

DIGITÁLIS TECHNIKA I

Dr. Lovassy Rita
Dr. Pődör Bálint

Óbudai Egyetem KVK
Mikroelektronikai és Technológia Intézet

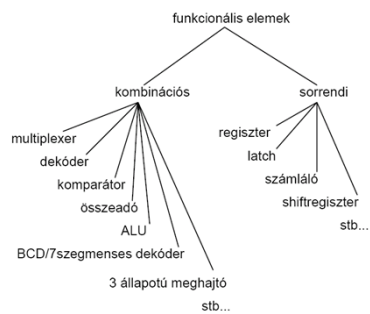
11. ELŐADÁS



1

FUNKCIONÁLIS ELEMEEK I

FUNKCIONÁLIS ELEMEEK



Funkcionális elemek – a digitális rendszerek építőkövei

3

FUNKCIONÁLIS ELEMEEK

- Kombinációs funkcionális elemek
- Sorrendi funkcionális elemek
- Memória elemek

Kombinációs funkcionális elemek

XOR

Kódoló (encoder)

Dekódoló (decoder)

Multiplexer (MUX)

Demultiplexer (DEMUX)

Komparátor

Aritmetikai elemek (fél-és teljes összeadó, stb.)

4

TERVEZÉS KAPUÁRAMKÖRÖKKEL

A logikai hálózatok tervezésének és realizálásának hagyományos módszere a kapuáramkörök alkalmazásán alapul.

Korszerűbb változata a programozható logikai elemeken (PLD) alapul, de ma már egyre inkább alkalmazzák az ún. FPGA (Field Programmable Gate Array) eszközöket. Ezek kapu- illetve tranzisztort szintű elemeket tartalmaznak, a chip felületén többnyire egyenletes elhelyezett konfigurálható logikai blokkokban, melyet hierarchikus huzalozási erőforrások egészítenek ki.

Sokszor azonban előnyösen alkalmazható a funkcionális elemek felhasználását is alapul vevő tervezési eljárás.

5

FUNKCIONÁLIS ELEMEEK: INTEGRÁLT ÁRAMKÖRÖK OSZTÁLYOZÁSA

A legfontosabb funkcionális áramkörök készen rendelkezésre állnak mint ún. közepes integráltságú áramkörök (medium scale integrated (MSI) circuits).

Integrált áramkörök osztályozása komplexitás (integráltsági fok) szerint:

SSI Small Scale Integration: kb. 10 alacsony szintű elem (kapu)

MSI Medium Scale Integration: 10-100

LSI Large Scale Integration: 100-1.000

VLSI Very Large Scale Integration: > 1.000

ULSI Ultra Large Scale Integration: > 10.000

GLSI Giga Large Scale Integration: > 100.000

RLSI Ridiculously (?) Large Scale Integration : > 1.000.000

6

DEKÓDOLÓ (DECODER) ÁRAMKÖR

Kódolt információ dekódolása (konverzió)

Egyidőben-egyszerre csak egy logikai kimeneti változó (tehát a dekódolt) lehet igaz, a többi hamis!

2^N kimenet dekódolásához N bemenet kell!

Gyakran alkalmazott eszköz, kapható 2-, 3-, 4-,... bemenetű IC formájában

7

"1 AZ N KÖZÜL" DEKÓDOLÓK

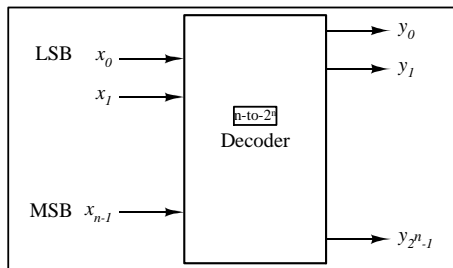
Kombinációs áramkör: n bemenete és m kimenete van. A bemeneti kombinációk lehetséges száma 2^n , a kimenetek száma pedig $m \leq 2^n$. A kimenetek közül mindig csak az egyik 1 és az összes többi 0, vagy fordítva, az egyik 0 és a többi 1.

Az n - bites bináris bemeneti kóddal kiválaszt egyet az m kimeneti vonal közül, mely csak az adott bemeneti kód megjelenése esetén lesz aktív.

Természetesen a legtöbbször MSI integrált áramkörként megvalósított hálózat tartalmazhat egyéb "kényelmi" vezérlő bemeneteket (pl. engedélyező) is.

8

$N - 2^N$ DEKÓDOLÓ

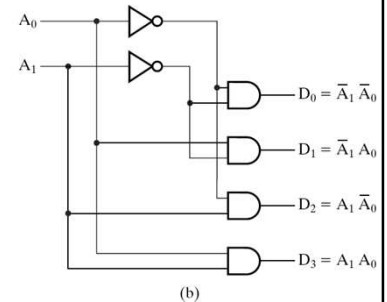


9

2-to-4 Decoder

A_1	A_0	D_0	D_1	D_2	D_3
0	0	1	0	0	0
0	1	0	1	0	0
1	0	0	0	1	0
1	1	0	0	0	1

(a)

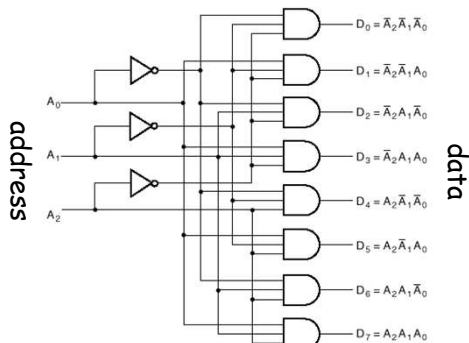


(b)

4-vonalas dekóder, kapu-szintű logikai vázlat

10

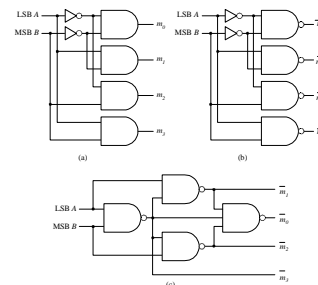
3-to-8 Decoder



8-vonalas dekóder, kapu-szintű logikai vázlat

11

DEKÓDOLÓ MEGVALÓSÍTÁSOK

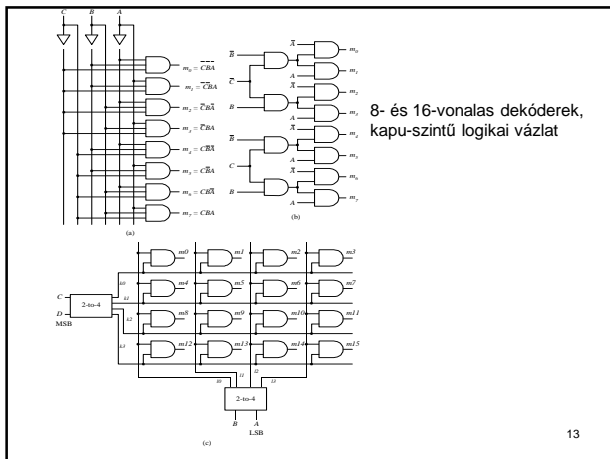


(a)

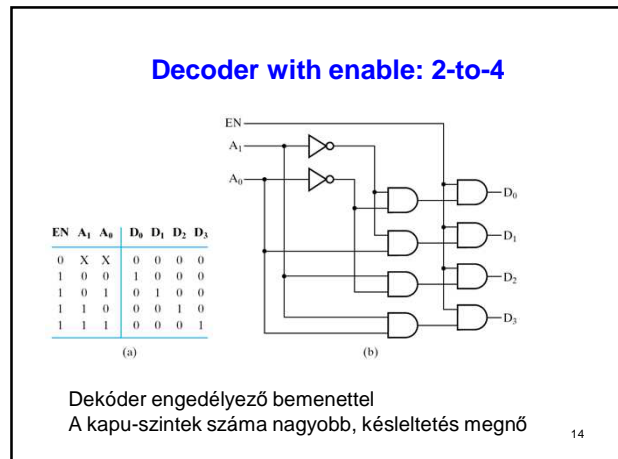
(b)

(c)

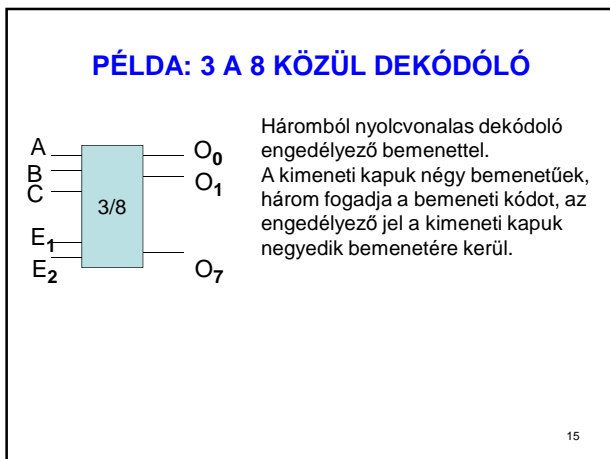
12



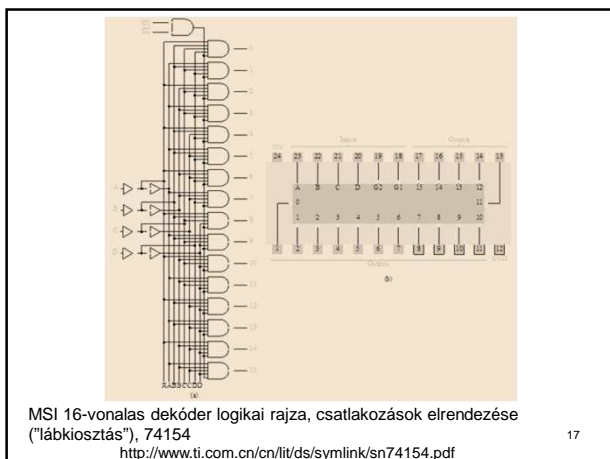
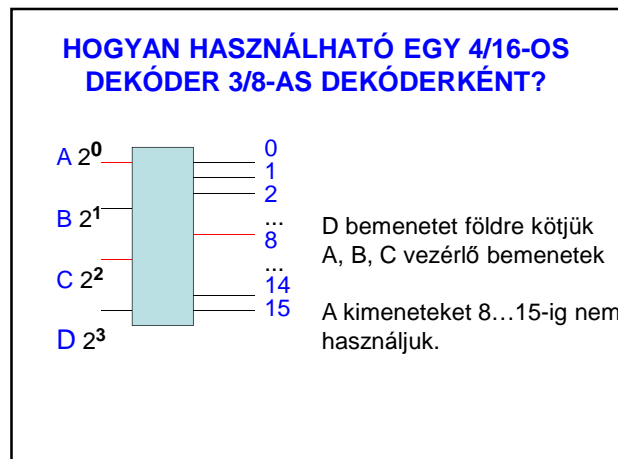
13



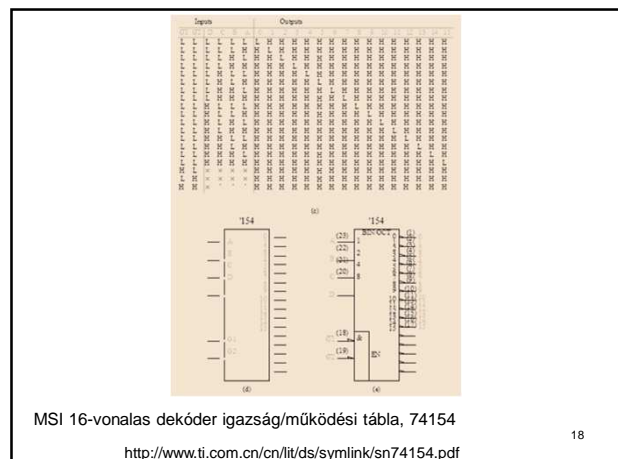
14



15



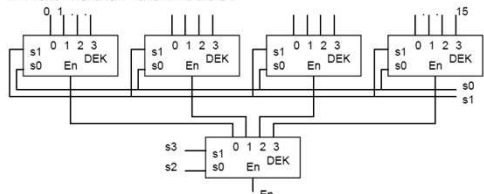
17



18

DEKÓDER BŐVÍTÉS

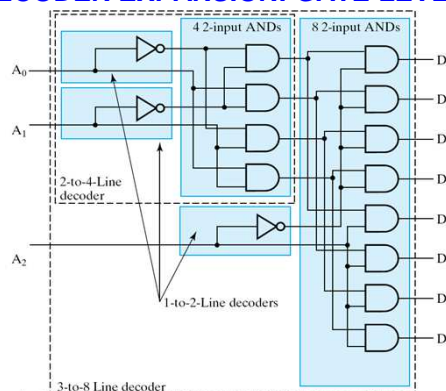
A dekóder bővítése:



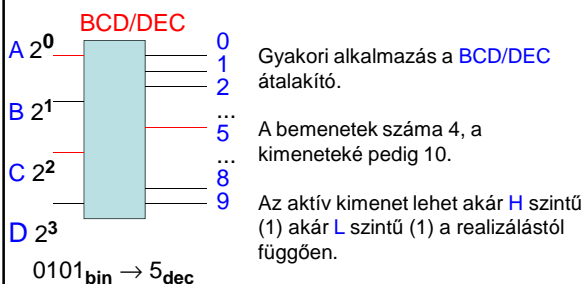
Dekóder bővítés, funkcionális szint

19

DECODER EXPANSION: GATE LEVEL



ALKALMAZÁSOK: BCD(BIN)/DECIMÁLIS DEKÓDOLÓ



21

BCD(BIN)/DECIMÁLIS DEKÓDOLÓ

ABCD	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
0 0 0 0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0 0 0 1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0
.....										
1 0 1 0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
1 0 1 1	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
.....										
1 1 1 1	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X

22

BINÁRIS/OKTÁLIS DEKÓDOLÓ

Oktális rendszerben három bites kódot kell nyolc vezetékre átkódolni.

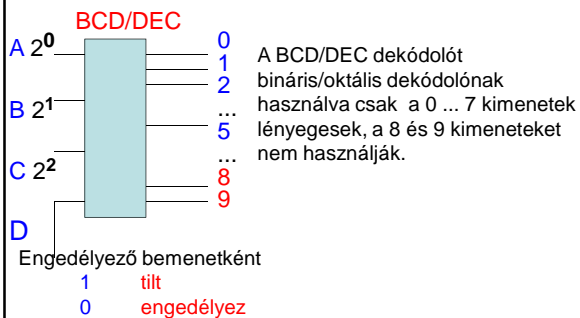
Megoldható BCD/DEC dekódolóval!

A bemenet első három bitjét használjuk a negyediket (MSB) 0 logikai szintre (gyakorlatban 0 volt) kötjük.

Ez a bemenet engedélyező bemenetként is használható.

23

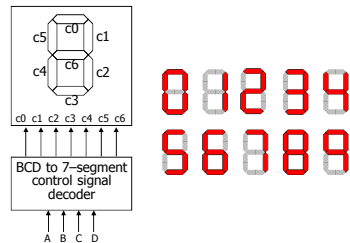
BCD/DEC DEKÓDOLÓ MINT BIN/OKTÁLIS DEKÓDOLÓ



24

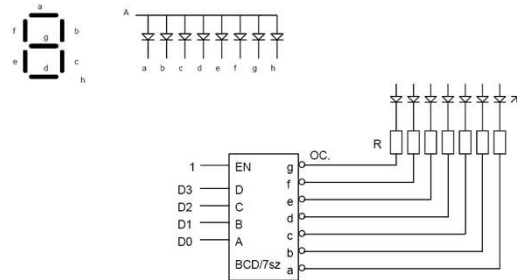
BCD/7-SZEGMENSES KIJELEZŐ DEKÓDOLO

- Bemenet : 4 bit BCD digit (A, B, C, D)
- Kimenet : 7 szegmens vezérlőjele (C0-C6)



25

BCD/7 SZEGMENS DEKÓDER: MSI

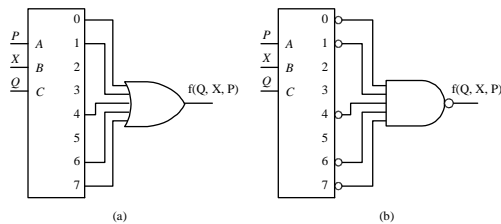


MSI BCD-to-seven segment decoders 7446, ..47, etc.

26

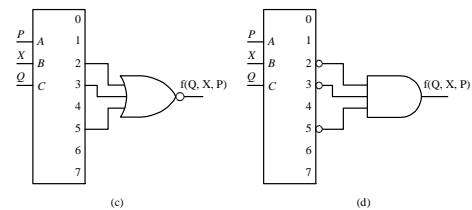
LOGIKAI FÜGGVÉNYEK REALIZÁLÁSA DEKÓDERREL

Tetszőleges kombinációs hálózat realizálható **dekóder**(ek) és kapuk felhasználásával!

Realize $f(Q, X, P) = \sum (0, 1, 4, 6, 7)$

27

LOGIKAI FÜGGVÉNYEK REALIZÁLÁSA DEKÓDERREL



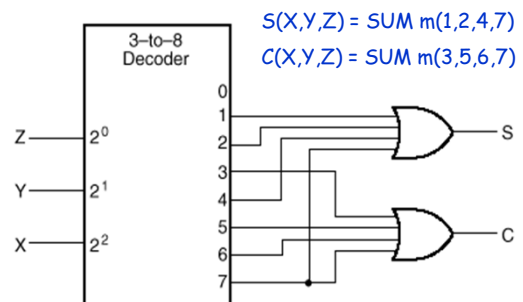
28

LOGIKAI FÜGGVÉNYEK REALIZÁLÁSA DEKÓDERREL

- Tetszőleges kombinációs hálózat realizálható **dekóder**(ek) és **VAGY** kapuk felhasználásával!
- Példa:
Teljes összeadó (TÖ) megvalósítása egy **dekóder**rel és két **VAGY** kapuval.
- A TÖ logikai összefüggései (a bemenetek X, Y, és Z):
 $S(X, Y, Z) = \sum (1, 2, 4, 7)$
 $C(X, Y, Z) = \sum (3, 5, 6, 7)$
- Mivel 3 bemenet és összesen 8 minterm van, egy 3-to-8 dekóderre van szükség.

29

Implementing a Binary Adder Using a Decoder



--

TIPIKUS FELADATOK, TIPIKUS ÁRAMKÖRÖK

Bemeneti kód	Kimeneti kód
n-bites bináris kódszó	"1 a 2^n -ból"
BCD (számjegy)	"tisztá" decimális számjegy (1 a 10-ből)
3-többlletes	"tisztá" decimális számjegy (1 a 10-ből)
BCD	7-szegmenses kijelző
"tisztá" bináris (szám)	BCD
BCD	"tisztá" bináris

31

MULTIPLEXEREK ÉS DEMULTIPLEXEREK

32

FUNKCIÓK

A **multiplexerek** és **demultiplexerek** olyan kiválasztó áramkörök, amelyek alkalmasak mind a bemenet, mind a kimenet kiválasztására.

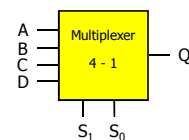
Kétfajta kiválasztó áramkör

- több bemenet közül egyet kapcsol a közös kimenetre (**multiplexer**)
- egy bemenetet kapcsol több kimenet valamelyikére (**demultiplexer**);

33

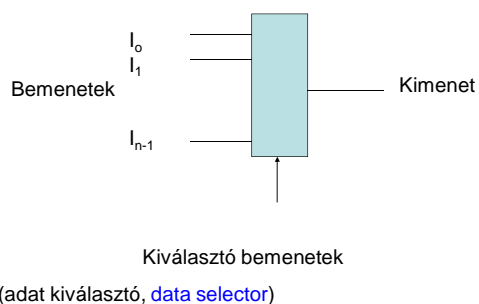
MULTIPLEXER

Feladata több bemenő jel közül egy kiválasztása 2^n adatbemenet, **egy** adatkimenet, n db vezérlőbemenet, melyek kiválasztanak egy adatbemenetet. Felhasználható még: párhuzamos – soros adatkonverter.



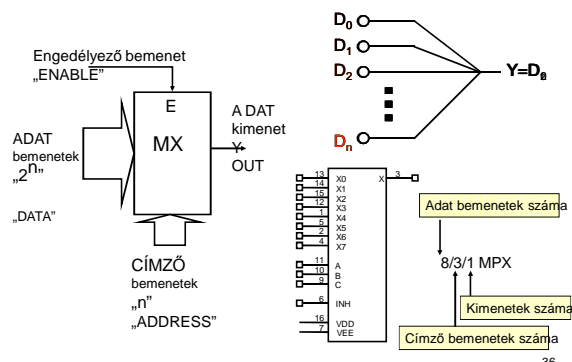
34

MULTIPLEXER ELVI VÁZLATA



35

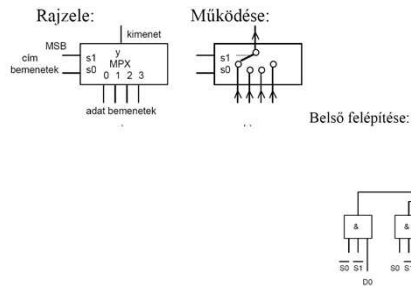
MULTIPLEXEREK



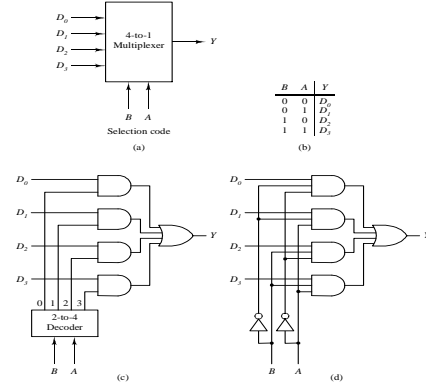
36

MULTIPLEXER: MŰKÖDÉS ÉS BELSŐ FELÉPÍTÉS

Multiplexer



4/2/1 MULTIPLEXER: BELSŐ FELÉPÍTÉS



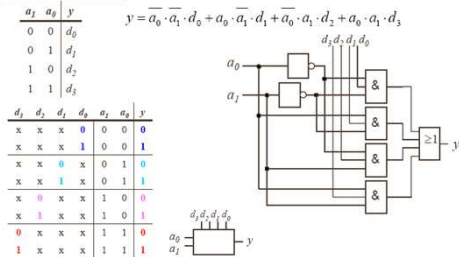
38

4/2/1 MULTIPLEXER

Multiplexer

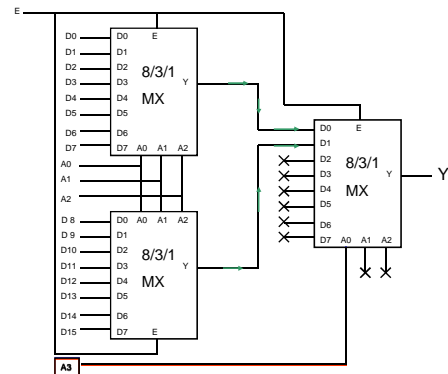
Az N db adatvonal (d_0, d_1, \dots, d_{N-1}) közül az N -ből 1 dekódoló által kiválasztott egyetlen adatvonal (0 vagy 1-es) állapotát a közös kimeneti vonalra kapcsolja, eközben viszont a többi bemeneti adatvonal állapotát nem veszi figyelembe.

pl. 4-ből 1 multiplexer: $N=4 \rightarrow n=2$



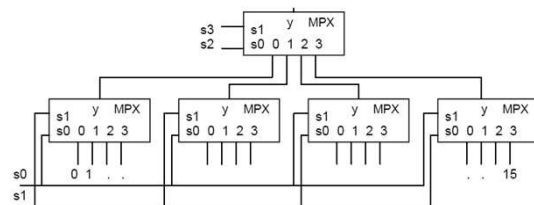
39

MULTIPLEXEREK BŐVÍTÉSE



40

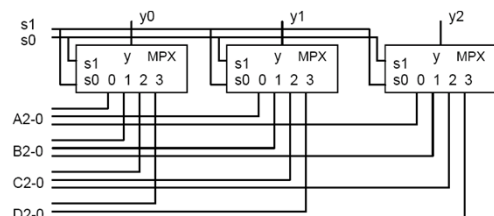
MULTIPLEXER: CSATORNA SZÁMÁNAK NÖVELTÉSE



16 adatbemenetet fogadó multiplexer kialakítása 4-bemenetű multiplexerekkel.

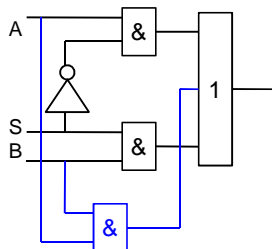
41

MULTIPLEXER: CSATORNA SZÉLESSÉG BŐVÍTÉSE



3 kimenetű csatorna, csatornánként 4-4 adatvonalat kezelő multiplexer kialakítása 4/1 multiplexerekkel.

42



Logikai egyenlet:

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

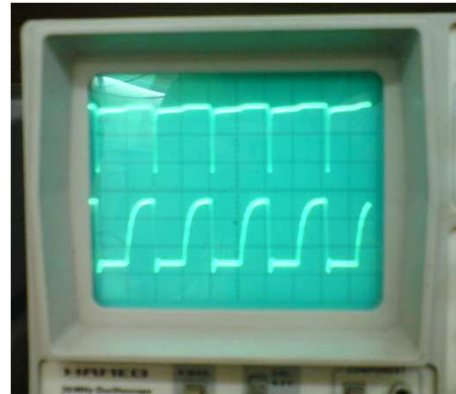
Hazárd! (kritikus: S váltása, ha $A=B=1$)

Hazárdmentesítés:

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

Az AB kapu nélküli hálózatoz 4 NAND (74LS00, $t_{pd}=9,5$ ns) kapuval labor panelen megépítve a hazárdos működés észlelhető volt.

43



44

MULTIPLEXER MINT KOMBINÁCIÓS LOGIKAI HÁLÓZAT

A kimenet szempontjából a multiplexer egyszintű kombinációs hálózathoz tekinthető.

Jó tulajdonság: gyors működés.

A kiválasztott bemenet szempontjából a késleltetés egységnyi.

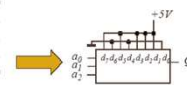
45

MULTIPLEXER MINT KOMBINÁCIÓS HÁLÓZAT

A multiplexer használható tetszőleges igazságtáblázat megvalósítására is:
pl. 8-ból 1 multiplexerrel megvalósítható egy 3 bemeneti változós igazságtáblázat:

a_2	a_1	a_0	Q
0	0	0	d_0
0	0	1	d_1
0	1	0	d_2
0	1	1	d_3
1	0	0	d_4
1	0	1	d_5
1	1	0	d_6
1	1	1	d_7

a_2	a_1	a_0	Q
0	0	0	0
0	0	1	1
0	1	0	1
0	1	1	1
1	0	0	0
1	0	1	1
1	1	0	0
1	1	1	1



$$Q = \Sigma(1,2,3,5,7)$$

Közvetlenül a mintermeket állítja elő!

46

MULTIPLEXER: PROGRAMOZHATÓ UNIVERZÁLIS ÁRAMKÖR

Multiplexer alkalmazás:

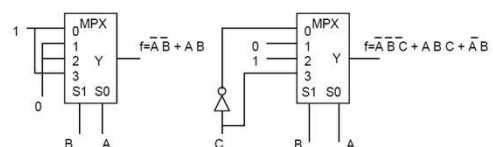
"**minterm generátor**" vagy "**univerzális kapu**" funkció!

Pl. 8/1-es multiplexerrel (MSI, 1 tok) bármely 3-változós logikai függvény realizálható 1 db IC tokkal.

Ez a megoldás egyben **programozható**!

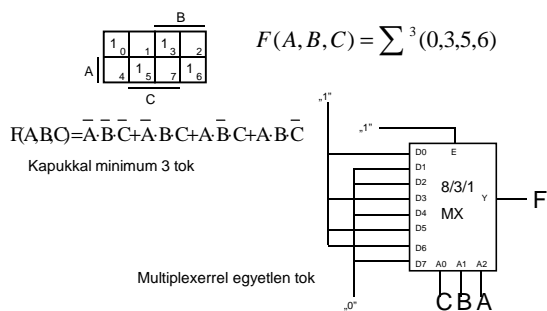
47

MULTIPLEXER MINT UNIVERZÁLIS KOMBINÁCIÓS HÁLÓZAT



48

LOGIKAI FÜGGVÉNYEK REALIZÁLÁSA MULTIPLEXERREL

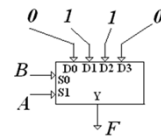


49

MULTIPLEXER BASED IMPELEMENTATION OF XOR FUNCTION

$$F = A\bar{B} + \bar{A}B$$

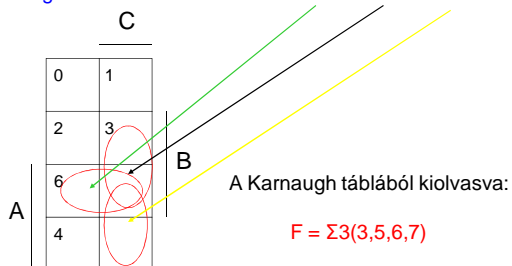
A	B	F
0	0	0
0	1	1
1	0	1
1	1	0



ALKALMAZÁSI PÉLDA

Megvalósítandó:

$$F = AB + BC + AC$$



51

MEGVALÓSÍTÁSI PÉLDA

Megvalósítandó:

$$F = AB + BC + AC$$

 $AB \Rightarrow 11x \Rightarrow 110$ vagy 111 , minterm indexek 6, 7

 $BC \Rightarrow x11 \Rightarrow 011$ vagy 111 , minterm indexek 3, 7

 $CD \Rightarrow 1x1 \Rightarrow 101$ vagy 111 , minterm indexek 5, 7

$$F = \sum(3,5,6,7)$$

Realizálás:

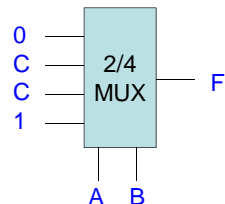
MUX címbemenet: A B C

 MUX adatbemenet: 3,5,6,7 \Rightarrow 1 (magas szint)
 0,1,2,4 \Rightarrow 0 (alacsony szint)

52

MEGVALÓSÍTÁS 2/4 MUX-SZAL

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



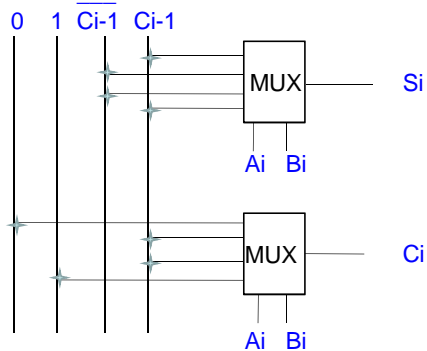
53

FULL ADDER: 4/2/1 MUX IMPLEMENTATION

Ai	Bi	Ci-1	Si	Ci	Si	Ci
0	0	0	0	0		
0	0	1	1	0	Ci-1	0
0	1	0	1	0		
0	1	1	0	1	Ci-1	Ci-1
1	0	0	1	0		
1	0	1	0	1	Ci-1	Ci-1
1	1	0	0	1		
1	1	1	1	1	Ci-1	1

54

FULL ADDER: 4/2/1 MUX IMPLEMENTATION



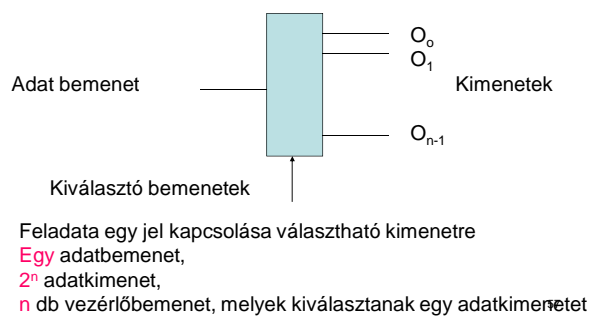
55

Demultiplexer

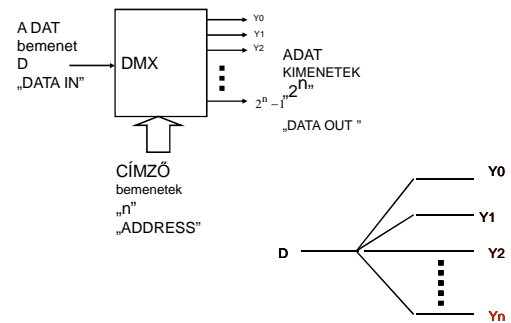
- Feladata egy jel kapcsolása választható kimenetre
- Egy adatbemenet,
- 2^n adatkimenet,
- n db vezérlőbemenet, melyek kiválasztanak egy adatkimenetet

56

DEMULTIPLEXER ELVI VÁZLATA

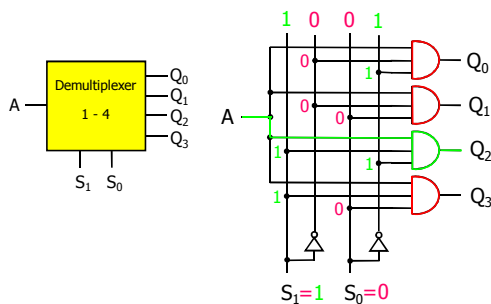


DEMULTIPLEXEREK



58

Demultiplexer



59

DEMULTIPLEXEREK

Funkciójuk nagyon hasonló az "1 az N-ből" dekódolóéhoz (gyakran helyettesíthetők is egymással). A bementi (bináris) kombináció a demultiplexereben is egy adott kimenetet jelöl ki a többi közül, de ezen felül vannak adatbementei.

60

1/4 DEMULTIPLEXER

Demultiplexer

A közös d adatvonal (0 vagy 1-es) állapotát az N-ből 1 dekódoló által kiválasztott egyetlen kimeneti vonalra kapcsolja, míg a többi kimeneti vonal ugyanekkor 0 lesz.

pl. 4-ből 1 demultiplexer: $N=4 \rightarrow n=2$

a_1	a_0	y_3	y_2	y_1	y_0
0	0	0	0	0	d
0	1	0	0	d	0
1	0	0	d	0	0
1	1	d	0	0	0

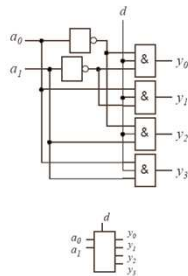
$$y_0 = \overline{a_0} \cdot \overline{a_1} \cdot d$$

$$y_1 = a_0 \cdot \overline{a_1} \cdot d$$

$$y_2 = \overline{a_0} \cdot a_1 \cdot d$$

$$y_3 = a_0 \cdot a_1 \cdot d$$

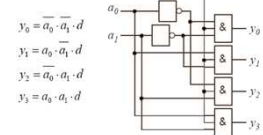
d	a_1	a_0	y_3	y_2	y_1	y_0
0	0	0	0	0	0	0
1	0	0	0	0	0	1
0	0	1	0	0	0	0
1	0	1	0	0	1	0
0	1	0	0	0	0	0
1	1	0	0	1	0	0
0	1	1	0	0	0	0
1	1	1	1	0	0	0



61

1 AZ N-BŐL DEKÓDOLÓ ÉS DEMULTIPLEXER ÖSSZEHAISONLÍTÁSA

$N=4 \rightarrow n=2$



pl. 4-ből 1 dekódoló

$N=4 \rightarrow n=2$

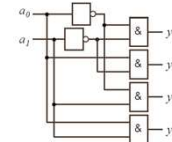
a_1	a_0	y_3	y_2	y_1	y_0
0	0	0	0	0	1
0	1	0	0	1	0
1	0	0	1	0	0
1	1	1	0	0	0

$$y_0 = \overline{a_0} \cdot \overline{a_1}$$

$$y_1 = a_0 \cdot \overline{a_1}$$

$$y_2 = \overline{a_0} \cdot a_1$$

$$y_3 = a_0 \cdot a_1$$



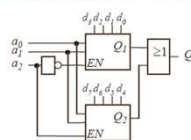
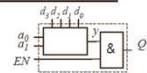
62

(DE-)MULTIPLEXER BŐVÍTÉS

Multiplexer bővítés

2 db N-ből 1 multiplexerből összeállítható egy 2N-ből 1 multiplexer:

pl. 8-ből 1 multiplexer:

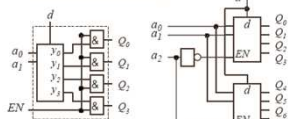


a_2	a_1	a_0	Q
0	0	0	d_0
0	0	1	d_1
0	1	0	d_2
0	1	1	d_3
1	0	0	d_4
1	0	1	d_5
1	1	0	d_6
1	1	1	d_7

Demultiplexer bővítés

2 db N-ből 1 demultiplexerből összeállítható egy 2N-ből 1 demultiplexer:

pl. 8-ből 1 demultiplexer:



a_2	a_1	a_0	Q_0	Q_1	Q_2	Q_3	Q_4	Q_5	Q_6	Q_7
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	d
0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	d
0	1	0	0	0	0	0	0	0	d	0
0	1	1	0	0	0	0	0	d	0	0
1	0	0	0	0	0	0	d	0	0	0
1	0	1	0	0	0	d	0	0	0	0
1	1	0	0	d	0	0	0	0	0	0
1	1	1	0	d	0	0	0	0	0	0

3