

**Università di Napoli Federico II – Scuola Politecnica e delle Scienze di Base**  
**Corso di Laurea in Ingegneria Informatica**



# **Corso di Calcolatori Elettronici I**

Macchine sequenziali sincrone



# Modello teorico di macchine sincrone

- Sono macchine non asincrone (non accade che per ogni stato e per ogni ingresso si finisce in uno stato stabile)
- Con ingressi a livelli, variazioni dello stato e dell'ingresso dovrebbero verificarsi in perfetto sincronismo tra loro e ad intervalli pari al ritardo complessivo  $\Delta$
- Non realizzabile in pratica!
  - Il tempo  $\Delta$  non è prevedibile

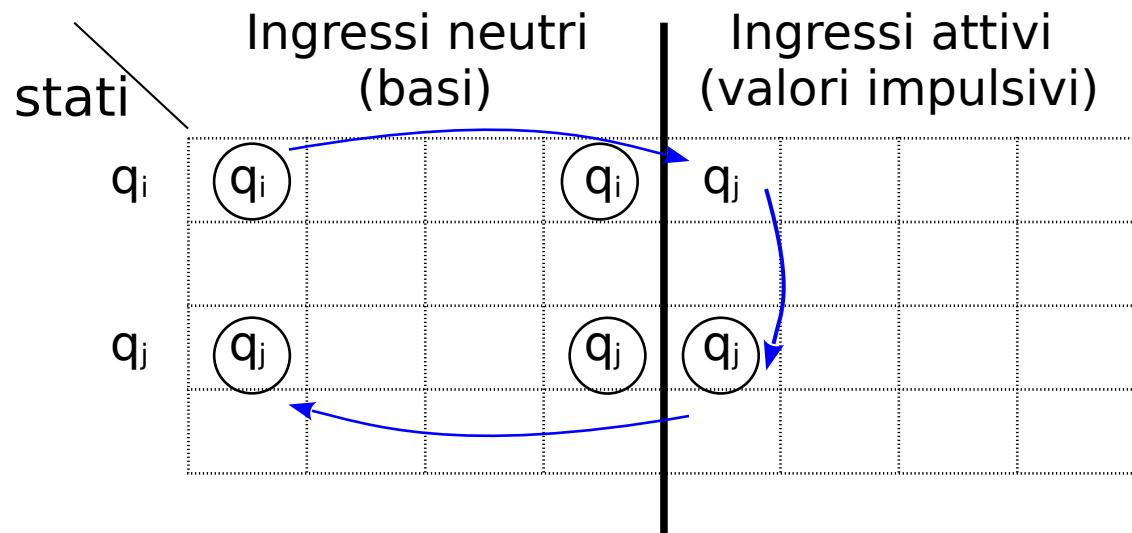


# Macchine ad ingressi impulsivi

- Una macchina sequenziale si dice ad ingressi impulsivi se
  - L'insieme dei valori di ingresso può essere suddiviso in valori a livello, detti *basi*, e valori impulsivi
  - Per ciascun valore a livello, gli stati interni sono tutti stabili
- Una macchina sequenziale ad ingressi impulsivi sarà asincrona o sincrona a seconda delle proprietà della tabella di flusso

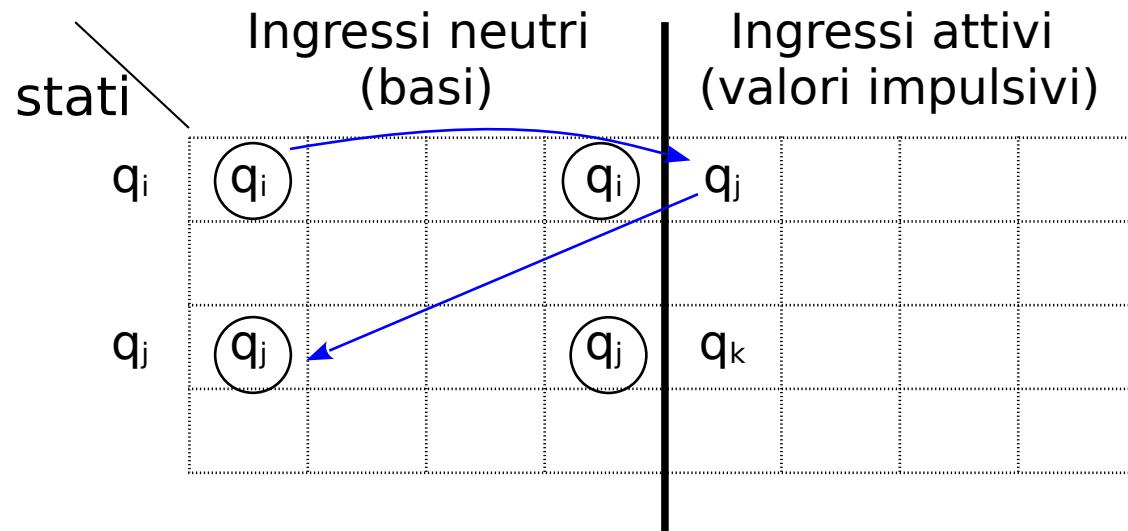
# Macchine ad ingressi impulsivi

- Se la macchina è asincrona:
  - Il funzionamento è quello già visto
  - Si può rimuovere l'ipotesi di durata nulla degli impulsi (lo stato prossimo è stabile in relazione al valore dell'impulso)

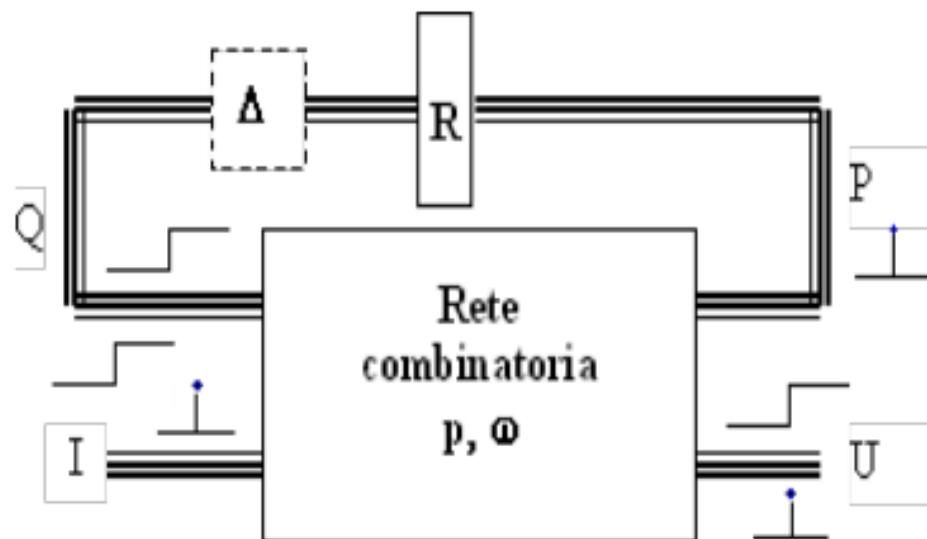


# Macchine ad ingressi impulsivi

- Se la macchina è sincrona:
  - Gli ingressi impulsivi definiscono gli istanti nei quali la macchina può cambiare stato
    - Ciascun impulso causa una sola transizione di stato
  - Non si può rimuovere l'ipotesi di durata nulla degli impulsi, che nella pratica viene soddisfatta con l'impiego di flip-flop sulle linee di reazione



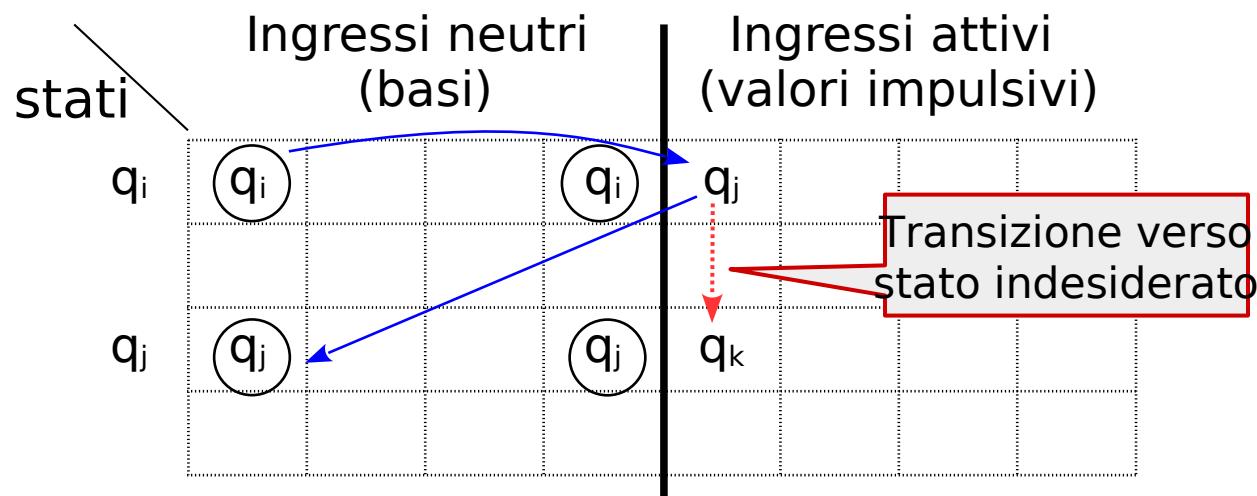
- Il registro R è adoperato per la memorizzazione degli stati Q
- Gli ingressi I sono impulsivi (durata  $\delta$ )
- Le uscite P (impulsive) della macchina combinatoria determinano il posizionamento del registro R
- U sono le uscite (impulsive o a livelli)
- $\Delta$  rappresenta il ritardo nel posizionamento del registro



# Macchine sincrone impulsive



- Con impulsi di durata  $\delta > 0$ , occorre evitare che il valore impulsivo sia ancora presente in ingresso quando il registro viene posizionato con il nuovo stato
- Per evitare che la macchina evolva verso stati indesiderati, è necessario che  $\delta < \Delta$
- Esistono due modelli: autosincronizzato e a sincronizzazione esterna



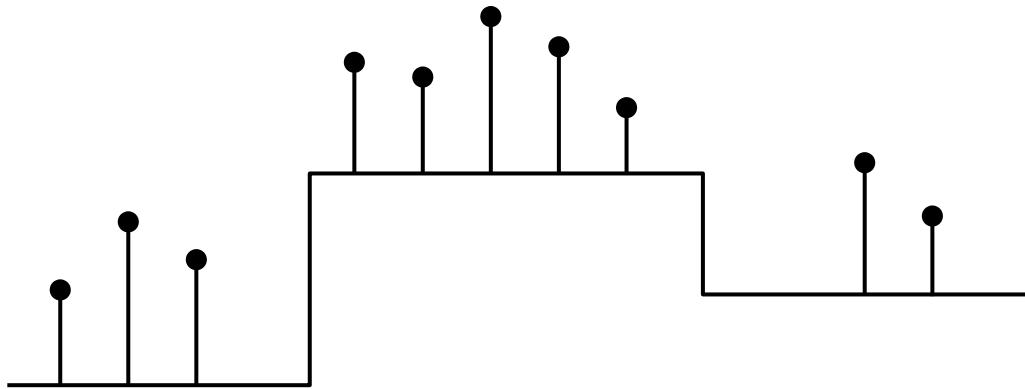
# Ingressi autosincronizzati

- In una sequenza autosincronizzata, almeno una base è comune a più impulsi ed esistono almeno due basi distinte
- Per codificare una sequenza autosincronizzata usando variabili binarie si adoperano:
  - $[\log_2 N_b]$  variabili a livello, dove  $N_b$  è il numero di livelli
  - $k$  variabili impulsive, dove  $k$  è il massimo numero di stati impulsivi aventi una medesima base
    - Una variabile impulsiva può essere usata per rappresentare valori impulsivi diversi aventi basi differenti
- Nel caso di sequenze puramente impulsive (unica base comune a tutti gli impulsi), si adoperano solo variabili impulsive
- In entrambi i casi ci sono almeno due variabili binarie impulsive

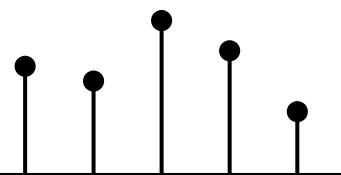
# Ingressi autosincronizzati



DIE  
TI.  
UNI  
NA



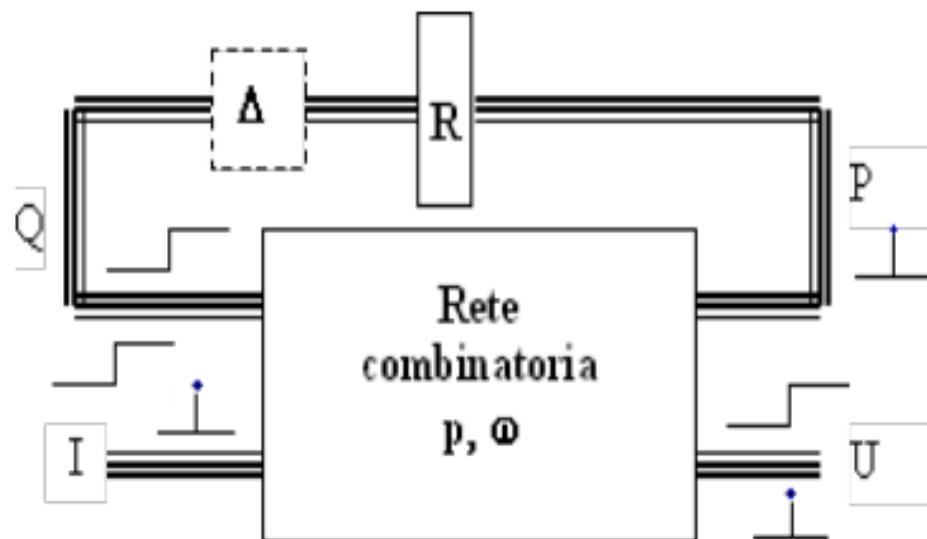
- Sequenza autosincronizzata
  - 3 basi diverse → 2 variabili binarie a livelli
  - Max 5 impulsi con base comune → 5 variabili binarie impulsive



- 
- Sequenza puramente impulsiva
    - 1 base → 0 variabili binarie a livelli
    - 6 impulsi → 6 variabili binarie impulsive
-

# Macchine sincrone impulsive: modello autosincronizzato

- Se gli ingressi sono autosincronizzati (o puramente impulsivi), lo sono anche i segnali di posizionamento
- Supponendo impulsivi puri i segnali di posizionamento, si possono adottare registri autosincronizzati come il flip-flop RS
- È necessario garantire che  $\delta < \Delta$  per evitare che la rete “scatti” più volte in corrispondenza di un impulso
  - Difficoltoso!

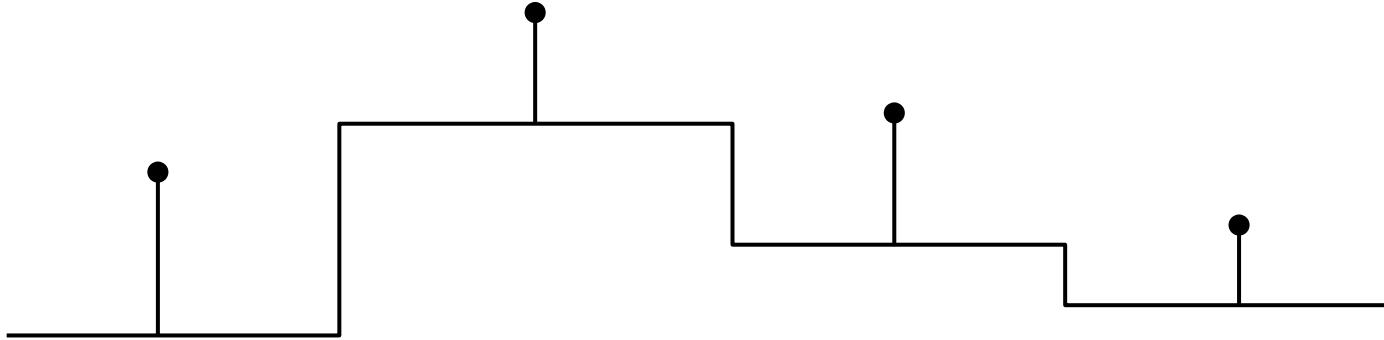


# Ingressi a sincronizzazione esterna



- In una sequenza sincronizzata dall'esterno, ogni valore impulsivo ha la sua base distinta ed è sempre preceduto e seguito dalla sua specifica base
- Per codificare una sequenza sincronizzata dall'esterno usando variabili binarie si adoperano:
  - $[\log_2 N_b]$  variabili a livello, dove  $N_b$  è il numero di livelli
  - Una sola variabile impulsiva
- La variabile impulsiva scandisce lo spazio dei tempi
  - Funge da variabile di sincronizzazione o abilitazione

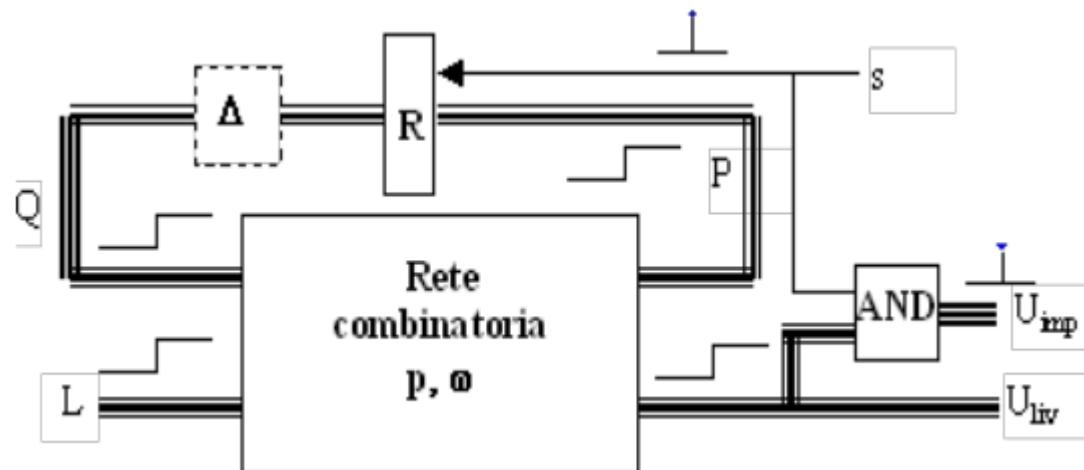
# Ingressi a sincronizzazione esterna



- Sequenza sincronizzata dall'esterno
  - 4 basi diverse → 2 variabili binarie a livelli
  - 1 impulso per base → 1 variabile binaria impulsiva

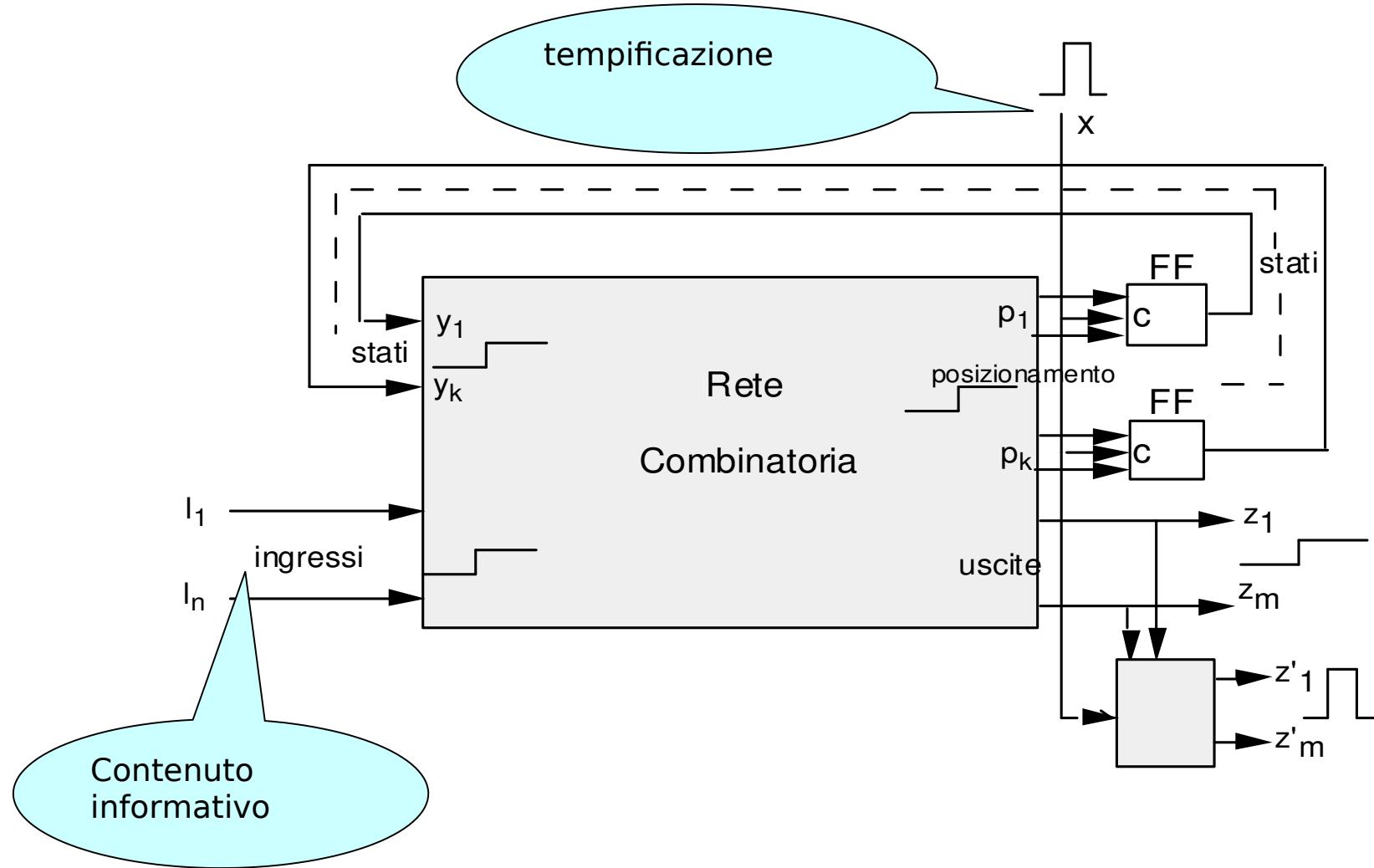
# Macchine sincrone impulsive: modello sincronizzato dall'esterno

- L'unico impulso di ingresso binario,  $s$ , è applicato direttamente come segnale di sincronizzazione dei flip-flop del registro R
  - Ha solo funzione di temporizzazione
- La condizione  $\delta < \Delta$  è garantita utilizzando flip-flop (RS, D, T, JK) sincronizzati edge triggered
- Bisogna solo garantire che la variazione dei livelli non sia sincrona con il fronte attivo di  $s$ 
  - Si può usare un clock a più fasi



# Macchine sincrone impulsive: modello sincronizzato dall'esterno

- Schema dettagliato



# Progetto di una rete sincrona

## 1. Definizione della rete e costruzione della tabella

- Trasformare la specifica della rete nella tabella di flusso di un automa a stati finiti
- Scegliere il modello di rete che si intende realizzare dopo aver fissato le caratteristiche temporali degli ingressi

## 2. Assegnazione degli stati

- Codificare in binario gli stati interni dell'automa (numero minimo)
- Minimizzare il numero di stati

## 3. Scelta dei flip-flop

- Influisce sul costo della rete

## 4. Progetti combinatori per il posizionamento dei flip-flop e delle uscite

- Determinare, per ogni flip-flop e ogni riga della tabella di flusso, i segnali di eccitazione necessari alla generazione dello stato seguente
- Determinare le equazioni in forma minima della rete combinatoria
- Disegnare il circuito