Modellazione e Analisi di Sistemi

Indice

1 Abstract State Machines **2**
1.1 Formalismo 4
1.1.1 Vocabolario 4
1.1.2 Costanti 4
1.1.3 Funzioni statiche 4
1.1.4 Fuzioni dinamiche 4
1.1.5 Stato ASM 4
1.1.6 Domini ASM 5
1.1.7 Termini ASM 5
1.2 Regole di transizione ASM 6
1.2.1 Update rule 6
1.2.2 Costruttore if-then-else 7
1.2.3 Classificazione delle funzioni 7
1.2.4 Costruttore skip 8
1.2.5 Costruttore let 8
1.2.6 Costruttore "par" per block rule 8
1.2.7 Costruttore seq 8
1.2.8 Costruttore forall 9
1.2.9 Costruttore chooose 9
1.2.10 Tutti i costruttori di regole 10
1.3 Aggiornamenti consistenti 10
1.4 Rule constructor 11
1.5 Riassumendo. 11
1.6 Esecuzione 12
1.7 La riserva di una ASM 12

Capitolo 1

Abstract State Machines

Le ASM sono delle FSM (*Final State Machines*) con stati generalizzati; rappresentano la forma matematica di macchine che estendono la nozione di FSM, **ampliando la definzione di stato** e **modificando la forma delle transizioni**.

Stati

Gli stati di controllo non strutturati vengono sostituiti da stati (strutturati) che modellano:

- **dati** complessi arbitrati (con domini di base e funzioni per la struttura)
- **operazioni** per la manipolazione di dati

Possiamo definire gli stati come delle *algebre*.

Transizioni

Le transizione sono *"regole"* che descrivono il cambiamento di funzioni da uno stato al successivo; permettono di modificare la struttura algebrica durante l'esecuzione della ASM.

if condition then Updates

Negli FSM le transizioni sono rappresentate con delle frecce.

Le ASM sono dotate di un ambiente di tool per:

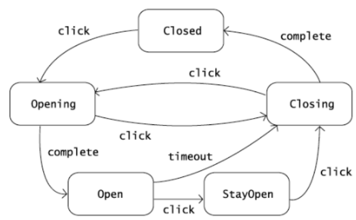
- editing
- simulazione
- validazione
- verifica
- generazioni di casi di test

Un modello ASM può essere visto come pseudocodice su strutture dati astratte.

Da FSM a ASM

Domini:
Stati: insieme degli stati

Funzioni:
ctl_state: Stati
click: boolean
complete: boolean
timeout: boolean



Regole di transizione:
if ctl_state = Opering and click
then
    ctl_state:= Closing

if ctl_state = Closing and click
then
    ctl_state:= Opening

if ctl_state = Closing and complete
then
    ctl_state:= Closed
....

Inizializzazione:
    State = {Opening, Closing, Open, ...}
    ctl_state = Open

Possiamo definire ASM = (header, body, main rule, inizialization)

Domini:
State: insieme degli stati

Funzioni:
ctl_State: State
input: String
output: String

Regole di transizione:
r_s1_1 = **if** ctl_State = s1 and
    input = "1"
  then
    ctl_State:= "s1"
    output:= "0"
r_s1_0 =
r_s2_1 = ...
r_s2_0 = ...

header

asm FSM
import StandardLibrary
signature:
  controlled ctl_State: String
  monitored input: String
  out output: String

body

definitions:
rule r_s1_1 = **if** ctl_ = "s1" and input = "1" **then**
    par ctl_State:= "s1", output:= "0" **endpar**
  endif
rule r_s1_0 = **if** ctl_State = "s1" and input = "0" **then** ...
rule r_s2_1 = ...
rule r_s2_0 = ...

main rule

main rule r_Main = **par** r_s1_1, r_s1_0, r_s2_1, r_s2_0 **endpar**

initialization

default init s0:
    function currentState = "s1"

1.1 Formalismo

1.1.1 Vocabolario

DEF: Un **vocabolario** Σ è una collezione finita di nomi di funzioni.
Le funzioni possono essere dinamiche o statiche, a seconda che l'interpretazione del nome della funzione cambia o no da uno stato al successivo (funzioni in senso matematico).

1.1.2 Costanti

Le funzioni statiche di arietà zero sono dette **costanti**. Ogni vocabolario contiene sempre le costanti *undef, true, false.*
Ad esempio:

- i numeri sono costanti numeriche
- `voto = 30`

1.1.3 Funzioni statiche

Le funzioni statiche (arietà > 0) sono definite tramite una legge fissa.
Ad esempio:

- operazioni tra numeri (+, -, ...)
- operazioni tra booleani (AND, OR, ...)
- `max(m, n)`

1.1.4 Fuzioni dinamiche

Le funzioni dinamiche di arietà zero sono le variabili dei linguaggi di programmazione.

1.1.5 Stato ASM

DEF: Fissato un vocabolario Σ, uno **stato** A del vocabolario Σ è un insieme non vuoto X, detto *superuniverso di* A, con le interpretazioni dei nomi delle funzioni di Σ.
Da questa definizione, segue che:

- se f è un nome di funzione *n-aria* di Σ, allora la sua interpretazione f^A è una funzione da X^n a X
- Se c è un nome di costante di Σ, allora la sua interpretazione c^A è un elemento di X

Possiamo definire il superuniverso come un *"dominio di interpretazione"*; i simboli del vocabolario, presi singoralmente, sono soltanto simboli.

1.1.6 Domini ASM

Il superuniverso di uno stato ASM è suddiviso in *universi*, rappresentati dalle loro funzioni caratteristiche.

Se A è un sottoinsieme dell'insieme X, la funzione caratteristica di A è quella funzione da X all'insieme $\{0,1\}$ che sull'elemento $x \in X$ vale 1 se x appartiene ad A, e vale 0 in caso contrario.

Ogni universo rappresenta un dominio. In base a questa rappresentazione degli insiemi in termini di funzioni caratteristiche, uno stato di una ASM consente di modellare **domini eterogenei**.
Alcuni esempi di domini:

- predefiniti, come `Interi, String, ...`
- definiti dall'utente, come tipi astratti o a partire da altri domini

Esempio

Dominio $X = \{1, 2, a, b, mario, pippo\}$, ripartito in domini:

- $Interi = \{1.2\}$
- $Char = \{a, b\}$
- $String = \{mario, pippo\}$

1.1.7 Termini ASM

DEF: i termini di Σ sono espressioni sintattiche così costruite:

1. Variabili $v_0, v_1, v_2, \ldots$ sono termini
2. Costanti c di Σ sono termini
3. Se f è un nome di funzione *n-aria* di Σ e $t_1, \ldots, t_n$ sono termini
   $\Rightarrow f(t1, \ldots, t_n)$ è un termine

Ad esempio:

- $v_0 + v_1$
- $1 + (v_2 * 0)$

Un termine che non contiene variabili è detto chiuso. I termini sono *oggetti sintattici*. **Assumono significato (o semantica) nello stato**; il suo valore è l'*interpretazione del termine* in A.

1.2 Regole di transizione ASM

Aggiornare stati astratti significa cambiare interpretazione delle (o solo di alcune) funzioni della segnatura della macchina. Il modo in cui la macchina aggiorna il proprio stato è descritto da **regole di transizione**; l'insieme delle regole di transizione definiscono la sintassi di un *programma ASM.* e ne determinano la computazione.
DEF: Sia Σ un vocabolario; le regole di transizione di una ASM sono *espressioni sintattiche su* Σ *generate* attraverso l'uso di **costruttori di regole**.

1.2.1 Update rule

$f(t_1, \ldots, t_n) := s$, dove:

- f è un nome di funzione **dinamica** *n-aria* di Σ
- $(t_1, \ldots, t_n)$ e s sono termini di Σ

Significa che nello stato successivo, il valore di f per gli argomenti $(t_1, \ldots, t_n)$ è aggiornato ad s. Nel caso di una funzione 0-aria, cioè una variabile x, l'aggiornamento ha la forma $x := s$.

Locazione ASM

Una locazione è definita matematicamente come una coppia $(f, (v_1, \ldots, v_n))$ con f nome di funzione e $(v_1, \ldots, v_2)$ i suoi argomenti.
In uno stato S, una locazione ha un *valore*: l'interpretazione del della funzione nello stato. Una funzione può essere:

- Variabile (0-arie): x, y, ...
- Funzioni (n-arie): f(1), name(2), ...

Aggiornamento di locazione

Le transizioni di stato delle ASM, tramite update rule, causano **aggiornamenti** dei valori contenuti nelle locazioni; significa che cambia l'interpretazione della funzione dinamica rispetto ai valori.
Se $loc = (f, (v_1, \ldots, v_n))$ e $loc = a$, l'aggiornamento di loc ha la forma:
$f(v_1, \ldots, v_2) := newval$

1.2.2 Costruttore if-then-else

`if` ϕ `then R else S`, ovvero: *se* ϕ *è vera, allora esegui* R*, altrimenti esegui* S.

Esempio

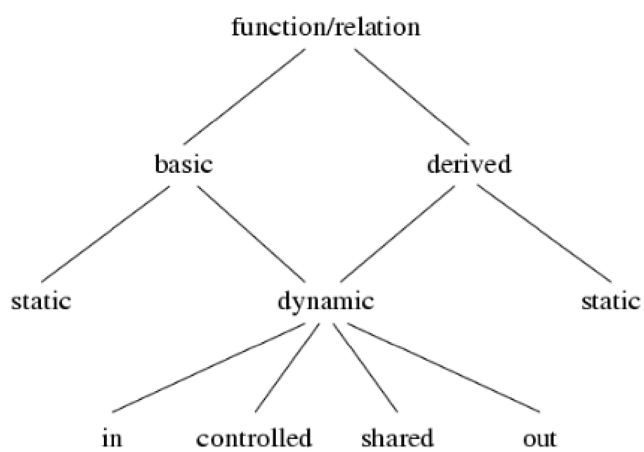
if CurrTime = DisplayTime + Delta
then DisplayTime := CurrTime

con DisplayTime, CurrTime, e Delta variabili (funzione 0-arie) reali

1.2.3 Classificazione delle funzioni

Sia M una ASM e *env* l'ambiente di M:

- **Dynamic**
  - *monitored:* lette (non aggiornate) da M, scritte da *env*
    `CurrTime` viene incrementato dall'esterno
  - *out:* scritte (non lette) da M, lette da *env*
  - *controlled:* lette e scritte da M
    `DisplayTime` viene incrementato dalla regola
  - *shared:* lette e scritte da M e *env*
- **Derived:** valori computati da funzioni monitorate e funzioni statiche per mezzo di una "legge" fissata a priori



1.2.4 Costruttore skip

- *Skip Rule:*

  skip

  Significato: non fare niente

  if x>0 **then** x:=x+1

  else skip

1.2.5 Costruttore let

Serve per abbreviare ad esempio un termine molto complesso o lungo.

- *Let Rule (se R ha parametri, realizza il passaggio per valore):*

  let *x* = *t* **in** *R(x)*

  Significato: Assegna il valore di *t* a *x* ed esegui *R*

  let x = f1(f2(f3(y))) **in**

  g(x):= 7

1.2.6 Costruttore "par" per block rule

Block Rule (composizione parallela):

par
R
S
endpar

Modella **synchronous bounded parallelism**

- **bounded parallelism** = simultaneous application of different functions

Significato: *R* e *S sono eseguite* in parallelo

1.2.7 Costruttore seq

- *Seq Rule (composizione sequenziale):*

  seq *R S* ***endseq***

  Significato: *R* e *S sono eseguite* in sequenza (gli update causati in R sono già visibili in S; lo stato tra R ed S non è visibile)

Esempio: due aggiornamenti in sequenza dello stesso valore della funzione, ipotesi f(5)=1

```
seq
  f(5) := 2
  f(3) := f(5)   -- allo stato successivo f(3)=2
```

con f:Integer->Integer

1.2.8 Costruttore forall

- *Forall Rule:*

  forall *x* **with** φ **do** *R[x]*

  Significato: Esegui *R* in parallelo per ogni *x* che soddisfa φ

  Implementa il concetto di parallelismo sincrono (*potentially unbounded*)

1.2.9 Costruttore chooose

- *Seq Rule (composizione sequenziale):*

  seq *R S* ***endseq***

  Significato: *R* e *S sono eseguite* in sequenza (gli update causati in R sono già visibili in S; lo stato tra R ed S non è visibile)

Esempio: due aggiornamenti in sequenza dello stesso valore della funzione, ipotesi f(5)=1

```
seq
 f(5) := 2
 f(3) := f(5)   -- allo stato successivo f(3)=2
```

con f:Integer->Integer

Non deterministico perché scelgo una x a caso tra quelle che soddisfano la condizione.

1.2.10 Tutti i costruttori di regole

Nome	Significato	Sintassi
Skip rule	Non fa nulla	**skip**
Update rule	Aggiorna il valore di f per gli argomenti $(s_1,...,s_n)$ a t Nota: f è un nome di funzione dinamica	$f(s_1,...,s_n) := t$
Block rule	P e Q sono eseguite in parallelo	**par** P Q **endpar**
Sequence rule	P e Q sono eseguite in sequenza	**seq** P Q **endseq**
Conditional rule	Se φ è vera, esegui P, altrimenti Q	**if** φ **then** P **else** Q
Let rule	Assegna il valore di t a x e quindi esegui P	**let** $x = t$ **in** P
Forall rule	Esegui P in parallelo per ogni x che soddisfa φ	**forall** x **with** φ **do** P
Choose rule	Scegli un x che soddisfa φ e quindi esegui P	**choose** x **with** φ **do** P
MacroCall rule	Esegui la regola di transizione r con parametri $t_1,...,t_n$	$r(t_1,...,t_n)$

1.3 Aggiornamenti consistenti

A causa del parallelismo, una regola di transizione può richiedere **più volte l'aggiornamento di una stessa funzione** per gli stessi argomenti. Si richiede che tali aggiornamenti siano **consistenti**.
Data la funzione $f(a_1, \ldots, a_n)$ in uno stato S_i della macchina:

- La coppia $loc = (f, (a_1, \ldots, a_n))$ è detta *locazione* e rappresenta matematicamente il valore di $f(a_1, \ldots, a_n)$ in memoria
- Un *aggiornamento* è la coppia $(loc, b) = ((f, (a_1, \ldots, a_n)), b)$

  $\rightarrow$ significa che l'interpretazione della funzione f in S_i viene modificata per gli argomenti $a_1, \ldots, a_n$ con il valore b in S_{i+1}
- Un **update set** è un insieme di aggiornamnti

<u>**DEF:**</u> Un update set U è **consistente** se vale:
$\forall$ locazione $(f, (a_1, \ldots, a_n))$, se:

- $(f, (a_1, \ldots, a_n)) \in U$
- $(f, (a_1, \ldots, a_n)) \in U$
- $\Rightarrow b = c$

Se $b \neq c$, allora l'update si dice **inconsistente** (stiamo scrivendo due valori diversi nella stessa locazione).

- Se l'update set è consistente, allora i suoi aggiornamenti possono essere eseguiti in un dato stato; il risultato è un nuovo stato dove le *interpretazioni* dei nomi di *funzioni dinamiche* sono cambiati secondo U
- Le *interpretazioni* dei nomi delle*funzoni statiche* sono gli stessi dello stato precedente
- le *interpretazioni* dei nomi delle *funzioni monitorate* sono date dall'ambiente esterno e possono dunque cambiare in modo arbitrario

1.4 Rule constructor

(Macro) Call Rule:

$r\ [t_1, \ldots, t_n]$

Significato: Chiama *r (regola con parametri) con* argomenti *t1, . . . , tn*

Una *definizione di regola per un nome di regola r* di arietà *n è un'espressione*

$$r\ (x_1, \ldots, x_n) = R$$

dove R è una regola di transizione.

In una call rule $r\ [t_1, \ldots, t_n]$ le variabili x_i che occorrono nel corpo R della definizione di r vengono sostituite dai parametri t_i (*modularità*)

1.5 Riassumendo. . .

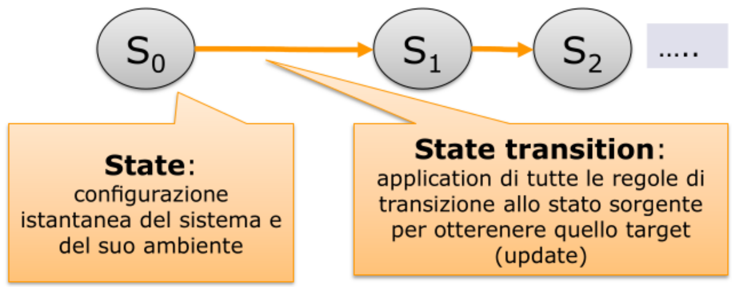
Una ASM è una terna (Σ, A, R), con:

- un vocabolario Σ
- uno stato iniziale A per Σ
- un insieme R di nomi di regole, con:
  - un nome di regola di arietà zero, il *main* (l'*entry point* per l'esecuzione della macchina)
  - una definizione di regola per ogni nome di regola

La semantica delle regole di transizione è data dall'insieme degli aggiornamenti.

1.6 Esecuzione

La **run** (o **esecuzione**) di una ASM è definita come:
Una sequenza (finita o infinita) $S_0, S_1, \ldots, S_n$ di stati di M, dove S_0 è lo stato iniziale e ciascun stato S_{n+1} è ottenuto dallo stato precedente S_n eseguendo simultaneamente tutte le regole di transizione che sono eseguibili in S_n.



1.7 La riserva di una ASM