

376 MAR 08

212

MTA Számítástechnikai és Automatizálási Kutató Intézet Budapest





MAGYAR TUDOMÁNYOS AKADÉMIA  
SZÁMITÁSTECHNIKAI ÉS AUTOMATIZÁLÁSI KUTATÓ INTÉZET

PNEUMATIKUS ÁRAMKÖRI HAZARDOK

Irta:

BACSÓ NÁNDORNÉ

Tanulmányok 44/1975.

ELMÉLETI ÉS ALKALMAZOTT MATEMATIKA  
KUTATÁSI INTÉZET

A kiadásért felelős:

Dr. VÁMOS TIBOR

ISBN 963 311 004 1

MTA KESZ Sokszorosító 75 7766 F.v.: Szabó Gyula

TARTALOMJEGYZÉK

	Oldal
BEVEZETÉS .....	5
Melyek a hazard jelek? .....	5
Pneumatikus áramköri elemek tulajdonságai a hazardok szempontjából .....	8
A hazard jelek kiküszöbölésére alkalmazott módszerek .....	9
A JELVEZETÉK OKOZTA HAZARDOK .....	11
Kombinációs áramköri hazardok .....	11
Szekvenciális áramköri hazardok .....	12
Jelvezetéki hazard jelforrás megszüntetése	
RC szűrőkkel .....	14
Védelem hazardok ellen szinkronizálással .....	16
Hazard jelenségek feltárásának további feladatai .....	20
IRODALOM .....	21
MELLÉKLET .....	23



## BEVEZETÉS

A pneumatikus logikai rendszerek elterjedése szükségessé teszi, hogy a tervező mérnökök - e rendszer sajátosságait figyelembevéve - a már ismert és megszokott villamos áramköri tervezési módszereket alkalmazni tudják. A nagynyomású, normálynomású és fluid rendszerek alapelemei és a fejlesztők által már kidolgozott alapkapcsolás sejtek műszaki adatainak ismerete mellett is felmerülnek bonyolultabb kapcsolások esetén olyan problémák, amelyeket éppen a pneumatika sajátosságai okoznak. A rendszerépítés - a kivitelezés - a kapcsolások megvalósítása során, azaz az egyes egységek összekapcsolásánál/cső, martsatornás áramkör/, a pneumatikus jelek terjedési és az elemek kapcsolási idejének összemérhetősége miatt például létre jöhetnek a villamos rendszerekben már ismert,-de azzal nem mindig azonos eredetű -"hazard" jelenségek.

A pneumatikus elemeket kezdetben egyszerű körökben alkalmazták. Kis-számu elemmel dolgoztak, sok esetben azok kísérleti jellege miatt. A fejlettebb, bonyolultabb egységeknél a tervező még maga a fejlesztő volt, jól ismerte az elemek "lelkivilágát", egyedi tervezést alkalmazott minden feladatnál és így a hazard problémák vagy fel sem merültek, vagy még a kísérleti stádiumban kiküszöbölhetőek voltak. Ilyen aprólékos munka általános célú, 50-100 elemnél többet tartalmazó rendszerben már nem lehetséges, de nem is gazdaságos. A hazard jelenségek megelőzésének, illetve megszüntetésének az elektronikában már kialakult módszerei vannak. A pneumatika területén - a fluidika kivételével - ez a munka még kezdetén tart. Célunk, hogy ezen a területen összefoglaljuk a hazard jelek eddig megismert okait.

### Melyek a hazard jelek?

A logikai rendszer átmeneti állapotban hozza létre a hazard jeleket. Azon tranziens jelek okozzák, amelyek csucsenergiájukban felülmulják a következő logikai elem kapcsolási küszöbszintjét és így hamis "0"

ill. "1" jelként jelennek meg a rendszeren belül. Ha a jel a következő elem kapcsolási idejéhez képest rövid ideig tart, vagy a teljesítményigény nagy, a tranziens nem okoz problémát.

A digitális kapcsoló rendszerek két alapvető üzemmódban működhetnek: aszinkron és szinkron üzemmódban. Az aszinkron rendszereknél a működést az áramköri elemek karakterisztikái határozzák meg; szinkron rendszereknél egy szinkronizáló, ill. órajel irányítja. Aszinkron üzemmódnál a statikus /nyugalmi/ állapotot a Boole-algebra szabályaival leírhatjuk. A tranziens jelenségek leírásához ez a módszer nem megfelelő; nem fejezi ki a bemenő jelek megváltozásakor létrejövő választ, mivel a kapcsolási időket és a jelek terjedési idejét nem veszi figyelembe. Tranziensek alatt a pillanatnyi kimenő jelek egészen eltérőek lehetnek a statikus végeredménytől és a rendszerben hazard jelek "bukkanhatnak fel".

A hazard jelenség főleg a memória-elemeket tartalmazó hálózatban jelentős. A hazard jelek a kombinációs áramkörökben állandósult állapotban eltűnnek, hatásuk megszűnik. Ha az áramkör szekvenciális jellegű, azaz visszacsatolás miatt memória tulajdonságú, akkor a rendszer helytelen stabil állapotot vesz fel.

Olyan aszinkron hálózatokban, ahol a bemeneti információ csak jelként, egyesével változik, a hazard jelek kiküszöbölésére kidolgozott módszerek vannak /késleltetések beiktatása, redundáns kombinációs logikai hálózat/. Több bemenő jel egyidejű vagy egymást időben részben átfedő változásánál a módszer nem tökéletes, ilyenkor szinkronizáló jeleket alkalmaznak.

Parker és Jones [1] a pneumatikus kapcsolóáramköri hazardokat az alábbi típusokba sorolja

- a/ statikus hazardok
- b/ dinamikus hazardok
- c/ visszacsatolási hazardok
- d/ kritikus versenyfutási hazardok

A statikus hazard mind a kombinációs, mind a szekvenciális áramkörökben előfordul és olyan hibás tranziens kimenettel jellemezhető, amely



a bemenő jelek közül egy vagy több jel megváltozásánál ideális esetben nem változna.

Hasonlóképpen a dinamikus hazard is előfordulhat mindkét /kombinációs és szekvenciális/ áramkörben. Hatása nem olyan jelentős, mint a statikus hazardé. Szintén kimeneti tranziens, amely  $1 \rightarrow 0$  vagy  $0 \rightarrow 1$  ismételt állapotváltozást hoz létre. 1010 vagy 0101 kimeneti formával jellemezzük. A lényeges különbséget a fenti két hazardtípus között az 1. ábrán látjuk. Míg a statikus hazardot egy következő memóriaelem rögzíti, a dinamikus hazard ilyen típusu kimenetekre nincs hatással. Mindkét típus megszüntethető logikai uton, esetleg késleltetési idő beiktatásával.

A visszacsatolási hazard olyan szekvenciális áramkörökre jellemző, ahol a visszacsatolás késleltetéssel jár. Hatására helytelen stabil, új kimeneti állapot jön létre olyankor, amikor ideális esetben nem történne változás. Tervezésnél általában nem észlelhető, a szekvenciális strukturából ered. Logikai uton részlegesen csökkenhető, esetleg késleltetés beiktatásával megszünik teljesen.

A negyedik típus a szekvenciális áramkörökre jellemző és kritikus versenyfutási hazardnak nevezzük. Olyankor lép fel, ha a visszacsatolt változók egymással nem képesek lépést tartani. A válaszjelben fellépő differenciák aszerint, hogy melyik jel érkezik előbb az elemhez, a memóriák helytelen stabil állapotát okozzák. Ez a jelenség a jelvezetékektől és a szekunder elemektől is függ. Általában a visszacsatolásban jelentkező jel még az átmeneti állapotban okoz helytelen hatást, mielőtt az új állandósult állapot létrejönne. A kritikus futási probléma a jelvezeték tulajdonságainak módosításával oldható meg.

Általánosságban ki kell emelnünk a legfontosabb különbséget a pneumatikus és a villamos áramköri hazardok között: a legfontosabb az okok közül a pneumatikus kapcsolóáramkörben a csövezés, kábelezés okozta jelkésleltetés.

## Pneumatikus áramköri elemek tulajdonságai a hazardok szempontjából

Fluid elemeknél a fejlesztés során nagy probléma volt a csatlakozó impedancia változásának hatása az elem működésére. Ezt konstrukciós úton oldották meg; mind a kimenet leszellőztetése, mind pedig a bemenő jelszint csökkentése az ugynevezett fan-out növelését és ezzel a csatolt elemek számának káros hatás nélküli változását tette lehetővé, üzembiztos működés mellett.

A fluid elemek jelátviteli ideje a kimeneti terheléssel és a bemenő jel energiaszintjével széles határok között változik. A [2] irodalom adatai szerint ez szélső esetben 0,25 ms-tól 3,0 ms-ig is módosulhat egyes elemeknél. Ehhez hozzáadódik az oda-visszacsatolási karakterisztika nem szükségszerűen szimmetrikus volta, vagy a laminár-turbulens elemeknél a rövid kikapcsolási és a viszonylag hosszú bekapcsolási idő. Ez a tény eleve lehetetlenné teszi a szimultán műveleteket külön szelektív kapuzás nélkül. A jelek közötti időkülönbség olyan energiájú jelcsucst eredményez, amely egy bistabil elem közvetítésével hazard jelet hoz létre.

A jelvezetékek átviteli karakterisztikája ugyancsak fontos befolyásoló tényezőt ad. A vezetékben elérhető maximális jelsebesség a hangsebesség  $\sim 0,34$  m/1 ms/. Az ideális jelátviteli idő tehát a vezeték hossz ismeretében számítható. Ez párhuzamos vezetékeknel a csőhosszak különbözősége miatt már hazard jelet okozhat. A vezeték kimenetén szükséges nyomás a csatlakozó elem/ek/ kapcsolási nyomásszintjével egyezik meg. A jel, amelyet a vezetékre kapcsolunk, ideális esetben egységugrás alakú, meredek nyomásfront. Valójában ez a meredekség a bemeneti elem tulajdonságainak függvénye. A kimenő jel a vezeték végén tehát egy hangsebességgel megjelenő impulzus /2. ábra/, amelynek magassága a vezeték hosszától függ. Ez a hullámfront a surlódás miatt energiájából veszít. Az impulzus után a jelvezeték feltöltődéséből emelkedő, exponenciális jellegű nyomásnövekedés jön létre. Erre az alacsony jelszintű komponensre szuperponálódik a visszaverődés csökkenő szinuszhulláma. Ennek az akusztikus visszaverődésnek a formája a vezeték méreteitől, alakjától, a lezáró impedanciától, s.i.t. függ. Speciális esetben az első, hangsebességgel haladó csucs energiája

elegendő lehet a csatlakozó elem működtetéséhez, amely később, a lassu feltöltődéssel újra megjelenő nyomásszintre ismételten működhet.

Mozgóalkatrészes pneumatikus elemek szerkezeti sajátosságai miatt a "táploldali hazardok" jelensége lép fel. A villamos kapcsoló elemek - ez a reléknél szembeűnő - a tápláló energiahálózatot kontaktusaikkal nem terhelik le jelentős mértékben, mert az elem ellenállása korlátozza a terhelés mértékét, illetve védőellenállásokkal az öntartó áramköri fogyasztás is korlátozott. A kimenő jelek, azaz a kontaktusok rövidre-zárt vagy megszakított állapota a működés során gyorsan változik és a vezérelt elemtől mintegy leválasztott [3]. A mozgóalkatrészes elemek szelepeinek ellenállása a táphálózat felé nem nagy, hiszen nagymennyiségű levegő gyors áramlását kívánjuk létrehozni, amely a kimenő jel is egyuttal /aktív elemeknél/. Tekintettel arra, hogy a csatlakozó elemet kikapcsolásnál le kell üríteni, azt az atmoszférával is összekötjük egy szelepen keresztül. A vezérlő elem táphálózata a véges kapcsolási idő miatt így közvetve az atmoszférával is kapcsolatba kerül és jelentős mértékben terhelődik, ami a kimenő jel szintjének csökkenéséhez vezet. A 3. ábrán a pneumatikus kapcsoló elemet és relés analógját látjuk. A lényeges eltérés, hogy  $X$  és  $\bar{X}$  kontaktusok a relénél pillanat alatt működnek, a pneumatikus elemnél lassan változtatják ellenállásukat. Mozgóalkatrészes elemek több bemenő jel esetén /félaktív, passzív kapcsolások/ a különböző jelekhez tartozó különböző be- ill. kikapcsolási szintek miatt kimenő jelüket nem azonos idő alatt változtatják, így párhuzamos működtetés esetén a kimenő jelek ismételt összehozása hazard jelenséget hozhat létre.

### A hazard jelek kiküszöbölésére alkalmazott módszerek

A hazard jelenség megszüntetésére alkalmazott módszerek általában alkalmazkodnak a nagynyomású, normálynomású és fluid rendszerek sajátosságaihoz.

Általános módszer a logikai tervezés során az idődiagramok felrajzolásával a hibás, vagy hibát okozható jelkombinációk tiltása, egyes esetekben a szinkronozás bevezetése.

A kritikus elemek terhelésének csökkentése a tervezés stádiumában is megoldható.

A jelvezetékek okozta hibás tranziens jeleket csak a berendezés kiviteli terveinél tudjuk "megjósolni" és azokat a vezetékhozzak módosításával csökkenteni. Fluid áramkörökben a jelvezeték méretek ismeretében az RC szűrők méretezése már lehetséges és ezzel a hangsebességű impulzus hatását szüntetjük meg.

A kritikus működésű műveleti sejteket /számlálók, összeadók, kivonók, tolóregiszterek/ egyedi kialakítással, logikailag a kimenetek tiltásával, elhelyezés szempontjából egy-egy blokkban helyezik el. Így, - mivel a teljes logika nagy helyigényű - a csövezéssel meghosszabított jelvezetékek káros hatása a blokkokban nem érvényesül.

A JELVEZETÉK OKOZTA HAZARDOK

A pneumatikus logikai elemeket összekötő jelvezetékek hazard jelenségeket okozhatnak. Ezzel az előző részben már röviden összefoglalva foglalkoztunk. A jelvezetékek geometriája - azonos keresztmetszetek esetén a hossza - olyan tényezővé válhat a jeltovábbítási jelleg meghatározásában, hogy a tranziensek idején az áramkörben kettős jel /lásd hangsebességgel haladó impulzus és lassu feltöltődés/, vagy párhuzamos jelvezetékeknél időbeli eltolódás jelentkezik.

Vizsgáljuk meg a jelvezetékhozzak különbségéből adódó hazard jeleket, a kombinációs és szekvenciális hálózatokban.

Kombinációs áramköri hazard

A 4. ábrán egyszerű, négyelemes kapcsolást láthatunk, amely OR-NOR elemekkel az alábbi logikai összefüggést valósítja meg:

$$X_K = Y + X / Z + \bar{X} / \quad /1/$$

Ez a függvény a Boole algebra szabályai értelmében átalakítható:

$$X_K = YZ + XZ + X\bar{X} + Y\bar{X} \quad /2/$$

Elvileg az  $X\bar{X}$  tényező nullával egyenlő és a függvény a következő, a Karnaugh tábla alapján:

$$X_K = Y\bar{X} + XZ \quad /3/$$

Elsősorban figyelembe kell vennünk, hogy a pneumatikus elemeknél a kapcsolat általában ugyanazon elem táplevegőjének egyik kimeneti pontról a másikra való átvezetésével valósul meg, tehát a jel véges sebességgel tűnik el pl. az X ponton és jelenik meg az  $\bar{X}$  ponton. Átmeneti állapotban így  $X\bar{X} \neq 0$ . Van olyan  $\Delta T_1$  időtartam, amíg  $X=1$  és  $\bar{X}=1$ ,

illetve  $\Delta\tau_0$ , amíg  $X=0$  és  $\bar{X}=0$  egyidejűleg. Ha az  $X_K$  kimenő jel nulla helyett "1", - "1" típusu hazardról, ha "1" helyett "0", - "0" típusu hazardról beszélünk. Ez utóbbit az  $/X+\bar{X}/$  jelre mutatjuk be /5. ábra/, amelynek elvileg azonosan "1" értékűnek kell lennie. Ehhez - az elektronikában is ismert hazard jelenséghez - a 4. ábra áramköre újabb tényezővel járul hozzá. Az egyes elemeket  $l_1, l_2, l_3$  és  $l_4$  hosszúságú vezetékkel kötik össze. A felső ágba  $l_1+l_2$ , az alsó ágba  $l_3+l_4$  utat tesz meg az  $X$  illetve  $\bar{X}$  jel. Nemcsak az elemek kapcsolási ideje, hanem a jelterjedési idő is hozzáadódik a kimenő jel kialakulásához. Hosszu vezeték esetén az első tényező elhanyagolható. A keletkező hazard jel alakját /szélességét/ a vezeték hossz különbsége befolyásolja. A kapcsolat idődiagramját a 6. ábrán láthatjuk. Hazard jelet csak  $X$  bekapcsolásánál kapunk, szélessége a jelterjedési idők különbségével arányos. Az elemek kapcsolási ideje, kapcsolási szintjének szórása ugyancsak érvényesül, általában kisebb mértékben. Ugyanakkor azt is látjuk, hogy a  $\Delta\tau_0$  idő részben kompenzálható  $l_1$  és  $l_3$  megfelelő megválasztásával. /A példánál  $l_2=l_4=0$ , esetleg felfogható úgy, hogy  $l_1$  ill.  $l_3$  magában foglalja hatásukat/.

### Szekvenciális áramköri hazardok

Szekvenciális áramkörökben a kimenő jel nemcsak a bemenő jelek, hanem az előző állapot függvénye is. A 7. ábrán az ilyen típusú áramkör elvi felépítése látható. A memória tulajdonságot visszacsatolt kimenő jelekkel oldjuk meg. A visszacsatolást mind az elektronikában, mind a pneumatikában jelvezetékekkel valósítjuk meg. Hatásukat a tranziens állapotban mindkét rendszerben azonos módszerekkel számíthatjuk. Az  $\underline{X}^t$  bemenő jelek vezetékideje okozta késleltetést az  $\underline{Y}^t$  jelvektor bevezetésével vesszük figyelembe.

Legyen 
$$\underline{Y}^t = f / \underline{X}^t / \quad /4/$$

egyszerű késleltetés esetén

$$y_i = x_i^{t-L_i} \quad i=1,2,\dots,n \quad /5/$$

Ha a visszacsatolásban felhasznált vezetékek egyformák és ezek hatására a késleltetés egységnyi:

$$\underline{I}^{t+1} = H/\underline{Y}^t, \underline{I}^t/ \quad /6/$$

$$\underline{Y}^t = \underline{X}^{t-L} \quad /7/$$

A 8. ábrán OR-NOR elemes memóriakapcsolást ábrázoltunk. Az áramkör jelei:

$$I_1^{t+1} = \overline{y_1^t + I_2^t} \quad /8/$$

$$I_2^{t+1} = \overline{y_2^t + I_1^t} \quad /9/$$

A stabil állapotok ciklikus változását a 8. ábra táblázatán illetve a 9. ábra idődiagramjain látjuk. Két esetre rajzoltuk fel ez utóbbit:

$$a/ \text{ esetben } L_1 < L_2$$

$$b/ \text{ esetben } L_1 > L_2$$

A kiinduló állapot:  $I_1 = 0; I_2 = 1.$

Az a/ eset a /0,1/ kiindulási állapotból /1,0/ végeredményt ad, a b/ esetben a /0,1/-ből /0,1/ lesz az eredmény. Az  $y_i$  jelek közötti időeltérés  $I$ -ben hamis jelet eredményez, hazardot.

A csőhossz okozta problémákat [4] irodalomban ismerttetett adatok alapján vizsgáljuk meg. A késleltetést sok adat befolyásolja /geometria, terhelés, bemenő jel a csatolt elem kapcsolási szintje, s.i.t./. Azonos referencia-feltételek mellett a csőhossz változásával foglalkoztak /TYGON cső, 0,25 in = 0,59 cm külső, 0,17 in = 0,44 cm belső átmérő/. A 10. ábra a mérési elrendezést, a 11. ábra az eredményeket mutatja, az alábbi mennyiségek definiálásával:

D - késleltetés

$L_m$  - a 2. elem bekapcsolási ideje  $0 \rightarrow 1$ -re

$L_d$  - a 2. elem kikapcsolási ideje  $1 \rightarrow 0$ -ra

A késleltetési idő a csőhosszal közel arányos.

$L_d > L_m$ , azaz a növekvő nyomáshoz tartozó kapcsolási idő rövidebb, mint a csökkenő nyomásnál a kapcsolási idő. Ez az elem statikus jellegű görbéjének hiszterézisével kapcsolatos jelenség.

A kimeneten megjelenő hazard jel szélességét a jelvezeték-hossz befolyásolja. A kísérlethez felhasznált OR-NOR elemeket a 8. ábra szerint kapcsolták össze. A hazard jelszélességet az /A/ és /B/ elemek közötti vezeték-hossz függvényében vizsgálták. A mérési eredmények a 12. ábrán láthatók. Mivel  $l_2, l_3$  és  $l_4$  vezeték-ek állandó hosszúságúak, a görbe  $L_d$ -vel analóg módon alakul.

#### Jelvezeteki hazard jelforrás megszüntetése RC szűrőkkel

Az előző részben feltételeztük, hogy a jelvezetésekre kapcsolt pneumatikus impulzus a kimenő oldalon nem tartalmaz hangsebességű impulzust a lassu feltöltődéssel exponenciálisan kialakuló nyomásgörbére szuperponálva. A kedvezőtlen vezeték-geometria, csatlakozó impedancia, s.i.t. által befolyásolt hangsebességgel haladó impulzus és visszaverődésének lecsengése hátrányos a fluid hálózatokban. Amennyiben energiája a csatlakozó elem átkapcsolásához szükséges energiaszintet eléri ill. túllépi, az elem kapcsolása kettős lesz /1. dinamikus hazardok/.

A jelvezetésekre iktatott, megfelelően méretezett szűrővel ezt a nagyenergiájú hangsebességgel haladó csúcsot "levághatjuk" még a csatlakozó elem előtt.

Legegyszerűbb "hardware" módszer a jelvezeték leszellőztetése az atmoszféra felé, vagy kapacitással csökkentik a tranziens jelenséget. A leszellőzés méretezése rendszerint kísérleti módszerrel oldható meg: ez időigényes és egyedi módszer. A járulékos kapacitás beiktatása az RC szűrők alkalmazása felé vezető út. A vezeték-hossz és ellenállás



ismeretében számítják a járulékos térfogatot.

Ha a kapacitáshoz ellenállás is csatlakozik, RC szűrőt kapunk. Az áramkörben szereplő egyéb ellenállások emellett elhanyagolhatók. A számításához a hazard jelszélességet  $1/2$  szinuszhullámnak vesszük és a frekvenciát ezzel számoljuk. Az RC szűrő egytárolós arányos tag, amelynél az időállandó az RC szorzat reciproka és a sarokfrekvencia felett csillapítása  $-6$  db/oktáv, ahol a  $db=20 \lg_{10} P_0/P_1$

$P_0$  - kimenő nyomás

$P_1$  - bemenő nyomás

A szűrés után a jelamplitudó nem haladhatja meg a csatlakozó elem kapcsolási küszöbszintjét. Például legyen  $1,0$  ms- jelátviteli idejű vezetékkel összekapcsolt elemnél a kimenő jel a bemenő jel hatszorosa. A jelvezetékre csatlakozó elemnél a megengedhető bemenő jel:

$$P_0 = 0,1667 P_1.$$

A szükséges csillapítás:  $20 \lg_{10} 0,1667 = -17$  db. Ha a félperiódus idő  $1 \text{ ms} = 10^{-3} \text{ sec}$ , akkor a jelfrekvencia  $500 \text{ Hz}$  ill.  $3,14 \text{ Krad/s}$ . Ha itt már  $-17$  db csillapításra van szükség,  $3$  oktávval el kell tolni a sarokfrekvenciát, kb.  $392 \text{ rad-hoz}$ . Reciproka  $2,55 \text{ ms}$ , amely adat az RC szorzatot adja meg.

A fluid ellenállást a pneumatikus Ohm törvény szerint számítjuk: a nyomásesés az ellenálláson megegyezik a sulyáram és az ellenállás szorzatával. Lamináris ellenállások vagy kapillárisok esetén viszonylag széles nyomástartományban lineárisnak tekinthető karakterisztikát kapunk, mielőtt az áramlás laminárisból turbunenssé nem lesz. Elegendően kis nyomáskülönbségek esetén a munkapont környezetében nagyobb hiba elkövetése nélkül linearizálhatjuk a nemlineáris ellenállásokat. A 13. ábrán [ 2 ] alapján grafikusán ábrázoltuk a nyomásesést különböző sulysebességekre. Paraméter az ellenállás geometria mérete. Megjegyezzük, hogy az áramlási együttható nem egységnyi, hanem  $0,65 - 0,95$  közötti értéket veszi fel az abszolút-nyomás, a geometria, s.i.t. függvényében.

## A fluid kapacitás

Egy adott térfogatban a levegő mennyiségének növekedése és az általa létrehozott nyomásnövekedés hányadosa a kapacitás  $C = dG/dP$ , feltéve, hogy a folyamat állandó hőmérsékleten zajlik le. Sűrítésnél a levegő hőmérséklete nő, azonban kis változási sebesség esetén a falak elvezetik a keletkező hőtübbletet. Gyors nyomásnövekedésnél adiabatikus változásokkal kell számolnunk. Polytropikus esetben  $C = V/nRT$ , ahol  $n$  a polytropikus konstans /izometrikus esetben  $n = 1$ , adiabatikus esetben  $n = K/$ ,  $R$  a levegő gázállandója.  $20^{\circ}\text{C}$  esetén  $C = 1,17 V/n$   
 $/ V = \text{cm}^3/$

Az RC tag méretezésénél a kapacitást általában a helyigény korlátozza.

[2] irodalomban  $V = 15 \text{ cm}^3$ . A fluid áramkör nyomásesését kb.

3 psi = 0,21 att értékben számítva a 13. ábrán  $D = 0,11 \text{ in} = 2,79 \text{ mm}$ .

## Védelem hazardok ellen szinkronizálással

A szekvenciális áramkörök strukturális tulajdonságaik miatt alapvető hazard jelforrások. A gyakran alkalmazott bistabil elem, tolóregiszter, dekódoló, számláló körök sok problémát okoznak a tervezőnek.

A bistabil elem memória, amely az utolsó információnak megfelelő állapotot tartja fenn. Ha egy felhatásu fluid elem bemenetein /vagy logikával is kombinálva/ a jelek közel egyszerre érkeznek, az áramkör a sorrendet nem tudja megkülönböztetni és véletlenszerűen helyes- vagy helytelen állapotba billen.

A bináris számláló és a dekódoló áramkörök főleg akkor lesznek hazard jelforrások, ha az igazságtáblázat és nem az idődiagramm alapján tervezzük őket. A 14. ábrán a bináris osztó elemeit rajzoltuk fel és az ideális, valamint a tényleges idődiagrammot. Az  $x$  bemenő impulzusok száma 7-ről 8-ra változik. Ideális esetben az /1/ kiinduló és a /2/ új állapotok között a változás pillanat alatt lezajlik. A valóságban a változások eltolva jelentkeznek és az /1/ és /2/ állapotok között a 7-6-4-0-8 állapotsorozat jelenik meg. Ha a csatlakozó dekódoló áramkör

gyors működésű és kapcsolási energiaküszöbe alacsony, hazard jelsorozatot állít elő. Tiltott kimenetekkel /15. ábra/ a probléma megoldható.

A tolóregiszterek szintén hazard jelforrások, a fluid elemek sajátosságai miatt. A 16. ábrán felrajzoltunk egy tipikus példát - idődiagrammjal együtt. A fokozatok között jeltovábbítás akkor van, ha a léptető jel "1"-ről "0"-ra változik. Ideális esetben a jelváltás szimultán lezajlik minden egységben. Ehhez szükséges feltétel, hogy valamennyi ponton a léptető jel nyomása azonos legyen és minden elem kapcsolási szintje egyforma legyen. A valóságban természetesen ez nincs így, az egységek különböző időpontban kezdenek működni. Ha az  $N$  elem az  $/N+1/$  előtt már működött, akkor  $/N-1/$  előző állapotát fogja továbbítani, így ez a jel kerül végül  $N$  és  $/N+1/-$ be is.

Az aszinkron párhuzamos bináris összeadó működés közben hibás tranzienst kimenetet hoz létre, amelyet a jel terjedési idők okoznak. Logikai alapon a formálisan meghatározhatjuk ezt a hazardtípust.

Egy  $M$  fokozatu összeadó logika  $N$ . tagjában /17. ábra/ a működést statikus állapotban az alábbi egyenletek írják le:

$$S_n = \bar{A}_n \bar{B}_n C_n + \bar{A}_n B_n \bar{C}_n + A_n \bar{B}_n \bar{C}_n + A_n B_n C_n \quad /10/$$

$$C_n = A_n B_n + A_n \bar{B}_n C_n + \bar{A}_n B_n C_n \quad /11/$$

$$D_n = C_{m+1} S_n + \bar{C}_{m+1} \bar{S}_n \quad /12/$$

Az egyenleteket szorzatok összegeként írtuk fel. Egyik sem tartalmaz  $\overline{XX}$  típusu tagot, így dinamikus hazardok nem lépnek fel. Statikus hazardok azonban létrejöhetnek. Abban az esetben, ha egy fenti formában felírt logikai összefüggésben egy változó negált és eredeti formában is előfordul különböző tagokban, statikus hazardokkal kell számolnunk.

Nézzük ezt meg egy példán.

$$A = XB + \bar{X}C$$

/13/

Az idődiagrammon láthatjuk a "0" típusu hazard létrejöttét. /Természetesen inhibitor elemet tartalmazó körben ez nem léphet fel/. A Karnaugh-tábla is kimutatja a hazard jelet okozó átmenetet. Ez a módszer kb. 6 változóig alkalmazható és áttekinthető. Kritikus változás  $\bar{X}BC$  részére a 101→001 átmenet, amikor statikus "0" hazardot kapunk, ugyanis két szomszédos hurok közötti átmenetről van szó. Ha kombinációs áramkörök  $K_p$  ill.  $K_s$  /Karnaugh/ táblázataiban szomszédos hurok fordulnak elő, akkor ezek közötti átmeneteknél statikus hazardok keletkezhetnek. Nem lép fel ez a jelenség akkor, ha a K táblázat olyan szomszédos cellái között van átmenet, amelyek egy hurkon belül vannak. Ha tehát biztosítjuk, hogy valamennyi "1"-t tartalmazó, kölcsönösen szomszédos cella közötti átmenet valamely hurok belsejében menjen végbe, a hálózat nem "termel" hazard jelet. Az adott esetben egy  $A_1 = B\bar{C}$  redundáns kapuval valósíthatjuk meg. A statikus hazard keletkezésének oka a fentiek szerint az, hogy az  $i$  kapu átadja a működését az  $/i+1/$  szinten lévő kapuk valamelyikének. Többszintű kombinációs hálózatban az egymást követő szinteket ezen átadás szempontjából vizsgáljuk meg.

Visszatérve /10/-/12/ összefüggésekhez, megállapítható, hogy a /10/ egyenletben mindhárom  $A_n, B_n, C_n$  változó okozhat statikus hazard jelet /11/-ben  $A_n$  és  $B_n$ , /12/-ben pedig  $C_{m+1}$  és  $S_n$  is. Ha egyidejűleg több jel változik meg, többváltozós statikus hazardokat kapunk.

A hazardok a tervezési fázisban a fenti összefüggéseken alapuló idődiagrammok felrajzolásával is meghatározhatók, ahol már a jeltovábbítási és a becsült felfutási időket is figyelembe vesszük. Ha a hazardok többváltozós típusúak, teljes megszüntetésük sem logikai, sem késleltetések, időtagok beiktatásával nem oldható meg. Ilyenkor szinkronizálás bevezetésével a kimenő jeleket tiltjuk a műveleti idő befejezéséig és ezzel a statikus hazardok hatását kiszűrjük a hálózatban.

A szinkronizáló jel meghatározása. A bináris félösszeadóban a kimenő jelek kialakulásáig eltelt idő két komponenst tartalmaz:  $t_1$  jelvezetési idő és  $t_2$  jelfeldolgozási idő az elemekben. A maximális késleltetés  $m$  fokozat esetén  $mt_1 + t_2$  - ha a jel minden fokozaton átmegegy - és ez meghatározza azt az időtartamot, amelyen belül a hazard jelek létrejöhetnek. A kimenő jelet akkor tekintjük teljesnek, ha legnagyobb helyértéket  $mt_1 + t_2$  idő után megkapjuk. Kivonó egységnél a műveletet egy komplementáló áramkör fejezi be, amely  $t_3$  járulékos késleltetéssel jellemezhető.

A teljes késleltetés:

$$t = mt_1 + t_2 + t_3 \quad /14/$$

A szinkronizáló impulzus ezen  $t$  időtartam alatt tiltja a kimeneteket. A következő bemenő jelkombináció megjelenéséig azonban a kiolvasást lehetővé kell tenni. Végül a bináris alakban rendelkezésre álló információ legkisebb helyértéke frekvenciájának legalább kétszeresével kell a kapuzást végrehajtani.

Kis felbontóképességű szöghelyzet-kódoló rendszernél /19. ábra/ a tárcsa külső köréhez illeszthetjük a szinkronizáló impulzus adóját. Nagy felbontóképességű rendszernél ezt nehezebb megoldani. Általános módszer az impulzusformáló áramkör alkalmazása, amelyet a legszélső sor triggerrel. A 19. ábra tárcsáján a segédűvőka elhelyezésével tudjuk biztosítani az előírt eltolási időt. Jelformáló kapcsoláson keresztül állandó szélességű impulzust kapunk a szinkronozási feladat végrehajtásához.

Összegező vagy kivonó áramkörökhöz D/A átalakító csatlakozhat. Előnyös lehet a működés szempontjából, ha a szinkronizált kimenet jelszélességét helyreállítjuk. Ehhez az órajelet és bistabil elemet kell felhasználnunk.

A kapcsolást a 20. ábrán látjuk. A helyreállított kimenet hazardmentes, a bemenő információ megjelenéséhez viszonyítva  $T$  idővel késleltetett:

$$T = mt_1 + t_2 + t_3 + t_7 \quad /15/$$

t<sub>7</sub> - a szinkronizáló áramkör késleltetése.

A szinkronizált összegező ill. kivonó áramkörök maximális működési frekvenciája alacsony. A kiegészítő elemek kapcsolási ideje 1,5 msec körül van. A működési frekvencia max. 50 Hz egy 10-fokozatu összegezőnél. A megbízható, hazardmentes működés azonban ezt a hátrányos tulajdonságot kompenzálja.

### Hazard jelenségek feltárásának további feladatai

A hazard jelenségek feltárása a normálnyomású és nagynyomású rendszerekben még sok munkát igényel. A jelenlegi tervezési algoritmusok általában az időtulajdonságokat is figyelembe veszik az idődiagrammok segítségével.

A számítógépes rendszertervezés és a kiviteli tervek /pl. huzalozási programok/ kialakításához ezen rendszerek hazardtípusait is fel kell tárni. A jelenlegi tapasztalati módszereket rendszerbe kell foglalni és általánosítani. Ilyen típusu feladat a nyomtatott áramkörök számítógépes tervezése, amelynél a pneumatika sajátosságait, mint korlátozó feltételeket figyelembe kell venni. Példaképpen felsorolunk néhányat: párhuzamosan haladó jelek jelvezetékek hosszai illetve azok különbsége nem haladhatnak meg egy maximális értéket; nem megengedhető egyes vezetékek hosszának túlzott megnövelése az optimális huzalozási terv eléréséhez, megfelelő tápenergiaellátást kell biztosítani a rendszer minden pontján a levegőfogyasztás ingadozása esetén, a vezetékek sem nagy ellenállást, sem túlzott kapacitást ne jelentsenek.

Az eddigi tapasztalatok alapján az előttünk álló feladatok közül a jelvezetékek és a tápenergiaellátás hatását kell tovább vizsgálnunk a hazard problémák szempontjából.

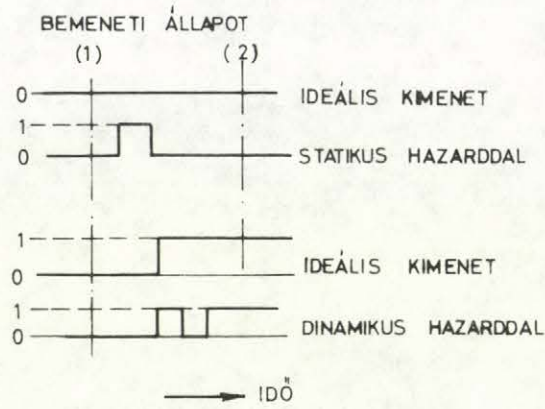
IRODALOMJEGYZÉK

- [ 1 ] Parker, G.A., Jones, B.: Protection Against Hazards in Fluidic Adder and Subtractor Circuits. I. IFAC Symp. on Fluidic, London, paper B2.
- [ 2 ] Braide, P.: Fales Signalis in Fluidic Circuits. ISA Conf. 1970. paper 70-820.
- [ 3 ] Эйгенброт, В.М., Турыцин, Ю.А., Персиц, В.З.: Некоторые вопросы системного подхода к повышению надежности пневматических устройств. Приборы и системы управления 1973/5.
- [ 4 ] Pois, A., Takahashi, Y., Thal-Larsen, H.: Hazards in Pneumatic Fluidic Circuits. ASME, paper 68-WA/AUT-18, 1968.
- [ 5 ] Janovics, Tóth: A logikai tervezés módszerei. Műszaki Könyvkiadó, Budapest, 1973.
- [ 6 ] Cheng, R.M.H, Foster, K.: Systematic Method of Designing Fluidic-Pneumatic Systems.
- [ 7 ] Dr. Dumitrache: An Algorithm for Optimum Design of Digital Fluidic Systems. 5. Jablonna Fluidika Konferencia, 1974.
- [ 8 ] Bohus, M.: Statikus és dinamikus hazard vizsgálata aszinkron működésű szekvenciális logikai hálózatokban. Mérés és Automatika XVIII. 1970. 4-5.
- [ 9 ] Hachbart, R.R., Dietmeyer, D.L.: The Avoidance and Elimination of Function Hazards in Asynchronons Sequential Circuits. IEEE Transactions on computers, vol c-20. N° 2, 1971. febr.
- [ 10 ] Preparata, F.P., Muller, D.E.: On the Delay Required to Realize Boolean Funktions. IEEE Transactions on Computers, 1971. april.

- [ 11 ] Воробьева, Т.М., Ишуду, К.А., Круглов, В.Н.: Динамические характеристики логических цепей.  
Автоматика и Телемеханика 1971/3.
- [ 12 ] Andreev, A.B., Treskunov, S.L.: Analysis of Switching Time of Fluidic Relay with Coanda - effect.  
IV. Jablonna Konf. 1972. Pp B-10.
- [ 13 ] Hoffman, D.: The Design and Use of Hazard-Free Switching Networks, 1955.
- [ 14 ] Máté, L., Chuamg H.Y., Das, S.: A Logic Hazard Detection and Elimination Method.
- [ 15 ] Caldwell, S.H.: Switching Circuits and Logical Design.  
Niley, New-York, 1965.
- [ 16 ] Мур и Шеннон: Надежные схемы из надежных реле.  
Кибернетический сборник. Изд-во иностр.лит. 1960.
- [ 17 ] Фудум, Е.В.: Пневматическая вычислительная техника.  
"Наука", 1973.

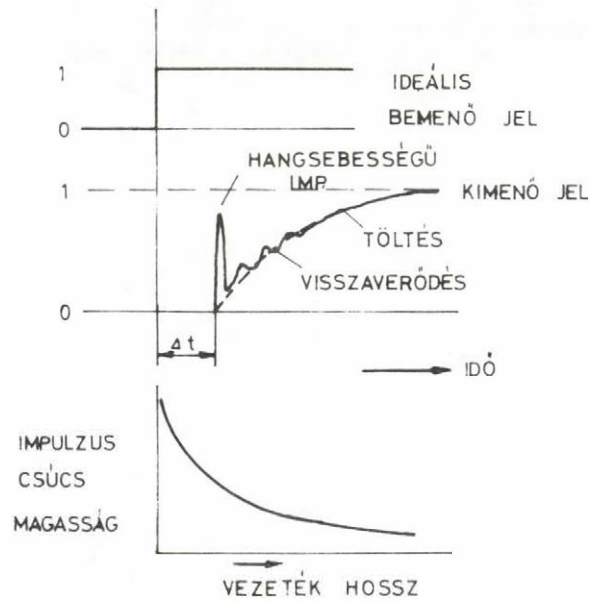


MELLÉKLET



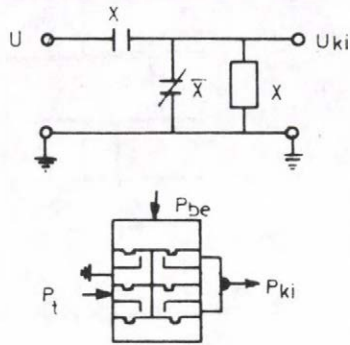
### TIPIKUS HAZARDOK IDŐDIAGRAMJA

1. ábra

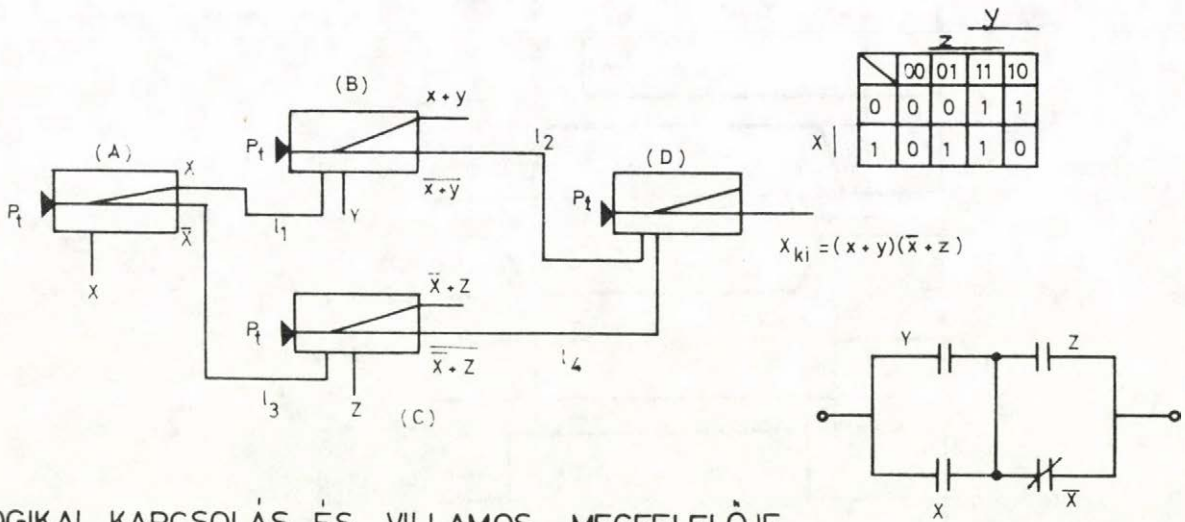


### VEZETÉK JELÁTVITELE

2. ábra

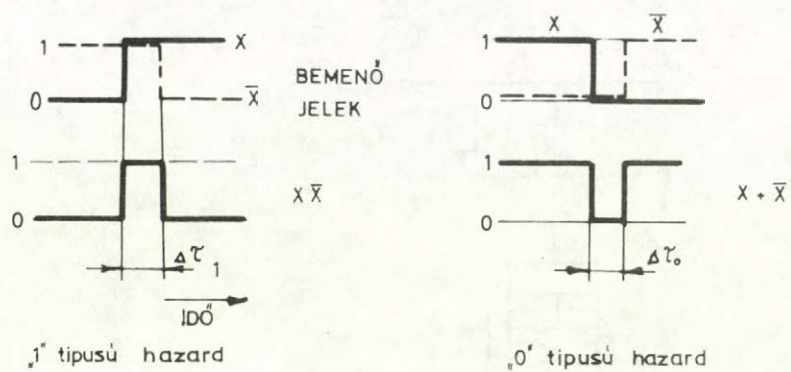


PNEUMATIKUS RELÉ ÉS VILLAMOS  
ANALÓGJA  
3. ábra

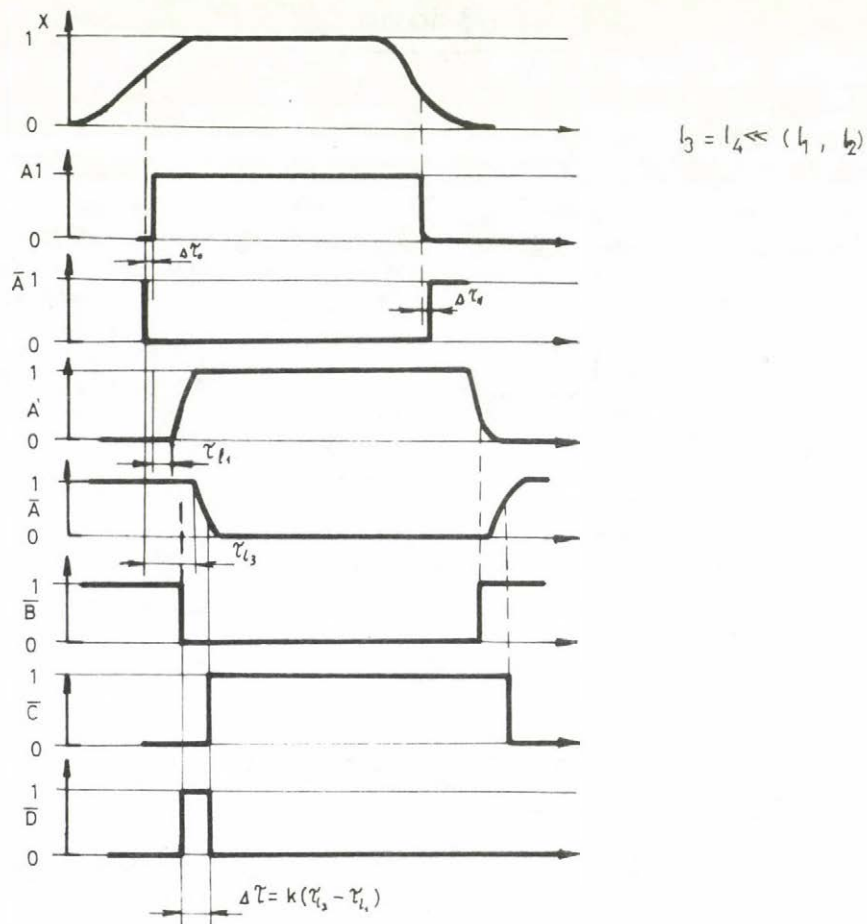


LOGIKAI KAPCSOLÁS ÉS VILLAMOS MEGFELELŐJE  
OR - NOR ELEMekkel

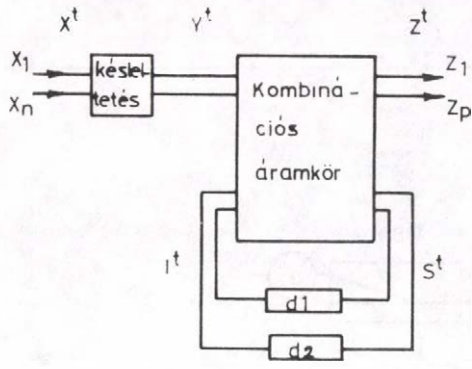
4. ábra



STATIKUS HAZARDTÍPUSOK  
5. ábra

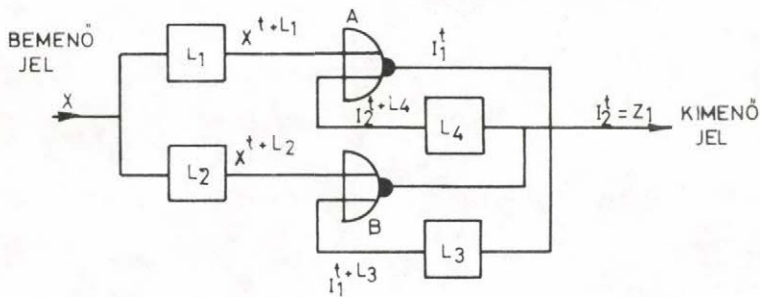


A HAZARD JELSZÉLESSÉGE  
6. ábra



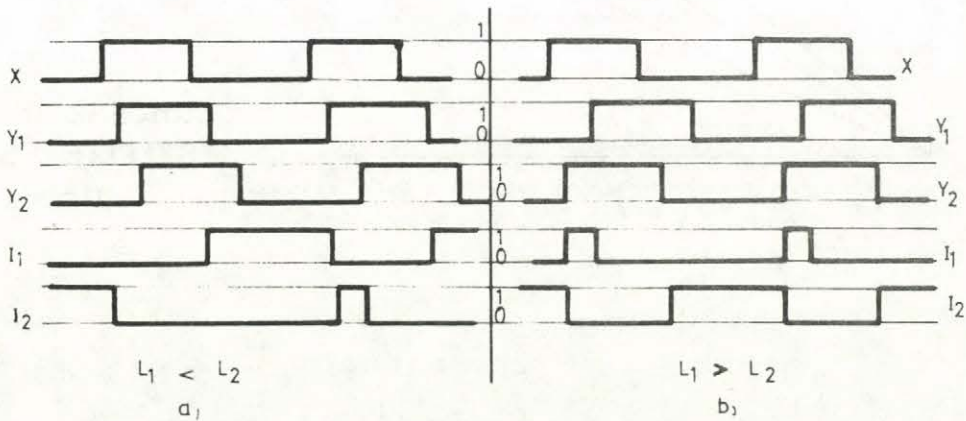
$x^t, y^t$  dimenziós bemenő jelvektorok  
 $S$   $m$  dimenziós jelvektor  
 $I^t$   $m$  dimenziós visszacsatolási vektor  
 $Z^t$   $p$  dimenziós kimenő jelvektor  
 $d_1, d_2$  jelvezetékek

PNEUMATIKUS SZEKVENCIÁLIS ÁRAMKÖR  
7. ábra

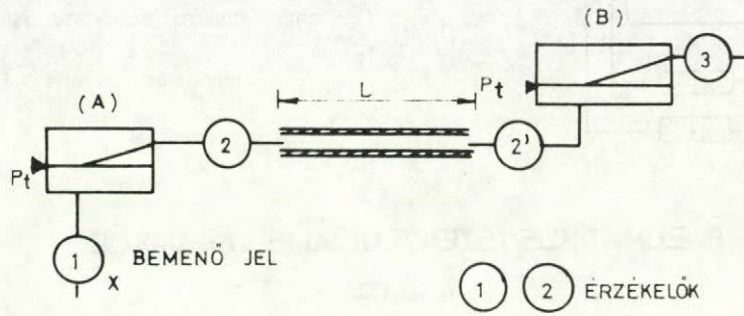


$I_1 \backslash Y_1 Y_2$	00	01	11	10
00	11	10	00	01
01	01	00	00	01
11	00	00	00	00
10	10	10	00	00

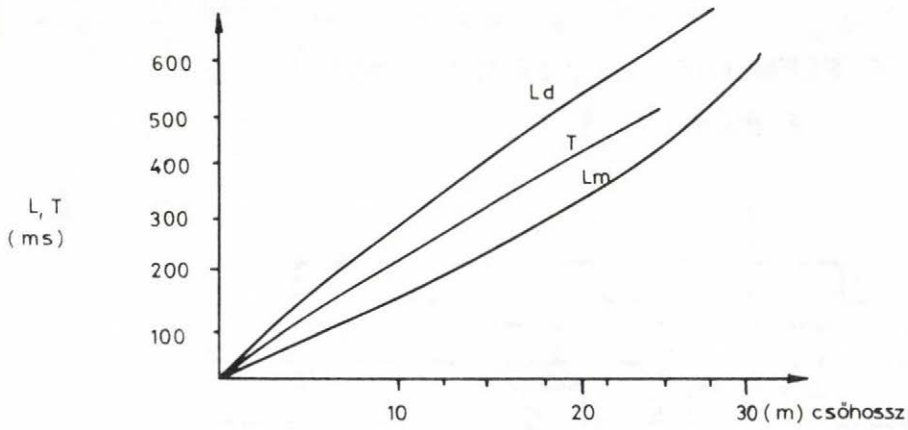
OR-NOR ELEMekkel FELÉPÍTETT MEMÓRIA  
8. ábra



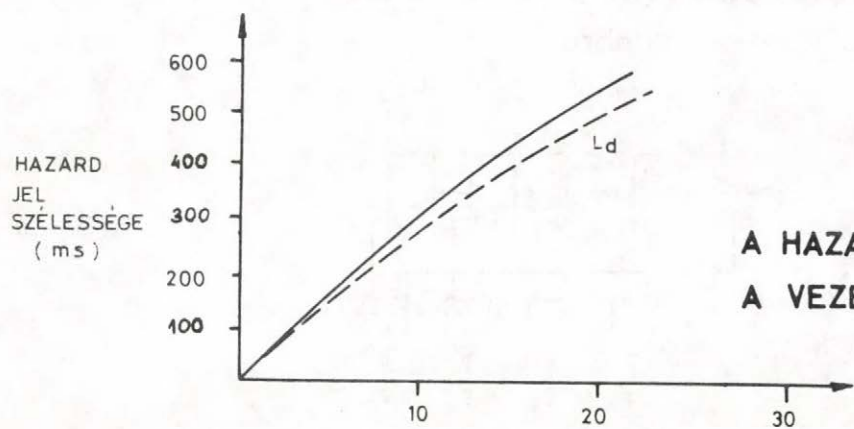
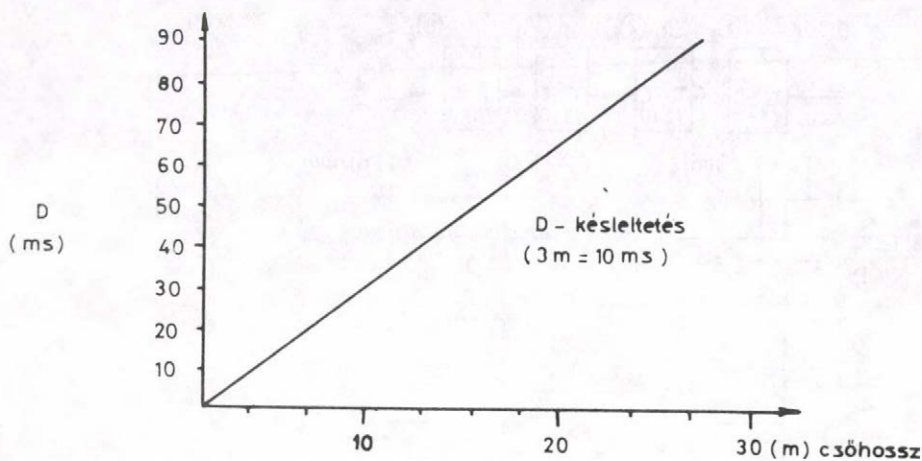
IDŐDIAGRAMM A 8. ÁBRÁHOZ  
9. ábra



MÉRÉSI ELRENDEZÉS  
10. ábra



CSŐHOSSZTÓL FÜGGŐ  
KÉSZLELTETÉSI IDŐ  
11. ábra

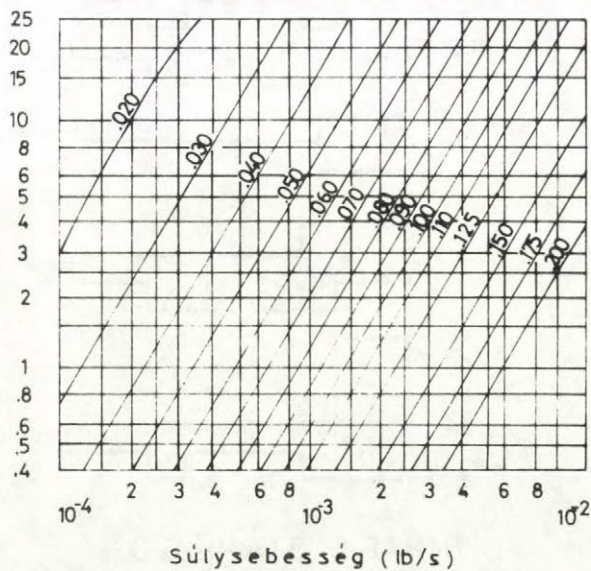


A HAZARDJEL SZÉLESSÉGE  
A VEZETÉKHOSSZ FÜGGVÉNYÉBEN  
12. ábra

NYOMÁSESEÉS AZ ELLEN-  
ÁLLÁSON [psi]

1 lb/s = 1 pound/s

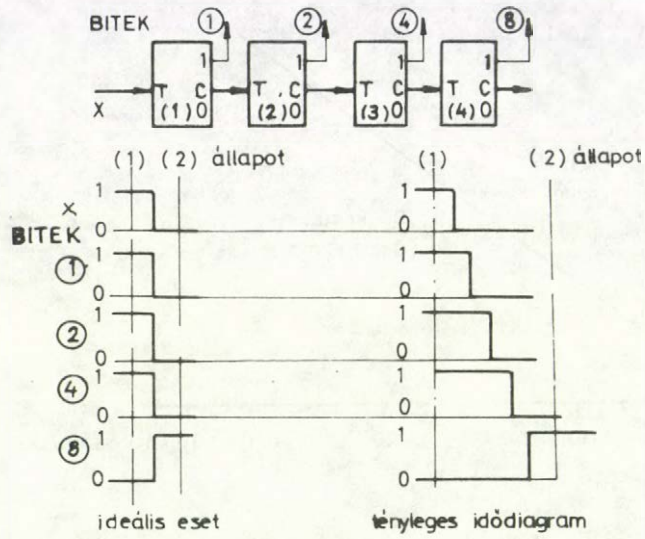
1 psi = 0,07 at



MEGJEGYZÉS:

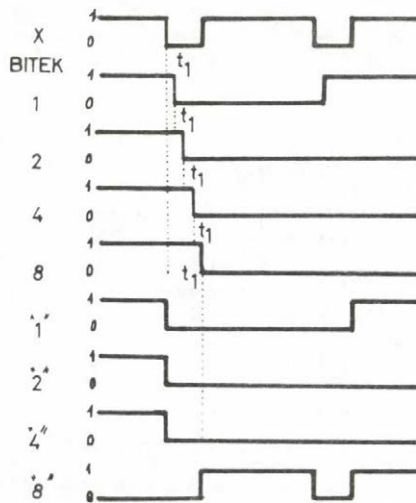
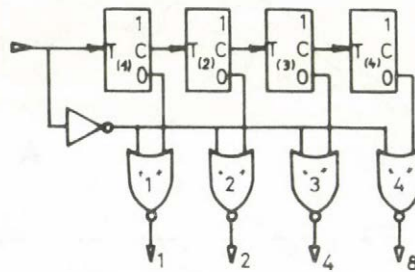
- a) áramlási koefficiens = 10
- b) az ellenállás átmérője inch-ben adott

ELLENÁLLÁS-KARAKTERISZTIKÁK  
13. ábra



**BINÁRIS SZÁMLÁLÓ IDŐDIAGRAMJA**

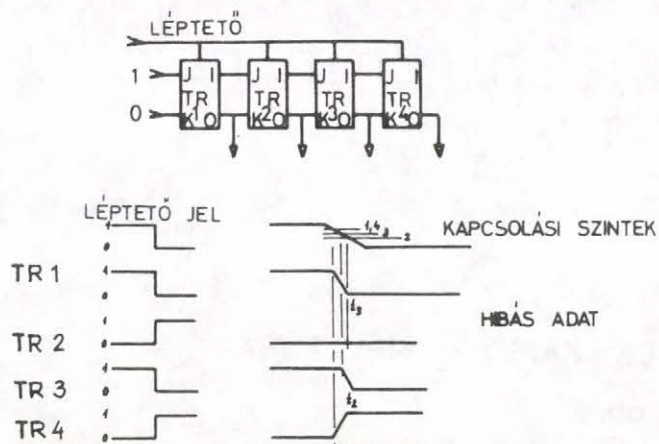
14. ábra



**BINÁRIS SZÁMLÁLÓ  
TILTOTT KIMENETEKSEL**

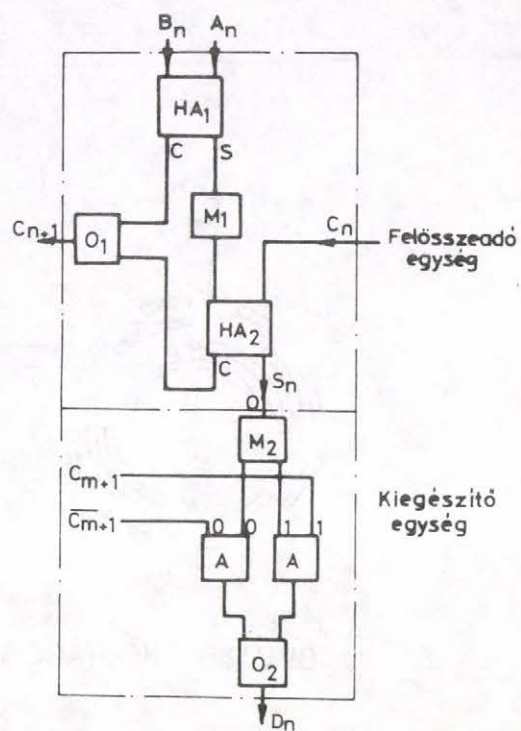
15. ábra





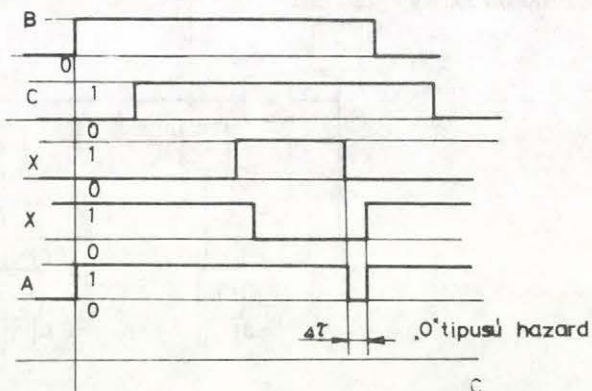
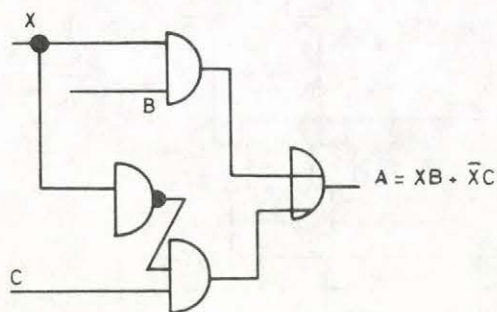
FLUID TOLÓREGISZTER MŰKÖDÉSE

16. ábra



BINÁRIS ÖSSZEADÓ

17. ábra

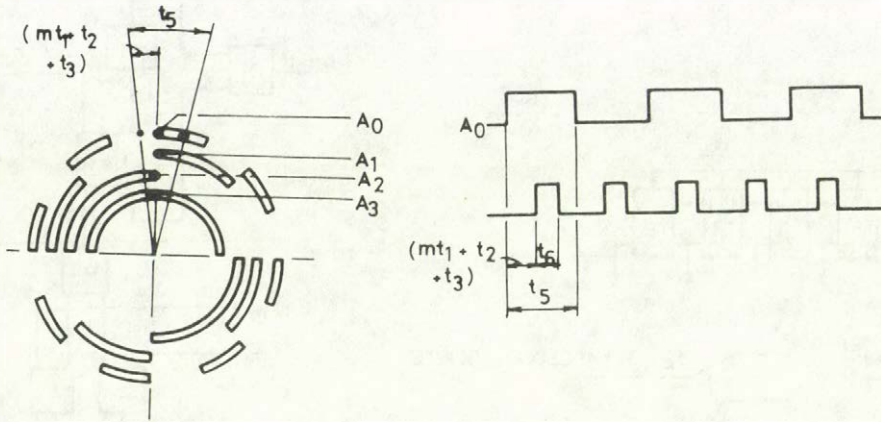


	C			
	B			
	00	01	11	10
0	1	1	0	0
x	1	0	1	0

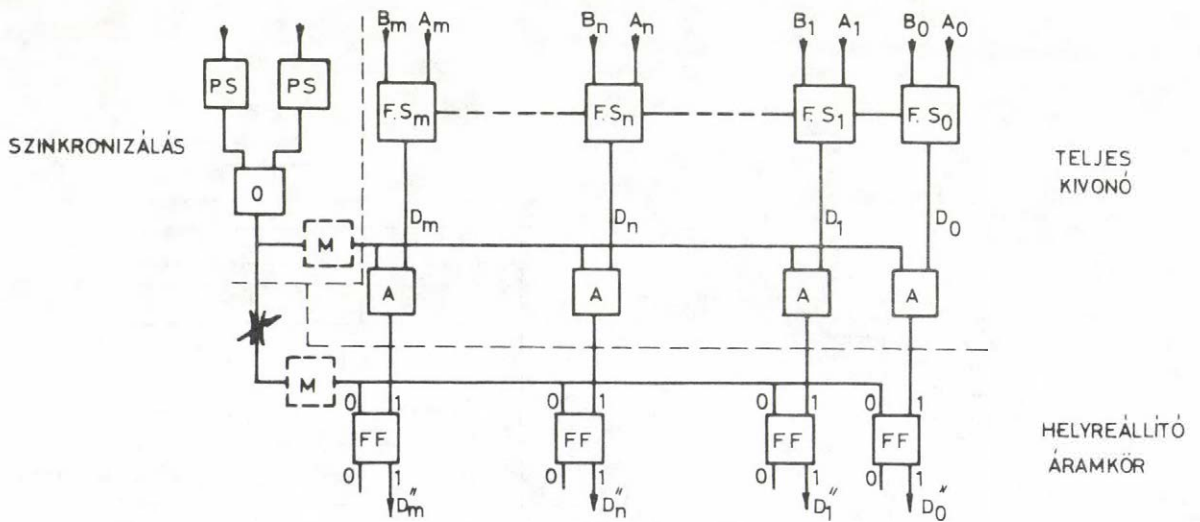
LOGIKAI ÁRAMKÖR, KARNAUGH TÁBLA ÉS IDŐDIAGRAM

$A = XB + \bar{X}C$  FÜGGVÉNYHEZ

18. ábra.



BINÁRIS KÓDTÁRCSA ÉS KAPUZÓ IMPULZUSA  
19. ábra.



SZINKRONIZÁLT KIVONÓ LOGIKA HELYREÁLLÍTOTT KIMENETEKSEL  
20. ábra.

A TANULMÁNYOK sorozatban eddig megjelentek:

- 1/1973 Pásztor Katalin: Módszerek Boole-függvények minimális vagy redundáns,  $\{\wedge, \vee, \neg\}$  vagy  $\{\text{NOR}\}$  vagy  $\{\text{NAND}\}$  bázisbeli, zárójeles vagy zárójel nélküli formuláinak előállítására.
- 2/1973 Вашкеви Иштван: Расчленение многосвязных промышленных процессов с помощью вычислительных машины
- 3/1973 Adám György: A számítógépipar helyzete 1972 második felében
- 4/1973 Bányász Csilla: Identification in the Presence of Drift
- 5/1973\* Gyürki J. - Laufer J. - Grint M. - Somló J.: Optimalizáló adaptív szerszámgepirányítási rendszerek
- 6/1973 Szelke Erzsébet - Tóth Károly: Felhasználói Kézikönyv /USER MANUAL/ a Folytonos Rendszerek Szimulációjára készült ANDISM programnyelvhez
- 7/1973 Legendi Tamás: A CHANGE nyelv/multiprocesszor
- 8/1973 Klafszky Emil: Geometriai programozás és néhány alkalmazása
- 9/1973 R.Narasimhan: Picture Processing Using Pax
- 10/1973 Dibuz Ágoston - Gáspár János - Várszegi Sándor: MANU-WRAP hátlaphuzalozó. MSI-TESTER integrált áramkörök mérő, TESTOMAT-C logikai hálózatokat vizsgáló berendezések ismertetése
- 11/1973 Matolcsi Tamás: Az optimum-számítás egy új módszeréről
- 12/1973 Makroprocesszorok, programozási nyelvek. Cikkgyűjtemény az NJSZT és SzTAKI közös kiadásában.  
Szerkesztette: Legendi Tamás
- 13/1973 Jedlovszky Pál: Új módszer bonyolult rektifikáló oszlopok vegyész-mérnöki számítására

A \* -gal jelölt kivételével a sorozat kötetei az Intézet könyvtárában megrendelhetők /Budapest, XIII. Victor Hugo u. 18-22./

- 14/1973 Bakó András: MTA Kutatóintézeteinek bérszámfejtése számítógéppel
- 15/1973 Ádám György: Kelet-nyugati kapcsolatok a számítógépiparban
- 16/1973 Fridrich Ilona - Uzsoky Miklós: LIDI-72 LIstakezelő rendszer a Digitális Osztályon 1972. évi változat
- 17/1974 Gyürki József: Adaptív termelésprogramozó rendszer /APS/ termelő műhelyek irányítására
- 18/1974 Pikler Gyula: MINI-Számítógépes interaktív alkatrészprogram-iró rendszer NC szerszámgépek automatikus programozásához
- 19/1974 Gertler, J.-Sedlak, J.: Software for process control
- 20/1974 Vámos, T.-Vassy, Z.: Industrial Pattern Recognition Experiment-A Sytax Aided Approach
- 21/1974 Arató, M.-Benczúr, A.-Krámli, A.,-Pergel, J.: Stochastic Processes, Part I.
- 23/1974 Benkó Sándor-Renner Gábor: Erősenttelített mágneses körök számítógépes tervezési módszere
- 24/1974 Kovács György-Franta Lászlóné: Programcsomag elektronikus berendezések hátlaphuzalozásának tervezésére
- 25/1974 Járdán R. Kálmán: Háromfázisú tirisztoros inverték állandó-sult tranziens jelenségei és belső impedanciája
- 26/1974 Gergely József: Numerikus módszerek sparse mátrixokra
- 27/1974 Somló János: Analitikus optimalizálás
- 28/1974 Vámos Tibor: Tárgyfelismerési kísérlet nyelvismódszerekkel
- 29/1974 Móritz Péter: Vegyész-mérnöki számítási módszerek fázisegyensúlyok és kémiai egyensúlyok vizsgálatára
- 30/1974 Vámos, T.-Vassy, Z.: THE BUDAPEST ROBOT -Progmatic Intelligence-

- 31/1975 Nagy István: Frekvenciásos, középfrekvenciás inverter elmélete
- 32/1975 Singer Dénes-Borossay Gyöngyi-Koltai Tamás: Gázhálózatok optimális irányítása különös tekintettel a Fővárosi Gázművek hálózataira
- 33/1975 Vámos, T.-Vassy, Z.: Limited and Pragmatic Robot Intelligence  
Mérő, L.-Vassy, Z.: A Simplified and Fastened Version of the Hueckel Operator for Finding Optimal Edges in Pictures  
Галло В.: Программа для распознавания геометрических образов, основанная на лингвистическом методе описания и анализа геометрических структур
- 34/1975 Nemes László: Patters Indentification Method for Industrial Robots by Extracting the main Features of Objects
- 35/1975 Garádi János-Krámli András-Ratkó István-Ruda Mihály: Statisztikai és számítástechnikai módszerek alkalmazása kórházi morbiditás vizsgálatokban
- 36/1975 Renner Gábor: Elektromágneses tér számítása nagyhőmérsékletű anyagban
- 37/1975 Edgardo Felipe: Specification problems of a process control display
- 38/1975 Hajnal Andrásné: Nemlineáris egyenletrendszerek megoldási módszerei
- 39/1975 A. Abd. El Sattar: Control of induction motor by Three . . .
- 40/1975 Gerhardt Géza: QDT Grafikus interaktív szubrutinok a CDC 3300 - GD'71 grafikus konfigurációra
- 41/1975 Arató, M.-Benczur, A.-Krámli, A.-Pergel, J.: Stochastic Processes, Part II.
- 42/1975 Arató Mátyás: Fejezetek a matematikai statisztikából számítógépes alkalmazásokkal

43/1975 Mazavovszky Tibor - dr. Pásztorné Varga Katalin:  
Programrendszer Boole-függvényrendszer együttes egysze-  
rűsítésére vagy minimalizálására

Jelen tanulmány a 4.5.1 sz. intézeti  
téma keretében került kidolgozásra.



