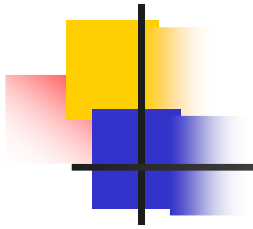
# VPC 15-16
# Commenti su esercizio mutua esclusione in NuSMV

Prof.ssa Susanna Donatelli
Universita' di Torino
www.di.unito.it
susi@di.unito.it



# La mutua esclusione

Definizione del problema:

1. Ognuno degli N processi esegue un loop infinito di istruzioni divise in due gruppi: la sezione critica e la sezione non critica
2. La correttezza di un algoritmo di mutua esclusione e' definita dalla congiunzione delle seguenti condizioni:
   - **Mutua esclusione**: le istruzioni delle sezioni critiche di due o piu' processi non possono essere eseguite in modo interfogliato
   - **Assenza di deadlock**: Se qualche processo cerca di accedere alla regione critica eventualmente un processo potra' farlo
   - **Assenza di starvation individuale**: Se un processo cerca di accedere alla regione critica eventualmente quel processo potra' farlo
3. Le variabili usate dal protocollo di accesso sono usate solo dal protocollo di accesso
4. C'e' progresso nella regione critica (se un processo inizia l'esecuzione in regione critica alla fine terminera' tale esecuzione)
5. Non si richiede progresso da parte dei processi nelle istruzioni che non appartengono alla regione critica

# La mutua esclusione (1)

Prima soluzione (testo del Ben-Ari): una singola variabile turn, quando turn vale 1 entra il processo 1, quando turn vale due entra il processo 2.

Attenzione a non obbligare i processi al progresso per le istruzioni che non sono di regione critica.

**Algorithm 3.2: First attempt**

integer turn ← 1

| p | q |
|---|---|
| loop forever | loop forever |
| p1: non-critical section | q1: non-critical section |
| p2: await turn = 1 | q2: await turn = 2 |
| p3: critical section | q3: critical section |
| p4: turn ← 2 | q4: turn ← 1 |

```
MODULE user(turn, io, altro)
VAR
  state : {non-crit,enter, crit,exit};
ASSIGN
  init(state) := non-crit;
  next(state) :=
    case
      state = non-crit : {non-crit,enter};
      state = enter & turn = io : crit;
      state = crit : exit;
      state = exit : non-crit;
      TRUE : state;
    esac;
  next(turn) :=
    case
          next(state) = exit : altro;
      TRUE : turn;
    esac;
FAIRNESS
  running
```

**Algorithm 3.2: First**

integer turn ← 1

| | p | |
|---|---|---|
| | loop forever | |
| p1: | non-critical section | q1: |
| p2: | await turn = 1 | q2: |
| p3: | critical section | q3: |
| p4: | turn ← 2 | q4: |

# Stati: la mutua esclusione è vera

------- State 1 ------
turn = p
procP.state = exit
procQ.state = non-crit
------- State 2 ------
turn = p
procP.state = crit
procQ.state = non-crit
------- State 3 ------
turn = p
procP.state = enter
procQ.state = non-crit
------- State 4 ------
turn = p
procP.state = non-crit
procQ.state = non-crit
------- State 5 ------
turn = p
procP.state = exit
procQ.state = exit
------- State 6 ------
turn = p
procP.state = crit
procQ.state = exit
------- State 7 ------
turn = p
procP.state = enter
procQ.state = exit
------- State 8 ------
turn = p
procP.state = non-crit
procQ.state = exit

------- State 9 ------
turn = p
procP.state = exit
procQ.state = enter
------- State 10 ------
turn = p
procP.state = crit
procQ.state = enter
------- State 11 ------
turn = p
procP.state = enter
procQ.state = enter
------- State 12 ------
turn = p
procP.state = non-crit
procQ.state = enter
------- State 13 ------
turn = q
procP.state = non-crit
procQ.state = exit
------- State 14 ------
turn = q
procP.state = non-crit
procQ.state = crit
------- State 15 ------
turn = q
procP.state = non-crit
procQ.state = enter

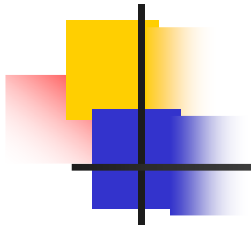
------- State 16 ------
turn = q
procP.state = non-crit
procQ.state = non-crit
------- State 17 ------
turn = q
procP.state = exit
procQ.state = exit
------- State 18 ------
turn = q
procP.state = enter
procQ.state = exit
------- State 19 ------
turn = q
procP.state = exit
procQ.state = crit
------- State 20 ------
turn = q
procP.state = enter
procQ.state = crit
------- State 21 ------
turn = q
procP.state = exit
procQ.state = enter

------- State 22 ------
turn = q
procP.state = enter
procQ.state = enter
------- State 23 ------
turn = q
procP.state = exit
procQ.state = non-crit
------- State 24 ------
turn = q
procP.state = enter
procQ.state = non-crit
------------------------

# Proprietà per la mutua esclusione (CTL)

**--** specification **AG !(procP.state = crit & procQ.state = crit)  is true**

**--** specification **EF (procP.state = crit & procQ.state = crit)  is false**
-- as demonstrated by the following execution sequence
Trace Description: CTL Counterexample
 -> State: 1.1 <-
    turn = p
    procP.state = non-crit
    procQ.state = non-crit



# Proprietà per la mutua esclusione (LTL)

**--** specification **F !(procP.state = crit & procQ.state = crit) is true**

**--** specification **G !(procP.state = crit & procQ.state = crit) is true**

# Assenza di deadlock (se un processo chiede, qualche processo potrà accedere) - CTL

**-- AG (procQ.state = enter -> AF (procQ.state = crit | procP.state = crit))  is false**
Trace Description: CTL Counterexample
-> State: 1.1 <-
turn = p
procP.state = non-crit
procQ.state = non-crit
-> Input: 1.2 <-
_process_selector_ = procQ
-- Loop starts here
-> State: 1.2 <-
procQ.state = enter
-> Input: 1.3 <-
-- Loop starts here
-> State: 1.3 <-
-> Input: 1.4 <-
_process_selector_ = procP
-- Loop starts here
-> State: 1.4 <-
-> Input: 1.5 <-
_process_selector_ = main
-> State: 1.5 <-

Si noti che anche la versione rispetto al processo P è  falsa

# Assenza di deadlock (se un processo chiede, qualche processo potrà accedere) - CTL

Si noti che anche la versione rispetto al processo P è falsa, ed è falsa anche se chiediamo che un processo o l'altro chiedano di entrare

**AG ((procQ.state = enter | procP.state = enter) -> AF (procQ.state = crit | procP.state = crit)) is false**

perché il problema è che se P decide di entrare quando il turno è di Q, se Q decide di non richiedere mai l'accesso, P non riuscirà mai ad accedere alla regione critica

invece

**-- specification AG ((procQ.state = enter & procP.state = enter) -> AF (procQ.state = crit | procP.state = crit)) is true**

cioè vi è assenza di deadlock solo se ho certezza che ambedue i processi vogliono entrare (il che viola l'ipotesi di permettere che i processi non siano forzati a progredire quando sono in regione non critica.

# Assenza di deadlock (se un processo chiede, qualche processo potrà accedere) - LTL

Le proprietà nella versione LTL (cancellazione degli operatori di cammino) porta agli stessi risultati della verifica CTL

# Presenza di starvation individuale (CTL)

**-- specification AG (procQ.state = enter -> AF procQ.state = crit)  is false**

Trace Description: CTL Counterexample

-> State: 1.1 <-

turn = p

procP.state = non-crit

procQ.state = non-crit

-> Input: 1.2 <-

_process_selector_ = procQ

-- Loop starts here

-> State: 1.2 <-

procQ.state = enter

-> Input: 1.3 <-

-- Loop starts here

-> State: 1.3 <-

-> Input: 1.4 <-

_process_selector_ = procP

-- Loop starts here

-> State: 1.4 <-

-> Input: 1.5 <-

_process_selector_ = main

-> State: 1.5 <-

*Non sorprendente perchè  se è falsa la proprietà  di assenza di deadlock  non ci possiamo aspettare che questa sia vera*

# Presenza di starvation individuale (CTL)

Si noti che invece

**--** specification **AG (procQ.state = enter -> EF procQ.state = crit)** is true

cioè il processo che voglia entrare ha la possibilità di progredire, ma non in modo indipendente dalle scelte dell'altro processo

# Presenza di starvation individuale (LTL)

**-- specification G (procQ.state = enter -> F procQ.state = crit) is false**

Trace Description: LTL Counterexample

-> State: 1.1 <-
turn = p
procP.state = non-crit
procQ.state = non-crit
-> Input: 1.2 <-
_process_selector_ = procP
-> State: 1.2 <-
-> Input: 1.3 <-
_process_selector_ = procQ
-> State: 1.3 <-
-> Input: 1.4 <-
-- Loop starts here
-> State: 1.4 <-
procQ.state = enter
-> Input: 1.5 <-
_process_selector_ = main
-- Loop starts here
-> State: 1.5 <-
-> Input: 1.6 <-
_process_selector_ = procP
-- Loop starts here
-> State: 1.6 <-
-> Input: 1.7 <-
_process_selector_ = procQ
-- Loop starts here
-> State: 1.7 <-
-> Input: 1.8 <-
_process_selector_ = main
-> State: 1.8 <-

# Presenza di starvation individuale (LTL) – versione “infinitely often” – È utile?

**---** specification **G ( F (procQ.state = enter -> F procQ.state = crit)) i**s false

il controesempio è lo stesso