

ISTITUTO TECNICO INDUSTRIALE STATALE “ENRICO MATTEI”

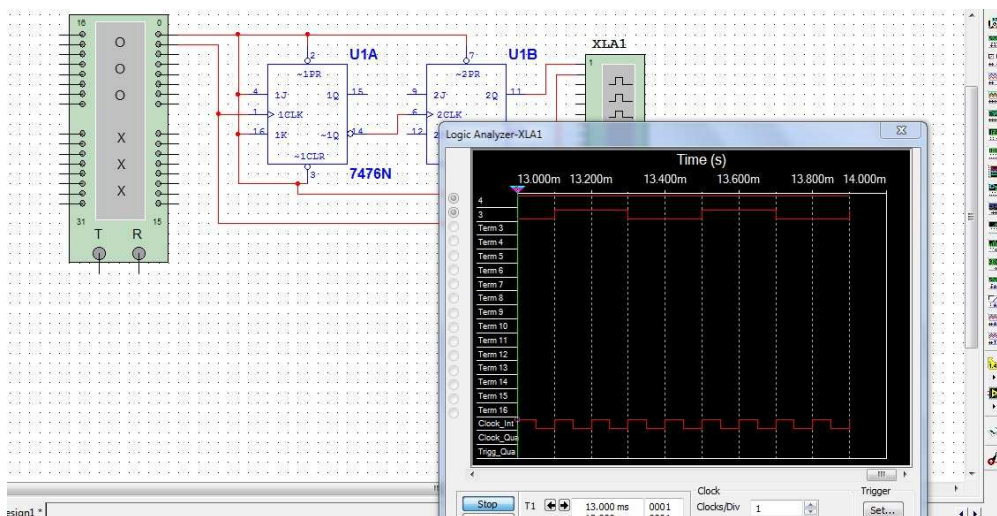
URBINO

Dipartimento di Elettronica ed Elettrotecnica



AMBIENTE DI SIMULAZIONE *MULTISIM*

*Esercizio no. 1*



*Autore: Prof. M. Zandri*

22 marzo 2012



---

## Indice

<b>1</b>	<b>Introduzione all'ambiente di simulazione</b>	<b>3</b>
1.1	Verifica della tabella di verità di una NAND . . . . .	5
1.2	Generatore di parole ed analizzatore logico . . . . .	7
1.3	Esercizi di riepilogo . . . . .	15

---

## 1 Introduzione all'ambiente di simulazione

Gli obiettivi che lo studente dovrà raggiungere dopo il completamento dell'esercitazione sono:

- Conoscere l'ambiente di simulazione MULTISIM©
- Conoscere la denominazione delle librerie dei componenti
- Conoscere la codifica delle funzioni logiche di base
- Comprendere la realizzazione di uno schema elettrico per la simulazione
- Saper impostare i parametri di simulazione logica
- Saper valutare i risultati della simulazione logica

Lo scopo dell'esercitazione no. 1 è quello di familiarizzare lo studente con l'ambiente di disegno (detto *schematic*) e di simulazione. MULTISIM© è un simulatore che usa il famoso programma noto col nome di SPICE (*Simulation Program with Integrated Circuit Emphasis*), un programma sviluppato agli inizi degli anni '70 presso l'Università di Berkeley in California. La modalità di rilascio è OPEN SOURCE e per questo motivo, oltre agli ottimi algoritmi di calcolo numerico, è il simulatore di circuiti elettrici ed elettronici più diffuso. Alcuni dettagli si possono trovare al link: <http://en.wikipedia.org/wiki/SPICE>

All'apertura il programma presenta una tavolozza bianca che è il foglio di lavoro dove si piazzano i componenti e si effettuano i collegamenti.

La rotella di *scroll* del *mouse* permette di effettuare l'operazione di *zoom* sul foglio di lavoro.

L'inserimento di un componente avviene dalla voce di menu **Place→Component...** come si può evidenziare anche dalla **fig. 1**.

Si apre la finestra di dialogo **Select→Component...**, dove i componenti da scegliere sono organizzati in gruppi e famiglie: il gruppo della logica TTL, ha come famiglie le differenti realizzazioni tecnologiche, indicate con apposite sigle: **LS** oppure **ALS** sono gli acronimi di *Low (power) Schottky* e *Advanced Low (power) Schottky*. Le

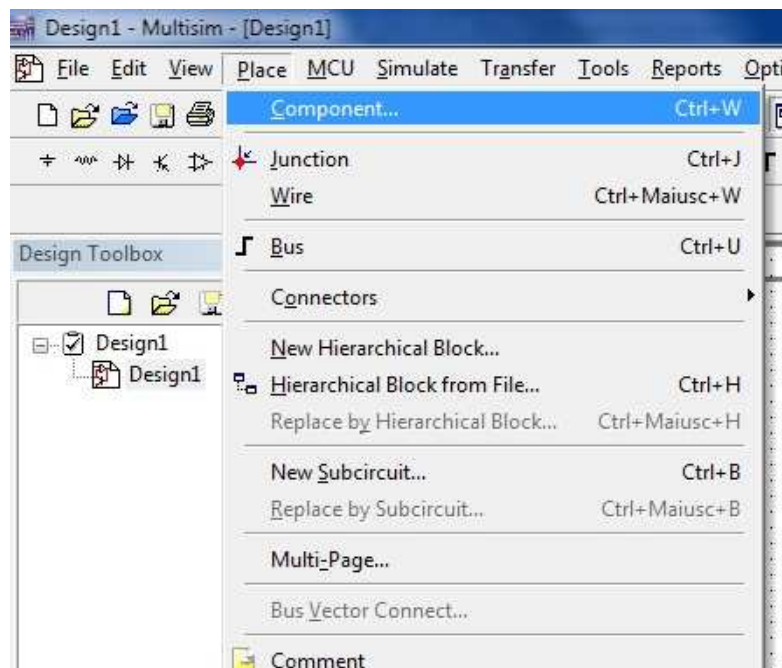


Figura 1: *Scelta un componente*

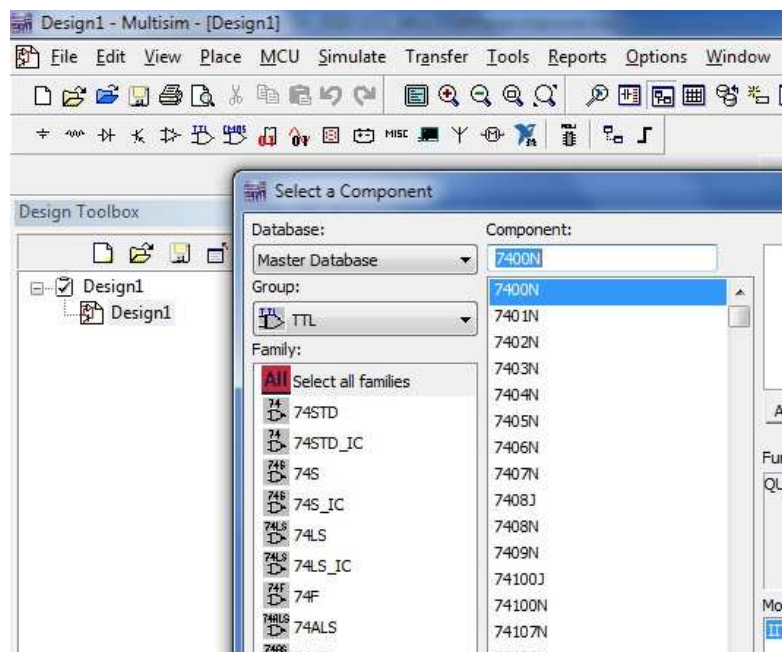


Figura 2: *Selezione di una famiglia di componenti*

differenti gradazioni tecnologiche hanno un impatto nella simulazione dinamica e nel consumo di energia del circuito reale, ma per quanto riguarda la simulazione logica, la scelta è indifferente. Per questo motivo si sceglierà la famiglia standard. Scelta la famiglia è possibile scegliere la funzione logica che è facilmente evidenziabile dal simbolo grafico presente nella finestra di destra, come è visibile in fig. 2.

### 1.1 Verifica della tabella di verità di una NAND

In questa prima simulazione si effettuerà una verifica molto semplice, relativa alla tabella di verità di una funzione  $y = \text{NAND}(x_1, x_2)$ . Come prima cosa si riporta la tabella della funzione combinatoria:

$x_2$	$x_1$	$y$
0	0	1
0	1	1
1	0	1
1	1	0

Tabella 1: Tabella di verità della funzione NAND

che dovrà essere simulata. Prima di procedere al posizionamento del componente, qualora nel contenitore fisico (*package*) siano presenti più di una funzionalità, il programma chiede all'utente di scegliere quale desidera applicare. Questa informa-



Rappres-  
tazione  
 tabellare  
 della  
 funzione  
 combinatoria  
 NAND

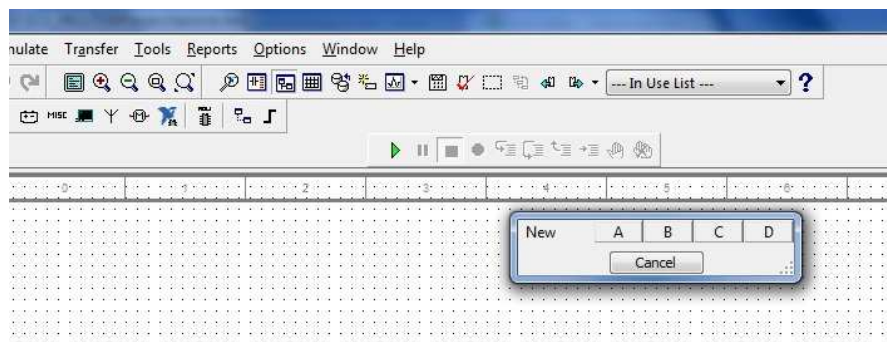


Figura 3: Scelta del componente all'interno del package

zione (v. fig. 3) non è significativa per la simulazione, ma diventa fondamentale se dal circuito simulato si desidera passare alla realizzazione del PCB (*Printed*

*Circuit Board*). Nel caso che si sta analizzando, il circuito di tipo 7400 è costituito da 4 funzioni NAND a 2 ingressi identificate dalla lettera ( $A, B, C, D$ ) e pertanto il programma di disegno dello schema elettrico chiede quale dei quattro si vuole utilizzare.

Si può scegliere il componente indentificato con la lettera “A”, effettuando un “click” con il tasto sinistro del mouse sul pulsante contenente la lettera “A”.

Si ottiene quanto rappresentato in **fig. 4**, dalla quale si evidenzia che il tasto

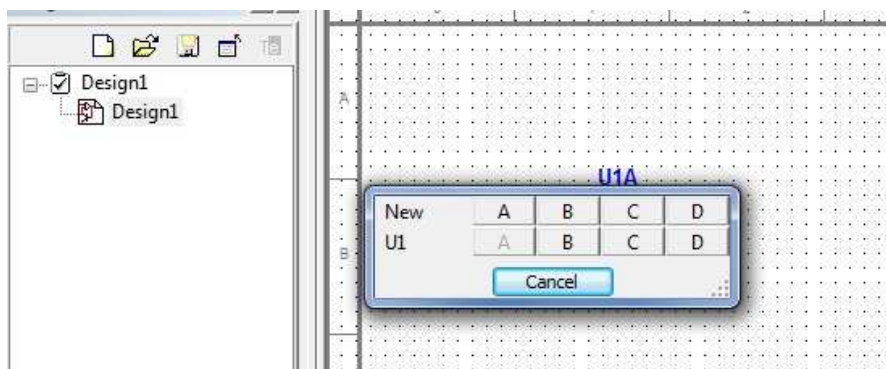


Figura 4: Scelta del componente “A”

“A” sia di colore più chiaro a significare che è già stato scelto. Si può terminare l’inserimento di ulteriori funzioni logiche premendo il tasto “cancel” presente nella finestra di selezione.

Il programma continua a chiedere per il posizionamento di ulteriori componenti presentando di nuovo la finestra di dialogo presente in **fig. 2**.

L’azione è quella di chiudere tale finestra agendo sul pulsante “close”. Il foglio

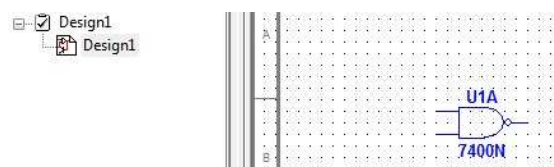


Figura 5: Il foglio di lavoro dopo la scelta di un NAND

di lavoro assume la forma rappresentata in **fig. 5**.

Terminato l’inserimento del componente occorre disporre degli strumenti per generare il segnale di test e per verificare la risposta del componente selezionato.



Foglio di lavoro dopo il posizionamento di un NAND della 7400.

MULTISIM® permette di utilizzare dei versatili strumenti grafici per raggiungere questi scopi: mette a disposizione dell'utilizzatore un **GENERATORE DI PAROLE** ed un **ANALIZZATORE DI STATI LOGICI**.

## 1.2 Generatore di parole ed analizzatore logico

Questi due strumenti sono i dispositivi principe per una corretta simulazione di tipo digitale, perché permettono di produrre la sequenza degli ingressi, che stimoleranno la rete logica e permettono di visualizzare i risultati in forma grafica, rendendo immediata la verifica dei risultati attesi.

MULTISIM® realizza questi due componenti come blocchi predefiniti, ma rende



GEN di  
PAROLE ed  
ANALIZZ.  
DI STATI  
LOGICI

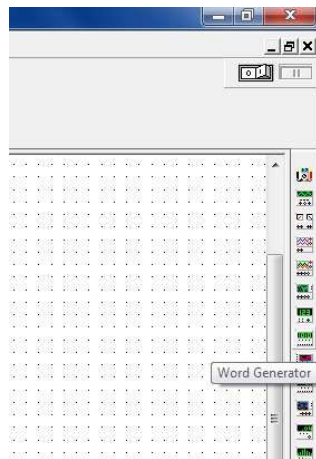


Figura 6: Selezione del generatore di parole



Figura 7: Selezione dell'analizzatore di stati logici

disponibili, per la personalizzazione, differenti parametri di simulazione. Dal bordo destro del foglio di lavoro è possibile selezionare il **GENERATORE DI PAROLE** (*WORDS GENERATOR*) selezionando l'ottavo tasto del menu a colonna presente sulla destra del foglio di lavoro, come rappresentato in fig. 6.

Scelto il componente è possibile posizionarlo in un'area del foglio di lavoro e passare alla selezione dell'analizzatore di stati logici, che è possibile scegliere agendo sul nono bottone del menu a destra del foglio di lavoro, come visibile in fig. 7.

Posizionati gli strumenti e il componente, si ottiene un foglio di lavoro come visibile in fig. 8. Gli strumenti inseriti nel foglio di lavoro hanno alcune proprietà

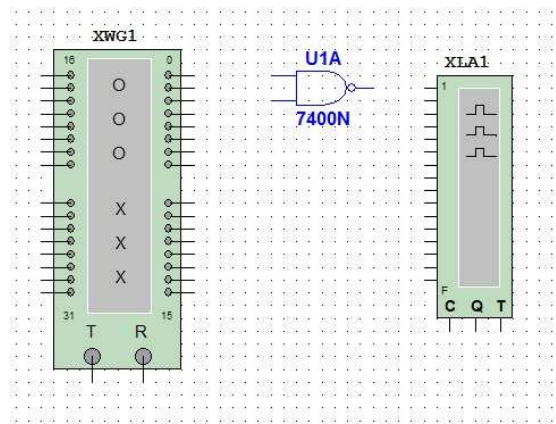


Figura 8: *Il foglio di lavoro dopo la scelta del componente e degli strumenti*

utili nella simulazione, che possono essere impostati con *click* del tasto destro del *mouse* sullo strumento.

Dal menu contestuale è possibile scegliere la voce **Proprietà**, attivabile anche con i tasti CTRL + M.

Prima di analizzare le impostazioni degli strumenti occorre descrivere rapidamente come funziona un simulatore a tempo discreto: i segnali prodotti sono generati in appositi istanti di tempo, che possono essere scelti dall'utente; anche l'analisi dei risultati è sincrona con il generatore. Un primo parametro, di fondamentale importanza è la durata dell'intervallo di persistenza dei segnali di ingresso; scelto questo parametro, per una corretta simulazione occorrerebbe scegliere un tempo di campionamento inferiore o al più uguale al tempo di persistenza dei segnali di ingresso, secondo la relazione di Shannon:


$$T_{sample} \leq T_{signal} \quad (1)$$

Dopo aver scelto il menu **Proprietà** sull'oggetto generatore di parole, occorre impostare la sequenza dei segnali di ingresso, utilizzando la finestra di destra presente nella figura 9, secondo la rappresentazione scelta con i pulsanti di scelta nella casella **Display**.

Nel caso specifico la rappresentazione scelta è esadecimale e poiché il generatore ha 32 linee, ciascuna combinazione può essere indirizzata con un numero esadecimale ad 8 cifre. È evidente che il numero esadecimale da scrivere è una rappresentazione delle linee collegate al circuito da analizzare; effettuata una scelta, questa dovrà



Proprietà  
degli  
strumenti di  
misura.

 Im-

postazione  
dei segnali  
prodotti dal  
generatore  
di parole.



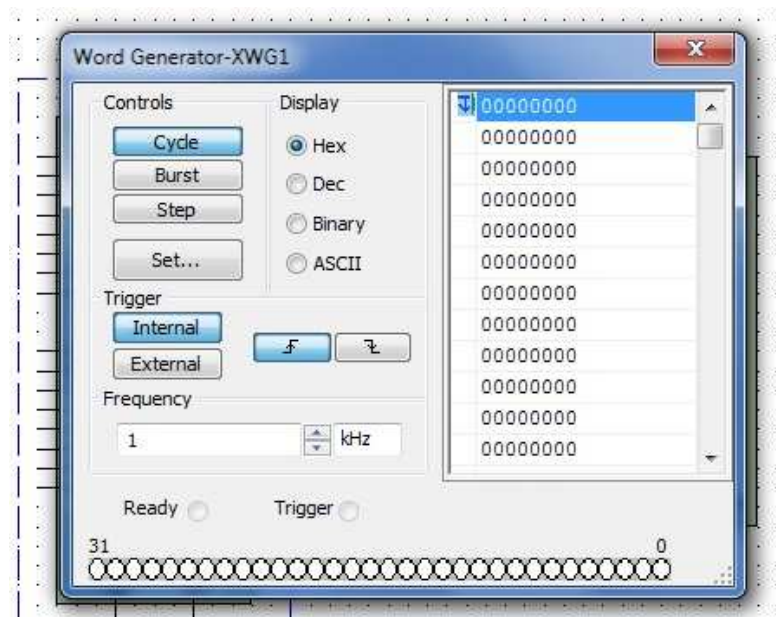


Figura 9: Il menu di scelta della proprietà del generatore di parole

essere ripetuta nello schema elettrico, tramite opportuno collegamento delle linee. Per simulare una tabella di verità di una funzione **NAND** a 2 ingressi, occorre produrre 4 combinazioni di ingresso, come descritto in tab. 1.

Si ipotizzi di utilizzare i segnali *no.0* e *no.1* del generatore di parole; per questa scelta la combinazione dei segnali di ingresso rappresenta anche i numeri  $0 \rightarrow 1 \rightarrow 2 \rightarrow 3$  che vanno inseriti nelle righe della finestra delle proprietà del generatore.

Al termine dell'inserimento si dovrà avere una finestra analoga a quando visibile in fig. 10.

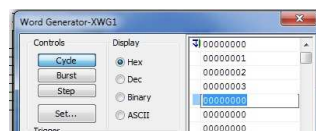


Figura 10: Combinazione dei segnali prodotti dal generatore

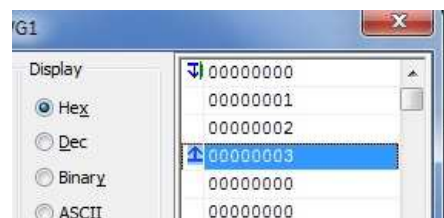


Figura 11: Impostazione del segnale di terminazione della sequenza.

Continuando con l'analisi della fig. 9, nella parte di sinistra sotto la voce **Controls**

si notano le voci di menu:

- Cycle
- Burst
- Step

che assumono il significato di ripetizione ciclica degli ingressi, singola ripetizione degli ingressi, singola produzione di un segnale rispettivamente. Il caso più semplice è quello di mantenere l'impostazione su **Cycle**, scelta di tipo predefinito. In questo modo la simulazione continua finché l'utente non decide di terminarla.

Nella parte sinistra in basso è invece presente una finestra di testo alla voce *Frequency*, dove è preselezionato il valore  $1kHz$ . Si può impostare il valore a  $5kHz$ . Allo stato attuale tuttavia non è ancora stata scelta la sequenza dei segnali di ingresso, perché nella finestra di impostazione delle combinazioni è presente solo la freccia verso il basso. Occorre indicare fin dove produrre gli ingressi, posizionandosi a sinistra dell'ultimo numero della combinazione e *clickando* di destro con il *mouse*. In questo modo si apre un menu contestuale da cui andrà scelta la voce **Set Final Position**, ottenendo il risultato presente in fig. 11.

Effettuata questa scelta, si può chiudere la finestra, ma occorre ricordare di mantenere coerenza con la definizione del circuito elettrico. Siccome nel foglio di lavoro non sono ancora stati collegati i componenti, questo è il momento di procedere. MULTISIM® è in grado di comprendere il desiderio di tracciare delle connessioni avvicinandosi col *mouse* al terminale del componente che si vuole collegare.

Il cursore cambia forma ed assume forma circolare: a seguito del *click* del tasto sinistro del *mouse* è possibile iniziare la tracciatura della connessione. Un ulteriore *click* permette di inserire un punto d'angolo nel disegno della linea. Raggiunto il terminale finale della linea di connessione, è sufficiente un altro *click* di sinistro per comunicare il punto di fine dalla connessione.

Lo schema di collegamento dovrà apparire come in fig. 12.

Le linee di connessione assumono il colore rosso.

Prima di procedere alla simulazione è conveniente rinominare le linee di ingresso e di uscita, perché questo renderà più leggibile i dati dell'analizzatore logico.

Per impostare un nome per il collegamento occorre selezionarlo, con *click* di sinistro. Il tratto di linea selezionato risulterà evidenziato. È sufficiente il *click* di



Scelta della  
sequenza di  
ingresso per  
la rete sotto  
test.

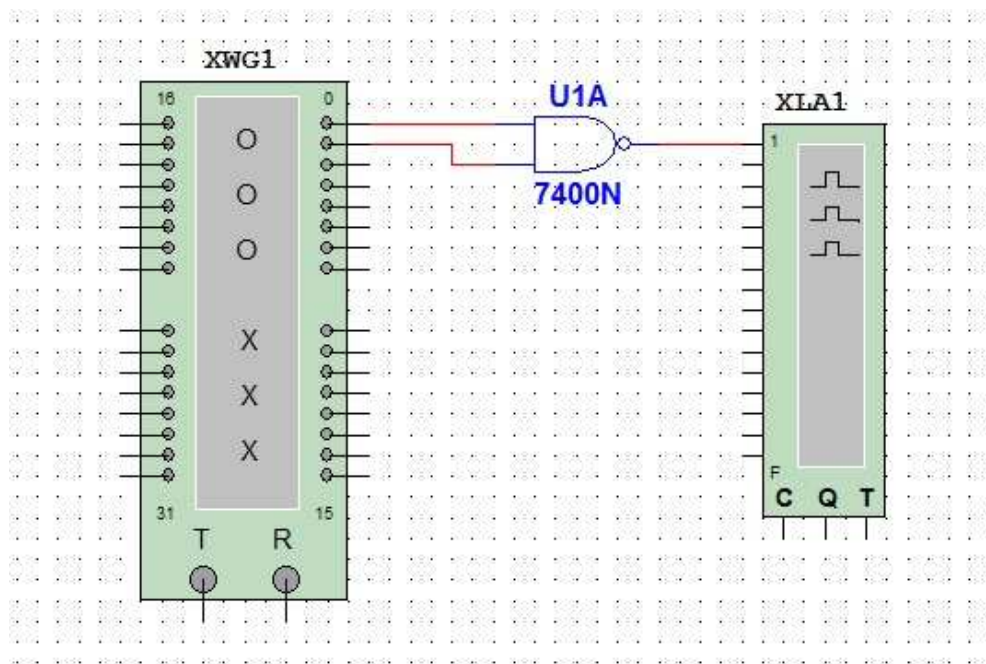


Figura 12: Dispositivo connesso al generatore e all'analizzatore logico.

destro in prossimità del collegamento per aprire la finestra del menu contestuale, da cui scegliere **Properties**. A seguito di questa azione si apre una finestra modale con alcune etichette, di nome **Net Settings**. Si seleziona la linguetta **Net Name** e all'interno del form che ne deriva, il nome del collegamento va scritto nella casella **Preferred Net Name**. Inoltre va attivata la spunta nella casella **Show Net Name**. In questa esercitazione i collegamenti di ingresso devono avere nome A e B, mentre l'uscita prende il nome di Y. In figura 13 appare il foglio di lavoro al termine dell'impostazione dei nomi.

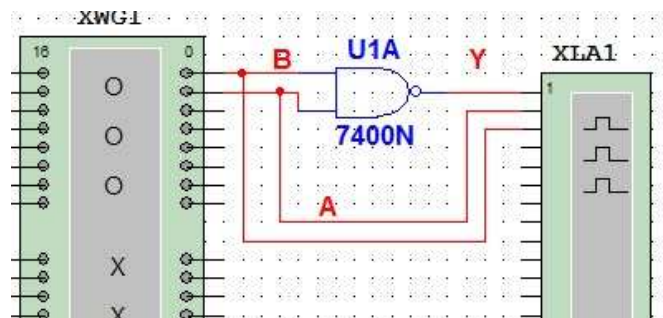
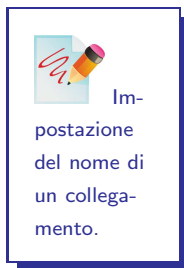


Figura 13: Impostazione del nome dei collegamenti.

Si può iniziare la simulazione con un *doppio click* sull'analizzatore di stati logici e si apre una finestra di visualizzazione dei segnali da analizzare.

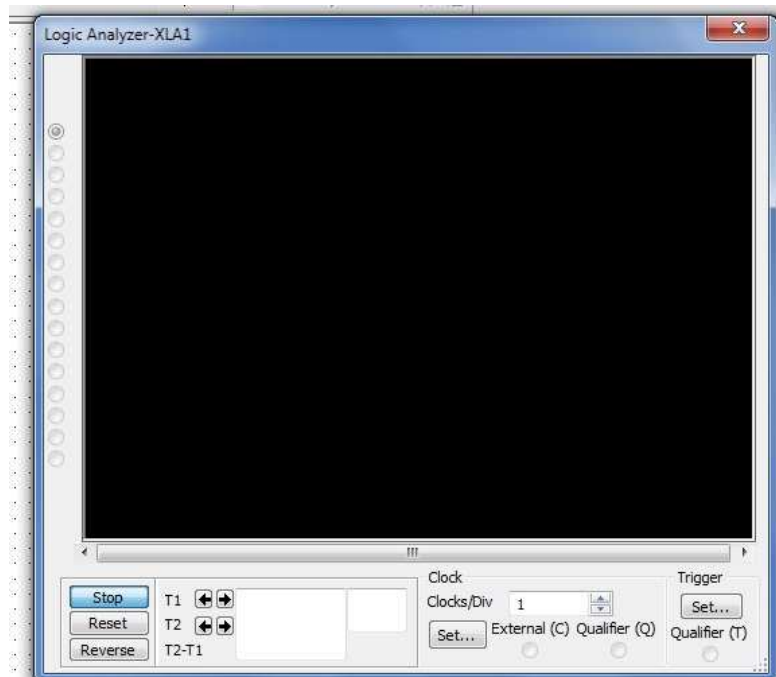


Figura 14: La finestra di visualizzazione dei segnali.

Su questa finestra, nella parte di sinistra sono riportati i nomi dei collegamenti di cui si chiede di visualizzare lo stato logico, che tuttavia verranno visualizzati a seguito dell'avvio della simulazione. Prima di procedere occorre impostare i dati principali dell'analizzatore, in particolare la frequenza di campionamento. È sufficiente premere il bottone **Set** relativo al box **Clock**, per aprire una finestra modale di nome **Clock Setup**, nella quale impostare la frequenza di campionamento, che secondo la relazione (1) deve essere almeno il doppio della frequenza di presentazione dei segnali logici di ingresso.

Si può chiudere la finestra premendo il pulsante **Accept**.

Per avviare la simulazione è sufficiente premere l'interruttore (1) di avvio posto in alto a sinistra della finestra di lavoro.

La simulazione si avvia e sullo schermo nero dell'analizzatore logico vengono visualizzati i differenti segnali, secondo quanto impostato nel generatore di parole. L'utente può interrompere la simulazione, premendo il campo 0 dello stesso in-

Im-  
postazione  
della  
frequenza di  
campionamento.

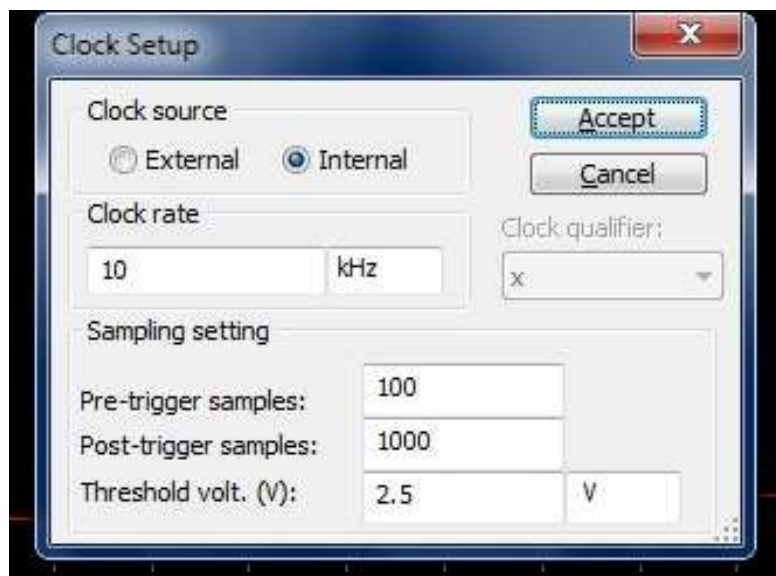


Figura 15: Impostazione della frequenza di campionamento.

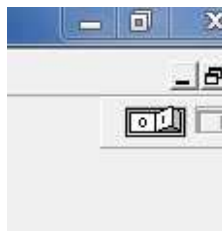


Figura 16: Tasto di avvio della simulazione.

terruttore. Lo stato dell'analizzatore è ben rappresentato in fig. 17. Se si legge con attenzione l'elemento grafico si evidenziano nella parte di sinistra, i nomi dei segnali così come assegnati nello schema elettrico. In alto appare la *timeline* che

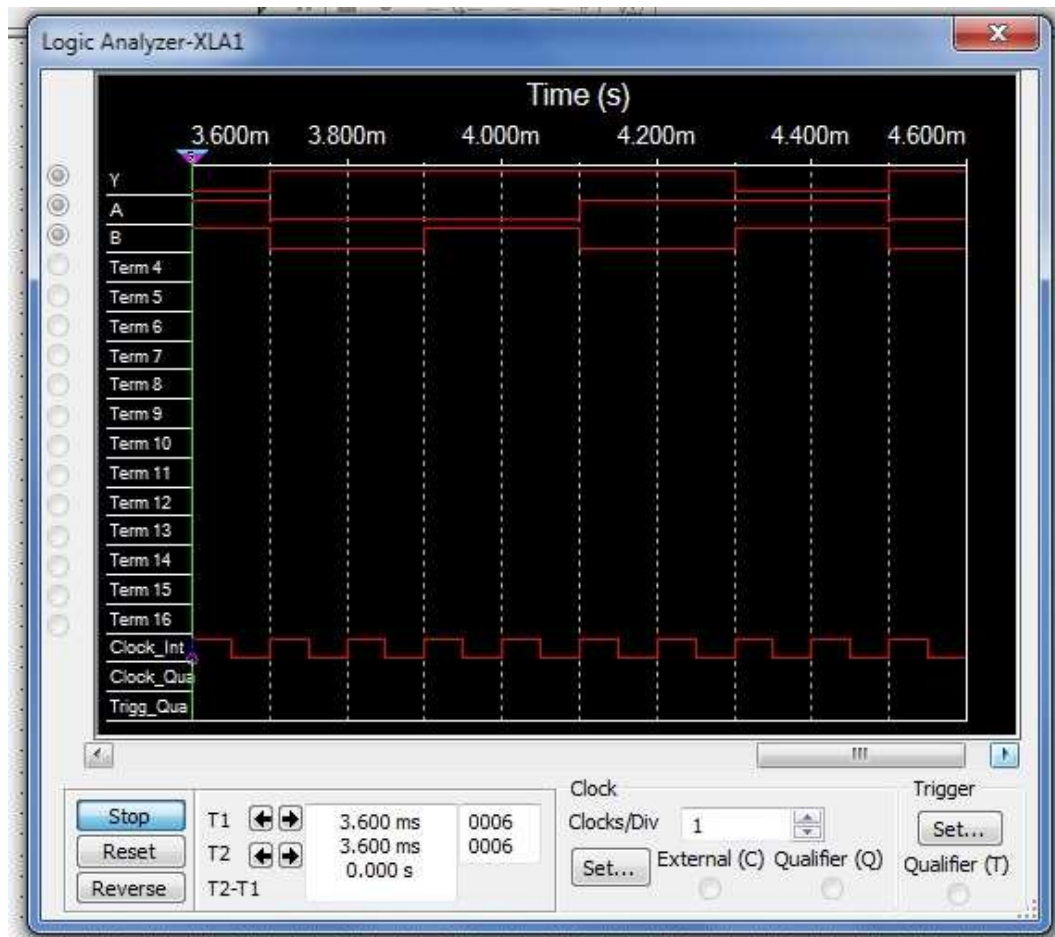


Figura 17: Risultato della simulazione.

indica l'intervallo di temp che si sta analizzando. Se si presta attenzione ai segnali A e B, la sequenza dei loro valori è:  $\{0, 0\}$   $\{0, 1\}$   $\{1, 0\}$   $\{1, 1\}$  rispettivamente, mentre il segnale Y è dato dalla relazione:

$$Y = \overline{A * B} \quad (2)$$

Questo risultato è facilmente ricavabile leggendo la traccia del segnale Y, nella parte alta dell'analizzatore di stati logici.



Risultato  
della  
simulazione.

### 1.3 Esercizi di riepilogo



**N.B.:** L'uso di ridenominare le connessioni è molto importante: permette di risalire facilmente ai segnali durante la fase di analisi dei risultati della simulazione.

1. Effettuare la simulazione della funzione logica  $Y = \overline{A + B}$ , descrivendo dapprima la relativa tabella di verità.
2. Effettuare la simulazione della funzione logica  $Y = A \oplus B$ , descrivendo dapprima la relativa tabella di verità.