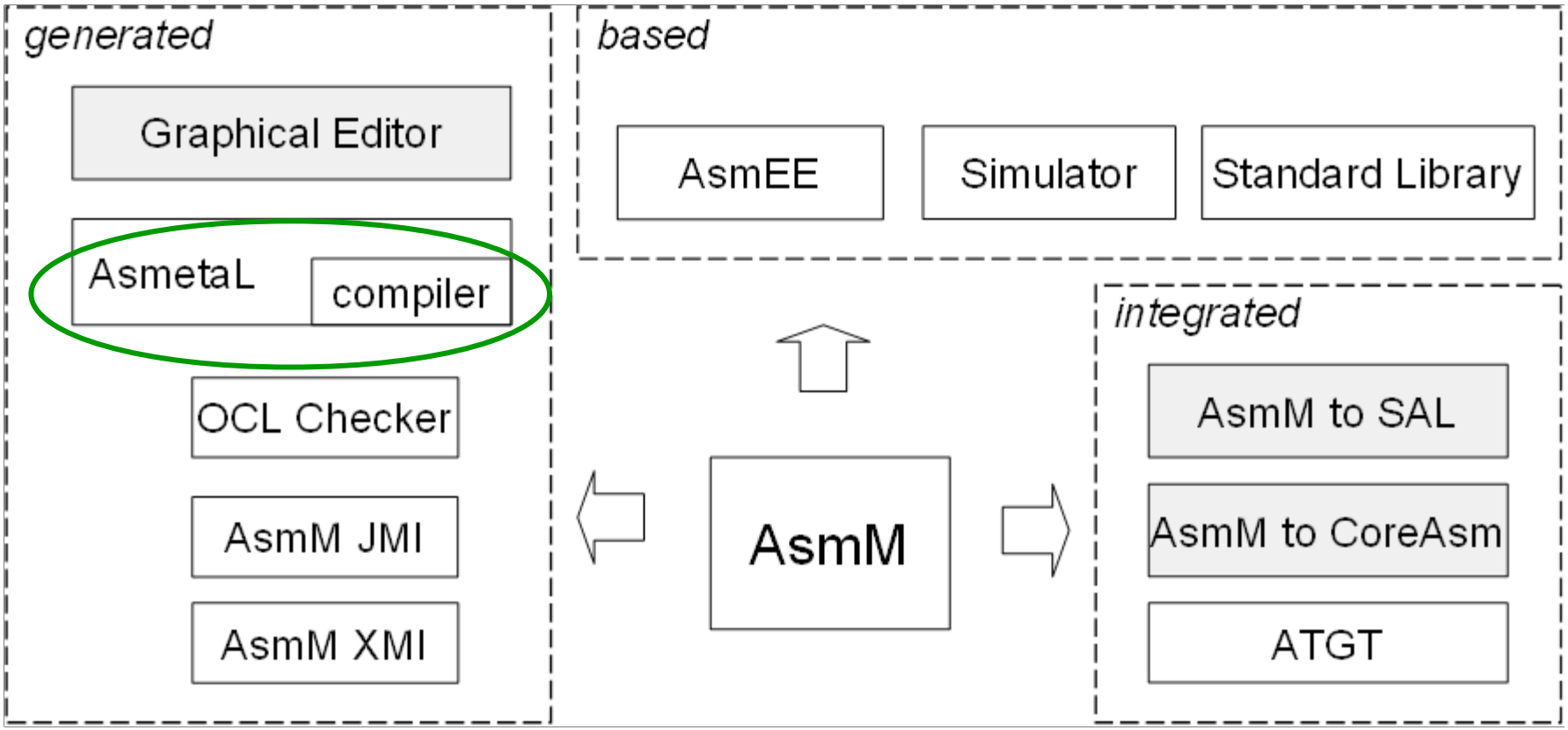
The AsmetaL Language

per la specifica/progettazione di SW

ASMETA toolset

Un insieme di tool per le ASMs, sviluppato con tecniche di *meta-modellazione* dell'approccio Model-driven Engineering (MDE)



Architettura di ASMETA

Istanza del framework di meta-modellazione OMG per le ASMs

materiale

Asmeta è disponibile:

http://asmeta.sourceforge.net

- compilatore
- Simulatore
- Validatore
- Documentazione
- StandardLibrary

Il Linguaggio AsmetaL

Linguaggio strutturale

- costrutti per definire la struttura (scheletro) di una ASM mono-agente o sinc./asinc. multi-agente

Linguaggio delle definizioni

- costrutti per introdurre (dichiarare e definire) domini (*tipi del linguaggio*), funzioni (con domini e codomini), regole di transizione, e assiomi

Linguaggio dei termini

- ***termini di base*** come nella logica del primo ordine (costanti, variabili, termini funzionali *f(t1,t2,..,tn)*)
- ***termini speciali*** come tuple, collezioni (insiemi, sequenze, bag, mappe), ecc.

Linguaggio delle regole

- **regole di base** come skip, update, parallel block, ecc.
- ***turbo regole*** come seq, iterate, turbo submachine call,ecc.

Un primo esempio di programma ASMETAL

Un FLIP-FLOP device

Header section

Clause di Import/export , vocabolario ASM

Body section

Static domains/functions defs., rule decls., e assiomi

Main rule

Initialization section

Inizializzazioni per domini e funzioni dinamici

```
asm flip_flop
import StandardLibrary
signature:
  domain State subsetof Natural
  dynamic controlled ctl_state : State
  dynamic monitored high : Boolean
  dynamic monitored low : Boolean

definitions:
domain State = {0n,1n}

rule r_Fsm($i in State, $cond in Boolean,$rule in Rule, $j in State) =
      if ctl_state=$i and $cond
      then  par  $rule
                  $ctl_state := $j
            endpar
      endif
axiom inv_neverBoth over high(), low(): not(high and low)

main rule r_flip_flop =  par
                           r_Fsm[0n,high,<<skip>>,1n]
                           r_Fsm[1n,low,<<skip>>,0n]
                         endpar
default init initial_state:
  function ctl_state = 0n
```

Il Linguaggio Strutturale

Una ASM è una tupla:
(name, header, body, main rule, initialization)
name è:

[**asyncr**] **asm** ASM_name

- ASM_name è il nome della ASM e deve coincidere con il nome del file .asm che la contiene
- la parola chiave **asyncr** è opzionale (perchè racchiusa in []). Se presente, denota una ASM *asincrona* multi-agent. Se omessa, l'ASM è considerata *sincrona* multi-agent.
- Un **modulo ASM** è come una ASM senza main rule e senza inizializzazione. Nel definire un modulo ASM si usa la parola chiave **module** anzicchè **asm**.

Il Linguaggio Strutturale

header è:

[**import** m1 [**(** id11,...,id1h1 **)**]
...
import mk [**(** idk1,...,idkhk **)**]

]
[**export** id1,...,ide] or [**export** *]
signature :
[dom_declarations]
[fun_declarations]

import/export di simboli (id) di domini, funzioni (e loro domini e codomini), e regole da/verso altre ASM

export * per esportare tutto

Ricordare: la segnatura contiene dichiarazioni (non definizioni) di domini e funzioni!

Standard Library

- **I domini standard: Naturali, Integer, ...**
- **Le funzioni standard (+,- ...)**

  sono contenuti
- **Nella StandardLibrary.asm che deve essere importata**

Il Linguaggio Strutturale

body è:
definitions :
  domain D1 **=** Dterm1
    ...

  function F1[**(**p11 **in** d11,...,p1k1 **in** d1k1**)**] **=** Fterm1
    ...
  [rule_declarations]
  [axiom_declarations]

Solo **domini concreti statici** possono essere definiti

Solo **funzioni statiche** possono essere definite

per una regola o assioma, dichiarazione e definizione sono la stessa cosa

Il Linguaggio Strutturale

main rule è:

main rule R **=** rule

R è il nome della main rule

la main rule è sempre una (macro-)regola **chiusa**, cioè senza parametri

rule è proprio il corpo della regola di transizione

Se l'ASM è multi-agent, la main rule deve far partire in parallelo i programmi degli agenti

I programmi degli agenti sono specificati nello stato iniziale (vedi **initialization**)

Il Linguaggio Strutturale

Initialization è **una sequenza di stati iniziali**:

```
[default] init Id :
domain Dd1 = Dterm11
 ...
function Fd1[(p11 in d11,...,p1s1 in d1s1)] = Ftermd1
 ...
```

Uno stato iniziale deve essere denotato come *default*.

Solo **domini concreti dinamici** possono essere inizializzate

Solo **funzioni dinamiche**, non monitorate, possono essere inizializzate

Il Linguaggio delle definizioni

Dichiarazioni di funzioni (`fun_declarations`)

Funzioni statiche: static **f:** [**D** ->] **C**

Funzioni dinamiche:

[dynamic] monitored **f**: [**D** ->] **C**
[dynamic] controlled **f**: [**D** ->] **C**
[dynamic] shared **f**: [**D** ->] **C**
[dynamic] out **f**: [**D** ->] **C**
[dynamic] local **f**: [**D** ->] **C**

- D e C sono risp. Il dominio ed il codominio di f
- D è opzionale; non va messo se f è 0-aria (cioè una variabile)

Il Linguaggio delle definizioni

Dichiarazioni di funzioni (`fun_declarations`)

Esempi (Flip_Flop): variabili

dynamic controlled ctl_state **: State**

dynamic monitored high **: Boolean**

dynamic monitored low **: Boolean**

Altri esempi funzioni:

// una funzione che associa una intero ad ogni intero

controlled votoByID: Integer -> Integer

// una funzione che dice quali interi sono scelti

monitored interoscelto: Integer -> Boolean
controlled f3: Boolean -> Prod(Real,Real) //es. f3(true) = (3.0,4.5)

Il Linguaggio delle definizioni

Caratterizzazione dei domini

type-domain: caratterizzano il superuniverso

basic type-domains: **Complex**, **Real**, **Integer**, **Natural**, **String**, **Char**, **Boolean**, **Rule**, e **Undef** definiti nella standard library!

basic domain Real
basic domain Integer
...

structured: per costruire insiemi finiti, sequenze, bag, mappe, e tuple a partire da altri domini

Agent e **Reserve** definiti nella standard library!

any domain: domini generici; **Any** della standard library è il più generico!

Il Linguaggio delle definizioni dei domini

- **abstract domain:** elementi di natura "astratta", non definiti se non attraverso funzioni definite su tale dominio
  - abstract domain Student

- enum: enumerazioni, ad esempio

  Color = {RED | GREEN | BLUE}

- concrete domain: user-defined e subset dei type-domain

Il Linguaggio delle definizioni

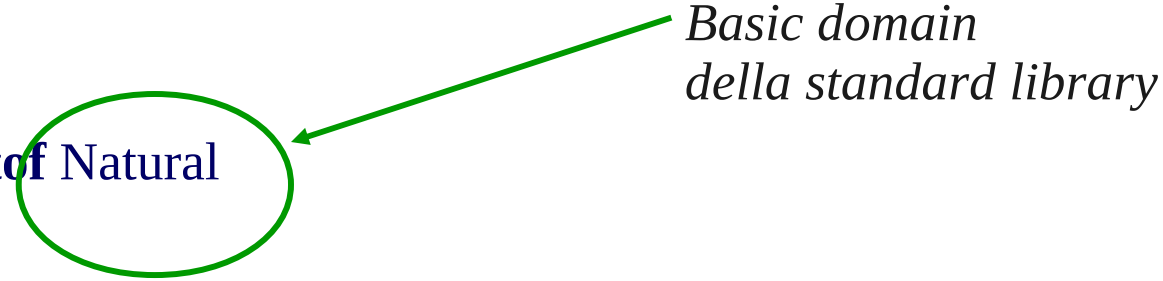
Dichiarazioni di domini concreti (`dom_declarations`)

[**dynamic**] **domain** D **subsetof** td
dove:
- D è il nome del dominio da dichiarare
- td è il type-domain di cui D è subset
- La parola chiave **dynamic** è opzionale e denota che l'insieme è *dinamico* (stesso concetto delle funzioni). Per default, un dominio è *statico* e va *definito* nella sezione definitions

Esempio:

signature:
domain State **subsetof** Natural

definitions:
domain State = {0n,1n}



Il Linguaggio delle definizioni

Dichiarazioni di type-domain (`dom_declarations`)

anydomain D
dove D è il nome di un dominio generico e fissato a run-time con un dominio specifico

Abstract TD

abstract domain D
dove D è il nome del type domain

enum domain D **= {** EL1|...|ELn **}**
dove D è il nome e EL1,...,ELn le costantio dell'enumerazione

Esempi:

Esempio Lift

- **Lift: un sistema che gesitice più ascensori**

  Ogni ascensore può avere due direzioni, e puà essere ferma o in movimento

  abstract domain Lift

  enum domain Dir = {UP | DOWN} //direction

  domain Floor subsetof Integer

  enum domain State = {HALTING | MOVING} //lift control states

  //lift direction of travel, initially UP (see initial state s0)

  dynamic controlled direction: Lift -> Dir

  dynamic controlled ctlState: Lift -> State

  dynamic controlled floor: Lift -> Floor

Esempio 2

signature:

abstract domain BancomatCard

enum domain Pressure_type = {TOO_LOW | NORMAL |HIGH}

monitored currCard: BancomatCard //n. della carta presente nel bancomat

controlled pressure : Pressure_type

Il Linguaggio delle definizioni

Altri type-domain (non dichiarati nella segnatura)

Prod (d1,d2,...,dn)
d1,...,dn sono i domini del prodotto cartesiano

Seq (d)
d è il dominio base delle possibili sequenze

Powerset (d)
d è il dominio base dell'insieme delle parti (l'insieme di tutti i possibili insiemi di elementi di d)

Bag (d)
d è il dominio base dei possibili bag (borsa)

Prod (d1,d2,...,dn)
d1,...,dn sono i domini del prodotto cartesiano

Esempi:

Il Linguaggio delle definizioni

Dichiarazioni di funzioni (`fun_declarations`) da più domini

signature:
monitored attracted: Prod(Dir, Lift) -> Boolean
static totalQuantity: Powerset(Orders) -> Quantity
static list:Seq(Integer) // es. list=[1,2,5,8]

Altri esempi:

monitored f1: Seq(Integer) -> Boolean

monitored f2: Seq(Prod(Integer, Boolean))
// es. f2=[(1,true),(5,false)]

controlled f3: Boolean -> Prod(Real,Real) //es. f3(true) = (3.0,4.5)

Il Linguaggio delle definizioni

Dichiarazioni(definizioni) di regole (`rule_declarations`)

[**macro**] **rule** R [**(** x1 **in** D1,...,xn **in** Dn **)**] =
rule

R = r_Fsm

Esempio:

rule r_Fsm($i **in** State, $cond **in** Boolean,$rule **in** Rule, $j **in** State) =

```
 if ctl_state=$i and $cond
then  par  $rule
           ctl_state := $j
      endpar
endif
```

rule: una regola condizionale

Il Linguaggio delle definizioni

Dichiarazioni(definizioni) di assiomi (`axiom_declarations`)

axiom [**ID**] **over id1,…,idn : term**

· ID (opzionale) è il nome dell'assioma
· idi sono nomi di domini, funzioni* e regole (con nome) vincolati dall'assioma
· term è un termine che rappresenta l'espressione booleana del vincolo

*In caso di overloading di funzioni, occorre indicare anche il loro dominio, come in f(D) (o f() per funzioni 0-arie) con f nome di funzione e D nome del dominio di f.

Esempio:

axiom inv_neverBoth **over** high(), low(): not(high and low)

Il Linguaggio delle definizioni

Convenzioni sugli ID:

ID_VARIABLE una stringa che inizia con "$".
Esempi `$x` `$abc` `$pippo`

ID_ENUM una stringa di lunghezza >=2, fatta di sole lettere maiuscole. Esempi: `ON` `OFF` `RED`

ID_DOMAIN una stringa che inizia con una lettera maiuscola. Esempi: `Integer` `X` `SetOfBags` `Person`

ID_RULE
una stringa che inizia con "r_" . Esempi: `r_SetMyPerson` `r_update`

ID_FUNCTION
una stringa che inizia con una lettera minuscola diversa da "r_" e da "inv_". Esempi: `plus` `minus` `re`

ID_AXIOM
una stringa che inizia con "inv_". Esempio: `inv_I1`

Il Linguaggio delle definizioni

Commenti (2 forme possibili):

```
// text to be commented
/* text to be commented*/
```

Il Linguaggio dei termini

Variable Term v

con **V** nome di variabile (preceduto da $)

Function Term [id .]f [(t1,...,tn)]

dove:

- f **è il nome della funzione da applicare**
- (t1,...,tn) **una tupla di termini**
- id **è il riferimento all'agente (se presente) che detiene la funzione** f

Il Linguaggio dei termini

Variable Term	$x
	a
Function Term	max(2,3)
	abs(-4)
	abs(max(-2,-8))
	self.f(5) o f(self,5)

Il Linguaggio dei termini

Sequence [t1,...,tn] **con** ti **termini della stessa natura**
[] **per la sequenza vuota**

Set {t1,...,tn} **con** ti **termini della stessa natura**
{} **per l'insieme vuoto**

Bag <t1,...,tn> **con** ti **termini della stessa natura**
<> **per il bag vuoto**

Map {t1->s1,...,tn->sn} **con** ti **termini della stessa natura, e** Si **termini della stessa natura pure**
{->} **per la mappa vuota**

- **Esempi di termini: sequence, set e bags**

Sequence	["hello","bye"]
	[[],[1,2]]
	[1..4] ≡ [1,2,3,4]
Set	{[],[1,2],[1]}
	{'a','b'}
	{1..2,0.5}≡{1.0,1.5,2.00}
Bag	<1,2,1>
	<'a','b','a','b'>
	<1..10,2> ≡ <1,3,5,7,9>

Il Linguaggio dei termini

D **con** D **ID di un dominio concreto/type-domain, o termine rappresentante un dominio strutturato**

<<R>> **con** R **regola**

Il Linguaggio dei termini

Integer //ID

prod(Real,String) //prodotto cartesiano

<<skip>>

<<f:=1>>

Il Linguaggio dei termini

IfTermC **if** G **then** tthen [**else** telse] **endif**

dove G **è un termine booleano,** tthen **e** telse **sono termini della stessa natura**

LetTerm **let**(v1=t1,...,vn=tn)**in** tv1,...,vn **endlet**

dove vi **sono variabili e** t1,...,tn,tv1,...,vn **sono termini**

LetTerm **let**(v1=t1,...,vn=tn)**in** tv1,...,vn **endlet**

dove vi **sono variabili e** t1,...,tn,tv1,...,vn **sono termini**

Il Linguaggio dei termini

```
if $x>0 then 1
        else if $x=0 then 0
                    else 0-1
             endif
endif
let ( $double_x = $x+$x )
 in $double_x * $double_x
endlet
```

Il Linguaggio dei termini

Comprehension

Term

[v1 in S1,...,vn in Sn | Gv1,...,vn : tv1,...,vn]

{v1 in D1,...,vn in Dn | Gv1,...,vn : tv1,...,vn}

<v1 in B1,...,vn in Bn | Gv1,...,vn : tv1,...,vn>

{v1 in D1,...,vn in Dn | Gv1,...,vn : tv1,...,vn ->sv1,...,vn}

Comprehension

Term

Il Linguaggio dei termini

Comprehension

Term

[$x in [0..2*$n-1] | $x mod 2=0 : g($x)]

{$x in {0..$n} : 2+$x}

<$x in <0..$n> : g($x)>

Comprehension

Term

Il Linguaggio dei termini

Quantification Term	
ExistUnique Term	**(exist** v1 in D1,...,vn in Dn **with** Gv1,...,vn**)** **(exist unique** v1 in D1,...,vn in Dn **with** Gv1,...,vn**)** **(forall** v1 in D1,...,vn in Dn **with** Gv1,...,vn**)**
Quantification Term	

Il Linguaggio dei termini

Quantification Term	
	(**exist** $x in {2,5,7} with $x=2)
ExistUnique Term	(**exist unique** $x in X with $x=0)
Quantification Term	

Il linguaggio delle regole (alcune)

Update Rule: per aggiornare lo stato della macchina

L := t

dove t è un termine e L (detta locazione) è o un termine funzionale f(t1,..,tn) con f dinamica e non monitorata, o è una variabile

Esempio:

Output := 1

voto(rossi) := 30

Nota: il risultato dell'update si vede solo dopo che sono applicati, cioè nello stato successivo

Conditional Rule

- **Serve per condizionare una certa azione:**

  if cond **then** R1 [**else** R2] **endif**

- Dove cond è una condizione booleana, R1 e R2 sono due regole

Il linguaggio delle regole (alcune)

let (v1 **=** t1**, ..., ** vn **=** tn) **in**

Rv1,...,vn

endlet

dove v1,...,vn **sono variabili,** t1,...,tn **sono termini, e** Rv1,...,vn **è una regola**

BlockRule

Per eseguire regole in parallelo

par R1 R2 ... Rn **endpar**

dove R1,R2,...,Rn **sono regole da eseguire in parallelo**

Nota che si potrebbero avere degli update incosistenti:

Par

X:= 1

X := 2

Endpar

È un errore !

Il linguaggio delle regole (alcune)

Forallrule: per iterare una operazione sugli elementi di un insieme:

forall v1 **in** D1**, ...,** vn **in** Dn
with Gv1,...,vn **do** Rv1,...,vn

dove vi sono variabili, Di termini che rappresentano domini, Gv1,...,vn termine booleano che rappresenta la condizione, e Rv1,...,vn è una regola

Esempio:

forall $s in Student with voto($s) = 10 do voto($s):= 20

Il linguaggio delle regole (alcune)

Macro call rule:

Per chimare un'altra regola

r [t1,...,tn]

dove r **è il nome della regola e** ti **sono termini che rappresentano gli effettivi argomenti passati**

r[]

per chiamare una regola che è senza parametri

Esempio

rule r_1 = ...

Rule r_2 = if c then r_1[] endif

Nota: il passaggio dei parametri è per sostituzione. La macro viene espansa (come inline di C++)

Regole e main rule di una ASM

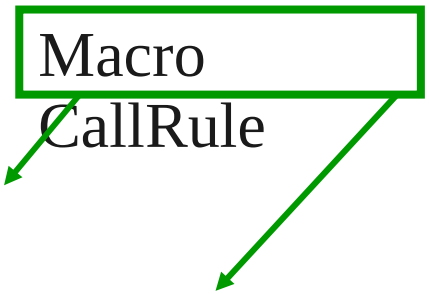
Un FLIP-FLOP device

Macro FSM:

```
rule r_Fsm($i in State, $cond in Boolean, $rule in Rule, $j in State)
  =    if ctl_state = $i and $cond
       then  par
                  $rule
                  ctl_state := $j
             endpar
       endif
```

Main rule:

```
main rule r_flip_flop =  par
                           r_Fsm[0n, high, <<skip>>,1n]
                          r_Fsm[1n, low, <<skip>>,0n]
                        endpar
```



N.B.: Le transizioni di stato del FLIP-FLOP sono modellate.

A Flip-Flop Device in AsmetaL

Header section

Clause di Import/export , vocabolario ASM

```
asm flip_flop
import StandardLibrary
signature:
  domain State subsetof Natural
  dynamic controlled ctl_state : State
  dynamic monitored high : Boolean
  dynamic monitored low : Boolean
```

Body section

Static domains/functions defs., rule decls., e assiomi

```
definitions:
domain State = {0n,1n}

rule r_Fsm($i in State, $cond inBoolean,$rule in Rule, $j in
State) =
      if ctl_state=$i and $cond
      then  par  $rule
                  $ctl_state := $j
            endpar
      endif
axiom inv_neverBoth over high(), low(): not(high and low)
```

Main rule

```
main rule r_flip_flop =  par
                           r_Fsm[0,high,<<skip>>,1n]
                           r_Fsm[1,low,<<skip>>,0n]
                         endpar
```

Initialization section

Inizializzazioni per domini e funzioni dinamici

```
default init initial_state:
    function ctl_state = 0n
```

Dining Philosophers in AsmetaL

From: E. Börger and R. Stärk. *Abstract State Machines: A Method for High-Level System Design and Analysis.* Springer Verlag, 2003.

agent program

$$\textsc{DiningPhilosopher} =$$
$$\textbf{if } owner(resource) = none \textbf{ then } owner(resource) := \textbf{self}$$
$$\textbf{if } owner(resource) = \textbf{self} \textbf{ then } owner(resource) := none$$

$$\text{formally } resource(\textbf{self}) = (leftFork(\textbf{self}), rightFork(\textbf{self}))$$

```
rule r_DiningPhilosopher = par  r_Eat[ ]  r_Think[ ] endpar

macro rule r_Think =
    if owner(left_fork(self) = self and owner(right_fork(self)) = self
                    then  par                                    owner(left_fork(self)) =
    none                                                  owner(left_fork(self)) = none

    endpar  endif

macro rule r_Eat =
    if owner(left_fork(self) = none and owner(right_fork(self)) = none
                        then  par
    owner(left_fork(self)) = self
          owner(left_fork(self)) = self
    endpar  endif
```