Оглавление

[Java 8 2](#_Toc75120902)

[java.io 2](#_Toc75120903)

[interface Serializable 2](#_Toc75120904)

[java.lang 3](#_Toc75120905)

[interface CharSequence 3](#_Toc75120906)

[interface Comparable<T> 6](#_Toc75120907)

[class Object 7](#_Toc75120908)

[class String 9](#_Toc75120909)

[Многопоточность 26](#_Toc75120910)

[Многопоточность в Java: основы 26](#_Toc75120911)

[Многопоточность в Java: средства стандартной библиотеки 47](#_Toc75120912)

[Новая тема 71](#_Toc75120913)

# Java 8

## java.io

### interface Serializable

package java.io;

public interface Serializable

## java.lang

### interface CharSequence

package java.lang;

#### import

|  |  |
| --- | --- |
| 1.  2.  3.  4.  5.  6.  7. | java.util.NoSuchElementException;  java.util.PrimitiveIterator;  java.util.Spliterator;  java.util.Spliterators;  java.util.function.IntConsumer;  java.util.stream.IntStream;  java.util.stream.StreamSupport; |

public interface CharSequence

#### методы

|  |  |
| --- | --- |
| 1. | int length(); |
| 1. | char charAt(int index); |
| 1. | CharSequence subSequence(int start, int end); |
| 1. | String toString(); |

#### методы дефолтные

|  |  |
| --- | --- |
| 1.  2.  3.  4.  5.  6.  7.  8.  9.  10.  11.  12.  13.  14.  15.  16.  17.  18.  19.  20.  21.  22.  23.  24.  25.  26.  27.  28.  29.  30.  31.  32.  33.  34.  35. | public default IntStream chars() {  class CharIterator  implements PrimitiveIterator.OfInt {  int cur = 0;  public boolean hasNext() {  return cur < length();  }  public int nextInt() {  if (hasNext()) {  return charAt(cur++);  } else {  throw new NoSuchElementException();  }  }  @Override  public void forEachRemaining(  IntConsumer block) {  for (; cur < length(); cur++) {  block.accept(charAt(cur));  }  }  }  return StreamSupport.intStream(() ->  Spliterators.spliterator(  new CharIterator(),  length(),  Spliterator.ORDERED),  Spliterator.SUBSIZED | Spliterator.SIZED  | Spliterator.ORDERED,  false);  } |
| 1.  2.  3.  4.  5.  6.  7.  8.  9.  10.  11.  12.  13.  14.  15.  16.  17.  18.  19.  20.  21.  22.  23.  24.  25.  26.  27.  28.  29.  30.  31.  32.  33.  34.  35.  36.  37.  38.  39.  40.  41.  42.  43.  44.  45.  46.  47.  48.  49.  50.  51.  52.  53.  54.  55.  56.  57.  58.  59.  60.  61.  62. | public default IntStream codePoints() {  class CodePointIterator  implements PrimitiveIterator.OfInt {  int cur = 0;  @Override  public void forEachRemaining(  IntConsumer block) {  final int length = length();  int i = cur;  try {  while (i < length) {  char c1 = charAt(i++);  if (!Character.isHighSurrogate(c1)  || i >= length) {  block.accept(c1);  } else {  char c2 = charAt(i);  if (Character.isLowSurrogate(c2)) {  i++;  block.accept(  Character.toCodePoint(c1, c2));  } else {  block.accept(c1);  }  }  }  } finally {  cur = i;  }  }  public boolean hasNext() {  return cur < length();  }  public int nextInt() {  final int length = length();  if (cur >= length) {  throw new NoSuchElementException();  }  char c1 = charAt(cur++);  if (Character.isHighSurrogate(c1) && cur  < length) {  char c2 = charAt(cur);  if (Character.isLowSurrogate(c2)) {  cur++;  return Character.toCodePoint(c1, c2);  }  }  return c1;  }  }  return StreamSupport.intStream(() ->  Spliterators.spliteratorUnknownSize(  new CodePointIterator(),  Spliterator.ORDERED),  Spliterator.ORDERED,  false);  } |

### interface Comparable<T>

package java.lang;

#### import

|  |  |
| --- | --- |
| 1. | java.util.\*; |

public interface Comparable<T>

методы

|  |  |
| --- | --- |
| 1. | public int compareTo(T o); |

### class Object

package java.lang;

public class Object

конструкторы по умолчанию

#### методы

|  |  |
| --- | --- |
| 1. | public final native Class<?> getClass(); |
| 1. | public native int hashCode(); |
| 1.  2.  3. | public boolean equals(Object obj) {  return (this == obj);  } |
| 1.  2. | protected native Object clone()  throws CloneNotSupportedException; |
| 1.  2.  3.  4. | public String toString() {  return getClass().getName() + "@"  + Integer.toHexString(hashCode());  } |
| 1. | public final native void notify(); |
| 1. | public final native void notifyAll(); |
| 1.  2. | public final native void wait(long timeout)  throws InterruptedException; |
| 1.  2.  3.  4.  5.  6.  7.  8.  9.  10.  11.  12.  13.  14.  15.  16.  17.  18. | public final void wait(long timeout, int nanos)  throws InterruptedException {  if (timeout < 0) {  throw new IllegalArgumentException(  "timeout value is negative");  }  if (nanos < 0 || nanos > 999999) {  throw new IllegalArgumentException(  "nanosecond timeout value out of range");  }  if (nanos > 0) {  timeout++;  }  wait(timeout);  } |
| 1.  2.  3.  4. | public final void wait()  throws InterruptedException {  wait(0);  } |
| 1. | protected void finalize() throws Throwable { } |

#### методы приватные

|  |  |
| --- | --- |
| 1.  2.  3.  4.  5. | private static native void registerNatives();  static {  registerNatives();  } |

### class String

package java.lang;

#### import

|  |  |
| --- | --- |
| 1.  2.  3.  4.  5.  6.  7.  8.  9.  10.  11.  12.  13. | java.io.ObjectStreamField;  java.io.UnsupportedEncodingException;  java.nio.charset.Charset;  java.util.ArrayList;  java.util.Arrays;  java.util.Comparator;  java.util.Formatter;  java.util.Locale;  java.util.Objects;  java.util.StringJoiner;  java.util.regex.Matcher;  java.util.regex.Pattern;  java.util.regex.PatternSyntaxException; |

public final class String

extends [Object](#_class_Object)

#### implements

|  |  |
| --- | --- |
| 1.  2.  3. | java.io.Serializable,  Comparable<String>,  CharSequence |

#### поля

|  |  |
| --- | --- |
| 1. | private final char value[]; |
| 1. | private int hash; |
| 1.  2. | private static final long serialVersionUID =  -6849794470754667710L; |
| 1.  2.  3. | private static final  ObjectStreamField[] serialPersistentFields =  new ObjectStreamField[0]; |

#### конструкторы

|  |  |
| --- | --- |
| 1.  2.  3. | public String() {  this.value = "".value;  } |
| 1.  2.  3.  4. | public String(String original) {  this.value = original.value;  this.hash = original.hash;  } |
| 1.  2.  3. | public String(char value[]) {  this.value = Arrays.copyOf(value, value.length);  } |
| 1.  2.  3.  4.  5.  6.  7.  8.  9.  10.  11.  12.  13.  14.  15.  16.  17.  18.  19.  20.  21.  22.  23.  24.  25.  26.  27.  28. | public String(  char value[],  int offset,  int count) {  if (offset < 0) {  throw new StringIndexOutOfBoundsException(  offset);  }  if (count <= 0) {  if (count < 0) {  throw new StringIndexOutOfBoundsException(  count);  }  if (offset <= value.length) {  this.value = "".value;  return;  }  }  // Note: offset or count might be near -1>>>1.  if (offset > value.length - count) {  throw new StringIndexOutOfBoundsException(  offset + count);  }  this.value = Arrays.copyOfRange(  value,  offset,  offset+count);  } |
| 1.  2.  3.  4.  5.  6.  7.  8.  9.  10.  11.  12.  13.  14.  15.  16.  17.  18.  19.  20.  21.  22.  23.  24.  25.  26.  27.  28.  29.  30.  31.  32.  33.  34.  35.  36.  37.  38.  39.  40.  41.  42.  43.  44.  45.  46.  47.  48.  49.  50.  51. | public String(  int[] codePoints,  int offset,  int count) {  if (offset < 0) {  throw new StringIndexOutOfBoundsException(  offset);  }  if (count <= 0) {  if (count < 0) {  throw new StringIndexOutOfBoundsException(  count);  }  if (offset <= codePoints.length) {  this.value = "".value;  return;  }  }  // Note: offset or count might be near -1>>>1.  if (offset > codePoints.length - count) {  throw new StringIndexOutOfBoundsException(  offset + count);  }  final int end = offset + count;  // Pass 1: Compute precise size of char[]  int n = count;  for (int i = offset; i < end; i++) {  int c = codePoints[i];  if (Character.isBmpCodePoint(c))  continue;  else if (Character.isValidCodePoint(c))  n++;  else throw new IllegalArgumentException(  Integer.toString(c));  }  // Pass 2: Allocate and fill in char[]  final char[] v = new char[n];  for (int i = offset, j = 0; i < end; i++, j++) {  int c = codePoints[i];  if (Character.isBmpCodePoint(c))  v[j] = (char)c;  else  Character.toSurrogates(c, v, j++);  }  this.value = v;  } |
| 1.  2.  3.  4.  5.  6.  7.  8.  9.  10.  11.  12.  13.  14.  15. | public String(  byte bytes[],  int offset,  int length,  String charsetName)  throws UnsupportedEncodingException {  if (charsetName == null)  throw new NullPointerException("charsetName");  checkBounds(bytes, offset, length);  this.value = StringCoding.decode(  charsetName,  bytes,  offset,  length);  } |
| 1.  2.  3.  4.  5.  6.  7.  8.  9.  10.  11.  12.  13.  14. | public String(  byte bytes[],  int offset,  int length,  Charset charset) {  if (charset == null)  throw new NullPointerException("charset");  checkBounds(bytes, offset, length);  this.value = StringCoding.decode(  charset,  bytes,  offset,  length);  } |
| 1.  2.  3.  4. | public String(byte bytes[], String charsetName)  throws UnsupportedEncodingException {  this(bytes, 0, bytes.length, charsetName);  } |
| 1.  2.  3. | public String(byte bytes[], Charset charset) {  this(bytes, 0, bytes.length, charset);  } |
| 1.  2.  3.  4.  5.  6.  7.  8. | public String(  byte bytes[],  int offset,  int length) {  checkBounds(bytes, offset, length);  this.value =  StringCoding.decode(bytes, offset, length);  } |
| 1.  2.  3. | public String(byte bytes[]) {  this(bytes, 0, bytes.length);  } |
| 1.  2.  3.  4.  5.  6.  7. | public String(StringBuffer buffer) {  synchronized(buffer) {  this.value = Arrays.copyOf(  buffer.getValue(),  buffer.length());  }  } |
| 1.  2.  3.  4.  5. | public String(StringBuilder builder) {  this.value = Arrays.copyOf(  builder.getValue(),  builder.length());  } |
| 1.  2.  3.  4. | String(char[] value, boolean share) {  // assert share : "unshared not supported";  this.value = value;  } |

#### методы

|  |  |
| --- | --- |
| 1.  2.  3.  4.  5.  6.  7.  8.  9.  10.  11.  12.  13.  14.  15.  16.  17.  18.  19.  20.  21.  22.  23.  24.  25.  26.  27.  28.  29.  30.  31.  32.  33.  34.  35.  36.  37.  38.  39.  40.  41.  42.  43.  44.  45.  46.  47.  48.  49.  50.  51. |  |
| 1.  2.  3.  4.  5.  6.  7.  8.  9.  10.  11.  12.  13.  14.  15.  16.  17.  18.  19.  20.  21.  22.  23.  24.  25.  26.  27.  28.  29.  30.  31.  32.  33.  34.  35.  36.  37.  38.  39.  40.  41.  42.  43.  44.  45.  46.  47.  48.  49.  50.  51. |  |
| 1.  2.  3.  4.  5.  6.  7.  8.  9.  10.  11.  12.  13.  14.  15.  16.  17.  18.  19.  20.  21.  22.  23.  24.  25.  26.  27.  28.  29.  30.  31.  32.  33.  34.  35.  36.  37.  38.  39.  40.  41.  42.  43.  44.  45.  46.  47.  48.  49.  50.  51. |  |
| 1.  2.  3.  4.  5.  6.  7.  8.  9.  10.  11.  12.  13.  14.  15.  16.  17.  18.  19.  20.  21.  22.  23.  24.  25.  26.  27.  28.  29.  30.  31.  32.  33.  34.  35.  36.  37.  38.  39.  40.  41.  42.  43.  44.  45.  46.  47.  48.  49.  50.  51. |  |
| 1.  2.  3.  4.  5.  6.  7.  8.  9.  10.  11.  12.  13.  14.  15.  16.  17.  18.  19.  20.  21.  22.  23.  24.  25.  26.  27.  28.  29.  30.  31.  32.  33.  34.  35.  36.  37.  38.  39.  40.  41.  42.  43.  44.  45.  46.  47.  48.  49.  50.  51. |  |
| 1.  2.  3.  4.  5.  6.  7.  8.  9.  10.  11.  12.  13.  14.  15.  16.  17.  18.  19.  20.  21.  22.  23.  24.  25.  26.  27.  28.  29.  30.  31.  32.  33.  34.  35.  36.  37.  38.  39.  40.  41.  42.  43.  44.  45.  46.  47.  48.  49.  50.  51. |  |
| 1.  2.  3.  4.  5.  6.  7.  8.  9.  10.  11.  12.  13.  14.  15.  16.  17.  18.  19.  20.  21.  22.  23.  24.  25.  26.  27.  28.  29.  30.  31.  32.  33.  34.  35.  36.  37.  38.  39.  40.  41.  42.  43.  44.  45.  46.  47.  48.  49.  50.  51. |  |
| 1.  2.  3.  4.  5.  6.  7.  8.  9.  10.  11.  12.  13.  14.  15.  16.  17.  18.  19.  20.  21.  22.  23.  24.  25.  26.  27.  28.  29.  30.  31.  32.  33.  34.  35.  36.  37.  38.  39.  40.  41.  42.  43.  44.  45.  46.  47.  48.  49.  50.  51. |  |
| 1.  2.  3.  4.  5.  6.  7.  8.  9.  10.  11.  12.  13.  14.  15.  16.  17.  18.  19.  20.  21.  22.  23.  24.  25.  26.  27.  28.  29.  30.  31.  32.  33.  34.  35.  36.  37.  38.  39.  40.  41.  42.  43.  44.  45.  46.  47.  48.  49.  50.  51. |  |

#### методы приватные

|  |  |
| --- | --- |
| 1.  2.  3.  4.  5.  6.  7.  8.  9.  10.  11.  12.  13.  14.  15.  16.  17.  18.  19.  20.  21.  22.  23.  24.  25.  26.  27.  28.  29.  30.  31.  32.  33.  34.  35.  36.  37.  38.  39.  40.  41.  42.  43.  44.  45.  46.  47.  48.  49.  50.  51. | private static void checkBounds(  byte[] bytes,  int offset,  int length) {  if (length < 0)  throw new StringIndexOutOfBoundsException(  length);  if (offset < 0)  throw new StringIndexOutOfBoundsException(  offset);  if (offset > bytes.length - length)  throw new StringIndexOutOfBoundsException(  offset + length);  } |

sad

# Многопоточность

## Многопоточность в Java: основы

#### Мотивация

* Одновременное выполнение нескольких действий (например, отрисовка пользовательского интерфейса и передача файлов по сети);
* Ускорение вычислений (при наличии нескольких вычислительных ядер).

#### Закон Амдала

S — ускорение;

P — доля вычислений, которые возможно распараллелить;

N — количество вычислительных ядер.

#### Параллелизм в Java

Запуск нескольких JVM на одной или на разных компьютерах:

* нет общей памяти;
* взаимодействие через файловую систему или сетевое соединение.

Запуск нескольких потоков внутри JVM:

* есть общая память;
* обширная поддержка в языке и стандартной библиотеке.

#### Проблемы параллельных программ

* Гонка (race condition) — проблемы при использовании общей памяти, решение — эксклюзивный доступ к данным (примитивы синхронизации);
* Взаимная блокировка (deadlock).

#### java.lang.Thread

Потоки представлены экземплярами класса java.lang.Thread.

Основные методы:

* String getName();
* long getId();
* boolean isDeamon();
* StackTraceElement[] getStackTrace();
* ThreadGroup getThreadGroup().

#### Thread dump

Список всех потоков с их состояниями и stack trace’ами (кнопка в IDE (значок фотоаппарата в меню run)).

#### Создание потока

1‑й способ

|  |  |
| --- | --- |
| 1.  2.  3.  4. | public static void main() {  Thread thread1 = new NewThread();  thread1.start();  } |
| 1.  2.  3.  4.  5.  6.  7. | public class NewThread extends Thread {  @Override  public void run() {  ...  }  } |

или

|  |  |
| --- | --- |
| 1.  2.  3.  4.  5.  6.  7.  8.  9.  10. | public static void main() {  Thread thread2 = new Thread() {  @Override  public void run() {  ...  }  };  thread2.start();  } |

2‑й способ

|  |  |
| --- | --- |
| 1.  2.  3.  4.  5. | public static void main() {  Runnable runnable = () -> ...;  Thread thread3 = new Thread(runnable);  thread3.start();  } |

#### Жизненный цикл потока

* создание объекта Thread;
* запуск (thread.start());
* работа (выполняется метод run(), thread.isAlive() == true);
* завершение (метод run() закончился или бросил исключение);
* завершенный поток нельзя перезапустить.

#### Примеры

|  |  |
| --- | --- |
| 1.  2.  3.  4.  5.  6.  7.  8.  9.  10.  11.  12.  13. | public static void main() {  for (int i = 0; i < 10; i++) {  new HelloThread().start();  }  System.out.println("main поток");  }  private static class HelloThread extends Thread {  @Override  public void run() {  System.out.println(getName());  }  } |
| 1.  2.  3.  4.  5.  6.  7.  8.  9.  10.  11. | Thread-0  Thread-2  Thread-1  Thread-4  Thread-3  Thread-5  Thread-6  main поток  Thread-8  Thread-7  Thread-9 |

|  |  |
| --- | --- |
| 1.  2.  3.  4.  5.  6.  7.  8.  9.  10.  11.  12.  13.  14.  15. | public static void main() {  for (int i = 0; i < 10; i++) {  new Thread(new HelloRunnable()).start();  }  System.out.println("main поток");  }  private static class HelloRunnable  implements Runnable {  @Override  public void run() {  System.out.println(  Thread.currentThread().getName());  }  } |
| 1.  2.  3.  4.  5.  6.  7.  8.  9.  10.  11. | Thread-1  main поток  Thread-7  Thread-5  Thread-3  Thread-0  Thread-2  Thread-9  Thread-8  Thread-6  Thread-4 |

|  |  |
| --- | --- |
| 1.  2.  3.  4.  5.  6.  7.  8. | public static void main() {  for (int i = 0; i < 10; i++) {  new Thread(() -> System.out.println(  Thread.currentThread().getName()))  .start();  }  System.out.println("main поток");  } |
| 1.  2.  3.  4.  5.  6.  7.  8.  9.  10.  11. | Thread-0  Thread-5  Thread-1  main поток  Thread-3  Thread-6  Thread-4  Thread-7  Thread-8  Thread-9  Thread-2 |

С таким вариантом нужно быть осторожным. В данном случае нет никакого состояния, поэтому так делать можно.

|  |  |
| --- | --- |
| 1.  2.  3.  4.  5.  6.  7.  8.  9.  10.  11.  12.  13.  14.  15.  16.  17. | public static void main() {  HelloRunnable helloRunnable =  new HelloRunnable();  for (int i = 0; i < 10; i++) {  new Thread(helloRunnable).start();  }  System.out.println("main поток");  }  private static class HelloRunnable  implements Runnable {  @Override  public void run() {  System.out.println(  Thread.currentThread().getName());  }  } |
| 1.  2.  3.  4.  5.  6.  7.  8.  9.  10.  11. | Thread-0  Thread-4  Thread-5  Thread-3  Thread-6  main поток  Thread-2  Thread-1  Thread-8  Thread-7  Thread-9 |

#### Прерывание потока

* thread.interrapt();
* если поток находится в ожидании (sleep, join wait), то ожидание прерывается исключением InterruptedException;
* Иначе у потока просто устанавливается флаг interrupted: флаг проверяется методами interrupted() и isInterrupted(), проверять флаг и завершать поток надо самостоятельно;
* thread.join().

#### Примеры

|  |  |
| --- | --- |
| 1.  2.  3.  4.  5.  6.  7.  8.  9.  10.  11.  12.  13.  14.  15.  16.  17.  18.  19.  20.  21.  22.  23.  24.  25.  26.  27.  28.  29.  30.  31.  32.  33.  34.  35.  36.  37.  38.  39.  40.  41.  42.  43.  44.  45.  46.  47.  48.  49.  50. | public static void main()  throws InterruptedException {  Thread worker = new WorkerThread();  Thread sleeper = new SleeperThread();  System.out.println("Starting threads");  worker.start();  sleeper.start();  Thread.sleep(100L);  System.out.println("Interrupted threads");  worker.interrupt();  sleeper.interrupt();  System.out.println("Joining threads");  worker.join();  sleeper.join();  System.out.println("All done");  }  private static class WorkerThread  extends Thread {  @Override  public void run() {  long sum = 0;  for (int i = 0; i < 1\_000\_000\_000; i++) {  sum += i;  if (i % 100 == 0 && isInterrupted()) {  System.out.println("i = " + i);  break;  }  }  }  }  private static class SleeperThread  extends Thread {  @Override  public void run() {  try {  Thread.sleep(10\_000L);  } catch (InterruptedException e) {  System.out.println("Sleep interrupted");  }  }  } |
| 1.  2.  3.  4.  5.  6. | Starting threads  Interrupted threads  Joining threads  Sleep interrupted  i = 92633100  All done |

Программа зависает и ждет выполнение потоков.

|  |  |
| --- | --- |
| 1.  2.  3.  4.  5.  6.  7.  8.  9.  10.  11.  12.  13.  14.  15.  16.  17.  18.  19.  20.  21.  22.  23.  24.  25.  26.  27.  28.  29.  30.  31.  32.  33.  34.  35.  36.  37.  38.  39.  40.  41.  42.  43.  44.  45.  46.  47.  48.  49.  50. | public static void main()  throws InterruptedException {  Thread worker = new WorkerThread();  Thread sleeper = new SleeperThread();  System.out.println("Starting threads");  worker.start();  sleeper.start();  Thread.sleep(100L);  // System.out.println("Interrupted threads");  // worker.interrupt();  // sleeper.interrupt();  //  // System.out.println("Joining threads");  // worker.join();  // sleeper.join();  System.out.println("All done");  }  private static class WorkerThread  extends Thread {  @Override  public void run() {  long sum = 0;  for (int i = 0; i < 1\_000\_000\_000; i++) {  sum += i;  if (i % 100 == 0 && isInterrupted()) {  System.out.println("i = " + i);  break;  }  }  }  }  private static class SleeperThread  extends Thread {  @Override  public void run() {  try {  Thread.sleep(10\_000L);  } catch (InterruptedException e) {  System.out.println("Sleep interrupted");  }  }  } |
| 1.  2. | Starting threads  All done |

Программа больше не зависает, т. к. потоки стали демонами.

|  |  |
| --- | --- |
| 1.  2.  3.  4.  5.  6.  7.  8.  9.  10.  11.  12.  13.  14.  15.  16.  17.  18.  19.  20.  21.  22.  23.  24.  25.  26.  27.  28.  29.  30.  31.  32.  33.  34.  35.  36.  37.  38.  39.  40.  41.  42.  43.  44. | public static void main()  throws InterruptedException {  Thread worker = new WorkerThread();  worker.setDaemon(true);  Thread sleeper = new SleeperThread();  sleeper.setDaemon(true);  System.out.println("Starting threads");  worker.start();  sleeper.start();  Thread.sleep(100L);  System.out.println("All done");  }  private static class WorkerThread  extends Thread {  @Override  public void run() {  long sum = 0;  for (int i = 0; i < 1\_000\_000\_000; i++) {  sum += i;  if (i % 100 == 0 && isInterrupted()) {  System.out.println("i = " + i);  break;  }  }  }  }  private static class SleeperThread  extends Thread {  @Override  public void run() {  try {  Thread.sleep(10\_000L);  } catch (InterruptedException e) {  System.out.println("Sleep interrupted");  }  }  } |

#### Возможности встроенной синхронизации

* взаимное исключение (пока один поток что‑то делает, другие не могут ему помешать);
* ожидание и уведомление (поток ожидает уведомление от других потоков).

#### Ключевое слово synchronized

Синхронизированный метод (статический или нестатический)

|  |  |
| --- | --- |
| 1.  2.  3. | public synchronized void doSomething() {  ...  } |

Синхронизированный блок внутри нестатического метода

|  |  |
| --- | --- |
| 1.  2.  3.  4.  5. | public void doSomething() {  synchronized (this) {  ...  }  } |

Синхронизированный блок внутри статического метода

|  |  |
| --- | --- |
| 1.  2.  3.  4.  5.  6.  7. | public class C {  public static void doSomething() {  synchronized (C.class) {  ...  }  }  } |

Синхронизация блоков — по монитору указанного объекта.

Синхронизация методов — по монитору текущего объекта (this).

Синхронизация статических методов — по монитору класса.

Один момент: два разных синхронизованных метода одного класса не могут выполнять несколькими потоками параллельно, т. к. экземпляр объекта один и тот же, а значит и монитор один и тот же. А если один из них статический, то могут исполняться в параллельных потоках.

#### Ожидания и уведомления

Допустимо только внутри synchronized.

Приостанавливает текущий поток (поток засыпает и освобождает блокировку текущего объекта): void wait, void wait(long millis), void wait(long millis, int nanos).

Будит поток: void notify(), void notifyAll() (будет все потоки).

#### Примеры

|  |  |
| --- | --- |
| 1.  2.  3.  4.  5.  6.  7.  8.  9.  10.  11.  12.  13.  14.  15.  16.  17.  18.  19.  20.  21.  22.  23.  24.  25.  26.  27.  28.  29.  30.  31.  32.  33.  34.  35.  36.  37.  38.  39.  40.  41.  42.  43.  44.  45.  46.  47.  48.  49.  50.  51.  52.  53. | public static void main()  throws InterruptedException {  Account account = new Account(100\_000);  System.out.println(  "Begin balance = " + account.getBalance());  Thread withdrawThread =  new WithdrawThread(account);  Thread depositThread =  new DepositThread(account);  withdrawThread.start();  depositThread.start();  withdrawThread.join();  depositThread.join();  System.out.println(  "End balance = " + account.getBalance());  }  private static class WithdrawThread  extends Thread {  private final Account account;  private WithdrawThread(Account account) {  this.account = account;  }  @Override  public void run() {  for (int i = 0; i < 20\_000; i++) {  account.withdraw(1);  }  }  }  private static class DepositThread  extends Thread {  private final Account account;  private DepositThread(Account account) {  this.account = account;  }  @Override  public void run() {  for (int i = 0; i < 20\_000; i++) {  account.deposit(1);  }  }  } |
| 1.  2.  3.  4.  5.  6.  7.  8.  9.  10.  11.  12.  13.  14.  15.  16.  17.  18.  19.  20.  21.  22.  23.  24.  25.  26.  27.  28.  29.  30.  31.  32.  33.  34.  35.  36.  37.  38. | public class Account {  private long balance;  public Account() {  this(0L);  }  public Account(long balance) {  this.balance = balance;  }  public long getBalance() {  return balance;  }  public void deposit(long amount) {  checkAmountNonNegative(amount);  balance += amount;  }  public void withdraw(long amount) {  checkAmountNonNegative(amount);  if (balance < amount) {  throw new IllegalArgumentException(  "not enough money");  }  balance -= amount;  }  private static void checkAmountNonNegative(  long amount) {  if (amount < 0) {  throw new IllegalArgumentException(  "negative amount");  }  }  } |
| 1.  2. | Begin balance = 100000  End balance = 104013 |

##### Чтобы это исправить помечаем методы synchronized.

|  |  |
| --- | --- |
| 1.  2.  3.  4.  5.  6.  7.  8.  9.  10.  11.  12.  13.  14.  15.  16.  17.  18.  19.  20.  21.  22.  23.  24.  25.  26.  27.  28.  29.  30.  31.  32.  33.  34.  35.  36.  37.  38. | public class Account {  private long balance;  public Account() {  this(0L);  }  public Account(long balance) {  this.balance = balance;  }  public long getBalance() {  return balance;  }  public synchronized void deposit(long amount) {  checkAmountNonNegative(amount);  balance += amount;  }  public synchronized void withdraw(long amount) {  checkAmountNonNegative(amount);  if (balance < amount) {  throw new IllegalArgumentException(  "not enough money");  }  balance -= amount;  }  private static void checkAmountNonNegative(  long amount) {  if (amount < 0) {  throw new IllegalArgumentException(  "negative amount");  }  }  } |
| 1.  2. | Begin balance = 100000  End balance = 100000 |

Рекомендуется в synchronized помещать только маленький кусочек работы. В данном случае вся полезная работа оказывается в synchronized блоке, но в большинстве реальных ситуаций можно выделить маленький кусочек, требующий синхронизации.

|  |  |
| --- | --- |
| 1.  2.  3.  4.  5.  6.  7.  8.  9.  10.  11.  12.  13.  14.  15.  16.  17. | public void deposit(long amount) {  checkAmountNonNegative(amount);  synchronized (this) {  balance += amount;  }  }  public void withdraw(long amount) {  checkAmountNonNegative(amount);  synchronized (this) {  if (balance < amount) {  throw new IllegalArgumentException(  "not enough money");  }  balance -= amount;  }  } |

|  |  |
| --- | --- |
| 1.  2.  3.  4.  5.  6.  7.  8.  9.  10.  11.  12.  13.  14.  15.  16.  17.  18.  19.  20.  21.  22.  23.  24.  25.  26.  27.  28.  29.  30.  31. | public static void main()  throws InterruptedException {  Account account = new Account(0);  new DepositThread(account).start();  System.out.println(  "Calling waitAndWithdraw() ...");  account.waitAndWithdraw(50\_000\_000);  System.out.println(  "waitAndWithdraw() finished");  }  private static class DepositThread  extends Thread {  private final Account account;  private DepositThread(Account account) {  this.account = account;  }  @Override  public void run() {  for (int i = 0; i < 50\_000\_000; i++) {  account.deposit(1);  }  }  } |
| 1.  2.  3.  4.  5.  6.  7.  8.  9.  10.  11.  12.  13.  14.  15.  16.  17.  18.  19.  20.  21.  22.  23.  24.  25.  26.  27.  28.  29.  30.  31.  32.  33.  34.  35.  36.  37.  38.  39.  40.  41.  42.  43.  44.  45.  46.  47.  48.  49.  50. | public class Account {  private long balance;  public Account() {  this(0L);  }  public Account(long balance) {  this.balance = balance;  }  public long getBalance() {  return balance;  }  public synchronized void deposit(long amount) {  checkAmountNonNegative(amount);  balance += amount;  notifyAll();  }  public synchronized void withdraw(long amount) {  checkAmountNonNegative(amount);  if (balance < amount) {  throw new IllegalArgumentException(  "not enough money");  }  balance -= amount;  }  public synchronized void waitAndWithdraw(  long amount)  throws InterruptedException {  checkAmountNonNegative(amount);  while (balance < amount) {  wait();  // System.out.println("Wakeup: " + balance);  }  balance -= amount;  }  private static void checkAmountNonNegative(  long amount) {  if (amount < 0) {  throw new IllegalArgumentException(  "negative amount");  }  }  } |
| 1.  2. | Calling waitAndWithdraw() ...  waitAndWithdraw() finished |

#### Атомарность

Чтение и запись полей всех типов, кроме long и double, происходит атомарно.

Если поле объявлено с модификатором volatile, то атомарно читаются и пишутся даже long и double.

#### Видимость

Изменения значений полей, сделанные одним потоком, могут быть не видны в другом потоке.

Изменения, сделанные одним потоком, могут быть видны в другом потоке.

Правила формализованы при помощи отношения happens-before (если в одном поток произошло некоторое событие X, а в другом потоке после этого произошло событие Z, то мы гарантировано знаем, что все, что произошло до X будет видно после Z).

Семантика final.

#### happens-before

Запись volatile-поля happens-before чтения этого поля.

Освобождение монитора happens-before захват того же монитора.

thread.start() happens-before thread.run().

Завершение thread.run() happens-before выход из thread.join().

|  |  |
| --- | --- |
| 1.  2.  3.  4.  5.  6.  7.  8.  9.  10.  11.  12.  13.  14.  15.  16.  17.  18.  19. | public class Singleton {  private int foo;  private String bar;  private Singleton() {  this.foo = 13;  this.bar = "zap";  }  private static Singleton instance;  public static Singleton getInstance() {  if (instance == null) {  instance = new Singleton();  }  return instance;  }  } |

##### Для многопоточной программы:

|  |  |
| --- | --- |
| 1.  2.  3.  4.  5.  6.  7.  8.  9.  10.  11.  12.  13.  14.  15.  16.  17.  18.  19.  20. | public class Singleton {  private int foo;  private String bar;  private Singleton() {  this.foo = 13;  this.bar = "zap";  }  private static Singleton instance;  public synchronized static  Singleton getInstance() {  if (instance == null) {  instance = new Singleton();  }  return instance;  }  } |

##### Ни в коем случае не делать такую штуку (можем получить ссылку на недостроенный объект):

|  |  |
| --- | --- |
| 1.  2.  3.  4.  5.  6.  7.  8.  9.  10. | public static Singleton getInstance() {  if (instance == null) {  synchronized (Singleton.class) {  if (instance == null) {  instance = new Singleton();  }  }  }  return instance;  } |

##### Но это лечится так:

|  |  |
| --- | --- |
| 1.  2.  3.  4.  5.  6.  7.  8.  9.  10.  11.  12.  13.  14.  15.  16.  17.  18.  19.  20.  21.  22.  23. | public class Singleton {  private int foo;  private String bar;  private Singleton() {  this.foo = 13;  this.bar = "zap";  }  private volatile static Singleton instance;  public static Singleton getInstance() {  if (instance == null) {  synchronized (Singleton.class) {  if (instance == null) {  instance = new Singleton();  }  }  }  return instance;  }  } |

#### Код

<https://github.com/java-the-best/multithreading-vladykin>

#### Источники

* <https://www.youtube.com/watch?v=zxZ0BXlTys0&ab_channel=ComputerScienceCenter>

## Многопоточность в Java: средства стандартной библиотеки

#### java.util.concurrent.atomic

* AtomicBoolean, AtomicInteger, AtomicLong, AtomocReference<V>;
* Операции: V get(), void set(V newValue), boolean compareAndSet(V expect, V update).

#### compareAndSet

Примитив compareAndSet позволяет реализовать другие операции.

|  |  |
| --- | --- |
| 1.  2.  3.  4.  5.  6.  7.  8.  9. | public final int incrementAndGet() {  for (;;) {  int current = get();  int next current + 1;  if (compareAndSet(current, next)) {  return next;  }  }  } |

#### Примеры

|  |  |
| --- | --- |
| 1.  2.  3.  4.  5.  6.  7.  8.  9.  10.  11.  12.  13.  14.  15.  16.  17.  18.  19.  20.  21.  22.  23.  24.  25.  26.  27.  28.  29.  30. | public class SequenceGeneratorBroken {  private static volatile int counter = 0;  public static int nextInt() {  return counter++;  }  public static void main()  throws InterruptedException {  List<Thread> threads = new ArrayList<>();  for (int i = 0; i < 10; i++) {  Thread thread = new Thread(() -> {  for (int j = 0; j < 1000; j++) {  nextInt();  }  });  thread.start();  threads.add(thread);  }  for (Thread thread : threads) {  thread.join();  }  System.out.println(  "Counter final value: " + counter);  }  } |
| 1. | Counter final value: 9040 |

##### Правильное решение

|  |  |
| --- | --- |
| 1.  2.  3.  4.  5.  6.  7.  8.  9.  10.  11.  12.  13.  14.  15.  16.  17.  18.  19.  20.  21.  22.  23.  24.  25.  26.  27.  28.  29.  30. | public class SequenceGeneratorGood1 {  private static int counter = 0;  public static synchronized int nextInt() {  return counter++;  }  public static void main()  throws InterruptedException {  List<Thread> threads = new ArrayList<>();  for (int i = 0; i < 10; i++) {  Thread thread = new Thread(() -> {  for (int j = 0; j < 1000; j++) {  nextInt();  }  });  thread.start();  threads.add(thread);  }  for (Thread thread : threads) {  thread.join();  }  System.out.println(  "Counter final value: " + counter);  }  } |
| 1. | Counter final value: 10000 |

##### Еще одно правильное решение

|  |  |
| --- | --- |
| 1.  2.  3.  4.  5.  6.  7.  8.  9.  10.  11.  12.  13.  14.  15.  16.  17.  18.  19.  20.  21.  22.  23.  24.  25.  26.  27.  28.  29.  30.  31. | public class SequenceGeneratorGood2 {  private static final AtomicInteger counter =  new AtomicInteger();  public static int nextInt() {  return counter.getAndIncrement();  }  public static void main()  throws InterruptedException {  List<Thread> threads = new ArrayList<>();  for (int i = 0; i < 10; i++) {  Thread thread = new Thread(() -> {  for (int j = 0; j < 1000; j++) {  nextInt();  }  });  thread.start();  threads.add(thread);  }  for (Thread thread : threads) {  thread.join();  }  System.out.println(  "Counter final value: " + counter);  }  } |
| 1. | Counter final value: 10000 |

#### Semaphore

* класс java.util.concurrent.Semaphore;
* ограничивает одновременный доступ к ресурсу;
* в отличии от synchronized-блока, одновременно могут работать несколько потоков (но не более заданного N);
* операции: void acquire(), void release().

|  |  |
| --- | --- |
| 1.  2.  3.  4.  5.  6.  7.  8.  9.  10. | public static void main()  throws InterruptedException {  Semaphore semaphore = new Semaphore(10);  semaphore.acquire();  try {  ...  } finally {  semaphore.release();  }  } |

#### Примеры

|  |  |
| --- | --- |
| 1.  2.  3.  4.  5.  6.  7.  8.  9.  10.  11.  12.  13.  14.  15.  16.  17.  18.  19.  20.  21.  22.  23.  24.  25.  26.  27.  28.  29.  30.  31.  32.  33.  34.  35.  36.  37.  38.  39.  40.  41.  42.  43.  44.  45.  46.  47.  48.  49.  50.  51.  52.  53.  54.  55.  56. | public class SemaphoreDemo {  public static void main()  throws InterruptedException {  Semaphore semaphore = new Semaphore(2);  List<Thread> threads = new ArrayList<>();  for (int i = 0; i < 10; i++) {  DemoThread thread =  new DemoThread(semaphore);  threads.add(thread);  thread.start();  }  Thread.sleep(20\_000);  for (Thread thread : threads) {  thread.interrupt();  }  }  private static class DemoThread extends Thread {  private final Semaphore semaphore;  public DemoThread(Semaphore semaphore) {  this.semaphore = semaphore;  }  @Override  public void run() {  try {  runUnsafe();  } catch (InterruptedException e) {  System.out.println(  getName() + " interrupted");  }  }  private void runUnsafe()  throws InterruptedException {  for (;;) {  semaphore.acquire();  try {  System.out.println(  getName() + " acquired semaphore");  Thread.sleep(5\_000L);  } finally {  System.out.println(  getName() + " releasing semaphore");  semaphore.release();  }  }  }  }  } |
| 1.  2.  3.  4.  5.  6.  7.  8.  9.  10.  11.  12.  13.  14.  15.  16.  17.  18.  19.  20.  21.  22.  23.  24.  25.  26. | Thread-0 acquired semaphore  Thread-1 acquired semaphore  Thread-0 releasing semaphore  Thread-1 releasing semaphore  Thread-1 acquired semaphore  Thread-0 acquired semaphore  Thread-1 releasing semaphore  Thread-0 releasing semaphore  Thread-0 acquired semaphore  Thread-1 acquired semaphore  Thread-1 releasing semaphore  Thread-1 acquired semaphore  Thread-0 releasing semaphore  Thread-0 acquired semaphore  Thread-3 interrupted  Thread-9 interrupted  Thread-2 interrupted  Thread-8 interrupted  Thread-1 releasing semaphore  Thread-1 interrupted  Thread-4 interrupted  Thread-0 releasing semaphore  Thread-6 interrupted  Thread-7 interrupted  Thread-5 interrupted  Thread-0 interrupted |

##### Организация «честной очереди»

|  |  |
| --- | --- |
| 1.  2.  3.  4.  5.  6.  7.  8.  9.  10.  11.  12.  13.  14.  15.  16.  17.  18.  19.  20.  21.  22.  23.  24.  25.  26.  27.  28.  29.  30.  31.  32.  33.  34.  35.  36.  37.  38.  39.  40.  41.  42.  43.  44.  45.  46.  47.  48.  49.  50.  51.  52.  53.  54.  55.  56. | public class SemaphoreDemo {  public static void main()  throws InterruptedException {  Semaphore semaphore = new Semaphore(2, true);  List<Thread> threads = new ArrayList<>();  for (int i = 0; i < 10; i++) {  DemoThread thread =  new DemoThread(semaphore);  threads.add(thread);  thread.start();  }  Thread.sleep(20\_000);  for (Thread thread : threads) {  thread.interrupt();  }  }  private static class DemoThread extends Thread {  private final Semaphore semaphore;  public DemoThread(Semaphore semaphore) {  this.semaphore = semaphore;  }  @Override  public void run() {  try {  runUnsafe();  } catch (InterruptedException e) {  System.out.println(  getName() + " interrupted");  }  }  private void runUnsafe()  throws InterruptedException {  for (;;) {  semaphore.acquire();  try {  System.out.println(  getName() + " acquired semaphore");  Thread.sleep(5\_000L);  } finally {  System.out.println(  getName() + " releasing semaphore");  semaphore.release();  }  }  }  }  } |
| 1.  2.  3.  4.  5.  6.  7.  8.  9.  10.  11.  12.  13.  14.  15.  16.  17.  18.  19.  20.  21.  22.  23.  24.  25.  26.  27.  28. | Thread-0 acquired semaphore  Thread-1 acquired semaphore  Thread-0 releasing semaphore  Thread-1 releasing semaphore  Thread-2 acquired semaphore  Thread-4 acquired semaphore  Thread-2 releasing semaphore  Thread-4 releasing semaphore  Thread-3 acquired semaphore  Thread-5 acquired semaphore  Thread-3 releasing semaphore  Thread-5 releasing semaphore  Thread-6 acquired semaphore  Thread-7 acquired semaphore  Thread-7 releasing semaphore  Thread-6 releasing semaphore  Thread-8 acquired semaphore  Thread-9 interrupted  Thread-8 releasing semaphore  Thread-8 interrupted  Thread-1 interrupted  Thread-2 interrupted  Thread-6 interrupted  Thread-4 interrupted  Thread-5 interrupted  Thread-3 interrupted  Thread-7 interrupted  Thread-0 interrupted |

В отличии от блока synchronized блока Semaphore имеет возможность потоки выстраивать в очередь («честную»).

#### java.util.concurrent.CountDownLatch

Обеспечивает точку синхронизации между N потоками (несколько потоков могут дождаться друг друга и потом стартовать одновременно).

Операции: void await(), void countDown().

|  |  |
| --- | --- |
| 1.  2.  3. | CountDownLatch latch = new CountDownLatch(10);  //...  latch.await(); |

#### Примеры

|  |  |
| --- | --- |
| 1.  2.  3.  4.  5.  6.  7.  8.  9.  10.  11.  12.  13.  14.  15.  16.  17.  18.  19.  20.  21.  22.  23.  24.  25.  26.  27.  28.  29.  30.  31.  32.  33.  34.  35.  36.  37.  38.  39.  40.  41.  42.  43.  44.  45.  46. | public class CountDownLatchDemo {  public static void main()  throws InterruptedException {  CountDownLatch latch = new CountDownLatch(10);  for (int i = 0; i < 10; i++) {  new DemoThread(latch).start();  }  }  private static class DemoThread extends Thread {  private final CountDownLatch latch;  public DemoThread(CountDownLatch latch) {  this.latch = latch;  }  @Override  public void run() {  try {  runUnsafe();  } catch (InterruptedException e) {  System.out.println(  getName() + " interrupted");  }  }  private void runUnsafe()  throws InterruptedException {  Thread.sleep(  (long) (Math.random() + 10\_000L));  System.out.println(  getName() + " finished initialization");  latch.countDown();  latch.await();  System.out.println(  getName() + " entered main phase");  Thread.sleep(  (long) (Math.random() + 10\_000L));  }  }  } |
| 1.  2.  3.  4.  5.  6.  7.  8.  9.  10.  11.  12.  13.  14.  15.  16.  17.  18.  19.  20. | Thread-0 finished initialization  Thread-8 finished initialization  Thread-7 finished initialization  Thread-5 finished initialization  Thread-4 finished initialization  Thread-2 finished initialization  Thread-1 finished initialization  Thread-6 finished initialization  Thread-9 finished initialization  Thread-3 finished initialization  Thread-3 entered main phase  Thread-0 entered main phase  Thread-8 entered main phase  Thread-5 entered main phase  Thread-2 entered main phase  Thread-7 entered main phase  Thread-9 entered main phase  Thread-6 entered main phase  Thread-1 entered main phase  Thread-4 entered main phase |

#### java.util.concurrent.CyclicBarrier

Вариант CountDownLatch, допускающий повторное ожидание.

#### java.util.concurrent.locks.ReentrantLock

Обеспечивает взаимное исключение потоков, аналогичное synchronized-блокам.

Операции: lock(), unlock().

|  |  |
| --- | --- |
| 1.  2.  3.  4.  5.  6.  7. | Lock lock = new ReentrantLock();  lock.lock();  try {  ...  } catch (Exception e) {  lock.unlock();  } |

Как и с предыдущим примером в конструктор можно передать true для организации «честной» очереди.

#### java.util.concurrent.locks.Condition

* аналог wait/notify;
* привязан к Lock’у;
* у одного Lock’а может быть много Condition’ов.

|  |  |
| --- | --- |
| 1.  2.  3.  4.  5.  6.  7.  8.  9.  10.  11.  12.  13.  14.  15.  16.  17.  18.  19. | Lock lock = new ReentrantLock();  Condition condition = lock.newCondition();  lock.lock();  try {  while (!conditionSatisfied()) {  condition.await();  }  } finally {  lock.unlock();  }  // где-нибудь еще в нашей программе  lock.lock();  try {  condition.signal();  } finally {  lock.unlock();  } |

#### Примеры

|  |  |
| --- | --- |
| 1.  2.  3.  4.  5.  6.  7.  8.  9.  10.  11.  12.  13.  14.  15.  16.  17.  18.  19.  20.  21.  22.  23.  24.  25.  26.  27. | public static void main()  throws InterruptedException {  Account account = new Account(0);  new DepositThread(account).start();  System.out.println("Entering waitAndWithdraw");  account.waitAndWithdraw(50\_000\_000);  System.out.println(  "waitAndWithdraw finishrd, end balance = "  + account.getBalance());  }  private static class DepositThread  extends Thread {  private final Account account;  private DepositThread(Account account) {  this.account = account;  }  @Override  public void run() {  for (int i = 0; i < 60\_000\_000; i++) {  account.deposit(1);  }  }  } |
| 1.  2.  3.  4.  5.  6.  7.  8.  9.  10.  11.  12.  13.  14.  15.  16.  17.  18.  19.  20.  21.  22.  23.  24.  25.  26.  27.  28.  29.  30.  31.  32.  33.  34.  35.  36.  37.  38.  39.  40.  41.  42.  43.  44.  45.  46.  47.  48.  49.  50.  51.  52.  53.  54.  55.  56.  57.  58.  59.  60.  61.  62.  63.  64.  65.  66.  67.  68.  69.  70.  71.  72.  73. | public class Account {  private final Lock lock = new ReentrantLock();  private final Condition balanceIncreased =  lock.newCondition();  private long balance;  public Account() {  this(0L);  }  public Account(long balance) {  this.balance = balance;  }  public long getBalance() {  lock.lock();  try {  return balance;  } finally {  lock.unlock();  }  }  public void deposit(long amount) {  checkAmountNonNegative(amount);  lock.lock();  try {  balance += amount;  balanceIncreased.signalAll();  } finally {  lock.unlock();  }  }  public void withdraw(long amount) {  checkAmountNonNegative(amount);  lock.lock();  try {  if (balance < amount) {  throw new IllegalArgumentException(  "not enough money");  }  balance -= amount;  } finally {  lock.unlock();  }  }  public void waitAndWithdraw(long amount)  throws InterruptedException {  checkAmountNonNegative(amount);  lock.lock();  try {  while (balance < amount) {  balanceIncreased.await();  // System.out.println("awake");  }  balance -= amount;  } finally {  lock.unlock();  }  }  public static void checkAmountNonNegative(  long amount) {  if (amount < 0) {  throw new IllegalArgumentException(  "negative amount");  }  }  } |
| 1.  2. | Entering waitAndWithdraw  waitAndWithdraw finishrd, end balance = 4650 |

#### java.util.concurrent.locks.ReentrantReadWriteLock

Поддерживает разделение доступа на чтение и на запись.

|  |  |
| --- | --- |
| 1.  2.  3.  4.  5.  6.  7.  8.  9.  10.  11.  12.  13.  14.  15.  16.  17. | ReadWriteLock lock = new ReentrantReadWriteLock();  // где-нибудь в нашей программе  lock.readLock().lock();  try {  readOnlyOperation();  } finally {  lock.readLock().unlock();  }  // где-нибудь в нашей программе  lock.writeLock().lock();  try {  modifyingOperation();  } finally {  lock.writeLock().unlock();  } |

#### java.util.concurrent

##### Многопоточные варианты стандартных коллекций:

* ConcurrentHashMap (HashMap);
* ConcurrentSkipListMap (TreeMap);
* ConcurrentSkipListSet (TreeSet);
* CopyOnWriteArrayList;
* CopyOnWriteArraySet.

Более эффективны, чем полностью синхронизированные коллекции java.util.Collections.synchronizedCollection().

#### java.util.concurrent.ConcurrentLinkedQueue<E>

Реализация очереди, поддерживающая одновременный доступ из многих потоков, при этом не использующая блокировки.

Операции: boolean offer(E e), E poll, E peek().

#### java.util.concurrent.BlockingQueue<E>

Очередь, поддерживающая ограничение по размеру и операции ожидания.

Операции: void put(E e), E take().

Реализации: LinkedBlockingQueue, ArrayBlockingQueue, ...

#### java.util.concurrent.ExecutorService и его соседи

Инфраструктура для выполнения задач в несколько потоков.

Инкапсулирует создание потоков, организация очереди задач, распределение задач по потокам.

#### ExecutorService

* Future<?> submit(Runnable task);
* <T> Future<T> submit(Callable<T> task);
* void shutdown();
* List<Runnable> shutdownNows().

#### java.util.concurrent.ExecutionException

* ExecutorService newSingleThreadExecutor();
* ExecutorService newFixedThreadPool(int nThreads);
* ExecutorService newCachedThreadPool().

#### Примеры

|  |  |
| --- | --- |
| 1.  2.  3.  4.  5.  6.  7.  8.  9.  10.  11.  12.  13.  14.  15.  16.  17.  18.  19.  20.  21.  22.  23.  24.  25.  26.  27.  28.  29.  30.  31.  32.  33.  34.  35.  36.  37.  38.  39.  40.  41.  42.  43.  44.  45.  46.  47.  48.  49.  50.  51.  52.  53.  54.  55.  56.  57.  58.  59.  60. | public static void main() throws Exception {  ExecutorService executor =  Executors.newFixedThreadPool(2);  System.out.println("Submit worker 1");  Future<String> future1 = executor.submit(  new Worker("worker1"));  System.out.println("Submit worker 2");  Future<String> future2 = executor.submit(  new Worker("worker2"));  System.out.println(  "Result fron worker1: " + future1.get());  System.out.println(  "Result fron worker2: " + future2.get());  System.out.println("-----------------------");  System.out.println(  "Submit workers using invokeAll()");  List<Future<String>> futures =  executor.invokeAll(Arrays.asList(  new Worker("worker3"),  new Worker("worker4"),  new Worker("worker5")));  System.out.println("Exited invokeAll()");  for (Future<String> future : futures) {  System.out.println(  "Result from worker: " + future.get());  }  executor.shutdown();  executor.awaitTermination(  10L,  TimeUnit.SECONDS);  }  private static class Worker  implements Callable<String> {  private final String name;  public Worker(String name) {  this.name = name;  }  public String call()  throws InterruptedException {  long sleepTime =  (long) (Math.random() \* 10\_000L);  System.out.println(  name + " started, going to sleep for "  + sleepTime);  Thread.sleep(sleepTime);  System.out.println(name + " finished");  return name;  }  } |
| 1.  2.  3.  4.  5.  6.  7.  8.  9.  10.  11.  12.  13.  14.  15.  16.  17.  18.  19.  20. | Submit worker 1  Submit worker 2  worker1 started, going to sleep for 7173  worker2 started, going to sleep for 7312  worker1 finished  Result fron worker1: worker1  worker2 finished  Result fron worker2: worker2  -----------------------  Submit workers using invokeAll()  worker3 started, going to sleep for 2275  worker4 started, going to sleep for 5788  worker3 finished  worker5 started, going to sleep for 7997  worker4 finished  worker5 finished  Exited invokeAll()  Result from worker: worker3  Result from worker: worker4  Result from worker: worker5 |

#### java.util.concurrent.ForkJoinPool

Вариант ExecutorService, в котором выполняющиеся задачи могут динамически порождать подзадачи.

Принимает на исполнение ForkJoinTask.

#### Примеры

|  |  |
| --- | --- |
| 1.  2.  3.  4.  5.  6.  7.  8.  9.  10.  11.  12.  13.  14.  15.  16.  17.  18.  19.  20.  21.  22.  23.  24.  25.  26.  27.  28.  29. | public class Commons {  public static int[] prepareArray() {  int[] array = new int[20\_000\_000];  for (int i = 0; i < array.length; i++) {  array[i] = i;  }  return array;  }  public static double calculate(int[] array) {  return calculate(array, 0, array.length);  }  public static double calculate(  int[] array,  int start,  int end) {  double sum = 0;  for (int i = start; i < end; ++i) {  sum += function(i);  }  return sum;  }  public static double function(int argument) {  return Math.sin(argument);  }  } |

|  |  |
| --- | --- |
| 1.  2.  3.  4.  5.  6.  7.  8.  9.  10.  11.  12.  13.  14.  15.  16.  17. | public class Sequential {  public static void main() {  int[] array = Commons.prepareArray();  long startTime = System.currentTimeMillis();  double sum = Commons.calculate(array);  long endTime = System.currentTimeMillis();  System.out.println("sum = " + sum);  System.out.println(  "time = " + (endTime - startTime)  + " ms");  }  } |
| 1.  2. | sum = 0.7052914342504155  time = 6608 ms |

|  |  |
| --- | --- |
| 1.  2.  3.  4.  5.  6.  7.  8.  9.  10.  11.  12.  13.  14.  15.  16.  17.  18.  19.  20.  21.  22.  23.  24.  25.  26.  27.  28.  29.  30.  31.  32.  33.  34.  35.  36.  37.  38.  39.  40.  41.  42.  43.  44.  45.  46.  47.  48.  49.  50.  51.  52. | public class ParallelInExecuteService {  public static void main() throws Exception {  int[] array = Commons.prepareArray();  ExecutorService executor =  Executors.newFixedThreadPool(2);  long startTime = System.currentTimeMillis();  Future<Double> future1 = executor.submit(  new PartialCalc(array,  0,  array.length / 2));  Future<Double> future2 = executor.submit(  new PartialCalc(  array,  array.length / 2,  array.length));  double sum = future1.get() + future2.get();  long endTime = System.currentTimeMillis();  System.out.println("sum = " + sum);  System.out.println(  "time = " + (endTime - startTime)  + " ms");  executor.shutdown();  }  private static class PartialCalc  implements Callable<Double> {  private final int[] array;  private final int start;  private final int end;  public PartialCalc(int[] array,  int start,  int end) {  this.array = array;  this.start = start;  this.end = end;  }  public Double call() {  return Commons.calculate(array, start, end);  }  }  } |
| 1.  2. | sum = 0.70529143425024  time = 3639 ms |

|  |  |
| --- | --- |
| 1.  2.  3.  4.  5.  6.  7.  8.  9.  10.  11.  12.  13.  14.  15.  16.  17.  18.  19.  20.  21.  22.  23.  24.  25.  26.  27.  28.  29.  30.  31.  32.  33.  34.  35.  36.  37.  38.  39.  40.  41.  42.  43.  44.  45.  46.  47.  48.  49.  50.  51.  52.  53.  54.  55.  56.  57.  58.  59.  60.  61. | public class ParallelInForkJoinPool {  public static void main() throws Exception {  int[] array = Commons.prepareArray();  ForkJoinPool pool = new ForkJoinPool();  long startTime = System.currentTimeMillis();  double sum = pool.invoke(  new RecursiveCalc(  array,  0,  array.length));  long endTime = System.currentTimeMillis();  System.out.println("sum = " + sum);  System.out.println(  "time = " + (endTime - startTime)  + " ms");  pool.shutdown();  }  private static class RecursiveCalc  extends RecursiveTask<Double> {  private static final  int SEQUENTIAL\_THRESHOLD = 50\_000;  private final int[] array;  private final int start;  private final int end;  public RecursiveCalc(  int[] array,  int start,  int end) {  this.array = array;  this.start = start;  this.end = end;  }  protected Double compute() {  if (end - start <= SEQUENTIAL\_THRESHOLD) {  return Commons.calculate(array,  start,  end);  } else {  int mid = start + (end - start) / 2;  RecursiveCalc left =  new RecursiveCalc(array, start, mid);  RecursiveCalc right =  new RecursiveCalc(array, mid, end);  invokeAll(left, right);  return left.join() + right.join();  }  }  }  } |
| 1.  2. | sum = 0.7052914342502838  time = 716 ms |

#### stream.parallel()

Возвращает stream, дальнейшие операции в котором будут исполняться параллельно.

Надо следить за доступам к общим данным из передаваемых в sream операций.

#### Примеры

|  |  |
| --- | --- |
| 1.  2.  3.  4.  5.  6.  7.  8.  9.  10.  11.  12.  13.  14.  15.  16.  17.  18.  19.  20. | public class ParallelStream {  public static void main() throws Exception {  int[] array = Commons.prepareArray();  long startTime = System.currentTimeMillis();  double sum = Arrays.stream(array)  .parallel()  .mapToDouble(Commons::function)  .sum();  long endTime = System.currentTimeMillis();  System.out.println("sum = " + sum);  System.out.println(  "time = " + (endTime - startTime)  + " ms");  }  } |
| 1.  2. | sum = 0.7052914342503351  time = 766 ms |

##### Неправильное решение этой задачи

|  |  |
| --- | --- |
| 1.  2.  3.  4.  5.  6.  7.  8.  9.  10.  11.  12.  13.  14.  15.  16.  17.  18.  19.  20.  21. | public class ParallelStreamBroken {  public static void main() {  int[] array = Commons.prepareArray();  long startTime = System.currentTimeMillis();  double[] sum = new double[1];  Arrays.stream(array)  .parallel()  .mapToDouble(Commons::function)  .forEach(x -> sum[0] += x);  long endTime = System.currentTimeMillis();  System.out.println("sum = " + sum[0]);  System.out.println(  "time = " + (endTime - startTime)  + " ms");  }  } |
| 1.  2. | sum = -1175.1958081366392  time = 832 ms |

Превращение неправильной программы в правильную

|  |  |
| --- | --- |
| 1.  2.  3.  4.  5.  6.  7.  8.  9.  10.  11.  12.  13.  14.  15.  16.  17.  18.  19.  20.  21.  22. | public class ParallelStreamBrokenTrue {  public static void main() {  int[] array = Commons.prepareArray();  long startTime = System.currentTimeMillis();  DoubleAdder sum = new DoubleAdder();  Arrays.stream(array)  .parallel()  .mapToDouble(Commons::function)  .forEach(sum::add);  long endTime = System.currentTimeMillis();  System.out.println(  "sum = " + sum.doubleValue());  System.out.println(  "time = " + (endTime - startTime)  + " ms");  }  } |
| 1.  2. | sum = 0.7052914342498308  time = 811 ms |

#### Код

<https://github.com/java-the-best/multithreading-vladykin2>

#### Источники

* <https://www.youtube.com/watch?v=umTVNoG3760&t=12s>

# Новая тема

Содержание

#### Код

Ссылка

#### Источники

* Ссылка с описанием