

DIGITÁLIS TECHNIKA I

Dr. Lovassy Rita
Dr. Pődör Bálint

Óbudai Egyetem KVK
Mikroelektronikai és Technológia Intézet

1. ELŐADÁS: BEVEZETÉS A DIGITÁLIS TECHNIKÁBA



1

Kutatók éjszakája

- 2015. szeptember 25.



2

ÁLTALÁNOS BEVEZETÉS

1. A digitális technika tantárgy
2. A tantárgy időbeli beosztása
3. Az 1. félév tematikája
4. Kötelező és ajánlott irodalom

3

A TANTÁRGY IDŐRENDI BEOSZTÁSA

A digitális technika tantárgy **három félévre** van bontva az alábbiak szerint:

1. félév: heti 2 óra **előadás**
2. félév: heti 2 óra **előadás** és 1 óra **gyakorlat**
3. félév: heti 2 óra **laboratórium**

4

DIGITÁLIS TECHNIKA ANGOLUL

Választható idegen nyelven oktatott (kritérium) tárgy

Digital technics Egy-féléves előadás, heti 2 óra,
kreditérték: 2

5

FÉLÉVKÖZI MUNKA, ALÁÍRÁS, VIZSGA ...

Egy házi feladat (előreláthatólag október első két hete)

Egy zárthelyi dolgozat a félév utolsó harmadában

6

ALÁÍRÁS, VIZSGA ...

A vizsgára bocsátás feltétele az aláírás megszerzése.

Az aláírás megszerzésének követelményei:

1. Hiányzás nem haladhatja meg a Tanulmányi Szabályzatban előírt korlátot. Az előadások látogatása KÖTELEZŐ.
2. Sikeres (legalább elégséges (2)) házi feladat és zárthelyi.

7

ÉRTÉKELÉS ÉS VIZSGAJEGY

Elégséges (2) jegy alsó határa (összesítésben) **55 %**

0 - 54 %	elégtelen (1)
55 - 64 %	elégséges (2)
65 - 74 %	közepes (3)
75 - 85 %	jó (4)
86 - 100 %	jeles (5)

8

IRODALOM (1. ÉS 2. FÉLÉV)

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 előadások ezen könyvek megfelelő fejezetein alapulnak.

9

AJÁNLOTT IRODALOM

Gál Tibor: [Digitális rendszerek I és II](#), Műegyetemi Kiadó, 2003, 51429 és 514291 műegyetemi jegyzet

U. Tietze, Ch. Schenk: [Analog és digitális áramkörök](#), Műszaki Könyvkiadó, Budapest, 1993

Benesóczky Zoltán: [Digitális tervezés funkcionális elemekkel és mikroprocesszorokkal](#), Műegyetemi Kiadó, 2002

10

1. FÉLÉV ANYAGA

Zsom Gyula: [Digitális technika I](#)
1-145 old., 270-281 old., 297-299 old.,
306-317 old.

Römer Mária: [Digitális rendszerek áramkörei](#)
1-31 old., 123-126 old., 146-172 old.,
179-180 old.

Arató Péter: [Logikai rendszerek tervezése](#)
1-79 old., 101-114 old., 122-138 old.

Römer Mária: [Digitális technika példatár](#)
1.2., 1.3., 2., 4., 8. fejezetek

11

WEB/INTERNET FORRÁSOK

A Digitális technika I előadásainak anyaga

<http://uni-obuda.hu/users/lovassyr/>

Az előadási anyagok szabadon letölthetők.

Részletes tárgyleírás

<http://mti.kvk.uni-obuda.hu/node/158>

12

A DIGITÁLIS TECHNIKA TANTÁRGY CÉLKITŰZÉSEI

- A digitális technika alapjainak, áramköreinek, azok jellemzőinek és alkalmazásainak megismertetése a leendő villamosmérnökökkel. A három féléves előadások, tantermi gyakorlat és laboratórium során megalapozott ismeretek és kellő jártasság megszerzése a digitális rendszerek működése, tervezése és alkalmazása terén.
- A digitális rendszerek és azok funkcionális egységei vizsgálati módszereinek megismerése és elsajátítása.
- A mikroprocesszoros és más programozható rendszerek megismerése és alkalmazásainak elsajátítása.

13

AZ 1. FÉLÉV TEMATIKAI VÁZLATA ÉS ISMERETANYAGA (1)

1. Általános bevezetés. A digitális technika alapfogalmai, a logikai hálózatok alapjai. A digitális technika sajátosságai és jellemzői. Számjegyes (digitális) ábrázolás.
2. Bevezetés a logikai algebrába. A logikai kapcsolatok leírása: szöveges leírás, algebrai alak (Boole-algebra), igazságtáblázat, logikai vázlat. A Boole algebra axiómái és tételei. Logikai alpműveletek. A Boole algebra alkalmazásai.
3. Logikai függvények alapfogalmai, kétváltozós függvények. Határozott és részben határozott logikai függvények. Logikai függvények kanonikus alakjai. Diszjunktív és konjunktív kanonikus alak. Minterm és maxterm fogalma.

14

AZ 1. FÉLÉV TEMATIKAI VÁZLATA ÉS ISMERETANYAGA (2)

4. Logikai függvények átalakítása és egyszerűsítése. Logikai függvények grafikus ábrázolása. Logikai függvények minimalizálási módszerei.
5. Karnaugh táblázat és alkalmazásai. Részben határozott logikai függvények minimalizálása. Tervezési példák. A számjegyes minimalizálás (Quine-McCluskey módszer) alapjai. A jelterjedési idő hatása a logikai hálózatok működésére.
6. Kombinációs hálózatok tervezése és megvalósítása univerzális építőelemekkel.

15

AZ 1. FÉLÉV TEMATIKAI VÁZLATA ÉS ISMERETANYAGA (3)

7. Számrendszerek, általános alapok. Bináris számok. Aritmetikai alpműveletek a bináris számrendszerben.
8. Kódok és kódolási alapfogalmak. Numerikus kódok. Tízta bináris kódok (egyenest, 1-es, 2-es komplement). Aritmetikai műveletek 1-es és 2-es komplement kódban. Tetrád kódok, BCD kódok. Aritmetikai műveletek tetrád kódokban. Alfánnumerikus kódok.
9. Funkcionális elemek I. Kódváltók, kódolók és dekódolók. Egyszerű kódátalkító (kombinációs) hálózatok. Bináris/BCD és BCD/bináris kódátalkító. Gray kód, bináris/Gray és Gray/bináris átalakítás.

16

AZ 1. FÉLÉV TEMATIKAI VÁZLATA ÉS ISMERETANYAGA (4)

10. Funkcionális elemek II. Multiplexer, demultiplexer, komparátor, aritmetikai elemek, összeadó. Kódolás: hibajelzés és javítás, paritásbit.
11. Logikai tervezés funkcionális elemekkel, általános alapok. Összetett logikai hálózatok. Példa: 1-bites ALU, 4-bites komparátor, prioritásdekódoló.
12. Kombinációs hálózatok megvalósítása memóriaelemekkel. Kombinációs hálózatok megvalósítása programozható logikai elemekkel (PLD). FPGA

17

DIGITÁLIS TECHNIKA ÉS LOGIKAI HÁLÓZATOK

1.1. BEVEZETÉS A DIGITÁLIS TECHNIKÁBA

Alapfogalmak

Logikai változók

1.2. LOGIKAI HÁLÓZATOK ÉS MODELLJEIK

Kombinációs logikai hálózatok

Aszinkron sorrendi logikai áramkörök

Szinkron sorrendi logikai áramkörök

18

1. ELŐADÁS

1. Általános bevezetés az 1. félév anyagához
2. Bevezetés a digitális technikába, a logikai hálózatok alapjai
3. A logikai hálózatok csoportosítása: kombinációs és sorrendi hálózatok

19

BEVEZETÉS A DIGITÁLIS TECHNIKÁBA

ALAPFOGALMAK: JEL, ANALÓG, DIGITÁLIS,

ANALÓG ÁS DIGITÁLIS JEL

ANALÓG ÉS DIGITÁLIS ÁRAMKÖR

20

A JEL

A jel valamely fizikai mennyiség (állapothatározó) minden olyan **értéke** vagy **értékváltozása**, mely egy egyértelműen hozzárendelt információ **megjelenítésére**, **továbbítására** vagy **tárolására** alkalmas.

A gyakorlatban a jel leggyakrabban:

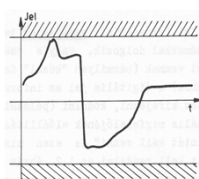
villamos mennyiség ezen belül **feszültség**

De lehet **áram**, **térerősség**, stb.

21

ANALÓG JEL

Információ továbbítására alkalmas jel, melynek jellemző paramétere egy tartományon belül folyamatosan változva bármely értéket felvehet (tehát **értékkészlete folytonos**). Az analóg jel közvetlenül értékével hordozza az információt.



Az analóg jel időbeli lefolyása általában folytonos függvénnyel ábrázolható. Időben folyamatosan változik és egy adott tartományt teljes mértékben kitölthet.

Jellemzői: frekvenciasáv, jel/zaj viszony, torzítás, stb.

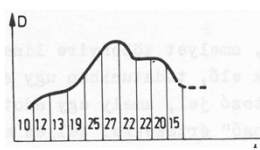
22

DIGITÁLIS JEL

Az információt diszkrét jelképekben (pl. számként kódolt formában) tartalmazó jel.

Csak **diszkrét**, illetve **kvantált** értékei vannak, ezek célszerűen számokkal reprezentálhatók.

A digitális jel egyik leggyakrabban alkalmazott változata a **bináris** jel, melynek értékkészlete két elemű, pl. **0** és **1**.



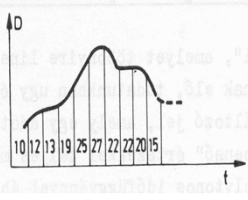
A digitális jel az információt elemi részekre osztva fejezi ki számjegyes formában megfelelő kódolással. Mintavétel adott időpontokban, ehhez számokat rendelünk. A digitális jel tehát kódolt információt tartalmaz.

23

DIGITÁLIS JEL: PÉLDA

- Minta Binárisan kódolt jel

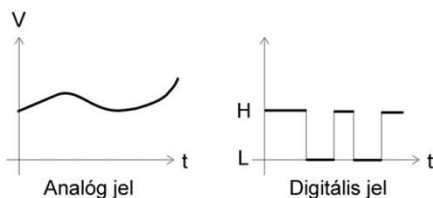
$2^4 \ 2^3 \ 2^2 \ 2^1 \ 2^0$



• 10	0	1	0	1	0
• 12	0	1	1	0	0
• 13	0	1	1	0	1
• 19	1	0	0	1	1
• 25	1	1	0	0	1
• 27	1	1	0	1	1
• 22	1	0	1	1	0
• 22	1	0	1	1	0
• 20	1	0	1	0	0
• 15	0	1	1	1	1
•

24

ANALÓG ÉS DIGITÁLIS JEL



Időfüggés: folytonos, illetve diszkrét

25

AZ ELEKTRONIKA ALAPJAI: ANALÓG ÉS DIGITÁLIS

ANALÓG ÁRAMKÖR

A be- és kimeneti mennyiségek folytonosak
Fokozott zajérzékenység
Alkalmas folytonos jelek közvetlen feldolgozására

DIGITÁLIS ÁRAMKÖR

A be- és kimeneti feszültségek csak diszkrét értékeket vehetnek fel
Adott mértékig érzéketlen a zajokra
Digitális jelekkel végez műveleteket
Üzembiztosabb működés

26

LOGIKAI HÁLÓZATOK

A digitális berendezések alapvető alkotó elemei a

logikai hálózatok.

Villamos jel - logikai áramkör

A logikai hálózatok a bonyolultabb logikai kapcsolatokat mindig egyszerű, részletesen később tárgyalandó elemi alpműveletekből (pl. **ÉS**, **VAGY**, **NEM**, stb.) állítják elő.

27

LOGIKAI VÁLTOZÓK: ÉRTÉKÉSZLET, JELÖLÉSEK

A logikai változók az egyes események absztrakt leírására szolgálnak.

Két értéket vehet fel, **IGAZ** vagy **HAMIS**, attól függően, hogy az esemény bekövetkezik vagy sem.

Ha az esemény **bekövetkezik**, akkor a **logikai változó** értéke **IGAZ**.

Ha az esemény **nem következik be**, akkor a **logikai változó** értéke **HAMIS**.

Értékkészlet, jelölések	IGAZ (I)	HAMIS (H)
	TRUE (T)	FALSE (F)
	1	0
	HIGH (H)	LOW (L)

28

LOGIKAI VÁLTOZÓK: ÉRTÉKKÉSZLET

IGAZ/HAMIS vagy **TRUE/FALSE**: az esemény bekövetkezésére vonatkozik, jelentésük megfelel a szó hétköznapi értelmének. Hasonló a helyzet az **IGEN/YES** és a **NEM/NO** jelöléssel.

Az **1** és **0** itt nem számjegy, nincs numerikus értékük. Jelentésük szimbolikus. Az egymáshoz rendelés: **IGAZ** \leftrightarrow **1** és **HAMIS** \leftrightarrow **0**.

A **HIGH/LOW** jelentése a logikai értékek egy adott, és igen elterjedt elektromos reprezentációjához kapcsolódik, alacsony és magas feszültségszintnek felel meg.

29

LOGIKAI VÁLTOZÓK A GYAKORLATBAN

A két legelterjedtebb logikai áramkörcsaládban, mely a **CMOS** (Complementary Metal Oxide Semiconductor), illetve a bipoláris technológián alapuló **TTL** (Transistor Logic), a **HAMIS/LOW** logikai érték illetve szint névlegesen 0 Volt, az **IGAZ/HIGH** logikai érték illetve szint a pozitív tápfeszültség által meghatározottan néhány volt. Konkrétan

CMOS $U(1) = U_{\text{táp}} = +3 \dots +15 \text{ V}$
 $U(0) = 0 \text{ V}$

TTL $U(1) = \text{kb. } +3,5 \text{ V}$, $U_{\text{táp}} = +5 \text{ V}$
 $U(0) = 0 \text{ V}$

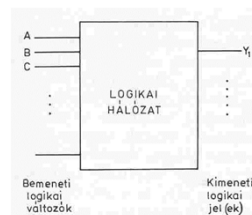
30

LOGIKAI HÁLÓZATOK ÉS MODELLJEIK

1. A logikai hálózatok általános modellje
2. Kombinációs logikai hálózatok
3. Aszinkron sorrendi logikai áramkörök
4. Szinkron sorrendi logikai áramkörök

31

LOGIKAI HÁLÓZAT ÁLTALÁNOS MODELLJE



A bemeneti változók (A,B,C, ...) aktuális értékeit a logikai hálózat (logikai áramkör) feldolgozza és ennek megfelelően előállítja a kimeneti logikai jeleket (Y_1, Y_2, \dots)

32

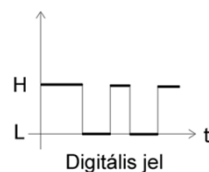
LOGIKAI ÁRAMKÖR (HÁLÓZAT)

- A logikai hálózatokat digitális áramkörökkel valósítják meg, illetve a digitális áramkörök logikai hálózatokkal modellezhetők.
- A logikai hálózatok leírására és tervezésére a logikai algebrát (*Boole algebra*) használják.

33

DIGITÁLIS ÁRAMKÖR

Az áramkör bármely pontján mérhető jeleknek csak két állapotát különböztetjük meg, melyekhez a két logikai állapotot rendeljük.



34

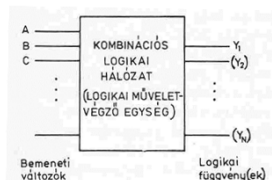
LOGIKAI HÁLÓZATOK

A logikai hálózatok két csoportra oszthatók:

1. Kombinációs logikai hálózatok
2. Sorrendi (szekvenciális) logikai hálózatok

35

KOMBINÁCIÓS LOGIKAI HÁLÓZAT



A legegyszerűbb logikai áramkörtípus a **kombinációs logikai hálózat**. Ez azonnal elvégzi a bemenetre jutó jeleken a "logikai műveletet", az eredmény azonnal (a belső működésből eredő késleltetési idő után) megjelenik a kimeneten.

36

KOMBINÁCIÓS HÁLÓZAT

A kombinációs hálózat "emlékezet nélküli" hálózat



a pillanatnyi x_i bemeneti állapot (a tranzienstől eltekintve egyértelműen meghatározza a z_i kimeneti állapotot, függetlenül attól, hogy korábban milyen x_i bemenetei állapotokkal vezértük a hálózatot.

37

A KOMBINÁCIÓS LOGIKAI HÁLÓZAT ÁLTALÁNOS MODELLJE

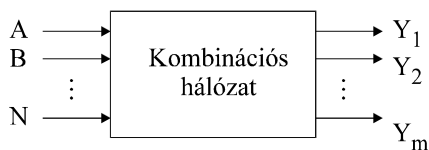


Az x_i bemeneti állapotot leképezi a z_i kimeneti állapotra.

Ugyanahhoz az x_i bemenethez mindig ugyanaz a z_i kimenet tartozik. (Eltekintve a tranzienstől.)

38

KOMBINÁCIÓS HÁLÓZAT LOGIKAI FÜGGVÉNYEI



A kimenő változók a bemenő változók logikai függvényeivel állíthatók elő

$$Y_i = F_i(A, B, \dots, N) \quad i = 1, 2, \dots, m$$

39

KOMBINÁCIÓS LOGIKAI HÁLÓZATOK TULAJDONSÁGAI

A kombinációs hálózatokban minden bemeneti kombináció egyértelműen és kizárólagosan meghatározza a kimeneti kombinációt.

A kimeneti kombinációból viszont általában nem tudjuk egyértelműen meghatározni az azt előidéző bemeneti kombinációt, mert nem követelmény, hogy különböző bemeneti kombinációk minden esetben más-más kimeneti kombinációt hozzanak létre.

40

PÉLDA KOMBINÁCIÓS HÁLÓZATRA: FELVONÓ VEZÉRLÉSE

Logikai feladat: Egy felvonó **csak** akkor induljon el, ha ajtaja csukva van **és** a földkében lévő emeletjelző gombok valamelyike meg van nyomva.

A feladat a négyféle feltétellel (ajtó **nyitva** vagy **csukva**, jelzőgombok valamelyike **meg van nyomva** vagy **nincs megnyomva**) mindegyikéhez a lehetséges kétféle következmény (a lift **elindul**, vagy **nem indul el**) egyikét rendeli hozzá.

41

PÉLDA KOMBINÁCIÓS HÁLÓZATRA: FELVONÓ VEZÉRLÉSE

FELTÉTELEK

KÖVETKEZMÉNY

1. Ajtó	2. Emeletkiválasztó gomb	Felvonó
nyitva	egyik sincs megnyomva	nem indul el
nyitva	valamelyik megnyomva	nem indul el
csukva	egyik sincs megnyomva	nem indul el
csukva	valamelyik megnyomva	elindul

42

FELVONÓ VEZÉRLÉSE: LOGIKAI SÉMA

Ha a két feltétel **A** és **B**, a következmény **Y**, akkor a feladat logikai igazságtáblázata az alábbi

A	B	Y
HAMIS	HAMIS	HAMIS
HAMIS	IGAZ	HAMIS
IGAZ	HAMIS	HAMIS
IGAZ	IGAZ	IGAZ

Tehát $A \text{ ÉS } B = Y$

43

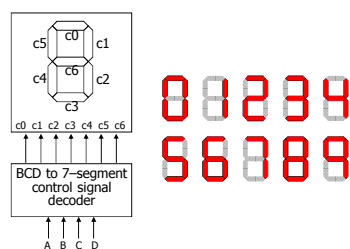
KOMBINÁCIÓS HÁLÓZATOK: PÉLDÁK

- BCD – hét szegmenses kijelző
- Különböző kódátalakítók
- Bináris műveletvégző egységek (félösszeadó, összeadó, stb.)
- Egyszerű és összetett logikai függvények megvalósítása
- Komparátorok
- Stb.

44

PÉLDA: BCD/7-SZEGMENSES KIJELZŐ DEKÓDOLÓ

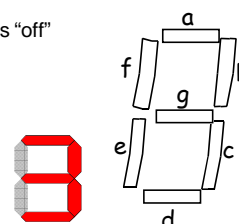
- Bemenet : 4 bit BCD digit (A, B, C, D)
- Kimenet : 7 szegmens vezérlőjele (C0-C6)



45

Kombinációs hálózat: BCD-to-Seven-Segment Converter

- Seven-segment display:
 - 7 LEDs (light emitting diodes), each one controlled by an input
 - 1 means "on", 0 means "off"
 - Display digit "3"?
 - Set a, b, c, d, g to 1
 - Set e, f to 0



46

SORRENDI LOGIKAI HÁLÓZATOK

A logikai áramkör kimeneti jele(i) a bemeneten fellépő jelkombinációkon kívül az előzőleg felvett állapotától is azaz az előzőleg kialakult kimeneti jelkombinációtól is függ.

Sorrendi vagy szekvenciális logikai hálózat.

Bemeneti változók: **primer változók.**
Visszacsatolt kimeneti változók: **szekunder változók.**

47

PÉLDA: FELVONÓ VEZÉRLÉSE

Logikai feladat: a felvonó induljon el a harmadik emeletre, ha az ajtó be van csukva, és a fülkében lévő emeletkiválasztó nyomógombok közül a harmadik emeletre vonatkozó gomb be van nyomva.

Merre indul el a felvonó, felfelé vagy lefelé?

48

PÉLDA: FELVONÓ VEZÉRLÉSE

A feladat szövegében – burkoltan – három lehetséges következmény szerepel:

- a felvonó nem indul el,
- a felvonó elindul a harmadik emeletre **felfelé**,
- a felvonó elindul a harmadik emeletre **lefelé**.

A feladatbeli feltételek alapján nem dönthető el, hogy melyik következménynek kell megvalósulnia.

A logikai hálózatnak szüksége van a felvonó mindenkor helyzetét megadó pótlólagos, ún. **másodlagos (szekunder) feltételekre**.

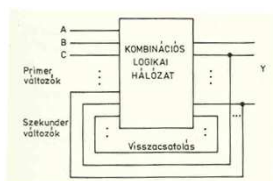
49

PÉLDA: ÁRUSÍTÓ AUTOMATA

Pl. egy ital-automatának "emlékeznie" kell, hogy milyen és hány érmét dobta bele. Az automata "válasza" nem csak attól függ, hogy éppen milyen érmét dobta bele, hanem attól is, hogy előtt hány és milyen érmét fogadott be az adott kiszolgálási ciklusban.

50

SORRENDI LOGIKAI HÁLÓZAT VISSZACSATOLÁSSAL: ASZINKRON SORRENDI HÁLÓZAT



A kimeneteken lévő jelek visszacsatolás révén a bemenetre kerülnek (szekunder változók).

Aszinkron működés.

51

SORRENDI LOGIKAI HÁLÓZATOK TULAJDONSÁGAI

A sorrendi logikai hálózatok, a szekunder kombinációk révén képesek arra, hogy **ugyanazon bemeneti kombinációhoz más-más kimeneti kombinációt szolgáltatassanak** attól függően, hogy a bemeneti kombináció fellépte esetén milyen az éppen érvényes szekunder kombináció.

A szekunder kombináció pillanatnyi értékét pedig a logikai hálózat bemenetére jutott **korábbi** bemeneti kombinációk és azok sorrendje is befolyásolja, mivel a **szekunder kombinációk a működés során változnak**.

Innen ered a **sorrendi logikai hálózat** elnevezés.

52

SORRENDI HÁLÓZAT

A sorrendi hálózat, a kombinációs hálózattal szemben emlékezzettel (memóriával) rendelkező hálózat.

A z_i kimeneti állapotot nemcsak a pillanatnyi x_i bemeneti állapot határozza meg, hanem a korábbi bementi állapotok, pontosabban a **bemeneti állapotok** (nem végtelen) **sorozata** azaz **szekvenciája**.

Ezért nevezik **szekvenciális hálózatnak**.

53

SORRENDI HÁLÓZAT

A bemeneti változók nem határozzák meg egyértelműen a kimeneti változók értékét, ezért ezeket újabb belső (szekunder) változókkal kell kiegészíteni.

A belső változók rögzítik (tárolják) a hálózat előző vezérlési állapotait, és a bemenő változókkal együtt egyértelműen meghatározzák a kimenő változókat.

54

SZINKRON ÉS ASZINKRON SORRENDI HÁLÓZATOK

A sorrendi hálózatok két csoportja:

1. Aszinkron, órajel nélkül működő hálózatok.
2. Szinkron, órajellel működő sorrendi hálózatok;

55

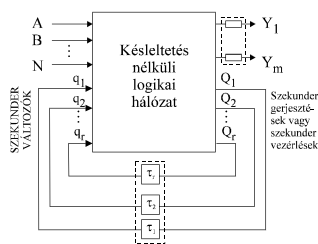
ASZINKRON SORRENDI LOGIKAI HÁLÓZATOK

Aszinkron logikai hálózat: a különböző logikai állapot-változások egymás után, nem egyidejűleg zajlanak le.

Az aszinkron logikai hálózatokban az „emlékező”, az előzőleg felvett állapotot figyelembevevő tulajdonságot (tárolási funkció) a kimeneti jeleknek a bemenetre való visszacsatolásával valósítják meg.

56

SORRENDI LOGIKAI HÁLÓZAT VISSZACSATOLÁSSAL: ASZINKRON SORRENDI HÁLÓZAT



A kimeneteken lévő jelek visszacsatolás révén a bemenetre kerülnek (szekunder változók). Aszinkron működés. A helyes működés kulcsa a visszacsatoló körbeli **késleltetés**.

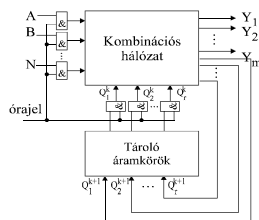
58

SZINKRON SORRENDI LOGIKAI HÁLÓZATOK

A szinkron sorrendi hálózatok működése ütemezett, ezt egy külön jel, az ún. órajel (**CLOCK PULSE, CP**) szabályozza illetve szinkronizálja.

A szinkron sorrendi hálózatban minden változás, "esemény" előre pontosan definiált időpillanatban megy végbe, az órajel fel- vagy lefutó élének megérkezését követően igen kis „időtűrés-mezőben”.

SORRENDI HÁLÓZAT TÁROLÓKKAL: SZINKRON SORRENDI HÁLÓZAT



A kimenet állapota az órajel érzékelésekor a bemeneti tárolókba íródik. A tárolt jelek "emlékeztetik" a hálózatot az előző állapotára, és ez teszi lehetővé az új kimeneti állapot létrehozását. A megváltozott kimeneti jelek hatása csak az újabb órajelre érvényesül.

59

SZINKRON SORRENDI HÁLÓZAT MŰKÖDÉSE

A kimenetről a bemenetre visszacsatolt jelek nem azonnal hatnak, hanem az órajel érzékelésekor a bemeneten lévő tárolókba íródnak. Ezen tárolt jelek hatása csak a következő ütemben, a következő órajel beérkezésekor érvényesül.

Minden változás az órajellel időzítve, azzal szinkronizálva megy végbe.

60