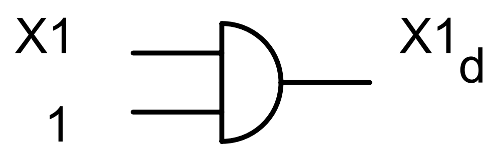
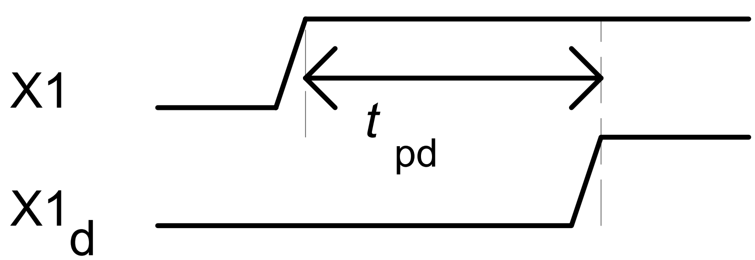
Hazárdjelenségek a kombinációs hálózatokban

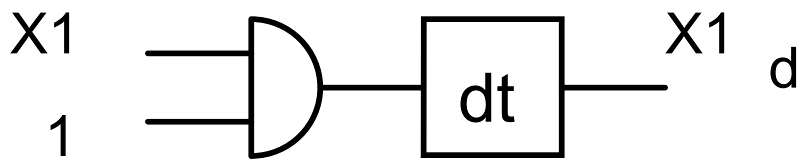
A valóságos logikai kapuk viselkedése nem ideális. Például, a bemeneti jelváltozásra nem azonnal reagálnak, késleltetésük van. A késleltetési időt t_{pd} – vel jelöljük (propagation delay).





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 bemenetekre helyezzük. Ha a ettől eltekintünk, akkor a kimenetre helyezhetjük a késleltetőt. Itt az utóbbi modellt használjuk.



A késleltetés miatt a kombinációs hálózatban nem kívánt, un. hazárdjelenségek léphetnek fel.

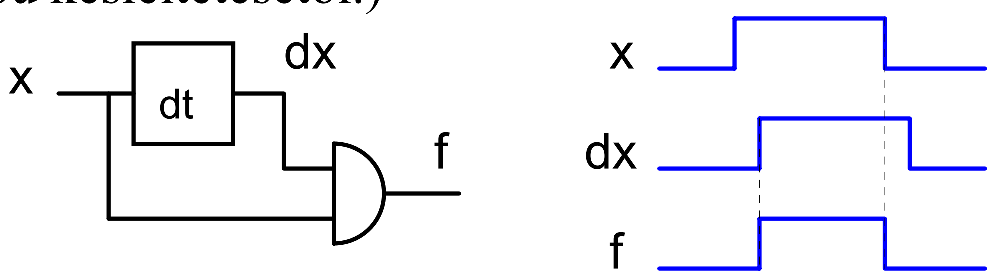
Egy Hamming távolságú bemeneti változásra fellépő hazárdok

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

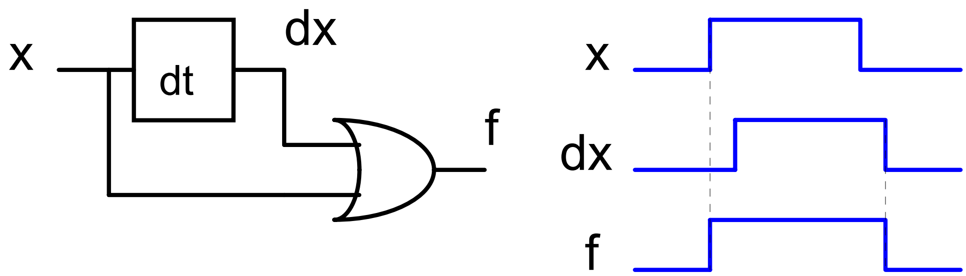
A statikus hazárd

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

1.

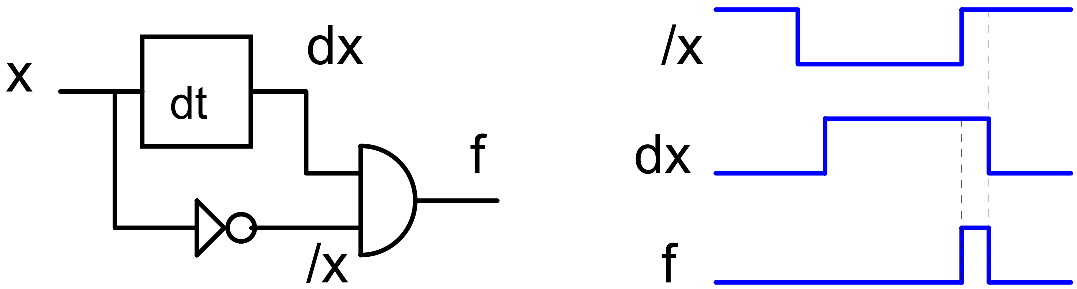


2.

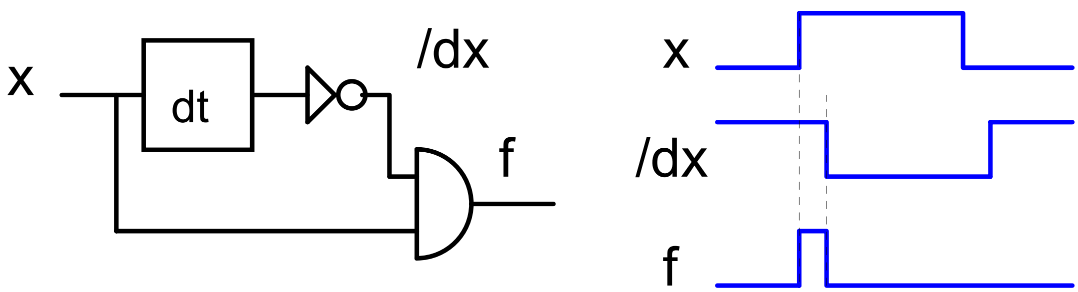


Az 1. és 2. esetben az impulzus rövidebb, vagy hosszabb lesz egy kicsivel, ami általában nem zavaró.

3.

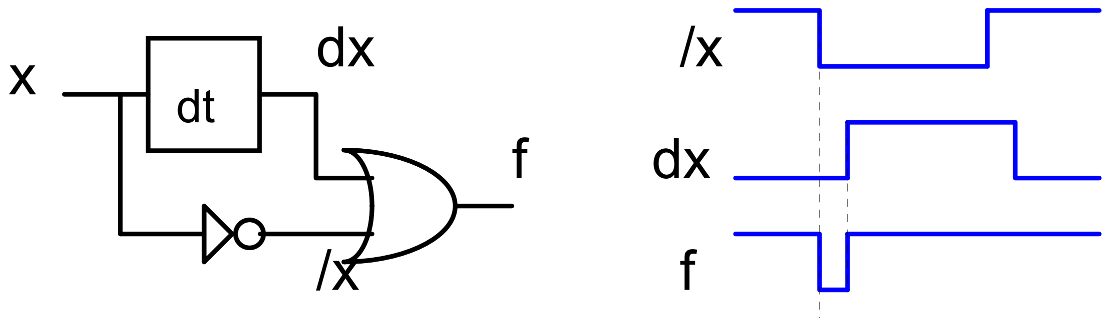


4.

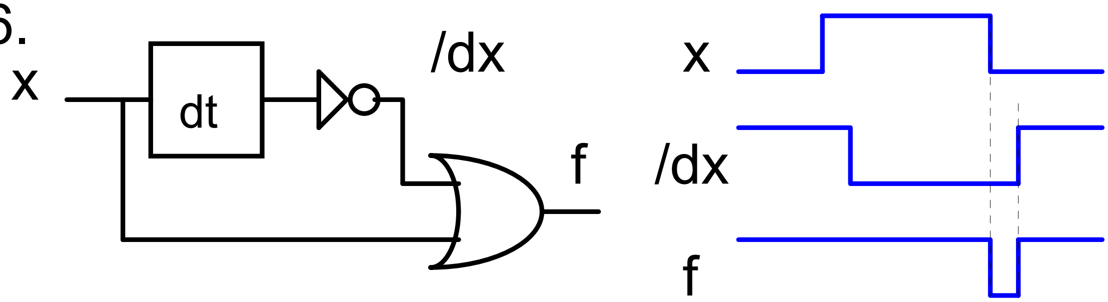


A 3. és 4. esetben, ha nem lenne késleltetés, a függvény a bemenettől függtelenül X./X = 0 értéket adna.
A 3. esetben a késleltetés miatt a bemeneti jel hátsó élénél a kimeneten egy magas impulzus jelenik meg.
A 4. esetben a késleltetés miatt a bemeneti jel első élénél a kimeneten egy magas impulzus jelenik meg.

5.



6.



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

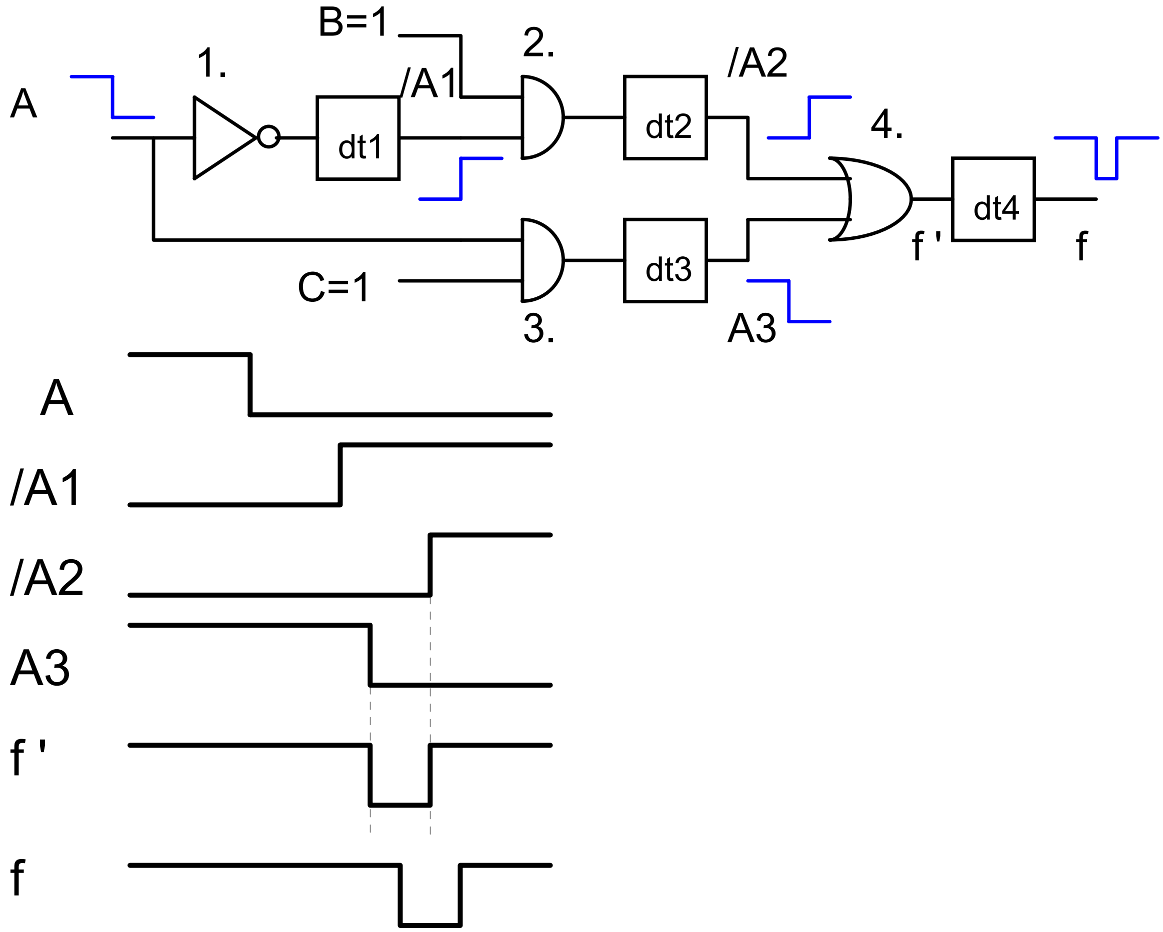
A 5. esetben a késleltetés miatt a bemeneti jel első élénél a kimeneten egy alacsony impulzus jelenik meg.

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=/A.B + A.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 /A késik A-hoz képest, az impulzus az A lefutó élénél jelentkezik.

Statikus hazárd

Az olyan tipusú hazárdot, mely a kombinációs hálózat egy bemenetének változásakor jön létre:

$x_1,x_2\ldots\mathbf{x_i}..x_n \rightarrow x_1,x_2\ldots/\mathbf{x_i}..x_n$

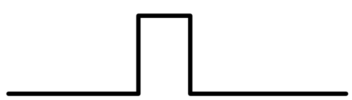
és amelynél a függvény értéke a tranziens előtt és után ugyanaz:

$f(x_1,x_2\ldots\mathbf{x_i}..x_n) = f(x_1,x_2\ldots/\mathbf{x_i}..x_n)$

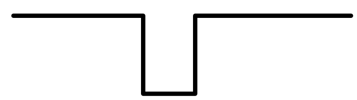
de közben

$\mathbf{f}(x_1,x_2\ldots x_i..x_n) \rightarrow /\mathbf{f}(x_1,x_2\ldots x_i..x_n) \rightarrow \mathbf{f}(x_1,x_2\ldots x_i..x_n)$

tranziens zajlik le:

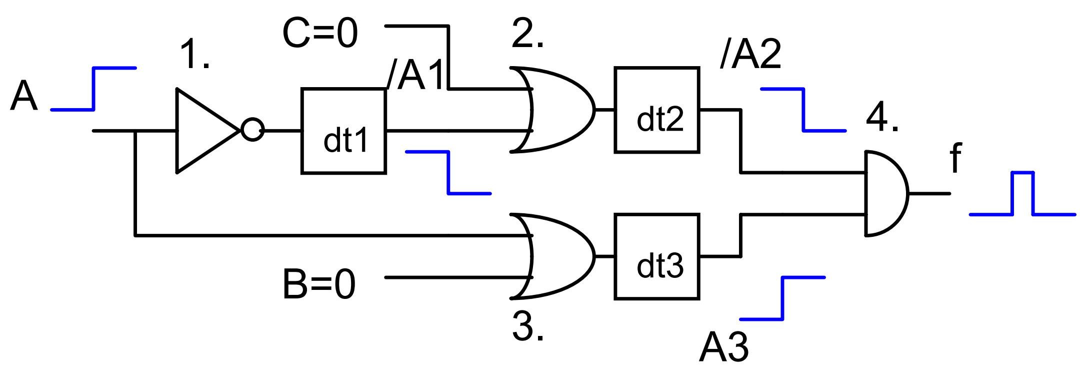


vagy

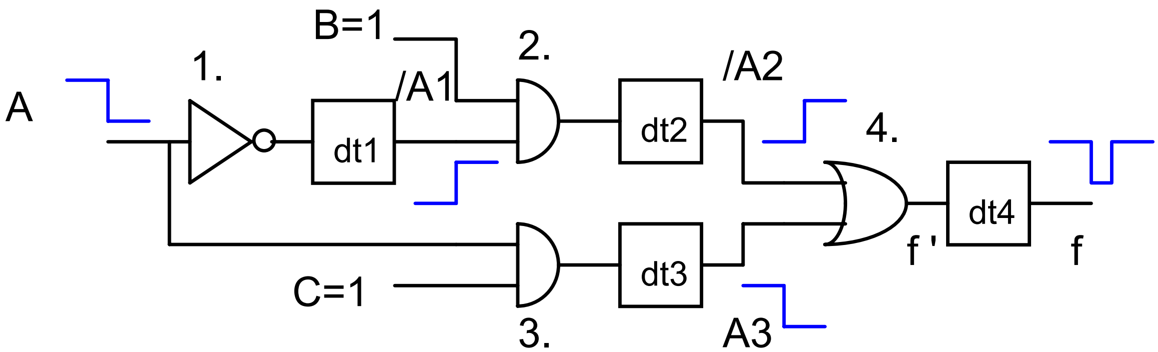


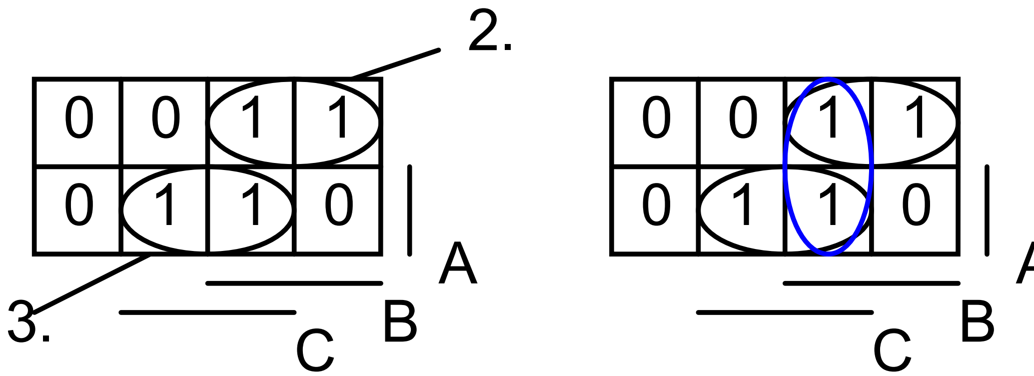
statikus hazárdnak nevezzük.

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

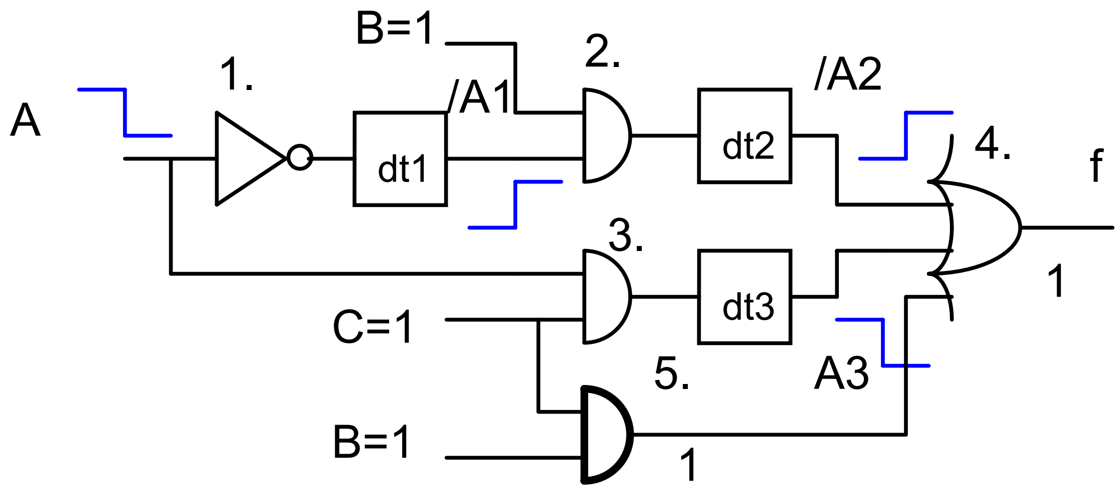


Ha a hazárd zavaró, (a kombinációs hálózatot tartalmazó logika helytelen működését okozza), akkor védekezni kell ellene.

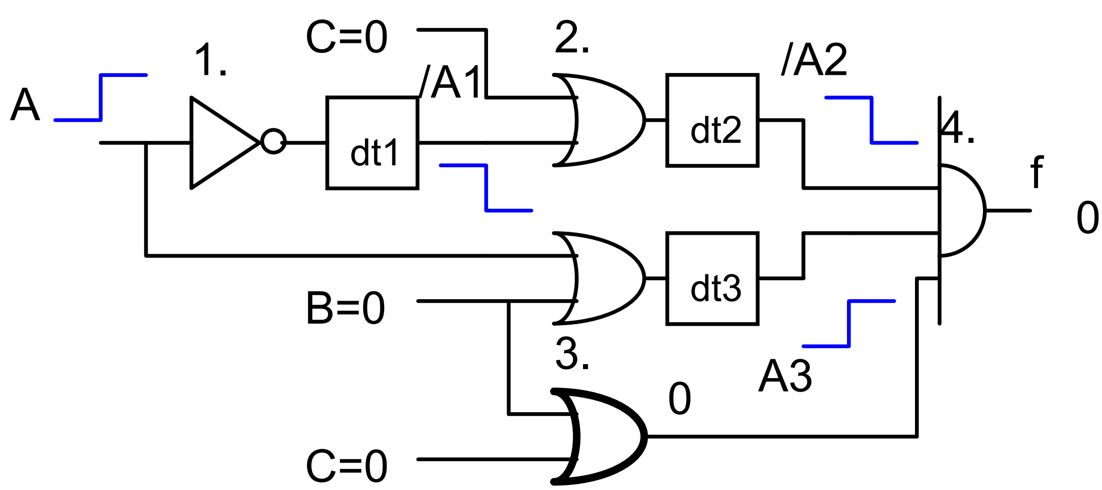


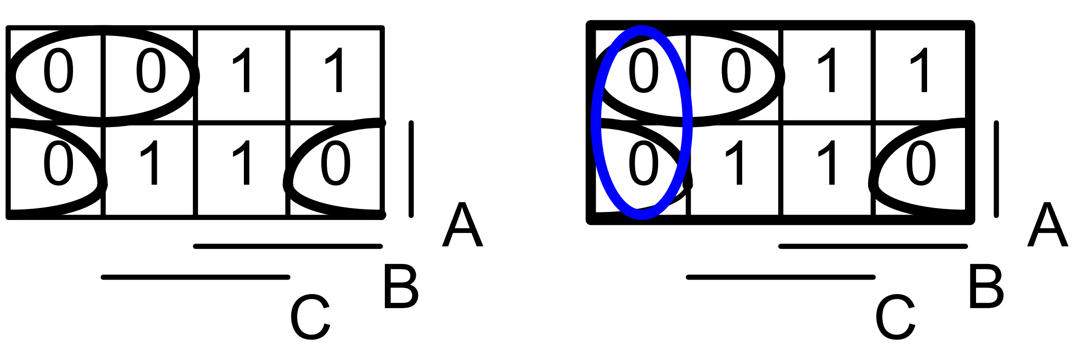


A Karnaugh tábla diszjunktív alakú megvalósításhoz tartozó lefedését megnézve látható, hogy a hazárd annál az átmenetnél következik be, amelyet nem fed le prímimplikáns. A=0 esetén a 2. kapu, A=1 esetén a 3. kapu állítja elő az 1-eseket, melyeket a kimeneti VAGY kapu juttat a kimenetre. A késleltetés miatt előfordul, hogy rövid időre az egyik kapu már nem állítja elő, a másik pedig még nem.
Ha az eddig lefedetlen B.C prímimplikánst is lefedjük, akkor az ehhez tartozó kapu A-tól függetlenül előállítja az 1-et, s az előbbi hazárd nem jön létre. A ponált és negált jel ugyan találkozik a VAGY kapunál, de az nem engedi át a tranzienst, mivel az ***hazádmentesítő kapu*** kimenete letiltja a kijutását.



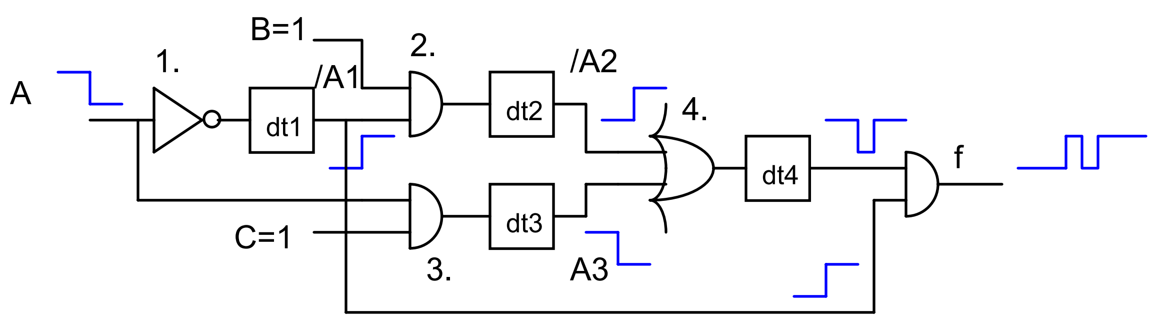
Hasonló a helyzet a konjunktív megvalósításnál is. Lefedve a hazárdos átmenethez tartozó prímimplikánst, nem jön létre a hazárd.





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 (3 szintű) kapcsolást.



A kapcsolás csak a kimeneti ÉS kapuban különbözik az előbbiekben 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 tipusú hazárdot, mely a kombinációs hálózat egy bemenetének változásakor jön létre:

$x_1,x_2\ldots\mathbf{x_i}..x_n \rightarrow x_1,x_2\ldots/\mathbf{x_i}..x_n$

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

$f(x_1,x_2\ldots\mathbf{x_i}..x_n) = /f(x_1,x_2\ldots/\mathbf{x_i}..x_n)$

de közben
$\mathbf{f}(x_1,x_2\ldots x_i..x_n) \rightarrow /f(x_1,x_2\ldots x_i..x_n) \rightarrow \mathbf{f}(x_1,x_2\ldots x_i..x_n) \rightarrow /f(x_1,x_2\ldots x_i..x_n)$ tranziens zajlik le:

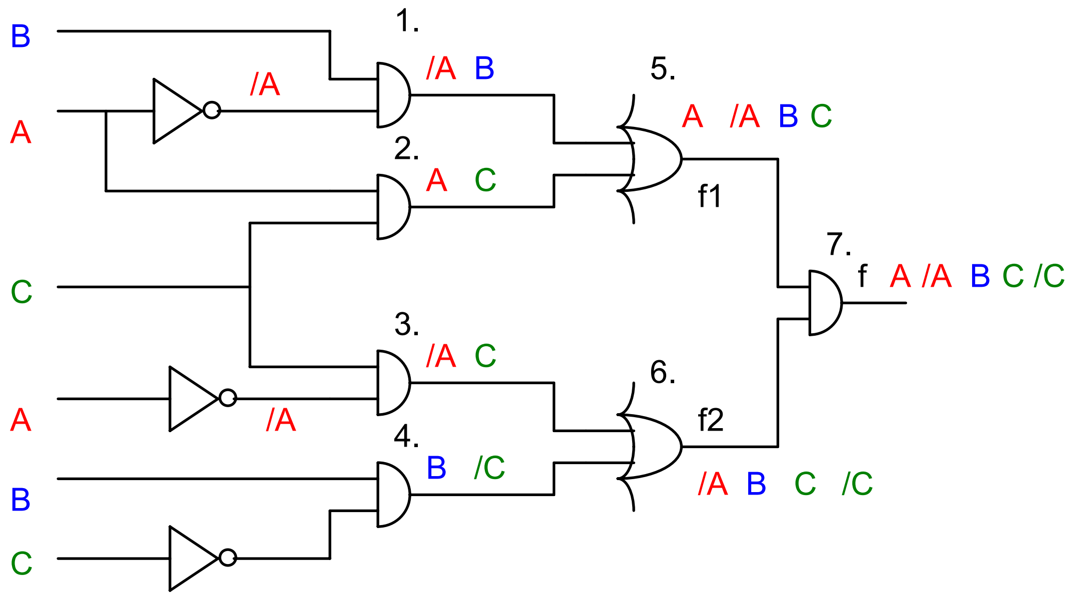
dinamikus hazárdnak nevezzük.

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

Kivédése: Az alacsonyabb szinten keletkező statikus hazárd megszüntetésével, vagy 2 szintű hazárdmentes megvalósítással.

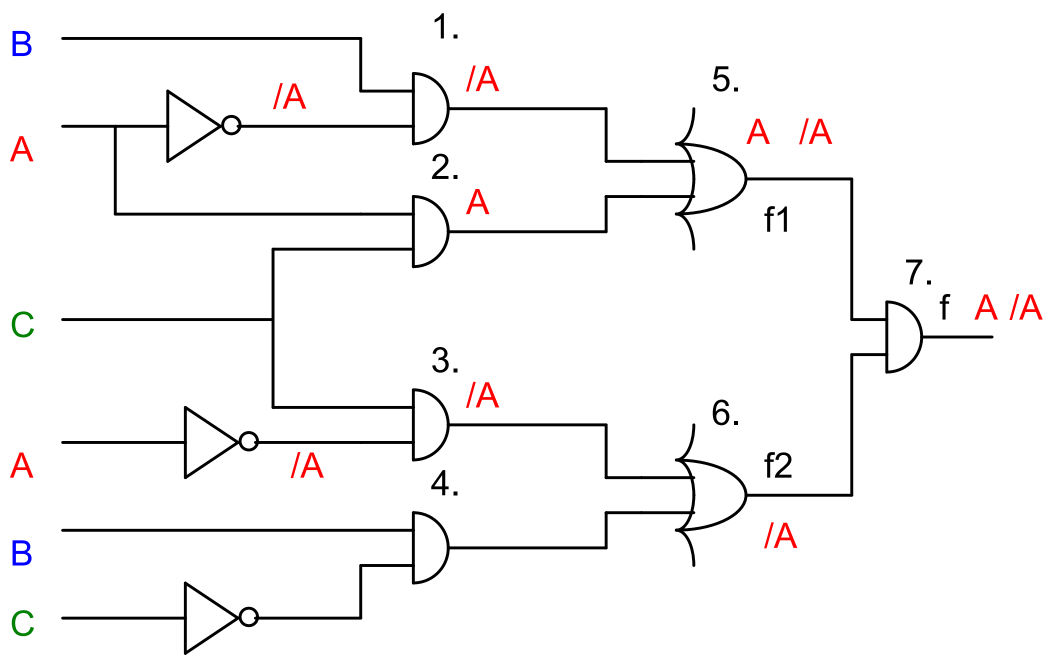
Hazárd analízis kapcsolási rajz alapján

Ez a módszer minden esetben használható.



Először derítsük ki, hogy az egyes kapuk kimenetein a mely 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 foglakozni.
Az ***A jel változása*** akkor okoz ***statikus hazárdot***, ha:

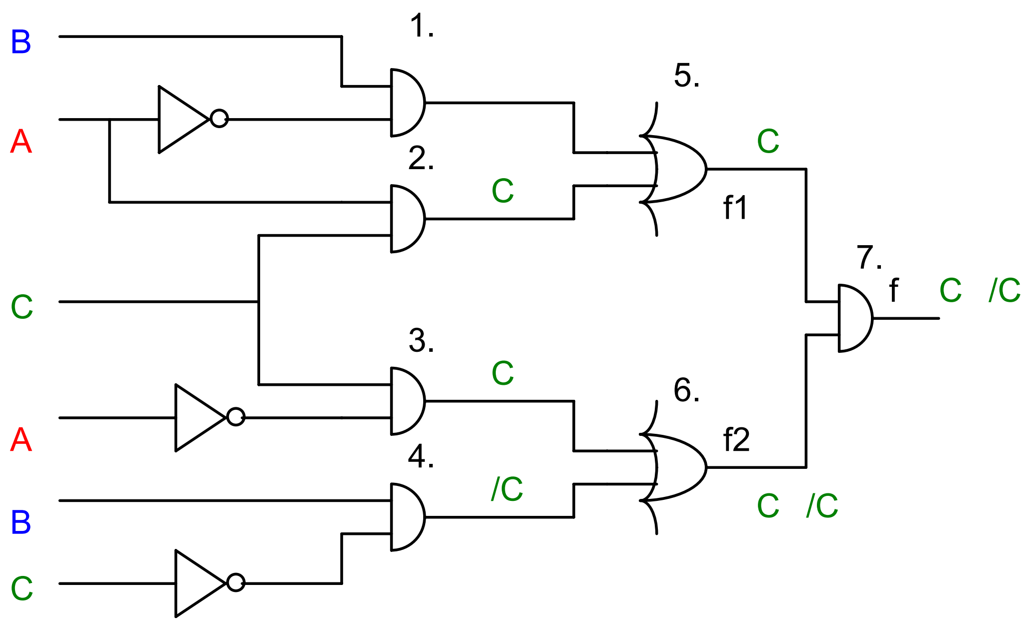
- a 7. kapu felső bemenetére A jel eljut de /A nem, (csak C=1, B=0-nál teljesül) miközben az alsóra az /A (csak C=1 esetén teljesül és más feltétele nincs). Tehát C=1, B=0-nál statikus hazárd van.



- a 7. kapu felső bemenetére A jel és /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 hazárd.

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

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



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

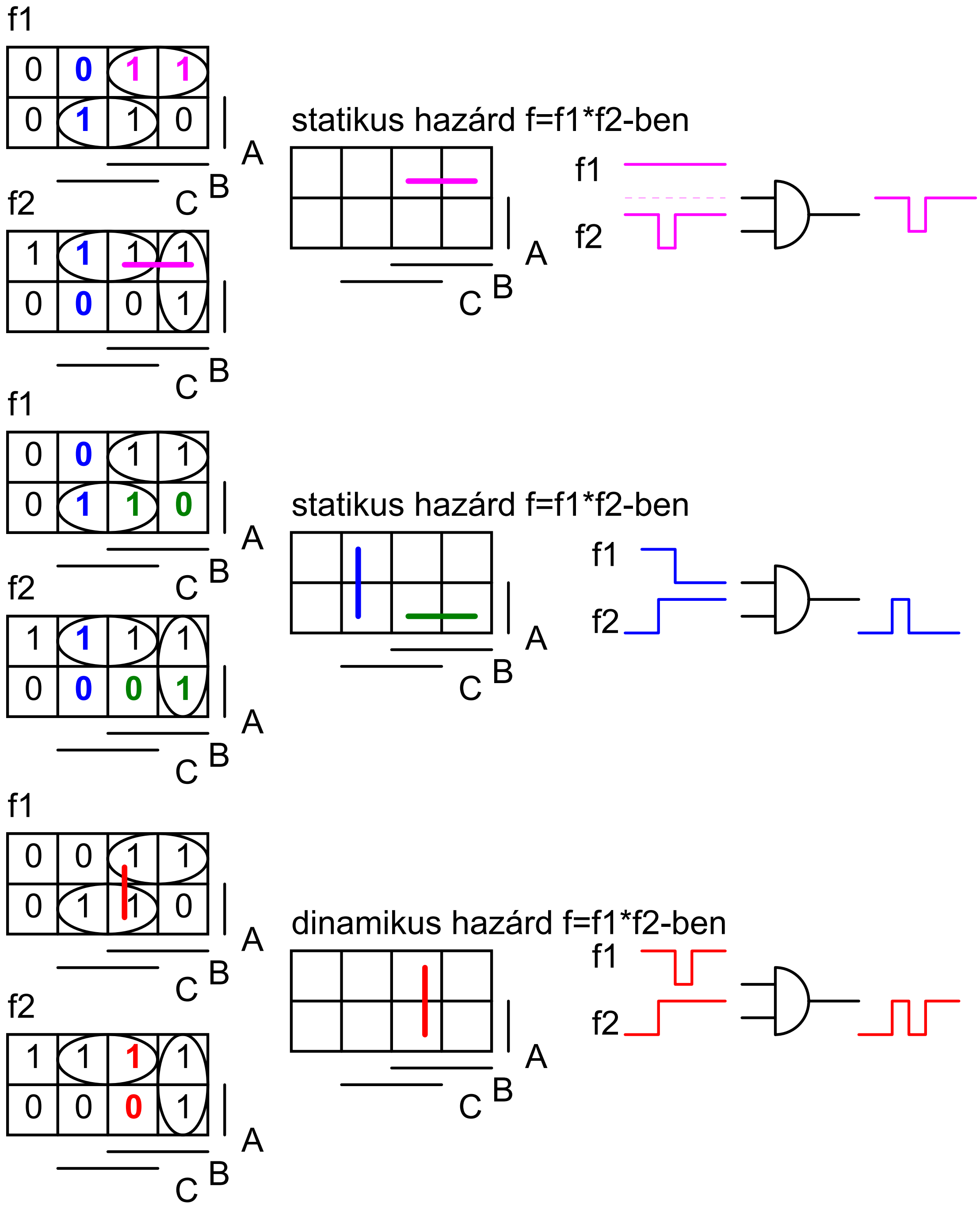
- a 7. kapu felső bemenetére C jel eljut, (csak A=1-nél teljesül) miközben az alsóra csak /C (csak B=1 és A=1 esetén teljesül). Tehát A=B=1 esetén statikus hazárd van.
- A 7. kapu felső bemenete 1 (A=0, B=1 esetén teljesül), míg az alsóra C (csak A=0 esetén teljesül) és /C eljut (A=0, B=1 esetén teljesül).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

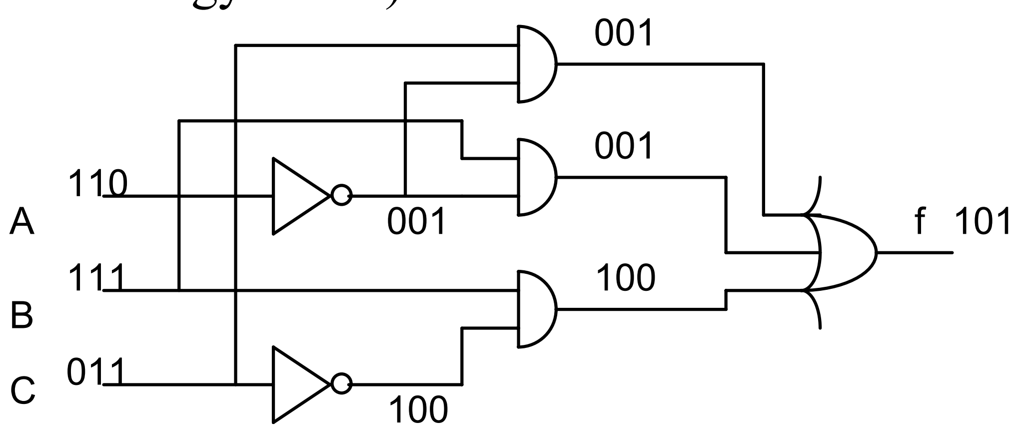
Hazárd keresés Karnaugh-tábla segítségével

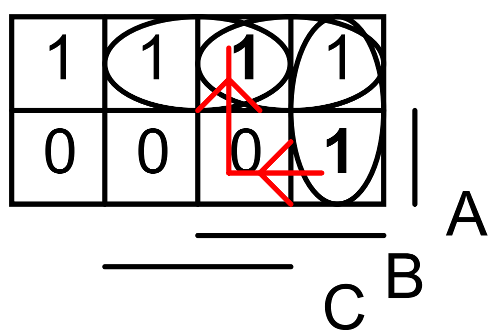
Abban az esetben, ha a függvény 2 két szintű hálózat ÉS vagy VAGY kapcsolata, a dinamikus és statikus hazárdos átmenetek a Karnaugh tábla alapján is megtalálhatók.



Funkcionális hazárd (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.)





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