KONKURENTNÉ PROGRAMOVANIE

2. cvičenie: Aktuálnosť a sprístupnenie stavu

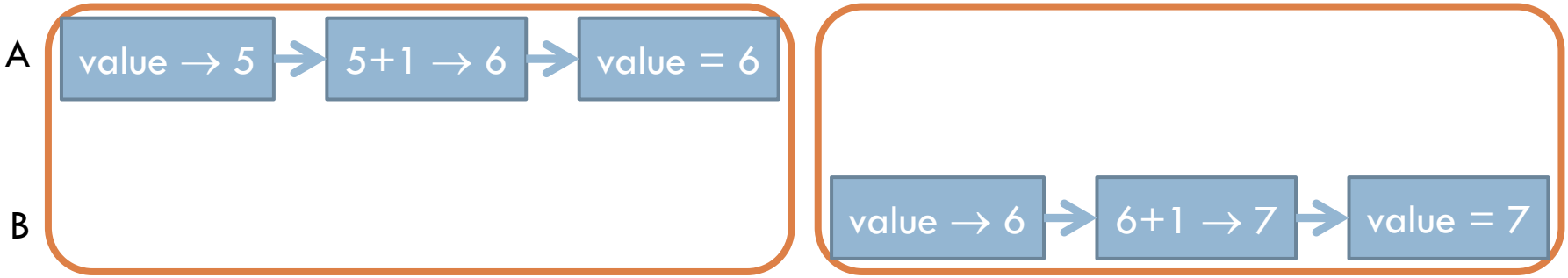
Stráženie stavovej premennej

Strážená premenná zámkom `this`

```
@ThreadSafe
public class Počítadlo {
  private int value;

  /** vráti jedninečnú hodnotu */
  public int getNext() {
    synchronized(this) {
      return ++value;
    }
  }
}
```

zámok

Kritická sekcia zabezpečí atomickosť celého bloku



Thread-safe objekt/trieda

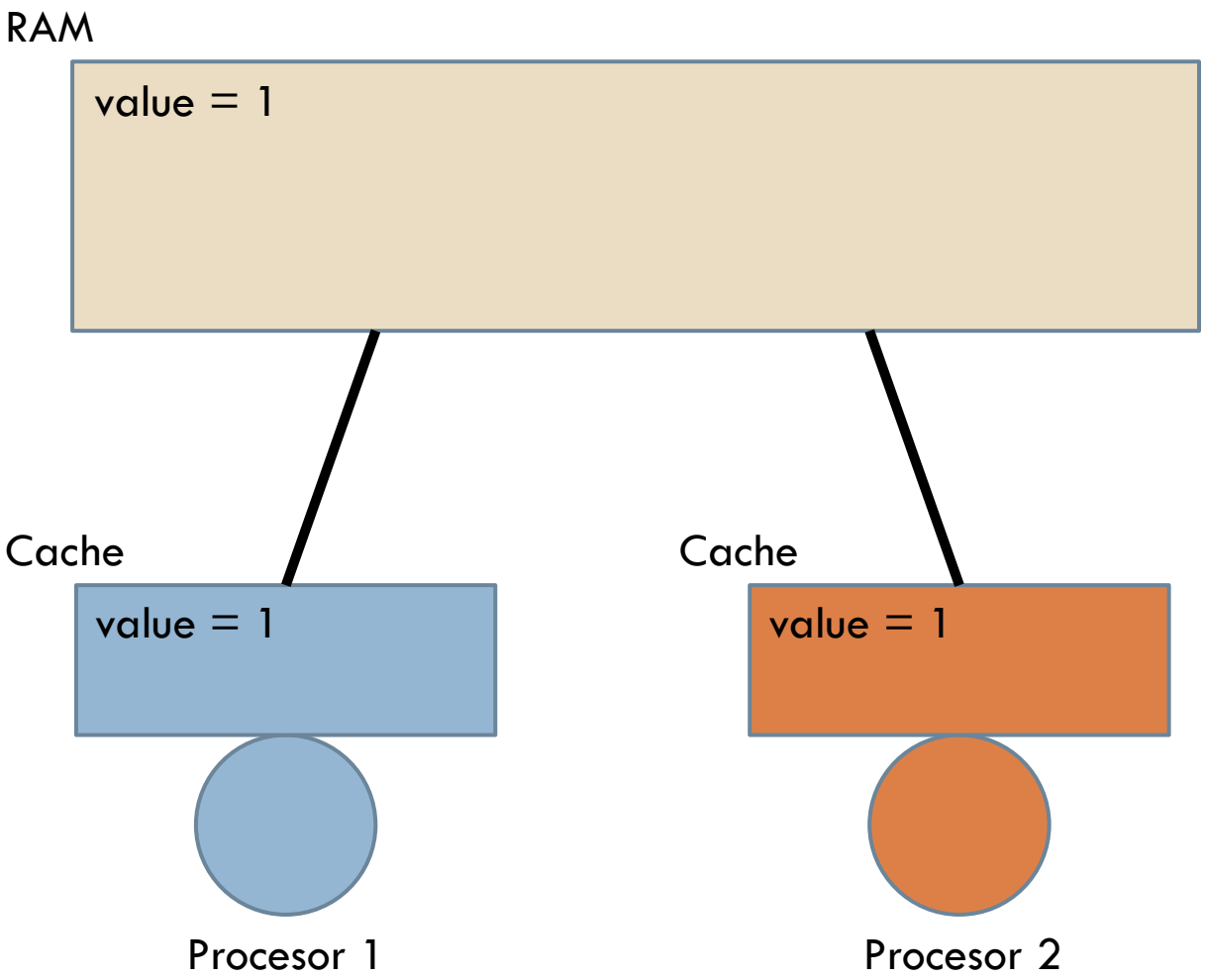
- Slovensky: vláknovo bezpečný objekt/trieda
- Stav objektu/triedy zostáva konzistentný, keď sa k nemu pristupuje z viacerých vlákien
  - bez ohľadu na poradie spúšťania príkazov
  - bez ďalšej synchronizácie vo volajúcom kóde
- Triedy bez stavových premenných sú vždy thread-safe
  - Všetok vstup pre metódu je cez vstupné premenné.
  - Pozor! Neznamená to, že nemôžu nastať problémy, ak volá metódy iných nie thread-safe tried.

Neaktuálnosť zdieľaných premenných

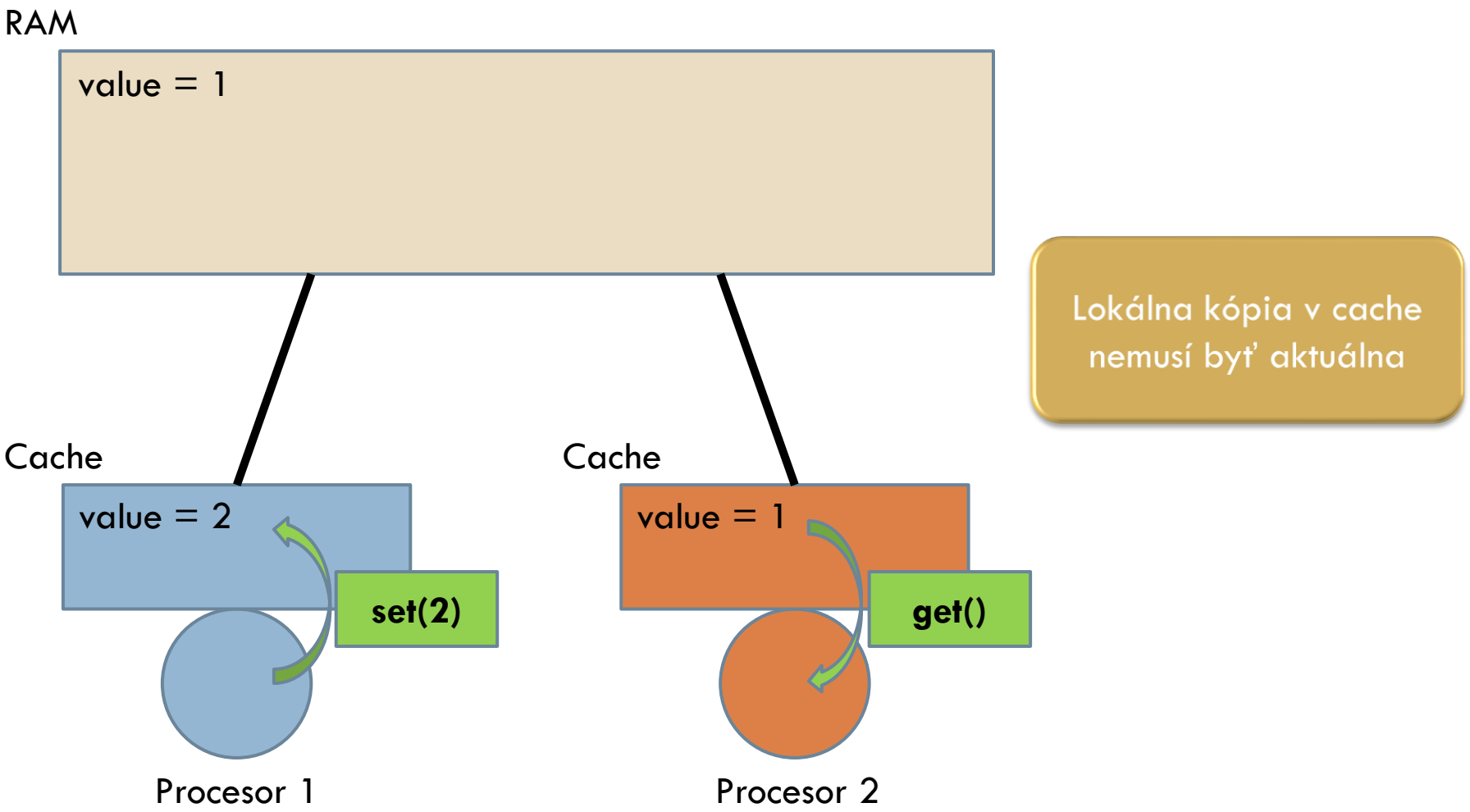
- Aj keď všetky operácie so stavovou premennou sú atomické, stále nemusíme mať thread-safe triedu

```
@NotThreadSafe
public class MutableInteger {
  private int value;

  public int get() {
       return value;
  }

  public void set(int value) {
       this.value = value;
  }
}
```

Neaktuálnosť zdieľaných premenných



Neaktuálnosť zdieľaných premenných

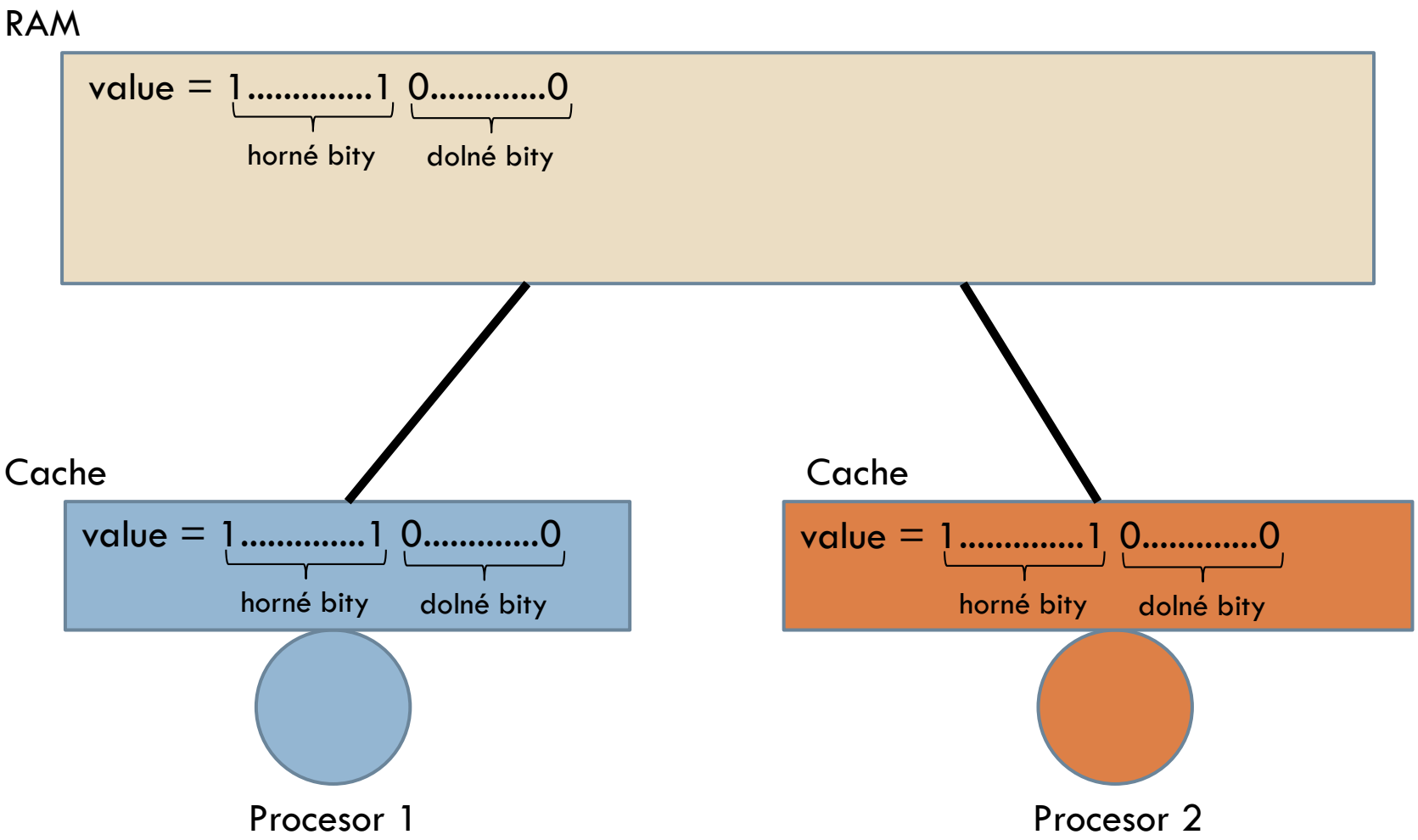


„Neaktuálnosť“ long-ov a double-ov

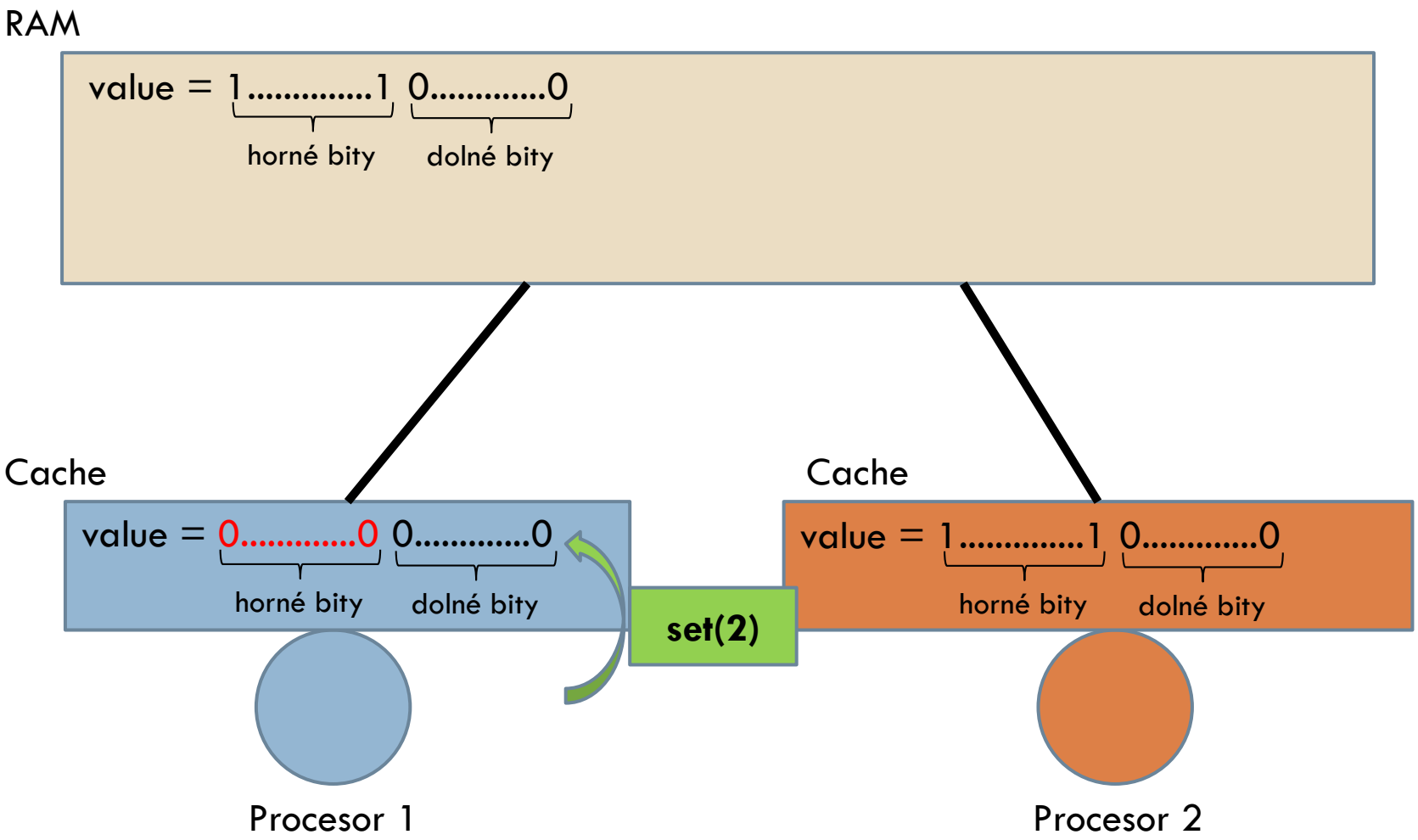
- Operácie so 64 bitovými primitívnymi premennými sa v JVM realizujú ako dve 32 bitové operácie

```
@NotThreadSafe
public class MutableInteger {
  private long value;

  public long get() {
       return value;
  }

  public void set(long value) {
       this.value = value;
  }
}
```

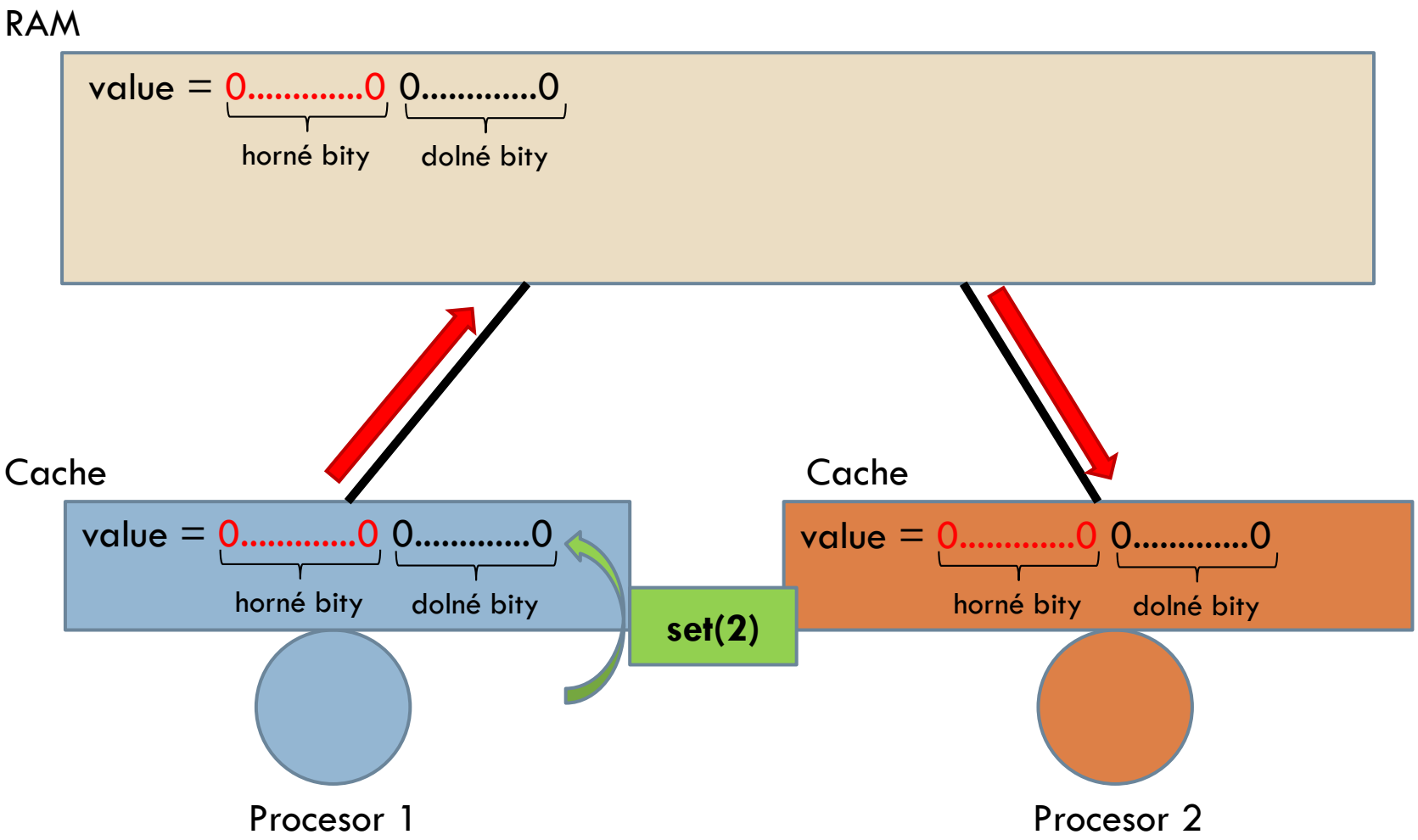
„Neaktuálnost'“ long-ov a double-ov



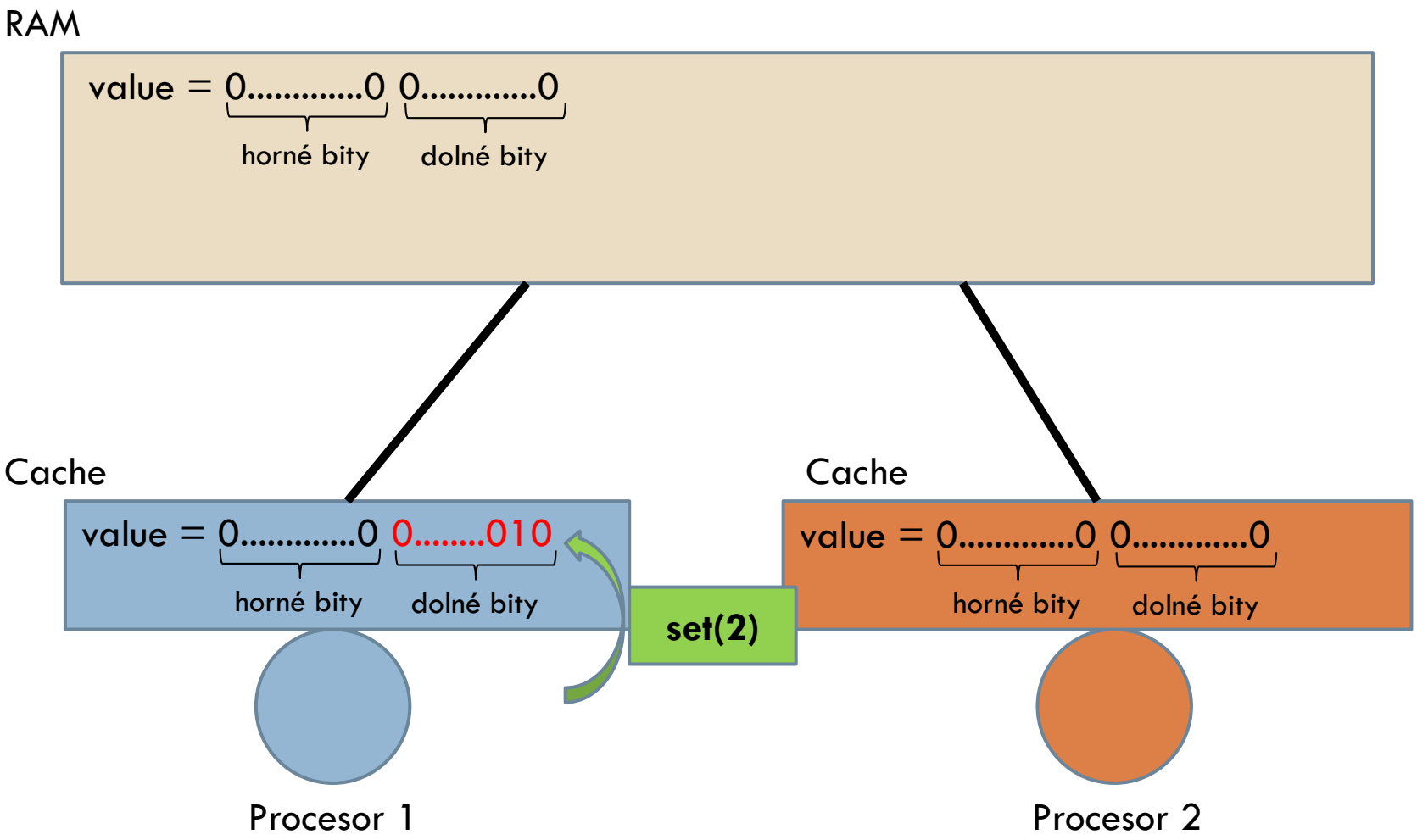
„Neaktuálnost'“ long-ov a double-ov



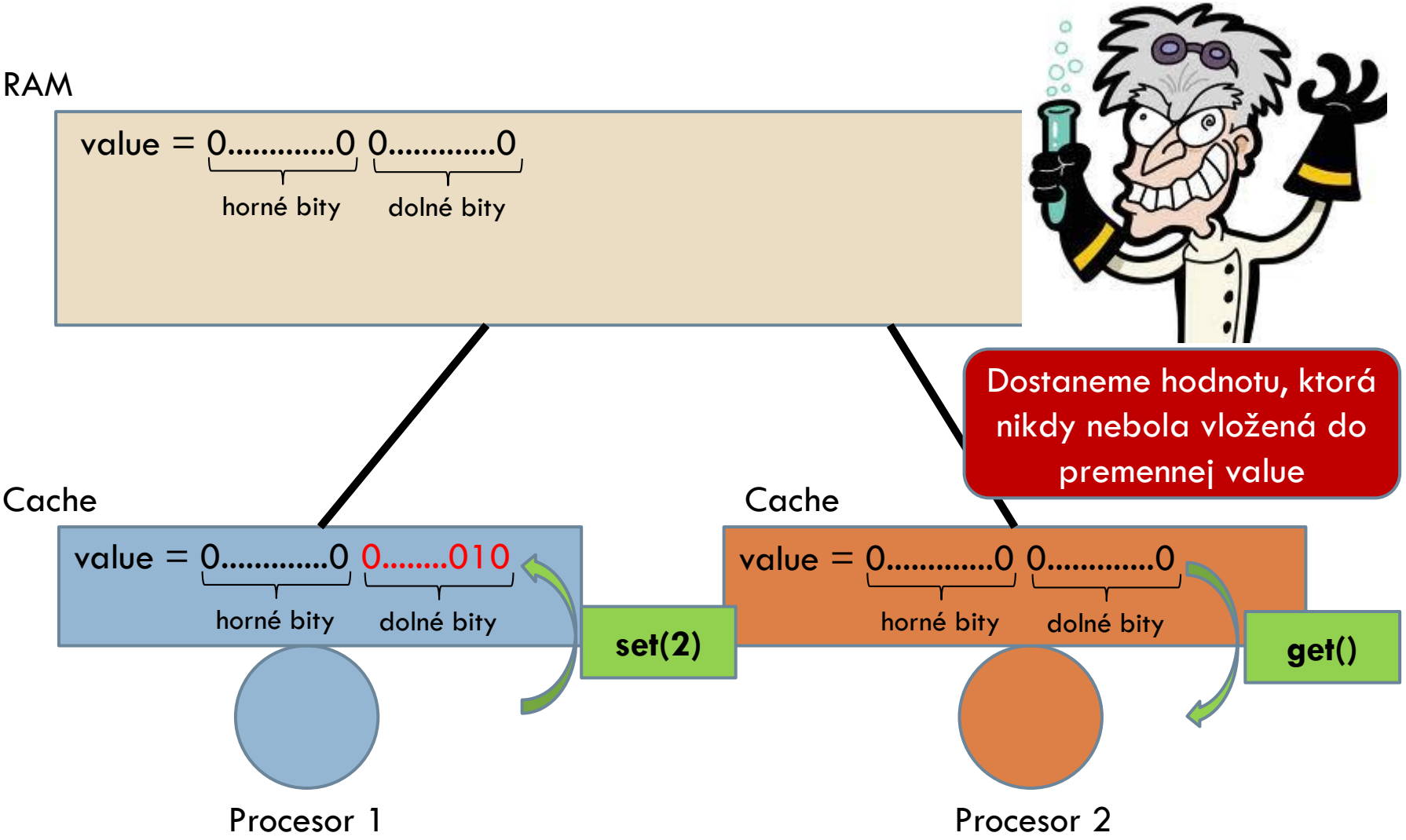
„Neaktuálnost'“ long-ov a double-ov



„Neaktuálnost'“ long-ov a double-ov



„Neaktuálnosť“ long-ov a double-ov



Riešime 2 problémy

- Aktuálnosť hodnoty zdieľanej premennej
- Atomickosť čítania a zápisu do zdieľanej premennej

- ... oba problémy sa v jave riešia naraz

Známe riešenie

- Kritická sekcia zabezpečí aktuálnosť aj atomickosť!
- Pred skončením kritickej sekcie sa všetko zapíše do RAM

```
@ThreadSafe
public class MutableInteger {
  private long value;

  public synchronized long get() {
       return value;
  }

  public synchronized void set(long value) {
       this.value = value;
  }
}
```

lné riešenie - volatile

- Premenná sa vždy číta/zapisuje do RAM
  - máme aktuálnosť
- Bonus: operácie čítania a zápisu sú atomické

```
@ThreadSafe
public class MutableInteger {
  private volatile long value;

  public long get() {
       return value;
  }

  public void set(long value) {
       this.value = value;
  }
}
```

Volatile nerieši atomickosť inkrementácie!

```
@NotThreadSafe
public class Počítadlo {
  private volatile int value;

  public int getNext() {
    return ++value;
  }
}
```

Neatomická operácia!

- Kritická sekcia zabezpečí aktuálnosť a atomickosť ľubovoľných operácií
- Volatile zabezpečí aktuálnosť a atomickosť čítania a zápisu

AtomicReference

- Alternatívne riešenie aktuálnosti a atomickosti čítania a zápisu pre referenčné premenné
  - Ako bonus aj iné atomické operácie

```
@ThreadSafe
public class AtomicPerson {
  private AtomicReference<Person> person;

  public AtomicPerson(Person person) {
       this.person = new AtomicReference<Person>(person);
  }
  …
}
```

AtomicInteger a príbuzní

- Aktuálnosť a atomickosť základných operácií pre primitívne typy
- Nemáme plnú škálu atomických primitívnych typov
  - AtomicBoolean, AtomicInteger, AtomicLong
  - Ostatné typy sa dajú do nich skonvetovať
    - Napr. cez Double.doubleToLongBits(double) a Double.longBitsToDouble(long)

„Univerzálna” kritická sekcia

- V niektorých prípadoch je to kanón na vrabce
- Niekedy stačí použiť stavovú premennú, ktorá je thread-safe
- Často je takéto riešenie dokonca výkonnejšie ako kritická sekcia (podrobnejšie niekedy neskôr)
- Vyrobíme thread-safe triedu tak, že presunieme zodpovednosť za konzistenciu stavu na thread-safe stavovú premennú

(Revitalizovaný) príklad 1

- Vytvorte triedu Počítadlo, ktorá si bude v thread-safe inštančnej premennej pamätať, koľkokrát bola zavolaná metóda getNext(), ktorá aj vráti jej hodnotu
- Využite thread-safe triedu AtomicInteger
- Nepoužívajte kritickú sekciu
- Vypisujte v dvoch vláknach 100000x hodnotu, ktorú vráti táto metóda

Thread-safe stavová premenná

```
@ThreadSafe
public class Počítadlo {
  private AtomicInteger value = new AtomicInteger(1);

  public int getNext() {
    return value.getAndIncrement();
  }
}
```

Atomická operácia!

Sprístupnenie stavov

```
@NotThreadSafe
public class UnsafeStates {
  private String[] states = new String[] {"SK","CZ"};

  public String[] getStates() {
       return states;
  }
}
```

Uniknutie stavových objektov

- Sprístupnili sme referenciu na stavový objekt
- Stratili sme nad ním kontrolu

```
@NotThreadSafe
public class UnsafeStates {
  private String[] states = new String[] {"SK","CZ"};

  public String[] getStates() {
       return states;
  }
}
```

```
…
  String[] states = unsafeStates.getStates();
  states[0] = "HU";
…
```

Uniknutý stav

- Už darmo budeme v triede všetky operácie s premennou uzatvárať do kritickej sekcie
  - cudzí kód môže kedykoľvek pristupovať k stavovej hodnote cez svoju premennú a meniť ju
  - cudzí kód dostane objekt, ktorý sa mu môže meniť pod rukami pri práci s ním

Bezpečné sprístupnenie stavu

- Najjednoduchšie riešenie je mať stav nemenný

```
@Immutable
public class ImmutablePoint {
  private final int x;
  private final int y;

  public ImmutablePoint(int x, int y) {
    this.x = x;
    this.y = y;
  }
  …
}
```

Nemennosť stavu

- Netreba žiadne zamykanie ani synchronizáciu
- Ak unikne nemenný stav, nemáme problém
- Ak získame nemenný stav, nik nám ho pod rukami nezmení
- Hodnota final premennej je hneď všade aktuálna a jej zápis je atomický (aj pre long a double)

- Tak ako je dobrým zvykom mať defaultne všetky inštančné premenné private, tak je dobré ich mať defaultne final
- Čím je menej premenlivých premenných, tým sa kód jednoduchšie spravuje

Nemennosť po nakonfigurovaní

- V praxi sa často používa „thread-safe after configured“
  - Pokiaľ objekt štelujeme - meníme hore-dole stavové premenné, napr. cez settery, ešte ho nepustíme iným vláknam
  - Potom už objekt vyhlásime za nakonfigurovaný a nemenný a teda vláknovo bezpečný (pokiaľ ho v rozpore s rozumom nezačneme zasa konfigurovať)
- Typicky sa konfigurácie dejú cez beany
- = efektívne nemenný objekt

Príklad 2

- Stiahnite si z Gitu poslednú verziu projektu
- Použijeme nasledovný balíček:
  - cviko2.zadanie

1. Využite kritickú sekciu na vláknovú bezpečnosť.
2. Využite nemennosť objektov na vláknovú bezpečnosť.

Riešenie cez kritickú sekciu

```
@ThreadSafe
public class Žena implements Runnable {
   ...
   private void run() {
     for (Chlap chlap : chlapi) {
       synchronized (chlapi) {
         System.out.println(chlap.toString());
       }
     }
   }
}
```

Ten istý zámok

```
@ThreadSafe
public class Život implements Runnable {
   ...
   private void run() {
     for (Chlap chlap : chlapi) {
       synchronized (chlapi) {
          chlap.setVek("starý");
          System.out.println(„Bijem chlapa");
          chlap.setKrasa("škaredý");
        }
   ...
```

Riešenie cez nemennosť

```
@Immutable
public class Chlap {
  private final String vek;
  private final String krasa;
...
}
```

```
@ThreadSafe
public class Život implements Runnable {
  ...
  private void run() {
    for (int i = 0; i < chlapi.size(); i++) {
      chlapi.set(i, new Chlap(chlapi.get(i).getId(),
              "starý", "škaredý");

...
```

Konzistentnosť 64 bitových premenných

- long a double
- volatile zabezpečí atomickosť čítania a zápisu
- synchronized zabezpečí atomickosť ľubovoľnej operácie
  - iba ak všetky operácie s premennou sú zamykané tým istým zámkom

Aktuálnosť premenných

- Cieľ: hneď ako jedno vlákno nastaví novú hodnotu, všetky ostatné to vidia
- primitívne typy – volatile, AtomicXyz (AtomicInteger, AtomicLong, …)
- referenčné typy – volatile, AtomicReference
- synchronized – na začiatku kritickej sekcie idú všetky hodnoty z RAM a na konci do RAM
- final – aktuálna hodnota do RAM hneď po nastavení

Bezpečné sprístupnenie stavu

- = nenechať stavový objekt, ktorý nie je vláknovo bezpečný, uniknúť
- vrátiť nemenné alebo efektívne nemenné objekty (také o ktorých vieme, že ich meniť nebudeme)
- sprístupniť thread-safe objekty, alebo objekty chrániť rovnakým zámkom