

# Laboratorio di Fisica 3 AVANZATO

Prof. D.Nicolo`, Prof. C.Roda

## Esercitazione N. D01

### Caratteristiche porte logiche e semplici circuiti logici.

L'esperienza di oggi ha molteplici scopi:

- Imparare ad utilizzare il Data-Sheet (DS) per gli integrati di porte logiche;
- Misurare le caratteristiche fisiche delle porte logiche e confrontare le misure con le specifiche del DS;
- Imparare a progettare e costruire circuiti digitali combinatori applicando le regole della logica booleana e le strategie di progettazione discusse a lezione.

I circuiti integrati che verranno utilizzati sono di tipo Transistor Transistor Logic (TTL).

L'esperienza si articola su più parti:

- a. misura delle caratteristiche statiche e dinamiche delle porte TTL, come esempio utilizzeremo NOT contenute nell'integrato SN7404 (6 porte NOT);
- b. costruzione di varie funzioni logiche fondamentali utilizzando esclusivamente porte NAND (integrato SN74LS00);
- c. utilizzo di chip che implementano funzioni logiche diverse per realizzare circuiti combinatori complessi.

#### Parte A: Caratteristiche fisiche delle porte logiche

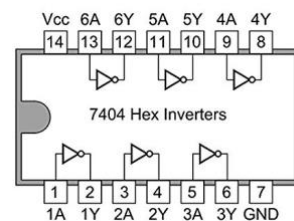
Familiarizzarsi con il data-sheet dell'integrato SN7404 (porte logiche NOT), in particolare individuare:

- absolute maximum ratings;
- tensioni di soglia di ingresso  $V_{IH}$ ,  $V_{IL}$ ;
- tensioni tipiche di uscita  $V_{OH}$ ,  $V_{OL}$ ;
- correnti di ingresso e uscita  $I_{IH}$ ,  $I_{OH}$ .

Se ci fossero dubbi sul significato delle variabili utilizzare il documento:

TI-UnderstandingDS.pdf

che si trova nella Documentazione Tecnica.



In questa parte dell'esperienza non si vogliono fare misure con alta precisione ma verificare che la porta sotto osservazione rientri o meno nelle specifiche del DS.

Collegare l'integrato sulla basetta in una zona centrale ed alimentarlo connettendo tensioni 0V e 5V. Per semplicità di lettura degli schematici in questa scheda **non** sono mostrate le connessioni dei pin di alimentazione dei vari integrati.

**1) Tensioni di operazione.** Connettere il canale 1 del Wavegen all'ingresso di una delle porte NOT.

Generare una rampa che vari tra tensioni 0-5V generando l'offset adeguato. **Attenti a NON inviare tensioni negative in ingresso** (anche se il diodo in ingresso protegge da questo errore...).

- a. Misurare la tensione  $V_{OUT}$  in funzione di  $V_{IN}$  e costruire il relativo grafico. Questa operazione può essere fatta utilizzando la modalità XY dell'oscilloscopio oppure salvando i dati su disco e analizzandoli con uno script. Calcolate dalle vostre misure il Noise Margin Low e High della porta, indicando esattamente come lo avete calcolato.
- b. Utilizzando i valori specificati nel DS calcolate il valore del Noise Margin High e Low che si desume dal data-sheet.

- c. Confrontando i valori per il Noise Margin Low e High ottenuti dai punti a e b dire se la porta sotto osservazione rientra nelle specifiche.

**2) Misura del Fan-out della porta (misurazione statica)** – si vuole misurare il valore del fan-out della porta per un valore logico alto. Per fare questo seguire i seguenti passi:

- a. Misurare la corrente in ingresso  $I_{IH}$  inserendo l'amperometro in serie all'ingresso del circuito;
- b. Misurare la corrente in uscita  $I_{OH}$  utilizzando in serie all'uscita della porta un amperometro e un potenziometro da 10k. Il potenziometro simula la resistenza di carico delle porte collegate all'uscita. Per misurare  $I_{OH}$  variare la posizione del potenziometro fino a far scendere a circa 3.4 V il valore di  $V_{OUT}$  (valore indicato come  $V_{OH}$  tipico per la porta). Misurare quindi il valore di  $I_{OH}$  in queste condizioni.
- c. Misurare la corrente in uscita dalla porta anche per il valore di  $V_{OH}$  che avete misurato quando avete stimato il Noise Margin High.
- d. Valutare il valore del fan-out della porta con le vostre misure.
- e. Valutare il valore del fan-out dalle specifiche del DS e dire se la porta sotto osservazione rientra nelle specifiche.

**3) Tempo di propagazione**

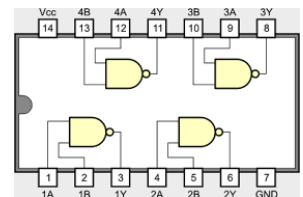
Si vuole misurare il tempo di propagazione  $H \rightarrow L$  e  $L \rightarrow H$  della porta, per fare questo si utilizzi l'oscilloscopio da banco che ha una frequenza di campionamento (1Gs/s) ed una banda passante (100 MHz) maggiore dell'AD2.

Utilizzate l'AD2 per inviare il segnale di ingresso alla porta.

- a. Individuate sul DS i tempi di propagazione e la loro esatta definizione;
- b. Misurate i tempi di propagazione  $t_{phl}$  e  $t_{plh}$  con l'oscilloscopio da banco spiegando come avete triggerato, come avete fatto la misura e valutato l'incertezza. Utilizzate il vostro cellulare per fare le foto dello schermo dell'oscilloscopio per documentare come avete fatto la misura;
- c. Confrontate le vostre misure con i valori del DS e dite se la porta sotto osservazione rientra nelle specifiche.

**Parte B: Costruzione di circuiti logici elementari.**

Rimuovete il chip SN7404 dalla basetta. Identificate due integrati tipo SN74LS00 contenenti ciascuno 4 porte NAND a due ingressi. Riferitevi al data-sheet dell'integrato per tutti i dettagli.



**4) Tabella di verità porta NAND**

- a. Osservate la tabella di verità della porta NAND utilizzando la funzione StaticIO di WaveForms, in particolare verificarne la tabella di verità (statica) posizionando gli interruttori nelle quattro possibili posizioni.
- b. Utilizzando le funzioni Pattern di Waveform producite le quattro possibili coppie di valori in ingresso e con la funzione Logic acquisite questi due segnali assieme al segnale in uscita e riportate il grafico nella relazione.

**5) Circuiti con porte NAND**

Progettare, costruire, e verificare la tabella di verità per i seguenti circuiti utilizzando solo porte NAND. Cercate di minimizzare il numero di porte utilizzate.

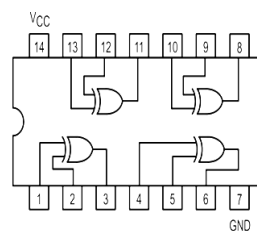
Consiglio: state attenti a riutilizzare i circuiti che possono essere utili in più punti.

- i. circuito OR (2 ingressi – 1 uscita)
- ii. circuito che permetta di assegnare all'uscita il valore di uno dei due ingressi a singolo bit tramite il valore di un terzo ingresso (3 ingressi – 1 uscita).

iii. circuito XOR (2 ingressi – 1 uscita)

Per ognuno di questi fornite:

- la derivazione analitica, utilizzando l'algebra di Boole, che trasformi la funzione logica desiderata in soli NAND;
- lo schema del circuito;
- una acquisizione effettuata utilizzando le funzioni Pattern e Logic che dimostri la funzionalità del circuito (come al punto 2.b).

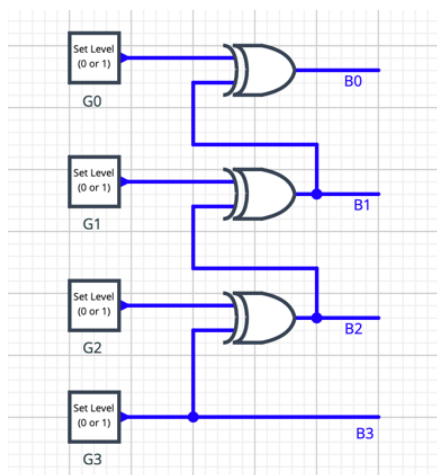


**Parte C: Costruzione di circuiti logici complessi.**

Rimuovete i circuiti precedenti dalla basetta. Identificate il chip SN74LS86 contenente 4 porte XOR.

**6) Convertitore Gray-Binario**

I due circuiti di figura provvedono a convertire un valore a 4 bit dalla codifica Gray in Binario utilizzando un unico integrato SN74LS86.



Convertitore Gray-Binario

74LS86

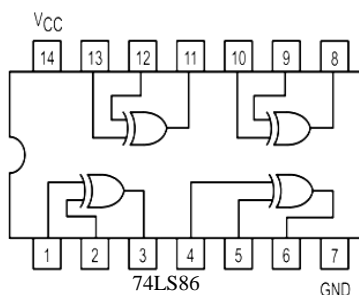
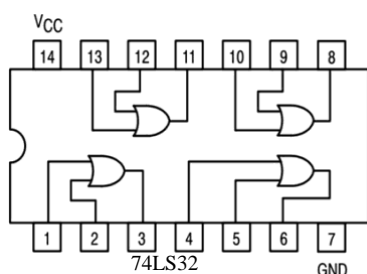
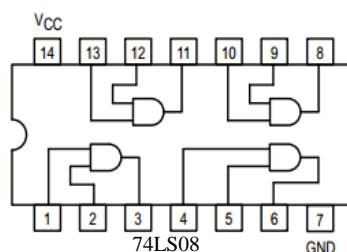
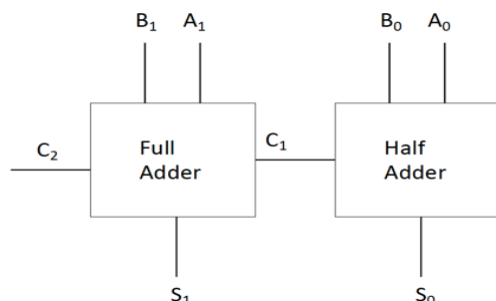
- Verificate che il disegno del circuito sia corretto calcolando il valore in uscita dal circuito per almeno 4 valori diversi in ingresso
- Per il convertitore Gray  $\rightarrow$  Binario:
  - verificate il funzionamento del circuito utilizzando Pattern per generare un contatore a 4 bit con la codifica opportuna e osservando l'uscita con Logic (come ai punti precedenti);
  - osservate su una scala molto stretta (30ns) la transizione in uscita dal numero 15 al numero 0;
  - motivare l'osservazione del punto precedente tenendo conto del tempo di propagazione necessario per i due circuiti;
  - riportate tutti i grafici necessari a dimostrare il funzionamento del circuito.

Schematici su SystemVision:

- Convertitore Binario-Gray <https://www.systemvision.com/node/415646>
- Convertitore Gray-Binario <https://www.systemvision.com/node/415619>

## 7) Sommatore

Andremo a realizzare un circuito sommatore di due numeri A e B a due bit. Per fare ciò si utilizzerà un circuito Half-Adder per i primi due bit (semplificando rispetto all'utilizzo di un FA visto che il primo carry-in è nullo) e un Full-Adder per combinare il carry del primo stadio con i due bit più significativi dei valori in ingresso.



- Per la realizzazione del circuito sono necessari:
  - 1 chip SN74LS08 (Quad AND)
  - 1 chip SN74LS32 (Quad OR)
  - 1 chip SN74LS86 (Quad XOR)
- Identificate nel circuito i due segmenti Half-Adder e Full-Adder, costruiteli indipendentemente utilizzando lo schema visto a lezione e verificatene qualitativamente il funzionamento.
- Connettete il bit di carry dell'output dell'Half-Adder all'ingresso del Full-Adder. Producete una prova del funzionamento come sommatore utilizzando Pattern e Logic (come ai punti precedenti).
- Aggiungete alla basetta 4 LED verdi e un LED rosso con le opportune resistenze di limitazione.

Utilizzando la funzione "ROM" di Pattern create una tabella di verità che utilizzi come input l'output del sommatore (incluso il carry) ed controlli i LED per formare un indicatore "a barra" :

  - se il carry è H, accendere solo il LED rosso, si è avuto over-flow nella somma;
  - se il carry è L, accendere un numero di LED verdi proporzionale al valore della somma (se il valore in ingresso è 0 nessuna LED acceso, un led acceso se il valore della somma è 1 e così via...).

Fornite nella relazione la tabella di verità utilizzata per la ROM (potete utilizzare il simbolo 'X' per indicare i valori "do not care") e tutto il materiale necessario a documentare il vostro lavoro e dimostrare il funzionamento del circuito.