

DR. FLESCH ISTVÁN

BME, Híradástechnikai Elektronika Intézet

Vegyes logika alkalmazása logikai hálózatok tervezésében

ETO 681.325.6

A külföldi szakirodalomban több helyen találkozhatunk a „mixed logic” megnevezéssel, amely a logikai hálózatok tervezésében igen előnyösen használható tervezési módot jelöl. A magyar terminológiában „vegyes logiká”-nak lehetne nevezni. Mi az a vegyes logika, hogyan lehet alkalmazni, milyen előnyökkel jár? Ezekre a kérdésekre kívánunk választ adni a következőkben.

Bármelyik tervezési algoritmust követjük is valamely logikai hálózat tervezésekor, mindegyik esetben eljutunk olyan fázishoz, amelyben adott egy minimalizált logikai függvény, amelyet áramköri eszközökkel realizálni kell. A logikai függvény független és függő-változói — kétértékű logikában — IGAZ (1) és HAMIS (0) logikai értékek lehetnek, míg az áramköri eszközök feszültséglogikában — kapuk — feszültségszintek hatására feszültségszinteket hoznak létre, amelyeket L (low) és H (high) betűkkel jelölünk.

A logika polaritásáról akkor beszélünk, amikor a logikai értékekhez feszültségszinteket rendelünk. Ez kétféleképpen történhet. Pozitív logikáról beszélünk, amikor $1=H$, ill. $0=L$ megfeleltetést tesszük. Negatív logikát pedig $1=L$, ill. $0=H$ összerendeléssel kapunk.

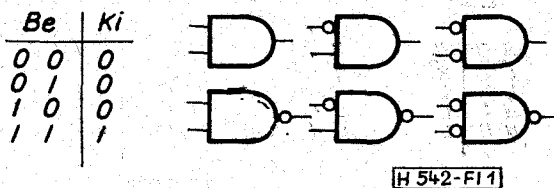
A szokásos tervezési eljárások, az eljárás során végig, kizárólag az egyik polaritású logikát használják. Ilyen esetekben a fizikai eszközöket az általuk megvalósított — az adott polaritású logikában értelmezett — logikai művelet szimbólumával jelöljük a logikai vázlatokban. A kapuk elnevezésüket is ezen műveletektől kapják. Pl. az SN 7400 NAND kapu pozitív logikában valósítja meg a NAND műveletet. A kötött polaritású rendszerekben a megvalósítandó logikai függvényt a realizáló eszközöknek megfelelő műveleteket tartalmazó alakra kell transzformálni.

A vegyes logika azt jelenti, hogy egy adott hálózaton belül vegyesen használjuk mindkét polaritású logikát. Ezen kötetlenség révén, a realizáláshoz használt kapuk típusától függetlenül, a megvalósítandó logikai függvény és a logikai vázlat megmaradhat ÉS—VAGY—NEM műveleti rendszerben, amely a logikai tartalmat a legszemléletesebben írja le. Semmilyen transzformációt sem kell végrehajtani.

A logikai vázlat struktúrája teljes egészében követi a függvény struktúráját még abban az esetben is, amikor a független változók különböző polaritásúak, függetlenül attól is, hogy a kimeneti változót milyen polaritásban kívánjuk megkapni. Azt mondhatjuk, hogy a vegyes logika alkalmazásával a logikai hálózat leíró logikai vázlat a logikai tartalmat a legszemléletesebben jeleníti meg. Roppant egyszerűvé teszi a függvényből az áramköri realizálást, szükségtelenné teszi a különféle függvény átalakítási lépéseket, amelyek azonkívül, hogy hibázási lehetőséget rejtnek magukban, még a hálózat logikájának szemléletességét is feladják. A felsorolt előnyös tulajdonságok mellett még a gazdaságosság szempontjából is optimális eredményt biztosít. Érdemes tehát megismernedni és megbarátkozni ezzel a szemléleti móddal.

A vegyes logika a megszokottól eltérő jelölésrendszert igényel, ugyanis a logikai vázlat minden pontján jelezni kell, hogy ott éppen milyen polaritású logika értelmezett és a használt szimbólumok is elsősorban a logikai műveletekhez tartoznak és nem a fizikai eszközökhöz. A fizikai eszközt a logikai művelet és a logika polaritásának szimbólumai együttesen jellemzik. A logikai műveletek szimbólumainak bemeneteire és kimeneteire rajzolt kis körrel negatív polaritást ($1=L$), annak hiányával pedig pozitív polaritást ($1=H$) jelölünk. Az 1. ábra az ÉS művelet szimbólumát mutatja különféle polaritásváltozatok jelölésével, természetesen mindegyikhez ugyanaz a logikai igazságtábla tartozik. Tehát a körök nem a műveletre utaló jelölések.

Az 1. ábrában pl. a harmadik ÉS szimbólum jelentése: a negatív logikában értelmezett bemeneti változók ÉS kapcsolatát pozitív logikában adja a kimeneti változó. Ezek után felírhatók az ÉS szimbólumok



H 542-F17

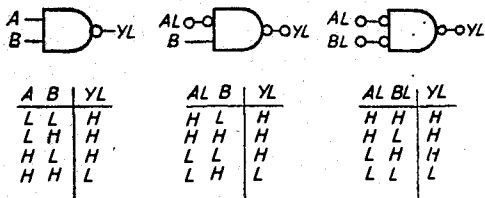
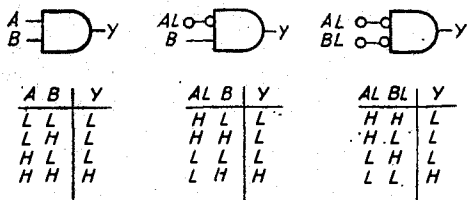
1. ábra. A logikai ÉS művelet lehetséges szimbólumai a logikai változók különféle polaritásai esetén

feszültségtáblái úgy, hogy az ÉS művelet igazságtábla igazságértékeinek helyére a polaritásjelöléseknek megfelelő feszültségértékeket helyettesítjük (2. ábra). Célszerű a negatív polaritású változók mellé L betűt írni (1=L), ezzel is segítve az áttekinthetőséget. Ennek különösen akkor van jelentősége, amikor több logikai vázlatot csatlakoztatunk egymáshoz.

A logikai VAGY művelet szimbólumát különböző polaritásváltozatokkal és a feszültségtáblákat a 3. ábra foglalja össze.

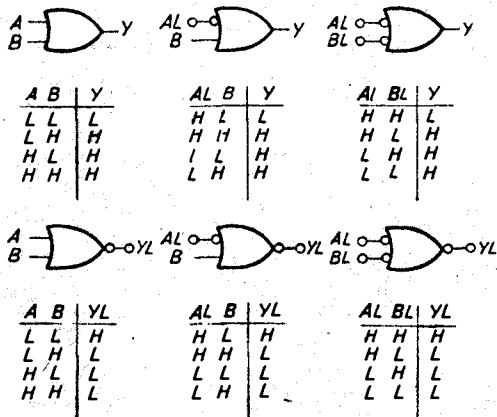
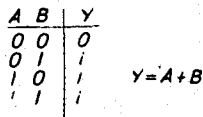
Ha az ÉS és VAGY szimbólumok feszültségtábláit összehasonlítjuk a használatos kapuk feszültségtábláival, akkor azt találjuk, hogy a fizikai eszközök mindegyike alkalmas akár az ÉS, akár a VAGY művelet egy-egy változatát közvetlenül megvalósítani. Ezeket a lehetőségeket foglalja össze a 4. ábra.

A logikai NEM művelet fizikai megvalósítása a vegyes logikában meglehetősen rendhagyó módon történik. A megközelítés érdekében először nézzünk egy egyszerű realizálási feladatot.



H 542-F1 2

2. ábra. Az ÉS szimbólumok feszültségtáblái az ÉS művelet igazságtáblájából származtatva



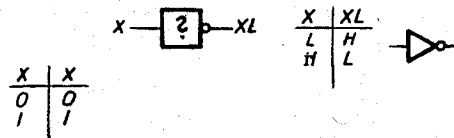
H 542-F1 3

3. ábra. A VAGY szimbólumok feszültségtáblái a VAGY művelet igazságtáblájából származtatva

Fizikai eszköz	Logikai művelet szimbóluma	
	ÉS	VAGY
pl. SN 7408 (ÉS-kapú)		
pl. SN 7400 (NAND-kapú)		
pl. SN 7432 (VAGY-kapú)		
pl. SN 7402 (NOR-kapú)		

H 542-F1 4

4. ábra. A logikai szimbólumok megvalósítási lehetőségei fizikai eszközökkel — kapukkal



H 542-F1 5

5. ábra. Logikai változó polaritását megváltoztató művelet definiálása. A polaritásváltót, amely nem végez logikai inverzálást, a szokásos inverterekkel lehet realizálni

Valósítsuk meg az

$$Y = A \cdot B$$

elemi logikai függvényt. Az A változó AL-ként, a B változó B-ként áll rendelkezésre és az Y változó polaritására nincs megkötés, azaz kétféle megoldásunk lehet.

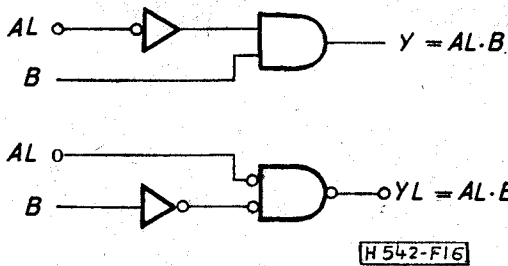
Mivel ÉS műveletet kell realizálni, a megfelelő logikai szimbólumokat a 2. ábrából keressük ki. Azonban a feladatnak megfelelő

$$Y = AL \cdot B, \text{ ill.}$$

$$YL = AL \cdot B$$

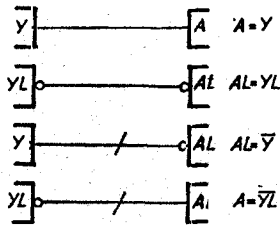
szimbólumoknak nincs áramköri megfelelője (lásd 4. ábra). Tehát egy kapuval nem oldható meg a feladat. Valamelyik változó polaritását meg kell változtatni. Most már az a kérdés, milyen eszközzel lehet polaritást változtatni úgy, hogy közben a logikai érték ne változzék, ne történjék logikai műveletvégzés. Induljunk ki az 5. ábra igazságtáblájából, amely a logikai értékek változatlanóságát kiköti. Ennek megfelelően az 5. ábra szimbólumainak mindkét oldalán ugyanaz az X változó van, de az igényelt polaritásváltásnak eleget téve ellentétes polaritással. Ha a feszültségtáblákat összevetjük a fizikai inverterek feszültségtábláival, akkor már ki is mondhatjuk, hogy az inverterekkel lehet a logika polaritását ellenkezőre váltani. Ezért a logikai vázlatokban az inverter szimbólumát használjuk a polaritásváltás jelölésére, de mivel nem végez logikai inverziót, nem inverternek nevezzük, hanem polaritásváltónak.

Visszatérve kiinduló feladatunkra, a 6. ábra mutatja a megoldásokat, amelyek az említett polaritásváltókat tartalmazzák. Az áramköri megvalósításhoz mindkét esetben 1 kapu és 1 inverter szükséges. Természetesen a feladat tetszés szerinti kaputípusokkal



H 542-F16

6. ábra. Az $Y = A \cdot B$ függvény kétféle realizálása vegyes logikában



H 542-F17

7. ábra. A logikai NEM művelet definiálása

megoldható, de ebben az esetben csak a polaritásváltó fogalmának bevezetése volt a cél.

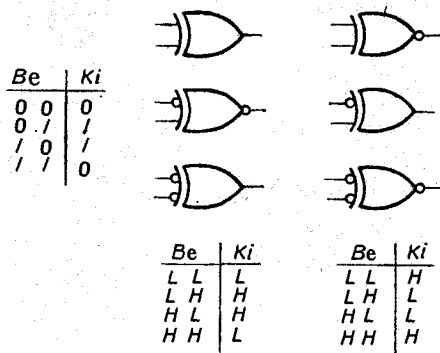
Ebből a vizsgálódásból kiderült, hogy az inverter nem végez logikai műveletet, tehát még mindig nem ismerjük a logikai NEM fizikai megvalósítási módját. További megközelítés céljából tekintjük meg a 7. ábrát, amely egy tetszőleges kapu kimenetének egy másik tetszőleges kapu bemenetéhez kapcsolását mutatja a lehetséges négyféle polaritásváltozatnak megfelelően. Mivel az összekötések közös vezetékkel történnek, egy-egy összekötés mindkét végén mindig azonos feszültség szint van, vagy L vagy H. Ennek alapján felírható mindegyik esetre a logikai igazságtábla, amely tehát a vezetékkel való összekötéssel megvalósított logikai művelet értelmezését adja.

1. táblázat

Feszültség-szint a vezetékén	a)		b)		c)		d)	
	Y	A	YL	AL	Y	AL	YL	A
L	0	0	1	1	0	1	1	0
H	1	1	0	0	1	0	0	1

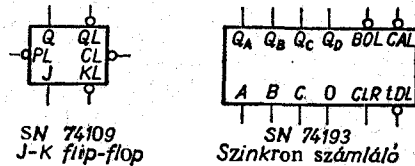
Az igazságtáblákból leolvasható, hogy az a) és b) esetekben $A = Y$, még a c) és d) esetekben $A = \bar{Y}$. Tehát a logikai NEM művelet úgy valósítható meg, hogy a hálózat adott pontjára a logikai változó ellenértékes polaritású alakját kötjük, mint amelyiket az adott pont különben igényelné. A logikai tagadás valamely fizikai vezetékdarabon jelentkezik, ha végén különböző polaritású logikai változók értelmezettek. Az ilyen összekötéseket keresztülhúzó kis vonal a logikai NEM szimbóluma. Mivel megvalósításához nem szükséges semmilyen áramköri eszköz, „CIRCUITLESS NOT”-nak is nevezik.

A vegyes logika jelölésrendszere elvileg bármelyik műveletre alkalmazható. A 8. ábra pl. a gyakorlatban sokszor előforduló ANTIVALENCIA (EOR) művelet vegyes logikás szimbólumait foglalja össze. A páros számú kört tartalmazó szimbólumok közvetlenül realizálhatók antivalenciakapukkal (pl. SN 7486).



H 542-F18

8. ábra. Az ANTIVALENCIA művelet (EOR) szimbólumai

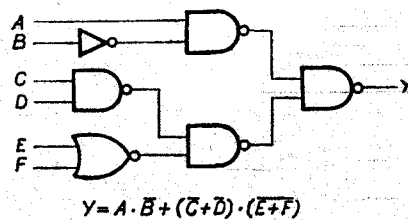


H 542-F19

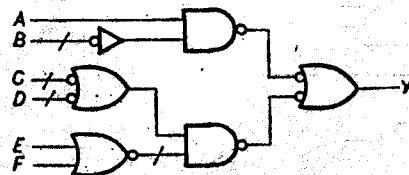
9. ábra. Flip-flop és MSI elem szimbóluma

A különféle flip-flopok, MSI, LSI elemek is beleillemnek a vegyes logika jelölésrendszerébe. A 9. ábra mutat ezekre egy-egy példát. A flip-flop mindkét kimenete ugyanazt a Q logikai változót jelenti, különböző polaritásban. Ezek nem egymás negáltjai. A bemeneteken és a kimeneteken a kis körök itt is azt jelentik, hogy amikor a feszültség szint L, akkor a logikai érték 1, és nem logikai inverzió a jelentésük.

A konvenciók áttekintése után nézzünk meg néhány illusztráló példát. Elsőként hasonlítsunk össze pozitív és vegyes logikában megadott, azonos logikai függvényhez tartozó logikai vázlatokat. Ilyen esetet mutat a 10. ábra. Próbáljuk a vázlatokból közvetlenül kiolvasni a függvényt, vagy a függvény alapján felismerni a vázlatot. Ezeket a vegyes logikás változatnál nagyon egyszerűen megtehetjük, csupán a műveletek szimbólumait kell nevük szerint összeolvasni,



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



H 542-F110

10. ábra. Logikai függvény pozitív- és vegyes logikás logikai vázlata. A vegyes logikás vázlat teljes mértékben megtartja és követi a leíró függvény műveleti strukturáját

vagy a fordított esetben, a függvény műveleteit követni a vázlatban. Természetesen csak az ÉS, VAGY szimbolikus formákat és a NEM-et jelentő kis vonásokat vesszük ilyenkor figyelembe, a kis köröket és a polaritásváltókat figyelemen kívül hagyjuk.

A kis körök a hibakeresési munkát könnyítik meg, mert a hálózat minden pontján jelzik, hogy a logikai feltételek teljesülésekor ott melyik feszültség szintet kell észlelni.

A logikai tartalom ilyen szemléletes megjelenítésére és a hibakeresési munka megkönnyítésére a pozitív logikás realizálás nem alkalmas.

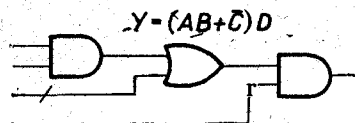
A 11. ábra a logikai vázlat szerkesztését mutatja be. Az adott függvény alapján először a logikai vázlat műveletek szerinti struktúráját rajzoljuk fel. Ezután a kis körök és a polaritásváltók elhelyezésével kielégítjük a peremfeltételeket. Ilyenek lehetnek a változók polaritásai, a realizáló kapuk típusai és valamilyen szempont szerinti optimalizálási igény. A 11. ábrából kiténik, hogy a realizálástól függetlenül a logikai vázlatok mindegyike — a műveleteket tekintve — kölcsönös megfeleltetésben van a függvénnyel anélkül, hogy transzformációt végeznénk.

A következő példához legyen adott az alábbi függvény:

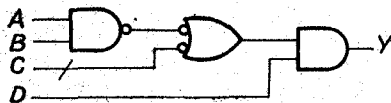
$$Y = (\bar{A} + B)C + \bar{D}(\bar{E} + F)$$

Próbáljuk először pozitív logikában realizálni a következő megkötésekkel: B és F kivételével mindegyik változó LOW-aktív és a realizáláshoz csak NOR-kapukat használhatunk. A függvényt NOR műveletekkel kifejezett alakra kell hozni:

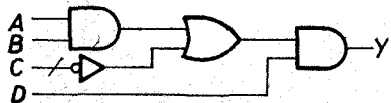
$$Y = \overline{[(\bar{A} \parallel B) \parallel \bar{C}] \parallel [D \parallel (\bar{E} \parallel F)]}$$



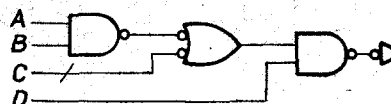
A logika strukturája



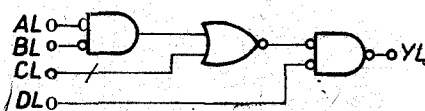
Kapu-bemenet számra optimum



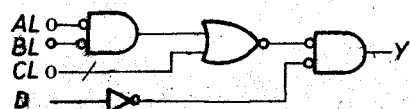
ÉS-és VAGY-kapukkal



NAND-kapukkal



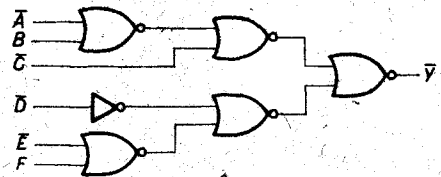
Változók: 1-L Kapu-bemenet számra optimum



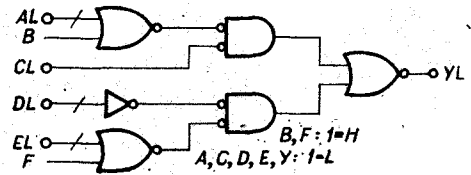
A, B, C vált: 1-L B, Y vált: 1-H NOR-kapukkal

[H 542-FI 11]

11. ábra. Logikai függvényből logikai vázlat felrajzolása előre kikötött szempontoknak megfelelően



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



[H 542-FI 12]

12. ábra. Adott logikai függvény realizálása pozitív- és vegyes logikában

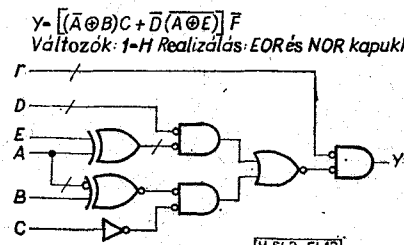
A megadott változó polaritásoknak megfelelően tovább alakítva:

$$\bar{Y} = [(\bar{A} \parallel B) \parallel \bar{C}] \parallel [\bar{D} \parallel (\bar{E} \parallel F)]$$

A 12. ábra mutatja a logikai vázlatot, amelyből az eredetileg megadott logikai kapcsolatokat kiolvasni nagyon nehéz. Ugyanez mondható a transzformációval kapott függvényről is. Ha most a feladatot vegyes logikával oldjuk meg, akkor elmarad a függvénytranszformáció, azonnal felrajzolható a logikai vázlat és az eredeti alakban megadott elemi logikai műveletek a vázlatban is rendre következnek.

Utolsó példaként az EOR műveletet is tartalmazó függvények vegyes logikás realizálását mutatja a 13. és a 14. ábra. Az utóbbiban dekompozícióval kapott függvény szerepel. Mindkét feladatban előre adott a változók polaritása és a felhasználható kapuk típusa. Ezekből a példákban látható, hogy az ANTIVALENCIA művelet bevonásával is változatlanul könnyű a logikai vázlat felrajzolása és maximálisan biztosított a szemléletesség is.

A bemutatott példákban az is érezhető, hogy milyen egyszerűen lehet esetleges változtatásokat eszközölni



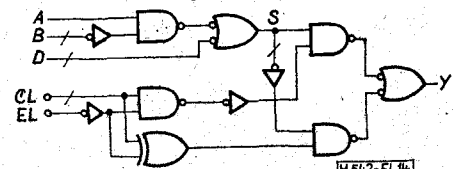
[H 542-FI 13]

13. ábra. Antivalencia műveletet is tartalmazó függvény realizálása vegyes logikában

$$Y = S\bar{C}E + \bar{S}(C \oplus E) \quad A, B, D, Y: 1-H$$

$$S = \bar{A}B + \bar{D} \quad C, E: 1-L$$

Realizálás: EOR és kétben NAND



[H 542-FI 14]

14. ábra. Dekompozíciós függvény logikai vázlata

a logikai vázlatokon a logikai tartalom sértetlenül hagyása mellett is. Csak kis köröket és polaritásváltókat kell berajzolni vagy megszüntetni. Csak kozmetikázni kell a logikai tartalmat hordozó eredeti struktúrát a peremfeltételekhez. A strukturális vázlatból szinte egyszerre látható az összes elképzelhető megoldás.

Összefoglalva megállapítható, hogy a vegyes logika alkalmazása nagymértékben leegyszerűsíti a logikai vázlatok felrajzolását. Az így kapott logikai vázlatok teljes mértékben megtartják és követik a leíró függvény műveleti struktúráját. Az ilyen módon leírt

áramkörök működésének megismerése nagyon egyszerű, az üzemeltetők számára a hibakeresési munka is egyszerűbbé válik. Minden esetben az igényeknek megfelelő leggazdaságosabb megoldást érhetjük el. Tehát a tervezők és üzemeltetők munkáját egyaránt segítő eszköznek tekinthető.

I R O D A L O M

- [1] *Kintner, P. M.*: Mixed logic: a tool for design simplification, *Computer Design*, 1971, aug. 55—60. old.
- [2] *Prosser, F., Winkel, D.*: Mixed logic leads to maximum clarity with minimum hardware, *Computer Design*, 1977, május, 111—117 old.