

SZÉCHENYI ISTVÁN EGYETEM

DUÁLIS KÉPZÉS

Somogyi Miklós

DIGITÁLIS HÁLÓZATOK

A tantárgy célja:

a kapu szintű digitális hálózatok tervezési elveinek bemutatása és az elvek gyakorlati alkalmazásának elsajátítása tervezési feladatok megoldásával. A tantárgy alapozó és elengedhetetlen ismereteket nyújt a műszaki informatikai, mechatronikai mérnöki és villamosmérnöki szakirányú tárgyak elsajátításához, továbbá elősegíti bizonyos problémák mérnöki megközelítését, a mérnöki problémamegoldási készség fejlesztését.

(A jegyzet megírásának alapjául szolgált „Dr. Keresztes Péter: Digitális hálózatok” című HEFOP (szabad forrású elektronikus) jegyzete. A hivatkozások (ábrák, rajzok, szövegrészek) a szerző hozzájárulásával és engedélyével kerültek felhasználásra.)

Bevezetés

A napjainkban használatos elektronikus áramkörök jelfeldolgozási rendszerét tekintve alapvetően kétféle hálózattípust különböztethetünk meg:

- *analóg hálózatok*
- *digitális hálózatok*

Analóg hálózatok esetében mind a bemeneti, mind a kimeneti jelek valamilyen folytonos változóként határozhatók meg (pl. feszültség, áram, frekvencia stb.), melyek -egy reális értéktartományban- elvileg bármilyen nagyságú értéket felvehetnek.

Digitális hálózatok esetében ezek a jelek diszkrét változókként értelmezhetők, melyek csupán két lehetséges értéket vehetnek fel: ez a két érték a „0” és az „1”. Ezeket, mint ún. logikai értékeket értelmezhetjük, illetve magukat a bemeneti és kimeneti jeleket, mint logikai változókat definiálhatjuk.

Az elektronikus áramkörök működése esetén a környezetből vett jelek, mint primer bemenő jelek lehetnek mind analóg, mind digitális jellegűek. Azonban maga a központi jelfeldolgozás a modern elektronikus architektúrákban mind hardver, mind pedig szoftver szinten digitális formában történik. Ez azt jelenti, hogy pl. az analóg bemenő jeleket digitalizálni kell, vagyis alkalmazni szükséges egy ún. analóg-digitális átalakítót, mely valamilyen „leképezési”, kódolási módszerrel az analóg jellegű jeleket digitális formában továbbítja a központi feldolgozó egység felé. Az áramkörök kimeneti jelei – hasonlóan a bemeneten előforduló jellemzőkhöz- szintén lehetnek analóg vagy digitális jellegűek. Ennek megfelelően pl. a szükséges analóg kimeneti jelek előállítása esetén itt szintén alkalmazni kell egy átalakító egységet, ami ebben az esetben a központi egység által előállított digitális jeleket a kívánt analóg kimenő jelekké alakítja. Ezek az ún. digitális-analóg átalakítók. Ezek alkalmazásának szükségességét mindig az adott működési specifikáció határozza meg.

A továbbiakban megvizsgáljuk, hogy milyen matematikai modell segítségével lehet leírni a digitális hálózatok működését és annak jellegzetességeit, valamint hogyan lehet ezeket a hálózatokat ún. kapu szintű áramköri realizációval megadni.

I. modul: Kombinációs hálózatok

1. lecke: A logikai és a kapcsoló-algebra alapjai; a kombinációs hálózatok fekete-doboz modellje; kombinációs hálózatok specifikus mélysége; a logikai függvények és megadási módjaik

Cél:

A lecke célja, hogy a hallgató megismerje a Boole-algebra alapjait, képes legyen logikai függvények értelmezésére és megadására, valamint ezek segítségével a kombinációs hálózatok viselkedésének leírására.

Követelmények:

Ön akkor sajátította el megfelelően a tananyagot, ha

- ismeri a Boole-algebra axiómáit
- képes logikai függvények értelmezésére és felírására
- ismeri a kombinációs hálózatok felépítését, specifikációs mélységét valamint logikai kapuszintű építőelemeit

Időszükséglet:

A tananyag elsajátításához kb. 90 percre van szükség.

Kulcsfogalmak:

- kétértékes (bináris) rendszer
- logikai függvény, igazságtábla
- logikai kapu
- kombinációs hálózat
- minterm, maxterm

Tevékenység: jegyezze fel a kapcsoló algebra azonosságait, adja meg matematikailag és rajzolja fel logikai kapuszintra két változóra nézve a Boole-algebra alpműveleteit! Adja meg igazságtábla segítségével függvényalakjukat! Határozza meg a kombinációs hálózatok viselkedésének ismervét, és értelmezze őket specifikációs mélységük szerint!

1.1 A Boole-algebra, mint a digitális hálózatok matematikai leíró modellje; a bemenő és kimenő jelek, mint logikai változók

A digitális hálózatok működésüket tekintve ún. „kétértékes” leíró jelekkel definiálható hálózatok. Ez a két érték – a megfigyelt objektumot vagy mintavett jelértéket tekintve többféle megközelítéssel is jellemezhető. Egy adott jelhez tartozó kétféle jellemző lehet pl. a következő állítás:

- *igaz-hamis (pl. logikai állítás)*
- *van-nincs (pl. esemény)*
- *bekapcsolt-kikapcsolt állapot (pl. kapcsoló), stb.*

A példákban felsorolt jelértékeket, mint változókat tekinthetjük a Boole-algebrát is meghatározó jellemezőknek: ún. logikai (boolean) változóknak. A digitális hálózatok működését tehát a Boole-algebrával jellemezhető matematikai modell segítségével lehet egyértelműen megadni illetve leírni. A logikai változók két lehetséges értéke ebben az értelemben a „true” és a „false”. Ezek az értékek digitális áramköri realizációt tekintve lényegében hozzárendelt feszültség szintekkel jellemezhetőek. Az egyes jelekhez rendelt vezetékek alacsony, nullához közeli feszültség szintje jelenti az adott jel alacsony („low” = „0”) logikai értékét, míg egy néhány volt értékű feszültség szint pedig a magas („high” = „1”) logikai értéket. Általában (és alapesetekben) ezt tekintjük az ún. „pozitív” logikának. (Ennek épp a fordítottja a „negatív” logika, de a köznapi értelemben, illetve ezen jegyzet későbbi fejezeteiben is általában a pozitív logikát tekintjük alapértelmezettként.)

1.2 A Boole- algebra logikai alpműveletei

A Boole-algebrában a logikai értékek között három logikai alpműveletet definiálható:

- **'ÉS'** művelet ($'\bullet'$)
- **'VAGY'** művelet ($'+'$)
- **negáció** (tagadás) művelete ($'\neg'$)

A logikai szorzás vagy más néven konjunkció ('ÉS') egy szorzás műveleti jellel ('•'), a logikai összeadás vagy diszjunkció, ('VAGY') az összeadás műveleti jelével ('+') adható meg, s ezek két operandusú, úgynevezett bináris műveletek. A harmadik művelet a logikai tagadás, vagy másnéven **negáció** ('¬' = felül-vonás), mely csak egy operandusú, úgynevezett unáris művelet.

A fent ismertetett műveleteket kétértékes logikai rendszerekben a következők szerint lehet értelmezni:

'•'	'+'	
$0 \cdot 0 = 0$	$0 + 0 = 0$	
$0 \cdot 1 = 0$	$0 + 1 = 1$	
$1 \cdot 0 = 0$	$1 + 0 = 1$	
$1 \cdot 1 = 1$	$1 + 1 = 1$	$\overline{0} = 1 \quad \overline{1} = 0$

1.3 A Boole-algebra logikai azonosságai

A logikai algebrában érvényes azonosságok olyan axiómák, amelyek a változók minden lehetséges értékére érvényesek. Bizonyításuk igen egyszerű, ha a változókat minden lehetséges értékkel helyettesítjük, és ellenőrizzük, teljesülnek-e a műveleti táblák előírásai.

Asszociativitás:

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

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

Kommutativitás:

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

$$A + B = B + A$$

Disztributivitás:

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

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

Ellentmondás törvénye:

$$A \cdot \bar{A} = 0$$

Elnyelési törvények 1.

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

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

Elnyelési törvények 2.

$$\begin{aligned}A + (\bar{A} \cdot B) &= A + B \\A \cdot (\bar{A} + B) &= A \cdot B\end{aligned}$$

Elnyelési törvények 3.

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

Harmadik kizárásának törvénye:

$$A + \bar{A} = 1$$

Identitások törvénye:

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

Idempotencia törvénye:

$$\begin{aligned}A + A &= A \\A \cdot A &= A\end{aligned}$$

Involúció törvénye:

$$\bar{\bar{A}} = A$$

De-Morgan azonosságok:

$$\begin{aligned}\overline{A + B} &= \bar{A} \cdot \bar{B} \\ \overline{A \cdot B} &= \bar{A} + \bar{B}\end{aligned}$$

Példa: értelmezzük a táblázat segítségével a következő azonosságot:

$$A \cdot 1 = A$$

„**A**” egy két-kimenetelű esemény, „**1**” a biztosan bekövetkező esemény, a kettő szorzata pedig egy olyan összetett esemény, amelynek mind az „**A**”, mind az „**1**”-el jellemzett esemény bekövetkezése a szükséges és elégséges feltétel. Az azonosság szerint az összetett esemény bekövetkezése az „**A**” esemény bekövetkezésével azonos értékű.

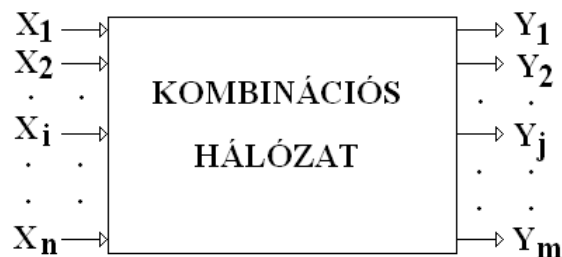
Különös jelentőséggel bír a dualitás elvét magában foglaló két De-Morgan azonosság. Ezek közül a másodikat értelmezzük a kapcsolók körében. Legyen „**A**” és „**B**” két kapcsoló. A kettő „És” kapcsolata egy sorosan kapcsolt kapcsolópárt reprezentál, amely csak akkor vezethet, ha mind az „**A**”, mind a „**B**” kapcsoló vezető állapotban van. „**A**” szorzat tagadása arra az állapotra utal, amikor az összetett kapcsoló nem vezet. Az azonosság jobb oldala megadja, hogy ez azzal egyenlő értékű, hogy vagy az „**A**” van nem vezető állásban, vagy a „**B**” van nem vezető állásban, vagy mindkettő nem vezető állásban van.

A De-Morgan azonosságokat felhasználva a digitális hálózatok működését leíró függvények átalakításával - egy szükséges specifikáció szerint - bármely típusú logikai kapuszentű realizáció felépíthető a funkcionális teljességet biztosító alapelemekből (NAND és NOR kapuk).

1.4 Kombinációs hálózatok tervezése

1.4.1 A kombinációs hálózatok fekete-doboz modellje

A kombinációs hálózatok általános felépítését a 1.4.1.a ábrán szereplő ún. „fekete-doboz” modellel lehet szemléltetni:



1.4.1.a ábra[1]

Kombinációs hálózatok fekete-doboz modellje

Egy kombinációs hálózatnak *bemenetei* és *kimenetei* vannak, valamennyi egy logikai változó, illetve logikai jel, és ennek megfelelően mindegyik csak a „0” vagy az „1” logikai értéket veheti fel. Ez a kombinációs hálózat fekete-doboz modelljének egyik lényeges tulajdonsága. A bemeneteket az $X_1, X_2, \dots, X_i, \dots, X_n$, a kimeneteket $Y_1, Y_2, \dots, Y_j, \dots, Y_m$ szimbólumokkal jelöltük.

A kombinációs hálózat a bemeneti jelek felett értelmezett bemeneti érték-variációkhoz a kimeneti jelek érték-variációit rendeli. (Minden bemeneti kombinációhoz legfeljebb csak egy kimeneti kombinációt.)

Példa: három bemenet esetében ($n = 3$) a lehetséges bemeneti variációk halmaza

(0 0 0, 0 0 1, 0 1 0, 0 1 1, 1 0 0, 1 0 1, 1 1 0, 1 1 1)

amihez négy darab kimeneti változó esetében ($m = 4$) a következő a lehetséges variációk halmaza

(0 0 0 0, 0 0 0 1, 0 0 1 0, 0 0 1 1, 0 1 0 0, 0 1 0 1, 0 1 1 0, 0 1 1 1,
1 0 0 0, 1 0 0 1, 1 0 1 0, 1 0 1 1, 1 1 0 0, 1 1 0 1, 1 1 1 0, 1 1 1 1)

A példában szereplő kombinációs hálózat egy lehetséges működési specifikációját a 1.4.1.b ábrán szereplő táblázatban foglaltuk össze.

Bemeneti variációk			Kimeneti variációk			
X_1	X_2	X_3	Y_1	Y_2	Y_3	Y_4
0	0	0	1	0	0	0
0	0	1	0	1	1	1
0	1	0	0	0	1	1
0	1	1	1	0	1	1
1	0	0	1	0	0	1
1	0	1	0	0	0	0
1	1	0	1	1	0	1
1	1	1	0	1	0	0

1.4.1.b ábra

Egy lehetséges be-és kimeneti specifikáció

1.4.2 Kombinációs hálózatok specifikációs mélysége

A kombinációs hálózatok specifikációs mélységük szerint két csoportba oszthatóak:

- *teljesen specifikált kombinációs hálózatok*
- *nem teljesen specifikált kombinációs hálózatok*

Egy teljesen specifikált kombinációs hálózat esetében minden bemeneti variációhoz olyan kimeneti variáció tartozik, amelyben minden kimenet értéke specifikálva van. Nem teljesen specifikált kombinációs hálózatokról akkor beszélünk, ha van legalább egy olyan bemeneti variáció, amelyhez rendelt kimeneti variációkban legalább egy változó értéke közömbös („do not care”).

A fenti meghatározás alapján megállapíthatjuk, hogy a 1.4.1.b ábrán szereplő specifikáció egy teljesen specifikált kombinációs hálózat viselkedését írja le.

Általánosságban megállapítható, hogy ha „ n ” számú bemeneti jelhez 2^n érték-variáció tartozik, „ m ” kimeneti jelhez pedig 2^m érték-variáció tartozik, annyi teljesen specifikált „ n ” bemenetű és „ m ” kimenetű különböző hálózat van, ahányszor a 2^m számú kimeneti érték-variációból ismétléssel ki tudunk választani egy 2^n hosszúságú sorozatot.

Ebből következik, hogy összesen $(2m)^{2^n}$ számú „ n ” bemenettel és „ m ” kimenettel rendelkező teljesen specifikált kombinációs hálózat létezik.

1.5 Kombinációs hálózatok viselkedésének logikai függvényekkel történő leírása

1.5.1 Logikai függvények és megadási módjaik

Egy kombinációs hálózat minden egyes kimenetére megadhatjuk, hogy a bemeneti jelek mely variációira lesz az adott kimenet „1”, és mely bemeneti variációkra lesz a kimenet „0”. Amennyiben minden bemeneti variációra létezik „0” vagy „1” logikai értékű kimeneti variáció, akkor az adott hálózat teljesen specifikált. Ha azonban van olyan bemeneti variáció, amelyre nincs a kimeneten határozott logikai értéket megadó előírás (sem „1”, sem „0”), vagyis „közömbös”, azaz 'don't-care' ('-'), akkor a hálózat nem teljesen specifikált. A kombinációs hálózatok minden egyes kimenetéhez egy „ n ” változós logikai függvény tartozik.

A kombinációs hálózatok működését reprezentáló logikai függvények megadása többféle módon lehetséges:

- *igazságtáblázattal*
- *algebrai kifejezéssel*
- *elvi (grafikus) logikai vázlattal*

1.5.1.1 Logikai függvények megadása igazságtáblázattal

Egy logikai függvény igazságtáblázattal úgy adható meg, hogy minden bemeneti variációt felsorolunk, és megadjuk a hozzájuk rendelt függvényértéket, azaz az („1”, „0”, '-') hármas valamelyikét. Az ilyen táblázatot a függvény igazság-táblázatának nevezzük.

Példa: egy három bemenettel (A, B, C) és egy kimenettel (F) rendelkező teljesen specifikált kombinációs hálózat igazságtáblázata a 1.5.1.1. a ábrán látható:

Bemeneti variációk			Kimeneti érték
A	B	C	F
0	0	0	0
0	0	1	0
0	1	0	1
0	1	1	1
1	0	0	1
1	0	1	0
1	1	0	1
1	1	1	0

1.5.1.1.a ábra

Egy három bemenetű(A, B, C) és egy kimenetű(F) kombinációs hálózat igazságtáblázata

1.5.1.2 Logikai függvények megadása algebrai alakkal

Logikai függvények algebrai alakját az igazságtáblázatból lehet kiolvasni. Azokhoz a bemeneti variációkhoz, amelyekhez „1”-es kimeneti érték tartozik, egy logikai szorzatot rendelünk. A szorzat tényezői a változók ponált, vagy negált változatai. Ponált alak maga a változó neve, a negált változat fogalmát pedig már ismerjük. A szorzat változója

- ponált, ha a bemeneti variációban „1” szerepel az oszlopában,
- negált, ha a bemeneti variációban „0” szerepel az oszlopában.

Az így felírt bemeneti variációkat logikailag összeadjuk.

Példa: írjuk fel a 1.5.1.1. a ábrán definiált 3 változós függvény algebrai alakját!

$$F(A,B,C) = \bar{A}\bar{B}\bar{C} + \bar{A}BC + A\bar{B}\bar{C} + ABC$$

(Megjegyzés: a logikai-algebrában, akár csak a klasszikusban, a szorzás jelét felesleges leírni a szorzandók közé, ezért az ilyen függvényalakokban a továbbiakban ezt el is hagyjuk.)

Az így megadott függvényalakot mintermes kanonikus normál függvényalaknak nevezzük.

Mintermes kanonikus normál alak: azokat a logikai szorzatokat (termeket), amelyekben a függvény valamennyi változója szerepel, mintermeknek nevezzük. A logikai függvény megadásának ezt a módját, azaz azon mintermek összegét, amelyekhez a függvény „1”-et rendel, mintermes kanonikus normál alaknak nevezzük.

Maxtermes kanonikus normál alak: azokat a logikai összegeket (termeket), amelyekben a függvény valamennyi változója szerepel, maxtermeknek nevezzük. A logikai függvény megadásának ezt a módját, azaz azon maxtermek szorzatát, amelyekhez a függvény „0”-át rendel, maxtermes kanonikus normál alaknak nevezzük.

A fenti példában megadott hálózat maxtermes függvényalakja így a következő:

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

A legtöbbször -általános felírási módként- a mintermes formulával találkozhatunk, ezért a továbbiakban mi is ezt a függénymegadási módot alkalmazzuk.

A De-Morgan azonosság alkalmazása a kanonikus alakok transzformációjára

Az előző példában elsőként felírtuk a teljesen határozott logikai függvény mintermes kanonikus normál alakját. A maxtermes kanonikus alakot a mintermes alakból kétszeri tagadással, kétszeres negálással is származtathatjuk. A már ismert példánkon bemutatjuk, hogy a De-Morgan azonosság alkalmazásával hogyan kapjuk a másik kanonikus alakot.

A mintermekkel, azaz logikai szorzatok összegével adott eredeti függvény negáltja felírható olyan logikai összegek szorzataként, amelyekben ugyancsak minden változó szerepel. Ezeket az összegeket neveztük maxtermeknek.

$$F(A, B, C) = \overline{A}\overline{B}\overline{C} + \overline{A}B\overline{C} + A\overline{B}\overline{C} + ABC$$

$$\overline{\overline{\overline{\overline{F(A, B, C)}}}} = \overline{\overline{\overline{\overline{\overline{A}\overline{B}\overline{C} + \overline{A}B\overline{C} + A\overline{B}\overline{C} + ABC}}}} =$$

$$= \overline{\overline{\overline{\overline{\overline{A}\overline{B}\overline{C}}}} \cdot \overline{\overline{\overline{\overline{\overline{\overline{A}B\overline{C}}}}}} \cdot \overline{\overline{\overline{\overline{\overline{\overline{A}\overline{B}\overline{C}}}}}} \cdot \overline{\overline{\overline{\overline{\overline{\overline{ABC}}}}}}} =$$

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

A mintermekkel, azaz logikai szorzatok összegével adott eredeti függvény negáltja felírható olyan logikai összegek szorzataként, amelyekben ugyancsak minden változó szerepel. Ezeket az összegeket neveztük maxtermeknek.

Vegyük nyilvántartásba a kapott maxtermeket a következő módon: első lépésként rendeljük a ponált változókhoz „1”-et, a negált változókhoz „0”-át. Ezután rendeljük sorszámként ezekhez a maxtermekhez a kapott bináris számokhoz tartozó decimális számokat. Tegyük most ugyanezt a mintermekkel is. A mintermeket kis „m” betűvel, egy felső és egy alsó index-számmal jelöljük. A felső index a változók számát adja meg, az alsó az előbb kiszámított sorszám. Hasonlóan, nagy „M” betűvel jelöljük a maxtermeket, ugyanolyan értelmű indexekkel. Például:

$$m_2^3 = \overline{A}\overline{B}\overline{C}, \quad M_5^3 = A + \overline{B} + \overline{C}$$

Belátható, hogy a fenti sorszámozással és jelölési rendszerben érvényesek a következő transzformációs szabályok:

$$1. \quad \overline{m_i^n} = M_{(2^n-1-i)}^n$$

$$2. \quad f(X_1, X_2, \dots, X_n) = m_i^n + m_j^n + \dots + m_k^n =$$

$$= \overline{M_{(2^n-1-i)}^n \cdot M_{(2^n-1-j)}^n \cdot \dots \cdot M_{(2^n-1-k)}^n}$$

1.5.1.3 Logikai függvények megadása kapuszentű (elvi) logikai vázlattal

A korábbiakban megismert kanonikus függvényalakok grafikus, elvi logikai vázlattal is reprezentálhatók. Ehhez egységes szimbólumrendszerek is tartoznak, melyek elemeinek segítségével ún. kapuszentű realizáción keresztül is szemléltethetjük egy adott áramkör működési tulajdonságait.

Alapvetően kétféle típusú jelölésrendszerrel találkozhatunk a logikai vázlattal megadott áramköri struktúráknál. Az egyik az ún. „európai” jelölésrendszer (1.5.1.3.a ábra), a másik pedig az „amerikai”, vagy hivatalos (nemzetközi) nevén IEEE jelölés (1.5.1.3.b ábra). (A jegyzetben mindkettő előfordul, mert a segédletben szereplő példák megvalósítási rajzai a gyakorlatokhoz tartozó DHLAB szimulációs programból valók.)

Mindkét jelölésrendszerben alapelv, hogy a logikai műveleteket logikai szimbólumok, a grafikus elvi vázlatokban ún. logikai kapuk (továbbiakban csak röviden kapuk) reprezentálják.

A logikai teljesség mindenkori kifejezhetőségének biztosítása szempontjából alapvető megfeleltetési szimbólumok elnevezései a következők:

- *negáció* → INVERTER kapu („INV”*)
- *szorzás* → ÉS kapu („AND” vagy „&”)
- *összegezés* → VAGY kapu („OR” vagy „1”**)

valamint az utóbbi kettő negáltjai:

- *negált szorzat* → NEM-ÉS kapu („NAND”)
- *negált összegezés* → NEM-VAGY kapu („NOR”).

Továbbá gyakrabban alkalmazott logikai művelet még az antivalencia, és szimbóluma:

- *antivalencia* → KIZÁRÓ VAGY kapu („EXOR” vagy „XOR”)

és ennek tagadása, az ekvivalencia

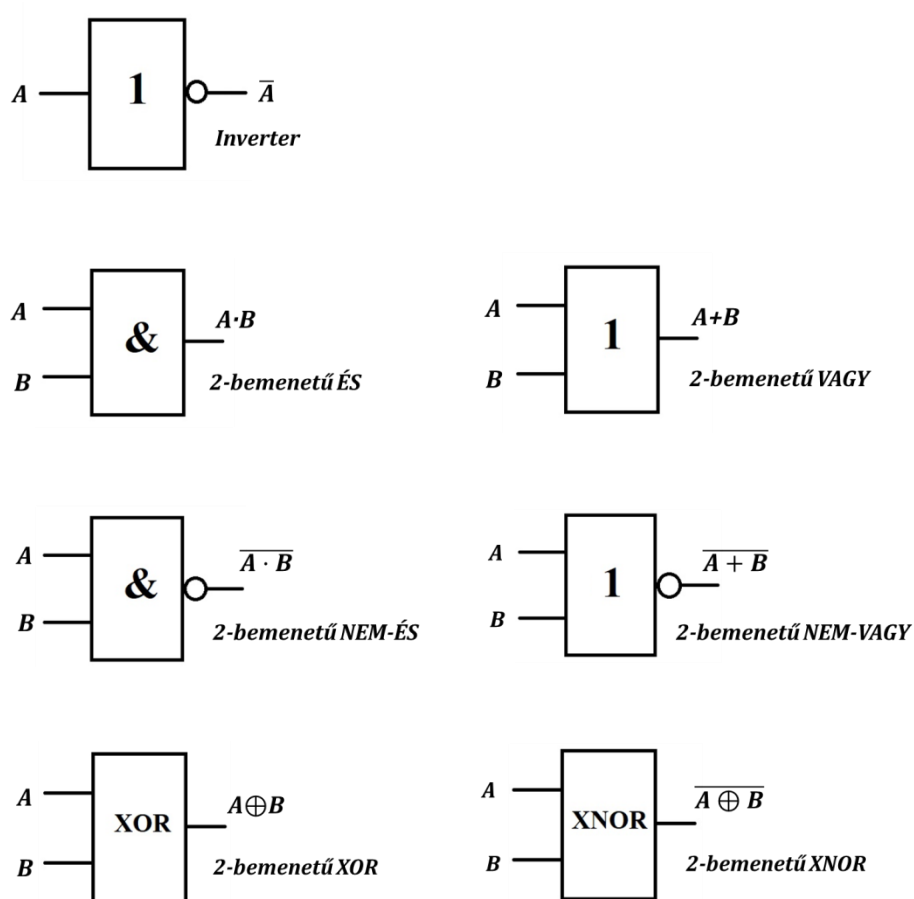
- *ekvivalencia* → KIZÁRÓ NEM-VAGY kapu („EXNOR” vagy „XNOR”).

(Megjegyzés:

* inverterek esetében szokásos még az „1” jelölés alkalmazása is a szimbólumban

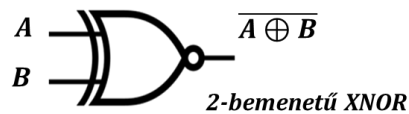
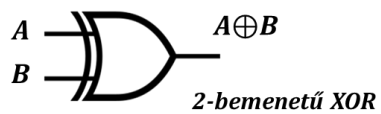
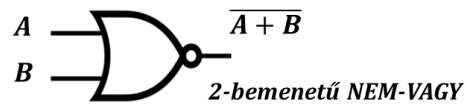
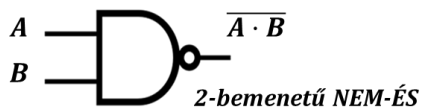
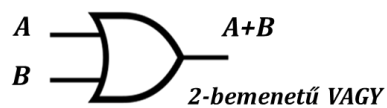
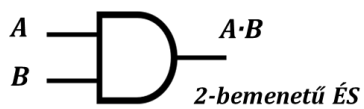
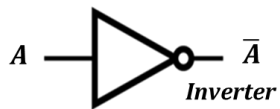
** VAGY kapuk szimbólumában szerepelhet a „+” jelölés is)

A „negált eredmény” műveletek (INV, NAND, NOR) esetében – amennyiben a szimbólumban található jelölés: INV="1", NAND="&", NOR="1" - az „eredmény” oldalán egy „o” szimbólum jelzi a kimeneti vezetéken magának az eredménynek a tagadását. Néhány alapvető, leggyakrabban használt szimbólum a 1.5.1.3 a és 1.5.1.3.b ábrákon látható:



1.5.1.3.a ábra

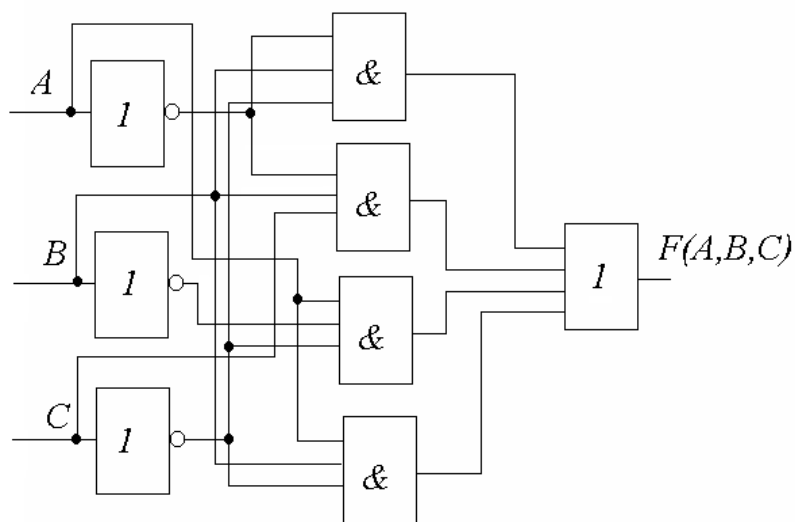
Grafikus logikai kapu-szimbólumok (európai szabvány)



1.5.1.3.b ábra

Kapu-szimbólumok az IEEE szabvány szerint

Példa: a 1.5.1.1.a ábrán látható igazságtáblából származtatott mintermes kanonikus függvényalak logikai vázlattal történő megadására látunk példát a 1.5.1.3.c ábrán:



$$F(A,B,C) = \bar{A}B\bar{C} + \bar{A}BC + A\bar{B}\bar{C} + ABC$$

1.5.1.3.c ábra[1]

Logikai hálózat megadása grafikus szimbólumokkal

Felhasznált irodalom:

[1] Dr. Keresztes Péter: Digitális hálózatok (HEFOP elektronikus Jegyzet)