

Progetto finale Reti Logiche

Luca De Martini

1 Introduzione

Il componente realizzato implementa la codifica “Working Zone” per indirizzi di 7 bit con 8 working zones di dimensione 4.

La codifica working zone consiste nell’esprimere un indirizzo in funzione della sua posizione relativa all’inizio di una working zone, se ne fa parte, altrimenti lasciarlo invariato.

Se l’indirizzo da codificare non fa parte di nessuna working zone il primo bit viene messo a ‘0’ e i restanti 7 bit sono quelli dell’indirizzo invariato.

Per un indirizzo che fa parte di una working zone il risultato è composto da tre parti: il primo bit messo a ‘1’ a indicare che l’indirizzo fa parte di una working zone, i successivi 3 bit contengono il numero della working zone in cui rientra l’indirizzo espresso in codifica binaria (da 000 a 111), mentre gli ultimi 4 bit contengono l’offset dell’indirizzo rispetto all’inizio (o base) della working zone espresso in codifica one-hot (da 0001 a 1000)

A seguire è riportata una tabella con degli esempi di codifica, dove l’indirizzo codificato è separato a indicare le diverse parti del risultato.

Address	Working zones	Encoded address
...		...
0000110		0 0000110
0000111	wz2	1 010 0001
0001000	wz2	1 010 0010
0001001	wz2	1 010 0100
0001010	wz2	1 010 1000
0001011		0 0001011
0001100		0 0001100
0001101		0 0001101
0001110	wz3	1 100 0001
...	wz3	...

wz2 = 0000111, wz3 = 0001110

Table 1: Esempio di codifica

2 Architettura

Al livello più alto il componente presenta un modulo `project_reti_logiche` che contiene tutti i moduli interni, un’automa a stati finiti e un registro di cache dell’indirizzo in output.

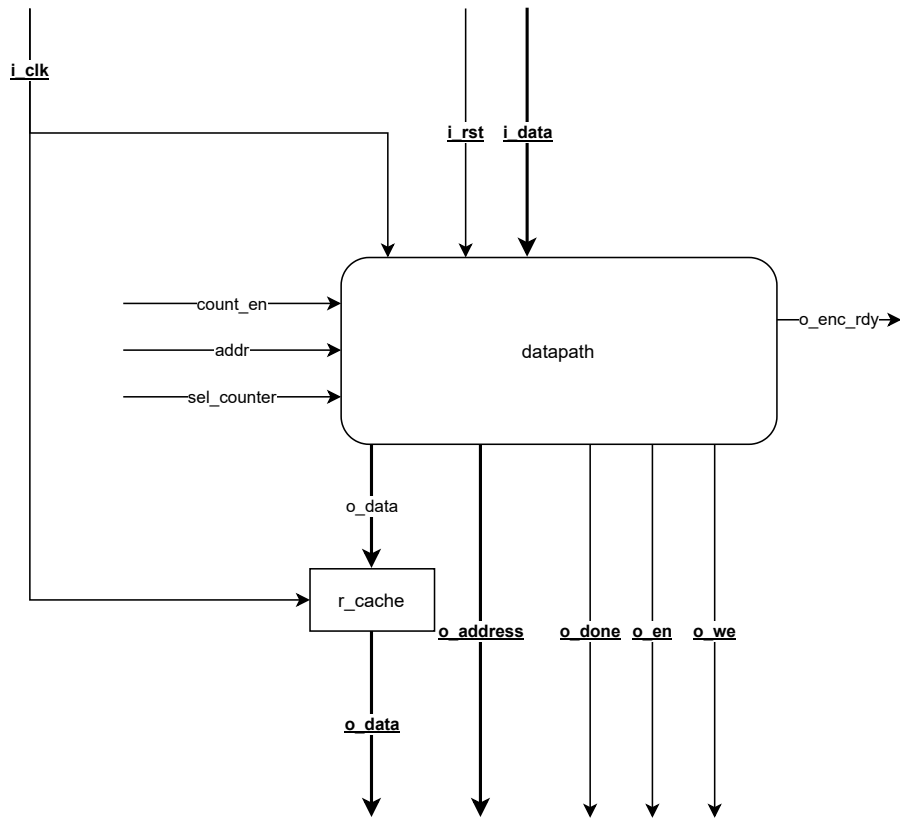


Figure 1: Schema modulo principale

L'automa a stati finiti è implementato con una collezione di process:

Due process descrivono il comportamento del registro di cache e quello del registro di stato, entrambi sono realizzati con flip-flop sincroni attivati sul fronte di discesa, la scelta di usare il falling edge è stata fatta per ridurre il numero di cicli di clock necessari per la codifica.

Un altro process aggiorna il valore del segnale **next_state** in base allo stato attuale, al segnale in input di **i_start** e al segnale **enc_rdy**, output del modulo interno **datapath** che verrà descritto nel dettaglio successivamente.

Infine un ultimo process aggiorna i valori dei segnali in input ai moduli interni e in output dal componente necessari al funzionamento basandosi sullo stato attuale.

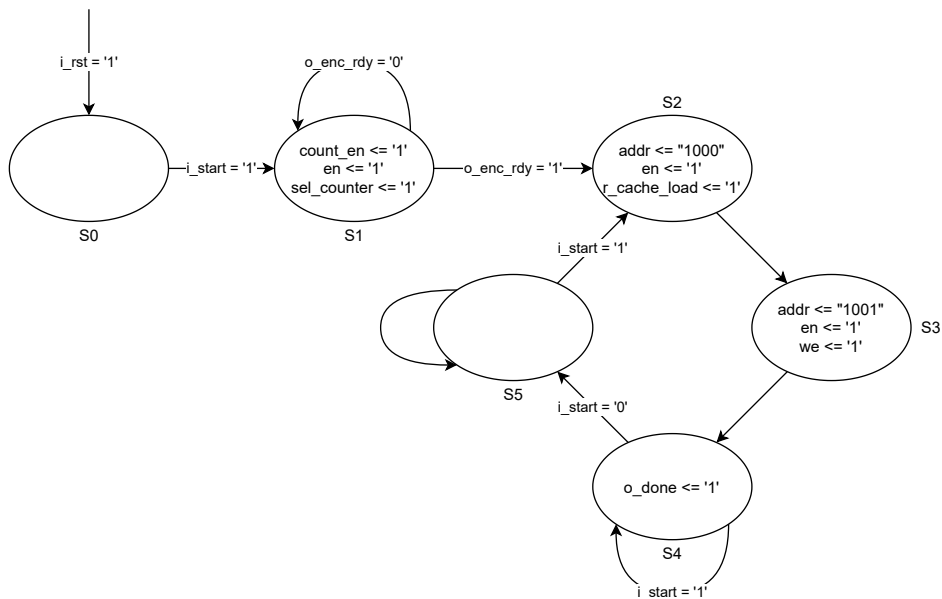


Figure 2: Automa a stati finiti

L'FSA ha 6 stati ed è caratterizzato da due zone di funzionamento, la prima zona è quella iniziale di setup costituita dagli stati 'S0' e 'S1': una volta ricevuto il segnale di **i_start** il componente si prepara alla codifica rimanendo nello stato 'S1' mentre sta caricando gli indirizzi delle working zones nei suoi registri interni.

La fine di questa fase è segnalata dal segnale **o_enc_rdy** proveniente dai componenti interni che viene alzato a '1' quando è pronto a codificare, avanzando così l'automa al prossimo stato 'S2' e iniziando la fase di codifica.

La fase di codifica inizia nello stato 'S2' dove il componente legge l'indirizzo da codificare, lo codifica e lo carica nel registro di cache in un unico ciclo di clock. Nello stato seguente viene scritto in RAM il risultato e in quello dopo viene alzato il segnale di **o_done** segnando la fine della codifica.

Dopo di che il componente attenderà l'abbassarsi del segnale di **i_start** per abbassare **o_done** e poi mettersi in attesa di un nuovo segnale di start nello stato 'S5', pronto per una nuova codifica.

2.1 Moduli interni

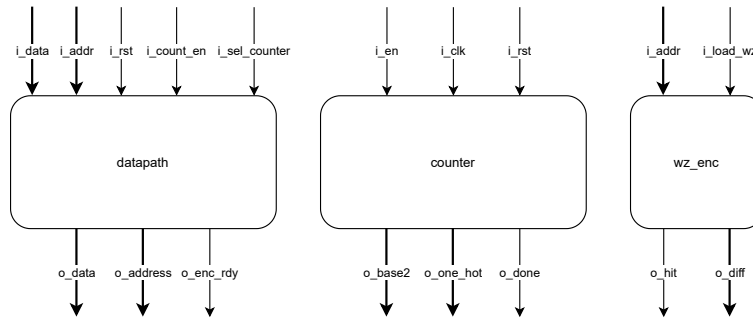


Figure 3: Moduli interni

Il componente contiene un modulo **datapath** che ha al suo interno un modulo **counter** e 8 moduli **wz_enc** identici (uno per ogni indirizzo della working zone).

2.1.1 wz_enc

cmI moduli **wz_enc** si occupano di stabilire se un indirizzo sia all'interno di una determinata working zone, segnalandolo con **o_hit**, e di calcolarne l'offset in caso positivo. L'offset rispetto alla working zone è **o_diff** che è da considerarsi valido solo se **o_hit** è a '1', altrimenti avrà tutti i bit a '0'

2.1.2 counter

Il modulo **counter** è un contatore da 0 a 7 che scatta sul falling edge. Esso inizia a contare quando riceve un segnale di enable, dando l'output sia in codifica binaria, sia in codifica one hot, dopo aver sorpassato il 7 tutti i bit degli output vengono messi a '0'

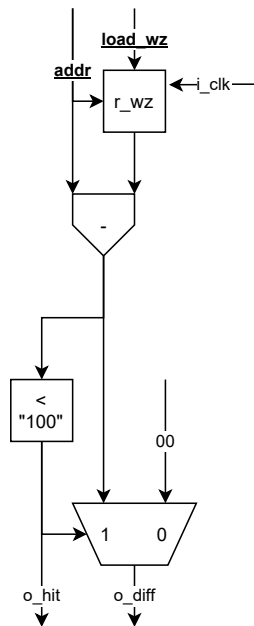


Figure 4: Schema di **wz_enc**

2.1.3 datapath

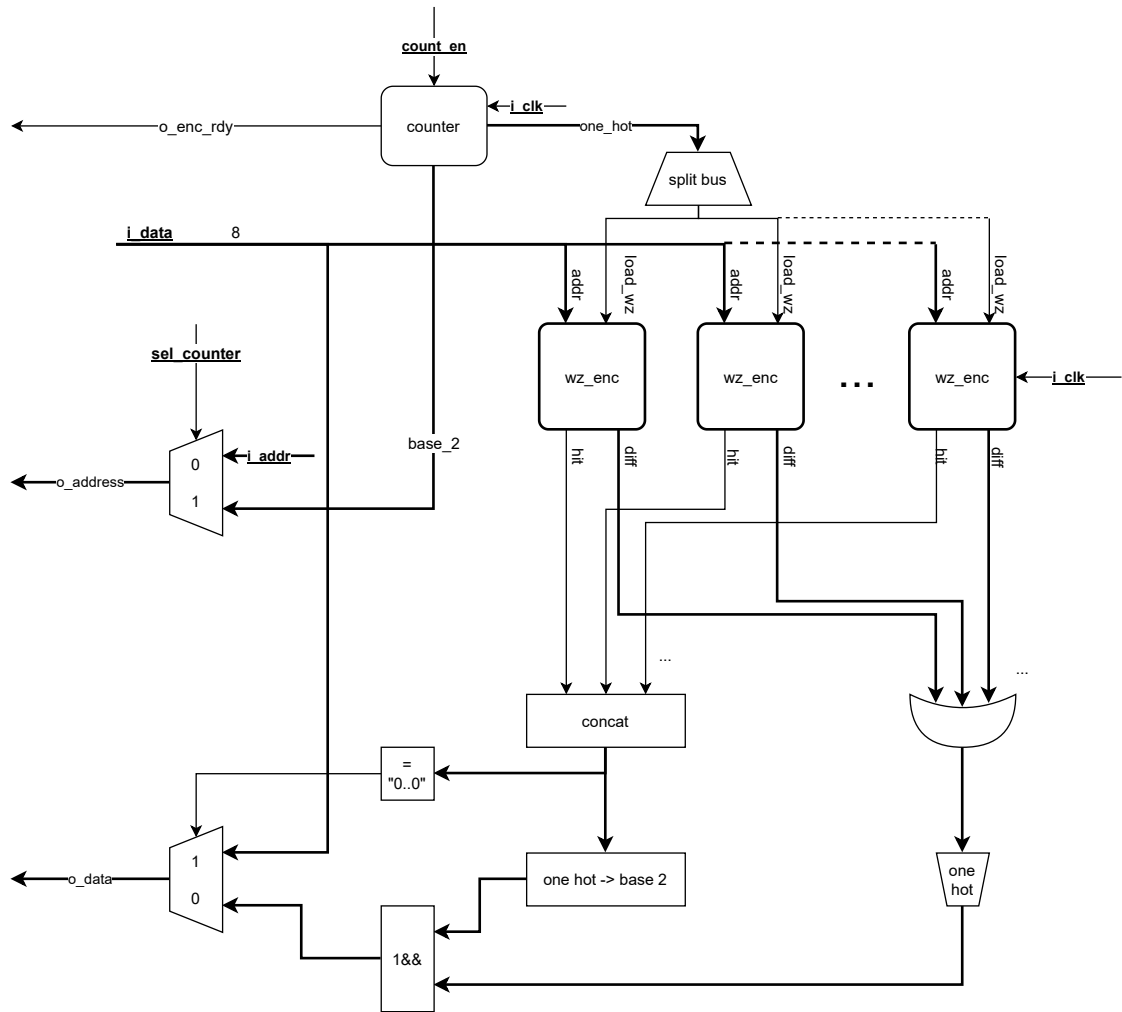


Figure 5: Schema di datapath

Il **datapath** divide il bus contenente la codifica one hot in uscita dal **counter** collegando ogni bit del segnale al segnale di load di un **wz_enc**, in questo modo, usando il segnale in codifica binaria per l'indirizzo in uscita permette di caricare l'indirizzo delle working zone nei rispettivi registri. Utilizzando l'output degli **o_hit** dei **wz_enc** il **datapath** può rilevare se un indirizzo faccia parte di una working zone o meno, poi combinando gli output degli **o_diff** può calcolare la codifica completa dell'indirizzo.

3 Risultati sperimentali

Dal report di sintesi si può osservare che il design del componente utilizza in minima parte le risorse disponibili sulla superficie dell'FPGA, non sono presenti black-box e non sono state sintetizzate strutture con un numero di componenti indesiderato.

Site Type	Used	Util%
Slice LUTs*	98	0.07
LUT as Logic	98	0.07
LUT as Memory	0	0.00
Slice Registers	71	0.03
Register as Flip Flop	71	0.03
Register as Latch	0	0.00

Table 2: Slice Logic

Il numero di nodi utilizzato scala linearmente con il numero di working zone e visto l'ampio margine disponibile sarebbe possibile creare un componente che supporti più working zones con questo stesso design senza incorrere in problemi di eccessiva utilizzazione della superficie dell'FPGA

Ref Name	Used	Functional Category
FDRE	71	Flop & Latch
LUT2	58	LUT
OBUF	27	IO
LUT4	16	LUT
CARRY4	16	CarryLogic
LUT5	15	LUT
LUT6	13	LUT
IBUF	11	IO
LUT3	7	LUT
LUT1	1	LUT
BUFG	1	Clock

Table 3: Primitive utilizzate

Il timing report utilizzando un clock con periodo di 100ns segnala Worst Negative Slack di 94.1ns, Worst Hold Slack di 0.154ns e Worst Pulse Width Slack di 49.5ns.

Quindi anche per quanto riguarda il timing il componente rispetta con ampi margini la specifica del progetto e rispetterebbe i constraints di timing anche con un clock 10 volte più veloce

Infine il power report stima un Total On-Chip Power di 0.131W

4 Simulazioni

Il componente è stato testato con simulazioni comportamentali pre sintesi e simulazioni funzionali post sintesi e post implementazione:

Visto che la correttezza della codifica fa affidamento sul fatto che solo un `wz_enc` possa avere un `o_diff` diverso da '0' nello stesso momento, nelle test bench sono state provate le configurazioni di working zones e indirizzo da codificare più critiche, cioè quelle con working zones adiacenti o con indirizzi di base a distanza 5 dove l'indirizzo da codificare si trova tra le due.

Inoltre è stata testata l'indipendenza da ordinamento delle working zones, la correttezza di codifiche successive al cambiare dell'indirizzo da codificare e dopo un reset e un cambio di working zones.

Durante i test non sono stati riscontrati comportamenti imprevisti nei segnali e la sequenza degli stati dell'FSA è stata quella attesa, con il numero di iterazioni previste.

5 Conclusioni

Il design scelto utilizza un registro per working zone, per questo motivo la prima codifica dopo un reset sarà la più lenta, vista la necessità di caricare nei registri gli indirizzi base delle working zones, tuttavia le codifiche successive saranno più veloci usando solo due cicli di clock per la codifica e due per segnalare la fine e attendere un nuovo start.

Un approccio alternativo sarebbe quello di salvare in un registro l'indirizzo da codificare e scorrere tra le working zones confrontando passo passo l'indirizzo con la base delle working zones fermando la codifica se si trova un offset minore di 4 con la base di una working zone, o una volta passate tutte le working zones.

Il secondo approccio richiede un numero minore di registri, che non aumenterebbe se le working zones fossero più numerose e può essere più veloce sulla prima codifica dopo un reset in quanto non richiede una fase di setup iniziale e se l'indirizzo appartiene a una delle prime working zones la codifica termina con pochi cicli di clock.

Tuttavia per le specifiche progettuali il design scelto rientra con ampio margine nei limiti di superficie e, oltre a richiedere meno cicli di clock per codifiche successive, ha il vantaggio di richiedere un numero di cicli di clock costante per la codifica, indipendente dal contenuto della RAM, che potrebbe portare dei vantaggi nella semplicità di utilizzo del componente.