**20180606**

**22 多线程**

* 22.1 进程与线程

进程(Process)是资源(CPU、内存等)分配的基本单位，是程序执行时的一个实例。程序运行时系统会创建一个进程，为它分配资源，把该进程放入进程就绪队列，进程调度器选中它时就会为它分配CPU时间，程序开始真正运行。

单进程的特定的同一时间段只允许一个程序运行。多进程一个时间段可以运行多个程序，这些程序进行资源的轮流抢占(单核CPU)，同一个时间点只有一个进程运行。

线程(Thread)是程序执行流的最小单位，一个进程可以由多个线程组成，线程间共享进程的所有资源，每个线程有自己的堆栈和局部变量。

线程的启动速度比进程快许多，多线程进行并发处理性能高于多进程。

* 22.2 继承Thread类实现多线程

一个类继承了java.lang.Thread表示此类是线程的主体类，还需要覆写run()方法，run()方法属于线程的主方法。多线程要执行的内容都在run()方法内定义。

run()方法不能直接调用，因为牵扯到操作系统资源调度问题，使用start()方法启动多线程。

|  |
| --- |
| **class** MyThread **extends** Thread {  **private** String name;  **private** **int** x;  **public** MyThread(String name) {  **this**.name = name;  }  @Override  **public** **void** run() {  **while** (**this**.x < 5) {  System.***out***.println(**this**.name + ": " + **this**.x);  **this**.x++;  }  }  }  **new** MyThread("maki").start();  **new** MyThread("rin").start(); |

结果：

|  |
| --- |
| maki: 0  rin: 0  maki: 1  rin: 1  maki: 2  rin: 2  rin: 3  rin: 4  maki: 3  maki: 4 |

实例化对象调用start()方法，但是执行的是run()方法内容，所有线程交替执行，执行顺序不可控，打印结果随机。

为什么要使用start()方法启动多线程呢?

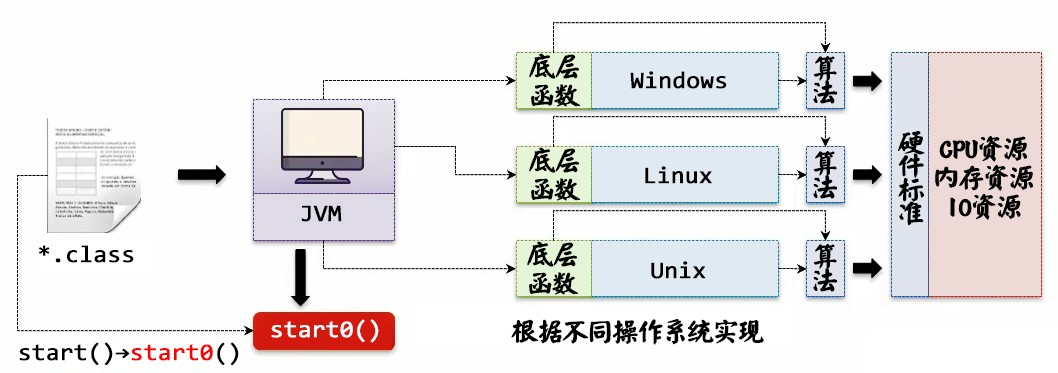
start()方法源代码：

|  |
| --- |
| public synchronized *void* start() {  if (threadStatus != 0) // 线程的状态0表示线程未开始  throw new IllegalThreadStateException();  group.add(this);  *boolean* started = false;  try {  start0();  started = true;  } finally {  try {  if (!started) {  group.threadStartFailed(this);  }  } catch (*Throwable* *ignore*) {}  }  }  private native *void* start0(); // 该方法没有方法体,没有实现 |

一个线程只能被启动一次，如果重复启动抛出IllegalThreadStateException异常。但没有throws声明或try-catch 处理，说明该异常是RuntimeException的子类

start()方法中又调用了start0()方法，此方法使用**native**关键字修饰。

Java支持本地操作系统函数调用，称为JNI (Java Native Interface)技术，但是Java开发中不推荐这样使用，利用JNI可以使用操作系统提供的底层函数。Thread类的start0()表示此方法依赖于不同的操作系统实现。



* 22.3 基于Runnable接口实现多线程

Java继承存在单继承的局限，实现java.lang.Runnable接口也可以实现多线程。

Runnable接口的定义：

|  |
| --- |
| *@FunctionalInterface* // 函数式接口  public interface Runnable {  public abstract *void* run();  } |

将MyThread改为实现Runnable接口：

|  |
| --- |
| **class** MyThread **implements** Runnable {  // 与之前一模一样...  } |

但是此时MyThread没有继承Thread，不能使用start()方法。

Thread类有一个构造方法可以接收Runnable对象作为参数：

|  |
| --- |
| public Thread(*Runnable* target) {  init(null, target, "Thread-" + nextThreadNum(), 0);  } |

启动多线程：

|  |
| --- |
| **new** Thread(**new** MyThread("maki")).start();  **new** Thread(**new** MyThread("rin")).start(); |

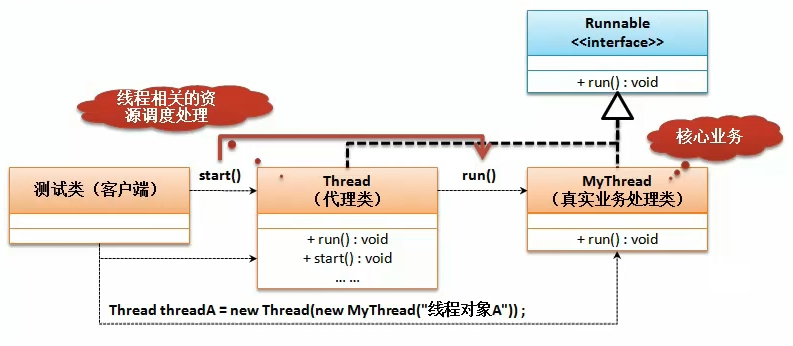
JDK 1.8开始Runnable使用了函数式接口定义，可以使用Lambda表达式定义多线程类。

|  |
| --- |
| **for** (**int** i = 0; i < 3; i++) { // 3个线程  String name = "线程-" + i;  Runnable run = () -> { // Runnable对象  **for** (**int** j = 0; j < 5; j++) {  System.***out***.println(name + ": " + j);  }  };  // 始终使用Thread对象start()方法启动多线程  **new** Thread(run).start();  } |

也可以不定义run变量，直接将其右边传入Thread的构造方法。

* 22.4 Thread类和Runnable接口关系

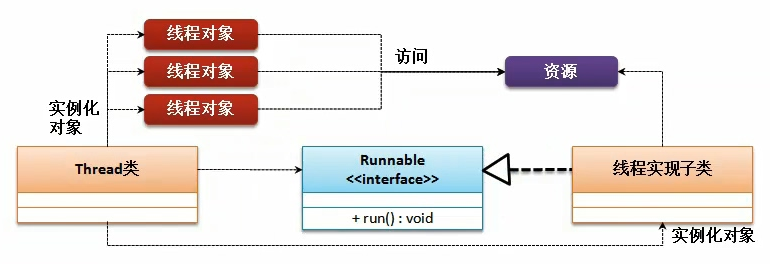
Thread类是Runnable接口的子类



多线程设计使用了代理设计模式的结构，用户自定义的线程主体只是负责核心业务的实现，所有的辅助实现都由Thread类处理。

通过Thread类的构造方法传递Runnable对象时，该对象被Thread的target属性保存。Thread启动多线程调用start()方法，start()调用run()方法，此Thread类的run()方法又去调用Runnable对象的run()方法。

多线程开发本质的多个线程可以进行同一资源的抢占。Thread主要描述线程，Runnable主要描述资源，因为*n*个Thread对象的target属性都指向了同一个Runnable对象。



* 22.5 Callable实现多线程

Runnable接口的缺点是当线程执行完毕无法获取返回值。JDK 1.5提出新的线程实现接口java.util.concurrent.Callable：

|  |
| --- |
| *@FunctionalInterface*  public interface Callable<*V*> {  *V* call() throws Exception;  } |

Callable对象可以作为FutureTask构造方法的参数保存为callable属性。

FutureTask是RunnableFuture接口的子类。

|  |
| --- |
| public class FutureTask<*V*> implements *RunnableFuture*<*V*> {  // ...  public FutureTask(*Callable*<*V*> *callable*) {  if (callable == null)  throw new NullPointerException();  this.callable = callable;  this.state = NEW; // ensure visibility of callable  }  // ...  } |

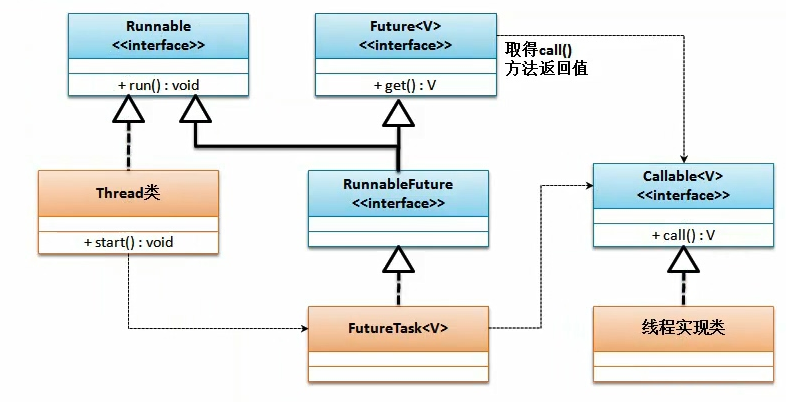
RunnableFuture接口继承于Runnable接口和Future接口。

|  |
| --- |
| public interface Runnable Future<*V*> extends *Runnable*, *Future*<*V*> {  *void* run();  } |

FutureTask类覆写了Future接口的get()方法，可以获取callable属性调用call()方法的返回值。

FutureTask类也是Runnable接口的子类，可以作为Thread构造方法的参数。

关系有点复杂：



示例：用Callable实现龟兔赛跑

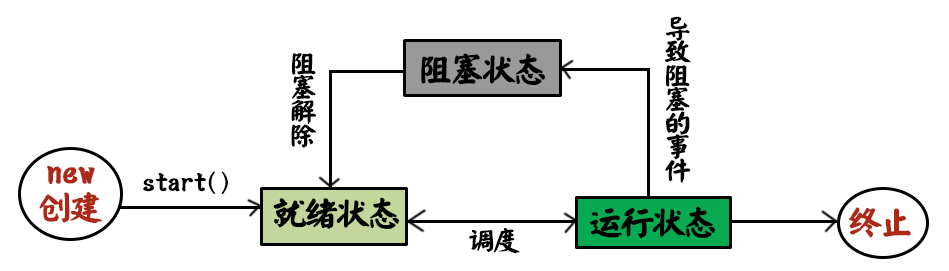
|  |
| --- |
| **class** Race **implements** Callable<Integer> {  **private** String name;  **private** **long** time; // 多少毫秒走一步  **private** **int** step; // 步数  **private** **boolean** flag = **true**; // 设为false结束线程  **public** Race(String name, **long** time) {  **this**.name = name;  **this**.time = time;  }  **public** **void** setFlag(**boolean** flag) {  **this**.flag = flag;  }  @Override  **public** Integer call() **throws** Exception {  **while** (flag) {  Thread.*sleep*(**this**.time);  **this**.step++;  System.***out***.println(Thread.*currentThread*().getName() + " " + **this**.name + ": " + **this**.step);  }  **return** **this**.step;  }  }  // 客户端代码太多了...  Race tortoise = **new** Race("乌龟", 2000);  Race rabbit = **new** Race("兔子", 500);  FutureTask<Integer> task1 = **new** FutureTask<>(tortoise);  FutureTask<Integer> task2 = **new** FutureTask<>(rabbit);  **new** Thread(task1).start();  **new** Thread(task2).start();  Thread.*sleep*(10000); // 跑10秒  tortoise.setFlag(**false**);  rabbit.setFlag(**false**);  System.***out***.println("10秒后, 乌龟:" + task1.get());  System.***out***.println("10秒后, 兔子:" + task2.get()); |

结果：

|  |
| --- |
| 10秒后, 乌龟:5  10秒后, 兔子:20 |

* 22.6 多线程运行状态

定义线程主体类，通过Thread类start()方法启动线程，但并不是调用start()方法线程就开始运行。



1) 任何一个线程对象需要使用Thread类封装，线程启动使用start()方法；但是启动时所有线程进入就绪状态，并没有执行；

2) 等待资源调度，某个线程调度成功则进入运行状态(run()方法)；但是一个线程不可能一直执行下去，执行一段时间之后就会让出资源进入阻塞状态，随后重新回到就绪状态；

3) run()方法执行完毕，线程任务结束，此时进入停止状态。

**20180607**

* 22.7 Thread类常用方法

① 线程的命名与取得

多线程运行状态不确定，所有线程的名字是个重要的属性。

|  |
| --- |
| public Thread(*Runnable* target, *String* name) // 构造方法可以自定义线程名  public final *void* setName(*String* name) // 设置线程名字  public final *String* getName() // 获取线程名字 |

线程对象的获取不可能只靠this完成，因为线程状态不可控，但是所有线程一定会执行run()方法，则可以考虑获取当前线程。

|  |
| --- |
| public static *Thread* currentThread() // 返回当前正在执行线程的引用 |

示例：自定义线程名字和获取当前线程名

|  |
| --- |
| **class** MyThread **implements** Runnable{  @Override  **public** **void** run() {  System.***out***.println(Thread.*currentThread*().getName());  }  }  MyThread mt=**new** MyThread();  **new** Thread(mt,"线程1").start(); // 自定义线程名字  **new** Thread(mt).start();  **new** Thread(mt).start();  **new** Thread(mt,"线程2").start(); // 自定义线程名字  mt.run(); // main |

结果：

|  |
| --- |
| 线程1  Thread-0  线程2  Thread-1  main |

如果没有设置线程名字，会自动生成一个不重复的名字。

|  |
| --- |
| // 匿名线程使用类静态属性自动编号  **private** **static** **int** *threadInitNumber*;  **private** **static** **synchronized** **int** nextThreadNum() {  **return** *threadInitNumber*++;  } |

直接执行mt.run()就是在主方法中调用线程对象的run()方法，获得线程名字为main，所以主方法也是一个线程。

每当使用java命令执行程序时就启动了一个JVM的进程，一台电脑可以同时启动多个JVM进程，一个JVM进程都有各自的线程。

主线程可以创建若干子线程，主要将一些复杂逻辑或耗时操作交给子线程处理。

|  |
| --- |
| System.***out***.println("吃饭");  **new** Thread(() -> {  // 模拟耗时操作,耗时操作交给子线程完成  **double** pi = 0;  **double** flag = 1;  **for** (**int** i = 1; i < 1e9; i += 2) {  pi += flag / i;  flag = -flag;  }  pi \*= 4;  System.***out***.println("pi=" + pi);  }).start();  System.***out***.println("睡觉"); |

主线程复杂整体流程，子线程负责处理耗时操作。

② 线程的休眠 (sleep)

|  |
| --- |
| public static *void* sleep​(*long* millis) throws *InterruptedException*  public static *void* sleep​(*long* millis, *int* nanos) throws *InterruptedException* |

休眠时可能产生中断异常InterruptedException，是Exception的子类，说明该异常必须被处理。

多线程休眠有先后顺序，一个线程休眠会释放执行权，其他线程抢占资源。

|  |
| --- |
| Runnable run = () -> {  **for** (**int** i = 0; i < 10; i++) {  **try** {  Thread.*sleep*(1000);  } **catch** (InterruptedException e) {  e.printStackTrace();  }  System.***out***.println(Thread.*currentThread*().getName() + ", i=" + i);  }  };  // 5个子线程几乎同时休眠同时唤醒, 因为执行太快了; 差别是每轮打印顺序都不一样  **for** (**int** n = 0; n < 5; n++) {  **new** Thread(run, "hikari - " + n).start();  } |

③ 线程中断 (interrupt)

线程休眠可能会产生中断异常，也就是线程休眠可能被其他线程打断。

|  |
| --- |
| public *boolean* isInterrupted() // 判断线程是否被中断  public *void* interrupt() // 中断该线程 |

示例：main线程中止子线程

|  |
| --- |
| Thread t = **new** Thread(() -> {  System.***out***.println("该睡觉了...");  **try** {  Thread.*sleep*(10000); // 预计休眠10s  System.***out***.println("醒来...");  } **catch** (InterruptedException e) {  System.***out***.println("草泥马, 不要打扰劳资睡觉!");  }  });  t.start();  **try** {  Thread.*sleep*(1000);  } **catch** (InterruptedException e) {}  **if** (!t.isInterrupted()) {  // 如果线程没被中止, 则中止它; main线程中止子线程  System.***out***.println("小伙子, 该醒了!");  t.interrupt();  } |

④ 线程强制执行 (join)

当满足某些条件后，某个线程对象一直独占资源，直到该线程执行结束。

|  |
| --- |
| public final *void* join() throws *InterruptedException* |

|  |
| --- |
| **public** **static** **void** main(String[] args) **throws** Exception {  // sleep()和join()都会抛出异常, 直接在方法上声明吧...  Thread t = **new** Thread(() -> {  **for** (**int** x = 0; x < 100; x++) {  **try** {  Thread.*sleep*(100);  } **catch** (InterruptedException e) {  e.printStackTrace();  }  System.***out***.println(Thread.*currentThread*().getName() + ", x=" + x);  }  }, "子线程");  t.start();  **for** (**int** x = 0; x < 100; x++) {  **if** (x == 10) {  t.join(); // 主线程等待主线程t执行完再执行  }  Thread.*sleep*(100);  System.***out***.println("【main线程】, x=" + x);  }  } |

⑤ 线程的礼让 (yield)

线程的礼让是将资源让给其他线程先执行。

|  |
| --- |
| public static *void* yield() |

|  |
| --- |
| **public** **static** **void** main(String[] args) **throws** Exception {  Thread t = **new** Thread(() -> {  **for** (**int** x = 0; x < 100; x++) {  **if** (x % 5 == 0) {  // 每次x为5的倍数时,子线程让出执行权  Thread.*yield*(); // 静态方法  System.***out***.println("\*\*\*\*\*子线程礼让\*\*\*\*\*");  }  **try** {  Thread.*sleep*(100);  } **catch** (InterruptedException e) {  e.printStackTrace();  }  System.***out***.println(Thread.*currentThread*().getName() + ", x=" + x);  }  }, "子线程");  t.start();  **for** (**int** x = 0; x < 100; x++) {  Thread.*sleep*(100);  System.***out***.println("【main线程】, x=" + x);  }  } |

礼让执行每次调用yield()方法只会礼让一次。该方法很少使用。

⑥ 线程优先级

理论上线程的优先级越高越可以先执行(抢占到资源)。

|  |
| --- |
| public final *void* setPriority(*int* newPriority)  public final *int* getPriority() |

优先级定义使用int，Thread类定义三个与优先级的int常量：

|  |
| --- |
| public static final *int* MAX\_PRIORITY = 10; // 最高优先级  public static final *int* NORM\_PRIORITY = 5; // 中等优先级  public static final *int* MIN\_PRIORITY = 1; // 最低优先级 |

|  |
| --- |
| **public** **static** **void** main(String[] args) **throws** Exception {  System.***out***.println("主线程优先级: " + Thread.*currentThread*().getPriority());  Runnable run = () -> {  **for** (**int** i = 0; i < 100; i++) {  System.***out***.println(Thread.*currentThread*().getName() + " " + i);  }  };  Thread t1 = **new** Thread(run, "子线程01");  Thread t2 = **new** Thread(run, "子线程02");  Thread t3 = **new** Thread(run, "子线程03");  System.***out***.println("新创建的线程对象的优先级: " + t3.getPriority());  t1.setPriority(Thread.***MAX\_PRIORITY***); // 将子线程01优先级设为最高  t1.start();  t2.start();  t3.start();  }  } |

子线程和默认创建的子线程优先级都是5。

**20180608**

* 22.8 线程同步

多线程中可以利用Runnable描述多线程操作的资源，Thread描述每个线程对象；当多个线程访问同一资源时，就会产生数据操作错误。

|  |
| --- |
| **public** **class** Ticket **implements** Runnable {  **private** **int** ticket = 5;  @Override  **public** **void** run() {  **while** (**true**) {  **if** (**this**.ticket > 0) {  **try** {  Thread.*sleep*(100); // 模拟网络延时  } **catch** (InterruptedException e) {  e.printStackTrace();  }  System.***out***.println(Thread.*currentThread*().getName() + ": ticket num=" + **this**.ticket--);  } **else** {  System.***out***.println("\*\*\*\*\*票卖完了\*\*\*\*\*");  **break**;  }  }  }  }  Runnable run=**new** Ticket();  **new** Thread(run,"票贩子A").start();  **new** Thread(run,"票贩子B").start();  **new** Thread(run,"票贩子C").start(); |

比较牛B的结果：

|  |
| --- |
| 票贩子C: ticket num=4  票贩子B: ticket num=5  票贩子A: ticket num=3  票贩子A: ticket num=2  票贩子B: ticket num=1  \*\*\*\*\*票卖完了\*\*\*\*\*  票贩子C: ticket num=0  \*\*\*\*\*票卖完了\*\*\*\*\*  票贩子A: ticket num=-1  \*\*\*\*\*票卖完了\*\*\*\*\* |

当ticket=1时，票贩子B进入if判断进行休眠，因为ticket还是1，随后票贩子C和A也进入if 判断进行休眠；票贩子B休眠结束打印1，ticket变为0；票贩子C休眠结束打印0，ticket变为-1；票贩子A休眠结束打印-1，ticket变为-2。

出现问题的原因是线程休眠前通过if判断，但唤醒时已经不符合条件了。需要将一次卖票的动作同步处理，一个线程卖票时，其他线程需要外面等待。

同步是指多个操作在同一时间只能有一个线程进行，其他线程等待此线程完成后才能执行。同步的关键是锁，使用**synchronized**关键字可以定义同步方法和同步代码块。

同步代码块：

|  |
| --- |
| @Override  **public** **void** run() {  **while** (**true**) {  **synchronized** (**this**) { // 同步对象一般使用this  **if** (**this**.ticket > 0) {// ...} **else** {// ...}  }  }  } |

**synchronized**不要放在run()方法上或把while放进同步代码块，否则只会有一个线程执行完成后，另外两个再开始已经不满足if条件，打印后退出。

同步方法：

|  |
| --- |
| **public** **class** Ticket **implements** Runnable {  **private** **int** ticket = 100;  **private** **boolean** flag = **true**;  **private** **synchronized** **void** sell() { // 同步方法  **if** (**this**.ticket > 0) {  **try** {  Thread.*sleep*(100); // 模拟网络延时  } **catch** (InterruptedException e) {}  System.***out***.println(Thread.*currentThread*().getName() + ": ticket num=" + **this**.ticket--);  } **else** {  **this**.flag = **false**;  System.***out***.println("\*\*\*\*\*票卖完了\*\*\*\*\*");  }  }  @Override  **public** **void** run() {  **while** (**this**.flag) {  **this**.sell();  }  }  } |

系统许多类同步处理都使用同步方法。使用同步会造成程序性能降低。

* 22.9 死锁

死锁是多线程同步处理时可能产生的问题，死锁是几个线程互相等待的状态。

无意义的死锁示例：

|  |
| --- |
| **public** **class** DeadLock **implements** Runnable {  **private** **static** **final** Robber ***r*** = **new** Robber();  **private** **static** **final** Person ***p*** = **new** Person();  **private** **boolean** flag = **true**;  **public** DeadLock() {}  **public** DeadLock(**boolean** flag) {  **this**.flag = flag;  }  @Override  **public** **void** run() {  **if** (**this**.flag) {  ***r***.say(***p***); // 一个线程抢占了r, 继续执行需要p;  } **else** {  ***p***.say(***r***); // 另一个线程抢占了p, 继续执行需要r, 双方一直僵持, 互不相让  }  }  }  **class** Robber {  **public** **synchronized** **void** say(Person p) {  System.***out***.println("此山是我开, 此树是我栽, 要想打此过, 留下买路财!");  p.after();  }  **public** **synchronized** **void** after() {  System.***out***.println("喽啰们让路!");  }  }  **class** Person {  **public** **synchronized** **void** say(Robber r) {  System.***out***.println("先让我走, 再给钱!");  r.after();  }  **public** **synchronized** **void** after() {  System.***out***.println("别打了,我给钱...");  }  }  **new** Thread(**new** DeadLock()).start();  **new** Thread(**new** DeadLock(**false**)).start(); |

造成死锁主要原因是线程互相等待对方先让出资源。死锁是开发中出现的不确定状态，如果代码处理不当会不定期出现死锁，属于正常开发的调试问题。而示例是强行死锁，不具备参考性。

* 22.10 综合案例：生产者与消费者

多线程开发最著名的案例就是生产者与消费者：生产者负责信息内容的生产；每当生产者生产一项完整的信息，消费者取走信息。

如果生产者没有生产完成，消费者需要等待后再消费；反之，如果消费者没有处理完成，生产者也需要等待后再生产。

生产者和消费者定义为两个独立的线程对象，定义Resource类实现两个线程的数据保存。

基本模型：

|  |
| --- |
| **public** **class** Resource {  **private** String name;  **private** String group;  **public** **void** setName(String name) {  **this**.name = name;  }  **public** **void** setGroup(String group) {  **this**.group = group;  }  **public** String toString() {  **return** name + ">>>" + group;  }  }  **public** **class** Producer **implements** Runnable {  **private** Resource src;  **public** Producer(Resource src) {  **this**.src = src;  }  @Override  **public** **void** run() {  **for** (**int** i = 0; i < 100; i++) {  **if** (i % 2 == 0) {  **this**.src.setName("星空凛");  **try** {  Thread.*sleep*(100);  } **catch** (InterruptedException e) {}  **this**.src.setGroup("lily white");  } **else** {  **this**.src.setName("西木野真姫");  **try** {  Thread.*sleep*(100);  } **catch** (InterruptedException e) {}  **this**.src.setGroup("BiBi");  }  }  }  }  **public** **class** Consumer **implements** Runnable {  **private** Resource src;  **public** Consumer(Resource src) {  **this**.src = src;  }  @Override  **public** **void** run() {  **for** (**int** i = 0; i < 100; i++) {  **try** {  Thread.*sleep*(100);  } **catch** (InterruptedException e) {}  System.***out***.println(**this**.src);  }  }  }  Resource src = **new** Resource();  **new** Thread(**new** Producer(src)).start();  **new** Thread(**new** Consumer(src)).start(); |

不使用同步打印错乱：

|  |
| --- |
| 西木野真姫>>>lily white  星空凛>>>BiBi  西木野真姫>>>lily white  星空凛>>>BiBi  ... |

生产者线程开始设置name为rin，休眠；消费者线程也休眠；生产者线程醒来，group设为lily white，此时消费者线程仍在休眠，生产者线程进入下一轮循环，设置name为maki，休眠；消费者线程醒来，打印maki>>>lily white...

使用同步：

|  |
| --- |
| **public** **class** Resource {  **private** String name;  **private** String group;  **private** **int** num; // 计数  **public** **synchronized** **void** set(String name, String group) {  **this**.name = name;  **try** {  Thread.*sleep*(100);  } **catch** (InterruptedException e) {}  **this**.group = group;  num++;  }  @Override  **public** **synchronized** String toString() { // 给toString()添加同步没问题?  **try** {  Thread.*sleep*(100);  } **catch** (InterruptedException e) {}  **return** name + ">>>" + group + ">>>" + num;  }  }  **public** **class** Producer **implements** Runnable {  // ...  @Override  **public** **void** run() {  **for** (**int** i = 0; i < 100; i++) {  **if** (i % 2 == 0) {  src.set("星空凛", "lily white");  } **else** {  src.set("西木野真姫", "BiBi");  }  }  }  }  **public** **class** Consumer **implements** Runnable {  // ...  @Override  **public** **void** run() {  **for** (**int** i = 0; i < 100; i++) {  System.***out***.println(**this**.src);  }  }  } |

打印结果：

|  |
| --- |
| 星空凛>>>lily white>>>3  西木野真姫>>>BiBi>>>12  西木野真姫>>>BiBi>>>14  ...  星空凛>>>lily white>>>89  西木野真姫>>>BiBi>>>100  西木野真姫>>>BiBi>>>100  ... |

因为生产者生产得太快了，消费者来不及消费，后期生产者已经完成生产，消费者每次消费都使用最后生产的数据。

* 22.11 线程等待与唤醒

解决生产者和消费者问题最好的方法是使用等待与唤醒机制，主要使用Object类几个的方法：

|  |
| --- |
| public final *void* wait() throws InterruptedException // 死等  public final *void* wait(*long* timeout) throws InterruptedException // 设置等待时间  public final *void* notify() // 唤醒任意一个等待线程  public final *void* notifyAll() // 唤醒全部等待线程 |

示例：使用等待唤醒机制

|  |
| --- |
| **public** **class** Resource {  **private** String name;  **private** String group;  **private** **int** num;  **private** **boolean** flag = **true**; // true表示允许生产不允许消费  **public** **synchronized** **void** set(String name, String group) {  **if** (!**this**.flag) { // 无法生产, 等待  **try** {  **super**.wait();  } **catch** (InterruptedException e) {}  }  **this**.name = name;  **try** {  Thread.*sleep*(100);  } **catch** (InterruptedException e) {}  **this**.group = group;  num++;  **this**.flag = **false**; // 生产完成  **super**.notify();  }  @Override  **public** **synchronized** String toString() {  **if** (**this**.flag) { // 正在生产,不能消费  **try** {  **super**.wait();  } **catch** (InterruptedException e) {}  }  **try** {  Thread.*sleep*(100);  } **catch** (InterruptedException e) {}  **try** {  **return** name + ">>>" + group + ">>>" + num;  } **finally** { // return之后语句无效,所有需要放到finally代码块  **this**.flag = **true**; // 消费完,可以生成产了  **super**.notify();  }  }  } |

结果：

|  |
| --- |
| 星空凛>>>lily white>>>1  西木野真姫>>>BiBi>>>2  ...  星空凛>>>lily white>>>99  西木野真姫>>>BiBi>>>100 |

这是多线程最原始处理方案，整个等待、同步、唤醒机制都是开发者自行通过原生代码实现控制。

* 22.12 优雅地停止线程

Thread类原本提供停止线程的stop()方法，但从JDK 1.2开始就已经废除了，直到现在也不推荐使用。

以下方法已全部废除，原因是可能会导致死锁。

|  |
| --- |
| 1) stop()：停止线程  2) destroy()：销毁线程  3) suspend()：挂起线程，暂停执行  4) resume()：恢复挂起线程，继续执行 |

示例：优雅地停止线程

|  |
| --- |
| **public** **class** ElegantStop **implements** Runnable {  **private** **boolean** flag = **true**;  **private** **int** num = 0;  **public** **void** setFlag(**boolean** flag) {  **this**.flag = flag;  }  @Override  **public** **void** run() {  **while** (flag) {  **try** {  Thread.*sleep*(200);  } **catch** (InterruptedException e) {}  System.***out***.println(Thread.*currentThread*().getName() + ", num=" + **this**.num++);  }  }  **public** **void** stop() { // flag设为false, run()方法结束循环, 线程结束  **this**.setFlag(**false**);  }  }  ElegantStop run = **new** ElegantStop();  **new** Thread(run).start();  **try** {  Thread.*sleep*(2000); // 主线程休眠2s后  } **catch** (InterruptedException e) {}  run.stop(); // 将子线程停止 |

设置flag字段，true表示线程执行，其他线程修改flag为false，线程停止。

* 22.13 守护线程

主线程或其他线程在执行时，守护线程将一直存在，并后台运行。如果程序执行完毕，守护线程也就消失。JVM最大的守护线程是GC线程。

|  |
| --- |
| public final *void* setDaemon(*boolean* on) // 设置为守护线程  public final *boolean* isDaemon() // 判断是否为守护线程 |

示例：

|  |
| --- |
| ElegantStop run = **new** ElegantStop();  ElegantStop daemon = **new** ElegantStop();  Thread userThread = **new** Thread(run, "用户线程");  Thread daemonThread = **new** Thread(daemon, "守护线程");  userThread.start();  daemonThread.setDaemon(**true**); // 启动之前设置为守护线程  daemonThread.start(); |

如果不停止用户线程，用户线程和守护线程将比翼双飞；如果优雅地停止用户线程，守护线程乘风而去。

* 22.14 volatile关键字

多线程中**volatile**关键字主要定义属性，表示该属性为直接数据操作，而不进行副本的拷贝处理。一些书错误地理解为~~同步属性~~。

正常进行变量处理步骤：

1) 获取变量原有的数据内容副本；

2) 利用副本为变量进行数学计算；

3) 将计算后的变量保存到原始空间中。

如果一个属性定义了**volatile**关键字，表示不使用副本，直接操作原始变量，相当于节约了拷贝副本、重新保存的步骤。

面试题：**volatile**和**synchronized**的区别

1) **volatile**主要在属性上使用；**synchronized**在代码块和方法上使用；

2) **volatile**无法描述同步，只是一种直接内存处理，避免副本的操作；**synchronized**实现同步。两者没什么联系。

* 22.15 多线程综合案例：数字加减

设4个线程对象，两个执行加操作，两个执行减操作，加减交替执行。

|  |
| --- |
| **public** **class** Resource { // 资源类  **private** **int** num = 0;  **private** **boolean** flag = **true**; // true为只执行加法,false为只执行减法  **public** **synchronized** **void** add() {  **while** (!**this**.flag) { // 此处需要while而不是if,否则可能多次加或多次减  **try** {  **super**.wait(); // 执行减法,加法休眠  } **catch** (InterruptedException e) {}  }  **try** {  Thread.*sleep*(100);  } **catch** (InterruptedException e) {}  System.***out***.println(Thread.*currentThread*().getName() + ", num=" + ++**this**.num);  **this**.flag = !**this**.flag; // 加法执行完毕,需要执行减法  **super**.notifyAll(); // 唤醒全部等待线程, 否则可能线程全部休眠  }  **public** **synchronized** **void** sub() {  **while** (**this**.flag) {  **try** {  **super**.wait();  } **catch** (InterruptedException e) {}  }  **try** {  Thread.*sleep*(200);  } **catch** (InterruptedException e) {}  System.***out***.println(Thread.*currentThread*().getName() + ", num=" + --**this**.num);  **this**.flag = !**this**.flag;  **super**.notifyAll();  }  }  // 加法线程  **public** **class** AddThread **implements** Runnable {  **private** Resource src;  **public** AddThread(Resource src) {  **this**.src = src;  }  @Override  **public** **void** run() {  **for** (**int** i = 0; i < 50; i++) {  src.add();  }  }  }  // 减法线程  **public** **class** SubThread **implements** Runnable {  **private** Resource src;  **public** SubThread(Resource src) {  **this**.src = src;  }  @Override  **public** **void** run() {  **for** (**int** i = 0; i < 50; i++) {  src.sub();  }  }  }  // 测试  Resource src = **new** Resource();  AddThread add = **new** AddThread(src);  SubThread sub = **new** SubThread(src);  **new** Thread(add, "加法线程1").start();  **new** Thread(add, "加法线程2").start();  **new** Thread(sub, "减法线程1").start();  **new** Thread(sub, "减法线程2").start(); |

结果：加减法交替执行，num的值为1或0

**注**：此处每种线程有多个，判断flag要使用while而不是if。否则可能会出现加法之后还是加法或减法之后还是减法。如：

|  |
| --- |
| t1 --> num=1, flag=false --> notifyAll()  t2 --> wait()  t3 --> num=0, flag=true --> notifyAll()  t1 --> num=1, flag=false --> notifyAll()  t2 --> num=2, flag=false --> notifyAll()  ... |

t2醒来的时候虽然flag=false，但之前已经过了if判断，还是做加法，num=2，这样就有问题了；所以线程唤醒的时候也需要判断flag，故用while。

* 22.16 Lock接口

**synchronized**对锁的操作的隐式的。JDK 1.5出现java.util.concurrent.locks包，其中的Lock接口将**synchronized**的隐式操作变为显式的锁操作，使用更加灵活，一个锁可以有多组监视器。

|  |
| --- |
| *void* lock() // 获取锁  *void* unlock() //释放锁, 通常定义在finally代码块中 |

ReentrantLock类是Lock接口的常用实现。

Lock实例的newCondition()返回此Lock实例绑定的Condition实例：

|  |
| --- |
| *Condition* newCondition() |

Condition接口将对象监视器方法(wait、notify、notifyAll)分解为不同的对象，与任意Lock实例组合，使每个对象具有多个等待集的效果。

当Lock代替同步方法或同步代码块，要使用Condition代替对象监视器方法：

|  |
| --- |
| *void* await() throws InterruptedException // 当前线程休眠  *void* signal() // 唤醒一个等待的线程  *void* signalAll() // 唤醒所有等待的线程 |

示例：竞猜抢答

设置3个抢答者(线程)，同时发出抢答指令，抢答成功显示成功，反之显示失败。

|  |
| --- |
| // 线程要返回结果实现Callable  **class** MyThread **implements** Callable<String> {  **private** **boolean** flag = **true**;  **private** Lock lock = **new** ReentrantLock(); // 可重入锁  @Override  **public** String call() **throws** Exception {  **this**.lock.lock(); // 获取锁  **try** {  **if** (**this**.flag) {  **this**.flag = **false**;  **return** Thread.*currentThread*().getName() + ": 抢答成功!";  }  **return** Thread.*currentThread*().getName() + ": 抢答失败!";  } **finally** {  **this**.lock.unlock(); // 释放锁  }  }  }  MyThread mt = **new** MyThread();  FutureTask<String> task1 = **new** FutureTask<>(mt);  FutureTask<String> task2 = **new** FutureTask<>(mt);  FutureTask<String> task3 = **new** FutureTask<>(mt);  **new** Thread(task1, "maki").start();  **new** Thread(task2, "rin").start();  **new** Thread(task3, "nozomi").start();  System.***out***.println(task1.get());  System.***out***.println(task2.get());  System.***out***.println(task3.get()); |

每次结果不一样：

|  |
| --- |
| maki: 抢答失败!  rin: 抢答成功!  nozomi: 抢答失败! |

**20180609**

**♊** のーぞーみーちゃんっ！誕生日おめでとうっ♪



希パワー注入♪

**23 Java常用类库**

* 23.1 StringBuffer类

String类是开发中一定会用到的类，其特点：

1) 每个字符串常量都是一个String类的匿名对象，内容不可变；

2) String有两个常量池：静态常量池和运行时常量池；

3) String对象实例化建议直接赋值而不是new。

String类最大的缺点是对象内容不可修改。StringBuffer类解决了此问题，可以实现字符串内容的修改。

常用方法：

|  |
| --- |
| // 1. 构造方法  public StringBuffer()  public StringBuffer(*String* str) // 接收初始化字符串内容  // 2. 插入数据  public java.lang.AbstractStringBuilder append(*DataType* data) // 不能是byte或short  public *StringBuffer* insert(*int* offset, *DataType* data) // 指定位置插入  // 3. 删除数据  public *StringBuffer* delete(*int* start, *int* end)  // 4. 字符串反转  public *StringBuffer* reverse() |

示例：

|  |
| --- |
| StringBuffer sb = **new** StringBuffer();  sb.append("hello ").append("world").append("!");  System.***out***.println(sb.toString()); // hello world!  sb.delete(6, 11).insert(6, "hikari");  System.***out***.println(sb.toString()); // hello hikari!  System.***out***.println(sb.reverse().toString()); // !irakih olleh  System.***out***.println(sb.toString()); // !irakih olleh |

JDK 1.5提供的StringBuilder类和StringBuffer类功能相同，但是StringBuffer的全部使用**synchronized**关键字，是线程安全的。

JDK 1.4提供的CharSequence接口是描述字符串结构的接口。 String、StringBuffer、StringBuilder是其常用的3个子类。

* 23.2 AutoCloseable接口

JDK 1.7提供的AutoCloseable接口用于实现资源的自动关闭(释放)，如文件、网络、数据库资源的关闭。

该接口只有一个方法：

|  |
| --- |
| *void* close() throws *Exception* |

实现自动关闭，除了要实现AutoCloseable接口，还需要结合异常处理语句完成。

|  |
| --- |
| **interface** IMessage **extends** AutoCloseable {  **void** send(String msg);  }  **class** Message **implements** IMessage {  **public** **boolean** connect() {  System.***out***.println("【connect】成功连接!");  **return** **true**;  }  @Override  **public** **void** send(String msg) {  **if** (**this**.connect()) {  System.***out***.println("发送消息: " + msg);  }  }  @Override  **public** **void** close() **throws** Exception {  System.***out***.println("【close】关闭连接!");  }  }  // 需要结合异常处理语句完成自动关闭  **try** (Message m = **new** Message()) {  m.send("hello!");  } **catch** (Exception e) {} |

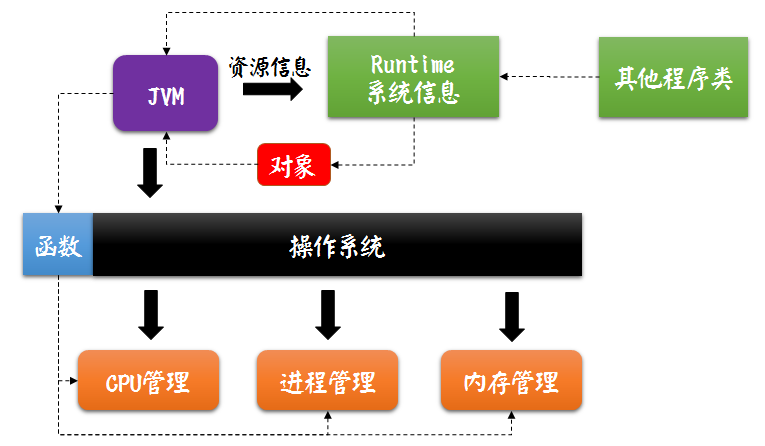
结果：

|  |
| --- |
| 【connect】成功连接!  发送消息: hello!  【close】关闭连接! |

* 23.3 Runtime类

Runtime类是唯一一个描述JVM运行状态的类，默认提供一个实例化对象。

每个JVM进程只允许提供一个Runtime对象，所以其构造方法private，使用单例设计模式，使用getRuntime()静态方法获取其实例化对象。



常用方法：

|  |
| --- |
| public *int* availableProcessors() // 返回可用JVM处理器数量，CPU内核数  public *long* maxMemory() // 返回JVM可以使用最大内存量  public *long* totalMemory() // 返回JVM中总内存量，值可能随时间变化，默认本机内存1/4  public *long* freeMemory() // 返回JVM可用内存量，默认本机内存1/64  public *void* gc()：// 运行垃圾回收器，手动调用GC回收垃圾 |

示例：

|  |
| --- |
| **int** MB = 1024 \* 1024;  Runtime run = Runtime.*getRuntime*();  System.***out***.println("CPU内核数: " + run.availableProcessors()); // 4, CPU内核数  System.***out***.println(run.maxMemory() / MB + "MB"); // 获取最大可用内存  System.***out***.println(run.totalMemory() / MB + "MB"); // 总可用内存  System.***out***.println(run.freeMemory() / MB + "MB"); // 空闲内存空间  String s = "";  // 制造大量垃圾  **for** (**int** i = 0; i < 10000; i++) {  s += i;  }  System.***out***.println("\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*");  System.***out***.println(run.maxMemory() / MB + "MB");  System.***out***.println(run.totalMemory() / MB + "MB");  System.***out***.println(run.freeMemory() / MB + "MB");  run.gc(); // 手动垃圾回收  **try** {  Thread.*sleep*(1000);  } **catch** (InterruptedException e) {}  System.***out***.println("\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*");  System.***out***.println(run.maxMemory() / MB + "MB");  System.***out***.println(run.totalMemory() / MB + "MB");  System.***out***.println(run.freeMemory() / MB + "MB"); |

结果：

|  |
| --- |
| CPU内核数: 4  996MB  64MB  62MB  \*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*  996MB  124MB  119MB  \*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*  996MB  8MB  7MB |

* 23.4 System类

① 数组拷贝

|  |
| --- |
| public static *void* arraycopy(*Object* src, *int* srcPos, *Object* dest, *int* destPos, *int* length) |

示例：

|  |
| --- |
| **int**[] arr = **new** **int**[] { 0, 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9 };  **int**[] lst = **new** **int**[] { 9, 8, 7, 6, 5, 4, 3, 2, 1, 0 };  // arr从下标1开始复制到lst的下标2, 复制长度为5  System.*arraycopy*(arr, 1, lst, 2, 5);  hikari.ArrayUtil.*print*(lst); // [9, 8, 1, 2, 3, 4, 5, 2, 1, 0] |

② 返回当前UTC时间戳

|  |
| --- |
| public static *long* currentTimeMillis() // 毫秒  public static *long* nanoTime() // 纳秒 |

示例：计算程序运行时间

|  |
| --- |
| **private** **static** **void** test() {  String s = "";  **for** (**int** i = 0; i < 100000; i++) {  s += i;  }  }  **long** start = System.*currentTimeMillis*();  *test*();  **long** end = System.*currentTimeMillis*();  System.***out***.println(String.*format*("test()方法用时: %.2fs", (end-start)/1000.0)); // test()方法用时: 10.21s |

③ 垃圾回收

|  |
| --- |
| public static *void* gc()  // System.gc()就是调用Runtime.getRuntime().gc() |

* 23.5 Cleaner类

java.lang.ref包的Cleaner类是JDK 1.9提供的一个对象清理操作，主要功能是finalize()方法的替代。

C++有两种特殊函数：构造函数、析构函数(对象手动回收)。

Java所有垃圾都是GC自动回收，所以很多时候不需要析构函数。

但是Java提供了给对象收尾的操作(临终遗言)

Object类的finalize()方法：

|  |
| --- |
| *@Deprecated*(since="9")  protected *void* finalize() throws *Throwable* |

最大特点是抛出Throwable类型，它是Error和Exception的直接父类。

以前finalize的使用：

|  |
| --- |
| **class** Person {  **public** Person() {  System.***out***.println("【构造】在一个雷电交加的夜晚诞生了...");  }  @Override  **protected** **void** finalize() **throws** Throwable {  **try** {  System.***out***.println("【析构】人终有一死, 或重于泰山, 或重于另一座山...");  **throw** **new** Exception("我真的还想再活500年!");  }**finally** {  **super**.~~finalize~~(); // 已过时  }  }  }  Person p = **new** Person();  p = **null**; // 成为垃圾  System.*gc*(); // 手动回收打印遗言 |

结果：

|  |
| --- |
| 【构造】在一个雷电交加的夜晚诞生了...  【析构】人终有一死, 或重于泰山, 或重于另一座山... |

Finalization可能导致性能问题、死锁、和挂起，finalizers的错误可能导致资源泄露。占用非堆资源的实例的类需要提供一个方法来显式释放资源，按需实现AutoCloseable接口。当一个对象不可访问时，Cleaner和PhantomReference提供更加灵活有效的方法释放资源。

|  |
| --- |
| **import** java.lang.ref.Cleaner;  **public** **class** CleaningExample **implements** AutoCloseable {  // 最好是库中共享的cleaner  **private** **static** **final** Cleaner ***cleaner*** = Cleaner.*create*();  **static** **class** State **implements** Runnable { // 内部类  State() {  // 初始化清理动作所需的状态  System.***out***.println("【构造】在一个雷电交加的夜晚诞生了...");  }  **public** **void** run() { // 清理使用多线程  // 清除操作访问状态, 最多执行一次  System.***out***.println("【析构】人终有一死, 或重于泰山, 或重于另一座山...");  }  }  **private** **final** State state;  **private** **final** Cleaner.Cleanable cleanable;  **public** CleaningExample() {  **this**.state = **new** State();  **this**.cleanable = ***cleaner***.register(**this**, state);  }  **public** **void** close() {  cleanable.clean(); // 启动多线程  }  }  **try** (CleaningExample clean = **new** CleaningExample()) {  // ...  } **catch** (Exception e) {} |

新一代的清除回收更多考虑的是多线程的使用，为了防止有可能造成的延迟，许多对象回收前的处理都是单独通过一个线程完成，提供性能。

* 23.6 对象克隆

Object类的clone()方法

|  |
| --- |
| protected *Object* clone() throws *CloneNotSupportedException* |

所有的类都继承Object，所有的类一定有clone()方法，但不是所有类都希望被克隆。如果要实现对象克隆，对象的类需要实现Cloneable接口，否则抛出异常。此接口没有一个方法，其主要描述的是一种能力。

|  |
| --- |
| **class** Person **implements** Cloneable {  **private** String name;  **private** **int** age;  **public** Person(String name, **int** age) {  **this**.name = name;  **this**.age = age;  }  @Override  **public** String toString() {  **return** "name=" + name + ", age=" + age;  }  @Override  **protected** Object clone() **throws** CloneNotSupportedException {  **return** **super**.clone();  }  }  Person p1 = **new** Person("hikari", 25);  **try** {  Person p2 = (Person) p1.clone();  // 克隆后的对象内容一样, 内存地址不一样  System.***out***.println(p1.toString().equals(p2.toString())); // true  System.***out***.println(Integer.*toHexString*(p1.hashCode())); // 299a06ac  System.***out***.println(Integer.*toHexString*(p2.hashCode())); // 383534aa  } **catch** (CloneNotSupportedException e) {} |

实际开发很少需要对象的克隆。

* 23.7 Math类

Math类构造方法私有化，所有方法都是static，静态导入比较合适。

|  |
| --- |
| System.***out***.println(Math.***PI***); // 3.141592653589793  System.***out***.println(Math.*pow*(2, 3)); // 8.0  System.***out***.println(Math.*round*(-1.5)); // -1, +0.5后向下取整 |

示例：自定义四舍五入：

|  |
| --- |
| **class** MyMath {  **private** MyMath() {}  **public** **static** **double** round(**double** n, **int** scale) {  **double** x = Math.*pow*(10, scale);  **return** Math.*round*(n \* x) / x;  }  }  // -1.235\*100结果是-123.50000000000001, 四舍五入为-124...  System.***out***.println(MyMath.*round*(-1.235, 2)); // -1.24 |

* 23.8 Random类 (java.util包)

一个重要方法是获取不超过某个值的随机非负整数：

|  |
| --- |
| public *int* nextInt(*int* bound) // 产生[0, bound)的随机整数 |

示例：模拟36选7

|  |
| --- |
| **private** **static** ArrayList<Integer> select(**int** num, **int** total) {  ArrayList<Integer> arr = **new** ArrayList<>();  Random r = **new** Random();  **for** (**int** i = 0; i < num;) {  **int** n = r.nextInt(total);  **if** (!arr.contains(n) && n != 0) { // 不重复,不包含0  arr.add(n);  i++;  }  }  Collections.*sort*(arr); // 排序  **return** arr;  }  System.***out***.println(*select*(7, 36));// [9, 13, 14, 23, 28, 32, 33] |

**20180610**

* 23.9 BigInteger和BigDecimal

实现海量数字的基础计算，比如超过double范围的数字计算。最早只能使用String类保存，但是计算需要逐位拆分，十分麻烦。java.math包的BigInteger和BigDecimal是大数字类，是抽象类Number的子类。

示例：BigInteger的运算

|  |
| --- |
| String sa = "9876543210";  String sb = "1234567890";  // 构造大数字的字符串形式  **for** (**int** i = 0; i < 6; i++) {  sa += sa;  sb += sb;  }  System.***out***.println("len(sa)=" + sa.length() + ", len(sb)=" + sb.length());  BigInteger a = **new** BigInteger(sa);  BigInteger b = **new** BigInteger(sb);  // 四则运算  System.***out***.println("a+b=" + a.add(b));  System.***out***.println("a-b=" + a.subtract(b));  System.***out***.println("a\*b=" + a.multiply(b));  System.***out***.println("a/b=" + a.divide(b));  // 求商和余数, 结果是两个BigInteger的数组  BigInteger[] ret = a.divideAndRemainder(b);  System.***out***.println("a/b的商: " + ret[0] + ", 余数: " + ret[1]);  // 计算指数会非常慢  System.***out***.println(a.pow(Integer.***MAX\_VALUE***)); |

如果数据没有超过基本数据类型，不要使用大数字类型，计算性能太差。

BigDecimal使用和BigInteger类似，但其除法有个数据进位的问题。

|  |
| --- |
| public *BigDecimal* divide(*BigDecimal* divisor, *int* scale, *RoundingMode* roundingMode) |

示例：使用BigDecimal四舍五入：

|  |
| --- |
| **private** **static** **double** round(**double** n, **int** scale) {  // n转为BigDecimal除以BigDecimal的1, 四舍五入, 转为double  **return** **new** BigDecimal(n).divide(BigDecimal.***ONE***, scale, RoundingMode.***HALF\_UP***).doubleValue();  }  System.***out***.println(*round*(-1.235, 2)); // -1.24 |

* 23.10 Date类

简单Java类的设计来源于数据表的结构，日期是数据表常用的类型。

Java提供java.util.Date类处理日期。

|  |
| --- |
| Date date = **new** Date();  System.***out***.println(date); // Sun Jun 10 22:44:35 JST 2018 |

其构造方法：

|  |
| --- |
| public Date() { // 无参构造默认使用当前毫秒  this(System.currentTimeMillis());  }  public Date(*long* date) {  fastTime = date;  } |

Date类只是对long的一种包装，Date类提供日期与long之间的转换。

|  |
| --- |
| public Date(*long* date) // long毫秒值转为Date对象  public *long* getTime() // Date对象转为UTC时间戳(long类型的毫秒值) |

示例：

|  |
| --- |
| **long** now = **new** Date().getTime();  **long** afterTenDays = now + 8 \* 24 \* 60 \* 60 \* 1000;  System.***out***.println(**new** Date(afterTenDays)); // Mon Jun 18 22:49:27 JST 2018 |

* 23.11 SimpleDateFormat类

Date默认打印的结构并不十分友好，需要对日期格式化处理。

java.text包的SimpleDateFormat类用于以本地敏感的方式格式化和解析日期。

SimpleDateFormat继承于抽象类DateFormat，后者继承于抽象类Format。

常用方法：

|  |
| --- |
| public SimpleDateFormat(*String* pattern) // 构造方法, 定义日期格式  public final *String* format(*Date* date) // DateFormat提供, Date对象转为字符串  public *Date* parse(*String* source) throws ParseException // DateFormat提供, 字符串转为Date对象 |

示例：

|  |
| --- |
| SimpleDateFormat sdf = **new** SimpleDateFormat("yyyy-MM-dd HH:mm:ss");  // 1. Date对象转为字符串  Date date = **new** Date();  System.***out***.println(sdf.format(date)); // 2018-06-10 23:12:58  // 2. 字符串转为Date对象  String someday = "2020-02-02 20:02:20";  **try** {  Date day = sdf.parse(someday);  System.***out***.println(day); // Sun Feb 02 20:02:20 JST 2020  } **catch** (ParseException e) {}  // 附赠: 数字格式化  NumberFormat nf = NumberFormat.*getInstance*();  **long** n = 1234567890;  System.***out***.println(nf.format(n)); // 1,234,567,890 |

如果字符串使用的日期超过了合理范围，则会自动进位。

**24 正则表达式**

* 24.1 正则表达式简介

String是非常万能的类型，因为支持向各种数据类型转换。开发中用户输入的信息基本都是String。String向其他数据类型转换时，可能需要进行复杂的验证。

比如验证字符串是否全是数字组成，之前的练习将字符串转为字符数组，逐个比较，代码略麻烦。使用正则表达式验证则可简化代码。

|  |
| --- |
| String s = "123";  **if** (s.matches("\\d+")) {  **int** n = Integer.*parseInt*(s);  System.***out***.println(n + "\*" + n + "=" + n \* n); // 123\*123=15129  } |

正则表达式最早从Perl语言里发展而来，JDK 1.4后支持正则表达式，提供java.util.regex包，同时String也支持正则表达式。

正则表达式主要特点是方便验证处理，复杂字符串修改或获取指定数据。

* 24.2 常用正则表达式结构

① 字符类

|  |
| --- |
| [abc] a或b或c  [^abc] 除了a, b, c的任何字符(否定)  [a-zA-Z] a 到z或A到Z(范围) |

② 预定义的字符类

|  |
| --- |
| . 任意字符 (行结束符可能(不)匹配)  \d 数字: [0-9]  \D 非数字: [^0-9]  \s 空白字符: [ \t\n\x0B\f\r]  \S 非空白字符: [^\s]  \w 单词字符: [a-zA-Z\_0-9]  \W 非单词字符: [^\w] |

③ 匹配边界

|  |
| --- |
| ^ 一行开始  $ 一行结束  \b 单词边界  \B 非单词边界 |

④ 数量词(贪婪模式)

|  |
| --- |
| X? X, 一次或零次  X\* X, 零次或多次  X+ X, 一次或多次  X{n} X, 恰好n次  X{n,} X, 至少n次  X{n,m} X, 至少n次，至多m次 |

默认使用贪婪模式匹配，尽可能匹配多的字符。

数量词后面加?表示非贪婪模式，尽可能匹配少的字符。

⑤ 逻辑运算符

|  |
| --- |
| XY XY紧随  X|Y X或Y  (X) X, 作为一个捕获组 |

⑥ 反向引用

|  |
| --- |
| \n 任何匹配的nth捕获组  \k<name> 任何匹配的命名捕获组"name" |

⑥ 特殊结构 (命名捕获和非捕获)

|  |
| --- |
| (?<name>X) X, 作为命名捕获组  (?:X) X, 作为非捕获组 |

捕获组可以通过左括号的顺序来编号。

如表达式((A)(B(C)))中有四个这样的组：

|  |
| --- |
| 1. ((A)(B(C)))  2. (A)  3. (B(C))  4. (C) |

0组始终代表整个表达式。

* 24.3 String对正则表达式的支持

正则表达式有单独的包java.util.regex包，有两个主要的类Matcher和Pattern，如果不是必要，此包很少用，因为String也支持正则表达式，可以直接使用。

String类关于正则表达式的常用方法：

|  |
| --- |
| public *boolean* matches(*String* regex)  public *String* replaceFirst(*String* regex, *String* replacement)  public *String* replaceAll(*String* regex, *String* replacement)  public *String*[] split(*String* regex)  public *String*[] split(*String* regex, *int* limit) |

练习：验证email格式

用户名由字母、数字、\_组成，不能\_开头；域名由字母、数字组成；域名后缀必须是：.cn、.com、.net、.com.cn、.org

|  |
| --- |
| String email = "hikari@qq.com";  String re = "[a-zA-Z0-9]\\w+@[a-zA-Z0-9]+\\.(cn|com|net|com\\.cn|org)";  System.***out***.println(email.matches(re) ? "匹配成功!" : "匹配失败!"); // 匹配成功! |

示例：使用捕获组

|  |
| --- |
| String s = "umi,rinrinrin,makimaki,nozominozomi,nico";  // ()为捕获组,\1取第一组,此处表示一组字符连续重复出现  String re = "([a-z]+)\\1+";  // "$"获取前一个正则参数的内容, "$1"为获取第一组  s = s.replaceAll(re, "$1");  System.***out***.println(s); // umi,rin,maki,nozomi,nico |

* 24.4 java.util.regex包

有两个主要的类Matcher和Pattern。

① Pattern

构造方法私有，提供正则表达式编译处理。

public static *Pattern* compile(*String* regex)

提供split()方法，功能与字符串的split()一样

public *String*[] split(*CharSequence* input)

② Matcher

实现正则表达式匹配，实例化依靠Pattern类的matcher()方法

public *Matcher* matcher(*CharSequence* input)

Matcher对象主要方法：

|  |
| --- |
| public *boolean* matches()  public *String* replaceFirst(*String* replacement)  public *String* replaceAll(*String* replacement) |

如果只是split、replace、matches根本不需要使用java.util.regex包，直接使用String的方法即可。

Matcher类提供分组功能，是String类不具备的。

|  |
| --- |
| public *boolean* find() // 试图找到匹配的下一个子序列  public *String* group() // 返回前一个匹配的子序列  public *String* group(*int* group) // 返回上次匹配操作中被给定组捕获的子序列 |

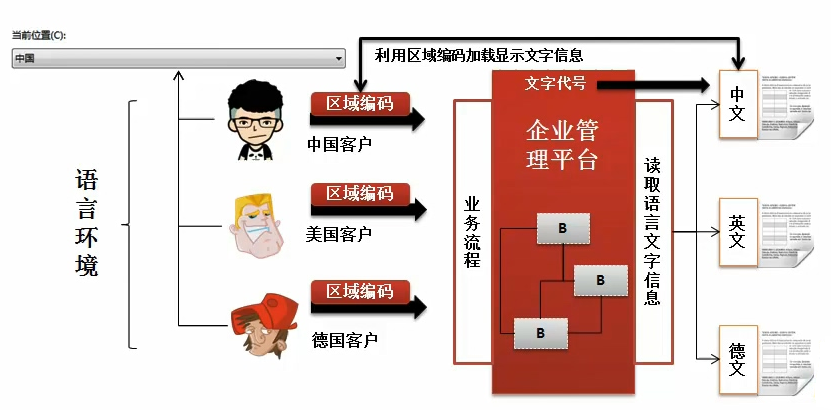
示例：

|  |
| --- |
| String html = "<ul><li>rin</li><li>maki</li><li>nozomi</li></ul>";  String re = "<li>([a-z]+)</li>";  Pattern p = Pattern.*compile*(re);  Matcher m = p.matcher(html);  **while** (m.find()) { // 是否有匹配内容  System.***out***.println(m.group(1));  } |

**20180611**

**25 国际化程序**

国际化程序是同一个程序代码可以根据不同国家实现不同的语言描述，但是程序的核心业务的相同的。



要实现国际化开发，需要解决的问题：

1) 如何定义保存文字的文件信息；

2) 如何根据不同的区域语言的编码读取指定的资源信息。

* 25.1 Locale类

java.util包的Locale类专门描述区域和语言编码。

|  |
| --- |
| public Locale(*String* language)  public Locale(*String* language, *String* country) |

语言和国家的代码，zh-CN：中文(简体)；en\_US：英语(美国)。

|  |
| --- |
| // 手动选择  Locale loc = **new** Locale("zh", "CN");  System.***out***.println(loc); // zh\_CN |

Locale类默认方式实例化可以自动获取当前的运行环境。

|  |
| --- |
| // 读取本地默认环境  Locale local = Locale.*getDefault*();  System.***out***.println(local); // zh\_CN |

然而实际开发中，很多人不关系国家和语言的编码。为了简化开发，Locale类将世界上一些著名的国家编码设为常量。

|  |
| --- |
| Locale jp = Locale.***JAPAN***;  System.***out***.println(jp); // ja\_JP  Locale en = Locale.***UK***;  System.***out***.println(en); // en\_GB |

* 25.2 配置资源文件

国际化程序中，语言文字最为重要。可以将所有语言文字保存在资源文件中：

1) 所有资源文件一定要定义在CLASSPATH中，允许资源文件在包里；

2) 资源文件的后缀必须是.properties，也可以成为属性文件；

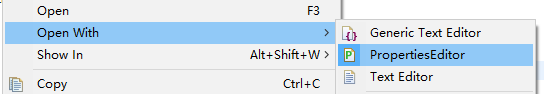
3) 资源文件所有数据使用字符串key=value形式定义。

资源文件命名使用"资源文件名\_语言\_国家.properties"

注意：.properties保存中文需要转码，原本JDK有专门的转码工具，但是JDK 1.9后就消失了。现在直接利用Eclipse处理，但是中文显示Unicode编码，不方便维护。需要在Eclipse安装一个资源文件的编辑插件[PropertiesEdit](http://propedit.osdn.jp/eclipse/updates/)or。

|  |
| --- |
| Help → Install New Software → Add → Name:properties,Location:将链接复制 → 联网加载 → 下载新版本PropertiesEditor → Next → Next → accept同意协议 → Finish → Install anyway忽略警告 → Restart Now重启Eclipse |

安装完成后：右击配置文件Open With → PropertiesEditor打开



* 25.3 读取资源文件(ResourceBundle类)

读取资源文件主要依靠java.util.ResourceBundle类完成，此类是一个抽象类。

但可以直接使用静态方法getBundle()获取其实例化对象。

|  |
| --- |
| public static final *ResourceBundle* getBundle(*String* baseName)  public static final *ResourceBundle* getBundle(*String* baseName, *Locale* locale) |

baseName是资源文件的名称，没有后缀

示例：

|  |
| --- |
| // 资源文件在包里,需要带包的名字  ResourceBundle src = ResourceBundle.*getBundle*("java0611.data");  String name = src.getString("name");  String group = src.getString("group");  **int** age = Integer.*parseInt*(src.getString("age"));  System.***out***.println("name:" + name + ", group:" + group + ", age:" + age);  // name:星空凛, group:lily white, age:15 |

如果资源文件不存在，抛出：

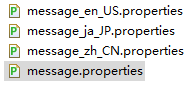
|  |
| --- |
| Exception in thread "main" java.util.MissingResourceException: Can't find bundle for base name data, locale zh\_CN |

如果访问的key不存在，抛出：

|  |
| --- |
| Exception in thread "main" java.util.MissingResourceException: Can't find resource for bundle java.util.PropertyResourceBundle, key xxx |

* 25.4 实现国际化程序

写几个资源文件：中文、英文、日文、没有区域的资源文件



|  |
| --- |
| // 没有指定Locale对象,默认使用本地默认Locale.getDefault()加载中文资源  ResourceBundle src = ResourceBundle.*getBundle*("java0611.message");  String info = src.getString("info");  System.***out***.println(info); // 很高兴见到你！  // 指定地区为Japan加载日文资源  ResourceBundle srcJP = ResourceBundle.*getBundle*("java0611.message", Locale.***JAPAN***);  System.***out***.println(srcJP.getString("info"));  // はじめまして、どうぞよろしくお願いします！ |

读取顺序：指定区域的资源 > 默认本地资源 > 公共资源(没有设置区域)

* 25.5 消息格式化

修改资源文件：

|  |
| --- |
| info={0}, 很高兴见到你！今天是{1}. |

{0}、{1}之类是占位符，可以继续往后添加。

如果直接读取，会将占位符读取出来，需要java.text.MessageFormat类格式化处理。其提供一个格式化文本的方法：

|  |
| --- |
| public static *String* format(*String* pattern, *Object*... arguments) |

示例：

|  |
| --- |
| // 没有指定Locale对象,默认使用本地默认Locale.getDefault()加载中文资源  ResourceBundle src = ResourceBundle.*getBundle*("java0611.message");  String info = src.getString("info");  Date today = **new** Date();  SimpleDateFormat sdf = **new** SimpleDateFormat("yyyy年MM月dd日");  info = MessageFormat.*format*(info, "hikari", sdf.format(today));  // 格式化处理  System.***out***.println(info); // hikari, 很高兴见到你！今天是2018年06月11日. |

**26 开发支持类**

* 26.1 java.util.Arrays类

全部是静态方法，构造方法私有化。

常用方法：

① 转为字符串

public static *String* toString(*DataType*[] a)

② 数组排序

public static *void* sort(*DataType*[] a)

③ 二分查找(需要先升序排序)

public static *int* binarySearch(*DataType*[] a, *DataType* key)

示例：

|  |
| --- |
| **int**[] arr = **new** **int**[] { 9, 8, 7, 6, 5, 4, 3, 2, 1 };  Arrays.*sort*(arr);  System.***out***.println(Arrays.*toString*(arr));// [1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9]  // 二分查找前需要升序排序,否则找不到返回-1  System.***out***.println(Arrays.*binarySearch*(arr, 2)); // 1 |

④ 数组比较

public static *int* compare(*DataType* [] a, *DataType* [] b)

返回1(大于)、-1(小于)或0(等于)。

⑤ 数组相等判断

public static *boolean* equals(*DataType*[] a, *DataType*[] a2)

⑥ 数组填充

public static *void* fill(*DataType*[] a, *DataType* val)

示例：

|  |
| --- |
| **int**[] arr = **new** **int**[10];  // arr全部填充1  Arrays.*fill*(arr, 1);  System.***out***.println(Arrays.*toString*(arr)); // [1, 1, 1, 1, 1, 1, 1, 1, 1, 1] |

虽然说这些功能Arrays类都实现好了，但是排序和二分查找仍是面试常考题，需要会写，实际开发几乎不需要自己实现。

示例：二分查找

|  |
| --- |
| **public** **static** **int** binarySearch(**int**[] arr, **int** key) {  **if** (arr == **null**) {  **return** -1;  }  **return** *binarySearch0*(arr, 0, arr.length, key);  }  **private** **static** **int** binarySearch0(**int**[] arr, **int** from, **int** to, **int** key) {  **int** low = from;  **int** high = to - 1;  **while** (low <= high) {  // 位运算优势是速度更快,但是在大内存情况在提升有限  **int** mid = (low + high) >>> 1;  **if** (arr[mid] == key) {  **return** mid;  } **else** **if** (arr[mid] > key) {  high = mid - 1;  } **else** {  low = mid + 1;  }  }  **return** -1;  } |

* 26.2 java.util.UUID类

UUID (universally unique identifier)是通用唯一标识符，主要功能是根据时间戳生成一个自动的无重复字符串，占128bit。

一般获取UUID对象使用：

public static *UUID* randomUUID()

根据字符串创建UUID对象：

public static *UUID* fromString(*String* name)

示例：

|  |
| --- |
| UUID uid = UUID.*randomUUID*();  String s = uid.toString();  System.***out***.println(s); // ce9202a6-eb96-463f-939c-266e89fc40d5  System.***out***.println(s.length()); // 36 |

UUID为128bit，32位16进制字符串，所以-不算吗?

UUID一般用于对一些文件自动命名的处理。

* 26.3 java.util.Optional<T>类

Optional类(Since 1.8)主要进行null相关处理。为了防止出现NullPointerException一般需要if判断，也就是接收的一方需要被动的进行判断。

为了解决此种被动，Java提供Optional类可以实现null的处理。

主要方法：

|  |
| --- |
| 1. public static <T> *Optional*<T> empty() // 返回空的Optional实例  2. public *T* get() // 如果value存在返回value，否则抛出NoSuchElementException  3. public static <T> *Optional*<T> of(*T* value) // 将非空value的Optional实例返回, value为null抛出NullPointerException  4. public static <T> *Optional*<T> ofNullable(*T* value) // value允许为空  5. public *T* orElse(*T* other) // 如果value存在返回value，否则返回other |

无意义的示例：of()和get()使用

|  |
| --- |
| **interface** IMessage {  String getContent();  }  **class** Message **implements** IMessage {  @Override  **public** String getContent() {  **return** "makirin";  }  }  **class** MessageUtil {  **private** MessageUtil() {}  **public** **static** Optional<IMessage> getMessage() {  // return Optional.of(new Message());  // 将Message对象用Optional类包装, 传入null在此处报错, 而不是在使用处  **return** Optional.*of*(**null**);  }  **public** **static** **void** useMessage(Optional<IMessage> op) {  IMessage msg = op.get();  System.***out***.println(msg.getContent());  }  }  Optional<IMessage> op = MessageUtil.*getMessage*();  MessageUtil.*useMessage*(op); |

无意义的示例：使用ofNullable()和orElse()

|  |
| --- |
| **class** MessageUtil {  **private** MessageUtil() {}  **public** **static** Optional<IMessage> getMessage() {  // ofNullable()允许传入null但获取时应该使用orElse()并且给个默认值  **return** Optional.*ofNullable*(**null**);  }  **public** **static** **void** useMessage(Optional<IMessage> op) {  // 当Optional对象中value为null时使用orElse()提供的值  IMessage msg = op.orElse(**new** Message());  System.***out***.println(msg.getContent());  }  } |

所以Optional类到底有什么好处呢? 个人认为Optional类是对其他对象的包装类，通过ofNullable()和orElse()结合使用，允许value有null，但提供一个默认值，如此可以有效地规避空指针异常。

* 26.4 java.lang.ThreadLocal<T>类

提供线程局部变量。ThreadLocal变量活动范围只局限于某个线程，也就是每个线程独享一个ThreadLocal变量，而不是共享。

|  |
| --- |
| 1. public ThreadLocal() // 构造方法  2. public *void* set(*T* value) // 设置数据  3. public *T* get() // 获取数据  4. public *void* remove() // 删除数据 |

ThreadLocal的set()和get()方法代码：

|  |
| --- |
| public *void* set(*T* value) {  *Thread* t = Thread.currentThread();  *ThreadLocalMap* map = getMap(t);  if (map != null)  map.set(this, value);  else  createMap(t, value);  }  public *T* get() {  *Thread* t = Thread.currentThread();  *ThreadLocalMap* map = getMap(t);  if (map != null) {  ThreadLocalMap.Entry e = map.getEntry(this);  if (e != null) {  *@SuppressWarnings*("unchecked")  *T* result = (T)e.value;  return result;  }  }  return setInitialValue();  } |

根据线程对象t获取ThreadLocalMap对象map的getMap()方法：

|  |
| --- |
| *ThreadLocalMap* getMap(*Thread* t) {  return t.threadLocals;  } |

Thread类的threadLocals属性；

|  |
| --- |
| /\* 与此线程相关的ThreadLocal值, 该映射由ThreadLocal类维护 \*/  ThreadLocal.ThreadLocalMap threadLocals = null; |

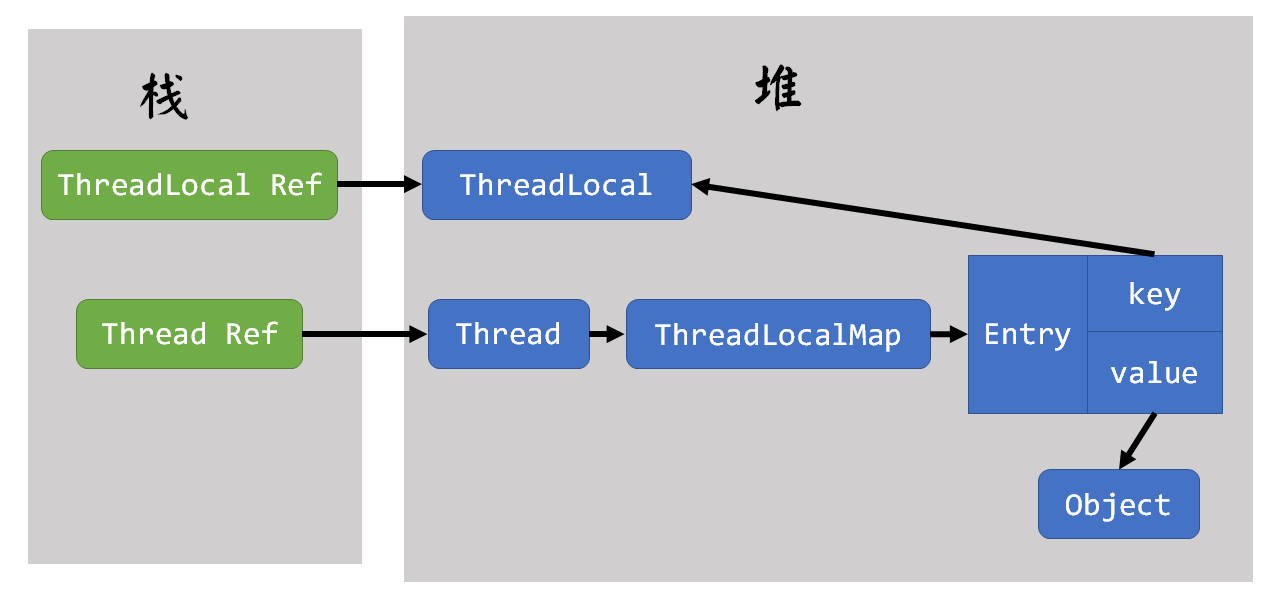
ThreadLocalMap类是定义在ThreadLocal类的静态内部类。Entry是定义在ThreadLocalMap的静态内部类。此Entry用于存储键值对。

|  |
| --- |
| static class Entry extends *WeakReference*<*ThreadLocal*<*?*>> {  /\*\* 与此ThreadLocal关联的值 \*/  *Object* value;  Entry(*ThreadLocal*<*?*> *k*, *Object* *v*) {  super(k);  value = v;  }  } |

ThreadLocal实例为key，用户传入的值为value。

set()：Thread Ref→Thread→ThreadLocalMap→Entry，Entry.value=value

get()：Thread Ref→Thread→ThreadLocalMap→Entry，return Entry.value



示例：不使用ThreadLocal

|  |
| --- |
| **class** Message {  **private** String info;  **public** Message(String info) {  **this**.info = info;  }  **public** String getInfo() {  **return** info;  }  }  **class** Channel {  **private** **static** Message *msg*;  **private** Channel() {}  **public** **static** **void** setMsg(Message msg) {  Channel.*msg* = msg;  }  **public** **static** **void** send() {  System.***out***.println("[" + Thread.*currentThread*().getName() + "] " + *msg*.getInfo());  }  }  **class** MyThread **implements** Runnable {  **private** Message msg;  **public** MyThread(String info) {  **this**.msg = **new** Message(info);  }  @Override  **public** **void** run() {  Channel.*setMsg*(**this**.msg);  Channel.*send*();  }  }  **for** (**int** i = 1; i < 7; i++) {  **new** Thread(**new** MyThread("第" + i + "个线程的消息"), "线程" + i).start();  } |

结果：

|  |
| --- |
| [线程2] 第4个线程的消息  [线程4] 第4个线程的消息  [线程1] 第1个线程的消息  [线程3] 第3个线程的消息  [线程6] 第6个线程的消息  [线程5] 第4个线程的消息 |

多个线程同时发送消息，不同线程之间产生了影响，因为不同步，不同线程Channel的msg数据产生了覆盖。

在保持核心结构不改变的前提下，每个线程需要独享数据。

示例：使用ThreadLocal类为每个线程保存独立数据

|  |
| --- |
| **class** Channel {  **private** **static** **final** ThreadLocal<Message> ***TL*** = **new** ThreadLocal<>();  **private** Channel() {}  **public** **static** **void** setMsg(Message msg) {  ***TL***.set(msg); // 向ThreadLocal保存数据  }  **public** **static** **void** send() { // 从ThreadLocal获取数据  System.***out***.println("[" + Thread.*currentThread*().getName() + "] " + ***TL***.get().getInfo());  }  } |

结果：

|  |
| --- |
| [线程1] 第1个线程的消息  [线程2] 第2个线程的消息  [线程6] 第6个线程的消息  [线程4] 第4个线程的消息  [线程3] 第3个线程的消息  [线程5] 第5个线程的消息 |

**20180612**

* 26.5 定时器

Java支持定时任务，但是只是实现了间隔触发的操作。

java.util.TimerTask类：实现Runnable的抽象类，用于定义任务主体；

java.util.Timer类：进行任务启动

|  |
| --- |
| public *void* schedule(*TimerTask* task, *long* delay) // 延迟delay毫秒任务启动  public *void* scheduleAtFixedRate(*TimerTask* task, *long* delay, *long* period) // delay毫秒后开始执行，每period毫秒执行1次 |

示例：

|  |
| --- |
| **class** MyTask **extends** TimerTask {  @Override  **public** **void** run() {  System.***out***.println(Thread.*currentThread*().getName() + ": 定时任务执行...");  }  }  Timer timer = **new** Timer();  // delay=0表示立即执行  timer.schedule(**new** MyTask(), 1000); |

然而任务启动了，只执行一次，貌似一直在运行，需要手动Terminate

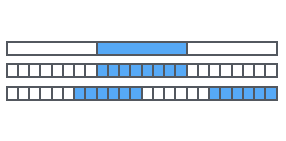
|  |
| --- |
| **class** MyTask **extends** TimerTask {  **private** **int** cnt = 0;  @Override  **public** **void** run() {  System.***out***.println(Thread.*currentThread*().getName() + ": 定时任务执行...cnt=" + ++cnt);  }  }  Timer timer = **new** Timer();  // 1s后开始执行任务,每2s执行一次任务(run()方法)  timer.scheduleAtFixedRate(**new** MyTask(), 1000, 2000); |

这种定时是JDK提供最原始方式，实际开发如果使用此类方式实现定时处理，代码会非常麻烦。

* 26.6 java.util.Base64 (Since 1.8)

base64原理是先准备一个64个字符的数组：

{'A', 'B', 'C' ... 'a', 'b', 'c' ... '0', '1' ... '+', '/'}

用64个字符表示任意二进制数据。每3个字节1组，为24bit，再分为4组，每组刚好6bit。

b1 b2 b3

n1 n2 n3 n4

Base64编码后长度增加33%，好处是编码后的文本数据可以在邮件正文、网页等直接显示。如果编码的二进制数据不是3的倍数，用\x00字节在末尾补足，再在编码的末尾加上1个或2个=号，表示补了多少字节，解码时会自动去除。

Base64类中有两个静态内部类：

|  |
| --- |
| public static class Base64.Encoder // Base64编码内部类  |- public byte[] encode(byte[] src) // Base64编码方法, 得到字节数组  |- public String encodeToString(byte[] src) // 得到字符串  public static class Base64.Decoder // Base64解码内部类  |- public byte[] decode(byte[] src) // Base64解码方法, 参数可以是字节数组或字符串  |- public byte[] decode(String src)  public static Base64.Encoder getEncoder() // 获取Base64编码内部类实例  public static Base64.Decoder getDecoder() // 获取Base64解码内部类实例 |

示例：

|  |
| --- |
| // 会使用默认编码将字符串转为字节数组, 所以编码设为utf-8吧  String bs = Base64.*getEncoder*().encodeToString(s.getBytes());  System.***out***.println(bs); // 5pif56m65Yeb  String s1 = **new** String(Base64.*getDecoder*().decode(bs));  System.***out***.println(s1); // 星空凛 |

Base64是一种通过查表的编码方法，不能用于加密。适用于小段内容的编码，如数字证书签名、Cookie内容等。

示例：没卵用的Base64撒盐+多次编码和解码

|  |
| --- |
| **private** **static** **final** String ***SALT*** = "<hoshizora rin>"; // 撒盐字符串  **private** **static** **final** **int** ***REPEAT*** = 5; // 重复次数  **public** **static** String encode(String s) {  **for** (**int** i = 0; i < ***REPEAT***; i++) {  s = Base64.*getEncoder*().encodeToString((s + ***SALT***).getBytes());  }  **return** s;  }  **public** **static** String decode(String s) {  **for** (**int** i = 0; i < ***REPEAT***; i++) {  String tmp = **new** String(Base64.*getDecoder*().decode(s));  s = tmp.replaceAll(***SALT***, "");  }  **return** s;  } |

**27 比较器**

* 27.1 比较器的引出

比较器就是大小关系的判断比较。

Arrays.sort()可以接收一个对象数组将其排序

public static *void* sort(*Object*[] a)

示例：String数组和Integer数组的排序

|  |
| --- |
| // Arrays.sort()接收String数组和Integer数组  String[] arr = **new** String[] { "abc", "acb", "bac", "aBC" };  Arrays.*sort*(arr);  System.***out***.println(Arrays.*toString*(arr)); // [aBC, abc, acb, bac]  Integer[] arr1 = **new** Integer[] { 6, 5, 7, 9, 2 };  Arrays.*sort*(arr1);  System.***out***.println(Arrays.*toString*(arr1)); // [2, 5, 6, 7, 9] |

如果是自定义类型呢? 比如Person类：

|  |
| --- |
| **class** Person {  **private** String name;  **private** **int** age;  **public** Person(String name, **int** age) {  **this**.name = name;  **this**.age = age;  }  @Override  **public** String toString() {  **return** "<name:" + name + ", age:" + age + ">";  }  }  Person[] arr = **new** Person[] { **new** Person("kotori", 16), **new** Person("maki", 15), **new** Person("nozomi", 17) };  Arrays.*sort*(arr);  System.***out***.println(Arrays.*toString*(arr)); |

抛出运行时异常：

|  |
| --- |
| Exception in thread "main" java.lang.ClassCastException: java0612.Person cannot be cast to java.base/java.lang.Comparable |

说明任意的类默认无法实现数组排序或比较，因为没有明确如何比较。

Java为了统一比较规则，提供比较器的Comparable接口。

* 27.2 Interface **Comparable**<T>

Comparable接口实现比较的规则，其中只有一个compareTo()方法

*int* compareTo(*T* o)

String、Integer等类实现了Comparable接口，所以可以排序。

对象数组排序不关心对象是什么类型，只关心有没有实现Comparable接口和有没有覆写compareTo()方法。没有实现Comparable接口的类无法实现数组排序或比较。

示例：Person类实现Comparable接口

|  |
| --- |
| **class** Person **implements** Comparable<Person> {  // ...  @Override  **public** **int** compareTo(Person o) {  **return** **this**.age - o.age;  }  } |

结果：

|  |
| --- |
| [<name:maki, age:15>, <name:kotori, age:16>, <name:nozomi, age:17>] |

* 27.3 Interface **Comparator**<T>

Comparator接口属于挽救的比较器功能，主要目的是解决没有实现Comparable的类对象的数组排序问题。

|  |
| --- |
| *@FunctionalInterface*  public interface Comparator<*T*> |

Comparator定义为函数式接口，主要有compare()方法

*int* compare(*T* o1, *T* o2)

JDK 1.8新增了一些static和default方法。

如项目开发完了，但之前设计并没有考虑到需要比较。后来若干个版本后，发现需要有排序功能，但不能修改原来的类(无法实现Comparable)，需要使用挽救的方法。Arrays类有一个基于Comparator的排序：

public static <T> *void* sort(*T*[] a, *Comparator*<? super T> c)

第二个参数是Comparator接口子类实例，属于挽救规则；Comparator接口子类需要覆写compare()方法。

|  |
| --- |
| **class** PersonComparator **implements** Comparator<Person> { // 挽救规则  @Override  **public** **int** compare(Person o1, Person o2) {  **return** o1.getAge() - o2.getAge();  }  }  Arrays.*sort*(arr, **new** PersonComparator()); |

也可以直接使用Lambda表达式：

|  |
| --- |
| Arrays.*sort*(arr, (p1, p2) -> p1.getAge() - p2.getAge()); |

不建议使用Comparator，最好以Comparable为主。

面试题：Comparable和Comparator的区别

|  |
| --- |
| 1) java.lang.Comparable是类定义时实现的父接口，主要用于定义排序规则，其中只有一个compareTo()方法；  2) java.util.Comparator是挽救的比较器操作，需要设置单独的比较器规则类实现排序，其中有compare()方法。 |

**28 类库使用案例**

* 28.1 StringBuffer使用

StringBuffer对象append()方法添加26个小写字母，逆序，删除前5个字符。

|  |
| --- |
| **private** **static** String test() {  StringBuffer sb = **new** StringBuffer();  **for** (**char** c = 'a'; c <= 'z'; c++) {  sb.append(c);  }  sb.reverse();  sb.delete(0, 5);  **return** sb.toString();  }  **public** **static** **void** main(String[] args) {  System.***out***.println(*test*()); // utsrqponmlkjihgfedcba |

* 28.2 随机数组

使用Random类产生5个[10, 100)的随机整数的数组

|  |
| --- |
| **private** **static** Random *random* = **new** Random();  **private** **static** **int**[] getArray(**int** len) {  len = len > 0 ? len : 5; // 小于0默认5个  **int**[] arr = **new** **int**[len];  **for** (**int** i = 0; i < len;) {  **int** n = *random*.nextInt(100);  // 10~99随机数  **if** (n >= 10) {  arr[i++] = n;  }  }  **return** arr;  }  **public** **static** **void** main(String[] args) {  System.***out***.println(Arrays.*toString*(*getArray*(5)));  } |

* 28.3 验证IP地址

编写正则表达式，判断给定IP地址是否合法。(0.0.0.0~255.255.255.255)

|  |
| --- |
| 0~9： \d  10~99： [1-9]\d  100~199： 1\d\d  200~249： 2[0-4]\d  250~255： 25[0-5] |

综上0~255可以写成：[1-9]?\d|1\d\d|2[0-4]\d|25[0-5]

|  |
| --- |
| **public** **class** Validator {  **private** Validator() {}  **public** **static** **boolean** validateIP(String ip) {  **if** (ip == **null** || "".equals(ip)) {  **return** **false**;  }  String re = "(([1-9]?\\d|1\\d\\d|2[0-4]\\d|25[0-5])\\.){3}([1-9]?\\d|1\\d\\d|2[0-4]\\d|25[0-5])";  **return** ip.matches(re);  }  }  String[] ips = **new** String[] { "192.168.1.1", "123.04.2.4", "12.34.5.67", "9.8.7.321" };  **for** (String ip : ips) {  System.***out***.println(ip + ":" + Validator.*validateIP*(ip));  } |

结果：

|  |
| --- |
| 192.168.1.1:true  123.04.2.4:false  12.34.5.67:true  9.8.7.321:false |

* 28.4 学生信息比较

按照"name:age:score|name:age"score|..."的格式定义字符串，如：

"maki:15:99|rin:15:55|nozomi:17:78|umi:16:90|kotori:16:88|nico:17:55"

要求将每组值分别保存到Student对象中，并对这些对象按照成绩从高到低进行排序，如果成绩相同，按照年龄从低到高排序。

|  |
| --- |
| **class** Student **implements** Comparable<Student> {  **private** String name;  **private** **int** age;  **private** **int** score;  **public** Student(String name, **int** age, **int** score) {  **this**.name = name;  **this**.age = age;  **this**.score = score;  }  @Override  **public** String toString() {  **return** "Student [name=" + name + ", age=" + age + ", score=" + score + "]";  }  @Override  **public** **int** compareTo(Student o) {  **if** (**this**.score > o.score) {  **return** -1;  } **else** **if** (**this**.score < o.score) {  **return** 1;  } **else** {  **return** **this**.age - o.age;  }  }  }  **public** **static** Student[] parse(String s) {  String[] ret = s.split("\\|");  Student[] arr = **new** Student[ret.length];  **for** (**int** i = 0; i < arr.length; i++) {  String[] tmp = ret[i].split(":");  arr[i] = **new** Student(tmp[0], Integer.*parseInt*(tmp[1]), Integer.*parseInt*(tmp[2]));  }  Arrays.*sort*(arr);  **return** arr;  }  String s = "maki:15:99|rin:15:55|nozomi:17:78|umi:16:90|kotori:16:88|nico:17:55";  System.***out***.println(Arrays.*toString*(*parse*(s))); |

结果：

|  |
| --- |
| [  Student [name=maki, age=15, score=99],  Student [name=umi, age=16, score=90],  Student [name=kotori, age=16, score=88],  Student [name=nozomi, age=17, score=78],  Student [name=rin, age=15, score=55],  Student [name=nico, age=17, score=55]  ] |

**20180613**

☼ 鞠莉さん、お誕生日おめでとう！



シャイニー♪

**29 File文件操作类**

java.io.File类可以将文件和目录封装成File实例，方便进行操作。

File类方法都是文件或目录的操作，不涉及文件的内容。

* 29.1 File类基本使用

一些方法：

|  |
| --- |
| public File(*File* parent, *String* child) // 根据父目录实例和子目录名创建File实例  public File(*String* pathname) // 根据给定目录名创建File实例  public File(*String* parent, *String* child) // 根据父目录名和子目录名创建File实例  public *boolean* exists() // 判断文件或目录是否存在  public *boolean* createNewFile() throws IOException // 如果文件不存在创建文件  public *boolean* delete() // 删除文件或目录 |

示例：

|  |
| --- |
| File file = **new** File("D:/hello.md");  // 创建文件; 如果此文件存在, 删除再创建  **if** (file.exists()) {  file.delete();  }  **try** {  file.createNewFile();  } **catch** (IOException e) {} |

不同操作系统的路径分隔符不同，如Windows是"\"；Linux是"/"。

为了解决此问题，File类提供一个常量：

public static final *String* separator

但是随着系统的适应性不断增强，也可以混用了。

|  |
| --- |
| public *File* getParentFile() // 获取当前路径的父目录实例  public *boolean* mkdir() // 创建目录  public *boolean* mkdirs() // 创建多级目录 |

示例：按需创建文件父目录

|  |
| --- |
| File file = **new** File("D:/a/b/c/hello.md");  File dir = file.getParentFile();// 获取file的父目录  **if** (!dir.exists()) {  dir.mkdirs();// 如果目录不存在, 创建多级目录  }  **if** (file.exists()) {  file.delete();  }  **try** {  file.createNewFile();  } **catch** (IOException e) {} |

判断目录是否存在并建立目录的操作很多时候只需要执行一次，但是如果每次都判断会降低效率，所以可以实现创建好目录以提升性能。

* 29.2 获取文件信息

|  |
| --- |
| public *long* length() // 获取文件大小，long类型字节  public *File*[] listFiles() // 获取目录中文件和子目录的File对象数组 |

示例：获取文件的一些信息

|  |
| --- |
| **private** **static** Random *random* = **new** Random();  **private** **static** String timestamp2String(**long** l) {  // 时间戳格式化为能看懂的字符串  **return** **new** SimpleDateFormat("yyyy年MM月dd日 HH:mm:ss").format(l);  }  **private** **static** String size(**long** len) {  // 文件大小转为能看懂的字符串  **double** s = 1024;  **if** (len < s) {  **return** len + "B";  }  // 能不能稍微简化一下呢?  **double** d = len / s;  **if** (d < s) {  **return** MyMath.*round*(d, 2) + "KB";  }  d /= s;  **if** (d < s) {  **return** MyMath.*round*(d, 2) + "MB";  }  d /= s;  **return** MyMath.*round*(d, 2) + "GB";  }  File dir = **new** File("D:/hikari星/m4a");  File[] files = dir.listFiles();  System.***out***.println(files.length); // 该目录有38个文件或子目录  File file = files[*random*.nextInt(files.length)]; // 随机取一个  **if** (file.isFile()) {  System.***out***.println("文件名: " + file.getName());  System.***out***.println("文件大小: " + *size*(file.length()));  System.***out***.println("最后修改时间: " + *timestamp2String*(file.lastModified()));  } |

结果：

|  |
| --- |
| 文件名: 同じ星が見たい.m4a  文件大小: 9.04MB  最后修改时间: 2018年03月09日 15:29:06 |

* 29.3 综合案例

练习① ：列出指定目录全部文件

|  |
| --- |
| **private** **static** **void** listdir(File f) {  // 如果是目录,对其中子目录或文件递归处理  **if** (f.isDirectory()) {  **for** (File file : f.listFiles()) {  *listdir*(file);  }  }  // 如果是文件,打印绝对路径  **if** (f.isFile()) {  System.***out***.println(f);  }  }  File dir = **new** File("D:/hikari星");  *listdir*(dir); |

练习② ：文件批量重命名

public *boolean* renameTo(*File* dest) // 重命名

比如给test目录所有文件添加前缀

|  |
| --- |
| **private** **static** **void** rename(File f) {  **if** (f.isDirectory()) {  **for** (File file : f.listFiles()) {  *rename*(file);  }  } **else** **if** (f.isFile()) {  String s = "[hikari] " + f.getName();  // 需要创建重命名后的File实例  File newFile = **new** File(f.getParentFile(), s);  f.renameTo(newFile);  }  }  File dir = **new** File("D:/test");  *rename*(dir); |

**30 IO**

客户端和服务端通信通过数据流实现。数据流是字节数据。

数据流处理在java.io包提供两类支持：

① 字节流：数据从内存输出到磁盘或网络。

OutputStream(字节输出流)、InputStream(字节输入流)

② 字符流：数据从磁盘或网络读取到内存。

Writer(字符输出流)、Reader(字符输入流)

上面4个都是抽象类。

文件读写操作：

1) 指定文件路径实例化File对象；

2) 通过字节流或字符流的子类实例化流对象；

3) 利用字节流或字节流的方法实现数据的输入输出操作；

4) 流的操作属于资源操作，需要关闭。

* 30.1 OutputStream (字节输出流)

public abstract class OutputStream implements *Closeable*, *Flushable*

其实现了两个接口：Closeable和Flushable。

Closeable接口只有一个close()方法，且继承了AutoCloseable接口

|  |
| --- |
| public interface Closeable extends *AutoCloseable* {  public *void* close() throws IOException;  } |

Flushable接口只有一个flush()方法

|  |
| --- |
| public interface Flushable {  *void* flush() throws IOException;  } |

OutputStream覆写了close()和flush()方法

OutputStream有3个重载的write()方法，用于输出字节数据

|  |
| --- |
| 1. public abstract *void* write(*int* b) throws IOException // 输出单个字节数据  2. public *void* write(*byte* b[]) throws IOException // 字节数组写入输出流  3. public *void* **write**(*byte* b[], *int* off, *int* len) throws IOException // 字节数组从off开始len个字节写入输出流 |

OutputStream类实例化通过其子类向上转型完成，常用子类是FileOutputStream

此处关注FileOutputStream的构造方法：

|  |
| --- |
| 1. public FileOutputStream(*String* name) throws *FileNotFoundException*  2. public FileOutputStream(*String* name, *boolean* append) throws *FileNotFoundException*  3. public FileOutputStream(*File* file) throws *FileNotFoundException*  4. public FileOutputStream(*File* file, *boolean* append) throws *FileNotFoundException* |

参数可以是File对象或文件名字符串

布尔参数append表示追加("a")，默认false表示覆盖("w")

示例：字符串转为字节流写入文件

|  |
| --- |
| // 获取系统的换行符  **private** **static** **final** String ***LINE\_SEP*** = System.*getProperty*("line.separator");  **public** **static** **void** main(String[] args) {  // 1.指定文件目录,实例化File对象,路径不存在,创建之  File file = **new** File("D:/a/b/c/hello.md");  File dir = file.getParentFile();  **if** (!dir.exists()) {  dir.mkdirs();  }  String s = "maki" + ***LINE\_SEP*** + "rin" + ***LINE\_SEP*** + "nozomi" + ***LINE\_SEP***;  OutputStream out = **null**;  **try** {  // 2. 创建输出流  out = **new** FileOutputStream(file);  // 3. write()方法输出,字符串转为字节数组  out.write(s.getBytes());  } **catch** (Exception e) {  } **finally** {  **if** (out != **null**) {  // 4. 关闭资源  **try** {  out.close();  } **catch** (IOException e) {  **throw** **new** RuntimeException("关闭失败！");  }  }  }  } |

因为OutputStream实现了AutoCloseable，可以使用try自动关闭资源。

|  |
| --- |
| // ...  **try** (OutputStream out = **new** FileOutputStream(file, **true**)) {  out.write(s.getBytes());  } **catch** (Exception e) {} |

* 30.2 InputStream (字节输入流)

public abstract class InputStream implements *Closeable*

类似，InputStream有3个重载的read()方法，用于读取字节数据

|  |
| --- |
| 1. public abstract *int* read() throws IOException // 读取输入流下一个字节  2. public *int* read(*byte* b[]) throws IOException // 读取一些字节数据存入缓冲数组  3. public *int* read(*byte* b[], *int* off, *int* len) throws IOException // 读取len字节存入数组 |

返回的int是读取的字节个数；返回-1表示读取完毕。

一个字节一个字节地读取会比较慢；为了提高效率，可以一块一块地读取，也就是使用字节数组作为缓冲容器。

同理，InputStream常用子类是FileInputStream：

|  |
| --- |
| 1. public FileInputStream(*File* file) throws *FileNotFoundException*  2. public FileInputStream(*String* name) throws *FileNotFoundException* |

示例：复制文件

|  |
| --- |
| **public** **static** **void** main(String[] args) **throws** IOException {  File src = **new** File("D:/a/MY舞☆TONIGHT.m4a");  File des = **new** File("D:/a/b/c/out.m4a");  *copy*(src, des);  }  **private** **static** **void** copy(File src, File des) **throws** IOException {  **if** (!src.isFile()) { // 源文件不存在或不是文件,抛出异常  **throw** **new** RuntimeException("文件不存在！");  }  // 目的文件的父目录不存在,创建之  File dir = des.getParentFile();  **if** (!dir.exists()) {  dir.mkdirs();  }  InputStream in = **new** FileInputStream(src);  OutputStream out = **new** FileOutputStream(des);  **byte**[] buf = **new** **byte**[1024]; // 缓冲字节数组  **int** len = 0;  **while** ((len = in.read(buf)) != -1) { // 边读边写  out.write(buf, 0, len);  }  in.close();  out.close();  } |



JDK 1.9推出了一个新方法readAllBytes()可以一次性从输入流读取全部字节：

public *byte*[] readAllBytes() throws *IOException*

看似方便，可以简化代码：

|  |
| --- |
| out.write(in.readAllBytes()); |

但是如果读取内容非常大，内存无法吃下，程序会挂掉。

* 30.3 Writer (字符输出流)

字符串使用字符流处理比较方便。

定义：

|  |
| --- |
| public abstract class Writer implements *Appendable*, *Closeable*, *Flushable* |

方法：

|  |
| --- |
| public *Writer* append(*char* c) throws IOException // 追加字符  public *Writer* append(*CharSequence* csq) throws IOException // 追加字符串  public *void* write(*char*[] cbuf) throws IOException // 写入字符数组  public *void* write(*String* str) throws IOException // 写入字符串 |

Writer常用子类是FileWriter，但FileWriter是OutputStreamWriter的直接子类；

OutputStreamWriter才是Writer的直接子类。

示例：使用字符流写入文件数据

|  |
| --- |
| File file = **new** File("D:/a/b/c/hello.md");  File dir = file.getParentFile();  **if** (!dir.exists()) {  dir.mkdirs(); // 父目录必须存在  }  Writer w = **new** FileWriter(file);  w.write("maki" + ***LINE\_SEP***);  w.append("西木野真姫" + ***LINE\_SEP***);// append()追加输出内容  w.append("rin" + ***LINE\_SEP***);  w.close(); |

此处采用系统默认GBK编码，用Windows自带的记事本显示正常，但是换成Sublime或VS Code等 (使用utf-8)就乱码了。

* 30.4 Reader (字符输入流)

定义：

|  |
| --- |
| public abstract class Reader implements *Readable*, *Closeable* |

其继承于Readable和Closeable接口。

Readable接口只有一个方法：

|  |
| --- |
| *int* read(*CharBuffer* cb) throws *IOException* |

CharBuffer类在java.nio包，可以使用缓冲区操作。

Reader类没有提供整个字符串的输入操作，只能读入到字符数组。

|  |
| --- |
| public *int* read() throws IOException // 读取单个字符  public *int* read(*char*[] cbuf) throws IOException // 读取字符到数组，返回读取字符个数 |

类似，Reader常用子类是FileReader，但FileReader是InputStreamReader的直接子类；InputStreamReader才是Reader的直接子类。

示例：使用字符流读取文本文件数据

|  |
| --- |
| **private** **static** **void** readFile(File file) **throws** IOException {  **if** (!file.isFile()) { // 源文件不存在或不是文件,抛出异常  **throw** **new** RuntimeException("文件不存在！");  }  Reader in = **new** FileReader(file);  **char** buf[] = **new** **char**[1024];  // 读取内容到字符数组, 数据太少就不用while了  **int** len = in.read(buf);  System.***out***.println(**new** String(buf, 0, len));  in.close();  } |

* 30.5 字符流和字节流的区别

OutputStream和Writer输出最后都使用了close()方法关闭资源。

如果OutputStream类输出没有使用close()关闭，内容仍然输出；但是如果Writer类没有使用close()关闭，内容无法进行输出，因为Writer使用了缓冲区。当使用了close()会强制刷新缓冲区；在不关闭的情况，使用flush()方法可以强制将缓冲区内容写入目标，清空缓冲区。

字节流没有使用到缓冲区，而字符流使用到了缓冲区。使用缓冲区的字符流更适合中文数据的处理。

大多数情况，字节流和字符流基本处理形式类似。

* 30.6 转换流

转换流实现字节流和字符流的转换(字节流和字符流的桥梁)。

① OutputStreamWriter定义和构造方法：

|  |
| --- |
| public class OutputStreamWriter extends *Writer*  public OutputStreamWriter(*OutputStream* *out*)  public OutputStreamWriter(*OutputStream* *out*, *String* *charsetName*)  throws *UnsupportedEncodingException* |

将字符转为字节输出，可以指定编码charset

② InputStreamReader定义和构造方法：

|  |
| --- |
| public class InputStreamReader extends *Reader*  public InputStreamReader(*InputStream* *in*)     public InputStreamReader(*InputStream* *in*, *String* *charsetName*)  throws *UnsupportedEncodingException* |

读取字节转为字符，可以指定编码charset

字符流的继承关系：

|  |  |
| --- | --- |
| java.lang.Object  java.io.Writer  java.io.**OutputStreamWriter**  java.io.FileWriter | java.lang.Object  java.io.Reader  java.io.**InputStreamReader**  java.io.FileReader |

字节流的继承关系：

|  |  |
| --- | --- |
| java.lang.Object  java.io.OutputStream  java.io.FileOutputStream | java.lang.Object  java.io.InputStream  java.io.FileInputStream |

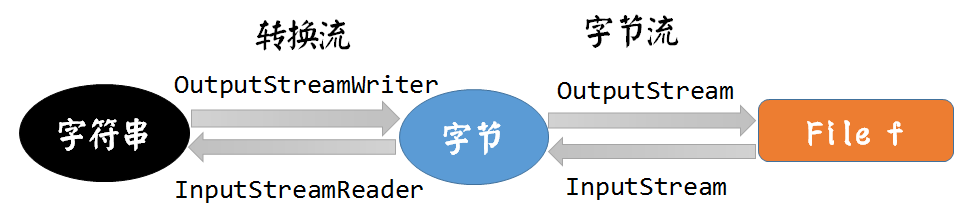
示例：将字符串使用utf-8编码写入文件

|  |
| --- |
| **private** **static** **void** writeFileUtf8(File f) **throws** IOException {  File dir = f.getParentFile();  **if** (!dir.exists()) {  dir.mkdirs(); // 父目录必须存在  }  String[] arr = **new** String[] { "星空凛", "西木野真姫", "東條希" };  FileOutputStream fos = **new** FileOutputStream(f);  OutputStreamWriter out = **new** OutputStreamWriter(fos, "utf-8");  **for** (String s : arr) {  out.write(s + ***LINE\_SEP***); // 字符转为字节,字节输出流输出到文件  }  out.close();  } |

转换意义不大，在处理编码问题时才会用到，而且不一定要用转换流。

磁盘保存的数据、网络上传输的数据都是二进制字节数据，使用字符流读取数据，实际上先读取字节数据，再在缓冲区隐式转换成字符数据。

使用字符流输出内存中的字符数据到本地磁盘或网络，也是先读取字符数据，再转为字节数据输出。



* 30.7 综合案例：复制文件升级版

① 之前的复制文件是最原始的方法，JDK 1.9后InputStream和Reader类中都追加了数据转存的处理方法。

|  |
| --- |
| public *long* transferTo(*OutputStream* out) throws IOException // InputStream类  public *long* transferTo(*Writer* out) throws IOException // Reader类 |

改用转存实现：

|  |
| --- |
| // ...  InputStream in = **new** FileInputStream(**this**.src);  OutputStream out = **new** FileOutputStream(**this**.des);  in.transferTo(out);  in.close();  out.close(); |

省去了开辟字节数组，性能更高。

② 挑战：实现文件目录的拷贝(递归)

|  |
| --- |
| **class** FileUtil {  **private** File src;  **private** File des;  **public** FileUtil(String src, String des) {  **this**.src = **new** File(src);  **this**.des = **new** File(des);  }  **public** FileUtil(File src, File des) {  **this**.src = src;  **this**.des = des;  }  **public** **boolean** copy() {  // 根据是目录还是文件, 选择执行  **if** (**this**.src.isDirectory()) {  **if** (!**this**.des.exists()) {  **this**.des.mkdir();  }  **return** **this**.copyDir();  }  **if** (**this**.src.isFile()) {  **return** **this**.copyFile();  }  **return** **false**;  }  **public** **boolean** copyDir() { // 复制目录  **try** {  **this**.copy0(**this**.src);  **return** **true**;  } **catch** (Exception e) {  **return** **false**;  }  }  **public** **boolean** copyFile(){ // 复制文件  **if** (!**this**.src.isFile()) { // 源文件不存在或不是文件,抛出异常  System.***out***.println("源文件不存在！");  **return** **false**;  }  **try** {  **return** **this**.copyFile0(**this**.src, **this**.des);  } **catch** (IOException e) {  **return** **false**;  }  }  **private** **void** copy0(File f) **throws** IOException { // 复制内部实现  **if** (f.isDirectory()) { // 如果是目录,获取内容递归操作  File[] ret = f.listFiles();  **if** (ret != **null**) {  **for** (File r : ret) {  **this**.copy0(r);  }  }  } **else** **if** (f.isFile()) {  // 构造新文件的路径  String relPath = f.getPath().replace(**this**.src.getPath() + File.***separator***, "");  File newFile = **new** File(**this**.des, relPath);  System.***out***.println(newFile);  **this**.copyFile0(f, newFile); // 复制文件f到newFile  }  }  **private** **boolean** copyFile0(File src, File des) **throws** IOException {  // 复制文件内部实现  File dir = des.getParentFile();  **if** (!dir.exists()) {  dir.mkdirs(); // 目的文件的父目录不存在,创建之  }  // 否则try中无法使用in和out  InputStream in = **null**;  OutputStream out = **null**;  **try** {  in = **new** FileInputStream(src);  out = **new** FileOutputStream(des);  in.transferTo(out); // 转存  **return** **true**;  } **catch** (Exception e) {  **throw** e; // 上抛  } **finally** { // 关闭资源  **if** (in != **null**) {  in.close();  }  **if** (out != **null**) {  out.close();  }  }  }  }  File src = **new** File("D:/a/hello");  File des = **new** File("D:/a/b/c/haha");  FileUtil fu = **new** FileUtil(src, des);  **long** start = System.*currentTimeMillis*();  System.***out***.println(fu.copy() ? "复制成功！" : "复制失败！");  **long** end = System.*currentTimeMillis*();  System.***out***.println("用时" + (end - start) + "ms"); |