

## Lab. 9. Pamięć

### Wymagana wiedza

- deklaracja pamięci w Verilog;
- atrybuty do implementacji pamięci;
- Wbudowane bloki pamięć układu FPGA, rozmiar pamięci;
- implementacja pamięci za pomocą funkcji bibliotecznych Quartus: IP Catalog;
- Pamięć jedno-, dwuportowa;
- buforowanie danych wejściowych i wyjściowych oraz sygnałów zarządzania pamięcią;
- zapis informacji w pamięci za pomocą pliku MIF;
- Format pliku MIF.

### Wykonanie

1. Utwórz projekt ram32x4 jednoportowej pamięci RAM o objętości 32 4-bitowych słów przy użyciu funkcji bibliotecznej (IP Catalog), która jest zdefiniowana przez następujący moduł:

```
module (ram 32x4(  

    input[4:0] address,  

    input clk,  

    input[3:0] data,  

    input wren,  

    output[3:0] q);
```

Utwórz nowy projekt my\_ram32x4 wysokiego poziomu, w którym utworzona będzie instancja modułu ram32x4. Symuluj obwód (rys. 1), upewnij się, że dane można zapisać w pamięci i odczytać z pamięci.

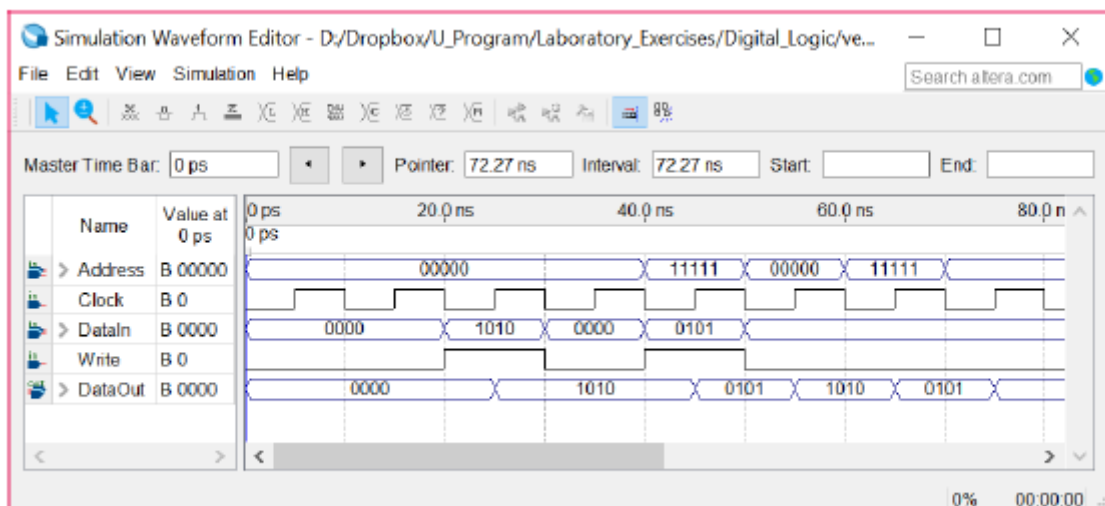


Рис. 1. Przykład rezultatów symulacji

2. Zaimplementuj projekt my\_ram32x4 na płycie z następującym przyporządkowaniem pinów:

Wyprowadzenia	Piny
address	SW8-4, HEX5-4
clk	KEY0

<b>data</b>	<b>SW3-0, HEX2</b>
<b>wren</b>	<b>SW9</b>
<b>q</b>	<b>HEX0</b>

Sprawdź układ na płycie.

3. Wykonaj poprzedni projekt, deklarując pamięć w kodzie:

```
reg[3:0] memory_array[31:0];
```

Wykonaj symulację i implementację projektu na płycie.

4. Korzystając z funkcji biblioteki, utwórz projekt ram32x4\_2\_ports dla pamięci dwuportowej. Połącz plik inicjujący MIF z projektem (patrz rys. 2).

```
DEPTH = 32;  
WIDTH = 4;  
ADDRESS_RADIX = HEX;  
DATA_RADIX = BIN;  
CONTENT  
BEGIN
```

```
0 : 0000;  
1 : 0001;  
2 : 0010;  
3 : 0011;  
... (some lines not shown)  
1E : 1110;  
1F : 1111;
```

```
END;
```

Rys. 2. Przykład pliku inicjującego pamięć (MIF)

Zaimplementuj projekt na płycie w taki sposób, aby można było zobaczyć zawartość każdego słowa pamięci przez około 1 sekundę. Przypisanie pinów:

<b>Wyprowadzenia</b>	<b>Piny</b>
<b>q</b>	<b>HEX0</b>
<b>data</b>	<b>HEX1</b>
<b>read_addr</b>	<b>HEX3-2</b>
<b>write_addr</b>	<b>HEX5-4</b>
<b>clk</b>	<b>CLOCK_50</b>

Wskazówka: Użyj 5-bitowego licznika do określenia adresu odczytu z pamięci, użyj projektu del\_1\_sec do wygenerowania impulsu o długości 1 s.