

## Material do Cwiczen z Teorii układów logicznych.

### PRZERZUTNIKI

Przerzutniki ,oprócz bramek logicznych,sa podstawowa grupa elementów stosowanych w technice cyfrowej.Układy cyfrowe mozemy podzielic na kombinacyjne i sekwencyjne.Układy sekwencyjne maja pamiec,i dlatego sa nazywane układami kombinacyjnymi z pamiecia.Układy sekwencyjne dzieli sie na synchroniczne i asynchroniczne.Do budowy pamieci układów sekwencyjnych synchronicznych uzywa sie przerzutników synchronicznych ,natomiast do budowy pamieci układów asynchronicznych uzywa sie przerzutników asynchronicznych.

W układach synchronicznych wystepuje pewien (co najmniej jeden) wyróżniony sygnał – zwany przebiegiem zegarowym,taktujacym lub synchronizujacym . Przebieg ten wyznacza cykl pracy układu , a jego okres stanowi umowna jednostke czasu.Sygnał zegarowy okresla chwile , w których stany wejsc oddzialywuja na układ. Chwile te sa wyznaczane przez zbocze dodatnie badz ujemne biegu taktujacego, dlatego mówimy o synchronizacji układu zboczem narastajacym lub opadajacym. W chwilach tych stany innych wejsc nie powinien sie zmieniac. Odcinek czasu pomiedzy dwoma kolejnymi zboczami aktywnymi sygnalu zegarowego jest nazywany taktem. Dla oznaczenia sposobu wyzwalania danego przerzutnika stosuje sie symbole – maly trójkacik rysowany na wejsciu zegarowym oznacza wyzwalanie przerzutnika zboczem. Jesli zboczem synchronizujacym jest zbocze ujemne (opadajace) , to jest dodatkowo rysowane kółeczko lub trójkacik jest zaczerniony.Przerzutnik wyzwalany poziomem bedzie rysowany bez trójkacika. Jezeli poziomem aktywnym bedzie poziom niski, to na takim wejsciu rysowane bedzie kółeczko.

Dzialanie przerzutnika mozna opisac za pomoca tzw. tablicy wzbudzen, tablicy przejsc, tablicy charakterystycznej lub wykresu czasowego.

Przerzutnik uzywany w technice cyfrowej jest układem o co najmniej dwóch wejsciach i z rególy dwóch wyjsciach.Wejscia moga byc:

- Zegarowe (ang.Clock) zwane również synchronizujacymi.Uzywa sie oznaczen: CK,CLK,CL,T.

- Informacyjne;

- Programujace,przygotowujace.

Wejscia zegarowe maja wylaczenie przerzutniki synchroniczne . Przerzutniki takie reaguja na informacje podawana na wejscia informacyjne tylko w obecności impulsu zegarowego. Stan wejsc informacyjnych powinien byc wówczas juz ustalony i nie zmieniac sie.

#### **Przerzutniki asynchroniczne .**

-*Przerzutnik rs-* jest zbudowany z dwóch bramek NOR. Ma dwa wejscia : ustawiajace s (ang.set) i zerujace r (ang.reset) oraz dwa wyjścia: jedno oznaczone Q i drugie o znaczone P.Przeanalizujmy mozliwe stany wyjsc tego układu ,przy stanie wejsc  $rs = 00$ . Zauwazmy , ze Q moze byc równe 1 i wówczas  $P = 0$  , a wtedy  $P = 1$ .W obu wiec przypadkach  $P = Q'$ .

#### **Przerzutniki synchroniczne .**

Maja : wejscia informacyjne ,wejscia programujace i wejscie synchronizujace.W odróżnieniu od przerzutników asynchronicznych oddzialywanie stanu wejsc informacyjnych na stan przerzutnia jest mozliwe tylko w obecności impulsu synchronizujacego (zegarowego) doprowadzanego do wejscia C.Dzialanie przerzutnika opisujemy za pomoca tzw. tablicy wzuzden lub tablicy przejsc.

*Tablica wzbudzen* okresla ,jaki powinien byc stan wejsc informacyjnych aby przerzutnik przeszedl z jednego stanu do drugiego.

*Tablica przejść* określa, jaki będzie kolejny stan przerzutnika w zależności od aktualnego stanu przerzutnika i od aktualnego stanu jego wejść.

- *Przerzutnik synchroniczny typu D*

Przerzutnik ma jedno wejście informacyjne D i wejście zegarowe C.

W opisie działania przerzutnika nie występuje w sposób jawny sygnał zegarowy.

Q	Q <sub>n+1</sub>	D
0	0	0
0	1	1
1	0	0
1	1	1

Istnienie i oddziaływanie impulsu zegarowego jest ukryte w zapisie  $Q - Q_{n+1}$ . Przejście to bowiem dokonuje się synchronicznie z przebiegiem zegarowym. Poszczególne wiersze w tablicy należy czytać następująco: Przerzutnik pozostaje w stanie 0, gdy na wejściu D jest stan 0; przerzutnik przechodzi ze stanu 0 do 1, gdy na wejściu D jest 1, itd.

Z tablicy wynika zatem, że  $Q_{n+1} = D$ . Na wyjściu przerzutnia pojawia się to, co jest na jego wejściu, ale dopiero w chwili wystąpienia impulsu zegarowego. Dlatego przerzutnik D jest nazywany elementem opóźniającym.

- *Przerzutnik synchroniczny typu T*

Przerzutnik ma jedno wejście informacyjne oznaczane literą T i wejście zegarowe C. Oto tablica wzbudzeń dla tego przerzutnika:

Q	Q <sub>n+1</sub>	T
0	0	0
0	1	1
1	0	1
1	1	0

- *Przerzutnik synchroniczny typu RS*

Przerzutnik ma dwa wejścia informacyjne R i S oraz wejście zegarowe C. W przerzutniku tym stan wejść 11 jest logicznie zabroniony, podobnie jak w przerzutniku asynchronicznym RS zbudowanym z bramek NOR.

Q	Q <sub>n+1</sub>	S	R
0	0	0	-
0	1	1	0
1	0	0	1
1	1	-	0

- *Przerzutnik synchroniczny typu JK*

Przerzutnik ma dwa wejścia informacyjne oznaczone J i K.

Q	Q <sub>n+1</sub>	J	K
0	0	0	-
0	1	1	-
1	0	-	1
1	1	-	0

Wejście J = 1 ustawia przerzutnik w stan 1, a wejście K = 1 ustawia przerzutnik w stan 0. Przerzutnik ten jest inną (poprawioną) wersją przerzutnika RS. Stan wejść 11 nie jest w nim zabroniony. Przerzutnik ten przy stanie 11 zmienia swój stan na przeciwny.

### **Liczniki**

Licznikiem nazywamy układ logiczny sekwencyjny przeznaczony do zliczania impulsów wejściowych. Pojawienie się kolejnego impulsu wejściowego powoduje zmianę stanu licznika, przy czym kolejnym stanom odpowiada liczba zliczonych do osiągnięcia tego stanu impulsów wejściowych. Najczęściej zliczaniu podlegają impulsy zegarowe, a dodatkowe wejścia służą do programowania sposobu liczenia.

Licznik nazywamy modulo n, jeżeli może on zliczyć n-1 impulsów, a impuls n-ty powoduje powrót do stanu spoczynkowego.

Licznik liczy „do przodu”, jeżeli zwiększenie liczby zliczonych impulsów powoduje wzrost wskazania licznika. Licznik liczy „do tyłu” - jeżeli zwiększenie liczby impulsów powoduje zmniejszenie wskazania licznika.

Licznik liczący „do przodu” albo „do tyłu” w zależności od sygnałów na wejściach dodatkowych nazywamy licznikiem rewersyjnym.

Liczniki dzielimy na:

- równoległe (synchroniczne)
- szeregowo (asynchroniczne)
- asynchroniczno – synchroniczne

W pierwszym przypadku impulsy zegarowe są doprowadzone bezpośrednio do wszystkich przerzutników.

W drugim przypadku tylko do pierwszego przerzutnika.

- zliczające w dół
- zliczające w górę
- rewersyjne
- z zerowaniem synchronicznym
- z zerowaniem asynchronicznym
- z ustawianiem synchronicznym
- z ustawianiem asynchronicznym

- z układem dodającym
- z układem odejmującym

Liczniki zbudowane są z pewnej liczby synchronicznych przerzutników, odpowiednio ze sobą połączonych. Zerowanie licznika jest to ustawienie wszystkich przerzutników w stan 0. Liczba stanów przyjmowanych przez licznik w jednym pełnym cyklu nazywa się długością cyklu lub pojemnością licznika. Jeżeli licznik składa się z  $n$  przerzutników, to jego pojemność zależy od połączeń logicznych między poszczególnymi przerzutnikami, zawiera się w przedziale  $\langle 1, 2^n \rangle$ .

Jeżeli licznik ma  $p$  różnych stanów, przez które przechodzi cyklicznie, to określa się go jako licznik modulo  $p$ .

Każdemu określonemu stanowi licznika odpowiada jedna określona kombinacja stanów przerzutników tworzących licznik.

Licznik dwójkowy o pojemności 10 nazywa się licznikiem dziesiętnym lub dekadowym.

Pełny cykl pracy takiego licznika obejmuje 10 stanów.

Przydatność licznika do pracy w określonych systemach cyfrowych może być oceniona w oparciu o jego podstawowe parametry:

- szybkość działania
- czas ustalania zawartości licznika.

Szybkość działania określa się przez podanie maksymalnej dopuszczalnej częstotliwości  $f_{\max}$  impulsów zliczanych.

W liczniku asynchronicznym maksymalna częstotliwość impulsów wyjściowych występuje tylko w pierwszym przerzutniku i nie może przekroczyć dopuszczalnej wartości  $f_{\max}$ .

Ponieważ maksymalny czas ustalania się zawartości licznika jest sumą czasów propagacji  $t_p$  wszystkich przerzutników, to maksymalna częstotliwość wejściowa nie powinna przekroczyć wartości

$$f_{\max} \leq \frac{1}{n t_{p\max} + t_0} \quad (1)$$

gdzie:

$n$  - liczba przerzutników wchodzących w skład licznika

$t_p$  - czas propagacji jednego przerzutnika

$t_0$  - czas potrzebny na ustalenie się zawartości licznika po każdym impulsie zliczanym

W liczniku synchronicznym wejścia zegarowe wszystkich przerzutników są połączone, co zapewnia jednoczesność zmian stanów przerzutników. Czas ustalania zawartości licznika determinowany jest sumą czasów propagacji sygnału przez układy kombinacyjne, realizujące zbiór funkcji przełączających dla wejść informacyjnych przerzutników licznika. Ze względu na sposób realizacji tych funkcji wyróżnia się:

- liczniki synchroniczne z przeniesieniami równoległymi
- liczniki synchroniczne z przeniesieniami szeregowymi.

**Przykład** /własny/

**Licznik modulo 16** zbudowany na przerzutnikach JK

Kodujemy binarnie cyfry od 1 do 15

	$Q_4$	$Q_3$	$Q_2$	$Q_1$
0	0	0	0	0
1	0	0	0	1
2	0	0	1	0
3	0	0	1	1
4	0	1	0	0
5	0	1	0	1
6	0	1	1	0
7	0	1	1	1
8	1	0	0	0
9	1	0	0	1
10	1	0	1	0
11	1	0	1	1
12	1	1	0	0
13	1	1	0	1
14	1	1	1	0
15	1	1	1	1

Wg tabeli wzbudzen przerzutnika JK :

Q	$Q_{n+1}$	J	K
0	0	0	-
0	1	1	-
1	0	-	1
1	1	-	0

Budujemy tabele Karnaugh'a dla ośmiu wejść informacyjnych czterech przerzutników JK:

$Q_4 Q_3 \setminus Q_2 Q_1$	00	01	11	10
00	1	-	-	1
01	1	-	-	1
11	1	-	-	1
10	1	-	-	1

$$J1 = 1$$

$Q_4 Q_3 \setminus Q_2 Q_1$	00	01	11	10
00	-	1	1	-
01	-	1	1	-
11	-	1	1	-
10	-	1	1	-

$$K1 = 1$$

$Q_4 Q_3 \setminus Q_2 Q_1$	00	01	11	10
00	0	1	-	-
01	0	1	-	-
11	0	1	-	-
10	0	1	-	-

$$J2 = Q_1$$

$Q_4 Q_3 \setminus Q_2 Q_1$	00	01	11	10
00	-	-	1	0
01	-	-	1	0
11	-	-	1	0
10	-	-	1	0

$$K2 = Q_1$$

$Q_4 Q_3 \setminus Q_2 Q_1$	00	01	11	10
00	0	0	1	0
01	-	-	-	-
11	-	-	-	-
10	0	0	1	0

$$J3 = Q_2 Q_1$$

$Q_4 Q_3 \setminus Q_2 Q_1$	00	01	11	10
00	-	-	-	-
01	0	0	1	0
11	0	0	1	0
10	-	-	-	-

$$K3 = Q_2 Q_1$$

$Q_4 Q_3 \setminus Q_2 Q_1$	00	01	11	10
00	0	0	0	0
01	0	0	1	0
11	-	-	-	-
10	-	-	-	-

$$J_4 = \underline{Q}_4 Q_3 Q_2 Q_1$$

$Q_4 Q_3 \setminus Q_2 Q_1$	00	01	11	10
00	-	-	-	-
01	-	-	-	-
11	0	0	1	0
10	0	0	0	0

$$K_4 = Q_4 Q_3 Q_2 Q_1$$

Dzięki wyliczonym zależnościom możemy sporządzić model takiego licznika. W załączeniu na dyskietce znajduje się taki model wykonany w programie Electronic work bench. W modelu tym do wyjść  $Q_1, Q_2, Q_3, Q_4$  podłączony został siedmio-segmentowy wyświetlacz, dla lepszego zobrazowania licznika.

Na podstawie Materiałów dr inż. E. Jamro i książki W. Głodzkiego „Układy cyfrowe” opracował Witold Mazanek.