Лекция 7.
Обертки над примитивными типами. Boxing и unboxing. Список на массиве. Хэш-таблица

Обертки над примитивными типами.
Boxing и unboxing

Обертки над примитивными типами

- Как мы помним, примитивные типы в Java не являются объектами
- Какие есть примитивные типы?
- byte, short, int, long, char, boolean, float, double
- Чтобы избавиться от этого ограничения, в Java есть специальные классы-обертки над примитивными типами
- Они есть для всех примитивных типов
- Объект-обертка хранит в себе значение примитивного типа

Обертки над примитивными типами

- ```
  Integer x = new Integer(3);  // хранит в себе int
  System.out.println(x);       // 3, реализован toString
  ```
- ```
  int y = x.intValue();        // получение значения
  ```

- Сокращенный синтаксис – **boxing** (упаковка) и **unboxing** (распаковка)
- ```
  Integer x = 3;   // boxing, аналогично вызову Integer.valueOf(3)
  int y = x;       // unboxing, вызывается x.intValue()
  ```
  ```

Обертки над примитивными типами

- Сокращенный синтаксис – **boxing** (упаковка) и **unboxing** (распаковка)
- ```
  Integer x = 3;   // boxing, аналогично Integer.valueOf(3)
  int y = x + 4;     // unboxing
  // вызывается x.intValue(), затем сложение
  ```
- **Коварный момент:**
- ```
  Integer x = null;
  int y = x + 4;  // ошибка NullPointerException во время
                  // исполнения
  ```
- Ошибка будет, потому что для ссылки null будет вызван метод
- Перед использованием, обертки следует проверять на null

Неизменяемость оберток

- Объекты оберток являются неизменяемыми (как, например, строки)
- То есть, создав объект обертки, поменять его значение уже нельзя
- ```
  Integer x = 3;    // создается объект 3
  x = 4;            // создается новый объект 4, а объект 3
                    // остается неизменным
  ```
  ```

Поля и методы классов-оберток

- Получение значения из строки:
  ```
  Integer x = new Integer(“3”);
  Integer y = Integer.valueOf(“16”, 16);
  // второй необязательный параметр – система счисления. То есть это число 22, а не 16
  ```
- Преобразование типов:
  ```
  double y = x.doubleValue();
  byte z = x.byteValue();
  ```
  и т.д.
- Константы для минимального и максимального значения:
  Integer.MAX_VALUE и Integer.MIN_VALUE

Все классы-обертки

- Character для char
- Boolean для boolean
- Byte для byte
- Short для short
- Integer для int
- Long для long
- Double для double
- Float для float

Обычно имя класса-обертки такое же как у примитивного типа, но с заглавной буквы

Исключение – Integer и Character

Сравнение объектов-оберток

- Как и любые объекты, сравнивать обертки нужно только при помощи метода **equals**, а не сравнением через **==**
- Но, как и для строк, тут есть тонкости
- ```
  Integer a1 = 1;
  Integer b1 = 1;
  a1 == b1    // true
  ```
- ```
  Integer a2 = 127;
  Integer b2 = 127;
  a2 == b2    // true
  ```
- ```
  Integer a3 = 128;
  Integer b3 = 128;
  a3 == b3    // false
  ```

Java на самом деле хранит в себе все объекты-обертки со значениями от -128 до 127

Поэтому они будут ссылаться на одни и те же объекты, и сравнение ссылок даст true

Это достаточно существенная оптимизация по скорости и памяти, т.к. маленькие числа нужны часто, и было бы дорого их создавать каждый раз заново
  ```

Использование кэша оберток

- На предыдущем слайде говорилось про кэш объектов оберток от -128 до 127
- Такой кэш есть также для Byte, Short, Long
- Этот кэш используется в 2 случаях:
  - При **boxing**'е:
    - Integer x = 100;
  - При использовании метода **valueOf**:
    - Integer x = Integer.valueOf(100);
- Кэш не используется при использовании конструктора:
  - Integer x = new Integer(100);
- Поэтому этот вариант следует избегать

Когда использовать обертки?

- **Обертки следует использовать, если нужны объекты**
- Как мы потом увидим, коллекции в Java, например, списки, не умеют работать с примитивными типами. В них придется передавать обертки
- Generic'и в Java работают только с классами
- **Обычно лучше использовать примитивные типы, если это возможно**
- Скорость работы с ними выше, кроме того управление памятью для примитивных типов гораздо более эффективно, локальные переменные примитивных типов уничтожаются сразу при выходе из блока, где они объявлены

Список на массиве

Коллекции

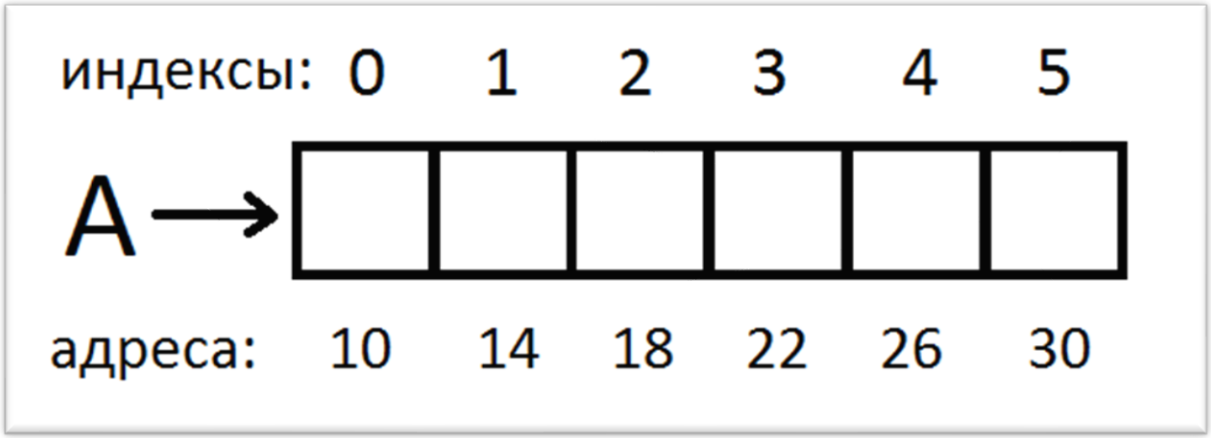
- **Коллекция** – это объект, который содержит в себе набор других объектов
- Например, **массив** является коллекцией
- Кроме массива, есть много других видов коллекций:
  - списки
  - стеки
  - деки
  - очереди
  - множества
  - ассоциативные массивы
  - и др.

Массивы

- **Массив –** набор элементов одного типа, имеющий фиксированную длину
- Элементы массива хранятся последовательным куском памяти
- Если массив хранит объекты, то сами ссылки хранятся последовательно в памяти, а вот объекты, на которые они ссылаются, могут располагаться в памяти произвольным образом

Доступ к массиву по индексу

- Массив знает, с какого адреса в памяти он начинается и каков размер типа данных, элементы которого он содержит
- Тогда, зная это, можно легко вычислить адрес элемента по его индексу
- Пусть, например, адрес начала массива A равен 10, массив хранит int, значит размер элемента – 4 байта
- Тогда адрес элемента A[5] равен 10 + 5 * 4 = 30
- Поэтому в массиве очень быстрый доступ по индексу



Массивы

- **Достоинства массивов:**
  - Высокая скорость доступа к элементу по индексу: **O(1)** – константное время
- **Недостатки массивов:**
  - Невозможность менять размер массивов
  - Скорость вставки/удаления элементов для середины и начала – **O(N)**

Списки

- **Список (list)** – это структура данных, представляющая собой упорядоченный набор значений, в котором значения могут повторяться
- Подобно массиву, список хранит в себе элементы одного типа в некотором порядке
- В отличие от массива, размер списка можно изменять – можно добавлять или удалять элементы
- Это делает список очень удобным для многих задач

Виды списков

- В курсе мы рассмотрим:
  - Список на массиве
  - Связные списки:
    - Односвязный
    - Двусвязный

Виды списков в Java

- Стандартные классы списков в Java:
  - ArrayList<E> - список на массиве
  - LinkedList<E> - двусвязный список

- Устаревший класс, не рекомендуется к использованию:
  - Vector<E> – список на массиве
  - У него хуже производительность

ArrayList<E> - список на массиве

- ArrayList<String> names = new ArrayList<String>();
- Обратим внимание на особый синтаксис при объявлении списка: ArrayList<String>
- Здесь в имени класса ArrayList участвует другой тип – String
- Тем самым мы говорим, что хотим создать список строк, т.е. ArrayList объектов String
- Такая параметризация классов другими классами называется **generic (джэнэрик)**
- Подробнее рассмотрим **generic'**и в одной из последующих лекций

ArrayList<E>

- В качестве хранимого типа нельзя указывать примитивные типы, можно использовать только классы
- Поэтому, если нам хочется иметь список, например, int'ов, нам нужно объявлять список оберток Integer:
- `ArrayList<Integer> numbers = new ArrayList<Integer>();`

- Пример списка списков целых чисел:
- `ArrayList<ArrayList<Integer>> list =`
  `new ArrayList<ArrayList<Integer>>();`

Сокращенный синтаксис

- Если в левой и правой части объявления локальной переменной или поля класса полностью совпадает тип **generic** переменной, то можно использовать сокращенный синтаксис

- Вместо:
- `ArrayList<ArrayList<Integer>> list = new ArrayList<ArrayList<Integer>>();`
- Можно писать:
- `ArrayList<ArrayList<Integer>> list = new ArrayList<>();`

Добавление элементов в список

- ```
  ArrayList<String> names = new ArrayList<>();
  names.add("First");                 //  добавление в конец
  names.add(0, "Second");             //  добавление по индексу
  ```

- ```
  names.addAll(someCollection);
  /* добавляет в конец все элементы из переданной
     коллекции.
     туда можно передавать любые коллекции
     совместимого типа, т.е. чтобы в коллекции были
     элементы того же типа, либо дочерних типов */
  ```

Удаление элементов из списка

- ArrayList<String> names = new ArrayList<>();
- boolean isDeleted = names.remove("Second");
  // удаление первого вхождения, совпадение
  // проверяется по equals
  // этот метод возвращает boolean – true, если такой
  // элемент нашелся и был удален
- names.remove(0); // удаление по индексу
- names.clear(); // удаление всех элементов
- names.removeAll(collection);
  // удаление всех элементов списка, которые есть в
  // указанной коллекции

Удаление элементов из списка

- ArrayList<String> names = new ArrayList<>();
- names.removeRange(0, 5);
  // удаление элементов с индексами из диапазона
  // [start, end)
  // то есть, исключая правую границу диапазона
- names.retainAll(collection);
  // оставляет в списке только элементы, которые
  // встречаются в переданной коллекции и
  // удаляет остальные элементы

Инициализация списка

- Для списков нет удобного синтаксиса инициализации подобно массивам с фигурными скобками
- Но есть полезная функция Arrays.asList с неопределенным числом параметров
- Функция выдает список из переданных аргументов, а его можно передать в конструктор другого списка

- ```
  ArrayList<String> lines
          = new ArrayList<>(Arrays.asList("line 1", "line 2"));
  // список с элементами "line 1", "line 2"
  ```
  ```

Получение, задание элементов

- Для списков нет удобного синтаксиса подобно массивам с квадратными скобками
- Чтобы получить и задать элемент списка по индексу, нужно использовать методы **get**() и **set**():
- ```
  ArrayList<String> lines = new ArrayList<>();
  lines.add("Test 1");

  String s = lines.get(0);
  // получение элемента с индексом 0

  lines.set(0, "Test 2");
  // заменяет значение элемента по индексу 0
  ```
  ```

Печать списка

- У класса ArrayList<T> нормально определен метод **toString**, поэтому можно печатать список

- ```
  ArrayList<Integer> list = new ArrayList<>(Arrays.asList(1, 4, 2));
  System.out.println(list);
  // [1, 4, 2]
  ```
  ```

Поиск элементов в списке

- ```
  ArrayList<String> lines = new ArrayList<>();
  lines.add("Test 1");
  lines.add("Test 1");

  int firstIndex = lines.indexOf("Test 1");        // 0
  int lastIndex = lines.lastIndexOf("Test 1");    // 1
  int notFound = lines.indexOf("123");            // -1
  ```

- Как обычно, методы **indexOf**() и **lastIndexOf**() ищут индекс первого и последнего вхождения в список соответственно
- Если элемент не найден, то возвращают -1
  ```

Поиск элементов в списке

- ```
  ArrayList<String> lines = new ArrayList<>();
  lines.add(“Test 1”);
  lines.add(“Test 1”);

  boolean hasTest = lines.contains(“Test 1”);
  // проверяет, есть ли в списке указанный элемент
  ```
  ```

Цикл foreach. Длина списка

- Для списков и всех других коллекций работает **foreach**:

```
for (String s : names) {
    System.out.println(s);
}
```

- Длину списка можно получить, вызвав метод **size**():

```
ArrayList<String> names = new ArrayList<String>();
System.out.println(names.size());
```

- Есть метод **isEmpty**() для проверки, что коллекция пуста:

```
boolean isEmpty = names.isEmpty();
```

Преобразование в массив

- При помощи метода **toArray**(T[] array) можно заполнить свой массив значениями из списка
- Правильный вариант использования метода:
- ```
  ArrayList<String> names = new ArrayList<String>();
  String[] namesArray = names.toArray(new String[names.size()]);
  ```
- Замечания:
  - Если размер переданного массива меньше, чем размер списка, то тогда метод создаст новый массив
  - Если размер достаточен, то будет заполнен переданный массив
  ```

Идея реализации списка на массиве

- Пусть для простоты, у нас будет список объектов Object
- Создадим класс списка, который содержит внутри себя поле-массив, т.е. набор своих элементов
- Создадим также поле int для хранения длины списка
- ```
  public class ArrayList {
      private Object[] items = new Object[10];
      private int size;    // 0 по умолчанию
  }
  ```

У массива элементов зададим некоторый начальный размер, например, 10

Важно, что длина массива и длина списка могут отличаться
  ```

Идея реализации списка на массиве

```
public class ArrayList {
    private Object[] items = new Object[10];
    private int size;    // 0 по умолчанию

    public int size() {
        return size;
    }

    public boolean isEmpty() {
        return size == 0;
    }
}
```

Размер этого массива называют вместимостью, **capacity**

Массив **items** у нас с некоторым запасом. Если запас истощается, то есть добавляют всё больше элементов, то приходится создавать новый массив большего размера и копировать туда элементы из старого массива

При этом копирование довольно дорогая операция – O(N)

Идея реализации списка на массиве

```
public class ArrayList {
    private Object[] items = new Object[10];
    private int size;    // 0 по умолчанию

    public Object get(int index) {
        //TODO бросить исключение если выход за size
        return items[index];
    }

    public void set(int index, Object element) {
        //TODO бросить исключение если выход за size
        items[index] = element;
    }
}
```

Идея реализации списка на массиве

```
public class ArrayList {
    public void add(Object element) {
        if (size >= items.length) {
            increaseCapacity();
        }

        items[size] = element;
        ++size;
    }

    private void increaseCapacity() {
        items = Arrays.copyOf(items, items.length * 2);
    }
}
```

Если массив не пришлось расширять, то вставка в конце происходит за O(1).
Если пришлось расширять, то за O(N)

Идея реализации списка на массиве

```
public class ArrayList {
    public void remove(int index) {
        // TODO выход за границы
        if (index < size - 1) {
            System.arraycopy(items, index + 1,
                items, index, size - index - 1);
        }

        items[size - 1] = null;
        --size;
    }
}
```

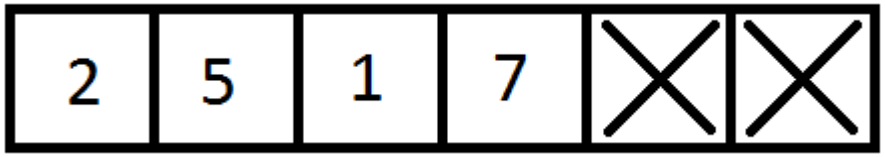
При удалении нужно убрать элемент по индексу и переместить «хвост» на 1 шаг назад

При удалении важно занулить ссылку на освобожденный элемент, чтобы сборщик мусора его собрал

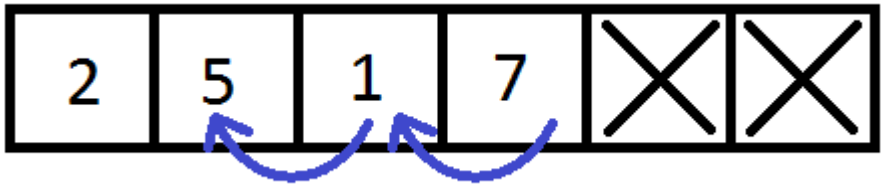
Вставка элемента в середину или начало была бы примерно аналогичной – пришлось бы «раздвигать» массив

Удаление элемента из списка на массиве

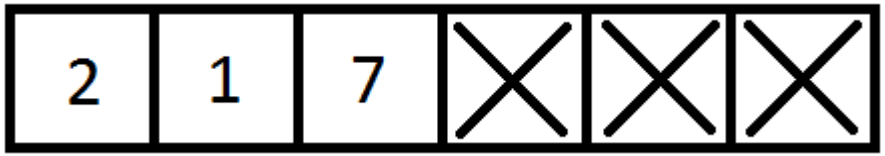
- Хотим удалить 5 из списка



- Для этого нужно сдвинуть все элементы, которые правее пятёрки, на 1 индекс влево



- Результат



Временные оценки для ArrayList

- Из реализации следуют временные оценки:
  - Обращение по индексу – **O(1)**
  - Вставка в конец – **O(1)**, если не пришлось пересоздавать массив
  - Удаление с конца – **O(1)**
  - Вставка/удаление в начало/середину – **O(N)**
- Вывод:
  - ArrayList имеет высокую производительность при доступе по индексу
  - ArrayList позволяет быстро добавлять и удалять элементы в конец
  - ArrayList плохо подходит, если нужно часто вставлять/удалять элементы из середины

Управление вместимостью ArrayList

- Для того, чтобы при работе с ArrayList приходилось реже пересоздавать внутренний массив с элементами, в классе ArrayList предусмотрены специальные методы и конструкторы
- Есть конструктор, который принимает **capacity** – начальную вместимость списка. Это очень полезно, когда мы примерно знаем, сколько элементов будет в списке
- Метод **ensureCapacity**(int) гарантирует, что вместимость списка будет >= указанного числа. Если вместимость и так не меньше, то ничего не будет сделано. Иначе – массив пересоздастся, но будет иметь вместимость не менее указанной
- **trimToSize**() урезает внутренний массив до размера списка – полезно, если в списке было много элементов, но стало мало

Задача “ArrayListHome”

1. Прочитать в список все строки из файла

2. Есть список из целых чисел. Удалить из него все четные числа. В этой задаче новый список создавать нельзя

3. Есть список из целых чисел, в нём некоторые числа могут повторяться. Надо создать новый список, в котором будут элементы первого списка в таком же порядке, но без повторений

   Например, был список [1, 5, 2, 1, 3, 5], должен получиться новый список [1, 5, 2, 3]

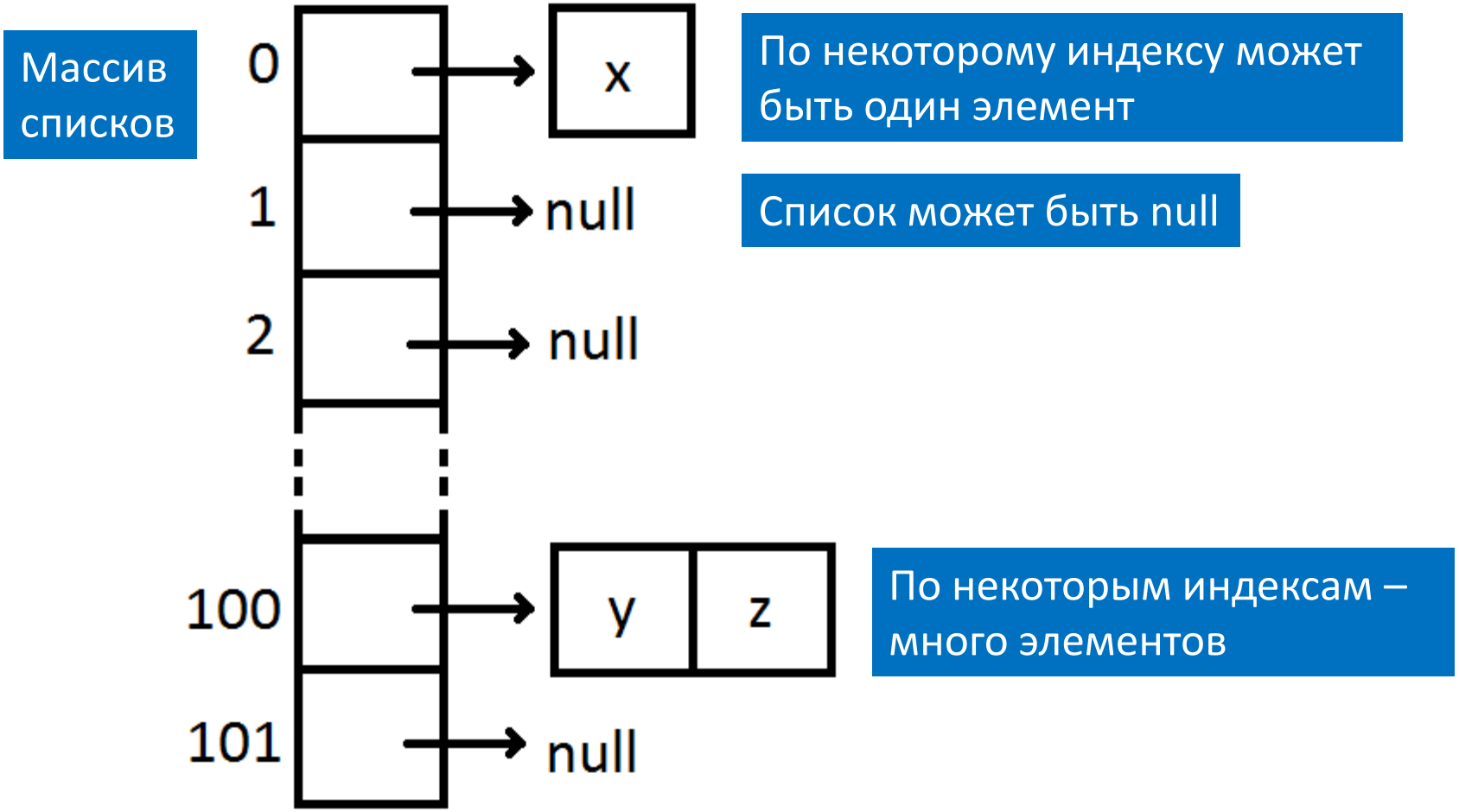
Хэш-таблица

Хэш-таблица

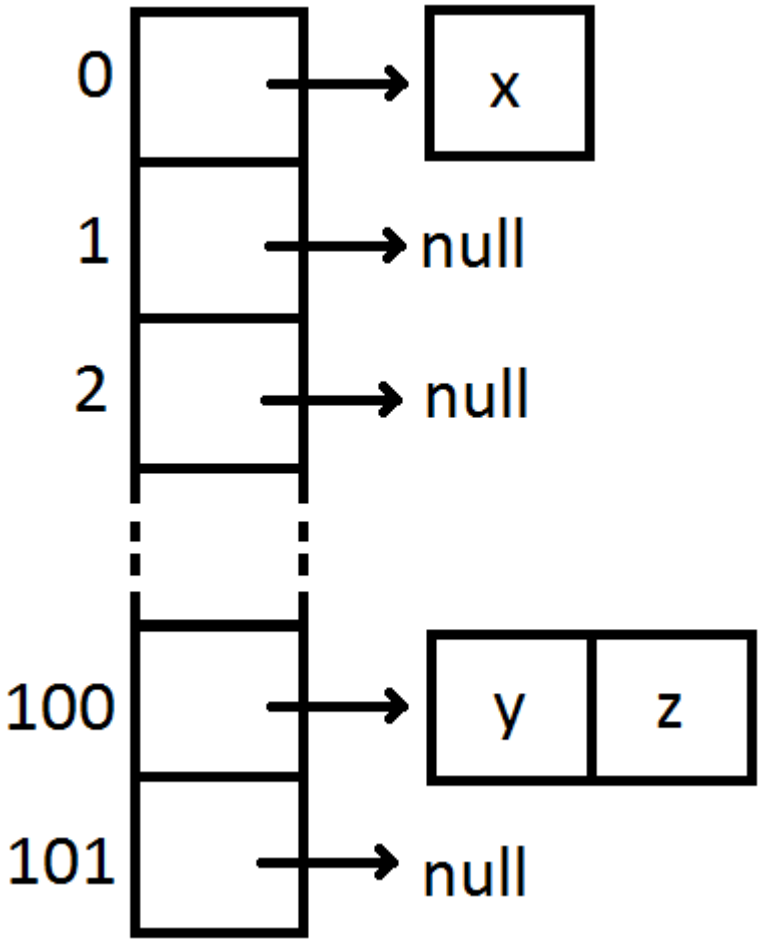
- Реализовать её можно при помощи массива списков

Хэш-таблица на массиве списков

- Вертикально нарисован массив. Его элементы – списки

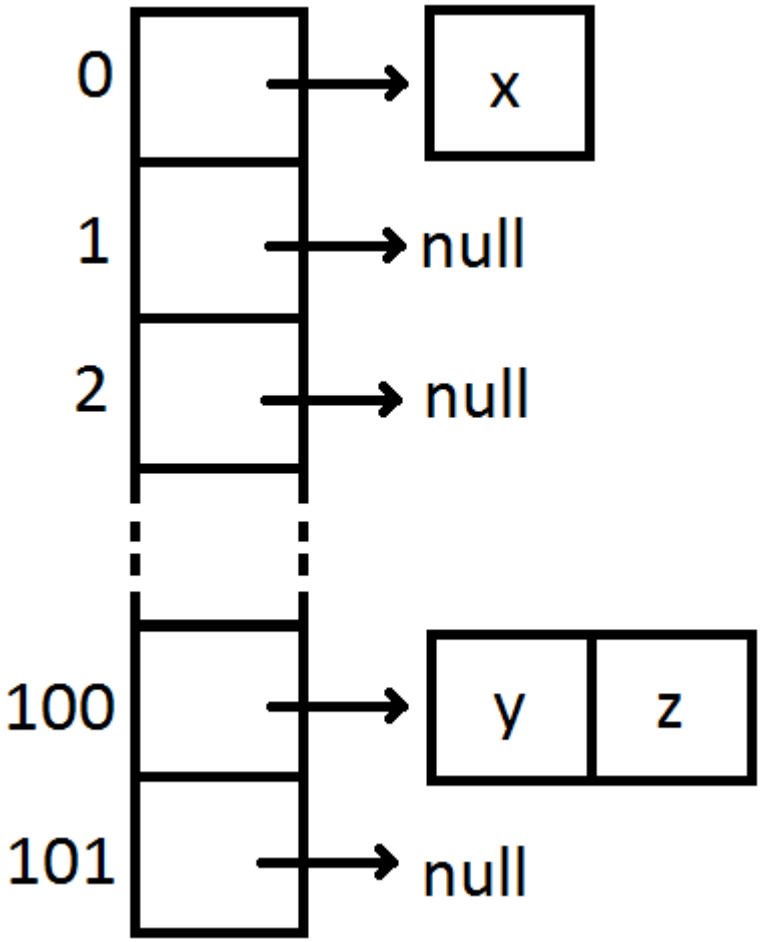


Вставка в хэш-таблицу



- Допустим, мы хотим вставить в таблицу объект **x**:
  - Вычисляем его хэш-код, допустим он равен **0**
  - Смотрим что находится в массиве по этому индексу
  - Если там null, то создаем список из одного элемента **x**
  - Если там уже есть список, то добавляем элемент в него

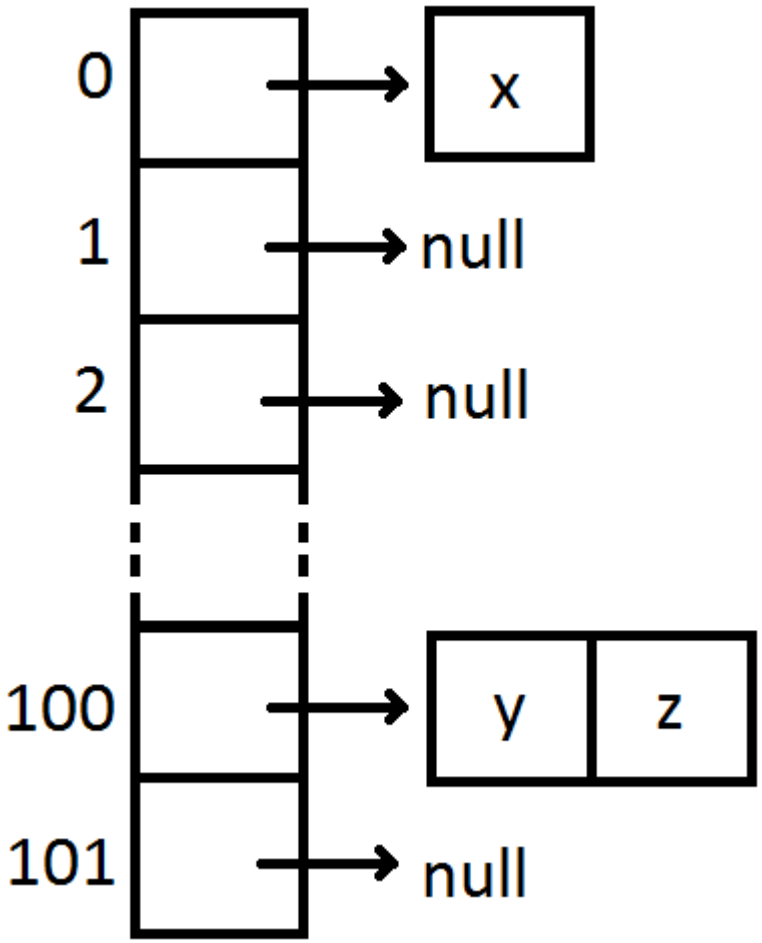
Поиск в хэш-таблице



- Допустим, мы хотим найти объект **z**:
  - Вычисляем его хэш-код, допустим он равен **100**
  - Смотрим что находится в массиве по этому индексу
  - Если там null, то объекта нет
  - Если там уже есть список, то перебираем его элементы, чтобы найти **z**

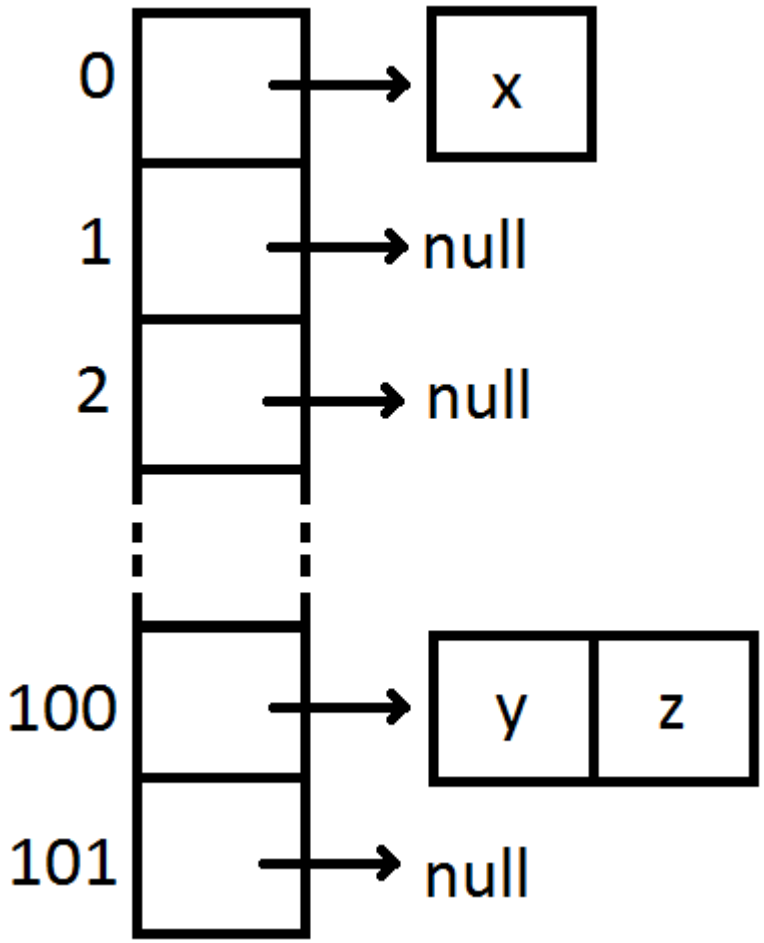
Производительность хэш-таблицы

- Если предположить что для всех разных объектов хэш-функция дает разные значения, то тогда поиск выполняется за одну операцию – просто вычисляем хэш-функцию и берем единственный элемент из списка, который лежит там. Либо по этому индексу ничего нет
- То есть поиск практически мгновенный, **O(1)**



Производительность хэш-таблицы

- Но в реальной жизни, разные объекты могут дать одинаковый хэш-код (например, **y** и **z** на рисунке)
- В этом случае нужно дополнительно пройтись по списку, который лежит по индексу равному хэшу-коду
- Нужно стараться делать хэш-функцию такой, чтобы она давала как можно реже совпадений для разных объектов



Размер массива хэш-таблицы

- Создавать большой массив для хэш-таблицы невыгодно по памяти
- Поэтому обычно размер массива делают небольшим, а если элементов становится много, то размер массива увеличивают и перестраивают таблицу. Тогда некоторые объекты уже могут попасть по разным индексам

Размер массива хэш-таблицы

- Кроме того, результатом вызова **hashCode**() может быть любой int – в том числе и отрицательное число или очень большое положительное. Элемента с таким индексом может не быть в нашем массиве
- Чтобы привести это число к диапазону от 0 до длины массива – 1, удобно пользоваться остатком от деления
- Чтобы число получилось положительным, нужно взять модуль:
- ```
  int index = Math.abs(o.hashCode() % array.length);
  // получится число от 0 до array.length – 1
  // array – это массив списков внутри хэш-таблицы
  // но еще нужно будет учесть null
  ```
  ```

Проблема с поиском

- Т.к. результат вызова **hashCode**() зависит от значений полей, то хэш-код изменится после изменения полей объекта
- Поэтому если мы положим объект в хэш-таблицу, а потом поменяем какое-нибудь поле, то есть риск, что мы уже не сможем найти этот объект в хэш-таблице – мы будем обращаться по новому индексу, а объект лежит по старому
- Поэтому не следует менять объекты, которые мы положили в хэш-таблицу, если мы потом планируем их искать

Задача на курс «HashTable»

- Сделать свой класс хэш-таблицу
- Полное условие см. в файле со списком задач

Задача на курс «ArrayList»

- Написать свой аналог ArrayList<E>
- Список должен реализовывать интерфейс List<E>
- Полное условие см. в файле со списком задач