# 数组的定义与使用

## 本节目标

> 1. 理解数组基本概念
> 2. 掌握数组的基本用法
> 3. 数组与方法互操作
> 4. 熟练掌握数组相关的常见问题和代码

## 1. 数组基本用法

### 1.1 什么是数组

数组本质上就是让我们能 "批量" 创建相同类型的变量.

> 例如:
>
> 如果需要表示两个数据, 那么直接创建两个变量即可 `int a; int b`
>
> 如果需要表示五个数据, 那么可以创建五个变量 `int a1; int a2; int a3; int a4; int a5;`
>
> 但是如果需要表示一万个数据, 那么就不能创建一万个变量了. 这时候就需要使用数组, 帮我们批量创建.

**注意事项**: 在 Java 中, 数组中包含的变量必须是 **相同类型**.

### 1.2 创建数组

**基本语法**

```
// 动态初始化
数据类型[] 数组名称 = new 数据类型 [长度] { 初始化数据 };

// 静态初始化
数据类型[] 数组名称 = { 初始化数据 };
```

**代码示例**

```
int[] arr = new int[3]{1, 2, 3};

int[] arr = {1, 2, 3};
```

**注意事项**: 静态初始化的时候, 数组元素个数和初始化数据的格式是一致的.

> 其实数组也可以写成
>
> int arr[] = {1, 2, 3};
>
> 这样就和 C 语言更相似了. 但是我们还是更推荐写成 int[] arr 的形式. int和 [] 是一个整体.

## 1.3 数组的使用

**代码示例:** 获取长度 & 访问元素

```
int[] arr = {1, 2, 3};

// 获取数组长度
System.out.println("length: " + arr.length); // 执行结果: 3

// 访问数组中的元素
System.out.println(arr[1]);          // 执行结果: 2
System.out.println(arr[0]);          // 执行结果: 1
arr[2] = 100;
System.out.println(arr[2]);          // 执行结果: 100
```

**注意事项**

1. 使用 `arr.length` 能够获取到数组的长度. `.` 这个操作为成员访问操作符. 后面在面向对象中会经常用到.
2. 使用 `[ ]` 按下标取数组元素. 需要注意, 下标从 0 开始计数
3. 使用 `[ ]` 操作既能读取数据, 也能修改数据.
4. 下标访问操作不能超出有效范围 [0, length - 1] , 如果超出有效范围, 会出现下标越界异常

**代码示例**: 下标越界

```
int[] arr = {1, 2, 3};
System.out.println(arr[100]);

// 执行结果
Exception in thread "main" java.lang.ArrayIndexOutOfBoundsException: 100
        at Test.main(Test.java:4)
```

抛出了 `java.lang.ArrayIndexOutOfBoundsException` 异常. 使用数组一定要下标谨防越界.

**代码示例:** 遍历数组

所谓 "遍历" 是指将数组中的所有元素都访问一遍, 不重不漏. 通常需要搭配循环语句.

```
int[] arr = {1, 2, 3};
for (int i = 0; i < arr.length; i++) {
    System.out.println(arr[i]);
}

// 执行结果
1
2
3
```

**代码示例**: 使用 for-each 遍历数组

```
int[] arr = {1, 2, 3};
for (int x : arr) {
    System.out.println(x);
}

// 执行结果
1
2
3
```

for-each 是 for 循环的另外一种使用方式. 能够更方便的完成对数组的遍历. 可以避免循环条件和更新语句写错.

# 2. 数组作为方法的参数

## 2.1 基本用法

**代码示例**: 打印数组内容

```
public static void main(String[] args) {
    int[] arr = {1, 2, 3};
    printArray(arr);
}

public static void printArray(int[] a) {
    for (int x : a) {
        System.out.println(x);
    }
}

// 执行结果
1
2
3
```

在这个代码中

- `int[] a` 是函数的形参, `int[] arr` 是函数实参.
- 如果需要获取到数组长度, 同样可以使用 a.length

## 2.2 理解引用类型(重点/难点)

我们尝试以下代码

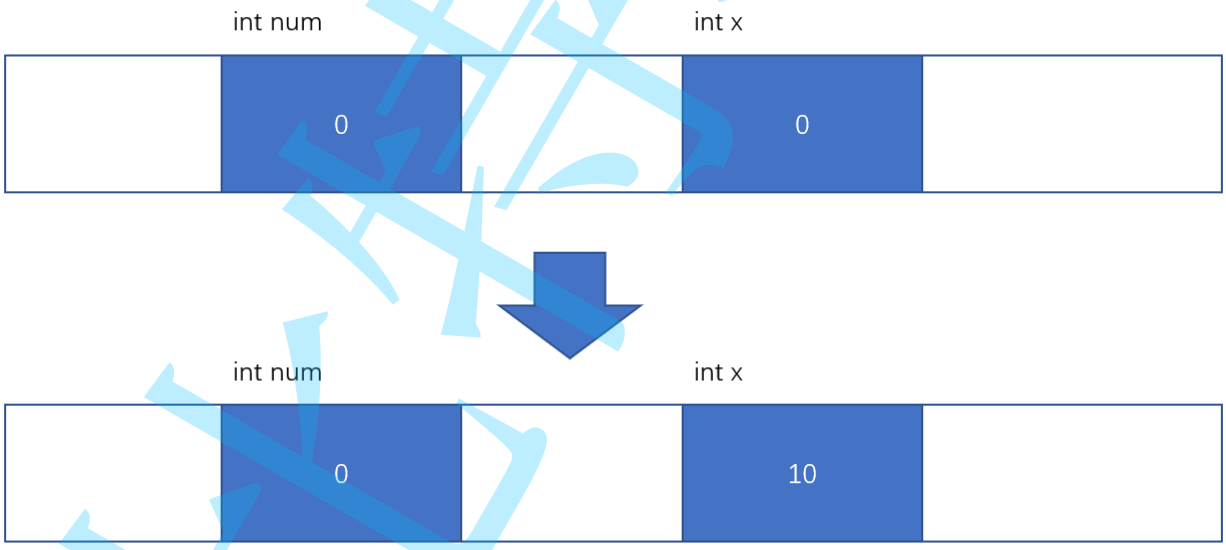
**代码示例1** 参数传内置类型

```
public static void main(String[] args) {
    int num = 0;
    func(num);
    System.out.println("num = " + num);
}

public static void func(int x) {
    x = 10;
    System.out.println("x = " + x);
}

// 执行结果
x = 10
num = 0
```

我们发现, 修改形参 x 的值, 不影响实参的 num 值.




**代码示例2** 参数传数组类型

```
public static void main(String[] args) {
    int[] arr = {1, 2, 3};
    func(arr);
    System.out.println("arr[0] = " + arr[0]);
}
```

```
public static void func(int[] a) {
    a[0] = 10;
    System.out.println("a[0] = " + a[0]);
}

// 执行结果
a[0] = 10
arr[0] = 10
```

我们发现, 在函数内部修改数组内容, 函数外部也发生改变.

此时数组名 arr 是一个 "引用" . 当传参的时候, 是按照引用传参.

这里我们要先从内存开始说起.

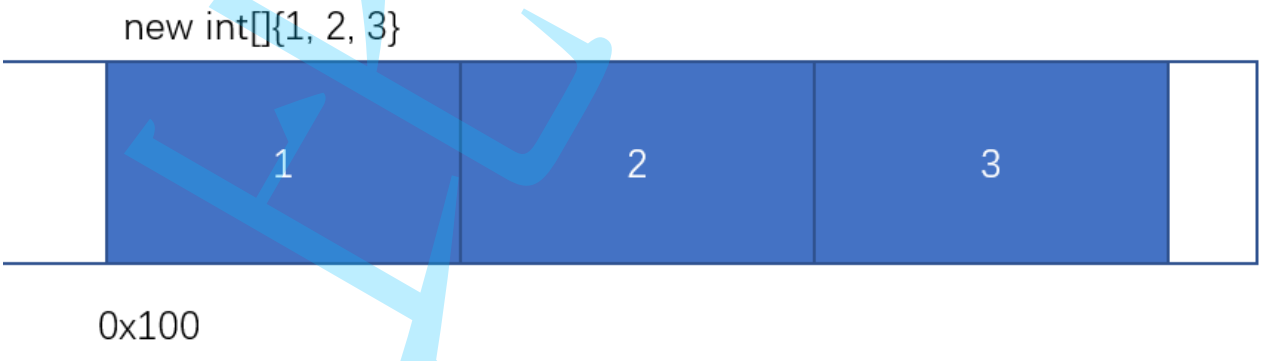
> **如何理解内存?**
>
> 内存就是指我们熟悉的 "内存". 内存可以直观的理解成一个宿舍楼. 有一个长长的大走廊, 上面有很多房间.
>
> 每个房间的大小是 1 Byte (如果计算机有 8G 内存, 则相当于有 80亿 个这样的房间).
>
> 每个房间上面又有一个门牌号, 这个门牌号就称为 **地址**

那么啥又是引用?

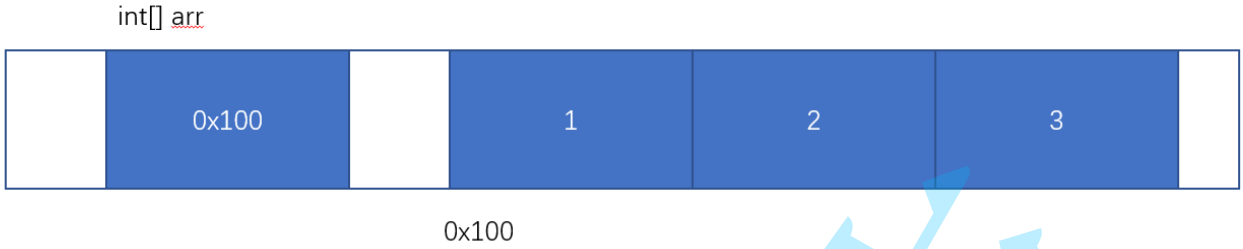
> **什么是引用?**
>
> 引用相当于一个 "别名", 也可以理解成一个指针.
>
> 创建一个引用只是相当于创建了一个很小的变量, 这个变量保存了一个整数, 这个整数表示内存中的一个地址.

针对 `int[] arr = new int[]{1, 2, 3}` 这样的代码, 内存布局如图:

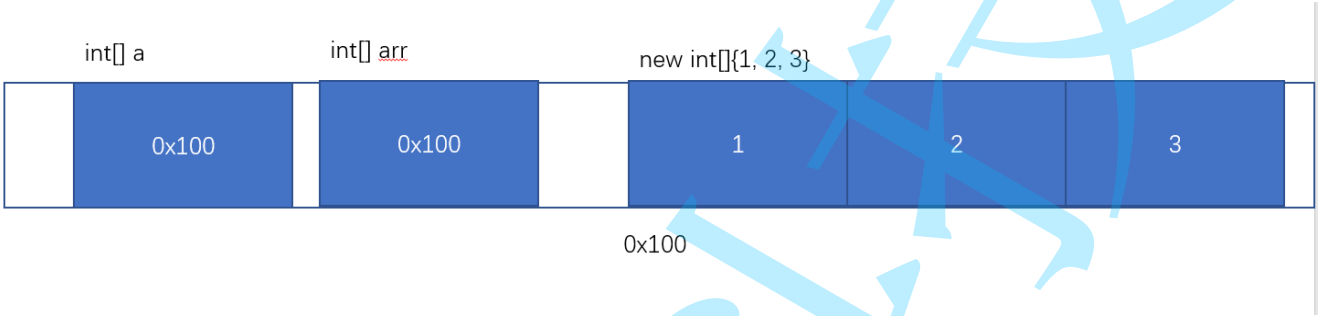
a) 当我们创建 `new int[]{1, 2, 3}` 的时候, 相当于创建了一块内存空间保存三个 int



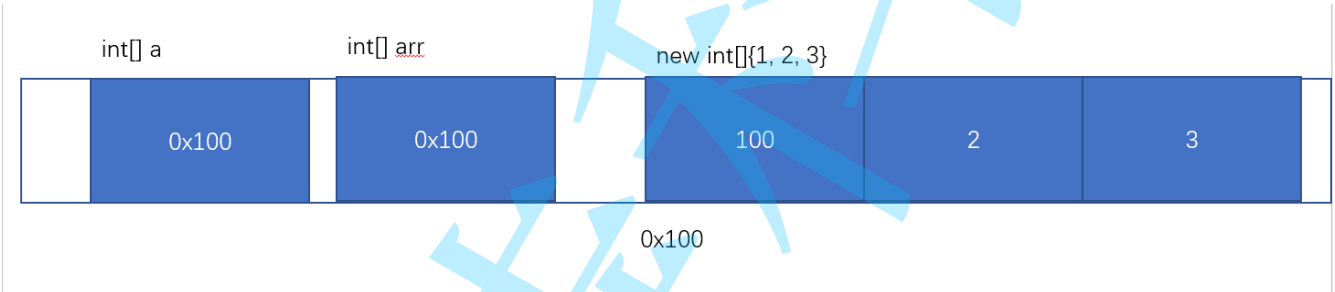

b) 接下来执行 `int[] arr = new int[]{1, 2, 3}` 相当于又创建了一个 `int[]` 变量, 这个变量是一个引用类型, 里面只保存了一个整数(数组的起始内存地址)




c) 接下来我们进行传参相当于 `int[] a = arr`, 内存布局如图




d) 接下来我们修改 a[0] , 此时是根据 `0x100` 这样的地址找到对应的内存位置, 将值改成 100




此时已经将 `0x100` 地址的数据改成了 100 . 那么根据实参 arr 来获取数组内容 `arr[0]`, 本质上也是获取 `0x100` 地址上的数据, 也是 100.

**总结**: 所谓的 "引用" 本质上只是存了一个地址. Java 将数组设定成引用类型, 这样的话后续进行数组参数传参, 其实只是将数组的地址传入到函数形参中. 这样可以避免对整个数组的拷贝(数组可能比较长, 那么拷贝开销就会很大).

## 2.3 认识 null

null 在 Java 中表示 "空引用" , 也就是一个无效的引用.

```
int[] arr = null;
System.out.println(arr[0]);

// 执行结果
Exception in thread "main" java.lang.NullPointerException
    at Test.main(Test.java:6)
```

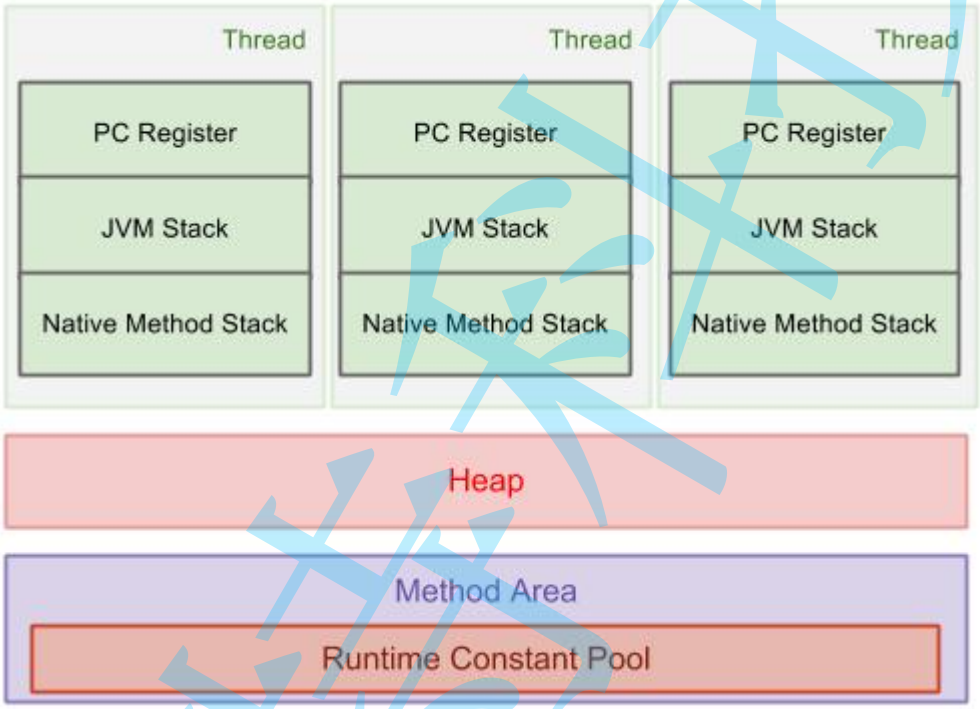
null 的作用类似于 C 语言中的 NULL (空指针), 都是表示一个无效的内存位置. 因此不能对这个内存进行任何读写操作. 一旦尝试读写, 就会抛出 NullPointerException.

> 注意: Java 中并没有约定 null 和 0 号地址的内存有任何关联.

## 2.4 初识 JVM 内存区域划分(重点)

> 一个宿舍楼会划分成几个不同的区域: 大一学生, 大二学生... 计算机专业学生, 通信专业学生....
>
> 内存也是类似, 这个大走廊被分成很多部分, 每个区域存放不同的数据.

JVM 的内存被划分成了几个区域, 如图所示:

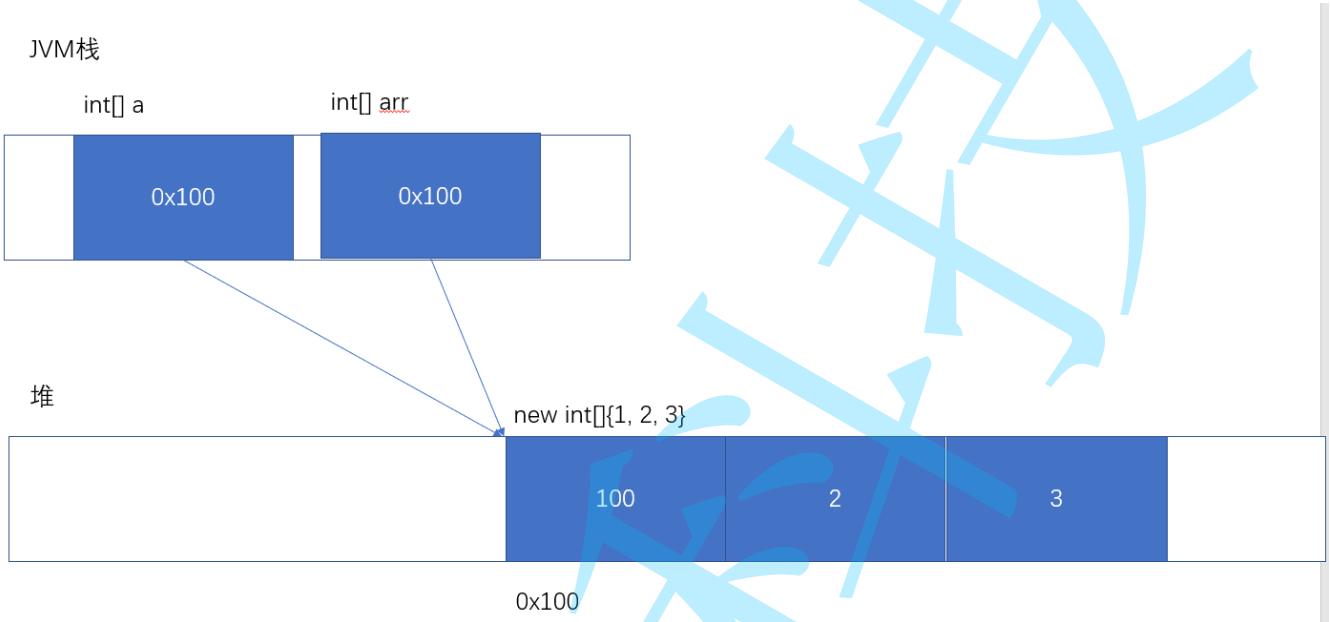



- 程序计数器 (PC Register): 只是一个很小的空间, 保存下一条执行的指令的地址.
- 虚拟机栈(JVM Stack): 重点是存储**局部变量表**(当然也有其他信息). 我们刚才创建的 `int[] arr` 这样的存储地址的引用就是在这里保存.
- 本地方法栈(Native Method Stack): 本地方法栈与虚拟机栈的作用类似. 只不过保存的内容是Native方法的局部变量. 在有些版本的 JVM 实现中(例如HotSpot), 本地方法栈和虚拟机栈是一起的.
- 堆(Heap): JVM所管理的最大内存区域. 使用 new 创建的对象都是在堆上保存 (例如前面的 `new int[]{1, 2, 3}`)
- 方法区(Method Area): 用于存储已被虚拟机加载的类信息、常量、静态变量、即时编译器编译后的代码等数据. 方法编译出的的字节码就是保存在这个区域.
- 运行时常量池(Runtime Constant Pool): 是方法区的一部分, 存放字面量(字符串常量)与符号引用. (**注意** 从 JDK 1.7 开始, 运行时常量池在堆上).

> **Native 方法**:
>
> JVM 是一个基于 C++ 实现的程序. 在 Java 程序执行过程中, 本质上也需要调用 C++ 提供的一些函数进行和操作系统底层进行一些交互. 因此在 Java 开发中也会调用到一些 C++ 实现的函数.
>
> 这里的 Native 方法就是指这些 C++ 实现的, 再由 Java 来调用的函数.

我们发现, 在上面的图中, 程序计数器, 虚拟机栈, 本地方法栈被很多个原谅色的, 名叫 Thread(线程) 的方框圈起来了, 并且存在很多份. 而 堆, 方法区, 运行时常量池, 只有一份. (关于线程, 这是我们后面重点讲解的内容).

关于上面的划分方式, 我们随着后面的学习慢慢理解. 此处我们重点理解 虚拟机栈 和 堆.




- 局部变量和引用保存在栈上, new 出的对象保存在堆上.
- 堆的空间非常大, 栈的空间比较小.
- 堆是整个 JVM 共享一个, 而栈每个线程具有一份(一个 Java 程序中可能存在多个栈).

## 3. 数组作为方法的返回值

**代码示例**: 写一个方法, 将数组中的每个元素都 * 2

```
// 直接修改原数组
class Test {
    public static void main(String[] args) {
        int[] arr = {1, 2, 3};
        transform(arr);
        printArray(arr);
    }

    public static void printArray(int[] arr) {
        for (int i = 0; i < arr.length; i++) {
            System.out.println(arr[i]);
        }
    }

    public static void transform(int[] arr) {
        for (int i = 0; i < arr.length; i++) {
            arr[i] = arr[i] * 2;
```

```
        }
    }
}
```

这个代码固然可行, 但是破坏了原有数组. 有时候我们不希望破坏原数组, 就需要在方法内部创建一个新的数组, 并由方法返回出来.

```
// 返回一个新的数组
class Test {
    public static void main(String[] args) {
        int[] arr = {1, 2, 3};
        int[] output = transform(arr);
        printArray(output);
    }

    public static void printArray(int[] arr) {
        for (int i = 0; i < arr.length; i++) {
            System.out.println(arr[i]);
        }
    }

    public static int[] transform(int[] arr) {
        int[] ret = new int[arr.length];
        for (int i = 0; i < arr.length; i++) {
            ret[i] = arr[i] * 2;
        }
        return ret;
    }
}
```

这样的话就不会破坏原有数组了.

另外由于数组是引用类型, 返回的时候只是将这个数组的首地址返回给函数调用者, 没有拷贝数组内容, 从而比较高效.

# 4. 数组练习

## 4.1 数组转字符串

**代码示例**

```
import java.util.Arrays

int[] arr = {1,2,3,4,5,6};

String newArr = Arrays.toString(arr);
System.out.println(newArr);

// 执行结果
[1, 2, 3, 4, 5, 6]
```

使用这个方法后续打印数组就更方便一些.

Java 中提供了 `java.util.Arrays` 包, 其中包含了一些操作数组的常用方法.

> **什么是包?**
>
> 例如做一碗油泼面, 需要先和面, 擀面, 扯出面条, 再烧水, 下锅煮熟, 放调料, 泼油.
>
> 但是其中的 "和面, 擀面, 扯出面条" 环节难度比较大, 不是所有人都能很容易做好. 于是超市就提供了一些直接已经扯好的面条, 可以直接买回来下锅煮. 从而降低了做油泼面的难度, 也提高了制作效率.
>
> 程序开发也不是从零开始, 而是要站在巨人的肩膀上.
>
> 像我们很多程序写的过程中不必把所有的细节都自己实现, 已经有大量的标准库(JDK提供好的代码)和海量的第三方库(其他机构组织提供的代码)供我们直接使用. 这些代码就放在一个一个的 "包" 之中. 所谓的包就相当于卖面条的超市. 只不过, 超市的面条只有寥寥几种, 而我们可以使用的 "包" , 有成千上万.

我们实现一个自己版本的数组转字符串

```
public static void main(String[] args) {
    int[] arr = {1,2,3,4,5,6};
    System.out.println(toString(arr));
}

public static String toString(int[] arr) {
    String ret = "[";
    for (int i = 0; i < arr.length; i++) {
        // 借助 String += 进行拼接字符串
        ret += arr[i];
        // 除了最后一个元素之外，其他元素后面都要加上 ", "
        if (i != arr.length - 1) {
            ret += ", ";
        }
    }
    ret += "]";
    return ret;
}
```

## 4.2 数组拷贝

**代码示例**

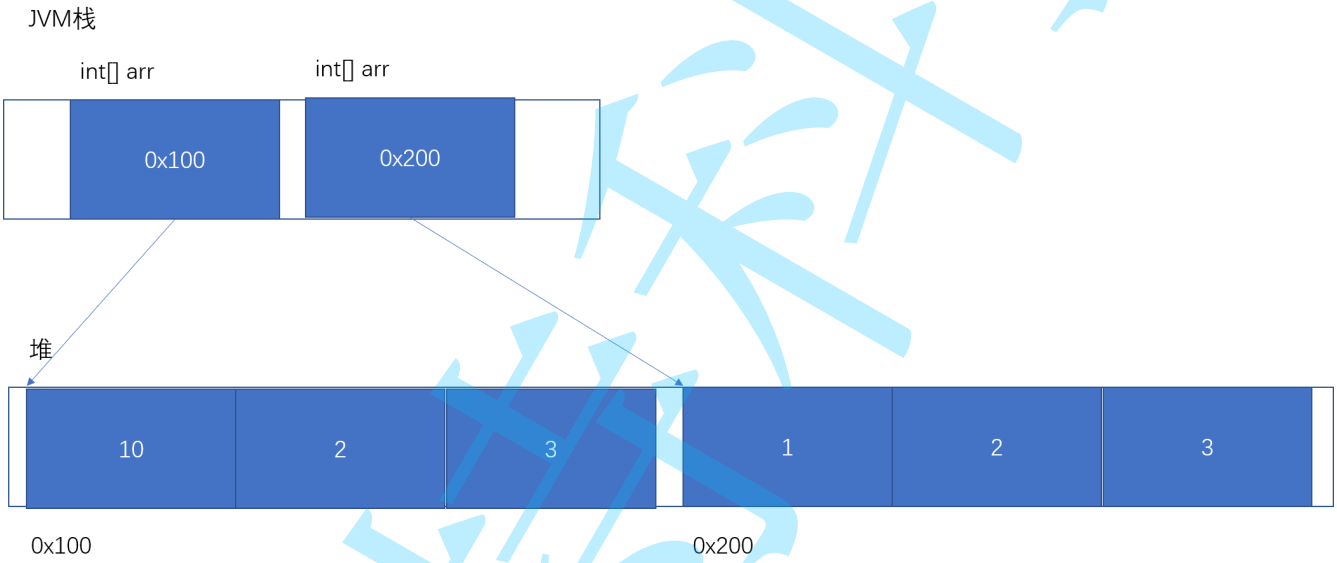
```java
import java.util.Arrays

int[] arr = {1,2,3,4,5,6};
int[] newArr = Arrays.copyOf(arr, arr.length);
System.out.println("newArr: " + Arrays.toString(newArr));

arr[0] = 10;
System.out.println("arr: " + Arrays.toString(arr));
System.out.println("newArr: " + Arrays.toString(newArr));

// 拷贝某个范围.
int[] newArr = Arrays.copyOfRange(arr, 2, 4);
System.out.println("newArr2: " + Arrays.toString(newArr2));
```

**注意事项**: 相比于 `newArr = arr` 这样的赋值, copyOf 是将数组进行了 **深拷贝**, 即又创建了一个数组对象, 拷贝原有数组中的所有元素到新数组中. 因此, 修改原数组, 不会影响到新数组.




实现自己版本的拷贝数组

```java
public static int[] copyOf(int[] arr) {
    int[] ret = new int[arr.length];
    for (int i = 0; i < arr.length; i++) {
        ret[i] = arr[i];
    }
    return ret;
}
```

## 4.3 找数组中的最大元素

给定一个整型数组, 找到其中的最大元素 (找最小元素同理)

**代码示例**

```
public static void main(String[] args) {
    int[] arr = {1,2,3,4,5,6};
    System.out.println(max(arr));
}

public static int max(int[] arr) {
    int max = arr[0];
    for (int i = 1; i < arr.length; i++) {
        if (arr[i] > max) {
            max = arr[i];
        }
    }
    return max;
}

// 执行结果
6
```

类似于 "打擂台" 这样的过程. 其中 max 变量作为 **擂台**, 比擂台上的元素大, 就替换上去, 否则就下一个对手.

## 4.4 求数组中元素的平均值

给定一个整型数组, 求平均值

**代码示例**

```
public static void main(String[] args) {
    int[] arr = {1,2,3,4,5,6};
    System.out.println(avg(arr));
}

public static double avg(int[] arr) {
    int sum = 0;
    for (int x : arr) {
        sum += x;
    }
    return (double)sum / (double)arr.length;
}

// 执行结果
3.5
```

**注意事项**: 结果要用 double 来表示.

## 4.5 查找数组中指定元素(顺序查找)

给定一个数组, 再给定一个元素, 找出该元素在数组中的位置.

**代码示例**

```
public static void main(String[] args) {
    int[] arr = {1,2,3,10,5,6};
    System.out.println(find(arr, 10));
}

public static int find(int[] arr, int toFind) {
    for (int i = 0; i < arr.length; i++) {
        if (arr[i] == toFind) {
            return i;
        }
    }
    return -1;  // 表示没有找到
}

// 执行结果
3
```

## 4.6 查找数组中指定元素(二分查找)

针对**有序数组**, 可以使用更高效的二分查找.

> 啥叫有序数组?
>
> 有序分为 "升序" 和 "降序"
>
> 如 1 2 3 4 , 依次递增即为升序.
>
> 如 4 3 2 1 , 依次递减即为降序.

以升序数组为例, 二分查找的思路是先取中间位置的元素, 看要找的值比中间元素大还是小. 如果小, 就去左边找; 否则就去右边找.

#### 代码示例

```
public static void main(String[] args) {
    int[] arr = {1,2,3,4,5,6};
    System.out.println(binarySearch(arr, 6));
}

public static int binarySearch(int[] arr, int toFind) {
    int left = 0;
    int right = arr.length - 1;
    while (left <= right) {
        int mid = (left + right) / 2;
        if (toFind < arr[mid]) {
            // 去左侧区间找
            right = mid - 1;
        } else if (toFind > arr[mid]) {
            // 去右侧区间找
            left = mid + 1;
```

```
        } else {
            // 相等，说明找到了
            return mid;
        }
    }
    // 循环结束，说明没找到
    return -1;
}

// 执行结果
5
```

**感受二分查找的效率**

```
class Test {
    static int count = 0;  // 创建一个成员变量，记录二分查找循环次数

    public static void main(String[] args) {
        int[] arr = makeBigArray();
        int ret = binarySearch(arr, 9999);
        System.out.println("ret = " + ret + " count = " + count);
    }

    public static int[] makeBigArray() {
        int[] arr = new int[10000];
        for (int i = 0; i < 10000; i++) {
            arr[i] = i;
        }
        return arr;
    }

    public static int binarySearch(int[] arr, int toFind) {
        int left = 0;
        int right = arr.length - 1;
        while (left <= right) {

            count++;    // 使用一个变量记录循环执行次数

            int mid = (left + right) / 2;
            if (toFind < arr[mid]) {
                // 去左侧区间找
                right = mid - 1;
            } else if (toFind > arr[mid]) {
                // 去右侧区间找
                left = mid + 1;
            } else {
                // 相等，说明找到了
                return mid;
            }
        }
        // 循环结束，说明没找到
```

```
        return -1;
    }
}

// 执行结果
ret = 9999 count = 14
```

可以看到, 针对一个长度为 10000 个元素的数组查找, 二分查找只需要循环 14 次就能完成查找. 随着数组元素个数越多, 二分的优势就越大.

## 4.7 检查数组的有序性

给定一个整型数组, 判断是否该数组是有序的(升序)

```
public static void main(String[] args) {
    int[] arr = {1,2,3,10,5,6};
    System.out.println(isSorted(arr));
}

public static boolean isSorted(int[] arr) {
    for (int i = 0; i < arr.length - 1; i++) {
        if (arr[i] > arr[i + 1]) {
            return false;
        }
    }
    return true;
}
```

## 4.8 数组排序(冒泡排序)

给定一个数组, 让数组升序 (降序) 排序.

**算法思路**

每次尝试找到当前待排序区间中最小(或最大)的元素, 放到数组最前面(或最后面).

**代码示例**

```
public static void main(String[] args) {
    int[] arr = {9, 5, 2, 7};
    bubbleSort(arr);
    System.out.println(Arrays.toString(arr));
}

public static void bubbleSort(int[] arr) {
    // [0, bound) 构成了一个前闭后开区间, 表示已排序区间
    // [bound, length) 构成了一个前闭后开区间, 表示待排序区间
```

```
    // 每循环一次，就找到一个合适大小的元素，已排序区间就增大1.
    for (int bound = 0; bound < arr.length; bound++) {
        for (int cur = arr.length - 1; cur > bound; cur--) {
            if (arr[cur - 1] > arr[cur]) {
                int tmp = arr[cur - 1];
                arr[cur - 1] = arr[cur];
                arr[cur] = tmp;
            }
        }
    } // end for
}  // end bubbleSort

// 执行结果
[2, 5, 7, 9]
```

冒泡排序性能较低. Java 中内置了更高效的排序算法

```
public static void main(String[] args) {
    int[] arr = {9, 5, 2, 7};
    Arrays.sort(arr);
    System.out.println(Arrays.toString(arr));
}
```

关于 Arrays.sort 的具体实现算法, 我们在后面的排序算法课上再详细介绍. 到时候我们会介绍很多种常见排序算法.

## 4.9 数组逆序

给定一个数组, 将里面的元素逆序排列.

**思路**

设定两个下标, 分别指向第一个元素和最后一个元素. 交换两个位置的元素.

然后让前一个下标自增, 后一个下标自减, 循环继续即可.

**代码示例**

```
public static void main(String[] args) {
    int[] arr = {1, 2, 3, 4};
    reverse(arr);
    System.out.println(Arrays.toString(arr));
}

public static void reverse(int[] arr) {
    int left = 0;
    int right = arr.length - 1;
    while (left < right) {
        int tmp = arr[left];
```

```
        arr[left] = arr[right];
        arr[right] = tmp;
        left++;
        right--;
    }
}
```

## 4.10 数组数字排列

给定一个整型数组, 将所有的偶数放在前半部分, 将所有的奇数放在数组后半部分

> 例如
>
> {1, 2, 3, 4}
>
> 调整后得到
>
> {4, 2, 3, 1}

**基本思路**

设定两个下标分别指向第一个元素和最后一个元素.

用前一个下标从左往右找到第一个奇数, 用后一个下标从右往左找到第一个偶数, 然后交换两个位置的元素.

依次循环即可.

**代码示例**

```
public static void main(String[] args) {
    int[] arr = {1, 2, 3, 4, 5, 6};
    transform(arr);
    System.out.println(Arrays.toString(arr));
}

public static void transform(int[] arr) {
    int left = 0;
    int right = arr.length - 1;
    while (left < right) {
        // 该循环结束, left 就指向了一个奇数
        while (left < right && arr[left] % 2 == 0) {
            left++;
        }
        // 该循环结束, right 就指向了一个偶数
        while (left < right && arr[right] % 2 != 0) {
            right--;
        }
        // 交换两个位置的元素
        int tmp = arr[left];
        arr[left] = arr[right];
        arr[right] = tmp;
```

```
    }
}
```

# 5. 二维数组

二维数组本质上也就是一维数组, 只不过每个元素又是一个一维数组.

### 基本语法

```
数据类型[][] 数组名称 = new 数据类型 [行数][列数] { 初始化数据 };
```

### 代码示例

```
int[][] arr = {
    {1, 2, 3, 4},
    {5, 6, 7, 8},
    {9, 10, 11, 12}
};

for (int row = 0; row < arr.length; row++) {
    for (int col = 0; col < arr[row].length; col++) {
        System.out.printf("%d\t", arr[row][col]);
    }
    System.out.println("");
}

// 执行结果
1       2       3       4
5       6       7       8
9       10      11      12
```

二维数组的用法和一维数组并没有明显差别, 因此我们不再赘述.

同理, 还存在 "三维数组", "四维数组" 等更复杂的数组, 只不过出现频率都很低.

# 作业

自主实现 "数组练习" 章节的所有代码