

## DIGITÁLIS TECHNIKA I

Dr. Lovassy Rita

Dr. Pődör Bálint

Óbudai Egyetem KVK  
Mikroelektronikai és Technológia Intézet

### 6. ELŐADÁS



1

## HÁZI FELADAT

Beadási határidő: 2015. október 26.

1. Az alábbi logikai függvények közül válasszon ki egyet és Karnaugh táblázat segítségével határozza meg a legegyszerűbb kétszintű, hazardmentes **diszjunktív** realizációt és valósítsa meg ÉS-VAGY kapus hálózattal

$$F_1 = \sum (0, 1, 4, 8, 11, 14, 15) + (3, 5, 9) \quad F_2 = \sum (1, 4, 6, 7, 10, 11, 14) + (0, 3, 5, 9)$$

$$A = 2^3; B = 2^2; C = 2^1; D = 2^0;$$

2

## HÁZI FELADAT

Példa az indexelt felírású logikai függvények felírására

$$F = \prod^4 (15, 11, 10, 7, 5, 2, 0) \cdot x: (14, 12, 8, 6)$$

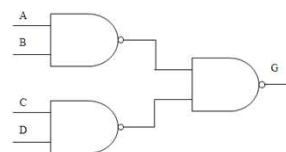
$$\bar{F} = \prod^4 (13, 9, 4, 3, 1) \cdot x: (14, 12, 8, 6)$$

$$F = \sum^4 (2, 6, 11, 12, 14) + x: (1, 3, 7, 9)$$

3

## HÁZI FELADAT

2. Adja meg annak a 4 bemenetű (ABCD), 1 kimenetű (G) kombinációs hálózatnak a Karnaugh táblázatát, melyet az alábbi kétszintű hálózat valósít meg. Jelölje meg a hálózat által megvalósított prímimplikánsokat!



4

## HÁZI FELADAT

3. Adja meg annak a 4 bemenetű (ABCD), 1 kimenetű (F) kombinációs hálózatnak a Karnaugh táblázatát, amelynek kimenete 1, ha:

- A és B bemenete különböző értékű, amikor a C és D bemenet azonos értékű, vagy
- B bemenete megegyezik a D bemenetével, amikor az A bemenete különbözik a C bemenettől.

A táblázat felírásakor vegye figyelembe, hogy a bemeneten azon kombinációk **nem fordulhatnak elő**, ahol az összes bemenet azonos értékű! Az A változó a legmagasabb helyi értékű!

5

## HÁZI FELADAT

4. Tervezze meg az alább leírt funkciókat megvalósító hálózatot.

Egy vállalat igazgatótanácsának négy tagja van, a vezérigazgató és három helyettese. A tanács szótöbbséggel hozza meg döntéseit, szavazategyenlőség esetén azonban a vezérigazgató szava dönt.

Realizálja a "szavazógépet"

- a legegyszerűbb kétszintű NAND kapus, valamint
- a legegyszerűbb kétszintű NOR kapus változatban is.

6

Arató Péter: [Logikai rendszerek tervezése](#), Tankönyvkiadó, Budapest, 1990, Műegyetemi Kiadó 2004, 55013 műegyetemi jegyzet

Zsom Gyula: [Digitális technika I és II](#), Műszaki Könyvkiadó, Budapest, 2000, (KVK 49-273/I és II)

Römer Mária: [Digitális rendszerek áramkörei](#), Műszaki Könyvkiadó, Budapest, 1989, (KVK 49-223)

Römer Mária: [Digitális technika példatár](#), KKM 1105, Budapest 1999

Az előadás ezen könyvek megfelelő fejezetein alapszik.

### TERVEZÉSI GYAKORLAT (3)

Egy kombinációs hálózat bemenetei A, B, C, D, kimenetei X, Y, Z.

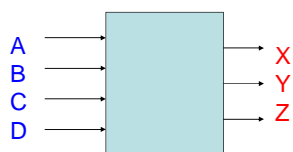
A bemenetet mint 2 db 2 bites számot értelmezve (AB, A a magasabb helyérték), illetve (CD, C a magasabb helyérték), a kimenet legyen a két bemenet összege, (XYZ, X a legmagasabb helyérték),  $XYZ = AB + CD$ . Pl.  $101 = 11 + 10$  (bináris összeadás).

Adja meg a hálózat igazságtábláját.

Adja meg a hálózat kimenetenként legegyszerűbb logikai függvényeit algebrai alakban.

8

### TERVEZÉS (3): MEGOLDÁS



Például ha  $ABCD = 1101$  akkor  $XYZ = 100$

mivel 
$$\begin{array}{r} AB \\ + CD \\ \hline = XYZ \end{array} \begin{array}{r} 11 \\ 01 \\ \hline 100 \end{array}$$

9

### TERVEZÉS (3): MEGOLDÁS

- A tervezés és megoldás első lépése a feladat megfogalmazása alapján a kimeneti függvényekre vonatkozó igazságtáblázat felírása.
- Ebben az esetben három független kimeneti változó van, így mindhárom változóra el kell végezni a minimalizálást.

10

### TERVEZÉS (3): IGAZSÁGTÁBLÁZAT

| A   | B   | C   | D   | X   | Y   | Z   |
|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
| 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   |
| 0   | 0   | 0   | 1   | 0   | 0   | 1   |
| 0   | 0   | 1   | 0   | 0   | 1   | 0   |
| ... | ... | ... | ... | ... | ... | ... |
| 1   | 0   | 1   | 0   | 1   | 0   | 0   |
| ... | ... | ... | ... | ... | ... | ... |
| 1   | 1   | 1   | 1   | 1   | 1   | 0   |

11

### TERVEZÉS (3): LOGIKAI FÜGGVÉNYEK

Az igazságtáblázatból a három logikai függvény könnyen kiolvasható

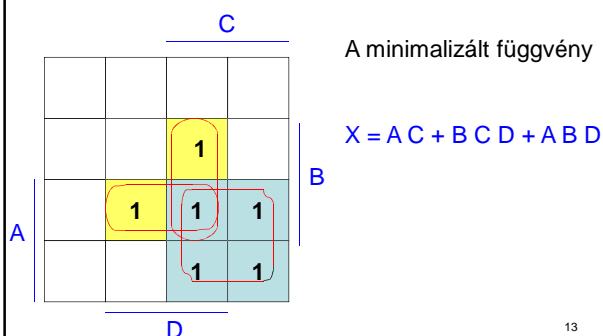
$$X = \sum(7, 10, 11, 13, 14, 15)$$

$$Y = \sum(2, 3, 5, 6, 8, 9, 12, 15)$$

$$Z = \sum(1, 3, 4, 6, 9, 11, 12, 14)$$

12

### X(A,B,C,D) MINIMALIZÁLÁSA



13

### TERVEZÉS (3): MINIMALIZÁLT, FÜGGVÉNYEK

A Karnaugh táblából a három minimalizált függvény könnyen kiolvasható

$$X = AC + BCD + ABD$$

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

$$Z = \bar{B}D + B\bar{D}$$

(Esetleg XOR logika ?)

14

### TERVEZÉSI PÉLDA (4) NAPTÁR KIJELEZŐ

Feladat: napok száma adott hónapban, karóra LCD kijelzője vezérléséhez

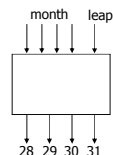
Bemenetek: hónap, szökőév flag  
Kimenetek: napok száma, négy kimeneti vonal

```
integer number_of_days ( month, leap_year_flag ) {
  switch (month) {
    case 1: return (31);
    case 2: if (leap_year_flag == 1)
              then return (29)
              else return (28);
    case 3: return (31);
    case 4: return (30);
    case 5: return (31);
    case 6: return (30);
    case 7: return (31);
    case 8: return (31);
    case 9: return (30);
    case 10: return (31);
    case 11: return (30);
    case 12: return (31);
    default: return (0);
  }
}
```

15

### FORMÁLIS MEGFOGALMAZÁS

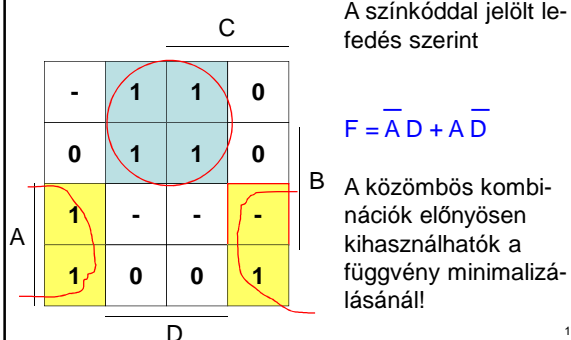
Kódolás: hónap: 4 bites bináris szám (m8,m4,m2,m1),  
szökőév: 1 bit, 4 vonal 28, 29, 30 és 31, egyszerre csak egy aktív



| month | leap | 28 | 29 | 30 | 31 |
|-------|------|----|----|----|----|
| 0000  | -    | -  | -  | -  | -  |
| 0001  | -    | 0  | 0  | 0  | 1  |
| 0010  | 0    | 1  | 0  | 0  | 0  |
| 0011  | 1    | 0  | 1  | 0  | 0  |
| 0100  | -    | 0  | 0  | 0  | 1  |
| 0101  | -    | 0  | 0  | 0  | 1  |
| 0110  | -    | 0  | 0  | 1  | 0  |
| 0111  | -    | 0  | 0  | 0  | 1  |
| 1000  | -    | 0  | 0  | 0  | 1  |
| 1001  | -    | 0  | 0  | 1  | 0  |
| 1010  | -    | 0  | 0  | 0  | 1  |
| 1011  | -    | 0  | 0  | 1  | 0  |
| 1100  | -    | 0  | 0  | 0  | 1  |
| 1101  | -    | -  | -  | -  | -  |
| 1110  | -    | -  | -  | -  | -  |
| 1111  | -    | -  | -  | -  | -  |

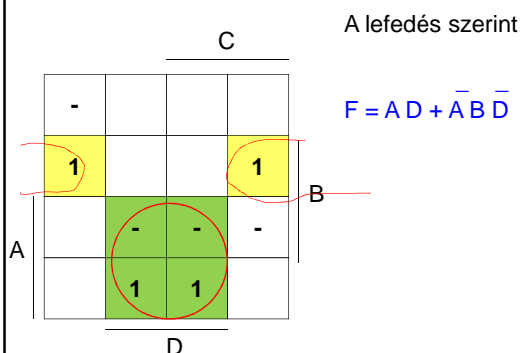
16

### NAPTÁR: 31 NAPOS HÓNAP



17

### NAPTÁR: 30 NAPOS HÓNAP



18

## RELZÁLÁS: DISZKRÉT KAPUK

- Diszkrét kapuk

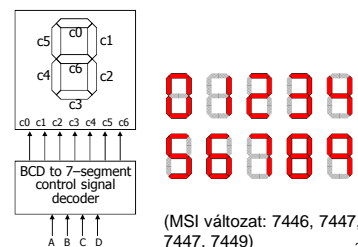
- 28 =  $m8' m4' m2 m1' \text{ leap}'$
- 29 =  $m8' m4' m2 m1' \text{ leap}$
- 30 =  $m8' m4 m1' + m8 m1$
- 31 =  $m8' m1 + m8 m1'$

| month | leap | 28 | 29 | 30 | 31 |
|-------|------|----|----|----|----|
| 0000  | –    | –  | –  | –  | –  |
| 0001  | –    | 0  | 0  | 0  | 1  |
| 0010  | 0    | 1  | 0  | 0  | 0  |
| 0011  | 1    | 0  | 1  | 0  | 0  |
| 0100  | –    | 0  | 0  | 0  | 1  |
| 0101  | –    | 0  | 0  | 0  | 1  |
| 0110  | –    | 0  | 0  | 1  | 0  |
| 0111  | –    | 0  | 0  | 0  | 1  |
| 1000  | –    | 0  | 0  | 0  | 1  |
| 1001  | –    | 0  | 0  | 1  | 0  |
| 1010  | –    | 0  | 0  | 0  | 1  |
| 1011  | –    | 0  | 0  | 1  | 0  |
| 1100  | –    | 0  | 0  | 0  | 1  |
| 1101  | –    | –  | –  | –  | –  |
| 111–  | –    | –  | –  | –  | –  |

19

## TERVEZÉSI PÉLDA (5): BCD/7-SZEGMENSES KIJELEZŐ DEKÓDOLÓ

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



20

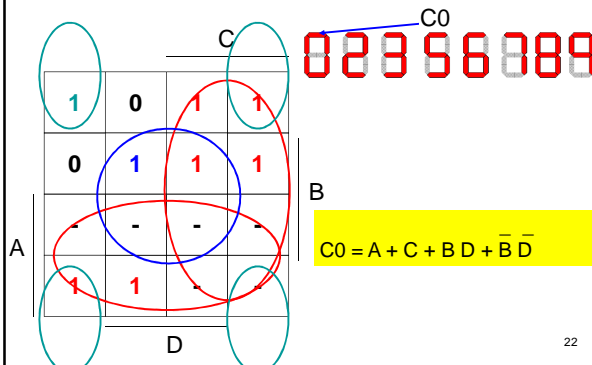
## A FELADAT ANALÍZISE

- Igazságtábla  
– don't care termek
- Megvalósítási technika megválasztása  
– Ha ROM, akkor kész  
– Don't care termek  
PAL/PLA előnyös lehet
- A kiválasztott technikától függően minimalizálás  
Karnaugh táblákon

| A | B | C | D | C0 | C1 | C2 | C3 | C4 | C5 | C6 |
|---|---|---|---|----|----|----|----|----|----|----|
| 0 | 0 | 0 | 0 | 1  | 1  | 1  | 1  | 1  | 1  | 0  |
| 0 | 0 | 0 | 1 | 0  | 1  | 1  | 0  | 0  | 0  | 0  |
| 0 | 0 | 1 | 0 | 1  | 1  | 0  | 1  | 1  | 0  | 1  |
| 0 | 0 | 1 | 1 | 1  | 1  | 1  | 1  | 0  | 0  | 1  |
| 0 | 1 | 0 | 0 | 0  | 1  | 1  | 0  | 0  | 1  | 1  |
| 0 | 1 | 0 | 1 | 1  | 0  | 1  | 1  | 0  | 1  | 1  |
| 0 | 1 | 1 | 0 | 1  | 0  | 1  | 1  | 1  | 1  | 1  |
| 0 | 1 | 1 | 1 | 1  | 1  | 1  | 0  | 0  | 0  | 0  |
| 1 | 0 | 0 | 0 | 1  | 1  | 1  | 1  | 1  | 1  | 1  |
| 1 | 0 | 0 | 1 | 1  | 1  | 1  | 0  | 0  | 1  | 1  |
| 1 | 0 | 1 | 1 | 1  | 1  | 1  | 1  | 1  | 1  | 1  |
| 1 | 0 | 1 | – | –  | –  | –  | –  | –  | –  | –  |
| 1 | 1 | – | – | –  | –  | –  | –  | –  | –  | –  |

21

## MINIMALIZÁLÁSI PÉLDA (C0)



22

## HÉT KIEMENET FÜGGETLEN MINIMALIZÁLÁSA

- 15 term ha a kimeneteket külön-külön kezeljük

Don't care termek: erős egyszerűsítések adódnak!

23

## MINIMALIZÁLÁS KÖZÖS TERMEKKEL

- Jobb megoldás is van!  
– 9 különböző szorzat tag (15 helyett)  
– Közös termek  
– Az egyes kimenetek nem szükségképpen minimális

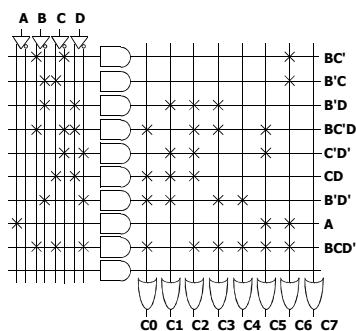
Two 4x4 Karnaugh maps, C2 and C3, are shown. Map C2 has 1s at (0,0), (0,1), (1,0), (1,1), (2,0), (2,1), (3,0), and (3,1). Map C3 has 1s at (0,0), (0,1), (1,0), (1,1), (2,0), (2,1), (3,0), and (3,1), with an additional 1 at (2,2). Both maps have labels A, B, C, and D for their axes.

$$\begin{aligned}
 &= A + B D + C + B' D' \\
 &= B' D' + C D + B' \\
 &= B' + C' + D \\
 &= B' D' + C D' + B C' D + B' C \\
 &= B' D' + C D' \\
 &= A + C' D' + B D' + B C' \\
 &= A + C D' + B C' + B' C
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 C0 &= B' C D + C D + B' D' + B C D' + A \\
 C1 &= B' D + C' D + C D + B' D' \\
 C2 &= B' D + B C' D + C' D' + C D + B C D' \\
 C3 &= B' C D + B' D + B' D' + B C D' \\
 C4 &= B' D' + B C D' \\
 C5 &= B' C D + C' D' + A + B C D' \\
 C6 &= B' C + B C' + B C D' + A
 \end{aligned}$$

24

## PLA REALIZÁLÁS



25

## A jelterjedési idők hatása a kombinációs hálózatok működésére (hazárd).

Statikus hazárd  
Dinamikus hazárd  
Funkcionális hazárd

## JEGYZET

Hazárd:

Arató: [Logikai rendszerek tervezése](https://www.vik.bme.hu/files/00001766.pdf) 101-114 old.  
<https://www.vik.bme.hu/files/00001766.pdf>

Rövid, de jól érthető leírás: <http://e-oktat.pmmf.hu/digtech32>

Az előadás és a tervezési példák ezen könyvek, anyagok megfelelő fejezetein alapulnak.

27

## A JELKÉSLELTETÉS OKAI

1. Megvalósított kapu: a kimeneti jel értéke rövid, de véges idő alatt változik meg.  
A kimeneti jel új értékének eléréséhez szükséges idő: megszólalási idő (angol *propagation delay*).
2. Összekötetések: EM hullámok véges terjedési sebessége, illetve a szórt kapacitások és induktivitások okozta késleltetés.

28

## A JELTERJEDÉS KÉSLELTETÉSE

**Ideális helyzet:** a kapuk a bemeneteikre jutó jelek megérkezésével egyidejűleg állítják elő a kimeneti jelértéket, és a kapuk közötti összekötéseken a terjedéshez nem kell idő.

**Reális helyzet:** a kapuk a kimeneti jeleket csak késéssel állítják elő, és az összekötéseken a jel terjedési sebessége véges, ez további késleltetést okoz.

29

## A JELTERJEDÉSI KÉSLELTETÉS HATÁSA A MŰKÖDÉSRE

A késleltető hatások átmenetileg hibás kimeneti kombinációkat hozhatnak létre. A hibák előfordulása a környezeti változóktól: hőmérséklet, öregedés, stb. függhet, így előzetesen nem vehetők számításba. Az ilyen véletlenszerű, rendszertelen hibajelenségeket neve **hazárdjelenség**.

Tervezőkor arra kell törekedni, hogy a kombinációs hálózat működése a lehető legnagyobb mértékben független legyen a késleltetési viszonyok alakulásától.

30

## HAZÁRDJELENSÉGEK

### HAZÁRD

a kimeneten „0” vagy „1” impulzus nem a logikai feltétel hatására keletkezik. A késleltetések gyakran váratlan feltételektől (pl. melegedés) is függhetnek, ezért nem mindig tartható kézben.

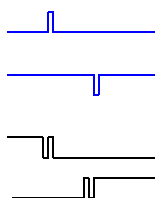
### HAZÁRD TÍPUSOK

#### Statikus hászrd

„0”-ás típusú hászrd  
„1”-es típusú hászrd

#### Dinamikus hászrd

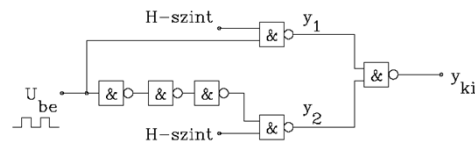
#### Funkcionális hászrd



31

## JELKÉSLELTETÉS, STATIKUS HAZÁRD

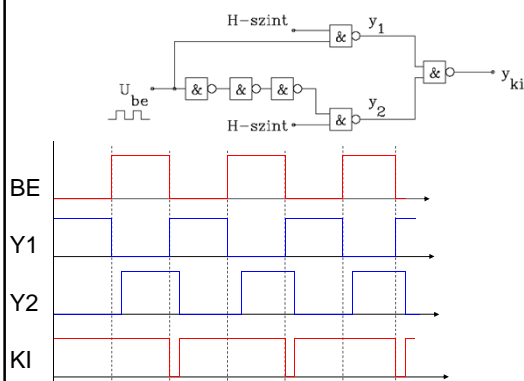
### Mérési gyakorlat:



Az  $Y_{ki}$  kimenet mindig 1 (H-szint) mivel a bemenő jel ellenfázisban vezérli az  $Y_1$  és  $Y_2$  kimenetet adó NAND kapukat. A három sorbakapcsolt inverter az egyik ágon késlelteti a jelet, így  $Y_2$  még akkor is 1, mikor már  $Y_1$  is elérte az 1-et. Így rövid időre  $Y_{ki}$  0 állapotba kerül (L szintű túlimpulzus).

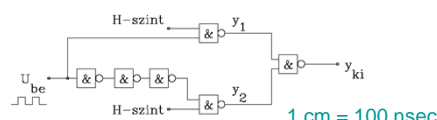
32

## KÉSLELTETÉS, STATIKUS HAZÁRD



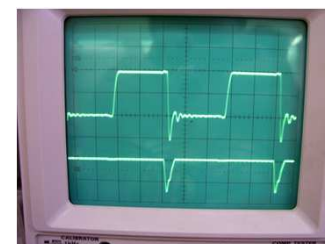
33

## STATIKUS HAZÁRD



Statikus hászrd  
(negatív impulzus,  
kb. 40 nsec)

(hallgatói mérés)

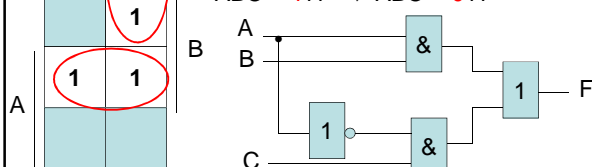


## STATIKUS HAZÁRD KOMBINÁCIÓS HÁLÓZATBAN

$$F(ABC) = AB + \bar{A}C$$

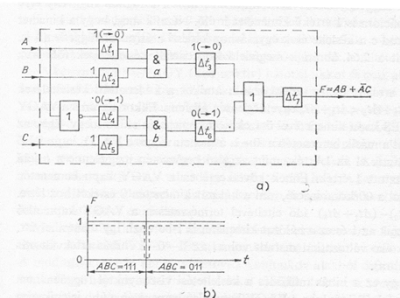
Kritikus átmenet:

$$ABC = 111 \rightarrow \bar{A}BC = 011$$



35

## STATIKUS HAZÁRD KOMBINÁCIÓS HÁLÓZATBAN



$$F = \Sigma(1,3,6,7)$$

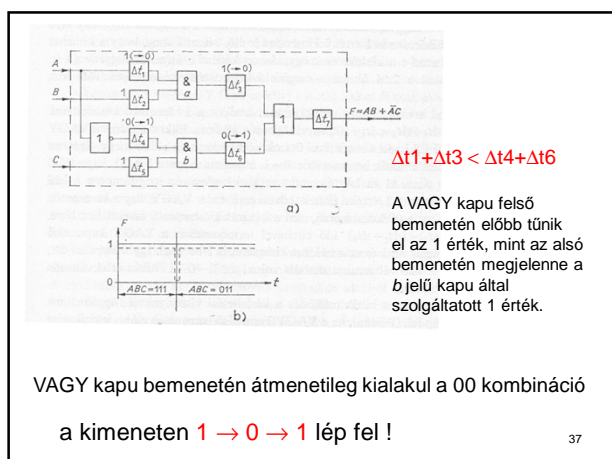
Feltételezzük, hogy a hálózatot szomszédos bemeneti változás éri, tehát csak egy bemeneti jel változásának hatását vizsgáljuk

$$ABC = 111 \rightarrow \bar{A}BC = 011$$

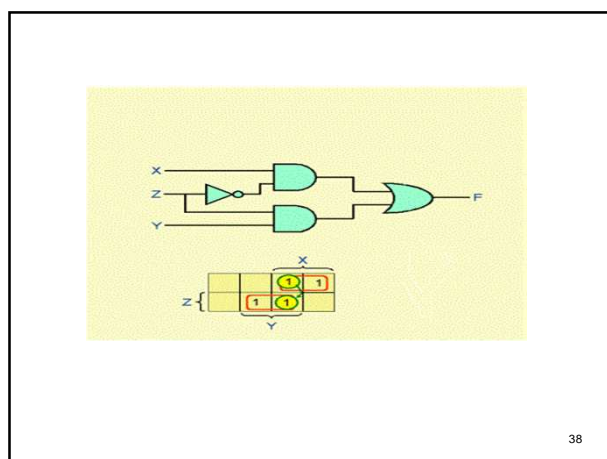
$$F(1,1,1)=F(0,1,1)=1$$

a kimeneten 1 → 0 → 1 lép fel !

36



37



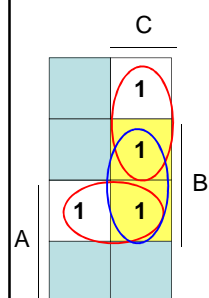
38



39

### STATIKUS HAZÁRD KIKÜSZÖBÖLÉSE (1)

A statikus hazard kiküszöbölése: meg kell akadályozni a kritikus átmenet hatását, ehhez a BC prímmimplikánst is le kell fedni.



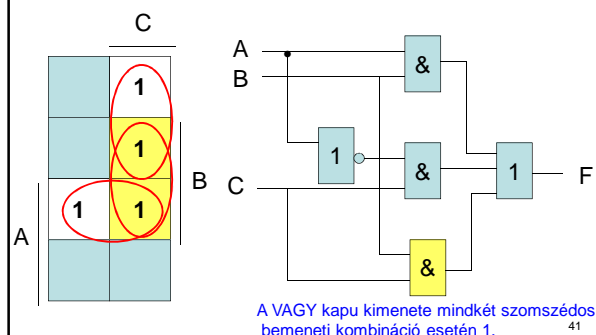
$$F(ABC) = AB + \overline{AC} + BC$$

Kritikus átmenet:

$$ABC = 111 \rightarrow \overline{ABC} = 011$$

40

### STATIKUS HAZÁRD KIKÜSZÖBÖLÉSE (2)



41

### STATIKUS HAZÁRDTÓL MENTES HÁLÓZATOK

A legalább kétszintű ÉS-VAGY hálózat csak akkor mentes a statikus hazardtól, ha az 1 kimeneti értéket előállító bemeneti kombinációk közül bármely két szomszédoshoz található legalább egy olyan ÉS kapu, melynek kimenete mindkét szomszédos bemeneti kombináció esetén 1 értékű.

Másképp: bármely két szomszédos mintermhez található legalább egy olyan prímmimplikáns, mely mindkét mintermet lefedi.

42

## STATIKUS HAZÁRDTÓL MENTES HÁLÓZATOK TERVEZÉSE

Tervezési iránymutatás:

A **legegyszerűbb hazárdmentes diszjunktív alak** úgy hozható létre, hogy a legegyszerűbb diszjunktív alakot **kiegészítjük** a lehető legkevesebb és legegyszerűbb primimplikánssal a szükséges lefedési feltétel kielégítésére.

A **legegyszerűbb statikus hazárdmentes kétszintű elvi logikai rajzot** akkor kapjuk meg, ha az összes primimplikánst megvalósítjuk.

Több kimenetű kombinációs hálózatban a statikus hazárd minden kimeneten felléphet.

43

## STATIKUS HAZÁRD KONJUNKTÍV HÁLÓZATBAN

Az előző analízis a kétszintű VAGY-ÉS hálózatokra is érvényes.

A módosítás csak annyi, hogy a 0 kimeneti értéket előállító szomszédos bemeneti kombinációkat kell vizsgálni, és szükség esetén a közös lefedést biztosító VAGY kapukat megvalósítani.

44

## PÉLDA: KÉTSZINTŰ HÁLÓZAT HAZÁRDMENTESÍTÉSE

Adja meg az

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

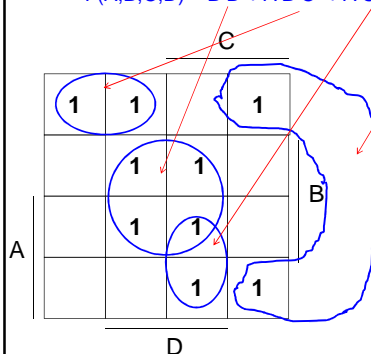
legegyszerűbb diszjunktív alakban adott függvénnyel leírt kombinációs hálózat kétszintű ÉS-VAGY alakú statikus hazárd mentes elvi logikai rajzát.

Vizsgálja meg a NAND kapus megvalósítást.  
(7400 4x2 bemenet, 7420 2x4 bemenet, 7430 1x8 bemenet).

45

## KARNAUGH TÁBLA

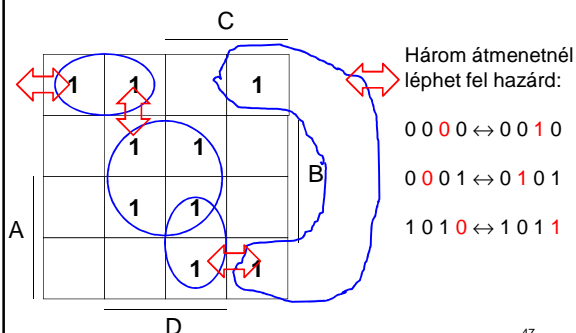
$$F(A,B,C,D) = B D + \bar{A} \bar{B} \bar{C} + A C D + \bar{B} C \bar{D}$$



46

## POTENCIÁLIS HAZÁRDOK

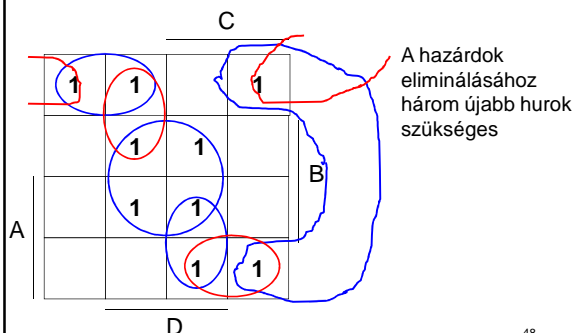
$$F(A,B,C,D) = B D + \bar{A} \bar{B} \bar{C} + A C D + \bar{B} C \bar{D}$$



47

## HAZÁRDMENTESÍTÉS

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



48



## ÖSSZEFOGLALÓ

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

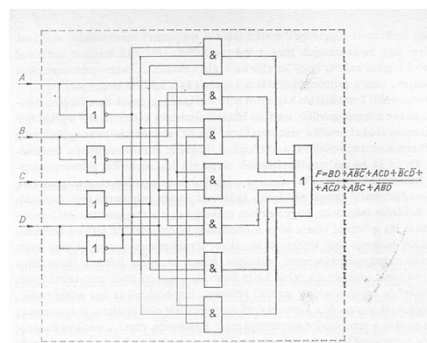
A négy (lényeges) príimplikánsával realizálható minimális hálózatot a hazardmentesítéshez további három redundás príimplikánssal kell kiegészíteni, ezek az alábbiak:

$\bar{A}\bar{C}D, \bar{A}\bar{B}C, \bar{A}\bar{B}\bar{D}$

A hazárdmentes hálózat 1 kétbemenetű ÉS,  
6 hárombemenetű ÉS, valamint 1 hétbemenetű VAGY  
kapuból áll.

49

## REALIZÁCIÓS ÉS-VAGY KAPUKKAL



50

## REALIZÁCIÓS NAND KAPUKKAL

Realizálás NAND kapukkal: (ÉS-VAGY  $\Rightarrow$  NAND-NAND)

Minimális hálózat:

|                    |       |
|--------------------|-------|
| 7400 (4x2 bemenet) | 1/4   |
| 7420 (2x4 bemenet) | 1 1/2 |
| 7430 (1x8 bemenet) | 1     |

Hazárdmentes hálózat:

|                    |     |
|--------------------|-----|
| 7400 (4x2 bemenet) | 1/4 |
| 7420 (2x4 bemenet) | 3   |
| 7430 (1x8 bemenet) | 1   |

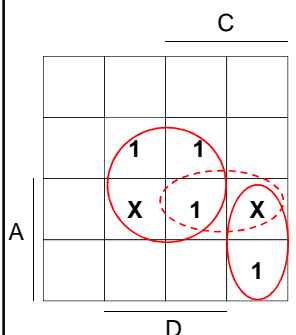
51

## STATIKUS HAZÁRD NEM TELJESEN HATÁROZOTT HÁLÓZATBAN

Ha a tervezendő hálózat logikai függvénye nem teljesen határozott, akkor a legegyszerűbb hazardmentes kétszintű logikai hálózat meghatározásának módja sokkal kevésbé szisztematikus.

52

## HAZÁRDMENTESÍTÉS



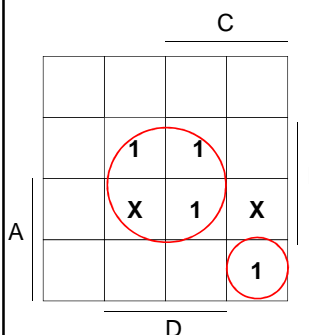
Hazárdmentesített lefedés:  
 $m(5,7,13,15) + m(10,14) +$   
 $m(14,15)$

Valóban szükséges-e az  $m(14,15)$  prímimplikánsra?

Ez az X termék értelmezésétől függ!

53

## HAZÁRDMENTES MINIMÁLIS HÁLÓZAT



$$m(5,7,13,15) + m(10)$$

3 kapu/7 bemenet  
(legegyszerűbb kétszintű  
statikus házárdtól mentes  
kialakítás)

Az előző változat

4 kapu/11 bement

54

## STATIKUS HAZÁRD RÉSZBEN HATÁROZOTT HÁLÓZATBAN

A nem teljesen határozott logikai függvények hazárdtól mentes egyszerűsítése a **közömbös függvényértékek értelmezésétől függ**.

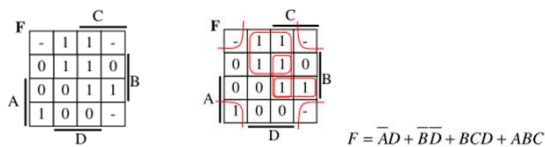
Ha a közömbös bejegyzésekre is el kell végezni a hazárdmentesítést, akkor a közömbös értékek rögzítésénél nem mindig a legegyszerűbb prímisszorzatok előállítását az egyedüli szempont.

Az egyszerűsítés ilyenkor általában heurisztikus (próbálgatásos) lépéseket is tartalmazhat.

55

## TERVEZÉSI PÉLDA (1)

Grafikus minimalizálással határozza meg és írja fel algebrai alakban a legegyszerűbb kétszintű, hazárdmentes **diszjunktív** realizációt!

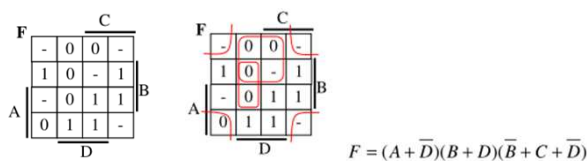


(ha a közömbös kimeneti értékekre vonatkozóan NEM kell hazárdmentesítést végezni)

56

## TERVEZÉSI PÉLDA (2)

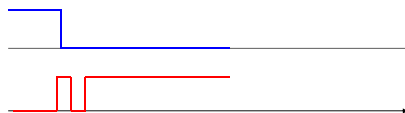
Grafikus minimalizálással határozza meg és írja fel algebrai alakban a legegyszerűbb kétszintű, hazárdmentes **konjunktív** realizációt!



57

## DINAMIKUS HAZÁRD

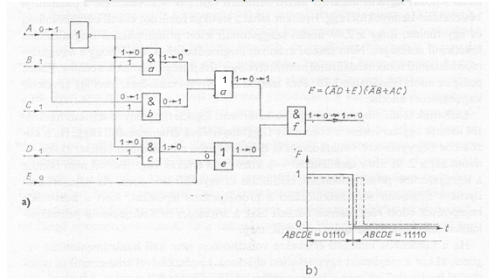
Dinamikus hazárd az a jelenség, ha egyetlen bemenet megváltozásakor egy egyszerű kimeneti változást kellene kapni (pl. be:  $1 \Rightarrow 0$ , kimenet  $0 \Rightarrow 1$ , de helyett egy többlet ugrással áll be az állandósult kimenet (pl.  $0 \Rightarrow 1 \Rightarrow 0 \Rightarrow 1$ ).



58

## DINAMIKUS HAZÁRD

$$F(A, B, C, D, E) = (\overline{A}D + E)(\overline{A}B + AC)$$



ÉS-VAGY-ÉS SZINTEK

59

## DINAMIKUS HAZÁRD ÉS KIKÜSZÖBÖLÉSE

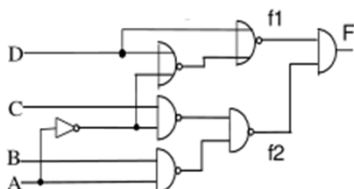
A jelenség három- vagy többszintű hálózatokban léphet fel, és csak akkor, ha valamelyik szinten statikus hazárd van.

Az egyes szinteken felléphető statikus hazárdok kiküszöbölésével tehát a dinamikus hazárd is kiküszöbölhető.

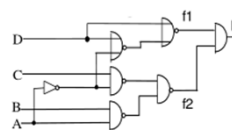
60

### TERVEZÉSI PÉLDA (1)

Tartalmaz-e dinamikus hazárdot az alábbi hálózat? Ha igen, jelölje meg, milyen bemeneti kombináció változásnál fordulhat elő.



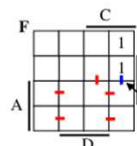
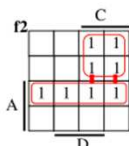
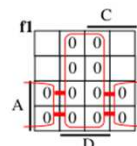
61



$$f1 = \overline{D}(\overline{A} + D)$$

$$f2 = \overline{A}C + AB$$

$$F = f1 \cdot f2$$

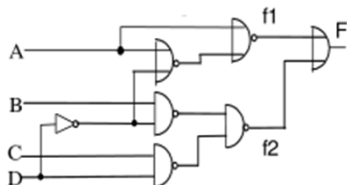


din. h.

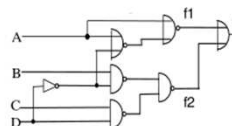
62

### TERVEZÉSI PÉLDA (2)

Tartalmaz-e dinamikus hazárdot az alábbi hálózat? Ha igen, jelölje meg, milyen bemeneti kombináció változásnál fordulhat elő.



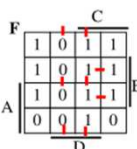
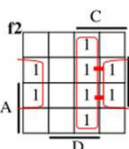
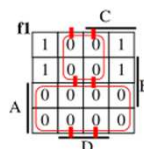
63



$$f1 = \overline{A}(A + \overline{D})$$

$$f2 = B\overline{D} + CD$$

$$F = f1 + f2$$

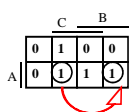


Nincs

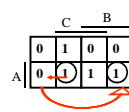
64

### FUNKCIONÁLIS HAZÁRD

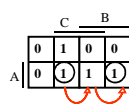
Akkor fordulhat elő, ha két vagy több bemeneti változó egyszerre változik, pl.  $101 \Rightarrow 110$ . Két lehetséges időbeli sorrend lehetséges, és így a kimeneten rövid időre a 0 állapot is felléphet.



1⇒1



1⇒0⇒1



1⇒1⇒1

65

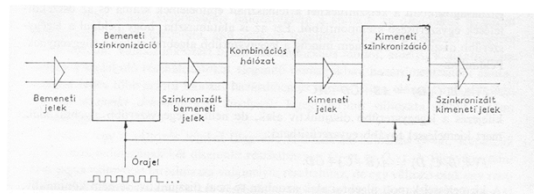
### FUNKCIONÁLIS HAZÁRD KIKÜSZÖBÖLÉSE

A funkcionális hazárd kiküszöbölésének legbiztosabb módja az, ha nem engedjük meg a nem szomszédos változásokat. Ezt a bemeneti kombinációkat előállító egységben kell megvalósítani.

A másik lehetőség órajel használata és szinkronizálás.

66

## FUNKCIONÁLIS HAZÁRD KIKÜSZÖBÖLÉSE SZINKRONIZÁCIÓVAL



67

**VÉGE**

68