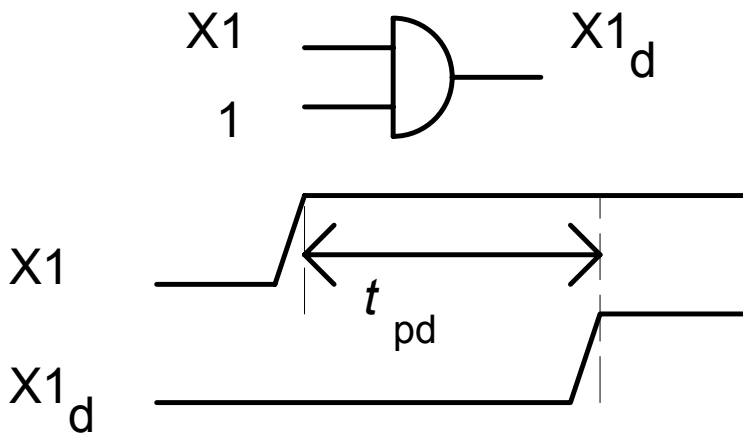


Hazárdjelenségek a kombinációs hálózatokban

© Benesóczky Zoltán 2004

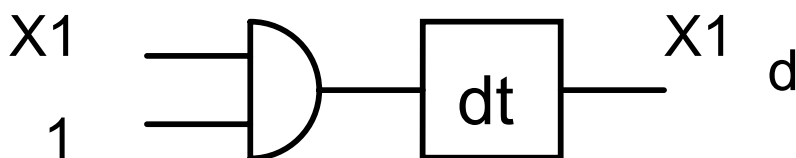
A jegyzetet a szerzői jog védi. Azt a BME hallgatói használhatják, nyomtathatják tanulás céljából. Minden egyéb felhasználáshoz a szerző beleegyezése szükséges.

A valóságos logikai kapuk viselkedése nem ideális. Például, a bemeneti jelváltozásra nem azonnal reagálnak, késleltetésük van. A késleltetési időt t_{pd} – vel jelöljük (propagation delay).



A késleltetés modellezése

A késleltetés hatását koncentrált késleltetéssel modellezhetjük. Ha figyelembe akarjuk venni, hogy egy kapu különböző bemenetein a késleltetés kicsit eltérő lehet, akkor a késleltető tagot a bementekre helyezzük. Ha a ettől eltekintünk, akkor a kimenetre helyezhetjük a késleltetőt. Itt az utóbbi modellt használjuk.



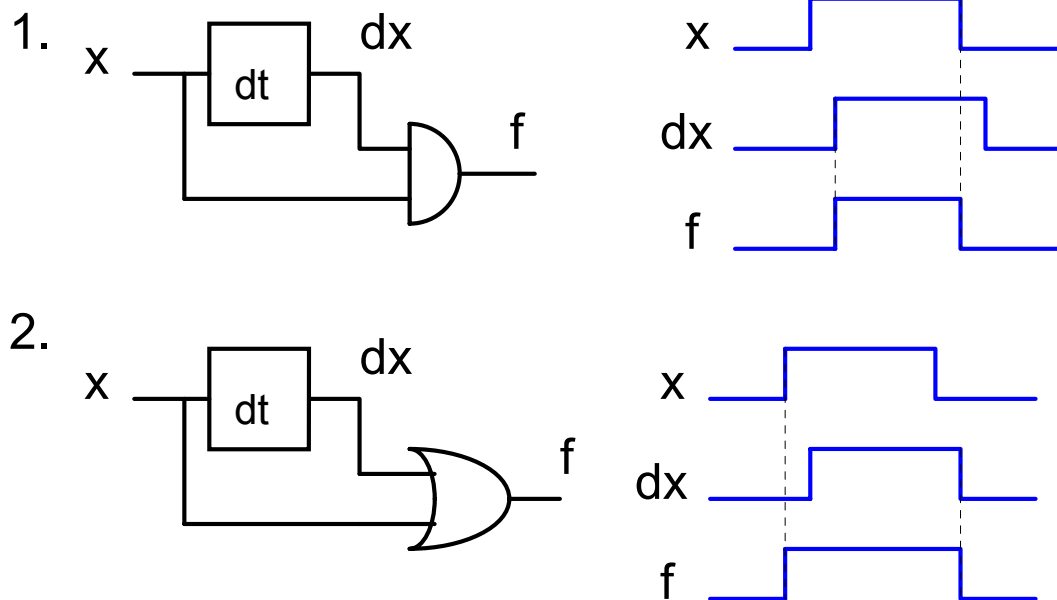
A késleltetés miatt a kombinációs hálózatban nem kívánt, ún. házárdjelenségek lépnek fel.

Egy Hamming távolságú bemeneti változásra fellépő hazardok

Bizonyos áramköröknél (pl. az aszinkron sorrendi hálózatoknál) fontos, hogy az áramkör kombinációs hálózat része hogyan viselkedik az olyan gerjesztésekre, amelyeknél egyszerre csak egy bemeneti jel változik.

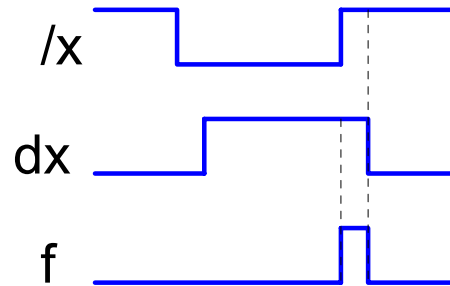
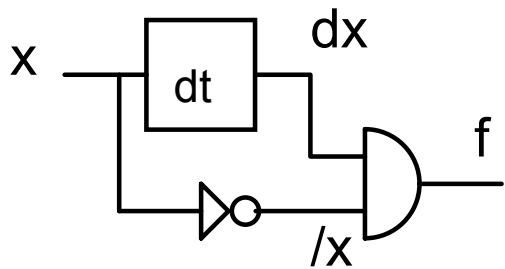
A statikus hazard

Először nézzük meg egy kapu viselkedését ha bementeire egy jelet és késleltetettjét azonos vagy különböző polaritással kötjük be. (Most eltekintünk a kapu késleltetésétől.)

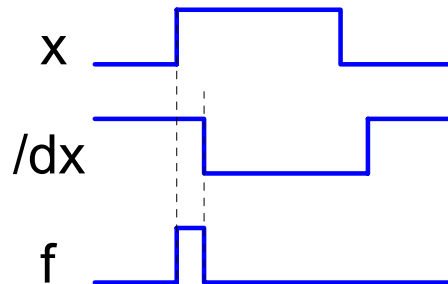
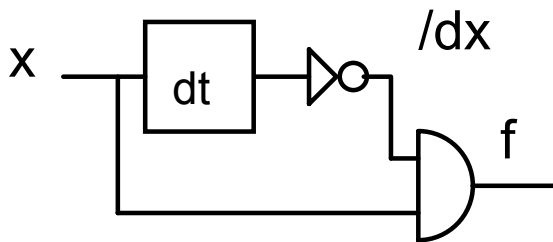


Az 1. és 2. esetben az impulzus rövidebb, vagy hosszabb lesz egy kicsivel, ami általában nem zavaró.

3.



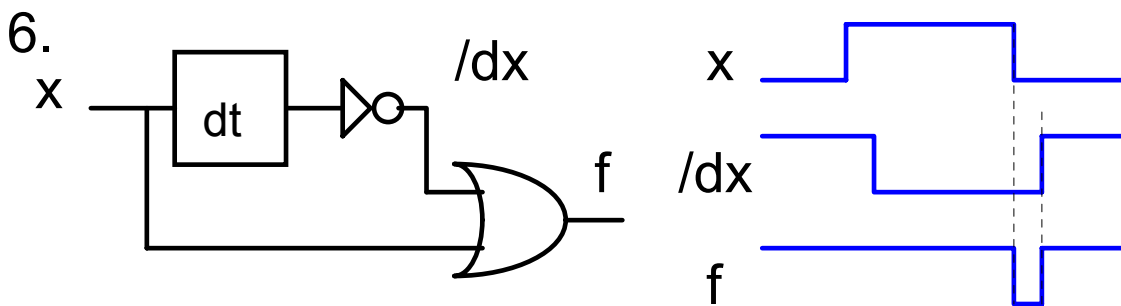
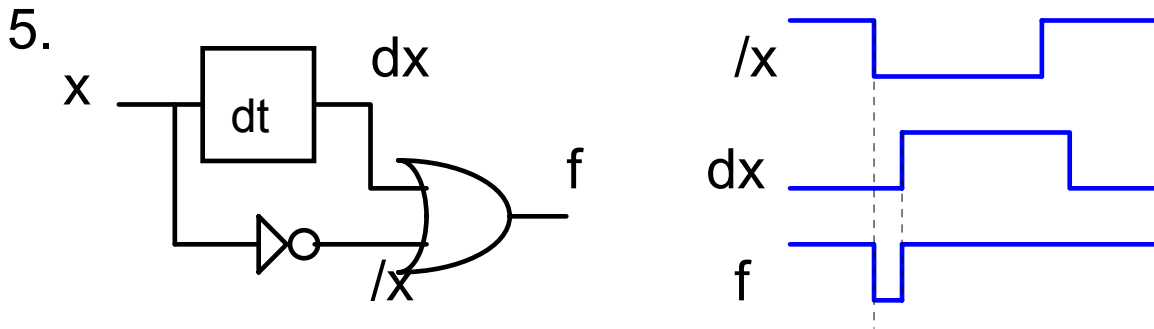
4.



A 3. és 4. esetben, ha nem lenne késleltetés, a függvény a bemenettől függtelenül $X./X = 0$ értéket adna.

A 3. esetben a késleltetés miatt a bemeneti jel hátsó élénél a kimeneten egy magas impulzus jelenik meg.

A 4. esetben a késleltetés miatt a bemeneti jel első élénél a kimeneten egy magas impulzus jelenik meg.



Az 5. és 6 esetben késleltetés nélkül a kimenet $X + /X = 1$ lenne.

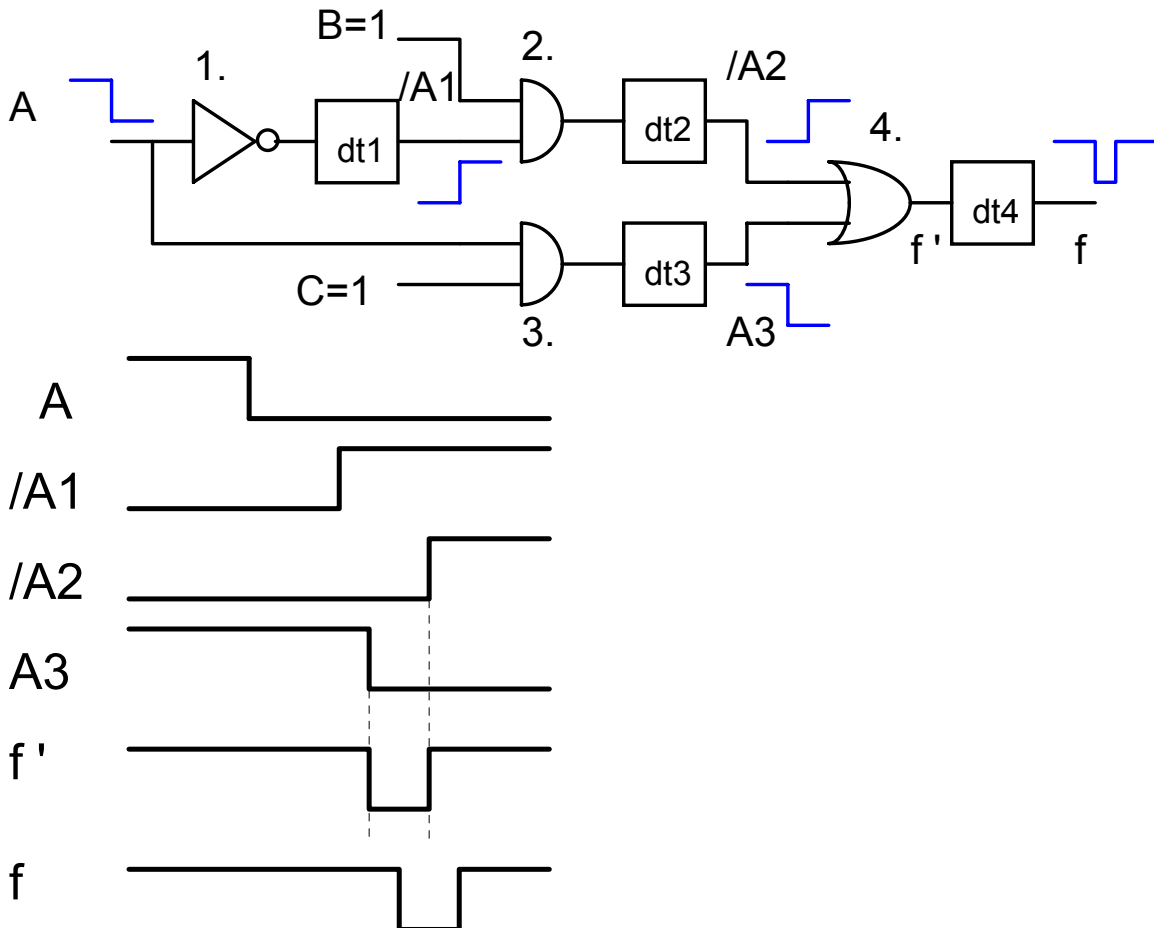
A 5. esetben a késleltetés miatt a bemeneti jel első élénél a kimeneten egy alacsony impulzus jelenik meg.

A 6. esetben a késleltetés miatt a bemeneti jel hátsó élénél a kimeneten egy alacsony impulzus jelenik meg.

A fenti impulzusok létrejöttét nyilván nem befolyásolja, ha AND helyett NAND vagy OR helyett NOR kaput alkalmazunk, csak az impulzus előjele változik.

A fenti jelenségek akkor hasznosak, ha kimondottan ez volt a célunk, vagyis egy jel első vagy hátsó élénél egy impulzust szeretnénk előállítani.

Vizsgáljuk meg, hogyan viselkedik az alábbi logikai hálózat, ha az A bemeneti változójára 1-0 átmenetet adunk, miközben a másik két bementén $B=C=1$.



Ha nem lenne késleltetés, a kimeneten $f = \neg A \cdot B + A \cdot C$, $B=C=1$ esetén 1-et adna A-tól függetlenül.

A $B=C=1$ biztosítja, hogy az A jel átjusson mindkét kapun. A 2.-on ponálva, a 3.-on negálva. Ez a két jel egymáshoz képest kis késéssel a VAGY kapu bemeneteire jutva, a kimeneten egy alacsony impulzust hoz létre. Mivel most $\neg A$ késik A-hoz képest, az impulzus az A lefutó élénél jelentkezik.

Statikus hazard

Az olyan típusú hazardot, mely a kombinációs hálózat egy bemenetének változásakor jön létre:

$$X_1, X_2 \dots X_i \dots X_n \rightarrow X_1, X_2 \dots /X_i \dots X_n$$

és amelynél a függvény értéke a tranziens előtt és után ugyanaz:

$$f(X_1, X_2 \dots X_i \dots X_n) = f(X_1, X_2 \dots /X_i \dots X_n)$$

de közben

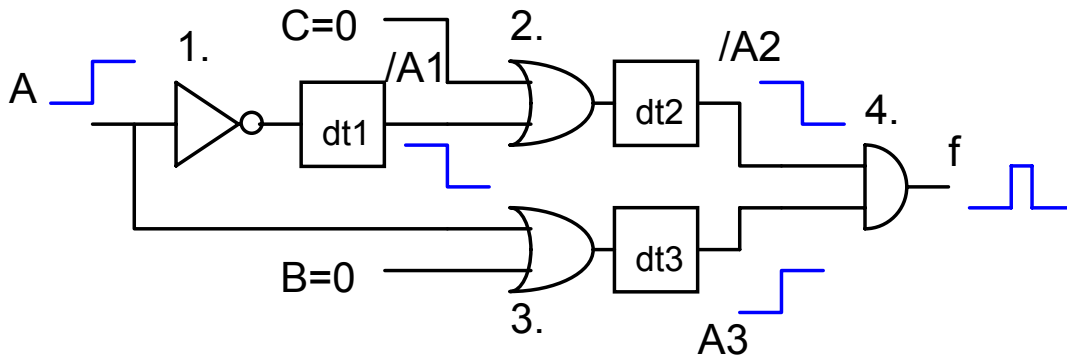
$$f(X_1, X_2 \dots X_i \dots X_n) \rightarrow /f(X_1, X_2 \dots X_i \dots X_n) \rightarrow f(X_1, X_2 \dots X_i \dots X_n)$$

tranziens zajlik le:

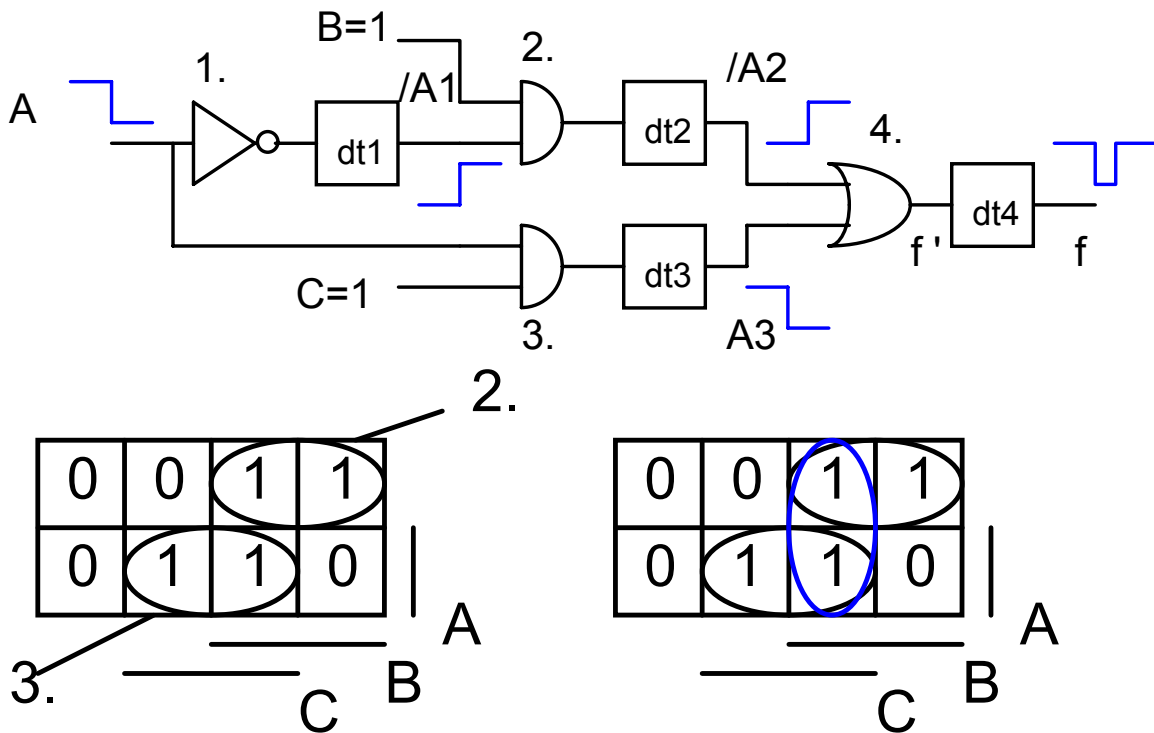


*statikus hazard*nak nevezzük.

Hasonló de ellenkező előjelű hazard jön létre konjunktív megvalósítású hálózatban is. (Mivel a legutolsó kapu késleltetése nem befolyásolja a hazard keletkezését, csak megkéslelteti, annak késéleltetést akár el is hagyhatjuk):

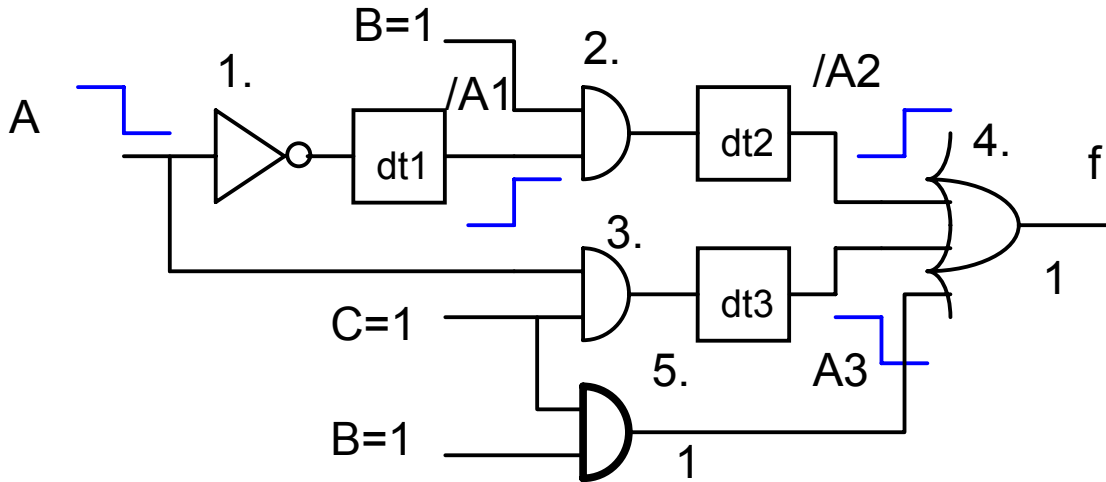


Ha a hazard zavaró, (a kombinációs hálózatot tartalmazó logika helytelen működését okozza), akkor védekezni kell ellene.

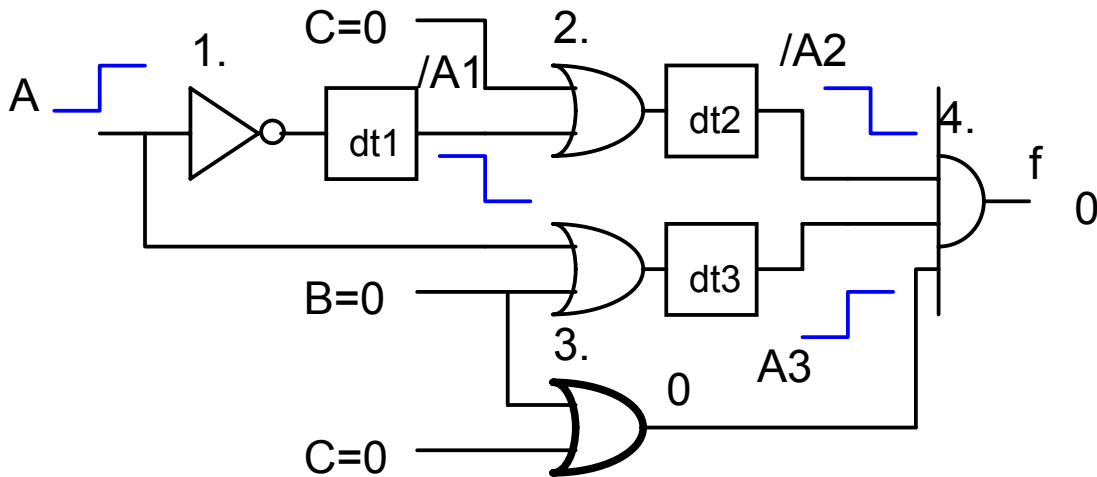


A Karnaugh tábla diszjunktív alakú megvalósításhoz tartozó lefedését megnézve látható, hogy a hazard annál az átmenetnél következik be, amelyet nem fed le prímisszimplikáns. $A=0$ esetén a 2. kapu, $A=1$ esetén a 3. kapu állítja elő az 1-eseket, melyeket a kimeneti VAGY kapu juttat a kimenetre. A késleltetés miatt előfordul, hogy rövid időre az egyik kapu már nem állítja elő, a másik pedig még nem.

Ha az eddig lefedetlen $B.C$ prímisszimplikánst is lefedjük, akkor az ehhez tartozó kapu A -tól függetlenül előállítja az 1-et, s az előbbi hazard nem jön létre. A ponált és negált jel ugyan találkozhat a VAGY kapunál, de az nem engedi át a tranzienst, mivel az **hazardmentesítő kapu** kimenete letiltja a kijutását.



Hasonló a helyzet a konjunktív megvalósításnál is. Lefedve a hazárdos átmenethez tartozó prímisszimplikánst, nem jön létre a hazárd.



0	0	1	1
0	1	1	0

— C — B — A

0	0	1	1
0	1	1	0

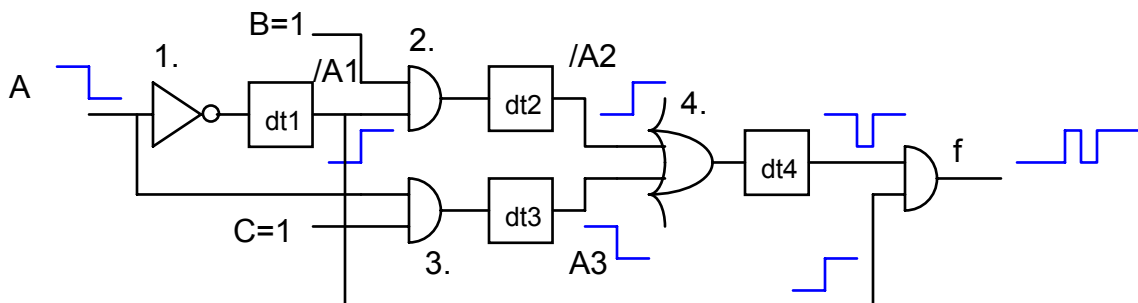
— C — B — A

Statikus hazárd legalább 2 szintű hálózatban jön létre. A statikus hazárd feltétele, hogy a hazárdot okozó jel legalább 2 úton terjedjen a kimenetre.

Kivédése: a 2 szintű megvalósításnál az összes szomszédos mintermet (maxtermet) le kell fedni egy közös hurokkal. A Karnaugh tábla alapján megállapítható, hogy mely szomszédos mintermek (maxtermek) nincsennek lefedve közös hurokkal, s ezek lesznek a hazárdos átmenetek.

A dinamikus hazárd

Elemezzük hazárd szempontjából az alábbi kapcsolást.



A kapcsolat csak a kimeneti ÉS kapuban különbözik az előbbieken ismertetett diszjunktív alakú kapcsolástól. A 4. kapu kimenetén ugyanúgy megjelenik egy statikus hazárd. Azonban a kimeneti kapura közvetlenül eljut $/A$. Ez az A jel 0-1 változása előtt 0-át biztosít a kimeneten. Viszont még 4-es kapu kimenetén megjelenő st. hazárd előtt engedélyezni fogja a hazárdos tranziens kijutását, majd a

tranziensek lezajlása után 1 lesz a kimenet. Tehát a kimeneten a 0-1-0-1 tranziens jelenik meg.

Az olyan típusú hazardot, mely a kombinációs hálózat egy bemenetének változásakor jön létre:

$$X_1, X_2 \dots X_i \dots X_n \rightarrow X_1, X_2 \dots / X_i \dots X_n$$

és amelynél a függvény értéke a tranziens előtt és után ellentétes:

$$f(X_1, X_2 \dots X_i \dots X_n) = /f(X_1, X_2 \dots / X_i \dots X_n)$$

de közben

$$f(X_1, X_2 \dots X_i \dots X_n) \rightarrow /f(X_1, X_2 \dots X_i \dots X_n) \rightarrow f(X_1, X_2 \dots X_i \dots X_n) \\ \rightarrow /f(X_1, X_2 \dots X_i \dots X_n) \text{ tranziens zajlik le:}$$



dinamikus hazardnak nevezzük.

A dinamikus hazard csak 2-nél többszintű hálózatban jöhet létre. Feltétele, hogy egy jel legalább 3 úton terjedjen a kimenetre.

Kivédése: Az alacsonyabb szinten keletkező statikus hazard megszüntetésével, vagy 2 szintű hazardmentes megvalósítással.

Mintapélda hazárd analízisre

Abban az esetben, ha a függvény 2 két szintű hálózat
ÉS vagy VAGY kapcsolata, a dinamikus és statikus
hazárdos átmenetek a Karnaugh tábla alapján is
megtalálhatók.

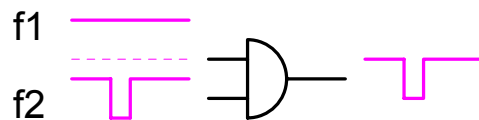
f1

0	0	1	1
0	1	1	0

f2

1	1	1	1
0	0	0	1

statikus hazárd f=f1*f2-ben



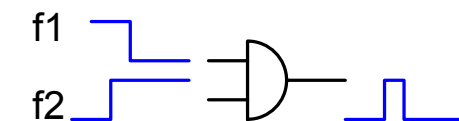
f1

0	0	1	1
0	1	1	0

f2

1	1	1	1
0	0	0	1

statikus hazárd f=f1*f2-ben



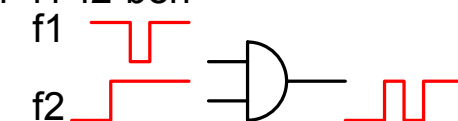
f1

0	0	1	1
0	1	1	0

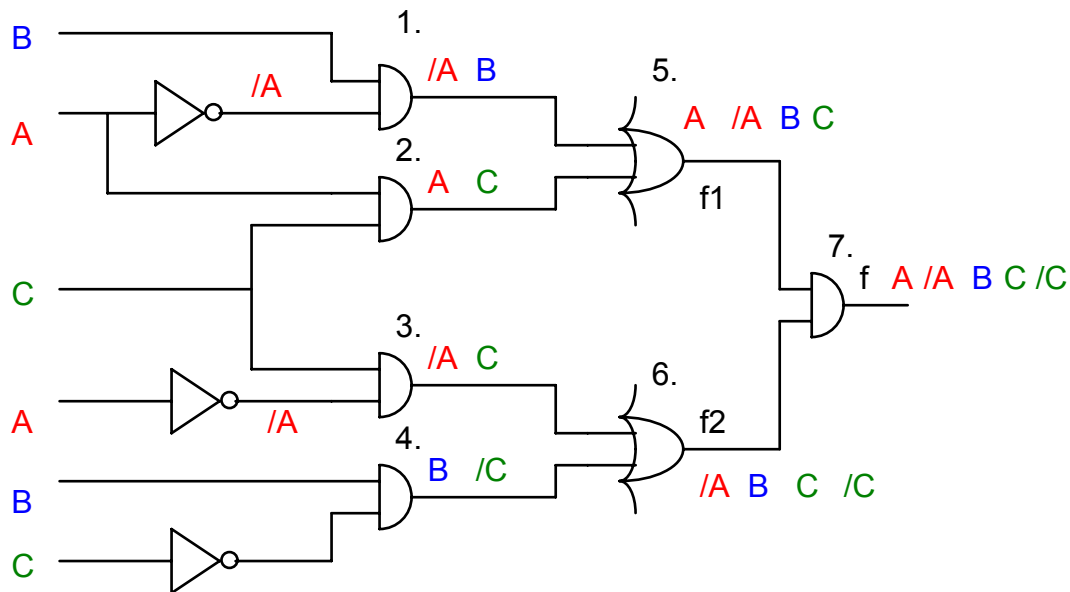
f2

1	1	1	1
0	0	0	1

dinamikus hazárd f=f1*f2-ben



Ugyanerre az eredményre jutunk a kapcsolási rajz analízisével is, amely azonban minden esetben használható.



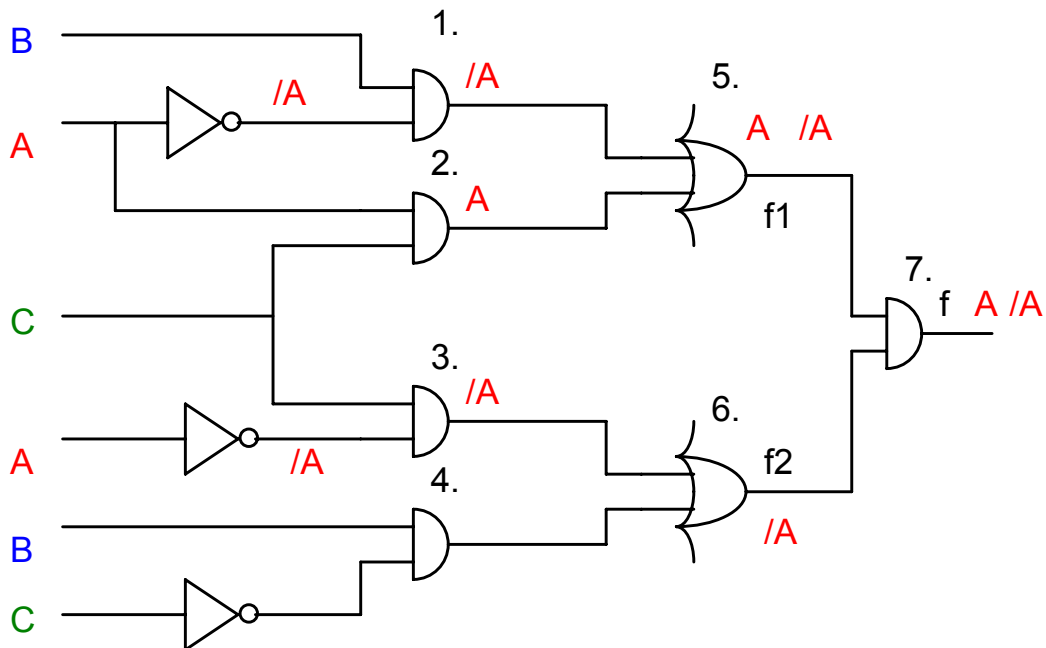
Először derítsük ki, hogy az egyes kapuk kimenetein a melyek jelek és milyen polaritással jelenhetnek meg. Ezt mutatja a fenti ábra.

Ebből már látható, hogy a kimeneten a B jel nem okozhat hazárdot, mivel csak ponáltan képes kijutni.

Az A és C jel hazárdot okozhat, így csak ezekkel kell foglalkozni.

Az **A jel változása** akkor okoz **statikus hazárdot**, ha:

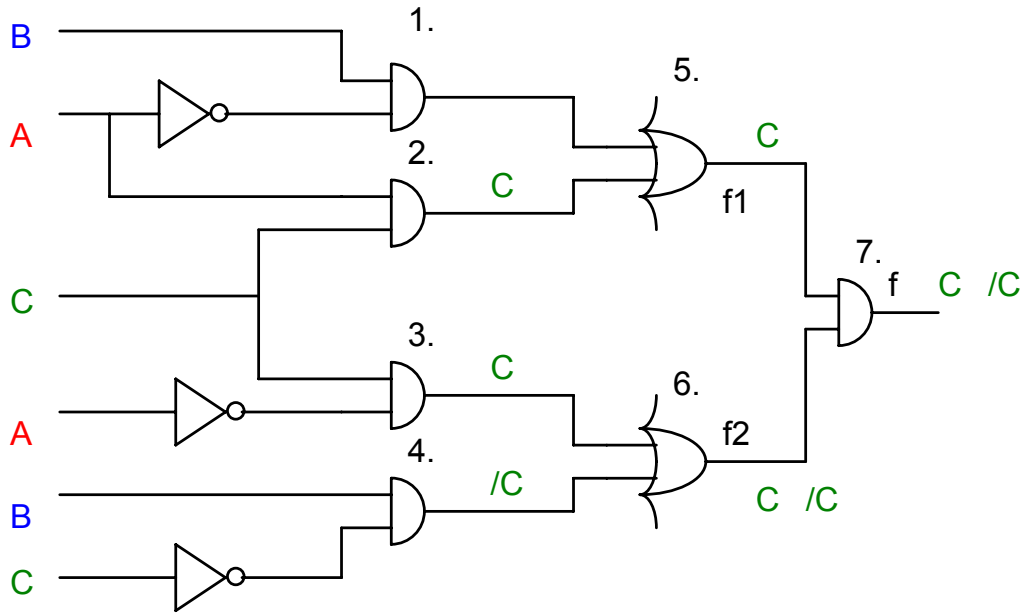
- a 7. kapu felső bemenetére A jel eljut de /A nem, (csak $C=1$, $B=0$ -nál teljesül) miközben az alsóra az /A (csak $C=1$ esetén teljesül és más feltétele nincs). Tehát $C=1$, $B=0$ -nál statikus hazárd van.



- a 7. kapu felső bemenetére A jel és $\neg A$ eljut (csak $B=C=1$ esetén), miközben az alsó bemenete 1 (Csak $B=1$ és $C=0$ esetén). Ezek nem teljesülnek egyszerre, tehát nincs hazard.

Az *A jel változása* akkor okoz *dinamikus hazardot*, ha

- A 7. kapu felső bemenetére A és $\neg A$ jel eljut (csak $B=C=1$ esetén) és az alsóra $\neg A$ is ($C=1$ és $B=0$ vagy $C=1$ esetén). A feltételek csak $B=C=1$ esetén teljesülnek, így ekkor dinamikus hazard van.



Az ***C jel változása*** akkor okoz ***statikus hazárdot***, ha:

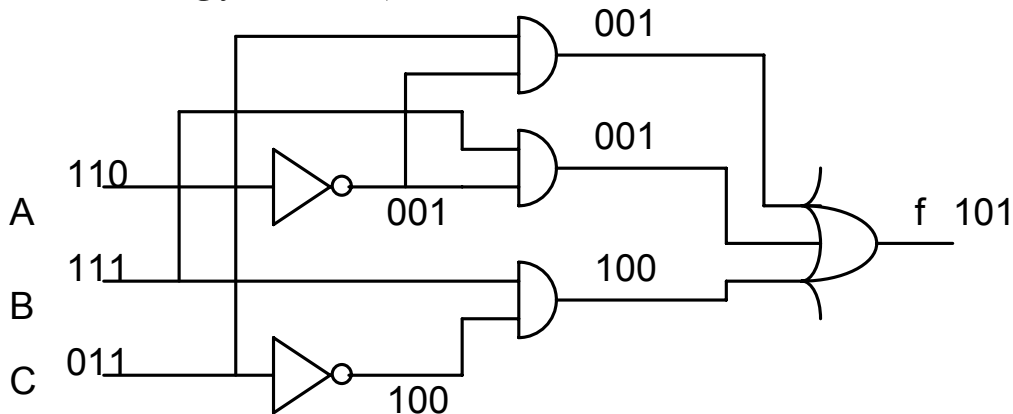
- a 7. kapu felső bemenetére C jel eljut, (csak A=1-nél teljesül) miközben az alsóra csak /C (csak B=1 és A=1 esetén teljesül). Tehát A=B=1 esetén statikus hazárd van.
- A 7. kapu felső bemenete 1 (A=0, B=1 esetén teljesül), míg az alsóra C (csak A=0 esetén teljesül) és /C eljut (A=0, B=1 esetén teljesül). Tehát A=0, B=1 esetén statikus hazárd van.

Az ***C jel változása*** akkor okoz ***dinamikus hazárdot***, ha:

- a 7. kapu felső bemenetére C (csak A=1-nél teljesül) és az alsóra C (csak A=0 esetén teljesül) és /C (B=1 esetén teljesül) eljut. A feltételek egyszerre nem teljesülnek, így nincs dinamikus hazárd.

Funkcionális hazard (1-nél több Hamming távolságú bemeneti változás hatása)

Ha egy kombinációs hálózat bemenetén egyszerre több jel változik, akkor ezt a változást a hálózat nem biztos, hogy egyidejűnek érzi. (Pl. Az egyes bemenetekre kapcsolódó kapuk késleltetése nem egyforma, de maga bemeneti változás sem történik pontosan egyszerre.)



1	1	1	1	
0	0	0	1	
				A
			B	
		C		

A fenti hálózat az $ABC=110 \rightarrow 011$ változást $110 \rightarrow 111 \rightarrow 011$ változásként érzékelheti és ekkor a kimenetén a konstans 1 helyett $1 \rightarrow 0 \rightarrow 1$ funkcionális hazard jelenik meg, mivel $f(110)=1 \rightarrow f(111)=0 \rightarrow f(011)=1$.