

Laboratorio di Fisica 3

Prof. F. Forti

Esercitazione N. 13 **Macchine a Stati Finiti: semaforo**

Questa esercitazione prevede la progettazione ed implementazione di un circuito che gestisce un semaforo come applicazione del concetto di una macchina a stati finiti (FSM). Si raccomanda di eseguire un montaggio ordinato e pianificare lo spazio sulla basetta. Dopo aver costruito il circuito con i componenti fisici, si dovrà implementare attraverso la programmazione di ARDUINO una FSM con funzionalità un po' più complessa.

Alcune avvertenze:

- A. Collegare gli ingressi asincroni (preset e clear) dei FF alla tensione di alimentazione VCC, per evitare di avere reset o clear spuri.
- B. L'esercitazione prevede la costruzione autonoma di tabelle di verità e di circuiti elettrici: siate ordinati e sistematici, ed indicate chiaramente nella relazione che cosa avete realizzato. Riportate i numeri dei pin sullo schema elettrico, accertandovi di aver fatto tutti i collegamenti.

0) Materiale a disposizione. Consultare i datasheet per le piedinature degli integrati.

- 2 Integrati 7474 – 2 FF di tipo D, 1 Integrato 7400 – 4 Porte NAND
- 1 Integrato 7408 – 4 Porte AND, 1 Integrato 7432 – 4 Porte OR
- 3 LED: Verde, Rosso, Giallo; 1 Switch 4 bit

1) SEMAFORO CON CIRCUITI INTEGRATI.

Il semaforo può avere due modalità di funzionamento: "ABILITATO" o "DISABILITATO". Nella modalità ABILITATO la sequenza degli stati, ripetuta ciclicamente, deve essere:

Led Verde acceso → Led Verde e Giallo acceso → Led Rosso acceso

Nella modalità DISABILITATO i led Verde e Rosso sono spenti ed il led Giallo lampeggia.

Tutti gli stati devono durare 1 impulso di clock. La modalità di funzionamento viene determinata tramite un interruttore che genera il segnale di abilitazione ("E"=enable). Si può scegliere se il segnale E sia attivo alto oppure attivo basso, ma fare attenzione ad essere consistenti nella definizione e nella analisi.

L'analisi e la costruzione del circuito dovranno avvenire in due fasi:

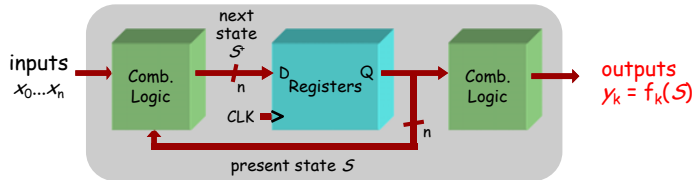
- a) Semaforo in modalità abilitato (cioè senza il segnale di enable)
- b) Semaforo completo con segnale di enable controllato dall'interruttore.

2) Note sull'analisi e l'implementazione del circuito.

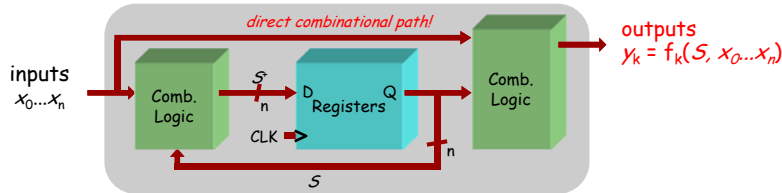
Per analizzare ed implementare i due circuiti, utilizzare i seguenti passi:

- a) Disegnare il diagramma a stati del circuito e le relative transizioni.
- b) Definire la codifica degli stati (S) in termini di bit, che saranno implementati nel registro costituito dai FF D (potete utilizzare fino a 4 bit). Potete decidere di codificare gli stati minimizzando il numero di bit usati, oppure codificarli usando un bit per ogni stato. Nella scelta della codifica degli stati fate attenzione a come saranno generate le uscite (ad esempio, al fatto che non si ha mai il Led Rosso ed il Led Verde accesi in contemporanea)
- c) Scrivere la tabella di verità delle transizioni di stato e delle uscite in relazione agli ingressi.
- d) Scrivere le funzioni logiche che rappresentano le transizioni: $S_{n+1} = f(S_n, \text{ingressi})$ e le funzioni logiche che rappresentano le uscite, decidendo chiaramente se state utilizzando una macchina di Moore (uscite = $f(S_n)$) oppure di Mealy ($f(S_n, \text{ingressi})$).
- e) Implementare il circuito usando uno dei due schemi sotto indicati, ovviamente cercando di minimizzare la parte combinatoria

• Moore FSM:



• Mealy FSM:



3) SEMAFORO NELLO STATO ABILITATO

- Considerate i tre stati Verde, VerdeGiallo, Rosso e disegnate i diagrammi di transizione quando il semaforo è abilitato.
- Le uscite da considerare sono 3: LV (Led Verde), LG (Led Giallo), LR (Led Rosso)).
- In questo caso non ci sono ingressi da considerare.
- Considerare che i FF D latch possono accendersi in qualunque stato e dovete quindi prevedere le transizioni da qualunque stato possibile verso gli stati desiderati.
- Scrivete la tabella di verità completa, inserendo opportunamente dei “don’t care” (X), per esempio nel valore delle uscite nel caso degli stati indesiderati
- Scrivete le equazioni per tutte le funzioni combinatorie necessarie, minimizzandole a mano o con le mappe di Karnaugh.
- Disegnate e montate il circuito, verificandone il funzionamento (con clock lento) e mostrando le forme d’onda relative (con clock veloce)

4) SEMAFORO COMPLETO CON LAMPEGGIANTE

- Modificate il vostro progetto in modo da utilizzare l’ingresso E (collegato ad uno degli interruttori) per selezionare lo stato ABILITATO/DISABILITATO. Dovete decidere:
 - Se il segnale E è attivo alto oppure attivo basso
 - Se effettuate una implementazione con macchina di Mealy o di Moore (suggerimento: con una macchina di Mealy l’implementazione è piu’ semplice)
- Ripetere i passi di progettazione, cercando di mantenere quanto già sviluppato, in particolare la codifica degli stati e le transizioni nel caso ABILITATO, riscrivendo la tabella di verità e le equazioni relative.
- Aggiungete al circuito la logica necessaria a gestire anche lo stato DISABILITATO e verificate il funzionamento.

5) FSM in Software

Utilizzare ARDUINO per realizzare in software la macchina a stati finiti del semaforo completo, sviluppando il programma relativo, con le seguenti indicazioni:

- Utilizzare tre delle uscite di ARDUINO già collegate al buffer 74LS244 (cioè D9, D10, D11, D12) e collegare i tre LED alle uscite del buffer inserendo una resistenza da 330Ohm come limitazione di corrente nel LED. Queste devono dichiarate di tipo OUTPUT
- Collegare l’interruttore per l’abilitazione tra uno degli ingressi digitali (ad esempio D8) e la massa. Tale ingresso deve essere dichiarato INPUT_PULLUP, in modo da avere uno stato HIGH quando l’interruttore è aperto, ed uno stato LOW quando l’interruttore è chiuso.
- Scrivere un programma che implementi la FSM completa del semaforo con abilitazione, e che permetta di cambiare in modo indipendente il tempo di ciascuno stato. Un esempio di programma funzionante si puo’ trovare nella documentazione di arduino del sito di LAB3. Tale programma implementa la FSM con il modello di Moore.