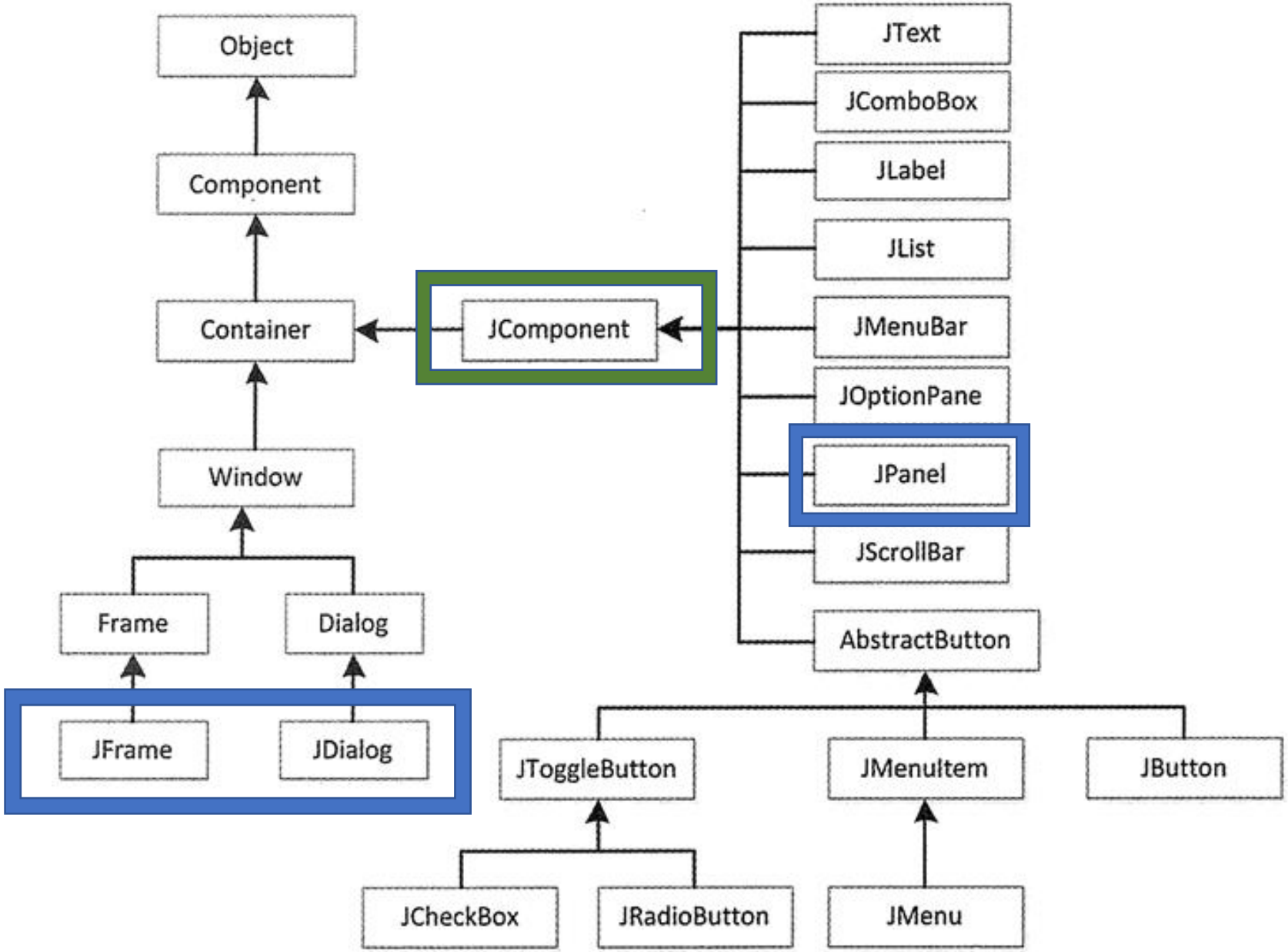
面向对象的软件构造导论

第十章：多线程

课程内容回顾（第九章）

- Swing框架
- Swing图形处理、绘制颜色的原理
- 事件机制
- Swing基本用户组件
- MVC模式

Swing框架


Object
Component
Container
Window
Frame
Dialog
JFrame
JDialog
JComponent
JText
JComboBox
JLabel
JList
JMenuBar
JOptionPane
JPanel
JScrollBar
AbstractButton
JToggleButton
JMenuItem
JButton
JCheckBox
JRadioButton
JMenu

Swing框架

- 容器是一种可以包含组件的特殊组件。Swing中有两大类容器。
  - 一类是**重量级容器**，或者称为顶层容器，它们不继承于Jcomponent，包括JFrame，JApplet，Jdialog. 它们的最大特点是不能被别的容器包含，只能作为界面程序的最顶层容器来包含其它组件。
  - 第二类容器是**轻量级容器**，或者称为中间层容器，它们继承于JComponent，包括JPanel，JScrollPane等。中间层容器用来将若干个相关联的组件放在一起。由于中间层容器继承于JComponent，因此它们本身也是组件，它们可以（**也必须**）包含在其它的容器中。

事件机制

- 任何支持GUI的操作环境都要不断地监视按键或点击鼠标这样的事件。这些事件再报告给正在运行的程序。每个程序将决定如何对这些事件做出响应。
- 事件处理机制（三类对象）
  - 事件（Event）：用户对组件的一次操作称为一个事件
  - 事件源（ Event Source）：事件发生的场所，通常就是各个组件如按钮或滚动条。
  - 事件监听器：实现了监听器接口(listener interface)的类实例。

实例：按钮点击

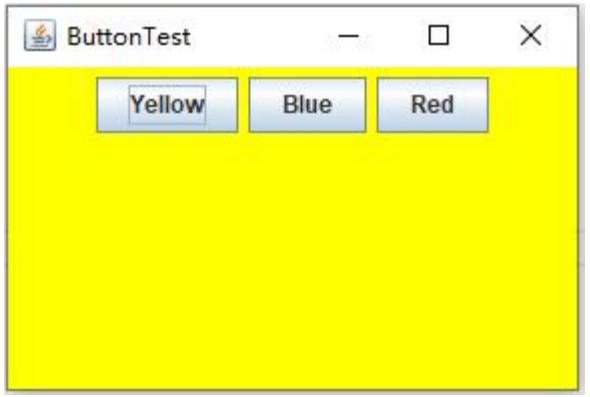
```
1.public class ButtonFrame extends JFrame
2.{
3.    private JPanel buttonPanel;
4.    private static final int DEFAULT_WIDTH = 300;
5.    private static final int DEFAULT_HEIGHT = 200;
6.
      public ButtonFrame()
7.    {
8.        setSize(DEFAULT_WIDTH,DEFAULT_HEIGHT);
9.
          var YellowButton = new JButton("Yellow");
10.       var BlueButton = new JButton("Blue");
11.       var RedButton = new JButton("Red");

12.       buttonPanel = new JPanel();
```

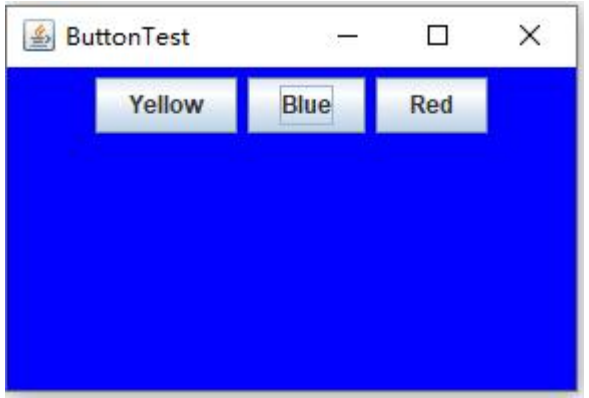
实例：按钮点击

```
13.         buttonPanel = new JPanel();
14.
            buttonPanel.add(YellowButton);
15.         buttonPanel.add(BlueButton);
16.         buttonPanel.add(RedButton);
17.
            add(buttonPanel);
18.
            var YellowAction = new ColorAction(Color.YELLOW);
19.         var BlueAction = new ColorAction(Color.BLUE);
20.         var RedAction = new ColorAction(Color.RED);
21.
            YellowButton.addActionListener(YellowAction);
22.         BlueButton.addActionListener(BlueAction);
23.         RedButton.addActionListener(RedAction);
24.     }
```

实例：按钮点击

```
25.private class ColorAction implements ActionListener{
26.     private Color backgroundColor;
27.
       public ColorAction(Color C){
28.         backgroundColor = C;
29.     }

30.     public void actionPerformed(ActionEvent event){
31.         buttonPanel.setBackground(backgroundColor);
32.     }
33.}
```





简洁地指定监听器

- 一般情况下，每个监听器执行一个单独的动作。

```
exitButton.addActionListener(event->System.exit(0));
```

- 有多个相互关联的动作，可以实现一个辅助方法（以颜色按钮为例）。

```
public void makeButton(String name, Color backgroundColor)
{
    var button = new JButton(name);
    buttonPanel.add(button);
    button.addActionListener(event->
        buttonPanel.setBackground(backgroundColor));
}
```

Lambda

```
public void makeButton(String name, Color backgroundColor)
{
    var button = new JButton(name);
    buttonPanel.add(button);
    button.addActionListener(event->
        buttonPanel.setBackground(backgroundColor));
}
```

```
button.addActionListener(new ActionListener() {
    @Override
    public void actionPerformed(ActionEvent event) {
        buttonPanel.setBackground(backgroundColor);
    }
});
```

```
public interface ActionListener {
    void actionPerformed(ActionEvent e); // 只有一个抽象方法
}
```

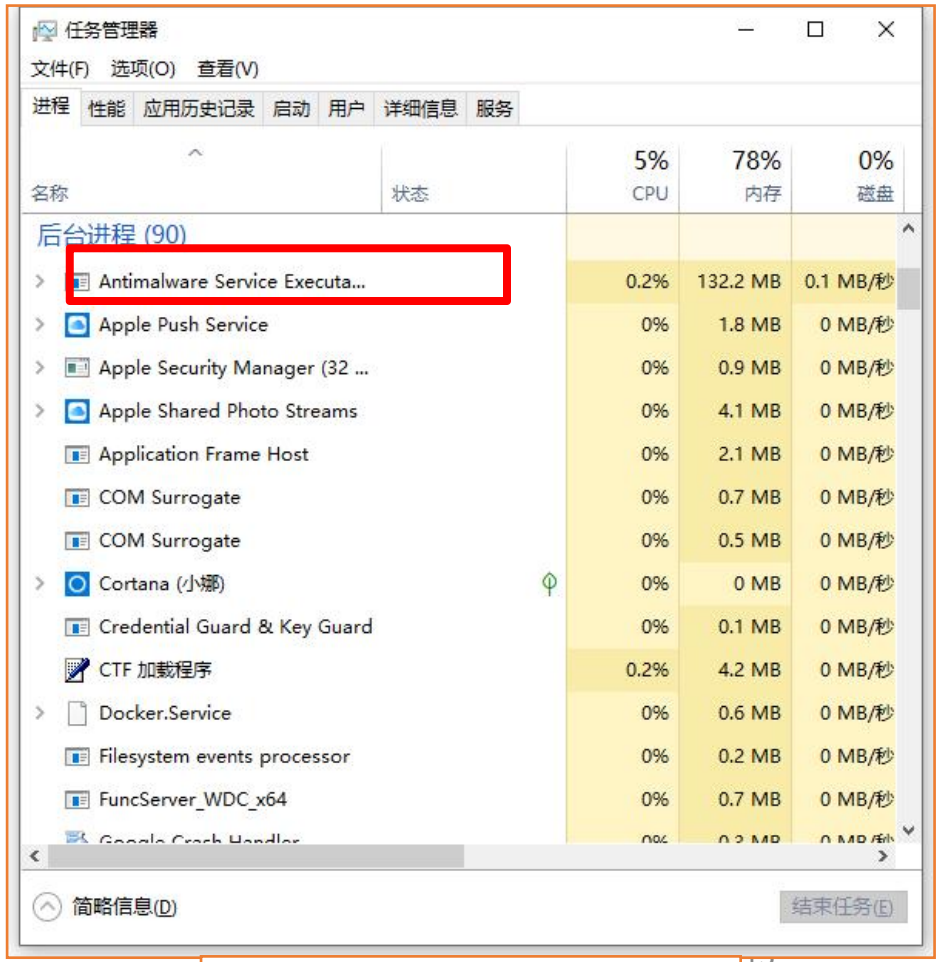
多线程

- 进程与线程
- 多线程
- Java中对线程的控制
- 同步、死锁及如何避免
- 多线程应用—生产者与消费者模式
- 任务与线程池

进程与线程

什么是进程

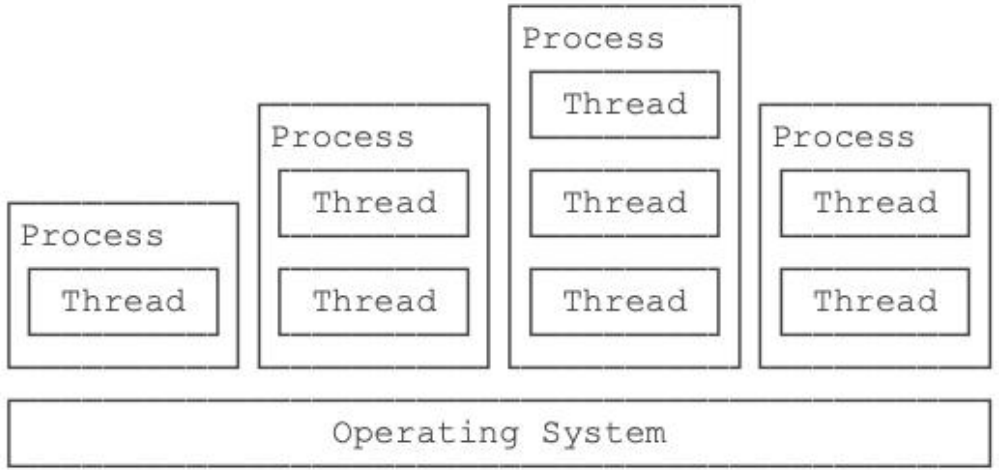
- 进程（Process）：正在运行的程序的实例
  - 私有空间，彼此隔离
  - 每个进程仿佛拥有整台计算机的资源
  - 多进程之间不共享内存
  - 进程之间通过消息传递进行协作
  - 一般来说：进程 == 程序 == 应用
    - ✓但一个应用中也可能包含多个进程

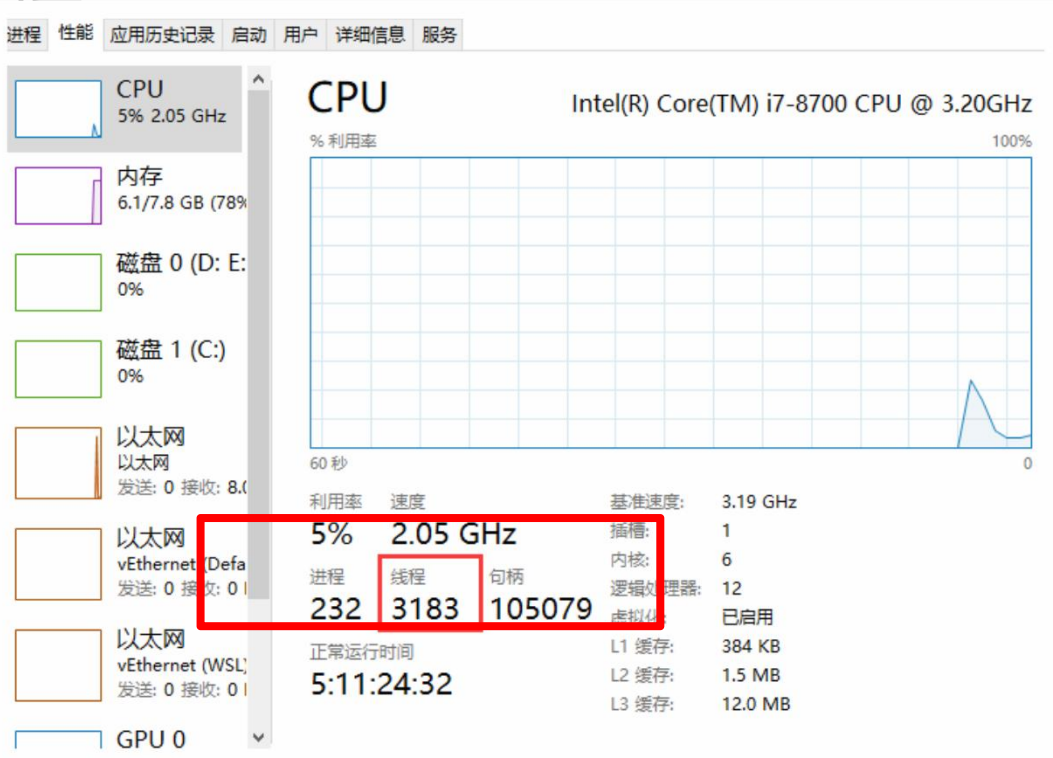


Windows 后台运行着许多进程

什么是线程

- 线程（Thread）：进程中一个单一顺序的控制流
  - 操作系统能够进行运算调度的最小单位
  - 包含在进程中，是进程的实际运作单位
  - 一个进程可以包含（并发）多个线程
  - 一个进程至少包含一个线程
  - 多个线程之间共享内存



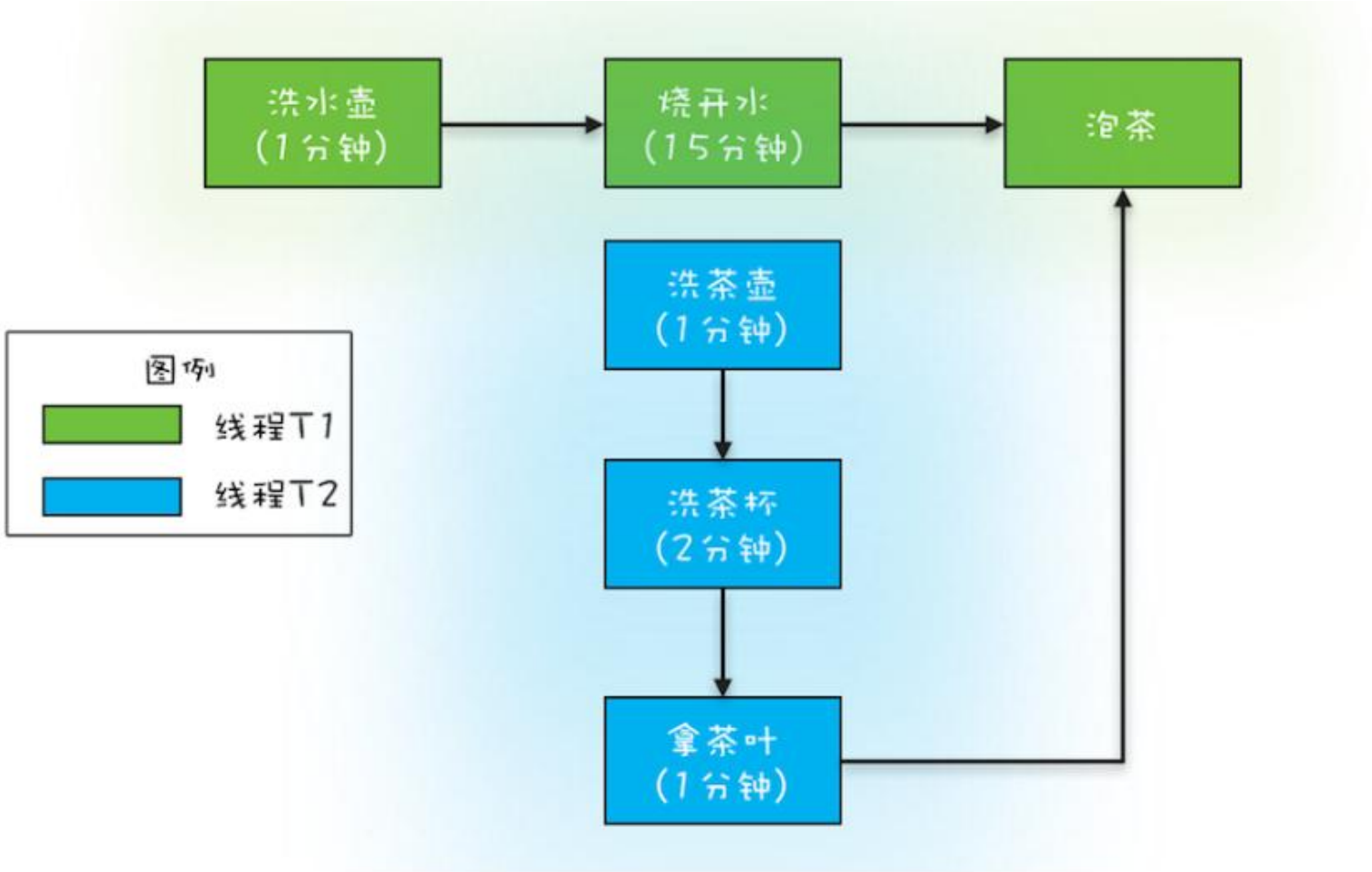


线程与进程

进程（Process）	线程（Thread）
重量级	轻量级
一个应用可以包含多个进程	一个进程可以包含多个线程
多个进程间 不共享内存	一个进程的多个线程间 共享内存
进程表现为 虚拟机	线程表现为 虚拟CPU

多线程

生活中的“多线程”



烧水泡茶最优分工方案

飞机大战中的多线程

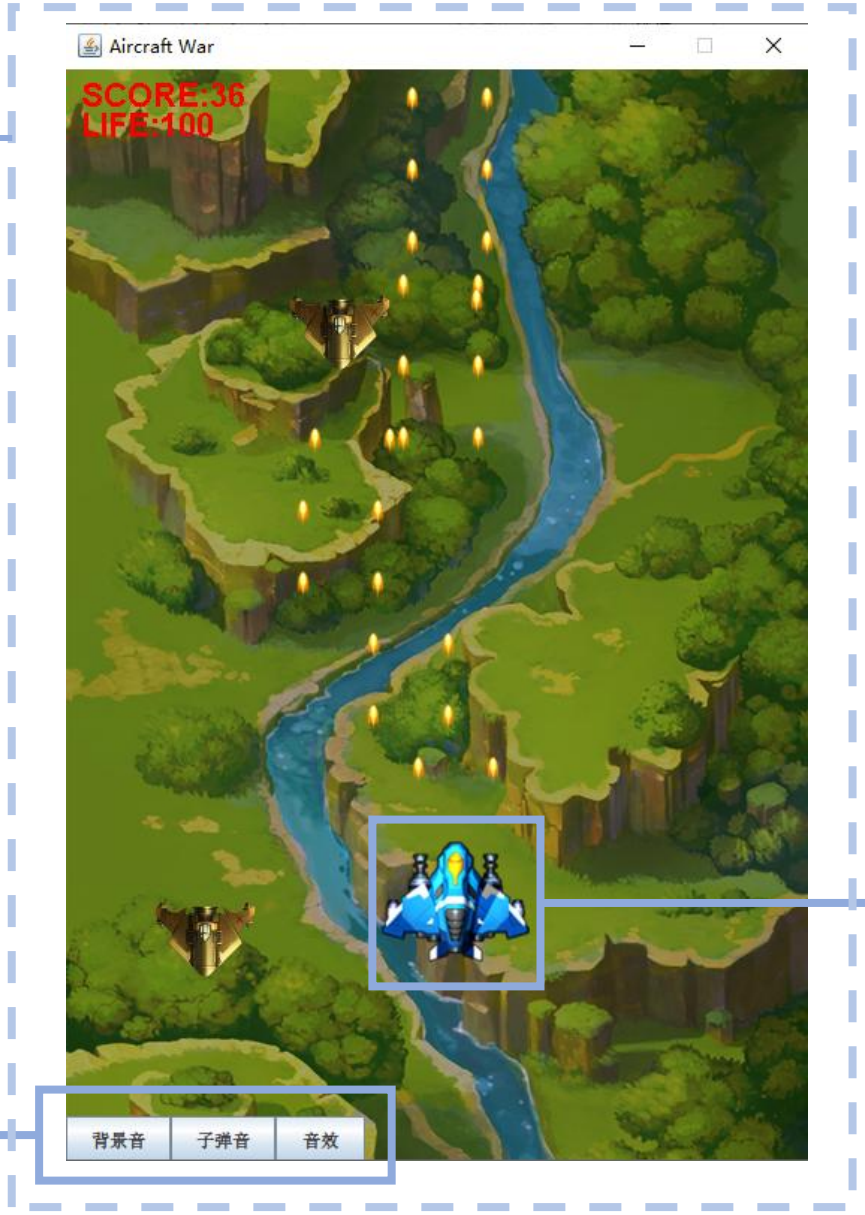
飞机大战应用 进程

游戏控制主线程（waiting）

游戏逻辑线程

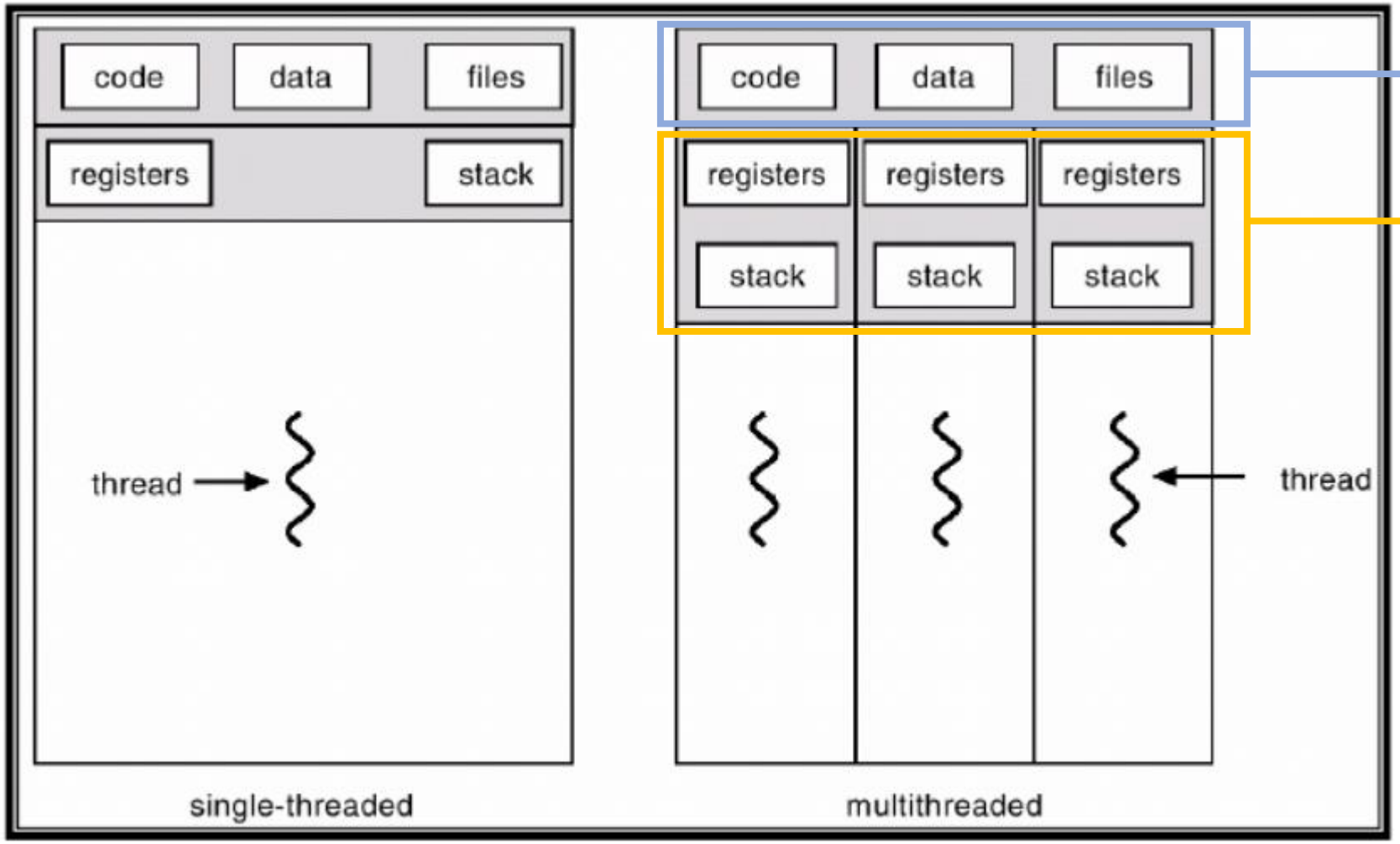
音效控制线程

鼠标/键盘监听线程



鼠标监听线程

多线程



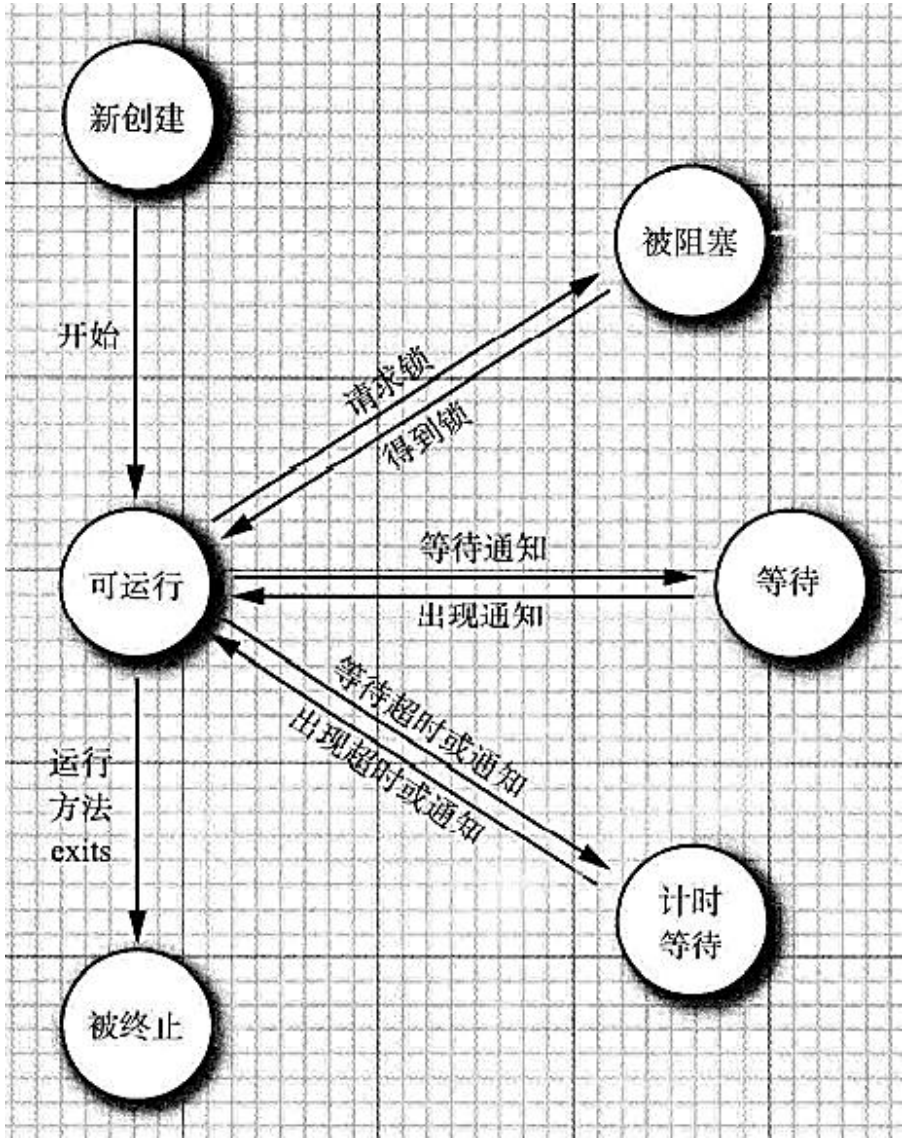
共享内存

不共享寄存器与栈

Java中对线程的控制

线程的状态

- 新建状态（New）
- 可运行状态（Runnable）
- 阻塞状态（Blocked）
- 等待状态（Waiting）
- 计时等待状态（Timed Waiting）
- 终止状态（Terminated）



创建线程

- 两种方式
  - 建立 Thread 类的子类
  - 实现 Runnable 接口
- 调用 start 方法
  - 启动线程，将引发调用 run 方法；
  - start方法将立即返回；
  - 新线程将并发运行。
- 注意：不能直接调用 run 方法
  - 直接调用 run 方法只会执行同一个线程中的任务， 而不会启动新线程。

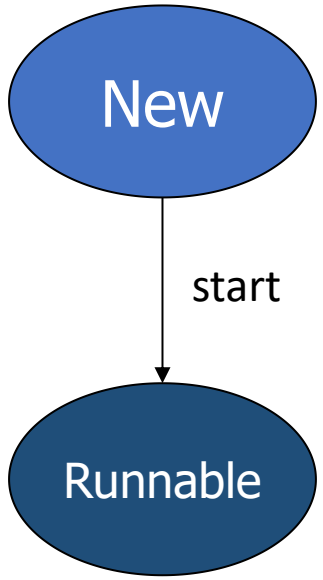
1
```
public class Thread1 extends Thread {
    @Override
    public void run() {
        System.out.println("New Thread");
    }
}
```

2
```
public class Thread2 implements Runnable {
    @Override
    public void run() {
        System.out.println("New Thread");
    }
}
public class Main {
    public static void main(String[] args){
        new Thread1().start();
        new Thread(new Thread2()).start();
    }
}
```

创建线程

- Runnable更常用，其优势在于：
  - 任务与运行机制解耦，降低开销；
  - 更容易实现多线程资源共享；
  - 避免由于单继承局限所带来的影响。

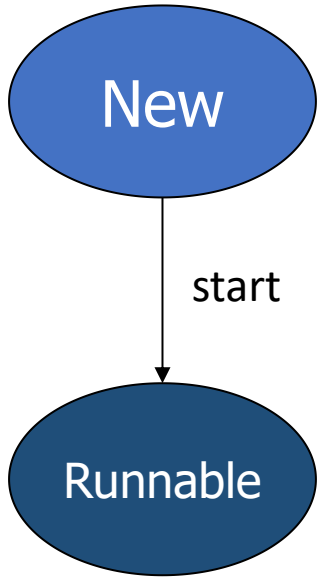
```java
public class Thread1 extends Thread {
    @Override
    public void run() {
        System.out.println("New Thread");
    }
}
public class Thread2 implements Runnable {
    @Override
    public void run() {
        System.out.println("New Thread");
    }
}
public class Main {
    public static void main(String[] args){
        new Thread1().start();
        new Thread(new Thread2()).start();
    }
}
```



创建线程

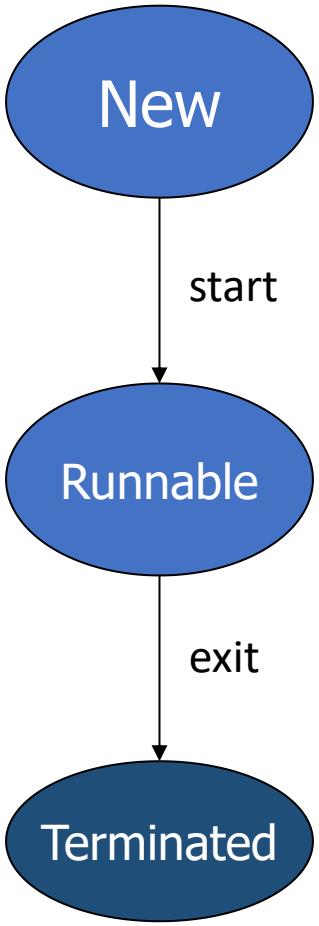
- Java8后引入的lambda语法进一步简写为:
  - 创建并启动线程

```
public static void main(String[] args) {
    //lambda 表达式
    Runnable r = () -> {
        System.out.println("Thread: Runnable with Lambda Expression");

    };
    // 启动线程
    new Thread(r).start();
}
```



终止线程

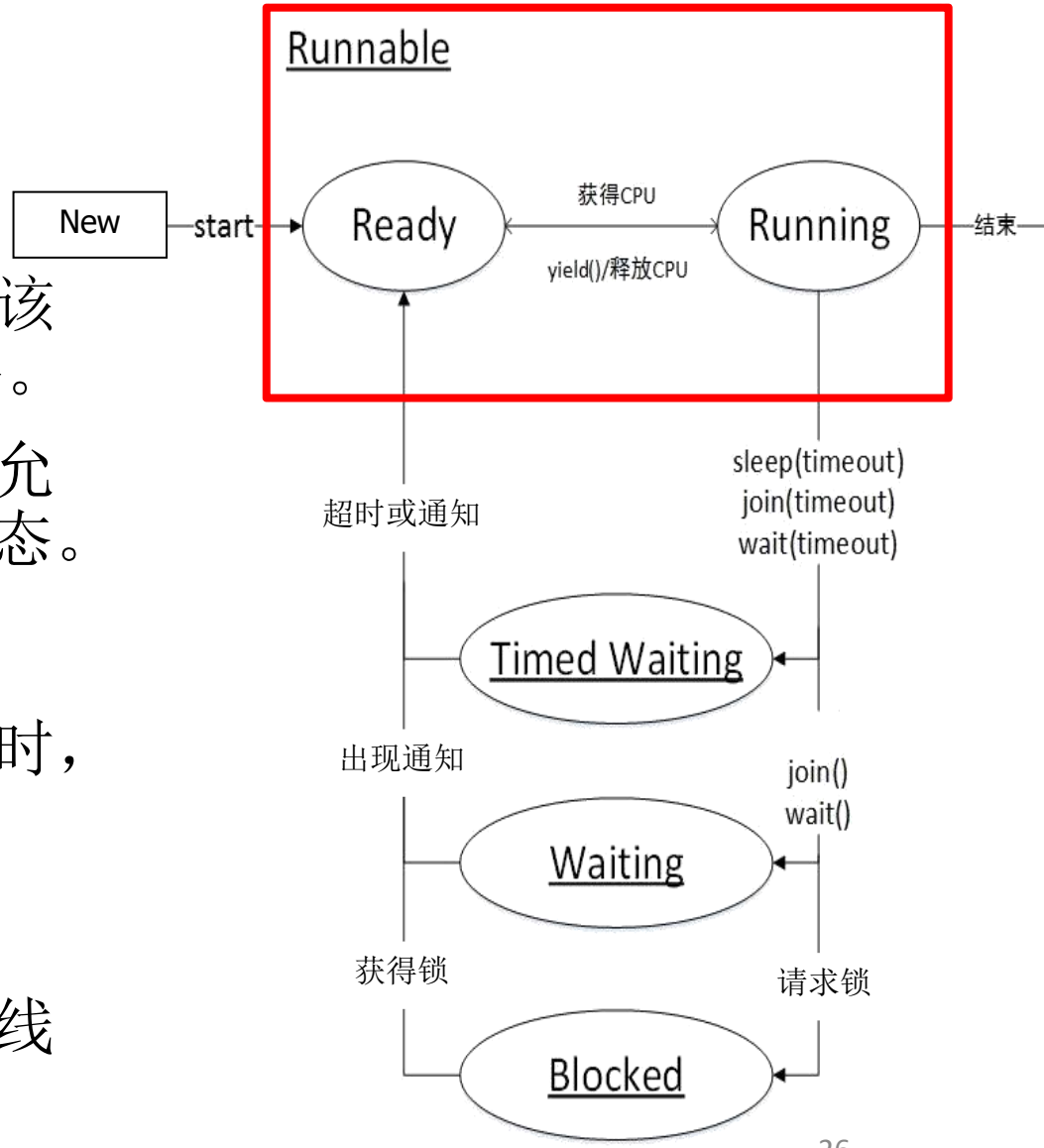
- 线程会由于以下两个原因之一而终止：
  - run 方法正常退出，线程自然终止；
  - 因为一个没有捕获的异常终止了 run 方法，使线程意外终止。
- 注意：stop 方法已被废弃
  - 调用线程的 stop 方法会终止此线程。
  - 该方法抛出 ThreadDeath 错误对象，由此杀死线程。
  - 不安全：该方法试图终止一个给定线程，而没有线程的互操作。



线程的状态

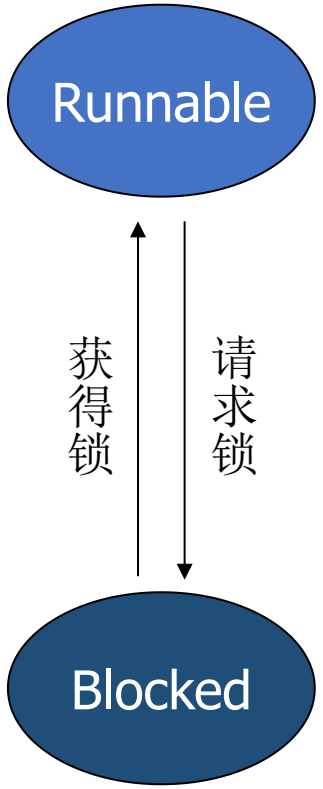
由可运行状态 ->

- 阻塞状态（Blocked）
  - 当一个线程试图获取一个内部的对象锁，而该锁被其他线程持有，则该线程进人阻塞状态。
  - 当所有其他线程释放该锁，并且线程调度器允许本线程持有它时，该线程将变成非阻塞状态。
- 等待状态（Waiting）
  - 当线程等待另一个线程通知调度器一个条件时，它自己进入等待状态。
- 计时等待状态（Timed Waiting）
  - 有几个方法有一个超时参数，调用它们导致线程进入计时等待状态。



线程阻塞

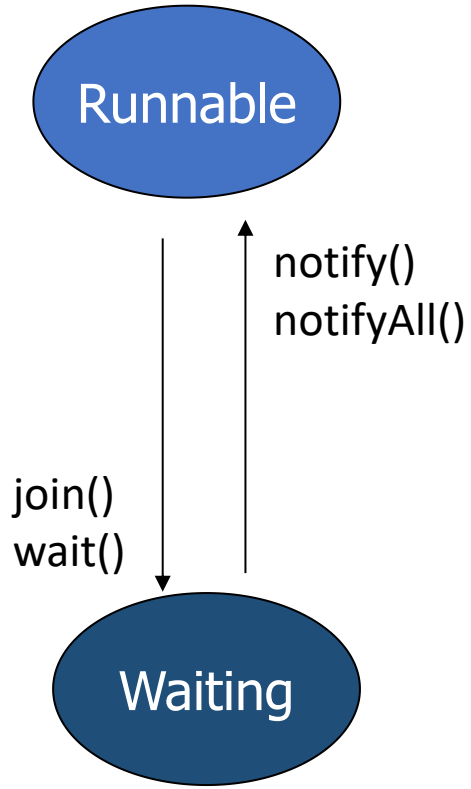
- 线程何时进入阻塞状态：
  - 当一个线程试图获取一个内部的对象锁，而该锁被其他线程持有。
- 线程何时变成非阻塞状态:
  - 当所有其他线程释放该锁，且线程调度器允许本线程持有它的时候。
- 当线程处于被阻塞或等待状态时，它暂时不活动
  - 它不运行任何代码且消耗最少的资源。直到线程调度器重新激活它。



线程等待

- 运行→等待：
  - 情形1：当前线程对象调用Object.wait()方法；
  - 情形2：其他线程调用 Thread.join()方法。

- 等待→运行：
  - 情形1：等待的线程被其他线程对象唤醒，调用Object. notify()或者Object. notifyAll()。
  - 情形2：调用 Thread.join()方法的线程结束。

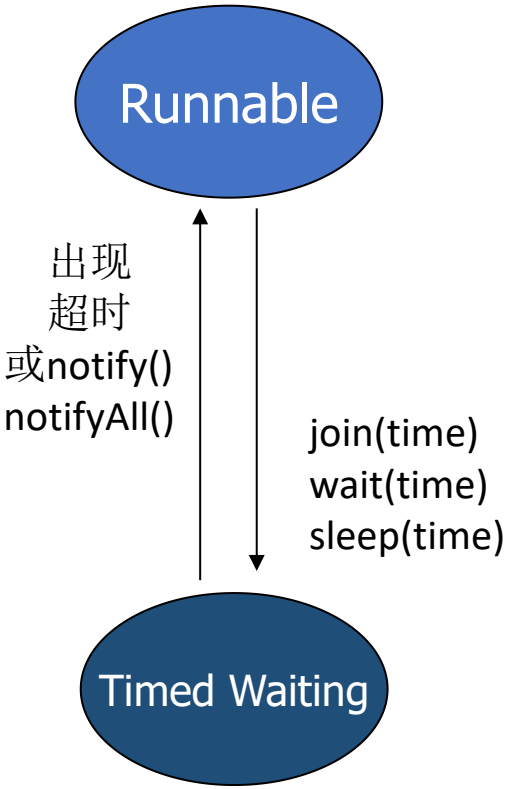


线程等待-join()

```java
public static void main(String[] args) {
    Thread childThread = new Thread(() -> {
        System.out.println("子线程执行");
    });

    childThread.start();  // 启动子线程

    // 主线程调用 childThread.join()
    childThread.join();   // 主线程在此阻塞，等待childThread结束

    System.out.println("主线程继续执行");
}
```

线程计时等待

- 运行→计时等待：
  - 情形1：当前线程对象调用Object.wait(time)方法；
  - 情形2：其他线程调用 Thread.join(time)方法。
  - 情形3：当前线程调用 Thread.sleep(time)方法。



- 计时等待→运行：
  - 区别于等待，它可以在指定的时间自行返回。

中断线程

- 当对一个线程调用 interrupt 方法时，线程的中断状态将被置位
  - 这是每一个线程都具有的 boolean 标志（*true*：打断了；*false*：没有打断）。
  - 每个线程都应该不时地检查此标志，以判断线程是否被中断。
- 当在一个被阻塞的线程上调用 interrupt 方法
  - 阻塞调用（即sleep或wait调用）将会被InterruptedException 异常中断。
- 中断一个线程不过是引起它的注意
  - 被中断的线程可以决定如何响应中断。

线程优先级

- 每一个线程都有一个优先级
  - 默认情况下， 一个线程继承它的父线程的优先级；
  - 可以用 setPriority(int newPriority) (1~10, 默认值5) 方法提高或降低任何一个线程的优先级。
- 每当调度器决定运行一个新线程时，首先会在具有高优先级的线程中进行选择，尽管这样会使低优先级的线程完全饿死
- 线程优先级是高度依赖于系统的
  - 在 Oracle 为 Linux 提供的 Java 虚拟机中，线程的优先级被忽略。

守护线程

- 使用 setDaemon 方法标识该线程为守护线程或用户线程。
  - thread.setDaemon(true); // true:守护线程
- 守护线程的唯一用途是为其他线程提供服务。
  - 例子：计时线程。它定时地发送“计时器嘀嗒” 信号给其他线程。
- 守护线程的结束，是在run方法运行结束后或main函数结束后。

线程的相关方法总结

主要总结Thread类中的核心方法

方法名称	是否static	方法说明
start()	否	让线程启动，进入就绪状态,等待cpu分配时间片
run()	否	重写Runnable接口的方法,线程获取到cpu时间片时执行的具体逻辑
yield()	是	线程的礼让，使得获取到cpu时间片的线程进入就绪状态，重新争抢时间片
sleep(time)	是	线程休眠固定时间，进入阻塞状态，休眠时间完成后重新争抢时间片,休眠可被打断
join()/join(time)	否	调用线程对象的join方法，调用者线程进入阻塞,等待线程对象执行完或者到达指定时间才恢复，重新争抢时间片
isInterrupted()	否	获取线程的打断标记，true:被打断，false：没有被打断。调用后不会修改打断标记
interrupt()	否	打断线程，抛出InterruptedException异常的方法均可被打断，但是打断后不会修改打断标记，正常执行的线程被打断后会修改打断标记
interrupted()	否	获取线程的打断标记。调用后会清空打断标记
currentThread()	是	获取当前线程

线程的相关方法总结

Object中与线程相关方法

方法名称	方法说明
wait()/wait(long timeout)	获取到锁的线程进入阻塞状态
notify()	随机唤醒被wait()的一个线程
notifyAll();	唤醒被wait()的所有线程，重新争抢时间片

同步、死锁及如何避免

线程同步

- 当多个线程同时运行时，线程的调度由操作系统决定，程序本身无法决定。因此，任何一个线程都有可能在任何指令处被操作系统暂停，然后在某个时间段后继续执行。
- 如果多个线程同时读写共享变量，会出现数据不一致的问题。

```
class Counter {
    public static int count = 0;
}
```

```
class AddThread extends Thread {
    public void run() {
        for (int i=0; i<500; i++) { Counter.count += 1; }
    }
}
```

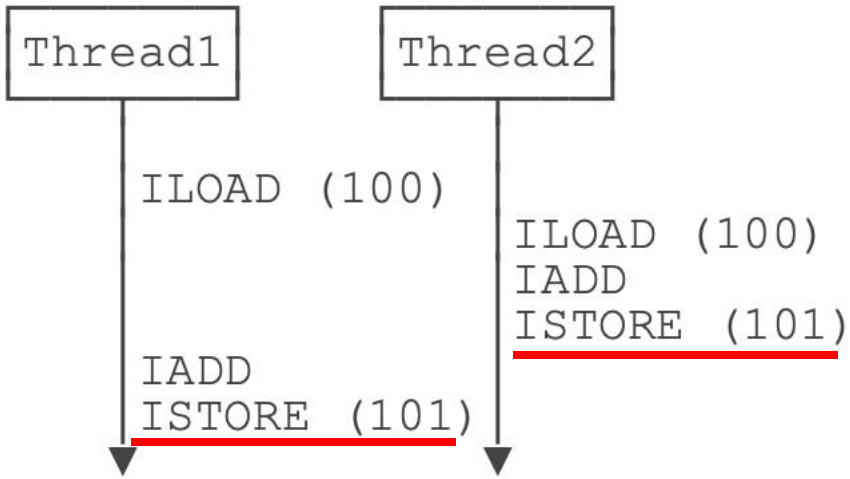
```
class DecThread extends Thread {
    public void run() {
        for (int i=0; i<500; i++) { Counter.count -= 1; }
    }
}
```

线程同步

- 原子操作：指不能被中断的一个或一系列操作。即要么完全执行，要么完全不执行，不存在执行了一半的情况。

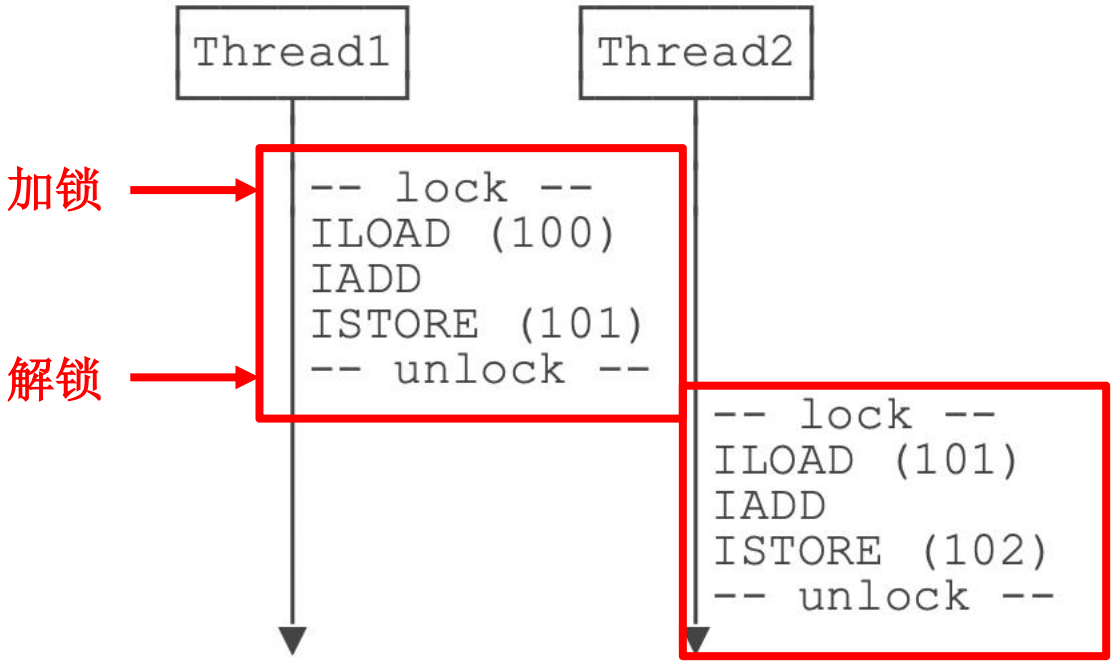
- 例子：n = n + 1; 看上去是一行语句，实际上对应了3条指令

```
ILOAD          取数
IADD           加法运算
ISTORE             结果保存
```



线程同步

- 这说明多线程模型下，要保证逻辑正确，对共享变量进行读写时，必须保证一组指令以原子方式执行：即某一个线程执行时，其他线程必须等待。



线程同步

- 代码实现：
  - Java程序使用synchronized关键字对一个对象进行加锁。

```
synchronized(lock) {
    n = n + 1;
}
```

  - 改写之前的代码

```
class AddThread extends Thread {
    public void run() {
        for (int i=0; i<10000; i++) {
            synchronized(Counter.lock) {// 获取锁
                Counter.count += 1;
            } // 释放锁
    }}}
```

```
class DecThread extends Thread {
    public void run() {
        for (int i=0; i<10000; i++) {
            synchronized(Counter.lock) {// 获取锁
                Counter.count -= 1;
            } // 释放锁
    }}}
```

线程死锁

```
class PerA implements Runnable{
   public void run() {
      try {
         System.out.println( “ PerA: 我有蓝色钥匙请给
我红色钥匙");
         while(true){
            synchronized (DeadLock.bluekey) {
               System.out.println(" PerA 锁住蓝色钥匙");
               Thread.sleep(3000); // 此处等待是给PerB机会
               synchronized (DeadLock.redkey) {
                  System.out.println(“ PerA 拿两把钥匙开锁");
                  Thread.sleep(60 * 1000); // 为测试
               }
            }
         }
      } catch (Exception e) {
         e.printStackTrace();
      }
   }
}
```

```
class PerB implements Runnable{
   public void run() {
      try {
         System.out.println(“ PerB：我有红色钥匙请给
我蓝色钥匙");
         while(true){
            synchronized (DeadLock.redkey) {
               System.out.println(“ PerB 锁住红色钥匙");
               Thread.sleep(3000); // 此处等待是给PerA机会
               synchronized (DeadLock.bluekey) {
                  System.out.println(“ PerB拿两把钥匙开锁");
                  Thread.sleep(60 * 1000); // 为测试
               }
            }
         }
      } catch (Exception e) {
         e.printStackTrace();
      }
   }
}
```

线程死锁

- 结果

PerA: 我有蓝色钥匙请给我红色钥匙
PerA 锁住蓝色钥匙
PerB：我有红色钥匙请给我蓝色钥匙
PerB 锁住 红色钥匙

- 死锁:在线程A(PerA)持有**蓝色钥匙**并想获得**红色钥匙**的同时，线程B(Per)B持有**红色钥匙**并尝试获得**蓝色钥匙**，那么这两个线程将永远地等待下去。
- 避免死锁：线程获取锁的顺序要一致。即严格按照先获取蓝色钥匙，再获取红色钥匙的顺序，或者先获取红色钥匙，再获取蓝色钥匙的顺序。

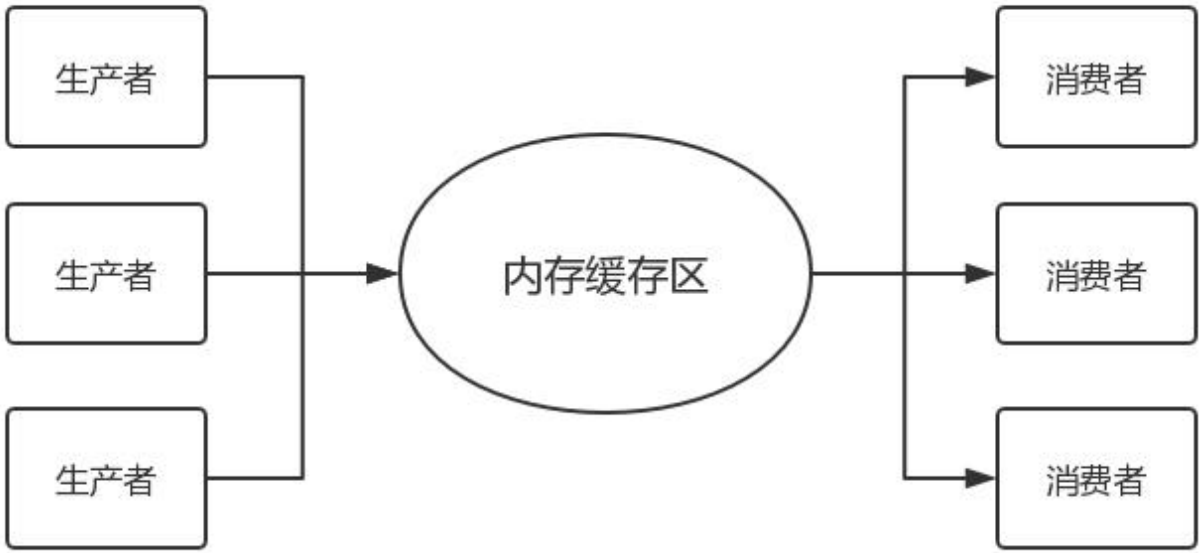
多线程应用
生产者-消费者设计模式

生产者-消费者设计模式

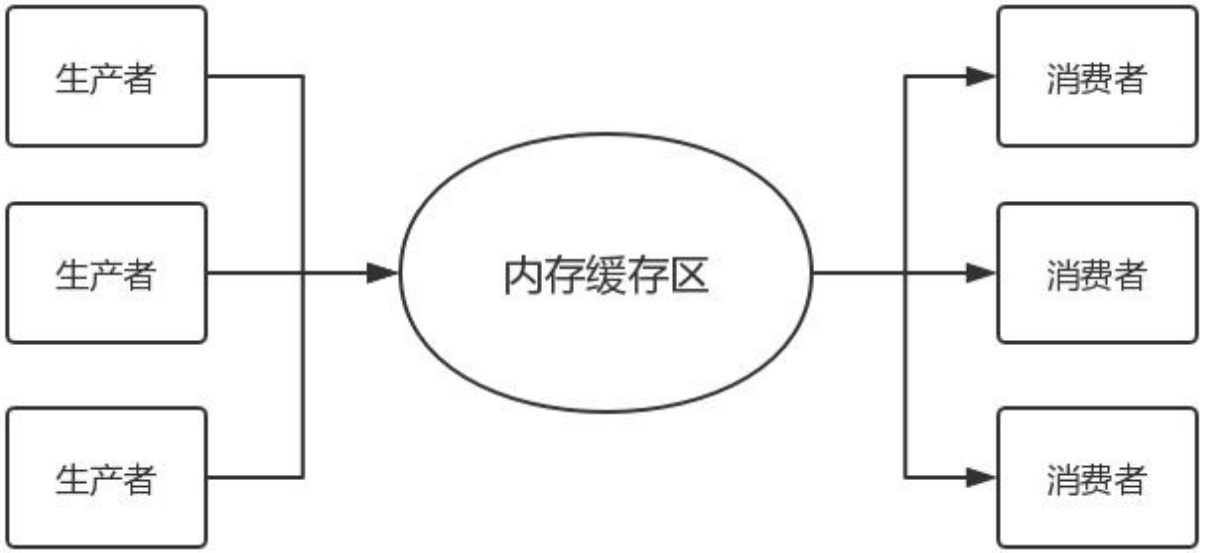
- 在实际的软件开发过程中，经常会碰到如下场景：

某个模块负责产生数据，这些数据由另一个模块来负责处理（此处的模块是广义的，可以是类、函数、线程、进程等）。

- 产生数据的模块，就形象地称为生产者；而处理数据的模块，就称为消费者。



生产者-消费者设计模式



- 如果生产者生产速度过快，消费者消费的很慢，并且缓存区达到了最大时。缓存区会阻塞生产者，让生产者停止生产，等待消费者消费了数据后，再唤醒生产者
- 当消费者消费速度过快时，缓存区为空时。缓存区则会阻塞消费者，待生产者向队列添加数据后，再唤醒消费者。

生产者-消费者设计模式

- **问题：**
  - 如何保证缓存区中数据状态的一致性？
  - 如何保证消费者和生产者之间的同步和协作关系？

- **方案：**
  - 加同步锁（synchronized）
  - 利用线程内部直接的通信（Object的wait() / notify()方法）

生产者-消费者设计模式

Java代码实现缓冲区

```
public class Buffer {
    private List<Integer> data = new ArrayList<>();
    private static final int MAX = 2;
    private static final int MIN = 0;
    public void put(int value){
        while (true){
            try {//模拟生产数据
                Thread.sleep(500);
            } catch (InterruptedException e) {
                e.printStackTrace();
            }
            synchronized (this){
//当容器满的时候，producer处于等待状态
                while (data.size() == MAX){
                    System.out.println("buffer is full,waiting ....");
                    try {
                        wait();
                    } catch (InterruptedException e) {
                        e.printStackTrace();
                    }
                }
//没有满，则继续produce
                System.out.println("producer--"+
Thread.currentThread().getName()+"--put:" + value);
                data.add(value);
//唤醒其他所有处于wait()的线程，包括消费者和生产者
                notifyAll();
            }
        }
    }
```

生产者-消费者设计模式

Java代码实现缓冲区

```
public Integer take(){
    Integer val = 0;
    while (true){
        try {{//模拟消费数据
            Thread.sleep(500);
        } catch (InterruptedException e) {
            e.printStackTrace();
        }
        synchronized (this){
            //如果容器中没有数据，consumer处于等待状态
            while (data.size() == MIN){
                System.out.println("buffer is empty,waiting ...");
                try {
                    wait();
                } catch (InterruptedException e) {
                    e.printStackTrace();
                }
            }
            //如果有数据，继续consume
                    val = data.remove(0) ;
                    System.out.println("consumer--"+
Thread.currentThread().getName()+"--take:" + val);

            //唤醒其他所有处于wait()的线程，包括消费者和
生产者
                    notifyAll();
                }
            }
        }

    }
```

生产者–消费者设计模式

Java代码实现

生产者

```
public class Producer implements Runnable{
    private Buffer buffer;
    public Producer(Buffer buffer) {
        this.buffer = buffer;
    }
    @Override
    public void run() {
        buffer.put(new Random().nextInt(100));
    }
}
```

生产者-消费者设计模式

Java代码实现

消费者

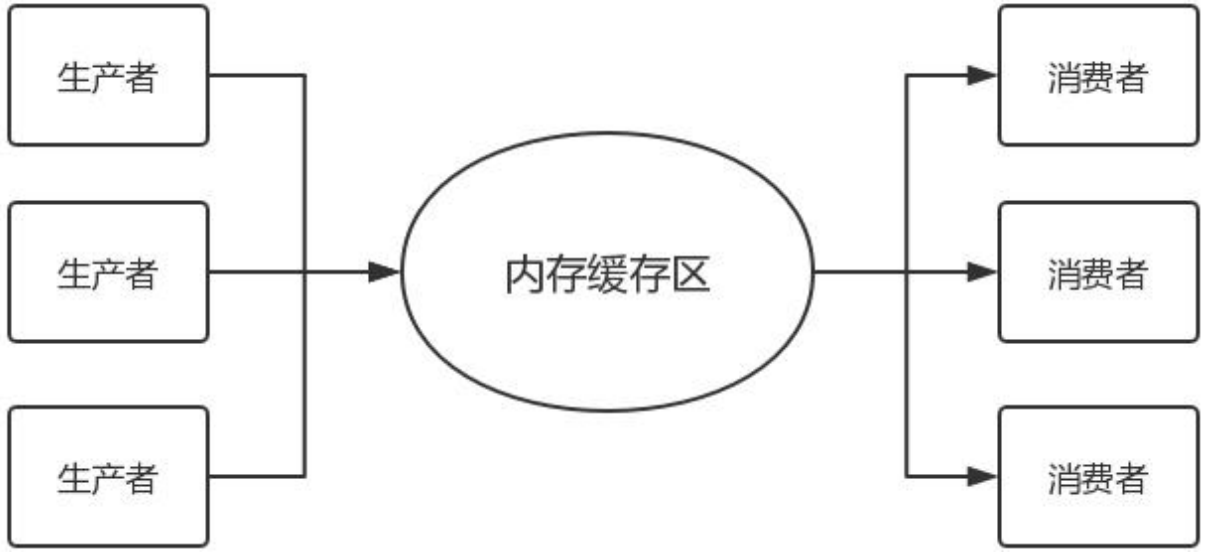
```
public class Consumer implements Runnable{
    private Buffer buffer;
    public Consumer(Buffer buffer) {
        this.buffer = buffer;
    }
    @Override
    public void run() {
        Integer val = buffer.take();
    }
}
```

生产者-消费者设计模式

- **问题：**
  - 为什么缓冲区的判断条件是 while(condition) 而不是 if(condition)？
  - Java中要求wait()方法为什么要放在同步块中？

- **答案：**
  - 防止线程被错误的唤醒 (Spurious Wake-Up)
  - 防止出现无法唤醒 (Lost Wake-Up)

生产者-消费者设计模式



- 好处：
  - 并发（异步）：生产者和消费者各司其职，生产者和消费者都只需要关心缓冲区，不需要互相关注，通过异步的方式支持高并发，将一个耗时的流程拆成生产和消费两个阶段。
  - 解耦：生产者和消费者进行解耦（通过缓冲区通讯）。

任务与线程池

任务

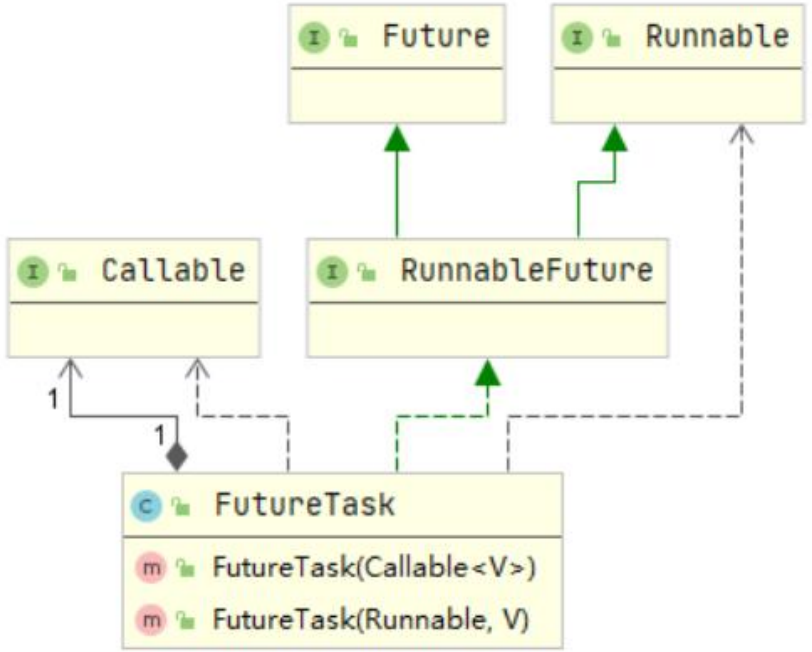
问题：希望线程结束时**返回**一个运行/计算**结果**

- Runnable：封装一个异步运行的任务，没有参数和返回值
- Callable：封装一个异步运行的任务，有返回值
  - 需实现 call 方法
  - Callable<Integer> 表示返回 Integer 对象的异步计算任务
  - 可以抛出异常
  - 不能直接进行线程操作，也不能传入Thread

```
public interface Callable<V>{

    V call throws Exception;

}
```

FutureTask

- FutureTask：执行 Callable的一种方法
  - 控制 Callable 任务的执行，获得其运算结果
  - 间接实现了Runnable 接口，进而可以通过Thread启动线程




```java
// 实例化 Callable 任务，指定返回类型为 String
Callable<String> callable = new Callable<String>() {
    public String call() throws Exception {
        // balabalabala~
        return "Hello world ~";
    }
};

// 将 callable 任务委派给 FutureTask
FutureTask<String> task = new FutureTask<String>(callable);

// FutureTask实现了Runnable接口，所以可以直接传给 Thread 启动线程
new Thread(task).start();

// 通过 FutureTask 获取返回值
String call = task.get();

System.out.println(call); // print: Hello world ~
```

FutureTask

- Future：相当于任务的句柄，用来获得任务的结果
  - 定义了一些获得结果的方法
  - “Future”：通过计算在“未来”获得结果

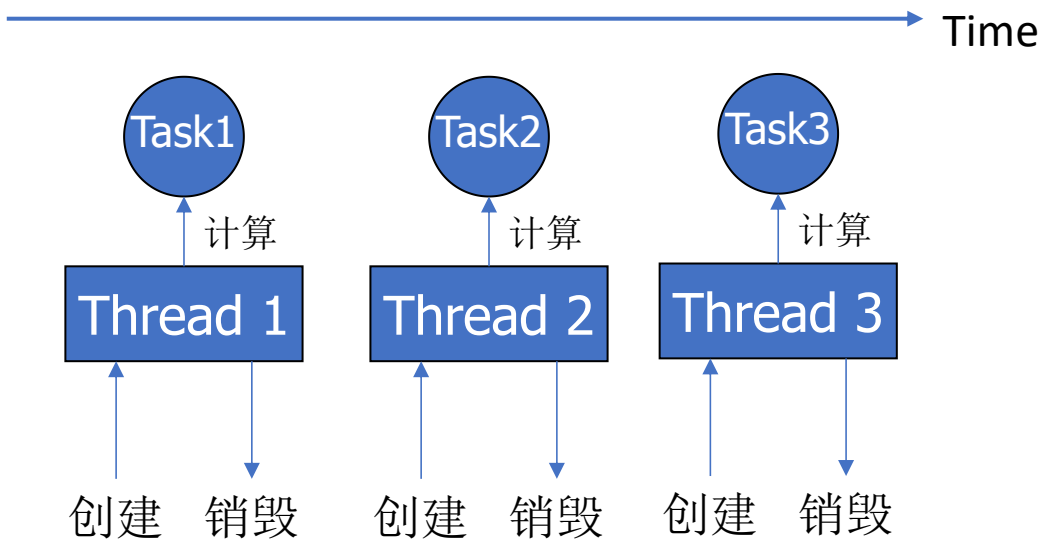
```
public interface Future<V>{

    V get() throws ...;
    V get(long timeout, TimeUnit unit)
        throws ...;
    void cancel(boolean mayInterrupt);
    boolean isCancelled();
    boolean isDone();

}
```

线程池

问题：频繁创建/终止大量线程，会带来大量开销，怎么办？

- 线程池（Thread Pool）

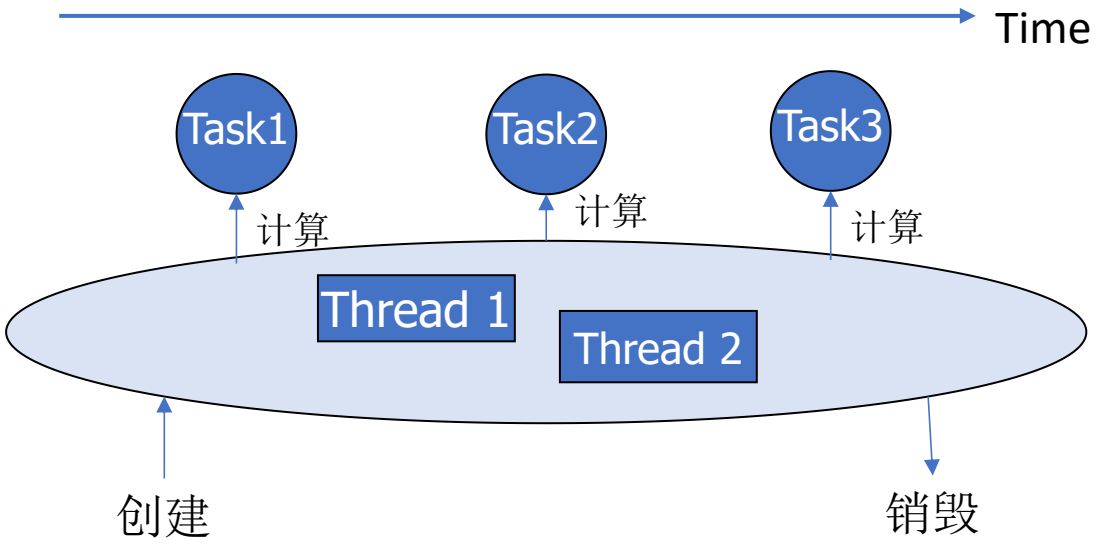
不使用线程池



为每个任务创建一个线程，任务完成后线程销毁

类比：每次有活时，招募工人，干完活遣散工人
再有活时，再招募工人

使用线程池

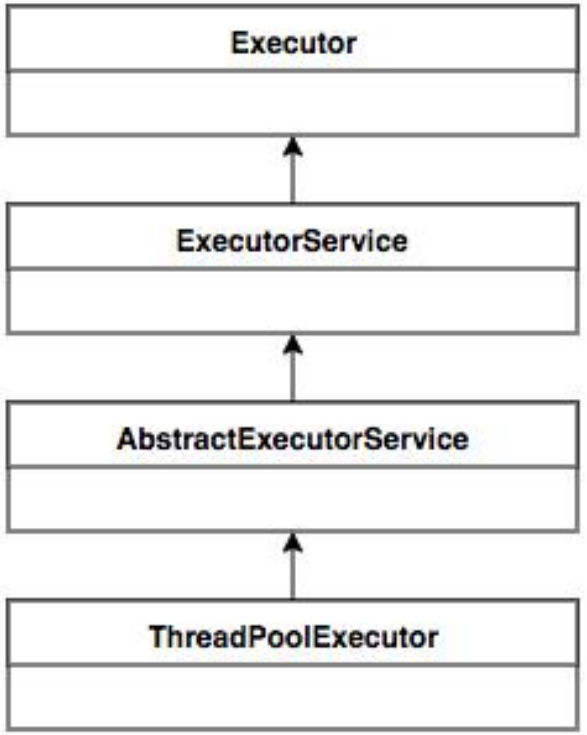


提前在线程池中创建线程，任务来时线程执行任务，执行完毕后线程休息，等待下一个任务

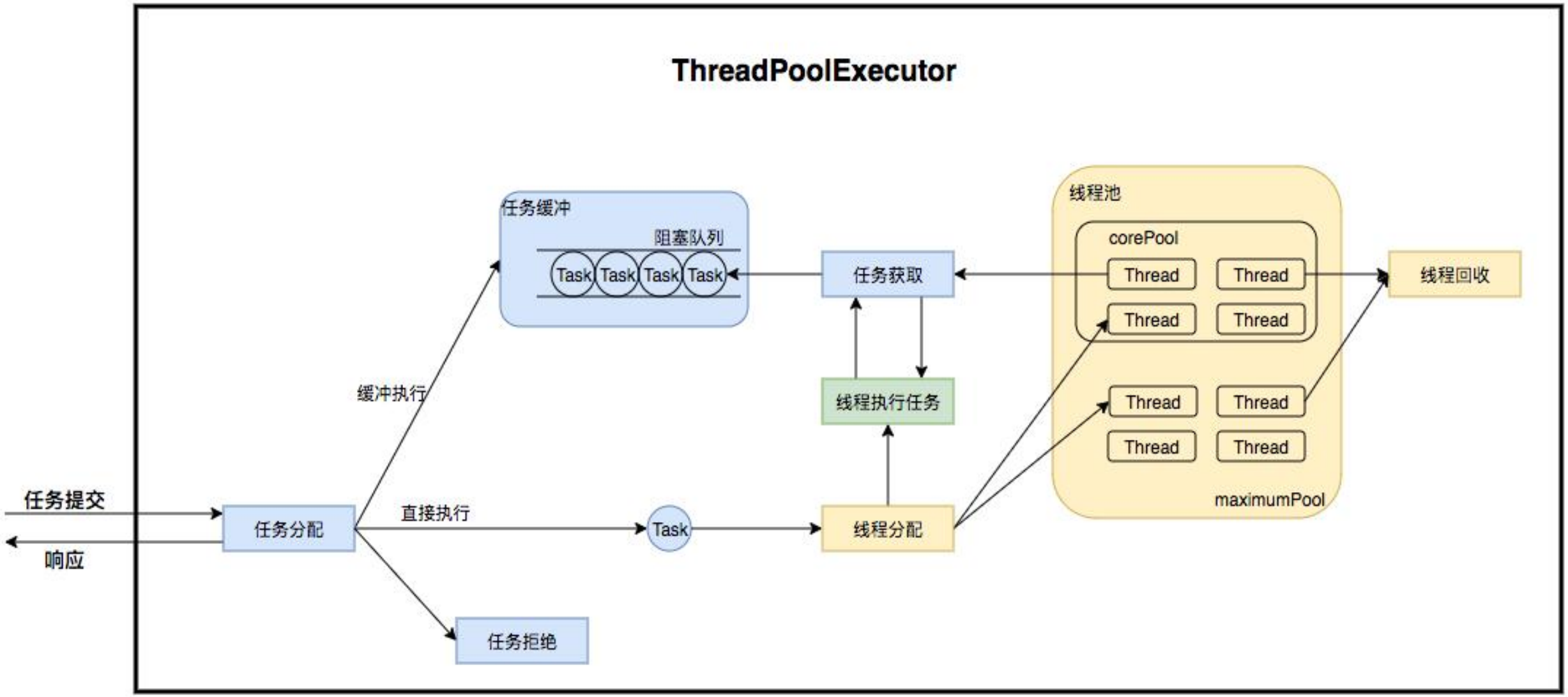
类比：包工头 提前招募若干工人，有活时安排工人工作，
工人完成工作后休息，等待下一次被安排工作

线程池

- 线程池的继承关系
  - Executor：是一个接口，将业务逻辑提交与任务执行进行分离
  - ExecutorService：接口继承了Execute，做了shutdown()等业务的扩展，可以是说真正的线程池接口
  - AbstractExecutirService：抽象类实现了ExecutorService接口的大部分方法
  - ThreadPoolExecutor：线程池的核心实现类，用来执行被提交的任务



线程池的多任务控制


ThreadPoolExecutor
任务缓冲
阻塞队列
Task
Task
Task
Task
任务获取
线程池
corePool
Thread
Thread
Thread
Thread
线程回收
缓冲执行
线程执行任务
Thread
Thread
Thread
Thread
maximumPool
任务提交
任务分配
直接执行
Task
线程分配
响应
任务拒绝

线程池的多任务控制

- ThreadPoolExecutor 线程池主要参数：
  - corePoolSize：
    线程池中所保存的核心线程数
  - maximumPoolSize：
    线程池中允许的最大线程数
  - keepAliveTime：
    线程池中的空闲线程所能持续的最长时间
  - workQueue：
    阻塞队列
  - threadFactory：
    创建线程的工厂，主要定义线程名
  - handler：
    拒绝策略

```
public ThreadPoolExecutor(
        int corePoolSize,
        int maximumPoolSize,
        long keepAliveTime,
        TimeUnit unit,
        BlockingQueue<Runnable> workQueue,
        ThreadFactory threadFactory,
        RejectedExecutionHandler handler) {
}
```

线程池的多任务控制

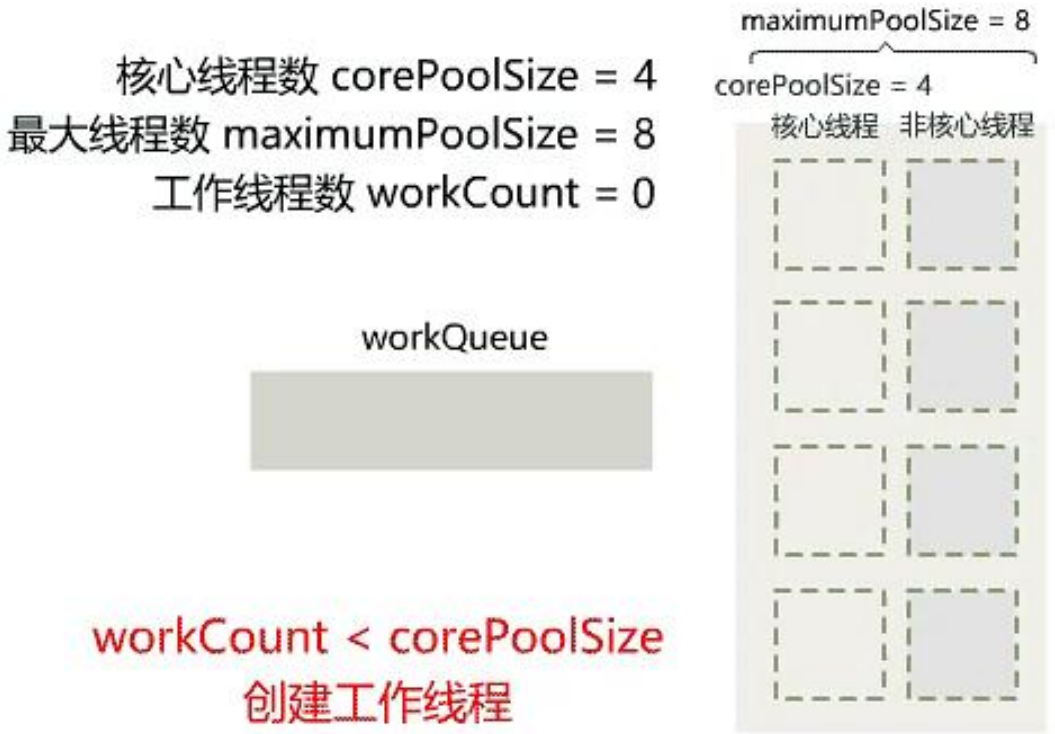
1. 首先检测线程池运行状态，如果不是RUNNING，则直接拒绝，线程池要保证在RUNNING的状态下执行任务。

2. 如果workerCount < corePoolSize，则创建并启动一个线程来执行新提交的任务。

3. 如果workerCount >= corePoolSize，且线程池内的阻塞队列未满，则将任务添加到该阻塞队列中。

4. 如果workerCount >= corePoolSize && workerCount < maximumPoolSize，且线程池内的阻塞队列已满，则创建并启动一个线程来执行新提交的任务。

5. 如果workerCount >= maximumPoolSize，并且线程池内的阻塞队列已满, 则根据拒绝策略来处理该任务, 默认的处理方式是直接抛异常。



多线程

- 进程与线程
- 多线程
- Java中对线程的控制
- 同步、死锁及如何避免
- 多线程应用—生产者与消费者模式
- 任务与线程池