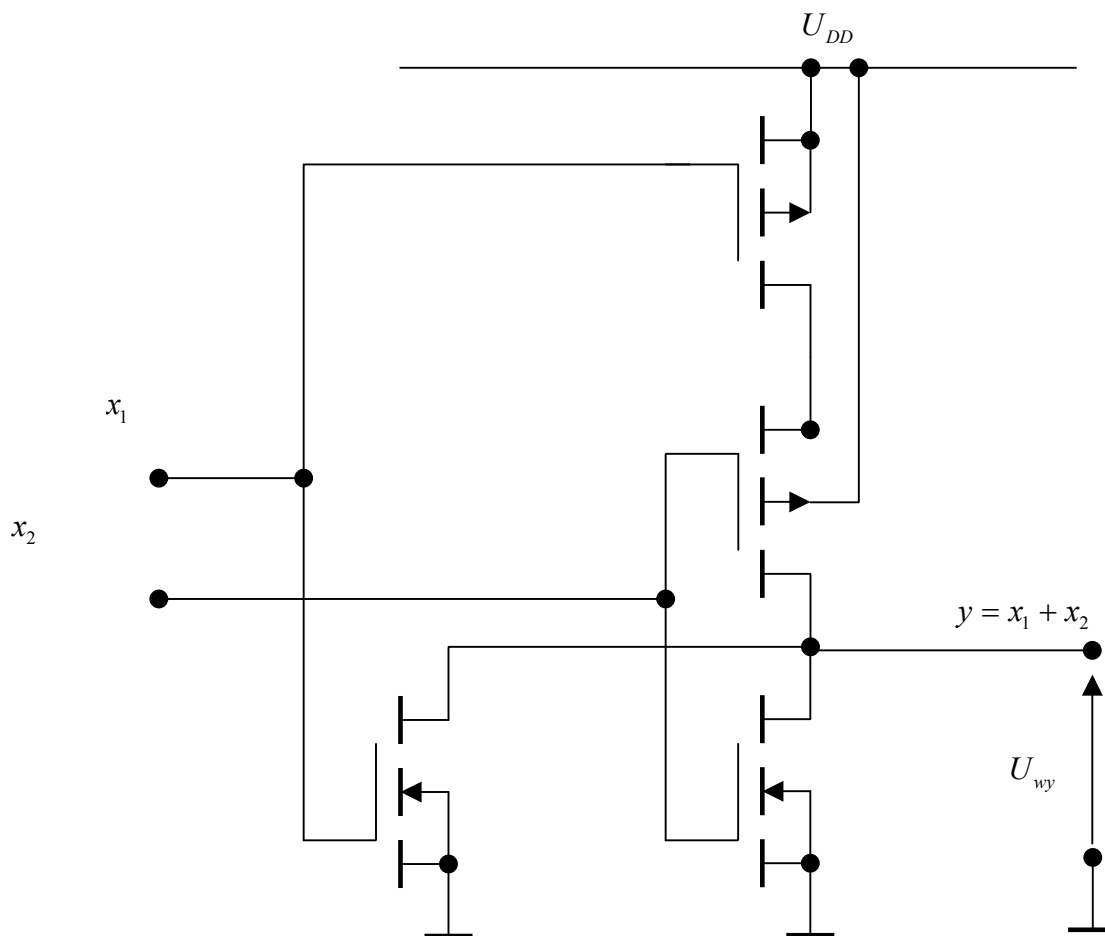


## 7.2 Bramki i przerzutniki

### 1. Bramki logiczne

Bramki logiczne służą do realizacji układów logicznych (kombinacyjnych lub sekwencyjnych), które tworzą z kolei bardziej złożone systemy cyfrowe takie jak np. układy PLD, pamięci czy mikroprocesory. Nie jest przesadą stwierdzenie, że obecnie układy bramek logicznych są najważniejszą kategorią układów elektronicznych. Cyfrowe przetwarzanie informacji stało się bowiem dominującym standardem we współczesnej elektronice, jest dokładne i znacznie odporniejsze na zakłócenia niż przetwarzanie analogowe.

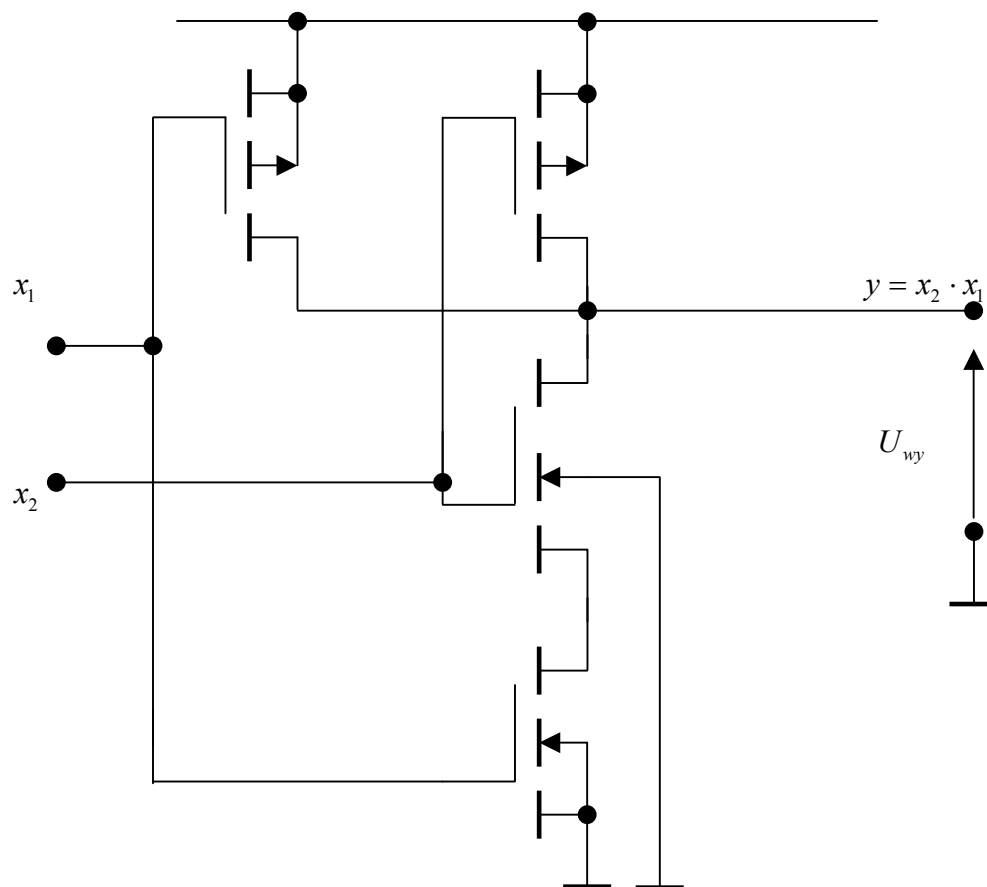
Bramki logiczne są na ogół wieloweściowymi i jednowyjściowymi układami elektronicznymi nieliniowymi, w których sygnałami wejściowymi i wyjściowymi są sygnały napięciowe reprezentujące 0 i 1 logiczną jako poziomy i wysoki poziom napięcia. Taki sposób reprezentacji 0 i 1 nie jest jedynie możliwym, ale jest najczęściej stosowany w praktyce i nosi nazwę kodowania potencjałowego. Z reguły przyjmowana jest tzw. dodatnia konwencja reprezentacji bitów, tzn. 0 reprezentujemy jako napięcie niskie (oznaczane z reguły symbolem L od ang. *low*) a 1 jako napięcie wysokie (H od ang. *high*).



Rys.1. Bramka NOR w technice CMOS

Podstawowymi parametrami bramek są: szybkość opisywana przez czas propagacji  $t_p$  sygnału cyfrowego przez bramkę oraz moc pobierana ze źródła zasilania  $P_D$ . Miarą jakości bramki jest iloczyn  $t_p \cdot P_D$  podawany na ogół w pJ. Ważnym parametrem bramki charakteryzującym możliwości tworzenia z bramek rozbudowanych sieci jest tzw. *obciążalność bramki* (lub jak czasem mówimy *wzmocnienie logiczne*), która mówi do ilu co najwyżej wejść możemy dołączyć jedno wyjście bramki. Najlepiej jednak własności łączeniowe bramek logicznych opisują charakterystyki statyczne bramek, a ściślej charakterystyki statyczne inwertera podstawowego dla danej techniki układowej realizacji bramek. Podstawowymi charakterystykami statycznymi są charakterystyka przejściowa, charakterystyka wejściowa i dwie charakterystyki wyjściowe dla niskiego i wysokiego stanu napięcia na wejściu.

Jest wiele podstawowych rodzin układów logicznych jak układy *TTL* (ang. *Transistor Transistor Logic*) w różnych odmianach oraz układy *ECL* (ang. *Emitter Coupled Logic*), ale obecnie najważniejszą rodziną układów są układy wykorzystujące tranzystory MOS a dokładniej układy CMOS (ang. *Complementary Metal Oxide Semiconductor*). Bramki NOR i NAND w technice CMOS pokazane są na rys.1 i 2.



Rys.2. Bramka NAND w technice CMOS

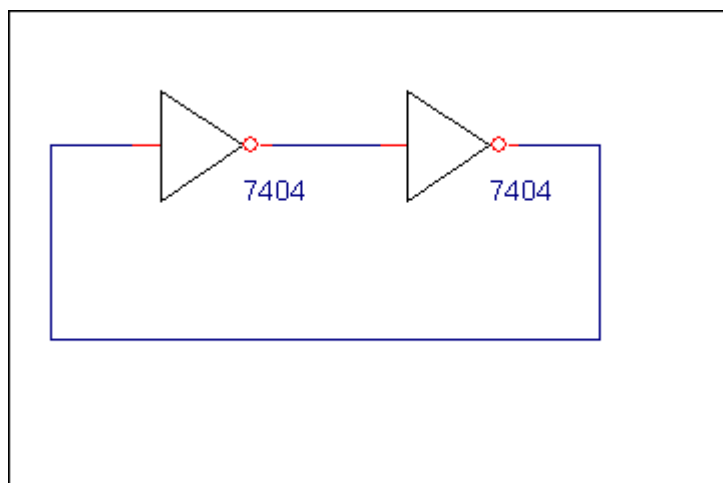
## 2. Przerzutniki

Słowo przerzutnik ma 2 znaczenia. Pierwsze już poznaliśmy. Przerzutnik to użyteczny automat elementarny lub układ sekwencyjny definiowany zależnie od typu (mamy np. przerzutniki typu D czy J-K). Czasami żeby podkreślić to znaczenie słowa przerzutnik mówimy: *przerzutnik cyfrowy*.

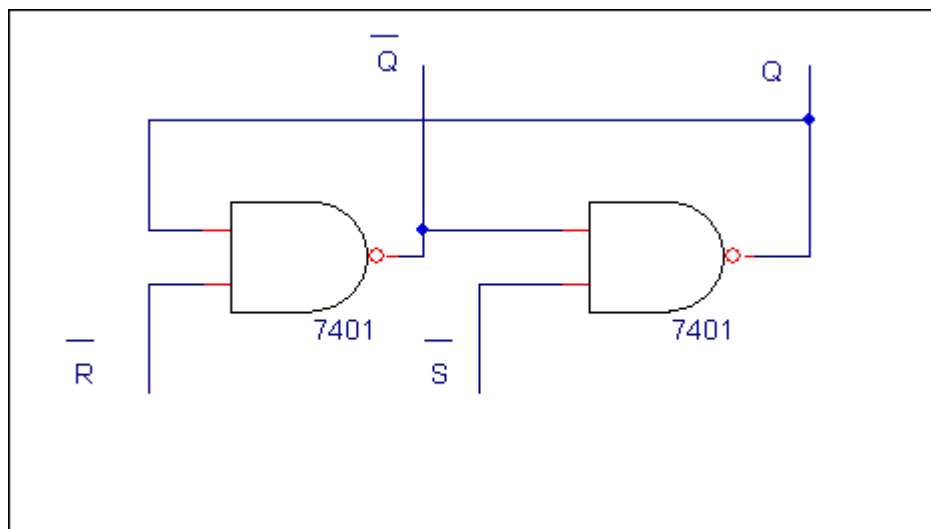
W drugim znaczeniu przerzutnik to układ elektroniczny. Z punktu widzenia układów elektronicznych przerzutniki (nazywane też *multiwibratorami*) dzielimy na:

- *przerzutniki bistabilne*
- *przerzutniki monostabilne (uniwibratory)*
- *przerzutniki astabilne*

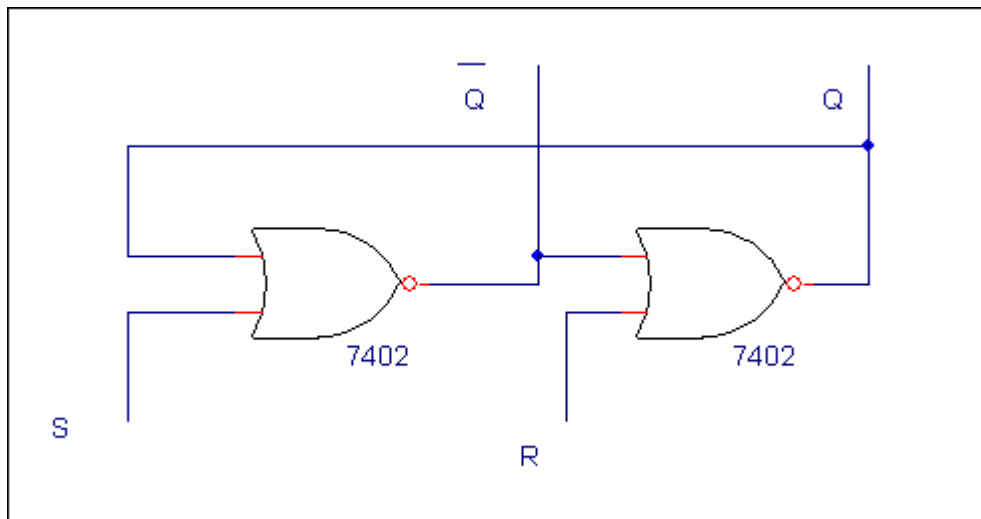
*Przerzutnik bistabilny* (ang. *flip-flop*) to układ mający dobrze określone dwa stany stabilne.



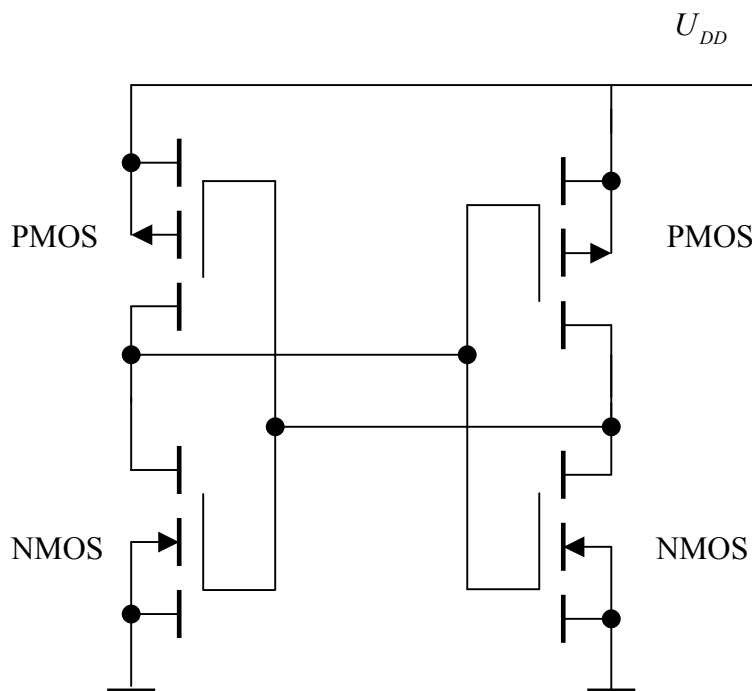
Rys. 1. Zasadniczy pomysł na przerzutnik bistabilny: dwa inwertery w układzie dodatniego sprzężenia zwrotnego



Rys.2. Przerzutnik zbudowany z 2 bramek NAND z dwoma wejściami zapalającym  $\bar{S}$  (poziomem aktywnym jest poziom niski) i gaszącym  $\bar{R}$  (poziomem aktywnym jest poziom niski)



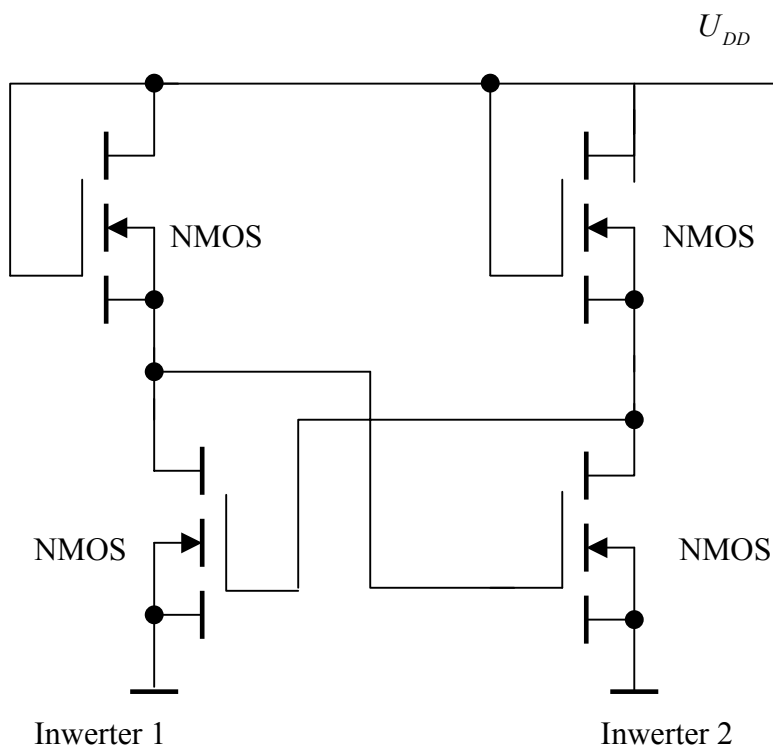
Rys. 3. Przerzutnik zbudowany z 2 bramek NOR z dwoma wejściami: zapalającym  $\bar{S}$  (poziomem aktywnym jest poziom niski) i gaszącym  $\bar{R}$  (poziomem aktywnym jest poziom niski)



Rys. 4. Przerzutnik CMOS: dwa inwertery w układzie dodatniego sprzężenia zwrotnego

*Przerzutnik monostabilny* (ang. *univibrator*, *monostable multivibrator*) to układ mający jeden stan stabilny, w którym układ może przebywać dowolnie długo, i stan quasi-stabilny, w którym układ przebywa tylko przez pewien czas.

*Przerzutnik astabilny* (ang. *astable multivibrator*) to układ mający 2 stany quasi-stabilne.



Rys. 5. Przerzutnik NMOS: dwa inwertery w układzie dodatniego sprzężenia zwrotnego

*Przerzutniki astabilne* są takimi układami elektronicznymi, w których można wyróżnić dwa tzw. quasi-stabilne stany układu. Oznaczmy te stany przez  $s_1$  i  $s_2$ . Układ pozostaje w stanie  $s_1$  przez czas  $T_1$ , a następnie przechodzi regeneracyjnie dzięki silnemu dodatniemu sprzężeniu zwrotnemu do stanu  $s_2$ . W stanie  $s_2$  układ pozostaje przez czas  $T_2$ , po czym regeneracyjnie zmienia stan na  $s_1$  i cykl pracy układu się powtarza. Przerzutniki astabilne są więc w gruncie rzeczy układami generacyjnymi. Wymagane opóźnienia  $T_1$  i  $T_2$  uzyskuje się z reguły za pomocą prostych układów przeładowania pojemności. Najczęściej są to układy RC lub układy ładowania pojemności stałym prądem. Układy z indukcyjnościami stosuje się stosunkowo rzadko. Uzyskiwane na wyjściu przerzutnika przebiegi napięciowe mają na ogół charakter fali prostokątnej lub trójkątnej. Chwile regeneracyjnych przerzutów wyznaczone są przez momenty, w których przebieg napięciowy wykładniczo lub liniowo zmienny osiąga ustalony próg komparacji.

*Generatory przestrajane napięciem*, czyli tzw. układy *VCO* (ang. *voltage controlled oscillator*) są na ogół przerzutnikami astabilnymi, w których czasy opóźnienia  $T_1$  i  $T_2$  zależą od napięcia sterującego. Na ogół konstruuje się układy VCO o liniowej zależności częstotliwości przebiegu generowanego  $f_g = 1/(T_1 + T_2)$  od napięcia sterującego. Różnorodność zastosowań układów VCO (np. układy PLL, przetworniki A/C, modulatory) czyni z tych układów ważny, uniwersalny blok konstrukcyjny.

Przerzutniki monostabilne, przerzutniki astabilne, generatory fali prostokątnej, generatory VCO oraz układy różniczkujące cyfrowo tudzież sterowane układy opóźniające tworzą obszerną kategorię układów zwaną *układami uzależnień czasowych*.