

 AGH <small>AKADEMIA GÓRNICZO-HUTNICZA IM. STANISŁAWA STĄSZICA W KRAKOWIE</small>	
Temat ćwiczenia Przerzutniki i rejestry	Technika cyfrowa
Wykonawca Marcin Przewięźlikowski	Numer ćwiczenia 3
	Ocena

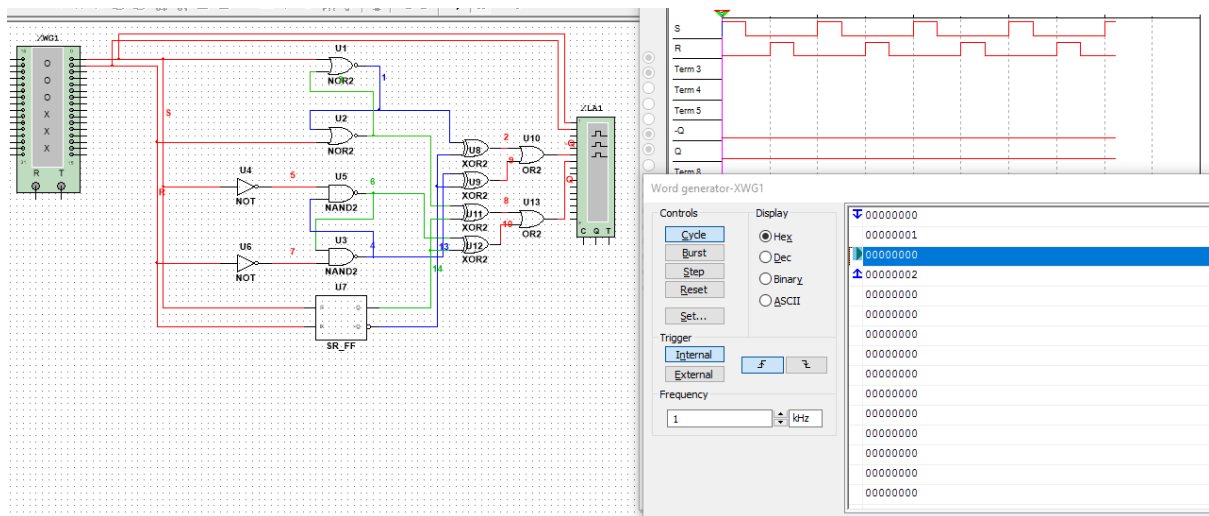
1 Cel ćwiczenia

Zapoznanie się z różnymi rodzajami przerzutników i zbudowanie z nich rejestrów SISO, SIPO, PIPO i PISO.

2 Przebieg ćwiczenia

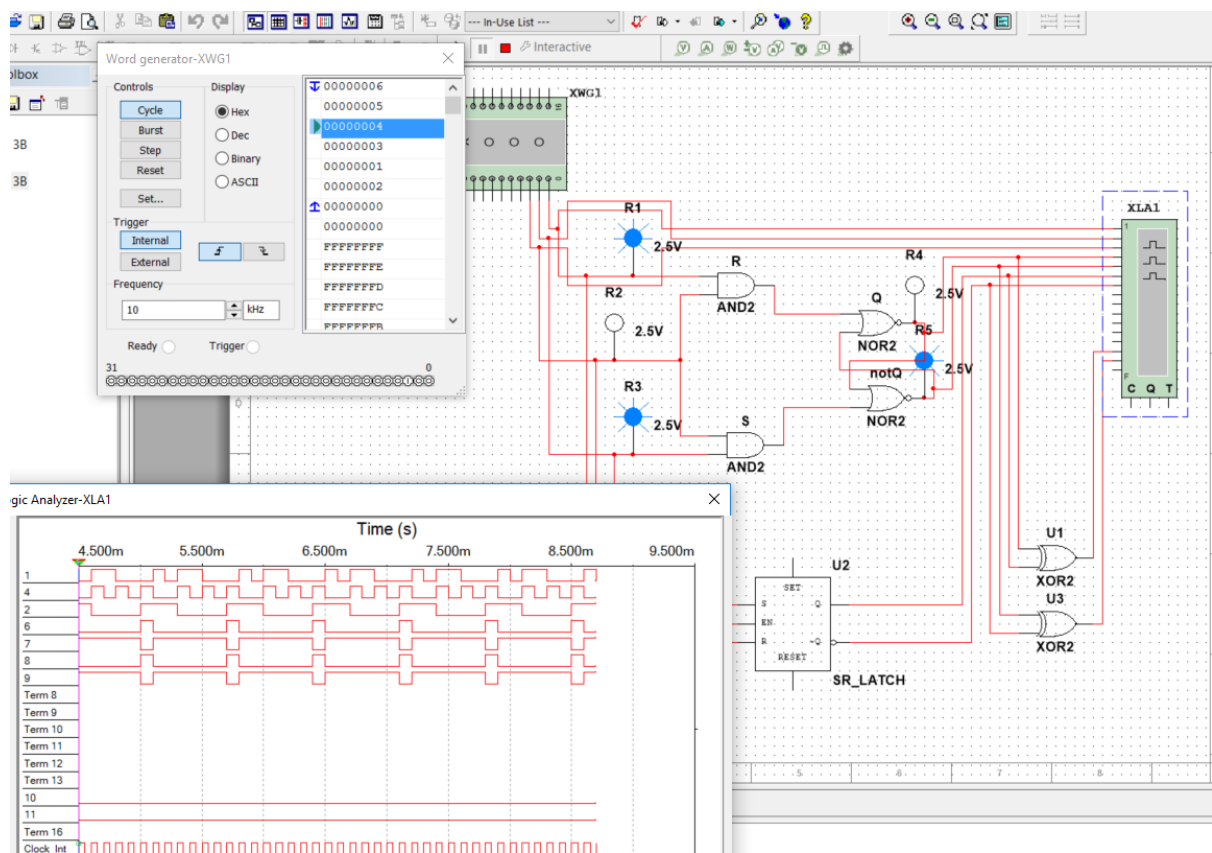
2.1 Asynchroniczny przerzutnik RS

S	R	Q(n) (NOR)	Q(n) (NAND)	NOR					NAND				
0	0	Q(n-1)	zab										
1	0	1	0	Q(n-1)\SR	00	01	11	10	Q(n-1)\SR	00	01	11	10
0	1	0	1	0	0	0	x	1	0	x	1	0	0
1	1	zab	Q(n-1)	1	1	0	x	1	1	x	1	1	0
				$Q(n) = S + R'Q(n-1) = (S \text{ nor } (R \text{ nor } Q'(n-1)))'$ $Q'(n) = R + S'Q'(n-1) = (R \text{ nor } (S \text{ nor } Q(n-1)))'$					$Q(n) = S' + RQ(n-1) = S \text{ nand } (R \text{ nand } Q(n-1))$ $Q'(n) = R' + SQ'(n-1) = R \text{ nand } (S \text{ nand } Q'(n-1))$				
				Po zanegowaniu stronami obu równań:					Zauważmy, że możemy przekształcić inaczej:				
				$Q(n) = R \text{ nor } (S \text{ nor } Q(n-1))$ $Q'(n) = S \text{ nor } (R \text{ nor } Q'(n-1))$					$Q(n) = S' + RQ(n-1) = (S' \text{ nor } (R' \text{ nor } Q'(n-1)))'$ $Q'(n) = R' + SQ'(n-1) = (R' \text{ nor } (S' \text{ nor } Q(n-1)))'$				
									Po zanegowaniu stronami:				
									$Q(n) = R' \text{ nor } (S' \text{ nor } Q(n-1))$ $Q'(n) = S' \text{ nor } (R' \text{ nor } Q'(n-1))$				
									Forma analogiczna jak dla bramek nor, jednak z zanegowanymi wejściami.				



Widzimy, że przerzutnik działa zgodnie z przewidywaniami. Przerzutnik oparty o bramki NAND działa tak, jakbyśmy zanegowali wejścia przerzutnika opartego o bramki NOR.

2.2 Synchroniczny przerzutnik RS



C	S	R	Q(n)
0	1	1	Q(n-1)
0	0	1	Q(n-1)
0	1	0	Q(n-1)
0	0	0	Q(n-1)
1	1	1	zab
1	1	0	1
1	0	1	0
1	0	0	Q(n-1)

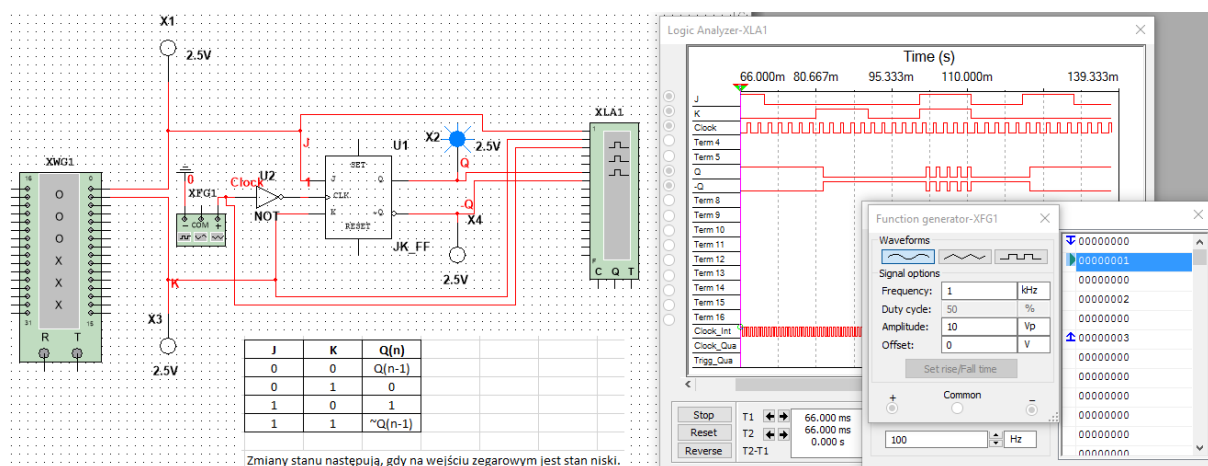
Synchroniczny przerzutnik RS zmienia stan swoich wyjść tylko, gdy wejście zegara jest w stanie wysokim.

Uzyskano go wiedząc, że działa on na takiej samej zasadzie jak przerzutnik asynchroniczny RS wtedy i tylko wtedy, gdy sygnał z zegara jest w stanie wysokim. W związku z tym odpowiednio na wejścia R i S przerzutnika asynchronicznego muszą być podane wartości RC i SC. Uzyskano je za pomocą bramek AND.

Z analizy logicznej widać, że zmontowany przerzutnik działa poprawnie.

Synchroniczne przerzutniki RS są często stosowane przy taktowaniu sieci cyfrowych - dzięki temu można być pewnym, że ich elementy są ze sobą zsynchronizowane i skoordynowane.

2.3 Synchroniczny przerzutnik JK



J	K	Q(n)
0	0	Q(n-1)
0	1	0
1	0	1
1	1	~Q(n-1)

Przerzutnik JK ma dwa wejścia:

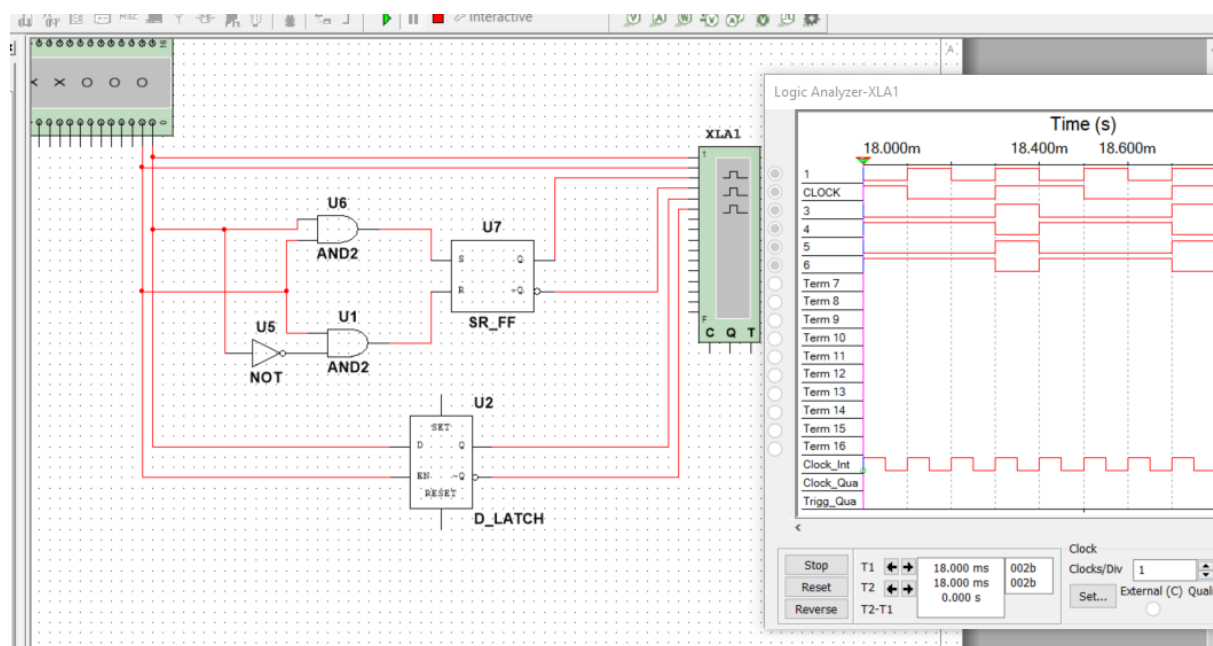
- jedynkujące

- kasujące

Jest on również synchroniczny. Jego działanie opisuje powyższa tabela prawdy. Jak wi-
dać na załączonym schemacie, przetestowanie tej tablicy w Multisimie zakończyło się
sukcesem.

Ciekawostka: nazwa przerzutnika pochodzi od inicjałów **Jacka Kilby’ego** - wynalazcy
układów scalonych (nie mylić z Jackiem Kirbym).

2.4 Przerzutnik D na podstawie asynchronicznego przerzutnika RS

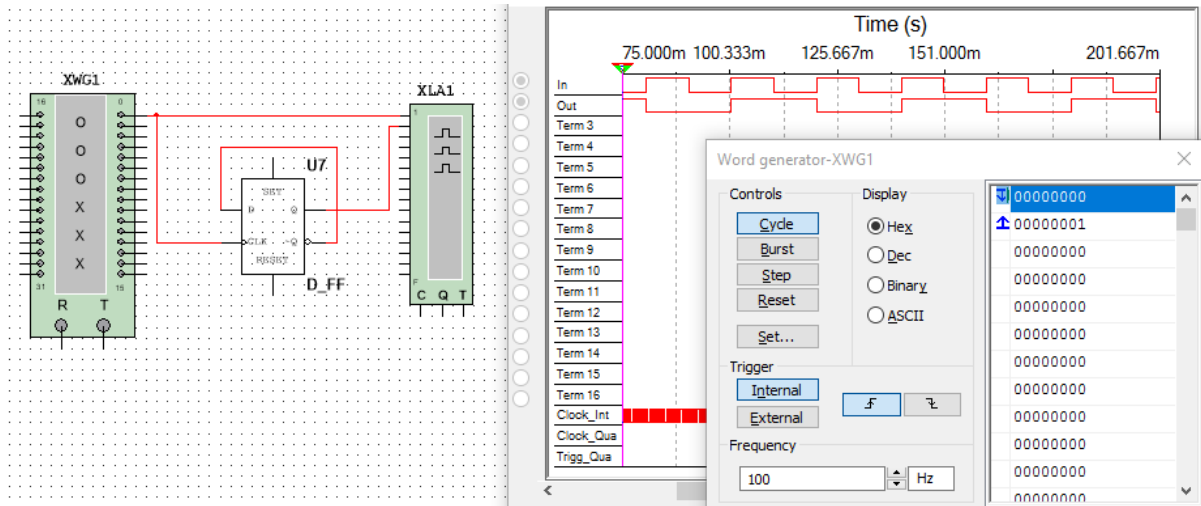


C	D	Q(n)
0	0	Q(n-1)
0	1	Q(n-1)
1	0	0
1	1	1

Nazwa przerzutnika pochodzi z j. angielskiego - od słowa *data* lub *delay*. Jest to układ
opóźniający - przepisuje sygnał wejściowy, ale tylko przy odpowiednim sygnale zegara.
Jest to zatem także układ synchroniczny.

Przerzutnik D znajduje szerokie zastosowanie w budowie rejestrów (więcej o rejestrach
poniżej)

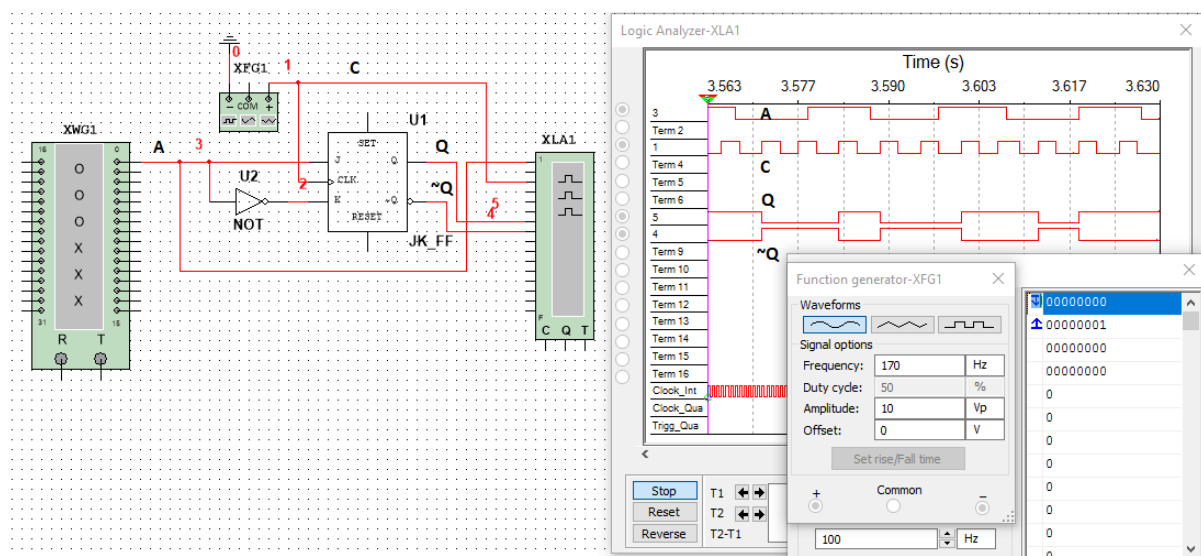
2.5 Przerzutnik T na podstawie synchronicznego przerzutnika D



T	Q(n)
0	Q(n-1)
1	$\sim Q(n-1)$

Przerzutnik typu T (eng. *Toggle*), który po podaniu stanu wysokiego na wejście T i opadnięciu sygnału zegarowego zmienia stan wyjścia na przeciwny od dotychczasowego. Znajduje zastosowanie w układach dzielenia częstotliwości przez 2.

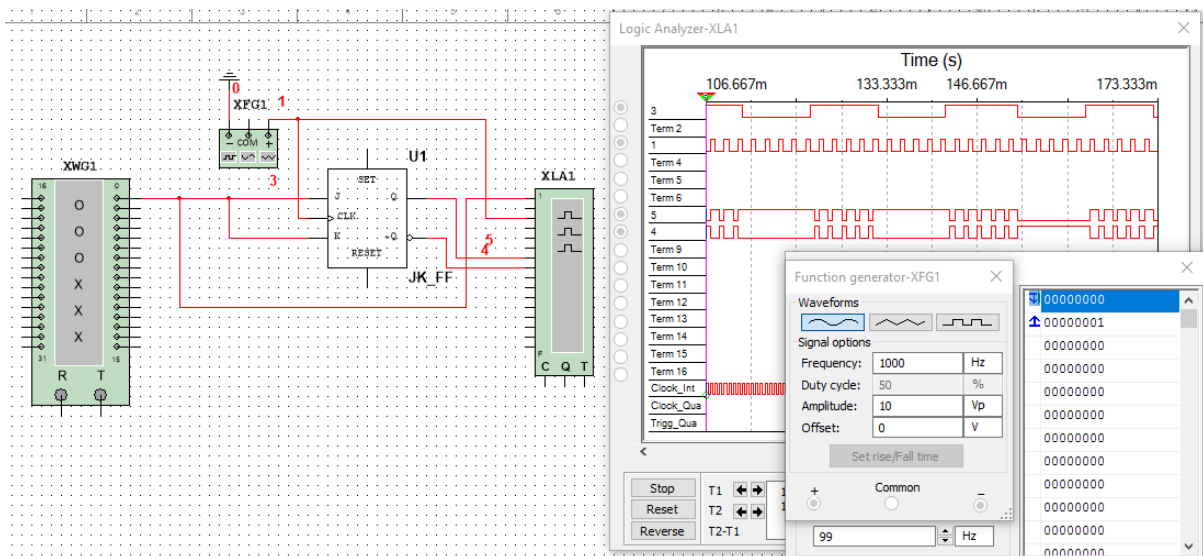
2.6 Przerzutnik D na podstawie synchronicznego przerzutnika JK



C	D	Q(n)
0	0	Q(n-1)
0	1	Q(n-1)
1	0	0
1	1	1

Powyższy układ ilustruje budowę przerzutnika D za pomocą przerzutnika JK. Jak widać, inżynierzy elektronicy mają w budowie swoich układów do dyspozycji często całe wachlarze możliwości konstrukcyjnych dla zrealizowania tych samych potrzeb.

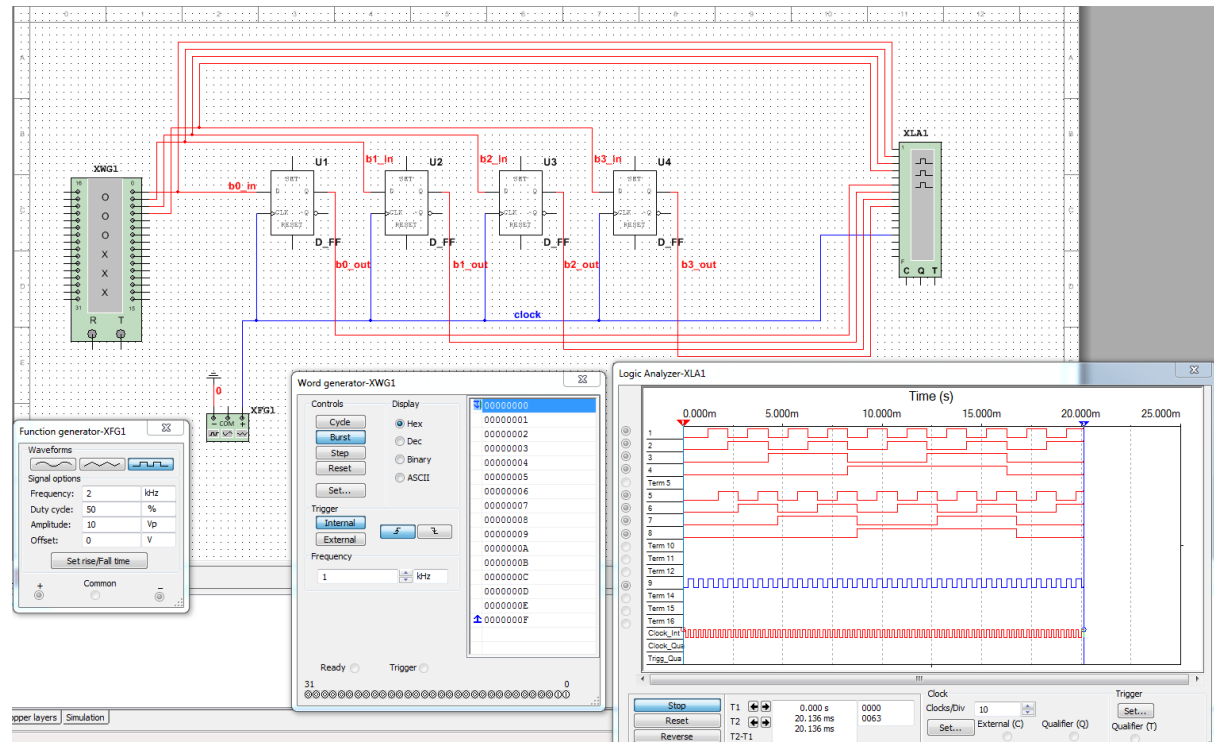
2.7 Przerzutnik T na podstawie synchronicznego przerzutnika JK



Powyższy układ ilustruje budowę przerzutnika T za pomocą przerzutnika JK. Jak widać z powyższego i poprzedniego przykładu, prosty układ JK może być podstawą wielu przerzutników pełniących cały szereg różnych funkcji.

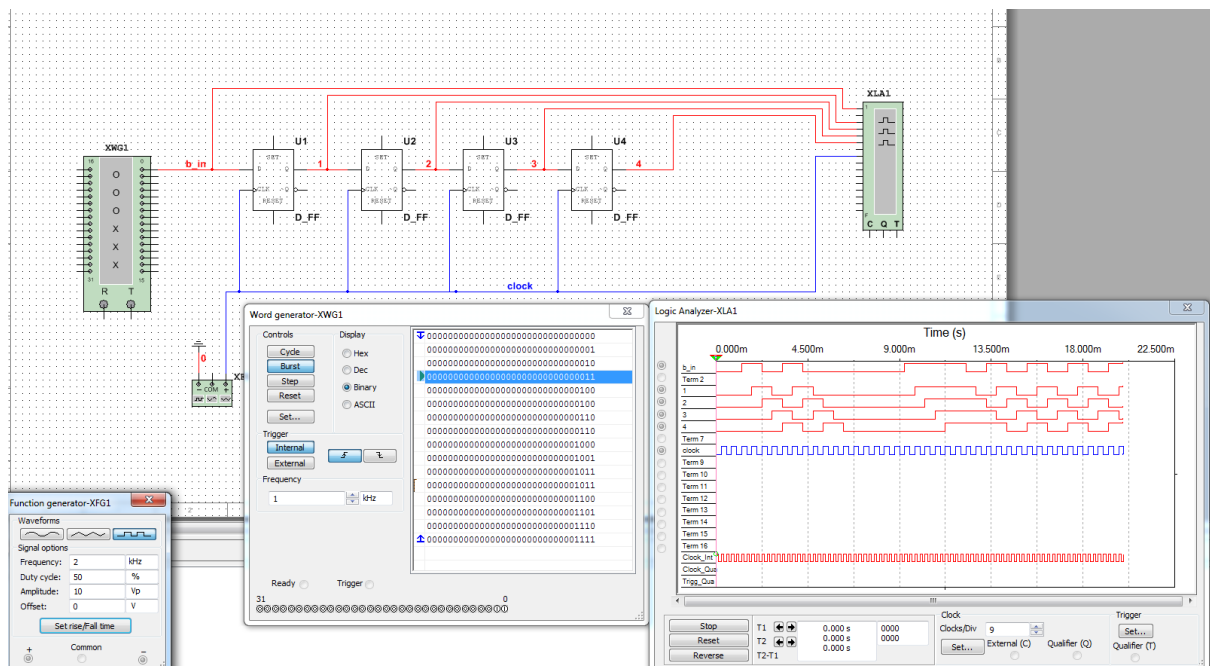
2.8 Rejestry na podstawie synchronicznych przerzutników D

2.8.1 Rejestr PIPO



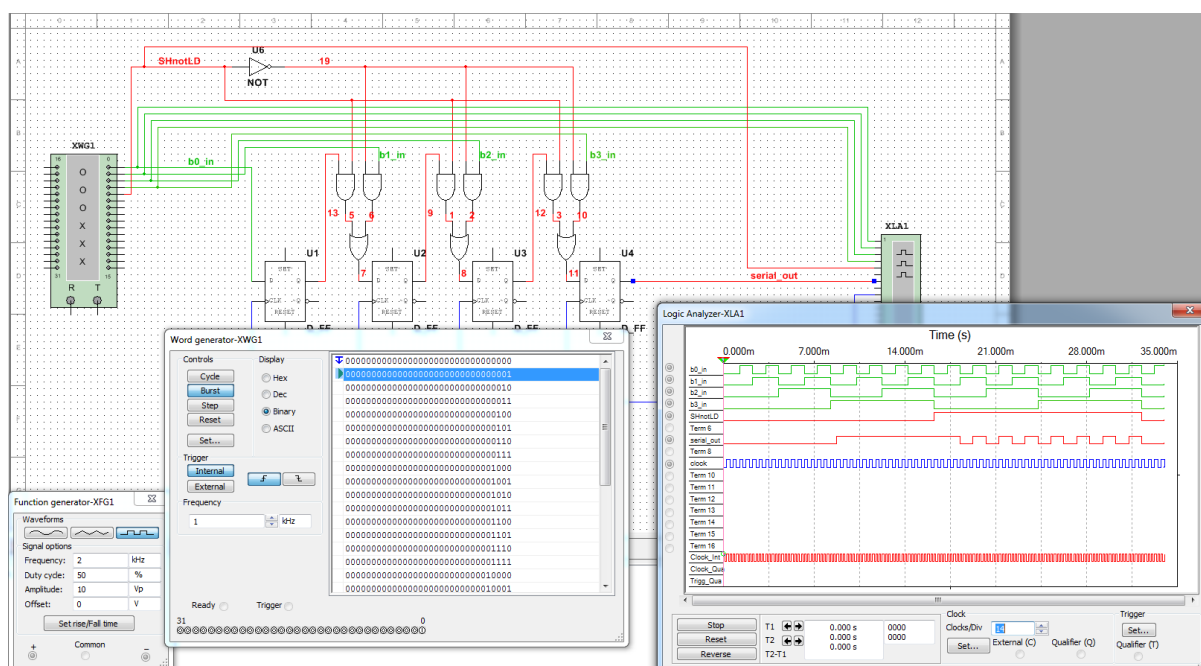
PIPO - Parallel-In Parallel-Out - równoległe wejścia i równoległe wyjścia, czyli wejście i wyjście rejestru jest "szyną" 4 bitową - w każdym z przerzutników sygnał zmieniany jest tylko, gdy dany jest odpowiedni sygnał z zegara.

2.8.2 Rejestr SIPO



SIPO - Serial-In Parallel-Out - szeregowe wejście, równoległe wyjście - na pojedynczym wejściu podajemy ciąg bitów, a na wyjściu dostajemy 4 równoległe bity. Wejście każdego kolejnego przerzutnika D podłączamy do wyjścia poprzedniego, wejście pierwszego z nich podłączamy do źródła danych. Wyjście każdego z przerzutników to kolejne bity wyjścia rejestru. Z każdym kolejnym cyklem zegara bity przesuwają się w prawo. Bit najbardziej po prawej jest tracony, najbardziej po lewej jest odczytywany z wejścia szeregowego.

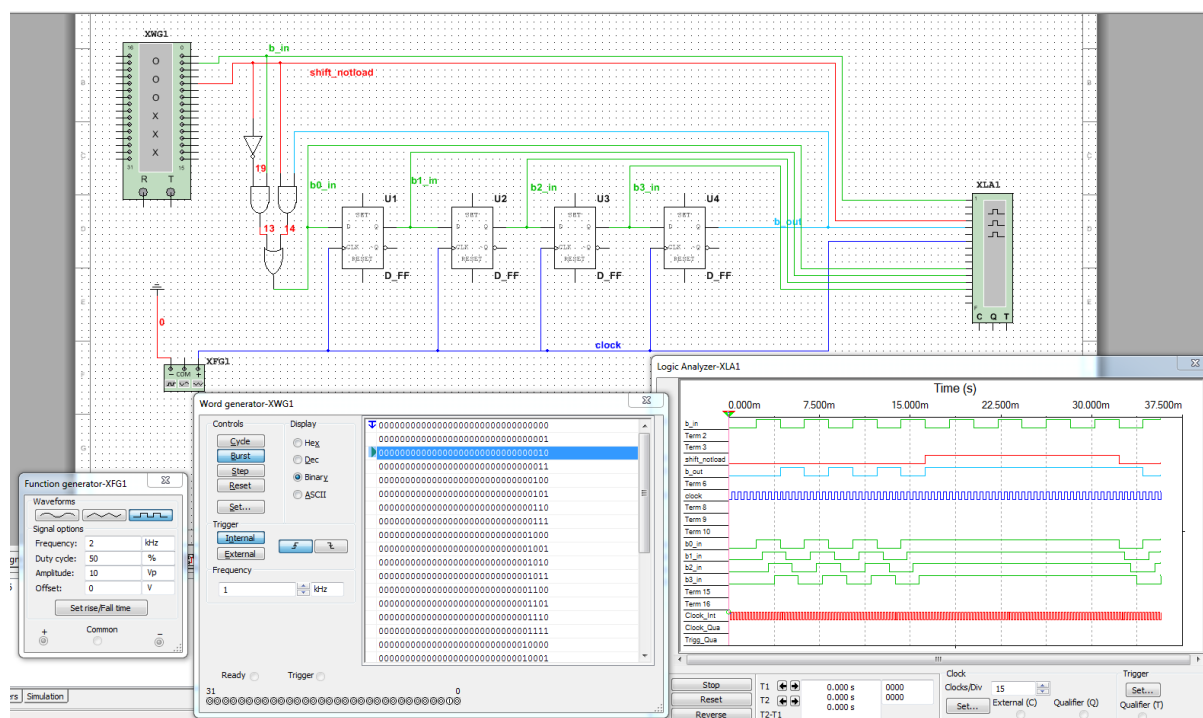
2.8.3 Rejestr PISO



PISO - Parallel-In Serial-Out - na wejściu podajemy wiele sygnałów (równoległe), zaś na wyjściu otrzymujemy sygnał szeregowy. Potrzebna jest możliwość wybrania - czy przesuwamy liczbę w rejestrze w prawo, czy też wczytujemy nową liczbę do rejestru wieloma wejściami. Osiąga się to następującą metodą:

Korzystamy z multiplexera - na wejściu dostaje on sterujący sygnał jednobitowy i dwa sygnały jednobitowe (źródła), między którymi będzie przełączał. W zależności od wartości sygnału sterującego, na wyjściu multiplexera pojawia się albo sygnał z jednego źródła, albo z drugiego. Na funkcji - jeżeli oznaczmy sygnał sterujący przez C, wejścia przez A, B, to multiplexer jednobitowy realizuje funkcję $Y = AC + B(\neg C)$, czyli jeżeli $C=1$, na wyjściu jest A, jeżeli $C=0$, na wyjściu jest B. W tym wypadku jednym ze źródeł jest wyjście poprzedniego rejestru (bo chcemy móc przesuwać bity w rejestrze), a drugim jest wejście danych (czyli miejsce, skąd chcemy wpisać dane do rejestru). Do każdego wejścia równoległego oprócz pierwszego dodajemy taki multiplexer. Sygnałem sterującym jest SHnotLD - jeżeli sygnał sterujący jest wysoki to wykonujemy SHift - przesunięcie, a jeżeli jest niski, to wykonujemy Load - załadowanie nowej liczby do rejestru.

2.8.4 Rejestr SISO



SISO - Serial-In Serial-Out - ten rejestr szeregowo dostaje dane i szeregowo ma je zwrócić. Ponieważ na wejściu dostajemy cały czas jakiś sygnał, to chcemy zapobiec utracie to, co w rejestrze jest. Dlatego tutaj też stosujemy multiplekser korzystający z sygnału SHnotLD, tym razem jednak używamy go, żeby "zapętlić" wyjście szeregowe z wejściem. Wtedy sygnałem SHnotLD, wybieramy czy przesuwamy dalej dane w prawo gubiąc stare (dla sygnału 1 SHnotLD), czy też zapętlamy wyjście z wejściem, czyli efektywnie to co było w rejestrze, będzie się w nim zapętlać.

3 Wnioski

Dzięki temu ćwiczeniu dowiedzieliśmy się, jak przerzutniki mogą posłużyć do zbudowania rejestrów, które są integralnymi częściami mikrokontrolerów oraz procesorów, tak istotnych w naszym obszarze działań. Stąd już mały krok do assemblera, a później do języków wysokiego poziomu.