



Politecnico di Torino
III Facoltà di Ingegneria

Sistemi elettronici a basso consumo

Relazioni di laboratorio

Laurea Magistrale in Ingegneria Elettronica
Orientamento: Sistemi Elettronici

Gruppo n. 9

Autori:

Favero Simone, Micelli Federico, Spanna Francesca

Contents

1	Laboratorio 1	2
1.1	Calcolo di probabilità e attività: porte logiche elementari	2
1.2	Calcolo di probabilità e attività: half adder e full adder	4

Laboratorio 1

1.1 Calcolo di probabilità e attività: porte logiche elementari

Il primo esercizio consiste nel valutare le probabilità e attività di quattro porte logiche elementari: NOT, AND, OR e XOR.

Mentre la probabilità di uscita del gate è definita dalla funzione logica stessa, la switching activity è valutata allo stesso modo per tutti i casi, mediante la seguente formula:

$$A = 2 \cdot P1 \cdot (1 - P0)$$

Di seguito è riportata l'analisi delle porte logiche richieste, considerando ingressi equiprobabili e scorrelati.

- **NOT**

$$P(Y = 1) = 1 - P(A = 1) = 0.5$$

$$A(Y) = 0.5$$

- **AND**

$$P(Y = 1) = P(A = 1) \cdot P(B = 1) = 0.25$$

$$A(Y) = 0.375$$

- **OR**

$$P(Y = 1) = 1 - ((1 - P(A = 1)) \cdot (1 - P(B = 1))) = 0.75$$

$$A(Y) = 0.375$$

- **XOR**

$$P(Y = 1) = P(A = 1) \cdot (1 - P(B = 1)) + P(B = 1) \cdot (1 - P(A = 1)) = 0.5$$

$$A(Y) = 0.5$$

Simulando il test bench fornito tramite ModelSim è possibile ottenere un file riportante il numero di commutazioni di ogni segnale del circuito durante il tempo di simulazione.

Il testbench fornito sfrutta un generatore di numeri casuali per generare gli ingressi delle porte, rendendo questi ultimi equiprobabili e statisticamente indipendenti.

In particolare, è possibile ricavare la switching activity delle uscite dividendo il numero di commutazioni per il numero di cicli di clock simulati.

Sono riportati i seguenti valori:

Tc(CK)	Tc(INV)	Tc(AND)	Tc(OR)	Tc(XOR)
20	1	0	4	4
200	43	40	42	44
2000	533	418	352	470
20000	4916	3606	3784	4876
200000	49967	37834	37541	49939

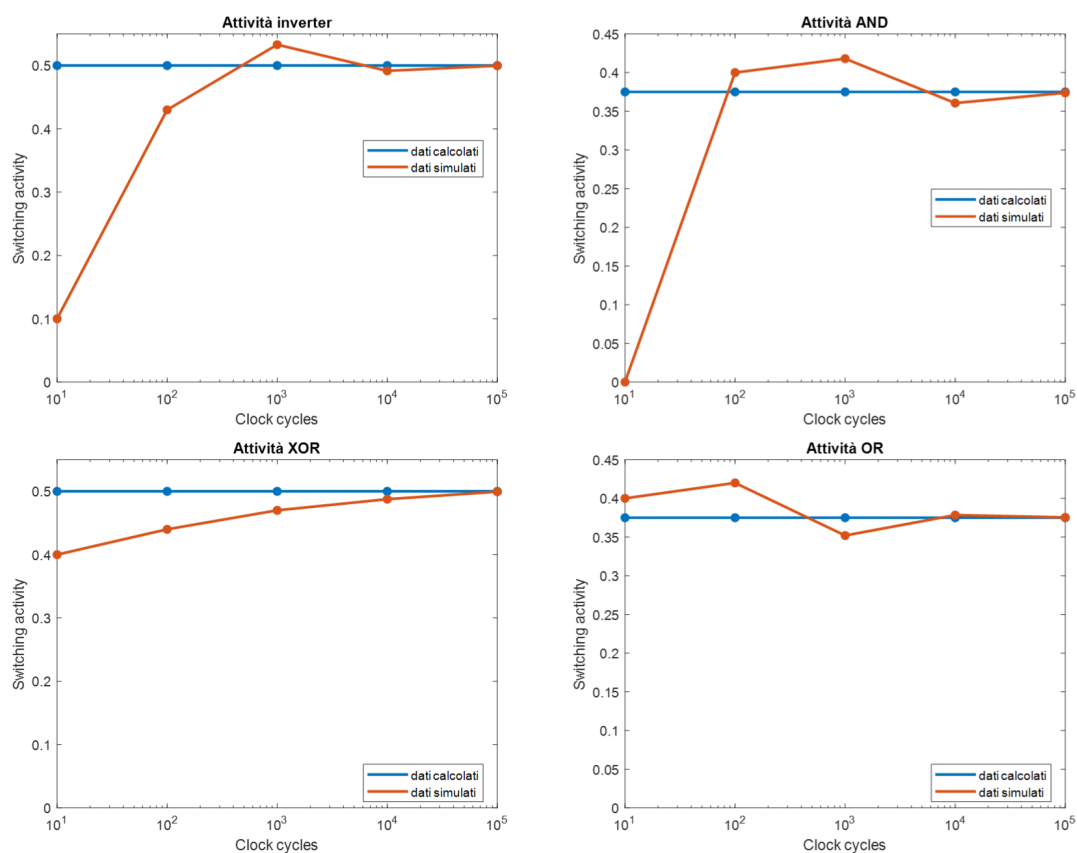
E' possibile stimare la switching activity dividendo il numero di commutazioni di un nodo per il numero di colpi di clock della relativa simulazione.

Dal momento che il parametro T_c si riferisce al numero totale di commutazioni, il numero di cicli di clock è ottenuto dividendo per due tale parametro.

I risultati dei calcoli sono riportati nella seguente tabella.

$T_c(CK)$	$T_c(INV)$	$T_c(AND)$	$T_c(OR)$	$T_c(XOR)$
20	0.1	0	0.4	0.4
200	0.43	0.40	0.42	0.44
2000	0.533	0.418	0.352	0.470
20000	0.4916	0.3606	0.3784	0.4876
200000	0.4997	0.3738	0.3754	0.4939

Per garantire una migliore visualizzazione dei dati ottenuti al variare del tempo di simulazione, sono stati realizzati i seguenti grafici.



Si osserva che all'aumentare del tempo di simulazione la stima dell'attività risulta a man mano più accurata. In particolare, nel caso analizzato, si osserva che per un numero di cicli di clock superiore a 10000, i dati sono confrontabili con quelli teorici.

1.2 Calcolo di probabilità e attività: half adder e full adder

Dalle tavole di verità di Half Adder e Full Adder si ottengono le seguenti funzioni:

- **Half adder**

$$S = A \text{ XOR } B$$

$$C_{out} = A \text{ AND } B$$

- **Full adder**

$$S = A \text{ XOR } B \text{ XOR } C_{in}$$

$$C_{out} = A \text{ AND } B \text{ AND } C_{in}$$

Partendo dalle funzioni delle uscite è stato possibile ricavare le probabilità associate alle uscite e le relative attività.

- **Half adder**

$$P(S = 1) = P(A = 1) \cdot ((1 - P(B = 1)) + P(B = 1) \cdot (1 - P(A = 1)))$$

$$P(C_{out} = 1) = P(A = 1) \cdot P(B = 1)$$

$$A(S) = 2 \cdot P(S = 1) \cdot (1 - P(S = 1))$$

$$A(C_{out}) = 2 \cdot P(C_{out} = 1) \cdot (1 - P(C_{out} = 1))$$

- **Full adder**

$$P(S = 1) = P(A = 1) \cdot (1 - P(B = 1)) \cdot (1 - P(C_{in} = 1)) +$$

$$P(B = 1) \cdot (1 - P(A = 1)) \cdot (1 - P(C_{in} = 1)) +$$

$$P(C_{in} = 1) \cdot (1 - P(A = 1)) \cdot (1 - P(B = 1)) +$$

$$P(A = 1) \cdot P(B = 1) \cdot P(C_{in} = 1) \quad P(C_{out} = 1) = A(S) = A(C_{out}) =$$