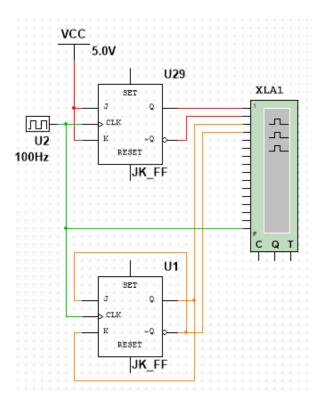
# Technika Cyfrowa Sprawozdanie - Liczniki

Maciej Trątnowiecki AGH, Semestr Letni, 2020

## 1 Dwójka licząca w oparciu o przerzutniki JK

## 1.1 Projekt układu

W ramach laboratorium przygotowałem implementację dwójki liczącej w oparciu o przerzutnik JK na dwa różne sposoby.

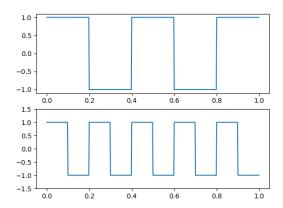


Zadaniem dwójki liczącej jest odtworzenie otrzymanego cyfrowego sygnału zegarowego z dwukrotnie niższą częstotliwością. Przypomnijmy tabelę wzbudzeń przerzutnika JK.

J	K	Działanie przerzutnika
0	0	Podtrzymanie stanu poprzedniego
0	1	Zmiana stanu na 0
1	0	Zmiana stanu na 1
1	1	Zmiana stanu na przeciwny

Tabela 1: Tabela wzbudzeń przerzutnika JK

Pierwszą dwójkę liczącą uzyskałem poprzez podanie stanu wysokiego na wejścia J i K przerzutnika. Tak ustawiony przerzutnik z każdym okresem zegara głównego zamienia stan wyjściowa Q na przeciwny. Zależność tą zilustrować możemy za pomocą poniższego wykresu.



Dolny wykres odpowiada za przebieg zegara. Z każdym stanem wysokim podawanym przez zegar przerzutnik zamienia stan wyjściowy na przeciwny. W efekcie otrzymujemy sygnał o dwukrotnie niższej częstotliwości, czyli udało nam się zrealizować dwójkę liczącą.

Drugą implementację dwójki liczącej otrzymałem poprzez połączenie wejścia K z wyjściem Q, oraz wejścia J z wyjściem zanegowanego Q. Podobnie jak w poprzednim przypadku, otrzymujemy układ zamieniający stan wyjściowy na przeciwny z każdym stanem wysokim zegara. Dzieje się tak dlatego, że gdy na wejścia układu podamy dwa sygnały przeciwne, to jest stan niski na wejście J i wysoki na wejście K, lub odwrotnie, przerzutnik ustawi stan otrzymany na wejściu J jako wyjściowy. To z kolei spowoduje zamianę stanów na wejściach na przeciwne - wraz z następnym stanem wysokim zegara na wyjściu podany zostanie sygnał do niego przeciwny.

### 1.2 Sposób działania

Działanie obu układów dzielnika przetestowałem za pomocą analizatora logicznego. Sygnały zaznaczone kolorem czerwonym pochodzą od pierwszej dwójki liczącej, z kolei sygnały zaznaczone kolorem pomarańczowym od drugiej dwójki. Kolorem zielonym zaznaczono sygnał generowany przez zegar.



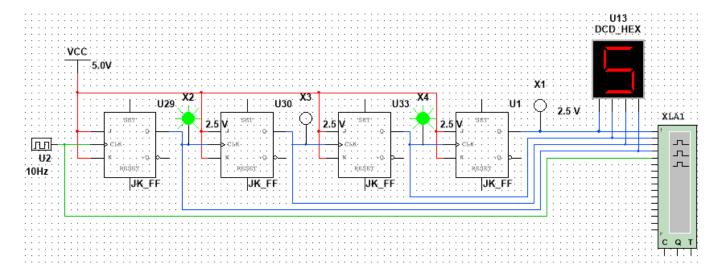
Oba układy generują ten sam sygnał wyjściowym, o dwukrotnie niższej częstotliwości w stosunku do sygnału wejściowego pochodzącego od zegara.

#### 1.3 Wnioski

Układ dwójki liczącej można łatwo zrealizować za pomocą przerzutnika, bez potrzeby stosowania dodatkowych układów.

## 2 Czterobitowy licznik asynchroniczny liczący wstecz

## 2.1 Projekt układu



Za pomocą dwójek liczących zaprojektowanych w poprzednim zadaniu możemy zbudować licznik. Jeśli dwójki liczące połączymy szeregowo, łącząc wyjście jednej z dwójek z wejściem zegarowym następnej, każda kolejna z dwójek zamieniać będzie swój stan wyjściowy na przeciwny 2 razy rzadziej niż poprzednia.

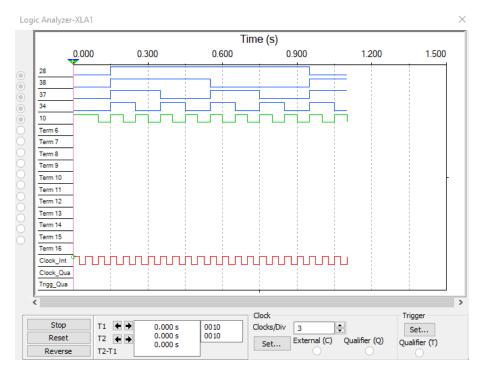
Liczba w systemie dziesiątkowym	3 najmniej znaczący bit	2 najmniej znaczący bit	najmniej znaczący bit
7	1	1	1
6	1	1	0
5	1	0	1
4	1	0	0
3	0	1	1
2	0	1	0
1	0	0	1
0	0	0	0

Tabela 2: Kolejne stany wyjść licznika

Zauważmy, że odpowiada to oczekiwanym stanom wyjściowym licznika. Tak skonstruowany licznik nazywamy licznikiem asynchronicznym, ponieważ kolejne przerzutniki nie są wyzwalane zegarem generującym sygnał tej samej częstotliwości.

## 2.2 Sposób działania

Tak przygotowany układ przetestowałem za pomocą probówek reprezentujących kolejne bity, wyświetlacza siedmiosegmentowego z wbudowanym dekoderem, oraz analizatora logicznego.



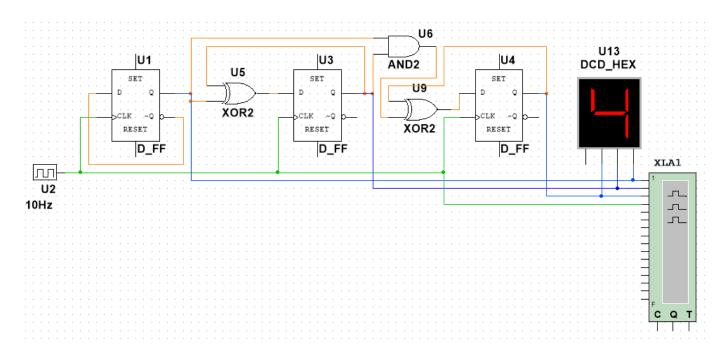
Na powyższym wykresie z analizatora sygnał z zegara został zaznaczony kolorem zielonym. Kolorem granatowym oznaczyłem kolejne wyjścia licznika. Widzimy, że licznik poprawnie realizuje zliczanie wstecz.

### 2.3 Wnioski

Układy zliczające możemy w prosty sposób uzyskać za pomocą dwójek liczących, opóźniających zamianę stanu kolejnych bitów na wyjściu.

## 3 Synchroniczny licznik modulo 8

## 3.1 Projekt układu



Do budowy układu wykorzystamy przerzutniki D, przypomnijmy zatem ich tabele przejść.

D	Q(t)	Q(t+1)
0	0	0
0	1	0
1	0	0
1	1	1

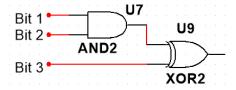
Tabela 3: Tabela przejść przerzutnika D

Nasz licznik przechodzić musi przez liczby od 0 do 7, zbierzmy zatem ich reprezentacje binarne w jednej tabeli.

Liczba		Liczba w systemie binarnym	
0	0	0	0
1	0	0	1
2	0	1	0
3	0	1	1
4	1	0	0
5	1	0	1
6	1	1	0
7	1	1	1

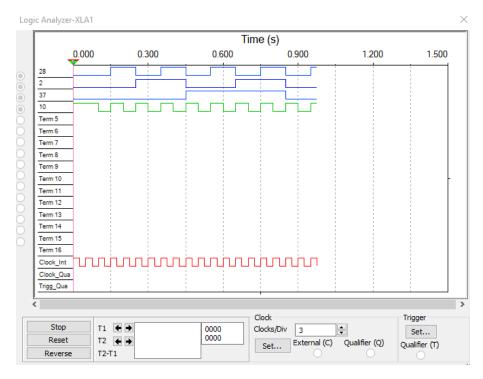
Tabela 4: Liczby generowane przez licznik modulo 8 zapisane w systemie binarnym

W liczniku synchronicznym wszystkie przerzutniki korzystają z tego samego sygnału zegarowego. Widzimy, że przerzutnik odpowiedzialny za najmniej ważny bit zmienia stan za każdym przejściem licznika. Połączymy więc jego wejście D z wyjściem zanegowanego Q. Zauważmy, że stan drugiego najmniej ważnego bitu równoważny jest z wartością funkcji xor dwóch najmniej ważnych bitów w poprzednim ustawieniu. Wykorzystamy tą własność podłączając wyjście bramki xor do wejścia D drugiego przerzutnika. Wejścia bramki podłączymy do wyjścia poprzedniego przerzutnika, oraz stanu na wyjściu drugiego z przerzutników. Trzeci bit zmienia swój stan na wysoki, gdy licznik wskazuje liczbę 3, tj. 011 w zapisie binarnym. Następnie powraca do stanu niskiego przy liczbie 7, tj 111. Wykorzystamy tą własność - niech stan na wejściu trzeciego z przerzutników odpowiadał będzie będzie wartości funkcji xor z wyjścia trzeciego przerzutnika, oraz wartości funkcji and na wyjściach dwóch poprzednich przerzutników.



### 3.2 Sposób działania

Tak przygotowany układ przetestowałem za pomocą analizatora logicznego. Kolorem zielonym zaznaczono sygnał zegara, kolorem granatowym sygnały odpowiadające za wartości kolejnych bitów liczby.



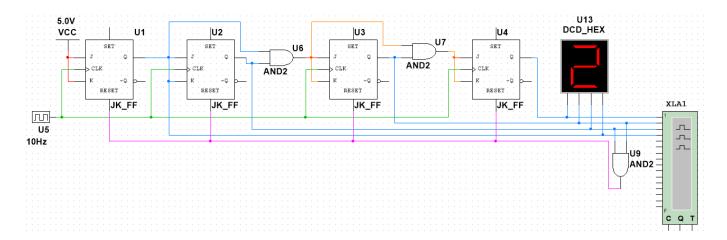
Jak łatwo zauważyć na powyższym wykresie, układ poprawnie realizuje swoją funkcję zliczając kolejno od 0 do 7, po czym powraca do zera.

### 3.3 Wnioski

Analizując oczekiwane na kolejnych wyjściach wartości możemy w łatwy sposób dobrać bramki logiczne realizujące interesujące nas funkcje.

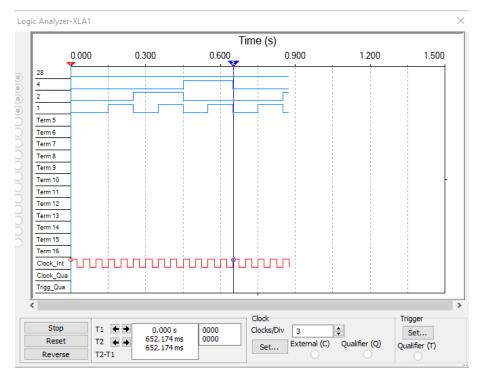
## 4 Licznik modulo 6

### 4.1 Projekt układu



W układzie wykorzystałem licznik synchroniczny, czterobitowy zliczający wprzód zbudowany w oparciu o przerzutniki JK. Ponieważ chcemy uzyskać licznik modulo 6, układ powinien powrócić do stanu początkowego natychmiast po otrzymaniu tej liczby. Zauważmy, że liczba sześć jest pierwszą liczbą w której wartość drugiego i trzeciego najmniej znaczącego bita przyjmuje stan wysoki. Możemy zatem wykorzystać bramkę and, której wyjścia połączymy z wejściami reset przerzutników realizujących licznik czterobitowy.

## 4.2 Sposób działania



Układ przetestowałem z użyciem wyświetlacza siedmiosegmentowego z wbudowanym dekoderem, oraz analizatora logicznego. Układ poprawnie implementuje licznik modulo 6, po podaniu liczby 5 jego stan powraca do zera.

### 4.3 Wnioski

Liczniki modulo dowolną liczbę możemy w prosty sposób zrealizować za pomocą odpowiednio dobranych bramek logicznych, oraz wejścia reset w przerzutnikach licznika.