

Prova Finale - Progetto di Reti Logiche

Prof. Fabio Salice

Anno Accademico 2022-23

Prof. Fabio Salice



POLITECNICO
MILANO 1863

Alessandro Griffanti: codice persona 10680747

Tommaso Ferrario: codice persona 10656892

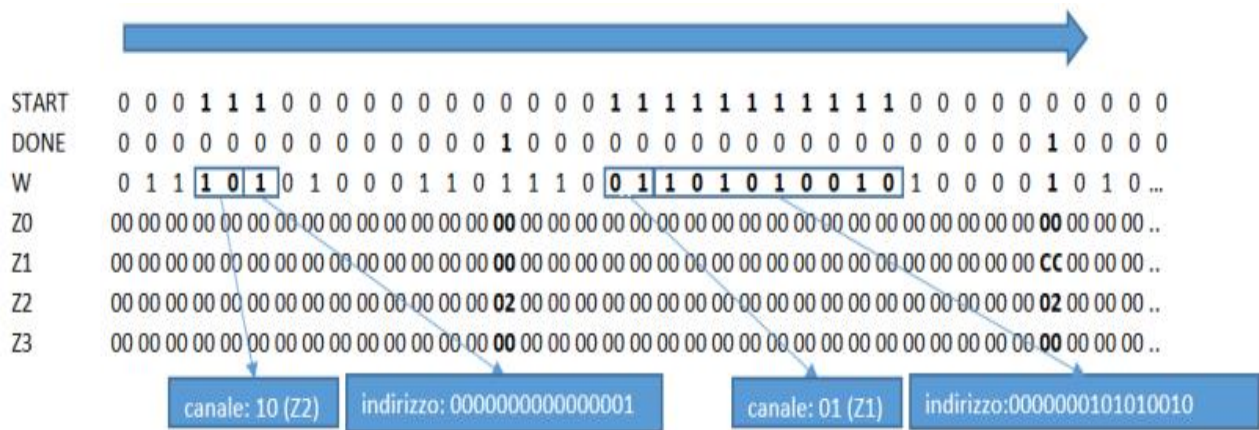
Indice

1 INTRODUZIONE.....	3
1.1 Scopo del progetto	3
1.2 Interfaccia del componente	4
1.3 Dati e Memoria	4
2 ARCHITETTURA	5
2.1 Segnali usati	5
2.2 Macchina a Stati	6
2.3 Schema funzionale	7
3 RISULTATI SPERIMENTALI	8
3.1 Report di sintesi	8
3.2 Simulazioni.....	8
4 CONCLUSIONI	10

1 INTRODUZIONE

1.1 Scopo del progetto

La specifica del progetto prevede che il sistema da noi progettato si comporti da pointer dereference. Il sistema riceverà in ingresso un indirizzo di memoria il cui contenuto dovrà essere inoltrato su uno dei canali di uscita. Nello specifico, l'ingresso che viene ricevuto è di tipo seriale da un bit e, leggendo il contenuto di tale ingresso sul fronte di salita del clock, si ricavano il canale di uscita su cui trasmettere il dato, dai primi due bit della sequenza, e l'indirizzo di memoria a cui reperire tale dato, dai successivi N bit, dove N è massimo uguale a sedici.



Nell'esempio sopra riportato, si può notare come siano disposti i bit nella sequenza che si genera in ingresso e come vengano utilizzati correttamente: infatti, è indicato il canale di uscita su cui trasmettere il dato (da due bit di lunghezza) e l'indirizzo di memoria in cui tale dato è contenuto.

1.2 Interfaccia del componente

```
entity project_reti_logiche is
  port (
    i_clk    : in std_logic;
    i_rst    : in std_logic;
    i_start  : in std_logic;
    i_w      : in std_logic;

    o_z0     : out std_logic_vector(7 downto 0);
    o_z1     : out std_logic_vector(7 downto 0);
    o_z2     : out std_logic_vector(7 downto 0);
    o_z3     : out std_logic_vector(7 downto 0);
    o_done   : out std_logic;

    o_mem_addr : out std_logic_vector(15 downto 0);
    i_mem_data : in std_logic_vector(7 downto 0);
    o_mem_we   : out std_logic;
    o_mem_en   : out std_logic
  );
end project_reti_logiche;
```

In particolare:

- **i_clk** è il segnale di CLOCK in ingresso generato dal testBench.
- **i_rst** è il segnale di RESET che inizializza la macchina pronta per ricevere il primo segnale di START.
- **i_start** è il segnale di START generato dal TestBench.
- **i_w** è il segnale, generato dal testBench, che fornisce i dati in ingresso da leggere sul fronte di salita del clock.
- **o_z0** rappresenta il primo canale di uscita.
- **o_z1** rappresenta il secondo canale di uscita.
- **o_z2** rappresenta il terzo canale di uscita.
- **o_z3** rappresenta il quarto canale di uscita.
- **o_done** è il segnale di uscita che comunica il termine dell'elaborazione.
- **o_mem_addr** è il segnale di uscita che manda l'indirizzo alla memoria.
- **i_mem_data** è il segnale che arriva dalla memoria in seguito ad una richiesta di lettura.
- **o_mem_we** è il segnale di WRITE ENABLE da dover mandare alla memoria (=1) per poter scriverci. Per poter leggere dalla memoria, invece, tale segnale deve essere a 0.
- **o_mem_en** è il segnale di ENABLE da dover mandare alla memoria per poter comunicare (sia in lettura che scrittura).

1.3 Dati e memoria

L'ingresso principale del sistema è rappresentato dal segnale **i_w** dal quale, sequenzialmente e sul fronte di salita del CLOCK, viene letto un numero variabile di bit, tra 2 e 18 (estremi inclusi), dove:

- I primi due bit rappresentano il canale di uscita

- Gli altri N bit rappresentano l'indirizzo di memoria da cui reperire il dato da trasmettere in uscita

Gli indirizzi di memoria da cui reperire i dati sono sempre costituiti da 16 bit. Infatti, qualora non venissero forniti tutti e sedici i bit dell'indirizzo di memoria, dovrà essere effettuato un padding per estendere tale indirizzo su sedici bit.

Il messaggio associato all'indirizzo di memoria è, invece, sempre da 8 bit.

2 ARCHITETTURA

2.1 Segnali usati

Per poter implementare il componente, i segnali interni che abbiamo utilizzato sono i seguenti:

```
signal flag_shift    : std_logic;
signal reg_mem_load  : std_logic;
signal reg_out       : std_logic;
signal done_ok       : std_logic;
signal reg_mem_data  : std_logic_vector(7 downto 0);
signal reg1_data     : std_logic_vector(15 downto 0) := "0000000000000000";
signal reg3_data     : std_logic_vector(1 downto 0)  := "00";
signal regz0_data    : std_logic_vector(7 downto 0);
signal regz1_data    : std_logic_vector(7 downto 0);
signal regz2_data    : std_logic_vector(7 downto 0);
signal regz3_data    : std_logic_vector(7 downto 0);
signal shift_counter : std_logic_vector(4 downto 0)  := "00001";
signal count         : std_logic_vector(4 downto 0)  := "00000";
```

Dove in particolare:

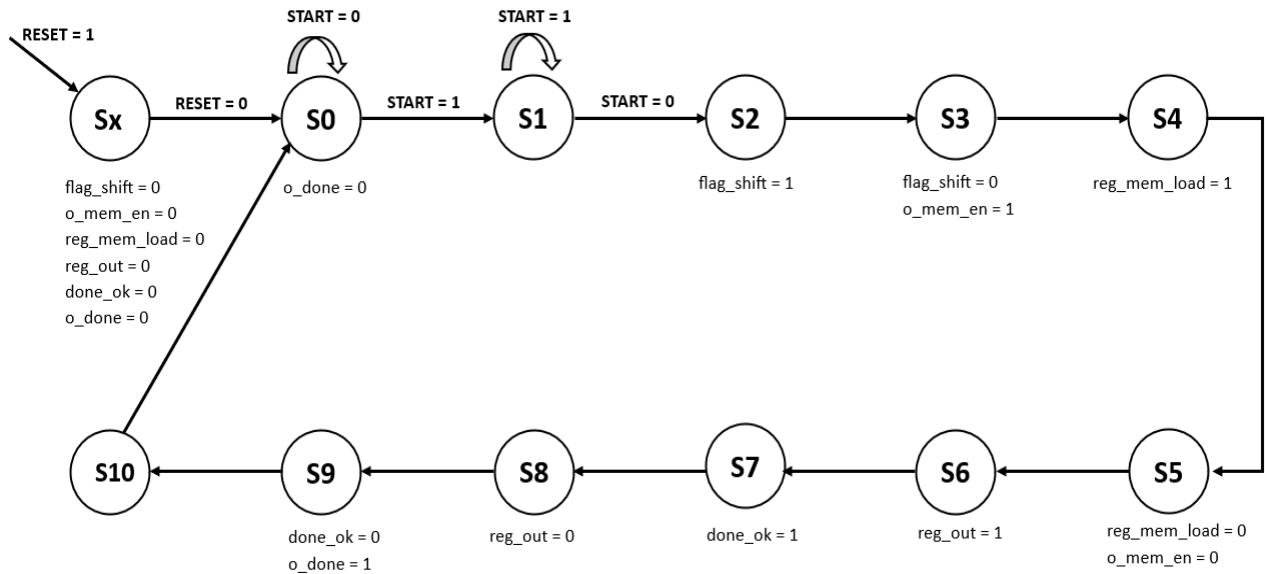
- I segnali *reg_out* e *reg_mem_load* indicano quando devono essere caricati rispettivamente i registri *regz0_data*, *regz1_data*, *regz2_data*, *regz3_data* (sulla base, chiaramente, del corretto valore letto sull'ingresso seriale *i_w*) e *reg_mem_data* con il valore letto all'indirizzo di memoria.
- I segnali (vettori) *reg1_data* e *reg3_data* vengono utilizzati per salvare, rispettivamente, l'indirizzo di memoria da cui leggere il dato e l'uscita verso cui tale dato deve essere trasmesso. Per entrambi questi vettori non è presente un segnale che ne 'abiliti' la modifica, in quanto viene utilizzato lo stesso segnale di *i_start*.
- Il segnale (vettore) *count* viene utilizzato come supporto per la corretta memorizzazione dei bit di *i_w*, letti sequenzialmente e sul fronte di salita del clock.
- Il segnale *shift_counter* contiene la costante '1' ed è stato utilizzato sia in fase di lettura dei bit sull'ingresso *i_w* per incrementare il valore di *count*, sia in fase di elaborazione dell'indirizzo di memoria per effettuare il corretto padding dell'indirizzo stesso.
- Il segnale *flag_shift* viene utilizzato per indicare quando deve essere effettuato il calcolo dell'indirizzo di memoria.

- Il segnale **done_ok** viene utilizzato come segnale per abilitare la scrittura dai valori presenti nei registri regz0_data ecc. ai canali di uscita o_z0 ecc.

Tutti i segnali sopra descritti, ad eccezione di shift_counter che contiene la costante '1', hanno '0' come valore di default.

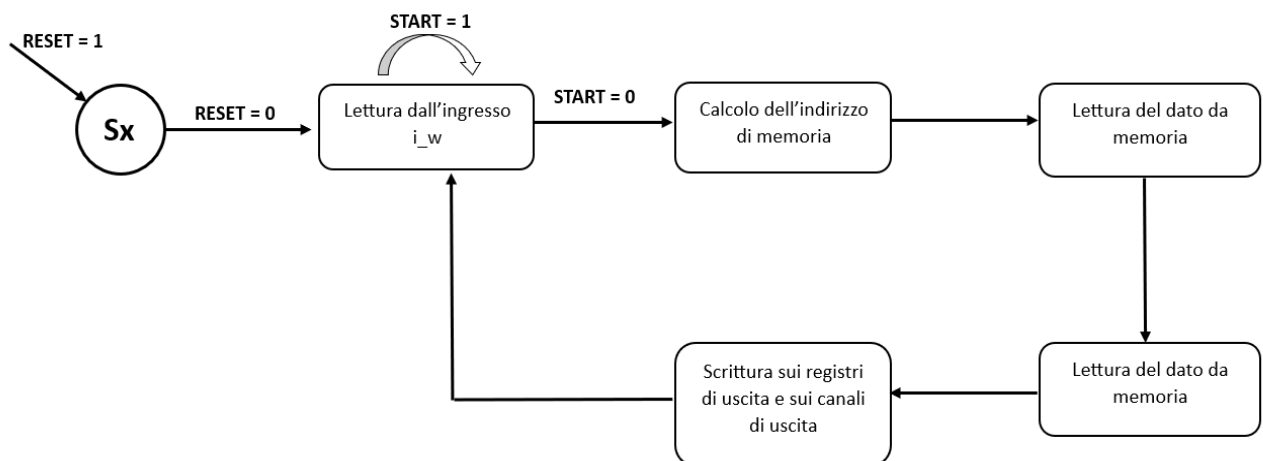
2.2 Macchina a stati

La rappresentazione completa della macchina a stati è la seguente:



Osservazione: In questa immagine sono omesse, per semplicità, le frecce che riportano allo stato SX da qualsiasi stato nel caso in cui i_rst sia posto ad 1 in modo asincrono.

Una versione più semplice e facilmente comprensibile della macchina a stati è la seguente:

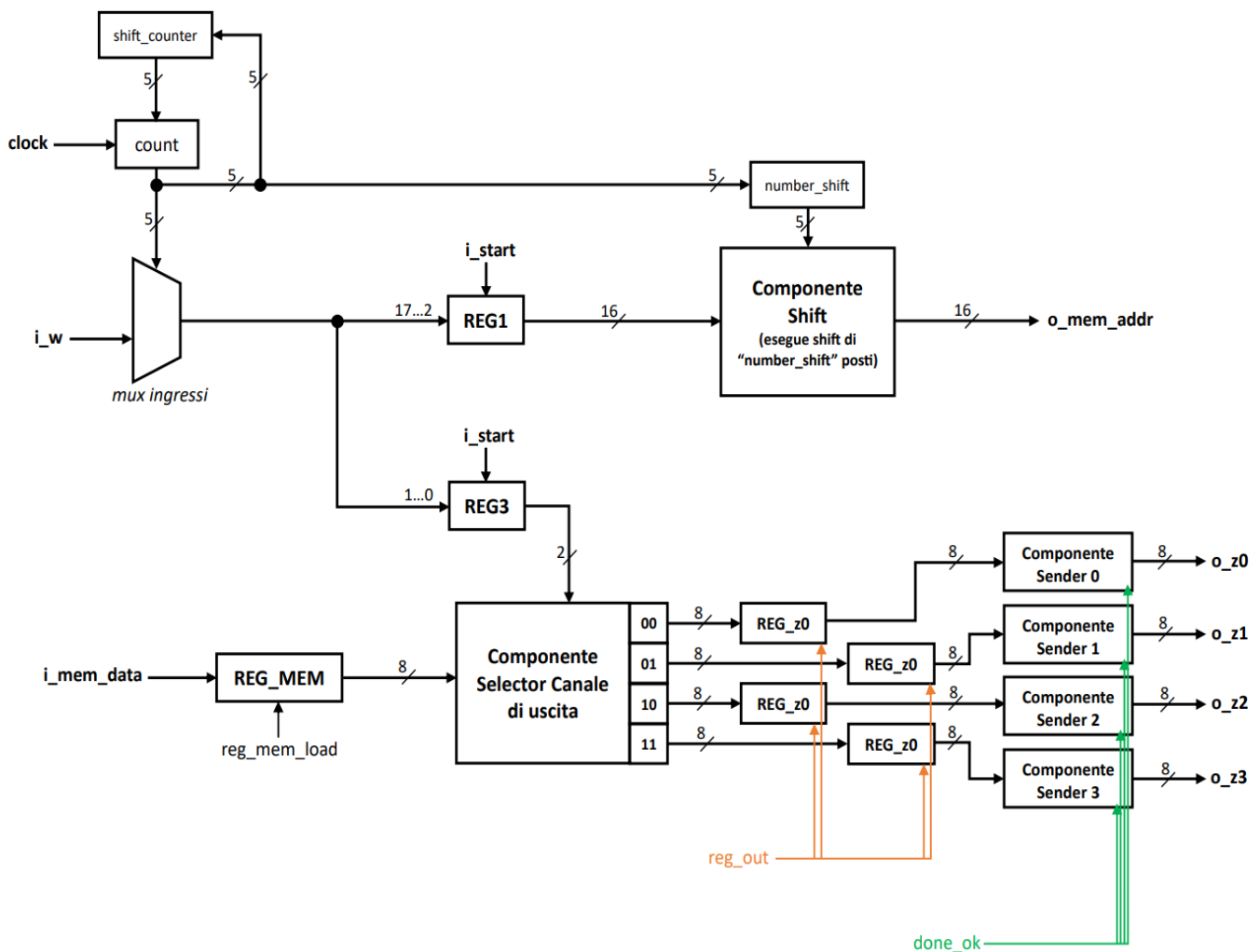


Descrizione:

- **Stato Sx**: rappresenta lo stato di reset, quello a cui la macchina torna non appena $i_rst = 1$.
- **Lettura dall'ingresso i_w** : rappresenta lo stato in cui vengono letti, sequenzialmente, i bit in ingresso, che vengono opportunamente salvati nei registri $reg1_data$ e $reg3_data$.
- **Calcolo dell'indirizzo di memoria**: in questo stato viene processato il contenuto di $reg1_data$, colui che contiene l'indirizzo di memoria, affinché risulti essere correttamente esteso a 16 bit, aggiungendo, eventualmente, i bit di padding.
- **Lettura del dato da memoria**: in questo stato viene letto il dato all'indirizzo di memoria fornito e viene salvato nel registro reg_mem_data .
- **Scrittura sui registri di uscita e sui canali di uscita**: in questo stato scriviamo sul registro di uscita corretto il valore letto da memoria e, quando o_done passa ad 1, scriviamo sui canali di uscita i valori opportuni.

2.3 Schema Funzionale

La rappresentazione dello schema funzionale del nostro sistema è la seguente:



3 Risultati Sperimentali

3.1 Report di sintesi

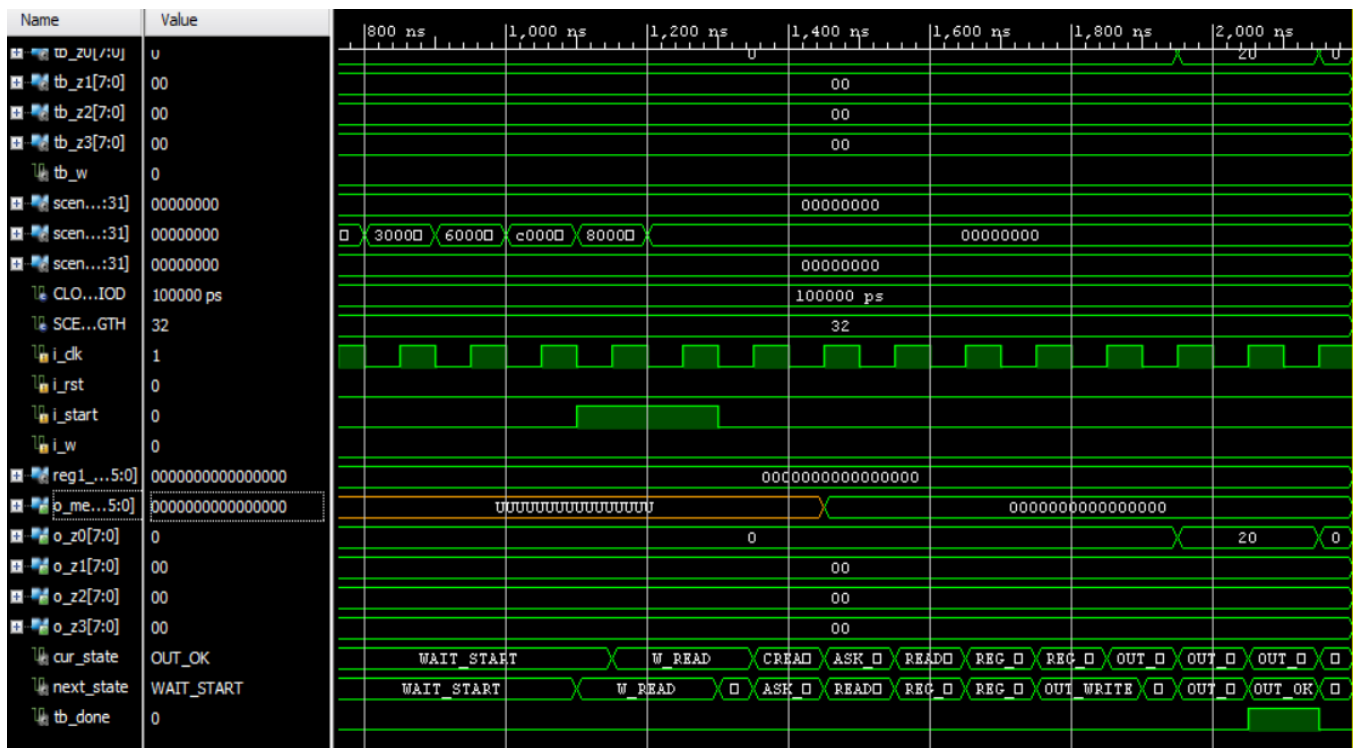
Il circuito risulta correttamente sintetizzabile ed implementabile da Vivado. A seguito del processo di sintesi risultano utilizzate 85 LUT (look up tables) e 115 flip flop che rappresentano, rispettivamente, lo 0.06% e lo 0.04% delle reali capacità della FPGA utilizzata.

3.2 Simulazioni

Il circuito è stato sottoposto a numerose simulazioni per testarne l'efficacia e correttezza. Di seguito si riportano i risultati ottenuti, in behavioral simulation, con particolare attenzione ai casi particolari.

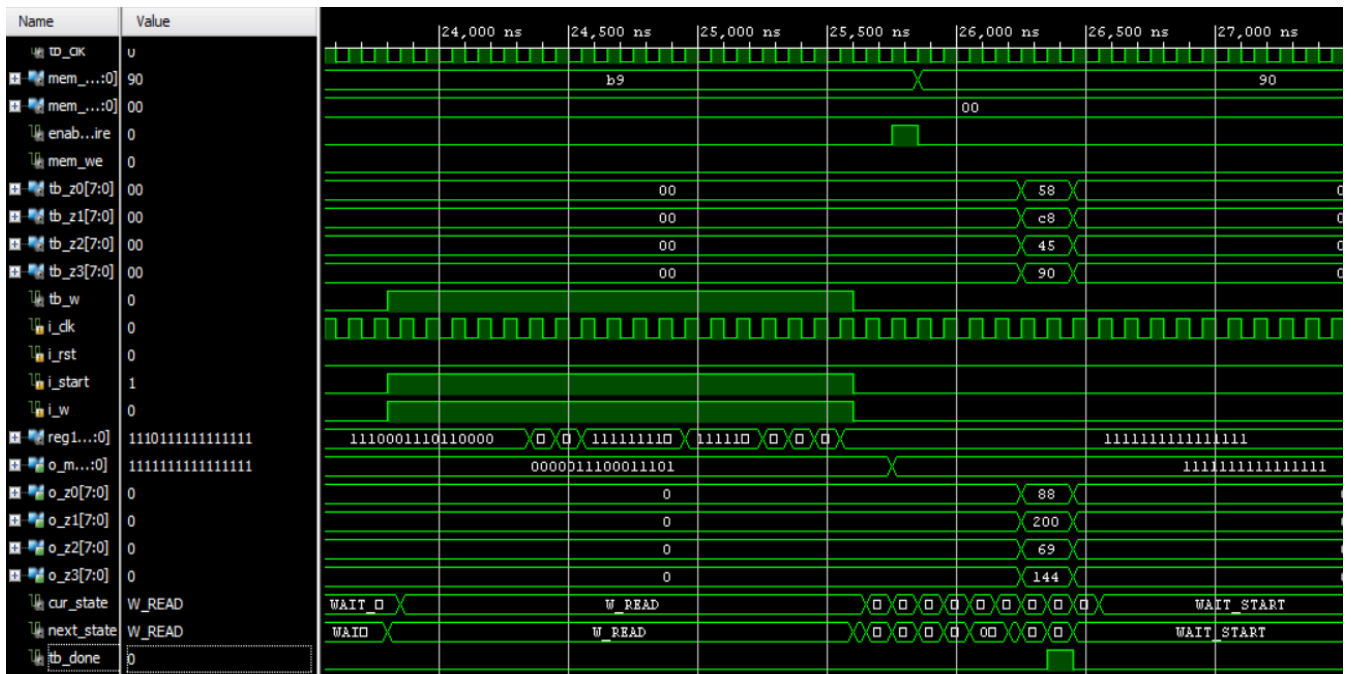
3.2.1 Indirizzo di memoria costituito da sedici bit a 0

In questo caso, nel periodo in cui il segnale `i_start` rimane alto, `i_w` rimane sempre basso e il risultato è il seguente:



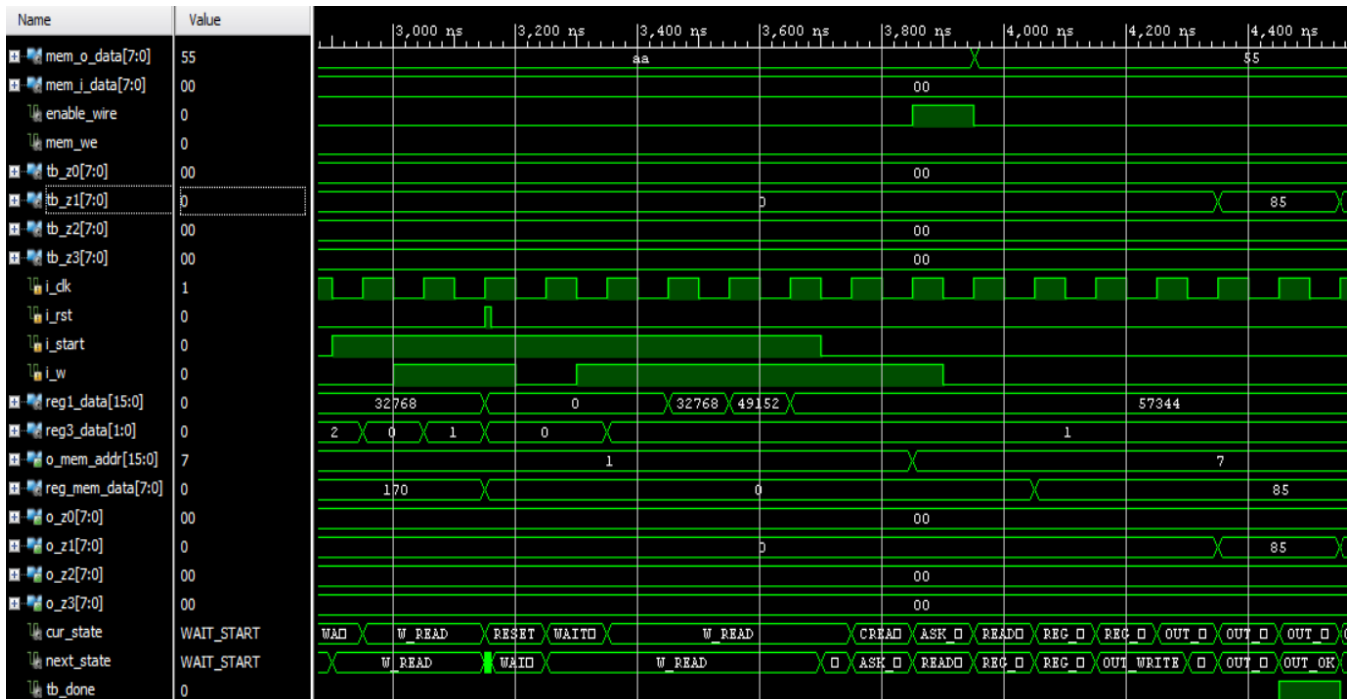
3.2.2 Indirizzo di memoria costituito da sedici bit a 1

In questo caso invece, nel periodo in cui il segnale `i_start` rimane alto, `i_w` rimane sempre alto e il risultato è il seguente:



3.2.3 Reset asincrono

In questo test viene verificato il comportamento del circuito quando il segnale i_rst diventa alto in un momento arbitrario, in particolare quando il segnale di start è alto. Il risultato è il seguente:



4 Conclusioni

Questo progetto ci ha permesso di crescere e migliorare sotto diversi punti di vista: innanzitutto ci ha consentito di affinare le nostre abilità di lavoro in gruppo e, inoltre, di apprendere un linguaggio di descrizione dell'hardware, Vivado, che prima non conoscevamo e che richiede ragionamenti ed accortezze molto diverse dai linguaggi a cui eravamo abituati.

Per noi è stato particolarmente interessante e stimolante vedere come i concetti appresi durante il corso di reti logiche possano essere tradotti nella pratica, arrivando ad avere un componente che possa essere realizzato concretamente.