Il monitor

Il costrutto monitor [Hoare 74]

Definizione: Costrutto sintattico che associa un insieme di operazioni (*entry* o *public*) ad una struttura dati comune a più processi, tale che:

- Le operazioni entry (o public) **siano le sole operazioni permesse** su quella struttura.
- Le operazioni public siano **mutuamente esclusive**: un solo processo per volta può essere attivo nel monitor.

Struttura del Monitor (*pseudocodice*)

```
monitor tipo_risorsa {
        <dichiarazioni variabili locali>;
        <inizializzazione variabili locali>;

        entry void op1 ( ) {
        <corpo della operazione op1 >;
        }
        …
        entry void opn ( ) {
        <corpo della operazione opn>;
        }

        <eventuali operazioni non entry>
}
```

- Le variabili locali sono **accessibili solo all'interno del monitor**.

- Le **operazioni entry (o public)** sono **le sole operazioni** che possono essere utilizzate dai processi per accedere alle variabili locali. L'accesso avviene in **modo mutuamente esclusivo**.

- Le **variabili locali** mantengono il loro valore tra successive esecuzioni delle operazioni del monitor (variabili permanenti).

- Le operazioni **non** dichiarate **entry** non sono accessibili dall'esterno. Sono invocabili solo all'interno del monitor (dalle funzioni entry e da quelle non entry).

Uso del monitor (*pseudocodice*)

```
tipo_risorsa ris;
```

- crea una istanza del monitor, cioè una struttura dati organizzata secondo quanto indicato nella dichiarazione dei dati locali.

```
ris.op_i(...);
```

- chiamata di una generica operazione dell'oggetto **ris**.

Uso del monitor

Solitamente, al monitor è associata una risorsa:

Scopo del monitor è controllare l'accesso alla risorsa da parte processi concorrenti, in accordo a determinate politiche. Le variabili locali definiscono lo stato della risorsa associata al monitor.

L'accesso alla risorsa avviene mediante **due livelli di sincronizzazione**:

1. Il **primo** garantisce che un solo processo alla volta possa aver accesso alle variabili comuni del monitor. Ciò è ottenuto garantendo che le operazioni *entry* siano eseguite in **mutua esclusione** (eventuale sospensione dei processi nella coda ***entry queue***).
2. Il **secondo** controlla **l'ordine** con il quale i processi hanno accesso alla risorsa. La procedura chiamata verifica il soddisfacimento di una condizione logica (**condizione di sincronizzazione**) che assicura l'ordinamento. Se la condizione logica non è soddisfatta, il processo viene posto **in attesa** ed il monitor viene liberato.

Monitor: sincronizzazione dei processi

Esempio: allocazione di una risorsa con priorità

```
monitor Risorsa()
{  boolean risorsa_libera=true;
    int turno=..;
    …
    entry void acquisizione(int id)
    {   if (turno!=id)
              <il processo esce dal monitor e aspetta >
        risorsa_libera=false;
       <attribuzione nuovo valore a turno>
    }
    entry void rilascio(int id)
    {    risorsa_libera=true;
         <eventuale attribuzione nuovo valore a turno>
   <risveglia il più prioritario tra i proc. in attesa>
    }
}
```

Monitor: sincronizzazione dei processi

- Il **primo livello** di sincronizzazione (mutua esclusione) viene realizzato direttamente dal linguaggio: ogni primitiva entry è sempre mutuamente esclusiva.

- Il **secondo livello** di sincronizzazione viene realizzato dal programmatore in base alle politiche di accesso date, sfruttando un nuovo strumento di sincronizzazione: la **variabile condizione** (***condition***):
  - L'accesso alla risorsa controllata dal monitor (da parte di un processo che esegue una entry) è vincolato al soddisfacimento della condizione di sincronizzazione;
  - Nel caso in cui la condizione di sincronizzazione non sia verificata, il processo si sospende liberando il monitor; la sospensione del processo avviene tramite una **variabile condizione**.

Variabili tipo condizione

La dichiarazione di una variabile cond di tipo condizione ha la forma:

```
condition cond;
```

- Ogni variabile di tipo condizione rappresenta una **coda** nella quale i processi si sospendono.

Operazioni sulle variabili condition:

- Le operazioni del monitor agiscono su tali variabili mediante le operazioni:

```
wait(cond);
signal(cond);
```

Operazioni sulle variabili condizione

wait:

- L'esecuzione dell'operazione **wait(cond)** **sospende** il processo, introducendolo nella coda individuata dalla variabile cond, e il monitor viene liberato. Al risveglio, il processo riacquisisce l'accesso mutamente esclusivo al monitor e riprende l'esecuzione.

signal:

- L'esecuzione dell'operazione **signal(cond)** ***riattiva*** un processo in attesa nella coda individuata dalla variabile cond; se non vi sono processi in coda, non produce effetti.

Monitor: uso di wait e signal

Esempio:

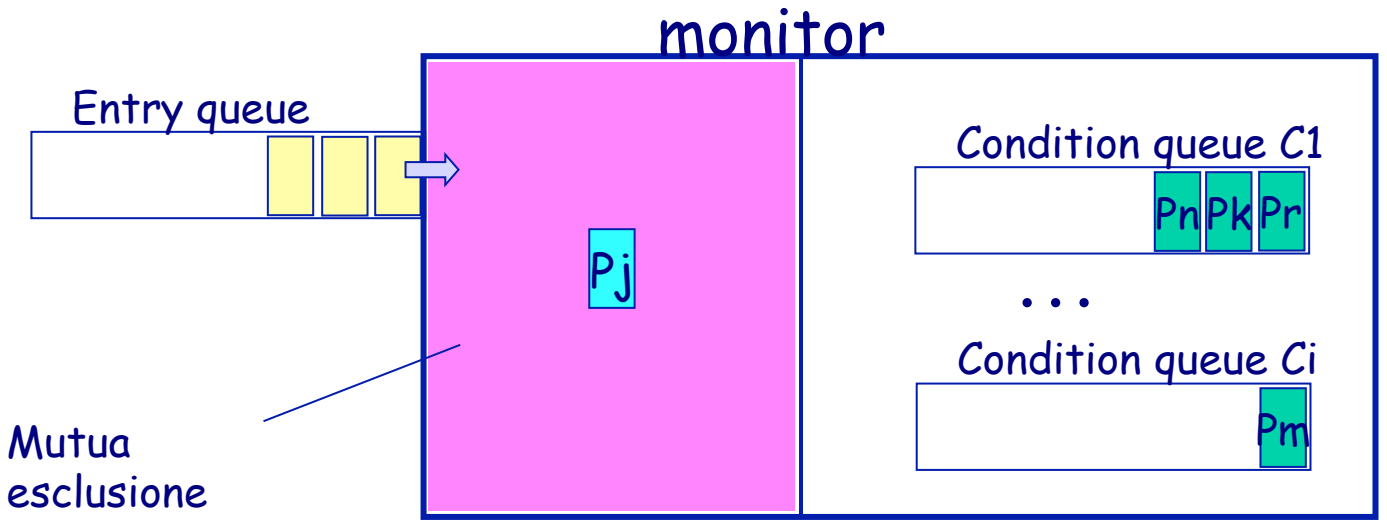
```
monitor Risorsa()
{  boolean risorsa_libera=true;
    condition C;
    int turno=..;
    …
    entry void acquisizione(int id)
    {   while (turno!=id)
                C.wait();
        risorsa_libera=false;
       <attribuzione nuovo valore a turno>
    }
    entry void rilascio(int id)
    {    risorsa_libera=true;
         <eventuale attribuzione nuovo valore a turno>
               C.signal();
    }}
```

Accesso al monitor: code

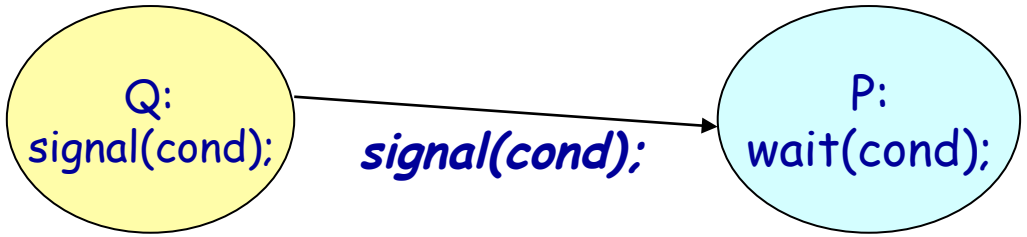
Il controllo nell'accesso al monitor e alla risorsa da esso rappresentata viene esercitato tramite la sospensione dei processi in alcune code:

Primo livello (mutua esclusione): se un processo che vuole accedere al monitor (tramite un'operazione entry) lo trova occupato, esso viene sospeso nella entry queue

Secondo livello: se la condizione di sincronizzazione di un processo che esegue nel monitor (tramite un'operazione entry) non è soddisfatta, esso viene sospeso nella condition associata alla condizione di sincronizzazione (condition queue).



Semantiche dell'operazione signal



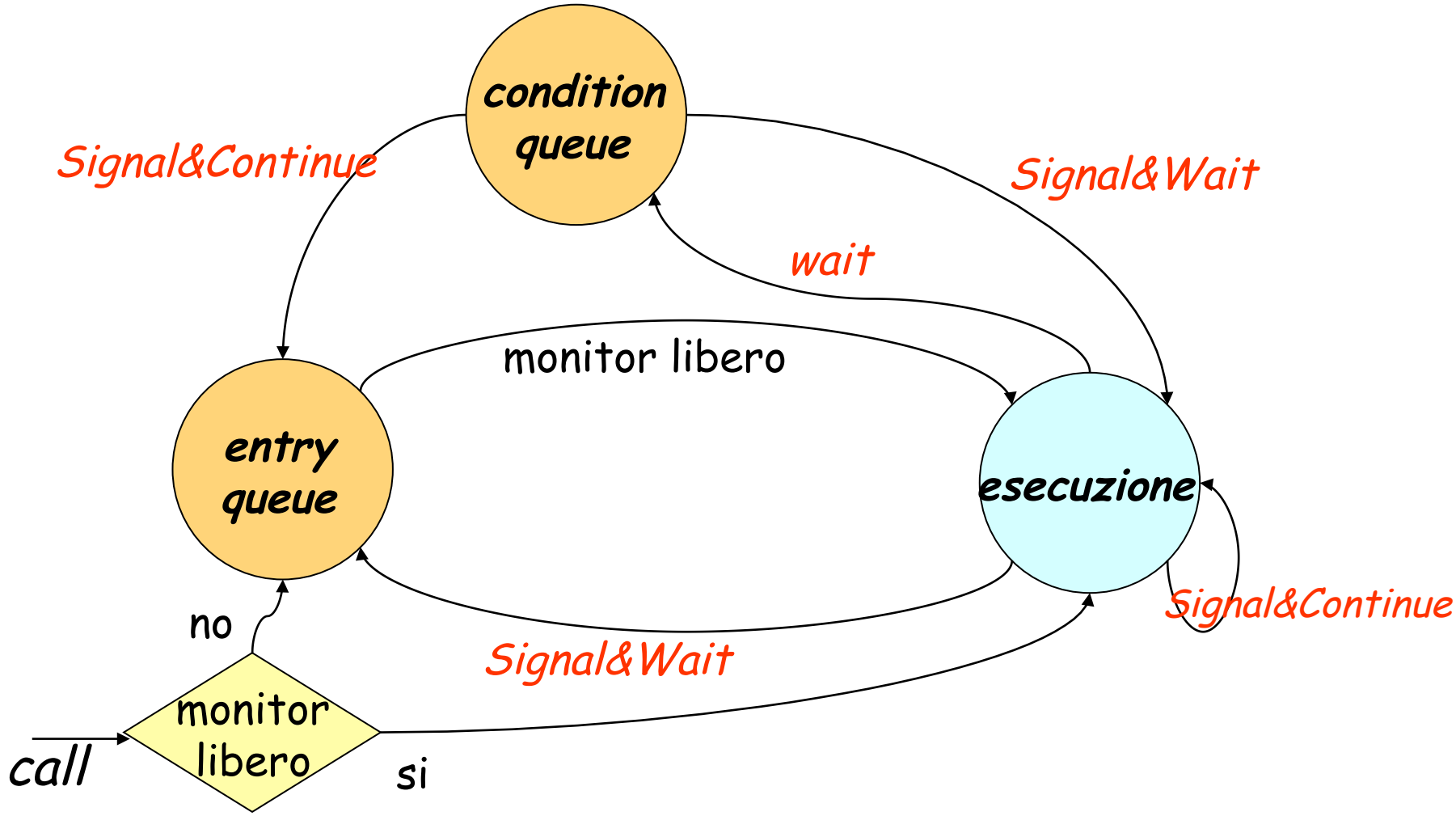
Come conseguenza della signal entrambi i processi, quello segnalante Q e quello segnalato P, **possono concettualmente proseguire la loro esecuzione**.

Possibili strategie:

signal_ and_ wait. P riprende immediatamente l'esecuzione ed il processo **Q viene sospeso**.

signal_ and_ continue. **Q prosegue** la sua esecuzione mantenendo l'accesso esclusivo al monitor, dopo aver *risvegliato* il processo .

Semantiche della signal



Signal_and_wait

- Q si sospende nella coda dei processi che attendono di usare il monitor (***entry queue***).

- Il primo processo ad operare nel monitor dopo la signal è certamente P:

  - Non è possibile che Q o altri processi possano modificare la modificare la condizione di sincronizzazione prima che P termini l'esecuzione della operazione entry.

signal_and_continue

- Il processo segnalato P viene trasferito dalla coda associata alla variabile condizione alla entry_queue e potrà rientrare nel monitor una volta che Q l'abbia rilasciato.

- Poiché altri processi possono entrare nel monitor prima di P, questi potrebbero modificare la condizione di sincronizzazione (lo stesso potrebbe fare Q).

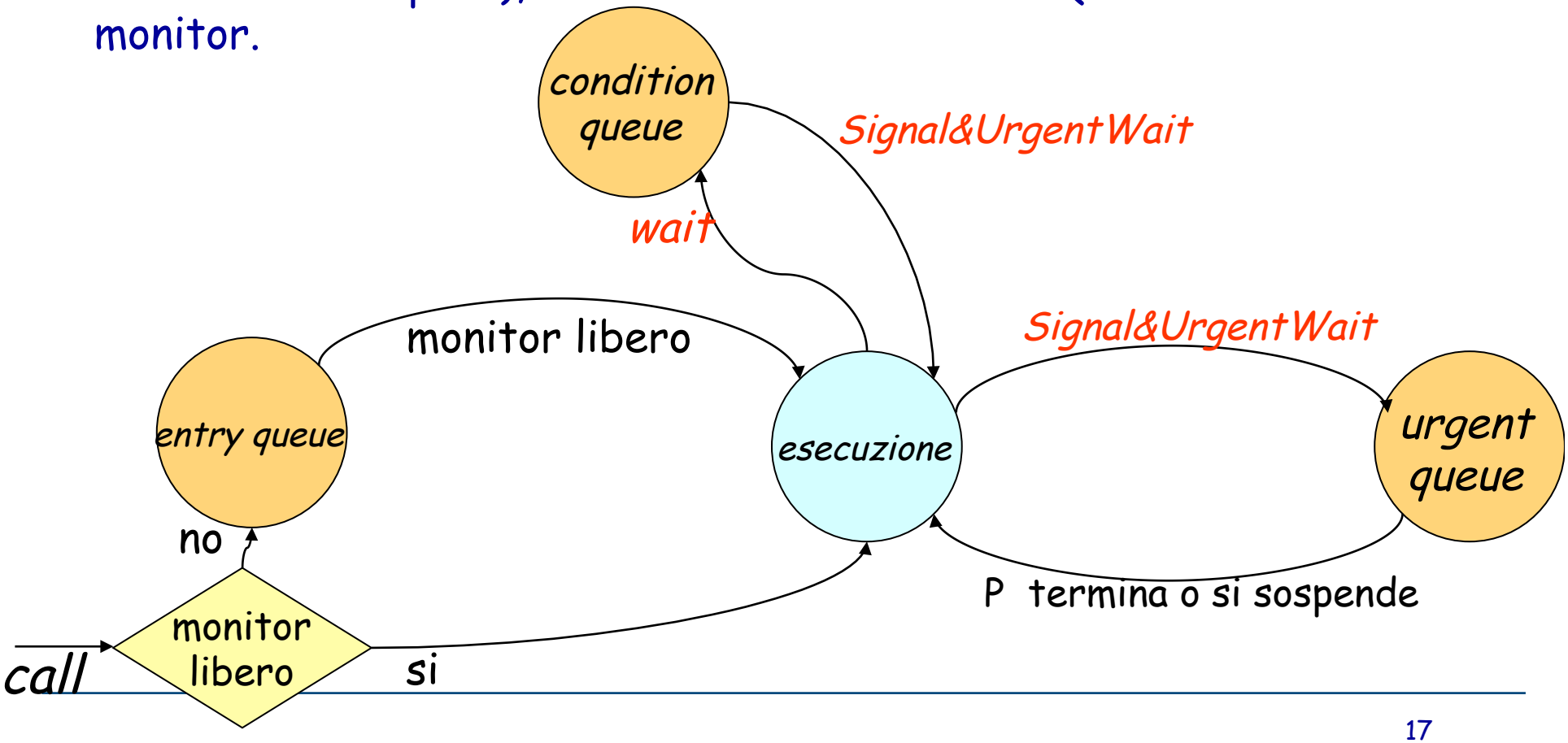
- E' pertanto necessario che quando P rientra nel monitor ritesti la condizione:

```
while(!B) wait (cond);
<accesso alla risorsa>
```

Signal_and_urgent_wait

signal_and_urgent_wait. E` una variante della signal_and_wait:

Q ha la priorità rispetto agli altri processi che aspettano di entrare nel monitor. Viene quindi sospeso in una coda interna al monitor (*urgent queue*). Quando P ha terminato la sua esecuzione (o si è nuovamente sospeso), trasferisce il controllo a Q senza liberare il monitor.



- Un caso particolare della **signal _and_urgent_wait** (e della signal_and_wait) si ha quando essa corrisponde ad una istruzione return: **signal_and_return**.

- Il processo completa cioè la sua operazione con il risveglio del processo segnalato. Cede ad esso il controllo del monitor senza rilasciare la mutua esclusione.

- E' possibile anche **risvegliare tutti i processi** sospesi sulla variabile condizione utilizzando la :

  signal_all

  che è una variante della signal_and_continue.

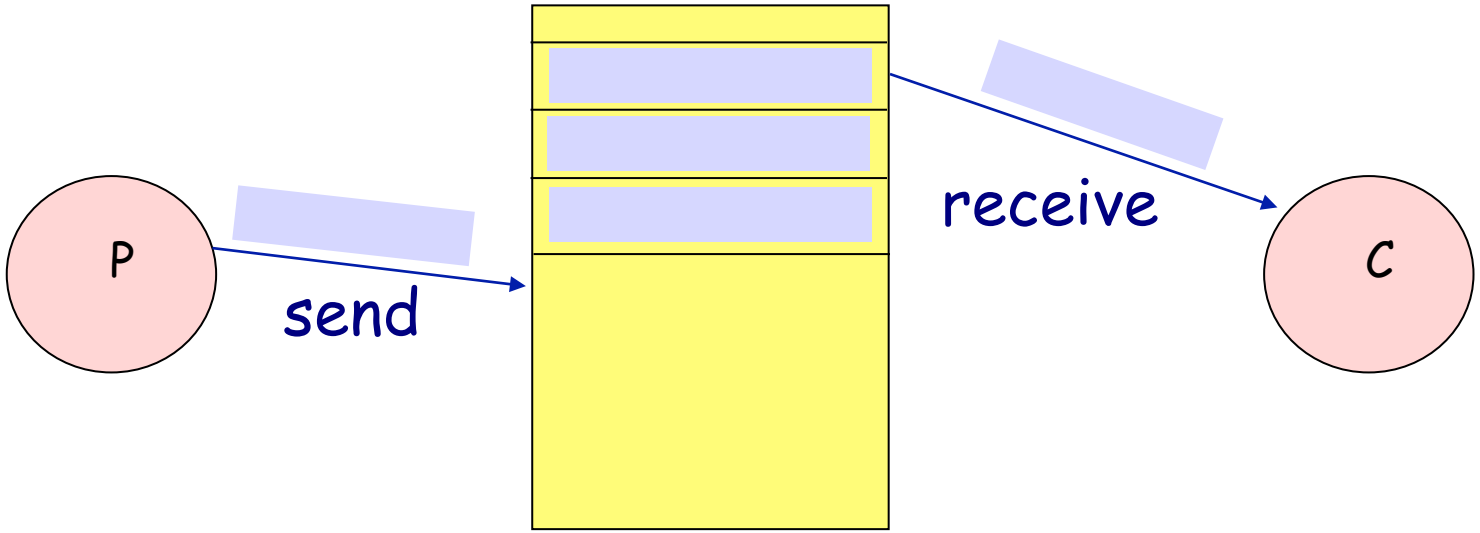
➔ Tutti i processi risvegliati vengono messi nella entry_queue dalla quale, uno alla volta potranno rientrare nel monitor.

Esempio: monitor come *gestore* di risorse (mailbox)

Utilizziamo il monitor per risolvere il problema della comunicazione tra processi mediante un buffer di dimensione N ("***produttori e consumatori***"):

- la struttura dati che rappresenta il buffer **fa parte delle variabili locali al monitor** e quindi le operazioni *Send* e *Receive* possono accedere solo in modo **mutuamente esclusivo** a tale struttura.
- il monitor rappresenta il buffer dei messaggi (gestito in modo circolare)
- i processi Produttori (o Consumatori) inseriranno (o preleveranno) i messaggi mediante le funzioni entry *Send* (o *Receive*) *definite nel monitor.*

Esempio: Produttore Consumatore (buffer di capacita` n)



1. Il produttore non può inserire un messaggio nel buffer se questo è pieno.
2. Il consumatore non può prelevare un messaggio dal buffer se questo è vuoto

[*HP: semantica signal&wait*]

```
monitor buffer_circolare{
  messaggio buffer[N];
  int contatore=0; int testa=0; int coda=0;
  condition non_pieno;
  condition non_vuoto;

 /* procedure e funzioni entry: */
  entry void send(messaggio m){ /*proc. entry -> mutua esclusione*/
    if (contatore==N) non_pieno.wait;
    buffer[coda]=m;
   coda=(coda + 1)%N;
   ++contatore;
   non_vuoto.signal;
  }

  entry messaggio receive(){  /*proc. entry -> mutua esclusione*/
      messaggio m;
      if (contatore == 0) non_vuoto.wait;
        m=buffer[testa];
        testa=(testa + 1)%N;
      --contatore;
      non_pieno.signal;
        return m;}
}/* fine monitor */
```

Se la semantica fosse signal&continue ??

Realizzazione del costrutto monitor tramite semafori

HP: il kernel offre il semaforo come strumento "primitivo" di sincronizzazione.

Realizziamo il **costrutto lingustico monitor** utilizzando i semafori.

Per ogni istanza di un monitor il compilatore del linguaggio concorrente prevede:

- un semaforo **mutex** inizializzato a 1 per la mutua esclusione delle operazioni entry del monitor:
  - la richiesta di un processo di eseguire un'operazione entry equivale all'esecuzione di una **p (mutex)**. Alla fine di ogni operazione entry viene eseguita una **v(mutex)**.

- per ogni variabile di tipo **condition**:
  - un semaforo **condsem** inizializzato a 0 sul quale il processo si può sospendere tramite una **wait(condsem)**.
  - un contatore **condcount** inizializzato a 0 per tenere conto dei processi sospesi su condsem.

Signal_and_ continue

Prologo di ogni operazione entry: `P(mutex);`

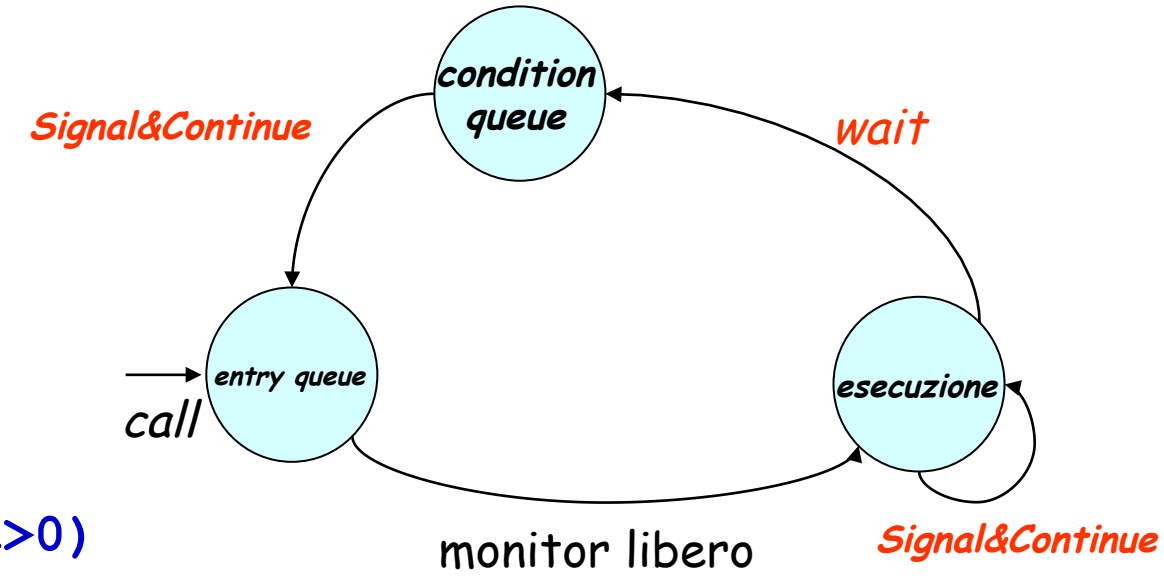
Epilogo di ogni operazione entry: `V(mutex);`

wait(cond)

```
{    condcount++;
     V(mutex);
     P(condsem);
     P(mutex);
}
```

signal(cond)

```
{    if (condcount>0)
     {      condcount--;
            V(condsem);
     }
}
```

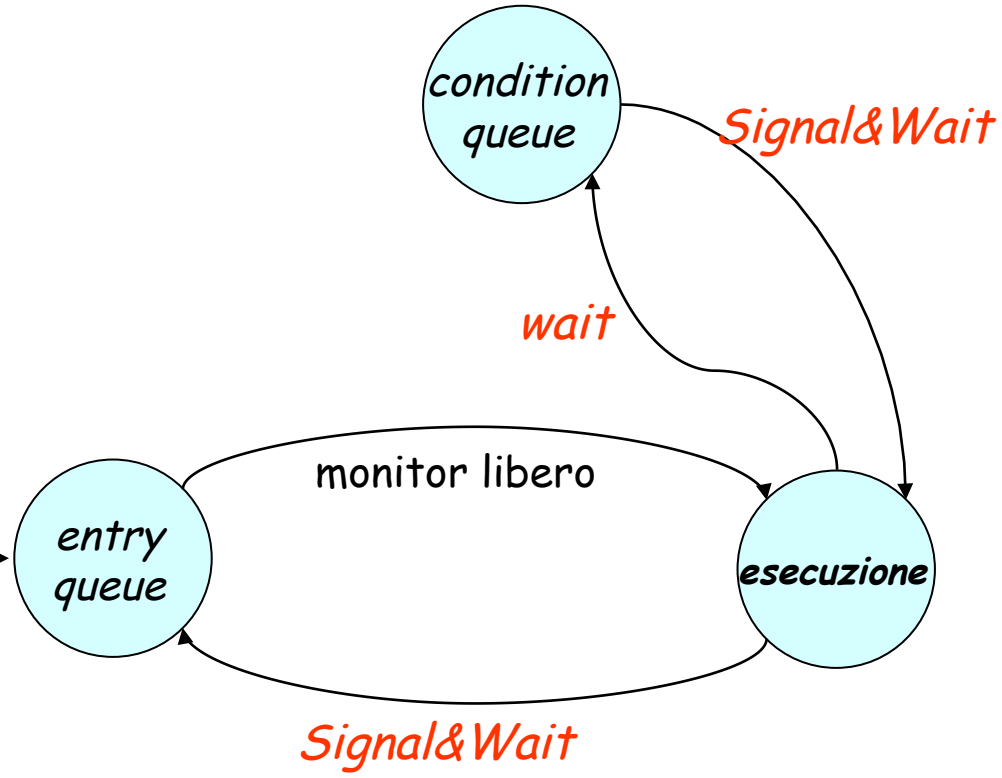


Signal_and_ wait

Prologo di ogni operazione entry P(mutex);
Epilogo di ogni operazione entry V(mutex);

```
wait(cond)
{       condcount++;
        V(mutex);
        P(condsem);
}

signal(cond)
{       if (condcount>0)
        {       condcount-- ;
                V(condsem);
                P(mutex);
        }
}
```



Ulteriori operazioni sulle variabili condizione

Sospensione con indicazione della priorità:

wait(cond, p);

➔ i processi sono accodati rispettando il valore (crescente o decrescente) di p e vengono risvegliati nello stesso ordine.

Verifica dello stato della coda:

queue(cond);

➔ fornisce il valore vero se esistono processi sospesi nella coda associata a cond , true altrimenti.

Esempio: allocazione di risorse in uso esclusivo

Si vuole che una risorsa venga assegnata a quello tra tutti i processi sospesi che la userà per il periodo di tempo inferiore:

```
monitor allocatore
{ boolean occupato = false;
  condition libero;

  entry void Richiesta(int tempo)
  {   if (occupato) libero.wait(tempo);
      occupato = true;
  }
  entry void Rilascio()
  {   occupato = false;
      libero.signal;
  }
}
```

I processi sono inseriti nella coda secondo l'ordine crescente di p e quindi il primo processo risvegliato è quello che richiede meno tempo.

Esempio di uso del costrutto monitor

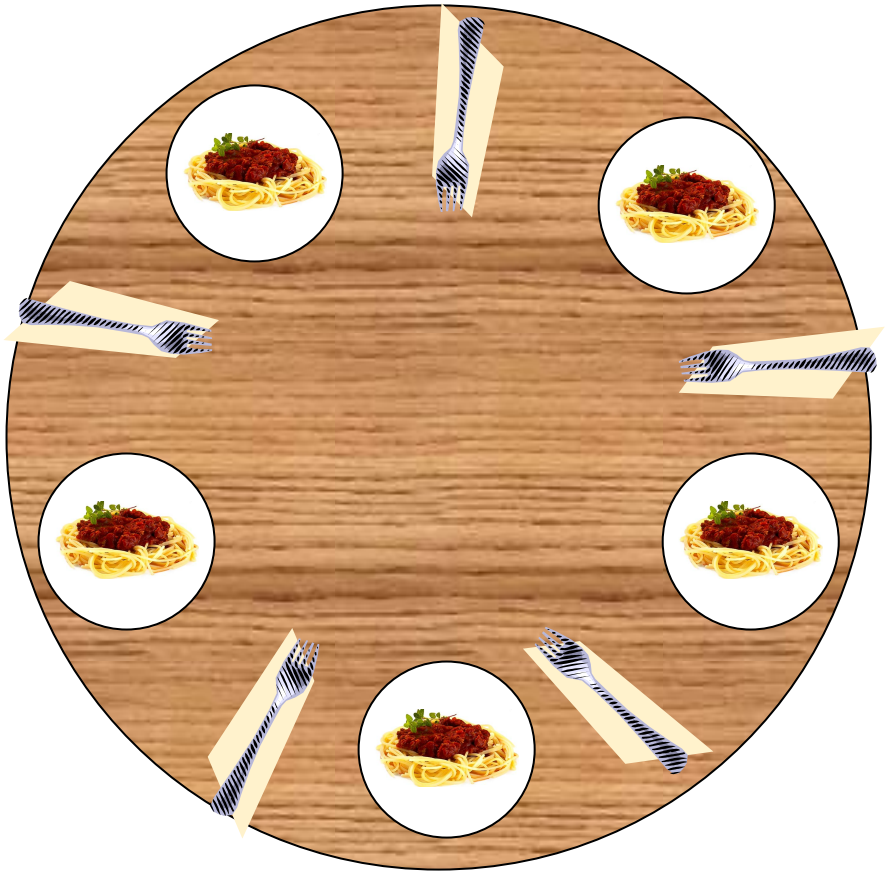
I filosofi a cena
(E. Dijkstra, 1965)

Il problema

- 5 filosofi sono seduti attorno a un tavolo circolare; ogni filosofo ha un piatto di spaghetti tanto scivolosi che necessitano di 2 forchette per poter essere mangiati; sul tavolo vi sono in totale 5 forchette.

- Ogni filosofo ha un comportamento ripetitivo, che alterna due fasi:
  - una fase in cui pensa,
  - una fase in cui mangia.

Rappresentando ogni filosofo con un thread, realizzare una politica di sincronizzazione che eviti situazioni di deadlock.



Osservazioni

- i filosofi non possono mangiare tutti insieme: ci sono solo 5 forchette, mentre ne servirebbero 10;
- 2 filosofi vicini non possono mangiare contemporaneamente perche` condividono una forchetta e pertanto quando uno mangia, l'altro e` costretto ad attendere

Soluzione n.1

Quando un filosofo ha fame:

1. prende la forchetta a sinistra del piatto
2. poi prende quella che a destra del suo piatto
3. mangia per un po'
4. poi mette sul tavolo le due forchette.

- **Possibilita` di deadlock**: se tutti i filosofi afferrassero contemporaneamente la forchetta di sinistra, tutti rimarrebbero in attesa di un evento che non si potra` mai verificare.

Soluzione n.2

Ogni filosofo verifica se entrambe le forchette sono disponibili:

- in caso affermativo, acquisisce le due forchette (in modo atomico);
- in caso negativo, aspetta.

→ in questo modo non si puo` verificare deadlock (non c'e` possesso e attesa)

Realizzazione soluzione 2

Quali processo?

- filosofo

Risorsa condivisa?

la tavola apparecchiata

-> definiamo la classe tavola, che rappresenta il monitor allocatore delle forchette

Struttura Filosofo$_i$

```
tavola m;// istanza del monitor

process filosofo {
     while(true)
     { m.prendiForchette(i);
       <mangia…>
       m.rilasciaForchette(i);
       <pensa…>
     }
}
```

Monitor

```
monitor tavola
{  int forchette[5] ={2,2,2,2,2};
//le forchette disponibili per ogni filosofo i
//inizialmente sono 2

   condition codaF[5]; //1 coda per ogni filosofo i

// metodi entry :
   entry void prendiForchette(int i){...}
   entry void rilasciaForchette(int i){...}

// metodi privati:
   int destra(int i){…}
   int sinistra(int i) {…}
}
```

Metodi entry

```
entry void prendiForchette(int i)
{       while (forchette[i]!=2)
            wait(codaF[i]);

        forchette[sinistra(i)]--;
        forchette[destra(i)]--;

  }
```

```
entry void rilasciaForchette(int i)
{           forchette[sinistra(i)]++;
            forchette[destra(i)]++;
            if (forchette[sinistra(i)]==2)
                signal(codaF[sinistra(i)]);
            if (forchette[destra(i)]==2)
                signal(codaF[destra(i)]);

  }
```

Metodi privati

```
int destra(int i)
{ int ret;
  if (i==0)
     ret=NF-1;
  else ret=i-1;
  return ret;
}

int sinistra(int i)
{ int ret;
  ret=(i+1)%NF;
  return ret;
}
```