

OPEN SOURCE GITHUB BOOK



JAVA

МАНУАЛ К ЛАБОРАТОРНЫМ РАБОТАМ
И НЕ ТОЛЬКО

ARTHUR KUPRIYANOV

Обратного пути нет. Все мы по началу думаем, что сможем завязать с программированием...

Письмак

Дисклеймер

Данная статья **не является официальной** со стороны университета ИТМО или кафедры ВТ

В мануале с малой долей вероятности могут быть ошибки или неточности. Сообщить о них можно по VK : <https://vk.com/apploidxxx>

Этот мануал не сборник ответов к вопросам, которые зададут вам практики на первой лабе. Он скорее поможет вам достичь **цели** первой лабораторной работы – "понять с чем вы имеете дело".

Примеры приведенных кодов в каталоге в гитхаб репозитории, там же вы можете найти отдельные файлы по главам в виде markdown разметки: <https://github.com/AppLoidx/programming-manual>

Дисклеймер

О Java в целом

Язык Java. Особенности языка.

Практика

JIT-компиляция

Переходя к программированию

Примитивные типы данных в Java

Целые типы

Типы с плавающей точкой

Целочисленные типы и их значения

Типы данных с плавающей точкой, множества значений и значения

JAR и манифесты

Остальные контрольные вопросы

Приложение А. AOT- и JIT-компиляция

AOT

JIT

Приложение Б. Использованная литература

ООП в контексте Java (редактируется)

Объектно-Ориентированное Программирование

Мини-вступление

Для "опытных" пользователей компьютера

Канон

Кузнечик

ООП в Java

Конструкторы

Стек и куча

Ссылочные типы

Области данных в рантайме

- Регистр PC
- Стек виртуальной машины Java
- Куча
- Что и где хранится?
- Зачем нужен стек в Java?
- Таинственный `this` и `static`
- Преимущество стека и области видимости
- Ссылочные типы данных и зачем нужна куча в Java?
- Ластхит по стеку и куче
- Парадигмы ООП
 - Инкапсуляция
 - Наследование
 - Переопределение методов
 - Наследуются ли конструкторы?
 - О работе `super` и переопределения конструкторов
 - Полиморфизм
 - Параметрический полиморфизм
 - Полиморфизм подтипов
 - Динамическое связывание
- Подробнее об инициализации
 - Блоки инициализации
 - Что за `new`?
 - Что за `.new`?
 - Инициализация массивов
 - Модификатор `final`
- Модификаторы
 - Модификаторы доступа
 - `final` для методов
 - `final` для классов
- Приложение А. Используемая литература
- Самым любознательным**
 - Hello World из байт-кода

О Java в целом

Язык Java. Особенности языка.

Меня всегда забавлял этот контрольный вопрос в описании первой лабораторной работы, потому что он слишком абстрактный и непонятно, что именно нужно знать и отвечать на этот вопрос.

Так в чем же особенность языка Java? Думаю, самая всем известная его особенность – это кроссплатформенность.

Ну, кроссплатформенность это, конечно, хорошо, но каким образом она достигается?

Чтобы понять это, давайте сначала рассмотрим прародитель языка Java, всеми известный C++. Вашу программу, написанную на языке Си, нужно будет компилировать под разные целевые платформы (Windows, Mac и прочее), которые будут работать только под них.

А что значит компиляция? Почему под разные платформы вам нужно создать разные скомпилированные программы?

Опять появляется множество вопросов, на которые ответить, не зная основ компьютерной архитектуры – не так уж и просто ответить.

Начнем с архитектуры вашего любимого устройства:



Более подробную информацию вы можете найти [здесь](#) или прочитав книгу "Архитектура компьютера" Э.Таненбаума (я бы не советовал сейчас нагружать ваш мозг этим, но рано или поздно вам все равно, скорее всего, придется прочитать его (ОПД))

А здесь я попытаюсь рассказать вкратце и поверхностно.

Существует огромная разница между тем, что удобно людям, и тем что могут компьютеры. Мы хотим делать X, но компьютеры в то же время могут делать только Y. Из-за этого возникает проблема.

Эту проблему можно решить двумя способами. Оба подразумевают разработку новых команд, более удобных для человека, чем встроенные машинные команды. Эти новые команды в совокупности формируют язык, который будем называть Я1. Встроенные машинные команды – Я0. Компьютер может исполнять только программы, написанные на его машинном языке Я0.

Логично предположить, что в любом случае нам нужно **исполнить программу написанную на Я1, когда компьютеру доступен лишь язык Я0.**

Первый способ исполнения программы, написанной на языке Я1, подразумевает замену каждой команды эквивалентным набором команд на языке Я0. В этом случае компьютер исполняет новую программу, написанную на языке Я0, вместо старой программы, написанной на Я1. Эта технология называется **трансляцией**.

Трансляторы, которые транслируют программы на уровень 3 или 4 (см. рисунок выше), называются **компиляторами**.

Есть также второй способ, который заключается в создании на языке Я0 программы, получающей в качестве входных данных программы, написанные на языке Я1. При этом каждая команда языка Я1 обрабатывается поочередно, после чего сразу исполняется эквивалентный набор команд языка Я0. Эта технология не требует составления новой программы на Я0. Она называется **интерпретацией**, а программа которая осуществляет интерпретацию, называется **интерпретатором**.

А теперь представим себе **виртуальную машину**, для которой машинным языком является язык Я1. Назовем такую машину М1, а машину для работы с языком Я0 – М0. Если бы такую машину М1 можно было сконструировать без больших денежных затрат, язык Я0 был бы не нужен. Можно было бы писать программы сразу на языке Я1, а компьютер сразу бы их исполнял. Тем не менее, такие машины, возможно, не удастся создать из-за чрезмерной дороговизны или трудностей разработки. Поэтому и появилось понятие виртуальная машина. Люди вполне могут писать ориентированные на неё программы. Эти программы будут транслироваться или интерпретироваться программой, написанной на языке Я0, а сама она могла бы исполняться существующим компьютером. Другими словами, можно писать программы для виртуальных машин так, будто эти машины реально существуют.

JVM – это виртуальная машина, но не стоит путать её с **System virtual machines** (которые могут обеспечивать функциональность, необходимую для выполнения целых операционных систем).

JVM относится к **Process virtual machines**, которые предназначены для выполнения компьютерных программ в независимой от платформы среде. Например, он исполняет **байт-код**, который можно считать языком Я1, а машина на которой стоит наш JVM (М1) это М0, умеющий выполнять программы Я0. Другими словами, JVM физически не существует – это по сути программа, написанная на языке Я0, которая может обрабатывать программы с языком Я1, интерпретируя его в язык Я0.

Таким образом, JVM разный под каждую платформу, так как ему нужно интерпретировать входную программу (байт-код) в программу, которую может понять конкретная платформа (Windows, Mac etc).

Давайте поймем разницу между байт-кодом (программа для JVM) и двоичным кодом, который понимает "процессор":

Вот пример машинного кода и его представления на языке Ассемблера. Слева указан порядковый номер (адрес) первого байта команды. Во второй колонке мы видим байты команды, они записаны в восьмеричной системе счисления. В третьей колонке мнемоники Ассемблера, которые упрощают восприятие программы человеком.

1	004:	003 010	lbl adda	#8	immediate value decimal
2	006:	103 010	addb	#010	same thing in octal
3	010:	024 001	lda	b	memory reference
4	012:	235 220	stx	(ptr)	indirect reference
5	014:	306 204	ora	data,x	indexed
6	016:	337 220	lnega	(ptr),x	indirect/indexed
7	020:		# jumps and calls		
8	020:	344 004	jmp	lbl	unconditional jump
9	022:	043 030	jane	lbl2-2	jump if a not equal 0
10	024:	257 221	jxgt	(ptr+one)	jump indirect if x gt
11	026:	364 041	call	sub	call to subroutine
12	030:	174 220	cbeq	(ptr)	call indirect if b eq 0
13	032:		# set and skips		
14	032:		lbl2		
15	032:	122 204	set1	fox,2	set bit 2 of data to 1
16	034:	272 205	skp0	data+1,7	skip if bit 7 is 0
17	036:		# shifts and rotates		
18	036:	001	shra	1+SHIFT	shift a right 4 plcs
19	037:	361	rolb	2	rotate b left 2 places
20	040:	000	hlt		halt
21	041:	000	sub db	0	return address
22	042:	200	nop		no op
23	043:	023 222	lda	#0222	
24	045:	123 144	ldb	#100	
25	047:	360	sys		system call (extension)
26	050:	023 222	sysp	0222,100	system call using parms
27	052:	123 144			
28	054:	360			
29	055:	354 041	jmp	(sub)	return

Не надо вдаваться в подробности, просто пример изнутри.

Теперь о байт-коде. Основной проблемой двоичного кода является его специфичность. Два разных устройства, например, ноутбук и мобильный телефон, имеют кардинально разные процессоры и кардинально разные наборы команд и кодов.

Один из способов проблемы переносимости и сложности это *промежуточная виртуальная машина*.

Виртуальный процессор работает также, как и реальный: он видит массив чисел, и воспринимает их как команды для выполнения. Байт-код внешне совершенно идентичен двоичному коду. Вот пример байт-кода виртуальной машины Java:

```
1 000: 03      iconst_0
2 001: 3b      istore_0
3 002: 84 00 01 iinc 0, 1
4 005: 1a      iload_0
5 006: 05      iconst_2
6 007: 68      imul
7 010: 3b      istore_0
8 011: a7 ff f9 goto -7
```

Единственная разница заключается в том, что двоичный код исполняет физический процессор, а байт-код — очень простая программа-интерпретатор.

Итак, сделаем заключение:

Байт-код – это промежуточное представление программы, не привязанное к конкретной машинной архитектуре. Независимость от архитектуры машины обеспечивает переносимость, означающую, что уже разработанное (или скомпилированное) программное обеспечение может работать на любой платформе, поддерживающей JVM и абстракции языка Java.

В настоящее время язык программирования Java в значительной степени независим от виртуальной машины Java, так что буква "J" в аббревиатуре "JVM" немного вводит в заблуждение, поскольку JVM в состоянии выполнять любой язык JVM, который может сгенерировать корректный файл класса. Например, Scala, генерирующий байт-код для выполнения в JVM.

Как итог, можно сказать, что если вы напишете вашу программу в Windows (и допустим сделаете из него какой-нибудь jar-файл), то он сможет запуститься на Mac или Unix (по крайней мере, так задумано), если у них стоит JVM.

Практика

Давайте напишем простую программу *Hello.java*:

```
1 public class Hello {
2     public static void main(String ... args) {
3         for(int i=0;i<10;i++){
4             System.out.println("ITMO");
5         }
6     }
7 }
```

Скомпилируем её с помощью команды `javac`:

```
1 | javac Hello.java
```

После того как вы её скомпилируете вы можете увидеть файл Hello.class – ваша скомпилированная программа, иначе говоря байт-код.

Запустить её можно командой `java`:

```
1 | java Hello
```

Прим. не надо указывать его расширение (.class) – необходимо и достаточно указать лишь его имя.

Java поставляется с дизассемблером файлов классов под названием `javap`, который позволяет изучать .class-файлы. Взяв файл класса Hello и запустив `javap -c Hello`, мы получим следующий результат:

```
1 | Compiled from "Hello.java"
2 | public class Hello {
3 |     public Hello();
4 |         Code:
5 |             0: aload_0
6 |             1: invokespecial #1                  // Method
           java/lang/Object."<init>":()V
7 |             4: return
8 |
9 |     public static void main(java.lang.String...);
10 |        Code:
11 |            0: iconst_0
12 |            1: istore_1
13 |            2: iload_1
14 |            3: bipush          10
15 |            5: if_icmpge       22
16 |            8: getstatic        #2                  // Field
           java/lang/System.out:Ljava/io/PrintStream;
17 |           11: ldc              #3                  // String ITMO
18 |           13: invokevirtual    #4                  // Method
           java/io/PrintStream.println:(Ljava/lang/String;)V
19 |           16: iinc              1, 1
20 |           19: goto              2
21 |           22: return
22 | }
```

Опять же пока не стоит вдаваться в подробности (хотя в моей памяти, вроде и бывало что спрашивали про основные команды, например, `goto`, `bipush` или `istore`)

Осталось чуть-чуть...

Итак, переходя ко второму контрольному вопросу: что же такое JVM, JRE и JDK?

С JVM мы в принципе более-менее разобрались – это виртуальная машина, на которой выполняются байт-коды.

JRE и JDK относительно проще, чем определение JVM:

- JRE (**Java Runtime Environment**) – это среда выполнения Java – она, помимо прочего, содержит JVM и является тем, что вам нужно для запуска Java-программы. Она не содержит инструментов и утилит, таких как компиляторы или отладчики для разработки приложений.
- JDK (**Java Development Kit**) – является расширенным набором JRE и содержит все, что есть в JRE, а также такие инструменты, как компиляторы и отладчики, необходимые для разработки.

JIT-компиляция

Еще один из частых вопросов на лабах – что такое JIT-компиляция?

JIT (Just-in-Time, своевременная) компиляция появилась в HotSpot VM (см. приложение А), в котором модули программы (интерпретированные из байт-кода) компилируются в машинный код. Модулями компиляции в HotSpot являются метод и цикл.

JIT-компиляция работает путем мониторинга приложения, выполняемого в режиме интерпретации, и выявления наиболее часто выполняемых фрагментов кода. В ходе анализа собирается информация, которая позволяет выполнять более сложную оптимизацию. Когда выполнение некоторого конкретного метода переходит установленный порог, профайлер запрашивает компиляцию и оптимизацию этого фрагмента кода.

JIT-подход к компиляции имеет много преимуществ, но одним из главных является то, что он основан на данных трассировки, собранной на этапе интерпретации, что позволяет HotSpot принять более обоснованные и разумные решения, касающиеся оптимизации.

После трансляции исходного кода Java в байт-код и еще одного этапа JIT-компиляции фактически выполняемый код очень существенно отличается от написанного исходного кода. Это ключевой момент, который будет управлять нашим подходом к исследованиям производительности. Код после JIT-компиляции, выполняющийся виртуальной машиной, может выглядеть не имеющим ничего общего с оригинальным исходным кодом на Java.

Пример инлайнинга JIT-компилятора можно увидеть здесь:
<https://habr.com/ru/post/305894/>

Переходя к программированию

Далее будут материалы касающиеся непосредственно программирования на языке Java.

Примитивные типы данных в Java

Рассмотрим примитивные типы в JVM:

Виртуальная машина Java поддерживает следующие примитивные типы: числовые типы, `boolean` тип и типы с плавающей точкой

Целые типы

- **byte**, содержит 8-битовые знаковые целые.
 - Значение по умолчанию – ноль.
- **short**, содержит 16-битовые знаковые целые.
 - Значение по умолчанию – ноль.
- **int**, содержит 32-битовые знаковые целые.
 - Значение по умолчанию – ноль.
- **long**, содержит 64-битовые знаковые целые.
 - Значение по умолчанию – ноль.
- **char**, содержит 16-битовые беззнаковые целые, представляющие собой кодовые точки таблицы символов Unicode в базовой строке UTF-16.
 - Значение по умолчанию – нулевая кодовая точка ('\u0000')

Типы с плавающей точкой

- **float**, содержит числа с плавающей точкой одинарной точности.
 - Значение по умолчанию – положительный ноль.
- **double**, содержит числа с плавающей точкой двойной точности.
 - Значение по умолчанию – положительный ноль.

Значение `boolean` типа может быть `true` или `false`, значение по умолчанию `false`.

Целочисленные типы и их значения

Существуют следующие диапазоны для целочисленных значений:

- для типа **byte** от -2^7 до $2^7 - 1$ включительно;
- для типа **short** от -2^{15} до $2^{15} - 1$ включительно;
- для типа **int** от -2^{31} до $2^{31} - 1$ включительно;
- для типа **long** от -2^{63} до $2^{63} - 1$ включительно;
- для типа **char** от 0 до 65535 включительно;

Запоминать эти значения наизусть не надо, но можно хотя бы примерно представлять их границы по степеням двойки.

Например, может попасться задача такого рода:

```

1 public class ExampleWithByte{
2     public static void main(String ... args){
3         byte x = 127;
4         x++;
5         System.out.println(x);           // -128
6     }
7 }
```

Эта программа при исполнении выводит `-128`. Объяснить это очень просто, зная диапазоны типов данных. А почему именно `-128` это вопрос к дискретке и двоичному представлению чисел в машине.

Типы данных с плавающей точкой, множества значений и значения

Типами данных с плавающей точкой являются типы **float** и **double** соответственно 32-х битные значения одинарной точности и 64-х битные значения двойной точности. Формат чисел и операции над ними соответствуют спецификации *IEEE Standard for Binary Floating-Point Arithmetic* (ANSI/IEEE Std. 754-1985, New York).

Стандарт IEEE 754 включает в себя не только положительные и отрицательные значения мантиссы, но также и положительные и отрицательные нули, положительные и отрицательные *бесконечности*, и специальное не числовое значение **NaN** (Not-a-Number). NaN используется в качестве результата некоторых неверных операций, таких как деление нуля на ноль.

Все значения (кроме не-чисел NaN) множества чисел с плавающей точкой *упорядочены*. Если числа упорядочить по возрастанию, то они образуют такую последовательность: отрицательная бесконечность, отрицательные конечные значения, отрицательный ноль, положительный ноль, положительные значения и положительная бесконечность.

Сравнивая положительный и отрицательный ноль, мы получим верное равенство, однако существуют операции, в которых их можно отличить; например, деля 1.0 на 0.0, мы получим положительную бесконечность, но деля 1.0 на -0.0 мы получим отрицательную бесконечность.

Не-числа NaN *не упорядочены*, так что сравнение и проверка на равенство вернёт *ложь*, если хотя бы один из операндов не-число NaN. В частности проверка на равенство значения самому себе вернёт *ложь* тогда и только тогда, когда операнд не-число NaN. Проверка на неравенство вернёт *истину*, когда хотя бы из операндов не-число NaN.

JAR и манифесты

Статей про создание JAR и его приложений много, но бывает, что трудно понять даже простое, если ни разу не видели как это делается.

Приведу очень простой пример создания Jar-архива. Примеры будут в папке `examples/manual-1/jar`

Для начала создадим нашу программу и назовем её условно Lab.java:

```
1 public class Lab {
2     public static void main(String ... args) {
3         System.out.println("it works on my machine");
4     }
5 }
```

Скомпилируем:

```
1 javac Lab.java
```

Получим байт-код `Lab.class`.

Чтобы запаковать его используем команду `jar` с параметрами `c` (create) и `f` (file).

```
1 | jar cf Labpack.jar Lab.class
```

На выходе вы получите файл `Labpack.jar`, который запускается командой:

```
1 | java -jar Labpack.jar
```

Но программа не исполнится как задумано, а вместо этого выведет:

```
1 | no main manifest attribute, in .\Labpack.jar
```

Дело в том, что в таком `jar`-пакете может быть несколько файлов и исполняющая машина не может знать какую из них выполнить.

Чтобы указать ему наш класс для выполнения создадим файл `MANIFEST.MF`.

Есть несколько способов для Unix-подобных систем. Пользуйтесь таким какой вам удобнее

Вот внутренности `MANIFEST.MF`

```
1 | Version: 6.6.6
2 | Main-Class: Lab
```

Здесь мы указали версию нашего пакета, а самое главное точку входа (класс `Lab`)

Команда теперь будет выглядеть следующим образом:

```
1 | jar cfm Labpack.jar MANIFEST.MF Lab.class
```

Здесь важно соблюдать порядок:

1. Имя `jar`-пакета
2. Путь к манифесту
3. Классы

Запустив его предыдущей командой `java -jar Labpack.jar` мы получим:

```
1 | it works on my machine
```

Остальные контрольные вопросы

Мне не очень-то уж и хочется рассказывать про синтаксис языка Java – да, в некоторых из них есть не очевидные на первый взгляд нюансы, но проблем с базовыми вещами (`for`, `for-each`, `while`, `do-while`) быть не должно (тысячи и тысячи статей).

Поэтому я оставляю тут вопросы, на которые лучше знать ответ, и которые могут служить ориентиром:

1	1. Что такое JAR, для чего он нужен?
2	1.1 Что такое манифест, основные параметры (Main-Class, Version ...)
3	1.2 Как собирать JAR (консольная команда)
4	
5	2. Чем отличаются (что такое) JDK, JRE и JVM
6	2.1 Что такое IDE?
7	
8	3. Что такое компиляция? Какие виды еще есть (интерпретация, трансляция... (на будущее))?
9	3.1 Жизненный цикл Java программы
10	
11	4. Почему программу написанную на Java можно запускать на любой платформе?
12	4.1 Какую роль в этом играет JVM?
13	4.2 Что такое байт-код?
14	
15	5. Прimitives типы данных. Сколько их существует? Представление данных и их классификация
16	5.1 В чем различия double и float?
17	5.2 Сколько бит отведено под каждый примитивный тип?
18	5.3 Константы (final). Можно ли не инициализировать константу при объявлении?
19	5.4 Преобразование и приведение типов. В чем отличие?
20	5.4 (Сложнаааа) В чем отличие примитивных и ссылочных типов данных?
21	5.5 В чем ошибка: byte a = 1, b =2; byte c = a + b;
22	
23	6. Основные методы библиотеки Math
24	6.1 Вспомогательные пакеты Java. Пакет java.util (для чего он нужен).
25	6.1 Как хранятся эти пакеты?
26	
27	7. Что такое NaN? В каких случаях он возникает и с какими типами данных?
28	
29	8. Зарезервированные лексемы (continue, for, break, else ...)
30	
31	9. Комментарии 3 вида (чучуть про джавадок)
32	
33	10. Линейные и нелинейные программы.
34	10.1 синтаксис while, do-while, switch, тернарный оператор, foreach-цикл
35	10.2 Что вы можете рассказать о конструкции: for(;;) { }
36	10.3 Какие типы данных могут быть использованы в операторе switch?
37	10.4 Как работает тернарный оператор?
38	
39	11. Стандартные потоки (out, err, in)
40	11.1 Как использовать стандартные потоки ввода/вывода в Java?
41	
42	12. java.util.Arrays - работа с массивами
43	12.1 Как устроены многомерные массивы?
44	12.2 Сколько элементов может хранить массив?
45	
46	13. (Сложнааа) оператор "new"

```
47 |
48 | 14. Работа со строками (trim, replace ...). Тип данных String
49 |
50 | 15. (Сложнаааа, ни нада) goto в Java. Как ставить label?
```

Приложение А. АОТ- и JIT-компиляция

В этом разделе мы обсудим и сравним раннюю (Ahead-of-Time - AOT) компиляцию и компиляцию оперативную (Just-in-Time - JIT)

АОТ

Если у вас есть опыт программирования на таких языках, как С или С++, то вы знакомы с АОТ-компиляцией (возможно, вы всегда называли ее просто "компиляцией"). Это процесс, при котором внешняя программа (компилятор) принимает исходный текст (в удобочитаемом для человека виде) и на выходе дает непосредственно **исполняемый машинный код**.

Ранняя компиляция исходного кода означает, что у вас есть только одна возможность воспользоваться преимуществами любых потенциальных оптимизации

Скорее всего, вы захотите создать исполняемый файл, предназначенный для конкретной платформы и архитектуры процессора, на которой вы собираетесь его запускать. Такие тщательно настроенные бинарные файлы смогут использовать любые преимущества процессора, которые могут ускорить работу программы.

Однако в большинстве случаев исполняемый файл создается без знания конкретной платформы, на которой он будет выполняться. Это означает, что АОТ-компиляция должна делать консервативное предположение о том, какие возможности процессора могут быть доступны. Если код скомпилирован в предположении доступности некоторых возможностей, а затем все оказывается не так, этот бинарный файл не будет запускаться совсем.

Это приводит к ситуации, когда АОТ-скомпилированные бинарные файлы не в состоянии в полной мере использовать имеющиеся возможности процессора.

JIT

Оперативная компиляция ("в точный момент времени") – это общая технология, когда программы преобразуются (обычно из некоторого удобного промежуточного формата) в высоко оптимизированный машинный код непосредственно во время выполнения.

HotSpot и большинство других основных производителей JVM в значительной степени полагаются на применение этого подхода. При таком подходе во время выполнения собирается информация о вашей программе и создается профиль, который можно использовать для определения того, какие части вашей программы используются наиболее часто и больше всего выиграют от оптимизации.

Подсистема JIT использует ресурсы VM совместно с вашей запущенной программой, поэтому стоимости такого профилирования и любых выполняемых оптимизаций должны быть сбалансированы с ожидаемым приростом производительности.

Стоимость компиляции байт-кода в машинный код платится во время выполнения; компиляция расходует ресурсы (процессорное время, память), которые в противном случае могли бы быть использоваться для выполнения вашей программы.

Поэтому JIT-компиляция выполняется экономно, а VM собирает статистику о вашей программе (ищет "горячие пятна"), чтобы знать, где лучше всего выполнять оптимизацию.

Приложение Б. Использованная литература

- Tim Lindholm, Frank Yellin – [JVM Specification Java SE8 Edition](#)
- Брюс Эккель – Философия Java
- Benjamin Evans – Optimizing Java. Practical techniques for improving JVM application performance
- Письмак А.Е. – [Конспекты лекций первого семестра](#)
- Э. Таненбаум – Архитектура компьютера
- Ну и как всегда [stackoverflow](#)

ООП в контексте Java (редактируется)

Весь материал, который Вы понимаете, сразу применяйте на практике. Придумывайте идеи и старайтесь реализовывать, используя то, чему научились на занятиях или при самостоятельном изучении.

Письмак

Объектно-Ориентированное Программирование

Мини-вступление

Чтобы понять "Что такое ООП?" мне понадобилось 3 недели (если не считать, что задолго до этого пытался изучить ООП в контексте C# и Python), я уже мог пользоваться этими объектами и использовать в своем Java-коде (к слову, это была усложненная версия первой лабы).

Но, по крайней мере, я так думал. На то, чтобы **действительно** понять всю суть ООП, у меня ушло много-много больше времени, и я до сих пор думаю, что не до конца понимаю ООП.

К чему я это? К тому, что читая какую-нибудь статью – да, вы будете знать как использовать ООП в разных языках, но не сможете ощутить всю их прелесть не покодир порядочное количество проектов. В этом я согласен с Письмаком и полностью поддерживаю его слова.

Для "опытных" пользователей компьютера

Если вы уже знаете что такое ООП на уровне свободного использования объектов на любом языке поддерживающим парадигму ООП, то сразу можете переходить к главе "**ООП в Java**"

Далее, мы рассмотрим ООП в общем плане, не привязывая чисто к Java, но для примеров будем использовать его.

Канон

Обычно, люди когда объясняют про всякие объекты, классы, их методы и тд, они начинают с класса. Ну, это вполне логично, потому что **объект создается из класса**.

Но я поступлю иначе, и сначала попытаюсь объяснить "что такое объект?".

Давайте попробуем связать его определение с тем, что мы уже знаем.

Кузнечик

Представим себе кузнечика. Пусть, это будет наш объект.

Какие у него есть свойства? Например, длина, окрас и пускай у него еще будет имя Боб.

Итак, попробуем записать нашего Боба:

```
1 Grig (кузнечик) {  
2     length: 5;  
3     color: brown;  
4     name: "Bob";  
5 }
```

Прекрасно, а что он умеет делать? Скажем, например, прыгать. Давайте запишем это как функцию:


```
1 Grig{
2     length: 5;
3     color: brown;
4     name: "Bob";
5
6     function jump(){ "jump 25 cm" };
7     function eat(){ "eat green grass" };
8 }
```

Теперь, у нас есть объект – у него свойства (length, color, name) и методы (действия в данном случае)(jump, eat). Здесь важно понимать, что jump и eat – это функции, то есть выполняют какую-то операцию.

Но, насколько бы он не был интровертом, думаю, ему все равно нужна пара, поэтому давайте создадим ему девушку:

```
1 Grig{
2     length: 4.9;
3     color: green;
4     name: "Alice";
5
6     function jump(){ "jump 25 cm" };
7     function eat(){ "eat green grass" };
8 }
```

Когда у нас есть два объекта, попробуем сравнить их. У них те же имена свойств (length, color, name), но разные значения. В том числе, у них одинаковые имена методов (jump, eat).

А если у них имена всех свойств и методов совпадают – давайте сделаем какой-то шаблон, чтобы из него создавать эти объекты. Пусть, это будет шаблон с именем Grig и будем создавать эти объекты по этому шаблону. При этом функции везде одинаковые, поэтому пусть это сразу будет в шаблоне. Тогда нам нужно будет указать лишь уникальные свойства.

```
1 class Grig {
2     length: null;
3     color: null;
4     name: null;
5
6     function jump(){ "jump 25 cm" };
7     function eat(){ "eat green grass" };
8 }
```

Как видите, мы не можем знать какие свойства будут у объекта, поэтому просто поставим там значения null . Отсюда и можно понять, что **класс – это не объект**, а сущность от которого эти объекты создаются.

Мы представили объект и класс как кузнечиков. А теперь попробуйте посмотреть вокруг себя внутри комнаты, на улице. Все является объектом! И ведь правда, любой встреченный человек – это объект из шаблона (класса) человек. Или, например, лампа – у нее есть свой цвет, размер (свойства), к тому же она может светить (метод).

Здесь я бы хотел привести цитату, которую повторял мой учитель информатики. Она, вроде как я помню, была от Брюса Ли, а оригинал я не нашел, но суть была такая:

Видеть Кунг-Фу во всем

Казалось бы не совсем понятная цитата и я сначала посмеялся, но мой учитель объяснил, что "кунг-фу" это образное выражение того, чем ты занимаешься. Ну, на тот момент эта цитата изменилась на "видеть программирование во всем, что нас окружает".

И вот однажды после пар на Кронверкской я направлялся на Горьковскую и неожиданно меня осенило:

-- "Так вот же объекты, вот они проходят мимо меня, эти чертовы люди! Вот стоит машина, а ведь это тоже объект".

Так, восприятие моего мира изменилась, хотя на жизнь это вряд ли повлияло.

ООП в Java

В этой главе рассмотрим парадигмы ООП в контексте Java, потому что без конкретных примеров объяснить будет очень трудно, но следует заметить, что **парадигмы ООП встречаются во многих языках**, но имеют свою реализацию.

Предисловие: если вы понимаете парадигмы ООП и умеете применять их в стеке Java, то сразу можете переходить к главе со звездочкой **Стек и Куча**.

Итак, погружаемся в ООП...

Прежде чем приступить к парадигмам, научимся создавать объекты и классы в Java.

Примеры исходников можно найти в `examples/manual-2`

Давайте реализуем наши классы кузнечиков в контексте Java:

Листинг 1.1 FirstExample.java

```
1  class Grig {
2      double length;
3      String color;
4      String name;
5
6      void jump() {
7          System.out.println(name + " is jumping");
8      }
9
10     void eat() {
11         System.out.println(name + " is eating grass");
12     }
13 }
```

```

12     }
13 }
14
15 public class FirstExample {
16     public static void main(String[] args) {
17
18         // создаем объект-кузнечик Bob
19         Grig bob = new Grig();
20         bob.name = "Bob";
21         bob.length = 5d;
22         bob.color = "brown";
23
24         // создаем объект-кузнечик Alice
25         Grig alice = new Grig();
26         alice.name = "Alice";
27         alice.length = 4.9d;
28         alice.color = "green";
29
30
31         bob.jump();        // output: Bob is jumping
32         alice.jump();      // output: Alice is jumping
33
34         bob.eat();         // output: Bob is eating grass
35         alice.eat();       // output: Alice is eating grass
36
37     }
38
39 }

```

Очень надеюсь, что мне не стоит объяснять как обращаться к свойствам (полям) или методам объекта. Так как вы, скорее всего, уже их использовали, например так:

```

1 System.out.print("hello, onii-chan!")

```

Не сказал бы, что это совсем удачный пример, так как здесь затрагиваются статические поля, но не суть. Сначала вы обращаетесь к `out` и затем от него вызываете метод `print()`

По сути, `out` это **статическое** поле в классе `System`, который имеет несколько методов, в том числе и `print` (что такое статическое разберем позже)

Вернемся к листингу и разберем все по полочкам:

1. Сначала мы **объявляем переменную** `bob` с типом `Grig`. Замечаете определенные сходства со `String` (тут же и вопрос почему `String` нужно сравнивать через `equals`)?
2. А затем нам нужно **создать объект** из класса кузнечика и **присвоить** это **значение** к нашей переменной `bob`. Если с присвоением все понятно, то как создавать объекты из класса? По сути, также как и массивы – через оператор `new`. Его мы тоже разберем чуть позже.
3. Теперь как вы помните класс не может быть объектом, поэтому его поля не инициализированы то есть не имеют значений или же если быть

корректнее – имеют значения по умолчанию. Если вы не помните или не знаете значения по умолчанию посмотрите предыдущий мануал. Значит, их нужно инициализировать, а сделали мы это очень тривиально и понятно.

4. Теперь можем попробовать вызвать методы класса, общаясь к ним через объекты (экземпляры)

Конструкторы

Согласитесь, неприятно и в общем-то неудобно задавать поля (свойства) класса вот так:

```
1 Grig bob = new Grig();
2 bob.name = "Bob";
3 bob.length = 5d;
4 bob.color = "brown";
```

Тут на помощь к нам приходят конструкторы. Давайте сначала посмотрим его реализацию, а затем разберемся что к чему:

Листинг 1.2 SecondExample :

```
1 public class SecondExample {
2     static class Grig {
3         double length;
4         String color;
5         String name;
6
7         Grig(String grigsName, String grigsColor, double
grigsLength) {
8             name = grigsName;
9             color = grigsColor;
10            length = grigsLength;
11        }
12
13        void jump(){ System.out.println(name + " is jumping"); }
14        void eat(){ System.out.println(name + " is eating grass"); }
15    }
16
17    public static void main(String[] args) {
18        // создаем объект-кузнечик Bob
19        Grig bob = new Grig("Bob", "brown", 5d);
20
21        // создаем объект-кузнечик Alice
22        Grig alice = new Grig("Alice", "green", 4.9d);
23
24
25        bob.jump();        // Bob is jumping
26        alice.jump();      // Alice is jumping
27        bob.eat();         // Bob is eating grass
28        alice.eat();       // Alice is eating grass
29    }
30 }
```

В основном все также, но сравните предыдущий пример инициализации полей, и вот такую:

```
1 Grig bob = new Grig("Bob", "brown", 5d);
2
```

Здесь было бы уместно сказать : *"Краткость – сестра таланта"*

Не обращайте внимания на модификатор static перед объявлением класса, сейчас это к делу не относится! Вернемся к ней позже

Итак, если посмотреть изменения, то мы добавили что-то похожее на функцию, которое имеет такое же имя как у класса и к тому же не имеющий типа возвращаемого значения (даже `void` здесь не видно!):

```
1 Grig(String grigsName, String grigsColor, double grigsLength){
2     name = grigsName;
3     color = grigsColor;
4     length = grigsLength;
5 }
6
```

Но понять, что именно он делает мы можем – берем значения из аргументов нашей "псевдо-функции" и присваиваем их соответственно по значениям полей. Все просто!

Думаю, вы уже догадались откуда мы будем получать эти аргументы – при вызове `new Grig()`

Так, `Grig()` – это метод или нет? Попробуйте использовать `Grig()` как обычный метод :)

У вас будет ошибка компиляции, потому что, `Grig()` – это действительно метод (это можно сказать по его схожести объявления в классе), но как вы могли заметить – **он особенный**.

Если коротко, то:

Конструктор – это специальный метод, который вызывается при создании нового объекта

Подождите! Мы же их вызывали раньше, а там ведь не было никаких методов!

```
1 Grig bob = new Grig();
2
```

Да, если попробовать запустить его, добавив конструктор такого вида (который ничего не делает):

```
1 Grig() {
2
3 }
4
```

Код все равно будет рабочим, а это значит, что если созданный вами класс не имеет конструктора, **компилятор автоматически добавит конструктор по умолчанию**.

Это можно увидеть в байт-коде через команду `javap` (пример из предыдущего мануала):

```
1 public class Hello {
2     public static void main(String ... args) {
3         for(int i=0;i<10;i++){
4             System.out.println("ITMO");
5         }
6     }
7 }
8
```

Компилим и смотрим его байт-код:

```
1 Compiled from "Hello.java"
2 public class Hello {
3     public Hello();          // <--- вот эта вот!
4     Code:
5         0: aload_0
6         1: invokespecial #1          // Method java/lang/Object."<init>":
7         ()V
8         4: return
9
10    public static void main(java.lang.String...);
11    Code:
12        0: iconst_0
13        1: istore_1
14        2: iload_1
15        3: bipush          10
16        5: if_icmpge          22
17        8: getstatic          #2          // Field
18        java/lang/System.out:Ljava/io/PrintStream;
19        11: ldc              #3          // String ITMO
20        13: invokevirtual #4          // Method
21        java/io/PrintStream.println:(Ljava/lang/String;)V
22        16: iinc              1, 1
23        19: goto              2
24        22: return
25    }
```

Мы не объявляли никакого конструктора, но в скомпилированной версии он есть. Его также именуют "**конструктором по умолчанию**" или в документации Java "**no-arg constructor**"

Следует заметить, что создание хотя бы одного конструктора уже отменяет автоматическое добавление конструктора по умолчанию.

Идем дальше, так в чем же заключается **особенность конструктора**?

Во-первых, **имя конструктора должно совпадать с именем класса**. Причиной этому стали две тонкости:

1. Любое имя, которое вы используете, может быть задействовано при определении членов класса, так возникает *конфликт имен*.
2. *За вызов конструктора отвечает компилятор*, поэтому он всегда должен знать, какой именно метод следует вызвать.

Во-вторых, **у конструктора отсутствует возвращаемое значение**. Конструкторы никогда и ничего не возвращают (оператор `new` возвращает ссылку на вновь созданный объект, но сами конструкторы не имеют выходного значения).

К слову, **в классе может быть несколько конструкторов**, но они как и методы, должны иметь разную сигнатуру (входные аргументы).

Также обязательно посмотрите главу **Блоки инициализации**

Стек и куча

В этой главе речь пойдет о хранении данных в Java, в том числе про стек(stack) и кучу(heap). И перед тем как приступить к этой главе, я бы настоятельно рекомендовал лучше изучить объекты и их работу с ними. Попробуйте, например, воссоздать объекты из реального мира.

Самое главное, вам нужно понять как работать с ними.

Далее, идет глава не самая легкая для понимания. Если вы впервые сталкиваетесь с ООП, то тем более. Но это не говорит о том, что эту главу можно пропустить. Почитайте. Таким образом, вы восполните свой словарный запас и хотя бы на каком-то (очень абстрагированном) уровне поймете принцип работы ООП в Java.

Когда-то, я начал читать книгу Джоша Лонга "*Java EE для предприятий*". Там рассказывалось про архитектуру приложений в Java EE, но не суть. Дело в том, что мой уровень не позволял понять полностью, о чем в этой книге говорится, но я все равно читал.

И когда я одновременно с этим листал презентацию из se ifmo или из других источников, то сразу вспоминал слова находящиеся там и мог примерно понять, о чем идет речь.

К слову, эту книгу я перечитывал трижды и каждый раз одни и те же главы открывали для меня что-то новое, что я не мог увидеть раньше.

Ссылочные типы

Виртуальная машина Java содержит явную поддержку объектов. Объектом мы называем динамически создаваемый экземпляр класса или массив. Ссылка на объект представлена в виртуальной машине Java типом `reference`. Значения типа `reference` могут быть рассмотрены как указатели на объекты. На один и тот же объект может существовать множество ссылок. Передача объектов, операции над объектами, проверка объектов происходит всегда посредством типа `reference`.

Так, `bob` и `alice` (наши переменные) являются ссылками на объекты.

Существуют три разновидности ссылочных (`reference`) типов: **тип класса**, **тип массива** и **тип интерфейса**. Значения этих типов представляют собой ссылки на экземпляр класса, ссылки на массив и ссылки на имплементацию интерфейса соответственно (про интерфейсы еще далеко).

Тип массива представляет собой *составной тип* единичной размерности (длина которого не определена типом). Каждый элемент составного типа сам по себе может также быть массивом. Последовательно рассматривая иерархию составных типов в глубину, (тип, из которого состоит составной тип, из которого состоит составной тип и т.д.) мы придём к типу, который не является массивом; он называется *элементарным типом* типа массив. Элементарный тип всегда либо примитивный тип, либо тип класса, либо тип интерфейса.

Тип `reference` может принимать специальное нулевое значение, так называемая ссылка на не существующий объект, которое обозначается как `null`. Значение `null` изначально не принадлежит ни к одному из ссылочных типов и может быть преобразовано к любому.

Области данных в рантайме

Регистр PC

Виртуальная машина Java может поддерживать множество потоков, выполняющихся одновременно. Каждый поток виртуальной машины Java имеет свой регистр **pc** (*program counter*). В каждый момент времени каждый поток виртуальной машины исполняет код только одного метода, который называется текущим методом для данного потока. Если метод платформенно независимый (т.е. в объявлении метода не использовано ключевое слово `native`) регистр **pc** содержит адрес выполняющейся в данный момент инструкции виртуальной машины Java. Если метод платформенно зависимый (`native` метод) значение регистра **pc** не определено.

Стек виртуальной машины Java

Каждый поток виртуальной машины имеет свой собственный *стек виртуальной машины Java*, создаваемый одновременно с потоком. Стек виртуальной машины хранит **фреймы**.

Стек виртуальной машины Java аналогичен стеку в традиционных языках программирования: он хранит локальные переменные и промежуточные результаты и играет свою роль при вызове методов и при возврате управления из методов. Поскольку работать напрямую со стеком виртуальной машины Java запрещено (кроме операций `push` и `pop` для фреймов), фреймы могут быть также расположены

в куче. Участок памяти для стека виртуальной машины Java не обязательно должен быть непрерывным.

В следующих случаях виртуальная машина Java формирует исключение при работе со стеком:

- Если вычисления в потоке требуют памяти более чем позволено размером стека, виртуальная машина Java формирует исключение `StackOverflowError`.
- Если стек виртуальной машины Java допускает динамическое увеличение размера и попытка такого увеличения была выполнена, однако вследствие нехватки памяти не завершена успешно либо не достаточно памяти при инициализации стека при создании потока, то виртуальная машина Java формирует исключение `OutOfMemoryError`.

Не будем подробно разбирать исключения, а это совсем отдельная тема, но если вы встретите их, то уже будете знать в чем дело (хотя и не факт, что сможете пофиксить)

Куча

Виртуальная машина Java содержит область памяти, называемую *кучей*, которая находится в пользовании всех потоков виртуальной машины. Куча — это область памяти времени выполнения, содержащая массивы и экземпляры всех классов.

Куча создаётся при запуске виртуальной машины Java. Удаление неиспользуемых объектов в куче производится системой автоматического управления памятью (известной как *сборщик мусора* (к этой теме мы еще вернемся))

Объекты никогда не удаляются явно. Виртуальная машина Java не предполагает какого-либо одного алгоритма для системы автоматического управления памятью; алгоритм может быть произвольно задан разработчиком виртуальной машины в зависимости от системных требований. Куча может быть фиксированного размера, либо динамически расширяться и сужаться при удалении объектов.

Участок памяти для кучи виртуальной машины Java не обязательно должен быть непрерывным.

Что и где хранится?

Мы рассмотрели два хранилища данных программы – стек и куча. Почему же их две и чем они отличаются?

Сначала, рассмотрим что такое стек и как она работает.

Во-первых, под стеком подразумевается некоторый принцип хранения данных и обращения к данным. Обычно здесь можно привести в пример стопку тарелок. Мы можем положить тарелку сверху и взять тоже только сверху. Такой принцип называется LIFO (Last-In-First-Out).

Согласитесь, довольно странный способ хранения информации, правда?

Давайте разберемся как он может пригодиться в нашей программе.

Далее, будет много байт-кода и углубление в JVM, но как по мне – это не так сложно понять, хотя и будут трудности. И эту главу необязательно читать, если вы желаете сдать только лабу, но если вы хотите больше узнать как работает ваша любимая JVM – добро пожаловать!

И также, обязательно к прочтению глава `this` – это просто необходимо знать.

Зачем нужен стек в Java?

Давайте внесем немножко Java в свою жизнь:

Листинг 2.1 DataExample.java

```
1 public class App {
2     public static void main(String[] args) {
3         System.out.print("Enter a:");
4         int a = Integer.parseInt(System.console().readLine());
5         System.out.print("Enter b:");
6         int b = Integer.parseInt(System.console().readLine());
7         System.out.println("a+b=" + pow(a,b));
8     }
9     public static Long pow(int base, int exponent) {
10        Long result = 1L;
11        for (int i = 0; i < exponent; i++) {
12            result *= base;
13        }
14        return result;
15    }
16 }
17
```

Давайте сначала рассмотрим только метод `main`.

Какие у нас данные? Во-первых, это наши переменные `a`, `b`. Также, у нас входные данные `args`. Итого, мы насчитали 3, давайте это проверим, запустив команду:

```
1 javap -v -c DataExample
2
```

Пропускаем оттуда пул констант и переходим сразу к этому:

```
1     public DataExample();
2         descriptor: ()V
3         flags: ACC_PUBLIC
4         Code:
5             stack=1, locals=1, args_size=1
6             0: aload_0
```

```

7      1: invokespecial #1                      // Method
java/lang/Object."<init>":()V
8      4: return
9      LineNumberTable:
10     line 4: 0
11
12     public static void main(java.lang.String[]);
13     descriptor: ([Ljava/lang/String;)V
14     flags: ACC_PUBLIC, ACC_STATIC
15     Code:
16     stack=4, locals=3, args_size=1    // <----- [ ЗДЕСЬ ]
!!!
17     0: getstatic      #2
18     3: ldc           #3                      // String Enter a:
19     5: invokevirtual #4
20     8: invokestatic   #5
21    11: invokevirtual #6
22    14: invokestatic   #7
23    17: istore_1
24    18: getstatic      #2
25    21: ldc           #8                      // String Enter b:
26    23: invokevirtual #4
27    26: invokestatic   #5
28    29: invokevirtual #6
29    32: invokestatic   #7
30    35: istore_2
31    36: getstatic      #2
32    39: new            #9                      // class
java/lang/StringBuilder
33    42: dup
34    43: invokespecial #10
35    46: ldc           #11                     // String a+b=
36    48: invokevirtual #12
37    51: iload_1
38    52: iload_2
39    53: invokestatic   #13                     // Method pow:
(II)Ljava/lang/Long;
40    56: invokevirtual #14
41    59: invokevirtual #15
42    62: invokevirtual #16
43    65: return
44
45     public static java.lang.Long pow(int, int);
46     // к методу pow мы вернемся позже
47 }
48 SourceFile: "DataExample.java"
49

```

Давайте обратим внимание на строку: `stack=4, locals=3, args_size=1`. Как видно из неё, мы оказались правы – 3 локальные переменные, в том числе одна из них это входные данные

Разберем значения этих трех свойств:

- `stack` – максимальный размер стека, необходимый для выполнения процедуры
- `locals` – локальные переменные
- `args_size` – входные данные. Есть парочка интересных моментов с ней, поэтому мы еще вернемся к этому параметру.

Теперь посмотрим на метод `pow` :

```

1      public static java.lang.Long pow(int, int);
2      descriptor: (II)Ljava/lang/Long;
3      flags: ACC_PUBLIC, ACC_STATIC
4      Code:
5          stack=4, locals=4, args_size=2
6              0: lconst_1
7              1: invokestatic  #14
8              4: astore_2
9              5: iconst_0
10             6: istore_3
11             7: iload_3
12             8: iload_1
13             9: if_icmpge      29
14             12: aload_2
15             13: invokevirtual #15
16             16: iload_0
17             17: i2l
18             18: lmul
19             19: invokestatic  #14
20             22: astore_2
21             23: iinc          3, 1
22             26: goto          7
23             29: aload_2
24             30: areturn
25     LineNumberTable:
26          line 10: 0
27          line 11: 5
28          line 12: 12
29          line 11: 23
30          line 14: 29
31      StackMapTable: number_of_entries = 2
32          frame_type = 253 /* append */
33              offset_delta = 7
34              locals = [ class java/lang/Long, int ]
35          frame_type = 250 /* chop */
36              offset_delta = 21
37

```

Здесь для выполнения операций нужно четыре слота стека

Также, мы имеем два аргумента и еще две локальные переменные – `result` и `i`

Задача для тех, кто умеет работать с ООП

```

1 public class Test {
2     public void plus() {
3         int a = 1;
4         int b = 3;
5     }
6 }
7 // stack=1, locals=3, args_size=1
8
9

```

Разберите в этом примере, почему в стеке операндов нам нужен лишь один слот и почему у нас три локальных переменных. (Подсказка: `args_size` тоже входит в их число)

Смотрите сюда, если вы не смогли узнать сами почему там `args_size = 1` или сделали какое-нибудь предположение, следующая подсказка:

```

1 public class Test {
2     public static void plus() {
3         int a = 1;
4         int b = 3;
5     }
6 }
7 // stack=1, locals=2, args_size=0
8
9

```

Ответ

Во-первых, у нас есть две переменные `a`, `b` – уже две локальные переменные, а где же третья?

Третья переменная – это `this` (ссылка на экземпляр класса, если вы не знаете, что это, то разберем дальше). Вам могла помочь последняя подсказка, когда мы объявили метод `plus` статической.

Теперь, почему же в стеке нам нужен лишь один слот? – потому что нам нужно только сохранить 1 и присвоить переменной, затем нам эта единица в стеке уже не нужна, поэтому мы можем заменить её уже тройкой, а еще один слот нам уже не нужен.

Таинственный `this` и `static`

Что же это за `this`, который передается нестатическим методам?

`this` – это ссылка на экземпляр класса. Иначе, если мы создаем объект из нашего класса, то мы можем сослаться на его экземпляр через переменную `this`, поэтому в байт-коде, как вы могли видеть, присутствует `args_size=1`.

Зачем нам это нужно?

Во-первых, мы можем ссылаться на поля своего же объекта. Да, можно использовать только имя поля – это разрешено, но иногда бывают ситуации, когда имя аргумента функции совпадает с полем класса. Возникает конфликт имен – ошибки компиляции, конечно, не будет, но вы не сможете обратиться к полю класса.

Например, первый наш пример можно заменить таким образом:

```
1 public class SecondExample {
2     static class Grig {
3         double length;
4         String color;
5         String name;
6
7         Grig(String name, String color, double length){
8             this.name = name;
9             this.color = color;
10            this.length = length;
11        }
12
13        // some methods
14    }
15
16    public static void main(String[] args) {
17        // something actions
18    }
19 }
20
```

Такой код читается лучше и понятнее.

Разумеется, это не единственное предназначение ссылки `this`

Второе и очень важное его предназначение, а точнее способ его использования – это возможность передавать ссылку на экземпляр. Звучит непонятно...

Допустим, у вас есть метод который принимает пользовательский тип:

```
1 public void func(MyClass clazz) { /* something actions */};
2
```

Использовать её не составляет труда:

```
1 MyClass ex = new MyClass();
2 func(ex);
3
```

Но вдруг мы хотим использовать её внутри реализации нашего класса.

То есть, у нас есть некоторый метод в `MyClass`, который должен вызывать функцию `func`, передавая экземпляр самого себя. Без `this` это практически было бы нереализуемо, по крайней мере, очень сложно.

А здесь мы можем использовать:

```
1 public MyClass{
2     public void myMethod() {
3         func(this);
4     }
5 }
6
```

Возвращаясь к хранению данных, то мы уже знаем, что этому методу неявно передается ссылка на `this` (см. главу "Зачем нужен стек")

Теперь о статических методах – это методы, которые прикреплены не к экземпляру класса, а к самому классу. То есть они не требуют экземпляра, чтобы выполняться и при этом, им не передается ссылка на `this`. Опять же мы могли видеть это в предыдущей главе.

Их преимущество в том, что они не требуют экземпляра класса, поэтому мы можем использовать такой код:

```
1 class MyClass {
2     public static void func(int a) { /*something action...*/};
3 }
4
5 // еще где-то в исходниках:
6 MyClass.func(12);
7
```

Как видите, мы не создавали экземпляр класса `MyClass`, а сразу обратились к методу.

Статические поля или методы объявляются с ключевым словом `static`

Обоюдоострым мечом статических методов является то, что статические данные одни и те же для всех экземпляров. То есть, если у нас есть два экземпляра класса и каждый из них увеличит статическое поле класса на единицу, то в итоге мы получим +2, так как данные едины для всех экземпляров класса. Это очень логично так как статические методы и поля принадлежат классу, а не экземпляру класса.

Давайте рассмотрим пример:

Листинг 3.1 StaticExample.java

```
1 public class StaticExample {
2     static class MyClassNonStatic {
3         int a = 0;
4         void inc() {
5             a++;
6         }
7     }
8 }
```

```

7      }
8
9      static class MyClassWithStatic {
10         static int a = 0;
11         void inc(){
12             a++;
13         }
14     }
15
16     public static void main(String ... args) {
17         MyClassNonStatic a = new MyClassNonStatic();
18         MyClassNonStatic b = new MyClassNonStatic();
19         a.inc();
20         b.inc();
21
22         System.out.println(a.a + " " + b.a);    // 1 1
23
24         a.inc();
25
26         System.out.println(a.a + " " + b.a);    // 2 1
27
28         MyClassWithStatic c = new MyClassWithStatic();
29         MyClassWithStatic d = new MyClassWithStatic();
30
31         c.inc();
32         d.inc();
33         System.out.println(c.a + " " + d.a);    // 2 2
34
35         c.inc();
36         System.out.println(c.a + " " + d.a);    // 3 3
37     }
38 }
39
40

```

Здесь мы создаем два класса: `MyClassNonStatic` – без статического поля, `MyClassWithStatic` – со статическим полем.

Из примера все видно – наглядно и просто.

Минусом статических методов, является то, что они не могут использовать нестатические поля класса, так как они не имеют ссылки на `this` (экземпляр класса). Для более легкого понимания, просто можно думать, что для вызова нестатических методов нужен экземпляр класса, а нестатические должны использоваться и без экземпляра (упрощенно).

Практика: попробуйте в классе `MyClassNonStatic` объявить метод `func` статическим и обратиться к полю "a"

Преимущество стека и области видимости

У многих мог возникнуть вопрос, а почему мы используем стек?

Для этого рассмотрим еще один термин **области видимости**.

У каждой переменной есть область видимости – область, внутри которой можно обращаться к переменной.

Простой пример,

```
1 public class MyClass {
2     static void func(){
3         int a = 2;
4     }
5     public static void main(String ... args){
6         func();
7         System.out.println(a); // error: cannot find symbol
8     }
9 }
10
```

Здесь мы пытаемся обратиться к переменной `a` из другого метода, но получаем ошибку, так как область видимости переменной `a` ограничена блоком кода функции `func`, иными словами, переменная объявленная внутри функции `func` может использоваться только внутри неё самой.

Мы увидели пример того как область переменной ограничивается блоком кода (телом функции).

Теперь посмотрим пример того, как область видимости может содержать другие области видимости:

```
1 public class MyClass {
2
3     static int a = 5;
4
5     public static void main(String ... args){
6         System.out.println(a); // 5
7     }
8 }
9
```

Область видимости `main` содержится внутри области видимости тела класса, поэтому мы можем использовать переменную `a`.

Выходит что мы не можем объявить переменную с именем `a`? Нет, мы можем её объявить, и тогда мы будем обращаться уже к ней – тут все дело в том, как JVM ищет нужную переменную.

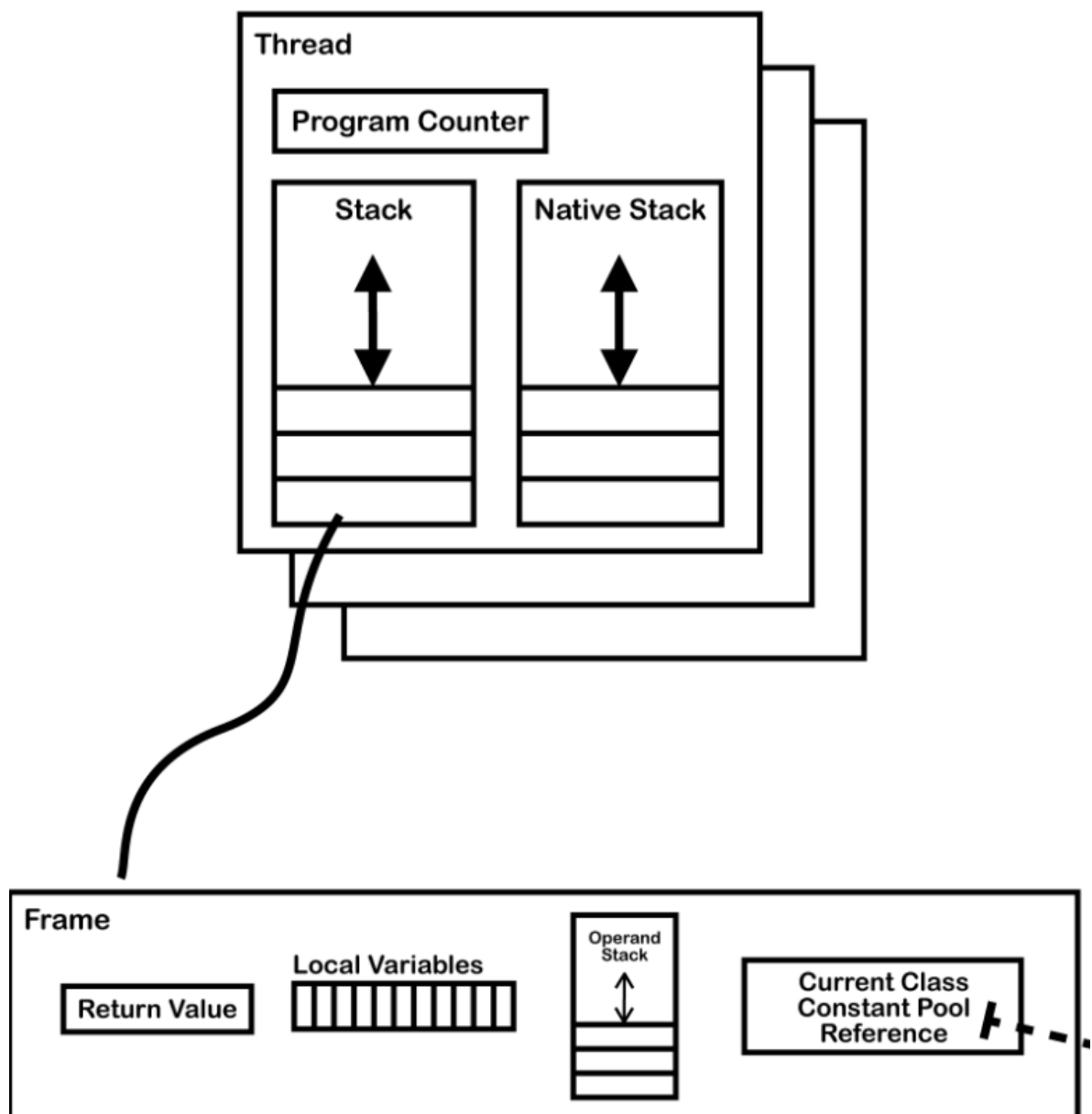
Сначала мы ищем эту переменную в своей области видимости, где она объявлена, если мы не находим там, то ищем в той области, где находится наша область и т.д. Если мы ничего не найдем, то компилятор выведет ошибку `cannot find symbol`.

Как это все организовано?

Принцип работы со стеком очень удобно применять для управления временем жизни и видимости переменных.

Механизм такой: когда программа начинает исполнять какую-то функцию, то под используемые в ней переменные выделяется место в стеке (это не то, что указано в байт-коде в свойстве `stack`, напомним, что тот стек – это стек операндов). Для наглядности посмотрим схему:

Stack



Да-да, в потоке программы есть несколько стеков, но углубляться мы не будем, так как лишь хотим узнать как хранятся данные нашей программы.

Итак, что такое стек операндов, который мы ранее разбирали? Он используется при выполнении инструкций байт-кода.

Например, когда мы хотим объявить переменную

```
1 int i;  
2
```

То получаем такую инструкцию, которая взаимодействует со стеком операндов и локальными переменными:

```
1 // Положить 0 наверху стека операндов:  
2 0: iconst_0  
3  
4 // вытолкнуть верхнее значение из стека операндов  
5 // и сохранить как локальную переменную 1  
6 1: istore_1  
7
```

После этой операции в стеке операндов не остается значений – все лишнее и не используемое в конкретный момент – убирается из стека операндов.

Поэтому в этом коде понадобится лишь один слот стека операндов:

```
1 public class Test {  
2     public static void plus() {  
3         int a = 1;  
4         int b = 3;  
5     }  
6 }  
7 // stack=1, locals=2, args_size=0  
8
```

Возвращаемся к листингу 2.1:

Листинг 2.1 DataExample.java

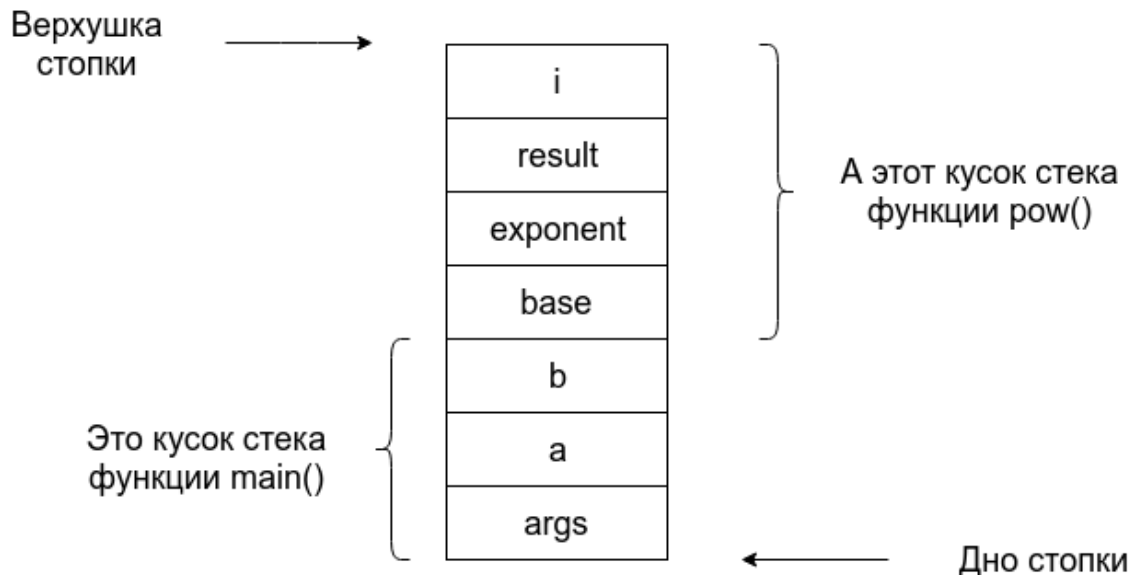
```
1 public class DataExample {  
2     public static void main(String[] args) {  
3         System.out.print("Enter a:");  
4         int a = Integer.parseInt(System.console().readLine());  
5         System.out.print("Enter b:");  
6         int b = Integer.parseInt(System.console().readLine());  
7         System.out.println("a+b=" + pow(a,b));  
8     }  
9     public static Long pow(int base, int exponent) {  
10        Long result = 1L;  
11        for (int i = 0; i < exponent; i++) {  
12            result *= base;
```

```

13 |     }
14 |     return result;
15 | }
16 | }
17 |

```

Упростим себе представление стека (не стек операндов) и посмотрим что там происходит:



При старте нашей программы в стеке будет выделено место под переменные `args`, `a`, `b`. По мере выполнения этой функции, ячейки в стеке будут заполняться какими-то значениями. В тот момент, когда программа дойдет до вызова функции `pow` в стеке создастся место под переменные необходимые для этой функции.

На рисунке мы можем разделить стек на несколько участков – это и есть *фреймы* (или иногда их называют кадрами). Заметим, что **это упрощенное представление стека**, на самом деле, там гораздо больше значений.

Здесь важно еще то, что аргументы функции (`base`, `exponent`) являются отдельными местами в памяти. Может показаться, что раз в нашей программе мы передаем в функцию `pow` `a` и `b`, то внутри неё мы будем общаться с этими местами в стеке.

Это мнение ошибочно. **Код вызываемой функции `pow` не может менять переменные внешней функции `main`**, поэтому когда при исполнении программа доходит до строки с вызовом функции `pow(a, b)`, значения, которые хранятся в соответствующих местах **копируются в места выделенные под `base` и `exponent`**. В момент, когда внутренняя функция заканчивает свою работу, то место в стеке используемое под неё очищается и может быть использовано дальше. Например, для вызова следующей функции.

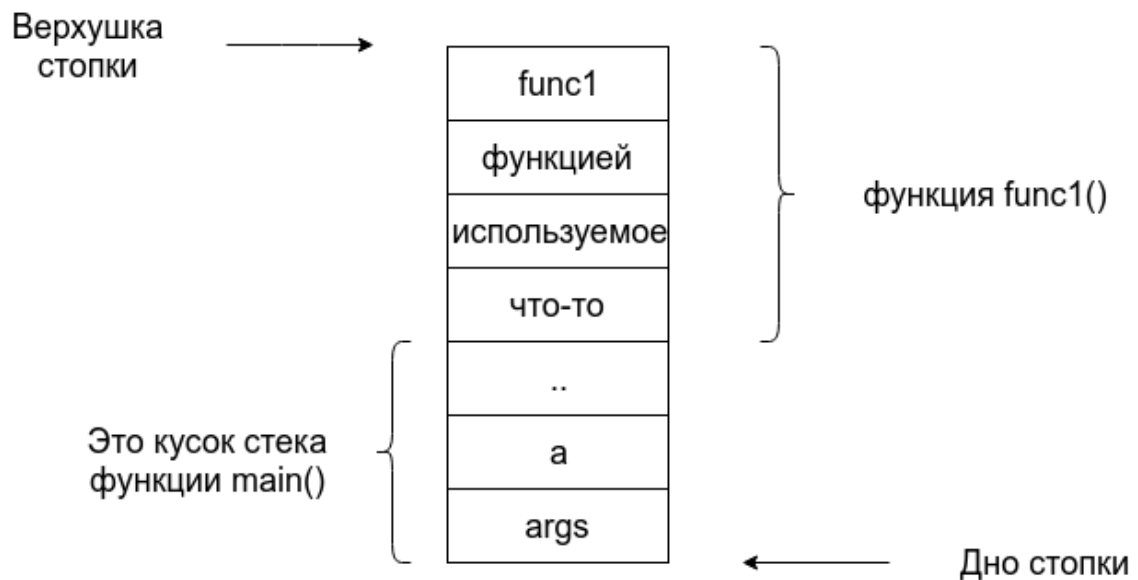
Давайте подробнее остановимся на моменте с очищением места в стеке.

Простой код:

```
1 public class App {  
2     public static void main(String[] args) {  
3         int a = 3;  
4         int b = 4;  
5         int c = func1(a, b);  
6         c++;  
7         d = func2(c, a);  
8     }  
9     // something methods  
10 }  
11
```

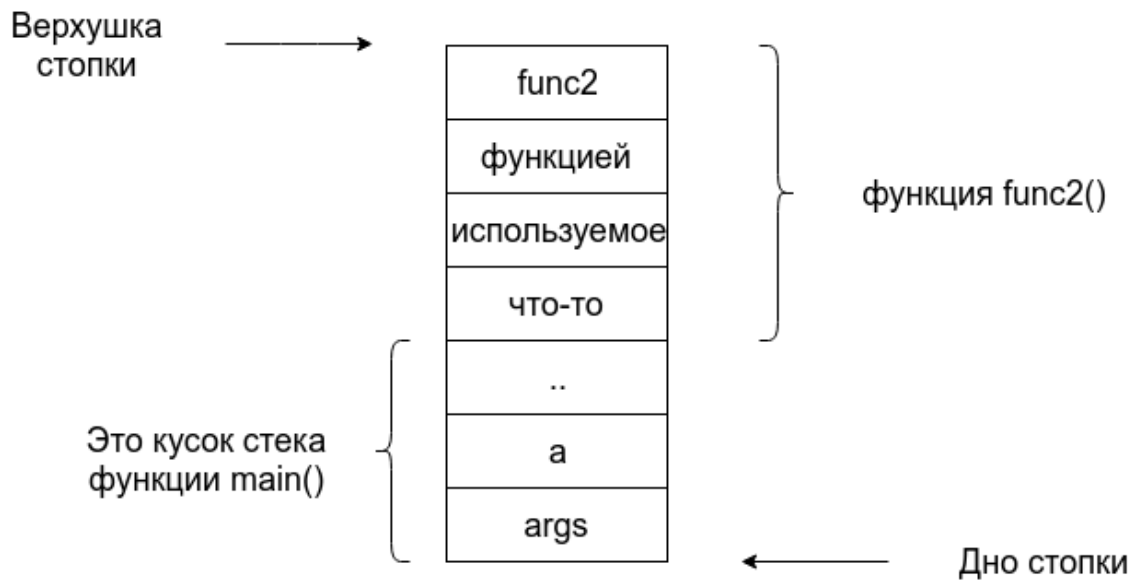
Допустим, что программа сейчас исполняет `func1` внутри метода `main`.

Стек будет выглядеть следующим образом:



Очень важно, понимать, что в этот момент времени в стеке нет ничего, что имеет отношение к функции `func2`.

В тот момент, когда мы войдем в `func2` часть стека используемая под `func1` будет стёрта, а на её месте будет `func2`



Итак, стеке хранятся данные, относящиеся к контексту функций, которые на этот момент времени выполняются. К таким данным относятся локальные переменные функции (то, что объявлено в её теле), аргументы функции, адрес возврата и возможно возвращаемое значение.

Наконец-то мы закончили со стеком, а теперь осталась куча. Что же это такое и как она работает?

Ссылочные типы данных и зачем нужна куча в Java?

Ранее в аргументах функции мы использовали простые типы данных, а что если нам необходимо использовать некоторые структуры?

Например, мы определили, что есть структура `человек` и она состоит из строки, описывающей имя человека и числа, описывающего его возраст. Получается, что когда нам нужно передать в функцию информацию о каком-то конкретном человеке (одна переменная), то нам нужно скопировать уже 2 значения. Вообще это похоже на то, как в примере выше копировались значения переменных `a` и `b` в аргументы функции.

Но иногда возникает такая ситуация, когда необходимо копировать достаточно много данных и если делать это достаточно часто, то будет много накладных расходов как по времени, так и по используемой памяти на хранение множества копий.

А что если функции передавать не само значение, а адрес, где оно лежит? К сожалению или к счастью, стек не предоставляет операции, где мы можем получить доступ к определенному месту в нем. К тому же, мы позволим какой-то функции `func1` влезть в данные функции `func2`, что не есть хорошо.

Также, если мы будем хранить нашу структуру в стеке, и создать экземпляр нашей структуры (класса) во внутренней функции, то передать ссылка на это место вверх к праотцам будет невозможно, так как в момент выхода, данные этой функции будут уничтожены (см. главу *Преимущество стека и области видимости*)

Таким образом, использование стека не предвещает ничего хорошего.

Тогда нам нужно еще одно хранилище данных, не имеющее вышеописанных минусов.

Для решения этих проблем было предложено сделать отдельную область памяти и назвать её **кучей (heap)**. Куча будет хранить какие-то долгоживущие объекты. Например нашу информацию о людях или о котиках.

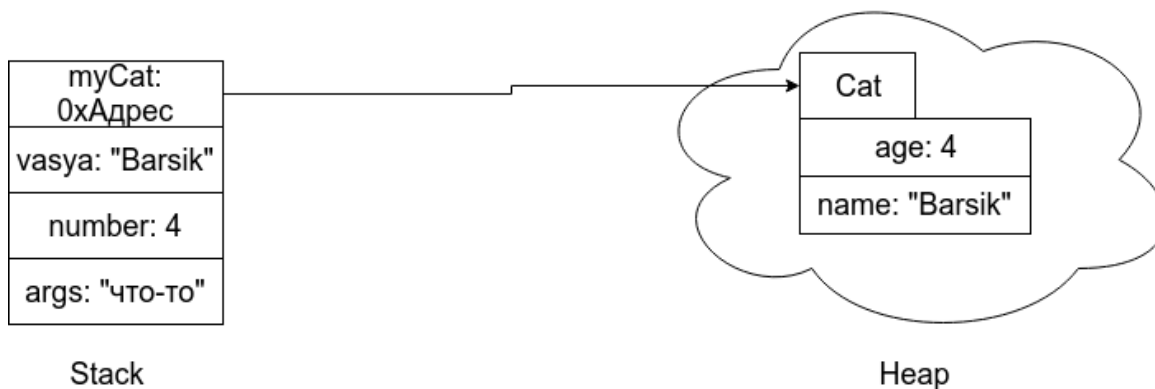
Теперь давайте представим, что у нас есть такой код на Java:

```
1  class Cat {
2      String name;
3      int age;
4  }
5
6  class App {
7      public static void main(String[] args) {
8          int number = 4;
9          String vasya = "Барсик"; // Внешность обманчива :)
10         Cat myCat = new Cat(vasya, number);
11     }
12 }
13
```

В этом коде мы объявили некоторый класс (структуру), которая описывает кота и содержит информацию о его возрасте и имени. В функции `main` мы создали несколько переменных, в том числе создали нового кота.

Исходя из всего вышеописанного, не трудно догадаться, что созданный нами объект `Cat` будет храниться в куче по какому-то адресу памяти. Собственно, этот адрес будет храниться как переменная `myCat`, иными словами `myCat` только указывает на место хранения объекта и не хранит его значения.

Выглядит это так:



Как видно на картинке, **стек хранит адрес объекта, который лежит в куче**. Теперь если нам нужно будет передать нашего кота в какую-то другую функцию, то мы просто скопируем его адрес в стек другой функции. Получается, что какие-то переменные хранят адрес, а какие-то само значение. По этой причине в Java типы данных переменных разделяют на два типа. **Ссылочные** типы данных и **примитивные**. Примитивные типы хранят само значение, а ссылочные – адрес на место в кучи, где лежит объект.

К слову, была популярная задачка про сравнение String. Я её слегка изменил, но суть не изменилась:

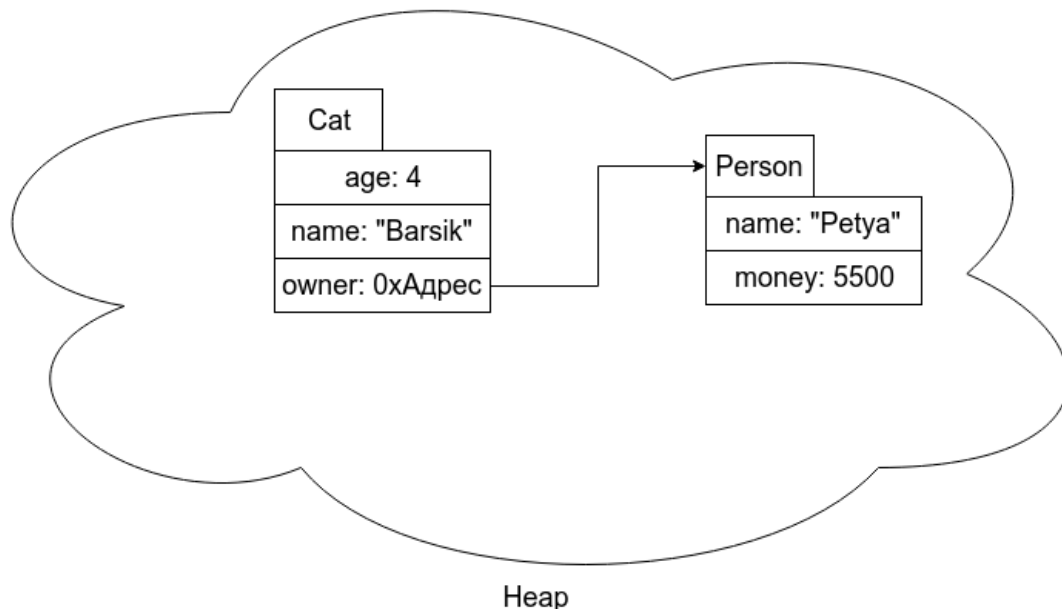
```
1 public class Task {
2     public static void main(String ... args){
3         String s1 = "123";
4         func(s1);
5     }
6
7     static void func(String s1){
8         String s2 = "123";
9         System.out.println(s1 == s2);           // false
10        System.out.println(s1 + " == " + s2);    // 123 == 123
11    }
12 }
13 }
14 }
```

Раньше я уже упоминал про String – это не примитивный тип данных.

Стринги в Java это отдельная тема разговоров, где используются различные паттерны для их оптимизации (такие как String pool). Про них можно почитать в [javarush](http://javarush.ru).

Вернемся к куче.

Давайте представим, что у нашего кота появилась дополнительная информация о его владельце (отдельное поле в классе Cat), которая представлена информацией об имени и количестве денег у него:



Этот пример даёт понять важную вещь – адрес на объект не всегда хранится в стеке. В нашем примере владелец – часть информации о коте и если кот хранится в куче, то и ссылка на его владельца хранится там же. Но при этом так как `Person` – ссылочный тип данных, то он тоже хранится в куче, а у кота есть ссылка на него.

Ошибочно считать, что все данные о человеке будут находиться в том же кусочке где и данные кота. Также неверно считать, что если у нас переменная имеет примитивный тип данных, то она лежит в стеке. Возраст является частью кота, поэтому он находится там же где и информация о коте. Но при этом там лежит само значение `4`, а не какой-то адрес, который указывает на место где записано `4`.

Ластхит по стеку и куче

Из всего сказанного ранее следует, что в стеке хранится контекст исполняемых функций, а именно их локальные переменные, переданные в них аргументы, а также адрес возврата и возвращаемое значение. В зависимости от того какой тип имеют эти переменные (ссылочный или примитивный) в стеке могут лежать либо сами значения, либо адрес на место в куче. В куче же хранятся все объекты (которые являются ссылочными типами данных). Если объект содержит примитив, то внутри блока памяти отведенного под этот объект хранится само значение (в нашем примере `4`), если же объект содержит ссылочный тип данных, то внутри него хранится адрес на другое место в куче, которое содержит информацию об этом объекте.

Парадигмы ООП

Давайте оставим байт-коды и прочее углубление в JVM и поднимемся на уровень выше – уровень абстракций.

В этой главе рассмотрим три основные парадигмы (абстракцию смотрите сами).

Инкапсуляция

Определение из википедии:

Инкапсуляция — в информатике упаковка данных и функций в единый компонент.

Вроде бы верно, но это что-то слишком общее, что нельзя считать нормальным ответом.

Посмотрим, что пишут в методичке кафедры ВТ:

Инкапсуляция – сокрытие данных внутри объекта и обеспечение доступа к ним с помощью общедоступных методов.

Это уже похоже на более внятный ответ. Разберем его получше.

Во-первых, следовало бы оговориться, что такие парадигмы ООП как инкапсуляция и полиморфизм – не относятся только к ООП, это лишь её парадигмы. Но здесь мы будем разбирать именно в контексте ООП.

Зачем нам нужно скрывать данные объекта?

Мы не должны давать другой системе (внешней) напрямую изменять свойства класса. Если мы дадим любой системе изменять наши данные внутри объекта, то мы не сможем это корректно контролировать, что может привести к ошибке.

Поэтому мы должны предоставлять метод, который позволит изменить значение нашей переменной, если надо.

Приведу, очень простой пример, где инкапсуляция может помочь:

```
1  class MyClass{
2      String val = "default";
3
4      void printValLength() {
5          System.out.println(val.length());
6      }
7
8  }
9  public class Main {
10     public static void main(String[] args) {
11         MyClass a = new MyClass();
12         a.printValLength();    // 7
13
14         a.val = null;          // произвольно меняем значение
15         a.printValLength();    // java.lang.NullPointerException
16     }
17 }
18
```

Здесь, как вы видите, мы создаем класс с полем `val`, значение которой любая внешняя система может изменить. Как мы видим, в методе `printValLength` мы вызываем метод `length`, чтобы узнать длину строки. Но мы не можем знать, что значение `val` не равен `null` и поэтому, когда мы выполняем эту функцию, то есть шанс получить `NPE (NullPointerException)`.

```
1  class MyClass{
2      private String val = "default";
3
4      void printValLength(){
5          System.out.println(val.length());
6      }
7
8      public void setVal(String val){
9          if (val == null) this.val = "";
10         else this.val = val;
11     }
12
13 }
14 public class Main {
15     public static void main(String[] args) {
16         MyClass a = new MyClass();
17         a.printValLength();    // 7
18
19         a.setVal(null);
20         a.printValLength();    // 0
21     }
22 }
23
```

Здесь мы добавили проверку на `null` и можем гарантировать, что `val` не будет равен `null`.

Как же мы этого добились?

Во-первых, использовали модификатор доступа `private` тем самым ограничив область видимости нашего поля, тем самым не давая обращаться к этому полю за пределами тела класса.

Модификаторов доступа всего лишь четыре:

- `private` – который дает возможность обращаться лишь коду из его класса, где он объявлен. В нашем случае, мы можем обращаться к полю `val` только внутри `MyClass`.
- `public` – поля и методы, объявленные с модификатором `public`, видны другим классам из текущего пакета и из внешних пакетов (к ним еще вернемся).
- `protected` – область видимости ограничена текущим пакетом и классами-наследниками (об этом еще поговорим)
- по-умолчанию – если не объявлять модификатор доступа, то он будет дефолтным – область видимости ограничена всеми классами внутри пакета (поэтому иногда его также называют `package-visible`)

Во-вторых, мы создали сеттер - `setVal`. По конвенции Java, следует называть сеттеры так:

`set<ИМЯ-ПОЛЯ>`, как сделали мы (в camelCase). Таким образом, другим программистам использующим ваш код или библиотеку, станет легче ориентироваться и он сразу будет знать как называется переменная, значение которой он изменяет.

По сути, мы сделали метод, который изменяет внутреннее состояние объекта. Здесь важно то, что объект сам изменяет своё состояние (совокупность свойств). То есть, изменяя переменную через такую функцию (сеттер), мы можем быть уверены, что никакой ошибки не будет (как например, NPE).

Разумеется, это не всегда так, бывают и ошибки, так как все мы люди, но всегда старайтесь делать так, чтобы изменение переменных через сеттер гарантировало безопасность.

К слову, есть обратное действие сеттеру - геттер, когда мы хотим не изменить значение поля, а получить его значение. Ведь, мы все равно не можем обратиться к `private` переменной. Поэтому необходимо будет создать и метод, который возвращает значение поля:

```
1  class MyClass{
2      private String val = "default";
3
4      void printValLength(){
5          System.out.println(val.length());
6      }
7
8      public void setVal(String val){
9          if (val == null) this.val = "";
10         else this.val = val;
11     }
12
13     public String getVal(){
14         return this.val;
15     }
16
17 }
18 public class Main {
19     public static void main(String[] args) {
20
21         MyClass a = new MyClass();
22         a.printValLength();    // 7
23         System.out.println(a.getVal()); // default
24
25         a.setVal(null);
26         a.printValLength();    // 0
27     }
28 }
```

Задание: посмотрите "Листинг 1.2 SecondExample" в главе конструкторы. Создайте там геттеры\сеттеры и объявите все поля `Grig` `private`

Наследование

Википедия:

Наследование — концепция объектно-ориентированного программирования, согласно которой абстрактный тип данных может наследовать данные и функциональность некоторого существующего типа, способствуя повторному использованию компонентов программного обеспечения

Тут следует заметить, что под абстрактным типом подразумевается класс.

А вот более приближенное к Java определение кафедры ВТ:

Наследование или расширение – приобретение одним классом (подклассом) свойств другого класса (суперкласса)

На самом деле, преимущества использования наследования очень полезны с использованием полиморфизма, но этому мы вернемся позже, а сейчас попробуем разобрать функционал, который дает нам наследование без учета полиморфизма.

Во-первых, это возможность наследования методов и даже полей. Допустим, у вас есть достаточно большой класс, содержащий, скажем, 12 методов. И вы должны создать класс, который имеет те же 12 методов, но и еще две дополнительные.

Первый вариант – это переписать весь тот большой класс в свой и добавить туда эти два метода. Казалось бы, почему бы и нет. Так, вы создали еще 5 классов, немного отличающихся друг от друга дополнительными методами. Но вдруг в один прекрасный день обнаружился баг в одном из методов, который присутствует в каждом из 7 классов, которые вы создавали. Вам сильно повезло, если вы записали в блокнот какие классы имеют вот этот одинаковый по реализации метод.

Второй вариант – это использование наследования. К счастью, наследование дает нам возможность избежать проблем первого варианта. Нам нужно просто наследоваться от нужного класса (который имеет 12 методов) и в своем классе определить лишь те методы, которых нет в суперклассе (класс от которого мы наследуемся).

Рассмотрим простой пример реализации наследования. Пример
inheritance/example1/InheritanceExample.java

Определим наш класс человека

```
1 class Person {
2     private String name;
3     private int age;
4
5     public void doSomething(){
6         System.out.println("I'm individual person");
7     }
8
9     // геттеры / сеттеры
10 }
11
```

И давайте создадим босса:

```
1 class Boss extends Person {
2     public void doSomethingLikeABoss(){
3         System.out.println("I'm a boss!");
4     }
5 }
6
```

Попробуем сделать какие-нибудь манипуляции:

```
1 Person person = new Person();
2
3 person.doSomething();           // I'm individual person
4 person.setAge(18);
5 person.setName("Lilith");
6
7 System.out.println(person.getName() + " " + person.getAge()); //
Lilith 18
8
9 Boss boss = new Boss();
10
11 boss.setAge(30);               // методы наследованные от суперкласса
(Person)
12 boss.setName("Boris");
13 System.out.println(boss.getName() + " " + boss.getAge()); //
Boris 30
14
15 boss.doSomething();            // I'm individual person
16 boss.doSomethingLikeABoss();   // I'm boss!
17
```

Если посмотреть на класс `Boss`, то мы можем видеть только один метод, но по факту можем использовать все доступные методы из `Person`.

Что значит доступные? Так или иначе, модификаторы доступа к методам или полям при наследовании также остаются. При этом `private` методы или поля мы не сможем использовать даже в классе потомке (в нашем случае `Boss`).

Задание: Попробуйте объявить поле `age` `protected` и обратиться к ней напрямую из потомка.

И есть две очень важные вещи, касаемо наследования. Их мы и разберем.

Давайте, добавим конструктор в класс `Person`, потому что задавать их вручную – неудобно.

Пример `inheritance/example2/InheritanceExample2.java`

```
1  class Person {
2      private String name;
3      private int age;
4
5      public Person(String name, int age) {
6          this.name = name;
7          this.age = age;
8      }
9
10     public void doSomething() {
11         System.out.println("I'm individual person");
12     }
13
14     // геттеры и сеттеры
15 }
16
```

Как только мы объявили конструктор в родительском классе, то должны объявить его и в классе потомке, если нету конструктора по умолчанию.

Разберем это подробнее. Как мы ранее говорили (см. главу Конструкторы) у всех классов есть конструктор по умолчанию. Этот конструктор пустой. При наследовании важно понимать, что если мы объявим какой-то непустой конструктор в суперклассе, тогда конструктор по умолчанию исчезнет, а следовательно его не будет и в классе потомке. Поэтому мы должны создать этот же конструктор и в классе потомке и прописать как он будет работать.

К счастью, нам не придется копировать код который находится в предке, а можем использовать `super`. Это переменная позволяет обращаться к конструктору класса, от которого мы наследуемся.

```

1  class Boss extends Person {
2      public Boss(String name, int age) {
3          super(name, age);    // обращаемся к конструктору Person
4      }
5
6      public void doSomethingLikeABoss() {
7          System.out.println("I'm a boss!");
8      }
9
10 }
11

```

Переопределение методов

Еще одной важной вещью для использования наследования является переопределение.

Вы можете использовать переопределение, если хотите поменять поведение метода. Например, мы можем переопределить метод `doSomething` у `Boss`:

```

1  class Boss extends Person {
2      public Boss(String name, int age) {
3          super(name, age);
4      }
5
6      public void doSomething() {
7          System.out.println("I'm individual boss!");
8      }
9
10     public void doSomethingLikeABoss() {
11         System.out.println("I'm a boss!");
12     }
13 }

```

И увидеть, что выполнится метод, который объявлен в `Boss`, а не в `Person`:

```

1  Person person = new Person("Lilith", 18);
2  person.doSomething();    // I'm individual person
3
4  Boss boss = new Boss("Boris", 30);
5  boss.doSomething();    // I'm individual boss!
6

```

Умение находить информацию в интернете – очень важная часть работы. Когда вы можете получить все из одного места, то нельзя развить навыки поиска решений в интернете.

Поэтому, сейчас возьмите и узнайте, что такое `@Override`. Не страшно, если вы не знаете аннотации, о них мы еще поговорим, но использовать `@Override` вы уже можете.

Наследуются ли конструкторы?

– Нет, не наследуются!

Итак, почему же конструкторы не наследуются? Дело в том, что если мы наследуем все конструкторы родителя автоматически, то не можем гарантировать, что какая-то переменная не инициализируется неправильно.

Например, мы можем добавить какой-то метод, который высчитывает длину строки имени, а конструктор суперкласса может инициировать эту переменную как `null`. В свою очередь, мы можем не заметить этого и получить ошибки NPE.

Поэтому, если мы хотим иметь те же конструкторы, что и родитель (суперкласс), то мы должны явно их объявить, как мы это сделали с примером `Boss`.

Забавный факт: Если вы знаете класс `Object`, от которого наследуются все классы, то представьте, что было бы, если бы все конструкторы наследовались по умолчанию :)

О работе `super` и переопределения конструкторов

Здесь мы коснемся важной темой переопределения конструкторов.

Сначала, требуется понимать, что когда вы вызываете конструктор потомка, то сначала вызывается конструктор предка.

Это легко можно проверить не залезая в байт-код. Пример `example3/ConstructorInhExample.java`:

```
1  class A{
2      public A() {
3          System.out.println("A constructor");
4      }
5  }
6  class B extends A {
7      public B() {
8          System.out.println("B constructor");
9      }
10 }
11
12 public class ConstructorInhExample {
13     public static void main(String ... args) {
14         B b = new B();
15
16         // Output:
17         // A constructor
18         // B constructor
19     }
20 }
21
```

Как мы видим, в конструкторе `B` мы не вызывали `super()`, но все же он вызвался. То есть всегда по умолчанию вызывается пустой конструктор предка, если мы сами его не вызываем. Сделано это для того чтобы переменные из предка инициализировались правильно.

Проблемы могут начаться тогда, когда мы объявим свой конструктор, тем самым убрав конструктор по умолчанию. Тогда конструктор из `B` попытается вызвать пустой конструктор по умолчанию, но ничего не найдет, так как его в предке нет.

Решить эту проблему, можно вызвав `super` вручную с какими-то аргументами, которая объявлена в предке. Например, мы сделали это в примере `inheritance/example2/InheritanceExample2.java`.

Добавление новых конструкторов

Если вы хотите добавить свой конструктор, то вызывайте `super` вручную в соответствии с тем, что объявлено в предке. Но если вы этого не сделаете, то ваш конструктор неявно (автоматически) добавит `super()`, заметьте с пустыми аргументами. В том случае, когда пустой конструктор в предке отсутствует – вы получите ошибку на этапе компиляции.

Полиморфизм

Наконец, мы дошли до третьей парадигмы – полиморфизм.

Параметрический полиморфизм

Если коротко, то

Параметрический полиморфизм – способность функции обрабатывать данные разных типов

Опять же представим себе ситуацию, когда нам нужно передавать в аргументы функции несколько разных типов. Например, возвращаясь к примеру с боссом и человеком – мы хотим создать метод, который на вход получает босса **или** человека, а потом выводит его имя.

Тут вы уже могли заметить, что босс по сути является потомком человека – содержит все методы, которые есть у человека. А значит, мы можем указать в функции тип человека и при этом передавать туда босса (потому что это его потомок).

И ведь, действительно, если босс является потомком человека, мы можем гарантировать, что у него есть все методы человека и ошибки вроде `No Such Method Error` или подобного не выйдут.

Пример `polymorph/PolymorphExample.java`

```
1 class Person {
2     private String name;
3     private int age;
4
5     public Person(String name, int age) {
6         this.name = name;
7         this.age = age;
8     }
```

```

9      public Person(String name, int age, int i){
10          this.name = name;
11          this.age = age;
12      }
13
14      public void doSomething(){
15          System.out.println("I'm individual person");
16      }
17
18      // геттеры\сеттеры
19  }
20
21  class Boss extends Person {
22      public Boss(String name, int age){
23          super(name, age);
24      }
25      public void doSomethingLikeABoss(){
26          System.out.println("I'm a boss!");
27      }
28
29  }
30
31  public class PolymorphExample {
32      private static void myPolymorphMethod(Person person){
33          System.out.println(person.getName());
34      }
35      public static void main(String ... args) {
36          Person person = new Person("Alice", 21);
37          Boss boss = new Boss("Juan", 38);
38
39          myPolymorphMethod(person);      // Alice
40          myPolymorphMethod(boss);        // Juan
41      }
42  }
43

```

Полиморфизм подтипов

Это свойство позволяет обращаться с помощью единого интерфейса к классу и к любым его потомкам, также его называют полиморфизмом включения.

```

1  class A {
2      public void doSome(){
3          System.out.println("A doing something");
4      }
5  }
6
7  class B extends A{
8      @Override
9      public void doSome(){
10         System.out.println("B doing something");
11     }

```

```
12 }
13
14
15 public class PolymorphExample2{
16     public static void main(String ... args){
17         A obj1 = new A();
18         A obj2 = new B();    // полиморфизм in action!
19
20         obj1.doSome();    // A doing something
21         obj2.doSome();    // B doing something
22
23         // point 1
24     }
25 }
26
```

Здесь мы видим, что мы можем объявить тип `obj2` как тип `A`, но при этом создать для него экземпляр класса `B`. Такие операции называют **восходящим преобразованием** – его мы разберем потом.

Задание: попробуйте добавить новый метод в класс `B` и вызвать его в этом же коде, после вызова двух методов (`point 1`). Объяснить это явление вам поможет восходящее преобразование

Слишком просто? Тогда давайте углубимся в полиморфизм, затрагивая темы динамического связывания, восходящего преобразования и поведения полиморфных методов при вызове из конструкторов.

Но если вы не любите усложнять себе жизнь или если вы казуал, то можете посмотреть статью на [javarush](http://javarush.com), где вполне доступно, как для детей, рассказывают про полиморфизм с картинками.

Динамическое связывание

... печатает текст

Подробнее об инициализации

Блоки инициализации

Язык Java позволяет сгруппировать несколько действий по инициализации объектов `static` в специальной конструкции, называемой *статическим блоком*. А также для инициализации нестатических переменных (без `static`) каждого объекта просто блоки инициализации.

Посмотрим пример `examples/manual-2/block/example-1/BlockOfInitExample.java`

```
1 public class BlockOfInitExample{
2
3     private int a = 0;
4     private static int b = 0;
5
6
7     {                // нестатический блок инициализации
8         a = 10;
9     }
10
11     static {         // статический блок инициализации
12         b = 10;
13     }
14
15     public static void main(String ... args){
16
17         System.out.println("b: " + b);                //
18     10
19
20         System.out.println("a: " + new BlockOfInitExample().a); //
21     10
22     }
23 }
```

Статический блок кода, как и остальная инициализация `static`, выполняется лишь один раз: при первом создании объекта этого класса или при первом обращении к статическим членам этого класса (даже если ни один объект класса не создается).

А вот нестатический блок инициализации выполняется каждый раз, когда создается объект. При этом выполняется, когда выполнены все статические блоки инициализации и **до** конструкторов.

Рассмотрим следующий код:

`example-2/BlockOfInitExample2.java`

```
1 public class BlockOfInitExample2 {
2
3     private int a = 0;
4     private static int b = 0;
5
6     {
7         System.out.println("non-static block");
8         a = 10 + a;
9         b = 60 + b;    // можем изменять статические поля
10    }
11
12    static {
```

```

13         System.out.println("static block");
14         b = 55;
15
16         // мы не можем здесь определить переменную "a"
17         // т.к. a - нестатическая переменная
18         // a = 90;
19     }
20
21     private void printValues() {
22         System.out.println("a: " + a);
23         System.out.println("b: " + b);
24     }
25
26     public static void main(String ... args) {
27
28         new BlockOfInitExample2().printValues();    // #1
29         // static block
30         // non-static block
31         // a: 10
32         // b: 115          // 55 + 60
33
34         new BlockOfInitExample2().printValues();    // #2
35         // non-static block
36         // a: 10
37         // b: 175          // 115 + 60
38
39         new BlockOfInitExample2().printValues();    // #3
40         // non-static block
41         // a: 10
42         // b: 235          // 175 + 60
43     }
44
45 }
46

```

Метод `printValues` выводит значения переменных `a` и `b`

Как мы можем видеть, статический блок инициализации срабатывает только одинжды – когда мы впервые создаем объект. Также можно заметить, что нестатический блок инициализации сработал позднее статического, но выполняется каждый раз, когда создается объект, несмотря на то, что статический блок инициализации находится ниже, чем он.

Задание: напишите пример кода, где видно, что конструктор выполняется после исполнения нестатического блока инициализации.

Также следует обратить особое внимание на порядок вызовов конструкторов и блоков инициализации при наследовании:

```

1  class A {

```

```

2      A() {
3          System.out.println("constructor [A]");
4      }
5      static {
6          System.out.println("static block of init [A]");
7      }
8
9      {
10         System.out.println("block of init [A]");
11     }
12 }
13
14 class B extends A {
15     B() {
16         System.out.println("constructor [B]");
17     }
18     static {
19         System.out.println("static block of init [B]");
20     }
21
22     {
23         System.out.println("block of init [B]");
24     }
25 }
26
27 public class BlockOfInitExample3 {
28     public static void main(String ... args) {
29         System.out.println("First B init:");
30         new B();
31
32         System.out.println("Second B init:");
33         new B();
34     }
35 }
36
37 // Output:
38
39 // First B init:
40 // static block of init [A]
41 // static block of init [B]
42 // block of init [A]
43 // constructor [A]
44 // block of init [B]
45 // constructor [B]
46
47 // Second B init:
48 // block of init [A]
49 // constructor [A]
50 // block of init [B]
51 // constructor [B]
52

```

Задание: разберите, почему на выводе мы получаем такой результат.

Такой синтаксис необходим для поддержки *анонимных внутренних классов* , но он также гарантирует, что некоторые операции будут выполнены независимо от того, какой именно конструктор был вызван в программе.

Что за `new`?

Вы уже могли много раз использовать оператор `new`. Как вы уже поняли – он нужен для создания объекта.

Оператор `new` :

- Выделяет место для объекта
- Вызывает конструктор объекта, который инициализирует объект
- Возвращает ссылку на объект в памяти

Что за `.new`?

Иногда в программе требуется приказать объекту создать объект одного из его внутренних классов. Для этого в выражение `new` включается ссылка на другой объект внешнего класса с синтаксисом `.new`

К примеру, если мы имеем внешний класс `A`, который имеет внутренний класс `B`(класс, который объявлен внутри другого класса) , то мы можем создать объект класса `B` , обратившись к объекту класса `A` , таким образом: `objA.new B()` , как-будто используем обычный `new`

Пример `manual-2/new/example-1/InnerNewExample.java`

```
1 public class InnerNewExample {
2     private class Inner {};
3     public static void main (String ... args){
4         InnerNewExample obj = new InnerNewExample();
5         Inner innerObj = obj.new Inner();
6     }
7 }
8
```

Инициализация массивов

Переменные массивов не содержат значения, а только ссылку на сам массив (логично, так как они создаются с помощью оператора `new`, либо память выделяется неявно компилятором)

Посмотрим пример `manual-2/array/example-1/ArraysExample.java`

```
1 public class ArraysExample {
2     public static void main(String ... args){
```



```

3      int[] a1 = {1, 2, 3, 4, 5}; // выделение памяти (new)
    производится компилятором
4      int a2[];
5
6      a2 = a1;    // присваиваем ссылку, а не сам массив
7
8      for (int i = 0; i < a2.length; i++){
9          a2[i] = a2[i] + 1;
10     }
11
12     for (int i = 0; i < a1.length; i++){
13         System.out.printf("a1[%d] = " + a1[i] + "\n", i);
14     }
15 }
16 }
17
18 // Output:
19 // a1[0] = 2
20 // a1[1] = 3
21 // a1[2] = 4
22 // a1[3] = 5
23 // a1[4] = 6

```

В данном случае `a2 = a1` вы, на самом деле, копируете ссылку, что продемонстрировано при выводе значений массива `a1`

Модификатор `final`

Как правило, модификатор `final`, говорит о том, что объект не должен изменяться.

Это может понадобиться, когда вы хотите объявить переменную, значение, которой не должно меняться. И тут речь идет не о внутренних данных вашей переменной, а именно сама переменная, представленная в виде ссылки.

Рассмотрим простой пример:

```

1  final int a = 3;
2  a = 4;    // ошибка компиляции

```

Вроде бы, все тривиально. Но как насчет ссылочных типов данных?

Создадим свой класс (для упрощения без геттеров и сеттеров):

```

1  class Point{
2      int a;
3      int b;
4      Point(int a, int b){
5          this.a = a;
6          this.b = b;
7      }
8  }

```

Пробуем:

```
1 final Point point = new Point(1, 2);
2 point = new Point(1,2); // ошибка компиляции
```

Отлично, действительно, `final` гарантирует нам, что ссылка на объект не изменится. Но это касается только ссылки на объект, но не сами значения объекта. Ведь, `point` – это только ссылка на наш объект. Поэтому, мы вполне можем сделать и такое:

```
1 final Point point = new Point(1, 2);
2 System.out.println(point.a + " " + point.b);    // 1 2
3 point.a = 55;
4 point.b = 111;
5 System.out.println(point.a + " " + point.b);    // 55 111
```

Выглядит логично, так как мы объявили `final` лишь ссылку на объект.

Чтобы значения нашего `Point` также не менялись, нам следует объявить их `final`

```
1 class Point{
2     final int a;
3     final int b;
4     Point(int a, int b){
5         this.a = a;
6         this.b = b;
7     }
8 }
```

В этом случае, важно понимать, что нам нужно инициализировать `final`-переменные до создания готового экземпляра. Иначе говоря, когда `new` возвращает ссылку на наш объект, то все `final`-переменные должны быть проинициализированы.

За этим проследит компилятор, но за его реализацию ответственен сам программист. В Java инициализировать `final` переменную можно несколькими способами:

- При объявлении
- В блоке инициализации
- В конструкторе

Также, следует заметить, что мы можем проинициализировать нашу переменную лишь один раз, то есть случай, когда мы сделаем инициализацию два раза должен быть исключен.

```
1 class Point{
2     final int a;
3     final int b;
4     final static int c;
5     final static int d = 4;
6
7     static {    // статический блок инициализации
8         c = 3;
```

```

9      }
10
11     {           // блок инициализации
12         b = 2;
13         // d = 4;
14     }
15
16     Point(int a){
17         this.a = a;
18     }
19
20     Point(){
21         a = 1;
22     }
23 }

```

Что мы можем уяснить с этого примера?

Во-первых, мы не можем проинициализировать `static`-переменную в не статическом блоке. В следствие того, что нестатический блок инициализации исполнится только при создании экземпляра.

Во-вторых, мы можем по-разному и в нескольких местах написать инициализацию `final`-переменной (в примере это поле `a`). Но при этом мы должны гарантировать, что случаи инициализации этой переменной взаимоисключающие.

Конкретно в этом примере, мы инициализируем его в одном из конструкторов. Очевидно, что два конструктора здесь не вызовутся. Ради проверки, вы можете поставить в один из конструкторов вызов другого через `this()` или `this(int a)`. Тогда компилятор уже сообщит вам об ошибке.

Примечательным также является и то, что у `final`-переменных нет значения по умолчанию, поэтому выполнив такой код, мы получим ошибку:

```

1  class Point{
2      private final static int a;
3      static {
4          System.out.println(a); // variable a might not have been
           initialized
5          a = 7;
6      }
7  }

```

И напоследок, чтобы собрать всю информацию воедино, посмотрим пример еще одной ошибки:

```
1 class Point {
2     static final int var;
3
4     static {
5         Point.var = 10; // обращение через класс
6     }
7 }
```

В этом примере интересна не столько ошибка, сколько и какая из ошибок вызовется первым: переменная не инициализирована или изменение `final`-переменной.

Оказывается, что компилятор сначала будет ругаться на то, что мы попытаемся изменить `final`-переменную и только потом на то, что она не проинициализирована. Это ожидаемо, так как компилятор может предположить, что переменная будет проинициализирована где-то еще в другом блоке инициализации.

Модификаторы

Ранее мы уже встречали множество модификаторов таких, как `public`, `private`, `final` и так далее. Здесь мы поговорим когда, где и как уместно их использовать.

Модификаторы доступа

Будьте бдительны! (с) Цопа

Есть 4 вида доступа ко внутренним свойствам класса:

- `package-private` – модификатор доступа по умолчанию. Его нельзя прописать вручную, так как в этом нет необходимости – можно просто не указывать модификатор доступа. Ограничивает область видимости пакетом класса, внутри которого он объявлен.
- `public` – неограниченная область видимости. Метод, поле или класс объявленный с этим модификатором можно использовать в любом месте проекта, если класс в котором он объявлен, также является публичным.
- `private` – ограничение области видимости в рамках тела класса.
- `protected` – ограничение области видимости внутри пакета и потомками, наследующих от класса, в котором он объявлен

Тут нужно быть очень внимательным, так как даже, если ваш метод объявлен как `public`, а класс в котором он находится `private`, то вы все равно не сможете получить к нему доступ.

Например,

```

1 class Point {
2     private class A {
3         public void foo(){
4             System.out.println("VT: krya krya!");
5         }
6     }
7 }

```

Мы не сможем получить доступ к методу `foo()` так как область его видимости ограничена не его модификатором, а модификатором класса, в котором он находится.

Также вас могут смутить модификаторы доступа в конструкторах:

```

1 class Point {
2
3     public Point() {}
4
5     protected Point(int a) {}
6
7     Point(int a, int b) {}
8
9     private Point(int a, String s) {}
10 }

```

Через области видимости конструкторов мы можем управлять тем, где может быть инициализирован наш класс.

Если с первыми тремя еще как-то понятно, но зачем нам модификатор доступа `private`?

Во-первых, её можно использовать через конструкцию `this()` для вызова конструкторов.

Во-вторых, если у нас все конструкторы будут `private`, то создать экземпляр класса можно будет только внутри его тела. Это может понадобиться для реализации такого паттерна как `Singleton`

final для методов

Модификатор `final` применим и для методов.

Давайте подумаем, как он может применяться в контексте методов. Раз уж мы говорим `final`, то следовательно, метод не должен меняться. А когда он может меняться? – При переопределении в случае наследования. Значит, это метод, который нельзя переопределить.

Действительно, все звучит очень логично:

```

1  class Point {
2      final void foo(){
3          // something
4      }
5  }
6
7  class PointChild extends Point {
8      void foo(){ // can't override
9
10     }
11 }

```

final для классов

Оказывается, что `final` может использоваться и для классов.

```

1  final class Point {
2      final void foo(){
3          // something
4      }
5  }
6
7  // error: can't inherit
8  class PointChild extends Point{
9
10 }

```

Как видно из примера, мы здесь не можем наследоваться от класса, то есть опять же не можем изменить этот класс. Логика осталась прежней.

Приложение А. Использованная литература

Arhipov Blogspot – [Java Bytecode Fundamentals](#)

jrebel.com – [Mastering Java Bytecode at the Core of the JVM](#)

dzone.com – [Introduction to Java Bytecode](#)

shipilev.net – [JVM Anatomy Quark #8: Local Variable Reachability](#)

Jamesdbloom Blog – [JVM Internals](#)

Tim Lindholm, Frank Yellin – [JVM Specification Java SE8 Edition](#)

Отдельная благодарность статье на Tune-IT, именно она сподвигла меня на идею написать подробнее про стек и кучу:

Alexander Yarkeev – [Стек и куча для чайников](#)

Ну, и не обошлось без `stackoverflow` :)

Самым любознательным

В этой секции будут темы, которые могут быть за гранью контекста Java или связаны с низкоуровневым программированием

Hello World из байт-кода

Для начала создадим простенькую программу:

```
1 public class Main {
2     public static void main(String ... args) {
3         System.out.println("Hello World");
4     }
5 }
6
```

Скомпилируем её командой `javac Main.java` и собственно сделаем дизассемблинг

```
1 javap -c -v Main
```

Main.class

```
1 Classfile /C:/Users/Arthur/playground/java/jvm/Main.class
2   Last modified 26.10.2019; size 413 bytes
3   MD5 checksum 6449121a3bb611fee394e4f322401ee1
4   Compiled from "Main.java"
5 public class Main
6   minor version: 0
7   major version: 52
8   flags: ACC_PUBLIC, ACC_SUPER
9 Constant pool:
10   #1 = Methodref          #6.#15           // java/lang/Object."
    <init>":()V
11   #2 = Fieldref           #16.#17           //
    java/lang/System.out:Ljava/io/PrintStream;
12   #3 = String              #18              // Hello World
13   #4 = Methodref          #19.#20          // java/io/PrintStream.println:
    (Ljava/lang/String;)V
14   #5 = Class               #21              // Main
15   #6 = Class               #22              // java/lang/Object
16   #7 = Utf8                <init>
17   #8 = Utf8                ()V
```

```

18      #9 = Utf8                Code
19      #10 = Utf8               LineNumberTable
20      #11 = Utf8               main
21      #12 = Utf8               ([Ljava/lang/String;)V
22      #13 = Utf8               SourceFile
23      #14 = Utf8               Main.java
24      #15 = NameAndType        #7:#8          // "<init>": ()V
25      #16 = Class               #23           // java/lang/System
26      #17 = NameAndType        #24:#25        //
out:Ljava/io/PrintStream;
27      #18 = Utf8               Hello World
28      #19 = Class               #26           // java/io/PrintStream
29      #20 = NameAndType        #27:#28        // println:
(Ljava/lang/String;)V
30      #21 = Utf8               Main
31      #22 = Utf8               java/lang/Object
32      #23 = Utf8               java/lang/System
33      #24 = Utf8               out
34      #25 = Utf8               Ljava/io/PrintStream;
35      #26 = Utf8               java/io/PrintStream
36      #27 = Utf8               println
37      #28 = Utf8               (Ljava/lang/String;)V
38  {
39      public Main();
40          descriptor: ()V
41          flags: ACC_PUBLIC
42          Code:
43              stack=1, locals=1, args_size=1
44              0: aload_0
45              1: invokespecial #1                  // Method
java/lang/Object."<init>": ()V
46              4: return
47          LineNumberTable:
48              line 1: 0
49
50      public static void main(java.lang.String...);
51          descriptor: ([Ljava/lang/String;)V
52          flags: ACC_PUBLIC, ACC_STATIC, ACC_VARARGS
53          Code:
54              stack=2, locals=1, args_size=1
55              0: getstatic    #2          // Field
java/lang/System.out:Ljava/io/PrintStream;
56              3: ldc          #3          // String Hello World
57              5: invokevirtual #4// Method java/io/PrintStream.println:
(Ljava/lang/String;)V
58              8: return
59          LineNumberTable:
60              line 4: 0
61              line 5: 8
62  }
63  SourceFile: "Main.java"
64

```


Это просто представление байт-кода, которое человеку видеть легче, чем оригинальный байт-код, но сам он выглядит иначе:

1	cafe	babe	0000	0034	001d	0a00	0600	0f09
2	0010	0011	0800	120a	0013	0014	0700	1507
3	0016	0100	063c	696e	6974	3e01	0003	2829
4	5601	0004	436f	6465	0100	0f4c	696e	654e
5	756d	6265	7254	6162	6c65	0100	046d	6169
6	6e01	0016	285b	4c6a	6176	612f	6c61	6e67
7	2f53	7472	696e	673b	2956	0100	0a53	6f75
8	7263	6546	696c	6501	0009	4d61	696e	2e6a
9	6176	610c	0007	0008	0700	170c	0018	0019
10	0100	0b48	656c	6c6f	2057	6f72	6c64	0700
11	1a0c	001b	001c	0100	044d	6169	6e01	0010
12	6a61	7661	2f6c	616e	672f	4f62	6a65	6374
13	0100	106a	6176	612f	6c61	6e67	2f53	7973
14	7465	6d01	0003	6f75	7401	0015	4c6a	6176
15	612f	696f	2f50	7269	6e74	5374	7265	616d
16	3b01	0013	6a61	7661	2f69	6f2f	5072	696e
17	7453	7472	6561	6d01	0007	7072	696e	746c
18	6e01	0015	284c	6a61	7661	2f6c	616e	672f
19	5374	7269	6e67	3b29	5600	2100	0500	0600
20	0000	0000	0200	0100	0700	0800	0100	0900
21	0000	1d00	0100	0100	0000	052a	b700	01b1
22	0000	0001	000a	0000	0006	0001	0000	0001
23	0089	000b	000c	0001	0009	0000	0025	0002
24	0001	0000	0009	b200	0212	03b6	0004	b100
25	0000	0100	0a00	0000	0a00	0200	0000	0400
26	0800	0500	0100	0d00	0000	0200	0e	

С этим кодом мы и будем работать.

Но для начала нам нужно его форматировать, чтобы не путаться что где находится, а байт-код, на самом деле, имеет вполне жесткую структуру:

1	ClassFile	{
2	u4	magic;
3	u2	minor_version;
4	u2	major_version;
5	u2	constant_pool_count;
6	cp_info	constant_pool[constant_pool_count-1];
7	u2	access_flags;
8	u2	this_class;
9	u2	super_class;
10	u2	interfaces_count;
11	u2	interfaces[interfaces_count];
12	u2	fields_count;
13	field_info	fields[fields_count];
14	u2	methods_count;
15	method_info	methods[methods_count];
16	u2	attributes_count;
17	attribute_info	attributes[attributes_count];

Её вы можете найти в спецификации JVM [Chapter 4.1 The ClassFile Structure](#)

Тут все просто – слева указана размерность в байтах, а справа описание.

Разбирать байт-код мы будем в hexadecimal, где каждая цифра занимает 4 бита, а следовательно, на два байта – 4 цифры и на четыре байта – 8 цифр.

magic

magic – это значение, которое идентифицирует формат нашего класса. Он равен 0xCAFEBAFE, который имеет свою [историю создания](#).

minor_version, major_version

Это версии вашего class файла. Если мы назовем major_version M и minor_version m, то получаем версию нашего class файла как M.m

Сейчас я сразу буду приводить примеры из примера "Hello World", чтобы посмотреть как они используются:

```
1 | cafe babe -- magic
2 | 0000 -- minor_version
3 | 0034 -- major_version
```

Его же мы можем видеть в дизассемблированном коде, но уже в десятичной системе счисления:

```
1 | ...
2 | public class Main
3 |     minor version: 0
4 |     major version: 52
5 |     flags: ACC_PUBLIC, ...
```

constant_pool_count

Здесь указывается количество переменных в пуле констант. При этом, если вы решили писать код на чистом байт-коде, то вам обязательно нужно следить за его значением, так как если вы укажете не то значение, то вся программа полетит к чертям (проверено!).

Также следует не забывать, что вы должны писать туда количество_переменных_в_пуле + 1

Итого, получаем:

```
1 |      cafe babe    -- magic
2 |      0000 0034    -- version
3 |      001d         -- constant_pool_count
```

constant_pool[]

Каждый тип переменной в пуле констант имеет свою структуру:

```
1 |      cp_info {
2 |          u1 tag;
3 |          u1 info[];
4 |      }
```

Здесь все нужно делать последовательно. Сначала считываем `tag` , чтобы узнать тип переменной и по типу этой переменной смотрим какую структуру имеет последующее его значение `info[]`

Таблица с тэгами можно найти в спецификации [Table 4.3 Constant pool tags](#)

Собственно, вот табличка:

Constant Type	Value
CONSTANT_Class	7
CONSTANT_Fieldref	9
CONSTANT_Methodref	10
CONSTANT_InterfaceMethodref	11
CONSTANT_String	8
CONSTANT_Integer	3
CONSTANT_Float	4
CONSTANT_Long	5
CONSTANT_Double	6
CONSTANT_NameAndType	12
CONSTANT_Utf8	1
CONSTANT_MethodHandle	15

Constant Type	Value
CONSTANT_MethodType	16
CONSTANT_InvokeDynamic	18

Как ранее уже говорилось, каждый тип константы имеет свою структуру.

Вот, например, структура `CONSTANT_Class`:

```

1  CONSTANT_Class_info {
2      u1 tag;
3      u2 name_index;
4  }
```

Структура поля и метода:

```

1  CONSTANT_Fieldref_info {
2      u1 tag;
3      u2 class_index;
4      u2 name_and_type_index;
5  }
6
7  CONSTANT_Methodref_info {
8      u1 tag;
9      u2 class_index;
10     u2 name_and_type_index;
11 }
```

Рассмотрим часть нашего кода:

```

1  cafe babe
2  0000 0034
3  001d -- constant_pool_count
4  0a00 0600 0f09 0010 0011 0800 12 ...
```

Итак, смотрим на структуру константы и узнаем, что первый байт отведен под тип константы. Здесь мы видим `0a (10)` – а, следовательно, это `CONSTANT_Methodref`

Смотрим его структуру:

```

1  CONSTANT_Methodref_info {
2      u1 tag;
3      u2 class_index;
4      u2 name_and_type_index;
5  }
```

После одного байта для тэга, нам нужно еще 4 байта для `class_index` и `name_and_type_index`

```
1 |    cafe babe
2 |    0000 0034
3 |    001d -- constant_pool_count
4 |
5 |    0a 0006 000f -- CONSTANT_Methodref
6 |    0900 1000 1108 0012 ...
```

Отлично, мы нашли одну из значений пула констант. Идем дальше. Смотрим, 09 – значит тип `CONSTANT_Fieldref`

Получаем:

```
1 |    cafe babe
2 |    0000 0034
3 |    001d -- constant_pool_count
4 |
5 |    0a 0006 000f -- CONSTANT_Methodref
6 |    09 0010 0011 -- CONSTANT_Fieldref
7 |    08 0012 ...
```

Вам может показаться, что большинство типов имеет одинаковую форму, но это не так. Например, структура следующего типа выглядит так, `CONSTANT_String`:

```
1 |    CONSTANT_String_info {
2 |        u1 tag;
3 |        u2 string_index;
4 |    }
```

Все эти структуры можно посмотреть в [Chapter 4.4. The Constant Pool](#)

Теперь разберем, что значат типы внутри самого `info`

Методы, которые попадают под паттерн `*_index` обычно содержат адрес из таблицы пула констант. Например, `class_index` на значение с типом `CONSTANT_Class_info`, а `string_index` на `CONSTANT_Utf8_info`

Это же мы можем видеть в дизассемблированном коде:

```
1 |    #1 = Methodref          #6.#15          // java/lang/Object."
   |    <init>":()V
2 |    #2 = Fieldref           #16.#17          //
   |    java/lang/System.out:Ljava/io/PrintStream;
3 |    #3 = String              #18
```

```
1 | 0a 0006 000f -- CONSTANT_Methodref
2 | 09 0010 0011 -- CONSTANT_Fieldref
3 | 08 0012      -- CONSTANT_String
```

Также можно выделить представление чисел и строк.

Про представление чисел можно прочитать начиная с главы [4.4.4](#), а мы пока разберем лишь строки, так как числа не входят в программу Hello World

Собственно, вот так представляется строка:

```
1 | CONSTANT_Utf8_info {
2 |     u1 tag;
3 |     u2 length;
4 |     u1 bytes[length];
5 | }
```

Например, наш Hello World:

```
1 | 01      -- tag
2 | 000b    -- length
3 | 48 65 6c 6c 6f 20 57 6f 72 6c 64      -- bytes[length] // H e l l
   | o   W o r l d
```

И если разбирать все дальше, то получим:

```
1 | -- [Constant Pool]
2 |
3 | -- methodref
4 | 0a 0006 000f
5 |
6 | -- fieldref
7 | 09 0010 0011
8 |
9 | -- string
10 | 08 0012
11 |
12 | -- methodref
13 | 0a 0013 0014
14 |
15 | -- Class
16 | 07 0015
17 |
18 | -- Class
19 | 07 0016
20 |
21 | -- Utf8
22 | 01 0006
23 | 3c 69 6e 69 74 3e
24 |
```

```
25      -- Utf8
26      01 0003
27      28 29 56
28
29      -- Utf8
30      01 0004
31      43 6f 64 65
32
33      -- Utf8
34      01 000f
35      4c 69 6e 65 4e 75 6d
36      62 65 72 54 61 62 6c 65
37
38      -- Utf8
39      01 0004
40      6d 61 69 6e
41
42      -- Utf8
43      01 0016
44      28 5b 4c 6a 61 76 61 2f 6c 61 6e 67
45      2f 53 74 72 69 6e 67 3b 29 56
46
47      -- Utf8
48      01 000a
49      53 6f 75 72 63 65 46 69 6c 65
50
51      -- Utf8
52      01 0009
53      4d 61 69 6e 2e 6a 61 76 61
54
55      -- NameAndType
56      0c 0007 0008
57
58      -- Class
59      07 0017
60
61      -- NameAndType
62      0c 0018 0019
63
64      -- Utf8
65      01 000b
66      48 65 6c 6c 6f 20 57 6f 72 6c 64
67
68      -- Class
69      07 001a
70
71      -- NameAndType
72      0c 001b 001c
73
74      -- Utf8
75      01 0004
76      4d 61 69 6e
77
78      -- Utf8
79      01 0010
```

```

80      6a 61 76 61 2f 6c 61 6e 67 2f 4f 62 6a 65 63 74
81
82      -- Utf8
83      01 0010
84      6a 61 76 61 2f 6c 61 6e 67 2f 53 79 73 74 65 6d
85
86      -- Utf8
87      01 0003
88      6f 75 74
89
90      -- Utf8
91      01 0015
92      4c 6a 61 76 61 2f 69 6f 2f 50 72 69 6e 74 53 74
93      72 65 61 6d 3b
94
95      -- Utf8
96      01 0013
97      6a 61 76 61 2f 69 6f 2f 50 72 69 6e 74 53 74 72
98      65 61 6d
99
100     -- Utf8
101     01 0007
102     70 72 69 6e 74 6c 6e
103
104     -- Utf8
105     01 0015
106     28 4c 6a 61 76 61 2f 6c 61 6e 67 2f 53 74 72 69
107     6e 67 3b 29 56
108
109     -- [Constant Pool END]

```

Также, мы можем сравнить его с дизассемблированным кодом:

```

1      Constant pool:
2      #1 = Methodref          #6.#15          // java/lang/Object."
<init>":()V
3      #2 = Fieldref           #16.#17          //
java/lang/System.out:Ljava/io/PrintStream;
4      #3 = String             #18              // Hello World
5      #4 = Methodref          #19.#20          //
java/io/PrintStream.println:(Ljava/lang/String;)V
6      #5 = Class              #21              // Main
7      #6 = Class              #22              // java/lang/Object
8      #7 = Utf8               <init>
9      #8 = Utf8               ()V
10     #9 = Utf8               Code
11     #10 = Utf8              LineNumberTable
12     #11 = Utf8              main
13     #12 = Utf8              ([Ljava/lang/String;)V
14     #13 = Utf8              SourceFile
15     #14 = Utf8              Main.java
16     #15 = NameAndType        #7:#8            // "<init>":()V
17     #16 = Class              #23              // java/lang/System

```


18	#17 = NameAndType	#24:#25	//
	out:Ljava/io/PrintStream;		
19	#18 = Utf8	Hello World	
20	#19 = Class	#26	//
	java/io/PrintStream		
21	#20 = NameAndType	#27:#28	// println:
	(Ljava/lang/String;)V		
22	#21 = Utf8	Main	
23	#22 = Utf8	java/lang/Object	
24	#23 = Utf8	java/lang/System	
25	#24 = Utf8	out	
26	#25 = Utf8	Ljava/io/PrintStream;	
27	#26 = Utf8	java/io/PrintStream	
28	#27 = Utf8	println	
29	#28 = Utf8	(Ljava/lang/String;)V	

Тем самым проверив, что все совпадает, ведь по сути `javap` просто обрабатывает этот байт-код и показывает нам его в форматированном виде.

Пул констант нужен для инструкций. Например:

1	public Main();
2	descriptor: ()V
3	flags: ACC_PUBLIC
4	Code:
5	stack=1, locals=1, args_size=1
6	0: aload_0
7	1: invokespecial #1 // ссылается на адрес 1 в пуле
	констант
8	4: return

Подробнее обо всех типах в пуле констант можно узнать в [Chapter 4.4 The Constant Pool](#)

Идем дальше по структуре *ClassFile*

access_flags

Это битовая маска для свойств модификаторов

Flag Name	Value	Interpretation
ACC_PUBLIC	0x0001	Declared <code>public</code> ; may be accessed from outside its package.
ACC_FINAL	0x0010	Declared <code>final</code> ; no subclasses allowed.
ACC_SUPER	0x0020	Treat superclass methods specially when invoked by the <i>invokespecial</i> instruction.
ACC_INTERFACE	0x0200	Is an interface, not a class.

Flag Name	Value	Interpretation
ACC_ABSTRACT	0x0400	Declared <code>abstract</code> ; must not be instantiated.
ACC_SYNTHETIC	0x1000	Declared synthetic; not present in the source code.
ACC_ANNOTATION	0x2000	Declared as an annotation type.
ACC_ENUM	0x4000	Declared as an <code>enum</code> type.

this_class

Должна содержать адрес на `this` класса. В нашем случае, она находится по адресу 5:

1	Constant pool:		
2	#1 = Methodref	#6.#15	// java/lang/Object."
	<init>":()V		
3	#2 = Fieldref	#16.#17	//
	java/lang/System.out:Ljava/io/PrintStream;		
4	#3 = String	#18	// Hello World
5	#4 = Methodref	#19.#20	//
	java/io/PrintStream.println:(Ljava/lang/String;)V		
6	#5 = Class	#21	// Main
7	#6 = Class	#22	// java/lang/Object
8	...		

Следует заметить, что структуру этой переменной должна соответствовать `CONSTANT_Class_info`

super_class

Адрес предка класса. В нашем случае, значение по адресу 6. Ну, и также обязательным является структура значения `CONSTANT_Class_info`. Все классы по умолчанию наследуются от `java.lang.Object`

Тут интересно заметить, что, если мы не указываем суперкласс, то этот наш `class` должен представлять собой объект `Object` (в случае, если `super_class` имеет значение 0)

If the value of the `super_class` item is zero, then this class file must represent the class `Object`, the only class or interface without a direct superclass.

Далее, я бы хотел заметить, что имена этих классов заданы в структуре константы `CONSTANT_Utf8_info`. Если мы посмотрим ячейки #21 и #22, то увидим:

```

1      ...
2      #21 = Utf8                Main
3      #22 = Utf8                java/lang/Object
4      ...

```

То есть в этих ячейках указан `name_index` из структуры:

```

1      CONSTANT_Class_info {
2          u1 tag;
3          u2 name_index;
4      }

```

interfaces_count, fields_count

Их в нашей программе нет, поэтому их значения будут равны 0000, а последующих значений **fields[]**, **interfaces[]** просто не будет.

Читайте подробнее [4.1 The ClassFile Structure](#)

methods_count

Количество методов. Хотя и в коде мы видим один метод в классе, но, на самом деле, их два. Кроме `main` метода еще есть конструктор по умолчанию. Поэтому их количество равно двум, в нашем случае.

methods[]

Каждый элемент должен соответствовать структуре `method_info` описанной в [Chapter 4.6 Methods](#)

```

1      method_info {
2          u2          access_flags;
3          u2          name_index;
4          u2          descriptor_index;
5          u2          attributes_count;
6          attribute_info attributes[attributes_count];
7      }

```

В нашем байт-коде (отформатированном, с комментариями) выглядит это так:

```

1      -- [methods]
2
3      -- public Main();
4
5      0001 --access_flags
6      0007 -- name_index
7      0008 -- descriptor_index

```

```

8      0001 -- attributes_count
9
10     -- attribute_info
11     0009 -- attribute_name_index (Code)
12     0000 001d - attribute_length
13     0001 -- max_stack
14     0001 -- max_locals
15     0000 0005 -- code_length
16     2a b7 00 01 b1 -- code[]
17
18     0000 -- exception_table_length
19     0001 -- attributes_count;
20     000a -- attribute_name_index
21     0000 0006 -- attribute_length
22     00 01 00 00 00 01
23
24
25     -- public static void main(java.lang.String...);
26
27     0089 --access_flags
28     000b -- name_index
29     000c -- descriptor_index
30     0001 -- attributes_count
31
32     -- attribute_info
33     0009 -- attribute_name_index (Code)
34     0000 0025 -- attribute_length
35     0002 -- max_stack
36     0001 -- max_locals
37     0000 0009 -- code_length
38     b2 00 02 12 03 b6 00 04 b1 -- code[]
39
40     0000 -- exception_table_length
41     0001 -- attributes_count
42     000a -- attribute_name_index
43     0000 000a -- attribute_length
44     00 02 00 00 00 04 00 08 00 05
45
46     -- [methods END]

```

Разберем по-подробнее структуру методов:

access_flags

Маска модификаторов. [Table 4.5 Method access and property flags](#)

Flag Name	Value	Interpretation
ACC_PUBLIC	0x0001	Declared <code>public</code> ; may be accessed from outside its package.

Flag Name	Value	Interpretation
ACC_PRIVATE	0x0002	Declared <code>private</code> ; accessible only within the defining class.
ACC_PROTECTED	0x0004	Declared <code>protected</code> ; may be accessed within subclasses.
ACC_STATIC	0x0008	Declared <code>static</code> .
ACC_FINAL	0x0010	Declared <code>final</code> ; must not be overridden (§5.4.5).
ACC_SYNCHRONIZED	0x0020	Declared <code>synchronized</code> ; invocation is wrapped by a monitor use.
ACC_BRIDGE	0x0040	A bridge method, generated by the compiler.
ACC_VARARGS	0x0080	Declared with variable number of arguments.
ACC_NATIVE	0x0100	Declared <code>native</code> ; implemented in a language other than Java.
ACC_ABSTRACT	0x0400	Declared <code>abstract</code> ; no implementation is provided.
ACC_STRICT	0x0800	Declared <code>strictfp</code> ; floating-point mode is FP-strict.
ACC_SYNTHETIC	0x1000	Declared synthetic; not present in the source code.

Как мы можем видеть из байт-кода, в методе `public Main();` (конструктор) стоит маска `0001`, который означает `ACC_PUBLIC`.

А теперь сами попробуем собрать метод `main`. Вот что у него есть:

- `public` - `ACC_PUBLIC` - `0x0001`
- `static` - `ACC_STATIC` - `0x0008`
- `String ... args` - `ACC_VARARGS` - `0x0080`

Собираем маску: `0x0001 + 0x0008 + 0x0080 = 0x0089`. Итак, мы получили `access_flag`

К слову, `ACC_VARARGS` здесь необязательный, в том плане, что, если бы мы использовали `String[] args` вместо `String ... args`, то этого флага бы не было

name_index

Адрес имени метода (`CONSTANT_Utf8_info`) в пуле констант. Здесь важно заметить, что имя конструктора это не `Main`, а `<init>`, расположенная в ячейке #7.

Подробнее о `<init>` и `<clinit>` в [Chapter 2.9 Special Methods](#)

descriptor_index

Грубо говоря, это адрес указывающий на дескриптор метода. Этот дескриптор содержит тип возвращаемого значения и тип его сигнатуры.

Также, в JVM используются интерпретируемые сокращения:

BaseType Character	Type	Interpretation
B	byte	signed byte
C	char	Unicode character code point in the Basic Multilingual Plane, encoded with UTF-16
D	double	double-precision floating-point value
F	float	single-precision floating-point value
I	int	integer
J	long	long integer
L <i>ClassName</i> ;	reference	an instance of class <i>ClassName</i>
S	short	signed short
Z	boolean	true or false
[reference	one array dimension

В общем случае это выглядит так:

```
1 | ( ParameterDescriptor* ) ReturnDescriptor
```

Например, следующий метод:

```
1 | Object m(int i, double d, Thread t) {...}
```

Можно представить в виде

```
1 | (IDLjava/lang/Thread;) Ljava/lang/Object
```

Собственно, I - это `int`, D - это `double`, а `Ljava/lang/Thread;` класс `Thread` из стандартной библиотеки.

Далее, идут атрибуты, которые также имеют свою структуру.

Но сначала, как и всегда, идет его количество `attributes_count`

Затем сами атрибуты со структурой описанной в [Chapter 4.7 Attributes](#)

```
1 | attribute_info {
2 |     u2 attribute_name_index;
3 |     u4 attribute_length;
4 |     u1 info[attribute_length];
5 | }
```

attribute_name_index

Указание имени атрибута. В нашем случае, у обоих методов это `Code`. Атрибуты это отдельная большая тема, в котором можно по спецификации создавать даже свои атрибуты. Но нам пока следует знать, что `attribute_name_index` просто указывает на адрес в пуле констант со структурой `CONSTANT_Utf8_info`

attribute_length

Содержит длину атрибута, не включая `attribute_name_index` и `attribute_length`

info

Далее, мы будем использовать структуру `Code`, так как в значении `attribute_name_index` мы указали на значение в пуле констант `Code`.

Подробнее: [Chapter 4.7.3 The Code Attribute](#)

Вот его структура:

```
1 | Code_attribute {
2 |     u2 attribute_name_index;
3 |     u4 attribute_length;
4 |     u2 max_stack;
5 |     u2 max_locals;
6 |     u4 code_length;
7 |     u1 code[code_length];
8 |     u2 exception_table_length;
```

```

9      {    u2 start_pc;
10          u2 end_pc;
11          u2 handler_pc;
12          u2 catch_type;
13      } exception_table[exception_table_length];
14      u2 attributes_count;
15      attribute_info attributes[attributes_count];
16  }
```

max_stack

Максимальный размер стека нужный для операции.

На тему стека можно почитать "[О стеке и куче в контексте мира Java](#)" или в "[JVM Internals](#)"

max_locals

Максимальный размер локальных переменных

Ознакомится с локальными переменными можно либо в [Mastering Java Bytecode at the Core of the JVM](#) или в том же [JVM Internals](#)

code_length

Размер кода, который будет исполняться внутри метода

code[]

Каждый код указывает на какую-то инструкцию. Таблицу соотношения **opcode** и команды с мнемоникой можно найти в википедии – [Java bytecode instruction listings](#)

Для примера, возьмем наш конструктор:

```

1      -- public Main();
2
3      0001 --access_flags
4      0007 -- name_index
5      0008 -- descriptor_index
6      0001 -- attributes_count
7
8      -- attribute_info
9      0009 -- attribute_name_index (Code)
10     0000 001d - attribute_length
11     00 01 -- max_stack
12     00 01 -- max_locals
13     00 00 00 05 -- code_length
14     2a b7 00 01 b1 -- code[]
```



```

15
16      0000 -- exception_table_length
17      0001 -- attributes_count;
18      00 0a -- attribute_name_index
19      0000 0006 -- attribute_length
20      00 01 00 00 00 01

```

Здесь мы можем найти наш код:

```

1      2a b7 00 01 b1

```

Ищем в таблице команды и сопоставляем:

```

1      2a - aload_0
2      b7 0001 - invokespecial #1
3      b1 - return

```

Также описания этих команд можно найти здесь: [Chapter 4.10.1.9. Type Checking Instructions](#)

exception_table_length

Задаёт число элементов в таблице exception_table. У нас пока нет перехватов исключений поэтому разбирать его не будем. Но дополнительно можно почитать [Chapter 4.7.3 The Code Attribute](#)

exception_table[]

Имеет вот такую структуру:

```

1      {
2          u2 start_pc;
3          u2 end_pc;
4          u2 handler_pc;
5          u2 catch_type;
6      }

```

Если упрощать, то нужно указать начало, конец (start_pc, end_pc) кода, который будет обрабатывать handler_pc и тип исключения catch_type

attributes_count

Количество атрибутов в Code

attributes[]

Атрибуты, часто используются анализаторами или отладчиками.

Конец

Вот мы и разобрали простую программку Hello World:

Листинг байт-кода с комментариями можно найти на моем гисте: [gist.github](https://gist.github.com)

Использованная литература

- The Java® Virtual Machine Specification – [docs.oracle](https://docs.oracle.com/javase/7/docs/spec/vm/index.html)