

**Sviluppo di Software Sicuro - S<sup>3</sup>**  
**Condizioni di verifica - III**

Corso di Laurea Magistrale in  
Sicurezza Informatica: Infrastrutture e Applicazioni  
Università di Pisa – Polo di La Spezia  
C. Montangero  
Anno accademico 2009/10

---

---

---

---

---

---

---

---

**Sommario**

- Chiamata di procedure
- Funzioni
- Accept
- Quantificatori

S3: VC: C.Montangero - Copyright 2010 2

---

---

---

---

---

---

---

---

S<sup>3</sup> 2009/10 – Condizioni di verifica – Parte III

**CHIAMATA DI PROCEDURE**

S3: VC: C.Montangero - Copyright 2010 3

---

---

---

---

---

---

---

---

### Il problema

- Come si calcola la wp di una chiamata?
  - Come una serie di assegnamenti ai parametri out:
 
$$X=v0 \Rightarrow wp[D(X)]X=v0^4$$

$$wp[D(X)]X=v0^4 \equiv v=v0^4$$
- Dove v è una costante, sempre diversa
  - denota il valore *assegnato*
- Caratterizzata dalla postcondizione della procedura
  - i valori assegnati soddisfano la postcondizione
  - ad esempio:  $D^{\wedge} \equiv Y=Y^{\sim} * 2$  (Y è il parametro)
- L'ipotesi su v dovuta alla postcondizione è
  - $D^{\wedge}[Y/v, Y^{\sim}/X] \equiv v = X^{\sim} * 2$

S3: VC - C.Montangero - Copyright 2010

4

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

### Una chiamata non basta

- Quindi:
 
$$wp[D(X)] X=v0^4$$

$$\equiv v=v0^4 \text{ and } v = X^{\sim} * 2$$

$$\equiv \text{-- all'inizio } v0 = X$$

$$X^{\sim} * 4 = X^{\sim} * 2 \equiv X=0, \text{ insufficiente}$$
- come prevedibile... ma due sì:
 
$$wp[D(X)](v=v0^4 \text{ and } v = X^{\sim} * 2)$$

$$\equiv v=v0^4 \text{ and } v = v1^{\sim} * 2 \text{ and } v1=X^{\sim} * 2$$

$$\equiv \text{-- all'inizio } v0 = X$$

$$v=X^{\sim} * 4 \text{ and } v = v1^{\sim} * 2 \text{ and } v1=X^{\sim} * 2$$

$$\equiv v=X^{\sim} * 4 \text{ and } v = X^{\sim} * 2^2$$

$$\equiv X^{\sim} * 4 = X^{\sim} * 2^2 \equiv \text{true}$$

S3: VC - C.Montangero - Copyright 2010

5

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

### Run time check sugli argomenti

- Oltre al controllo sulla rappresentabilità del valore,
- quello sul rispetto della preconditione:  $^{\wedge}D[Par/Arg]$
- Esempio: divisione

```

procedure div(Ddo, Dre: Natural; Q, R: out Natural);
--# pre Dre<>0;
--# post Ddo = Q*Dre + R and R < Dre;
    
```

S3: SPARK - C.Montangero - Copyright 2010

6

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

### Esercizio: $wp[\text{div}(X,Y,Z,W)]W=0$

```

procedure div(Ddo, Dre: Natural; Q, R: out Natural);
--# pre Dre<>0;
--# post Ddo = Q*Dre + R;

  wp[div(X,Y,Z,W)]W=0
≡
(W=0)[Q/q1,R/w1] and div^[Ddo/X,Dre/Y,Q/q1,R/w1]
≡
w1=0 and X= q1*Y + w1
cioè
X = q1*Y (some q1 => ...)

• Considerando anche la preconditione:
^div[Ddo/X,Dre/Y,Q/Z,R/W] ≡ Dre<>0[Dre/Y] ≡ Y<>0
    
```

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

S3 2009/10 – Condizioni di verifica – Parte III

### FUNZIONI

S3: VC-C.Montangero - Copyright 2010

8

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

### Specifica delle funzioni

```

function_constraints ::= [ --# pre predicate ]
                    [ --# return_expression ]
return_expression ::= return annotation_expression
                  | return simple_name => predicate
    
```

- Il secondo serve per definire il valore
- La prima forma per relazione semplice
  - esprimibili come espressione d'annotazione
- Esempio:
 

```
return X+1 ; -- dove X è il parametro
```

S3: VC-C.Montangero - Copyright 2010

9

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

### Specifica delle funzioni (2)

- La seconda per relazioni più complesse
  - caratterizza il risultato con un predicato  
`return M => (X > Y -> M = X and Y >= X -> M = Y);`
  - *Si legge: restituisci M tale che se X>Y allora M=X, altrimenti M=Y*
- La prima è un'abbreviazione per:  
`return Dummy => ( Dummy = X+1 )`

S3: VC - C.Montangero - Copyright 2010

10

---

---

---

---

---

---

---

---

### Verifica di una funzione

```
function Max(X, Y: in Integer) return Integer
--# return D => (X>Y -> D=X) and (X<=Y -> D=Y);
is
  Dummy
  M : Integer;
begin
  if (X>Y)
  then
    M := X;
  else
    M := Y;
  end if;
  return M;
end Max;
```

- Viene risolta come  
 $\wedge \text{Max} \rightarrow \text{wp}[\text{body}] \text{pseudoPost}[\text{Dummy}/\text{Rexp}]$   
 – posizione fissa di return...

S3: VC - C.Montangero - Copyright 2010

11

---

---

---

---

---

---

---

---

### Condizioni di verifica

- Una tipica, da Max:

```
function_max_3.
...
H6: x > y .
...
->
C1: (x > y) -> (x = x) .
C2: (x <= y) -> (x = y) .
...
```

- Ridotta a true da Simplifier.

S3: VC - C.Montangero - Copyright 2010

12

---

---

---

---

---

---

---

---

### Chiamata di funzioni

- Data  
`function Max(X,Y: in Integer) return Integer`  
`--# return M => (X>Y -> M=X) and (X<=Y -> M=Y);`
- come descrivo il risultato di `R:=Max(F1,F2);` IN  
`procedure Call(F1,F2: in Integer; R : out Integer)`  
`--# derives R from F1,`  
`--# F2;`  
`--# post R = ? ;`
- Usando la *funzione di prova*  
`function max(x,y : integer) return integer`  
 – implicitamente dichiarata con Max  
 – notare il gioco Maiusc/Minusc

S3: VC - C.Montangero - Copyright 2010

13

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

### Funzioni di prova

```
procedure Call(F1,F2: in Integer; R : out Integer)
--# derives R from F1,
--# F2;
--# post R = max(F1,F2);
is
begin
  R := Max(F1,F2);
end Call;
```

- `wp[R:=Max(F1,F2)]R=max(F1,F2)`
- `Max(F1,F2) = max(F1,F2)`
- `max(F1,F2) = max(F1,F2)`
- true ... *purchè Max sia corretta!*

S3: VC - C.Montangero - Copyright 2010

14

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

### Documentazione

```
-- function max(x,y : integer) return integer;
-- Def: ( x>=y -> max(x,y) = x ) and ( x<=y -> max(x,y) = y );
-- Th (di correttezza): Max(x,y) = max(x,y);
-- prova: max.siv 28-APR-2010, 21:54:01
```

- Le definizioni e il teorema di correttezza  
 – nel file `.rul` per il Proof Checker...
- Codice in `funzioni\max.adb`

S3: VC - C.Montangero - Copyright 2010

15

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

S3 2009/10 – Condizioni di verifica – Parte III

## ANNOTAZIONE ACCEPT

S3-VC - C.Montangero - Copyright 2010 16

---

---

---

---

---

---

---

---

### --# accept

- In una funzione che calcola il resto:
 

```

Z := 0;
T := Ddo;
loop
  --# assert Ddo = Z*Dre + T;
  exit when (T < Dre);
  T := T - Dre;
  Z := Z+1;
end loop;
            
```

  - Z serve solo come ausilio, non viene usata
  - Examiner genera un errore di Flow:

Locations

- Examiner (2 items)
- resto.adb (2 items)
  - 45:7 Flow Error 10 - Ineffective statement |
  - 51:10 Flow Error 10 - Ineffective statement.

S3-VC - C.Montangero - Copyright 2010 17

---

---

---

---

---

---

---

---

### --# accept (2)

```

--# accept Flow, 10, "Z serve per calcolare T";
Z := 0;
T := Ddo;
loop
  --# assert Ddo = Z*Dre + T;
  exit when (T < Dre);
  T := T - Dre;
  Z := Z+1;
end loop;
            
```

tipo (flow, warn), numero, "giustificaz

Locations

- Examiner (2 items)
- resto.adb (2 items)
  - 45:7 Flow Error 10 - Ineffective statement |
  - 51:10 Flow Error 10 - Ineffective statement.

S3-VC - C.Montangero - Copyright 2010 18

---

---

---

---

---

---

---

---

**--# accept (3)**

```

--# accept Flow, 10, "Z serve per calcolare T";
Z := 0;
T := Ddo;
loop
  --# assert Ddo = Z*Dre + T;
  exit when (T < Dre);
  T := T - Dre;
44  Z := Z+1;
  end loop;

```

In .lsb:

Expected messages marked with the accept annotation

Type	Msg	Lines	Reason	Match
No.	From	To	No.	Line
Flow	10	11 end	Z serve per calcolare T	2 18
Flow	10	44 end	Z serve per calcolare T	2 51

S3-VC - C.Montangero - Copyright 2010 19

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

S<sup>3</sup> 2009/10 – Condizioni di verifica – Parte III

## QUANTIFICATORI

S3-VC - C.Montangero - Copyright 2010 20

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

## Quantificatori

- Come si specifica una funzione che restituisce il resto della div?
- Devo dire: restituisco un R tale che,
  - per qualche Q vale  $Ddo = Dre * Q + R$
- Come si specifica una funzione che dice se tutti gli elementi di un array sono nulli?
- Devo dire: restituisco
  - per ogni i nel range di indici ammissibili,  $A(i)=0$

S3-VC - C.Montangero - Copyright 2010 21

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

## Quantificatori: sintassi

quantified\_expression ::=  
 kind identifier in *discrete\_subtype\_mark*[ range range ] => ( predicate )  
 kind ::= for all | for some

- Esempi
  - for some Q in Natural => ( Ddo = Dre\*Q + R )
  - for some M in Index => ( A(M) = Sought )
  - for all I in Index => ( A(I) = 0 )
  - for all M in Index range 1 .. (Z - 1) => ( A(M) /= Sought )
- Warning:
  - non c'è vero scoping: identifier devono essere freschi

S3: VC - C.Montangero - Copyright 2010

22

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

## La funzione Resto

```
function Resto2(Ddo, Dre: Natural) return Natural
--# pre Dre /= 0;
--# return R =>
--# (for some Q in Natural => ( Ddo = Q*Dre + R and R < Dre ));
```

- Chiamata:

```
procedure Call2(F1,F2: in Natural; Res : out Natural)
--# derives Res from F1, F2;
--# pre F2 /= 0;
--# post Res = resto2(F1,F2);
is
begin
    Res := Resto2(F1,F2);
end Call2;
```

- La post usa la funzione di prova implicita

S3: VC - C.Montangero - Copyright 2010

23

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

## La funzione resto

- La VC For path(s) from start to finish:  
 procedure\_call2\_3.  
 ...  
 ->  
 C1: resto2(f1, f2) = resto2(f1, f2) .

- viene semplificata, il che è lecito purché

```
-- function resto2(x,y : Natural) return Natural;
-- Def: for some qq in Natural =>
-- ( y <> 0 -> ( x = qq*y + rest(x,y) and rest(x,y) < y ) ) ;
-- Th (di correttezza): y <> 0 -> Resto2(x,y) = resto2(x,y) ;
-- prova: call2.siv 28-APR-2010, 22:59:00
```

- codice in funzioni/resto.adb

S3: VC - C.Montangero - Copyright 2010

24

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---



### Esercizio

- Progettare e realizzare un package Divisione,
  - procedura che fa la divisione di due naturali, e memorizza in uno stato globale "own" quoziente e resto
  - due funzioni che restituiscono rispettivamente quoziente e resto dell'ultima divisione effettuata.
- Come si tratta il divisore nullo?
- E la chiamata delle funzioni prima di una divisione?

S3-VC - C.Montangero - Copyright 2010

25

---

---

---

---

---

---

---

---