נושאים מתקדמים ב Java

תכנות מרובה חוטים

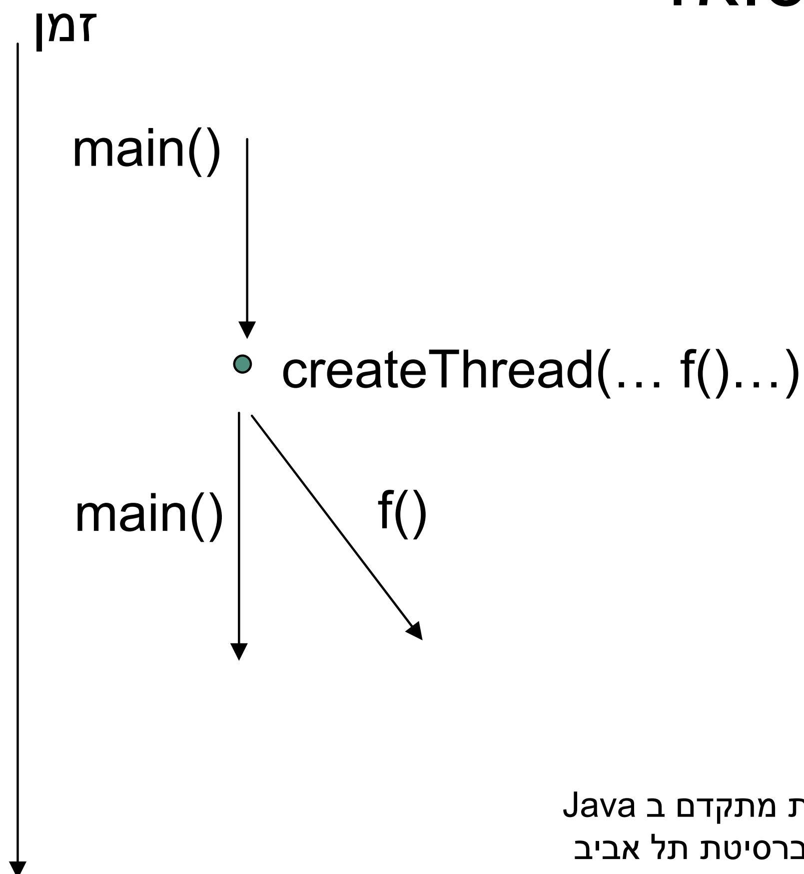
אוהד ברזילי
אוניברסיטת תל אביב

מקביליות

- ריבוי מעבדים (multi processors) לעומת חלוקת זמן עיבוד (time slicing)
- רמת התהליך (multithreading) לעומת רמת מערכת ההפעלה (multi processes)

חוטים

- תהליך (process) הוא הפשטה של מחשב וירטואלי
- חוט (execution thread, execution context) – הוא הפשטה מעבד וירטואלי
  - CPU, Code, Data
- בשפת C:



למה חוטים?

- הנדסת תוכנה: מודלריות, הכמסה
- שימוש יעיל במשאבים
- חישוב מבוזר

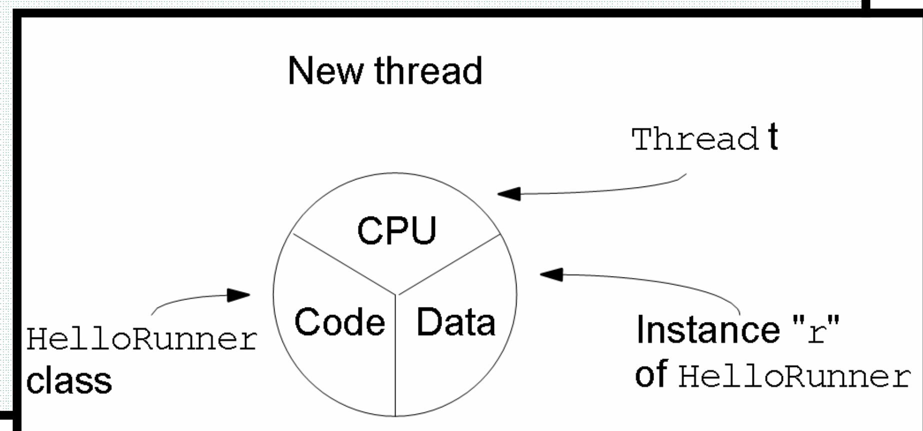
- משימות אופיניות:
  - Non blocking I/O
  - Timers
  - משימות בלתי תלויות
  - אלגוריתמים מקביליים
  - דברים ש"רצים ברקע" (Garbage Collection)

חוטים ב- Java

- כמו כל דבר ב- Java, גם חוט ב Java הוא עצם
  - מופע של המחלקה **`Thread`**
- חוט תמיד מריץ מתודה עם חתימה קבועה:
  - **`public void run()`**
  - חוץ מהחוט הראשי שמריץ את **`main()`**
- מחלקה שמממשת את `run()` בעצם מממשת את המנשק `Runnable`
- כלומר, חוט ב Java הוא מופע של המחלקה `Thread` שהועבר לו כארגומט (למשל בבנאי) עצם ממחלקה שהיא `implements Runnable`

```java
public class ThreadTester {
   public static void main(String args[]) {
        HelloRunner r = new HelloRunner();
        Thread t = new Thread(r);
        t.start();
        // do other things...
   }
}
```

```java
class HelloRunner implements Runnable {
   int i;

   public void run() {
        i = 0;
        while (true) {
               System.out.println("Hello " + i++);
               if (i == 50) {
                      break;
               }
        }
   }
}
```



שיתוף מידע

- ההבחנה עדינה – על אותו עצם Runnable יכולים לרוץ במקביל 2 חוטים
- הדבר מאפשר לשני החוטים לחלוק מידע בינהם

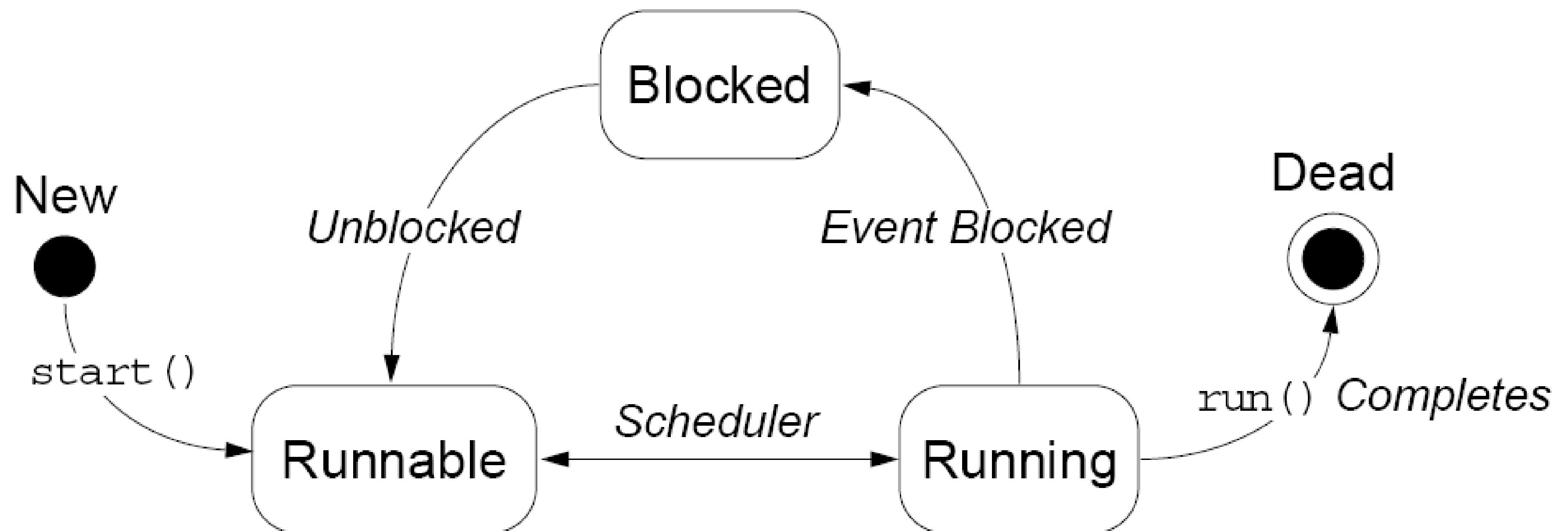
```
public class TwoThreadTester {
   public static void main(String args[]) {
        HelloRunner r = new HelloRunner();
        Thread t1 = new Thread(r);
        Thread t2 = new Thread(r);
        t1.start();
        t2.start();
   }
}
```

- מה יודפס ?
- כדי להבין טוב יותר מי מדפיס מה, נוסיף פרטים להדפסה

```java
public class TwoThreadTesterId {
   public static void main(String args[]) {
        HelloRunnerId r = new HelloRunnerId();
        Thread t1 = new Thread(r, "first");
        Thread t2 = new Thread(r, "second");
        t1.start();
        t2.start();
   }
}
```

```java
class HelloRunnerId implements Runnable {
   int i;

   public void run() {
        i = 0;
        while (true) {
            System.out.println(
            Thread.currentThread().getName() +
                                        ": Hello " + i++);
            if (i == 50)
                break;
        }
   }
}
```

מחזור החיים של חוט (חלקי)



חסימת חוט

```
public class Runner implements Runnable {
   public void run() {
       while (true) {
              // do lots of interesting stuff
              // ...
              // Give other threads a chance
              try {
                     Thread.sleep(10);
              } catch (InterruptedException e) {
                     // This thread's sleep was
                     // interrupted by another thread
              }
       }
   }
}
```

שיטה זו מחליפה את השימוש ב- suspend ו- resume שהתגלו כבעיתיות – והוכרזו deprecated

סיום חוט

```
public class Runner2 implements Runnable {
  private boolean timeToQuit = false;

  public void run() {
      while (!timeToQuit) {
            // continue doing work
      }
      // clean up before run() ends
  }

  public void stopRunning() {
      timeToQuit = true;
  }
}
```

סיום חוט

```
public class ThreadController {
   private Runner2 r = new Runner2();
   private Thread t = new Thread(r);

   public void startThread() {
       t.start();
   }

   public void stopThread() {
       // use specific instance of Runner
       r.stopRunning();
   }
}
```

שיטה זו מחליפה את השימוש ב- stop ו-runFinalizersOnExit שהתגלו כבעיתיות – והוכרזו deprecated

מתודות מיושנות

- המאמר המלא:

http://java.sun.com/j2se/1.5.0/docs/guide/misc/threadPrimitiveDeprecation.html

עבודה עם חוטים

- שאילתות:
  - `isAlive()`
  - `interrupted()`, `isInterrupted()`
- עדיפות ריצה:
  - `getPriority()`
  - `setPriority()`
- חסימת חוט
  - `(static) Thread.sleep()`
  - `join()`
  - `(static) Thread.yield()`

שימוש ב join

```
public static void main(String[] args) {
   Thread t = new Thread(new Runner());
   t.start();
   //...
   // Do stuff in parallel with the other thread for a while
   //...
   // Wait here for the other thread to finish
   try {
      t.join();
   } catch (InterruptedException e) {
      // the other thread came back early
   }
   // Now continue in this thread
   //...
}
```

ירושה מ Thread

```
public class MyThread extends Thread {
   public void run() {
       while (true) {
              // do lots of interesting stuff
              try {
                     Thread.sleep(100);
              } catch (InterruptedException e) {
                     // sleep interrupted
              }
       }
   }

   public static void main(String args[]) {
       Thread t = new MyThread();
       t.start();
   }
}
```

ירושה לעומת הכלה

- המחלקה `Thread` עצמה היא `Runnable` ולכן ניתן לרשת ממנה, לדרוס את `run()` ולקבל בקלות מחלקה שהיא גם חוט עצמאי
- כמו שכבר ראינו בכמה הזדמנויות בקורס, להכלה יתרונות מתודולוגיים
- גם בהקשר זה:
  - עיצוב נקי
  - התאמה לירושה יחידה
  - עיקביות עם ספריות אחרות

שימוש ב synchronized

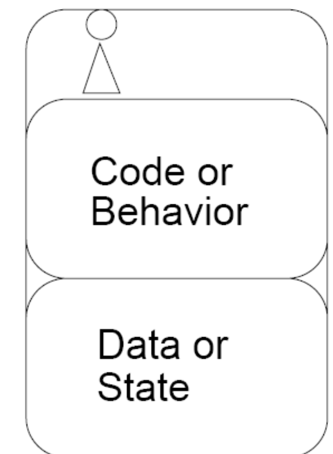
```java
public class MyStack {

   int idx = 0;

   char[] data = new char[6];

   public void push(char c) {
        data[idx] = c;
        idx++;
   }

   public char pop() {
        idx--;
        return data[idx];
   }
}
```

- ננסה לתאר תרחישים שבהם עבודה עם המחלקה לא תצליח בתוכנית מרובת חוטים
- הפעולות push ו- pop צריכות להתבצע ללא הפרעה
- יש לבצע אותן כפעולות *אטומיות* כדי לשמור על *עקביות מבנה הנתונים*

מנעול לעצמים

- Java מספקת לכל עצם (במחלקה Object) מנעול פרטי
  - אנלוגיה: מפתח יחיד לשימוש בשרותים ציבוריים
- כאשר מספר חוטים רצים על אותו העצם יכול אחד מהם לקחת את המפתח לעצמו ובכך לחסום את ריצת האחרים

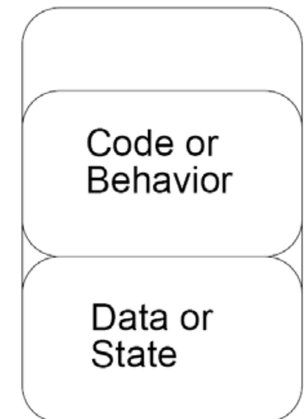
```
public void push(char c) {
   synchronized (this) {
       data[idx] = c;
       idx++;
   }
}
```



מנעול לעצמים

- Java מספקת לכל עצם (במחלקה Object) מנעול פרטי
  - אנלוגיה: מפתח יחיד לשימוש בשרותים ציבוריים
- כאשר מספר חוטים רצים <u>על אותו העצם</u> יכול אחד מהם לקחת את המפתח לעצמו ובכך לחסום את ריצת האחרים

```
public void push(char c) {
  synchronized (this) {
      data[idx] = c;
      idx++;
  }
}
```

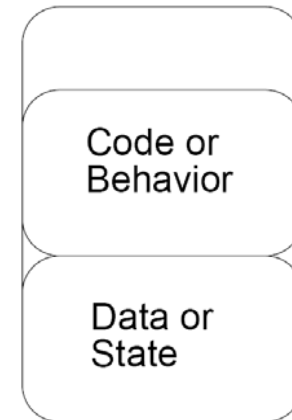


מנעול לעצמים

- כאשר מגיע חוט אחר לאותו קטע קוד, המנעול חסר, והחוט מחכה לחזרתו

```
public void push(char c) {
    synchronized (this) {
        data[idx] = c;
        idx++;
    }
}
```

?



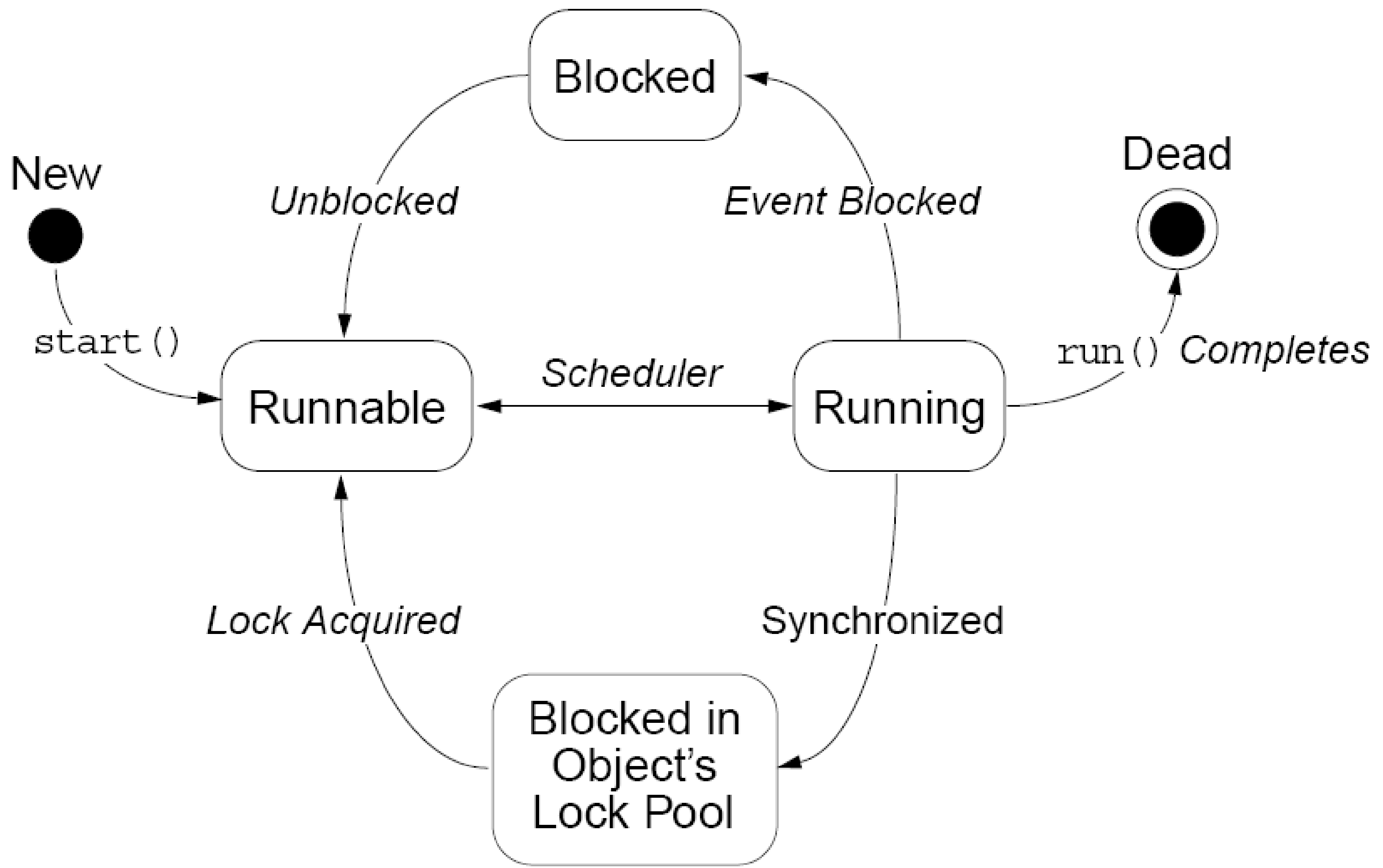
- שחרור המנעול מתבצע אוטומטית ביציאה מבלוק synchronized:
  - אחרי סיום הבלוק
  - אחרי break, return, throw מתוך הבלוק

עקביות בשימוש במנעולים

- כדי שהמנגנון יעבוד יש לסנכרן את כל הגישות לנתונים המשותפים (גם מתוך pop וגם מתוך push)
- יש להגן על נתונים משותפים רגישים ע"י private
  - אחרת קוד לקוד יוכל לשנות אותם בצורה לא מסונכרנת
- שני קטעי הקוד הבא שקולים:

```
public void push(char c) {
   synchronized (this) {
       // The push method code
   }
}

public synchronized void push(char c) {
   // The push method code
}
```

מחזור החיים של חוט (חלקי)



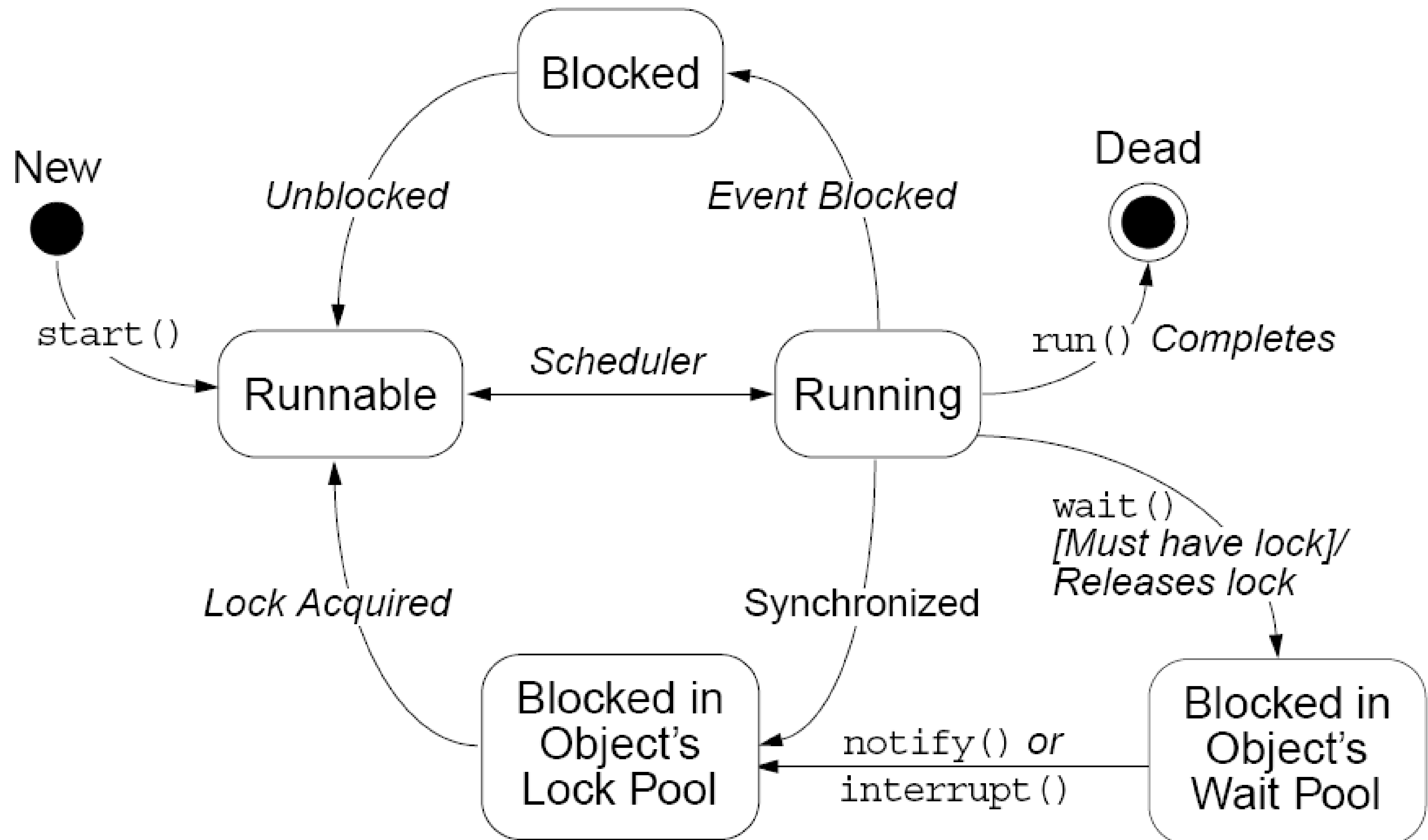
מבוי סתום (deadlock)

- כאשר שני חוטים ממתנים כל אחד למנעול (משאב) המוחזק אצל האחר
- קשה לזהות או להימנע מכך במקרה הכללי, ואולם שמירה על כמה כללים פשוטים ימנעו זאת ברוב המקרים:
  - החלטה על סדר נעילה קבוע
  - אכיפת הסדר לאורך התוכנית
  - שחרור המנעולים בסר הפוך

תקשורת בין חוטים (wait & notify)

- אנלוגיה: נהג המונית והנוסע
- לצורך מימוש הרעיון מספקת Java:
  - את המתודות `wait` ו- `notify`
  - הגדרת wait pool ו- notify pool (הממומשים מאחורי הקלעים)
- השימוש במתודות `wait` ו- `notify` הוא מתוך synchronized context

מחזור החיים של חוט



דוגמת הצרכן-יצרן

```
public class Producer implements Runnable {
   private SyncStack theStack;
   private int num;
   private static int counter = 1;

   public Producer (SyncStack s) {
       theStack = s;
       num = counter++;
   }
```

לוגיקת היצרן

```
public void run() {
    char c;

    for (int i = 0; i < 200; i++) {
        c = (char)(Math.random() * 26 +'A');
        theStack.push(c);
        System.out.println("Producer" + num + ": " + c);
        try {
            Thread.sleep((int)(Math.random() * 300));
        } catch (InterruptedException e) {
            // ignore it
        }
    }
} // END run method

} // END Producer class
```

הצרכן

```java
public class Consumer implements Runnable {
  private SyncStack theStack;
  private int num;
  private static int counter = 1;

  public Consumer (SyncStack s) {
    theStack = s;
    num = counter++;
  }
```

לוגיקת הצרכן

```
public void run() {
  char c;
  for (int i = 0; i < 200; i++) {
    c = theStack.pop();
    System.out.println("Consumer" + num + ": " + c);

    try {
      Thread.sleep((int)(Math.random() * 300));
    } catch (InterruptedException e) {
      // ignore it
    }
  }
} // END run method

} // END Consumer class
```

המחסנית

```
public class SyncStack {
   private List<Character> buffer =
                     new ArrayList<Character>(400);

   public synchronized char pop() {
      // ...
   }

   public synchronized void push(char c) {
      // ...
   }
}
```

- איך נכתוב את המתודות pop ו- push כך שישמר העיקרון שפעולת pop ממתינה לכך שיהיה איבר במחסנית?

pop()

```java
public synchronized char pop() {
   char c;
   while (buffer.size() == 0) {
        try {
              this.wait();
        } catch (InterruptedException e) {
              // ignore it...
        }
   }
   c = buffer.remove(buffer.size() - 1);
   return c;
}
```

- אובייקט המחסנית עצמו מגלם ארוע לוגי "StackNotEmpty"
- הארוע לא מופיע בקוד בצורה מפורשת והמתכנתת צריכה לשמור על עיקביותו

push()

```
public synchronized void push(char c) {
   this.notify();
   buffer.add(c);
}
```

- המתודה push מבטיחה (ע"פ תנאי האחר של החוזה שלה) כי בסיומה המחסנית אינה ריקה
- על כן המחסנית מודיעה (**notify**) לאחד המעוניינים בארוע (אם קיים כזה) שהארוע התרחש
- אם יש יותר ממתין אחד לארוע, תודיע מערכת ההפעלה רק לאחד הממתינים על התרחשותו
- אם יש צורך להודיע לכולם ניתן להשתמש במתודה notifyAll()

2 יצרנים, 2 צרכנים

```java
public class SyncTest {

  public static void main(String[] args) {

    SyncStack stack = new SyncStack();

    Producer p1 = new Producer(stack);
    Thread prodT1 = new Thread (p1);
    prodT1.start();

    Producer p2 = new Producer(stack);
    Thread prodT2 = new Thread (p2);
    prodT2.start();

    Consumer c1 = new Consumer(stack);
    Thread consT1 = new Thread (c1);
    consT1.start();

    Consumer c2 = new Consumer(stack);
    Thread consT2 = new Thread (c2);
    consT2.start();
  }
}
```