

2. MÉRÉS

KOMBINÁCIÓS HÁLÓZATOK VIZSGÁLATA

1. A mérés célja

- A kombinációs logikai hálózatok működésének műszeres elemzése.
- Az univerzális kapuk alkalmazásának gyakorlása.
- Az áramköri hazárdok jellemzőinek mérése.
- A hazárdok kiküszöbölési megoldásainak gyakorlása.

2. A szükséges ismeretek

2.1. Elméleti ismeretek ismételése

A DIGITÁLIS TECHNIKA tantárgy előző félévi anyagából ismétlendő témakörök:

- Logikai áramkörök dinamikus tulajdonságai.
- Hazárdok fogalma, jellemzőik.

2.2. Univerzális logikai kapuk

- NAND és NOR kapu logikai funkciója,
- két-, és többszintű hálózatok megvalósítása univerzális kapukkal.

2.3. A kombinációs feladatokat megvalósító hálózatok

- kombinációs feladatok jellemzői,
- leírási formák (logikai függvény, táblázatos, időfüggvény stb.),
- egyszerűsítési eljárások (algebrai, grafikus).

2.4. Logikai hálózatok vizsgálati módszerei

- statikus méréssel, (lásd az 1. mérés 2.7-es pontjánál írtakat!)
- időfüggvény felvételével.

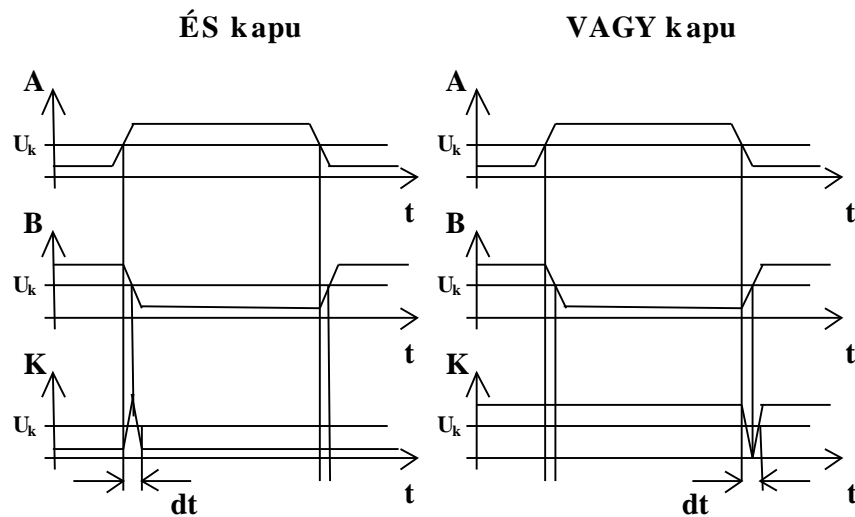
2.5. Kombinációs hálózatok dinamikus viselkedése

- kapcsolási idők,
- a hálózat késleltetése,
- jelkésleltetésekből adódó tranziensek, hazárdok.

2.6. Hazárd, keletkezésének okai, és fajtái

- **Hazárd** az olyan "impulzus" , amely olyankor jelenik meg, amikor a hálózt logikai függvénye szerint a kimenet szintje nem szabad változzon. Az impulzus időtartama rövidebb, mint a hálózat saját késleltetése, és nagysága túllépi a kapu komparálási szintjét. Az ilyen jel további hibás működést okozhat, tehát **zaj**.
- Egy kapu kimenetén akkor keletkezhet hazárd, ha két bemenetén ellenkező irányú késleltetett jelváltás van, de ez a késés kisebb, mint a hálózat teljes késleltetése. A 2.1. ábra mutatja ÉS, illetve VAGY kapu kimenetén a hazárd jellegét.

- A két jel közötti **dt** késleltetést legtöbbször az áramkörön belüli hosszabb jelút - nagyobb késleltetés - eredményezi..
- Olyan bemeneti kombináció-váltásnál, amikor csak egy jel változik, de ehhez a változáshoz - a függvény szerint - nem tartozik kimeneti jelszint váltás, akkor keletkezhet **statikus** hazard



2.1. ábra.

- **Funkcionális**-nak nevezzük az olyan hazardot, mely két, vagy több bemeneti jel egyidejű váltásakor keletkezik.
- **Dinamikus** hazardnál a kimenet jelváltása duplázódik, és azt egyetlen bemeneti jel váltása eredményezi. Ilyen jellegű jelváltás többszintű hálózatoknál keletkezhet, ha a hálózat egyik részében statikus hazard is van.

2.7. Hazard jellemzőinek meghatározása

A kombinációs hálózat kanonikus logikai **függvényeiből** állapítható meg legkönnyebben, hogy **statikus** hazard keletkezhet-e. Ha függvényben van két olyan **logikai szorzat**, vagy **logikai összeg**, amelyekben ugyanaz a változó egyikben ponált, a másikban pedig negált alakú, akkor hazard jöhet létre. Pl.

$$\dots A \bar{B} C + \bar{A} D \dots \quad \text{ill.} \quad \dots (A + \bar{B} + C) (B + D) \dots$$

Az első példában az **A** jel **váltása** okozhat hazardot, amikor a **C=D=1**, és **B=0**. A másodikban a **B** változó jelváltásánál keletkezhet hazard, ha **A=C=D=0**.

Megjegyzés: A statikus hazard az 1. mérés 2.7-es pontjában ismertetett időfüggvényes vizsgálati módszerrel nem határozható meg egyértelműen, mivel ez a módszer a bemeneti kombinációkat egymás utáni növekvő sorrendben állítja elő. Ha a hazard két — számtanilag nem egymást követő — bemeneti kombináció átváltása között lépne fel (pl: $0 \Leftrightarrow 4$), akkor azt az időfüggvény módszer nem mutatja ki, mivel ezt a

kombináció váltást elő sem állítja. A hazard jelenlétét a következő módszerrel határozhatjuk meg:

A függvényből (Karnaugh-diagramból) meghatározzuk a hazardot eredményező **bemeneti kombináció-váltást**. A mérésnél a vizsgált hálózat bemeneti közül arra, amelyik okozhatja a hazardot négyszögjelet csatlakoztatunk, míg a többi bemenetet szintadóról a kombinációhoz tartozó szinttel vezéreljük. A kimenetre csatlakoztatott oszcilloszkóppal - a bemeneti négyszögjelre szinkronozva - meghatározhatjuk a hazard tényét, és annak jellemzőit.

Ha csak azt akarjuk tudni, hogy a kombinációs hálózat hazardos-e, de a hazard jellemzőire nem vagyunk kíváncsiak, akkor ez közvetlen méréssel oly módon határozható meg, hogy a kimenetéhez **sorrendi hálózatot** (számlálót, vagy T1 típusú komplementáló flip-flop-ot) csatlakoztatunk, míg a bemenetet az előzőek szerint vezéreljük. Ha a sorrendi hálózat (számláló) nem vált állapotot, akkor nincs hazard. Ha a sorrendi hálózat a bemenő jel frekvenciájának megfelelően állapotot vált, akkor a kombinációs hálózat hazardos.

2.8. Hazardmentesítés

A **statikus** hazard kiküszöbölhető bővítő kapu beiktatásával. Olyan kombinációval kell bávíteni a hálózatot, amely a hazardot okozó változót nem tartalmazza, de az adott kombinációkban kimenet logikai értékét nem változtatja meg. Az előző példánál:

$$\text{..... } A \bar{B} C + \bar{A} D + \bar{B} C D \text{} \quad \text{ill.} \quad \text{..... } (A + \bar{B} + C)(B + D)(A + C + D) \text{}$$

2.9. Hálózatok azonosságának vizsgálati módszerei

Ugyanazon logikai feladatot megvalósító, két különböző felépítésű hálózat azonosságát a megismert módszerekkel lehet igazolni. A mérés tehát történhet az **azonosítandó hálózatok igazságtáblázatainak felvételével**, vagy az **időfüggvények vizsgálatával**.

Azonos logikai feladatot valósít meg a két hálózat, ha **ugyanazt** az igazságtáblát írják le, illetve ha kimenő időfüggvényeik állandósult állapotban egyformák.

3. Házi feladat

3.1. Tervezés

Tervezzon NAND kapus hálózatot, mely az ütemadó számlálójának – felfutó élre érzékeny – **SZ** bemenetét vezérli! A számláló vagy a **K1** szintadó kimenő jelének *felfutó* élénél, vagy a **K2** szintadó kimenő jelének *lefutó* élénél lépjen egyet! A K1 és K2 közötti választásra egy harmadik (**K3**) szintadó szolgáljon, mégpedig így: ha K3=0 akkor K1 hatásos, ha K3=1 akkor K2 hatásos. **Figyelem!** Egy kombinációs hálózat tervezése a feladat, az él-érzékenységet az ütemadó számlálójának a bemenete biztosítja! **Segítség:** Először a logikai függvény minimál alakját írja fel, majd vizsgálja meg, hogy mely bemeneti kombináció változásnál léphet fel statikus hazard! Határozza meg a hazardmentesítő hálózat logikai függvényét is!

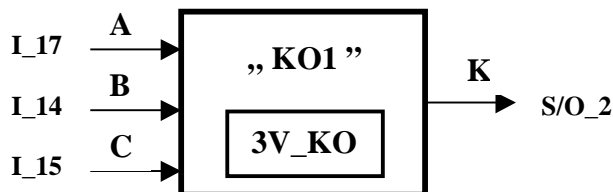
A **KOMBINÁCIÓS HÁLÓZATOK** elnevezésű kártya kapcsolási rajza alapján határozza meg, hogy mely áramkörökből valósítható meg a feladat. **Segítség:** A minimál alakot többféleképpen is elő lehet állítani, attól függően, hogy a K1...K3 kapcsolókat mely bemenetekre kötjük, azonban a hazardmentes változatot csak egyféle módon lehet kialakítani (K3 = I₁₄).

3.2. Mérési kapcsolások

Tanulmányozza a **KOMBINÁCIÓS HÁLÓZATOK** elnevezésű kártya kapcsolási vázlatát! Keresse meg a nyitott kollektoros (OK), a kombinációs hálózatok (KO1, KO2) áramköri részleteket! Állapítsa meg e részáramkörök be-, és kimeneti pontjait! Rajzolja meg az egyes mérési feladatokhoz tartozó mérési összeállításokat!

A KO1 jelű kombinációs hálózatnál csak a 2.1 ábrán jelölt bemenetek használja fel, a következő súlyozással: $A \div 2^0$ $B \div 2^1$ $C \div 2^2$

A többi bemenetet hagyja szabadon! Milyen bemeneti logikai szintnek felel ez meg?



2.1. ábra

4. Mérési feladatok

A mérésekhez a **KOMBINÁCIÓS HÁLÓZATOK** mérőpanelt használja!

A mérési feladatok sikeres elvégzéséhez célszerű az 1. mérés 2.7-es pontjának ismételt áttanulmányozása!

4.1. Logikai hálózat vizsgálata statikus módszerrel

A bemeneti változók előállításához célszerű a kódadót (PK) használni.

Vegye fel

- az **OK** , valamint
- a **KO1** jelű kombinációs hálózatok

igazságtáblázatát.

4.2. Logikai hálózat vizsgálata időfüggvény felvételével (dinamikus mérési módszer)

A bemeneti változók előállításához ai impulzusgenerátorhoz csatlakoztatott aszinkron számláló kimeneteiről vegye.

Oszilloszkóp segítségével határozza meg

- az **OK** , valamint
- a **KO1** jelű kombinációs hálózatok

kimeneteinek időbeli változásait (időfüggvényét), és ábrázolja azokat a bemeneti jelekkel együtt lépték, és fázishelyesen.

4.3. Azonos hálózat meghatározása

Határozza meg az előző mérési pontban vizsgált **KO1** hálózat kanonikus alakú logikai függvényeit, és ezek legegyszerűbb (minimalizált) alakjait.

Állítsa össze a KO1 logikai függvényét megvalósító áramkört a kártyán található NOR kapus hálózat (**KO2**) felhasználásával.

Végezze el az előbbi méréshez hasonlóan a dinamikus vizsgálatot a NOR kapus hálózattal is, illetve hasonlítsa össze a két hálózat kimeneti jeleit.

4.4. Statikus hazard vizsgálata

Határozza meg, hogy a **KO1** (NAND kapus) hálózatban keletkezhet-e statikus hazard. Ha van hazard, akkor állapítsa meg a keletkezési feltételeit, és méréssel határozza meg a hazard jellemzőit.

A kártya kapcsolási rajza alapján állapítsa meg, hogy mely kapuk használhatók hazardmentesítésre! Végezze el a logikai bővítést és méréssel igazolja a hazard megszüntét.

4.5. Önálló tervezés ellenőrzése

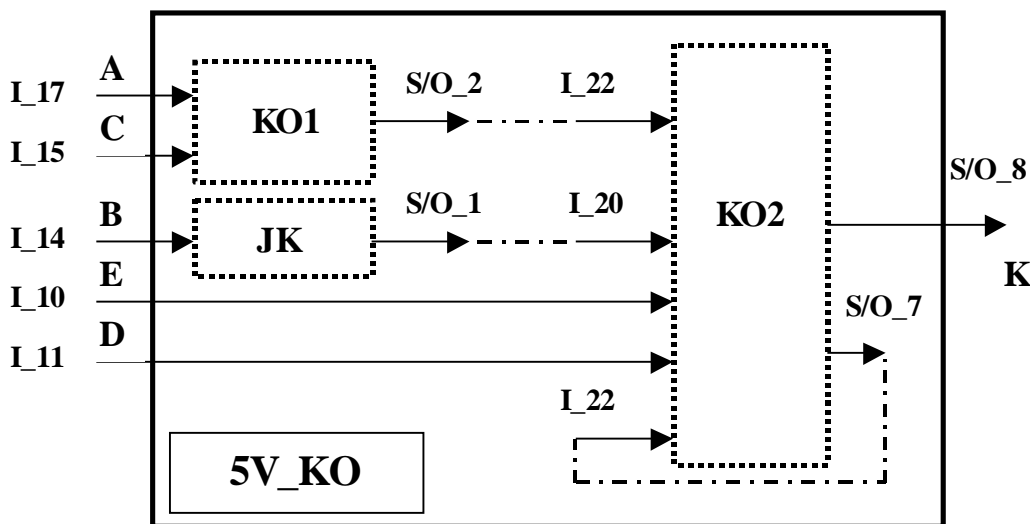
Állítsa össze a **házi feladatban megtervezett** áramkört! Állapítsa meg, hogy a feladatkiírás szerint működik-e az áramkör. Helyes működés esetén iktassa ki a hazardmentesítő hálózatot, és próbáljon meg statikus hazardot előidézni! Hogyan reagál a számláló?

Milyen működési rendellenességet vár, ha az ütemadó számlálja – a feladatkiírással ellentétesen – mégsem felfutó-, hanem lefutó élre billen? Méréssel igazolja választát: egy inverter közbeiktatásával alakítsa át az ütemadó számlálóját negatív élre billenővé!

4.6. Dinamikus hazard vizsgálata (Szorgalmi feladat!)

A kártyán található **KO1**, **KO2** és **JK** részáramkörökből állítsa össze a 2.2. ábrán látható blokk-vázlat szerinti 5 változós kombinációs hálózatot (**5V_KO**). A kártya kapcsolási vázlat alapján rajzolja fel a vizsgált hálózat tényleges áramköri rajzát.

Elemesse kapcsolást, írja fel a hálózat **K** kimenetének logikai függvényét az **A,B,C,D,E** függvényében. az univerzális kapuk tervezési szabályainak felhasználásával. Állapítsa meg hogy milyen típusú hazardokat tartalmazhat a kapcsolás, határozza meg a hazardok keletkezési helyét, végezze el – ha szükséges – a hazardmentesítést.



2.2. ábra

Méréssel igazolja a számítás helyességét:

- A mérődoboz órajel kimenetével valamint az azzal meghajtott számláló kimeneteivel vezérelve az áramkör A,B,C,D,E bemenetét, vegye fel az előbbieket függvényében a NAND kapus hálózat (S/O_2), a NOR kapus hálózat (S/O_7) valamint a teljes áramkör (S/O_8) kimeneti jelét.
- Dinamikus hazard vizsgálata; áramköri analízissel határozza meg, hogy keletkezhet-e statikus hazard, ha igen határozza meg hogy milyen bemeneti kombináció fellépésénél, majd ezeket beállítva mérje meg a kimeneti jelalakot. Szüntesse meg a statikus hazardot és ellenőrizze az áramkör működését!

5. Ellenőrző kérdések

- Az igazságtáblázat fogalma és használata.
- Logikai függvények kanonikus alakjai, felírásuk igazságtáblázatból.
- Kombinációs hálózatok vizsgálati módszerei.
- Hálózatok azonosságának vizsgálati módszerei.
- Statikus, dinamikus és funkcionális hazard definíciója.
- A bemeneti változók kombinációinak meghatározása ahol hazard keletkezhet.
- Hazard kiküszöbölésének megoldása.