



Tordai György

Kombinációs logikai hálózatok II.

NSZFI
NEMZETI SZAKKÉPZÉSI
ÉS FELNŐTTKÉPZÉSI INTÉZET

A követelménymodul megnevezése:

Elektronikai áramkörök tervezése, dokumentálása

A követelménymodul száma: 0917-06 A tartalelem azonosító száma és célcsoportja: SzT-019-50

KOMBINÁCIÓS LOGIKAI HÁLÓZATOK II.

ESETFELVETÉS – MUNKAHELYZET

Ön egy középfokú villamos végzettséggel rendelkező szakember és egy elektronikai áramkörök gyártó és összeszerelő üzemben dolgozik. Munkahelyére egy gyengeáramú szakközépiskolából tanulók érkeznek üzemi gyakorlatra. Munkahelyi vezetőjétől azt a feladatot kapta, hogy a tanulókkal ismételje át az iskolában az elméleti órán tanult ismereteket a kombinációs logikai hálózatok felépítéséről, függvények egyszerűsítéséről és működéséről.

Az információk megbeszélését követően az Ön feladata annak bemutatása, hogyan lehet egyszerűsíteni és a gyakorlatban megvalósítani a különböző logikai függvényeket. A megvalósított függvények esetén hogyan lehet méréssel megvizsgálni a kombinációs logikai hálózatok működését. Önnek dokumentációk alapján mérési eljárást, digitális áramköri rajzot, mérési utasítást kell értelmeznie és elemeznie a megvalósíthatóság szempontjából. A kombinációs logikai hálózatok működését vizsgáló mérési feladatokhoz mérőműszereket, mérőeszközöket kell kiválasztania a mérési előírások és a rendelkezésre álló műszerek paramétereinek figyelembevételével.

SZAKMAI INFORMÁCIÓTARTALOM

A tanulókkal történő elméleti ismételés információtartalmának vázlata és a gyakorlati bemutatásra tervezett mérések témakörei

1. Logikai függvények (függvények megadása, függvények alakjai)
2. Kombinációs logikai hálózatok tervezése, egyszerűsítés
3. Kombinációs logikai hálózatok méréséhez, vizsgálatához szükséges eszközök
4. Kombinációs logikai hálózatok mérése

1. Logikai függvények (függvények megadása, függvények alakjai)

A kombinációs hálózatokat megvalósító logikai függvényeket az általános $Y=Y(A,B,C \dots)$ alakhoz képest többféle módon is megadhatjuk.

Megadási módok:

- táblázattal (az igazságtáblázat a változók összes lehetséges kombinációját megadja, megadását az 1. ábrán láthatjuk)

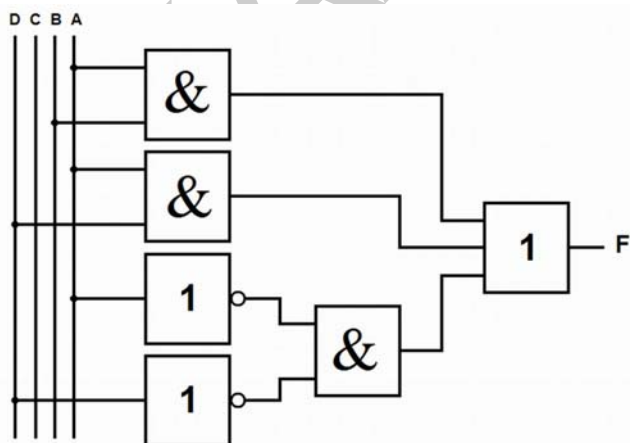
B	A	Y
0	0	0
0	1	0
1	0	0
1	1	1

1. ábra. Logikai ÉS kapcsolat igazságtáblázata

- algebrai alakkal (az algebrai alakkal történő felírásakor a változók közé közvetlenül odaírjuk a műveleti jelet)

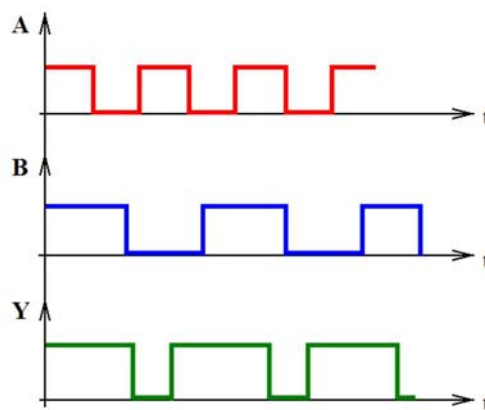
$$Y = A \cdot B + A \cdot C + \bar{B} \cdot D$$

- logikai vázlattal, kapcsolási rajzzal (a logikai függvénykapcsolatot a megvalósító kapuáramkörökkel ábrázoljuk, ilyen kapcsolási rajzot láthatunk a 2. ábrán)



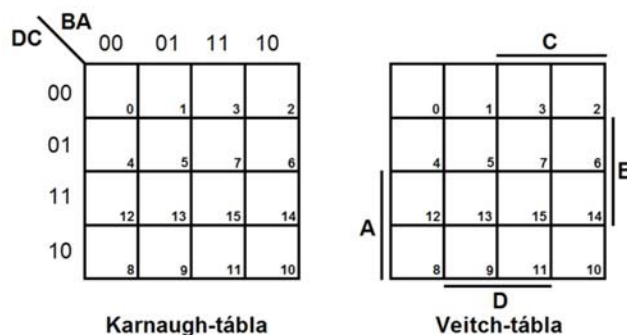
2. ábra. Logikai kapcsolási rajz

- szöveggel (a változók kombinációit és a közöttük lévő logikai kapcsolatot szöveggel adjuk meg)
Pl. Tervezzon olyan kombinációs hálózatot, amely 2 db kétbites szám közül a nagyobbbat engedi a kimenetre. A bemenetre érkező szám csak 0, és 1 lehet!
- idődiagrammal (a logikai hálózat bemenetén és kimenetén megjelenő jelet időfüggvényekkel ábrázolják, melyre példát a 3. ábrán láthatunk)



3. ábra. Idődiagram

- grafikus megadással (a grafikus megadási módok közül a Karnaugh-tábla, a Veitch-tábla használat terjedt el, melyeket a 4. ábrán láthatunk)



4. ábra. Grafikus táblák

Logikai függvények normál alakjai (MINTERM, MAXTERM)

Az igazságtáblázat alapján felírt függvények jellegzetes alakúak, nincsenek benne zárójelek. A függvények ilyen szabályos alakját NORMÁL kanonikus alaknak nevezik. Ebben az esetben a függvény mintermek VAGY kapcsolataként (szorzatok összegeként) írható fel és diszjunktív normál alaknak nevezzük. Ha a diszjunktív normál alak mindegyik tagjában minden egyes változó szerepel, akkor diszjunktív teljes normál alakról beszélünk.

Diszjunktív teljes normál alak:

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

Diszjunktív normál alak:

$$Y = A \cdot B + A \cdot C + B \cdot C$$

A logikai függvények nem csak mintermek VAGY kapcsolataként (szorzatok összegeként), hanem a maxtermek ÉS kapcsolataként (összegek szorzataként) is felírhatóak, ezt a felírást konjunktív normál alaknak nevezzük.

Konjunktív teljes normál alak:

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

Konjunktív normál alak:

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

A teljes normál alak összetartozó tagjait TERM-eknek nevezzük. A diszjunktív normál alak azon tagjait, melyekben minden változó vagy igen, vagy negált értékkel szerepel MINTERM-nek nevezzük. Az igazságtáblázat minden sorából egy-egy minterm képezhető. Amelyik sorban logikai 1 van, azaz $Y=1$, azt szerepeltetjük a függvényben.

- A mintermes, szorzatok összege felírás művelete a szumma, jele: Σ .
- A maxtermes, összegek szorzata felírás műveleti a produktum, jele: π

Normál alak előállítás:

Diszjunktív, mintermes alak előállítása az igazságtáblázatból történik. Az $Y=1$ értékű sorokat kell kiolvasni szorzatok formájában és ezeknek a szorzatoknak az összege adja meg a függvényt.

Az 5. ábrán látható három változós függvény igazságtáblázatából írjuk fel a diszjunktív mintermes alakot. Az $Y=1$ értékekből a következő függvény olvasható ki:

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

$$Y = \sum^3(2,5,6,7)$$

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

5. ábra. Igazságtáblázat

2. Kombinációs logikai hálózatok tervezése, egyszerűsítés

A kombinációs logikai hálózatok bemenetére érkező változók (A, B, C ... stb.) értékei és a kimeneti Y függvény között egyértelmű kapcsolat van. A bemenetek pillanatnyi állapota egyértelműen meghatározza a kimenet állapotát. A kombinációs hálózatok logikai kapukból építhetők fel. Egy megadott logikai függvényhez a kapukat mi választjuk ki. Egy kombinációs hálózat tervezésekor nem csak arra kell ügyelni, hogy a logikai függvénynek megfelelően működjön az áramkör, hanem arra is, hogy a lehető legkevesebb kaput használjuk fel a tervezéskor és a megvalósításkor. A kombinációs logikai hálózatok működését leíró függvények nem mindig a legegyszerűbb alakban állnak rendelkezésre. Ezért nagyon fontos ismernünk a különböző egyszerűsítési megoldásokat.

A tervezés során a logikai függvényeket általában normál alakban írjuk fel és ebben az alakban egyszerűsítjük. Egy logikai függvény akkor lesz a legegyszerűbb (minimális) alakú, ha benne minimális számú kapu és változó szerepel.

A Boole-algebrai egyszerűsítés sokszor bonyolult és hibákat okozhatnak a rossz egyszerűsítések. A legjobb és legbiztosabb egyszerűsítési mód a grafikus módszer. A grafikus egyszerűsítési módszer a VEITCH-táblával, illetve az annál elterjedtebb KARNAUGH-táblával történik. A Karnaugh-tábla és a Veitch-tábla gyakorlatilag egy célirányosan átalakított igazságtábla. Nagy hátránya e két táblának, hogy négynél több változónál már nehézkes a kezelése. A két grafikus táblát és a felépítést a 6. ábrán tanulmányozhatjuk.

		BA			
		00	01	11	10
DC	00	0	1	3	2
	01	4	5	7	6
	11	12	13	15	14
	10	8	9	11	10

Karnaugh-tábla

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

Veitch-tábla

6. ábra. Négyváltozós grafikus táblák

A logikai függvények **grafikus egyszerűsítése** csak kettő-, három- és négyváltozós függvényeknél használatos.

Az egyszerűsítéshez a szabályos alakú függvény termjeit táblázatba foglaljuk. Az ily módon megrajzolt tábla minden lehetséges kombinációt és az összes termet tartalmazza. A táblázatot úgy alakították ki, hogy az egymás mellé kerülő termek csak egy változóban térnek el egymástól. Ezt a táblát grafikus táblának nevezzük.

A Veitch-tábla hátránya, hogy az egyes rekeszekben a mintermek sorszámát nehéz megállapítani. A Karnaugh-tábla csak a változók megjelölésében tér el a Veitch táblától. Nem vonallal jelöljük ki a változók IGEN és NEGÁLT területét, hanem 0-val és 1-el. Ez a különbség jól látható a 6. ábrán. A változók vízszintes és függőleges helyét a Karnaugh-tábla bal felső sarkán jelöljük. Ez alapján a mintermek sorszámát a sorok és oszlopok helyei adják. Az összeolvasást minden esetben az ABC sorrendjében kell elvégezni!

A háromváltozós grafikus táblákat a 7. ábrán láthatjuk.

		BA			
		00	01	11	10
C	0	0	1	3	2
	1	4	5	7	6

Karnaugh-tábla

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

Veitch-tábla

7. ábra. Háromváltozós grafikus táblák

MINTERM-tábla

A négyváltozós Karnaugh táblának 16 rekesze van. A függvények ábrázolása a Karnaugh minterm táblában úgy történik, hogy a függvény logikai 1 értékeit beírjuk a tábla termeibe. A függvény logikai 0-t tartalmazó értékeit, nullával írjuk be a táblába. A logikai 1 értékek átírását a táblázatba a 8. ábrán láthatjuk.

A táblázat alapján a diszjunktív normál mintermes alak a következő:

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

A diszjunktív normál alak a termék decimális sorszámai alapján:

$$Y = \sum^3(3,5,7,8,9,11,12,13,15)$$

Igazságtáblázat

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

DC \ BA	00	01	11	10
00	0	0	1	0
01	0	1	1	0
11	1	1	1	0
10	1	1	1	0

8. ábra. Logikai 1 értékek átírása a grafikus táblázatba

FONTOS! TERM: a független változók logikai ÉS kapcsolata

FONTOS! MINTERM: a független változók logikai ÉS kapcsolata, amelyben minden változó csak egyszer szerepel

MAXTERM-tábla

A Maxterm-tábla esetén az Y függvény negáltját állítjuk elő, úgy hogy az igazságtáblából nem az 1-eseket, hanem a 0-kat olvassuk ki. Az átalakítás sorrendje a következő:

- a MINTERM-tábla szélein a változókat negáljuk,
- a tábla belsejében az 1-eseket és a 0-akat felcseréljük, vagyis a tábla minden számjegyét negáljuk és az új 1-eseket vonjuk össze,
- a kiolvasott függvény a változók összegének a szorzata.

FONTOS! MAXTERM: a független változók VAGY kapcsolata, amelyben minden változó csak egyszer szerepel

A Minterm táblából Maxterm táblára történő átalakítást láthatjuk a 9. és a 10. ábrán.

		MINTERM-tábla						MAXTERM-tábla			
DC	BA	00	01	11	10	DC	BA	11	10	00	01
00		0	0	1	0	11		1	1	0	1
01		0	1	1	0	10		1	0	0	1
11		1	1	1	0	00		0	0	0	1
10		1	1	1	0	01		0	0	0	1

9. ábra. Minterm-tábla átalakítása Maxterm táblává (Karnaugh-tábla)

		MINTERM-tábla						MAXTERM-tábla			
C	A	0	0	1	0	D	A	1	1	0	1
		0	1	1	0			1	0	0	1
		1	1	1	0			0	0	0	1
		1	1	1	0			0	0	0	1

10. ábra. Minterm-tábla átalakítása Maxterm táblává (Veitch-tábla)

Egyszerűsítési szabályok

1. Első lépés, fel kell rajzolni a MINTERM, vagy MAXTERM táblát. A tábla kiválasztása attól függ, hogy az egyszerűsített függvényt diszjunktív (mintermes), vagy konjunktív (maxtermes) alakban akarjuk-e megkapni.
2. A függvény megadásának módjától függően (pl. szöveges, algebrai alak, stb.) meg kell határozni a függvény logikai 1 értékeit. Ha a függvény igazságtáblázattal van megadva, akkor az igazságtáblázat 1-eseit írjuk be a minterm táblázatba.
3. A táblába beírt logikai 1 értékeket 2 hatványai szerint hurkolhatjuk össze az egyszerűsítéshez. A 2 kettő hatványai szerint 1-, 2-, 4-, 8 és 16-os hurkokat képezhetünk csak!
4. Egyszerűsítéskor valamennyi 1-est le kell fedni, azaz körbe kell hurkolni!
5. Mindig a legnagyobb körbehurkolással kell kezdeni az egyszerűsítést!
6. Egy term, amelyet már körbehurkoltunk és felhasználtunk egyszerűsítésre, többször is felhasználható!
7. A körbehurkolás után a hurkok mellé írjuk az egyszerűsített értékeket.
8. Az összes egyszerűsített értékből előállítjuk az egyszerűsített normál függvényt.

Példák az egyszerűsítés szabályok alkalmazására:

DC \ BA	00	01	11	10
00	0	1	1	0
01	0	1	1	0
11	0	0	0	0
10	0	0	0	0

 $A\bar{D}$

11. ábra. Egyszerűsítési megoldások bemutatása

A 11. ábrán azt szemléltetjük, hogy egyszerűsítéskor egy körbeurkolás után, hogyan kapjuk meg az egyszerűsített értéket.

Az egyszerűsített Y függvény értéke: $Y = A \cdot \bar{D}$

DC \ BA	00	01	11	10
00	0	1	1	0
01	0	1	1	0
11	1	0	0	1
10	1	0	0	1

 $A\bar{D}$ $\bar{A}D$

12. ábra. Egyszerűsítési megoldások bemutatása

A 12. ábrán azt szemléltetjük, hogy egyszerűsítéskor a széleken lévő két-két termet egy négyes egységgé vonhatjuk össze.

Az egyszerűsített Y függvény értéke: $Y = A \cdot \bar{D} + \bar{A} \cdot D$

DC \ BA	00	01	11	10
00	0	1	1	0
01	1	1	1	1
11	0	1	0	0
10	0	1	0	0

$A\bar{D}$ (red box around cells (0,1), (0,2))
 $c\bar{D}$ (blue box around cells (1,0), (1,1), (1,2), (1,3))
 $A\bar{B}$ (green box around cells (1,0), (1,1), (1,2), (1,3))

13. ábra. Egyszerűsítési megoldások bemutatása

A 13. ábrán azt szemléltetjük, hogy egyszerűsítéskor egy termet, amit már felhasználtunk egyszerűsítésre, azt többször is felhasználható.

Az egyszerűsített Y függvény értéke: $Y = A \cdot \bar{D} + A \cdot \bar{B} + C \cdot \bar{D}$

MINTERM-tábla

DC \ BA	00	01	11	10
00	0	1	1	0
01	1	1	1	0
11	1	1	0	0
10	0	1	0	0

$\bar{B}C$ (red box around cells (1,0), (1,1), (1,2), (1,3))
 $A\bar{B}$ (red box around cells (0,1), (0,2), (1,1), (1,2))
 $A\bar{D}$ (red box around cells (0,1), (0,2))

MAXTERM-tábla

DC \ BA	11	10	00	01
11	1	0	0	1
10	0	0	0	1
00	0	0	1	1
01	1	0	1	1

$A + \bar{B}$ (blue box around cells (1,0), (1,1))
 $\bar{B} + \bar{D}$ (blue box around cells (0,2), (0,3))
 $A + C$ (blue box around cells (1,0), (0,2), (0,3))

14. ábra. Minterm-tábla átalakítása maxterm táblává

A 14. ábrán azt szemléltetjük, hogy MINTERM táblából, hogyan lehet a legegyszerűbben áttérni a MAXTERM táblára.

A MINTERM-tábla egyszerűsített Y függvényének értéke:

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

A MAXTERM-tábla egyszerűsített Y függvényének értéke:

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

A 15. ábrán bemutatott példa egy MINTERM-tábla egyszerűsítése:

Az egyszerűsített Y függvény értéke:

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

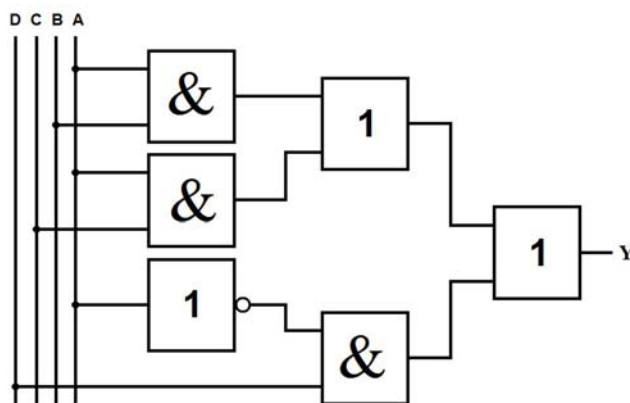
	DC \ BA	00	01	11	10
00		0	0	1	0
01		0	1	1	0
11		1	1	1	0
10		1	1	1	0

Red annotations on the table:

- AB**: Points to the 1 in cell (00, 11).
- AC**: Points to the 1 in cell (01, 11).
- $\bar{B}D$** : Points to the 1 in cell (10, 11).

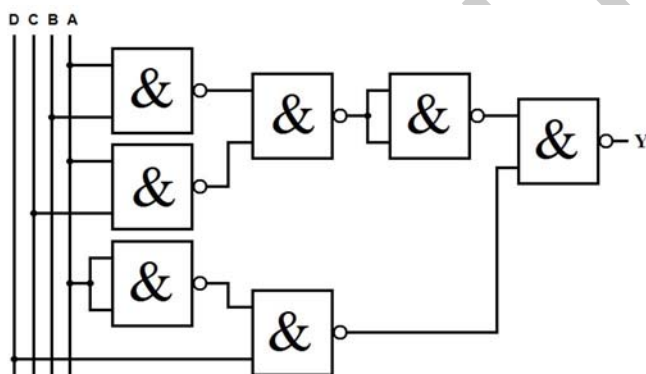
15. ábra. Egyszerűsítés

Az egyszerűsített függvény megvalósítását a 16. ábrán láthatjuk a NÉV rendszer kapuival úgy, hogy változók negáltja nem állt rendelkezésre.



16. ábra. NÉV rendszerben megvalósított logikai függvény

Az egyszerűsített függvényt kétbemenetű NAND kapuk felhasználásával a 17. ábrán láthatjuk, ebben az esetben sem álltak rendelkezésre a változók negáltjai.



17. ábra. NAND kapukkal megvalósított logikai függvény

Összefoglalva a legfontosabb egyszerűsítési szabályok:

Első lépésként, fel kell rajzolni a MINTERM, vagy MAXTERM táblát. A tábla kiválasztása attól függ, hogy az egyszerűsített függvényt diszjunktív (mintermes), vagy konjunktív (maxtermes) alakban akarjuk-e megkapni.

A függvény megadásának módjától függően (pl. szöveges, algebrai alak, stb.) meg kell határozni a függvény logikai 1 értékeit. Ha a függvény igazságtáblázattal van megadva, akkor az igazságtáblázat 1–eseit írjuk be a minterm táblázatba.

A táblába beírt logikai 1 értékeket 2 hatványai szerint hurkolhatjuk össze az egyszerűsítéshez. A 2 kettő hatványai szerint 1-, 2-, 4-, 8 és 16-os hurkokat képezhetünk csak!

Egyszerűsítéskor valamennyi 1 – est le kell fedni, azaz körbe kell hurkolni!

Mindig a legnagyobb körbehurkolással kell kezdeni az egyszerűsítést!

Egy term, amelyet már körbehurkoltunk és felhasználtunk egyszerűsítésre, többször is felhasználható!

A körbehurkolás után a hurkok mellé írjuk az egyszerűsített értékeket.

Az összes egyszerűsített értékből előállítjuk az egyszerűsített normál függvényt.

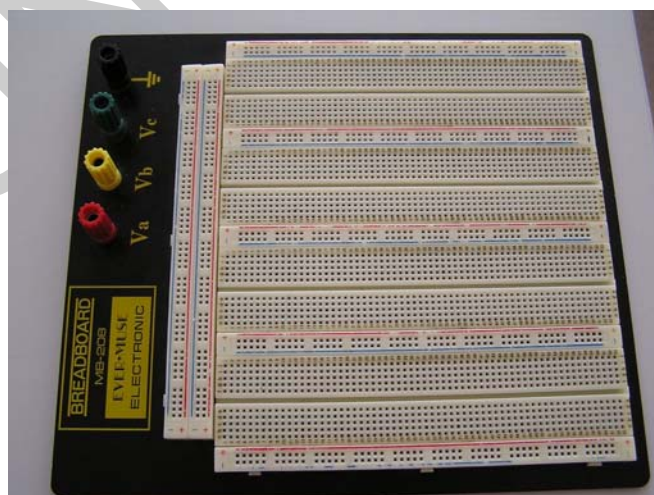
3. Kombinációs logikai hálózatok méréséhez, vizsgálatához szükséges eszközök

A kombinációs logikai hálózatokat felépítő logikai kapuáramköröket az egyszerűsítés elvégzése után összeállítjuk mérőkapcsolás utasításai alapján. Kiválasztjuk a mérés elvégzéséhez szükséges logikai kapukat, az eszközöket és a műszereket. A mérési eredményeket táblázatba foglaljuk és jegyzőkönyvet készítünk a mérésről. TTL, illetve CMOS IC-t használhatunk a méréseken. A mérési gyakorlat célja az, hogy jártasságot szerezzenek a tanulók a kombinációs logikai hálózatok összeállításban és a működésének az ellenőrzésében.

A kombinációs logikai hálózatok mérésének elvégzéséhez javasolt és használható eszközök:

BREADBOARD próbapanel

A breadboard próbapanel a 18. ábrán látható. Ez egy 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 felhasználhatók. Használata gyors és egyszerű. A raszterhálóban elhelyezett érintkezőkkel oldalirányban sorolható és bővíthető.



18. ábra. Breadboard panel – 3 soros

Logikai IC-TESZTER

A digitális IC-teszterek 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 meg tudja állapítani a helyes működést. Külön kapható logikai szintvizsgáló a TTL és a CMOS áramkörökhöz. A 19. ábrán egy TTL logikai IC-teszter látható.



19. ábra. TTL logikai IC-teszter

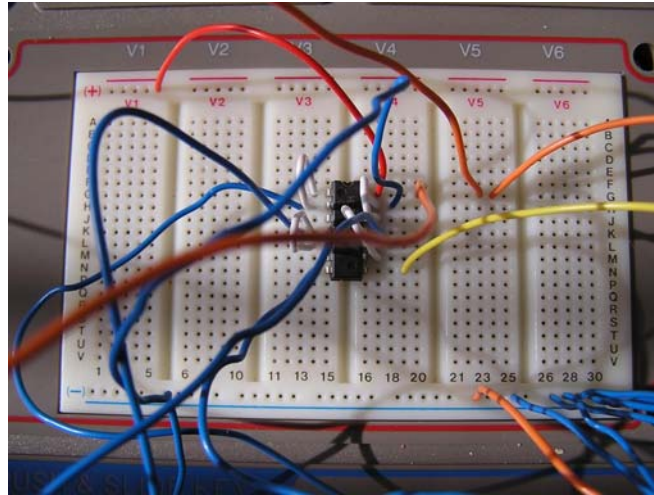
Electronic Lab elektronikai oktatókészlet

Könnyen kezelhető és a hagyományos áramköri elemekből nagyon sok féle áramkör alakítható ki a 20. ábrán látható Electronic Lab oktatókészlet segítségével.



20. 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 kazettatáskába építették, ezáltal jól tárolható és könnyű a mozgatása. Az összeállított áramkörök működéséhez 6 db 1,5 V-os hagyományos elemre van szükség. Az elektronikai alkatrészek elhelyezése dugaszolással történik. Az oktatókészleten összeállított áramkört a 21. ábrán láthatjuk. A logikai alapáramkörök megtanulása az eszköz segítségével egyszerű és gyors.

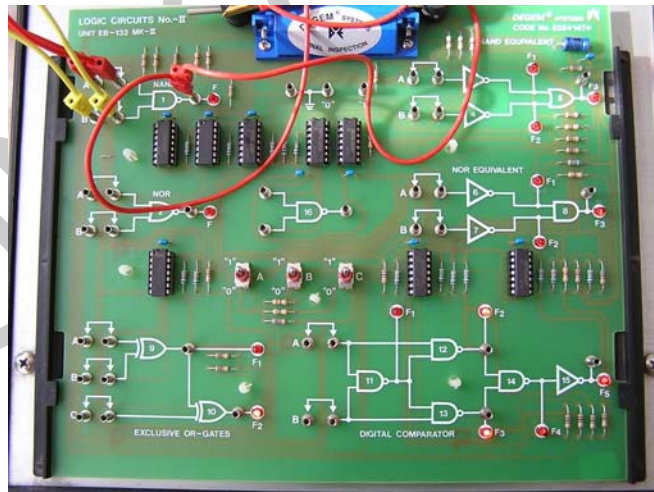


21. ábra. Az oktatókészlet BOARD panelján összeállított logikai mérés

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 – 22. 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.

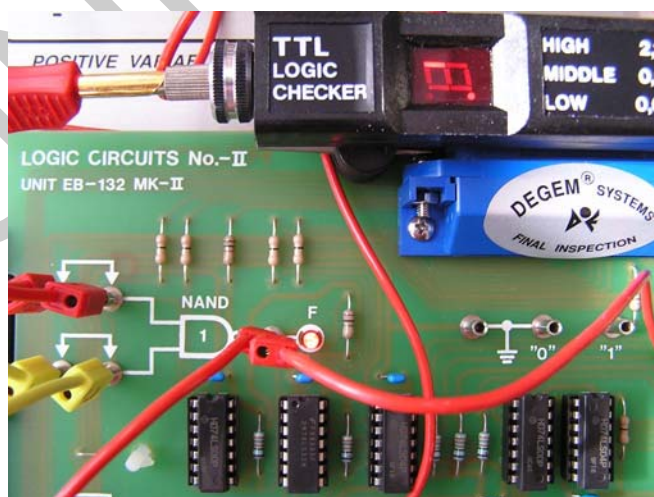


22. ábra. Mérőpanel – logikai alapáramkörök



23. ábra. SYSTEMS tanulói komplex mérőhely

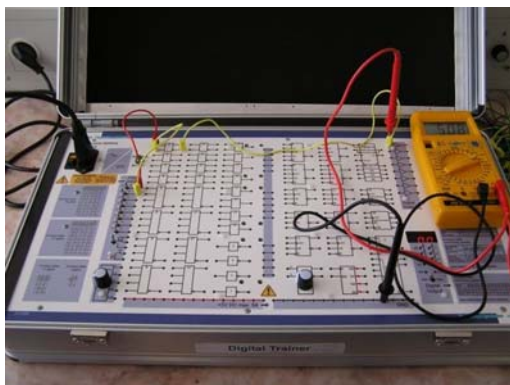
A 23. ábrán a teljes komplex elektronikai mérőhely látható. A 24. ábrán pedig egy logikai kapu (NAND) működésének a mérését láthatjuk.



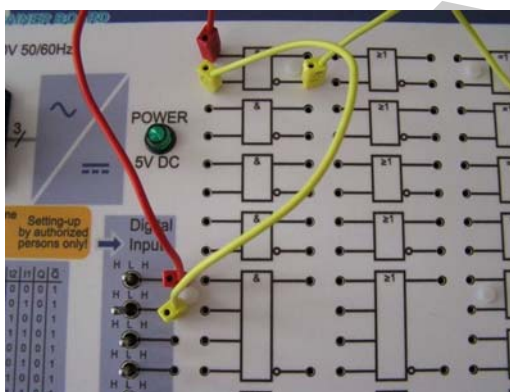
24. ábra. TTL NAND kapu logikaiszint-vizsgálás

TrainingsSysteme Digital Trainer oktatóbőrönd

Az elektronikai oktatóbőrönd – 25. ábra – legfőbb előnyei közé tartozik a bőröndkialakítás, mert minden egyben van, hordozható, tehát a tanterembe is bevihető, nincs helyhez kötve.



25. ábra. Digital Trainer digitális oktatóbőrönd



26. ábra. Digitális oktatóbőrönd – logikai kapu mérése

Egyszerű a kezelhetősége, ezért könnyű megtanulni a használatát. Kreatív szemléletet ad a diákok számára az áramkörök összeállításakor. A Digitális oktatóbőrönd a logikai alapáramköröktől a bonyolultabb logikai hálózatokig tartalmazza a teljes középiskolás tananyagot. A 26. ábrán egy kétbemenetű 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:

Előlap (27. ábra):

- mérést végző neve,
- mérés tárgya, megnevezése,
- mérés helye, dátuma,

- mérést vezető tanár neve.

MÉRÉSI JEGYZŐKÖNYV

A mérési végző neve: _____

A mérési tárgya: _____

A mérési száma: _____

A mérési dátuma: _____

A mérést vezette: _____

Alkalmazott mérőeszközök és körülírások:

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

27. ábra. Jegyzőkönyv előlapja

Belső lapok (28. 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.

Kapcsolási rajzok, feladatok:

Logikai 0-1-es tartozó áramkör mérés: 1. ábra

Logikai 1-1-es tartozó áramkör mérés: 2. ábra

Logikai 0-1-es tartozó áramkör mérés: 3. ábra

Logikai 1-1-es tartozó áramkör mérés: 4. ábra

Adattáblázatok:

	U_{BE}	I_E
1.	$U_{BE} = 4,75V$	$I_E = 5,2mA$
2.	$U_{BE} = 5V$	$I_E = 5,2mA$
3.	$U_{BE} = 5,5V$	$I_E = 5,2mA$
4.	$U_{BE} = 2,5V$	$I_E = 5,2mA$
5.	$I_E = 5,2mA$	$I_E = 5,2mA$

Adattáblázatok:

	U_{BE}	I_E
1.	$U_{BE} = 4,75V$	$I_E = 5,2mA$
2.	$U_{BE} = 5V$	$I_E = 5,2mA$
3.	$U_{BE} = 5,5V$	$I_E = 5,2mA$
4.	$U_{BE} = 2,5V$	$I_E = 5,2mA$
5.	$I_E = 5,2mA$	$I_E = 5,2mA$

28. ábra. Jegyzőkönyv belső oldalai - kitöltött jegyzőkönyv

4. Kombinációs logikai hálózatok mérése

Az előzetes logikai tervezés folyamatát a fizikai megvalósítás követi. Ehhez figyelembe kell venni az elektronikai alkatrész kereskedelemben kapható logikai áramkörök tulajdonságait, és ezek alapján kell kiválasztani a nekünk legjobban megfelelő áramköröket. A megvalósítási cél eléréséhez sok esetben kompromisszumokat kell kötni, helyigény, darabszám fogyasztás stb. és sokszor az előzetes terveken is változtatni kell.

Az integrált áramkörök (IC-k) több (esetleg több millió) logikai alapelemet vagy egységet tartalmaznak. Az IC-eket a gyártási technológiájuk, főbb paramétereik alapján elemcsaládokba sorolják. Ha több IC-ből akarjuk összeállítani a berendezésünket, célszerű az összeset egy családból választani, mert így kompatibilitásuk garantált.

Az egyszerűsített logikai hálózatok igazságtáblázatát méréssel úgy vesszük fel, hogy 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 és CMOS IC-eket használunk fel a mérésre. A mérési gyakorlat célja az, hogy jártasságot szerezzenek a tanulók a logikai áramkörök, logikai hálózatok bementi és kimeneti jeleinek a vizsgálatában.

TANULÁSIRÁNYÍTÓ

Az elméleti információk megbeszélése, összefoglalása után az Ön feladata annak bemutatása, hogyan lehet méréssel megvizsgálni a logikai áramkörök, logikai hálózatok bementi és kimeneti jeleit. Méréssel megállapítani a kombinációs logikai hálózatok igazságtáblázatát és meghatározni a jellemző áramokat, a fogyasztást és be-, illetve a kimeneti feszültségeket.

A kombinációs logikai áramkörök, hálózatok méréstechnikai vizsgálatához ki kell választania azokat az eszközöket és műszereket, amelyek segítségével a mérést el lehet végezni. A mérési adatokat, eredményeket mérési jegyzőkönyvbe kell rögzítenie.

A kombinációs logikai áramkörök, hálózatok igazságtáblázatának az ellenőrzéséhez és a főbb jellemzők méréséhez (tápfeszültség, tápáramfelvétel, teljesítményfelvétel, logikai szintek) a megadott mérőkapcsolásokhoz önállóan elektronikai alkatrészt, mérőeszközt és mérőműszert kell kiválasztania.

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

1. Kombinációs logikai hálózat vizsgálata

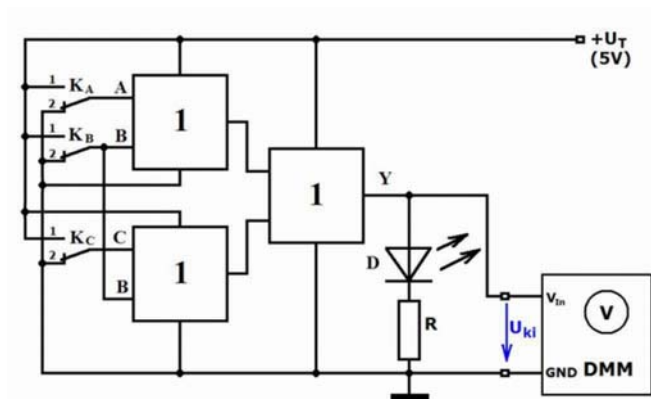
Logikai VAGY kapukból álló hálózat igazságtáblájának felvétele méréssel

Mérés tárgya: logikai VAGY kapukból álló hálózat (7432 IC) vizsgálata

Mérés célja:

- kombinációs hálózat működésének az ellenőrzése,
- igazságtábla felvétele,
- kimeneti logikai szint megállapítása.

Mérés kapcsolási rajza:



29. ábra. Logikai VAGY kapukból álló hálózat vizsgálata

Mérési feladatok:

1. Állítsa össze a kombinációs logikai hálózat kapcsolását a 29. ábra alapján!
2. A tápfeszültség bekapcsolása után az A, B és C bemenetekre a K_A , K_B és K_C kapcsolók segítségével állítsa be a táblázatban megadott logikai szinteket, és mérje meg feszültségmérővel a logikai VAGY kapukból álló hálózat kimeneti feszültség szintjeit! A kimenetre kapcsolt D LED világít, ha logikai 1 értékű a hálózat kimeneti feszültsége.
3. A megmért feszültség szinteket írja be a táblázatba (30. ábra) és ez alapján határozza meg a különböző kombinációkban a vizsgált logikai hálózat kimeneti (Y) szintjeit!

Mérés táblázata:

C	B	A	Y	U _{ki}
0	0	0		
0	0	1		
0	1	0		
0	1	1		
1	0	0		
1	0	1		
1	1	0		
1	1	1		

30. ábra. Igazságtáblázat a méréshez

2. Kombinációs logikai hálózat vizsgálata

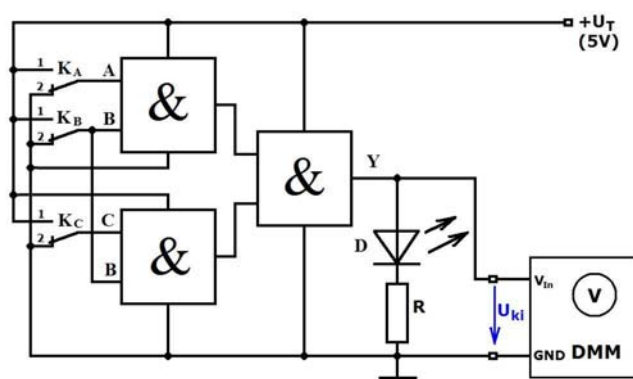
Logikai ÉS kapukból álló hálózat igazságtáblájának felvétele méréssel

Mérés tárgya: logikai ÉS kapukból álló hálózat (7408 IC) vizsgálata

Mérés célja:

- kombinációs hálózat működésének az ellenőrzése,
- igazságtábla felvétele,
- kimeneti logikai szint megállapítása.

Mérés kapcsolási rajza:



31. ábra. Logikai ÉS kapukból álló hálózat vizsgálata

Mérési feladatok:

1. Állítsa össze a kombinációs logikai hálózat kapcsolását a 31. ábra alapján!
2. A tápfeszültség bekapcsolása után az A, B, és C bemenetre a K_A , K_B és K_C kapcsolók segítségével állítsa be a táblázatban megadott logikai szinteket, és mérje meg feszültségmérővel a logikai ÉS kapukból álló hálózat kimeneti feszültség szintjeit! A kimenetre kapcsolt D LED világít, ha logikai 1 értékű a hálózat kimeneti feszültsége.
3. Készítsen igazságtáblázatot a 32. ábrának megfelelően és a mért feszültség szinteket írja be a táblázatba, és ez alapján határozza meg a logikai hálózat kimeneti (Y) szintjeit!

C	B	A	Y	U _{ki}
0	0	0		
0	0	1		
0	1	0		
0	1	1		
1	0	0		
1	0	1		
1	1	0		
1	1	1		

32. ábra. Igazságtáblázat a méréshez

3. Kombinációs logikai hálózat vizsgálata

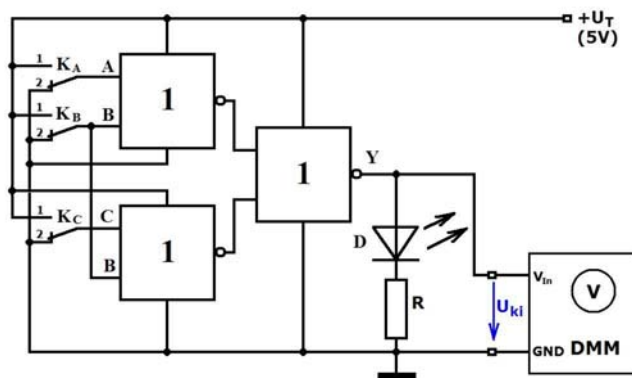
Logikai NEM-VAGY (NOR) kapukból álló hálózat igazságtáblájának felvétele méréssel

Mérés tárgya: logikai NEM-VAGY (NOR) kapukból álló hálózat (7402 IC) vizsgálata

Mérés célja:

- kombinációs hálózat működésének az ellenőrzése,
- igazságtábla felvétele,
- kimeneti logikai szint megállapítása.

Mérés kapcsolási rajza:



33. ábra. Logikai NEM-VAGY (NOR) kapukból álló hálózat vizsgálata

Mérési feladatok:

1. Állítsa össze a kombinációs logikai hálózat kapcsolását a 33. ábra alapján!
2. A tápfeszültség bekapcsolása után az A, B, és C bemenetre a K_A , K_B és K_C kapcsolók segítségével állítsa be a táblázatban megadott logikai szinteket, és mérje meg feszültségmérővel a logikai NOR kapukból álló hálózat kimeneti feszültség szintjeit! A kimenetre kapcsolt D LED világít, ha logikai 1 értékű a hálózat kimeneti feszültsége.
3. Készítsen igazságtáblázatot a 34. ábrának megfelelően és a mért feszültség szinteket írja be a táblázatba, és ez alapján határozza meg a logikai hálózat kimeneti (Y) szintjeit!

C	B	A	Y	U _{ki}
0	0	0		
0	0	1		
0	1	0		
0	1	1		
1	0	0		
1	0	1		
1	1	0		
1	1	1		

34. ábra. Igazságtáblázat a méréshez

4. Kombinációs logikai hálózat vizsgálata

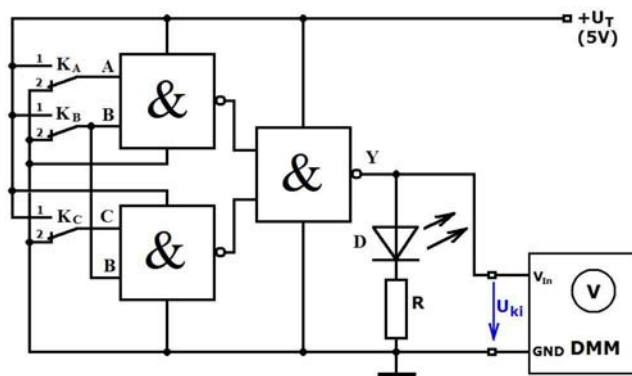
Logikai NEM-ÉS (NAND) kapukból álló hálózat igazságtáblájának felvétele méréssel

Mérés tárgya: logikai NEM-ÉS (NAND) kapukból álló hálózat (7400 IC) vizsgálata

Mérés célja:

- kombinációs hálózat működésének az ellenőrzése,
- igazságtábla felvétele,
- kimeneti logikai szint megállapítása.

Mérés kapcsolási rajza:



35. ábra. Logikai NEM-ÉS (NAND) kapukból álló hálózat vizsgálata

Mérési feladatok:

1. Állítsa össze a kombinációs logikai hálózat kapcsolását a 35. ábra alapján!
2. A tápfeszültség bekapcsolása után az A, B, és C bemenetre a K_A, K_B és K_C kapcsolók segítségével állítsa be a táblázatban megadott logikai szinteket, és mérje meg feszültségmérővel a logikai NAND kapukból álló hálózat kimeneti feszültség szintjeit! A kimenetre kapcsolt D LED világít, ha logikai 1 értékű a hálózat kimeneti feszültsége.
3. Készítsen igazságtáblázatot a 36. ábrának megfelelően és a mért feszültség szinteket írja be a táblázatba, és ez alapján határozza meg a logikai hálózat kimeneti (Y) szintjeit!

C	B	A	Y	U _{ki}
0	0	0		
0	0	1		
0	1	0		
0	1	1		
1	0	0		
1	0	1		
1	1	0		
1	1	1		

36. ábra. Igazságtáblázat a méréshez

5. Kombinációs logikai hálózat vizsgálata

Logikai függvény minimalizálása és megvalósítás utáni vizsgálata méréssel

Mérés tárgya: Diszjunktív kanonikus alakban megadott függvény egyszerűsítése és a megvalósított függvény vizsgálata

Mérés célja:

- Logikai hálózat egyszerűsítés utáni vizsgálata, működésének az ellenőrzése,
- igazságtábla felvétele,
- kimeneti logikai szint megállapítása.

Méréshez megadott függvény diszjunktív alakja:

$$Y = \sum(0,1,2,4,6,8,9,10)$$

Mérési feladatok:

1. Egyszerűsítse grafikus (Karnaugh, Veitch) úton a függvényt! Az "A" változó a legkisebb helyiértéken szerepeljen!
2. Adja meg az egyszerűsített függvény algebrai alakját!
3. Realizálja az egyszerűsített függvényt NÉV rendszer kapuival.
4. Állítsa össze a mérőkapcsolást!
5. Készítsen igazságtáblázatot! A mért feszültség szinteket írja be egy táblázatba és ez alapján határozza meg a vizsgált logikai függvény kimeneti (Y) szintjeit!
6. Készítse el a vizsgálat jegyzőkönyvét!

6. Kombinációs logikai hálózat vizsgálata

Logikai függvény minimalizálása és megvalósítás utáni vizsgálata méréssel

Mérés tárgya: Diszjunktív kanonikus alakban megadott függvény egyszerűsítése és a megvalósított függvény vizsgálata

Mérés célja:

- Logikai hálózat egyszerűsítés utáni vizsgálata, működésének az ellenőrzése,
- igazságtábla felvétele,
- kimeneti logikai szint megállapítása.

Méréshez megadott függvény diszjunktív alakja:

$$Y = \sum^4(0,1,2,4,6,8,9,210,12,14)$$

Mérési feladatok:

1. Egyszerűsítse grafikus (Karnaugh, Veitch) úton a függvényt! A "D" változó a legkisebb helyiértéken szerepeljen!
2. Adja meg az egyszerűsített függvény algebrai alakját!
3. Realizálja az egyszerűsített függvényt kétbemenetű NAND kapukkal.
4. Állítsa össze a mérőkapcsolást!
5. Készítsen igazságtáblázatot! A mért feszültségszinteket írja be egy táblázatba és ez alapján határozza meg a vizsgált logikai függvény kimeneti (Y) szintjeit!
6. Készítse el a vizsgálat jegyzőkönyvét!

7. Kombinációs logikai hálózat vizsgálata

Logikai függvény minimalizálása és megvalósítás utáni vizsgálata méréssel

Mérés tárgya: Táblázatos alakban megadott függvény egyszerűsítése és a megvalósított függvény vizsgálata

Mérés célja:

- Logikai hálózat egyszerűsítés utáni vizsgálata, működésének az ellenőrzése,
- igazságtábla felvétele,
- kimeneti logikai szint megállapítása.

Méréshez megadott függvény táblázatos alakja, amely a 37. ábrán látható:

DC \ BA	00	01	11	10
00	0	1	1	0
01	0	1	1	0
11	1	0	0	1
10	1	0	0	1

37. ábra. Táblázatos megadási mód

Mérési feladatok:

1. Egyszerűsítse grafikus (Karnaugh, vagy Veitch) úton a függvényt! Az "A" változó a legkisebb helyiértéken szerepeljen!
2. Adja meg az egyszerűsített függvény algebrai alakját!
3. Realizálja az egyszerűsített függvényt kétbemenetű NAND kapukkal.
4. Alakítsa át a függvényt konjunktív normál alakra és minimalizálja a függvényt!
5. Realizálja az egyszerűsített függvényt kétbemenetű NOR kapukkal
6. Állítsa össze a mérőkapcsolást!
7. Készítsen igazságtáblázatot! A mért feszültség szinteket írja be egy táblázatba és ez alapján határozza meg a vizsgált logikai függvény kimeneti (Y) szintjeit!
8. Készítse el a vizsgálat jegyzőkönyvét!

8. Kombinációs logikai hálózat vizsgálata**Szövegesen megadott logikai függvény minimalizálása és megvalósítás utáni vizsgálata méréssel**

Mérés tárgya: Szöveges alakban megadott függvény egyszerűsítése és a megvalósított függvény vizsgálata

Mérés célja:

- Logikai hálózat egyszerűsítés utáni vizsgálata, működésének az ellenőrzése,
- igazságtábla felvétele,
- kimeneti logikai szint megállapítása.

Méréshez megadott függvény szövege alakja:

Készítsen szavazó áramkört! A szavazóáramkör az alábbi feltételeknek feleljen meg. Négy fő szavazata alapján kell döntést hozni, tehát 4 változó szerepel a függvényben. A szavazatok súlyai eltérőek. A titkár szavazata "D" jelű és a szavazati súlya 4 egység. A titkár helyettesének a szavazata "C" jelű és szavazati súlya 3 egység. A beosztott tagok szavazata "A" és "B" jelű, szavazati súlyuk 2-2 egység. A kombinációs logikai hálózattal megvalósított szavazóáramkör akkor jelezzon, ha a szavazatok összsúlya nagyobb, mint a maximális szavazatok 50%-a!

Mérési feladatok:

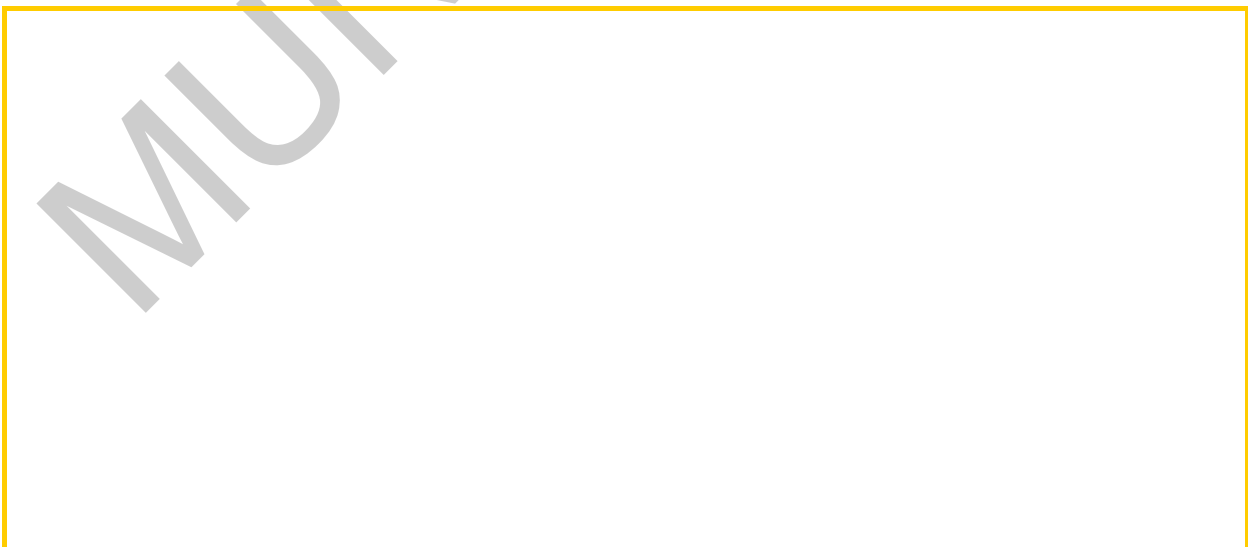
1. A szöveges feladat alapján készítse el a szavazóáramkör igazságtáblázatát!
2. Ezután készítse el az egyszerűsítéshez a grafikus táblát!
3. Egyszerűsítse grafikus (Karnaugh, Veitch) úton a függvényt! Az "A" változó a legkisebb helyiértéken szerepeljen!
4. Adja meg az egyszerűsített függvény algebrai alakját!
5. Realizálja az egyszerűsített függvényt kétbemenetű NAND kapukkal.
6. Állítsa össze a mérőkapcsolást!
7. Méréssel állapítsa meg, hogy helyesen működik-e a megvalósított szavazóáramkör!
8. Készítse el a vizsgálat jegyzőkönyvét!

ÖNELLENŐRZŐ FELADATOK**1. feladat**

Sorolja fel és röviden ismertesse a kombinációs hálózatokat megvalósító logikai függvények megadási módjait!

**2. feladat**

Rajzolja le a grafikus megadásnál használt Karnaugh, vagy Veitch-táblát!



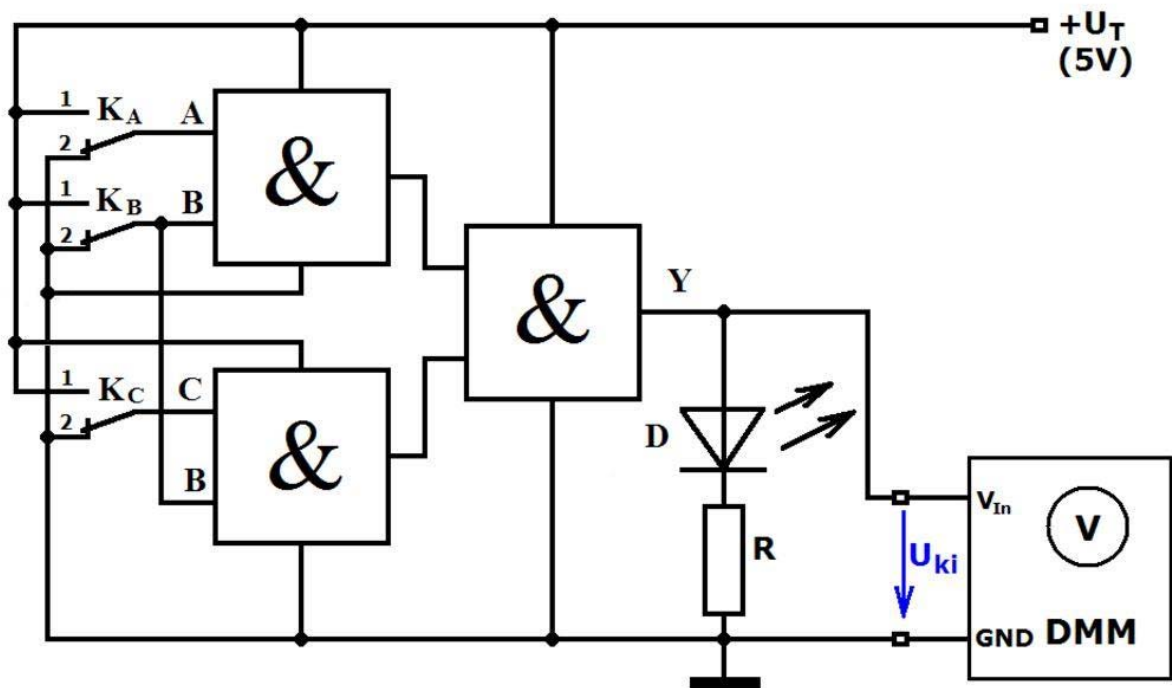
3. feladat

Mit jelent MINTERM és MAXTERM fogalom? Írja le röviden a két fogalom meghatározását!

4. feladat

Írja le a minterm és maxterm táblánál alkalmazott egyszerűsítési szabályokat!

[illegible]



39. ábra. Logikai ÉS kapukból álló hálózat vizsgálata

MEGOLDÁSOK

1. feladat

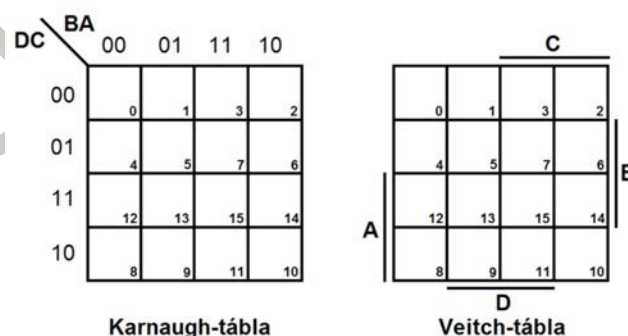
A kombinációs hálózatokat megvalósító logikai függvényeket az általános $Y=Y(A,B,C \dots)$ alakhoz képest többféle módon is megadhatjuk.

Megadási módok:

- táblázattal (az igazságtáblázat a változók összes lehetséges kombinációját megadja)
- algebrai alakkal (az algebrai alakkal történő felírásakor a változók közé közvetlenül odaírjuk a műveleti jelet)
- logikai vázlattal, kapcsolási rajzzal (a logikai függvénykapcsolatot a megvalósító kapuáramkörökkel ábrázoljuk)
- szöveggel (a változók kombinációit és a közöttük lévő logikai kapcsolatot szöveggel adjuk meg)
- idődiagrammal (a logikai hálózat bemenetén és kimenetén megjelenő jel időfüggvényekkel van ábrázolva)
- grafikus megadással (a grafikus megadási módok közül a Karnaugh-tábla, a Veitch-tábla használat terjedt el)

2. feladat

A grafikus megadásnál két módszer terjedt el a Karnaugh-tábla és a Veitch-tábla melyeket a 40. ábrán láthatunk.



40. ábra.

3. feladat

MINTERM: a független változók logikai ÉS kapcsolata, amelyben minden változó csak egyszer szerepel

MAXTERM: a független változók VAGY kapcsolata, amelyben minden változó csak egyszer szerepel

4. feladat

Egyszerűsítési szabályok

1. Első lépés, fel kell rajzolni a MINTERM, vagy MAXTERM táblát. A tábla kiválasztása attól függ, hogy az egyszerűsített függvényt diszjunktív (mintermes), vagy konjunktív (maxtermes) akarjuk-e megkapni.
 2. A függvény megadásának módjától függően (pl. szöveges, algebrai alak, stb.) meg kell határozni a függvény logikai 1 értékeit. Ha a függvény igazságtáblázattal van megadva, akkor az igazságtáblázat 1-eseit írjuk be a minterm táblázatba.
 3. A táblába beírt logikai 1 értékeket 2 hatványai szerint hurkolhatjuk össze az egyszerűsítéshez. A 2 kettő hatványai szerint 1-, 2-, 4-, 8 és 16-os hurkokat képezhetünk csak!
 4. Egyszerűsítéskor valamennyi 1-est le kell fedni, azaz körbe kell hurkolni!
 5. Mindig a legnagyobb körbehurkolással kell kezdeni az egyszerűsítést!
 6. Egy term, amelyet már körbehurkoltunk és felhasználtunk egyszerűsítésre, többször is felhasználható!
 7. A körbehurkolás után a hurkok mellé írjuk az egyszerűsített értékeket.
 8. Az összes egyszerűsített értékből előállítjuk az egyszerűsített normál függvényt.
-

5. feladat

A Maxterm-tábla esetén az Y függvény negáltját állítjuk elő, úgy hogy az igazságtáblából nem az 1-eseket, hanem a 0-kat olvassuk ki. Az átalakítás sorrendje a következő:

- a MINTERM-tábla szélein a változókat negáljuk,
 - a tábla belsejében az 1-eseket és a 0-akat felcseréljük, vagyis a tábla minden számjegyét negáljuk és az új 1-eseket vonjuk össze,
 - a kiolvasott függvény a változók maxtermjeinek az ÉS kapcsolata.
 - MAXTERM-tábla a független változók VAGY kapcsolata, amelyben minden változó csak egyszer szerepel
-

6. feladat

A kapcsolási rajz alapján a következő mérési feladatokat kell elvégezni

1. Össze kell állítani a kombinációs logikai hálózat vizsgálatához a kapcsolást.
2. A tápfeszültség bekapcsolása után az A, B, és C bemenetre a K_A , K_B és K_C kapcsolók segítségével be kell állítani az igazságtáblázatban a különböző logikai kombinációkat. Ezután feszültségmérővel meg kell mérni a hálózat kimenetén megjelenő feszültség logikai szintjeit. A kimenetre kapcsolt D LED világít, ha logikai 1 értékű a hálózat kimeneti feszültsége.

3. Kitöltöm az elkészített igazságtáblázatot, a mért feszültség szinteket beírom a táblázatba, és ez alapján határozom meg a logikai hálózat kimeneti (Y) szintjeit!

MUNKANYAG

IRODALOMJEGYZÉK

FELHASZNÁLT IRODALOM

Kovács Csongor: Digitális elektronika. General Press Kiadó, Budapest, 2002.

Zombori Béla: Digitális elektronika. TANKÖNYVMESTER Kiadó, Budapest, 2002.

AJÁNLOTT IRODALOM

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

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

A(z) 0917-06 modul 019-es 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:
10 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