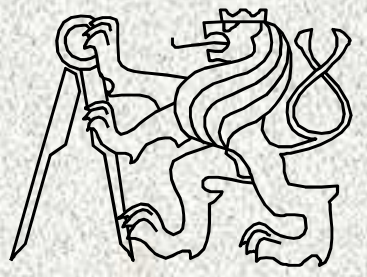
VLÁKNA



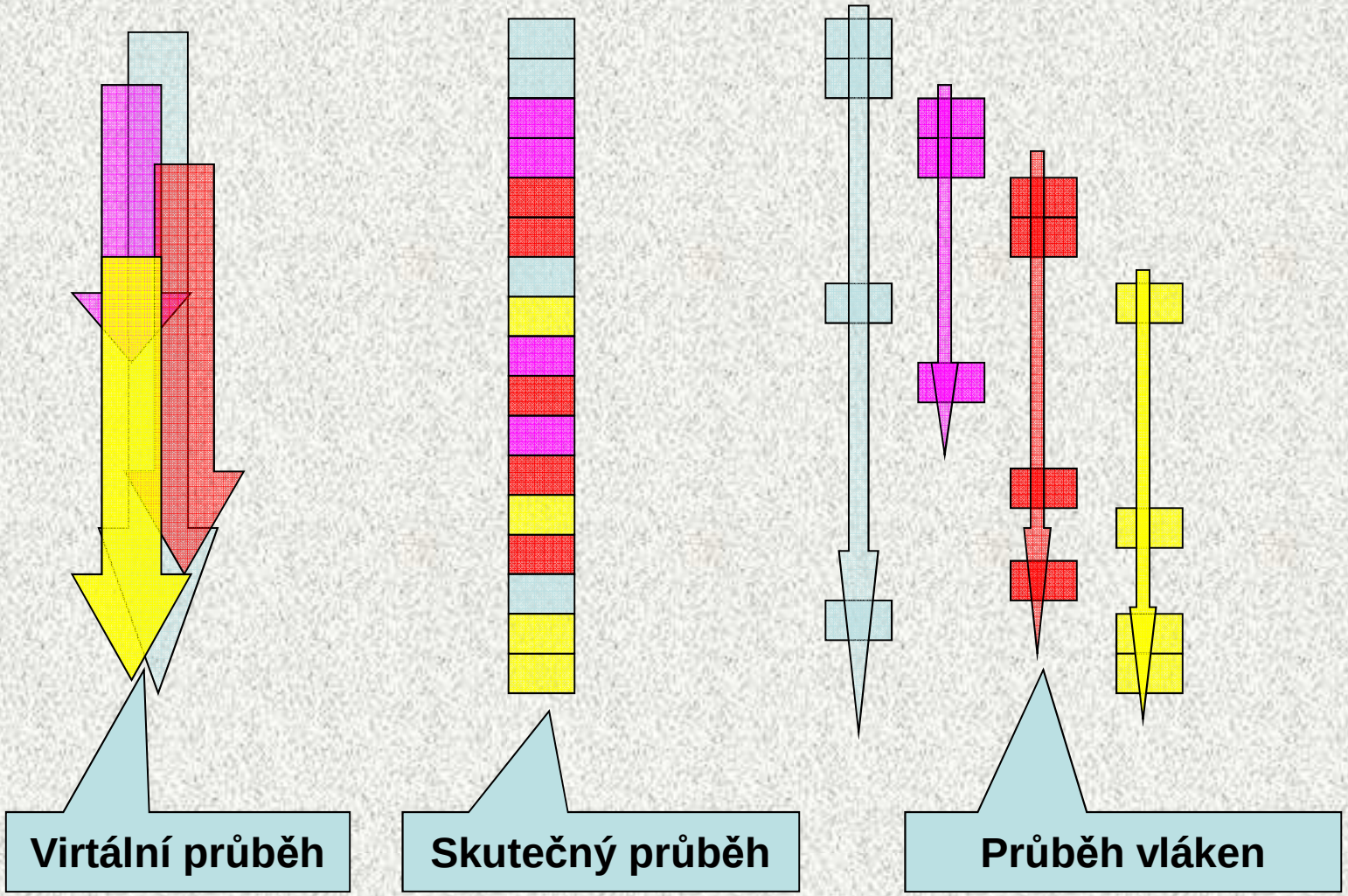
A0B36PR2-Programování 2

Fakulta elektrotechnická
České vysoké učení technické

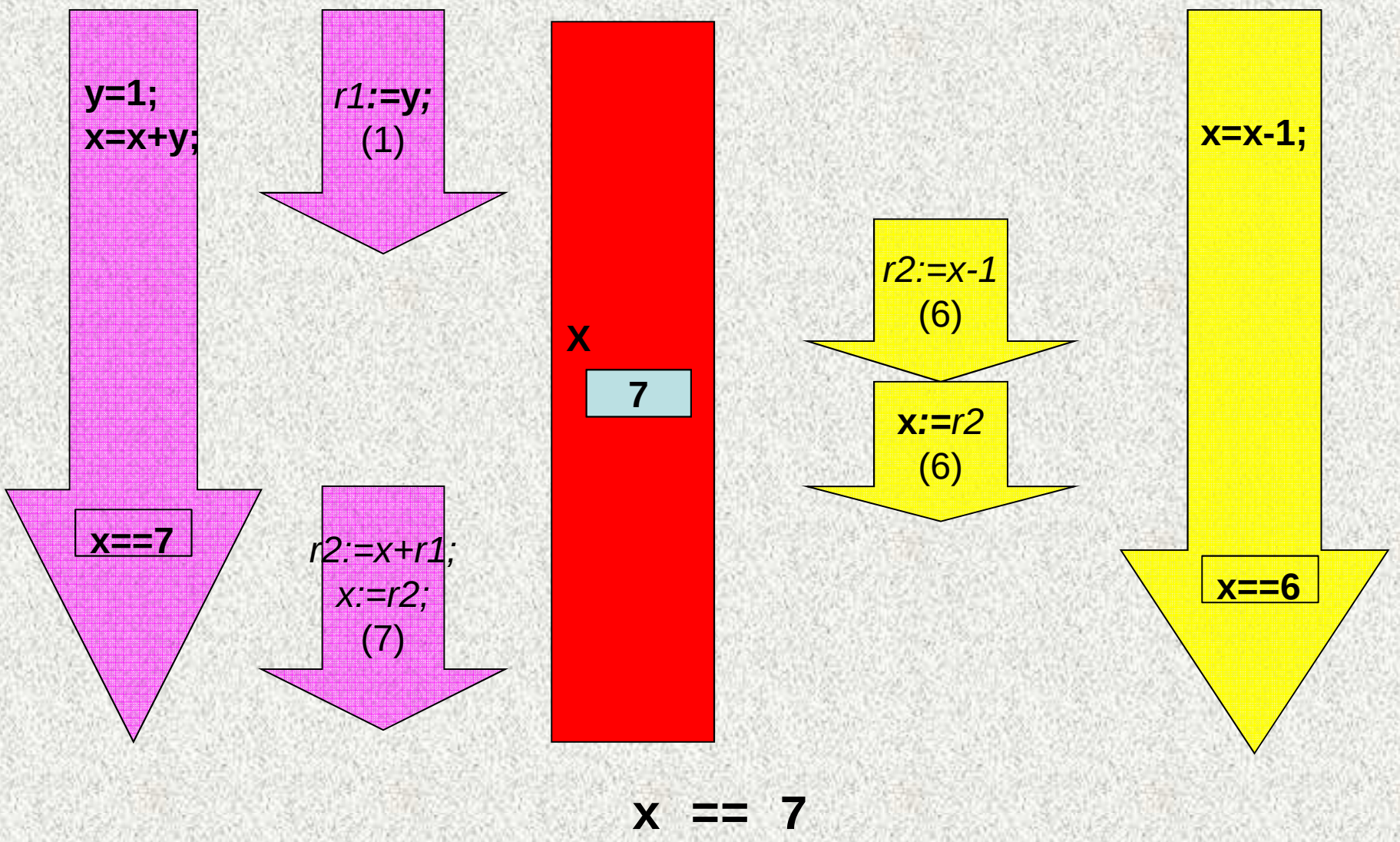
Vlákna v Javě

- Oblasti použití
  - Nesoulad časových nároků různých nezávislých částí programu
  - Dlouhé periferní přenosy, čekání na odezvu na vstupu
  - Simulační výpočty, opakující se výpočty
  - Úlohy typu producent/konzument, server/klient

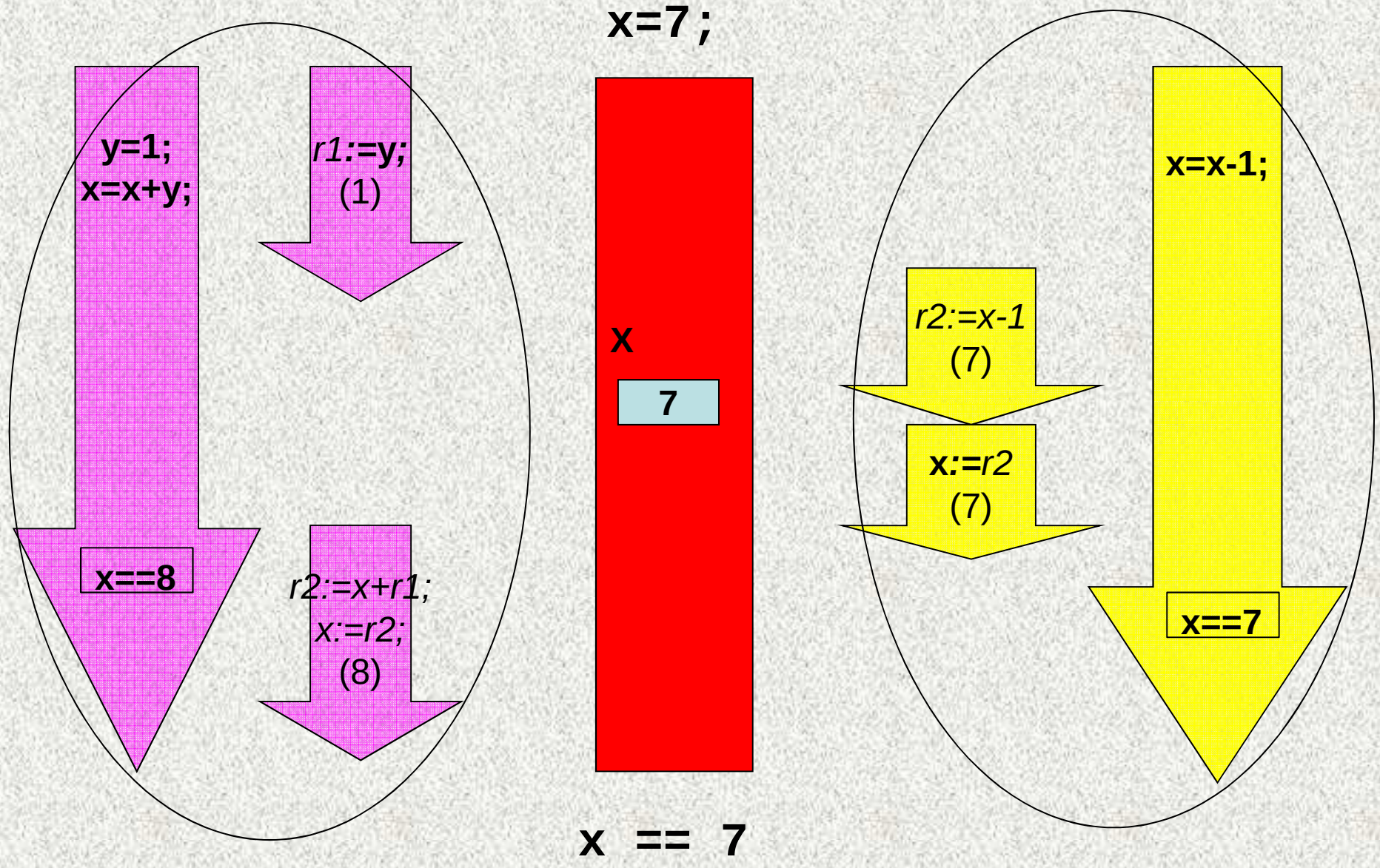
Vlákna – průběh skutečný a virtuální



Problém sdílení prostředků, kolize



Problém sdílení prostředků, synchronizace



Vlákna v Javě, potomek třídy `Thread`

- Vlákno je instancí třídy **`Thread`**
- v konstruktoru třídy (jejíž instance budou vlákny) voláme konstruktor nadřazené třídy **`Thread`** a předáváme jméno vlákna
- metodu třídy **`Thread`** **`run()`** překryjeme
- metoda **`run()`** určuje činnost vlákna
  - nespouští se sama
- metoda **`start()`** spouští metodu **`run()`**

Vlákna v Javě, potomek třídy `Thread`, příklad

```
class MyThreadExtend extends Thread {
    // Construct a new thread.
    MyThread_Extend(String name) {
        super(name); // name thread
        start(); // start the thread
    }
    // Begin execution of new thread.
    public void run() {
        System.out.println(getName() + " starting.");
        //….
        System.out.println(getName() + " terminating.");
    }
}
class ExtendThread {
    public static void main(String args[]) {
        System.out.println("Main thread starting.");
        MyThreadExtend mt = new MyThreadExtend("Child #1");
        // …
        System.out.println("Main thread ending.");
    }
}
```

Vlákna v Javě, potomek třídy `Thread`, příklad

```
public class MyThreadExtend1 extends Thread {
 private MyThreadExtend1(String jmeno) {
    super(jmeno);
  }
  // @Override
  public void run() {
    for (int i = 1;  i <= 3;  i++) {
      System.out.println("Cykl " + i + ". " + getName());
      try {
        Thread.sleep(10);
      }
      catch(InterruptedException e) {
        System.out.println("Nezadouci probuzeni - " + getName());
      }
    }
  }
  public static void main(String[] args) {
    MyThreadExtend1 vlakno1 = new MyThreadExtend1("prvni");
    vlakno1.start();
    new MyThreadExtend1("druhe").start();
    new MyThreadExtend1("treti").start();
  }
}
```

Vlákna v Javě, implementace rozhraní `Runnable`

- Vlákno zkonstruujeme na jakémkoli objektu třídy, která implementuje rozhraní `Runnable`
- třída musí implementovat metodu `run()`
  - metoda `run()` určuje činnost vlákna
  - nespouští se sama
- vhodné definovat metodu `start()` - není to „povinné“, ale odstraní to nejednoznačnost
- vytvoříme instanci třídy `Thread` a předáme objekt (referenci na instanci třídy) třídy, který bude probíhat jako samostatné vlákno
- vlákno spustíme metodou `start()` ta odstartuje metodu `run()`

Vlákna v Javě, implementace rozhraní `Runnable`, příklad I

```
class MyThread implements Runnable {
  String thrdName; int count;

  MyThread(String name) {
    thrdName = name; count = 0;
  }
  // Entry point of thread.
  public void run() {
    System.out.println(thrdName + " starting.");
    //.. System.out.println("In " + thrdName +
                            ", count is " + count);
    System.out.println(thrdName + " terminating.");
  }
}
class UseThreads {
  public static void main(String args[]) {
    System.out.println("Main thread starting.");
    // First, construct a UseThreads object.
    MyThread mt = new MyThread("Child #1");
    // Next, construct a thread from that object.
    Thread newThrd = new Thread(mt);
    // Finally, start execution of the thread.
    newThrd.start();
    do {
    // …
    while(mt.count!=10);
    System.out.println("Main thread ending.");
```

Vlákna v Javě, implementace rozhraní `Runnable`, příklad II

```
class MyThreadI implements Runnable {
Thread thrd; int count;

  // Construct a new thread.
  MyThreadI(String name) {
    thrd = new Thread(this, name);count = 0;
    thrd.start(); // start the thread
  }

  // Begin execution of new thread.
  public void run() {
    System.out.println(thrd.getName() + " starting.");
    //.. System.out.println("In " + thrd.getName() +
                          ", count is " + count);
    System.out.println(thrd.getName() + " terminating.");
  }
}

class UseThreads_Implemented_Improved {
  public static void main(String args[]) {
    System.out.println("Main thread starting.");
    MyThreadI mt = new MyThreadI("Child #1");
   // cover: construct a thread on the MyThreadI object and starts
    do {
    // …
    while(mt.count!=10);

    System.out.println("Main thread ending.");
  }
}
```

Vlákna v Javě, implementace rozhraní `Runnable`, příklad III

```
public class UseThreads1 implements Runnable {
    private Thread vlakno;
    String thrdName;
    public void start() {
        vlakno = new Thread(this);
        vlakno.start();
    }
    UseThreads1(String name) {
        thrdName = name;
    }
    // @Override
    public void run() {
        for (int i = 1; i <= 3; i++) {
            System.out.println("Cykl " + i + ". " + this.thrdName);
            try {
                Thread.sleep(10);
            } catch (InterruptedException e) {
                System.out.println("Nezadouci probuzeni - " + this.thrdName);
            }
        }
    }
    public static void main(String[] args) {
        UseThreads1 vlakno1 = new UseThreads1("prvni");
        vlakno1.start();
        new UseThreads1("druhe").start();
        new UseThreads1("treti").start();
    }}
```

Vlákna v Javě, další metody

`String getName()` – vrací jméno vlákna

`int getPriority()` – vrací prioritu vlákna

`boolean isAlive()` – zda vlákno běží

`void join()` – čeká na ukončení vlákna

`static void sleep()` – pozastaví vlákno na určenou dobu

`static void yield()` – běžící vlákno předá řízení jinému

Řízené ukončení činnosti vláken I

- Nejméně vhodné – testováním hodnoty proměnné procesu vlákna

```
class MoreThreads_Multiple {
  public static void main(String args[]) {
    System.out.println("Main thread starting.");

    MyThreadM mt1 = new MyThreadM("Child #1");
    MyThreadM mt2 = new MyThreadM("Child #2");
    MyThreadM mt3 = new MyThreadM("Child #3");

    do {
    //…
    } while (mt1.count < 10 ||
             mt2.count < 10 ||
             mt3.count < 10);

    System.out.println("Main thread ending.");
  }
}
```

Řízené ukončení činnosti vláken II

- Testováním „živosti“ vlákna metodou **`boolean isAlive()`**
  - Virtuální stroj nastaví hodnotu **`false`** při skončení vlákna

```
class MoreThreads_Alive {
  public static void main(String args[]) {
    System.out.println("Main thread starting.");

    MyThreadA mt1 = new MyThreadA("Child #1");
    MyThreadA mt2 = new MyThreadA("Child #2");
    MyThreadA mt3 = new MyThreadA("Child #3");

    do {
    //…
    } while (mt1.thrd.isAlive() ||
             mt2.thrd.isAlive() ||
             mt3.thrd.isAlive());

    System.out.println("Main thread ending.");
  }
}
```

Čekání na ukončení činnosti vláken

- Metoda **`void join()`** čeká na ukončení vlákna

```
class MoreThreads_Join {
  public static void main(String args[]) {
    System.out.println("Main thread starting.");

    MyThreadJ mt1 = new MyThreadJ("Child #1");
    MyThreadJ mt2 = new MyThreadJ("Child #2");
    MyThreadJ mt3 = new MyThreadJ("Child #3");

    try {
      mt1.thrd.join();
      System.out.println("Child #1 joined.");
      mt2.thrd.join();
      System.out.println("Child #2 joined.");
      mt3.thrd.join();
      System.out.println("Child #3 joined.");
    }
    catch(InterruptedException exc) {
      System.out.println("Main thread interrupted.");
    }
    System.out.println("Main thread ending.");
  }
}
```

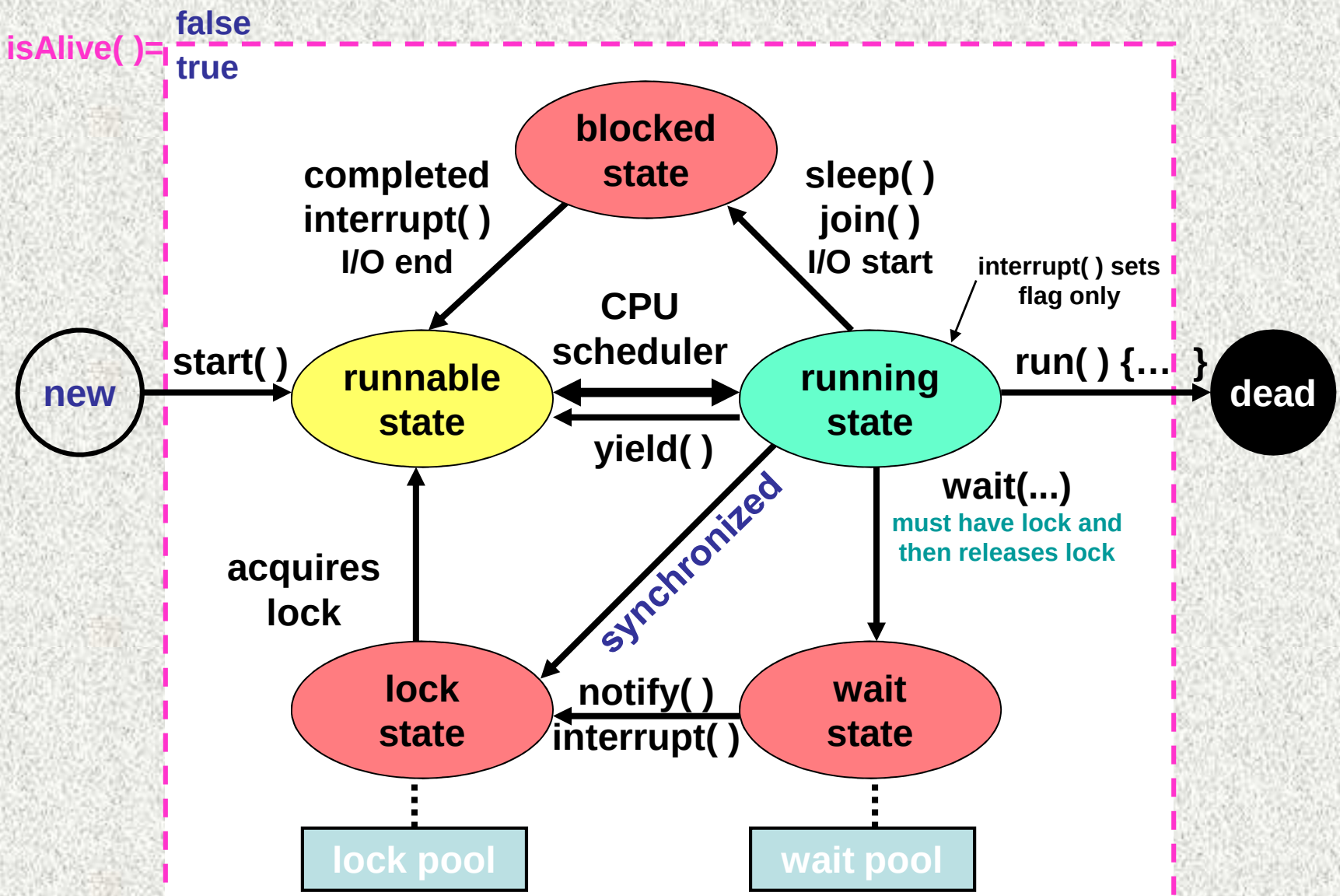
Stavy vláken

- Nové vlákno, spuštěno **`start()`**
- Běžící **`(running),`** jedno z vláken je běžící, ostatní čekají
- Běhuschopné **`(runnable),`** je spuštěno, ale neběží, čeká na předání řízení
- Neběhuschopné
  - Blokováno (blocked)
    - uspáno **`sleep(), join(),`** čeká na O/I
  - Čekající (wait)
    - čeká **`wait()`**
- Mrtvé vlákno, skončila metoda **`run()`**

Doba a pořadí předávání řízení závisí na:

- na stavu okolních vláken,
- na prioritě vlákna,
- na schopnostech OS.

Stavy vlákna



Priority vláken

Jsou-li běhuschopná dvě vlákna, pak je řízení předáno tomu vláknu, které má vyšší prioritu a je ve stavu runnable

O předání řízení (přidělení CPU) se stará JVM Scheduler.

- Nastavení priority **`setPriority()`**
- Zjištění priority **`getPriority()`**
- Hodnoty priority
  - **`MAX_PRIORITY  - 10`**
  - **`MIN_PRIORITY  -  1`**
  - **`NORM_PRIORITY -  5`**

Priorita vláken

Pravidla plánovače:

- Běží vždy to, co má z běhuschopných vláken nejvyšší prioritu
- Je-li více vláken se stejnou prioritou, je řízení postupně předáváno všem v náhodném pořadí, předání **`yield()`**
- Vlákno s nižší prioritou mohou získat řízení, jen když vlákna s vyšší prioritou se dostanou do neběhuschopného stavu, vlákno s vyšší prioritou nelze přinutit k předání řízení standardním mechanismem plánování, jen zásahem zvenku
- Pokud se do běhuschopného stavu dostane vlákno s vyšší prioritou, je běžící vlákno okamžitě přinuceno předat řízení ve prospěch tohoto vlákna (preemptivní plánování)

Priorita vláken - pravidla

- Čekání na vstup - typický případ, běžící vlákno je přerušeno vláknem vyšší priority
- Vlákno je automaticky uvedeno do stavu neběhuschopné, když čeká na vstup/výstup
- Vstup/výstup má nejvyšší prioritu, kdykoli přeruší, když je možnost předávání dat
- Není třeba další synchronizace, spolupráce je asynchronní

Priorita vláken, příklad

- Vstup/výstup má nejvyšší prioritu, kdykoli přeruší, když je možnost předávání dat
  1. Vlákno provádí výpočet
  2. Vlákno vypisuje okamžitý stav výpočtu, vyšší priorita
     - Okamžitě na žádost přeruší výpočet a skončí program

Pomocná třída Vstup

```
class Vstup extends Thread {
  public boolean hotovo = false;
  public void run() {
    byte[] pole = new byte[10];
    Thread.currentThread().setPriority(MAX_PRIORITY);
    while (hotovo == false) {
      try {
        System.in.read(pole);
        if (pole[0] == 'K') {
          hotovo = true;
        }
      }
      catch (IOException e) {
        System.out.println("Chyba vstu
        hotovo = true;
      }
    }
  }
}
```

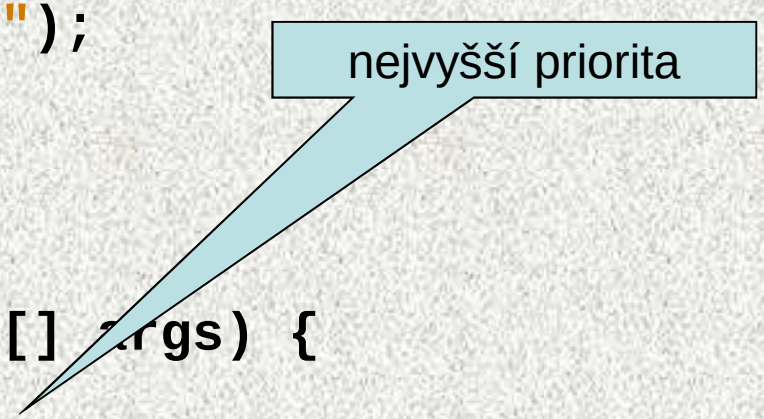
nastavení nejvyšší priority

Čte nějaké hodnoty ze vstupu a ukládá je do pole b.

Priorita vláken - čekání na vstup

```
class Priority_input extends Thread {
  public void run() {
    long i = 0;
    while (Vstup.hotovo == false) {
      System.out.print(i++ + "\n");
    }
  }

  public static void main(String[] args) {
    Vstup vlVstup = new Vstup();
    vlVstup.start();
    Priority_input vlVypis = new Priority_input();
    vlVypis.start();
  }
}
```



Synchronizace činnosti vláken

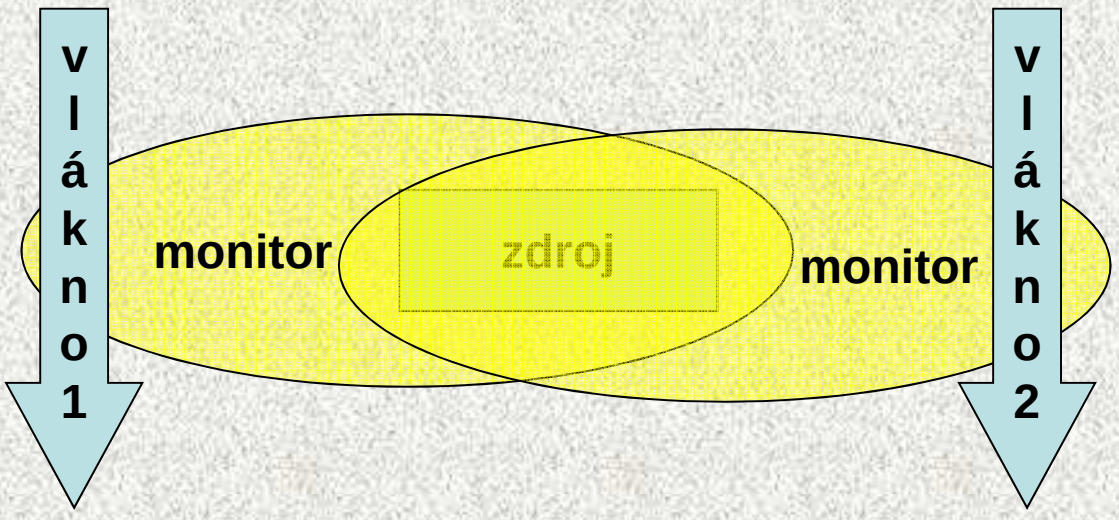
- Vlákna spolupracují, problém sdílení datového prostoru
  - Problém nedeterminovanosti přístupu ke společným prostorům
    - Řešení pomocí proměnné třídy nevhodné!!
- Možné řešení je tzv. monitor (kritická sekce)
  - objekt, který vláknu zpřístupní zdroj (paměť, linku,..),
  - v daném okamžiku aktivně umožní monitor používat jen jedno vlákno
  - „pro daný časový interval vlákno vlastní monitor“, monitor smí vlastnit jen jedno vlákno
  - vlákno běží, jen když vlastní monitor, jinak čeká
- Všechny objekty v Javě „mají“ monitor??
  - Vlákno vstoupí do monitoru voláním metody s přívlastkem **`synchronized`** (lze i příkaz) - tuto metodu nazýváme synchronizovanou
  - O vláknu, které úspěšně jako první zavolá synchronizovanou metodu říkáme, že je „uvnitř“ metody a má k dispozici všechny zdroje používanými touto metodou
  - Jiné vlákno, které volá synchronizovanou metodu čeká, dokud aktivní vlákno synchronizovanou metodu neopustí (nebo uvolní zámek pomocí **`wait`**)
- Synchronizace - řízená „linearizace vláken“

Synchronizace v Javě

Hlavní synchronizačním primitivem jsou monitory

Každý objekt má automaticky přiřazen svůj monitor.

1. Metody, které patří do monitoru, jsou označeny pomocí klíčového slova **`synchronized`**.
2. Do monitoru libovolného objektu však lze obalit libovolný příkaz (blok) kódu pomocí konstrukce, pro objekt, který tuto metodu volá: **`synchronized(`*`objekt`*`) { ... }`**



Synchronizace metody

```
class SumArray {
  private int sum;

synchronized int sumArray(int nums[]) {
    sum = 0; // reset sum

    for(int i=0; i<nums.length; i++) {
      sum += nums[i]; // sum the array elements
      System.out.println("Running total for " +
             Thread.currentThread().getName() +
             " is " + sum);
      try {
        Thread.sleep(10); // allow task-switch
      }
      catch(InterruptedException exc) {
        System.out.println("Main thread interrupted.");
      }
    }
    return sum;
  }
}
```

Synchronizace metody

```
class Sync {
  public static void main(String args[]) {
    int a[] = {1, 2, 3, 4, 5};

    MyThreadSy mt1 = new MyThreadSy("Child #1", a);
    MyThreadSy mt2 = new MyThreadSy("Child #2", a);
  }
}
```

Synchronizace metody

```
class MyThreadSy implements Runnable {
  Thread thrd;
  static SumArray sa = new SumArray();
  int a[];
  int answer;
  // Construct a new thread.
  MyThreadSy(String name, int nums[]) {
    thrd = new Thread(this, name);
    thrd.start(); // start the thread
    a = nums;
  }

  // Begin execution of new thread.
  public void run() {
    int sum;
    System.out.println(thrd.getName() + " starting.");
    answer = sa.sumArray(a);
    System.out.println("Sum for " + thrd.getName() +
                       " is " + answer);

    System.out.println(thrd.getName() + " terminating.");
  }
}
```

Synchronizace příkazu

```
class MyThreadP implements Runnable {
  Thread thrd;
  final static SumArrayP sa = new SumArrayP(); // synchronization this object!!
  int a[];
  int answer;
  // Construct a new thread.
  MyThreadP(String name, int nums[]) {
    thrd = new Thread(this, name);
    thrd.start(); // start the thread
    a = nums;
  }
  // Begin execution of new thread.
  public void run() {
    int sum;

    System.out.println(thrd.getName() + " starting.");
//*******************************
    // synchronize calls to sumArrayP()
    synchronized(sa) {
      answer = sa.sumArrayP(a);
    }
//*******************************
    System.out.println("Sum for " + thrd.getName() +
                       " is " + answer);

    System.out.println(thrd.getName() + " terminating.");
  }
```

Komunikace mezi vlákny

- Uvnitř synchronizované metody lze volat metody, které umožní ovládat komunikaci mezi vlákny:

`void wait()resp wait(čas)` – dočasně zastaví vlákno do doby pokynu metodou **`notify()`** resp. **`notifyAll()`** nebo zastaví vlákno na určenou dobu, tím se uvolní monitor pro ostatní vlákna

`void notify()` - probouzí pozastavené vlákno metodou **`wait(),`** není určeno které, a převezme monitor

`void notifyAll()` - probouzí všechna vlákna pozastavená metodou **`wait(),`** monitoru se zmocní vlákno s nejvyšší prioritou

Komunikace mezi vlákny

Aplikace, která bude střídavě volat vlákna – „linearizace“

```
class ThreadCom {
  public static void main(String args[]) {
    TickTock tt = new TickTock();
    MyThreadT mt1 = new MyThreadT("Tick", tt);
    MyThreadT mt2 = new MyThreadT("Tock", tt);
}
}
```

```
run:
Tick Tock
Tick Tock
Tick Tock
Tick Tock
Tick Tock
```

Komunikace mezi vlákny

```
class TickTock {
synchronized void tick(boolean running) {
    if(!running) { // stop the clock
      notify(); // notify any waiting threads
      return;
    }

    System.out.print("Tick ");
    notify(); // let tock() run
    try {
      wait(); // wait for tock() to complete
    }
    catch(InterruptedException exc) {
      System.out.println("Thread interrupted.");
    }
  }
synchronized void tock(boolean running) { // dtto
}
```

Komunikace mezi vlákny

```
class MyThreadT implements Runnable {
  Thread thrd;
  TickTock ttOb;

  // Construct a new thread.
  MyThreadT(String name, TickTock tt) {
    thrd = new Thread(this, name);
    ttOb = tt;
    thrd.start(); // start the thread
  }

  // Begin execution of new thread.
  public void run() {

    if(thrd.getName().compareTo("Tick") == 0) {
      for(int i=0; i<5; i++) ttOb.tick(true);
      ttOb.tick(false);
    }
    else {
      for(int i=0; i<5; i++) ttOb.tock(true);
      ttOb.tock(false);
    }
  }
}
```

Porušená komunikace mezi vlákny

```
class TickTockB {

  synchronized void tick(boolean running) {
    if(!running) { // stop the clock
      return;
    }

    System.out.print("Tick ");
  }

  synchronized void tock(boolean running) {
    if(!running) { // stop the clock
      return;
    }

    System.out.println("Tock");
  }
}
```

Komunikace mezi vlákny, příklad

Vlozit do Boxu

Není obsazeno

1) **„vložit do boxu“**
2) **obsazeno = !obsazeno**
3) **notify()** zakazníka

Je obsazeno

1) **wait()**

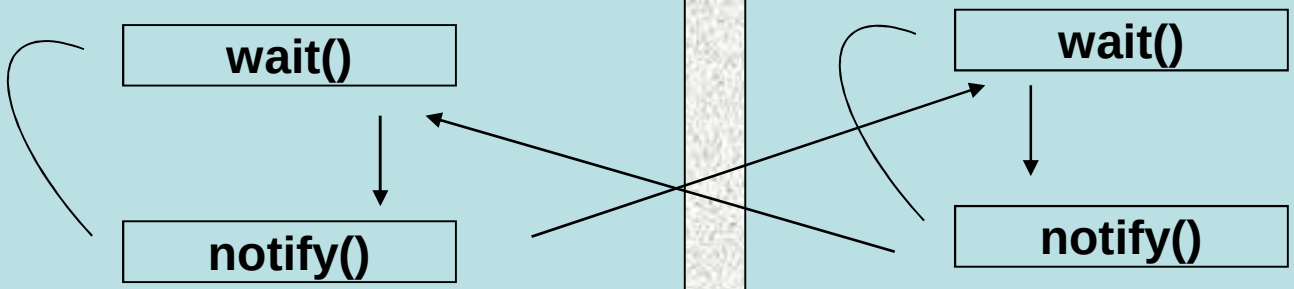
Vyjmout z Boxu

Je obsazeno

1) **„vyjmout z boxu“**
2) **obsazeno = !obsazeno**
3) **notify()** prodavače

Není obsazeno

1) **wait()**



Komunikace mezi vlákny, příklad

```
public class Synchro_Zak_Prodavac {

    public static void main(String[] args) {
        Box f = new Box();
        Vydavatel t1 = new Vydavatel(f);
        Zakaznik  t2 = new Zakaznik(f);
    }
}
```

Komunikace mezi vlákny, příklad

```
class Vydavatel implements Runnable {
    Box f;
    Thread t;
    Vydavatel(Box f) {
        this.f = f;
        t = new Thread(this, "Vydavatel");
        t.start();
    }
    public void run() {
        for (int i = 0; i < 5; i++) {
            f.vlozit(i);
        }
    }
}
class Zakaznik implements Runnable {
    Box f;
    Thread t;
    Zakaznik(Box f) {
        this.f = f;
        t = new Thread(this, "Zakaznik");
        t.start();
    }
    public void run() {
        for (int i = 0; i < 5; i++) {
            f.vyjmout();
        }
    }}
```

Komunikace mezi vlákny, příklad

```
class Box {
    int cislo;
    boolean obsazeno = false;
    synchronized int vyjmout() {
        if (!obsazeno) {
            try {
                wait(); //zastavi  toto vlakno,jeho probuzeni metodou notify() jinym vlaknem
            } catch (InterruptedException v) {
                System.out.println("Vyjmout: (InterruptedException ");
            }
        }
        obsazeno = !obsazeno;
        System.out.println( Thread.currentThread().getName() + " vyjme: " + cislo );
        notify();  // spust vlakno, ktere pozastavilo toto vlakno
        return cislo; // výběr
    }

    synchronized void vlozit(int cislo) {
        if (obsazeno) {
            try {
                wait(); // zastavi toto vlakno,jeho probuzeni metodou notify() jinym vlaknem
            } catch (InterruptedException v) {
                System.out.println("Vlozit: (InterruptedException ");
            }
        }
        this.cislo = cislo; // vložení
        obsazeno = !obsazeno;
        System.out.println( Thread.currentThread().getName() + " vlozi " + cislo );
        notify(); // spust vlakno, ktere pozastavilo toto vlakno

    }
}
```

Použití hlavního vlákna

```
class UseMain {
  public static void main(String args[]) {
    Thread thrd;

    // Get the main thread.
    thrd = Thread.currentThread();

    // Display main thread's name.
    System.out.println("Main thread is called: " + thrd.getName());

    // Display main thread's priority.
    System.out.println("Priority: " + thrd.getPriority());

    System.out.println();

    // Set the name and priority.
    System.out.println("Setting name and priority.\n");
    thrd.setName("Thread #1");
    thrd.setPriority(Thread.NORM_PRIORITY+3);

    System.out.println("Main thread is now called: " + thrd.getName());

    System.out.println("Priority is now: " + thrd.getPriority());
  }
}
```