

Simulazione di sistemi non lineari Introduzione a Stateflow

Gianmaria De Tommasi¹

¹Università degli Studi di Napoli Federico II
detommas@unina.it

Ottobre 2012

Corsi AnsaldoBreda

Outline

- 1 **Introduzione**
- 2 **Elementi di un grafo Stateflow**
- 3 **Ciclo di sviluppo**
- 4 **Esempio**

Stateflow

Stateflow

- è un tool grafico per la progettazione di sistemi ad eventi (*event-driven systems*)

Stateflow

Stateflow

- è un tool grafico per la progettazione di sistemi ad eventi (*event-driven systems*)
- utilizza un linguaggio grafico che permette di rappresentare macchine a stati finiti (automi)

Stateflow

Stateflow

- è un tool grafico per la progettazione di sistemi ad eventi (*event-driven systems*)
- utilizza un linguaggio grafico che permette di rappresentare macchine a stati finiti (automi)

In particolare con un *grafo Stateflow (chart)* è possibile

- definire gli ingressi e le uscite del sistema

Stateflow

Stateflow

- è un tool grafico per la progettazione di sistemi ad eventi (*event-driven systems*)
- utilizza un linguaggio grafico che permette di rappresentare macchine a stati finiti (automi)

In particolare con un *grafo Stateflow (chart)* è possibile

- definire gli ingressi e le uscite del sistema
- specificare gli eventi che determinano l'evoluzione dello stato

Stateflow

Stateflow

- è un tool grafico per la progettazione di sistemi ad eventi (*event-driven systems*)
- utilizza un linguaggio grafico che permette di rappresentare macchine a stati finiti (automi)

In particolare con un *grafo Stateflow (chart)* è possibile

- definire gli ingressi e le uscite del sistema
- specificare gli eventi che determinano l'evoluzione dello stato
- specificare delle azioni associate sia agli stati che alle transizioni (macchina di Moore, macchine di Mealy)

Stateflow

Stateflow

- è un tool grafico per la progettazione di sistemi ad eventi (*event-driven systems*)
- utilizza un linguaggio grafico che permette di rappresentare macchine a stati finiti (automi)

In particolare con un *grafo Stateflow (chart)* è possibile

- definire gli ingressi e le uscite del sistema
- specificare gli eventi che determinano l'evoluzione dello stato
- specificare delle azioni associate sia agli stati che alle transizioni (macchina di Moore, macchine di Mealy)
- **definire una relazione gerarchica tra grafi**

Stateflow

Stateflow

- è un tool grafico per la progettazione di sistemi ad eventi (*event-driven systems*)
- utilizza un linguaggio grafico che permette di rappresentare macchine a stati finiti (automi)

In particolare con un *grafo Stateflow (chart)* è possibile

- definire gli ingressi e le uscite del sistema
- specificare gli eventi che determinano l'evoluzione dello stato
- specificare delle azioni associate sia agli stati che alle transizioni (macchina di Moore, macchine di Mealy)
- **definire una relazione gerarchica tra grafi**
- **avere più stati che evolvono in parallelo**

Stateflow & Simulink

- I grafi Stateflow (*chart*) vengono richiamati come blocchi all'interno di uno schema Simulink

Stateflow & Simulink

- I grafi Stateflow (*chart*) vengono richiamati come blocchi all'interno di uno schema Simulink
- I collegamenti tra un blocco Stateflow e altri blocchi si effettuano attraverso gli ingressi e le uscite

Stateflow & Simulink

- I grafi Stateflow (*chart*) vengono richiamati come blocchi all'interno di uno schema Simulink
- I collegamenti tra un blocco Stateflow e altri blocchi si effettuano attraverso gli ingressi e le uscite
- Lo sviluppo dei grafi Stateflow può essere fatto indipendentemente da Simulink

Stateflow & Simulink

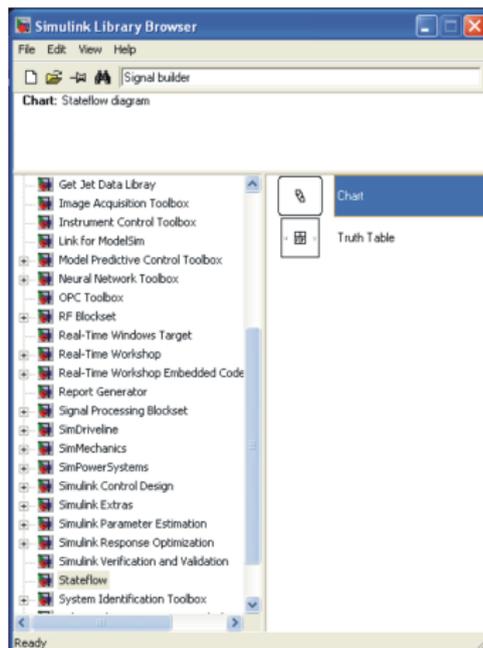
- I grafi Stateflow (*chart*) vengono richiamati come blocchi all'interno di uno schema Simulink
- I collegamenti tra un blocco Stateflow e altri blocchi si effettua attraverso gli ingressi e le uscite
- Lo sviluppo dei grafi Stateflow può essere fatto indipendentemente da Simulink
- L'editor di Stateflow comprende anche un *debugger*, con il quale è possibile simulare il funzionamento del grafo prima di integrarlo in un Simulink

Stateflow & Simulink

- I grafi Stateflow (*chart*) vengono richiamati come blocchi all'interno di uno schema Simulink
- I collegamenti tra un blocco Stateflow e altri blocchi si effettua attraverso gli ingressi e le uscite
- Lo sviluppo dei grafi Stateflow può essere fatto indipendentemente da Simulink
- L'editor di Stateflow comprende anche un *debugger*, con il quale è possibile simulare il funzionamento del grafo prima di integrarlo in un Simulink
- Durante la simulazione è possibile *animare* il grafo per seguirne l'evoluzione

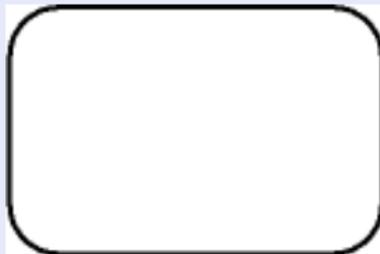
Il blocco **Chart** di Stateflow

Per inserire un grafo Stateflow in uno schema Simulink si deve utilizzare il blocco **Chart** contenuto nella libreria Stateflow di Simulink



Exclusive state (OR state)

OR state



Rappresentano stati *mutuamente esclusivi*. In un grafo Stateflow non ci possono essere due o più OR state attivi nello stesso istante.

Parallel state (AND state)

AND state



Rappresentano stati di un grafo Stateflow che possono essere eseguiti contemporaneamente (in parallelo).

Transizioni

Transizioni



Collegano gli stati tra di loro.

Transizioni di default

Transizioni di default



Specifica l'OR state attivo per default.

Azioni, Condizioni ed Eventi

Azioni

Azioni eseguite in base al particolare *stato di attivazione* di uno stato

Azioni, Condizioni ed Eventi

Azioni

Azioni eseguite in base al particolare *stato di attivazione* di uno stato

Condizioni

Espressioni booleane associate alle transizioni che ne determinano l'attivazione (*scatto*)

Azioni, Condizioni ed Eventi

Azioni

Azioni eseguite in base al particolare *stato di attivazione* di uno stato

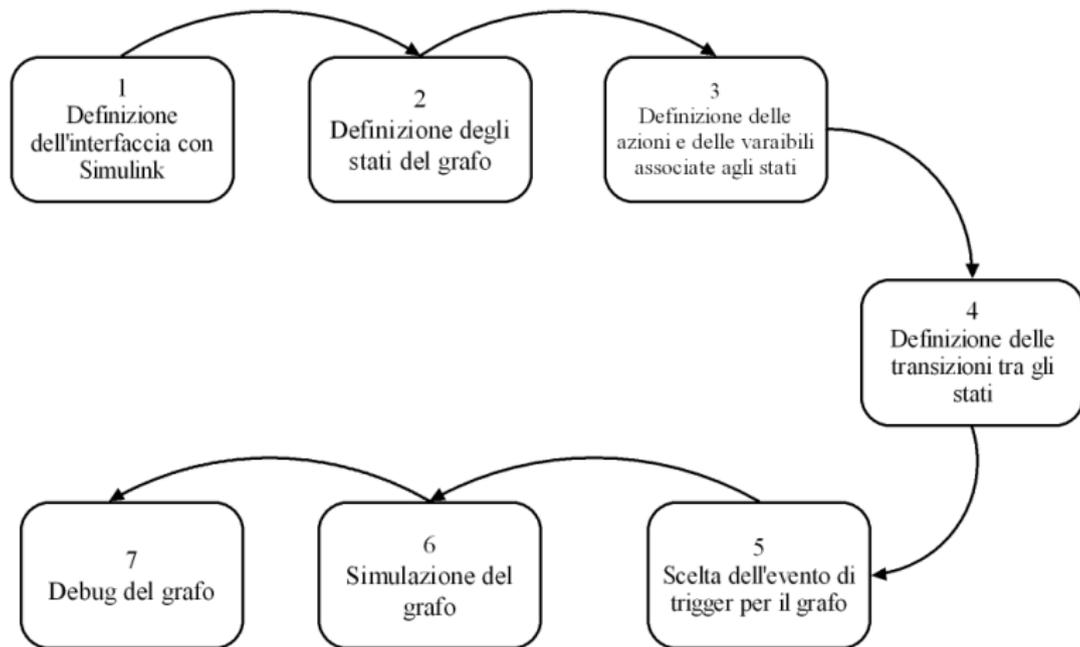
Condizioni

Espressioni booleane associate alle transizioni che ne determinano l'attivazione (*scatto*)

Eventi

Condizioni che determinano la partenza di particolari attività associate al grafo Stateflow

Ciclo di sviluppo di un grafo Stateflow



Sistema di condizionamento dell'aria

- Costruiremo un grafo Stateflow che mantiene la temperatura in un impianto industriale a 27°.

Sistema di condizionamento dell'aria

- Costruiremo un grafo Stateflow che mantiene la temperatura in un impianto industriale a 27°.
- Il controllore gestisce due ventole.

Sistema di condizionamento dell'aria

- Costruiremo un grafo Stateflow che mantiene la temperatura in un impianto industriale a 27°.
- Il controllore gestisce due ventole.
- La prima viene accesa se la temperatura supera i 27°.

Sistema di condizionamento dell'aria

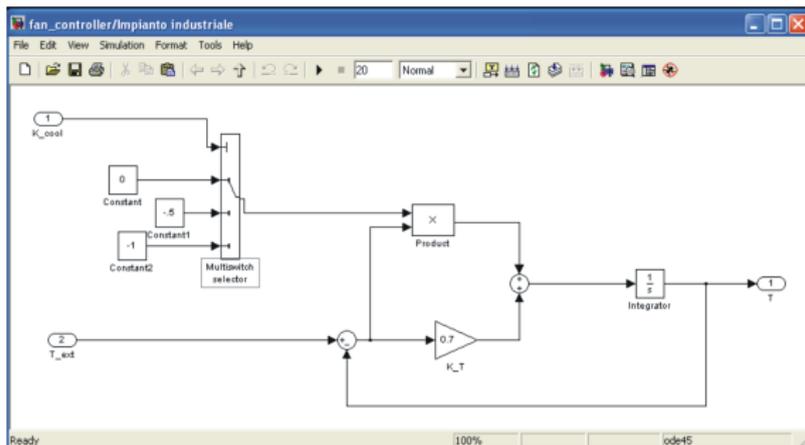
- Costruiremo un grafo Stateflow che mantiene la temperatura in un impianto industriale a 27° .
- Il controllore gestisce due ventole.
- La prima viene accesa se la temperatura supera i 27° .
- La seconda ventola addizionale viene accesa se la temperatura supera i 30° .

Impianto

Modello matematico

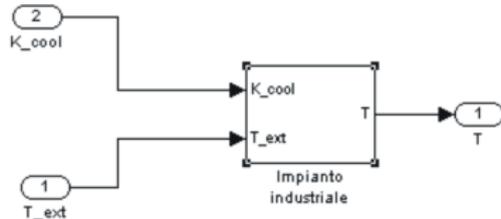
$$\dot{T} = K_T(T_{ext} - T) + K_{cool}(T_{ext} - T)$$

con $K_T = 0.7$. $K_{cool} = -0.5$ se la prima ventola è accesa e
 $K_{cool} = -1$ se entrambe le ventole sono accese.

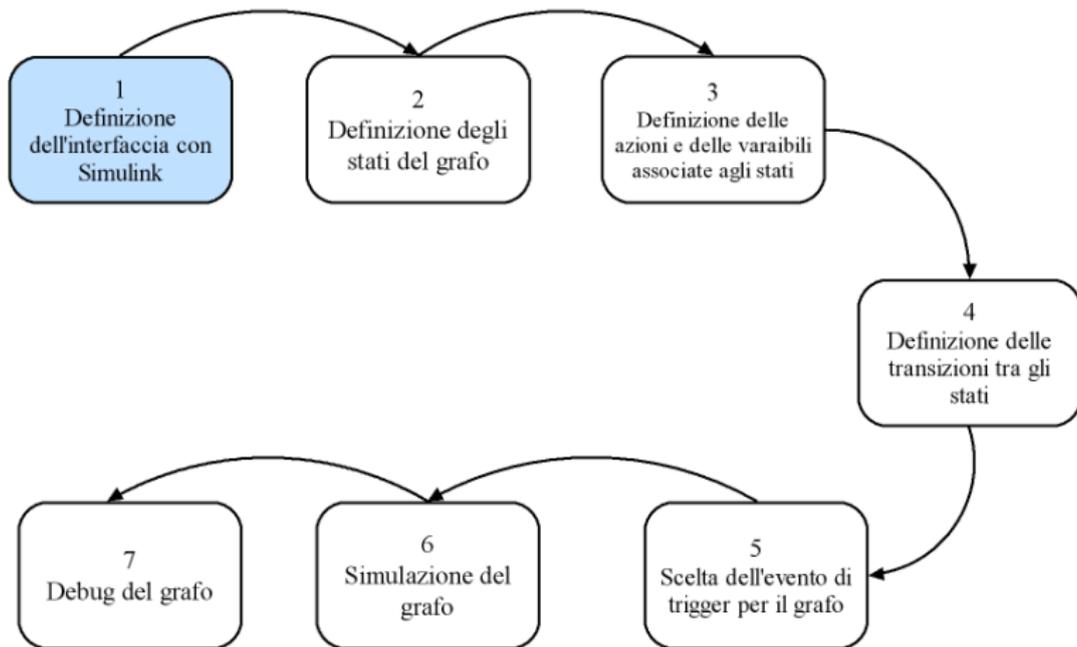


Sottosistema *Impianto Industriale*

Selezionare lo schema Simulink dell'impanto e creare un sottosistema utilizzando il menù `Create subsystem`



Definizione dell'interfaccia con Simulink



Variabili di interfaccia con Simulink

- Variabile d'ingresso – > Temperatura T

Variabili di interfaccia con Simulink

- Variabile d'ingresso – > Temperatura T
Add -> Data -> Input from Simulink

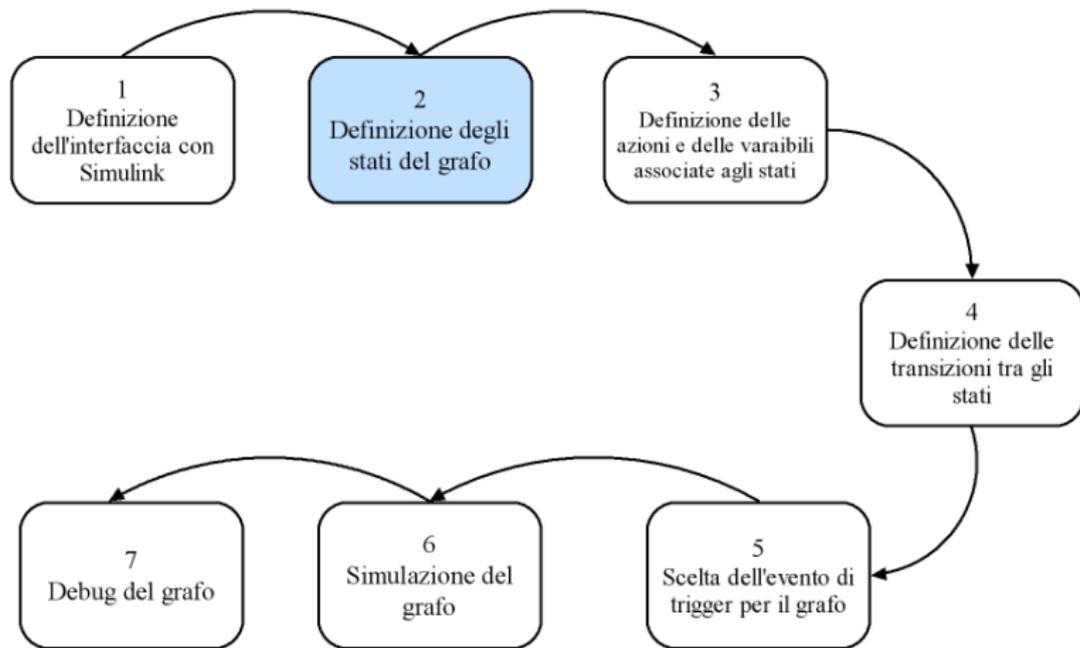
Variabili di interfaccia con Simulink

- Variabile d'ingresso – \rightarrow Temperatura T
Add \rightarrow Data \rightarrow Input from Simulink
- Variabile d'uscita – $\rightarrow K_{cool}$

Variabili di interfaccia con Simulink

- Variabile d'ingresso – \rightarrow Temperatura T
Add \rightarrow Data \rightarrow Input from Simulink
- Variabile d'uscita – $\rightarrow K_{cool}$
Add \rightarrow Data \rightarrow Output to Simulink

Definizione degli stati del grafo



Definizione degli stati del grafo

- Definire gli stati esclusivi (*drag and drop*)

Definizione degli stati del grafo

- Definire gli stati esclusivi (*drag and drop*)
- Definire gli stati paralleli (`Decomposition -> Parallel (AND) + drag and drop`)

Definizione degli stati del grafo

- Definire gli stati esclusivi (*drag and drop*)
- Definire gli stati paralleli (`Decomposition -> Parallel (AND)` + *drag and drop*)
- Definire gli stati esclusivi all'interno degli stati paralleli (`Decomposition -> Exclusive (OR)` + *drag and drop*)

Definizione degli stati del grafo

- Definire gli stati esclusivi (*drag and drop*)
- Definire gli stati paralleli (`Decomposition -> Parallel (AND)` + *drag and drop*)
- Definire gli stati esclusivi all'interno degli stati paralleli (`Decomposition -> Exclusive (OR)` + *drag and drop*)

Ordinamento esplicito dell'esecuzione degli stati paralleli

Nel menù `File -> Chart properties` selezionare **User specified state/transition execution order**.

Definizione degli stati del grafo

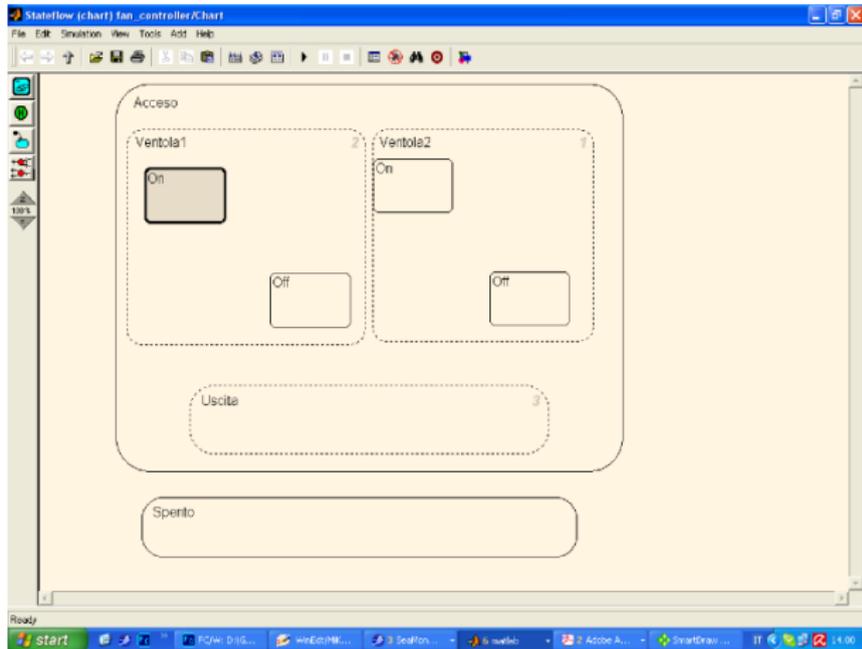
- Definire gli stati esclusivi (*drag and drop*)
- Definire gli stati paralleli (`Decomposition` -> `Parallel (AND)` + *drag and drop*)
- Definire gli stati esclusivi all'interno degli stati paralleli (`Decomposition` -> `Exclusive (OR)` + *drag and drop*)

Ordinamento esplicito dell'esecuzione degli stati paralleli

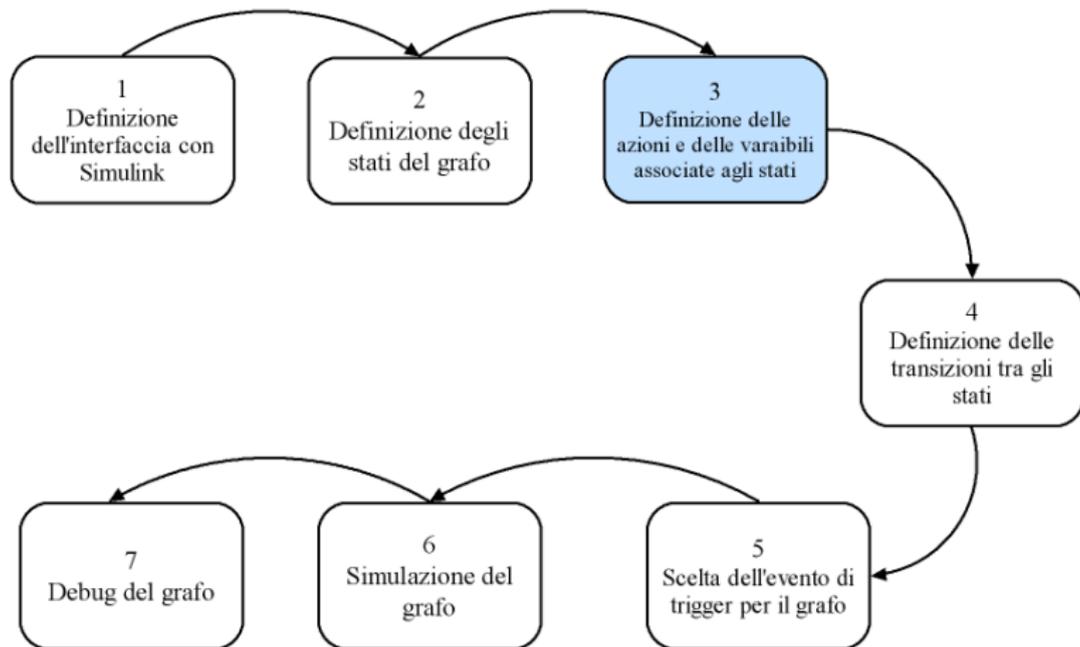
Nel menù `File` -> `Chart properties` selezionare **User specified state/transition execution order**.

Assegnare gli ordini con il tasto destro `Execution Order`

Grafo Stateflow



Azioni e delle varaibili associate agli stati



Tipi di azioni associabili agli stati

- `entry` - eseguita quando si entra in uno stato - eseguita una sola volta

Tipi di azioni associabili agli stati

- `entry` - eseguita quando si entra in uno stato - eseguita una sola volta
- `during` - eseguita quando uno stato è attivo - eseguita ad ogni passo di simulazione

Tipi di azioni associabili agli stati

- `entry` - eseguita quando si entra in uno stato - eseguita una sola volta
- `during` - eseguita quando uno stato è attivo - eseguita ad ogni passo di simulazione
- `exit` - prima di uscire da uno stato - eseguita una sola volta

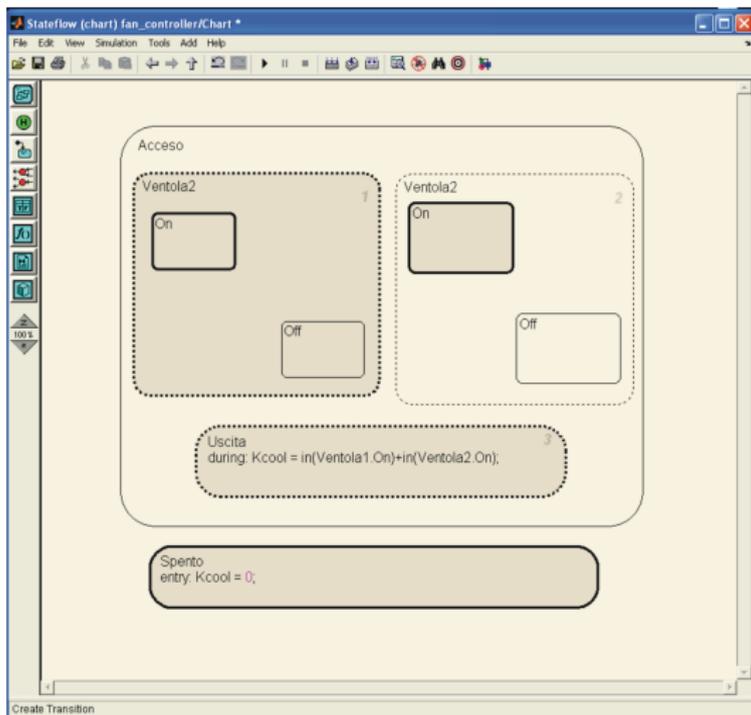
Tipi di azioni associabili agli stati

- `entry` - eseguita quando si entra in uno stato - eseguita una sola volta
- `during` - eseguita quando uno stato è attivo - eseguita ad ogni passo di simulazione
- `exit` - prima di uscire da uno stato - eseguita una sola volta

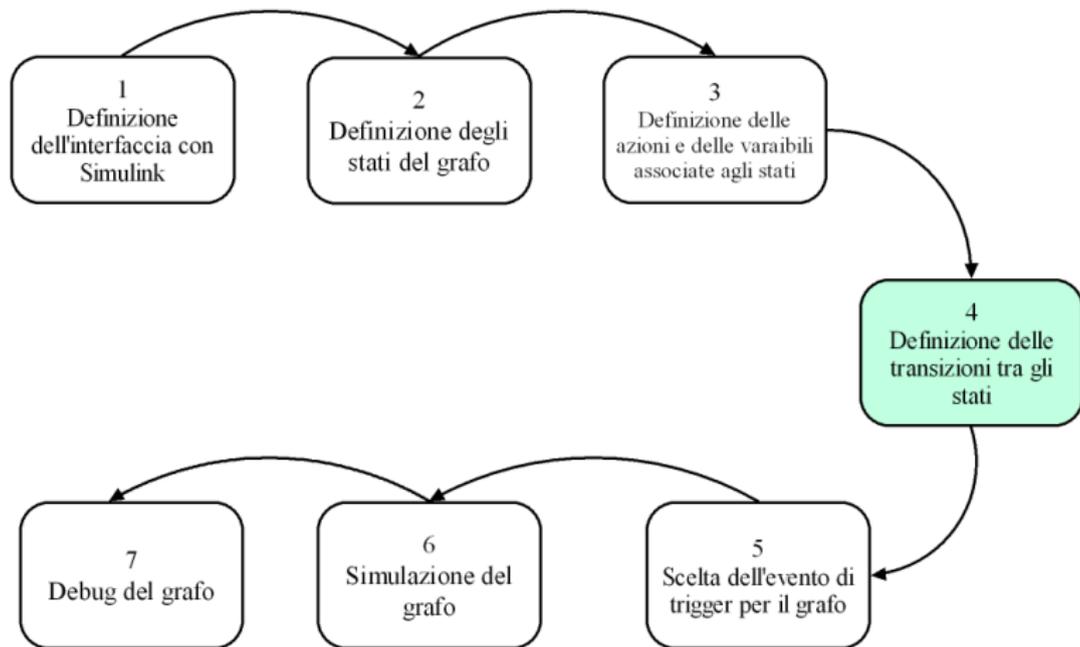
La funzione `in`

La funzione `in(nome_stato)` restituisce `true` (1) se `nome_stato` è attivo

Grafo Stateflow



Definizione delle transizioni tra gli stati



Definizione delle transizioni

Utilizzando l'editor grafico (drag and drop)

- Definire le transizioni tra i vari stati *esclusivi* (OR-state)

Definizione delle transizioni

Utilizzando l'editor grafico (drag and drop)

- Definire le transizioni tra i vari stati *esclusivi* (OR-state)
- Definire la *transizione di default* verso lo *stato iniziale* per ogni gruppo di OR-state inclusi in un AND-state

Condizioni sulle transizioni

- Ad ogni transizione deve essere associata una condizione booleana

Condizioni sulle transizioni

- Ad ogni transizione deve essere associata una condizione booleana
- Se la condizione dipende dalle variabili d'interfaccia con Simulink la sintassi da utilizzare è [*condizione*]

Condizioni sulle transizioni

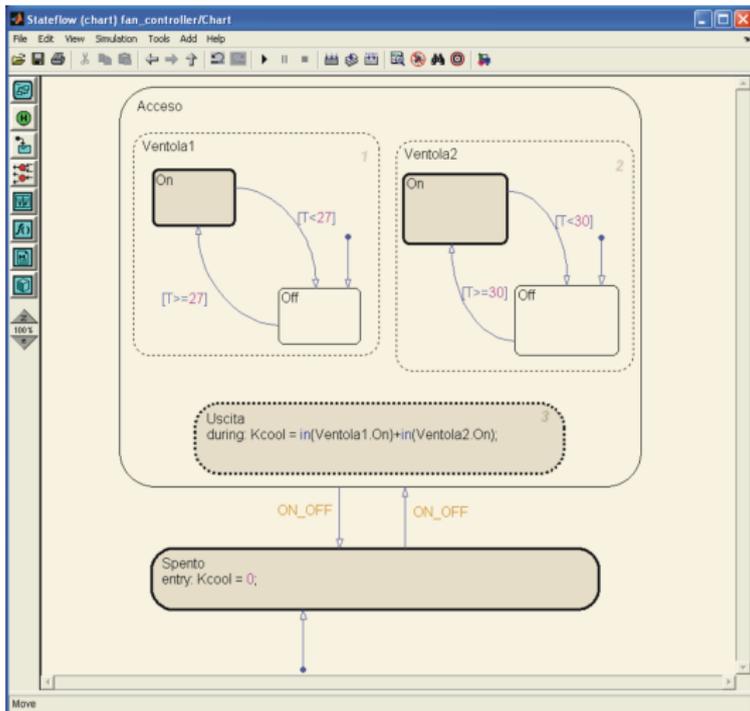
- Ad ogni transizione deve essere associata una condizione booleana
- Se la condizione dipende dalle variabili d'interfaccia con Simulink la sintassi da utilizzare è `[condizione]`
- Se la condizione dipende da un evento esterno
 - definire l'evento dal menù `Add -> Event -> Input from Simulink`
 - utilizzare la sintassi `nome_evento`

Condizioni sulle transizioni

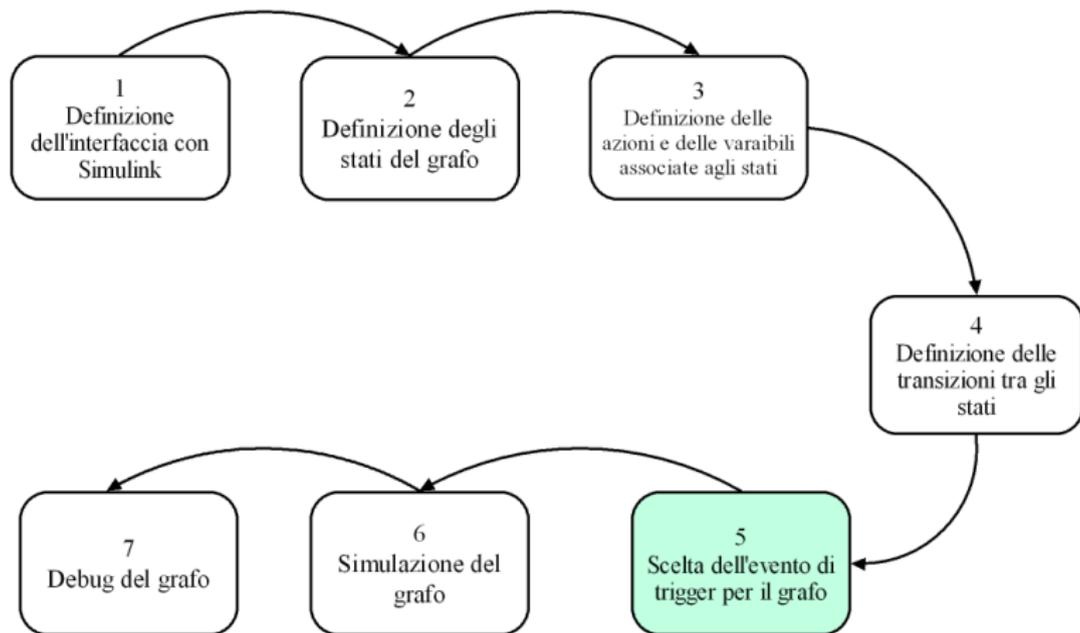
- Ad ogni transizione deve essere associata una condizione booleana
- Se la condizione dipende dalle variabili d'interfaccia con Simulink la sintassi da utilizzare è `[condizione]`
- Se la condizione dipende da un evento esterno
 - definire l'evento dal menù `Add -> Event -> Input from Simulink`
 - utilizzare la sintassi `nome_evento`

Definire l'evento `ON_OFF` - Selezionare `Trigger: Either`

Grafo Stateflow



Scelta dell'evento di trigger per il grafo



Eventi di trigger di un grafo Stateflow

- Durante una simulazione Simulink esegue un grafo Stateflow
- con un passo di campionamento fisso definito dall'utente

Eventi di trigger di un grafo Stateflow

Durante una simulazione Simulink esegue un grafo Stateflow

- con un passo di campionamento fisso definito dall'utente
- **quando si verifica un particolare evento di trigger**

Eventi di trigger di un grafo Stateflow

Durante una simulazione Simulink esegue un grafo Stateflow

- con un passo di campionamento fisso definito dall'utente
- **quando si verifica un particolare evento di trigger**
- utilizzando un segnale di comando proveniente da un altro grafo Stateflow

Eventi di trigger di un grafo Stateflow

Durante una simulazione Simulink esegue un grafo Stateflow

- con un passo di campionamento fisso definito dall'utente
- **quando si verifica un particolare evento di trigger**
- utilizzando un segnale di comando proveniente da un altro grafo Stateflow

Quindi gli **eventi di trigger** vengono utilizzati per definire **quando** un grafo Stateflow deve essere eseguito durante la simulazione.

Eventi di trigger di un grafo Stateflow

Durante una simulazione Simulink esegue un grafo Stateflow

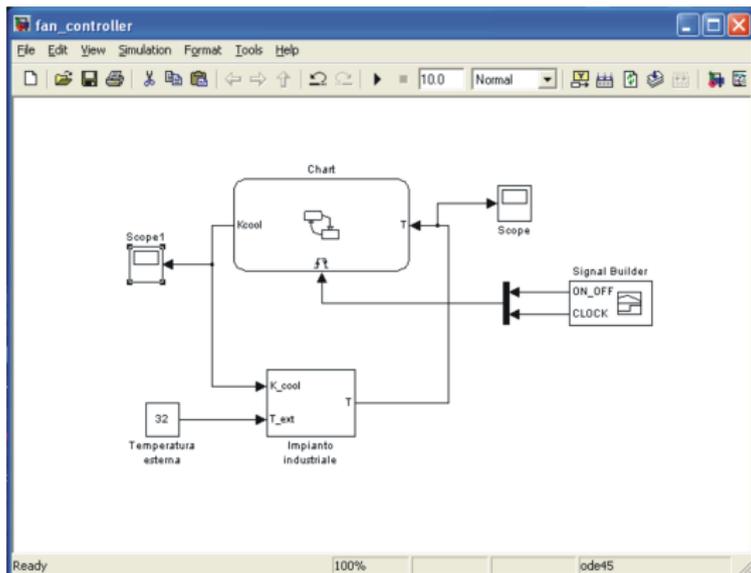
- con un passo di campionamento fisso definito dall'utente
- **quando si verifica un particolare evento di trigger**
- utilizzando un segnale di comando proveniente da un altro grafo Stateflow

Quindi gli **eventi di trigger** vengono utilizzati per definire **quando** un grafo Stateflow deve essere eseguito durante la simulazione.

Definire l'evento `CLOCK` - Selezionare `Trigger: Either`

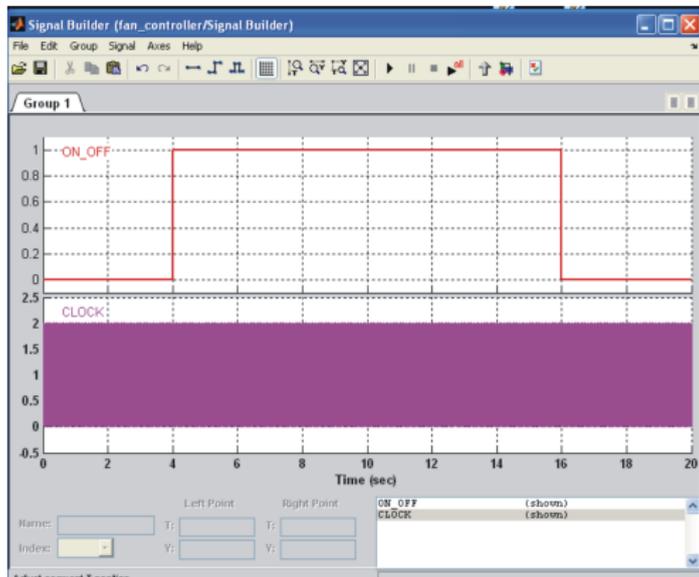
Creazione degli eventi **ON_OFF** e **CLOCK** - 1

Aggiungere un blocco Sources - > Signal Builder nello schema Simulink

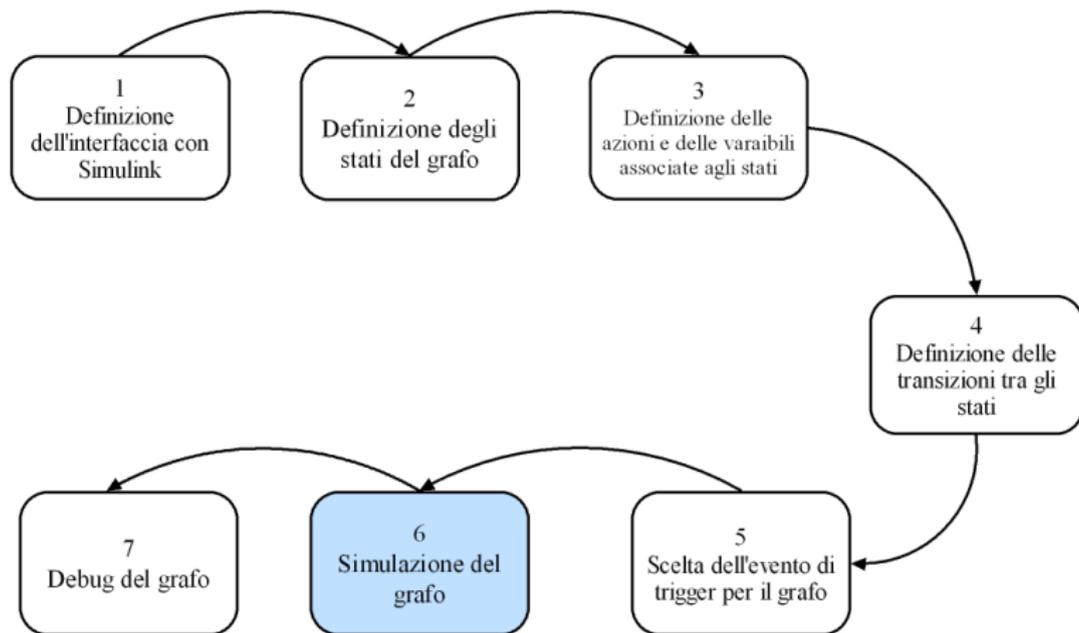


Creazione degli eventi **ON_OFF** e **CLOCK** - 2

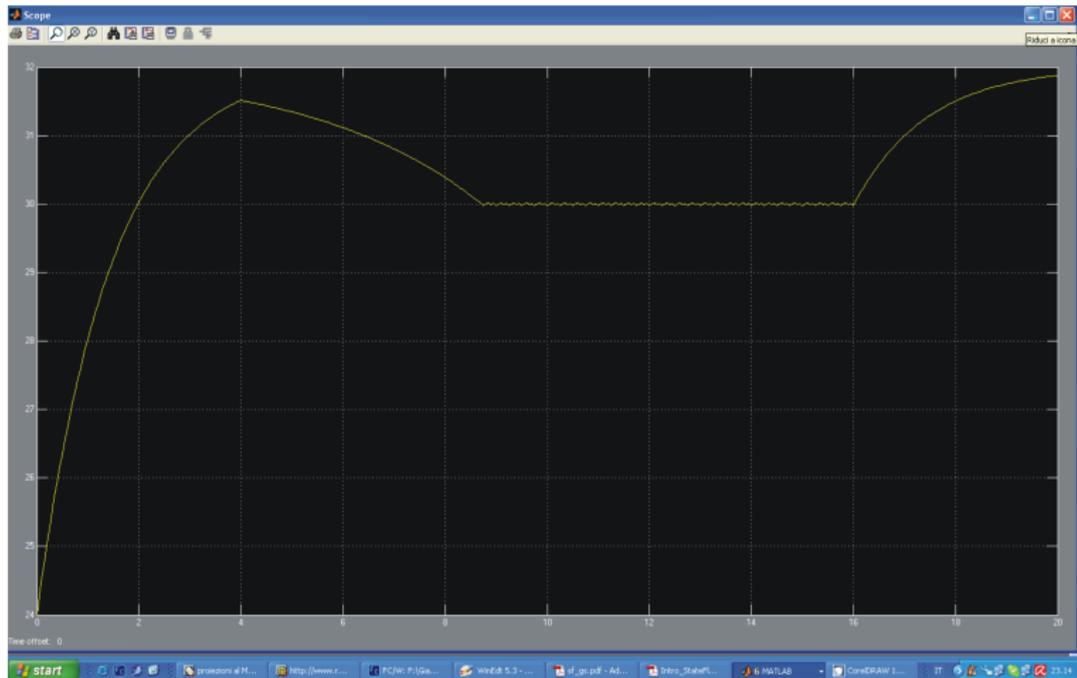
- Definire il segnale di trigger **CLOCK** come un onda quadra con frequenza 10 Hz, ampiezza 1, offset 1 e duty cycle 50 %.
- Definire l'evento **ON_OFF** come in figura



Simulazione del grafo



Simulazione



Debug del grafo

