

Объектно-ориентированное программирование

Юрий Литвинов

y.litvinov@spbu.ru

1. Основные понятия объектно-ориентированного программирования

Как, наверное, и так известно, в объектно-ориентированном стиле программа представляется в виде набора объектов. **Объект** — это набор данных и процедур их обработки, вместе представляющий некую независимую сущность. То есть объект имеет своё состояние и своё поведение, и никто извне объекта не вправе делать предположения о том, как именно он устроен. Объекты общаются друг с другом посредством посылки/приёма сообщений. Важное отличие концепции сообщений от вызова функции — объект сам решает, как реагировать на сообщение, и тот код, который вызовется как реакция на какое-то сообщение, вообще говоря, заранее (во время компиляции) неизвестен. Кроме того, у объекта есть **интерфейс** — собственно, набор сообщений, которые он может обрабатывать. То есть, объект можно представлять себе как чёрный ящик, у которого есть какие-то входы, куда можно послать какие-то данные и получить ответ. В ООП такую точку зрения на объект называют **инкапсуляцией**, подразумевая под ней одновременно и сокрытие деталей реализации (наружу видно только интерфейс объекта, или набор интерфейсов), и сбор всех данных и методов их обработки в одном месте — в самом объекте.

Не следует относиться к объектам как к структурам с методами. Объект — это обособленная часть системы, которая обладает каким-то поведением и взаимодействует с остальным миром через какой-то интерфейс. Пожалуй, самое важное понятие для объектно-ориентированного программирования (как и для программирования вообще и для процесса познания ещё более вообще) — абстракция. **Абстракция** — это выделение существенных характеристик чего-то, что существует в предметной области, чтобы с этим было можно работать. Например, рассмотрим картинку из знаменитой книги Гради Буча «Объектно-ориентированный анализ и проектирование»:

своего метода (например, когда мы добавляем новый элемент в список, мы могли ещё не успеть обновить *size*). Но при выходе из метода инвариант снова должен начать выполняться.

В некоторых ОО-языках программирования (например, в Java, C++ и C#) есть понятие класса. **Класс** — это тип объекта. Класс описывает, какими полями обладает объект и какие методы у него есть. Типы полей определяет класс, а вот значения полей свои для каждого объекта. Бывают ещё **поля класса** — с модификатором *static* в C#, их значение одинаково для всех объектов данного класса, путать их с полями объекта нельзя. Итак, объект — экземпляр класса. Например, есть класс «студент», у которого есть такие поля как номер зачётки, оценки за последнюю сессию и т.д., а есть объект «Иван Иванов» класса студент, у которого номер зачётки вполне определённый. При этом, скажем, ссылка на закон, согласно которому студенты не идут в армию, не зависит от конкретного студента, поэтому её можно считать полем класса.

Классы могут состоять в отношениях **генерализации**, то есть между ними может существовать связь «более общее понятие — более конкретное понятие». Например, всякий студент, я надеюсь, человек. Положим, что у человека есть атрибуты *имя* и *фамилия*, выходит, что и у студента они есть (поскольку любой студент — человек). В таком случае говорят, что класс «студент» является **наследником** класса «человек», наследует его атрибуты и поведение. Это и есть сущность наследования в ООП — объект класса-наследника **является** объектом класса-предка (**is-a**) и может использоваться везде, где может использоваться объект класса-предка. Зачем это надо — для переиспользования кода. Мы можем написать функцию/процедуру/метод, который будет работать с объектами наиболее общего типа, для которого этот код имеет смысл, а обрабатываться будут на самом деле объекты более узких типов, которые могут быть практически полезны. Например, сортировке пузырьком плевать, что сортировать, лишь бы это что-то умело сравнивать себя с другим таким же чем-то. Сортировку пузырьком можно написать над объектами класса «штука, которая имеет метод сравнения», и она будет работать, даже не зная, что именно она сортирует — числа или столбцы матрицы. Ещё переиспользования кода можно добиться, определяя общие атрибуты и методы двух классов в одном общем классе-предке. Например, отчислить можно и студентов и аспирантов, так что вместо того, чтобы описывать, как именно отчислять студентов и аспирантов, можно описать, как надо отчислять объект класса «учащийся», классы «студент» и «аспирант» наследуют метод отчисления автоматически.

Кстати, такого рода переиспользование кода и переиспользование кода предыдущего вида вообще говоря независимы. То, что использует свойства отношения «является», называется в науке о системах типов «сабтайпингом» (или *subtype polymorphism*, полиморфизмом подтипов) и является довольно важным понятием, на которое завязаны системы типов современных ОО-языков, второе никакого отношения к типам вообще не имеет (напомним, что тип — это набор значений и допустимых операций над ними, как именно реализованы операции и что они делают, систему типов языка не интересует — что реализация описана в предке или в потомке, систему типов не интересует тем более, она проверяет лишь корректность применения операций). В C++ эти два вида наследования явно разделены, во всех нормальных языках наследование влечёт сабтайпинг.

Тут уже должно быть понятно, что один объект может иметь несколько типов сразу — являться экземпляром нескольких классов. Иван Иванов — экземпляр класса «студент» и экземпляр класса «человек», и вообще, экземпляр некоего класса является и экземпля-

ром всех классов-предков. Более того, объект может являться экземпляром нескольких несвязанных классов — например, тот же гипотетический Иван может являться экземпляром класса «студент» и экземпляром класса «любитель дотки». В таком случае объект имеет все атрибуты и первого, и второго класса. Более того, объекты могут вообще менять свои классы во время жизни — например, когда наш Иван закончит университет, он перестанет быть студентом, но не перестанет быть Иваном, то есть не лишится своей идентичности. Такие дела огорчают статическую типизацию, поэтому в распространённых языках не используются. Более того, в нормальных языках объект всегда создаётся как экземпляр некоего известного во время компиляции класса, так что чтобы у нас был объект Иван, нам потребуется сначала класс «студент — любитель дотки», который будет наследовать от классов «студент» и «любитель дотки», зато потом можно создать кучу студентов — любителей дотки. Важно понимать, что каждый класс, экземпляром которого является объект, задаёт интерфейс доступа к этому объекту — к Ивану можно обратиться как к студенту (например, поставить ему зачёт), или как к любителю дотки (например, поговорить с ним о последней катке). Объект будет один и тот же, а вот набор допустимых действий с ним и его поведение могут быть разными. Это же касается классов и в иерархии наследования — интерфейс, по которому можно обратиться к объекту как к экземпляру класса-предка, уже, чем интерфейс объекта как экземпляра класса-потомка.

В нормальных языках (со строгой статической типизацией, как C++, Java и C#) из всего множества типов, которым соответствует объект, выделяется один — тот, с которым этот объект создавался. Этот тип имеет физический смысл «настоящего» типа объекта, того, «чем является объект на самом деле». Конечно, объект на самом деле является объектом любого из типов-предков, но как он реализует свои операции — написано именно в его «настоящем» типе. До реализации операций, как уже говорилось, системе типов дела нет, так что с точки зрения теории всё хорошо, а с точки зрения практики это понятие весьма важно для полиморфных вызовов. Но про это чуть потом, пока надо запомнить, что этот «настоящий» тип объекта называется его **типом времени выполнения (runtime type)**, а типы объекта, про которые знает компилятор, и операциями которых можно пользоваться в программе — **типами времени компиляции (compile-time type)**. Разницу можно пояснить на таком примере:

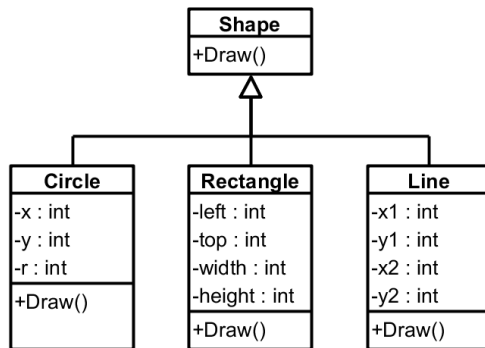
```
Shape a = new Circle();
```

У переменной *a* будет тип времени компиляции *Shape* (и все его предки, да), и вызывать методы мы можем только те, которые объявлены в *Shape* (или его предках, да). А тип времени выполнения у этой же переменной будет *Circle*, но компилятор про это не знает (знает, но забудет строчкой ниже, поскольку переменная объявлена как *Shape*), и, в силу строгой типизированности C#, вызывать методы, специфичные для *Circle*, у переменной *a* будет нельзя. Для тех, кто не в теме — не надо пугаться, про это ещё будет ниже.

Ещё одним важным для ООП принципом является то, что потомки могут переопределять поведение предков. Например, обычно если людям рассказывать про ООП, им плевать, а если студентам рассказывать про ООП, они получают некие знания. Заметьте, что человеку можно рассказывать про ООП, следовательно, и студенту тоже, и препода по сути всё равно, кому рассказывать, главное, чтобы рассказывать было можно — но результат получается разный. Собственно, в этом и состоит большая часть радости от наследования, и возможность переопределения поведения + сабтайпинг обычно и называют **полимор-**

физмом. Объект, как говорилось, реагирует на сообщение, сообщение может быть послано объекту как экземпляру класса-родителя, а как оно будет обработано — решает сам объект, это зависит от его «настоящего» типа. Зачем это нужно — опять-таки, для переиспользования кода, когда в базовом классе определяется некоторое поведение по умолчанию, а в некоторых классах-потомках это поведение переопределяется, или для того, чтобы можно было менять поведение некоего кода прямо во время выполнения. Например, у нас есть код, выводящий матрицу по спирали. Мы хотим в зависимости от желания пользователя вывести результат в файл или на консоль. Ему можно передать объект класса «Выводилка», у которого есть метод «вывести», который, скажем, просто никуда ничего не выводит, от него унаследованы два класса «ВыводилкаНаКонсоль» и «ВыводилкаВФайл», в которых метод «вывести» переопределён соответственно. Метод печати матрицы по спирали получает в качестве параметра объект типа «Выводилка» и вызывает его метод «вывести». А основная программа в зависимости от выбора пользователя создаёт объект либо одного класса, либо другого — и передаёт параметром печаталке спирали. Очень удобно, печаталка даже не знает, что и куда она там выводит.

Или ещё один пример: рассмотрим графический редактор с разными геометрическими фигурами. Можно описать такую иерархию наследования:



Класс *Shape* определяет операцию *Draw*, которую должны реализовать все его потомки, от него наследуются круг, прямоугольник и линия, каждый из которых реализует *Draw* по-разному. И тогда мы можем нарисовать все фигуры на сцене, просто один раз пройдя по списку объектов класса *Shape* — поскольку у нас есть полиморфизм, каждый из этих объектов на самом деле будет какой-то конкретной фигурой, которая реализует метод *Draw* по-своему. И каждая фигура рисует себя так, как она должна себя рисовать, при этом наш код даже не будет знать, что это была за фигура (более того, конкретный класс-фигура может ещё не существовать в тот момент, когда мы пишем код редактора — например, взяли и добавили стрелочки и звёзды). Вот небольшой пример кода, поясняющий сказанное:

```
List<Shape> shapes = new List { new Circle(0, 0, 5), new Line(0, 0, 10, 10) };

foreach (var shape in shapes)
{
    shape.Draw();
}
```

Для того, чтобы не придумывать реализацию по умолчанию для методов, которые бессмысленны в родительском классе — типа нашего метода *Draw* для абстрактной фигуры *Shape*, придумали понятие абстрактного метода — метода, для которого реализация не определена вовсе. Мы объявляем, что класс имеет такой-то метод с таким-то набором параметров и таким-то возвращаемым значением, но как он реализован — определяют классы-потомки. Понятно, что объект класса с абстрактным методом создать нельзя — он не будет знать, что делать, если абстрактный метод вызовут. А вот если объект имеет «настоящий» тип класс-потомок, у него этот метод переопределён, так что вызывать его можно и существование объекта осмысленно. Классы с абстрактными методами называются абстрактными классами. Есть ещё интерфейсы — это по сути классы, у которых все методы абстрактные. Надо понимать их так — они определяют некий интерфейс, или протокол взаимодействия, которому удовлетворяет объект, его реализующий, и всё, без каких-либо попыток предоставить реализацию. Тогда *Shape* можно сделать интерфейсом, а конкретные фигуры — классы, его реализующие. Код можно писать в терминах интерфейсов, подставляя на их место объекты конкретных классов уже во время выполнения, это повышает уровень абстрактности кода, а значит, и возможностей для его переиспользования.

2. Объектно-ориентированное программирование в C#

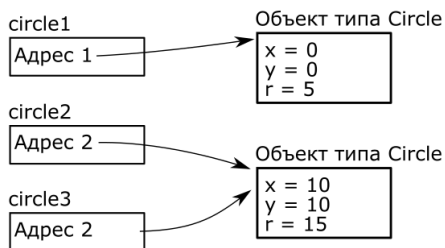
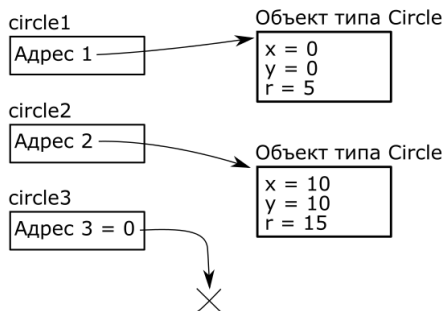
2.1. Ссылочные типы и типы-значения

Если объекты-потомки можно использовать везде, где используются объекты-предки, то их, например, и в массивы можно класть, и копировать. А если они разные по размеру, что делать? Индексация в массивах выполняется путём умножения индекса на размер элемента, так что просто хранить в массиве разные по размеру элементы нельзя. Надо использовать не сами объекты, а указатели. Указателей в C# нет (ну, почти), вместо них используются ссылки. Ссылки в C# почти такие же, как в C++, если кто в курсе, только в C++ если ссылке присвоили значение, то поменять его уже нельзя, только значение объекта, на который она ссылается. В C# (как и в Java, кстати) присваивание ссылочной переменной — это именно присваивание ссылочной переменной, а не объекту, на который она ссылается, в этом смысле ссылочные переменные больше похожи на указатели в C. Если у нас есть такой вот код:

```
var circle1 = new Circle(0, 0, 5);  
var circle2 = new Circle(10, 10, 15);  
var circle3 = null;
```

```
circle3 = circle2;
```

то на картинке это выглядит как-то так:



Очень похоже на указатель в С, только доступа к содержимому самой ссылочной переменной у нас нет. Например, арифметика указателей не получится в принципе, сделать ссылку на ссылку тоже нельзя. Зато и разыменовывать такой «указатель» не нужно: можно писать просто *circle3.x*. Важно только помнить, что «=» не вызывает оператор присваивания класса *Circle*, а присваивает значение ссылочной переменной, а «==» не сравнивает значения объектов, а проверяет, что две ссылочные переменные ссылаются на один объект (если операторы не перегружены, по умолчанию поведение именно такое).

Для ссылочных переменных нет никакого специального синтаксиса объявления, просто все переменные ссылочных типов — ссылочные. Вообще все типы делятся в С# на типы-значения и ссылочные типы (в Java, кстати, тоже). Разница между ними в выделении памяти и в понятии **идентичности** (*identity*) (и связанных с ним заморочек, касающихся поведения операторов копирования и сравнения). Начнём с памяти. Под ссылочные типы память выделяется всегда в куче (под то, на что указывают ссылки, а не под сами ссылки, это важно понимать), всегда с использованием оператора *new*. Это в С мы могли выбирать, на стеке заводить объект или в куче (*Point *a = malloc(sizeof(Point))*); или просто *Point a*;), в С# всё решили за нас. Под типы-значения память выделяется всегда на стеке, соответственно, время жизни объекта-значения — пока он не вышел из области видимости. Это удобно, потому что избавляет нас от необходимости думать, когда же наш объект умрёт (хотя тут это не так важно, как в С, потому что в куче работает сборщик мусора, и «забытые» объекты всё равно не проживут долго).

Идентичность некоторым образом связана с выделением памяти. Идентичность ссылочных типов данных определяется их местоположением в куче (просто адресом объекта), так что две ссылки равны, если они указывают на один и тот же объект. Это важно. Если у нас есть два абсолютно одинаковых объекта, с абсолютно одинаковыми полями, то это всё равно будут разные объекты. Например, бывают однофамильцы, бывают люди, у которых совпадает имя и фамилия, и это всё равно разные люди. С типами-значениями всё не так, их идентичность определяется их значением. Два числа «1» равны, глубоко всё равно, что это за единицы и где они физически находятся. То же относится к, скажем, точкам на плоскости — две точки равны, если их координаты совпадают.

Так вот, ссылочные типы — это классы (в том числе, строки, массивы, исключения, делегаты). Типы-значения — это примитивные типы (*int*, *bool*, *double* и т.д.), типы-перечисления и структуры. Некоторая тонкость заключается в том, что формально в С# всё является классом (и наследуется от общего базового класса *Object*, но об этом потом), ведь даже у примитивных типов есть методы (*1.ToString()* прекрасно будет работать, например), но некоторые классы наследуют от класса *ValueType*, вот они-то и будут типами-

значениями. К счастью, в отличие от той же Java, в C# есть перегрузка операторов, поэтому со ссылочными типами не так неудобно работать, как в той же Java — сравнивать строки (ссылочные типы!) оператором «==» в C# можно, и это приведёт к ожидаемым результатам (в Java можно было сравнить две одинаковые строки и получить, что они не равны, просто потому, что они лежат по разным адресам в памяти, впрочем, в C с *char** было так же; в C# всё будет ок, они будут равны). Для ссылочных типов ещё определено понятие ссылки, которая указывает в никуда — *null* (как в C *NULL*).

Со ссылочными типами связана ещё одна неприятная тонкость. Рассмотрим подпрограмму, которая должна бы возвращать с помощью переменной *s3* сумму строк, хранящихся в переменных *s1* и *s2*:

```
static void Add(string s1, string s2, string s3)
{
    s3 = s1 + s2;
}
```

На первый взгляд кажется, что работать не должно — мы меняем значение параметра функции, так что извне этого изменения видно быть не должно. Но потом мы принимаем во внимание, что строки — ссылочные типы, так что передаются не сами строки, а ссылки на строки, так что если мы что-то с этими строками делаем, то извне это должно быть видно. В C++, например, значение *s3* вовне бы благополучно поменялось, если бы он передавался как ссылка, с амперсандом. Но потом мы понимаем, что объекты-то передаются по ссылке, но ссылочные переменные передаются по значению, то есть если строку поменять, она честно поменяется, но если ссылочной переменной *s3* присвоить новую строку (результат сложения), то она просто забудет про старую строку, начнёт указывать на новую, и помрёт при выходе из метода (к этому моменту те, кто не в теме, должны уже запутаться, но на всякий случай скажу, что тут-то и проявляется отличие семантики ссылок от C++ — в C++ ссылки немутабельны, начав указывать на какой-то объект, ссылка в C++ указывает на него всегда, а в C# и Java ссылки мутабельны, то есть могут менять объект, на который они указывают). В данном случае, конечно, лучше возвращать результат конкатенации, и вызывающий уже может делать с ним, что хочет, но в отличие от Java, где надо делать только так, и, например, функцию *swap* никогда не написать, в C# есть ключевые слова *ref* и *out*, которые работают как настоящая передача параметров по ссылке в C++. Передача ссылочных переменных по ссылке, так-то. Выглядит это так:

```
static void Add(string s1, string s2, ref string s3)
{
    s3 = s1 + s2;
}

private static void Main(string[] args)
{
    string s1 = "a";
    string s2 = "b";
    string s3 = "c";
    Add(s1, s2, ref s3);
}
```


Или то же самое с *out*:

```
static void Add(string s1, string s2, out string s3)
{
    s3 = s1 + s2;
}

private static void Main(string[] args)
{
    string s1 = "a";
    string s2 = "b";
    Add(s1, s2, out string s3);
}
```

С типами-значениями *ref* и *out*, естественно, тоже работают, и эффект от этого вполне ожидаем. На этом про ссылочные типы пока всё, к конструкциям типа *listElement.next = listElement.next.next*; вполне можно привыкнуть, если делать домашку.

2.2. Конструкторы

Объекты создаются с помощью конструкторов, и только с помощью конструкторов. Конструктор — это такой специальный метод, который не имеет типа возвращаемого значения (вообще, даже *void*), и называется так же, как и класс. Конструктор в классе можно не писать, тогда для него будет определён конструктор по умолчанию, который не принимает аргументов и ничего не делает. Зачем они нужны и как их вызывать: когда мы пишем, например, `Circle circle = new Circle(0, 0, 10);`, то во-первых, под объект класса *Circle* выделяется память на куче, достаточная для хранения всех его полей (включая поля классов-предков), во-вторых, вызывается его конструктор, который должен инициализировать его поля какими-то осмысленными значениями и сделать всё, что нужно, чтобы класс можно было использовать по назначению (ну, не всё так просто, потому что есть ещё поля классов-предков, для инициализации которых используются конструкторы предков, которые вызываются перед нашим конструктором, так что конструирование объекта начинается с вызова конструкторов вверх по цепочке наследования, а затем исполнения конструкторов вниз, до конструируемого объекта, но можно пока не грузиться). В конструкторе можно писать любой код, например, открытие сетевого соединения, чтение из файла, и т.д. Заканчиваться исполнение конструктора должно тем, что для объекта выполнен его инвариант (вспомните, я в начале пары говорил), и объект готов обрабатывать запросы. То есть, если сначала надо создать объект (при этом вызовется конструктор), а потом вызвать какой-нибудь метод вроде *Init* (или, ещё ужаснее, вручную заполнять поля или свойства), то кто-нибудь когда-нибудь наверняка забудет это сделать, и всё сломается. Конструктор же забыть вызвать не получится, иных способов создать объект нет, так что всю инициализацию, если это возможно, надо делать там.

Реализован конструктор может быть, например, так:

```
class Circle
{
    public Circle(int x, int y, int r)
```

```

{
    this.x = x;
    this.y = y;
    this.r = r;
}

private int x;
private int y;
private int r;
}

```

Никакой магии, кроме, пожалуй, использования ключевого слова *this* — ссылки на текущий объект. Этой штукой тут надо пользоваться, поскольку имена параметров конструктора перекрывают поля класса, и если бы мы просто написали $x = x$;, то ничего бы не произошло. *this* же указывает на тот объект, у которого был вызван метод, так что *this.x* вернёт нам значение поля *x* того экземпляра класса *Circle*, с которым мы сейчас работаем. Вообще, поля в методах доступны и непосредственно, писать всюду *this* не нужно (хотя и считается хорошим тоном, да). Кстати, все поля классов в C# всегда инициализируются значениями по умолчанию (0 для целых, *false* для булевых, *null* для всех ссылочных типов и т.д., кстати, строки по умолчанию будут не пустыми, а *null*). Конструкторы можно перегружать, то есть определять в классе несколько конструкторов с разными параметрами, и даже вызывать из одного другой, например, так:

```

class Circle
{
    public Circle(int x, int y, int r)
    {
        this.x = x;
        this.y = y;
        this.r = r;
    }

    public Circle(int r)
        : this(0, 0, r)
    {
    }

    private int x;
    private int y;
    private int r;
}

```

Тут *this* имеет несколько другое значение, но суть та же — тот объект, от которого мы вызываем метод. Можно вызывать конструктор предка с помощью ключевого слова *base*, так же, как и *this*. Если объявлен хоть один конструктор, конструктор по умолчанию не генерируется, но его несложно при желании реализовать руками:

```
Circle()
{
}
```

Порядок вызовов при создании объекта некого класса (будем называть его дочерним классом) такой.

- Создается объект, в котором все поля данных имеют значения по умолчанию (нули на двоичном уровне представления).
- Вызывается конструктор дочернего класса.
- Конструктор дочернего класса вызывает конструктор родителя (непосредственного прародителя), а также по цепочке все прародительские конструкторы и инициализации полей, заданных в этих классах, вплоть до класса *Object*.
- Проводится инициализация полей родительской части объекта значениями, заданными в декларации родительского класса.
- Выполняется тело конструктора родительского класса.
- Проводится инициализация полей дочерней части объекта значениями, заданными в декларации дочернего класса.
- Выполняется тело конструктора дочернего класса.

2.3. Наследование

Наследование тут описывается очень просто, через двоеточие указывается класс-предок:

```
class Shape
{
    public Shape()
    {
    }

    public Shape(int x, int y)
    {
        this.x = x;
        this.y = y;
    }

    protected int x;
    protected int y;
}

class Circle : Shape
{
}
```

```

Circle(int x, int y, int r)
{
    this.x = x;
    this.y = y;
    this.r = r;
}

Circle(int r)
    : base(0, 0)
{
}

private int r;
}

```

Заодно можно видеть использование ключевого слова *base* для вызова конструктора предка (если нет, то вызывается конструктор предка по умолчанию, тот, что без параметров, если он есть, иначе ошибка компиляции), и ключевое слово *protected*, означающее, как и следует ожидать, то, что поле/метод будут видны только потомкам. Наследоваться можно только от одного класса, множественного наследования нет. Почему — множественное наследование создаёт некие трудности само по себе. Например, ситуация, называемая ромбовидным наследованием: есть класс *A*, в котором объявлен метод *a*, классы *B* и *C*, которые переопределяют метод *a*, причём каждый по-разному, и класс *D*, который наследует от *B* и от *C* — какую из реализаций метода *a* он получит? В C++ множественное наследование разрешено, в более современных языках — нет. Зато класс может реализовывать несколько интерфейсов.

2.4. Интерфейсы, абстрактные классы

Интерфейс описывается вот так:

```

interface IDrawable
{
    void Draw();
}

```

И реализуется вот так:

```

class Shape : IDrawable
{
    public Shape()
    {
    }

    void Draw()
    {
        Console.WriteLine("Drawing Shape");
    }
}

```

```

    }

    protected int x;
    protected int y;
}

```

Можно унаследоваться от одного класса и сколько угодно интерфейсов одновременно. Почему — интерфейс всего лишь декларирует методы, которые должны быть у реализующих его объектов, как объект их реализует — его дело. Собственно, если есть два интерфейса с методами с одинаковыми именами и набором параметров, то они оба могут быть реализованы одним методом, и всё будет ок, так что никакого ромбовидного наследования тут не возникает. Все методы в интерфейсе не могут иметь реализацию, то есть являются абстрактными. Кстати, при реализации интерфейса можно явно указать, метод какого именно интерфейса мы реализуем, как раз если есть два интерфейса с одинаковыми методами и мы хотим сделать две разные реализации:

```

class Shape : IDrawable
{
    public Shape()
    {
    }

    void IDrawable.Draw()
    {
        Console.WriteLine("Drawing Shape");
    }

    protected int x;
    protected int y;
}

```

Теперь метод *Draw()* нельзя вызывать просто от объекта, надо сначала привести его к тому интерфейсу, чей *Draw()* мы реализовали (иначе как компилятор узнает, какой из *Draw()* мы имеем в виду, если их много?):

```

var shape = new Shape();
((IDrawable)shape).Draw();

```

Обычному классу тоже можно сделать абстрактный метод (например, не знаем мы, как рисовать просто фигуру, могли бы сделать у *Shape* метод *Draw* абстрактным), для этого перед методом надо написать ключевое слово *abstract*. Абстрактные методы обязаны быть реализованы во всех неабстрактных потомках, то есть, например, *Circle* обязан реализовать *Draw*, либо же оставить его абстрактным, чтобы его реализовали потомки *Circle*. Класс, у которого есть хоть один абстрактный метод, сам абстрактный, и должен быть помечен ключевым словом *abstract*, так:

```

abstract class Shape
{

```

```

public Shape()
{
}

public abstract void Draw();

protected int x;
protected int y;
}

```

Объекты абстрактных классов создавать, естественно, нельзя, иначе в момент вызова абстрактного метода у объекта такого класса наступит печаль и непонимание, что ему делать. Тем не менее, конструкторы в абстрактных классах — это вполне ок, поскольку они будут вызываться при конструировании потомков.

2.5. Полиморфизм

Польза от абстрактных классов, интерфейсов, да и наследования вообще проявляется при использовании полиморфных вызовов. Как уже говорилось, полиморфизм позволяет в классах-потомках переопределять поведение классов-предков. В С# это делается так: если мы хотим, чтобы метод можно было переопределить, мы помечаем его ключевым словом *virtual*, в потомке, в котором мы его хотим переопределить, объявляем метод с точно такой же сигнатурой (именем и набором параметров), и помечаем его ключевым словом *override*. Пример:

```

class Shape
{
    public virtual void Draw()
    {
        Console.WriteLine($"Drawing Shape with coords ({x}, {y})");
    }

    protected int x;
    protected int y;
}

class Circle : Shape
{
    public Circle(int x, int y, int r)
    {
        this.x = x;
        this.y = y;
        this.r = r;
    }

    public override void Draw()

```

```

    {
        Console.WriteLine($"Drawing Circle with radius {r}");
    }

    private int r;
}

class Rectangle : Shape
{
    public Rectangle(int x, int y, int width, int height)
    {
        this.x = x;
        this.y = y;
        this.width = width;
        this.height = height;
    }

    public override void Draw()
    {
        base.Draw();
        Console.WriteLine($"Drawing Rectangle with width={width} and height={height}");
    }

    protected int width;
    protected int height;
}

```

Тут ещё можно видеть использование ключевого слова *base* для вызова метода предка в переопределённом методе у потомка. Теперь пример того, как этими виртуальными методами пользоваться (собственно, магия полиморфизма):

```

private static void Main(string[] args)
{
    var circle = new Circle(0, 0, 10);
    var rectangle = new Rectangle(0, 0, 10, 10);
    var list = new System.Collections.Generic.List<Shape>();
    list.Add(circle);
    list.Add(rectangle);

    foreach (var shape in list)
    {
        shape.Draw();
    }
}

```

Деталими использования генерика-списка можно пока не грузиться, суть в том, что мы побросали в список шейпов разные фигуры, а потом просто прошлись и отрисовали их

все, не заморачиваясь их типом времени исполнения. Поскольку все фигуры наследуют от *Shape*, то у них у всех всё равно должен быть метод *Draw*, так что его можно вызвать, имея ссылку с типом времени компиляции *Shape*. Обратите внимание, что если мы добавим ещё фигур в нашу иерархию, то код отрисовки менять будет вообще не надо! В этом и есть основное преимущество при использовании объектно-ориентированного подхода, мы можем создавать каркасы приложений, которые расширяются с помощью классов-наследников, тогда сам каркас трогать не надо (он может нам поставляться даже без исходников), а мы просто дописываем немного кода, и всё работает. Именно так устроены средства разработки пользовательских интерфейсов в объектно-ориентированных языках.

Что получится:

```
Drawing Circle with radius 10
Drawing Shape with coords (0, 0)
Drawing Rectangle with width=10 and height=10
Для продолжения нажмите любую клавишу . . .
```

То же самое касается абстрактных методов:

```
abstract class Shape
{
    public abstract void Draw();

    protected int x;
    protected int y;
}

class Circle : Shape
{
    public Circle(int x, int y, int r)
    {
        this.x = x;
        this.y = y;
        this.r = r;
    }

    public override void Draw()
    {
        Console.WriteLine($"Drawing Circle with radius {r}");
    }

    private int r;
}
```

Если *override* не написать, то компилятор выдаст предупреждение — вы действительно объявляете новый метод или пытаетесь переопределить метод класса предка? Если хотите именно новый, это надо явно сказать с помощью немного неоригинального ключевого слова *new*:


```

class Shape
{
    public virtual void Draw()
    {
        Console.WriteLine($"Drawing Shape with coords ({x}, {y})");
    }

    protected int x;
    protected int y;
}

class Circle : Shape
{
    public Circle(int x, int y, int r)
    {
        this.x = x;
        this.y = y;
        this.r = r;
    }

    public new void Draw()
    {
        Console.WriteLine($"Drawing Circle with radius {r}");
    }

    private int r;
}

```

В чём разница с *override*: при полиморфном вызове вызовется метод предка (ну, типа потомок его не переопределяет, *Circle.Draw* — это другой метод, не имеющий отношения к *Shape.Draw*).

Ещё есть ключевое слово *sealed*, говорящее, что метод нельзя дальше переопределять, или, если оно применено к классу, от класса нельзя наследоваться. Это используется в системных библиотеках, чтобы, например, злоумышленники не унаследовались от строки и не вставили туда код, отправляющий пароли на сервер, после чего подсунили такие строки вместо обычных строк в пользовательскую программу. У вас таких проблем пока быть не должно, так что не буду подробно.

2.6. Модификаторы

Помимо *new* и *sealed* у методов, полей и самих классов могут быть модификаторы видимости. Видимость определяет, откуда можно использовать класс, его метод или поле. Модификаторы видимости в C# такие:

- **public** — применяется к типам и членам (то есть полям, методам, свойствам, событиям), доступ без ограничений;

- **protected** — применяется только к членам, доступ в типе и его потомках;
- **internal** — применяется к типам и членам, доступ только внутри сборки (то есть одного проекта, который собирается в одну .dll-ку или .exe-файл);
- **protected internal** — применяется к типам и членам, доступ внутри сборки **или** в потомках;
- **private** — применяется к типам и членам, доступ только внутри типа;
- по умолчанию для типов **internal**, для членов — **private**.

Бывает ещё модификатор *partial*, который применяется к классам и говорит компилятору, что в этом файле есть только часть описания класса, и может быть ещё один или несколько файлов, определяющих другие члены класса. Используется это в основном для того, чтобы один класс мог содержать рукописные и автоматически сгенерированные части и чтобы при регенерации рукописный код не затирался (например, так работает дизайнер пользовательских интерфейсов). Использовать *partial* для логической группировки полей и методов — плохая идея, если возникла такая потребность, вам, скорее всего, нужно просто несколько разных классов.

2.7. Вложенные классы

Классы могут содержать внутри себя описания типов, в частности, других классов (уровней такой вложенности может быть много). Например,

```
class Circle
{
    private readonly Point pos;
    private readonly int r;

    private class Point
    {
        public int x;
        public int y;
    }

    public Circle(int x, int y, int r)
    {
        pos = new Point {x = 10, y = 10};
        this.r = r;
    }

    public void Draw() =>
        Console.WriteLine($"({pos.x}, {pos.y}), radius {r}");
}
```

Тут класс *Point* объявлен внутри класса *Circle* как *private* вложенный класс, поэтому доступен он только внутри класса *Circle* (где и используется как тип одного из полей). Полезно для обеспечения инкапсуляции.

2.8. Приведение типов

Есть ещё явное и неявное приведение типов. От потомка к предку преобразование возможно всегда (потому что потомок и так является предком, да), так что выполняется автоматически. От предка к потомку каст (преобразование, от англ. cast) не всегда возможен: если *Circle* всегда *Shape*, то *Shape* может оказаться либо *Circle*, либо *Rectangle*. Однако если мы уверены относительно типа времени выполнения, мы можем сделать явный каст вручную:

```
Shape shape = new Circle();
Circle circle = (Circle)shape;
```

Если мы неправы, программа упадёт с исключением. Есть оператор *as*, который делает то же самое, но в случае неудачи тихо возвращает *null*:

```
Shape shape = new Circle();
Circle circle = shape as Circle;
```

Есть ещё оператор проверки типа времени выполнения *is*:

```
Shape shape = new Circle();
if (shape is Circle)
{
    Circle circle = (Circle)shape;
}
```

Или даже так, сразу же с объявлением переменной приведённого типа:

```
Shape shape = new Circle();
if (shape is Circle circle)
{
    ...
}
```

Эту же конструкцию можно использовать внутри *switch*, чтобы делать что-нибудь в зависимости от типа переменной:

```
switch (shape)
{
    case Circle c:
        WriteLine($"circle with radius {c.Radius}");
        break;
    case Rectangle s when (s.Length == s.Height):
        WriteLine($"{s.Length} x {s.Height} square");
        break;
    case Rectangle r:
        WriteLine($"{r.Length} x {r.Height} rectangle");
        break;
```

```

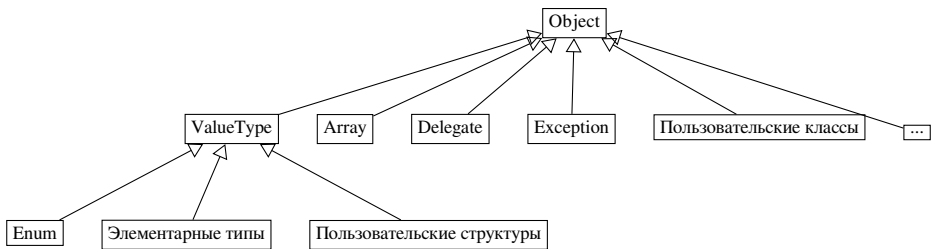
default:
    WriteLine("<unknown shape>");
break;
case null:
    throw new ArgumentNullException(nameof(shape));
}

```

Каст от предка к потомку называется понижающим кастом, каст от потомка к предку называется повышающим кастом. Использование понижающих кастов свидетельствует о непродуманной архитектуре системы — если мы точно знаем тип времени выполнения переменной, то почему бы не сделать его типом времени компиляции? Однако же, в совокупности с оператором *is* он бывает весьма полезен, и всё-таки используется в промышленном коде.

2.9. System.Object

Корнем иерархии наследования в C# является класс *System.Object*. От него наследуются все типы в языке вообще, не только классы. Вот иерархия наследования основных типов в C#:



Тип *ValueType* имеет специальное значение для компилятора — все его наследники считаются типами-значениями. Впрочем, отнаследоваться от него вручную не получится, это ошибка компиляции. Фактически, наследование от него — это объявление своей структуры. От *ValueType* же наследуются все enum-ы и все элементарные типы (*int*, *double*, *bool* и т.д.). Все пользовательские классы напрямую или опосредованно наследуются от *System.Object*.

В самом *System.Object* определено всего шесть методов и два *private*-поля. Методы такие:

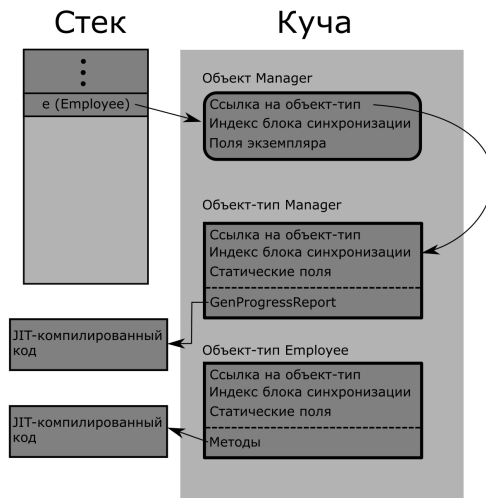
- *Equals* — виртуальный метод, предназначенный для сравнения объектов; напомним, что оператор «==» по умолчанию сравнивает адреса объектов в памяти, *Equals* как раз нужен для того, чтобы можно было сравнивать объекты по значениям их полей;
- *GetHashCode* — виртуальный метод, возвращающий хеш-значение для объекта в виде целого числа (любого), реализация по умолчанию возвращает просто адрес объекта для ссылочных типов и значение для типов-значений;
- *ToString* — виртуальный метод, который должен возвращать строковое представление объекта, для удобства отладки и логирования;

- *GetType* — неvirtуальный метод, возвращающий объект-тип объекта, нужен для рефлексии;
- *MemberwiseClone* — неvirtуальный защищённый метод, создающий копию объекта путём копирования всех его полей, нужен для сериализации/десериализации;
 - обратите внимание, этот метод создаёт объект, не вызывая конструктор;
- *Finalize* — виртуальный защищённый метод, говорящий, что делать, когда объект собирается удалить сборщик мусора.

В памяти каждый объект представляется следующим образом. Положим, у нас есть код

```
void Example()
{
    Employee e =
        new Manager();
    e.GenProgressReport();
}
```

Тогда в памяти всё будет выглядеть так:



На стеке вызовов находится ссылка на объект, сам объект лежит на куче. В участке памяти на куче находится ссылка на объект-тип (она есть у всех объектов, даже у объекто-типов, такие дела), индекс блока синхронизации (штука, нужная для многопоточного программирования, это просто число) и значения полей объекта. В объекте-типе помимо всего вышеперечисленного лежат ещё статические поля класса, к которому принадлежит наш объект, и ссылки на скомпилированный код всех его методов.