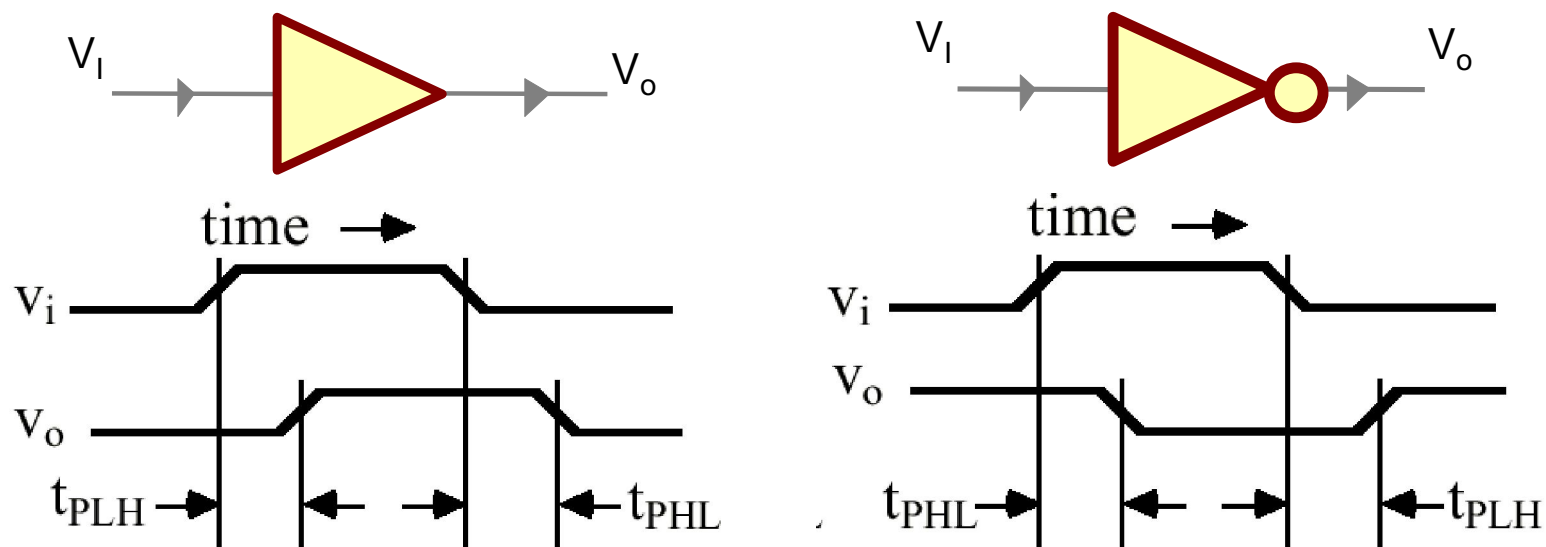
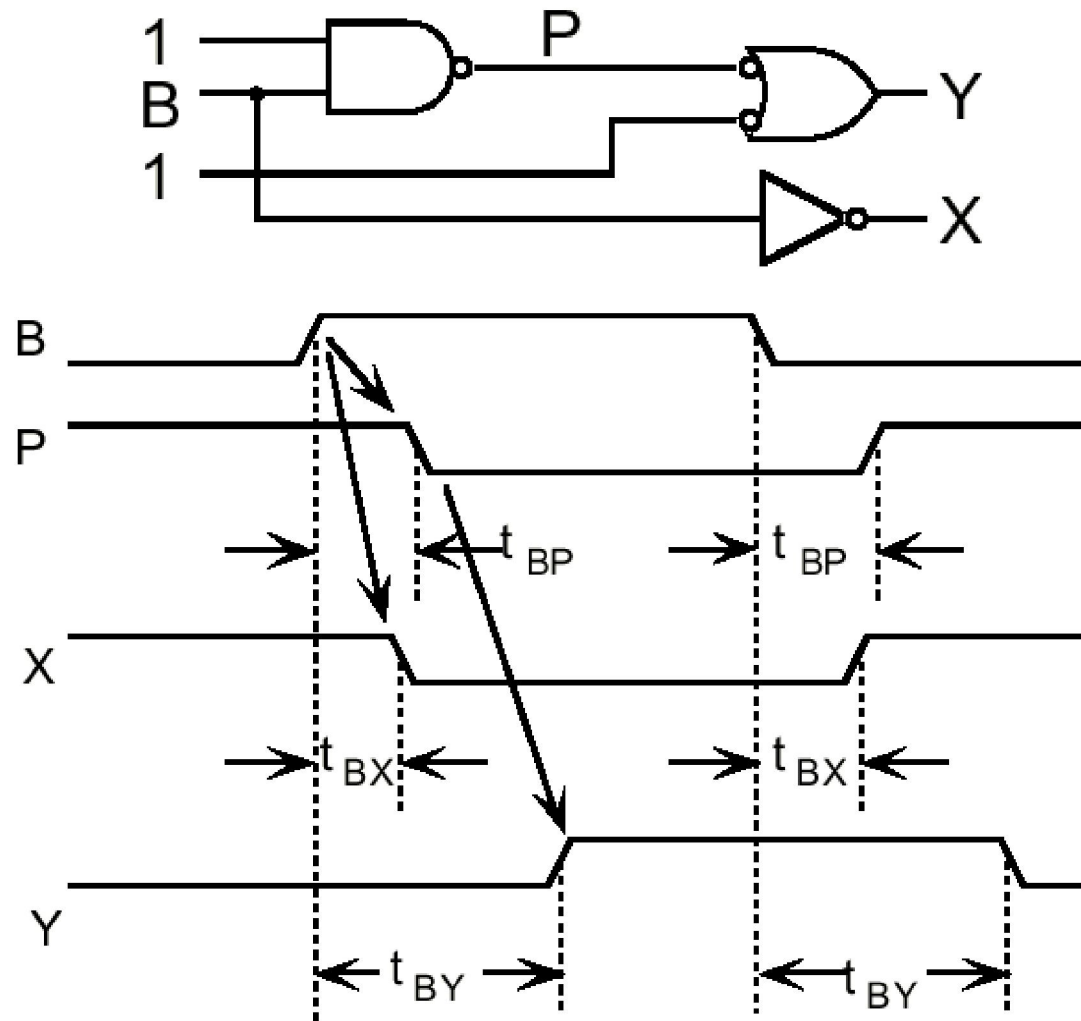


Czas propagacji bramki.

- Rzeczywiste wprowadzają zwłokę w odpowiedzi sygnałów wyjściowych na zmiany sygnałów wejściowych.
- Czas propagacji to czas ustalania sygnału na wyjściu bramki.
- Zazwyczaj czas propagacji jest różny dla zmiany **wyjścia** ze stanu niskiego na wysoki (t_{LH}) i wysokiego na niski (t_{HL}).
- Producenci bramek podają maksymalny gwarantowany czas propagacji dla swoich bramek. Jest to czas propagacji bramki w najgorszym możliwym przypadku.
- W niektórych zastosowaniach do poprawnej pracy układu bramka powinna wprowadzać opóźnienie o wymaganej długości. Dlatego katalogi podają również minimalne opóźnienie.

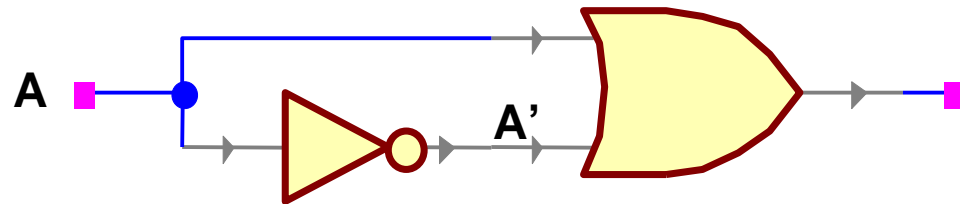


Czas propagacji bramki. Przykład

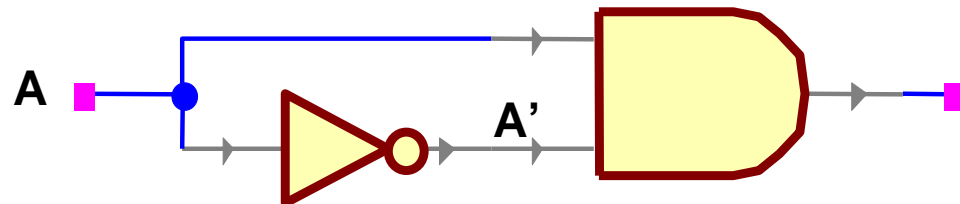


Aksjomaty algebry Boole'a

$A+A'=1$???



$A \cdot A' = 0$???



Ćwiczenie. Narysuj przebieg na wyjściu przy zmianie sygnału A na wejściu.

Hazardy

Hazard to krótkotrwała 'szpilka' do 0 w stanie 1 lub do 1 w stanie 0 powstała na skutek nie równych czasów propagacji dla różnych ścieżek w układzie.

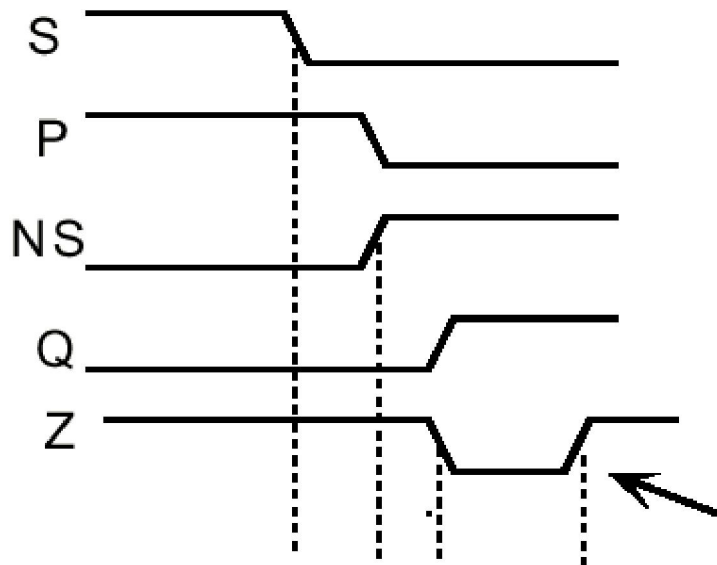
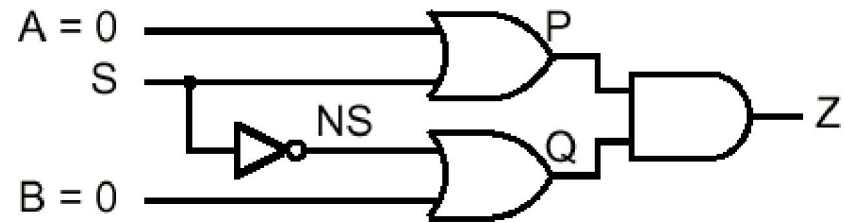
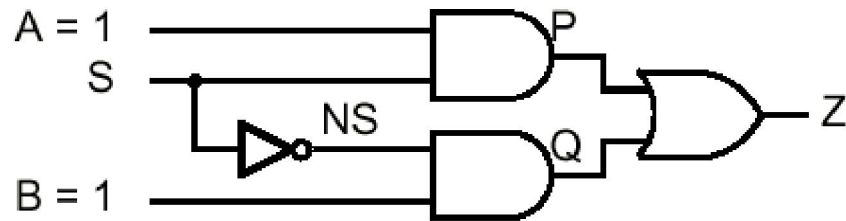
Jeżeli w układzie występują niepożądane szpilki to mówimy, że układ ma problemy z hazardami.

Wyróżniamy hazardy:

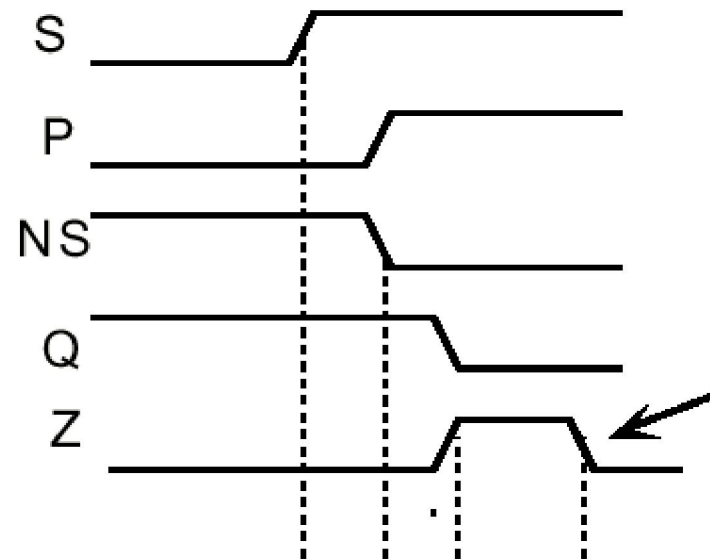
- Statyczne. Kiedy wyjście które ma nie zmienić stanu krótkotrwale zmienia stan na przeciwny
 - Statyczny w zerze kiedy wyjście ma pozostać w 0
 - Statyczny w jedynce kiedy wyjście ma pozostać w 1
- dynamiczne - kiedy występują wielokrotne zmiany stanów na wyjściach które zmieniają stan.

Hazardy mogą powodować nieprawidłowe działanie układów jeżeli wyjścia na których się pojawiają są interpretowane asynchronicznie. W wielu wypadkach potrafimy uniknąć problemów związanych z hazardami, ale czasami budowane układu muszą być od nich wolne.

Hazard statyczny w sieciach AND/OR i OR/AND



Hazard statyczny w jedynce



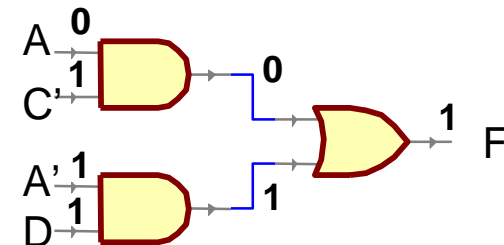
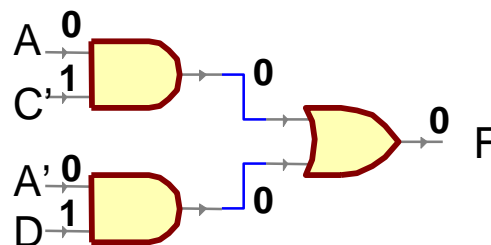
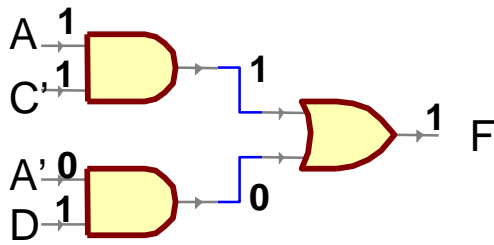
Hazard statyczny w zerze

Hazard statyczny w 1. Przykład

$$F^1(A,B,C,D) = \{1,3,5,7,8,9,12,13\}$$

Realizujemy postać dysjunkcyjną.

$$F = AC' + A'D$$



Stan przejściowy $A=0$ i $A'=0$!!

Hazard dla przejścia 1101 \rightarrow 0101

Ćwiczenie. Narysuj tablicę Karnaugh dla przykładów

W tablicy Karnaugh komórki 0101 i 1101 sąsiadują ze sobą, lecz nie są objęte wspólnym implikantem. Jest to przyczyna występowania hazardu. Dodajemy dodatkowy implikant $BC'D$ w celu wyeliminowania hazardu.

$$F = AC' + A'D + C'D - \text{wolne od hazardów w 1}$$

Usuwanie hazardów

Hazard statyczny w 1 występuje dla sieci typu NAND i sieci AND / OR (forma dysjunkcyjna)

W sieciach tych **chwilowo zachodzi $A+A' \neq 1$!**

Hazard statyczny w 0 występuje dla sieci typu NOR i sieci OR / AND (forma koniunkcyjna)

W sieciach tych **chwilowo zachodzi $AA' \neq 0$!**

Ogólny algorytm postępowania dla sieci dwupoziomowej:

- usunąć hazardy w 1. W sieci **AND/OR** sprawdzić w tablicy prawdy, czy wszystkie przylegające **jedynki** są pokryte wspólnym implikantem (oczkiem w tablicy Karnaugh). Jeżeli nie to należy dodać dodatkowe implikanty.
- usunąć hazardy w 0. W sieci **OR/AND** sprawdzić w tablicy prawdy, czy wszystkie przylegające **zera** są pokryte wspólnym implicantem (oczkiem w tablicy Karnaugh). Jeżeli nie to należy dodać dodatkowe implicanty

Ćwiczenie. Zbudować minimalną sieć NOR wolną od hazardów dla funkcji F:
 $F^0 = \{1, 3, 5, 7, 8, 10, 11, 13\}$ $F^* = \{15\}$

Hazardy dynamiczne w sieci wielopoziomowej

Przykład

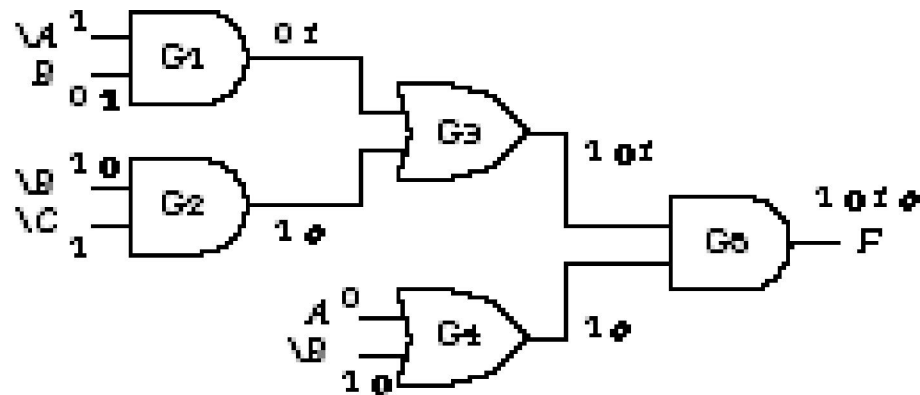
$$F(A,B,C)=(A+B')(A'B+B'C')$$

G1 powolna bramka

G4 bardzo powolna bramka

G2, G3, G5 szybkie bramki

Zmiana B z 0 na 1.



W sieciach dwupoziomowych eliminacja hazardów statycznych wystarcza do eliminacji hazardów dynamicznych.

Istnieją techniki eliminujące hazardy w sieciach wielopoziomowych ale są one raczej skomplikowane.

Rozwiązaniem jest budowanie sieci dwupoziomowych lub budowa **układów synchronicznych**.