Lezione n.4
LPR – Informatica Applicata
Threads: Sincronizzazione Implicita ed Esplicita

16/03/2009

Laura Ricci

TERMINAZIONE: THREAD DEMONI

- Thread Demone: fornisce un servizio, generalmente in background, fintanto che il programma è in esecuzione, ma non è considerato parte fondamentale di un programma
- Esempio: thread temporizzatori che scandiscono il tempo per conto di altri threads
- Quando tutti i thread non demoni hanno completato la loro esecuzione, il programma termina, anche se ci sono thread demoni in esecuzione
- Se ci sono thread non demoni in esecuzione, il programma non termina
  - Esempio: i thread attivati nel thread pool rimangono attivi anche se non esistono task da eseguire
- Si dichiara un thread demone invocando il metodo setdaemon(true), prima di avviare il thread
- Se un thread è un demone, allora anche tutti i threads da lui creti lo sono

TERMINAZIONE: THREAD DEMONI

```
public class simpledaemon extends Thread {
    public simpledaemon (  ) {
        setDaemon(true);
        start( );                }
    public void run(  ) {
        while(true) {
        try
                {sleep(100);}
         catch (InterruptedException e) {throw new
                                         RuntimeException(e);}
         System.out.println("mi sono svegliato"+this);
                        }
                                  }
```

TERMINAZIONE: THREAD DEMONI

```
public static void main(String[  ] args) {
    for (int i = 0; i < 5; i++)
            new simpledaemon(  );
                                    }          }
```

- il main crea 5 threads demoni
- ogni thread 'si addormenta' e si risveglia per un certo numero di volte, poi quando il main termina (non daemon thread), anche i threads terminano)
- Se pongo setDaemon(false), il programma non termina, i thread continuano ad 'addormentarsi' e risvegliarsi'

GRUPPI DI THREADS

- Alcuni programmi contengono un alto numero di threads
- Può essere utile classificare i threads in base alla loro funzionalità
- Esempio: un browser include molti threads il cui compito è scaricare le immagini contenute in una pagina web
- Se l'utente preme il pulsante stop( ), è comodo utilizzare un metodo per interrompere tutti i threads simultaneamente
- Gruppi di threads : consentono di classificare threads in base alle loro funzionalità in modo che si possa poi lavorare su tutti threads di un gruppo simultaneamente
- Esempio:

```
String groupName = ..... ;
ThreadGroup g = new  ThreadGroup(groupName);
Thread t =  new Thread(g, threadName);
.....
g.interrupt(   );
```

CONDIVISIONE DI RISORSE TRA THREADS

- Più threads attivati da uno stesso programma possono condividere un insieme di oggetti. Gli oggetti possono essere passati al costruttore del thread
- Esempio:

```
public class oggettocondiviso { ........  }
public class condivisione extends Thread {
    oggettocondiviso ref;
    public condivisione (oggettocondiviso oc)
      {ref=oc;};
    public void run (){   };
public static void main(String args[ ])
{   oggettocondiviso oc = new oggettocondiviso();
new condivisione(oc).start();
new condivisione(oc).start();  } }
```

ACCESSO A RISORSE CONDIVISE

- L'interazione incontrollata dei threads sull'oggetto condiviso può produrre risultati non corretti
- Consideriamo il seguente esempio:
  - Definiamo una classe EvenValue che implementa un generatore di numeri pari.
  - Ogni oggetto istanza della classe ha un valore uguale ad un numero pari
  - Se il valore del numero è x, il metodo next( ), definito in EvenValue assegna il valore x+2
  - Si attivano un insieme di threads che condividono un oggetto di tipo EvenValue e che invocano concorrentemente il metodo next( )
  - Non si possono fare ipotesi sulla strategia di schedulazione dei threads

ACCESSO A RISORSE CONDIVISE

```
public  interface ValueGenerator {
          public int next( ); }

public class EvenValue implements ValueGenerator {
          private int currentEvenValue = 0;
          public int next( ) {
          ++currentEvenValue;
          Thread.yield ( );
          ++currentEvenValue;
          return currentEvenValue;}; }
```

Thread.*yield* ( ): "suggerisce" allo schedulatore di sospendere l'esecuzione del thread che ha invocato la yield( ) e di cedere la CPU ad altri threads

ACCESSO A RISORSE CONDIVISE

```
import java.util.concurrent.*;
public class threadtester implements Runnable {
    private Generator g;
    public threadtester(Generator g)  {this.g = g;}
    public void run( )
        {for (int i=0; i<5; i++)
            {int val= g.next();
            if (val %2 !=0) {System.out.println(Thread.currentThread( )
              +"errore"+val);}
            else System.out.println(Thread.currentThread( )+"ok"+val); }}
public static void test(ValueGenerator g, int count)
    {ExecutorService exec= Executors.newCachedThreadPool();
    for (int i=0; i<count; i++)
        {exec.execute(new threadtester(g));}; exec.shutdown( ); }}
```

ACCESSO A RISORSE CONDIVISE

```
public class AccessTest {
public static void main(String args[ ])
    { EvenValue eg = new EvenValue( );
      threadtester.test(eg,2);}   }
```

OUTPUT: Thread[pool-1-thread-1,5,main]ok2

Thread[pool-1-thread-2,5,main]ok4

Thread[pool-1-thread-1,5,main]errore7

Thread[pool-1-thread-2,5,main]errore9

Thread[pool-1-thread-1,5,main]ok10

Thread[pool-1-thread-2,5,main]errore13

Thread[pool-1-thread-1,5,main]ok14

Thread[pool-1-thread-1,5,main]errore17

Thread[pool-1-thread-2,5,main]ok18

Thread[pool-1-thread-2,5,main]ok20

RACE CONDITIONS: MOTIVAZIONI

- Perchè si è verificato l'errore?
- Supponiamo che il valore corrente di currentEvenValue sia 0.
- Il primo thread esegue il primo assegnamento

  ++currentEvenValue

  e viene quindi deschedulato, in seguito alla yield( ),currentEvenValue assume valore 1
- A questo punto si attiva il secondo thread, che esegue lo stesso assegnamento e viene a sua volta deschedulato, currentEvenValue assume valore 2
- Viene riattivato il primo thread, che esegue il secondo incremento, il valore assume valore 3
- ERRORE! : Il valore restituito dal metodo next( ) è 3.

RACE CONDITIONS: MOTIVAZIONI

- Nel nostro caso la race condition è dovuta alla possibilità che un thread invochi il metodo next( ) e venga deschedulato prima di avere completato l'esecuzione del metodo
- In questo modo la risorsa viene lasciata in uno stato inconsistente

  (un solo incremento per currentEvenValue)
- Classe Thread Safe: l'esecuzione concorrente dei metodi definiti nella classe non provoca comportamenti scorretti
- EvenValue non è una thread safe
- Per renderla thread safe occorre garantire che le istruzioni contenute all'interno del metodo EvenValue vengano eseguite in modo atomico o indivisibile o in mutua esclusione

RACE CONDITIONS: MOTIVAZIONI

- Race Condition: si può verificare anche nella esecuzione di una singola istruzione di assegnamento
- Consideriamo di nuovo l'istruzione che genera il successivo numero pari

  ++currentEvenValue;
- L'istruzione può essere elaborata come seguil valore di currentEvenValue

  – viene caricato in un registro del processore

  2)si somma 1

  3)si memorizza il risultato in currentEvenValue
- Un thread T potrebbe eseguire i passi 1), 2) e poi venire deschedulato,
- Viene quindi schedulato un secondo thread Q che aggiorna che aggiorna currentValue correttamente
- T esegue il passo 3),considerando il vecchio valore di currentEvenValue e distruggendo così l'aggiornamento di Q

RACE CONDITIONS: ESEMPI

Un altro esempio di una classe non thread safe

```
public class LazyInitRace {
        private Expensive Object instance=null;
        public ExpensiveObject getInstance( ){
            if (instance == null)
                    instance = new ExpensiveObject();
             return instance:
                                                    }
                                 }
```

- Lazy Initialization =
  - alloca un oggetto solo se non esiste già un'istanza di quell'oggetto
  - deve assicurare che l'oggetto venga inizializzato una sola volta

RACE CONDITIONS: ESEMPI

Un altro esempio di una classe non thread safe

```
public class LazyInitRace {
        private ExpensiveObject instance=null;
        public ExpensiveObject getInstance(){
        if (instance == null)
            instance = new ExpensiveObject();
        return instance:
        }   }
```

- Il precedente programma non è corretto perchè contiene una race condition
- Il thread A esegue getInstance, trova (`instance==null`), poi viene deschedulato. Il thread B esegue `getInstance` e trova a sua volta (`instance== null`). Vengono restituite due istanze di ExpensiveObject
- L'applicazione può richiedere di allocare una sola istanza di ExpensiveObject

JAVA: MECCANISMI DI LOCK

- Occorre definire un insieme di meccanismi per garantire che un metodo (es: next) venga eseguito in mutua esclusione quando invocato sullo stesso oggetto
- Se un thread T esegue un metodo , nessun altro thread può eseguire lo stesso metodo sullo stesso oggetto fino a che T ha terminato l'esecuzione di quel metodo
- JAVA offre un meccanismo implicito di locking (intrinsic locks) che consente di assicurare la atomicità di porzioni di codice eseguite in modo concorrente sullo stesso oggetto

JAVA: MECCANISMO DELLE LOCK

- Sincronizzazione di un blocco di codice

```
synchronized (obj)
    {  // blocco di codice che accede o modifica
      l'oggetto
    }
```

- L'oggetto obj può essere quello su cui è stato invocato il metodo che contiene il codice (this) oppure un altro oggetto
- Il thread che esegue il blocco sincronizzato deve acquisire la lock su l'oggetto obj
- La lock viene rilasciata nel momento in cui il thread termina l'esecuzione del blocco (es: return, throw, esecuzione dell'ultima istruzione del blocco)
- Iniziando l'esecuzione del blocco sincronizzato si acquisice implicitamente la lock( ), uscendo dal blocco si rilascia implicitamente la lock stessa

JAVA: RENDERE ATOMICO IL METODO NEXT

```
public class EvenValue implements ValueGenerator{
    private int currentEvenValue = 0;
    public int next(  ){
          synchronized(this){
              ++currentEvenValue;
              Thread.yield ( );
              ++currentEvenValue;
              return currentEvenValue;}};}
```

- Questa modifica consente di evitare le race conditions
- ATTENZIONE: in generale non è consigliabile l'inserimento di una istruzione che blocca il thread che la invoca (sleep( ), yield( ),....) all'interno di un blocco sincronizzato
- Infatti il thread che si blocca non rilascia la lock ed impedisce ad altri threads di invocare il metodo next( ) sullo stesso oggetto

JAVA 1.5: LOCKS ESPLICITE

A partire da JAVA 1.5 è possibile definire ed utilizzare oggetti di tipo lock( )

```
import java.util.concurrent.locks.*;
class X {
    private final ReentrantLock mylock = new ReentrantLock( );

    public void m(  ) {
    mylock.lock(   );  // block until condition holds

    try {
            // ... method body

        } finally {lock.unlock( )   } } }
```

JAVA 1.5: LOCK ESPLICITE

```
import java.util.concurrent.locks.*;
public class EvenGenerator implements ValueGenerator {
    private int currentEvenValue = 0;
    ReentrantLock evenlock=new ReentrantLock( );
    public int next( ) {
        try {
            evenlock.lock( );
            ++currentEvenValue;
            Thread.yield ( );
            ++currentEvenValue;
            return currentEvenValue;
        } finally {evenlock.unlock( );}};}
```

JAVA: MECCANISMO DELLE LOCK

- Locks esplicite: si definisce un oggetto di tipo ReentrantLock( )
  - Quando un thread invoca il metodo lock( ) su un oggetto di tipo ReentrantLock( ), il thread rimane bloccato se qualche altro thread ha già acquisito la lock( ) sullo stesso oggetto
  - Quando un thread invoca la unlock( ) su un oggetto di tipo ReentrantLock, uno dei thread eventualmente bloccati su quell'oggetto viene risvegliato

- Lock Implicite su metodi
  - Definite associando al metodo la parola chiave synchronized
  - Equivale a sincronizzare tutto il blocco di codice che corrisponde al corpo del metodo
  - L'oggetto su cui si acquisisce la lock è quello su cui viene invocato il metodo

I METODI SYNCHRONIZED

- La parola chiave synchronized nella intestazione di un metodo ha l'effetto di serializzare gli accessi al metodo

```
public synchronized int EvenValue (int val)
```

- Se un thread sta eseguendo il metodo next( ), nessun altro thread eseguirà lo stesso codice sullo stesso oggetto finchè il primo thread non termina l'esecuzione del metodo
- Implementazione:
  - Supponiamo che il metodo M synchronized appartenga alla classe *C*
  - ad ogni oggetto *O* istanza di *C* viene associata una lock *L(O)*
  - quando un thread T invoca M su *O*, T tenta di acquisire L(O), prima di iniziare l'esecuzione di M. Se T non acquisisce L(O), si sospende

I METODI SYNCHRONIZED

Se rendiamo synchronized il metodo next(), l'output che otteniamo sarà

Thread[pool-1-thread-1,5,main]ok2
Thread[pool-1-thread-2,5,main]ok4
Thread[pool-1-thread-1,5,main]ok6
Thread[pool-1-thread-2,5,main]ok8
Thread[pool-1-thread-1,5,main]ok10
Thread[pool-1-thread-2,5,main]ok12
Thread[pool-1-thread-1,5,main]ok14
Thread[pool-1-thread-2,5,main]ok16
Thread[pool-1-thread-1,5,main]ok18
Thread[pool-1-thread-2,5,main]ok20

I METODI SYNCHRONIZED

- Importante: la lock( ) è associata all'istanza di un oggetto, non al metodo o alla classe (a meno di metodi statici che vedremo in seguito)
- Diversi metodi sincronizzati invocati sull'istanza dello stesso oggetto competono per la stessa lock( ), quindi risultano mutuamente esclusivi
- Metodi sincronizzati che operano su istanze diverse dello stesso oggetto possono essere eseguiti in modo concorrente
- All'interno della stessa classe possono comparire contemporaneamente metodi sincronizzati e non (anche se raramente)
  - I metodi non sincronizzati possono essere eseguiti in modo concorrente
  - In ogni istante, su un certo oggetto, possono essere eseguiti concorrentemente più metodi non sincronizzati e solo uno dei metodi sincronizzati della classe

I METODI SYNCHRONIZED

L'esempio seguente istanzia due istanze diverse dell' oggetto EvenValue( ) e le passa a due thread distinti. Si considera la versione non sincronizzata del metodo next( )

```
public class EvenValue implements Generator{
private int currentEvenValue = 0;
    public int next( ){ ++currentEvenValue; +
      +currentEvenValue;
          return currentEvenValue; }; }
public class synchrotest {
       public static void main(String args[  ])
       {EvenValue eg1=new EvenValue();
       EvenValue eg2=new EvenValue();
       threadtester1.test(eg1,eg2);}}
```

I METODI SYNCHRONIZED

```
import java.util.concurrent.*;
import java.util.Random;
public class threadtester1 implements Runnable{
private Generator g;
public threadtester1 (Generator g)  {this.g = g;}
public void run( )
    {for (int i=0; i<5; i++)
        {int val= g.next();
            if (val %2 =0)
             {System.out.println(Thread.currentThread()
              +"errore"+val);}
            else System.out.println(Thread.currentThread()
              +"ok"+val);
            int x = (int)Math.random() * 1000;
        try {Thread.sleep(x);} catch (Exception e) {   };  }}
```

I METODI SYNCHRONIZED

```
public static void test(Generator g1, Generator g2)
    {ExecutorService exec= Executors.newCachedThreadPool();
    exec.execute(new tester(g1));
    exec.execute(new tester(g2)); }  }
```

OUTPUT: il risultato è corretto anche se next() non è sincronizzato

```
Thread[pool-1-thread-1,5,main]ok2
Thread[pool-1-thread-2,5,main]ok2
Thread[pool-1-thread-2,5,main]ok4
Thread[pool-1-thread-2,5,main]ok6
Thread[pool-1-thread-2,5,main]ok8
Thread[pool-1-thread-2,5,main]ok10
Thread[pool-1-thread-1,5,main]ok4
Thread[pool-1-thread-1,5,main]ok6
Thread[pool-1-thread-1,5,main]ok8
Thread[pool-1-thread-1,5,main]ok10
```

LOCK RIENTRANTI

- Le locks intrinseche di JAVA sono rientranti, ovvero la lock( ) su un oggetto O viene associata al thread che accede ad O.

- se un thread tenta di acquisire una lock che già possiede, la sua richiesta ha successo

- Ovvero....un thread può invocare metodo sincronizzato S su un oggetto O e all'interno di S vi può essere l'invocazione ad un altro metodo sincronizzato su O e così via

- Il meccanismo delle lock rientranti favorisce la prevenzione di situazioni di deadlock

LOCK RIENTRANTI

- Implementazione delle lock rientranti
  - Ad ogni lock viene associato un contatore ed un identificatore di thread
  - Quando un thread T acquisisce una lock( ), la JVM alloca una struttura che contiene l'identificatore T e un contatore, inizializzato a 0
  - Ad ogni successiva richiesta della stessa lock( ), il contatore viene incrementato mentre viene decrementato quando il metodo termina
- La lock( ) viene rilasciata quando il valore del contatore diventa 0

REENTRANT LOCK: UN ESEMPIO

```
public class ReentrantExample {
    public synchronized void doSomething(  )  {
                                    ..............}  }

public class ReentrantExtended extends ReentrantExample{
    public synchronized void doSomething( ){
        System.out.println(toString( )+":chiamata a doSomething");
        super.doSomething();
        }  }
```

- La chiamata `super.doSomething( )` si bloccherebbe se la `lock( )` non fosse rientrante ed il programma risulterebbe bloccato

MUTUA ESCLUSIONE: RIASSUNTO

- Interazione implicita tra diversi threads: i thread accedono a risorse condivise.
- Per mantenere consistente l'oggetto condiviso occorre garantire la mutua esclusione su di esso.
- La mutua esclusione viene garantita associando una lock( ) ad ogni oggetto
- I metodi synchronized garantiscono che un thread per volta possa eseguire un metodo sull'istanza di un oggetto e quindi garantiscono la mutua esclusione sull'oggetto

THREADS COOPERANTI: IL MONITOR

- L'interazione esplicita tra threads avviene in un linguaggio ad oggetti come JAVA mediante l'utilizzo di oggetti condivisi
- Esempio: produttore/consumatore il produttore P produce un nuovo valore e lo comunica ad un thread consumatore C
- Il valore prodotto viene incapsulato in un oggetto condiviso da P e da C, ad esempio una coda che memorizza i messaggi scambiati tra P e C
- La mutua esclusione sull'oggetto condiviso è garantita dall'uso di metodi synchronized, ma...non è sufficiente garantire sincronizzazioni esplicite
- E' necessario introdurre costrutti per sospendere un thread T quando una condizione C non è verificata e per riattivare T quando diventa vera
- Esempio: il produttore si sospende se il buffer è pieno, si riattiva quando c'e' una posizione libera

THREAD COOPERANTI: IL MONITOR

- Monitor= Classe di oggetti utilizzabili da un insieme di threads
- Come ogni classe, il monitor contiene un insieme di campi ed un insieme di metodi
- La mutua esclusione può essere garantita dalla definizione di metodi synchronized. Un solo thread per volta si "all'interno del monitor"
- E' necessario inoltre
  - definire un insieme di condizioni sullo stato dell'oggetto condiviso
  - implementare meccanismi di sospensione/riattivazione dei threads sulla base del valore di queste condizioni
  - Implementazioni possibili:
    - definizione di variabili di condizione
    - metodi per la sospensione su queste variabili
    - definizione di code associate alle variabili in cui memorizzare i threads sospesi

THREADS COOPERANTI: IL MONITOR

Il linguaggio JAVA

- Nella prime versioni non supporta le variabili di condizione
- assegna al programmatore il compito di gestire le condizioni mediante variabili del programma
- definisce meccanismi che consentono ad un thread
  - di sospendersi wait( ) in attesa che sia verificata una condizione
  - di segnalare notify( ) , notifyall ( ) ad un altro/ad altri threads sospesi che una certa condizione è verificata
- implementa per ogni oggetto condiviso O una coda in cui vengono memorizzati tutti i threads sospesi in attesa del verificarsi di una condizione sullo stato di O.
- Per ogni oggetto implementa due code:
  - una per i threads in attesa di acquisire la lock( )
  - per i threads in attesa del verificarsi di una condizione

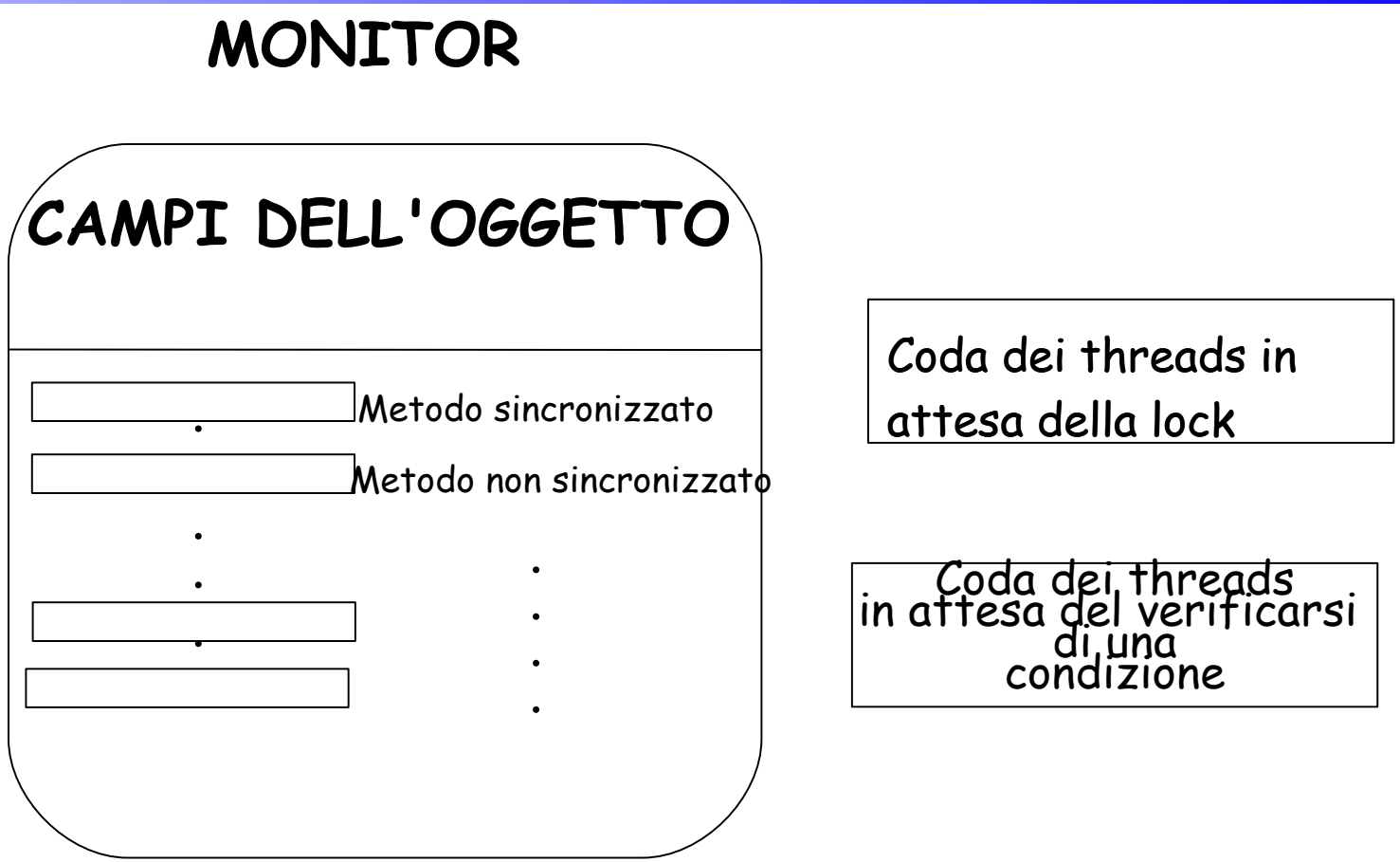
THREADS COOPERANTI: IL MONITOR

- Produttore/Consumatore: due thread si scambiano dati attraverso un oggetto condiviso buffer

- Ogni thread deve acquisire la lock() sull'oggetto buffer, prima di inserire/ prelevare elementi

- Una volta acquisita la lock( )
  - il consumatore controlla se ci sono elementi nel buffer, ed eventualmente si sospende se il buffer è vuoto, altrimenti preleva un elemento nel buffer ed eventualmente risveglia il produttore.
  - il produttore controlla se c'è almeno una posizione libera nell buffer, in caso contrario si sospende. Quando inserisce un elemento dal buffer, controlla se vi sono eventuali consumatori in attesa

THREADS COOPERANTI: IL MONITOR



I METODI WAIT/NOTIFY

Metodi invocati sull'oggetto condiviso (se non compare il riferimento all'oggetto, l'oggetto implicito riferito è this)

- void wait( ) sospende il thread in attesa che sia verificata una condizione
- void wait (long timeout) sospende per al massimo timeout millisecondi
- void notify ( ) notifica ad un thread in attesa il verificarsi di una certa condizione su
- void notifyall ( ) notifica a tutti i threads in attesa il verificarsi di una condizione

tutti questi metodi

- fanno parte della classe Object (tutti le classi ereditano da Object,....)
- per invocare questi metodi occorre aver acquisito la lock ( ) sull'oggetto ⇒ devono essere invocati all'interno di un metodo o di un blocco sincronizzato

UN ESEMPIO: L'AUTOCARROZZERIA

- In un'autocarrozzeria si devono verniciare alcune auto.
- Per ogni auto si devono alternare un certo numero di fasi di ceratura con fasi di lucidatura
- Esistono due operai che sono specializzati, rispettivamente, nel processo di ceratura ed in quello di lucidatura
- Si deve simulare il comportamento dall'autocarrozzeria in JAVA
  - si attivino due thread che simulino il comportamento dei due operai
  - si definisce l'oggetto condiviso Auto, tramite cui interagiscono i due thread, che definisca i metodi per la corretta sincronizzazione tra i due thread
  - il programma Autocarrozzeria deve creare un oggetto Auto, attivare i due thread, passando a ciascuno di essi l'oggetto condiviso, lasciarli lavorare per un certo numero di secondi, quindi interromperli

UN ESEMPIO: L'AUTOCARROZZERIA

```
public class Car {
    private boolean dacerare =  true;

    public synchronized void cerata ()
        {dacerare = false;
        notify( );
        }
    public synchronized void possocerare( ) throws
                                        InterruptedException{
            while (dacerare == false)
            try { wait( );} catch (InterruptedException e)
                                    {throw e}                }
```

UN ESEMPIO: L'AUTOCARROZZERIA

```
public synchronized void lucidata()
    { dacerare = true;
     notify( );
    }
public synchronized void possolucidare () throws
                                        InterruptedException{
    { while (dacerare==true)
            try { wait();} catch (InterruptedException e)
                                        {throw e;};
    }   }
    }
```

UN ESEMPIO:L'AUTOCARROZZERIA

```
import java.util.concurrent.*;
public class Ceratura implements Runnable{
    private Car car;boolean vai=true;
    public Ceratura (Car c){ car = c;}
    public void run(){
    while (vai ) {try {
        System.out.println ("Ceratura!!");
        TimeUnit.MILLISECONDS.sleep(200);
        car.cerata();
        car.possocerare();
    } catch (InterruptedException e)
            {System.out.println("Fine del Thread Ceratura");
             vai=false;}}}}
```

UN ESEMPIO: L'AUTOCARROZZERIA

```
import java.util.concurrent.*;
public class Lucidatura implements Runnable{
    private Car car;boolean vai=true;
    public Lucidatura (Car c) {car=c;};
    public void run( ) {
    while (vai) {
        try {car.possolucidare();
        System.out.println("Lucidatura!!!");
        TimeUnit.MILLISECONDS.sleep(200);
        car.lucidata(); }
        catch (InterruptedException e) {System.out.println
                ("Fine del Thread Lucidatura");vai=false;}   }
          }   }
```

UN ESEMPIO:L'AUTOCARROZZERIA

```
import java.util.concurrent.*;
public class Autocarrozzeria {
    public static void main (String args[ ]) throws Exception
    {Car car = new Car();
    ExecutorService exec=Executors.newFixedThreadPool(2);
    exec.execute(new Ceratura(car));
    exec.execute(new Lucidatura(car));
    TimeUnit.SECONDS.sleep(3);
    exec.shutdownNow(); } }
```

L'AUTOCARROZZERIA:OUTPUT DEL PROGRAMMA

Ceratura!!

Lucidatura!!!

Ceratura!!

Lucidatura!!!

Ceratura!!

Lucidatura!!!

Ceratura!!

Lucidatura!!!

Ceratura!!

Lucidatura!!!

Fine del Thread Lucidatura

Fine del Thread Ceratura

WAIT E NOTIFY

wait

- rilascia la lock( ) sull'oggetto prima di sospendere il thread
- in seguito ad una notifica, può riacquisire la lock()

notify( )

- risveglia uno dei thread nella coda di attesa di quell'oggetto

notifyAll( )

- risveglia tutti i threads in attesa
- i thread risvegliati competono per l'acquisizione della lock( )
- i thread verranno eseguiti uno alla volta, quando riusciranno a riacquisire la lock( ) sull'oggetto

In tutti i casi la lock() è quella dell'oggetto acceduto con il metodo

synchronized

WAIT E NOTIFY

- Il metodo wait permette di attendere un cambiamento su una condizione "fuori dal monitor", in modo passivo
- Evita il controllo ripetuto di una condizione (polling)
- A differenza di sleep() e di yield() rilascia la lock sull'oggetto
- L'invocazione di un metodo wait, notify(), notifyall() fuori da un metodo synchronized solleva l'eccezione IllegalMonitorException( )
- Infatti prima di invocare questi metodi occorre aver acquisito la lock su un oggetto condiviso
- Nota Bene: nell'esempio avrei potuto usare un if nei metodi possolucidare( ) e possocerare( ). In generale è necessario ricontrollare la condizione, dopo che si è stati svegliati da una wait( ). Vedremo in seguito perchè questo è consigliabile nella maggior parte dei casi

CONFRONTO TRA NOTIFY E NOTIFYALL

Differenze tra notify( ) e notifyall( )

- notify( ) riattiva uno dei tasks associati alla coda associata all'oggetto su cui si invoca la notify( ).
- E' errato dire, genericamente: la notifyAll riattiva tutti i tasks in attesa.
- notifyAll( ) riattiva tutti i tasks in attesa su un oggetto, l'oggetto è quello su cui è invocata la notifyall( ) (this nel caso in cui l'oggetto non è esplicitamente riferito.

CONFRONTO NOTIFY E NOTIFYALL

```
public class sincronizza {

    // definizione dell'oggetto condiviso; per semplicità la

    // omettiamo
    synchronized void attendi(  )throws InterruptedException{
    try{ //testa una condizione sull'oggetto; per semplicità la omettiamo
        wait( );
        System.out.println(Thread.currentThread()+" ");
        } catch(InterruptedException e){throw e;};}
    synchronized void risveglia( )       {notify();   }
    synchronized void risvegliatutti( ) {notifyAll();}
}
```

CONFRONTO TRA NOTIFY E NOTIFYALL

```
public class ThreadBlocco implements Runnable {
        sincronizza mys;boolean vai=true;
        public ThreadBlocco (sincronizza s)
                {mys=s;}
        public void run( ){
        while (vai) {
            try{
            mys.attendi( );
        }catch (InterruptedException e){System.out.println("sono
          interrotto"+Thread.currentThread( ));}}}}
```

CONFRONTO TRA NOTIFY E NOTIFYALL

```
import java.util.*;
import java.util.concurrent.*;
public class provanotify {
public static void main (String args[  ])    throws Exception
    {sincronizza mys1 = new sincronizza();
     sincronizza mys2 = new sincronizza();
    ExecutorService exec = Executors.newCachedThreadPool();
    for (int i=0; i<4; i++)
        exec.execute(new ThreadBlocco(mys1));
    exec.execute(new ThreadBlocco(mys2));
```

CONFRONTO TRA NOTIFY E NOTIFYALL

```
boolean turno=true;
 for (int i=0; i<4; i++)
 { if (turno){
        System.out.println("notify");
        mys1.risveglia();
        turno=false;
        Thread.sleep(500);}
    else { System.out.println("notifyall");
            mys1.risvegliatutti();
            turno=true;
           Thread.sleep(500);} }
 System.out.println("ora risveglio l'ultimo thread");
 mys2.risvegliatutti();    exec.shutdownNow( ); } }
```

CONFRONTO TRA NOTIFY E NOTIFYALL

notify

Thread[pool-1-thread-1,5,main]

notifyall

Thread[pool-1-thread-2,5,main]

Thread[pool-1-thread-3,5,main]

Thread[pool-1-thread-4,5,main]

Thread[pool-1-thread-1,5,main]

notify

Thread[pool-1-thread-2,5,main]

notifyall

Thread[pool-1-thread-4,5,main]

Thread[pool-1-thread-3,5,main]

Thread[pool-1-thread-1,5,main]

Thread[pool-1-thread-2,5,main]

CONFRONTO TRA NOTIFY E NOTIFYALL

ora risveglio l'ultimo task

Thread[pool-1-thread-5,5,main]

sono stato interrotto Thread[pool-1-thread-5,5,main]

sono stato interrotto Thread[pool-1-thread-4,5,main]

sono stato interrotto Thread[pool-1-thread-3,5,main]

sono stato interrotto Thread[pool-1-thread-2,5,main]

sono stato interrotto Thread[pool-1-thread-1,5,main]

- a tutti i threads viene inviata una interruzione dalla ShutdownNow(), mentre sono sospesi sulla wait
- L'interruzione viene intercettata come una InterruptedException()

ESERCIZIO

Il laboratorio di Informatica del Polo Marzotto è utilizzato da tre tipi di utenti, studenti, tesisti e professori ed ogni utente deve fare una richiesta al tutor per accedere al laboratorio. I computers del laboratorio sono numerati da 1 a 20. Le richieste di accesso sono diverse a seconda del tipo dell'utente:

a) i professori accedono in modo esclusivo a tutto il laboratorio, poichè hanno necessità di utilizzare tutti i computers per effettuare prove in rete.

b) i tesisti richiedono l'uso esclusivo di un solo computer, identificato dall'indice i, poichè su quel computer è istallato un particolare software necessario per lo sviluppo della tesi.

c) gli studenti richiedono l'uso esclusivo di un qualsiasi computer.

I professori hanno priorità su tutti nell'accesso al laboratorio, i tesisti hanno priorità sugli studenti. (prosegue nella pagina successiva)

ESERCIZIO

Scrivere un programma JAVA che simuli il comportamento degli utenti e del tutor. Il programma riceve in ingresso il numero di studenti, tesisti e professori che utilizzano il laboratorio ed attiva un thread per ogni utente. Ogni utente accede k volte al laboratorio, con k generato casualmente. Simulare l'intervallo di tempo che intercorre tra un accesso ed il successivo e l'intervallo di permanenza in laboratorio mediante il metodo sleep. Il tutor deve coordinare gli accessi al laboratorio. Il programma deve terminare quando tutti gli utenti hanno completato i loro accessi al laboratorio.