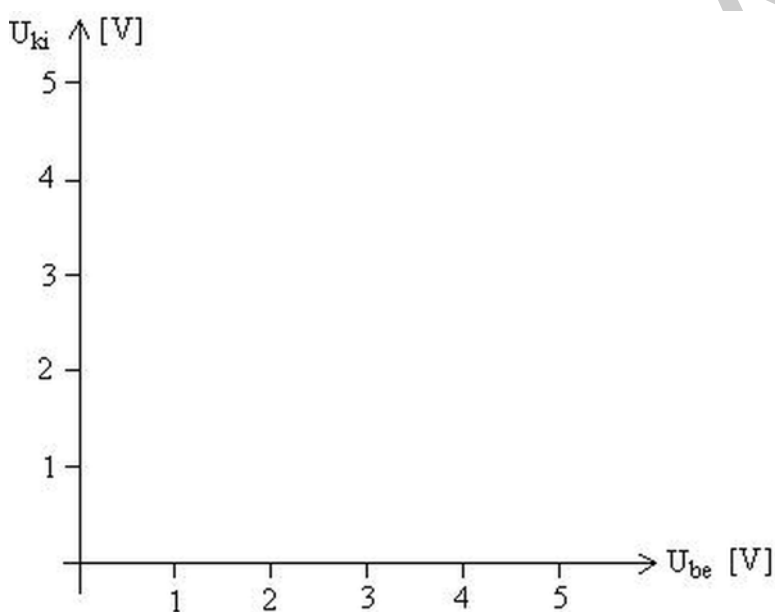
A mérési eredmények táblázata a bemeneti feszültség növelésénél:

U_{be} (V)										
U_{ki} (V)										

A mérési eredmények táblázata a bemeneti feszültség csökkentésénél:

U_{be} (V)										
U_{ki} (V)										

A mérési eredményekből rajzoljuk meg a transzfer karakterisztikát!



32. ábra. Transzfer karakterisztikák

A transzfer karakterisztikákból olvassuk le az inverter üresjárási jellemző feszültségeit:

A bemeneti feszültség növelésekor:

- Bemeneti logikai 0 feszültségtartomány:
- Bementi logikai 1 feszültségtartomány:
- Kimeneti logikai 0 feszültségtartomány:
- Kimeneti logikai 1 feszültségtartomány:

A bemeneti feszültség csökkentésekor:

- Bemeneti logikai 0 feszültségtartomány:
- Bementi logikai 1 feszültségtartomány:
- Kimeneti logikai 0 feszültségtartomány:
- Kimeneti logikai 1 feszültségtartomány:

Mekkora a hiszterézis értéke:

4. CMOS technológiájú inverter transzfer karakterisztikájának felvétele:

A vizsgálandó áramkör típusa: SN 74C04. Bekötése a katalógus alapján történik.

A méréshez állítsuk össze a mérési kapcsolást (28. ábra)!

A bemeneti feszültséget 0 V-tól +5 V-ig változtatva mérjük a kimeneti feszültséget. Vigyázzunk arra, hogy a bemeneti feszültség ne haladja meg a +5 V-ot, mert az áramkör tönkremehet! A mérést 10, célszerűen megválasztott bemeneti feszültségnél végezzük el, a mérési eredményeinket foglaljuk táblázatba! Először nézzük meg milyen bemeneti feszültségnél billen át az inverter, és ennek megfelelően válasszuk ki a mérési pontokat.

A mérési eredmények táblázata:

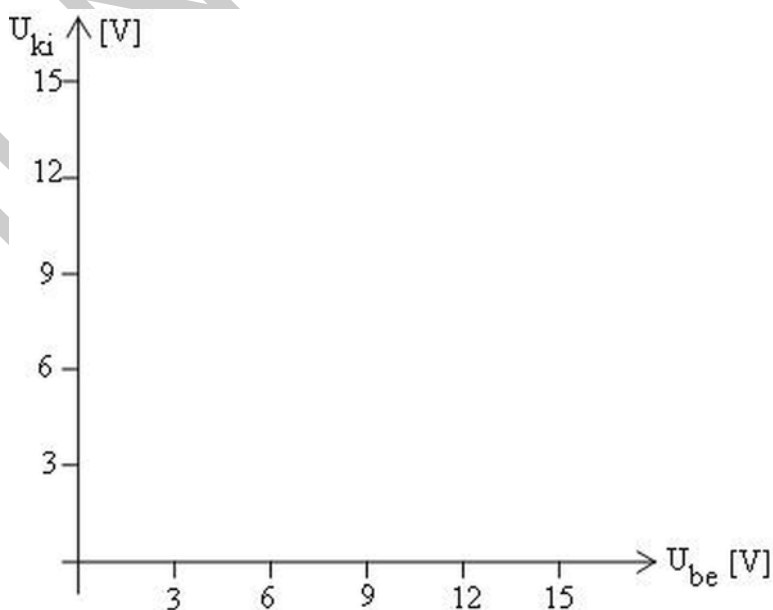
U_{be} (V)										
U_{ki} (V)										

Ismételjük meg a mérést $U_t=15$ V-os tápfeszültség esetében is!

A mérési eredmények táblázata:

U_{be} (V)										
U_{ki} (V)										

A kétféle tápfeszültséghez tartozó transzfer karakterisztikákat ábrázoljuk közös koordináta-rendszerben!



33. ábra. Transzfer karakterisztikák

A transzfer karakterisztikákból olvassuk le az inverter üresjárási jellemző feszültségeit:

$U_t = +5$ V esetén:

- Bemeneti logikai 0 feszültségtartomány:
- Bemeneti logikai 1 feszültségtartomány:
- Kimeneti logikai 0 feszültségtartomány:
- Kimeneti logikai 1 feszültségtartomány:

$U_t = +15$ V esetén:

- Bemeneti logikai 0 feszültségtartomány:
- Bemeneti logikai 1 feszültségtartomány:
- Kimeneti logikai 0 feszültségtartomány:
- Kimeneti logikai 1 feszültségtartomány:

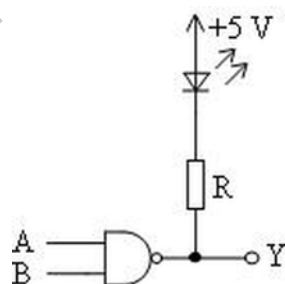
5. Nyitott kimenetű logikai kapu alkalmazási lehetősége:

A nyitott kollektoros áramkörökkel direkt meghajthatunk olyan eszközöket (LED, relé, motor ...stb), amelyek áramfelvétele nem haladja meg normál kivitelű áramkörnél a 16 mA-t. Ekkor a meghajtandó eszközt a kimenet és a tápfeszültség közé kell bekötni.

A példánk egy LED közvetlen vezérlését mutatja be. Az áramkorlátozó ellenállás értékét úgy kell méretezni, hogy a maximális kimeneti kapuáramot ne lépjük túl: $R = \frac{U_t - U_D}{I_{\max}}$.

A vizsgálandó áramkör típusa: SN 7438. Bekötése a katalógus alapján történik.

A méréshez állítsuk össze a mérési kapcsolást (34. ábra)!



34. ábra. Mérési kapcsolási rajz

Méretezzük R értékét úgy, hogy $I_D = 10$ mA legyen: $R = \frac{U_t - U_D}{I_D} = \frac{5V - 1,5V}{10mA} = 350 \Omega$. Ha

nincs ekkora ellenállásunk, akkor válasszuk a hozzá közelebbi nagyobb szabványos értékű ellenállást!

Vizsgáljuk meg, mikor fog a LED világítani? A NAND kapu bemeneteit vezérelve vegyük fel a hálózat igazságtáblázatát:

Igazságtáblázat:

B	A	Y
0	0	
0	1	
1	0	
1	1	

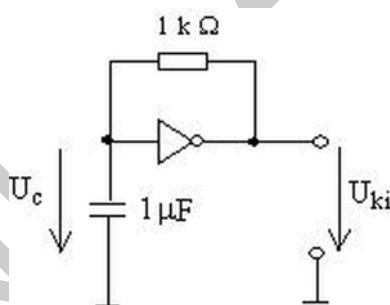
35. ábra. A hálózat igazságtáblázata

A LED akkor világít, ha a bemenetekenlogikai szintnek megfelelő feszültség van.

6. Astabil multivibrátor építése Schmitt-trigger bemenetű inverter alkalmazásával:

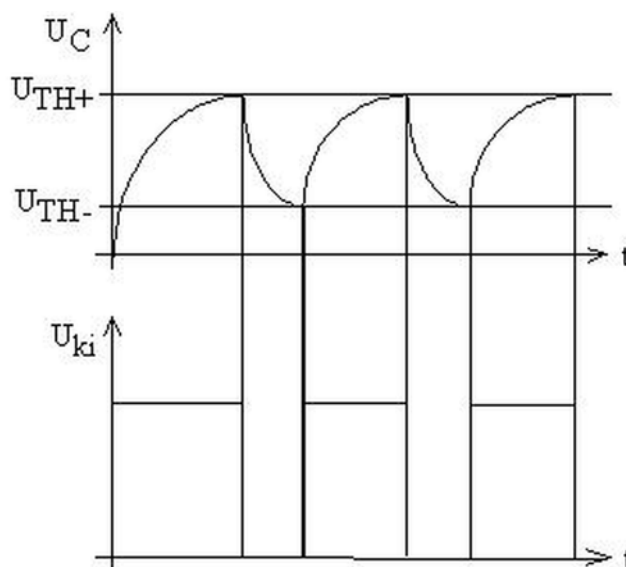
A vizsgálandó áramkör típusa: SN 7414. Bekötése a katalógus alapján történik.

A méréshez állítsuk össze a mérési kapcsolást (36. ábra)!



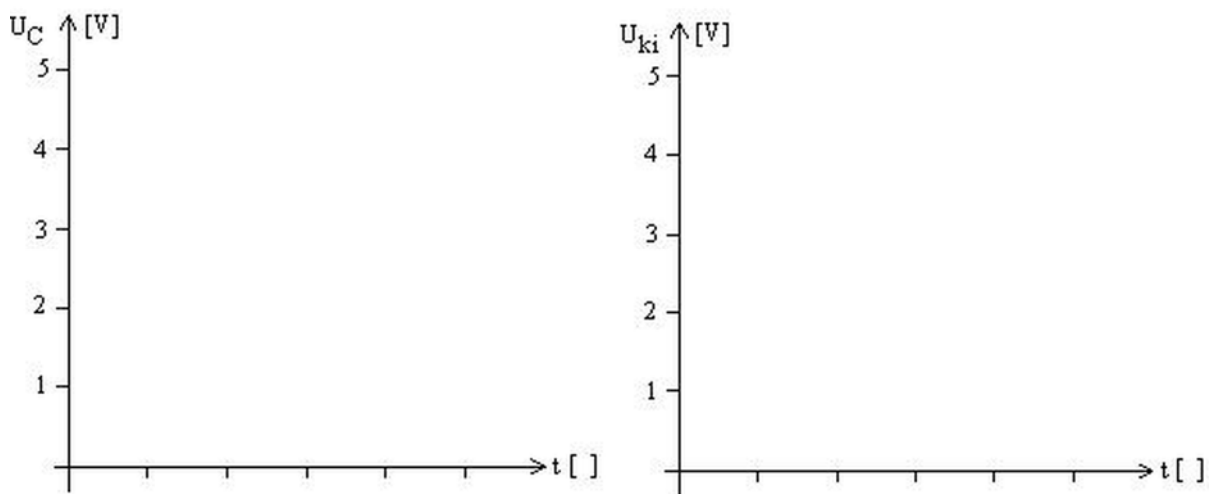
36. ábra. Mérési kapcsolási rajz

Az astabil multivibrátor működése az inverter hiszterézisén alapul. A tápfeszültség bekapcsolásának pillanatában a kondenzátor rövidzár, a kapu kimenetén logikai 1-nek megfelelő feszültség lesz. A kondenzátor az ellenálláson keresztül addig töltődik a kimenetről, amíg feszültsége eléri U_{TH+} értékét. Ekkor a kapu átbillen 0-ba, és a kondenzátor az ellenálláson át elkezd kisülni. Ha feszültsége U_{TH-} alá csökken, akkor a kapu újra visszabillen 1-be, és az egész folyamat indul előlről. Az időzítés az RC elemekkel állítható be. A kapcsolás működését a 37. ábrán követhetjük végig.



37. ábra. Astabil multivibrátor

A kétsatornás oszcilloszkóp bemeneteire U_C -t illetve U_{ki} -t kapcsolva ellenőrizzük a kapcsolás működését! Az időfüggvényeket léptékhelyesen rajzoljuk meg az alábbi koordináta-rendszerbe!



38. ábra. Koordináta-rendszerek

Az időfüggvényből határozzuk meg a kimeneti jel periódusidejét és frekvenciáját!

$T = \dots\dots\dots$, $f = \dots\dots\dots$

TANULÁSIRÁNYÍTÓ

A mérés egyik legfontosabb célja az elméletben elsajátított ismeretek begyakorlása. A mérés alkalmával elsajátítjuk az alapvető műszerek működési elveit, kezelését és a különböző típusok jellemző adatainak sokasága rögződik bennünk.

A katalógusok használatával a szakmai angol nyelvi tudásunkat bővíthetjük.

Ha az iskola rendelkezik digitális mérőpanellel, vagy más típusú, pl. DEGEM digitális mérőrendszerrel, akkor az elméleti tananyagelemekben megtalálható feladatok összeállítása és működésének ellenőrzése is megvalósítható.

Nagy segítséget nyújthat az ismeretek elmélyítésében a TINA számítógépes tervező- és analízáló program is, az is alkalmas digitális áramkörök szimulációjára.

ÖNELLENŐRZŐ FELADATOK**1. feladat Válaszoljon az alábbi önellenőrző kérdésekre!**

a) Mi a zajtartalék definíciója?

b) Mi a FAN-OUT fogalma?

c) Mit ad meg a jelterjedési késleltetési idő?

d) Mekkora a működési hőmérséklet tartomány a katonai kivitelű áramköröknél?

e) Mire alkalmasak az open collectoros kimenetű áramkörök?

f) Hasonlítsa össze a TTL és a CMOS áramkörcsaládot előnyök-hátrányok szerint!

MUNKANYAG

MEGOLDÁSOK

1. feladat

- a) A zajtartalék azt a feszültségtartományt jelenti, amelyen belül a logikai szint a rászuperponálódott zajjal együtt változhat anélkül, hogy az téves működést eredményezne.
- b) A FAN-OUT egy szám, amely megutatja, hogy egy kapukimenet hány darab azonos típusú kapubemenetet képes meghajtani.
- c) Megadja egy adott mérőkapcsolásnál a kimeneti jel késési idejét a bemeneti jelátmenet 50%-os pontjától a kimeneti jelátmenet 50%-os pontjáig.
- d) A működési hőmérséklet tartomány a katonai kivitelű áramköröknél: $-55^{\circ}\text{C} \dots +125^{\circ}\text{C}$.
- e) Az open collectoros kimenetű áramkörök alkalmasak többek között relék, LED-ek, léptetőmotorok és egyéb eszközök közvetlen vezérlésére. Mivel a kimeneti tranzisztor kollektora más tápfeszültségre is felhúzható, ezért eltérő logikai rendszerek illesztésére is alkalmas.
- f) A CMOS áramkörök főbb előnyei a TTL-el szemben:
- - kis teljesítményfelvétel statikus üzemben;
 - - nagy zajtartalék, amely a tápfeszültség növelésével több Volt is lehet;
 - - üzembiztos működés széles tápfeszültség tartományban;
 - - nagyobb integrálhatóság, egységnyi felületen több MOSFET elfér.

A CMOS áramkörök hátrányai a TTL-el szemben:

- - nagyobb jelterjedési késleltetési idő;
- - kisebb terhelhetőség;
- - a kapcsolat frekvenciájával arányosan nő a teljesítményfelvétel.

IRODALOMJEGYZÉK

FELHASZNÁLT IRODALOM

Zsom Gyula: Digitális technika I., Műszaki Könyvkiadó, 1995.

Miterli Zoltán-Hajdu Gábor: Digitális áramkörök, Puskás Tivadar Távközlési Technikum, 2001.

Miterli Zoltán: Digitális áramkörök mérései, Puskás Tivadar Távközlési Technikum, 1999.

A(z) 0908–06 modul 009–es szakmai tankönyvi tartalomeleme
felhasználható az alábbi szakképesítésekhez:

A szakképesítés OKJ azonosító száma:	A szakképesítés megnevezése
33 523 03 1000 00 00	Távközlési műszerész
33 523 03 0100 31 01	Antenna szerelő
54 523 03 0010 54 01	Beszédátviteli rendszertechnikus
54 523 03 0010 54 02	Elektronikus hozzáférési és magánhálózati rendszertechnikus
54 523 03 0010 54 03	Elektronikus műsorközlő és tartalomátviteli rendszertechnikus
54 523 03 0010 54 04	Gerinchálózati rendszertechnikus
54 523 03 0100 31 01	Távközlési üzemeltető

A szakmai tankönyvi tartalomelem feldolgozásához ajánlott óraszám:
20 óra

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