

Laboratorio di Architettura degli Elaboratori

A.A. 2016/17 — Circuiti Logici

Per ogni lezione, sintetizzare i circuiti combinatori o sequenziali che soddisfino le specifiche date e quindi implementarli e testarne il comportamento mediante il programma simulatore Logisim.

Lezione 1

Mediante le mappe di Karnaugh, sintetizzare i circuiti *combinatori* che soddisfino le seguenti specifiche:

1.1 Esercizio

Si progetti un circuito combinatorio, con tre segnali di input, che calcola la minoranza. Il circuito fornisce in uscita 1 se almeno due ingressi sono 0, altrimenti genera 0 come uscita.

1.2 Esercizio

Si progetti un circuito combinatorio che simulala una lampadina comandata da tre diversi interruttori. I tre ingressi del circuito rappresentano lo stato degli interruttori e l'uscita rappresenta lo stato della lampadina. Il circuito deve soddisfare la condizione che ogni modifica allo stato di uno degli interruttori comporta un cambiamento dello stato della lampadina.

Per i più volenterosi: fornire due soluzioni per l'esercizio, la prima basata sulle sole porte AND, OR e NOT, quindi proporre una soluzione, più semplice, basata su porte XOR.

1.3 Esercizio

- Si progetti un circuito combinatorio che riceve come ingresso due numeri binari, A e B , di 2 bit ciascuno e genera una singola linea di uscita. Il circuito restituisce 1 se $A \leq B$, e 0 altrimenti.
- Si progetti quindi la versione duale del circuito, ossia un circuito dove l'uscita è data da una porta AND che riceve come ingresso le uscite di un certo numero di porte OR.

Lezione 2

2.1 Esercizio

- Progettare un circuito che, ricevuti 4 segnali binari (bit) in ingresso, stabilisca se questi rappresentano nella notazione binaria un numero primo. Il circuito restituisce in uscita 1 se l'input rappresenta un numero primo, mentre restituisce 0 in caso contrario.
- Progettare un circuito che riceva in ingresso un numero binario di 4 bit, il circuito restituisce in uscita 1 se l'ingresso è una cifra decimale (ossia un valore tra 0 e 9) divisibile per 2 o per 5, restituisce 0 se l'ingresso è una cifra non divisibile né per 2 né per 5, nel caso in cui l'ingresso non rappresenti alcuna cifra decimale, l'uscita può assumere un valore arbitrario.

2.2 Esercizio

- Costruire un multiplexer, con 1 ingresso di controllo, e realizzarlo come modulo Logisim.
- Utilizzando tre multiplexer con 1 ingresso di controllo, realizzare un multiplexer con 2 ingressi di controllo.

2.3 Esercizio

- Progettare un decoder a 2 ingressi dotato di un segnale aggiuntivo di Enable, se il segnale Enable vale 0 tutte le uscite valgono 0, se Enable vale 1 si comporta come un circuito decoder. Realizzare il circuito come modulo.
- Utilizzare il modulo del punto precedente per realizzare un decoder a 3 ingressi ed uno a 4 ingressi.

Lezione 3

3.1 Esercizio

- Progettare un *half-adder*, ossia un circuito combinatorio che somma due bit e genera il bit risultato ed un riporto. L'*half-adder* va realizzato come modulo (sottocircuito) Logisim.
- Utilizzando 4 moduli *half-adder*, costruire un circuito che ricevuto in ingresso un numero binario di 4 cifre, restituisca in uscita il numero binario successivo. Infine trasformare il circuito in un modulo.

3.2 Esercizio

1. Utilizzando due moduli *half-adder*, progettare un *full-adder*, ossia un circuito combinatorio che somma due bit ed un riporto e genera il bit risultato ed un nuovo riporto. Realizzare i *full-adder* come modulo Logisim.
2. Progettare un circuito che calcoli la somma di due numeri binari di 4 bit ciascuno.

Lezione 4

4.1 Esercizio

Utilizzare il modulo del secondo punto, esercizio 3.1, per costruire un contatore sequenziale a 4 cifre, ossia un circuito sequenziale, senza ingressi e con 4 uscite che ad ogni ciclo di clock aggiorna il valore in uscita trasformandolo nel numero binario successivo (dopo aver assunto il valore 15 l'uscita assume il valore 0).

4.2 Esercizio

Utilizzando dei moduli multiplexer, modificare il circuito contatore sequenziale dell'esercizio precedente, nei tre seguenti modi.

- Aggiungere in segnale S che blocchi il conteggio, quando in segnale S assume in valore 1, in contatore non modifica il suo stato, quando assume il valore 0, il contatore incrementa il suo valore ad ogni ciclo di clock.
- Aggiungere un segnale R che imposti il contenuto del contatore al valore 3. Più precisamente, quando il segnale R assume il valore 1, al prossimo ciclo di clock, il contenuto dei registri interni del contatore diventa la rappresentazione binaria del numero 3, quando il segnale R assume il valore 0 il circuito si comporta come un semplice circuito contatore.
- Trasformare il contatore in modo che dopo aver assunto valore 14 al ciclo successivo il conteggio riparta da 3.

Lezione 5

5.1 Esercizio

- Costruire un circuito sequenziale con un segnale di ingresso e un segnale di uscita che riconosca la stringa 1101; ossia l'uscita del circuito assume il valore 1 quando l'ingresso attuale assieme a quelli nei 3 cicli di clock precedenti forma, nell'ordine temporale, la sequenza 1101; l'uscita assume il valore 0 altrimenti.
- Proporre una soluzione alternativa per l'esercizio del punto precedente.

5.2 Esercizio

Costruire un circuito che simuli il funzionamento di un ascensore a due piani. Il circuito ha due segnali di ingresso che simulano i pulsanti di chiamata al piano, ha due segnali di uscita che segnalano la presenza dell'ascensore al piano. Si supponga inoltre che l'ascensore impieghi tre cicli di clock per passare da un piano all'altro.

5.3 Esercizio

Usando il circuito sommatore a 4 bit dell'esercizio 3.2, un registro e poche altre porte logiche (nonché le idee dell'aritmetica in complemento a 2), costruire un contatore up/down a 4 bit. Il circuito possiede due ingressi e ed u , e quattro

uscite. L'ingresso e abilita il conteggio, il circuito non modifica l'uscita se l'ingresso e è a 0 mentre conta se l'ingresso e è a 1. L'ingresso u determina il verso del conteggio: quando l'ingresso u è a 1, il contatore incrementa ad ogni ciclo di clock il valore dell'uscita; quando l'ingresso u è a 0, il valore dell'uscita viene decrementato.

Lezione 6

6.1 Esercizio

Costruire un dispositivo sequenziale sincrono che riceve in ingresso una linea seriale sulla quale vengono trasmessi pacchetti di 3 bit. Il dispositivo genera come uscita un bit che indica se è stato spedito un pacchetto contenente la sequenza 110. L'uscita vale 0 in corrispondenza dei primi 2 bit di ogni pacchetto, sul terzo bit l'uscita vale 1 se è stata trasmessa la sequenza 110 e 0 altrimenti.

6.2 Esercizio

Utilizzando moduli half-adder e full-adder (esercizi 3.1, 3.2), costruire un circuito moltiplicatore; il circuito riceve in ingresso due numeri binari di 3 bit e genera in uscita il prodotto a 9 bit.

6.3 Progetto

In alternativa agli esercizi precedenti e a quelli della prossima lezione, è possibile svolgere un piccolo progetto in cui costruire un circuito simulante il funzionamento di un ascensore. L'ascensore simulato deve aver 4 piani; i segnali di ingresso simulano i pulsanti di chiamata al piano; le uscite segnalano la presenza dell'ascensore ad un determinato piano. Il passaggio da un piano all'altro richiede 4 cicli di clock. La posizione e il movimento dell'ascensore sono simulati attraverso il circuito contatore dell'esercizio 5.3, questo circuito deve essere quindi arricchito con un circuito che implementa la logica dell'ascensore, cioè in base alla posizione dell'ascensore e allo stato dei pulsanti di chiamata al piano determina se l'ascensore deve muoversi, verso l'alto o il basso, o stare fermo. I più volenterosi possono arricchire ulteriormente il circuito simulando simulando tasti di chiamata con memoria, ossia una volta chiamato l'ascensore, la chiamata resta valida fintanto che l'ascensore non si ferma al relativo piano.

Lezione 7

7.1 Esercizio

Utilizzando i moduli per l'aritmetica progettati nella terza lezione, realizzare tre moduli che ricevuti in ingresso due numeri interi, m n rappresentati in complemento a 2 con 4 bit calcolino le seguenti funzioni.

- La somma tra m ed n . Il circuito deve generare sia il risultato, come numero valore in complemento a 2 con quattro bit, sia un segnale che indichi l'eventuale overflow.

- La differenza tra m ed n . Il circuito deve generare sia risultato che segnale di overflow.
- Tre valori booleani che rappresentino le condizioni $m < n$, $m \leq n$ e $m = n$.

7.2 Esercizio

- Un flip-flop di tipo T è un flip-flop con un singolo segnale di controllo T (oltre al segnale di clock) avente il seguente comportamento: se il segnale di T ha valore 0 il flip-flop non cambia stato, mentre se il segnale T ha valore 1 il flip-flop cambia stato (toggle) ad ogni segnale di clock. Utilizzando un flip-flop di tipo D e un circuito multiplexer, costruire un flip-flop di tipo T . Per risolvere l'esercizio bisogna sfruttare il fatto che un flip-flop di tipo D è provvisto di 2 uscite, Q e \bar{Q} .
- Utilizzando un singolo flip-flop (di tipo D) senza alcuna porta logica aggiuntiva, costruire un circuito capace di dimezzare il ciclo di clock, ossia il circuito senza ingressi con una singola uscita, che generi un segnale periodico, con periodo doppio rispetto al periodo di clock.
- Utilizzando due flip-flop, e nessuna porta logica, costruire un circuito che generi in uscita un segnale periodico con periodo quadruplo rispetto al periodo di clock.
- Trasformare la soluzione del punto precedente in un contatore sequenziale a due cifre, ossia un circuito sequenziale, senza ingressi e con 2 uscite che ad ogni ciclo di clock aggiorna il valore in uscita trasformandolo nel numero binario successivo (dopo aver assunto il valore 11 l'uscita assume il valore 00). Le modifiche da apportare alla soluzione del punto precedente sono minime, è sufficiente introdurre una nuova uscita, e modificare eventualmente alcune connessioni, non è necessario usare alcuna porta logica.

Lezione 8

8.1 Esercizio

Costruire un circuito che trasformi un segnale parallelo in uno seriale.

Il circuito ha 4 linee di ingresso ed una di uscita. Durante il funzionamento le linee di ingresso vengono modificate ogni 4 cicli di clock. Tra una modifica dell'ingresso e la successiva, la linea di uscita, in quattro cicli di clock consecutivi, assume ciascuno dei 4 valori presenti nelle linee di ingresso.

Per realizzare il circuito è conveniente utilizzare un contatore a due cifre (esercizio 7.2) ed un multiplexer (esercizio 2.2).

8.2 Esercizio

Costruire un circuito che trasformi un segnale seriale in uno parallelo.

Il circuito possiede una linea di ingresso e 4 linee di uscita, le linee di uscita vengono modificate ogni 4 cicli di clock ed ad ogni modifica assumono ciascuna uno dei quattro valori presenti in ingresso nei quattro cicli di clock precedenti.

8.3 Esercizio

Combinare i due circuiti precedenti per costruire un circuito con 4 ingressi e 4 uscite che simuli la trasmissione di un segnale parallelo attraverso una linea seriale, ossia il circuito deve semplicemente copiare, eventualmente con uno sfasamento di qualche ciclo di clock, il valore dell'input nell'output ma la connessione tra input ed output deve passare attraverso una singola linea seriale.