

4.2 Układy sekwencyjne

1. Przerzutniki

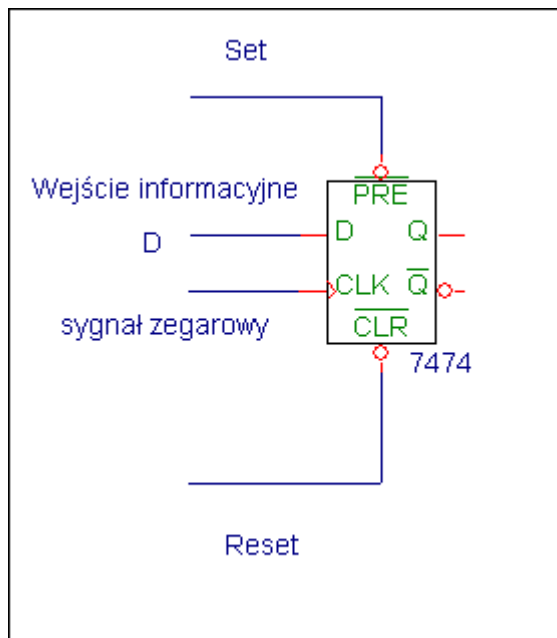
Koncepcja by budować „duże” automaty z „małych” jest naturalna i praktyczna. I tak się właśnie robi definiując i konstruując elementarne cegiełki tzw. *automaty elementarne*. Takimi właśnie automatami są *przerzutniki*, które definiujemy poniżej. Przerzutnik jest układem elektronicznym (bardzo rzadko stosuje się inne rozwiązania), który może przebywać w jednym z dwóch stabilnych stanów dowolnie długo. Mówimy, że układ jest bistabilny. Ponieważ za pomocą sygnałów zewnętrznych (wejść przerzutnika) możemy zmieniać stan układu, układ przerzutnika bistabilnego jest elementarnym układem pamięciowym zdolnym do zapamiętania jednego bitu, zera albo jedynki. Oddziaływanie za pomocą sygnałów zewnętrznych na układ przerzutnika bistabilnego zmierzające do zmiany jego stanu nazywamy wyzwalaniem przerzutnika.

Przerzutniki dzielimy na synchroniczne i asynchroniczne. Przerzutniki synchroniczne mają specjalne wejście zegarowe (zwykle oznaczane symbolem CLK) i mogą zmieniać stan tylko na narastającym lub opadającym zboczu sygnału zegarowego doprowadzonego do wejścia CLK. Przerzutniki asynchroniczne reagują na zmiany na wejściach natychmiast tzn. nie czekając na przyjście zbocza impulsu zegarowego. Często jednak ten sam układ elektroniczny przerzutnika jest jednocześnie układem synchronicznym i asynchronicznym.

Przerzutnik typu D jest przerzutnikiem synchronicznym opisanym tabelką.

D_n	Q_{n-1}	Q_n
0	0	0
0	1	0
1	0	1
1	1	1

Przerzutnik typu D najczęściej wyzwalany jest zboczem narastającym impulsu zegarowego. Mówimy, że „działa od przedniego zbocza”. Oznaczenie D pochodzi od słowa angielskiego delay czyli opóźnienie. D jest tzw. wejściem informacyjnym. Na wejście CLK podawany jest przebieg zegarowy. Przerzutnik typu D jest bardzo ważnym typem przerzutnika służy do konstrukcji m.in. rejestrów i liczników.



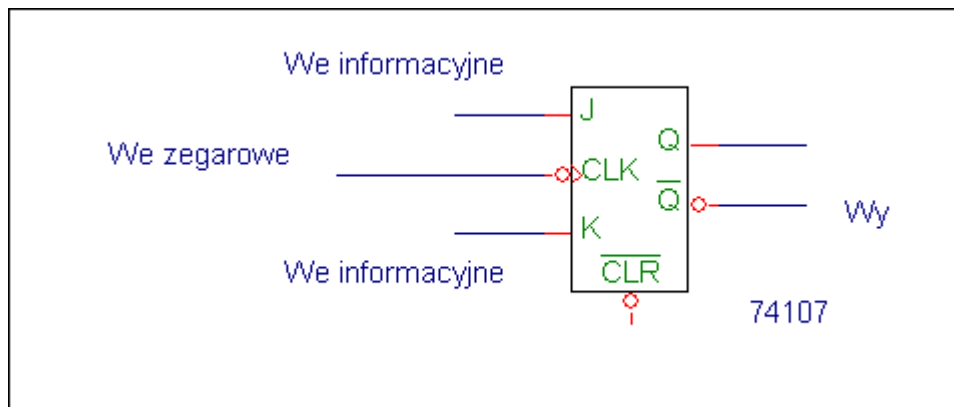
Rys.1. Przerzutnik typu D, synchronizowany narastającym zboczem (strzałka kończąca doprowadzenie sygnału zegarowego nie jest zaczerpnięta ani nie ma kółeczka); wejścia Set i Reset są asynchronicznymi wejściami ustawiającymi; sygnałem aktywnym jest poziom niski L czyli 0

Przerzutnik J-K jest dwuwejściowym przerzutnikiem synchronicznym opisanym tabelką.

J_n	K_n	Q_{n-1}	Q_n
0	0	0	0
0	0	1	1
0	1	0	0
0	1	1	0
1	0	0	1
1	0	1	1
1	1	0	1
1	1	1	0

Wejście J jest tzw. wejściem ustawiającym lub zapalającym wejście K jest tzw. wejściem zerującym lub gaszącym. Jednoczesne podanie 1 na wejścia J i K powoduje zmianę stanu przerzutnika na przeciwny. Przerzutnik J-K nieco częściej stosowany jest jako przerzutnik synchronizowany opadającym zboczem (ang negative edge triggered flip-flop) niż jako przerzutnik synchronizowany narastającym zboczem (ang positive edge triggered flip-flop).

Przykładem układu przerzutnika J-K synchronizowanego przednim zboczem (czyli narastającym zboczem) jest układ SN74108 serii SN74, a przykładem układu synchronizowanego opadającym zboczem jest układ SN74107.



Rys.2. Przerzutnik typu J-K, synchronizowany opadającym zboczem (strzałka kończąca doprowadzenie sygnału zegarowego nie jest zaczerpnięta ale ma kółeczko); wejście \overline{CLR} jest asynchronicznym wejściem zerującym; sygnałem aktywnym jest poziom niski L czyli 0

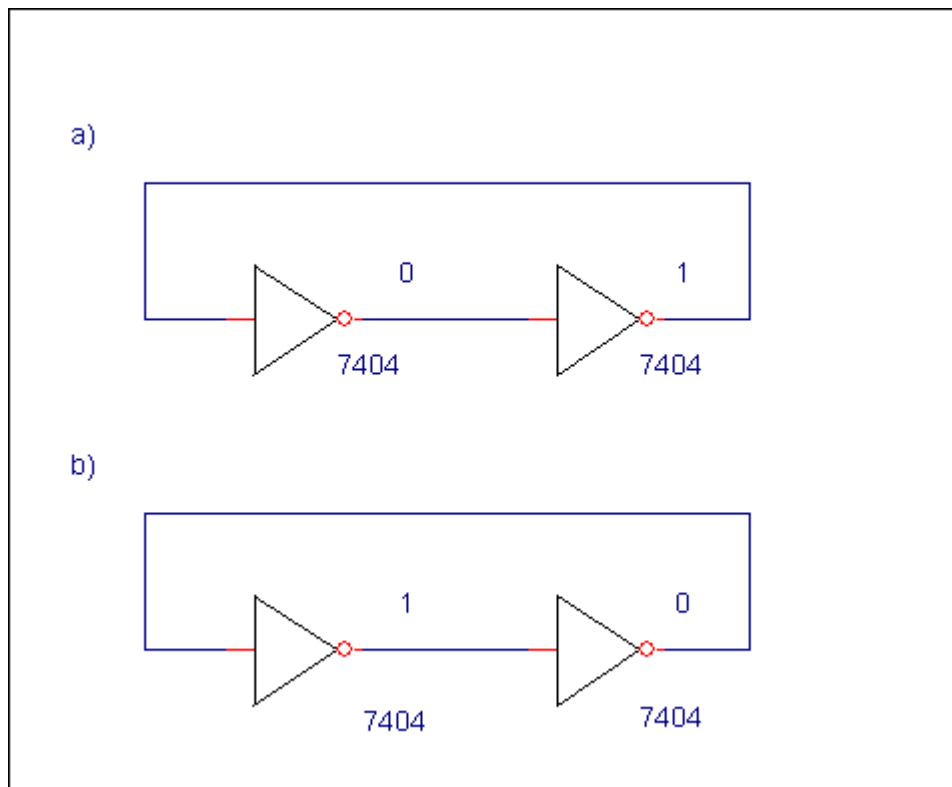
W technice cyfrowej stosowane są również bardzo podobne do przerzutników synchronicznych J-K *przerzutniki synchroniczne R-S* (R od ang. reset (wyzeruj), S od ang. set (ustaw 1)). Różnica w ich definicji polega jedynie na tym, że w przerzutniku R-S stan $R \cdot S = 1$ jest zabroniony. Nie można jednocześnie usiłować zapalić i zgasić przerzutnika.

Przerzutnik typu T jest jednowejściowym przerzutnikiem synchronicznym opisanym tabelką.

T_n	Q_{n-1}	Q_n
0	0	0
0	1	1
1	0	1
1	1	0

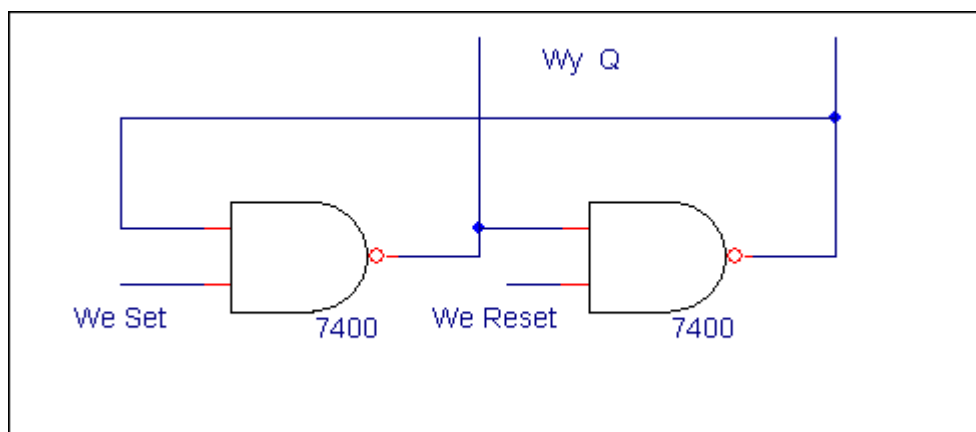
Widać, że jedynka podana na wejście T zmienia stan przerzutnika na przeciwny. Przerzutnik typu T uzyskamy łatwo z przerzutnika J-K łącząc wejścia J i K razem.

Przerzutniki asynchroniczne to przerzutniki bistabilne nie mające wejścia zegarowego i ich stan zależy bezpośrednio od wartości wejść. Podstawowa koncepcja układu przerzutnika bistabilnego asynchronicznego to układ złożony z dwóch inwertorów połączonych pętlą dodatniego sprzężenia zwrotnego.



Rys. 3. Podstawowa koncepcja układu przerzutnika bistabilnego; dwa inwerty połączone pętlą sprzężenia zwrotnego. Rysunki a) i b) ilustrują 2 stany stabilne układu

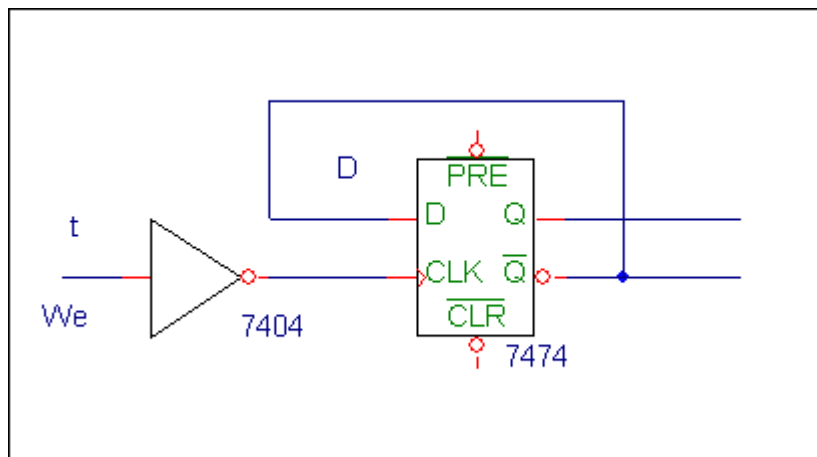
Przerzutnik r-s (czasami mówimy asynchroniczny przerzutnik R-S) to układ przerzutnika bistabilnego z dwoma wejściami asynchronicznymi R (reset, zerowanie, gaszenie) i S (set, ustawianie 1, zapalanie).



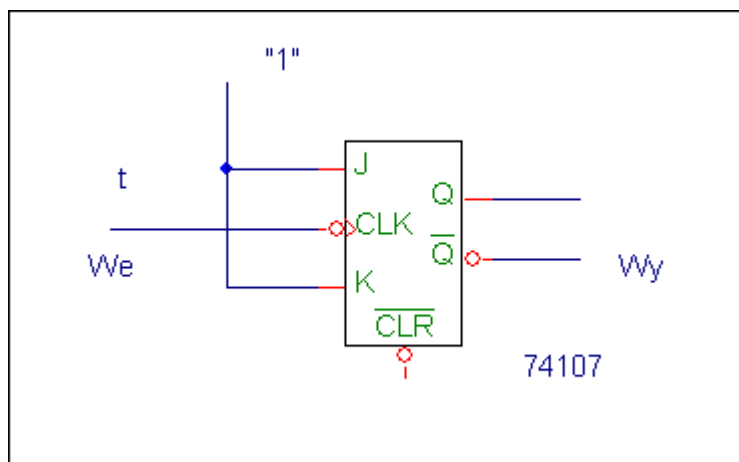
Rys.4. Przerzutnik bistabilny asynchroniczny R-S

Dwójka licząca lub przerzutnik typu t to przerzutnik bistabilny z jednym wejściem oznaczanym symbolem t , który zmienia stan w momencie pojawienia się opadającego zbocza prostokątnego impulsu podanego na wejście t .

Dwójkę liczącą łatwo można zrealizować za pomocą przerzutnika synchronicznego.



Rys. 5. Realizacja dwójki liczącej (przerzutnika typu t) za pomocą przerzutnika typu D



Rys. 6. Realizacja dwójki liczącej (przerzutnika typu t) za pomocą przerzutnika J-K